

# Blåskjell som metallindikator

(The common mussel (*Mytilus edulis*) as a metal indicator)

Av Jon Knutzen

Jon Knutzen er cand.real fra 1967 med hovedfag marin-biologi. Han er ansatt som forsker på NIVA.

## SUMMARY

Preliminary conclusions with regard to the variations in the background level of several metals in the common mussel (*Mytilus edulis*) are presented (table 1). The conclusions are based on selected data (table 2) from studies comprising localities presumed to be uncontaminated or merely receive a diffuse load of metals. It is pointed out that the usually wide "normal ranges" represent a difficulty in trend monitoring and for comparative purposes. Possible causes of the observed variations are briefly discussed, as are possible hygienic implications of generally high background levels of cadmium and lead.

## INNLEDNING

Registrering av konsentrasjonene av forurensende stoffer i indikatorer gir vannressursforvaltningen visse faste holdpunkter som trengs i flere sammenhenger:

- Følge den generelle (regionale, nasjonale osv.) utviklingen med hensyn til graden av forurensning med utvalgte stoffer.
- Bedømme effekter og forurensningsgrad i den enkelte resipient for spillvann, annet avfall eller diffuse tilførsler.

- Vurdere mulig hygienisk risiko eller fare for planter og dyr knyttet til vann, som følge av det observerte forurensningsnivå.

For å kunne gjøre dette på en noenlunde pålitelig måte må man kjenne de naturbetingede variasjoner, dvs. yttergrensene for det som kan betraktes som normalt. Disse kan ofte fremtre som ganske vide, slik som f.eks. angitt i en tidligere artikkel om moser og fastsittende alger som metallindikatorer (Knutzen, 1979). Hvis det Statlige program for forurensningsovervåking skal oppfylle sine formål, bl.a. å gi forvaltningsorganene et bedre beslutningsgrunnlag, er slike kunnskaper nødvendige.

Imidlertid må kunnskapene også samles, vurderes og systematiseres. I beslutningssituasjonen hjelper det lite å ha dem spredd i mange rapporter og flere hoder. Kunnskapene må også ajourføres med de mellomrom som økt erkjennelse krever.

Oppsummerende, konfattede og konklusjonsorienterte arbeider er det behov for på forskjellige områder. Hensikten med denne artikkelen er like mye å konkretisere et eksempel som å gi vurderingsgrunnlaget innen nettopp det felt som behandles.

## NORMALKONSENTRASJONER I ANTATT UBELASTEDE OMRÅDER

De innsamlede opplysninger er bearbejdet til en tabell som sammenfatter resultatene i form av konsentrasjonsintervaller for metallene det er funnet data om (tabell 1). Grunnlagsmaterialet fremgår av tabell 2, der det vesentlig er referert data fra ubelastede eller bare diffust belastede områder (ingen nærliggende punktkilder).

Fra grunnlagsmaterialet er det skjønnsmessig avgrenset et intervall for normalkonsentrasjonene. Nedre grense for dette kan i noen tilfelle være det samme som deteksjonsgrensen. Øvre grense for intervallet vil kunne representere svakt til moderat forurensede situasjoner, og det

advares mot å betrakte et gitt resultat som bekymringsløst bare det ligger under den øvre intervallgrensen. Det følger av redegjørelsen nedenfor, om ulike faktorer som spiller inn, at en og samme konsentrasjon kan representere både det «normale» og en kunstig forhøyelse. Dette er situasjonsbestemt.

I enkelte tilfeller er angivelsene av øvre grense for «normalinnhold» særlig usikre. Dette gjelder f.eks. bly og kadmium, der «normalkonsentrasjonen» i bare diffust belastede områder synes å kunne gå over nærmere 2 størrelsesordninger eller mer (bly). Ekstremverdier er satt i parentes. Enkelteksemplarer kan ha enda høyere konsentrasjoner enn angitt.

