MILJØGIFTER I FISK OG FISKEVARER 2019

Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum

RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2020-25

Tittel (norsk og engelsk):

Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2019

Contaminants in fish and fish products 2019

Undertittel (norsk og engelsk):

Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum

Organic contaminants, heavy metals, 3-MCPD and glycidyl esters in marine oils for human consumption

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2020-25	19.08.2020

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Bente Nilsen, Martin Wiech og Monica Sanden (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Monica Sanden (Fremmed- og smittestoff (FRES))
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre Programleder(e): Livar Frøyland

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15462

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Oppdragsgivers referanse:

M17120 Tiltaksnummer 43390

Program:

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)

Antall sider:

23

Sammendrag (norsk):

Ti ulike marine oljer til humant konsum, tre fiskeoljer, tre seloljer, tre krilloljer og en raudåteolje, ble analysert for dioksiner, dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere, arsen, kadmium, kvikksølv, bly, selen, 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere. Prosjektet er gjennomført på oppdrag fra Mattilsynet, og alle analysene ble utført med metoder akkreditert i henhold til NS-EN ISO 17025. Resultatene viste at det var stor variasjon i innholdet av organiske miljøgifter mellom de ulike marine oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde nivåer over gjeldende øvre grenseverdier i Norge og EU for lovlig omsetning av marine oljer. De høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter ble funnet i de tre seloljene og i en laks- og villfisk-olje, mens resten av oljene hadde betydelig lavere nivåer av de organiske miljøgiftene. Konsentrasjonene av tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly var svært lave og lå under kvantifiseringsgrensene for nesten alle oljene. Kun raudåteoljen hadde en forholdsvis høy konsentrasjon av kadmium på 0,77 mg/kg våtvekt, som likevel lå under øvre grenseverdi for kadmium i kosttilskudd. Konsentrasjonen av arsen varierte mye mellom oljene, og var høyere i krilloljene og raudåteoljen enn i de øvrige oljene. Det var også betydelig variasjon i nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere mellom oljene, men ingen av oljene hadde nivåer over verdiene som er foreslått som nye grenseverdier for disse forbindelsene i marine oljer til humant konsum.

Sammendrag (engelsk):

Ten different marine oils for human consumption; three fish oils, three seal oils, three krill oils and one oil from *Calanus finmarchicus*, were analysed for dioxins, dioxin-like PCBs, non-dioxin-like PCBs, polybrominated flame retardants, arsenic, cadmium, mercury, lead, selenium, 3-MCPD, 3-MCPD esters and glycidyl esters. The project was commissioned by the Norwegian Food Safety Authority, and all analyses were performed using methods accredited according to NS-EN ISO 17025. The results showed a large variation in the levels of organic contaminants between the different oils investigated, but none of the oils exceeded the EU maximum levels for these contaminants in marine oils. The highest levels of organic contaminants were found in the three seal oils and a salmon and wild fish oil, whereas all the other oils had significantly lower levels of the organic contaminants. The concentrations of the heavy metals cadmium, mercury and lead were very low and below the limit of quantification for almost all the oils. Only the oil from *Calanus finmarchicus* had a relatively high concentration of cadmium of 0.77 mg/kg wet weight, which was nevertheless still below the maximum level applicable for cadmium in food supplements. The arsenic concentrations varied much between the oils and was higher in the krill oils and the oil from *Calanus finmarchicus* than in the other oils investigated. There was also a large variation in the levels of 3-MCPD, 3-MCPD esters and glycidyl esters between the oils, but none of the oils exceeded the proposed new maximum levels for these compounds in marine oils for human consumption.

Innhold

1 Innledning 5

2 Materiale og Metoder 6

2.1 Prøveinnsamling og -opparbeiding 6

2.2 Analyser 6

3 Resultater 9

3.1 Dioksiner og dioksinlignende PCB 9

3.2 Ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og polybromerte flammehemmere (PBDE7) 10

3.3 Metaller 12

3.4 MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere 12

4 Diskusjon 15

5 Konklusjon 18

6 Anbefalinger 19

7 Referanser 20

1 - Innledning

Overvåkingsprogrammet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» gjennomføres på oppdrag fra Mattilsynet, Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler, og ble startet i 2008 for å kartlegge ulike problemstillinger knyttet til norsk sjømat. Programmet er en videreføring av en kartlegging av dioksiner og PCB som startet i 2003 på bakgrunn av en anbefaling fra EU-kommisjonene for å innhente data til risikovurderinger og fastsettelse av grenseverdier.

Programmet har undersøkt ulike typer sjømat hvert år og de siste årene har det vært analysert miljøgifter i makrell, ål og svolværpostei (Julshamn og Frantzen, 2009), brisling og brislingprodukter (Julshamn m.fl., 2011), dypvannsfisk og skalldyr fra Hardangerfjorden (Måge m.fl., 2012), kongekrabbe (Julshamn m.fl., 2013a), Atlantisk kveite (Nilsen m.fl., 2016) og snabeluer/vanlig uer (Nilsen m.fl., 2020). I tillegg har programmet hvert år undersøkt innholdet av miljøgifter i kommersielle marine oljer til humant konsum (Julshamn og Frantzen, 2009 og 2010, Julshamn m.fl., 2011, Måge m.fl., 2012, Julshamn m.fl., 2013a, Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016, Nilsen m.fl., 2017, Nilsen og Sanden 2018 og 2019).

I programmet for marine oljer har hovedfokus vært på innholdet av dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB og polybromerte flammehemmere (PBDE). Urensede marine oljer kan ha svært høye nivåer av disse fettløselige organiske miljøgiftene, og marine oljer til humant konsum må derfor som regel renses for å redusere innholdet av disse fremmedstoffene til et lovlig nivå. Overvåkning av innholdet av organiske miljøgifter i det brede utvalget av konsumferdige marine oljer er viktig for å kontrollere at renseprosedyrene som benyttes er gode nok til å sikre at nivåene av de organiske miljøgiftene ikke overskrider EUs og Norges øvre grenseverdier for lovlig omsetning. Fra 2018 har også innholdet av 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-fettsyreestere (3-MCPDE) og glysidylfettsyreestere (GE) vært undersøkt i de marine oljene. Disse forbindelsene dannes under raffinering av oljer og har flere ulike toksiske effekter. I en risikovurdering publisert i 2016 konkluderte EFSA (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) at eksponering for 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere fra mat er en potensiell helserisiko for barn under 10 år (EFSA CONTAM Panel, 2016). Nye grenseverdier er under utarbeidelse for summen av 3-MCPD og 3-MCPD-estere i vegetabilske og marine oljer og for glysidylestere i marine oljer.

