

RAPPORT LNR 4190-2000

**Miljøgifter i blåskjell
dyrket i Larviksfjorden**

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel Miljøgifter i blåskjell dyrket i Larviksfjorden	Løpenr. (for bestilling) 4190-2000	Dato 7/2-2000
	Prosjektnr. Undernr. O-99209	Sider Pris 16
Forfatter(e) John Arthur Berge og Norunn Følsvik	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk Hydro ASA, Forskningsentret i Porsgrunn	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag: Orienterende analyser av metaller (Hg, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Ni) og tinnorganiske forbindelser (TBT, DBT, MBT, TPhT, DPhT, MPhT) er gjennomført i blåskjell dyrket på tre lokaliteter (Falkeskjær, Jordebukta og Trefoten) i Larviksfjorden. De dyrkede skjellene var lite påvirket av metaller og kunne klassifiseres som lite til ubetydelig forurenset (klasse I i henhold til SFTs klassifiseringssystem). Skjellene fra Falkeskjær og Jordebukta i indre del av Larviksfjorden var markert påvirket av TBT (1196 og 549 µg TBT/kg t.v.) dvs. ca. 5 - 12 ganger øvre grense for SFTs tilstandsklasse I. Skjell fra Trefoten i fjordens munningsområde var moderat påvirket av TBT (200 µg TBT/kg t.v.) dvs. 2 ganger øvre grense for tilstandsklasse I. SFTs klassifisering for TBT (øvre grense for klasse I) er ikke knyttet til spiselighet av blåskjell, men bygger på en beregning av hvilken konsentrasjon som kan antas i blåskjell dersom en har en vannkonsentrasjon tilsvarende 1 ng/l (giftighetsterskel for spesielt ømfintlige marine organismer). Observerte konsentrasjoner av TBT fremstår ikke som spesielt høye sammenlignet med villskjell fra norskekysten og kystområder i andre land og var klart lavere enn det som er observert i indre del av Oslofjorden og i enkelte større havner. Det tolerable daglige livslange inntaket av TBT er beregnet til 0.3 µg TBT/kg kroppsvekt eller 18 µg TBT pr. dag for en person på 60 kg. Dette tilsvarer et inntak på 83-409 g friskvekt av de dyrkede skjellene forutsatt at ikke innholdet av TBT avtar ved tilberedning.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Blåskjell 2. Oppdrett 3. TBT 4. Metaller 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Blue mussel 2. Aquaculture 3. TBT 4. Metals
---	--



John Arthur Berge
Prosjektleder



Ketil Hylland
Forskningsleder



Bjørn Braaten
Forskningsjef

Miljøgifter i blåskjell dyrket i Larviksfjorden

Forord

På bakgrunn av en henvendelse fra Dag Oppen-Berntsen, Norsk Hydro ASA, Forskningsentret i Porsgrunn utarbeidet NIVA et kostnadsoverslag for analyse av miljøgifter i blåskjell dyrket i Larviksfjorden. I brev av 22/11 1999 (bestilling nr. 4500003606) bekreftet Norsk Hydro ASA at de ønsket at NIVA skulle gjennomføre prosjektet.

Innsamling av organismer til miljøgiftanalyser ble organisert og gjennomført av bedriften.

Analyser ble utført på NIVA under ledelse av:

*Norunn Følsvik: Tinnorganske forbindelser
Bente Hiort Lauritzen/Oddvar Røyset: Metaller*

Uttak av vevsprøver ble foretatt av Unni Efraimsen.

Prosjektleder på NIVA har vært John Arthur Berge.

Kontaktperson hos Norsk Hydro har vært Dag Oppen-Berntsen.

Oslo, 7/2-2000

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Innsamling av prøver	8
2.2 Prøveuttak	8
2.3 Analyser	9
3. Resultater og diskusjon	10
3.1 Metaller i blåskjell	10
3.2 Tinnorganiske forbindelser i blåskjell	10
4. Konklusjoner	14
5. Referanser	15

Sammendrag

I denne undersøkelse har en gjennomført orienterende analyser av metaller (Hg=kvikksølv, Cu=kobber, Zn=sink, As=arsen, Cd=kadmium, Pb=bly, Ni=nikkel) og tinnorganiske forbindelser (TBT=tributyltin, DBT=dibutyltin, MBT=monobutyltin, TPhT=triphenyltin, DPhT=diphenyltin, MPhT=monophenyltin) i blåskjell (*Mytilus edulis*) dyrket på tre lokaliteter (Falkeskjær, Jordebukta og Trefoten) i Larviksfjorden. Målsetningen har vært å avklare i hvilken grad skjellene var forurenset med de analyserte forbindelser.

