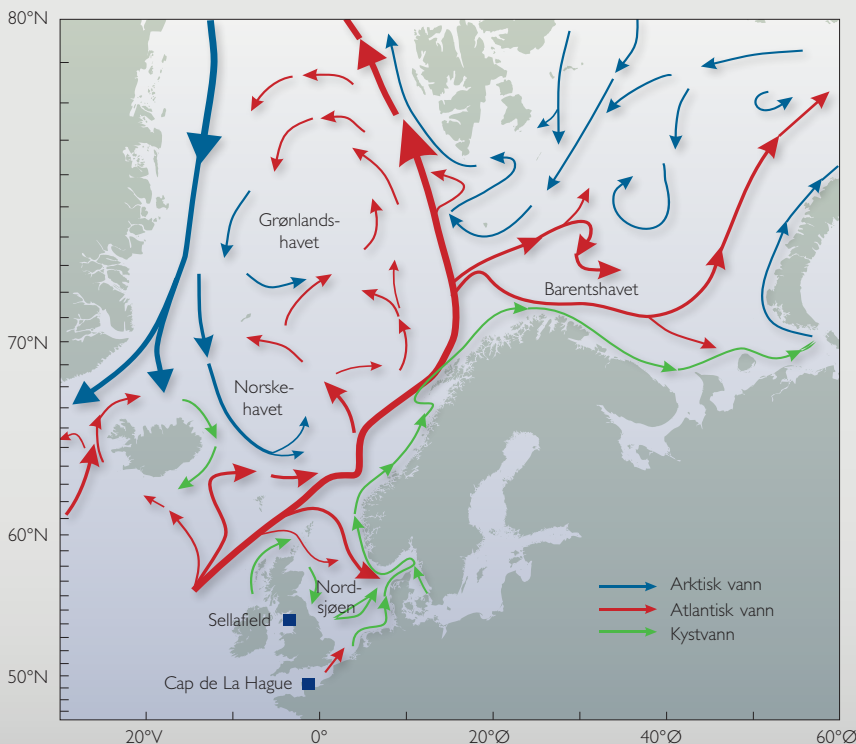


## Technetium-99 (Tc-99) i norske kystområder – resultater fra “RADNOR”

Våren 1994 økte utslippene av radionukliden technetium-99 (Tc-99) fra det britiske gjenvinningsanlegget Sellafield i Cumbria. To og et halvt år senere, i november 1996, hadde konsentrasjonene begynt å øke i sjøvann langs vestkysten av Norge. I det følgende vil vi presentere resultater fra “RADNOR”, et prosjekt der vi har studert opptaket av Tc-99 i marine organismer langs norskekysten. Prosjektet er finansiert av NFR og Havforskningsinstituttet, og ble avsluttet ved utgangen av 2006.

**Figur 1.9.1**

Gjenvinningsanleggene Sellafield (Cumbria, England) og Cap de La Hague (Normandie, Frankrike), og viktige havstrømmer. The reprocessing plants Sellafield (Cumbria, UK) and Cap de la Hague (Normandy, France) and important ocean currents.



### Hilde Elise Heldal

hilde.heldal@kj.uib.no  
Havforskningsinstituttet/Universitetet i Bergen

### Ingrid Sværen

ingrid.svaeren@imr.no

### Penny Lee Liebig

penny.lee.liebig@imr.no

### Kjersti Sjøtun

kjersti.sjotun@bio.uib.no  
Universitetet i Bergen

### Daniela Wald

daniela.wald@bio.uib.no  
Universitetet i Bergen

Technetium-99 (Tc-99) er en menneskeskapt beta-emitterende radionuklide med halveringstid på 213 000 år. Tc-99 finnes i marint miljø hovedsakelig som følge av utslipp fra Sellafield (England) og La Hague (Frankrike), begge gjenvinningsanlegg for brukt kjernefysisk brensel (Figur 1.9.1), i tillegg til nedfall fra atomprøvesprengninger på 1950- og 60-tallet. Radioaktiv forurensning fra Sellafield og La Hague transporteres med havstrømmer til norskekysten.

