



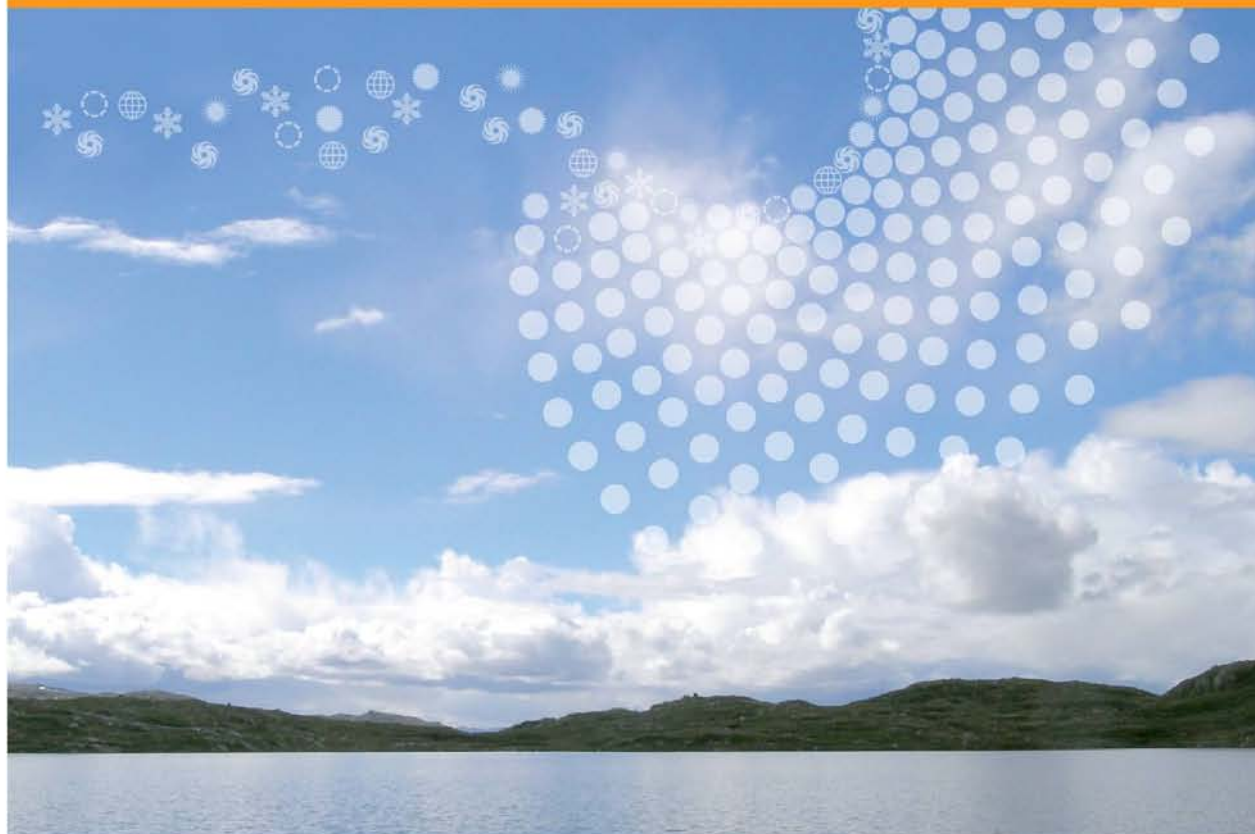
Statlig program for forurensningsovervåking

Forurensninger av metaller

NASJONAL INNSJØUNDERSØKELSE,
2004–2006, DEL 2: SEDIMENTER -
OPPDATERINGER

2461

2008





Statlig program for forurensningsovervåking

SPFO - rapport: 1041/2008
TA-2461/2008
ISBN 978-82-577-5450-1

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)
Utførende institusjon: NIVA

: **Nasjonal
innsjøundersøkelse,
2004–2006, del 2:
Sedimenter -
oppdateringer**

Rapport
1041/2008

Forurensning av metaller



NIVA prosjektnummer: O-28211
NIVA rapport nr: LNO 5715-2008

Forord

Statens Forurensningstilsyn (SFT) har hovedansvaret for overvåkning av forurensningssituasjonen i luft og vann. Denne rapporten er et supplement til den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen (Statlig program for forurensningsovervåkning; Rapport 2362-2008). Av budsjettmessige grunner ble konsentrasjonene av metaller i referansesedimentene fra den andre nasjonale sedimentundersøkelsen (1996-1997) benyttet som referanseverdier også i den tredje sedimentundersøkelsen. For tinn, tellur, thallium, sølv, gallium og wolfram som rapporteres her var det imidlertid ikke tilgjengelig analyseinstrumenter som kunne gi sikre analyser på 1990-tallet, mens for kvikksølv var det en del målinger som var lavere enn grensen for sikre analyser. Det rapporteres her analyser av disse metallene i prøver av referansesedimenter fra 109 innsjøer som ble arkivert etter den andre nasjonale sedimentundersøkelsen. Disse innsjøene er felles i begge undersøkelsene. I utgangspunktet var også gull (Au) en kandidat, men det viste seg at disse konsentrasjonene var for lave og usikre til å gi meningsfulle resultater. Dette metallet ble derfor erstattet med målinger av kvikksølv. Derved kunne noen målinger som var lavere enn grensen for sikre analyser (satt lik halve verdien av deteksjonsgrensen) erstattes av målte konsentrasjoner.

Prosjektet er i sin helhet finansiert av SFT. Sedimentene ble hentet fra NIVA sitt arkiv for nasjonale sedimentundersøkelser, innveid og sendt til oppslutning på NIVAs laboratorium i Oslo. Analysene ble gjort av Oddvar Røyset (NIVA) ved hjelp av høyopløselig ICP MS ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) i Oslo. Eirik Fjeld har laget alle kartene og rapporten er skrevet av Sigurd Rognerud.

Hamar, november 2008



Innhold

1.	Sammendrag	1
2.	Innledning	3
3.	Metoder	4
4.	Resultater	5
4.1	Kvikksølv – Hg.....	7
4.2	Tinn – Sn.....	9
4.3	Tellur – Te.....	11
4.4	Sølv – Ag.....	13
4.5	Thallium – Tl.....	15
4.6	Gallium – Ga.....	17
4.7	Wolfram – W.....	19
5.	Konklusjon	20
6.	Referanser	22

1. Sammendrag

NIVA har gjennomført tre nasjonale sedimentundersøkelser på oppdrag fra SFT; 1986, 1996-1997 og 2002-2006. De resultatene som presenteres her er et supplement til den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen som er en del av "Samordnet nasjonal innsjøundersøkelse 2004-2006". Av økonomiske grunner ble konsentrasjoner av metaller i referansesedimenter fra den andre nasjonale sedimentundersøkelsen også benyttet som referanser i den tredje undersøkelsen. Dette dreide seg om 109 innsjøer som er felles i begge undersøkelsene. Men i løpet av de 10 årene som hadde gått mellom disse undersøkelsene har analyseinstrumentene blitt betydelig bedre. Derfor var det mulig å gjøre sikre analyser på langt flere metaller enn ved den andre undersøkelsen. Av disse var tinn (Sn) tellur (Te), thallium (Tl), sølv (Ag), gallium (Ga) og wolfram (W) spesielt interessante. Dette er metaller som er knyttet til "ny teknologi" og som har økt forbruk og høyst sannsynlig økende utslipp til luft. I tillegg ble kvikksølv (Hg) analysert, men bare for prøver som tidligere var lavere enn deteksjonsgrensen. Substituerte verdier (satt til halve deteksjonsgrensen) er nå erstattet med målinger. Disse nye analysene har gjort det mulig å få et godt mål på forurensningsgraden og naturgitte konsentrasjoner også av "ny teknologi" metallene i ulike deler av landet.

Atmosfæriske avsetninger av kvikksølv (Hg) har forurenset innsjøsedimenter over hele landet. Betydelig forurenset er et 150 km bredt område fra Østfold til Stadlandet. I dette området er påslaget i konsentrasjoner fra før-industriell tid og fram til i dag typisk 0,15–0,65 µg/g. Kystområdene i Nord-Norge er markert forurenset, mens indre og ofte høyereliggende områder er generelt minst forurenset.

Atmosfæriske avsetninger av tinn (Sn) og tellur (Te) har også forurenset innsjøsedimenter over hele landet, unntatt i indre deler av Østlandet, Troms og Finnmark. De mest forurensete områdene er de samme som for kvikksølv, men særlig Sørlandet og Vestlandet. Typiske påslaget i konsentrasjoner av Sn og Te fra før-industriell tid og fram til i dag er henholdsvis (1,4–20 µg/g) og (0,14–1,6 µg/g).

Atmosfæriske avsetninger av thallium (Tl) og sølv (Ag) har forurenset innsjøsedimenter hovedsakelig i Sør-Norge og typiske påslag fra før-industriell tid og fram til i dag i de mest forurensete områdene er henholdsvis 0,11–3,5 µg/g og 0,1–1,0 µg/g. Konsentrasjonene i referansesedimentene for Tl og Ag varierte hovedsakelig innen intervallet 0,3 til 1,6 µg/g og 0,32 til 1,9 µg/g. Geokjemiske kilder er dominerende. Konsentrasjonene av Ag i referansesedimentene var høyeste i Telemark og indre deler av Agder, Hordaland og Rogaland. Dette er et mønster som viser at geokjemiske kilder dominerer.

For elementene Ga og W er sedimentene mest forurenset på Sørlandet og Vestlandet og typiske verdier i påslaget fra før-industriell tid til i dag er henholdsvis 0,5–9 µg/g og 0,14–1,6 µg/g. Begge elementene er bl.a. knyttet til produksjon av elektriske og elektroniske produkter, men finnes også i utslipp fra smelteverksindustri. Det geografiske mønsteret i påslagene indikerer at langtransporterte kilder er viktig, men også lokale kan ha bidratt. Konsentrasjonene i referansesedimentene for Ga og W varierte hovedsakelig innen intervallet 2,4 til 9,3 µg/g og 0,06 til 0,9 µg/g med høyeste konsentrasjoner i Telemark, og indre deler av Agder, Hordaland og Rogaland for begge elementene. Dette er et mønster som viser at geokjemiske kilder dominerer og at derfor reflekterer naturgitt konsentrasjoner.

2. Innledning

Norsk miljøforvaltning ved Statens forurensingstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) er i dag ansvarlige for overvåking av forskjellige forurensningsbelastninger på økosystemer i ferskvann. Denne overvåkingen er organisert i flere programmer hvorav flere har blitt integrert i en aktivitet kalt ”Samordnet nasjonal innsjøundersøkelse 2004–2006” (SFT 2006).

