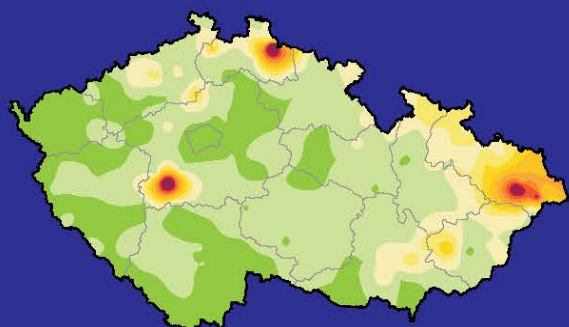


**CONTENTS OF 37 ELEMENTS IN MOSS  
AND THEIR TEMPORAL AND SPATIAL TRENDS  
IN THE CZECH REPUBLIC DURING  
THE LAST 15 YEARS**

FOURTH CZECH BIO-MONITORING SURVEY  
PURSUED IN THE FRAMEWORK  
OF THE INTERNATIONAL PROGRAMME  
UNECE ICP-VEGETATION 2005/2006



SILVA TAROUCA RESEARCH  
INSTITUTE FOR LANDSCAPE  
AND ORNAMENTAL  
GARDENING  
PRŮHONICE

Julie Sucharová, Ivan Suchara, Marie Holá

**CONTENTS OF 37 ELEMENTS IN MOSS AND THEIR TEMPORAL  
AND SPATIAL TRENDS IN THE CZECH REPUBLIC DURING  
THE LAST 15 YEARS**

**FOURTH CZECH BIO-MONITORING SURVEY PURSUED IN  
THE FRAMEWORK OF THE INTERNATIONAL PROGRAMME  
UNECE ICP-VEGETATION 2005/2006**

Obsah 37 prvků v mechu a časové a prostorové změny jeho hodnot  
v České republice během posledních 15 let.

Čtvrtý český biomonitorovací průzkum prováděný v rámci mezinárodního  
programu OSN EHK ICP-Vegetace 2005/2006

BY:  
JULIE SUCHAROVÁ  
IVAN SUCHARA  
MARIE HOLÁ



VÚKOZ Průhonice

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.  
Oddělení Biomonitoringu

SILVA TAROUCA RESEARCH INSTITUTE FOR  
LANDSCAPE AND ORNAMENTAL GARDENING  
Department of Bio-monitoring

PRŮHONICE

Copyright © Julie Sucharová, Ivan Suchara, Marie Holá

ISBN 978-80-85116-62-5 (VÚKOZ, v.v.i., Průhonice)

ISBN 978-80-7415-007-4 (Nová tiskárna Pelhřimov, spol. s r. o.)

# CONTENTS

INTRODUCTION .....	5
1. FIFTEEN YEARS OF CZECH MOSS MONITORING .....	7
1.1 European bio-monitoring campaigns in the Czech Republic .....	7
1.2 Special bio-monitoring programmes .....	8
2. BIO-MONITORING CAMPAIGN 2005/2006.....	11
2.1 Material and methods .....	11
2.1.1 Sampling .....	11
2.1.2 Analyses .....	12
2.1.3 Processing and evaluation of results .....	15
3. RESULTS AND DISCUSSION .....	17
3.1 Analytical results .....	17
3.1.1 Ag – Silver .....	31
3.1.2 Al – Aluminium .....	31
3.1.3 As – Arsenic .....	32
3.1.4 Ba – Barium .....	32
3.1.5 Be – Beryllium .....	32
3.1.6 Bi – Bismuth .....	33
3.1.7 Cd – Cadmium .....	33
3.1.8 Ce – Cerium .....	34
3.1.9 Co – Cobalt .....	34
3.1.10 Cr – Chromium .....	34
3.1.11 Cs – Caesium .....	35
3.1.12 Cu – Copper .....	35
3.1.13 Fe – Iron .....	36
3.1.14 Ga – Gallium .....	36
3.1.15 Hg – Mercury .....	37
3.1.16 In – Indium .....	37
3.1.17 La – Lanthanum .....	37
3.1.18 Li – Lithium .....	38
3.1.19 Mn – Manganese .....	38
3.1.20 Mo – Molybdenum .....	39
3.1.21 N – Nitrogen .....	39
3.1.22 Nd – Neodymium .....	39
3.1.23 Ni – Nickel .....	40
3.1.24 Pb – Lead .....	41
3.1.25 Pr – Praseodymium .....	41
3.1.26 Rb – Rubidium .....	41
3.1.27 S – Sulphur .....	42
3.1.28 Sb – Antimony .....	42
3.1.29 Se – Selenium .....	43
3.1.30 Sn – Tin .....	43
3.1.31 Sr – Strontium .....	44
3.1.32 Th – Thorium .....	44
3.1.33 Tl – Thallium .....	44
3.1.34 U – Uranium .....	45
3.1.35 V – Vanadium .....	45
3.1.36 Y – Yttrium .....	46
3.1.37 Zn – Zinc .....	46



3.2 Correlation in element composition .....	47
3.3 Cluster analysis .....	47
3.4 Factor analysis .....	47
3.5 Effects of landscape factors .....	49
3.5.1 Elevation .....	49
3.5.2 Precipitation .....	49
3.5.3 Effects of wooded and urbanised landscapes .....	50
3.5.4 Effects of other factors .....	51
3.6. Trends in element contents .....	51
3.6.1 Element contents 2005 vs. 2000 .....	51
3.6.2 Long-term trends .....	53
3.6.3 Comparison with neighbouring countries .....	55
4 SUMMARY AND CONCLUSION .....	57
5 ACKNOWLEDGEMENTS .....	58
6 REFERENCES .....	59
7 CZECH SUMMARY – SOUHRN .....	61
APPENDIX – TABLES .....	83
APPENDIX – PICTORIAL PART .....	97

## INTRODUCTION

The fourth European and Czech programmes to monitor the distribution of the atmospheric deposition rates of selected elements in Europe were conducted in 2005/2006. All activities associated with the Czech bio-monitoring campaign were carried out by the Department of Bio-monitoring of the Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening. The Czech bio-monitoring results were obtained under the same conditions as in previous campaigns. The campaigns and the evaluation of the element accumulation trends in moss in the Czech Republic have been performed by the same team in all four campaigns, and have been similarly biased. The moss analytical results can therefore be compared with each other.

The latest bio-monitoring campaign was included in the activities of the international UNECE ICP-Vegetation programme, coordinated by the Centre of Ecology and Hydrology, Bangor, U.K. Part of the Czech bio-monitoring results were made available to the coordination centre for presentation in the European moss surveys 2005/2006. However, the international bio-monitoring programme monitors only the contents of 10 obligatory toxic metals, and newly also the total content of nitrogen in moss in Europe. There will now be one European moss survey evaluating the current distribution of the obligatorily determined elements in moss, while a second survey will evaluate the distribution of total nitrogen content in moss in Europe. Further details concerning the European moss surveys are available on <http://icpvegetation.ceh.ac.uk>, which is regularly updated.

In the current Czech moss survey, the contents of 37 elements have been determined in moss (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, N, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y and Zn). This report has been compiled to present the most important results of the Czech bio-monitoring programme to experts at home and, mainly, abroad in bio-monitoring of atmospheric deposition loads. Many additional details concerning the sampling plots, methods and evaluation procedures can be found in the previous Czech moss surveys, presented in 1998, 2004 and 2007 (see Chapter 1.2). The report presented here includes for the first time a chapter evaluating the trends in element accumulation in moss in the Czech Republic (abbreviated CZ) during the last 10–15 years.



# 1. FIFTEEN YEARS OF CZECH MOSS MONITORING

---

The Czech moss monitoring campaigns use the bio-monitoring methods introduced by the founders of moss monitoring, and the experience gained in earlier large-scale bio-monitoring surveys in the Scandinavian countries (Rühling and Tyler 1971, 1973, 1984). The Scandinavian experts arranged and coordinated the first and second Pan-European moss monitoring programmes in 1990 and 1995 (Rühling 1994a; Rühling and Steinnes 1998), in which the CZ national bio-monitoring campaigns were included.

When the LRTAP (Long-Range Transboundary Air Pollution) Convention established the Task Force on Heavy Metals (Aarhus, Denmark, 1998), the bio-monitoring method and the results were offered for use in the LRTAP Convention programmes. The earlier European moss surveys were adopted in the International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops (ICP-Vegetation) of UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). In 1999, the ICP-Vegetation programme opened a new subprogramme under the title Heavy Metals in Mosses, coordinated by the Centre for Ecology and Hydrology (CEH) in Bangor, U.K. The last two European moss surveys (2000/2001 and 2005/2006) were coordinated by CEH (<http://icpvegetation.ceh.ac.uk>).

## 1.1 European bio-monitoring campaigns in the Czech Republic

The former Research Institute of Ornamental Gardening at Průhonice was invited by the Scandinavian moss experts to participate in the European moss campaign to monitor the distribution of current atmospheric deposition loads in 1991. In particular, moss data from the Bohemian part of former Czechoslovakia was desired within a short period of time. The CZ bio-monitoring programme was carried out by the Laboratory of Trace Elements, which arranged all aspects of collecting and processing the samples, analysing them, and evaluating and presenting the results. Two moss species (*Pleurozium schreberi* 82 % and *Polytrichum formosum* 18 %) were collected at 33 sampling plots situated mainly in Bohemia in 1991–1992. Both moss species were repeatedly collected and analysed in parallel in 1991 and 1992 for the purposes of inter-species calibration tests and to evaluate the inter-year effects. Ten obligatorily investigated elements (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Se, V and Zn) were determined in the moss samples, using AAS (FP and GTA) techniques. Apart from the research report (Suchara et al. 1994), no printed CZ moss survey 1991/1992 was published and distributed. However, some of the CZ moss results from this campaign were presented in a paper (Markert et al. 1996) and in the Czech national moss monitoring report (Sucharová and Suchara 1998a). All CZ results for 1991/1992 were accepted and included in the first European moss survey (Rühling 1994b).

In the framework of the second European moss monitoring campaign in 1995/1996, three moss species were collected - *Pleurozium schreberi* (82 %), *Hypnum cupressiforme* (10 %) and *Scleropodium purum* (8 %) - at 196 “permanent” plots introduced for the bio-monitoring programmes in CZ. Thirteen elements, predominantly those obligatorily investigated in the European programme (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, S, V and Zn), and additionally Hg, were determined in the CZ moss samples using the ICP-OES instrument and the AMA-254 mercury analyser. Interspecies calibration tests showed that mosses *Pleurozium schreberi* and *Scleropodium purum* provided very similar results, while *Hypnum cupressiforme* accumulated on an average about one third higher amounts of all elements than the two other moss species. The production of moss bio-indicators was determined on some plots, and the absolute atmospheric deposition loads of the thirteen investigated elements ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$ ) were estimated in CZ. The primary analytical results are available in the research report (Sucharová et al. 1997) and in the first published CZ moss survey (Sucharová and Suchara 1998a). The CZ data were accepted and evaluated in the European context in the second European moss survey (Rühling and Steinnes 1998). In parallel, the distribution of the long-term accumulated deposition loads of 14 elements in CZ was determined using forest floor humus analyses (Suchara and Sucharová 2000, 2002a, 2002b). Unfortunately, no European humus survey was published by the Scandinavian programme coordinators, because only a limited number of countries investigated the element content in forest humus in 1995/1996.

The third European bio-monitoring campaign, in 2000, was established as the Heavy Metals in Mosses subprogramme of the coordination centre for the UNECE ICP-Vegetation programme. In CZ, five moss species (*Pleurozium schreberi* 90 %, *Scleropodium purum* 6 %, *Eurhynchium angustirete* 1.6 %, *Brachythecium rutabulum* 1.6 % and *B. salebrosum* 0.8 %) were collected at 250 plots, including the 196 plots from the moss campaign in 1995 in CZ. Fourteen authorized elements (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb, S, V and Zn) and twenty two optionally investigated elements (Ag, Ba, Be, Bi, Ce, Cs, Ga, In, La, Li, Mn, Pr, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, Y and N) were determined in the moss, using the ICP-MS instrument, the AMA-254 Hg analyser, and the Büchi appliance for distilling and determining nitrogen. The element contents in the moss samples were correlated with the following explanatory factors: elevation, precipitation, land cover, land-use, geomorphology and mother rock types operating on the sampling plots. Changes in the spatial distribution of the element accumulation in moss in CZ during the previous five years were evaluated. Primary analytical data and classed post maps and isopleth maps of element distribution in moss for all 36 determined elements are available in the annual research report (Sucharová et al. 2001). The results for the 14 obligatorily investigated elements were presented in part I of the second CZ national report (Su-

charová and Suchara 2004a), and the statistical data and comments of the CZ analytical results were accepted and included in the ICP-Vegetation report (Buse et al. 2003). The results for the 22 optionally determined elements are available in part II of the second CZ national report (Suchara et al. 2007a) and in some papers (e.g., Suchara and Sucharová 2004a; Sucharová and Suchara 2004b). An evaluation of the moss monitoring results in the Visegrad countries (Poland, Slovakia, Hungary and the Czech Republic) for moss survey 2000/2001 was published in Suchara et al. (2007b, 2007c).

In the current CZ bio-monitoring campaign, pursued within the framework of the UNECE ICP-Vegetation programme 2005/2006, the content of 37 elements (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, N, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y and Zn) was determined in samples of three moss species (*Pleurozium schreberi* 92 %, *Scleropodium purum* 5 % and *Brachythecium rutabulum* 3 %) collected at 282 sampling plots in CZ. The following chapters of this report provide details of this bio-monitoring campaign. The current CZ data for As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, Sb, V and Zn contents in moss were included and evaluated in the European report of the 2005/2006 moss survey (Harmens et al. 2008).

## 1. 2 Special bio-monitoring programmes

Apart from the regular European moss monitoring programmes held in 1990/1991, 1995/1996, 2000/2001 and 2005/2006, several special bio-monitoring campaigns have been carried out for special purposes in CZ.

In 1993, tests were carried out on suitable methods for collecting representative samples of moss, spruce needles and forest floor humus and for determining the variability of element content in the collected samples. We collected 5 representative samples (each of 7 subsamples), in parallel, at three testing plots in highly contaminated parts of western Bohemia (monitoring plots 111, 66-03, 110), in medium-contaminated parts of central Bohemia (monitoring plots 80-01, 130, 65-02-Ruda), and in slightly contaminated parts in southern Bohemia (monitoring plots 142, 152-Komárov, 172-01) from a single sampling plot 50 × 50 m in area. The contents of As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V and Zn were determined in the samples. The results, statistics and correlation analyses are available in the research reports by Suchara et al (1993, 1994).

The second CZ moss survey, in 1995, revealed an increased Hg content in the Tachov district in southwestern Bohemia. Since no potential industrial sources of Hg explaining the Hg contamination were known in the area, moss samples of *Pleurozium schreberi* were again collected and the Hg content was determined for 18 sites in the Tachov district. In parallel, several investigations of the Hg content stability in moss samples were pursued. No local hot spot of Hg accumulation in moss indicating some significant source of Hg was found in this district, despite the increased Hg content on several individual plots located very close to the CZ state border. A significantly higher Hg content was found in the brown parts of the moss plants than in the green parts of the same moss plants, while no significantly different Hg content was determined in the moss leaves and stems. No significant differences were found in the Hg content of air dried moss samples before and after grinding in a mill with a rotor knife. However, we found significantly different Hg contents in fresh (related to dry weight) and in air-dried moss samples 1–2 days after sampling. The residual Hg forms in the air dried moss samples were stable, and the Hg content in the archived samples had not changed after long-term storage. The results of this moss monitoring campaign are available in the research report (Suchara and Sucharová 2000).

The earlier moss campaigns indicated a very high accumulation of some metals near Příbram (monitoring plot 111). Very high contamination of soil and stream sediments around the Kovohutě secondary lead smelter near Příbram was stated in several unpublished environmental studies. Following the introduction in 1998 of new sophisticated technology promising a substantial reduction in metal emissions from this smelter, a special moss campaign was conducted in 1999 to determine the current element contents in moss and humus around the smelter. At 56 sampling sites situated along radial linear transects in a 14-km radius around the smelter, moss *Pleurozium schreberi* and forest floor humus ( $O_h$  horizon) were collected and analysed. The contents of 36 elements (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sr, Th, Tl, U, V, Y and Zn) were determined in the samples. The analytical results revealed not only a hot spot of predominantly chalcophile elements (e.g., Ag, Cd, In, Pb, Zn) near the smelter, but also another hot spot of radioactive and rare earth elements (e.g., Ce, La, Pr, Nd, U, Y) situated on the eastern periphery of Příbram (at Háje). Grinding of stones from the nearby former uranium pits was found to be the source of these lithophile elements in the studied area.

Classed dot maps and isopleth maps showing the distribution of all 36 elements are available in the research report by Sucharová et al. (1999). A compendium of the results for moss and forest humus analyses was presented in Sucharová and Suchara (2004c) and in Suchara and Sucharová (2004b).

The CZ moss survey 2000/2001 revealed a large area with a very high accumulation of many elements in moss in southern Moravia. In order to delimit the borders of this hot spot more correctly, moss, forest floor humus and soil samples were collected and analysed in 2002–2003. In 2002, moss samples of *Hypnum cupressiforme* (41) and *Camptothecium lutescens* (1) species were collected at 42 sites, and in 2003 at 63 sites (including 38 sampling plots from 2002), between Brno, Břeclav and Kroměříž. The contents of 35 elements (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y and Zn) were determined in these samples. The analytical results, classed dot maps and isopleth maps and an evaluation are available in reports by Sucharová et al. (2002, 2003).



A special campaign to determine the mercury contamination around a chemical plant using Hg cell technology (a chlor-alkali plant) was carried out in 2004. Moss (*Hypnum cupressiforme*), forest floor humus and oak bark specimens were collected at 18 sites situated along radial transects running 12 km from this chemical plant. Maps of the distribution of Hg in *Hypnum cupressiforme* and in the other analysed materials are available in the research report Sucharová and Suchara (2004d). A short survey of this study was presented in a paper by Suchara and Sucharová (2008).

Soil and brook sediment analyses conducted by the Czech Geological Survey in the Králický Sněžník Mts revealed increased Be contents. In order to prove the effect of high atmospheric deposition loads of Be in this area, the Laboratory of Trace Elements at Průhonice was asked to collect and analyse moss samples. In 2006, moss samples (*Pleurozium schreberi*) were collected at 17 sites on the Czech part of this mountain, and the content of 36 elements, including Be, was determined. The analytical results found no increased Be content in the moss. The Be in the soil covers and sediments in this mountain may be from a geogenic source. The laboratory staff has not yet published its analytical results.



## 2. BIO-MONITORING CAMPAIGN 2005/2006

---

In 2004, the Department of Bio-monitoring of the Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening joined and started participating in the fourth European moss survey programme 2005/2006. All phases of the survey: sampling, processing of samples, multielement analyses, processing and evaluation of the analytical results, and production of classed post maps and isopleth maps were carried out by the staff of the Department of Bio-monitoring and the Laboratory of Trace Analyses at Průhonice.

### 2.1 Material and Methods

The bio-monitoring methods and procedures were adopted from the manual of the international bio-monitoring programme for 2005/2006 (Harmens 2005,

<http://samples-uk.pet-news-review.info/heavy-metals-in-european-mosses.2005-2006-survey-monitoring-ma>). The updated manual of the moss monitoring technique follows up the earlier manuals for the previous international bio-monitoring campaigns in 2000/2001, 1995/1996 and 1990/1991.

#### 2.1.1 Sampling

The moss samples were collected in summer and autumn 2005. At about five sampling plots, moss samples were collected for a second time in 2006 to confirm unexpected determined element contents in the moss samples. Two additional sampling plots for determining total nitrogen and mercury in moss were used in 2006. A system of 196 (192) basic permanent bio-monitoring plots was established in 1995 (Sucharová and Suchara 1998a: 24, Fig.7). These original plots, marked by numbers 1–192, were spread in forests in an approximately regular network covering 15 × 15 km. However, some of these plots could not be utilised in subsequent moss monitoring programmes due to clearing and deterioration of forest stands, overgrowing of gaps in tree canopies, or death of the moss, etc. In such cases, alternative sampling plots were found in the surroundings of the original plots. Additional new sampling plots sometimes needed to be set up in order to determine more exactly the metal concentrations in the moss along steep deposition gradients, or to calibrate the metal content in moss on plots situated close to current stations used for measuring wet deposition loads. All such new sampling plots situated further than 1 km from the origin permanent plots are coded by the number of the closest permanent plot, followed by the index -01, -02, -03, etc. Moss samples used for chemical analyses were collected at 282 sampling plots. The typical area of a monitoring plot was 50 × 50 m. Where the occurrence of moss was sparse, the plot area could be much larger, in extreme cases up to 400 × 400 m.

Moss species *Pleurozium schreberi* was collected preferentially. Alternatively, moss *Scleropodium purum* was used. At habitats unfavourable for these moss species (e.g., heavily disturbed landscapes) moss *Brachythecium rutabulum* was collected. At each sampling plot, 7–9 moss subsamples were collected and joined into one collective sample. The sampling conditions were recorded in detail in sampling protocols, which are archived in the laboratory at Průhonice. For bio-monitoring campaign 2005/2006, we analysed 280–282 moss specimens: 260 samples (92 %) of *Pleurozium schreberi*, 14 samples (5 %) of *Scleropodium purum* and 8 samples (3 %) of *Brachythecium rutabulum*.

The sampling plots from which moss samples were analysed for the bio-monitoring survey are characterised in the list of localities in Appendix, Table A1. The distribution of the sampling plots in CZ is shown in Figure 1. The numbers of sampling plots in the current administrative regions of CZ (Sucharová and Suchara 2004a: 8, Fig. 2) are shown in Table 1.

Administrative region	Abbreviation	Area km <sup>2</sup>	Area portion %	Samples	Sampl. portion %	Administrative region	Abbreviation	Area km <sup>2</sup>	Area portion %	Samples	Sampl. portion %
Praha (Prague)	PR	498	0.7	6	2.1	Jihomoravský (Brno)	BN	7198	9.1	20	7.1
Středočeský (Central Bohemia)	SC	11014	14.0	27	9.6	Vysočina (Jihlava)	JI	6795	8.6	16	5.7
Liberecký (Liberec)	LI	3163	4.0	31	11.0	Jihočeský (České Budějovice)	CB	10056	12.7	30	10.1
Královéhradecký (Hradec Králové)	HK	4758	6.0	21	7.4	Plzeňský (Plzeň)	PL	7561	9.6	24	8.5
Pardubický (Pardubice)	PU	4519	5.7	15	5.3	Karlovarský (Karlovy Vary)	KV	3314	4.2	15	5.3
Olomoucký (Olomouc)	OL	5263	6.7	12	4.3	Ústecký (Ústí nad Labem)	UL	5335	6.8	25	8.9
Moravskoslezský (Ostrava)	OV	5445	6.9	27	9.6						
Zlínský (Zlín)	ZL	3964	5.0	13	4.6	ALL		78887	100	282	100

Table 1 - Number of moss samples collected and analysed for individual administrative regions.

### 2.1.2 Analyses

Green to green-brownish apical segments, 2.5-3 years old, were removed from unwashed moss plants, and were air-dried. The dried moss samples were powdered in a mill with a titanium rotor and sieve, with a mesh 0.2 mm in diameter. Processing of the samples was described in greater detail in the earlier moss surveys (Sucharová and Suchara 1998a, 2004a).

In two samples (monitoring plots 141-03 and 184-02), exclusively contents of total nitrogen and mercury were determined, while the contents of 37 elements were probed in the remaining 280 samples.

Approximately 0.5 g of the powdered moss samples were weighed into Teflon pressure vessels and digested in nitric acid and hydrogen peroxide (Merck, suprapure) in the CEM (MARS 5) appliance for high pressure microwave digestion of the samples. The digested samples were transferred into Teflon volumetric flasks and diluted to a defined volume with deionised water (Millipore). Three weights of each sample were digested and analysed in parallel. The content of Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, In, La, Li, Mn, Mo, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y and Zn was determined using the ICP-MS (Perkin Elmer, Elan 6000) spectrometer. The detection limits of the method are stated in Table 2. The contents of all measured elements in all moss samples were above the detection limits of the methods used here.

The quality of the analyses was checked using analyses of reference plant materials (IAEA Lichen 336, IAEA Hay V10) and international interlaboratory moss standards M2 and M3, prepared at MUHOS, Finland. In parallel, the laboratory continually determined the elements in the testing samples of the plant materials analysed in the framework of the WEPAL IPE (Wageningen Evaluating Programme for Analytical Laboratories, International Plant-Analytical Exchange, Wageningen University) international programme of interlaboratory tests. Except in the case of Be, the determined element contents were in good accordance with the certified or recommended values for the reference materials. The Be concentrations indicated by the distributors for interlaboratory moss reference materials M2 and M3 are suspiciously high. The determined content of elements in moss reference materials M2 and M3 and the recommended and indicated values (Steinnes et al. 1997, Harmens et al. 2008) are shown in Table 3 and 4. The basic statistics for long-term determination of the element contents in moss reference materials M2 and M3 are shown in Appendix, Table A2.

The contents of mercury (Hg) were determined directly in the powdered moss samples, in parallel, from three weights, using the AMA-254 (Altec, Prague) Hg atomic absorption spectrometer. The mercury contents in the samples were above the detection limit for the method (Table 2). The analytical results were checked using Hg analyses of the reference plant materials (NIST Apple Leaves 1515 and IAEA Hay V10).

The total nitrogen content was determined after mineralization of the moss samples in the CEM (STAR System 2) microwave digestion appliance, using sulphuric acid and hydrogen peroxide. Ammonium released from the digestates by sodium hydroxide was distilled using Büchi appliances (Distillation Unit B-324) into borite acid. The ammonium concentration was determined through titration of ammonium borite complex with sulphuric acid.

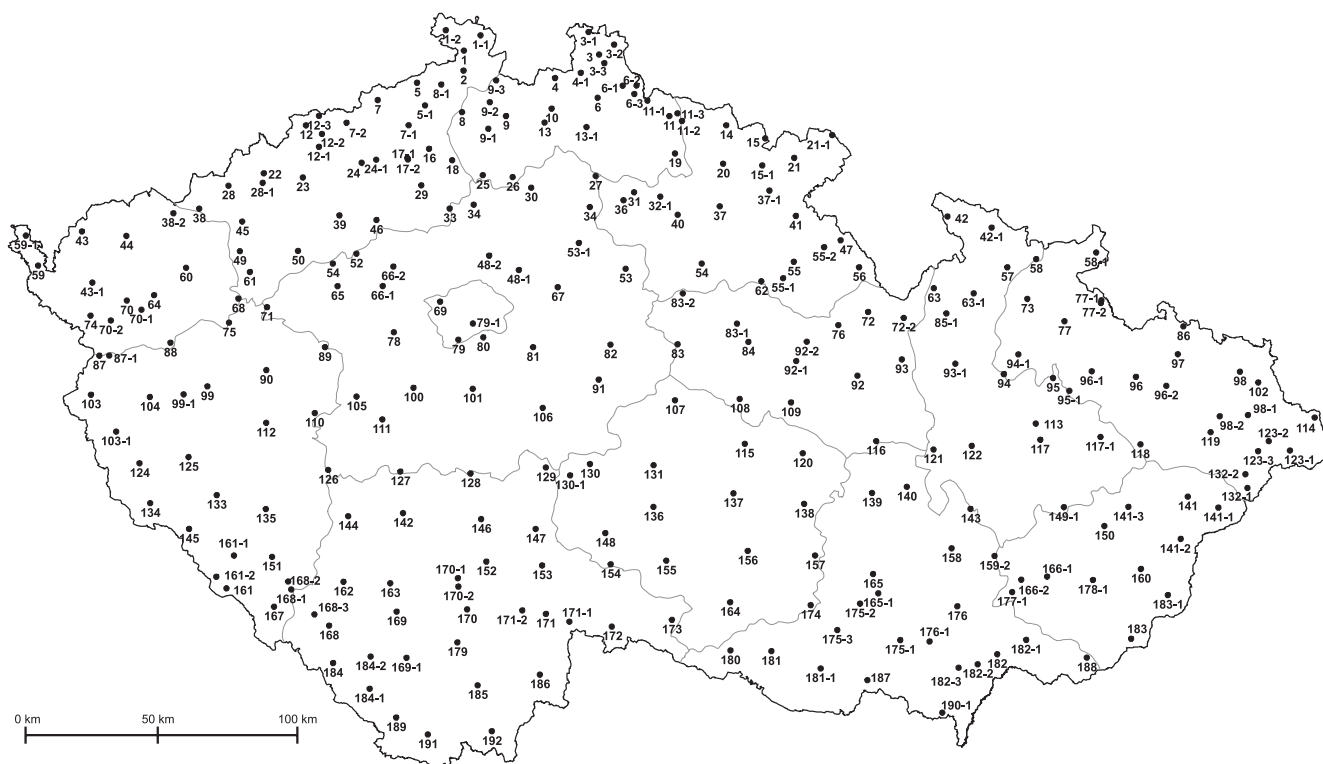


Figure 1 Distribution of sampling plots used for the CZ moss monitoring campaign 2005/2006. The administrative regions are delimited in this picture.

Element	Detection limit (µg.g <sup>-1</sup> )	Element	Detection limit (µg.g <sup>-1</sup> )	Element	Detection limit (µg.g <sup>-1</sup> )	Element	Detection limit (µg.g <sup>-1</sup> )
Ag	0.0005	Cs	0.0003	N	100	Sr	0.09
Al	0.3	Cu	0.05	Nd	0.0002	Th	0.0003
As	0.01	Fe	9.0	Ni	0.05	Tl	0.0001
Ba	0.03	Ga	0.003	Pb	0.01	U	0.0004
Be	0.0003	Hg	0.001	Pr	0.0001	V	0.002
Bi	0.002	In	0.0002	Rb	0.014	Y	0.0001
Cd	0.0003	La	0.0005	S	70.0	Zn	0.2
Ce	0.001	Li	0.002	Sb	0.0004		
Co	0.001	Mn	0.09	Se	0.03		
Cr	0.02	Mo	0.001	Sn	0.004		

Table 2 - Detection limits of the analytical methods (v/m = 100) used in 2005/2006.

The determined total nitrogen contents in the moss samples were above the determination limit of the analytical method that was used (Table 2). For quality assurance, we determined the nitrogen content in reference plant material NIST Spinach Leaves 1570a (reference value for the Kjeldahl method), and plant material analyses in the framework of the WEPAL IPE international interlaboratory tests. The analytical results for the reference materials were in a good accordance with the certified or recommended values.



Element	Determined mean ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Recommended ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Difference %	Element	Determined mean ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Recommended ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Difference %
Ag	0.115	0.137±0.014	-16.1	Mo	0.206	0.23±0.04	-10.4
Al	207	178±15	16.3	N	8592	8360±620	2.8
As	0.917	0.98±0.07	-6.4	Nd	0.160	0.161±0.004	-0.6
Ba	16.7	17.6±0.7	-5.1	Ni	16.5	16.3±0.9	1.2
Be	0.007	0.143±0.012	-95.1	Pb	6.83	6.37±0.43	7.2
Bi	0.115	0.126±0.014	-8.7	Pr	0.043	n.a.	-
Cd	0.490	0.454±0.019	7.9	Rb	36.1	39.6±0.4	-8.8
Ce	0.353	0.35±0.03	0.9	S	1104	963±93	4.3
Co	0.917	0.98±0.06	-6.4	Sb	0.188	0.185±0.0020	1.6
Cr	0.939	0.97±0.17	-3.2	Se	0.287	0.29±0.03	-4.1
Cs	0.550	0.55±0.04	0.0	Sn	0.759	n.a.	-
Cu	65.2	68.7±2.5	-5.1	Sr	5.10	5.31±0.15	-4.0
Fe	276	262±35	5.3	Th	0.049	0.042±0.002	16.7
Ga	0.104	0.113±0.020	-8.0	Tl	0.038	0.048±0.004	-20,8
Hg	0.053	0.058±0.005	-8.6	U	0.022	0.021±0.005	4.8
In	0.025	0.025±0.002	0.0	V	1.45	1.43±0.17	1.4
La	0.185	0.195±0.018	-5.1	Y	0.087	0.099±0.014	-12.1
Li	0.111	n.a.	-	Zn	34.4	36.1±1.2	-4.7
Mn	314	342±17	-8.1				

Table 3 - Long-term determined ( $n = 15$ , for nitrogen  $n = 2$ ) element contents in mass reference material M2 ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), and differences from the recommended or indicated values, see also Appendix – Table A2. (n.a. – no stated data).

Element	Determined mean ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Recommended ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Difference %	Element	Determined mean ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Recommended ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Difference %
Ag	0.024	0.027±0.004	-11.1	Mo	0.052	0.10±0.04	-48.0
Al	175	169±10	3.6	N	6641	6810±520	-2.5
As	0.108	0.105±0.007	2.9	Nd	0.096	0.098±0.002	-2.0
Ba	12.9	13.7±0.6	-5.8	Ni	1.012	0.95±0.08	6.5
Be	0.007	0.015±0.003	-53.3	Pb	3.38	3.33±0.25	1.5
Bi	0.014	0.015±0.001	-6.7	Pr	0.026	n.a.	-
Cd	0.108	0.106±0.005	1.9	Rb	17.9	19.5±0.4	-8.2
Ce	0.232	0.25±0.03	-7.2	S	963	830±74	16.0
Co	0.095	0.115±0.006	-17.4	Sb	0.045	0.043±0.004	4.7
Cr	0.551	0.67±0.19	-17.8	Se	0.108	0.115±0.016	-6.1
Cs	0.183	0.189±0.014	-3.2	Sn	0.113	n.a.	-
Cu	3.29	3.76±0.23	-12.8	Sr	4.36	4.64±0.24	-6.0
Fe	161	138±12	16.7	Th	0.024	0.027±0.002	-11.1
Ga	0.085	0.084±0.018	1.2	Tl	0.039	0.053±0.002	-26.4
Hg	0.0394	0.035±0.004	12.6	U	0.012	0.0128±0.0013	-6.3
In	0.001	0.001±0.001	0.0	V	1.23	1.19±0.15	3.4
La	0.116	0.131±0.020	-11.5	Y	0.061	0.067±0.013	-9.0
Li	0.072	n.a.	-	Zn	23.4	25.4±1.1	-7.9
Mn	499	535±30	-6.7				

Table 4 - Long-term determined ( $n = 15$ , for nitrogen  $n = 2$ ) element contents in mass reference material M3 ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), and differences from the recommended or indicated values, see also Appendix – Table A2. (n.a. – no stated data).

### **2.1.3 Processing and evaluation of results**

Microsoft Office software was used storing and processing the data. A statistical evaluation of the analytical results was carried out using StatSoft Statistica. Classed dot maps and isopleth maps of the distribution of elements in moss in the CZ territory were constructed using Golden Software Surfer. A linear interpolation model was used for constructing the isopleth maps. Map creation was described in greater detail in an earlier moss survey, for example Sucharová and Suchara (2004a: 24). However, in this current moss survey a slightly different map image system (JSTK system) was used. This map projection is widely used in CZ.

The effects of several stand factors, such as altitude, geomorphology, land-use, geology and precipitation operating at the moss sampling plots, or immediately affecting them, were tested as explanatory factors for the variability in element distribution in moss in CZ. The altitude of the sampling plots, their position on geomorphologic structures and the proportion of forest areas and urbanised plots within a 5-km radius of the sampling plot centres were found using a basic 1 : 50 000 map of CZ. The bedrock types occurring at the moss monitoring plots were taken from relevant sheets of the 1 : 50 000 geological map (ČGÚ 1988–1996), and these rock types were ranked into six classes according to the supposed similarity of their chemical properties (Sucharová and Suchara 2004a: 59). The distribution of annual sums of precipitation in the CZ territory for 2003, 2004 and 2005 were adopted from maps available in electronic form edited by the Czech Hydrometeorological Institute. These maps are available in printed form in the Hydrological Yearbooks (ČHMÚ 2004–2006). The procedures for obtaining the explanatory factors, and a description of the geomorphological units and rock types classes used here, are available in the required detail in the previous CZ moss surveys (Sucharová and Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a). Partial correlations for element contents in moss and values of the explanatory factors were calculated.

Since the distributions of the contents of all 37 investigated elements in moss have been evaluated, and due to the limited extent of this survey, only most important data obtained in moss survey 2005/2006 is presented and briefly commented on in this report.



### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Analytical results

Since the moss results for 2005/2006 are very similar to the results of the survey in 2000/2001, only new and weighty findings are presented and discussed in this chapter.

The characteristics of the investigated elements have been omitted, except in the case of neodymium, the content of which in moss was determined for the first time in this monitoring campaign. The properties of all evaluated elements, apart from neodymium (Nd), can be found in the earlier CZ moss surveys (Sucharová and Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a). The current distribution of elements in moss is briefly described, and the positions of hot spots and areas of increased accumulation of elements in moss are commented on. No substantial changes in the operation and position of industrial and natural sources of pollution have arisen in CZ. No sources of pollution corresponding to the revealed hot spots are therefore listed in this survey. Only a number of important changes in element distribution in moss in 2005 and 2000 are mentioned in the comments on the distribution of the individual elements. Inter-survey and long-term trends in element distribution in moss are discussed in a special chapter. All colour maps of the distribution of elements in moss in CZ in 2005/2006 are assembled at the end of this survey, after the Appendix.

The basic statistics for element contents in moss in the CZ and in the individual administrative regions are provided in Tables 5–18.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
<b>Ag</b>	0.015	0.097	0.036	0.015	0.001	0.032	0.026	0.043	1.520	2.780
<b>Al</b>	208	2861	540	268	16.0	477	381	605	3.608	22.72
<b>As</b>	0.103	1.82	0.338	0.191	0.011	0.292	0.231	0.403	3.333	18.23
<b>Ba</b>	5.32	76.4	20.4	9.268	0.554	18.7	13.8	24.1	1.707	5.418
<b>Be</b>	0.008	0.136	0.030	0.016	0.001	0.027	0.020	0.033	2.860	12.32
<b>Bi</b>	0.012	0.318	0.037	0.023	0.001	0.032	0.027	0.042	7.536	85.51
<b>Cd</b>	0.114	1.75	0.287	0.188	0.011	0.233	0.190	0.308	3.912	21.34
<b>Ce</b>	0.302	3.69	0.811	0.422	0.025	0.715	0.552	0.909	3.052	14.39
<b>Co</b>	0.106	1.22	0.310	0.154	0.009	0.275	0.215	0.362	2.440	9.639
<b>Cr</b>	0.513	4.54	1.29	0.552	0.033	1.15	0.962	1.47	2.313	8.715
<b>Cs</b>	0.074	6.93	0.459	0.636	0.038	0.262	0.160	0.473	5.305	41.91
<b>Cu</b>	3.29	10.53	5.40	1.157	0.069	5.23	4.54	6.12	0.823	1.105
<b>Fe</b>	187	2570	474	256	15.3	409	336	516	3.768	21.57
<b>Ga</b>	0.084	0.965	0.204	0.095	0.006	0.184	0.144	0.236	3.021	16.66
<b>Hg</b>	0.022	0.148	0.048	0.013	0.001	0.045	0.036	0.056	1.888	6.558
<b>In</b>	0.0006	0.038	0.002	0.002	0.0001	0.002	0.001	0.002	12.51	187.4
<b>La</b>	0.150	1.79	0.404	0.205	0.012	0.353	0.279	0.459	2.888	12.80
<b>Li</b>	0.137	2.33	0.376	0.214	0.013	0.314	0.258	0.413	4.052	27.43
<b>Mn</b>	33.6	1812	416	250	14.9	367	236	539	1.422	4.001
<b>Mo</b>	0.076	0.490	0.192	0.062	0.004	0.179	0.150	0.216	1.563	3.506
<b>N</b>	6.77	23.0	11.6	2.85	0.170	11.2	9.48	13.1	1.045	1.485
<b>Nd</b>	0.129	1.58	0.347	0.180	0.011	0.303	0.240	0.387	3.019	13.56
<b>Ni</b>	0.524	4.94	1.54	0.546	0.033	1.42	1.19	1.78	1.689	5.812
<b>Pb</b>	2.32	63.0	6.01	4.698	0.281	4.94	3.80	6.82	7.395	80.31
<b>Pr</b>	0.034	0.418	0.091	0.047	0.003	0.080	0.063	0.102	3.004	13.69
<b>Rb</b>	2.95	101	21.2	16.0	0.958	17.2	9.150	27.145	1.729	4.222
<b>S</b>	755.6	1970	1157	198	11.8	1137	1014	1264	0.871	1.105
<b>Sb</b>	0.041	1.73	0.169	0.109	0.006	0.156	0.124	0.202	10.68	152.2
<b>Se</b>	0.083	1.51	0.272	0.147	0.009	0.232	0.180	0.324	2.939	17.68
<b>Sn</b>	0.065	1.70	0.254	0.120	0.007	0.235	0.192	0.297	6.487	74.10
<b>Sr</b>	3.22	58.2	9.30	6.24	0.373	7.72	6.13	10.39	4.611	29.39
<b>Th</b>	0.039	0.383	0.105	0.053	0.003	0.093	0.071	0.122	2.317	7.451
<b>Tl</b>	0.011	0.495	0.058	0.052	0.003	0.043	0.029	0.068	4.089	24.35
<b>U</b>	0.010	0.247	0.034	0.024	0.001	0.029	0.022	0.040	4.945	35.08
<b>V</b>	0.675	7.18	1.60	0.718	0.043	1.47	1.15	1.85	3.329	19.22
<b>Y</b>	0.075	0.863	0.200	0.101	0.006	0.181	0.142	0.227	3.235	14.80
<b>Zn</b>	20.9	98.8	36.8	12.0	0.719	33.3	29.4	40.0	2.166	5.852

Table 5 - Basic statistics for element contents ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) in the CZ moss set ( $n = 280$ , for mercury and nitrogen  $n = 282$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.016	0.075	0.031	0.013	0.002	0.028	0.024	0.032	0.508	-0.260
Al	288	1473	559	262	49.6	467	400	695	1.444	1.837
As	0.190	1.46	0.466	0.313	0.059	0.349	0.275	0.521	1.733	2.934
Ba	5.32	29.4	16.8	6.10	1.15	16.0	12.8	22.1	1.308	0.875
Be	0.015	0.089	0.032	0.017	0.003	0.028	0.020	0.036	1.798	3.960
Bi	0.016	0.056	0.031	0.009	0.002	0.028	0.025	0.036	1.767	3.188
Cd	0.135	1.48	0.273	0.249	0.047	0.216	0.189	0.244	1.345	2.759
Ce	0.455	2.21	0.838	0.390	0.074	0.677	0.592	1.06	2.142	4.973
Co	0.160	0.701	0.335	0.125	0.024	0.304	0.249	0.421	1.819	4.108
Cr	0.743	3.02	1.38	0.580	0.111	1.26	0.995	1.58	0.410	0.371
Cs	0.089	2.43	0.328	0.445	0.084	0.205	0.151	0.303	5.158	27.01
Cu	3.82	8.04	5.69	1.11	0.210	5.45	5.00	6.56	1.848	4.259
Fe	275	988	467	173	32.7	392	357	558	2.845	9.435
Ga	0.107	0.545	0.218	0.103	0.020	0.181	0.153	0.247	0.528	-0.480
Hg	0.031	0.121	0.053	0.020	0.004	0.047	0.041	0.063	1.910	4.436
In	0.001	0.004	0.002	0.001	0.0002	0.002	0.001	0.002	5.047	26.210
La	0.237	1.07	0.420	0.188	0.036	0.335	0.298	0.520	1.993	3.934
Li	0.202	1.04	0.408	0.195	0.037	0.330	0.281	0.493	4.763	24.114
Mn	33.6	1813	549	388	73.4	435	267	744	2.769	10.450
Mo	0.151	0.490	0.224	0.077	0.015	0.201	0.178	0.228	1.797	4.279
N	8.17	20.0	12.2	2.97	0.561	11.402	9.944	14.152	0.879	0.271
Nd	0.199	0.910	0.356	0.160	0.030	0.298	0.251	0.441	1.480	1.858
Ni	0.750	2.78	1.59	0.467	0.088	1.57	1.23	1.88	1.388	2.003
Pb	2.95	63.0	6.72	11.1	2.10	4.23	3.72	5.61	2.430	7.087
Pr	0.052	0.246	0.094	0.043	0.008	0.077	0.067	0.118	1.502	2.297
Rb	3.32	97.2	18.0	19.7	3.724	10.7	7.23	18.1	1.135	0.853
S	913	1632	1218	191	36.0	1195	1076	1325	0.508	-0.260
Sb	0.085	1.73	0.233	0.297	0.056	0.174	0.152	0.217	1.444	1.837
Se	0.121	0.768	0.277	0.155	0.029	0.234	0.184	0.284	1.733	2.934
Sn	0.117	1.70	0.299	0.283	0.053	0.238	0.208	0.300	1.308	0.875
Sr	3.225	29.2	8.76	4.96	0.938	7.44	5.82	10.4	1.798	3.960
Th	0.053	0.291	0.113	0.051	0.010	0.097	0.079	0.139	1.767	3.188
Tl	0.014	0.127	0.049	0.028	0.005	0.043	0.030	0.055	1.345	2.759
U	0.018	0.082	0.036	0.015	0.003	0.031	0.027	0.044	2.142	4.973
V	0.805	5.33	1.75	0.951	0.180	1.45	1.20	1.94	1.819	4.108
Y	0.115	0.466	0.207	0.083	0.016	0.18	0.149	0.254	0.410	0.371
Zn	24.6	63.2	37.0	9.660	1.83	34.0	30.5	41.8	5.158	27.010

Table 6 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the SC region ( $n = 28$ ) in 2005.



Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
<b>Ag</b>	0.017	0.037	0.027	0.005	0.001	0.027	0.024	0.031	-0.003	-0.748
<b>Al</b>	242	940	449	173	32.1	406	326	494	1.324	1.584
<b>As</b>	0.103	0.413	0.216	0.074	0.014	0.194	0.155	0.267	0.776	0.345
<b>Ba</b>	8.68	32.9	19.6	5.98	1.11	19.2	15.4	23.7	0.408	-0.217
<b>Be</b>	0.008	0.064	0.022	0.012	0.002	0.020	0.015	0.025	1.976	5.430
<b>Bi</b>	0.022	0.041	0.030	0.006	0.001	0.030	0.025	0.033	0.379	-0.855
<b>Cd</b>	0.133	0.260	0.188	0.038	0.007	0.183	0.159	0.212	0.241	-0.966
<b>Ce</b>	0.302	1.23	0.677	0.291	0.054	0.581	0.460	0.819	0.760	-0.693
<b>Co</b>	0.106	0.765	0.272	0.143	0.027	0.241	0.156	0.344	1.555	3.564
<b>Cr</b>	0.513	1.53	0.883	0.278	0.052	0.828	0.708	1.00	0.945	0.325
<b>Cs</b>	0.104	2.26	0.420	0.433	0.080	0.313	0.238	0.412	3.348	12.403
<b>Cu</b>	3.54	5.35	4.465	0.427	0.079	4.48	4.16	4.78	0.019	-0.042
<b>Fe</b>	187	608	342	108	20.1	325	270	375	0.936	0.318
<b>Ga</b>	0.084	0.282	0.160	0.054	0.010	0.146	0.119	0.184	0.926	0.171
<b>Hg</b>	0.027	0.061	0.040	0.008	0.002	0.038	0.034	0.043	0.849	0.259
<b>In</b>	0.001	0.003	0.001	0.001	0.0001	0.001	0.001	0.001	1.801	4.469
<b>La</b>	0.154	0.612	0.330	0.134	0.025	0.290	0.232	0.393	0.750	-0.617
<b>Li</b>	0.137	0.548	0.291	0.095	0.018	0.261	0.227	0.351	0.887	0.391
<b>Mn</b>	87.6	786	462	184	34.2	461	363	557	-0.111	-0.183
<b>Mo</b>	0.086	0.214	0.146	0.024	0.004	0.146	0.138	0.163	0.111	1.990
<b>N</b>	7.033	12.4	9.75	1.55	0.282	9.56	8.78	10.8	0.174	-0.870
<b>Nd</b>	0.129	0.539	0.294	0.126	0.023	0.248	0.199	0.363	0.768	-0.656
<b>Ni</b>	0.524	2.11	1.14	0.374	0.070	1.06	0.874	1.31	0.996	1.127
<b>Pb</b>	2.32	5.64	3.94	0.811	0.151	3.77	3.39	4.33	0.354	-0.194
<b>Pr</b>	0.034	0.140	0.076	0.032	0.006	0.065	0.053	0.095	0.753	-0.678
<b>Rb</b>	5.09	80.1	26.4	17.5	3.25	23.7	15.0	31.3	1.448	2.330
<b>S</b>	756	1192	990	109	20.3	1001	914	1047	-0.216	-0.323
<b>Sb</b>	0.041	0.234	0.118	0.043	0.008	0.107	0.088	0.153	0.598	0.375
<b>Se</b>	0.083	0.258	0.160	0.046	0.009	0.158	0.129	0.170	0.749	-0.051
<b>Sn</b>	0.101	0.258	0.183	0.041	0.008	0.170	0.149	0.213	0.170	-0.826
<b>Sr</b>	5.26	15.2	8.59	2.40	0.446	8.23	6.81	9.49	1.032	0.968
<b>Th</b>	0.039	0.208	0.101	0.048	0.009	0.092	0.062	0.124	0.742	-0.504
<b>Tl</b>	0.019	0.091	0.047	0.020	0.004	0.044	0.029	0.059	0.681	-0.302
<b>U</b>	0.010	0.097	0.033	0.020	0.004	0.026	0.020	0.037	1.748	3.349
<b>V</b>	0.675	1.91	1.17	0.323	0.060	1.129	0.903	1.31	0.794	-0.210
<b>Y</b>	0.075	0.273	0.156	0.056	0.010	0.139	0.118	0.187	0.847	-0.270
<b>Zn</b>	22.4	36.4	29.4	3.86	0.717	29.0	26.1	33.4	0.167	-1.097

Table 7 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the CB region ( $n = 29$ , for mercury and nitrogen  $n = 30$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.022	0.041	0.030	0.006	0.001	0.030	0.024	0.033	0.491	-0.742
Al	281	771	498	142	27.8	504	361	604	0.308	-1.019
As	0.134	0.457	0.296	0.093	0.018	0.280	0.230	0.362	0.113	-0.871
Ba	8.31	39.1	18.3	7.88	1.55	17.9	12.5	22.4	1.136	1.574
Be	0.01	0.113	0.027	0.020	0.004	0.022	0.013	0.029	3.167	12.592
Bi	0.020	0.062	0.033	0.010	0.002	0.031	0.027	0.037	1.345	1.738
Cd	0.157	0.339	0.212	0.049	0.010	0.200	0.178	0.229	1.155	0.664
Ce	0.413	1.09	0.716	0.184	0.036	0.746	0.528	0.837	0.105	-0.772
Co	0.120	0.806	0.362	0.165	0.032	0.321	0.205	0.513	0.678	0.341
Cr	0.661	2.75	1.17	0.470	0.092	1.10	0.835	1.32	1.991	4.760
Cs	0.095	1.90	0.371	0.438	0.086	0.181	0.122	0.384	2.395	5.828
Cu	3.40	7.00	4.82	0.809	0.159	4.74	4.189	5.27	0.670	0.934
Fe	223	721	420	125	24.5	411	314	498	0.815	0.618
Ga	0.116	0.282	0.186	0.046	0.009	0.183	0.142	0.217	0.272	-0.835
Hg	0.030	0.074	0.047	0.011	0.002	0.048	0.039	0.053	0.378	0.059
In	0.001	0.002	0.002	0.0003	0.0001	0.001	0.001	0.002	0.292	-1.435
La	0.216	0.528	0.360	0.087	0.017	0.373	0.272	0.412	0.080	-0.841
Li	0.200	0.508	0.325	0.097	0.019	0.295	0.250	0.376	0.707	-0.782
Mn	158	1209	518	242	47.4	460	337	718	0.988	1.165
Mo	0.095	0.343	0.189	0.052	0.010	0.180	0.158	0.209	1.318	2.659
N	8.08	14.33	10.85	1.81	0.355	10.7	9.28	12.1	0.264	-1.036
Nd	0.175	0.488	0.314	0.084	0.017	0.316	0.228	0.381	0.183	-0.716
Ni	0.774	2.66	1.46	0.388	0.076	1.41	1.26	1.67	0.933	2.550
Pb	2.69	7.62	4.19	1.40	0.274	3.73	3.21	4.69	1.261	0.993
Pr	0.046	0.126	0.081	0.022	0.004	0.083	0.060	0.094	0.280	-0.443
Rb	3.50	40.8	16.6	12.3	2.42	13.8	5.38	24.9	0.769	-0.742
S	846	1357	1075	126	24.7	1090	991	1161	-0.143	-0.165
Sb	0.132	0.295	0.185	0.043	0.008	0.174	0.152	0.205	0.870	0.168
Se	0.149	0.310	0.212	0.042	0.008	0.204	0.182	0.239	0.550	-0.296
Sn	0.180	0.433	0.254	0.062	0.012	0.239	0.202	0.291	1.326	2.013
Sr	3.81	20.0	8.63	4.28	0.839	7.23	5.07	11.2	1.013	0.373
Th	0.054	0.140	0.093	0.026	0.005	0.100	0.069	0.108	0.094	-0.955
Tl	0.019	0.152	0.049	0.033	0.006	0.038	0.029	0.054	2.338	5.601
U	0.017	0.247	0.037	0.044	0.009	0.029	0.020	0.035	4.795	23.856
V	0.913	2.523	1.48	0.353	0.069	1.48	1.25	1.71	0.752	1.578
Y	0.101	0.339	0.182	0.051	0.010	0.186	0.135	0.211	0.951	2.391
Zn	26.3	66.9	33.8	8.824	1.73	31.1	28.3	35.2	2.468	7.415

