

NGU Rapport 99.140

Resultater av kjemiske analyser av prøver av
Svalbard kull og tilgrensende bergarter
over, under og mellom kull fløtsene.

Rapport nr.: 99.140		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Resultater av kjemiske analyser av prøver av Svalbard kull og tilgrensende bergarter over, under og mellom kull fløtsene.			
Forfatter: Henning Jensen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune: Svalbard	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater: Gruve 7, Longyearbyen, Svea sentral felt		Sidetall: 28	Pris: 48,00 kr
Feltarbeid utført:		Kartbilag: Ingen	
Rapportdato: Desember 2000	Prosjektnr.: 283000	Ansvarlig: <i>[Signature]</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>Det er analysert 24 bergartsprøver, levert av Store Norske Spitsbergen Kulkompani. 14 kullprøver fordelt med 11 prøver fra Svea Sentralfeltet og 3 prøver fra Gruve 7 ved Longyearbyen samt 10 bergartsprøver over ("heng"), mellom ("mellomstein") og under ("ligg"). Kullfløtsene er analysert for en rekke hoved- og sporelementer. Innholdet av Hg, Cu, Ni, Pb, As, Cr, V og Se er analysert for å få en vurdering av hvilke konsentrasjoner det kan forventes i kull og bergartene liggende opp mot kull lagene som det produseres fra.</p> <p>Det er betydelig høyere konsentrasjoner av arsen og tungmetaller i prøvene fra bergarter der ligger opp mot kullfløtsene, spesielt i "heng" og "mellomstein". Det er imidlertid store variasjoner konsentrasjonene for alle tungmetaller enten i kull, "heng", "mellomstein" eller "ligg" prøvene. As forekommer i største konsentrasjoner med verdier opp til ca. 225 mg/kg bergart. Denne undersøkelse bekrefter høye As konsentrasjoner i tidligere miljøundersøkelser.</p> <p>Undersøkelse av arsen og tungmetall konsentrasjoner i kull og bergarter som ligger opp mot kull fløtsene kan ha betydning for den mulige spredning av tungmetaller til miljøet fra lokale bergarter og ikke minst fra den lokale bruk, enten gjennom gruvevirksomhet eller lokal anvendelse av bl.a. kull i energiproduksjonen i Longyearbyen og restmateriale fra gruvevirksomheten (skeidestein).</p>			
Emneord: Svalbard	Kull	Sedimentære bergarter	
Gruvedrift	Geokjemisk undersøkelse	Tungmetall	
Arsen	Selen		

INNHold

1.	INNLEDNING.....	4
2.	PRØVENE.....	4
3.	ANALYSER.....	5
4.	RESULTATER.....	6
4.1	Kullprøver.....	6
4.1.1	Hovedelementer.....	6
4.1.2	Tungmetaller.....	6
4.2	"Mellomstein", "heng" og "ligg" prøver.....	6
4.2.1	Hovedelementer.....	6
4.2.2	Tungmetaller.....	6
4.3	Sammenligning av kull med "mellomstein", "heng" og "ligg" prøver.....	7
5.	TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	9
5.1	Tidligere analyser av kullprøver.....	9
5.2	Miljøundersøkelser i Longyearbyen.....	10
5.3	Geokjemisk sammenligning av Svalbard kull med kull fra andre deler av verden..	10
6.	KONKLUSJON.....	12
7.	REFERANSER.....	13

FIGURER

- Fig. 1a – d Fordeling av hovedelementene Ca, Fe, Al og Na i kull og tilgrensende bergarter
- Fig. 2a – c Fordeling av hovedelementene Mg, K og Si i kull og tilgrensende bergarter
- Fig. 3a – d Fordeling av As, Cu, Ni og V i kull og tilgrensende bergarter
- Fig. 4a – d Fordeling av Pb, Cr, Hg og Se i kull og tilgrensende bergarter
- Fig. 5a – c Fordeling av Cd, Co og Zn i kull og tilgrensende bergarter

VEDLEGG

- NGU-LAB Laboratoriedata fra analyserapport 1999.0230 for analyseprøver for kull, mellomstein, heng og ligg prøver levert av Store Norske Spitsbergen Kulkompani.

1. INNLEDNING

Store Norske Spitsbergen Kulkompani har valgt ut kull prøver fra det ny Svea sentralfelt og gruve 7 ved Longyearbyen samt bergarter liggende under, mellom og over produserte kull fløtser ("ligg", "mellomstein" og "heng"). 24 prøver er analysert på HNO₃-løselige grunnstoffer med bruk av ICP-AES, AAS kalddamp teknikk, AAS grafitt ovn. Målet for analysene har vært å få informasjon om innhold av tungmetaller i kull og tilgrensende bergarter. Mengden av arsen og tungmetaller i kull og produserte tilgrensende bergarter kan gi opplysninger om mulig spredning av disse grunnstoffer enten naturlig eller gjennom menneskelig aktivitet (kullbruk, gruvedrift, skeidestein). Det er viktig i forhold til det planlagte Svalbard Miljøgeokjemi prosjekt å vurdere lokale kilder for spredning av bl.a. tungmetaller til naturmiljøet samt bakgrunnsnivåene for en rekke tungmetaller fra kull sekvensene ved bl.a. Gruve 7 ved Longyearbyen og Svea feltet, som sannsynligvis vil være produserende kullfelt i flere år.

2. PRØVENE

24 prøver, innsamlet av Store Norske Spitsbergen Kulkompani, bestod av kull prøver fra det ny kullfeltet Svea Nord og tilgrensende bergarter bestående av enten "mellomstein", "ligg" eller "heng", som blir produsert sammen med kullene fra fløtsene, samt 3 prøver fra gruve 7 ved Longyearbyen, bestående av et kullprodukt, middelgoods, som selges på markedet. Tabell 2.1 på neste side gir en oversikt over prøvene.

Prøve nr. (NGU)	Prøve identitet, Store Norske	Prøve, opprinnelse	Prøvetype, ifølge Store Norske
1	995012, 86/09	Svea Nord	Kull
2	995013, 91/08	Svea Nord	Kull
3	995014, 91/12	Svea Nord	Kull
4	995015, 91/28	Svea Nord	Kull
5	995017, 91/17	Svea Nord	Kull
6	995018, 91/47	Svea Nord	Kull
7	995021, 93/01	Svea Nord	Kull
8	995024, 91/26	Svea Nord	Kull
9	995027, 91/16	Svea Nord	Kull
10	995028, 91/24	Svea Nord	Kull
11	995029, 93/02	Svea Nord	Kull
12	995035, uke 17/99	Longyearbyen, gruve 7	Kull, middelgoods
13	995036, uke 18/99	Longyearbyen, gruve 7	Kull, middelgoods
14	995037, uke 23/99	Longyearbyen, gruve 7	Kull, middelgoods
15	995016, 912181	Svea Nord	Mellomstein
16	995019, 912222	Svea Nord	Mellomstein
17	995020, 912220	Svea Nord	Mellomstein
18	995022, 932024	Svea Nord	Heng
19	995023, 932033	Svea Nord	Ligg
20	995025, 912202	Svea Nord	Heng
21	995026, 912192	Svea Nord	Ligg
22	995030, 932013	Svea Nord	Heng
23	995031, 932022	Svea Nord	Ligg
24	995032, 930223	Svea Nord	Ligg

Tabell 2.1 Oversikt over prøvene.

3. ANALYSER

Prøvene ble knust av Store Norske Spitsbergen Kulkompani før leveranse til NGU. Prøvene ble sendt som pulverisert materiale i lukkede plastposer. Tabell 2.1 angir prøvene med Store Norske prøve nr., opprinnelse sted og type prøve. ”Heng” og ”ligg” prøvene er trolig tatt ut parvis slik at prøvene #18 og #19, #20 og #21 samt #22, #23 og #24 hører sammen.

Prøvene ble analysert ved NGU’s laboratorium i Trondheim, etter følgende opplegg:

- Analyser på syre-løselig fraksjon etter autoklav oppslutning med 7N HNO₃;
- ICP-AES analyser av 28 elementer: Si, Al, Fe, Ti, Mg, Ca, Na, K, Mn, P, Cu, Zn, Ni, Co, V, Mo, Cr, Ba, Sr, Zr, Ag, B, Be, Li, Sc, Ce, La, og Y;
- AAS med grafittovns teknikk analyser av 6 elementer: As, Cd, Pb, Se, Sn og Sb;
- AAS med kalddamp teknikk analyse av Hg;

Metodene anvendt er akkrediterte gjennom Norsk Akkreditering med unntak av Sb analysert med atomabsorpsjon grafitt ovn teknikk.

4. RESULTATER

Det er analysert 14 kull prøver og 10 tilgrensende bergartsprøver bestående av 3 mellomstein prøver, 3 ”heng” prøver og 4 ”ligg” prøver.

4.1 Kullprøver

4.1.1 Hovedelementer

Fordelingen av hovedelementene er vist i figurene 1a – d og 2a – c. Elementene med største konsentrasjoner er Ca, Fe, Al, Na, Mg og K i denne rekkefølge.

