

Overvåking av sjøområdet utenfor Alcoa Lista 2011. PAH i strandsnegl. Strandsoneundersøkelser



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

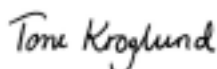
Tittel Overvåking av sjøområdet utenfor Alcoa Lista 2011. PAH i strandsnegl. Strandsoneundersøkelser	Løpenr. (for bestilling) 6419-2012	Dato 13. september 2012
	Prosjektnr. Undernr. O-26362	Sider Pris 39
Forfatter(e) Tone Kroglund	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Alcoa Lista	Oppdragsreferanse 1320/12
---------------------------------	------------------------------

Sammendrag

Foreliggende rapport omfatter undersøkelser av PAH i strandsnegl i 2009 og 2011, samt undersøkelse av strandsonen (organismesamfunnet i fjæra) i 2011. Formålet med undersøkelsen har vært å gi en oppdatering av tilstanden i sjøområdet som mottar prosessvann fra Alcoa Lista. Resultatene viser at PAH-innholdet i strandsnegl fra nærområdet til utslippet (Husebybukta) fremdeles var høyt og klassifiseres i tilstandsklasse V, «*Meget sterkt forurenset*» når klassegrensene til blåskjell benyttes. Stasjonen som ligger 3 km fra utslippet var i tilstandsklasse III, «*Markert forurenset*» og stasjonen som ligger ca. 10 km fra utslippet var i tilstandsklasse I-II, «*Ubetydelig/lite forurenset*» til «*Moderat forurenset*». PAH-innholdet har gått betydelig ned de siste årene, spesielt etter 2005. Nedgangen i konsentrasjoner kan knyttes til utslippsreduksjoner ved bedriften. Strandsoneundersøkelsen i 2011 viste ytterligere forbedring i algesamfunnet ved Indre Tjuvholmen med kun små mengder hurtigvoksende arter og stabile forekomster av blæretang, sagtang og fingertare. Resultatene vitner om relativt stabile forhold på stasjonen.

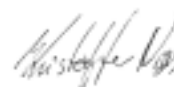
Fire norske emneord 1. PAH i strandsnegl 2. Littoral hardbunn 3. Overvåking 4. Aluminiumsverk	Fire engelske emneord 1. PAHs in common periwinkle 2. Littoral rocky shore 3. Monitoring 4. Aluminium smelter
--	--



Tone Kroglund
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

Overvåking av sjøområdet utenfor Alcoa Lista 2011

PAH i strandsnegl

Strandsoneundersøkelser

Forord

Den foreliggende rapporten er utført av NIVA på oppdrag fra Alcoa Lista. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Svein Harry Samuelsen.

Rapporten er en oppfølging av flere tidligere undersøkelser rundt miljøforholdene i Husebybukta, som er resipienten til Alcoa Lista. Tone Kroglund har vært prosjektleder, Janne Kim Gitmark og Maia Røst Kile har gjennomført strandsoneundersøkelsene og Alfred Nilsen (Alcoa Lista) har stått for innsamling av snegl. Strandsneglene ble opparbeidet av Mette C. Lie og analysert ved Eurofins laboratorium i Tyskland. Alle takkes for flott innsats!

Grimstad, 15. september 2012

Tone Kroglund

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	9
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	9
1.2 Forurensningstilførsler	9
1.3 Tidligere undersøkelser	11
2. PAH-innhold i strandsnegl	12
2.1 Metodikk	12
2.1.1 <i>Prøvetakingstidspunkt og stasjonsvalg</i>	12
2.1.2 <i>Analyse av PAH</i>	13
2.1.3 <i>Analyse av metaller</i>	13
2.2 Resultater	13
2.2.1 <i>Dagens nivå av PAH i strandsnegl (Littorina littorea)</i>	13
2.2.2 <i>Sammenligning med tidligere år</i>	15
2.3 Vurdering og konklusjon	16
3. Undersøkelser i strandsonen	22
3.1 Generelt om undersøkelsen	22
3.2 Metoder og stasjonsvalg	22
3.2.1 <i>Feltinnsamling</i>	22
3.2.2 <i>Stasjonsvalg</i>	22
3.2.3 <i>Tallbehandling</i>	22
3.3 Resultater	24
3.3.1 <i>Dagens tilstand</i>	24
3.3.2 <i>Sammenligning med tidligere undersøkelser</i>	29
3.4 Vurdering	34
4. Referanser	34
Vedlegg A. PAH i snegl	36
Vedlegg B. Strandsonedata	38

Sammendrag

Den foreliggende undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra aluminiumsverket Alcoa Lista som en del av overvåkingen av miljøtilstanden i Husebybukta. Avløpsvann fra bedriften inneholder bl.a. polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og føres ut i Husebybukta på Lista i Farsund kommune. Undersøkelsen er del av den kontinuerlige overvåkingen som er blitt gjennomført av sjøområdene siden bedriftens oppstart i 1971.

Formålet med undersøkelsen har vært å:

- *Gi en oppdatering av tilstanden i området*
- *Sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser for å dokumentere eventuelle endringer som følge av utslippsreduksjoner.*

PAH i strandsnegl

I 2009 og 2011 ble det gjennomført tre årlige innsamlinger av strandsnegl for analyse av PAH. Strandsneglene ble samlet inn fra fire faste stasjoner, to stasjoner i Husebybukta (Ytre Tjuvholmen og Haugestranda) og to referansestasjoner hhv 3 og 10 km fra utslippet (Havik og Litlerauna). Innsamlingen av strandsnegl ble foretatt i juni, august, oktober/november.

Resultatene fra 2009 og 2011 viser at PAH-innholdet i strandsnegl fra Husebybukta fremdeles er høyt og klassifiseres i tilstandsklasse V, «*Meget sterkt forurenset*». Stasjonen som ligger 3 km fra utslippet er i tilstandsklasse II, «*Markert forurenset*» og stasjonen som ligger ca. 10 km fra utslippet er i tilstandsklasse I-II, «*Ubetydelig/lite forurenset*» til «*Moderat forurenset*».

PAH-innholdet i strandsnegl i Husebybukta har gått betydelig ned de siste årene, spesielt etter 2005. Konsentrasjonen ved Ytre Tjuvholmen har gått fra 4.000-6.000 µg PAH/kg i 1999-2006 til ca. 1800 µg/kg i 2009-2011. Nedgangen i konsentrasjoner kan knyttes til utslippsreduksjoner ved bedriften. Ved den andre stasjonen i Husebybukta, Haugestranda, har det vært større variasjoner mellom årene. Fra 1999-2005 var snittverdiene mellom 12.000 og 25.000 µg/kg mens snittverdiene for 2009 og 2011 var 9.000-10.000 µg/kg. PAH-profilene ved de to stasjonene i Husebybukta er svært like og tyder på samme kilde til forurensningene.

Ved referansestasjonene Havik og Litlerauna har det ikke vært noen entydige endring siden 1999.

Strandsonen

I 2011 ble det gjennomført strandsoneundersøkelse med registrering av alle makroskopiske alger og dyr på grunt vann på fire faste stasjoner i Husebybukta. Stasjonene har vært jevnlig undersøkt siden 1970.

Til sammen ble det registrert 60 arter i 2011, hvorav 33 alger og 27 fjæredyr. Fordelingen mellom gruppene rødalger, brunalger og grønnalger på de fire stasjonene var stort sett normal med ca. 20 % grønnalger og 40-50 % rødalger. Unntaket var stasjon 4 Storskjær som hadde høyere andel grønnalger enn normalt. Forskjellen i artsutvalg mellom de fire stasjonene kan i stor grad tilskrives eksponering og substratforhold.

Etter oppstart av bedriften i 1971, ble mange arter sterkt redusert i mengde eller forsvant helt fra nærområdet til utslippet. Eksempelvis forsvant både sagtang, spiraltang, blæretang, grisetang,

fingerbare og albusnegl fra Indre Tjuvholmen få år etter bedriftens oppstart. Samtidig med at tangartene forsvant, ble flere forurensningstolerante arter mer vanlige og dominerte etter hvert strandsamfunnet. Andelen grønnalger økte utover 1970-tallet og var svært høy på 1980-tallet (40 % ved Indre Tjuvholmen og 50-90 % ved Storskjær). Dette gjenspeiler endringen til mer hurtigvoksende alger på stasjonene.

Etter 1995 har det skjedd positive endringer i algesamfunnet i Husebybukta. Ved Indre Tjuvholmen begynte sagtang og fingerbare å etablere seg på nytt på slutten av 1980-tallet og har etter 1995 igjen vært dominerende i vegetasjonen. Også blæretang har etablert seg på nytt. Grisatang og spiraltang har enda ikke reetablert seg på stasjonen, men det har blitt registrert mindre mengder av opportunistiske alger som tarmgrønske, havsalat, brunslid og blågrønnalger.

I 2007 og 2011 er det registrert en ytterligere forbedring på stasjonen med kun små mengder hurtigvoksende arter og stabile forekomster av blæretang, sagtang og fingerbare. Resultatene fra 2011 viser ingen større endringer fra 2007 og vitner om relativt stabile forhold på stasjonen. Ved de siste undersøkelsene har fordelingen mellom rødalger, brunalger og grønnalger igjen vært innenfor normalintervallet ved Indre Tjuvholmen. Også på de øvrige stasjonene har det vært en tilsvarende utvikling, om enn ikke like tydelig som ved Indre Tjuvholmen. Samlet sett viser resultatene ganske stabile, normale forhold i strandsonen de siste årene. Det er ikke lenger sleipe blågrønnalger og hurtigvoksende grønnalger og brunalger som dominerer i vannkanten i nærområdet til utslippet slik som på 1980-tallet, men tang, tare og andre flerårige mindre arter.

Summary

Title: Monitoring the recipient of Alcoa Lista. PAHs in common periwinkle. Species composition in the benthic, littoral community.

Year: 2012

Author: Tone Kroglund

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6154-7

The present study was done for Alcoa Lista, a primary Aluminium smelter. Wastewater from the aluminium smelter contains polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and is discharged into Husebybukta, Lista, in Southern Norway. The survey is part of the monitoring program which has been carried out since the aluminium plant started in 1971.

The purpose of this study was to:

- Provide an update on the environmental conditions in the recipient
- Compare results with previous surveys to document any changes resulting from reduced emissions.

PAHs in common periwinkles (Littorina littorea)

Common periwinkles were sampled on three separate occasions in 2009 and 2011 for analysis of PAH. The periwinkles were sampled from four stations, two stations in Husebybukta close to the wastewater outlet (Tjuvholmen and Haugestranda) and two reference stations, situated 3 km and 10 km from the outlet (Havik and Litlerauna).

The results from 2009 and 2011 show that the PAH content in periwinkles from Husebybukta was high. According to the Norwegian classification system, both stations were in the most severe pollution class (class V, highly contaminated). The station located 3 km from the discharge was in pollution class III, and the station located approx. 10 km from the discharge outlet was in pollution class I-II, almost on background levels.

The PAH-content in periwinkles from Husebybukta has been significantly reduced in recent years, especially after 2005. At station 1 (Tjuvholmen) the average PAH-concentration has dropped from 4.000-6.000 µg/kg in 1999-2006 to 1.800 µg/kg in 2009 and 2011. At station 2 (Haugestranda) the PAH-concentration has dropped from 12.000-25.000 µg/kg in 1999-2006 to 9.000-10.000 µg/kg in 2009 and 2011. The decrease in concentrations can be related to reduction in discharges. The two stations in the recipient Husebybukta have almost identical PAH-profiles and the results do not indicate other additional sources (e.g. the local harbour).

The reference stations «Havik» and «Litlerauna» show no significant changes since 1999.

Coastal zone

In 2011, a shoreline survey was done by recording all macroscopic, benthic algae and animals at four stations in Husebybukta. The stations have been regularly studied since 1970.

A total of 60 species were recorded in 2011, 33 algae species and 27 intertidal animals. The relative distribution between red algae, brown algae and green algae at the four stations were normal, with approx. 20% green algae and 40-50% red algae. The exception was station 4 which had a higher proportion of green algae than normal. The station is surrounded by shallow sandy bottom and is subjected to sand scouring. The difference in species composition between the four stations can

largely be attributed to differences in exposure and substrate.

The algae vegetation has been subjected to major changes the last 40 years. A few years after starting the aluminium plant in 1971, many species in Husebybukta were reduced in abundance or disappeared completely. For example, all populations of serrated wrack (*Fucus serratus*), spiral wrack (*Fucus spiralis*), bladder wrack (*Fucus vesiculosus*), knotted wrack (*Ascophyllum nodosum*), kelp (*Laminaria digitata*) and common limpet (*Patella vulgata*) disappeared from station LS1 "Inner Tjuvholmen" a few years after the aluminium plant started its production. Simultaneously, pollution tolerant species became more common and eventually dominated the littoral community. Among them were slippery cyanobacteria and benthic diatoms. The proportion of green algae increased through the 1970s and reached as high as 40-90% in the 1980s. This reflected a major change from a perennial community to more rapidly growing algae.

After 1995, several positive changes have been recorded in the algal community in Husebybukta. At the station LS1 "Inner Tjuvholmen" serrated wrack and kelp reappeared in the late 1980s, and since 1995 the two species have again been abundant. Bladder wrack is also re-established at the station, while knotted wrack is still missing. The amount of opportunistic algae has been largely reduced.

In 2007 and 2011 further improvements in the littoral community were recorded. The stations had only small amounts of fast-growing species while the perennial wracks and kelp were common or abundant. The results from 2011 show no large changes from 2007, and suggest stable conditions at the stations. The relative proportion between numbers of red-, brown and green algae species were within the normal range at Tjuvholmen. Overall, the results show fairly stable, normal conditions in the algae vegetation in recent years. It is no longer a slippery cover of cyanobacteria/diatoms on rocks or large amounts of fast-growing, filamentous green and brown algae that dominates the littoral zone, but seaweeds and other perennial smaller species.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Avløpsvann fra Alcoa Lista inneholder bl.a. polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Fra bedriftens oppstart i 1971 og fram til 1995, ble avløpsvannet ført ut i strandkanten ved Storskjær i Husebybukta. I desember 1995 ble utslippet lagt i rør og ført ut til ca. 60 meter ut fra Storskjær i sørvestlig retning, på 2-3 meters dyp. Dette er også dagens utslippssted. Utslippsmengden har variert, men er betydelig redusert de siste årene.

Utslippene av PAH har etter 2006 vært under 1 tonn pr år.

NIVA har gjennomført overvåkinger av resipientene helt siden oppstart av bedriften i 1971. Undersøkelsene har i hovedsak vektlagt konsentrasjoner av PAH i indikatororganismer (albuesnegl og strandsnegl) og effekter på dyre- og plantelivet i fjæra. I lange perioder har det vært årlige undersøkelser for å overvåke tilstanden.

Alcoa Lista er pålagt av Klif (tidl. SFT) å overvåke resipienten. Denne undersøkelsen er et ledd i denne overvåkingen og en oppfølging av tidligere undersøkelser. Undersøkelsen har hatt som formål å:

- *Gi en oppdatering av tilstanden i området*
- *Sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser for å dokumentere eventuelle endringer som følge av utslippsreduksjoner.*

1.2 Forurensningstilførsler

Avløpsvann fra Alcoa Lista inneholder flere forurensende stoffer, hvorav polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er den viktigste komponenten. **Tabell 1** viser utslippstall for de ulike stoffene i 2011.