Table 8 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the PL region ( $n = 26$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
<b>Ag</b>	0.014	0.045	0.025	0.025	0.007	0.002	0.019	0.029	0.902	1.616
<b>Al</b>	277	1768	603	481	382	85.4	382	606	2.120	4.168
<b>As</b>	0.104	0.554	0.228	0.212	0.097	0.022	0.170	0.266	2.097	6.218
<b>Ba</b>	9.80	40.8	21.4	20.9	9.50	2.12	12.9	28.2	0.545	-0.623
<b>Be</b>	0.016	0.065	0.030	0.026	0.013	0.003	0.023	0.033	1.609	2.351
<b>Bi</b>	0.017	0.036	0.026	0.026	0.005	0.001	0.022	0.029	0.446	-0.194
<b>Cd</b>	0.149	0.458	0.245	0.222	0.079	0.018	0.199	0.284	1.479	2.244
<b>Ce</b>	0.370	2.37	0.994	0.829	0.551	0.123	0.637	1.03	1.477	1.268
<b>Co</b>	0.175	0.561	0.293	0.259	0.107	0.024	0.207	0.369	1.022	0.421
<b>Cr</b>	0.671	3.29	1.40	1.18	0.663	0.148	1.08	1.51	1.823	3.306
<b>Cs</b>	0.074	0.285	0.144	0.139	0.057	0.013	0.100	0.170	1.088	0.817
<b>Cu</b>	3.90	7.84	5.44	5.13	1.24	0.277	4.37	6.26	0.700	-0.608
<b>Fe</b>	272	1323	514	421	286	64.0	340	515	1.850	2.811
<b>Ga</b>	0.107	0.570	0.211	0.180	0.119	0.027	0.141	0.226	1.967	3.796
<b>Hg</b>	0.030	0.094	0.046	0.017	0.004	0.040	0.034	0.052	1.695	2.811
<b>In</b>	0.0006	0.003	0.001	0.001	0.0005	0.0001	0.001	0.001	1.754	3.104
<b>La</b>	0.188	1.15	0.488	0.393	0.264	0.059	0.310	0.544	1.395	1.071
<b>Li</b>	0.215	1.50	0.468	0.349	0.330	0.074	0.288	0.445	2.206	4.490
<b>Mn</b>	34.9	691	374	411	221	49.4	185	536	-0.149	-1.266
<b>Mo</b>	0.114	0.245	0.160	0.147	0.036	0.008	0.137	0.178	1.112	0.351
<b>N</b>	8.89	23.0	13.8	4.28	0.956	12.4	10.4	17.1	0.736	-0.461
<b>Nd</b>	0.158	1.13	0.452	0.362	0.272	0.061	0.277	0.456	1.556	1.474
<b>Ni</b>	0.994	2.46	1.48	1.33	0.478	0.107	1.10	1.85	0.884	-0.475
<b>Pb</b>	2.99	5.50	4.20	4.28	0.771	0.172	3.42	4.75	0.055	-1.221
<b>Pr</b>	0.041	0.278	0.115	0.094	0.067	0.015	0.072	0.120	1.506	1.297
<b>Rb</b>	2.95	49.2	12.3	9.23	10.3	2.30	7.41	13.5	2.810	8.971
<b>S</b>	920	1756	1257	1222	259	57.9	1024	1459	0.466	-1.033
<b>Sb</b>	0.063	0.206	0.103	0.093	0.033	0.007	0.084	0.124	1.631	3.863
<b>Se</b>	0.087	0.233	0.155	0.150	0.039	0.009	0.127	0.185	0.030	-0.602
<b>Sn</b>	0.123	0.270	0.176	0.160	0.040	0.009	0.147	0.199	1.073	0.740
<b>Sr</b>	5.40	44.1	12.1	9.66	8.52	1.91	7.15	14.8	2.974	10.864
<b>Th</b>	0.043	0.344	0.133	0.111	0.079	0.018	0.085	0.140	1.806	2.770
<b>Tl</b>	0.014	0.072	0.029	0.024	0.013	0.003	0.022	0.034	1.939	4.616
<b>U</b>	0.014	0.153	0.036	0.025	0.033	0.007	0.019	0.036	2.823	8.444
<b>V</b>	0.806	3.43	1.36	1.10	0.664	0.148	1.00	1.42	2.016	4.125
<b>Y</b>	0.101	0.672	0.267	0.225	0.159	0.037	0.160	0.281	1.694	2.122
<b>Zn</b>	26.5	46.9	33.9	31.6	6.61	1.48	28.5	38.4	0.719	-0.714

Table 9 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the BN region ( $n = 20$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.018	0.093	0.038	0.018	0.005	0.033	0.027	0.039	2.173	5.321
Al	298	647	472	95.8	23.9	469	424	536	-0.125	0.029
As	0.163	0.370	0.246	0.058	0.014	0.240	0.195	0.291	0.308	-0.278
Ba	9.01	27.1	18.3	5.50	1.38	18.7	14.3	22.8	0.057	-0.892
Be	0.015	0.032	0.023	0.005	0.001	0.023	0.020	0.027	-0.118	-0.698
Bi	0.019	0.039	0.030	0.005	0.001	0.032	0.027	0.033	-0.506	-0.073
Cd	0.190	0.269	0.221	0.025	0.006	0.217	0.1989	0.240	0.470	-0.763
Ce	0.395	0.848	0.663	0.129	0.032	0.664	0.571	0.775	-0.350	-0.406
Co	0.1303	0.592	0.294	0.109	0.027	0.277	0.227	0.346	1.276	2.811
Cr	0.723	2.35	1.20	0.373	0.093	1.19	0.966	1.30	1.948	5.999
Cs	0.158	1.44	0.373	0.346	0.086	0.224	0.188	0.419	2.345	5.726
Cu	3.54	6.12	4.60	0.692	0.173	4.48	4.12	5.01	0.489	0.020
Fe	243	564	397	76.3	19.1	401	364	428	-0.088	1.268
Ga	0.095	0.236	0.163	0.041	0.010	0.154	0.140	0.181	0.619	-0.137
Hg	0.028	0.084	0.042	0.014	0.004	10.9	0.031	0.043	2.011	4.849
In	0.001	0.003	0.002	0.0006	0.0001	0.001	0.001	0.002	2.172	5.627
La	0.197	0.422	0.331	0.066	0.016	0.332	0.285	0.397	-0.283	-0.586
Li	0.199	0.473	0.312	0.076	0.019	0.308	0.268	0.347	0.583	0.128
Mn	53.6	806	432	214	53.4	386	285	619	0.310	-0.589
Mo	0.134	0.195	0.160	0.013	0.003	0.160	0.158	0.164	0.714	3.834
N	8.561	14.33	10.9	1.93	0.483	10.8	9.031	12.3	0.389	-1.172
Nd	0.171	0.366	0.290	0.057	0.014	0.298	0.250	0.334	-0.449	-0.302
Ni	0.849	4.94	1.60	0.971	0.243	1.33	1.12	1.71	3.039	10.365
Pb	3.80	7.89	5.17	1.07	0.267	4.98	4.24	5.76	1.029	1.404
Pr	0.044	0.095	0.076	0.015	0.004	0.08	0.061	0.089	-0.444	-0.467
Rb	9.09	53.6	20.4	12.3	3.08	18.2	11.8	22.0	1.725	2.866
S	941	1449	1061	129	32.3	1030	981	1100	1.977	4.808
Sb	0.069	0.209	0.136	0.031	0.008	0.1430	0.124	0.147	0.147	2.177
Se	0.127	0.313	0.185	0.054	0.014	0.174	0.142	0.206	1.128	0.820
Sn	0.127	0.309	0.215	0.050	0.013	0.210	0.183	0.250	0.100	-0.405
Sr	4.08	13.1	7.92	2.38	0.596	7.73	6.27	9.53	0.399	0.020
Th	0.050	0.151	0.096	0.027	0.007	0.092	0.079	0.118	0.369	-0.147
Tl	0.019	0.135	0.048	0.029	0.007	0.037	0.031	0.062	2.022	4.873
U	0.018	0.061	0.031	0.011	0.003	0.029	0.024	0.038	1.301	1.955
V	0.790	1.75	1.29	0.255	0.064	1.26	1.15	1.46	0.113	-0.043
Y	0.094	0.190	0.157	0.029	0.007	0.159	0.142	0.182	-0.835	-0.005
Zn	24.2	39.3	31.3	3.90	0.976	31.4	28.52	34.3	3.903	0.976

Table 10 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the JI region ( $n = 16$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
<b>Ag</b>	0.023	0.097	0.052	0.020	0.004	0.052	0.036	0.060	0.864	0.004
<b>Al</b>	208	1076	46	156	30.1	448	386	520	2.338	8.451
<b>As</b>	0.158	0.477	0.290	0.084	0.016	0.282	0.223	0.343	0.502	-0.063
<b>Ba</b>	9.64	76.4	29.6	15.5	2.99	25.4	18.3	39.2	1.351	1.847
<b>Be</b>	0.015	0.043	0.028	0.008	0.002	0.028	0.020	0.035	0.221	-0.858
<b>Bi</b>	0.019	0.137	0.044	0.029	0.005	0.033	0.025	0.051	1.956	3.905
<b>Cd</b>	0.251	1.26	0.542	0.234	0.045	0.478	0.403	0.634	1.518	2.514
<b>Ce</b>	0.315	1.25	0.662	0.217	0.042	0.632	0.503	0.790	1.234	2.008
<b>Co</b>	0.154	0.774	0.314	0.130	0.025	0.278	0.248	0.365	2.087	5.644
<b>Cr</b>	0.896	4.51	1.68	0.822	0.158	1.48	1.01	2.02	1.870	4.496
<b>Cs</b>	0.109	1.39	0.441	0.347	0.067	0.294	0.234	0.578	1.702	2.049
<b>Cu</b>	4.16	8.43	6.02	1.013	0.195	5.74	5.19	6.874	0.336	-0.345
<b>Fe</b>	315	1612	644	379	73.0	473	365	810	1.365	0.953
<b>Ga</b>	0.107	0.364	0.212	0.055	0.011	0.202	0.173	0.233	0.843	1.071
<b>Hg</b>	0.028	0.066	0.046	0.011	0.002	0.047	0.035	0.056	0.138	-1.280
<b>In</b>	0.001	0.004	0.002	0.001	0.0002	0.002	0.002	0.003	0.336	-0.537
<b>La</b>	0.150	0.622	0.326	0.108	0.021	0.308	0.259	0.372	1.264	2.013
<b>Li</b>	0.149	0.678	0.321	0.111	0.021	0.307	0.277	0.337	1.606	3.780
<b>Mn</b>	131	659	358	149	28.6	35.5	232	464	0.323	-0.695
<b>Mo</b>	0.097	0.363	0.189	0.074	0.014	0.176	0.139	0.209	1.150	0.582
<b>N</b>	7.07	17.5	12.3	2.45	0.471	12.4	10.2	14.2	-0.058	-0.217
<b>Nd</b>	0.137	0.545	0.287	0.094	0.018	0.268	0.223	0.336	1.308	2.306
<b>Ni</b>	0.951	2.94	1.52	0.427	0.082	1.42	1.19	1.68	1.530	3.515
<b>Pb</b>	5.90	29.6	11.6	5.303	1.02	9.632	7.60	14.4	1.627	3.755
<b>Pr</b>	0.036	0.141	0.074	0.024	0.005	0.069	0.058	0.088	1.279	2.188
<b>Rb</b>	3.00	42.8	17.5	9.99	1.92	16.7	8.36	25.2	0.583	-0.082
<b>S</b>	965	1703	1252	181	34.9	1207	1116	1412	0.400	-0.264
<b>Sb</b>	0.101	0.262	0.172	0.046	0.009	0.168	0.139	0.201	0.489	-0.343
<b>Se</b>	0.103	0.473	0.271	0.096	0.018	0.259	0.202	0.321	0.503	-0.113
<b>Sn</b>	0.140	0.429	0.266	0.071	0.014	0.251	0.227	0.297	0.711	0.506
<b>Sr</b>	4.29	21.5	8.440	3.225	0.621	8.10	6.39	9.30	2.583	9.952
<b>Th</b>	0.041	0.175	0.085	0.030	0.006	0.080	0.065	0.096	1.557	3.196
<b>Tl</b>	0.031	0.236	0.078	0.047	0.009	0.062	0.043	0.106	1.803	3.792
<b>U</b>	0.014	0.049	0.029	0.009	0.002	0.026	0.023	0.035	0.646	-0.162
<b>V</b>	0.939	2.44	1.563	0.402	0.077	1.59	1.31	1.88	0.385	-0.530
<b>Y</b>	0.081	0.299	0.181	0.048	0.009	0.183	0.146	0.204	0.305	0.540
<b>Zn</b>	30.3	98.8	50.5	18.7	3.60	41.4	34.9	66.8	0.897	-0.101

Table 11 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the OV region ( $n = 27$ ) in 2005.



Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.018	0.052	0.035	0.010	0.002	0.035	0.026	0.042	-0.044	-0.949
Al	470	2862	904	501	100	839	600	1014.403	2.824	9.795
As	0.284	1.82	0.578	0.314	0.063	0.533	0.380	0.700	2.685	9.823
Ba	7.39	40.3	22.1	9.35	1.87	20.4	16.2	27.344	0.528	-0.587
Be	0.020	0.136	0.048	0.026	0.005	0.042	0.030	0.056	1.86	4.357
Bi	0.022	0.056	0.040	0.011	0.002	0.043	0.030	0.049	-0.240	-1.295
Cd	0.122	0.453	0.249	0.089	0.018	0.226	0.178	0.283	0.681	-0.414
Ce	0.638	3.69	1.34	0.762	0.153	1.13	0.868	1.56	2.206	4.999
Co	0.219	1.222	0.479	0.281	0.056	0.394	0.291	0.475	1.809	2.518
Cr	1.03	4.54	1.75	0.709	0.142	1.72	1.30	1.95	2.578	9.643
Cs	0.091	3.49	0.513	0.661	0.132	0.344	0.209	0.555	4.109	18.762
Cu	3.37	10.5	6.02	1.808	0.362	5.68	4.58	6.98	0.849	0.304
Fe	374	2570	767	483	96.7	653	517	795	2.883	8.882
Ga	0.148	0.965	0.336	0.174	0.035	0.317	0.207	0.403	2.237	6.613
Hg	0.036	0.148	0.064	0.025	0.005	0.057	0.047	0.070	1.932	4.53
In	0.001	0.038	0.004	0.007	0.001	0.003	0.002	0.003	4.809	23.662
La	0.319	1.79	0.657	0.361	0.072	0.549	0.426	0.750	2.110	4.657
Li	0.321	2.33	0.675	0.405	0.081	0.597	0.404	0.781	2.992	11.622
Mn	64.0	1361	469	352	70.4	365	208	614	1.431	1.333
Mo	0.141	0.337	0.218	0.053	0.011	0.216	0.185	0.248	0.531	0.080
N	6.77	19.5	12.3	3.85	0.770	11.4	9.65	14.9	0.474	-0.890
Nd	0.263	1.58	0.555	0.317	0.063	0.460	0.359	0.629	2.234	5.220
Ni	1.17	3.63	2.00	0.600	0.120	1.98	1.47	2.36	0.673	0.612
Pb	2.51	8.73	5.30	1.81	0.361	5.5	3.61	6.72	0.144	-0.991
Pr	0.069	0.418	0.147	0.084	0.017	0.122	0.096	0.169	2.212	5.139
Rb	4.3328	58.6	21.1	13.2	2.65	18.9	13.4	26.2	1.263	1.600
S	883	1970	1299	270	53.9	1292	1091	1436	0.763	0.544
Sb	0.0882	0.260	0.168	0.043	0.009	0.162	0.146	0.204	0.100	-0.385
Se	0.2406	1.51	0.479	0.244	0.049	0.445	0.361	0.523	3.311	13.637
Sn	0.105	0.542	0.292	0.092	0.018	0.294	0.225	0.356	0.373	1.034
Sr	4.224	58.2	16.2	14.5	2.90	10.4	7.53	16.5	2.134	4.111
Th	0.063	0.383	0.150	0.075	0.015	0.139	0.099	0.184	1.562	3.026
Tl	0.016	0.108	0.048	0.026	0.005	0.040	0.030	0.059	1.005	0.161
U	0.023	0.130	0.047	0.024	0.005	0.041	0.028	0.064	1.745	4.296
V	1.31	7.180	2.61	1.31	0.262	2.39	1.79	2.79	2.523	6.965
Y	0.160	0.816	0.308	0.158	0.032	0.254	0.199	0.364	1.933	4.073
Zn	22.9	88.875	44.5	19.6	3.92	37.9	30.8	50.2	1.186	0.485

Table 12 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the UL region ( $n = 25$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
<b>Ag</b>	0.021	0.064	0.034	0.013	0.004	0.031	0.024	0.040	1.374	1.811
<b>Al</b>	2552	1016	449	200	57.8	399	352	482	2.320	6.284
<b>As</b>	0.163	0.556	0.282	0.111	0.032	0.269	0.192	0.308	1.430	2.548
<b>Ba</b>	11.2	40.3	21.6	7.94	2.292	20.8	16.1	24.6	1.092	1.826
<b>Be</b>	0.015	0.056	0.027	0.010	0.003	0.023	0.020	0.032	1.892	4.475
<b>Bi</b>	0.022	0.045	0.031	0.007	0.002	0.030	0.025	0.036	0.509	-0.293
<b>Cd</b>	0.189	0.408	0.281	0.063	0.018	0.269	0.239	0.323	0.649	-0.027
<b>Ce</b>	0.448	2.25	0.705	0.495	0.143	0.552	0.496	0.663	3.264	10.978
<b>Co</b>	0.139	0.453	0.285	0.094	0.027	0.272	0.215	0.365	0.167	-0.801
<b>Cr</b>	0.728	2.35	1.21	0.413	0.119	1.13	0.995	1.30	2.089	5.796
<b>Cs</b>	0.093	0.968	0.293	0.269	0.078	0.197	0.127	0.331	1.880	3.01445
<b>Cu</b>	4.087	6.92	5.34	0.833	0.241	5.28	4.95	5.78	0.350	-0.009
<b>Fe</b>	239	1053	416	211	60.9	350	312	429	2.900	9.210
<b>Ga</b>	0.101	0.375	0.171	0.071	0.020	0.161	0.134	0.182	2.387	6.905
<b>Hg</b>	0.025	0.053	0.040	0.010	0.003	0.039	0.030	0.050	0.002	-1.807
<b>In</b>	0.0007	0.002	0.001	0.0004	0.0001	0.001	0.001	0.002	0.527	0.238
<b>La</b>	0.226	1.08	0.350	0.236	0.068	0.271	0.249	0.334	3.224	10.766
<b>Li</b>	0.158	0.896	0.322	0.190	0.055	0.268	0.248	0.318	2.933	9.405
<b>Mn</b>	64.9	714	36.4	171	49.5	367	279	476	0.173	0.750
<b>Mo</b>	0.100	0.217	0.167	0.036	0.010	0.178	0.146	0.193	-0.774	-0.356
<b>N</b>	8.06	15.6	11.8	2.48	0.716	11.6	9.97	14.1	0.103	-1.350
<b>Nd</b>	0.189	1.04	0.310	0.233	0.067	0.238	0.214	0.283	3.290	11.113
<b>Ni</b>	0.765	2.42	1.42	0.421	0.122	1.35	1.19	1.61	1.040	2.113
<b>Pb</b>	3.784	9.17	5.90	1.48	0.428	6.00	4.79	6.63	0.757	0.825
<b>Pr</b>	0.050	0.261	0.080	0.058	0.017	0.062	0.056	0.074	3.271	11.012
<b>Rb</b>	4.707	69.6	21.4	21.1	6.092	13.1	7.34	29.6	1.495	1.246
<b>S</b>	913	1450	1193	161	46.3	1216	1047	1295	-0.161	-0.748
<b>Sb</b>	0.104	0.208	0.151	0.034	0.010	0.140	0.122	0.183	0.429	-1.248
<b>Se</b>	0.140	0.330	0.226	0.066	0.019	0.217	0.174	0.281	0.221	-0.945
<b>Sn</b>	0.131	0.291	0.219	0.047	0.014	0.234	0.184	0.256	-0.416	-0.591
<b>Sr</b>	4.938	16.0	9.88	3.52	1.01	9.98	7.34	11.5	0.530	-0.311
<b>Th</b>	0.051	0.351	0.096	0.082	0.024	0.070	0.063	0.090	3.255	10.926
<b>Tl</b>	0.020	0.097	0.040	0.021	0.006	0.034	0.025	0.051	1.864	4.271
<b>U</b>	0.015	0.065	0.025	0.013	0.004	0.021	0.019	0.026	2.880	9.076
<b>V</b>	0.885	2.33	1.35	0.406	0.117	1.35	0.984	1.53	1.132	2.030
<b>Y</b>	0.100	0.488	0.180	0.100	0.029	0.154	0.135	0.182	3.043	9.967
<b>Zn</b>	27.9	40.5	25.9	8.04	2.320	50.5	27.9	40.5	1.000	-0.199

Table 13 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) from the OL region ( $n = 12$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.024	0.083	0.041	0.016	0.004	0.033	0.029	0.053	1.239	0.938
Al	274	685	416	90.1	20.1	415	360	468	1.226	3.143
As	0.229	0.599	0.363	0.098	0.022	0.337	0.284	0.447	0.698	-0.021
Ba	9.56	33.5	17.6	6.37	1.42	16.0	12.6	20.4	1.095	0.672
Be	0.014	0.040	0.024	0.006	0.001	0.024	0.021	0.027	0.716	1.547
Bi	0.017	0.053	0.035	0.009	0.002	0.033	0.029	0.043	0.273	-0.580
Cd	0.198	0.536	0.277	0.079	0.018	0.259	0.224	0.294	2.151	5.423
Ce	0.375	0.966	0.625	0.170	0.038	0.604	0.506	0.751	0.536	-0.474
Co	0.131	0.602	0.236	0.098	0.022	0.214	0.186	0.265	2.911	10.889
Cr	0.722	1.60	1.04	0.210	0.047	1.03	0.887	1.13	1.144	1.645
Cs	0.130	2.46	0.475	0.536	0.120	0.309	0.172	0.520	2.999	10.312
Cu	3.776	7.19	5.54	0.854	0.191	5.58	4.99	5.99	-0.148	0.222
Fe	244	542	361	79.9	17.9	354	303	416	0.520	0.004
Ga	0.096	0.302	0.171	0.047	0.011	0.160	0.136	0.196	1.060	1.729
Hg	0.026	0.061	0.043	0.010	0.002	0.041	0.037	0.048	0.297	-0.425
In	0.001	0.004	0.002	0.001	0.0002	0.002	0.001	0.003	0.647	0.498
La	0.186	0.468	0.311	0.083	0.019	0.293	0.248	0.380	0.449	-0.750
Li	0.174	0.422	0.269	0.067	0.015	0.250	0.226	0.306	0.967	0.708
Mn	96.6	921	435	238	53.3	383	275	582	0.598	-0.394
Mo	0.129	0.214	0.181	0.027	0.006	0.190	0.155	0.201	-0.568	-0.982
N	7.19	16.4	11.5	2.08	0.466	11.7	10.3	12.8	0.141	0.822
Nd	0.165	0.486	0.273	0.081	0.018	0.256	0.214	0.334	0.995	0.966
Ni	0.928	2.77	1.42	0.435	0.097	1.30	1.17	1.52	2.058	4.816
Pb	3.105	11.4	6.18	2.205	0.493	5.68	4.48	7.48	0.843	0.108
Pr	0.043	0.110	0.071	0.019	0.004	0.068	0.057	0.088	0.494	-0.654
Rb	5.163	76.3	23.8	17.2	3.852	19.7	10.3	32.3	1.627	3.330
S	809	1493	1123	162.3	36.3	1124	1023	1224	0.204	0.190
Sb	0.099	0.247	0.165	0.045	0.010	0.161	0.129	0.197	0.475	-0.713
Se	0.171	0.420	0.285	0.059	0.013	0.283	0.246	0.321	0.351	0.352
Sn	0.165	0.372	0.254	0.064	0.014	0.234	0.207	0.314	0.540	-0.953
Sr	3.90	14.8	6.42	2.362	0.528	6.09	5.07	6.75	2.494	8.292
Th	0.046	0.148	0.083	0.026	0.006	0.076	0.068	0.096	0.982	0.792
Tl	0.022	0.369	0.073	0.075	0.017	0.063	0.030	0.077	3.512	14.05
U	0.016	0.046	0.028	0.008	0.002	0.028	0.022	0.031	0.623	0.406
V	0.867	2.05	1.41	0.345	0.077	1.34	1.16	1.59	0.524	-0.238
Y	0.104	0.289	0.166	0.045	0.010	0.159	0.135	0.189	0.977	1.447
Zn	25.3	52.6	34.8	7.14	1.60	33.0	29.6	39.3	0.907	0.380

Table 14 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the HK region ( $n = 20$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
<b>Ag</b>	0.016	0.051	0.029	1.18	0.328	0.027	0.023	0.031	1.527	4.191
<b>Al</b>	259	741	402	112	31.2	361	300	487	1.334	1.302
<b>As</b>	0.178	0.436	0.287	0.044	0.012	0.258	0.244	0.363	0.626	-0.969
<b>Ba</b>	6.28	25.6	13.4	0.001	0.0002	13.8	10.2	15.4	1.106	2.244
<b>Be</b>	0.014	0.033	0.021	0.079	0.022	0.018	0.017	0.022	1.131	0.324
<b>Bi</b>	0.017	0.041	0.025	0.123	0.034	0.024	0.019	0.028	0.863	0.316
<b>Cd</b>	0.162	0.320	0.220	196	54.2	0.210	0.194	0.231	0.989	0.561
<b>Ce</b>	0.390	0.992	0.573	0.032	0.009	0.538	0.476	0.588	1.501	2.462
<b>Co</b>	0.116	0.352	0.214	0.072	0.020	0.189	0.154	0.277	0.579	-0.955
<b>Cr</b>	0.674	1.44	1.01	0.291	0.081	0.982	0.854	1.08	0.692	0.188
<b>Cs</b>	0.098	0.664	0.270	1.72	0.476	0.216	0.149	0.323	1.380	1.628
<b>Cu</b>	3.69	7.50	5.34	0.019	0.005	5.56	4.43	6.36	0.113	-0.792
<b>Fe</b>	227	595	354	10.8	2.991	307	290	388	1.205	0.524
<b>Ga</b>	0.101	0.238	0.142	225	62.3	0.123	0.118	0.146	1.379	0.722
<b>Nd</b>	0.033	0.068	0.041	0.010	0.003	0.037	0.034	0.045	1.902	4.453
<b>In</b>	0.0007	0.003	0.002	0.034	0.009	0.001	0.001	0.002	0.885	-0.206
<b>La</b>	0.196	0.472	0.286	0.049	0.013	0.266	0.229	0.326	1.241	1.273
<b>Li</b>	0.191	0.649	0.280	0.054	0.014	0.235	0.218	0.269	2.609	7.365
<b>Mn</b>	105	683	282	2.16	0.600	199	131	364	1.071	-0.121
<b>Mo</b>	0.112	0.232	0.160	0.026	0.007	0.161	0.144	0.180	0.520	0.821
<b>N</b>	9.05	20.9	13.4	4.04	1.12	12.0	10.4	15.8	0.964	-0.194
<b>Nd</b>	0.169	0.425	0.244	0.023	0.006	0.233	0.193	0.249	1.494	2.272
<b>Ni</b>	0.904	1.87	1.31	0.006	0.002	1.31	1.06	1.42	0.479	-0.396
<b>Pb</b>	3.04	8.81	4.68	0.322	0.089	4.30	3.65	4.94	1.658	2.230
<b>Pr</b>	0.044	0.110	0.064	0.046	0.013	0.061	0.051	0.067	1.453	2.170
<b>Rb</b>	7.842	38.5	19.9	4.49	1.24	15.2	10.8	27.9	0.630	-1.141
<b>S</b>	916	1646	1210	1.18	0.328	1152	1059	1263	0.934	-0.071
<b>Sb</b>	0.108	0.222	0.145	112	31.2	0.135	0.122	0.168	0.950	0.586
<b>Se</b>	0.176	0.353	0.245	0.044	0.01230	0.231	0.222	0.284	0.838	0.536
<b>Sn</b>	0.139	0.321	0.194	0.0008	0.0002	0.177	0.161	0.218	1.337	1.929
<b>Sr</b>	3.90	10.3	6.55	0.079	0.022	6.342	5.12	8.37	0.580	-0.752
<b>Th</b>	0.051	0.147	0.077	0.123	0.034	0.067	0.064	0.083	1.774	3.335
<b>Tl</b>	0.027	0.118	0.058	196	54.2	0.061	0.052	0.067	1.240	3.381
<b>U</b>	0.016	0.036	0.024	0.032	0.009	0.022	0.019	0.024	1.108	0.337
<b>V</b>	0.831	1.83	1.21	0.072	0.020	1.07	0.993	1.52	0.856	-0.657
<b>Y</b>	0.109	0.268	0.146	0.291	0.081	0.127	0.122	0.147	1.898	3.293
<b>Zn</b>	25.1	39.5	32.2	1.78	0.476	31.6	28.3	36.3	0.119	-1.059

Table 15 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) from the PU region ( $n = 13$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.015	0.048	0.033	0.008	0.002	0.034	0.030	0.038	-0.576	1.497
Al	348	643	469	109	31.4	427	390	562	0.525	-1.333
As	0.131	0.312	0.247	0.0602	0.017	0.277	0.195	0.291	-0.813	-0.667
Ba	14.0	45.5	30.8	8.57	2.47	29.7	26.1	37.3	-0.225	0.167
Be	0.020	0.067	0.034	0.013	0.004	0.029	0.026	0.038	1.670	2.917
Bi	0.012	0.040	0.031	0.008	0.002	0.033	0.027	0.037	-1.154	0.868
Cd	0.155	0.599	0.344	0.114	0.033	0.324	0.276	0.410	0.751	1.394
Ce	0.474	1.52	0.886	0.320	0.092	0.815	0.691	1.00	1.081	0.505
Co	0.204	0.351	0.276	0.046	0.013	0.282	0.240	0.304	0.058	-0.931
Cr	0.984	2.18	1.30	0.370	0.107	1.21	1.06	1.29	1.824	2.515
Cs	0.086	0.353	0.160	0.070	0.020	0.136	0.120	0.184	2.118	5.483
Cu	4.244	7.29	5.66	0.975	0.281	5.69	4.89	6.42	-0.041	-0.929
Fe	311	621	414	87.6	25.3	408	351	457	1.137	1.643
Ga	0.118	0.259	0.171	0.042	0.012	0.169	0.139	0.189	0.937	0.457
Hg	0.022	0.067	0.040	0.012	0.00343	0.037	0.033	0.048	0.644	0.520
In	0.0006	0.002	0.001	0.0003	0.00008	0.001	0.001	0.002	-1.528	3.219
La	0.237	0.968	0.446	0.212	0.061	0.379	0.308	0.503	1.643	2.518
Li	0.249	0.617	0.390	0.110	0.03187	0.365	0.318	0.446	0.908	0.247
Mn	2478	660	398	124	35.9	370	304	482	0.632	0.216
Mo	0.076	0.219	0.144	0.035	0.010	0.147	0.128	0.157	0.073	1.625
N	8.81	15.5	12.2	2.12	0.588	12.0	10.8	13.6	0.105	-1.078
Nd	0.208	0.721	0.383	0.165	0.048	0.339	0.263	0.445	1.231	0.582
Ni	1.12	3.27	2.10	0.714	0.206	2.20	1.43	2.60	0.076	-1.212
Pb	2.44	7.62	5.77	1.57	0.453	6.170	5.04	6.93	-0.831	0.427
Pr	0.054	0.193	0.100	0.043	0.012	0.088	0.07	0.115	1.287	0.910
Rb	4.13	29.9	9.23	7.13	2.06	7.60	4.83	10.7	2.518	7.145
S	981	1385	1181	124	35.7	1166	1096	1278	0.108	-0.709
Sb	0.061	0.154	0.118	0.029	0.008	0.119	0.101	0.141	-0.676	-0.311
Se	0.113	0.345	0.234	0.057	0.016	0.224	0.212	0.259	-0.011	1.826
Sn	0.065	0.245	0.190	0.058	0.016	0.213	0.167	0.231	-1.358	0.952
Sr	6.12	20.6	10.9	4.13	1.19	10.2	7.77	13.0	1.169	1.560
Th	0.061	0.202	0.109	0.041	0.012	0.102	0.075	0.129	1.088	1.058
Tl	0.011	0.043	0.028	0.009	0.003	0.028	0.024	0.036	-0.115	-0.298
U	0.014	0.041	0.022	0.007	0.002	0.022	0.017	0.024	1.834	4.717
V	0.847	1.85	1.33	0.287	0.083	1.37	1.20	1.50	-0.240	0.147
Y	0.122	0.366	0.194	0.077	0.022	0.168	0.141	0.232	1.323	0.800
Zn	20.9	51.3	37.8	8.89	2.56	37.1	34.7	44.1	-0.331	0.020

Table 16 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the ZL region ( $n = 12$ , for mercury and nitrogen  $n = 13$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	0.022	0.060	0.034	0.010	0.003	0.034	0.025	0.040	1.083	1.358
Al	310	840	516	161	41.7	487	398	611	0.707	-0.148
As	0.179	0.579	0.333	0.123	0.032	0.283	0.239	0.407	0.810	-0.096
Ba	8.74	23.6	16.7	5.34	1.38	16.5	11.5	22.2	-0.127	-1.639
Be	0.016	0.060	0.032	0.015	0.004	0.026	0.020	0.046	0.727	-0.839
Bi	0.029	0.072	0.045	0.012	0.003	0.044	0.034	0.051	0.797	0.377
Cd	0.114	0.319	0.172	0.048	0.012	0.167	0.140	0.187	2.143	6.657
Ce	0.429	1.21	0.739	0.256	0.066	0.667	0.554	0.911	0.688	-0.529
Co	0.126	0.552	0.248	0.112	0.029	0.234	0.168	0.283	1.586	3.180
Cr	0.757	1.65	1.16	0.280	0.072	1.17	0.922	1.41	0.222	-1.028
Cs	0.147	6.93	1.24	1.80	0.466	0.413	0.271	1.17	2.606	7.344
Cu	3.28	5.26	4.40	0.645	0.167	4.45	3.83	4.92	-0.451	-0.800
Fe	235	616	420	118	30.5	387	323	508	0.135	-1.116
Ga	0.113	0.310	0.19	0.058	0.015	0.195	0.145	0.235	0.276	-0.585
Hg	0.032	0.067	0.050	0.011	0.003	0.053	0.040	0.057	-0.001	-1.297
In	0.001	0.003	0.002	0.001	0.0001	0.002	0.002	0.002	0.176	-1.010
La	0.222	0.596	0.373	0.122	0.032	0.338	0.288	0.464	0.612	-0.677
Li	0.258	0.681	0.445	0.158	0.041	0.398	0.303	0.594	0.230	-1.707
Mn	125	740	343	198	51.2	282	146	489	0.622	-0.735
Mo	0.153	0.267	0.192	0.031	0.008	0.193	0.163	0.213	0.871	1.148
N	6.86	12.1	8.84	1.48	0.381	8.51	7.58	9.65	0.722	0.082
Nd	0.179	0.523	0.310	0.104	0.027	0.284	0.233	0.387	0.643	-0.426
Ni	0.913	3.363	1.48	0.601	0.155	1.33	1.16	1.52	2.442	7.071
Pb	2.818	6.62	4.07	1.01	0.260	3.88	3.472	4.483	1.208	1.624
Pr	0.047	0.136	0.082	0.027	0.007	0.07	0.062	0.104	0.586	-0.620
Rb	5.334	101	36.5	24.9	6.431	33.2	15.6	51.9	1.155	1.994
S	834	1221	983	119	30.7	991	872	1013	0.769	0.087
Sb	0.153	0.262	0.199	0.028	0.007	0.203	0.175	0.212	0.506	0.718
Se	0.174	0.425	0.253	0.072	0.018	0.225	0.192	0.301	1.147	0.856
Sn	0.221	0.390	0.317	0.054	0.014	0.308	0.266	0.370	-0.116	-1.310
Sr	4.787	17.4	8.94	3.504	0.903	7.46	6.34	11.7	1.043	0.684
Th	0.049	0.208	0.095	0.040	0.010	0.082	0.068	0.112	1.732	3.667
Tl	0.025	0.239	0.081	0.055	0.014	0.075	0.040	0.098	1.794	4.320
U	0.019	0.050	0.034	0.011	0.003	0.031	0.024	0.047	0.144	-1.724
V	1.05	2.39	1.65	0.413	0.107	1.65	1.38	1.99	0.275	-0.751
Y	0.104	0.278	0.163	0.047	0.012	0.156	0.124	0.192	0.857	1.204
Zn	24.3	40.9	31.3	4.566	1.18	31.1	28.3	33.0	0.595	0.653

Table 17 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg.g}^{-1}$ ) from the KV region ( $n = 15$ ) in 2005.

Element	Min.	Max.	Mean	S.D.	Standard Error	Median	Lower Quart.	Upper Quart.	Skewness	Kurtosis
Ag	4.60	7.66	0.049	0.012	0.002	0.048	0.043	0.056	0.370	0.031
Al	280	774	635	175	31.4	612	504	712	0.673	0.738
As	0.133	0.387	0.416	0.132	0.024	0.408	0.324	0.468	0.930	0.784
Ba	0.002	0.006	19.7	7.05	1.27	18.7	14.4	21.1	1.199	1.028
Be	0.311	1.19	0.034	0.018	0.003	0.031	0.027	0.037	4.098	20.177
Bi	0.159	0.635	0.062	0.050	0.009	0.050	0.041	0.060	4.666	23.862
Cd	79.4	946	0.419	0.304	0.055	0.302	0.273	0.554	3.150	12.061
Ce	0.167	0.435	0.940	0.340	0.061	0.853	0.732	1.140	2.547	9.292
Co	0.228	0.855	0.306	0.119	0.021	0.272	0.229	0.361	1.998	4.272
Cr	1.05	2.34	1.41	0.342	0.061	1.46	1.14	1.67	0.129	-0.511
Cs	3.80	22.5	0.820	0.615	0.110	0.700	0.430	1.06	1.565	2.340
Cu	0.062	0.237	6.11	0.716	0.129	6.05	5.66	6.63	0.158	0.032
Fe	9.03	61.5	483	121	21.8	475	405	5581	0.802	0.504
Ga	876	1409	0.242	0.060	0.011	0.238	0.197	0.265	0.443	0.064
Hg	0.029	0.095	0.060	0.016	0.003	0.060	0.048	0.070	0.154	-0.081
In	0.089	0.344	0.003	0.001	0.0002	0.003	0.002	0.004	1.340	1.292
La	0.259	0.738	0.480	0.165	0.030	0.434	0.377	0.537	2.776	10.744
Li	0.185	0.622	0.344	0.101	0.018	0.316	0.275	0.381	0.903	1.396
Mn	4.52	16.8	301	204	36.5	252	172	345	1.692	2.802
Mo	0.046	0.332	0.267	0.069	0.012	0.254	0.219	0.301	1.041	0.638
N	8.28	15.4	11.6	1.74	0.312	11.8	10.6	12.6	-0.159	-0.259
Nd	0.020	0.495	0.383	0.124	0.022	0.352	0.305	0.413	2.082	6.061
Ni	0.022	0.208	1.69	0.333	0.060	1.70	1.50	1.91	-0.213	-0.264
Pb	1.29	2.96	7.98	3.318	0.600	7.04	6.35	8.50	3.036	12.188
Pr	0.134	0.863	0.103	0.034	0.006	0.09	0.080	0.111	2.264	7.239
Rb	28.5	68.6	30.3	12.0	2.15	26.8	21.6	37.5	0.948	0.975
S	4.58	7.66	1182	127	22.7	1179	1110	1287	-0.421	0.089
Sb	280	774	0.220	0.061	0.011	0.221	0.175	0.245	0.237	-0.076
Se	0.133	0.387	0.439	0.117	0.021	0.432	0.342	0.521	0.596	0.145
Sn	0.001	0.006	0.351	0.087	0.016	0.351	0.296	0.387	0.988	2.274
Sr	0.311	1.19	7.92	3.17	0.570	6.82	5.61	9.41	1.587	2.195
Th	0.159	0.635	0.119	0.052	0.009	0.105	0.086	0.141	2.358	8.537
Tl	79.42	946	0.106	0.101	0.018	0.067	0.052	0.130	2.407	6.859
U	0.167	0.435	0.047	0.032	0.006	0.040	0.032	0.053	4.378	21.986
V	0.228	0.855	2.01	0.409	0.074	1.99	1.71	2.17	0.465	0.054
Y	1.05	2.338	0.236	0.124	0.022	0.218	0.181	0.252	4.536	23.281
Zn	3.80	22.5	40.3	8.96	1.61	38.8	0.124	0.022	1.039	1.87117

Table 18 - Basic statistics for element content in moss ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , for nitrogen in  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) from the LI region ( $n = 31$ ) in 2005.

The current distribution of individual elements in moss in CZ is briefly commented on in the following part of this report. Inter-survey temporal and spatial changes in the element contents in moss in CZ are briefly discussed. The evaluated elements are dealt with in the alphabetical order of the chemical symbols for the determined elements.

Further commented maps of the element content distribution in moss in CZ in 2005 for all investigated elements can be found after the Appendix to this report.

### **3.1.1 Ag – Silver**

#### ***Current silver content distribution***

The content of silver (Ag) in moss ranged between 0.097–0.015  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The basic statistics for Ag content in moss from individual regions and from CZ as a whole are available in Tables 5–18, above. A classed post map and isopleth map of the current Ag content distribution in CZ can be found in the closing part of this survey.

In about 80 % of the CZ territory, moss accumulated Ag in amounts less than 0.04  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The highest accumulation of Ag in moss (above 0.08  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) was found locally between Frýdek Místek and Trinec, near Pelhřimov and near Příbram. The locally high Ag accumulation in moss is due to the operation of non-ferrous metallurgical plants. However, no relevant anthropogenic emission source of Ag near Pelhřimov is known. Accidental contamination of the monitoring plot near Pelhřimov is a possible explanation.

An increased Ag content in moss was observed in the northern mountain ranges (the Krušné Mts, the Jizerské Mts, the Krkonoše Mts, the Orlické Mts and the Jeseníky Mts). The increased accumulation of Ag in moss may be due to geogenic effects (erosion of rock types with increased Ag content) and anthropogenic effects (operation of a local glass works, non-ferrous smelters and industrial furnaces burning brown coal in Silesia). The atmospheric deposition rates of Ag correlate with the precipitation sums (Sucharová and Suchara 2004b; Suchara et al. 2007a), which are higher in mountain areas. However, no increased accumulation of Ag was found moss in the mountains along the southern border of CZ and in most of the Czech-Moravian highlands.

The effects of selected explanatory factors on the current Ag content in moss in CZ are discussed in greater detail in Chapter 3.5.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The pattern of Ag content distribution in CZ for 2000 is available in Suchara et al. (2007a). The ranges of Ag content in moss in 2000 and 2005 are similar. The CZ national mean Ag content of 0.034 and 0.036  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  for 2000 and 2005, respectively, do not differ significantly. A comparison between the isopleth map of Ag distribution in moss in 2005 and the same map in moss survey 2000 (Suchara et al. 2007a) shows very similar patterns. There continues to be a high content of Ag in the moss around non-ferrous smelters, and an increased accumulation of Ag in moss in the northern mountains. The occurrence of a high Ag accumulation in moss near Pelhřimov in 2005 is new and probably accidental. The next CZ moss survey will pay increased attention to the Ag content in moss on this plot, and will search for potential Ag sources in the surroundings of the plot. Territorial changes in element content in moss can be found in Table 21.

A more detailed evaluation of long-term trends in element accumulation in moss is given in Chapter 3.6.

### **3.1.2 Al – Aluminium**

#### ***Current aluminium content distribution***

The current variability of aluminium (Al) content in moss was very wide, 208–28600  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Table 5). An increased or high Al content in moss was found in approximately one quarter of the CZ territory. Exposure of moss to increased deposition rates of soil and industrial dust particles in the affected areas may have been the main cause of increased accumulation of Al in moss. The very high content of Al in moss near Most and in the UL region is evidently due to high dustiness associated with extraction of brown coal, and industrial combustion of brown coal in local power plants and in other industrial furnaces. The local high Al accumulation in moss in southern Moravia (BN region) is due to high deposition loads of soil particles eroded from local large fields. The increased Al accumulation in moss in the northern part of the KV and PL regions and in the western part of the SC region is associated with the effects of extraction of coal and raw materials, production of lime and cement, combustion of brown coal in local industrial furnaces, and wind erosion of old and current industrial wastes and soil deposits.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A comparison of the isopleth maps for Al content distribution in moss shows hot spots in the same positions in CZ in 2000 and 2005. However, the area of increased Al contamination of moss in southern and central Moravia and in the western part of the Czech-Moravian Highlands was substantially lower in 2005 than in 2000. In contrast, the area of increased accumulation of Al in moss in western Bohemia was markedly larger in 2005. These changes may indicate variable intensity of dustine-



ss in the impacted areas caused, e.g., by different activities of earthworks and climatic effects (distribution of different precipitation sums and wind intensities). Moss in parts of CZ that are mainly densely afforested seems to accumulate significantly less Al than moss growing in industrial regions and on farm land. The effects of selected explanatory factors are discussed in greater detail in Chapter 3.5. For an evaluation of the long-term trend in Al content in moss in CZ, see Chapter 3.6.

### 3.1.3 As – Arsenic

#### *Current arsenic content distribution*

Arsenic (As) was accumulated in moss in the range of 0.103–1.82  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005 (Table 5). A content of As in moss exceeding 1.0  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was found around Most and to the west of Mělník. At both sites, there are coal-fired power plants in operation that cause high As contamination of their surroundings. Combusted brown coal is rich in arsenopyrite. An increased As content in moss was found in moss samples collected in the northwestern part of Bohemia delimited by lines connecting Ústí nad Labem – Příbram – Jáchymov – Ústí nad Labem. This area is affected by industrial combustion of coal, and lies in the UL region, in the western part of the SC region, and in northern parts of the KV and PL regions. The remaining part (80 %) of CZ revealed no accumulation of As in moss above 0.4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The cleanest areas, with As content in moss below 0.2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , are situated mainly along the southern CZ border. The absence of major industrial furnaces and a preponderance of forests characterises this area, which is the cleanest in CZ.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

Sites with the highest bio-indicated As accumulation in moss were located in the same places in 2000 and in 2005. However, a larger area of increased As accumulation in moss was determined in western Bohemia in 2005. Increasing energy and industrial production in the UL region may be the reason for this phenomenon. On the other hand, a markedly diminished area of higher accumulation of As in moss was found in northeastern Bohemia and in southern Moravia in 2005 in comparison with 2000. This may be due to reduced intensity of falling soil particles resulting from decreased wind erosion, mainly in the relatively wet year 2005. Nevertheless, the total areas of CZ with a low, medium and high As content in moss were comparable in 2000 and 2005. Long-term trends in As content in moss in CZ are discussed in greater detail in Chapter 3.6.

### 3.1.4 Ba – Barium

#### *Current barium content distribution*

Barium (Ba) was accumulated in moss in the range of 5.32–76.4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Small local Ba accumulation hot spots in moss were clustered in northeastern Moravia (Frýdek Místek, Ostrava, and the Beskydy Mts). High contamination of moss by Ba may be caused by erosion and by spreading of dust from industrial waste dumps and refuse heaps in industrial areas, and by soil dust in mining and farmland areas. Larger areas of increased Ba content in moss were found in eastern and southern Moravia (regions OV, ZL, BN), and in the Most district (region UL) in northwestern Bohemia. The increased Ba accumulation is mainly associated with high wind erosion of arable soil on the Carpathian flysch sediments in eastern and southern Moravia, and by the overburden of Tertiary sediments in the brown coal basin near Most. Several small isolated plots of increased Ba content in moss were observed elsewhere. In approximately 75 % of the CZ territory, the Ba content in moss was lower than 25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

The pattern of Ba content distribution in moss was very similar in the isopleth maps for 2000 and 2005. A substantial reduction at individual hot spots in southern Moravia and at individual spots in the Krkonoše Mts and the Orlické Mts. was found in 2005. The weather conditions, mainly the rainy year 2005, may have contributed to lower wind erosion of rocks and soil covers than in 1998–2000. In 2005, moss samples were collected at some new sites in large woods in southern Moravia that were less affected by deposition of soil particles. This contributed to the lower bio-indicated intensity of Ba deposition in the southern Moravian hot spot. The isopleth maps for 2000 and 2005 showed no substantial temporal and spatial changes in Ba content in moss. For a more detailed evaluation of trends in Ba content, see Chapter 3.6.

### 3.1.5 Be – Beryllium

#### *Current beryllium content distribution*

In the current CZ bio-monitoring survey, the beryllium (Be) content in moss was found to be between 0.008–0.136  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The following three sites of high and increased Be content in moss were found: the surroundings of Most, an area to the west of Mělník, and near Jesenice. The first two sites are affected by the operation of local coal power plants. The reason for the high Be accumulation in moss near Jesenice is not known. Accidental contamination of the sampling plot, e.g., by bio-turbation, can be suggested as a possible explanation. The high Be content in moss at the sampling plot near Jizerka in the Jizer-

ské Mts may be of geogenic origin (springs near local ore deposits), rather than from an anthropogenic source. An increased Be content in moss was found in three small areas in southern Moravia. Deposition of soil particles eroded from soil covers where there are sediments of Carpathian flysch may explain the bio-indicated increased Be atmospheric deposition rates in these areas. In 85 % of the CZ territory, moss contained Be in amounts lower than  $0.04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

A special bio-monitoring campaign found no increased Be content in moss on the Czech side of the Králický Sněžník Mts in 2006, see Chapter 1.2.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

Very similar patterns of Be content in moss in CZ can be observed in the relevant isopleth maps for 2000 and 2005. A small increase in Be accumulation in moss was determined in western Bohemia (in the UL, KV and parts of the PL and SC regions) and a small decrease in southern Moravia (in the BN, OL and ZL regions) in 2005. Slightly increased industrial sources of Be at the present time can explain this phenomenon in western Bohemia. However, fewer effects of deposition rates of soil particles were observed in southern Moravia. No dramatic changes in the spatial and temporal distribution of Be in moss occurred between 2000 and 2005.

### **3.1.6 Bi – Bismuth**

#### ***Current bismuth content distribution***

The range of bismuth (Bi) content in moss was found to be between  $0.012$ – $0.318 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. A high accumulation of Bi in moss, exceeding  $0.09 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , was determined near Děčín and in the Beskydy Mts. The first hot spot is caused by processing of Bi-based scrap in Děčín. The high bio-indicated Bi value in the Beskydy Mts. is probably due to the operation of metallurgical works in the Ostrava and Třinec areas, and the smelters nearby in Poland may also have contributed to the occurrence of this hot spot. High Bi accumulation in moss was also revealed near Nový Bor. The operation of the local glass works is with high probability the source of Bi pollution in this area. An increased Bi content in moss was determined near Jáchymov and near Příbram. The increased Bi accumulation in moss is due to atmospheric deposition of soil particles eroded from the former polymetallic ore mines near Jáchymov, and the operation of a secondary lead smelter near Příbram. The currently increased Bi contamination may be a local problem in the UL, OV, LI, KV and PL regions. In about 80 % of the CZ territory, moss contained Bi below a background level of  $0.04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , indicating low deposition rates of this element.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The surroundings of Děčín, Příbram and Frýdek Místek were sites of high and increased Bi content in moss in 2000 (Sučara et al. 2007a). In 2005, a distinct increase in Bi accumulation in moss was determined in the Beskydy Mts, near Nový Bor and near Jáchymov. However, the Bi content in moss diminished markedly near Příbram, probably due to the current decrease in Bi use in the operation of the local secondary lead smelter. The current territorial background levels of Bi in moss were found to be slightly higher than five years earlier (concentration class  $0.03$ – $0.04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), mainly in western, southern and northwestern Bohemia (KV, UL, LI, JI regions). The next moss survey will contribute to a better recognition of trends in Bi accumulation in moss in CZ.

### **3.1.7 Cd – Cadmium**

#### ***Current cadmium content distribution***

The content of cadmium (Cd) in moss ranged between  $0.114$ – $1.75 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Table 5). Near Frýdek Místek, near Příbram and near Desná a high Cd content in moss was determined, in excess of  $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The operation of metallurgical plants in Frýdek Místek and in Příbram, and the production of glass and ceramics near Desná can be considered as the major current industrial sources of Cd in CZ. Increased Cd accumulation in moss was determined in northern Moravia (OV, OL regions) and in southern Moravia (in parts of the ZL and BN regions). The increased Cd content in moss was due to increased deposition loads of industrial dust and soil dust in these areas. In the rest of the CZ territory, moss did not accumulate more Cd than  $0.30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The inserted classed dot map and isopleth map of the distribution of Cd content in moss in 2005 provide further details.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A comparison of the isopleth maps of the Cd content distribution in moss in 2000 and 2005 show very similar patterns, and the hot spots are in the same positions. However, the hot spots near Příbram and near Desná became stronger in 2005. In contrast, the hot spots in northeastern Moravia became weaker in the Ostrava agglomeration and increased near Frýdek Místek in 2005. The distribution of Cd deposition in the OV region may be influenced by the operation of metallurgical works in CZ and in the nearby Katowice industrial region in Poland. No substantial spatial and temporal changes in Cd content distribution in moss were determined for 2000 and 2005, with the surprising exception of a significant decrease in the SC region (Table 21). The long-term trend in Cd accumulation in moss is discussed in Chapter 3.6.

### 3.1.8 Ce – Cerium

#### *Current cerium content distribution*

The cerium (Ce) content in moss ranged between 0.302–3.69  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. Accumulation of Ce, a typical lithophile element, by moss in excess of 2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was determined near Most and near Kadaň in western Bohemia, and near Pohořelice in southern Moravia. Increased dustiness associated with extraction of brown coal and coal burning in local industrial furnaces in the brown coal basin in western Bohemia is the reason for the high accumulation of Ce in moss at these sites. Similarly, high deposition rates of soil particles eroded from the large area of farmland in southern Moravia caused high Ce accumulation in moss in this region. A rising Ce content in moss was found locally near Mělník and near Přerov. The site near Mělník was affected by the operation of a coal power plant and by deposition of farmland soil particles, while the moss at the site near Přerov was contaminated mainly by deposition of eroded soil particles from the fields adjacent to the grove where the sampling plot is located. Slightly increased Ce accumulation in moss was determined mainly in the UL and BN regions. Low background deposition rates of Ce were bio-indicated in approximately 75 % of CZ in 2005.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

In western Bohemia and southern Moravia, hot spots were identified in the same positions in the isopleth maps of Ce content distribution in moss for 2000 and 2005. However, the hot spot in southern Moravia was markedly weaker in 2005. This may be due to diminished erosion of arable soil in the current bio-monitoring campaign, in 2005 The updated isopleth map showed decreased intensity and area of the hot spot in southern Moravia and an increased accumulation of Ce in moss in the UL, KV, PL and SC regions. The results of a statistical evaluation of the regional changes in Ce content in moss are shown in Table 21.

### 3.1.9 Co – Cobalt

#### *Current cobalt content distribution*

The cobalt (Co) content in moss ranged between 0.106–1.22  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The highest Co accumulation was found in moss samples near Litvínov and Kadaň, in the coal basin in western Bohemia. The area is affected mainly by dustiness from coal extraction, industrial combustion of brown coal and the operation of chemical and engineering works. A larger area of increased Co accumulation in moss was revealed in southwestern Bohemia (PL region). The centre of the highest Co content in moss in this area is near Příbram. The operation of a secondary lead smelter is obviously the crucial source of Co there. A slightly increased Co content in moss was found at a few individual plots situated elsewhere. Most frequently, these plots were affected by deposition of soil particles from the local fields. At some sites, e.g., Mělník and Kopřivnice, the effect of deposition of industrial dust should be considered. In about 80 % of the CZ territory, the Co content in moss did not exceed 0.4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

The isopleth map for the distribution of Co in moss in 2000 (Sucharová and Suchara 2004a) also showed the position of two hot spots near Litvínov and Kadaň. In addition, high Co accumulation in moss was found near Kyjov and Dukovany in southern Moravia in 2000. The hot spot near Kyjov was caused by high deposition rates of soil particles eroded from extensive farmlands, while the hot spot near Dukovany was probably due to a local effect of erosion of Co-rich serpentinite rock and the soil covers. These two hot spots were not manifested in 2005, probably due to lower current erosion intensity in southern Moravia. In contrast, increased accumulation of Co in moss in the surroundings of Příbram was observed in 2005. Increased emission of Co from the local smelter may be the main reason for this. The area of moss with an increased Co content revealed in Moravia in 2000 has almost disappeared, while the Co content in moss increased moderately in the PL and UL regions in 2005. Throughout the CZ territory, the background Co content in moss decreased in 2005. The decreased erosion effect in the wet year 2005, and a corresponding reduction in deposition levels of dust particles in CZ in 2005, may have led to this phenomenon.

