

CA 81-06

Kwikgehaltenes in snoek en snoekbaars
afkomstig uit het Oude Veer nabij
Anna Paulowna (Noord-Holland).

H. Pieters en N. Wassenaar

CA 81-06

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

Haringkade 1 - Postbus 68 - IJmuiden - Tel. (02550) 1 91 31

Afdeling: Chemisch Onderzoek

Rapport: CA 81-06
Kwikgehaltenes in snoek en snoekbaars
afkomstig uit het Oude Veer nabij
Anna Paulowna (Noord-Holland).

Auteur: H. Pieters en N. Wassenaar

Project: 2-7120

Projectleider: H. Pieters

Datum van verschijnen: Oktober 1981

Inhoud:

- I Samenvatting
- II Inleiding
- III Beschrijving oppervlaktewater
- IV Monsternamen en methoden
- V Resultaten
- VI Discussie
- VII Referenties

**DIT RAPPORT MAG NIET GECITEERD WORDEN ZONDER TOESTEMMING VAN DE
DIRECTEUR VAN HET R.I.V.O.**

229 3107

I SAMENVATTING

Snoek en snoekbaars monsters, verzameld in het winterseizoen van 1979/1980 en 1980/1981 en afkomstig uit het zoetwatermeer "Oude Veer", zijn onderzocht op het totaalkwikgehalte. De gemiddelde gehalten in snoekbaars bedroegen respectievelijk $1,1 \pm 0,2$ mg/kg en $0,9 \pm 0,2$ mg/kg kwik. Tussen het totaal kwikgehalte en de lengte van de snoekbaars bleek een sterk lineair verband te bestaan ($R = 0,86$). Met behulp van lineaire regressie kon het verschil in gehalte van beide bemonsteringen dan ook geheel worden toegeschreven aan het verschil in gemiddelde lengte van beide monstergroepen. In de periode december 1979 - januari 1981 is zodoende geen verandering in de kwikbelasting van snoekbaars uit het Oude Veer geconstateerd.

Gehalten aan kwik in de gevangen snoeken lagen op hetzelfde niveau als voor snoekbaars, namelijk $1,0 \pm 0,2$ mg/kg.

Als oorzaak van het hoge kwikgehalte in vis uit het Oude Veer is gewezen op het verbruik ter plaatse van kwikbevattende ontsmettingsmiddelen in het verleden in de bloembollenteelt en op het heden nog toegestane verbruik in de pootaardappelenteelt.

Ook nalevering van in de loop der tijd in het bodemsediment opgeslagen kwik kan een bron zijn voor de vastgestelde belasting van de vis met kwik.

II INLEIDING

Tot de sectoren van menselijke activiteit, waarin in de afgelopen decennia aanzienlijke hoeveelheden kwik zijn verbruikt en in 't milieu zijn terecht gekomen, behoort naast de industrie ook het agrarische bedrijf. Kwik en kwikverbindingen werden en kunnen ook nu nog, zij het op beperkte schaal, worden toegepast als bestrijdingsmiddel en als ontsmettingsmiddel in de bloembollenteelt en bij de teelt van pootaardappelen (1, 2, 3). In 1973 is het gebruik van kwikbevattende zaadontsmettingsmiddelen voor aardappelen en bloembollen drastisch ingeperkt, met tevens de verplichting tot het filteren van de verbruikte, kwikhoudende dompelvloeistoffen.

Als gevolg van het gebruik van kwikverbindingen in de bloembollenteelt werden in het verleden plaatselijk soms zeer hoge kwikgehalten in bodemsediment en organismen van sloten en kanalen gevonden. Scholte Ubing (4) vermeldt waarden van 0,03 tot 0,05 mg/l in verschillende vaarten in de bollenstreek in Rijnland (Rapport Rijnland, 1956). Voor het bloembollengebied in de Anna Paulownapolder werden in open water gehalten aan organisch kwik van 0,38 tot 5,2 µg/l gevonden (4). In niet verontreinigd oppervlaktewater ligt het kwikgehalte beneden de 0,1 µg/l. Door ophoping in aal en snoek kwamen gehalten voor van 0,5 tot 4,4 mg/kg versgewicht. Roskam (5) vond een waarde van + 5 mg/kg in snoek afkomstig van Breezand, terwijl uit onderzoek in 1968 waarden in snoek bekend zijn die oplopen tot 8,9 mg/kg (6).

