

373

OPPDRA GSMELDING

Terrestrisk naturovervåking Tungmetaller i fjær av dvergfolk i Norge

Torgeir Nygård

Program for terrestrisk naturovervåking
Rapport nr 63
Oppdragsgiver Direktoratet for naturforvaltning
Deltagende institusjoner NINA



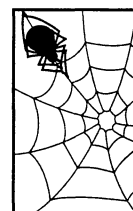
NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Terrestrisk naturovervåking Tungmetaller i fjær av dvergfolk i Norge

Torgeir Nygård

Program for terrestrisk naturovervåking
Rapport nr 63
Oppdragsgiver Direktoratet for naturforvaltning
Deltagende institusjoner NINA



Program for terrestrisk naturovervåking

Program for terrestrisk naturovervåking rettes mot effekter av langtransporterte forurensninger og skal følge bestands- og miljøgiftutvikling i dyr og planter. Integreerte studier av nedbør, jord, vegetasjon og fauna, samt landsomfattende representative registreringer inngår. Programmet supplerer andre overvåkingsprogram i Norge når det gjelder terrestrisk miljø.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er at det skal gi grunnlag for bedømming av eventuelle langsiktige forandringer i naturen. Sammen med øvrige program for overvåking av luft, nedbør, vann og skog skal det gi grunnlag for å klargjøre årsakssammenhenger.

Data for overvåkingsprogrammet skal bidra til å dekke forvaltningens behov med hensyn til å ta administrative avgjørelser (utslippsavtaler, mottiltak, forurensningskontroll). Det skal også gi grunnlag for vurdering av naturens tålegrenser (kritiske konsentrasjons- og belastningsgrenser) for effekter av langtransporterte forurensninger i terrestriske økosystemer.

Det er opprettet en faggruppe for programmet. Denne organiseres av Direktoratet for naturforvaltning (DN). Faggruppen skal sørge for at nødvendige faglige kontakter blir etablert, sørge for koordinering av ulike aktiviteter, og ha en rådgivende funksjon overfor DN.

Følgende institusjoner deltar i faggruppen:

Eiliv Steinnes, Universitetet i Trondheim (AVH)
Rolf Langvatn, Norsk institutt for naturforskning (NINA)
Kjell Ivar Flatberg, Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet (VSM)
Kåre Venn, Norsk institutt for skogforskning (NISK)
Terje Klock, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag

En programkoordinator ved DN fungerer som sekretær for gruppen.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. DN er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institusjoner rettes til Direktoratet for naturforvaltning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim, tlf 73 58 05 00.

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig. Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befariingsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a. Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvernavdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner. Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner). Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Nygård, T. 1995. Tungmetaller i fjær av dvergfolk i Norge. - NINA Oppdragsmelding 373:1-18.

Trondheim, Oktober 1995

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0615-3

Forvaltningsområde:
Naturovervåking

Management area:
Environment monitoring

Rettighetshaver ©:
NINA•NIKU
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Kjetil Bevanger og Lill Lorck Olden

Design og layout:
Lill Lorck Olden

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:
NINA•NIKU
Tungasletta 2
N-7005 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen.

Prosjekt nr.: 12582

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver: Direktoratet for naturforvaltning,
Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

Referat

Nygård, T. 1995. Tungmetaller i fjær av dvergfalk i Norge. - NINA Oppdragsmelding 373: 1-18.

Som et ledd i overvåkingen av terrestrisk miljø i Norge (TOV) ble det i 1992 og 1993 målt tungmetall-innhold i fjær av hekkende dvergfalk *Falco columbarius*. For å kunne tolke disse resultatene, var det nødvendig å finne bakgrunnsnivåene. Det ble derfor analysert metaller i fjær av eldre dvergfalkskinn oppbevart i samlingene ved Zoologisk museum i Oslo. For kvikksølv ble det funnet bakgrunnsnivåer fra forrige århundre på henholdsvis ca. 0,6 for unge og ca. 2,5 ppm for voksne individer, for Cu 10 ppm og for Zn ca. 60-70 ppm uavhengig av alder. Nivåene av kadmium og bly var som regel under deteksjonsgrensa. I nyere materiale var det en viss økning av kvikksølvnivåer både hos unge og voksne dvergfalker i forhold til forrige århundre. Hos unge dvergfalker lå verdiene på rundt det dobbelte av bakgrunnsnivåene. For kopper var det hos voksne fugler økning i forhold til bakgrunnsnivåene, men ikke hos unge. Sink hadde økt både hos unge og voksne. Ingen regionale forskjeller i tungmetall-belastning ble påvist. I den nåværende hekkebestanden ble det påvist en tendens til dårligere reproduksjon enn normalt hos de parene som hadde høyest bly- og kvikksølvnivåer, men materialet var for lite til å kunne trekke sikre konklusjoner.

Emneord: Dvergfalk - tungmetaller - fjær

Torgeir Nygård, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

Abstract

Nygård, T. 1995. Heavy metals in feathers of merlin in Norway. - NINA Oppdragsmelding 373: 1-18.

As part of «Programme for monitoring of terrestrial environment» in Norway (TOV), a survey of metal levels in feathers of breeding merlins *Falco columbarius* was made in 1992 and 1993. To be able to evaluate the results, a survey of the levels in feathers from old merlin skins from the collections of the Zoological museum in Oslo was performed to establish baseline levels. For mercury, these levels were c. 0.6 for young and c. 2.5 ppm for adult birds. For copper the background levels were c. 10 ppm, and for zinc c. 60-70 ppm, independent of age. Most samples of cadmium and lead had levels below detection limits. In recent material, the levels of mercury had increased in both young and adult birds, significantly in young, where the values were doubled relative to the background levels. Copper had increased in feathers of adults, but not in juveniles. The zinc levels had increased both in juveniles and adults. No regional differences of heavy metal load were detected. Data from recent breeding-pairs showed a tendency of lower reproduction associated with elevated mercury and lead levels, but the material was too scanty to draw firm conclusions.

Key words: Merlin - heavy metals - feathers

Torgeir Nygård, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.

Forord

Langtransport av miljøgifter og deres forekomst i norsk fauna er et problem som forvaltningen ønsker å holde under kontinuerlig oppsikt og evaluering. I 1992 og 1993 ble det gjennomført en landsomfattende undersøkelse av miljøgiftinnholdet i dvergfalk, som et ledd i Program for terrestrisk naturovervåking (TOV). Hovedvekten ble lagt på studere forekomst og effekter av klor-organiske forbindelser i egg, herunder skallfortynning og reproduksjon. Imidlertid ble det gjort interessante funn av enkelte tungmetaller i fjær, som det var ønskelig å undersøke nærmere. For å kunne foreta en objektiv evaluering av nivåene, var det nødvendig å etablere kunnskap om naturlige bakgrunnsnivåer. Direktoratet for naturforvaltning stilte midler til rådighet til dette i 1994.

Fylkesmennenes miljøvern avdelinger, Norsk ornitologisk forening, fjelloppsynsmenn og andre kontaktpersoner har bidratt med materiale til prosjektet. Det meste av materialet ble skaffet gjennom rovfuglundørsøkelsene i Alta-vassdraget i Finnmark, ved Per J. Tømmerås og hans medarbeidere. Medlemmer av Norsk ornitologisk forening har bidratt med materiale fra mange landsdeler. Terje Dalen og Per Jordhøy sørget for å tilrettelegge prøvene for analyse. Syverin Lierhagen har ledet arbeidet med metallanalysene ved NINA's laboratorium. Undertegnede har vært faglig hovedansvarlig for prosjektet.

Zoologisk museum i Oslo ved professor Jan Lifjeld stilte velvillig samlingen av eldre dvergfalbskinn til disposisjon for uttak av fjærprøver. Dette materialet har gitt nødvendig kunnskap om naturlige bakgrunnsnivåer.

Trondheim, oktober 1995.

Torgeir Nygård

Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord.....	4
Innhold.....	4
1 Innledning.....	5
1.2 Virkningen av tungmetaller på dyr.....	5
2 Materiale og metoder.....	7
2.1 Feltarbeidet.....	7
2.2 Referansematerialet.....	7
2.3 Kjemiske analyser.....	7
2.4 EDB og statistikk.....	10
3 Resultater og diskusjon.....	10
3.1 Inndeling i kategorier.....	10
3.2 Variasjon i metallnivå innen individer.....	11
3.3 Deteksjonsgrenser og prøvemengde.....	11
3.4 Variasjoner over tid.....	12
3.5 Samvirkende variabler.....	12
3.6 Samvariasjon mellom metaller.....	13
3.7 Tungmetaller og reproduksjon.....	13
4 Takk.....	16
5 Referanser.....	16

1 Innledning

1950- og 60-tallet var en periode da mange fuglebestander ble sterkt reduserte på grunn av miljøgiftbelastning. I mange land var kvikksølvforurensning gjennom spredning fra landbruk og industri til næringskjedene et betydelig miljøproblem, og rovfugler ble spesielt hardt rammet (Borg et al. 1970). I Sverige ble mange fuglebestander sterkt desimerte (Otterlind & Lennestedt 1964, Johnels et al. 1968). Også i Norge har det vært dokumentert til dels høye kvikksølvnivåer hos fugl, spesielt rovfugl (Holt et al. 1973, Holt et al. 1979), samt tilfeller av blyforgiftning av svaner og ender (Herredsvela 1985). Tungmetallinnholdet i fjær er blitt brukt som indikator på forurensning hos rovfugl og andre arter rundt om i verden (Furness et al. 1986, Bowerman et al. 1994).

I Norge er det de sørlige landsdelene som har hatt de største problemene med luftbårne forurensninger, på grunn av sin nærhet til Kontinentet og De britiske øyer. I tillegg er Øst-Finnmark påvirket av smelteverkene på russisk side. I tillegg har vi flere lokale smelteverk som fungerer som punktutslipp. Undersøkelser av jord, moser, vann og fisk har vist at det er store gradienter i Norge når det gjelder slik forurensning (Steinnes & Breivik 1987, Steinnes et al. 1988, 1989, Rognerud & Fjeld 1990).

Som et ledd i overvåkingen av virkningene av langtransportert forurensning på norsk natur har Direktoratet for naturforvaltning igangsatt et program for terrestrisk naturovervåking (TOV), som omfatter integrert overvåking av tilstanden i jord, flora og fauna i sju utvalgte områder, hovedsakelig i subalpine områder, fra sør til nord i Norge (Hannisdal et al. 1994). Blant toppredatorene i dette miljøet har vi en rekke rovfuglarter, bl.a. jaktfalk *Falco rusticolus*, kongeørn *Aquila chrysaetos* og dvergfalk *Falco columbarius*. De to første er fåtallige, da de har svært store arealkrav, mens dvergfalken kanskje er denne regionens mest tallrike rovfugl. En forundersøkelse konkluderte med at dvergfalken var godt egnet som indikator-art for terrestrisk naturovervåking (Nygård 1991). Det ble samlet inn materiale (fjær og egg) fra en rekke lokaliteter lander over i 1992 og 1993. Resultatene fra analysene av klor-organiske forbindelser og kvikksølv i egg er publisert (Nygård et al. 1994).

Dvergfalken har i mange land vært i fokus når det gjelder effekter av miljøgifter (Newton 1973). De fleste undersøkelsene har vært konsentrert om klor-organiske stoffer, eks. DDE og PCB (Risebrough et al. 1970, Temple 1972, Fyfe et al. 1976, Fox & Donald 1980, Olsson 1980, Meek 1988, Rebecca et al. 1992). I Skottland er det imidlertid også funnet en negativ samvariasjon mellom kvikksølvinnhold og hekkesuksess (Newton & Haas 1988).

I materialet innsamlet i 1992 i Finnmark ble det påvist en tendens til lavere produktivitet hos hekkende dvergfalkpar hvor kvikksølvinnholdet i fjær var høyt. Dette ble vurdert som såpass interessant at det ble det tatt inn et utvidet materiale for analyse i 1993. Dette fjærmaterialet, i tillegg til referansematerialet fra Zoologisk museum i Oslo danner grunnlaget for denne

rapporten. Når det gjelder dvergfalkens generelle biologi henvises til Haftorn (1971), og når det gjelder forurensningssituasjonen, se Nygård et al. (1994).