### 3.1.10 Cr – Chromium

#### *Current chromium content distribution*

The minimum and maximum values for chromium (Cr) content in moss were determined at 0.51 and 4.54  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , respectively, in 2005 (Table 5). In about 95 % of the CZ territory, the accumulation of Cr in moss did not exceed 2.0  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . A slightly increased Cr content in moss was revealed in the Most and Ostrava districts, near Mělník, near Příbram and near Znojmo. These localities were affected by increased deposition loads of soil and industrial dust (extraction and combustion of coal, operation of metallurgical plants, a coal power plant and a secondary lead smelter). The area near Znojmo is affected exclusively by increased deposition of soil particles eroded from large fields in the area. The Cr content in moss seems to vary considerably in the individual moss surveys in CZ. Since atmospheric deposition rates of soil particles are important contributors

to Cr in moss, the variability in the Cr content in moss in the individual surveys may be mainly due to fluctuations in climatic conditions that control soil erosion. The effects of some other explanatory factors are discussed in Chapter 3.5.

### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A comparison of the isopleth maps for the distribution of Cr content in moss in 2000 and 2005 showed that small hot spots in the ZL and BN regions have disappeared, and there are zones of increased Cr accumulation in moss in central and northeastern Bohemia (SC and PU regions) and in Moravia (JI, OL, ZL and parts of the BN and OV regions) in 2005. An extensive increase in the area of bio-indicated low atmospheric deposition rates of Cr can be noted in the northern half of Bohemia and in the eastern part of Moravia. The deposition loads of soil Cr probably control the Cr content in moss in most of the CZ territory, while industrial Cr sources have a more local effect. This phenomenon may be due to low erosion intensity and correspondingly reduced deposition levels of soil particles in CZ, mainly in the wet year 2005, or it may be the outcome of generally decreased background Cr deposition levels in Central Europe. The concentration classes established for Cr content in moss for the European moss survey in 1990 are now too high. The Cr content in moss now corresponds to the lowest 1-2 concentration classes, so that finer differences in current Cr accumulation in moss in CZ cannot be distinguished. The long-term trends in Cr content in moss are discussed in Chapter 3.6.

## **3.1.11 Cs – Caesium**

### ***Current caesium content distribution***

The range of caesium (Cs) content in moss was 0.074–6.93  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. The background level of Cs in moss was found to be below 0.6  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in about 90 % of the CZ territory. However, in 8 local hot spots (near Nová Bystrice, near Železná Ruda, near Mariánské Lázně, near Jáchymov, near Český Jiřetín, near Harrachov, near Dobruška and near Jevany) the Cs content in moss increased steeply to concentrations exceeding 2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . An increased Cs content in moss was revealed near Stráž pod Ralskem, near Zlaté Hory, near Frýdek Místek and near Jimramov. No major anthropogenic sources of Cs are considered to be in operation in CZ. All sites where Cs is accumulated in moss are situated in cross-border mountains or outcrops of old igneous rock types of the Czech Massif, which are rich in Cs. Through cycling of the elements, increased amounts of Cs enter into plant biomass, humus and soil covers. Humus particles and litter transported by wind and trapped by moss carpets are the main sources of Cs for moss plants.

### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The isopleth maps of Cs content distribution in moss in 2000 and 2005 show remarkably similar patterns. In the 2000 and 2005 moss surveys, the hot spots were located in relatively fixed positions, and the contamination of moss by geogenic Cs was stable. The current content of Cs in moss is controlled by the intensity of Cs cycling and bio-turbation of the forest floor in forest stands where there are rock types rich in Cs. The contribution of anthropogenic sources of natural Cs and  $^{137}\text{Cs}$  is negligible, and is indistinguishable in the Cs contents measured in the moss surveys. The distribution of long-term accumulated (humus) and the current (moss) atmospheric deposition rates of  $^{137}\text{Cs}$  may be determined in cooperation with the State Institute for Radiation Protection in the next moss campaign 2010. The position and the area of the zones of low background Cs content in moss did not change in the period 2000–2005.

## **3.1.12 Cu – Copper**

### ***Current copper content distribution***

The content of copper (Cu) in moss ranged between 3.29–10.5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . No striking area of high Cu accumulation in moss was found in 2005. The highest Cu content was determined mainly around Most and possibly around Frýdek Místek. Larger areas of slightly increased Cu content in moss can be seen in the isopleth map in the UL region, in northwestern parts of the LI and SC regions, in Prague, in the central part of HK, in the northern part of OL, and in northeastern parts of the OV and BN regions. The listed plots are affected due to industrial combustion of brown coal (UL, LI, HK), industrial dustiness from metallurgical plants (OV), and increased deposition loads of eroded soil particles (BN). The cross-border area near Jeseník may be impacted by increased deposition of industrial dust from metallurgical works operating in Silesia (southern Poland). In about 70 % of the CZ territory, moss did not accumulate Cu above 6  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005.

### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A moderately increased Cu content in moss was determined near Most in northwestern Bohemia, near Trutnov in northeastern Bohemia, and near Kyjov in southern Moravia in 2000. At that time, there was an increased Cu content (6–9  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) in approximately 60 % of the CZ territory moss, and a low content of Cu (below 6  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) in 40 % of the CZ territory. In 2000, there was a large-scale increased Cu content in moss, mainly in the northern half of Bohemia and in the northern and eastern half of Moravia. In 2005, the area in southern Moravia that had formerly had an increased Cu accumulation was smaller,



probably due to a decreased soil erosion effect in this area. The background Cu content in moss fell markedly throughout the country between 2000–2005. A considerable improvement can be seen, e.g., in the PU, OL, ZL, BN and JI regions. No substantial reduction in metallurgical and other industrial production was registered in Central Europe. The general decrease in Cu background content is therefore rather associated with decreased erosion of soil covers and of present and past waste deposits in the countryside.

### **3.1.13 Fe – Iron**

#### ***Current iron content distribution***

Iron (Fe) was accumulated by moss in amounts ranging between 182–2570  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. In the inserted isopleth map, spots of high Fe accumulation in moss can be seen in western Bohemia (near Most and Kadaň), in northeastern Moravia (near Ostrava and Nýdek), and in southern Moravia (near Znojmo). The brown coal basin near Most is predominantly affected by high dustiness associated with extraction of coal and combustion of coal in local industrial furnaces. Northeastern Moravia suffers mainly from high dustiness emitted from local metallurgical works and from industrial combustion of coal. The farmland area around Znojmo is affected by erosion and deposition of soil particles. Zones of increased Fe content in moss surround these hot spots. There are plots of increased Fe accumulation in moss near Mělník (operation of a coal-fired power plant), Příbram (operation of metallurgical plants) and Olomouc (increased deposition rates of eroded soil particles). In approximately 85 % of the CZ territory, the content of Fe in moss did not exceed 600  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (the territorial background level).

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

Plots in the same positions had high and increased Fe content in moss in 2000 and in 2005. Somewhat increased regional background Fe contents in moss were determined for the southwestern part of Bohemia, while the background content of Fe in moss in the eastern part of Bohemia and in the western part of Moravia fell in 2005. The distribution of functioning metallurgical plants was consolidated in CZ before 2000. The current variability in Fe content in moss is therefore mainly due to the deposition rates of soil dust particles and possibly industrial dust particles. For the PL, UL and KV regions the significant increase and for the SC, JI and PU regions the significant decrease were found (Table 21). The effects of selected explanatory factors on Fe distribution in moss is discussed in Chapter 3.5.

### **3.1.14 Ga – Gallium**

#### ***Current gallium content distribution***

In the current bio-monitoring campaign, the gallium (Ga) content in moss ranged between 0.084–0.965  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . A high Ga content in moss was determined in the brown coal basin (Most, Kadaň) in northwestern Bohemia, near Mělník in central Bohemia, and near Znojmo in southern Moravia. Near Most, the sampling plots were mostly affected by dustiness released due to extraction of coal and the operation of local coal-fired power plants. The high accumulation of Ga in moss to the west of Mělník can be explained by increased deposition of coal ash emitted from the local power plant and spread from ash deposits. In contrast, the high content of Ga in moss near Znojmo is probably mainly due to contamination of moss by soil particles deposited from large local fields suffering from intensive wind erosion. An increased content of Ga in moss was found in the western part of the SC region, along the state border near Liberec in northern Bohemia, and locally near Ostrava, near Frýdek Místek, and near Olomouc in northern Moravia. The bio-indicated increased deposition rates of Ga at these sites can be explained by increased precipitation of coal ash (LI region), industrial dust (Příbram, Rokycany, Ostrava) and soil dust (Olomouc). However, the affected areas are relatively small, and in about 80 % of the CZ territory the Ga content in moss did not exceed 0.25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The very similar pattern of Ga content and Fe content distributions in moss in 2005 may indicate that the distribution of these elements was controlled by the same pollution sources. This is strongly supported, e.g., by the results of cluster analysis (Fig. 2).

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A comparison of the relevant isopleth maps shows a similar distribution of Ga in moss in 2000 and 2005. The highest Ga accumulation in moss was determined in both surveys in northwestern Bohemia and in southern Moravia. The Ga accumulation in moss in the hot spots in northwestern Bohemia increased slightly, whereas the Ga accumulation in northeastern Bohemia and Moravia decreased in 2005. A substantial decrease in Ga content was determined between Kyjov and Znojmo, in southern Moravia. These changes in Ga content in moss can be explained by variable erosion intensity of the soil covers and industrial dumps. The same factor caused a slight increase in the background Ga content in moss in southwestern Bohemia and a slight decrease in eastern Bohemia and throughout Moravia in 2005 (see also Table 21).

### 3.1.15 Hg – Mercury

#### *Current mercury content distribution*

The mercury (Hg) content in moss ranged between 0.022–0.148  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. No sites of very high or high Hg accumulation in moss according to the content classes introduced in the moss surveys were found in CZ in 2005. A moderately increased Hg content in moss was determined between Litvínov and Most in western Bohemia, near Neratovice in central Bohemia, and near Frýdlant in northern Bohemia. The western Bohemian site is affected by the operation of coal power plants and chemical works, the surroundings of Neratovice suffer from the operation of a chlor-alkali plant (Suchara and Sucharová 2008), and the area near Frýdlant is affected by increased deposition rates of Hg emitted from the nearby coal power plant in Bogatynia, Poland. These plots are delimited and joined into a large continuous area of increased accumulation of Hg in moss. This zone covers central parts of the UL and LI regions and the western part of the SC region. A few individual sampling plots in various places provided moss samples with an increased Hg content. Besides accidental contamination of moss, e.g., through bio-turbation of the forest floor or deposition of soil particles (JI and BN regions), there were local impacts of industrial combustion of coal (Sokolov, Kroměříž, Karviná) or foreign industrial sources of Hg nearby (from Katowice, Myjava regions). In the remaining approximately 85 % of the CZ territory, moss samples contained relatively low background contents of Hg below 0.06  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

A comparison of the current distribution of Hg in moss with the isopleth map for Hg distribution in 2000 (Sucharová and Suchara 2004a) showed that the spot of high Hg accumulation in moss near Kyjov in southern Moravia had disappeared in 2005. There operate only few more important industrial sources of Hg in southern Moravia (Břeclav and Hodonín). Hence decreased loads of deposited soil particles in this area due to the wet year 2005 could explain the substantial reduction in this hot spot. In 2005, no spots of medium increased or zones of moderately increased Hg accumulation in moss were determined between Pardubice and Zábřeh in northeastern Bohemia, and near Kladno and near Stříbro in western Bohemia. The bio-indicated decrease in Hg pollution may reflect the closure of some industrial works and a decrease in industrial production in these areas between 2000–2005, and also a decrease in erosion intensity in 2005. The CZ background Hg content in moss decreased in 2005 in all regions except for the area in southwestern Bohemia. An evident improvement was found for example, in the HK, PU, BN, OL and JI regions. The decrease in background Hg levels indicated by the moss samples may reflect a decrease in current soil and industrial dustiness and in long-distance Hg transport from remote Hg sources abroad. Table 21 shows significant changes in the Hg content in individual regions between 2000–2005.

### 3.1.16 In – Indium

#### *Current indium content distribution*

The content of indium (In) in moss ranged between 0.001–0.038  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . A high accumulation of In was revealed along the state border in northwestern Bohemia, between Varnsdorf and Chomutov. The sudden appearance of high contamination of moss with In along the Krušné Mts ridge may be very speculatively explained by the establishment and operation of systems of wind power stations and solar energy collectors in this area between 2000–2005. A relatively high In content in moss was found at a few plots in northeastern Moravia (Frýdek Místek, Ostrava, Nýdek). A dominant effect of the local metallurgical industry on local In contamination can be considered. An increased content of In in moss was determined locally at several other plots. The operation of a smelter near Příbram and local contamination of moss by soil particles near Hrádek u Nechanic and Velenka can explain the increased In accumulation at these plots. A relatively low (territorial background) content of In in moss was found in about 50 % of the CZ territory, mainly in the southern half of the country.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

A comparison of the isopleth maps for In distribution in moss in 2000 and 2005 showed a substantial increase in the amounts of In determined in moss, mainly in northwestern Bohemia (KV, UL, LI regions), in northeastern Bohemia (HK, PU regions) and in parts of the SC region in 2005. For three regions, the increase in the In content in moss was significant (Table 21). The bio-indicated raised emission loads in 2005 may be due to emissions from metallurgical works and locally increased wind erosion of ground dust. On the other hand, a slight decrease in In content in moss was observed in Moravia, mainly in the BN region. The causes of the fluctuations in the In content in moss in CZ are not reliably known.

### 3.1.17 La – Lanthanum

#### *Current lanthanum content distribution*

The lanthanum (La) content in moss ranges between 0.15–1.79  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Moss accumulated relatively high amounts of La only near Most and near Kadaň, in western Bohemia, in 2005. No direct industrial sources of La in CZ are known. Mainly

geogenic sources of La in moss can therefore be considered. The high contamination of moss by La in the Most coal basin is due to high levels of soil and coal ash dustiness accompanying the extraction, transport and industrial burning of brown coal. An increased La content in moss was also found near Mělník and at three plots in southern Moravia. The area near Mělník suffers from increased deposition rates of soil particles from local fields and coal ash from the disposal sites of the local coal-fired power plant. A dominant effect of increased deposition loads of soil particles eroded from local soil covers can be considered in southern Moravia. More than 90 % of CZ moss contained low background La contents below  $0.60 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The patterns in the isopleth maps depicting the La content distribution in moss in 2000 and 2005 are very similar. However, the hot spot revealed in southern Moravia in 2000 diminished substantially in 2005. Lower contamination of moss by eroded soil particles in agrarian southern Moravia due to the wet year 2005 is with high probability the reason for the decrease in La content in moss. The intensity of small hot spots near Most and near Kadaň (UL region) strengthened slightly in 2005. A slight increase in the background La content in moss was determined in southwestern Bohemia, and there was a slight decrease in western and northern Moravia. These changes may reflect the current background variability in the deposition rates of soil particles in CZ.

### **3.1.18 Li – Lithium**

#### ***Current lithium content distribution***

Lithium (Li) was accumulated by moss in amounts ranging between  $0.14$ – $2.33 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. At two individual plots, near Most and near Znojmo, moss contained Li in concentrations above  $1.30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The area around Most is affected by extraction, transport and industrial combustion of brown coal. The area near Znojmo suffers from high deposition rates of soil particles eroded from local farmland. Increased accumulation of Li in moss was found in the UL, KV regions and in the western part of SC. This phenomenon is caused by extraction and industrial combustion of brown coal. The increased Li accumulation in moss near Olomouc reflects increased deposition rates of soil particles from local large fields, and near Frýdek Místek it reflects increased deposition of industrial dust. In approximately 85 % of the CZ territory, the content of Li in moss did not exceed the background level of  $0.50 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The current distribution of Li in moss does not differ markedly from the distribution of Li determined in the moss survey in 2000. The only substantial change is a marked fall in the Li content in moss determined near Kyjov in 2005. The reason obviously lies in diminished contamination of moss by eroded soil particles in this farmland area. A slight increase in the regional background Li content in southwestern Bohemia and a decrease in northeastern Bohemia and northwestern Moravia were found in 2005.

### **3.1.19 Mn – Manganese**

#### ***Current manganese content distribution***

The range of manganese (Mn) content in moss was  $34$ – $1813 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005, which is comparable with the findings from the previous moss survey ( $35$ – $1850 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Two individual plots of high contamination of moss found in the earlier survey near Bohdaneč and near Most were confirmed. At the sampling plot to the west of Bohdaneč, near Pardubice, moss had also accumulated the highest amounts of Mn in 2000. The reason has not been clearly identified. Erosion and spreading of forest humus saturated with Mn might explain this phenomenon. Water from springs rising at this monitoring plot may contain comparatively high concentrations of Mn, and the local humus floor may have absorbed Mn in high amounts. However, no water and humus samples from this plot have yet been analysed. The second plot, near Most, is affected by high deposition rates of industrial and soil dust. An increased content of Mn in moss was also determined near Stříbro, near Beroun and near Pelhřimov. Increased deposition of forest floor humus particles in these areas with high probability caused this increased Mn accumulation in moss. Near Beroun, extraction and processing of limestone with precipitated Mn (for lime and cement production) may have contributed to the increased Mn deposition. About 90 % of CZ moss contained background Mn levels not exceeding  $700 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The sampling plots with high Mn accumulation in moss (Bohdaneč, Most, Kladno, Beroun and Stříbro) were located at the same sites in 2000 and 2005. This may indicate the long-term operation of local natural and anthropogenic sources of Mn. However, the plots of increased Mn accumulation in moss near Boskovice, near Tábor, near Vyšší Brod, near Zálesí and near Břeclav revealed in 2000 had disappeared or were substantially diminished in 2005. The operation of various climatic conditions, e.g., wind intensity and precipitation sums can control the leaching and cycling of Mn in forest stands. The effect of precipitation amounts on Mn content in moss in 2005 is discussed as an example in Chapter 3.5.2.

### 3.1.20 Mo – Molybdenum

#### *Current molybdenum content distribution*

The current molybdenum (Mo) content in moss ranges between 0.076–0.490  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The Mo content in moss was relatively very high at five sites in 2005. Near Rumburk and near Děčín, in northwestern Bohemia, deposition of industrial dust from several metallurgical works is a probable cause. However, the current sources of Mo emissions have not been investigated in this area. Near Kladno and near Komárov in the SC region, metallurgical works producing heat resistant Mo-based steel have emitted Mo. Current deposition of airborne Mo and deposition of eroded humus particles containing long-term accumulated Mo have contaminated moss at the plots in this area. Mo emitted in a similar way, together with erosion and spreading of industrial particles and soil particles containing Mo near metallurgical centres in Frýdek Místek and in Třinec in northeastern Moravia, caused increased accumulation of Mo in moss in the OV region. Moss samples from plots located near Frýdlant and between Most and Kadaň in northwestern Bohemia were exposed to increased Mo emissions from industrial combustion of brown coal in local power plants. Moss also had a slightly increased Mo content at some individual plots elsewhere in CZ. In about 70 % of the CZ territory, background levels of Mo not exceeding 0.20  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  were determined in moss.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

Similar patterns for the distribution of Mo content in moss in 2000 and 2005 can be seen in the respective isopleth maps. However, the area and the intensity of these hot spots increased appreciably in the UL, LI, SC and PL regions in 2005. On the other hand, the spots of increased Mo content determined in southern Moravia and northeastern Bohemia in 2000 had decreased distinctly in 2005. Surprisingly, a general increased Mo content in moss in western Bohemia and a general increase in the territorial background Mo levels throughout CZ, with a significant increase in 5 regions (Table 21), was determined in 2005. The cause of this phenomenon is not quite clear. Increased steel production in CZ is a highly improbable cause. Either some climatic effect that increased the spread of Mo-rich particles from industrial regions, or increased background deposition rates of Mo in Central Europe, can be speculated. The effects of selected explanatory factors on Mo content in moss are discussed in Chapter 3.5.

### 3.1.21 N – Nitrogen

#### *Current nitrogen content distribution*

The current content of total nitrogen (N) in moss ranged between 6 769–22 970  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Hot spots of highly accumulated amounts of N in moss were concentrated in highly industrialized parts of northwestern and northeastern Bohemia (between Most and Louny, around Hradec Králové, around Svitavy and around Česká Třebová) and in intensively farmed southern Moravia (between Uherský Brod, Hodonín and Pohořelice). Areas of increased N accumulation in moss were found in northeastern Moravia (Frýdek Místek, Karviná), near Litoměřice in northwestern Bohemia, around Plzeň in southwestern Bohemia and, surprisingly, in the wooded Jeseníky Mts in northwestern Moravia. There is a minor increase in N content in moss at a few other sampling plots. Two crucial sources of available (reactive) N for moss can be considered. Firstly, industrial areas with high density of industrial furnaces and high accumulation of car traffic, and, secondly, intensive agrarian areas affected by erosion of soil covers rich in nitrogen, raised deposition of nitrogen compounds released from highly manured topsoils, and concentrated animal production. Large areas with the lowest N content in moss were found in the KV and CB regions, in southern parts of the PU and JI regions, and in the central part of the OL region.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

The inserted isopleth map of N content distribution in moss in 2005 shows a similar pattern to that in the respective isopleth map for 2000 (Suchara et al. 2007a). The position of the hot spots was located at the same sites in these maps. However, the total nitrogen content in moss collected in these hot spots was slightly lower in 2005. Larger areas of increased N content in moss were found in similar parts of CZ in 2000 and 2005. A slight decrease in N content in moss, dropping to the territorial background level, was currently determined in the southern part of the SC, PU and JI regions and in central parts of the OL region. Independent measurements of wet deposition of reactive N also identified no unambiguous trends ([http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab\\_roc/2005\\_enh/cze/index.html](http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/2005_enh/cze/index.html)). It seems that a reduction in agricultural production in CZ is with high probability the reason for the decrease in N content in moss outside the industrial regions. Industrial areas and densely urbanised areas with increasing road traffic intensity are affected by increased deposition loads of reactive nitrogen.

### 3.1.22 Nd – Neodymium

Figures for the distribution of neodymium (Nd) in moss in CZ are presented for the first time in this survey. We will begin with a brief introduction and description of selected attributes of Nd.

Nd is a rare earth element naturally occurring in seven isotopes, of which  $^{144}\text{Nd}$  is radioactive (half life  $2.1 \times 10^{15}$  years). Several other isotopes, mainly radioactive, can be produced artificially. In nature, Nd is found scattered especially in igneous



rock types. In higher concentrations it accompanies other rare earth elements in minerals such as monazite, bastnaesite, allite and xenotime. On an average, the upper continental crust contains Nd in amounts reaching 27 mg.kg<sup>-1</sup>. Very similar contents of Nd are stated for European soils and stream sediments. For CZ, increased Nd values have been determined in flood-plain sediments in the Bohemian Massif, in the Jizerské Mts and in the mountains along the CZ/Austria border (Salminen et al. 2005). Nd has not been shown to be an essential element for any group of organisms.

Typical concentrations of Nd, like those for all rare elements, are stated to be: in grass < 1 mg.kg<sup>-1</sup>, in plant roots < 0.2 mg.kg<sup>-1</sup>, and in fruits <0.05 mg.kg<sup>-1</sup>. In the metabolism of plants, Nd probably takes over some role of Ca during long-term Ca-starvation of plants.

Nd is industrially used for dyeing glass, and in the production of optical appliances and lasers for medicine, special alloys and very strong “neo” magnets (Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B). Metallic Nd and its compounds can irritate eyes, skin and mucous membranes, cause lung inflammation or even lung embolisms or liver damage. The toxicity of Nd has not been studied thoroughly. Like most other rare earth elements, Nd is tentatively rated as moderately hazardous. However, caution in Nd use is highly recommended. No major industrial pollution sources for Nd are anticipated in CZ.

#### ***Current neodymium content distribution***

Four areas of high Nd accumulation in moss were revealed in CZ in 2005. The highest content of Nd in moss was found near Most and near Kadaň, in the brown coal basin in western Bohemia. These sites are affected by considerable soil and industrial dustiness associated with extraction and transportation of coal, and with coal combustion in several local power plants. The hot spot near Pohořelice in southern Moravia is caused by high deposition rates of soil particles eroded from large plots of arable soil. The local bedrock types are Carpathian flysch sediments, which also contain other rare earth elements in higher concentrations. The sampling plot near Přerov is also susceptible to soiling intensive deposition of eroded soil particles, because the plot is situated in a small wood banked by large fields. Similarly, the high Nd accumulation in moss near Mělník and Litoměřice is caused by the spread of eroded soil particles and coal ash from the dumps of the local power plant. The increased Nd content in moss at a few sampling plots elsewhere is associated with contamination of moss by eroded soil, humus and litter particles, and with bio-turbation or activities of the forest floor. In about 80 % of the CZ territory, moss contained territorial Nd background contents not exceeding 2 µg.g<sup>-1</sup>. Large areas with the lowest Nd accumulation in moss were found mainly in the HK, PU, JI, CB, PL and LI regions.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

We have no knowledge of trends in Nd content in moss in CZ, due to the absence of Nd determination in the previous CZ moss surveys.

### **3.1.23 Ni – Nickel**

#### ***Current nickel content distribution***

The current bio-monitoring campaign found that the nickel (Ni) content in moss ranged between 0.524–4.94 µg.g<sup>-1</sup>. The Ni content in moss exceeded 4.5 µg.g<sup>-1</sup> at only one plot, near Dukovany, in 2005. The increased Ni contamination of moss should not be associated with the operation of the nuclear power station nearby. This sampling plot is situated on Ni-rich serpentinite rock. Accidental contamination of moss plants can be caused by eroded rock, soil and humus particles or bio-turbation of the forest floor. A moderately increased Ni content in moss was found in the brown coal basin in western Bohemia, near Plzeň, near Ostrava, near Vsetín, near Zlín and near Komárov. Metallurgical or engineering plants have operated at these sites. Increased deposition loads of industrial dust emitted from industrial plants or eroded from dumps of slag, and eroded humus particles saturated over a long period by industrial emissions, are responsible for increased Ni contents in moss. At the plot near Mariánské Lázně (monitoring plot 70-01), the effect of the Ni-rich serpentinite bedrock on Ni accumulation in moss was manifested in 2005. Low Ni accumulation equivalent to the territorial background Ni content was found in southern Bohemia, northeastern Bohemia and western Moravia.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A comparison of the isopleth maps of Ni content distribution in moss in 2000 and 2005 showed a substantial decrease in Ni accumulation in moss in 2005. The former hot spots in northwestern Bohemia and in southern and eastern Moravia have weakened or disappeared. The former zones of increased Ni content in moss in western and northeastern Bohemia and in northern Moravia have been reduced or have disappeared. A significant decrease in Ni content in moss was also found for the LI and HK regions (Table 21). The reason for this phenomenon should be sought in decreased soil dustiness (e.g. due to climatic conditions), rather than in a reduction in the amounts of Ni emitted from industrial sources in CZ. The area of the zones with the territorial background Ni content in moss has increased quite considerably throughout CZ. The effect of the bedrock on Ni content in moss was observed at two monitoring plots in 2005 (not manifested in 2000). Significant effect was found of basic and ultrabasic rock types at the sampling plots on the Ni content in the whole set of moss samples. For details, see Chapter 3.5.4.

### 3.1.24 Pb – Lead

#### *Current lead content distribution*

The lead (Pb) content in moss ranged between 1.31–63.1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. Only one area highly affected by Pb atmospheric deposition loads, located near Příbram, was currently bio-indicated in CZ. The operation of a secondary lead smelter near Příbram has been a crucial source of Pb in the area for a long time. Another area with increased Pb accumulation in moss was found between Frýdek Místek, Karviná and Třinec in northeastern Moravia. This area is influenced by Pb emissions from non-ferrous metallurgical works and by lead battery production. A slightly increased Pb content in moss was determined at several plots along the northern CZ state border. This may be due to the operation of remote metallurgical sources situated in the industrial regions in southern Poland. Moss in the remaining approximately 95 % of the CZ territory contained only low levels of Pb below 10  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , corresponding to the current territorial background content.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

The distribution patterns of Pb content in moss depicted in the isopleth maps for 2000 and 2005 are very similar. Slightly increased Pb emissions near Příbram were bio-indicated in 2005, probably due to increasing production at this smelter. However, the content of Pb in moss decreased at all other sites in 2005. A significant decrease in Pb values between 2000 and 2005 was found in the moss samples from 5 administrative regions (Table 21). This situation may reflect a general fall in the Central European background Pb deposition rates. A long-term decrease in Pb content in moss has been determined in the CZ bio-monitoring campaigns since 1990.

### 3.1.25 Pr – Praseodymium

#### *Current praseodymium content distribution*

The content of praseodymium (Pr) in moss ranged between 0.034–0.418  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Four sites where the Pr content in moss exceeded 0.25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  were found in CZ. The highest accumulation of Pr was found in moss in coal basins, especially near Most and Kadaň in western Bohemia. This area is affected by high levels of soil and industrial dustiness associated with extraction of brown coal and industrial combustion of enormous amounts of coal in the local power plants. Deposition loads of soil particles and coal ash are the main sources of Pr in moss in this area. Similarly high deposition rates of soil particles eroded from large fields near Pohořelice and Přerov caused high Pr accumulation in moss at these sites. Near Mělník and near Litoměřice, the Pr content in moss is controlled by increased deposition rates of soil particles in intensively cultivated land. Near Mělník, a coal-fired power plant is also in operation. In the remaining 90 % of the CZ territory, the Pr content in moss did not exceed 0.12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , which corresponds to the regional background levels. The current pattern of Pr distribution in moss is very similar to the pattern for Nd and for other rare earth elements, indicating common emission sources, spreading and deposition.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

A comparison of the results from the moss surveys in 2000 and 2005 showed similar patterns of Pr content distribution in moss. However, a substantial decrease in Pr content in the former large hot spot in southern Moravia was determined in 2005. Diminished accumulation of Pr in moss is associated with decreased deposition rates of soil particles due to lower wind erosion intensity, and due to the fact that the moss samples were collected, where possible, at sites in larger groves in this area. The slightly increased hot spots near Most and Kadaň in 2005 indicate raised deposition loads of dust particles due to local climatic or anthropogenic effects. The background Pr concentrations increased slightly in western Bohemia and decreased in western Moravia in 2005.

### 3.1.26 Rb – Rubidium

#### *Current rubidium content distribution*

The current content of rubidium (Rb) in moss was found to range between 2.95–101  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . An accumulation of Rb over 90  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was found in moss samples from Mariánské Lázně, Jevany, Nová Bystřice and Říčky in the Orlické Mts. An increased Rb content in moss was also determined locally in all state border mountains in Bohemia (the Orlické Mts, the Krkonoše Mts, the Jizerské Mts, the Krušné Mts, the Šumava Mts, the Novohradské Mts and the southern part of the Czech-Moravian Highlands), and in the Králický Sněžník Mts and the Jeseníky Mts in northwestern Moravia. In the central part of CZ, increased amounts of Rb were accumulated in moss near Sedlec-Prčice and near Nové Město na Moravě. The moss samples probably acquired their high Rb content from Rb-rich granitic rock types. Similarly as in the case of caesium, cycling in forests accounts for how Rb makes its way into litter, humus and topsoil. Through erosion, bio-turbation and similar activities, Rb enters clumps of moss plants. In about 75 % of the CZ territory, moss samples contained Rb at regional background levels below 30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

Moss samples with an Rb content above the background levels were collected at the same sampling plots in 2000 and 2005. However, the content of Rb (content classes) at some of these plots was somewhat different in 2000 and 2005. In all plots, the content of Rb in moss decreased slightly. However, in the Krušné Mts and near Nové Město na Moravě the decrease was sharp. The accumulation of Rb in moss at these plots may be controlled by current climatic conditions (precipitation, wind speed). The distribution of the zones of background Rb content in moss was unchanged in 2005.

### **3.1.27 S – Sulphur**

#### ***Current sulphur content distribution***

The current content of total sulphur (S) in moss ranged between 756–1970  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . A high content of total S was found in moss collected near Most in western Bohemia, near Hodonín and Hrušovany nad Jenišovkou in southern Moravia, and near Frýdek Místek. The areas near Most, near Hodonín and near Frýdek Místek are affected by combustion of coal in power plants and in industrial furnaces (metallurgical and engineering industries). The area in southern Moravia suffers from high deposition loads of soil particles eroded from local soils on sea sediments rich in sulphates. Increased S accumulation in moss was found between Mělník and Kladno, between Hradec Králové and Pardubice, between Ostrava and Nýdek, and very locally at 3-5 other sites. Increased accumulation of S in moss is caused by the release of sulphur compounds from industrial furnaces (the local power plant, municipal waste incinerators, industrial furnaces), by increased atmospheric deposition rates of industrial dust (aerosols of sulphates, ash and slag particles), and by soil particles eroded from soil covers on sediments containing sulphates. The current territorial background S content below 1 300  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was found in 80 % of the CZ territory.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The relevant isopleth maps of S distribution in moss showed hot spots in the same position in 2005, but they were frequently of lower intensity than the hot spots in 2000. There is marked abatement of the former hot spots in southern Moravia, near Zábřeh in northern Moravia, and near Pardubice in northeastern Bohemia. This phenomenon can be explained by a decrease in the deposition rates of eroded soil and industrially emitted sulphur compounds (locally reduced industrial production). On the other hand, the increased S content in moss between Most, Mělník and Slaný may indicate increased operation of power plants, incinerators and other industrial furnaces in the local coal basin. A slight expansion of the area covered by moss with regional background S content under 1 200  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was determined, mainly in the PU, OL, BN and ZL regions. This may be explained either by the ongoing reduction in the amount of industrially combusted coal in the former industrial regions in northeastern CZ and the adjacent Silesian regions, or by reduced soil erosion due to the wet year 2005.

### **3.1.28 Sb – Antimony**

#### ***Current antimony content distribution***

Moss accumulated antimony (Sb) in amounts ranging between 0.041–1.73  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. One notable hot spot with a very high Sb content in moss was identified near Příbram in 2005. The Sb accumulated in the moss undoubtedly originates from the emissions of the secondary lead smelter operating near Příbram. An increased Sb content in moss was found between Prague and Rakovník, in the Lužické Mts and in the Jizerské Mts, near Přímda in southwestern Bohemia, near Náchod in northern Bohemia, and near Ostrava in northeastern Moravia. A small number of individual plots elsewhere showed a slightly increased Sb content in moss in 2005. The bio-indicated increase in deposition loads of Sb may be associated with increasing density of car and lorry transport in industrial centres, on highways and in Prague, increased operation of non-ferrous smelters (Ostrava) or engineering works (Varnsdorf). In about 80 % of the CZ territory, the content of Sb in moss was at territorial background levels below 0.20  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The main hot spot of Sb contamination near Příbram was larger and more intensive in 2005, probably due to increased production of the secondary lead smelter. Sites with increased accumulation of Sb and an expansion of the zones with an increased Sb background content in moss were found in the LI, UL, KV, PL, SC, HK and OV regions. Increased traffic density and increased production of non-ferrous works may be the crucial causes of this trend. Increased accumulation of Sb in moss was found in western and northern parts of Bohemia and in the northern part of Moravia, while in southeastern Bohemia and southern Moravia no raised background deposition level of Sb was bio-indicated. There was a significant short-term increasing trend in the Sb content in moss in 8 regions (Table 21).

### 3.1.29 Se – Selenium

#### *Current selenium content distribution*

The bio-monitoring survey found that the current selenium (Se) content in moss ranges between 0.08–1.51  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The highest accumulation of Se in moss was determined near Teplice and near Louny. The operation of several coal power plants in the nearby coal basin, and the operation of local metallurgical and engineering works cause the high accumulation of Se in these areas. Increased accumulation of Se in moss was found almost throughout the UL and LI regions and in parts of the SC, OV and HK regions. Several other plots where increased Se accumulation in moss was determined may reflect accidental contamination of the moss in a forest stand. The territorial increase in the Se content in moss is caused by the operation of coal power plants, metallurgical, glass and chemical works. However, approximately 80 % of the CZ territory is covered by moss with a low territorial background Se content of about 0.2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

The isopleth maps for the distribution of Se content in moss in 2000 and 2005 showed very similar patterns. A dominant hot spot situated in the UL region reappeared at the same site, and was more intense in 2005. The increased current industrial emissions at Krupka are with high probability the cause of this phenomenon. The zone of increased accumulation of Se in moss in the UL and LI regions became larger, and Se accumulation also increased locally near Louny, near Most, near Kadaň, near Nový Bor and near Harrachov. Increased production of local power plants, engineering and glass works or increased erosion of industrial dumps could explain this phenomenon. On the other hand, the former zone of increased Se accumulation in moss in the HK and PU regions decreased markedly. Reduced erosion of industrial waste dumps and reduced industrial dust deposits caused this improvement in northeastern Bohemia. In 2005, there was a reduction in the area of moss with a low background Se content in southwestern Bohemia, and an increase in the area of moss with a low background Se content in northwestern Moravia. The changes in regional deposition loads may reflect an increase in Czech and foreign emission sources in western Bohemia and Saxony, and a reduction in Czech and foreign emission sources in northeastern Bohemia and southern Poland. The decreased background accumulation of Se in moss in the BN region mainly reflects reduced erosion of soil particles in the region in 2005.

### 3.1.30 Sn – Tin

#### *Current tin content distribution*

The tin (Sn) content in moss ranged between 0.095–1.70  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The highest Sn content was found in the area around a secondary lead smelter near Příbram. Accumulation of Sn by moss above 0.50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was also found near Varnsdorf, near Krupka and near Litvínov in northwestern Bohemia. The operation of foundry, textile, glass and ceramics works explains the increased Sn accumulation in moss in these locations. An increased Sn content in moss was found along the Krušné Mts, Lužické Mts and Jizerské Mts, in the Broumovská Highlands, near Ostrava, and near Přimda in southwestern Bohemia. In spite of the frequent natural occurrence of Sn-minerals in the Krušné Mts, the effect of natural sources of Sn is not considered here, because no significant increase in Sn accumulation in moss was revealed in this mountain range in the previous moss survey. However, the moss samples along the state border in northwestern CZ show proportionally similar contents of Se and Sn, (and may be In), indicating long-term operation of joint Sn and Se pollution sources, e.g., near Teplice, near Nový Bor, and near Tanvald, where there are metallurgical, engineering and glass industries. The operation of metallurgical works caused increased accumulation of Sn in the OV region. The area near Broumov in northeastern Bohemia suffers from increased deposition rates of pollutants from a nearby coal power plant and industrial works in southern Poland. The cause of the increased accumulation of Sn in moss near Přimda is not known, and may reflect accidental contamination of the sampling plot through bio-turbation of the forest floor, disposal of wastes, or some other cause. In about 90 % of the CZ territory, moss contained low territorial background levels of Sn below 0.30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

One crucial area of high Sn accumulation in moss, near Příbram, was determined in CZ in 2000 and 2005. The double hot spot (Příbram, Hrádek near Rokycany) in 2000 was replaced by a single hot spot caused by the operation of a secondary lead smelter in Příbram in 2005. In contrast to 2000, there was an obvious increase in the area with higher accumulation of Sn in moss in the mountain areas of the KV, UL, LI, and HK regions. The background Sn levels in moss in northern and western Bohemia were also higher in 2005. The bio-indicated increase in Sn deposition rates is difficult to explain. Increased metallurgical production in plants along the CZ/German state border, or higher intensity of wet deposition of Sn in 2005, are possible explanations. On the other hand, a slight decrease in Sn content in moss in 2005 was found in the PU and OV regions. A decrease in metallurgical and engineering production may have caused this phenomenon. In about 60 % of the CZ territory, mainly in southern and eastern Bohemia and in Moravia, no substantial change was determined in the Sn content in moss.



### 3.1.31 Sr – Strontium

#### *Current strontium content distribution*

The strontium (Sr) content in moss ranged between 3.72–58.3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. Three sites in CZ showed high contamination of moss by Sr, exceeding 30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ : the areas near Most and Podbořany in western Bohemia and near Hrušovany nad Jevišovkou in southern Moravia. A less intensive hot spot appeared near Městec Králové in 2005. No major industrial sources of Sr are anticipated. High deposition loads of eroded rock or humus and soil particles are clearly a cause of high Sr accumulation in moss. Larger areas of increased Sr content in moss were found near Frýdek Místek, near Uherské Hradiště and near Zábřeh in Moravia. The raised Sr content in the moss samples can be explained by increased deposition loads of soil particles and ground dust released by erosion or by anthropogenic soil activities (mining of raw materials, ploughing, and construction). A few individual plots with an increased Sr content in moss, located elsewhere, indicated accidental soiling of moss stands rather than the effects of industrial activities. The moss samples from the UL, BN and ZL regions had the highest mean Sr contents. In 75 % of the CZ territory, the Sr content in moss was at low territorial background levels below 12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

The patterns of the Sr contents in moss in the isopleth maps for 2000 and 2005 showed areas with the highest Sr accumulation in moss in the same positions. The long-term effect of increased dustiness was found in the brown coal basin in western Bohemia and in highly agricultural southern Moravia. In 2005, new spots of increased Sr content in moss were revealed in northeastern Bohemia and in northern Moravia. A decrease in the background Sr content in moss in the central part of Moravia and a local increase in marginal parts of northeastern Moravia were determined in 2005. These fluctuations in the regional Sr content in moss, and mainly in the local Sr content, reflect the current deposition levels of soil and dust particles controlled by local climatic conditions and human activities (land-use).

### 3.1.32 Th – Thorium

#### *Current thorium content distribution*

The current bio-monitoring campaign found a thorium (Th) content in moss ranging between 0.039–0.363  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The highest Th content was found in the following three areas of CZ: northwestern Bohemia, southern Moravia and central Moravia. Since no industrial sources of Th operate in CZ, the rate of Th accumulation in moss indicates the deposition levels of soil and dust particles. High deposition loads were bio-indicated near Hustopeče and near Přerov in highly agrarian parts of Moravia. High deposition levels of soil dust can also be assumed in the brown coal basin near Most, and around the power plant near Mělník. The high accumulation of Th in moss near Ústěk may be caused by the spread of eroded humus particles that are naturally rich in geogenic Th. A similar factor may operate near Harrachov, near Dačice, near Bechyně and near Bílovec, and at other individual plots scattered throughout CZ. A content of Th in moss above the territorial background level of 0.12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  was determined in about one quarter of the CZ territory. The UL, BN and ZL regions were most affected.

#### *Temporal and spatial trends 2000–2005*

In 2000, the largest Th hot spot was determined between Přerov and Mikulov, in southern Moravia. The marked abatement of this hot spot reflects decreased soil particle deposition loads, due to decreased erosion in the wet year 2005. The abatement may also be partly because the moss samples were collected at sites better protected by larger tree stands. The high Th content in moss identified at the sampling plot near Třebíč in 2000 was not found in 2005, probably because in 2005 the moss specimens on a syenite rock type were less contaminated by humus or by soil particles of the forest floor. A moderate strengthening of the hot spots in northwestern Bohemia in 2005 was probably due to increased anthropogenic ground activities and wind erosion effects. For the same reason, increased background levels of Th were determined in western and southern Bohemia in 2005. On the other hand, the zones of increased Th content in moss were diminished in northeastern Bohemia and in central Moravia in 2005. The background content of Th was further reduced in northern and western Moravia. These fluctuations are controlled by regional atmospheric deposition rates of soil and humus particles.

### 3.1.33 Tl – Thallium

#### *Current thallium content distribution*

The thallium (Tl) content in moss ranged between 0.011–0.495  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . At three sampling plots near Hřensko, near Děčín and near Teplice nad Metují situated in sandstone massifs on the state border, moss accumulated a high Tl content above 0.25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The listed hot spots are not situated near any industrial sources of air pollution. High Tl accumulation in moss may appear at sites where there are high Tl concentrations in the bedrock. Due to element cycling, bio-turbation, the spread of eroded litter and humus in forest moss, plants are contaminated in a similar way as in the case of Cs and Rb. An increased Tl content in moss was found near Zlaté Hory, near Karviná, near Česká Lípa, near Mariánské Lázně, near Železná Ruda, ne-

ar Jevany, near Žďár nad Sázavou in the Krkonoše Mts, and at a few other individual sampling plots. At these plots, too, we assume a geogenic origin, rather than an anthropogenic origin, of Tl in the moss. In approximately 90 % of the CZ territory background levels of Tl were found in moss.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The distribution patterns of the Tl content in moss were similar in 2000 and in 2005. The same sampling plots with the highest Tl content in moss near Hřensko were determined again in 2005. A small new regional hot spot near Teplice nad Metují was revealed. There were more plots with an increased Tl content in 2005 than in 2000. New areas of increased Tl accumulation were found in the KV, CB and JI regions. The cause of the variable Tl accumulation in moss is considered to be the variable intensity of erosion and the spread of litter, humus and soil particles. For the same reason, the area of the zones with background Tl content in moss has decreased slightly in Bohemia, but has not changed significantly in Moravia. A significant increase in Tl in moss in 2005 in comparison with 2000 was found only in the SC and KV regions (Table 21).

### **3.1.34 U – Uranium**

#### ***Current uranium content distribution***

The content of uranium (U) in moss ranged between 0.010–0.247  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 2005. At five sites (near Kořenov, near Chomutov, near Broumov, near Nová Bystrice and near Pohořelice) the U content in moss exceeded 0.12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Near Pohořelice and near Chomutov, the sampling plots suffer from considerable deposition loads of soil or industrial dust particles. At the remaining sites, there is a high content of U in the bedrock types, or uraninite deposits have been extracted. Around Česká Lípa, Roudnice nad Labem, Kladno, Ostrov, Veselí nad Lužnicí, Jemnice and Přerov, increased accumulation of U in moss was determined in 2005. There was accidental contamination of moss through eroded rock, humus and soil particles at sites of naturally enriched U, or contamination of plots by extremely high deposition rates of eroded soil particles (e.g., Přerov, southern Moravia), or by ground particles in an industrial area (Kladno). In spite of the relatively very high U content in the rock types and in their soil covers in CZ, the U content in moss was at background levels below 0.04  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in 75 % of the country.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The largest spot of high U accumulation in moss was determined in southern Moravia in 2000 and again in 2005. This long-term bio-indicated high U accumulation in moss is due to increased deposition rates of eroded soil particles released from sediments of Carpathian flysch. The size and contamination level of this hot spot depends on factors controlling soil erosion intensity in this area. The same is true when determining the other hot spots. Depending on this erosion, the moss samples do or do not contain increased amounts of U, even near former uranium pits. Locally increased deposition of soil particles caused the appearance of U hot spots near Nová Bystrice, near Broumov, near Chomutov and near Jizerka, and enlarged the zones of increased U accumulation in moss in northwestern and southern Bohemia. Decreased deposition loads of soil particles reduced the extent of the hot spot in Moravia in 2005. However, only the decrease in U content in the moss samples for the ZL region, and the increase in the KV region, were statistically significant (Table 21).

### **3.1.35 V – Vanadium**

#### ***Current vanadium content distribution***

The vanadium (V) content in moss ranged between 0.675–7.18  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Three sites where moss accumulated high V contents above 5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  were revealed: near Most, near Kadaň and near Mělník, where local coal-fired power plants have operated. Sinking ash and soot particles are the main sources of V for moss at these sites. Increased accumulation of V in moss was found around the hot spots in the UL region and in the western part of the SC region, around Hustopeče in southern Moravia, along the state border in the LI district, near Frýdek Místek, and near Příbram. The area in southern Moravia is affected by high deposition rates of eroded soil particles containing V. A part of the LI region suffers from the operation of a power plant nearby, at Bogatynia in Poland. The areas around Frýdek Místek and Příbram are dominantly affected by the operation of local metallurgical works. Zones of increased V accumulation in moss frame the hot spots, and appear independently along the state border in northwestern Bohemia, near Příbram, near Frýdek Místek, near Přerov and near Hustopeče. These plots are affected by the operation of coal power plants in the brown coal basin in CZ and Poland (Bogatynia), by the operation of metallurgical works (Příbram, Frýdek Místek), and by locally increased deposition loads of eroded soil particles (Přerov and southern Moravia). Territorial background V contents were found in moss in about 85 % of the CZ territory. A higher background content of V was determined in western Bohemia and in northeastern Moravia than in the other parts of CZ.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

The same areas with the highest accumulation of V in moss (northwestern Bohemia and southern Moravia) were determined both in 2000 and in 2005. In 2005, slightly increased former hot spots were found in northwestern Bohemia, and slight-

ly decreased former hot spots in southern Moravia. Increased intensity of coal-fired power plants in the Most coal basin and decreased wind erosion of soil covers in southern Moravia may explain these phenomena. In comparison with 2000, the size of the areas of increased V accumulation in moss grew in the UL and LI regions in 2005. On the other hand, the similar areas of increased V accumulation shrank or disappeared in the PU, OV and ZL regions. The average V background level increased in western Bohemia and decreased in eastern Moravia in 2005. Different intensity of wind erosion in the western and eastern parts of CZ may explain this change in the current V distribution pattern.

### **3.1.36 Y – Yttrium**

#### ***Current yttrium content distribution***

The current yttrium (Y) content in moss ranged between 0.075–0.863  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . No significant industrial sources of Y operate in CZ. However, Y is a typical soil element present in ground dust. The highest content of Y in moss was found in the brown coal basin in northwestern Bohemia. Two hot spots, near Most and near Kadaň, were found in this area in 2005. The high accumulation of Y in moss is caused by the high dustiness in this area, associated with extraction and transportation of coal and coal combustion in the local coal power plants. Another marked hot spot of Y accumulation in moss was revealed in southern Moravia. This area is dominantly affected by high deposition loads of eroded soil particles originating from the local soil covers developed on Carpathian flysch. Less obvious hot spots were found near Prostějov and near Mělník. The sampling plot near Prostějov is affected by high deposition loads of soil particles at the sampling plot. Near Mělník, dustiness associated with the operation of the local power plant increases the Y content in moss. The small hot spot near Tanvald in northern Bohemia is probably caused by accidental soiling of moss (e.g. bio-turbation of forest floor) rather than by deposition of dust generated in the local production of ceramics. The lowest background levels of Y in moss were found mainly in the Czech-Moravian highlands.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

A comparison of the isopleth maps of the distribution of Y in moss in 2000 and 2005 showed that the hot spots in the coal basin in northwestern Bohemia and near Mělník became stronger in 2005, probably due to currently increased dustiness in these areas. On the other hand, the intensity and the area of the former hot spot in southern Moravia was significantly smaller in 2005, due to lower deposition levels of soil particles, mainly at the new sampling plots, which were better protected from deposition of field dust. The former increased Y content in moss near Krnov disappeared in 2005, because less soiled moss samples were collected at the sampling plot situated on a bare plot in the periphery of the town. The hot spot near Tanvald was not revealed in 2000. This may indicate either one-shot contamination of moss in the forest, or a short-time effect of increased soil dustiness in the area. The respective territorial background content of Y in moss increased in southwestern Bohemia and decreased in the Czech-Moravian highlands in 2005, probably due to changes in the territorial atmospheric deposition loads of ground dust. The current distribution of Y contents in moss and the changes during the 2000–2005 period are similar to the distribution of the other typical lithophile elements (lanthanides).

### **3.1.37 Zn – Zinc**

#### ***Current zinc content distribution***

The current content of zinc (Zn) in moss ranged between 20.9–98.8  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Two areas of higher Zn accumulation were revealed in CZ, in the brown coal basin near Most, and near Frýdek Místek. The Most area is most affected by the operation of coal power plants, while the Frýdek Místek area is impacted by the operation of metallurgical plants. An increased Zn content in moss was found in northeastern Moravia, near Rokycany and at about seven other individual plots. The operation of metallurgical works caused an increased Zn content in moss near Rokycany and in northeastern Moravia. The raised Zn content at the remaining plots is probably due to accidental pollution of the sampling plots by industrial or soil dust. Moss showed increased or highly accumulated Zn above 50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in less than 10 % of the CZ territory.

#### ***Temporal and spatial trends 2000–2005***

Similar patterns of Zn content distribution in moss were found in the isopleth maps for 2000 and 2005. Three crucial hot spots of high Zn accumulation in moss revealed in 2000 (northwestern Bohemia, northeastern Moravia and Příbram) were again found at the same sites in 2005. However, the intensity of the Zn accumulation in moss had decreased markedly, especially in the hot spot near Příbram. This may be due to lower amounts of Zn processing in the current production of the smelter. No substantial changes in the number and size of the plots of increased Zn content in moss were found in 2005. A clear reduction in the background Zn content in eastern Moravia was observed in 2005. A general decrease in the deposition rates of eroded soil and humus particles may explain this.

### 3.2 Correlation in element composition

Many significant ( $p \leq 0.05$ ) correlations in the element content were found in the moss samples.

The content of lanthanides correlated very tightly and positively ( $r \geq 0.90$ ) with the content of some other lithophile elements, e.g., Ce, La, Nd, Pr, Th and Y. Most of the remaining lithophile elements (e.g., Al, Ce, U and V) correlated less tightly ( $r = 0.65\text{--}0.90$ ).

Numerous correlations were found for contents of chalcophile elements, e.g., Ag, Bi, Cd, Fe, Hg, In, Mo, Pb, S, Sn, Tl, Zn. The content of Fe, Ga, and V in moss correlated very tightly ( $r \geq 0.90$ ).

Accumulations of Cs and Rb in moss were determined in similar ratios. In addition to the very tight correlations in Cs and Rb content, less immediate correlations were found between Be, Se and Tl content, on the one hand, and Cs and Rb, on the other. The content in moss of total nitrogen, a non-metallic element, correlated significantly and positively not only with S but also with Ag, Cu, Mo, and U. The content of some elements correlated significantly only with a few other elements. For example, Co in moss correlated only with Bi and Mo. The accumulation of Mn in moss frequently showed an opposite tendency to that of many of the other elements. However, no significant correlation was found for Mn content with any other element.

Significant and negative correlations in element contents in moss were rare. In the correlation matrix, a negative correlation was found for Cr and Sb content with Se content. Similarly, Ni content correlated negatively with Sb, Sn and Tl content.

The correlation analyses provided similar results to those obtained in the previous moss survey (e.g. Suchara et al. 2007b). The tight positive correlations in element contents in the moss samples may indicate similar pollution sources of these elements, and similar ways in which they were spread, deposited and taken up by moss.

### 3.3 Cluster analysis

The variability of element content in moss was also evaluated using the cluster analysis method. Pearson's correlation coefficient values were used for rating similarities in element variability in the moss samples.

The resulting cluster analysis diagram is presented in Figure 2. In the diagram, the elements are divided into three main clusters, according to variability in element content in moss. The first large cluster of mainly lithophile elements is divided into three sub-clusters of elements. The lanthanides (La, Pr, Nd, Ce) showed the greatest similarity in their variability. The other lithophile elements were gathered into another sub-cluster, consisting of two groups of elements: (U, Th, Y and Li) and (V, Ga, Fe and Al). A small group comprising Ni and Cr is also included in this first cluster.

The second cluster consists of two sub-clusters. The first sub-cluster consists of a group of mainly chalcophile elements that appear in polymetallic ores (Mo, Co, In, Pb, Bi, As and Ag) and a group containing Se, Tl, Sn and Sb. The second sub-cluster consists of four elements with a clearly different distribution than that of the other elements. Rb and Cs form a pair of elements that appear in moss in a relatively stable content ratio. The other elements in this sub-cluster are Be and Mn, which have a very specific distribution in moss.

The third cluster contains two sub-clusters. The first includes the typical biogenic elements, non-metallic S and N and metallic Zn and Cu. The second sub-cluster is made up of miscellaneous elements, most of them highly toxic (Sr, Hg, Cd, Be).