4.1.2 Tungmetaller

Tungmetallene As, Cu, Ni og V er vist i figur 3a - d. Tungmetallene Pb, Cr, Hg og Se er vist i Figur 4a - d. Tungmetallene Cd, Co og Zn er vist i figur 5a - c. Tungmetallene Cu, Ni, Zn og As forekommer i konsentrasjoner opp til ca. 30 mg/kg. Andre tungmetaller Cd, Pb, Se er generelt tilstede i mindre konsentrasjoner. Kvikksølv (Hg) er tilstede i konsentrasjoner mindre enn 0.15 mg/kg. Kullprøvene 4 og 6 fra Svea Nord har høyere innhold av tungmetallene As, V og Pb sammenliknet med de øvrige kullprøvene.

4.2 ”Mellomstein”, ”heng” og ”ligg” prøver

4.2.1 Hovedelementer

Figurene 1a –d og 2a – c viser hovedelement fordelingen i ”mellomstein”, ”heng” og ”ligg” prøvene. Al -konsentrasjonene varierer mye fra 8210 ppm til 29400 ppm. Det samme gjelder for Fe, som varierer fra 4500 ppm til 89200 ppm. Det kan derfor antas, at mineralogien er sterkt varierende for de 10 prøvene. Fe har størst gjennomsnittlig konsentrasjon fulgt av Al, Ca, K, Mg og Na. Det er markante forskjeller i Fe -konsentrasjonen for parvis ”heng”/”ligg” prøver (#18/#19, #20/#21, #22/#23 og #24). ”Heng” prøvene har vesentlig høyere Fe-konsentrasjon enn de tilhørende ”ligg” prøver, noe som antyder en Fe-anrikning av ”heng” bergartene. Trolig er Fe knyttet til sulfider i ”mellomstein”, ”heng” og ”ligg” prøvene. Atom absorpsjons analysene viser, at 9 av de 10 prøvene har Si-konsentrasjoner under deteksjonsgrensen (< 100 ppm).

4.2.2 Tungmetaller

Tungmetaller finnes i prøvene i varierende konsentrasjoner. As forekommer i høye konsentrasjoner i flere av prøvene (opp til 154 mg/kg i prøve #15), samtidig med at flere av prøvene har mindre As-konsentrasjoner (prøvene #19 og #21). V er tilstede i relativ høye konsentrasjoner i de fleste av prøvene. Ni-konsentrasjonene er bimodal fordelt, der 5 av

prøvene har konsentrasjoner 20 – 37 mg/kg, mens de resterende 5 prøvene har mindre enn 15 mg/kg.

Det er variasjoner i total innhold av tungmetaller for de enkelte prøver. Prøvene #15, #16, #20 og i litt mindre grad #22 har høyere total innhold av tungmetaller sammenlignet med de øvrige 6 prøvene. Tungmetall konsentrasjonene forekommer også å variere avhengig av om prøvene er "mellomstein", "heng" eller "ligg" prøver. De par vise "heng"/"ligg" prøver #18 og #19, #20 og #21 samt #22, #23 og #24 viser, at "heng" prøvene generelt har høyere konsentrasjoner enn "ligg" prøvene for tungmetallene As, Cu, Ni, V, Cr, Hg og Se. Prøve #24 ("ligg" prøve) er et unntak med høyere konsentrasjoner av As og Cu enn "heng" prøven #22. Det er mer sammenlignbare konsentrasjoner for Pb for alle "heng" og "ligg" prøver med litt høyere konsentrasjoner for de førstnevnte prøvene. Det er ikke noen markante forskjeller mellom "mellomstein" prøvene og "heng" prøvene.

4.3 Sammenligning av kull med "mellomstein", "heng" og "ligg" prøver

Det er forskjell i sammensetning av hovedelementene for kull og de øvrige prøver. Det indikerer forskjell i mineralogisk sammensetning av mineralene i kull og de øvrige prøver. Dette har betydning for forekomst av tungmetaller i kull og sidebergarter. Det må samtidig også understrekes at det er store variasjoner i fordelingen av hovedelementene.

Det er generelt høyere konsentrasjoner av tungmetaller i de tilgrensende bergartene sammenlignet med kullprøvene med unntak av Cd, der det er sammenliknbare konsentrasjoner. Tabell 4.1 viser forskjell i medianverdiene for de enkelte tungmetallene mellom kullprøvene og de tilgrensende bergarter. Begge typer bergarter har imidlertid store standardavvik. Det indikerer en variert fordeling av tungmetallene i både kull og de tilgrensende bergartene. Arsen og kvikksølv er to tungmetaller som er forholdsmessig mer bunnet til de tilgrensende bergartene enn kull sammenlignet med de øvrige tungmetaller. De høyere konsentrasjoner av tungmetaller i "heng", "mellomstein" og "ligg" prøvene bør sammenholdes med det signifikant høyere innhold av Fe i sidebergartene sammenlignet med kullprøvene.

Tungmetall	Kull prøver (n = 14)			Mellomstein, heng, ligg prøver (n = 10)		
	Intervall [mg/kg]	Median [mg/kg]	Stand. avvik [mg/kg]	Intervall [mg/kg]	Median [mg/kg]	Stand. avvik [mg/kg]
As	1,1 – 28,3	7,1	8,7	<1(2) – 225	79,1 (8)	74,5 (8)
Cu	3,9 – 29,6	7,7	6,5	12,0 – 61,4	28	14,2
Ni	<2(1) – 8,4	4,2 (13)	2,1 (13)	6,0 – 37,5	17,5	12,4
V	3,2 – 40,4	9,1	12,6	29,7 – 215	76,3	52,3
Pb	1,1 – 10,8	2,5	2,7	10,8 – 28,3	22,7	5,4
Cr	1,8 – 14,9	4,7	4,5	25,5 – 122	51,9	31,8
Hg	<0,01(1)–0,1	0,05 (13)	0,04 (13)	<0,01(1)-1	0,4 (9)	0,4 (9)
Se	1,1 – 8,6	1,7	2,0	1,3 – 14,3	5,4	4,6
Cd	<0,02(1)-1,1	0,2 (13)	0,3 (13)	<0,02(4)–1,5	0,5 (6)	0,5 (6)
Co	1,1 – 5,6	1,9	1,3	2,4 – 22,8	7,4	8,0
Zn	3,4 – 35,8	7,6	8,8	9,7 – 107	40,8	38,3

Tabell 4.1 Tungmetallkonsentrasjoner, medianverdier og standardavvik for kull prøver og sidebergarter. Tall i parentes angir antall prøver som danner grunnlag for tallene i kolonnene, dersom det er mindre enn det totale antall prøver (n).

Hovedelement	Kull prøver (n = 14)			Mellomstein, heng, ligg prøver (n = 10)		
	Intervall [mg/kg]	Median [mg/kg]	Stand. avvik [mg/kg]	Intervall [mg/kg]	Median [mg/kg]	Stand. avvik [mg/kg]
Si	185 – 723	338	186	<100 (9) - 419	Ikke beregnet	Ikke beregnet
Al	1450 – 6410	2400	1542	8210 – 31400	21800	7995
Fe	4480 – 14200	7810	3028	4500 – 89200	18800	29458
Ca	5860 – 22300	11900	4817	597 – 51500	1155	15897
K	<100(6)–1460	493 (8)	572 (8)	978 – 8130	4745	2264
Mg	1610 – 4010	2550	602	895 – 9060	2365	2451
Na	1480 – 2970	2015	498	1040 – 7980	2120	2264

Tabell 4.2 Hovedelementkonsentrasjoner, medianverdier og standardavvik for kull prøver og sidebergarter. Tall i parentes angir antall prøver som danner grunnlag for tallene i kolonnene, dersom det er mindre enn det totale antall prøver (n).

Tabell 4.3 viser korrelasjonen mellom tungmetallene og de tre viktigste hovedelementene. Det er god til meget god korrelasjon mellom Fe og Hg, Ni, Co og Se. Det er forholdsvis god korrelasjon mellom Fe og As. For Al er det god korrelasjon med Pb (0.907). Det er middels korrelasjon mellom Al og Cr, Zn, Cu og V. Ca, som også er et viktig hovedelement i prøvene, har liten eller ingen korrelasjon til noen av tungmetallene.

Tungmetall	Al	Fe	Ca
As	0,31	0,78	0,33
Cu	0,61	0,65	-0,37
Ni	0,47	0,92	0,00
V	0,53	0,73	-0,19
Pb	0,91	0,49	-0,47
Cr	0,68	0,40	-0,43
Hg	0,16	0,84	0,30
Se	0,21	0,87	0,03
Cd	0,11	0,35	0,55
Co	0,36	0,95	0,11
Zn	0,63	0,69	-0,42

Tabell 4.3 Korrelasjon mellom tungmetaller og hovedelementene Al, Fe og Ca basert på hele datasettet (n=24). God – meget god korrelasjon er uthevet.

5. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

5.1 Tidligere analyser av kullprøver

Det er gjennomført 5 undersøkelser av tungmetall innhold i kull, aske og slagg prøver av akkrediterte laboratorier for Store Norske Spitsbergen Kulkompani. Store Norske har stilt resultatene til disposisjon for NGU. Det er ikke mulig å lage direkte sammenligning mellom resultatene fra denne undersøkelse og tidligere undersøkelser da det ikke er tale om de samme prøvene. Det er imidlertid mulig å se på nivåer for tungmetaller for kull prøver som er fra identiske geologiske formasjoner av Tertiær alder. Det er også mulig å undersøke om det finnes store avvik mellom undersøkelsene, når det gjelder tungmetall konsentrasjoner. Et laboratorium, SGS Solid Fuels AB (Sverige), har tungmetall analyser fra kull prøver produsert av Store Norske. Det fremgår ikke av resultatene hvilken oppslutningsmetode eller analyseteknikk, som er anvendt. Med forbehold om forskjeller i analysemetoder vil konsentrasjonene for tungmetallene, arsen og selen bli sammenlignet med resultatene fra NGU's undersøkelser.