I perioden 2007-2018 har totalt 144 prøver av kommersielle marine oljer til humant konsum vært analysert i dette overvåkningsprogrammet. Både fiskeoljer, seloljer, krilloljer, en raudåteolje, en hvalolje og tre oljer framstilt fra marine mikroalger har vært undersøkt, og blant disse oljene har kun to havmusleveroljer og en haileverolje analysert i 2014, en havmusleverolje, en selolje og en hvalolje analysert i 2015 og en torskeleverolje og en havmusleverolje i 2016 hatt overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter (Nilsen og Måge, 2015 og 2016, Nilsen m.fl. 2017). De fleste av oljene med nivåer over grenseverdiene har vært kaldpressede oljer. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere ble undersøkt for ti marine oljer i 2018, og resultatene viste at nivåene lå under verdiene som er foreslått som nye grenseverdier for disse forbindelsene i marine oljer.

Denne rapporten omhandler resultater for de ti marine oljene som er kjøpt inn i 2019. Til sammen tre fiskeoljer (fra torskelever og laks/villfisk), tre seloljer, tre krilloljer og en raudåteolje ble analysert for dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB (PCB6), polybromerte flammehemmere (PBDE7), arsen, kvikksølv, kadmium, bly, selen, sum 3-MCPD og 3-MCPDE og GE uttrykt som glysidol.

2 - Materiale og Metoder

2.1 - Prøveinnsamling og -opparbeiding

Det ble kjøpt inn ti ulike marine oljer til humant konsum fra ulike nettbutikker og helsekostbutikker i Bergen i november og desember 2019 av personell fra Havforskningsinstituttet. De ti oljene var tre fiskeoljer, tre seloljer, tre krilloljer og én raudåteolje (tabell 1).

Table 1. Product names and other information about the fish-, seal-, krill- and Calanus oils analysed. The oils were purchased from online shops and shops in Bergen in November/December 2019.

Product name	Manufacturer	Sample type (source)	Formulation
Möller's tran	Möller's	Fish oil (cod liver)	Liquid
Omega Cure	Ambo Europe AS	Fish oil (cod liver)	Liquid
Shift Super Omega-3	Shift (Vitalkost AS)	Fish oil (salmon and wild fish (tobis, herring, capelin, mackerel or cod))	Capsules
Vitality Line Selolje	Pharmatech AS	Seal oil (harp seal blubber)	Liquid
Sunkost selolje	Sunkost	Seal oil (harp seal blubber)	Liquid
Iglo selolje	Bio Pharma Norway	Seal oil (harp seal blubber)	Capsules
OmniKrill	Biosym AS	Krill oil (Antarctic krill)	Capsules
Red Oil Omega-3 krill olje	New Nordic	Krill oil (Antarctic krill)	Capsules
Vital Arctic Oil - Krill	Myrevolution	Krill oil (Antarctic krill)	Capsules
Calanus Oil	Calanus Helse AS	Calanus oil (*Calanus finmarchicus*)	Capsules

Fire av de marine oljene var i væskeform og ble analysert som de var. Seks av de marine oljene var i kapselform, og for disse ble kapslene åpnet og oljen inne i kapslene ble tatt ut og analysert.

2.2 - Analyser

Oljeprøvene ble analysert for følgende analytter: dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB), ikke-dioksinlignende PCB (PCB6), PCB7, polybromerte difenyletere (PBDE7), arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen. I tillegg ble oljeprøvene analysert for fettinnhold samt 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-estere (3-MCPDE) og glysidylestere (GE). Prinsipper for analysemetodene samt akkrediteringsstatus og kvantifiseringsgrenser (LOQ) er gitt i tabell 2. Analysemetodene er akkreditert i henhold til NS-EN-ISO 17025. For ytterligere metodedetaljer vises det til årsrapport for 2012 (Julshamn m.fl., 2013a).

Ved bestemmelse av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) ble det kvantifisert syv kongenere av dioksiner (PCDD), ti kongenere av furaner (PCDF), fire kongenere av non-orto PCB (PCB-77, -81, -126 og -169) og åtte kongenere av mono-orto PCB (PCB-105, -114, -118, -123, -156, -157, -167 og -189). Toksiske ekvivalentverdier (TE) ble bestemt ved å multiplisere konsentrasjonene med kongenernes toksiske ekvivalensfaktorer, WHO-TEF 2005. Ved beregning av sum PCDD/F og sum PCDD/F+dl-PCB for vurdering opp mot EUs og Norges grenseverdier ble konsentrasjoner mindre enn kvantifiseringsgrensen (LOQ) satt lik LOQ (upperbound LOQ) slik regelverket for grenseverdier krever (EU, 2019; *Forskrift 3. juli 2015 Nr. 870 om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

Ved bestemmelse av ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) ble følgende seks kongenere kvantifisert: PCB-28, -52, -101, -138, -153 og -180. Sum PCB6 ble beregnet med upperbound LOQ slik regelverket krever når verdiene skal vurderes opp mot EUs og Norges øvre grenseverdier. Metoden for bestemmelse av polybromerte difenyletere (PBDE) kvantifiserer ti ulike kongenere av PBDE, inkludert syv kongenere som summeres til en "standard sum PBDE7" (PBDE-28, -47, -99, -100, -153, -154 og -183). Sum PBDE7 ble beregnet med upperbound LOQ.

Fettinnhold ble bestemt ved gravimetri etter ekstraksjon med etylacetat.

Table 2. Undesirable substances included, analytical methods used, accreditation status of the methods, limits of quantification (LOQ) and measurement uncertainty (MU) for the marine oils analysed.

Analyte	Method	Status Accreditation	LOQ	MU (%)
Arsenic	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg oil	20 b)
Cadmium	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg oil	20 b)
Mercury	ICP-MS	Yes	0.005 mg/kg oil	25 b)
Lead	ICP-MS	Yes	0.03 mg/kg oil	25 b)
Selenium	ICP-MS	Yes	0.01 mg/kg oil	25 b)
PCDDs and PCDFs	HRGC/HRMS	Yes	0.000024-0.5 pg TEQ/g oil a)	25 c)
dl-PCBs, non-ortho PCBs	HRGC/HRMS	Yes	0.00006-0.04 pg TEQ/g oil a)	25 c)
dl-PCBs, mono-ortho PCBs	GC-MSMS	Yes	0.0024-0.003 pg TEQ/g oil a)	25 c)
PCB6	GC-MS MS	Yes	0.3 ng/g oil	30 d)
PBDE7	GC-MS	Yes	0.05-0.10 ng/g oil a)	25
Fat content	Gravimetry-ethyl acetate	Yes	0.1 g/100 g oil	5 e)
3-MCPD and 3-MCPDE f)	GC-MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg (150/500 µg/kg) h)	25-29%
GE expressed as glycidol (calculated) g)	GC-MS (indirect method)	Yes	100 µg/kg (150/500 µg/kg) h)	50%

a) Depending on analyte and matrix.
b) Measurement uncertainty (MU) at concentrations above 10xLOQ. At lower concentrations, MU is higher (70% for mercury and 40% for the other elements).
c) MU at concentrations between 1 and 10 ng TEQ/kg ww. At lower concentrations MU is higher (30-35%), at higher concentration MU is lower (20%).
d) MU at concentrations between 1 and 5 µg/kg ww. At lower concentration MU is higher (45%), at higher concentrations the MU is lower (25%).
e) MU at concentrations between 5 and 100 g/100 g. At lower concentration, MU is higher (10-15%).
f) Determined by Eurofins Food and Feed Testing using method DGF-C-VI 18 (10) Part B.
g) Determined (calculated) by Eurofins Food and Feed Testing using methods DGF-C-VI 18 (10) Part A and DGF-C-VI 18 (10) Part B.
h) For krill oils and the *Calanus finmarchicus* oil, the LOQ was 150 µg/kg or 500 µg/kg.