1.2 Virkningen av tungmetaller på dyr

Metaller forekommer i mange ulike former i jordsmonnet, f.eks som oksyder, hydroksyder, karbonater, frie ioner, som bundet til humus/leirpartikler, og er en naturlig del av det miljøet som omgir plante- og dyrelivet. Tungmetaller er betegnelsen på de metallene som har en tetthet på over 5 g/cm³. Nesten alle metaller inngår på en eller annen måte i naturlige livsprosesser. Unntaket er kvikksølv, kadmium og bly, som tvert imot kan være svært skadelige for de fleste levende organismer, selv ved lave konsentrasjoner.

De fleste dyr tar opp tungmetaller hovedsakelig gjennom føden via fordøyelsessystemet. Ekskresjonen av metallene skjer via urin, hår/fjær, egg/foster, morsmelk, svette, m.v. Viktige ekskresjonsorganer er lever og nyre, hvor kjemisk nedbrytning, av-gifting og blodfiltrering skjer. Ulike arter har ulik følsomhet for ulike metaller, avhengig av forskjeller i fordøyelsessystemene og andre fysiologiske forhold. Det er stor forskjell når det gjelder metabolisering av giftstoffer mellom fugler og pattedyr, noe som har sammenheng med forskjellen i urindannelse. Fugler har ikke urinblære, og de skiller ut urinsyre som krystaller i en mucøs blanding som kan modifiseres gjennom hele fordøyelsessystemet, mens pattedyrurin er en vandig løsning av urea.

Tungmetallenes evne til å bli tatt opp, gjøre skade og utskilles hos fugl og pattedyr er summert opp av Nybø (1991). Metallene blir transportert rundt om i kroppen via blodbanene, hvor de er bundet til store molekyler i plasmaet, bl.a. albumin, og som frie ioner og metallkomplekser. I de ulike vev som blir eksponert for metallbelastning har kroppen et sett av forsvarsmekanismer, hvor det viktigste er dannelsen av proteiner som kalles metalotioneiner (MT), som er effektive til å binde metaller. Affiniteten mellom MT og metaller er generelt Hg > Cu > Cd > Zn (Elinder & Nordberg 1985).

Kvikksølv (Hg) er svært toksisk, både som Hg²⁺ og bundet til metyl-grupper, som (CH₃)₂Hg eller CH₃Hg⁺. Kvikksølv bindes til sulfhydryl-grupper (SH-) på katalytiske seter i enzymer, som kan føre til inhibering eller aktivering. Metyl-kvikksølv er i stand til å passere hjernemembranen som et uladet kompleks eller som lavmolekylære tiolforbindelser. Kvikksølv kan gjøre irreversibel skade på sentralnervesystemet, og manifesteres ved forstyrrelser i overføringen av nerveimpulser mellom celler, inhibering av proteinsyntesen, inhibering av polymeriseringen av tubulin til mikrotubuli, og ved reduksjon av cholinesteraseaktiviteten. Det er også vist at kvikksølv kan påvirke eggskalldannelsen, men gjennom andre mekanismer enn DDE (Lundholm 1987).

Ved dannelsen av fjær kan kvikksølv binde seg til sulfhydryl-grupper i proteinet keratin, som er hovedbyggesteinen i fjær (Campbell & Lack 1985). Hvis

fjærskiftet (mytingen) hos fugl hadde foregått jevnt hele året, ville nivåene i nydannede fjær til enhver tid reflektere innholdet i blodet til fuglen. De fleste arter har derimot en mytesyklus som varierer med årstidene, slik at en får perioder på året hvor utskillelse i svært liten grad skjer. I mytepausene kan det derfor skje opphopning av kvikksølv i kroppen. Dette vil i sin tur medføre at de fjærene som skiftes først etter en mytepause, vil ha høyere nivå en de som felles senere, når nivåene er sunket. Dette er forhold som kompliserer tolkingen av metallnivåer i fjær, og som man må forsøke å ta hensyn til.

Tejning (1967a,b) viste at fjærdannelse og fjærskifte er den prosessen som er hoveddekskresjonsveien for kvikksølv hos fugl, både i eksperimenter og i naturen. Også andre tungmetaller kan påvises i fjær. Dette har ført til at fuglefjær er blitt brukt til overvåking av forurensing hos en rekke fuglearter mange steder i verden (Berg et al. 1966, Spronk & Hartog 1970, Westermarck et al. 1975, Goede & deBruin 1986, Wallin 1984). Forsøk med eksponering av fjær overfor UV-lys, oppvarming, frysing og værforhold har vist at kvikksølv inngår i en meget stabil forbindelse med fjærproteiner (Appelquist et al. 1984, 1985).

Kadmium (Cd) har i likhet med kvikksølv ingen kjente nødvendige funksjoner hos levende organismer. Kjemien til kadmium har mange likheter med kjemien til sink. I likhet med kvikksølv kan kadmium gjøre skade ved å binde seg til aktive seter på enzymer, spesielt i konkurranse med Zn. Cd har også høy affinitet for calmodulin, et kalsiumbindende protein som koordinerer en rekke viktige biokjemiske prosesser. Jernmangel kan øke opptaket av kadmium. Nybø (1991) skadevirkningene av Cd, og de bakenforliggende kjente biokjemiske mekanismene.

Opptaket av kadmium fra tarmen hos dyr er lavt. Hos japanvaktler *Coturnix coturnix japonica* er opptaket fra tarmen på mindre enn 1,5-2% (Bremner 1979) Kadmium overføres i svært liten grad fra fuglen til egget. Egg kan derfor ikke brukes til å si noe om kadmiumeksponering av fugler. Det mangler undersøkelser på sammenhengen mellom kadmiuminnholdet i diett og fjær (Scheuhammer 1987), men undersøkelser på lirype tyder på at utskillelsen gjennom myteprosessen er av en slik størrelsesorden at den kan opprettholde en balanse mellom opptak og ekskresjon (Pedersen et al. 1992). Kadmium bindes til røde blodceller og høymolekylære plasmaproteiner, og noe kadmium blir også transportert av metallofloneiner.

Kronisk kadmiumbelastning kan føre til nyreskader. Nyresvikt kan føre til tap av kalsium og fosfat, de viktigste bestanddelene i beinvev. Det er også vist at Cd skader testiklene, og det er fosterskadelig, mutagent og kreftfremkallende (Eisler 1985). Det er påvist relativt høye Cd-verdier i en del norske viltarter (Fimreite et al. 1990, Myklebust 1992).

Bly (Pb) er et relativt vanlig forekommende stoff i naturen, men har ingen kjente nødvendige funksjoner hos levende organismer. De antropogene kildene til blyforurensning er i hovedsak fra blytilsatt bensin, metallurgisk industri og fra blyhagl. Bly danner organiske forbindelser. Tetraetyllybly og tetrametyllybly er de viktigste

av disse, og de organiske forbindelsene er giftigere enn de uorganiske. Bly virker hemmende på dannelsen av hemoglobin. Kronisk eksponering kan føre til nyreskader. Blyforbindelser kan passere blod/hjernebarrieren, og virke inn på overføringen av signaler over synapsene ved lave konsentrasjoner. Bly akkumuleres i beinmarg, hvorfra det er vanskelig mobiliserbart (Eisler 1988). Vannfugl som beiter på grunt vatn i områder hvor det drives jakt med blyhagl har vært sterkt utsatt for akutt blyforgiftning (Bellrose 1959), og sekundærforgiftning av rovfugl som har spist bytte med blyhagl i kroppen er påvist mange steder (Janssen et al. 1986, Nelson et al. 1989, Pattee et al. 1990, Pain et al. 1993). Også i Norge er det påvist at rovfugl får i seg blyhagl gjennom maten. En undersøkelse av ca 200 gulpeboller fra 9 forskjellige kongeørnlokaliteter i Nord-Østerdalen i 1975 og 1976, viste at ca 70 % av disse inneholdt ett eller flere blyhagl (Gjershaug 1992).

Sink (Zn) og *kobber* (Cu) er essensielle metaller som inngår i nødvendige livsprosesser hos alle levende dyr, men som kan være skadelig i store konsentrasjoner. De er tatt med her, ikke fordi de utgjør noen stor fare i seg selv, men de kan fungere som indikatorer på metallbalansen som helhet.

2 Materiale og metoder

2.1 Feltarbeidet

Reirene ble besøkt i hekketida. I 1992 ble besøket foretatt i ungeperioden, mens i 1993 ble besøkene for det meste foretatt i rugeperioden, med tillatelse til å samle inn ferske egg til kjemisk analyse. Den største feltinnsatsen ble gjort i Finnmark og Nordland, med henholdsvis 32 og 21 reirbesøk i 1993. En oversikt over feltarbeidets omfang og antallet fjærprøver som ble samlet inn er vist i **tabell 1**. Fjærene ble lagt i individuelt merkede plastposer av polyetylen. Forut for analysen ble fjærene så langt det var mulig identifisert til type og alder ved hjelp av skinnmateriale som referanse. Deretter ble det ytre av fjærene skrappt med en skalpell av rustfritt stål for å fjerne eventuell ytre kontaminering. Fjærene ble håndtert med engangshansker av polyetylen.

Tabell 1 Feltinnsatsen og resultatet av fjærinnsamlingen i 1992 og 1993. - *The field effort and the results of the feather collection in 1992 and 1993.*

	1992		1993	
	Antall reir med innsendt feltrapport <i>The number of nests reported</i>	Antall reir med fjærprøver <i>The number of nests with feather samples</i>	Antall reir med innsendt felt-rapport <i>The number of nests reported</i>	Antall reir med fjærprøver <i>The number of nests with feather samples</i>
Finnmark	29	7	32	19
Troms	1	0	3	1
Nordland	1	1	21	2
Nord-Trøndelag	3	3	3	1
Sør-Trøndelag	2	1	3	0
Møre og Romsdal	1	1	1	1
Buskerud	0	0	2	2
Oppland	4	3	3	3
Hedmark	2	2	3	3
Rogaland	0	0	1	1
Sum	43	18	72	33

2.2 Referansematerialet

Ved Zoologisk museum i Oslo var det journalført 43 skinn av dvergfalk fra tiden før 1940, det eldste individet var fra 1876. En valgte derfor av praktiske årsaker å benytte referansematerialet herfra. Femte håndsvingfjær (talt innenfra) ble valgt som standardfjær. Denne mytes først av håndsvingfjærene, vanligvis helt i starten av hekkesesongen. Den normale sekvensen for felling av håndsvingfjær er 5-4-6-3-7-8-2-9-1-10, men både nr 4 og 6 kan i noen tilfelle mytes før nr. 5. (Ginn & Melville 1983).

2.3 Kjemiske analyser

Fjærene er analysert for tungmetaller ved NINA's laboratorium i Trondheim ved bruk av atomabsorpsjonspektrometri (AAS). Prøvene ble oppsluttet og inndampet i mikrobølgeovn 'Milestone MLS 1200' i beholdere av perfluoralcoholoxil (PFA) ved tilsats av 65 % Scan-pure HNO₃. Metallkonsentrasjonene ble målt ved hjelp av atomabsorpsjons-spektroskopi, Perkin Elmer modell 1100B med FIAS 200 automatisk injeksjonssystem. For analyse av bly, kadmium og kvikksølv ble det brukt grafittovn HGA 700 med autosampler ASI 70 og hydridsystem. For analyse av kvikksølv ble det for å få maksimal følsomhet brukt Perkin Elmer's hydridsystem FIAS 200. Det er brukt 2,5 ml syre til oppløsning, som ble fortynnet 7 x til et sluttvolum på 17,5 ml. **Tabell 2** viser forholdet mellom følsomhet, metalltype og prøvemengde for det aktuelle vektintervall for prøvene. Som standarder ble benyttet internasjonalt sertifisert materiale, se **tabell 3**.