De resultatene som presenteres her er et supplement til den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen (SFT 2008) som er en del av ”Samordnet nasjonal innsjøundersøkelse 2004–2006”. Bakgrunnen er at konsentrasjoner av metaller i referansesedimenter fra den andre nasjonale sedimentundersøkelsen (SFT 1999), av budsjettmessige årsaker ble benyttet som referanser i den tredje undersøkelsen. Men i løpet av de 10 årene som hadde gått mellom disse undersøkelsene har analyseinstrumentene blitt betydelig bedre. I vårt tilfelle var det særlig tilgangen på høyoppløselig ICPMS som gjorde det mulig å gjøre sikre analyser på langt flere metaller enn ved den andre undersøkelsen. Noen av disse metallene var spesielt interessante fordi at de i økende grad slippes ut til atmosfæren som følge av anvendelse av ”ny teknologi” på mange felter i samfunnet. Særlig aktuelle er tinn (Sn), tellur (Te), sølv (Ag), thallium (Tl), gallium (Ga), wolfram (W) og gull (Au). For å beregne graden av forurensning for disse metallene manglet vi analyser i referansesedimenter fra 109 innsjøer som er felles i begge sedimentundersøkelsene. Nye analyser ble derfor gjennomført for de 6 førstnevnte metallene etter oppslutning av arkivert materiale fra den andre sedimentundersøkelsen. Det viste seg at resultatene for gull var for lave og for nær deteksjonsgrensen til at de ga noen mening i forhold til forurensningsgrad i denne undersøkelsen. I stedet ble nye analyser av kvikksølv (Hg) gjennomført fordi en del data fra den andre sedimentundersøkelsen var lavere enn deteksjonsgrensen i referansesedimentene. I disse tilfelle ble verdier som var mindre enn deteksjonsgrensen substituert med halve verdien i rapporten fra den tredje sedimentundersøkelsen. De nye kartene som presenteres her er derfor ikke basert på substituerte verdier, men på målte konsentrasjoner. Kvikksølv er klart det viktigste metallet når det gjelder forurensning av norske innsjøer. Ved å gjøre dette har vi nå sikret gode data for bakgrunnskonsentrasjoner i norske innsjøer og realistiske anslag på forurensningsgraden.

Målet med denne undersøkelsen har vært å lage en nasjonal oversikt over konsentrasjoner av Sn, Te, Ag, Tl, Ga, W i overflatesjiktet og referansesjiktet samt differansen mellom konsentrasjonene i disse sjiktene for alle 274 innsjøer som inngikk i den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen. Dernest å oppjustere Hg kartene slik at de er basert på målte og ikke substituerte verdier (halvparten av deteksjonsgrensen) i referansesedimentene. Resultatene presenteres i nasjonale kart der hver innsjø er kodet i en fargeskala fra blått til rødt ved økende konsentrasjoner.

Vi har også tatt med en oversikt for differansen mellom konsentrasjon for metallene i overflatesedimentenes sjikt 0-0,5 cm og 0,5-1 cm visualisert i fargekoder selv om dette er vist tidligere (SFT 2008). Dette for å gi all informasjon om metallet i fakta arkene. Denne differansen gir et inntrykk av konsentrasjonsendringer i siste dekad (1996-2006) i forhold til den forrige (1986-1996) for disse 7 metallene.

3. Metoder

For en detaljert gjennomgang av metoder knyttet til innsamling og håndtering av prøver henvises det til detaljert gjennomgang gitt rapporten fra den andre nasjonale sedimentundersøkelsen (SFT 1999).

Referanseprøvene fra denne undersøkelsen er arkivert mørkt og tørt. Av disse ble 0,500 g veid inn, overført til teflonrør og levert laboratoriet. Der ble prøvene homogeniserte og oppluttet i autoklav (120 °C, 2 atmosfære i 30 min) med salpetersyre i henhold til Norsk Standard 4770. Dette er den mest benyttede metode for opplutting av sedimenter, som løser en fraksjon som vanligvis varierer fra 50 % og opptil 100 % avhengig av bindingsform og syreløslighet av det enkelte metall. Metoden er benyttet til alle de vanligste undersøkelsene av elementer i innsjøsedimenter. Den regnes for å gi bedre beskrivelse av det antropogene (menneskeskapte) bidraget av metaller i sedimenter, enn bruk av totalopplutninger der bidraget fra mineralpartikler fra den lokale berggrunnen blir mer dominerende.

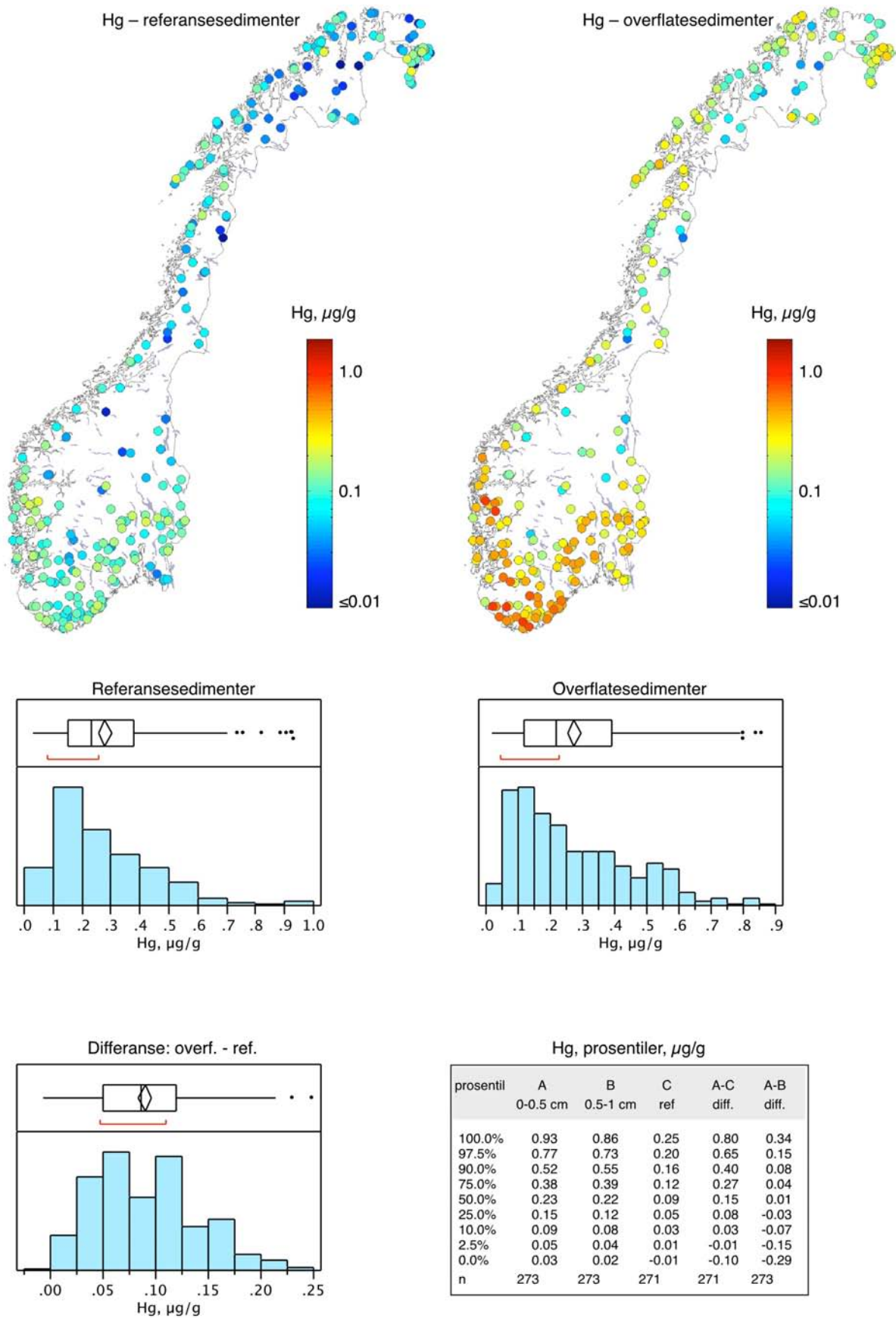
Til analysen ble det benyttet en HR-ICPMS (High Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) som er en videreutvikling av ICPMS teknologien. Et høyoppløsende massespektrometer med ICP-plasma kilde (Thermo Finnigan Element 2) benyttes for å separere bort molekyl ioner som ellers skaper problemer i vanlig ICPMS. Teknikken er den mest følsomme ICPMS teknikken med deteksjonsgrenser i pg/L til ng/L området, tilsvarende metallkonsentrasjoner i ng/g området for metaller i sedimenter. NIVA benytter et multielementprogram som måler opptil 68 grunnstoff i opplutninger fra sedimenter. Analysemetoden er optimalisert for å fjerne de vanligste molekylionene ved bruk av MR (Medium Resolution på 3000) og HR (High Resolution 10000). Kalibreringer foretas med multistandarder med samme konsentrasjon av salpetersyre (matrix matched) som i salpetersyreløsningene fra de oppluttede sedimentprøvene. Det ble benyttet i tillegg 5 interne standarder som er optimalisert for å kompensere for variasjon i ionisasjons/nebuliser-effektivitet og variasjoner i respons over masseområdet fra 5 til 240.

Det benyttes en rekke sertifiserte referansematerialer for å kontrollere kvaliteten på målingene. Dette omfatter NRC-INMS (National Research Council Canada - Institute for National measurement Standards) MESS-3 og HISS-1 Marine Sediment Reference Materials samt en NIVA utviklet intern sedimentprøve fra Bjørvika, Oslo havn. Det tas regelmessig tester av en del andre sediment referanseprøver. NIVA deltar også 2-4 ganger i året i det internasjonalt anerkjente interkalibrerings-programmet Quasimeme for metaller i sedimenter. Her oppnår NIVA nesten alltid resultater som ligger innefor aksepterte usikkerhet for målinger de prioriterte tungmetallene.