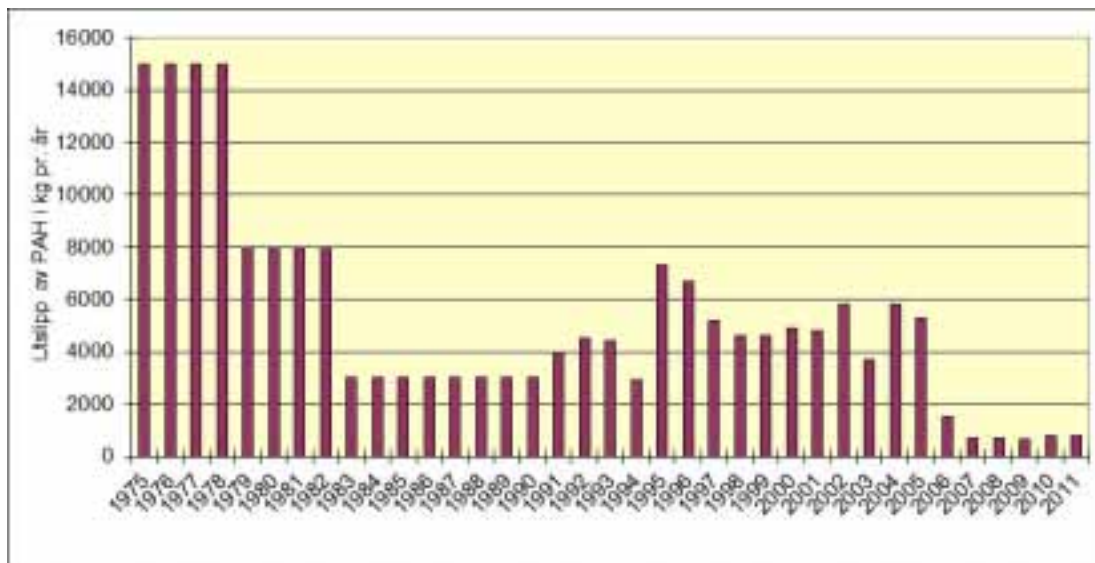
Det er foretatt målinger av PAH i avløpsvannet helt tilbake til 1975, men målingene ble i mange år kun foretatt to ganger i året som døgnblandprøver. Man vet lite om hvor representative de to årlige stikkprøvene har vært og omregning til årlige utslippsmengder gir høyst usikre verdier. **Figur 1** viser årlige utslippsmengder fra 1975-2011. Fra 1975 til 1979 var middelkonsentrasjonene i avløpsvannet opp i 200 µg/l, som tilsvarer et utslipp på opptil 15 tonn PAH i året (Knutzen 1981). I perioden 1983-1989 er det anslått at de årlige utslippene var i størrelsesorden 3 tonn PAH (Knutzen 1989). Utslippstallene fra 1992-2011 er innhentet fra Klifs database basert på egenrapportering fra bedriftene (www.norskeutslipp.no). I 1995-1996 var utslippene mellom 6 og 7 tonn pr år. I perioden 1997-2005 var utslippene mellom 4 og 6 tonn pr år, før de ble redusert til 1,5 tonn pr år i 2006. Etter 2006 har utslippene blitt ytterligere redusert og har de siste årene vært på ca. 0,7 tonn PAH (**Figur 2**).

Utslippstallene for perioden 1995-2005, innhentet fra databasen «norskeutslipp», er betydelig høyere enn det som tidligere har vært innhentet fra databasen (som da het SFTs bedriftsspesifikk

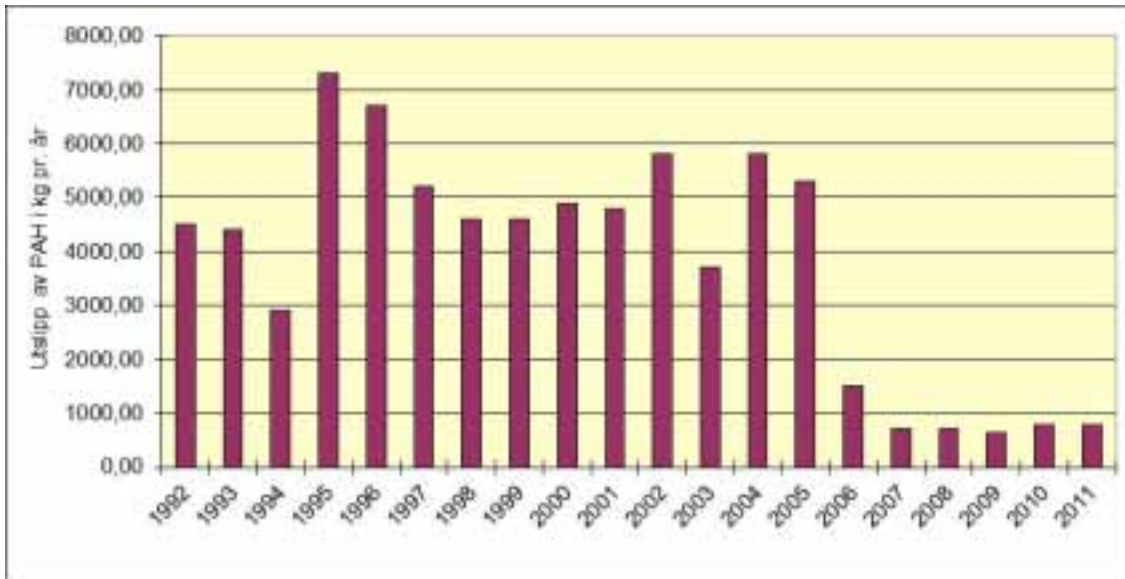
informasjon). Figurene nedenfor viser derfor andre verdier for perioden 1995-2005 enn i vår forrige rapport (Kroglund 2008).

Tabell 1. Utslipp til vann i 2011 (Klifs www.norskeutslipp.no). I.R. = ikke rapportert.

Stoff	Årlig utslipp	
Arsen	5,8	Kg
Kadmium (Cd)	1,8	Kg
Cyanid (Cn-fri)	42	Kg
Krom (Cr-tot)	2,3	Kg
Kobber (Cu)	2,3	Kg
Fluorider (Fluor)	255	Kg
Kvikksølv (Hg)	0,05	Kg
Nikkel (Ni)	43,8	Kg
PAH	797	Kg
Bly (Pb)	63	Kg
Suspendert stoff (SS)	307	Tonn
Vanadium (V)	<I.R.>	Kg
Sink (Zn)	7,3	Kg



Figur 1. Årlige utslipp av PAH fra Alcoa Lista i perioden 1975-2010. Utslippstall fra før 1992 er usikre.



Figur 2. Årlige utslipp av PAH fra Alcoa Lista. Tallene fra 1994 – 2010 er oppdatert fra Klif i august 2012 (www.norskeutslipp.no). Enkelte av utslippstallene (1995-2005) er betydelig høyere enn det som ble opplyst tidligere i «SFTs bedriftsspesifikk informasjon» og avviker derfor også fra vår forrige rapport.

1.3 Tidligere undersøkelser

Strandsoneundersøkelser

Det foreligger mange kontrollundersøkelser av sjøområdet i Husebybukta. Første undersøkelse av alger og dyr i strandsonen ble gjort ett år før bedriftens oppstart i 1971. I perioden 1970 - 1974 og 1979 - 1991 ble det gjennomført årlige kontrollundersøkelser av organismsamfunnet i strandsonen (Knutzen og Rueness 1972, Knutzen 1973, Knutzen og Arnesen 1975, Knutzen 1979, 1981, 1983, 1985, 1987a, b, 1989, 1991, Knutzen og Berglund 1992). Opprinnelig ble innsamlingen av alger og dyr foretatt med skrape fra land, men fra og med 1980 ble snorkeldykking benyttet. Etter 1991 ble undersøkelsesfrekvensen redusert slik at det nå er noen få års opphold mellom strandsoneundersøkelsene. Etter 1991 er det utført strandsoneundersøkelser i 1995 (Jacobsen mfl. 1996), 1999 (Kroglund 2000), 2002/2003 (Kroglund 2004) og 2007 (Kroglund 2008).

PAH og fluorid i organismer

Fra 1978 – 1990 ble analyser av PAH og fluorid inkludert i de årlige kontrollundersøkelsene av resipienten i Husebybukta.

Fluorid ble primært målt i tang/tare (*Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* og *Laminaria digitata*) fra 1978 til 1990 (Knutzen 1979, 1981, 1983, 1985, 1987a, 1987b, 1989, 1991). I tillegg foreligger det enkelte analyser av fluorid i rødalgene vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) og krasing (*Corallina officinalis*) samt i albusnegl (*Patella vulgata*).

PAH ble målt i albusnegl (*Patella vulgata*) fra 1978 til 1985, men etter 1985 ble albusnegl erstattet av strandsnegl (*Littorina littorea*) som indikatororganisme på grunn av stadig minkende forekomst av albusnegl på stasjonene. Strandsnegl/albusnegl ble samlet inn en gang i året (september) fra tre faste stasjoner med ulik avstand til utslippet (Ytre Tjuvholmen, Havik og Litlærauna). Det foreligger også enkelte analyser av PAH i blåskjell (1986, 1989, 1995) og i krabber (1988).

Etter 1990 ble det et opphold i PAH-analysene frem til 1995. I 1995 ble det gjennomført PAH-målinger i strandsnegl fra fire ulike stasjoner i juni, august og november. I tillegg til de tre stasjonene som var prøvetatt tidligere, ble en stasjon ved Haugestranda i Husebybukta inkludert i analysene. Det ble også analysert for PAH i blåskjell og sediment i 1995 (Jacobsen et al. 1996).

I årene 1996, 1997 og 1998 ble det foretatt PAH-analyser i strandsnegl gjennom hele året fra stasjonen på Ytre Tjuvholmen. Undersøkelsen i 1996 omfattet 5 analyser, mens undersøkelsene i 1997 og 1998 omfattet 10 analyser fordelt gjennom hele året. Resultatene er kun rapportert i brev form til Alcoa Lista.

Fra 1999-2007 ble det gjennomført fire årlige innsamlinger av strandsnegl fra fire faste stasjoner (Kroglund 2000, Moy og Kroglund 2002, Kroglund 2004). Sneglene ble samlet inn i juni, august, oktober og november og analysert for PAH ved årets slutt.

Liste over alle undersøkelsene er gitt i referanselista.

2. PAH-innhold i strandsnegl

Foreliggende rapport er basert på analyseresultater fra strandsnegl (*Littorina littorea*) innsamlet i 2009 og 2011. Resultatene er sammenlignet med tidligere undersøkelser i resipienten.

2.1 Metodikk

2.1.1 Prøvetakingstidspunkt og stasjonsvalg

Strandsnegl ble samlet inn fra de fire prøvetakingsstasjonene i juli, august og oktober i 2009 og i juli, august og november 2011. Opprinnelig var det planlagt innsamling både i oktober og november begge årene, men den planlagte innsamlingen i november 2009 og i oktober 2011 måtte droppes på grunn av dårlig vær over en lengre periode. Det foreligger derfor kun tre innsamlingstidspunkt for 2009 og 2011.

Stasjonene Ytre Tjuvholmen (stasjon LS1) og Haugestranda (stasjon LS2) ligger i Husebybukta der avløpsvannet har sitt utløp. Referansestasjonene Havik (stasjon LS3) og Litlerauna (stasjon LS4) ligger hhv. 3 km og 10 km fra utslippspunktet (**Tabell 2**). Ved hver feltinnsamling ble 50 snegl samlet fra hver stasjon. Sneglene ble rensset for alle bløtdeler og blandprøve av bløtdelene fra de 50 sneglene ble sendt til NIVAs laboratorium i Oslo i frossen tilstand for videre behandling og analysering. I 2011 ble prøvene sendt til Eurofins i Tyskland for analyse pga. omlegging av NIVAs laboratorium.

Tabell 2. Oversikt over prøveinnsamling av strandsnegl for analyse av PAH i 2009 og 2011.

Stasjoner	Avstand til utslipp	Innsamlingstidspunkt 2009/2011
St. 1 Ytre Tjuvholmen	0,5 km	Juni, august, oktober/november
St. 2 Haugestranda	0,75 km	Juni, august, oktober/november
St. 3 Havik	3 km	August, oktober/november
St. 4 Litlerauna	10 km	August, oktober/november

2.1.2 Analyse av PAH

Alle snegleprøvene ble analysert for PAH₁₆ og tørrstoff etter akkreditert metodikk. Alle rådata er vist i Vedleggstabell A1.

I resultatbehandlingen brukes betegnelsene sum PAH₁₆, KPAH og B(a)P. PAH₁₆ er summen av 16 utvalgte forbindelser, KPAH betegner de potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelsene i henhold til IARC (1987) og B(a)P er benzo-a-pyren (Vedleggstabell A2).

Resultatene er vurdert i forhold til tidligere analyser (Kroglund 2000, 2004, 2008, Moy og Kroglund 2002). Nivåene er også vurdert etter Klifs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (Molvær mfl. 1997). Det er ikke utarbeidet egne klassifiseringsgrenser for strandsnegl, men nivåene er klassifisert etter klassifiseringstabellen for blåskjell. Ut fra eksisterende kunnskap er dette akseptabel anvendelse av tilstandsklassebegrepene.

2.1.3 Analyse av metaller

Utvalgte snegleprøver i 2009 ble også analysert for metallene sølv (Ag), arsen (As), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), molybden (Mo), nikkel (Ni) og bly (Pb).

Metallene ble analysert med ICPMS (masse spektrometri) ved NIVAs laboratorium i Oslo. Konsentrasjonene er klassifisert etter Klifs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997).

2.2 Resultater

2.2.1 Dagens nivå av PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*)

Tabell 3 og **Tabell 4** viser konsentrasjoner av PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra fire stasjoner på Lista i hhv 2011 og 2009. Tilstandsklasser er angitt for hver enkeltverdi, men ved vurdering av stasjonene legges den høyeste verdien til grunn. En grafisk fremstilling av nivåene i 2011 er vist i **Figur 3**. Fullstendige analyseresultater er vist i Vedleggstabell A1.

Ytre Tjuvholmen (St.1) var *sterkt forurenset* av PAH (tilstandsklasse IV) og *meget sterkt forurenset* av KPAH og B(a)P (tilstandsklasse V) i både 2009 og 2011. Det var liten forskjell i konsentrasjoner mellom de to årene.

De høyeste konsentrasjonene ble målt i snegl fra Haugestranda (St.2). Alle prøvene fra denne stasjonen var *meget sterkt forurenset* (tilstandsklasse V) i både 2009 og 2011.

Referansestasjonen Havik (St. 3) som ligger ca. 3 km fra utslippet var *markert forurenset* (tilstandsklasse III) av PAH og B(a)P og *sterkt forurenset* av KPAH (tilstandsklasse IV) i både 2009 og 2011.

Referansestasjonen Litlerauna (St.4) som ligger ca. 10 km fra utslippet var *ubetydelig/lite forurenset* av KPAH og *moderat forurenset* av PAH₁₆ og B(a)P (tilstandsklasse II).