Tabell 1. *Tilnærmede normalintervaller for konsentrasjon av metaller i blåskjell (Mytilus edulis). Tørrvekt- og våtvektbasis. Ekstremverdier i parentes. Basert på data referert i tabell 2.*

Table 1. *Approximate intervals for normal concentrations of metals in the common mussel (Mytilus edulis). Dry weight and wet weight basis. Extreme values in parenthesis. Based on data in table 2.*

METALL	mg/kg tørrvekt	mg/kg våtvekt
Hg KVIKKSØLV	(0.03) 0.1—0.5 (1.0)	(0.004) 0.01 — 0.1
Cd KADMIMUM	< 0.1 — 3.0 (5.0?)	0.01 — 0.5 (0.7?)
Pb BLY	(0.1) 1 — 10 (30?)	0.02 — 1.5 (4?)
Cu KOBBER	(< 1) 5 — 20 (40)	(< 0.01) 1 — 3 (5?)
Zn SINK	(15) 50 — 200 (400)	(2) 7 — 30 (60?)
Ag SØLV	(0.02) 0.1 — 0.5	(0.004) 0.02 — 0.1
Cr KROM	(< 0.2) 1 — 5 (10)	(< 0.02) 0.2 — 1 (2)
Ni NIKKEL	(0.3) 1 — 5 (10)	(0.05) 0.2 — 1 (2)
Co KOBOLT	(0.2) 0.5 — 5 (10)	(0.03) 0.1 — 1 (2)
Fe JERN	(20) 50 — 250 (800)	(3) 10 — 50 (100)
Mn MANGAN	(1) 5 — 25 (100?)	(0.2) 1 — 5 (20)
As ARSEN (få verdier)	~ 5 — 15	~ 1 — 3
Se SELEN (få verdier)	~ < 1 — 5	~ 0.1 — 1
Sr STRONTIUM (få verdier)	~ 20 — 50	~ 3 — 10
Au GULL (få verdier)	~ 0.01 — 0.1	~ 0.002 — 0.02

## GENERELLE KOMMENTARER

Hvis noen har den innvending mot tabellens konsentrasjonsintervaller at de er ubekvemte vide for å kunne bedømme utslag av forurensning og utvikling over tid, er det en viktig og vesentlig erkjennelse. Imidlertid er det foreløpig ikke mulig med sikkerhet å angi trangere grenser for det «normale» (med forbehold om at det sannsynligvis ikke er fullt så stor variasjon i den enkelte vannforekomst).

Selv om det har vært forsket mye på opptak, utskillelse og akkumulering av metaller i blåskjell, er det fremdeles mye man har utilstrekkelige kunnskaper om når det gjelder faktorer som spiller en rolle for bakgrunnsverdiene. Det er ikke her plass til en fyldestgjørende redegjørelse for disse.

Nedenfor er gitt noen korte bemerkninger til hver. Det vises også til kommentarene som følger tabell 2 og de refererte arbeider. Slike faktorer er ellers drøftet utførlig i boken *The International Mussel Watch*, utg. av National Academy of Sciences, Washington, 1980. De til dels motstridende resultater som finnes i denne boken og andre publikasjoner dokumenterer det fortsatte forskningsbehov.

*Sesongvariasjon.* Konsentrasjonene kan svinge betydelig over året innen samme bestand, men det kan ikke sies noe generelt om når de er lavest og når høyest. Svingningene er ofte forskjellige for ulike metaller, og selv for det enkelte metall er minimums- og maksimumsverdier ofte uregelmessige i forhold til årstiden. For overvåking anbefales å samle inn prøver innen et tidsrom da kroppsvekten endrer seg lite.

*Alder/størrelse.* Det er noe motstridende resultater, men flere forfattere har funnet at konsentrasjonen avtar noe med

økende størrelse. Det anbefales analyse på ulike størrelsesgrupper for ulike formål, helst flere størrelsesgrupper fra samme sted. For å beskrive utviklingen over tid synes små individer (20–30 mm) å være best.

*Individuelle variasjoner.* Disse kan være betydelige — opp til 2 — 3 størrelsesordener dersom man betrakter individer fra samme bestand, samlet inn til ulike tidspunkter gjennom året. Forholdet må nøytraliseres ved å analysere på mange individer (helst min. 50) i samleprøver.

*Biolgiske halveringstid — Opptak/utskillelse.* Her er det svært forskjellige angivelser og varierende for ulike metaller. Forholdet kan gi betydelig usikkerhet hvis det er store variasjoner over kort tid i vannets metallinnhold. Metallenes tilstandsform spiller rolle for opptakshastigheten, men det er ikke alltid ioneformen som er mest tilgjengelig. En undersøkelse har f.eks. antydnet at kompleksbundet kadmium opptas betydelig raskere enn i ioneform (må da først kompleksbindes ved bestanddeler i cellemembranen).

