

Studie av kvikksølv, svovel og naturlig organisk materiale i jord i Ny-Ålesund, Svalbard.

**Marit Elisabeth Fors
Damhaug**

Master i realfag
Innlevert: desember 2014
Hovedveileder: Øyvind Mikkelsen, IKJ

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for kjemi

FORORD

Denne masteroppgaven er avslutningen på lektorstudiet i realfag ved NTNU under linjen biologi og kjemi med kjemi som hovedfag. Masteroppgaven er utført av Marit Damhaug ved Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk, NTNU.

Oppgaven er formulert i samarbeid med veileder. Tittelen på oppgaven er: ”Studie av kvikksølv, svovel og naturlig organisk materiale i jord i Ny-Ålesund, Svalbard.” Målet for oppgaven har vært å kartlegge kvikksølvkonsentrasjoner i overflatejord i Ny-Ålesund og se dette i sammenheng med tidligere studier av kvikksølv i overflatejord.

Jeg ønsker å takke Torunn Berg, Sara Hald, Sigrid Kveli, Eiliv Steinnes og Øyvind Mikkelsen for godt samarbeid, mye nyttig kunnskap og fantastisk turselskap i Ny-Ålesund Figur 1. Takk til Syverin Lierhagen for utføring av ICP-MS analyser. Takk til Øyvind Mikkelsen for god veiledning.



Figur 1: Reisetteamet fra NTNU tar lunsjpause utenfor Nilsebu ved Bayelva Ny-Ålesund, Svalbard. Fra venstre: Torunn Berg, Sara Hald, Sigrid Kveli, Øyvind Mikkelsen, Eiliv Steinnes. Fotograf: Marit Damhaug.

Sammendrag

I denne oppgaven presenteres resultater fra kartlegging av metaller, svovel og organisk materiale i jordprøver av humusrik overflatejord (humusjordprøver) og fra mineralrik dypere jord (mineraljordprøver).

Hovedfokuset har vært å se på konsentrasjonen av kvikksølv i humusrik overflatejord og sammenlikne med verdier fra tilsvarende undersøkelser utført på fastlandet i Norge. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv ($0,109\mu\text{g/g}$) avviker i liten grad fra verdier funnet i tilsvarende undersøkelser utført på fastlandet i Norge ($0,14\text{-}0,20\mu\text{g/g}$ [27]). Dette tyder på at det ikke akkumuleres mer Hg i arktiske områder enn i Norge.

Det ble også utført kartlegging av andre metaller og av svovel, i både humusrik overflatejord og i mineralrik dypere jord. Gjennomsnittskonsentrasjonene i humusjord i Ny-Ålesund ble funnet til å være 2,30 for As, 14,1 for Pb, 0,479 for Cd, 0,109 for Hg, 9,64 for Cu, 68,6 for Zn, 13,9 for Cr, 9,46 for Ni, 260 for Mn, 8930 for Fe, 11800 for Al, og 1570 for S, hvor alle verdiene er oppgitt i $\mu\text{g/g}$. For mineraljorda ble gjennomsnittskonsentrasjonene funnet til å være 5,42 for As, 12,8 for Pb, 0,175 for Cd, 0,0222 for Hg, 16,5 for Cu, 59,1 for Zn, 40,4 for Cr, 22,3 for Ni, 27000 for Fe, 32400 for Al, 512 for Mn og 470 for S, hvor alle verdiene er oppgitt i $\mu\text{g/g}$, (Tabell 4.1).

Konsentrasjonene ble sammenliknet med verdier fra tidligere studier utført i Ny-Ålesund, Svalbard. Det ble funnet at resultatene fra de tidligere studiene av Hg ($0,28\mu\text{g/g}$) [10] var høyere enn konsentrasjonene funnet i denne studien. Dette antas å skyldes at mange av prøvene ble samlet i nærheten av antropogene kilder som bebyggelse og flystripe, mens det i denne studien ble bevisst tatt prøver for å unngå antropogen forurensning.

Abstract

In this paper the content of elements and organic matter in samples of humus rich surface soil and from mineral rich deeper soil.

The main focus has been to study mercury concentrations in humic-rich surface soil and compare these to similar studies done in the mainland of Norway. The results shows that the average concentration of mercury ($0,109\mu\text{g/g}$) differs little from the values found in studies of soils from the mainland of Norway ($0,14$ to $0,20\mu\text{g/g}$ [27]).

It was also performed an analysis of other metals and sulfur, in the humus rich surface soil and mineral rich deeper soil. Average concentrations in humus soil in Ny-Ålesund was found to be 2,30 for As, 14,1 for Pb, 0,479 for Cd, 0,109 for Hg, 9,64 for Cu, 68,6 for Zn, 13,9 for Cr, 9,46 for Ni, 260 for Mn, 8930 for Fe, 11800 for Al, og 1570 for S, where all the values are given in $\mu\text{g/g}$. For mineral soil, average concentrations were found to be 5,42 for As, 12,8 for Pb, 0,175 for Cd, 0,0222 for Hg, 16,5 for Cu, 59,1 for Zn, 40,4 for Cr, 22,3 for Ni, 27000 for Fe, 32400 for Al, 512 for Mn og 470 for S, where all the values are given in $\mu\text{g/g}$ (Tabell 4.1).

Concentrations were compared with values from previous studies in Ny-Ålesund,

Svalbard. The results of the previous studies of Hg ($0,28 \mu\text{g/g}$) [10] were higher than the concentrations found in this study. This may be because the samples were gathered near anthropogenic sources like buildings and the airstrip, while in this study anthropogenic sources were intentionally avoided.

Liste over figurer

1	Reiseteamet fra NTNU tar lunsjpause utenfor Nilsebu ved Bayelva Ny-Ålesund, Svalbard. Fra venstre: Torunn Berg, Sara Hald, Sigrid Kveli, Øyvind Mikkelsen, Eiliv Steinnes. Fotograf: Marit Damhaug.	ii
2.1	Kart over Svalbard (høyre) og over Ny-Ålesund (venstre) med noen stedsnavn [13]	4
2.2	Skjematisk figur av en micelle, hvor vi ser den hydrofobe halen vender inn mot sentrum og den hydro file delen vender utover. . . .	6
2.3	Binding av metallion(M_2^+) til humussubstans, bundet som henholdsvis (a) chelat mellom karboksylgruppe og fenol hydroksylgruppe, (b) som chelat mellom to karboksylgrupper, og (c) som kompleks med en karboksylgruppe	7
2.4	Effekten av pH på adsorpsjon av 10 metallioner fra et jernhydroksid (goethitt) etter 2 timer reaksjon [1].	8
2.5	Figuren viser en skjematisk beskrivelse av biogekjemisk kvikksølvsvyklus. Hg^0 er elementær Hg, Hg^{II} er Hg med oksidasjonstall +2, MMeHg er monometyl-Hg, DMeHg er dimetyl-Hg, HgS er kvikksølvulfid (sinnebar malm) [21].	9

2.6	Figuren viser Hg(II) bundet til løst organisk karbon, monometylkvikksølv (a) og dimetylkvikksølv (b).	10
2.7	Bergkrystall fra kvikksølvholdig mineral, Sinober[3].	13
2.8	Geologisk kart over Ny-Ålesund [9].	14
3.1	Ferdig utskåret humusprøve. Humus lag på omlag 3cm er mørk brun jord like under vegetasjon. Prøven deles i to før plassering i pose.	26
3.2	Ferdig pakke de humusprøver i plastposer med lukkefunksjon	27
3.3	Homogeniseringsmaskin (A), bruk av maskinen (B), ferdig homogenisert prøve (C), oppbevaring av prøve (D)	29
4.1	Kart over området med prøvetakingsområdene, Bayelva vest (A), Bayelva øst (B), London (C), Bøtnbreen (D) og Knudsenheia (E).	34
4.2	Bilder tatt fra prøveområdene, Bayelva, London, Bøtnbreen og Knudsenheia, samme dag som innhenting av prøver. Foto: Marit Damhaug	35
4.3	4.3a Kartet illustrerer forskjell i gjennomsnittskonsentrasjoner av Hg i humus i de fem prøveområdene. Størrelsen på punktene viser ulike konsentrasjoner ($\mu\text{g/g}$) som vises i tegnforklaringen. 4.3b viser forholdet mellom konsentrasjonen av Hg i humus (grønn) og av Hg i mineraljord (blå) som sektordiagram i de fem prøvepunktene.	39
4.4	Stolpediagram, viser forskjell mellom konsentrasjon i humusjord og mineraljord, i %.	48
A.1	Arsen i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av As i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	63

A.2	Aluminium i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Al i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	64
A.3	Kadmium i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cd i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	65
A.4	Krom i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cr i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	66
A.5	Kobber i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cu i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	67
A.6	Jern i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Fe i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	68
A.7	Kvikksølv i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Hg i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	69
A.8	Mangan i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Mn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	70
A.9	Nikkel i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Ni i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	71
A.10	Bly i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Pb i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	72

A.11 Svovel i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av S i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	73
A.12 Sink i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Zn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	74
A.13 Organisk materiale i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon (%) av organisk materiale i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	75
B.1 Arsen i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av As i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	77
B.2 Aluminium i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Al i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	78
B.3 Kadmium i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cd i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	79
B.4 Krom i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cr i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	80
B.5 Kobber i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cu i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	81
B.6 Jern i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Fe i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	82

B.7	Kvikksølv i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Hg i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	83
B.8	Mangan i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Mn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	84
B.9	Nikkel i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Ni i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	85
B.10	Bly i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Pb i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	86
B.11	Svovel i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av S i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	87
B.12	Sink i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Zn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.	88
F.1	Bilder tatt av Bayelva. Foto: Marit Damhaug	98
H.1	Temperaturprogrammet for dekomponering med ultraclave	101
I.1	Viser prøvepunkter fra tidligere studier i Ny-Ålesund [10]	102
I.2	Viser konsentrasjoner av Hg (ng/g) i humusjordprøver i Norge [27]	104

Liste over tabeller

2.1	Oversikt over hovedsammensetning av noen vesentlige mineraler i Ny-Ålesund. Den kjemiske sammensetningen varierer noe fra det som er oppgitt i tabellen, da det finnes undergrupper av mineraler [5]. * X er K, Na eller Ca (vanligvis), Y er Al, Mg eller Fe (kan også være Mn, Cr eller annet) og Z er Si eller Al, men kan også være Fe ³⁺ . ** X er K, Na eller Ca. [5].	15
4.1	Gjennomsnittskonsentrasjoner fra alle prøvene i Ny-Ålesund. Konsentrasjoner i humusjord og mineraljord målt i $\mu\text{g/g}$	38
4.2	Konsentrasjoner i humusjord i område A, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	43
4.3	Konsentrasjoner i humusjord i område B, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	43
4.4	Konsentrasjoner i humusjord i område C, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	43
4.5	Konsentrasjoner i humusjord i område D, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	44
4.6	Konsentrasjoner i humusjord i område E, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	44

4.7	Konsentrasjoner i mineraljord i område A, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	45
4.8	Konsentrasjoner i mineraljord i område B, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	45
4.9	Konsentrasjoner i mineraljord i område C, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	46
4.10	Konsentrasjoner i mineraljord i område D, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	46
4.11	Konsentrasjoner i mineraljord i område E, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	46
4.12	Gjennomsnittskonsentrasjoner i mineraljord og humusjord i alle områdene, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$	47
4.13	Viser gjennomsnitt vanninnhold (%) og total organisk materiale (%) for prøveområdene, Bayelva(A+B), London(C), Bøtnbreen(D) og Knudsenheia(E). Gjennomsnittet er beregnet fra tre prøver fra hvert område (*hvor områdene Bayelva vest (A) og Bayelva øst (B) er slått sammen, og har derfor samme verdi i tabellen). Beregninger og verdier for tørketap og glødetap finnes i (Vedlegg E). . .	50
4.14	Tabellen viser konsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) utasket fra mineraljordprøver i henholdsvis sterk (pH 2) og svak syre (pH 5). Verdier under deteksjonsgrensen (VedleggG) er markert med rød skrift.	50
4.15	Tabellen viser andel (%) utasket fra mineraljordprøver i henholdsvis sterk (pH 2) og svak syre (pH 5). Verdier som er beregnet utifra verdier under deteksjonsgrensen fra ICP-MS analysen er markert i rødt. (Det er kun benyttet prøver som det ble utført ekstraksjon på i disse beregningene)	51

4.16	Korrelasjonsmatrise for alle humusprøvene tatt i område A. R-verdier større enn 0,6 er markert i rødt og mindre enn -0,6 er markert i grønt.	52
4.17	Korrelasjonsmatrise for alle humusprøvene tatt i område A. R-verdier større enn 0,6 er markert i rødt og mindre enn -0,6 er markert i grønt.	53
4.18	Viser normaliseringskonsentrasjoner for Al-normaliserte prøver. Alle konsentrasjonene er dividert med konsentrasjonen av Al.	53
C.1	Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område A, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	90
C.2	Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område B, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	90
C.3	Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område C, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	91
C.4	Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område D, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	91

C.5	Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område E, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	92
C.6	Viser korrelasjonsmatrise for gjennomsnitt i hvert område av humusprøver. Korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	92
D.1	Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område A, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	93
D.2	Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område B, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	94
D.3	Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område C, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	94
D.4	Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område D, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	95

D.5	Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område E, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.	95
D.6	Viser korrelasjonsmatrise for gjennomsnitt i hvert område av mineraljordprøver. Korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn. . .	96
E.1	Tabellen viser beregning og verdier av glødetapsprøver. Merk at prøveområdene i denne tabellen er som følger: A= A+B, altså området rundt bayelva, område B er London, C er Bøtnebreen og D er knudsenheia. Verdiene for organiskmateriale(%) er de som er blitt benyttet i denne oppgaven, samt verdiene for vanninnhold (%).	97
G.1	Deteksjonsgrenser for ICP-MS-analysen målt i $\mu\text{g/g}$	99
I.1	Resultater fra tidligere studier i Ny-Ålesund [10]	103
I.2	Viser konsentrasjoner av Hg i Norge for ulike dybder [28]	105
I.3	Viser konsentrasjoner av flere metaller i jordprøver i Norge [18] . .	106
J.1	Viser t-test mellom Al i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	107
J.2	Viser t-test mellom Cd i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	108
J.3	Viser t-test mellom Cr i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	108
J.4	Viser t-test mellom Cu i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	109

J.5	Viser t-test mellom Fe i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	109
J.6	Viser t-test mellom Hg i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	110
J.7	Viser t-test mellom Ni i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	110
J.8	Viser t-test mellom Mn i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	111
J.9	Viser t-test mellom Pb i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	111
J.10	Viser t-test mellom S i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	112
J.11	Viser t-test mellom Zn i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.	112

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
2	Teori	3
2.1	Svalbard	3
2.2	Jord	4
2.2.1	Organiske forbindelser i jord	5
2.2.2	Adsorpsjon av metaller i jord	7
2.2.3	Kvikksølv i jord	8
2.3	Kilder for metaller i jord	10
2.3.1	Kvikksølvkilder	12
2.3.2	Kilder for metaller i Ny-Ålesund	13
2.4	Tidligere jordstudier	16
2.4.1	Tidligere studier av jord på fastlandet i Norge	16
2.4.2	Tidligere studier i Ny-Ålesund, Svalbard	18
2.5	Prøvetaking og analysemetode	18
2.5.1	Prøvetaking	18
2.5.2	ICP-MS	19
2.5.3	Semikvantitativ bestemmelse av total organisk karbon (TOC)	20
2.6	Statistikk	21

2.6.1	t-test	23
3	Feltarbeid og analysemetode	25
3.1	Feltarbeid	25
3.2	Eksperimentelt	27
3.2.1	Tørking	27
3.2.2	Homogenisering og dekomponering	28
3.2.3	Analyse med ICP-MS	29
3.2.4	Semikvantitativ bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i humusprøvene, ved gravimetrisk metode	30
3.3	Databehandling	30
4	Resultat og diskusjon	33
4.1	Området for prøvetaking	33
4.2	Resultater	37
4.3	Kvikksølv	38
4.3.1	Forskjeller i mineraljord og humus	38
4.3.2	Humusjordprøver	41
4.3.3	Mineraljordprøver	44
4.3.4	Sammenlikning av konsentrasjoner funnet i mineraljord og humusjord	47
4.4	Glødetap	49
4.5	Ekstraksjonsprøver	50
4.6	Korrelasjoner	52
4.7	Normalisering for Al	53
4.8	Feltarbeid og analysemetode	54
5	Konklusjon	56

Referanser	57
A Kartdatabled for overflatejord i Ny-Ålesund	62
B Kartdatabled for mineraljord i Ny-Ålesund	76
C Korrelasjonstabeller for humusprøver	89
D Korrelasjonstabeller for mineraljordprøver	93
E Beregning av glødetap og vanninnhold	97
F Bilde av Bayelva	98
G ICP-MS	99
H Temperaturprogram for ultraclave	100
I Resultater fra andre artikler, brukt til sammenlikninger	102
I.1 Hao, Z., Weng, F. og Yang, H.	102
I.2 Steinnes, E. og Andersson, E. M.	104
I.3 Steinnes, E. og Sjøbakk, T. E.	105
I.4 Nygård, T., Steinnes, E. og Røyset, O.	106
J Statistikk: t-test	107

Kapittel 1

Innledning

Oppgavens utgangspunkt var del av et større prosjekt om Hg-speciering i atmosfæren i arktiske områder. I den forbindelse har det vært interessant å kartlegge Hg-konsentrasjoner i overflatejord (humusjord) i Ny-Ålesund, Svalbard for å sammenlikne disse resultatene med resultater fra tilsvarende undersøkelser på fastlandet i Norge.

Oppgavens overordnede mål var å studere om det generelle kvikksølvinnholdet i jord er en relevant kvikksølvkilde, og om kvikksølvet i jorda spiller en signifikant rolle i bidraget til atmosfærisk kvikksølv i området.

Overflatejord er en viktig kilde til metaller og for andre luftforurensninger. Overflatejord inneholder generelt mye humussubstanser, som har høy kationbyttekapasitet og danner sterke komplekser med visse metaller. Derfor er det relevant å studere overflatejord når en ønsker å se på bidrag fra atmosfærisk avsetning [18].

Kapittel 2

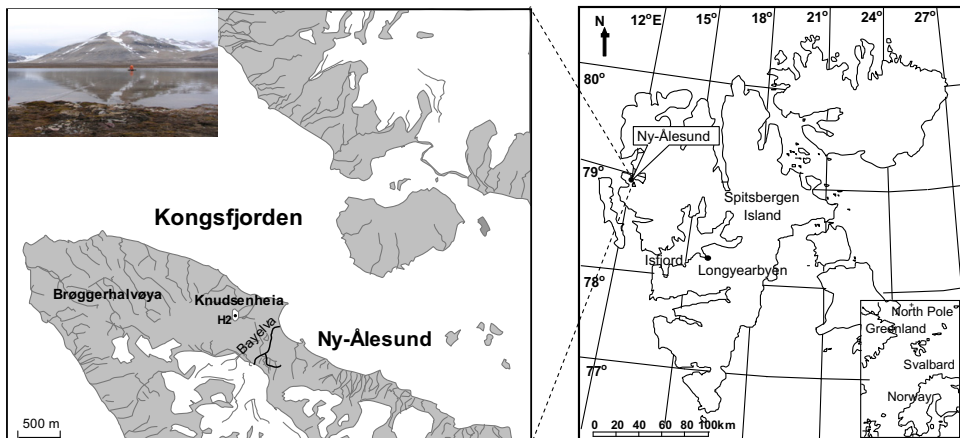
Teori

2.1 Svalbard

Svalbard er en samling av øyer mellom 74°N og 81°N , og 10°Ø og 35°Ø Figur 2.1. Den største øya er Spitsbergen som strekker seg over $38\,000\text{km}^2$ [13]. Longyearbyen er den største byen på Svalbard med ca 2075 innbyggere (2007), og er øygruppas administrasjonssenter og kullgruveby [26]. Ny-Ålesund ligger på vestkysten av Spitsbergen ($78,55^{\circ}\text{N}$ og $11,56^{\circ}\text{Ø}$), på Brøggerhalvøya Figur 2.1 og er hovedsakelig et sentrum for forskning [13].

Svalbard består av et mangfold av geologiske formasjoner og tidsepoker bevart i geologien. For det meste er fjellene uten vegetasjon eller jordsmonn. Den geologiske sammensetningen på Svalbard er mangfoldig, det finnes blant annet bergarter som ble dannet i tropene for mer enn 360 millioner år siden, og forflyttet gjennom kontinentalforskyvning og forskyvninger i jordoverflaten. Tektoniske innsynkning og heving, avsetning og erosjon har gjennom tidene bidratt

til endringer av berggrunnen. Geologiske prosesser på Svalbard er idag i stor grad preget av permafrost og isbreer, men har i perioder i de seneste 2 millioner årene også vært preget av vulkansk aktivitet [6].



Figur 2.1: Kart over Svalbard (høyre) og over Ny-Ålesund (venstre) med noen stedsnavn [13]

2.2 Jord

Den mest vesentlige delen av geosfæren er jord, da alle landlevende organismer er avhengige av jord for å overleve. Jorden påvirkes i svært stor grad av miljøtilstanden og av forurensning, men i noen tilfeller har jorden også evne til å nøytralisere og assimilere forurensning ved at ulike kjemiske og biokjemiske prosesser ufarliggjør skadelige miljøgifter [15].

Selv om det finnes 2000 mineraler er det kun omtrent 25 steindannende mineraler som utgjør mesteparten av jordskorpen. Mesteparten av mineralene er silikater som kvarts og feltspat. Oksygen utgjør 49,5% av jordskorpen, silisium utgjør 25,7%, aluminium 7,4%, jern 4,7%, kalsium 3,6%, natrium 2,8%, kalium 2,6%,

magnesium 2,1% og 1,6% er andre grunnstoff [15].

2.2.1 Organiske forbindelser i jord

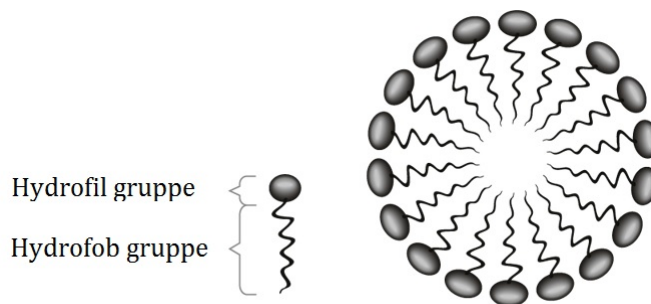
Jord inneholder ulike organiske forbindelser, som humus, fettsyrer, sukkerarter i tillegg til organiske nitrogenforbindelser og fosforforbindelser. Akkumulering av organisk materie påvirkes i stor grad av temperatur og tilgang på oksygen. Siden bionedbrytning avtar med avtagende temperatur, er det en tendens til at konsentrasjonen organisk materie i jorden i kaldere klima øker. I vannfylt jord vil råtnende plantemateriale ha liten tilgang på oksygen, dermed vil organisk materie akkumulere [15].

Jord inneholder ulike sammensetninger av organisk materiale, noe som er med på å gi jorden forskjellige egenskaper. Det er vesentlig å bestemme innhold av organisk materiale i jord ved analyse av jord. Total organisk karbon (TOC, kan benyttes kvalitativt til å anslå prøveområdets natur, eller til å normalisere deler av et analytisk prøvesett [23]. Viktige egenskaper hos organisk materiale:

- Evne til å danne vannløselige og vannuløselige komplekser med metaller og vannholdige oksider
- Evne til interaksjon med leiremineraler og binde partikler sammen
- Evne til å absorbere og skille ut organisk materiale fra både antropogene og naturlige kilder
- Evne til å absorbere og frigjøre plantenutrient
- Evne til å holde vann i jordomgivelsene [23].

Humus utgjør størsteparten av organisk materie i jord og er den mest vesentlige. Humus er uløselig i vann og brytes ned svært sakte. Humussubstansene hu-

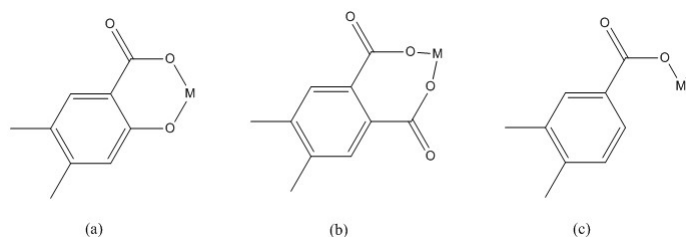
mussyre, fulvosyre og humin, er restene etter bionedbrudt plantemateriale. Disse substansene utgjør humus i jord og er de mest vesentlige komplekseringsagentene som opptrer naturlig [15]. Mesteparten av plantebiomassen består av cellulose og lignin. Lignin består av polymerer av nedbrytningsresistente aromatiske forbindelser. I humus jord finnes lignin bestanddeler og de gir humusjorden mange av de karakteristiske egenskapene. Humus har flere like egenskaper som sitt forstadium, lignin, men inneholder flere karboksylsyregrupper. Humus er amfipatisk, det vil si, det har en hydrofil og en hydrofob ende og vil danne miceller som vist i Figur 2.2 hvor den upolare delen vender mot innsiden og den polare funksjonelle gruppen vender utover [15].



Figur 2.2: Skjematisk figur av en micelle, hvor vi ser den hydrofobe halen vender inn mot sentrum og den hydrofile delen vender utover.

Humussubstansene i jord påvirker jordas egenskaper utenfor proporsjoner i forhold til hvor liten andel av jorden de utgjør. De binder sterkt metaller og holder på mikronærende metallioner, i tillegg til å fungere som buffer i jord. Evnen til å holde på vann øker signifikant med økt innhold av humussubstanser. Absorpsjon av organiske forbindelser i jorden øker og partikkelmengden i jord stabiliseres av humussubstanser. Humusmaterialer har en spesielt høy affinitet til tunge flerverdige kationer og til tungtløslige organiske forbindelser (som f.eks. DDT). Metallene kan bindes som chelat mellom karboksylgruppe og fenol hydroksyl-

gruppe, som chelat mellom to karboksylgrupper, eller som kompleks med en karboksylgruppe Figur 2.3 [15].