Det var til dels store nivåforskjeller innen den enkelte stasjon og det viser viktigheten av å gjøre målingene til samme tid av året for å kunne sammenligne resultatene. I alle år som det er gjort målinger flere ganger i året, har det vært lavest verdier på forsommeren og høyest verdier på høsten.

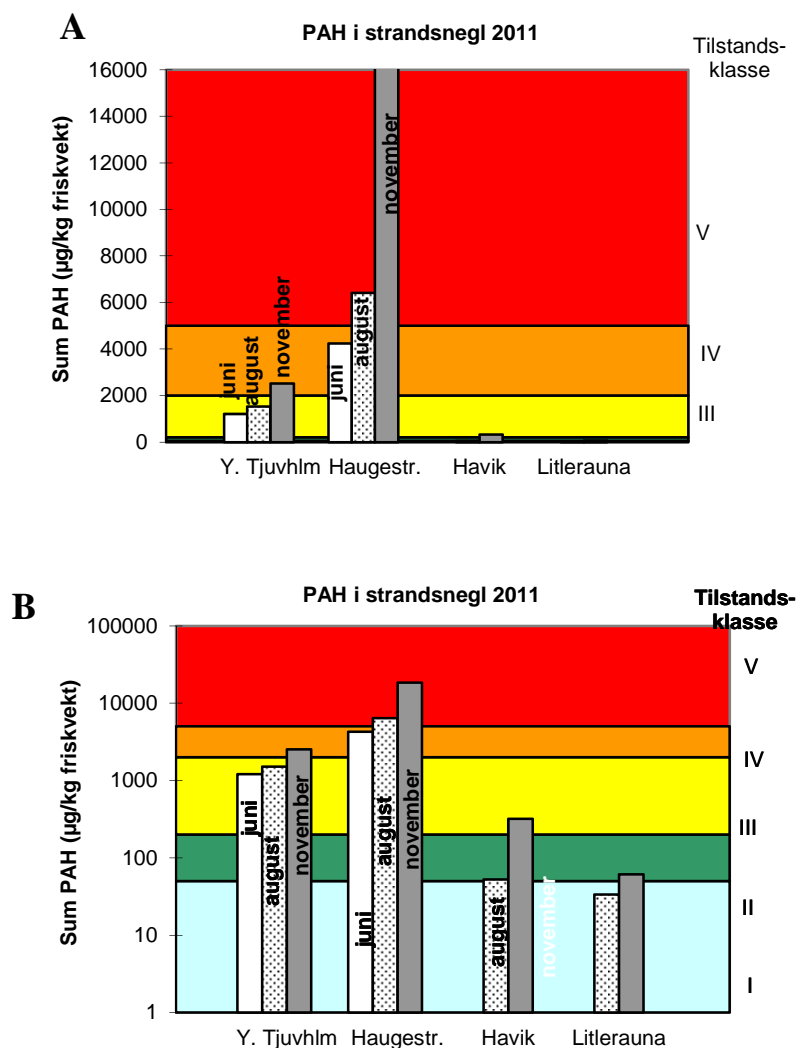
Forskjellene i konsentrasjoner mellom sommer og høst kan enten henge sammen med sneglens livssyklus og fysiologi eller med endringer i fødevalg. Strandsneglen gyter stort sett i perioden fra februar til juni og det kan tenkes at opptak/lagring av PAH endres etter gyting. Eller at forskjellen kan knyttes til forskjeller i PAH-nivået i algene den spiser. Den spiser mye ettårige alger som havsalat, fjærehinne, grønndusk, brunslisli og PAH-innholdet i organismer øker ofte med alderen/eksponeringstiden. Algene vil derfor ha høyere innhold om høsten enn om våren.

Tabell 3. Innhold av PAH i strandsnegl fra fire stasjoner på Lista i 2011. Verdiene er oppgitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt. Tilstandsklasser er angitt for hver verdi.

Stasjon	Avstand km	Innsamlet Mnd	PAH ₁₆		KPAH		B(a)P	
			$\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.	Kl	$\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.	Kl	$\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.	Kl
St. 1 Ytre Tjuvholmen	0,5	Juni	1203	III	680	V	39	V
		August	1522	III	841	V	59	V
		november	2517	IV	1234	V	80	V
St. Haugestranda	0,75	juni	4238	IV	1847	V	110	V
		august	6407	V	3120	V	140	V
		november	18432	V	7190	V	620	V
St. 3 Havik	3	juni						
		august	53	II	12	II	0,6	I
		november	319	III	132	IV	8,5	III
St. 4 Litlerauna	10	juni						
		august	26	I	2,3	I	0,2	I
		november	61	II	9,6	I	0,7	I

Tabell 4. Innhold av PAH i strandsnegl fra fire stasjoner på Lista i 2009. Verdiene er oppgitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt. Tilstandsklasser er angitt for hver verdi.

Stasjon	Avstand km	Innsamlet mnd	Sum PAH		KPAH		B(a)P		PAH ₁₆ $\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.
			$\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.	Kl	$\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.	Kl	$\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.	Kl	
St. 1 Ytre Tjuvholmen	0,5	juni	408	III	226	IV	10	IV	345
		august	2945	IV	1643	V	93	V	2439
		oktober	3108	IV	1702	V	120	V	2587
St. Haugestranda	0,75	juni	5402	V	3120	V	220	V	4599
		august	14078	V	7040	V	460	V	12003
		oktober	15258	V	5607	V	350	V	13671
St. 3 Havik	3	juni	49	I	23	II	1,2	II	43
		august	53	II	28	II	1,3	II	45
		oktober	240	III	102	IV	7,3	III	216
St. 4 Litlerauna	10	juni	14	I	5	I	<0,5	I	12
		august	15	I	6	I	<0,5	I	14
		oktober	41	I	10	II	0,68	I	38



Figur 3. PAH i strandsnegl fra fire stasjoner på lista i 2011. Verdiene er oppgitt som PAH₁₆ i µg/kg friskvekt. Farge angir tilstandsklasse i hht. SFTs klassifiseringssystem. Grafe A viser nivåene på vanlig skala. Grafe B viser nivåene på logaritmisk skala for å synliggjøre referansestasjonene.

2.2.2 Sammenligning med tidligere år

Vi har sammenlignet utviklingen i konsentrasjonene av PAH₁₆, KPAH og B(a)P i strandsnegl fra 1999 til 2011 på den enkelte stasjon (**Figur 4**, **Figur 5** og **Figur 6**). Konsentrasjonene er basert på våtvekt for å kunne relatere nivåene til tilstandsklasser. Snittverdier og grensene for tilstandsklasser er vist som horisontale linjer i figurene.

PAH-innholdet i strandsnegl har variert betydelig innen hvert år med høyest konsentrasjoner om høsten (**Figur 4**). Nivåene fra 2006 og senere har vært lavere enn de foregående årene ved ytre Tjuvholmen og Haugestranda. Det er spesielt de høye høstverdiene som har blitt redusert. Ved referansestasjonen Havik har det ikke vært noen tydelig utvikling og ved Litlerauna har nivåene vært på et jevnt, lavt nivå etter 2003.

Innholdet av KPAH (**Figur 5**) og B(a)P (**Figur 6**) viser store variasjoner og ingen klare utviklingstendenser i perioden. KPAH og B(a)P-nivåene har vært svært høye ved Haugestranda ved de to siste undersøkelsene (2009 og 2011). Årsaken til dette er ikke kjent.

Ser man på de årlige middelverdiene av PAH-innholdet i snegl fra 1985 til 2011 (tabellen i **Figur 7**), har det vært betydelig nedadgående trend i PAH-innholdet ved Ytre Tjuvholmen (ST1) etter 1990. Etter 2006 har årsgjennomsnittet vært under 2000 µg/kg v.v. PAH-innholdet ved Haugestranda (ST2) har variert noe mer, men viser også en reduksjon i konsentrasjonen etter 2005. For Havik (ST3) og Litlerauna (ST4) viser middelverdiene ingen tydelig trend.

Figur 8 og **Figur 9** viser årsgjennomsnitt av PAH-innholdet i snegl ved hhv. Ytre Tjuvholmen og Haugestranda sammen med årlige utslippsmengder (i kg pr. år). PAH-innholdet i snegl fra Ytre Tjuvholmen viser et fint samsvar med utslippsmengdene. Ved Haugestranda viser de to siste prøvetakingene høyere verdier enn man kunne forvente ut fra utviklingen i 2005-2007 og reduksjonen i utslippsmengden.

For å vurdere om det kan være andre kilder til de høye PAH-konsentrasjonene ved Haugestranda, er det sett nærmere på fordelingen mellom de ulike PAH-komponentene. Hvis kilden til PAH-forurensningen er forbrenning (f.eks. eksos, utslipp fra smelteverk etc.) vil det i stor grad dannes tyngre PAH-forbindelser. Hvis kilden derimot er oljesøl osv. fra en båthavn, vil PAH-profilen være dominert av lettere forbindelser. **Figur 10** viser at PAH-profilene fra stasjon 1 Ytre Tjuvholmen og St.2 Haugestranda er veldig like og antyder samme kilde. Referansestasjonene skiller seg som forventet noe mer ut. De lette forbindelsene vil forsvinne raskest og de tyngre er igjen langt unna utslippsstedet.

Sammenligner man profilene fra St. 2 Haugestranda med tidligere målinger i båthavner rundt Farsund (**Figur 11**), har stasjonen større likhet med St.1 Ytre Tjuvholmen enn med båthavn-stasjonene. Dersom båthavna i Haugestranda hadde vært en viktig kilde, hadde man forventet at profilen fra Haugestranda også skulle ha mer av de lette forbindelsene.

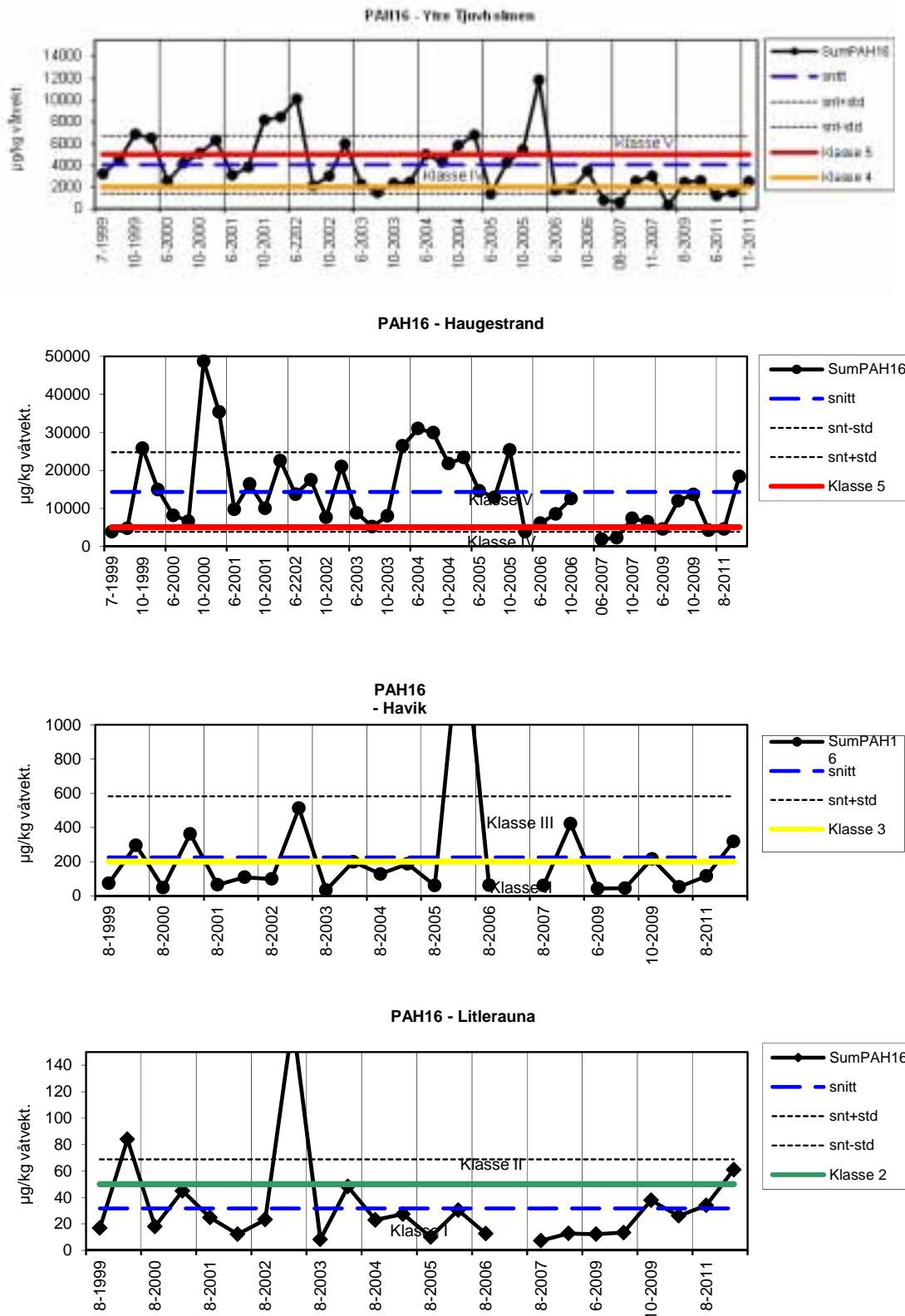
Det konkluderes med at båthavna ikke er stor kilde til nivåene på Haugestranda. Årsaken til de økte verdiene ved Haugestranda må knyttes til utslippet fra Alcoa Lista. Det kan f.eks. tenkes at strømningsforholdene er slik at Haugestranda får stadig mer av tilførslene.

