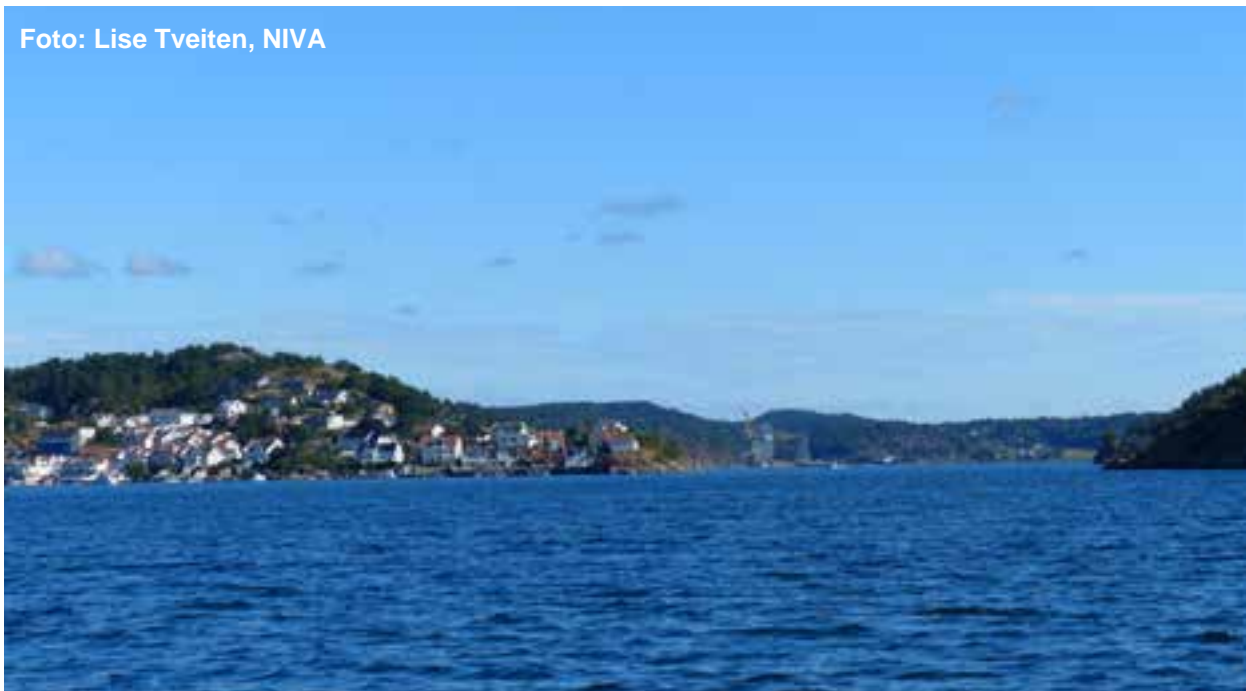


Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2013

Foto: Lise Tveiten, NIVA



Strandsnegl
(*Littorina littorea*)



Nettsnegl
(*Nassarius reticulatus*)



Kongsnegl
(*Buccinum undatum*)

RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

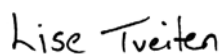
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2013	Løpenr. (for bestilling) 6608-2013	Dato 30.12.13
	Prosjektnr. Undernr. 13048	Sider Pris 26
Forfatter(e) Lise Tveiten og Torgeir Bakke	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NIVA og AS Nymo	Oppdragsreferanse
-------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Sedimentene i Vikkilen ved Grimstad er sterkt forurenset av tributyltinn (TBT) fra verftsvirksomheten til AS Nymo. TBT er meget giftig og forårsaker kjønnsforstyrrelse hos marine snegl. Forstyrrelsen kalles imposex hos nettsnegl, kongsnegl og purpurnegl og intersex hos strandsnegl. Siden 2005 er kjønnsforstyrrelse hos fire sneglearter blitt undersøkt i Vikkilen. Resultatene fram til 2013 viser entydig forbedring av kjønnsstillingen hos strandsnegl og nettsnegl, selv om utviklingen synes å ha flatet ut noe etter 2011. Det er fortsatt en klart økende forstyrrelse innover i kilen mot Nymo. Ved Nymo har strandsnegl gått fra 99 % sterilitet i 2005 til ca. 20 % forstyrrelse i 2013. For nettsnegl går bedringen langsommere siden arten er mer følsom for TBT og lever direkte i sedimentet. Undersøkelse av kongsnegl startet i 2013 og viser samme grad av forstyrrelse som nettsnegl, men med lavere vevsinnhold av TBT. Purpurnegl finnes bare på kontrollstasjonen Håøya, og siden det ikke var tegn til imposex i 2011 ble ikke arten undersøkt i 2013. Nettsnegl og kongsnegl vil være påvirket av TBT i flere år så lenge TBT-nivåene i sedimentet vedvarer. Det er viktig å følge utviklingen i kjønnsforstyrrelse videre, ikke minst for å følge virkningene av tiltak.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tributyltinn 2. Imposex 3. Intersex 4. Snegl 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tributyltin 2. Imposex 3. Intersex 4. Marine snails
---	--



Lise Tveiten
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

**Undersøkelser av imposex og intersex i marine
snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden
2005-2013**

Forord

Denne undersøkelsen ble initiert og finansiert av NIVA for å følge utviklingen av intersex hos strandsnegl og imposex hos nettsnegl i perioden 2005-2013 i et TBT-forurensset område. I undersøkelsesperioden som omfattet målinger i 2005, 2008, 2011 til 2013 ble prosjektet også knyttet til og delfinansiert under AS Nymos miljøundersøkelser i Vikkilen ved Grimstad.

Prosjektleder for denne undersøkelsen har vært Lise Tveiten, som sammen med Torgeir Bakke, har forfattet rapporten.

Feltarbeidet og analyser av imposex og intersex i marine snegler er gjort av Lise Tveiten og de kjemiske analysene av TBT-innhold i snegl og sediment er utført av Eurofins og NIVA.

Grimstad, 30. desember 2013

Lise Tveiten

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn og formål	7
1.2 Målsetting	7
1.3 Tidligere undersøkelser	7
2. Materiale og metoder	9
2.1 Innsamling og håndtering av prøver	9
2.2 Metodikk	10
2.3 Kvalitetskontroll	12
3. Resultater og diskusjon	13
3.1 Strandsnegl	13
3.2 Nettsnegl	14
3.3 Kongsnegl	16
3.4 Sediment	18
4. Konklusjon	19
5. Referanser	20
6. Vedlegg	22

Sammendrag

Tributyltinn (TBT) har vært brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-tallet og ble faset ut rundt 2008. TBT er meget giftig for en rekke arter, brytes svært langsomt ned og er fortsatt et alvorlig miljøproblem. På grunn av skadevirkningen ble det i 1990 innført TBT-forbud for båter mindre enn 25 m. Fra 2003 ble det også forbudt for båter større enn 25 m og fra 2008 ble tilstedeværelse av slike bunnstoffer som ytterlag på skip forbudt.

TBT har klare hormonhermende effekter på enkelte arter av snegl. Det er utviklet internasjonale metoder for tilstandsklassifisering av disse effektene og de kalles imposex og intersex. Strandsnegl (*Littorina littorea*) utvikler intersex mens nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), kongsnegl (*Buccinum undatum*) og purpurnegl (*Nucella lapillus*) utvikler imposex.

I Vikkilen ved Grimstad har det vært drevet skipsbygging siden 1750-årene og i lang tid var dette landets viktigste skipsbyggingsområde. AS Nymo ble etablert i 1946 og fikk flytende dokk i 1963 hvor sandblåsing og påføring av bunnstoff ble en viktig aktivitet. På grunn av TBT-holdig skipsmaling, ble aktiviteten en kilde til TBT-forurensning i Vikkilen. Denne aktiviteten er nå avsluttet.

Sedimentene i Vikkilen er forurenset med høye TBT-konsentrasjoner og tilstand og utvikling er fulgt opp gjennom mange undersøkelser. I 2005 ble det påvist at bunnsedimentene i hele Vikkilen var meget sterkt forurenset av TBT og strandsnegl hadde tydelige kjønnsforstyrrelser (intersex). Siden 2005 er det blitt samlet inn strandsnegl, nettsnegl, kongsnegl og purpurnegl fra stasjoner i Vikkilen og fjordområdet utenfor. De foreliggende resultatene fra Vikkilen viser en entydig forbedring av tilstanden med hensyn til kjønnsforstyrrelse hos både strandsnegl og nettsnegl fra målingene startet i 2005, selv om intensiteten i forbedring synes å ha flatet noe ut etter 2011. Undersøkelsene viste fortsatt en klart økende kjønnsforstyrrelse innover i kilen og høyest nærmest Nymo.

I 2005 var 99 % av strandsneglene utenfor Nymo sterile. De siste undersøkelser viser at strandsnegl fra alle stasjonene nå er friske, unntatt i nærområdet hvor ca 20 % fortsatt er forstyrret. Nettsnegl viste også en positiv, men svakere utvikling over tid, og er fortsatt sterkt påvirket. En undersøkelse av kongsnegl ble igangsatt på to stasjoner i Vikkilen i 2013 for å inkludere en art som lever på sediment og hardbunn på noe dypere vann. Denne arten viste også klare kjønnsforstyrrelser på samme nivå som nettsnegl, med dårligst tilstand innerst i fjorden og bedring utover i fjorden. TBT-innholdet i kongsnegl var noe lavere enn i nettsnegl. Purpurnegl lever kun ytterst i fjorden på kontrollstasjonen Håøya. I 2005 var purpurnegl nesten sterile. I 2011 ble det ikke funnet tegn til imposex hos purpurnegl og denne arten ble ikke undersøkt i 2013.

Samlet viser resultatene at strandsnegl, som for det meste lever på fjellbunn, har raskere restituering av kjønnsforstyrrelsen enn nettsnegl, som lever i sedimentet. Dette er å forvente siden strandsnegl er mindre følsom for TBT og i dag bare eksponeres for TBT som lekker ut fra sedimentet, mens nettsnegl er en meget følsom art og samtidig eksponeres direkte fra sedimentet hvor den lever. Likevel er det vanskelig å tolke sammenhenger mellom TBT-konsentrasjoner i sediment, i sneglene og grad av kjønnsforstyrrelse, da det ikke ble funnet gode sammenhenger mellom disse parameterne over tid og rom. Man må regne med at nettsnegl og kongsnegl vil være påvirket av TBT i flere år så lenge TBT-nivåene i sedimentet vedvarer, selv om opprinnelig kilde til forurensning fra verfts virksomheten er borte. Det er derfor viktig i seg selv å følge utviklingen i kjønnsforstyrrelse, samt for å kartlegge virkningene av tiltak på sedimentene.