The cluster analysis of element contents in moss survey 2000 (Suchara et al. 2007a: 98) also showed three main clusters. The cluster of lithophile elements had a very similar composition in 2000 and 2005. The cluster of chalcophile elements contained similar elements in 2000, but the group comprising Rb and Cs was also included in this cluster. The remaining elements were gathered in the third cluster in 2000. The elements that had a different cluster and sub-cluster rating in 2000 were Mn, Ba, As and Zn. However, the fluctuations in the element variability rating in moss in 2000 and 2005 probably do not reflect changes in the distribution of atmospheric deposition rates. More likely, they reflect changes in element accumulation due to the operation of stand factors.

### 3.4 Factor analysis

The raw analytical results were also evaluated using factor analysis. The principal component extraction methods and the varimax raw factor extraction method were used. A maximum of five factors could usefully be extracted. The following elements were markedly controlled (factor loadings  $\geq 0.700$ ) by individual factors F1–F5:

F1: Al, Ce, Fe, Ga, La, Li, Nd, Pr, Th, U, V, Y (explained variability 10.6 %)

F2: Bi, In, Pb, Sb, Se, Sn, Tl (explained variability 8.7 %)

F3: Cu, S, Zn (explained variability 6.1 %)



F4: Be, Cs, Rb (explained variability 4.1 %)  
 F5: Ba, Cd, Sr, Hg (explained variability 3.7 %)

Factor F1 best explains the variability in lithophile element content in moss. F1 seems to represent increased erosion and deposition rates of soil particles. These elements are also included in the cluster on the left-hand side of the cluster diagram in Figure 2.

Factor F2 controls the variability of mainly chalcophile elements. This factor represents the operation of non-ferrous metallurgical industries and the deposition conditions of their emissions in CZ. The elements whose content in moss is controlled by this factor are included in the cluster on the right-hand side of the cluster diagram in Figure 2.

Factor F3 explains the variability of biogenic elements. This factor represents not only the emission-deposition condition of these elements but also control of their accumulated levels by moss.

Factor F4 probably represents the distribution of geological anomalies of these elements, and the intensity with which they are taken up from the bedrock and from subsoils by trees, and the cycling intensity of these elements in forest ecosystems.

Factor F5 is difficult to identify, because it represents the distribution of Cd emitted mainly from non-ferrous metallurgical sources, Hg released mainly from incinerators and chemical works, while Ba and Sr are typical soil elements. The similarity in content variability that joins these elements is accidental, and there is probably not any common factor that controls their content in moss.

A comparison with the results of the factor analysis in moss survey 2000 shows that factor F1 controlled the distribution of the same elements in moss in 2005 and 2000. Factor F2 also operated in 2000, but it substantially controlled only 3 elements (Pb, Sb, Sn). Factor F3 was also identified in 2000 (when it was marked as F5). However, F3 did not control the variability of Zn in 2000. Similarly, factor F4 explained the marked variability in Cs and Rb content in moss, but in 2000 it did not explain Be variability. Factor F5 seems to be a new factor for 2005, because the similar factor F3 extracted in 2000 markedly controlled only Cd and Zn content in moss.

Factors F1, F3 and F4, identified in 2005, also operated in a very similar way in CZ in 2000.

Tree Diagram for 37 Variables  
 Ward's method, 1-Pearson r

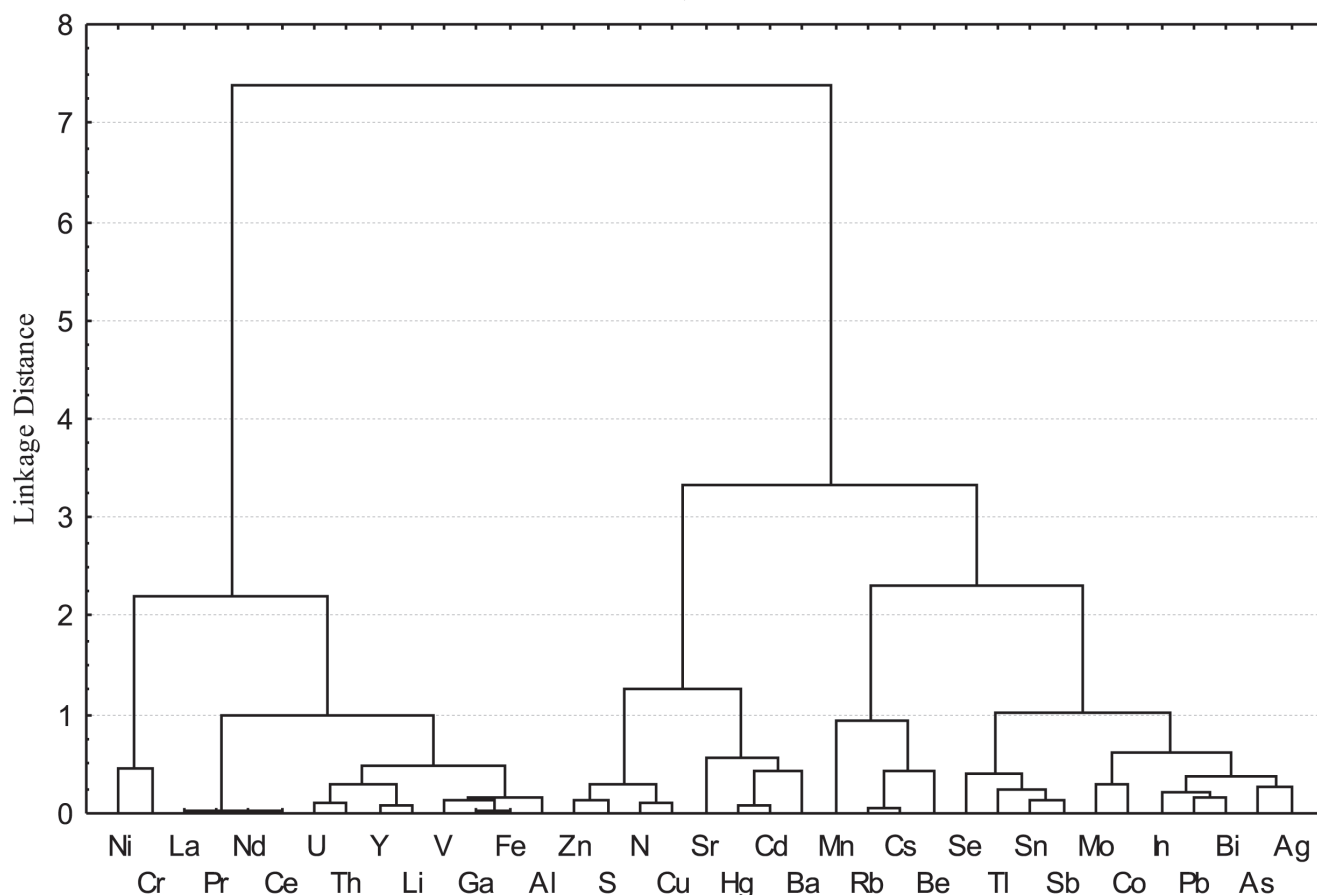


Figure 2 Result of the cluster analysis.

### 3.5 Effects of landscape factors

We tested the effects on element distribution in moss of altitude, bedrock types and the geomorphology of the moss sampling plots, land use (portion of forests, arable soil, urbanised area) in a 5-km radius around the sampling plots, and the total annual precipitation in the area. Similarly as in the previous CZ moss survey (Sucharová and Suchara 2004a: 61–66; Suchara et al. 2007a: 103–107), no substantial effect of geomorphology and geology on the distribution of elements in moss was found in 2005. Nevertheless, the accumulated amounts of many elements in moss correlated significantly with the elevation of the sampling plots, with total annual precipitation, and with the proportion of forests, arable soil and urbanised areas in 2005.

#### 3.5.1 Elevation

The accumulation of 21 of the elements in moss decreased significantly with elevation (Table 19). However, the partial correlation coefficients were very weak ( $r_p = 0.12$ – $0.34$ ). Decreased element content in moss indicated lower atmospheric deposition levels of the elements. This may, for example, be due to the decreasing content of sedimenting particles at high elevations, or decreasing settlement density and anthropogenic pollution sources at higher elevations.

Only Ag, Cs, Rb, Sn and Tl content in moss correlated positively with elevation in 2005. One explanation may be the occurrence of rock types rich in these elements in mountains. Contamination of moss may be due to erosion of rock, cycling of elements in the forest, or bio-turbation of the forest floor. The content of nine elements in moss did not correlate significantly with elevation in 2005.

With the exception of a few elements, e.g. silver and indium, the same types of correlations were found between element content in moss and elevation in 2000 and 2005. This indicates a relatively stable effect of elevation on accumulation of elements in moss in CZ.

#### 3.5.2 Precipitation

The moss samples were exposed to the total precipitation amounts in 2003–2004 and in more than one half of 2005. The long-term annual average precipitation for CZ (“normal”) is about 674 mm. The total annual precipitation amounts in 2003, 2004 and 2005 were 516, 680 and 732 mm, respectively. However, in each year, mainly in 2003 and 2004, there was a marked dry period in the vegetation period.

The mean annual precipitation amounts for the sampling plots in 2003, 2004 and 2005 were 304, 376 and 470 mm, respectively. The annual precipitation amounts correlated significantly and positively with the elevation of the sampling plots ( $r = 0.51$ – $0.78$ ;  $p = 0.00001$ – $0.006$ ). Surprisingly, the correlations between element content in moss and annual precipitation in 2003, 2004 and 2005 and 2004–2005 and 2003–2005 were very similar.

The correlations for element content in moss and the total annual precipitation 2003–2005 are presented in Table 19. The figures show a distinct tendency for moss to accumulate smaller amounts of elements with increasing total precipitation encountered by the moss segments during their lifetime increases. The content of 22 elements in moss decreased significantly with increasing total precipitation 2003–2005. We may surmise, for example, that increasing precipitation can wash out dust deposits from the surface of the moss, or extract elements more effectively from the moss tissue. The content of several elements in moss (Ag, Ba, Cd, Cs, Pb, Rb, Tl and Zn) increased significantly with exposition of moss plants to greater amounts of precipitation. We can consider, for example, that increasing wet deposition supplies higher amounts of these elements to the moss.

There is a distinct change in the precipitation effect in 2005 in comparison with 2000. There is a clear increase in element contents that correlate negatively and significantly with increasing precipitation. It is difficult to identify the reason. For example, elements may have been intensively extracted from moss plants in the relatively wet year 2005, after the extremely dry year 2003 and the dry year 2004. When the element contents in moss were correlated with the annual precipitation in extremely dry year 2003 and in relatively wet 2005, much more significant negative correlations were observed for 2003. The effect of precipitation on element content in moss needs to be studied in greater detail.

Element	Elevation		Precipitation 2003–2005		Element	Elevation		Precipitation 2003–2005	
	$r_p$	p	$r_p$	p		$r_p$	p	$r_p$	p
Ag	0.31*	<0.001	0.38*	<0.001	Mo	-0.05	0.385	-0.04	0.511
Al	-0.22*	0.0002	-0.27*	<0.001	N	-0.30*	<0.001	-0.19*	0.002
As	-0.13	0.026	-0.22*	0.002	Nd	-0.26*	<0.001	-0.30*	<0.001
Ba	0.10	0.093	0.25*	<0.001	Ni	-0.20*	0.0009	-0.17*	0.005
Be	-0.15*	0.014	-0.1*	0.013	Pb	0.11	0.071	0.26*	<0.001
Bi	0.07	0.223	-0.18*	0.003	Pr	-0.25*	<0.001	-0.30*	<0.001
Cd	0.11	0.077	0.31*	<0.001	Rb	0.50*	<0.001	0.47*	<0.001
Ce	-0.25*	<0.001	-0.30*	<0.001	S	-0.34*	<0.001	-0.25*	<0.001
Co	-0.28*	<0.001	-0.31*	<0.001	Sb	0.08	0.209	-0.01	0.844
Cr	-0.28*	<0.001	-0.13*	0.027	Se	0.02	0.719	0.06	0.333
Cs	0.39*	<0.001	0.39*	<0.001	Sn	0.14*	0.021	0.08	0.202
Cu	-0.27*	<0.001	-0.13*	0.031	Sr	-0.17*	0.006	-0.19*	0.002
Fe	-0.24*	<0.001	-0.12*	0.041	Th	-0.26*	<0.001	-0.25*	<0.001
Ga	-0.20*	0.0009	-0.23*	0.0001	Tl	0.25*	0.0002	0.27*	<0.001
Hg	-0.12*	0.045	-0.14*	0.018	U	-0.06	0.330	-0.08	0.168
In	0.03	0.650	0.05	0.438	V	-0.13*	<0.001	-0.18*	0.003
La	-0.23*	0.0001	-0.29*	<0.001	Y	-0.24*	<0.001	-0.27*	<0.001
Li	-0.23*	0.0001	-0.29*	<0.001	Zn	-0.12*	0.045	0.12*	0.039
Mn	-0.09	0.128	-0.22*	0.0003					

Table 19 - Correlation of element content in moss with elevation and total precipitation 2003–2005 for the sampling plots, ( $r_p$  = partial correlation coefficient, p = significance level).

### 3.5.3 Effects of wooded and urbanised landscapes

The effects of the wooded and urbanised proportion of the landscape within a 5-km radius of the sampling plots were determined, using the same categories as in the previous CZ moss survey (Sucharová and Suchara 2004a: 64–66, Suchara et al. 2007a: 106–107). Four classes of 25 % intervals were used, expressing the proportion of the surroundings of the sampling plots covered by woods. The effect of urbanised surroundings of the sampling plots was evaluated using two alternative classes. The “urbanised” class included all cases where the proportion of urbanised area (both village and town types of urbanisation) exceeded 30 % of the delimited area around the sampling plots. Cases where the proportion of urbanised plots was less than 30 % were included in the “non-urbanised” class.

In accordance with the findings of the previous moss survey, the content of many elements in moss often correlated significantly ( $p \leq 0.05$ ), and most frequently correlated negatively, with increasing wooded area around the sampling plots. Significant and negative correlations were found for the content of the following elements in moss: Al, Ce, Co, Cu, Fe, Ga, La, Li, N, Nd, Pr, S, Sr, Th, U and Y. The typical values of the correlation coefficients were very small, and ranged between  $-r_p = 0.20$ – $0.30$ . Most of these are lithophile elements. The correlations indicate a protective effect of forest stands against erosion of the ground (soil covers) in the surroundings of the sampling plot and a filtering effect of woods, impeding the penetration of eroded ground particles into the forest interior. A significant and positive correlation of the element content in moss with increasing forest area in the landscape was frequently found for chalcophile elements Ag, Cd, Cs, Pb, Rb, Sn and Tl. The correlation coefficients were very small ( $r_p = 0.14$ – $0.29$ ), except in the case of Ag, Cs and Rb ( $r_p = 0.32$ – $0.42$ ). The mechanism by which major forest stands increase the accumulation of these elements in moss is not clear. Trees may receive these elements from the bedrock and release them in element cycling in the forest ecosystem. The results obtained for the effect of a wooded landscape on element accumulation in moss are very close to the findings from CZ moss survey 2000. However, in 2000, the Ag, Ce, Cs, Pr, Sn, Th and Tl content in moss did not correlate with forest density in landscape, while content of Ba and In did correlate.

The effect of urbanisation of at least 30 % of the landscape in the surroundings of the sampling plots reflects the impacts of larger urban type urbanisation, because the proportion of urbanisation in villages did not exceed 30 % of the area around the sampling plots. The results of the correlation analysis showed a tendency for all elements to be accumulated in increased

amounts in moss in an urbanised environment. A significant ( $p \leq 0.05$ ) and positive correlation of element content in moss with an urbanised landscape was found for the following elements: Ag, Bi, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Se, and Zn. The correlation coefficients were in the range  $r_p = 0.15$ – $0.32$ . In the previous CZ moss survey, a significant urbanisation effect was found for Ag, As, Bi, Cd, Cr, Cu, Fe, Mo, Pb and Zn content in moss. The spread of particles of urban origin (industrial and domestic combustion of fuels, operation of incinerators, metallurgical and engineering plants, and traffic) in the surroundings of urbanised plots is the main source of these elements in moss.

### 3.5.4 Effects of other factors

The effects of geomorphology and geology on element accumulation in moss were tested in the previous CZ moss surveys. However, only a few, probably accidental correlations were found. An evaluation of the current analytical results is likely to lead to similar results. However, only an evaluation of the effects of bedrock types had been completed when this report was being prepared.

The bedrock types of the moss sampling plots were gathered into six classes, according to potentially similar chemical properties: I. Poor silicic types, II. Calcareous types, III. Coloured sedimented types, IV. Poor igneous granitoid types, V. Medium rich igneous types, and VI. Rich basic and ultrabasic igneous types. For further details, see Sucharová and Suchara 2004a and Suchara et al. 2007a.

An evaluation of the current moss analytical results showed the following significant ( $p \leq 0.05$ ) and positive correlation of element content in moss with one of the given rock type classes (Geol I–VI):

Geol I: Cu, N, S, Tl

Geol II: Cu, N, S

Geol III: Ag, N, Tl

Geol IV: Rb

Geol V: Ag, Bi, Tl

Geol VI: Bi, Cu, Hg, Ni, S, Se, Sr and V.

The correlation coefficients were very weak, in the range of  $r_p = 0.13$ – $0.32$ . Typical values were about  $r_p = 0.17$ .

The element content of only a few elements in moss (Bi, Sb, Se, Tl) correlated significantly with some classes of bedrock types in 2000. In the 2005 moss survey, an increased number of significant correlations were determined. An increased effect of bedrock types on element content in moss is undesirable, because it makes it more difficult to evaluate the real effect of atmospheric deposition loads from industrial sources of air pollution. Wind erosion may have spread eroded ground particles over a larger area, and may have contaminated the sampling plots with certain elements during the extremely dry year 2003 and dry year 2004. The effect of rock types poor in nutrient contents on raised nitrogen content in moss is noteworthy. The contents of Cu, N and S in moss significantly affected by Geol I and II bedrock type classes were often found to be very tightly correlated with each other in all CZ moss surveys 1995–2005.

## 3.6 Trends in element contents

### 3.6.1 Element contents in 2005 vs. 2000

The mean element contents in moss in 2005 were compared with the contents from 2000. The data sets for all moss samples analysed in 2005 ( $n = 280$ – $282$ ) and in 2000 ( $n = 249$ – $250$ ) and also the data for samples collected in 2005 and 2000 at the same and unchanged sampling plots ( $n = 242$ ) were evaluated. These two evaluations gave nearly the same results.

In comparison with the moss analytical data from 2000, a lower mean content of 21 elements in moss was determined in 2005. However, this decrease was significant only for ten elements (Co, Cr, Cu, Ga, Mn, N, Ni, Pb, Rb and S). The greatest decrease was found for Cr ( $-39\%$ ) and Ni ( $-26\%$ ), elements contained in emissions from metallurgical works and in soil dust. The diminished contents of Cu, Ni, Pb, S and N in moss may indicate a continuing reduction in the output of non-ferrous metallurgical plants, a reduction in industrially combusted coal, and a decline in farming intensity in CZ between 2000–2005. The decreased Co, Cr, Ga, Mn and Rb content in moss may indicate locally lower effects of eroded humus, soil and ground particles, mainly in the relatively wet year 2005, rather than decreased metal emissions in comparison to 2000.

In comparison with 2000, an increased content of 14 elements in moss was found in 2005 in CZ. However, a statistically significant increase was determined only for Bi, Mo, Sb, Sn and Tl content. These elements are used in the metallurgical and glass/ceramic industries, and they may also appear in soil and humus at sites where these elements are geogenically accumulated. It is difficult to decide whether increased accumulation of these elements was caused by raised anthropogenic effects or by geogenic effects. The next moss survey will help to resolve this issue.

Table 20 provides data on absolute and relative changes in mean element contents in moss in 2000 and 2005 throughout the CZ territory.

Element	$\mu\text{g.g}^{-1}$	%	Element	$\mu\text{g.g}^{-1}$	%	Element	$\mu\text{g.g}^{-1}$	%
Ag	0.002	5.9	Ga	-0.017*	-7.7	S	-52.0*	-4.3
Al	-25	-4.4	Hg	-0.003	-5.9	Sb	0.051*	19.2
As	0.021	6.6	In	$\pm 0.000$	$\pm 0.0$	Se	0.006	2.3
Ba	-1.0	-4.7	La	0.006	1.5	Sn	0.047*	2.3
Be	-0.001	-3.2	Li	0.028	8.0	Sr	-0.390	-4.0
Bi	0.008*	27.5	Mn	-104*	-20.0	Th	-0.003	-2.8
Cd	0.002	0.7	Mo	0.030*	18.5	Tl	0.009*	18.4
Ce	0.027	3.4	N	-804*	-6.5	U	-0.002	-5.6
Co	-0.038*	-10.9	Nd	n.a.	n.a.	V	-0.060	-3.6
Cr	-0.820*	-38.9	Ni	-0.550*	-26.3	Y	-0.010	-4.8
Cs	-0.017	-3.6	Pb	-0.710*	-10.6	Zn	-2.20	-5.6
Cu	-1.22*	-18.4	Pr	0.001	1.1			
Fe	7.0	1.5	Rb	-4.70*	-18.1			

Table 20 Changes in absolute ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) and relative (%) mean element content in moss in 2005, in comparison with 2000 (100 %). \* - difference is significant at least at the level  $p = 0.05$ , n.a. – not applicable.

The differences in the regional mean content of elements in moss in 2000 and 2005 were tested in order to find regional changes in element contents in moss. The results of this statistical evaluation are given in Table 21. To simplify this table, only statistically significant increases or decreases in a given element content are marked by triangles. Most cases of significant increases in element contents in moss were found in the KV, PL, JI and LI regions. On the other hand, most cases of significant decreases in element contents in moss were determined in moss samples collected in the PU, JI, SC and OL regions. The smallest changes in mean element contents in moss were found in the CB and BN regions. Potential causes of an increased or decreased content of given elements are briefly stated in chapters 3.1–3.37, which comment on the current element contents in moss and their trends in 2000–2005.

Table 21 shows that a significant reduction in Co, Cr, Cu and Ni content in moss was found in many regions. On the other hand, most regions showed a significant increase in Bi, Sb and Sn content in 2005 in comparison with 2000. No significant regional change in element content in moss was determined for Ba, Rb and Sr, and there was a significantly changed Ag, Cd, Cs and Zn content only in one region.

For some purposes, it is desirable to have an estimate of the values of the absolute atmospheric deposition rates of given elements ( $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.year}^{-1}$ ) corresponding to the element contents in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) or the bio-indicated changes in the absolute deposition rates of elements over a given period. In the previous CZ moss survey (Sucharová and Suchara 2004a: 70; Suchara et al. 2007a: 108), coefficients were presented for an estimation of the absolute deposition rates for most of the investigated elements, using the following formula:  $D_{el} = C_{el} \times K_{el}$ , where  $D_{el}$  is the atmospheric deposition rate of a given element ( $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.year}^{-1}$ ),  $C_{el}$  is the element content in moss ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) or the change in the element content in moss over a given time period, and  $K_{el}$  is a coefficient that includes the fraction of element uptake efficiency for a given element, a given moss species and annual moss production. The coefficients stated in the previous CZ moss reports were related to the production (dry matter) of moss *Pleurozium schreberi*, which was found to be about  $110 \text{ g.m}^{-1}\text{.year}^{-1}$  for dry and warm regions in southern Moravia, and about  $130 \text{ g.m}^{-1}\text{.year}^{-1}$  for other parts of CZ in the past moss campaigns. Moss production was not determined in the current moss campaign in CZ. Unfortunately, due to the extremely dry vegetative period in 2003 and the dry vegetative period in 2004, no reliable figures for moss production in 2005 are available. For this reason, there are no relevant estimates in this report of the current values of the absolute deposition loads and the bio-indicated changes in these values.

Elements	Administrative regions												
	SC	CB	PL	BN	JI	OV	UL	OL	HK	PU	ZL	KV	LI
Ag		▲											
Al	▼		▲		▼	▼	▲			▼		▲	
As	▼		▲		▼					▼		▲	▲
Ba													
Be					▼								
Bi	▲	▲			▲							▲	▲
Cd	▼												
Ce			▲		▼		▲			▼		▲	
Co	▼				▼					▼			
Cr	▼			▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Cs													▼
Cu	▼				▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▲
Fe	▼		▲		▼		▲			▼		▲	
Ga			▲		▼	▼	▲	▼	▼		▼		
Hg	▼							▼		▼			
In			▲									▲	▲
La					▼		▲			▼		▲	
Li			▲				▲			▼		▲	▲
Mn		▼						▼		▼			
Mo	▼	▲	▲		▲							▲	▲
N									▼				▼
Ni	▼					▼		▼	▼	▼	▼	▼	
Pb	▼				▼			▼		▼	▼		
Pr			▲				▲			▼		▲	▲
Rb													
S									▼				
Sb			▲			▲	▲	▲	▲		▲	▲	▲
Se			▲						▼			▲	
Sn			▲				▲		▲			▲	▲
Sr													
Th			▲				▲					▲	
Tl	▲											▲	
U											▼	▲	
V	▼		▲		▼		▲	▼	▼	▼	▼	▲	
Y			▲		▼	▼	▲	▼				▲	
Zn	▼												

Table 21 - Significant changes (▼ - decrease and ▲ - increase) in element content in moss for the administrative regions of CZ in 2005 against 2000. Significance level  $p \leq 0.05$ . A blank space indicates that no significant change was found.

### 3.6.2 Long-term trends

The regular CZ bio-monitoring programmes have used different numbers of sampling plots, different moss species have sometimes been available for sampling, and the analytical instruments and the elements determined in the individual bio-monitoring campaigns have differed. This leads to some difficulties when attempting to evaluate the trends in element content in moss.



A comparison of the analytical results for moss samples collected at 20 sites in the first CZ moss survey and again in the second CZ moss survey showed a significant decrease in all investigated elements in the western part of CZ (Bohemia). A considerable and highly significant decrease (by 50–77 %) was found in As, Fe, Ni and V, and a smaller decrease (16–50 %) in Cd, Cr, Cu, Pb and Zn contents in moss between 1991–1995 (Sucharová and Suchara 1998a: 109; 1998b). The greatest reduction in atmospheric deposition rates of 13 investigated elements between 1991–1995 was bio-indicated in the following current regions and former districts: SC (Kladno district), PL (Rokycany district, Plzeň North), UL (Chomutov and Most districts) and LI (Liberec and Jablonec nad Nisou districts). However, the evaluation of trends in element content in moss was incomplete and the available analytical data was representative only for Bohemia, and not for the whole CZ. After the political and economic changes in CZ, mainly the big metallurgical and engineering works concentrated in the present SC, PL, UL, LI and HK administrative regions in Bohemia were closed down in 1990, or their production was reduced. The substantial decrease in element content in moss, especially As and S in 1995, reflected the huge reduction in industrially combusted brown coal that was rich in arsenopyrite. Similar effects were observed in Saxony, a part of former Eastern Germany that neighbours with CZ. In Moravia, mainly in the OV region, the metallurgical industry was restructured much more slowly. In Polish Silesia and in western Slovakia, the metallurgical and engineering industries were cut back much more slowly than in CZ. Overall, the territorial background atmospheric deposition loads of sulphur and heavy metals in Central Europe were considerably reduced in the period between 1990–1995.

The CZ moss survey in 2000 provided reliable data on changes in element contents in moss between 1995–2000 for the whole country. A comparison of the element contents in moss collected at 196 sampling plots all over CZ in 1995 and again in 2000 showed a significant decrease in Al, As, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, S, V, and Zn content by 9–55 % in 2000 (Sucharová and Suchara 2004a: 72–74). The strong decrease mainly in As, Pb, V, Hg and S content in moss by 23–55 % in 2000 reflected the reduction in industrially combusted coal, desulphurization of coal power plants (1994–1998), and decreased amounts of Pb compounds in leaded petrol in CZ. A substantially reduced content of 13 obligatorily determined elements was observed throughout the whole country. There were diminished hot spots in the present regions UL (Most, Chomutov, Ústí nad Labem, Děčín districts), PL (Rokycany district), SC (Slaný, Příbram and Kladno districts), LI (Liberec district), PU (Pardubice district), OV (Ostrava, Karviná, Nový Jičín and Frýdek Místek districts) and ZL (Zlín district). Moss collected in the CZ part of the former heavily contaminated so-called “Black Triangle I” area showed significantly decreased element contents in 2000, and the former large and compact hot spot near Most had disappeared, except for 1–2 small spots. A significant reduction in metal accumulation in moss in 2000 was found in OV. However, the so-called “Black Triangle II” area (OV region) did not show such a big improvement in deposition rates of metals as the “Black Triangle I” area (UL region). In most of the areas away from the hot spots, there was a less striking but conclusive decline in the content of the investigated elements in moss. The bio-indicated reduction in the deposition rates of metals between 1995–2000 was caused by a ban on the distribution of leaded petrol (2000), the introduction of new environment-friendly technologies, and the closure of many industrial plants. On the other hand, an enormous increase in road transport was taking place.

The current CZ moss survey 2005 has shown (Table 20) an ongoing reduction in the accumulation of elements in moss in the period 2000–2005. Among the obligatorily investigated elements, significant decreases in Co, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn content in moss by 5–35 % were determined for this period. The introduction of sophisticated technologies in industrial works, changes in production programmes, the introduction of emission limits, the closure of some plants, clear air acts and obligatory EIA evaluations have contributed to the reduction in deposition rates bio-indicated in moss survey 2005. Significant changes determined in element content in moss in individual regions are presented in Table 21. However, the reduction in element content in moss diminishes as the national air quality remedy approaches its limit. The formerly dominant effect of local industrial sources has been fading, and the effects of natural sources of the investigated elements have started to exercise significant control over element content in moss in CZ.

Table 22 provides a survey of trends in long-term element contents in moss in CZ for the period from 1991–2005. An ongoing decrease in Cd, Hg, Ni, S and V content in moss is evident. For example, the current Pb and S content in moss comprises only 31 % and 15 % of the respective values determined in 1991. However, the rate of decrease in element content in moss is slowing down, and in the case of As, Se, and V the decrease may now have come to an end. The accumulation of the other obligatorily investigated elements also shows a decrease, though for some individual moss surveys the average concentration in moss has increased (Cd, Cr, Co, Fe, Zn). Besides industrial pollution, other sources of these elements may control the element content in moss, for example, eroded soil covers and factors controlling their release and spread. Where the power of industrial pollution sources is small, the fluctuations in the element content in moss may not reflect changes in the distribution of pollution sources but, rather, changes in land use and in the operating climatic conditions. This is the case, for example, for Al, Cr, Fe and some of the optionally determined elements (e.g., Ce, rare earth elements, and U), which have no substantial industrial sources of pollution in CZ. The operation of natural geogenic sources of elements and the factors controlling their release and distribution in landscape need to be more intensively investigated.

The basic statistics of the CZ moss analytical results and regional data sets were published in the individual CZ moss surveys (Sucharová and Suchara 1998, 2004a; Suchara et al. 2007a). These reports also provide classed dot maps and isopleth maps of element distribution in moss in CZ, which can be used for the purposes of comparison.

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	S	Se	V	Zn
<b>1991/1992</b>												
<b>n</b>	33	33	33	33	33	n.a.	33	33	n.a.	33	33	33
<b>Min</b>	0.4	0.2	0.8	5.2	206	n.a.	1.3	9.6	n.a.	0.1	1.8	31
<b>Max</b>	13.7	0.84	7.2	15.6	2061	n.a.	7.2	60.1	n.a.	1.3	19.0	132
<b>Mean</b>	2.32	0.36	2.26	6.74	808.4	n.a.	3.6	19.6	n.a.	0,5	5.9	53.4
<b>S.D.</b>	2.42	0.133	1.408	2.346	411.8	n.a.	1.34	11.30	n.a.	0.27	3.35	22.63
<b>Median</b>	1.7	0.32	1.9	8.4	747	n.a.	3.4	16.6	n.a.	0.4	5.4	45.5
<b>1995/1996</b>												
<b>n</b>	196	196	196	196	196	196	196	196	196	n.a.	196	196
<b>Min</b>	0.15	0.15	0.59	3.5	135	0.028	0.8	4.1	1048	n.a.	0.6	25
<b>Max</b>	2.8	2.6	29.3	18.4	5904	0.177	15.6	173.6	2628	n.a.	7.8	520
<b>Mean</b>	0.6	0.39	1.94	7.6	531	0.072	2.4	15.4	1594	n.a.	2.4	56.0
<b>S.D.</b>	0.469	0.323	2.44	2.27	574.3	0.017	1.47	18.40	313.5	n.a.	1.39	56.9
<b>Median</b>	0.5	0.31	1.39	7.2	400	0.064	1.9	11.0	1554	n.a.	2.0	41.9
<b>2000/2001</b>												
<b>n</b>	250	250	250	250	250	249	250	250	250	250	250	250
<b>Min</b>	0.075	0.090	0.383	3.685	176	0.020	0.556	1.81	766	0.104	0.574	19.4
<b>Max</b>	1.40	2.24	7.66	11.7	1859	0.105	10.3	48.2	2035	1.04	5.86	149
<b>Mean</b>	0.317	0.285	2.11	6.62	467	0.051	2.09	6.72	1209	0.266	1.66	39.0
<b>S.D.</b>	0.158	0.207	1.20	1.64	256	0.015	1.03	4.82	215	0.115	0.685	16.5
<b>Median</b>	0.289	0.013	0.076	6.525	401	0.048	1.95	5.66	1182	0.241	1.52	35.0
<b>2005/2006</b>												
<b>n</b>	280	280	280	280	280	282	280	280	280	280	280	280
<b>Min</b>	0.10	0.11	0.51	3.29	187	0.022	0.52	2.32	756	0.083	0.68	0.041
<b>Max</b>	1.82	1.75	4.54	10.5	2570	0.148	4.94	63.0	1970	1.51	7.18	1.73
<b>Mean</b>	0.338	0.287	1.29	5.40	474	0.048	1.54	6.01	1157	0.272	1.60	36.8
<b>S.D.</b>	0.191	0.188	0.552	1.157	256	0.013	0.546	4.69	197	0.147	0.718	12.0
<b>Median</b>	0.20	0.23	1.15	5.23	409	0.045	1.42	4.94	1137	0.232	1.47	0.16

Table 22 - Variability and average contents of selected elements in moss in CZ during the period 1991–2005 (n.a = not determined).

### 3.6.3 Comparison with neighbouring countries

A comparison of the current element content in moss with the values in neighbouring countries can be made only for the obligatorily determined elements. This data is available in the European moss survey 2005/2006 (Harmens et al. 2008).

Table 23 provides basic figures for the medians of the element content for 12 elements in moss in Germany, Poland, Slovakia and Austria. The analytical results obtained in CZ provide figures for the current element content of these elements in moss that are comparable with the findings for Germany and Austria. Comparisons with Poland and Slovakia are difficult, due to the absence of data representing the whole territory of these countries. Generally, the current element content in moss determined in CZ is very markedly lower than the stated element accumulation in moss in Poland and Slovakia. The substantial difference between the element content in moss in southwestern Slovakia (21 % of the results) and the levels in other parts of the Slovak territory makes comparisons more difficult. However, the current element contents determined in moss in CZ are lower than the element contents in moss stated from southwestern part of Slovakia, and substantially lower than the values for the remaining part of Slovakia. For most of the obligatorily investigated elements, moss in CZ typically accumulated a 2–3 times lower amounts than moss in Slovakia.



The differences in the element contents in moss in CZ in comparison with Poland, Slovakia and Hungary were evaluated in detail in a report by Suchara et al. (2007b, 2007c).

Some figures available from the previous international moss campaigns enable an evaluation of trends in element accumulation in moss during the last 10 years in the neighbouring countries. Data obtained in the second European moss survey available, for example, in Rühling (1998) and Sucharová et al (1998: 108), can be used as the incipient element contents in moss. The available current analytical results extracted in Table 23 mostly indicate a decrease in the content of obligatorily investigated elements in moss in the neighbouring countries over the last 10 years. The exception is Cr, the current content of which is stated to be higher in most of the neighbouring countries than in 1995. Data for Al and As is available only for Germany and Austria, and opposite trends in Ni, V and Zn accumulations were obtained for different sets of analytical results from different parts of Poland and Slovakia. It is difficult to explain the current increase in Cr content in moss in all neighbouring countries, with the exception of Slovakia. The increased Cr accumulation in moss may reflect a territorial increase in the deposition rates of eroded soil particles, rather than increased emissions from industrial pollution sources (industrial coal furnaces, waste incinerators, metallurgical and engineering industries, etc.)

Element	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
<b>Austria</b>												
<b>n</b>	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212	212
<b>min</b>	76.2	0.092	0.055	0.41	2.90	65.0	0.026	0.39	1.20	0.040	0.25	16.0
<b>max</b>	2584	5.31	1.60	6.89	35.0	2200	0.26	8.80	27.0	0.62	16.0	120
<b>median</b>	333	0.18	0.18	1.06	5.10	300	0.051	1.00	3.70	0.16	0.95	29.0
<b>Germany</b>												
<b>n</b>	726	725	724	725	725	726	726	725	725	725	726	723
<b>min</b>	24.5	0.035	0.060	0.48	3.34	113	0.016	0.35	1.19	0.050	0.31	17.2
<b>max</b>	3993	2.03	1.71	90.3	41.7	3568	0.11	9.37	40.4	1.31	6.04	426
<b>median</b>	289	0.16	0.21	2.36	7.27	328	0.035	1.16	3.69	0.16	1.09	46.7
<b>Poland – national parks</b>												
<b>n</b>	n.a.	n.a.	272	n.a.	273	273	n.a.	272	n.a.	n.a.	271	272
<b>min</b>	n.a.	n.a.	0.010	n.a.	3.34	98.3	n.a.	0.13	n.a.	n.a.	0.45	18.4
<b>max</b>	n.a.	n.a.	1.94	n.a.	13.1	1210	n.a.	4.63	n.a.	n.a.	21.3	124
<b>median</b>	n.a.	n.a.	0.25	n.a.	6.58	300	n.a.	1.64	n.a.	n.a.	5.09	34.1
<b>Poland –Opole region</b>												
<b>n</b>	30	30	n.a.	30	n.a.	30	n.a.	30	n.a.	30	30	30
<b>min</b>	490	0.30	n.a.	1.00	n.a.	112	n.a.	0.83	n.a.	0.13	1.07	26.5
<b>max</b>	7406	3.12	n.a.	10.3	n.a.	3086	n.a.	6.36	n.a.	0.68	11.7	125
<b>median</b>	1237	0.90	n.a.	2.74	n.a.	775	n.a.	2.56	n.a.	0.36	2.61	64.3
<b>Slovakia</b>												
<b>n</b>	77	n.a.	77	n.a.	77	77	77	77	77	n.a.	77	77
<b>min</b>	960	n.a.	0.21	n.a.	6.32	332	0.026	0.28	4.60	n.a.	0.020	24.1
<b>max</b>	14720	n.a.	1.48	n.a.	151	6436	0.41	59.7	135	n.a.	43.5	159
<b>median</b>	2540	n.a.	0.50	n.a.	14.9	640	0.088	3.92	12.3	n.a.	3.34	48.9
<b>Slovakia – south west</b>												
<b>n</b>	n.a.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>min</b>	n.a.	0.32	0.041	1.52	3.38	386	0.019	0.34	2.93	0.10	1.57	19.3
<b>max</b>	n.a.	8.73	0.80	8.18	12.0	3077	0.13	27.2	29.8	0.45	51.9	62.4
<b>median</b>	n.a.	0.86	0.16	2.36	6.92	914	0.037	1.65	4.81	0.21	2.75	32.2

Table 23 - Basic statistics for content of selected obligatorily investigated elements in moss determined in the neighbouring countries in the moss survey 2005/2006, n.a. = not available figures (Harmens et al. 2008).

## 4 SUMMARY AND CONCLUSION

---

The fourth Czech moss monitoring survey, carried out in the framework of the fourth European bio-monitoring programme, determined the content of 37 elements (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, N, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y and Zn) in moss samples (especially *Pleurozium schreberi* and *Scelopodium purum* species) collected at 282 sampling plots in the Czech Republic (CZ) in 2005/2006.

The basic statistics for the analytical results from the whole country and for individual administrative regions (14) of CZ were presented in this survey.

The results of the factor analysis showed that the variability in the content of 28 elements in moss in 2005/2006 was substantially controlled by the operation of five factors. These individual factors are, however, difficult to define. Nevertheless, 3 or perhaps 4 of these factors had identically controlled the distribution of the same elements in moss in 2000.

The variability in the current content of elements in moss was statistically evaluated (correlation, cluster analysis and factor analysis). A list was made of the elements with contents in moss that correlated most tightly. The results of the cluster analysis distributed the elements into clusters according to the similar variability of their contents in moss samples. A tree diagram of the clusters is commented on, and potential reasons are given for the similar variability of elements in the clusters. Several clusters or the element composition of these clusters were very similar in 2005 and 2000.

Effects of landscape factors were found: elevation and total triennial precipitation for the sampling plots, bedrock types, and land-use (proportion of wooded area and urbanised area) in a 5-km radius round the sampling plots. Increasing elevation and total precipitation decreased or increased the content of most of the investigated elements in moss significantly in 2005. The results were similar to those found in 2000, except in the case of a few elements where the content in moss correlated negatively with total precipitation in 2005. The bedrock types at the moss sampling plots had less effect on element content in moss. However, some significant correlations were found for certain elements and given classes of bedrock types. A stronger effect of rock types on the element composition of moss was found in 2005, probably due to more intensive wind erosion impacts in dry years 2003–2004. Wooded surroundings of the moss sampling plots mostly led to lower element contents in moss, while urbanised surroundings mostly led to higher contents. Similar correlations were found for most of the investigated elements in 2000.

Changes in element contents in moss were evaluated over a short period, 2000–2005, and over a longer period, 1991–2005. Generally, there was a trend toward decreasing element content in moss for both the inter-survey period and the longer-term period. However, the rate of decrease in element content in moss is now slowing down. The impacts of the former powerful industrial sources of air pollution are greatly reduced these days, and the background effect of natural sources, e.g., the spread of eroded ground particles and forest floor humus is being reflected increasingly strongly in the element content in moss.

A comparison of the long-term analytical moss results in the neighbouring countries revealed that the element accumulation in moss in the neighbouring countries has also been falling continually since 1995. This reflects the general decrease in the atmospheric deposition rates of given elements in Central Europe. A comparison of the CZ analytical results with data provided by the neighbouring countries showed that the accumulation of obligatorily investigated elements in CZ has been reduced to levels almost comparable with those in Germany, Austria and rural parts of Poland. The accumulation of these elements in moss in CZ is 2–3 times lower than the element contents in Slovakia and in the industrial regions in southern Poland.

Moss analyses provide an effective method for identifying the current atmospheric deposition rates and for revealing the position of crucial sources of air pollution in CZ.

The four CZ moss surveys have shown a long-term tendency toward reduced element contents in moss, indicating a reduction in the atmospheric deposition loads of given elements in CZ. However, the effect of some natural sources of air pollution (e.g., erosion and transport of eroded ground matter) is now becoming comparable with industrial emission sources for some elements. In addition, there has been a big increase in road transportation since 1990. Although the emissions per vehicle/kilometre have been reduced considerably, the increase in vehicle use has a growing effect on element deposition, especially in urbanised areas.

Further knowledge of trends in the atmospheric deposition rates in CZ will be revealed in the next moss monitoring campaign in 2010.

## 5 ACKNOWLEDGEMENT

---

We would like to thank the Czech Ministry for the Environment for its support for some activities associated with implementing the Czech portion of the European moss survey 2005/2006, and its crucial financial support to fund the publication of this Czech national moss survey. We thank the Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening for supporting the other bio-monitoring activities in the period 2005–2008.

We are indebted to all the former and current technical staff of the Department of Bio-monitoring for their assistance in processing and analysing the moss samples.

Finally, we are grateful to Robin Healey for correcting and improving our English.

## 6 REFERENCES

---

- Buse A., Norris D., Harmens H., Bükér P., Ashenden T., Mills G. (2003): Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey.- UNECE ICP Vegetation Coordination Centre, Centre for Ecol. and Hydrol., Bangor, UK, 45 pp.
- ČGÚ (1988–1996): Geologická mapa odkrytá 1 : 50 000. (Geological map of the Czech Republic 1 : 50 000. Individual sheets).- Czech Geological Survey, Prague.
- ČHMÚ (2004–2006): Hydrologická ročenka České republiky 2004, 2005 a 2006. (Hydrological yearbooks of the Czech Republic 2004, 2005 and 2006. In Czech).- Czech Hydrometeorological Institute, Prague.
- Harmens H. (2005): Monitoring of atmospheric heavy metal deposition in Europe using bryophytes. Monitoring manual, 2005/2006 survey.- Centre for Ecoogy and Hydrology, Bangor, 10 pp.
- Harmens H., Norris D. and participants of the moss survey (2008): Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in mosses in Europe (1990–2005).- Centre for Ecology and Hydrology, Bangor, UK, 51 pp.
- Markert B., Herpin U., Berlekamp J., Oehlmann J., Grodzinska K., Mankovska B., Suchara I., Siewers U., Weckert V., Lieth H. (1996): A comparison of heavy metal deposition in selected Eastern European countries using the moss monitoring method, with special emphasis on the 'Black Triangle'. - *Sci. Total Environ.*, 193: 85-100.
- Rühling Å. (ed.) (1994a): Monitoring of atmospheric heavy-metal deposition in Europe using bryophytes and humus samples as indicators. Proposal for an international programme 1995.- *Environ. Monit. Data Group of Nordic Countries*, Univ. of Lund, 15 pp.
- Rühling Å. (ed.) (1994b): Atmospheric heavy metal deposition in Europe – estimations based on moss analysis.- *Nord (Nordic Council of Ministers)*, 1994, 9: 1–53.
- Rühling Å., Steinnes E. (eds.) (1998): Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995-1996.- *Nord (Nordic Council of Ministers)*, 1998, 15: 1–66.
- Rühling Å., Tyler G. (1971): Regional differences in the deposition of heavy metals over Scandinavia.- *J. Appl. Ecol.* 8: 497–507.
- Rühling Å., Tyler G. (1973): Heavy metal deposition in Scandinavia.- *Air Water Soil Pollut.* 2: 445-455.
- Rühling Å., Tyler G. (1984): Recent changes in the deposition of heavy metals in northern Europe.- *Water Air Soil Pollut.* 22: 173–180.
- Salminen R. (Ed.) (2005): Geochemical atlas of Europe. Part I – Background information, methodology and maps.- *GTK (Geological Survey of Finland)*, *EuroGeoSurveys*, p. 267–269.
- Steinnes E., Rühling Å., Lippo H., Mäkinen A. (1997): Reference material for large-scale metal deposition surveys.- *Accredit. Qual. Assur.* 2: 243–249.
- Suchara I., Sucharová J. (2000): Projekt 0211 Mezinárodní program monitorování aktuální atmosférické depozice prvků. (Project 0211 International programme for monitoring the current atmospheric deposition rates of elements. In Czech), Annual report, Institutional grant MZP00027073N01, Silva Tarouca Res. Ins. of Landscape and Ornam. Gardening, Průhonice, 26 pp, (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Suchara I., Sucharová J. (2002a): Distribution of long-term accumulated atmospheric deposition loads of metal and sulphur compounds in the Czech Republic determined through forest floor humus analyses.- *Acta Pruhoniciana*, 69: 1-178.
- Suchara I., Sucharová J. (2002b): Distribution of sulphur and heavy metals in forest floor humus of the Czech Republic.- *Water Air Soil Pollut.* 136: 289–316.
- Suchara I., Sucharová J. (2004a): Current atmospheric deposition loads and their trends in the Czech Republic determined by mapping the distribution of moss element contents.- *J. Atmos. Chem.* 49: 503-519.
- Suchara I., Sucharová J. (2004b): Distribution of 36 element deposition rates in a historic mining and smelting area as determined through fine-scale biomonitoring techniques. Part II: Relative long-term accumulated atmospheric deposition levels.- *Water Air Soil Pollut.*, 153: 229–252.
- Suchara I., Sucharová J. (2008): Mercury distribution around the Spolana chlor-alkali plant (Central Bohemia, Czech Republic) after a catastrophic flood, as revealed by bioindicators.- *Environ. Pollut.* 151: 352–361.
- Suchara I., Sucharová J., Buňatová H., Černá H., Janová H., Mikovcová L. (1993): Určení úrovně znečištění významných lesních oblastí ČR kovy pomocí analýzy mechu a lesního humusu. (Determination of metal contamination loads in important forest areas of the Czech Republic using moss and forest floor humus analysis. In Czech).- Annual Report of the Project GA/1171/93, Research Institute of Ornamental Gardening (VÚOZ), Průhonice, 37 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Suchara I., Sucharová J., Buňatová H., Černá H., Janová H., Mikovcová L. (1994): Určení úrovně znečištění významných lesních oblastí ČR kovy pomocí analýzy mechu a lesního humusu. (Determination of metal contamination loads in important forest areas of the Czech Republic using moss and forest floor humus analysis. In Czech).- Annual Report of the Project GA/1171/93, Research Institute of Ornamental Gardening - VÚOZ, Průhonice, 57 pp, (available from the library of VÚKOZ and MŽP).

- Suchara I., Sucharová J., Holá M. (2007a): Bio-monitoring of the atmospheric deposition of elements using moss analysis in the Czech Republic. Results of the international bio-monitoring programme UNECE ICP-Vegetation 2000. Part II: Optional elements for the bio-monitoring programme.- *Acta Pruhoniciana* 87: 1-186.
- Suchara I., Florek M., Godzik B., Maňkovská B., Rabnecz G., Sucharová J., Tuba Z., Kapusta P. (2007b): Mapping of main sources of pollutants and their transport in the Visegrad space. Part I: Eight toxic metals.- *Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening (VÚKOZ), Průhonice*, 127 pp., (available from the library of VÚKOZ).
- Suchara I., Florek M., Godzik B., Maňkovská B., Rabnecz G., Sucharová J., Tuba Z., Kapusta P. (2007c): Mapping of main sources of pollutants and their transport in the Visegrad space. Part II: Fifty three elements.- *Silva Tarouca Res. Inst. for Landscape and Ornam. Gardening, Průhonice*, 214 pp, CD ROM, (available from the library of VÚKOZ).
- Sucharová J., Suchara I. (1998a): Biomonitoring of the atmospheric deposition of metals and sulphur compounds using moss analysis in the Czech Republic. Results of the international biomonitoring programme 1995.- *Research Institute of Ornamental Gardening - VÚOZ, Průhonice*, 183 pp.
- Sucharová J., Suchara I. (1998b): Atmospheric deposition levels of chosen elements in the Czech Republic determined in the framework of the international bryomonitoring program 1995.- *Sci. Total. Environ.*, 223: 37–52.
- Sucharová J., Suchara I. (2004a): Bio-monitoring the atmospheric deposition of elements in the Czech Republic. Results of the international bio-monitoring programme UNECE ICP-Vegetation 2000. Part I: Elements required for the bio-monitoring programme.- *Acta Pruhoniciana*, 77: 1-135.
- Sucharová J., Suchara I. (2004b): Current multi-element distribution in forest epigeic moss in the Czech Republic – a survey of the Czech national biomonitoring programme 2000.- *Chemosphere*, 57: 1389-1398.
- Sucharová J., Suchara I. (2004c): Distribution of 36 element deposition rates in a historic mining and smelting area as determined through fine-scale biomonitoring techniques. Part I: Relative and absolute current atmospheric deposition levels detected through moss analyses.- *Water, Air, Soil Pollut.* 153: 205-228.
- Sucharová J. Suchara I. (2004d): Projekt 0212 Sledování aktuálních a dlouhodobých zátěží území atmosférickými spady prvků pomocí analýz mechu a humusu. (Project 0212 Monitoring the current and long-term accumulated atmospheric deposition loads in the landscape using moss and humus analyses. In Czech). Annual report, Institutional grant MZP00027073N01, *Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening (VÚKOZ), Průhonice*, 21 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Sucharová J., Suchara I., Buňatová H., Mikovcová L., Sýkorová H. (1997): Multielementární analýzy mechu a humusu jako ukazatel zátěže území ČR depozicemi kovů a podklad pro evropský biomonitorovací program. (Multielement analyses of moss and humus as an indicator of deposition loads of metals in the Czech Republic and a basis for the European monitoring programme. In Czech).- Annual Report, Project VaV/610/3/97, *Research Institute for Ornamental Gardening (VÚKOZ), Průhonice*, 97 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Sucharová J., Suchara I., Buňatová H., Dujková J., Mastíková I. (1999): Multielementární analýza mechu a humusu v okolí Přibrami. (Multielemental analysis of moss and humus around Přibram. In Czech).- Report of project VaV/610/3/97, *Research Institute for Ornamental Gardening (VÚOZ), Průhonice*, 104 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Sucharová J., Suchara I., Benátčanová D., Buňatová H., Kučerová M. (2001): Určení obsahu 35 prvků v mechu jako podklad pro stanovení relativní míry atmosférické depozice těchto prvků na území ČR. (Determination of contents of 35 elements in moss as a basis for assessing the relative deposition rates of these elements in the Czech Republic. In Czech).- Annual Report, project VaV/640/1/00, *Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening (VÚKOZ), Průhonice*, 84 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Sucharová J., Suchara I., Semerádová I., Buňatová H., Kučerová M. (2002): Biomonitorování obsahu 35 prvků v mechu a humusu jako podklad pro upřesnění distribuce vysokých atmosférických úrovní spau na jižní Moravě. (Biomonitoring of the content of 35 elements in moss and humus as a basis for specification of atmospheric deposition levels in southern Moravia. In Czech).- Annual report, Project VaV/640/1/00, *Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening (VÚKOZ), Průhonice, Průhonice*, 32 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).
- Sucharová J., Suchara I., Semerádová I., Buňatová H., Kučerová M. (2003): Biomonitorování obsahu 35 prvků v mechu a humusu jako podklad pro upřesnění distribuce vysokých atmosférických úrovní spau na jižní Moravě. (Biomonitoring of the content of 35 elements in moss and humus as a basis for specifying the atmospheric deposition levels in southern Moravia. In Czech).- Annual report, Project VaV/640/1/00, *Silva Tarouca Research Institute for Landscape and Ornamental Gardening (VÚKOZ), Průhonice*, 116 pp., (available from the library of VÚKOZ and MŽP).



### ÚVOD

V roce 2005/2006 se uskutečnil čtvrtý evropský program sledování aktuální úrovně atmosférické depozice vybraných prvků pomocí chemických analýz mechu, kterého se účastnilo kolem 25 zemí. Jeho součástí byl i čtvrtý národní biomonitorovací program ČR. Všechny práce spojené s odběrem a zpracováním vzorků mechu, jeho chemickými analýzami, vyhodnocením výsledků a tvorbou bodových a izoliniových map prováděli pracovníci oddělení Biomonitoringu, Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. v Průhoncích, kteří zajišťovali za ČR i předchozí evropské/národní biomonitorovací programy v letech 1991, 1995 a 2000. Poslední evropský biomonitorovací program byl koordinován odborníky z Ústavu ekologie a hydrologie v Bangoru, Velká Británie v rámci plnění společného mezinárodního projektu OSN EHK ICP Vegetace (<http://icpvegetation.ceh.ac.uk>). Evropský biomonitorovací program povinně a dlouhodobě sleduje obsah zhruba 10–13 toxických kovů v mechu a v poslední době i obsah celkového dusíku.