2.3 Vurdering og konklusjon

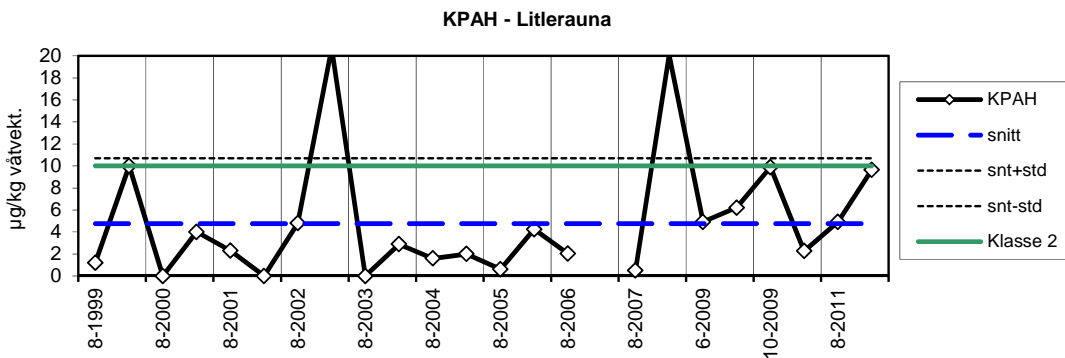
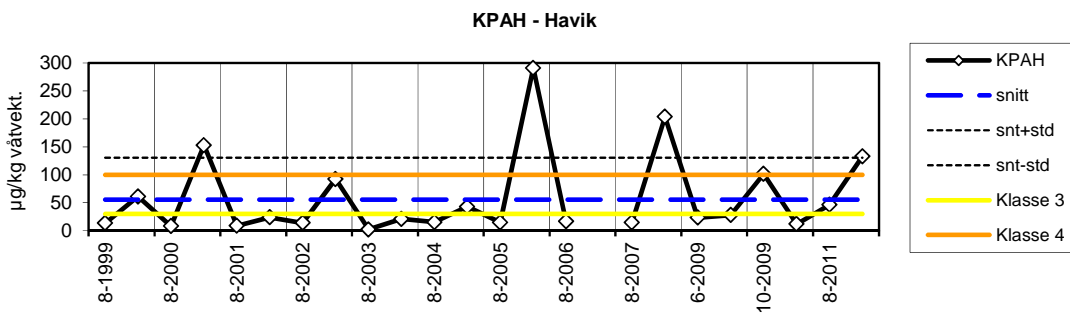
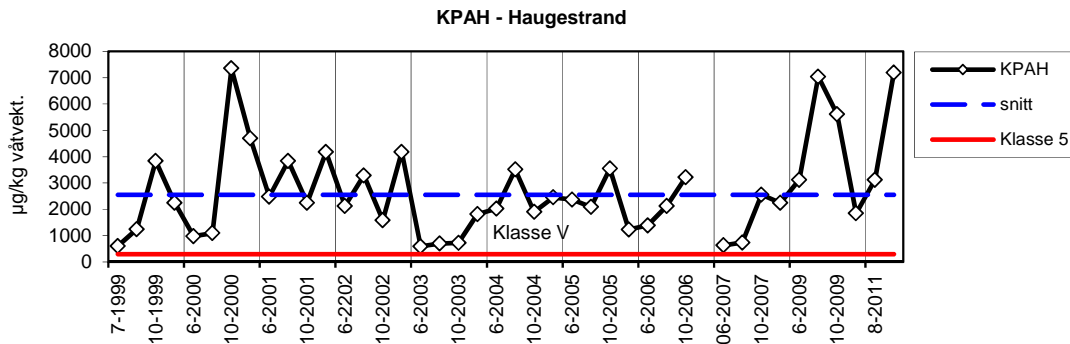
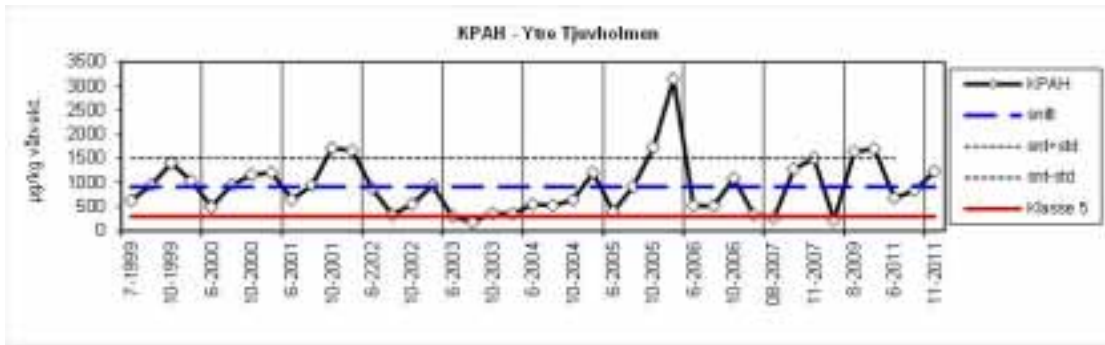
PAH-innholdet i strandsnegl fra Husebybukta er fremdeles høy og klassifiseres i tilstandsklasse V, «*Meget sterkt forurenset*». Stasjonen som ligger 3 km fra utslippet er i tilstandsklasse II, «*Markert forurenset*» og stasjonen som ligger ca. 10 km fra utslippet er i tilstandsklasse I-II, «*Ubetydelig/lite forurenset*» til «*Moderat forurenset*».

PAH-innholdet i strandsnegl i Husebybukta har gått betydelig ned de siste årene, spesielt etter 2005. Nedgangen i konsentrasjoner kan knyttes til utslippsreduksjoner ved bedriften. Ved den ene stasjonen i Husebybukta, Haugestranda, har nivået økt igjen i 2009 og 2011 uten at man vet årsaken til dette. PAH-profilen er fortsatt den samme og tyder ikke på andre kilder enn bedriftens utslipp.

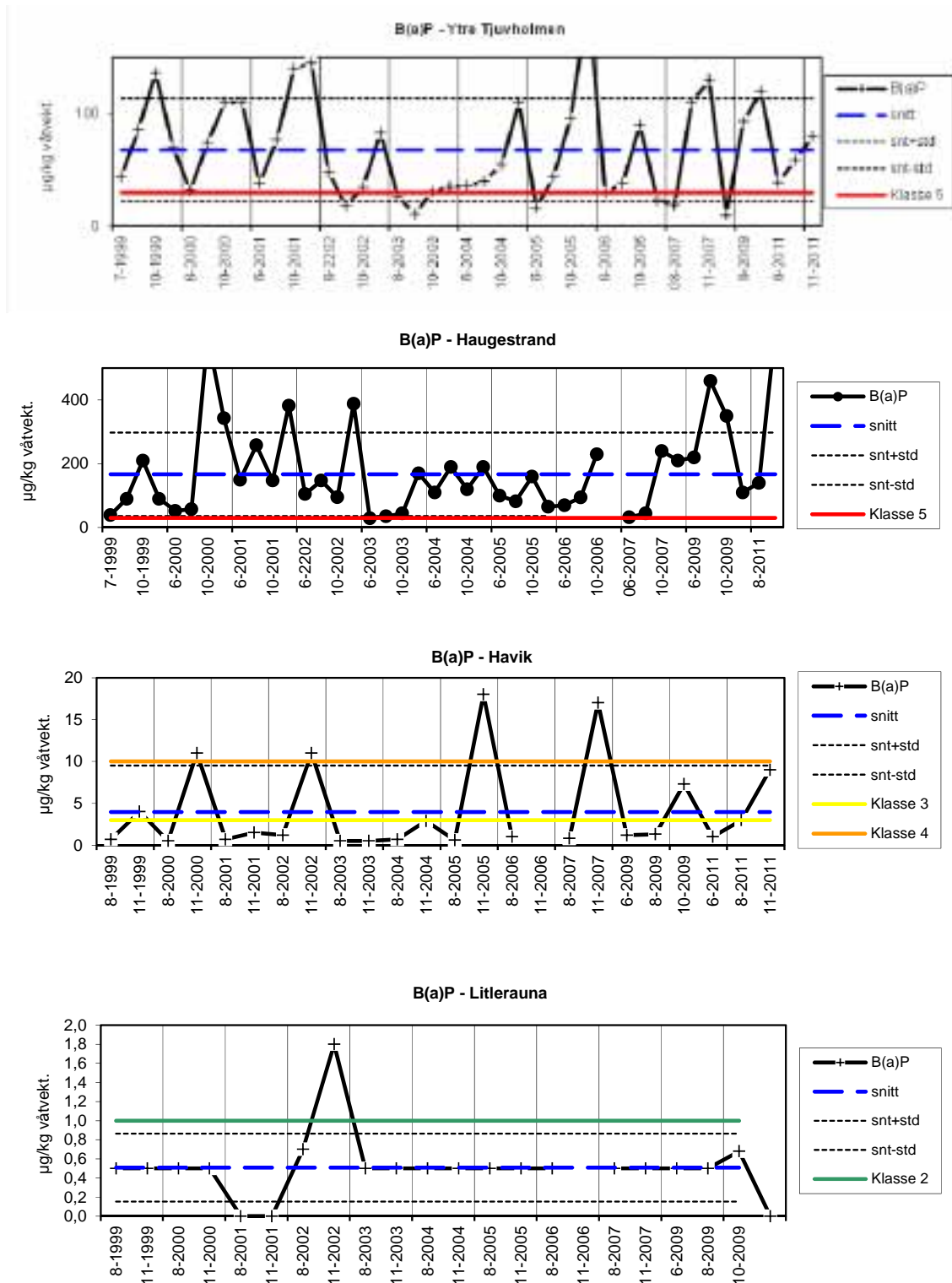
Ved referansestasjonene Havik og Litlerauna har det ikke vært noen entydige endring siden 1999. Stasjonene ligger hhv. 3 og 10 km fra utslippet.



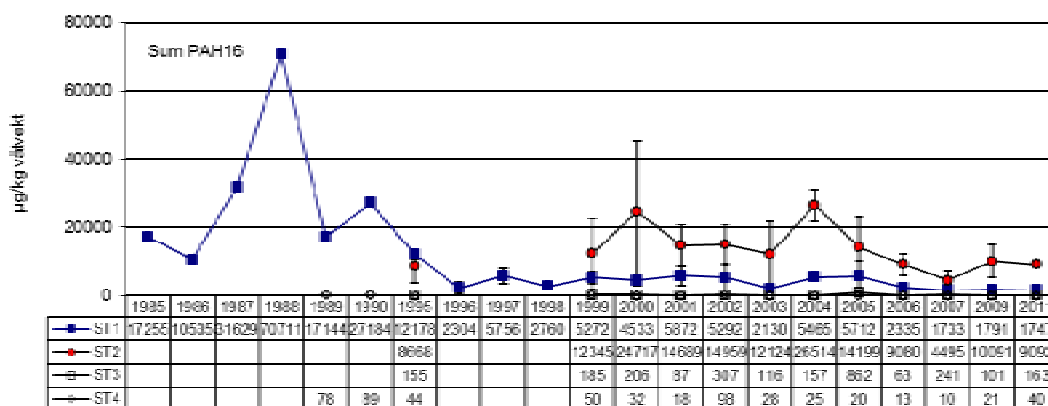
Figur 4. Utvikling i PAH₁₆-innholdet i strandsnegl ved de fire stasjonene på Lista fra 1999-2011. Grensene for SFTs tilstandsklasser (for blåskjell) er vist som farget, heltrukket linje. Fargen er i hht. tilstandsklassen. Stiplede blå linjer viser snittverdier for hele perioden (1999-2011) for den enkelte stasjon. Stiplede sorte linjer viser standardavvik. NB! Alle grafene har ulik skala.



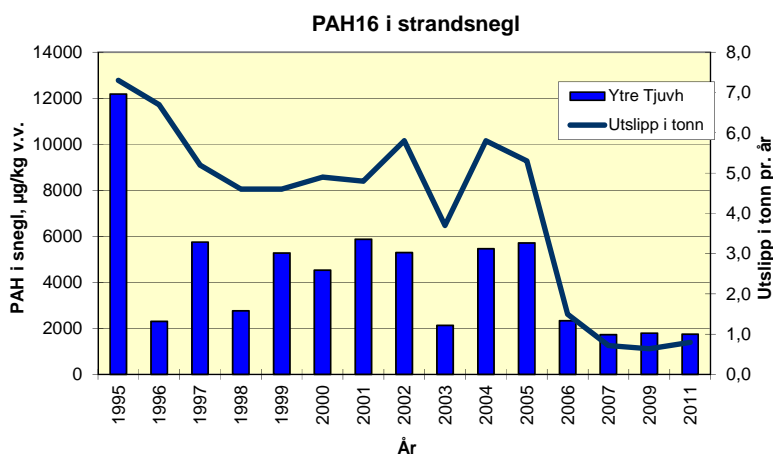
Figur 5. Utvikling i KPAH-innholdet i strandsnegl ved de fire stasjonene på Lista fra 1999-2011. Grensene for SFTs tilstandsklasser (for blåskjell) er vist som farget, heltrukket linje. Fargen er i hht. tilstandsklassen. Stiplede blå linjer viser snittverdier for hele perioden (1999-2011) for den enkelte stasjon. Stiplede sorte linjer viser standardavvik. NB! Alle grafene har ulik skala.



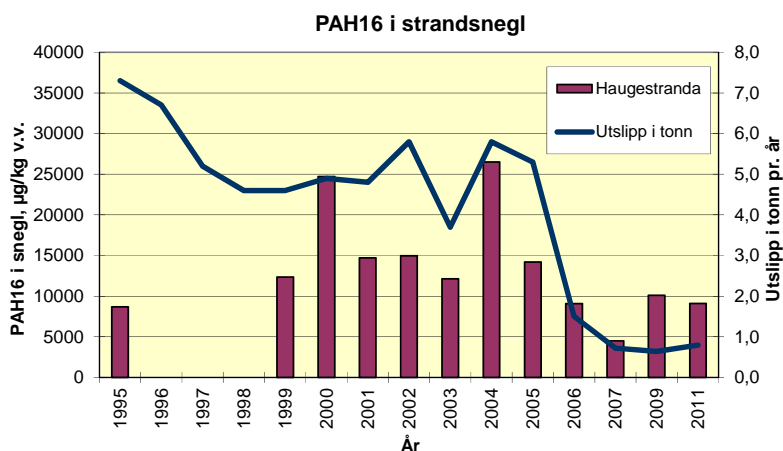
Figur 6. Utvikling i B(a)P innholdet i strandsnegl ved de fire stasjonene på Lista fra 1999-2011. Grensene for SFTs tilstandsklasser (for blåskjell) er vist som farget, heltrukket linje. Fargen er i hht. tilstandsklassen. Stiplede blå linjer viser snittverdier for hele perioden (1999-2011) og sammenfaller med deteksjonsgrensen på 0,5 µg/g. Stiplede sorte linjer viser standardavvik. NB! Alle grafene har ulik skala.



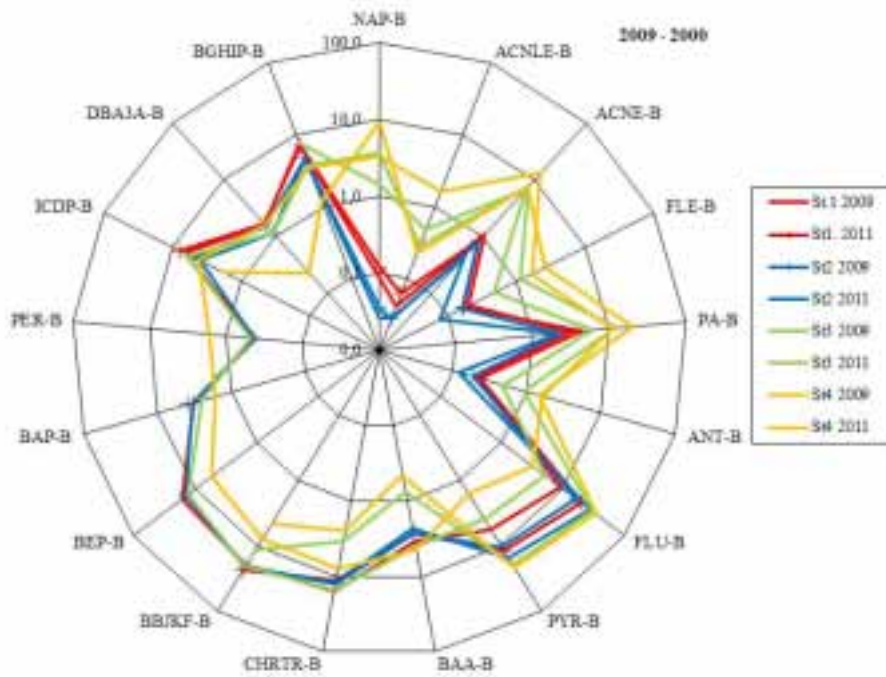
Figur 7. Innhold av PAH₁₆ i strandsnegl (middelverdi og standardavvik) fra fire stasjoner på Lista siden 1985. Årsgjennomsnittene angitt i µg/kg våtvekt. Merk at stasjon 3 og 4 ligger på 0-aksen med valgt skala.



