



Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for miljøvitenskap

Masteroppgåve 2014
60 stp

Påvising av flyktig kvikksølv og tinn på eit norsk avfallsdeponi ved bruk av mosenett

Detection of gaseous mercury and tin at a municipal solid waste (MSW) landfill in Norway by use of moss bags

Karoline Høyvik

Forord

Først og fremst vil eg takke hovudveileiar, Elin Gjengedal, ved Institutt for miljøvitenskap. Takk for alle tilbakemeldingar, kunnskap og engasjement delt, og for alle gode samtalar. Takk til Solfrid Lohne som har ein tolmodigheit utan like og ein veremåte som roar og trøstar ein kvar stressa masterstudent, og for hjelp til dekomponering. Eg vil også takke Karl Andreas Jensen for all hjelp med analysar med ICP-MS og all kunnskap du har delt.

Eg vil også takke dei tilsette ved MOVAR for godt samarbeid og for at eg fekk plassere ut mosenett på deponiet. Særleg Marit Asklien og Alfred Dumben har vore til stor hjelp. Eg vil også takke Ketil Haarstad ved Bioforsk for samarbeidet, og Elin Ørmen for hjelp til å ta elektronmikroskopbileter av mosen.

Elles vil eg takke gode venner på lesesalen for ei fin tid.

Karoline Høyvik

Ås, 14.mai 2014

Samandrag

Det er påvist kvikksølv (Hg) i deponigass i Amerika og Kina, og tinn (Sn) i Tyskland, men det lite kunnskap om tap ved norske deponi. I denne studien blei ein enkel og rimeleg metode, bruk av mosenett, nytta for å spore kvikksølv over ei avfallsdeponi. Etasjehusmose, *Hylocomium splendens*, kjend for sine eigenskapar som biomonitor for spormetall, blei nytta i denne studien. Mosen blei samla inn frå Nordskogen i Ås kommune og tørka ved romtemperatur. Om lag eit gram av to årlige skot av mosen blei lagt i mosenett laga av ein 10 cm x 10 cm tre ramme med eit nylon hårnett pakka stramt rundt. Det blei plassert ut 65 stikker med mosenett i høgdene 45 cm og 80 cm på eit deponi, i om lag seks månadar frå oktober 2013 til mars 2014. Deponiet som blei undersøkt er lokalisert i Moss kommune. Det er om lag 204 000 m² stort og har vore i drift sidan 1978.

Det blei gjennomført eit tørkeforsøk med mose for å undersøkje eventuelt tap av kvikksølv ved tørketemperatur opp til 103°C. Det blei også gjennomført eit batchforsøk for å undersøkje etasjehusmose sitt opptak av ionisk kvikksølv, Hg²⁺, i løysing med kunstig nedbør med konsentrasjonar av salt tilsvarande innland og kystnedbør. Kvikksølvopptak i mosen vart bestemt indirekte i filtrert nedbørsløysing ved bruk av induktiv kopla plasma masse spektrometri, ICP-MS (Agilent 8800 QQQ). Mose frå mosenett og tørkeforsøk vart analysert etter at mosen hadde blitt dekomponert med syre ved 250 °C ved bruk av mikrobølgjeteknikk (Milestone UltraClave). Mosen vart i tillegg analysert for tinn (Sn) utan at dekomponeringsmetoden vart tilpassa. Resultat for Sn er truleg underestimert i dette arbeidet.

Det blei ikkje påvist tap av kvikksølv i tørkeforsøket. Batchforsøket vist opptak av Hg²⁺, men eigenskapen som ionebytter utelet ikkje opptak av andre species i mosen. Konsentrasjonane målt i mosen frå mosenett frå deponiet, viste høgare konsentrasjonar av kvikksølv og tinn, enn i mosenett plassert i området rundt. Når resultata blei samanlikna med resultat frå ei landsdekkande undersøking, var det høgare konsentrasjonar målt ved deponiet enn naturleg bakgrunnsnivå. Dette gir grunn til å tru at deponi er ei potensiell kjelde for utslepp av tinn og kvikksølv til atmosfæren også ved norsk avfallsdeponi. Bruk av mosenett er ein god metode for å lokalisere diffuse tap av Hg og Sn på deponiet.

Abstract

Mercury (Hg) has been detected in landfill gas in America and China, while tin (Sn) has been detected in landfill gas in Germany, but there is little knowledge about mercury and tin at Norwegian landfills. In this thesis a simple and inexpensive method, moss bags, was used to locate mercury at a landfill. *Hylocomium splendens* known for its quality as a biomonitor for trace metals was used in this study. The moss was collected from Nordskogen in Ås and dried at room temperature. About a gram of two annual segments from the moss was placed in moss bags made up from nylon hairnet wrapped tightly around a 10 cm x 10 cm wooden frame. All in all 65 wood sticks with two moss bags attached at 45 cm or 80 cm above ground were placed at landfill from October 2013 to March 2014. The landfill was located in Moss and are about 204 000 m². The landfill has been in operation since 1978.

A “drying experiment” was conducted regarding the possibility of loss of mercury from the moss at drying 103°C. It was also performed a batch experiment to investigate the uptake of ionic mercury, Hg²⁺, by moss in artificial precipitation solutions with salt concentrations equal to inland and coastal precipitation. The uptake of mercury in the moss was analysed indirectly in the filtered solution using Inductively coupled plasma mass spectrometry (Agilent 8800 QQQ). Moss from the drying experiment and moss bags were analysed after being digested in acid using a microwave decomposition at 250°C. In addition to mercury, the moss was analysed for tin, even though the method for digestion was not optimized for tin. The result for Sn is probably underestimated in this study.

It was not discovered loss of mercury in the “drying experiment”. The batch experiment proved uptake of Hg²⁺ in the moss. The moss ability for ion exchange does not exclude the uptake of other mercury species in the moss. Concentrations measured in the moss from moss bags exposed at the landfill, showed higher concentrations of mercury and tin, than in mossbags placed in the area around the landfill. When the results were compared with results from a nationwide survey, there were higher concentrations measured at the landfill than the natural background level. This gives reason to believe that Norwegian landfills are a potential source of emissions of tin and mercury into the atmosphere. Use of moss bag is a suitable method for locating diffuse loss of Hg and Sn at landfills.

Ordforklaringar

Aerosol: blanding av finfordelte partiklar eller dråpar i gass, der dråpane eller partiklane er så små at dei held seg svevande i gassen (McNaught & Wilkinson 1997)

Avfall: Kasserte lausøyregjenstandar eller stoff (Klima- og miljødepartementet 2004).

Chelatering: Danning eller nærvær av band eller andre interaksjonar mellom to eller fleire avskilte bindingsseter innanfor same ligand og eit enkelt sentralatom (McNaught & Wilkinson 1997)

Deponi: Deponering av avfall på eller under bakken for permanent disponeringsstad/oppbevaring (Klima- og miljødepartementet 2004).

Deponigass: All gass som blir danna i det deponerte avfallet (Klima- og miljødepartementet 2004).

Deteksjonsgrense: Den lågaste konsentrasjonen ein analytt kan bli detektert ved. I denne oppgåva blir deteksjonsgrense definert som 3 x standardavviket til blankane.

EE-produkt: Komponentar og produkt som er avhengig av elektromagnetiske felt eller elektrisk straum for å korrekt funksjon, samt utrusting for overføring, fordeling, generering og måling av desse straumane og felt. Derunder omfattast delar som er naudsynte for oppvarming, avkjøling, beskyttelse med meir av dei elektroniske eller elektriske delane. Det er Miljødirektoratet eller Miljøverndepartementet som avgjer kva som skal bli sett som EE-produkt. Kasserte EE-produkt blir kalla EE-avfall (Klima- og miljødepartementet 2004)

Farlig avfall: Avfall som kan medføre alvorlege forureiningar eller fare for skade på menneskje og dyr, og difor ikkje hensiktsmessig kan handterast saman med forbruksavfall (Klima- og miljødepartementet 2004).

Inert avfall: Stabilt avfall som ikkje gjennomgår noko betydeleg fysisk, kjemisk eller biologisk omdanning. Det er ikkje biologisk nedbryteleg, og vil ikkje bli oppløyst, brenne

eller på anna måte reagere fysisk eller kjemisk. Det vil ikkje skade andre stoff det kjem i kontakt med på ein måte som medføre forureining av miljøet eller vere til skade for menneskjers helse. Dei totale lekkasjeeigenskapane, innhald av økotoksiske stoff i sigevatnet og innhaldet av forureinande stoff må vere ubetydelege. Det må ikkje utgjere noko fare for kvaliteten på grunnvatn og/eller sigevatn (Klima- og miljødepartementet 2004). Inert avfall er ein del av ordinært avfall (Asklien 2014).

Kvantifiseringsgrense: Den lågaste konsentrasjonen ein analytt kan bli kvantifisert ved. I denne oppgåva blir deteksjonsgrense definert som $10 \times$ standardavviket til blankane.

Moss bag: I denne oppgåva blir ”moss bag” oversett til mosenett.

Ordinært avfall: Eitkvart avfall som ikkje omfattar farleg, eksplosivt, smittefarleg eller radioaktivt avfall (Klima- og miljødepartementet 2004). Inert avfall inngår i ordinert avfall (Asklien 2014).

Sigevatn: Ei kvar væske som blir liggande i deponiet eller sig ut frå det deponerte avfallet og blir slept ut frå deponiet (Klima- og miljødepartementet 2004).

INNHALDSLISTE

FORORD

SAMANDRAG

ABSTRACT

ORDFORKLARINGAR

1. INNLEIING	1
2. TEORI	3
2.1 KVIKKSØLV	3
2.1.1 KVIKKSØLV I MILJØET	3
2.2 TINN	4
2.3 AVFALL	5
2.4 DEPONERING	6
2.5 LIVSSYKLUSEN TIL EIT DEPONI	7
2.5.1 AEROB FASE	7
2.5.2 ANAEROB SYREFASE	7
2.5.3 INNLEIANDE METANOGEN FASE OG STABIL METANOGEN FASE	8
2.6 BIOMONITOR	9
2.6.1 MOSE SOM BIOMONITOR	9
2.6.2 MOSENETT	10
2.7 ETASJEHUSMOSE (<i>HYLOCOMIUM SPLENDES</i>)	11
2.7.1 ETASJEHUSMOSE OG SPORMETALL	11
2.8 DEKOMPONERING	12
2.9 INDUKTIV KOPLA PLASMA – MASSE SPEKTROMETRI	13
3. MATERIAL OG METODE	14
3.1 INNHAUSTING OG FORBEHANDLING AV ETASJEHUSMOSE	14
3.2 MOSENETT	14
3.3 TILLAGING AV LØYSINGAR OG STANDARDAR	16
3.4 BATCH-FORSØK MED Hg^{2+}	17
3.5 FORSØK MED EFFEKT AV TØRKETEMPERATUR FOR MOSE	19
3.6 DEKOMPONERING AV MOSE	20
3.7 ANALYSE	20
3.8 STATISTIKK	21
3.9 UTSTYR OG LØYSINGAR NYTTA	21

4 RESULTAT OG DISKUSJON	22
4.1 BATCHFORSØK	22
4.1.1 VURDERING AV METODE FOR BATCHFORSØK	22
4.1.2 ANION OG KATION I LØYSINGA	24
4.1.3 RESULTAT FRÅ FORSØKET	25
4.2 TØRKEFORSØK	26
4.2.1. ANALYSE AV KVIKKSØLV OG FØLSAMHEIT I METODEN TIL ”TØRKEFORSØK”	26
4.2.2 PRESISJON I METODE TIL TØRKEFORSØK	27
4.2.3 NØYAKTIGHEIT I METODEN FOR TØRKEFORSØK	28
4.2.4 ENDRING I KONSENTRASJON	29
4.3 PARTIKLAR PÅ MOSEN	30
4.4 KVIKKSØLV I MOSE FRÅ DEPONIET	32
4.4.1 SPESIelt FOR ANALYSE AV KVIKKSØLV OG FØLSAMHEIT I METODEN FOR MOSE FRÅ DEPONIET	32
4.4.2 PRESISJON I METODEN FOR KVIKKSØLV I MOSENETT	32
4.4.3 NØYAKTIGHET I METODEN FOR KVIKKSØLV I MOSENETT	33
4.4.4 MÅLT KONSENTRASJON AV KVIKKSØLV I MOSE UTPLASSERT PÅ DEPONIET	33
4.4.5 EVENTUELT BIDRAG TIL KVIKKSØLV I MOSEN FRÅ ANDRE KJELDER ENN DEPONIET	34
4.4.6 KONSENTRASJONAR AV KVIKKSØLV I MOSE UTPLASSERT PÅ DEPONIET SAMANLIKNA MED ANDRE MÅLINGAR	35
4.4.7 SPECIAR AV KVIKKSØLV PÅ DEPONIET	36
4.5 TINN I MOSE FRÅ DEPONIET	37
4.5.1 ANALYSE AV TINN OG FØLSAMHEIT I METODEN	38
4.5.2 PRESISJON I METODEN FOR TINN I MOSENETT	38
4.5.3 NØYAKTIGHEIT I METODEN FOR TINN I MOSENETT	39
4.5.4 KONSENTRASJONAR AV TINN PÅ DEPONIET	39
4.5.5 KONSENTRASJONAR AV TINN I MOSE UTPLASSERT PÅ DEPONIET SAMANLIKNA MED ANDRE MÅLINGAR	40
4.5.6 SPECIAR AV TINN PÅ DEPONIET	40
5. KONKLUSJON	42
6. REFERANSAR	44
VEDLEGG	II
VEDLEGG 1. BESKRIVING AV OMRÅDET SOLGÅRD AVFALLSPASS.	II
VEDLEGG 2. UTSTYR NYTTA TIL FORSØK, DEKOMPONERING OG ANALYSE	III
VEDLEGG 3. TABELLAR FOR BATCHFORSØK	VIII
VEDLEGG 4. TABELLAR FOR TØRKEFORSØK	XII
VEDLEGG 5. MÅLT KONSENTRASJON AV GRUNSTOFF I MOSE FRÅ MOSENETT	XV
VEDLEGG 6. KVIKKSØLV I MOSE FRÅ MOSENETT	XXXIII
VEDLEGG 7. TINN I MOSE FRÅ MOSENETT	XXXV

1. Innleiing

I Noreg er kvikksølv ei prioritert miljøgift og Noreg har som mål å kontinuerlig redusere utslipp og bruk av kvikksølv for å avslutte bruk og stanse utslipp av kvikksølv heilt innan 2020. Det har blitt innført eit generelt forbod mot import, eksport, produksjon og omsetting av kvikksølvhaldige produkt. Sidan det vil ta tid før alle eksisterande kvikksølvhaldige produkt er skifta ut og det blir mindre av desse i avfallstraumen, vil ta tid før forbodet gir full effekt (Miljøverndepartementet 2010).

Det har blitt gjennomført fleire studie med omsyn til kvikksølv på deponi, mellom anna har kvikksølv blitt påvist i deponi gass i mellom anna USA og Mexico (Lindeberg & Price 1999; Lindeberg et al. 2005; Rosa et al. 2005). Det finnst lite litteratur som omhandlar kvikksølv i deponigass i Noreg eller Europa. I ein studie av deponigass frå fleire deponi i Tyskland blei det ikkje detektert betydelege mengder kvikksølv, men høge konsentrasjonar av tinn (Ilgen et al. 2008) I sigevatn er det funne små konsentrasjonar av kvikksølv, det er estimert at mindre enn 0,02% av deponert kvikksølv vil lekke ut frå deponiet i laupet av eit år (Kjeldsen et al. 2002; Øygard et al. 2004).

Mose kan vere ein god indikator på spormetall i atmosfæren. Det har vist seg at mange spormetall bind seg sterkt til mose, samstundes som mose tek næringa si frå atmosfæren og ikkje frå jord gjennom eit rotsystem (Rühling & Tyler 1970). Dersom det ikkje veks mose i området som skal undersøkast, kan transplantert mose nyttast. I følgje Aresa et al (2012) er mosenett er den vanlegaste teknikken for aktiv biomonitoring med transplantert mose som er rapportert i litteraturen, og har blitt nytta i Finland for overvaking av kvikksølv (Lodenius 1998). I denne metoden blir ein passande art av mose plukka i eit uforureina område, pakka i nylonnett og plassert på eller rundt området som skal undersøkast. Little og Martin nytta i 1974 torvmose (*Sphagnum*) i hårnett av nylon for å overvake tungmetallforureining ved eit smelteverk i nærleiken av Bristol i England, ein metode etter Roberts og Goodman frå 1971 (Goodman & Roberts 1971; Little & Martin 1974).

I denne studien blei etasjehusmose, *Hylocomium splendens*, lagt i finmaska nylonnett og plassert ut på eit avfallsdeponi i Moss kommune. Avfallsdeponiet som blei undersøkt, var eit kategori 2 deponi, der både hushaldsavfall og produksjonsavfall har blitt deponert sidan 1978. Deponiet er lokalisert langs E6, som var ei potensiell kjelde for forureining. Mosenetta blei hengt ved to høgder over bakken, 45 cm og 80 cm, i om lag seks månadar. Prøvene blei så dekomponert og analysert med ICP-MS for bestemming av kvikksølv og tinn.

Hovudmålet med denne oppgåva var å nytte mosenett som er ein enkel og rimeleg metode for å undersøkje om det er tap av flyktig kvikksølv, hovudsakleg i form av $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ og Hg^0 , frå deponi. Det er usikker kva former av kvikksølv mosen vil ta opp, det blei difor gjort eit batchforsøk for å studere opptak av Hg^{2+} i mosen og eventuell effekt av ulik saltkonsentrasjon i kystnedbør og innlandsnedbør på opptaket. Det blei også gjort eit tørkeforsøk med mose for å undersøkje om kvikksølv var flyktig ved tørketemperaturar opp til 103 °C.

Følgjande hypotese blei undersøkt:

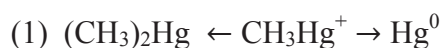
1. Utplassert etasjehusmose pakka i mosenett vil vere ein sensitiv metode for å spore lekkasje av flyktig kvikksølv frå deponi
2. Etasjehusmose vil ta opp kvikksølv frå nedbørløysing, men ulik saltkonsentrasjon vil påverke opptaket.
3. Kvikksølv i etasjehusmose er ikkje flyktig ved tørketemperatur opp til 103 °C.

2. Teori

2.1 Kvikksølv

Kvikksølv er naturleg til stades i jorda sitt biogeokjemiske system. Gjennom menneskelege aktivitetar som gruvedrift og bruk av fossilt brensel, har det vore ein stor auke av grunnstoffet i atmosfæren, sjøen og jordoverflata. Den naturlege straumen av kvikksølv, hovudsakleg frå geologiske kjelder, er heller liten i forhold til menneskeskapte utslepp (Sehlin 2009).

Kvikksølv inngår i ein biogeokjemisk syklus, mellom jord/sediment, luft og vatn. I atmosfæren finst det vanlegvis tre former av kvikksølv, elementær kvikksølvgass (Hg^0), oksidert kvikksølvgass (Hg^{2+}) og partikulært kvikksølv (Hg(P)). Desse tre formene har ulike fysiske og kjemiske eigenskapar. Det er mest av Hg^0 i atmosfæren, men med tanke på atmosfærisk nedfall, er Hg^{2+} og Hg(P) meir interessante grunna at desse vil bli raskare avsett frå atmosfæren enn Hg^0 (Shannon 1995). Oksidert kvikksølvgass og partikulært kvikksølv vil bli avsett anten til vatn eller jord. I vatn vil Hg^0 bunde til partikkel, bli løyst til Hg^{2+} . Det vil gå føre seg ei biometylering av Hg^{2+} i vatn og sediment, slik at CH_3Hg^+ blir danna. I sediment og jord finst det bakteriar som har eit avgiftingssystem for metylkvikksølv sidan det er giftig. Same mekanisme som blir nytta for metylering blir nytta for å gjere om metylkvikksølv til anten dimetylkvikksølv eller metallisk kvikksølv, sjå likning (1).



Både $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ og Hg^0 er flyktige, og vil difor dampe til atmosfæren. I atmosfæren vil $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ blir redusert til Hg^0 som etter ei viss tid vil bli oksidert til Hg^{2+} eller bli partikulært og på nytt bli avsett til jord og vatn (Kim & Zoh 2012; Spiro & Stigliani 2003).

2.1.1 Kvikksølv i miljøet

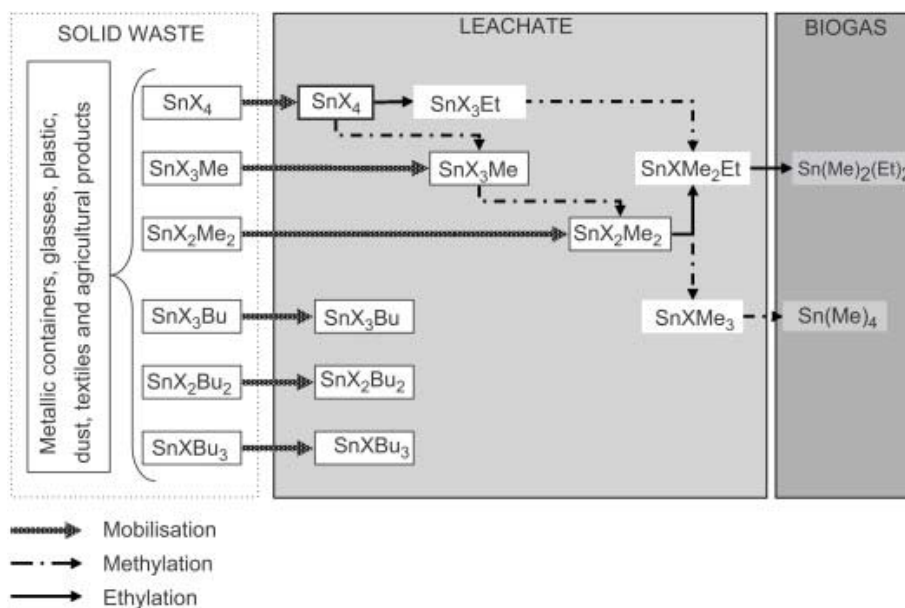
I Noreg er kvikksølv ei prioritert miljøgift, og sidan 1985 har det vore store reduksjonar i dei nasjonale utsleppa (Miljøverndepartementet 2010). I 2010 sto kvikksølvhaldige produkt og kjelder som avfall og avløp for 50% av utsleppet av kvikksølv i Noreg (Klima- og forurensningsdirektoratet 2012). Det blei gjennomført eit generelt forbod mot kvikksølv i produkt frå 2008, men det er fortsatt lovleg i visse produkt som lysstoffrøyr og sparepærer.

