

LÍFFRÆDISTOFNUN HÁSKÓLANS

FJÖLRIT NR. 19

ÞUNGMÁLMAR Í MOSA, JARÐVEGI OG REGNVATNI

Í NÁGRENNI GRUNDARTANGA 1978 og 1979

Jón Eldon

Reykjavík 1983

0.	Efnisyfirlit	
		bls.
1.	Inngangur	2
2.	Aðferðir	2
2.1.	Söfnun	3
2.2.	Úrvinnsla	3
3.	Niðurstöður	4
4.	Ályktanir	5
5.	Þakkarorð	6
6.	Heimildir	7
	Töflur	8
	Mynd	14
	Viðaukar	15

1. Inngangur

Verk þetta var unnið af Líffræðistofnun háskólans skv. samningi við Íslenska járnblendifélagið. Tilgangur verksins var að kanna magn 10 málma í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Járnblendiverksmiðjunnar á Grundartanga. Þessir málmar voru: Fe (járn), Mg (magnesíum), Mn (mangan), Na (natríum), Zn (sink), Cu (kopar), Pb (blý), Cr (króm), Ni (nikkel) og Cd (kadmíum). Verkið var unnið eftir forskrift Hovmands (1978).

Nota á niðurstöður þessara rannsókna sem viðmiðun fyrir samsvarandi mælingar sem gerðar verða eftir að Járnblendiverksmiðjan hefur hafið starfsemi sína.

2. Aðferðir

2.1. Söfnun

Í lok maí og byrjun júní 1978 var safnað mosa og jarðvegi á u.þ.b. 47 km² svæði umhverfis Grundartanga (l. mynd). Svæðinu var skipt í 50 1 km² reiti. Tvær stöðvar voru settar upp í hverjum reit í þeim reitum sem nær lágu Grundartanga eða svo-nefndu innra svæði, og ein stöð í hverjum reit í reitum sem utar lágu eða ytra svæði. Í þeim reit sem verksmiðjan er í voru settar upp 5 stöðvar. Alls voru stöðvarnar 68, 57 þeirra voru í holtum og fjallshlíðum en 11 í móm og mýrlendi.

Hver söfnunarstöð var merkt með gulum hæl. Á hverri stöð var safnað mosanum Racomitrium lanuginosum (100-200 g votvigt) og jarðvegi (0-5 cm, 200-500 g votvigt). Á nokkrum stöðvum var mosanum Hylocomium splendens safnað til samanburðar við R. lanuginosum og einnig til að fá samanburð við erlendar mælingar. Alls var safnað 100 mosasýnum og 70 jarðvegssýnum á þessu svæði. Til samanburðar við þessi sýni var safnað í Botnsvogi 8 mosasýnum og 5 jarðvegssýnum á 5 stöðvum. Úrkomusafnarar voru reistir á Grundartanga og í Botnsvogi 10.8. 1978 og við Eystra-Miðfell 12.9. 1978. Hver safnari samanstóð af sivaltri trekt með opi sem

var 20 cm í þvermál, 10 l söfnunarflösku og plastsigti (möskvastærð 1 mm) sem sett var ofan í trektina til að hindra að rusl bærisk ofan í söfnunarflöskuna. Trektin og flaskan voru í plasthólk á staur og var op trektarinnar ca. 2.5 m yfir jörðu. Safnararnir við Grundartanga og í Botnsvogi voru tæmdir: 11.9., 11.10., 29.11. 1978 og 19.1. og 21.2. 1979. Frost hindruðu að reglulegar mánaðarlegar tæmingar gætu farið fram eins og gert hafði verið ráð fyrir í rannsóknaráætlun. Safnarinn á Eystra-Miðfelli var tæmdur 11.10. og 29.11. 1978. Þann 19.1. 1979 hafði safnarinn bilað og var því tekinn niður til lagfæringar. Hann var settur upp að nýju 21.2. Það regnvatn sem safnaðist var vegið á analýsuvog, sýrt með fullsterkri saltpéturssýru (HNO_3 , Merck, pro analysis) og geymt í plastflöskum.

2.2. Úrvinnsla

Mosa- og jarðvegssýnin voru þurrkuð á borði við herbergishita í 3-4 sólarhringa. Síðan voru sýnin þurrkuð í þurrkofni við 50°C í 2 sólarhringa. Jarðvegssýnin voru sigtuð í gegnum sigti með 1.5 mm möskvastærð og geymd í plastdósum. Mosasýnin voru möluð í kvörn (Thomas-Wiley 3383-L70) í fínt duft og sett í plastdósir.

Mosasýnin voru meðhöndluð skv. uppskrift Hovmand (1978). 5 g af mosa voru vegin á Mettlers vog PV1210 með vigtarnákvæmni um 1%, og sett í 100 ml Pyrex kolbur ásamt 50 ml af hálfsterkri saltpéturssýru. Sýnin voru soðin við hæga suðu undir loki (úr gleri) í 8 klst. (votöskun). Síðan var saltpéturssýran látin gufa upp og botnfallið leyst upp í 100 ml af 1 N saltpéturssýru og blandan látin sjóða. Lausnin var þá filtreruð í gegnum öskufrítt filter í 100 ml mæliflöskur, þynnt í 100 ml og sett í plastflösku. Reynt var að beita sömu aðferð við jarðvegssýnin, en strax kom í ljós að hún var mjög óhentug fyrir jarðveg. Var þá beitt aðferð Ritters et al. (1978), 2 g af jarðvegi voru vegin, sett í postulínsdeiglur og brennd í brennsluofni við 550°C í 1 1/2 klst. (þurröskun). Sýnin voru látin kólna og síðan látin í 50 ml kolbur og soðin í 25 ml af hálfsterkri saltpéturssýru í 2 klst. Lausnirnar voru síðan síaðar í gegnum öskufrítt

filter, þynntar í 50 ml og geymdar í plastflöskum.