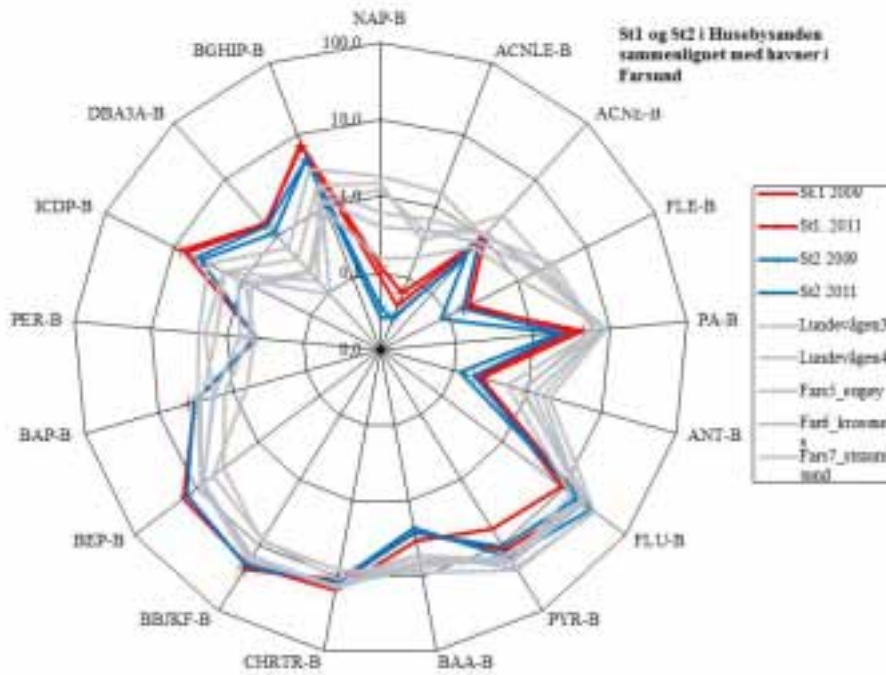
Figur 8. Årlige snittverdier av PAH-innhold i snegl fra Ytre Tjuvholmen sammenholdt med årlige utslippstall (Klif.no – norske utslipp).



Figur 9. Årlige snittverdier av PAH-innhold i snegl fra Haugestranda sammenholdt med årlige utslippstall. Utslippstallene er hentet fra Klif (Klif.no – norske utslipp).



Figur 10. PAH-profil av de to stasjonene i Husebybukta (St.1 og St2) og de to referansestasjonene (St3 og St4).



Figur 11. PAH-profil av de to stasjonene i Husebybukta (St.1 og St2) i 2009 og 2011, sammenlignet med stasjoner fra havneområder i Farsund-distriktet.

3. Undersøkelser i strandsonen

3.1 Generelt om undersøkelsen

Undersøkelser i strandsonen omfatter registrering av fastsittende alger og fastsittende og lite mobile fjæredyr på fjell og stein. Undersøkelsen dekker gruntvannsområdene i 0-2 meters dyp. Plante- og dyresamfunnets artssammensetning er blant annet påvirket av naturlige faktorer som eksponeringsgrad, type underlag, ferskvannspåvirkning, geografisk beliggenhet og sesong. I tillegg har eventuelle forurensninger (næringssalter, partikler) betydning for gruntvannssamfunnets sammensetning og tilstand. Ved å se på antall arter, mengder og forholdet mellom ulike organismegrupper, kan man få indikasjoner på tilstanden i et område. Det er imidlertid viktig å ta hensyn til overnevnte naturlige faktorer i tolkingen av dataene. Strandsoneundersøkelser er ofte benyttet metode ved tilstandsbeskrivelser i forhold til overkonsentrasjoner av næringssalter, mens effektene av miljøgifter er lite kjent. Undersøkelsen gir likevel en god indikasjon på den generelle tilstanden i influensområdet.

3.2 Metoder og stasjonsvalg

3.2.1 Feltinnsamling

Organismesamfunnet i strandsonen (0 - 2 meter) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og de vanligste makroskopiske dyrene i et horisontalt belte langs stranden ved fridykking. Registreringen var kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en subjektiv skala:

- 4 = dominerende
- 3 = vanlig
- 2 = spredt
- 1 = enkeltfunn

Arter som var vanskelig å identifisere i felt ble samlet inn og senere undersøkt i mikroskop.

Undersøkelsen ble gjennomført 29. september 2011 av Janne K. Gitmark og Maia Røst Kile.

3.2.2 Stasjonsvalg

Undersøkelsene ble gjennomført på de fire faste stasjonene med ulik avstand til utslippsstedet for prosessvann (**Tabell 5**). Stasjonene har også noe ulik bølgeeksponering og himmelretning. Ytre Tjuvholmen og Storskjær er relativt eksponert for bølgeslag mens Indre Tjuvholmen og Haugestranda er mer beskyttet mot direkte bølgeslag. Alle stasjonene er undersøkt flere ganger tidligere. Stasjonsplasseringen er vist på kart i **Figur 12**.

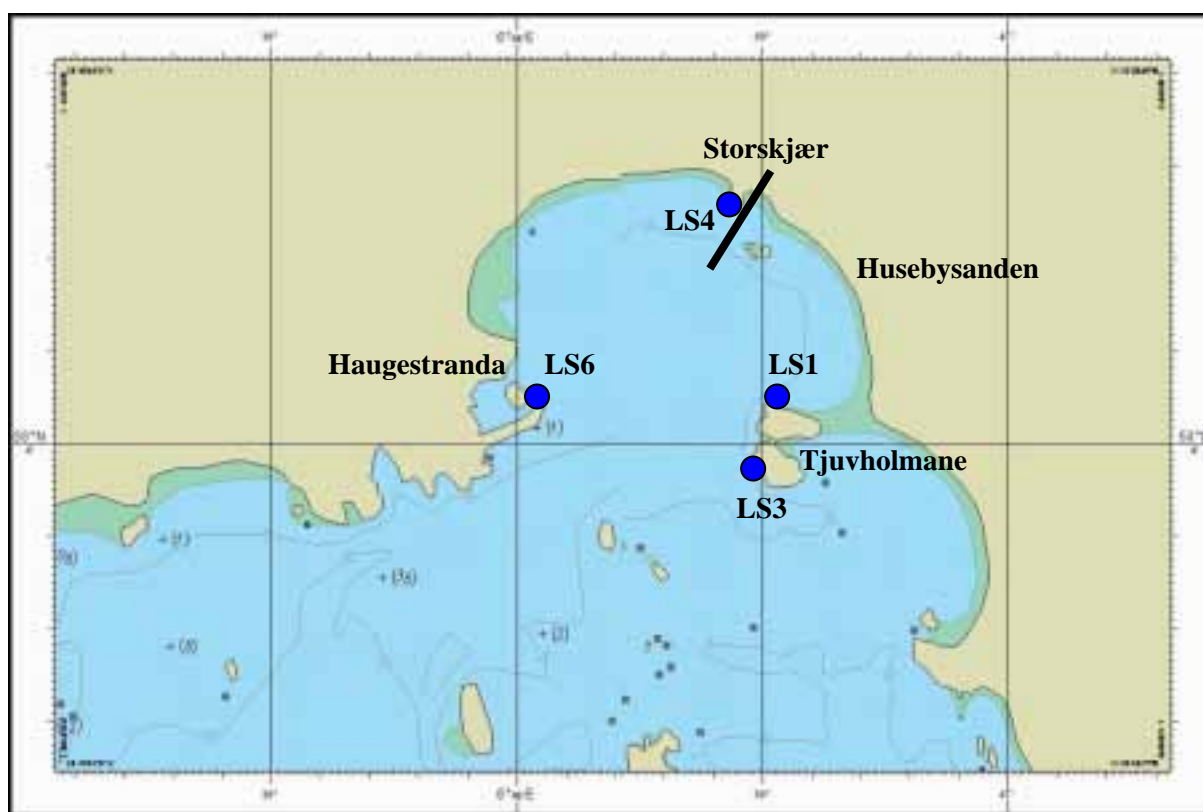
3.2.3 Tallbehandling

De semi-kvantitative undersøkelsene danner basis for å beregne parametere som karakteriserer organismesamfunnet, som for eksempel antall arter, mengder og fordeling mellom ulike algegrupper. Før beregning av ulike samfunnsparametre er enkelte arter som er vanskelig å skille i felt, slått sammen til en gruppe. Det gjelder bl.a. arter innenfor slektene *Cladophora* (unntak: *C. rupestris*), *Enteromorpha*, *Lithothamnion/Phymatolithon*, *Ectocarpus/Pilayella* og enkelte *Ceramium*-arter.

Undersøkelsene fra 1970-1980 ble gjennomført med andre registreringsmetoder (skrape fra land) og data fra disse undersøkelsene er derfor utelatt i enkelte sammenhenger. Registreringene etter 1980 er gjennomført med standard strandsoneregistrering (snorkeldykking) og gir et godt grunnlag for sammenligning med dagens undersøkelse.

Tabell 5. Undersøkte stasjoner i Husebybukta på Lista, september 2011.

Stasjoner	Nordlig koordinat	Østlig koordinat	Avstand til utslippssted
LS1 Indre Tjuvholmen	58°04.04	6°46.53	ca. 300 m
LS3 Ytre Tjuvholmen	58°03.97	6°46.50	ca. 500 m
LS4 Storskjær	58°04.26	6°46.43	ca. 100 m
LS6 Hagestranda	58°04.53	6°46.02	ca. 650 m



Figur 12. Husebybukta på Lista. Stasjoner for undersøkelser av planter og dyr på grunt vann. Stasjonsplasseringen er lik de foregående år. Utslippssted for avløpsvann er markert med sort strek.

3.3 Resultater

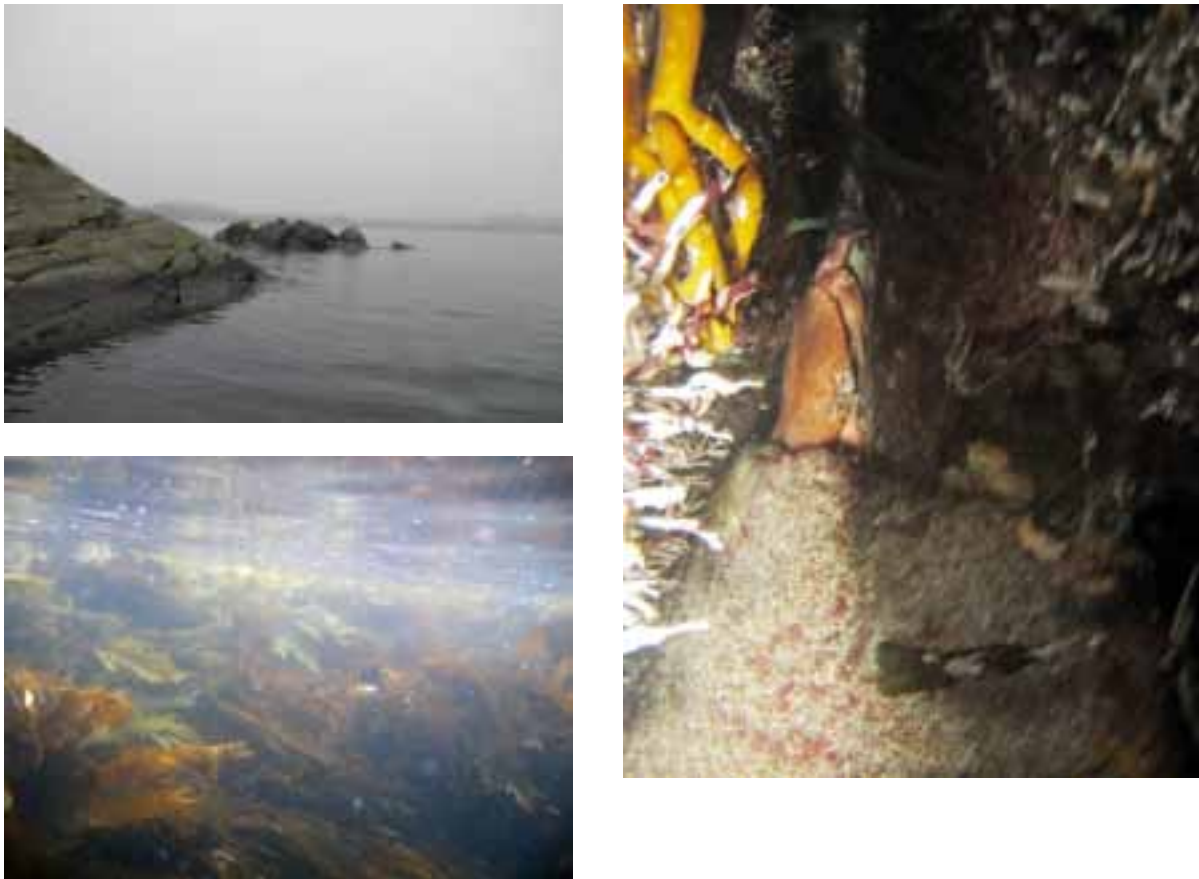
3.3.1 Dagens tilstand

Til sammen ble det registrert 60 arter på de fire stasjonene i Husebybukta i 2011, hvorav 33 alger og 27 fjæredyr. Nedenfor følger en kort beskrivelse fra hver av de fire stasjonene.

Indre Tjuvholmen (stasjon LS1)

Stasjonen ligger på nordsiden av Indre Tjuvholmen og vender inn mot Husebysanden og utslippspunktet. Stasjonen er beskyttet for bølgeslag. Stasjonen hadde det høyeste artsutvalget av de fire undersøkte stasjonene med totalt 39 arter (22 alger og 17 fjæredyr) i fjæresonen. Bilder fra stasjonen er vist i **Figur 13**.

De vanligste artene var sagtang (*Fucus serratus*), fingertare (*Laminaria digitata*) og skorpeformete rødalger (rugl) (*Corallinaceae*) som ble registrert som vanlige eller dominerende. Det var også spredte forekomster av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og småvokste arter som sjøris (*Ahnfeltia plicata*), vanlig rekeklo (*Ceramium rubrum*), vorteflik (*Mastocarpus stellatus*), rødlo (*Trilliella intricata*), gaffelgreinet havpyrd (*Callithamnion corymbosum*), grønndusk (*Cladophora*-arter), tarmgrønske (*Ulva spp/Enteromorpha spp.*) og havsalat (*Ulva lactuca*). Av fauna var det spredte forekomster av blant andre albuesnegl (*Patella sp.*), blåskjell (*Mytilus edulis*), strandsnegl (*Littorina sp.*), mosdyr og hydroider. Utvalgte arter er vist i **Tabell 6** mens alle registrerte arter er vist i Vedleggstabell B1.



Figur 13. Bilder fra stasjon LS1, Indre Tjuvholmen. Sagtang vokste i tette fine bestander sammen med fingertare. Bildet til høyre viser en liten taskekrabbe (*Cancer pagurus*), tarestilk og rødalger dekket med hvite mosdyr.