### Ti år med urensede utslipp av Tc-99

Fra 1994 har utslippene av Tc-99 fra Sellafield vært relativt høye sammenlignet med utslippene på 80-tallet og begynnelsen av 90-tallet (Figur 1.9.2). Bakgrunnen for de økte utslippene er at et nytt renseanlegg, the Enhanced Actinide Removal Plant (EARP), åpnet i april 1994. EARP renser avfall for plutonium- og americium-isotoper, men ikke for Tc-99. I årene før det nye renseanlegget åpnet, ble avfall lagret. Da EARP åpnet, startet utslipp av lagret og nytt avfall, noe som førte til at utslippene av Tc-99 økte kraftig. Utslipp av plutonium- og americium-isotoper ble imidlertid redusert. Dette er beskrevet i mer detalj tidligere (se f.eks. Havets miljø 2002).

I 1999 var konsentrasjonen av Tc-99 i Den norske kyststrømmen tidoblet i forhold til konsentrasjonene før 1994. (Kershaw et al., 2004) På denne tiden arbeidet norske myndigheter aktivt for en stans av utslippene fra Sellafield, og i juni 2003 avgjorde britiske myndigheter at utslippene skulle stanses midlertidig for å teste ut forskjellige renseteknikker. Resultatet av testene viste seg å være gode, og i april 2004 besluttet britiske myndigheter å innføre permanent rensing av Tc-99-utslippene. Dette har ført til at utslippene de siste år er blitt sterkt redusert (Figur 1.9.2).

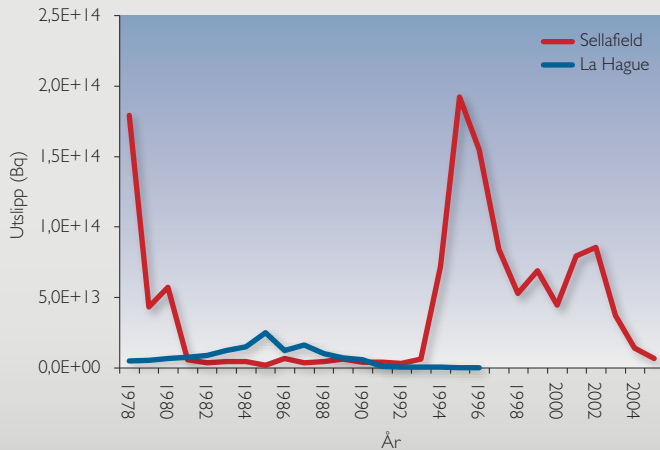
### Prøvetaking

I 2003-2006 har vi tatt prøver av hummer, krabbe, blåskjell, kråkebolle, steinbit, kongekrabbe, tang, strandsnegler og sjøvann fra seks steder langs kysten: Arendal (Aust-Agder), Tysnes (Hordaland), Espengrend (Hordaland), Værlandet (Sogn og Fjordane), Rørvik (Nord-Trøndelag) og Varangerfjorden (Finnmark) (Figur 1.9.3). Til å hjelpe oss med prøveinnsamling har vi hatt lokale fiskere, skoleelever fra Værlandet/Bulandet skole og kolleger ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen.

### Analysemetode

I 2003/2004 innførte vi en analysemetode for Tc-99 ved Havforskningsinstituttet. Metoden er utviklet ved CEFAS (Harvey et al., 1992), og baserer seg på bruk av stabilt rhenium (Re) som sporstoff. Vi har til nå deltatt i én interkalibreringstest med godt resultat. Metoden har en teoretisk nedre deteksjonsgrense på 0,08 Bq/kg fersk vekt (fv) for biologisk materiale og 0,036 Bq/m<sup>3</sup> for sjøvannsprøver.