Summary

Title: Investigations of imposex and intersex in marine snails in Vikkilen in Grimstad in the period 2005–2013.

Year: 2013.

Authors: Lise Tveiten and Torgeir Bakke.

Source: Norwegian Institute for Water Research (NIVA), ISBN No.: 978-82-577-6343-5.

Tributyltin (TBT) has been used as an active agent in antifouling paint on ships since the 1960s. Due to its high toxicity application on ship hulls was prohibited in 2003 and after 2008 no vessels should have TBT in their antifouling coating.

TBT has been shown to interfere with the biological processes in a range of species. Most notably it causes disruption of the sexual development in marine snails. Internationally agreed classification of such effects have to some extent been implemented, termed intersex in the common periwinkle (*Littorina littorea*) and imposex in the mud snail (*Nassarius reticulatus*), common whelk (*Buccinum undatum*), and dogwhelk (*Nucella lapillus*).

The Nymo shipyard in Vikkilen bay at Grimstad has been in operation since 1946, among other things with sand blasting and recoating of hulls as important activities. Until the legislative ban on TBT this was the prime source of extremely high levels of TBT in the sediments in Vikkilen. Sediment contamination in Vikkilen has been monitored for many years, and in 2005 the first snail investigation showed that the periwinkle suffered from severe imposex disturbance. Since then also mud snail, dogwhelk and in 2013 common whelk have been included in the studies covering a gradient of stations from outside Vikkilen to the innermost part close to the yard. The results show a gradual improvement of sexual disruption in periwinkles and mud snails during 2005-2013, although the restitution seems to have slowed down slightly after 2011. There is still a strong increasing gradient in disruption for these species from outside Vikkilen to the shipyard. In 2005 99 % of the periwinkles outside the yard were sterile. The last survey showed that the periwinkles at all stations were healthy apart from 20 % disturbance just outside the yard. The mud snail also showed an improvement over time although far less pronounced than the periwinkles. Common whelk was included in 2013 to reflect conditions in slightly deeper water than the mud snail. The two species had about the same frequency of sexual disruption. The TBT tissue level of the common whelk was, however, slightly lower than in the mud snail. Dogwhelks were only found outside Vikkilen and since no sign of imposex was seen I 2011 the species was not included in 2013.

In summary the periwinkle, living mostly on hard substrate, demonstrates a more rapid recovery than the mud snail living in sediments. This is to be expected both since mud snails are more vulnerable to TBT toxicity and since they are chronically exposed to the contaminated sediments. It is still difficult to detect any clear correlation in space and time between sexual disruption, tissue levels of TBT and TBT levels in the sediments. It is expected that mud snails and common whelk will be influenced by TBT toxicity for many years as long as the sediment contamination persists, even though the primary source of the shipyard has been eliminated. It is therefore important to continue the monitoring of the rate of recovery from sexual disruption in these species and in periwinkles, and also to assess the potential positive effects of planned sediment remediation.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Tributyltinn (TBT) har vært brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-tallet og er blant de giftigste stoffer som er introdusert til det marine miljø. TBT er meget giftig for en rekke arter og miljøgiften er også observert i marine pattedyr (Berge mfl. 2004). Eksempelvis får østers «immunrespons» med skallfortykning, andre muslinger får redusert vekst (Alzieu 1991), mens krepsdyr kan få endret adferd (Fent 1996). Kjønnsforstyrrelser som følge av påvirkning av TBT er påvist hos mer enn to hundre arter av snegl (Titley-O'Neal mfl. 2011).

TBT utvikler klare hormonhermende effekter hos enkelte arter av snegl og det er utviklet internasjonale metoder for tilstandsklassifisering av disse effektene (OSPAR 2008, 2009). De biologiske effektene kalles imposex og intersex. Strandsnegl (*Littorina littorea*) utvikler intersex mens nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), kongsnegl (*Buccinum undatum*) og purpurnegl (*Nucella lapillus*) utvikler imposex. Begge effektene arter seg som endringer i kjønnskarakterene eller påvirkning av vev som har betydning for reproduksjonen og i de mest fremskredne stadier medfører endringene sterilitet.

TBT brytes svært langsomt ned i naturen (Berge mfl. 2006) og er fortsatt et alvorlig miljøproblem. Siden 1990 har det i Norge vært forbudt å bruke TBT-holdig bunnstoff på båter mindre enn 25 m. Fra 2003 ble det også forbudt for båter større enn 25 m og fra 2008 ble tilstedeværelse av slike bunnstoffer som ytterlag på skip forbudt. Forbudet har hatt en positiv virkning og viser en nedgang i tilfeller av imposex hos purpurnegl langs hele norskekysten (Green mfl. 2012).

I Vikkilen ved Grimstad har det vært drevet skipsbygging siden 1750-årene og området var landets viktigste skipsbyggingsområde i lang tid. AS Nymo ble etablert i 1946 og fikk anlagt en flytedokk i 1963 hvor sandblåsing og påføring av bunnstoff ble en viktig aktivitet. På grunn av TBT-holdig skipsmaling ble AS Nymo en kilde til TBT-forurensning i Vikkilen. Denne aktiviteten er nå avsluttet.

En sedimentundersøkelse i Vikkilen i 2005 (Næs mfl. 2005) viste at hele Vikkilen var meget sterkt forurenset av TBT og det ble samtidig gjort intersex-bestemmelser av strandsnegl som viste klare hormonforstyrrelser. Risikovurderinger av bunnsedimentene er utført i 2008, 2011 og 2012 (Bakke mfl. 2008 og 2012, Bakke og Næs 2012).

1.2 Målsetting

Målsettingen er å få en oversikt over graden av skader som TBT har forårsaket og hvordan dette har utviklet seg over tid på de marine snegleartene strandsnegl (*Littorina littorea*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*, også tidligere kalt *Hinia reticulata*) og purpurnegl (*Nucella lapillus*) i Vikkilen ved Grimstad. I 2013 ble undersøkelsene videreført på utvalgte stasjoner. I tillegg ble kongsnegl (*Buccinum undatum*) undersøkt, mens purpurnegl ble utelatt. Ved siden av utvikling over tid, var det også interessant å se på forskjeller mellom stasjoner i en gradient utover i Vikkilen. NIVA har derfor samlet inn snegl og sediment fra flere stasjoner i Vikkilen i perioden 2005-2013.

1.3 Tidligere undersøkelser

Tidligere undersøkelser fra NIVA (Berge mfl. 2006) har vist at hunner av nettsnegl som oppholdt seg på TBT-forurenset sediment utviklet hannlig kjønnskarakter (imposex) i løpet av en periode på 4 uker på grunn av den hormonforstyrrelsen som TBT gir. Nettsneglen lever delvis nede i sedimentet og eksponeres direkte for TBT i sediment og porevann. Det er vist at nettsnegl er langt mer følsom for TBT enn strandsnegl (OSPAR 2009).

Strandsnegl er den vanligste marine sneglearten vi har, og den tåler høyere TBT-påvirkning enn de fleste andre snegl. Strandsnegl finnes i hele Vikkilen. Av alle stasjoner NIVA har undersøkt, er Vikkilen det eneste stedet som har hatt høye nok TBT-konsentrasjoner til å kunne indusere intersex-stadiet 4 i strandsnegl (hunnsnegl med penis). Nest høyest er påvist fra en småbåthavn i indre Oslofjord i 1999 der det ble påvist snegl med intersex-stadier opp til 2,6 (Berge mfl. 1999).

Purpursnegl lever på svaberg i strandsonen i mer bølgeeksponerte områder og finnes derfor av naturlige grunner ikke inne i Vikkilen. Den ble tidligere brukt til produksjon av purpurfarge, derav sneglens navn. Purpursnegl tilhører en gruppe snegler (neogastropoder) som er spesielt ømfintlig for tinnorganiske forbindelser.

Det lever også kongsnegl (*Buccinum undatum*) i Vikkilen og noen få individer ble samlet inn og undersøkt i forbindelse med et lite forskningsprosjekt på NIVA i 2003 (prosjekt O-40177, upubl.). Kongsnegl lever som nettsnegl, på og i sedimentet, men på dypere vann og er derfor vanskeligere å samle inn. Kongsnegl er rovdyr og åtseleter. Kongsneglen ble undersøkt etter tilstandsklasser (Strand mfl. 2006, OSPAR 2008), og havnet i 2003 i kategori IV (dårlig). Kongsnegl ble undersøkt på nytt i 2013.

De undersøkte sneglene har forskjellig følsomhet overfor TBT. Purpursneglen er meget følsom og utvikler imposex ved konsentrasjoner ned til 1 ng/l (nanogram – en milliard-del gram) (Gibbs mfl. 1987). Denne giftigheten kan illustreres ved at man tilfører 1 dråpe TBT i 33 olympiske svømmebasseng (det er 12174 dråper i en liter (*Google*)). Videre er 1 ng/l så lite at 1,9 kg TBT ville gi effekter i de øverste 10 m av hele indre Oslofjord (192 km²). Nettsnegl og kongsnegl tåler litt mer enn purpursnegl (2-3 ng/l) (Laughlin og Linden 1987) mens strandsnegl er mye mer tolerant (10 ng/l) (Bauer mfl. 1997).