Het merendeel van de gedurende tientallen jaren gebruikte kwikverbindingen is door adsorptie opgeslagen in het bodemsediment van oppervlaktewateren (7, 8). Door desorptieprocessen (nalevering) vanuit de bodem is het mogelijk dat ophoping in bodemorganismen en vissen optreedt lang nadat het verbruik en de lozing van kwik in het betreffende gebied is gestaakt (9, 14). Het hier beschreven onderzoek is er opgericht de kwikgehalten te bepalen in snoek en snoekbaars, afkomstig uit het Oude Veer gelegen in de bollenstreek, nabij Anna Paulowna, Noord-Holland, teneinde een indruk te verkrijgen over de invloed van in het verleden getroffen maatregelen het kwikgebruik in de landbouw terug te dringen. De bemonstering heeft plaatsgevonden in de winters van 1979/1980 en 1980/1981. In dit rapport worden de resultaten beschreven en de consequenties nader toegelicht.

III Beschrijving van het bemonsterde oppervlaktewater

Het Oude Veer is een oude wadgeul met een oppervlakte van 3,27 km², die het oostelijke deel (zavel) van de droogmakerij (1847), de Anna Paulownapolder scheidt van het zandige westelijke deel, waar voornamelijk bloembollenteelt voorkomt. In de Oostpolder vindt hoofdzakelijk akkerbouw plaats (pootaardappelen).

De afwatering van het gebied met bloembollenteelt geschiedt via het van Ewijckskanaal op het Balgzandkanaal en uiteindelijk op de Waddenzee; voor het oostelijke gebied via het Oude Veer

op het Balgzandkanaal. Het westelijke deel heeft een hoge bemaling met een zomerpeil van NAP 0,60 m en het oostelijke deel, inclusief het Oude Veer heeft een lage bemaling met een zomerpeil van NAP -2,90 m. Beide gebieden staan niet met elkaar in verbinding.

IV Monsternamen en Methoden

Het verkrijgen van monsters geschiedde met behulp van staande netten. Na transport naar het laboratorium werden de vismonsters ingevroren bij -30° C totdat verwerking kon plaatsvinden. Van elke vis werd de lengte en het gewicht gemeten, alsmede enkele schubben genomen voor de leeftijdsbepaling, uitgevoerd door de Zoetwaterafdeling van het RIVO. Tevens werd het geslacht vastgesteld. Een hoeveelheid van 150 à 200 gram spierweefsel uit het staartstuk van elke vis is verwerkt tot een homogenaat. Een hoeveelheid van ± 1 gram hiervan werd gedestruëerd onder verhoogde druk bij 150° C volgens het voorschrift beschreven in het rapport CA 81-03 (10). De bepaling van het kwikgehalte geschiedde in duplo volgens de eveneens in dit rapport beschreven methode met behulp van vlamloze atoomabsorptie.

V Resultaten

De tabellen I en II vermelden het kwikgehalte in de individuele vissen voor respectievelijk de bemonsteringen in de winter van 1979/80 en 1980/81. Naast het gewicht en de lengte is ook de leeftijd en het geslacht gegeven. Het kwikgehalte in snoekbaars, gevestigd in december '79 en januari '80, varieerde van 0,99 tot 1,66 mg/kg met een gemiddelde van $1,1 \pm 0,2$ mg/kg kwik ($n=10$). Voor de bemonstering in december '80/ januari '81 liggen de waarden tussen 0,50 en 1,19 mg/kg met een gemiddelde van $0,9 \pm 0,2$ mg/kg kwik ($n=15$). De kwikgehaltenes in snoek wijken nauwelijks af van die in snoekbaars.