Bestemmelse av 3-monoklorpropandiol (3-MCPD), 3-MCPD-estere (3-MCPDE) og glysidylestere (GE) ble gjennomført av Eurofins Food and Feed Testing ved akkrediterte metoder. LOQ og måleusikkerhet for metodene er oppgitt i tabell 2. Det ble benyttet indirekte metoder der alle analyttene ble kvantifisert som fritt 3-MCPD ved GC-MS etter spalting av esterbindingene i 3-MCPDE og GE. To ulike metoder med ulik prøveopparbeidelse ble brukt, der metode DGF-C-VI 18 (10) Part B kvantifiserte summen av 3-MCPD og 3-

MCPDE, uttrykt som 3-MCPD, og metode DGF-C-VI 18 (10) Part A kvantifiserte summen av 3-MCPD, 3-MCPDE og GE, alt uttrykt som 3-MCPD. Konsentrasjonen av 3-MCPD dannet fra GE i oljene ble deretter beregnet fra differansen mellom konsentrasjonen av 3-MCPD fra disse to metodene, og den beregnede konsentrasjonen av 3-MCPD fra GE ble til slutt omregnet til glysidol. Siden konsentrasjonen av glysidol er beregnet fra differansen av resultater fra to ulike metoder er måleusikkerheten betydelig høyere for denne forbindelsen enn for sum 3-MCPD+3-MCPDE som kvantifiseres ved en enkelt metode (se tabell 2).

Skalldyroljer inneholder høye nivåer av fosfolipider og voksestere som kan interferere i metoden for bestemmelse av 3-MCPD, 3-MCPDE og GE, og for de tre krilloljene og raudåteoljen i denne undersøkelsen ble det derfor benyttet en variant av metode DGF-C-VI 18 (10) med en mer omfattende prøveopparbeidelse. Denne varianten, kalt lecithin-metoden, var modifisert på følgende punkter: Oljene ble ekstrahert to ganger med n-heksan (de øvrige oljene ble ekstrahert én gang), faseseparasjon ble gjennomført i 300 sekunder (mot 60 sekunder for de øvrige oljene) og tid for transesterifisering var 11 ganger lenger enn for de øvrige oljene. LOQ for disse forbindelsene i skalldyroljene (150 og 500 µg/kg) var høyere enn for de øvrige oljene (100 µg/kg).

3 - Resultater

3.1 - Dioksiner og dioksinlignende PCB

Tabell 3 viser konsentrasjonene av dioksiner (PCDD), furaner (PCDF), sum dioksiner og furaner (PCDD/F), non-orto PCB, mono-orto PCB og sum dioksinlignende PCB (dl-PCB) samt totalsummen av dioksiner og dioksinlignende PCB (PCDD/F+dl-PCB) i de ti ulike produktene av marine oljer til humant konsum som ble innkjøpt over internett og i helsekostbutikker i Bergen i 2019.

Konsentrasjonene av alle summer som er oppgitt i tabell 3 er beregnet med upperbound LOQ slik regelverket krever når summene skal vurderes opp mot grenseverdiene. Mange av kongenerne som inngår i summene i tabell 3 hadde imidlertid verdier under LOQ i alle oljene, og verdiene i tabell 3 er derfor trolig til dels betydelig overestimert for alle oljene.

Table 3. Concentrations of fat, dioxins (PCDD), furans (PCDF), sum of dioxins and furans (PCDD/F), non-ortho PCBs, mono-ortho PCBs, sum of dl-PCBs and the overall sum PCDD/F+dl-PCB in marine oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2019. Concentrations were calculated as ng WHO-TEQ/kg fat, using TEF-2005 and upperbound LOQ.

Product	Fat content [a)]	Sum PCDD	Sum PCDF	Sum PCDD/F	Non- ortho PCB	Mono- ortho PCB	Sum dl-PCB	Sum PCDD/F + dl-PCB
	g/100 g	---------- ng TEQ/kg fat ----------						
Möller's tran	103	0.26	0.050	0.31	0.027	0.021	0.047	0.36
Omega Cure	101	0.30	0.14	0.44	0.11	0.018	0.13	0.57
Shift Super Omega-3	102	0.27	0.27	0.54	1.35	0.12	1.46	2.0
Vitality Line Selolje	102	0.32	0.15	0.47	0.22	0.13	0.36	0.82
Sunkost selolje	102	0.32	0.12	0.44	0.22	0.13	0.35	0.80
Iglo selolje	103	0.31	0.17	0.48	0.15	0.14	0.29	0.77
OmniKrill	98	0.34	0.10	0.44	0.043	0.017	0.060	0.50
Red Oil Omega-3 krill olje	95	0.22	0.053	0.27	0.092	0.021	0.11	0.39
Vital Arctic Oil - Krill	93	0.45	0.044	0.50	0.013	0.022	0.035	0.53
Calanus Oil	101	0.35	0.16	0.51	0.24	0.024	0.26	0.77
Max. level for marine oils, EU				1.75				6.0
Max. level for marine oils, Norway				1.75				4.0

[a)] Due to measurement uncertainty, some oils show values for fat content above 100 g/100 g product.

Konsentrasjonene av sum PCDD/F var lave i alle de ti undersøkte oljene og varierte mellom 0,27 og 0,54 ng TE/kg fett. Alle oljene hadde dermed konsentrasjoner godt under grenseverdien på 1,75 ng TE/kg fett som gjelder for marine oljer til humant konsum (EU, 2019; *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Også konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB var lave i alle oljene, med verdier mellom 0,36 og 2,0 ng TE/kg fett, og ingen av oljene hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB over Norges øvre grenseverdi på 4,0 ng TE/kg fett (*Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*) eller EUs øvre grenseverdi på 6,0 ng TE/kg fett (EU, 2019). Den høyeste konsentrasjonen av sum PCDD/F+dl-PCB ble funnet i laks/villfisk-oljen «Shift Super Omega-3», men verdien på 2,0 ng TE/kg fett i denne oljen var likevel betydelig lavere enn

gjeldende grenseverdier for denne summen. De to torskeleveroljene «Möller's tran» og «Omega Cure» og de tre krilloljene «Omnikrill», «Red Oil Omega-3 krill olje» og «Vital Arctic Oil – Krill» hadde de laveste nivåene av sum PCDD/F+dl-PCB mellom 0,36 og 0,57 ng TE/kg fett, mens nivåene i de tre seloljene og raudåteoljen «Calanus Oil» varierte mellom 0,77 og 0,82 ng TE/kg fett.