Det har også blitt etablert returordningar for kasserte elektriske og elektroniske produkt, også for produkt som blei teke i bruk før forbodet (Miljøverndepartementet 2010). I vanleg hushaldsavfall er det kvikksølvhaldige fluoriserande lamper som er den største kjelda til kvikksølv (Slack et al. 2004)

2.2 Tinn

Metallisk tinn blir generelt sett på som ei ikkje giftig form. Det finst mange uorganiske tinnforbindelsar, det har blitt gjennomført studie der giftigheita til desse har blitt undersøkt. I forsøk med Vantfloge (*Daphnia magna Straus*) blei det observert ei heller låg giftigheit av oksidert tinn, Sn^{2+} (Khangarot & Ray 1989). Også uorganiske salt av tinn har blitt studert, det er heller ikkje rapportert at desse er giftige (Rüdel 2003).

Organisk tinn er kjend som meir giftige, særleg dimetyltinn og trietyltinn (Fortemps et al. 1978). Organisk tinn er sambindingar med tinn og minst et karbon-tinn binding. Frå antropogene kjelder er alle organiske tinnatom tetravalente. Ein generell formel for organisk bunde tinn er $\text{R}_{(4-n)}\text{SnX}_n$, der $n=0-3$, og R er ei alkyl- eller aromatisk hydrokarbongruppe, og X er anion som $-\text{OH}$, $-\text{SH}$, $-\text{OSnR}_3$ eller $-\text{OR}'$. Det finst svært mange ulike organiske tinnsambindingar (Rüdel 2003). Organisk tinn inngår i ein svært komplisert syklus mellom atmosfæren, vatn og jord/sediment, grunna mengda sambindingar (Gadd 2000). Det vil her blir gitt ei enkel oversikt over moglege vegar for organisk tinn på eit deponi, sjå også figur 1.



Figur 1 Muleg veg for organisk tinn mellom avfall, sigevatn og biogass på eit deponi (Pinel-Raffaitin et al. 2008).

På eit deponi vil organisk tinn, $\text{R}_{(4-n)}\text{SnX}_n$, frå avfall som blikkboksar, PVC-røyr, produkt av eller med måling, lakk, lim og mørtel, og glas med meir, bli mobilisert frå avfallet til jord/vatn. I jord og vatn vil det skje ei biometylering og etylering, det kan også bli danna sambindingar med svovel. I vatn kan også det gå føre seg ei demetylering av tinn, på same måte som med kvikksølv. Demetylering av $(\text{CH}_3)_3\text{SnX}$, påverkar metylering av Hg^{2+} dersom det er til stades i vatnet, slik at CH_3HgX og $(\text{CH}_3)_2\text{SnX}_2$ blir danna. Av organiske tinnsambindingar, er det derivat av metyl som er flyktige. Desse vil lekke ut frå vatn til atmosfæren (Gadd 2000; Pinel-Raffaitin et al. 2008; Rüdel 2003).

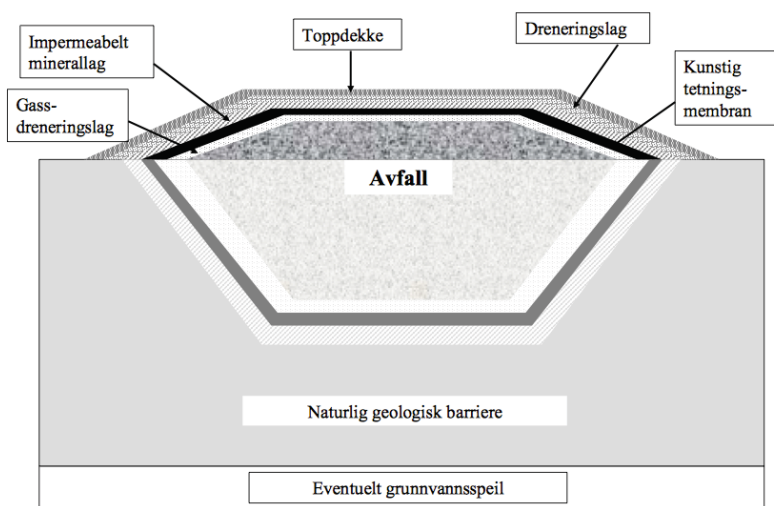
2.3 Avfall

I Noreg er det eit forbod mot forsøpling, og i dette inngår det at ”ingen må tømme, etterlate, oppbevare eller transportere avfall slik at det kan verke skjemmande eller vere til skade eller ulempe for miljøet” (Klima- og miljødepartementet 1983). Kommunen har ansvaret for innsamling slik at hushalda kan kvitte seg med avfall på ein god måte, medan næringslivet har ansvar for eige avfall. Produsentar og importørar av visse produkt som EE-produkt, har i tillegg ansvar for innsamling og forsvarleg behandling av produkta når dei blir kasta (Miljødirektoratet 2013a). I Noreg oppsto det meir enn 9.9 millionar tonn med avfall i 2011, og avfallet kan anten bli sendt til avfallsbehandlingsanlegg, materialgjenvinning eller

energigjenvinning (Miljødirektoratet 2013b; Miljødirektoratet 2013c). Ved avfallsbehandlingsanlegg kan avfallet enten bli forbrunne, behandla biologisk eller deponert.

2.4 Deponering

Ved deponering blir avfallet lagra permanent på eller under bakken, og dette blir rekna som den behandlinga av avfallet som er mest skadeleg for miljøet (Klima- og miljødepartementet 2004; Miljødirektoratet 2011). Deponia blir klassifisert etter typen avfall som blir motteke på det aktuelle deponiet. Det finst tre ulike klassifiseringar, kategori 1 for farleg avfall, kategori 2 for ordinært avfall og kategori 3 for inert avfall. Under driftsfasen er det krav til vern av jord, grunnvatn og overflatevatn. Det er krav om botnmembran for kategori 1 og 2 deponi, og ein geologisk barriere. Det er krav om oppsamling av sigevatn frå deponia. Det er også krav oppsamling av deponigass dersom det er biologisk nedbryteleg material deponert. I etterdriftsfasen kan det stillast krav om ein toppmembran og ei geologisk barriere om typen avfall på deponiet tilseier at det er naudsynt. Det er ulike krav til tjukkleiken til den geologiske barrieren i botnen avhengig av om det kategori 1 eller 2 deponi (Klima- og miljødepartementet 2004). Figur 2 viser Deponiforskrifta si anbefaling av topptetting for kategori 1 og 2 deponi.



Figur 2 Figur med Deponiforskrifta sine anbefalingar for topptetting for kategori 1 og 2 deponi (Statens Forureinings Tilsyn 2003).

2.5 Livssyklusen til eit deponi

Når avfall blir deponert oppstår det ein kompleks serie av biologiske og kjemiske reaksjonar når avfallet blir brote ned. For eit deponi med blanda avfall, blir det generelt sagt at det er fire fasar av nedbryting, (1) ein aerob fase, (2) ein anaerob syrefase, (3) ein innleiande metanogenisk fase og (4) ein stabil metanogen fase (Kjeldsen et al. 2002). Sidan eit deponi består av ulikt avfall plassert forskjellige stadar på deponiet, og at avfallet har ulik alder, er det svært vanleg at dei ulike delane av deponiet er i ulike fasar av nedbrytinga. Nedbrytinga er også avhengig av type avfall (Heyer & Stegmann 1997).

2.5.1 Aerob fase

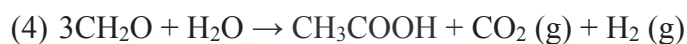
Så snart avfallet blir dumpa på deponiet, byrjar den aerobe fasen. Allereie når avfallet kjem til deponiet, har nedbryting i avfallet byrja. I denne fasen blir det organiske avfallet først hydrolysert. Produkt av hydrolysen vil vere feittsyrer, enkle sukker, aminosyrer og andre organiske sambindingar med låg molekylvekt. Vidare vil oksygen som ligg i lommer mellom det nye avfallet, bli raskt fortært av bakteriar som bryt ned avfallet, sjå likning 2. Etter kvart vil nitrat også bli brukt, som elektronaksepter, sjå likning 3. Dette medfører ein produksjon av karbondioksid (CO_2) og nitrogengass (N_2), og ein auke i temperatur.



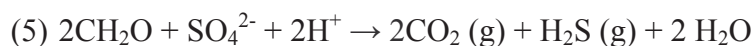
Denne fasen varar opp til éin månad, sidan det ikkje blir tilført nytt oksygen når avfallet har blitt dekt med nytt avfall eller dekke (Farquhar & Rovers 1973; Kjeldsen et al. 2002)

2.5.2 Anaerob syrefase

Når oksygenet er brukt opp, byrjar den anaerobe fasen. Dei biologisk nedbrytelege sambindingane vil bli brote ned gjennom fleire prosessar som mellom anna fermentering, sjå likning 4, til ammonium, vatn og organiske syrer, og gassane karbondioksid (CO_2) og hydrogengass (H_2). pH vil minke slik at det blir eit surt miljø. I denne fasen vil mange sambindingar bli meir løyselege (Farquhar & Rovers 1973; Kjeldsen et al. 2002)



Når organiske sambindingar med sulfat (SO_4^{2-}) blir brote ned av bakteriar, er det endelege produktet oftast hydrogensulfid (H_2S), og CO_2 .



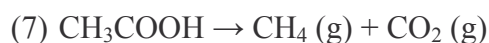
Noko av sulfidet går tapt til omgjevnadane som gass, men det meste blir i systemet løyst i løysing som anten $\text{H}_2\text{S} (\text{aq})$ eller HS^- . $\text{H}_2\text{S} (\text{aq})$ og $\text{H}_2\text{S} (\text{g})$ er i likevekt, og når pH aukar går $\text{H}_2\text{S} (\text{aq})$ til HS^- . I vatn vil det bli ei likevekt, sjå likning 6.



Det er under denne fasen det er registrert høgast konsentrasjon av metall i sigevatn sidan det er under denne fasen pH er lågast og metalla blir meir løyselege når pH minkar (Erses & Onay 2003).

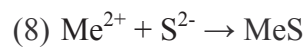
2.5.3 Innleiande metanogen fase og stabil metanogen fase

Den innleiande metanogene fasen byrjar når det blir produsert målbare mengder metan. I denne fasen byrjar anaerobe bakteriar å bryte ned karbondioksid, hydrogen og organiske syrer til metan og karbondioksid, sjå likning 7.



I den stabile metanogene fasen vil produksjonen av metan nå eit maksimum, for deretter å minke etter kvart som det blir mindre og mindre nedbryteleg materiale tilgjengeleg (Kjeldsen et al. 2002).

Under dei metanogene fasane vil metall danne lite løyselege sambindingar med sulfid, sjå likning 8 (Erses & Onay 2003)



Desse sambindingane vil påverke metalla sin mobilitet i deponiet, desse vil bli utfelt og vil difor ikkje lekke ut av deponiet via sigevatn (Øygard et al. 2004).

2.6 Biomonitor

Biomonitoring kan definerast som bruken av organismar/biologiske material for å oppnå kvantitativ informasjon om ulike karakteristikkar i biosfæren eller atmosfæren. Ein bioindikator er ein organisme, del av ein organisme eller ei samling av organismar som gir informasjon om sjølv kvaliteten til miljøet. Ein biomonitor er alltid også ein bioindikator, medan ein bioindikator ikkje alltid har dei naudsynte eigenskapane for å vere ein biomonitor (Markert et al. 1999).

Informasjonen frå ein monitor kan ifølgje Wolterbeek (2002) utleiast frå:

- Endringar i oppførselen til monitor organismen/-ane. Det kan skje ei endring i artsrikdomen, morfologi (farge, størrelse, utsjånad), eller fysiologisk og/eller økologisk yting.
- Endringar i konsentrasjonen av spesifikke stoff i organismen

2.6.1 Mose som biomonitor

Ideen om å nytte mose som estimat for atmosfærisk nedfall av spormetall blei utvikla seint på sekstitalet av Rühling og Tyler (1968). Blada til mosen er berre eit cellelag tjukke, og mosen har ikkje røter. Mosen tek ikkje opp næring frå bakken, men frå lufta, atmosfæriske partiklar, avrenning frå tre og frå nedbør (Tamm 1953). Grunna det tynne cellelaget på blada, har mosen svært god kontakt med omgjevnadane. Konsentrasjonen av spormetall i mose står i høve til nivå i luft, og difor er mose ein nyttig reiskap for å overvake atmosfærisk nedfall (Rühling & Tyler 1973).

Det finst fleire ulike måtar å nytte mose som biomonitor. Den vanlegaste måten er å nytte mose som veks naturleg i området som skal undersøkjast for forureining. Mosen samlast inn direkte og bli analysert (Onianwa 2001). Denne metoden har mellom anna blitt nytta i Noreg for å overvake atmosfærisk nedfall av fleire metall for første gong i 1977 og med fem års intervall sidan 1985, og for å undersøkje regionale skilnadar i atmosfærisk nedfall av metall mellom Sverige, Finland og Noreg (Rühling & Tyler 1973; Steinnes et al. 2011). Dersom det ikkje er naturleg vekst av passende artar i området kan anten transplantert mose. Dei første som nytta seg av transplantert mose var Goodman og Roberts (1971) sitert av Onianwa (2001). I denne studien blei stokkar dekt med mosen *Hypnum cupressiforme* samla frå eit uforureina område, og deretter plassert ut 0.8 meter over bakken medvinds frå eit industriområde i Swansea i Storbritannia. Etter ei viss eksponeringstid blei mosen samla inn og analysert for forureining av metall. Den same metoden blei nytta av Pilgaard (1978) for å påvise metall rundt eit stålverk i Fredrikshamn i Danmark. Pilgaard nytta greiner med lavarten *Dicranoweisia cirrata* og puter med mosen *Hypogymnia physodes*, og festa dei med nylontråd til pålar i tre rundt stålverket. Pilgaard påviste auka metallinnhald i prøvene og konkluderte med at utplassert mose og lav var kvalitativt like dei same artane som vaks naturleg i området, og at mose akkumulerte metall litt fortare enn lav (Pilgaard 1978).

2.6.2 Mosenett

Mosenett er ei form for transplantasjon av mose. Som tidlegare nemnt blei denne metoden utvikla av Little og Martin i 1974. Det er fleire omsyn å ta når mosenett skal nyttast, Little og Martin satt difor ein del standardar når det kjem til eksponering av mosenett. Netta burde bli plassert slik at verken dråpar eller kvister frå tre ville treffe netta, og to meter over bakken. I tillegg burde netta vere minst 100 m frå trafikkert veg, slik at eventuell forureining frå trafikk ikkje påverkar resultatet. Eksponeringstida må ikkje vere for lang, dersom mosen blir eksponert for lenge, kan mosen sine ionebytteplassar bli metta eller at kation som allereie er avsett i mosen blir fortrent av bly (Little & Martin 1974). Som nemnt tidlegare er mosenett den vanlegaste metoden nytta for biomonitoring med transplantert mose i følgje litteraturen. Sjølv om Little og Martin satt ein del standarar for sjølve utplasseringa av mosenett, har det ikkje blitt utvikla ein standard protokoll for heile metoden. Det er ikkje noko fastsatt standard for forbehandling av mosen, tillaging og utforming av nettet og behandling etter eksponering (Aresa et al. 2012).

2.7 Etasjehusmose (*Hylocomium splendens*)

Etasjehusmose (*Hylocomium splendens*) er ein teppeformande art som finst på skogbotnen i boreale skogar, og det er ein av dei vanlegaste moseartane i Norge. Det viktigaste kjenneteiknet for mosen er at den veks i etasjar eller segment. Det veks eit nytt årsskot ut frå fjordårets, slik at det blir danna etasjar med det yngste skotet på toppen. Sidan mosen veks i årlege skot, vil det ytste skotet representere 0 til 1 år, medan det neste skotet vil representere 1 til 2 år, og så bort etter. Andre kjenneteikn for mosen er at den er lys, glinsande grøn og at stengelen er raudleg, sjå figur 3 (Kyrkjeeide 2012; Tamm 1953). Den einaste arten det er mogeleg å forveksle med etasjehusmose, er *Thidum*-artane med sine todelte og tredelte greiner. Desse skil seg frå etasjehusmose ved at dei ikkje har nye årsskot som veks frå midten av fjorårets skot og manglar den raude stilken (Northern Ontario Plant Database 2014).



Figur 3 Til venstre; etasjehusmose på skogbotnen. Til høgre; to årsskot av etasjehusmose.

2.7.1 Etasjehusmose og spormetall

Mosen sin kapasitet til å absorbere kvikksølv frå nedbør er viktig med tanke på spormetall i atmosfæren. Rühling og Tyler (1970) gjennomførte ein studie der mosen sin kapasitet til å ta opp spormetalla Cu, Pb, Ni, Co, Zn og Mn frå fortynna løysingar blei undersøkt. Denne

studien viser at mosen tek opp spormetall gjennom passiv eller aktiv adsorpsjon og chelatering, avhengig av type metall. Gjengedal og Steinnes (1990) undersøkte mosen sin opptak av spormetalla Zn, Cu, Cd og Pb frå syntetisk nedbør med tanke på om kation og anion i nedbør kan påverke opptaket av desse metalla i mosen. Det viste seg at det var skilnad i mosen sitt opptak av dei forskjellige metalla i løysingar med ulik nedbørssamansetning. Denne studien viste også at både pH, temperatur og tid påverkar opptaket av dei ulike metalla.

2.8 Dekomponering

For å få ei homogen prøve, slik at alle analyttane er frie i løysinga, kan prøver blir dekomponert. Etter dekomponering vil alle sambindingar vere oksiderte og tilgjengelege for analyse. Det finst fleire ulike framgangsmåtar for dekomponering, i denne oppgåva blei dekomponering ved hjelp av mikrobølgeteknikk i ein UltraClave nytta (for meir informasjon, sjå Milestone sine nettsider (2013)). Denne metoden baserer seg på at høge temperaturar og oksiderande syrer aukar reaksjons hastigheita for nedbryting. Prøvene blir varma opp i prøvebeholdarar i eit lukka kammer som toler høgt indre trykk. Trykket i kammeret vil vere høgare inn i prøverøyra, slik at prøvene kan oppnå høg temperatur utan at dei byrjar å koke. Dette forhindrar krysskontaminering mellom prøvene. Prøvene blir bestrålt med mikrobølger som er elektromagnetiske, noko som gjer at ladinga på feltet skiftar mellom negativ og positiv. Denne skiftinga medfører dipolrotasjon og ionisk migrasjon, som vil gi friksjonsvarme (Bye 2009).

Ein fordel med å nytte ein UltraClave for mikrobølgjedekomponering samanlikna med andre mikrobølgjeomnar, er at prøvene står i vassbad. Dette gjer at det blir ei jamn fordeling av varmen blant prøvene, slik at alle prøvene får lik temperatur under dekomponering. Det blir då betre presisjon i metoden.

Kvikksølv er eit kleiment grunnstoff, noko som gjer at etter dekomponering vil dei frie kvikksølv iona kunne feste seg på veggen til prøvebeholdarar eller diffundere gjennom prøvebeholdaren dersom desse er i plast. Dette vil gi feil i analysen ved at ein mindre konsentrasjon vil bli målt. For å unngå dette, kan ei kompleksdannande syre, som til dømes saltsyre, bli tilsett før eller rett etter dekomponeringa, slik at klor og kvikksølv kan danne kompleks (Bye 2009).

2.9 Induktiv kopla plasma – masse spektrometri

Induktiv kopla plasma massespektrometri, ICP-MS, er ein metode nytta for å bestemme konsentrasjonen av grunnstoff i ei prøve. Metoden byggjer på å skilje isotopar på grunnlag av masse/spenning, og konsentrasjonar heilt ned i ng/kg kan detekterast. I dette forsøket blei eit instrument av typen Agilent 8800 QQQ nytta. Dette er eit instrument som består av fleire ulike delar:

- prøveintroduksjonssystem
- ionisasjonskjelde
- ionetransportsystem
- masseseparasjonseining
- kollisjon/reaksjonscelle
- detektor

Prøveintroduksjonssystema kan både transportere væske og stoff til senter av plasma, det vanlegaste er prøver på væskeform. I prøveintroduksjonssystemet blir det nytta ei peristalistisk pumpe for å få ein mest mogeleg jamn væskestraum. Prøva blir pumpa gjennom ein forstøvar og eit forstøvar kammer slik at det blir danna ein fin aerosol. Deretter blir aerosolen ført inn i ionisasjonskjelda, som består av eit argonplasma. Der blir prøva ionisert, før den blir ført gjennom ionetransportsystemet til masseseparasjonseininga. I masseseparasjonseininga blir iona separert etter storleik. Sidan det finst fleire isotopar av kvart grunnstoff, kan ion av ulike grunnstoff ha lik masse. Desse kan bli skilt frå kvarandre i ei kollisjon/reaksjonscelle, slik at ion av berre eit grunnstoff blir detektert i detektoren (Thomas 2001)

Utfordringa med kvikksølv under denne analysen at kvikksølv er eit kleiment grunnstoff som gjer at det kan klistre seg til prøvebeholdarar og på innsida av røyr. For å unngå kontaminering mellom prøvene under analysen, er det svært viktig å vaske systemet godt med syre, ofte HNO_3 og HCl , undervegs for å vaske ut kvikksølv. Kvikksølv har også høg ioniseringsenergi, men grunna optimalisering av plasma er det ikkje eit problem ved ICP-MS. Tinn har polyatomære interferensar, men desse vil vere neglisjerbar. Det er difor ikkje naudsynt å nytte kollisjon/reaksjonscelle for tinn og kvikksølv (Agilent Technologies 2005; Jensen 2013; Jensen 2014).

3. Material og metode

3.1 Innhausting og forbehandling av etasjehusmose

Mosen *Hylocomium splendens* blei hausta inn frå Nordskogen i Ås kommune over to dagar, 22.08.2013 og 26.08.2013. Det blei valt ut eit punkt, med koordinat 59°40'20.9825''N 10°45'45.9362''Ø, og mosen blei samla inn frå ein radius på 10 m frå dette punktet, sjå figur 4. På laboratoriet blei mosen reinsa for småkvist og barnåler før dei to ytste skota på mosestilken blei broten av og lagt til tørk på labpapir i romtemperatur. Etter fire veker til tørk blei mosen samla og lagra i plastboksar, der botnen var dekkja med plastpose. Det blei lagt eit labpapir over plastboksane.



Figur 4 Til venstre; det raude punktet markerar kvar mosen blei plukka i Nordskogen i Ås kommune. Til høgre; bilete av sjølve området mosen blei plukka frå i Nordskogen.