Een grafiek van het kwikgehalte uitgezet tegen de lengte van de vissen (figuur 1) voor de resultaten uit de bemonstering 80/81 levert een lineair verband op met een correlatiecoëfficiënt van 0,86. In dezelfde figuur zijn de gegevens van de bemonstering 79/80 ingetekend, waaruit een redelijke correlatie met eerstgenoemde regressiecurve blijkt. Het met behulp van de regressielijn ($y=0,0198 x -0,4$) berekende gemiddelde kwikgehalte in 1979/80, uitgaande van de resultaten van 1980/81 bedraagt 1,2 mg/kg kwik. Deze berekende waarde komt goed overeen met de eerder genoemde meetwaarde van 1,1 mg/kg. Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden, dat het verschil in de gemeten kwikgehaltenes van beide bemonsteringen grotendeels verklaard wordt door het verschil in de gemiddelde lengte van de gevangen snoekbaarsen (zie figuur 1). Een en ander duidt op een bestendiging van de kwikvervuilingsgraad in snoekbaars uit het Oude Veer over de periode 1979-1981. Wanneer het kwikgehalte van de snoekbaars werd uitgezet tegen de leeftijd werd eveneens een lineair verband verkregen (figuur 2). Dit verband wordt door de volgende regressielijn weergegeven:

Kwikgehalte in mg/kg = 0,09 x leeftijd (jaar) + 0,22

D.w.z. dat de gemiddelde toename per jaar van het kwikgehalte 0,09 mg/kg bedraagt.

VI Discussie

Snoekbaars en snoek uit het Oude Veer bevatten aanzienlijke hoeveelheden totaalkwik, waarvan het grootste gedeelte uit methylkwik zal bestaan (8, 11, 12). In figuur 1 is te zien, dat bij toenemend lengte het totaalkwikgehalte stijgt. In snoekbaars met een lengte van meer dan 70 cm bestaat daardoor een grote kans een kwikgehalte aan te treffen, dat boven de in de USA en de BRD gehanteerde norm van 1 mg/kg ligt. Uit de tabellen I en II valt af te lezen, dat snoekbaars met een dergelijke lengte een leeftijd heeft van ongeveer 10 jaar of ouder. Van nature voorkomende gehalten in baars en snoekbaars liggen op een niveau beneden de 0,5 mg/kg (13, 14).

Voor verscheidene vissoorten, zowel zoetwatervis als zeevis, is in studies naar de kwikaccumulatie een lineair verband gevonden tussen het kwikgehalte en de leeftijd van de vis (13, 15, 16, 17, 18, 19, 20). De hellingshoek van de curve, die dit verband weergeeft, en dus de snelheid van kwikophoping in het spierweefsel van de vis, blijkt afhankelijk te zijn van de kwikbelasting van het vangstgebied (13, 17, 18) en de soort (18, 19). In tabel III is een aantal literatuurgegevens bijeen gebracht.

In oppervlaktewateren zonder direkt aanwijsbare kwikverontreiniging ligt de jaarlijkse, gemiddelde toename van het totaalkwikgehalte voor verschillende soorten op 0,04 mg/kg/jaar of lager. In sterk met kwik verontreinigde meren (Marmen meer, ref. 17) is deze toename een factor of meer hoger (zie tabel III). In roofvissen uit een marien milieu, waarin nauwelijks of geen sprake is van kwikverontreiniging worden vaak hogere kwikgehalten aangetroffen. De oorzaak hiervan is dat deze vissoorten naast een langere levensduur ook een plaats aan het einde van de voedselketen innemen.

Het Mälaren meer in Zweden was tot 1970 een voorbeeld van een oppervlaktewater met een diffuse kwikbelasting, namelijk een kwiklozing op grote afstand en in de nabijheid de agrarische toepassing van kwikbevattende ontsmettingsmiddelen. Snoek van zeven jaar oud bleek een kwikgehalte te hebben van omstreeks 0,8 mg/kg (13). De gemiddelde, jaarlijkse stijging van het kwikgehalte bedroeg 0,13 mg/kg/jaar.

Enigszins vergelijkbaar hiermee is de situatie rond het Oude Veer. De gemiddelde jaarlijkse stijging van het kwikgehalte in snoekbaars bedraagt hier 0,09 mg/kg/jaar, terwijl dit water gelegen is in een agrarisch gebied, o.a. met bloembollenteelt. Voor beide meren geldt dat de toename per jaar van het kwikgehalte in snoek of snoekbaars een factor 3 tot 4 hoger ligt dan in schoon geachte watergebieden (zie ook tabel III), hetgeen wijst op de aanwezigheid van een vervuiliingsbron van kwik in de onmiddellijke nabijheid van het Oude Veer.

Twee mogelijke oorzaken hiervoor zijn aan te geven.