Eitt jarðvegssýni var meðhöndlað 10 sinnum á þennan hátt til að kanna hvort og þá hve mikill munur kæmi fram við endurtekna vinnslu og mælingar á sama sýni.

Til að kanna hvort treysta mætti niðurstöðum á mælingum í þessari könnun var fengið viðmiðunarsýni (grassýni) frá Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole, Lyngby. Þetta sýni var mælt jafnhliða mosa og jarðvegssýnum og niðurstöðurnar síðan sendar til Danmerkur til athugunar.

Til að mæla Cu, Pb og Cd í regnvatni þurfti að ná þessum málum úr vatninu með komplex. Til þess var notaður komplexinn Diethylammonium-N,N-diethyl dithiocarbaminat (DDDC) Merck, pro analysi) leystur í Xyloli. 20 ml af regnvatni voru settir í skiltrekt. 1 ml af 3 N Na-citrat buffer var settur út í og var þá pH vatnsins um 4 ± 1 . Þá var 1 ml af Xylol-DDDC settur úti, hrist í 2 mínútur og blandan látin aðskiljast. Vatninu var hleypt undan en Xylol fasinn var settur í tilraunaglas með slípuðum glertappa.

Málmana Mn, Mg, Na og Zn var hægt að mæla beint í vatninu án þess að meðhöndla það á nokkurn hátt. Fe, Cd og Ni tókst aftur á móti ekki að mæla með þeim aðferðum sem beitt var. Við mælingarnar var notaður Perkin-Elmer 305 B eindagleyfnimælir (atomic absorption spectrophotometer) með grafitofni HGA72. Í mosa og jarðvegssýnum var Fe, Mg, Na og Zn mælt í "loft-acetylen" loga, en Cu, Pb, Cr, Ni og Cd mælt í grafitofni. Í regnvatni voru málmanir Mg, Na og Zn mældir í loga, en Mn, Cu, Pb og Cd mældir í grafitofninum.

3. Niðurstöður

Mest reyndist vera af Fe, Mg og Na í mosa en minnst af Cd (Tafla 1). Í mosa var Fe, Mg og Na á bilinu 0.5-18 mg/g, Mn og Zn á bilinu 12-356 µg/g, Cu, Pb, Cr og Ni á bilinu 3-50 µg/g og Cd á bilinu 0.03-0.09 µg/g. Magn málma í mosategundunum tveimur var mjög svipað (Tafla 1 og 2). Einnig var magn málma í þessum

mosum í Botnsvogi svipað því og var á Grundartangasvæðinu. Heildarmagn málma í mosa var lítt breytilegt milli stöðva. Mest reyndist vera af málmum í reitum 12 og 13, sem eru í Akrafjalli og reitum 78 og 87 sem eru við Miðfells múla. Minnst var af málmum á stöðvum næst Eiðisvatni og Hólmavatni og í reit 31.

Magn málma í jarðvegi fylgdi sama munstri og í mosa. Mest var af Fe, Mg og Na, en minnst af Cd (Tafla 3). Í jarðvegi var Fe, Mg og Na á bilinu 2-113 mg/g, Mn, Zn, Ni, Cu, Cr og Pb á bilinu 1-600 µg/g og Cd á bilinu 0.05-2 µg/g. Magn málma í Botnsvogi og á Grundartangasvæðinu reyndist mjög svipað (Tafla 3). Mesti munurinn var á Mg sem reyndist vera um þrefalt meira í Botnsvogi en á Grundartanga. Heildarmagn málma í jarðvegi var nokkuð svipað á stöðvunum.

Eins og skýrt var frá í kaflanum um aðferðir var ekki unnt að mæla nema 7 málma í regnvatni. Málmarnir Fe, Cr og Ni voru ekki mældir. Allar mælingar voru umreiknaðar í magn á fermetra á mánuði.

Magn málma í regnvatni á söfnunarstöðvunum umreiknað í magn/m²/mán. var svipað, þó má finna einstakar mælingar þar sem kemur fram nokkur munur, t.d. mældist framan af mun meira af Cd í Botnsvogi en á Grundartanga (Tafla 4).

Jarðvegssýni 42A var notað til þess að kanna mælinákvæmni og var þurrkað og mælt 10 sinnum (Tafla 5).

Niðurstöður mælinga á dönsku viðmiðunarsýni frá Laboratoriet for teknisk Hygiejne, DTH, Danmark komu heim og saman við þeirra eigin mælingar á sama sýni, svo og við mælingar annarra rannsóknarstofa er mældu sýnið (Tafla 6, Viðauki D).

4. Ályktanir

Samanburður við erlendar niðurstöður er erfiður. Þó má geta þess að í Bandaríkjunum og Kanada mældist mun meira af Pb (50-107 µg/g) og Cd (0.59-0.68 µg/g) í Hylocomium splendens, en minna af Cr (3.8-6.1 µg/g) og Ni (4.4-7.5 µg/g) en mældist hér í sömu mosategund (Groet 1976). Á Nýja-Sjálandi mældist svipað magn

af Cu, Pb og Zn (10, 10, 17 $\mu\text{g/g}$) í mosanum Hypnum cupressi-
forme og mældist hér í mosa, en heldur meira af Cd (0.41 $\mu\text{g/g}$)
(Ward et al. 1977). Ef lítið er á jarðveginn og borið saman
við danskar niðurstöður, þá mældist þar mun minna magn af Fe,
Mg, Na og Ni (12900, 2150, 100, 6.3 $\mu\text{g/g}$) en meira af Mn og Pb
(355, 30 $\mu\text{g/g}$) (Tjell og Hovmand 1978) en hér á landi. Niður-
stöður mælinga á málmum í regnvatni í Danmörku sýna að magn
þeirra er nokkuð mismunandi frá einum mánuði til annars (Hov-
mand 1977). Þetta kemur vel heim og saman við niðurstöður
mælinga á regnvatni úr Hvalfirði. Magn Na og Mg virðist tengt
úrkomu, en magn annarra málma síður. Ekki er ólíklegt að áfok
og ryk frá bílvegum hafi áhrif á mælingar á þessum málmum í
regnvatni.