Předkládaná Česká národní zpráva podává výsledky stanovení obsahu 37 prvků (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, N, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y a Zn) v mechu na území ČR v roce 2005/2006, na vložných barevných mapách zobrazuje aktuální distribuci obsahu těchto prvků v mechu na území ČR, poskytuje k mapám krátký komentář, hodnotí vlivy vybraných proměnných prostředí na obsah sledovaných prvků v mechu a komentuje zjištěné krátkodobé změny (od posledního biomonitorovacího programu), tak i dlouhodobé trendy změn obsahů sledovaných prvků v mechu za posledních zhruba 15 let na území ČR a jejich pravděpodobné příčiny.

Cílem předkládané národní zprávy je informovat účastníky evropského biomonitoringu aktuálních úrovní atmosférické depozice prvků a zahraniční i domácí odborníky na kvalitu ovzduší o výsledcích aktuální distribuce obsahu prvků v mechu na jeho trendů v ČR zjištěných v posledním mezinárodním programu OSN EHK ICP Vegetace. Proto je zpráva publikována v anglickém jazyce s dostatečně podrobným českým souhrnem.

## 1. PATNÁCT LET SLEDOVÁNÍ OBSAHU PRVKŮ V MECHU NA ÚZEMÍ ČR

Programy monitorování obsahu prvků v mechu na území ČR využívají dlouhodobě zavedené a standardizované postupy ověřené v minulosti v rámci velkoplošných monitorovacích studií prováděných na území skandinávských zemí (Rühling a Tyler 1971, 1973, 1984). Odborníci na biomonitoring ze Skandinávie koordinovali první a druhý celoevropský program sledování obsahu vybraných prvků v mechu v roce 1990/1991 a 1995/1996, kterých se účastnila i ČR (Rühling 1994a; Rühling a Steinnes 1998).

Po zřízení Pracovní komise pro těžké kovy v rámci Úmluvy o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států (1998), byla data z předchozích biomonitorovacích programů nabídnuta k využití v rámci Mezinárodního programu OSN EKH “Vlivy znečištění ovzduší na přirozenou vegetaci a plodiny” (zkráceně ICP Vegetace). V roce 1999 byl v rámci programu ICP Vegetace zřízen nový podprogram “Těžké kovy v mechu” a od roku 2000 se stal koordinačním centrem tohoto programu Ústav ekologie a hydrologie, Bangor (<http://icpvegetation.ceh.ac.uk>), který organizoval následující evropské biomonitorovací programy v letech 2000/2001 a 2005/2006.

### 1.1 Účast ČR v evropských biomonitorovacích programech

Tehdejší Výzkumný ústav okrasného zahradnictví (VÚOZ) byl přizván skandinávskými odborníky k účasti v probíhajícím prvním celoevropském biomonitorovacím programu sledování aktuálních spadů prvků pomocí analýzy mechu v roce 1991 s žádostí o rychlé poskytnutí údajů alespoň ze západní části Československa. V roce 1991/1992 byly na 33 místech Čech odebrány vzorky mechu (*Pleurozium schreberi* 82 % a *Polytrichum formosum* 18 %) a Laboratoř stopových prvků VÚKOZ provedla stanovení obsahu As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Se, V a Zn v mechu metodou AAS (atomizací v plameni FP a na grafitové kyvetě GTA). Výsledky z prvního biomonitorovacího programu nebyly publikovány formou české národní zprávy, primární data jsou však k dispozici ve zprávě Suchara et al. (1994). Výsledky z ČR byly zařazeny do celoevropské zprávy o výsledcích prvního monitoringu (Rühling 1994b) a výsledky byly využity i v článku (Markert et al. 1996) a národní zprávě ČR z následujícího monitorovacího programu (Sucharová a Suchara 1998a).

V rámci druhého celoevropského biomonitorovacího programu v roce 1995/1996 bylo na území ČR vybráno 196 „trvalých“ monitorovacích ploch, které pokrývaly území ČR zhruba ve čtvercové síti o velikosti 15 × 15 km. Z nich byly odebrány vzorky mechu *Pleurozium schreberi* (82 %), *Hypnum cupressiforme* (10 %) a *Scleropodium purum* (8 %), ve kterých byl stanoven obsah Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, S, V a Zn metodou ICP-OES a Hg pomocí AMA-254. Sledovaly se



i rozdíl v obsazích sledovaných prvků mezi jednotlivými druhy mechu a jejich produkce (roční nárůst biomasy). Byly vytvořeny bodové a izoliniové mapy distribuce prvků v mechu na území ČR. Primární výsledky jsou k dispozici ve výzkumné zprávě Sucharová et al. (1997) a v české národní zprávě vydané tiskem (Sucharová a Suchara 1998a). Stručné hodnocení výsledků bylo publikováno ve článku Sucharová a Suchara (1998b). Výsledky chemických analýz za ČR byly zařazeny do druhé celoevropské zprávy (Rühling a Steinnes 1998). Podle původního záměru evropského programu byl současně na monitorovacích plochách v ČR odebrán a analyzován lesní nadložní humus (Suchara a Sucharová 2000, 2002a, 2002b). Pro malý počet zúčastněných zemí nebyly výsledky analýz humusu v rámci evropského programu hodnoceny.

Třetí evropský biomonitoring aktuálních úrovní atmosférického spadu prvků probíhal v rámci programu ICP Vegetace během roku 2000/2001. V ČR byly na 250 monitorovacích plochách odebrány vzorky mechu (*Pleurozium schreberi* 90 %, *Scleropodium purum* 6 %, *Eurhynchium angustirete* 1.6 %, *Brachythecium rutabulum* 1.6 % a *B. salebrosum* 0.8 %) a byl určen obsah 14 požadovaných prvků (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb, S, V a Zn) a 22 nepovinně sledovaných prvků (Ag, Ba, Be, Bi, Ce, Cs, Ga, In, La, Li, Mn, Pr, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, Y a N) pomocí ICP-MS, AMA 254 a destilace dusíku po mineralizaci vzorků (Büchi). Byla provedena korelační, shluková a faktorová analýza výsledků a byla zjišťována závislost obsahu prvků v mechu na vybraných vysvětlujících proměnných působících v krajině (nadmořská výška, srážkové úhrny, geologické poměry, geomorfologie, míra zalesnění nebo urbanizace v okolí monitorovacích ploch atp.) Byly vytvořeny bodové a izoliniové mapy rozložení obsahu sledovaných prvků v ČR, hodnoceny změny obsahu prvků za posledních 5 let a byly odhadnuty bioindikované aktuální úrovně absolutních hodnot spadů sledovaných prvků a jejich změny za posledních 5 let. Výsledky pro povinně a dobrovolně sledované prvky byly publikovány ve dvoudílné české národní zprávě (Sucharová a Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a). Výsledky analýz mechu z ČR pro povinně sledované prvky jsou uvedeny v celoevropské zprávě (Buse et al. 2003), informace o dosažených výsledcích byl zveřejněn v odborných článcích, např. Suchara a Sucharová (2004a); Sucharová a Suchara (2004b). Výsledky povinně a nepovinně sledovaných prvků z ČR byly hodnoceny v kontextu sousedních zemí Visegrádské čtyřky ve zprávě (Suchara et al. 2007b, 2007c).

V dosud posledním celoevropském biomonitorovacím programu z roku 2005/2006 byly v ČR odebrány vzorky mechu na 282 monitorovacích plochách (*Pleurozium schreberi* 92 %, *Scleropodium purum* 5 % a *Brachythecium rutabulum* 3 %) a v mechu byl stanoven obsah 37 prvků (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, N, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y a Zn) pomocí ICP-MS, AMA-254 a destilací dusíku. Výsledky povinně sledovaných prvků (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, Sb, V a Zn) za ČR byly již zveřejněny v právě publikované celoevropské zprávě (Harmens et al. 2008).

## 1. 2 Speciální biomonitorovací programy

Převážně mimo termíny celoevropských biomonitorovacích programů, probíhaly v ČR speciální maloplošné biomonitorovací akce zaměřené obvykle na zjištění dosahu lokálních emisních zdrojů.

Zjišťování variability obsahu prvků (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V a Zn) v mechu (*Pleurozium schreberi*), nadložního humusu ( $O_h$  horizont) a smrkovém jehličí (*Picea abies*) a ověřování vhodných standardních operačních postupů odběru a určení prvků v uvedených matricích probíhalo na pokusných plochách vybraných v oblastech s velmi vysokou, střední a nízkou mírou atmosférické depozice prvků. Výsledky analýz prvků, statistické hodnocení a výsledky korelační analýzy byly uvedeny ve výzkumných zprávách Suchara et al. (1993, 1994).

Lokalizace zdrojů Hg na Tachovsku, na jehož území byl v biomonitorovacím programu z roku 1995/1996 zjištěn zvýšený obsah Hg, byla prováděna pomocí analýz vzorků mechu *Pleurozium schreberi* odebraných na 18 místech. Byla také sledována distribuce Hg v zelených a hnědých částech mechových rostlin a závislost obsahu Hg ve vzorku bezprostředně po jeho odebrání, během jeho zpracování před analýzou a po delší době archivace vzorků. Zjištěné výsledky jsou uvedeny ve výzkumné zprávě (Suchara a Sucharová 2000).

V roce 1999 byl zjišťován aktuální a historický dosah kontaminací z Kovohutí a.s. Příbram, kde v roce 1998 proběhla výměna starší technologie za novou s vysokou účinností snižování emisí. Na 56 místech umístěných na lineárních transektách vedených od komínu kovohutě do vzdálenosti 14 km byly odebrány vzorky mechu *Pleurozium schreberi* a humusu ( $O_h$  horizont), ve kterých byl zjištěn obsah 36 prvků (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y a Zn). V okolí kovohutě zhruba do 1–2 km byly naměřeny vysoké koncentrace např. Ag, Cd, In, Pb, Sb, Sn a Zn v mechu a v humusu u některých prvků (Cd, Pb) až do vzdálenosti více než 14 km. Zároveň na východním okraji Příbrami (Háje) bylo objeveno ohnisko vysokých koncentrací např. Ce, La, Pr, Nd, U, Th a Y v mechu i humusu způsobené drcením odvalů bývalého uranového dolu pro výrobu šterku. Výsledky analýz a bodové a izoliniové mapy jsou k dispozici ve výzkumné zprávě Sucharová et al. (1999) a souhrnné výsledky např. ve článkách Sucharová a Suchara (2004c) a Suchara a Sucharová (2004b).

V roce 2000 byly během biomonitoringu zjištěny velmi vysoké koncentrace litofilních prvků v mechu na velkém území jižní Moravy mezi Znojmem a Kroměříží. Za účelem zjištění ohnisek znečištění a upřesnění hranic kontaminované oblasti byly v roce 2002 mimo jiné materiály (nadložní humus, půda) odebrány i vzorky mechu (*Hypnum cupressiforme*) ze 42 míst a v roce 2003 ze 63 míst jižní Moravy. Byl zjištěn obsah 35 prvků (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y a Zn) a sestrojeny příslušné bodové a izolinio-

vé mapy rozložení prvků v mechu na jižní Moravě. Výsledky jsou k dispozici pouze ve formě výzkumných zpráv (Sucharová et al. 2002, 2003).

Rozložení obsahu rtuti v mechu *Hypnum cupressiforme*, nadložním humusu a dubové kůře bylo zjišťováno v okruhu 12 km kolem závodu Spolana v Neratovicích. Výsledky byly uvedeny ve výzkumné zprávě Sucharová a Suchara (2004d) a článku Suchara a Sucharová 2008.

V roce 2006 bylo na žádost ČGS v oblasti české části Králického Sněžníku ověřováno podezření na zvýšený spad Be. Na základě analýz mechu *Pleurozium schreberi* odebraných v území na 17 místech nebyla tato domněnka potvrzena. Výsledky stanovení obsahu 36 prvků v mechu z uvedené oblasti byly předány k dispozici ČGS.

## 2. BIOMONITOROVACÍ PROGRAM 2005/2006

Všechny fáze čtvrtého biomonitorovacího programu od sběru vzorků až po vyhodnocení výsledků zajišťovali pracovníci oddělení Biomonitoringu s Laboratoří stopových prvků Ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i. v Průhonicích.

### 2.1 Materiál a metody

V průběhu plnění biomonitorovacího programu byly dodržovány pracovní návody doporučené pro čtvrtý celoevropský biomonitorovací program (Harmens 2005;

<http://samples-uk.pet-news-review.info/heavy-metals-in-european-mosses.2005-2006-survey-monitoring-ma>). V ČR byly přísně dodržovány všechny standardní operační postupy a navíc odběry vzorků provádí od r. 1991 stejný pracovník a chemické analýzy stejná laboratoř.

#### 2.1.1 Odběry vzorků

Odběry vzorků mechu byly provedeny v druhé polovině vegetačního období roku 2005. Celkem byly odebrány vzorky mechu z 282 monitorovacích ploch. Zhruba na 5 odběrových plochách byly odebrány vzorky opakovaně v roce 2006 pro kontrolu výsledků chemických analýz a byly odebrány dodatečně na dvou nových plochách vzorky mechu ke stanovení dusíku a rtuti. Vzorky byly odebírány v základní síti "trvalých" monitorovacích ploch (192) založené v roce 1995 (Sucharová a Suchara 1998a: 24, Fig.7). Základní monitorovací plochy jsou kódovány čísly 1–192. V případě narušení odběrových ploch byly vzorky odebírány na jiném místě v nejbližší možné vzdálenosti od původní monitorovací plochy. Průběžně v biomonitorovacích programech byly vzorky odebírány i na dalších plochách např. z důvodu zničení původních ploch, potřeby upřesnění průběhu gradientu spadu prvků v daném území nebo získání srovnávacích dat pro lokality, kde jsou měřeny mokré spady prvků atp. Každé nové odběrové místo mimo základní síť je značeno číslem nejbližšího místa základní sítě a připojeným indexem -01, -02, -03 atd. Typická velikost odběrové plochy byla 50 × 50 m, v případě potíží s odběrem reprezentativního vzorku až 400 × 400 m. Geografická poloha odběrových ploch byla určena pomocí osobního navigačního přístroje GPS Garmin. Rozmístění aktuálních odběrových ploch v ČR je uvedeno na Obr. 1 a jejich seznam je k dispozici v Příloze Tab. 1A. Počty odběrových míst v jednotlivých administrativních krajích ČR poskytuje Tab. 1.

Přednostně byl odebírán mech druhu *Pleurozium schreberi* (260 míst = 92 %) nebo alternativně druh *Scleropodium purum* (14 míst = 5 %). Na zbylých místech obvykle v člověkem silně narušené krajině byly odebrány vzorky druhu *Brachythecium rutabulum*. Na odběrové ploše bylo na otevřených místech odebráno 7–9 dílčích vzorků mechu spojených do jednoho směšného vzorku o objemu zhruba 8 litrů. O podmínkách odběru vzorku byly v terénu vyplněny protokoly o odběru, které jsou archivovány ve VÚKOZ, v.v.i.

#### 2.1.2 Analýzy

Z odebraných vzorků mechu byly k analýze odděleny zelené až zelenohnědé vrcholové části rostlinek stáří 2,5–3 roky a nemyté byly na vzduchu vysušeny. Po umletí na laboratorním mlýnu s titanovým rotorem a sítkem byl získán homogenní vzorek o velikosti částic mechu do 0.2 mm. Podrobně je zpracování vzorků popsáno v předchozích zprávách (Sucharová a Suchara 1998a, 2004a).

Tři navážky každého vzorku o hmotnosti ca 0,5 g byly souběžně mineralizovány v kyselině dusičné a peroxidu vodíku v teflonových tlakových nádobách v zařízení pro mikrovlnný a tlakový rozklad vzorků CEM (MARS 5). Po ukončení rozkladu a zředění na definovaný objem byl stanoven obsah Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, In, La, Li, Mn, Mo, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y a Zn metodou ICP-MS (PE Elan 6000). Všechny zjištěné koncentrace byly nad detekčními limity metody, které uvádí Tab. 2. Kontrola analýz byla prováděna na souběžné analýzy standardních rostlinných materiálů IAEA Lichen 336, IAEA Hay V10 a mezinárodní mezilaboratorní standardy mechu M2 a M3 (MUNHOS, Finsko). Průběžně Laboratoř stopových prvků analyzovala rostlinné vzorky v rámci mezinárodního programu kontroly

laboratoří WEPAL IPE (Wageningen Evaluating Programme for Analytical Laboratories, International Plant Analytical Exchange, Wageningen University) s velmi dobrými výsledky. Špatná shoda byla dosažena při stanovení Be v mechu M2 a M3 (Tab. 3 a Tab. 4), pro které udávané indikační hodnoty jsou nereálně vysoké (Steinnes et al. 1997; Harmens et al. 2008). Základní statistiku dosažených výsledků analýz mechu M2 a M3 lze nalézt v Příloze Tabulka 2A.

Obsah Hg přímo v umletých vzorcích mechu byl stanoven na analyzátoru rtuti AMA 254. Kontrola analýz byla prováděna analýzami standardních rostlinných materiálů (NIST Apple Leaves 1515 a IAEA Hay V10).

Celkový obsah dusíku byl zjištěn po rozkladu vzorku v kyselině sírové a peroxidu vodíku v zařízení na tlakový rozklad vzorků CEM (STAR System 2), destilací amoniaku do kyseliny borité (Büchi B-324) a titrací amoboritého komplexu kyselinou sírovou. Kontrola stanovení byla prováděna na souběžná stanovení standardního rostlinného materiálu NIST Spinach Leaves 1570a (s referenční hodnotou pro Kjeldahlovu metodu) a rostlinné vzorky průběžně analyzované v rámci mezinárodních kontrolních testů laboratoří WEPAL IPE. Analytické výsledky Laboratoře stopových prvků VÚKOZ, v.v.i. byly v dobré shodě s certifikovanými nebo doporučenými hodnotami. Protokoly o průběhu všech analýz jsou archivovány v laboratoři.

### 2.1.3 Zpracování a vyhodnocení výsledků

Základní evidence dat byla prováděna pomocí programů Microsoft Office, statistické analýzy výsledků byly počítány pomocí programu StatSoft Statistica. Bodové a izoliniové mapy byly konstruovány pomocí programu Golden Software Surfer a byla použita lineární interpolace dat. Podrobný popis použitých metod a interpolací dat uvádí např. Sucharová a Suchara (2004a: 24). V předkládané zprávě, na rozdíl od předchozích, je použito mírně odlišné mapové zobrazení JSTK území ČR.

Pro korelační analýzu byly získány údaje o vybraných charakteristikách odběrových ploch a způsobu využívání krajiny v jejich okolí jako proměnné vysvětlující distribuci sledovaných prvků v mechu. Údaje o stanovištních poměrech byly zapsány do protokolu o odběru vzorku, údaje o nadmořské výšce, lesnatosti a podílu urbanizované plochy byly získány z map podrobného měřítka (M-33-), údaje o geologickém podloží z příslušných listů geologické mapy ČR (ČGÚ 1988–1996) a údaje o rozložení ročních srážkových úhrnů za roky 2003, 2004 a 2005 z digitálních map ČHMÚ a hydrologických ročenek (ČHMÚ 2004–2006). Výběr vysvětlujících proměnných a jejich kategorie byly podrobně popsány v předešlé národní zprávě (Sucharová a Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a). Rozdělení matečných hornin podle předpokládaného podobného chemického složení do 6 tříd popisuje např. Sucharová a Suchara (2004a: 59).

Vzhledem k hodnocení výsledků pro všech 37 sledovaných prvků a omezenému rozsahu této zprávy jsou ve výsledkové části stručně komentována pouze nejdůležitější zjištění.

## 3. VÝSLEDKY A DISKUSE

### 3.1 Výsledky chemických analýz

S výjimkou Nd, jehož obsah v mechu byl v tomto biomonitorovacím programu v ČR stanoven poprvé, nejsou uváděny v úvodních částech charakteristiky prvků sledovaných v mechu. Jejich vlastnosti byly popsány v předchozí zprávě (Sucharová a Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a). Z výsledků je pro každý sledovaný prvek stručně komentováno aktuální zjištěné rozložení jeho obsahu v mechu na území ČR, zvláště jsou popsány výskyty hlavních ohnisek vysokých akumulací prvku v mechu (tzv. hot spoty) a jejich pravděpodobné příčiny. V druhé části komentáře jsou stručně komentovány změny v distribuci obsahů prvků od posledního monitorovacího programu v roce 2000 a jejich možné příčiny. Časové a prostorové změny v rozložení obsahu prvků podrobněji hodnotí Kap. 3.6. Barevné bodové a izoliniové mapy distribuce sledovaných prvků v mechu v roce 2005 jsou pro všechny prvky vloženy v této zprávě za Přílohou. Pro případné porovnání současného stavu distribuce obsahu prvků v mechu s posledními údaji z roku 2000, je možno mapy distribuce obsahu všech prvků mimo Nd získat v poslední národní zprávě (Sucharová a Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a).

Základní statistické údaje o obsahu jednotlivých prvků v mechu na území ČR a jednotlivých administrativních krajů poskytují Tab. 5–18.

Následují komentáře ke zjištěnému rozložení obsahu sledovaných prvků v mechu na území ČR a abecedním pořadí chemických symbolů jednotlivých prvků.

#### 3.1.1 Ag – stříbro

##### *Aktuální rozložení obsahu stříbra v mechu*

Obsah stříbra v mechu byl zjištěn v rozmezí 0,097–0,015  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Údaje o obsahu Ag v mechu na území ČR a v jednotlivých administrativních krajích poskytují Tab. 5–18.

Na zhruba 80 % území ČR obsah Ag v mechu nepřesahoval 0,04  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Ag přesahující 0,08  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl zjištěn v mechu mezi Frýdkem Místkem a Trincem, u Pelhřimova a Příbrami v důsledku provozování podniků barevné metalurgie. Zdroj Ag v okolí Pelhřimova však nebyl identifikován. Zvýšený obsah Ag vykazovaly vzorky mechu ze severních pohra-

ničních hor (Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory a Jeseníky). Důvodem mohou být geogenní vlivy zvýšeného obsahu Ag ve snadněji erodovaných horských výchozech hornin a antropogenní emisní vlivy (provoz skláren, barevné metalurgie u nás a v sousedním Polsku). V horách s vyššími srážkovými úhrny je Ag více hromaděno mechem (Sucharová a Suchara 2004b; Suchara et al. 2007a), jak dokumentuje i Tab. 19. Vliv dalších vysvětlujících proměnných prostředí na distribuci obsahu Ag v mechu uvádí Kapitola 3.5.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Průměrné hodnoty Ag v mechu se pro roky 2000 (průměr 0,034 a medián 0,030  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a 2005 (průměr 0,036 a medián 0,032  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) významně neliší. Také izoliniové mapy distribuce Ag v mechu na území ČR pro rok 2000 a 2005 se velmi podobají. Větší hromadění Ag v okolí závodů barevné metalurgie a v pohraničních horách na severu ČR nadále trvá. Nově bylo zjištěno v roce 2005 zvýšení obsahu Ag v mechu u Pelhřimova. Izoliniové mapy ukazují v roce 2005 zvýšení obsahu Ag v mechu, převážně na úrovni hodnot regionálního pozadí, v kraji CB. Statisticky významné změny v obsahu prvků v jednotlivých administrativních krajích proti roku 2000 podává Tab. 21.

### **3.1.2 Al – hliník**

#### **Aktuální rozložení obsahu hliníku v mechu**

Aktuální obsah hliníku v mechu dosahoval 208–28600  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž na čtvrtině území ČR byl zjištěn vysoký nebo zvýšený obsah Al způsobený především zvýšenou úrovní spadu erodovaných půdních částic a popílku z uhlí. Nejvyšší obsah Al v Mostecké uhelné pánvi je vyvolán vysokou prašností spojenou s těžbou, dopravou a průmyslovým spalováním uhlí v místních uhelných elektrárnách. Zvýšené hromadění Al v mechu na jižní Moravě souvisí hlavně s vysokou úrovní spadu erodovaných půdních částic. Zvýšený obsah Al v mechu v části KV, PL a SC kraje způsobuje průmyslové spalování uhlí, těžba nerostných surovin, výroba cementu atp.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Izoliniová mapa distribuce Al v mechu z roku 2000 ukazuje stejná ohniska jako v roce 2005, ale v současné době došlo k poklesu jejich rozlohy a intenzity na Moravě a v západní části Českomoravské vrchoviny. Naopak k zesílení ohnisek hromadění Al v mechu v roce 2005 došlo v západních Čechách. Změny obsahu Al v mechu vystihují změny prašnosti vyvolané antropogenními aktivitami nebo působením klimatu (srážky, vítr). Ukazuje se, že mechy v krajině s narůstajícím zalesněním, které brání erozi půdních povrchů a filtruje prachové částice transportované ze vzdálenějších zdrojů, obsahují trvale menší množství Al ( $r_p = -0,20$ ;  $p < 0,001$ ; Kap. 3.5.3).

### **3.1.3 As – arzen**

#### **Aktuální rozložení obsahu arzenu v mechu**

Obsah arzenu v mechu byl zjištěn v rozmezí 0,103–1,82  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Tabulka 5). Nejvyšší obsah As vykazovaly vzorky mechu z okolí Mostu a západně od Mělníku, kde jsou provozovány uhelné elektrárny. Zvýšený obsah As hromadí mech v území vymezeném spojnici Ústí nad Labem, Příbram, Jáchymov a státní hranicí. Vymezená oblast je především pod vlivem působení imisí z tepelných elektráren a dalších průmyslových topenišť na hnědé uhlí bohaté na arzenopyrit. Na zhruba 80 % území ČR byl v mechu zjištěn nízký obsah As pod 0,4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  odpovídající regionálnímu pozadřovému obsahu As. Nejnižší obsah As vykazovaly vzorky mechu odebrané v lesnaté a málo průmyslové příhraniční oblasti jižní poloviny Čech.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Místa nejvyššího hromadění As v mechu byla zjištěna na stejných místech v roce 2005 jako v roce 2000. Přesto v západních Čechách došlo k velkoplošnému zvýšení obsahu As v mechu v roce 2005 pravděpodobně z důvodu zvyšování množství průmyslově spalovaného uhlí. Naopak pokles As vykazovaly v roce 2005 vzorky mechu ze severovýchodních Čech a z jižní Moravy. Pravděpodobně došlo k poklesu množství průmyslově spalovaného uhlí v severovýchodních Čechách. Na jižní Moravě poklesla intenzita půdní eroze ve vlhčím roce 2005 a na několika odběrových místech byly vzorky v r. 2005 odebrány blíže centra remízků, kde byl mech více chráněn před kontaminací prachem. Trendy změn obsahu prvků v mechu na základě statistického hodnocení zjištěných rozdílů obsahu As v mechu jsou podrobněji komentovány v Kap. 3.6.

### **3.1.4 Ba – baryum**

#### **Aktuální rozložení obsahu barya v mechu**

Zjištěný obsah barya v mechu dosahoval hodnot 5,32–76,4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a místní ohniska jeho hromadění v mechu byla zjištěna na severovýchodní Moravě (Frýdek Místek, Ostrava, Moravskoslezské Beskydy). Příčinou je zvýšený spad prašných částic erodovaných ze skládek a půdních povrchů v průmyslové a důlní oblasti. Zvýšený obsah Ba vykazovaly vzorky mechu také z jižní a jihovýchodní Moravy (kraje OV, ZL, BN) v důsledku vysoké úrovně spadu erodovaných půdních částic z půdních povrchů vzniklých na sedimentech karpatského flyše. Na několika různých místech byly jednotlivé monitorovací plochy



ovlivněny také spadem prašných částic se zvýšeným obsahem Ba. Přesto zhruba na 75 % území ČR mech obsahoval Ba na úrovni regionálních pozadových hodnot nižších než 25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Izolíniové mapy rozložení obsahu Ba v mechu pro rok 2000 a 2005 se velmi podobají. Výraznější pokles obsahu Ba v mechu byl v roce 2005 zjištěn na jižní Moravě a na místech zvýšené akumulace Ba v mechu v Krkonoších a Orlických horách zjištěných v r. 2000. Důvodem je zřejmě aktuální pokles úrovně spadu erodovaných půdních a prašných částic. Přesto nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v průměrném obsahu Ba v mechu na území ČR mezi roky 2005 a 2000 (viz Kap. 3.6).

### **3.1.5 Be – beryllium**

#### **Aktuální rozložení obsahu beryllia v mechu**

Aktuální obsah beryllia v mechu byl zjištěn v rozpětí 0,008–0,136  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Be v mechu byl zjištěn v okolí Mostu, západně u Mělníku a u Jesenice, kde na prvních dvou lokalitách působí imise doprovázející provoz místních uhelných elektráren. Zdroj kontaminace mechu u Jesenice nebyl zjištěn, může jít o náhodný vliv geogenního Be z podloží kontaminujícího mech např. v důsledku náhodné bioturbace nadložního humusu. Podobně lze vysvětlit zvýšený obsah Be ve vzorku z Jizerky v Jizerských horách, kde působí vývěry vod v oblasti sedimentovaných minerálů. Vyšší obsah Be v mechu byl zjištěn velmi lokálně na 3 místech na jižní Moravě. Nejspíše se opět jedná o kontaminaci mechu sedimentujícími půdními částicemi místních půd na flyšových sedimentech. Kolem 85 % území ČR pokrývá mech s nízkou regionální pozadovou hodnotou Be pod 0,04  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Speciální sledování koncentrací prvků v mechu na české straně Králického Sněžníku mimo evropský monitorovací program (Kap. 1.2) nepotvrdilo podezření na zvýšenou úroveň atmosférického spadu Be v této oblasti.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Rozložení obsahu Be v mechu na území ČR se mezi roky 2000 a 2005 podstatně nezměnilo. Z izoliniových map se zdá malý nárůst obsahu Be v krajích UL, KV a částečně PL a SC, naopak snížení obsahu Be v kraji BN, OL a ZL. Pravděpodobně jde o změny v depozičních úrovních půdního a průmyslového prachu v uvedených regionech. Statistické hodnocení rozdílů obsahu prvků v daném období pro jednotlivé administrativní kraje udává Kap. 3.6.

### **3.1.6 Bi – vizmut**

#### **Aktuální rozložení obsahu vizmutu v mechu**

Obsah vizmutu v mechu byl zjištěn v rozpětí 0,012–0,318  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , nejvyšší obsah Bi přesahující 0,09  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  vykazovaly vzorky mechu z blízkosti Děčína a z Moravskoslezských Beskyd. Zpracování speciálního kovového odpadu s obsahem Bi v Děčíně a provozování neželezné metalurgie na Ostravsku a Třinecku, popř. i v sousedním Polsku jsou zdrojem Bi v uvedených oblastech. Menší ohnisko zvýšeného hromadění Bi v mechu bylo zjištěno u Nového Boru a souvisí s výrobou skla. Zvýšený obsah Bi byl zjištěn v mechu i z okolí Jáchymova a Příbrami. V prvním případě může jít o vliv zvýšené depozice částic erodovaných z odvalů bývalých dolů polymetalických rud, ve druhém o vliv provozu kovohutě v Příbrami. Mírně zvýšený obsah Bi byl zjištěn i ve vzorcích mechu z krajů UL, OV, LI, KV a PL. Přesto na 80 % území ČR obsah Bi v mechu odpovídal nízkým regionálním pozadovým hodnotám.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Také v roce 2000 byla zjištěna ohniska hromadění Bi v mechu u Děčína, Příbrami a Frýdku Místku (Suchara et al. 2007a). V roce 2005 byl zjištěn nově zvýšený obsah Bi v mechu z oblasti Moravskoslezských Beskyd, Nového Boru a Jáchymova, v důsledku zvýšení místní průmyslové výroby nebo eroze či bioturbace nadložního humusu. Snížení spotřeby Bi v kovohuti Příbram vedlo následně ke snížení emisí Bi. V některých krajích se zdá, že došlo ke zvýšení regionálního obsahu Bi v mechu (KV, UL, LI, JI). Výsledky hodnocení statisticky významných změn v administrativních krajích však poskytuje Tab. 21.

### **3.1.7 Cd – kadmium**

#### **Aktuální rozložení obsahu kadmia v mechu**

Obsah kadmia v mechu byl zjištěn v rozmezí 0,114–1,75  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Tab. 5). Nejvyšší obsah Cd, přesahující 1,0  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl naměřen v mechu od Frýdku Místku, Příbrami a Desné. Průmyslovými zdroji Cd jsou provozy barevné metalurgie a výroba skla a keramiky. Zvýšený obsah Cd byl zjištěn u vzorků mechu ze severní a jižní Moravy (části krajů OV, OL, ZL a BN). Na severní Moravě předpokládáme vliv průmyslových zdrojů (metalurgický a strojní průmysl), na jižní Moravě vliv zvýšené depozice erodovaných půdních částic a malý podíl spalování hnědého uhlí v elektrárně a teplárnách. Na většině území ČR byl zjištěn obsah Cd v mechu nižší než 0,30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což odpovídá současným hodnotám regionálního pozadí.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Porovnání izoliniových map distribuce Cd v mechu pro rok 2000 a 2005 ukázalo, že distribuce obsahu Cd a poloha ohnisek akumulace Cd v mechu se v posledních 5 letech nezměnila, ale v roce 2005 došlo ke zvýšení obsahu Cd v mechu u Pří-

brami a Desné zřejmě z důvodu zvýšených emisí Cd z průmyslových zdrojů (zvýšení produkce). Z podobných důvodů došlo i ke zvýšení obsahu Cd v mechu na Frýdeckomístecku a naopak s omezením výroby metalurgických provozů na Ostravsku a v sousedním Polsku došlo v roce 2005 ke snížení obsahu Cd na Ostravsku. Změny obsahu Cd v mechu byly však statisticky významné pouze pro SC kraj (Tab. 21, Kap. 3.6).

### 3.1.8 Ce – cer

#### *Aktuální rozložení obsahu ceru v mechu*

Obsah ceru v mechu dosahoval variačního rozpětí 0,302–3,69  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Největší hodnoty obsahu Ce byly zjištěny u Mostu a Kadaně v severozápadních Čechách a u Pohořelic na jižní Moravě. Cer jako typický litofilní prvek kontaminuje mech na lokalitách v důsledku vysoké prašnosti spojené s těžbou, přepravou a spalováním hnědého uhlí v Mostecké uhelné pánvi a vysoké úrovně spadu erodovaných půdních částic na jižní Moravě. Lokální zvýšení obsahu Ce v mechu bylo zjištěno v r. 2005 u Mělníku a Přerova pravděpodobně v důsledku provozování uhelné elektrárny Mělník a kontaminace mechu zvýšeným spadem půdních částic na Moravě. Asi na 75 % území ČR byl zjištěn nízký obsah Ce v mechu, jen mírné zvýšení pozadí obsahu Ce v roce 2005 ukazuje izoliniová mapa hlavně v kraji UL a BN pravděpodobně v důsledku mírného zvýšení spadu erodovaných půdních a prachových částic.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

V předešlém biomonitorovacím programu v roce 2000 byla zjištěna podobná distribuce Ce v mechu a stejná poloha ohnisek akumulace Ce v mechu v západních Čechách a na jižní Moravě. V roce 2005 došlo ke zřetelnému zeslabení ohniska kontaminace mechu na jižní Moravě v důsledku snížení spadu erodovaných půdních částic během vlhčího roku 2005 a odběrem vzorků mechu na místech více chráněných stromy. Porovnání izoliniových map pro rok 2000 a 2005 ukazuje v současné době pokles obsahu Ce v mechu hlavně na jižní Moravě a naopak mírné zvýšení v krajích UL, KV, PL a SC. Statistické hodnocení zobrazených změn je uvedeno v Kap. 3.6.

### 3.1.9 Co – kobalt

#### *Aktuální rozložení obsahu kobaltu v mechu*

Zjištěné množství kobaltu se v mechu pohybovalo v rozpětí 0,106–1,22  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Co byl naměřen u vzorků mechu ze Severočeského hnědouhelného revíru od Litvínova a Kadaně. Území je ovlivněno zvýšeným spadem erodovaných půdních částic, popílků tepelných elektráren a imisí původem z chemických a strojírenských provozů. Zvýšený obsah Co byl zjištěn ve vzorcích mechu z části PL kraje. Hlavním zdrojem Co jsou kovohutě u Příbrami a železářny u Rokycan. Zvýšený obsah Co byl zjištěn u vzorků mechu z několika jednotlivých ploch v různých částech ČR. Jedná se nejspíše o kobalt přecházející do mechu se spadu erodovaných půdních částic, u Mělníku i spad elektrárenských popílků a u Kopřivnice zvýšenou průmyslovou prašností. Na zhruba 80 % území ČR byl zjištěn nízký pozadí obsah Co nepřesahující 0,4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Izoliniové mapy z roku 2000 ukazují nejen ohnisko vysokého obsahu Co v mechu u Litvínova a Kadaně v severozápadních Čechách, ale i u Kyjova a Dukovan na jižní Moravě. První dvě ohniska hromadění Co v mechu jsou podmíněna vysokým spadem prašných částic v důsledku těžby, dopravy a spalování hnědého uhlí. Na jižní Moravě byl mech ovlivněn vysokou úrovní spadu půdních částic a u Dukovan spadem erodovaných částic z výchozů serpentinitu (hadce). V roce 2005 erozní účinky byly oslabeny např. vlhčím počasím. Naopak v roce 2005 byl zjištěn zvýšený obsah Co u kovohutě u Příbrami pravděpodobně v důsledku zvýšení výroby nebo vstupu Co se zpracovávanými surovinami. Slabý nárůst obsahu Co v mechu byl v roce 2005 zjištěn na části území PL a UL kraje, ale na většině území ČR mapy ukazují mírný pokles obsahu Co v mechu. Podíl vlivu průmyslových emisí Co na jeho obsah v mechu klesá a narůstá vliv spadu Co obsaženého v půdních nebo humusových částicích.

### 3.1.10 Cr – chrom

#### *Aktuální rozložení obsahu chromu v mechu*

Obsah chromu v mechu byl zjištěn od 0,51 do 4,54  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Na zhruba 95 % území ČR zjištěné množství Cr v mechu nepřesahovalo hodnoty regionálního pozadí 2,0  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Pouze zvýšený obsah Cr byl naměřen u vzorků od Mostu, Mělníku, Příbrami a Znojma. Okolí Příbrami a širší území Ostravska ovlivňují emise z metalurgických provozů, Mostecko a Mělnicko je ovlivňováno provozováním uhelných elektráren a okolí Znojma je postihováno zvýšeným spadem erodovaných půdních částic. Kolísání úrovně spadu půdních částic značně ovlivňuje rozložení obsahu Cr v mechu na území ČR. Faktory prostředí, které mohou významně ovlivňovat akumulaci Cr v mechu jsou diskutovány v Kap. 3.5.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Porovnání izoliniových map rozložení obsahu Cr v mechu v roce 2000 a 2005 ukazuje, že v současné době došlo ke snížení obsahu Cr v malých oblastech jeho dříve zvýšené kumulace v kraji ZL a BN. Velkoplošné snížení Cr v mechu bylo zjištěno



v části SC, PU, JI, OL, ZL, BN a OV kraje, což vedlo k odpovídajícímu nárůstu plochy oblastí s nízkým obsahem Cr v mechu. To je způsobeno poklesem úrovně spadu erodovaných půdních částic nejspíše v důsledku relativně vlhkého roku 2005. V současné době třídy obsahu Cr v mechu užívané v rámci mezinárodního biomonitoringu jsou příliš vysoké a nedovolují v ČR vymezit oblasti s relativně vysokým, středním a nízkým obsahem Cr. To by umožnilo jen definování nových obsahových tříd s nižšími hodnotami. Ukazuje se, že obsah Cr je v ČR v jednotlivých biomonitorovacích programech prostorově i časově poměrně proměnlivý. Pravděpodobně důležitým faktorem, který kontroluje obsah Cr v mechu, je míra spadu erodovaných půdních částic závisující na aktuálních klimatických podmínkách.

### 3.1.11 Cs – cesium

#### *Aktuální rozložení obsahu cesia v mechu*

Obsah cesia v mechu byl zjištěn v rozpětí 0,074–6,93  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , nízký obsah do 0,6  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl naměřen v mechu na zhruba 90 % území ČR. Přesto vysoké hromadění Cs v mechu nad 2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  bylo zaznamenáno na 8 místech ČR (Nová Bystrice, Železná Ruda, Mariánské Lázně, Jáchymov, Český Jiřetín, Harrachov, Dobruška a Jevany) a zvýšený obsah Cs vykazoval mech také u Stráže pod Ralskem, Zlatých Hor, Frýdku Místku a Jimramova. Na všech uvedených místech se vyskytují granitoidní typy hornin, ze kterých se Cs dostává do mechu buď přímo spadem erodovaných částic hornin a jejich půdních pokryvů nebo erozním roznosem opadu a humusu, do kterého přechází koloběhem prvků v lese.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Izolíniové mapy distribuce Cs v mechu v roce 2000 a 2005 se velmi podobají a poloha míst hromadění Cs v mechu je stále. Množství aktuálního obsahu geogenního Cs v mechu na takových místech ovlivňují hlavně klimatické podmínky. Vlivy prostředí kontrolující významně distribuci Cs v mechu udává Kap. 3.5. Průmyslové zdroje Cs nejsou u nás známy, vliv radioaktivního  $^{137}\text{Cs}$  na obsah celkového Cs je zanedbatelný. Přesto se uvažuje o měření obsahu  $^{137}\text{Cs}$  ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany.

### 3.1.12 Cu – měď

#### *Aktuální rozložení obsahu mědi v mechu*

Aktuální obsah mědi v mechu se pohyboval v rozmezí 3,29–10,5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a v roce 2005 nebylo zjištěno v ČR žádné místo s velmi vysokým obsahem Cu v mechu. Porovnání izolíniových map z roku 2000 a 2005 ukazuje zvýšení obsahu Cu, které bylo v roce 2005 naměřeno v okolí Mostu a Frýdku Místku a v krajích UL, LI, SC, HK, OL a OV. Obsah Cu v mechu ovlivňují hlavně emise z provozů barevné metalurgie, průmyslového spalování uhlí a spad erodovaných půdních částic nebo nadložního humusu. V příhraniční oblasti Jeseníků může jít i o vliv emisí metalurgických provozů z průmyslových oblastí jižního Polska.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Proti roku 2000 byl zjištěn mírně zvýšený obsah Cu v mechu u Mostu, Trutnova a Kyjova. Naopak snížení obsahu Cu v mechu bylo zjištěno v severní polovině Čech a v severní a východní části Moravy. V uvedených oblastech je vliv emisí Cu z metalurgických provozů zanedbatelný. Hlavním průmyslovým zdrojem Cu je zde provozování tepelných elektráren. Pravděpodobně významný podíl na kontrole obsahu Cu v mechu má i spad erodovaných půdních částic a hlavně nadložního humusu. Statisticky významné změny v obsahu Cu v mechu za posledních 5 let v jednotlivých krajích podává Kap. 3.6.

### 3.1.13 Fe – železo

#### *Aktuální rozložení obsahu železa v mechu*

Aktuální obsah železa se v mechu pohybuje v rozmezí 182–2570  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Vysoké koncentrace Fe byly naměřeny v mechu u Mostu a Kadaně, u Ostravy a Nýdku a na jižní Moravě u Znojma. Příčinou zvýšeného hromadění Fe v mechu v Mosteckém hnědouhelném revíru je vysoký spad prachových částic uvolňovaných při těžbě uhlí, jeho přepravě a při průmyslovém spalování v elektrárnách. Na severovýchodní Moravě je rozhodujícím zdrojem Fe v mechu spad průmyslového prachu z metalurgických provozů. Ve výhradně zemědělské oblasti jižní Moravy je dominantním zdrojem Fe pro mech zvýšený spad erodovaných půdních částic. Mírné zvýšení aktuálního obsahu Fe v mechu zjišťujeme také u Mělníku (důvodem je provoz elektrárny), Příbrami (provoz kovohutě) a Olomouce (eroze půdních pokryvů). Přesto asi na 80 % území ČR byl zjištěn obsah Cu v mechu nízký, odpovídající současnému regionálnímu pozadí.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Izolíniové mapy z let 2000 a 2005 jsou velmi podobné a zobrazují stejně i polohy ohnisek hromadění Fe v mechu. V současné době jedinou v mapách patrnou je mírný nárůst pozadí hodnoty Fe v mechu v jihozápadních Čechách a naopak mírný pokles ve východních Čechách a na západní Moravě. Vzhledem k již ustálenému množství emisí Fe z průmyslových zdrojů, hlavní kontrolu nad obsahem Fe v mechu mají faktory ovlivňující erozi a šíření půdních částic. Statisticky významné změny v obsahu Fe v jednotlivých krajích za posledních 5 let udává Tab. 21.

### 3.1.14 Ga – gallium

#### *Aktuální rozložení obsahu gallia v mechu*

Aktuální hodnoty obsahu gallia v mechu byly zjištěny v rozpětí 0,084–0,965  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Podobně jako u některých dalších litogenních prvků, nejvyšší obsah Ga byl zjištěn u vzorků mechu ze Severočeského hnědouhelného revíru od Mostu a Kadaň, od Mělníku ve středních Čechách a od Znojma na jižní Moravě. Zdrojem Ga je sedimentující prach a popílek uvolňovaný do atmosféry při těžbě, přepravě a průmyslovém spalování hnědého uhlí v hnědouhelném revíru, provozování uhelné elektrárny u Mělníku a vysoké úrovně spadu půdních částic erodovaných z rozlehlých polí na jižní Moravě. Zvýšený obsah Ga v mechu byl zaznamenán v západní části SC kraje, v příhraniční oblasti Liberecka a na několika místech na severovýchodní Moravě. Ve všech případech jde o doznívání vlivu provozování uhelných elektráren na severovýchodní Moravě v kombinaci se zvýšenou průmyslovou prašností především z metalurgických provozů. Mech na většině území ČR (asi 80 %) obsahuje malá pozadřová množství Ga do 0,25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Rozložení obsahu Ga v mechu se velmi podobá mapě rozložení železa v mechu, proto můžeme předpokládat společné emisní zdroje těchto prvků a stejné mechanismy šíření, depozice a vstupu těchto prvků do rostlinek mechu.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Izoliniové mapy distribuce obsahu Ga v mechu na území ČR v roce 2000 a 2005 jsou si velmi podobné a ohniska hromadění Ga v mechu v severozápadních Čechách a na jižní Moravě byly identifikovány v obou monitorovacích programech. V roce 2005 ale intenzita prvního ohniska zesílila, zatímco druhé výrazně zesláblo. Důvodem je proměnlivá úroveň spadu prašných a půdních částic, zvláště snížení eroze na Moravě během vlhčího roku 2005. Rozdílnou regionální úroveň spadu erodovaných půdních částic v letech 2000 a 2005 lze vysvětlit i růst pozadřového obsahu Ga v mechu na jihozápadě Čech a pokles obsahu Ga ve východních Čechách.

### 3.1.15 Hg – rtuť

#### *Aktuální rozložení obsahu rtuti v mechu*

Obsah rtuti se v mechu pohyboval v rozmezí 0,022–0,148  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Podle stávajících klasifikačních tříd obsahu Hg užívaných v mezinárodním monitorovacím programu, analyzované vzorky mechu nikde v ČR nevykazovaly velmi vysoký nebo vysoký obsah Hg. Středně zvýšený obsah Hg byl zjištěn u vzorků mechu od Litvínova, Mostu, Neratovic a Frýdlantu. Příčinou hromadění Hg v mechu na uvedených lokalitách je průmyslové spalování hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi, produkce chloru elektrolýzou solanky Hg elektrodami (Spolana) a provozem tepelné elektrárny v Polsku (Turów). Zóna zvýšeného obsahu Hg v mechu lemuje výše uvedená ohniska a slévá se v rozlehlejší zónu zahrnující část krajů UL, LI a SC. Na několika jednotlivých plochách zvýšení obsahu Hg v mechu vyvolala pravděpodobně náhodná kontaminace mechu humusem např. vlivem bioturbace (v kraji JI a BN), lokální spalování uhlí nebo komunálního odpadu (Sokolov, Kroměříž, Karviná) nebo dosah zahraničních průmyslových zdrojů Hg (Katovice, Myjava). Přesto na zhruba 85 % území ČR mech obsahoval malá množství Hg do 0,06  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Porovnání příslušných izoliniových map ukázalo, že v roce 2005 prakticky zmizelo významné ohnisko hromadění Hg v mechu zjištěné u Kyjova na jižní Moravě v roce 2000. Průmyslové zdroje Hg v této oblasti jsou velmi malé. Příčinou zeslabení tohoto ohniska lze hledat jediné v poklesu úrovně spadu erodovaných půdních částic v území. V roce 2005 také nebyla zjištěna dříve identifikovaná místa zvýšeného hromadění Hg v mechu mezi Pardubicemi a Zábřehem a u Kladna a Stříbra v důsledku zrušení některých lokálních průmyslových provozů a poklesu množství průmyslově spalovaného uhlí. Izoliniová mapa pro rok 2005 ukazuje pokles regionálních pozadřových koncentrací Hg v mechu např. v krajích HK, PU, BN, OL a JI. Statisticky významný pokles obsahu Hg v mechu však nastal jen v kraji SC, PU a OL (Kap. 3.6).

### 3.1.16 In – indium

#### *Aktuální rozložení obsahu india v mechu*

V roce 2005 bylo zjištěno variační rozpětí obsahu india v mechu od 0,001 do 0,038  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Tab. 5). Nejvyšší obsah In byl zjištěn podél státní hranice mezi Varnsdorfem a Chomutovem. Příčiny zvýšeného hromadění In v mechu na hřebenech severní části Krušných hor nejsou známy a mohou souviset např. s novou stavbou a provozem větrných elektráren a elektrovoltaických článků, které mohou obsahovat slitiny s In. V následujícím období dojde k opakování sběru a analýz mechu z uvedené oblasti. Relativně vysoký obsah In byl také zjištěn v mechu na několika místech na severovýchodní Moravě (Frýdek Místek, Ostrava, Nýdek), který souvisí s kontaminacemi území In původem z místních provozů metalurgického průmyslu. Zbylá ohniska zvýšeného obsahu In v mechu souvisí s provozem kovohutě (Příbram) a nejspíše kontaminací mechu humusem (Hrádek u Nechanic a Velenka). Nízká úroveň obsahu In v mechu odpovídající regionálnímu pozadí byla zjištěna zhruba na polovině území státu, převážně v jižní části ČR.

### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Porovnání map rozložení In v mechu pro rok 2000 a 2005 ukazuje aktuální nárůst obsahu In v mechu hlavně v krajích na západě Čech (KV, UL a LI), v severovýchodních Čechách (HK, PU) a částečně ve SC kraji. Statisticky významná změna koncentrací In byla však zjištěna jen pro 3 kraje (Tab. 21). Naopak mírné snížení obsahu In v mechu bylo indikováno na Moravě, hlavně v kraji BN především v důsledku poklesu spadu erodovaných půdních částic.

### **3.1.17 La – lanthan**

#### **Aktuální rozložení obsahu lanthanu v mechu**

Aktuální rozmezí obsahu lanthanu v mechu bylo zjištěno mezi 0,15 až 1,79  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . V ČR nejsou známé průmyslové zdroje La. Relativně vysoký obsah La vykazoval mech od Mostu a Kadaně v Severočeské hnědouhelné pánvi, kde vzniká vysoká prašnost související s těžbou, přepravou a průmyslovým spalováním hnědého uhlí. Zvýšený obsah La byl zjištěn v mechu u Mělníku a na třech místech jižní Moravy. Území u Mělníku je ovlivňováno spadem popílku z provozu uhelné elektrárny, oblast jižní Moravy je ovlivňována vysokými hladinami spadu erodovaných částic z místních půdních pokryvů. Přesto na 90 % území ČR byly naměřeny v mechu nízké hodnoty La odpovídající regionálním pozadřovým úrovním.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Velmi podobné rozložení obsahu La v mechu v roce 2000 a 2005 ukazují příslušné izoliniové mapy. Přesto dříve zjištěné ohnisko hromadění La na jižní Moravě bylo značně redukováno v roce 2005 v důsledku nižší intenzitě větrné eroze půd během vlhčího roku 2005. Naopak slabý nárůst obsahu La v mechu u Mostu a Kadaně souvisí se zvýšenou prašností v důsledku zvýšení rozsahu zemních prací a snad i zvyšovaným výkonem uhelných elektráren.

### **3.1.18 Li – lithium**

#### **Aktuální rozložení obsahu lithia v mechu**

V roce 2005 byl zjištěn obsah lithia v mechu mezi 0,14 a 2,33  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž nejvyšší obsah, překračující 1,30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , byl naměřen u vzorků mechu od Mostu a Znojma. Vysoká depoziční úroveň zemního prachu a elektrárenských popílků v důsledku těžby, dopravy a spalování uhlí na Mostecku a vysoké spady erodovaných půdních částic na Znojemsku jsou toho příčinou. Těžba a průmyslové spalování hnědého uhlí vyvolávají také zvýšení obsahu Li v mechu v krajích UL, KV a západní části SC kraje. Podobně vysoká průmyslová prašnost na Frýdeckomístecku a půdní prašnost na Olomoucku je příčinou zvýšené kontaminace mechu Li na těchto místech. Zhruba však na 85 % území ČR byl v mechu zjištěn malý obsah Li odpovídající hodnotám aktuálních regionálních pozadí nižším než 0,50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Porovnání map distribuce obsahu Li v mechu v roce 2000 a 2005 neukazuje na žádnou podstatnou změnu v rozložení Li v mechu na území ČR s výjimkou zeslabení dříve zjištěného ohniska na jižní Moravě (Kyjov). Pokles je způsoben pravděpodobně v současnosti menší úrovní spadu erodovaných půdních částic v tomto území. Mapy ukazují i aktuálně slabé zvýšení pozadřových obsahů Li v mechu v jihozápadních Čechách a naopak slabý pokles v severovýchodních Čechách a na severozápadní Moravě v důsledku změn úrovně regionálního spadu prachových a půdních částic. Statistické hodnocení zobrazených změn v obsahu Li v jednotlivých krajích poskytuje Tab. 21.

### **3.1.19 Mn – mangan**

#### **Aktuální rozložení obsahu manganu v mechu**

Obsah manganu v mechu v roce 2005 kolísal v širokém rozpětí 34–1813  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  podobně jako v roce 2000 (35–1850  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Nejvyšší obsah Mn opakovaně vykazoval mech na monitorovací ploše u Bohdanče pravděpodobně v důsledku kontaminace mechu nadložním humusem nebo opadem, kam se Mn dostává z půdního pokryvu a bioakumulací dřevinami nebo z místních pramenů pravděpodobně se zvýšeným obsahem Mn. Druhé místo vysokého hromadění Mn je okolí Mostu, kde mimo zdroje geogenního Mn může působit i zvýšený spad Mn z průmyslových zdrojů (uhelná topeniště, metalurgický průmysl). Zvýšený obsah Mn byl zjištěn u Stříbra, Pelhřimova a Berouna, kde se nejspíše jedná o důsledek kontaktu mechu s nadložním humusem nebo půdou, např. vlivem bioturbace. Na Berounsku působí vysoké úrovně spadu prachu uvolňovaného při těžbě surovin a výrobě vápna a cementu. Přesto na zhruba 90 % území ČR mech vykazoval relativně nízký obsah Mn odpovídající regionálním pozadřovým hodnotám zhruba do 700  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Byl opakovaně potvrzen vysoký nebo zvýšený obsah Mn v mechu u Bohdanče, Mostu, Kladna, Berouna a Stříbra v letech 2000 a 2005. Mapy distribuce obsahu Mn v mechu ukazují na současný jeho pokles na odběrových plochách u Boskovic, Tábora, Vyššího Brodu, Zálesí a Břeclavi nejspíše v důsledku snížené úrovně spadu humusových a půdních částic vyvolané pů-

sobením aktuálních místních klimatických podmínek. Vliv úhrnů dešťových srážek za období let 2003–2005 na obsah Mn v mechu je hodnocen v Kap. 3.5.2.