Tabell 2 Deteksjonsnivå (ppm) ved maks., middel og min. prøvemengder (0,006, 0,04 og 0,11 g) for de ulike metallene, ved relativt standardavvik 10% for gjentatte prøver. - *Detection limits (ppm) of the different metals for max., mean and min. sample weights (0,006, 0,04 and 0,11 g), at relative standard deviation of 10% for repeated measurements.*

	0,11 g	0,04 g	0,006 g
Cd	0,03	0,09	0,6
Pb	0,8	2,2	15
Cu	1,7	4,4	29
Hg	0,17	0,4	2,9
Zn	1,7	4,4	29

Tabell 3 Analyser av sertifisert referansemateriale, ppm i fast materiale på tørrvektsbasis. - *Analyses of certified reference samples, ppm on a dry weight basis.*

Dogfish liver (DOLT-1)	CD	ZN	CU	PB	HG
Gj. snitt <i>Average (± 2 S.E.)</i>	4,54 (0,08)	97,9 (1,26)	21,6 (1,30)	1,45 (0,29)	0,26 (0,02)
Antall analyser <i>No. of analyses</i>	8	8	8	8	6
Sertifiserte verdier <i>Certified values (95% conf. interv.)</i>	4,18 (0,28)	92,5 (2,3)	20,8 (1,2)	1,36 (0,29)	0,225 (0,037)
Bovine liver (Bovine 1577A)	CD	ZN	CU	PB	
Gj. snitt <i>Average (± 2 S.E.)</i>	0,45 (0,03)	132 (2,00)	165 (4,49)	0,17 (0,04)	
Antall analyser <i>No. of analyses</i>	11	23	23	15	
Sertifiserte verdier <i>Certified values (95% conf. interv.)</i>	0,44 (0,06)	123 (8)	158 (7)	0,135 (0,015)	

Tabell 4 Resultater av alle enkeltanalysene. For Hg, Cu, Pb og Zn er enheten ppm (tørrvekt), mens den for Cd er ppb (tørrvekt). - Results of all the analyses. For Hg, Cu, Pb and Zn the values are ppm (dry weight), for Cd: ppb.

Journal	Ind.nr	Prøve nr.	Innsamler	Kjønn	Sex	Alderskategori		År	Kommunenavn	Fjærtype	Feather	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Journal	Ind. no.	Sample no	Collector			Age category		Year	Municipality		type	(ppm)	(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
4	2879	1	Collett	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1876	Oppdal	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,5	< 72	< 1,8	12	92
4	2881	1	Ukjent innsamler	Hann	Male	Adult	Adult	1879	Oslo	H h.sv.fjær no 5	P5 r	3,4	< 121	< 3	9	60
4	2882	1	Ukjent innsamler	Hann	Male	Adult	Adult	1881	Bærum	H h.sv.fjær no 5	P5 r	1,4	< 91	< 2,3	10	66
4	2883	1	Collett	Hann	Male	Adult	Adult	1887	Stange	H h.sv.fjær no 5	P5 r	2,3	< 95	< 2,4	15	73
4	2885	1	Collett	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1889		H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,6	< 50	< 1,3	10	66
4	2886	1	Collett	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1891	Ringebu	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,6	< 55	< 1,4	10	63
4	10250	1	Olsen	Hann	Male	Adult	Adult	1891	Tynset	H h.sv.fjær no 5	P5 r	2,5	< 111	< 2,8	10	78
4	2887	1	Collett	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1893	Åmot	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,6	< 56	< 1,7	13	57
4	2892	1	Collett	Hann	Male	Adult	Adult	1896	Hå	H h.sv.fjær no 5	P5 r	8	< 35	< 0,9	11	74
4	2891	1	Ukjent innsamler	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1898	Asker	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,5	< 65	< 1,6	8	59
4	2895	1	Schaanning	Hunn	Female	Adult	Adult	1907	Sør-Varanger	H h.sv.fjær no 5	P5 r	7,3	< 79	< 2	14	63
4	2896	1	Schaanning	Hann	Male	Adult	Adult	1907	Sør-Varanger	H h.sv.fjær no 5	P5 r	5,8	< 67	< 1,7	10	55
4	2897	1	Schaanning	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1907	Sør-Varanger	H h.sv.fjær no 5	P5 r	1,1	< 43	< 1,1	13	65
4	2898	1	Ukjent innsamler	Hunn	Female	Adult	Adult	1908	Hattfjeldal	H h.sv.fjær no 5	P5 r	3,8	< 39	< 1	7	51
4	2903	1	Ukjent innsamler	Hann	Male	Adult	Adult	1926	Råde	H h.sv.fjær no 5	P5 r	4	< 65	< 1,6	11	62
4	2904	1	Ukjent innsamler	Hann	Male	Adult	Adult	1930	Trøgstad	H h.sv.fjær no 5	P5 r	5,5	< 69	< 1,7	15	57
4	2907	1	Hagen	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1943	Dovre	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,8	< 38	< 0,9	14	59
4	2908	1	Hagen	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1943	Dovre	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,9	< 49	< 1,2	12	59
4	9000	1	Ukjent innsamler	Hann	Male	Pullus	Nestling	1966	Sør-Varanger	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,6	< 33	< 0,8	11	100
4	9001	1	Ukjent innsamler	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1966	Sør-Varanger	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,7	< 30	< 0,7	14	68
1	1131	1	Lunde	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1976	Engerdal	Stjertfjær	Rectrice	3,2	103	1,5	12	68
1	834	1	Nygård	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1977	Lierne	Stjertfjær	Rectrice	2,2				
1	833	1	Nygård	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1978	Snåsa	Stjertfjær	Rectrice	2,3				
1	1110	1	Nygård	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1978	Midtre Gauldal	Stjertfjær	Rectrice	1,6	156	< 0,7	10	178
1	1111	1	Nygård	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1978	Midtre Gauldal	Stjertfjær	Rectrice	13,9	144	< 0,9	58	335
1	901	1	Reitan	Hann	Male	Adult	Adult	1990	Tynset	H h.sv.fjær no 7	P7 r	3,5				
1	1221	1	Sortland	Hunn	Female	Juvenil	Juvenile	1991	Vågan	Stjertfjær	Rectrice	1,1	9	< 0,2	11	92
1	1112	1	Mølsvik	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Snåsa	Stjertfjær	Rectrice	1,7	< 143	< 0,9	10	172
1	1113	1	Heggset	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Meldal	Ubest. fjær	Undet. f.	0,7	212	1,9	14	132
1	1115	1	Gaarder	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Øystre Slidre	V h.sv.fjær no 7	P7 l	2,9	44	0,4	16	85
1	1116	1	Gaarder	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Vågå	Ubest. fjær	Undet. f.	4,9	66	0,7	15	109
1	1117	1	Gaarder	Hunn	Female	Adult	Adult	1992	Vang i Oppland	Handsvingfjær	Primary f.	10,3	47	< 0,4	15	97
1	1118	1	Jordhøy	Hunn	Female	Adult	Adult	1992	Tynset	Stjertfjær	Rectrice	8,5	672	4,1	10	145
1	1119	1	Lunde	Hunn	Female	Adult	Adult	1992	Rendalen	Handsvingfjær	Primary f.	1,5	87	0,5	16	92
1	1120	1	Spjøtvold	Hunn	Female	Adult	Adult	1992	Grane	V h.sv.fjær no 9	P9 l	2	2975	< 0,3	10	79
1	1121	1	Spjøtvold	Hann	Male	Adult	Adult	1992	Namsskogan	Handsvingfjær	Primary f.	3,3	737	< 0,3	15	64
1	1122	1	Spjøtvold	Ukjent	Unknown	Ubestemt	Not deter	1992	Røyrvik	Handsvingfjær	Primary f.	10,5	218	< 0,4	17	75
1	1123	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Alta	Ubest. fjær	Undet. f.	0,9	737	1,7	13	113
1	1124	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Alta	Ubest. kropps fjær	Body f., undet.	2,5	335	2,3	13	140
1	1125	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Alta	Ubest. fjær	Undet. f.	4,7	599	1,1	13	110
1	1126	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1992	Alta	Handsvingfjær	Primary f.	1,2	< 23	< 0,2	11	73
1	1127	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Alta	Ubest. fjær	Undet. f.	1,2	91	1,4	11	109

Tabell 4 forts.

Journal	Ind.nr	Prøve nr.	Innsamler	Kjønn	Sex	Alderskategori		År	Kommunenavn	Fjærtype	Feather	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Journal	Ind. no.	Sample no	Collector			Age category		Year	Municipality		type	(ppm)	(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
1	1128	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Alta	Ryggfjær	Dorsal f.	1,4	230	2,3	19	114
1	1129	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Alta	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	1,9	155	1,4	10	80
1	1130	1	Reitan	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1992	Tynset	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	6,1	237	2,1	11	107
1	1202	1	Frydenlund-Steen	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Nore og Uvdal	H h.sv.fjær no 5	P5 r	1,3	< 16	< 0,4	12	83
1	1203	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Alta	Handsvingfjær	Primary f.	7,4	< 13	< 0,3	17	72
1	1204	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Kautokeino	H h.sv.fjær no 5	P5 r	8,3	< 14	< 0,3	15	66
1	1205	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Kautokeino	V h.sv.fjær no 6	P6 l	1,8	< 10	< 0,2	11	93
1	1206	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Kautokeino	V h.sv.fjær no 5	P5 l	7,9	< 14	< 0,4	17	77
1	1207	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Ubest. fjær	Undet. f.	6,9	< 13	< 0,3	16	78
1	1208	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Kautokeino	V h.sv.fjær no 5	P5 l	2,7	< 10	< 0,3	19	86
1	1208	2	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Stjertfjær	Rectrice	3	< 13	< 0,3	17	79
1	1209	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Kautokeino	H h.sv.fjær no 3	P3 r	4,1	< 26	< 0,4	19	109
1	1210	1	Tømmerås	Hann	Male	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Stjertfjær	Rectrice	5,2	< 18	< 0,4	13	118
1	1211	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Armsvingfjær	Secondary f.	4,9	< 23	< 0,6	16	119
1	1212	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Armsvingfjær	Secondary f.	3,4	< 77	< 1,4	13	103
1	1213	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Ryggfjær	Dorsal f.	1	< 194	< 1,8	14	119
1	1214	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Ryggfjær	Dorsal f.	0,7	< 268	< 1,3	11	162
1	1215	1	Tømmerås	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Alta	H h.sv.fjær no 4	P4 r	4,7	< 12	< 0,3	19	96
1	1216	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Alta	H h.sv.fjær no 4	P4 r	0,8	< 23	< 0,3	13	119
1	1217	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Nordreisa	Stjertfjær	Rectrice	2,5	< 24	< 0,3	9	74
1	1218	1	Bolstad	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Målselv	Handsvingfjær	Primary f.	2,8	< 22	< 0,5	14	113
1	1219	1	Tømmerås	Hann	Male	Adult	Adult	1993	Alta	Armsvingfjær	Secondary f.	2,5	< 18	< 0,4	15	136
1	1220	1	Meyer	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Hemnes	V h.sv.fjær no 5	P5 l	3,5	< 44	< 0,3	15	92
1	1222	1	Mølsvik	Hann	Male	Adult	Adult	1993	Snåsa	V h.sv.fjær no 4	P4 l	5,1	< 19	< 0,5	15	80
1	1222	2	Mølsvik	Hann	Male	Adult	Adult	1993	Snåsa	V h.sv.fjær no 9	P9 l	6,3	< 10	< 0,3	12	66
1	1224	1	Jordhøy	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Tynset	V h.sv.fjær no 5	P5 l	0,6	< 19	< 0,5	11	88
1	1225	1	Heggset	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1993	Sumadal	Ryggfjær	Dorsal f.	1,6	< 36	< 1,3	11	174
1	1226	1	Heggset	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1993	Sumadal	Ryggfjær	Dorsal f.	1,5	< 73	< 3,1	14	196
1	1227	1	Tømmerås	Ukjent	Unknown	Adult	Adult	1993	Alta	Armsvingfjær	Secondary f.	4,9	< 64	< 1,4	12	154
1	1228	1	Lunde	Ukjent	Unknown	Pullus	Nestling	1993	Engerdal	Armsvingfjær	Secondary f.	1,3	< 12	< 0,4	9	167
1	1229	1	Bakken	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Tana	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,8	< 17	< 0,4	18	77
1	1229	2	Bakken	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Tana	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	0,8	< 185	< 5,6	15	151
1	1230	1	Bentsen	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Karmøy	H h.sv.fjær no 5	P5 r	1,6	< 23	< 0,8	15	70
1	1230	2	Bentsen	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Karmøy	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	1,9	< 80	< 3,6	14	153
1	1231	1	Elseth	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Skjåk	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,7	< 18	< 0,5	13	74
1	1231	2	Elseth	Hann	Male	Juvenil	Juvenile	1993	Skjåk	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	0,8	< 38	< 0,4	11	145
1	1232	1	Lunde	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Rendalen	H h.sv.fjær no 5	P5 r	1,1	< 21	< 0,5	15	67
1	1232	2	Lunde	Hunn	Female	Adult	Adult	1993	Rendalen	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	1,4	< 49	< 0,3	24	134
1	1233	1	Frydenlund-Steen	Ukjent	Unknown	Juvenil	Juvenile	1993	Nore og Uvdal	H h.sv.fjær no 5	P5 r	0,5	< 15	< 0,4	10	156
1	1233	2	Frydenlund-Steen	Ukjent	Unknown	Juvenil	Juvenile	1993	Nore og Uvdal	Ubest. kropps-fjær	Body f., undet.	0,6	< 35	< 0,3	6	158
1	1240	1	Tømmerås	Hann	Male	Adult	Adult	1993	Kautokeino	Stjertfjær	Rectrice	3,1	< 16	< 0,4	15	80

2.4 EDB og statistikk

SPSS for Windows, ver. 6.1 er brukt til den statistiske bearbeidingen (Norusis 1993). Rådata er lagret på NINA's sentrale dataanlegg i en Microsoft Access database, ver. 2.0, tilgjengelig over nettverk. Det er henvist til de ulike testene i tekst og tabeller.