3.2 - Ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) og polybromerte flammehemmere (PBDE7)

Konsentrasjonen av sum ikke-dioksinlignende PCB (PCB6), PCB7 og sum polybromerte difenyletere (PBDE7) i de ti ulike produktene av marine oljer er vist i tabell 4. Resultater er vist for både PCB6 og PCB7 da EU og Norge har grenseverdier for innholdet av PCB6 i matvarer mens PCB7 (PCB6 + PCB-118) ikke har egen grenseverdi, men har vært rapportert tidligere og derfor er inkludert for å lette sammenligning med tidligere data. PCB7 er også av interesse i forbindelse med miljøvurderinger der denne summen fremdeles er i bruk. Verken EU eller Norge har foreløpig satt grenseverdier for PBDE i oljer til humant konsum.

Konsentrasjonene av alle summer i tabell 4 er beregnet med upperbound LOQ. Fire av oljene, «Möller's tran» og de tre krilloljene, hadde svært lave nivåer under kvantifiseringsgrensen for alle PCB-kongenerne som inngår i sum PCB6 og sum PCB7 og for alle PBDE-kongenerne som inngår i sum PBDE7. Konsentrasjonene for sum PCB6, PCB7 og PBDE7 i disse oljene er derfor trolig betydelig overestimert.

Table 4. Concentrations of non-dioxin-like PCBs (sum PCB6: PCB-28, 52, 101, 138, 153 and 180), sum PCB7 (PCB6 + PCB-118) and polybrominated diphenyl ethers (sum PBDE7: PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 and 183) in marine oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2019. Sums PCB6, PCB7 and PBDE7 were calculated using upperbound LOQ.

Product	PCB6	PCB7	PBDE7
	---------- µg/kg fat ----------		
Möller's tran	1.6	1.8	0.60
Omega Cure	3.9	4.1	1.4
Shift Super Omega-3	17	19	3.1
Vitality Line Selolje	68	70	4.0
Sunkost selolje	68	70	4.1
Iglo selolje	64	66	3.1
OmniKrill	1.3	1.4	0.47
Red Oil Omega-3 krill olje	1.6	1.8	0.61
Vital Arctic Oil - Krill	1.7	1.9	0.64
Calanus Oil	2.9	3.3	0.50
Maximum level for marine oils in EU and Norway	200	-	-

Det var stor variasjon i konsentrasjonen av PCB6 (1,3 til 68 µg/kg fett) og PCB7 og noe mindre variasjon i konsentrasjonen av PBDE7 (0,47 til 4,1 µg/kg fett) mellom oljene. De høyeste konsentrasjonene av PCB6 og PCB7 ble funnet i de tre seloljene «Vitality Line Selolje», «Sunkost selolje» og «Iglo selolje», men konsentrasjonene av PCB6 på 64-68 µg/kg fett i disse oljene var likevel langt under EUs og Norges grenseverdi for marine oljer på 200 µg/kg fett. Laks/villfisk-oljen «Shift Super Omega-3» hadde en konsentrasjon av PCB6 på 17 µg/kg fett, mens alle de de øvrige oljene hadde svært lave konsentrasjoner av sum PCB6, under 4 µg/kg fett.

Også for PBDE ble de høyeste konsentrasjonene funnet i de tre seloljene og i laks/villfiskoljen «Shift Super

Omega-3» som hadde konsentrasjoner av sum PBDE7 mellom 3,1 og 4,1 µg/kg fett. Torskeleveroljen «Omega Cure» hadde en konsentrasjon av sum PBDE7 på 1,4 µg/kg fett, mens alle de øvrige oljene hadde konsentrasjoner under 0,65 µg/kg fett.

Kongenerprofilen varierte lite mellom de ulike oljene. For oljene som hadde kvantifiserbare nivåer av en eller flere PCB- og PBDE-kongenere, var det PCB-153 og PCB-138 som var de dominerende kongenerne i sum PCB6 og PBDE-47 som var den dominerende kongeneren i PBDE7.

3.3 - Metaller

Konsentrasjonen av grunnstoffene arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen er gitt i tabell 5, sammen med grenseverdiene for kadmium, kvikksølv og bly i kosttilskudd som er gjeldende både i EU og i Norge (EU, 2019; FOR-2015-07-03-870 *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*).

Konsentrasjonene av kvikksølv og bly var svært lave og lå under eller like over kvantifiseringsgrensene i alle oljene. Nivåene av disse metallene lå dermed i alle oljene langt under de øvre grenseverdiene som gjelder for kosttilskudd både i EU og Norge. For ni av de ti oljene var også konsentrasjonen av kadmium svært lav og lå under kvantifiseringsgrensen på 0,0005 mg/kg våtvekt i alle ni oljer. Bare raudåteoljen «Calanus Oil» hadde en betydelig høyere konsentrasjon av kadmium, men konsentrasjonen i denne oljen på 0,77 mg/kg våtvekt lå likevel under den øvre grenseverdien for kadmium i kosttilskudd på 1,0 mg/kg våtvekt.

Table 5. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, lead and selenium in oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2019.

Product	Arsenic	Cadmium	Mercury	Lead	Selenium
	---------- mg/kg wet weight ----------				
Möller's tran	< 0.009	< 0.005	< 0.005	< 0.02	0.022
Omega Cure	0.035	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.021
Shift Super Omega-3	0.22	< 0.005	< 0.005	< 0.02	0.025
Vitality Line Selolje	< 0.009	< 0.004	< 0.004	< 0.02	< 0.009
Sunkost selolje	< 0.009	< 0.005	< 0.005	< 0.02	< 0.009
Iglo selolje	<0.009	< 0.005	< 0.005	< 0.02	< 0.009
OmniKrill	7.2	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.68
Red Oil Omega-3 krill olje	7.7	< 0.004	< 0.004	< 0.02	0.59
Vital Arctic Oil - Krill	4.5	< 0.005	< 0.005	< 0.02	0.41
Calanus Oil	9.0	0.77	< 0.005	0.029	0.20
Maximum level in EU and Norway	-	1.0	0.10	3.0	-

Konsentrasjonen av arsen varierte mellom <0,009 og 9,0 mg/kg våtvekt. De høyeste konsentrasjonene av arsen ble funnet i raudåteoljen «Calanus Oil» som hadde en konsentrasjon på 9,0 mg/kg våtvekt, og de tre krilloljene «OmniKrill», «Red Oil Omega-3 krillolje» og «Vital Arctic Oil-Krill» som inneholdt henholdsvis 7,2, 7,7 og 4,5 mg/kg våtvekt. De øvrige oljene hadde lave konsentrasjoner av arsen på 0,22 mg/kg våtvekt eller lavere. Det er ikke fastsatt noen grenseverdi for arsen i oljer til humant konsum.

Konsentrasjonen av selen var svært lav i de fleste oljene med nivåer mellom <0,009 og 0,025 mg/kg våtvekt i seks av oljene. De tre krilloljene og raudåteoljen hadde høyere nivåer med konsentrasjoner av selen på mellom 0,20 og 0,68 mg/kg våtvekt.

