

O-85167

Bakgrunnsnivåer av metaller i
strandsnegl (*Littorina* spp.),
albuskjell (*Patella vulgata*) og
purpursnegl (*Nucella lapillus*)



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

85167

Undernummer:

2

Løpenummer:

1942

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: "Bakgrunnsnivåer" av metaller i strandsnegl (<u>Littorina</u> spp.), albuskjell (<u>Patella vulgata</u>) og purpurnegl (<u>Nucella lapillus</u>)	Dato: 8/12 1986
Forfatter (e): Jon Knutzen	Prosjektnummer: 85167
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Generelt
	Antall sider (inkl. bilag): 30

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

På grunnlag av litteraturdata fra undersøkelser i lite påvirkede områder er det angitt "normalintervaller" eller antatte øvre grenser for "normalinnholdet" av metaller i fem vanlige arter av snegl (Littorina littorea, L. obtusata, L. saxatilis, Patella vulgata, Nucella lapillus). Det er også redegjort for variasjonsfaktorer og artenes indikatoregenskaper i forhold til ulike metaller samt gitt tilrådinger mht. prøveinnsamling. For norske forhold antas vanlig strandsnegl (L. littorea) å være mest anvendelig for indikatorformål.

4 emneord, norske:

1. Indikatororganismer
2. Metaller
3. Marine snegler
4. Bakgrunnsnivåer

4 emneord, engelske:

1. Indicator organisms
2. Metals
3. Marine snails
4. Background levels

Prosjektleder:

Jon Knutzen

For administrasjonen:

Tor Bokn

ISBN 82-577-1170-5

0-85167

"Bakgrunnsnivåer" av metaller i strandsnegl (Littorina spp.),
albuskjell (Patella vulgata) og purpurnegl (Nucella lapillus)

Oslo, 8/12 1986

Prosjektleder: Jon Knutzen
For administrasjonen: Tor Bokn

FORORD

Denne rapport er skrevet på oppdrag for Statens Forurensningstilsyn (kontrakt 164/86) innen rammen av en serie om "bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i akvatiske organismer. Av tidligere rapporter og publikasjoner over dette tema nevnes:

- P. Brettum, 1985. "Bakgrunnsverdier" av utvalgte metaller i benthiske ferskvannsalger. NIVA-rapport 0-85167. II 20/12-85, 25 s.
- J. Knutzen, 1983. Blåskjell som metallindikator. VANN 1(1983): 24-33.
- J. Knutzen, 1985. "Bakgrunnsnivåer" av utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grense for "normalinnhold", konsentrasjonsfaktorer, naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. NIVA-rapport 0-83091. 22/7 1985. 122 s.
- L. Lingsten, 1985. "Bakgrunnsnivåer" av utvalgte metaller i ferskvann og mulighet for bruk av moser som indikator på organiske miljøgifter. NIVA-rapport 0-85167. I. 20/12-85, 15 s.
- J. Knutzen og L. Kirkerud, 1984. Blåskjell og nær beslektede arter (Mytilus spp.) som indikator på klorerte hydrokarboner - bakgrunnsnivåer i diffust belastede områder. NIVA-rapport 0-83091. 20/3-84, 32 s.

Videre er det foreløpig avtalefestet utredninger om metaller, polysykliske organiske hydrokarboner og klororganiske forbindelser i fisk, samt planlagt en sammenstilling av metalldata for høyere planter i vann.

Oslo, 8/12 1986

Jon Knutzen
Prosjektleder

INNHOOLD

	Side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. FORMÅL OG GJENNOMFØRING	5
3. LITTERATURDATA	6
3.1. Strandsnegl (<i>Littorina</i> spp.)	6
3.1.1. Vanlig strandsnegl (<i>L. littorea</i>)	6
3.1.2. <i>Littorina obtusata</i> (<i>L. littoralis</i>)	10
3.1.3. <i>Littorina saxatilis</i>	10
3.2. Albuskjell (<i>Patella vulgata</i>)	10
3.3. Purpurnegler (<i>Nucella (=Thais) lapillus</i>)	13
3.4. Andre snegler	15
3.5. "Normalintervaller"	16
4. VARIASJONSFÅKTORER	19
4.1. Individuelle forskjeller	19
4.2. Sesongvariasjoner	21
4.3. Innflytelse fra andre metaller	21
5. OPPTAK, REGULERING OG LAGRING	22
6. ANVENDELIGHET SOM INDIKATORER	25
6.1. Egnethet versus forskjellige metaller	25
6.2. Forholdsregler ved overvåking	26
7. LITTERATUR	27

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I Som grunnlag for å anslå "bakgrunnsnivåer" i lite påvirkede områder er det samlet inn litteraturdata om metallinnholdet i strandsnegl (Littorina spp.), albuskjell (Patella vulgata) og purpursnegl (Nucella lapillus) (tabell 1-3).
- II Dette materialet er oppsummert i form av "normalintervaller" (tabell 4), som viser nedenstående antatte øvre grenser for "normalinnholdet" i mg/kg tørrvekt av de mest aktuelle metaller i bløtdelene av snegl (kfr. også tabell 5).

	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ag	Cr	Ni	Co	As
Vanl. strandsnegl	0.8	5(10?)	10	150	100(150?)	5	3	10	5	30(50?)
Albuskjell	0.5	20(30?)	10	20	150(250?)	3	10	10	2	30
Purpursnegl	0.5	30(70?)	10	100	500(1000?)	3	5	5	2	50

- III På grunn av delvis evne til å regulere metallinnholdet ved belastning, er indikatoranvendeligheten noe forskjellig i relasjon til ulike metaller (kap. 5). Både vanlig strandsnegl og albuskjell er sannsynligvis egnet som indikatorer for kadmium, bly, kvikksølv, sølv og kobber (noe tvilsomt for strandsnegl), mens varierende grad av forbehold er knyttet til arsen (strandsnegl sannsynligvis brukbar) og de øvrige metaller.
- IV På grunn av individuelle variasjoner bør det for overvåkningsformål og annen bruk som indikatorer analyseres blandprøver av minimum 10-20 eksemplarer. Videre tilrås prøveinnsamling så vidt mulig til samme tid av året og tarmrensing før analyse.

2. FORMÅL OG GJENNOMFØRING

Den generelle hensikt med å stille sammen opplysninger om "normalnivåene" av miljøgifter i indikatororganismer er å etablere grunnlag for å bedømme forurensningsgrad og utvikling. Materialet er således tenkt benyttet innen overvåking, primært for å vurdere data fra belastede områder.

Teoretisk kan man også tenke på mulig snikforurensning, dvs. langsomt økende konsentrasjoner av miljøgifter i omgivelsene. Imidlertid er det viktig å være klar over at konsentrasjonene varierer med en rekke også naturlige faktorer. Det man med noen mening kan snakke om er derfor "normalintervaller" og en øvre grense for normalvariasjonen. Særlig gjelder dette metaller, der det er et naturlig betinget bakgrunnsnivå, motsatt enkelte organiske miljøgifter. Eventuell bedømmelse av snikforurensning krever nøyaktige studier som med mellomrom gjentas på utvalgte representative steder.