2. Materiale og metoder

2.1 Innsamling og håndtering av prøver

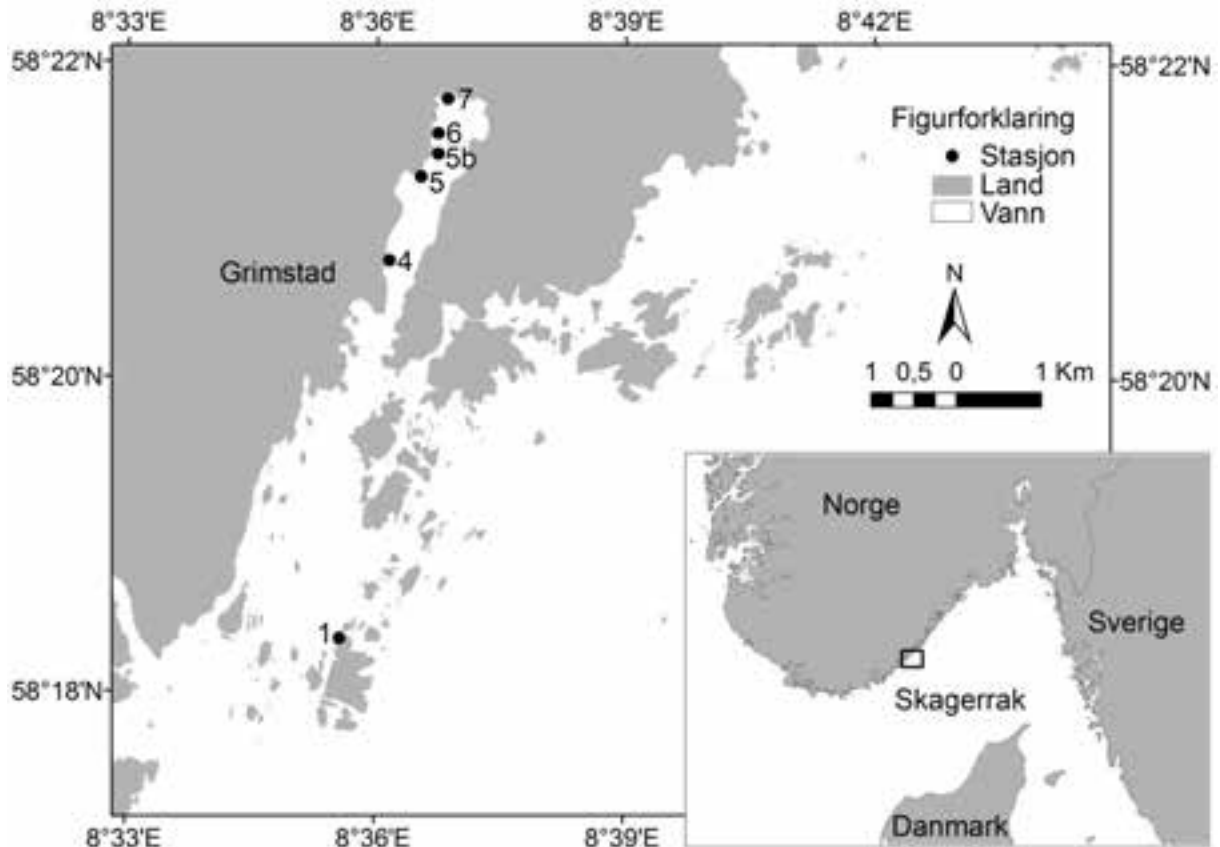
Det ble innsamlet strandsnegl (*Littorina littorea*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), purpurnegl (*Nucella lapillus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*) (**Figur 1**) ved 6 stasjoner i en gradient på 6 km fra innerst i Vikkilen og ut til Håøya. Innsamling av strandsnegl ble utført i perioden 2005 til 2013, nettsnegl i perioden 2007 til 2013, purpurnegl ble innsamlet i 2011 og kongsnegl ble undersøkt i 2013.



Figur 1. Strandsnegl (*Littorina littorea*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), purpurnegl (*Nucella lapillus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*). Foto: NIVA.

Figur 2 viser stasjonsplassering og avstand mellom stasjonene. St. 7 er innerst i Vikkilen (ved båthavnen) og avstanden til st. 6 (Nymo) er ca. 500 m. Fra denne stasjonen til st. 5b (Båtstø) er det ca. 100 m og fra denne stasjonen til st. 5 (Skjeviga) er det ca. 200 m. Fra st. 5 (Skjeviga) til neste st. 4 (Hasseldalen) er det ca. 1,4 km og derfra og videre til st. 1 (Håøya) er det 4,5 km. Fra innerste st. 6 (Nymo) til ytterste st. 1 (Håøya) er det ca. 6 km. Fra stasjonene 1 til 6 er det innsamlet blåskjell og strandsnegl tidligere (Næs mfl. 2005). St. 5b (Båtstø) og st. 7 (ved båthavnen) ble opprettet senere, da det ble viktig med flere stasjoner nærmere st. 6 (Nymo). Det ble samlet inn sediment samtidig med innsamling av nettsnegl i 2011 og 2013.

Det ble samlet inn 50 individer fra hver stasjon av strandsnegl og nettsnegl for analyse av biologiske effekter (imposex og intersex) og konsentrasjoner av TBT i vev. Av kongsnegl ble det kun funnet 21 snegl på st 6 og 11 stk på stasjon 4. Sneglene ble oppbevart levende i kjøleskap ved + 4 °C inntil analyser av imposex og intersex, som ble utført på laboratoriet under lupe så raskt som mulig etter innsamling. Før analysene bedøves strandsnegl, nettsnegl og kongsnegl med en 7% MgCl₂-oppløsning for maksimal avslapning av muskler (OSPAR 2008).



Figur 2. Stasjonsoversikt for snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2013.

2.2 Metodikk

Innsamling, opparbeiding og analyser følger standarder (OSPAR 2008, 2009). Strandsnegl, nettsnegl og purpurnegl er tidligere beskrevet i Tveiten mfl. (2012).

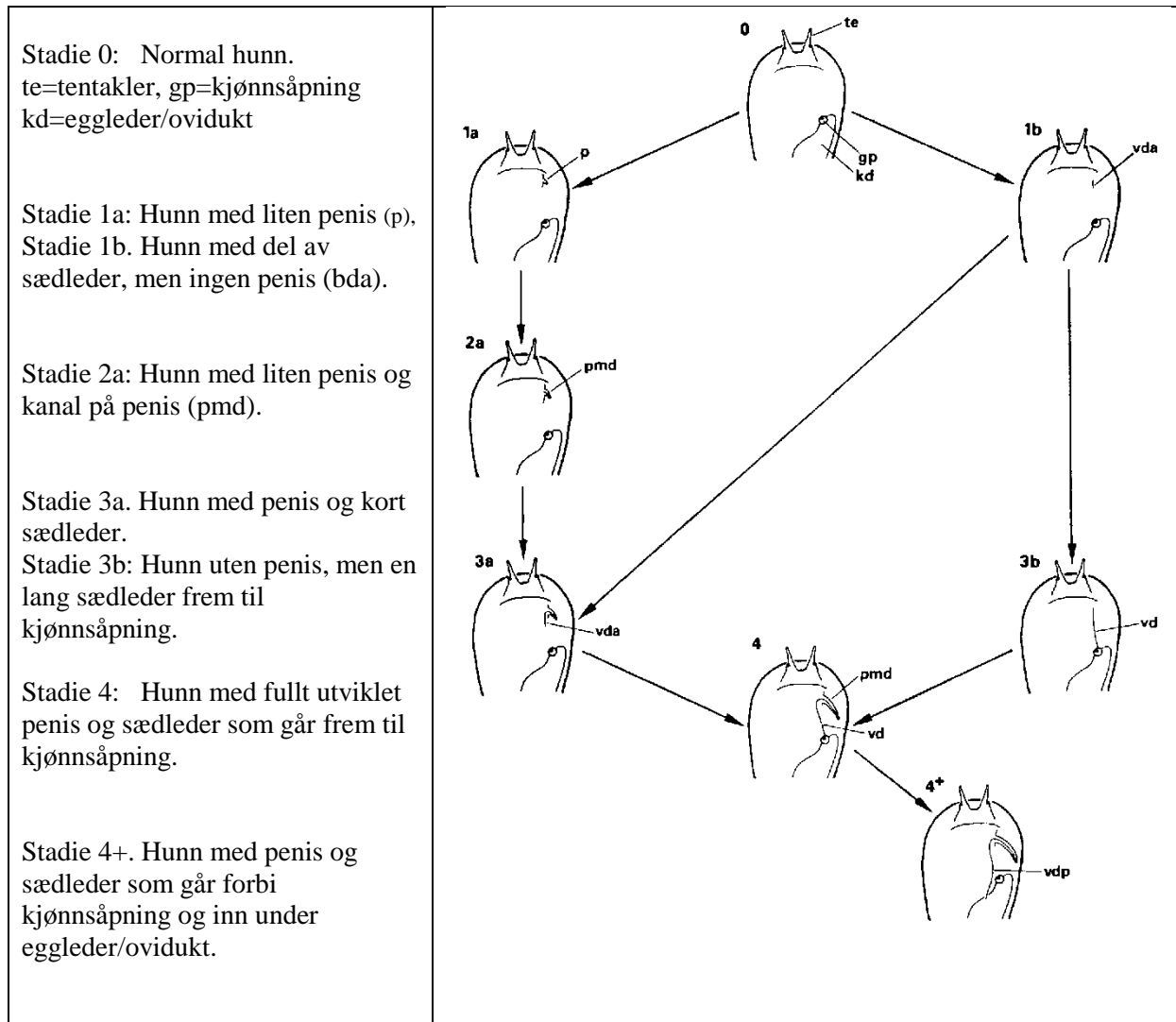
Det er i 2013 gjort statistiske tester av resultatene med analysen «Cumulative Link Models» med pakken «ordinal» (Christensen 2012) i programmet R.

Imposex

Kongsnegl er særkjønnet og det er forskjell på hanner og hunner. Ved påvirkning av TBT utvikler hunnene imposex, dvs. de utvikler sædleder og penis i tillegg til normale feminine kjønnskarakterer. Graden av imposex kan bestemmes på samme måte som for nettsnegl (**Figur 3**) (OSPAR 2008).




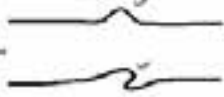




Imposex-stadier

Graden av imposex bestemmes ut fra en sædlederutvikling (Vas Deferens Sequence Index – $VDSI = VDS / \text{antall hunner}$). Det er 5 imposex-stadier for kongsnegl (Vas Deferens Stage/Sequence VDS) hvorav stadie 0 er friske individer og stadie 4 er dårligste tilstand (**Figur 3**). Metoden er beskrevet i OSPAR 2008.



Figur 3. Imposex klassifisering for nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*) (OSPAR 2008).