De dyrkede skjellene fremstår som lite forurenset med metaller og kunne klassifiseres som lite til ubetydelig forurenset i henhold til SFTs klassifiseringssystem.

Observasjoner av TBT i dyrkede skjell fra Falkeskjær og Jordebukta i indre del av Larviksfjorden viste en markert påvirkning med TBT i (markert forurenset, henholdsvis 1196 og 549 µg TBT/kg t.v) dvs. ca. 12 - 5 ganger over øvre grense for SFTs tilstandsklasse I. Konsentrasjonen av TBT i skjell fra Trefoten i fjordens munningsområde viste en moderat påvirkning (moderat forurenset, 200 µg TBT/kg t.v.) dvs. 2 ganger over øvre grense for SFTs tilstandsklasse I. Det må understrekes at SFTs klassifisering for TBT (øvre grense for klasse I) ikke har noe med spiselighet av blåskjell å gjøre, men bygger på en beregning av hvilken konsentrasjon som kan antas å opptre i blåskjell dersom en har en vannkonsentrasjon tilsvarende en giftighetsterskel på 1 ng/l, som gjelder for spesielt ømfintlige marine organismer.

De konsentrasjoner av TBT som opptrer i dyrkede blåskjell fra Larviksfjorden fremstår ikke som spesielt høye sammenlignet med villskjell fra norskekysten og kystområder i andre land og var klart lavere enn det som er observert i indre del av Oslofjorden og i enkelte større havner.

Det tolerable daglige livslange inntaket av TBT er beregnet til 0.3 µg TBT/kg kroppsvekt eller 18 µg TBT pr. dag for en person på 60 kg. Dette tilsvarer et inntak på 83-409 g friskvekt av de dyrkede skjellene fra Larviksfjorden forutsatt at ikke innholdet av TBT minker ved tilberedning.

Summary

The present investigation reports results from exploratory studies of metals (mercury, copper, zinc, arsenic, cadmium, lead, nickel) and organotin compounds (TBT=tributyltin, DBT=dibutyltin, MBT=monobutyltin, TPhT=triphenyltin, DPhT=diphenyltin, MPhT=monophenyltin) in blue mussels (*Mytilus edulis*) cultivated on three locations (Falkeskjær, Jordebukta og Trefoten) in the Larviksfjord (Skagerrak coast of Norway).

The cultivated mussels contained low levels of all the analysed metals. They were classified as little or insignificantly contaminated according to the environmental quality criteria set by the Norwegian State Pollution Control Authority.

Observations from Falkeskjær and Jordebukta in the inner parts of the fjord showed that the mussels were clearly polluted with TBT (respectively 1196 and 549 µg TBT/kg d.w., equivalent to 12 and 5 times the limit of class I in the system for environmental quality criteria set by the Norwegian State Pollution Control Authority). The mussels from Trefoten in the outer part of the fjord were moderately polluted with TBT (200 µg TBT/kg d.w., equivalent to 2 times the limit of class I in the system for environmental quality criteria set by the Norwegian State Pollution Control Authority). It is important to note that the 100 µg TBT/kg d.w. limit of class I is not related to human health hazards from the consumption of mussels, but to assessments of bioaccumulation based on a threshold for aquatic toxicity (1 ng/l) for sensitive species.

The concentrations of TBT in the cultivated mussels were moderate compared to registrations in wild populations along the Norwegian coast and in other coastal areas of Europe. The concentration in the cultivated mussels was markedly lower than observations in the inner part of the Oslofjord and in larger ports.

Maximum recommended daily lifelong intake of TBT has been proposed to be 0.3 µg TBT/kg body weight or 18 µg TBT/day for a person of 60 kg. This is equivalent to eating 83-409 g fresh weight tissue from the mussels cultivated in the Larviksfjord provided that no TBT is lost during preparation.