Oppgaven er gjennomført ved søk på databaser, supplert med gjennomgang av de par siste årganger av sentrale tidsskrifter på NIVA's bibliotek. Databasene som det er søkt på omfatter:

- Base 41 Pollution Abstracts
- Base 44 Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts
- Base 116 Aqualine

Av essensiell betydning har det vært å gå gjennom Marine Pollution Research Titles, som også dekker en rekke mer perifere tidsskrifter og mye av den "grå litteratur" på området. Adgang til institusjonsrapporter, symposiereferater, særskilte rapportserier innen nasjonale programmer, etc. ville ellers ha vært et betydelig problem.

3. LITTERATURDATA

Resultatene er stilt sammen i tabellene 1-3 for hver av de tre mest aktuelle indikatorartene. Disse viser utvalgte observasjoner fra aktuelle undersøkelser, dvs. slike som omfatter observasjoner på antatt lite påvirkede steder). (Med "lite påvirket" forstås at lokalitetene antas bare å være diffust belastet, dvs. utenfor påvisbar innflytelse av punktkilder. Utvelgelsen av slike lokaliteter er basert enten på opplysninger i vedkommende publikasjon, beliggenheten (åpen kyst, ikke nær byer) eller på sammenligning med konsentrasjoner i samtidig analyserte arter der normalnivåene var kjent fra før). Informasjonene fra tabellene 1-3 er trukket sammen i tabell 4 (kap. 3.5), som gir skjønsmessig avgrensede "normalintervaller".

Tabellene er ledsaget av forklarende kommentarer til de enkelte publikasjoner og rapporter som opplysningene er hentet fra. Disse bemerkningene er delvis nødvendige for å forstå bakgrunnen for den skjønsmessige fastsettelsen av "normalintervallene", samt hvorfor enkelte data er ansett som tvilsomme, eventuelt utelatt.

Det understrekes at det ikke har vært mulig å ha en kritisk vurdering av benyttede metoder i de enkelte undersøkelser. Imidlertid er det f.eks. anført om tømning av sneglenes tarm er foretatt før analyse. Bryan et al. (1985) legger stor vekt på dette, men ut fra de data som foreligger synes forholdet mest å være av betydning for å få korrekte data fra forurensede områder, i mindre grad for "bakgrunnsnivåer". (Dette betyr selvfølgelig ikke at forholdet kan overses ved eventuelle fremtidige studier med henblikk på å tilveiebringe mer nøyaktige data om normalvariasjonen).

3.1. Strandsnegl (Littorina spp.)

3.1.1. Vanlig strandsnegl (L. littorea).

Dette er den hittil mest benyttede for indikatorformål. Data som gjelder denne arten er stilt sammen i tabell 1.

Tabell 1. Eksempler på metallinnhold i bløtdeler av Littorina littorea (stor strandsnegl) fra steder antatt upåvirket av større punktkilder, mg/kg tørrvekt. Romertall foran referansene viser til kommentarer i teksten. Omregning fra våtvekt markert med ~. Usikre verdier: ?. Analyser uten at forutgående tømning av tarm er nevnt: referanser merket *.

Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ag	Cr	Ni	Co	Fe	Mn	As	Div.	Referanser
~3-4	~60	~150	~150	~150					399	42	19		I *Bouquegneau & Martoja 1982
2	129	75	75	75					784	133			II Bryan & Gibbs 1983
2.6	2.2	2.2	(150)	(120)	2.5	1.0	4.1	3.0		(200)	21(50)		III Bryan & Hummerstone 1979
(0.8)	10	9.2	155	95	5	1.0	(10)	(5)		9.5	9		IV Bryan et al. 1983
0.47	1.1	2.35	150?	150?	2.1	0.1	1.3	0.3	246				V Bryan et al. 1985
	15?	0.1?	69	70					335	10			VI *Butterworth et al. 1972
	4.3	1.3	96	133					867	42			VII *Håkedal & Solheim 1979
0.08	1.2	10	75	80			4	0.2	1098	76		V:1.6	VIII Ireland og Wooton 1977
0.47	1.5	15?	77±18	114±16			6.4±0.9	1.1±0.2		98±17	14	Sb:0.1	IX *Knutzen et al. 1986
	1.6±0.3	4.7±1.4	~70	~70									X *Leatherland & Burton 1974
~0.5	<1.0	~5	~100	~100									XI *Mason & Simkiss 1983
~0.5	15	~20?	~100	~100									XII *Murray 1981
	9?	1	85	85									XIII *Murray & Norton 1982
0.15	0.15	<1	~25	~30									XIV *Nickless et al. 1972
0.80	3.2	5.8	160	123									XV *Steele et al. 1973
													XVI *Wharfe og van den Broek 1977

Til de enkelte undersøkelser kan knyttes følgende kommentarer:

- I Lokalitet uttrykkelig nevnt som uforurenset.
- II Data fra det forfatterne betegner "kontrollestuar" (her Torridge ved Appledore) i motsetning til "andre kontaminerte estuarer".
- III "Normale" konsentrasjoner av bly og sølv i dyr av sammenlignbar størrelse fra kysten av S. Devon. For bly ligger den angitte normalkonsentrasjon over laveste konsentrasjon funnet i det påvirkede Looe-estuaret (9.2 mot 3.7 mg/kg tørrvekt). Øvrige data er fra Looe-estuaret, som av forfatteren ikke anses belastet med andre metaller enn bly og sølv (og muligens kobber og sink, som derfor er utelatt her).
- IV Angitte eller antydde () øvre grenser for upåvirkede tilstander. Basert på observasjoner fra mer enn 50 lokaliteter. De antydde () grenser i tabell 1 refererer seg til anførsler i Bryan og medarbeideres tabell 4. For mangans vedkommende anføres varierende konsentrasjoner pga. tidvis mobilisering fra sedimenter som en vanskelighet for å angi øvre normalnivå. Sølv-, kobolt- og nikkellinnholdet i sneglen viste ulike typer avhengighet av konsentrasjonen av eller tilgangen på kobber. Sinkopptaket synes å reguleres.
- V Valgt ut verdier angitt av forf. for Lune (sølv (Ag), arsen (As), kobolt (Co), krom (Cr) og kvikksølv (Hg)) eller middelverdier fra Falmouth (Beach). Sistnevnte ligger ytterst i et estuar forurenset med bl.a. kobber (Cu), sink (Zn), kadmium (Cd), jern (Fe) og mangan (Mn), men viste moderate verdier av disse metaller (kfr. III).
- VI Konsentrasjonene gjelder stasjonen Pt. Hartland på åpen kyst og mer enn 100 km fra forurensningskildene innerst i Bristol-kanalen. Verdiene er likevel tvilsomt høye som tilnærmede "normal" konsentrasjoner for både kadmium og sink. En mulig faktor er manglende tømming av tarm før analyse (slik det er gjort i I-IV).
- VII Data fra st. 12 Langenes, som ligger utenfor Kristiansandsfjorden og langt fra forurensningskilder.
- VIII Inkludert høyeste middelverdier fra alle stasjoner unntatt

Oxwich Bay og Panarth, der særlig den sistnevnte er belastet. Muligens er det da også fått med lokaliteter som er noe lokalt belastet fra mineralrikt elvevann. Avrundede verdier.