Imposex klassifisering (VDSI) er brukt i vår undersøkelse i 2013. Undersøkelsen i 2003 inkluderte en penis klassifiseringsindeks (PCI) (Mensink mfl. 1997) som først og fremst beskriver hvor velutviklet pseudopenis er (**Figur 4** og **Figur 5**).

	Imposexstadie	Sett ovenfra	Sett fra siden
Stadie 0 = frisk og normal hunn	Imposex stage 0	seen from above 	seen from the side 
		No development of penis. Smooth epithelium at the site, where males have their penis.	
Stadie 1. Liten utvekst indikerer utvikling av penis	1		
		Small knob at penis site indicating the development of a penis.	
Stadie 2: Liten penis, men uten riktig form.	2		
		Small structure penis, which can wobble and be lifted up from the epithelium of the foot.	
Stadie 3: Ser ut som en vanlig normal penis.	3		
		Penis is bent and with a shape which tends to look like a normal male penis.	

Figur 4. Imposex klassifisering for kongsnegl og penis klassifiseringsindeks (PCI) (OSPAR 2008).

Det er også andre synlige endringer av de reproduktive organer som følge av imposex, som f.eks en "dobbel penis", en spalting av pseudopenis (Fioroni mfl. 1991) (**Figur 5**).



Figur 5. a) Imposex endringer av sædleder hvor den har fått en mindre buktning og b) tydelig krøll slik at den minner om hannens seminal vesikkel, c) dobbelt penis (Strand 2004).

2.3 Kvalitetskontroll

NIVA har deltatt i alle internasjonale interkalibreringsøvelser arrangert av Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe (QUASIMEME) som er relevant for analyser av imposex og intersex. Forrige ringtest for intersex hos strandsnegl foregikk i 2008 og for imposex hos purpurnegl senest i juni 2012.

NIVA har i tillegg deltatt på workshop i Aberdeen for å lære om metoden imposex på kongsnegl og strandsnegl, intersex på strandsnegl, og gjennomført internt kurs for opparbeidelse av kongsnegl med bl.a. snegl fra Vikkilen.

3. Resultater og diskusjon

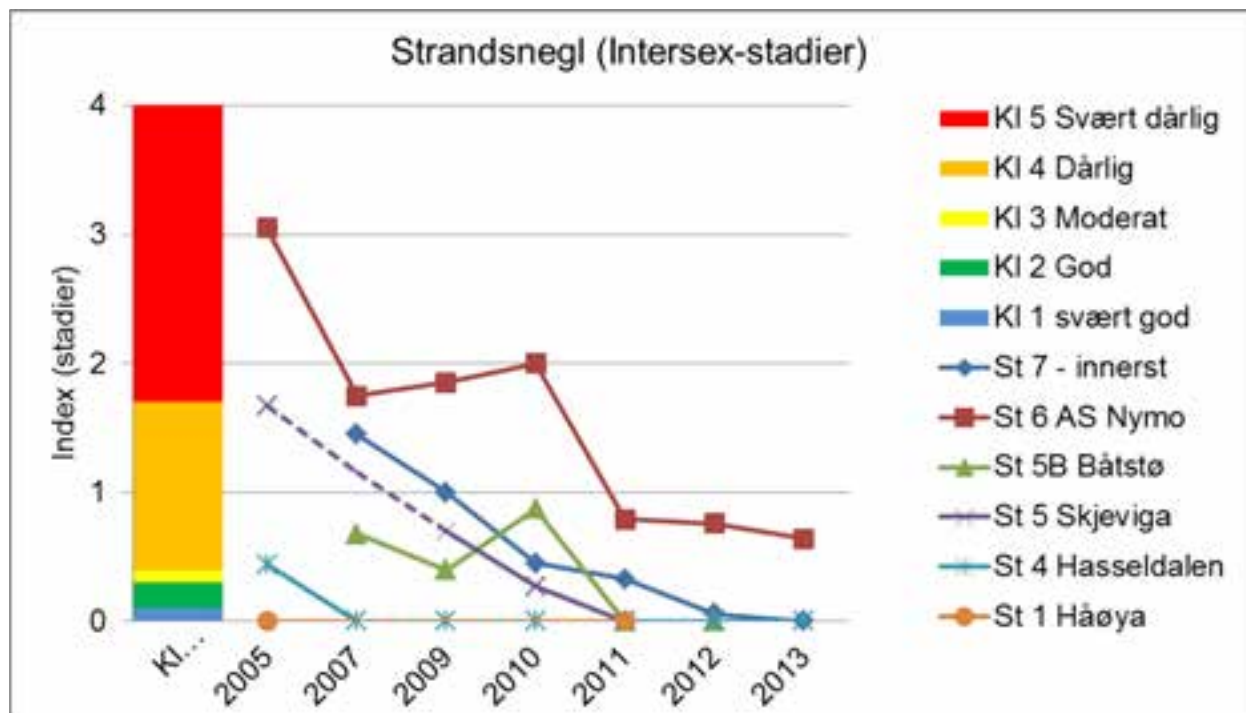
3.1 Strandsnegl

Analyseresultatene er i sin helhet presentert i **Vedleggstabell E**.

Strandsneglundersøkelsene i Vikkilen fra 2005 til 2013 viser en positiv utvikling i intersex-tilstand (reduert ISI-indeks, **Tabell 1**, **Figur 6** og **Figur 7**). Tabell 1 presenterer ISI-indeksen hos strandsnegl fra innerst i Vikkilen og ut til Håøya. Resultatene viser en nedadgående trend i indeksverdi over tid på alle stasjonene (**Figur 6**). ISI er som tidligere nevnt et gjennomsnitt av intersex-stadiene. Stadie 0 består av friske snegl og i stadier over 2 blir dyrene sterile og med tydelig synlige skader. Det ble funnet hunnsnegl med penis med ISI-indeks på 3,05 på st. 6 i 2005. I 2013 ble det samlet inn fra st. 7, 6 og st. 4. Det ble ikke funnet tegn til intersex hos strandsnegl på st. 7 og st. 4 i 2013.

Tabell 1. Intersex-stadier hos strandsnegl (*Littorina littorea*) i perioden 2005-2013 vist som gjennomsnittlig ISI-indeks. Tilstandsklasser er gitt iht. Strand mfl. (2006) og OSPAR (2009), se **Vedleggstabell A og B**. Rød=svært dårlig, orange=dårlig og grønn=god. Blå farge viser friske snegl.

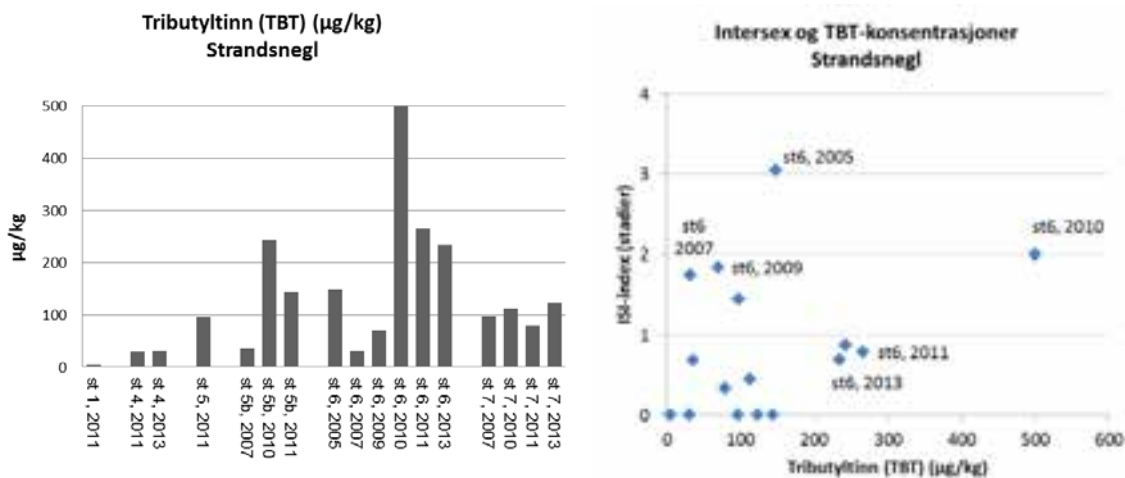
	2005	2007	2009	2010	2011	2012	2013
St 7 – innerst		1,45	1	0,45	0,33	0,06	0
St 6 AS Nymo	3,05	1,75	1,85	2	0,79	0,76	0,64
St 5B Båtstø		0,68	0,4	0,87	0	0	
St 5 Skjeviga	1,67			0,27	0	0	
St 4 Hasseldalen	0,44	0		0	0	0	0
St 1 Håøya	0				0		



Figur 6. Intersex-stadier hos strandsnegl (*Littorina littorea*) i perioden 2005-2013.

St. 6 (Nymo) peker seg ut med de høyeste verdiene. I 2005 fant NIVA strandsnegl i stadiet 4, noe man kun finner ved meget høye TBT-konsentrasjoner. Strandsnegl samlet på st. 6 i 2007 viste en klar bedring i forhold til 2005 (**Figur 6**). Tilsvarende bedring ble påvist fra 2010 til 2011 på st. 6 og på st.5b rett sør for Nymo, mens det kan se ut som om bedringen har flatet noe ut etter 2011 på st. 6. Det ble påvist en signifikant nedgang av intersex i strandsnegl når hele fjorden, unntatt stasjon 1, ble vurdert samlet ($P < 0,0001$). Utviklingen hos strandsnegl har vært klart positiv over hele tidsperioden.

I perioden 2007-2012 ble TBT-innholdet i snegl analysert fra stasjonene 5b, 6 og 7, som er de tre innerste stasjonene i Vikkilen. St. 1, 4 og 5 ble i tillegg analysert i 2011 og i 2013 ble st. 4, 6 og 7 analysert. Det ble ikke funnet noen entydig sammenheng mellom innholdet av TBT og utvikling av intersex (**Figur 7**). Strandsnegl tåler, som tidligere nevnt, høyere TBT-påvirkning enn de fleste andre snegl før de utvikler intersex.



Figur 7. TBT-innhold i strandsnegl (*Littorina littorea*) i perioden 2005-2013 (venstre) og TBT-innhold plottet mot ISI-indeks (høyre). Det er ikke utført kjemiske analyser i 2012.

