

**Overvåking av  
sjøområdet utenfor  
Elkem Aluminium, Lista  
PAH i strandsnegl og  
strandsoneundersøkelser, 2004-2007**



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

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

Tittel Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium, Lista. PAH i strandsnegl og strandsoneundersøkelser, 2004 - 2007	Løpenr. (for bestilling) 5653-2008	Dato 14.08.2008
	Prosjektnr. Undernr. O-26362	Sider Pris 42
Forfatter(e) Kroglund, Tone	Fagområde Miljøgifter i sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Elkem Aluminium ANS Lista	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Foreliggende rapport omfatter undersøkelser av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i strandsnegl (<i>Littorina littorea</i>) i tillegg til strandsoneundersøkelser (fastsittende alger og dyr på grunt vann) i sjøresipienten til Elkem Aluminium ANS Lista. Formålet med undersøkelsen har vært å gi en oppdatering av tilstanden i området. Resultatene viser at <u>PAH-innholdet i snegl</u> fra utslippstedet i Husebybukta har blitt ytterligere redusert siden forrige prøverunde i 2002-2003. Konsentrasjonene målt i 2007 var de laveste siden målingene i strandsnegl startet i 1985, men er fremdeles i tilstandsklasse <i>markert</i> til <i>meget sterkt forurensset</i> (tilstandsklasse III-V). Resultatene av <u>strandsoneundersøkelsen</u> viser at det var flest arter og høyest diversitet på den ytterste stasjonen på Tjuvholmen mens Storskjær nærmest utslippet hadde færrest arter og lavest diversitetsmål. Mange av artene som forsvant ved oppstart av bedriften, begynner nå å komme tilbake. I tillegg har det vært en positiv utvikling i algesammensetningen med stadig mindre hurtigvoksende forurensningstolerante arter og noe større mengder tang og tare. Dette er et resultat av tiltakene som er gjennomført for å begrense utslippene.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PAH i strandsnegl</li> <li>2. Litoral hardbunn</li> <li>3. Marin overvåking</li> <li>4. Aluminiumsverk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PAH in <i>Littorina</i> snail</li> <li>2. Littoral community</li> <li>3. Marine monitoring</li> <li>4. Aluminium smelter</li> </ol>
--	--

*Tone Kroglund*

Tone Kroglund  
Prosjektleder

*Kristoffer Næs*

Kristoffer Næs  
Forskningsleder

*Jarle Nygard*

Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium,  
Lista

**PAH i strandsnegl og strandsonundersøkelser**

2004-2007

## Forord

Den foreliggende rapporten er utført av NIVA på oppdrag fra Elkem Aluminium ANS 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 Elkem Aluminium ANS Lista. Tone Kroglund har vært prosjektleder og har gjennomført strandsoneundersøkelsene. Feltinnsamlinger av snegl er foretatt av Alfred Nilsen (Elkem Aluminium ANS Lista). Han har også bistått ved strandsoneundersøkelsene og takkes herved for godt samarbeid. Strandsneglene ble opparbeidet av Mette C. Lie og analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Grimstad, 14. august 2008

*Tone Kroglund*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	7
1.2 Forurensningstilførsler	7
1.3 Tidligere undersøkelser	9
<b>2. PAH-innhold i strandsnegl</b>	<b>10</b>
2.1 Metodikk	10
2.2 Dagens nivå av PAH i strandsnegl	11
2.3 Sammenligning med tidligere år	13
<b>3. Undersøkelser i strandsonen</b>	<b>16</b>
3.1 Generelt om undersøkelsen	16
3.2 Metoder og stasjonsvalg	16
3.3 Resultater	19
3.3.1 Dagens tilstand	19
3.3.2 Utviklingen 1970-2007	25
<b>4. Referanser</b>	<b>30</b>
<b>Vedlegg A. PAH i snegl</b>	<b>32</b>
<b>Vedlegg B. Strandsonedata</b>	<b>37</b>

---

## Sammendrag

Den foreliggende undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Elkem Aluminium ANS Lista for å overvåke miljøtilstanden i Husebybukta. Avløpsvann fra bedriften inneholder bl.a. polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og føres ut i Husebybukta. 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 perioden 2004-2007 har det vært gjennomført fire 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 (Havik og Litlerauna). Innsamlingen av strandsnegl ble foretatt i juni, august, oktober og november.

Resultatene fra 2007 viser at innholdet av PAH i strandsnegl ligger i tilstandsklasse III-V i Husebybukta (*markert – meget sterkt forurenset*). Referansestasjonen Havik (3 km fra utslippet) var *moderat - markert forurenset* (tilstandsklasse II-III) og Litlerauna (10 km unna) var *ubetydelig -lite forurenset* av PAH (tilstandsklasse I). Ved begge stasjonene i Husebybukta var det en nesten 4-dobling av konsentrasjonene fra første innsamling i juni til siste innsamling i november. Samme mønster med høyest nivå ved slutten av året er også vist for tidligere år. Dette kan skyldes sneglenes biologi (vekstsesong/gytesesong) men også endringer i utslippsmengdene gjennom året.

Resultatene viser også at PAH-konsentrasjonen har blitt redusert fra 2004 til 2007 og at dagens konsentrasjon er de laveste siden målingene i strandsnegl startet i 1985. Det har vært en betydelig nedgang i PAH-innholdet i strandsnegl etter 1990.

### *Strandsoneundersøkelser*

I 2007 ble det gjennomført strandsoneregistrering på de fire faste stasjonene i Husebybukta (Indre Tjuvholmen, Ytre Tjuvholmen, Storskjær og Haugestranda). Undersøkelsen ble gjennomført fire år etter forrige undersøkelse i 2003.

Det ble registrert til sammen 45 arter i strandsonen, hvorav 34 alger og 9 vanlige fjæredyr. Det var flest arter og høyest diversitet på ytre Tjuvholmen mens Storskjær (nærmest utslippet) hadde færrest arter og lavest diversitetsmål. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger var stort sett normal på alle stasjonene. Forskjellen mellom de fire stasjonene kan i stor grad tilskrives ulik grad av eksponering.

Mange arter i strandsonen ble sterkt redusert i mengde eller forsvant noen år etter bedriftens oppstart. Eksempelvis forsvant både sagtang, spiraltang, blæretang, grisetang, fingertare og albusnegl fra Indre Tjuvholmen etter bedriftens oppstart. Samtidig ble andre arter mer vanlige, som f.eks. de hurtigvoksende og mer forurensningstolerante artene rødlo, brunsl, grønndusk, havsalat og et bredt

utvalg blågrønnalger. Tidlig på 1980-tallet hadde andelen grønnalger økt til 30-40 % på indre Tjuvholmen og 50-60% på stasjon Storskjær.

De siste års undersøkelser viser at noen av tangartene er tilbake for fullt ved Indre Tjuvholmen, slik som sagtang og blæretang samtidig som andelen grønnalger er tilbake til normalt (< 20 %). Grisatang og spiratang har enda ikke etablert seg på stasjonen. Også på Storskjær har det de senere år skjedd en gjenetablering av bl.a. tare, blåskjell og albusnegl. Fortsatt gjenstår gjenetablering av flere rødalgarter før samfunnet er slik det var før bedriftens oppstart.

Resultatene viser også en positiv utvikling i artssammensetning på stasjonene med mindre hurtigvoksende forurensningstolerante arter og noe større mengder tang og tare.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Avløpsvann fra Elkem Aluminium ANS Lista inneholder bl.a. polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Avløpsvannet ble fra oppstarten av bedriften i 1971 og fram til 1995 ført ut i strandkanten i Husebybukta, nærmere bestemt ved Storskjær. I desember 1995 ble utslippet lagt i rør og ført ca. 60 meter ut i sjøen fra Storskjær i sørvestlig retning, på 2-3 meters dyp.

Utslippene av PAH har etter 2003 vært mellom 0.7– 2.5 tonn pr år.

Elkem Aluminium ANS Lista er pålagt av SFT (Statens forurensningstilsyn) 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 Elkem Aluminium ANS Lista inneholder flere forurensende stoffer, hvorav polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er den viktigste komponenten. **Tabell 1** viser utslippstall for de ulike stoffene i 2005.

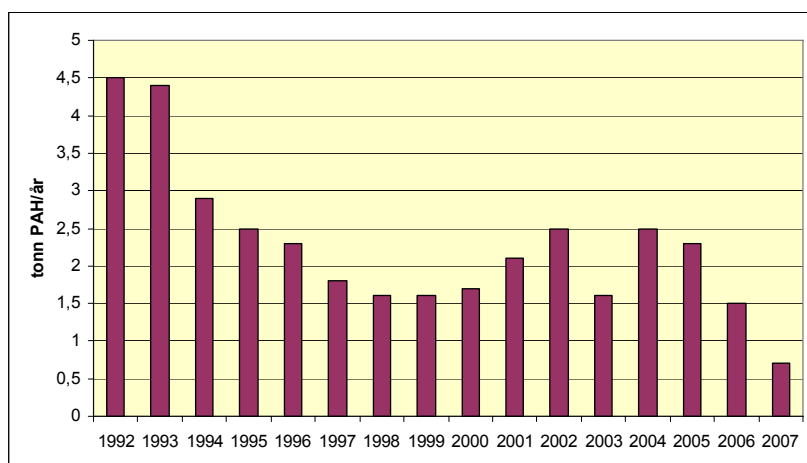
**Figur 1** viser årlige utslippsmengder fra 1992-2007. Tallene er innehentet fra SFTs database basert på egenrapportering fra bedriftene. Utslippene av PAH er i flere omganger blitt betydelig redusert gjennom installering av nytt utstyr, ombygginger og prosessforbedringer. Fra 1992 til 1998 ble utslippene redusert fra 4,5 tonn til 1,6 tonn for deretter å holde seg mellom 1,6 og 2,5 tonn fra 1998 til 2005 (**Figur 1**). Etter 2005 har utslippene blitt ytterligere redusert og var i 2007 ca. 0,7 tonn PAH.

Det er også foretatt målinger av PAH i avløpsvannet helt tilbake til 1975, men målingene ble i mange år kun foretatt to ganger i året som døgnblandprøver. På grunn av store variasjoner i utslippene er de totale utslippstallene usikre. **Figur 2** viser årlige utslippsmengder fra 1975-2007. Tallene fra 1975 til 1990 er beregnet ut fra de målte konsentrasjonene i avløpsvannet. Man vet lite om hvor representative de to årlige stikkprøvene har vært. 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).

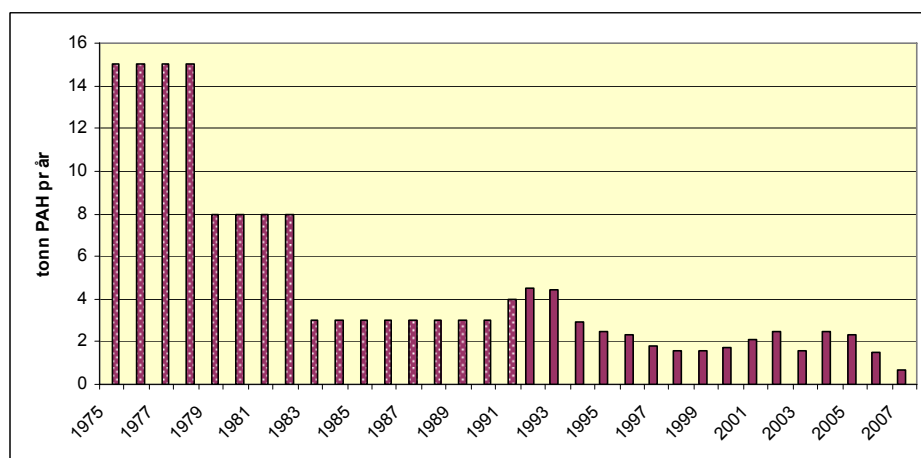


**Tabell 1.** Utslipp til vann i 2005 (SFTs bedriftsspesifikk informasjon). For 2006 og 2007 ligger det kun opplysninger om PAH i databasen. I.R. = ikke rapportert.

Stoff	Årlig utslipp	
Arsen	0,01	kg
Kadmium (Cd)	0,02	Kg
Cyanid (Cn-fri)	263	kg
Krom (Cr-tot)	<I.R.>	kg
Kobber (Cu)	0,17	kg
Fluorider (Fluor)	187	kg
Kvikksølv (Hg)	0	kg
Nikkel (Ni)	0,17	kg
PAH	2,3	tonn
Bly (Pb)	0,07	kg
Suspendert stoff (SS)	167	tonn
Vanadium (V)	0,17	kg
Sink (Zn)	0,27	kg



**Figur 1.** Årlige utslipp av PAH fra Elkem Aluminium Lista. Tallene fra 1992-2005 er hentet fra SFT bedriftsspesifikk informasjon. Tallene for 2006 og 2007 er opplyst fra Elkem.



**Figur 2.** Årlige utslipp av PAH i perioden 1975-2007. Utslippstall fra før 1992 er usikre og er markert med noe lysere kolonner.