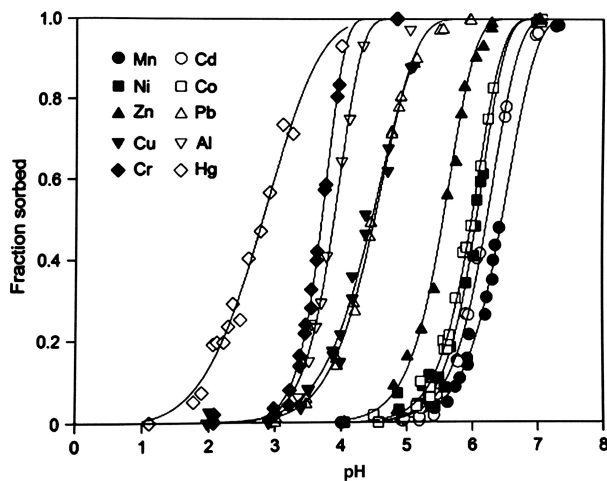


Figur 2.3: Binding av metallion(M_2^+) til humussubstans, bundet som henholdsvis (a) chelat mellom karboksylgruppe og fenol hydroksylgruppe, (b) som chelat mellom to karboksylgrupper, og (c) som kompleks med en karboksylgruppe

Overflatejord er generelt rik på humus, som har høy kationbytterkapasitet og som binder visse metaller sterkere ved kompleksering. Det er nyttig å benytte analyser av organisk overflatejord nettopp for å se på avsetning av metall fra atmosfæren over kortere tidsperioder. Metaller i overflatejorden fra luftforurensning kommer ikke kun fra lokale kilder, men også fra atmosfærisk langtransport [18].

2.2.2 Adsorpsjon av metaller i jord

Både Mn og Fe vannholdige oksider har en høy adsorpsjonsaffinitet til tungmetaller, som bindes som mono- og bidentale overflatekomplekser. Adsorpsjon øker med økt pH (Figur 2.4), som et resultat av mindre konkurranse med H^+ ioner og økt negativt overflatepotensial. Adsorpsjons affiniteten for metaller følger rekken: $Hg > Cr > Al > Pb \approx Cu > Zn > Ni > Cd > Mn(II)$ [1].



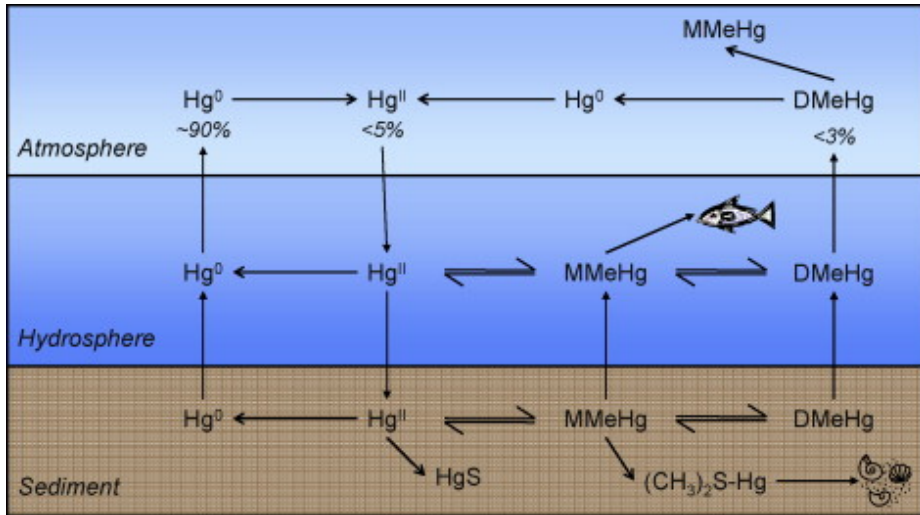
Figur 2.4: Effekten av pH på adsorpsjon av 10 metallioner fra et jernhydroksid (goethitt) etter 2 timer reaksjon [1].

En generell tendens som kan beskrive adsorpsjon i jord er at adsorpsjonssteder for sporelementer forekommer på humus ved lav pH (<6) og på jernoksider ved høy pH (>6) [1].

2.2.3 Kvikksølv i jord

Kvikksølv er en av de mest toksiske grunnstoffene for menneskehelse og økosystem. Alle kvikksølvspecier er giftige, men mest giftig er metylkvikksølv (MeHg) [14]. Kvikksølvutslipp fra både antropogene og naturlige kilder er hovedsakelig i form av elementær kvikksølv (Hg^0), som utgjør mer enn 99% av total atmosfærisk kvikksølv. Andre kvikksølvspecier med oksidasjonstall +1 og +2 dannes ved biogeokjemiske prosesser [21]. Uorganisk Hg(I) har svært lav løselighet i vann og finnes derfor sjelden i vann, men opptrer i jord og sedimenter. Uorganisk Hg(II) danner komplekser eller forbindelser med organiske og/eller uorganiske specier

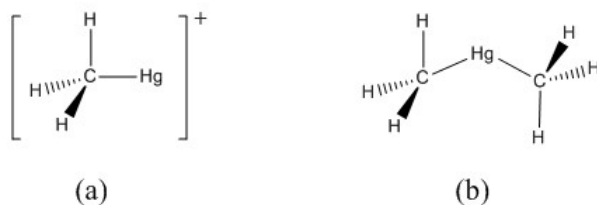
(for eksempel; HgCl_2 , Hg(II)-DOC , HgS) avhengig av den lokale kjemiske sammensetningen [14]. Figur 2.5 viser en skjematisk oversikt over den biogeokjemiske kvikksølvsyklusen[21].



Figur 2.5: Figuren viser en skjematisk beskrivelse av biogeokjemisk kvikksølvsyklus. Hg^0 er elementær Hg, Hg^{II} er Hg med oksidasjonstall +2, MMeHg er monometyl-Hg, DMeHg er dimetyl-Hg, HgS er kvikksølsulfid (sinnear malm) [21].

Mer enn 90% av kvikksølv i overflatevann kommer fra atmosfærisk avsetning. Uorganisk Hg(II) vil gjennom biometylering resultere i dannelse av monometylkvikksølv (MMeHg ; CH_3Hg^+) eller dimetylkvikksølv (DMeHg ; $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$) Figur 2.6 [14].

Uorganisk kvikksølvspesiering kontrollerer i stor grad biologiske prosesser som metylering i jord, sedimenter og overflatevann. Mest relevant er kompleksdannelse med naturlig organisk materiale (NOM), som indirekte bestemmer konsentrasjon av biologisk tilgjengelige uorganiske kvikksølvspesier. Redusert organisk svovel (S) og oksygen/nitrogen (O/N) grupper er involvert i kompleksdannelse av Hg(II) til humussubstanser fra organisk jord [25].



Figur 2.6: Figuren viser Hg(II) bundet til løst organisk karbon, monometylkvikksølv (a) og dimetylkvikksølv (b).

2.3 Kilder for metaller i jord

Tungmetaller og halvmetaller i jord kommer fra jordens opprinnelige materiale (litogen kilde) eller fra ulike antropogene kilder. De litogene kildene er stein eller løsmasser som har dannet mineraljord gjennom forvitring og jordsmonnsdannelse. Grunnstoffsammensetningen i jorden påvirkes således i stor grad av den geologiske opprinnelsen [1]. Antropogene tungmetallkilder kan beskrives som kontaminering, at menneskelig aktivitet fører til flytting av metaller fra et sted til et annet. Eksempel på antropogene kilder er; gruvedrift, smelteverk, byer og jordbruk. Globalt er vanligvis de dominerende kildene til tung metaller i jord, litogene kilder, selv om det også i flere tilfeller påvirkes av antropogen kort- og langtransportert kontaminering. I urbane områder finnes betydelig fler og mer spredte tungmetallkilder som for eksempel bly er et karakteristisk kontamineringsmetall i byjord [1]. Vanligvis vil lokale kontamineringskilder som for eksempel metallsmelteverk gi stort utslag på jord i nærområdet, og jord i industriområder vil være svært forskjellig utifra industriens formål. Antropogen forurensning kan også påvirke områder fjernt fra kilden ved avsetning av atmosfærisk langtransportert aerosol partikler fra forbrenning av fossilt brensel eller andre kilder [1].

Atmosfærisk avsetting

Langtransport kan medføre at partikler fraktes med luftmasser opp til flere tusen kilometer og derfor er atmosfærisk avsetting den mest ekstensive formen for kontaminering. Kilden til metaller avgitt til atmosfæren inkluderer: kull og oljefyrt elektrisitet genererende stasjoner, industrielt utslipp fra smelteverk, støpeverk og annen pyrometallurgisk industri, motordrevne kjøretøy og veistøv fra biler, røyk og annen utslipp fra industri- og boligoppvarming, tilfeldig brann, bål og korrosjon av metaller (som for eksempel sinkbelagte tak). Metallene forekommer ofte som partikler og transporteres vanligvis bare noen få kilometer fra kilden. Til tross for at store områder kan påvirkes er oftest atmosfærisk avsetting svært treg sammenliknet med andre transportmekanismer som vanntransport, jordras eller intensjonell påføring ved sprøyting, gjødsling, eller flytting av masser med høyt innhold av tungmetaller, da den transporterte luften inneholder svært små konsentrasjoner av tungmetaller. Allikevel kan atmosfærisk avsetting være en svært avgjørende for kontamineringen da dette foregår over lengre tid enn de ovenfornevnte transportmekanismene. Forurensning av jord fra atmosfærisk avsetting spres jevnt [1].

Lokal kontaminering

Intensjonell plassering av organisk materiale som husdyrgjødsel og kloakkslam bidrar til lokal kontaminering. Husdyrgjødsel påvirker gårdområder og innhold av tungmetaller avhenger i stor grad av dyreforet. Kloakkslammet er de uløselige restene etter kloakkrensing med svært høyt innhold av nitrogen og fosfor, som gjør det nyttig til bruk i gjødsling av dyrket mark. Kloakkslammet inneholder ofte også store mengder tungmetaller som spres ved slik gjødsling [1].

Kunstgjødsel er hovedkilden til tungmetaller i landbruksjord. Kunstgjødsel in-

neholder signifikante mengder tungmetaller, hvor av noen er mikronutrierter og kan derfor være nyttige for planter i små mengder. Er innholdet av tungmetaller høyt kan det akkumulere i landbruksjorden. Insekticider og fungicider som brukes på dyrkede felter inneholder flere ulike uorganiske og organometalliske forbindelser [1].

2.3.1 Kvikksølvkilder

Naturlige kvikksølvkilder

Kvikksølv finnes naturlig som metall (elementær Hg, nærmere 80% som hydrotermisk eller damp) eller som mineraler. Mest vanlig kvikksølvmineral er sinober (HgS) (Figur 2.7), som vanligvis opptrer i unge orogene belter hvor høytetthetsteiner og mantel presses mot jordskorpen [21]. Kvikksølv fra jordskorpen kan frigjøres gjennom forvitring av berggrunnen og fraktes med elver og kan endre specie avhengig av de biogeokjemiske tilstandene i omgivelsene [11].



Figur 2.7: Bergkrystall fra kvikksølvholdig mineral, Sinober[3].

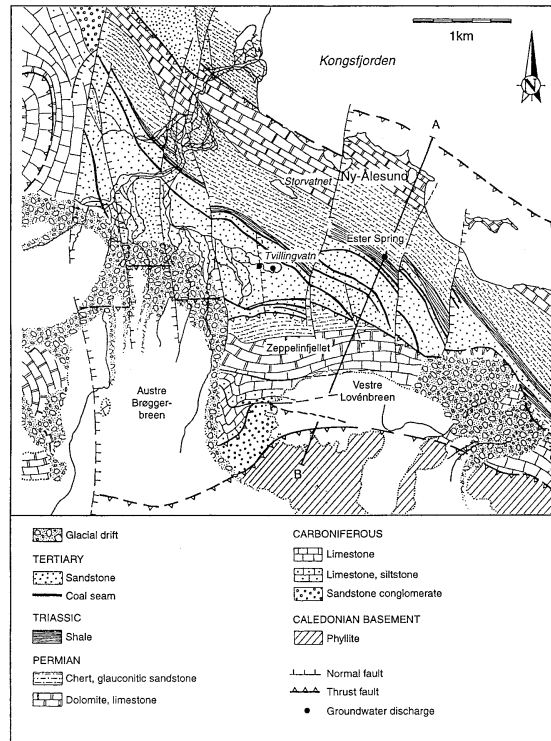
Antropogene kvikksølvkilder

Antropogene kilder til kvikksølvkontaminering på verdensbasis i rekkefølge fra mest relevant til minst fra kartlegging utført i 2010 [19]: Forbrenning av kull, i industri kommersiell og privat fyring. Forbrenning av oljeprodukter, i industri kommersiell og privat fyring. Sementproduksjon. Primær og sekundær bly produksjon. Primær og sekundær sink produksjon. Råjern og stål produksjon. Produksjon av kausisk soda. Kvikksølv produksjon. Gull produksjon. Avfallshåndtering. Andre kilder [19].

2.3.2 Kilder for metaller i Ny-Ålesund

Geologisk sammensetning i Ny-Ålesund

Den geologiske sammensetningen i Ny-Ålesund, er, som på resten av Svalbard, mangfoldig. Det geologiske kartet (Figur 2.8) viser sammensetningen av bergarter i Ny-Ålesund.



Figur 2.8: Geologisk kart over Ny-Ålesund [9].

Bergarter er en samling av en eller flere mineraler og de klassifiseres utifra mineralsammensetning og struktur [5]. Mineraler forekommer naturlig og er homogene, faste, uorganiske stoffer, med bestemt kjemisk sammensetning og krystallstruktur. Visse mineraler består av bestemte systemer hvor den kjemiske sammensetningen kan variere i mineralet. Det finnes mer enn 4600 mineraler, mest forekommende mineral i jordskorpa er feltspat og kvarts [5]. I Ny-Ålesund er sammensetningen av bergarter som vist i Figur 2.8 og mineralsammensetningen i kalkstein (limestone), siltstein (siltstone), skifer (shale), chert, dolomitt (dolomite), sandstein (sandstone) og glaukonitt (glauconit) er beskrevet i Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Oversikt over hovedsammensetning av noen vesentlige mineraler i Ny-Ålesund. Den kjemiske sammensetningen varierer noe fra det som er oppgitt i tabellen, da det finnes undergrupper av mineraler [5]. * X er K, Na eller Ca (vanligvis), Y er Al, Mg eller Fe (kan også være Mn, Cr eller annet) og Z er Si eller Al, men kan også være Fe^{3+} . ** X er K, Na eller Ca. [5].

Tidsperiode	Bergart	Mineral	Kjemisk sammensetning
Tertiær	Sandstein	Kvarts	SiO_2
Trias	Skifer	Ulike leire mineraler og kvarts korn	
	Chert	Finkornet kvarts	SiO_2
Perm	Glaukonitt	Glimmer	$X_2Y_{4-6}Z_8O_{20}(OH,F)_4$ *
	Dolomitt	Dolomitt	$CaMg(CO_3)_2$
	Kalkstein	Kalkspat	$CaCO_3$
Kulltid	Siltstein	Kvarts, feltspat	SiO_2 , $XAl_{(1-2)}Si_{(2-3)}O_8$ **
	Konglomerat sandstein	Ikke et mineral, men betegnelse på forsteinet grus (av sandstein)	

Skifer kan bestå av ulike leiremineraler og kvartskorn, i tillegg til at det ofte inneholder varierende mengder av andre bestanddeler som bestemmer fargen av berggrunnen. En rød eller brun farge indikerer jern(III)oksid eller jern(II)hydroksid [29].

Kilder til kvikksølv i Ny-Ålesund

Kvikksølv er en av hoved forurensningstoffene i det arktiske miljøet og målinger viser at konsentrasjonene øker over tid, særlig i marine økosystem. Kvikksølv forekommer oftest som gass i atmosfæren, nesten utelukkende som elementær Hg^0 med halveringstid på omtrent 6-24 måneder. Dette muliggjør langtransport av kvikksølv, og atmosfæren sørger dermed for en stor del av introduksjonen av

kvikksølv til de arktiske områdene [22].

Mesteparten av atmosfærisk kvikksølvemisjon forekommer i den nordlige hemisfæren. Om høsten og vinteren er kvikksølvkonsentrasjonene stabile. Fra den polare soloppgangen (omtrent 20. februar) kan det observeres økt konsentrasjon av kvikksølv (Hg^0) i atmosfæren. De tre påfølgende månedene varierer konsentrasjonene korrelerende med variasjonene i ozonkonsentrasjon (O_3) [2].

Forbrenning av fossilt brensel er globalt hovedkilde til kvikksølv i atmosfæren, mesteparten som elementærkvikksølv gass. I avgassene vil deler av den elementære kvikksølv gassen (Hg^0) oksideres. Langtransport av kvikksølv med luftmasser fører til spredt kvikksølvavsetning. Omtrent 40% av direkte kvikksølvutslipp i terrestrisk miljø er kvikksølv i flygeaske og bunnaske fra kull [20]. Det antas at høye kvikksølvkonsentrasjoner som er observert i nordlige områder skyldes økt tørravsetning på grunn av kaldt klima [27]. Det finnes ingen kvantitativ kartlegging som beskriver detaljert hvor kvikksølv i Arktisk luft kommer fra. En kan benytte informasjon om andre spormetaller og svovel for å utforme en antagelse om kilder og region kvikksølv i Arktis kommer fra. På denne måten er det funnet at mer en halvparten av luftforurensning målt i Arktis er bidrag fra Eurasia. Dette er selvsagt varierende da det er ulike lokale forurensningskilder [20].

2.4 Tidligere jordstudier

2.4.1 Tidligere studier av jord på fastlandet i Norge

Atmosfærisk transport av kvikksølv gass (Hg^0) er hovedkilden til kvikksølv i overflatejord. Resultater fra jordprøver tatt fra områder hvor hovedtilførsel av vann og næringsstoffer kommer fra nedbør, i seks forskjellige punkter spredt

i Norge (58-69 °N), viser at kvikksølvinnholdet i overflatejord er høyere enn i dypere jordlag. Tendensen viser at det flater ut mot konstant lav konsentrasjon ($0,3 - 0,9\mu\text{gm}^{-2}$) ved dybde tilsvarende omtrent 500 år [28]. Det ble funnet at kvikksølvakkumuleringen i det øverste jordlaget (siste 100 år) med kvikksølvkonsentrasjoner fra 106 til 364ng/g. Prøvene ble samlet ved bruk av kjerneprøvetaker i stål på 30mm. Det ble tatt doble prøvesett og plantemateriale på toppen ble fjernet før prøven ble tatt ut. Prøvene ble lufttørket og homogenisert før analyse med fluorescence spektroskopi. To prøver fra hver kjerne ble datert ved bruk av ^{14}C metoden [28].

Studier av humusjordprøver i Norge viser kvikksølvkonsentrasjoner i området $0,14 \mu\text{g/g}$ i nord til $0,20 \mu\text{g/g}$ i sørøst. Hvor den lille forskjellen i det samlede konsentrasjonen ble antatt å skyldes antropogene kilder i sørøst. Disse prøvene ble tatt ved 3-5cm dyp, hver prøve ble mikset av flere subprøver fra et område på $10 \times 10\text{m}$, tørket knust, siktet og deretter analysert med kald damp atom absorpsjons spektroskopi. Resultatene viser med at atmosfærisk avsetning av kvikksølv fra langtransport er avgjørende for kvikksølvkonsentrasjonen ved nordlige breddegrader [27].

I analyse av overflatejord utført på 464 prøvepunkter i Norge ble konsentrasjon av blant annet følgende stoffer funnet: $7,86\mu\text{g/g}$ av Cr, $330\mu\text{g/g}$ av Mn, $7,46\mu\text{g/g}$ av Ni, $11,6\mu\text{g/g}$ av Cu, $62,4\mu\text{g/g}$ av Zn, $1,44\mu\text{g/g}$ av As. $0,57\mu\text{g/g}$ av Cd og $46,4\mu\text{g/g}$ av Pb . 3cm tykke humus prøver ble tatt ut med stål sylindere med 10cm indre diameter, tørket i papirposer ved 35°C , knust, siktet og analysert for 32 grunnstoff med ICP-MS. Prøver med mindre enn 70% organisk materiale ble ikke tatt med, da målet var å se på bidrag fra atmosfærisk avsetning. Atmosfærisk langtransport av forurensning fra områder utenfor Norge ble funnet til å være hovedkilden til Cd, Sb, Pb, og Bi, og sterkt bidrag til Zn, As, Mo og Tl [18].

2.4.2 Tidligere studier i Ny-Ålesund, Svalbard

Studier utført sommeren 2012 av tungmetaller i Ny-Ålesund viser gjennomsnittkonsentrasjoner som følger: $40,57\mu\text{g/g}$ av Cr, $15,47\mu\text{g/g}$ av Ni, $18,31\mu\text{g/g}$ av Cu, $78,85\mu\text{g/g}$ av Zn, $4,09\mu\text{g/g}$ av As, $0,02\mu\text{g/g}$ av Cd, $0,28\mu\text{g/g}$ av Hg og $9,00\mu\text{g/g}$ av Pb [10]. Hvor det ble samlet 40 prøver av overflatejord spredt i området rundt Ny-Ålesund, (kart over disse prøvepunktene vises i Vedlegg I).

2.5 Prøvetaking og analysemetode

2.5.1 Prøvetaking

Prøvepunktene kan være enten systematisk bestemt eller på grunnlag skjønnsbasert prøvetaking, men aller helst en kombinasjon av disse [17]. Med skjønnsbasert prøvetaking menes at prøvepunkter og metode bestemmes på forhånd etter avtale med alle deltakende parter og bestemmes i henhold til en eksperts vurdering [16]. Ved systematisk bestemmelse av prøvepunkter bør rutenett på omtrent 15m benyttes og antall prøvepunkter bør være proporsjonale med områdets størrelse. Skjønnsbasert prøvetaking benyttes dersom det finnes kjent punktforurensning i området [17]. I noen tilfeller er det nødvendig å benytte bekvemmelighetsprøver. Prøver som er utvalgt på grunnlag av tilgjengelighet, hensiktsmessighet, kostnad, effektivitet eller andre grunner som ikke er direkte forbundet med prøvetakingsparameterene [16].

2.5.2 ICP-MS

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) har siden 1983 vært en av de mest vesentlige analyseteknikkene på grunn av lave deteksjonsgrenser og høy selektivitet. Prøven kan bestå av løsning, jord eller sedimenter og kan raskt analyseres for flere grunnstoff på en gang [24].

ICP-MS apparaturet er satt sammen av en ioniserende del(ICP) og et massespektrometer(MS). ICP-instrumentet inneholder en argonplasma som kan oppnå svært høye temperaturer (600-10000K). Dette gjør den ideell for ionisering. ICP-delen av analyseapparatet sørger for å få prøven på ioneform, deretter separeres ionene basert på masse/ladningsforholdet og detekteres i massespektrometret [24].

Før jordprøver kan analyseres med ICP-MS, må de dekomponeres, til dette kan en benytte ultraclave. Dersom jordprøvene ikke er homogene må de homogeniseres før de dekomponeres. Til dette kan en benytte sikt, eller egnet utstyr som maler og sikter.

Feilkilder ved ICP-MS

Feilkilder for analyse med ICP-MS kan hovedsaklig deles inn i to, spektroskopisk interferens og ikke-spektroskopisk interferens. Spektroskopisk interferens skyldes ioner eller kompleksjoner som er dannet i plasmaen eller isotoper med samme masse/ladningsforhold som analyttonet. Slike overlapp gir økt signal. Dersom interferensen skyldes isotoper kan det foretaes omregninger for dette, da isotopsammensetninger av grunnstoffer er godt dokumentert. Dersom vanadium eller arsen skal bestemmes bør det ikke benyttes saltsyre (HCl) som løsemiddel [7]. Ikke spektroskopisk interferens forårsakes av effekter som påvirker prøvetransport,

ionisering i plasma, ioneekstraksjon eller gjennomløp av ionene. Disse effektene påvirkes direkte av konsentrasjon av prøvematriksen [7]. Ved konsentrasjoner høyere enn $500\text{-}1000\mu\text{g}/\text{mL}$ forekommer disse matrikseffektene [24]. For å unngå interferenser kan en foreta tiltak som, fortynning av prøven, endre introduksjonsprosedyre eller separere de forstyrrende speciene [24].

2.5.3 Semikvantitativ bestemmelse av total organisk karbon (TOC)

Organisk materiale i jord kan benyttes som en tilnærming til TOC-innholdet. Semikvantitativ bestemmelse av TOC baserer seg på fjerning av all organisk materiale etterfulgt av gravimetrisk bestemmelse av prøvens vekt tap. Den såkalte ”loss-on-ignation” metoden går ut på å veie den tørre prøven i keramikk digel (m_1), varme opp i temperatur mellom 350 og 440°C i 24 timer, for så å avkjøle til romtemperatur i eksikator og veie på nytt (m_2) [23].

Total andel organisk materiale beregnes ved

$$Tot_{organisk} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

Hvor m_1 er vekten før gløding og m_2 er vekten etter gløding [23].

For omregningen fra total organisk materiale til TOC benyttes en antagelse om at 58% av total organisk materiale, består av organisk karbon [23]. Utifra denne antagelsen, kan TOC beregnes ved

$$TOC = \frac{m_2 - m_1}{1,724} \quad (2.2)$$

Hvor 1,724 er omregningsfaktoren [23].

Feilkilder ved semikvantitativ bestemmelse av TOC

Det er vesentlig at temperaturen holdes under 440°C for å unngå å ødelegge eventuelle uorganiske karbonatforbindelser. Ved høye temperaturer vil leireminerale kunne miste strukturelle vann eller hydroksylgrupper, noe som vil gi økt vekt tap i prøven og slik gi overestimering av innholdet av organisk materiale. Det er mulig å forbehandle prøvene med HCl eller HF for å fjerne mineralmateriale, men dette igjen vil kunne løse deler av det organiske materialet som vil føre til en underestimering av det totale organiske materialet, og det vil være nødvendig å benytte en korreksjonsfaktor [23].

2.6 Statistikk

Statistikk er et nyttig verktøy for å vurdere kvaliteten av eksperimentelle målinger [24]. Det eksperimentelle gjennomsnittet, \bar{x} , av et prøvesett beregnes ved

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.3)$$

Hvor \bar{x} er det eksperimentelle gjennomsnittet (estimatoren for det sanne gjennomsnittet, μ), og n er antall prøver i prøvesettet [24].