3.4 - MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere

Konsentrasjonen av summen av fri 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere (sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE) og summen av fri 3-MCPD og 3-MCPD-estere (sum 3-MCPD+3-MCPDE) ble analytisk bestemt og er oppgitt i tabell 6. Konsentrasjonen av glysidylestere (GE) ble beregnet fra differansen mellom disse to summene, og de beregnede konsentrasjonene av GE uttrykt som 3-MCPD og som glysidol er også oppgitt i tabellen.

Det er foreløpig ingen grenseverdier for 3-MCPD, 3-MCPDE eller GE i marine oljer, men for vegetabilske oljer ble en grenseverdi for GE uttrykt som glysidol innført i EU fra februar 2018 (EU, 2019) og i Norge fra juli 2018 (*Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*). Nye grenseverdier er nå under utarbeidelse for summen av 3-MCPD+3-MCPDE (uttrykt som 3-MCPD) og for GE (uttrykt som glysidol) i både vegetabilske og marine oljer, og konsentrasjonene av disse er derfor av interesse i denne undersøkelsen.

Table 6. Concentrations of sums of 3-monochloropropanediol (3-MCPD), 3-MCPD fatty acid esters (3-MCPDE) and glycidyl fatty acid esters (GE) in oil samples for human consumption purchased from online shops and shops in Bergen in 2019. Concentrations of sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE and sum 3-MCPD +3-MCPDE were analytically determined and both sums are expressed as 3-MCPD. The concentration of GE was calculated from the difference between the two sums and is expressed as 3-MCPD or as glycidol in separate columns.

Product	Sum 3-MCPD+ 3-MCPDE+ GE (expressed as 3-MCPD)	Sum 3-MCPD+ 3-MCPDE (expressed as 3-MCPD)	GE (expressed as 3-MCPD) (calculated)	GE (expressed as glycidol) (calculated)
	---------- µg/kg ----------			
Möller's tran	950	430	520	580
Omega Cure	680	230	450	500
Shift Super Omega-3	600	420	180	200
Vitality Line Selolje	380	350	30	34
Sunkost selolje	460	340	120	130
Iglo selolje	330	310	20	22
OmniKrill	< 150	< 150	n.d.*	n.d.*
Red Oil Omega-3 krill olje	< 500	< 500	n.d.*	n.d.*
Vital Arctic Oil - Krill	< 150	< 150	n.d.*	n.d.*
Calanus Oil	< 150	< 150	n.d.*	n.d.*
Maximum level for vegetable oils in EU	-	-	-	1000

*n.d.= not detected.

Resultatene viser at konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE varierte mellom de ulike oljene. De to krilloljene «OmniKrill» og «Vital Arctic Oil-Krill» samt raudåteoljen «Calanus Oil» hadde lave konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 150 µg/kg olje, mens fiskeoljene og seloljene hadde konsentrasjoner mellom 230 og 430 µg/kg olje. For den siste krilloljen «Red Oil Omega-3 krill olje» var kvantifiseringsgrensen høyere enn for de andre oljene, og for denne oljen lå konsentrasjonen av sum 3-MCPD+3-MCPDE under en kvantifiseringsgrense på 500 µg/kg olje. Den høyere kvantifiseringsgrensen i dette tilfellet skyldtes at denne oljen hadde høyere nivåer av fosfolipider som interfererer i metoden. Forslaget til ny grenseverdi for sum 3-MCPD+3-MCPDE uttrykt som 3-MCPD i vegetabilske og marine oljer er 2500 µg/kg olje, og alle oljene i denne undersøkelsen lå langt under denne verdien.

De beregnede konsentrasjonene av GE uttrykt som glysidol varierte mellom 22 µg/kg olje og 580 µg/kg olje i seks av de marine oljene. For de tre krilloljene og raudåteoljen var det ikke mulig å beregne konsentrasjonen av GE siden konsentrasjonene av både sum 3-MCPD+3-MCPDE og sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE lå under kvantifiseringsgrensene for metoden. Men siden konsentrasjonen av sum 3-MCPD+3-MCPDE+GE (uttrykt som 3-MCPD) i disse fire oljene ligger under kvantifiseringsgrensen på 150 µg/kg (500 µg/kg for krilloljen «Red Oil

Omega-3 krill olje») er det imidlertid trolig at også konsentrasjonen av GE uttrykt som glysidol ligger under eller nær kvantifiseringsgrensene for disse oljene. Alle oljene hadde dermed konsentrasjoner av GE uttrykt som glysidol langt under 1000 µg/kg som er gjeldende grenseverdi for GE i vegetabilske oljer og foreslått ny grenseverdi for GE i marine oljer til humant konsum.

4 - Diskusjon

Innholdet av de organiske miljøgiftene dioksiner, dioksinlignende PCB og ikke-dioksinlignende PCB varierte mellom de ti marine oljene til humant konsum som ble analysert i denne undersøkelsen. Særlig konsentrasjonene av sum PCB6 varierte mye mellom oljene med verdier fra 1,3 til 68 µg/kg fett, men ingen av oljene hadde konsentrasjoner over den øvre grenseverdien for PCB6 på 200 µg/kg fett som gjelder for marine oljer til humant konsum i Norge og EU. Også innholdet av PBDE7 varierte mye mellom oljene, fra 0,47 til 4,1 µg/kg fett. Konsentrasjonene av sum PCDD/F+dl-PCB var lave i alle oljene med verdier mellom 0,36 og 2,0 ng TE/kg fett, og ingen av oljene hadde konsentrasjoner over Norges eller EUs grenseverdier på henholdsvis 4,0 og 6,0 ng TE/kg fett.

Den store variasjonen i innholdet av organiske miljøgifter reflekterer trolig både hvilket råstoff som er benyttet til oljene (ulike typer fisk, sel, krill og raudåte), hvilket område råstoffene er hentet fra og graden av rensing av oljene. Blant de totalt 144 prøvene av kommersielle marine oljer til humant konsum som har vært undersøkt tidligere, har det vært oljer framstilt fra en rekke ulike råstoffer. Både fiskeoljer, seloljer, krilloljer, raudåteolje, én hvalolje og oljer framstilt fra marine mikroalger har vært undersøkt, og blant disse oljene er det bare to havmusleveroljer og én haileverolje analysert i 2014, én havmusleverolje og én hvalolje fra 2015 samt én torskeleverolje og én havmusleverolje fra 2016 som har hatt overskridelser av grenseverdiene for organiske miljøgifter (Julshamn og Frantzen, 2008, 2009 og 2010; Julshamn m.fl., 2011; Måge m.fl., 2012; Julshamn m.fl., 2013a; Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016; Nilsen m.fl., 2017; Nilsen og Sanden, 2018 og 2019).