### 1.3 Tidligere undersøkelser

#### *Strandsoneundersøkelser*

Det foreligger mange kontrollundersøkelser av Husebybukta fra bedriftens oppstart i 1971 og fram til i dag. Det ble også foretatt en undersøkelse i 1970, året før bedriftens oppstart. I starten inngikk kun organismsamfunn i strandsonen i kontrollundersøkelsene. 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 Berglind 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 års opphold mellom strandsoneundersøkelsene. Etter 1991 er det utført strandsoneundersøkelser i 1995 (Jacobsen mfl. 1996), 1999 (Kroglund 2000) og 2002/2003 (Kroglund 2004).

#### *PAH og fluorid i organismer*

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

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

Etter 1990 ble det som for strandsoneundersøkelsene 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 Hagestranda 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 brevs form til Elkem Aluminium Lista.

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

Liste over alle undersøkelsene er gitt i referanselista.

## 2. PAH-innhold i strandsnegl

Foreliggende rapport omfatter analyseresultater fra strandsnegl (*Littorina littorea*) innsamlet i 2004-2007. Resultatene er også sammenlignet med undersøkelser lengre tilbake i tid.

### 2.1 Metodikk

Strandsnegl ble samlet fra de fire faste stasjonene: Ytre Tjuvholmen (st. 1), Haugestranda (St.2), Havik (st. 3) og Litlerauna (st.4). Stasjonene Ytre Tjuvholmen og Haugestranda ligger i Husebybukta og representerer nærområdet til avløpsvannet fra aluminiumsverket. Referansestasjonene Havik og Litlerauna ligger hhv. 3 km og 10 km fra utslippspunktet. Stasjonsplassering er vist i **Tabell 2** og **Figur 3**.

Strandsnegl ble samlet inn fra prøvetakingsstasjonene i juli, august, oktober og november i 2004, 2005, 2006 og 2007. Unntaket var november 2006 da det ikke ble foretatt innsamling av snegl på grunn av dårlig vær over lang tid.

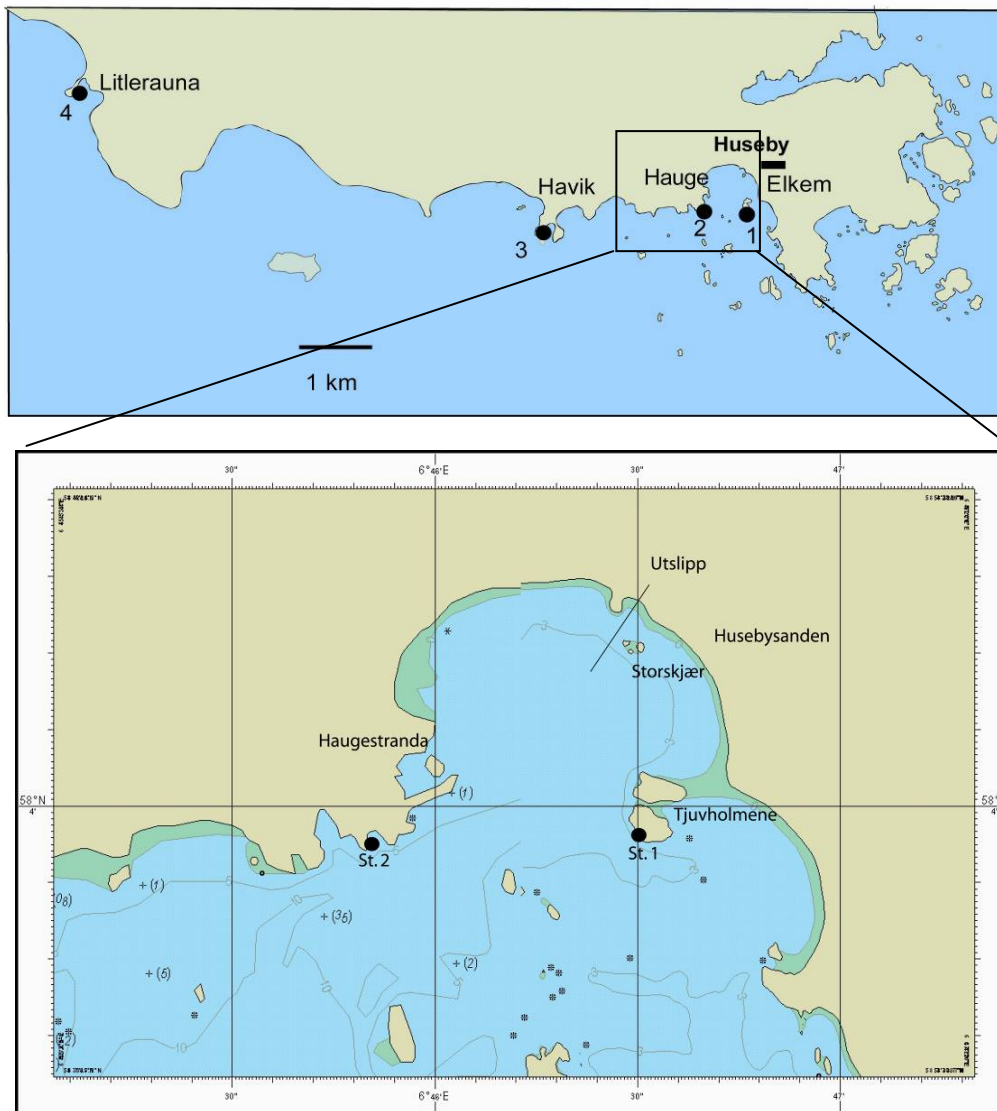
Ved hver feltinnsamling ble 50 snegl samlet fra hver av de fire stasjonene. Sneglene ble rensket for alle bløtdeler og blandprøve ble sendt til NIVAs laboratorium i Oslo i frossen tilstand for videre behandling og analysering.

I resultatbehandlingen er det brukt blant annet betegnelsene sumPAH, KPAH og PAH<sub>16</sub>. Førstnevnte refererer seg til summen av ulike forbindelser fra acenaftilen til benzo(ghi)perylene, se **Vedleggstabell A2**. KPAH betegner de potensielt kreftfremkallende PAH- forbindelsene i henhold til IARC (1987). PAH<sub>16</sub> er de 16 utvalgte forbindelsene i Norsk Standard.

Resultatene er vurdert etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (Molvær og medarb. 1997). Med hensyn til den foretatte klassifisering av forurensningsgrad skal det bemerkes at det ikke er utarbeidet en egen klassifiseringstabell for strandsnegl. Klassifiseringen er derfor basert på klassifiseringstabellen for blåskjell. Ut fra eksisterende kunnskap er dette akseptabel anvendelse av tilstandsklassebegrepene.

**Tabell 2.** Oversikt over prøveinnsamling av strandsnegl for analyse av PAH. Stasjonsplasseringen er vist i figur 1.

Stasjoner	Avstand til utslipp	Innsamlingstidspunkt 2004-2007
St. 1 Ytre Tjuvholmen	0,50 km	Juni, august, oktober, november
St. 2 Haugestranda	0,75 km	Juni, august, oktober, november
St. 3 Havik	3 km	August, november
St. 4 Litlerauna	10 km	August, november



**Figur 3.** Stasjoner for innsamling av strandsnegl (*Littorina littorea*) for analyse av PAH.

## 2.2 Dagens nivå av PAH i strandsnegl

**Tabell 3** og **Figur 4** nedenfor viser konsentrasjoner av PAH i strandsnegl fra de siste målingene på Lista i 2007. Fullstendige analyseresultater er vist i **vedleggstabell A1**.

Som tidligere år ble de høyeste konsentrasjoner av PAH, KPAH og B(a)P målt i snegl fra Haugestranda og Ytre Tjuvholmen i Husebybukta. Resultatene viser at Haugestranda klassifiseres som *sterkt - meget sterkt forurensset* (tilstandsklasse IV-V) av PAH, med konsentrasjoner på 40-160x over antatt bakgrunnsnivå. På samme stasjon var sneglene *meget sterkt forurensset* (tilstandsklasse V) av KPAH og B(a)P. Ved Ytre Tjuvholmen var sneglene *markert til sterkt forurensset* (tilstandsklasse III-IV) med konsentrasjoner på 20-70x over antatt bakgrunnsnivå. Også her var sneglene *meget sterkt forurensset* av KPAH (tilstandsklasse V). Tilstandsklassen for KPAH og B(a)P er gjennomgående dårligere enn for PAH ved alle stasjoner. Ved begge stasjonene var det en nesten 4-dobling av konsentrasjonene fra første innsamling i juni til siste innsamling i november. Samme mønster med

høyest nivå ved slutten av året er også vist for tidligere år (**Figur 8**). Dette kan skyldes sneglenes biologi (veksts sesong/gytesesong) men også endringer i utslippsmengdene gjennom året.

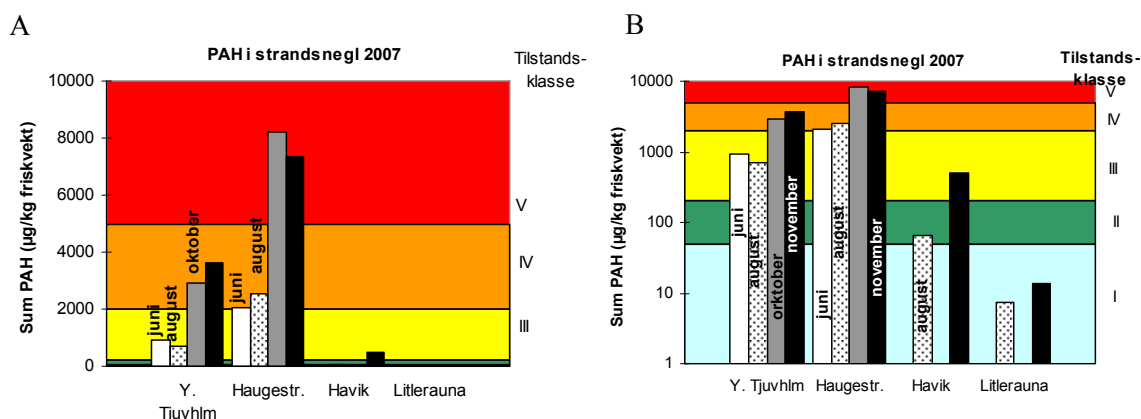
Referansestasjonen Havik (3 km fra utslippet) var *moderat - markert forurenset* (tilstandsklasse II-III) og Litlerauna (10 km unna) var *ubetydelig - lite forurenset* av PAH (tilstandsklasse I) (**Tabell 3, Figur 4**).

#### Perioden 2004-2007

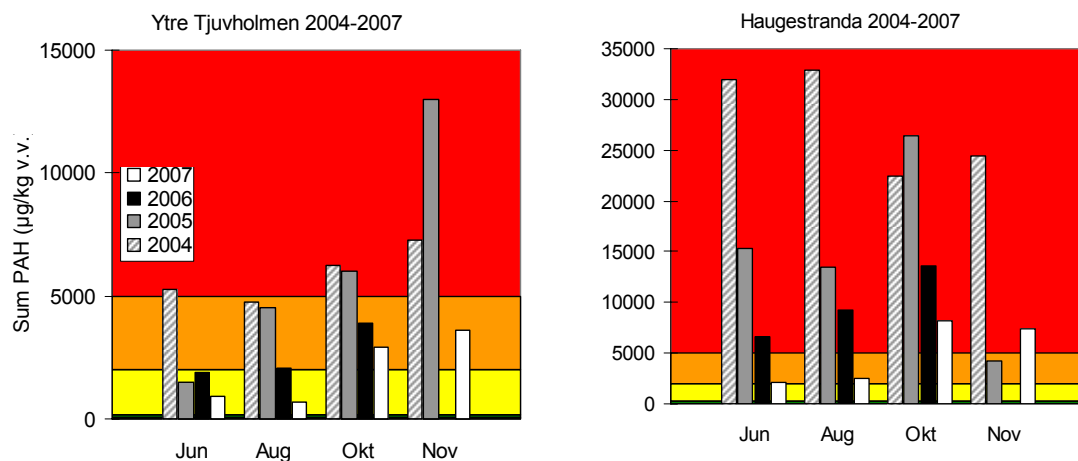
**Figur 5** viser innholdet av PAH i strandsnegl ved Ytre Tjuvholmen og Haugestranda i undersøkelsesperioden 2004-2007. Sammenlignet med de to foregående årene, var PAH-innholdet betydelig lavere i 2006 og 2007 på begge stasjonene i Husebybukta. Spesielt ved Haugestranda var det stor nedgang i konsentrasjonen fra 2004 til 2007 på alle prøvetakingstidspunktene.

**Tabell 3.** Innhold av sumPAH, KPAH, B(a)P og PAH<sub>16</sub> i strandsnegl fra fire stasjoner på Lista i 2007. Verdiene er oppgitt i µg/kg friskvekt. Tilstandsklasser er angitt for hver verdi. Fullstendige analyseresultater er gitt i vedlegg.