3.2 Mosenett

Som nemnt tidlegare er det ikkje laga ein standard framgangsmåte for bruk av mosenett. Det er vanlegast med ei sfærisk utforming på nettet (Aresa et al. 2012), i denne studien blei det laga eit kvadratisk flatt nett. Ramma til mosenetta blei laga av 12 cm lange grillspyd, som blei limt saman i hjørna med limpistol slik at ramma danna ein firkant på 10 cm x 10 cm. Hjørna blei forsterka med 4'' sjølvlåsende kabelband. Det blei nytta nett inert material, hårnett av nylon, som nett for mosen. Dette er eit sterkt material som tåler fuktigheit, samstundes så er netta så finmaska at det ikkje vil hindre mosen i å bli eksponert. Dette blei festa rundt ramma, slik at det danna ein stram pose. Det blei plassert mellom 0.95 og 1.05 g

mose i kvart av netta. Mosen blei lagt slik at den overlappa minst mogeleg, sjå figur 5, for at alle skota skulle vere like mykje eksponert for luft og fukt. Netta blei festa på brøytestikker, om lag 45 cm og 80 cm over bakken, og nummerert, sjå figur 5. Netta blei hengt opp stikkene i eit om lag 15 cm langt fiskesnøre. Dette gjorde at netta vil bli eksponert for vind frå alle retningar. Brøytestikkene med mosenett blei plassert ut 10.10.2013 og 11.10.2013, på 65 eigna stadar på deponiområdet til Solgård avfallsplass i Moss kommune. Koordinat for kvar prøve blei notert ned, ved hjelp av appen iGeoTransLite, sjå figur 6. Det er gitt ei meir detaljert beskriving av deponiet i vedlegg 1.



Figur 5 Til venstre: Mosenett, 10 cm x10 cm, før dei blei plassert ut. Til høgre: Mosenett hengt opp ved 45 cm og 80 cm, på ei brøytestikke på deponiet.



Figur 6 Dei raude punkta markerar kvar det er plassert ut mosenett på Solgård avfallsplass. Kwart punkt er merke for to nett, eit ved om lag 45 cm og eit ved om lag 80 cm over bakken, festa med ca 15 cm fiskesnøre til brøytestikker.

Mosenetta blei samla inn frå Solgård avfallsplass 25.03.2014. Mosenetta blei plassert enkeltvis i brune papirposar. Mosen blei lagt til tørk i romtemperatur, deretter skilt frå netta, delt opp i mindre bitar med ei saks av rustfritt stål for å få ei meir homogen blanding og lagra i små myntposar av papir merka med nummer.

3.3 Tillaging av løysingar og standardar

Til batchforsøket blei det laga to kunstige nedbørsløysingar, ei med konsentrasjonar av salt tilsvarande konsentrasjon målt i kystnedbør og ei løysing med konsentrasjonar av salt tilsvarande konsentrasjon i innlandsnedbør. Framgangsmåte og konsentrasjonar for kyst- og innlandsnedbør er henta frå Gjengedal & Steinnes (1990).

Det blei først laga ein liter konsentrert stamløysing av innlandsnedbøren. Stamløysinga blei laga ved at salt blei løyst i ionereinsa vatn i ein 1000 mL syrevaska målekolbe, slik at endeleg volum med salt i løysinga blei 1000 mL. Etter at salta var løyst i vatn, blei løysinga overført til ei syrevaska 1000 mL Scott Duran glasflaske. Stamløysinga blei fortynna 100 gongar med ionebytta vatn før den blei nytta i batchforsøket. I tabell 3H i vedlegg 3, er det gitt ein oversikt over mengde salt løyst i 1 L ionereinsa vatn, optimal mengde salt og konsentrasjon i

stamløysing. Kystnedbøren var laga på førehand i mars 2013. Denne blei laga på grunnlag av konsentrasjonar målt i kystnedbør frå Lista. Løysinga blei laga på ei 1000 mL Scott Duran glasflaske og fortynna 100 gongar med ionebytta vatn før den blei nytta i batchforsøket. I vedlegg 3 i tabell 3H er det gitt ein oversikt over mengde salt løyst i 1 L ionereinsa vatn, optimal mengde salt og konsentrasjon i stamløysing. Tabell 1 gir ein oversikt over salta i dei syntetiske løysingane av kyst- og innlandsnedbør nytta i batchforsøket.

Tabell 1 Konsentrasjon av salt i syntetisk nedbør nytta i batchforsøk. Saltkonsentrasjonane er tilsvarende nivå i naturleg innlands- og kystnedbør

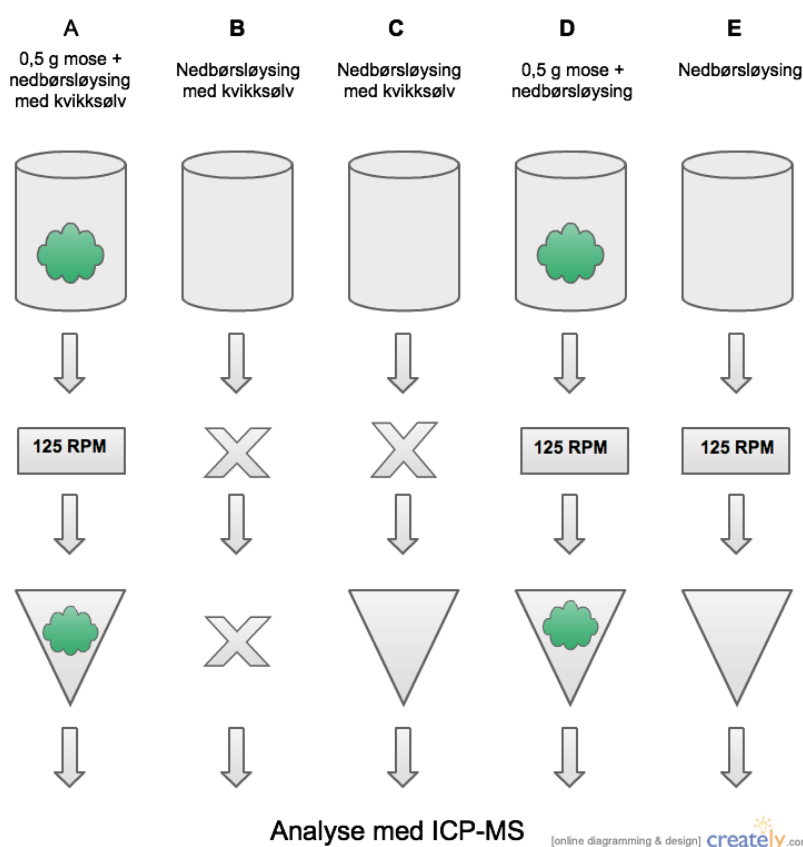
Salt	Konsentrasjon i syntetisk nedbørsløysing (mg/L)	
	Innlandsnedbør	Kystnedbør
NaCl	3.16	36.76
K ₂ SO ₄	0.53	1.842
MgCl ₂ x 6H ₂ O	0.163	14.03
CaSO ₄	2.86	0.5895

Det blei laga to standardløysingar med Hg²⁺, frå ei sertifisert standardløysing med ein konsentrasjon på 1000 mg/L. Løysinga blei fortynna med ionebytta vatn i 50 mL plastrøyr. Ein tabell over desse er gitt i vedlegg 2.

3.4 Batch-forsøk med Hg²⁺

Hovudformålet med batch-forsøket var å undersøkje om mose tek opp Hg²⁺ og om opptaket blir påverka av saltinnhaldet i nedbøren. Det blei laga fleire seriar med nedbørsløysing i 50 ml plastrøyr, sjå figur 7. Det blei laga to parallellar med ulike konsentrasjonar av kvikksølv i begge typar nedbør. Til den eine parallellen blei det tilsett 0.5 g mose, nummer A i figur 7. Desse røyra blei rista horisontalt ved 125 ristingar per minutt i 30 minutt, og filtrert. Til den andre parallellen blei det ikkje tilsett mose, og røyra blei heller ikkje rista, nummer B i figur 7. Konsentrasjonen av kvikksølv i desse løysingane blei samanlikna for å finne mengde kvikksølv teke opp av mosen. Prøvene som blei filtrert, blei filtrert gjennom filter av typen 0,45 µm white ribbon 589 filterpapir med 125 mm i diameter, frå Schleicher & Schull, plassert i syrevaska plasttrakter. For å undersøkje om desse filtra eventuelt kunne absorbere

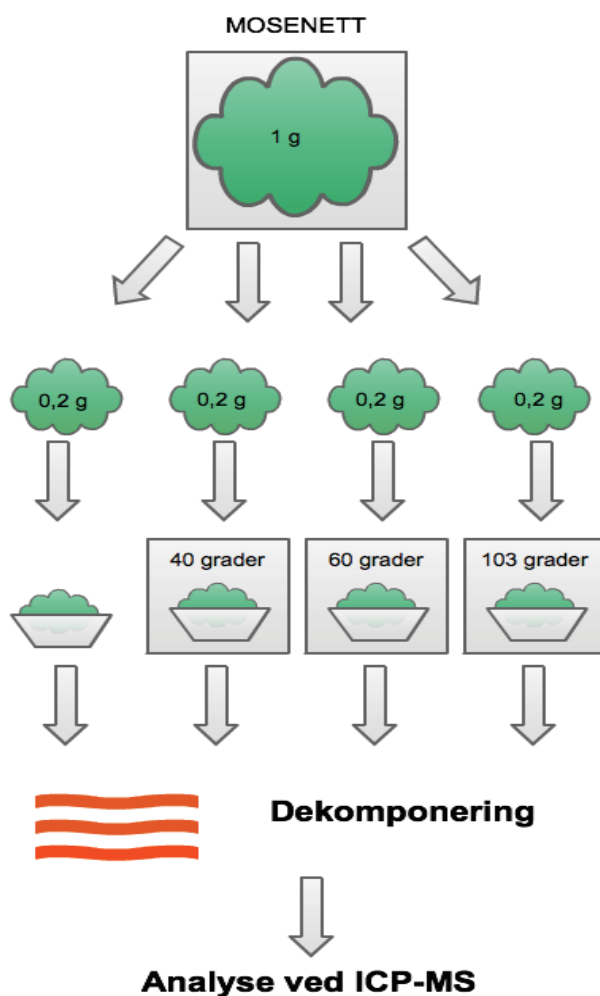
kvikksølv, blei løysingar med ein bestemt konsentrasjon av kvikksølv i både innland- og kystnedbør filtrert gjennom desse, nummer C figur 7. Løysingane blei deretter analysert for å finne om det var ein nedgang i konsentrasjonen. Det blei også laga ein serie med mose i kyst- eller innlandsnedbør utan kvikksølv, for å undersøkje om kvikksølv som allereie var bunde i mosen kan bli frigitt til løysinga, nummer D figur 7. Nedbørsløysingar utan mose og kvikksølv blei nytta som blank, nummer E figur 7. For å konservere prøvene fram til analysen, blei det tilsett 0.5 mL ultrapure 37 % (v/v) HCl og 2.5 mL ultrapure 65 % (v/v) HNO₃ til alle løysingane.



Figur 7 Oversikt over ulike prøvar i batchforsøk. Samla volum i alle løysingar var 50 mL, og konsentrasjonane av Hg²⁺ i anten kyst- eller innlandsnedbørsløysingane var 10, 20, 50, 100, 200 og 500 µg/l i både A, B og D. For A er n=1 for konsentrasjonar av 10, 50, 100 og 200 µg/l, og n=3 for 20 og 500 µg/l. For C var er n=3 der alle har konsentrasjon 100 µg/l med kvikksølv. For D er n=3 og for E er n=3.

3.5 Forsøk med effekt av tørketemperatur for mose

Hovudformålet med dette forsøket var å undersøkje om temperaturen mosen blei tørka ved, kunne forårsake tap av kvikksølv. Frå moseprøvene som blei samla inn frå deponiet, blei det valt ut seks prøver. Desse prøvene blei delt i fire parallellar, kvar på om lag 0,2 gram, som blei tørka i aluminiumsbeger i romtemperatur (22 °C) og i tørkeskap ved 40 °C, 60 °C og 103 °C, sjå enkelt oppsett i figur 8. Prøvene blei satt til tørk på same tid, og ein gong i timen blei ei bestemt prøve kjølt ned i eksikator og vege på analysevekt. Når vekta heldt seg stabil over to målingar, blei prøvene teke ut og kjølt ned i eksikator før alle prøvene blei vegne. Ved alle temperaturar blei prøvene tørka i fem timar.



[online diagramming & design] createely.com

Figur 8 Enkel framstilling av steg i tørkeforsøk, der eit mosenett blei delt i fire prøver som blei tørka ved romtemperatur eller i tørkeskap i fem timar til vekt var stabil. Prøvene blei så dekomponert i UltraClave og deretter analysert ved ICP-MS. Dette blei gjort med seks mosenett.

3.6 Dekomponering av mose

Mosen frå forsøket med tørketemperatur og mosen frå mosenetta måtte dekomponerast før analyse. Av moseprøvene som blei tørka i tørkeforsøket blei heile prøvene vegen og av mosen frå mosenetta blei 0.4 g vegen ut. Det blei i tillegg vege ut prøver med sertifisert referanse materiale, sjå vedlegg 2. Prøvene blei vege ut i 40-posisjonsbeholdarar av teflon. På førehand var desse røyra syrevaska med ultrapure 65 % (v/v) HNO_3 gjennom eit fullstendig dekomponeringsprogram. Til alle prøvene blei det tilsett 5.0 ml ultrapure 65 % (v/v) HNO_3 og 2.5 ml ionebytta H_2O . Til loaden blei det tilsett om lag 370 ml ionebytta vatn, 2-3 ml 96 % (v/v) H_2SO_4 og 20-30 ml 30 % (v/v) H_2O_2 . Prøvene blei dekomponert i ein Milestone Ultraclave. Ultraclaven blei køyrt med eit program der det var opphald i temperaturauken ved 50 °C og 110 °C, der 250 °C var høgaste temperatur. Programmet tok om lag 100 minutt, for fullstendig dekomponeringsprogram, sjå vedlegg 2. Etter dekomponering blei prøvene overført til 50 ml reine plastrøyr. Det blei tilsett 1 ml ultrapure 37 % (v/v) HCl før løysinga blei fortynna til 50 ml med ionebytta vatn.

3.7 Analyse

Prøvene blei analysert ved ICP-MS, i ein Agilent 8800 QQQ. Det blei laga ein multistandard med fleire grunnstoff som skulle analyserast og ein eigen kvikksølvstandard. Desse har kjende konsentrasjonar og blir nytta for å lage kalibreringskurve. Det blei laga ei eit punkts kalibreringskurve ved å samanlikne den kjende konsentrasjonen i standarden og intensiteten til signalet, counts per second, frå denne konsentrasjonen. Ein husstandard laga med tilsvarande konsentrasjonar som i eit spesifikt referanse materiale blir nytta i byrjinga av analysen for å undersøkje om det er feil i standardane nytta. Etter analysen vil sertifisert referanse materiale bli nytta som uttrykk for nøyaktigheita. Kva isotopar som skulle analyserast i kva gassmodus blei valt i programvara.

3.8 Statistikk

Resultata av analysen av moseprøvane blei først testa for normalfordeling i. Det viste seg at målt konsentrasjon av kvikksølv og tinn i mosen ikkje var normalfordelt, dette utelukka at Dixon test kunne bli nytta for å finne utliggjerar. Deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense blei rekne ut. Det blei avgjort at konsentrasjonen av tinn og kvikksølv i alle nett i ei høgd skulle bli oppgitt i resultatet, så lenge den målte konsentrasjonen var over kvantifiseringsgrensa. Sidan dei målte konsentrasjonane ikkje var normalfordelte, kunne ikkje Pearson korrelasjon bli nytta. Spearmans korrelasjon blei nytta for å finne samanheng mellom kvikksølv og eit utval av dei andre grunnstoffa målt i mosen. Alle utrekningar blei gjort i Excel.

3.9 Utstyr og løysingar nytta

Det er gitt ein detaljert oversikt over utstyr, løysingar og instrument som har blitt nytta i desse forsøka, i vedlegg 2.

4 Resultat og diskusjon

4.1 Batchforsøk

Føremålet med dette forsøket var å undersøkje mosen sitt opptak av kvikksølv på forma Hg^{2+} og om anion og kation i nedbør kan påverke dette. Som nemnt tidlegare har Gjengedal og Steinnes (1990) gjennomført ein studie av andre spormetall i kunstige nedbørsløysingar, med ulik metallkonsentrasjonar, pH, tid og temperatur. Resultata frå studien viser at både pH og temperatur kan påverke opptaket av Zn, Cu, Cd og Pb, og at etter 30 minutt var mosen metta med metall ved visse konsentrasjonar. På grunnlag av resultata frå studien til Gjengedal og Steinnes (1990) blei dette forsøket gjennomført ved romtemperatur (22°C) og pH i løysingane blei bestemt med pH-papir til pH 6,5 før mosen blei tilsett til løysinga. Kontakttid for mosen med løysingane var 30 minutt.

4.1.1 Vurdering av metode for batchforsøk

Utfordringar knytt til analyse av kvikksølv

Som nemnt i teorien er kvikksølv eit kleiment grunnstoff, som gjer at det vil trekke mot veggjar i prøvebeholdarar og prøveinnføringssystem til instrumentet, dette kan medføre tap av analytt og lågare målt konsentrasjon. «*Carry over*» gjev derimot høgare målt konsentrasjon når kvikksølv blir frigjort frå til dømes kapillærslangen og overført frå førre prøve til neste. Det er difor naudsynt å korrigere for dette før og under analyse. Det blei tilsett saltsyre rett etter filtrering av prøvene for at klor og kvikksølv skulle danne kompleks, slik at kvikksølv ikkje klistra seg til prøvebeholdaren eller diffundererte gjennom plasten. Under analysen med ICP-MS blei det mellom prøvene nytta ekstra lang og ekstra sterk syrevask av 10% v/v HNO_3 og ei 10 % v/v løysing av 37 % v/v HCl og 10 % v/v HNO_3 .

Deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense

Deteksjonsgrensa, LOD, og kvantifiseringsgrensa, LOQ, blei rekna ut for kvikksølv i kyst- og innlandsnedbør, sjå tabell 3A i vedlegg 3. Konsentrasjonen av kvikksølv i alle blankar for både kystnedbør og innlandsnedbør blei også rekna ut, resultatet er gitt i tabell 3B i vedlegg 3. Alle blankane ligg under LOD, og den lågaste målte konsentrasjonen av kvikksølv i

løysing dette forsøket er 5.53 µg/l, som er godt over LOQ. Dette tyder på at metoden er følsam nok for det nivået av konsentrasjonar av kvikksølv i løysing som er nytta i dette forsøket.

Presisjon i batchforsøket

Det blei laga tre parallellar ved to konsentrasjonar for løysingane med kvikksølv og mose, gjennomsnitt og standardavvik for desse er oppgitt i tabell 3E i vedlegg 3. For løysingane med tilsett 20 µg/l Hg^{2+} var gjennomsnittet 11,6 µg/l Hg^{2+} for kystnedbør og 11,9 µg/l Hg^{2+} for innlandsnedbør, høvesvis med standardavvik 0,62 og 0,77. Usikkerheten ligg difor i tredje siffer, resultata for konsentrasjonane 10, 20 og 50 µg/l i tabell 3F og 3G i vedlegg 3 oppgitt med tre gjeldande siffer. For løysingane med tilsett 500 µg/l Hg^{2+} var gjennomsnittet 134 µg/l Hg^{2+} for kystnedbør og 136 µg/l Hg^{2+} for innlandsnedbør, høvesvis med standardavvik 7,8 og 5,5. Usikkerheten ligg difor i tredje siffer, resultata for konsentrasjonane 100, 200 og 500 µg/l i tabell 3F og 3G i vedlegg 3 blir difor oppgitt med tre gjeldande siffer.

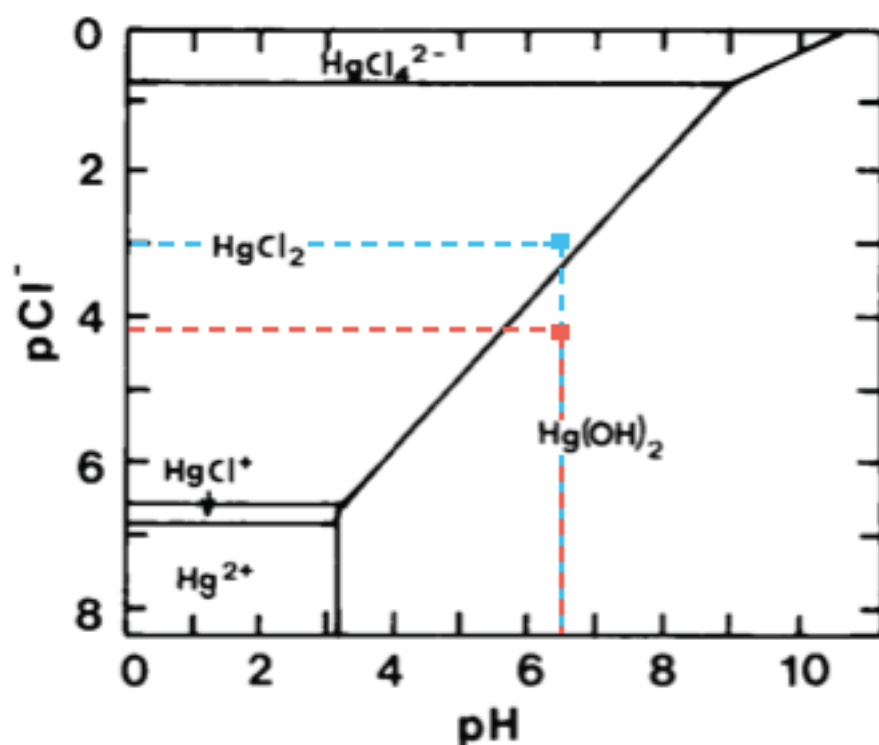
Feilkjelder i batchforsøket

I dette forsøket var det fleire potensielle feilkjelder som kunne påverke resultatet. For å undersøkje om det var tap av kvikksølv til filtera eller traktene, blei ei løysing med kvikksølv filtrert gjennom desse. Som vist i vedlegg 3 tabell 3C, var det ikkje tap av kvikksølv til filtera eller traktene. Det var også ein mogelegheit for at det kunne bli frigitt kvikksølv frå mosen til løysinga, mose blei difor tilsett i kyst-eller innlandsnedbør utan kvikksølv. Desse blei analysert, sjå tabell 3D i vedlegg 3. Utlekk av kvikksølv frå mosen blei målt til under deteksjonsgrensa. Dersom det er tap av kvikksølv frå mosen, er dette så lågt at det ikkje blei korrigert for dette i resultata.