Den sanne gjennomsnittsverdien (μ) vil kreve et svært stort antall prøver (mot uendelig). Ved hjelp av statistikk kan et intervall rundt den eksperimentelle gjennomsnittsverdien (\bar{x}) beregnes, hvor den faktiske gjennomsnittsverdien (μ) er forventet å finnes med en viss sannsynlighet. Et slikt intervall kalles, konfidensintervall. Størrelsen på konfidensintervallet beregnes fra standardavviket, og avhenger av hvor godt det estimerte standardavviket (s), estimerer det sanne populasjons standardavviket (σ) [24]. Estimatoren for standardavviket, s , bereg-

nes ved

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.4)$$

Hvor x_i er hvert av prøveresultatene, n er antall prøver, og \bar{x} er det eksperimentelle gjennomsnittet (estimator for gjennomsnittet) [24]. Dersom s er en god estimator for (σ) eller (σ) er kjent, kan konfidensintervallet (KI) beregnes ved

$$KI \text{ for } \mu = \bar{x} \pm \frac{z\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

hvor σ er standardavviket, n er antall prøver og z er en dimensjonløs størrelse (oppført i statistiske oppslagsverk for ulike konfidensintervall) og gitt ved

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.6)$$

Hvor μ er gjennomsnitt, σ er standardavvik [24]. Når prøvesettet består av færre prøver vil standardavviket σ være ukjent og estimatoren for standardavviket være dårligere. I slike tilfeller benytter vi parameteren, t , for et definert prøvesett på n prøver kan t beregnes ved

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (2.7)$$

Hvor \bar{x} er estimatoren for gjennomsnittet, μ er gjennomsnitt, s er estimatoren for standardavvik og n er antall prøver i prøvesettet [24]. Konfidensintervallet (KI) for gjennomsnittsverdien \bar{x} av n reproduerbare målinger er da gitt ved

$$KI \text{ for } \mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

2.6.1 t-test

Dersom antallet prøver i prøvesettet er lavt, benyttes uparet t-test hvor t beregnes ved

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{polled} \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2}}} \quad (2.9)$$

og s_{polled} beregnes ved

$$s_{polled} = \sqrt{\frac{\sum_i^{N=1} (x_i - \bar{x}_i)^2 + \sum_j^{N_2} (x_j - \bar{x}_j)^2}{N_1 + N_2 - N_t}} \quad (2.10)$$

Dersom $t \geq t_{kritisik}$ eller hvis $t \geq -t_{kritisik}$ er det signifikant forskjell mellom x_1 og x_2 [24]

Kapittel 3

Feltarbeid og analysemetode

3.1 Feltarbeid

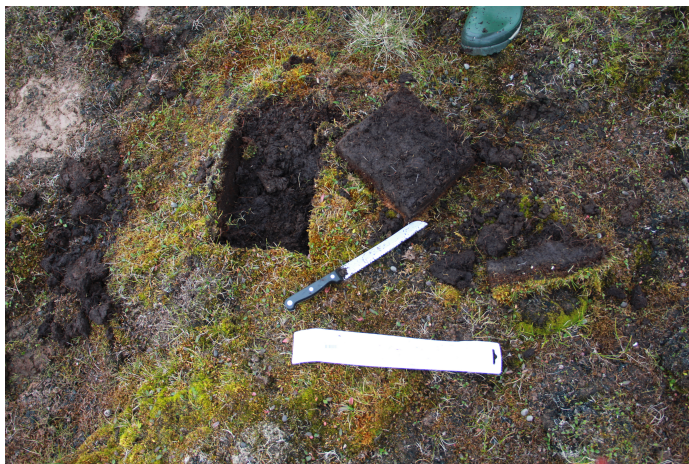
Det ble samlet i alt 35 prøvesett, bestående av en humusprøve (overflatejord) og en mineraljordprøve. Prøvene ble i alt samlet fra fem områder i nærheten av Ny-Ålesund, Svalbard.

Kriterier for bestemmelse av prøvepunkt

1. Område i god avstand til eventuelle antropogene forurensningskilder som gamle kullgruver, flystripen, fylling og liknende.
2. Område i god avstand fra fjorden.
3. Område dekket av vegetasjon.
4. Jorddybde på minst 20cm (prøve å unngå grus og stein).

5. Humussjikt på omlag 3cm.

Området for prøvetaking ble bestemt og det ble hentet ut fem prøver per omlag 200×200 meter. I hvert prøvepunkt ble dybden testet ved å stikke ned en kniv. Ved tilfredsstillende dybde (20cm) ble en tynn skive til test tatt ut for å vurdere om humussjiktet var tykt nok. Humusprøvene ble skjært ut med brødkniv i rektangler på 18×18 cm (Figur 3.1), delt i to, og pakket i plast poser med lukkefunksjon (Figur 3.2). Mineraljord ble tatt ut fra samme punkt på dyp mellom 10 og 15cm med plast spade, og plassert i plast poser med lukkefunksjon. Spade og kniv ble grundig tørket av mellom prøvene.



Figur 3.1: Ferdig utskåret humusprøve. Humus lag på omlag 3cm er mørk brun jord like under vegetasjon. Prøven deles i to før plassering i pose.

Prøvene ble pakket i egnede plastposer med låsefunksjon, og merket med område, type prøve og prøvenummer Figur 3.2. De pakkede prøvene ble bevart i kasse på lager gjennom oppholdet (maks 10 dager) og fraktet med post transport til laboratoriet i løpet av fire dager.



Figur 3.2: Ferdig pakkede humusprøver i plastposer med lukkefunksjon

3.2 Eksperimentelt

Prøvene ble sendt fra Ny-Ålesund til NTNU i Trondheim med ekspresspost. Dagen etter ankomst ble de lagt til tørking.

3.2.1 Tørking

Samtlige prøver ble overført til papirposer og veid. Prøvene ble plassert på plastrør slik at det ble et luft lag mellom benkeplaten og prøven. Prøvene ble veid jevnlig i omlag seks uker, til endring i vekten var mindre enn 0,5%. Et utvalg av prøvene (til glødetap analyse) ble tørket i tørkeskap ved 105° i 12 timer. Vekten av prøvene ble notert før og etter veiing.

3.2.2 Homogenisering og dekomponering

Mineraljordprøver

Fra hver av mineraljordprøvene ble det veid ut mellom 200 og 300mg jord som ble ført over til et plastrør (18ml PFA vessels) og vekten ble notert. Det ble tilsatt 9ml 50% (volum/volum) HNO_3 til hver av rørene. Deretter ble dette plassert i ultraclave (MLS Microwave Report) for dekomponering (temperatur program vist i Vedlegg H). De dekomponerte prøvene ble preparert for ICP-MS-analyse.

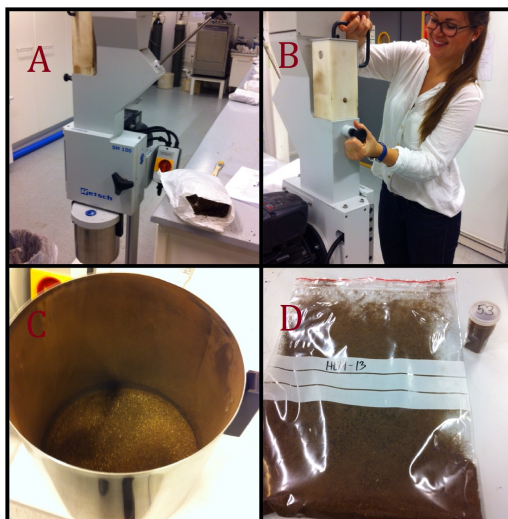
Utvalg ekstraksjonsprøver

Et utvalg av fem mineraljord prøver fra fire hovedfelt ble benyttet. To sett av fire blandingsprøver fra henholdsvis de fire feltene ble veid ut i 50ml ICP-MS-rør (VWR 225-0461). Til hver blandingsprøve ble det veid ut tilnærmet 1g (+/- 0,2) fra hver av de opprinnelige prøven, slik at hver av de åtte blandingsprøvene inneholdt 5g mineraljord med blanding fra samme felt. Det ene prøvesettet ble tilsatt 4ml 1M HCl og fylt opp til 40ml med destillert vann. Det andre prøvesettet ble tilsatt 4ml 0,001M HCl og fylt opp til 40ml med destillert vann. pH ble målt med pH-papir i alle prøvene. Prøvene ble ristet i 40 timer ved 120rtm. Deretter ble de filtrert (0,45 μm) og klargjort til ICP-MS-analyse.

Humusjordprøver

Homogenisering ble utført ved at halvparten av hver av humusprøvene ble knust og silt ved bruk av Cutting Mill SM100 Figur 3.3. Dekomponering ble utført ved at det ble veid ut mellom 200 og 500mg av de homogeniserte prøvene, i plastrør (18ml PFA vessels) og vekten ble notert. Det ble tilsatt 6ml 50% volum/volum

HNO₃ til hver av rørene. Deretter ble dette plassert i ultraclave (MLS Microwave Report) for dekomponering (temperatur program vist i Vedlegg H). De dekomponerte prøvene ble preparert for ICP-MS-analyse.



Figur 3.3: Homogeniseringsmaskin (A), bruk av maskinen (B), ferdig homogenisert prøve (C), oppbevaring av prøve (D)

3.2.3 Analyse med ICP-MS

Mineraljordprøver

Prøverørene fra dekomponering ble overført til teflonflaske og løst til totalvolum 108ml (eller totalmasse på $109,8\text{g} \pm 0,5\text{g}$), og ca 15ml av denne løsningen ble overført til 15ml PP-rør-ICP-MS. Prøvene ble analysert med ICP-HR-MS (Element 2 from Thermo).

Utvalg ekstraksjonsprøver

1,5g filtrert prøve ble overført til 15ml PP-rør-ICP-MS og tilsatt fem dråper 0,1M HNO_3 , fylt opp med destillert vann til totalvekt på 15,0g. Prøvene ble analysert med ICP-HR-MS (Element 2 from Thermo).

Humusprøver

Prøverørene fra dekomponering ble overført til teflonflaske og løst til totalvolum 60ml (eller totalmasse på 61g \pm 0,5g), og ca 15ml av denne løsningen ble overført til 15ml PP-rør-ICP-MS. Prøvene ble analysert med ICP-HR-MS (Element 2 from Thermo).

3.2.4 Semikvantitativ bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i humusprøvene, ved gravimetrisk metode

Det ble gjort et utvalg av 3 prøver fra hver av 4 hovedområder. Keramikkdigel ble benyttet som beholder til gløding av prøvene. Digelen ble veid på analysevekt, deretter ble mellom 3-4g prøve ble veid ut i digel og vekt av digel med prøve ble notert. Prøvene ble plassert i tørkeskap ved 105°C i 12 timer, deretter ble digel med prøve veid på nytt. Prøvene ble plassert i ovn på 550°C i 3 timer, avkjølt i eksikator til romtemperatur og veid på nytt. Glødetapet ble beregnet.

3.3 Databehandling

Til beregninger og databehandling av alle verdiene er programvaren, Microsoft Excel, benyttet. Til fremstilling av alle kartene (Vedlegg A og Vedlegg B) ble

dataprogramvaren ArcGIS (ArcMap 10.2) benyttet. Bakgrunnskartet ble lastet fra Norsk Polarinstitutt [12].

Kapittel 4

Resultat og diskusjon

4.1 Området for prøvetaking

Prøvene ble tatt i god avstand fra fjorden for å unngå marine påvirkninger, i avstand fra boligområdet, flystripe, deponi og kloakkanlegg for å unngå antropogene påvirkninger. Prøvepunktene ble bestemt ved å stikke en kniv ned i jorden for å se om det var tilstrekkelig lag med jord før stein og grus. Områdene var generelt dekket av tynt jordlag, med noe vegetasjon, med noe variasjon mellom de ulike områdene (Figur 4.1).



Figur 4.1: Kart over området med prøvetakingsområdene, Bayelva vest (A), Bayelva øst (B), London (C), Bøtnebreen (D) og Knudsenheia (E).



(a) Bayelva vest



(b) London



(c) Bøtnbreen



(d) Knudsenheia

Figur 4.2: Bilder tatt fra prøveområdene, Bayelva, London, Bøtnbreen og Knudsenheia, samme dag som innhenting av prøver. Foto: Marit Damhaug

Prøveområde A, Bayelva vest

Området ligger omtrent 2km fra isbreen, Vestre Brøggerbreen, ca. 2km fra Scheteligfjellet (719moh.), ca. 1km fra Kongsfjorden og ca. 1km fra flyplassen. Prøvene ble tatt på vest siden Bayelva. Området var i stor grad dekket med vegetasjon, noe fuktig jord og en del synlige stein og grus (Figur 4.2). Fra geografisk kart Figur 2.8 observeres det at berggrunnen i dette området i hovedsak består av dolomitt, kalkstein og sandstein.

Prøveområde B, Bayelva øst

Området ligger ca. 100m fra tvillingvann, omtrent 1,5km fra isbreen, Vestre Brøggerbreen, ca. 3km fra Scheteligfjellet (719moh.), ca. 1,5km fra Kongsfjorden og ca. 1km fra flyplassen. Prøvene ble tatt på østsiden av Bayelva. Området var dekket av mye synlige stein og grus. Fra geografisk kart Figur 2.8 observeres det at berggrunnen området hovedsaklig består av skifer, chert og sandstein.

Prøveområde C, London

London ligger på Blomsterhalvøya, på andre siden av Kongsfjorden enn de resterende prøvetakingsområdene. På et lite område finnes kulturminner, rester av bebyggelse og liknende. Prøvene ble tatt ca. 500m fra dette området. Området var i stor grad dekket av vegetasjon og lite synlige steiner. Humussjiktet var tilsynelatende mer enn 3cm tykt. Jorden var svært fuktig i dette området (Figur 4.2). Berggrunnen på Blomsterhalvøya består hovedsaklig av karbonat-berggrunn [4].

Prøveområde D, Bøtnbreen

Området ligger omtrent 6,5km fra den store isbreen kronebreen. Prøvene ble tatt omtrent 1km fra brøtnbreen, ca. 500m fra kongsfjorden og ca. 500m fra Haavimbjellet (500moh.). Dette området var i liten grad dekket av vegetasjon, det var mye grus og stein, og noe fuktig jord (Figur 4.2). Fra geografisk kart Figur 2.8 observeres det at berggrunnen området rundt Ny-Ålesund hovedsaklig består av skifer, chert, dolomitt, kalkstein og sandstein, og det er rimelig å anta at også området rundt Bøtnbreen har bidrag fra disse bergartene.

Prøveområde E, Knudsenheia

Området ligger ca. 2km fra Scheteligfjellet (719moh.), ca. 1km fra Kongsfjorden, og ca. 2km fra Bayelva. Området var i stor grad dekket av tynt lag av vegetasjon, noe steiner og grus, med lite fuktig jord (Figur 4.2). Berggrunnen i dette området ser vi fra geografisk kart Figur 2.8 at består av sandstein, dolomitt og skifer.

4.2 Resultater

Fra område A og C ble det samlet 10 prøver og fra B, D og E ble det samlet 5. Med hensyn til tidsbruk og frakt til Trondheim ble det tatt avgjørelse om disse antallene prøver.

Det ble gjort et utvalg fra ICP-MS analyseresultatene på 12 grunnstoff, med utgangspunkt i blant annet de samme tungmetallene som er undersøkt tidligere i Ny-Ålesund [10]. Gjennomsnittskonsentrasjonen i humusjord i Ny-Ålesund (Kart med konsentrasjoner finnes i Vedlegg A) ble funnet til å være $2,30\mu\text{g/g}$ for As, $14,1\mu\text{g/g}$ for Pb, $0,479\mu\text{g/g}$ for Cd, $0,109\mu\text{g/g}$ for Hg, $9,64\mu\text{g/g}$ for Cu, $68,6\mu\text{g/g}$ for Zn, $13,9\mu\text{g/g}$ for Cr, $9,46\mu\text{g/g}$ for Ni, $8930\mu\text{g/g}$ for Fe, $11800\mu\text{g/g}$ for Al, $260\mu\text{g/g}$ for Mn og $1570\mu\text{g/g}$ for S (Tabell 4.1). For humusprøvene ble det også utført glødetapsanalyser, og gjennomsnittsverdien for organisk materiale ble funnet til å være 65,2%. Tabell 4.13.

Gjennomsnittskonsentrasjonen i mineraljord i Ny-Ålesund (Kart med konsentrasjoner finnes i Vedlegg B) ble funnet til å være 5,42 for As, $12,8\mu\text{g/g}$ for Pb, 0,175 for Cd, $0,0222\mu\text{g/g}$ for Hg, $16,4\mu\text{g/g}$ for Cu, $59,1\mu\text{g/g}$ for Zn, $40,4\mu\text{g/g}$ for Cr, $22,3\mu\text{g/g}$ for Ni, $27000\mu\text{g/g}$ for Fe, $32400\mu\text{g/g}$ for Al, $512\mu\text{g/g}$ for Mn og $470\mu\text{g/g}$ for S (Tabell 4.1). Ekstraksjonsprøver ble utført på blandprøver av mineraljorden (Tabell 4.14), hvor det ble funnet større andel utvasket materiale

ved pH 2 enn ved pH 5 for samtlige elementer (Tabell 4.15).

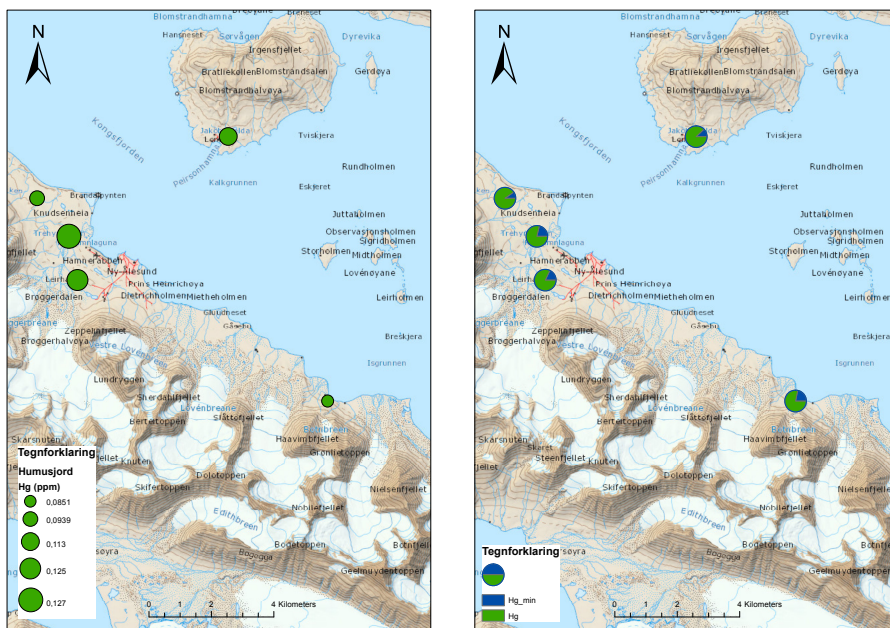
Tabell 4.1: Gjennomsnittskonsentrasjoner fra alle prøvene i Ny-Ålesund. Konsentrasjoner i humusjord og mineraljord målt i $\mu\text{g/g}$.

	Humus	Mineraljord
As	2,30	5,42
Pb	14,1	12,8
Cd	0,479	0,175
Hg	0,109	0,0222
Cu	9,64	16,4
Zn	68,6	59,1
Cr	13,9	40,4
Ni	9,46	22,3
Fe	8 930	27 000
Al	11 800	32 400
Mn	260	512
S	1 570	470

4.3 Kvikksølv

4.3.1 Forskjeller i mineraljord og humus

Gjennomsnittskonsentrasjonen av Hg i humusjord ($0,109\mu\text{g/g}$) ble funnet til å være ca. 5 ganger så høy som den funnet i mineraljord ($0,0222\mu\text{g/g}$). Hg i mineraljorden kommer i størst grad fra berggrunnen, men da mineraljorden ble samlet fra mellom 10 og 15cm dyp vil jorden kunne inneholde rester fra eldre antropogene kilder. Tidligere studier av Hg i kjerneprøver viser at konsentrasjonen av Hg synker med dybden av prøven [28]. De høyere konsentrasjonene av Hg i humusjord kommer av at Hg danner komplekser med organisk materiale.



(a) Konsentrasjon av Hg i humus (b) Forhold mellom humus og mineraljord

Figur 4.3: 4.3a Kartet illustrerer forskjell i gjennomsnittskonsentrasjoner av Hg i humus i de fem prøveområdene. Størrelsen på punktene viser ulike konsentrasjoner ($\mu\text{g/g}$) som vises i tegnforklaringen. 4.3b viser forholdet mellom konsentrasjonen av Hg i humus (grønn) og av Hg i mineraljord (blå) som sektordiagram i de fem prøvepunktene.

Sammenlikning med tidligere studier fra Ny-Ålesund

Gjennomsnittskonsentrasjonen av Hg i humusjord ble funnet å være $0,11\mu\text{g/g}$, en lav verdi sammenliknet med andre studier gjort i Ny-Ålesund [10] hvor gjennomsnittskonsentrasjonen ble funnet til å være $0,28\mu\text{g/g}$. En årsak til forskjellen i konsentrasjonene kan være plassering av prøveområdene. For de sammenliknede resultatene ble det tatt flere prøver i områdene rundt flyplassen og i nærheten

av bebyggelse og veier (Vedlegg I), noe som kan ha ført til at prøvene i større grad ble påvirket av antropogene kilder. I denne studien var samtlige områder for prøvetaking tatt i avstand fra flyplass og sentrum for å unngå påvirkning fra punktkilder. Likevel viser gjennomsnittkonsentrasjonen i områdene nærmest flyplassen og sentrum, område A ($0,13\mu\text{g/g}$) og B ($0,13\mu\text{g/g}$) noe høyere verdier enn i områdene som ligger lengre fra flyplassen og bysentrum, C ($0,11\mu\text{g/g}$), D ($0,09\mu\text{g/g}$) og E ($0,09\mu\text{g/g}$). Det kan derfor være rimelig å anta at de sammenliknede resultatene utført i Nå-Ålesund [10] i stor grad er påvirket av at de er tatt i nærheten av flyplass og bysentrum, og dette er en mulig forklaring på hvorfor gjennomsnittsverdiene er høyere.

Sammenlikning med tidligere studier fra fastlandet i Norge

Studier av kjerneprøver fra fastlandet i Norge viser konsentrasjoner i det øverste jordlaget på $0,11\text{-}0,36\mu\text{g/g}$ [28] noe som tilsvarer andre undersøkelser av kvikksølv i humusjord tatt fra fastlandet i Norge hvor det ble funnet konsentrasjoner på $0,14\text{-}0,20\mu\text{g/g}$ [27]. Kvikksølvkonsentrasjonene funnet i Ny-Ålesund i denne studien ($0,11\mu\text{g/g}$) ligger i nærheten av de konsentrasjonene funnet på fastlandet, og det kan også her antas at hovedkilden til kvikksølv kommer fra avsetning fra atmosfærisk langtransport. De noe høyere verdien funnet på fastlandet kan skyldes at fler av prøvepunktene ligger nærmere eventuelle forurensningskilder, mens prøvene tatt i Ny-Ålesund samtlige ble tatt i avstand fra eventuelle kilder. En annen årsak til noe høyere verdier kan være at det i fastlandsundersøkelsene ble forkastet prøver hvor innholdet av organisk materiale var mindre enn 70%, mens prøvene fra Ny-Ålesund hadde et gjennomsnitt av organisk materiale på 65,2%. Det ble også funnet et gjennomsnittlig vanninnhold på 11,1% noe som vil si at de beregnede Hg-konsentrasjonene kan antas å være ca. 10% høyere ($\approx 0,12\mu\text{g/g}$), da vekten av vannet er tatt med i beregningene. Undersøkelser

av atmosfæriske kvikksølvkonsentrasjoner viser økte konsentrasjoner i arktiske områder [2], men dette viser seg å ikke påvirke konsentrasjonene i humusjorden da denne tilsvarer konsentrasjonene målt på fastlandet. Det kan se ut til at humusjorden oppnår et naturlig bakgrunnsnivå.

4.3.2 Humusjordprøver

Generelt viser gjennomsnittsverdiene i humusjorden (Tabell 4.12) seg å være høyest i område A, B og D, med unntak av konsentrasjonen av svovel som er høyest i område C. Prøvene fra område C, inneholdt også størst andel organisk materiale, noe som kan forklare at S konsentrasjonene var høyere i dette området, da nedbrutt plantemateriale er kilde for S. Konsentrasjonene av S i mineraljorda er ikke høyere i område C, som bekrefter at bidrag fra berggrunnen ikke er hovedkilden til S i humusjordprøvene. Områdene A og B ligger nærmere antropogene forurensningskilder som flyplass, bysentrum og en grusvei hvor det kjører biler, noe som kan være en forklaring på de noe høyere verdiene i disse områdene. De laveste konsentrasjonene ble funnet i område C. Særlig lave verdier av Al i område C med gjennomsnittkonsentrasjon på $4360\mu\text{g/g}$ mot $20100\mu\text{g/g}$ i A, altså 5 ganger høyere i A.

Sammenliknet med verdier fra tidligere undersøkelser av overflatejord i Ny-Ålesund [10] som viser gjennomsnittkonsentrasjonene: $40,6\mu\text{g/g}$ av Cr, $15,5\mu\text{g/g}$ av Ni, $18,3\mu\text{g/g}$ av Cu, $78,9\mu\text{g/g}$ av Zn, $4,09\mu\text{g/g}$ av As, $0,02\mu\text{g/g}$ av Cd, $0,28\mu\text{g/g}$ av Hg og $9,00\mu\text{g/g}$ av Pb [10], er gjennomsnittsverdiene i denne undersøkelsen for alle områdene (Tabell 4.1) lavere, med unntak av verdiene for Pb ($14,1\mu\text{g/g}$) og Cd ($0,479\mu\text{g/g}$). De sammenliknede resultatene (Vedlegg I) for både Pb og Cd varierer i stor grad, fra 0,00 til $129,00\mu\text{g/g}$ for Pb og fra 0,00 til $2,4\mu\text{g/g}$ for Cd, sammenliknet med resultatene i denne undersøkelsen hvor Pb variere fra

6,21 til $25,1\mu\text{g/g}$ og Cd varierer fra 0,850 til $0,220\mu\text{g/g}$. En forklaring på høyere verdier i den sammenliknede undersøkelsen kan være at prøvene ble tatt i noe ulikt utvalgte områder. I denne undersøkelsen ble prøvene tatt i god avstand til antropogene punktkilder som flyplassen, bebyggelse og bilvei, mens i den sammenliknede undersøkelsen ble det tatt mange prøver fra områder i nærheten av disse [10] (Vedlegg I).