- IX Data fra St. 16 (referensstasjon). Titanverdier utelatt p.g.a. lite sannsynlige resultater.
- X Bare tatt med data fra st. 8 (Lee), som ligger utenfor det forholdsvis trange Southampton Water og på temmelig åpen kyst.
- XI Data fra Menai Bridge, som forfatterne betegner "uforurensset". Middelveidier og standardavvik () for 20 individer (for jern bare middelveid).)
- XII Vanskelig å trekke ut "normalverdier" fordi belastningsgrad ikke er angitt, dessuten måttet regne om fra våtvektsbasis (antatt tørrvekt 25% av våtvekt, kfr. f.eks. Leatherland og Burton 1974). Selv om det her dreier seg om snegl for salg, og metallinnholdet dermed skulle kunne antas representativt for bare diffust påvirkede områder, er det i tabell 1 valgt bare å ta med nedre halvdel av konsentrasjonsintervallene representert hos Murray (1981). Ukjent om tarmrensing er foretatt før analyse.
- XIII Konsentrasjonene angitt av forfatterne som "typiske" og henvist til under deres omtale av "bakgrunsnivåer". Omregnet fra våtvektsbasis og avrundet her (tørrvekt antatt 25% av våtvekt). Angivelsene for kadmium og bly anses tvilsomme (for høye i sammenligning med Murray 1981 o.a.). Ukjent om tarmrensing før analyse.
- XIV Omregnet fra våtvektsbasis etter samme forhold som ovenfor (XII).
- XV Bare data fra stasjon i munningen av noe påvirket estuar (Isle of Grain, Medway) benyttet. Maksimalverdier fra flere blandprøver 1973-76 omregnet fra våtvektsbasis etter samme forhold som for XI.

For kvikksølv vedkommende kan tilføyes at også Langston (1985) observerte konsentrasjoner i området 0.1-0.5 mg/kg tørrvekt i prøver fra upåvirkede områder.

3.1.2. Littorina obtusata (= L. littoralis)

Bryan et al. (1983) har gjort sammenlignende undersøkelser av de tre strandsneglartene L. littorea, L. obtusata og L. saxatilis mht. metallinnhold ved analyse av prøver fra samme sted og tid og under ulike belastningsgrader. For L. obtusatas vedkommende viste det seg stor grad av samvariasjon med innholdet i L. littorea for metallene sølv, kadmium, kobolt, kobber, mangan, sink og bly. I et tilnærmet upåvirket miljø hadde imidlertid L. obtusata generelt høyere metallinnhold enn L. littorea, unntatt for jern og nikkel. (Ved metallbelastning var forskjellen tydelig bare for sink og kadmium). Dette betyr at artene kan erstatte hverandre i praktisk indikatorsammenheng ved anvendelse av korreksjonsfaktorer for de enkelte metaller (Bryan et al. 1983, 1985).

3.1.3. Littorina saxatilis

For denne arten er det et spinklere sammenligningsgrunnlag, men stor grad av sammenheng med metallinnholdet i L. littorea er dokumentert for sølv, kadmium og bly (Bryan et al. 1983). Konsentrasjonene under samme belastningsgrad syntes noenlunde like for disse to artene (i motsetning til L. obtusata, kfr. Bryan et al. op. cit.).

3.2. Albuskjell (Patella vulgata);

De utvalgte litteraturdata fremgår av tabell 2.

Tabell 2. Eksempler på metallinnhold i bløtdeler av Patella vulgata (albuskjell) fra steder antatt upåvirket av større punktkilder, mg/kg tørrvekt. Romertall foran referansene viser til kommentarer i teksten. Usikre verdier: ?. Analyser uten forutgående tømming av tarm: referanser merket *

Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ag	Cr	Ni	Co	Fe	Mn	As	Div.	Referanser
0.26	12 22 5.6 15 15	9 9 2.3 3.0	10 5.1 13	107 81 100 184? 229? 95	1.7 0.8 3?	2.6 1.1 7?	3.7 3.6 7	1.6 0.04?	973 2330 2361 1289	6 36 7.3	24 13		I Bryan og Gibbs 1983 II Bryan og Hummerstone 1977 III Bryan et al. 1985 IV *Butterworth et al. 1972 V *Lande 1977 VI *Leatherland og Burton 1974 - "- VII *Navrot et al. 1974 VIII *Peden et al. 1973 IX *Preston et al. 1972 X *Shore et al. 1975 XI *Stenner og Nickless 1974 XII *Tigrul et al. 1973
0.36 0.16 0.17 0.20	2.7 8.1 12 3 27 11	3 4	8 10 6 7	60 56 91	1.3 0.6	14? 3	9	1580	23 18		13 24	Sb:0.12 Sb:0.07 Sn:13-75?	

Til de enkelte referanser i tabell bemerkes:

- I Benyttet høyeste konsentrasjoner blant data fra forfatterne "kontrollområder". Tarm renses før analyse (gjelder ikke arsen der Leatherland og Burton (1974) siteres).
- II For sølv og bly er konsentrasjonene angitt som "normale" for dyr samlet på sydkysten av Devon. Forøvrig er gjengitt (delvis) avrundede maksimumsverdier fra Looe-estuaret, betegnet som ikke forurenset med disse metaller. (Kobber- og sink-data er utelatt pga. mulig svak overbelastning).
- III Benyttet konsentrasjoner for materiale fra Isles of Scilly (antatt upåvirket, åpent farvann). Unntatt fra dette er arsen og kvikksølv med data fra Looe-estuaret (Hg) og Solent (As). Den angitte koboltverdi synes ekstremt lav (Minimum i det ikke koboltbelastede Looe-estuaret var 0.5 mg/kg tørrvekt).
- IV Konsentrasjoner i dyr samlet på lokalitet lengst fra forureningskilde.
- V Data fra den antatt uberørte lokaliteten Hysnes (nær munningen av Trondheimsfjorden). Flere noe høye konsentrasjoner, som betraktes som usikre (særlig sølv og krom).
- VI Valgt data fra forfatterne st. 5 som ligger langt ut i et estuar som heller ikke synes særlig belastet lengst inne. Muligens noe høy sinkkonsentrasjon (avvikende fra de øvrige i tabell 3). Også inkludert resultater fra Portland, Dorset (2. linje), et prøvested som ut fra konsentrasjoner i Fucus serratus synes lite påvirket.
- VII Avrundede maksimalkonsentrasjoner fra de tre nordligste stasjonene, som i følge forfatterne opplysninger synes lite påvirket.
- VIII Bare brukt avrundet maksimalverdier fra presumptivt uberørte stasjoner på sydkysten av Devon (Seaton, Sidmouth). Omregnet fra våtvektsbasis ut fra forholdet tørrvekt:våtvekt 1:5. Utelatt sinkverdier, som var tvilsomme (delvis høyere enn på sterkt belastede stasjoner).
- IX Benyttet delvis avrundede minimumsverdier fra forfatterne

område 2, som er blant de lite påvirkede deler av Storbritannias kyst. Begrunnelsen for å benytte minimumsverdiene er at det ikke er nevnt noe om påvirkningsgraden på enkeltstasjoner innen området.