Kwikverbindingen in het verleden gebruikt voor de ontsmetting van bloembollen en pootaardappelen kunnen zich hebben vastgezet aan het bodemsediment van het Oude Veer en de hiermee in verbinding staande wateren. Door mobilisatieprocessen kan echter voortdurend kwik vanuit de bodem weer in het oppervlaktewater terecht komen en dan beschikbaar zijn voor ophoping in aquatische organismen (21, 22, 23).

In het schema van figuur 3 is een overzicht gegeven van de processen die het gedrag van kwik in het milieu bepalen. Het door erosie en menselijke activiteiten als Hg^{2+} in het milieu terechtgekomen kwik wordt snel aan zwevend materiaal geadsorbeerd (8, 24) en verdwijnt na sedimentatie in het bodemslib. Vooral binding aan organisch materiaal speelt hierbij een grote rol naast de binding aan kleideeltjes. Er bestaat dan ook een positieve correlatie tussen het voorkomen van kwik in sediment en een hoog organisch stofgehalte (25, 26). Het kwikion Hg^{2+} is beschikbaar voor veel omzettingen in andere kwikverbindingen. Het overgrote deel zal onder gedeeltelijk anaerobe omstandigheden worden omgezet in kwiksulfide (HgS), hetgeen door thiobacteriën weer kan worden geoxideerd tot het Hg_2^{2+} ion. Dit laatste ion is in evenwicht met Hg^{2+} en metallisch Hg^0 (27, 28).

Door omwoeling van bodemsediment door in de bodem levende organismen (bioturbatie, zie ref. 29, 30) kunnen in diepere lagen opgeslagen kwikverbindingen weer aan de oppervlakte worden gebracht. Een belangrijke factor in dit proces speelt het poriënwater, dat hoge gehalten aan nutriënten en andere verbindingen, die primair aan het sediment zijn geadsorbeerd, bevat (31). Het aanwezige tweewaardige kwik kan door bacteriële werking in andere stoffen worden omgezet, waarvan de omzettingen tot de organische kwikverbindingen, methyl- en dimethylkwik m.b.v. methylcobalamine (Vitamine B12) de belangrijkste zijn (32). Deze verbindingen komen vrij snel in het bovenstaande oppervlaktewater terecht. Het vluchtige dimethylkwik zal naar de lucht kunnen ontwijken, terwijl methylkwik, óf via de voedselketen óf direkt door de kieuwen door vissen kan worden opgenomen (21, 23, 28, 33). Overigens bevindt verreweg de meeste (> 99,9 %) kwik zich in het sediment in de anorganische vorm (26, 28). Ook kan kwik gemobiliseerd worden door interacties met humuszuren, waardoor metallisch kwik ontstaat, dat eenmaal in het water gekomen door vissen opgenomen kan worden (34).

De mate waarin kwik zich ophoopt in vis is naast de vervuilingsgraad afhankelijk van andere milieuparameters. Häkanson (35) heeft een model beschreven waarin het kwikgehalte in vis gecorreleerd wordt aan de pH van het water en het biologische produktieniveau van het betreffende gebied.

Naast nalevering vanuit de bodem van het Oude Veer is een tweede mogelijkheid ter verklaring van de hogere gehalten aan kwik in de vis een nog steeds plaatsvinden van geringe kwiklozingen op het betreffende oppervlaktewater. Dit kan zijn een lozing van gebruikte ontsmettingsmiddelen op kwikbasis, waarvan het gebruik is toegestaan (3), in hetzij de bloembollenteelt, hetzij de teelt van pootaardappelen.

Daar het Oude Veer slechts water ontvangt uit het oostelijke deel van de Anna Paulownapolder, waarin de teelt van pootaardappelen plaatsvindt, is de mogelijkheid zeer wel aanwezig, dat het hoge kwikgehalte in snoek en snoekbaars uit het Oude Veer in direkte relatie staat tot het nog steeds toegestane kwikgebruik als ontsmettingsmiddel in de pootaardappelteelt ter plaatse.