Ytre Tjuvholmen (stasjon LS3)

Stasjonen er plassert på sydsiden av Ytre Tjuvholmen og er eksponert for bølgeslag. Stasjonen hadde 30 arter i strandsonen (17 alger og 13 fjæredyr). Den vanligste arten var fingertare (*Laminaria digitata*). De vanligste artene i undervegetasjonen var krasing (*Corallina officinalis*), rugl (*Corallinaceae*), sjøris (*Ahnfeltia plicata*), vorteflik (*Mastocarpus stellatus*), krusflik (*Chondrus crispus*), vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og albusnegl (*Patella sp.*). Stasjonen gav inntrykk av friske forhold (**Figur 14**).



Figur 14. Bilder fra stasjon LS3, Ytre Tjuvholmen, 2011. Øvre, venstre bilde: stasjonen sett fra nord. Øvre, høyre bilde: albusnegl med påvekst av tarmgrønnske. Nedre venstre bilde: fjell/stein med kalkalger (*Corallinaceae*), brødsvamp (*Halichondria panicea*) vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*) og tare (*Laminaria digitata*). Nedre høyre bilde: fjellsprekk med fjæresjørose (*Urticina felina*).

Storskjær (stasjon LS4)

Storskjær ligger nær utslippsstedet til Alcoa Lista på Husebysanden. Skjæret er omgitt av sandbunn på alle kanter, og vanddybden er kun ca. 1 meter ved stasjonen på sydsiden av skjæret (**Figur 15**). Stasjonen er noe eksponert for bølgeslag og sandskuring. Antall arter registrert ved stasjonen var lavt med 15 arter. Vegetasjonen var dominert av vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) og spredte forekomster av rekeklo (*Ceramium rubrum*), tarmgrønske (*Ulva* sp.) og fingertare (*Laminaria digitata*). Av fjæredyr var strandsnegl (*Littorina* spp.), albuesnegl (*Patella* sp.) og juvenile blåskjell (*Mytilus edulis*) vanligst. I 2007 ble en blæretangplante registrert for første gang på stasjonen, men det ble ikke gjort registreringer av denne arten i 2011.



Figur 15. Bilder fra stasjon LS4, Storskjær. Stasjonsbildet er tatt av ytre del av øya hvor registreringene ble gjort. På bildet til høyre kan skimtes bestander av vorteflik, rekeklo, strandsnegl og albuesnegl.

Haugestranda (stasjon LS6)

Stasjonen ligger på motsatt side av utslippet i Husebybukta, på utsiden av en steinmolo. Stasjonen er beskyttet for bølgeslag. Totalt ble det registrert 28 arter ved stasjonen, 18 alger og 10 dyr. Vegetasjonen var dominert av sagtang (*Fucus serratus*) og fingertare (*Laminaria digitata*) samt mange små arter som vokste innimellom disse to strukturerende artene (**Figur 16**). De mest vanlige av disse småvokste algene var krusflik (*Chondrus crispus*) og rugl (*Corallinaceae*). Andre arter i undervegetasjonen var sjøris (*Ahnfeltia plicata*), rekeklo (*Ceramium rubrum*), brødsvamp (*Halichondria panicea*), ulike mosdyr og hydroider.



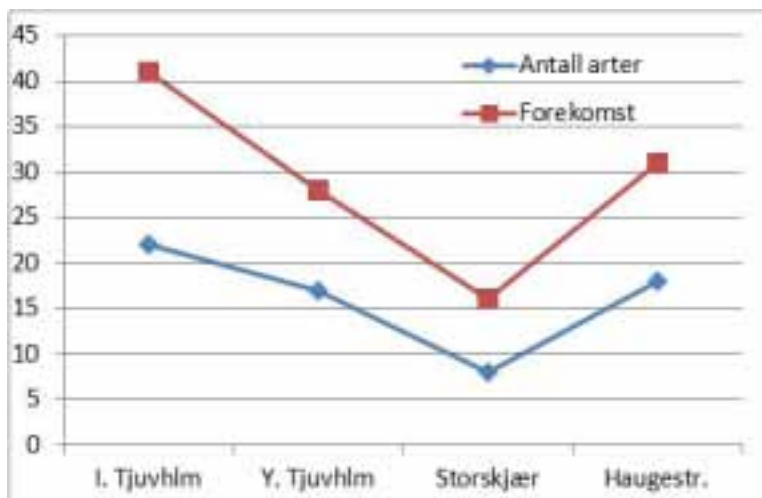
Figur 16. Bilder fra stasjon LS6, Haugestranda, i 2011. Stasjonen var dominert av sagtang og fingertare, og med mange småvokste arter i undervegetasjonen.

Antall arter og fordeling mellom algegruppene

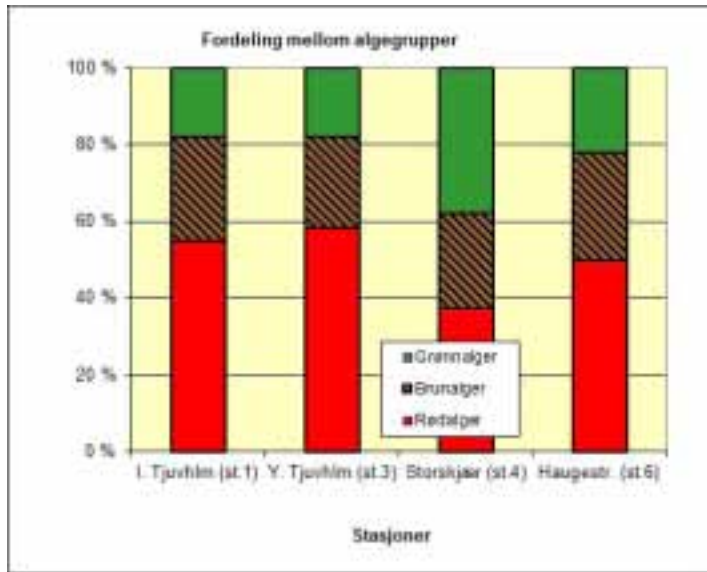
En sammenstilling av de vanligste artene som ble registrert i Husebybukta i 2011 er vist i **Tabell 6**. Fullstendig artsliste er gitt i Vedleggstabell B1. Antall arter, forekomst (mengde) og fordeling mellom algegruppene rødalger, brunalger og grønnalger er vist i **Figur 17** og **Figur 18**.

Til sammen ble det registrert 60 arter i 2011, hvorav 33 makroalger og 27 fjæredyr. Det ble registrert flest arter på Indre Tjuvholmen (stasjon LS1) og færrest ved Storskjær (st. LS4) (**Figur 17**). Fordelingen mellom gruppene rødalger, brunalger og grønnalger på de fire stasjonene var stort sett normal med ca. 20 % grønnalger og 40-50 % rødalger (**Figur 18**). Unntaket var stasjon 4 Storskjær som hadde høyere andel grønnalger enn normalt.

Forskjellen mellom de fire stasjonene kan i stor grad tilskrives ulik grad av eksponering og substratforhold. Eksempelvis har stasjonen på Storskjær (stasjon 4) kun et smalt belte hvor marine alger og dyr kan etableres og det vil ikke kunne etableres like rike tangbelter eller tarebelter ved denne stasjonen som ved de øvrige stasjonene. Stasjonen har i tillegg grunn sandbunn og er lokalt eksponert for bølger, slik at sandskuring også kan være et viktig hinder for etablering av mange arter. Hverken antall arter eller fordelingen mellom algegruppene kan forventes å være lik de øvrige stasjonene. Indre Tjuvholmen (stasjon LS1) og Haugestranda (stasjon LS6) er begge beskyttet mot bølgeslag mens Ytre Tjuvholmen (stasjon LS3) er den mest eksponerte stasjonen og ligger lengst fra utslippet. Det viktigste i disse undersøkelsene er å følge utviklingen innen de enkelte stasjonene (se neste kapittel) fremfor å sammenligne stasjonene mot hverandre.



Figur 17. Artsantall og forekomst (mengde) på 4 stasjoner i Husebybukta 2011.



Figur 18. Fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger på 4 stasjoner i Husebybukta i 2011.

Tabell 6. Forekomst av utvalgte arter registrert på fire stasjoner i Husebybukta i september 2011. Tegnforklaringer: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, e = enkeltfunn.

		I. Tjuvholm LS1	Y. Tjuvholm LS3	Storskjær LS4	Haugestr. LS6
Latinske navn	Norske navn				
Rhodophyceae	Rødalger				
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Sjørøis	s	s		s
<i>Ceramium rubrum</i>	Vanlig rekeklo	s		s	s
<i>Chondrus crispus</i>	Krusflik	s	s		d
<i>Corallina officinalis</i>	Krasing		s		
<i>Hildenbrandia rubra</i>	Fjæreblood	s	s	s	s
<i>Mastocarpus stellata</i>	Vorteflik	s	s	d	
<i>Corallinaceae skorpe</i>	Rugl	v	v		v
<i>Trailiella intricata</i>	Rødlo	s	e		
<i>Callithamnion corymbosum</i>	Havdun	s			
Phaeophyceae	Brunalger				
<i>Ectocarpales</i> indet	Sli	e	e	e	e
<i>Fucus serratus</i>	Sagtang	d			d
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	s			e
<i>Laminaria digitata</i>	Fingertare	v	d	s	s
Chlorophyceae	Grønnalger				
<i>Cladophora rupestris</i>	Vanlig grønndusk	s	s		s
<i>Enteromorpha</i> spp.	Tarmgrønske	s	e	s	e
<i>Ulva lactuca</i>	Havsalat	s		e	e
Fauna	Fjæredyr				
<i>Halichondria panicea</i>	Brødsvamp	s	s		s
<i>Dynamena pumila</i>	Hydroide	s	s		s
<i>Littorina</i> sp.	Strandsnegl	s		s	
<i>Membranipora membranacea</i>	Mosdyr	s	s		s
<i>Electra pilosa</i>	Mosdyr	s	s	s	s
<i>Mytilus edulis</i>	Blåskjell		s	s	
<i>Patella vulgata</i>	Albuesnegl	s	s	s	

3.3.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Artssammensetning

Overvåking av strandsonen startet i 1970, året før bedriftens oppstart i 1971. Fram til 1980 ble strandsonen undersøkt med skrape fra land, men etter 1980 er snorkeldykking benyttet ved alle registreringene.

Fra tidligere overvåkingsrapporter er det kjent at mange arter ble sterkt redusert i mengde eller forsvant fra nærområdet til utslippet noen år etter bedriftens oppstart, mens andre arter økte i mengde. I 1978 ble det rapportert om fravær av brunalger, svak representasjon av rødalger og fravær av strandsnegl ved Storskjær. Fra 1980 ble den negative utviklingen beskrevet som betydelig. Likeledes var det flere arter som forsvant eller ble redusert i mengde fra Indre Tjuvholmen, mens andre arter ble mer vanlige. Endringer på artsnivå fra 1970 til 2011 er vist i **Tabell 7** og **Tabell 8**.

Indre Tjuvholmen (stasjon LS1)

Indre Tjuvholmen (stasjon LS1) hadde flere tangarter på 1970-tallet som etter hvert forsvant helt fra stasjonen etter bedriftens oppstart. Både sagtang, spiraltang, blæretang og fingertare forsvant raskt sammen med albusnegl etter 1974, mens grisetang ble funnet på stasjonen helt opp til 1982 før også den forsvant (**Tabell 7**). Samtidig med at tangartene forsvant, ble enkelte arter mer vanlige, som f.eks. de mer forurensningstolerante artene røddlo, brunslil, grønndusk, havsalat og et bredt utvalg blågrønnalger. Disse artene var svært utbredt på hele 1980-tallet og ut på 1990-tallet.

Etter 1995 har det skjedd positive endringer i algesamfunnet. Ved Indre Tjuvholmen begynte sagtang og fingertare å etablere seg på nytt på slutten av 1980-tallet og har etter 1995 igjen vært dominerende i vegetasjonen. Også blæretang har etablert seg på nytt. Grisetang og spiraltang har enda ikke reetablert seg på stasjonen, men det har blitt registrert mindre mengder av opportunistiske alger som tarmgrønske, havsalat, brunslil og blågrønnalger. I 2007 og 2011 er det registrert en ytterligere forbedring på stasjonen med kun små mengder hurtigvoksende arter og stabile forekomster av blæretang, sagtang og fingertare. Resultatene fra 2011 viser ingen større endringer fra 2007 og vitner om relativt stabile forhold på stasjonen.

Storskjær (stasjon LS4)

En tilsvarende negativ utvikling i løpet av 1970-tallet med bortfall av flerårige arter, skjedde på Storskjær (stasjon LS4). Denne stasjonen hadde et begrenset artsutvalg i utgangspunktet pga. den fysiske beliggenheten, men det var likevel et tydelig bortfall av flerårige arter og kraftig økning i bl.a. blågrønne alger. Albusnegl var vanlig på stasjonen i perioden 1970-1974, men ble ikke registrert i årene fra 1978 til 1995.

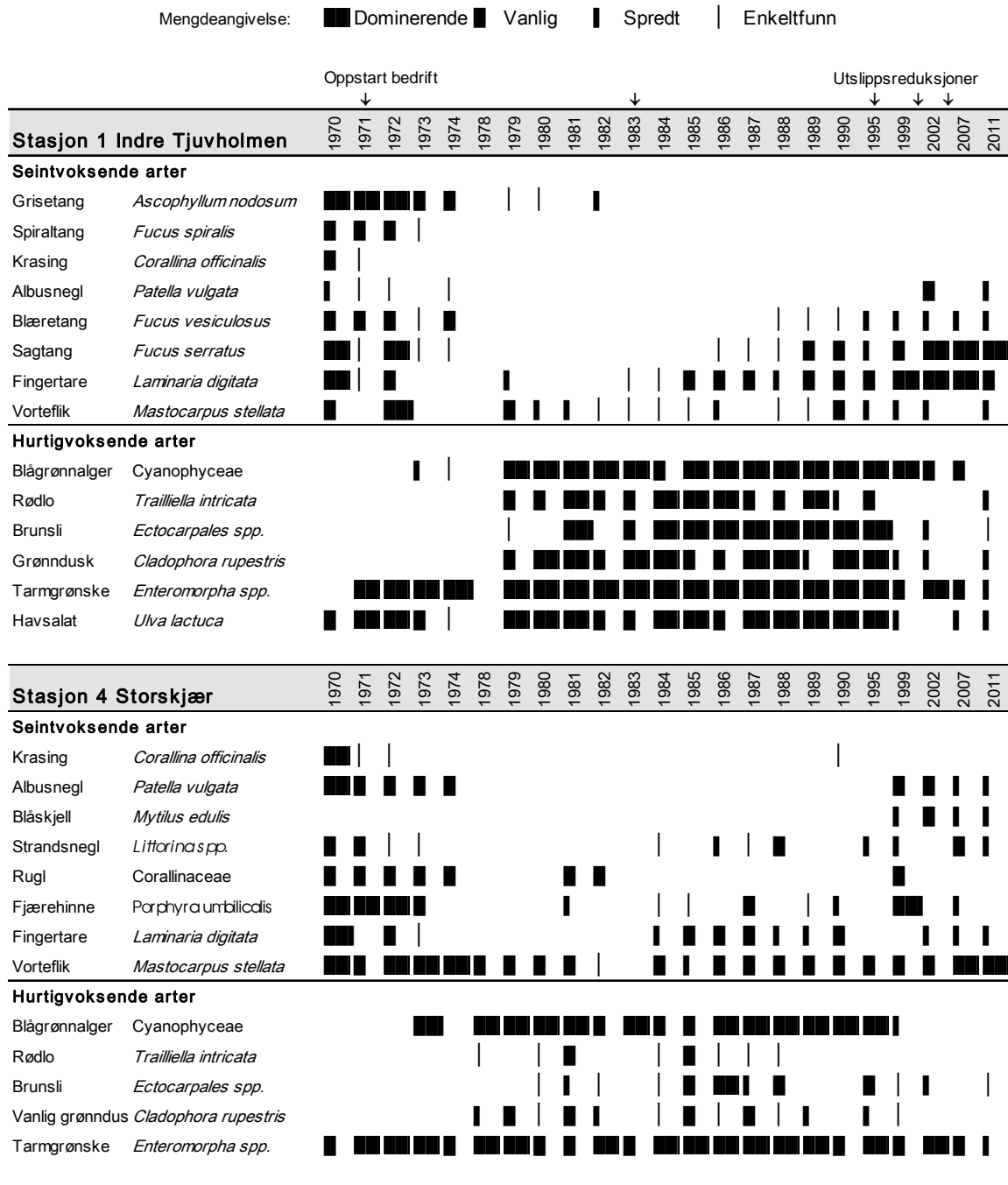
Etter 1995 har det vært en positiv utvikling med mindre mengder blågrønnalger ved Storskjær, mens blåskjell og albusnegl igjen har etablert seg og det har blitt tettere bestander av den flerårige arten vorteflik. I 2007 og 2011 var en ytterligere forbedring med mindre mengder av den hurtigvoksende grønne algen tarmgrønske.