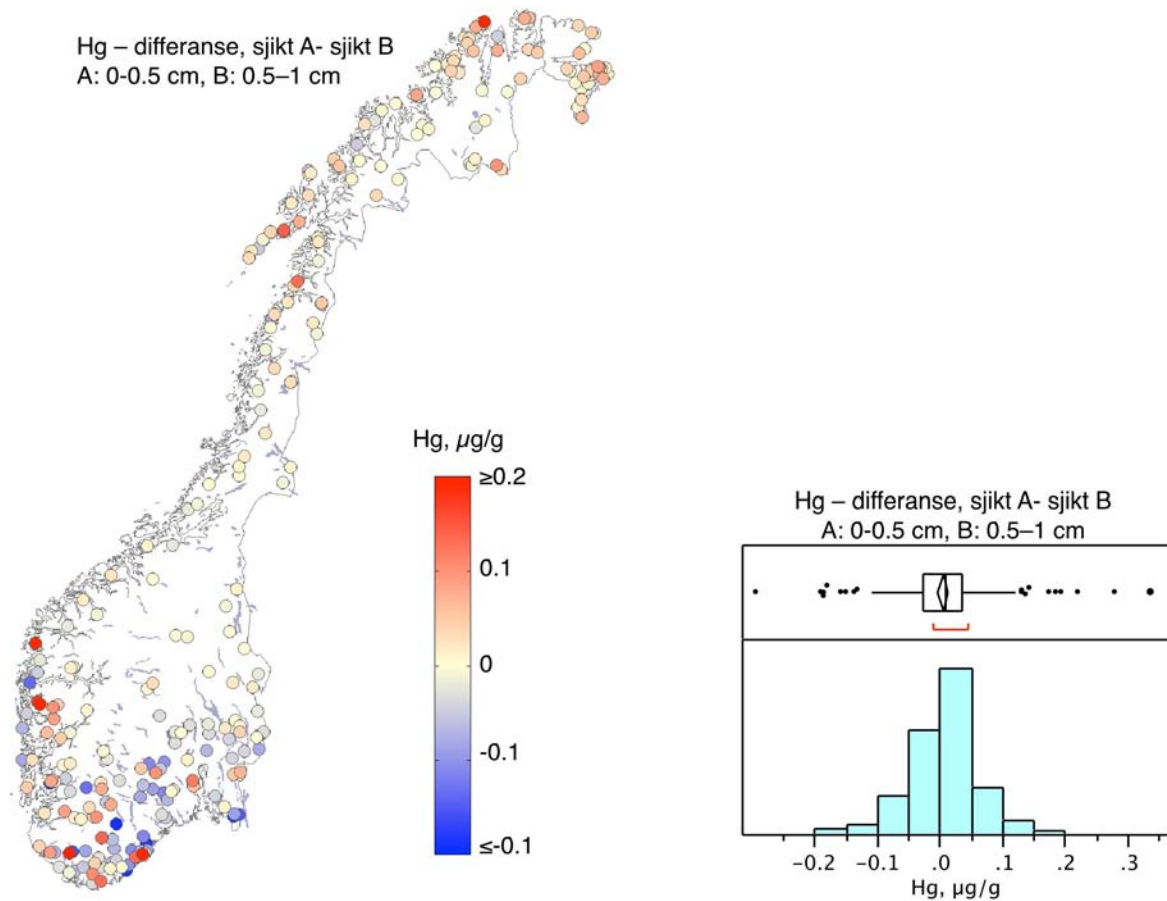
Av og til tas også stikkprøve sammenlikninger med ICPAES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry). En viktig grunn for dette, er at det finnes kun noen få godt sertifiserte måleverdier for opplutningsmetoden NS4770, da de fleste sertifiserte verdier for metaller er basert på totalopplutting (flussyre, saltsyre, salpetersyre). ICPAES gir gode data for de fleste hovedelementene samt en del prioriterte tungmetaller, men klarer ikke å måle lave konsentrasjoner verken av prioriterte tungmetall, spormetall eller sjeldne grunnstoff. Imidlertid, slike data gir god indikasjon på om målemetoden med HR-ICPMS er pålitelig. En slik sammenlikning for analyser av sedimenter fra Oslo havn har vist at avvikene stort sett er under 10 % for de metallene der konsentrasjonen er høy nok til å gi gode sammenlikninger.

4. Resultater

I den følgende framstilling har vi vist konsentrasjoner av elementene i ulike sedimentsjikt i nasjonale kart. Tidsutviklingen i endringer av konsentrasjoner representert ved de eldre avsatte sedimenter (referansesedimenter) til nylig avsatte (overflatesedimenter) er illustrert ved hjelp av fargekoder (første siden). Her er også histogrammene vist i gitte konsentrasjonsintervaller, antall observasjoner samt prosentilene for konsentrasjoner i de ulike sjiktene. I referansesedimentene har vi utført nye analyser på arkivert materiale fra den andre sedimentundersøkelsen (1996/97) for de innsjøer som er felles i begge undersøkelsen. På motsatt side er tidsutviklingen siste årene vist representert ved konsentrasjonsforskjeller i de øverste sedimentsjiktene, histogram og en kommentar til alle kartene. Disse sidene er laget slik at de kan tas ut av rapporten og brukes til å fortelle forurensningsstatus for hvert metall uavhengig av informasjon fra andre deler av rapporten. Elementene er presentert etter samme rekkefølge som i hovedrapporten fra den tredje sedimentundersøkelsen (SFT 2008).



Figur 1. Kvikksølv (Hg) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



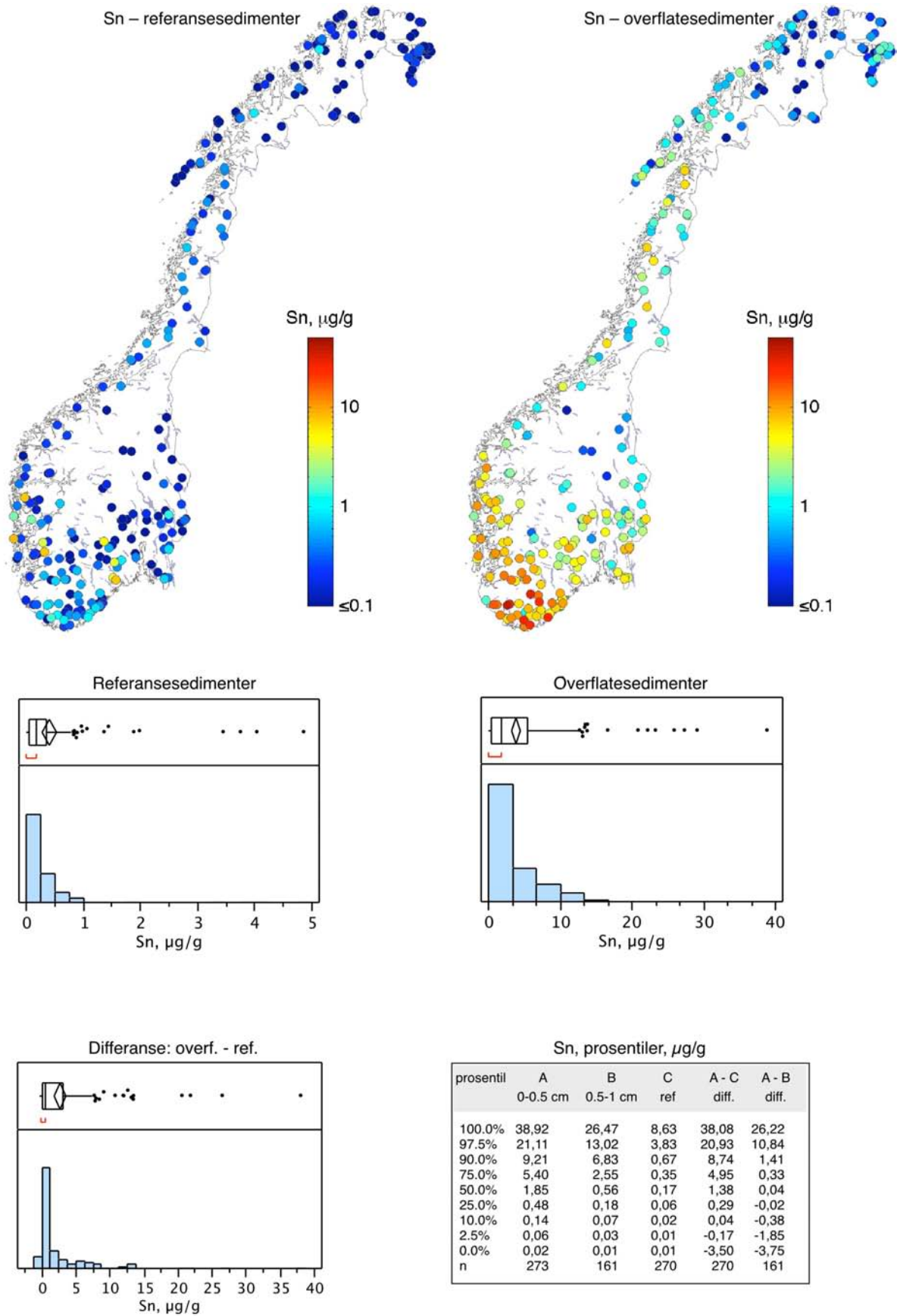
Figur 2. Differansen i konsentrasjoner av kvikksølv (Hg) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.1 Kvikksølv – Hg

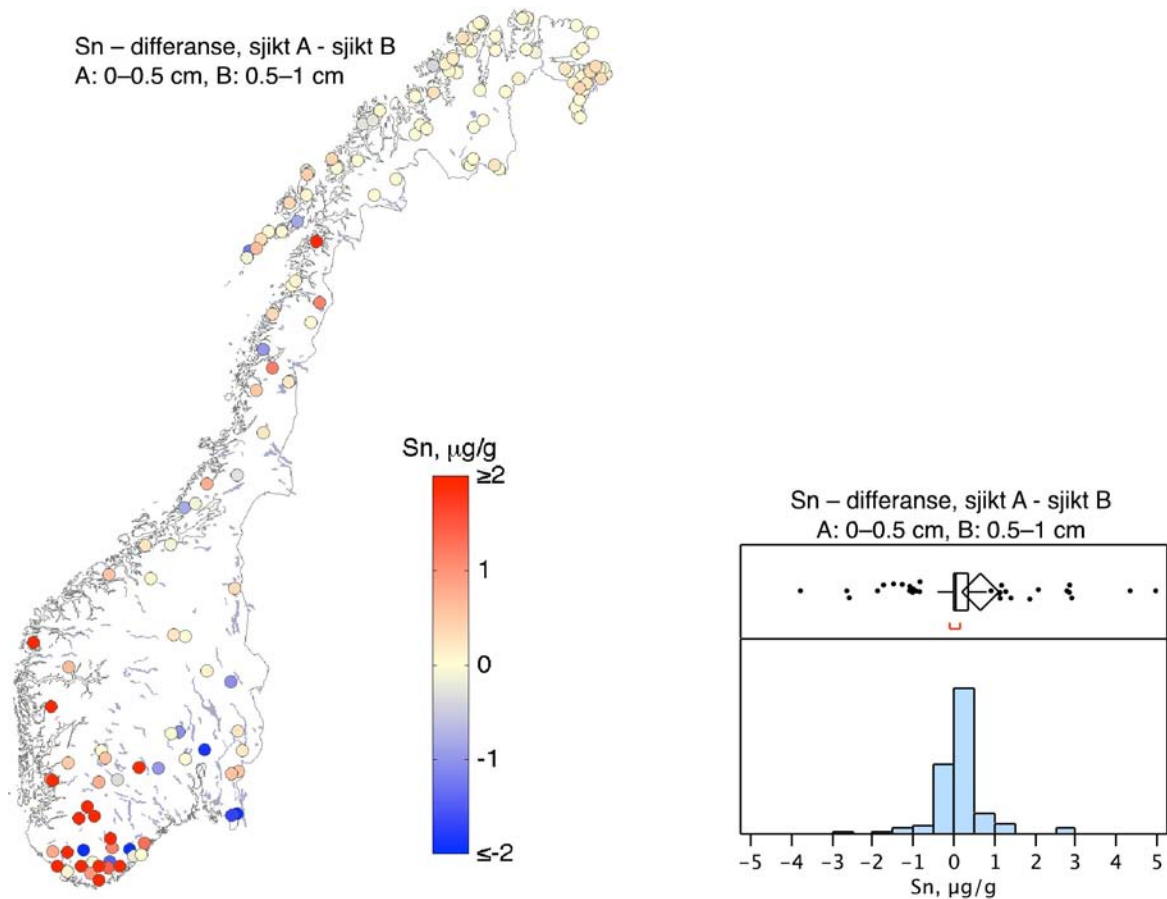
Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at dominerende kilde er atmosfæriske langtransporterte forurensninger. Det ble funnet markert forhøyde konsentrasjoner i kystområdene og lavereliggende område i Sør-Norge. Forhøyede konsentrasjoner ble også funnet videre langs kysten i Midt- og Nord-Norge. Innlands- og høyfjellsområder hadde de laveste konsentrasjonene.