3 Resultater og diskusjon

Alle enkeltanalysene er presentert i en hovedtabell (tabell 4). Journal 1 er prosjektets egen, mens journal 4 er Zoologisk museum i Oslo, og følger museets nummerering. Materialet fra før 1945 stammer fra samlingene der. Med et par unntak er resten samlet inn i felt i forbindelse med prosjektet. Der hvor verdiene ligger under deteksjonsgrensa, er det satt < foran den laveste målbare verdien ved den aktuelle prøvemengden. Merk at nivåene for Cd er målt i ppb, mens de andre er i ppm.

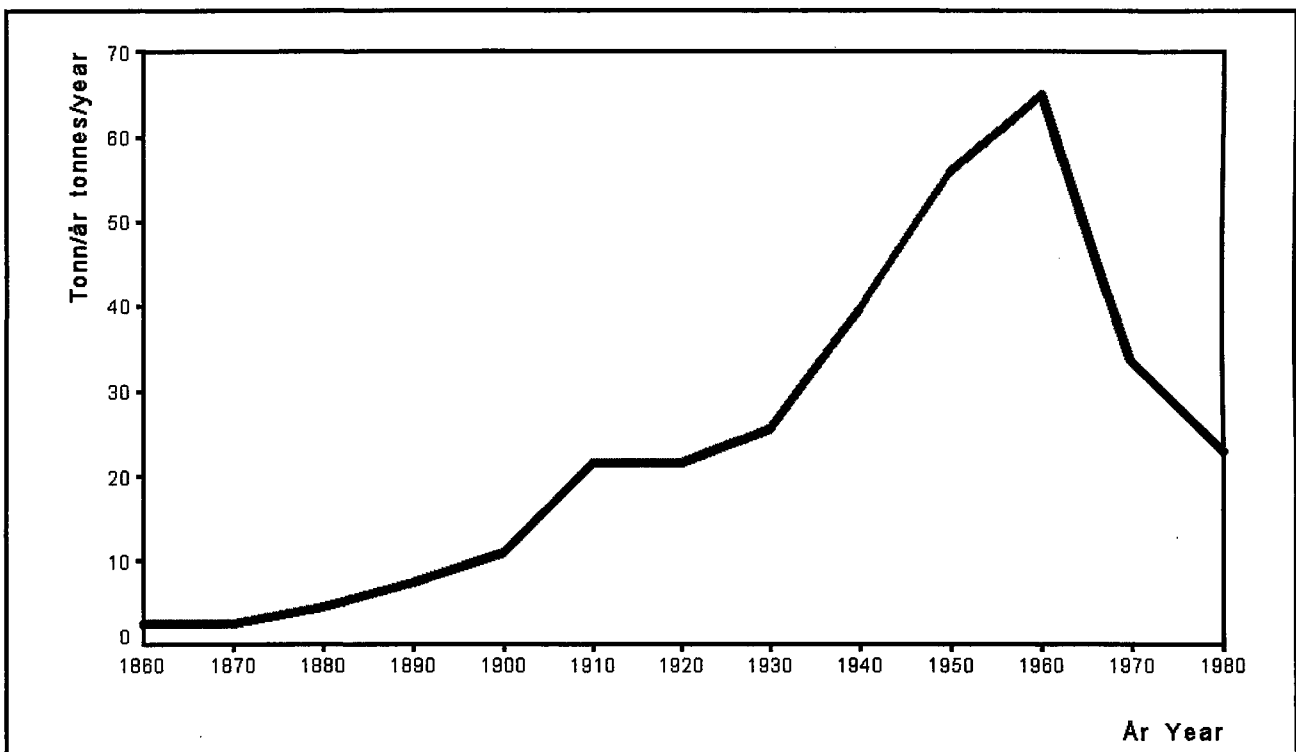
3.1 Inndeling i kategorier

Kjønn: Materialet ble fordelt på hunn og hann der det var mulig. Voksne hanner har en gråblå farge på rygg og stjert som gjør disse lette å kjønnsbestemme. Ungfugler av hanner og hunner er svært like i sitt første leveår, men hunnene er noe større enn hannene. Har man tilgang til hele fuglen, kan ungfuglene bestemmes til kjønn på grunnlag av vingelengde; unge hanner har en vingelengde på 188-201 mm, unge hunner 205-224 mm

(Forsman 1984). Med bare enkeltfjær som grunnlag er det så godt som umulig å bestemme kjønnen, selv om de lyse tverrbåndene ofte har et grått skjær hos hanner. Generelt gjelder det at unge hunner og hanner (fram til andre sommer) har så lik fjærdrakt at det ikke er tilrådelig å bestemme kjønn på grunnlag av enkeltfjær.

Alder: Reirunger og fugl i ungfugldrakt er slått sammen til én kategori, da denne drakten i sin helhet er anlagt i reirområdet. Unge hunner er vanskelig å skille fra voksne hunner. Første høsten er ungfuglene mørkere på ryggen enn de voksne, men utpå vinteren blir de mer og mer like (Forsman 1984). De fjærene som vanligvis finnes på og ved reiret er mytefjær av de voksne fuglene, og disse går det heldigvis an å bestemme både til kjønn og alder. Dvergfalken har ingen subadulte stadier, og er kjønnsmoden ett år gammel (Cramp & Simmons 1980). Aldersinndelingen blir derfor i to grupper; juvenile og adulte.

Tidsperioder: Hovedformålet med denne undersøkelsen var å fastsette referanseverdier for tungmetaller i eldre materiale. Data fra Sverige viser at utslippet av kvikksølv til luft begynte å øke kraftig allerede tidlig på 1900-tallet. Deretter følger en gradvis økning fram til 1940, fulgt av en kraftig økning på 1950- og 60-tallet, dernest en markert nedgang på 1970- og -80-tallet (Levander 1989) (figur 1). Både i Sverige og Norge ble det i landbruket benyttet kvikksølvmidler til beising av såkorn allerede fra begynnelsen av 1900-tallet av, hovedsakelig som uorganiske forbindelser. Fra omkring 1940 ble disse preparatene erstattet av alkyl-kvikksølv-forbindelser, framfor alt av metyl-kvikksølv, som var dominerende helt fram til 1967, da det ble forbudt i Norge (Holt 1973). Det ble i utgangspunktet foretatt en inndeling i fire



Figur 1 Anslåtte totale utslippsmengder av antropogent kvikksølv til atmosfæren i Sverige 1860-1980, pr tiår (etter Levander 1989). - Estimated total emissions of anthropogenic Hg to the atmosphere in Sweden 1860-1980 per decade (after Levander 1989).

tidsperioder; 1876-99, 1900-39, 1940-79, 1980-93. Materialets begrensninger i tid ga grunnlag for følgende periodeinndelinger: 1876-98, 1907-43, 1966-78, og 1990-93. To prøver fra 1943 ble ført til periode nr to, da de sannsynligvis er mer representative for førkrigssituasjonen enn etterkrigssituasjonen.

Regioner: Landet er delt i tre hovedregioner; 1) Sør-Norge, 2) Trøndelag og Nordland, og 3) Troms og Finnmark. Ringmerkingsgjenfunn har vist at dvergfalcker som er merket i nord etter alt å dømme har en mer vestlig trekkerte enn de som blir merket i sør (Nygård et al. 1994).

3.2 Variasjon i metallnivå innen individer

I en del av materialet ble det tatt doble prøver av ett og samme individ; en samleprøve av diverse kroppsfjær, og håndsvingfjær nr. 5. Samleprøven skal ideelt sett representere en gjennomsnittsverdi for individet. Resultatet av denne sammenligningen viser at Hg-innholdet var litt høyere i kroppsfjær enn i håndsvingfjær nr. 5 i alle prøvene, men forskjellen var i snitt bare 18% (tabell 5). For Cu var det ingen signifikant forskjell, mens det var noe høyere Zn-konsentrasjon i samleprøven ($p = 0,04$, Wilcoxon signed rank-test, $p = 0,06$, Sign test). Wilcoxon er kraftigere enn Sign-testen, da den tar i betraktning størrelsesforskjellen mellom de parede prøvene. I de tilfellene hvor det ikke fins eksakte verdier for alle prøvene (Cd), er det brukt Sign-test, som bare

tar i betraktning om den ene gruppen er større eller mindre enn den andre. Resultatene antyder klart at både for Cd og Pb har kroppsfjærene høyere metallinnhold enn håndsvingfjær, spesielt er dette tydelig for Cd. For Pb er forskjellene ikke testbare, da en for stor del av prøvene ligger under deteksjonsgrensa.

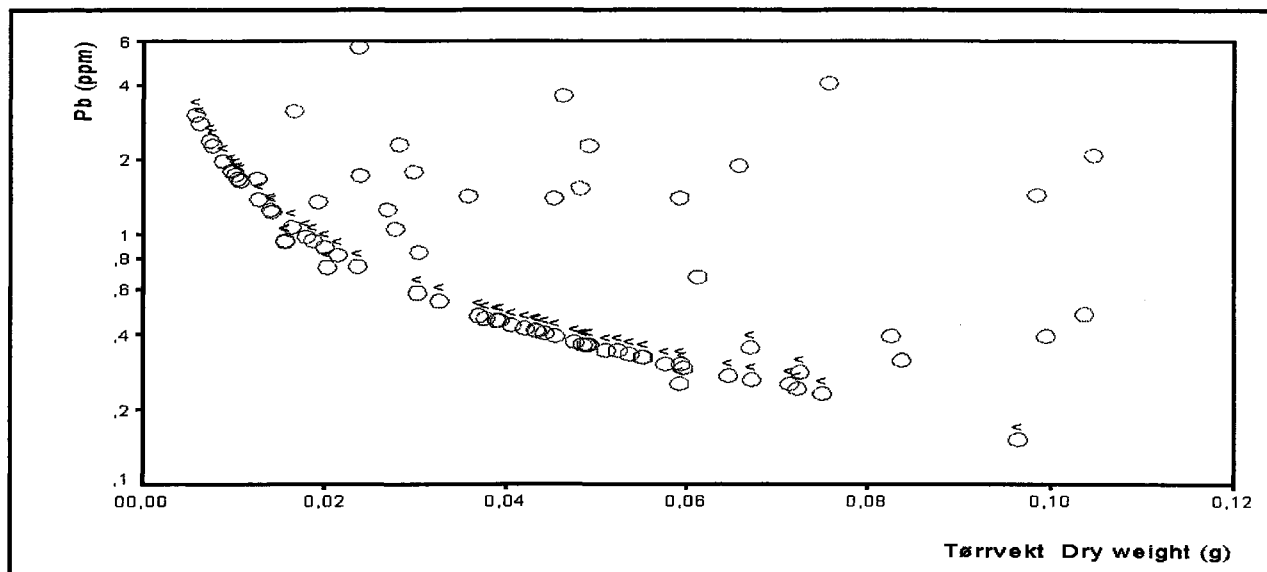
På bakgrunn av dette har jeg valgt å bruke verdiene for Hg og Cu om hverandre uavhengig av fjærtype. Verdiene for håndsvingfjær er benyttet som hovedverdier for hvert individ, der hvor flere enn en prøve fra hvert individ er analysert.

