

Technical University of Denmark



Blyindhold i rovfugle

Kanstrup, Niels; Chriél, Mariann; Dietz, Rune; Sonne, Christian; Søndergaard, Jens

Publication date:
2018

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Kanstrup, N., Chriél, M., Dietz, R., Sonne, C., & Søndergaard, J. (2018). Blyindhold i rovfugle. Dansk Jagtakademi.

DTU Library

Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Indhold af bly og andre sporstoffer i danske rovfugle



Niels Kanstrup, Mariann Chriél, Rune Dietz, Christian Sonne, Jens Søndergaard.

Rapport 18-01 2018

Indhold af bly og andre sporstoffer i danske rovfugle

Niels Kanstrup^{1,3}, Mariann Chriél², Rune Dietz³, Christian Sonne³, Jens Søndergaard³

¹ Dansk Jagtakademi, Skrejrupvej 31, 8410 DK-Rønne. Email: nk@danskjagtakademi.dk

² Danmarks Tekniske Universitet, Veterinærinstituttet, Bülowvej 27, DK-1870 Frederiksberg C, Denmark.

³ Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, Frederiksborgvej 399, DK-4000 Roskilde.

Rapport nr. 18-01

Gennemført med støtte fra Miljøstyrelsen (ekstra jagttegnsmidler 2017)

Udarbejdet af Dansk Jagtakademi, maj 2018.

Forsidefoto: Oliver Krone.

Indhold

Resumé.....	3
Indledning	3
Materialer og metoder.....	6
Resultater	7
Diskussion.....	12
Konklusion.....	14
Tak	15
Referencer.....	16
Bilag.....	19

Resumé

Bly er et bredt anvendt og giftigt tungmetal, som udgør en alvorlig miljø- og sundhedsrisiko. Bly anvendes til fremstilling af jagtammunition, og kan herfra spredes til økosystemer samt prædatorer og ådselædere, der æder anskudt eller dødt vildt. Fugle, som optager blyhagl som kråseflint og føde, anses for særligt udsatte. Også mennesker, der spiser vildt nedlagt med blyammunition, udsættes for en forgiftningsfare.

Vi undersøgte leverprøver fra 137 danske rovfugle og målte indholdet af 61 sporstoffer herunder bly og andre tungmetaller (cadmium, kviksølv, selen mfl.). Fuglene stammede fra indsamling af dødfundne individer samt fra fugle nedlagt ved regulering i lufthavne. Ingen af de analyserede tungmetaller overskred kendte leverværdier for effekter på sundhed, adfærd og reproduktion. For bly fandt vi dog en enkelt ekstremværdi, der vurderes til at skyldes ammunicionsrester i leveren fra påskydningen af fuglen. Generelt var værdierne af bly og bismuth, der anvendes som delvis erstatning for bly i ammunition, højest i de fugle, som var skudt. Ligeledes var der en positiv korrelation mellem bly og bismuth ($r=0.521$, $n=57$, $p<0.001$), i fugle, der var rapporteret som skudte, men ikke for øvrige ($r=0.104$, $n=79$, $p=0.363$)

Det konkluderes, at de undersøgte rovfugles indhold af tungmetaller ikke udgør en betydelig trussel for fuglenes sundhed, adfærd og reproduktion. Indholdet ligger generelt under niveauerne i tilsvarende undersøgelser af rovfugle i andre nordeuropæiske lande, fx Sverige, Tyskland og Polen. For blys vedkommende kan dette formentlig skyldes, at fuglene i Danmark ikke i samme omfang har adgang til byttedyr og ådsler med et indhold af blyhagl. Undersøgelsen indikerer ikke, at danske rovfugle belastes med bly fra jagtammunition gennem fødeoptag.

Indledning

Bly har været anvendt til fremstilling af ammunition til militære og civile formål herunder jagt i over 500 år. Men bly er samtidig et meget giftigt stof, og inden for de sidste 40-50 år er der kommet stigende fokus på den blyforgiftning som stammer fra jagtammunition (Watson m.fl. [2009](#), Delahay & Spray [2015](#)). Den største opmærksomhed har været rettet mod risikoen for forgiftning af vandfugle, der æder blyhagl i forveksling med føde og kråseflint (Pain [1992](#)). Over de seneste 10 år har der dog været stigende fokus på effekten af indtag af blyhagl i andre grupper af vildtlevende fugle og særligt rovfugle. Ligeledes er det dokumenteret, at bly spredes via fragmenter fra riffelammunition til prædatorer og ådselædere gennem slagteaffald fra nedlagte dyr eller anskudte dyr (Kenntner m.fl. [2001](#), Helander m.fl. [2009](#); Krone m.fl. [2009](#), Ecke m.fl. [2017](#)). Desuden er mennesker, der hyppigt spiser vildt nedlagt med blyammunition, udsat for

risiko (Tsuji m. fl. [2009](#), Knutsen m.fl. [2015](#)). Mekanismen er her, at både blyhagl og blyprojektiler afsætter partikler i vildtkødet. Der foreligger pt 500-600 videnskabelige artikler, der underbygger risikoen ved bly i jagttammunion (Arnemo m.fl. [2016](#)).

Når blyhagl indskydes i kroppen på et dyr, afsættes der et spor af mikroskopiske stumper metal i kød, bindevæv, organer, blod og knogler. Hagl kan være indlejret i dyr, der efterlades i naturen (anskudt og mistet vildt) og kan hermed optages af ådselædere. Det samme kan være tilfældet, hvor fugle (typisk vandfugle, men også terrestriske arter) via føde eller kråseflint æder blyhagl, som er spredt via jagt (Figur 1). Klassiske riffelprojektiler af bly er konstrueret til at gå i stykker under passagen af vildtkroppen for at øge dræbeevnen (Figur 1).



Figur 1. Øverst til venstre: Riffelprojektiler af bly splintres ved gennemtrængning af byttet. Hermed frigives en stor mængde blyfragmenter med risiko for forgiftning af ådselædere og andre konsumenter. Billedet viser et almindeligt blyprojektil før og efter træf. Til højre: Fordeling af projektilfragmenter i knopsvane skudt med bly-riffelammunion. Nederst til venstre: Fasankråse med 6 ædte hagl, heraf 4 stål- og 2 blyhagl.

Et riffelprojektil til jagt på danske vildtarter vejer typisk 10 g. Ved passage af vildtkroppen reduceres vægten til den såkaldte ”restvægt”, der for blyprojektiler typisk er 6-7 g. De manglende 3-4 g sidder i småfragmenter i vildtkroppen eller er spredt sammen med blod og vævresten i terrænet bag ved dyret. En forholdsvis stor del af blyresterne er koncentreret omkring skudhullet/sårkanalen, i lunger og evt. lever og maveregionen,

hvor dyret ofte rammes. Disse dele af dyret skæres normalt fra under opbrækningen, der i de fleste tilfælde foregår i naturen. Dermed efterlades blyfragmenter til ådselædere. Anskudte dyr, der ikke bliver fundet, men går til grunde i naturen, er ligeledes en kilde til spredning af bly fra riffelammunition til ådselædere. Kollander m.fl. [2017](#) fandt 27 til 50 millioner blypartikler i størrelsen 40 til 750 nm og 27 til 50 millioner pr gram i vildtkød nedlagt med blyprojektiler.