Stasjon	Avstand km	Innsamlet mnd	Sum PAH		KPAH		B(a)P		PAH16
			µg/kg vv.	Kl.	µg/kg vv.	Kl.	µg/kg vv.	Kl.	µg/kg vv.
St. 1 Ytre Tjuvholmen	0,5	jun.07	939	III	339	V	23	IV	794
		aug.07	688	III	271	V	19	IV	595
		okt.07	2 944	IV	1 285	V	110	V	2 525
		nov.07	3 608	IV	1 503	V	130	V	3 017
St. 2 Haugestranda	0,75	jun.07	2 071	IV	633	V	32	V	1 861
		aug.07	2 553	IV	738	V	44	V	2 273
		okt.07	8 227	V	2 559	V	240	V	7 375
		nov.07	7 338	V	2 245	V	210	V	6 470
St. 3 Havik	3	aug.07	65	II	14	II	0,8	I	61
		nov.07	494	III	204	IV	17	IV	422
St. 4 Litlerauna	10	aug.06	7	I	1	I	0,5	I	7
		nov.06	14	I	2	I	0,5	I	13



**Figur 4.** PAH i strandsnegl fra fire stasjoner på lista i 2007. Verdiene er oppgitt som sumPAH i µg/kg friskvekt. Farge angir tilstandsklasse i hht. SFTs klassifiseringssystem. Graf A viser nivåene på vanlig skala. Graf B viser nivåene på logaritmisk skala for at referansestasjonene skal vises tydelig.



**Figur 5.** PAH i strandsnegl fra to stasjoner i Husebybukta i perioden 2004-2007. Datasinnsamlingen i november 2006 ble forhindret av dårlig vær og det foreligger derfor ikke data fra dette prøvepunktet.

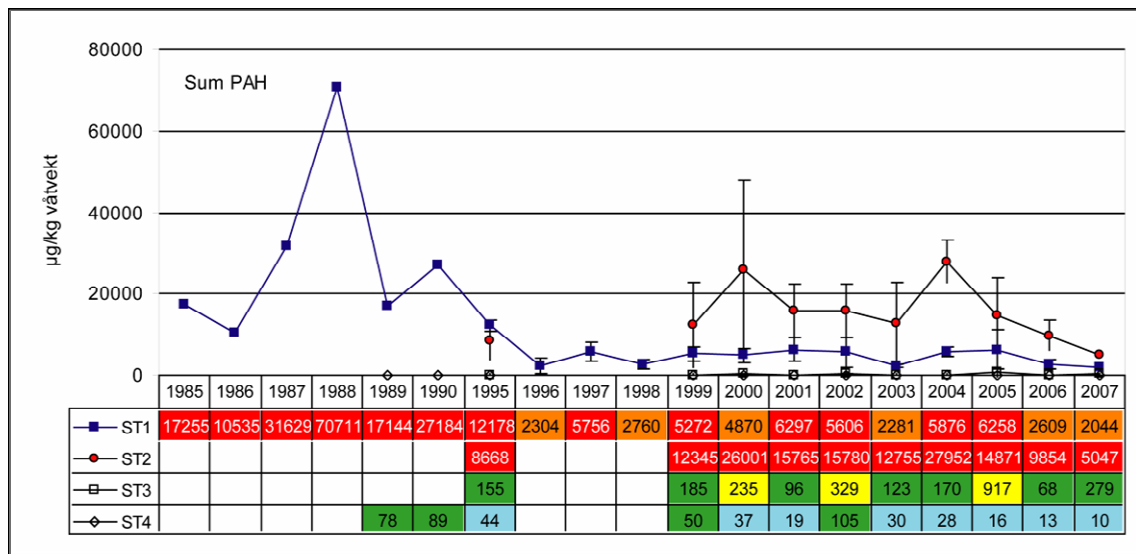
## 2.3 Sammenligning med tidligere år

**Figur 6** viser PAH-innholdet i snegl som årlige middelerverdier fra 1985 til 2007. I 1987 og 1988 ble det funnet svært høye konsentrasjoner av PAH i snegl ved Ytre Tjuvholmen med over 70 000 µg/kg mot ca. 20 000 µg/kg i årene før og etter. Analysene ble reanalysert for å utelukke analysefeil. Etter 1990 har det vært en betydelig nedgang i PAH-innholdet og etter 1996 har konsentrasjonene ved Ytre Tjuvholmen stort sett holdt seg under 6000 µg/kg. Nedgangen fra 2004 til 2007 ved Haugestranda og Ytre Tjuvholmen kommer også fram i denne figuren.

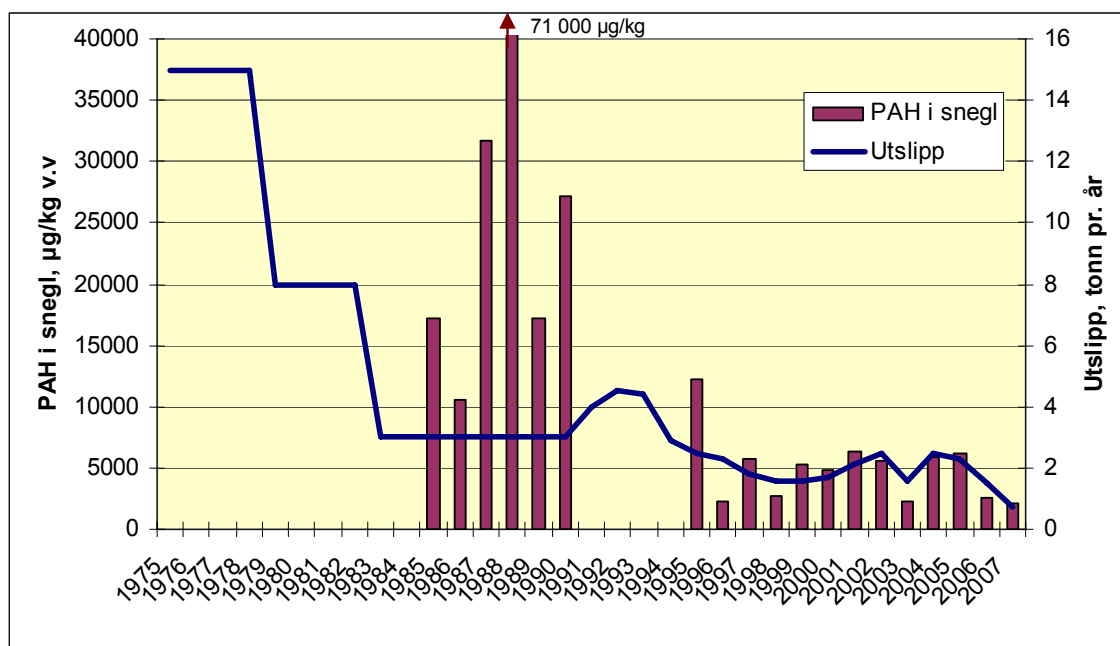
**Figur 7** viser forholdet mellom utslippets stipulerte størrelse og innhold av PAH i snegl fra Ytre Tjuvholmen fra 1975 til 2007. Strandsneglene hadde svært høyt innhold av PAH fra 1985 til 1990, selv om utslippene ble redusert på begynnelsen av 1980-tallet. Det er uvisst om dette skyldes usikkerhet i utslippsberegningen, periodiske utslipp, eller andre forhold. Etter 1996 synes det å være rimelig god samsvar mellom utslippenes størrelse og innholdet av PAH i snegl fra Ytre Tjuvholmen. Reduksjonen i utslippene etter 2005 finner man således igjen som reduksjon i PAH-innholdet i snegl.

### Variasjon gjennom året

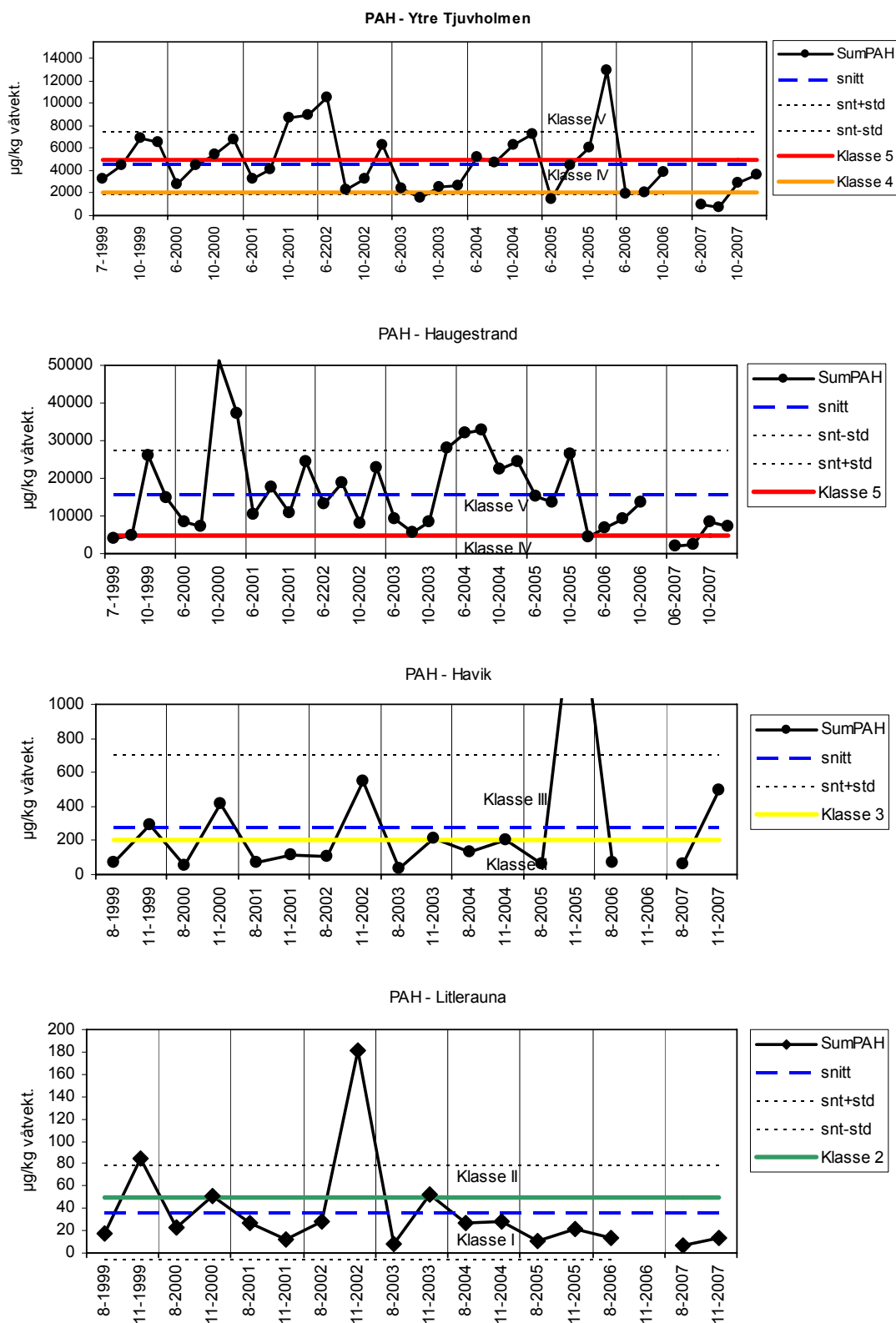
**Figur 8** viser utviklingen i PAH-innholdet fra 1999 til 2007 ved den enkelte stasjon. I hele denne perioden er PAH-innholdet i strandsnegl målt fire ganger i året ved Tjuvholmen og Haugestranda, og to ganger i året ved referansestasjonene Havik og Litlrauna. Verdiene er oppgitt i våtvekt for å kunne relatere nivåene til tilstandsklasser. Figuren viser at PAH-innholdet i strandsnegl varierer betydelig innen hvert år, men at nivåene i 2006 og 2007 har vært markant lavere enn tidligere år både ved Ytre Tjuvholmen og Haugestranda. Det er spesielt de høye vinterverdiene som er blitt redusert. Utslippene har i samme periode vært lavere i forhold til tidligere år (**Figur 1**). PAH-innholdet ved referansestasjonen Litlrauna (St.4) har vist liten variasjon etter 2003 og ligger på et jevnt, lavt nivå. Ved Havik (St 3) har det vært noe mer variasjon og et par høye verdier i 2005 og 2006 som vi ikke finner noen åpenbar forklaring på.



**Figur 6.** Innhold av PAH i strandsnegl (middelverdi og standardavvik) fra fire stasjoner på Lista siden 1985. I tabelldelen er årsgjennomsnitt angitt i µg/kg våtvekt. Farge angir tilstandsklasse i hht. SFTs klassifiseringssystem. Merk at stasjon 3 og 4 ligger på 0-aksen med valgte skala.



**Figur 7.** Årlige utslipp av PAH (blå linje) og innhold av PAH i strandsnegl ved Ytre Tjuvholmen (søyler) i perioden 1975-2007.