VII - Referenties

1. Goeij, J.J.M. en J.P.W. Houtman. - Kwik in het milieu. Chemisch Weekblad nr. 10(1971) blz. 13 -
2. W.J. Teunissen et al. - Kwik, een balans voor Nederland over 1974. Verkenningen van het JvM. - V.U. Serie C nr 5 (1976).
3. Bericht No 80.26 (1980). Bestrijding van lakschurft. (Rhizoctonia-ziekte) bij aard-appelen. Plantenziektkundige dienst.
4. Scholte-Ubing, D.W., (1971). - Milieuverontreiniging met kwik en kwikver-bindingen. Werkrapport A 60. JG-TNO.
5. Roskam, R. Th. - Kwik in vis uit de Nederlandse binnenwateren. TNO-nieuws 26(1971) 390.
6. - Ongepubliceerde RIVO gegevens.
7. Jernelöv, A. (1969). - Nord. Hyg. Tidstr. 50(1969) 174.
8. Nriagu, J.O. - "The Biogeochemistry of mercury in the environment", ed. by J.O. Nriagu (1979), Elsevier.
9. - "Methylmercury in fish", a toxicologic-epide-miologic evaluation of risks, Nordisk Hygienisk Tidskrift, syppl. 4, Hfst. 4, Stockholm, 1971.
10. Pieters, H., N. Wassenaar en J. Geerdes. - Totaal kwikbepaling (RIVO methode) en een kwikonderzoek in rode aal uit Nederlandse oppervlaktewateren. RIVO-rapport CA 81-03.
11. Noren, K., and G. Westö. - Metylvicksilver i fisk. Var Foeda 19(1967) 13-17.
12. Westö, G. - Kvicksilver - och metylvicksilverhalien i några animala livsmedel augusti 1967 - oktober 1969. Var Foeda 21(7), (1969) 137.
13. Johnels, A.G. et al. - Pike and some other aquatic organisms in Sweden as indicators of mercury contamination in the environment. Oikos 18 (1967) 323.
14. Holden, A.V. - Mercury in fish and shellfish, a review. J. Fd Technol. 8 (1973) 1 - 25.
15. Bache, C.A. et al. - Residues of Total Mercury and Methylmercuric Salts in Lake Trout as a Function of Age. Science 172(1971) 951.

16. Westöb, G.,
- Methylmercury as Percentage of Total Mercury in Flesh and Viscera of Salmon and Sea Trout of Various Ages. Science 181 (1973) 567.
17. Berglund, K., and M. Olsson.
- Kvicksilverhalten hos gädda (*Esox lucius* L.) i relation till dens vikt, längd, ålder och kön. Forskningsavdelningen (14-12-1970). Naturhistoriska Riksmuseet.
18. Topping, G., and W.C. Graham.
- Mercury levels in ling (*Molva molva*), dogfish (*Squalus acanthias*) and blue whiting (*Micromeristius poutassou*) in relation to age, length, weight and sampling area. ICES paper CM 1978/E:34.
19. Aldrin, J.F. et al,
- Teneur en mercure du Thon Albacore (*Thunnus albacares*) Recueil de Médecine Veterinaire 149(6)(1973) 779.
20. Topping, G., and W.C. Graham.
- Some observations on the mercury content of the North Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) ICES paper CM 1977/E:39.
21. Windom, H., et al
- The role of methylmercury production in the transfer of Mercury in a Salt Marsh Ecosystem. Estuarine Coast. Mar. Sci 4 (1976) 579.
22. Kudo, A.
- Mercury transfer from bed sediments to freshwater fish (Guppies). J. Environ. Qual. 5(4)(1976)427.
23. Gillespie, D.C.
- Mobilization of Mercury from sediments into Guppies. J. Fish. Res. Board Can. 29(7)(1972) 1035.
24. Farrah, H., and W.F. Pickering.
- The sorption of mercury species by clay minerals. Water, Air and Soil Pollution 9 (1978) 23.
25. Gavis, J., and J.F. Ferguson.
- The cycling of mercury through the environment. Water Research 6(1972) 989.
26. Bartlett, P.D., and P.J. Craig.
- Total Mercury and methyl mercury levels british estuarine sediments - II. Water Research 15 (1981) 37.
27. Wood, J.M.
- Biological Cycles for Toxic Elements in the Environment. Science 183 (1974) 1049.
28. George, S.G.,
- Mechanisms of metal uptake and accumulation from sediments by aquatic organisms. Working Group of Health Implications of accumulation of Micropollutants on river sediments. ICP/RCE 101(9)/7 Trier, 1980.