Konsentrasjonene i referansesedimentene viser samme variasjonsmønster, men tildels markert lavere konsentrasjoner enn i overflatesedimentene. Dette viser at det ikke er geokjemisk kvikksølv som skaper dette mønsteret, men at atmosfærisk avsetninger av naturlig forekommende kvikksølv i atmosfæren (evt. preindustriell forurensning) er viktigste kilder.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser generelt ingen endring, men det er regionale forskjeller med en tendens til reduksjon i sør og økning i nord. Dette kan skyldes en reduksjon i de atmosfæriske tilførslene til Sør-Norge fra andre deler av Europa, mens de øvrige deler av landet er mer preget av globale forurensninger. Sjiktenes alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da sjiktene i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogkledd landskap.



Figur 3. Tinn (Sn) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



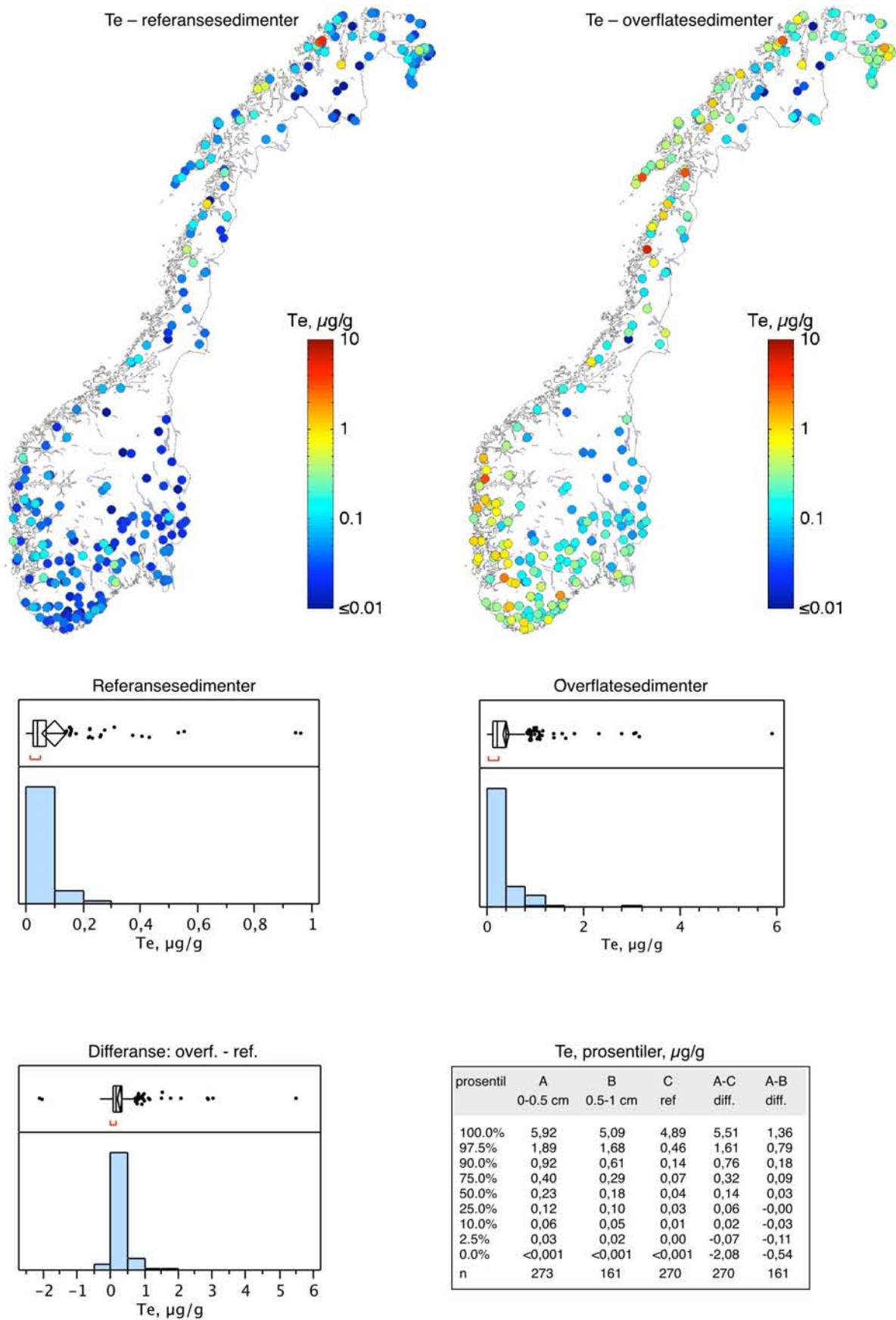
Figur 4. Differansen i konsentrasjoner av tinn (Sn) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.2 Tinn – Sn

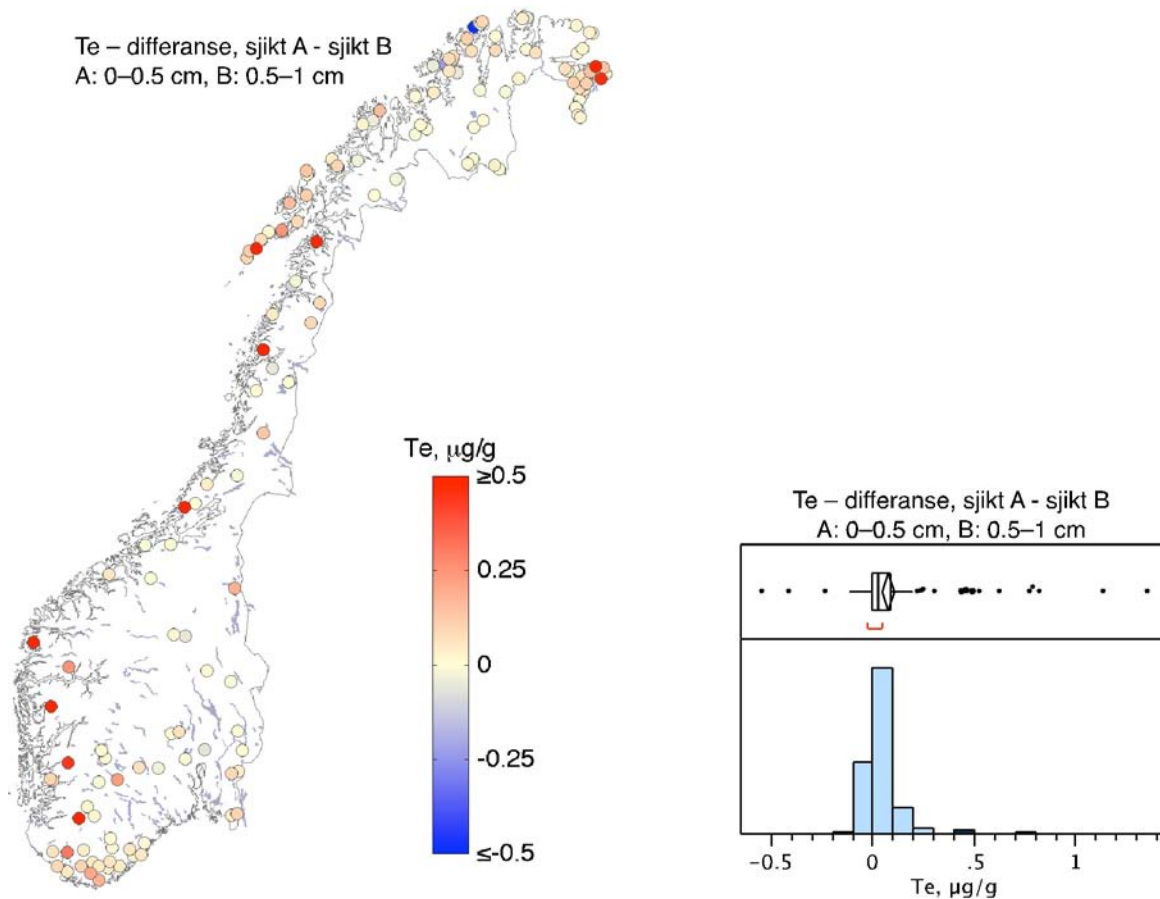
Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at dominerende kilde er atmosfæriske langtransporterte forurensninger. Det ble funnet markert forhøyde konsentrasjoner i kystområdene og lavereliggende område i Sør-Norge. Forhøyede konsentrasjoner ble også funnet langs kysten i Midt- og Nord-Norge samt i Øst-Finnmark. Sentrale deler av Finnmark og sentrale nordre deler av Østlandet hadde de laveste konsentrasjonene.

Konsentrasjonene i referansesedimentene viser ikke samme variasjonsmønster. De er høyest i deler av Hordaland og Telemark og lavest i indre deler av Østlandet, Lofoten, Troms og Finnmark. Dette tyder på at det generelt er geokjemisk tinn som skaper dette mønsteret, men at preindustrielle atmosfærisk forurensninger kan ha vært en kilde på Sørlandet som er den delen av landet som er mest påvirket av atmosfæriske forurensninger.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser generelt en økning på Sør- og Vestlandet. Det er et avtak i noen områder på Østlandet og lokalt på Sørlandet. Resten av landet har generelt ingen - eller et ubetydelig endringer. Økningen i de sørvestre deler av landet kan skyldes at atmosfæriske avsetningen her økt den siste tiden. Innsjøene som viser økning ved Sulitjelma og Mo i Rana kan skyldes lokale forurensninger. Sjiktene alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da 0,5 cm i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogkledd landskap.