**Figur 8.** Utvikling i PAH-innholdet i strandsnegl på fire stasjoner på Lista fra 1999-2007. Prøveinnsamlingene ble gjort i juli, august, oktober og november på Ytre Tjuvholmen og Haugestrand. Grensene for SFTs tilstandsklasser (for blåskjell) er vist som fargete linjer. Fargen er i hht tilstandsklassen. Stiplede blå linjer viser snittverdien for hele perioden (1999-2007). Stiplede sorte linjer viser standardavvik. Merk at de fire grafene har alle ulike skala.



## 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 gruntvanssområdene i 0-1(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, diversitet (mangfold) 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. Strandsonundersøkelser 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

#### Feltinnsamling

Organismesamfunnet i strandsonen (0 - 1 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.

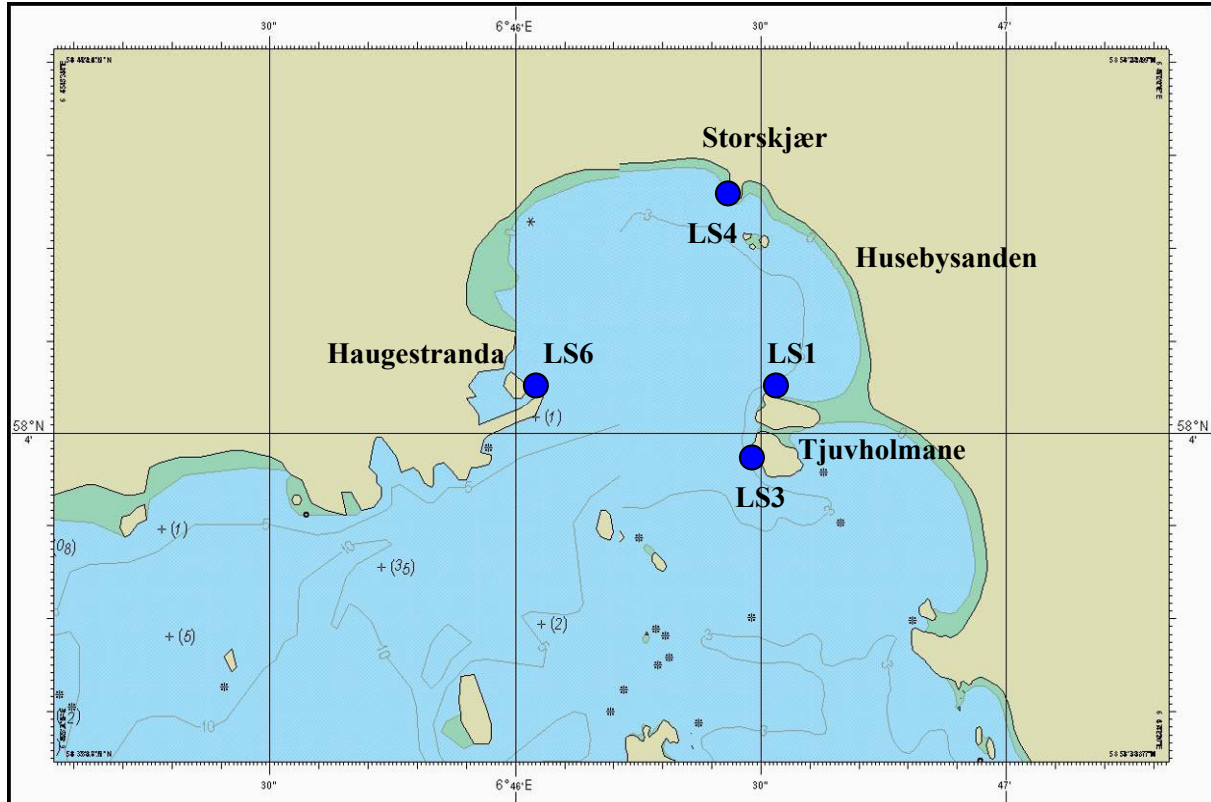
Undersøkelsen ble gjennomført 4. september 2007 under gode registreringsforhold med lite vind, sol og god sikt i vannet.

#### Stasjonsvalg

Undersøkelsene ble gjennomført på de fire faste stasjonene med ulik avstand til utslippsstedet (**Tabell 4**). Stasjonene har også noe ulik bølgeeksponering og himmelretning. Ytre Tjuvholmen er den mest eksponerte stasjonen og Indre Tjuvholmen er den minst eksponerte for bølgeslag. Alle stasjonene er undersøkt flere ganger tidligere (ref kap. 1.3). Stasjonsplasseringen er vist i **Figur 9**.

**Tabell 4.** Undersøkte stasjoner i Husebybukta på Lista, september 2007.

	Nordlig koordinat	Østlig koordinat	Avstand til tidl. Utslippssted
St. 1 Indre Tjuvholmen	58°04.04	6°46.53	ca. 300 m
St. 3 Ytre Tjuvholmen	58°03.97	6°46.50	ca. 500 m
St. 4 Storskjær	58°04.26	6°46.43	ca. 100 m
St. 6 Haugestranda	58°04.53	6°46.02	ca. 650 m



**Figur 9.** Husebybukta. Stasjoner for undersøkelser av planter og dyr på grunt vann. Stasjonsplasseringen er lik de foregående år.

### Tallbehandling

De semi-kvantitative undersøkelsene danner basis for å beregne parametere som karakteriserer organismesamfunnet, som for eksempel diversitet, dominans og fordeling mellom ulike algegrupper. Før måling av de ulike samfunnsparametrene 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.

#### Diversitet ( $H'$ )

For å beregne diversiteten (= mangfold) ble det brukt en modifisert Shannon-Wiener indeks ( $H'$ ) (Shannon & Weaver 1963). Indeksen øker med økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold mens høye verdier markerer normale til gode forhold. Shannon-Wiener indeks er basert på antall ( $n$ ), men her er den brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad \text{hvor } n_i \text{ er mengdeverdien (forekomstangivelsen) av art } i, N \text{ er summen av}$$

mengdeverdierne for alle artene og  $s$  er antall arter.

#### Dominansindeks ( $I$ ).

Denne indeksten er foreslått av Shaw et al. (1983) for å gi et enkelt tall som reflekterer dominansforholdet i et samfunn. Deres definisjon er "I er dominansen av den vanligste arten i prosent av hele prøven." Høye indeksverdier indikerer et samfunn dominert av én eller få arter.

*Forholdet mellom antall rød-, brun og grønnalger*

På bakgrunn av flere undersøkelser fra norske fjorder og den svenske vestkyst, er det utarbeidet en fordelingsnøkkel for forholdet mellom antall rødalger (R), brunalger (B) og grønnalger (G) i uforurensede fjorder og kyststrøk. "Normalintervallene" er satt til R:B:G = 45%±10% : 35%±10% : 15%±5% (Bokn 1978). Forholdet mellom de tre algeklassene endres med miljøforholdene, både naturlige faktorer (f.eks. ferskvannspåvirkning) og ulike typer forurensninger (primært overgjødning). Fordelingsnøkkelen er her brukt for å følge endringer innenfor samme stasjon over tid.

*Sammenligning med tidligere undersøkelser*

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.

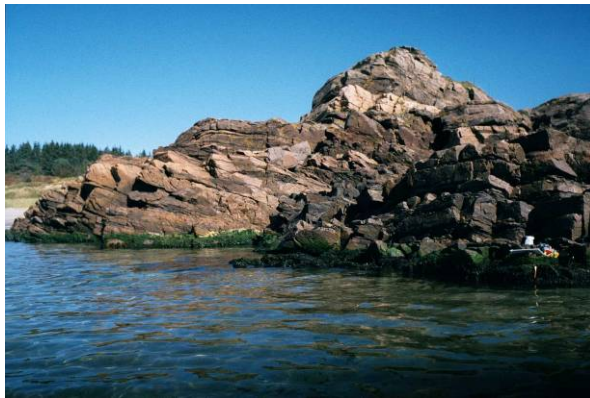
### 3.3 Resultater

#### 3.3.1 Dagens tilstand

Det var gode registreringsforhold i 2007 med lite vind og bølger og god sikt i vannet. Totalt ble 45 arter registrert, hvorav 34 alger og 9 fjæredyr. Nedenfor følger en kort beskrivelse fra hver av de fire stasjonene.

##### **Storskjær (stasjon 4)**

Storskjær ligger nær det tidligere utslippsstedet til Elkem Aluminium ANS Lista på Husebysanden. Skjæret er omgitt av sandbunn på alle kanter, og vanndybden er kun ca. 1 meter ved stasjonen på sydsiden av skjæret. Antall arter registrert ved stasjonen var lavt med 13 arter. Vegetasjonen var dominert av småvokste arter som vanlig rekeklo (*Ceramium rubrum*), vorteflik (*Mastocarpus stellatus*), og stedvis tette forekomster av forurensningsindikatoren tarmgrønske (*Enteromorpha* spp.) og havsalat (*Ulva lactuca*). Strandsnegl (*Littorina* sp.) var vanlig på stasjonen mens blåskjell (*Mytilus edulis*) og albusnegl (*Patella vulgata*) fantes i spredte forekomster. Sukkertare (*Saccharina latissima*) og fingertare (*Laminaria digitata*) ble funnet i spredte forekomster og det ble funnet en blæretangplante (*Fucus vesiculosus*) for aller første gang på denne stasjonen (**Figur 10B, D**).



A



B



C



D

**Figur 10.** Bilder fra stasjonen på Stasjon 4, Storskjær. A: Stasjonsbilde av ytre del av øya hvor registreringene ble gjort. B: Tette bestander av vorteflik, rekeklo og havsalat. Ett eksemplar av blæretang. C: Albusnegl på fjell. De røde flekkene på fjellet er rødalgen fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*). D: Fingertare, sukkertare og havsalat.

**Indre Tjuvholmen (stasjon 1)**

Stasjonen ligger på nordsiden av Indre Tjuvholmen og vender mot Husebysanden og det tidligere utslippspunktet (**Figur 11a**). Stasjonen hadde et større utvalg av arter i strandsonen enn Storskjær (**Tabell 5**) og hadde totalt 22 arter i fjæresonen. Øverst i vegetasjonssonen dannet tarmgrønse et smalt, grønt belte. Nedenfor dette grønnalgebeltet dominerte sagtang (*Fucus serratus*) og fingertare. Vanlige arter innimellom tang og tare var rekeklo og krusflik (*Chondrus crispus*).



A



B



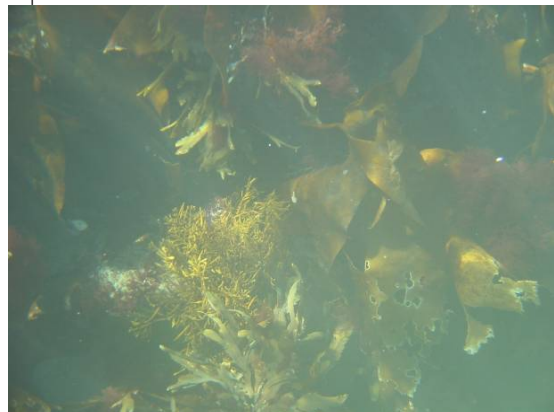
C



D



E



F

**Figur 11.** Bilder fra stasjonen på Stasjon 1, Indre Tjuvholmen. A: Stasjonsbilde. B: Sagtang og tare i tette fine bestander og med lite påvekst av andre alger. C: tare og havsalat. D: Blæretang og tarmgrønse i vannoverflaten sammen med hvite felter av ukjent fettlag på fjellet. Det var fettperler i vannmassene også, men kun ved denne stasjonen. E: fingertare i sonen mellom lavvannsmerket og sandbunn. F: Fingertare, sagtang og skolmetang (*Halidrys siliquosa*).

**Ytre Tjuvholmen (stasjon 3)**

Stasjonen er plassert på sydsiden av Ytre Tjuvholmen og er eksponert for bølgeslag. Stasjonen hadde 26 arter i strandsonen og dermed det høyeste artstallet av de fire undersøkte stasjonene. Det ble registrert rike tareforekomster ved stasjonen, og også tette forekomster av sagtang. De vanligste artene i undervegetasjonen var krasing (*Corallina officinalis*), rugl (*Corallinacea*), vorteflik, røddokke, vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*) og albusnegl. Stasjonen gav inntrykk av friske forhold.