Ei potensiell feilkjelde er feil konsentrasjon av salt eller ureiningar i nedbørsløysingane. Det blei ikkje målt konsentrasjonen av salta i nedbørsløysingane, det kan difor vere ein del usikkerheit knytt til resultatet.

4.1.2 Anion og kation i løysinga

Anion i løysinga kan danne kompleks med Hg^{2+} . Den teoretisk konsentrasjon av klor ion i dei nytta kyst- og innlandsnedbørsløysingane er høvesvis 0,001 mol/L ($\text{pCl}^- = 3$) og 0,00009 mol/L ($\text{pCl}^- \approx 4$). Det er høgare konsentrasjon av Cl^- i kystnedbør enn i innlandsnedbør. Blir desse konsentrasjonane samanlikna med konsentrasjonane i figur 9 ved pH 6,5 som blei målt i løysingane, vil Hg^{2+} og Cl^- danne HgCl_2 i kystnedbøren, men ikkje i innlandsnedbør. Dette kan hindre opptaket av Hg^{2+} i mosen.

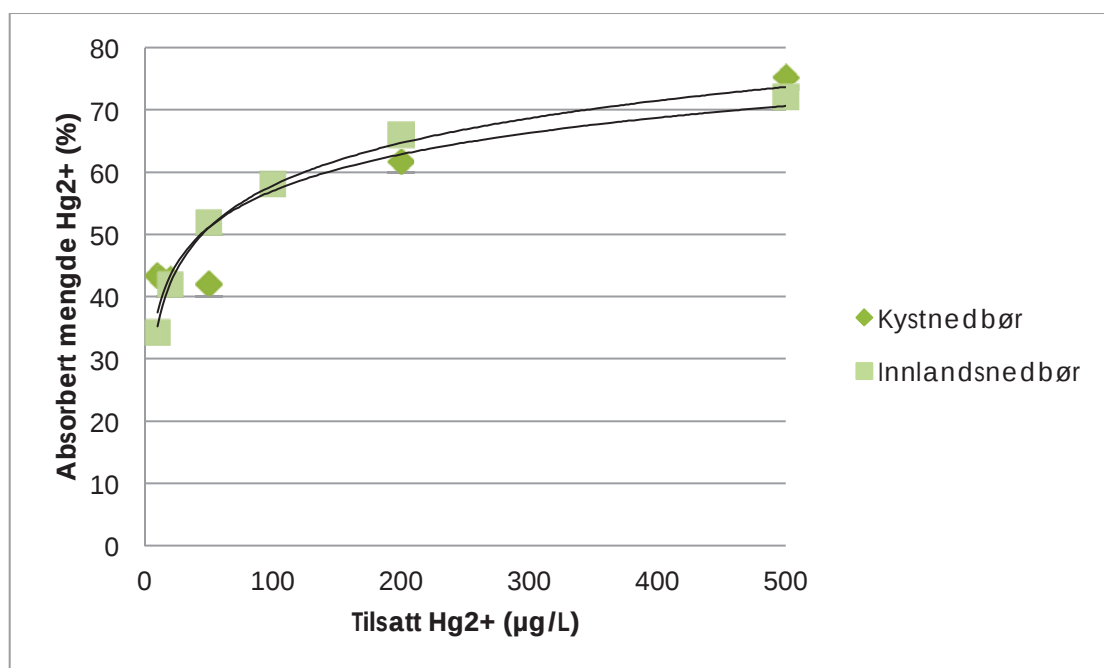


Figur 9 Stabiliteten til klor- og hydroksidkompleks med toverdug kvikksølv i vatn, med pH langs X-aksa og den negative logaritmen til konsentrasjonen av klor langs Y-aksa (Lindqvist & Rodhe 1985). Det blå punktet representerer kystnedbør, og det røde punktet representerer innlandsnedbør.

Som vist i tabell 3E i vedlegg 3, er det generelt høgare konsentrasjon av kation i kystnedbørsløysinga som kan påverke opptaket av Hg^{2+} i mosen. Desse kationa kan konkurrere med Hg^{2+} , slik at opptaket av Hg^{2+} i mosen kan bli mindre.

4.1.3 Resultat frå forsøket

Opptaket av kvikksølvion i mosen blei analysert indirekte ved å analysere mengde kvikksølv att i løysinga etter at mosen hadde teke opp kvikksølv. Prosentvis mengde kvikksølv teken opp av mosen er gitt i figur 10. I vedlegg 3 er resultat frå analysen som danner grunnlaget for denne figuren gitt i tabell 3F og 3G.



Figur 10 Prosentvis mengde Hg²⁺ teke opp av mosen frå syntetisk kyst-og innlandsnedbør. Mengde prøver er n=1 for prøver med tilsett konsentrasjon Hg²⁺ til 10, 50, 100 og 200 µg/l, og n=3 for prøver med tilsett konsentrasjon Hg²⁺ til 20 og 500 µg/l, for både kyst- og innlandsnedbør.

Dei syntetiske nedbørsløysingane inneheld same kation og anion, men med høgare konsentrasjon av desse i kystnedbøren, sjå tabell 3H i vedlegg 3. Kurvene i figur 10 er forholdsvis like, men ved lågare konsentrasjonar, ved 10, 20 og 50 µg/l, skil opptaket seg mellom dei to nedbørsløysingane. Ved desse tre konsentrasjonane ligg opptaket av Hg²⁺ på rundt 43 %, medan det stig frå 34 % til nesten 52 % ved dei same konsentrasjonane i innlandsnedbør. Først ved ein konsentrasjon på 500 µg/l tydar det på at det er høgare opptak av Hg i kystnedbør enn innlandsnedbør. Kurvene i flatar ikkje nok ut til at det kan konkluderast med ved kor høge konsentrasjonar mosen blir metta. Det blei gjennomført ein t-test for å undersøkje om det er signifikant skilnad i opptaket av Hg²⁺ i dei syntetiske løysingane med kyst- eller innlandsnedbør. Resultatet av denne testen var at det ikkje var

signifikant skilnad i opptaket. Det er tydeleg ut i frå resultata at mosen tek opp Hg^{2+} , men dette utelet ikkje at mosen kan ta opp andre species.

4.2 Tørkeforsøk

I forsøket kalla ”Tørkeforsøk” var føremålet å undersøkje effekt av temperatur på konsentrasjon av kvikksølv i mose og om høgare temperatur vil gi endring i vekt. Seks mosenett frå deponiet blei valt ut. Det blei valt ut to mosenett som har vore plassert i ein avstengt avvatningskumme for deponigass på deponiet. Det blei også valt ut fire mosenett frå eit område der det var plassert fleire mosenett ganske tett på deponiet. To mosenett frå nummer 22 og to mosenett frå nummer 23 på kartet i figur 4 i material og metode. Kvart nett blei delt i fire prøver, som blei tørka ved ulike temperaturar i tørkeskap. Prøvene frå eit nett blir referert til som gruppe. Grunna feil under forsøket ved temperatur 40°C , vil kunn resultat frå tørke ved romtemperatur ved 22°C , og tørkeskap ved 60°C og 103°C bli gitt.

4.2.1. Analyse av kvikksølv og følsamheit i metoden til ”Tørkeforsøk”

Utfordringar knytt til analyse av kvikksølv

Det er visse utfordringar knytt til analyse av kvikksølv sidan det er eit kleiment grunnstoff. Før dekomponering blei teflonrøyra som skulle nyttast, syrevaska og syredekomponert som nemnd i material og metode del 3.7, for å vere sikker på at det ikkje er at kvikksølv i behaldaren før dekomponering. Det blei tilsett saltsyre rett etter dekomponering. Klor og kvikksølv skulle danna kompleks, HgCl_4^- , slik at kvikksølv ikkje klistra seg til prøvebehaldaren eller diffunderte gjennom plasten (Bye 2009) I tillegg til saltsyre blei det tilsett salpetersyre, HNO_3 , kombinasjonen av saltsyre og salpetersyre gjer at også tungløyselege sulfid som til dømes kvikksølv sulfid blir løyst (Bye 2009).

Under analysen med ICP-MS blei det nytta ekstra lang og ekstra sterk syrevask, 10% v/v HNO_3 og ei 10 % v/v løysing av 37 % v/v HCl og 10 % v/v HNO_3 , mellom prøvene, sjå også diskusjon av utfordringar knytt til analyse av kvikksølv under del 4.1.1.

Følsamheit i metoden

Deteksjonsgrensa, LOD, og kvantifiseringsgrensa, LOQ, for kvikksølv i mosen, blei rekna ut med gjennomsnittleg innvekt til mosen som blei vege ut til dekomponering. Gjennomsnittet av denne var 0,169 g. Deteksjonsgrensa blei rekna ut til 0,0061 mg/kg og kvantifiseringsgrensa til 0,020 mg/kg. Alle blankar var under LOD, som vist i tabell 4A i vedlegg 4. Den lågaste konsentrasjonen målt i mose i dette forsøket var 0,053 mg/kg, noko som er godt over LOQ. Sidan alle blankane er under LOD, og den lågaste konsentrasjonen målt i mose er mykje høgare enn LOQ, er metoden følsam nok for nivået av konsentrasjonar av kvikksølv i mose i dette forsøket.

4.2.2 Presisjon i metode til tørkeforsøk

Gjeldande siffer

Sidan dei tre ulike prøvene frå kvart mosenett har blitt utsatt for ulike vilkår før analysen, kan resultata av desse ikkje nyttast for å diskutere presisjonen i metoden. Det blei analysert moseprøver frå Nordskogen i tillegg til mosen frå mosenetta frå deponiet. Mosen frå Nordskogen blei plukka samstundes og ved same stad som mosen nytta i mosenett, denne mosen er frå same bolk som mosen i mosenetta. Gjennomsnittet av desse målingane var 0,056 mg/kg med eit standardavvik på 0,0060, frå tabell 6B i vedlegg 6. Usikkerheten ligg i det andre sifferet, difor blir konsentrasjonen av kvikksølv i mose oppgitt med to gjeldande siffer.

Vassinnhald i prøvene

Prøvene blei vege før, under og etter tørke. Det var noko skilnad i vekta til moseprøvene før og etter tørke ved både 60°C og 103°C. Ved 103°C vil vatn i prøvene fordampe. Konsentrasjonane som er oppgitt i figur 11, er korrigert for vassinnhald. Prøvane som er tørka ved 103°C mista vatnet under tørke, konsentrasjonen i desse blei difor rekna ut med vekt etter tørke som også var innvekt til dekomponering. Prøvene tørka ved 22°C hadde ikkje noko endring i vekt, konsentrasjonen i desse blei korrigert med ein faktor rekna ut på grunnlag av vasstapet i prøve frå same gruppe som blei tørka ved 103°C. Prøvane tørka ved

60°C hadde også endring i konsentrasjonen som var prosentvis mindre enn prøvene tørka ved 103°C når prøvene frå ei gruppe blei samanlikna. Det blei difor korrigert for konsentrasjonen i prøvar tørka ved 60°C, slik at det endelege prosentvise vasstapet blei likt for prøver tørka ved 60°C og 103°C frå same gruppe. For oversikt over vekttap i prøver, faktor nytta for korrigering og endring i konsentrasjon som følge av korreksjon, sjå tabellar i vedlegg 4.

Homogeniteten i eit mosenett

Homogeniteten i mosen frå eit mosenett er viktig i denne samanhengen om den målte konsentrasjon i ein prøve frå eit mosenett som er tørka ved ein temperatur, skal kunne bli samanlikna med dei andre prøvene frå same mosenett, gruppe, som er tørka ved andre temperaturar for å sjå om ulik temperatur gir ulik konsentrasjon. Det blei gjort fleire tiltak undervegs i metoden for at mosen frå eit mosenett skulle vere så homogen som mogeleg. Det blei valt ut to årsskot av mosen slik at mosen skulle vere så lik som mogeleg i utgangspunktet. Mosenettet blei utforma med fokus på at mosen skulle bli mest mogeleg likt eksponert. Når mosen blei skilt frå mosenetta, blei det meste av blada skilt frå stengelen på mosen og det var svært stor skilnad i størrelsen på delane. Det blei difor avgjort at mosen måtte bli klipt opp, særleg stenglane, slik at størrelsen på mosedelane i blandinga blei mest mogeleg lik. På grunnlag av desse tiltaka blir det antatt at mosen i eit nett er homogen, og at dersom ein del av eit mosenett blir analysert, så vil konsentrasjonen vere gjeldane for all mosen i nettet.

4.2.3 Nøyaktigheit i metoden for tørkeforsøk

For å måle nøyaktigheit blei sertifisert referanse materiale analysert. Sertifisert referanse materiale av mose var ikkje tilgjengeleg. Det blei nytta sertifiserte referanse materiale av planter, for at matriksen mellom prøvene med mose og sertifisert referanse materiale skulle vere så likt som mogeleg. Tre sertifiserte referanse material blei nytta, ”Standard reference material 1575, Pine needles”, ”Standard reference material 1515, Apple leaves” og ”Standard reference material 1570 A, trace elements in Spinache”. Desse vil heretter bli referert til som høvesvis SRM 1575, SRM 1515 og SRM 1570A. Tabell 2 gir ein oversikt over målt konsentrasjon i desse, og om den målte konsentrasjonen ligg innanfor området til den sanne konsentrasjonen.

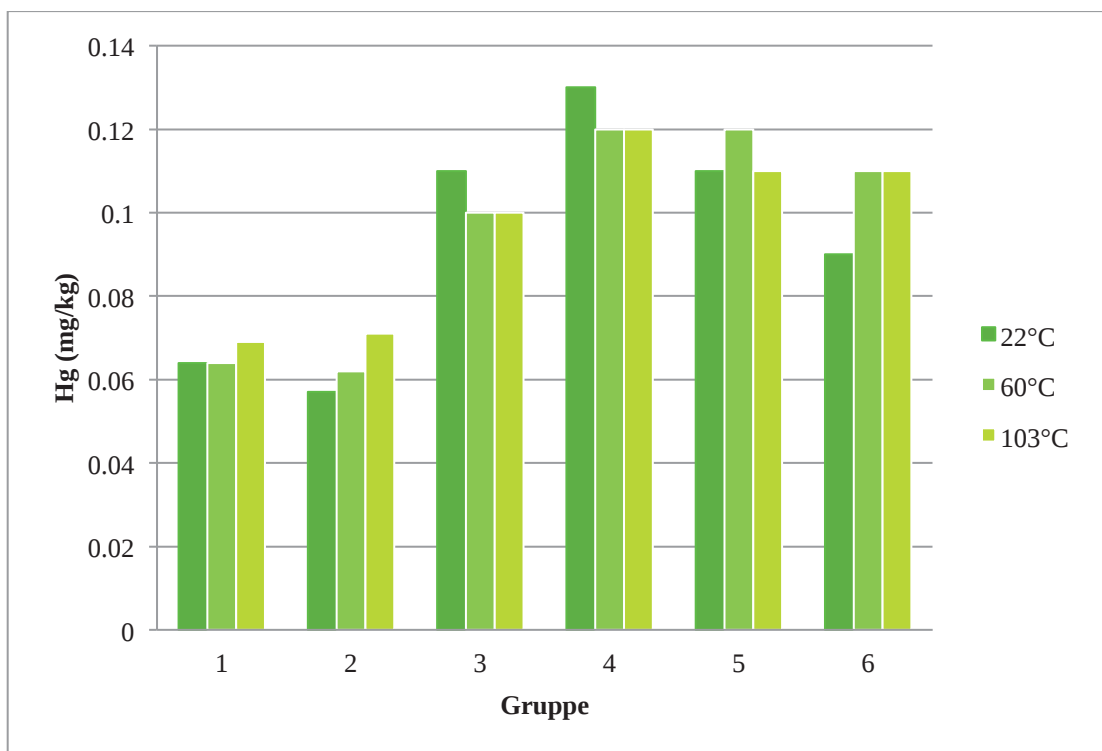
Tabell 2 Målt konsentrasjon av kvikksølv i tre sertifiserte referanse material der n=1, og område for sann verdi for SRM. Målte verdier innanfor området til det sanne verdien er merka med grønt.

Sertifisert referanse materiale	Målt verdi [Hg] (mg/kg)	Området for sann verdi [Hg] (mg/kg)
SRM 1575	0,13	0,15 ± 0,05
SRM 1515	0,043	0,044 ± 0,04
SRM 1570A	<LOQ	0,030 ± 0,003

Den målte verdien til SRM 1575 og SRM 1515 ligg innanfor området til den sanne verdien. Den målte verdien til SRM 1570A ligg under kvantifiseringsgrensa og vil difor ikkje bli vurdert. Dei vurderte sertifiserte referansemateriala ligg innanfor det sertifiserte området, difor blir metoden frå utveging, dekomponering i UltraClave og analyse i ICP-MS bestemt som nøyaktig.

4.2.4 Endring i konsentrasjon

Som nemnt, blir det antatt at all mose frå eitt nett har lik konsentrasjon av kvikksølv. Målt konsentrasjon i ein prøve frå eit mosenett som er tørka ved ein temperatur, kunne samanliknast med dei andre prøvene frå same mosenett, gruppe, som er tørka ved andre temperaturar for å sjå om ulik temperatur gir ulik konsentrasjon. Konsentrasjonen av kvikksølv i prøvene blei bestemt. Resultata av analysen og effekten av temperatur på konsentrasjon av kvikksølv er gitt i figur 11. Tabellar som er grunnlaget for figuren, er gitt i tabell 4C og 4D i vedlegg 4.



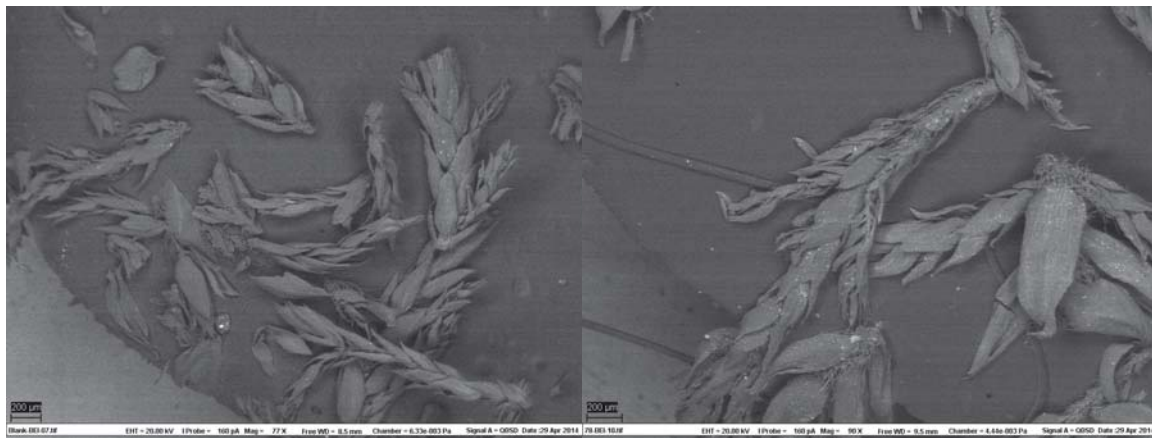
Figur 11 Framstilling av effekt av temperatur på konsentrasjon av kvikksølv i mose. Mosenett blei delt i tre prøver, der alle prøvane frå eit nett blir kalla gruppe. Tre søyler i ei klynge, merka gruppe og nummer, representerer tre moseprøver frå eit mosenett. Den enkelte søyla representerer konsentrasjonen av kvikksølv i ein moseprøve frå eit mosenett, tørka ved 22°C, 60°C eller 103°C, angitt av fargen på søyla. Konsentrasjonane er rekna ut på grunnlag av vekt til moseprøvene etter tørke. Prøver tørka ved temperatur 22°C og 60°C er korrigert for vassinnhald på grunnlag av vassinnhald i prøve tørka ved 103°C frå same gruppe.

I figur 11 er det ingen trend som er felles for alle gruppene som tydar på at det er tap av kvikksølv som følgje av temperaturen. Dette forsøket viser at tørketemperatur ikkje medfører tap av kvikksølv. Den viktigaste dette forsøket viser er at det er naudsynt at alle prøver som skal bli samanlikna, blir tørka med mest mogeleg like temperetur.

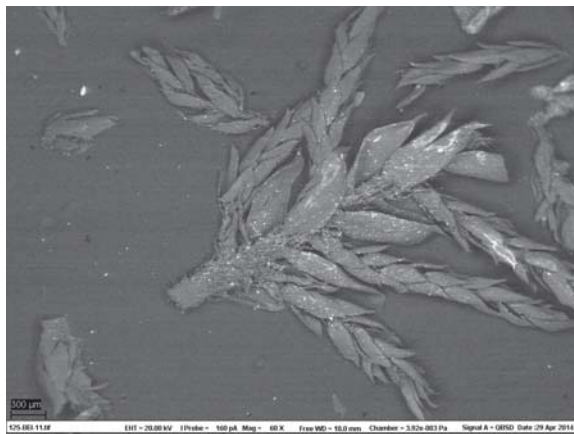
4.3 Partiklar på mosen

Det blei teke bilete av mosen frå Nordskogen som ikkje har vore eksponert på deponiet og mosen med høgast konsentrasjon av kvikksølv og tinn frå deponiet, for å undersøkje om det var partiklar på mosen. Figur 12 viser bilete av desse. Det blei nytta backscatter electron images, der atom med høgt atomnummer vil gi lyse punkt. Figur 12 viser til venstre eit bilete av mose frå Nordskogen med lite lyse punkt, medan bilete til høgre er mose frå deponiet med fleire lyse punkt. Desse punkta er partiklar som er festa til mosen. Figur 13 viser bilete av

mose frå eit mosenett som låg på bakken, der er det tydeleg meir partiklar, enn på mosen som hang oppe heile tida.



Figur 12 Til venstre: Mose frå Nordskogen. Til høgre: Mosen med høgast konsentrasjon av Hg på deponiet.



Figur 13 Bilete av mose frå mosenett som låg på bakken i ukjend tid.

Desse bileta viser at det er partiklar på mosen frå deponiet, og at desse ikkje har gått tapt under prøvebehandlinga frå innsamling ved deponiet. Bileta er teke av mosen etter at den har blitt skilt frå nettet, klipt opp, lagra i myntposar og vege ut til dekomponering. Det var ikkje mogeleg å identifisere kva desse partiklane var grunna defekt utstyr, det kan difor ikkje konkluderast med kva desse består av, berre at det er tyngre atom enn i resten av mosen.