1. Innledning

Blåskjell ernærer seg av å filtrere ut partikler fra overflatevann. Blåskjell filtrerer effektivt partikler ned til ca 2-4 μm (se referanser i Bjerkeng og Kirkerud, 1994) og vil derfor kunne fjerne næringsalter og andre naturlige og menneskeskapt stoffer (blant annet miljøgifter) som er inkorporert i marine partikler.

Sedimenter og organismer fra indre fjordområder med havner og/eller industriaktivitet kan inneholde høye konsentrasjoner av ulike miljøgifter (Konieczny og Juliussen, 1995, Næs og Oug, 1991, Konieczny 1992, Knutzen et al. 1995a, b, Knutzen et al 1998a,b). Kilden til disse miljøgiftene kan eksempelvis være industriaktivitet, jordbruk, bruk av petroleumrelaterte produkter, kommunale rensesanlegg, begroingshindrende midler på båter og skip (TBT, Cu). Slike kilder kan også føre til utslipp til vassdrag som igjen kan transportere forurensninger til fjordområder (Helland, 1997, Berge, 1997). Numedalslågen og Farriselva munner begge ut i Larviksfjorden.

Norge har en del fjordområder hvor det på grunn av høye nivåer av miljøgifter i fisk og skaldyr enten er gitt kostholdsråd eller også pålagt et omsetningsforbud (Knutzen et al. 1999). De av disse områdene som ligger nærmest Larviksfjorden er Grenlandsfjordene hvor klororganiske forbindelser (hovedsakelig dioksiner) fremdeles hindrer fri omsetning av enkelte typer sjømat, selv om de direkte utslippene fra industri er drastisk redusert (se Knutzen et al. 1998a).

Miljøgiftundersøkelser er tidligere gjennomført i Larviksfjorden i 1989 (Miljøplan 1990) og 1998 (Berge 1999). Undersøkelsene i 1989 avdekket markert forurensning av fiber/flis i sedimentet i havnebassenget, sannsynligvis som følge av utslipp fra Treschow-Fritzøe. Det ble også i sediment i havneområdet observert markert høyere nivåer av kadmium enn videre ut i fjorden. Metallene bly og kvikksølv og organiske miljøgifter som PCB, PAH og HCB i indre havneområde var moderat forhøyet i forhold til resten av fjorden og normalnivåer (Miljøplan 1990). I forbindelse med undersøkelsene i Larviksfjorden i 1989 (Miljøplan 1990) ble miljøgifter kun analysert i blåskjell. Resultatene antydte i hovedsak at Larviksfjorden var ubetydelig forurenset mht kvikksølv, kobber, sink, kadmium, krom, bly, polyklorerte bifenyler (PCB) og heksaklorbensen (HCB).

Undersøkelsene i 1998 (Berge 1999) avdekket at blåskjell, taskekrabbe, torsk og skrubbe fra fjorden var lite forurenset med metaller og organiske miljøgifter, men at konsentrasjonene av tributyltinn (TBT) i ville blåskjell var høye.

Målet med den foreliggende undersøkelse har vært å avklare i hvilken grad blåskjell dyrket i Larviksfjorden var forurenset med metaller og tinnorganiske forbindelser. Materialet som er analysert er dyrket som ledd i et prosjekt gjennomført av Norsk Hydro for blant annet å vurdere i hvilken grad blåskjell kan brukes til å begrense effekter av eutrofi i et fjordområde.

2. Materiale og metoder

2.1 Innsamling av prøver

Dyrkede blåskjell (*Mytilus edulis*) ble innsamlet på 3 stasjoner i Larviksfjorden (Tabell 1). Blåskjell som etter larvestadiet er fastsittende vil kun påvirkes av forholdene på selve innsamlingsstedet og gjennspeiler i hovedsak nåtidig belastning i overflatelaget.

Tabell 1. Stasjoner for innsamling av blåskjell i og innsamlingstidspunkt er angitt.

Stasjonsnavn	Lokalisering av stasjon	Fangst-redskap	Innsamlings-tidspunkt
Falkeskjær	Nær havneområdet, på vestsiden av fjorden, ca 600 m fra Farriselvas munning	Håndplukket	5/7-1999
Jordebukta	På vestsiden av fjorden (nær Rødberg) ca 2 km fra Farriselvas munning	Håndplukket	5/7-1999
Trefoten	Utenfor selve Larviksfjorden (ved Rakke) ca 8 km fra Farriselvas munning	Håndplukket	5/7-1999

2.2 Prøveuttak

Fra hver lokalitet ble det laget en blandprøve bestående av innmaten fra 50-55 skjell. Lukkemusklene og festetråder (byssuss) ble ikke tatt med i blandprøven. Størrelsen på skjellene lå innenfor intervallet 31-63 mm. Se tabell 2 for gjennomsnittlig skall lengde for hver prøve. Skjellene fra den innerste stasjonen i Larviksfjorden (Falkeskjær) var mindre og hadde en lavere midlere bløtdelsvekt enn de to øvrige stasjoner (Tabell 2).