A



B



C



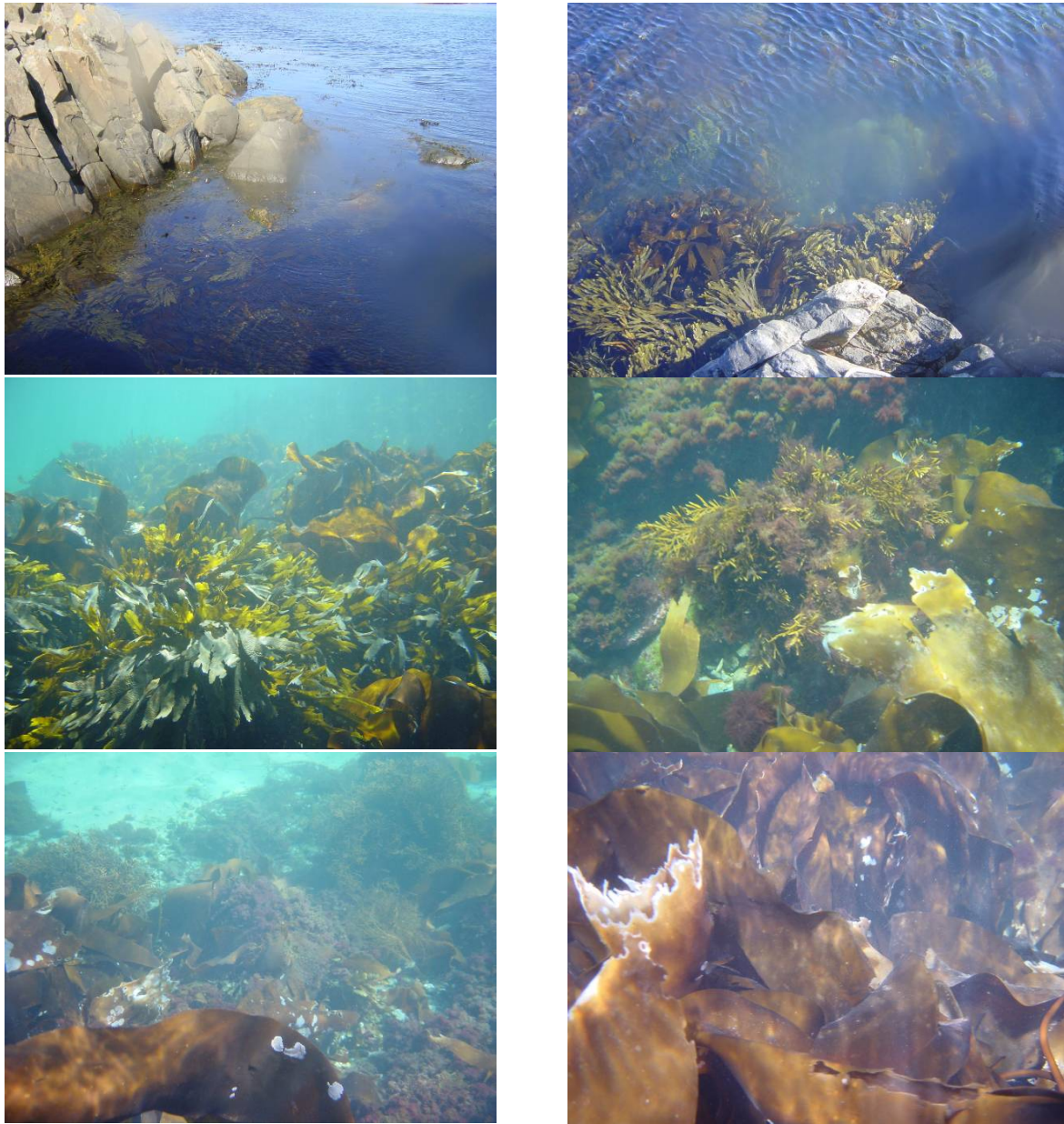
D

**Figur 12.** Bilder fra stasjonen på Stasjon 3, Ytre Tjuvholmen, 2007. A: Stasjonsbilde. B: stein med lite vegetasjon på toppen. C: Fingertare, søl (*Palmaria palmata*) og rugl. D: tett tarevegetasjon avgrenset av sandbunn.

**Haugestranda (stasjon 6)**

Stasjonen ligger på motsatt side av utslippet i Husebybukta, på utsiden av en steinmolo. Totalt ble det registrert 22 arter ved stasjonen. I 2007 var stasjonen dominert av sagtang og fingertare samt mange små arter som vokste innimellom disse to strukturerende artene. De mest vanlige av disse småvokste algene var rekeklo, krusflik, krasing og rugl.

I 2002 ble det observert svært mye sedimentasjon på fjell og taren. Dette la seg som et grått belegg på alle overflater og ble virvlet opp ved kontakt. I 2003 var det mye bølgeslag på stasjonen og ingen synlig sedimentert materiale. Sikten var imidlertid svært dårlig, trolig på grunn av oppvirvling av det sedimenterte materialet. I 2007 var det ingen nedslamming av taren og det syntes derfor å ha vært et forbigående fenomen.



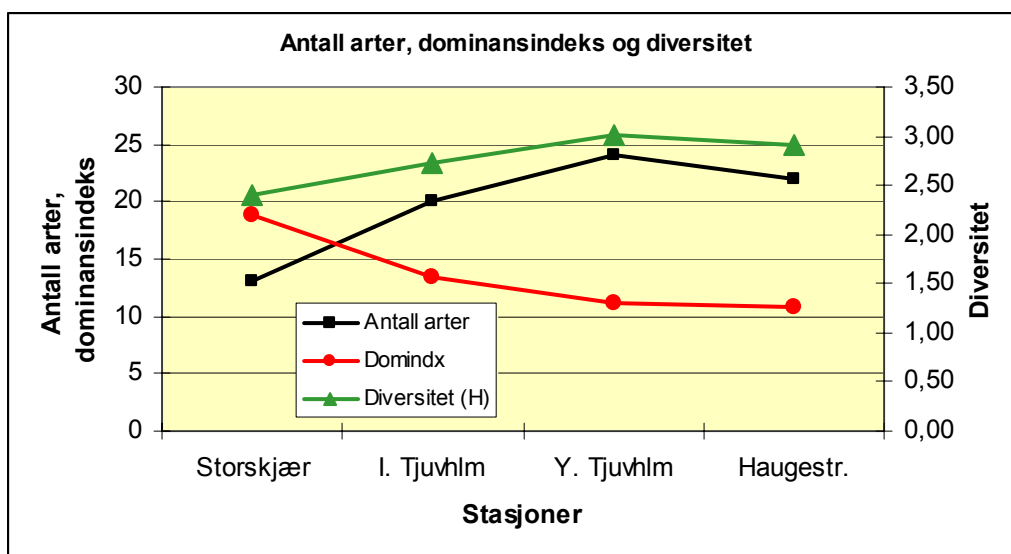
**Figur 13.** Bilder fra stasjonen på Stasjon 6, Haugestranda 2007. Bildene viser frisk tang- og tarevegetasjon med mange småvokste arter i undervegetasjonen.

### Antall arter og artssammensetning

En sammenstilling av de vanligste artene som ble registrert i Husebybukta i 2007 er vist i **Tabell 5**. Fullstendig artsliste er gitt i Vedleggstabell B1. Antall arter, diversitet, dominans og fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger er vist i **Figur 14** og **Figur 15**.

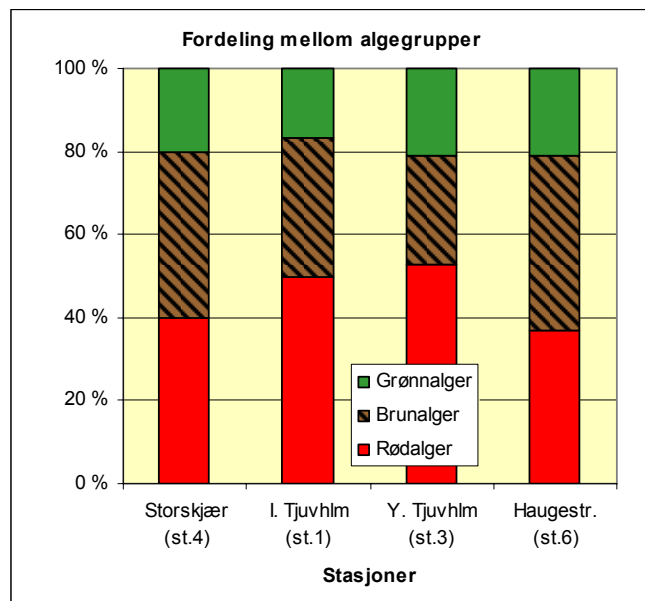
Til sammen ble det registrert 45 arter i 2007, hvorav 32 makroalger, 2 blågrønnalger og 9 fjæredyr. Det ble registrert flest arter på Ytre Tjuvholmen (stasjon 3) og færrest ved Storskjær (st. 4). Diversitet og dominansindeks viser likeledes at de rikeste algesamfunnene var på Ytre Tjuvholmen og Haugestranda, mens Storskjær kom betydelig dårligere ut med lavest artsantall og diversitet og høyest dominansindeks (**Figur 14**). Fordelingen mellom gruppene rødalger, brunalger og grønnalger på de fire stasjonene var stort sett normal med ca. 20 % grønnalger og 40-50 % rødalger (**Figur 15**). Resultatene understreker de visuelle inntrykkene av stasjonene.

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 mot bølger, slik at sandskuring også kan være et viktig hinder for etablering av mange arter. Indre Tjuvholmen (stasjon 1) og Haugestranda (stasjon 6) er begge beskyttet mot bølgeslag mens Ytre Tjuvholmen (stasjon 3) 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 14.** Artsantall, diversitet og dominansindeks på 4 stasjoner i Husebybukta 2007.





**Figur 15.** Fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger på 4 stasjoner i Husebybukta i 2007.

**Tabell 5.** Forekomst av utvalgte arter registrert i Husebybukta 4. september 2007. Tegnforklaringer: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, e = enkeltfunn.

Latinske navn	Norske navn	Storskjær LS4	I. Tjuvholm LS1	Y. Tjuvholm LS3	Haugestr. LS6
<b>Rhodophyceae</b>					
<b>Rødalger</b>					
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Sjøris		s	s	s
<i>Ceramium rubrum</i>	Vanlig rekeklo	d	v	s	v
<i>Chondrus crispus</i>	Krusflik		v		v
<i>Corallina officinalis</i>	Krasing			v-d	
<i>Hildenbrandia rubra</i>	Fjæreblod	v-d	d	s	d
<i>Mastocarpus stellata</i>	Vorteflik	v-d		v	s-v
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	Rugl			d	d
<i>Porphyra</i> sp.	Fjærehinne	s	s	s	
<b>Phaeophyceae</b>					
<b>Brunalger</b>					
<i>Ectocarpales</i> indet	Sli			s	s
<i>Fucus serratus</i>	Sagtang		d	v	d
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	e-s	s		s
<i>Halidrys siliquosa</i>	Skolmetang		s	s	s-v
<i>Laminaria digitata</i>	Fingertare	s	d	d	d
<i>Laminaria saccharina</i>	Sukkertare	s	e		s
<b>Chlorophyceae</b>					
<b>Grønnalger</b>					
<i>Cladophora rupestris</i>	Vanlig grønndusk			v	s
<i>Enteromorpha</i> spp.	Tarmgrønske	s-v	v	s	s
<i>Ulva lactuca</i>	Havsalat	v	s	s	s
<b>Fauna</b>					
<b>Fjæredyr</b>					
<i>Halichondria panicea</i>	Brødsvamp			s	s
<i>Littorina</i> sp.	Strandsnegl	v		s	
<i>Membranipora membranacea</i>	Mosdyr		v	s	s-v
<i>Mytilus edulis</i>	Blåskjell	s			
<i>Patella vulgata</i>	Albuesnegl	s		v	

### 3.3.2 Utviklingen 1970-2007

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 rapporter 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 på Indre Tjuvholmen (stasjon 1) og Storskjær (stasjon 4) er vist i **Tabell 6**. Tabellen viser at indre Tjuvholmen hadde flere tangarter på 1970-tallet som etter hvert forsvant helt fra stasjonen. 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. Samtidig med at tangartene forsvant ble enkelte arter mer vanlige, som f.eks. de forurensningstolerante artene rødlo, brunli, grønndusk, havsalat og et bredt utvalg blågrønnalger. Disse artene var svært utbredt på hele 1980-tallet og ut på 1990-tallet. Tilsvarende bortfall av flerårige arter skjedde på Storskjær (Stasjon 4), selv om denne stasjonen hadde et begrenset artsutvalg i utgangspunktet pga. den fysiske beliggenheten.

Etter 1995 har det skjedd positive endringer i algesamfunnet og noen av tangartene er nå tilbake for fullt. Ved Indre Tjuvholmen har sagtang og blæretang etablert seg på nytt og det har blitt større mengder fingertare. Grisetang og spiraltang har enda ikke reetablert seg på stasjonen, men det har blitt registrert mindre mengder av opportunistiske alger som tarmgrønske, havsalat, brunli og blågrønnalger. Ved stasjonen på Storskjær har det også blitt mindre mengder blågrønnalger mens blåskjell og albusnegl nylig har etablert seg og det har blitt tettere bestander av flerårige arter som vorteflik og fingertare. Albusnegl var vanlig på stasjonen i perioden 1970-1974, men ble ikke registrert i årene fra 1978 til 1995. Fortsatt gjenstår gjenetablering av flere rødalgarter før samfunnet er tilnærmet slik det var før bedriftens oppstart.