For de fleste av tungmetallene er det konsentrasjoner i samme størrelsesorden som i denne undersøkelse (Tabell 5.1). For andre laboratorier, som har analysert for tungmetall konsentrasjoner i aske fra kull er det ikke mulig å sammenligne med resultatene fra denne undersøkelse i og med at det ikke ble analysert på aske fra kull prøvene i undersøkelsen presentert i denne rapport.

Grunnstoff	Kullprøver, NGU (n=14) [mg/kg]	Kullprøver, SGS [mg/kg]
As	7,1	6,3
Pb	2,5	4,6
Cr	4,7	6,6
V	9,1	10,7
Co	1,9	2,9
Ni	4,2	2,0
Zn	7,6	17,9
Hg	0,05	0,04
Se	1,7	Ikke analysert
Cd	0,2	Ikke analysert
Cu	7,7	5,3

Tabell 5.1 Sammenlikning av tungmetall konsentrasjoner i kull prøver fra denne undersøkelse og tidligere analyser av kullprøver foretatt av SGS Solid Fuels AB, Sverige 1997/1999.

5.2 Miljøundersøkelser i Longyearbyen

Det er gjennomført to miljøundersøkelser i Longyearbyen, der det er undersøkt for arsen og tungmetall -konsentrasjoner i jord og vann. Det har bl.a. vært tatt prøver fra kullgruve virksomheten. Det er dokumentert, at As finnes i høye konsentrasjoner i flyveaske ved Energiverket i Longyearbyen (63 mg/kg) (NGI rapport 984096-2). Det syns derfor å være en sammenheng mellom de høye verdiene av As i flyveasken og As-verdiene observert i sidebergartene (medianverdi: 79,1 mg/kg). Banks (1996) gjennomførte undersøkelser av sigevannet fra gråbergstippene fra kullproduksjonen.

5.3 Kjemisk sammenlikning av Svalbard kull med kull fra andre deler av verden

Svalbard Svea kullene som produseres av Store Norske Spitsbergen Kulkompani, karakteriseres ved å ha et lite aske og svovelinnhold, med andeler i størrelsesorden 10 – 14 % aske og 0,5 – 1,3 % S (analysedata fra SNSK). Dette er gunstig, når det gjelder bruk av kull som energikilde, fordi svovel og asken er skadelige for miljøet. Til sammenlikning gir en samlet oversikt over USA kull en gjennomsnittlig askeandel på 13,1 % (n = 7976) og et gjennomsnittlig svovel innhold på 1,8 % (n = 7214) (Finkelman, 1993).

Kjemisk karakteristikk av kull har vært gjennomført for å kartlegge hvilke uorganiske bestanddeler som finnes i kull, blant annet tungmetaller. Forbrenning av kull forårsaker spredning av tungmetaller og andre grunnstoffer til miljøet, og dermed blir bruk av kull et viktig tema i miljørammen. Finkelman (1994) og Davidson og Clarke (1996) har beskrevet forekomsten av sporelementer og spesielt tungmetaller i kull, hvilke mineraler de

vanligvis forekommer i samt hvordan sporelementene spres til miljøet ved forbrenning av kull. Eksempler på mineralogisk opprinnelse av tungmetaller basert på Finkelman (1994) er vist i Tabell 5.2. Tungmetallene er ofte bunnet til sulfider, som ofte finnes sammen med kull. Alternativt er flere av tungmetallene bunnet til den organiske matrise i kull.

Grunnstoff	Mineralogisk opprinnelse Mineralogi
As	Pyritt (FeS ₂), andre sulfider
Pb	Galena (PbS),
Cr	Organisk bunnet til kull, leir mineraler
V	Leire, organisk bunnet
Co	Pyritt (FeS ₂), andre sulfider, leire, organisk bunnet
Ni	Sulfider, organisk bunnet, leire(?)
Zn	Sphaleritt (ZnS)
Hg	Pyritt (FeS ₂)
Se	Organisk bunnet, pyritt (FeS ₂) og andre sulfider
Cd	Sphaleritt (ZnS), andre sulfider
Cu	Chalcopyritt (CuFeS ₂)

Tabell 5.2. Mineralogisk tilhørighet for tungmetaller (fra Finkelman, 1993; Finkelman, 1994).

Tabell 5.3 viser innholdet av en rekke tungmetaller i ca. 8000 USA kull prøver tatt fra kullfeltene rundt om i USA. Svalbard kullene har lavere konsentrasjoner enn det aritmetiske gjennomsnitt for USA kullene. Det bekrefter Svalbard kullene med sitt generelt lave aske andel og lave innhold av svovel (i sulfider). Dermed er det også mindre innhold av tungmetaller, som oftest er bunnet til sulfidene (vil finnes i askedelen i kullene).

Tungmetall	Kullprøver fra Svalbard (n = 14) medianverdi [mg/kg]	USA Kull (n ≈ 8000) gjennomsnitt [mg/kg]	Differanse [mg/kg]	Differanse [%]
As	7,1	24	+16,9	+70
Pb	2,5	11	+8,5	+77
Cr	4,7	15	+10,3	+69
V	9,1	22	+12,9	+59
Co	1,9	6,1	+4,2	+69
Ni	4,2	14	+9,8	+70
Zn	7,6	53	+45,4	+86
Hg	0,05	0,24	+0,19	+79
Se	1,7	2,8	+1,1	+65
Cd	0,2	0,47	+0,27	+57
Cu	7,7	16	+8,3	+52

Tabell 5.3 Sammenlikning av tungmetall konsentrasjoner i kull prøver fra denne undersøkelse og tungmetall konsentrasjoner i USA kull.

Sloss (1995) har vurdert nærmere betydningen av kullbruk for utslipp av Hg. Bruk av kull er sammen med søppel forbrenning for en stor del årsak til økte Hg utslipp til atmosfæren, noe som er dokumentert i Wilson o. a. (1998). På Svalbard er det dermed bruken av kull som energikilde i Longyearbyen og Barentsburg, som vil være en viktig lokal kilde for spredning av Hg til miljøet.

6. KONKLUSJON

Det er store forskjeller i fordelingen av hovedelementene i kull prøvene og tilgrensende bergarter over, mellom og under kull fløtsene, med høyest konsentrasjoner i de sistnevnte tilgrensende bergarter.

Det er betydelige variasjoner i konsentrasjoner av arsen, selen og tungmetaller i kull og ”heng”, ”mellomstein” og ”ligg” prøvene, med høyere konsentrasjoner i de sistnevnte tilgrensende bergarter. Arsen finnes i høye konsentrasjoner i tilgrensende bergarter. Det bekrefter andre undersøkelser, som viser høye arsen verdier. Arsen, selen og tungmetallene er først og fremst bunnet til mineraler og ikke til den organiske matrise i kullene. Det er ikke gjennomført mineralogiske undersøkelser, men for en del av tungmetallene forekommer det å være en affinitet til Fe. Det gjelder spesielt Hg, Ni, Co og Se og i mindre grad for As basert på korrelasjon mellom Fe og sporelementene. Sulfidmineraler er den mest sannsynlige mineralogiske opprinnelse.

Svalbard kullene, som SNSK produserer, har et relativt lavt innhold av arsen, selen, tungmetaller og svovel sammenlignet med et bredt spekter av kull fra USA.

7. REFERANSER

Banks D., 1996. The hydrochemistry of selected coal mine drainage and spoil-tip run-off waters, Longyearbyen, Svalbard. NGU rapport 96.141.

Davidson R. M. og Clarke L. B., 1996. Trace elements in coal. International Energy Agency (IEA) Coal Research. 60 sider.