3.2 Nettsnegl

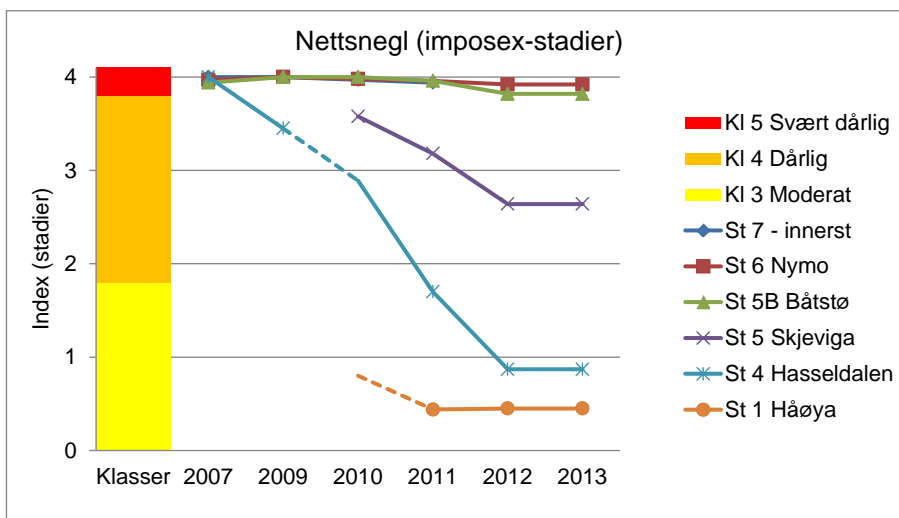
NIVA startet i 2007 med å undersøke imposex hos nettsnegl på stasjonene 4, 5b, 6 og 7. På st. 4 ble det i 2007 kun funnet 4 snegl, hvorav to hunner i stadium 4. Som vist i **Tabell 2** og **Figur 8** har det vært høy grad av imposex og liten forskjell mellom disse stasjonene i hele perioden fra 2007 til 2013 med unntak av st 4 som har vist en gradvis bedring. De øvrige stasjonene har vist liten endring i imposex over tid, men likevel med en svak bedring etter 2009. Fra 2010 ble nettsnegl også innsamlet fra st. 1 og 5 lenger ute i Vikkilen. På disse stasjonene er det tydelig en nedadgående trend fra 2010. Det vises også i TBT-analysene på st. 6 fra 2009 til 2011, mens det i 2013 ble funnet en økning (**Figur 9**). Årsaker til denne økningen er ikke kjent. Figuren indikerer at kjønnsforstyrrelsen begynner ved et vevsinnhold av TBT på ca. 10 µg/kg og at VDSI-indeksen når høyeste verdi før nivået er 100 µg TBT/kg (**Figur 10a**). Denne følsomheten samsvarer med det som er funnet for purpurnegl i CEMP-programmet (Green mfl. 2012). Målinger i nettsnegl fra 2010 viser en klar reduksjon i kjønnsforstyrrelse fra st. 5 Skjevika og utover i fjorden (**Figur 8**).

Det er også interessant at TBT-nivåene i nettsnegl (**Figur 9**) jevnt over er lavere enn i strandsnegl (**Figur 7**) fra samme stasjoner, til tross for at nettsneglen lever i tett kontakt med sedimentet. Forskjellen kan skyldes ulik biologi. Kanskje får strandsnegl i seg TBT-holdige partikler når den beiter på stein og fast bunn, mens nettsnegl unngår dette ved å være rovdyr og åtseleter.

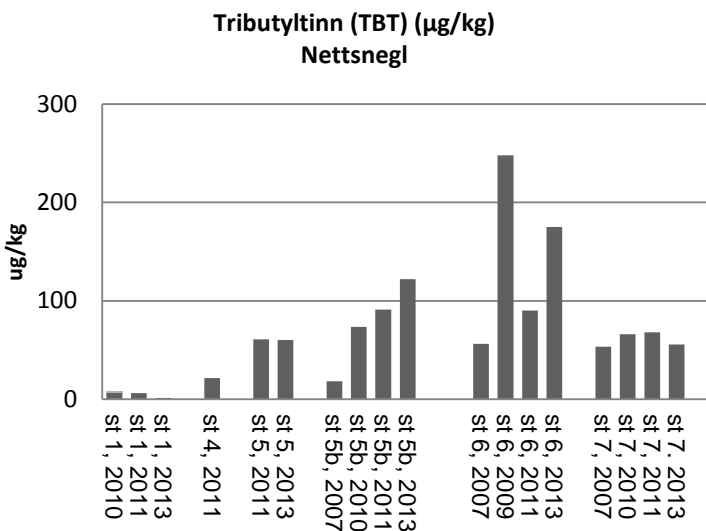
Tabell 2. Imposex-stadier (vist som VDSI) hos nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) 2007-2013. Tilstandsklasser er gitt iht. Strand mfl. (2006) og OSPAR (2009), se **Vedleggstabell A og B**. Rød=svært dårlig, orange=dårlig og gul=moderat tilstand.

	2007	2009	2010	2011	2012	2013
St 7 – innerst	4	4	3,97	3,94		3,96
St 6 Nymo	3,97	4		3,96	3,92	3,96
St 5B Båttstø	3,94	4	4	3,96	3,82	3,92
St 5 Skjeviga			3,58	3,18	2,64	2,27
St 4 Hasseldalen	4*		2,89	1,7	0,87	
St 1 Håøya			0,8	0,44	0,45	0,35

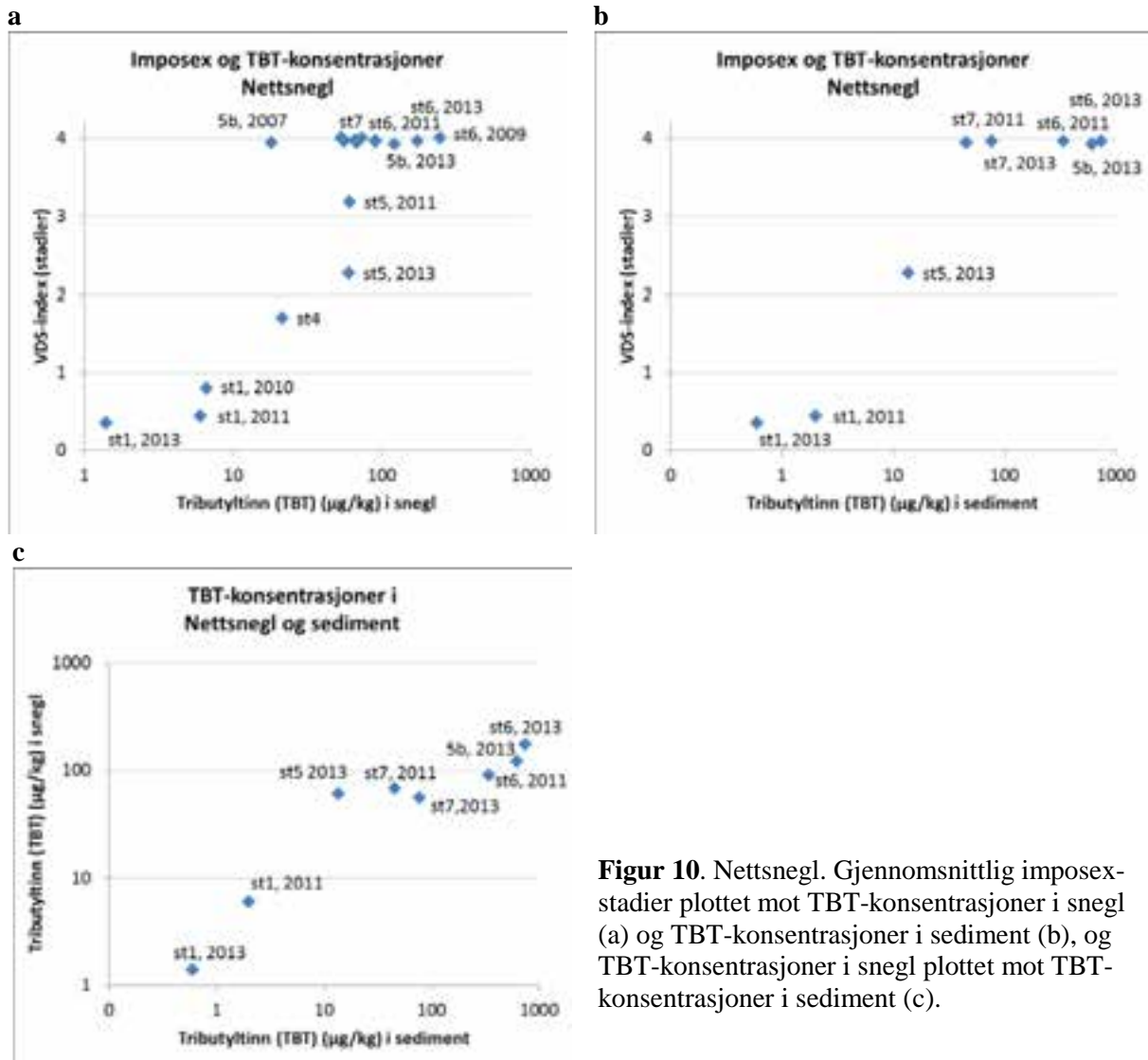
* Dette tallet er kun basert på to hunner, fant ikke flere i 2007.



Figur 8. VDSI-index i nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) 2007-2013. Verdien fra st.4 i 2007 er kun basert på to hunner, og det ble ikke samlet inn snegl igjen før 2010 (indikert med stiple linje).



Figur 9. TBT-innhold i nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) i perioden 2007-2013.



Figur 10. Nettsnegl. Gjennomsnittlig imposex-stadier plottet mot TBT-konsentrasjoner i snegl (a) og TBT-konsentrasjoner i sediment (b), og TBT-konsentrasjoner i snegl plottet mot TBT-konsentrasjoner i sediment (c).

For nettsnegl ble det funnet en sterk imposex-respons både på TBT i sedimentet (**Figur 10b**) og for vevs-innhold (**Figur 10a**) og figuren indikerer at kjønnsforstyrrelsen begynner ved et TBT-innhold på ca. 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$). **Figur 10c** viser en klar sammenheng mellom TBT-innhold i sediment og TBT i nettsnegl.