Studier av humusjordprøver fra fastlandet i Norge [18] viser relativt tilsvarende gjennomsnittkonsentrasjoner av Cd ($0,55\mu\text{g/g}$), Cu ($10,8\mu\text{g/g}$), Zn ($60,8\mu\text{g/g}$) og Mn ($279\mu\text{g/g}$) som funnet i Ny-Ålesund i denne studien, Cd ($0,479\mu\text{g/g}$), Cu ($9,64\mu\text{g/g}$), Zn ($68,6\mu\text{g/g}$) og Mn ($260\mu\text{g/g}$). Høyere konsentrasjoner i Ny-Ålesund er funnet for As ($2,30\mu\text{g/g}$), Cr ($13,9\mu\text{g/g}$) og Ni ($9,46\mu\text{g/g}$), sammenliknet med As ($1,12\mu\text{g/g}$), Cr ($4,91\mu\text{g/g}$) og Ni ($6,32\mu\text{g/g}$) på fastlandet [18]. Verdiene fra mineraljordprøvene viser relativt høye konsentrasjoner av As ($5,42\mu\text{g/g}$), Cr ($40,4\mu\text{g/g}$) og Ni ($22,3\mu\text{g/g}$). Det ble funnet organisk materiale på gjennomsnittlig 65,2% i humusprøven i denne undersøkelsen, og det er rimelig å anta at det er kommet mineraljord med i humusprøvene. Dette utgjør trolig et bidrag til konsentrasjonene av As, Cr og Ni i humusjordeprøvene. Gjennomsnittverdien av Pb ($14,1\mu\text{g/g}$) i humusprøvene fra Ny-Ålesund er lav i forhold til den funnet på fastlandet ($43,6\mu\text{g/g}$), noe som stemmer godt med at Pb er et typisk kontamineringsmetall i urbane områder og fastlandet består av langt flere Pb-kilder enn Ny-Ålesund, Svalbard.

Tabell 4.2 -Tabell 4.6 viser konsentrasjonene i humusjord for alle prøvene i henholdsvis prøveområde A, B, C, D og E.

Tabell 4.2: Konsentrasjoner i humusjord i område A, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	4,61	16,4	0,239	0,123	17,8	75,7	36,0	23,6	23600	35000	504	754
2	4,53	14,0	0,394	0,132	14,2	72,6	27,3	16,8	17400	26900	304	985
3	2,97	14,1	0,619	0,112	14,1	86,5	21,6	17,3	13300	20500	363	1280
4	3,30	14,4	0,334	0,107	13,9	59,9	27,6	18,6	16100	27700	237	1080
5	4,17	13,6	0,685	0,0944	13,5	80,1	23,2	17,1	15900	22200	331	1220
6	1,95	12,5	0,636	0,254	7,44	100	12,7	7,95	8750	10400	199	1450
7	3,48	20,8	0,849	0,141	13,6	57,0	25,0	17,6	13800	18700	537	1960
8	2,76	11,2	0,480	0,0804	9,22	52,4	19,0	12,7	11800	13300	226	1500
9	1,66	13,9	0,733	0,103	7,42	70,6	11,0	8,56	6820	8490	187	1500
10	4,22	23,3	0,817	0,126	14,0	86,0	37,5	20,5	13700	17500	346	2230
Gjennomsnitt	3,37	15,4	0,579	0,127	12,5	74,1	24,1	16,1	14100	20100	323	1400

Tabell 4.3: Konsentrasjoner i humusjord i område B, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	2,36	17,8	0,518	0,110	11,5	85,7	16,8	12,8	10 000	18 200	192	1 490
2	3,64	17,3	0,372	0,128	14,2	69,5	26,1	18,4	16 900	26 000	302	1 050
3	1,06	8,40	0,721	0,083	6,70	84,0	7,97	5,02	4 800	7 090	92,3	1 920
4	0,946	9,94	0,615	0,114	7,37	95,3	5,19	3,96	2 910	4 390	81,7	2 160
5	1,05	25,1	0,687	0,191	7,07	58,7	6,90	5,89	3 640	6 280	144	2 380
Gjennomsnitt	1,81	15,7	0,583	0,125	9,39	78,7	12,6	9,21	7 660	12 400	162	1 800

Tabell 4.4: Konsentrasjoner i humusjord i område C, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	1,51	10,2	0,307	0,114	9,14	106,2	4,22	3,94	2 270	3 100	159	2 320
2	1,32	6,21	0,247	0,163	5,68	60,7	4,21	3,21	2 730	3 250	115	1 900
3	1,14	13,2	0,301	0,110	5,44	57,8	3,23	2,90	1 960	2 540	298	1 950
4	2,52	10,6	0,292	0,0914	7,84	41,3	7,48	5,36	5 100	6 230	262	2 540
5	3,32	7,01	0,252	0,082	8,91	48,5	11,1	7,13	7 550	9 460	391	2 350
6	2,09	6,50	0,224	0,147	3,97	16,0	6,28	3,68	5 400	5 080	116	1 950
7	1,00	7,67	0,226	0,105	5,10	43,3	2,26	2,28	1 530	1 770	172	2 180
8	3,04	9,51	0,317	0,116	7,23	29,1	6,69	4,58	5 530	5 570	316	2 170
9	0,928	6,30	0,245	0,103	4,25	45,0	2,16	2,03	1 270	1 550	102	1 460
10	1,63	7,00	0,224	0,0965	6,08	43,7	5,75	4,34	4 270	5 030	209	1 730
Gjennomsnitt	1,85	8,42	0,263	0,113	6,36	49,2	5,34	3,94	3 760	4 360	214	2 050

Tabell 4.5: Konsentrasjoner i humusjord i område D, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	1,02	15,7	0,466	0,144	7,88	67,4	5,71	4,47	4 300	4 790	145	1 160
2	2,09	15,1	0,431	0,102	11,8	64,1	12,9	8,60	9 870	10 500	286	1 360
3	2,15	13,5	0,405	0,069	10,7	74,2	12,7	9,00	9 930	11 300	227	901
4	4,03	18,5	0,329	0,041	13,9	70,6	24,3	17,2	20 300	20 200	469	593
5	4,25	19,4	0,507	0,070	17,4	84,7	23,8	17,4	17 300	19 600	483	1 020
Gjennomsnitt	2,71	16,4	0,428	0,085	12,3	72,2	15,9	11,3	12 300	13 300	322	1 010

Tabell 4.6: Konsentrasjoner i humusjord i område E, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	1,66	23,2	0,714	0,119	7,73	81,0	9,68	6,64	5 760	7 600	508	1 910
2	1,67	16,5	0,546	0,100	8,13	85,9	10,3	6,75	6 370	8 200	220	1 650
3	2,60	12,1	0,382	0,0681	9,17	58,2	17,7	9,40	10 600	13 600	290	1 360
4	1,78	12,5	0,504	0,0968	7,12	52,7	11,6	6,82	6 780	9 200	221	1 660
5	1,17	7,44	0,577	0,0857	5,84	66,9	7,53	4,01	4 240	5 730	149	1 310
Gjennomsnitt	1,78	14,3	0,545	0,0939	7,60	69,0	11,3	6,72	6 760	8 860	278	1 580

4.3.3 Mineraljordprøver

Gjennomsnittkonsentrasjonene i mineraljordprøvene (Tabell 4.12) fra område D av As ($7,61\mu\text{g/g}$), Pb ($18,5\mu\text{g/g}$), Cd ($0,375\mu\text{g/g}$), Cu ($25,4\mu\text{g/g}$), Zn ($86,7\mu\text{g/g}$), Cr ($48,8\mu\text{g/g}$), Ni ($30,6\mu\text{g/g}$), Fe ($35600\mu\text{g/g}$), Al ($37200\mu\text{g/g}$), Mn ($643\mu\text{g/g}$) og S ($777\mu\text{g/g}$), er høyere enn i de andre områdene. Bare for Hg ble det funnet høyere gjennomsnittsverdi i område A ($0,0345\mu\text{g/g}$) enn i D ($0,0236\mu\text{g/g}$). De høye konsentrasjonene i D, kan tyde på at berggrunnen i dette området har høyere konsentrasjoner av disse grunnstoffene enn berggrunnen i de andre områdene. I område B observeres det at verdiene er lavere enn de andre områdene bortsett fra Mn ($593\mu\text{g/g}$), As ($5,29\mu\text{g/g}$) og S ($391\mu\text{g/g}$) som er noe høye i dette området. Område B, London, ligger på blomsterhalvøya hvor berggrunnen er beskrevet som hovedsakelig karbonat-berggrunn [4], hvor vanligste mineralet er kalkspat (CaCO_3), men som i andre mineraler vil det også her kunne finnes spor

av blandede mineraler som kan inneholde As, Mn eller S.

Konsentrasjonen av Fe i område A ($27200\mu\text{g/g}$) og B ($27400\mu\text{g/g}$) er relativt høye. Områdene A og B ligger i nærheten av Bayelva (bilde av elven i Vedlegg F, Figur F.1). Bayelva ble observert å ha en svært dominerende rød brun farge, noe som kan tyde på at elven inneholder Fe, dette bekreftes i studier av metaller i Bayelva ([8]) som viser gjennomsnittkonsentrasjoner av Fe på $4,79\mu\text{g/L}$. Fra geologisk kart over Ny-Ålesund området (Figur 2.8) ser en at Bayelva renner gjennom områder med sandstein, skifer og chert som alle kan inneholde Fe.

Tabell 4.7 -Tabell 4.11 viser konsentrasjonene i mineraljord for alle prøvene i henholdsvis prøveområde A, B, C, D og E.

Tabell 4.7: Konsentrasjoner i mineraljord i område A, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	5,72	17,6	0,130	0,0471	22,5	73,5	48,8	28,0	29 400	44 700	524	788
2	8,12	18,1	0,0928	0,0555	25,7	80,8	55,2	34,7	35 700	50 300	625	358
3	5,60	16,5	0,128	0,0267	22,5	69,5	54,8	32,4	34 700	48 300	731	372
4	3,28	11,4	0,0594	0,0205	15,3	67,0	34,4	25,8	25 500	32 100	540	194
5	5,81	15,9	0,179	0,0592	19,6	60,7	44,3	24,5	25 800	40 600	517	999
6	4,58	8,08	0,0810	0,0138	10,4	58,1	38,6	20,7	23 500	24 800	388	182
7	5,18	10,1	0,165	0,0222	9,28	54,3	44,4	18,8	22 400	26 400	324	341
8	5,67	10,4	0,118	0,0202	10,9	47,2	44,4	19,6	23 500	27 700	350	381
9	4,53	12,4	0,191	0,0529	13,9	53,6	43,0	20,8	24 100	31 000	364	1 420
10	5,49	12,8	0,259	0,0270	16,2	73,0	53,1	28,5	27 600	35 100	363	419
Gjennomsnitt	5,40	13,3	0,140	0,0345	16,6	63,8	46,1	25,4	27 200	36 100	473	545

Tabell 4.8: Konsentrasjoner i mineraljord i område B, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	6,61	19,7	0,146	0,0491	26,5	77,4	59,1	33,8	32 000	56 800	527	415
2	7,05	21,2	0,170	0,0461	24,2	73,1	51,1	33,9	33 300	47 700	614	369
3	2,98	14,7	0,195	0,0150	15,0	55,7	40,0	20,2	30 500	33 400	474	521
4	2,70	12,0	0,113	0,0152	12,7	36,4	26,3	14,5	20 900	23 700	442	583
5	2,45	10,8	0,150	0,0104	10,5	34,7	24,9	14,6	20 400	22 400	336	236
Gjennomsnitt	4,36	15,7	0,155	0,0271	17,8	55,4	40,3	23,4	27 400	36 800	479	425

Tabell 4.9: Konsentrasjoner i mineraljord i område C, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	7,53	8,17	0,132	0,0397	14,3	53,4	35,8	17,5	17 400	27 200	196	247
2	5,55	10,3	0,117	0,0140	15,0	60,4	42,2	21,0	30 300	36 100	435	233
3	4,85	7,17	0,0875	0,0156	8,23	43,0	29,1	13,0	21 300	25 000	253	689
4	6,00	9,64	0,0985	0,0168	12,7	53,8	41,5	18,9	28 000	34 000	313	252
5	7,10	8,58	0,271	0,0286	16,7	46,2	37,2	23,6	27 900	29 000	3 240	1 360
6	3,59	4,29	0,0392	0,00911	6,67	27,3	18,6	8,62	16 300	15 500	234	242
7	3,27	4,27	0,0404	0,0100	5,98	26,5	17,6	8,4	16 300	15 400	272	212
8	5,74	7,73	0,0522	0,0108	9,67	34,3	24,5	12,0	20 700	20 700	328	412
9	4,56	5,12	0,0463	0,00895	7,41	32,2	21,4	10,0	18 600	18 500	299	182
10	4,67	6,07	0,0472	0,00383	10,1	38,9	26,5	13,4	20 500	22 600	363	88
Gjennomsnitt	5,29	7,13	0,0931	0,0157	10,7	41,6	29,4	14,6	21 700	24 400	593	392

Tabell 4.10: Konsentrasjoner i mineraljord i område D, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	9,71	22,7	0,351	0,0177	27,9	105	57,9	36,5	43 100	44 200	676	533
2	6,38	16,5	0,265	0,0210	21,8	76,4	42,7	25,3	33 600	36 000	600	699
3	7,90	18,2	0,440	0,0302	28,4	83,8	46,7	30,7	33 400	35 900	594	1 030
4	6,22	14,8	0,498	0,0338	22,7	79,5	44,1	25,4	28 200	31 200	642	1 150
5	7,85	20,3	0,321	0,0156	26,1	88,6	52,8	34,9	39 500	38 700	705	478
Gjennomsnitt	7,61	18,5	0,375	0,0236	25,4	86,7	48,8	30,6	35 600	37 200	643	778

Tabell 4.11: Konsentrasjoner i mineraljord i område E, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

Prøve	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
1	4,01	7,61	0,162	0,00876	9,01	36,5	32,4	14,0	15 900	21 100	284	193
2	4,28	11,0	0,114	0,0110	14,5	57,7	43,5	20,7	28 200	33 600	508	134
3	4,56	10,3	0,109	0,0103	13,1	52,9	40,4	18,9	25 200	307 006	414	243
4	5,23	10,7	0,0935	0,0117	13,7	53,1	37,1	19,2	25 800	29 400	380	269
5	4,21	8,26	0,0800	0,00921	8,76	39,4	33,2	13,6	19 800	23 600	268	220
gjennomsnitt	4,46	9,59	0,112	0,0102	11,8	47,9	37,3	17,3	23 000	82 900	371	212

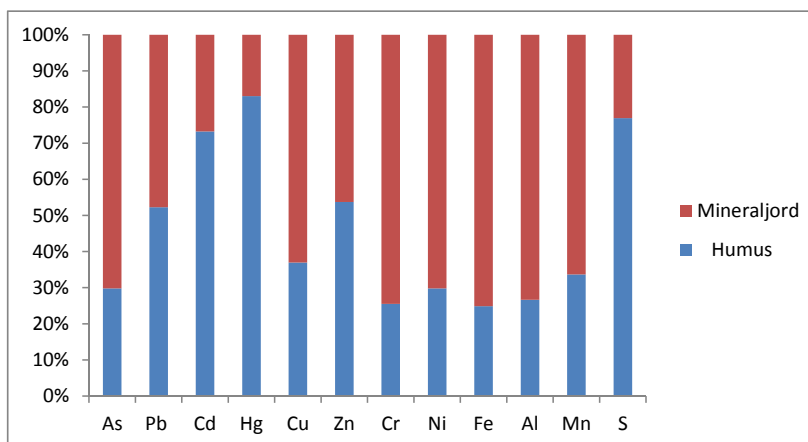
Tabell 4.12: Gjennomsnittskonsentrasjoner i mineraljord og humusjord i alle områdene, av 12 utvalgte grunnstoff, målt i $\mu\text{g/g}$.

	Mineraljord					Humus				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
As	5,40	4,36	5,29	7,61	4,46	3,37	1,81	1,85	2,71	1,78
Pb	13,3	15,7	7,13	18,5	9,59	15,4	15,7	8,42	16,4	14,3
Cd	0,140	0,155	0,0931	0,375	0,112	0,579	0,583	0,263	0,428	0,545
Hg	0,0345	0,0271	0,0157	0,0236	0,0102	0,127	0,125	0,113	0,0851	0,0939
Cu	16,6	17,8	10,7	25,4	11,8	12,5	9,39	6,36	12,3	7,60
Zn	63,8	55,4	41,6	86,7	47,9	74,1	78,7	49,2	72,2	69,0
Cr	46,1	40,3	29,4	48,8	37,3	24,1	12,6	5,34	15,9	11,3
Ni	25,4	23,4	14,6	30,6	17,3	16,1	9,21	3,94	11,3	6,72
Fe	27200	27400	21700	35600	23000	14 100	7660	3760	12300	6760
Al	36100	36800	24400	37200	27700	20 100	12400	4360	13300	8860
Mn	473	479	593	643	371	323	162	214	322	278
S	546	425	391	777	212	1 400	1800	2050	1010	1580

4.3.4 Sammenlikning av konsentrasjoner funnet i mineraljord og humusjord

Det ble observert forskjeller mellom mineraljord og humusjord for de 12 grunnstoffene. Diagrammet i Figur 4.4, visualiserer forskjellen mellom innhold av hver av stoffene i henholdsvis humusjord og mineraljord. Det må taes i betraktning at diagrammet illustrerer forskjellen mellom konsentrasjoner i humus og mineraljord som prosent av totalsummen av konsentrasjonen i humusjorda og i mineraljorda.

Cd, Hg og S er signifikant høyere konsentrasjoner i humusjorden enn i mineraljord, funnet ved paret t-test for gjennomsnittskonsentrasjonene i de fem prøvepunktene. Ingen signifikant forskjell mellom konsentrasjon i humus og mineraljord ble funnet for Pb, Cu og Zn. Derimot ble det funnet signifikant høyere verdier i mineraljord for As, Cr, Ni, Fe, Al og Mn. (Alle tabeller for t-test finnes i Vedlegg J).



Figur 4.4: Stolpediagram, viser forskjell mellom konsentrasjon i humusjord og mineraljord, i %.

I mineraljorden er det funnet mest av Al ($32400\mu\text{g/g}$). Dette er rimelig da Al er en av hovedmetallene i jordskaorpa (jordskorpa består av 7,4% Al [1]). Det er også funnet mye Fe ($27000\mu\text{g/g}$), noe som stemmer overens med at Fe utgjør 4,7% av jordskorpa [1]. De høye konsentrasjonene av Mn ($512\mu\text{g/g}$) i mineraljorda kan antyde at mineraler i området består av mye Mn. Det geologiske kartet over Ny-Ålesund (Figur 2.8) viser at det finnes mye av bergarten glaukonitt i områdene hvor prøvene er tatt. Glaukonitt består i hovedsak av mineralet glimmer [5], som har kjemisk sammensetning som vist i Tabell 2.1. Det er utifra resultatene rimelig å anta at den kjemiske sammensetningen av glimmer i dette området inneholder Mn.

Forhøyede verdier av typiske mineraljordsmetaller i humusjordprøvene kan fork-

lares med at det var noe tynne humusjordsjikt for flere av humusprøvene og det ble observert at noe mineraljord kom med i humusprøvene.

4.4 Glødetap

Vann og organisk materiale i humusjordprøvene

Etter at prøvene ble tørket på laboratoriebank i romtemperatur, ble det antatt at prøvene var tørre da vekten var stabil fra dag til dag. Ved gjennomføring av glødetap på et utvalg av prøvene, ble prøvene plassert i tørkeskap og det ble observert vekttap etter tørking i tørkeskap. Det viste seg at prøvene inneholdt ca. 10% vann (Tabell 4.13).

Ved gløding av prøvene ble det funnet at prøvene inneholdt gjennomsnittlig 65,2% organisk materiale, med noe variasjoner mellom områdene (Tabell 4.13). Verdiene for organisk materiale var generelt noe lave for å være humusjord sammenliknet med liknende prøver benyttet i tilsvarende undersøkelser utført på fastlandet i Norge hvor prøver med mindre enn 70% organisk materiale ikke ble tatt med i resultatene [18]. Det noe lave inneholdet av organisk materiale skyldes trolig at det er lite vegetasjon i korte deler av året sammenliknet med fastlands Norge. Siden prøveområdene besto av tynne lag med humusjord, ble det antakelig tatt med noe mineraljord i humusprøvene. Det var ikke mulig å forkaste prøver med mindre enn 70% organisk materiale da tilgjengeligheten på gode humusjordprøver ikke tilsvarer den på fastlandet.

Prøver fra område C (London) har gjennomsnittlig høyere innhold av organisk materiale (Tabell 4.13), noe som stemmer overens med at det ble observert tykkere humussjikt og mer vegetasjon i dette området.

Tabell 4.13: Viser gjennomsnitt vanninnhold (%) og total organisk materiale (%) for prøveområdene, Bayelva(A+B), London(C), Bøtnbreen(D) og Knudsenheia(E). Gjennomsnittet er beregnet fra tre prøver fra hvert område (*hvor områdene Bayelva vest (A) og Bayelva øst (B) er slått sammen, og har derfor samme verdi i tabellen). Beregninger og verdier for tørketap og glødetap finnes i (Vedlegg E).

Prøveområde	Vann i prøven(%)	Organisk materiale(%)
A	10,5	67,5
B*	10,5	67,5
C	13,5	77,4
D	11,4	59,5
E	9,75	54,1
Gjennomsnitt	11,1	65,2

4.5 Ekstraksjonsprøver

Tabell 4.14: Tabellen viser konsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) utasket fra mineraljordprøver i henholdsvis sterk (pH 2) og svak syre (pH 5). Verdier under deteksjonsgrensen (VedleggG) er markert med rød skrift.

pH	Område	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
2	A+B	0,022	3,07	0,0744	0,00653	2,68	5,88	0,873	6,17	672	1 050	245	1,09
	C	0,008	0,002	0,019	0,00272	0,012	0,251	0,001	0,201	1,84	1,09	67,9	9,59
	D	0,009	0,665	0,216	0,001	0,927	13,3	0,889	3,54	654	1 330	313	6,46
	E	0,006	0,001	0,0243	0,000	0,003	0,016	0,001	0,140	0,122	0,114	43,2	10,2
5	A+B	0,001	0,001	0,000	0,000	0,012	0,030	-0,006	0,008	0,243	0,207	0,0506	2,11
	C	0,002	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,003	0,181	0,0800	0,0196	6,38
	D	0,003	0,001	0,001	0,000	0,019	0,008	0,002	0,018	0,606	0,429	0,0913	4,63
	E	0,002	0,001	0,000	0,000	0,009	0,002	0,001	0,003	0,261	0,112	0,003	1,75

Resultatene (Tabell 4.14) viser at konsentrasjonen er betydelig høyere for ekstraksjonsprøvene i surere løsning (pH 2), noe som stemmer overens med at adsorpsjon øker med økt pH (jamfør Figur 2.4). Konsentrasjonene i Bayelva-området (A+B) og i Bøtnbreen (D) viser seg å være generelt høyere enn de to andre områdene. Gjennomsnittsverdiene av jern i mineraljorden i område A, B og D er henholdsvis

27200 $\mu\text{g/g}$, 27400 $\mu\text{g/g}$ og 35600 $\mu\text{g/g}$. Disse verdiene er noe høyere enn verdiene av jern i C og E som er henholdsvis 21700 $\mu\text{g/g}$ og 23000 $\mu\text{g/g}$. Dette kan tyde på at det er mer jernhydroksid i område A, B og D enn i C og E. Dette kan forklare at det vaskes ut mer i område A, B og D ved ekstraksjon, da synkende pH fører til mindre adsorpsjon på jernhydroksid [1].

Tabell 4.15: Tabellen viser andel (%) utasket fra mineraljordprøver i henholdsvis sterk (pH 2) og svak syre (pH 5). Verdier som er beregnet utifra verdier under deteksjonsgrensen fra ICP-MS analysen er markert i rødt. (Det er kun benyttet prøver som det ble utført ekstraksjon på i disse beregningene)

pH	Område	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
2	A+B	0,370	21,1	49,7	17,4	14,0	8,55	1,72	21,7	2,27	2,56	49,0	0,206
	C	0,150	0,029	19,0	19,7	0,110	0,627	0,003	1,31	0,00813	0,00449	7,59	2,04
	D	0,125	3,60	57,6	3,65	3,65	15,4	1,82	11,6	1,84	3,58	48,7	0,832
	E	0,130	0,008	21,8	0,985	0,028	0,032	0,002	0,808	0,001	0,000	11,7	4,83
5	A+B	0,000	0,000	0,001	-0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,00000820	0,000	0,000101	0,004
	C	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000219	0,014
	D	0,000	0,000	0,002	-0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,0000170	0,000	0,000142	0,006
	E	0,000	0,000	0,000	-0,028	0,001	0,000	0,000	0,000	0,0000114	0,000	0,000	0,008

Rekkefølgen for andel utvasking basert på gjennomsnittet er som følger: Cd (37%) > Mn (29%) > Hg (10%) > Ni (8,8%) > Pb (6,2%) = Zn (6,2%) > Cu (4,4%) > Al (1,5%) > Cr (0,9%). Sammenliknet med rekkefølgen for adsorpsjonsaffiniteten: Hg > Cr > Al > Pb \approx Cu > Zn > Ni > Cd > Mn(II) gitt i litteratur [1] kan andelen utvasking antagelig forklares ved adsorpsjonsaffiniteten, selv om det er noen forskjeller fra rekkefølgen stemmer de i stor grad overens. Det som skiller seg tydelig ut er at Hg har svært høy andel utvasket (10%) i forhold til at Hg i teorien har høyest adsorpsjonsaffinitet.