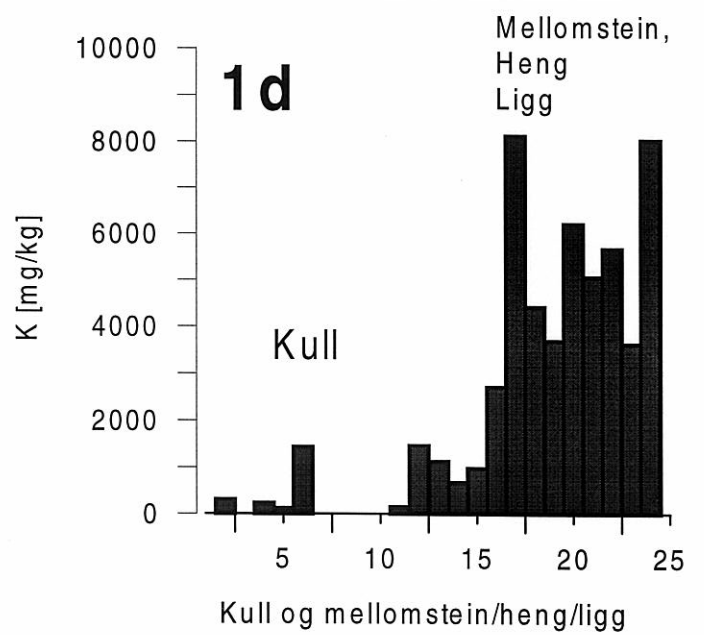
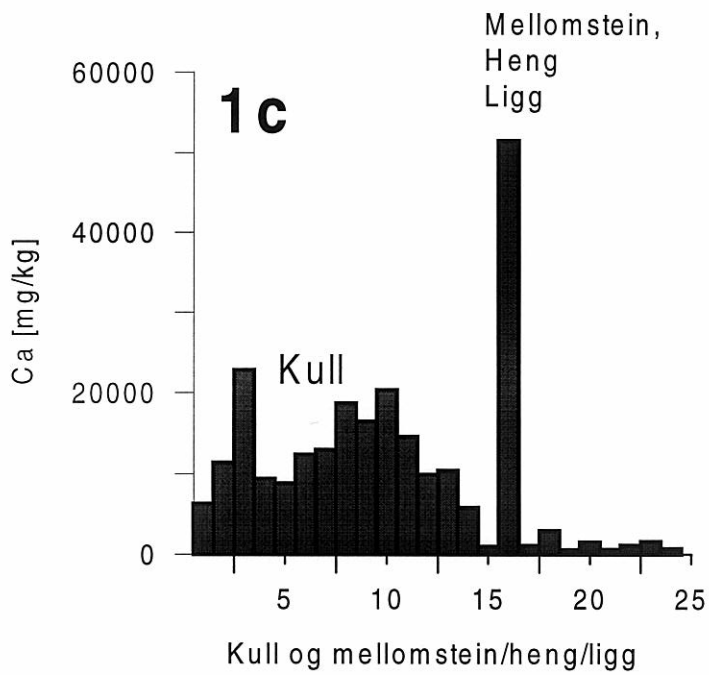
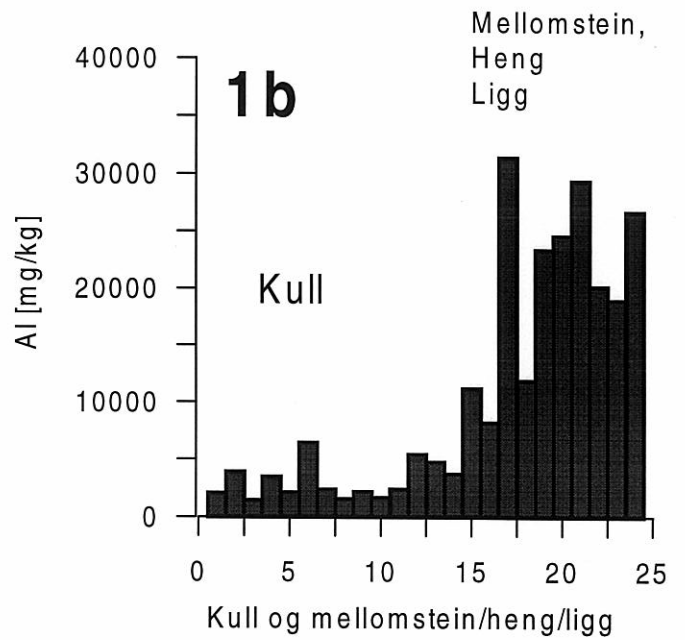
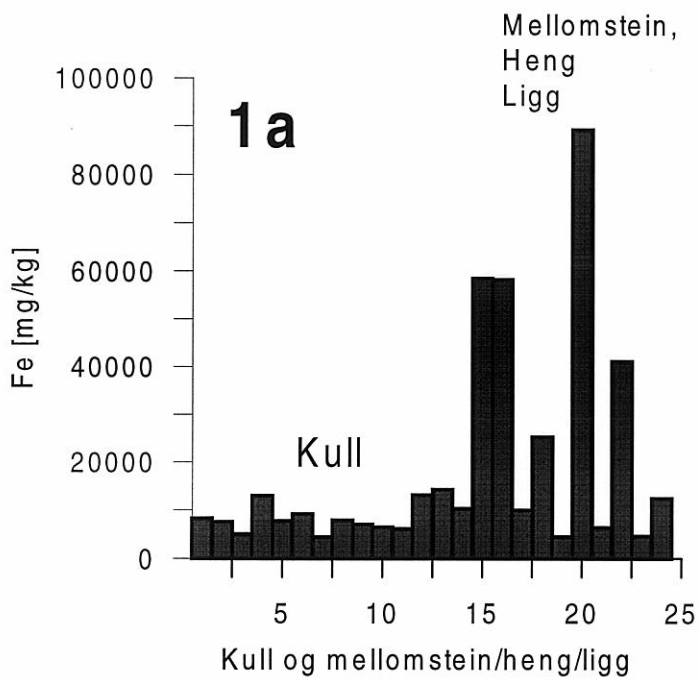
Finkelman, R. B., 1993. Trace and minor elements in coal. In: Organic Geochemistry, Engel M. H. and Macko S. A. (eds.). side 593 – 607.

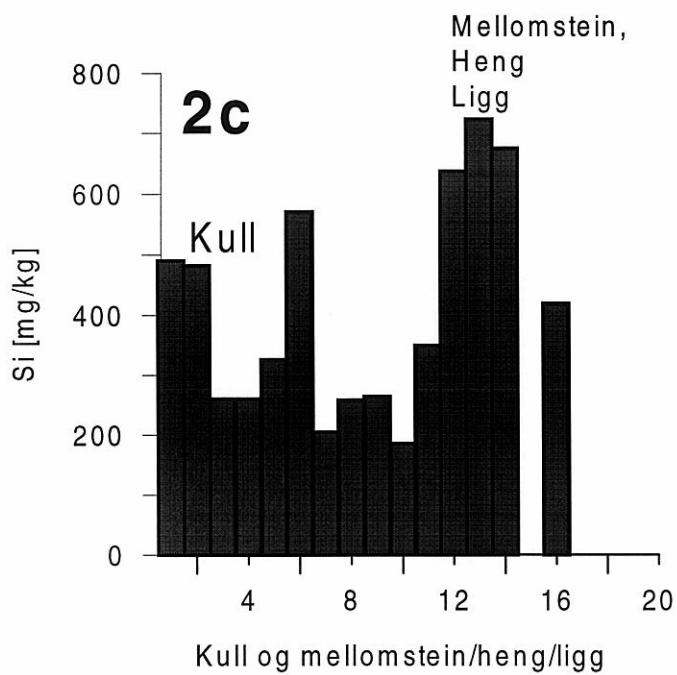
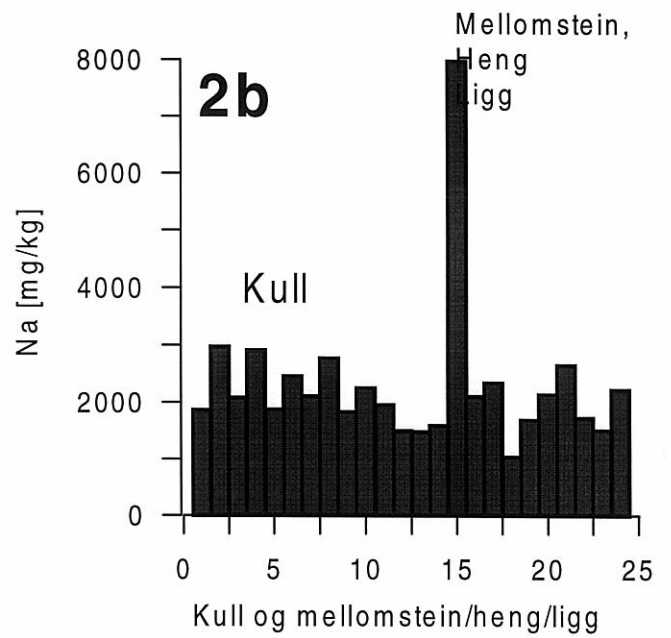
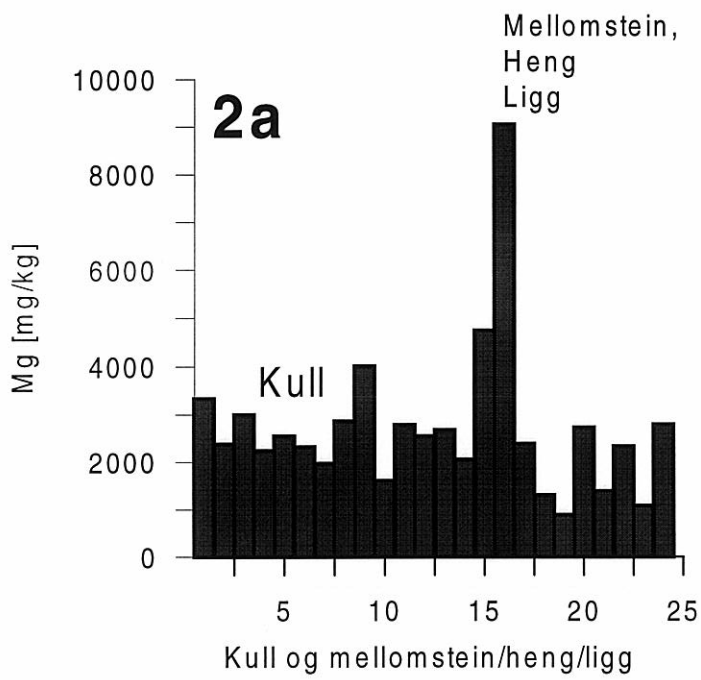
Finkelman R. B., 1994. Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: levels of confidence. Fuel Processing Technology, vol. 39, side 21 – 34.