Tabell 2. Oversikt over gjennomsnittlig skall-lengde, midlere bløtdelsvekt og parametere analysert.

Stasjon	Midlere skall-lengde i mm (standardavvik)	Midlere bløtdelsvekt (g)	Parametere analysert i skjellinnmat
Falkeskjær	41.8 (5.2)	1.73	Metaller (Cu, Zn, As, Cd, Pb, Ni, Pb), Tinnorganiske forbindelser (TBT, DBT, MBT, TPhT, DPhT, MPhT), % tørrstoff
Jordebukta	50.7 (5.7)	3.07	Som over
Trefoten	50.8 (7.3)	3.32	Som over

2.3 Analyser

En kort oversikt for anvendte oppslutnings- og analysemetoder finnes i tabell 3 og tabell 4.

Tabell 3. Oppslutningsmetoder benyttet på organismer innsamlet i 1998

Prøvetype/vev	Parameter	Ekstraksjon/Oppslutningsmetode
Blåskjell	Hg	Salpetersyre
Blåskjell	Cu, Zn, As, Cd, Pb, Ni, Pb	Salpetersyre
Blåskjell	% tørrstoff	Tørrking, gravimetri

Tabell 4. Benyttede metoder for analyser av organismer innsamlet i Larviksfjorden i 1998.

ICP-MS= induktivt koblet plasma med masseselektiv detektor.

GC/AED = gasskromatograf med "atomic emission detector".

Prøvetype	Parameter	Analysemetode
Blåskjell	Cu, Zn, As, Cd, Pb, Ni, Pb	ICP-MS
Blåskjell	Hg	Atomabsorpsjon, kalddamp/gullfelle
Blåskjell	% Tørrstoff	Tørrking, gravimetri
Blåskjell	TBT etc.	GC-AED (Følsvik et al 1998)





3. Resultater og diskusjon

3.1 Metaller i blåskjell

Dyrkede skjell fra alle de tre lokaliteter inneholdt lave konsentrasjoner av metaller (ubetydelig til lite forurenset i henhold til SFTs klassifiseringssystem (Tabell 5). En geografisk trend kunne spores i det konsentrasjonene av alle metaller var noe høyere i skjellene dyrket innerst i fjorden (Falkeskjær) enn lenger ut. Konsentrasjonen av metaller (Cd, Hg, Pb) i de dyrkede skjellene var lavere enn i viltlevende skjell innfanget ca. et år tidligere (Tabell 6). Forskjellen i konsentrasjon mellom dyrkede og viltlevende skjell var størst ved Falkeskjær.

Tabell 5. Metaller i blåskjell dyrket i Larviksfjorden. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Hg=kvikksølv, Cu=kobber, Zn=sink, As= arsen, Cd=kadmium, Pb=bly, Ni=nikkel.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
---	-----------------------------------	---	---------------------------	---	----------------------------	--	--------------------------

 Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres

Stasjon	%TS	Hg	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Ni
Falkeskjær	18,2	0,09	8,2	88	8,2	0,9	1,1	2,7
Jordebukta	20,7	0,07	8,2	72	7,2	0,9	1,0	1,4
Trefoten	22,0	0,04	7,3	64	6,8	0,6	0,9	0,9
Øvre grense for klasse I		<0,2	10	<200	<10	<2	<3	<5
Enhet	%	mg/kg t.v.						

Tabell 6. Konsentrasjoner av metaller (mg/kg t.v.) i dyrkede skjell (denne undersøkelse) sammenlignet med viltvoksende skjell innsamlet i tilnærmet samme område i 1998 (Berge 1999).