Ved Ytre Tjuvholmen og Haugestranda har det vært mindre tydelige endringer hos enkeltartene, men også her er det blant annet registrert større dekning av skorpeformete rødalger og krasing de siste årene enn tidligere. Ved Haugestranda har utviklingen gått mot mindre mengder hurtigvoksende arter som grønndusk, brunli og blågrønnalger, ellers har det vært mindre endringer ved denne stasjonen.

Samlet sett viser resultatene at de siste årenes utslippsreduksjoner har hatt stor positiv innvirkning på plante- og dyresamfunnet på grunt vann. Det er ikke lenger sleipe blågrønnalger som dominerer i vannkanten i nærområdet til utslippet og tang, tare og andre flerårige arter er på vei tilbake der de tidligere var borte.



### Antall arter og diversitet

Utvikling i diversitet på de fire faste stasjonene fra 1980-2007 er vist i **Figur 16**.

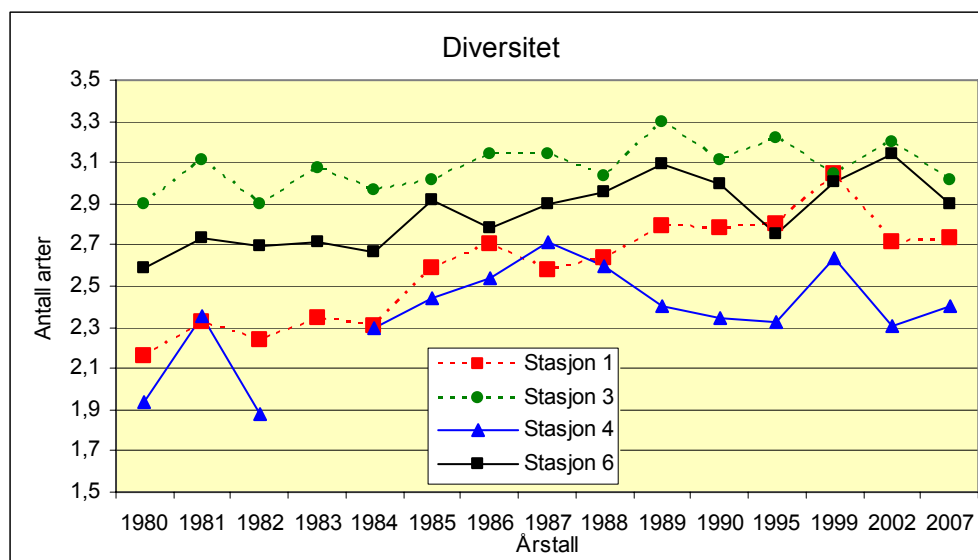
Det har vært en svak økning i både antall arter og diversitet ved Indre Tjuvholmen (St 1) og til dels Haugestranda (St 6) fra 1980 til i dag, mens det ikke har vært noen tydelig endring på de to øvrige stasjonene. Data fra før 1980 er ikke inkludert i disse sammenstillingene ettersom innsamlingen ble gjennomført med andre metoder som vanskelig lar seg sammenligne. Figurene viser at forskjellene i diversitet er små og gir ikke et representativt bilde av de store endringer som tross alt har vært i strandsonesamfunnet.

### Fordeling mellom algegruppene

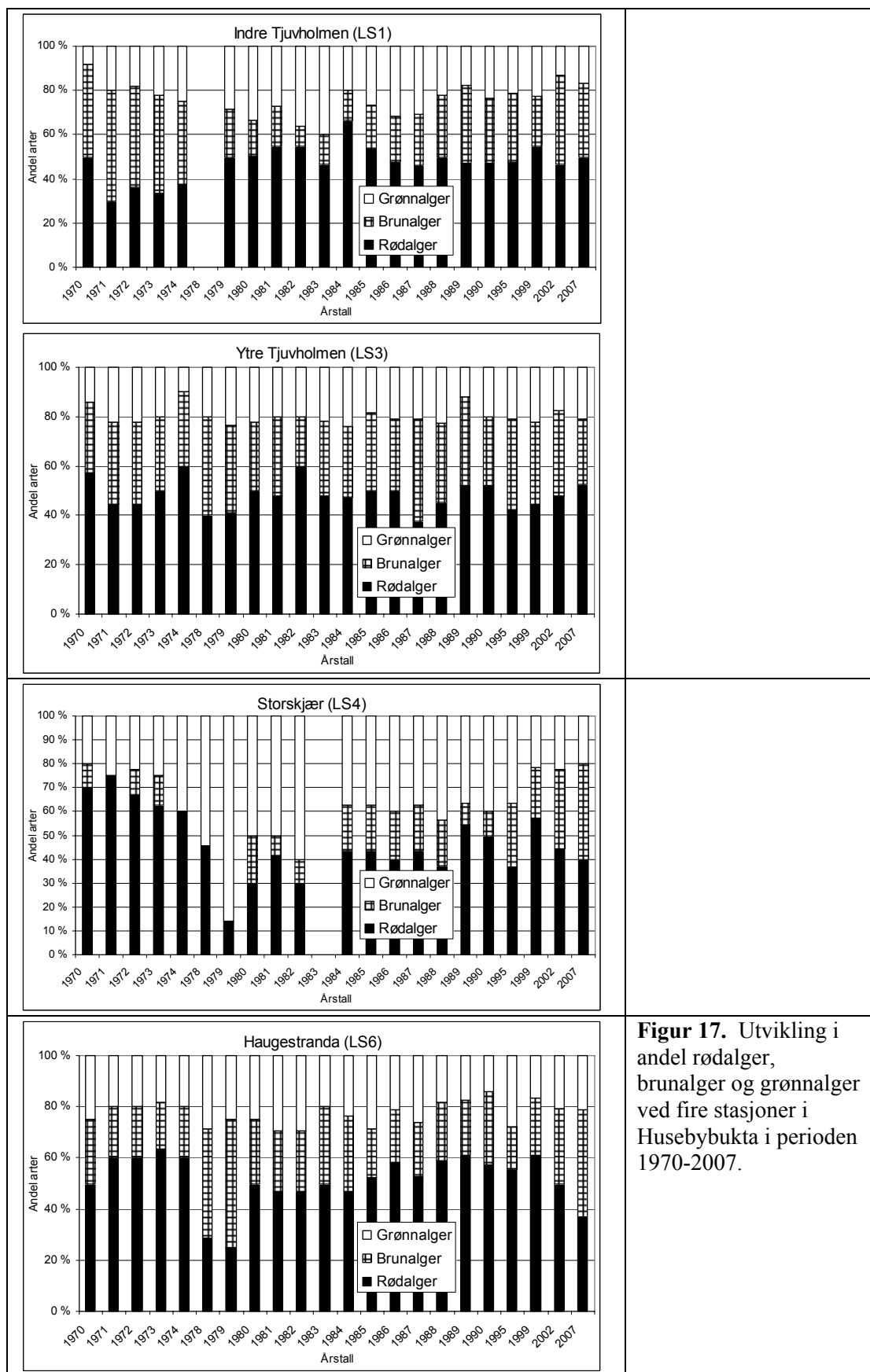
Utviklingen i fordeling mellom de tre algegruppene rødalger, brunalger og grønnalger fra 1970 til 2007 er vist i **Figur 17**. Selv om det ikke er registrert større forskjeller i antall arter og diversitet, har det vært en klar utvikling i fordeling mellom algegruppene, spesielt ved Indre Tjuvholmen 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 grønnalger. Ved de siste undersøkelserne har fordelingen vært innenfor normalintervallet igjen. Ytre Tjuvholmen har vært svært stabil mhp andel grønnalger i alle år. Etter 1999 har det vært en nedgang i andel rødalger og økning i andel brunalger ved både Storskjær og Haugestranda.

I **Figur 18** er andel grønnalger vist sammen med stipulerte utslippstall fra bedriften. Det er som forventet ingen direkte sammenheng mellom utslippstall og andel grønnalger. Utslippstallene er usikre og andel grønnalger styres av flere faktorer. Et organismsamfunn endres gradvis og det kan være store endringer i mange enkeltarter uten at det får tilsvarende utslag på ulike samfunns mål som benyttes. Ved dårligere miljøforhold vil de mest sårbare artene reduseres i mengde eller forsvinne mens de mer hardføre eller forurensningstolerante artene øker i mengde og kan etter hvert dominere organismsamfunnet. Man må derfor se på hvordan tilstedeværelsen hos de enkelte artene har endret seg for å følge utviklingen best mulig.

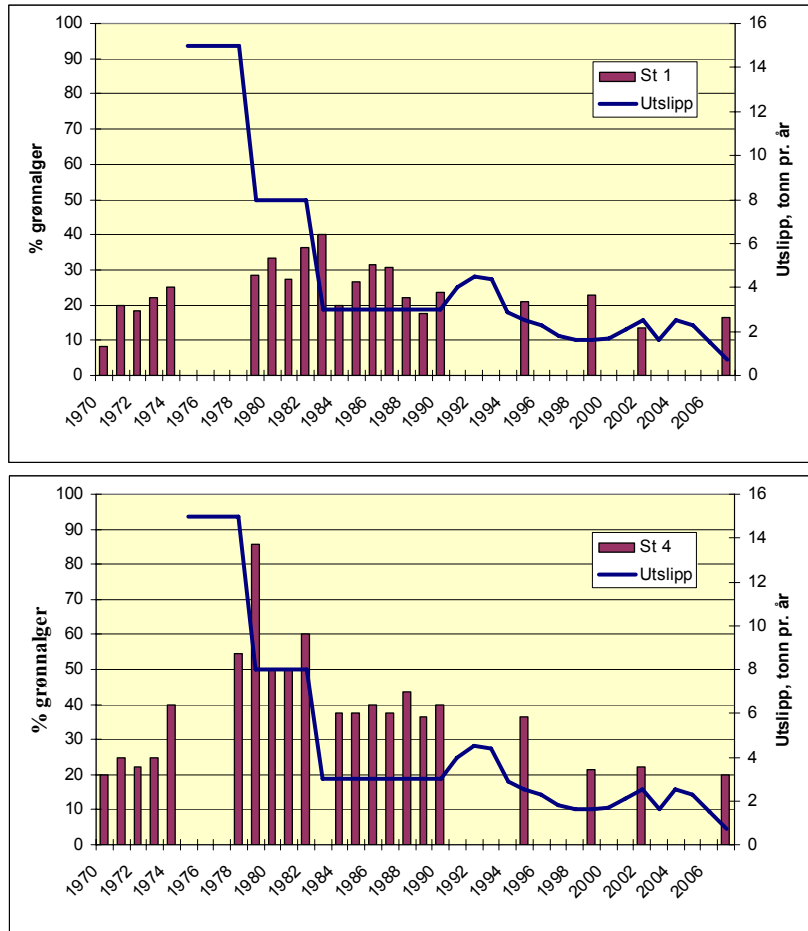
Datasettet fra Lista er unikt ved at de samme fire stasjonene er undersøkt med få års mellomrom helt fra opprettelsen av bedriften for nesten 40 år siden. Dette gjør at man har kunnet følge utviklingen nøye og dataene danner et godt grunnlag for videre oppfølging.



**Figur 16.** Utviklingen i diversitet på fire stasjoner i Husebybukta i perioden 1980-2007.



**Figur 17.** Utvikling i andel rødalger, brunalger og grønnalger ved fire stasjoner i Husebybukta i perioden 1970-2007.



**Figur 18.** Andel grønnalger ved stasjon 1 (Indre Tjuvholmen) og stasjon 4 (Storskjær), sammenlignet med de totale utslippmengdene.

## 4. Referanser

- 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.
- 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.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1987. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/97. ISBN 82-7655-367-2. 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.

Næs, K., J. Knutzen, L. Berglind 1995. Occurrence of PAH in marine organisms and sediments from smelter discharge in Norway. *Sci. Total Environ.* 163, 93-106.



## Vedlegg A. PAH i snegl

**Vedleggstabell A1.** PAH-innhold i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Lista. Analyseresultater for 2004-2007. Alle verdiene er oppgitt i µg/kg våtvekt. Deteksjonsgrense er 0,5 µg/kg.