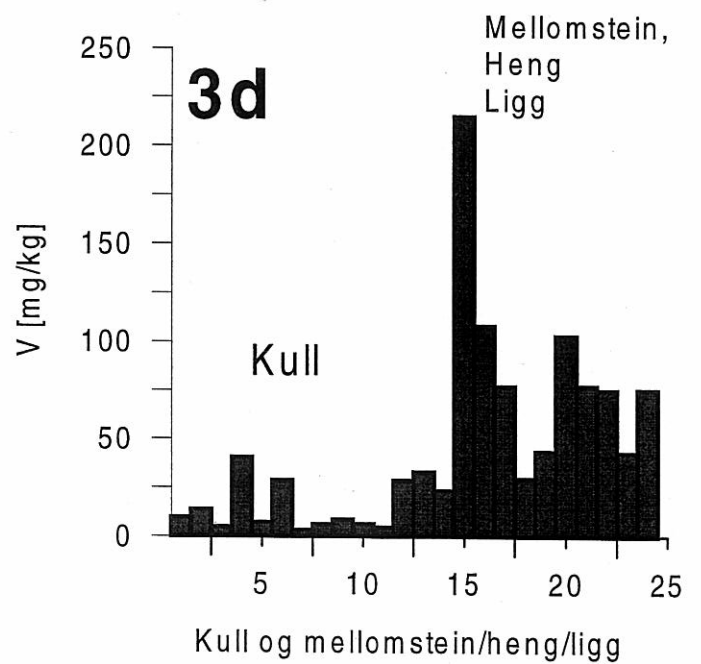
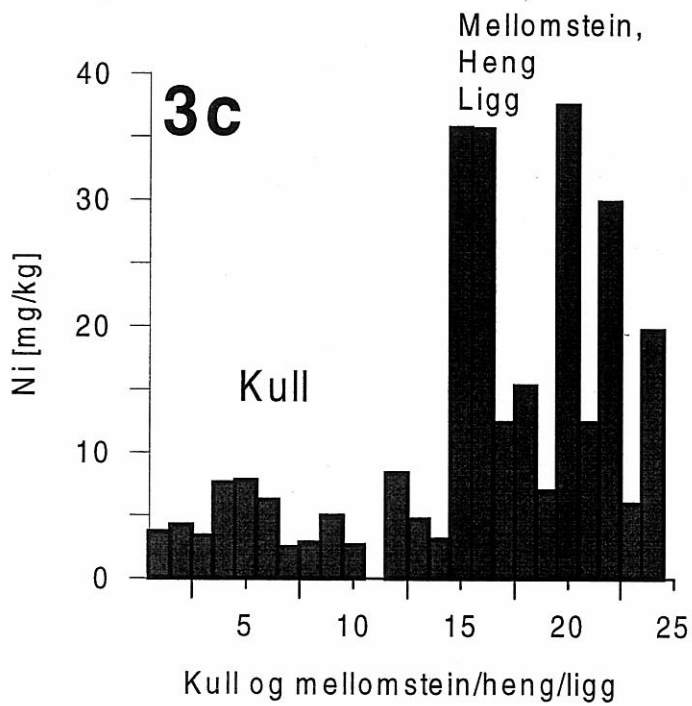
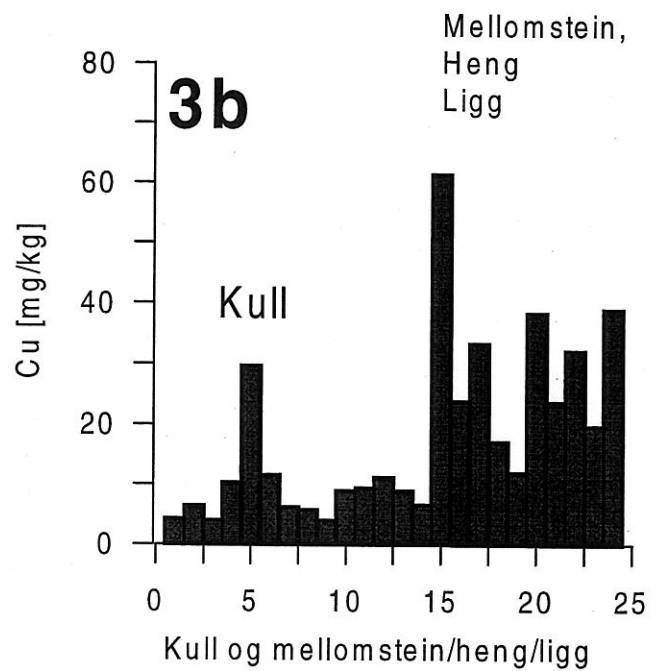
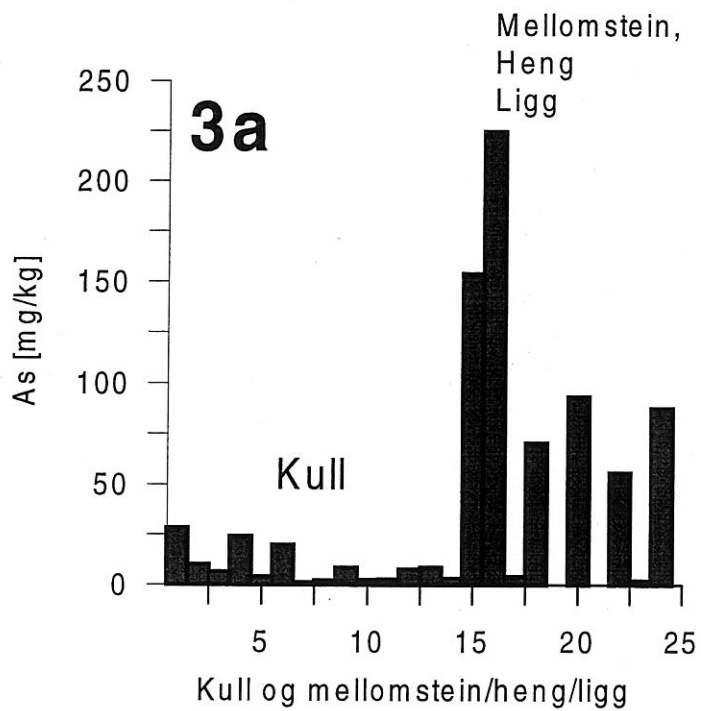
NGI rapport 984096-2, 1999. Svalbard. Undersøkelse av forurensede lokaliteter. Longyearbyen II.