En risikovurdering for ådselædende rovfugle kan ses i forhold til, at der i affald fra opbrækning af blot et enkelt individ af hjortevildt kan være flere gram i form af fragmenter fra synlig størrelse til nanopartikler af bly. En stor rovfugl vil kunne æde en betydelig del af en sådan mængde affald i et måltid og dermed blive udsat for en akut forgiftningsrisiko. Ved en mindre belastning vil der kunne være tale om en subletal påvirkning, der kan påvirke fuglenes adfærd, overlevelse og reproduktion og ydermere har væsentlig implikation i forhold til adfærd og dyrevelfærd (Ecke m.fl. [2017](#)). Rovfugle kan desuden belastes med bly fra byttedyr, der enten er anskudt med blyammunition eller er forgiftet igennem opsamling af blyhagl (fx havørn der præderer vandfugle). En anskudt fugl (eller fx hare) kan indeholde adskillige hagl og kan, hvis det er blyhagl, dermed udgøre et risikabelt måltid for en prædator. For humankonsumenter er der ikke dokumenteret eksempler på akut forgiftning, men der er en meget klar risiko for skadelig påvirkning af særligt følsomme grupper, herunder især fostre og dermed gravide kvinder i den fødedygtige alder (EFSA [2010](#)).

Den øgede opmærksomhed har resulteret i en række juridisk eller politisk bindende forskrifter på internationalt, regionalt eller nationalt niveau, hvilket har skabt en efterspørgsel efter blyfri typer af jagtammunition. Dette har resulteret i udvikling af en række alternative produkter, således at der i dag skønnes at være ugiftige hagl og –projektiler, der er anvendelige til i princippet alle former for jagt (Thomas m.fl. [2015](#), Kanstrup m.fl. [2018](#)). Trods dette er blyammunition fortsat vidt udbredt i de fleste lande. Nogle få lande har forbudt blyhagl helt, en del har forbudt blyhagl til jagt i vådområder eller til vandfuglejagt, og nogle har iværksat frivillige ordninger. I Europa har kun Tyskland gennemført lovindgreb i forhold til riffelammunition af bly. Californien har besluttet en udfasning af bly til al jagt i 2019. EU har indledt en proces til udfasning af blyhagl til jagt i vådområder (ECHA [2018](#)). I Danmark gennemførtes de første reguleringer af blyhagl til jagt i 1986, og efter en udfasningsperiode på 10 år gennemførtes et totalt forbud mod jagt med og besiddelse og salg af blyhagl i 1996. Danmark har ingen regulering af bly i riffelammunition. Det skønnes, at ca. 10 % af den anvendte riffelammunition er blyfri (Kanstrup, upublicerede data).

Forgiftningsrisikoen ved blyammunition er veldokumenteret internationalt, og fra Danmark foreligger tidligere studier af risikoen for vandfugle (Clausen og Wolstrup [1979](#)).

Der gennemføres p.t. opfølgende undersøgelser af betydningen af udfasningen af blyhagl i forhold til vandfugle (Kanstrup, igangværende), men der mangler viden om risikoen for, at bly fra jagthagl og –projektiler eksponerer rovdyr og ådselædere via dødt/anskudt vildt eller fra slagteaffald fra jagt. Rovfuglene er her de mest centrale, og særligt arter og individer, der er specialiserede i at æde ådsler, er udsat for en eksponeringsrisiko via hele dyr eller rester af dyr nedlagt med blyammunition. Der foreligger bl.a. tyske studier af blyforgiftning af havørn fra riffelammunition (Kenntner m. fl. [2001](#)). Svenske undersøgelser har påvist dødelighed blandt kongeørne som følge af blyammunition, og norsk forskning påviser adfærdsændringer hos kongeørn som følge af blyforgiftning (Ecke et al. [2017](#)).

De danske rovfugle kan tilsvarende være påvirket, men der foreligger ikke viden om det. De stigende bestande af hjortevildt i Danmark og de affødte forøgede muligheder for jagt og områdevis behov for målrettet bestandsregulering accentuerer behovet for at undersøge forbindelsen til risikoen for forgiftning af ådselædere og andre konsumenter som følge af blyholdig riffelammunition anvendt ved jagt og regulering. Og selv om blyhagl er forbudt i Danmark, kan det ikke udelukkes, at der kan være en kilde fra lande, der fortsat anvender blyhagl, eller fra ulovlig brug af blyhagl i Danmark.

Nærværende projekt har haft til formål at evaluere blybelastningen i danske rovfugle samt at sætte dette i perspektiv til jagtammunition og en vurdering af det fremtidige forbrug af jagtammunition i Danmark. Som en afledt effekt er der foretaget en screening af belastningen af en række øvrige sporstoffer i samlet med særlig vægt på cadmium, kviksølv og selen. Arbejdet er finansieret af Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, igennem jagttegnsmidler ved bevilling af 17. november 2017 til Dansk Jagtakademi. Danmarks Tekniske Universitet og Aarhus Universitet, Bioscience, har bidraget med prøver, laboratoriearbejde, statistik og rapportering.

Materialer og metoder

Basismaterialet for undersøgelsen var 137 præparater af lever fra rovfugle indsamlet af Danmarks Tekniske Universitet og Aarhus Universitet i Danmark i perioden 2013-2016. Tabel 1 viser fordelingen på arter. 21 præparater (angivet som ukendt) kunne ikke henføres til art, men stammer fra rovfugle. Præparaterne var kun sporadisk angivet med findested og -tidspunkt. De fleste stammer fra Jylland. For nogle præparater var angivet køn, alder og dødsårsag. For fugle, der er angivet som skudt, er der tale om regulering i lufthavne eller hvor oplysninger om dødsårsag i øvrigt er angivet til ”skudt”. Hovedparten af de skudte fugle (særlig tårnfalk og musvåge) stammer fra regulering på Flyvestation Karup. For de øvrige fugle er dødsårsagen kun oplyst sporadisk i det fleste tilfælde som ukendt.