Stasjon	Cd		Hg		Pb	
	Villskjell	Dyrkede skjell	Villskjell	Dyrkede skjell	Villskjell	Dyrkede skjell
Falkeskjær	1,4	0,9	0,17	0,09	3	1,1
Jordebukta (Nobergodden)	1,1	0,9	0,08	0,07	1,4	1,0

3.2 Tinnorganiske forbindelser i blåskjell

Målingene av TBT i de dyrkede skjell ved Falkeskjær og Jordebukta (tabell 7) viste en tydelig påvirkning av TBT (markert forurenset, henholdsvis 1196 og 549µg TBT/kg t.v.) dvs. ca. 12 - 5 ganger øvre grense for SFTs tilstandsklasse I. Konsentrasjonen av TBT i skjell fra Trefoten viste en svakere påvirkning (moderat forurenset, 200 µg TBT/kg t.v.) dvs. 2 ganger øvre grense for SFTs tilstandsklasse I.

Det må understrekes at klassifiseringen som er benyttet for TBT (Tabell 7) ikke har noe med spiselighet av blåskjell å gjøre. Klassifiseringen (øvre grense for klasse I) bygger på en giftighetsterskel på 1 ng/l for spesielt ømfintlige marine organismer (purpursnegl, *Nucella lapillus*) og en biokonsentrasjonsfaktor på 10000 (forholdet mellom TBT i blåskjell og i det omgivende vannet, se Molvær et al. 1997).

Den høyeste konsentrasjonen av TBT ble funnet innerst i fjorden (Falkeskjær). Konsentrasjonen i skjellene fra referanselokaliteten lå imidlertid klart lavere (Moderat forurenset).

Konsentrasjonen av tinnorganiske forbindelser i de dyrkede skjellene var noe lavere enn i viltlevende skjell innfanget ca et år tidligere (Tabell 8). Forskjellen i konsentrasjon var imidlertid relativt liten.

Dibutyltinn (DBT) og monobutyltin (MBT) er i sammenheng med marint miljø i hovedsak å anse som nedbrytningsprodukter av TBT. DBT og MBT ser i grove trekk ut til å følge konsentrasjonen av TBT (Tabell 7). Konsentrasjonen av TBT dominerer i de dyrkede skjellene i forhold til DBT og MBT og kan tyde på en eksponering fra relativt nypåført bunnstoff.

I skjell fra Falkeskjær og Jordebukta (Nobergodden) dominerte nedbrytningsprodukter av TBT noe mer i viltfangede skjell (data fra Berge 1999) enn i dyrkede skjell (Tabell 8). Dette kan muligens ha sammenheng med at de dyrkede skjellene eksponeres i større grad fra partikler som er påvirket av relativt nypåført bunnstoff i forhold til viltlevende skjell som i større grad også eksponeres for "eldre" resuspenderte partikler der nedbrytningen av TBT er mer fremadskreden.

Triphenyltin ble observert i viltfangede skjell men ikke i dyrkede skjell (Tabell 8).

Nivåene av TBT som er observert i de dyrkede skjellene ligger grovt sett i lavere del av det konsentrasjonsintervallet som ble observert etter en sammenstilling av data for villskjell innsamlet fra havneområder og enkelte referanselokaliteter langs norskekysten (Knutzen et al. 1995b). Nivået av TBT ligger også klart lavere enn ekstremt verdier funnet i andre nærliggende områder som Sandefjordsfjorden (Knutzen og Hylland, 1998). Konsentrasjonen av TBT i de dyrkede skjellene fra Larviksfjorden lå lavere enn alle undersøkte stasjoner (16) i en nylig gjennomført undersøkelse fra Indre Oslofjord hvor konsentrasjonene var fra 20 til mer enn 150 ganger Kl I i SFTs klassifiseringssystem (Knutzen et al. 2000).

Knutzen et al. (2000) har sammenstilt en del nyere utenlandske data for innholdet av TBT i blåskjell fra kystområder i Europa og Japan. Sammenstillingen viser store variasjoner (2-2700 µg TBT/kg v.v). Sammenstillingen tyder på at de konsentrasjoner som opptrer i dyrkede skjell fra Larviksfjorden ikke fremstår som spesielt høye i forhold til det en kan forvente i sivilisatorisk påvirkede områder men er høyere enn de laveste verdier funnet ellers i Europa.

Tabell 7. Tinnorganiske forbindelser i blåskjell fra Larviksfjorden. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Merk at konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) er oppgitt både på tinnbasis (vekten av tinnmolekylet alene) og som TBT (vekten av tinn+butylgrupper).

TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, Σ BT=TBT+DBT+MBT, TPhT=triphenyltinn, DPhT=diphenyltinn, MPhT=monophenyltinn.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser for TBT i tabellen:

<100	I. Ubetydelig-lite forurenset	100-500	II. Moderat forurenset	500-2000	III. Markert forurenset	2000-5000	IV. Sterkt forurenset
>5000	V. Meget sterkt forurenset	Ikke i klassifiseringssystem/kan ikke klassifiseres					

Stasjoner	TBT	TBT	DBT	MBT	Σ BT	TPhT	DPhT	MPhT
Falkeskjær	1196	490	66	24	580	<10	<10	<10
Jordebukta	549	225	34	14	273	<10	<10	<10
Trefoten	200	82	11	<10	93-103	<10	<10	<10
Øvre grense for klasse I	100µg/kg							
Enhet	µg TBT/kg t.v.	µg Sn/kg t.v.						

Tabell 8. Konsentrasjoner av tinnorganiske forbindelser (µg Sn/kg t.v.) i dyrkede skjell (denne undersøkelse) sammenlignet med viltvoksende skjell innsamlet i tilnærmet samme område i 1998 (Berge 1999).

TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, TPhT=triphenyltinn,

Stasjon	TBT	TBT	DBT+MBT	DBT+MBT	TPhT	TPhT
	Villskjell	Dyrkede skjell	Villskjell	Dyrkede skjell	Villskjell	Dyrkede skjell
Falkeskjær	520	490	356	90	55	<10
Jordebukta (Nobergodden)	303	225	105	48	31	<10

Ved konsum av blåskjell vil en kunne få i seg TBT. Det tolerable daglige livslange inntaket av TBT er beregnet til 0.3 µg TBT/kg kroppsvekt (U.S. EPA, 1997) eller 18 µg TBT pr. dag for en person på 60 kg. Dette tilsvarer et inntak på 83-409 g friskvekt av de dyrkede blåskjellene fra Larviksfjorden (Tabell 9) forutsatt at en ikke mister noe TBT ved tilberedning.

Tabell 9. Konsentrasjonen av TBT (våtvektsbasis) i dyrkede skjell og beregnet tolerabelt daglig livslang inntak av dyrkede skjell for en person på 60 kg. Beregningene er foretatt på grunnlag anbefalinger gitt av U. S. EPA, 1997.

Stasjoner	TBT (µg TBT/kg v.v)	Beregnet tolerabelt daglig livslangt inntak av skjellinnmat (g)
Falkeskjær	217,6	82,7
Jordebukta	113,6	158,4
Trefoten	44,0	408,9

Blåskjell er ikke blant de mest ømfintlige arter mht. effekter av TBT. Terskelverdier på fra 2-4 mg TBT/kg tørrvekt er oppgitt som terskelkonsentrasjon for virkning på energibudsjetten og fødeopptakshastigheten (se Knutzen et al. 1995b med referanser). Disse grenseverdier ligger over det som ble observert i skjell fra Larviksfjorden og antyder at de overskonsentrasjonene av TBT som er observert (tabell 7) ikke gir negative utslag på vekst av skjell i området. Litteraturverdier for blåskjells evne til å omsette/skille ut TBT antyder halveringstider i størrelsesorden 2-10 uker (se referanser i Knutzen, 2000).

Terskelkonsentrasjonen for giftvirkninger av TBT overfor de mest ømfintlige marine organismer er ~1-2 ng TBT/l i sjøvann (Bryan et al. 1986, 1987). Det er særlig enkelte sneglearter, eksempelvis purpursnegl, *Nucella lapillus*, som er følsomme for TBT. Hos denne arten kan en TBT-påvirkning gi seg utslag i utvikling av sædleder og penis hos hunnsnegl, et fenomen som er omtalt som imposex. Med unntak av noen steder i Finnmark er purpursnegl på de fleste undersøkte stasjoner langs norskekysten påvirket av TBT (Følsvik et al. 1998). Purpursnegl fra Færder har igjennom flere år vist tydelige effekter av TBT (Green et al. 1999). Vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) er en art som også kan påvirkes av TBT, men er langt mindre følsom enn purpursnegl, dvs terskelverdi i område 15 ng Sn/l (Bauer et al. 1995).