Figur 5. Tellur (Te) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



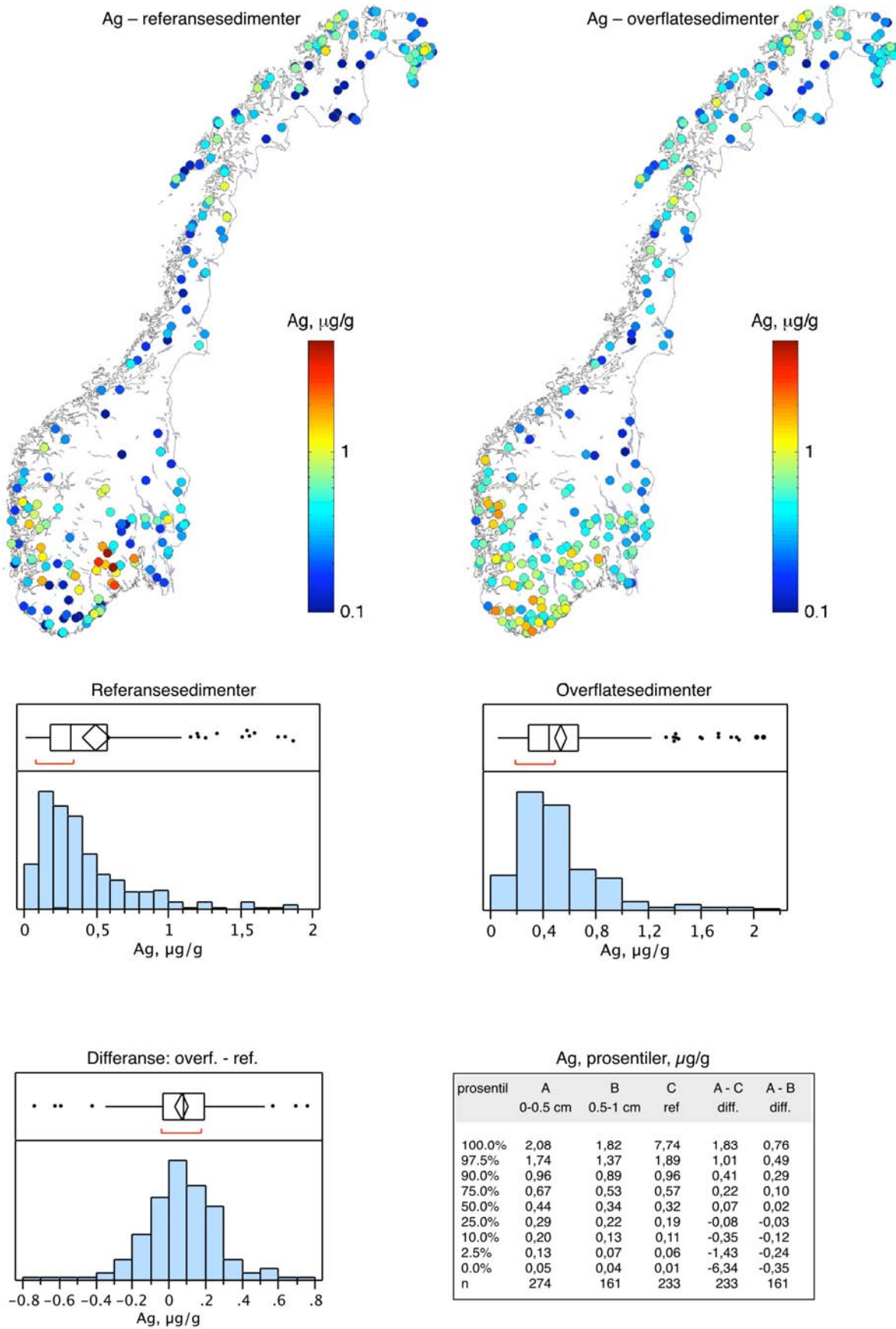
Figur 6. Differansen i konsentrasjoner av tellur (Te) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.3 Tellur – Te

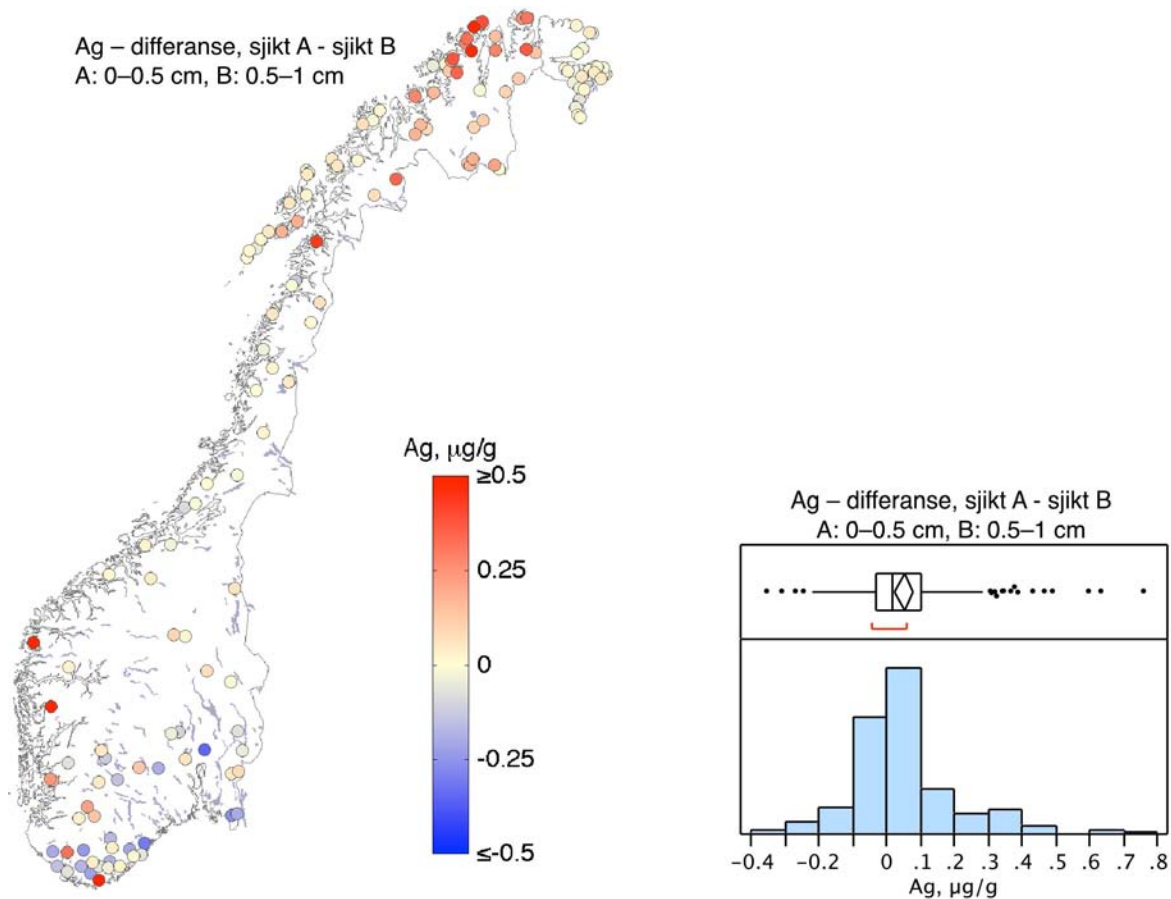
Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at dominerende kilde er atmosfæriske langtransporterte forurensninger. Det er markert forhøyde konsentrasjoner i kystområdene på Vestlandet og i Nord-Norge. Forhøyde konsentrasjoner er det også på Østlandet og i Øst-Finnmark. I sentrale deler av Finnmark finner vi de laveste konsentrasjonene.

Konsentrasjonene i referansesedimentene viser ikke samme variasjonsmønster. Det er generelt lave konsentrasjoner i hele landet, men med enkelte høyere verdier i Telemark, Hordaland og kystområdene i Nord-Norge. Dette tyder på at det er geokjemisk tellur som skaper dette mønsteret.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser generelt ingen endring i innlandet, men økning i mange sjøer langs kysten. I Kirkenes området er det en klar økning som har sammenheng med økt drift ved smelteverket i Nikel (tellurholdig malm). Sjiktene alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da 0,5 cm i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogkledd landskap.



Figur 7. Sølv (Ag) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



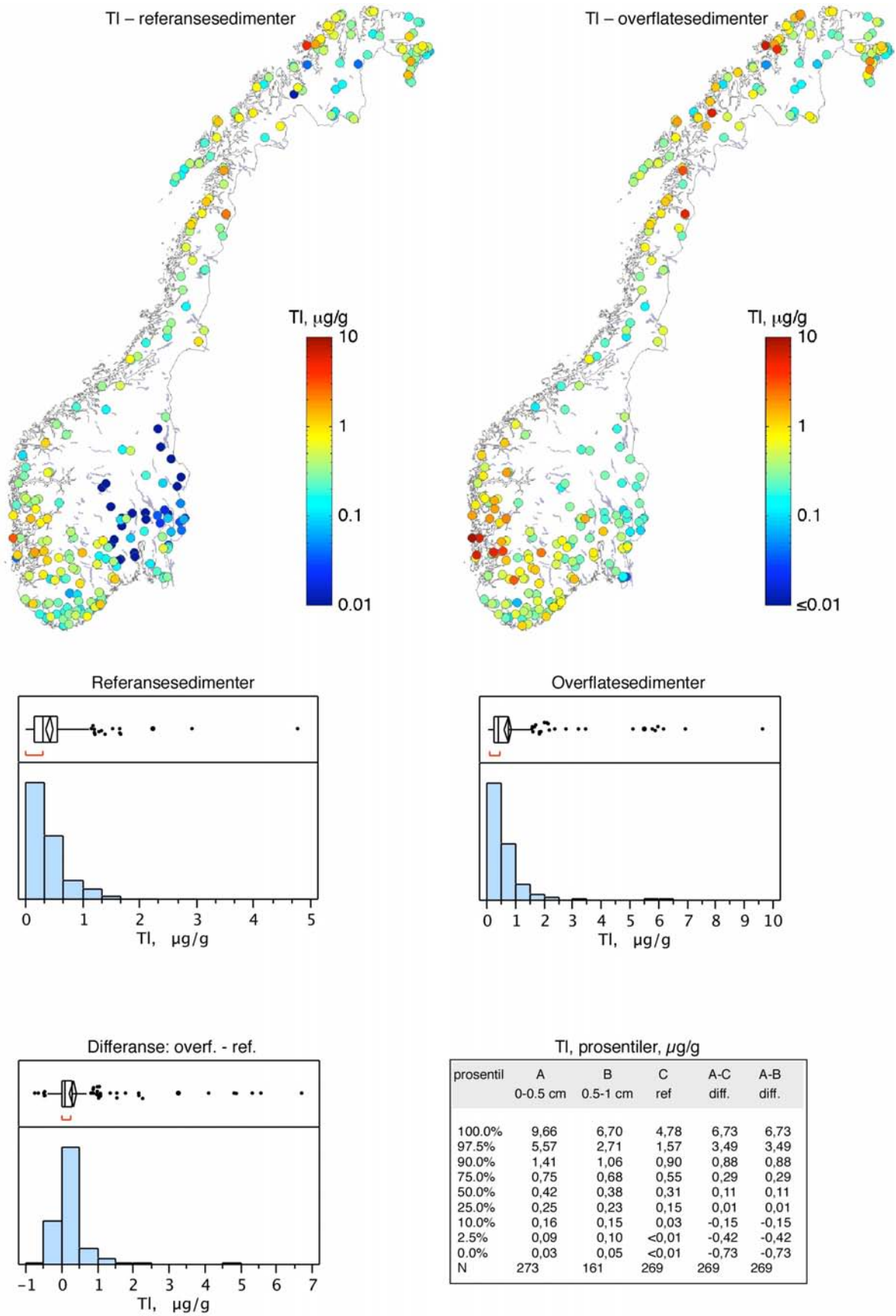
Figur 8. Differansen i konsentrasjoner av sølv (Ag) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.4 Sølv – Ag