De kemiske analyser gennemførtes ved Dansk Center for Miljø og Energi's akkrediterede grundstoflaboratorium i Roskilde. En delprøve på 1.0 g lever på vådvægtsbasis blev udskåret fra prøven og oplukket med halvkoncentreret salpetersyre i mikrobølgeovn (jf. DS 259) og derefter fortyndet med MilliQ vand og analyseret med ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry; Agilent 7900) for i alt 61 grundstoffer. Detektionsgrænser for grundstofferne fastsattes som 3 standardafvigelse på en række blindprøver, og tre certificerede referencematerialer (Tort-3, Dolt-5 og Dorm-4) blev medtaget for at kontrollere nøjagtighed og præcision af analyserne.

Den efterfølgende dataanalyse indebar en screening af høje, middel- og maksimumsværdier for alle stoffer. Derudover analyserede vi for høje værdier af selen, cadmium, kviksølv og bly, der anses for at være de mest centrale stoffer til vurdering af evt. miljøgiftbelastning af toppredatorer og ådselædere. Som den primære aktivitet foretog vi en detaljeret analyse af blyniveauerne fordelt på art, dødsårsag og andre specifikke data. Vi foretog kun sammenligninger med andre undersøgelser, når disse var baseret på lever-præparater. Hvor resultatet i var angivet på tørvægtsbasis, brugte vi en omregningsfaktor på 3,6 til beregning af tilsvarende koncentrationer på vådvægtsbasis (baseret på et gennemsnit af tørstofprocenten i vore målinger). Stoffkoncentrationer målt til under detektionsgrænsen blev sat til halvdelen af detektionsgrænsen for det pågældende stof. I et tilfælde, hvor indholdet af bismuth i en prøve var for højt til at kunne måles korrekt, fastsattes koncentrationen i denne prøve arbitrært til 200 ppm.

De statistiske analyser er lavet i SAS9.4 /SasInstitute, Cary, NC. Der er brugt parametriske tests for bly. Det betød, at en enkelt outlier blev udeladt fra analysen (tårnfalken med det høje blyindhold). Data for bly blev log transformeret for at sikre normalfordeling, hvorimod log transformation af bismuth ikke var hensigtsmæssig i forhold til at sikre normalfordeling for dette stof. Forskelle mellem skudte og ikke skudte fugle blev derfor analyseret med en general linear model for bly og en general lineær model med poisson fordeling for bismuth. Korrelationen mellem bly og bismuth blev testet med non-parametrisk Spearman Rank korrelation.

Resultater

Middelværdier og minimum-maksimumsværdier for alle stoffer er angivet i Bilag 1. En stor del af stofferne viste værdier på under detektionsgrænsen (<DL). Dette var især tilfældet for specielle grundstoffer som fx beryllium, scandium, europium, erbium, thulium, hafnium og tallium. Et forholdsvist specielt metal som rubidium gav dog ret store udslag med et makstal på 43,4 ppm og et gennemsnit på 6,5 ppm. Fosfor (P) og kalium (K) viste meget høje værdier (maksimum P=11.438 ppm, middel P=3.646 ppm, maksimum K=11.155 ppm, middel K=3.026 ppm). For fosfor ligger disse værdier 3 gange højere end værdier målt på fx lever af tam-fjerkræ. Også calcium ligger højt –

ca. 30 gange over værdierne for tam-fjerkræ. Der er ikke foretaget en nærmere analyse af disse forhold.

Tabel 1 viser testresultatet angivet for hver art som middelværdi og standardafvigelse (SD) for alle 137 prøver for cadmium (Cd), kviksølv (Hg), bly (Pb) og selen (Se), der er de kendteste stoffer i forhold til en vurdering som miljøgift. Bismuth (Bi) er medtaget med henblik på diskussion af forekomst af bly i bismuthhagl. Alle tal er angivet med enheden ppm (mg/kg) vådvægt.

Tabel 1. Middelværdi (Middel) og standardafvigelse (SD) for 5 sporstoffer fordelt på arter i det samlede materiale. Tallene angiver ppm (mg/kg vådvægt).

Art	N	N Skudt	Cd		Hg		Pb		Se		Bi	
			Middel	SD	Middel	SD	Middel	SD	Middel	SD	Middel	SD
Musvåge (<i>Buteo buteo</i>)	41	19	0,42	0,40	0,52	0,47	0,20	0,34	1,28	0,42	2,82	16,70
Tårnfalk (<i>Falco tinnunculus</i>)	40	32	0,05	0,06	0,16	0,17	3,75	23,57	1,08	0,22	8,05	33,28
Havørn (<i>Haliaeetus albicilla</i>)	11	0	0,04	0,03	1,92	2,14	0,12	0,17	1,98	0,84	0,01	0,00
Rød glente (<i>Milvus milvus</i>)	8	1	0,15	0,09	0,16	0,09	0,11	0,10	1,07	0,28	0,02	0,03
Duehøg (<i>Accipiter gentilis</i>)	5	2	0,06	0,05	0,27	0,22	0,02	0,01	1,16	0,63	0,01	0,00
Spurvehøg (<i>Accipiter nisus</i>)	4	0	0,16	0,08	0,92	0,52	0,04	0,04	0,76	0,11	0,01	0,00
Blå kærhøg (<i>Circus cyaneus</i>)	2	2	0,07	0,00	0,17	0,07	0,00	0,00	0,74	0,06	0,01	0,00
Kongeørn (<i>Aquila chrysaetos</i>)	2	0	0,16	0,07	0,33	0,30	0,05	0,06	0,69	0,07	0,01	0,00
Vandrefalk (<i>Falco peregrinus</i>)	2	0	0,08	0,09	0,70	0,23	0,02	0,01	1,12	0,42	0,01	0,00
Rørhøg (<i>Circus aeruginosus</i>)	1	1	0,03	-	0,19	-	0,08	-	1,07	-	0,01	-
Ukendt	21	0	0,33	0,29	0,63	1,14	0,13	0,31	1,37	0,60	0,15	0,32
Alle	137	57	0,22	0,30	0,52	0,91	1,20	12,73	1,24	0,51	3,22	20,26

Bly

Som beskrevet i indledningen udgør bly fra jagtammunition en meget betydelig forgiftningsrisiko for en lang række dyrearter herunder prædatorer og ådselædere, enten fordi byttet indeholder rester af blyholdigt ammunition (anskudte og mistede dyr eller dele af nedlagte dyr), eller fordi byttet er blyforgiftet (fx vandfugle, der har optaget blyhagl som føde eller kråseflint). Forholdet er meget velundersøgt. Kenntner m.fl. [2001](#) fandt for 57 havørne, der var indsamlede som døde eller døende, fra Tyskland og Østrig et middelværdi på 7,0 ppm bly og en maksimumsværdi på 62,0 ppm bly og konkluderede, at 28 % af de undersøgte havde værdier, der kunne medføre akut fatal forgiftning (> 15 ppm). Det tilsvarende tal for havørne i Polen er 32% (Kitowski m.fl. [2017](#)) og i Sverige 12.5% (Helander et al. [2009](#)) og for amerikansk havørn 30% (Nam et al. [2012](#)).