- X Kadmiumkonsentrasjon fra kontrollstasjon på den antatt "uberørte" sydkysten av Devon (Sidmouth).
- XI Sitert middel av 20 individuelle analyser av dyr fra antatt lite påvirket område (Beer, sydkysten av Devon). Variasjonsintervallene var for kadmium 3.5-28, kobber 3.5-12 og for sink 55-130 mg/kg tørrvekt.
- XII Usikre som bakgrunnsverdier for totalinnholdet av tinn pga. stasjonsbeliggenhet i en havn. (Også undersøkt andel av ulike alkylerte tinnforbindelser).

3.3. Purpursnegl (Nucella (=Thais) lapillus)

Tabell 3 gir sammenstillingen av litteraturdata, som foranlediger følgende kommentarer til de refererte arbeider:

- I Konsentrasjoner i purpursnegl fra "kontrollestuar", dvs. lite påvirket.
- II Bly- og sølvverdier fra kontrollstasjon på sydkysten av Devon, de øvrige metalldata fra Looeestuaret, som forfatterne ikke anser forurenset utover belastningen med bly og sølv. (Dog er kobber- og sinkverdier utelatt pga. mulig moderat påvirkning.)
- III Konsentrasjoner i snegl fra Isles of Scilly (åpent farvann, upåvirket), bortsett fra for kvikksølv der angivelsen gjelder Exe-estuaret. Delvis avrundede verdier. (Kadmiumobservasjonen fra Scilly var avvikende - høyere enn fra forurensete områder - og er derfor utelatt).

Tabell 3. Eksempler på metallinnhold i bløtdeler av Nucella (Thais) lapillus (purpursnegl) fra steder antatt upåvirket av større punktkilder, mg/kg tørrvekt. Romertall foran referansene viser til kommentarer i teksten. Usikre verdier: ?. Analyser uten forutgående tømning av tanni: referanser merket *

Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ag	Cr	Ni	Co	Fe	Mn	As	Div.	Referanser
0.23	23 16 30	5 5 2.6 5 10	66 28 326?	351 442 340 889?	2.5 1.5	5.6 0.2	4.1 1.6	1.2 0.7	234 270 413	13 23 10	38		I Bryan og Gibbs 1983 II Bryan og Hummerstone 1977 III Bryan et al. 1985 IV *Butterworth et al. 1972 V Ireland og Wootton 1977 VI *Leatherland og Burton 1974 VII *Nickless et al. 1972 VIII Steiner og Nickless 1974 IX Steiner og Nickless 1975
0.38 0.44	21 70? 36? 16	2 9	70 25	415 660? 345 320						19 38		Sb: 0.01 Sb: 0.01	

- IV Data for Hartland Pt, ytterst i Bristolkanalen, mer enn 100 km fra kilder. Kadmiumkonsentrasjonen må likevel anses usikker (bemerkelsesverdig høy).
- V Brukt høyeste (avrundede) middelveidier fra alle stasjoner unntatt Oxwich Bay og Penarth, som begge er belastet. Muligens er det kommet med stasjoner som er påvirket ved lokale tilførsler av mineralrikt elvevann. Det er bemerkelsesverdig at kobberverdiene i purpursnegl skiller seg ut fra andre kobberresultater, mens dette ikke var tilfellet for kobberkonsentrasjonene i strandsnegl (kfr. tabell 2).
- VI Sitert maksimalverdiene fra stasjon på temmelig åpen kyst (st. 8 Lee, Solent), samt fra annen lokalitet bedømt anvendelig som referanse ut fra nivåer i sagtang (2. linje for VI i tab. 3).
- VII Bare benyttet data fra de to stasjonene lengst fra forureningskildene (høyeste konsentrasjon fra disse), men verdiene synes likevel tvilsomt høye for både sink og særlig kadmium.
- VIII Middelveidier fra ca. 20 individuelle analyser av dyr fra lite påvirket lokalitet på sydkysten av Devon (Beer), men synes mistenkelig høye for særlig kadmiums vedkommende. (Store individuelle variasjoner: 11-62 mg Cd/kg, 110-480 mg Zn/kg, 20-110 mg Cu/kg).
- IX Valgt ut lokaliteter langt fra Rio Tintos utløp og antatt lite påvirkede (Sines, Sagres, Quarteira).

3.4. Andre snegler

Blant rent marine snegler er det i nordiske farvann få andre arter enn de ovennevnte som kan tenkes å spille noen rolle for praktiske indikatorformål. Det er også sparsomt med opplysninger om bakgrunnsnivåer for disse.

Bryan og Gibbs (1983) refererer resultater av enkeltobservasjoner av metallinnholdet i Nassarius reticulatus (nettsnegl) samlet i et område som sannsynligvis er i hvert fall noe belastet (jfr. Bryan og Hummerstone 1977). Boyden (1977) gir indirekte opplysninger (regresjonsligninger) for en del observasjoner av metallinnhold i bl.a. kongssnegl (Buccinum undatum) og tøffelsnegl (Crepidula fornicata, sjelden i Norge).

Smith og Burton (1972) refererer enkeltobservasjoner av tinninnhold i kongssnegl og tøffelsnegl, hhv. 0.33 og 0.71 mg/kg tørrvekt. (Som det ses av tabellene 1-3 er det meget sparsomt med analyser av tinn i de vanligste indikatorartene).

Forøvrig henvises til Eisler (1981), som bl.a. gjengir flere data vedrørende metallkonsentrasjoner i kongssnegl.

Litteraturundersøkelsen har ikke omfattet arter som vokser i sterkt ferskvannspregede områder.

3.5. "Normalintervaller"

I tabell 4 er presentert de konklusjonene om "bakgrunnsnivåer" i bare diffust belastede eller tilnærmet uberørte områder som lar seg trekke ut av ovenstående tabeller 1-3. I hovedsaken går disse intervaller fra minimums- til maksimumskonsentrasjonene i vedkommende art. Forklaringen på unntak fra dette fremgår av kommentarene foran, eller det er markert ved ? i tabellen at de utelatte observasjoner anses usikre.

Noe av bakgrunnen for de til dels brede konsentrasjonsintervallene, selv på lite belastede steder, fremgår av kap. 4 om variasjonsfaktorer.