Við eftirlitsmælingar á þungmálmum síðar meir virðist
einkum rétt að leggja áherslu á Cd og Pb, sem eru eitruðustu
málmarnir sem hér voru mældir, svo og Cu, Zn, Cr og Ni.

5. Þakkarorð

Tilraunastöð Háskólans í meinafræði að Keldum veitti
alla þá aðstöðu, sem til þurfti til meðhöndlunar og mælinga á
sýnum.

6. Heimildir

Groet, S.S. 1976. Regional and local variations in heavy metal concentrations of bryophytes in the northeastern United States. *Oikos* 27: 445-456.

Hovmand, M.F. 1977. Atmosfærisk metalnedfald i Danmark 1975-1976. Handrit.

Hovmand, M.F. 1978. Forslag til bio-moniterings program for vurdering af tungmetalbelastningen af det terrestriske økosystem omkring Fe-Si-værket på Grundartangi, Island. Handrit.

Ritter, C.J., Bergman, S.C., Cothorn, C.R. and Zamierowski, E. E. 1978. Comparison of sample preparation techniques for atomic absorption analysis of sewage, sludge and soil. *Atomic Absorption Newsletter* 17: 70-72.

Tjell, J.C. and Hovmand, M.F. 1978. Metal concentrations in Danish arable soils. *Acta Agriculturae Scandinavica* 28: 81-89.

Ward, N.I., Brooks, R.R. and Roberts, E. 1977. Heavy metals in some New Zealand bryophytes. *The Bryologist* 80: 304-312.

Tafla 1. Magn þungmálma í mosanum Racomitrium lanuginosum af Grundartanga-
svæðinu og í Botnsvogi í mg eða µg í g af mosa. Sbr. Viðauka A.

	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
<u>Grundartangi</u> (N = 68)										
Bill	3-18	1-5	0.4-2	30-356	12-50	5-30	5-19	4-18	3-17	0.03-0.09
\bar{X}	8	2	0.9	145	23	12	10	9	8	0.05
SE	0.5	0.1	0.04	8	1	1	0.4	0.4	0.4	0.001
CV (%)	52	41	37	46	36	69	33	37	41	17
<u>Botnsvogur</u> (N = 5)										
Bill	4-15	2-5	0.5-1	62-152	14-26	7-20	10-20	7-20	6-19	0.06-0.07
\bar{X}	9	3	0.8	109	18	12	14	10	12	0.07
SE	2	0.5	0.01	27	2	2	2	3	2	0.03
CV (%)	50	37	3	55	25	37	32	67	37	10

∞
∞
∞

Tafla 2. Magn þungmálma í mosanum Hylocomium splendens af Grundartanga-
svæðinu og í Botnsvogi í mg eða µg í g af mosa. Sbr. Viðauka B.

	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
Grundartangi (N = 10)	4-10	2-5	0.5-1	110-400	17-36	6-21	7-16	5-17	5-17	0.05-0.08
\bar{X}	7	3	0.8	250	26	9	10	9	9	0.07
SE	1	0.3	0.08	33	2	1	1	1	1	0.004
CV (%)	46	32	32	42	25	36	32	36	36	18
Botnsvogur (N = 2)	6	3	0.5	102	23	9	11	9	9	0.07

1
9
1

Tafla 3. Magn þungmálma í jarðvegi á Grundartangasvæðinu og í Botnsvoggi í mg eða µg í g af jarðvegi. Sbr. Viðauka C.

	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
<u>Grundartangi</u> (N = 68)										
Bil	18-113	4-110	1.65-3.85	50-1530	35-96	20-113	1-10	3-45	5-115	0.05-0.2
\bar{X}	54	40	2.44	660	60	45	3	26.	52	0.1
SE	3	3	0.06	30	2	2	0.2	2	3	0.004
CV (%)	46	62	41	37	25	37	55	63	48	33
<u>Botnsvogur</u> (N = 5)										
Bil	45-74	83-238	2.10-4.40	300-750	43-76	42-93	3-7	35-50	100-168	0.08-0.2
\bar{X}	54	143	3.51	560	64	65	4	43	123	0.1
SE	6	31	0.52	80	6	8	1	2	13	0.01
CV (%)	25	48	37	32	21	28	56	10	24	22

Tafla 4. Magn þungmálma í regnvatni safnað af Grundartanga, við Eystra-Miðfell og í Botnsvogi 11.8. 1978 - 19.1. 1979 í mg eða μg á m^2 á mánuði.