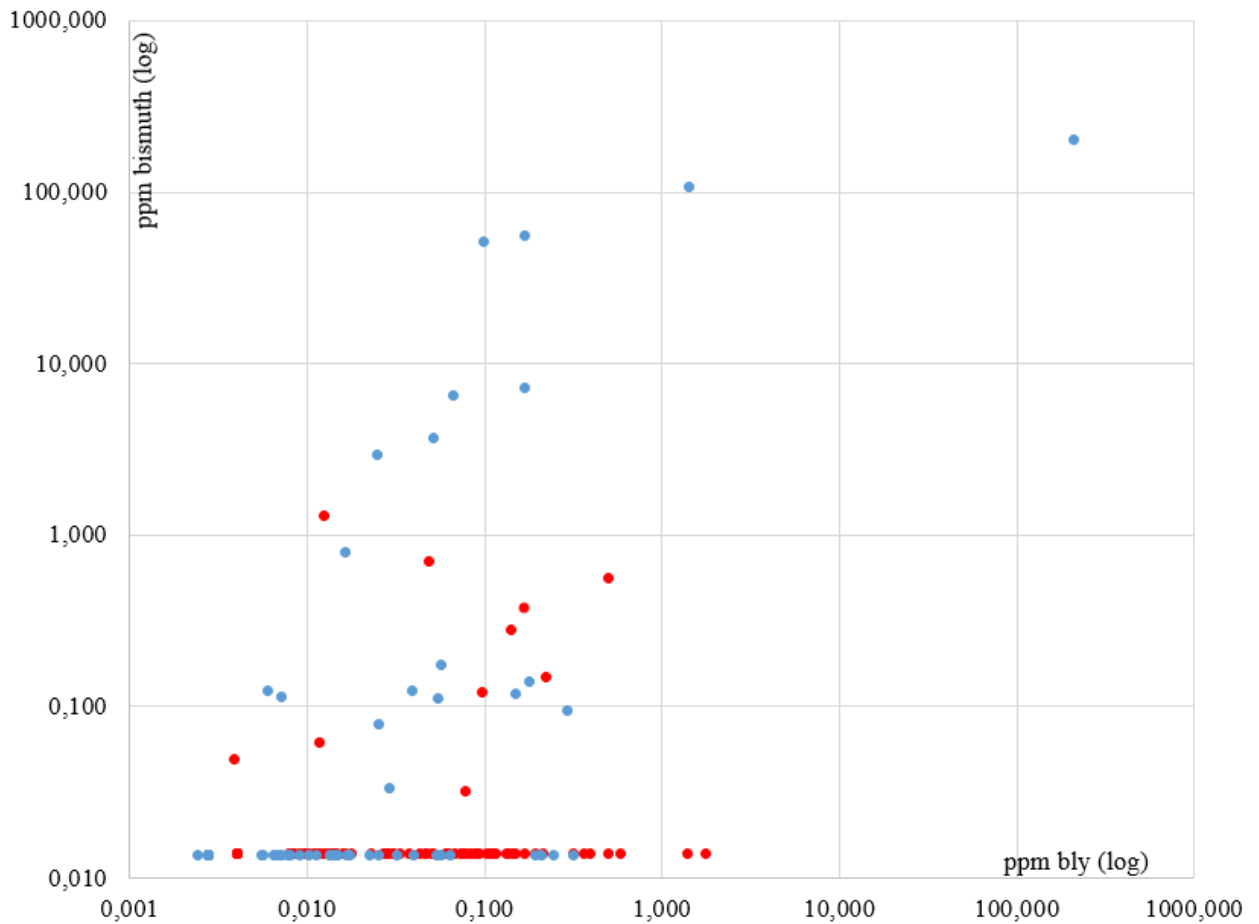
En række studier har opstillet kriterier til vurdering af forgiftningsrisikoen ved blyeksponering. Senest har Herring m. fl. [2017](#) foretaget en generalisering af tidligere opstillinger, og kommer frem til følgende for fugle (leverprøver; vådvægt):

Baggrund:	< 2,0 ppm
Subklinisk:	2,0-6,0 ppm
Klinisk forgiftning:	6,0-15,0 ppm
Alvorlig klinisk forgiftning:	> 15,0 ppm.

Af samtlige prøver i vores undersøgelse overskred kun fem en blyværdi på 1 ppm, og kun én overskred kriteriet for subklinisk forgiftning (2 ppm). Her var til gengæld tale om en ekstremværdi på 149 ppm, hvilket overskrider grænsen for akut forgiftning med en faktor 10. Der var tale om en tårnfalk skudt under regulering på Flyvestation Karup. Fuglen var en voksen hun på 202 gram, og der er ikke rapporteret om tegn på forgiftning.

Kanstrup [2012](#) fandt i en undersøgelse afledt af rutinemæssige overvågning af tungmetaller i vildtkød i Danmark, at et forhøjet blyindhold i fasanekød kunne tillægges, at prøverne foruden det biologisk akkumulerede bly i leveren indeholdt bly fra rester af indskudte blyholdige hagl. Disse hagl kan både være blyhagl og såkaldte bismuthhagl, som viste sig at have et blyindhold på op til 6.800 ppm (0,7 %). Blyhagl afsætter et spor af større eller mindre fragmenter i vildtkødet. Bismuthhagl fragmenteres let, hvorved der er stor risiko for, at bly fra haglene frigøres enten i forbindelse med, at hagl rammer byttet, eller at hagl indlejret i prøven eroderes under prøveforberedelsen. Kanstrup [2012](#) fandt værdier op til 119 ppm bly for brystkød af fasaner og konkluderede, at bly fra indskudte blyhagl og selv indskudte bismuthhagl med et relativt lavt blyindhold (på op til 0.7%) kunne forklare de høje blyniveauer.

Flyvestation Karup anvender bismuthhagl til regulering af vildt (oplyst af Naturstyrelsen Midtjylland), og det synes derfor nærliggende, at ekstremværdien på 149 ppm for den ene fugl i nærværende studie skyldes forurening fra de hagl, der er anvendt til at nedlægge fuglen med, og ikke en kilde i fuglens økosystem. Dette støttes dels af, at værdien lå langt over den akutte forgiftningsgrænse, og at fuglen var en tårnfalk, som fødesøgningsmæssigt ikke er eksponeret for at optage bly fx fra ammunition. Teorien understøttes af, at tårnfalken endvidere indeholdt en ekstremværdi for bismuth. Figur 2 viser bly- og bismuth indholdet i fugle rapporteret som skudte og øvrige fugle.



Figur 2. Bly- (x-akse) og bismuth- (y-akse) værdier (ppm, vådvægt) for fugle rapporteret som skudte (blå) og øvrige (rød) fugle.