4.6 Korrelasjoner

Korrelasjonsmatrisene for mineraljord (Vedlegg D) viser alle at svovel korrelerer i liten grad, med få unntak, som for eksempel i område D, hvor S har relativt god negativ korrelasjon med Cr(-0,682), Ni(-0,678), Fe(-0,886), Al(-0,814), Mn(-0,629), Zn(-0,567) og Pb (-0,772) i tillegg til god korrelasjon til Cd(0,83) og Hg(0,99). I likhet med svovel viser også kadmium lite korrelasjoner i mineraljorden, med unntak av område C, hvor Cd har relativt god korrelasjon med samtlige grunnstoff (R-verdier større enn 5,00). Med unntak av Cd og S viser korrelasjonsmatrisene for mineraljord at Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Fe og Al stort sett har god korrelasjon til hverandre, mens Hg og As varierer. Positive korrelasjoner mellom stoffer i mineraljorden kan tyde på at kilden for elementene hovedsakelig er berggrunnen. For mineraljordprøvene i område A (Tabell 4.17) korrelerer Hg relativt godt til Al (0,603) og Cu (0,639), og god korrelasjon til S (0,746) og Pb (0,741).

Tabell 4.16: Korrelasjonsmatrise for alle humusprøvene tatt i område A. R-verdier større enn 0,6 er markert i rødt og mindre enn -0,6 er markert i grønt.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1											
Pb	0,431	1										
Cd	-0,309	0,464	1									
Hg	-0,282	0,015	0,144	1								
Cu	0,883	0,447	-0,378	-0,309	1							
Zn	-0,061	0,029	0,201	0,630	-0,071	1						
Cr	0,882	0,652	-0,274	-0,246	0,874	-0,058	1					
Ni	0,874	0,545	-0,324	-0,376	0,971	-0,137	0,942	1				
Fe	0,876	0,201	-0,635	-0,249	0,918	-0,130	0,804	0,879	1			
Al	0,810	0,139	-0,688	-0,252	0,913	-0,134	0,750	0,851	0,969	1		
Mn	0,625	0,615	0,047	-0,096	0,760	-0,122	0,621	0,732	0,643	0,558	1	
S	-0,212	0,640	0,855	0,106	-0,308	0,010	-0,011	-0,163	-0,541	-0,623	0,049	1

Korrelasjonsmatrisene for humusjord (Vedlegg C) viser mye variasjoner. Fremtredende er at Cd har mye negative korrelasjoner, særlig i område B, men positive korrelasjoner til S og Hg. Noe som kan indikere at kilden til Cd, i likhet med Hg er atmosfærisk avsetning. Mange sterke positive korrelasjoner kan bety at de

korrelerende stoffene har samme kilde. Korrelasjoner i område A (Tabell 4.17) viser kun lave korrelasjoner for Hg, bortsett fra relativt god korrelasjon til Zn (0,630).

Tabell 4.17: Korrelasjonsmatrise for alle humusprøvene tatt i område A. R-verdier større enn 0,6 er markert i rødt og mindre enn -0,6 er markert i grønt.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,651	1,000										
Cd	0,084	0,069	1,000									
Hg	0,517	0,741	0,252	1,000								
Cu	0,615	0,964	-0,073	0,639	1,000							
Zn	0,458	0,716	-0,055	0,321	0,828	1,000						
Cr	0,794	0,694	0,386	0,346	0,659	0,579	1,000					
Ni	0,561	0,812	-0,082	0,354	0,916	0,923	0,711	1,000				
Fe	0,655	0,826	-0,143	0,367	0,909	0,825	0,776	0,963	1,000			
Al	0,653	0,970	-0,034	0,603	0,987	0,790	0,732	0,912	0,931	1,000		
Mn	0,337	0,747	-0,400	0,293	0,842	0,662	0,422	0,828	0,857	0,855	1,000	
S	-0,003	0,299	0,484	0,746	0,140	-0,202	0,018	-0,163	-0,134	0,116	-0,132	1,000

4.7 Normalisering for Al

Tabell 4.18: Viser normaliseringskonsentrasjoner for Al-normaliserte prøver. Alle konsentrasjonene er dividert med konsentrasjonen av Al.

Normalisering av humus prøver for aluminium					
	A	B	C	D	E
As	0,000168	0,000146	0,000424	0,000204	0,000200
Pb	0,000769	0,00127	0,00193	0,00124	0,00162
Cd	0,0000288	0,0000470	0,0000605	0,0000322	0,0000615
Hg	0,00000635	0,0000101	0,0000259	0,0000064	0,0000106
Cu	0,000624	0,000758	0,00146	0,000930	0,000858
Zn	0,00370	0,00635	0,0113	0,00544	0,00778
Cr	0,00120	0,00102	0,00122	0,00120	0,00128
Ni	0,000801	0,000743	0,000905	0,000853	0,000759
Fe	0,704	0,618	0,863	0,930	0,763
Al	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mn	0,0161	0,0131	0,0491	0,0243	0,0313
S	0,0696	0,145	0,471	0,0758	0,178

Det var noe ulik tykkelse på humusprøvene som ble prøvetatt, og i noen av humusprøvene ble det også observert innslag av mineraljord. For å prøve å korrigere for dette ble det i tillegg til glødetap også forsøkt med normalisering med Al for å prøve å utjevne mulig innslag av mineraljord i humusprøvene. Metoden viser endringer i område C, hvor verdien av blant annet Hg antyder at Hg konsentrasjonene som er funnet trolig er noe lave.

Korrelasjonen funnet mellom gjennomsnittskonsentrasjonene av Al i hvert område og gjennomsnittsverdiene av organisk materiale i hvert område viste kun svakt negativ korrelasjon ($R=-0,26$). Bruken av gjennomsnittsverdier jevner imidlertid ut forskjellene mellom prøvene innenfor hvert området. Om man isteden korrelerer de individuelle verdiene for alle humusprøvene som ble analysert både for Al og organisk materiale ved glødetap observeres en relativt god negativ korrelasjon ($R=-0,58$). Vi ser da en tydeligere trend for at Al er lav når konsentrasjonen av organisk materiale er høy. Dette indikerer at normalisering mot Al kan være en enkel metode for å indikere andel av mineraljord i humusprøvene, og indirekte brukes til å beregne korrigert konsentrasjon av for eksempel kvikksølv i humusjorden, da mineraljorden i snitt inneholder 5 ganger mindre kvikksølv enn humusjorda.

4.8 Feltarbeid og analysemetode

For å unngå kontaminering av prøvene under prøvetaking ble det benyttet metallfrie poser til oppbevaring av prøvene, og utstyret for prøvetaking ble rensert mellom hver prøve. Prøvene ble fraktet i aluminium transport kasse, hvor de var pakket i metallfrie poser og lagt i større poser for å inngå kontakt. Ved tørking av prøvene på laboratoriet, ble prøvene tørket i papirposer og lagt på plastrør som hevet de noe over benken for å unngå eventuell kontaminering fra laborato-

riebenken. Ved homogenisering ble det benyttet tilpasset utstyr i rustfritt stål, utviklet for å ikke lekke metaller.

Det ble gjort et tilfeldig utvalg av humusprøvene til glødetap, hvor det ble benyttet tre prøver fra område A+B, og tre fra C, D og E. Gjennomsnittet ble beregnet fra de tre utvalgte prøvene for hvert område. Grunnet tidspress ble det ikke gjort glødetap på alle prøvene.

Analysen av ekstraksjonsprøvene ble utført på blandprøver av fem mineraljordprøver fra A+B, og fem fra C, D og E. Det ble også for disse prøvene benyttet et utvalg fra prøvene grunnet tidspress.

Ved analyse med ICP-MS ble det benyttet blankprøver og referanseprøver som resultatene er korrigert for. ICP-MS-instrumentet (Element 2 from Thermo) korrigerer automatisk for interferenser.

Kapittel 5

Konklusjon

Humusrik overflatejord kan benyttes for å se på atmosfærisk avsetning av Hg. Det ble i denne studien funnet konsentrasjoner av Hg på $0,109 \mu\text{g/g}$, noe som i liten grad skiller seg fra Hg-konsentrasjoner funnet på fastlandet i Norge ($0,14$ - $0,20 \mu\text{g/g}$ [27]). Dette tyder på at det ikke akkumuleres mer Hg i arktiske områder enn i Norge.

Konsentrasjonene ble sammenliknet med verdier fra tidligere studier utført i Ny-Ålesund, Svalbard. Det ble funnet at resultatene fra de tidligere studiene av Hg ($0,28 \mu\text{g/g}$) [10] var høyere enn konsentrasjonene funnet i denne studien. Dette antas å skyldes at mange av prøvene ble samlet i nærheten av antropogene kilder som bebyggelse og flystripe, mens det i denne studien ble bevisst tatt prøver for å unngå antropogen forurensning.

Det ble beregnet relativt lavt innhold av organisk materiale i humusjordprøvene ($65,2\%$) sammenliknet med det som er benyttet i liknende studier (70%) [18], noe som tyder på at humusprøvene inneholdt noe mineraljord. Det antas at

dette påvirker resultatene av blant annet Hg. Vanninnholdet i humusprøvene ble funnet til å være gjennomsnittlig 11,1%, og det antas at dette gir omtrent 10% for lave verdier i humusjorda.

Resultatene i humusjord og i mineraljord viser at Hg er signifikant høyere i humusjord enn i mineraljoden. Dette er forventet da Hg fra atmosfærisk avsetning bindes til humussubstanser. Siden verdiene ikke skiller seg i stor grad fra fastlandet antas det at det oppnåes et naturlig bakgrunnsnivå i humus.

Videre arbeid

På grunn av tidspress ble det i denne oppgaven blant annet gjort et utvalg av prøvene til glødetap. Utførelse av glødetap og tørketap på samtlige prøver fra denne studien kunne vært svært interessant. Særlig for å kunne gjøre gode korreksjoner for innslag av mineraljord i humusprøvene.

Referanser

- [1] Alloway, B. J. (2012). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer, 3th edition.
- [2] Berg, T., Sekkesæter, S., Steinnes, E., Valdal, A., and Wibetoe, G. (2003). Springtime depletion of mercury in the european arctic as observed at svalbard. *Elsevier*, 304:43–51.
- [3] Betts, J. H. (2014). Bright red cinnabar crystals. <http://www.minerals.net/Image/7/163/cinnabar.aspx>. Fotograf: J. H. Betts.
- [4] Bogen, J. and Bønsnes, T. E. (2003). Erosion and sediment transport in high arctic rivers, svalbard. *Polar Research*, 22(2):175–189.
- [5] Bryhni, I., Nøttvedt, A., Ramberg, I. B., Solli, A., and Nordgulen, Ø. (2013). *Landet blir til: Norges geologi/ Ivar B. Ramberg, Inge Bryhni, Arvid Nøttvedt (red.)*. Norsk geologisk forening, 2th edition.
- [6] Dallmann, W. (2009). Geologisk utvikling på svalbard. <http://cruise-handbook.npolar.no/no/svalbard/geological-development.html>. Norsk Polarinstituttt.
- [7] Evans, E. H. and Giglio, J. J. (1993). Interferences in inductively coupled

-
- plasma mass spectrometry. a review. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 8:1–18.
- [8] Hald, S. (2014). Kartlegging og studie av metaller og naturlig organisk materiale i elver på svalbard. Master Thesis. NTNU.
- [9] Haldorsen, S. and Heim, M. (1999). An arctic groundwater system and its dependence upon climatic change: an example from svalbard. *Permafrost and Periglacial Processes*, 10(2):137–149.
- [10] Hao, Z. L., Wang, F., and Yang, H. Z. (2013). Baseline values for heavy metals in soils on ny-alesund, spitsbergen island, arctic: The extent of anthropogenic pollution. *Advanced Materials Research*, 779:1260–1265.
- [11] Hissler, C. and Probst, J.-L. (2006). Impact of mercury atmospheric deposition on soils and streams in a mountainous catchment (vosges, france) polluted by chlor-alkali industrial activity: the important trapping role of the organic matter. *Science of the Total Environment*, 361(1):163–178.
- [12] Institute, N. P. (2014). Geodata, basemaps. <http://geodata.npolar.no/>. Norsk Polarinstitut.
- [13] Jiang, S., Liu, X., and Chen, Q. (2011). Distribution of total mercury and methylmercury in lake sediments in arctic ny-ålesund. *Chemosphere*, 83(8):1108–1116.
- [14] Leopold, K., Foulkes, M., and Worsfold, P. (2010). Methods for the determination and speciation of mercury in natural waters—a review. *Analytica chimica acta*, 663(2):127–138.
- [15] Manahan, S. E. (2010). *Environmental chemistry*. CRC Press, Taylor and Francis Group, 9th edition.
- [16] NS. (2005). Jordkvalitet-terminologi. *NS-ISO*, 1 (2011-07-01):1–68.

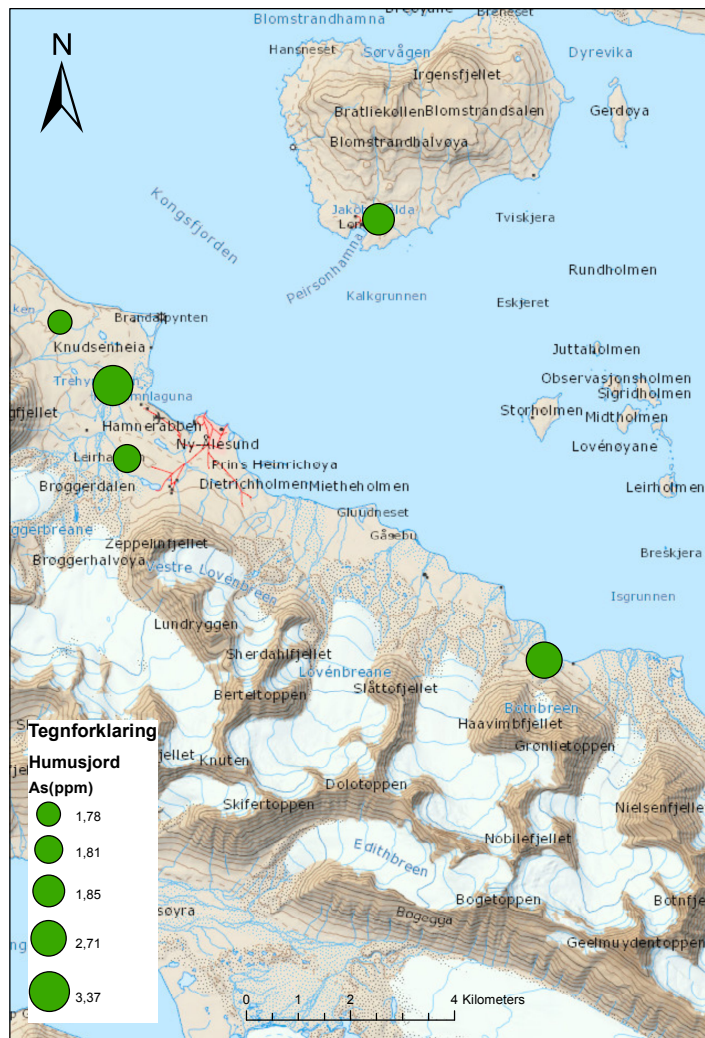
- [17] NS (2006). Jordkvalitet - prøvetaking - del 5: Veiledning for fremgangsmåte for undersøkelse av grunnforurensning på urbane og industrielle lokaliteter. *NS-ISO*, 1 (2006-10-01):1–36.
- [18] Nygård, T., Steinnes, E., and Røyset, O. (2011). Distribution of 32 elements in organic surface soils: Contributions from atmospheric transport of pollutants and natural sources. *Online Computer File*, 223:699–713.
- [19] Pacyna, E. G., Pacyna, J. M., Steenhuisen, F., and Wilson, S. (2006). Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000. *Atmospheric environment*, 40(22):4048–4063.
- [20] Pacyna, J. M. and Keeler, G. J. (1995). Sources of mercury in the arctic. *Water, Air, and Soil Pollution*, 80(1-4):621–632.
- [21] Robles, I., Lakatos, J., Scharek, P., Planck, Z., Hernández, G., Solís, S., and Bustos, E. (2014). Characterization and remediation of soils and sediments polluted with mercury: Occurrence, transformations, environmental considerations and san joaquin’s sierra gorda case.
- [22] Schroeder, W. H., Anlauf, K. G., Barrie, L. A., Steffen, A., Schneeberger, D. R., and Berg, T. (1998). Arctic springtime depletion of mercury. *Nature*, 394:331–332.
- [23] Schumacher, B. A. (2002). Methods for determination of total organic carbon (toc) in soils and sediments. *ERASC*, pages 1–68.
- [24] Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., and Crouch, S. R. (2004). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Brooks/Cole, Cengage Learning, 8th edition.
- [25] Skyllberg, U., Bloom, P. R., Qian, J., Lin, C., and Bleam, W. F. (2006). Complexation of mercury (2) in soil organic matter: Exafs evidence for lin-

- ear two-coordination with reduced sulfur groups. *Environmental science & technology*, 40(13):4174–4180.
- [26] Smith-Meyer, T. (2010). Longyearbyen. <https://snl.no/Longyearbyen>. Store Norske Leksikon.
- [27] Steinnes, E. and Andersson, E. M. (1991). Atmospheric deposition of mercury in norway: Temporal and spatial trends. *Water, Air, and Soil Pollution*, 56:391–404.
- [28] Steinnes, E. and Sjøbakk, T. E. (2004). Order-of-magnitude increase of hg in norwegian peat profiles since the outset of industrial activity in europe. *Elsevier*, 137:365–370.
- [29] Vine, J. D. and Tourtelot, E. B. (1970). Geochemistry of black shale deposits; a summary report. *Economic Geology*, 65(3):253–272.

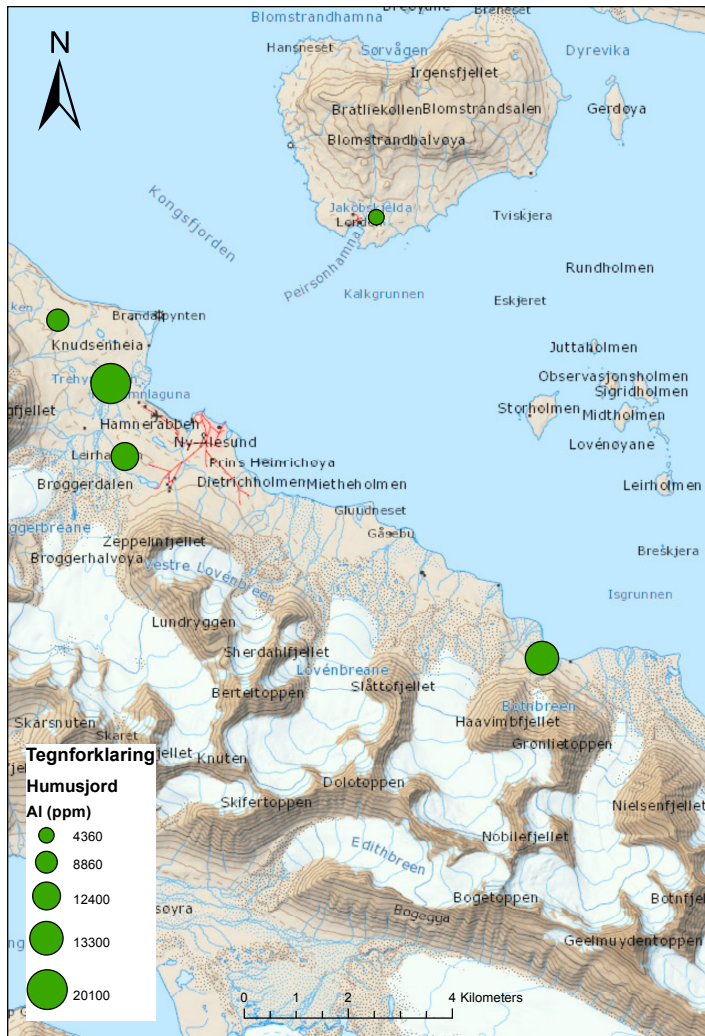
Vedlegg A

Kartdatablad for

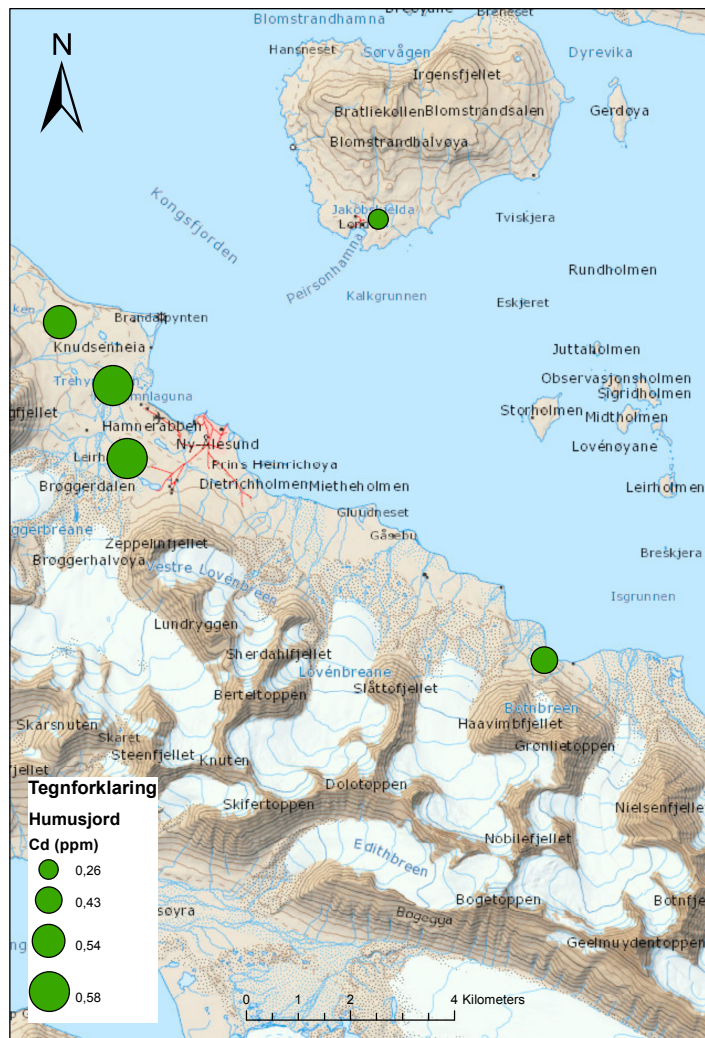
overflatejord i Ny-Ålesund



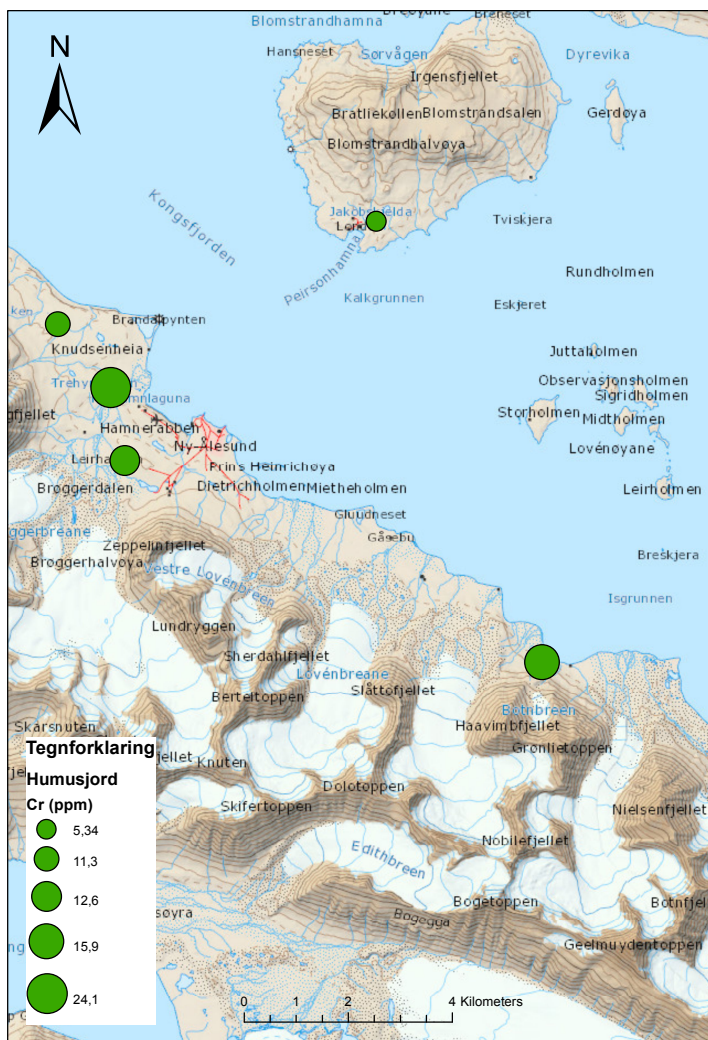
Figur A.1: Arsen i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av As i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



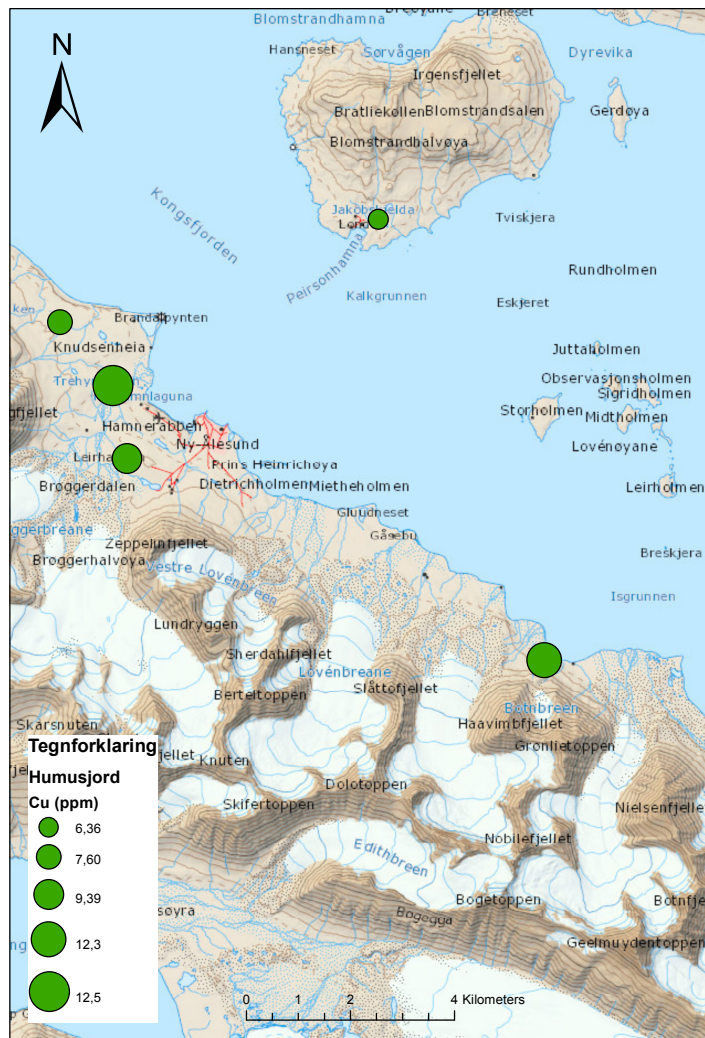
Figur A.2: Aluminium i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Al i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