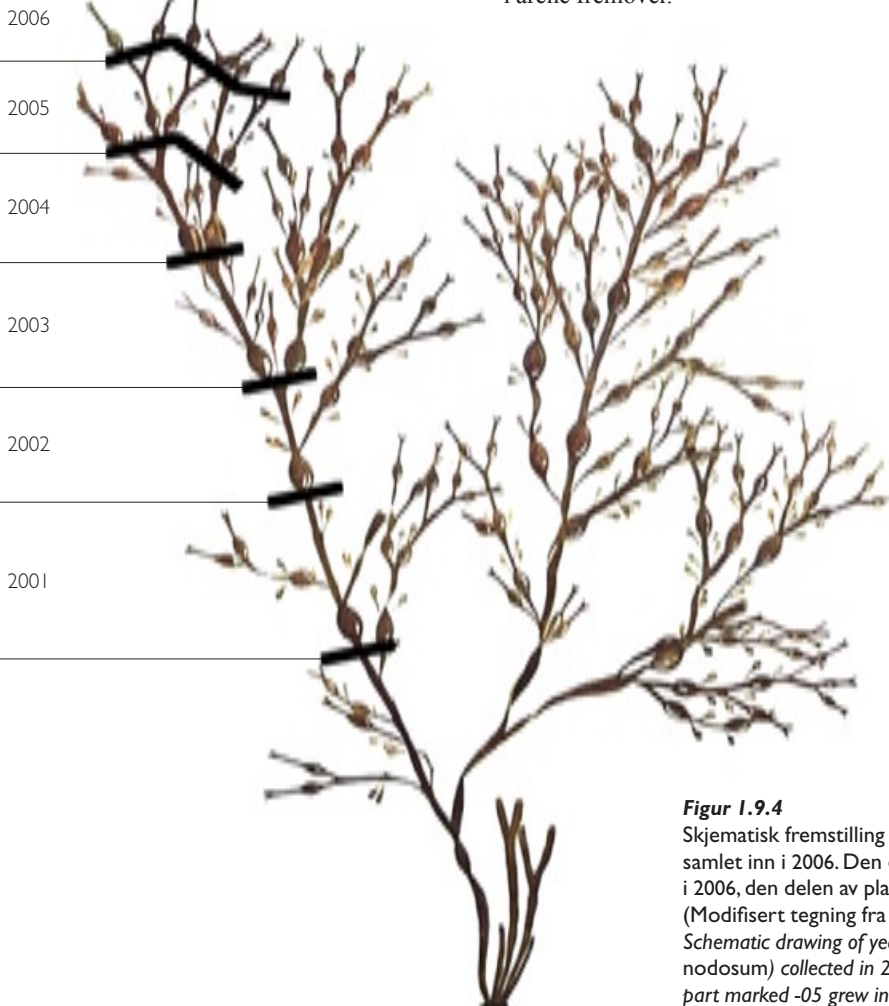
**Figur 1.9.2**  
Utslipp av Tc-99  
fra Sellafield og  
Cap de La Hague  
1978–2005.  
Discharges of Tc-99  
from Sellafield and  
Cap de La Hague  
1978–2005.



### Resultater Sjøvann

Det foreligger få målinger av Tc-99 i sjøvann i norske havområder fra tidlig 90-tallet. I en studie av Kershaw et al. (1999) ble det imidlertid målt  $0,14 \text{ Bq/m}^3$  i Den norske kyststrømmen utenfor Tromsø i 1994 (samme år som Sellafield økte utslippene). I november 1996 ble det for første gang etter 1994 observert forhøyete Tc-

99-konsentrasjoner i sjøvannsprøver tatt utenfor vestlandskysten (opp til  $6,5 \text{ Bq/m}^3$ ) (Brown et al., 1999). Siden 2001 har konsentrasjonene i norske kystområder jevnet seg ut og ligget på rundt  $1 \text{ Bq/m}^3$ . Konsentrasjonene i våre sjøvannsprøver varierer mellom  $0,39$  og  $1,03 \text{ Bq/m}^3$ . Vi ser ingen tydelig variasjon mellom de forskjellige prøvetakingsstedene. Det er heller ingen nedadgående trend over tid i Tc-99-konsentrasjonene i våre prøver. Vi forventer imidlertid at dette vil gjøre seg gjeldende i årene fremover.



**Figur 1.9.4**

Skjematisert fremstilling av årsskudd til grisettang (*Ascophyllum nodosum*) samlet inn i 2006. Den delen av planten som er merket -06 ble dannet i 2006, den delen av planten som er merket -05 ble dannet i 2005, osv. (Modifisert tegning fra "Vi sanker tang og tare" av H. Printz (1953)).  
Schematic drawing of yearly growth segments of knotted wrack (*Ascophyllum nodosum*) collected in 2006. The part of the plant marked -06 grew in 2006; the part marked -05 grew in 2005 etc. (Modified drawing from H. Printz 1953.)