*Metallenes tilstandsform/vannkvalitet.* Betydningen er på langt nær tilstrekkelig utforsket. (Se bl.a. avsnittet ovenfor).

*Voksested på stranden.* Ulikheter er påvist i sterkt lagdelte vannmasser.

*Kjønn.* Forskjeller er registrert både med hensyn til konsentrasjoner og omsetning. Hunnene lagrer bl.a. metaller i egg-morcellene. Forholdet kan f.eks. ha betydning ved bestemmelse av innsamlingsstid eller bedømmelse av resultater (tidspunkt i relasjon til gyting).

*Rensing av tarmen.* Betydningen er om diskutert, og det er betydelige forskjeller mellom de ulike metaller (og formodentlig med metallenes tilstandsform, eksponeringstid og vannkvalitet).

ringsmåte og opptaksform). Hittil fremkomne resultater tyder på at tømning av tarmen spiller liten rolle for kobber, sink, sølv og kadmium (< 10%), mens det har større betydning ved måling av bly (15—20%), krom, nikkel og særlig jern og aluminium.

Litteraturgjennomgåelsen er ikke fullstendig, men kan antas å være tilstrekkelig for formålet. Imidlertid ses av tabellen at opplysninger mangler for flere elementer, f.eks. beryllium, vanadium og titan. De to førstnevnte har f.eks. interesse i forbindelse med avløp fra gassvaskevann fra kullfyrte kraftverk og titan ved dumping av avfall fra produksjon av titandioxyd. Her er det med andre ord behov for grunnlagsstudier.

## MULIGE HYGIENISKE KONSEKVENSER

Blåskjells innhold av enkelte metaller kan tenkes å bli en anstøtsten for en næringsvei i emning — blåskjelldyrking. Det er særlig behov for at helsemyndighetene tar standpunkt til at naturlig innhold av kadmium i blåskjell kan ligge såvidt høyt som omkring 0,5 mg/kg våtvekt. I følge et forslag som nå er til vurdering i Helsedirektoratet, vil den generelle grense for kadmium i mat bli på 0.03 mg/kg, mens man går inn for et unntak når det gjelder skalldyr og innmat, der grensen foreslås til nettopp 0.5 mg/kg.

I det samme forslaget anbefales 1 mg/kg som generell grenseverdi for bly; 3 mg/kg i skalldyr (kfr. tabell 1).

I hvert fall bør folk som har planer om blåskjelldyrking — og kystsoneforvaltere — være oppmerksomme på at kadmium er lett løselig og meget mobilt.

Anskuelsesundervisning i at dette metallet kan opptre i risikable konsentrasjoner langt fra en forurensningskilde har man fått i Sørfjorden, Hardanger. Flere undersøkelser der, sist ved det statlige program for forurensningsovervåking, har vist at kadmiuminnholdet i blåskjell fra fjordmunningen — 40 km fra kilden — kan ha et kadmiuminnhold 5—20 ganger så høyt som ovennevnte grenseverdi (Knutzen. 1982).

## DOKUMENTASJON

(Bare spesielt interesserte fortsetter herfra).

Grunnlagsmaterialet for tabell 1 er gitt i tabell 2. I det følgende gis enkelte kommentarer til arbeidene det er henvist til, i samme rekkefølge som nummerert i tabellen. De summariske kommentarene til tabell 2 skal vesentlig tjene til å illustrere de usikkerheter som foreløpig begrensninger anvendeligheten av indikatorbasert overvåking. Dette er vanskeligheter som bare kan overvinnes ved fortsatt forskning.

1)

Samme nivå av kvikksølv og kadmium som tidligere år innen dette overvåkingsprogrammet. Til dels vanskelige forståelige blykonsentrasjoner (vesentlig høyere blykonsentrasjoner rapportert fra England enn fra Frankrike og likeledes uforklart nedgang på nærmere en størrelsesorden i franskrapporterte blykonsentrasjoner sammenlignet med tidligere år).

2)

Over 5 mg Cd/kg tørrvekt (0.7 mg/kg våtvekt) betegnes som svakt til moderat forurenset. I lite forurensede områder var

Tabell 2. Nivåer av metaller i blåskjell fra antatt uforurensede eller bare diffust belastede områder. Mg/kg tørrvekt (mg/kg våtvekt i klammer [ ]). Middelværdier understreket. Ekstremverdier i parentes ( ). Omregningsgrunnlag: Tørrvekt/våtvekt = 1/7 eller nevnt i kommentarene. Øverste tall er på opprinnelig basis.