3.3 Kongsnegl

Kongsnegl er vanlig i hele Europa og Nord-Amerika. Den lever på litt dypere vann enn nettsnegl og finnes i sand/sediment i fjorder og utover i havet ned til 1200 m dyp. Kongsnegl er rovdyr og åtselere som lever på og i noen grad også i sedimentet og er derfor mer utsatt for oppkonsentrering av TBT fra sedimentene enn strandsnegl. Den er som nettsnegl, mer følsom for TBT-påvirkning enn strandsnegl og det er påvist skader ved konsentrasjoner på 2-3 ng/l (OSPAR 2009) (**Figur 11**). Kongsnegl kan gi et bilde av TBT-belastningen på litt dypere vann.



Figur 11. a: Foto av en kongsneglhann med penis. b: Kongsneglhunn med penis VDS-stadie 1 og c. kongsneglhunn i VDS-stadie 3 (Foto: NIVA).

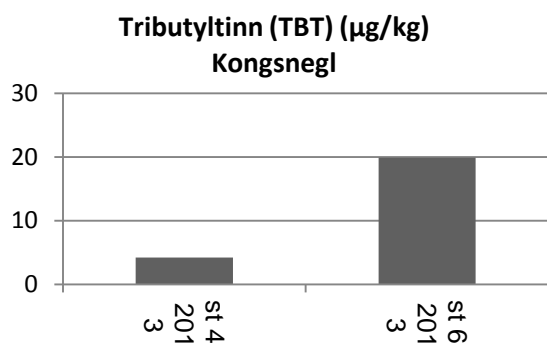
Kongsnegl ble fanget i feller ved st. 6 Nymo og st. 4 Hasseldalen, fra 10-15m dyp og ca. 50 m ut fra land. Det ble samlet inn 11 stk. fra st. 4 og 21 stk. fra st. 6. **Tabell 3** viser imposexstadiene for kongsnegl sammenliknet med nettsnegl. St. 6 havner i kategori dårlig og st. 4 havner i kategori moderat tilstand.



Kongsnegl har tidligere blitt undersøkt i 2003. Det var da svært få individer som ble innsamlet (7 stk) og innsamlingen ble gjort på motsatt side av fjorden av st. 6 Nymo fordi vi ikke klarte å fange kongsnegl ved st. 6 i 2003, tross mange forsøk. De få Kongsneglene vi klarte å samle inn var i svært dårlig tilstand (stadie 4). TBT-innholdet var i 2003 på 100 µg/kg. I 2013 var innholdet på st. 6 utenfor Nymo 19,9 µg/kg (**Figur 12**). Som det fremgår av **Figur 9** og **Figur 12** var TBT-nivået i kongsnegl lavere enn i nettsnegl fra samme stasjon, men innsamlingspunktene er ikke helt de samme for de to artene.

Tabell 3. Imposex-stadier (vist som VDSI) hos nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) i 2012 og 2013 og kongsnegl (*Buccinum undatum*) i 2013. Tilstandsklasser er gitt iht. Strand mfl. (2006) og OSPAR (2009), se **Vedleggstabell A og B**. Orange=dårlig og gul=moderat tilstand.

	Nettsnegl		Kongsnegl
	2012	2013	2013
St 7 – innerst		3,96	
St 6 Nymo	3,92	3,96	3,8
St 5B Båstø	3,82	3,92	
St 5 Skjeviga	2,64	2,27	
St 4 Hasseldalen	0,87		1,14
St 1 Håøya	0,45	0,35	

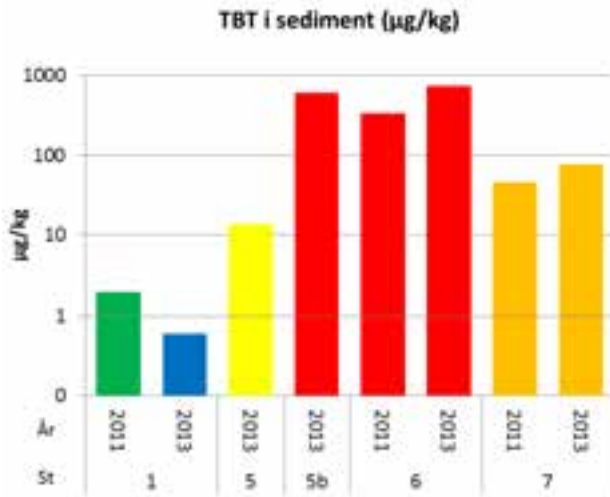


Figur 12. TBT-innhold i Kongsnegl (*Buccinum undatum*) i 2013.

3.4 Sediment

Etter totalforbud mot TBT-holdig skipsmaling er forurenset sediment regnet for å være den primære kilden til hormonforstyrrelser hos snegl. Sedimentene i Vikkilen er forurenset med høye TBT-konsentrasjoner (Næs mfl. 2005, Bakke mfl. 2008 og 2012, Bakke og Næs 2012) og flere risikovurderinger er utført (Schaanning og Næs 2006, Bakke mfl. 2008 og 2012, Bakke og Næs 2012). Undersøkelser av bløtbunnsfauna innsamlet i 2008 viser dårlig tilstand innerst i kilen og moderat til god tilstand utover i kilen (Bakke mfl. 2008).

Ved innsamling av snegl i 2011 og 2013 ble det tatt sedimentprøver på grunt vann fra sneglenes nærmiljø fra st. 1, 6 og 7 i 2011 og fra st. 1, 5, 5b, 6 og 7 i 2013. Sedimentprøvene ble tatt fra øvre 0-2 cm i henhold til standard metodikk. Resultatene viste lavt TBT-innhold i sedimentet fra st. 1 (Miljødirektoratets klasse II), sterkt forurenset på st. 7 (Klasse IV) og meget sterkt forurenset på st. 5b og st. 6 (Klasse V, **Figur 13**, se også **Vedleggstabell C og D**). Årsaken til høye verdier på st. 5b og st. 6 i 2013 er ukjent, men kan muligens ha sammenheng med oppvirvling av bunnsedimenter i forbindelse med fjerning av dokka våren 2013. Tilsvarende ble det i 2013 funnet høye TBT-konsentrasjoner i nettsnegl på stasjon 5b og 6 (**Figur 10**).



Figur 13. TBT-innhold i sediment på nettsneglstasjoner i perioden 2011-2013 (Merk logaritmisk skala). Fargene indikerer klassifisering av tilstand i henhold til Miljødirektoratet (se Vedleggstabell D).

Det vil ta lang tid før kyst- og havneområder er fri for effekter av TBT, og man må forvente at forbedringen vil ta lengst tid i sedimentene. For Vikkilen beregnet Bakke mfl. (2008) at det ville ta anslagsvis 16-70 år før de øvre 10 cm av sedimentet vil være i Miljødirektoratets tilstandsklasse II som Vannforskriften definerer som god miljøtilstand. Det er i dette sedimentsjiktet der mesteparten av dyrene finnes.

4. Konklusjon

- Tributyltinn (TBT) har vært brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-tallet og i Vikkilen ved Grimstad ble AS Nymo en kilde til TBT-forurensning på grunn av den TBT-holdige skipsmalingen. Bruk av TBT-holdig bunnstoff har vært totalforbudt siden 2008 på grunn av de skader som ble funnet på marine organismer, spesielt utvikling av imposex og intersex hos snegl.
- Det ble funnet store kjønnsforstyrrelser hos strandsnegl i Vikkilen i 2005, men undersøkelsene viser en klart positiv utvikling av tilstanden i perioden 2005-2013. Det er fortsatt en økende kjønnsforstyrrelse innover i kilen og høyest forstyrrelse nærmest Nymo. I 2013 var det bare stasjonen nærmest Nymo som viste snegl med intersex-skader. Hvis man fremskriver hvordan ISI-verdiene har avtatt de siste årene kan det være sannsynlig at de kan komme i tilstandsklasse II (God) i løpet av et par år.
- Nettsnegl viser også en positiv utvikling, særlig fra 2010 til 2012. Det var signifikant bedring ved stasjonene 1 (Håøya), 4 (Hasseldalen) og 5 (Skjeviga). Det ble funnet økte TBT-konsentrasjoner i nettsnegl fra stasjon 5b (Båttø) og 6 (Nymo) fra 2011 til 2013, men ikke på de øvrige stasjonene.
- TBT-innholdet i nettsnegl var jevnt over lavere enn i strandsnegl. Likevel var kjønnsforstyrrelsen hos nettsnegl betydelig høyere. Dette samsvarer med det faktum at strandsnegl er mindre følsom for TBT enn nettsnegl.
- Det er forventet at kjønnsforstyrrelsen hos nettsnegl vil vare lengre enn hos strandsnegl, fordi nettsneglen lever nede i det TBT-forurensede sedimentet, mens strandsneglen helst lever på hardbunn og er i mindre direkte kontakt med sedimentet. Resultatene viser at dette så langt er tilfelle (2012 og 2013).
- Kongsnegl viser samme imposexstadier som nettsneglen, men har lavere vevsinnhold av TBT. Dette kan komme av at kongsnegl lever på sedimentet eller helst på fjell og stein og på andre faste objekter på sedimenter.
- Undersøkelsene av de tre snegleartene bør følges videre i et overvåkingsprogram for å undersøke hvor mye lengre tid nettsnegl og kongsnegl trenger på å bli friskmeldt i forhold til strandsnegl, og for å følge utviklingen av kjønnsforstyrrelsen etter gjennomføring av planlagte tiltak på sedimentene i indre Vikkilen.