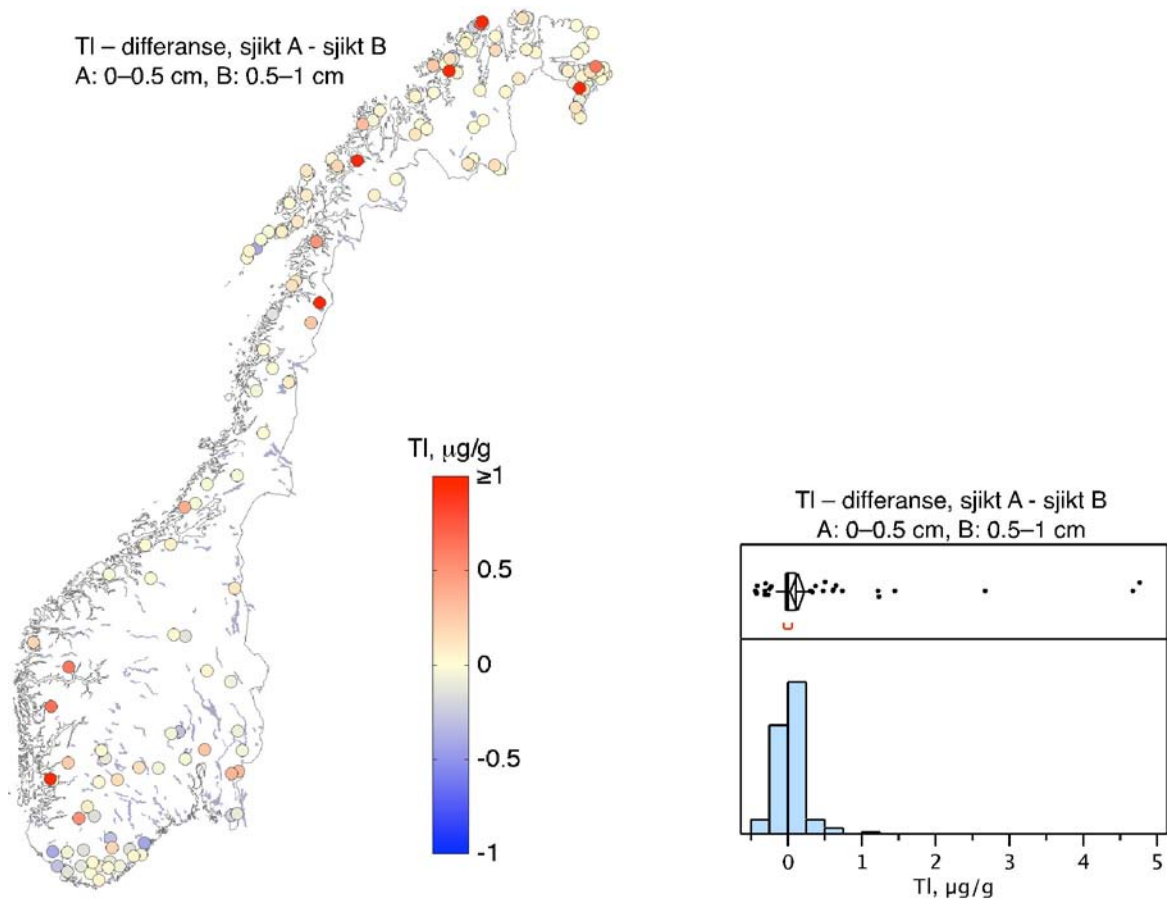
Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at atmosfæriske langtransporterte forurensninger er en viktig kilde i Sør-Norge. Det ble funnet markert forhøyede nivåer på Sørlandet, Vestlandet og sørøstre deler av Sør-Norge. Høyere konsentrasjoner er det langs kysten i Troms og Finnmark, men her skyldes dette at konsentrasjonene i referansesedimentene også er høyere enn resten av landet. Laveste konsentrasjoner er det på Nordvestlandet, midt-Norge og sentrale deler av Finnmark.

Konsentrasjonene i referansesedimentene viser ikke helt det samme variasjonsmønsteret. De høyeste verdiene finnes i Telemark, indre deler av Hordaland og langs kysten i Nord-Norge, mens i resten av landet er de lave. Dette tyder på at det er geokjemisk sølv som skaper dette mønsteret, og at preindustrielle atmosfæriske forurensninger ikke er en kilde.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser flere innsjøer med reduksjon i sør- og sørøstre deler av Sør-Norge. Dette kan skyldes at avsetningen her har vært størst og at reduksjon i de atmosfæriske tilførselene til Sør-Norge fra andre deler av Europa vil gi tydeligst effekt. Økninger er det på Vestlandet og i deler av Nord-Norge, særlig i de nordvestre kystområdene, men i de fleste områdene var det ingen forskjell. Sjiktenes alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da 0–0,5 cm sjiktene i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogkledd landskap.



Figur 9. Thallium (Tl) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



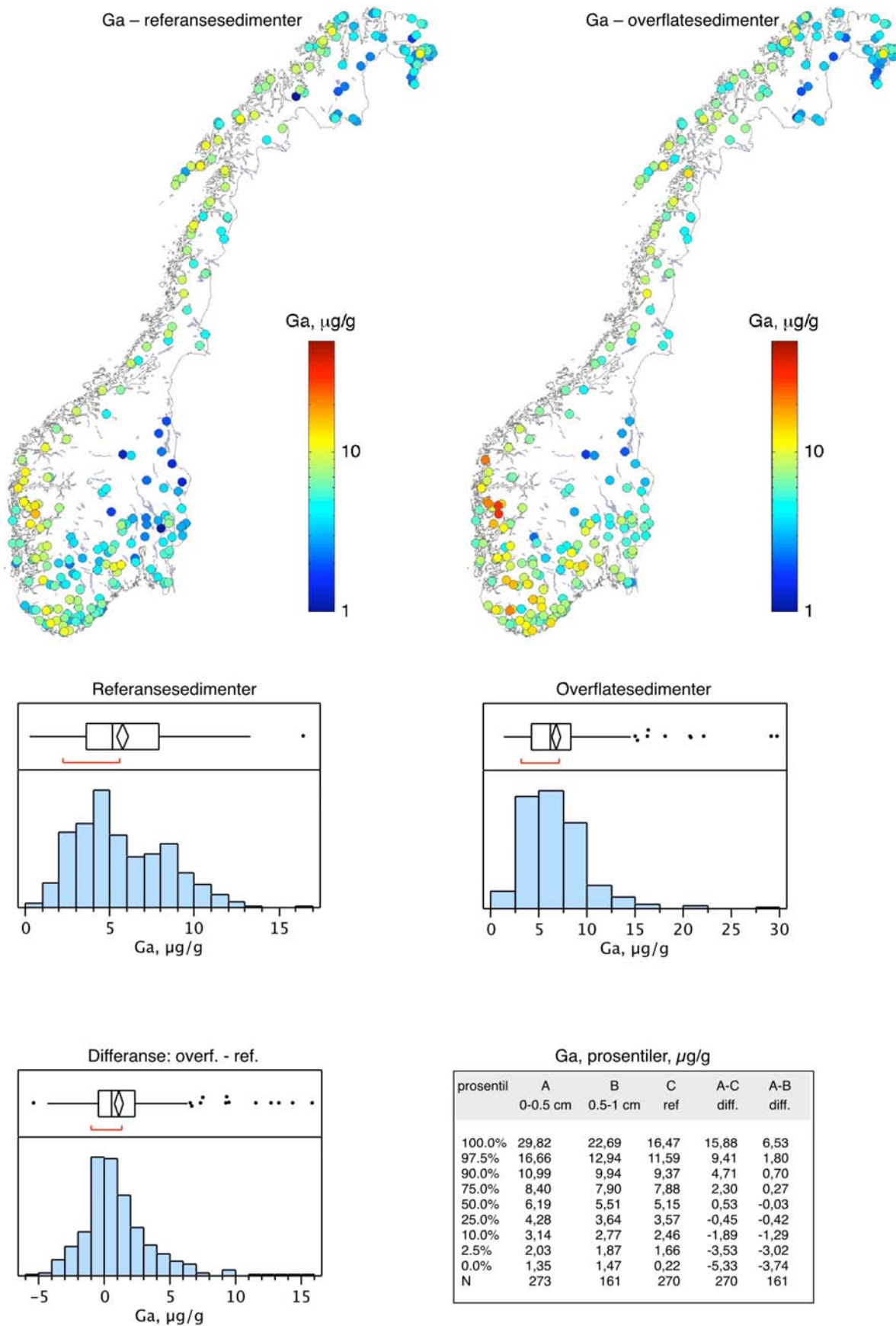
Figur 10. Differansen i konsentrasjoner av thallium (TI) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.5 Thallium – TI

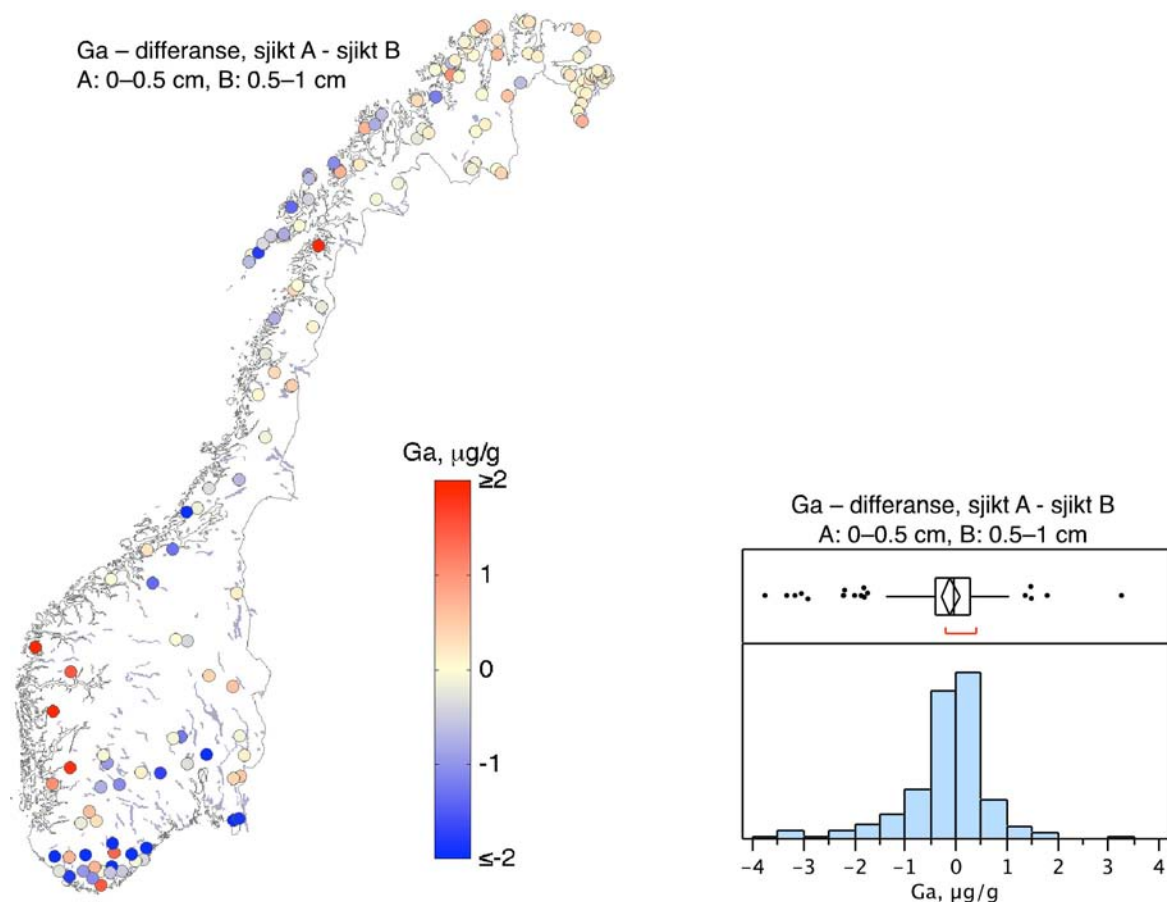
Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at atmosfæriske langtransporterte forurensninger er en kilde i deler av Sør-Norge. Det ble funnet forhøyde konsentrasjoner på Sørlandet og Vestlandet da særlig i området Haugesund/Stord. I Nord-Norge er konsentrasjoner også relativt høye, men her er også konsentrasjonene i referansesedimentene generelt høyere enn resten av landet, så atmosfæriske kilder er av liten betydning. Laveste konsentrasjoner er det på Nordvestlandet, Midt-Norge og Nordland.