**Figur 1.9.3**  
Oversikt over  
prøvetakingssteder.  
Sampling locations on  
the coast of Norway.

### Tang

Tang er kjent for å ta opp spormetaller, og er mye brukt som indikatororganisme for forskjellige typer forurensning. Tang skiller seg også ut som den organismen som inneholder mest Tc-99 (Tabell 1.9.1). Av de forskjellige artene vi har undersøkt – blæretang (*Fucus vesiculosus*), sagttang (*Fucus serratus*) og grisettang (*Ascophyllum nodosum*) – finner vi høyest konsentrasjon i grisettang. Denne planten kan bli relativt gammel, opp til 13 år. Planten danner én blære hvert år, og er enkel å dele opp i årsskudd (Figur 1.9.4).

Vi har studert fordelingen av Tc-99 i disse årsskuddene. Resultatene våre viser at Tc-99 ikke er homogent fordelt i en grisettangplante. Konsentrasjonene øker med alder på årsskuddet, og vi har funnet en økning i Tc-99-konsentrasjonen på opp til fem ganger mellom det yngste og eldste årsskuddet (Tabell 1.9.2). Dette kan tyde på at grisettang tar opp Tc-99 gjennom hele sin levetid, og at det er irreversibelt bundet, dvs. at det ikke skiller ut igjen. Et slikt opptaksmønster kan også være gjeldende for andre arter.

Art	Tc-99 (Bq/kg (fv))	n		
		Min.	Maks.	
Hummer (hanndyr)	<i>Homarus gammarus</i>	0,9	7,8	23
Hummer (hunndyr)	<i>Homarus gammarus</i>	3,6	41,9	22
Krabbe	<i>Cancer pagurus</i>	ud	2,18	10
Kongekrabbe	<i>Paralithodes camtschatica</i>	ud	ud	3
Steinbit	<i>Anarhichas</i> sp.	ud	0,19	4
Kråkebolle	<i>Echinus</i> sp.	0,09	0,34	4
Blåskjell	<i>Mytilus edulis</i>	0,09	0,69	14
Grisetang <sup>a</sup>	<i>Ascophyllum nodosum</i>	269	350 <sup>b</sup>	2
Blæretang <sup>a</sup>	<i>Fucus vesiculosus</i>	-	233	1
Sagtang <sup>a</sup>	<i>Fucus serratus</i>	-	162	1
Snegler	<i>Littorina</i> sp. og <i>Patella vulgata</i>	4,6	12,0	19

<sup>a</sup> hele planter malt opp og homogenisert; konsentrasjoner er gitt i Bq/kg tørr vekt

<sup>b</sup> gjennomsnitt av ni delprøver

ud = under deteksjonsgrensen

n = antall målte prøver

**Tabell 1.9.1**

Tc-99 (Bq/kg ferskvekt (fv)) i marine organismer i norske kystområder 2003–2006.

Tc-99 in marine organisms along the Norwegian coast 2003–2006.

Når tang blir brukt i overvåkningssammenheng, blir vanligvis hele planter malt opp og homogenisert, og en gjennomsnittskonsentrasjon brukt. Det legges ikke vekt på alderen til prøvematerialet. Sett i lys av at Tc-99-konsentrasjonene varierer med alder på årsskudd, vil denne metoden potensielt være beheftet med en stor usikkerhet. Dette bør det i fremtiden tas hensyn til i forbindelse med overvåkning.

#### Økosystemet rundt tang

I 2006 har vi fokusert på økosystemet rundt tang. Ved Espegrend utenfor Bergen har vi annenhver måned tatt prøver av snegler som beiter direkte på grisetang (*Littorina obtusata*) og snegler som lever på fjell i nærheten av grisetang, dvs. strandsnegl (*Littorina littorea*) og albukskjell (*Patella vulgata*). I tillegg har vi tatt prøver av blåskjell (*Mytilus edulis*). Vi har studert opptaket av Tc-99 i de forskjellige artene, og sett om det er forskjeller mellom små og store dyr, mellom kjønn, og mellom dyr

som har vært nedfrost før opparbeiding og dyr som ikke har vært nedfrost før opparbeiding. Resultatene fra dette studiet inngår i en masteroppgave ved Universitetet i Bergen (UiB). Foreløpige resultater viser at *L. obtusata* inneholder de høyeste konsentrasjonene (opp til 12,0 Bq/kg fv) og blåskjell (*M. edulis*) inneholder de laveste konsentrasjonene (opp til 0,69 Bq/kg fv).