29. Boddington, M.J. et al. - The effect of Benthic Invertebrates on the clearance of Mercury from sediments.
Ecotox Environ. Safety 3 (1979) 236.
30. Ray, S. and D.W. McLeese. - Bioavailability of chlorinated hydrocarbons and heavy metals in sediments to marine invertebrates.
ICES paper, MEQC CM 1980/E:20.
31. Ridley, W.P. et al. - Biomethylation of Toxic elements in the environment. Science 197(1977) 329.
32. Bisogni, J.J., and A.W. Lawrence. - Kinetics of mercury methylation in aerobic and anaerobic aquatic environments.
J. Water Poll. Control.Fed. 47(1) (1975) 135.
33. Akagi, H. et al. - Mercury Methylation and Partition in Aquatic Systems.Bull. Environm. Contam. Toxicol. 23(1979) 372.
34. Miller, R.W. et al. - Mobilization of mercury from freshwater sediments by humic acid.
Mineral Cycling in Southeasters Eco-systems.
ERDA Symposium, Howell F.G. ed. 1975, CONF 740513.
35. Hakanson, L. - The quantitative impact of pH, bio-production and Hg-contamination on the Hg-content of fish.
Environmental Pollution (Series B) I (1980) 285.

TABEL I - Kwikgehalten in snoek en snoekbaars uit het Oude Veer.
Winter 79/80.

nr.	lengte cm	gewicht kg.	geslacht		leeftijd jaar	Hg gehalte mg/kg.
			♂	♀		
snoekbaars						
1	87,5	7,5		x	11	1,08
2	81,8	5,2		x	10	0,99
3	94,2	8,6		x	15	1,66
4	81,8	5,1		x	11	1,00
5	75,0	4,3		x	10	1,13
6	80	4,8		x	11	1,04
7	73	3,2	x		10	1,14
8	77,8	3,6		x	11	1,25
9	76,9	3,8		x	10	1,19
10	74,5	3,7	x		8	0,99
snoek						
1	75,7	3,5				1,06
2	63,5	1,9				0,92
3	101,0	9,9				1,14
4	76,8	4,4				0,86

TABEL II - Kwikgehalten in snoek en snoekbaars uit het Oude Veer.
Winter 80/81.

nr.	lengte cm.	gewicht kg.	geslacht		leeftijd jaar	Hg gehalte mg/kg
			♂	♀		
snoekbaars						
1	51	1,3	x		6	0,53
2	59,5	1,8		x	6	0,54
3	64,6	2,4		x	6	0,90
4	70,6	2,8		x	8	1,16
5	65	2,2		x	7	0,99
6	81,0	5,4		x	10	1,22
7	78,8	4,4		x	11	1,14
8	62,7	2,3	x		7	0,77
9	67,4	2,5	x		8	1,01
10	58,3	1,8		x	6	0,67
11	61,0	1,8	x		6	0,86
12	67,0	2,9	x		8	0,93
13	66,9	2,5		x	7	1,19
14	68,9	2,9		x	7	0,90
15	49,4	1,1	x		6	0,50
snoek						
1	84	4,5		x		0,87
2	67,5	2,6		x		1,32

Tabel III: Overzicht van Literatuurgegevens omtrent de relatie tussen het kwikgehalte en de leeftijd van de vis. Een globale indeling naar kwikvervuilingsgraad is aangegeven.

Vissoort:	Herkomst:	Maximaal gevonden kwik- gehalte in mg/kg. (leeftijd)	Correlatiefactor: R	Hg toename in mg/kg/jaar	Vervuilings- graad:	Ref:
ZOET OPPERVLAKTEWATER						
Snoek	Storvindeln meer	0.25 (4 jaar)	lineair 0.84	0.04	--	17
	Marmen meer	3 á 4 (6 jaar)	" 0.84	0.78	++	17
Snoek	Mälaren meer (zwezen)	0.8 (7 jaar)	" 0.94	0.13	+	13
Snoek- baars	Oude Veer (Nederland)	1.66 (15 jaar)	" 0.81	0.09	+	dit rap- port
Zalm	kweekvijver (Zweden)	0.3 (5 - 7 jaar)	" 0.88	0.037	--	16
Forel	Cayuga meer (Ithaca, NY)	0.6 (10 - 12 jaar)	" 0.84	0.03	--	15
MARIEN MILIEU						
Tonijn	Atl. Oceaan ten westen Dakar	1.0 (6 jaar)	" n.b.	0.13	--	19
Heilbot	Noord Atl. Oceaan	0.9 (17 jaar)	" 0.85	0.074	--	20
Hondshaai	North Minch	0.5 (18 jaar)	" n.b.	0.009	--	18
	South Minch	0.8 (23 jaar)	" n.b.	0.02	--	18