Som et generelt forbehold må anføres at bare et fåtall av de refererte arbeider har hatt som primært siktemål å tilveiebringe referansedata. De fleste undersøkelser er gjort med henblikk på å observere metallnivåene i belastede resipienter, og referansestasjonene ligger da ofte i enden av avstandsgradienter, men så langt bort at innflytelsen fra punktkilder (for det meste forurensede elver) antas ikke sporbar. Likevel er det en viss risiko for at maksimumskonsentrasjonene er satt litt for høyt. Dette er et forhold som best kan avklares ved ytterligere analyser av dyr fra steder som med sikkerhet er utenfor innflytelse fra punktkildene.

Tabell 4. Antatte "bakgrunnsnivåer" av metaller og arsen i vanlig strandsnegl (Littorina littorea), albuskjell (Patella vulgata) og purpurnegl (Nucella lapillus), mg/kg tørrvekt. Basert på tabell 1-3. Mindre enn 5 litteraturhenvisninger for vedkommende metall markert ved *. Usikre øvre grenser: ?

Arter	Littorina littorea	Patella vulgata	Nucella lapillus
Metaller			
Kvikksølv Hg	<0.1-0.8	0.1-0.5	0.2-0.5*
Kadmium Cd	<1-5 (10?)	2-20(30?)	15-30(70?)
Bly Pb	<1-10	2-10	2-10
Kobber Cu	30-150	5-20	20-100
Sink Zn	<50-150	50-150(250?)	300-500(1000?)
Sølv Ag	2-3(5?)*	<1-3	1-3*
Krom Cr	<1-3*	1-10*	<1-5*
Nikkel Ni	<2-10*	3-10	1-5*
Kobolt Co	<1-5*	<1-2	<1-2*
Jern Fe	200-1000?	1000-2500?	200-500*
Mangan Mn	10-100?	<10-50?	10-30*
Arsen As	10-30*	10-30	10-50*
Antimon Sb	0.1* ¹	0.12* ¹	0.01* ¹
Vanadium V	1.6* ¹		

¹ Bare én referanse

På basis av de sammenlignende studiene til Bryan et al. (1983) innen slekten Littorina kan det også antydes tilnærmede øvre grenser for "normalnivåer" av metaller i L. obtusata og L. saxatilis. For tabellen nedenfor er benyttet maksimalkonsentrasjonene for L. littorea i tabell 4 og de forholdstall mellom denne arten og de to øvrige som Bryan og medarbeidere (1983) angir som representative for "ikke belastede dyr". (Ved markert belastning synes andre forholdstall å gjelde. Bl.a. utjevnes forskjellen mellom L. littorea og L. obtusata). For en del av metallene i tabell 4 har det vært et utilstrekkelig sammenligningsgrunnlag.

Tabell 5. Tilnærmede øvre grenser for "normalkonsentrasjon" av metaller i Littorina obtusata og L. saxatilis, mg/kg tørrvekt. Særlig usikre verdier: ?

Metall	L. obtusata	L. saxatilis
Kvikksølv	1.0	0.8
Kadmium	15-20	5
Bly	20	20
Kobber	300-400	150
Sink	200	130
Sølv	10	3
Krom	5	5
Nikkel	10	10
Kobolt	5	5
Jern	1000?	700?
Mangan	150?	100?
Arsen	30	30

Som generell kommentar til tabellene 4 og 5 bør tilføyes at de anførte øvre grensene for "normalvariasjonen" ikke kan oppfattes som representative for alle enkeltlokaliteter. Pga. naturlige forholds innflytelse kan "normalvariasjonen" være noe forskjellig fra sted til sted. Det betyr at man i en del områder kan ha en viss moderat og dokumenterbar punktkildebelastning selv om ikke "normalintervallet" er overskredet.

4. VARIASJONSFAKTORER

Forutsatt samme grad av belastning gjennom vann og føde (eller i hvert fall ved den belastningsform som er viktigst) kan forskjeller i metallinnholdet tenkes å variere med:

- Størrelse/alder
- Kjønn
- Andre individuelle egenskaper
- Årstid
- Temperatur, saltholdighet, voksested og andre variable i omgivelsene
- Konkurransen om opptaks- og bindingssteder mellom metaller

Særlig viktig for bruken av organismene for indikator- og overvåkingsformål er spørsmål med tilknytning til individuelle forskjeller og tidspunkt for prøveinnsamling.

Av ovennevnte faktorer synes bare variasjonen med størrelse å ha vært gjenstand for særlig oppmerksomhet (se pkt. 5.1 nedenfor). Både sesongvariasjonen og mulige kjønnsforskjeller er lite studert. Saltholdighetsvariasjoner spiller sannsynligvis liten rolle fordi de her behandlede arter krever forholdsvis høyt saltinnhold i vannet.

4.1. Individuelle forskjeller

Lobel et al. (1982) observerte betydelige individuelle variasjoner i kobberinnholdet hos vanlige strandsnegl (50-300 mg/kg tørrvekt), mens det var moderate forskjeller for jerns og sinks del. Det ble ikke funnet forskjell i metallakkumulering mellom kjønnene.

Om konsentrasjonsforandringer med økende størrelse hos Littorina littorea er det delvis noe motstridende opplysninger, som kan oppsummeres som nedenfor.

Kobber: Svakt avtagende (Bryan et al. 1985); uavhengig (Boyden 1977), økende (Håkedal og Solheim 1979; Bouquegneau og Martoja 1982). (Håkedal og Solheim har brukt skallstørrelsen som mål, de to øvrige tørrvekt).

Kadmium: Avtagende (Håkedal og Solheim, under en viss skallstørrelse), svakt avtagende (Bryan et al. 1985), uavhengig (Boyden 1977).

Jern: Avtagende (Boyden 1977), svakt minskende (Bryan et al. 1985), økende (Håkedal og Solheim 1977).

Ellers samsvarer Boyden (1977) og Bryan et al. (1985) mht. avtagende konsentrasjoner med økende størrelse når det gjelder sink og bly. Det samme har Boyden funnet for mangan og Bryan et al. for nikkel.

Det bør tilføyes at den avtagende tendens med økende størrelse observert av Bryan et al. for ovennevnte rekke av metaller var såvidt svak at utslagene i praksis må anses ubetydelige (størrelsesordenen 10-15% fall i metallkonsentrasjonen ved en tørrvektsøkning på tre ganger). Det eneste metall der Bryan et al. (1985) fant en klar forskjell var sølv, der konsentrasjonen var tydelig høyest i store individer.

Hos Littorina obtusata fant Bryan (1983) at konsentrasjonen av både kadmium og kobber økte når størrelsen (tørrvekten) tiltok. Som man ser er dette i motsetning til det Bryan et al. (1985) anfører for den nære slektingen vanlig strandsnegl.

Hos albuskjell har både Nickless et al. (1972), Peden et al. (1973) og Boyden (1977) gjort observasjoner som viste høyere kadmium-konsentrasjoner i store individer enn i små. Forskjellen syntes være særlig markert ved stor belastning (Boyden 1977). Derimot antyder sistnevnte at sinkkonsentrasjonen under høye belastning kan være lavere i de store eksemplarene. Store individuelle forskjeller i særlig jerninnholdet ble påvist av Lobel et al. (1982).