2007

Stasjon			Ytre Tjuvholmen	Ytre Tjuvholmen	Ytre Tjuvholmen	Ytre Tjuvholmen	Haugestranda	Haugestranda	Haugestranda	Haugestranda	Havik	Havik	Litlærauna	Litlærauna
Stasjonskode	År	Mnd	St 1	St 1	St 1	St 1	St 2	St 2	St 2	St 2	St 3	St 3	St 4	St 4
Parameter	Enhet	Kode	2006	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
TTS	TTS/%	B3	26	27	24	29	24	27	24	25	26	26	24	26
NAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<10	<2	<10	<10	<20	<20	<40	<10	5,4	<10	<2	<2
ACNLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	1	0,5	1,8	1,2	2,3	1,3	5,8	4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ACNE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	39	18	33	53	81	80	110	100	10	8	2,1	1,2
FLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	3,9	2,8	8,8	8,9	13	9,6	30	22	0,82	2,1	<0,5	0,82
DBTHI-B	µg/kg v.v.	H 2-4	1,6	1,5	5,9	5,7	6,4	6,9	24	16	<0,5	0,86	<0,5	<0,5
PA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	51	34	110	140	140	180	420	350	8,2	18	2,3	3,3
ANT-B	µg/kg v.v.	H 2-4	4,7	2,6	6,2	11	6,9	11	20	29	0,66	2	<0,5	<0,5
FLU-B	µg/kg v.v.	H 2-4	140	76	330	430	440	510	2000	1700	10	43	1,8	1,9
PYR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	37	45	220	360	160	300	1000	1100	2,6	42	<0,5	1,5
BAA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	69	24	82	110	130	120	250	220	3,6	15	0,51	0,61
9CHR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	140	110	360	360	330	370	960	750	6,5	73	0,58	1,5
BKF-B	µg/kg v.v.	H 2-4	33	31	170	180	68	79	310	240	1,4	26	<0,5	<0,5
9BBJF-B	µg/kg v.v.	H 2-4	150	140	680	850	310	380	1400	1300	6,1	110	<0,5	1,4
BEP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	140	89	400	570	200	270	800	820	4,3	68	<0,5	0,84
BAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	23	19	110	130	32	44	240	210	0,81	17	<0,5	<0,5
PER-B	µg/kg v.v.	H 2-4	2,9	2,5	13	15	3,5	3,5	28	32	<0,5	3	<0,5	<0,5
ICDP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	55	47	190	180	79	94	280	210	2,4	29	<0,5	<0,5
DBA3A-B	µg/kg v.v.	H 2-4	9,5	9,7	53	53	14	21	79	65	<0,5	6,8	<0,5	<0,5
BGHIP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	38	35	170	150	55	73	270	170	2,3	30	<0,5	0,5
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	938,6	687,6	2944	3608	2071	2553	8227	7338	65,09	493,8	7,29	13,57
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet*	794,1	594,6	2525	3017	1861	2273	7375	6470	60,79	421,9	7,29	12,73
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	339,5	270,7	1285	1503	633	738	2559	2245	14,31	203,8	0,51	2,01
Sum NPd	µg/kg v.v.	Beregnet*	52,6	35,5	115,9	145,7	146,4	186,9	444	366	13,6	18,86	2,3	3,3

2006

Stasjon			Ytre Tjuvholmen	Ytre Tjuvholmen	Ytre Tjuvholmen	Ytre Tjuvholmen	Haugestranda	Haugestranda	Haugestranda	Haugestranda	Havik	Havik	Litlærauna	Litlærauna
Stasjonskode	År	Mnd	St 1 <sup>^</sup>	St 1	St 1	St 1	St 2	St 2	St 2	St 2	St 3	St 3	St 4	St 4
Parameter	Enhet	Kode	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006
6	8	10	11	6	8	10	11	8	11	8	11	8	11	
TTS/%	%	B 3	19	24	26		22	25	24		24		27	
NAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<10	<1	<10		<20	<20	<70		<3		<3	
ACNLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	1,3	1,5	2,3		3,4	3,9	3,4		<0,5		<0,5	
ACNE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	81	77	100		160	190	200		8		1,5	
FLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	4,2	11	17		29	40	16		0,74		0,91	
DBTHI-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	2,8	6,2		6,8	14	6,8		<0,5		<0,5	
PA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	67	120	200		310	390	360		7,5		2,9	
ANT-B	µg/kg v.v.	H 2-4	8,3	10	22		28	29	47		0,67		<0,5	
FLU-B	µg/kg v.v.	H 2-4	480	480	870		2400	s3000	s4300		12		2,8	
PYR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	180	280	670		840	1400	s2700		5,6		1,2	
BAA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	73	77	150		270	320	610		4		0,62	
BKF_B	µg/kg v.v.	H 2-4	55	59	120		150	240	360		1,6		<0,5	
9BBJF_B	µg/kg v.v.	H 2-4	280	260	570		730	1200	1700		7,5		1,4	
9CHR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	280	270	370		800	1200	1500		9,8		1,3	
BEP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	180	200	410		540	800	1000		5		0,68	
BAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	30	38	90		70	94	230		1		<0,5	
PER-B	µg/kg v.v.	H 2-4	4,6	6	13		9,7	12	34		<0,5		<0,5	
ICDP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	73	69	130		140	220	250		2,3		<0,5	
DBA3A-B	µg/kg v.v.	H 2-4	15	15	32		30	50	66		<0,5		<0,5	
BGHIP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	66	69	130		140	190	230		2,3		<0,5	
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	1878	2045	3903		6657	9392,9	s13613		68		13	
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet*	1694	1837	3473		6100	8566,9	s12572		63		13	
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	526	518	1092		1390	2124	3216		16		2	
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet*	67	123	206		316,8	404	367		7,5		2,9	

s = Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen

\* = Analysemetoden er ikke akkreditert.

<sup>^</sup> St 1 Juni: konsentrasjonen av forbindelsen i ekstraktet av prøven oversteg kalibreringskurvens dekningsområde.

Det er derfor knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen og resultatene bør betraktes som minimumsnivå

2005

Stasjon			Ytre Tjuvholmen				Haugestranda				Havik		Litlrauna	
Stasjonskode	År	Mnd	St 1	St 1	St 1	St 1	St 2	St 2	St 2	St 2	St 3	St 3	St 4	St 4
Parameter	Enhet	Kode	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005
			6	8	10	11	6	8	10	11	8	11	8	11
TTS/%	%	B 3	20	11	26	26	19	24	25	22	26	24	24	23
NAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	m	<3	<3	<3	<3	<3	<3	35	m	<3	<3	<3
ACNLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<2	<2	1,2	1,4	<2	<0,5	4,5	12	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ACNE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	90	85	110	150	200	150	310	290	8,4	20	1,6	2,2
FLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	11	15	27	65	34	87	34	0,5	7,3	0,54	0,68
DBTHI-B	µg/kg v.v.	H 2-4	0,67	5,6	8,4	17	35	26	66	13	<0,5	3,7	<0,5	<0,5
PA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	82	190	260	480	920	780	1700	320	6,8	89	2,2	3,5
ANT-B	µg/kg v.v.	H 2-4	6,2	13	21	62	41	49	95	38	<0,5	11	<0,5	<0,5
FLU-B	µg/kg v.v.	H 2-4	420	1700	1500	4200	7000	6000	12000	730	15	760	3,7	5,1
PYR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	120	680	830	2300	2000	2300	5200	550	5,9	330	0,74	1,8
BAA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	83	140	220	390	480	440	840	150	2,3	57	<0,5	0,86
CHRTR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	200	500	690	1100	1800	1300	2100	440	7,1	130	0,7	2
BBF-B	µg/kg v.v.	H 2-4	190	490	950	1800	1200	1100	1800	640	7,6	160	0,61	2,5
BJKF-B	µg/kg v.v.	H 2-4	33	84	160	310	230	180	320	110	1,3	27	<0,5	<0,5
BEP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	140	280	570	1100	620	580	1000	300	3,9	98	<0,5	1,5
BAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	16	44	96	200	100	82	160	65	0,59	18	<0,5	<0,5
PER-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<10	6,5	19	37	<10	<10	26	22	<0,5	4,5	<0,5	<0,5
ICDP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	68	140	250	350	310	240	350	220	2,7	23	<0,5	0,88
DBA3A-B	µg/kg v.v.	H 2-4	11	25	53	95	51	44	74	47	<0,5	6,1	<0,5	<0,5
BGHIP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	53	130	250	370	250	210	310	210	2,3	26	<0,5	0,85
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	1513	4524	6004	12989	15302	13515	26442	4226	64	1771	10	22
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet*	1372	4232	5406	11835	14647	12909	25350	3891	60	1664	10	20
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	401	923	1729	3145	2371	2086	3544	1232	14	291	1	4
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet*	82,67	195,6	268,4	497	955	806	1766	368	6,8	92,7	2,2	3,5

s = Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen

2004

Stasjon	Ytre Tjuvholmen				Haugestranda				Havik		Litterauna			
	St 1	St 1	St 1	St 1	St 2	St 2	St 2	St 2	St 3	St 3	St 4	St 4		
	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004		
	6	8	10	11	6	8	10	11	8	11	8	11		
TTS/%	%	B 3	21,3	25	24,6	26,2	22,3	26	24,5	25	26,3	26,2	24,8	24,9
NAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	32	5,6	6,2	8,7	31	18	14	27	4	4,4	3,3	i
NAP2M-B	µg/kg v.v.	H 2-4	18	5,9	4,8	8,7	39	16	17	27	2,6	2,5	2,3	i
NAP1M-B	µg/kg v.v.	H 2-4	9	2,8	2,8	6,2	19	6,3	12	14	1,7	1,7	1,3	i
BIPN-B	µg/kg v.v.	H 2-4	9,2	1,3	1,3	3,1	8,1	<5	6,1	6,6	0,83	0,69	0,8	i
NAPDI-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<5	0,96	<1	2	5	<5	4,2	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ACNLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<5	1,4	1,7	2,5	5,9	<5	5,2	6,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ACNE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	100	84	87	150	340	180	330	310	14	12	3	2,5
NAPTM-B	µg/kg v.v.	H 2-4	<5	<0,5	<1	<1	<5	<5	2	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
FLE-B	µg/kg v.v.	H 2-4	13	19	29	66	210	38	190	150	1,6	1,8	<0,5	0,88
PA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	160	200	250	460	1700	560	1300	1100	14	14	3,9	5,3
ANT-B	µg/kg v.v.	H 2-4	22	26	33	74	160	60	150	200	1,8	2,2	<0,5	0,67
PAM1-B	µg/kg v.v.	H 2-4	49	36	43	60	330	170	200	180	1,1	1,8	<0,5	0,54
FLU-B	µg/kg v.v.	H 2-4	2500	s2100	s2800	s2600	s17000	s16000	s11000	s12000	47	46	7,7	9,1
PYR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	1100	s900	s1500	s1600	s7300	s6400	s5300	s5800	18	39	2,1	5
BAA-B	µg/kg v.v.	H 2-4	110	140	130	200	560	475	530	530	4,7	6,5	0,97	0,69
CHRTR-B	µg/kg v.v.	H 2-4	460	360	400	480	2100	2900	1400	1100	11	20	1,4	2
BBF-B	µg/kg v.v.	H 2-4	270	220	320	600	950	2000	840	1200	6	23	0,62	1,3
BJKF-B	µg/kg v.v.	H 2-4	71	53	66	130	250	460	190	240	1,8	4,7	<0,5	<0,50
BEP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	150	420	380	370	540	2800	480	760	3	8,3	<0,5	0,53
BAP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	36	40	55	110	110	190	120	190	0,7	2,9	<0,5	<0,5
PER-B	µg/kg v.v.	H 2-4	20	7,8	11	22	20	25	24	40	<0,5	0,81	<0,5	<0,5
ICDP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	52	63	60	140	130	340	190	250	2	4,8	<0,5	<0,5
DBA3A-B	µg/kg v.v.	H 2-4	14	10	13	26	22	49	32	44	<0,5	0,86	<0,5	<0,5
BGHIP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	52	49	69	130	120	250	170	240	1,2	4,8	<0,5	<0,5
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	5247	745,76	6262,8	7249,2	31950	2937,3	2506,5	4415,4	137	202,8	27,39	28,51
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	553	526	644	1206	2022	3514	1902	2454	15,2	42,76	1,59	1,99
Sum NPd	µg/kg v.v.	Beregnet*	268	251,3	306,8	545,6	2124	770,3	1549	1348	23,4	24,4	10,8	5,84