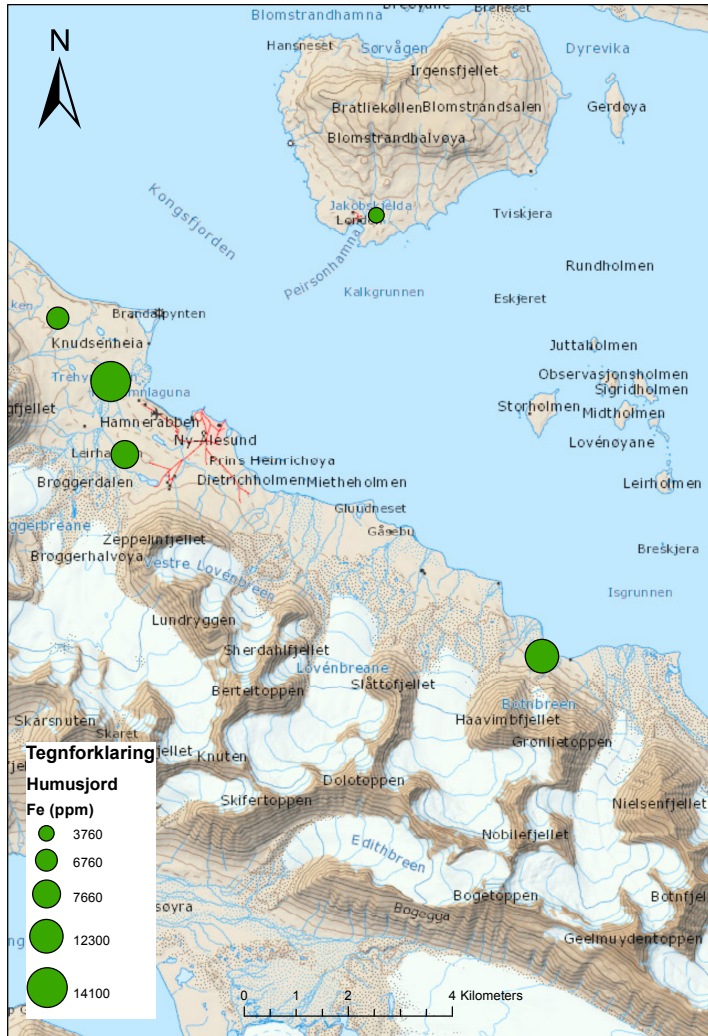
Figur A.3: Kadmium i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cd i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



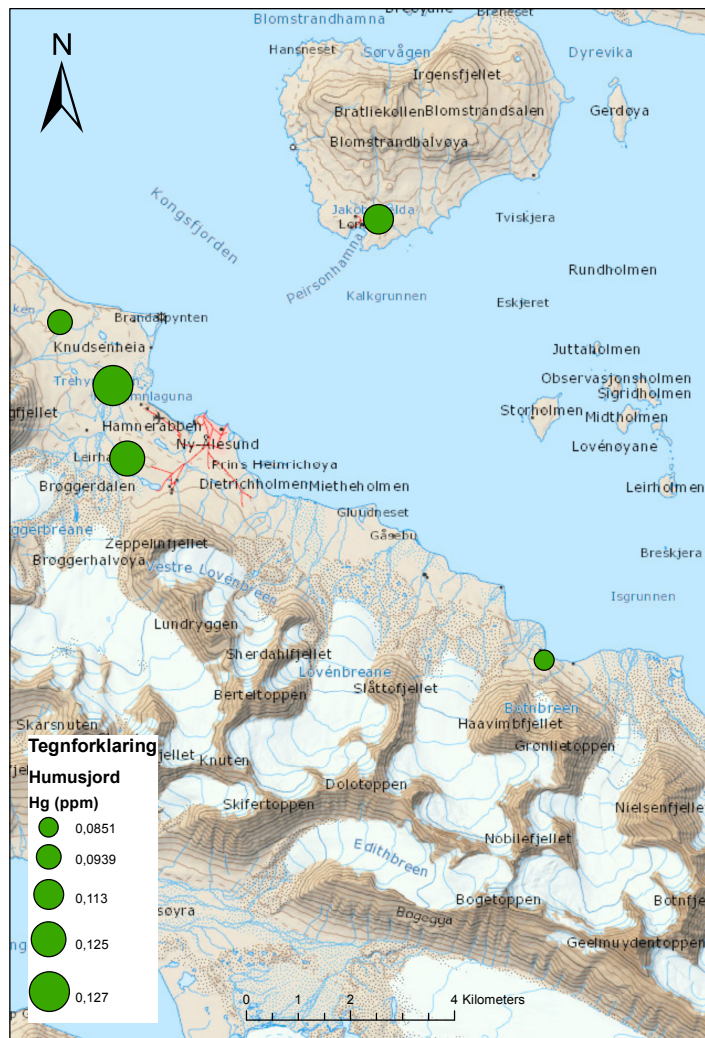
Figur A.4: Krom i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Cr i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



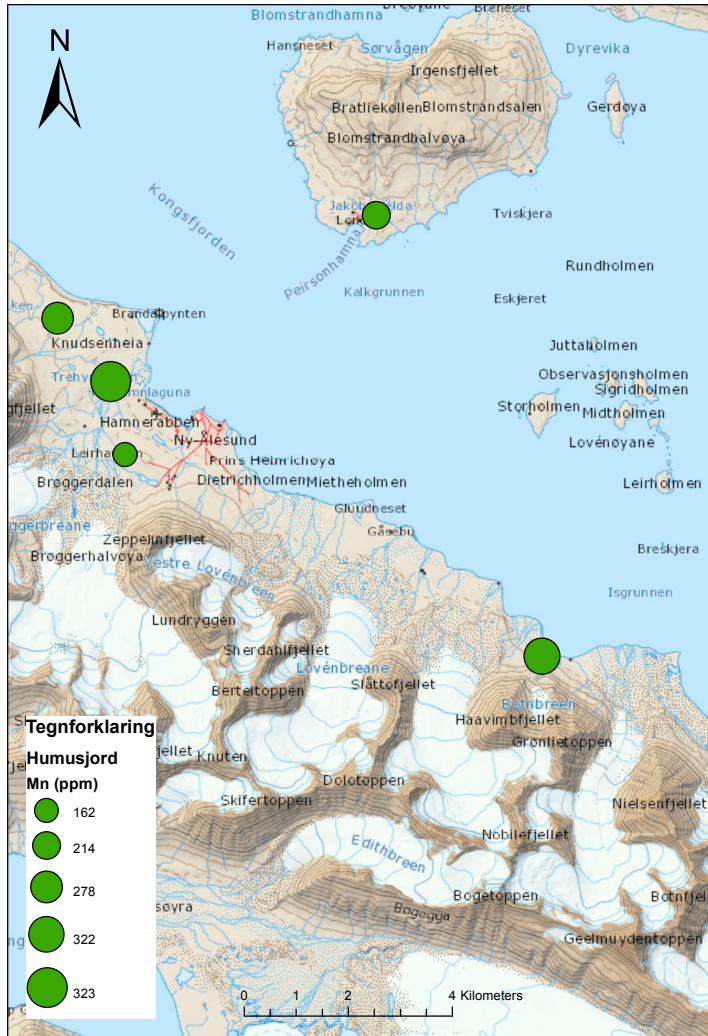
Figur A.5: Kobber i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cu i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



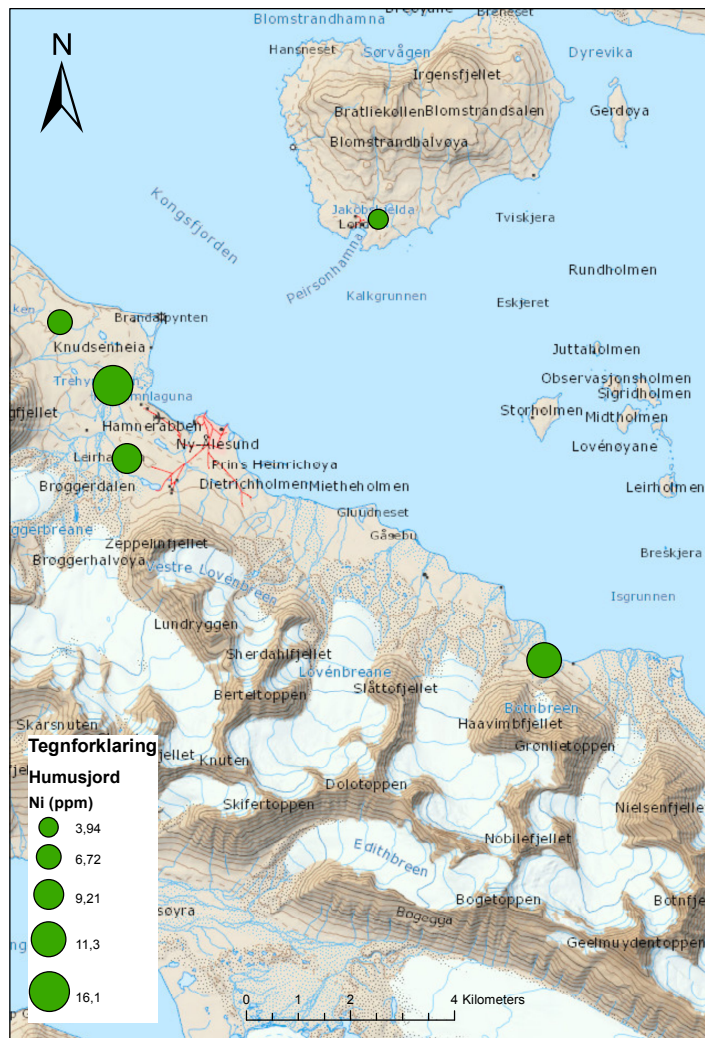
Figur A.6: Jern i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Fe i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



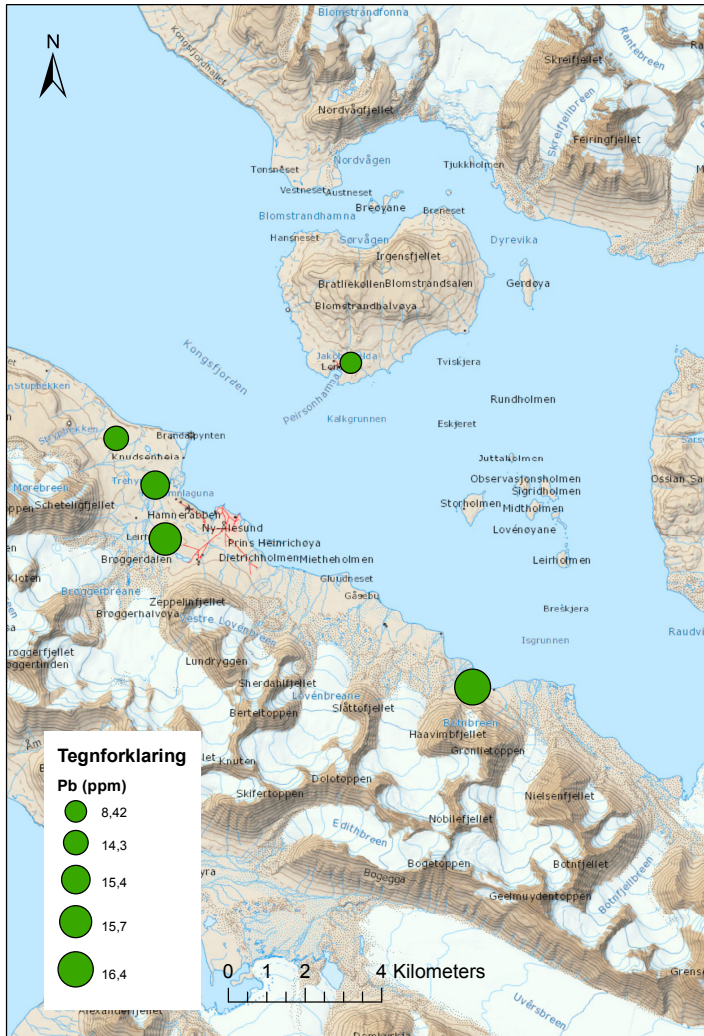
Figur A.7: Kvikksølv i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Hg i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



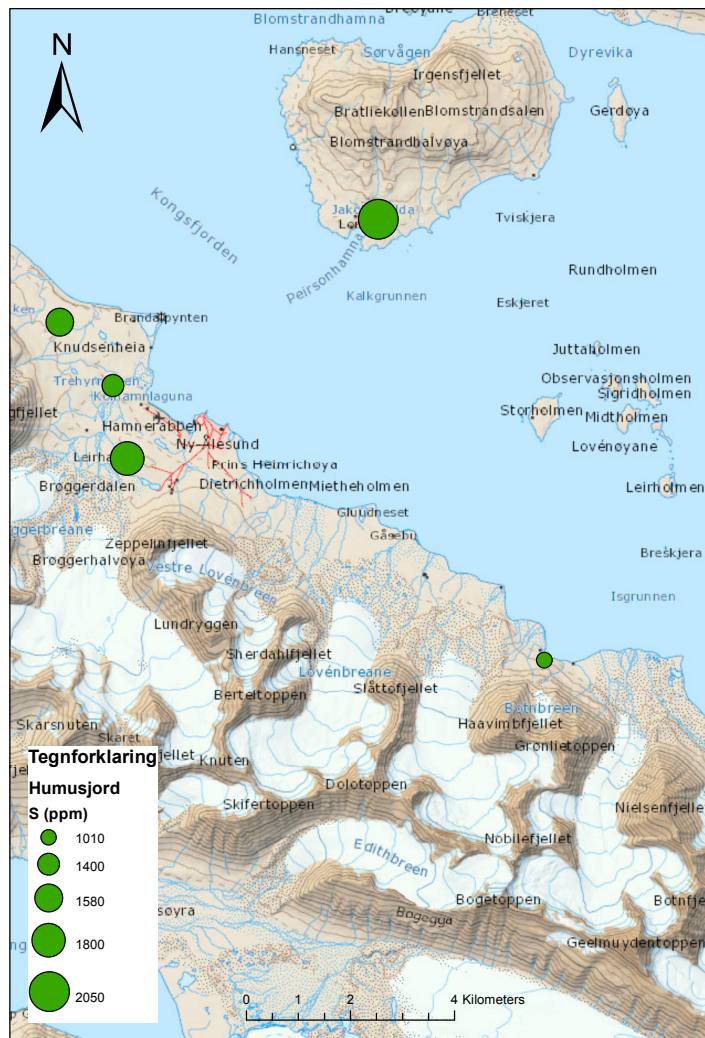
Figur A.8: Mangan i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Mn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



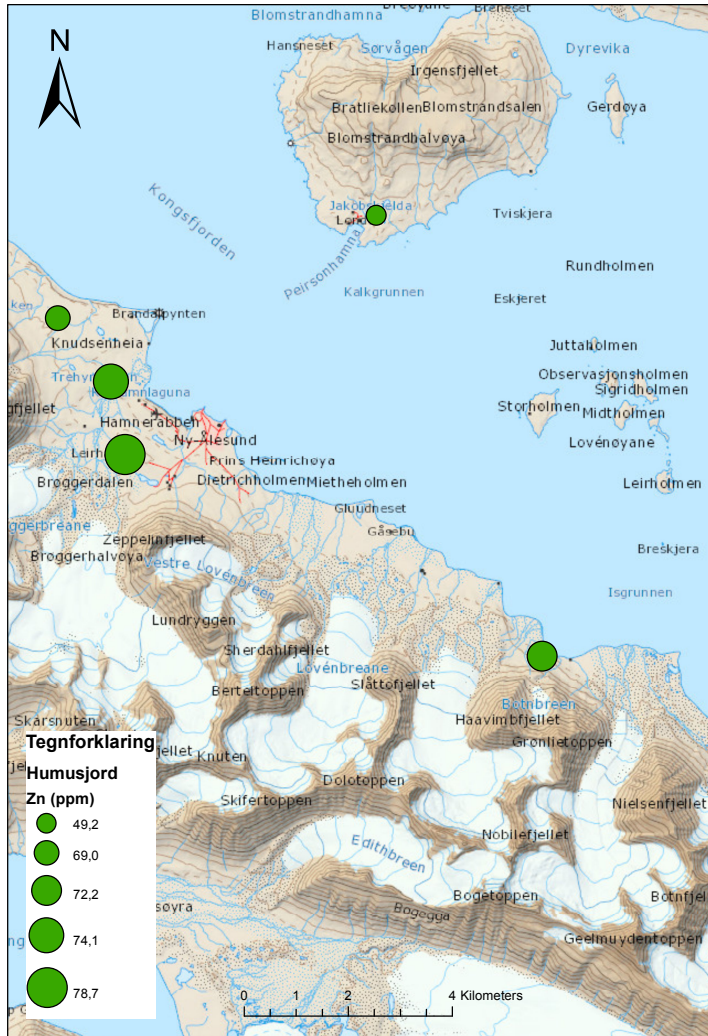
Figur A.9: Nikkel i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Ni i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



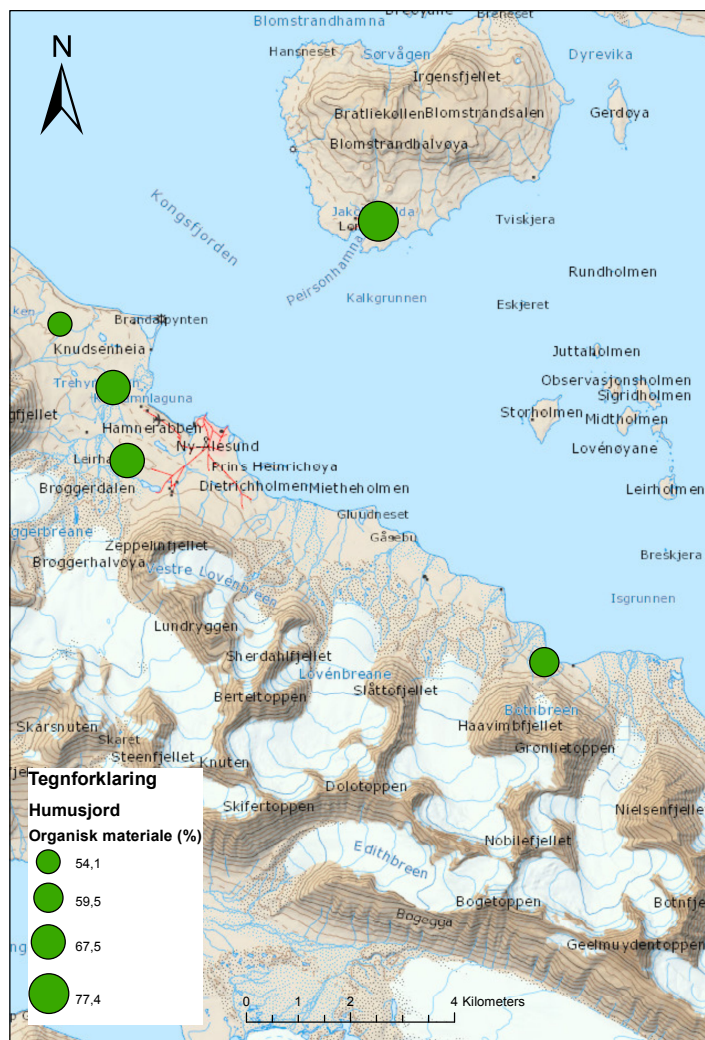
Figur A.10: Bly i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Pb i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



Figur A.11: Svovel i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av S i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



Figur A.12: Sink i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Zn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.

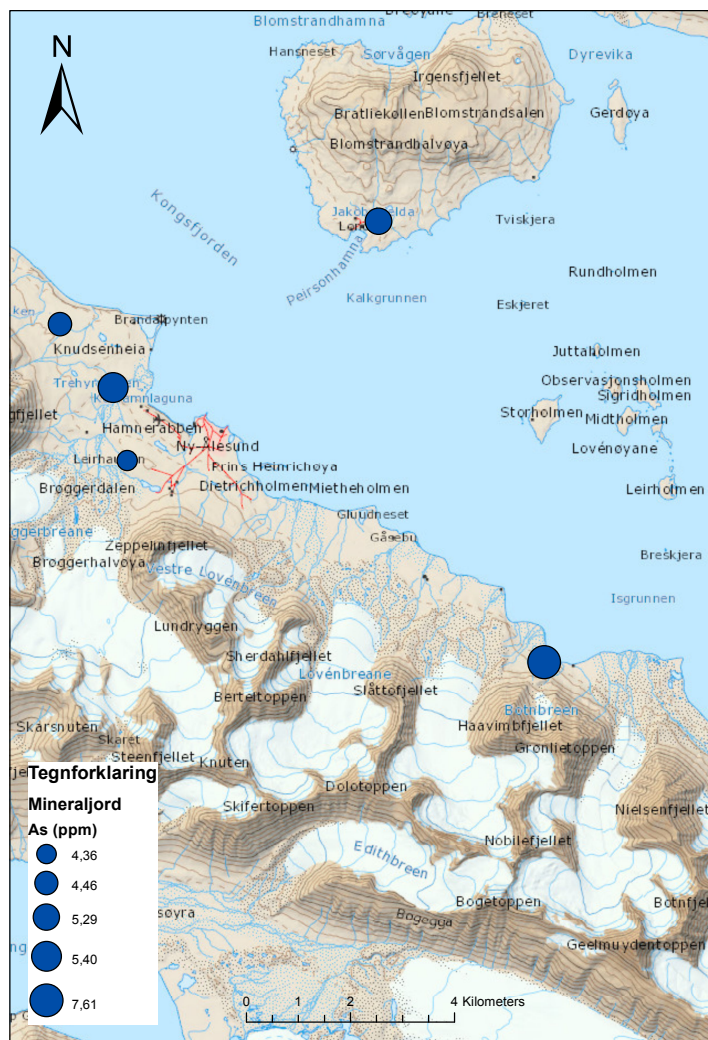


Figur A.13: Organisk materiale i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon (%) av organisk materiale i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.