Table 2. Metal concentrations in the common mussel (*Mytilus edulis*) from areas presumed to be uncontaminated or merely receive a diffuse loading. Mg/kg dry weight, mg/kg wet weight in [ ]. Means underlined. Extremes in ( ). Dry weight: wet weight ratio used in recalculation is 1/7, if not otherwise stated. Figures with the basis of the original paper are listed first.

REFERANSER	METALLER	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ag
1) ICES. Coop. Res. Rep. No 98 ICES, 1980		[0.02-0.09] ~0.14-0.6	[0.02-0.49] [(1.4)] ~0.14-3.5	[0.02-0.35(1.2)] ~0.14-2.5	[0.6-5.6] [(1.4)] ~4.2-39	[8.8-17(53)] ~60-110(350)	
2) JMG 7/2//8-E (1982)			0.4-5.1(90) [0.06-0.7(13)]				
3) JMG 7/2/7 - E (1982)		[(0.04)0.09-0.17] (0.01)0.04-1.5(1.9)					
4) Boalch et al. 1981		[0.004-0.77] [0.01-0.13] ~0.03-5.0 ~0.07-0.9	0.2-17.3 0.7-4.6 [~0.03-2.5] [~0.1-0.7]	0.7-59.4 7.2-24.9 [~0.1-8.5] [~1.0-3.5]	0.8-36.2 5.3-13.3 [~0.1-5.2] [~0.7-1.9]	16.1-634 78 - 285 [~2.3-91] [~11 - 41]	
5) Boyden, 1975			3.7 <sup>±</sup> 0.5 [~0.5]	7 <sup>±</sup> 1.3 [~1]	7 <sup>±</sup> 1.8 [~1]	91 <sup>±</sup> 34 [~14]	
6) Bryan, 1980		0.39 [~0.08]	2.3 [~0.5]	(45) [(~9)]	9 [~1.8]	113 [~23]	(0.2) ? [(~0.04)?]
7) Davies og Pirie, 1980		[0.03-0.06(0.46)] ~0.2-0.4(3.2)	[0.25-0.6] ~1.75-4.2	[0.3-1.0(2.6)] 2.1-7(18)	[~1-2.5] ~7-17	[~21-39] ~150-280	
8) Goldberg et al., 1978			1.1 - 2.0 [~0.15-0.3]	2.5-8.0 [~0.35-1.1]	6.7-13.2 [~1.0-1.9]	80-200 [~11-28]	0.12-0.6 [~0.02-0.09]
Goldberg et al. Mytilus 1978 Crassostrea			1.2/0.6 2.3/2.2	1.9/<0.4 0.2/0.3	8.2/8.2 110/32	135/82 3050/1770	0.09/0.1 4.1/0.61
Goldberg et al. 1978			0.6-6.0 [~0.09-0.9]	(<0.4)1.1-9.7 [(~<0.06)0.15-1.4]	4.3-11 [~0.6-1.5]	67-189 [~10-27]	0.04-0.4(0.7) [~0.006-0.06(0.1)]
9) Julshamm, 1981		0.46-0.60 [~0.07-0.09]	22-28 [~3-4]	(130-230) [~18-33]	6.1-9.8 [~0.9-1.4]	(380-1000) [~(55-140)]	
10) Julshamm og Eriksen, 1977			[0.08/0.32] ~0.6/~2.2	[0.1-4.4?] ~0.7/~31 ?	[1.5/<0.04?] ~10/<0.3 ?	[20/23.9] ~140/~165	
11) Karbe et al., 1978		0.1-0.5 [~0.02-0.1]	0.5-2.0 [~0.1-0.4]			38-139 [~7.6-28]	0.02-1.4 [~0.004-0.28]
12) Lände, 1977			1 - 3 [0.15-0.45]		5 - 13 [~0.7-1.9]	85-122 [~12-17]	1-(3) ? [~(0.3) ?]
13) Murphy og Crowley, 1976			[0.03-0.97] ~0.2-(7.0)?	[<0.01-(3.1)?] ~<0.07-(23)?	[0.08-1.4(4.0)] ~0.6-9.8(28)	[5.3-29.0] ~37-200	
14, 15) Philips 1977, 1978			0.6-1.9 [~0.08-0.3]	4-30(58) [~0.6-4.2(8.3)]		14-61(123) [~2-9(18)]	
16) Popham et al. 1980				<2-8 [~0.3-1.1]	~12-20 [~1.8-3.0]	~150-250 [~20-35]	
17) Theede et al., 1979			1.1-2.9 [~0.22-0.65]				
18) Tomlinson et al., 1980			0.6 <sup>±</sup> 0.4 [~0.09-0.05]	10.0 <sup>±</sup> 2.2 [~1.5 <sup>±</sup> 0.3]	7.0 <sup>±</sup> 0.5 [~1.0 <sup>±</sup> 0.7]	68.0 <sup>±</sup> 9.1 [~9.5 <sup>±</sup> 1.3]	