Tributyltinn (TBT) brukes i dag som begroingshindrende middel i maling på større skip, men ble fra 1990 forbudt brukt på båter mindre enn 25 m. FNs skipsfartsorganisasjon IMO vedtok i 1998 en plan for fase ut TBT som begroingshindrende middel på skip. Etter alt å dømme vil første fase av i denne utfasingen tre i kraft i år 2003 og innebærer et forbud mot ny påføring av TBT-holdig bunnstoff. Siste fase er planlagt å tre i kraft i 2008 og innebærer et forbud mot at TBT skal være en del av skipets begroingshindrende system. Gjennomføringen av IMOs utfasingsplan forutsetter imidlertid en internasjonal konvensjon.

Fra undersøkelser i Sveits (Fent, 1996) er det kjent at en fra kommunale renseanlegg kan ha en viss tilførsel av tinnorganiske forbindelser som TBT. Tilsvarende undersøkelser er ikke gjort i Norge.

Halveringstiden for TBT i sjøvann avhengiger av miljøforholdene (pH, temperatur, turbiditet og lys) og antas å ligge i området dager til uker. Halveringstiden i sediment er betydelig lenger (1-19 år) (Alzieu, 1998). Dette betyr sannsynligvis at selv om et totalt forbud mot bruk av TBT på skip trer i kraft i 2008 så vil TBT kunne opptre i det marine miljø i mange år etter.

4. Konklusjoner

- Blåskjell dyrket i Larviksfjorden fremstår som lite forurenset med metallene kvikksølv, kobber, sink, arsen, kadmium, bly og nikkel og skjellene kunne klassifiseres som lite til ubetydelig forurenset i henhold til SFTs klassifiseringssystem.
- Målingene av TBT i de dyrkede skjell fra Falkeskjær og Jordebukta i den indre del av Larviksfjorden viste en tydelig påvirkning med TBT (markert forurenset) dvs. ca. 5 - 12 ganger over øvre grense for SFTs tilstandsklasse I.
- Konsentrasjonen av TBT i skjell fra Trefoten i Larviksfjordens munningsområde viste en svakere påvirkning (moderat forurenset, 200 µg TBT/kg t.v.) dvs. 2 ganger over øvre grense for SFTs tilstandsklasse I.
- SFTs klassifisering for TBT (øvre grense for klasse I) har ikke noe med spiselighet av blåskjell å gjøre men bygger på en giftighetsterskel på 1 ng/l for spesielt ømfintlige marine organismer (purpursnegl, *Nucella lapillus*) og en biokonsentrasjonsfaktor på 10000 (forholdet mellom TBT i blåskjell og i det omgivende vannet).
- De konsentrasjoner av TBT som opptrer i dyrkede blåskjell fra Larviksfjorden fremstår ikke som spesielt høye sammenlignet med villskjell fra andre deler av norskekysten. Konsentrasjonen av TBT i skjellene fra Larviksfjorden var klart lavere enn det som er observert i indre del av Oslofjorden og i enkelte større havner.
- De konsentrasjonene av TBT som er observert i dyrkede skjell fra Larviksfjorden gir mest sannsynlig ikke negative utslag på vekst av skjell i området.
- Ved konsum av 83-409 g friskvekt av de dyrkede skjellene fra Larviksfjorden vil en kunne få i seg TBT tilsvarende det tolerable daglige livslange inntaket av TBT (beregnet av U.S. EPA, 1997 til 0.3 µg TBT/kg kroppsvekt eller 18 µg TBT pr. dag for en person på 60 kg).