5. Referanser

- Alzieu, C. 1991. Environmental problems caused by TBT in France: assessment, regulations prospects. *Mar. Env. Res.* 32, 7-17.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K., Eek, E. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-rapp -2229. 12 s.
- Bakke, T., Håvardstun, J., Næs, K., Schaanning, M., Oug, E., Rygg B. 2008. Miljøtekniske undersøkelser ved Nymo as i Vikkilen. Supplerende undersøkelser, risiko og tiltaksvurdering. NIVA-rapport 5669. 80 s.
- Bakke, T., Håvardstun, J., Lillicrap, A., Macken, A., Allan, I., Næs, K. 2012. Revidert risikovurdering og tiltaksplan for sjøsedimentene i Vikkilen, delområde B og C. NIVA- rapport 6272, 32 s.
- Bakke, T., Næs, K. 2012. Risikovurdering og tiltaksplan for sjøsedimentene i Vikkilen. NIVA-rapport 6380-2012. 39 s.
- Bauer, B., Fioroni, P., Schulte-Oehlmann, U., Oehlmann, J., Kalbfus, W. 1997. The use of *Littorina Littorea* for tributyltin (TBT) effect monitoring – Results from the German TBT survey 1994/1995 and laboratory experiments. *Environmental Pollution*, Vol 96, No 3, pp. 299-309.
- Berge, J.A., Brevik, E., Bjørge, A., Følsvik, N., Gabrielsen, G.W., Wolkers, H. 2004. Organotin in marine mammals and seabirds from Norwegian territory.
- Berge, J.A., Amundsen, C.E., Eggen, T., Hylland, K., Bøe, E. 2006. Naturlig nedbrytning og biotilgjengelighet av tinnorganiske forbindelser i marine sedimenter. NIVA-rapport 4996, SFT rapp. TA-2091/2005, 72 s.
- Berge, J.A., Walday, M., Green, N.W., Brevik, E.M., Følsvik, N., Tveiten, L. 1999. Organotin in the Oslofjord – still an environmental problem? Poster presentert på 2. Nordic marine Sciences Meeting, Hirtshals 2-4 mars 1999.
- Christensen R.H.B. 2012. Ordinal Regression Models for Ordinal Data. R package version 2012.09-11. <http://www.cran.r-project.org/package=ordinal/>.
- Fent, K. 1996. Ecotoxicology of organotin compounds, *Critical Reviews in Toxicology* 26, 1, 1-117.
- Fioroni P., Oehlmann J. and Stroben E. (1991)., “The pseudohermaphroditism of prosobranchs; morphological aspects”, *Zoologischer Anzeiger* 226(1), s.1-26.
- Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe P.L, Burt G.R. 1987. The use of the dog-whelk, *Nucella lapillus*, as an indicator of tributyltin (TBT) contamination. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 67: 507-523.
- Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.G., Tveiten, L. 2012. Coordinated environmental monitoring programme (CEMP). Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2011. Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. NIVA-rapport 6432, Klima- og forurensningsdirektoratet, Statlig program for forurensningsovervåking, SPFO rapportnr. 1132/2012, TA nr. 2974/2012, 264 s.
- Laughlin, R.B. og Linden, O. 1987. Tributyltin contemporary environmental issues. *Ambio* 16: 252-6.
- Mensink B. P., van Hattum B., ten Hallers-Tjabbes C. C., Everaarts J. M., Kralt H., Vethaak A. D. and Boon J. P. (1997), “Tributyltin causes imposex in the common whelk, *Buccinum undatum*. Mechanism and occurrence”, *Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee*, Rapport 6, Den Burg, Texel, the Netherlands.

- Næs, K., Tveiten, L., Håvardstun, J. 2005. Sedimentundersøkelser i Vikkilen knyttet til fylkesvis tiltaksplan. NIVA-rapport 5040. 60 s.
- OSPAR 2008. JAMP Guidelines for Contaminant-Specific Biological Effects. Technical Annex 3: TBT-specific biological effects monitoring) 2008-9. 48 s.
- OSPAR 2009. CEMP assessment report: 2008/2009. Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. OSPAR publication number 390/2009. Monitoring and Assessment Series. ISBN 978-1-906840-30-3. 80 pp.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. SFT TA-1467/1997. 36 s.
- Schaanning, M., Næs, K. 2006. TBT forurenset sediment i Vikkilen – alternative tiltak og kostnadsestimater. NIVA Notat til AS Nymo, 31.03.2006.
- Strand, J. 2004. Teknisk anvisning for marin overvågning, eds. Andersen, Markager & Ærtegjerg. 4.6. Biologisk effektmonitorering – imposex og intersex i havsnegle. 20-10-04.
- Strand, J., Larsen, M.M., Næs, K., Cato, I., Dahllöf, I. 2006. Tributyltin (TBT). Forekomst og effekter i Skagerrak. Rapport fra Forum Skagerrak II. Uddevalla, Sweden. 39 s.
- Titley-O'Neal, C.P., Munkittrick, K.R., MacDonald, B.A. 2011. The effects of organotin on female gastropods, Critical review. J. Environ. Monit. 13, 2360-2388.
- Tveiten, L., Schøyen, M., Bakke, T. 2012. Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2013. NIVA-rapport 6447-2012. 30 s.

6. Vedlegg

Vedleggstabell A. OSPARs vurderingskriterier for TBT-spesifikke effekter på snegl fordelt på 6 kvalitetsklasser. (OSPAR 2009).

Denne tabellen viser grad av påvirkning på purpursnegl (*Nucella lapillus*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), Kongsnegl (*Buccinum undatum*), stor havsnegl (*Neptunea antiqua*) og strandsnegl (*Littorina littorea*). OSPAR bruker kategori A til F. A = høy kvalitet, B = god kvalitet, C = moderat, D = dårlig, E = svært dårlig og F = ekstrem dårlig.

Assessment class	<i>Nucella</i> VDSI	<i>Nassarius</i> VDSI	<i>Buccinum</i> PCI	<i>Neptunea</i> VDSI	<i>Littorina</i> ISI
A	< 0.3			< 0.3	
B	0.3 - <2.0	< 0.3 ¹	< 0.3 ¹	0.3 - <2.0	< 0.3 ²
C	2.0 - < 4.0	0.3 - <2.0	0.3 - <2.0	2.0 - <4.0 ³	
D	4.0 - 5.0	2.0 - 3.5	2.0 - <4.0		0.3 - < 0.5
E	>5.0 ⁴	> 3.5 ⁴	4.0 ⁴		0.5 - 1.2
F					> 1.2

¹ This species cannot be used to distinguish between class A and class B. The assessment class is therefore by definition B.

² This species cannot be used to distinguish between classes A, B and C. The assessment class is therefore by definition C.

³ This species cannot be used to distinguish between class C and higher classes. If a VSDI of 4.0 is reached, additional observations are required to determine the assessment class e.g. by using another species. If a VSDI of 4.0 is observed, the assessment class is by definition F.

⁴ These species cannot be used to distinguish between classes E and F. Therefore, additional observations are required to determine the assessment class e.g. by using another species. If the VSDI (*Nassarius*) or the PCI (*Buccinum*) is >3.5, the assessment class is therefore by definition F.

Vedleggstabell B. Vurderingskriterier for TBT-spesifikke effekter på snegl fordelt på 5 kvalitetsklasser. Denne er basert på danske og utenlandske undersøkelser (Strand mfl. 2006). Rødkonk = vanlig havsnegl, Alm. konk = kongsnegl, Dværgkonk = nettsnegl (*Nassarius reticulatus*).

Kvalitetsklasse	I	II	III	IV	V
VDSI i purpursnegl	< 0,3	0,3 - < 2	2 - 4	> 4 - > 5	Forsvundet
ISI i alm. strandsnegl	< 0,3			0,3 - 1,2	> 1,2
VDSI i rødkonk	< 0,3	0,3 - < 2	2 - < 4	4 - 4+	
VDSI i alm. konk	< 0,3		0,3 - < 2	2 - < 4	4 - 4+
VDSI i dværgkonk	< 0,3		0,3 - < 2	2 - < 4	4 - 4+
Approx. TBT konc. (aq) (ng TBT/l)	"tæt på nul" (< 0,01)	0,01 - < 0,1	0,1 - < 1,5	1,5 - 15	> 15

Beskrivelse av de fem klassene for imposex for purpursneglen, som representant for den mest følsomme sneglearten (Strand mfl. 2006).

I	VDSI <0,3	Frekvensen af imposex er mindre end 30% i populationer af purpursnegl, der tilhører de mest følsomme arter af gastropoder. Koncentrationen af TBT og deraf følgende effekter vurderes "tæt på nul".
II	VDSI 0,3 - <2	Op til 100% imposex kan forekomme i de mest følsomme gastropod-populationer, men sterile hunner er ikke sandsynligt. Der vurderes at være en minimal risiko for alvorlige kroniske effekter i de mest følsomme arter i økosystemet forårsaget af langtidspåvirkninger, idet koncentrationen af TBT vurderes at være lavere end 0,1 ng/l, dvs. < EQS.
III	VDSI 2 - 4	Forekomst af sterile hunner i gastropod-populationer er mindre sandsynligt. Der vurderes at være risiko for alvorlige kroniske effekter i de mest følsomme arter, idet koncentrationen af TBT vurderes at være højere end 0,1 ng/l, dvs. > EQS. Derimod er risikoen minimal for akutte effekter, idet koncentrationen af TBT vurderes at være lavere end 1,5 ng/l, dvs. <MAC-QS.
IV	VDSI >4 - >5	Sterile hunner forekommer i de mere og eventuelt i de mindre følsomme gastropod-populationer. Der vurderes at være risiko for akutte effekter i de mest følsomme arter i økosystemet, idet koncentrationen af TBT vurderes (i gennemsnit) at være højere end 1,5 ng/l, dvs. <MAC-QS.
V	Forsvundet	De mest følsomme gastropod-populationer er forsvundet. Sterile hunner kan dominere i de mindre følsomme gastropod-populationer. Der er risiko for både kroniske og akutte effekter i en række arter i økosystemet.

Vedleggstabell C. Fra Miljødirektoratets Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT TA-1467/1997, og Bakke mfl. 2007). Det er ingen egen TBT klassifisering på snegl, så blåskjell er det nærmeste man kan sammenligne med.

I	II	III	IV	V
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende akutt-toksiske effekter

Tabell B. Klassifisering av tilstand ut fra organismers innhold av metaller, arsen og fluorid. * ved verdien i kl. I markerer forandring fra tidligere (justeringer i de øvrige klasser ikke avmerket). Ny parameter er merket **.