Ulike metoder har vært benyttet for rensing av oljene som har vært undersøkt i dette programmet, og et fellestrekk for de fleste av oljene som har oversteget grenseverdiene i tidligere år er at de har vært kaldpressede oljer, gjerne merket «Extra virgin» eller «Handcrafted». Blant oljene innkjøpt i 2019 var det én kaldpresset olje, torskeleveroljen «Omega Cure», men denne oljen hadde svært lave nivåer av organiske miljøgifter, med verdier langt under grenseverdiene både for sum PCDD/F, sum PCDD/F+dl-PCB og sum PCB6. Torskeleveroljen «Omega Cure» har tidligere vært undersøkt i dette programmet i 2015, og resultatene fra oljen som ble undersøkt den gang viste også svært lave verdier av alle de organiske miljøgiftene (Nilsen og Måge, 2016). Den andre torskeleveroljen som ble analysert i denne undersøkelsen var den raffinerte oljen «Möller's tran», og i samsvar med tidligere resultater for de aller fleste torskeleveroljer undersøkt i dette programmet hadde også denne svært lave nivåer av organiske miljøgifter.

Laks/villfisk-oljen «Shift Super Omega-3» hadde høyere verdier av både sum PCDD/F+dl-PCB og PCB6 enn de to torskeleveroljene. Dette var en olje fremstilt fra laks og villfisk (tobis, sild, lodde, makrell eller torsk), og nivåene av PCDD/F+dl-PCB (2,0 ng TE/kg fett) og PCB6 (17 µg/kg fett) i denne oljen stemte godt overens med verdiene som tidligere er funnet i en olje framstilt fra laks og tobis analysert i 2016 (PCDD/F+dl-PCB: 1,4 ng TE/kg fett, PCB6: 23 µg/kg fett) (Nilsen m.fl, 2017). Nivåene var også i overensstemmelse med nivåene i flere rene lakseoljer analysert i 2014, 2015 og 2016 som hadde konsentrasjoner av sum PCDD/F+dl-PCB mellom 2,3 og 4,0 ng TE/kg fett og sum PCB6 mellom 21 og 35 µg/kg fett (Nilsen og Måge, 2015, 2016; Nilsen m.fl, 2017).

Tre seloljer ble analysert i denne undersøkelsen, og nivåene av alle de organiske miljøgiftene var svært like i alle disse tre oljene. Nivåene av sum PCB6 (64-68 µg/kg fett) var betydelig høyere i seloljene enn i alle de øvrige oljene i denne undersøkelsen, og var også noe høyere enn nivåene funnet i flere andre andre raffinerte seloljer analysert i 2013-2017 (8,1-28 µg/kg fett) (Nilsen og Måge, 2014, 2015 og 2016; Nilsen m.fl., 2017; Nilsen og Sanden, 2018). En selolje analysert i 2013 fra samme produsent som «Vitality Line Selolje» analysert her, hadde imidlertid en tilsvarende konsentrasjon av sum PCB6 på 70 µg/kg fett (Nilsen og Måge, 2014).

De øvrige oljene analysert i 2019 var tre krilloljer og én raudåteolje, og i likhet med andre krilloljer som har vært analysert tidligere var nivåene av alle de organiske miljøgifter svært lave i krilloljene. Også nivåene av organiske miljøgifter i raudåteoljen «Calanus Oil» var lave og stemte svært godt overens med resultatene for en tidligere batch «Calanus Oil» analysert i 2014 (Nilsen og Måge, 2015).

Resultatene for metaller viste at konsentrasjonene av kvikksølv og bly var svært lave og lå under eller svært nær kvantifiseringsgrensene for alle oljene i denne undersøkelsen, i likhet med resultatene for nesten alle andre oljer som tidligere er analysert i dette programmet. For ni av de ti oljene var også konsentrasjonen av kadmium svært lav og lå under kvantifiseringsgrensen i alle ni oljer. Raudåteoljen «Calanus Oil» hadde imidlertid en betydelig høyere konsentrasjon av kadmium på 0,77 mg/kg våtvekt, og selv om dette fremdeles er under grenseverdien for kadmium i kosttilskudd (1,0 mg/kg våtvekt), er nivået betydelig høyere enn nivåene som tidligere er funnet i marine oljer til humant konsum. «Calanus Oil» har tidligere vært analysert i dette programmet i 2014, og resultatene viste den gang et innhold av kadmium på 0,15 mg/kg våtvekt (Nilsen og Måge, 2015). Også dette var uvanlig høyt i forhold til kadmiumnivåer i de øvrige oljene som er analysert i dette programmet som alle har hatt nivåer under 0,02 mg/kg våtvekt. Det er kjent at raudåte kan inneholde høye konsentrasjoner av kadmium (Zauke og Schmalenbach, 2006), og dette er trolig noe av årsaken til at raudåteoljen har høyere innhold av kadmium enn de andre marine oljene som er undersøkt. Også antarktisk krill (og andre krepsdyr) kan imidlertid ha høye nivåer av kadmium (Rainbow 1989, Locarnini og Presley, 1995, sjomatdata.no), og likevel hadde alle de tre krilloljene undersøkt her, i likhet med alle krilloljer undersøkt tidligere i dette programmet, svært lave konsentrasjoner av kadmium. Dette tyder på at også rensemetoden som benyttes ved framstilling av ulike krepsdyroljer har betydning for innholdet av kadmium i oljene.

Det var stor variasjon i nivået av arsen i oljene som ble undersøkt. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet i raudåteoljen «Calanus Oil» med en arsenkonsentrasjon på 9,0 mg/kg våtvekt. Dette stemte godt overens med arsennivået som ble funnet i «Calanus Oil» analysert i 2014, som var på 7,9 mg/kg våtvekt (Nilsen og Måge, 2015). De tre krilloljene «Omnikrill», «Red Oil Omega-3 krill olje» og «Vital Arctic Oil – Krill» hadde nivåer mellom 4,5 og 7,7 mg/kg våtvekt, og nivåene både i raudåteoljen og de tre krilloljene lå innenfor det området som er vanlig å finne i ulike urensede fiskeoljer (0,2-19 mg/kg våtvekt; Sele m.fl., 2012). Konsentrasjonen av arsen i krilloljene stemte også bra overens med tidligere resultater for krilloljer der nivåene av arsen har variert mellom 2,2 og 5,5 mg/kg våtvekt (Julshamn og Frantzen, 2010, Julshamn m.fl., 2011, Måge m.fl., 2012, Julshamn m.fl., 2013a, Nilsen og Måge, 2014 og 2015, Nilsen og Sanden, 2019). Laks- og villfiskoljen «Shift Super Omega-3» hadde en lav arsenkonsentrasjon på 0,22 mg/kg våtvekt, og alle de øvrige oljene hadde svært lave konsentrasjoner av arsen på 0,035 mg/kg våtvekt eller lavere.