Konsentrasjonene i referansesedimentene viser ikke samme variasjonsmønster. Generelt sett er det høyeste verdier i Hordaland, Rogaland, Telemark og kyststrøkene i Nord-Norge og svært lave på Østlandet. Dette tyder på at det er geokjemisk thallium som skaper mønsteret.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser, med noen unntak, ubetydelige forskjeller. Konsentrasjonene har gått noe ned i en del sjøer på Sørlandet, noe som kan skyldes reduserte utslipp i andre deler av Europa. Konsentrasjonene har økt på Vestlandet og i enkelte sjøer i Nord-Norge (Sulitjelma, Finnsnes, Hammerfest, Nordkapp og Kirkenes), noe som kan skyldes lokale kilder. Sjiktene alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da 0–0,5 cm sjiktene i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogkledd landskap.



Figur 11. Gallium (Ga) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



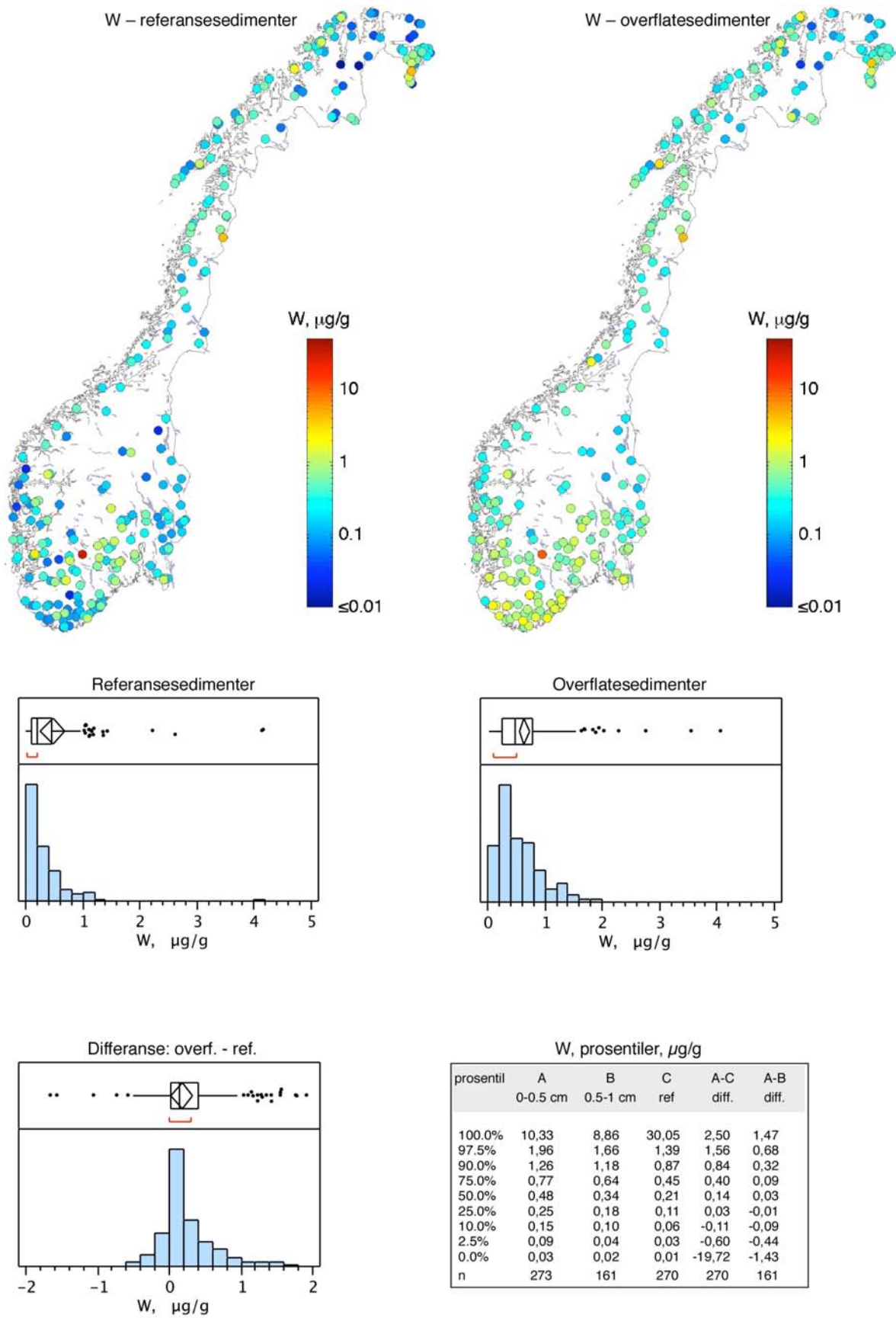
Figur 12. Differansen i konsentrasjoner av gallium (Ga) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.6 Gallium – Ga

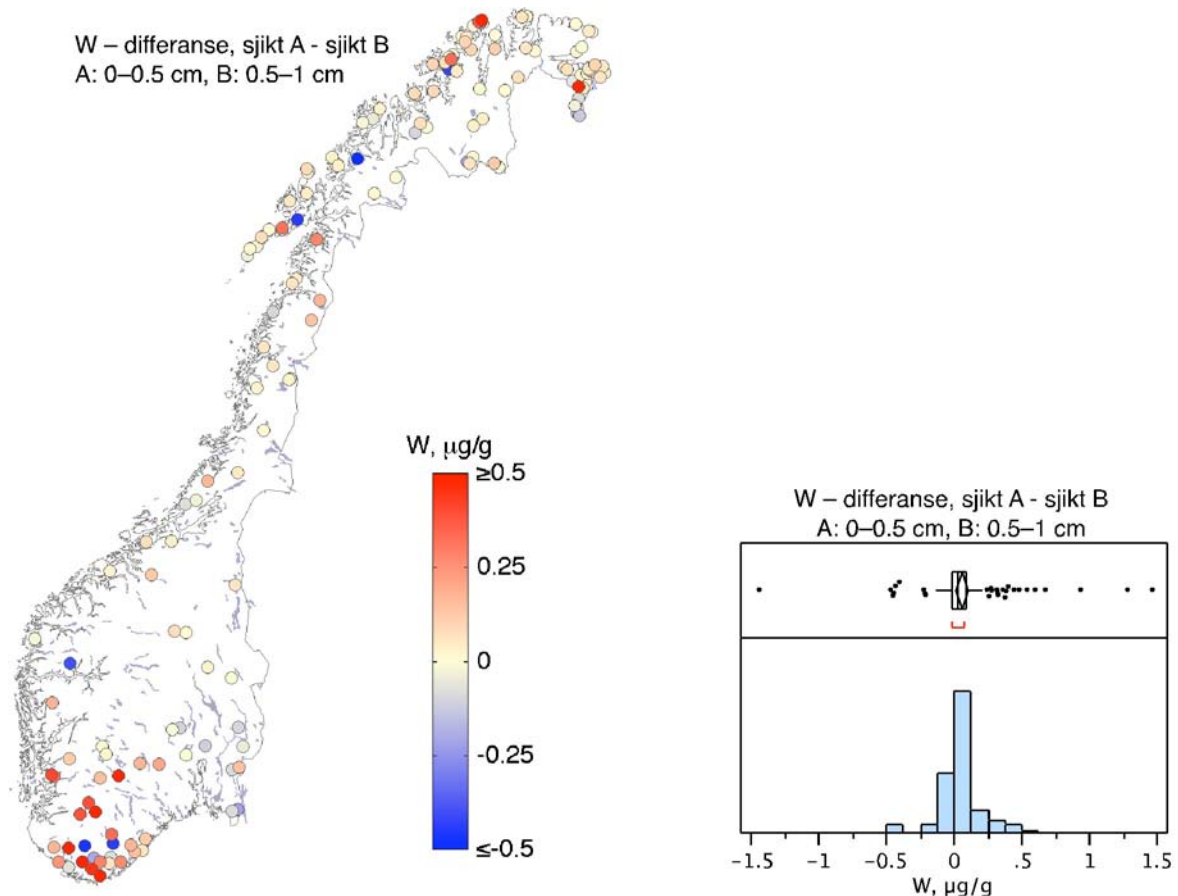
Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at regionale og langtransporterte atmosfæriske forurensninger er kilder i deler av Sør-Norge. Det er forhøyde konsentrasjoner på Sørlandet, øst for Haugesund og nord for Bergen. Det er også høyere konsentrasjoner stedvis langs kysten i Nord-Norge, men her skyldes dette at konsentrasjonene i referansesedimentene også er høyere enn resten av landet.

Konsentrasjonene i referansesedimentene er høyest i kystområdene fra Vest-Agder og opp til Hammerfest-området. De laveste konsentrasjonene finnes i indre deler av Øst-Norge og i indre deler av Finnmark. Dette tyder på at det er geokjemisk gallium som skaper dette mønsteret og at preindustrielle atmosfæriske forurensninger ikke er en kilde.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser økninger på Vestlandet og avtak i mange områder i sørlige deler av landet samt langs kysten fra Lofoten og til Tromsø. Dette kan for Sør-Norges del skyldes reduserte utslipp i andre deler av Europa, men for kysten i Nord-Norge er den vanskelig å forklare. Ellers i landet er det generelt ubetydelige forskjeller. Sjiktens alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da 0–0,5 cm sjiktene i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogledd landskap.



Figur 13. Wolfram (W) i referanse- (35–55 cm) og overflatesedimentene (0–0,5 cm). Tabellen viser prosentilene for de tre sedimentsjiktene, og differansene mellom disse.