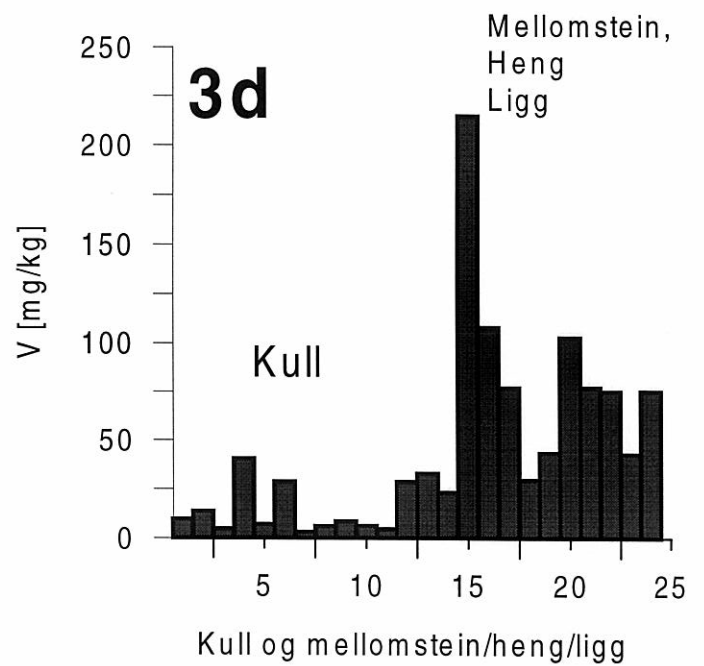
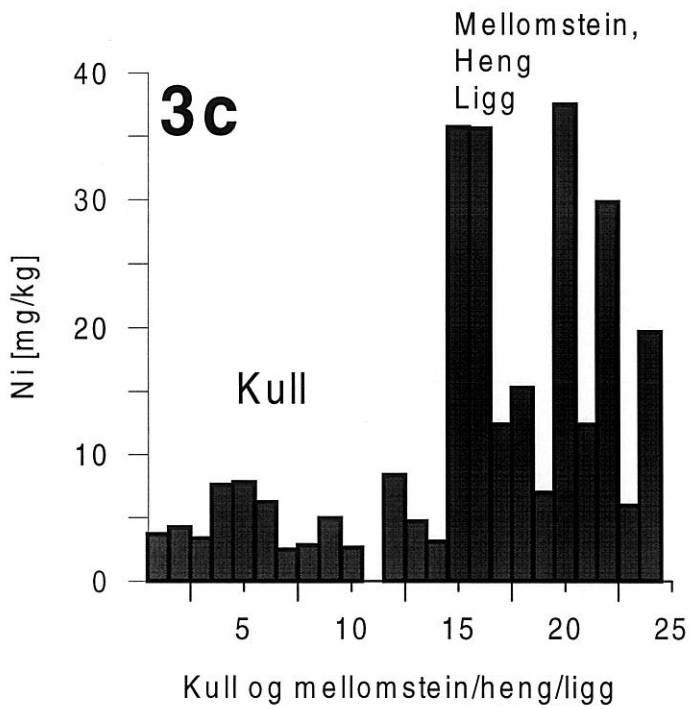
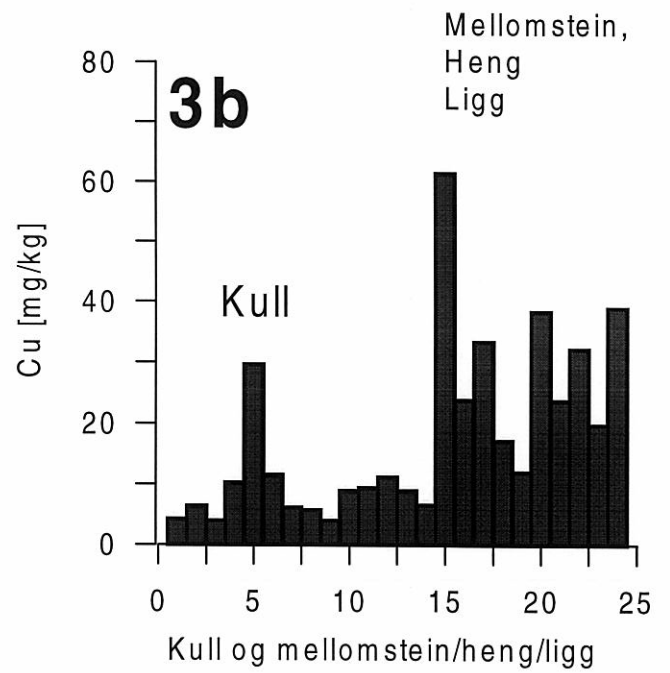
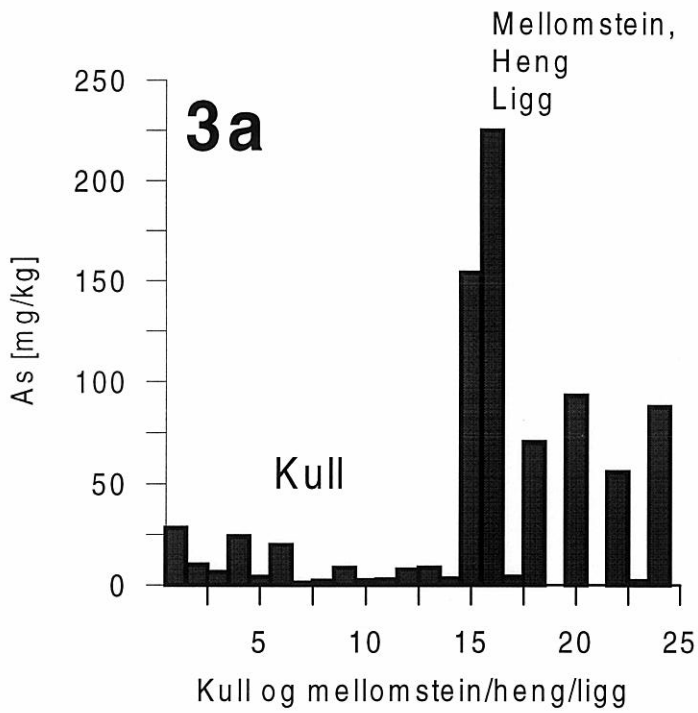
Sloss L. L., 1995. Mercury emissions and effects – the role of coal. International Energy Agency (IEA) Coal Research. 39 sider.

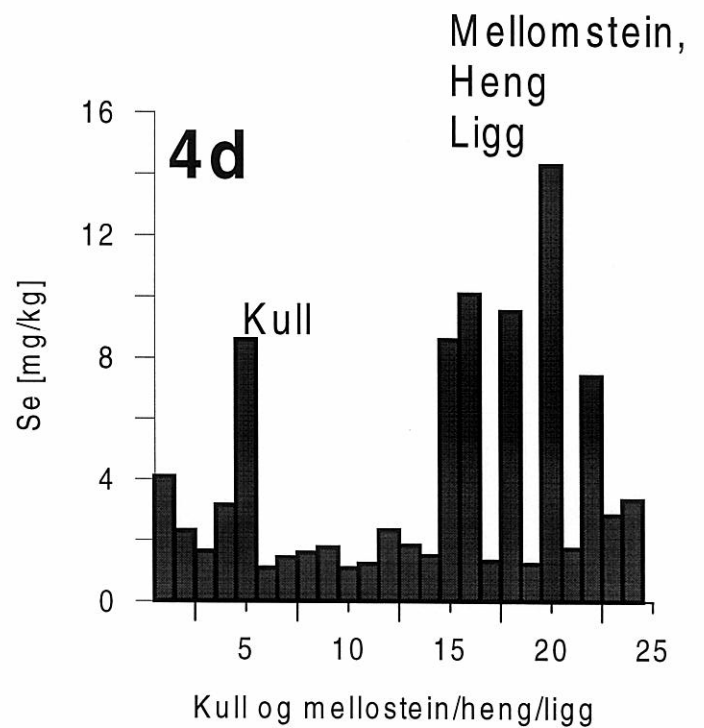
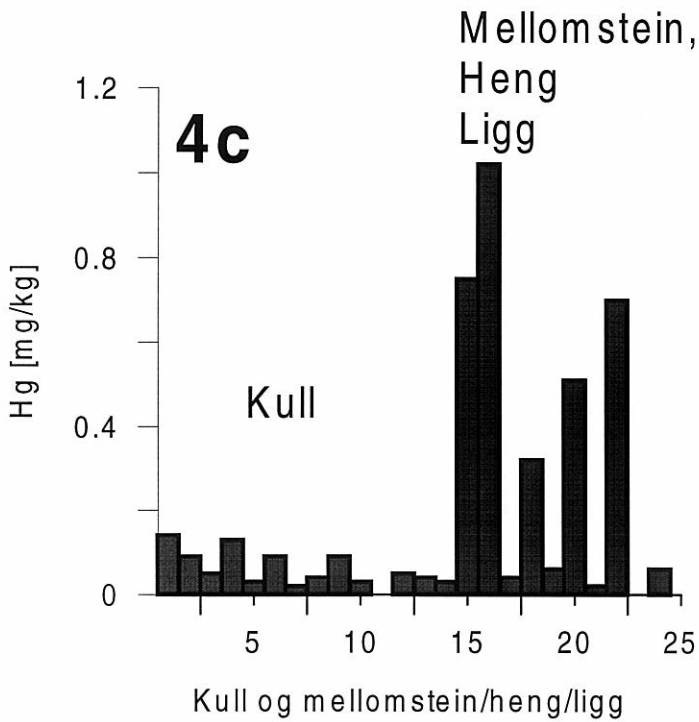
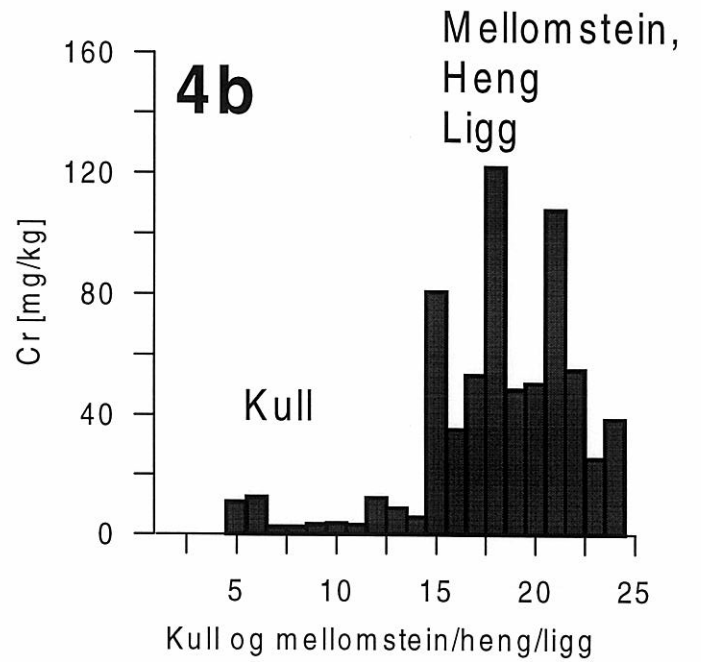
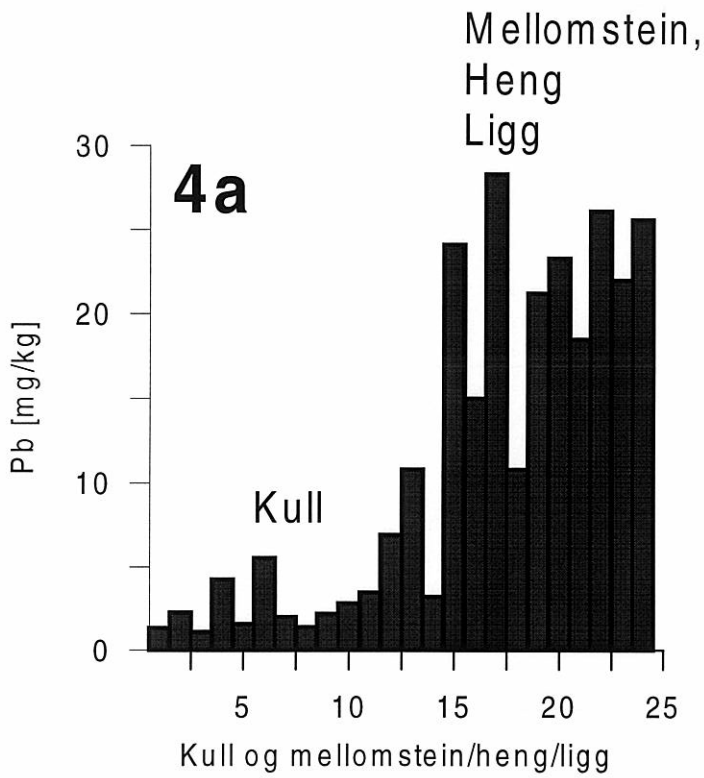
Wilson S. J., Murray J. L. og Huntington H. P., 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norge, xii + 859 sider.