### 3.1.20 Mo – molybden

#### *Aktuální rozložení obsahu molybdenu v mechu*

Obsah molybdenu v mechu byl v současné době zjištěn ve variačním rozpětí 0,076–0,490  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Zvýšené hromadění Mo v mechu bylo zjištěno u Rumburku a Děčína, pravděpodobně v důsledku působení emisních zdrojů z metalurgických a strojírenských závodů. Podobně zjištěné zvýšení obsahu Mo v mechu u Kladna, Komárova, Třince a Frýdku Místku souvisí s provozem závodů metalurgického průmyslu, např. produkcí a zpracováním teplu odolných ocelí. Emise Mo ze spalování uhlí v tepelných elektrárnách a vysoká prašnost doprovázející těžbu a dopravu uhlí zvyšují obsah Mo v mechu u Frýdlantu, Mostu a Kadaně. Relativně nízký obsah Mo v mechu, odpovídající regionálním požadovým hodnotám do 0,20  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , byl zjištěn na zhruba 70 % území ČR.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Izolíniové mapy distribuce obsahu Mo v mechu na území ČR z roku 2000 a 2005 se velmi podobají s tím, že mírný nárůst obsahu Mo v mechu byl v roce 2005 zobrazen v krajích UL, LI, SC a PL a zřetelný pokles v oblasti severozápadních Čech a na jižní Moravě. Důvodem je kolísání vlivu regionálního klimatu kontrolujícího erozi a šíření průmyslového a půdního prachu. Popřípadě lze uvažovat i změny depozičních úrovní Mo přicházejícího od vzdálenějších emisních zdrojů v sousedních zemích. Vliv vybraných proměnných charakteristik krajiny, které významně kontrolují obsah Mo v mechu v ČR, je diskutován v Kap. 3.5.

### 3.1.21 N – dusík

#### *Aktuální rozložení obsahu dusíku v mechu*

Aktuální obsah celkového dusíku v mechu dosahoval na území ČR v roce 2005 rozpětí 6769–22970  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Oblasti vysokého obsahu N v mechu byly zjištěny v průmyslových oblastech mezi Mostem a Louny a mezi Hradcem Králové, Svitavami a Českou Třebovou a v intenzivně zemědělsky využívané oblasti jižní Moravy mezi Uherským Brodem, Hodonínem a Pohořelicemi. Zvýšený obsah N byl také zjištěn v mechu na Frýdeckomístecku, Karvinsku, Litoměřicku, Plzeňsku a překvapivě i v převážně lesnaté oblasti Jeseníků. Zdrojem reaktivního N v uvedených oblastech jsou spalovací procesy v průmyslových topeništích a automobilových motorech a uvolňování sloučenin N z hnojených zemědělských půd a z velkochovů hospodářských zvířat. Příčiny zvýšeného hromadění N v mechu v Jeseníkách nejsou známy. Rozlehlejší oblasti s malým obsahem celkového N v mechu byly zjištěny v krajích KV, CB a částečně v PU, JI a OL.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Mapy rozložení obsahu celkového N v mechu na území ČR ukazují, že nedošlo k významnější změně v rozložení obsahu N v mechu v letech 2000 a 2005. Opakovaně byly identifikovány stejné oblasti vysokého a zvýšeného obsahu N v mechu s tím, že v roce 2005 v některých ohniscích došlo k poklesu obsahu N. Snížený obsah N až na regionální úroveň byl zjištěn na území části krajů SC, PU, OL a JI snad v důsledku snižující se zemědělské produkce. Nejednoznačný krátkodobý trend (kolísání) úrovně mokré depozice N v ČR ukazují i data z měřicích stanic ([http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab\\_roc/2005\\_enh/cze/index.html](http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/2005_enh/cze/index.html)).

### 3.1.22 Nd – neodym

Obsah neodymu v mechu na území ČR byl zjišťován v roce 2005 poprvé, proto následují stručné charakteristiky tohoto prvku podobně jak byly v předešlých zprávách uváděny pro ostatní prvky sledované v biomonitorovacích programech v ČR.

Prvek vzácných zemin Nd se vyskytuje v přírodě v sedmi izotopech, z nichž  $^{144}\text{Nd}$  je radioaktivní s dlouhým poločasem rozpadu. Nd se nevyskytuje v ryzí formě, ale je rozptýlen hlavně ve vyvřelých horninách nebo spolu s ostatními prvky vzácných zemin tvoří minerály jako např. monazit, bastnaesit, allit, xenotim aj. Horní zemská kůra obsahuje průměrně Nd v koncentracích kolem 27  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . U nás byl uváděn zvýšený obsah Nd v říčních a potočních sedimentech v Českém masivu, Jizerských horách a podél česko-rakouské hranice (Salminen et al. 2005).

Nd není esenciálním prvkem pro žádnou skupinu organismů, i když může v biologických systémech nahrazovat pozice vápníku. Typické koncentrace Nd v rostlinách nepřekračují 1  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a nejvíce Nd obsahují většinou nadzemní části rostlin s výjimkou plodů, kde jsou hodnoty Nd naopak nejnižší.

Průmyslově se Nd může využívat pro barvení skla, výrobu optických přístrojů a laserů pro lékařské účely, speciální slitiny a silné magnety. Čistý Nd dráždí pokožku a sliznice a vdechování jeho prachu vyvolává podráždění plic. Stejně jako u ostatních prvků vzácných zemin se udává malá až střední toxicita Nd, ale preventivně při kontaktu s Nd se doporučuje do-



držovat pravidla předběžné opatrnosti pro manipulaci s velmi toxickými materiály. V ČR nejsou evidovány žádné průmyslové zdroje Nd.

#### **Aktuální rozložení obsahu neodymu v mechu**

Obsah Nd v mechu byl zjištěn ve variačním rozpětí 0,129–1,58  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Aktuálně nejvyšší obsah Nd byl zjištěn v mechu z monitorovací plochy od Mostu a Kadaně. Vzorokly byly evidentně ovlivněny vysokým spadem prachových částic uvolňovaných při těžbě, přepravě a spalování uhlí v místních tepelných elektrárnách. Ohnisko vysoké akumulace Nd v mechu na jižní Moravě u Pohořelic evidentně souvisí s vysokým lokálním spadem erodovaných půdních částic z místních půdních pokryvů na flyšových sedimentech. Podobně byl zvýšeným spadem půdního prachu kontaminován mech na odběrové ploše v lesíku mezi poli u Přerova. Provoz tepelné elektrárny a zvýšená hladina depozice půdních částic způsobila zvýšenou akumulaci Nd v mechu u Mělníku a Litoměřic. Asi na 80 % území ČR mech obsahoval malé množství Nd, které odpovídá regionálním požadovkám, přičemž nejnižší obsah Nd v mechu byl zjištěn v krajích HK, PU, JI, CB, PL a LI.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Protože v minulých biomonitorovacích programech nebyl Nd v mechu na území ČR sledován, krátkodobý ani dlouhodobý trend v obsahu Nd v mechu u nás není znám.

### **3.1.23 Ni – nikl**

#### **Aktuální rozložení obsahu niklu v mechu**

Současný obsah niklu v mechu byl zjištěn v intervalu od 0,524 do 4,94  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Ni vykazoval mech na monitorovací ploše u Dukovan na hadcových skalách a pravděpodobně souvisí s vysokým obsahem niklu v hornině. Mech byl na této lokalitě kontaminován buď přímo erodovanými částicemi z matečné horniny nebo prostřednictvím nadložního humusu, ve kterém je Ni nejvíce adsorbován. Stejně vysvětlení má i zvýšený obsah Ni zjištěný na nové lokalitě 70-01 na hadcových skalách u Mariánských Lázní. Středně zvýšené koncentrace Ni vykazoval mech v severočeském hnědouhelném revíru, a také u Plzně, Ostravy, Vsetína, Zlína a Komárova, tedy na místech, v jejichž okolí pracují metalurgické závody. Nejnižší aktuální obsah Ni byl zjištěn u vzorků mechu z jižních a severovýchodních Čech a na západní Moravě.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Porovnání izoliniových map distribuce Ni v mechu z roku 2000 a 2005 ukazuje na aktuální pokles obsahu Ni v mechu na většině území ČR. Došlo k podstatnému zeslabení ohnisek jeho hromadění v severozápadních Čechách i na jižní Moravě a pokles obsahu Ni v mechu byl zjištěn také v dalších oblastech ČR. Přesto statisticky významný byl jen pokles Ni v mechu pro kraj LI a HK (Tab. 21). Na snížení akumulace Ni v mechu se podílí pokles výroby v metalurgických závodech a především snížená depozice erodovaných půdních pokryvů v důsledku vlhčího roku 2005. Odpovídajícím způsobem došlo k rozšíření zón nízkého, požadového obsahu Ni v mechu. Aktuální kontaminace mechu na odběrové ploše u Dukovan je náhodná a v předchozích biomonitorovacích programech nebyla zjištěna. V celkovém souboru dat obsah Ni v mechu koreloval statisticky významně s výskytem bazických vyvěřelých hornin (11 případů) poprvé v roce 2005 (Kap.3.5.4). Chemický potenciál matečných hornin ovlivňuje obsah prvků v mechu nepřímo prostřednictvím aktuálních vlivů prostředí (počasí, svazitost, bioturbace nadložního humusu a minerálního podloží atp.)

### **3.1.24 Pb – olovo**

#### **Aktuální rozložení obsahu olova v mechu**

Zjištěný obsah olova v mechu kolísal ve variačním rozpětí 1,31–63,1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a pouze u Příbrami bylo zjištěno jediné místo v ČR s vysokým obsahem Pb v mechu. Důvodem je provozování místní kovohutě specializované na recyklaci Pb. Zvýšený obsah Pb vykazoval mech na severovýchodní Moravě mezi Frýdkem Místkem, Karvinou a Třincem, což odráží působení emisí Pb z provozů nezelezné metalurgie a výroby akumulátorů. Slabě zvýšené hromadění Pb v mechu bylo zjištěno na několika místech podél části severní státní hranice pravděpodobně z důvodu vlivu emisí z provozů barevné metalurgie působících v jižním Polsku. Zhruba na 95 % území ČR byly zjištěny v mechu jen relativně nízké koncentrace Pb odpovídající regionálním požadovkám pod 10  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Izolíniová mapa rozložení Pb v mechu na území ČR v roce 2005 se podstatněji neliší od stejné mapy pro data z roku 2000. V roce 2005 však došlo ke zvýšení obsahu Pb na monitorovací ploše u Příbrami pravděpodobně z důvodu zvýšené produkce kovohutě. Na zbylém území ČR mapy ukazují mírný pokles obsahu Pb v mechu, i když výkony emisních zdrojů Pb v ČR jsou od roku 2000 prakticky stabilní. Pravděpodobně se projevuje snížení emisí vzdálenějších průmyslových zdrojů a celkového regionálního snížení atmosférického spadu Pb ve střední Evropě. Statisticky významné snížení obsahu Pb v mechu v roce 2005 proti roku 2000 bylo zjištěno v 5 krajích ČR. Trvalý pokles obsahu Pb v mechu na území ČR probíhá od roku 1991 (Kap. 3.6.2).

### 3.1.25 Pr – prazeodym

#### *Aktuální rozložení obsahu prazeodymu v mechu*

Aktuální obsah prazeodymu v mechu byl zjištěn v rozmezí 0,034–0,418  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Na 4 místech byl zjištěn relativně vysoký obsah Pr, který překračoval hodnotu 0,25  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Stejně jako u většiny dalších sledovaných zástupců prvků vzácných zemin nejvyšší obsah Pr byl naměřen u vzorků z monitorovacích ploch u Mostu a Kadaně. Důvodem byly vysoké úrovně spadu půdních částic a popílku uvolňované vlivem těžby, dopravy a spalování hnědého uhlí v místních uhelných elektrárnách. Další oblasti vysokého hromadění Pr v mechu u Pohořelic a Přerova jsou charakterizovány vysokou úrovní atmosférického spadu erodovaných půdních částic z okolních rozlehlých polí. Zvýšený obsah Pr byl také zjištěn u mechu z okolí Mělníku a Litoměřic. Důvodem je provoz uhelné elektrárny a zvýšená úroveň spadu i erodovaných půdních částic. Na zbylých asi 90 % rozlohy ČR koncentrace Pr v mechu nedosahovala hodnoty 0,12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což odpovídá úrovni aktuálního pozadového obsahu.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Průběh distribuce Pr v mechu na území ČR je zobrazen na izoliniových mapách velmi podobně pro rok 2000 a 2005. Nicméně, rozsáhlé ohnisko na jižní Moravě zjištěné před 5 lety, bylo v současné době značně redukováno vlivem snížení úrovně spadu erodovaných půdních částic během vlhkého roku 2005 a výběrem vhodnějších míst pro odběr vzorků mechu (lépe chráněných stromy před kontaminací půdním prachem). Naopak slabé zvýšení obsahu Pr v mechu u Mostu a Kadaně bylo způsobeno lokálně a místně zvýšenou prašností zemních prací, při těžbě, přepravě a průmyslovém spalování uhlí. Aktuální změny úrovně regionální prašnosti vedly k mírnému zvýšení pozadových obsahů Pr v mechu v západních Čechách a poklesu na západní Moravě.

### 3.1.26 Rb – rubidium

#### *Aktuální rozložení obsahu rubidia v mechu*

Zjištěný obsah Rb v mechu kolísal mezi 2,95 a 101  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Rb překračující 90  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl naměřen ve vzorcích mechu od Mariánských Lázní, Jevan, Nové Bystřice a Říček v Orlických horách. Zvýšený obsah Rb byl zjištěn v mechu téměř ve všech horských oblastech Českého masivu (Orlické hory, Krkonoše, Jizerské hory, Krušné hory, Šumava, Novohradské hory, Králický Sněžník a jižní část Českomoravské vrchoviny) a u Sedlec-Prčice. Původ Rb v mechu je geogenní, do mechu přechází z matečných hornin lokálně obohacených např. o živce s vysokým obsahem Rb. Bioturbací zvětralých hornin a bioakumulací do opadu se Rb adsorbuje ve větším množství na nadložní humus. Erozí nebo bioturbací se částice opadu a humusu dostávají do kontaktu s mechem, který adsorbuje část Rb. Asi na 75 % území ČR však nebylo zjištěno hromadění Rb nad úroveň obsahu regionálního pozadí do 30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Porovnání výsledků z roku 2000 a 2005 ukazuje, že v roce 2005 byly zjištěny vysoké koncentrace Rb v mechu na stejných místech jako v roce 2000, ovšem velikost a intenzita jednotlivých ohnisek se zřejmě změnila podle aktuální míry kontaminace mechu nadložním humusem a opadem. Izoliniová mapa aktuální distribuce obsahu Rb v mechu ukazuje spíše na mírný pokles, v Krušných horách a okolí Nového Města na Moravě byl pokles výrazný. Aktuální obsah Rb v mechu zřejmě kontrolují místní faktory prostředí (srážky, vítr, bioturbace), které v daném období na lokalitě působí. Distribuce a velikost zón s pozadovými hodnotami Rb v mechu se mezi roky 2000 a 2005 významněji nezměnily.

### 3.1.27 S – síra

#### *Aktuální rozložení obsahu síry v mechu*

Aktuální obsah celkové síry v mechu dosahoval variačního rozpětí 756–1970  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž nejvyšší obsah S byl zjištěn u Mostu, Hodonína, Hrušovan nad Jevišovkou a Frýdku Místku. Mech na Mostecku a Fýdeckomístecku je ovlivňován vysokými depozicemi sloučenin síry z průmyslových topenišť, zatímco u Hrušovan nad Jevišovkou jde především o vliv depozice erodovaných částic půdních pokryvů na sedimentech s vysokým obsahem síranů a u Hodonína má rozhodující vliv zvýšená depozice erodovaných půdních částic doplněná emisemi z průmyslových topenišť (např. elektrárna Hodonín). Zvýšené hromadění S v mechu bylo zaznamenáno hlavně mezi Mělníkem a Kladnem, Hradcem Králové a Pardubicemi, u Ostravy a Nýdku. Důvodem je především působení emisí z průmyslových topenišť (elektrárny, teplárny, metalurgický průmysl). Relativně nízký pozadový obsah S v mechu do 1300  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl zjištěn na asi 80 % území ČR.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Porovnání izoliniových map distribuce S v mechu v ČR pro rok 2000 a 2005 ukazuje podobný obraz, ale intenzita ohnisek zvýšené akumulace S v mechu byla r. 2005 nižší hlavně na jižní Moravě, u Zábřehu a Pardubic a naopak vyšší u Mostu, Mělníku a Slaného v důsledku odpovídajících lokálních změn úrovně spadu imisí původem z průmyslových topenišť a erodovaných půdních částic. Izoliniová mapa pro rok 2005 ukazuje i rozšíření zóny výskytu mechu s nízkým pozadovým obsahem S v krajích PU, OL, BN a ZL. V celostátním průměru byl zjištěn od r. 1991 stále se snižující obsah S v mechu.



### 3.1.28 Sb – antimon

#### *Aktuální rozložení obsahu antimonu v mechu*

Obsah antimonu v mechu byl v současné době zjištěn v rozsahu 0,041–1,73  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a jeho nejvyšší akumulace byla zjištěna u Příbrami. Emise Sb z činnosti kovohutě Příbram jsou příčinou existence tohoto u nás největšího ohniska velmi vysoké koncentrace Sb v mechu. Na vložené izoliniové mapě aktuální distribuce Sb je zobrazen zvýšený obsah Sb v mechu pro území mezi Prahou a Rakovníkem, v Lužických a Jizerských horách, u Příbram, Náchodu a Ostravy. Nárůst obsahu Sb v mechu může indikovat nárůst emisí Sb z průmyslových topenišť, závodů neželezné metalurgie a v okolí městských a průmyslových aglomerací z automobilové dopravy. Na přibližně 80 % území ČR obsah Sb v mechu dosahoval nízké úrovně regionálních pozadí pod 0,20  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Ve srovnání s rokem 2000 došlo v současné době k rozšíření a zesílení vlivu ohniska u Příbrami odrážejícímu pravděpodobně zvýšené množství zpracovávaného Sb v kovohuti. Mírné zvýšení obsahu Sb proti roku 2000 bylo zjištěno téměř ve všech krajích (LI, UL, KV, PL, SC, HK a OV) mimo jižní Čechy a jižní Moravu. Důvodem může být značný nárůst automobilové dopravy hlavně v průmyslových oblastech. Statisticky významný nárůst obsahu Sb v mechu byl zjištěn pro 8 administrativních krajů (Tab. 21).

### 3.1.29 Se – selen

#### *Aktuální rozložení obsahu selenu v mechu*

Obsah selenu v mechu byl v současné době zjištěn v rozmezí 0,08–1,51  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , nejvyšší obsah byl zaznamenán u mechu z okolí Teplic a Loun v důsledku působení emisí z metalurgických provozů a tepelných elektráren. Zvýšený obsah Se vykazoval mech v kraji UL a LI a z části ve SC, OV a HK. Hlavní emisní zdroje představuje provoz tepelných elektráren, závodů metalurgického, sklářského a chemického průmyslu. Na zbývajících 80 % území ČR byl obsah Se v mechu malý pod 0,2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což odpovídá regionálnímu pozadovému obsahu Sb v mechu.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Izoliniové mapy distribuce Se v mechu na území ČR ukazují velmi podobný obraz pro rok 2000 a 2005. Stejná poloha hlavního ohniska u Teplic byla opakovaně identifikována, jeho intenzita však v roce 2005 zesílila. Ve srovnání s rokem 2000 došlo i ke zvýšení obsahu Se v mechu u Loun, Mostu, Kadaně, Nového Boru a Harrachova (zvýšení produkce elektráren a skláren), naopak k poklesu obsahu Se v mechu došlo v krajích HK a PU (pokles hutní a strojírenské výroby). Regionální pozadové hodnoty Se v mechu mírně vzrostly v jihozápadních Čechách a klesly na severní a jihozápadní Moravě. Statisticky významný pokles byl však potvrzen pouze v HK kraji. V celostátním průměru je od roku 1991 pozorován v ČR pokračující trend poklesu Se v mechu.

### 3.1.30 Sn – cín

#### *Aktuální rozložení obsahu cínu v mechu*

Obsah cínu v mechu byl zjištěn mezi 0,095 a 1,70  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž nejvyšší množství Sn bylo zjištěno v mechu na monitorovací ploše u kovohutě v Příbrami. Koncentrace Sn v mechu překračující 0,50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byly naměřeny u Varnsdorfu, Krupky a Litvínova v důsledku zvýšených depozičních úrovní imisí pocházejících z provozů sléváren, skláren, strojírenského a výroby impregnovaného bytového textilu. Zvýšený obsah Sn byl zaznamenán v Krušných horách, Lužických horách a Jizerských horách, v Broumovské vrchovině, v okolí Ostravy a Příbram. Vliv potenciálních přirozených zdrojů, např. zrudnění v Krušných horách, je zřejmě malý ve srovnání s vlivy průmyslových emisních zdrojů z metalurgického, strojírenského a sklářského průmyslu a z průmyslového spalování uhlí. Právě zvýšení příjmu Sn mechem u Příbram může být způsobeno kontaminací mechu humusem s adsorbovaným Sn z podloží nebo bioakumulovaného Sn z opadu v místech vyššího obsahu Sn v podloží. Na většině území ČR, zhruba na 90 %, hodnoty Sn v mechu nepřesahovaly 0,30  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což jsou hodnoty blízké regionálnímu pozadí.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Srovnání vložené izoliniové mapy Sn s izoliniovou mapou distribuce Sn v mechu pro rok 2000 (Suchara et al. 2007a) ukazuje na velmi podobnou distribuci Sn. Přesto je patrný aktuální pokles vlivu železáren Hrádek na obsah Sn v mechu. Dominantním zdrojem vysokých spadů Sn zůstává kovohuť Příbram. Aktuálně mírně zvýšený obsah Sn vykazují vzorky mechu z horských oblastí krajů KV, UL, LI, a HK snad v důsledku zvýšení emisí Sn z domácích a blízkých zahraničních průmyslových topenišť. Na druhé straně v současnosti došlo k poklesu obsahu Sn v mechu v kraji PU a OV nejspíše jako důsledek snižování produkce lokálních průmyslových provozů. Na více než polovině území ČR nebyla zjištěna změna v obsahu Sn. Statistická významnost změn distribuce Sn v mechu zobrazená na mapách je diskutována v Kap. 3.6.

### 3.1.31 Sr – stroncium

#### *Aktuální rozložení obsahu stroncia v mechu*

Aktuální variační rozpětí obsahu stroncia v mechu bylo zjištěno 3,72–58,3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Vysoký obsah Sr byl naměřen v roce 2005 na následujících 3 místech: u Mostu, Podbořan a Hrušovan nad Jevišovkou. Zvýšený obsah Sr byl stanoven v mechu od Městce Králové. Slabě zvýšený obsah Sr vykazovaly vzorky mechu u Frýdku Místku, Uherského Hradiště a Zábřehu na Moravě a několika jednotlivých monitorovacích plochách. V ČR nejsou známy průmyslové zdroje Sr s výjimkou spalování uhlí v průmyslových topeništích. Zvýšení akumulace Sr v mechu u Mostu a Frýdku Místku je způsobeno zvýšenou úrovní spadu erodovaných půdních částic z půd vzniklých nejčastěji na vápnatých substrátech a průmyslového prachu včetně popílku ze spalování uhlí. Ostatní jmenovaná místa jsou ovlivněna vysokou úrovní spadu půdních částic, popř. prašností z těžby a zpracování surovin, např. vápence (u Zábřehu na Moravě). Nejvyšší hodnoty pozadí Sr vykazovaly vzorky hlavně z krajů UL, BN a ZL. Na zhruba 75 % území ČR mech obsahoval Sr v množství pod 12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , což by mohl být obsah Sr charakterizující aktuální regionální pozadí.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Srovnání izoliniových map pro rok 2000 a 2005 ukazuje velmi podobný obraz distribuce obsahu Sr v mechu a stejné polohy nejvýznamnějších ohnisek hromadění Sr v mechu v severozápadních Čechách a na jižní Moravě. Přesto v roce 2005 byla zjištěna nová ohniska vysokého obsahu Sr v mechu v severovýchodních Čechách a na severní Moravě vyvolané lokálním zvýšením spadu erodovaných půdních a prachových částic. Ze stejného důvodu došlo v roce 2005 k mírnému zvýšení obsahu Sr v mechu v okrajových částech severovýchodní Moravy a poklesu obsahu Sr v mechu ve střední části Moravy. Statistická významnost změn zobrazených v mapách byla hodnocena na úrovni administrativních krajů v Kap. 3.6. Evidentně změny distribuce Sr v mechu kontroluje depoziční úroveň erodovaných půdních částic, která závisí na klimatických podmínkách daného období a činnosti člověka v krajině (např. těžba surovin, spalování uhlí, zemní práce).

### 3.1.32 Th – thorium

#### *Aktuální rozložení obsahu thoria v mechu*

V současné době byly zjištěny hodnoty Th v mechu v rozmezí 0,039–0,363  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž nejvyšší množství Th obsahoval mech v severozápadních Čechách a na střední a jižní Moravě. Vzhledem k absenci významných průmyslových zdrojů Th u nás (mimo průmyslové spalování uhlí), musíme počítat s jeho geogenním původem především ve formě erodovaných částic výchozů skal a jejich půdních pokryvů. Vysoká úroveň spadu erodovaných půdních částic vede ke zvýšení obsahu Th v mechu u Hustopeče a Přerova a v kombinaci s prašností při těžbě uhlí a jeho spalováním u Mostu, Úštěku a Mělníku. Mírné zvýšení obsahu Th v mechu u Harrachova, Dačic, Bechyně, Bílovce a několika málo dalších míst je způsobeno uvolněním Th z matečných hornin do koloběhu prvků lesního ekosystému a akumulací Th v nadložním humusu, který erozí nebo bioturbací může kontaminovat mechové rostlinky. Regionální koncentrace pozadí Th v mechu do 0,12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byla zjištěna jen na zhruba čtvrtině území ČR, především v severovýchodní části státu.

#### *Časové a prostorové změny 2000–2005*

Porovnání izoliniových map rozložení obsahu Th v mechu v roce 2000 a 2005 ukazuje na výrazné zeslabení ohniska hromadění Th v mechu na jižní Moravě v roce 2005 v důsledku snížení úrovně depozice erodovaných půdních částic ve srážkově bohatším roce 2005 a odběru vzorků mechu na místech lépe chráněných stromy před kontaminací prachem. Mech na monitorovací ploše u Třebíče s vysokým obsahem Th v roce 2000 nevykazoval v současné době zvýšený obsah Th v důsledku aktuálně malé kontaminace erodovanými půdními částicemi nebo nadložním humusem. Naopak v severovýchodních Čechách došlo ke zvýšení obsahu Th v mechu proti roku 2000 z důvodu antropogenního zvýšení prašnosti regionu (nárůst zemních prací, dopravy a množství spalovaného uhlí). Zřejmě regionální zvýšení spadu erodovaného opadu a humusu vedlo v roce 2005 i k mírnému zvýšení pozadových hodnot obsahu Th v mechu v západních a jižních Čechách. Naopak snížení aktuální úrovně spadu humusu vedlo ke snížení obsahu Th v mechu na severní a západní Moravě. Statistické hodnocení však zjistilo pouze jako významné zvýšení obsahu Th v mechu pro kraj PL, UL a KV (Kap. 3.6).

### 3.1.33 Tl – thallium

#### *Aktuální rozložení obsahu thallia v mechu*

Zjištěný aktuální obsah thallia v mechu se pohyboval mezi 0,011 a 0,495  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž nejvyšší obsah přesahující 0,250  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl zjištěn ve vzorcích mechu z oblastí křídových pískovců od Hřenska, Děčína a Teplice nad Metují. Průmyslové zdroje Tl v okolí těchto míst nebyly zjištěny, předpokládá se proto geogenní původ Tl. V místech zvýšeného nahromadění Tl v podloží se dostává do půdních pokryvů, které se částečně mísí s nadložním humusem. Zároveň je Tl přijímáno stromy a opadem přechází do nadložního humusu. Např. bioturbací nebo větrnou erozí opadu a humusu dochází ke kontaminaci mechu. Z podobného důvodu byl lokálně zaznamenán zvýšený obsah Tl v mechu na jednotlivých monitorovacích plochách u Zlatých Hor, Karviné, České Lípy, Mariánských Lázní, Železné Rudy, Jevan, Žďáru nad Sázavou a několika dalších mís-

tech např. v Krkonoších aj. Přesto na zhruba 90 % území ČR obsah Tl v mechu byl nízký a dosahoval regionálních pozadových úrovní pod 0,04  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Izolíniové mapy distribuce obsahu Tl v mechu ukazují relativně stálé rozložení obsahu Tl v mechu na území ČR v letech 2000 a 2005. Hlavní ohnisko akumulace Tl v mechu u Hřenska bylo identifikováno opakovaně i v roce 2005. Nově bylo v roce 2005 zjištěno centrum hromadění Tl v mechu u Teplice nad Metují, kde se zřejmě mech dostal do kontaktu s opadem nebo humusem s vysokým obsahem Tl. Ze stejných důvodů bylo nově zjištěno zvýšení obsahu Tl na několika monitorovacích plochách v KV, CB a JI kraji. Mapy ukazují i mírný pokles pozadových koncentrací Tl v mechu převážně na území Čech z důvodu snížení regionální úrovně spadu erodovaných částic humusu, půdy nebo skalních výchozů. Statistické hodnocení dat však zjistilo pouze významné zvýšení obsahu Tl v mechu v roce 2005 pro kaj SC a KV (Tab. 21).

### **3.1.34 U – uran**

#### **Aktuální rozložení obsahu uranu v mechu**

Aktuální variační rozpětí obsahu uranu v mechu dosahovalo 0,010–0,247  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Vysoký obsah překračující 0,12  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl zjištěn u Kořenova, Chomutova, Broumova, Nové Bystřice a Pohořelice. Příčinou vysokého hromadění U v mechu u Pohořelice je vysoká úroveň spadu erodovaných půdních částic, u Chomutova ještě doprovázená spadem popílku z komínů a popílkových úložišť místních elektráren. Na zbývajících lokalitách se vyskytuje v matečných horninách zvýšený obsah U, ze kterých se koloběhem látek dostává do nadložního humusu. Erozi nadložních organických horizontů nebo bioturbací dochází ke kontaminaci mechu a přestupu částí U do mechu. Zvýšené koncentrace U byly zjištěny na jednotlivých plochách u České Lípy, Roudnice nad Labem, Kladna, Ostrova, Veselí nad Lužnicí, Jemnice a Přerova. Důvodem je zvýšený spad erodovaného humusu nebo půdních částic z pokryvů podloží, ve kterém je zvýšený obsah U, popř. prachu v průmyslových oblastech. Přes často vysoký obsah sloučenin U v našich horninách a půdních pokryvech, na 75 % území ČR obsah U v mechu nepřekročil hodnoty regionálního pozadí pod 0,04  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Největší ohnisko vysokých hodnot U v mechu bylo opakovaně zjištěno na jižní Moravě v roce 2000 i 2005. Velikost a intenzita tohoto ohniska závisí na podmínkách kontrolujících erozi a distribuci erodovaných půdních částic do okolí. Proti roku 2000 došlo naopak k zesílení ohnisek zvýšeného obsahu U v mechu u Chomutova a Broumova v důsledku zvýšené prašnosti v uhelném revíru a v areálu bývalých uranových dolů. Z izolíniových map je patrné mírné zvýšení pozadových koncentrací U v jižních a západních Čechách a naopak snížení v severovýchodních Čechách a na Moravě. Statistické hodnocení rozdílů obsahu U v čase na území administrativních krajů poskytuje Kap. 3.6.

### **3.1.35 V – vanad**

#### **Aktuální rozložení obsahu vanadu v mechu**

Množství vanadu obsažené ve vzorcích mechu bylo zjištěno v rozmezí 0,675–7,18  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší obsah V překračující 5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byl zjištěn u Mostu, Kadaně a Mělníku. Uvedené lokality jsou ovlivněny velkou prašností související s těžbou, transportem a průmyslovým spalováním uhlí v místních elektrárnách. Zvýšený obsah V vykazoval mech v okolí výše uvedených ohnisek, u Hustopeče, Frýdku Místku, Rokycan, Přerova a podél státní hranice u Liberce. Příčinami zvýšeného hromadění V v mechu jsou vysoká úroveň spadu erodovaných půdních částic (Přerov a Hustopeče), emise metalurgického průmyslu a průmyslové spalování uhlí (Rokycany, Frýdek Místek) nebo spalování uhlí v tepelných elektrárnách (vliv polské elektrárny Turów na Liberecku). Regionální pozadové koncentrace V v mechu byly zjištěny asi na 85 % území ČR, přičemž vyšší hodnoty jsou v západních Čechách a na severovýchodní Moravě než na zbylém území ČR.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Byla zjištěna stejná místa ohnisek hromadění nejvyšších koncentrací vanadu v mechu, jejich úroveň však byla poněkud vyšší v severozápadních Čechách a slabší na jižní Moravě než v roce 2000. Může jít o vliv zvýšení produkce elektráren a snížení eroze půdních pokryvů na jižní Moravě v roce 2005. Oblast se zvýšeným obsahem vanadu se zvětšila v roce 2005 v severozápadních Čechách a snížila v severovýchodních Čechách a na východní Moravě. Důvodem je zvýšení průmyslových emisí vanadu v severozápadních Čechách a snížení intenzity půdní eroze v severovýchodních Čechách a na střední a jižní Moravě. Podobně došlo ke zvýšení regionálních koncentrací V u vzorků mechu ze západní části Čech a ke snížení na západní a východní Moravě.

### **3.1.36 Y – yttrium**

#### **Aktuální rozložení obsahu yttria v mechu**

Aktuální obsah yttria v mechu byl zjištěn v rozmezí 0,075–0,863  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , přičemž nejvyšší obsah Y v mechu byl naměřen v Severočeském hnědouhelném revíru s ohnisky nejvyšší akumulace u Mostu a Kadaně. Podobně jako distribuce ostatních

litofilních prvků, zvýšený výskyt Y v mechu odráží velké depoziční úrovně průmyslového a půdního prachu v oblasti jako důsledku těžby, transportu a průmyslového spalování uhlí. Dalším centrem hromadění Y v mechu je oblast jižní Moravy, která trpí velkou větrnou erozí a vysokou atmosférickou depoziční úrovní půdních částic. Méně zřetelná ohniska hromadění Y v mechu byla zjištěna u Mělníku a Prostějova, kde se v prvním případě uplatňuje vliv provozování tepelné elektrárny a půdní prašnosti a v druhém případě výlučně vliv vysoké úrovně spadu erodovaných půdních částic. Na monitorovací ploše u Tanvaldu byl mech nejspíše kontaminován spadem částic lesního nadložního humusu. Nejnižší pozadové koncentrace byly zjištěny v oblasti Českomoravské vrchoviny.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Srovnání izoliniových map distribuce Y v mechu v roce 2000 a 2005 ukázalo, že v roce 2005 došlo k zesílení vlivu ohnišek v Severočeském hnědouhelném revíru a u Mělníku patrně v důsledku zvýšení množství spalovaného uhlí v místních elektrárnách. Naopak dříve značně velké centrum hromadění Y na jižní Moravě bylo zřetelně zeslabeno v důsledku snížení úrovně spadu erodovaných půdních částic ve vlhkém roce 2005. Podobně mech na monitorovací ploše u Krnova byl v roce 2000 značně ovlivněn vysokou hladinou spadu městského prachu, ovšem v současné době byl postižen spadem prachu velmi málo. Naopak u Tanvaldu bylo v roce 2005 zjištěno nové ohnisko zvýšené akumulace Y v mechu snad v důsledku kontaminace mechu zvýšeným spadem erodovaných částic humusu nebo bioturbací lesní hrabanky. Aktuální zvýšení regionálních koncentrací Y v mechu na jihozápadě Čech a snížení na Českomoravské vrchovině souvisí s aktuální změnou regionální sedimentující prašnosti. Distribuce Y v mechu je ovlivňována stejnými faktory jako distribuce ostatních typických litofilních prvků.

### **3.1.37 Zn – zinek**

#### **Aktuální rozložení obsahu zinku v mechu**

V současné době byl naměřen obsah zinku v mechu ve variačním rozpětí 20,9–98,8  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Aktuálně byla zjištěna dvě ohniska vysokého hromadění Zn v mechu, u Mostu a Frýdku Místku. První místo je silně ovlivněno emisemi z provozování uhelných elektráren, druhé místo emisemi z provozu metalurgických závodů. Zvýšený obsah Zn vykazoval mech z jihovýchodní Moravy, u Rokyan a na 7 individuálních monitorovacích plochách v ČR. Příčinou jsou emise z metalurgického průmyslu (Rokycany a severovýchodní Morava). Vysoké a zvýšené hodnoty Zn překračující 50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  byly zjištěny v mechu na asi 10 % území ČR.

#### **Časové a prostorové změny 2000–2005**

Izoliniové mapy ukazují velmi podobný obraz distribuce Zn v mechu v roce 2000 a 2005. Hlavní ohniska hromadění Zn v mechu (severozápadní Čechy, Příbram, jižní Morava) byla opakovaně identifikována rovněž v roce 2005, ale aktuální intenzita byla značně nižší než v roce 2000 (zvláště u Příbrami.) To mohlo být způsobeno menší spotřebou Zn v kovohuti. Mapy také ukazují na pokles pozadového obsahu Zn v mechu na východní Moravě, což souvisí se sníženou erozí a distribucí humusových částic v lesích v roce 2005

## **3.2 Korelace koncentrací prvků**

Statistická analýza zjistila větší množství statisticky významných korelací ( $p \leq 0.05$ ) v obsahu prvků v analyzovaných vzorcích mechu. Např. byly zjištěny velmi těsné a kladné korelace koncentrací jednotlivých lanthanoidů, jako Ce, La, Nd, Pr, Th a Y ap. ( $r \geq 0.90$ ), a nebo méně těsné kladné korelace litofilních prvků, např. Al, Ce, U a V ( $r = 0.65\text{--}0.90$ ). To může ukazovat na společné emisní zdroje a způsoby vstupu těchto prvků do mechu. Jedny z nejtěsnějších korelací ( $r \geq 0.90$ ) vykazoval obsah Fe, Ga a V. Podobně byly zjištěny statisticky významné a kladné korelace obsahů chalkofilních prvků, jako Ag, Bi, Cd, Fe, Hg, In, Mo, Pb, S, Sn, Tl a Zn často emitovaných metalurgickými provozy. Zatímco obsah Cs a Rb v mechu koreloval velmi těsně, jen vzácně jejich obsah významně koreloval s obsahem jiných prvků (Be, Se a Tl). Obsah biogenního nekovového N významně koreloval s obsahem S, Ag, Cu, Mo, U a Zn. Ve vzorcích mechu obsah Co koreloval významně jen s obsahem Bi a Mo. Obsah Mn měl tendenci záporně korelovat s obsahem jiných prvků, ale nebyla zjištěna žádná statisticky významná korelace. Statisticky významně a negativně byl korelován obsah Cr a Sb se Se nebo obsah Ni s obsahem Sb, Sn a Tl. Výsledky korelační analýzy obsahu prvků v mechu v roce 2005 byly velmi podobné korelační matici z roku 2000 (např. Suchara et al. 2007c).

## **3.3 Shluková analýza**

Korelační koeficienty byly použity pro hodnocení podobnosti variability obsahu sledovaných prvků v mechu. Výsledky shlukové analýzy (Obr. 2) rozdělily sledované prvky do tří hlavních skupin. V prvním a největším shluku, převážně litofil-



ních prvků, jsou patrné 3 dílčí shluky (La, Pr, Nd, Ce), (U, Th, Y, Li) a (V, Ga, Fe, Al). K první dílčí skupině prvků s velmi podobnou variabilitou koncentrací v mechu je přiřazena dvojice Ni a Cr s odlišnou variabilitou jejich obsahu v analyzovaných vzorcích mechu. Druhá hlavní skupina převážně chalkofilních prvků je tvořena dvěma dílčími skupinami (Mo, Co, In, Pb, Bi, As, Ag) a (Se, Tl, Sn, Sb), ke kterým přistupuje Cs s Rb a Be s Mn, prvky s výrazně odlišnou variabilitou jejich obsahu v mechu. Třetí skupinu prvků různých vlastností od makroelementů po značně toxické prvky, tvoří dva dílčí shluky (S, N, Zn, Cu) a (Sr, Hg, Cd, Be). Výsledky shlukové analýzy pro analytické výsledky z roku 2000 (Suchara et al. 2007a: 98) ukazují 3 hlavní shluky s podobným složením prvků. Odlišně byly v roce 2000 zařazeny do shluku prvků především Mn, Ba, As a Zn. Tento rozdíl nebyl vyvolán změnou variability průmyslových emisních zdrojů uvedených prvků, ale spíše aktuální změnou stanovištních poměrů.

### 3.4 Faktorová analýza

Primární analytická data byla hodnocena analýzou hlavních komponent. Maximálně 5 následujících faktorů (F1–F5) vysvětlovalo podstatně variabilitu obsahu příslušných prvků v mechu:

F1: Al, Ce, Fe, Ga, La, Li, Nd, Pr, Th, U, V, Y (vysvětluje variabilitu z 10,6 %)

F2: Bi, In, Pb, Sb, Se, Sn, Tl (vysvětluje variabilitu z 8,7 %)

F3: Cu, S, Zn (vysvětluje variabilitu z 6,1 %)

F4: Be, Cs, Rb (vysvětluje variabilitu z 4,1 %)

F5: Ba, Cd, Sr, Hg (vysvětluje variabilitu z 3,7 %)

Faktor F1 kontroluje nejvíce variabilitu obsahu litofilních, faktor F2 chalkofilních a faktor F3 biogenních prvků v mechu. Faktor F4 kontroluje variabilitu litofilních prvků s odlišnou distribucí v minerálním podloží než litofilní prvky v první skupině a faktor F5 kontroluje různorodou skupinu prvků emitovaných z typických geogenních antropogenních zdrojů v krajině. Srovnání výsledků analýzy hlavních komponent z předešlého monitoringu v roce 2000 ukázalo, že faktor F1 kontroloval stejné prvky jako v roce 2005; faktor F2 v roce 2000 kontroloval pouze variabilitu (Pb, Sb, Sn). Faktor F3 kontroloval podstatně obsah stejných prvků mimo Zn, ale v analýze z roku 2000 je označen jako F5. Podobně F4 byl také identifikován v roce 2000, ale tehdy podstatně nekontroloval variabilitu Be v mechu. Faktor F5 je aktuálně spíše novým faktorem, protože faktor z roku 2000 označen F3 kontroloval podstatně variabilitu pouze Cd a Zn. Identifikace faktorů je obtížná, jde o komplexní faktory zahrnující vlivy distribuce emisních zdrojů, způsobu šíření a depozice imisí včetně mechanismu příjmu deponovaných forem prvku. Můžeme připustit, že aktuálně zjištěné faktory jsou následující: F1 vliv eroze půdních povrchů a depozice půdních částic, F2 vliv distribuce a provoz podniků barevné metalurgie, F3 vliv průmyslových topenišť a spaloven, F4 vliv anomálie distribuce prvků v horninách, F5 vliv různých průmyslových emisních zdrojů a erodovaných půdních a humusových částic na místech anomálií obsahu některých prvků v podloží.

### 3.5 Vliv faktorů krajiny

Pro vysvětlení variability obsahu prvků v mechu byly z činitelů působících v krajině zvoleny následující: nadmořská výška, roční úhrny srážek, typ matečné horniny a geomorfologické prvky monitorovacích ploch a hlavní způsob využívání krajiny v okruhu 5 km kolem monitorovací plochy (lesnatost, zornění, urbanizace). Podrobnosti k definování tříd vysvětlujících proměnných podávají předchozí zprávy (Sucharová a Suchara 2004a: 61–66; Suchara et al. 2007a: 103–107). Ani v aktuálním monitorovacím programu proměnná geomorfologie nevysvětlovala významně variabilitu obsahu prvků v mechu, proto není v této zprávě dále probírána.

#### 3.5.1 Nadmořská výška

Ze sledovaných 37 prvků obsah 21 prvků v mechu statisticky významně negativně koreloval s nadmořskou výškou monitorovacích ploch (Tab. 19), ale korelační koeficienty byly velmi nízké ( $r_p = 0,12-0,34$ ). Příčiny poklesu obsahu prvků v mechu s nadmořskou výškou mohou spočívat v klesajícím obsahu sedimentujících částic nesoucích sledované prvky s nadmořskou výškou nebo v poklesu hustoty osídlení a antropogenních aktivit včetně poklesu hustoty emisních zdrojů. S růstem nadmořské výšky významně kladně koreloval pouze obsah Ag, Cs, Rb, Sn a Tl. Příčinou může být např. větší výskyt uvedených prvků v horninách našich pohoří nebo snadnější eroze na horských výchozech skal a šíření erodovaných částic s obsahem uvedených prvků. Obsah 9 prvků v mechu významně nekoreloval s nadmořskou výškou. Vyjma několika málo prvků (př. Ag, In) velmi podobné korelace obsahu prvků v mechu s nadmořskou výškou byly získány v monitorovacím programu v roce 2000. Nadmořská výška je v ČR významný a značně stabilně působící faktor prostředí ovlivňující významně distribuci obsahu sledovaných prvků v mechu.

### 3.5.2 Srážky

Analyzované segmenty rostlinek mechu byly v době růstu exponovány působení dešťových srážek během let 2003–2004 a z větší části roku 2005. Dlouhodobý normál průměrných ročních srážkových úhrnů pro území ČR byl zjištěn kolem 674 mm. V letech 2003–2005 byly naměřeny průměrné roční srážkové úhrny 516; 680 a 732 mm a průměrné roční srážkové úhrny pro 282 monitorovacích ploch 304; 376 a 470 mm, přičemž roční srážkové úhrny odběrových ploch vzorků mechu statisticky významně kladně korelovaly s jejich nadmořskou výškou ( $r = 0,51-0,78$ ;  $p = 0,00001-0,006$ ). Obsah většiny prvků v mechu koreloval dosti podobně jak s ročním (2003, 2004, 2005), dvouletým (2003–2004) a tříletým (2003–2005) srážkovým úhrnem. Tab. 19 udává korelační koeficienty pro závislost obsahu prvků v mechu na tříletém srážkovém úhrnu 2003–2005.

Obsah 22 prvků v mechu statisticky významně klesal s růstem srážkového úhrnu nejspíše z důvodu smývání deponátu nebo vyluhování prvků z mechu. Ovšem obsah některých prvků (Ag, Ba, Cd, Cs, Pb, Rb, Tl a Zn) se významně zvyšoval s růstem úhrnu srážek za tříleté období např. z důvodu zvýšení jejich mokré deponice. Proti výsledkům z roku 2000 aktuální výsledky ukazují na zřetelný nárůst počtu prvků, jejichž obsah v mechu významně negativně koreloval se srážkovými úhrny snad z důvodu snadnějšího vyluhování prvků z mechu po relativně suchých vegetačních obdobích. Např. obsah většího množství prvků v mechu významně a negativně koreloval se srážkovými úhrny roku 2000 s extrémně suchým vegetačním obdobím než s úhrny srážek roku 2005, který byl relativně deštivý. Vliv srážek na obsah prvků v mechu by měl být v budoucnu podrobněji studován.

### 3.5.3 Vliv míry zalesnění a urbanizace krajiny

Podíl zalesněných a urbanizovaných ploch v okruhu 5 km kolem odběrových ploch mechu byl zjišťován ve 4 třídách lesnatosti v intervalech po 25 % zalesnění okolí místa odběru mechu a kritériem urbanizované krajiny byl zvolen podíl urbanizované plochy okolí nad 30 % (Sucharová a Suchara 2004a: 64–66; Suchara et al. 2007a: 106–107).

Obsah mnohých prvků v mechu významně ( $p \leq 0.05$ ) klesal s růstem lesnatosti území kolem místa odběru vzorku mechu. Pro aktuální obsah Al, Ce, Co, Cu, Fe, Ga, La, Li, N, Nd, Pr, S, Sr, Th, U a Y v mechu byla zjištěna významná negativní korelace s růstem podílu lesnatosti v krajině s typickými hodnotami korelačních koeficientů  $-r_p = 0.20-0.30$ . Převážně se jedná o litofilní prvky šířené erodovanými půdními částicemi a hrubým prachem. Lesní plochy brání erozi půdních částic a omezují šíření prachu filtrací a snižováním rychlosti proudění vzduchu. Ovšem pro obsahy Ag, Cd, Cs, Pb, Rb, Sn a Tl byla zjištěna významná a kladná korelace jejich obsahu s růstem lesnatosti okolí místa odběru vzorků s typickými korelačními koeficienty ( $r_p = 0.14-0.29$ ), pro Ag, Cs a Rb ( $r_p = 0.32-0.42$ ). První skupina prvků může být zachycována korunami stromů a z podkorunových srážek hromaděna v nadložním humusu, který erozí nebo bioturbací může kontaminovat mech. Prvky druhé skupiny mohou být z podloží přijímány kořeny stromů a být hromaděny v opadu a humusu, odkud se erozí roznášejí do okolí. Vliv míry lesnatosti okolí odběrových míst a obsah prvků v mechu byl podobný jako v roce 2000 s tím, že obsah Ag, Ce, Cs, Pr, Sn, Th a Tl tehdy statisticky významně nekoreloval s mírou lesnatosti krajiny a naopak byla zjištěna významná korelace pro obsah Ba a In v mechu.

Na lokalitách s podílem urbanizace alespoň 30 % okolní plochy se projevuje tendence vyšší akumulace sledovaných prvků v mechu. Byla zjištěna významná ( $p \leq 0.05$ ) kladná korelace obsahu Ag, Bi, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Se, a Zn v urbanizované krajině ( $r_p = 0.15-0.32$ ). Důvodem jsou emise z průmyslových a domácích topenišť, koncentrované automobilové dopravy, koroze plechových krytín a okapů atd. V roce 2000 byly zjištěny statisticky významné závislosti růstu obsahu Ag, As, Bi, Cd, Cr, Cu, Fe, Mo, Pb a Zn v mechu v urbanizované krajině.

### 3.5.4 Vlivy ostatních faktorů

Podobně jako v předchozím biomonitorovacím programu byl hodnocen vliv geologie a geomorfologie na obsah prvků v mechu. Hodnocení vlivu geomorfologických prvků není dokončeno, ale ukazuje se malý vliv geomorfologických prvků krajiny na akumulaci prvků v mechu. Pro hodnocení vlivu geologického podloží byly matečné horniny na monitorovacích plochách rozděleny do následujících 6 skupin: I. Chudé horniny křemencové horniny, II. Vápnité horniny, III. Barevné usazené horniny, IV. Chudé vyvřeliny granitoidní, V. Středně minerálně bohaté vyvřelé a VI. Bohaté bazické až ultrabazické vyvřeliny (Sucharová a Suchara 2004a; Suchara et al. 2007a). Aktuální obsah následujících prvků v mechu závisel významně ( $p \leq 0.05$ ) na zvolených typech matečných hornin (Geol I–VI), ale korelační koeficienty byly velmi nízké  $r_p = 0.13-0.32$  s typickými hodnotami kolem  $r_p = 0.17$ :

Geol I: Cu, N, S, Tl

Geol II: Cu, N, S

Geol III: Ag, Tl

Geol IV: Rb, Tl

Geol V: Ag, Bi, Tl

Geol VI: Bi, Cu, Hg, Ni, S, Se, Sr a V.



Zajímavá je kladná korelace obsahu celkového dusíku, síry a mědi s výskytem relativně chudých nebo vápnatých typů matečných hornin. Také byla zjištěna dlouhodobá (1995–2005) a poměrně těsná korelace vzájemného obsahu Cu, N a S v mechu.

V roce 2000 byla zjištěna korelace pouze mezi obsahem Bi, Sb, S, Se a Tl v mechu a některým typem matečné horniny na odběrových plochách. Zvýšení počtu obsahu prvků v mechu korelujících s některým typem hornin např. vlivem zvýšené eroze není žádoucí, protože biomonitorovací program je koncipován hlavně na zjišťování míry atmosférické depozice z antropogenních zdrojů, nikoli zdrojů přírodních.

## 3.6 Trendy obsahu prvků v mechu

### 3.6.1 Obsahy prvků v roce 2005 a 2000

Byly srovnávány průměrné koncentrace prvků ve vzorcích mechu z roku 2005 ( $n = 280\text{--}282$ ) a z roku 2000 ( $n = 249\text{--}250$ ) i průměrný obsah prvků z 242 odběrových ploch, na kterých byl mech odebrán jak v roce 2000, tak i v roce 2005. Oba typy srovnání podaly téměř stejný výsledek.

V roce 2005 byl zjištěn nižší průměrný obsah 21 prvků v mechu než v roce 2000, ale statisticky významný byl tento pokles jen u obsahu 10 prvků (Co, Cr, Cu, Ga, Mn, N, Ni, Pb, Rb a S). Největší změna (-39 %) byla zjištěna pro průměrný obsah Cr a (-26 %) pro Ni, prvky často zastoupené v emisích metalurgických provozů a v půdním prachu. Statisticky významný pokles obsahu Cu, Ni, Pb, S a N může odrážet pokles produkce metalurgického průmyslu, snížení množství průmyslově spalovaného uhlí a pokles intenzity hospodaření v zemědělství. Pokles obsahů Co, Cr, Ga, Mn a Rb ukazuje spíše na snížení vlivu erodovaných částic půdy, humusu a podloží např. během vlhkého roku 2005 než na snížení produkce zbylých provozů metalurgického průmyslu.

Na druhé straně proti roku 2000 bylo zjištěno zvýšení průměrného obsahu 14 prvků v mechu v roce 2005, z toho zvýšení obsahu Bi, Mo, Sb, Sn a Tl bylo významné. Tyto prvky se užívají např. v metalurgickém, sklářském a textilním průmyslu a jsou přítomny i v půdě a nadložním humusu. Je těžké rozhodnout, co bylo příčinou zvýšení obsahu uvedených prvků v mechu, spíše bychom měli uvažovat geogenní než antropogenní původ zvýšeného množství těchto prvků v mechu.

Výsledky hodnocení změn obsahu prvků v mechu v roce 2000 a 2005 udává Tab. 20. Stejným způsobem byly hodnoceny rozdíly obsahu prvků v mechu z let 2000 a 2005 v jednotlivých administrativních krajích ČR. V Tab. 21 jsou vyznačeny symboly statisticky významné poklesy nebo zvýšení obsahu prvků v mechu v jednotlivých krajích. Významný nárůst obsahu prvků během posledních 5 let byl zjištěn v krajích KV, PL, JI a LI, naopak nejvíce statisticky významných poklesů v obsahu prvků bylo zjištěno v krajích PU, JI, SC a OL. Nejméně významných změn v obsazích prvků v mechu bylo zjištěno v krajích CB a BN. Potenciální příčiny změn obsahu prvků během posledních 5 let byly uvedeny u hodnocení výsledků měření obsahu jednotlivých prvků v mechu v Kap. 3.1.1 až 3.1.37. V nejvíce krajích byl zjištěn pokles obsahu Co, Cr, Cu a Ni, naopak nejvíce krajů postihl nárůst obsahu Bi, Sb a Sn v mechu. V žádném z krajů nedošlo k významné změně obsahu Ba, Rb a Sr, pouze v jednom kraji došlo ke statisticky významné změně obsahu Ag, Cd, Cs a Zn v mechu.