Tabell 2. (Fortsatt)

	Cr	Ni	Co	Fe	Mn	As	Se	DIV.
4) Boalch et al. 1981		0.3-8.4(35) 1.4-4.9 [~0.04-1.2(5)] [~0.2-0.7]	0.2-19.9 0.9-6.5 [~0.03-2.8] [~0.13-0.4]		1.0-206 8.0-37 [0.14-29] [1.1-5.3]			
5) Boyden, 1975		5 <sup>±</sup> 0.7 [~0.7]		87 <sup>±</sup> 11 [~12]	3 <sup>±</sup> 2.1 [~0.4]			
6) Bryan, 1980	2.5 [~0.5]	2.6 [~0.5]						
8) Goldberg et al. 1978		1.9-6.3 [0.25-0.9]		81-370 [~12-53]	8.9-18.0 [~1.3-2.6]			Al: 31-160 Sr: 19-56
Goldberg et al. Mytilus Crassostrea		2.1/1.0 2.5/1.7						Mg: ~0.6-0.8 Ca: ~2.6-5.2
Goldberg et al., 1978		0.4-3.7 [~0.06-0.5]						
9) Julshamm, 1981			0.5-1.0 [~0.07-0.14]	100-130 [~14-18]	9-19 [~1.3-2.5]			
10) Julshamm og Eriksen, 1977	[~0.15] /~1.0	[~0.6] /~4.2	[0.05/0.65?] ~0.35/~4.4?	[25/15.2] ~175/~106	[0.9/2.5] ~6.3/~18	~10/ [~1.4]	0.7 [~0.1]	
11) Karbe et al., 1978	0.4-5.7 [~0.08-1.1]	0.5-3.5 [~0.1-0.7]	0.2-1.0 [~0.04-0.2]	41-235 [8.2-47]		5.8-15 [~1.6-3.0]	1.5-5.7 [~0.3-1.3]	Au: 0.01-0.07 Sr: 15-46
12) Lande, 1977	4-8 [~0.6-1.1]	8-9 [~1.2]		112-789 [16-115]				
13) Murphy og Crowley, 1976	[~0.02-2.1(6.4)?] <0.14-(44)?				[0.7-3.4] ~5.0-24			
14, 15) Philips 1977, 1978				21-128 [~3-18]	4.9-35.5 [~0.7-5.1]			
18) Tomlinson et al., 1980	0.3 <sup>±</sup> 0.2 [~0.04 <sup>±</sup> 0.03]	1.0 <sup>±</sup> 0.2 [~0.15 <sup>±</sup> 0.03]		231 <sup>±</sup> 58 [~33 <sup>±</sup> 8]	8.0 <sup>±</sup> 2.1 [~1.1 <sup>±</sup> 0.3]			

konsentrasjonene høyere i april enn i oktober (resultat av gyting?). Ekstremverdien på 90 ppm tørrvekt er fra Scheldeestuaret i Nederland og må regnes som meget sterkt forurenset, selv om det ikke nevnes punktkilder.

3)

Mesteparten av dataene ble rapportert både på tørrvekts- og våtvektsbasis. Ekstremverdier relaterer seg til analyse av enkeltteksemplarer. Mesteparten av tørrvektkonsentrasjonene lå på under 1.0 mg/kg. Under 0.3 mg/kg våtvekt betraktes som hygienisk betryggende i følge

nyeste EF-retningslinjer (gjelder egentlig for konsentrasjoner i fisk).