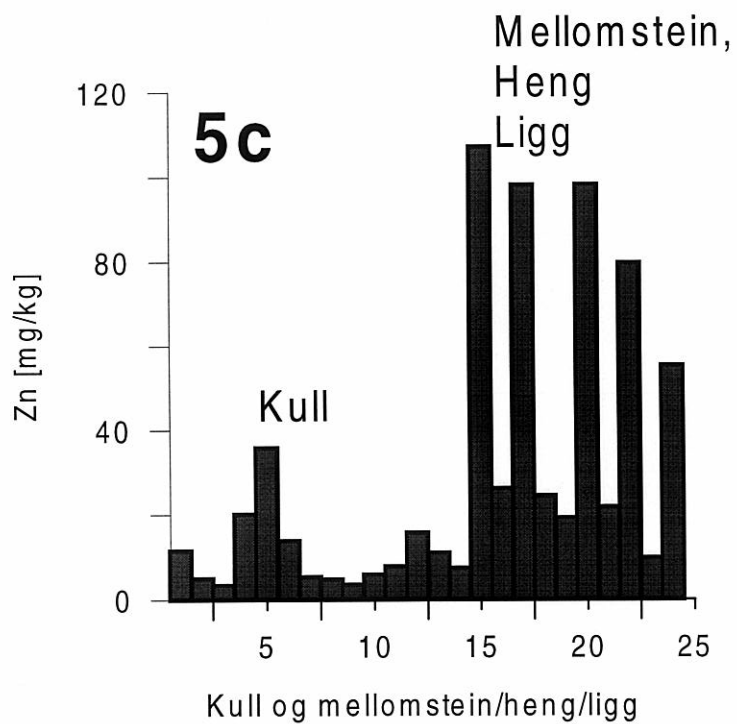
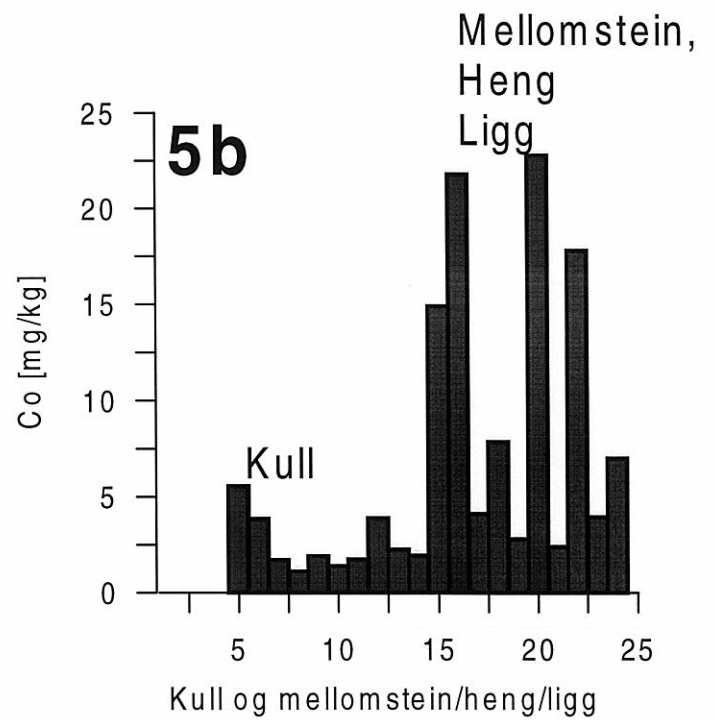
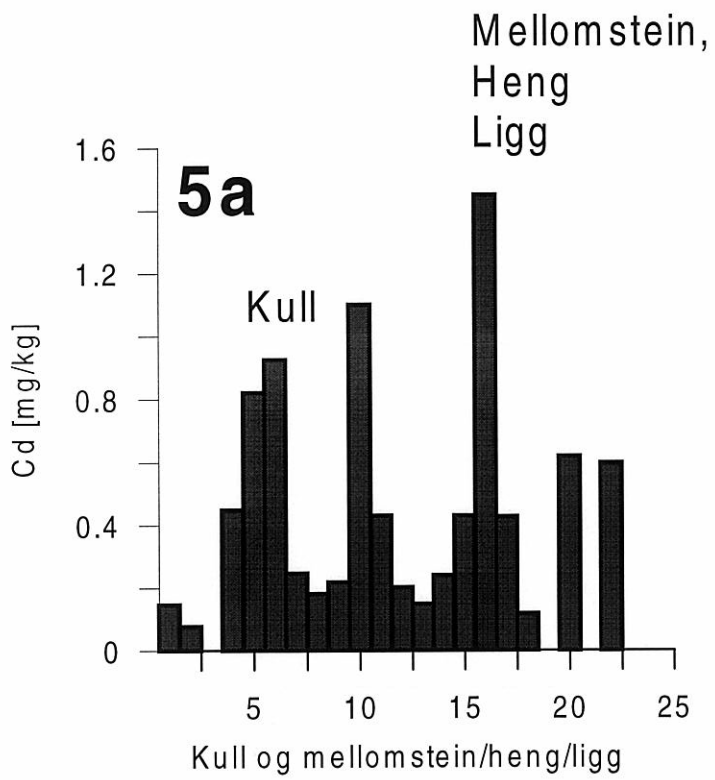












NGU, Svalbard Miljøgeokjemi – forprosjekt
i samarb. med Norsk Polarinst., Tromsø
v/JENSEN, HENNING
Prosjektnr. 283000

Analyserapport 1999.0230

ANALYSEKONTRAKT NR.: 1999.0230
NGU PROSJEKT NR.: 283000OPPDRAGSGIVER: NGU, Svalbard Miljøgeokjemi – forprosjekt i samarb. med Norsk
Polarinst., Tromsø

ADRESSE:

TLF.:

KONTAKTPERSON: JENSEN, HENNING

PRØVETYPE: BERGART/MINERAL

ANTALL PRØVER: 24

IDENTIFIKASJON AV PRØVER: Iflg. liste fra oppdragsgiver

PRØVER MOTTATT: 06.09.99

ANMERKNINGER: Ingen


SPESIFIKASJON AV OPPDRAGET I HENHOLD TIL ANALYSEKONTRAKT:

METODE	DOKUMENTASJON *)	OMFATTES AV AKKREDITERING
ICP-AES geologisk materiale	NGU-SD 2.11	Ja
CVAAS - Hg	NGU-SD 2.13	Ja
GFAAS - Cd, Pb, As, Se, Sn	NGU-SD 2.12	Ja
GFAAS – Sb		Nei

Denne rapporten inneholder i alt 9 sider. Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Alle forhold ved prøvetaking, behandling og transport av prøvene før innlevering til NGU-Lab er underlagt oppdragsgivers ansvar. Analyseresultater framlagt i denne rapporten refererer derfor kun til det prøvematerialet som er mottatt av NGU-Lab.

Trondheim, 23. november 1999


Andreas Grimstvedt (e.f.)

*) Fortegnelse over dokumentasjon finnes i NGU-Labs Kvalitetshåndbok, NGU-SD 0.1, som kan rekvireres fra NGU-Labs sekretariat.

Metoden er basert på fremstilling av analyseløsninger ved ekstraksjon med 7 N HNO₃ i autoklav i samsvar med Norsk Standard - NS 4770

INSTRUMENT TYPE : Thermo Jarrell Ash ICP 61

NEDRE BESTEMMELSESGRENSER FOR PLASMA ANALYSER BASERT PÅ AUTOKLAVEKSTRAKSJON (1 g prøve i 100 ml analysevolum)
(For analyser med tynningsfaktor som avviker fra 100, blir deteksjonsgrensene automatisk omregnet).

Si ppm	Al ppm	Fe ppm	Ti ppm	Mg ppm	Ca ppm	Na ppm	K ppm	Mn ppm	P ppm
100.-	20.-	5.-	1.-	100.-	200.-	200.-	100.-	0.2	10.-
Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	Cd ppm	Cr ppm	Ba ppm
1.-	2.-	5.-	2.-	1.-	1.-	1.-	1.-	1.-	1.-
Sr ppm	Zr ppm	Ag ppm	B ppm	Be ppm	Li ppm	Sc ppm	Ce ppm	La ppm	Y ppm
2.-	1.-	1.-	5.-	0.2	1.-	0.2	10.-	1.-	0.2

ANALYSEUSIKKERHET: For samtlige elementer regnes med en total usikkerhet i ekstraksjon og analyse på ± 10 rel.