4.4 Kvikksølv i mose frå deponiet

4.4.1 Spesielt for analyse av kvikksølv og følsamheit i metoden for mose frå deponiet

Avsnittet i del 4.2.1 som omhandlar utfordringar knytt til analyse av kvikksølv, er også gjeldande for denne delen av oppgåva sidan mosen frå mosenetta frå deponiet og mosen frå tørkeforsøket blei dekomponert og analysert samstundes.

Sidan det er mykje høgare gjennomsnittsvekt for prøvene frå mosenetta enn moseprøvene frå tørkeforsøket, måtte ny LOD og LOQ blir rekna ut for å kunne diskutere følsamheten for denne delen. Gjennomsnittleg innvekt til mosen som blei vege ut til dekomponering, blei nytta for å rekne ut LOD og LOQ. Gjennomsnittet av vekta var 0,407 g, og LOD og LOQ blei rekna ut til høvesvis 0,0025 mg/kg og 0,0084 mg/kg. Også i dette forsøket ligg blankane under LOD, vist i tabell 6A i vedlegg 6. Den låge konsentrasjonen i blankane og at lågaste konsentrasjonen målt i mosen, 0,047 mg/kg, ligg godt over LOQ, tydar på at metoden er følsam nok for analyse av kvikksølv i mosen i dette forsøket.

4.4.2 Presisjon i metoden for kvikksølv i mosenett

I del 4.2.2 er homogeniteten til mosen frå mosenetta diskutert, denne diskusjonen gjeld også for denne delen.

Det var ikkje nok mose i mosenetta til at fleire parallellar frå eit nett kunne bli analysert. Mose frå andre prøver må difor nyttast for å kunne sei noko om presisjonen. I tillegg til mosen frå mosenett blei det analysert mose frå same bolk som blei nytta til mosenetta, men som berre har vore utsatt for bakgrunnsmengder av kvikksølv. Gjennomsnittet av desse målingane var 0,056 mg/kg med eit standardavvik på 0,0060, frå tabell 6B i vedlegg 6. Usikkerheten ligg i det andre sifferet, difor blir konsentrasjonen av kvikksølv oppgitt med to gjeldande siffer.

I tørkeforsøket delkapittel 4.2.4, blei det vist at det var endring i vekt før og etter tørke i tørkeskap ved 60°C eller ved 103°C. Mosen frå mosenetta frå deponiet som blei analysert for kvikksølv, var tørka i papirposar dei blei samla inn i, ved romtemperatur (22°C). Dette for å

unngå eit ekstra trinn i metoden, som potensielt kan gi fleire feilkjelder. I andre studie der etasjehusmose har blitt analysert for spormetall, har mosen blitt tørka i papirposar ved romtemperatur eller tørka i tørkeskap ved 40°C. Det er også ulikt om det har blitt korrigert for tørrstoff eller ikkje (Culicov et al. 2005; Ilgen et al. 2008; Špirić et al. 2014; Steinnes et al. 2011). Det blei ikkje korrigert for tørrstoff i resultata i denne oppgåva. Resultata frå denne analysen vil likevel bli samanlikna med resultat frå andre studie, men med atterhald om at eventuelle mindre skilnadar i konsentrasjon kan kome av ulike tempereture for tørke og korrigering av vassinnhald.

4.4.3 Nøyaktighet i metoden for kvikksølv i mosenett

I avsnitt 4.2.3 er nøyaktigheita til metoden for mosen frå mosenetta på deponiet som blei nytta for å undersøkje effekten av temperatur på konsentrasjonen av kvikksølv, diskutert. Diskusjonen gjeld også for denne delen av forsøke sidan prøvene i tørkeforsøket har blitt eksponert like lenge, dekomponert og analysert samstundes som resten av mosen frå mosenetta frå deponiet. Skilnaden er ulike tørkeforhold, men sidan det sertifiserte referanse materialet kunn har følgd prøvene frå utveging til dekomponeringa og dermed er eit uttrykk for nøyaktigheten frå dette steget i metoden, gjeld det for dette forsøket også.

4.4.4 Målt konsentrasjon av kvikksølv i mose utplassert på deponiet

Total mengde kvikksølv blei målt i alle netta samla inn frå deponiet. Det var stor skilnad i den målte konsentrasjonen av Hg i mosenetta frå deponiet, frå 0,058 mg/kg til 0,16 mg/kg blant netta som hang om lag 80 cm over bakken, sjå tabell 5C vedlegg 5. Medianen av konsentrasjonen i dei høgste netta er høgare enn konsentrasjonen i dei lågaste netta, sjå tabell 6B i vedlegg 6. Konsentrasjonane av netta som heng 80 cm over bakken blir difor nytta for å vise dei målte konsentrasjonane av kvikksølv på deponiet, sjå figur 14.

På figur 14 er det ein klar trend i kvar det er høgast konsentrasjon av kvikksølv i mosen. Området med dei høgaste konsentrasjonane, ligg på grensa mellom gammalt deponi område og nytt område. I nærleiken av desse mosenetta var det også ein gassventil frå deponiet sine gassrøyr, og det lukta H₂S i når desse blei plassert ut og henta inn. Det vil ikkje bli diskutert frå kva avfall kvikksølvet kan kome frå.



Figur 14 Konsentrasjonar av Hg på avfallsdeponiet markert med fargeskala.

Det er mogeleg at det er relativt lik produksjon eller mengde av flyktig kvikksølv over eit større område av deponiet eller i eit anna område enn det kartet indikerer, sjølv om det er høge konsentrasjonar i eit spesifikt område. Områda med høg konsentrasjon målt i mosen, er ikkje nødvendigvis området flyktig kvikksølv blir produsert i, men det er her det er utslepp av mest. Flyktig kvikksølv kan kome frå andre områder, og fylgje duken/topplaget oppover til den lekk ut gjennom rifter/sprekker i duken eller topplaget.

I batchforsøket blei det vist at kurvene i figur 10 ikkje flata nok ut til at det kunne seiast noko om ved kva konsentrasjon av kvikksølv mosen ville bli metta. Sidan konsentrasjonane av kvikksølv målt i mosen er langt lågare enn konsentrasjonen i løysingane nytta i batchforsøket, har ikkje mosen frå deponiet sannsynlegvis ikkje blitt metta med kvikksølv og kunne difor ha teke opp meir.

4.4.5 Eventuelt bidrag til kvikksølv i mosen frå andre kjelder enn deponiet

Deponiet ligg langs Europaveg 6, E6, som er tungt trafikkert, og er ei potensiell kjelde for fleire av grunnstoffa målt i mosen. Det er ikkje målt høgare konsentrasjonar av kvikksølv i mosen frå mosenetta langs E6 ved deponiet, enn i mosen frå resten av deponiet. Dette tydar på at det ikkje bidrag av kvikksølv frå trafikken på E6.

Eventuell industri i området rundt deponiet kunne vore potensielle kjelder for kvikksølv. Det blei gjort ei undersøking avgrensa til Moss kommune om det var industri som har tillating til eller registrert utslepp av kvikksølv. Det vist seg at ei bedrift hadde eit ustlepp på 0,05 kg av kvikksølv til luft i 2012, det finnast ikkje data for denne bedrifta etter dette (Miljødirektoratet 2012). Dersom det fortsatt er utslepp av kvikksølv frå denne bedrifta, kan det vere eit bidrag til kvikksølv til mosen på deponiet. Det blir likevel antatt at eit eventuelt utslepp på 0,05 kg kvikksølv i laupet av eit år, ikkje vil ha signifikant innverknad på den målte konsentrasjonen i mosen på deponiet.

Kvikksølv kan bli transportert over store avstandar. Det er store skilnar mellom nett som berre er om lag 50 meter vekke frå kvarandre i konsentrasjonane i mosen på deponiet, det er ikkje grunn til å tru at nedfallet av langtransportert kvikksølv vil variere i så stor grad så lokalt. Det kan vere eit vist bidrag i alle mosenetta på deponiet frå langtransportert kvikksølv, men det vil sannsynlegvis vere ganske likt i alle mosenetta på deponiet. Det er skilnad mellom medianen til mosenett frå deponiet og referanse netta. Det er antatt at desse netta vil vere utsatt for relativt lik mengde kvikksølv frå atmosfæren og at skilnaden kjem av at det er meir utslepp på deponiet enn der referansenetta har vore plassert.

4.4.6 Konsentrasjonar av kvikksølv i mose utplassert på deponiet samanlikna med andre målingar

Sidan konsentrasjonen av grunnstoff i mosen ikkje er direkte samanliknbar til konsentrasjonen i luft, kan det ikkje konkluderast med om konsentrasjonen er høg eller ikkje, berre på grunnlag av resultata frå deponiet. For å kunne vurdere om det er høgare konsentrasjon på deponiet enn andre stadar, vil mosen frå deponiet bli samanlikna med mose frå Nordskogen, frå referanseprøvene og med resultat frå andre studie der same mose har blitt nytta for å måle same grunnstoff som i denne oppgåva.

I tabell 6B i vedlegg 6 er medianen for kvikksølv i mose frå referansenetta og mosen frå Nordskogen gitt. Medianen for mosen frå Nordskogen på 0,053 mg/kg, medan medianen for referanse netta er 0,086 mg/kg. Medianen for netta som heng 80 cm over bakken, er litt høgare, 0,090 mg/kg. Det vil sei at litt over halvparten av prøvene frå deponiet ligg over referansenetta. Dette tydar på det er høgare konsentrasjon av kvikksølv på deponiet, enn i områda rundt deponiet der referansenetta er plassert, for plassering av referansenett sjå figur

6.1 i vedlegg 6. Medianen kan samanliknast med resultat i rapporten ”Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 2010” av Steinnes et al. (2011). Sjølv om det blir nytta ulikt mengde årsskot og mosen er plukka, eksponert og behandla på ulike måtar i denne studien og i rapporten, kan likevel samanlikninga gi ein indikasjon om det er høgare verdiar på deponiet. I rapporten er det analysert langt fleire prøver og frå områder som ikkje er like eksponert for biltrafikk og industri, der er medianen til mosen 0,060 mg/kg for 464 prøver. Medianen for mosen i frå deponiet ligg dermed høgare. Dette er ein indikasjon på at det er høgare konsentrasjonar av kvikksølv på deponiet enn det er generelt i Noreg.

Dette kan tyde på at deponi kan vere ei potensiell kjelde for utslepp av kvikksølv til omgjevnadane gjennom lekkasje av flyktig kvikksølv frå avfallet som er deponert.

4.4.7 Speciar av kvikksølv på deponiet

I denne metoden blir total mengde kvikksølv i mosen bestemt, ikkje kva specie av kvikksølv. Med tanke på kvikksølv sin toksisitet og mobilitet er kva specie mosen har teke opp, viktig. I batchforsøk, del 4.1, viste forsøket at mosen tok opp Hg^{2+} , same forsøket må gjerast med fleire kvikksølvforbindelsar for å kunne sei sikkert at mosen kan ta opp desse. Dersom det er flyktig kvikksølv, Hg^{2+} , frå deponiet, kan den bli teke opp av mosen frå lufta.

Mosen kan anten ta opp kvikksølv frå luft eller frå vatn. I figur 12 er det vist bilete av mosen som hadde høgast konsentrasjon av tinn og kvikksølv, og på denne mosen er det partiklar. Kvikksølv kan bli absorbert frå desse når mosen og partikkelen kjem i kontakt med vatn. Som forklart i teorien, del 2.1, vil Hg^0 bunde til partiklar løyse seg i vatn til Hg^{2+} . Dette gjer det mogeleg at kvikksølv kan bli absorbert frå partiklar av mosen.

Konsentrasjonen av kvikksølv i mose frå deponiet, var ikkje normalfordelt. Dette gjorde at Spearman’s korrelasjon blei nytta for å undersøkje kvikksølv sin korrelasjon med scandium. Dess nærmare 1 korrelasjonen er, dess sterkare positiv korrelasjon er det. Kvikksølv har høg positiv korrelasjon med scandium, 0,7. Scandium er eit metall som er å finne i jordskorpa, difor kan det tyde på at samanhengen mellom scandium og kvikksølv kjem av at kvikksølv er bunde til støvpartiklar frå jorda. Sidan scandium også er nytta som tilsetning i kvikksølvlamper for å auke lysintensiteten (Kofstad 2012), vil det vere fleire mogelegheiter for denne samanhengen.

Mosen som blei avbilda på figur 13 som har låge på bakken og har mykje partiklar, blei også analysert for kvikksølv. Konsentrasjonen blei målt til 0,071 mg/kg, noko som er under medianen for både mosenetta som hang 45 cm over bakken og 80 cm over bakken. Hadde det var mykje kvikksølv bunde til partiklar på deponiet, ville det vore forventa at konsentrasjonen av kvikksølv vil vere høg i dette nettet. Når støv og partiklar blir virvla opp, vil dei låge netta bli meir eksponert for partiklar enn netta som hang høgt sidan det vil vere meir partiklar og støv nærmare bakken. Den låge konsentrasjonen i nettet som låg på bakken og at dei nedste netta hadde lågare konsentrasjon enn dei høge, tydar på det også er flyktig kvikksølv på deponiet, ikkje berre partikulært kvikksølv.

Tinn sin korrelasjon med kvikksølv, 0,6, betyr at det er sterke positiv korrelasjon mellom desse. Korrelasjonen kan kome av at begge stoffa kan bli utsatt for biometylering og demetylering, som gir flyktig forbindelsar. Dersom eit av grunnstoffa blir utsatt for desse reaksjonane i eit område, kan det hende at også det andre blir det, om begge er tilstade. Det er ikkje gjort forsøk i denne studien for å undersøkje opptaket av organisk kvikksølv av mosen. I ein anna studie utført samstundes som denne, blei deponigassen på same deponi analysert for kvikksølv (Svendsen 2014). I denne studien blei det teke opp kvikksølv av sorbenten nytta i studien. Metoden i studien gav ikkje species av kvikksølv, men det var opptak på sorbenten som skulle ta opp organisk kvikksølv. Det er dermed mogeleg at det er flyktig organisk kvikksølv på deponiet, som kan bli absorbert av mosen.

4.5 Tinn i mose frå deponiet

Sjølv om hovudformålet med oppgåva er å måle flyktig kvikksølv ved deponiet, blei mosen frå mosenetta analysert for fleire grunnstoff, medan anna tinn. Det er gitt ein oversikt over konsentrasjonane av fleire av desse på deponiet, i vedlegg 5. Det blei valt å fokusere ekstra på tinn, grunne giftigheita forbunde med organiske tinn species. Det vil ikkje bli diskutert eventuelt frå kva avfall tinn kan kome frå deponiet. Eventuelle bidrag frå andre kjelder enn deponiet som til dømes anna industri i området, vil heller ikkje bli diskutert for tinn.

4.5.1 Analyse av tinn og følsamheit i metoden

Utfordringar knytt til analyse av tinn

Det er nokon utfordringar knytt til dekomponering av tinn, nokon tinnforbindelsar er svært vanskeleg å løyse. Til dekomponeringa blei det nytta ei blanding av HCl og HNO₃. Fordelen med å nytte saltsyre er klor kan danne kompleks med tinn i løysinga slik at tinn blir meir stabilt. Ulempe med å nytte salpetersyre er at det kan bli danna uløselege ”metasyrer” mellom nitration og tinn (Bye 2009). Det burde ha blitt tilsett HF før dekomponering for å få løyst alt tinnet, sidan prøvene blei dekomponert med omsyn til analyse av berre kvikksølv blei ikkje dette gjort.

Følsamheit i metoden

Kvantifiseringsgrensa og deteksjonsgrensa blei rekna ut med gjennomsnittet av innvekta til mosen frå mosenetta som vekt, og blei rekna ut til å vere høvesvis 0,005 mg/kg og 0,02 mg/kg. Alle blankar blei målt til under deteksjonsgrensa, vist i tabell 7A i vedlegg 7. Den lågaste konsentrasjonen målt i mosen for tinn, er 0,2 mg/kg. Alle blankar ligg under deteksjonsgrensa og den lågast målte konsentrasjonen av tinn i mose ligg godt over kvantifiseringsgrensa, metoden er difor følsam nok for nivået av tinn i moseprøvane i dette forsøket.

4.5.2 Presisjon i metoden for tinn i mosenett

Det blei analysert tre prøver med mose som berre har vore utsatt for bakgrunnsmengder av tinn, men frå same bolk som mose nytta i mosenett. Gjennomsnittet av konsentrasjonane av desse blei rekna ut til 0,5 mg/kg, med eit standardavvik på 0,3. Difor blir konsentrasjonen av tinn i mosen oppgitt med eit gjeldande siffer. For å få eit meir sikkert uttrykk for presisjonen, burde fleire enn tre parallellar bli analysert. Skilnaden i konsentrasjonen mellom mosen som har blitt tørka ved ulik temperatur ligg i andre siffer, difor vil ikkje resultatet av dette forsøket bli gitt for tinn. Det er heller ikkje korrigert for tørrstoff i resultatet. Vassinnhaldet vil vere

ein systematisk feil, konsentrasjonane av tinn målt i mosen kan difor bli samanlikna innbyrdes.

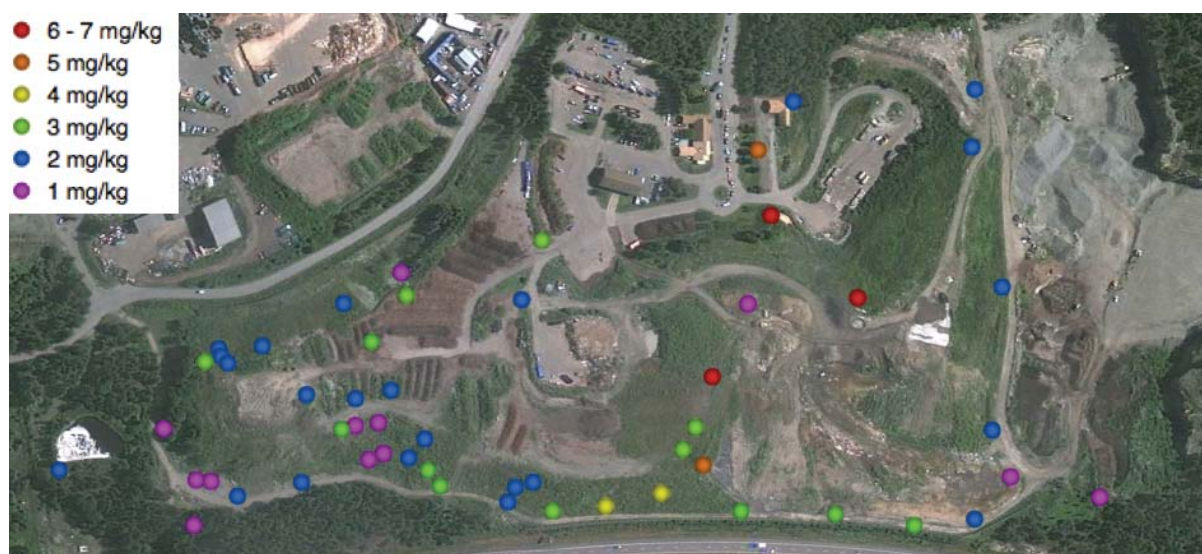
Sjølv om det er berre eit gjeldande siffer er det nok skilnad i den målte konsentrasjonen av tinn i mosenetta, at det er mogeleg å gi ei framstilling av trenden av konsentrasjonane på deponiet. Det er difor valt å gå vidare med resultatet, sjølv om det er knytt stor usikkerhet til presisjonen i forsøket.

4.5.3 Nøyaktigheit i metoden for tinn i mosenett

Det blei ikkje nytta sertifisert referanse material med innhald av tinn, sidan sertifiserte referanse material blei valt med omsyn på kvikksølv. Det kan difor ikkje seiast noko om nøyaktigheita til metoden. Grunna at dekomponeringa har blitt gjennomført med omsyn til kvikksølv, vil sannsynlegvis ikkje alle speciar av tinn har blitt dekomponert og blitt tilgjengeleg for analyse. Det er difor viktig å understreke at konsentrasjonen målt av tinn er tinn tilgjengeleg i løysinga som blei analysert, ikkje totalkonsentrasjon av tinn.

4.5.4 Konsentrasjonar av tinn på deponiet

Snittet av konsentrasjonen i nett som hang 80 cm over og i nett som hang 45 cm over bakken, blei rekna ut og 2 mg/kg for begge høgdene. Det er berre konsentrasjonar i mosenetta som heng 80 cm over bakken presentert i figur 15.



Figur 15 Konsentrasjonar av Sn målt i mosenett ved 80 cm over bakker plassert på avfallsdeponiet Solgård avfallsplass. Konsentrasjonen er markert med fargeskala.

Det er ein klar trend i kvar det er høge konsentrasjonar på deponiet. Som nemnt i diskusjonen av kvikksølvkonsentrasjonar på deponiet, gir ikkje konsentrasjonane kvar det er produsert mest eller kvar det er mest tinn avfallet, men kvar det er høgast utslepp.

4.5.5 Konsentrasjonar av tinn i mose utplassert på deponiet samanlikna med andre målingar

Grunna stor usikkerhet knytt til presisjonen og at nøyaktigheita ikkje er vurdert for tinn i moseprøvene, vil ikkje konsentrasjonen målt i desse bli samanlikna med tall frå andre studie. Sidan mosen frå referansenetta og mose frå same batch som ikkje har vore eksponert på deponiet, har blitt analysert parallelt med mosen frå mosenetta, er det knytt like stor usikkerheit opp mot konsentrasjonane i desse. Difor kan konsentrasjonen i desse bli samanlikna med konsentrasjonane målt på deponiet.

I referanse netta som blei plassert eit stykke frå deponiet, er det målt ein konsentrasjon av tinn med gjennomsnitt 1 mg/kg, sjå tabell 7B i vedlegg 7. Dette er lågare enn snittet for målt konsentrasjon i mosen frå deponiet, som er 2 mg/kg. Dette tydar på at det meir tinn i området på deponiet enn rundt deponiet. Mosen frå same bolk som mosen i mosenetta, men som ikkje har vore eksponert på deponiet, har ein gjennomsnittleg konsentrasjon av tinn på 0,5 mg/kg. Ingen av mosenetta frå deponiet hadde ein så låg konsentrasjon, det har dermed vore ein auke i av tinn i mosen etter eksponering på deponiet.

4.5.6 Speciar av tinn på deponiet

Som nemnt under avsnittet ”utfordringar knytt til analyse av tinn” under del 4.5.1, har ikkje dekomponeringa blitt gjennomført med omsyn til tinn. Under dekomponeringa er det usikkert kva speciar av tinn som har blitt løyst og vil vere tilgjengeleg for analyse. Det er heller ikkje gjennomført tilsvarende batchforsøk for tinn som for kvikksølv, der opptaket av tinn i mosen har blitt undersøkt. Sidan det er påvist tinn i mosen, og ein auke i konsentrasjonen etter eksponering, gir dette grunnlag til å påstå at mose tek opp tinn.