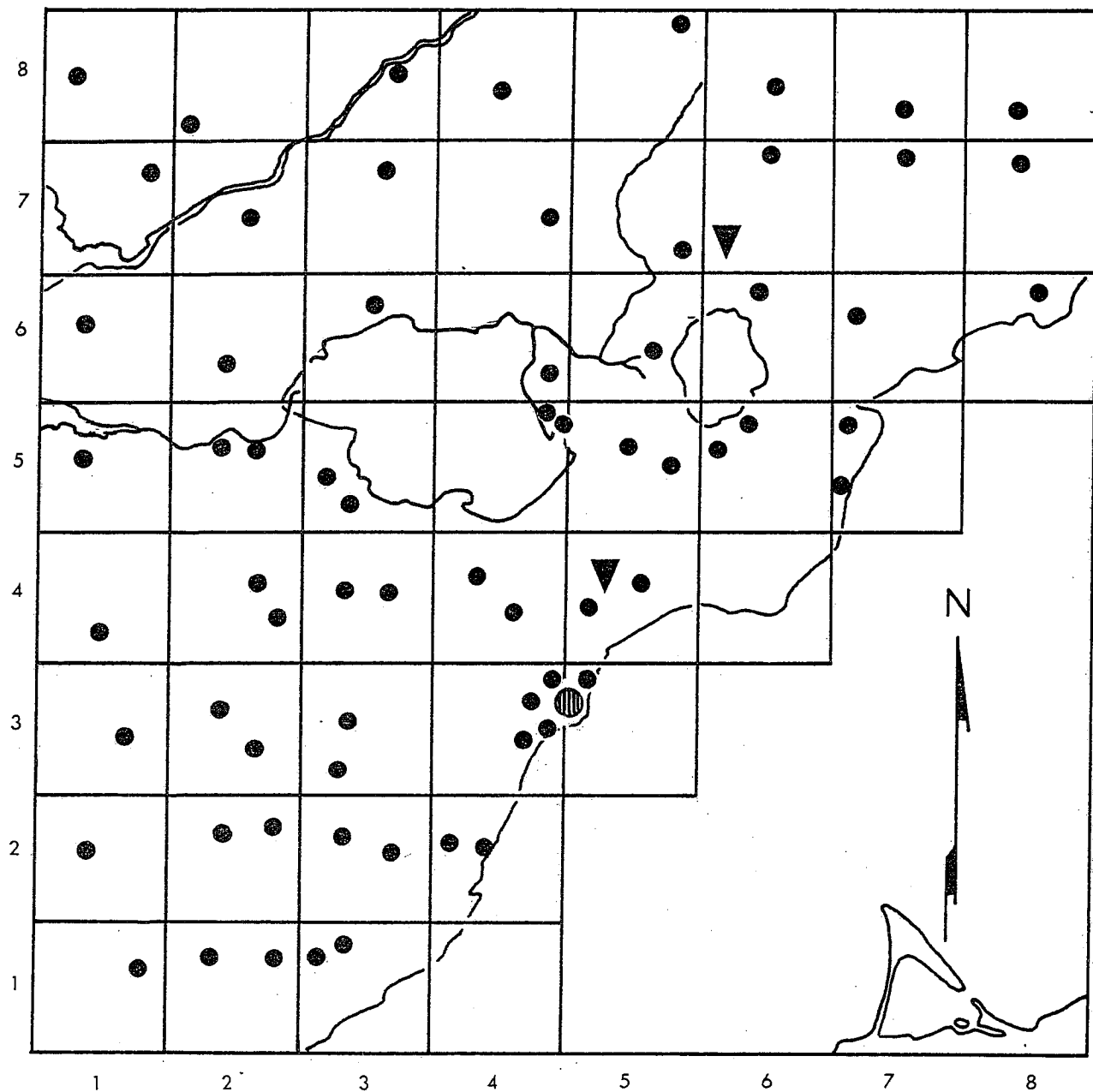
Söfnunar- tímabil	Úrkoma mm	Na ⁺ mg/m ²	Mg ⁺⁺ mg/m ²	Zn ⁺⁺ mg/m ²	Mn ⁺⁺ $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Cu ⁺⁺ $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Pb ⁺⁺ $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Cd ⁺⁺ $\mu\text{g}/\text{m}^2$
11.08.-11.09.	17	31	16	9	339	70	98	32
11.09.-11.10.	12	39	10	3	143	114	40	22
11.10.-29.11.	37	185	47	3	65	70	96	19
29.11.-19.01.	4	24	15	0.5	12	8	11	0.2
<u>Grundartangi</u>								
<u>Eystra-Miðfell</u>								
12.09.-11.10.	12	17	6	1	47	31	47	31
11.10.-29.11.	47	192	44	3	109	58	67	58
<u>Botnsvogur</u>								
11.08.-11.09.	21	18	21	13	276	184	107	184
11.09.-11.10.	34	81	28	15	105	230	173	230
11.10.-29.11.	37	145	31	2	51	61	51	61
29.11.-19.01.	5	29	14	1	422	8	6	8

Tafla 5. Magn þungmálma í jarðvegssýni frá stöð 42A sem þurrkað var og efnagreint 10 sinnum til að kanna breytileika í mælingum innan sama sýnis. Niðurstöður eru í mg eða µg á g af jarðvegi.

	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
Bill	55-58	9.0-10.5	2.35-4.75	37.5-40.0	52.5-58.0	3.0-3.5	1.75-2.25	9.0-10.5	25-30	0.09-0.10
\bar{X}	57	9.7	3.14	38.0	55.7	3.3	2.10	9.8	27.8	0.09
SE	0.31	0.15	0.25	0.5	0.64	0.07	0.07	0.19	0.69	0.0015
CV(%)	2	5	25	4	4	7	10	6	8	5

Tafla 6. Mælingar þungmálma í viðmiðunarsýni A frá Laboratoriet for teknisk Hygiejne, DTH. Sbr. Viðauka D. Allar niðurstöður eru sýndar í µg á g sýnis. A: Gildi fengin hér. Mælingar 1-3 voru votöskuð sýni en mælingar 4-6 þurröskuð sýni. B: Meðaltöl mælinga frá Laboratoriet for teknisk Hygiejne. C: Meðaltöl mælinga ýmissa rannsóknastofnana ásamt staðalfráviki.