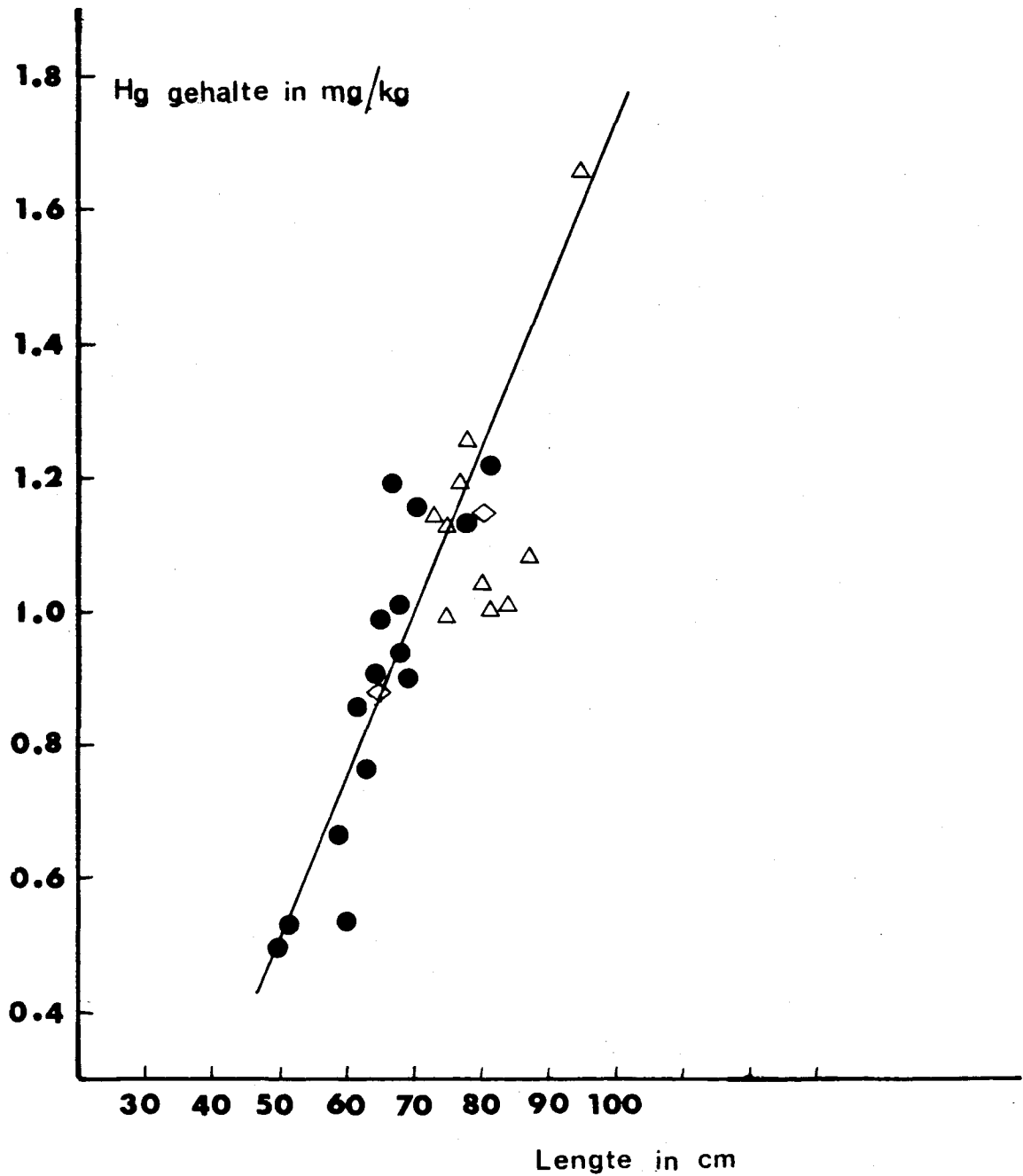
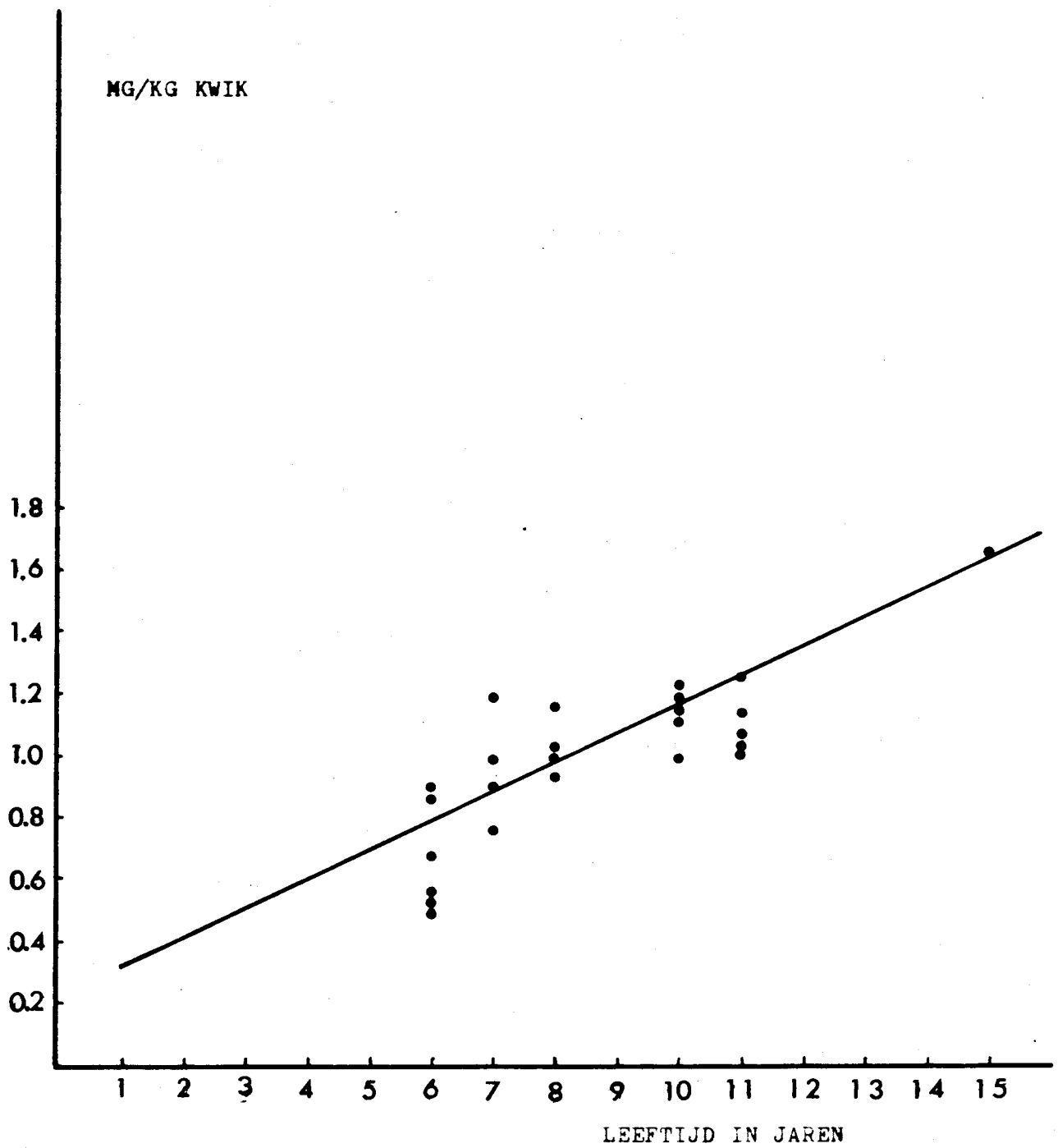


Fig.1: Verband tussen het kwikgehalte en de lengte van snoekbaars uit het Oude Veer.

△ winter ~~79/80~~

● winter ~~80/81~~

◇ gemiddelde waarden



Figuur 2: Het kwikgehalte in snoekbaars afkomstig uit het Oude Veer in relatie tot de leeftijd.

Fig. 3:

SCHEMA: BIOLOGISCHE CYCLUS VAN KWIK

opslag in sediment en mobilisatie.