I purpursnegl har både Boyden (1977) og Lobel et al. (1982) funnet store individuelle forskjeller mht. metallkonsentrasjonen, og Boyden satte dette i forbindelse med at konsentrasjonen av sink i denne arten viste tendens til å være lavere i store individer, Bouquegneau og Martoja (1982) fant forskjeller mellom unge og eldre eksemplarer mht. kobberinnholdet, idet de eldre viste økende kobberkonsentrasjon med økende vekt.

Boyden (1977) har også observert variasjoner i metallkonsentrasjon med størrelse hos kongssnegl.

Stenner og Nickless (1974) fant markerte individuelle forskjeller i konsentrasjonene av kadmium, kobber og sink hos både albuskjell og purpursnegl.

4.2. Sesongvariasjoner

Forskjeller over året kan være knyttet bl.a. til formeringsyklus. Forholdet synes nærmere studert bare hos albuskjell, der Boyden (1977) ikke fant noe tydelige sesongvariasjoner i konsentrasjonene av bly, kobber, sink og jern. Derimot ble det observert en topp i kadmium-konsentrasjonen i januar, dvs. etter gytingen på senhøsten.

4.3. Innflytelse fra andre metaller

Direkte konkurranse mellom metaller mht. opptak og bindingssteder inne i organismene synes bare sannsynliggjort for sølv og kobber. Dette gjelder både hos vanlig strandsnegl (Bryan et al. 1983), Littorina obtusata (Bryan 1983) og i purpurnegl (Bryan et al. 1985). Hos vanlig strandsnegl er det også observert en form for sammenheng mellom kobolt, nikkel og kobber, idet de to førstnevnte syntes å akkumuleres mer når det var høyt innhold av kobber (Bryan et al. 1983).

5. OPPTAK, REGULERING OG LAGRING

Snegler med tilhold på hardbunn kan vesentlig utsettes for metallbelastning enten direkte gjennom vannet eller via føden.

Flere undersøkelser tyder på at det som regel er næringens (fastsittende algers) innhold av metaller som spiller størst rolle (Peden et al. 1973, Young 1975, 1977, Klumpp 1980, Bryan 1979, 1983, Bryan et al. 1983, Langston 1984, Bryan et al. 1985). Således fant Young (1977) ved eksperimentelle undersøkelser med purpursnegl at opptaket fra føden var to størrelsesordener høyere enn fra vann. Konklusjonen om den forholdsmessig største betydning av næringen som metallkilde hviler ellers mest på den gode samvariasjonen med metallinnholdet i tang, som er påvist både hos Littorina littorea og L. obtusata (Bryan 1979, 1983, Bryan et al. 1983 og Langston 1984).

Imidlertid er det for enkelte metaller vist dårlig sammenheng med metallinnholdet i tang fra samme sted. Dette gjelder mangan (oppløst mangan som hovedkilde?), nikkel og kobolt (Bryan et al. 1983). Bryan og medarb. nevner også at sink fra vann (eventuelt sedimenter) kan være forholdsmessig viktigere som kilde ved høy forurensningsgrad.

Langston (1985), observerte en viss sammenheng mellom kvikksølv i sediment og vanlig strandsnegl; med svakest relasjon når bunnavleiringene inneholdt mye organisk materiale.

Hos den vanlige strandsneglen er det funnet indikasjoner på regulering av opptaket av metallene jern, kobber, kvikksølv og kanskje særlig sink (Bryan 1979, 1985, Bryan et al. 1983, Amiard-Triquet et al. 1985). En viss evne til å regulere konsentrasjonene av jern, kobber og sink er også til stede hos L. obtusata (Young 1975, Bryan 1983). En mulig reguleringsmekanisme for sink hos sistnevnte art er utskillelse via nyrene (Mason og Nott 1980a).

Sinkopptaket i albuskjell synes også regulert (Boyden 1977), likeledes arsen-nivået (Peden et al. 1973, Klumpp og Peterson 1979).

Hos purpursnegl er det observasjoner som tyder på regulering av arseninnholdet (Klumpp 1980).

Opptaket av radioaktivt jern og sink i Littorina obtusata og purpursnegl er studert av Young (1975, 1977). Resultatene viste rask utveksling mellom metall i sneglene og i føden og biologiske halveringstider på 5-10 dager.

Ved overføring av L. obtusata fra et upåvirket til et belastet miljø, oppnådde de transplanterte eksemplarer samme konsentrasjon av sink som den lokale bestand etter omkring 2 måneder (Bryan 1983). Samme tid til likevektskonsentrasjon fikk man ved overføring av vanlig strandsnegl til vann med markert forhøyet innhold av arsen, kobolt, kobber og sink (Bryan et al. 1983).

Tilsvarende forsøk er utført av Stenner og Nickless (1974) med purpurnegl og albuskjell. Purpurnegl nådde lokale bestanders sinknivå i løpet av et par måneder, men for kadmium og kobber var ikke slik "metning" oppnådd etter 4 måneder. I albuskjell var de tilnærmede likevektskonsentrasjoner nådd etter 3 1/2 måned (men kan ha gått hurtigere idet analyser mangler for perioden 1-3 mnd etter overføring til det forurensede miljø). Kobberkonsentrasjonen i innplantede albuskjell nådde derimot ikke lokale eksemplars nivå innen forsøks-tiden (3 1/2 mnd.).

Binding til spesielle proteiner med antatt avgiftningsfunksjon - metallothioneiner - er bl.a. påvist hos albuskjell, der slike lavmolekylære proteiner binder mesteparten av kobber og mye kadmium (Howard og Nickless 1975, 1977). Hos denne arten er det også vist at metallothioneindannelse kan induseres (Noël-Lambot et al. 1978).

Hos vanlig strandsnegl har fosfatkorn i de basofile cellene i fordøyelseskjertelen vært tillagt en mulig avgiftings- og lagringsfunksjon (Mason og Nott 1981).

Mason og Simkiss (1983) observerte ulike metallers fordeling på organer i vanlig strandsnegl og fant at ved belastning ble kadmium, sink, bly, nikkel og mangan akkumulert i nyrene, mens kobolt var knyttet til resten av innvollene og kobber fordelt på flere organer og vev. Kobber var knyttet til poreceller med en rolle i dannelse og omsetning av det kobberholdige respirasjonsproteinet haemocyanin (se Martoja et al. 1980). Mason og Simkiss (1983) fant også indikasjoner på syntese av metallkomplekserende stoffer i nyrene og fordøyelseskjertelen ved økt belastning. Nærmere vevstudier av aktuelle bindingssteder har bekreftet disse resultater og støtter antagelsen om at de uspesifikke kompleksdannerne i basofile celler konsentrert i fordøyelseskjertele og nyre kan virke som avgiftningsmekanismer ved overskudd på metaller (Mason et al. 1984).

Hos vanlig strandsnegl og i eldre individer av purpurnegl observerte Bouquegneau og Martoja (1982) lagring av kobber i form av sulfid.

Denne sterkt bundne fraksjonen (i relasjon til andelen knyttet til organiske kompleksdannere) utgjorde ca. 30-35%).