Ytre Tjuvholmen (stasjon LS3) og Haugestranda (stasjon LS6)

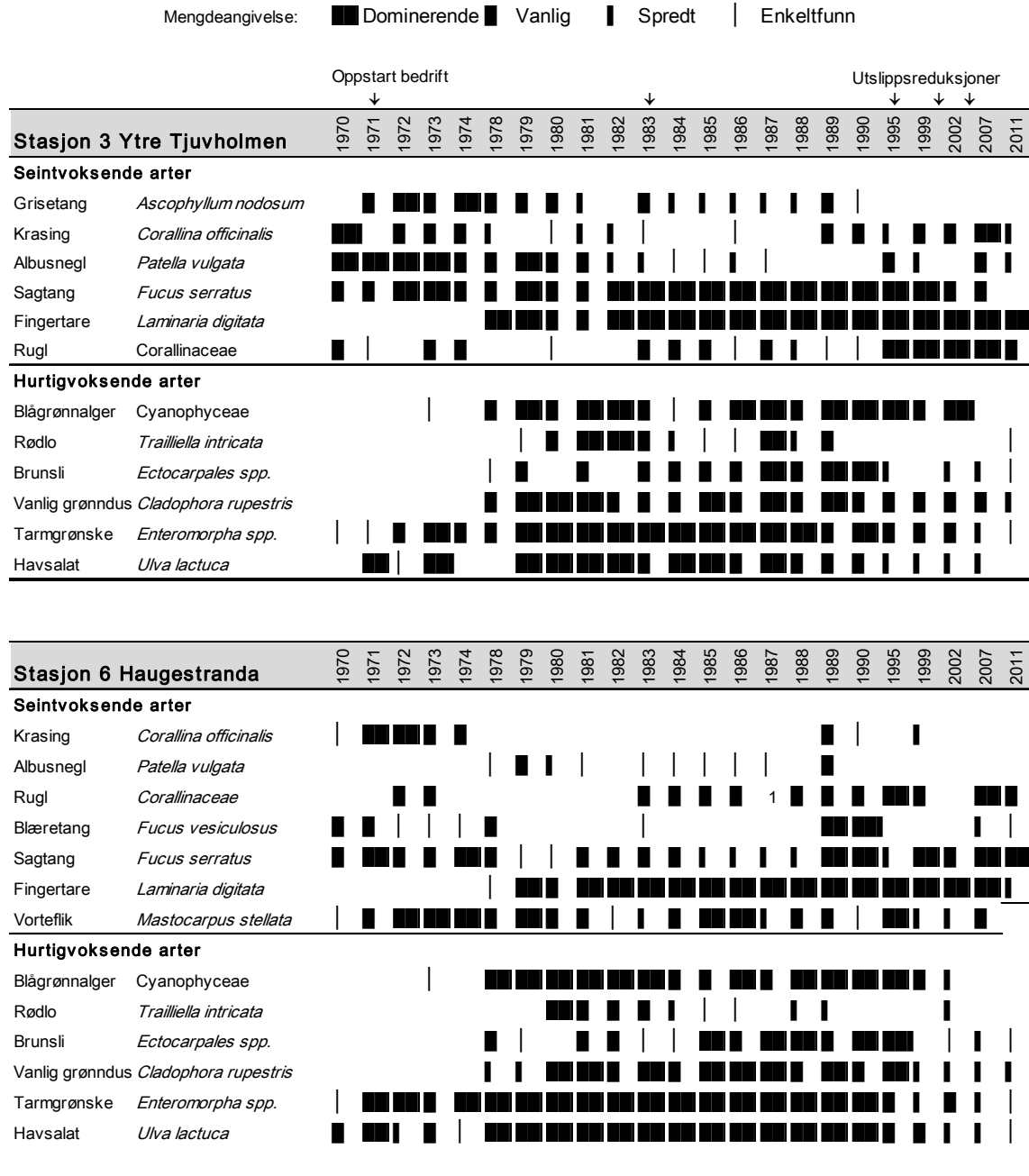
Ved Ytre Tjuvholmen og Haugestranda har det vært mindre tydelige endringer enn på de to andre stasjonene, men også her har det vært en positiv utvikling etter 1995 med mindre mengder av hurtigvoksende arter som tarmgrønske, havsalat, grønndusk, brunslil og blågrønnalger (**Tabell 8**). I 2011 har det vært en ytterligere forbedring med mindre mengder hurtigvoksende arter. Ved Ytre Tjuvholmen ble det ikke registrert sagtang i 2011, men det kan også skyldes noe forskjell i stasjonsplasseringen pga. nye prøvetakere. Sagtangen har vært lokalt tilstede i deler av bukta tidligere.

Det var ikke tegn til andre større endringer fra 2007. De hurtigvoksende, opportunistiske artene som dominerte på 1980-tallet finnes nå kun svært spredt på stasjonen og viser en positiv utvikling.

Tabell 7. Forekomst av utvalgte arter og organismegrupper fra Indre Tjuvholmen (st. LS1) og Storskjær (st. LS4) på Husebysanden i perioden 1971-2011.



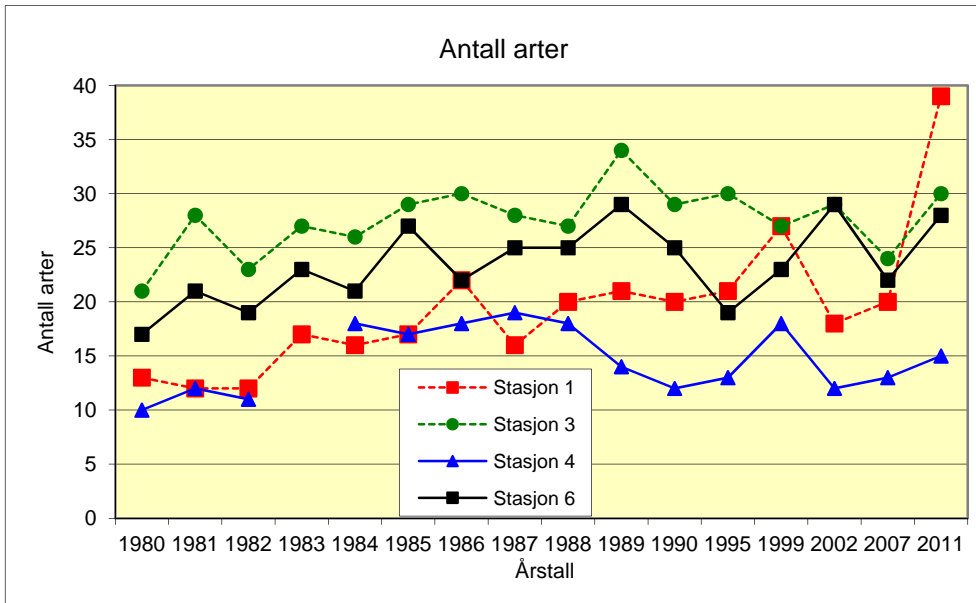
Tabell 8. Forekomst av utvalgte arter og organismegrupper fra Ytre Tjuvholmen (st. LS3) og Haugestranda (st. LS6) på Husebysanden i perioden 1971-2011.



Utvikling i antall arter 1980-2011

Utvikling i antall arter på de fire faste stasjonene fra 1980-2011 er vist i **Figur 19**.

Det har vært en svak økning i antall arter ved Indre Tjuvholmen (St LS1) og til dels Haugestranda (St LS6) fra 1980 til i dag, mens det ikke har vært noen tydelig endring på de to øvrige stasjonene. Data fra før 1980 er ikke inkludert i disse sammenstillingene ettersom innsamlingen ble gjennomført med andre metoder som vanskelig lar seg sammenligne. Figurene viser at forskjellene i antall arter er små og gir ikke et representativt bilde av de store endringer som tross alt har vært i strandsonesamfunnet.

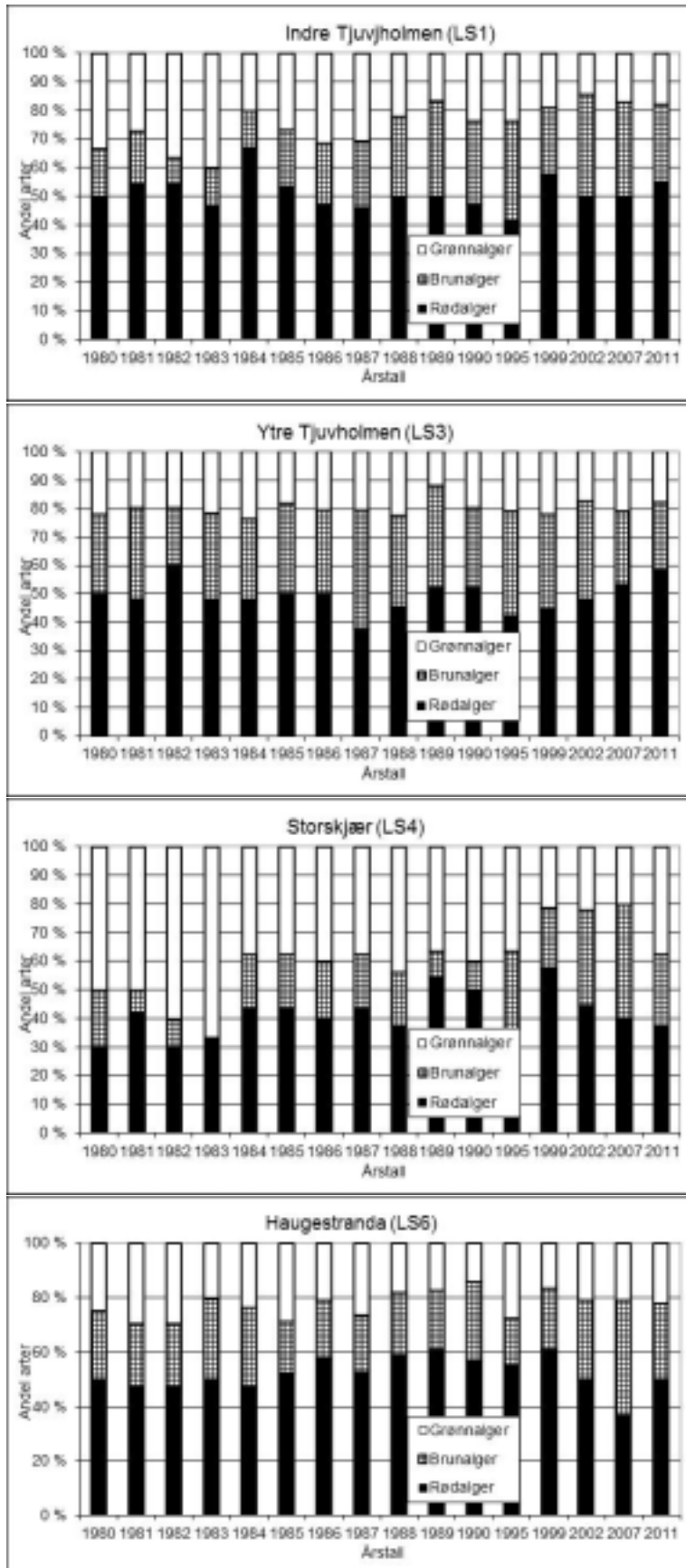


Figur 19. Utviklingen i antall arter på fire stasjoner i Husebybukta i perioden 1980-2011.

Fordeling mellom algegruppene

Utviklingen i fordeling mellom de tre algegruppene rødalger, brunalger og grønnalger fra 1970 til 2011 er vist i **Figur 20**. Selv om det ikke er registrert større forskjeller i antall arter, har det vært en klar utvikling i fordeling mellom algegruppene, spesielt ved Indre Tjuvholmen og Storskjær. Andelen grønnalger ved disse to stasjonene økte utover 1970-tallet, og var svært høy på 1980-tallet (40 % ved Indre Tjuvholmen og 50-90 % ved Storskjær). Dette gjenspeiler endringen til mer hurtigvoksende alger. Ved de siste undersøkelsene har fordelingen ved Indre Tjuvholmen vært innenfor normalintervallet igjen. Ytre Tjuvholmen har vært svært stabil mht. andel grønnalger i alle år, mens andelen rødalger har økt de siste årene. Etter 1999 har det vært en nedgang i andel rødalger ved både Storskjær og Haugestranda.

Datasettet fra Lista er unikt ved at de samme fire stasjonene er undersøkt med få års mellomrom helt fra ett år før opprettelsen av bedriften for nesten 40 år siden. Dette gjør at man har kunnet følge utviklingen nøye og dataene danner et godt grunnlag for videre oppfølging.



Figur 20. Utvikling i artsandel rødalger, brunalger og grønnalger ved fire stasjoner i Husebybukta i perioden 1970-2011.

3.4 Vurdering

Samlet sett viser resultatene ganske stabile, normale forhold i strandsonesamfunnet de siste årene. Det er ikke lenger sleipe blågrønnalger og hurtigvoksende grønnalger og brunalger som dominerer i fjæresonen i nærområdet til utslippet slik som på 1980-tallet, men tang, tare og et stort utvalg av andre mindre arter.

4. Referanser

IARC 1987. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monograph Volumes 1-42. Supp. 7. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.

Jacobsen, T., Næs, K.; Opdal, K. (Teknometri as). 1996. Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium Lista ANS. 1995. NIVA-rapport OR-3474. 40 sider.