Figur 14. Differansen i konsentrasjoner av wolfram (W) mellom de to 0,5 cm overflatesjiktene.

4.7 Wolfram – W

Konsentrasjonene i overflatesedimentene viser at atmosfæriske langtransporterte forurensninger er en viktig kilde i deler av Sør-Norge. Det er forhøyde konsentrasjoner på Sørlandet og sørlige deler av Østlandet. Det er også høyere konsentrasjoner stedvis langs kysten i Troms og Finnmark, men her skyldes dette at konsentrasjonene i referansesedimentene også er høyere enn resten av landet og atmosfæriske avsetninger er derfor en ubetydelig kilde.

Konsentrasjonene i referansesedimentene viser ikke samme variasjonsmønster. De høyeste verdiene er i Telemark, indre deler av Agder-fylkene, Rogaland, Hordaland, kystområdene fra Stadlandet til Hammerfest og Øst-Finnmark. Dette tyder på at det er geokjemisk wolfram som skaper dette mønsteret og at preindustrielle atmosfæriske forurensninger ikke er en kilde.

Endringen i konsentrasjonene over tid indikert ved sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) i forhold til avsetningene før ca. 1997 (0,5–1 cm) viser økninger i sørlige deler landet. Dette kan skyldes økte utslipp i andre deler av Europa. Enkelte innsjøer i Nord-Norge viser også økninger som kan skyldes lokale kilder, men generelt var det ubetydelige forskjeller. Sjiktenes alderspenn kan også bidra noe til de regionale forskjellene, da 0–0,5 cm sjiktene i nord og i fjellet kan være avsatt over en lengre tidsperiode på grunn av lavere årlig sedimenttilvekst i et mindre skogkledd landskap.

5. Konklusjon

På grunn av samordning med andre nasjonale overvåkningsprogram er det bare 109 innsjøer av totalt 270 i den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen (SFT 2008) som også ble undersøkt i den andre nasjonale sedimentundersøkelsen (SFT 1999). Fordi konsentrasjoner av metaller i referansesedimentene ikke endres over tid ble allerede eksisterende analyser av metaller for de 109 innsjøene benyttet som referanser også i den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen. Nye og bedre analyseinstrumenter (HR-ICPMS) var tilgjengelig etter den tredje sedimentundersøkelsen. Dette gjorde det mulig å fremskaffe data for noen interessante metaller som det tidligere ikke var mulig å analysere med ICPMS, eller hvor metoden hadde for høye deteksjonsgrenser. Dette gjaldt tinn (Sn) tellur (Te), thallium (Tl), sølv (Ag), gallium (Ga), wolfram (W). Dette er metaller som er knyttet til utslipp forbundet med ”ny teknologi”. I tillegg ble kvikksølv (Hg) analysert, men bare prøver som tidligere var lavere enn deteksjonsgrensen ble erstattet i bergningene. Disse nye analysene fra 109 innsjøene har gjort det mulig å få et godt mål på forurensningsgraden og naturgitte konsentrasjoner også av de ”ny teknologi metaller” i ulike deler av landet.

Atmosfæriske avsetninger av kvikksølv (Hg) har forurenset innsjøsedimenter over hele landet. Betydelig forurenset er et 150 km bredt område fra Østfold til Stadlandet. I dette området er påslaget i konsentrasjoner fra før-industriell tid og fram til i dag 0,15–0,65 µg/g. Kystområdene i Nord-Norge er markert forurenset, mens indre og ofte høyereliggende områder er generelt minst forurenset. Dette mønsteret henger sammen med at metallene vaskes ut med nedbør (størst ved kysten) og at Sør-Norge er nærmest kildeområdene i Europa. I sørlige deler av landet var det lavere konsentrasjoner i sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) enn i sedimenter avsatt i foregående tiårs periode (0,5–1 cm). Dette indikerer reduserte utslipp i Europa den senere tiden. Konsentrasjonene av Hg i referansesedimentene varierte hovedsakelig innen intervallet 0,03 til 0,16 µg/g som antas å være nær naturgitt bakgrunnskonsentrasjoner. Høyeste verdier er det i skogsområdene i Sør-Norge og i Øst-Finnmark. I Sør-Norge kan dette skyldes et lite bidrag fra atmosfæriske avsetning av kvikksølv fra naturlige kilder (f.eks. vulkansk aktivitet), men for Øst-Finnmark er det nok geokjemiske årsaker.

Atmosfæriske avsetninger av tinn (Sn) og tellur (Te) har også forurenset innsjøsedimenter over hele landet, unntatt i indre deler av Østlandet, Troms og Finnmark. De mest forurensete områdene er de samme som for kvikksølv, men særlig Sørlandet og Vestlandet der typiske påslaget i konsentrasjoner av Sn og Te fra før-industriell tid og fram til i dag er henholdsvis (1,4–20 µg/g) og (0,14–1,6µg/g). I sør- og sørvestre av landet var det høyere konsentrasjoner i sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) enn i sedimenter avsatt i foregående 10-års periode (0,5–1 cm). Dette kan ha sammenheng med at begge elementer i vesentlig grad er knyttet til utslipp etter 1940 (høgteknologisk periode) og at utslippene kan ha økt i Europa den senere tid. Konsentrasjonene i referansesedimentene varierte hovedsakelig innen intervallet 0,01 til 0,46 µg/g. Det var intet klart fordelingsmønster og det er rimelig å anta at geokjemiske kilder er dominerende.

Atmosfæriske avsetninger av thallium (Tl) og sølv (Ag) har forurenset innsjøsedimenter hovedsakelig i Sør-Norge og typiske påslag fra pre-industriell tid og fram til i dag i de mest forurensete områdene er henholdsvis 0,11–3,5 µg/g og 0,1–1,0 µg/g. I sør- og sørøstre deler av landet er det lavere konsentrasjoner i sedimenter avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) enn i sedimenter avsatt i foregående 10-års periode (0,5–1 cm), antagelig som følge av reduserte

utslipp i Europa. Konsentrasjonene i referansesedimentene for Tl varierte hovedsakelig innen intervallet 0,3 til 1,6 $\mu\text{g/g}$, med lavest verdier i grunnfjellsområdet på Østlandet og høyest kystnære områder. Dette tyder på at geokjemiske kilder er dominerende. Konsentrasjonene i referansesedimentene for Ag varierte innen intervallet 0,32-1,9 $\mu\text{g/g}$ med høyeste konsentrasjoner i Telemark og indre deler av Agder, Hordaland og Rogaland. Dette er et mønster som viser at geokjemiske kilder dominerer.

For elementene Ga og W er sedimentene mest forurenset på Sørlandet og Vestlandet og typiske verdier i påslaget fra før-industriell tid til i dag i henholdsvis 0,5–9 $\mu\text{g/g}$ og 0,14–1,6 $\mu\text{g/g}$. Konsentrasjonene av Ga i sedimenter i sørligste deler av landet, avsatt etter ca. 1997 (0–0,5 cm) var lavere enn i sedimenter avsatt i foregående tiårs periode, mens det for W ble funnet en økning. Begge elementene er bl.a. knyttet til produksjon av elektriske og elektroniske produkter, men finnes også i utslipp fra smelteverksindustri. Forskjellen er vanskelig å forklare, men kan skyldes endringer i lokale kilder i den aktuelle perioden. Konsentrasjonene i referansesedimentene for Ga varierte hovedsakelig innen intervallet 2,4 til 9,3 $\mu\text{g/g}$ med høyeste konsentrasjoner i Telemark og indre deler av Agder, Hordaland og Rogaland. Dette er et mønster som viser at geokjemiske kilder dominerer. For W var variasjonen hovedsakelig innen intervallet 0,06 til 0,9 $\mu\text{g/g}$, og konsentrasjonene var høyest i samme områder som Ga. Dette indikerer dominans av geokjemiske kilder i referansesedimentene.

I de sørligste deler av landet har de fleste elementene vist en klar nedgang i konsentrasjoner i det øvre 0,5 cm overflatsjiktet i forhold til det underliggende 0,5 cm sjiktet for mange metaller (SFT 2008). Dette viser at forurensning av atmosfærisk avsatte metaller generelt har avtatt siste 10 år i forhold til foregående 10–15 års periode. Dette skyldes reduserte utslipp i andre deler av Europa og særlig Øst-Europa. Unntakene fra dette er Sn, Te og W som er knyttet til ”ny teknologi”. For disse har det skjedd en økning i de sørligste deler antagelig på grunn av økte utslipp i Europa.

6. Referanser

SFT 2006. Samordnet nasjonal overvåkning; effekter av langtransporterte forurensninger. Plan for programmet og framdriftsrapport for 2004 og 2005. Rapport Ta 2182/2006. 62s.

SFT 2008. Nasjonal innsjøundersøkelse, 2004 – 2006. Del 2: sedimenter. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport TA 2362-2008.77s.

SFT 1999. Landsomfattende undersøkelse av metaller i innsjøsedimenter. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport 759/99, TA 1631/1999-2008.74s.


Statlig program for forurensningsovervåking


Statens forurensningstilsyn (SFT)

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no - Internett: www.sft.no

Utførende institusjon NIVA	ISBN-nummer 978-82-577-5450-1
-------------------------------	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Eirik Fjeld	Kontaktperson SFT Tor Johannessen	TA-nummer 2461/2008
---	--------------------------------------	------------------------

	År 2008	Sidetall 22	SFTs kontraktnummer 500813
--	------------	----------------	-------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA rapport LNO 5715-2008	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
--	--

Forfatter(e) Sigurd Rognerud og Eirik Fjeld
--

Tittel - norsk og engelsk Nasjonale innsjøundersøkelse 2004 - 2006, del 2: Sedimenter. Supplerende undersøkelser. National lake survey 2004 - 2006, part 2: Sediments. Supplementary investigations.
--

Sammendrag-Summary Det er utført supplerende analyser av tinn, tellur, thallium, sølv, gallium, wolfram og kvikksølv i referansesedimenter som inngår i den tredje nasjonale sedimentundersøkelsen. Atmosfæriske avsetninger av disse metallene har forurenset overflatesedimenter spesielt i kystnære områder i Sør-Norge. Konsentrasjonsøkningen fra referanse- til overflatesedimenter var størst for tinn etterfulgt av gallium, thallium, tellur, wolfram og kvikksølv. Økte europeiske utslipp knyttet til "ny teknologi" siste 25 år er sannsynlig årsak til dette. Analysis for tin, tellurium, thallium, silver, gallium, wolfram and mercury have been done in reference sediments, as a supplement to the published results of metals from the third national sediment survey. Atmospheric depositions of these elements have polluted surface sediments especially in coastal areas in southern Norway. Possible sources are emissions connected with "new technology" in Europe. The most significant increases in concentrations were found for tin followed by gallium, thallium, tellurium, wolfram and mercury.

4 emneord Overvåkning Innsjø sedimenter Miljøgifter Forurensningsgrad	4 subject words Monitoring Lakes sediments Environmental pollutants Degree of impact
--	---

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,

NO 0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

Bestilling: www.sft.no/skjema.html