3.3 Deteksjonsgrenser og prøvemengde

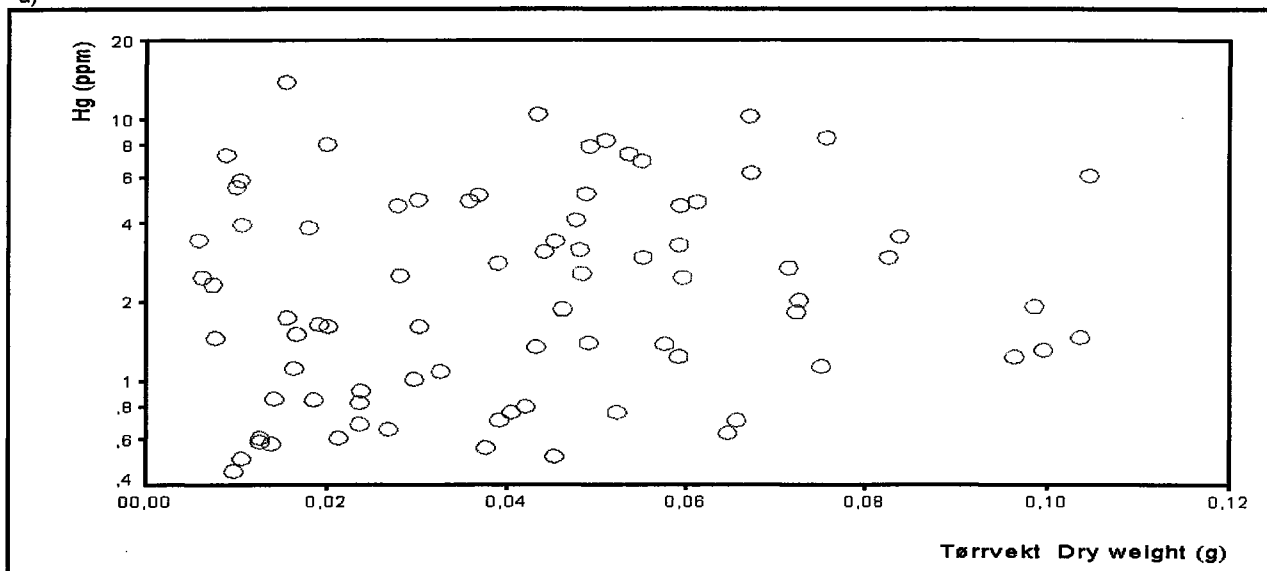
Fjær er et svært lett materiale, og prøvemengden blir ofte svært liten. Det er konsentrasjonen i løsning som bestemmer detekterbarheten, og jo mindre prøvemengden er, jo færre metallmolekyler blir det i løsningen. Dette ga et problem ved analyse av Pb og Cd, hvor mange av verdiene var under deteksjonsgrensa. For hver enkelt prøve er deteksjonsgrensa direkte relatert til prøvemengden. Dette vises klart i figur 2a. Det har vært en utbredt metode å benytte anslått verdi i slike tilfelle, f.eks. halvparten av deteksjonsgrensa. Dette kan ikke gjøres her, da avhengigheten av prøvemengden vil tilsløre alle andre sammenhenger. For Hg, Cu og Zn var alle prøvene over deteksjonsgrensa. Figur 2b viser at det ikke er noen sammenheng mellom prøvemengde og Hg-konsentrasjon.

Tabell 5 Sammenligning mellom metallinnholdet i to forskjellige prøver av samme individ. 1= håndsv.fj nr. 5, 2 = samleprøve av kroppsfjær. Alle sannsynlighetsverdier er to-halede. - A comparison of the metal content of samples from the same individual. 1 = primary no. 5, 2 = pooled sample of body feathers. All probability values are two-tailed.

Ind. nr. Ind. no.	Prøve Sample	Hg (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppb)	Pb (ppm)
1229	1	0,75	18,0	76,5	< 17,0	< 0,43
1229	2	0,82	15,0	150,6	185,0	5,64
1230	1	1,60	15,0	69,9	23,0	0,84
1230	2	1,87	14,0	153,4	80,0	3,61
1231	1	0,70	13,0	73,7	< 18,0	< 0,45
1231	2	0,79	11,0	144,6	38,0	< 0,42
1232	1	1,08	15,0	66,90	< 21,0	< 0,54
1232	2	1,37	24,0	134,0	49,0	< 0,30
1233	1	0,51	10,0	155,7	< 15,0	< 0,39
1233	2	0,63	6,0	157,9	35,0	< 0,27
1 > 2		0	4	0	0	0
2 > 1		5	1	5	5	2
Wilcoxon matched pairs signed rank-test		$p = 0,04$ (n=5)	$p = 0,5$ (n=5)	$p = 0,04$ (n=5)	ikke testbart not testable	ikke testbart not testable
Sign test		$P = 0,06$ (n=5)	$p = 0,37$ (n=5)	$p = 0,06$ (n=5)	$p = 0,06$ (n=5)	ikke testbart not testable



a)



b)

Figur 2a-b Forholdet mellom målt metallkonsentrasjon og prøvevekt i dvergfalkfjær. Det er tydelig hvordan deteksjonsgrensa bestemmes av mengden innveid prøve. a) bly, b) kadmium, og c) kvikksølv. - The relation between sample weight and measured metal concentration in merlin feathers. It is evident how the detection limit is set by the sample weight. a) Lead, b) Cadmium) and c) Mercury.

3.4 Variasjoner over tid

For kvikksølv var det økning fra forrige århundre fram til i dag hos ungfugl, med en økning i medianverdi fra 0,6 til 1,1 ppm fram til 1990-93, med det høyeste nivået i perioden 1966-78 med 1,4 ppm. Hos voksne, derimot, var det ingen forskjell. Bakgrunnsnivået ble funnet å være ca 2,5 ppm, mens det mediane nivået i tiden etter har ligget på 3-5 ppm (tabell 6). For kobber var det ingen forskjell for ungfugl, mens det var en viss tendens til økning hos adulte. For sink var det en tendens til økning særlig for de voksne individene. For kadmium og bly var nivåene i det eldre materialet omkring eller under deteksjonsgrensa for de fleste prøvene, dvs. < ca 0,1 ppm for Cd og < ca 2 ppm for Pb. Figur 3a-f viser utvikling over tid av de mediane nivåene av Hg, Cu og Zn.

3.5 Samvirkende variabler

En multivariat analyse kan holde fra hverandre effekter av flere faktorer som virker samtidig på samme variabel, eksempelvis virkninger på metallnivåene av region, tidsperiode og alder. Det er brukt ANOVA i SPSS til dette (tabell 7). Det går klart fram at storparten av variasjonen i kvikksølvnivå skyldes alderseffekten. Tidsperiode gir et visst bidrag til den totale variasjonen, geografisk beliggenhet lite, og bare alderseffekten er signifikant. Ser en imidlertid på de juvenile for seg (tabell 6) og ser på utviklingen av kvikksølv over tid, har det vært en viss økning. For kobber og sink er det bare tidsperiode som gir signifikans. Det er vanskelig å peke på noen sannsynlig årsak til økningen i nivåene av disse essensielle, i stor grad fysiologisk regulerte metallene.

Tabell 6 Tungmetaller i dvergfalkfjær i Norge fordelt på tidsperioder. - Heavy metals in feathers of merlin in Norway grouped by time periods.

		1876-98		1907-43		1966-78		1990-93		Median-test	One-Way
		Median	n	Median	n	Median	n	Median	n	p	p
Hg	Juv	0,57	5	0,85	3	1,44	4	1,12	9	0,04	0,07
	Ad	2,45	5	5,51	5	3,15	1	2,94	41	0,08	0,29
Cu	Juv	10,0	5	13,0	3	12,5	2	11,0	9	0,61	0,41
	Ad	10,0	5	11,0	5	11,6	1	14,4	40	0,29	0,02
Zn	Juv	63,4	5	59,3	3	84	2	91,7	9	0,06	0,03
	Ad	73,3	5	57,2	5	67,5	1	96,2	40	0,004	< 0,001
Cd	Juv	-	(5)	-	(3)	-	(2)	0,02	3(6)		
	Ad	-	(5)	-	(5)	0,10	1	0,08	26(16)		
Pb	Juv	1,67	1(4)	-	(3)	-	(2)	1,09	4(5)		
	Ad	-	(5)	-	(5)	1,5	1	1,40	16(26)		

3.6 Samvariasjon mellom metaller

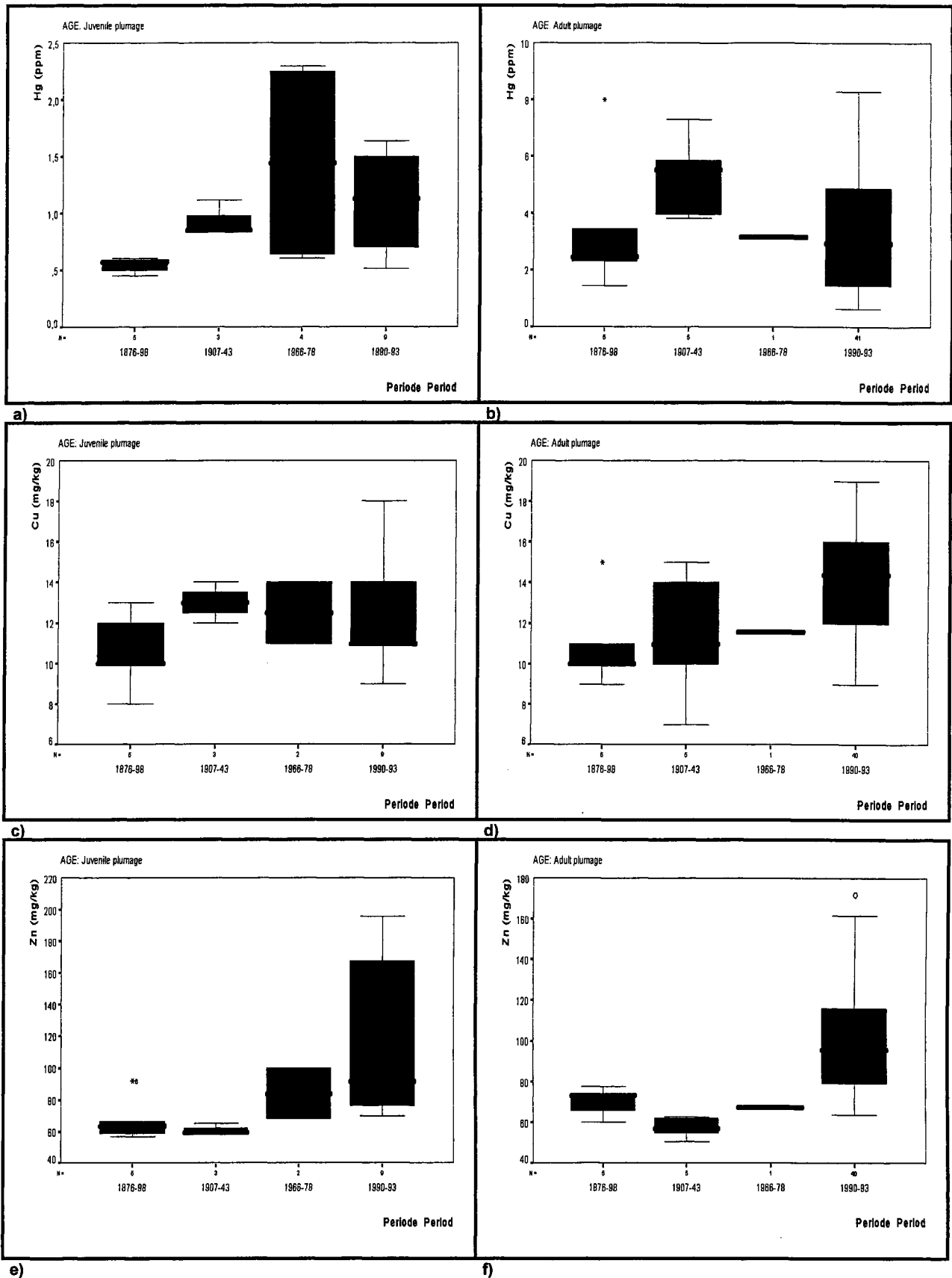
Det er av interesse å vite hvorvidt nivåene av ett metall kan brukes til å forutsi nivåene av andre. Resultatet av en korrelasjonsanalyse mellom de ulike metallene er vist i tabell 8. Generelt er det lite samvariasjon mellom metallene. Bare mellom Cu og Hg, og mellom Cd og Pb er det positiv signifikant samvariasjon. Forklaringsgraden er i alle tilfelle så lav at det ikke er mulig å bruke nivåene av ett metall for å si noe om de andre.