Vi fandt en statistisk signifikant forskel på bismuthindholdet i skudte versus øvrige fugle, men ikke signifikant forskel på skudte og øvrige fugle for bly (Bi: Generalized linear model assuming poisson distribution $\chi^2_1=375.8$, $p<0.001$, Pb: General linear model $F_{1,133}=3.65$, $p=0.058$). Desuden sås en tydelig korrelation mellem bly- og bismuth-indholdet i skudte fugle, men ikke mellem de øvrige (Spearman correlation, Skudte: $rs=0.521$, $n=57$, $p<0.001$; øvrige: $rs=0.104$, $n=79$, $p=0.363$).

Cadmium

Cadmium er en kendt miljøgift, der ophobes i organer og kan udgøre en alvorlig sundhedsrisiko og kan medføre nyre- og knogleskader og kræft. Der foreligger referencer på cadmium fra andre europæiske undersøgelser af rovfugle, bl.a. Licata m.fl. [2010](#), der i musvåger på Sicilien fandt værdier, der svarer til værdierne for musvåge i nærværende studium, men ligger over værdierne for andre arter i denne undersøgelse. Licata m.fl. [2010](#) angiver ikke disse cadmiumniveauer som kritiske. Berny m.fl. [2015](#) finder for rød glente betydeligt højere værdier for cadmium end målt i nærværende undersøgelse. Kenntner m.fl. [2001](#) finder for havørn i Tyskland og Østrig cadmiumniveauer, der ligger

på niveau med vore værdier både for havørn og andre arter, men enkelte høje værdier overstiger disse betydeligt. Disse to forfattere karakteriserer ikke de fundne værdier for risikable i forhold til forgiftning. Tærskel-niveauet for cadmiumskader på fugle er omkring 40 ppm (vådvægt) i leveren (Sakshaug m.fl. [2009](#)). Alle undersøgte fugle i nærværende studium havde lavere værdier, og undersøgelsen tyder derfor ikke på, at cadmium udgør nogen forgiftningsrisiko i forhold til danske rovfugle.

Kviksølv

Kviksølv opkoncentreres i fødekæden og særligt i den marine. Prædatorer og ådselædere har derfor højere belastningsrisiko end dyr på et lavere trin i fødekæden. De største koncentrationer findes i rovfisk, rovdyr og fugle højt i fødekæden, herunder ikke mindst fiskeædende arter. Der findes en del referencer på kviksølvindholdet i vilde fugle. Lucia m. fl. [2010](#) angiver for grågåas et niveau, der svarer til de fleste arter i denne undersøgelse, men for to arter af vadefugle niveauer, der ligger væsentligt over, dog ca. på niveau med havørn i vores undersøgelse. Kenntner m.fl. [2001](#) finder niveauer (både middel- og maksimumsværdier) for havørn, der ligger på ca. det halve af værdierne i denne undersøgelse. Kenntner m.fl. [2001](#) anslår på basis af en analyse af nordeuropæiske data, at kviksølvindhold under 10 ppm på vådvægtsbasis i leveren er under et kritisk niveau.

Blandt de undersøgte arter i vores undersøgelse er havørn den, der har de højeste kviksølvværdier. En enkelt fugl viste et niveau på 7,5 ppm, hvilket dog ikke anses for kritisk. Undersøgelsen indikerer derfor ikke, at kviksølv udgør en betydelig risiko for danske rovfugle.

Selen

Selen er et vigtigt mikronæringsstof, men kan i større koncentrationer virke som en miljøgift særligt i akvatiske økosystemer og tilhørende organismer (Lemly 1993). Dog er selen særlig vigtigt i forbindelse med afgiftning af kviksølv og selenmangel kan være et problem (Ralston & Raymond [2010](#)). Blandt rovfuglene kan især fiskespisende arter være udsat. Der er enkelte referencer på selenindhold i rovfugle. Kitowski m. fl. [2017](#) undersøgte østpolske musvåger for sporstoffer og fandt her et gennemsnitligt niveau på 3-4 ppm tørvægt, hvilket svarer til niveauet blandt musvågerne i denne undersøgelse. Her ligger havørn med det højeste niveau, hvilket er forventeligt grunden dens normale diæt, der i Danmark mange steder er fisk. Dette er dog betydeligt under grænsen for mulig skadelig effekt, som fx Lemly [1993](#) fastsætter til 10 ppm (for vandfugle). Undersøgelsen indikerer ikke, at selen udgør nogen forgiftningsrisiko for danske rovfugle.

Diskussion

Resultaterne i denne undersøgelse indikerer ikke, at bly eller nogen af de andre undersøgte sporstoffer udgør nogen betydelig risiko for danske rovfugle. Ved sammenligning med studier i nabolande ligger undersøgelsens niveauer for cadmium, selen, kviksølv og bly lavt. Der er - bortset fra en enkelt ekstremværdi for bly, som ikke har oprindelse i fuglenes miljø - ikke fundet værdier, der ligger over almindeligt anerkendte tærskelniveauer og således kunne være kritiske set i forhold til fuglenes adfærd, reproduktion eller overlevelse. En stor del (42 %) af vores materiale stammer fra fugle, der er skudt primært under regulering, hvilket bør give anledning til forbehold, når der sammenlignes med studier, hvor materialet fortrinsvist stammer fra dødfundne fugle eller svækkede/døende fugle, hvilket er tilfældet for de fleste udenlandske studier. Men i den del af vores materiale, der stammer fra selvdøde, svækkede eller døende fugle, er der ikke indikation af, at belastning med sporstoffer, herunder tungmetaller, udgør en risiko.

Undersøgelsens primære fokus var at vurdere blybelastningen i danske rovfugle herunder især at evaluere risikoen for, at bly spredes fra jagtammunition, der er indskudt i jagtdyr, som i et senere led bliver bytte for rovfugle, herunder ådselædende rovfugle. Da blyhagl er forbudt til jagt i Danmark, forventes eksponeringen fra ammunition kun at hidrøre fra slagteaffald fra hjortevildt. For arter, der fortrinsvist præderer på ikke jagtbare arter (småfugle, gnavere m.v.), vurderes der ikke at være en kilde fra ammunition. En undersøgelse af dette kompliceres af en række forhold, herunder især, at de fleste rovfuglearter i Danmark er opportuniste, og at føden afhængig af årstid og andre forhold kan bestå af både byttedyr og ådsler (fx ørne og musvåge, der udgør en stor del af materialet). Ådsler kan for alle arters vedkommende være fra både hjorte- og fuglevildt. Ydermere skal det tages i betragtning, at nogle af de undersøgte arter er trækfugle, og at deres evt. eksponering med bly fra ammunition og andre kilder skal ses i mere end bare en dansk kontekst. Endelig er der åbenlyst en mulighed for forurening med bly i f.eks. bismuthagl ved indsamlingen og klargøring af præparater fra de undersøgte skudte fugle. Dette blev set i en tårnfalk, der ikke vurderes at være særlig eksponeret for bly gennem føden. Endvidere indikerede undersøgelsen, at skudte fugle havde højere blyværdier end ikke-skudte fugle, men dette var ikke statistisk signifikant. Blandt de fugle, der ikke er rapporteret som skudte, viser arten musvåge den største middelværdi og maksimumsværdi for bly (0,227 ppm hhv. 1,766 ppm). Musvåge har en meget bred diæt fra invertebrater, padder, krybdyr, gnavere, fugle og ådsler af alle typer. Tallene viser for musvåge som for de øvrige arter, at der ikke er tale om et niveau af blybelastning, der udgør en forgiftningsrisiko.