6. ANVENDELIGHET SOM INDIKATORER

6.1. Egnethet versus forskjellige metaller

Bryan (1980, 1983) og Bryan et al. (1983, 1985) bedømmer sneglernes indikatoranvendelighet vesentlig ut fra to kriterier:

- God samvariasjon med innholdet av metaller i tang.
- Manglende evne til å regulere konsentrasjonen av vedkommende metall.

Det første kriteriet betyr en fokusering på forekomsten av metaller i løst form, med forbehold for den noe vekslende andel som sneglene får i seg i form av partikler adsorbent til overflaten av algene. Denne andel er sannsynligvis høy når det gjelder jern, krom og delvis bly; mer moderat, (men noe varierende) for kobolt og nikkel, mens bidraget fra partikkelbundet kobber, kadmium og sink er lavt (Bryan et al. 1983).

Det andre kriteriet legger vekt på at det bør være en så vidt mulig direkte proporsjonalitet (1:1 forhold) mellom forekomsten av metallet i tilgjengelig form og konsentrasjonen i sneglene. Til dette kan bemerkes at regulering ved begrenning i opptak og/eller økt utskillelse ikke utelukker bruk av vedkommende art som indikator, men forutsetter kjennskap til forholdet mellom belastning og resulterende likevektskonsentrasjon.

Ut fra ovenstående kriterier er konklusjonen til Bryan et al. (1985) at Littorina-artene er mest brukbare for kadmium, sølv og bly, dernest for kvikksølv og arsen (L. obtusata bedre enn L. littorea); heller mindre brukbar enn blæretang for kobber og generelt lite egnet i relasjon til sink, krom, kobolt, nikkel og jern. At dette er en kanskje noe streng vurdering, kan illustreres ved at det i Kristiansandsfjorden synes dokumentert klare avstandsgradienter både for kobber, jern, nikkel og kobolt (Knutzen og medarb. 1986). Tilsynelatende god gjenspeiling av belastningsforholdene mht. kobber i denne fjorden ble også oppnådd av Håkedal og Solheim (1979).

På samme måte vurderes albuskjell som anvendelig indikator for kadmium, kobber og bly, muligens også sølv og kvikksølv, mer tvilsom for sink og ikke brukbar for arsen (Bryan et al. 1985). Arten anses heller ikke å være en god indikator for nikkel (Bryan et al. 1983).

For purpursnegl er angivelsene noe vagere, men av Bryan et al. (1985) fremgår at arten i hvert fall kan reflektere belastning med kadmium, kobber, bly, mens indikatoregenskapene overfor sink og sølv er usikre (for sølv særlig når det samtidig er mye kobber til stede). Arseninnholdet synes som nevnt regulert (kap. 5).

6.2. Forholdsregler ved overvåking

Det som tidligere er nevnt om individuelt betingede forskjeller i metallinnhold (kap. 4.1) tilsier at flere eksemplarer av jevn størrelse samles til en blandprøve. Av vanlig strandsnegl anbefaler Bryan et al. (1985) prøver bestående av 10 individer (som kan synes å være et minimum, ut fra observasjonene til Lobel et al. 1982). Den mindre størrelsen hos L. obtusata tilsier et høyere antall i blandprøver av denne arten.

For albuskjell tilrås 5 eks. pr. prøve (Bryan et al. 1985), men den individuelle variasjon som refereres av samme kilde synes å indikere et høyere antall, i hvert fall for referanseformål og ved lavere belastningsgrader.

Også i purpursnegl er det så betydelige individuelle variasjoner (Lobel et al. 1982, Bryan et al. 1985) at blandprøvene bør bestå av minst 10-20 eksemplarer. Pga. ulik næring hos unge og utvokste individer anbefales også en minimumsstørrelse på 2.5 cm skallhøyde (Bryan et al. 1985). Unge og eldre eksemplarer synes dessuten å ha forskjellig lagringskapasitet og lagringsmåte for kobber (Bouquegneau og Martoja 1982).

Som nevnt synes ikke rengjøring av tarm å være absolutt påkrevet for å få tilforlatelige data ved moderat eller lav belastning (kfr. tabell 1-3 der dette er unnlatt i flere av undersøkelsene). Imidlertid anbefales tarmrensing sterkt av Bryan et al. (1985), og for å få fullt sammenlignbare data fra forurensede lokaliteter må dette anses som en nødvendig forholdsregel.

Sesongvariasjoner er foreløpig utilstrekkelig undersøkt (kap. 4.2), men det synes rimelig å ta så vidt mulig hensyn til denne faktor. (Ikke bare biologiske faktorer, men også belastning og grad av tilgjengelighet (tilstandsform) kan variere over året).

Under norske forhold vil som regel vanlig strandsnegl være mest egnet, idet denne arten har størst brakkvannstoleranse og dermed trenger lengst inn i fjordene.

7. LITTERATUR

- Amiard-Triquet, C., Berthet, B. og J.C. Amiard, 1985. Ecotoxicological studies of the bioaccumulation of essential and non essential trace metals in various estuarine and coastal organisms. S. 688-690 i T.D. Lekkas (red.): International conference on heavy metals in the environment. Aten, Sept., 1985.
- Bouquegneau, J.M. og M. Martoja, 1982. La teneur en cuivre et son degré de complexation chez quatre Gasteropodes marins. Données sur le cadmium et le zinc. *Oceanologica Acta* 5(2): 219-228.
- Boyden, C.R., 1977. Effect of size upon metal content of shellfish. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 57: 675-714.
- Bryan, G.W., 1979. Bioaccumulation of marine pollutants. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 286: 483-505.
- Bryan, G.W., 1980. Recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea. *Helgoländer Meeresunters.*, 33: 6-25.
- Bryan, G.W., 1983. Brown seaweed, Fucus vesiculosus, and the gastropod, Littorina littoralis, as indicators of trace metal availability in estuaries. *Sci. Total Environ.*, 28: 91-104.
- Bryan, G.W. og L.G. Hummerstone, 1977. Indicators of heavy-metal contamination in the Looe Estuary (Cornwall) with particular regard to silver and lead. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 57: 75-92.
- Bryan, G.W. og P.E. Gibbs, 1983. Heavy metals in the Fal Estuary, Cornwall: a study of long-term contamination by mining waste and its effects on estuarine organisms. *Mar. Biol. Ass. U.K. Occasional Publication nr. 2*, Plymouth. 112 s.
- Bryan, G.W., Langston, W.J., Hummerstone, L.G., Burt, G.R. og Y.B. Ho, 1983. An assessment of the gastropod Littorina littorea (L.) as an indicator of heavy metal contamination in United Kingdom Estuaries. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 63: 327-345.
- Bryan, G.W., Langston, W.J., Hummerstone, L.G. og G.R. Burt, 1985. A guide to the assessment of heavy-metal contamination in estuaries using biological indicators. *Mar. Biol. Ass. U.K. Occasional Publ. No. 4*. Mars 1985. Plymouth, 92 s.
- Butterworth, J., Lester, P. og G. Nickless, 1972. Distribution of heavy metals in the Severn estuary. *Mar. Poll. Bull.*, 3: 72-74.