I teorien er det vist ein oversikt over muleg veg for tinn på deponi, figur 1, i denne er det vist at det er mogeleg at metylerte og etylerte sambindingar av tinn er flyktige. Dersom organisk bunde tinn blir teke opp av mosen på deponiet, er det sannsynleg at det er metylert eller etylert tinn.

Det blei funne tinn i deponigassen ved same deponi i ein studie utført samstundes som denne (Svendsen 2014). Det blei nytta adsorbentar som skal adsorbere uorganisk eller organisk kvikksølv, det blei detektert tinn i begge desse adsorbentane. Sidan det er funne tinn på både absorbent for organisk og uorganisk kvikksølv, tyder det på at det finnast både uorganisk og organisk tinn i deponigassen. Dette støttar opp om mogelegheita for flyktige organiske tinnforbindelsar på deponiet, som mosen kan ta opp.

5. Konklusjon

Som vist i figur 9 vil det bli danna kompleks mellom kvikksølv og klor i kystnedbør, men ikkje i innlandsnedbør, grunna ulik konsentrasjonen av klor. Ein t-test blei gjennomført, og det viste seg at det ikkje var signifikant skilnad i opptaket av Hg^{2+} i dei ulike nedbørsløysingane i batchforsøket. Delar av hypotese 2 blir difor bekrefta, mosen tek opp Hg^{2+} , men saltkonsentrasjonen i nedbørsløysingane påverkar ikkje opptaket. Mosen sitt opptak av Hg^{2+} , hindrar ikkje opptaket av andre kvikksølv species. Batchforsøket blei gjennomført med relativt høge konsentrasjonar av Hg^{2+} samanlikna med kva som blei målt i mose frå deponiet, sjølv om det er ulik nemning på dei målte konsentrasjonane i dei to forsøka. Vidare arbeid i dette forsøket vil vere todelt. Det vil vere interessant å undersøkje mosen sitt opptak av andre kvikksølv species, særleg organiske. Det burde også undersøkjast om saltkonsentrasjon i nedbør vil påverke opptaket av kvikksølv ved mykje lågare konsentrasjonar av kvikksølv, til dømes i området 0,1 til 10 $\mu\text{g/l}$. Dette kan også vere nyttig med tanke på andre undersøkingar der mosen er nytta, ikkje berre i mosenett.

I tørkeforsøket var det ikkje noko trend i gruppene i figur 11 som tilseier at det tap av kvikksølv når tørketemperatur. Hypotese 3 er difor avkrefta. Det var ikkje lik konsentrasjon mellom prøvene innbyrdes i nokon av gruppene, dette kan tyde på at ulik tørketemperatur kan gi ulik målt konsentrasjon. Den viktigaste erfaringa frå dette forsøket vil vere at det er viktig at moseprøver som skal samanliknast, blir behandla mest mogeleg likt med tanke på tørke.

Når den målte konsentrasjonen av kvikksølv i mosen frå mosenetta som har vore utplassert på deponiet, blei samanlikna med konsentrasjonen i mose frå referansenett og mose frå same bolke som ikkje har vore eksponert ved deponiet, var det høgare konsentrasjonar i mosen frå deponiet. Resultata frå denne studien kan tydst som at deponi i Noreg kan vere ei potensiell kjelde for utslepp av kvikksølv. Den låge kvantifiseringsgrensa i forhold til lågast målte konsentrasjon i mosen, tydar på at dette er ein følsam nok metode for å måle dei nivåa av kvikksølv som er teke opp av mosen. Sjølv om resultatet frå mosenetta ikkje kan nyttast til å finne ut kvar det er høgast konsentrasjon av kvikksølv i sjølv deponiet, kan metoden nyttast til å lokalisere kvar det er høgast utslepp på deponi. I denne samanhengen har mosenett og metoden for analyse vist seg å vere ein god metode for å påvise flyktig kvikksølv ved deponiet, noko som støttar hypotese 1.

Tinn blei også målt i mosen frå deponiet, men har er resultatet meir usikkert enn for kvikksølv. Det er grunn til å tru at konsentrasjonen av tinn i mosen er underestimert. Konsentrasjonen av tinn i mosen frå deponiet, var høgare enn konsentrasjonen i referansenetta og mose som ikkje har vore eksponert ved deponiet. Grunna usikkerheita i resultatet, vil det ikkje bli konkludert med om det er høre utslipp av tinn eller ikkje, men resultata indikerer at deponi kan ha eit utslepp av tinn.

Det blir konkludert med at mosenett er ein sensitiv nok metode og ein god metode for å lokalisere diffuse tap av Hg og Sn på deponi. Resultata frå denne studien tydar på norske avfallsdeponi er ei kjelde for utslepp av Hg til atmosfæren.

6. Referansar

- Agilent Technologies. (2005). *ICP-MS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, A Primer* USA: Agilent Technologies.
- Aresa, A., Aboala, J. R., Carballeira, A., Giordano, S., Adamo, P. & Fernández, J. A. (2012). Moss bag biomonitoring: A methodological review. *Science of The Total Environment*, 432: 143-158.
- Asklien, M. S. (2014). *Personleg meddeling* (29.01.2014).
- Bye, R. (2009). *Dekomponeringsmetoder i analytisk kjemi*. Oslo: Media Oslo AS. 81 s.
- Culicov, O. A., Mocanu, R., Frontaseyva, M. V., Yurukova, L. & Steinnes, E. (2005). Active moss biomonitoring applies to an industrial site in Romania: Relative accumulation of 36 elements in moss-bags. *Environmental Monitoring and Assessment*, 108: 229-240.
- Erses, A. S. & Onay, T. T. (2003). In situ heavy metal attenuation in landfills under methanogenic conditions *Journal of Hazardous Materials*, 99: 159-173.
- Farquhar, G. J. & Rovers, F. A. (1973). Gas production during refuse decomposition. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2: 483-495.
- Fortemps, E., Amand, G., Bomboir, A., Lauwerys, R. & Laterre, E. C. (1978). Trimethyltin Poisoning · Report of Two Cases. *Occupational and Environmental Health*, 41.
- Gadd, G. M. (2000). Microbial interactions with tributyltin compounds: detoxification, accumulation, and environmental fate. *The Science of the Total Environment* 258: 119-127.
- Gjengedal, E. & Steinnes, E. (1990). Uptake of Metal Ions in Moss from Artificial Precipitation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 14: 77-87.
- Goodman, G. T. & Roberts, T. M. (1971). Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature*, 231 (5301): 287-292.
- Heyer, K. U. & Stegmann, R. (1997). The long-term behaviour of landfills: results of the joint research project "landfill body". I: Christensen, T. H., Coossu, R. & Stegmann, R. (red.) *Landfill processes and waste pretreatment. Proceedings Sardinia 97, Sixth International Landfill Synopsium S. Margehrita di Paula, Cagliari, Italy; 13-17 October 1997*, s. 73-87: CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre, Cagliari, Italy.
- Ilgen, G., Glindemann, D., Herrmann, R., Hertel, F. & Huang, J.-H. (2008). Organometals of tin, lead and mercury compounds in landfill gases and leachates from Bavaria, Germany. *Waste Managment*, 28: 1518-1527.
- Jensen, K. A. (2013). *Indikativt koblet plasma masse spektrometri*. Ås: Universitetet for Miljø og Biovitenskap, Institutt for miljø og plantevitenskap. Upublisert manuskript.
- Jensen, K. A. (2014). *Personleg meddeling*.
- Khargarot, B. S. & Ray, P. K. (1989). Investigation of correlation between physicochemical properties of metals and their toxicity to the water flea *Daphnia magna* Straus. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 18 (2): 109-120.
- Kim, M.-K. & Zoh, K.-D. (2012). Fate and transport of Mercury in Environmental Media and Human Exposure. *Journal of Preventive Medicine & Public Health*

- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A. & Christensen, T. H. (2002). Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32 (4): 297-336.
- Klima- og forurensningsdirektoratet. (2012). Prioriterte miljøgifter: Nasjonale utslipp- status 2012. I: Miljødirektoratet (red.).
- Klima- og miljødepartementet. (1983). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (Forurensingsloven)*.
- Klima- og miljødepartementet. (2004). *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften)*.
- Kofstad, P. K. (2012). *Scandium*. I: Store Norske Leksikon (red.). Tilgjengelig fra: <http://snl.no/scandium> (lest 14.04.2014).
- Kyrkjeeide, M. O. (2012). *Skogbunnens glitter! I*: NTNU Vitenskapsmuseet (red.). Tilgjengelig fra: <http://blogg.vm.ntnu.no/evolusjon/2012/03/12/skogbunnens-glitter/> (lest 01.02.2014).
- Lindeberg, S. E. & Price, J. L. (1999). Airborne Emissions of Mercury from Municipal Landfill Operations: A Short-Term Measurement Study in Florida. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49 (5): 520-532.
- Lindeberg, S. E., Southworth, G., Prestbo, E. M., Wallschläger, D., Bogle, M. A. & Price, J. (2005). Gaseous methyl- and inorganic mercury in landfill gas from landfills in Florida, Minnesota, Delaware, and California. *Atmospheric Environment*, 39: 248-258.
- Lindqvist, O. & Rodhe, H. (1985). Atmospheric mercury - a review. *Tellus*, 37B: 136-159.
- Little, P. & Martin, M. H. (1974). Biological Monitoring of Heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, 6: 1-19.
- Lodenius, M. (1998). Dry and wet deposition of mercury near chlor-alkali plant. *The Science of the Total Environment*, 213: 53-56.
- Markert, B., Wappelhorst, O., Weckert, V., Herpin, U., Siewers, U., Friese, K. & Breulmann, G. (1999). The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 240 (2): 425-429.
- McNaught, A. D. & Wilkinson, A. (1997). *IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book")*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Milestone. (2013). *UltraCLAVE*. Tilgjengelig fra: <http://www.milestonesrl.com/digestion/ultraclave.html?view=featured> (lest 29.04.2014).
- Miljødirektoratet. (2011). *Avfall i Noreg og Europa*: Miljøstatus.no. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/Avfall-i-Norge-og-Europa/> (lest 31.01.2014).
- Miljødirektoratet. (2012). *Rockwool AS*. I: Miljødirektoratet (red.). *Norske Utslipp - Landbasert Industri*. Tilgjengelig fra: <http://www.norskeutslipp.no/no/Diverse/Virksomhet/?CompanyID=5136> (lest 13.05.2014).
- Miljødirektoratet. (2013a). *Avfall*: Miljøstatus.no. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/> (lest 31.01.2014).

- Miljødirektoratet. (2013b). *Avfall og gjenvinning*: Miljøstatus.no. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/Avfall-og-gjenvinning/> (lest 31.01.2014).
- Miljødirektoratet. (2013c). *Avfallsbehandling*: Miljøstatus.no. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/Avfall-og-gjenvinning/Avfallsbehandling/> (lest 31.01.2014).
- Miljøverndepartementet. (2010). Handlingsplan for å redusere utslipp av kvikksølv - 2010. Oslo.
- Northern Ontario Plant Database. (2014). *Hylocomium splendens*. Tilgjengelig fra: <http://www.northernontarioflora.ca/description.cfm?speciesid=1006482> (lest 14.04.104).
- Onianwa, P. C. (2001). Monitoring atmospheric metal pollution: a review of the use of mosses as indicators. *Environmental Monitoring and Assessment*, 71: 13-50.
- Pilgaard, K. (1978). Heavy metals in bulk precipitation and transplanted Hypogymnia physodes and Dicranoweisia cirrata in the vicinity of a danish steelworks. *Water, Air, and Soil Pollution*, 11: 77-91.
- Pinel-Raffaitin, P., Amouroux, D., LeHécho, I., Rodríguez-Gonzalez, P. & Potin-Gautier, M. (2008). Occurrence and distribution of organotin compounds in leachates and biogases from municipal landfills. *Water Research*, 42 (4-5): 987-996.
- Rosa, D. A. d. I., Velasco, A., Rosas, A. & Volke-Sepúlveda, T. (2005). Total gaseous mercury and volatile organic compounds measurements at five municipal solid waste disposal sites surrounding the Mexico City Metropolitan Area. *Atmospheric Environment*, 40: 2079-2088.
- Rüdel, H. (2003). Case study: bioavailability of tin and tin compounds. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56 (1): 180-189.
- Rühling, Å. & Tyler, G. (1968). An ecological approach to the lead problem. *Botaniska Notiser*, 122: 248-342.
- Rühling, Å. & Tyler, G. (1970). Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss *Hylocomium splendens*. *OIKOS*, 21: 92-97.
- Rühling, Å. & Tyler, G. (1973). Heavy Metal Deposition in Scandinavia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2: 445-455.
- Sehlin, N. E. (2009). Global Biogeochemical Cycling of Mercury: A Review. *Annual Review of Environment and Resources*, 34: 43-63.
- Shannon, J. D. (1995). Modeling atmospheric concentrations of mercury and deposition in the Great Lakes. *Atmospheric Environment*, 29 (14): 1649-1661.
- Slack, R. J., Gronow, J. R. & N.Voulvoulis. (2004). Hazardous Components of Household Waste. *Environmental Science and Technology*, 34: 419-445.
- Špirić, Z., Vučković, I., Stafilov, T. e., Kušan, V. & Bačeva, K. (2014). Biomonitoring of air pollution with mercury in Croatia by using moss species and CV-AAS. *Environ. Monit. Assess*: 1-10.
- Spiro, T. G. & Stigliani, W. M. (2003). *Chemistry of the Environment*. Second utg. New Jersey, U.S.A. : Prentice Hall.
- Statens Forureinings Tilsyn. (2003). Veileder til deponiforeskriften.

- Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H. T. & Pfaffhuber, K. A. (2011). Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge - Landsomfattende undersøkelse i 2010 (TA-2859/2011). Klima og forurensningsdirektoratet
- Svendsen, I. F. (2014). *Metodeutvikling for indirekte bestemmelse av flyktige kvikksølv- og tinnforbindelser i norske avfallsdeponi med fokus på prøveuttak*. Ås: Norges miljø og biovitenskapelige universitet Institutt for miljøvitenskap.
- Tamm, C. O. (1953). *Growth, Yield and Nutrition in Carpets of a Forest Moss (Hylocomium splendens)*. Statens Skosforskningsinstitut.
- Thomas, R. (2001). A Beginner's Guide to ICP-MS Spectroscopy, 16 (4): 38-42.
- Wolterbeek, B. (2002). Biomonitoring of trace element in air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environmental Pollution*, 120 (1): 11-21.
- Øygard, J. K., Måge, A. & Gjengedal, E. (2004). Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. *Water Research*, 38 (12): 2851-2858.

Vedlegg

Vedlegg 1. Beskriving av området Solgård avfalls plass.

Solgård avfallsplass er eit kommunalt/interkommunalt deponi er lokalisert i Moss kommune langs E6. Deponiet har vore i drift sidan 1978. Per dags dato er deponiet klassifisert som eit kategori 2 deponi, det vil sei eit deponi for ordinært avfall. Inert og viss typar farleg avfall blir også deponert på avfallsplassen. I tillegg til kommunalt avfall, blir også næringsavfall, fram til 2004 kalla produksjonsavfall, deponert. Deponiet er estimert til å vere om lag 204 00 m², det er frå dette området sigevant blir samla opp frå. Dette inkludera deponiets overflate, steinbrot og asfaltflater som renn av til sigevatnsanlegget.

Vedlegg 2. Utstyr nytta til forsøk, dekomponering og analyse

Dette vedlegget inneheld liste over utstyr nytta i forbindelse med mosenett, tabell 2A, utstyr nytta på lab for batchforsøk, tørkeforsøk og dekomponering, tabell 2B, løysingar nytta for batchforsøk, tabell 2C, løysingar nytta i tørkeforsøk, dekomponering og analyse i ICP-MS, tabell 2D og liste over instrument nytta, tabell 2E.

Tabell 2A. Utstyr nytta for å lage, henge opp og lagre mosenett og mose etter innsamling.

Namn	Produsent/leverandør
Limpistol med lim	Biltema
Bunteband 4"	Biltema
Grillspyd i tre	Biltema
Hårnett i nylon	Bunheads inc, Dance Accessories
Brøytestikker	Mesta
Merkespray	Stihl
Fiskesnøre	Nordsjø
Tape av elastisk PVC	Biltema
Saks i rustfritt stål	Staples
Myntposer	Lyche konvoluttar

Tabell 2B. Utstyr og produsent av utstyr nytta på lab for batchforsøk, tørkeforsøk og dekomponering

Namn	Produsent/leverandør
50 ml sterile polypropylen rør	Sarstedt
Elektroniske pipetter. 10-300 μ l, 50-1000 μ l og 100-5000 μ l	Biohit
Pipettespisser	
Aluminiumformer	VWR
Saks i rustfritt stål	Staples
Teflonrøyr	Milestone
Plasttrakter	
Eksikator	Wertheim Glaswerk
Labfrakk	
Vernebriller	

Tabell 2C. Namn, kjemisk formel, kvalitet og produsent av salt nytta for å lage kunstig innlands- og kystnedbør til batchforsøk.

Namn	Kjemisk formel	Kvalitet	Produsent
Sodium chloride	NaCl	Analyse kvalitet	VWR
AnalaR			
NORMAPUR			
Kaliumsulfat	K ₂ SO ₄	Pro analyse	MERCK
Magnesiumchlorid-Hexahydrat	MgCl ₂ x 6H ₂ O	Pro analyse	MERCK
Calcium sulfate	CaSO ₄		Alfa Aesar

Tabell 2D. Namn, kjemisk formel, konsentrasjon, kvalitet og produsent av løysingar og gass nytta for batchforsøk, tørkeforsøk, dekomponering og analyse i ICP-MS.

Namn	Kjemisk formel	Konsentrasjon	Kvalitet	Produsent
Salpetersyre	HNO ₃	Minst 65 % (vekt/vekt)	Ultrapure	NMBU ¹
Saltsyre	HCl	Minst 37 % (vekt/vekt)	Ultrapure	NMBU ¹
Hydrogenperoksid	H ₂ O ₂	30 % (vekt/vekt)	Pro analysi	Merck
Milli-Q vatn	H ₂ O		motstand minst 18 µS	B-pure renseanlegg for vann frå Barnstead
Kvikksølv	Hg løyst i 2,5 % HNO ₃	1000 ± 3 µg/ml	99,9999 % reinleik	Spectrapure Standards
”Stock solution” IV-ICPMS-71A	Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Cr ₃ , Co, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ho, K, La, Lu, Mg, Mn, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, S, Se, Sm, Sr, Th, Tl, Tm, U, V, Yb, Zn	10 µg/ml av kvart grunnstoff	Sertifisert referanse material	Inorganic Ventures
Tinn	Sn	995 ± 2 µg/ml	Reinleik ≥ 99,999%	Spectrascan

Tabell 2D fortsetter.

Namn	Kjemisk formel	Konsentrasjon	Kvalitet	Produsent
Nitrogengass	N ₂	Komprimert	2,6	Yara
Argongass	Ar	Komprimert		AGA

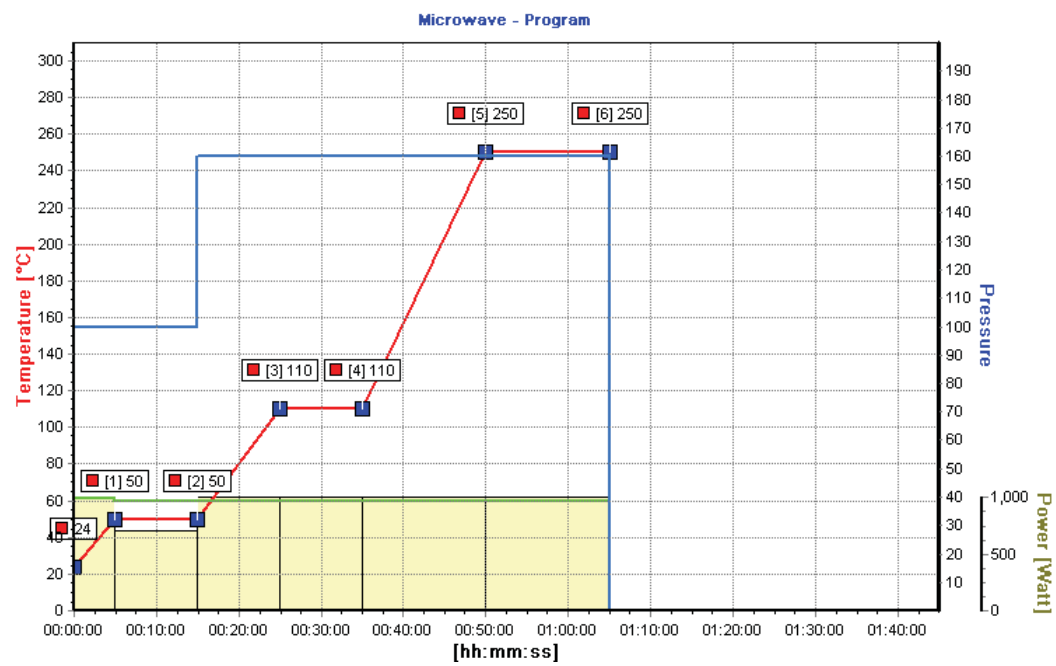
¹ NMBU nyttar Milestone destillasjonssystem for å lage ultrapure HCl og HNO₃

Tabell 2E. Instrument og produsent av instrument nytta under batchforsøk, tørkeforsøk, dekomponering og analyse med ICP-MS.

Namn	Produsent
Ristemaskin	Edmund Bühler
Ultraclave	Milestone
Tørkeskap	Fermaks
Toppvekt (3-desimalers)	Sartorius
Toppvekt (4-desimalers)	Sartorius
Teflonrøyr	Milestone
Agilent 8800 QQQ, ICP-MS	Agilent Technologies

Tabell 2F Sertifisert referanse materiale nytta i forsøket.

Namn	Produsent
Standard Reference Material 1515 Apple Leaves	National Institute of Standards & Technology
Standard Reference Material 1570A Trace elements in Spinache Leaves	National Institute of Standards & Technology
Standard Reference Material 1575 Pine Needles	National Institute of Standards & Technology



Figur 2.1 Program for dekomponering av prøver.

Vedlegg 3. Tabellar for Batchforsøk

For kvikksølv løyst i anten kyst- eller innlandsnedbør blei deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense rekna ut, dette er presentert i tabell 3.A. Konsentrasjonen av kvikksølv blei rekna ut i blankane, ei oversikt over desse er gitt i tabell 3.B.

Tabell 3A. Utrekna deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense for kunstig kyst- og innlandsnedbørsløysing, der n=3.