3.7 Tungmetaller og reproduksjon

Det ble påvist en svak, ikke signifikant korrelasjon mellom antallet store unger i reiret og konsentrasjonen av kvikksølv i fjær (figur 4a). Det er imidlertid lite sannsynlig at Hg-nivåer rundt og under de naturlige bakgrunnsnivåene skal være assosiert med reproduksjonssvikt. Ser en på figuren, er det påfallende overvekt av lav reproduksjon blant de individene med høye Hg-nivåer. Eksempelvis har fire av de sju reirene hvor nivåene var over 6 ppm Hg full reproduksjonssvikt. Selv om resultatene ikke er entydige og konkluderende, så er de i samsvar med det som ble funnet av Newton & Haas (1988). De fant en signifikant sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjonen i eggene og antall flygedyktige unger. Noe tilsvarende ble ikke funnet for DDE, dieldrin eller PCB. De fant også at effekten av kvikksølv syntes å være større i Skottland enn på Orknøyene og Shetland, uten at de kunne forklare dette. De antydte at kvikksølvet kunne opptre i forskjellige former (eksempelvis i ulik metyleringsgrad), men dette var ikke undersøkt.

Det er også kjent at andre metaller kan nedsette levedyktigheten hos fugl. Pedersen et al. (1992) fant i et felteksperiment at høye verdier av Cd hos lirypehøner hadde negativ virkning på reproduksjonsresultatet. Det er også påvist høye kadmiumnivåer i norske hønsefugler (Fimreite et al. 1990, Kålås & Lierhagen 1992). Undersøkelser som viser effekter på rovfugl av kadmium er ikke kjent.

Materialet sett under ett, er det bare bly som er signifikant negativt korrelert med reproduksjonsresultatet, målt som store unger i reiret (tabell 9, figur 4b). Det er vist at bly kan være svært giftig for rovfugl. Akutt blyforgiftning er påvist hos kaliforniakondoren *Gymnogyps californianus* (Pattee et al. 1990). I en undersøkelse i indre Hedmark ble det funnet at 70 % av gulpebollene til kongeørn inneholdt blyhagl, sannsynligvis fra påskutte ryer (Gjershaug 1992). Pain et al. (1993) har vist at trekkende rovfugl kan få forhøyde doser av bly i blodet ved å innta skadeskutt vilt under høsttrekket. Dvergfalken tar fugl opp til trostestørrelse, og det jakes på fugl av denne størrelse over store deler av Europa. En skal derfor ikke se bort ifra at også dvergfalken kan få i seg bly på denne måten. Vi har imidlertid ikke hatt muligheten til å relatere de nivåene vi har funnet i fjærene til toksiske nivåer i blod. For å få til dette trenger en å fange fugl i felt for prøvetaking. Innholdet av gulpeboller av dvergfalk fra dens trekk- og overvintringsområder er ikke kjent. Kålås & Lierhagen (1992) fant i en landsomfattende tungmetallundersøkelse i småvilt at de høyeste tungmetallnivåene var i det sørlige Norge, i samsvar med de mønstre som er kjent for deponisjon av langtransportert nedfall i Norge (Steinnes et al 1988). Hahn (1991) viste at fordelingen av bly i fjær indikerer at dette metallet i stor grad kan påføres utenfra, eksemplvis gjennom luft og nedbør, ved vask og stell av fjærdrakt. I og med at dvergfalken er en trekkende art, er de mulige kildene til blyforurensnings mange.



Figur 3a-f Tungmetallinnholdet i fjær av dvergfalk i Norge i forskjellige tidsperioder. Den tykke linja er medianverdi, de skraverte boksene inneholder 50 % av verdiene, enden av stolpene viser største og minste verdi som ikke er «outlier». - The content of heavy metals in feathers of merlin in Norway during different time periods. The heavy line is the median, 50 % of cases have values within the box, the whiskers of the tails indicate the largest and the smallest value that isn't outlier.

Selv om resultatene viser en signifikant sammenheng mellom reproduksjonsresultatet målt som antall flygedyktige unger og blyinnholdet i fjær av voksne fugler, funnet ved reiret, er materialet er imidlertid såpass lite at en skal være forsiktig med å trekke konklusjoner om dette. Det er mange feilkilder og ukontrollerbare variable som vil kunne innvirke på resultatene, noe som nødvendiggjør store forbehold. Variasjonen innen og imellom fjær er betydelig, og tilfeldigheter avgjør ofte hvilke fjær som finnes ved reiret, bl. a. avhengig av myteforløp, som kan være bestemmende for metallinnholdet (Braune 1987). Figur 1 viser at en ikke kan bruke prøver med verdier under deteksjonsgrensa i statistiske tester, når varierende prøvemengde fører til at deteksjonsgrensa varierer.

Antallet unger i reiret kan påvirkes av flere forhold; predasjon, matmangel, andre miljøgifter, foreldrenes erfaring, habitatets kvalitet, etc. Metallbelastningen er bare en av mange virksomme faktorer. Tatt i betraktning av at våre resultater peker i samme retning av hva som er påvist på De britiske øyer, vil det være riktig å ta funnene i dette arbeidet alvorlig. De bør også følges opp med videre undersøkelser som kan kaste lys over problemkomplekset.

Tabell 7 Tungmetaller i dvergfalk i Norge, analysert med hensyn på tid (PER, ulike tidsperioder, se **tabell 6**), alder (AGE, juvenil kontra adult drakt) og region (REG, Sør-Norge, Trøndelag og Nordland, Troms og Finnmark). ANOVA, alle uavhengige variable er samtidig justert for effekten av de andre, samt interaksjonseffekter. Alle metallnivåene er log-transformerte før statistisk testing. - *Heavy metals in merlin in Norway, analysed for effects of time (PER, different time periods, see table 6), age (AGE, juvenile vs. adult plumage) and region (REG, South Norway, Central Norway and North Norway). ANOVA, all effects are assessed simultaneously, and all effects are adjusted for other main effects and interaction terms. All levels are log-transformed before testing.*

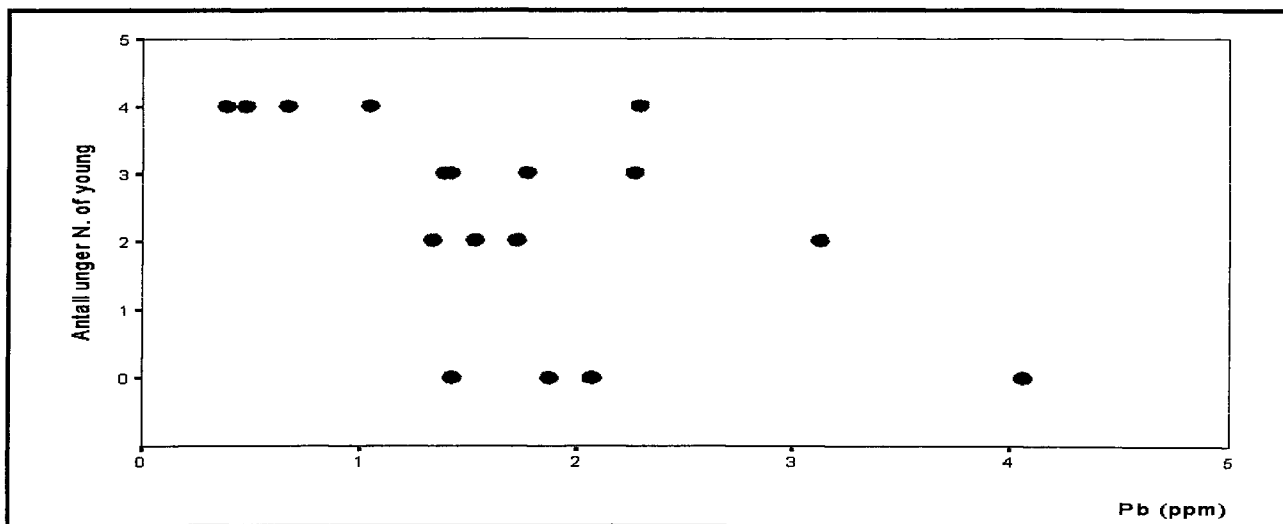
Variasjon-kilde <i>Source of Variation</i>	Kvadrat-sum <i>Sum of squares</i>	DF	Kvadr.sum -middel <i>Mean Square</i>	F	P
Hg					
Hovedeffekter <i>Main Effects</i>	4,49	4	0,75	10,82	0,000
PER	0,44	3	0,15	1,85	0,148
AGE	3,64	1	3,64	45,7	<0,001
REG	0,04	2	0,02	0,2	0,784
Cu					
Hovedeffekter <i>Main Effects</i>	0,146	6	0,024	3,21	0,008
PER	0,053	3	0,018	2,23	0,084
AGE	0,002	1	0,002	0,23	0,634
REG	0,031	2	0,024	2,06	0,135
Zn					
Hovedeffekter <i>Main Effects</i>	0,56	6	0,094	7,335	<0,001
PER	0,500	3	0,167	12,96	<0,001
AGE	0,023	1	0,023	1,762	0,189
REG	0,004	2	0,002	0,175	0,840

Tabell 8. Korrelasjoner mellom de enkelte metaller (Pearson, utført på log-transformerte verdier). Bare verdier over deteksjonsnivå er tatt med. - *Correlation coefficients between metals. Values above detection limit only. (Pearson, on log-transformed values.*

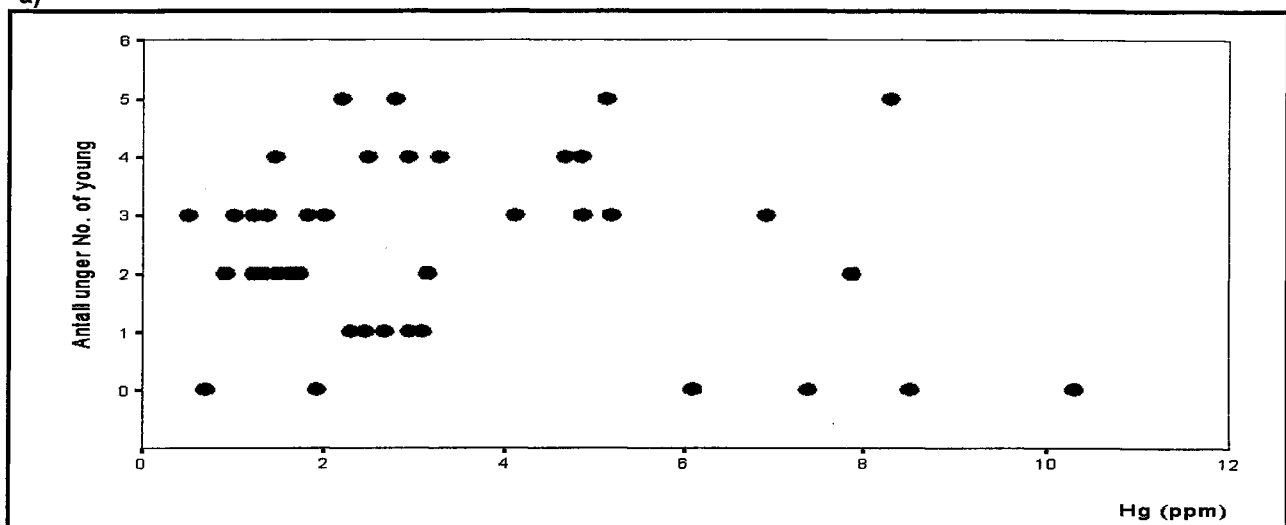
Hg	0,253			
n	(71)			
p	0,033			
Zn	0,053	-0,048		
n	(72)	(71)		
p	0,660	0,693		
Cd	-0,203	-0,098	-0,089	
n	(32)	(31)	(32)	
p	0,266	0,601	0,631	
Pb	-0,209	-0,02	0,269	0,663
n	(23)	(23)	(23)	(21)
p	0,339	0,928	0,214	0,001
	Cu	Hg	Zn	Cd
To-halet signifikans. - <i>Two-tailed significance</i>				