	Fe	Mg	Na	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Ni	Cd	
A: Mæling 1	324	1620	5400	100	46	6	6	0.9	2	0.12	1
" 2	280	1460	5400	98	28	6	6	0.9	2	0.12	13
" 3	312	1340	4100	52	28	5	6	1.0	2	0.12	1
" 4	300	1680	5100	103	31	5	5	0.8	3	0.14	
" 5	335	1680	5500	103	31	5	6	0.8	3	0.15	
" 6	330	1680	5000	105	31	5	6	0.8	3	0.14	
\bar{X}	314	1580	5100	100	32	5	6	0.9	3	0.13	
B: \bar{X}	290	1790	4520	111	34	7.4	7.3	0.9	3.3	0.15	
C: \bar{X}	290	1791	4404	114	38	9.2	8.6	2.2	4.7	0.41	
SD	48.9	221	1328	13.8	11.4	5.68	8.98	1.57	2.56	0.512	
n	11	8	10	17	17	16	12	6	8	12	



1. mynd. Rannsóknasvæðið við Grundartanga. Reit-
skiptingin er byggð á y-ás $21^{\circ}52'V$ og x-ás $64^{\circ}20'N$.
Hver reitur er 1 km^2 . Söfnunarstöðvar fyrir mosa og
jarðveg eru sýndar með fylltum hringjum. Þríhyrningar
tákna stöðvar þar sem úrkomu var safnað. Járnblend-
verksmiðjan er sýnd með stórum, skyggðum hring.

Viðauki A.

Niðurstöður þungmálmamælinga í einstökum sýnum af mosanum Racomitrium lanuginosum. Niðurstöður eru í mg eða µg á g af mosa. Stöðvar á Grundartangasvæðinu eru auðkenndar með G og reitnúmeri, svo og með bókstaf (A eða B) þar sem tvær stöðvar eru í sama reit. Í reit 43 eru 5 stöðvar, auðkenndar með tölustaf innan sviga. Stöðvar í Botnsvogi eru auðkenndar með Bo og númeri.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G11	6.2	2.26	0.98	110	20	11	9	10	7	0.06
G12	13.6	3.62	1.62	230	30	30	18	14	15	0.09
G13	14.0	4.56	1.54	188	50	18	16	15	15	0.07
G14	5.0	1.60	0.60	84	16	7	16	6	5	0.05
G15	4.6	1.70	0.78	52	15	8	7	6	4	0.04
G16	4.0	2.00	0.56	88	16	8	13	8	6	0.06
G17	15.0	2.60	0.80	234	32	15	5	9	11	0.05
G18	7.6	1.94	0.76	132	19	8	10	7	6	0.06
G21A	8.0	2.74	0.92	120	20	13	10	9	6	0.05
G21B	4.8	1.92	0.78	68	16	8	7	7	4	0.05
G22A	17.4	2.80	1.36	192	18	14	10	11	10	0.04
G22B	5.6	2.00	1.30	86	17	9	13	7	6	0.05
G23A	15.0	3.06	0.84	224	25	17	9	12	14	0.05
G23B	6.8	1.24	0.54	62	26	9	11	7	6	0.05
G24A	4.0	1.44	0.48	140	20	6	12	6	6	0.04
G24B	4.0	2.14	0.56	110	17	5	14	7	5	0.06
G25A	4.0	1.40	0.66	110	19	6	10	6	5	0.04
G25B	8.6	1.50	0.52	210	23	7	10	9	8	0.06
G26	8.0	2.32	1.32	160	27	9	7	11	10	0.05
G27	8.0	2.90	1.08	128	27	10	11	10	10	0.05
G28	6.2	1.68	0.56	80	18	7	9	6	7	0.05
G31A	3.0	1.40	0.84	80	12	8	7	6	6	0.05
G31B	3.6	1.60	0.80	50	12	6	10	4	6	0.04
G32A	7.2	1.60	0.60	52	15	7	7	4	6	0.05
G32B	11.0	3.56	1.38	230	27	23	9	15	16	0.05