Det er sannsynlig at den store variasjonen i arsennivåer har sammenheng med hvilke rensemetoder som er benyttet ved framstilling av disse oljene. Arsen i marine oljer foreligger primært som arsenolipider (Schmeisser m.fl., 2005; Sele m.fl., 2012). Det er tidligere vist at rensede fiskeoljer inneholder mye lavere nivåer av arsen enn urensede fiskeoljer, noe som trolig skyldes at de renseprosedyrene som benyttes for å anrike omega-3 fettsyrene og/eller redusere innholdet av organiske miljøgifter i oljene også bidrar til å redusere innholdet av arsenolipider (Schmeisser m.fl., 2005; Sele m.fl., 2013). Hvor mye av arsenolipidene som fjernes ved slik rensing vil trolig være avhengig av både rensemetoden og i hvilken form arsenolipidene foreligger i den urensede oljen. Det er ikke kjent om arsenolipider foreligger i samme form(er) i de ulike marine oljene som er analysert i denne undersøkelsen.

Innholdet av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere i marine oljer ble undersøkt for første gang i dette programmet i 2018 (Nilsen og Sanden, 2019). Forbindelsene er inkludert siden nye grenseverdier er under utarbeidelse for summen av 3-MCPD og 3-MCPD-estere i både vegetabilske og marine oljer og for

glysidylestere i marine oljer.

3-MCPD-estere og glysidylestere er ikke miljøgifter, men forbindelser som dannes under raffinering av oljer når oljene varmes opp til temperaturer over 200°C. Dersom kloridioner er til stede vil glyserol eller glyserolderivater som mono- og diglyserider i oljene kunne reagere og danne 3-MCPD-estere og glysidylestere (EFSA CONTAM panel 2016, Merkle m.fl., 2017, Zelinkova m.fl., 2006). Både raffineringsmetodene og nivåene av mono- og diglyserider i utgangsoljene vil kunne ha betydning for nivåene av 3-MCPD-estere og glysidylestere i de raffinerte oljene. I fordøyelsen vil disse forbindelsene brytes ned til 3-MCPD som kan ha toksisk effekt på nyrer og testikler og glysidol som kan ha genotoksiske og karsinogene effekter avhengig av dosen (EFSA CONTAM Panel, 2016). I en risikovurdering publisert i 2016 konkluderte EFSA (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) at eksponering for 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere fra mat er en potensiell helserisiko for barn under 10 år (EFSA CONTAM Panel, 2016).

Bestemmelse av 3-MCPD-estere (3-MCPDE) og glysidylestere (GE) er i dette arbeidet utført med en standardmetode (DGF C IV 18(10), tilsvarende AOAC Cd 29c-13) som opprinnelig er utviklet for vegetabilske oljer, men som også kan brukes til bestemmelse av disse forbindelsene i marine fiskeoljer. Metoden var velegnet for fiskeoljene og seloljene i denne undersøkelsen, og hadde en LOQ på 100 µg/kg for disse oljene. For de tre krill-oljene og raudåteoljen som inneholdt høye nivåer av fosfolipider og voksestere som kan interferere i metoden, var det imidlertid nødvendig å benytte en variant av metoden, kalt lecithin-metoden, som har en mer omfattende prøveopparbeidelse og en høyere kvantifiseringsgrense. For to av krilloljene og raudåteoljen var kvantifiseringsgrensen på 150 µg/kg, mens krilloljen «Red Oil Omega-3 krill olje» hadde en betydelig høyere kvantifiseringsgrense på 500 µg/kg, grunnet høyere nivåer av fosfolipider og voksestere som interfererte i bestemmelsen.

Det var betydelig variasjon i nivåene av både sum 3-MCPD+3-MCPDE som varierte mellom <150 µg/kg og 950 µg/kg og GE som varierte mellom 22 og 580 µg/kg i de marine oljene som ble undersøkt. De laveste konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE, ble funnet i raudåteoljen «Calanus Oil» og de to krilloljene «OmniKrill» og «Vital Arctic Oil – Krill» som alle hadde konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen på 150 µg/kg. Den tredje krilloljen «Red Oil Omega-3 krill olje» hadde også et nivå under kvantifiseringsgrensen, men siden kvantifiseringsgrensen for denne oljen var 500 µg/kg er det ikke mulig å si om denne krilloljen hadde samme lave nivå som de andre krilloljene, eller om nivået var høyere for denne oljen. Konsentrasjonen av GE kunne ikke beregnes for de fire skalldyroljene, men var trolig lav siden også summen av 3-MCPD+3-MCPDE+GE var under 150 µg/kg olje eller 500 µg/kg olje for disse oljene. At konsentrasjonene av sum 3-MCPD+3-MCPDE og GE er lave i skalldyroljene stemmer godt overens med at dette er uraffinerte oljer. Det er tidligere vist at urensede fiskoljer fra en rekke ulike fiskearter hadde svært lave nivåer av disse forbindelsene (Merkle m.fl., 2017). Alle de øvrige seks oljene hadde nivåer av sum 3-MCPD+3-MCPDE mellom 310 og 430 µg/kg som er innenfor det som tidligere er funnet i raffinerte fiskeoljer. Kommersielle, raffinerte marine fiskeoljer er tidligere undersøkt av Merkle m.fl. (2017), Kuhlmann (2011) og Jedrkiewicz m.fl. (2016) som fant nivåer av 3-MCPDE på henholdsvis mellom 160 og 2800 µg/kg, mellom 700 og 13 000 µg/kg og mellom 1500 og 5500 µg/kg i til sammen 20 ulike fiskeoljer. Alle oljene i denne undersøkelsen hadde nivåer av sum 3-MCPD+3-MCPDE under 500 µg/kg, betydelig lavere enn 2500 µg/kg som er foreslått som ny grenseverdi for denne summen i marine oljer.

Nivåene av GE i de seks oljene der GE ble beregnet var forholdsvis lave, med nivåer mellom 22 og 580 µg/kg som er klart lavere enn den foreslåtte generelle grenseverdien for marine oljer på 1000 µg/kg. Nivåene av GE i disse oljene lå innenfor det som er funnet i tidligere studier av raffinerte fiskeoljer der Merkle m.fl. (2017) fant nivåer mellom 60 og 1000 µg/kg, og Kuhlmann (2011) fant nivåer mellom <100 og 1200 µg/kg.

5 - Konklusjon

Det var store forskjeller i nivået av miljøgifter i de ulike marine oljene som ble undersøkt, men ingen av oljene hadde nivåer over grenseverdiene for organiske miljøgifter i marine oljer til humant konsum. De høyeste nivåene av organiske miljøgifter ble funnet i de tre seloljene og i laks/villfisk-oljen, men alle oljene som ble analysert hadde, i likhet med de fleste oljer som tidligere er analysert i dette overvåkningsprogrammet, lave konsentrasjoner av miljøgifter, med nivåer til dels langt under grenseverdiene som gjelder for marine oljer og kosttilskudd til humant konsum i EU og Norge. Konsentrasjonene av tungmetaller og arsen var lave i de aller fleste oljene, og ingen av oljene hadde nivåer over gjeldende øvre grenseverdier for tungmetaller i kosttilskudd. Kun raudåteoljen hadde en forholdsvis høy konsentrasjon av kadmium på 0,77 mg/kg våtvekt, som likevel lå under den øvre grenseverdien for kadmium. Nivåene av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere varierte også mye mellom oljene, men ingen av oljene hadde nivåer over verdiene som er foreslått som nye grenseverdier for disse forbindelsene i marine oljer.