Knutzen, J. 1973. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1971/73. NIVA-rapport O-19/68 (II).

Knutzen, J. 1979. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1975 - 1978. NIVA-rapport O-68019 (IV). L.nr. 1134, 28s.

Knutzen, J. 1981. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1979 - 1980. NIVA-rapport O-68019 (V). L.nr. 1219, 21s.

Knutzen, J. 1983. Utslipp fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1981 - 1982. NIVA-rapport O-68019 (VI). L.nr. 1530, 23s.

Knutzen, J. 1985. Utslipp fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1983 - 1984. NIVA-rapport O-68019 (VII). L.nr. 1750, 25s.

Knutzen, J. 1987a. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1985 - 1986. NIVA-rapport O-68019 (VIII). L.nr. 1998, 27s.

Knutzen, J. 1987b. Orienterende undersøkelser 1986 av PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre og taskekrabbe fra resipientområdet til Lista Aluminiumsverk og referansestasjoner. NIVA-rapport O-68019. L.nr. 2007, 21s.

Knutzen, J. 1989. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1987 - 1988 med tillegg av analyse av PAH i krabber. NIVA-rapport O-68019. L.nr. 2270, 32s.

Knutzen, J. 1991. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelse 1989-1990. NIVA rapport O - 68019. L.nr.2615.

Knutzen, J. og R.T. Arnesen, 1975. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1973/74. NIVA-rapport O-19/68 (III). 48s.

Knutzen og Berglind 1992. Utslipp av avløpsvann fra Elkem Aluminium Lista. Kontrollundersøkelser 1991. NIVA-rapport 2766, 26 s

Knutzen, J. og J. Rueness, 1972. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Undersøkelser av biologiske forhold ved Husebysanden 1970-71. NIVA-rapport O-19/68 (I). 25s.

Kroglund, T., 2000. Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista 1999. NIVA-rapport 4228-00. 37s.

Kroglund, T. 2004. Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium, Lista. PAH i strandsnegl og strandsoneundersøkelser 2002-2003. NIVA-rapport 4835-2004. 37s.

Kroglund, T., 2008. Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium, Lista. PAH i strandsnegl og strandsoneundersøkelser, 2004-2007. NIVA. Rapport 1. nr OR-5653. 42 s.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.

Moy, F. og T. Kroglund, T. 2002. Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium, Lista. PAH og metaller i strandsnegl, 1999-2001. NIVA-rapport 4549-2002. 24s.

Vedlegg A. PAH i snegl

Vedleggstabell A.1. PAH-innhold i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Lista. Analyseresultater for 2011. Alle verdiene er oppgitt i µg/kg v.v.

Stasjon	Mnd	År	Eurofins kode	Tørrestoff (%)	Acenaftefen (µg/kg)	Acenaftefen n (µg/kg)	Antracen (µg/kg)	Benz(a)antracen (µg/kg)	Benz(b)fluoranten (µg/kg)	Benz(a)fluoranten (µg/kg)	Benz(a)pyren (µg/kg)	Benzofluoranthen (µg/kg)	Benzo(a,h)uoranthen (µg/kg)	Benzo(k)uoranthen (µg/kg)	Dibenz(a,h)antracen (µg/kg)	Fenantren (µg/kg)	Fluoranten (µg/kg)	Fluoranten (µg/kg)	Fluoren (µg/kg)	Indeno(1,2,3-cd)pyren (µg/kg)	Kysen (µg/kg)	Naftalen (µg/kg)	Pyren (µg/kg)	Sum 16 EPA-PAH eksl. LOQ (µg/kg)	Sum 16 EPA-PAH inkl. LOQ (µg/kg)	
St. 1 Ytre Tjuvholm	6	2011	12-80-1 (439-2012-01090018)	21,88	13,00	0,66	1,80	21,00	310,00	39,00	97,00	67,00	23,00	36,00	250,00	1,60	100,00	120,00	1,40	100,00	120,00	< 3,4	120,00	1,200	1,200	18 600
St. 2 Haugestranda	11	2011	12-80-10 (439-2012-01090027)	22,90	55,00	5,00	41,00	470,00	3 400	620,00	670,00	560,00	200,00	450,00	6 100	17,00	540,00	1 400	17,00	540,00	1 400	< 3,5	3 900	3 900	18 600	319 000
St. 3 Havik	11	2011	12-80-11 (439-2012-01090028)	24,47	4,70	0,34	1,70	5,00	67,00	8,50	16,00	10,00	4,20	23,00	73,00	1,70	18,00	20,00	1,70	18,00	20,00	< 4,1	62,00	62,00	315 000	319 000
St. 2 Haugestranda	6	2011	12-80-2 (439-2012-01090019)	20,64	39,00	2,70	5,90	100,00	890,00	110,00	200,00	130,00	57,00	180,00	1 400	10,00	200,00	360,00	10,00	200,00	360,00	< 3,2	550,00	4 250	4 260	1 520
St. 1 Ytre Tjuvholm	8	2011	12-80-3 (439-2012-01090020)	24,42	13,00	0,93	3,50	40,00	360,00	59,00	110,00	67,00	25,00	67,00	300,00	2,60	120,00	170,00	2,60	120,00	170,00	< 3,7	180,00	1 520	1 520	6 520
St. 2 Haugestranda	8	2011	12-80-4 (439-2012-01090021)	22,02	29,00	1,90	7,90	150,00	1 400	140,00	300,00	230,00	100,00	140,00	1 800	4,90	310,00	790,00	4,90	310,00	790,00	< 3,4	1 000	6 520	6 520	49 000
St. 3 Havik	8	2011	12-80-5 (439-2012-01090022)	23,94	3,70	0,14	0,45	0,37	4,80	0,64	1,80	0,90	0,56	6,10	15,00	0,56	2,80	1,70	0,56	2,80	1,70	< 3,6	9,60	49,00	53,00	26 000
St. 4 Litlærauna	8	2011	12-80-6 (439-2012-01090023)	24,89	1,60	< 0,10	0,32	0,10	0,81	0,15	0,26	0,16	< 0,10	4,50	7,60	0,40	0,54	4,1	0,40	0,54	4,1	< 4,1	4,80	22,00	26,00	115 000
St. 3 Havik	10	2011	12-80-7 (439-2012-01090024)	27,05	3,10	0,22	0,85	2,20	19,00	3,10	7,60	3,70	2,00	9,00	24,00	0,81	9,50	6,80	0,81	9,50	6,80	< 4,3	20,00	111,00	111,00	30 000
St. 4 Litlærauna	10	2011	12-80-8 (439-2012-01090025)	25,49	2,00	0,10	0,35	0,27	1,80	0,38	0,72	0,40	0,19	5,30	9,50	0,72	0,88	1,00	0,72	0,88	1,00	< 3,8	6,40	30,00	34,00	94 000
St. 1 Ytre Tjuvholm	11	2011	12-80-9 (439-2012-01090026)	24,86	17,00	2,30	7,90	56,00	650,00	80,00	130,00	92,00	36,00	95,00	520,00	5,00	120,00	200,00	5,00	120,00	200,00	6,00	500,00	2 540	2 540	57 000
St. 4 Litlærauna	11	2011	18-80-12 (439-2012-01090029)	24,70	2,30	0,16	0,71	0,75	3,70	0,72	1,30	0,72	0,34	9,70	18,00	0,98	1,60	1,80	0,98	1,60	1,80	< 4	14,00	57,00	61,00	61,00

Vedlegg B. Strandsonedata

Vedleggstabell B1. Registrerte arter i 2011. Mengdeangivelser: 4 = dominerende, 3 = vanlig, 2 = sparsom, 1 = sjelden/enkeltfunn.

Prosjektnummer: O-26362

Fylke: Vest-Agder

Dato: 29 september 2011

Prosjektnavn: LISTA

Kommune: Farsund

Stasjonsnummer		LS1	LS3	LS4	LS6
Stasjonsnavn		I.Tjuvholm	Y. Tjuvholm	Storskjær	Hauges tranda
Nordlig koordinat		58°4.00	58°3.95	58°4.20	58°4.05
Østlig koordinat		6°46.60	6°46.60	6.46.50	6.46.05
Latinske navn	Norske navn				
Rhodophyceae					
	Rødalger				
Ahnfeltia plicata	Sjørís	2	2		2
Callithamnion corymbosum	Gaffelgreina havpyrd	2			
Spermothamnion repens	Kryplo	2			
Ceramium rubrum	Vanlig rekeklo	2		2	2
Chondrus crispus	Krusflik	2	2		4
Corallina officinalis	Krasing		2		
Trailliella intricata	Rødlo	2	1		
Hildenbrandia rubra	Fjæreblod	2	2	2	2
Mastocarpus stellata	Vorteflik	2	2	4	
Palmaria palmata	Søl		1		
Furcellaria lumbricalis	Svartkluft	1			
Corallinaceae skorpef.	Rugl	3	3		3
Polysiphonia harveyi	Bruntufs				1
Polysiphonia brodiaei	Penseldokke		1		
Porphyra umbilicalis	Vanlig fjærehinne				1
Plumaria plumosa	Fagerfjær	1	1		1
Heterosiphonia japonica	Japansk sjølyng	1			1
Phaeophyceae					
Brunt på fjell		1			1
Dictyota dichotoma	Tvebendel	1			
Ectocarpus fasciculatus	Brunslí	1	1	1	1
Fucus serratus	Sagtang	4			4
Fucus vesiculosus	Blæretang	2			1
Laminaria digitata	Fingertare	3	4	2	2
Petalonia fascia	Brunbånd		1		
Sphacelaria cirrosa			1		
Chlorophyceae					
Chaetomorpha melagonium	Vanlig laksesnøre		1		
Cladophora rupestris	Vanlig grønn dusk	2	2		2
Cladophora albida	Grønn dusk				1
Ulva spp (Enteromorpha spp.)	Tarmgrønske			2	
Ulva intestinalis	Tarmgrønske	2	1		
Ulva compressa	Tarmgrønske			2	
Ulva flexulosa		1			1
Ulva lactuca	Havsalat	2		1	1
Fauna					
Actiniaria indet.		1			
Alcyonidium hirsutum		2	2		2
Asterias rubens, juvenile	Sjøstjerner, juvenile	2			1
Balanus balanoides	Rur		2		
Balanus sp.	Rur			1	
Bryozoa skorpe white	Mosdyr	2			2
Bryozoa indet. skorp.	Mosdyr	2			
Campanularia sp.		2			2
Cancer pagurus		1			
Carcinus maenas	Strandkrabbe	1			
Clava spp.					1
Dynamena pumila	Hydroider	2	2		2
Electra pilosa		2	2	2	2
Gibbula sp.	Snegl		1		
Grantia compressa			1		
Halichondria panicea		2	2		2
Hydroida indet.	Hydroider		2		
Lacuna vincla		1			1
Laomedea sp.		2			
Littorina littorea	Vanlig strandsnegl			2	
Littorina saxatilis	Spiss strandsnegl	2		2	
Littorina sp.	Strandsnegl			2	
Membranipora membranacea	Mosdyr	2	2		2
Mytilus edulis juv.	Blåskjell, juvenile		2	2	
Patella sp.	Albuesnegl	2	2	2	
Sycon sp.			1		
Urticina felina		1	2		
		39	30	15	28

Vedleggstabell B2.

Tabell. Endring i forekomst av utvalgte arter og organisme grupper fra Husebysanden, Lista. 1980 - 2011
Mengdeangivelse: 16= dominerende, 8 = vanlig, 4= spredt, 2= enkeltfunn, 1= forekommer

		Stasjon 1 Indre Tjuvholmen																
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2003	2007	2011
Ascophyllum nodosum	B	2		4														
Cladophora rupestris	G	16	16	8	16	16	8	6	12	12	4	12	16	4	4	6		4
Enteromorpha spp.	G	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8	12		8	4
Ulva lactuca	G	16	16	8	8	16	12	6	16	16	16	16	12	4		6	4	
Bonnemaisonia hamifera s.porp.	R	8	12	8	8	16	16	12	8	8	12	4	8					4
Audouinia spp. (Acrochaetium)	R	1	8		1	1	4	1	8	8	8	6						4
Ectocarpales spp.	B		16		8	16	12	16	16	16	12	12	16		4	4		2
Ceranium rubrum	R	4			4	1	16	12	12	12	12	16	8	6	12	8	8	4
Laminaria digitata	B				1	1	6	6	6	4	8	8	8	16	16	4	16	8
Fucus serratus	B							1	2	2	6	6	4	8	16	12	16	16
Fucus vesiculosus	B									1	2	2	4	4	4	4	4	4
Bryozoa	F											8	4	8	4	4	16	4

		Stasjon 3 Ytre Tjuvholmen																
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2007	2011	
Bonnemaisonia hamifera s.porp.	R	8	16	16	6	4	1	1	12	4	8							2
Ascophyllum nodosum	B	6	4		6	4	4	4	4	4	6	2						
Chondrus crispus	R	8	1	8	8	8	1	2	8	8	8	4		4			4	
Enteromorpha spp.	G	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8	16	8	6	6	4	2	
Ulva lactuca	G	16	16	16	8	12	16	8	16	6	8	8	4	4	4	4		
Littorina spp.	F	16	16	8	12	12	16	16	8	8	4	8	16	4	4	4		
Bryozoa	F						1	1			1	1	8	8	4	4	4	
Hildenbrandia rubra	R	8	8	4	8	8	8	8		8	6	8	16	8	16	4	4	
Corallinaceae (Phymatolithon)	R	1			6	6	6	2	8	4	1	1	12	16	16	16	8	

		Stasjon 4 Storeskjær																
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2007	2011	
Bonnemaisonia hamifera s.porp.	R	1	8			1	6	1	2	2								2
Ulothrix/Urosalpinx	G	8	6	1	1	1	1	1	1	1	8	1						
Audouinia spp. (Acrochaetium)	R		8	4	8	8	6	8	8	8	4	8	4	1				
Div. Cyanophyceae		16	12	8	16	8	8	16	12	12	12	16	16	4				
Carcinus maenas	F			1		1	1	1	1	1	6	4	2		6			
Littorina spp.	F					1		4	2	6			4	4		8	4	
Ceranium rubrum	R					1	6	6	8	4	4	4	2	1	8	16	4	
Mytilus edulis	F													4	8	4	4	
Patella vulgata	F													6	6	4	4	

		Stasjon 6 Haugestranda																
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2003	2007	2011
Ulva lactuca	G	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8	6	4	8	4	
Cladophora rupestris	G	16	16	8	16	8	16	12	12	8	16	8	16	4	4	6	4	4
Div. Cyanophyceae		16	16	16	16	8	8	12	8	12	12	16	16	8	4	4		
Enteromorpha spp.	G	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12	8	4	8		4	2
Bonnemaisonia hamifera s.porp.	R	16	8	8	6	4	1	1		4	4				4			
Ulothrix/Urosalpinx	G	4	1	4	1		1	1	8	8	1							
Patella vulgata	F	4	2		1	1	2	2	2		8							
Ectocarpales spp.	B		8	8	1	1	12	8	16	16	8	16	16		1		4	2
Corallinaceae (Phymatolithon)	R				8	8	8	8	1	6	8	8	12	6		16	16	8
Bryozoa	F						1					8	4	4	8	8	6	4
Corallina officinalis	R										6	1		4		4		

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no