- Eisler, R., 1981. Trace metals in marine organisms. Pergamon Press, New York., 685 s.
- Howard, A.G. og G. Nickless, 1975. Protein binding of cadmium, zinc and copper in environmentally insulted limpets Patella vulgata. J. Chromatography 104: 457-459.
- Håkedal, J.T. og H.J. Solheim, 1979. Metaller i strandsnegl og tang - en undersøkelse fra Kristiansandsfjorden. Rapport fra Agder Distriktshøgskole, Forskningsserien Nr. 1/79. Kristiansand, 23 s.
- Ireland, M.P. og R.J. Wootton, 1977. Distribution of lead, zinc, copper and manganese in the marine gastropods Thais lapillus and Littorina littorea around the coast of Wales. Environ. Poll., 12: 27-41.
- Klumpp, D.W., 1980. Accumulation of arsenic from water and food by Littorina littoralis and Nucella lapillus. Mar. Biol., 58: 265-274.
- Klumpp, D.W. og P.J. Peterson, 1979. Arsenic and other trace elements in the waters and organisms of an estuary in S.W. England. Environ. Pollut., 19: 11-20.
- Knutzen, J., Enger, B. og K. Martinsen, 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 4. Miljøgifter i organismer. Rapport 220/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. 2/5 1986, 115 s. ISBN 82-577-1056-3.
- Lande, E., 1977. Heavy metal pollution in Trondheimsfjorden, Norway, and the recorded effects on fauna and flora. Environ. Poll., 12: 187-198.
- Langston, W.J., 1985. The use of organisms and sediments as indicators of environmental contamination with special reference to mercury in the Mersey estuary. S. 374-376 i T.D. Lekkas (red.): International conference on heavy metals in the environment. Aten, Sept. 1985.
- Leatherland, T.M. og J.D. Burton, 1974. The occurrence of some trace metals in coastal organisms with particular reference to the Solent region. J. mar. biol. Ass. U.K., 54: 457-468.
- Lobel, P.B., Mogie, P., Wright, D.A. og B.L. Wu, 1982. Metal accumulation in four molluscs. Mar. Poll. Bull., 13(5): 170-174.

- Martoja, M., V. Tan Tue og B. Elkaim, 1980. Bioaccumulation du cuivre chez Littorina littorea (L.) (gastéropode prosobranche): signification physiologique et écologique. J. exp. mar. Biol. Ecol., 43: 251-270.
- Mason, A.Z. og J.A. Nott, 1980a. A rapid, routine technique for the X-ray microanalysis of microincinerated cryosections: a SEM study of inorganic deposits in tissues of the marine gastropod Littorina littorea (L.) (Mollusca, Gastropoda). J. Histochem. Cytochem., 28: 1301-1311.
- Mason, A.Z. og J.A. Nott, 1980b. The association of the blood vessels and the excretory epithelium in the kidney of Littorina littorea (L.) (Mollusca, Gastropoda). Mar. Biol. Letters 1: 355-365.
- Mason, A.Z. og K. Simkiss, 1983. Interaction between metals and their distribution in tissues of Littorina littorea (L.) collected from clean and polluted sites. J. mar. biol. Ass. U.K., 63: 661-672.
- Mason, A.Z. og K. Simkiss. Interactions between metals and their distribution in tissues of Littorina littorea (L.) collected from clean and polluted sites. J. mar. biol. Ass. U.K., 63: 661-672.
- Mason, A.Z., Simkiss, K. og K.P. Ryan, 1984. The ultrastructural localization of metals in specimens of Littorina littorea collected from clean and polluted sites. J. mar. biol. Ass. U.K., 64: 699-720.
- Murray, A.J., 1981. Metals, organochlorine pesticides and PCB residue levels in fish and shellfish landed in England and Wales during 1975. Aquatic environment monitoring report. Nr. 5. Ministry of agriculture, fisheries and food, Directorate of fisheries research, Lowestoft.
- Murray, A.J. og M.G. Norton, 1982. The field assessment of effects of dumping wastes at sea: 10 analysis of chemical residues in fish and shellfish from selected coastal regions around England and Wales. Fisheries Research Technical Report nr. 69. Ministry of agriculture, fisheries and food, Directorate of fisheries research. Lowestoft.
- Navrot, J., Amiel, A.J. og J. Kronfeld, 1974. Patella vulgata: A biological monitor of coastal metal pollution - a preliminary study. Environ. Poll., 7: 303-308.
- Nickless, G., Stenner, R. og N. Terrille, 1972. Distribution of cadmium, lead and zinc in the Bristol Channel. Mar. Poll. Bull.,

3: 188-190.

- Noël-Lambot, F., Bouquegneau, J.M., Frankenne, F. og A. Disteche, 1978. Le rôle des métallothioneines dans le stockage des métaux lourds chez les animaux marins. *Revue int. Océanogr. méd.* 49: 13-20.
- Preston, A., Jeffries, D.F., Dutton, J.W.R., Harvey, B.R. og A.K. Steele, 1972. British isles coastal waters: the concentrations of selected heavy metals in sea water, suspended matter and biological indicators - a pilot survey. *Environ. Poll.*, 3: 69-82.
- Shore, R., Carney, G. og T. Stygall, 1975. Cadmium levels and carbohydrate metabolism in limpets. *Mar. Poll. Bull.*, 6(12): 187-189.
- Smith, J.D. og J.D. Burton, 1972. The occurrence and distribution of tin with particular reference to marine environments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36: 621-629.
- Steele, J.H., McIntyre, A.D., Johnston, R., Baxter, J.G., Topping, G. og H.D. Dooley, 1973. Pollution studies in the Clyde area. *Mar. Poll. Bull.*, 4(10): 153-157.
- Stenner, R.D. og G. Nickless, 1974. Absorption of cadmium, copper and zinc by dog whelks in the Bristol Channel. *Nature*, 247: 198-199.
- Stenner, R.D. og G. Nickless, 1975. Heavy metals in organisms of the Atlantic coast of S.W. Spain and Portugal. *Mar. Poll. Bull.*, 6(6): 89-92.
- Tügrül, S., Balkas, T.I. og E.D. Goldberg, 1983. Methyltins in the marine environment. *Mar. Poll. Bull.*, 14(8): 297-303.
- Wharfe, J.R. og W.L.F. van den Broek, 1977. Heavy metals in macroinvertebrates and fish from the lower Medway estuary, Kent. *Mar. Poll. Bull.*, 8(2): 31-34.
- Young, M.L., 1975. The transfer of ^{65}Zn and ^{59}Fe along a Fucus serratus (L.) - Littorina obtusata (L.) food chain. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 5: 583-610.
- Young, M.L., 1977. The roles of food and direct uptake from water in the accumulation of zinc and iron in the tissues of the dogwhelk, Nucella lapillus (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 30: 315-325.