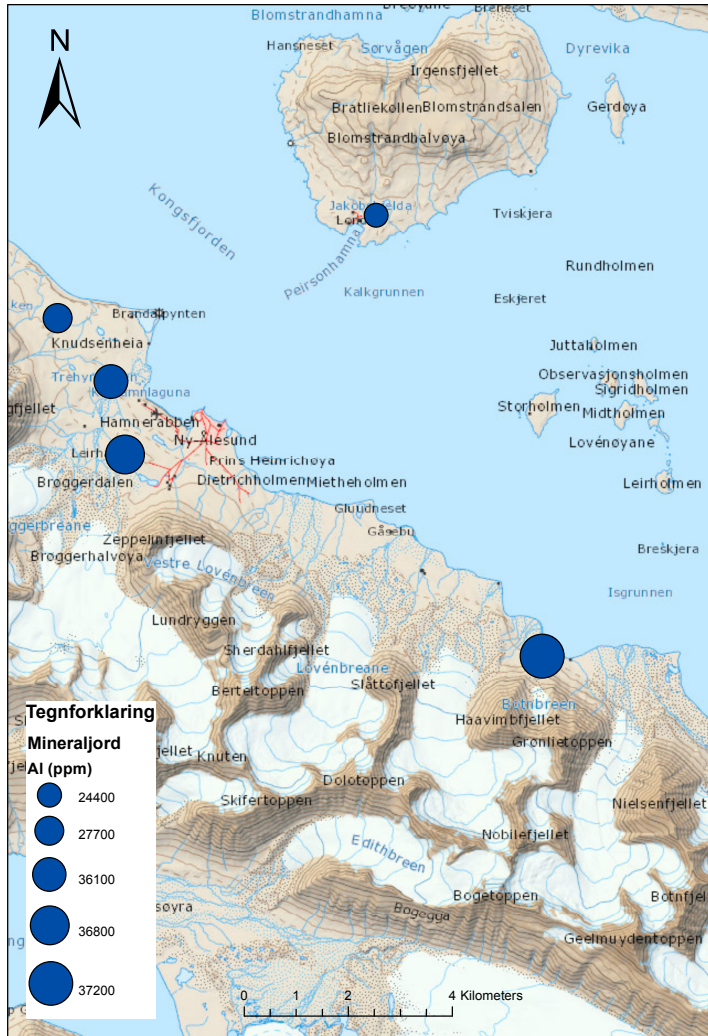
Vedlegg B

Kartdatablad for mineraljord

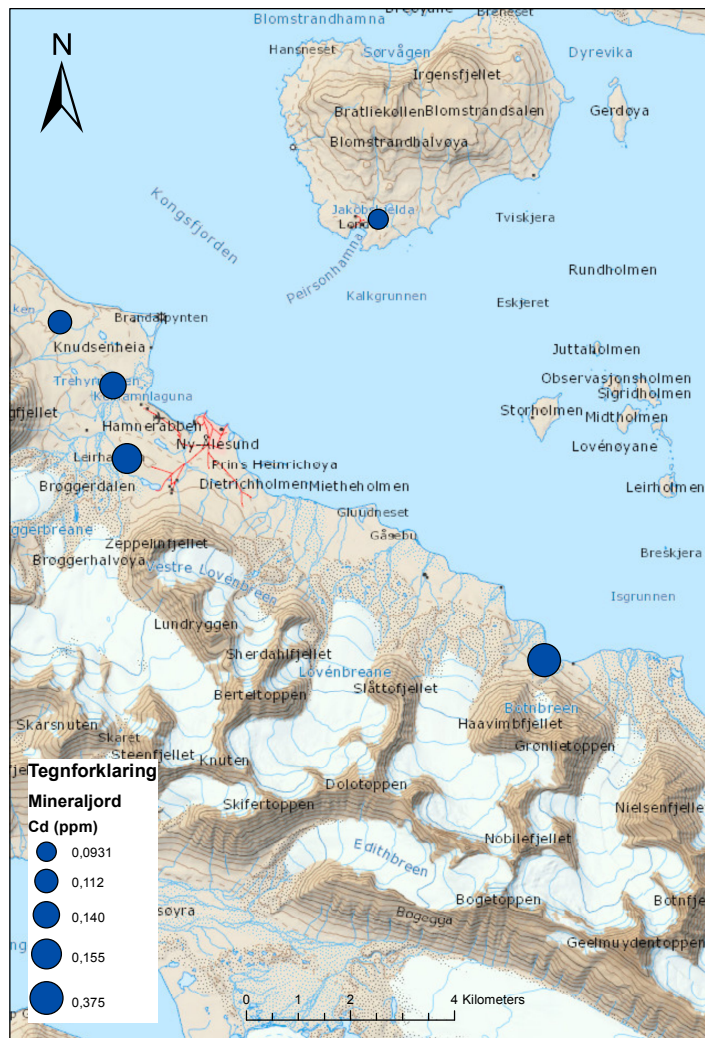
i Ny-Ålesund



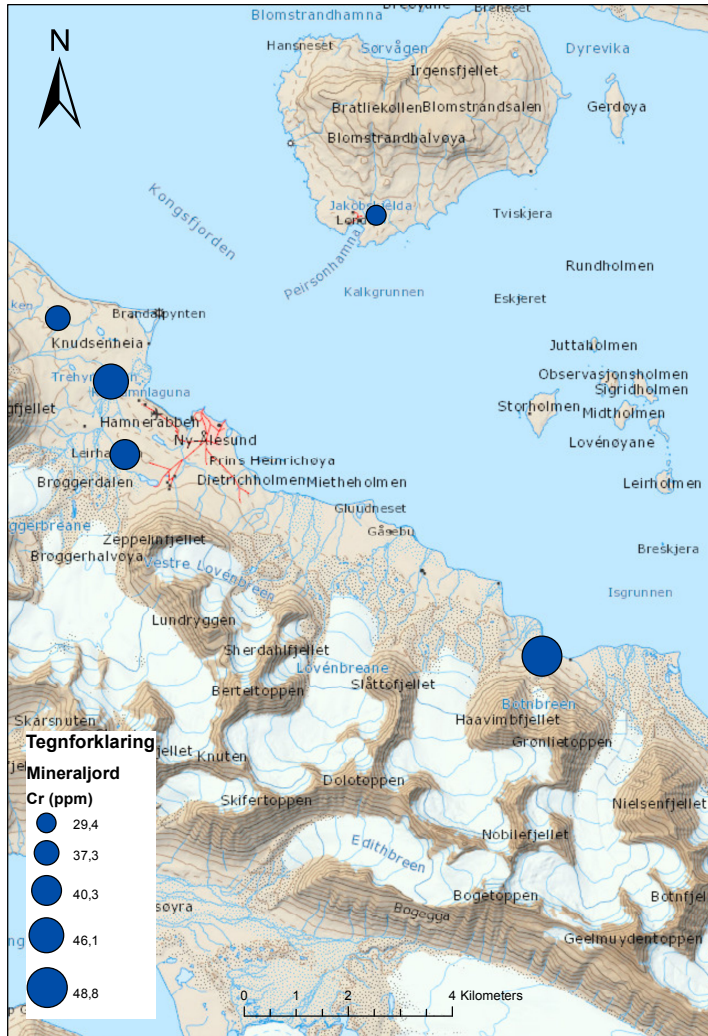
Figur B.1: Arsen i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av As i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



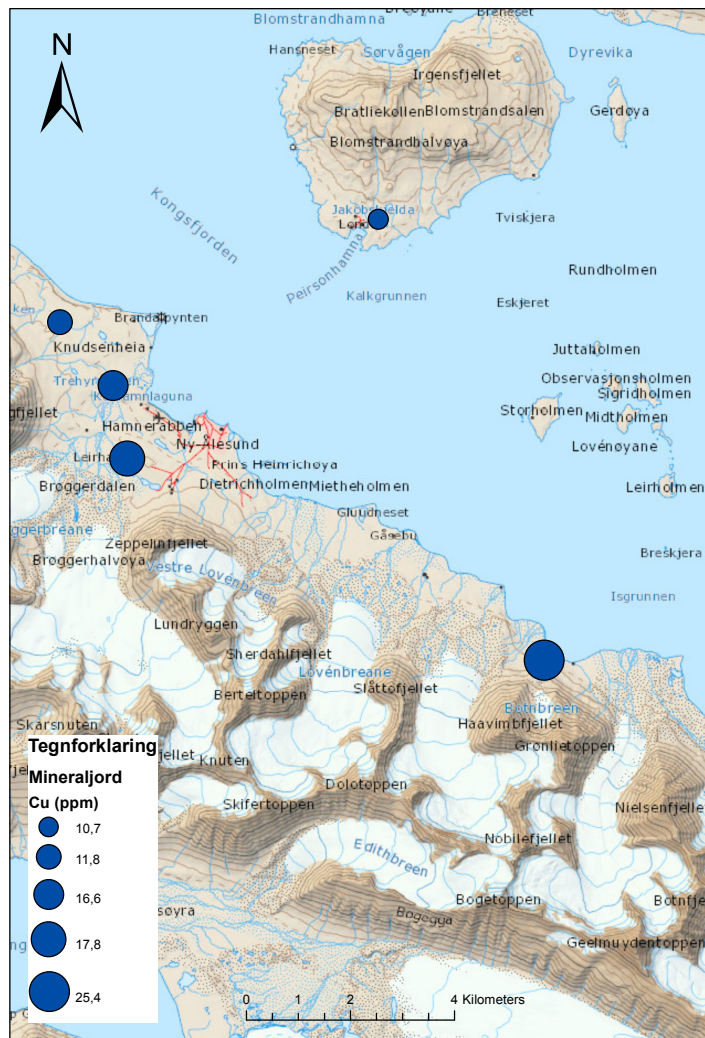
Figur B.2: Aluminium i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Al i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



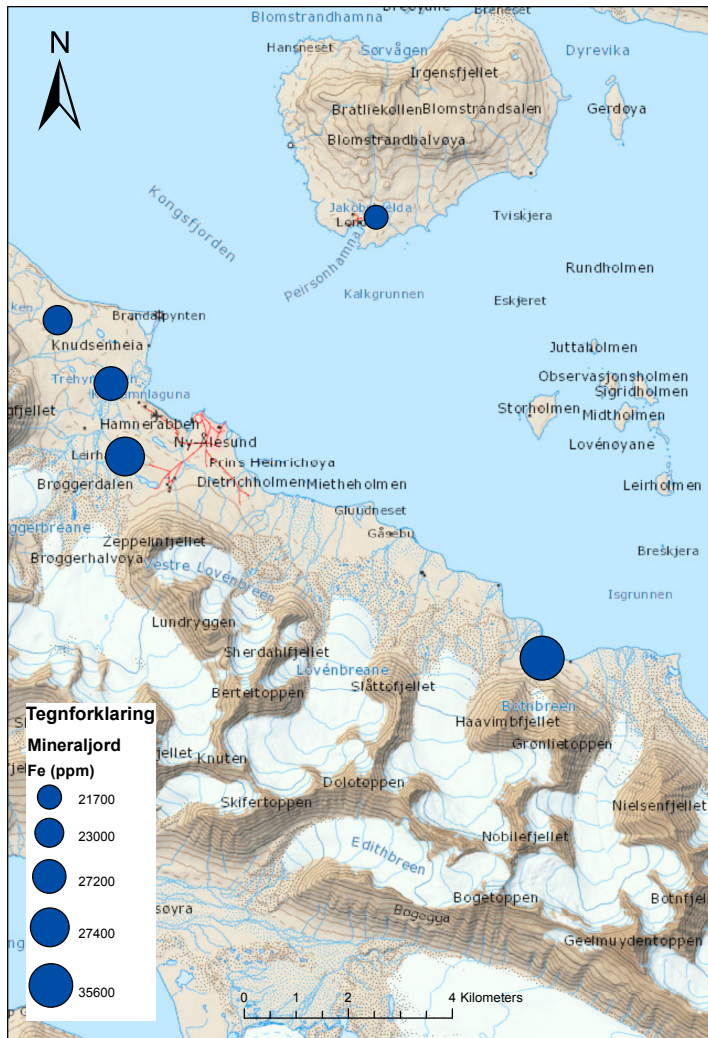
Figur B.3: Kadmium i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cd i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



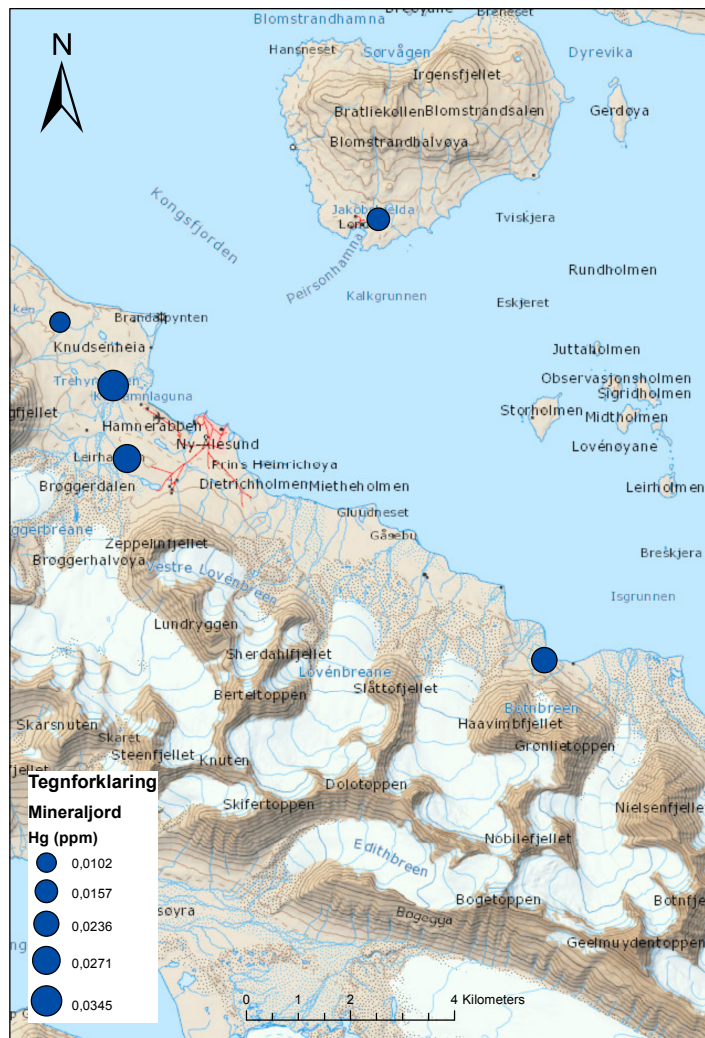
Figur B.4: Krom i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cr i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



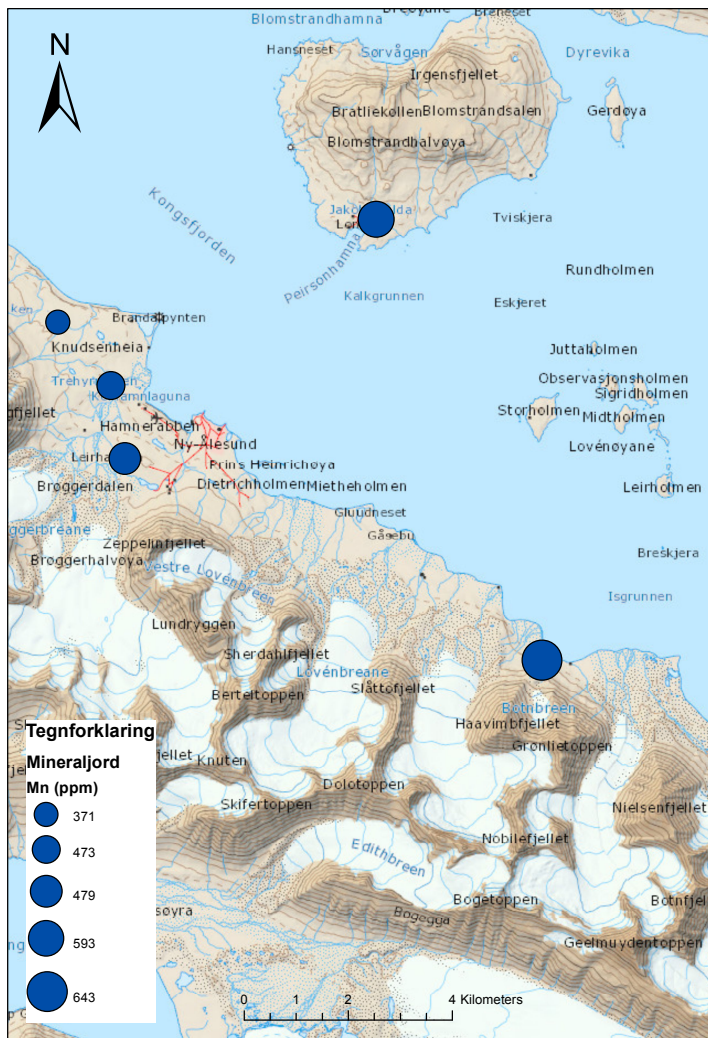
Figur B.5: Kobber i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Cu i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



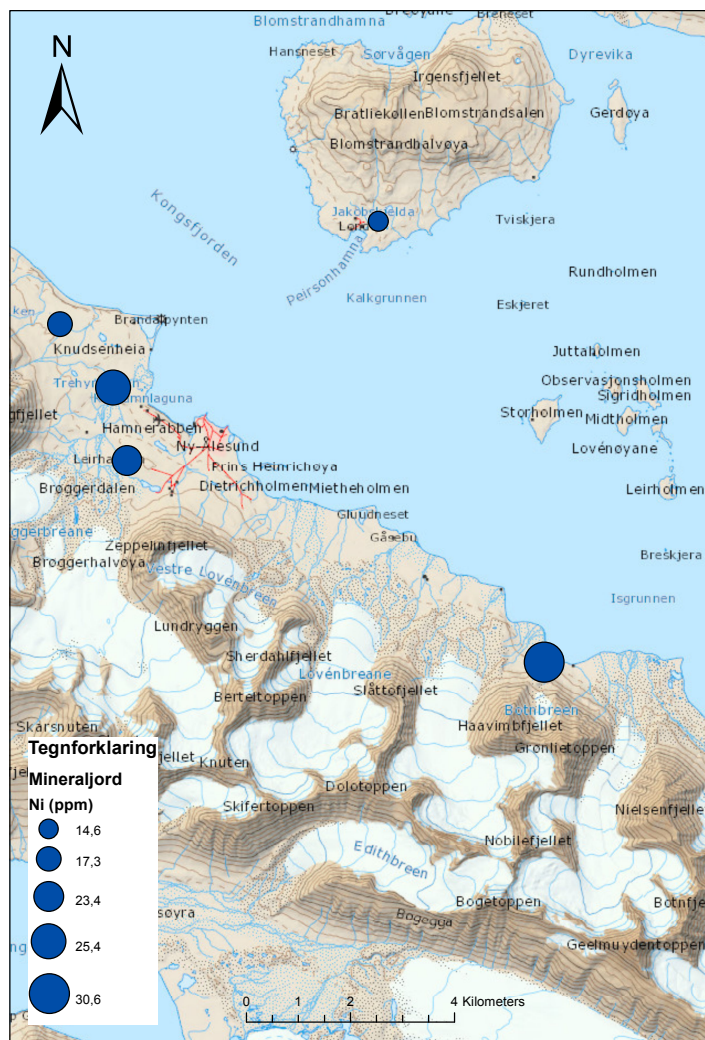
Figur B.6: Jern i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Fe i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



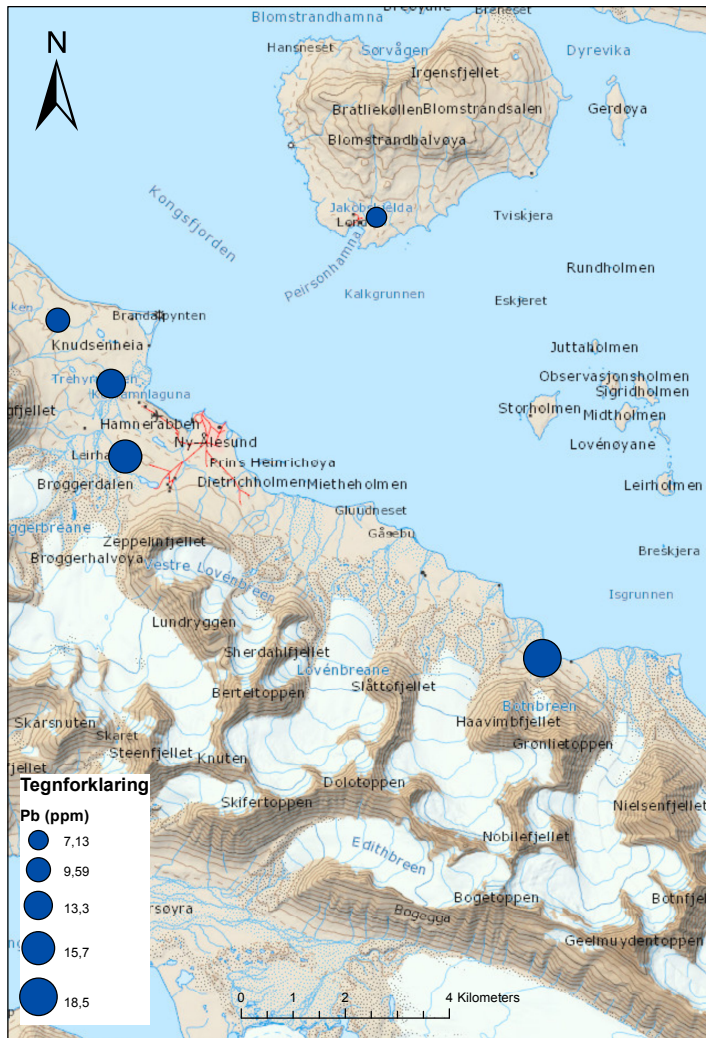
Figur B.7: Kvikksølv i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Hg i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



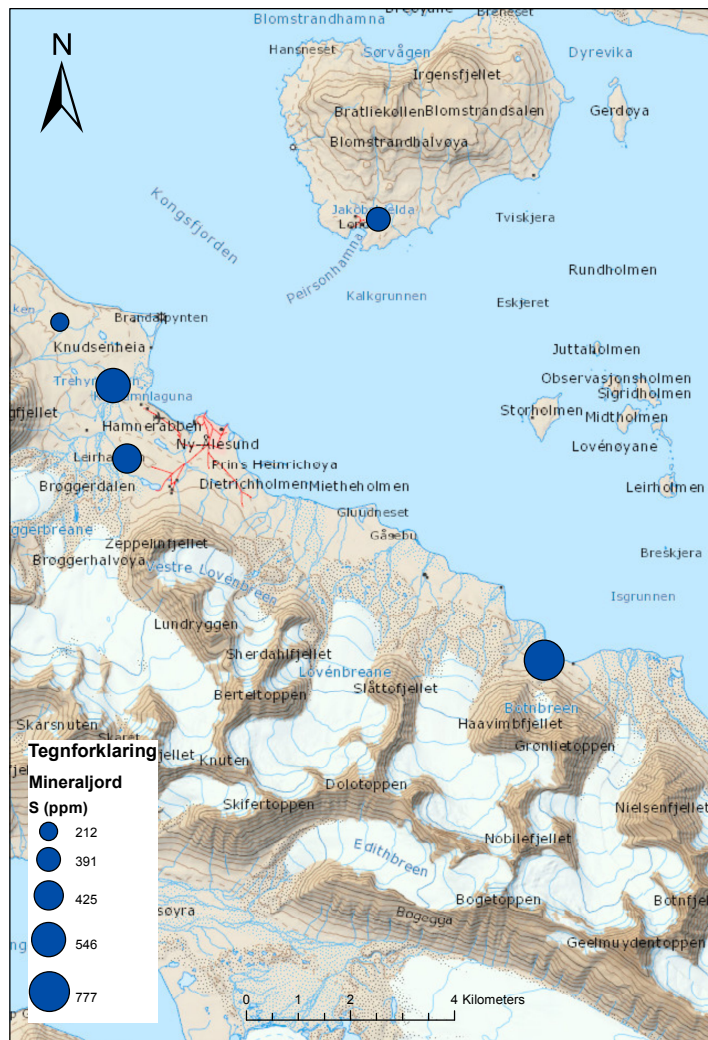
Figur B.8: Mangan i humusjord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Mn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



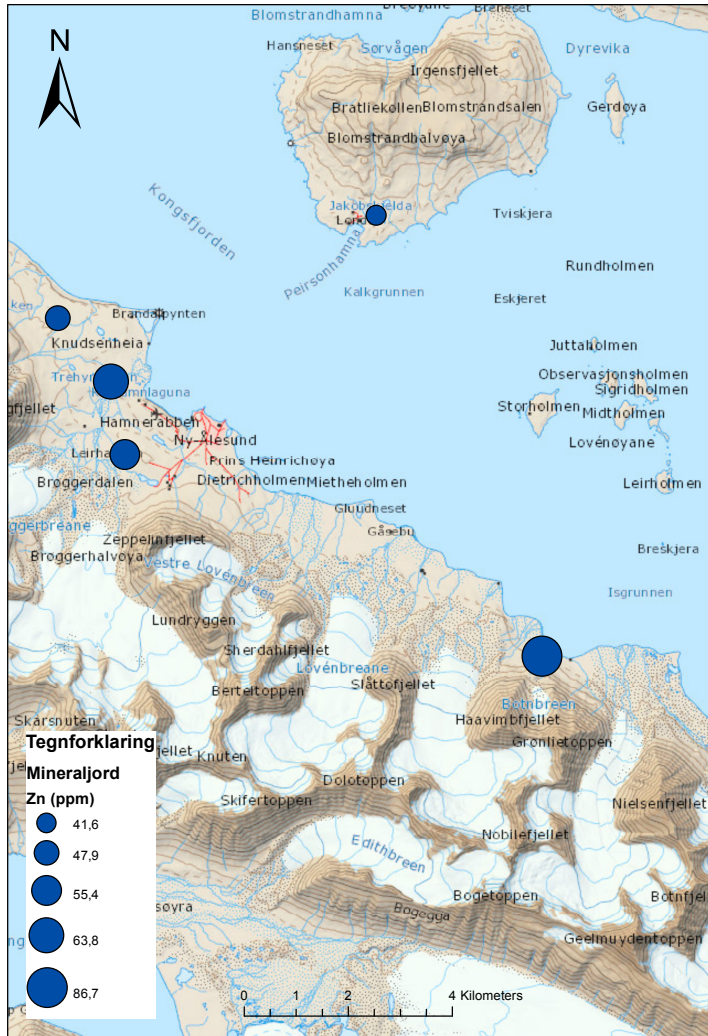
Figur B.9: Nikkel i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Ni i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



Figur B.10: Bly i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{g}$) av Pb i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



Figur B.11: Svovel i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av S i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.



Figur B.12: Sink i mineraljord. Kartet viser gjennomsnittskonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$) av Zn i hver av punktene, A, B, C, D og E. Merk at skalaene er ulike på de ulike kartene.