Viðauki A frh.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G33A	8.0	2.14	0.74	104	19	12	15	7	12	0.05
G33B	2.8	1.24	0.70	144	12	5	7	6	5	0.03
G34A	5.6	1.44	0.88	72	15	8	10	8	6	0.04
G34B	12.6	1.72	0.92	192	19	11	12	7	10	0.05
G35A	11.0	1.92	0.66	220	19	12	9	9	8	0.05
G35B	7.2	2.00	0.72	100	20	9	11	11	7	0.05
G36	11.6	2.76	1.08	234	25	12	10	14	14	0.05
G37	15.0	3.66	1.20	246	30	21	10	14	17	0.05
G38	5.6	1.74	0.72	92	19	8	10	6	7	0.05
G42A	4.8	1.24	0.64	72	14	7	9	6	5	0.04
G42B	4.0	2.02	1.10	88	89	9	10	8	6	0.05
G43(1)	3.2	1.62	0.50	172	18	6	8	5	3	0.03
G43(2)	6.0	1.28	0.46	104	17	9	9	4	10	0.03
G43(3)	6.0	2.12	1.42	176	16	8	12	5	6	0.04
G43(4)	9.6	2.10	0.90	246	36	12	5	7	8	0.07
G43(5)	6.8	2.00	1.10	84	16	8	11	10	6	0.05
G44A	3.0	1.50	0.68	140	16	6	6	5	4	0.04
G44B	2.6	1.20	0.44	48	14	5	8	4	3	0.05
G45A	12.2	3.22	1.08	192	23	19	8	14	10	0.08
G45B	5.4	2.00	0.48	110	43	8	9	13	4	0.07
G46	17.6	2.86	1.28	210	34	9	9	16	12	0.08
G47	6.0	2.02	1.16	102	17	11	8	8	6	0.05
G48	17.4	2.56	1.04	356	30	23	9	15	14	0.06
G54A	6.8	1.70	0.66	120	18	8	8	8	6	0.04
G54B	13.4	2.80	1.00	202	29	15	8	8	7	0.06
G55A	5.0	1.60	0.66	100	16	6	11	6	3	0.03
G55B	5.6	1.60	0.48	90	16	7	9	7	4	0.04
G56	8.6	2.62	0.92	206	27	15	19	9	8	0.05
G57	9.6	3.10	0.96	176	43	19	10	11	10	0.06
G58	6.0	3.00	0.56	128	19	14	9	6	8	0.05
G65A	6.2	2.20	0.88	84	20	12	9	6	5	0.06
G65B	4.2	1.44	0.44	110	20	6	9	5	4	0.06
G66	12.6	2.56	0.84	232	30	16	10	12	8	0.05
G67	17.4	2.70	1.28	250	30	27	13	18	11	0.04
G68	7.2	2.76	0.92	120	23	14	9	7	7	0.06

Viðauki A frh.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G75A	3.6	1.00	0.56	40	12	11	5	5	3	0.05
G75B	6.2	2.36	0.86	210	19	10	8	6	3	0.04
G76	9.2	2.42	0.76	180	20	14	14	13	6	0.04
G77	10.2	2.08	0.78	162	25	14	7	8	5	0.06
G78	19.0	3.00	1.40	290	38	30	8	13	10	0.08
G86	8.0	2.70	1.26	122	20	14	15	9	6	0.05
G87	18.4	3.80	1.84	224	32	30	9	16	10	0.05
G88	9.6	2.34	0.92	230	20	14	9	10	6	0.05
Bo1	4.6	1.68	1.02	62	14	8	14	7	10	0.06
Bo2	3.6	2.20	0.48	66	16	7	10	7	6	0.07
Bo3	11.0	2.82	0.56	192	25	15	14	11	13	0.07
Bo4	9.2	2.42	0.96	72	17	10	20	7	9	0.06
Bo5	14.6	5.00	1.06	154	20	20	13	20	19	0.07

Viðauki B.

Niðurstöður þungmálmamælinga í einstökum sýnum af mosanum Hylocomium splendens. Sjá frekari skýringar í Viðauka A.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G16	6.6	5.00	1.16	290	32	21	10	14	17	0.07
G18	5.2	2.86	0.66	366	32	10	8	7	9	0.08
G22A	4.8	2.34	0.60	110	23	8	16	10	8	0.07
G24A	4.8	1.56	0.48	400	30	7	9	6	6	0.06
G31A	3.6	2.66	0.66	154	16	7	9	6	5	0.05
G33B	6.6	2.36	0.80	228	17	6	10	8	5	0.07
G43(5)	10.0	3.00	1.14	192	25	11	7	7	9	0.06
G57	9.6	3.56	1.00	262	30	6	9	17	15	0.08
G58	13.4	2.90	0.64	150	19	10	7	7	6	0.05
G76	5.6	2.42	0.60	322	27	6	10	5	6	0.07
Bo1	5.6	3.20	0.58	84	21	9	18	9	9	0.08
Bo2	5.6	2.34	0.48	120	25	8	4	8	10	0.07

Viðauki C.

Niðurstöður þungmálmamælinga í einstökum jarðvegssýnum. Niðurstöður eru í mg eða µg á g af jarðvegi. Sjá frekari skýringar í Viðauka A.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G11	47.0	45.0	2.55	580	56	40	1.8	33	65	0.10
G12	35.0	55.0	3.15	650	68	48	4.3	30	65	0.09
G13	49.5	110.0	4.05	730	81	43	2.5	40	88	0.11
G14	44.0	25.0	3.30	900	89	25	7.0	18	30	0.12
G15	39.5	55.0	2.65	580	54	38	2.8	28	50	0.08
G16	43.0	100.0	2.55	730	61	40	4.0	40	93	0.13
G17	50.0	40.0	3.15	830	79	33	2.3	25	60	0.09
G18	35.0	30.0	2.65	730	73	33	2.0	30	60	0.09
G21A	41.0	47.5	2.25	650	43	35	1.5	25	55	0.09
G21B	40.0	42.5	2.65	830	68	30	3.0	18	38	0.09
G22A	44.5	52.5	2.00	680	56	43	2.0	35	70	0.09
G22B	41.0	65.0	2.55	600	47	35	1.5	25	93	0.09
G23A	49.5	41.8	2.35	830	89	43	1.3	43	38	0.13
G23B	112.5	7.3	1.90	380	68	35	2.0	18	45	0.10
G24A	29.0	4.0	2.10	250	28	23	2.0	8	13	0.05
G24B	18.5	18.3	2.35	450	40	35	3.0	10	23	0.08
G25A	46.5	15.5	2.35	580	71	28	2.0	15	35	0.15
G25B	50.0	16.8	2.25	1080	71	33	4.5	20	35	0.14
G26	46.5	17.8	2.10	730	54	35	3.0	28	23	0.09
G27	40.5	82.5	2.50	780	56	45	2.0	38	95	0.11
G28	40.5	100.0	2.35	750	53	45	2.5	33	100	0.09
G31A	37.5	31.3	2.35	630	66	48	2.0	30	55	0.11
G31B	39.5	75.0	2.65	500	36	45	2.0	25	65	0.12
G32A	75.0	20.0	2.50	380	81	48	2.8	28	45	0.18
G32B	77.5	36.5	1.90	580	45	63	2.0	40	80	0.11
G33A	47.0	47.5	2.35	530	37	50	2.0	28	50	0.17
G33B	57.5	15.0	2.55	350	56	45	3.0	43	113	0.11
G34A	75.0	41.3	1.65	680	50	78	2.3	43	75	0.13
G34B	77.0	23.0	1.65	730	61	45	2.3	38	73	0.14