**Vedleggstabell A2.** Norske og engelske navn på kjemiske forkortelser i tekst og tabeller.

<b>Forkortelser</b>	<b>Engelsk</b>	<b>Norsk</b>
<b>PAH</b>	<b>polycyclic aromatic hydrocarbons</b>	<b>polysykliske aromatiske hydrokarboner</b>
ACNE*	Acenaphthene	acenaften
ACNLE*	Acenaphthylene	acenaftylene
ANT*	Anthracene	antracen
BAA*	benzo[a]anthracene	benzo[a]antracen
BAP*	benzo[a]pyrene	benzo[a]pyren
BBF*	benzo[b]fluoranthene	benzo[b]fluoranten (inkl. i BBJKF)
BBJKF	benzo[b,j,k]fluoranthene	benzo[b,j,k]fluoranten
BBKF	benzo[b+k]fluoranthene	benzo[b+k]fluoranten
BEP	benzo[e]pyrene	benzo[e]pyren
BGHIP*	benzo[ghi]perylene	benzo[ghi]perylene
BIPN	Biphenyl	bifenyl
BJKF	benzo[j,k]fluoranthene	benzo[j,k]fluoranten (inkl. i BBJKF)
BKF*	benzo[k]fluoranthene	benzo[k]fluoranten (inkl. i BBJKF)
CHR	Chrysene	chrysen
CHRTR*	chrysene+triphenylene	chrysen+trifenylene
COR	Coronene	coronen
DBAHA	dibenz[a,h]anthracene	dibenz[a,h]antracen
DBA3A*	dibenz[a,c/a,h]anthracene	dibenz[a,c/a,h]antracen
DBP	Dibenzopyrenes	dibenzopyren
DBT	Dibenzothiophene	dibenzotiofen
FLE*	Fluorene	fluoren
FLU*	Fluoranthene	fluoranten
ICDP*	indeno[1,2,3-cd]pyrene	indeno[1,2,3-cd]pyren
NAP*	Naphthalene	naftalen
NAP1M	1-methylnaphthalene	1-metylnaftalen
NAP2M	2-methylnaphthalene	2-metylnaftalen
NAPD2	1,6-dimethylnaphthalene	1,6-dimetylnaftalen
NAPD3	1,5-dimethylnaphthalene	1,5-dimetylnaftalen
NAPD1	2,6-dimethylnaphthalene	2,6-dimetylnaftalen
NAPT2	2,3,6-trimethylnaphthalene	2,3,6-trimetylnaftalen
NAPT3	1,2,4-trimethylnaphthalene	1,2,4-trimetylnaftalen
NAPT4	1,2,3-trimethylnaphthalene	1,2,3-trimetylnaftalen
NAPTM	2,3,5-trimethylnaphthalene	2,3,5-trimetylnaftalen
NPD	Collective term for naphthalenes, phenanthrenes and dibenzothiophenes	Samlebetegnelse for naftalen, fenantren og dibenzotiofens
PA*	phenanthrene	fenantren
PAM1	1-methylphenanthrene	1-metylifenantren
PAM2	2-methylphenanthrene	2-metylifenantren
PAMD1	3,6-dimethylphenanthrene	3,6-dimetylifenantren
PAMD2	9,10-dimethylphenanthrene	9,10-dimetylifenantren
PER	perylene	perylene
PYR*	pyrene	pyren
<b>Sum PAH</b>	"total" PAH, calculated or outdated analytical method	"total" PAH, beregnet eller foreldet metode
<b>Sum KPAH</b>	sum carcinogen PAH's	sum kreftfremkallende PAH
<b>Sum PAH16*</b>	sum "16" PAH	sum "16" PAH jf. Norsk standard
<b>Sum NP</b>	sum naphthalenes, phenanthrenes and dibenzothiophenes	sum naftalen, fenantren og dibenzotiofens

## Vedlegg B. Strandsonedata

**Vedleggstabell B1.** Registrerte arter i 2007. Mengdeangivelser: 4 = dominerende, 3 = vanlig, 2 = sparsom, 1 = sjelden/enkeltfunn, + = forekommer.

Prosjektnummer: O-26362

Fylke: Vest-Agder

Dato: 4. september 2007

Prosjektnavn: LISTA

Kommune: Farsund

Stasjonsnummer	LS1	LS3	LS4	LS6
Stasjonsnavn	I.Tjuvholm	Y. Tjuvholm	Storskjær	Haugestranda
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
Eksponeeringsgrad*	1	3	2	2
Bunntype**	F, SS	F	F	F, SS
Helningsvinkel, < 30, 30-70, > 70	30-70	30-70	30-70	30-70
Himmelretning (N, Ø, S, V)	N	S	S	Ø
<b>Latinske navn</b>	<b>Norske navn</b>			
<b>Rhodophyceae</b>	<b>Rødalger</b>			
Ahnfeltia plicata	2	2		2
Acrochaetium daviesii	2			2
Ceramium rubrum	3	2	4	3
Chondrus crispus	3			3
Corallina officinalis		3,5		
Dilsea carnosa		2		
Hildenbrandia rubra	4	2	3,5	4
Mastocarpus stellata		3	3,5	2,5
Palmaria palmata		2		
Phyllophora pseudoceranoides	2			
Phymatolithon lenormandii		4		4
Polyides rotundus	1			
Polysiphonia fibrillosa	0,5	3		
Porphyra umbilicalis		2		
Porphyra sp.	2		2	
<b>Phaeophyceae</b>				
Desmarestia aculeata	1	1	2	
Ectocarpales indet		2		2
Fucus serratus	4	3		4
Fucus vesiculosus	2		1,5	2
Halidrys siliquosa	2	2		2,5
Laminaria digitata	4	4	2	4
Laminaria juv				
Laminaria saccharina	1		2	2
Laminariocolax tomentosoides		2,5		
Ralfsia verrucosa				2
Sargassum muticum				1
<b>Chlorophyceae</b>				
Blidingia minima	2			
Chaetomorpha melagonium		1		
Cladophora rupestris		3		2
Enteromorpha spp.	3	2	2,5	2
Spongomorpha aeruginosa				2
Ulva lactuca	2	2	3	2
<b>Diverse</b>				
Bl.grønnalge. indet	2			
Verrucaria/Calothrix	3	2		
<b>Fauna</b>				
Balanus sp.		2		
Cancer pagurus	1			
Halichondria panicea		2		2
Hydroida indet.				2
Littorina sp.		2	3	
Membranipora membranacea	2,5	2		2,5
Mytilus edulis			2	
Patella vulgata		3	2	
Spirobis sp.				
<b>Antall arter(taxa)</b>	22	26	13	22

\*Eksponeeringsgrad: 1(svak) - 3 (sterk)

\*\*Bunntype: F= fjell, SS=stein store, SM =stein små, SA= sand/skjell

## Vedleggstabell B2.

De vanligste artene registrert i 1970-2007.

Appendikstabell. Forekomst av utvalgte arter og organismegrupper fra Husebysanden, Lista. 1970 - 2007

Mengdeangivelse: 16= dominerende, 8 = vanlig, 4= spredt, 2= enkeltfunn, 1= forekommer

Stasjon 1 Indre Tjuvholmen																							
	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2007	
Max forekomst blågrønnbakterier				4	2		16	16	16	16	12	6	12	12	12	12	12	16	12	12	8	8	
<b>Rødalger</b>																							
Bonnemaisonia hamifera: sporp.							6	8	12	8	8	16	16	12	8	8	12	4	8				
Chondrus crispus	8				8			4	2	4	1	4	6	6	8	4	12	8	8	8	6	8	
Corallina officinalis	8	2																					
Corallinaceae (Phymatolithon)										6	4												
Mastocarpus stellata	8		16				6	4	4	1	1	1	1	4		2	1	6	4	3	4		
Porphyra umbilicalis	4		4				4					2					2	1	8	4		4	
<b>Brunalger</b>																							
Ascophyllum nodosum	16	16	16	8	8		2	2		4													
Ectocarpales spp.							1		16		8	16	12	16	16	16	12	12	16			4	
Fucus serratus	16	2	16	2	2									1	2	2	6	6	4	8	16	16	
Fucus spiralis	8	8	8	2																			
Fucus vesiculosus	8	8	8	2	8											1	2	2	4	4	4	4	
Laminaria digitata	16	2	8				4				1	1	6	6	6	4	8	8	8	16	16	16	
<b>Grønnalger</b>																							
Cladophora rupestris							8	16	16	8	16	16	8	6	12	12	4	12	16	4	4		
Enteromorpha spp.		16	16	16	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8	12	8
Ulva lactuca	8	16	16	8	2		16	16	16	8	8	16	12	6	16	16	16	16	16	4		4	
<b>Fjæredyr</b>																							
Littorina spp.	16	8	8	8	8		4	1	6	4	12	12	8	12	12	8	4	4	4	4			
Mytilus edulis																							
Patella vulgata	4	2	2		2																	6	

Stasjon 3 Ytre Tjuvholmen																							
	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2007	
MAX CYANOPHYCEA				2		8	16	8	12	16	6	1	8	12	12	8	12	16	16	8	16		
<b>Rødalger</b>																							
Bonnemaisonia hamifera: sporp.							1	8	16	16	6	4	1	1	12	4	8						
Chondrus crispus					2		1	8	1	8	8	8	1	2	8	8	8	4		4			
Corallina officinalis	16		8	8	8	4		2	4	4	1			2			6	6	4	8	6	12	
Corallinaceae (Phymatolithon)	8	2		8	8			1			6	6	6	2	8	4	1	1	12	16	16	16	
Mastocarpus stellata							4	8	1		4	8	6		4				12	6	6	8	
Porphyra umbilicalis	16	16	8	8	8		12	8	8	4	2	6	4	8	6		6	4	8	8	12	4	
<b>Brunalger</b>																							
Ascophyllum nodosum		8	16	8	16	8	6	6	4		6	4	4	4	4	4	6	2					
Ectocarpales spp.						1	8		8		8	8	8	8	16	8	12	12	4		4	4	
Fucus serratus	8	8	16	16	8	8	16	8	8	16	16	16	16	16	16	12	12	16	16	16	8	8	
Fucus spiralis						8	2								6		2		4				
Fucus vesiculosus	2	8	8	8	2	8			8	6	8	8	12	12	16	12	16	12	8	4	4		
Laminaria digitata						12	12	8	8	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
<b>Grønnalger</b>																							
Cladophora rupestris						6	12	16	16	8	8	8	12	8	16	6	12	8	8	8	8	8	
Cladophora sp.																							
Enteromorpha spp.	2	2	8	16	8	8	12	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8	16	8	6	6	4	
Ulva lactuca		16	2	16			12	16	16	16	8	12	16	8	16	6	8	8	4	4	4	4	
<b>Fjæredyr</b>																							
Littorina spp.	8	6	8	8	8	12	8	16	16	8	12	12	16	16	8	8	4	8	16	4	4	4	
Mytilus edulis													1				2						
Patella vulgata	16	16	16	16	8	8	12	8	8	4	4	1	2	4	2				8	4		8	

		Stasjon 4 Storeskjær																					
		1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2007
MAX CYANOPHYCEA					16		16	16	16	12	8	16	8	8	16	12	12	12	16	16		4	
<b>Rødalger</b>																							
Bonnemaisonia hamifera: sporp.							1		1	8			1	6	1	2	2						
Chondrus crispus		8		2		2								2	2	2	2						
Corallina officinalis		8	2	2																			
Corallinaceae (Phymatolithon)		8	8	8	8	8				8	6								1				8
Mastocarpus stellata		16	8	16	16	16	8	8	6	8	3		6	4	6	8	8	6	8	8	8	8	12
Porphyra umbilicalis		16	16	16	8					4			1	2		6		2	4		12		4
<b>Brunalger</b>																							
Ascophyllum nodosum																							
Ectocarpales spp.									1	4	1		1	6	16	4	6			8	1	4	
Fucus serratus																					2		
Fucus spiralis																							
Fucus vesiculosus																							3
Laminaria digitata		16		8	2								4	6	8	6	4	4	8			4	4
<b>Grønnalger</b>																							
Cladophora rupestris							4	6	1	8	4		2	6	2	8	1	4		4	2		
Cladophora sp.																							
Enteromorpha spp.		8	16	16	16	8	16	16	6	8	16	6	16	16	16	12	16	16	8	16	8	12	6
Ulva lactuca		8	16	16	16	8	8	8	6	8	16		16	24	12	8	6		4	8	6	12	8
<b>Fjæredyr</b>																							
Littorina spp.		8	8	2	2								1		4	2	6			4	4		8
Mytilus edulis																					4	8	4
Patella vulgata		16	8	8	8	8															6	6	4

		Stasjon 6 Haugestranda																					
		1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	2002	2007
MAX CYANOPHYCEA					2		16	16	16	16	16	16	8	8	12	8	12	12	16	16		8	4
<b>Rødalger</b>																							
Bonnemaisonia hamifera: sporp.										16	8	8	6	4	1	1		4	4				4
Chondrus crispus			4	2	4	8			6	8	8	8	4	4	6	8	6	12	8	16	8	6	8
Corallina officinalis		2	16	16	8	8													6	1		4	
Corallinaceae (Phymatolithon)				8	8							8	8	8	8	1	6	8	8	12	6		16
Mastocarpus stellata		2	8	16	16	16	8	12	6	8	1	4	6	12	12	4	6	6	2	16	4	4	6
Porphyra umbilicalis		8	2	12	16	8	6	16	8	4	2			12	16	4		4	1	8	4	4	
<b>Brunalger</b>																							
Ascophyllum nodosum							6																
Ectocarpales spp.							8	1		8	8	1	1	12	8	16	16	8	16	16		1	4
Fucus serratus		8	16	8	8	12	6	1	1	8	8	8	6	4	4	4	4	16	16	4	12	8	16
Fucus spiralis									1														
Fucus vesiculosus		8	8	2	2	2	6					1						16	16				4
Laminaria digitata							1	16	8	12	16	16	16	24	16	16	16	16	16	16	16	16	16
<b>Grønnalger</b>																							
Cladophora rupestris							4	4	16	16	8	16	8	16	12	12	8	16	8	16	4	4	4
Cladophora sp.																							
Enteromorpha spp.		2	16	16	8	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12	8	4	8	4
Ulva lactuca		8	16	4	8	2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8	6	4	4
<b>Fjæredyr</b>																							
Littorina spp.		2	8	2	8	16		6		8	4	12	1	12	8	12	4	12	8		2		
Mytilus edulis							4																
Patella vulgata							1	6	4	2		1	1	2	2	2		8					



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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)