Arter/vev:	Parametre:	Tilstandsklasser:				
		I Ubetydelig- Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Blæretang og grisetang ovre 10 cm (tørrvektbasis)	Arsen (mg/kg)	< 50	50 - 150	150 - 350	350 - 700	> 700
	Bly (mg/kg)	< 1*	1-3	3-10	10 - 30	> 30
	Fluorid (mg/kg)	< 15	15 - 50	50 - 100	100 - 300	> 300
	Kadmium (mg/kg)	< 1.5	1.5 - 5	5 - 20	20 - 40	> 40
	Kobber (mg/kg)	< 5*	5 - 15	15 - 50	50 - 150	> 150
	Krom (mg/kg)	< 1	1 - 5	5 - 15	15 - 50	> 50
	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.05	0.05 - 0.15	0.15 - 0.5	0.5 - 1	> 1
	Nikkel (mg/kg)	< 5	5 - 25	25 - 50	50 - 100	> 100
	Sink (mg/kg)	< 150 *	150 - 400	400 - 1000	1000 - 2500	> 2500
	Sølv (mg/kg)	< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 5	5 - 10	> 10
Blåskjell bløtdeler minus lukkemusklér (tørrvektbasis)	Arsen (mg/kg)	< 10	10 - 30	30 - 100	100 - 200	> 200
	Bly (mg/kg)	< 3*	3 - 15	15 - 40	40 - 100	> 100
	Fluorid (mg/kg)	< 15	15 - 50	50 - 150	150 - 300	> 300
	Kadmium (mg/kg)	< 2	2 - 5	5 - 20	20 - 40	> 40
	Kobber ¹⁾ (mg/kg)	< 10	10 - 30	30 - 100	100 - 200	> 200
	Krom (mg/kg)	< 3	3 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 4	> 4
	Nikkel (mg/kg)	< 5	5 - 20	20 - 50	50 - 100	> 100
	Sink ¹⁾ (mg/kg)	< 200	200 - 400	400 - 1000	1000 - 2500	> 2500
	Sølv (mg/kg)	< 0.3	0.3 - 1	1 - 2	2 - 5	> 5
	TBT ²⁾ ** (mg/kg)	< 0.1	0.1 - 0.5	0.5 - 2	2 - 5	> 5
Vanlig strandsnegl bløtdeler (tørrvektbasis)	Arsen (mg/kg)	< 30	30 - 75	75 - 300	300 - 600	> 600
	Bly (mg/kg)	< 10	10 - 25	25 - 75	75 - 150	> 150
	Kadmium (mg/kg)	< 2	2 - 8	8 - 25	25 - 50	> 50
	Kobber (mg/kg)	< 150	150 - 300	300 - 750	750 - 1500	> 1500
	Krom (mg/kg)	< 3	3 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.5	0.5 - 2	2 - 5	5 - 10	> 10
	Nikkel (mg/kg)	< 10	10 - 30	30 - 100	100 - 200	> 200
	Sink (mg/kg)	< 100	100 - 300	300 - 1000	1000 - 2000	> 2000
	Sølv (mg/kg)	< 3	3 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
Torsk filét (friskvektbasis)	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.5	0.5 - 1	> 1

¹⁾ Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner. Tang er bedre som indikator.

²⁾ Tributyltin. Grensen for kl. I er beregnet ut fra vannkvalitetskriterium på 1 ng/l (fr. Zabel et al. 1988, Moore et al. 1992) og et forhold mellom konsentrasjonene i blåskjell (våttvektbasis) og vann på ca. 10000. Forholdet skjell : vann varierer fra ca. 5000 til over 50000, og øker med avtagende TBT-innhold i vannet (Knutzen et al.1995 m.ref.). Ved svak belastning (1 ng/l og mindre) kan det derfor antas at bruk av et forholdstall på 10000:1 gir en sikkerhetsmargin (0,1 mg/kg tørrvekt i blåskjell tilsvarer < 1 ng/l i vann).

Vedleggstabell D. Fra Miljødirektoratets Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter (Bakke mfl. 2007).

			I	II	III	IV	V
			Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller	Arsen	mg/kg	20	52	76	580	>580
	Bly	mg/kg	30	83	100	720	>720
	Kadmium	mg/kg	0,25	2,6	15	140	>140
	Kobber	mg/kg	35	51	55	220	>220
	Krom	mg/kg	70	560	5900	59000	>59000
	Kvikksølv	mg/kg	0,15	0,63	0,86	1,6	>1,6
	Nikkel	mg/kg	30	46	120	840	>840
	Sink	mg/kg	150	360	590	4500	>4500
PAH	Naftalen	µg/kg	2	290	1000	2000	>2000
	Acenaftylen	µg/kg	1,6	33	85	850	>850
	Acenaften	µg/kg	4,8	160	360	3600	>3600
	Fluoren	µg/kg	6,8	260	510	5100	>5100
	Fenantren	µg/kg	6,8	500	1200	2300	>2300
	Antracen	µg/kg	1,2	31	100	1000	>1000
	Fluoranthen	µg/kg	8	170	1300	2600	>2600
	Pyren	µg/kg	5,2	280	2800	5600	>5600
	Benzo[a]antracen	µg/kg	3,6	60	90	900	>900
	Chrysen	µg/kg	4,4	280	280	560	>560
	Benzo[b]fluoranten	µg/kg	46	240	490	4900	>4900
	Benzo[k]fluoranten	µg/kg		210	480	4800	>4800
	Benzo(a)pyren	µg/kg	6	420	830	4200	>4200
	Indeno[123cd]pyren	µg/kg	20	47	70	700	>700
	Dibenzo[ah]antracen	µg/kg	12	590	1200	12000	>12000
	Benzo[ghi]perylen	µg/kg	18	21	31	310	>310
PAH16 (1)	µg/kg	300	2000	6000	20000	> 20000	
Andre organiske	PCB7 (2)	µg/kg	5	17	190	1900	>1900
	PCDD/F (TEQ) (3)	µg/kg	0,01	0,03	0,1	0,5	>0,5
	ΣDDT (4)	µg/kg	0,5	20	490	4900	>4900
	Lindan	µg/kg		1,1	2,2	11	>11
	Heksaklorbenzen (HCB)	µg/kg	0,5	17	61	610	>610
	Pentaklorbenzen	µg/kg		400	800	4000	>4000
	Triklorbenzen	µg/kg		56	700	1400	>1400
	Hexaklorbutadien	µg/kg		49	66	660	>660
	SCCP (6)	µg/kg		1000	2800	5600	>5600
	MCCP (7)	µg/kg		4600	27000	54000	>54000
	Pentaklorfenol	µg/kg		12	34	68	>68
	Oktylfenol	µg/kg		3,3	7,3	36	>36
	Nonylfenol	µg/kg		18	110	220	>220
	Bisfenol A	µg/kg		11	79	790	>790
	TBBPA (8)	µg/kg		63	1100	11000	>11000
	PBDE (9)	µg/kg		62	7800	16000	>16000
HBCDD (10)	µg/kg	0,3	86	310	610	>610	
PFOS (11)	µg/kg	0,17	220	630	3100	>3100	
Diuron	µg/kg		0,71	6,4	13	>13	
Irgarol	µg/kg		0,08	0,5	2,5	>2,5	
TBT	TBT (12) Effektbasert	µg/kg	1,0	0,002	0,016	0,032	>0,032
	TBT (12) Forvaltningsbasert	µg/kg	1,0	5	20	100	>100

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

3) PCDD/F: Polyklorerte dibenzodioxiner/furaner

4) DDT : Diklordifenyltrikloretan. ΣDDT betenger sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD

5) HCB : Heksaklorbenzen

6) SCCP : Kortkjededede (C10-13) polyklorerte paraffiner

7) MCCP : Middelkjededede(C14-17) polyklorerte paraffiner

8) TBBPA : Tetrabrombisfenol A

9) PBDE : Pentabromdifenyleter

10) HBCDD : Heksabromsyklododekan

11) PFOS : Perfluorert oktylsulfonat

12) TBT : Tributyltinn

I Miljødirektoratets klassifiseringssystem brukes to klassegrenser for TBT. Effektbasert er den klassegrensen som gir påvirkning på snegl. Klassifiseringsgrenser for TBT i sediment har vist seg å bli ekstremt lave og lite egnet som grunnlag for forvaltning. Disse brukes som et ønsket mål, men inntil videre opprettholdes de tidligere klassifiseringsgrensene.

Vedleggstabell E. TBT i snegl og sediment. Analyseresultater fra Eurofins og NIVA, 25.09.2013.

Rekvisisjonsnr : 2013-02062 Mottatt dato : 20130823 Godkjent av : KBA Godkjent dato: 20130925												
Prosjektnr : O 13048												
Kunde/Stikkord : Vikkilen 2013												
Kontaktp./Saksbeh. : LIS												
Analysevariabel			TTS	KORN	MBT-B	DBT-B	TBT-B	TPhT-B	9DOT-B	9MOT-B	9TCHT-B	9TTBT-B
Enhet ==>			%	<63µm % t.v. *	EF µg/kg	EF µg/kg	EF µg/kg	EF µg/kg	EF µg/kg	EF µg/kg	EF µg/kg	EF µg/kg
PrNr	Merking	Prøvetype										
1 !	Hinia 1	vevsprøve			<0.3	<0.3	1.4	1.7	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
2	Hinia 5	vevsprøve			10.2	23.3	60.1	2.1	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
3	Hinia 5b	vevsprøve			21.0	62.5	122	6.7	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
4	Hinia 6	vevsprøve			26.4	57.7	175	11.4	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
5	Hinia 7	vevsprøve			12.3	22.1	55.7	4.3	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
6	Kongsnegl4	vevsprøve			40.4	55.9	4.2	7.1	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
7	Kongsnegl6	vevsprøve			65.1	128	19.9	8.5	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
8	LITLI 4	vevsprøve			7.0	9.5	31.0	2.6	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
9	LITLI 6	vevsprøve			63.5	104	234	9.7	<0.4	<0.4	<0.3	2.7
10	LITLI 7	vevsprøve			15.0	36.6	123	4.4	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3
11	Sediment 1	sediment	79.48	2	< 0.602	< 0.602	< 0.602	< 0.602	< 0.602	< 0.602	< 1.20	< 0.602
12	Sediment 5	sediment	81.66	23	4.15	5.08	13.6	< 0.609	< 0.609	< 0.609	< 1.22	< 0.609
13	Sediment 5b	sediment	80.21	11	26.2	65.4	615	3.44	< 0.598	< 0.598	< 1.20	7.78
14	Sediment 6	sediment	83.56	13	45.4	104	741	16.4	< 0.584	< 0.584	< 1.17	12.8
15	Sediment 7	sediment	83.96	15	12.5	18.5	77.9	< 0.554	< 0.554	< 0.554	< 1.11	0.776
* Analysemetoden er ikke akkreditert.												

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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