4)

Disse data understrekes å være fra et uforurenset område. Det ble funnet avtagende konsentrasjoner med økende størrelse (2.5 — 5.5 cm, 0.5 — 5 g våtvekt) (Dette stemmer med andre observasjoner, muligens unntatt for Cd og Hg der Boyden (1977) fant h.h.v. konstant og økende konsentrasjon med økende størrelse). Regresjonsligninger for sammenheng mellom konsentrasjon og størrelse er angitt for Cd, Co, Cu, Pb, Mn, Ni

og Zn. For enkelte elementer kunne konsentrasjonen i enkeltteksemplarer variere over 3 størrelsesordener. Analyse av 20 individer enkeltvis reduserte standardavviket til ca.  $\pm 50\%$ . Det ble funnet til dels betydelige variasjoner i konsentrasjon gjennom året, men ingen bestemte sesongvariasjoner. De angitte verdier sies av forfatterne å tilsvare det andre har funnet, bortsett fra Mn, som ligger høyt. Blykonsentrasjonene anses noe usikre fordi rentromsteknikk ikke er benyttet. Ikke foretatt tarmrensing. Omregning til annen basis enn angitt er gjort her ut fra forholdet tørrvekt : våtvekt 1 : 7. Middelveidiene er månedsmidler av 20 eks.

5)

Middelveidiene av 10 enkeltanalyser (individer). Lokaliteten er en bukt dit det er mye avløp fra kjemisk industri. Høyere kadmiumverdier enn de siterte i østers og blåskjell nærmere utslippsstedet.

6)

Omregning fra tørrvektbasis til våtvektbasis er etter forfatterens forholdstall. Lokaliteten er forurenset med Ag og Pb, men dette synes best ved andre indikatorer (deposit-feeders), men det er markert for mulig ekstremverdi (Pb) eller usikkerhet (Ag) i tabellen. (Sammenlignes sølvkonsentrasjonen med data fra Goldberg et al. (1978), bekrefteas at belastningen med Ag ikke synes i *Mytilus*).

7)

Ekstremverdien for kvikksølv er fra et forurenset område.

8)

1. linje viser variasjonen i metallinnhold juni—november på to stasjoner i Narragansett Bay. Selv om variasjonen er

ca. 2—5 ganger, konkluderes det med at det ikke ble påvist noen signifikant sesongtendens.

2. linje viser konsentrasjonen av metaller i de to artene *Crassostrea virginica* og *Mytilus edulis*. (Det er også tidligere kjent at østers akkumulerer Cu i større grad enn blåskjell). Muligens er *Mytilus* en mer effektiv akkumulator av Pb. For sølv nevnes at en konsentrasjon på 2.3 mg/kg tørrvekt i blåskjell tyder på forurensning.

3. linje viser variasjonen mellom et 40-talls stasjoner på østkysten av USA i 1976. Det ble ikke funnet noen stasjoner med generelt forhøyede metallkonsentrasjoner, men en del steder var det noe høye konsentrasjoner av enkeltmetaller (i parentes i tabellen).

9)

De angitte konsentrasjoner er fra de 3 stasjonene i avstand 45—55 km fra Odda, dvs. ute i Hardangerfjordens hoveddel. Jevnført med data fra de i tabellen tidligere nevnte undersøkelser synes forhøyelsen i metallkonsentrasjonene å være stor for bly og kadmium, tydelig for sink, muligens litt for kvikksølv, men intet for kobber. De høye metallkonsentrasjonene er senere bekreftet ved i hvert fall to senere analyseserier (Knutzen, (1982) og upublisert materiale fra det Statlige program for forurensningsovervåking).

10)

De siterte konsentrasjoner er fra stasjonen på vestsiden av Flekkerøya, Kristiansand, dvs. lengst fra forurensningskildene, samt fra en antatt rentvannslokalitet. Verdiene fra rentvannslokaliteten står oppført først.

11)

De angitte konsentrasjoner gjelder 4—6 cm store muslinger fra området Nordfriesland. Konsentrasjonene er gitt på tørrvektbasis, men materialet er frysetørket, slik at restvanninnholdet er høyere enn ved varmetørring. Forfatterne angir en midlere omregningsfaktor fra tørrvekt til våtvektbasis på 1 : 4.8. For enkelthets skyld er 1 : 5 benyttet (mot eller 1 : 7). Det gis også opplysninger om en rekke sjeldne metaller.