Bly i hagl

Alle de undersøgte rovfuglearter bortset fra tårnfalk kan prædere på småvildt, der er genstand for jagt med hagl. Hvorvidt det generelt lave blyindhold er et udtryk for, at fuglene grundet det danske forbud mod blyhagl ikke ad denne vej har en kilde til belastning af bly fra blyhagl, kan ikke udledes direkte af data i undersøgelsen. Men undersøgelser i andre lande viser en klar forbindelse mellem blyhagl i jagtvildt og blyforgiftning af rovfugle. Fisher m.fl. [2006](#) listede for 4 arter af ugler og 23 arter af rovfugle fra Nordamerika og Europa dokumentation for eksponering af bly fra hagl undersøgt både ved fund af hagl i fuglens fordøjelsessystem, i gylp eller ved måling af blyindhold. Blandt de listede arter af rovfugle i Fisher m. fl. [2006](#) indgik alle arter undersøgt i vores undersøgelse med undtagelse af tårnfalk. Der er med andre ord god evidens for, at disse arter optager jagthagl, hvilket sandsynliggør, at de lave blyværdier i danske rovfugle er et resultat af, at fuglene ikke har adgang til byttedyr eller ådsler indeholdende blyhagl i Danmark.

Undersøgelsen viser for skudte fugle, at en enkelt fugl havde en meget høj blyværdi, sandsynligvis som følge af, at prøven er forurenet med bly fra de hagl, som fuglen er nedlagt med. Ud fra analyseresultaterne kan det konkluderes, at der er tale om bismuthhagl, i hvilke tidligere undersøgelser har påvist et betydeligt indhold af bly op til 6.800 ppm (Kanstrup [2012](#)). Præparater fra skudte dyr bør give anledning til en vurdering af risikoen for, at metal fra ammunitionen giver data, der ikke viser den reelle eksponeringen af det pågældende metal i dyrenes naturlige miljø. Præparering ved blanding eller homogenisering af tørrede prøver i agate mortar vil resultere i en spredning af metaller indeholdt i ammunitionsrester i prøven, hvis de forekommer. Dermed vil der være en større risiko for kontaminering af prøverne med ammunitionsrester, hvis homogenisering indgår som en del af forbehandlingen af prøven.

Et andet diskussionsemne er spørgsmålet om, hvorvidt indholdet af bly i bismuthagl udgør en risiko for blyforgiftning af fugle efter samme mønster som forgiftning med egentlige blyhagl. Bekendtgørelsen om skydevåben og ammunition, der må anvendes til jagt, fastsætter alene, at ”haglpatroner med hagl af bly” ikke må anvendes til jagt m.v., uden at begrebet ”hagl af bly” defineres nærmere. Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly, fastsætter imidlertid, at ”ved produkter, der indeholder bly, forstås produkter, hvori bly indgår med mere end 100 ppm (mg/kg) i produktets homogene enkeltdele”, hvilket kunne lægges til grund også for vurdering af blyhagl. Der er ikke i denne undersøgelse foretaget måling af blyindholdet i bismuthhagl, og det kan således ikke vurderes, om de hagl, der er anvendt til regulering af de fugle, der indgår i undersøgelsen, overstiger 100 ppm bly. Kanstrup [2012](#) vurderede, at selv ved et indhold på op til 1 % ville frigivelse af bly fra bismuthhagl næppe give

anledning til nogen reel forgiftningsrisiko for fx vandfugle, der æder sådanne bismuthhagl. Det er dog ikke evalueret, om frigivelse af bly og evt. andre komponent-sporstoffer i hagl, der anvendes som alternativer til klassiske blyhagl, udgør en forgiftnings- eller sundhedsrisiko for konsumenter af vildtkød eller for det naturlige miljø. I 2014 var der i Danmark bekymring for, om wolfram i jagthagl kunne være kræftfremkaldende (Bank-Mikkelsen [2014](#)). Fäth m.fl. [2018](#) viste, at frigivelse af sporstoffer fra alternative hagltyper spredt i vådområder var af større risiko for vandlevende organismer end blyhagl. Den største bekymring er her rettet mod zink og kobber, mens fx bismuth ikke anses for at være farlig i miljøet. Til denne diskussion hører, at bismuthhagl af bl.a. prisårsager anvendes i mindre og mindre omfang i til jagt i Danmark. Af ca. 500 fasaner skudt på 12 forskellige distrikter i jagtsæsonen 2017 og indsamlet via vildtforarbejdningsvirksomheder var ca. 10 % nedlagt med bismuthagl (Kanstrup, upublicerede data). Uanset at blyindholdet i bismuthhagl formentlig ikke udgør nogen reel forgiftningskilde, kunne dette være et opmærksomhedspunkt for myndighederne i relation til håndhævelse af reglerne om grænseværdier for produkter, der indeholder bly, ligesom det anbefales, at der mere generelt er fokus på, hvilke stoffer blyfri hagl indeholder.

Bly i riffelprojektiler

Undersøgelsen indikerer ikke en forbindelse fra bly i riffelammunition til rovfugle, der fouragerer på fx slagteaffald fra skudte dyr eller på kadavere af anskudte. Dette er tidligere beskrevet i studier fra Tyskland og Sverige (Kenntner m.fl. [2001](#); Krone m.fl. [2009](#); Helander m.fl. [2009](#)) især hos havørn og kongeørn. Vores undersøgelse omfattede 11 havørne og 2 kongeørne, men ingen viste blyværdier over baggrundsniveau. Undersøgelsens størrelse skal naturligvis tages i betragtning. Bestandene af hjortevildt i Danmark, særligt kronvildt og dåvildt, er over en årrække øget betydeligt i størrelse og udbredelse, og der forudses en yderligere øgning og ekspansion. Dette forventes ledsaget af øget afskydning og dermed tilsvarende øget anvendelse af riffelammunition. Spredning af bly fra riffelammunition kan reduceres, såfremt nedlagt hjortevildt opbrækkes på centrale pladser med opsamling af slagteaffald, der efterfølgende kan indleveres til destruktion. Sikker håndtering af kød og affald fra dyr skudt med blyammunition og udfasning af al blyholdig ammunition vil minimere risikoen for forgiftning af arter og forurening af økosystemer.