Vedlegg C

**Korrelasjonstabeller for
humusprøver**

Tabell C.1: Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område A, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1											
Pb	0,431	1										
Cd	-0,309	0,464	1									
Hg	-0,282	0,0150	0,144	1								
Cu	0,883	0,447	-0,378	-0,309	1							
Zn	-0,061	0,029	0,201	0,630	-0,0710	1						
Cr	0,882	0,652	-0,274	-0,246	0,874	-0,0584	1					
Ni	0,874	0,545	-0,324	-0,376	0,971	-0,137	0,942	1				
Fe	0,876	0,201	-0,635	-0,249	0,918	-0,130	0,804	0,879	1			
Al	0,810	0,139	-0,688	-0,252	0,913	-0,134	0,750	0,851	0,969	1		
Mn	0,625	0,615	0,0468	-0,0956	0,760	-0,122	0,621	0,732	0,643	0,558	1	
S	-0,212	0,640	0,855	0,106	-0,308	0,0099	-0,0111	-0,163	-0,541	-0,623	0,0490	1

Tabell C.2: Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område B, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,00											
Pb	0,231	1,00										
Cd	-0,952	-0,179	1,00									
Hg	-0,065	0,888	0,048	1,00								
Cu	0,989	0,238	-0,974	-0,0690	1,00							
Zn	-0,238	-0,826	0,0825	-0,793	-0,160	1,00						
Cr	0,997	0,222	-0,926	-0,0911	0,979	-0,253	1,00					
Ni	0,994	0,308	-0,934	-0,0162	0,987	-0,285	0,994	1,00				
Fe	0,996	0,188	-0,926	-0,111	0,973	-0,242	0,999	0,987	1,00			
Al	0,993	0,241	-0,926	-0,0956	0,985	-0,230	0,997	0,997	0,992	1,00		
Mn	0,967	0,450	-0,900	0,177	0,945	-0,468	0,964	0,975	0,958	0,957	1,00	
S	-0,954	0,0303	0,890	0,356	-0,942	0,00936	-0,963	-0,938	-0,966	-0,962	-0,856	1,00

Tabell C.3: Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område C, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,015	1,000										
Cd	0,287	0,805	1,000									
Hg	-0,281	-0,262	-0,149	1,000								
Cu	0,590	0,329	0,574	-0,445	1,000							
Zn	-0,325	0,323	0,401	-0,038	0,531	1,000						
Cr	0,934	-0,088	0,089	-0,312	0,595	-0,248	1,000					
Ni	0,899	0,032	0,206	-0,425	0,750	-0,061	0,973	1,000				
Fe	0,947	-0,145	0,028	-0,210	0,443	-0,432	0,970	0,901	1,000			
Al	0,929	-0,095	0,063	-0,340	0,576	-0,277	0,998	0,970	0,972	1,000		
Mn	0,711	0,458	0,457	-0,606	0,597	-0,098	0,678	0,732	0,618	0,693	1,000	
S	0,587	0,423	0,467	-0,280	0,746	0,192	0,541	0,626	0,457	0,520	0,535	1,000

Tabell C.4: Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område D, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,803	1,000										
Cd	-0,171	0,108	1,000									
Hg	-0,840	-0,391	0,554	1,000								
Cu	0,943	0,769	0,114	-0,697	1,000							
Zn	0,664	0,545	0,418	-0,458	0,737	1,000						
Cr	0,996	0,778	-0,249	-0,866	0,924	0,599	1,000					
Ni	0,999	0,805	-0,208	-0,848	0,927	0,644	0,997	1,000				
Fe	0,974	0,746	-0,383	-0,895	0,859	0,506	0,989	0,982	1,000			
Al	0,994	0,750	-0,270	-0,890	0,914	0,614	0,998	0,996	0,989	1,000		
Mn	0,987	0,839	-0,163	-0,785	0,943	0,577	0,988	0,986	0,968	0,978	1,000	
S	-0,589	-0,377	0,665	0,763	-0,306	-0,324	-0,607	-0,619	-0,684	-0,638	-0,508	1,000

Tabell C.5: Viser korrelasjonsmatrise for humusprøver i område E, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,088	1,000										
Cd	-0,695	0,609	1,000									
Hg	-0,506	0,781	0,896	1,000								
Cu	0,895	0,404	-0,453	-0,226	1,000							
Zn	-0,366	0,633	0,643	0,607	0,075	1,000						
Cr	0,989	-0,063	-0,786	-0,623	0,832	-0,470	1,000					
Ni	0,978	0,261	-0,589	-0,337	0,948	-0,231	0,939	1,000				
Fe	0,993	-0,022	-0,773	-0,598	0,868	-0,408	0,997	0,955	1,000			
Al	0,991	-0,034	-0,779	-0,593	0,847	-0,455	0,998	0,953	0,998	1,000		
Mn	0,239	0,883	0,528	0,584	0,400	0,363	0,111	0,339	0,124	0,118	1,000	
S	-0,115	0,910	0,671	0,911	0,143	0,476	-0,251	0,073	-0,221	-0,212	0,735	1,000

Tabell C.6: Viser korrelasjonsmatrise for gjennomsnitt i hvert område av humusprøver. Korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S	TOC
As	1,000												
Pb	0,436	1,000											
Cd	0,252	0,804	1,000										
Hg	0,153	-0,128	0,283	1,000									
Cu	0,871	0,776	0,462	0,012	1,000								
Zn	0,338	0,960	0,904	0,113	0,680	1,000							
Cr	0,895	0,718	0,656	0,241	0,898	0,686	1,000						
Ni	0,903	0,725	0,616	0,268	0,937	0,697	0,989	1,000					
Fe	0,915	0,759	0,513	0,019	0,980	0,661	0,954	0,966	1,000				
Al	0,849	0,756	0,703	0,325	0,904	0,755	0,986	0,992	0,936	1,000			
Mn	0,760	0,371	0,106	-0,442	0,629	0,152	0,642	0,588	0,725	0,518	1,000		
S	-0,662	-0,762	-0,317	0,523	-0,838	-0,556	-0,671	-0,674	-0,837	-0,624	-0,805	1,000	
TOC	-0,028	-0,682	-0,536	0,648	-0,273	-0,556	-0,274	-0,201	-0,330	-0,224	-0,478	0,649	1,000

Vedlegg D

Korrelasjonstabeller for mineraljordprøver

Tabell D.1: Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område A, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,651	1,000										
Cd	0,084	0,069	1,000									
Hg	0,517	0,741	0,252	1,000								
Cu	0,615	0,964	-0,073	0,639	1,000							
Zn	0,458	0,716	-0,055	0,321	0,828	1,000						
Cr	0,794	0,694	0,386	0,346	0,659	0,579	1,000					
Ni	0,561	0,812	-0,082	0,354	0,916	0,923	0,711	1,000				
Fe	0,655	0,826	-0,143	0,367	0,909	0,825	0,776	0,963	1,000			
Al	0,653	0,970	-0,034	0,603	0,987	0,790	0,732	0,912	0,931	1,000		
Mn	0,337	0,747	-0,400	0,293	0,842	0,662	0,422	0,828	0,857	0,855	1,000	
S	-0,003	0,299	0,484	0,746	0,140	-0,202	0,018	-0,163	-0,134	0,116	-0,132	1,000

Tabell D.2: Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område B, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,973	1,000										
Cd	0,164	0,335	1,000									
Hg	0,990	0,955	0,084	1,000								
Cu	0,974	0,970	0,186	0,987	1,000							
Zn	0,928	0,973	0,410	0,927	0,971	1,000						
Cr	0,913	0,948	0,358	0,927	0,973	0,993	1,000					
Ni	0,984	0,988	0,298	0,976	0,987	0,978	0,966	1,000				
Fe	0,812	0,920	0,632	0,786	0,859	0,952	0,924	0,892	1,000			
Al	0,938	0,947	0,260	0,958	0,988	0,981	0,993	0,974	0,878	1,000		
Mn	0,871	0,935	0,290	0,842	0,862	0,867	0,821	0,872	0,870	0,806	1,000	
S	-0,166	-0,042	-0,160	-0,113	-0,036	-0,024	-0,015	-0,137	0,066	-0,057	0,228	1,000

Tabell D.3: Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område C, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,772	1,000										
Cd	0,751	0,592	1,000									
Hg	0,830	0,480	0,715	1,000								
Cu	0,879	0,860	0,839	0,679	1,000							
Zn	0,737	0,928	0,560	0,560	0,853	1,000						
Cr	0,770	0,955	0,666	0,559	0,901	0,974	1,000					
Ni	0,814	0,883	0,861	0,610	0,976	0,870	0,937	1,000				
Fe	0,482	0,854	0,602	0,147	0,746	0,754	0,843	0,845	1,000			
Al	0,682	0,957	0,588	0,438	0,848	0,970	0,988	0,902	0,884	1,000		
Mn	0,458	0,269	0,878	0,387	0,580	0,161	0,321	0,615	0,466	0,255	1,000	
S	0,453	0,291	0,832	0,440	0,459	0,150	0,289	0,525	0,398	0,230	0,890	1,000

Tabell D.4: Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område D, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,953	1,000										
Cd	-0,152	-0,395	1,000									
Hg	-0,518	-0,746	0,856	1,000								
Cu	0,853	0,751	0,141	-0,200	1,000							
Zn	0,956	0,919	-0,115	-0,525	0,706	1,000						
Cr	0,931	0,953	-0,198	-0,644	0,711	0,968	1,000					
Ni	0,924	0,961	-0,218	-0,649	0,824	0,888	0,959	1,000				
Fe	0,876	0,977	-0,565	-0,866	0,605	0,861	0,913	0,907	1,000			
Al	0,911	0,967	-0,528	-0,791	0,616	0,892	0,892	0,859	0,977	1,000		
Mn	0,460	0,594	-0,151	-0,597	0,246	0,610	0,749	0,690	0,620	0,491	1,000	
S	-0,552	-0,772	0,830	0,998	-0,224	-0,569	-0,682	-0,678	-0,886	-0,814	-0,629	1,000

Tabell D.5: Viser korrelasjonsmatrise for mineraljordprøver i område E, hvor korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel. R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,651	1,000										
Cd	-0,496	-0,398	1,000									
Hg	0,816	0,943	-0,437	1,000								
Cu	0,601	0,983	-0,222	0,919	1,000							
Zn	0,561	0,993	-0,331	0,902	0,987	1,000						
Cr	0,256	0,896	-0,186	0,711	0,909	0,942	1,000					
Ni	0,553	0,977	-0,197	0,897	0,998	0,988	0,930	1,000				
Fe	0,575	0,987	-0,481	0,906	0,951	0,985	0,915	0,949	1,000			
Al	0,464	0,972	-0,351	0,845	0,960	0,991	0,971	0,967	0,984	1,000		
Mn	0,273	0,897	-0,088	0,747	0,932	0,941	0,984	0,951	0,900	0,955	1,000	
S	0,685	0,007	-0,387	0,157	-0,066	-0,088	-0,345	-0,116	-0,065	-0,165	-0,395	1,000

Tabell D.6: Viser korrelasjonsmatrise for gjennomsnitt i hvert område av miner-
aljordprøver. Korrelasjon er oppgitt i R-verdi, som er beregnet i Microsoft Excel.
R-verdier som er større enn 0,6 er markert med rødt og R-verdier som er mindre
enn -0,6 er markert med grønn.

	As	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Cr	Ni	Fe	Al	Mn	S
As	1,000											
Pb	0,554	1,000										
Cd	0,888	0,828	1,000									
Hg	0,201	0,596	0,241	1,000								
Cu	0,765	0,960	0,943	0,514	1,000							
Zn	0,842	0,888	0,945	0,488	0,966	1,000						
Cr	0,572	0,880	0,739	0,650	0,861	0,908	1,000					
Ni	0,680	0,955	0,846	0,677	0,961	0,959	0,957	1,000				
Fe	0,805	0,939	0,961	0,482	0,997	0,981	0,866	0,957	1,000			
Al	0,364	0,940	0,622	0,802	0,843	0,781	0,897	0,925	0,812	1,000		
Mn	0,794	0,319	0,621	0,174	0,522	0,493	0,131	0,369	0,533	0,139	1,000	
S	0,892	0,768	0,862	0,597	0,891	0,904	0,732	0,865	0,900	0,682	0,765	1,000

Vedlegg E

Beregning av glødetap og vanninnhold

Tabell E.1: Tabellen viser beregning og verdier av glødetapsprøver. Merk at prøveområdene i denne tabellen er som følger: A= A+B, altså området rundt bayelva, område B er London, C er Bøtnebreen og D er knudsenheia. Verdiene for organiskmateriale(%) er de som er blitt benyttet i denne oppgaven, samt verdiene for vanninnhold (%).

Område	Digelv	prøve + digel (m0)	Prøve (g) (mp)	Tørket + digel (m1)	Prøve tørket	Vanninnhold(%)	Glødet + digel(g) (m2)	Prøve glødet (g) (m2*)	Organisk materiale (g)	Organisk materiale(%)	TOC(g)
Formel			$m_0 - m_d$		$m_1 - m_d$	$100 \cdot \left(\frac{m_p - m_1}{m_p} \right)$		$m_2 - m_d$	$m_1^* - m_2^*$	$100 \cdot \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1^*} \right)$	$\frac{m_1^* - m_2^*}{1,724}$
A2	26,08	30,175	4,092	29,865	3,782	7,560	28,094	2,011	1,771	46,825	1,027
A7	23,9	27,848	3,950	27,395	3,497	11,464	24,839	0,941	2,556	73,096	1,483
A15	24,82	28,864	4,041	28,354	3,531	12,624	25,434	0,611	2,920	82,691	1,694
B19	25,3	29,326	4,028	28,844	3,546	11,959	26,503	1,206	2,341	66,007	1,358
B23	24,56	28,670	4,109	28,084	3,523	14,263	25,120	0,558	2,965	84,162	1,720
B24	24,02	28,386	4,364	27,773	3,750	14,065	24,692	0,670	3,080	82,142	1,787
C26	24,4	28,689	4,293	28,118	3,722	13,302	25,483	1,087	2,635	70,806	1,528
C28	24,12	28,408	4,285	27,849	3,725	13,056	25,346	1,223	2,502	67,172	1,451
C30	24,7	28,974	4,271	28,642	3,939	7,768	27,051	2,348	1,591	40,398	0,923
D31	32,04	36,601	4,560	36,092	4,050	11,182	33,592	1,551	2,500	61,715	1,450
D34	29,03	34,275	5,247	33,818	4,790	8,709	31,541	2,513	2,277	47,543	1,321
D35	24,45	29,294	4,843	28,833	4,382	9,523	26,506	2,055	2,327	53,099	1,350
Gjennomsnitt					3,853			1,398	2,455	64,638	1,424

Vedlegg F

Bilde av Bayelva



Figur F.1: Bilder tatt av Bayelva. Foto: Marit Damhaug

Vedlegg G

ICP-MS

Tabell G.1: Deteksjonsgrenser for ICP-MS-analysen målt i $\mu\text{g/g}$.

Grunnstoff	Isotop	Deteksjonsgrense($\mu\text{g/g}$)	Oppløsning
Al	27	0,40	Mr
As	75	0,050	Hr
Cd	114	0,0200	Mr
Cr	52	0,0100	Mr
Cu	65	0,040	Mr
Fe	57	0,240	Mr
Pb	208	0,0040	Lr
Mn	55	0,0120	Mr
Hg	202	0,0020	Lr
Ni	60	0,030	Mr
S	34	40	Mr
Zn	67	0,080	Mr

Vedlegg H

Temperaturprogram for ultraclave



MLS Microwave Report

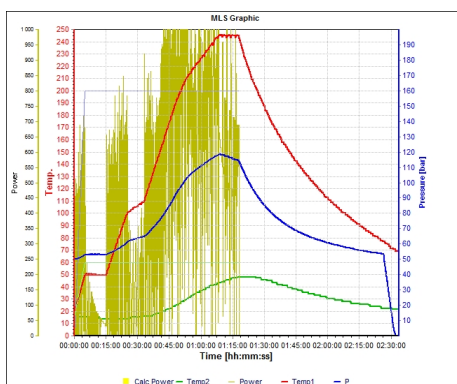
Application: ultraCLAVE

Report 08.12.2014 11:45:00

Operator: Administrator

Filename: M:\A\2014\PROJECTS NOT FINISHED\KJEMIMASTER\Marit Damhaug\860b-241014-121-160-Damhaug-41-75-humus.dpr

MLS Milestone
www.milestonesrl.com



Parameter

```

Release temp.: 70.0 °C
Release pressure: 10.0 bar/min
Cooling : ON
Auto open : OFF
Cooling on Temp.: 80.0 °C
Sound load : 300 30 2
Ventilation time: 01:15:46
  
```

Remark:

Snr 860b vials 121-160 241014

Prosedyre maks 500 mg humus tilsettes 6 ml 50% HNO₃ v/v, dekom, fortyntet til 60 ml

Prosjekt , Marit Damhaug Master hos Oyvind, humusprover fra svalbard pnr 41-75

MW Program

Step	Time [hh:mm:ss]	Temp 1 [°C]	Temp 2 [°C]	Press [bar]	Engery [Watt]
1	00:05:00	50	60	160	1 000
2	00:10:00	50	60	160	1 000
3	00:10:00	100	60	160	1 000
4	00:08:00	110	60	160	1 000
5	00:15:00	190	60	160	1 000
6	00:05:00	210	60	160	1 000
7	00:15:00	245	60	160	1 000
8	00:10:00	245	60	160	1 000

Figur H.1: Temperaturprogrammet for dekomponering med ultraclave

Vedlegg I

Resultater fra andre artikler, brukt til sammenlikninger

I.1 Hao, Z., Weng, F. og Yang, H.



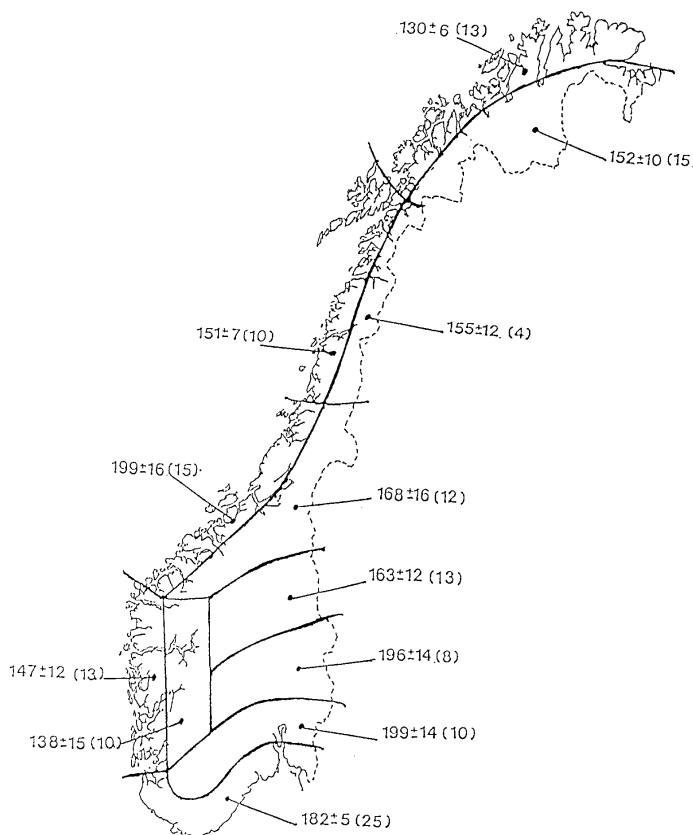
Figur I.1: Viser prøvepunkter fra tidligere studier i Ny-Ålesund [10]

Tabell I.1: Resultater fra tidligere studier i Ny-Ålesund [10]

Heavy metals	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	CV	Skewness	Kurtosis
Cr	13.30	127.00	40.57	23.80	0.59	1.99	5.38
Ni	1.72	38.80	15.47	9.56	0.62	1.60	1.92
Cu	7.84	47.30	18.31	7.75	0.42	2.08	6.37
Zn	26.50	123.00	78.85	26.93	0.34	-0.07	-1.17
As	2.17	9.22	4.09	1.58	0.39	1.55	2.58
Cd	0.00	2.4	0.02	0.08	4.94	5.18	27.97
Hg	0.08	0.38	0.28	0.07	0.23	-1.30	2.45
Pb	0.00	129.00	9.00	27.78	3.09	3.92	14.84

*Metal contents are given in milligrams kilogram⁻¹

I.2 Steinnes, E. og Andersson, E. M.



Figur I.2: Viser konsentrasjoner av Hg (ng/g) i humusjordprøver i Norge [27]

I.3 Steinnes, E. og Sjøbakk, T. E.

Tabell I.2: Viser konsentrasjoner av Hg i Norge for ulike dybder [28]

Table 1
Concentrations of Hg in peat profiles from six ombrotrophic bogs in different parts of Norway

Depth (cm) range	A. Gjerstad		B. Gylstad		C. Fure		D. Namssø		E. Nordli		F. Andøya	
	Hg (ng/g)	Ave BP	Hg (ng/g)	Ave BP	Hg (ng/g)	Ave BP	Hg (ng/g)	Ave BP	Hg (ng/g)	Ave BP	Hg (ng/g)	Ave BP
0-2.5	204	28	209	24	187	20	108	20	114	165	26	27
2.5-5	201	65	210	102	187	30	56.3	65	107	195	136	83
5-7.5	66.4	145	141	195	196	90	40.2	90	58.5	330	97.1	130
7.5-10	36.6	275	82.3	300	(5-10 cm)	110	39.7	110	49.3	480	99.6	190
10-12.5	31.6	365	68.9	400	(5-10 cm)	130	35.2	130	32.5	575	68.0	260
12.5-15	27.8	435	47.2	495	(10-15 cm)	155	32.1	155	35.2	705	65.4	340
15-20	12.5	575	18.9	600	(10-15 cm)	170	16.6	170	21.9	935	11.7	425
20-25	12.1	715 ± 70	13.9	990	35.5	211	26.5	211	26.5	79	9.35	62.5
25-30	12.0	760	11.6	1235	38.5	1485	17.4	440	6.4	1040	26.4	81.5
30-40	8.3	850	12.9	1750	24.5	1925	14.4	670	6.4	1260	22.0	1235
40-50	13.4	970	33.7	2175 ± 80	21.0	2360 ± 75	10.9	875 ± 75	3.6	1530 ± 55	18.7	1610
50-60	13.9	770	7.8	2580	21.3	2515	11.1	1100	7.2	1640	18.9	1910
70-80	13.9	1600 ± 60	16.2	2920	16.7	2920	8.0	1480	9.0	1880	14.3	1760
80-90	15.1	1145 ± 60	16.5	2800 ± 65	16.9	3045	7.6	1485	9.5	1895	15.3	2760
90-100	14.4	1385	15.9	3420	11.3	3045	7.6	1900 ± 75	6.5	2045 ± 40	15.1	3120 ± 85
					16.6	3260 ± 80	8.3	2290	8.3	2210	17.8	3580

I.4 Nygård, T., Steinnes, E. og Røyset, O.

Tabell I.3: Viser konsentrasjoner av flere metaller i jordprøver i Norge [18]

Element	All samples (464)			>70% organic matter (385)		
	Mean	Median	Range	Mean	Median	Range
Li	1.07	0.50	<0.02–18.0	0.64	0.44	0.02–9.6
Be	0.129	0.072	<0.004–1.69	0.060	0.094	<0.004–0.91
B	4.65	4.21	1.57–21.6	4.43	4.10	1.57–14.5
Ti	249	194	31–2170	194	158	31–803
V	12.3	7.99	0.90–131	8.27	6.61	0.90–56.0
Cr	7.86	14.2	<0.05–191	4.91	3.47	<0.05–46.3
Mn	330	181	15–7830	279	165	15–3980
Co	1.91	1.02	0.07–42.4	1.35	0.83	0.07–14.4
Ni	7.46	4.09	0.30–309	6.32	3.83	0.30–309
Cu	11.6	9.00	3.9–222	10.8	8.86	4.1–222
Zn	62.4	52.0	10.8–931	60.8	52.0	10.8–931
Ge	2.27	1.80	<0.01–24.3	1.94	1.26	<0.01–16.0
As	1.44	0.89	<0.03–19.2	1.12	0.97	<0.03–6.34
Rb	9.26	6.97	0.81–70.3	7.60	6.63	0.81–25.5
Sr	31.7	25.7	5.25–167	28.3	24.5	5.25–143
Y	3.01	1.60	0.11–32.2	2.95	2.17	0.11–32.2
Zr	3.24	1.92	0.32–33.8	2.21	1.60	0.32–14.1
Mo	0.671	0.395	0.009–47.8	0.532	0.395	0.04–6.28
Ag	0.44	0.34	<0.03–4.93	0.43	0.33	<0.03–4.93
Cd	0.57	0.45	0.047–6.7	0.55	0.47	0.047–6.7
Sb	0.337	0.208	<0.001–5.43	0.391	0.248	<0.001–5.43
Cs	0.53	0.33	0.03–9.43	0.41	0.30	0.03–4.71
Ba	69.4	53.0	9.1–808	64.6	49.6	9.1–808
La	5.02	2.13	0.17–136	3.54	1.65	0.17–61.9
Ce	9.77	4.30	0.31–305	6.29	3.39	0.31–68.7
Pr	1.96	1.12	0.04–25	0.78	0.40	0.04–14.4
Nd	4.22	1.96	0.21–90.8	2.96	1.52	0.21–53.4
Sm	0.77	0.37	<0.003–13.0	0.54	0.30	<0.003–10.1
Hf	0.10	0.06	<0.003–0.97	0.07	0.05	<0.003–0.37
Tl	0.184	0.154	0.020–1.40	0.171	0.146	0.020–1.40
Pb	46.4	34.5	7.05–345	43.6	32.8	8.20–288
Bi	0.167	0.122	<0.002–0.87	0.151	0.116	<0.002–0.66

Vedlegg J

Statistikk: t-test

Tabell J.1: Viser t-test mellom Al i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	32434,74183	11788,34357
Variance	35538403,99	33694411,27
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	5,548470822	
P(T<=t) one-tail	0,000270972	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,000541945	
t Critical two-tail	2,306004135	

Tabell J.2: Viser t-test mellom Cd i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	0,175000158	0,479370396
Variance	0,013080186	0,018510303
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	-3,82920843	
P(T<=t) one-tail	0,00251178	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,005023559	
t Critical two-tail	2,306004135	

Tabell J.3: Viser t-test mellom Cr i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	40,40342162	13,85098547
Variance	58,29509754	47,35241527
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	5,776432953	
P(T<=t) one-tail	0,000208105	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,00041621	
t Critical two-tail	2,306004135	

Tabell J.4: Viser t-test mellom Cu i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	16,44739992	9,641842096
Variance	34,1027622	7,634171352
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	2,355529035	
P(T<=t) one-tail	0,028314464	
t Critical one-tail	1,943180281	
P(T<=t) two-tail	0,056628928	
t Critical two-tail	2,446911851	

Tabell J.5: Viser t-test mellom Fe i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	26982,12487	8928,10442
Variance	29373768,58	17904561,35
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	5,871213439	
P(T<=t) one-tail	0,000186847	
t Critical one-tail	1,859548038	
P(T<=t) two-tail	0,000373694	
t Critical two-tail	2,306004135	

Tabell J.6: Viser t-test mellom Hg i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	0,022246891	0,108856799
Variance	9,10927E-05	0,000351999
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-9,20038143	
P(T<=t) one-tail	4,64835E-05	
t Critical one-tail	1,943180281	
P(T<=t) two-tail	9,29671E-05	
t Critical two-tail	2,446911851	

Tabell J.7: Viser t-test mellom Ni i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	22,25280397	9,455645816
Variance	40,60916549	21,2969569
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	7	
t Stat	3,63690317	
P(T<=t) one-tail	0,004160611	
t Critical one-tail	1,894578605	
P(T<=t) two-tail	0,008321222	
t Critical two-tail	2,364624252	

Tabell J.8: Viser t-test mellom Mn i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	511,7428609	259,9263093
Variance	11605,57807	4962,521368
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	7	
t Stat	4,374545403	
P(T<=t) one-tail	0,001627999	
t Critical one-tail	1,894578605	
P(T<=t) two-tail	0,003255997	
t Critical two-tail	2,364624252	

Tabell J.9: Viser t-test mellom Pb i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	12,841	14,063
Variance	20,819	10,522
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	7	
t Stat	-0,488	
P(T<=t) one-tail	0,320	
t Critical one-tail	1,895	
P(T<=t) two-tail	0,640	
t Critical two-tail	2,365	

Tabell J.10: Viser t-test mellom S i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	470,2155541	1566,645233
Variance	43721,21888	158464,0197
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	-5,4524421	
P(T<=t) one-tail	0,000791877	
t Critical one-tail	1,943180281	
P(T<=t) two-tail	0,001583755	
t Critical two-tail	2,446911851	

Tabell J.11: Viser t-test mellom Zn i humusjord og mineraljord, beregnet ved uparet t-test for antatt ulike varians i Microsoft Excel.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	59,08586385	68,61663179
Variance	306,7056118	130,7403068
Observations	5	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	7	
t Stat	-1,01894493	
P(T<=t) one-tail	0,171073368	
t Critical one-tail	1,894578605	
P(T<=t) two-tail	0,342146736	
t Critical two-tail	2,364624252	