PRESISJON : Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

ANTALL PRØVER: 24

ANMERKNINGER: Ingen

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	06.10.99	Baard Søberg
	Dato	OPERATØR

Prøve navn	Si ppm	Al ppm	Fe ppm	Ti ppm	Mg ppm	Ca ppm	Na ppm	K ppm	Mn ppm	P ppm	Cu ppm	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm
995012	490	2080	8290	88.5	3330	16100	1860	<100	15.6	111	4.19	11.5	3.68	1.48	9.67
995013	482	3900	7550	75.6	2380	11400	2970	310	15.9	772	6.39	4.96	4.20	1.91	13.6
995014	260	1450	5070	68.3	3000	22800	2080	<100	12.6	82.9	3.94	3.38	3.36	1.42	4.76
995015	260	3470	13000	85.8	2240	9390	2910	232	25.0	289	10.2	20.1	7.59	4.04	40.4
995016	<100	11200	58500	188	4750	1010	7980	978	71.6	51.5	61.4	107	35.7	14.9	215
995017	326	2140	7740	51.1	2550	8860	1870	121	31.4	32.9	29.6	35.8	7.77	5.55	7.08
995018	570	6410	9160	118	2320	12400	2460	1430	20.6	212	11.5	13.8	6.22	3.85	28.6
995019	419	8210	58200	136	9060	51500	2100	2710	94.7	<10	23.8	26.2	35.6	21.8	108
995020	<100	31400	9950	16.5	2390	1140	2430	8130	43.5	38.2	33.3	98.1	12.4	4.11	77.1
995021	204	2380	4480	66.6	1970	13000	2110	<100	16.1	295	6.10	5.31	2.46	1.69	3.17
995022	<100	11900	25200	15.7	1310	2990	1040	4420	88.9	223	17.1	24.4	15.3	7.84	29.7
995023	<100	23400	4500	36.9	895	597	1690	3690	21.1	<10	12.0	19.2	6.99	2.79	43.5
995024	258	1590	7880	48.2	2860	18700	2770	<100	49.6	137	5.69	4.74	2.83	1.09	5.99
995025	<100	24600	89200	67.7	2730	1570	2140	6220	232	41.8	38.3	98.2	37.5	22.8	103
995026	<100	29400	6420	30.6	1400	641	2650	5070	29.3	<10	23.7	21.8	12.4	2.39	77.3
995027	264	2190	7030	83.0	4010	16500	1830	<100	13.6	229	3.94	3.52	4.95	1.90	8.49
995028	185	1680	6470	60.6	1610	20300	2250	<100	38.1	224	8.89	5.86	2.62	1.38	6.17
995029	349	2420	6130	64.4	2780	14600	1950	154	29.8	264	9.34	7.80	<2	1.73	4.57
995030	<100	20200	41100	56.1	2340	1170	1730	5680	77.5	66.2	32.1	79.7	29.8	17.8	75.1
995031	<100	19000	4630	71.0	1090	1640	1510	3630	20.1	123	19.7	9.74	5.97	3.94	42.9
995032	<100	26700	12400	15.9	2800	755	2220	8040	61.2	<10	38.9	55.4	19.7	7.00	75.4
995035	637	5410	13100	200	2550	9930	1500	1460	32.4	99.0	11.1	15.7	8.37	3.87	28.7
995036	723	4730	14200	195	2680	10400	1480	1120	36.0	168	8.89	11.0	4.71	2.25	32.8
995037	675	3740	10300	242	2060	5860	1590	676	23.9	57.4	6.52	7.43	3.11	1.93	23.2

Prøve navn	Mo ppm	Cr ppm	Ba ppm	Sr ppm	Zr ppm	Ag ppm	B ppm	Be ppm	Li ppm	Sc ppm	Ce ppm	La ppm	Y ppm
995012	<1	1.81	265	885	3.84	<1	163	1.80	<1	0.630	14.7	1.41	2.47
995013	<1	6.21	280	821	3.90	<1	142	1.74	1.62	1.10	16.7	2.73	3.01
995014	<1	1.99	274	1110	2.76	<1	159	1.18	<1	0.473	20.4	1.15	1.75
995015	<1	14.9	322	649	4.92	<1	153	2.89	1.24	2.02	17.6	3.88	4.37
995016	5.68	80.7	224	76.2	22.4	<1	85.3	10.2	2.47	9.63	23.2	10.1	5.20
995017	1.39	10.8	262	501	3.42	<1	166	1.68	1.14	0.536	10.4	1.24	1.89
995018	1.46	12.5	187	603	8.52	<1	152	2.30	12.1	2.59	19.9	4.57	4.71
995019	12.5	35.2	411	867	21.3	<1	316	10.0	9.79	5.99	24.4	<1	3.81
995020	<1	53.3	261	185	10.1	<1	51.5	3.14	63.3	6.00	28.7	14.6	4.13
995021	<1	2.51	221	885	4.04	<1	149	1.15	1.52	0.535	19.1	2.82	2.42
995022	2.58	122	223	196	6.26	<1	72.9	4.99	3.42	2.52	16.3	6.70	3.25
995023	<1	48.6	192	109	33.6	<1	41.2	2.81	60.9	1.19	22.7	10.9	2.90
995024	<1	2.48	187	719	3.00	<1	93.7	1.74	1.52	0.473	16.6	<1	2.29
995025	4.29	50.5	428	171	25.3	<1	58.0	14.0	26.0	8.11	14.8	1.27	8.62
995026	<1	108	191	123	23.7	<1	37.9	2.10	104	3.09	17.3	8.74	2.27
995027	<1	3.35	199	517	4.85	<1	147	1.54	1.62	0.882	16.1	1.56	2.31
995028	<1	3.73	174	1110	2.76	<1	123	1.52	1.71	0.536	23.5	1.11	2.60
995029	<1	3.21	235	749	3.95	<1	151	1.43	1.33	0.535	16.8	2.40	2.65
995030	1.90	55.1	451	195	25.1	<1	115	8.08	19.9	6.34	16.0	6.56	5.52
995031	<1	25.5	210	178	54.9	<1	53.5	4.21	32.2	5.35	54.2	24.6	15.4
995032	<1	38.6	272	129	11.1	<1	49.6	3.65	28.6	7.14	11.4	6.36	3.97
995035	1.01	12.1	213	229	8.73	<1	198	2.89	6.37	2.02	13.1	3.53	3.63
995036	<1	8.69	213	285	8.54	<1	219	3.17	4.85	1.86	13.4	2.87	3.77
995037	<1	5.72	190	187	7.01	<1	220	2.33	3.33	1.48	<10	1.89	3.57

INSTRUMENT TYPE :

CETAC M-6000A Hg Analyzer

NEDRE BESTEMMELSESGRENSER : 0.010 ppm

(For analyser med tynningsfaktor som avviker fra 100, blir deteksjonsgrensene automatisk omregnet.)

ANALYSEUSIKKERHET

± 10 % rel.

PRESISJON : Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrollidiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

ANTALL PRØVER: 24

ANMERKNINGER: ingen

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	21. oktober 1999	Frank Berge
Dato		OPERATØR

Prøve id.	Hg mg/kg
1	0.14
2	0.09
3	0.05
4	0.13
5	0.75
6	0.03
7	0.09
8	1.02
9	0.04
10	0.02
11	0.32
12	0.06
13	0.04
14	0.51
15	0.02
16	0.09
17	0.03
18	<0.01
19	0.70
20	<0.01
21	0.06
22	0.05
23	0.04
24	0.03

Metoden er basert på fremstilling av analyseløsninger ved ekstraksjon med 7 N HNO₃ i autoklav i samsvar med Norsk Standard-NS4770

INSTRUMENT TYPE : Perkin Elmer SIMAA 6000

NEDRE BESTEMMELSESGRENSER :

	Cd	Pb	As	Se	Sn	Sb
(1 mg/kg = 1 ppm)	0.02 mg/kg	0.4 mg/kg	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg	3.0 mg/kg	1.0 mg/kg

ANALYSEUSIKKERHET :

- ± 20 rel. % for As, Sn og Sb
- ± 10 rel. % for Cd, Pb og Se.

PRESISJON : Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrollidiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

ANTALL PRØVER: 24

ANMERKNINGER: NGU-lab er ikke akkreditert for Sb.

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	16.11.99	Frank Berge
	Dato	OPERATØR

Prøve id.	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Sb [mg/kg]	Se [mg/kg]	Sn [mg/kg]
1	28.3	0.146	1.33	<1	4.09	<3
2	10.1	0.077	2.26	<1	2.30	<3
3	6.44	<0.02	1.09	<1	1.63	<3
4	24.2	0.448	4.25	<1	3.16	<3
5	154	0.430	24.1	<1	8.60	<3
6	4.02	0.821	1.57	<1	1.09	<3
7	19.8	0.925	5.54	<1	3.08	<3
8	225	1.45	15.0	<1	10.1	<3
9	4.19	0.427	28.3	<1	1.32	<3
10	1.14	0.246	2.00	<1	1.42	<3
11	70.5	0.118	10.8	<1	9.54	<3
12	<1	<0.02	21.2	<1	1.22	<3
13	2.15	0.181	1.39	<1	1.58	<3
14	93.2	0.619	23.3	<1	14.3	<3
15	<1	<0.02	18.5	<1	1.73	<3
16	8.48	0.217	2.19	<1	1.76	<3
17	2.50	1.10	2.82	<1	1.08	<3
18	2.75	0.429	3.47	<1	1.22	<3
19	55.8	0.597	26.1	<1	7.42	<3
20	2.08	<0.02	22.0	<1	2.84	<3
21	87.7	<0.02	25.6	<1	3.35	<3
22	7.75	0.201	6.92	<1	2.33	<3
23	8.56	0.148	10.8	<1	1.82	<3
24	3.20	0.240	3.22	<1	1.49	<3