Viðauki C frh.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G35A	77.0	13.8	2.35	750	61	33	5.0	13	38	0.12
G35B	49.5	24.5	2.30	750	66	35	5.0	23	35	0.11
G36	75.0	75.0	2.35	1000	61	48	3.5	45	113	0.10
G37	49.5	85.0	1.90	650	48	45	2.0	43	78	0.10
G38	77.5	85.0	2.30	700	56	43	2.3	38	100	0.09
G42A	57.5	9.5	2.50	380	56	35	2.0	11	25	0.09
G42B	75.0	30.0	3.00	1200	63	43	2.3	15	50	0.11
G43(1)	17.5	8.3	2.30	800	29	35	4.0	5	13	0.08
G43(2)	36.0	87.5	2.55	430	40	50	1.8	15	50	0.08
G43(3)	72.5	33.8	2.55	1530	56	33	3.0	13	43	0.13
G43(4)	41.0	11.8	2.35	650	81	40	2.3	13	30	0.13
G43(5)	77.0	10.5	2.30	730	73	20	3.0	13	38	0.14
G44A	31.5	14.5	1.90	280	46	35	6.0	6	23	0.09
G44B	17.5	11.0	2.65	50	13	30	4.8	5	8	0.08
G45A	47.5	85.0	2.35	580	46	60	2.3	35	63	0.08
G45B	70.0	17.5	1.75	750	48	30	9.5	8	33	0.08
G46	45.0	21.3	2.65	330	58	43	2.3	30	43	0.10
G47	56.0	47.5	2.35	730	58	43	4.5	33	50	0.11
G48	61.5	80.0	2.65	880	96	43	2.8	28	75	0.14
G54A	81.0	19.3	2.35	680	47	43	3.5	25	38	0.08
G54B	81.0	25.0	1.75	750	66	38	3.5	30	38	0.15
G55A	17.5	9.5	1.90	80	15	30	3.5	3	5	0.06
G55B	52.0	27.5	1.90	780	63	35	7.0	28	28	0.10
G56	91.5	19.8	1.75	1480	81	28	9.5	9	20	0.13
G57	62.5	46.5	1.90	730	76	53	8.8	40	63	0.13
G58	76.5	10.5	2.35	600	50	40	9.0	35	60	0.13
G65A	109.0	46.0	2.00	730	43	88	3.0	40	115	0.10
G65B	18.5	5.0	2.35	500	13	38	2.3	8	23	0.08
G66	66.0	30.8	1.75	780	36	28	2.8	40	63	0.13
G67	66.0	80.0	2.00	600	56	93	3.5	33	63	0.10
G68	45.0	97.5	3.35	580	47	58	1.3	30	75	0.10
G75A	15.5	10.0	3.50	280	18	25	4.3	3	5	0.15
G75B	50.0	27.3	3.85	430	78	48	2.5	38	63	0.14
G76	91.5	67.5	2.80	780	46	83	2.5	45	95	0.16

Viðauki C frh.

Stöð	Fe mg/g	Mg mg/g	Na mg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Cr µg/g	Ni µg/g	Cd µg/g
G77	73.5	31.5	2.88	730	81	73	2.5	40	50	0.15
G78	50.0	28.5	3.20	700	61	55	1.5	33	45	0.14
G86	66.0	23.0	2.25	550	53	38	2.8	40	43	0.20
G87	66.0	65.0	3.05	600	40	93	2.5	38	50	0.11
G88	43.5	40.8	2.88	500	35	113	1.3	30	33	0.16
Bo1	45.0	82.5	4.25	430	76	63	2.5	43	115	0.14
Bo2	50.0	135.0	2.10	680	69	68	3.5	35	100	0.12
Bo3	43.0	75.0	2.40	300	61	55	3.8	45	100	0.15
Bo4	56.0	182.5	4.40	650	43	48	2.5	43	133	0.08
Bo5	73.5	237.5	4.40	750	71	93	7.0	50	168	0.13

Viðauki D

Ur skýrslu frá Laboratoriet for Teknisk Hygiejne, DTH, Lyngby, frá 20.11. 1974, um mælingar ýmissa rannsóknastofa á málmum í viðmiðunarsýni A.

INTERKALIBRERING

Resultatet af interkalibrering over bestemmelse af metaller og andre stoffer i to biologiske materialer, slam og planter.

Forhistorie

I januar 1974 udsendte Laboratoriet for teknisk Hygiejne to standardmaterialer til ca. 28 laboratorier i Danmark, og senere til ca. 10 laboratorier i Norden.

Formålet var, at igangsætte en interkalibrering af analysemetoder for bestemmelse af totalmængder af metaller i biologiske prøver. Der findes ganske vist internationale standarder indenfor dette felt, men det var fra flere sider indiceret, at et initiativ på et mere snævert plan var ønskeligt, idet der bl.a. kunne komme en diskussion i gang om præcision og reproducerbarhed af benyttede analysemetoder mellem de deltagende laboratorier.