	Kystnedbør	Innlandsnedbør
Deteksjonsgrense, LOD ($\mu\text{g/L}$)	0,49	0,21
Kvantifiseringsgrense, LOQ ($\mu\text{g/L}$)	1,6	0,71

Tabell 3B. Konsentrasjon av kvikksølv i blankar av kunstig kyst- og innlandsnedbørsløysing der verken mose eller kvikksølv er tilsett i løysinga, der n=1.

Blank nummer	Kystnedbør [Hg] ($\mu\text{g/l}$)	Kystnedbør [Hg] ($\mu\text{g/l}$)
1	<LOQ	<LOQ
2	<LOQ	<LOQ
3	<LOQ	<LOQ

Tabell 3C. Konsentrasjonen av kvikksølv i løysingar av kyst- og innlandsnedbør utan mose, som har blitt filtrert gjennom filter og trakt, der n=1, og i tilsvarande løysingar som ikkje har filtrert, der n=1.

Teoretisk [Hg] (µg/l)	Kystnedbør		Innlandsnedbør	
	Filtrert [Hg] (µg/l)	Ikkje filtrert [Hg] (µg/l)	Filtrert [Hg] (µg/l)	Ikkje filtrert [Hg] (µg/l)
100	104		91,6	
100	104		109	
100	97,2		134	
100		111		104

Tabell 3D. Konsentrasjonen av kvikksølv i tre prøver med kyst- eller innlandsnedbør med mose, utan kvikksølv.

Prøve nummer	Kystnedbør	Innlandsnedbør
	[Hg] (µg/l)	[Hg] (µg/l)
1	<LOQ	<LOQ
2	<LOQ	<LOQ
3	<LOQ	<LOQ

Tabell 3E. Målt konsentrasjon, gjennomsnitt og standardavvik av kvikksølv i tre parallellar med mose etter 30 minutt, i kunstig kyst-eller innlandsnedbør med tilsett 20 µg/l Hg²⁺ eller 500 µg/l Hg²⁺.

	Kystnedbør		Innlandsnedbør	
	Målt konsentrasjon (µg/l) av Hg²⁺ i løysing tilsett:		Målt konsentrasjon (µg/l) av Hg²⁺ i løysing tilsett:	
	20 µg/l Hg²⁺	500 µg/l Hg²⁺	20 µg/l Hg²⁺	500 µg/l Hg²⁺
Prøve 1	11,7	142	12,8	141
Prøve 2	12,3	135	11,6	131
Prøve 3	11,0	126	11,3	140
Gj.snitt	11,6	134	11,9	136
STD	0,62	7,8	0,77	5,5

Opptaket av kvikksølv i mosen blei rekna ut med formelen

$$100 \% * \frac{C' - C}{C} = \% \text{ metall tatt opp}$$

Resultatet av utrekningane er gitt i tabell 4.F for innlandsnedbør og 4.G for kystnedbør.

Tabell 3F Målte konsentrasjonar i ein serie med løysingar med ulik konsentrasjon av Hg²⁺ med og utan mose, og prosentvis opptak i innlandsnedbør.

		Målt konsentrasjon		
		Med mose (C')	Utan mose (C)	Opptak
Teoretisk [Hg] (µg/l)	n	[Hg] (µg/l)	[Hg] (µg/l)	%
10	1	6,71	10,2	34,3
20	3	11,9*	20,5	42,0
50	1	25,0	52,1	52,0
100	1	41,6	99,3	58,1
200	1	69,3	204	66,1
500	3	138*	492	72,1

* Konsentrasjon oppgitt som gjennomsnitt av tre prøver.

Tabell 3G Målte konsentrasjonar i løysingar med ulik konsentrasjon av Hg^{2+} med og utan mose, og prosentvis opptak kystnedbør.

Målt konsentrasjon				
Teoretisk [Hg] ($\mu\text{g/l}$)	n	Med mose (C')	Utan mose (C)	Opptak
		[Hg] ($\mu\text{g/l}$)	[Hg] ($\mu\text{g/l}$)	%
10	1	5,53	9,76	43,4
20	3	11,7*	20,5	42,9
50	1	30,2	52,1	42,0
100	1	44,2	301**	85,33
200	1	77,8	203	61,7
500	3	134*	544	75,3

* Konsentrasjon oppgitt som gjennomsnitt av tre prøver.

** Grunna den feil under tillaging av denne løysinga, blei dette punktet utelatt frå figur 1 i del 4.2 Batchforsøk i kapittel 4 Resultat og diskusjon.

Tabell 3H. Konsentrasjon av salt i fortynna kunstig løysing av kyst-eller innlandsnedbør.

Anion	Kation	Konsentrasjon av salt (mg/L) i fortynna løysing av kystnedbør	Konsentrasjon av salt (mg/L) i fortynna løysing av innlandsnedbør
Cl^-	Na^+	36.76	3.16
SO_4^{2-}	K^+	1.842	0.53
Cl^-	Mg^{2+}	14.03	0.163
SO_4^{2-}	Ca^{2+}	0.5895	2.86

Vedlegg 4. Tabellar for tørkeforsøk

Konsentrasjonen av kvikksølv i blankane blei berekna, det er gitt ein oversikt over dette i tabell 4A. Konsentrasjonen er rekna med gjennomsnittleg innvekt til mosen som blei vege ut til dekomponering, gjennomsnittet av denne var 0,169 g.

Tabell 4A. Konsentrasjon av kvikksølv i elleve blankar.

Blank nummer	[Hg] (mg/kg)
1	<LOD
2	<LOD
3	<LOD
4	<LOD
5	<LOD
6	<LOD
7	<LOD
8	<LOD
9	<LOD
10	<LOD
11	<LOD

Mosen blei vege før, under og etter tørke i tørkeskap. Vektene til prøvene er gitt i tabell 4B. På grunnlag av det prosentvise tapet ved 103°C, blei ein faktor for prøve tørka ved 22°C og ein faktor for prøve tørka ved 60°C i same gruppe, rekna ut. Ein oversikt over dette er gitt i tabell 4C. Målt konsentrasjon i prøver tørka ved 103°C er gitt i tabell 4D.

Tabell 4B Vekt av prøver frå seks mosenett, før og etter tørke i tørkeskap ved 60°C og 103°C, skilnaden i vekt og prosentvis skilnad, der n=1.

Temperatur for tørke	Prøve frå gruppe	Vekt av mose før tørke (g)	Vekt av mose etter tørke (g)	Skilnad i vekt (g)	Skilnad i prosent (%)
60°C	1	0,206	0,195	0,011	5,3
	2	0,201	0,189	0,012	6,0
	3	0,139	0,133	0,006	4,3
	4	0,155	0,149	0,006	3,9
	5	0,202	0,192	0,01	5,0
	6	0,183	0,172	0,011	6,0
103°C	1	0,209	0,195	0,014	6,7
	2	0,199	0,185	0,014	7,0
	3	0,176	0,163	0,013	7,4
	4	0,165	0,153	0,012	7,3
	5	0,180	0,170	0,01	5,6
	6	0,151	0,141	0,01	6,6

Tabell 4C. Konsentrasjonen av kvikksølv oppgitt med vatn og etter korreksjon med faktor i basert på prosentvis tap av vatn i prøve tørka 103°C i same gruppe, der n=1

I prøver tørka ved 22°C				I prøver tørka ved 60°C		
[Hg] mg/kg				[Hg] mg/kg		
Gruppe	Faktor	Med vatn	korrigert	Faktor	Med vatn	korrigert
1	1,07	0,060	0,064	1,01	0,063	0,064
2	1,08	0,053	0,057	1,01	0,061	0,062
3	1,08	0,10	0,11	1,03	0,10	0,10
4	1,08	0,12	0,13	1,04	0,12	0,12
5	1,06	0,10	0,11	1,01	0,12	0,12
6	1,07	0,088	0,090	1,01	0,11	0,11

Tabell 4D. Målt konsentrasjon av kvikksølv i mose prøver tørka i fem timar ved 103°C, der n= 1.

Temperatur	
103°C	
Prøver	[Hg] (mg/kg)
1	0,069
2	0,071
3	0,098
4	0,12
5	0,11
6	0,11

Vedlegg 5. Målt konsentrasjon av grunstoff i mose frå mosenett

Tabell 5A. Vekt og målt konsentrasjon av svovel, scandium, vanadium, krom og jern i mose frå mosenett frå deponiet, sertifisert referanse material, mose frå Nordskogen som frå same batch som mose til mosenett, men ikkje eksponert på deponiet, og i blankar.

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[S] mg/kg	[Sc] mg/kg	[V] mg/kg	[Cr] mg/kg	[Fe] mg/kg
1 (45 cm)	0,396	1,9	0,48	4,4	6	2,3
1 (80cm)	0,414	1,8	0,57	5,6	7,5	2,6
2 (45 cm)	0,407	2	0,56	5,4	6,4	2
2 (80cm)	0,416	2,1	0,66	6,4	8	2,4
3 (45 cm)	0,402	2,1	0,65	6,5	9,2	2,2
3 (80cm)	0,417	2	0,54	5,5	7,7	1,9
4 (45 cm)	0,406	1,8	0,47	4,5	8	1,5
4 (80cm)	0,398	1,8	0,6	5,6	9,9	1,9
5 (45 cm)	0,407	1,9	0,47	4,7	5,2	1,7
5 (80cm)	0,410	1,9	0,57	5,6	6,4	2,1
6 (45 cm)	0,408	1,9	0,79	7,3	7,4	2,8
6 (80cm)	0,408	2	0,93	8,8	10	3,3
7 (45 cm)	0,412	2,2	0,85	8,3	9,2	3
7 (80cm)	0,408	2,1	0,89	8,7	10	3,2
8 (45 cm)	0,408	1,9	0,67	6,4	7,8	2,4
8 (80cm)	0,417	2,2	0,77	7,8	9,3	2,9
9 (45 cm)	0,418	1,8	0,63	6,1	8,5	2,2
9 (80cm)	0,406	1,9	0,85	8,2	11	3,2
10 (45 cm)	0,400	1,7	0,61	6	7,4	2,2
10 (80cm)	0,407	1,9	0,87	8,5	10	3,1

Tabell 5A. Fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[S] mg/kg	[Sc] mg/kg	[V] mg/kg	[Cr] mg/kg	[Fe] mg/kg
11 (45 cm)	0,400	1,6	0,59	5,8	7,1	2
11 (80cm)	0,400	1,7	0,8	7,6	10	2,8
12 (45 cm)	0,416	1,7	0,69	6,9	8,9	2,5
12 (80cm)	0,401	1,8	0,75	7,9	10	2,8
13 (45 cm)	0,407	1,6	0,49	5,1	8,2	1,7
13 (80cm)	0,413	1,6	0,54	5,9	9,9	1,9
14 (45 cm)	0,404	2	0,61	6,9	12	2,2
14 (80cm)	0,407	1,6	0,52	6,1	10	1,9
15 (45 cm)	0,406	1,9	0,5	5,3	7,7	1,8
15 (80cm)	0,411	1,7	0,6	7,1	11	2,3
16 (45 cm)	0,403	1,7	0,48	5,1	6,3	1,6
16 (80cm)	0,408	1,7	0,5	5,6	8	1,8
17 (45 cm)	0,412	1,6	0,32	3	3,6	1,1
17 (80cm)	0,406	1,8	0,46	4,6	6,2	1,6
18 (45 cm)	0,400	1,7	0,38	3,8	5,5	1,3
18 (80cm)	0,400	1,7	0,47	4,5	6,8	1,7
19 (45 cm)	0,409	1,6	0,35	3,7	4,9	1,3
19 (80cm)	0,409	1,7	0,39	4,3	5,7	1,5
20 (45 cm)	0,403	1,8	0,38	3,5	4,6	1,5
20 (80cm)	0,399	1,8	0,4	3,7	4,9	1,4
24 (45 cm)	0,408	1,9	0,57	6,4	9,4	2,1
24 (80 cm)	0,403	1,8	0,67	8,5	13	2,7
25 (45 cm)	0,396	1,7	0,45	5	7,6	1,7
25 (80 cm)	0,407	1,8	0,63	7,3	11	2,4
26 (45cm)	0,408	2,4	0,58	7,9	13	2,4
26 (80cm)	0,404	1,9	0,58	8,3	15	2,4

Tabell 5A fortsetter

Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	Målt konsentrasjon i mosen				
		[S] mg/kg	[Sc] mg/kg	[V] mg/kg	[Cr] mg/kg	[Fe] mg/kg
27 (45cm)	0,403	1,8	0,45	5,1	8,5	1,6
27 (80cm)	0,409	1,6	0,36	4,1	6,5	1,2
28 (45cm)	0,410	2	0,56	6,7	11	2,1
28 (80cm)	0,399	1,8	0,5	5,8	8,5	1,8
29 (45cm)	0,403	1,7	0,47	5,3	8,9	1,7
29 (80cm)	0,409	1,8	0,63	7,1	12	2,2
30 (45cm)	0,409	1,9	0,5	7	14	1,9
30 (80cm)	0,407	1,8	0,68	9,3	23	2,6
31 (45cm)	0,405	2	0,61	7,9	14	2,4
31 (80cm)	0,405	1,8	0,83	11	24	3,4
32 (45cm)	0,404	1,9	0,63	7,7	11	2,4
32 (80cm)	0,410	2,1	0,86	9,7	15	3,3
33 (45cm)	0,401	2	0,64	6,3	8,4	2,3
33 (80cm)	0,405	1,8	0,74	7,5	11	2,8
34 (45cm)	0,412	1,9	0,55	5,6	8,2	2
34 (80cm)	0,397	2	0,7	7,2	10	2,6
35 (45cm)	0,389	2,7	0,86	9,5	12	3,4
35 (80cm)	0,411	2,7	0,83	9,4	13	3,4
36 (45cm)	0,416	2	0,8	7,9	11	3,1
36 (80cm)	0,407	2	0,99	10	17	3,9
37 (45cm)	0,396	2	0,5	5,9	14	2,9
37 (80cm)	0,413	1,8	0,68	7,5	15	3
38 (45cm)	0,402	1,7	0,62	7,7	13	2,7
38 (80cm)	0,402	2,1	1,1	14	30	4,8
39 (45cm)	0,409	2,8	0,81	12	46	3,9
39 (80cm)	0,415	2,7	1	16	53	5

Tabell 5A fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[S] mg/kg	[Sc] mg/kg	[V] mg/kg	[Cr] mg/kg	[Fe] mg/kg
40 (45cm)	0,41	2,1	0,85	12	27	3
40 (80cm)	0,397	1,8	1	14	33	3,7
41 (45cm)	0,419	2	1,1	10	16	3,7
41 (80cm)	0,415	2,4	1,3	12	25	4,8
43 (45cm)	0,421	1,8	0,5	6,5	11	1,9
43 (80 cm)	0,421	2,2	0,74	10	18	2,9
44 (45cm)	0,404	2,1	0,66	8,8	14	2,5
44 (80 cm)	0,413	2	0,74	10	18	2,9
45 (45cm)	0,413	1,8	0,48	5,7	7,9	1,8
45 (80 cm)	0,401	2	0,57	7,5	11	2,3
46 (45 cm)	0,404	1,8	0,83	8,2	14	3,1
47 (45 cm)	0,404	2	0,69	8,5	13	2,8
47 (80 cm)	0,405	1,9	0,73	8,6	13	3
48 (45 cm)	0,420	2,3	1	21	18	4,4
48 (80 cm)	0,400	1,9	0,86	12	15	3,6
49 (45 cm)	0,405	1,7	0,47	5,3	8	1,7
49 (80 cm)	0,419	1,9	0,65	7,1	10	2,4
50 (45 cm)	0,418	0,79	0,21	2,6	4	0,83
50 (80 cm)	0,406	2	0,59	7,4	10	2,3
51 (45 cm)	0,411	1,8	0,51	5,6	7,8	1,9
51 (80 cm)	0,419	1,9	0,6	6,9	9,8	2,2
52 (45 cm)	0,418	1,8	0,54	6	9	2
52 (80 cm)	0,413	1,9	0,75	7,7	11	2,7
53 (45 cm)	0,406	2,1	0,63	5,9	8,6	2,3
53 (80 cm)	0,405	2,1	0,65	6,1	9,5	2,4
54 (45 cm)	0,416	2,4	0,68	7,6	12	2,6
54 (80 cm)	0,410	2,5	0,7	8,5	14	2,8

Tabell 5A fortsetter

Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	Målt konsentrasjon i mosen				
		[S] mg/kg	[Sc] mg/kg	[V] mg/kg	[Cr] mg/kg	[Fe] mg/kg
55 (45 cm)	0,399	1,8	0,87	9,5	16	3,6
55 (80 cm)	0,404	1,6	0,76	8,3	13	3
56 (45 cm)	0,390	1,7	0,43	4,8	10	3,5
56 (80 cm)	0,396	1,9	0,52	6,1	13	4,3
58 (45 cm)	0,406	2	0,61	6,7	11	3,5
58 (80 cm)	0,411	2	0,77	8,3	13	4,6
59 (45 cm)	0,412	2	0,43	4,9	6,2	2
59 (80 cm)	0,410	2	0,47	5,4	6,5	2,1
60 (45 cm)	0,403	2,1	1	7,9	9,2	3,4
60 (80 cm)	0,416	2,3	0,79	7,1	8,1	2,9
61 (45 cm)	0,402	1,9	0,73	6,4	8	2,7
61 (80 cm)	0,405	1,7	0,79	6,9	8,7	2,9
62 (45 cm)	0,398	1,8	0,6	5,7	8,7	2,5
63 (45 cm)	0,415	1,7	0,78	7,9	47	14
64 (45 cm)	0,408	1,9	0,69	8,7	29	5,2
64 (80 cm)	0,406	1,8	0,72	9,9	33	5,5
66 (45 cm)	0,403	2,3	0,54	8,2	11	4,3
66 (80 cm)	0,412	2,1	0,5	5,6	7,7	2,2
Referanse 1	0,412	1,9	0,33	3,5	4,6	1,2
Referanse 2	0,415	2,1	0,39	4,4	6,2	1,5
Referanse 3	0,407	2	0,57	5,6	6,2	2,2
Referanse 4	0,417	1,7	0,25	3	2,7	0,92
Referanse 5	0,405	1,3	0,2	1,9	2	0,67
Referanse 6	0,413	1,7	0,29	3,3	3	1

Tabell 5A fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[S] mg/kg	[Sc] mg/kg	[V] mg/kg	[Cr] mg/kg	[Fe] mg/kg
Mose Nordskogen 1	0,435	1,4	0,18	1,8	1,2	0,6
Mose Nordskogen 2	0,427	1,8	0,043	1,2	<LD	0,017
Mose Nordskogen 3	0,42	1,5	0,21	2,1	1,7	0,73
Blank 1	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 2	0,407	<0,01	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 3	0,407	<0,01	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 4	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 5	0,407	<0,01	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 6	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 7	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 8	0,407	<0,01	<LD	<LD	<LD	<0,008
Blank 9	0,407	<0,01	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 10	0,407	<0,01	<LD	<LD	<LD	<0,008
Blank 11	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
SRM 1575	0,316	1,2	0,044	0,4	2,4	0,19
SRM 1575	0,218	1,2	0,041	0,4	2,4	0,17
SRM 1515	0,207	2	0,029	0,24	<LD	0,075
SRM 1570a	0,232	5,2	0,056	0,56	1,6	0,22

Tabell 5B. Vekt og målt konsentrasjon av kobolt, kopar, arsen, sølv og kadmium i mose frå mosenett frå deponiet, sertifisert referanse material, mose frå Nordskogen som frå same batch som mose til mosenett, men ikkje eksponert på deponiet, og i blankar.