#### Hummer (*Homarus gammarus*)

Etter tang, inneholder hummer de høyeste Tc-99-konsentrasjonene (opp til 41,9 Bq/kg fv i våre prøver (Tabell 1.9.1)). Hunndyr har høyere konsentrasjoner enn hanndyr. For hunndyrene er det en positiv korrelasjon mellom vekt på dyrene og konsentrasjon. Det ser ikke ut til at dette er tilfellet for hanndyrene. Ut ifra våre data kan vi ikke konkludere med at konsentrasjonene varierer mellom de forskjellige prøvetaksstedene. Vi kan heller ikke se forskjeller i konsentrasjoner knyttet til variasjoner i årstid.

Tc-99 concentrations reached 964 Bq/kg dry weight in an old part of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. Lobsters (*Homarus gammarus*) contained up to 41,9 Bq/kg ww. Further, we found elevated levels in snails (*Littorina* sp.) living close to brown seaweeds. In all other biota samples measured, the Tc-99 concentrations were close to the detection limit, and not above 2,18 Bq/kg ww. Although the levels have increased, we conclude that currently, Tc-99-levels in marine food webs in Norwegian waters are generally very low and represent, to our knowledge, no threat to human health.

#### Technetium-99 (Tc-99) in Norwegian coastal areas

Due to oceanic long-range transport of authorized discharges from the reprocessing plant Sellafield in Cumbria (UK), Norwegian coastal areas have been exposed to substantial amounts of technetium-99 (Tc-99). We have studied the uptake and accumulation of Tc-99 in benthic food webs, as some benthic species are known to accumulate Tc-99. Samples of benthic species have been collected along the Norwegian coast during 2003-2006. We found, as expected, the highest Tc-99 concentrations in brown seaweeds. The

	Bq/kg tørr vekt (tv)			
	Værlandet apr.-03	Rørvik sep.-03	Rørvik sep.-03	Espegrend jan.-06
2005-skudd				190
2004-skudd				263
2003-skudd	510	102	115	374
2002-skudd	688	188	198	451
2001-skudd	840	184	204	502
2000-skudd	-	218	247	502
1999-skudd	-	-	-	583
1998-skudd	-	-	-	644
1997-skudd	-	-	-	819
1996-skudd	-	-	-	964
Reseptakler*	320	-	-	167

\*Reseptakler: Fruktbare skudd hos tang.

**Tabell 1.9.2**

Tc-99 i årsskudd til grisetang (*Ascophyllum nodosum*). Overskriften til hver kolonne indikerer hvor og når prøven er samlet inn. Tc-99 in yearly growth segments of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*.

#### Andre marine organismer

I de andre marine organismene vi har studert (krabbe, blåskjell, kråkebolle, steinbit og kongekrabbe), er konsentrasjonene svært lave, og ikke over 2,18 Bq/kg fersk vekt (Tabell 1.9.1). Fra annen litteratur er det kjent at konsentrasjonene i fisk også generelt er svært lave (< 0,09 Bq/kg fersk vekt (Statens strålevern, 2005).

#### Overraskende funn for tang

Konsentrasjonene av Tc-99 i de aller fleste marine organismer er generelt sett lave, og overstiger ikke EUs tiltaksgrense for Tc-99 på 1250 Bq/kg. Som tidligere nevnt, har vi imidlertid målt konsentrasjoner i gamle årsskudd av grisetang på opp til 964 Bq/kg tørr vekt, en konsentrasjon som ikke ligger så langt under denne tiltaksgrensen. Vi antar likevel at dagens nivåer ikke medfører noen helsefare. Foreløpig vet vi lite om hvordan Tc-99 tas opp i marine organismer. Blant annet ønsker vi å studere opptakmekanismene for Tc-99 i tang nærmere. Vi ønsker også å vite hvorfor hummer tar opp Tc-99 i mye større grad enn krabbe, når disse dyrene lever i de samme omgivelsene, og hvorfor hunn-hummer tar opp mer Tc-99 enn hann-hummer.