Tabell 9 Antall store unger i reiret sett i forhold til tungmetallinnhold i fjær av hekkende dvergfalk funnet på eller ved reiret. Bare fjær med verdier over deteksjonsgrensa er brukt. Pearsons korrelasjonskoeffisient på log-transformerte verdier. - *The number of large nestlings merlins in relation to metal content in the feathers of their parents, found by or at the nest. Pearson correlation coefficients on log-transformed values.*

	Cu	Hg	Zn	Cd	Pb
r	0,215	-0,025	-0,024	-0,092	-0,585
n	37	39	37	23	17
P	0,202	0,881	0,888	0,677	0,014



a)



b)

Figur 4a-b Forholdet mellom tungmetallinnholdet i foreldrenes fjær og antallet store reirunger hos dvergfalk i Norge 1992-93. Materialet skriver seg i hovedsak fra Alta-Kautokeinoområdet i Finnmark. a) bly, b) kvikksølv. - *The relation between the heavy metal content in the feathers of the parents and the number of large nestlings of merlin in Norway 1992-93. The bulk of the material is from the Alta-Kautokeino river area in Finnmark. a) Lead, b) Mercury.*

4 Takk

En takk til alle som har vært med og gjort denne rapporten mulig, særlig de som har jobbet i felt med å skaffe materiale; Harald Bolstad, Dag Brynjelsen, Per Bådshaug, , Espen Dahl, O. Einbu, Odd Frydenlund-Steen, Jan Ove Gjershaug, Claus Grimstad, Kristen Grøttum, Geir Gaarder, Idar Hansen, Finn Heggset, Olav Hogstad, Per Jordhøy, Runar Jåbekk, Ingebrigt Kirkvold, Jim Kristensen, Bjørn-Harald Larsen, Øivind Lunde, Oluf Mellingen, Kjell A. Meyer, Ole Johnny Myhrvold, Pål Mølnvik, Halvard Olsen, Oddvar Olsen, Aadne Olsrud, Ole A. Ravnå, Ole Reitan, Gunnar Rofstad, Bjørn Røsshaug, Magne Sleire, Kristian Sivertsen, Frantz Sortland, Øyvind Spjøtvold, Morten og Randi Stokke, Karl-Birger Strann, Per Gustav Thingstad, Christian Tovås, Per J Tømmerås, Ingar Jostein Øien og Thomas Aarvak.

5 Referanser

- Appelquist, H., Asbirk, S. & Drabæk, I. 1984. Mercury monitoring: Mercury stability in bird feathers. - *Mar. Pollut. Bull.* 15: 22-24.
- Appelquist, H., Drabæk, I. & Asbirk, S. 1985. Variation in mercury content of guillemot feathers over 150 years. - *Mar. Pollut. Bull.* 16: 244-248.
- Bellrose, F.C. 1959. Lead poisoning as a mortality factor in waterfowl populations. - *Ill. Natl. Hist. Surv. Bull.* 27: 235-288.
- Berg, W., Johnels, A. G., Sjöstrand, B. & Westermark, T. 1966. Mercury content in feathers of Swedish birds from the past 100 years. - *Oikos* 17: 71-83.
- Borg, K., Erne, K., Hanko, E. & Wanntorp, H. 1970. Experimental secondary methyl mercury poisoning in the goshawk *Accipiter g. gentilis* L. - *Environ. Pollut.* 1: 91-104.
- Bowerman, W. W., Evans, E. D., Giesy, J. P. & Postupalsky, S. October 1994. Using feathers to assess risk of mercury and selenium to bald

- eagle reproduction in the Great Lakes region. - Archives of Environmental Contamination and Toxicology 27: 294-298. (PD585)
- Braune, B. 1987. Comparison of total mercury levels in relation to diet and molt for nine species of marine birds. - Arch. Environ. Contam. Toxicol. 16: 217-224.
- Bremner, I. 1979. Mammalian absorption, transport and excretion of cadmium. - I Webb, M. (red.). The chemistry, biochemistry and biology of Cadmium. Elsevier/North Holland Biomedical press, Amsterdam.
- Campbell, B. & Lack, E. 1985. A dictionary of birds. T. & A.D. Poyser, Calton.
- Cramp, S. & Simmons, K.E.L. 1980. The birds of The western palearctic. - Oxford University Press. Oxford.
- Eisler, R. 1985. Cadmium hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review. - U.S. Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep., 85 (1.2), 1-45.
- Eisler, R. 1988. Lead hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review. - U.S. Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep., 85 (1.14), 1-134.
- Elinder, C.-G. & Nordberg, M. 1985. Metallothionein. I: Friberg, L., Elinder, C.-G., Kjellström, T. & Nordberg, G.F. (red.). Cadmium and Health: A toxicological and epidemiological appraisal. - CRC Press, Florida, 1: 65-80.
- Fimreite, N., Barth, E.K. & Munkejord, Aa. 1990. Cadmium and selenium levels in tetraonids from selected areas in Norway. - Fauna Norv. Ser. C, Cinclus 13: 79-84.
- Forsman, D. 1984. Rovfågelsguiden. - SLY:n Lintutito Oy. Helsingfors.
- Fox, G. A. & Donald, T. 1980. Organochlorine pollutants, nest-defence behaviour and reproductive success in merlins. - Condor 82: 81-84.
- Furness, R. W., Muirhead, S. J. & Woodburn, M. 1986. Using bird feathers to measure mercury in the environment: Relationships between Mercury content and moult. - Mar. Pollut. Bull. 17: 27-30.
- Fyfe, R. W., Risebrough, R. W. & Walker, W. E. 1976. Pollutant effects on the reproduction of the prairie falcons and merlins of the Canadian prairies. - Can. Field-Nat. 90: 346-355.
- Ginn, H.B. & Melville, D.S. 1983. Molt in birds. - BTO-guide no. 19. British Trust for Ornithology. Tring. 112 s.
- Gjershaug, J.O. 1992. Blyhagl og rovfugler. - Vår Fuglefauna 15: 10-13.
- Goede, A. A. & de Bruin, M. 1986. The use of bird feathers for indicating heavy metal pollution. - Environ. Monitor. Assess. 7: 249-256.
- Haftorn, S. 1971. Norges fugler. - Universitetsforlaget, Oslo.
- Hahn, E. 1991. Schwermetallgehalte in Vogelfedern - ihre Ursache und der Einsatz von Federn standorttreuer Vogelarten in Rahmen von Bioindikationsverfahren. - Berichte des Forschungszentrum Jülich 2493: 159s.
- Hannisdal, A., Myklebust, I. & Viken Olsen, K. 1994. Program for terrestrisk naturovervåking. Sammendragsrapport 1990-1992. - DN-rapport 1994-6. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.
- Herredsvæla, H. 1985. Blyundersøkelser av sangsvane *Cygnus cygnus* knoppsvane *Cygnus olor* og stokkand *Anas platyrhynchos*. - Norsk orn. foren., avd Rogaland, Rapp. 2.
- Holt, G. 1973. Kvikksølvundersøkelser av vilt 1968-1970. - Fauna 26: 38-58.
- Holt, G. 1979. Mercury, DDE, and PCB in the avian fauna in Norway 1965-1976. - Acta veterinaria Scandinavica Supplementum 70: 1-28.
- Janssen, D. L., Oosterhuis, J. E., Allen, J. L., Anderson, M. P., Kelts, D. G. & Wiemeyer, S. N. 1986. Lead poisoning in free-ranging California condors. - JAVMA 189: 1115-1117.
- Johnels, A.G., Edelstam, C., Olsson, M. & Westermark, T. 1968. Kvikksilver som miljøgift i Sverige. - Fauna Flora 63: 172-185.
- Kålås, J.A. & Lierhagen, S. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Metallbelastninger i lever fra hare, orrfugl og lirype i Norge. - NINA Oppdragsmelding 137: 1-72.
- Levander, T. 1989. Emissions of mercury to air in Sweden during the period 1860-1987. Stensil. Sveriges Naturvårdsverk. S-171 85. Solna.
- Lundholm, C.E. 1987. Methyl mercury decreases the eggshell thickness and inhibits the Ca²⁺ uptake in a homogenate of the eggshell gland mucosa and its subcellular fractions from the domestic fowl. - Pharmacol. Toxicol. 60: 385-388.
- Meek, E. R. 1988. The breeding ecology and decline of the Merlin *Falco columbarius* in Orkney. - Bird Study 35: 209-218.
- Myklebust, I. 1992. Akkumulering av kadmium i lirype *Lagopus lagopus* på Dovrefjell. Hovedfagsoppgave i zoologi, UNIT, AVH, Trondheim.
- Nelson, T. A., Mitchell, C. & Abbott, C. 1989. Lead-shot ingestion by bald eagles in western Arkansas. - Southw. Nat. 34: 245-249.
- Newton, I. 1973. Egg breakage and breeding failure in British merlins. - Bird Study 20: 241-244.
- Newton, I. & Haas, M. B. 1988. Pollutant in merlin eggs and their effects on breeding. - Brit. Birds 81: 258-269.
- Norusis, M.J. 1993. SPSS for Windows. - Base system user's guide. Release 6.0. SPSS inc. Chicago.
- Nybø, S. 1991. Tungmetaller og aluminium i pattedyr og fugl. - DN-notat 9-1991. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 58s.
- Nygård, T. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Rovfugl som indikatorer på forurensning i Norge. Et forslag til landsomfattende overvåking. - NINA Utredning 21: 1-34.
- Nygård, T., Jordhøy, P. & Skaare, J.U. 1994. Miljøgifter i dvergfalk i Norge. - NINA Forskningsrapport 56. 33s.
- Olsson, B. O. 1980. Prosjekt stenfalk, rapport 1975-78. - Svenska naturskyddsföreningen, Stockholm.
- Otterlind, G. & Lennerstedt, I. 1964. Den svenska fågelfaunan och biocidskadorna. - Vår fågelvärld 23: 363-415.
- Pain, D. J., Amiard-Triquet, C., Bavoux, C., Burneleau, G., Eos, L. & Nicolau-Guillaumet, G. 1993. Lead poisoning in wild populations of marsh harriers *Circus aeruginosus* in the Camargue and Charente-Maritime, France. - Ibis 135: 379-386.
- Pattee, O.H., Bloom, P.H., Scott, J.M., & Smith, M.R. 1990. Lead hazards within the range of the California condor. - Condor 92: 931-937.

- Pedersen, H.C., Myklebust, I., Nygård, T. & Sæther, M. 1992. Akkumulering og effekter av kadmium i lirype. - NINA Oppdragsmelding 152: 1-27.
- Rebecca, G.W., Cosnette, B.L., Hardey, J.J.C., & Payne, A.G. 1992. Status, distribution and breeding biology of the Merlin in north-east Scotland, 1980-89. - *Scottish Birds* 16: 165-183.
- Risebrough, R., Florant, G. & Berger, D. D. 1970. Organochlorine pollutants in peregrines and merlins migrating through Wisconsin. - *Can. Field-Nat.* 84: 247-253.
- Rognerud, S. & Fjeld, E. 1990. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk. - SFT Rapport 426/90.
- Scheuhammer, A.M. 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: A Review. *Environ. Pollut.* 46: 263-295.
- Spronk, N. & Hartog, G.C. 1970. Mercury in birds of prey. - *Ardea* 59: 34-37.
- Steinnes, E. & Breivik, E.M. 1987. Miljøgifter i terrestrisk miljø i Norge. - SFT-rapport 83. 66s.
- Steinnes, E., Frantzen, F., Johansen, O., Rambæk, J-P. & Hanssen, J.E. 1988. Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge, landsomfattende undersøkelse 1985. - SFT rapport 334/88.
- Steinnes, E., Solberg, W, Petersen, H.M. & Wren, C.D. 1989. Heavy metal pollution by long range atmospheric transport in natural soils of Southern Norway. - *Water, Air, Soil Pollut.* 45: 207-218.
- Tejning, S. 1967a. Biological effects of methyl mercury dicyandiamide-treated grain in the domestic fowl *Gallus gallus* L. - *Oikos Suppl.* 8.
- Tejning, S. 1967b. Mercury in pheasants *Phasianus colchicus* L. deriving from seed grain dressed with methyl and ethyl mercury compounds. - *Oikos* 18: 334-344.
- Temple 1972. Chlorinated hydrocarbon residues and reproductive success in eastern North American merlins. - *Condor* 174: 105-106.
- Wallin, K. 1984. Decrease and recovery patterns of some raptors in relation to the introduction and ban of alkyl-mercury and DDT in Sweden. - *Ambio* 13: 263-265.
- Westermarck, T., Odsjø, T. & Johnels, A. G. 1975. Mercury content of bird feathers before and after Swedish ban on alkyl mercury in agriculture. - *Ambio* 4: 87-92.