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Co] mg/kg	[Cu] mg/kg	[As] mg/kg	[Ag] mg/kg	[Cd] mg/kg
1 (45 cm)	0,396	1,6	36	1,3	0,047	0,25
1 (80cm)	0,414	1,8	39	1,2	0,06	0,25
2 (45 cm)	0,407	1,4	18	0,54	0,056	0,22
2 (80cm)	0,416	1,7	23	0,61	0,069	0,27
3 (45 cm)	0,402	1,3	19	0,56	0,053	0,25
3 (80cm)	0,417	1,2	20	0,46	0,051	0,24
4 (45 cm)	0,406	0,84	13	0,33	0,028	0,2
4 (80cm)	0,398	1,1	15	0,45	0,036	0,29
5 (45 cm)	0,407	0,97	16	0,41	0,03	0,22
5 (80cm)	0,410	1,3	22	0,5	0,042	0,27
6 (45 cm)	0,408	1,6	23	0,53	0,054	0,2
6 (80cm)	0,408	2,3	41	0,64	0,086	0,24
7 (45 cm)	0,412	1,9	36	0,7	0,1	0,25
7 (80cm)	0,408	2,1	43	0,71	0,13	0,28
8 (45 cm)	0,408	1,4	20	0,57	0,051	0,19
8 (80cm)	0,417	1,8	35	0,63	0,07	0,21
9 (45 cm)	0,418	1,4	18	0,52	0,038	0,27
9 (80cm)	0,406	2,1	40	0,55	0,047	0,23
10 (45 cm)	0,400	1,3	19	0,43	0,034	0,19
10 (80cm)	0,407	2	38	0,54	0,068	0,19

Tabell 5B. Fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Co] mg/kg	[Cu] mg/kg	[As] mg/kg	[Ag] mg/kg	[Cd] mg/kg
11 (45 cm)	0,400	1,2	17	0,37	0,03	0,21
11 (80cm)	0,400	1,9	24	0,53	0,06	0,24
12 (45 cm)	0,416	1,4	21	0,43	0,035	0,17
12 (80cm)	0,401	1,7	29	0,51	0,041	0,23
13 (45 cm)	0,407	1	14	0,37	0,023	0,2
13 (80cm)	0,413	1,2	16	0,4	0,027	0,19
14 (45 cm)	0,404	1,3	17	0,47	0,029	0,16
14 (80cm)	0,407	1,1	17	0,41	0,031	0,16
15 (45 cm)	0,406	1	16	0,4	0,041	0,22
15 (80cm)	0,411	1,4	23	0,49	0,039	0,23
16 (45 cm)	0,403	0,89	14	0,37	0,036	0,24
16 (80cm)	0,408	1,1	17	0,44	0,032	0,2
17 (45 cm)	0,412	0,61	11	0,27	0,019	0,15
17 (80cm)	0,406	0,9	15	0,36	0,026	0,22
18 (45 cm)	0,400	0,78	13	0,28	0,026	0,22
18 (80cm)	0,400	0,96	16	0,32	0,027	0,22
19 (45 cm)	0,409	0,71	13	0,33	0,023	0,16
19 (80cm)	0,409	0,83	14	0,35	0,03	0,17
20 (45 cm)	0,403	0,77	12	0,27	0,025	0,33
20 (80cm)	0,399	0,81	12	0,28	0,023	0,43
24 (45 cm)	0,408	1,6	20	0,61	0,045	0,19
24 (80 cm)	0,403	2	40	0,76	0,066	0,25
25 (45 cm)	0,396	1,3	17	0,53	0,053	0,23
25 (80 cm)	0,407	1,9	27	0,73	0,058	0,31
26 (45cm)	0,408	1,4	26	0,54	0,049	0,19
26 (80cm)	0,404	1,5	31	0,58	0,054	0,21

Tabell 5B fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Co] mg/kg	[Cu] mg/kg	[As] mg/kg	[Ag] mg/kg	[Cd] mg/kg
27 (45cm)	0,403	0,99	15	0,41	0,031	0,16
27 (80cm)	0,409	0,76	12	0,33	0,024	0,16
28 (45cm)	0,410	1,3	22	0,53	0,04	0,23
28 (80cm)	0,399	1,1	17	0,45	0,032	0,22
29 (45cm)	0,403	1	15	0,39	0,029	0,19
29 (80cm)	0,409	1,5	21	0,49	0,034	0,21
30 (45cm)	0,409	1,2	17	0,48	0,036	0,21
30 (80cm)	0,407	1,7	20	0,6	0,04	0,23
31 (45cm)	0,405	1,5	24	0,51	0,037	0,19
31 (80cm)	0,405	2,2	44	0,68	0,055	0,26
32 (45cm)	0,404	1,4	23	0,53	0,034	0,31
32 (80cm)	0,410	2	30	1,1	0,043	0,21
33 (45cm)	0,401	1,4	20	0,48	0,031	0,22
33 (80cm)	0,405	1,8	28	0,52	0,056	0,25
34 (45cm)	0,412	1,2	17	0,38	0,029	0,18
34 (80cm)	0,397	1,6	25	0,47	0,033	0,18
35 (45cm)	0,389	2	54	0,85	0,071	0,23
35 (80cm)	0,411	1,9	57	0,83	0,076	0,22
36 (45cm)	0,416	1,8	30	0,74	0,04	0,2
36 (80cm)	0,407	2,5	58	0,79	0,059	0,21
37 (45cm)	0,396	1,9	51	1,4	0,055	0,27
37 (80cm)	0,413	2,1	49	1,1	0,057	0,29
38 (45cm)	0,402	2,4	37	1	0,1	0,26
38 (80cm)	0,402	3	69	1,7	0,18	0,29
39 (45cm)	0,409	3,2	50	3,9	0,27	0,47
39 (80cm)	0,415	3,1	77	3,4	0,35	0,27

Tabell 5B fortsetter

Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	Målt konsentrasjon i mosen				
		[Co] mg/kg	[Cu] mg/kg	[As] mg/kg	[Ag] mg/kg	[Cd] mg/kg
40 (45cm)	0,410	2,1	27	1,1	0,087	0,25
40 (80cm)	0,397	2,5	40	1,1	0,1	0,27
41 (45cm)	0,419	2,4	22	1,7	0,11	0,45
41 (80cm)	0,415	3,1	38	2,1	0,15	0,41
43 (45cm)	0,421	1,1	17	0,51	0,045	0,19
43 (80 cm)	0,421	1,9	27	0,71	0,052	0,22
44 (45cm)	0,404	1,7	23	0,69	0,073	0,22
44 (80 cm)	0,413	2	28	0,82	0,06	0,27
45 (45cm)	0,413	1,3	18	0,52	0,061	0,18
45 (80 cm)	0,401	1,5	24	0,58	0,063	0,18
46 (45 cm)	0,404	6,3	28	0,74	0,058	0,3
47 (45 cm)	0,404	1,9	30	0,71	0,11	0,2
47 (80 cm)	0,405	2	31	0,73	0,1	0,23
48 (45 cm)	0,420	3,3	77	1,7	2,2	0,32
48 (80 cm)	0,400	2,5	53	1,2	1,4	0,32
49 (45 cm)	0,405	1,9	17	0,52	0,048	0,2
49 (80 cm)	0,419	2,2	23	0,61	0,063	0,24
50 (45 cm)	0,418	0,49	8,2	0,23	0,021	0,08
50 (80 cm)	0,406	1,5	28	0,79	0,067	0,3
51 (45 cm)	0,411	1,2	17	0,57	0,047	0,23
51 (80 cm)	0,419	1,4	23	0,65	0,064	0,23
52 (45 cm)	0,418	1,3	18	0,69	0,11	0,2
52 (80 cm)	0,413	1,8	24	0,91	0,16	0,29
53 (45 cm)	0,406	1,5	17	0,89	0,067	0,26
53 (80 cm)	0,405	1,6	19	0,9	0,05	0,3
54 (45 cm)	0,416	1,7	23	1,1	0,065	0,27
54 (80 cm)	0,410	1,9	28	1,1	0,075	0,29

Tabell 5B fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Co] mg/kg	[Cu] mg/kg	[As] mg/kg	[Ag] mg/kg	[Cd] mg/kg
55 (45 cm)	0,399	2,3	60	1,6	0,14	0,28
55 (80 cm)	0,404	2	51	1,3	0,11	0,26
56 (45 cm)	0,390	2,2	95	2,7	0,073	0,3
56 (80 cm)	0,396	2,8	140	3,3	0,14	0,32
58 (45 cm)	0,406	2,2	86	1,7	0,1	0,27
58 (80 cm)	0,411	2,7	110	2,5	0,13	0,3
59 (45 cm)	0,412	1,1	26	0,78	0,058	0,23
59 (80 cm)	0,410	1,3	29	0,78	0,057	0,31
60 (45 cm)	0,403	3	23	0,75	0,072	0,23
60 (80 cm)	0,416	2,5	26	0,73	0,078	0,25
61 (45 cm)	0,402	2	27	0,89	0,06	0,25
61 (80 cm)	0,405	2,3	29	0,96	0,067	0,25
62 (45 cm)	0,398	1,8	30	1,1	0,06	0,21
63 (45 cm)	0,415	13	810	18	0,5	1
64 (45 cm)	0,408	5,8	150	3,6	0,13	0,36
64 (80 cm)	0,406	6	170	3,3	0,14	0,34
66 (45 cm)	0,403	1,4	56	1,3	0,12	0,33
66 (80 cm)	0,412	1,2	22	0,52	0,045	0,29
Referanse 1	0,412	0,66	15	0,31	0,025	0,16
Referanse 2	0,415	0,78	19	0,41	0,028	0,15
Referanse 3	0,407	1,2	24	0,43	0,025	0,2
Referanse 4	0,417	0,47	11	0,51	0,023	0,19
Referanse 5	0,405	0,33	8,6	0,17	0,026	0,17
Referanse 6	0,413	0,53	13	0,33	0,027	0,16

Tabell 5B fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen				
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Co] mg/kg	[Cu] mg/kg	[As] mg/kg	[Ag] mg/kg	[Cd] mg/kg
Mose Nordskogen 1	0,435	0,31	7,9	0,12	0,014	0,15
Mose Nordskogen 2	0,427	0,13	5,4	0,13	0,014	0,16
Mose Nordskogen 3	0,420	0,34	8,1	0,15	0,015	0,17
Blank 1	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 2	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 3	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 4	0,407	<LD	<0,3	<LD	<LD	<LD
Blank 5	0,407	<LD	<0,3	<LD	<LD	<LD
Blank 6	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 7	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 8	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 9	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 10	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 11	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
SRM 1575	0,316	0,12	2,9	0,21	0,014	0,27
SRM 1575	0,218	0,11	2,8	0,21	0,014	0,18
SRM 1515	0,207	0,1	5,5	0,039	0,0027	0,011
SRM 1570a	0,232	0,38	12	0,071	0,022	2,8

Tabell 5C Vekt og målt konsentrasjon av tinn, antimon, kvikksølv og bly i mose frå mosenett frå deponiet, sertifisert referanse material, mose frå Nordskogen som frå same batch som mose til mosenett, men ikkje eksponert på deponiet, og i blankar.

		Målt konsentrasjon i mosen			
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Sn] mg/kg	[Sb] mg/kg	[Hg] mg/kg	[Pb] mg/kg
1 (45 cm)	0,396	2	0,73	0,073	12
1 (80cm)	0,414	2	0,97	0,089	15
2 (45 cm)	0,407	1	0,5	0,079	7
2 (80cm)	0,416	1	0,56	0,095	8,3
3 (45 cm)	0,402	1	0,36	0,082	6,9
3 (80cm)	0,417	1	0,57	0,086	7,1
4 (45 cm)	0,406	1	0,37	0,062	4,7
4 (80cm)	0,398	1	0,34	0,069	5,3
5 (45 cm)	0,407	1	0,62	0,071	4,9
5 (80cm)	0,410	2	0,95	0,083	6,7
6 (45 cm)	0,408	2	0,59	0,079	6,4
6 (80cm)	0,408	3	0,62	0,096	9,6
7 (45 cm)	0,412	3	0,97	0,092	11
7 (80cm)	0,408	3	1	0,098	11
8 (45 cm)	0,408	2	0,74	0,075	6,2
8 (80cm)	0,417	3	1,2	0,094	8,7
9 (45 cm)	0,418	1	0,67	0,059	7,9
9 (80cm)	0,406	4	1,5	0,094	8
10 (45 cm)	0,400	2	0,83	0,07	5,4
10 (80cm)	0,407	3	1,3	0,087	7,6

Tabell 5C Fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen			
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Sn] mg/kg	[Sb] mg/kg	[Hg] mg/kg	[Pb] mg/kg
11 (45 cm)	0,400	2	0,72	0,073	4,8
11 (80cm)	0,400	2	0,76	0,079	6,8
12 (45 cm)	0,416	2	0,86	0,078	5,7
12 (80cm)	0,401	3	1,1	0,09	7,1
13 (45 cm)	0,407	1	0,48	0,062	4,9
13 (80cm)	0,413	1	0,59	0,067	4,5
14 (45 cm)	0,404	2	0,69	0,076	5,2
14 (80cm)	0,407	1	0,71	0,066	4,8
15 (45 cm)	0,406	1	0,66	0,075	5,2
15 (80cm)	0,411	2	0,89	0,083	7,1
16 (45 cm)	0,403	1	0,45	0,058	4,1
16 (80cm)	0,408	2	0,74	0,074	5,1
17 (45 cm)	0,412	1	0,35	0,051	3
17 (80cm)	0,406	1	0,59	0,065	4,7
18 (45 cm)	0,400	1	0,52	0,06	3,4
18 (80cm)	0,400	1	0,64	0,068	3,8
19 (45 cm)	0,409	1	0,45	0,061	3,7
19 (80cm)	0,409	1	0,55	0,066	4,2
20 (45 cm)	0,403	1	0,4	0,058	3,1
20 (80cm)	0,399	1	0,41	0,058	3,1
24 (45 cm)	0,408	2	0,83	0,08	7,5
24 (80 cm)	0,403	3	1,1	0,1	13
25 (45 cm)	0,396	1	0,56	0,074	6,9
25 (80 cm)	0,407	2	1,1	0,097	15
26 (45cm)	0,408	2	0,99	0,083	7,6
26 (80cm)	0,404	3	1,4	0,096	9,2

Tabell 5C fortsetter

Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	Målt konsentrasjon i mosen			
		[Sn] mg/kg	[Sb] mg/kg	[Hg] mg/kg	[Pb] mg/kg
27 (45cm)	0,403	1	0,68	0,071	5,1
27 (80cm)	0,409	1	0,48	0,059	4,2
28 (45cm)	0,410	2	1,1	0,083	6,6
28 (80cm)	0,399	1	0,8	0,083	5,3
29 (45cm)	0,403	1	0,64	0,067	5,1
29 (80cm)	0,409	2	0,87	0,073	5,9
30 (45cm)	0,409	1	0,59	0,069	5,1
30 (80cm)	0,407	2	0,52	0,076	6,5
31 (45cm)	0,405	2	0,92	0,078	6,1
31 (80cm)	0,405	3	1,1	0,092	9,5
32 (45cm)	0,404	2	1	0,082	7,8
32 (80cm)	0,410	3	1,1	0,089	7,2
33 (45cm)	0,401	2	0,76	0,078	5,7
33 (80cm)	0,405	2	0,86	0,082	7,4
34 (45cm)	0,412	1	0,61	0,069	4,6
34 (80cm)	0,397	2	0,87	0,076	5,8
35 (45cm)	0,389	5	1,5	0,12	12
35 (80cm)	0,411	5	1,4	0,13	12
36 (45cm)	0,416	3	1,2	0,084	7,2
36 (80cm)	0,407	4	1,6	0,1	10
37 (45cm)	0,396	3	1,2	0,061	13
37 (80cm)	0,413	3	1,2	0,08	13
38 (45cm)	0,402	3	1	0,079	15
38 (80cm)	0,402	3	0,38	0,14	26
39 (45cm)	0,409	6	0,62	0,12	48
39 (80cm)	0,415	7	0,87	0,16	74

Tabell 5C fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen			
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Sn] mg/kg	[Sb] mg/kg	[Hg] mg/kg	[Pb] mg/kg
40 (45cm)	0,410	1	0,25	0,097	13
40 (80cm)	0,397	1	0,2	0,11	17
41 (45cm)	0,419	1	0,14	0,064	10
41 (80cm)	0,415	2	0,38	0,1	16
43 (45cm)	0,421	1	0,54	0,065	5,5
43 (80 cm)	0,421	2	0,47	0,089	9,4
44 (45cm)	0,404	2	0,71	0,09	8,4
44 (80 cm)	0,413	2	0,67	0,092	9,3
45 (45cm)	0,413	1	0,71	0,073	6,1
45 (80 cm)	0,401	2	0,8	0,087	7,8
46 (45 cm)	0,404	2	1,1	0,089	9,9
47 (45 cm)	0,404	3	0,98	0,089	8,9
47 (80 cm)	0,405	3	1	0,092	10
48 (45 cm)	0,42	4	0,68	0,098	29
48 (80 cm)	0,400	3	1,1	0,1	17
49 (45 cm)	0,405	1	0,99	0,071	6,4
49 (80 cm)	0,419	2	1,2	0,087	8,7
50 (45 cm)	0,418	1	0,44	0,036	3
50 (80 cm)	0,406	2	1,3	0,11	11
51 (45 cm)	0,411	1	0,69	0,082	6,4
51 (80 cm)	0,419	2	0,97	0,091	9,3
52 (45 cm)	0,418	1	0,62	0,072	7,5
52 (80 cm)	0,413	2	0,86	0,093	10
53 (45 cm)	0,406	1	0,54	0,093	8,1
53 (80 cm)	0,405	1	0,61	0,093	9,6
54 (45 cm)	0,416	2	0,89	0,094	9,3
54 (80 cm)	0,410	3	1,3	0,11	11

Tabell 5C fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen			
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Sn] mg/kg	[Sb] mg/kg	[Hg] mg/kg	[Pb] mg/kg
55 (45 cm)	0,399	3	1,5	0,076	19
55 (80 cm)	0,404	3	1,5	0,075	16
56 (45 cm)	0,390	4	1,8	0,074	24
56 (80 cm)	0,396	6	2,4	0,092	38
58 (45 cm)	0,406	4	1,6	0,087	25
58 (80 cm)	0,411	5	2,1	0,12	39
59 (45 cm)	0,412	2	0,93	0,081	10
59 (80 cm)	0,410	2	1	0,088	12
60 (45 cm)	0,403	2	0,51	0,079	10
60 (80 cm)	0,416	2	0,78	0,093	11
61 (45 cm)	0,402	2	0,62	0,08	12
61 (80 cm)	0,405	2	0,52	0,077	13
62 (45 cm)	0,398	2	0,73	0,079	13
63 (45 cm)	0,415	4	3,9	0,071	240
64 (45 cm)	0,408	6	2,2	0,1	50
64 (80 cm)	0,406	6	2,6	0,12	55
66 (45 cm)	0,403	2	0,84	0,074	5,8
66 (80 cm)	0,412	2	0,94	0,067	4,9
Referanse 1	0,412	1	0,59	0,076	4
Referanse 2	0,415	2	0,87	0,092	4,7
Referanse 3	0,407	3	1,1	0,09	4,3
Referanse 4	0,417	1	0,44	0,083	3,7
Referanse 5	0,405	1	0,17	0,071	2,3
Referanse 6	0,413	1	0,56	0,086	4,3

Tabell 5C fortsetter

		Målt konsentrasjon i mosen			
Mosenett nummer (høgd over bakken)	innvekt (g)	[Sn] mg/kg	[Sb] mg/kg	[Hg] mg/kg	[Pb] mg/kg
Mose Nordskogen 1	0,435	1	0,15	0,053	2,1
Mose Nordskogen 2	0,427	0,2	0,019	0,047	1,5
Mose Nordskogen 3	0,420	0,8	0,19	0,062	2,5
Blank 1	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 2	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 3	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 4	0,407	<0,04	<LD	<LD	<LD
Blank 5	0,407	<LD	<LD	<LD	<0,12
Blank 6	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 7	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 8	0,407	<LD	<0,022	<LD	<LD
Blank 9	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 10	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
Blank 11	0,407	<LD	<LD	<LD	<LD
SRM 1575	0,316	0,3	0,18	0,13	11
SRM 1575	0,218	0,4	0,17	0,11	10
SRM 1515	0,207	0,1	<0,018	0,043	0,44
SRM 1570a	0,232	0,0	<0,016	0,022	0,23

Vedlegg 6. Kvikksølv i mose frå mosenett

Konsentrasjonen av kvikksølv i blankar blei rekna ut med gjennomsnittet av innvekta til dekomponering for mose frå mosenette, som var 0,407 gr. Resultatet er gitt i tabell 6A.

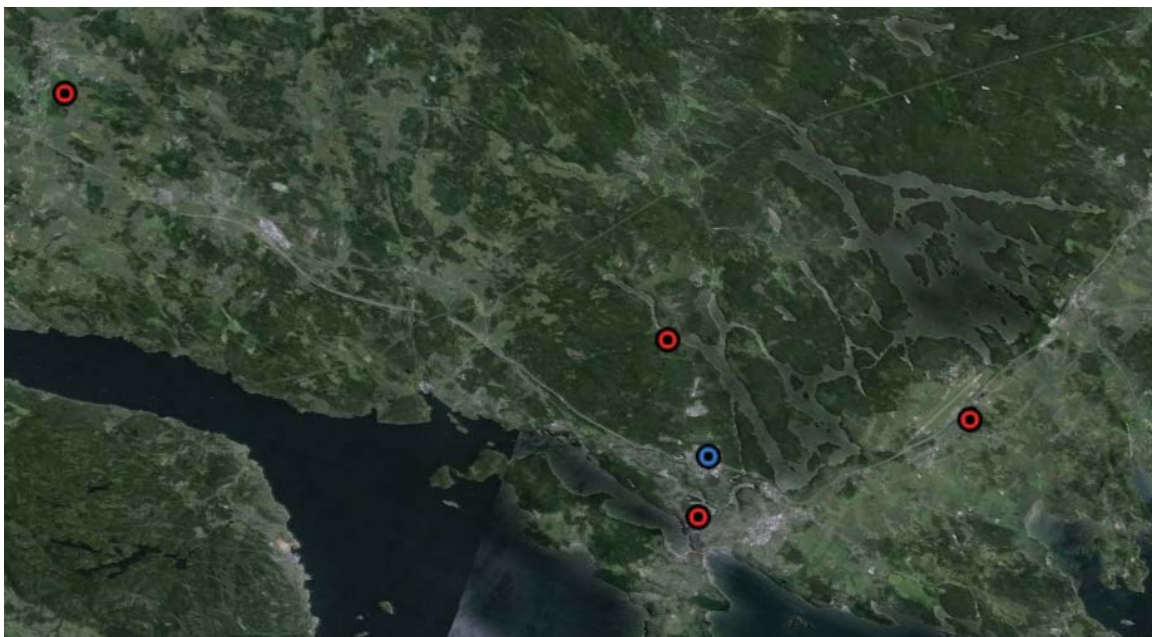
Tabell 6A. Konsentrasjon av kvikksølv i blankar.

Blank nummer	[Hg] (mg/kg)
1	<LOD
2	<LOD
3	<LOD
4	<LOD
5	<LOD
6	<LOD
7	<LOD
8	<LOD
9	<LOD
10	<LOD
11	<LOD

Median for konsentrasjon nett som hang 45 cm og 80 cm over bakken på deponiet, referansenett og mose frå Nordskogen frå same batch som mose til mosenett, blei rekna ut og presentert i tabell 6B. Oversikt over kvar referanse netta er gitt i figur 6.1, der dei raude punkta makerar referansenetta, medan det blå punktet markerar Solgård avfallsplass.

Tabell 6B Median for konsentrasjon av kvikksølv i nette ved høgdene 45 cm og 80 cm over bakken på deponiet, i referansenett og mose frå Nordskogen som ikkje vore eksponert på deponiet, men frå same batch som mose til mosenett.

	[Hg] (mg/kg)
Median nett 45 cm (n=59)	0,076
Median nett 80 cm (n=57)	0,09
Median referanse nett (n=6)	0,085
Gjennomsnitt mose frå Nordskogen (n=3)	0,053
Standardavvik mosen frå Nordskogen	0,0060



Figur 6.1 Dei raude punkta markerar kvar referanse netta var plassert, det blå punktet markerar kvar Solgård avfallsplass ligg.

Vedlegg 7. Tinn i mose frå mosenett

Konsentrasjonen av tinn i blankar blei rekna ut med gjennomsnittet av innvekta til dekomponering for mose frå mosenette, som var 0,407 gr. Resultatet er gitt i tabell 7A.

Tabell 7A. Konsentrasjon av tinn i blankar.

Blank nummer	[Sn] (mg/kg)
1	<LOD
2	<LOD
3	<LOD
4	<LOD
5	<LOD
6	<LOD
7	<LOD
8	<LOD
9	<LOD
10	<LOD
11	<LOD

Tabell 7B Median for konsentrasjon av tinn i nett ved høgdene 45 cm og 80 cm over bakken på deponiet, i referansenett og mose frå Nordskogen som ikkje vore eksponert på deponiet, men frå same batch som mose til mosenett.

	[Sn] (mg/kg)
Median nett 45 cm (n=59)	2
Median nett 80 cm (n=57)	2
Median referanse nett (n=6)	1
Gjennomsnitt mose frå Nordskogen (n=3)	0,5
Standardavvik mosen frå Nordskogen	0,3



Noregs miljø- og
biovitenskaplege
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no