Někdy je potřeba na základě změn obsahu prvků v mechu odhadnout odpovídající změny v absolutní hodnotě atmosférického spadu prvků. V předchozím biomonitorovacím programu byly absolutní hodnoty spadu prvků odhadovány z následující rovnice:  $D_{el} = C_{el} \times K_{el}$ , kde  $D_{el}$  je absolutní atmosférická depozice daného prvku ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ),  $C_{el}$  je zjištěný obsah prvku v mechu ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) nebo změna obsahu prvků za období 2000–2005 a  $K_{el}$  je koeficient obsahující účinnost příjmu daného prvku z atmosférického spadu mechem (0–1,0) a roční produkci (biomasy) mechu ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ). Koeficienty  $K_{el}$  byly uvedeny pro většinu sledovaných prvků v minulé zprávě za rok 2000 (Sucharová a Suchara 2004a: 70; Suchara et al. 2007a: 108). V letech 2003–2005 byly velké srážkové rozdíly a pro dané období nebyla zjišťována produkce mechu u nás, odhady indikovaných úrovní atmosférických spadů sledovaných prvků a jejich změny z posledních 5 let nejsou v této zprávě hodnoceny. Pro případné hrubé odhady úrovně těchto spadů lze využít s krajní opatrností koeficienty  $K_{el}$  z roku 2000.

### 3.6.2 Dlouhodobé trendy

I přes rozdíly v počtech sledovaných monitorovacích ploch, analyzovaných druhů mechu, stanovovaných počtech prvků a použitých analytických přístrojů je možno zjistit následující změny v obsahu prvků v ČR během období 1991–2005.

V letech 1991–1995 byl zjištěn statisticky významný pokles všech sledovaných prvků v mechu v Čechách (20 opakovaně sledovaných lokalit). V uvedeném období byl zjištěn průměrný pokles As, Fe, Ni a V o 55–77 % a pro obsah Cd, Cr, Cu, Pb a Zn pokles o 16–50 % (Sucharová a Suchara 1998a: 109; 1998b). Největší pokles obsahu prvků byl zjištěn v kraji SC (okres Kladno), PL (okr. Rokycany, Plzeň sever), UL (okr. Chomutov a Most) a LI (okr. Liberec, Jablonec nad Nisou). Významný pokles obsahu prvků v mechu odráží limity výroby a zpracování oceli a rušení oceláren, železáren a strojírenských podniků v krajích SC, PL, UL, LI, HK. Velký pokles obsahu As a S v mechu odráží prudký pokles množství průmyslově spalovaného hnědého uhlí s vysokým obsahem arzenopyritu. Podobné rychlé snížení produkce a restrukturalizace těžkého průmyslu probíhala i v sousedním Sasku, zatímco na severovýchodní Moravě, v jižním Polsku a na západním Slovensku probíhaly

uvedené změny pomaleji. Přesto byly u nás bioindikovány značné poklesy teritoriální pozadové úrovně spadu sloučenin síry a těžkých kovů mezi roky 1991–1995.

Sledování změn obsahu prvků v mechu na 196 monitorovacích plochách po celé ČR mezi roky 1995–2000 ukázalo statisticky významný pokles obsahu Al, As, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, S, V a Zn v mechu o 9–55 % (Sucharová a Suchara 2004a: 72–74). Zvláště prudký pokles As, Pb, V, Hg a S o 23–55 % odpovídal pokračujícímu poklesu průmyslové výroby, poklesu množství průmyslově spalovaného uhlí, odsíření uhelných elektráren (1994–1998) a snižování aditiv Pb do olovnatých benzínů. Největší poklesy obsahu prvků v mechu byly zjištěny v kraji UL (okr. Most, Chomutov, Ústí nad Labem, Děčín), PL (okr. Rokycany), SC (okr. Slaný, Příbram a Kladno), LI (okr. Liberec), PU (okr. Pardubice), OV (okr. Ostrava, Karviná, Nový Jičín, Frýdek Místek) a ZL (okr. Zlín). Výrazný pokles prvků v mechu byl v r. 2000 registrován v oblasti tzv. Černého trojúhelníku I (Severočeská hnědouhelná pánev), zatímco zmenšení a zeslabení ohniska v oblasti Černého trojúhelníku II (Ostravsko-Karvinsko) bylo značně slabší. Pokračující snižování atmosférických spadů prvků bylo způsobeno pokračujícím útlumem těžkého průmyslu a strojírenství, zastavení distribuce olovnatých benzínů (2000) a zaváděním nových technologií snižujících emise sledovaných prvků. Na druhé straně došlo k prudkému nárůstu počtu provozovaných automobilů.

Výsledky za poslední monitorovací období (2000–2005) ukazují na pokračující pokles obsahu prvků v mechu (Tab. 20). Z povinně sledovaných prvků došlo k poklesu obsahu Cr, Cu, Ni, Pb a Zn v mechu o 5–35 %. Důvodem je redukce produkce těžkého průmyslu, změna výrobních programů, zavádění nových technologií šetrných k životnímu prostředí a přísnější legislativa v ochraně ovzduší. Zjištěné statisticky významné změny obsahu prvků v mechu na krajských úrovních uvádí Tab. 21. Ukazuje se však, že zatím trvalý pokles obsahu prvků v mechu se zpomaluje nebo zastavuje, protože nápravná opatření a redukce průmyslové výroby dosáhla současného limitu. Dříve dominantní vliv průmyslových emisních zdrojů klesl tak, že kolísání množství uvolněných prvků z přírodních zdrojů začíná významně kontrolovat variabilitu obsahu sledovaných prvků v mechu.

Tab. 22 podává přehled o trendu obsahu povinně sledovaných prvků v mechu na území ČR za období 1991–2005. Patrný je kontinuální pokles obsahu Cd, Hg, Ni, S a V v mechu. Průměrný obsah Pb a S v mechu v roce 2005 odpovídá jen 31 % a 15 % jejich obsahů v mechu v roce 1991. Na druhé straně pokles obsahu As, Se a V v mechu se v současné době zpomalil až zastavil. V poslední době obsah Cd, Cr, Co, Fe a Zn v některých letech kolísá, což může být způsobeno narůstajícím vlivem přírodních zdrojů. Spíše geogenní než atmogenní původ prvků v mechu lze uvažovat pro mnohé litogenní prvky, z povinně sledovaných např. Al, Cr, Fe a z nepovinně sledovaných prvků např. prvky vzácných zemí, U ap., které nemají průmyslové zdroje znečišťování ovzduší. Základní statistiku obsahu prvků v ČR a jednotlivých administrativních krajích podávají zprávy (Sucharová a Suchara 1998a, 2004a; Suchara et al. 2007a).

### 3.6.3 Srovnání se sousedními zeměmi

Srovnání aktuálního obsahu povinně sledovaných prvků v mechu se sousedními zeměmi umožňuje evropská zpráva (Harmens et al. 2008).

Tab. 23 podává základní údaje o obsazích vybraných prvků v mechu v Německu, Polsku, Slovensku a Rakousku. Aktuální obsah povinně sledovaných prvků v ČR je srovnatelný s údaji z Německa a Rakouska. Srovnání s poměry v Polsku a Slovensku je obtížné, protože nejsou k dispozici souhrnná data pro celé území nebo jsou velké rozdíly ve výsledcích mezi různými oblastmi těchto zemí. Např. průměrný obsah prvků v ČR je nižší než udávaný obsah z jihozápadního Slovenska a podstatně nižší než na zbylém území Slovenska, typicky 2–3 ×.

Podrobné srovnání obsahu prvků v mechu z ČR s údaji získanými v Polsku, Maďarsku a na Slovensku v roce 2000 bylo zveřejněno ve zprávě Suchara et al. (2007b, 2007c).

Srovnání obsahu povinně sledovaných prvků v mechu v sousedních zemích a ČR v roce 1995 (Rühling 1998; Sucharová a Suchara 1998a: 108) a v roce 2005 (Harmens et al. 2008) ukazuje na pokles těchto prvků v mechu ve všech zemích střední Evropy. Výjimkou je obsah Cr, jehož obsah v mechu je v současné době udáván ve většině zemí vyšší než v roce 1995. Důvodem může být spíše zvýšená depozice erodovaných půdních částic ve střední Evropě v sušších letech než růst množství spalovaného uhlí, emisí metalurgického průmyslu a spaloven komunálních odpadů. Údaje pro Al a As jsou dostupné pouze pro Německo a Rakousko. Opačný trend v obsahu Ni, V a Zn se udává z rozdílných částí Polska a Slovenska.

## 4 SHRnutí A ZávĚR

Ve čtvrtém českém národním monitorovacím programu prováděném v rámci mezinárodního programu OSN EHK ICP Vegetace byl určen obsah 37 prvků (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, La, Li, Mn, Mo, N, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, U, V, Y a Zn) v mechu, zvláště druhů *Pleurozium schreberi* a *Scleropodium purum* sebraných na 282 monitorovacích plochách v ČR v roce 2005 popř. 2006.

Zpráva poskytuje základní statistická data o výsledcích analýz z celé ČR a z jednotlivých administrativních krajů.

Byly sestrojeny barevné bodové a izoliniové mapy distribuce obsahu prvků v mechu (11 tříd obsahu prvku) na území ČR v roce 2005/2006. Rozložení obsahu prvků, pozice ohnisek hromadění prvků v mechu, možné zdroje znečištění a srovnání s mapami z roku 2000 je uvedeno ve stručných komentářích k aktuálním mapám distribuce prvků v mechu. Pro distribuci obsahu většiny prvků v mechu byly získány velmi podobné průběhy izolinií jako v r. 2000.

Analýza hlavních komponent ukázala, že 5 faktorů kontroluje významně variabilitu 28 prvků v mechu na území ČR. Nejméně 3 z nich působily identicky i v roce 2000. Zbylé dva faktory aktuálně kontrolovaly variabilitu i jiných prvků než v roce 2000.

Byla provedena korelační a shluková analýzy. Zpráva uvádí výčet prvků se statisticky významnou korelací jejich obsahu v mechu a prvky, jejichž obsah s jinými prvky nekoreluje nebo jen vzácně. Byly získány velmi podobné výsledky jako v roce 2005. Výsledky shlukové analýzy ukázaly skupiny prvků s podobnou distribucí jejich obsahu v mechu. Byly získány velmi podobné výsledky jako v roce 2000, což potvrzuje předchozí zjištění, že distribuci obsahu prvků v mechu v letech 2000 a 2005 kontrolují stále stejné nebo velmi podobné vlivy prostředí.

Byla sledována korelace mezi obsahem prvků v mechu a vybranými charakteristikami prostředí (nadmořská výška, srážkové úhrny, geologie, lesnatost, urbanizace krajiny) působícími v okruhu 5 km kolem odběrových ploch mechu. Obsah prvků v mechu většinou průkazně klesal s růstem nadmořské výšky a stoupal s růstem úhrnu dešťových srážek. Pouze obsah několika prvků koreloval se zvolenými skupinami matečných hornin. Naopak obsah většiny prvků v mechu významně negativně koreloval s rostoucí mírou zalesnění okolí a pozitivně koreloval s urbanizací krajiny. Výjimky jsou popsány a uvádějí se pravděpodobné příčiny. Byla zjištěna poměrně velká shoda výsledků biomonitorovacího programu 2005 s výsledky korelační analýzy z roku 2000.

Byl sestaven přehled trendů změn obsahu prvků v mechu za krátké období 2000–2005 a období 1991–2005. U většiny povinně sledovaných prvků (toxické kovy) byl zjištěn trvalý pokles jejich obsahů v ČR. Pokles obsahu prvků v mechu v důsledku restrukturalizace těžkého průmyslu, zaváděných nápravných opatření a nových technologií a účinky legislativy ochrany ovzduší dosahuje možného minima a trend poklesu se pravděpodobně zastaví. U ostatních prvků, které nemají významné průmyslové zdroje znečištění, jejich obsah v mechu kolísá podle aktuálních emisních podmínek a šíření v atmosféře. Většinou jde o prvky obsažené v půdě a faktory, které kontrolují intenzitu eroze půdy a humusu.

Podobná situace jako v ČR je udávána ze sousedních zemí. Aktuální obsah prvků v mechu na území ČR je srovnatelný s průměrnými hodnotami udávanými z Německa a Rakouska a 2–4 × nižší než na Slovensku. Údaje z Polska jsou dostupné pouze pro chráněná území a průmyslovou oblast u Opole, které nejsou plně reprezentativní pro celé území Polska. Většina sousedních zemí udává od roku 1990 klesající obsah povinně sledovaných prvků s výjimkou Cr, na jehož distribuci se významně podílí i aktuální eroze půd a depoziční úroveň spadů erodovaných půdních částic a humusu. Přesto trend poklesu atmosférické depozice sledovaných prvků je dlouhodobě bioindikován v celé střední Evropě.

Analýzy mechu jsou efektivní metodou identifikace úrovní atmosférické depozice prvků. Absolutní hodnoty atmosférické depozice a její změny za posledních 5 let nebyly v této zprávě odhadovány z důvodu absence údajů o produkci mechu za období 2003–2005. Převzetí produkčních dat z minulých biomonitorovacích programů je riskantní vzhledem k extrémně velkým srážkovým rozdílům mezi roky 2003 a 2005, které mohly značně produkci mechu ovlivnit. Nové poznatky o depozici prvků budou získány v příštím evropském biomonitorovacím programu v roce 2010.

## APPENDIX – TABLES

Code of locality	Latitude (°-'-")	Longitude (°-'-")	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
1	50-56-31	14-26-03	27-06-05	5:00 PM	Brtníky	230/1.5	Děčín	35/24	LI	P.s.
1-01	50-59-04	14-31-14	27-06-05	11:30 AM	Rumburk -Popluží	325/2.1	Děčín	45/31	LI	P.s.
1-02	51-00-20	14-20-18	27-06-05	2:00 PM	Lípová	260/1.8	Děčín	15/28	LI	P.s.
2	50-52-30	14-26-00	27-06-05	7:30 PM	Chřibská	290/3.0	Děčín	60/19	LI	P.s.
3	50-53-36	15-10-09	17-08-05	7:15 PM	Peklo	230/1.0	Liberec	30/17	LI	P.s.
3-01	50-59-47	15-05-11	17-08-05	0:15 PM	Pertoltice	5/1.8	Liberec	5/25	LI	P.s.
3-02	50-57-17	15-13-13	17-08-05	3:30 PM	Jindřichovice pod Smrkem	345/3.0	Liberec	35/27	LI	P.s.
3-03	50-55-19	15-08-29	17-08-05	5:00 PM	Raspenava	30/2.0	Liberec	20/16	LI	P.s.
4	50-50-39	14-54-41	17-08-05	7:30 AM	Bílý Kostel nad Nisou	315/2.1	Liberec	305/12	LI	S.p.
4-01	50-51-41	15-02-45	17-08-05	9:50 AM	Albrechtice u Frýdlantu	90/0.6	Liberec	360/11	LI	P.s.
5	50-49-33	14-11-27	11-07-05	11:15 AM	Maxičky	180/0.3	Děčín	325/5	LI	P.s.
5-01	50-45-40	14-14-01	11-07-05	8:30 AM	Děčín Bechlejovice	120/2.2	Děčín	120/2	LI	S.p.
6	50-56-44	15-08-02	23-08-05	7:10 AM	Bedřichov	200/2.1	Liberec	75/6	LI	P.s.
6-01	50-49-07	15-15-52	14-09-05	4:30 PM	Josefův Důl	25/4.2	Jablonec nad Nisou	25/11	LI	P.s.
6-02	50-49-09	15-20-11	15-09-05	1:50 PM	Jizerka	210/0.3	Jablonec nad Nisou	50/16	LI	P.s.
6-03	50-47-27	15-19-29	15-09-05	4y.10 PM	Souš	35/0.4	Jablonec nad Nisou	55/13	LI	P.s.
7	50-46-01	13-59-12	11-07-05	2:15 PM	Petrovice	175/2.1	Ústí nad Labem	345/11	UL	P.s.
7-01	50-41-05	14-08-58	11-07-05	4:45 PM	Povrly	330/1.5	Ústí nad Labem	75/8	UL	S.p.
7-02	50-41-25	13-49-35	13-07-05	7:15 AM	Přítkov	350/1.1	Teplíce	355/5	UL	P.s.
8	50-43-48	14-25-38	30-06-05	7:15 PM	Velká Bukovina	95/2.2	Česká Lípa	305/10	LI	P.s.
8-01	50-49-15	14-19-30	30-06-05	3:45 PM	Srbská Kamenice	270/2.0	Děčín	60/12	LI	P.s.
9	50-43-05	14-39-22	30-06-05	10:00 AM	Velenice	290/1.3	Česká Lípa	60/9	LI	P.s.
9-01	50-40-32	14-35-52	30-06-05	8:15 AM	Česká Lípa	125/1.9	Česká Lípa	125/2	LI	P.s.
9-02	50-45-48	14-34-17	30-06-05	1:15 PM	Nový Bor	60/1.0	Česká Lípa	190/8	LI	P.s.

Appendix – Table A1 List of the CZ sampling plots 2005. Degrees of cardinal points: N = 0/360, E = 90, S = 180, W = 270.

Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
9-03	50-50-09	14-36-13	27-06-05	7:30 AM	Horní Světlá	260/3.5	Česká Lípa	195/16	LI	P.s.
10	50-44-35	14-53-37	16-08-05	5:10 PM	Křižany	300/1.0	Liberec	255/11	LI	P.s.
11	50-43-20	15-30-25	23-08-05	1:10 PM	Rokytnice nad Jizerou	115/3.5	Semily	40/17	LI	P.s.
11-01	50-46-08	15-23-34	23-08-05	10:45 AM	Dolní Kořenov	60/0.6	Jablonec nad Nisou	70/16	LI	P.s.
11-02	50-42-30	15-34-21	24-08-05	10:00 AM	Špindlerův Mlýn	35/3.6	Trutnov	305/14	HK	P.s.
11-03	50-43-34	15-32-56	23-08-05	5:10 PM	Dolní Mísečky	180/1.0	Semily	50//21	LI	P.s.
12	50-40-46	13-36-55	13-07-05	10:30 AM	Fláje	125/2.8	Teplice	285/15	UL	P.s.
12-01	50-36-33	13-41-06	13-07-05	1:20 PM	Lom	45/1.8	Teplice	250/14	UL	B.r.
12-02	50-39-07	13-41-58	13-07-05	4:00 PM	Domaslavice	290/1.2	Teplice	275/8	UL	B.r.
12-03	50-42-42	13-40-55	13-07-05	9:45 AM	Moldava	190/1.0	Teplice	305/16	UL	P.s.
13	50-41-48	14-51-25	16-08-05	2:00 PM	Hamr	135/1.2	Česká Lípa	80/19	LI	P.s.
13-01	50-40-55	15-04-32	16-08-05	7:20 PM	Hodkovice n. Mohelkou	325/1.6	Liberec	170/8	LI	P.s.
14	50-41-06	15-48-08	24-08-05	0:15 PM	Velká Úpa	110/2.1	Trutnov	330/15	HK	P.s.
15	50-38-26	16-00-16	24-08-05	3:00 PM	Bernartice	100/2.3	Trutnov	35/11	HK	P.s.
15-01	50-33-30	15-59-14	24-0-05	9:20 AM	Bohuslavice nad Úpou	5/0.7	Trutnov	105/6	HK	P.s.
16	50-36-28	14-15-26	04-07-05	5:20 PM	Lovečkovice	195/1.3	Litoměřice	45/13	UL	P.s.
17-01	50-34-34	14-08-41	01-11-05	10:50 AM	Lbín - Mentaurov	110/1.0	Litoměřice	5/6	UL	S.p.
17-02	50-14-18	14-08-54	15-07-05	07:20 AM	Skalice	45/1.1	Litoměřice	10/6	UL	P.s.
18	50-34-14	14-22-39	04-07-05	10:30 AM	Rašovice	320/1.1	Litoměřice	80/19	UL	P.s.
19	50-35-27	15-32-50	24-08-05	7:10 AM	Martinice	45/1.2	Semily	95/15	LI	P.s.
20	50-33-29	15-47-30	24-08-05	7:00 PM	Vlčice	365/2.3	Trutnov	270/9	HK	P.s.
21	50-34-28	16-09-12	24-09-05	1:10 PM	Dědov	295/2.5	Náchod	355/18	HK	P.s.
21-01	50-38-52	16-21-09	24-09-05	5:15 PM	Janovičky	160/0.5	Náchod	30/29	HK	P.s.
22	50-31-50	13-24-50	18-07-05	6:45 PM	Boleboř	190/0.8	Chomutov	355/7	UL	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-")	Longitude (°-'-")	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
23	50-30-25	13-36-16	15-07-05	6:45 PM	Most	295/3.6	Most	295/3.6	UL	B.r.
24	50-33-32	13-54-29	13-07-05	7:30 PM	Černčice	255/0.5	Litoměřice	280/17	UL	B.r.
24-01	50-34-11	13-59-00	15-07-05	2:15 PM	Kletečná	355/0.4	Litoměřice	290/11	UL	S.p.
25	50-31-19	14-32-13	04-07-05	6:30 PM	Dražejov	330/1.1	Česká Lípa	185/19	LI	P.s.
26	50-30-58	14-41-32	16-08-05	11:30 AM	Okna	140/1.7	Česká Lípa	145/20	LI	P.s.
27	50-31-13	15-07-21	03-11-05	1:50 PM	Žehrov	140/1.8	Mladá Boleslav	55/18	SC	P.s.
28	50-28-28	13-13-11	18-07-05	1:15 PM	Výsluní	305/1.5	Chomutov	275/13	UL	P.s.
28-01	50-29-11	13-23-47	18-07-05	4:45 PM	Březeneč	190/0.8	Chomutov	05/2.5	UL	P.s.
29	50-29-12	14-13-07	01-11-05	9:15 AM	Libotenice	320/1.2	Litoměřice	135/9	UL	P.s.
30	50-28-53	14-47-18	16-08-05	9:00 AM	Březinka	50/1.0	Mladá Boleslav	310/11	SC	P.s.
31	50-27-57	15-19-18	29-10-05	5:00 PM	Prachov	65/1.0	Jičín	315/5	HK	P.s.
32-01	50-27-40	15-27-25	29-10-05	3:50 PM	Dřevěnice	40/1.1	Jičín	70/8	HK	P.s.
33	50-24-39	14-22-01	04-07-05	7:00 AM	Bechlín	110/2.0	Mělník	310/10	SC	P.s.
34	50-25-27	14-29-28	04-07-05	7:45 PM	Želízy	90/1.9	Mělník	5/9	SC	P.s.
35	50-25-30	15-05-32	04-10-05	7:45 AM	Skyšice	280/1.1	Mladá Boleslav	80/13	SC	P.s.
36	50-26-23	15-16-00	29-10-05	5:45 PM	Ohařice	175/1.3	Jičín	270/7	HK	P.s.
37	50-25-20	15-45-52	24-09-05	7:15 AM	Doubravice	355/1.6	Trutnov	210/19	HK	P.s.
37-01	50-28-30	16-01-22	24-09-05	10:30 AM	Havlovice	210/1.9	Náchod	305/11	HK	P.s.
38	50-23-46	13-04-18	18-07-05	10:15 AM	Ondřejov	310/0.4	Chomutov	250/25	UL	P.s.
38-02	50-22-43	12-56-19	22-07-05	7:20 AM	Jáchymov	20/1.5	Karlovy Vary	15/15	KV	P.s.
39	50-23-10	13-47-49	15-07-05	4:15 PM	Dobroměřice	5/1.8	Louny	0/4	UL	S.p.
40	50-23-27	15-32-47	29-10-05	2:30 PM	Podhorní Újezd	90/1.9	Jičín	105/14	HK	P.s.
41	50-22-57	16-09-27	28-09-05	2:45 PM	Příbyslav	320/1.3	Náchod	180/4	HK	P.s.
42	50-22-12	16-56-27	30-08-05	7:00 PM	Travná	120/0.5	Jeseník	310/23	OV	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.



Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
42-01	50-19-45	17-10-30	31-08-05	8:45 AM	Rokliny	355/0.9	Jeseník	345/12	OV	P.s.
43	50-18-33	12-28-09	22-07-05	1:15 PM	Sněžná	275/1.9	Sokolov	320/19	KV	P.s.
43-01	50-08-29	12-31-54	22-07-05	3:25 PM	Chlum	210/1.1	Sokolov	250/10	KV	P.s.
44	50-17-57	12-41-58	22-07-05	1:15 PM	Černava	305/0.8	Karlovy Vary	310/16	KV	P.s.
45	50-21-25	13-17-43	18-07-05	7:20 AM	Rokle u Kadaně	330/1.0	Chomutov	220/14	UL	P.s.
46	50-22-13	13-59-19	15-07-05	11:30 AM	Chrastín	75/0.6	Litoměřice	210/20	UL	P.s.
47	50-17-57	16-23-12	28-09-05	0:30 PM	Deštné v Orlicích	125/3.0	Rychnov nad Kněžnou	30/17	HK	P.s.
48-01	50-12-32	14-43-34	04-10-05	6:45 AM	Otradovice	275/1.7	Mělník	160/11	SC	P.s.
48-02	50-15-22	14-34-21	16-08-05	7:15 AM	Kozly	90/0.8	Mladá Boleslav	210/26	SC	P.s.
49	50-15-32	13-17-12	27-07-05	9:20 AM	Mašťov	170/1.1	Chomutov	205/30	UL	P.s.
50	50-15-49	13-35-11	27-07-05	6:45 PM	Holedeč	120/1.7	Louny	240/12	UL	P.s.
51	50-13-26	13-46-02	20-07-05	11:30 AM	Třeboc	50/0.6	Rakovník	5/13	SC	P.s.
52	50-15-28	13-53-16	20-07-05	2:20 PM	Bílichov	240/2.0	Kladno	310/20	SC	P.s.
53	50-12-47	15-16-34	30-09-05	2:45 PM	Městec Králové	295/1.6	Nymburk	80/19	SC	S.p.
53-01	50-17-55	15-02-07	04-10-05	8:30 AM	Studce	300/1.4	Nymburk	5/12	SC	P.s.
54	50-13-43	15-40-06	30-09-05	4:50 PM	Hrádek u Nechanic	330/1.3	Hradec Králové	285/12	HK	S.p.
55	50-13-51	16-08-36	28-09-05	4:10 PM	Záhornice	135/1.2	Rychnov nad Kněžnou	315/14	HK	P.s.
55-01	50-10-37	16-05-13	28-09-05	5:45 PM	Týniště nad Orlicí	330/3.5	Rychnov nad Kněžnou	265/14	HK	P.s.
55-02	50-16-39	16-18-02	28-09-05	1:20 PM	Lomy	330/0.8	Rychnov nad Kněžnou	15/12	HK	P.s.
56	50-12-35	16-28-44	28-09-05	10:45 AM	Říčky	100/1.0	Rychnov nad Kněžnou	70/15	HK	P.s.
57	50-11-48	17-14-32	31-08-05	8:45 AM	Dětrichov	145/1.9	Jeseník	140/4	OV	P.s.
58	50-13-14	17-23-32	31-08-05	9:55 AM	Zlaté Hory (Heřmanovice)	170/3.0 (05/2.4)	Jeseník	80/15	OV	P.s.
58-01	50-14-08	17-42-09	31-08-05	3:00 PM	Bohušov	230/1.4	Bruntál	30/33	OV	P.s.
59	50-11-28	12-14-59	25-07-05	8:00 AM	Aš	14/5.0	Cheb	325/16	KV	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
59-01	50-17-21	12-10-51	25-07-05	0:10 PM	Novosedly	30/0.7	Cheb	335/25	KV	P.s.
60	50-11-59	13-00-41	27-07-05	6:50 AM	Činov	20/0.4	Karlovy Vary	105/10	KV	P.s.
61	50-11-27	13-20-27	27-07-05	10:45 AM	Vroutek	295/2.6	Louny	240/37	UL	P.s.
62	50-10-04	15-58-29	28-00-05	6:30 PM	Bělečko	65/2.5	Pardubice	40/18	PU	P.s.
63	50-08-03	16-51-41	30-08-05	10:30 AM	Sklené	345/0.5	Šumperk	335/21	OL	P.s.
63-01	50-06-49	17-03-56	30-08-05	4:20 PM	Přemyslov	315/1.5	Šumperk	20/17	OL	P.s.
64	50-06-22	12-51-30	22-07-05	6:20 PM	Vodná	110/0.3	Karlovy Vary	185/14	KV	P.s.
65	50-08-58	13-47-36	20-07-05	9:15 AM	Lužná	5/3.4	Rakovník	30/6	SC	P.s.
66-01	50-09-07	14-01-33	20-07-05	7:00 AM	Kladno - Srby	25/0.7	Kladno	280/5	SC	P.s.
66-02	50-13-01	14-04-45	20-07-05	6:45 PM	Slaný	205/2.4	Kladno	350/9	SC	P.s.
67	50-09-08	14-55-35	30-09-05	2:05 PM	Velenka	70/2.4	Nymburk	240/9	SC	P.s.
68	50-06-07	13-17-50	27-07-05	2:10 PM	Žďárek	145/1.2	Karlovy Vary	115/33	KV	P.s.
69	50-06-09	14-19-18	12-10-05	9:40 AM	Praha - Nebušice	180/1.2	Praha	285/7	PR	P.s.
70	50-05-08	12-42-42	02-08-05	7:45 AM	Prameny	300/3.1	Cheb	90/23	KV	P.s.
70-01	50-03-25	12-47-18	02-08-05	7:15 AM	Mnichov	355/2.0	Karlovy Vary	240/20	KV	P.s.
70-02	50-01-50	12-37-59	05-08-05	10:45 AM	Lazy	185/2.3	Cheb	110/19	KV	P.s.
71	50-04-33	13-25-58	27-07-05	3:45 PM	Ostrovec	100/0.6	Plzeň - sever	0/37	PL	P.s.
72	50-03-37	16-31-14	28-09-05	9:15 AM	Šedivec	315/1.6	Ústí nad Orlicí	40/12	PU	P.s.
72-02	50-02-18	16-42-11	30-08-05	7:40 AM	Orlíčky	55/1.8	Ústí nad Orlicí	80/22	PU	P.s.
73	50-05-24	17-20-25	31-08-05	10:35 AM	Vrbno pod Pradědem	220/4.7	Bruntál	325/15	OV	P.s.
74	50-01-55	12-31-41	25-07-05	1:30 PM	Dolní Žandov	315/2.0	Cheb	115/13	KV	P.s.
75	50-01-18	13-04-22	25-07-05	8:30 PM	Buč	290/1.0	Karlovy Vary	145/27	KV	P.s.
76	50-01-07	16-22-00	28-09-05	8:00 AM	Rozsocha	110/0.9	Ústí n. Orlicí	320/6	PU	P.s.
77	50-00-44	17-31-38	31-08-05	6:55 PM	Nové Heřminovy	240/1.3	Bruntál	35/5	OV	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
77-01	50-04-50	17-43-14	08-10-05	1:10 PM	Krnov -Marián. Pole	135/1.5	Bruntál	60/20	OV	P.s.
77-02	50-04-05	17-43-03	08-10-05	1:50 PM	Krnov Červený Dvůr	145/2.5	Bruntál	60/20	OV	P.s.
78	49-59-59	14-05-09	11-08-05	1:20 PM	Lhotka u Berouna	280/1.1	Beroun	15/4	SC	P.s.
79	49-58-37	14-25-10	11-10-05	11:10 AM	Praha - Točná	305/1.2	Praha - západ	180/16	PR	P.s.
79-01	50-01-52	14-28-37	30-10-05	4:10 PM	Praha - Chodov	270/2.2	Praha	175/8	PR	P.s.
80	49-59-08	14-32-41	07-11-05	3:10 PM	Průhonice	220/1.9	Praha - západ	140/13	PR	P.s.
81	49-57-31	14-47-15	27-08-06	5:45 PM	Jevany	220/2.3	Kolín	185/7	SC	P.s.
82	49-57-44	15-11-49	23-07-06	0:45 PM	Opatovice	175/0.7	Kolín	185/7	SC	P.s.
83	49-57-44	15-32-28	27-10-05	8:00 AM	Sololusky	80/1.2	Pardubice	240/18	PU	P.s.
83-01	50-01-43	15-50-49	29-10-05	0:50 PM	Černá za Bory	70/0.9	Pardubice	105/5	PU	P.s.
83-02	50-07-49	15-34-11	30-09-05	5:45 PM	Voleč	340/1.5	Pardubice	300/19	PU	P.s.
84	49-58-40	15-54-15	29-10-05	0:10 PM	Dvakačovice	90/0.4	Chrudim	65/8	PU	P.s.
85-01	50-02-59	16-55-21	30-08-05	1:55 PM	Dvůr Raškov	220/1.1	Šumperk	300/6	OL	P.s.
86	49-58-49	18-08-07	06-10-05	6:50 PM	Chuchelná	130/1.2	Opava	75/17	OV	P.s.
87	49-54-02	12-34-47	25-07-05	3:45 PM	Broumov	295/2.9	Tachov	340/12	PL	P.s.
87-01	49-54-07	12-37-49	25-07-05	5:50 PM	Zadní Chodov	305/2.3	Tachov	345/10	PL	P.s.
88	49-57-10	12-56-11	02-08-05	11:30 AM	Staré Sedlo	75/1.5	Karlovy Vary	165/33	KV	P.s.
89	49-56-49	13-44-10	10-08-05	7:45 PM	Podmokly	75/2.4	Rychnov nad Kněžnou	20/25	HK	P.s.
90	49-52-30	13-26-09	04-08-05	4:30 PM	Obora	125/2.3	Plzeň sever	10/16	PL	P.s.
91	49-50-48	15-08-11	11-10-05	1: 00 PM	Pivnisko	170/1.6	Kutná Hora	220/15	SC	P.s.
92	49-51-01	16-27-36	27-10-05	5:10 PM	Semanín	165/2.1	Svitavy	345/10	PU	P.s.
92-01	49-54-09	16-08-52	29-10-05	9:40 AM	Javorník	335/1.5	Ústí nad Orlicí	240/18	PU	P.s.
92-02	49-57-56	16-12-12	29-10-05	11:00 AM	Podrážek	195/0.5	Ústí nad Orlicí	260/13	PU	P.s.
93	49-54-04	16-41-18	13-10-05	5:00 PM	Strážná	225/1.9	Ústí nad Orlicí	105/22	PU	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-")	Longitude (°-'-")	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
93-01	49-52-58	16-57-42	13-10-05	3:40 PM	Lesnice	105/1.5	Šumperk	200/9	OL	P.s.
94	49-50-37	17-12-29	08-10-05	6:40 PM	Křivá	20/0.8	Olomouc	350/27	OL	P.s.
94-01	49-54-27	17-17-08	08-10-05	5:40 AM	Ondřejov u Rýmařova	250/0.5	Bruntál	235/16	OL	P.s.
95	49-49-33	17-27-33	08-10-05	4:25 PM	Nové Valteřice	200/2.6	Bruntál	180/18	OL	P.s.
95-01	49-46-55	17-32-25	08-10-05	3:30 PM	Horní Guntramovice	205/1.4	Opava	235/1.4	OV	P.s.
96	49-49-12	17-52-57	08-10-05	10:00 AM	Lesní Albrechtice	45/2.0	Opava	185/13	OV	P.s.
96-01	49-50-37	17-39-28	08-10-05	2:50 PM	Kerhartice	140/1.3	Opava	240/22	OV	P.s.
96-02	49-47-11	18-02-08	08-10-05	10:500 AM	Tísek	120/1.5	Nový Jičín	0/22	OV	P.s.
97	49-53-21	18-06-04	18-10-05	11:40 AM	Háj ve Slezsku	180/1.0	Opava	110/14	OV	P.s.
98	49-49-21	18-24-51	06-10-05	4:20 PM	Ostrava - Petřvald	125/2.2	Karviná	245/11	OV	P.s.
98-01	49-40-41	18-26-42	01-10-05	7:00 PM	Dobrá	70/2.1	Frydek Místek	85/8	OV	P.s.
98-02	49-40-42	18-18-40	06-10-05	1:40 PM	Lysůvky	20/1.3	Frydek Místek	285/3	OV	P.s.
99	49-48-33	13-08-12	04-08-05	1:45 PM	Luhov	230/0.7	Plzeň sever	240/20	PL	P.s.
99-01	49-46-51	13-00-59	02-08-05	7:30 PM	Stříbro	25/3.0	Plzeň	280/27	PL	P.s.
100	49-49-00	14-11-23	12-08-05	4:30 PM	Voznice	260/1.5	Příbram	40/19	SC	P.s.
101	49-48-54	14-29-34	12-08-05	7:00 PM	Vysoký Újezd	80/1.2	Benešov	285/15	SC	P.s.
102	49-47-03	18-30-18	06-10-05	5:20 PM	Albrechtice	265/1.6	Karviná	195/8	OV	P.s.
103	49-46-14	12-32-37	02-08-05	2:00 PM	Lesná	295/1.2	Tachov	240/8	PL	P.s.
103-01	49-39-50	12-40-41	04-08-05	7:00 AM	Přimda	170/1.5	Tachov	170/16	PL	P.s.
104	49-46-08	12-50-39	02-08-05	4:00 PM	Plezmom	15/0.8	Tachov	100/15	PL	P.s.
105	49-47-07	13-53-47	10-08-05	4:30 PM	Neřežín	120/0.9	Příbram	320/14	SC	P.s.
106	49-45-11	14-51-20	14-11-05	3:10 PM	Radošovice	315/1.6	Benešov	110/13	SC	P.s.
107	49-46-37	15-31-33	27-10-05	9:50 AM	Hostovice	15/0.7	Havlíčkův Brod	350/21	JI	P.s.
108	49-46-46	15-51-22	27-10-05	10:50 AM	Rváčov	355/1.0	Chrudim	165/20	PU	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
109	49-45-56	16-07-40	29-10-05	8:40 AM	Pustá Kamenice	85/3.5	Chrudim	130/32	PU	P.s.
110	49-43-43	13-41-15	10-08-05	1:45 PM	Dobřív	355/1.9	Rokycany	95/7	PL	P.s.
111	49-42-39	14-01-57	11-08-05	3:00 PM	Trhové Dušníky	110/1.5	Příbram	30/2.8	SC	P.s.
112	49-41-35	13-26-27	04-08-05	7:15 PM	Černice	100/1.7	Plzeň jih	140/6	PL	P.s.
113	49-40-37	17-21-48	13-10-05	0:15 PM	Nová Véska	30/0.7	Olomouc	45/11	OL	P.s.
114	49-39-53	18-47-20	06-10-06	0:30 PM	Nýdek	85/2.0	Frýdek Místek	95/29	OV	P.s.
115	49-37-51	15-52-47	27-10-05	0:05 PM	Radostín	200/1.5	Žďár nad Sázavou	330/10	JI	P.s.
116	49-37-58	16-32-55	27-10-05	4:00 PM	Drahošov	90/0.9	Svitavy	155/14	PU	P.s.
117	49-37-23	17-23-02	13-10-05	11:00 AM	Mariánské Údolí	340/1.2	Olomouc	70/10	OL	P.s.
117-01	49-36-32	17-41-26	08-10-05	8:20 AM	Boňkov	75/0.5	Přerov	45/24	OL	P.s.
118	49-35-46	17-53-38	06-10-05	11:10 AM	Hrabětice	145/1.1	Nový Jičín	275/10	OV	P.s.
119	49-37-37	18-15-40	06-10-05	0:15 PM	Myslík	325/1.1	Frýdek Místek	225/9	OV	S.p.
120	49-35-49	16-10-26	27-10-05	1:15 PM	Míchov	235/1.4	Žďár nad Sázavou	75/16	JI	P.s.
121	49-36-03	16-50-21	21-10-05	9:30 AM	Jesenec	230/1.4	Praha - východ	305/24	PR	P.s.
122	49-36-35	17-02-30	21-10-05	8:35 AM	Náměšť na Hané	260/1.7	Olomouc	270/17	OL	P.s.
123-01	49-33-16	18-38-59	01-10-05	0:25 PM	Horní Lomná	270/0.3	Frýdek Místek	130/27	OV	P.s.
123-02	49-35-19	18-32-41	01-10-05	2:45 PM	Morávka	40/1.1	Frýdek Místek	125/18	OV	P.s.
123-03	49-33-26	18-29-18	01-10-05	2:00 PM	Krásná - Visalaje	175/2.6	Frýdek Místek	140/14	OV	P.s.
124	49-32-56	12-48-53	04-08-05	9:00 AM	Slatina u Poběžovic	60/1.0	Domažlice	325/15	PL	P.s.
125	49-34-26	13-02-58	04-05-05	11:45 AM	Čečovice	140/1.7	Domažlice	25/17	PL	P.s.
126	49-32-26	13-45-39	11-08-05	7:20 PM	Starý Smolivec	30/2.0	Příbram	225/24	SC	P.s.
127	49-32-21	14-07-39	12-08-05	2:00 PM	Kozárovice	160/1.3	Příbram	155/17	SC	P.s.
128	49-32-50	14-29-30	28-10-05	3:40 PM	Veletín	125/1.7	Benešov	210/30	SC	P.s.
129	49-33-21	14-52-01	28-10-05	5:20 PM	Vilice	175/1.0	Tábor	40/20	CB	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.



Code of locality	Latitude (°-'-")	Longitude (°-'-")	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
130	49-34-20	15-05-39	27-08-06	2:30 PM	Košetice	315/2.5	Pelhřimov	325/17	JI	P.s.
130-01	49-31-47	14-59-24	07-07-05	9:00 PM	Salačova Lhota	55/07	Pelhřimov	310/20	JI	P.s.
131	49-33-46	15-24-52	25-10-05	7:50 AM	Leština	290/1.2	Havlíčkův Brod	245/13	JI	P.s.
132-01	49-26-14	18-25-32	01-10-05	14:35 PM	Bílá	265/2.4	Frýdek Místek	175/29	OV	P.s.
132-02	49-28-59	18-25-07	01-10-05	4:00 PM	Staré Hamry	3054/2.5	Frýdek Místek	120/18	OV	P.s.
133	49-27-02	13-11-51	19-08-05	7:10 AM	Slatina u Chudenic	40/1.0	Klatovy	310/10	PL	P.s.
134	49-25-50	12-51-42	18-08-05	4:45 PM	Újezd	230/0.9	Domažlice	260/5	PL	P.s.
135	49-24-29	13-26-53	19-08-05	10:10 AM	Plánice	305/2.8	Klatovy	85/11	PL	P.s.
136	49-25-29	15-24-46	25-10-05	9:10 AM	Dušejov	310/1.8	Jihlava	280/13	JI	P.s.
137	49-28-03	15-49-08	25-10-05	0:50 PM	Stáj	50/1.6	Jihlava	65/19	JI	P.s.
138	49-25-46	16-10-37	27-10-05	3:10 PM	Jemnice	150/0.9	Žďár nad Sázavou	130/22	JI	P.s.
139	49-27-42	16-31-19	25-10-05	5:15 PM	Lhota u Lysic	120/1.4	Blansko	320/14	BN	P.s.
140	49-28-46	16-41-58	21-10-05	10:20 AM	Boskovice	105/2.6	Blansko	15/14	BN	P.s.
141	49-24-59	18-07-21	14-10-05	0:30 PM	Valašská Bystřice	90/1.0	Vsetín	45/13	ZL	P.s.
141-01	49-22-43	18-16-27	14-10-05	1:40 PM	Jezerné	295/1.0	Vsetín	85/20	ZL	P.s.
141-02	49-16-33	18-04-32	14-10-05	3:00 PM	Zděchov	5/1.6	Vsetín	150/11	ZL	P.s.
141-03	49-23-28	17-49-08	25-07-06	11:45	Rajnochovice	165/3.0	Zlín	205/23	ZL	P.s.
142	49-24-03	14-08-49	12-08-05	11:45 AM	Vráž	25/2.6	Písek	355/10	CB	P.s.
143	49-24-04	17-01-09	13-10-05	9:40 AM	Myslejovice	230/1.0	Praha - východ	220/11	PR	P.s.
144	49-23-21	13-51-57	26-08-05	6:50 AM	Jindřichovice	85/0.7	Strakonice	345/14	CB	P.s.
145	49-20-11	13-03-42	08-08-05	7:45 AM	Chalupy	80/1.2	Domažlice	140/14	PL	P.s.
146	49-23-30	14-32-22	06-07-05	3:30 PM	Slavňovice	60/1.7	Tábor	255/10	CB	P.s.
147	49-21-08	14-48-58	07-07-05	5:00 PM	Dlouhá Lhota u Tábora	75/2.0	Tábor	125/12	CB	P.s.
148	49-20-19	15-10-06	07-07-05	7:45 AM	Vlásenice - Drbohlavy	215/1.5	Pelhřimov	200/10	JI	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
149-01	49-23-52	17-29-32	14-10-05	9:45 AM	Přestavlky	50/1.1	Přerov	165/7	OL	S.p.
150	49-19-51	17-41-39	14-10-05	10:45 AM	Rusava - Ráztoka	145/2.0	Kroměříž	80/22	ZL	P.s.
151	49-15-10	13-29-34	19-08-05	0:20 PM	Hrádek u Sušice	195/1.1	Klatovy	135/21	PL	P.s.
152	49-14-37	14-34-10	06-07-05	10:45 AM	Hodětín	120/1.8	Tábor	200/21	CB	P.s.
153	49-13-54	14-50-55	07-07-05	2:30 PM	Dírná	175/1.0	Tábor	145/23	CB	P.s.
154	49-14-08	15-11-42	07-07-05	7:40 AM	Žírovnice	135/2.1	Pelhřimov	180/20	JI	P.s.
155	49-14-48	15-28-33	25-10-05	10:15 AM	Třeštice	90/1.6	Jihlava	205/18	JI	P.s.
156	49-16-35	15-53-17	25-10-05	11:40 AM	Věstoňovice	140/2.1	Třebíč	355/8	JI	P.s.
157	49-15-29	16-13-42	25-10-05	1:50 PM	Košíkov	230/1.0	Žďár nad Sázavou	145/39	JI	P.s.
158	49-16-21	16-55-06	13-10-05	8:20 AM	Drnovice	260/2.3	Vyškov	265/6	BN	P.s.
159-02	49-14-36	17-08-30	15-10-05	4:10 PM	Lhota	250/0.5	Kroměříž	250/18	ZL	S.p.
160	49-11-04	17-52-13	14-10-05	4:20 PM	Loučka	335/1.7	Zlín	105/15	ZL	P.s.
161	49-08-35	13-15-28	08-08-05	7:30 AM	Železná Ruda	70/1.3	Klatovy	185/29	PL	P.s.
161-01	49-15-07	13-17-31	08-08-05	1:30 PM	Jesení	230/0.7	Klatovy	190/9	PL	P.s.
161-02	49-10-49	13-12-19	08-08-05	11:45 AM	Špičák	370/2.8	Klatovy	195/27	PL	P.s.
162	49-10-19	13-50-49	26-08-05	9:05 AM	Prkošín	70/0.7	Strakonice	205/11	CB	P.s.
163	49-10-09	14-04-59	29-08-05	9:50 AM	Pivkovice	140/1.2	Strakonice	125/17	CB	P.s.
164	49-06-26	15-47-47	05-10-05	4:25 PM	Horní Lažany	90/1.2	Třebíč	210/13	JI	P.s.
165	49-11-36	16-31-07	21-10-05	0:05 PM	Brno - Kohoutovice	275/1.5	Brno	265/7	BN	P.s.
165-01	49-07-42	16-32-38	21-10-05	1:20 PM	Ořechov	30/2.5	Brno - venkov	210/9	BN	S.p.
166-01	49-10-12	17-23-46	15-10-05	2:45 PM	Košíky	325/1.9	Uherské Hradiště	340/11	ZL	B.r.
166-02	49-09-45	17-15-55	20-10-05	8:40 AM	Cetechovice	180/1.2	Kroměříž	210/18	ZL	P.s.
167	49-05-08	13-29-57	19-08-05	3:00 PM	Srní	115/1.6	Klatovy	155/37	PL	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-")	Longitude (°-'-")	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
168	49-01-34	13-46-41	26-08-05	0:25 PM	Solná Lhota	120/1.5	Prachatice	275/16	CB	P.s.
168-01	49-08-37	13-35-40	19-08-05	7:30 PM	Kašperské Hory	85/2.5	Klatovy	140/35	PL	P.s.
168-02	49-10-11	13-34-50	19-08-05	6:00 PM	Ostružno	260/2.0	Klatovy	145/32	PL	P.s.
168-03	49-03-45	13-42-12	26-08-05	11:45 AM	Zdítov	185/2.3	Prachatice	295/24	CB	P.s.
169	49-04-32	14-07-10	29-08-05	0:20 PM	Velký Bor	270/1.2	Prachatice	45/11	CB	P.s.
169-01	48-55-23	14-10-09	28-10-05	11:10 PM	Kuklov	260/1.0	Český Krumlov	325/17	CB	P.s.
170	49-05-07	14-28-18	29-08-05	5:10 PM	Poněšice	180/1.4	České Budějovice	5/13	CB	P.s.
170-01	49-11-18	14-25-26	29-08-05	7:15 PM	Podhájí	20/0.9	České Budějovice	350/23	CB	P.s.
170-02	49-09-38	14-25-37	29-08-05	8:40 PM	Litoradlice	170/2.0	České Budějovice	350/20	CB	P.s.
171	49-04-17	14-52-06	05-10-05	0:45 PM	Mláka	60/2.1	Jindřichův Hradec	230/14	CB	P.s.
171-01	49-02-44	14-59-13	05-10-05	1:25 PM	Příbraz	100/3.5	Jindřichův Hradec	190/11	CB	P.s.
171-02	49-04-58	14-44-58	28-10-05	1:20 PM	Lomnice nad Lužnicí	95/2.2	Jindřichův Hradec	250/18	CB	P.s.
172	49-01-48	15-12-09	05-10-05	2:20 PM	Klášteř	90/1.6	Jindřichův Hradec	130/19	CB	P.s.
173	49-03-03	15-30-09	05-10-05	5:20 PM	Třebětice	270/1.7	Jindřichův Hradec	105/38	CB	P.s.
174	49-05-43	16-12-05	20-10-05	4:15 AM	Dukovany	30/1.5	Třebíč	120/27	JI	P.s.
175-01	48-58-23	16-38-56	21-10-05	3:00 PM	Uherčice	330/0.9	Břeclav	330/31	BN	B.r.
175-02	49-05-47	16-27-20	20-10-05	5:40 PM	Silůvky	220/1.7	Brno venkov	225/17	BN	P.s.
175-03	49-00-37	16-20-10	20-10-05	5:00 PM	Lesonice	75/1.5	Znojmo	50/24	BN	P.s.
176	49-04-49	16-56-23	25-10-05	3:50 PM	Zdravá Voda	340/1.0	Hodonín	330/29	BN	B.r.
176-01	48-57-58	16-47-45	21-10-05	3:50 PM	Boleradice	275/1.3	Břeclav	340/24	BN	P.s.
177-01	49-07-21	17-13-40	15-10-05	5:10 PM	Stupava	290/1.0	Kroměříž	210/25	ZL	P.s.
178-01	49-09-13	17-37-36	14-10-05	5:50 PM	Bohuslavice u Zlína	210/1.0	Zlín	195/7	ZL	P.s.
179	48-58-33	14-25-26	29-08-05	2:45 PM	Branišov	105/2.0	České Budějovice	270/3	CB	P.s.

Appendix – Table A1 Continued from the previous page.

Code of locality	Latitude (°-'-')	Longitude (°-'-')	Sampling date (dd-mm-yy)	Sampling time	Nearest settlement	Position from the settlement (degrees/km)	Former administrative district	Position the district (degrees/km)	Region	Analysed moss
180	48-56-52	15-47-44	05-10-05	3:25 PM	Zálesí	140/1.2	Znojmo	295/22	BN	P.s.
181	48-56-38	16-00-30	20-10-05	3:00 PM	Hluboké Mašůvky	325/2.1	Znojmo	335/10	BN	P.s.
181-01	48-53-03	16-14-46	20-10-05	2:40 PM	Lechovice	45/2.1	Znojmo	80/14	BN	P.s.
182	48-55-06	17-08-10	20-10-05	10:30 AM	Ratíškovice	260/1.9	Hodonín	0/7	BN	S.p.
182-01	48-57-47	17-16-52	20-10-05	9:40 AM	Bzenec	135/1.3	Hodonín	40/16	BN	P.s.
182-02	48-53-13	17-02-40	20-10-05	11:30 AM	Mutěnice	150/2.1	Hodonín	295/8	BN	P.s.
182-03	48-52-38	16-56-18	20-10-05	0:10 PM	Čejkovice	185/2.6	Hodonín	290/14	BN	S.p.
183	48-57-18	17-48-29	15-10-05	11:20 AM	Bystřice pod Lopeníkem	130/3.7	Uherské Hradiště	115/28	ZL	P.s.
183-01	49-05-41	18-00-30	15-10-05	9:50 AM	Brumov - Bylnice	285/1.2	Zlín	120/30	ZL	P.s.
184	48-54-09	13-48-40	26-08-05	2:45 PM	České Žleby	45/3.3	Prachatice	230/20	CB	P.s.
184-01	48-49-09	13-59-11	26-08-05	4:45 PM	Želnavá	65/1.6	Český Krumlov	270/24	CB	P.s.
184-02	48-55-33	13-59-21	15-06-06	10:45 AM	Zbytiny	160/1.8	Prachatice	20/9	CB	P.s.
185	48-50-30	14-31-37	05-10-05	10:20 AM	Mokrý Lom	135/0.5	České Budějovice	165/15	CB	P.s.
186	48-52-14	14-50-19	05-10-05	11:50 AM	Hrdlořezy	260/1.6	Jindřichův Hradec	195/32	CB	P.s.
187	48-50-34	16-28-49	21-10-05	5:10 PM	Drnholec	195/1.5	Břeclav	285/32	BN	B.r.
188	48-53-52	17-34-57	15-10-05	1:00 PM	Suchov	150/2.5	Hodonín	75/34	BN	P.s.
189	48-43-31	14-07-15	26-08-05	7:05 PM	Černá v Pošumaví	155/1.5	Český Krumlov	235/18	CB	P.s.
190-01	48-43-47	16-51-50	20-10-05	1:00 PM	Břeclav - Poštorná	185/2.7	Břeclav	185/3	BN	P.s.
191	48-40-13	14-16-48	05-10-05	8:40 AM	Ostrov	240/1.0	Český Krumlov	180/16	CB	P.s.
192	48-40-57	14-35-57	05-10-05	9:40 AM	Malonty	115/1.5	Český Krumlov	125/25	CB	P.s.

Appendix – Table A1 The end.