12)

4—5 cm lange skjell, ca. 15 stk. i hver prøve. De siterte verdiene er fra stasjoner langt fra punktkilder (Vassvikken og Verdalsøra). Sølvkonsentrasjonene virker ikke tilforlatelige (for høye). Merkelig høy jernverdi fra Verdalsøra. (Også på resten av stasjonene, utenom Vassvikken, lå jernkonsentrasjonene høyt: ca. 700—1600 mg/kg tørrvekt).

13)

Lite trolige, meget høye kromverdier (Forfatterne opererer også med urealistisk høye kromverdier i sjøvann og angir ingen punktkilder).

14, 15)

Dataene er basert på 10 enkeltanalyser à 2 muslinger fra hver stasjon, nærmest mulig 35—45 mm. I tabellen er det bare tatt med data fra stasjon 22 og nordover, som av forfatteren alle hevdes å være uberørt av punktkilder.

På de øvrige stasjonene (ikke tatt med i tabellen) kan nevnes følgende konsentrasjoner (mest fra østkysten av Sverige og Østersjøen forøvrig). *Cd*: opp til 12.9 ppm (tørrvekt), (få verdier over 5 ppm); *Zn*: opp til 480 ppm (nær jernverk), *Pb*: opp til 264 (mange verdier 50—150 ppm),

*Fe*: opp til 1367 ppm (nær jernverk), flere verdier 100—500 ppm; *Mn*: opp til 91 ppm, mange verdier 30—50 ppm. Blykonsentrasjonene virker underlig høye i betraktning av at mange av stasjonene må ligge langt fra punktkilder. De ligger f.eks. generelt betydelig høyere enn hos Goldberg et al. (1978). På Oslofjordlokalitetene (Havneområdet — Malmøyakalven — Steilene) var det ingen konsentrasjonsgradienter, alle Pb-verdiene lå på 28—34 ppm (*Zn*: 26—66 ppm, *Fe*: 21—32 ppm, *Mn*: 5.1—8.1 ppm).

Forfatteren påpeker at konsentrasjonene av jern og bly var generelt høyere på steder med lav saltholdighet (men likevel relativt lave for bly nær Helsingfors og ellers i Finskebukta). Den tilsynelatende sterke blyforurensningen antydes forklart ved belastning via gateavrenning. Dette virker ikke uten videre overbevisende ved å jevnføre blykonsentrasjonene med befolknings- og industrisentra og de ulike avstandene til slike kilder.

16)

De siterte data er plukket ut fra stasjoner antatt å ligge minimum 2 km fra punktkilder. Artikkelen inneholder to eksempler på svære avstandsgradienter over meget korte strekninger. For bly sank f.eks. konsentrasjonen ca. 2 størrelsesordener over en avstand av ca. 30 m fra et kloakkoverløp fra Vancouver by. Forholdet illustrerer behovet for å ta mange prøver med kort avstand i nærheten av punktkilder.

17)

De siterte konsentrasjoner er fra stasjoner som av forfatteren anses å bare være diffust belastet. I andre områder, f.eks. Kielfjorden, ble det observert konsentrasjoner opp til 25—35 mg/kg tørr-



vekt. Dataene er middelverdier av analyse på enkelt-eksemplarer i et antall av ca. 10 i hver prøve, muslingene var i størrelsen 0.05—0.5 g tørrvekt. Standardavviket lå under 5—10%. Det var en tendens til at de minste eksemplarene hadde høyest kadmiumkonsentrasjon. På Østersjøstasjonene var konsentrasjonene stort sett 2—5 ppm. Tørrvekt var 1/7 — 1/4

av våtvekt, og 1/5 er brukt som felles omregningsfaktor.

18)

Disse bakgrunnsnivåene fra østkysten av Irland er gitt som middelverdier av de 7—8 enkeltprøver som viste lavest metallinnhold i en serie av prøver (25% av hele prøveserien).