Konklusion

De undersøgte rovfugle har et indhold af bly, cadmium, kviksølv og selen, som ligger under niveauerne i tilsvarende undersøgelser af rovfugle i andre lande og generelt under niveauer, der anses for at være af risiko for fuglens sundhed, adfærd, reproduktion og for bestandenes opretholdelse. For bly vedkommende kan dette formentlig skyldes, at fuglene ikke i samme omfang som i andre undersøgte lande har adgang til byttedyr og

ådsler med et indhold af blyhagl. Det vil dog kræve et nyt selvstændigt projekt at kaste yderligere lys over dette. Resultaterne af undersøgelsen tyder ikke på, at danske rovfugle belastes med toksiske niveauer af bly fra riffelammunition, men også her kan grundigere studier give mere sikker viden. Der er en sammenhæng mellem bly- og bismuthindholdet i fugle, der er rapporteret som skudte. Dette underbygger andre studiers konklusioner om, at bismuthagl indeholder bly, som sammen med bismuth afsættes ved indtrængning i byttet og herved kan give anledning til høje måleværdier.

Tak

Thorsten J.S. Balsby, Aarhus Universitet Bioscience, takkes for assistance til statistiske beregninger. Steen Fjederholt, Naturstyrelsen Midtjylland, takkes for assistance med oplysninger om hagltyper ved regulering af vildt i lufthavne.

Referencer

- Arnemo, J.M., Andersen, O., Stokke, S., Thomas, V.G., Krone, O., P. D.J. and Mateo, R. 2016. Health and Environmental Risks from Lead-based Ammunition: Science Versus Socio-Politics. *EcoHealth* (2016) 13: 618. <https://doi.org/10.1007/s10393-016-1177-x>
- Bank-Mikkelsen, M. 2014. Nye regler for vej for våben og ammunition. I: *Vildtinformation 2014*, Miljøministeriet. Tilgængelig på http://mst.dk/media/118272/vildtinformation_2014.pdf
- Berny, P., Vilagines, L., Cugnasse, J.M., Mastain, O., Chollet, J.Y., Joncour, G. & Razin, M. 2015. VIGILANCE POISON: Illegal poisoning and lead intoxication are the main factors affecting avian scavenger survival in the Pyrenees (France). *Ecotoxicol Environ Saf.* 2015 Aug; 118:71-82. doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.04.003.
- Clausen B, Wolstrup C. 1979. Lead poisoning in game from Denmark. *Danish Review of Game Biology* 1979; 11: 1-22.
- Delahay, R.J., and Spray, C.J. 2015. Proceedings of the Oxford Lead Symposium. Lead ammunition: understanding and minimising the risks to human and environmental health. 2015. Edward Grey Institute, The University of Oxford. Available at: <http://oxfordleadsymposium.info>.
- Ecke, F., N.J. Singh, J.M. Arnemo, A. Bignert, B. Helander, Å.M.M. Berglund, H. Borg, C. Bröjer, K. Holm, M. Lanzone, T. Miller, Å. Nordström, J. Rääkönen, I. Rodushkin, E. Ågren and B. Hörnfeldt. 2017. Sublethal Lead Exposure Alters Movement Behaviour in Free-Ranging Golden Eagles. *Environmental Science and Technology* 51: 5729 - 5736.
- ECHA 2018. Proces til begrænsning af bly ved jagt i vådområder (Lead compounds – shot.), EC Nummer 231-100-4. Tilgængelig på: <https://echa.europa.eu/da/restrictions-under-consideration/-/substance-rev/17005/term>
- EFSA 2010. Scientific Opinion on Lead in Food. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. *EFSA Journal* 2011; 8(4): 1570. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1570/epdf>
- Fäth, J., Feiner, M., Beggel, S., Geist, J. & Göttlein, A. 2017 Leaching behavior and ecotoxicological effects of different game shot materials in freshwater. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 2018, 419, 24. <https://doi.org/10.1051/kmae/2018009>
- Fisher, I. J., Pain, D.J. & Thomas, V.G. 2006. A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. *Biological Conservation* 131 (2006) 421-432.
- Helander, B., Axelsson, J., Borg, H., Holm, K. & Bignert, A. 2009. Ingestion of lead from ammunition and lead concentrations in white-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) in Sweden. *Sci Total Environ.* 2009 Oct 15;407(21):5555-63. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.07.027. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.07.027>
- Herring, G., Eagles-Smith, C. & Buck, J. 2017. Characterizing Golden Eagle Risk to Lead and Anticoagulant Rodenticide Exposure: A Review. *Journal of Raptor Research* 51(3):273-292. 2017. <https://doi.org/10.3356/JRR-16-19.1>