Prøverne

De to udsendte prøver:

A: Grøntfoderpiller, tørret, knust og blandet.

Tørringen er foregået ved ca. 100°C og knusningen er foretaget på slaglemølle. Blandingen foregik på en cementblander, hvor hele mængden var ihældt. Total mængde standardmateriale 50 kg.

B: Slam-tørstof (udrådnet) fra en kommunalt renseanlæg. Tørringen er foregået ved ca. 80°C og efterfølgende knusning foretaget på slaglemølle. Blanding som under A. Totalmængde standardmateriale 10 kg.

Begge prøver er udsendt til laboratorierne på plast-beholderne.

Der er draget omsorg for at de udsendte prøver er repræsentative for total massen af prøvemateriale. Derimod er det uundgåeligt at prøverne adskiller i den udsendte prøvebeholder efter partikelstørrelse.

Da prøverne har været tørret, er det muligt at bestemmelse af flygtige stoffer f.eks. Hg og Se er usikker. Dog burde den efterfølgende blanding af de findelte materiale modvirke dette.

Deltagende laboratorier

Der er udsendt standardmaterialer til 38 laboratorier. Der er indkommet svar fra 21 laboratorier. Besvarelsesprocenten er dermed ca. 55% ...

Det må her bemærkes, at de fleste laboratorier kun har analyseret for de stoffer de har ment at have en vis erfaring i.

Interkalibreringen er helt frivillig og resultaterne er anonyme. Nummeringen af laboratorier i tabellen er helt tilfældig.

Resultater

I tabel A ... vises de indkomne resultater som de er rapporteret af de enkelte laboratorier, dog er måleenheden i alle tilfælde ændret til ppm (mg/kg tørstof). Der er udregnet en medianværdi, middelværdi og en standardafvigelse (S.D.). Ved beregningen af disse statistiske størrelser er ikke medtaget de resultater der af laboratorierne er angivet som < eller \leq . Desuden er der for enkelte stoffer beregnet en korrigeret medianværdi, middelværdi og standardafvigelse, idet der er udeladt resultater, der er beliggende mere end én S.D. fra middelværdien i første udregning, eller hvis resultatet med overvejende sandsynlighed er forkert, på trods af at det ligger inden for én S.D. ...

Kommentarer

...

Analyserne af visse metaller i standard plantematerialet er ... behæftet med store fejl, idet den ukorrigerede S.D. er større end middelværdien for Pb, Cd og Co, og af betydelig størrelse

(15-60%) for de andre metaller. Kun analysen for Mn synes relativ sikker.

Der kan nævnes flere muligheder for fejl i analyserne: ufuldstændig oplukning, kontaminering og regnefejl. Desuden fejl hidrørende fra den specifikke analysemetode f.eks. for lille afstand til defektionsgrænse, saltfejl for flamme-atomabsorption og især for grafitovn-atomabsorption, manglende eller ufuldstændig baggrundskompensation, og endelig valg af analysemetode hvorved systematiske fejl kan opstå. ...

Jens Chr. Tjell

Tabel A. Resultater for standardmateriale A. (Grøntfoderpiller).

Laboratorie nr.	PPM i tørstof									
	Fe	Mg	Na	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Ni	Cd
1	272			108	41,6	10	35,0	4,0	2,0	0,4
2	236	1800	4500	100	36	6				
3	300±20	2200±500	6700±500	118±2	50±5	13±0,5	9±1	<3	10±1	0,5
4	358		4710	109	40	8,5	9,3	4,3	3,0	0,37
5	290	1400	4300	110	50	6,2	6,4	1,2	5,3	0,30
6	225			109	40,2	9,2	1,40			0,36
8				111,5	38,5	6,4	3,3	0,83	2,8	0,23
9 a)		1875±30	4710±70	159±2						
10	295		4300	111	31					
11				112	37	7,8	8,2	0,9	3,3	0,184
12 c)				130	60	27	5,5	<17	<6,5	0,44
14	371			116,5	45,5	15,5	<16	<37	<11	<1,5
15	320	1780	4600	120	51	8,3	±4,3	<6,5	5,1	±0,5
16				114	50	7,0	0,0	2,0	6,0	2,0
17	225	1700	4500	100	36	8				
18				106	32	14	<10	<5	<5	<1
19	294,3	1730	4528	103,2	22,53	6,169				0,064
20					44±5	6,8±0,5	8,5±2,5			0,2±1
21 d)							10,7			0,12
21 e)							4,7			0,30
Median	294,3	1790	4514	111	40,2	7,9	7,3	1,2-2,0	4,2	0,27
Middel	289,7	1791	4404	113,95	38,31	9,20	8,58	2,20	4,69	0,414
S.D.	48,9	221	1328	13,77	11,38	5,68	8,98	1,57	2,56	0,512
Antal svar	11	8	10	17	17	16	12	6	8	12
Korrigeret										
Median		1790	4514	110,5	40,2	7,4	7,3	1,05	3,3	0,23
Middel		1788	4519	111,13	41,52	6,48	6,80	1,23	3,93	0,270
S.D.		66	159	7,65	6,67	0,34	3,04	0,54	1,52	0,120
Antal svar		8	8	16	15	12	10	4	7	11
Udeladt nr.		3+5	3+9b	9	12+19	3+12+14+18	1+16	1+4	3	16

a) Våd foraskning; b) ...; c) Tal oprindelig på foreliggende prøve. Tallene omregnet til TS (TS=92%);
d) Oplukning i IN HNO₃; e) Oplukning i konc. HNO₃, HClO₄.