Rapporter utgitt innen Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)

- * Løbersli, E.M. 1989. Terrestrisk naturovervåking i Norge. DN-rapport nr.8 1989.
1. Fremstad, E. (red.). 1989. Terrestrisk naturovervåking. Rapport fra nordisk fagmøte 13.- 14.11. 1989. NINA Notat nr. 2
 2. Holten, J.I., Kålås, J.A. & Skogland, T. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Forslag til overvåking av vegetasjon og fauna. NINA Oppdragsmelding nr. 24.
 3. Heggberget, T. M. & Langvatn, R. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Bruk av fallvilt i miljøprøvebank. NINA Oppdragsmelding nr. 28.
 4. Alterskjær, K., Flatberg, K.I., Fremstad, E., Kvam, T. & Solem, J.O. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Etablering og drift av en miljøprøvebank. NINA Oppdragsmelding nr. 25.
 5. Sandvik, J. & Axelsen, T. 1992. Bestandsovervåking av trekkfugl ved fangst og trekktegninger. Belyst ved materiale innsamlet ved Jomfruland Fuglestasjon og Mølen Ornitologiske Stasjon. Naturundersøkelser A.S., (stensil).
 6. Nygård, T. 1990. Rovfugl som indikatorer på forurensning i Norge. Et forslag til landsomfattende overvåking. NINA Utredning nr. 21.
 7. Kålås, J.A., Fiske, P. & Pedersen, H.C. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende kartlegging av miljøgiftbelastninger i dyr. NINA Oppdragsmelding nr. 37.
 8. Hilmo, O. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Børgefjell 1990. DN-notat 1991-4.
 9. Nybø, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Tungmetaller og aluminium i pattedyr og fugl. DN-notat 1991-9.
 10. Hilmo, O. & Wang, R. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Solhomfjell - 1990. DN notat 1991-6.
 11. Johnsen, P. 1991. Maur i skogovervåking: Økologi og metoder. Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen. (stensil).
 12. Bruteig, I.E. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende lavkartlegging på furu 1990. DN notat 1991-8.
 13. Frogner, T. 1991. Terrestrisk naturovervåking (TOV). Jordforsuringsstatus 1990. Norsk Institutt for Skogforskning (stensil).
 14. Jenssen, A. 1991. Terrestrisk naturovervåking (TOV). Jordovervåking i Solhomfjell og Børgefjell 1990. Norsk institutt for skogforskning (stensil).
 15. Brattbakk, I., Høyland, K., Halvorsen Økland, R., Wilmann, B. & Engen, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjons-overvåking 1990 i Børgefjell og Solhomfjell. NINA Oppdragsmelding nr. 91.
 16. Frisvoll, A. A. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Nitrogen i mose fra Agder og Trøndelag. NINA Oppdragsmelding nr. 80.
 17. Strand, O. & Skogland, T. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Metodeutvikling for overvåking av fjellrev. (stensil).
 18. Spidsø, T.K. & Pedersen, H.C. 1991. Bestands- og reproduksjonsovervåking av hare. NINA Oppdragsmelding nr. 62.
 19. Bruteig, I.E. 1990. Landsomfattende kartlegging av epifyttisk lav på furu, Manual. Universitetet i Trondheim, AVH, Botanisk institutt, (stensil). (Rapporten har ikke TOV-nummer).
 20. Kålås, J.A., Framstad, E., Fiske, P., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i Børgefjell og Solhomfjell, 1990. NINA Oppdragsmelding nr. 85.
 21. Løken, A. 1990. Terrestrisk naturovervåking - Moser. En kjemisk analyse. Universitetet i Trondheim, inst. for org. kjemi, NTH og botanisk avd. Vitenskapsmuseet, (stensil). (Rapporten har ikke TOV-nummer).
 22. Joranger, E. & Røyset, O. 1991. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av nedbør og nedbørkjemi i referanseområder Børgefjell og Solhomfjell 1990. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR: 31/91.
 23. Kvamme, H. 1991. Rapport for forprosjekt "Undersøkelse av stamme lav på fjellbjørk". Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, (stensil). (Rapporten har ikke TOV-nummer).
 24. Kålås, J.A., Framstad, E., Fiske, P., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Metodemanual, smågnagere og fugl. NINA Oppdragsmelding nr. 75.
 25. Fremstad, E. 1990. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjons-overvåking 1990. NINA Oppdragsmelding nr. 42.
 26. Fremstad, E. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjons-overvåking 1991. NINA Oppdragsmelding nr. 83.
 27. Økland, R.H. & Eilertsen, O. 1993. Vegetation-environment relationships of boreal coniferous forest in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. Sommerfeltia, 16: 1 - 254. Oslo. ISBN 827420-018-7. ISSN 0800-6865.
 28. Skåre, J.U. & Føreid, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Organiske miljøgifter i hare og orrfugl. Fellesavdelingen for farmakologi og toksikologi, Veterinærinstituttet/Norges veterinærhøgskole, (stensil).
 - 29* Nybø, S. 1992. Terrestrisk naturovervåkingsprogram. Sammendrag av resultater fra 1990. DN-rapport 1992-3.
 29. Jenssen, A. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1991. Rapp. Skogforsk 9/92.

30. Joranger, E. & Røyset, O. 1992. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av nedbørkjemi i Børgefjell, Solhomfjell, Lund og Åmotsdalen 1990-91. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR: 58/92.
31. Hilmo, O. & Wang, R. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Åmotsdalen og Lund 1991. DN notat 1992-3.
32. Kålås, J.A., Framstad, E., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i Børgefjell, Åmotsdalen, Solhomfjell og Lund, 1991. NINA Oppdragsmelding nr. 132.
33. Brattbakk, I., Gaare, E., Fremstad Hansen, K. & Wilmann, B. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking i Åmotsdalen og Lund 1991. NINA Oppdragsmelding nr. 131.
34. Bruteig, I.E. & Øien, D-I. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende kartlegging av epifyttisk lav på fjellbjørk. Manual. ALLFORSK, Universitetet i Trondheim, (stensil).
35. Wegener, C., Hansen, M. & Bryhn Jacobsen, L. 1992. Vegetasjonsovervåking på Svalbard 1991. Effekter av reinbeite ved Kongsfjorden, Svalbard. Norsk Polarinstitutt. Meddelelser nr. 121.
36. Kålås, J.A. & Lierhagen, S. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Metallbelastninger i lever fra hare, orrfugl og lirype i Norge. NINA Oppdragsmelding nr 137.
37. Fremstad, E. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking 1992. NINA Oppdragsmelding nr. 148.
38. Hilmo, O., Bruteig, I.E. & Wang, R. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Møsvatn-Austfjell 1992. ALLFORSK, AVH. ISBN 82-7730-001-8.
39. Brattbakk, I. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking i Møsvatn- Austfjell. NINA Oppdragsmelding nr. 209.
40. Kålås, J.A. & Framstad, E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere, fugl og næringskjedestudier i Børgefjell, Åmotsdalen, Møsvatn-Austfjell, Lund og Solhomfjell, 1992. NINA Oppdragsmelding nr. 221.
41. Nygård, T., Jordhøy, P. & Skaare, J.U. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Landsomfattende kartlegging av miljøgifter i dvergfolk. NINA Oppdragsmelding nr. 232.
42. Tørseth, K. & Røyset, O. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av nedbørkjemi i Ualand, Solhomfjell, Møsvatn, Åmotsdalen og Børgefjell, 1992. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 13/93.
43. Jensen, A. & Frogner, T. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1992. Rapp. Skogforsk 12/93.
44. Gaare, E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Radiocesiummålinger i planter, vegetasjon og rein fra Børgefjell, Dovre-Rondane og Møsvatn-Austfjell 1992. NINA Oppdragsmelding nr. 230.
45. Hannisdal, A. & Myklebust, I. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Sammendrag av resultater fra 1990 - 1992. DN-Rapport 1994 - 6.
46. Bruteig, I.E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Epifyttisk lav på bjørk - landsomfattende kartlegging 1992. ALLFORSK, Universitetet i Trondheim.
47. Kålås, J.A. & Myklebust, I. 1994. Akkumulering av metaller i hjortedyr. NINA Utredning nr. 58
48. Økland, R.H. 1994. Reanalyse av permanente prøveflater i granskog i referanseområdet Solhomfjell, 1993. DN-utredning 1994 - 5.
49. Tørseth, K. & Røstad, A. 1994. Overvåking av nedbørkjemi i tilknytning til feltforskningsområdene, 1993. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 25/94.
50. Nygård, T., Jordhøy, P. & Skaare, J.U. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Miljøgifter i dvergfolk i Norge. NINA Forskningsrapport nr. 56.
51. Eilertsen, O. & Often, A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia nasjonalpark. NINA Oppdragsmelding nr. 285.
52. Eilertsen, O. & Brattbakk, I. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Øvre Dividal nasjonalpark. NINA Oppdragsmelding nr. 286.
53. Kålås, J.A., Framstad, E., Pedersen, H.C. & Strand, O. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere, fugl og næringskjedestudier i TOV-områdene, 1993. NINA Oppdragsmelding nr. 296.
54. Wang, R. & Bruteig, I.E. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Lavkartlegging i Gutulia og Dividal. - ALLFORSK Rapport 1.
55. Gaare, E. 1994. Overvåking av 137 Cs i TOV-områdene Dividal, Børgefjell, Dovre/Rondane, Gutulia og Solhomfjell sommeren 1993. NINA Oppdragsmelding nr. 300.
56. Berg, I.A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1993. Rapp. Skogforsk 17/94.
57. Jacobsen, L.B. 1994. Re-analyse av permanente prøveflater i overvåkingsområdet ved Kongsfjorden, Svalbard 1994. Norsk Polarinstitutt. Rapport nr 87.
58. Tørseth, K. & Johnsrud, M. 1994. Program for terrestrisk naturovervåking. Tilførsler til Gutulia og Dividalen og representativitet av nærliggende NILU stasjoner. Norsk institutt for luftforskning, NILU TR 17/95.
59. Strand, O., Espelien, I.E. & Skogland, T. 1995. Metaller og radioaktivitet i villrein fra Rondane. NINA fagrapport nr. 5.
60. Berg, I.A. 1995. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann 1994. Rapp. Skogforsk xx/95.

- 61 Tørseth, K. & Hermansen, O. 1995. Overvåking av nedbørkjemmi i tilknytning til feltforskningsområdene, 1994. Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 33/95.
- 62 Kålås, J.A., Framstad, E., Pedersen, H.C. & Strand, O. 1995. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere, fugl og næringskjedestudier i TOV-områdene, 1994. NINA Oppdragsmelding nr. 367.
- 63 Nygård, T. 1995. Terrestrisk naturovervåking. Tungmetaller i fjær av dvergalk i Norge. NINA Oppdragsmelding nr. 373.

Brosjyrer/foldere

- * Terrestrisk naturovervåking i Norge. Rapportsammendrag, Direktoratet for naturforvaltning, (DN), 1989.
- * Vi holder øye med naturen (Bokmål/Engelsk), DN, 1991.
- * Vi holder øye med Børgefjell. Resultater 1990, DN, 1992.
- * Vi holder øye med Solhomfjell. Resultater 1990 og 1991, DN, 1992.
- * Naturovervåking. Helsesjekk i naturen, DN, 1993, (omhandler flere overvåkingsprogrammer).

Henvendelser vedrørende rapportene rettes til utførende institusjoner.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0615-3

373

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**