- Kanstrup, N. 2012. Lead in game birds in Denmark: Levels and sources. Article 2012-02-1. Danish Academy of Hunting.
- Kanstrup, N., Swift, J., Stroud, D. & Lewis M. 2018. Hunting with lead ammunition is not sustainable: European perspectives. *Ambio* 1-12. DOI <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1042-y>
- Kenntner, N. Tataruch, F. & Krone, O. 2001. Heavy metals in soft tissue of white-tailed eagles found dead or moribund in Germany and Austria from 1993 to 2000. *Environ Toxicol Chem* 20: 1831–1837
- Kitowski, I., Jakubas, D., Wiącek, D., & Sujak, A. 2017. Concentrations of lead and other elements in the liver of the white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*), a European flagship species, wintering in Eastern Poland *Ambio*. 2017. Dec; 46(8): 825–841. doi: 10.1007/s13280-017-0929-3.
- Knutsen, H.K., Brantsæter, A.-L., Alexander, J. & Meltzer, H.M. 2015. Associations between consumption of large game animals and blood lead levels in humans in Europe: the Norwegian experience. In: Delahay R.J. & Spray C.J. (eds). *Proceedings of the Oxford Lead Symposium. Lead ammunition: understanding and minimising the risks to human and environmental health*. Edward Grey Institute, The University of Oxford. Available at: <http://oxfordleadsymposium.info>.
- Kollander, B., Widemo, F., Ågren, E., Larsen, E.H & Loeschner, K. 2017. Detection of lead nanoparticles in game meat by single particle ICP-MS following use of lead-containing bullets. *Anal Bioanal Chem* 409: 1877-1885. DOI 10.1007/s00216-016-0132-6
- Krone, O., Kenntner, N., Trinogga, A., Nadjafzadeh, M., Scholz, F., Sluwa, J., Totschek, K., Schuck.Wersig, P. & Zieschank, R. 2009. Lead Poisoning in White-Tailed Sea-Eagles. Causes and Approches to Solutions in Germany. I: Watson, R.T., Fuller, M., Pokras, M. and Hunt, G. (eds). 2009. *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. Edited by The Peregrine Fund, Boise, Idaho. 383 pages. ISBN 0-9619389-5-7.
- Lemly, A.D. 1993. Guidelines for evaluating selenium data from aquatic monitoring and assessment studies. *Environ Monit Assess*. 1993 Oct;28(1):83-100. doi: 10.1007/BF00547213.
- Licata, P., Naccari, F., Lo Turco, V., Rando, R., Di Bella, G. & Dugo, G. 2010. Levels of Cd (II), Mn (II), Pb (II), Cu (II), and Zn (II) in Common Buzzard (*Buteo buteo*) from Sicily (Italy) by Derivative Stripping Potentiometry. *International Journal of Ecology*, Volume 2010, Article ID 541948, 7 p. doi: 10.1155/2010/541948.
- Lucia, M., André, J.M., Gontier, K., Diot, N., Veiga, J. & Davail, S. 2010. Trace element concentrations (mercury, cadmium, copper, zinc, lead, aluminium, nickel, arsenic, and selenium) in some aquatic birds of the southwest Atlantic coast of France. *Lucia, M Arch Environ Contam Toxicol*. 2010 Apr; 58(3):844-53. doi: 10.1007/s00244-009-9393-9.
- Nam, D.-H., Rutkiewicz, J. & Basu, N. 2012. Multiple metals exposure and neurotoxic risk in bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*) from two Great Lakes states. *Environmental Toxicology* <https://doi.org/10.1002/etc.1712>
- Pain, D.J. (ed.) 1992. *Lead Poisoning in Waterfowl*, Proceedings of an IWRB Workshop. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau: Brussels, Belgium. 105 pp.

Ralston, N.V. & Raymond, L.J. 2010. Dietary selenium's protective effects against methylmercury toxicity. *Toxicology*. 2010 Nov 28;278(1):112-23. doi: 10.1016/j.tox.2010.06.004.

Sakshaug, E. Johnsen, G.H. & Kovacs, K.M. (eds.) 2009. *Ecosystem Barents Sea*. ISBN-13: 978-8251924610

Thomas, V.G., N. Kanstrup, and C. Gremse. 2015. Key questions and responses regarding the transition to use of lead-free ammunition. In: Delahay R.J. & Spray C.J. (eds). *Proceedings of the Oxford Lead Symposium. Lead ammunition: understanding and minimising the risks to human and environmental health*. Edward Grey Institute, The University of Oxford. Available at: <http://oxfordleadsymposium.info>.

Tsuji, L.J.S., Wainman, B.C., Jayasinghe, R.K., VanSpronsen, E.P. & Liberda, E.N. 2009. Determining Tissue-Lead Levels in Large Game Mammals Harvested with Lead Bullets: Human Health Concerns. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* Volume 82, Issue 4, pp 435–439.

Watson, R.T., Fuller, M., Pokras, M. and Hunt, G. (eds). 2009. *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. Edited by The Peregrine Fund, Boise, Idaho. 383 pages. ISBN 0-9619389-5-7.

Bilag

Prøveresultater for alle fugle (N=137) og stoffer. De stoffer, der er behandlet i rapporten, er fremhævet med **fed**.

Stofnavn	Fork.	Middel	Min	Maks
Litium	Li	0,000	0,000	0,000
Beryllium	Be	0,001	<0,0009	0,0012
Natrium	Na	1380,457	102,000	5057,000
Magnesium	Mg	223,560	0,011	760,300
Aluminium	Al	0,652	<0,094	9,016
Fosfor	P	3651,122	1962,000	11439,000
Kalium	K	3042,771	41,000	11155,000
Calcium	Ca	162,638	0,000	794,000
Scandium	Sc	0,000	<0,00009	0,002
Titanium	Ti	0,092	0,001	0,421
Vanadium	V	0,056	<0,001	0,988
Krom	Cr	0,023	<0,007	0,189
Mangan	Mn	3,916	45,700	18,097
Jern	Fe	470,913	0,003	2172,900
Kobolt	Co	0,031	0,008	0,109
Nikkel	Ni	0,023	<0,008	0,147
Kobber	Cu	5,846	12,940	29,530
Zink	Zn	33,934	0,000	210,580
Gallium	Ga	0,002	<0,0002	0,015
Arsen	As	0,068	0,189	0,517
Selen	Se	1,238	1,196	3,815
Rubidium	Rb	8,737	0,010	43,419
Strontium	Sr	0,088	0,000	0,555
Yttrium	Y	0,002	0,000	0,023
Zirconium	Zr	0,004	<0,0006	0,030
Niobium	Nb	0,001	<0,0003	0,006
Molybdæn	Mo	0,679	0,000	2,853
Ruthenium	Ru	0,000	0,000	0,000
Palladium	Pd	0,000	<0,00005	0,000
Sølv	Ag	0,051	<0,002	1,200
Cadmium	Cd	0,217	0,001	1,941
Antimon	Sb	0,029	<0,0009	1,448
Tellurium	Te	0,006	<0,0004	0,039
Cæsium	Cs	0,015	0,003	0,128
Barium	Ba	0,036	<0,006	0,452
Lanthanum	La	0,013	0,000	0,197
Cerium	Ce	0,021	0,000	0,334
Praseodymium	Pr	0,002	0,000	0,032
Neodymium	Nd	0,008	0,000	0,119
Samarium	Sm	0,001	0,000	0,020
Europium	Eu	0,000	<0,000004	0,003

Gadolinium	Gd	0,001	<0,000008	0,015
Terbium	Tb	0,000	<0,000004	0,002
Dysprosium	Dy	0,000	<0,00001	0,006
Holmium	Ho	0,000	<0,000002	0,001
Erbium	Er	0,000	<0,000007	0,002
Thulium	Tm	0,000	<0,000002	0,000
Ytterbium	Yb	0,000	<0,00001	0,001
Lutetium	Lu	0,000	<0,000004	0,000
Hafnium	Hf	0,000	<0,0001	0,001
Tantalum	Ta	0,000	<0,0002	0,001
Wolfram	W	0,000	0,0000	0,000
Rhenium	Re	0,000	0,0000	0,000
Platin	Pt	0,000	0,0000	0,000
Guld	Au	0,000	0,0000	0,000
Kviksølv	Hg	0,516	0,0004	7,448
Tallium	Tl	0,006	<0,0013	0,033
Bly	Pb	1,353	<0,0078	149,072
Bismuth	Bi	3,221	<0,028	200,000
Thorium	Th	0,0004	<0,00004	0,014
Uran	U	0,001	<0,00003	0,018