### Referanser til tabell 2

- 1) ICES, 1980. The ICES Coordinated Monitoring Programme, 1977. Coop. Res. Rep. No. 98. International Council for the Exploration of the Sea, København, Des. 1980. 25 s. + 2 fig.
- 2) Joint Monitoring Group (Oslo- og Pariskonvensjonen) 1982: Assessment of the results of the Joint Monitoring Programme for 1979 and 1980: Cadmium in organisms. JMG 7/2/8-E. Jan. 1982. 26 s. Upubl.
- 3) Joint Monitoring Group (Oslo- og Pariskonvensjonen): Assessment of the results of the Joint Monitoring Programme for 1979 and 1980: Mercury in organisms. JMG 7/2/7-E. Jan. 1982. 12 s. + tabeller og figurer. Upublisert.
- 4) Boalch, R., Chan, S. og Taylor, D., 1981. Seasonal variation in the trace metal content of *Mytilus edulis*. Mar. Poll. Bull. 12 (8): 276—280.
- 5) Boyden, C. R., 1975. Distribution of some trace metals in Poole Harbour, Dorset. Mar. Poll. Bull. 6 (12): 180—186.
- 6) Bryan, G. W., 1980. Recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea. Helgoländer Meeresunters. 33: 6—25.
- 7) Davies, I. M. and Pirie, J. M., 1980. Evaluation of a "mussel watch" project for heavy metals in Scottish coastal waters. Marine Biol. 57: 87—93.
- 8) Goldberg, O. E., Bowen, V. T., Farrington, J. W., Harvey, G., Martin, J. H., Parker, P. L., Risebrough, R. W., Robertson, W., Schneider, E. og Gamble, E., 1978: The Mussel Watch. Env. Conserv. 5 (2): 101—125.
- 9) Julshamn, K., 1981. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway. VII. The contents of 12 elements, including copper, zinc, cadmium and lead in common mussel (*Mytilus edulis*) and brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*) relative to the distance from the industrial sites in Sørfjorden, inner Hardangerfjord. Fisk. Dir. Skr. Ser. Ernæring 1 (5): 267—287.
- 10) Julshamn, K. og Eriksen, J., 1977. Sporelementer i fisk, skalldyr og tang i og utenfor Kristiansand havn. Fiskeridirektoratets Vitamininstitutt. Rapport Nr. 1/77. 16 s. + tabeller.
- 11) Karbe, L., Schnier, C. og Niedergesäss, R., 1978. Trace elements in mussels (*Mytilus edulis*) from German coastal waters. International Council for the Exploration of the Sea. Rapport C. M. 1978/E: 24. 5 s. + figurer og tabeller. Upubl.
- 12) Lande, E., 1977. Heavy metal pollution in Trondheimsfjorden, Norway, and the recorded effects on the flora and fauna. Environ. Pollut. 12: 187—198.

- 13) Crowley, M. og Murphy, C., 1976. Heavy metals in mussels and sea-water from the Irish coast. Fishery Leaflet No 81. Dept. of Agriculture and Fisheries. Fisheries Division, Dublin. 950 + fig.
- 14) Philips, D. J. H. 1977. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of trace metals in Scandinavian waters. I. Zinc and cadmium. Mar. Biol. 43: 283—291.
- 15) Philips, D. J. H. 1978. The common mussel *Mutilus edulis* av an indicator of trace metals in Scandinavian waters. II. Lead, iron and manganese. Mar. Biol. 46: 147—156.
- 16) Poham, J. D., Johnson, D. C. og Auria, J. M., 1980. Mussels (*Mytilus edulis*) as "point source" indicators of trace metal pollution. Mar. Pollut. Bull. 11: 261—263.
- 17) Theede, H., Andersson, I. og Lehnberg, W., 1979. Cadmium in *Mutilus edulis* from German coastal waters. Meeresforschung 27 (3): 147—155.
- 18) Tomlinson, D. L., Wilson, J. G., Harris, C. R. og Jeffrey, D. W., 1980: Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. Helgoländer Meeresunters. 33: 566—575.

#### *Øvrige henvisninger*

- Boyden, C. R., 1977. Effect of size upon metal content of shellfish. J. Mar. Biol. Ass. Ass. 57: 675—714.
- Knutzen, J., 1979. Benthosalger og moser som metallindikatorer. VANN 1 (1979): 134—139, med tillegg av rettelse i VANN 1 (1980): 149.
- Knutzen, J., 1982. Eksempler på forekomst av miljøgifter i norske fjorder. VANN 2 (1980): 249—261.
- The International Mussel Watch. National Academy of Sciences. Washington D.C. 1980. 248 s.