6 - Anbefalinger

Ut fra funnene i undersøkelsene som er gjennomført de fem siste årene, bør prøvetaking av sjeldne oljer og kaldpressede oljer fremdeles inkluderes i dette programmet for å undersøke om det finnes flere oljer med høye nivåer av organiske miljøgifter. Raudåteoljer bør også være inkludert i prøvetakingen fremover på grunn av funn av forholdsvis høyt nivå av kadmium, noe som ser ut til å begrense seg til denne typen olje. Bestemmelse av nivåer av 3-MCPD, 3-MCPD-estere og glysidylestere i oljene bør fortsatt inkluderes i programmet, for å utvide datagrunnlaget for nivåene av disse forbindelsene i marine oljer til humant konsum. Ved bestemmelse av disse forbindelsene i krilloljer og andre skalldyroljer bør det vurderes om andre analysemetoder som kan oppnå lavere kvantifiseringsgrenser for slike oljer bør benyttes.

7 - Referanser

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain) (2016).Scientific opinion on the risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol(MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. EFSA Journal 2016; 14(5):4426, 159 sider. Doi:10.2903/j.efsa.2016.4426.

EU (2019). Commission regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. Consolidated version 28.11.2019. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20191128&from=EN

FOR-2015-07-03-870: Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler, § 3 Gjennomføring av forordning (EF) nr. 1881/2006. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870

Jedrkiewicz, R., Głowacz, A., Gromadzka, J. og Namiesnik, J. (2016). Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market. *Food Control* **59** , 487-492. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.039

Julshamn, K., Øygard, J. og Måge, A. (2008) Rapport 2007 for kartleggingsprosjektene: Dioksiner, dioksinlignende PCB og andre PCBer i fiskevarer og konsumferdige fiskeoljer, bromerte flammehemmere og andre nye miljøgifter i sjømat og tungmetaller i sjømat. NIFES-rapport, 31 sider.

Julshamn, K. og Frantzen, S. (2009) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2008 - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i oljer, makrell, ål og Svolværpostei. NIFES-rapport, 26 sider.

Julshamn, K. og Frantzen, S. (2010) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2009 - En rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB_7, arsen, kadmium, kvikksølv, bly og selen i oljer til humant konsum. NIFES-rapport, 13 sider.

Julshamn, K., Frantzen, S., Valdersnes, S. og Lunestad, B.T. (2011). Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2010-en rapport om dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB7, polybromerte flammehemmere (PBDE), perfluorerte alkylstoffer (PFAS), tungmetaller og Salmonella i oljer til humant konsum, brisling og brislingprodukter. NIFES-rapport, 30 sider.

Julshamn, K., Duinker, A., Valdersnes, S., Lunestad, B.T. og Måge, A. (2013a). Mattilsynets program: Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2012. - Undersøkelse av fremmedstoffer i kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*) og oljer. NIFES-rapport, 28 sider.

Julshamn, K., Duinker, A., Berntssen, M., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Maage, A. (2013b). A baseline study on levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, non-ortho and mono-ortho PCBs, non-dioxin-like PCBs and polybrominated diphenyl ethers in in Northeast Arctic cod (Gadus morhua) from different parts of the Barents Sea. *Mar. Pollut. Bull* **75** , 250-258.

Kuhlmann, J. (2011). Determination of bound 2,3-epoxy-1-propanol (glycidol) and bound monochloropropanediol (MCPD) in refined oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **113** , 335-344. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ejlt.201000313

Locarnini, S.J.P. og Presley B.J. (1995) Trace element concentrations in Antarctic krill, *Euphausia superba* . Polar Biol. 15, 283-288.

Merkle, S., Giese, E., Rohn, S., Karl, H., Lehmann, I., Wohltmann, A. og Fritsche, J. (2017) Impact of fish species and processing technology on minor fish oil components. *Food control* **73** , 1379-1387. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.003.

Måge, A., Bjelland, O., Olsvik, P., Nilsen, B. og Julshamn, K. (2012) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2011: Kvikksølv i djupvassfisk og skaldyr frå Hardangerfjorden samt miljøgifter i marine oljer. NIFES-rapport, 31 sider.

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2014) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2013: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport, 16 sider.

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2015) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2014: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-28-1), 18 sider.

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2016) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2015: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-42-7), 21 sider.

Nilsen, B.M., Kjell Nedreaas og Måge, A. (2016). Kartlegging av fremmedstoffer i Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*). Sluttrapport for programmet «Miljøgifter i fisk og fiskevarer» 2013-2015. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-43-4), 81 sider.

Nilsen, B.M., Sanden, M. og Måge, A. (2017) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2016: Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer. NIFES-rapport (ISBN: 978-82-91065-50-2), 21 sider.

Nilsen, B.M. og Sanden, M. (2018) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2017 - Dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, polybromerte flammehemmere og tungmetaller i marine oljer til humant konsum. Rapport fra Havforskningen Nr 29-2018 (ISSN 1893-4536 (online)).

Nilsen, B.M. og Sanden, M. (2019) Miljøgifter i fisk og fiskevarer 2018 – Organiske miljøgifter, tungmetaller, 3-MCPD og glysidylestere i marine oljer til humant konsum. Rapport fra Havforskningen Nr 2019-33 (ISSN 1893-4536 (online)).

Rainbow, P.S. (1989). Copper, cadmium and zinc concentrations in oceanic amphipod and euphausiid crustaceans, as a source of heavy metals to pelagic seabirds. Marine Biology 103: 513-518.

Schmeisser, E., Goessler, W., Kienzl, N. og Francesconi, K.A. (2005). Direct measurement of lipid-soluble arsenic species in biological samples with HPLC-ICPMS. *Analyst.* **130** , 948-955.

Sele, V., Sloth, J., Lundebye, A.-K., Larsen, E. H., Berntssen, M.H.G. og Amlund, H. (2012). Arsenolipids in marine oils and fats: A review of occurrence, chemistry and future research needs. *Food Chemistry* . **133** , 618-630.

Sele, V., Amlund, H., Berntssen, M.H.G., Berntzen, J., Skov, K. og Sloth, J. (2013). Detection of arsenic-containing hydrocarbons in a range of commercial fish oils by GC-ICPMS analysis. *Anal Bioanal Chem* **405** , 5179-5190.

Zauke, G.-P. og Schmalenbach, I. (2006). Heavy metals in zooplankton and decapod crustaceans from the Barents Sea. *Sci Total Environ* **359** , 283-294.

Zelinková, Z., Svejkovská, B., Velíšek, J. og Doležal, M. (2006) Fatty acid esters of 3-chloropropane-1,2-diol in edible oils. *Food Additives and Contaminants* , **23** :12, 1290-1298, DOI: 10.1080/02652030600887628

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no