5. Referanser

- Alzieu, C., 1998. Tributyltin: case study of a chronic contamination in the coastal environment, *Ocean & Coastal Management*, 40, 23:36.
- Bauer, B., Fiorini, P., Ide, I., Liebe, S., Oehleman, J., 1995. TBT effects on the female genital system of *Littorina littorea*: a possible indicator of tributyltin pollution. *Hydrobiologia*, 309, 15-27.
- Berge, J.A., 1997. Undersøkelser av miljøgifter i blæretang, blåskjell og torsk fra Hvalerområdet i forbindelse med storflommen i Glomma i 1995. NIVA-rapport nr. 3659, 45s.
- Berge, J.A. 1999. Miljøovervåking i Larviksfjorden 1998. Miljøgifter i fisk, krabbe og blåskjell. NIVA-rapport nr. 4033-99, 68s.
- Bjerkeng, B. og Kirkerud, L., 1994. Eutrofimodell for Indre Oslofjord. En modell for omsetning av organisk stoff og næringssalter i innelukkede fjorder med vertikal sjiktning. Rapport 6: Filtrering og vekst hos blåskjell som funksjon av miljøforhold. Feltundersøkelse og litteraturstudium. NIVA-rapport nr. 3117, 78s.
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E. and Hummerstone, L.G. and Burt, G.R., 1986. The decline of the gastropod *Nucella lapillus* around South-West England: Evidence from the effect of tributyltin from antifouling paints. *J.mar. biol. Ass. U.K.*, 66, 611-640.
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E. and Burt, G.R. and Hummerstone 1987. The effects of tributyltin (TBT) accumulation on adult dogwhelks, *Nucella lapillus*: Long-term field and laboratory experiments. *J.mar. biol. Ass. U.K.*, 67, 525-544.
- Fent, K., 1996. Organotin compounds in municipal wastewater and sewage sludge: contamination, fate in treatment process and exotoxicological consequences. *Sci.Total. Environ.* 185, 151-159.
- Følsvik, N., Berge, J.A., Brevik, E-M., and Walday, M. 1998. Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (*Nucella lapillus*) from Norway. *Chemosphere*, 38, 681-691.
- Green, N., Berge, J.A., Helland, A., Hylland, K., Knutzen, J. and Walday, M., 1999. Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). National Comments regarding the Norwegian Data for 1997. NIVA-report no. 3980, 144pp.
- Helland, A., 1997. Miljøgifter i sedimenter i Glommaestuarier etter storflommen i 1995. NIVA-rapport nr. 3706, 52s.
- Knutzen, J. og Hylland, K., 1998. Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og Indre Mefjorden 1997-1998. Delrapport 3. Miljøgifter og effekter i fisk og skalldyr. NIVA-rapport nr. 3934-98, 76s.
- Knutzen, J., Skei, J., Johnsen, T.M., Hylland, K., Klungsoyr, J. og Schlabach, M., 1995a. Miljøgiftundersøkelser i Byfjorden og tiliggende fjordområder. Fase 2. Observasjoner i 1994. NIVA-rapport nr. 3351, 163s.

Knutzen, J., Berglind, L., og Brevik, E., 1995b. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Klororganiske stoffer og tributyltinn (TBT) i blåskjell 1993-1994. NIVA-rapport nr. 3296.

Knutzen, J., Biseth, A., Brevik, E.M., Egaas, E., Green, N.G., Schlabach, M., Skåre, J.U., 1998a. Overvåking av miljøgifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 1996. NIVA-rapport no. 3824, 150s.

Knutzen, J., Næs, K., Berglind, L., Biseth, A., Brevik, E.M., Følsvik, N., og Schlabach, M., 1998b. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden 1996. NIVA-rapport no. 3833-98, 181s.

Knutzen, J., Fjeld, E., Hylland, K., Killie, B., Kleivane, L., Lie, E., Nygård, T., Savinova, T., Skåre, J.U., Aanes, K.J., 1999. Miljøgifter og radioaktivitet i norsk fauna. Utredning for Direktoratet for naturforvaltning, Nr 1999-5, 235s.

Knutzen, J., Brevik, E., Følsvik, N., Schlabach, M., 2000. Overvåking i indre Oslofjord. Miljøgifter i fisk og blåskjell 1997-1998. NIVA-rapport (under trykking).

Konieczny, R., 1992. Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde. NIVA-rapport nr. 2696, 52s.

Konieczny, R. og Juliussen, A., 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Fase 1: Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. NIVA-rapport nr. 3275, 185s.

Miljøplan A/S, 1990. Resipientundersøkelse i Larviksfjorden 1989. Sammendrag og Konklusjoner. Rapport fra A/S Miljøplan datert 08/05-1990, 16s.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 34s.

Næs, K. og Oug, E., 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 1: Konsentrasjon og mengde av klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner, kvikksølv og pyrolyseolje. NIVA-rapport nr. 2570, 193s.

U.S. EPA, 1997. Toxicological review: tributyltin oxide (CAS No. 56-35-9) in support of summary information on the Integrated Risk Information System (IRIS). July 1997, Washington D.C.