Element	Recommended values	Founded values			
	Mean $\pm$ Std. Dev. ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Mean $\pm$ Conf. Interval ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Std. Dev.	Standard Error	Median ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
<i>Pleurozium schreberi</i> M2					
Ag	0.137* $\pm$ 0.014	0.115 $\pm$ 0.001	0.00097	0.00025	0.115
Al	178 $\pm$ 15	207 $\pm$ 2	3.25707	0.84097	207
As	0.98 $\pm$ 0.07	0.917 $\pm$ 0.006	0.01087	0.00281	0.916
Ba	17.6 $\pm$ 0.7	16.7 $\pm$ 0.2	0.29445	0.07603	16.6
Be	0.143* $\pm$ 0.012	0.007 $\pm$ 0.0005	0.00086	0.00022	0.007
Bi	n.a.	0.115 $\pm$ 0.001	0.00264	0.00068	0.114
Ca	1910 $\pm$ 100	1072 $\pm$ 8	14.4294	3.72566	1075
Cd	0.454 $\pm$ 0.019	0.490 $\pm$ 0.003	0.00628	0.00162	0.490
Ce	0.35* $\pm$ 0.03	0.353 $\pm$ 0.012	0.02219	0.00573	0.342
Co	0.98 $\pm$ 0.06	0.917 $\pm$ 0.010	0.01729	0.00447	0.921
Cr	0.97 $\pm$ 0.17	0.939 $\pm$ 0.020	0.03580	0.00924	0.934
Cs	0.55 $\pm$ 0.04	0.550 $\pm$ 0.004	0.00733	0.00189	0.548
Cu	68.7 $\pm$ 2.5	65.2 $\pm$ 0.5	0.82598	0.21327	65.4
Fe	262 $\pm$ 35	276 $\pm$ 5	9.51491	2.45674	278
Ga	0.113* $\pm$ 0.02	0.104 $\pm$ 0.001	0.00155	0.00040	0.104
Hg	0.058 $\pm$ 0.005	0.053 $\pm$ 0.002	0.00121	0.00054	0.053
In	0.025* $\pm$ 0.002	0.0251 $\pm$ 0.0003	0.00047	0.00012	0.025
La	0.195 $\pm$ 0.018	0.185 $\pm$ 0.006	0.01126	0.00291	0.178
Li	n.a.	0.111 $\pm$ 0.003	0.00567	0.00147	0.111
Mn	342 $\pm$ 17	314 $\pm$ 1.6	2.92156	0.75434	314
Mo	0.23* $\pm$ 0.04	0.206 $\pm$ 0.007	0.01327	0.00343	0.200
Nd	n.a.	0.160 $\pm$ 0.005	0.00902	0.00233	0.154
Ni	16.3 $\pm$ 0.9	16.5 $\pm$ 0.11	0.20280	0.05236	16.6
Pb	6.37 $\pm$ 0.43	6.83 $\pm$ 0.16	0.28134	0.07264	6.83
Pr	n.a.	0.043 $\pm$ 0.002	0.00275	0.00071	0.042
Rb	39.6 $\pm$ 0.4	36.1 $\pm$ 0.3	0.50828	0.13124	36.0
S	963 $\pm$ 93	1104 $\pm$ 6	10.8065	2.79023	1107
Sb	0.21 $\pm$ 0.016	0.188 $\pm$ 0.003	0.00631	0.00163	0.189
Se	0.29 $\pm$ 0.03	0.287 $\pm$ 0.010	0.01717	0.00443	0.289
Sn	n.a.	0.759 $\pm$ 0.009	0.01683	0.00435	0.762
Sr	5.31 $\pm$ 0.15	5.10 $\pm$ 0.03	0.05647	0.01458	5.10
Th	0.042 $\pm$ 0.002	0.049 $\pm$ 0.003	0.00588	0.00152	0.048
Tl	0.048* $\pm$ 0.004	0.038 $\pm$ 0.001	0.00105	0.00027	0.038
U	0.021* $\pm$ 0.005	0.022 $\pm$ 0.001	0.00139	0.00036	0.022
V	1.43 $\pm$ 0.17	1.45 $\pm$ 0.02	0.03032	0.00783	1.45
Y	0.099* $\pm$ 0.01	0.087 $\pm$ 0.002	0.00300	0.00077	0.087
Zn	36.1 $\pm$ 1.2	34.4 $\pm$ 0.2	0.43537	0.11241	34.5

\* Indicative value

Appendix – Table A2 Analytical results of international interlaboratory standard moss materials M2 (*Pleurozium schreberi*) in 2005/2006 ( $n = 15$ ; confidence interval 95 %, n.a. = no stated data).



Element	Recommended values	Founded values			
	Mean $\pm$ Std. Dev. ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Mean $\pm$ Conf. Interval ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Std. Dev.	Standard Error	Median ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
<i>Pleurozium schreberi</i> M3					
<b>Ag</b>	0.027* $\pm$ 0.004	0.024 $\pm$ 0.001	0.00089	0.00023	0.023
<b>Al</b>	169 $\pm$ 10	175 $\pm$ 3	5.59799	1.44539	178
<b>As</b>	0.105 $\pm$ 0.007	0.108 $\pm$ 0.006	0.01169	0.00302	0.105
<b>Ba</b>	13.7 $\pm$ 0.6	12.9 $\pm$ 0.1	0.15950	0.04118	12.9
<b>Be</b>	0.015* $\pm$ 0.003	0.007 $\pm$ 0.001	0.00106	0.00027	0.007
<b>Bi</b>	n.a.	0.014 $\pm$ 0.0003	0.00056	0.00014	0.014
<b>Ca</b>	1920 $\pm$ 70	1140 $\pm$ 6	11.1913	2.88957	1136
<b>Cd</b>	0.106 $\pm$ 0.005	0.108 $\pm$ 0.001	0.00215	0.00056	0.107
<b>Ce</b>	0.25* $\pm$ 0.03	0.232 $\pm$ 0.009	0.01690	0.00436	0.236
<b>Co</b>	0.115 $\pm$ 0.006	0.095 $\pm$ 0.001	0.00220	0.00057	0.096
<b>Cr</b>	0.67 $\pm$ 0.19	0.551 $\pm$ 0.016	0.02860	0.00739	0.547
<b>Cs</b>	0.189 $\pm$ 0.014	0.183 $\pm$ 0.001	0.00238	0.00062	0.183
<b>Cu</b>	3.76 $\pm$ 0.23	3.29 $\pm$ 0.02	0.04264	0.01101	3.27
<b>Fe</b>	138 $\pm$ 12	133 $\pm$ 2	3.05317	0.78833	132
<b>Ga</b>	0.084* $\pm$ 0.018	0.085 $\pm$ 0.002	0.00277	0.00072	0.086
<b>Hg</b>	0.035 $\pm$ 0.004	0.0394 $\pm$ 0.0003	0.00026	0.00011	0.0394
<b>In</b>	0.001* $\pm$ 0.001	0.0012 $\pm$ 0.0001	0.00009	0.00002	0.001
<b>La</b>	0.131 $\pm$ 0.02	0.116 $\pm$ 0.001	0.00093	0.00024	0.117
<b>Li</b>	n.a.	0.072 $\pm$ 0.001	0.00265	0.00068	0.072
<b>Mn</b>	535 $\pm$ 30	499 $\pm$ 2	4.28837	1.10725	498
<b>Mo</b>	0.10* $\pm$ 0.04	0.052 $\pm$ 0.001	0.00139	0.00036	0.052
<b>Nd</b>	n.a.	0.096 $\pm$ 0.001	0.00154	0.00040	0.096
<b>Ni</b>	0.95 $\pm$ 0.08	0.934 $\pm$ 0.014	0.02546	0.00657	0.934
<b>Pb</b>	3.33 $\pm$ 0.25	3.38 $\pm$ 0.04	0.07924	0.02046	3.38
<b>Pr</b>	n.a.	0.026 $\pm$ 0.0002	0.00035	0.00009	0.026
<b>Rb</b>	19.5 $\pm$ 0.4	17.9 $\pm$ 0.1	0.16281	0.04204	18.0
<b>S</b>	830 $\pm$ 74	963 $\pm$ 10	18.4038	4.75183	965
<b>Sb</b>	0.052 $\pm$ 0.007	0.045 $\pm$ 0.001	0.00109	0.00028	0.045
<b>Se</b>	0.115 $\pm$ 0.016	0.073 $\pm$ 0.012	0.02192	0.00566	0.072
<b>Sn</b>	n.a.	0.113 $\pm$ 0.002	0.00368	0.00095	0.113
<b>Sr</b>	4.64 $\pm$ 0.24	4.36 $\pm$ 0.02	0.03294	0.00851	4.36
<b>Th</b>	0.027 $\pm$ 0.002	0.024 $\pm$ 0.0004	0.00068	0.00018	0.024
<b>Tl</b>	0.053* $\pm$ 0.002	0.039 $\pm$ 0.0003	0.00061	0.00016	0.039
<b>U</b>	0.0128* $\pm$ 0.0013	0.012 $\pm$ 0.001	0.00096	0.00025	0.012
<b>V</b>	1.19 $\pm$ 0.15	1.23 $\pm$ 0.01	0.01758	0.00454	1.22
<b>Y</b>	0.067* $\pm$ 0.01	0.061 $\pm$ 0.001	0.00220	0.00057	0.060
<b>Zn</b>	25.4 $\pm$ 1.1	23.4 $\pm$ 0.1	0.18166	0.04690	23.5

\* Indicative value

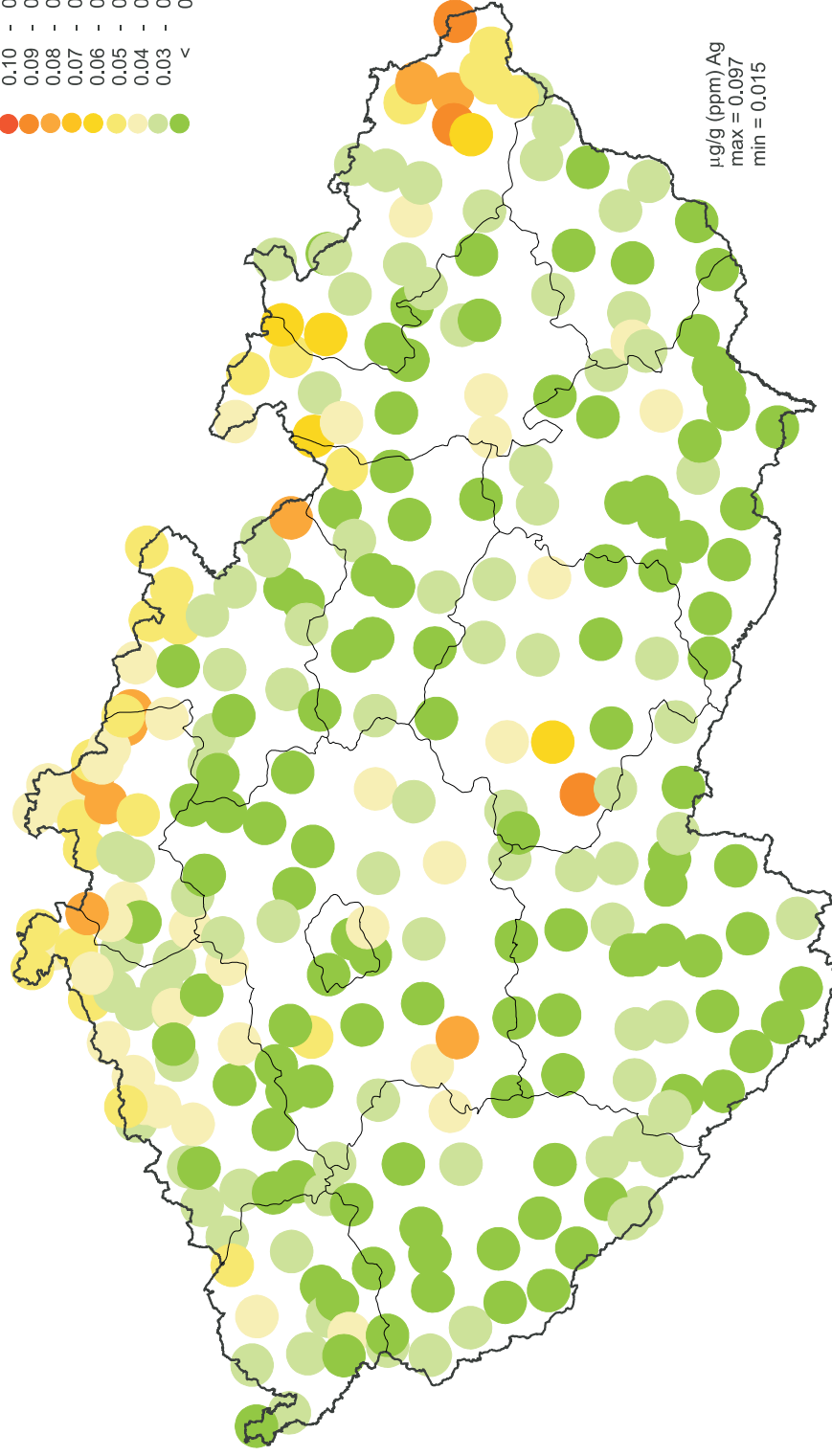
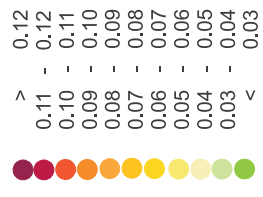
Appendix – Table A2 Analytical results of international interlaboratory standard moss materials M3 (*Pleurozium schreberi*) in 2005/2006 ( $n = 15$ ; confidence interval 95 %, n.a. = no stated data).

## APPENDIX – PICTORIAL PART

---

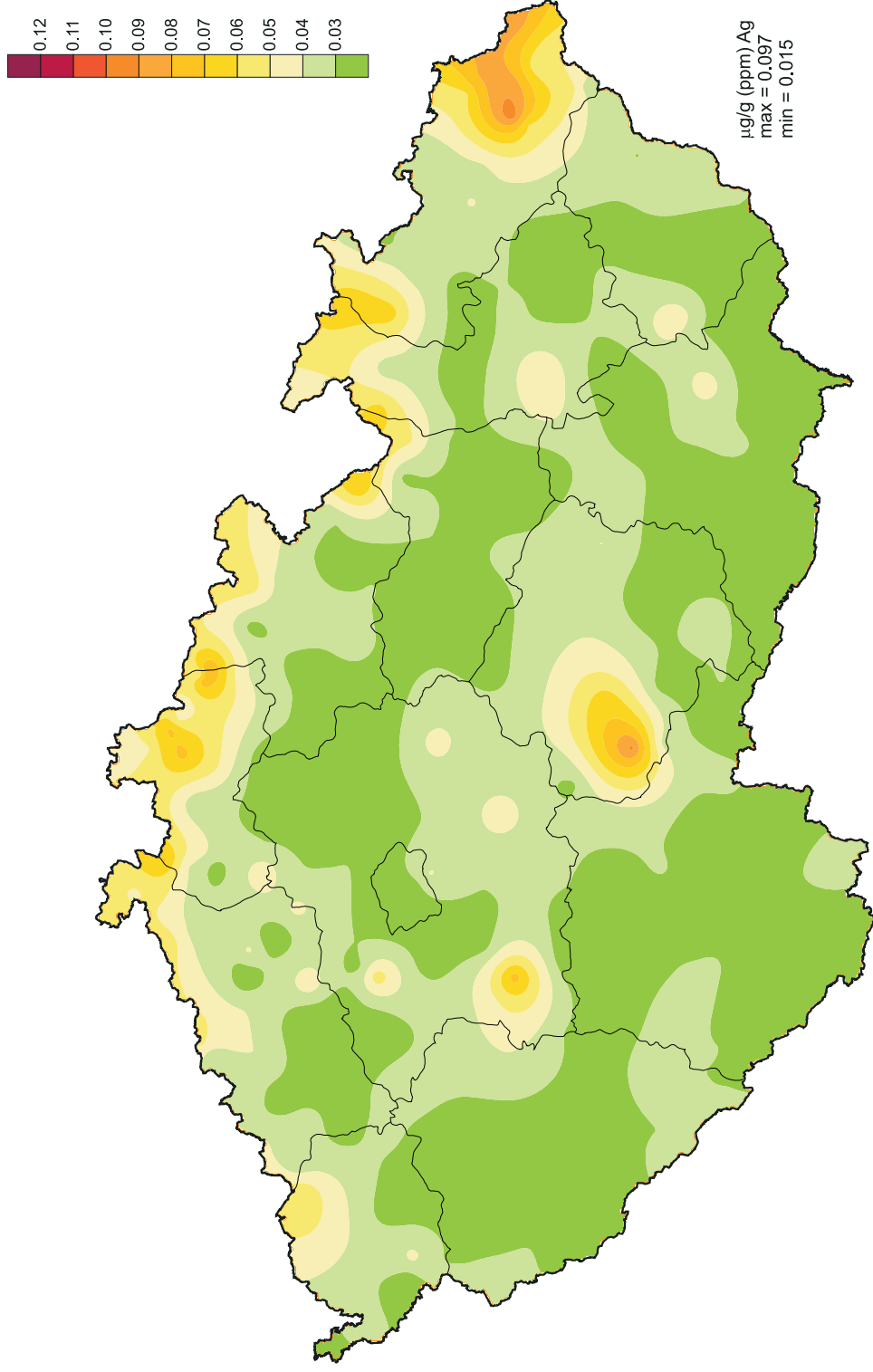
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - SILVER**



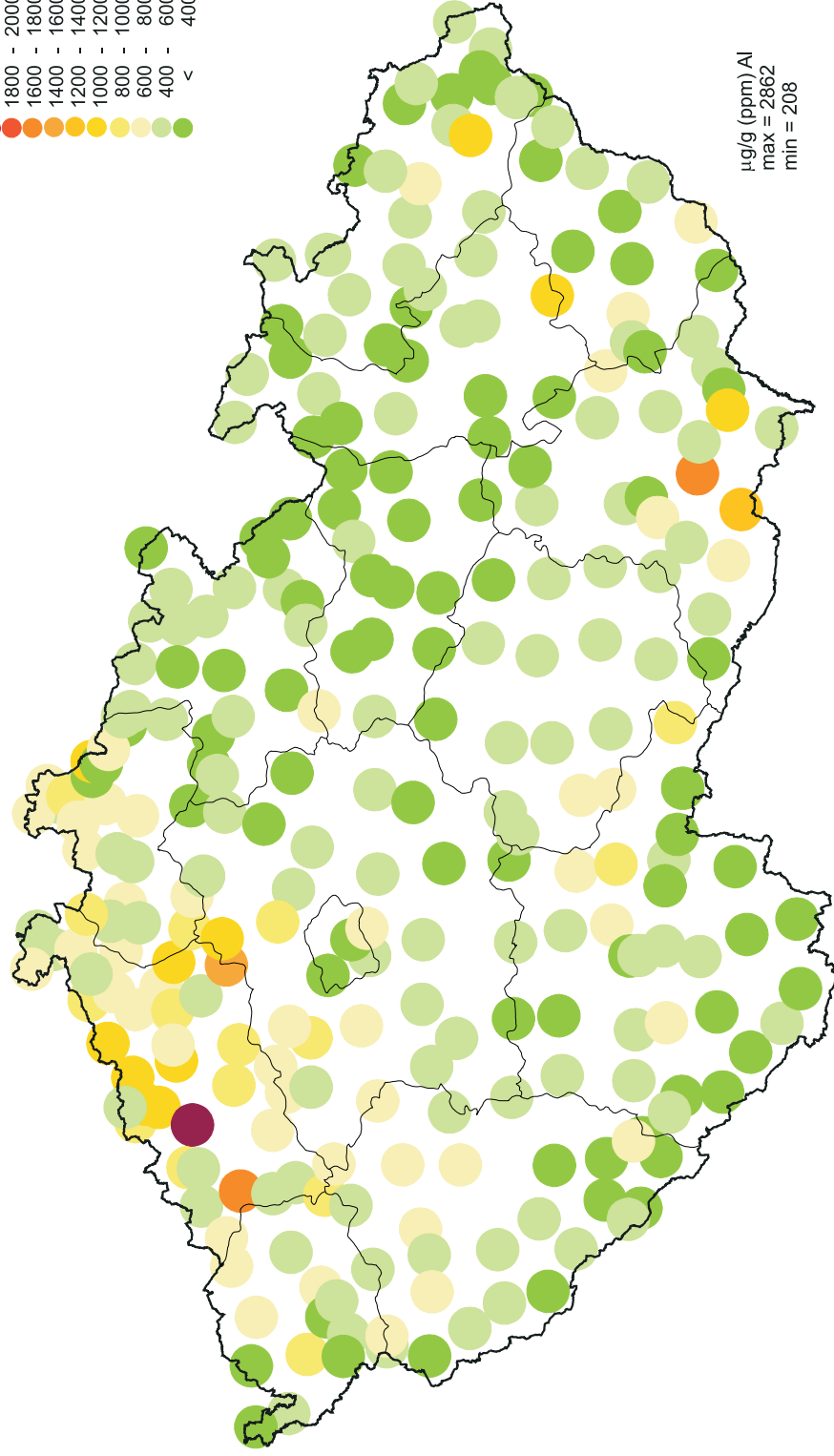
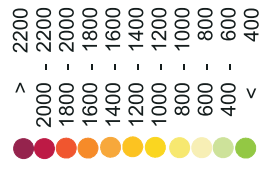
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - SILVER**



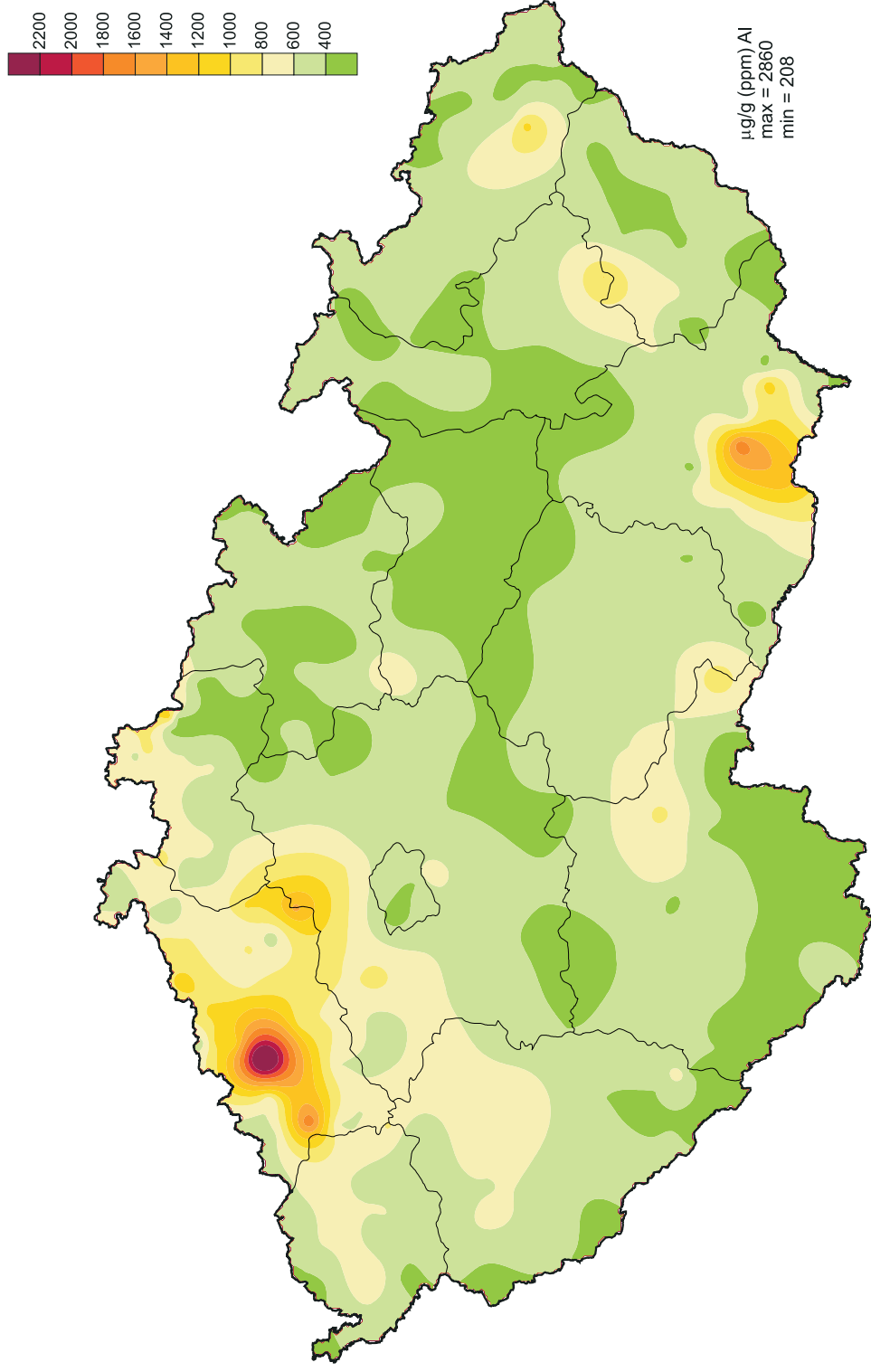
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - ALUMINIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

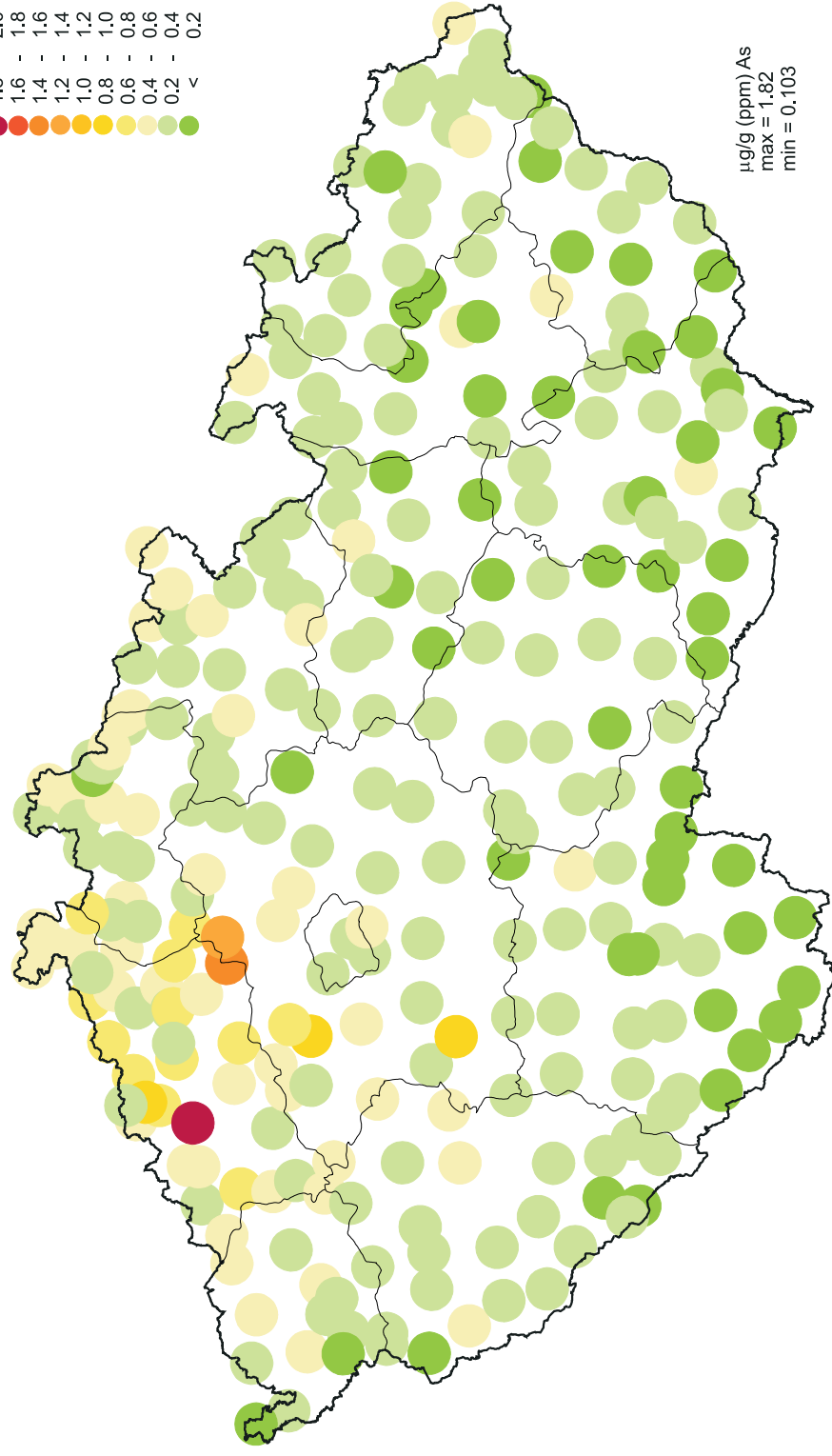
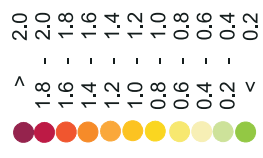
**MOSS - ALUMINIUM**





**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

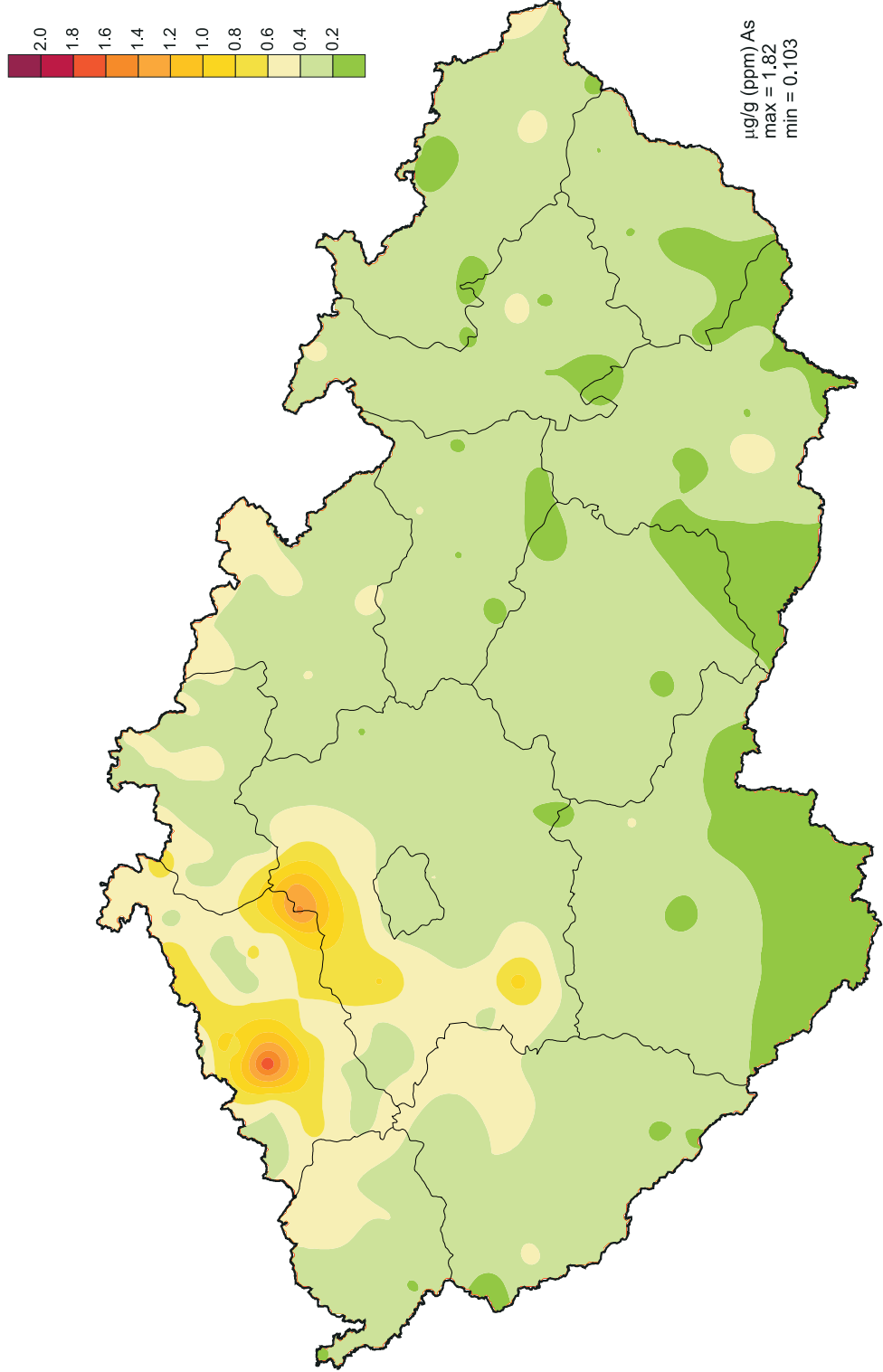
**MOSS - ARSENIC**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) As  
max = 1.82  
min = 0.103

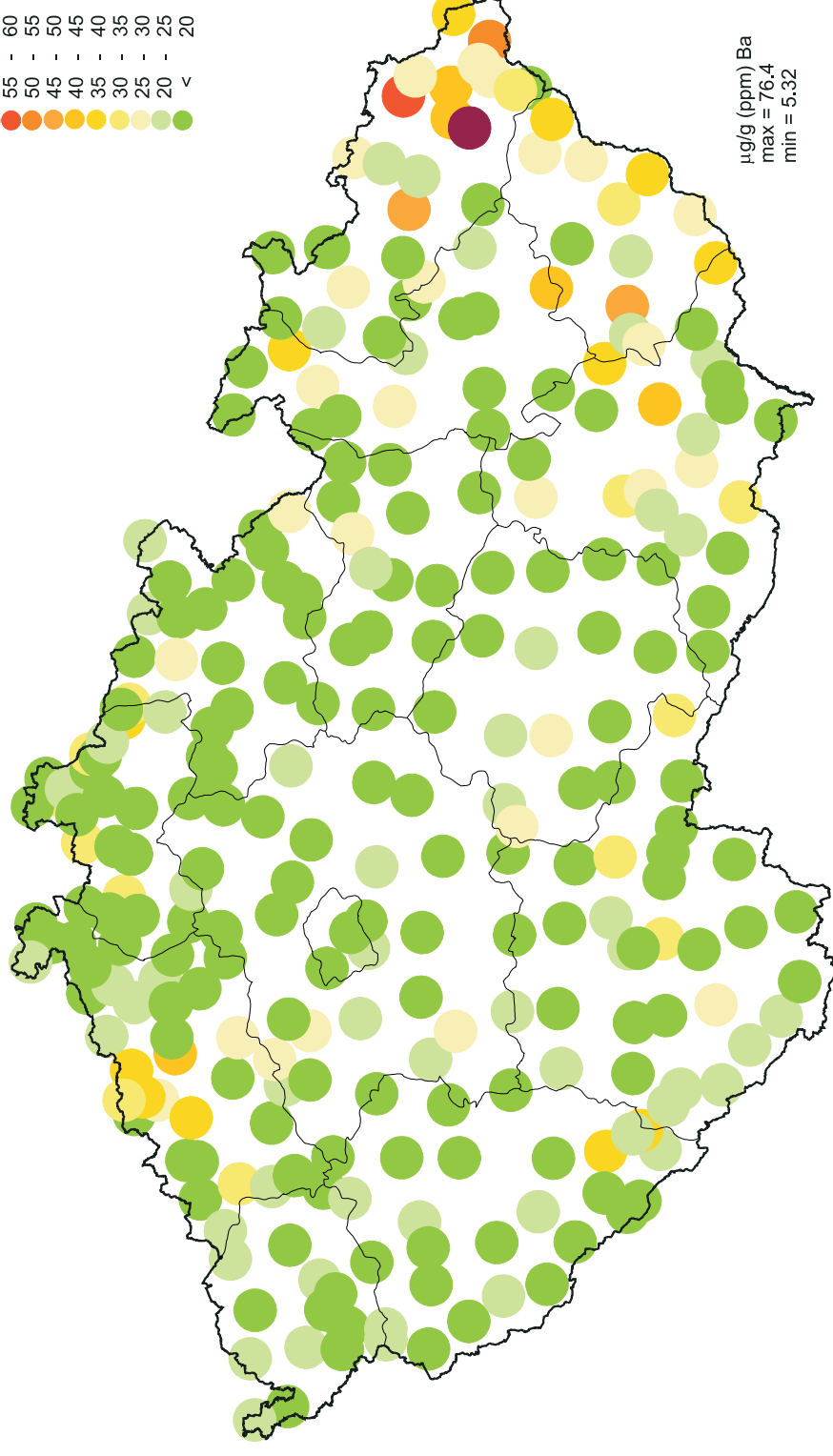
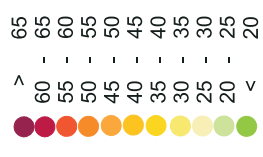
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - ARSENIC**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

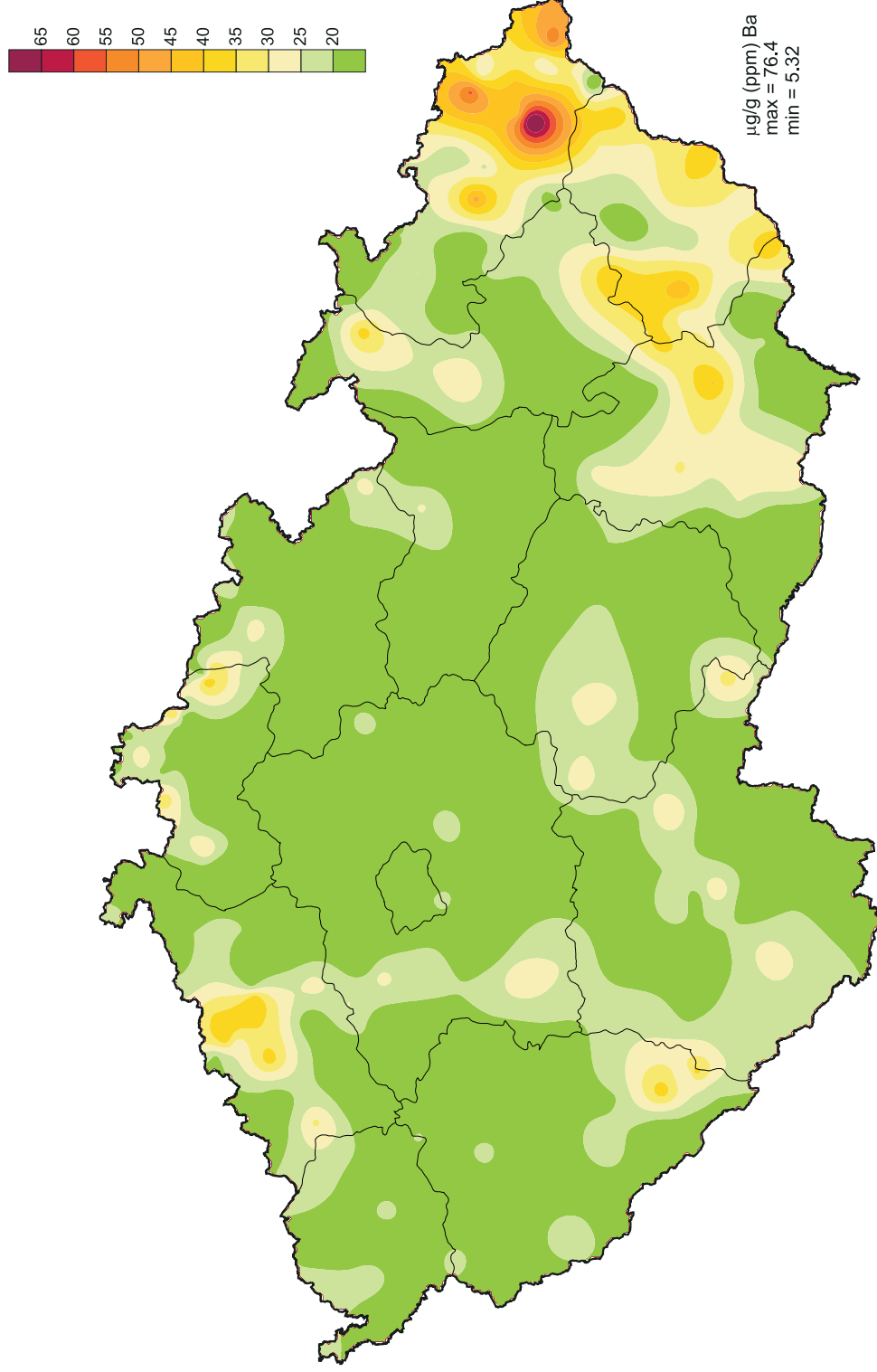
**MOSS - BARIUM**



µg/g (ppm) Ba  
max = 76.4  
min = 5.32

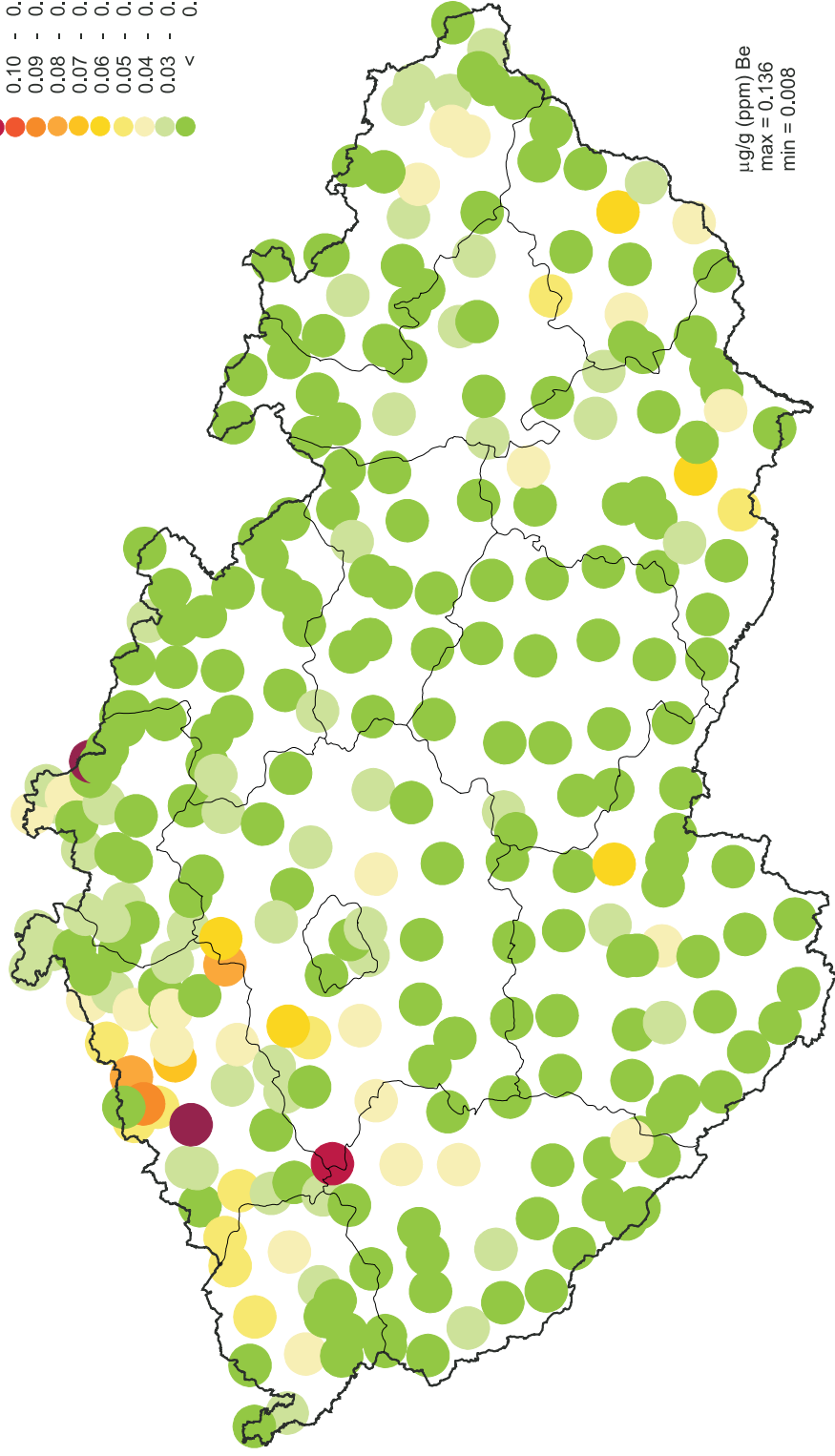
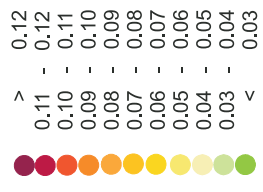
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - BARIUM**



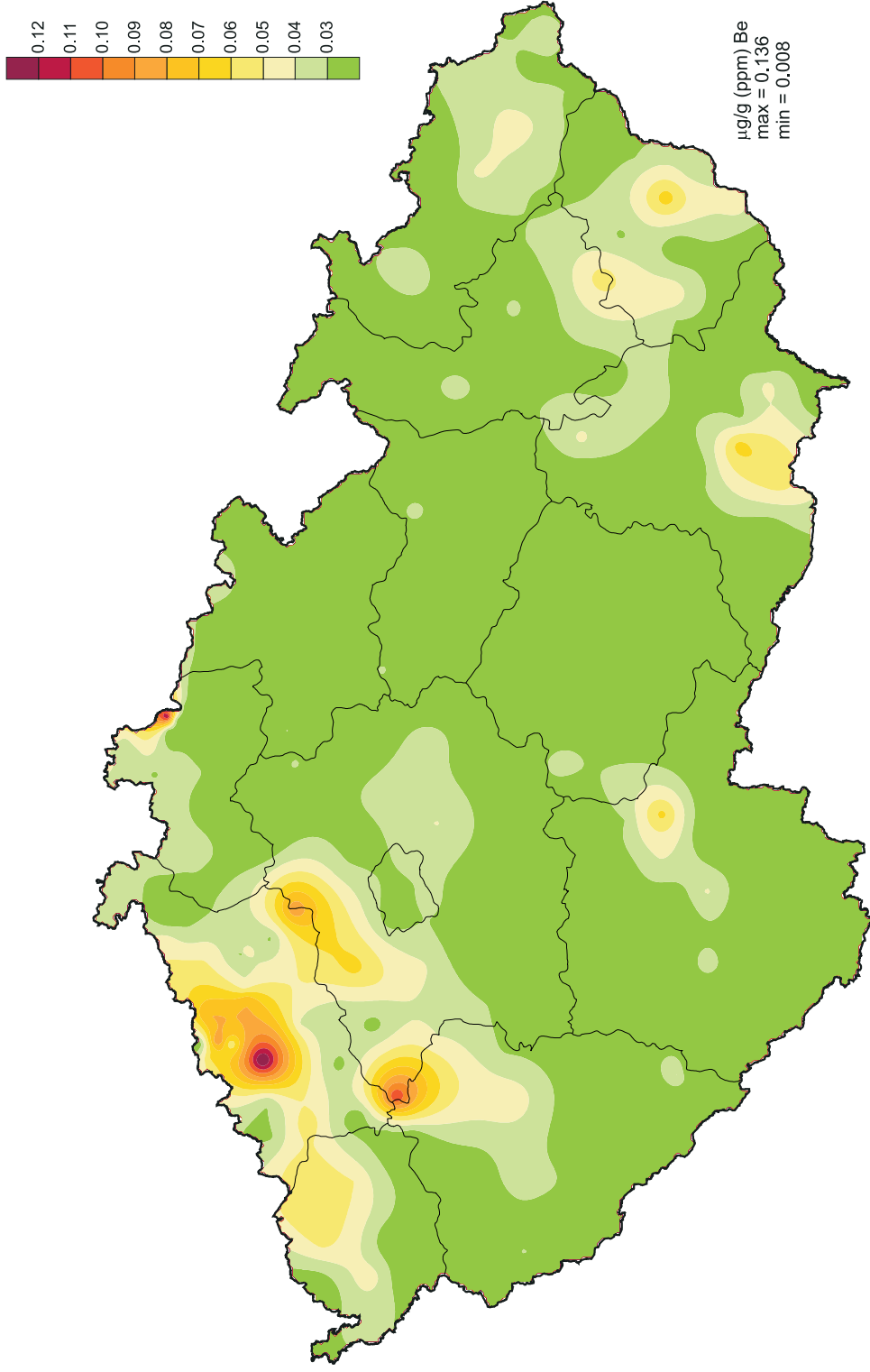
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - BERYLLIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

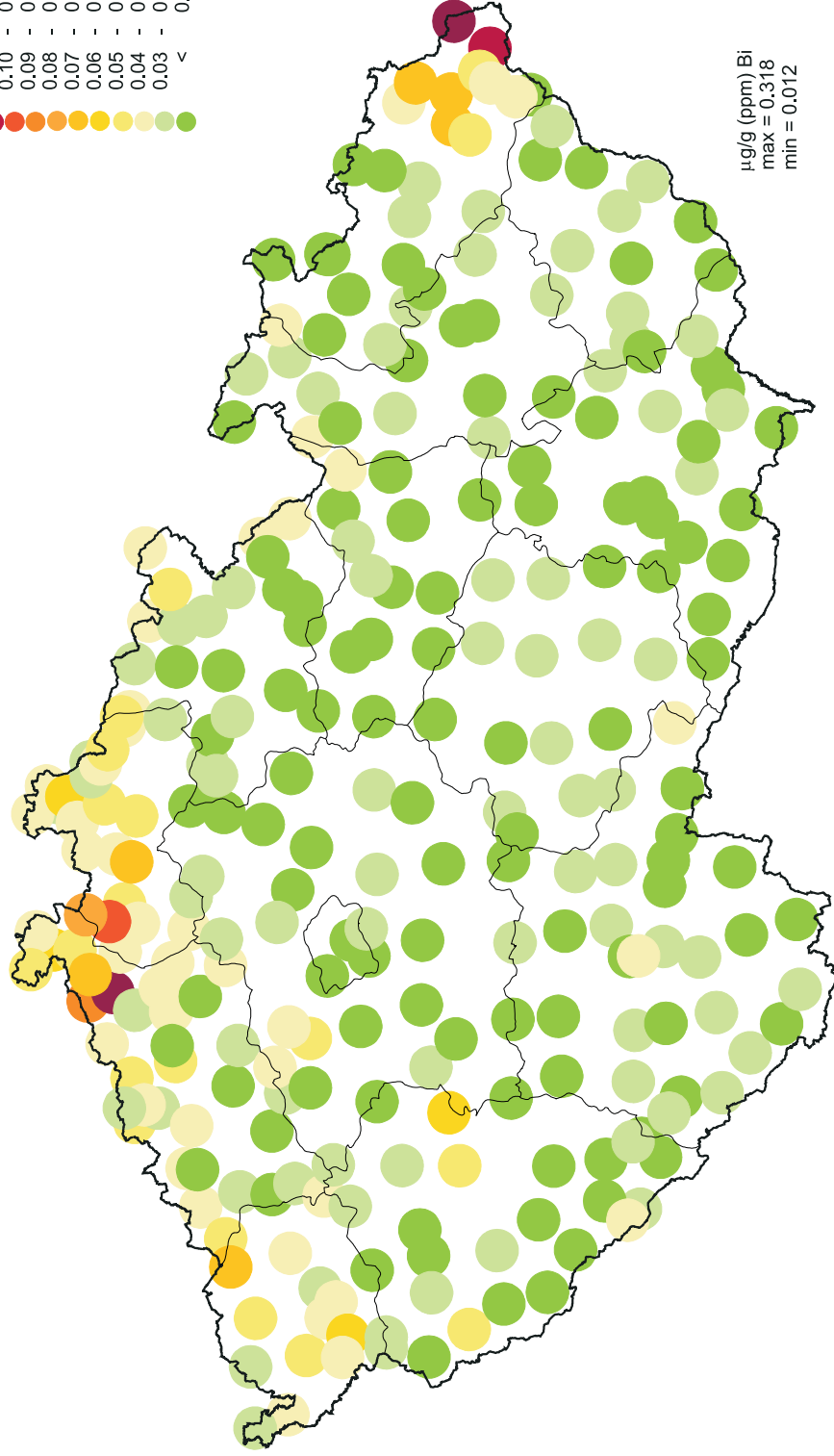
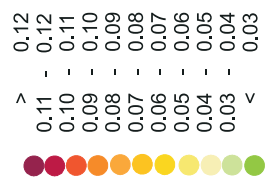
**MOSS - BERYLLIUM**





**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

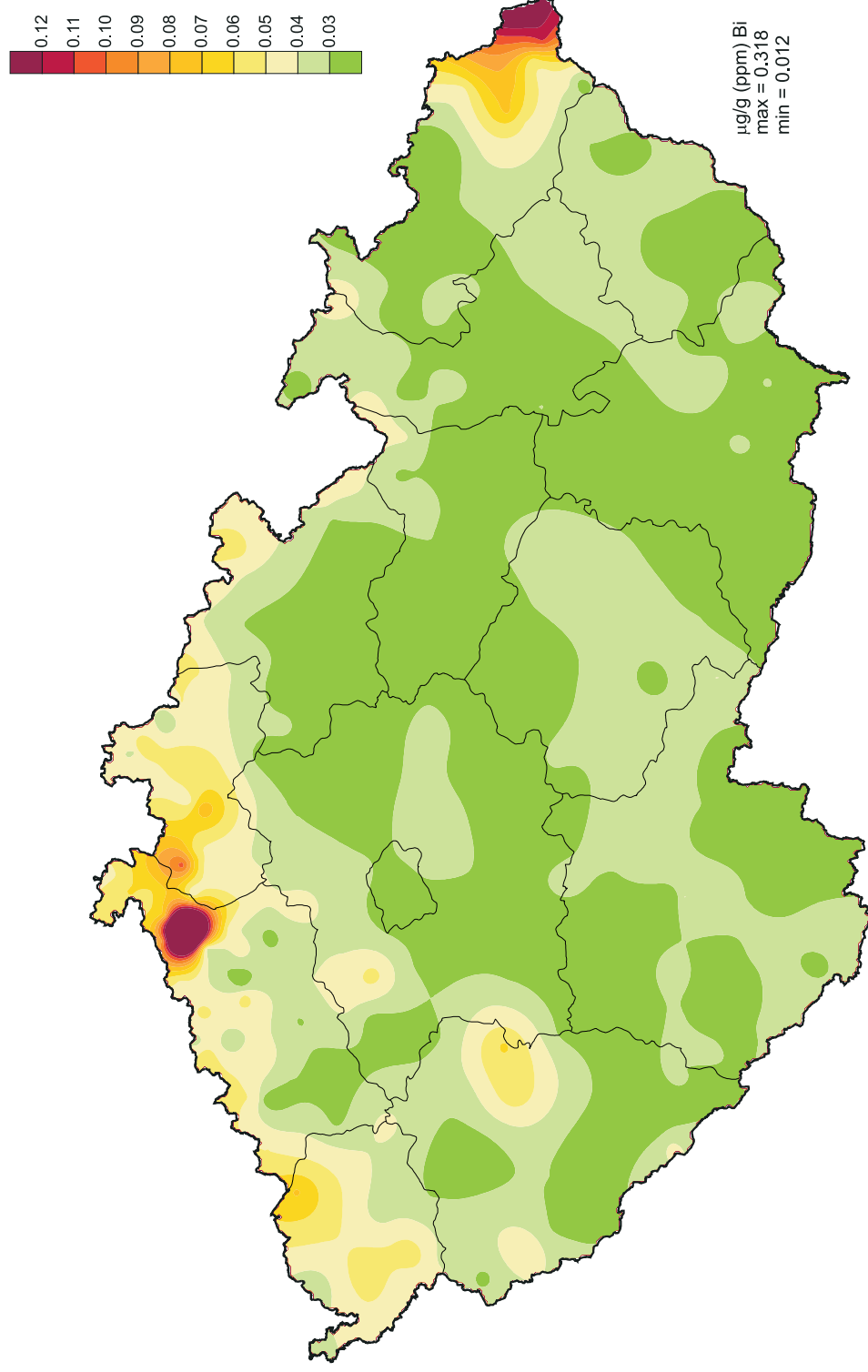
**MOSS - BISMUTH**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Bi  
max = 0.318  
min = 0.012

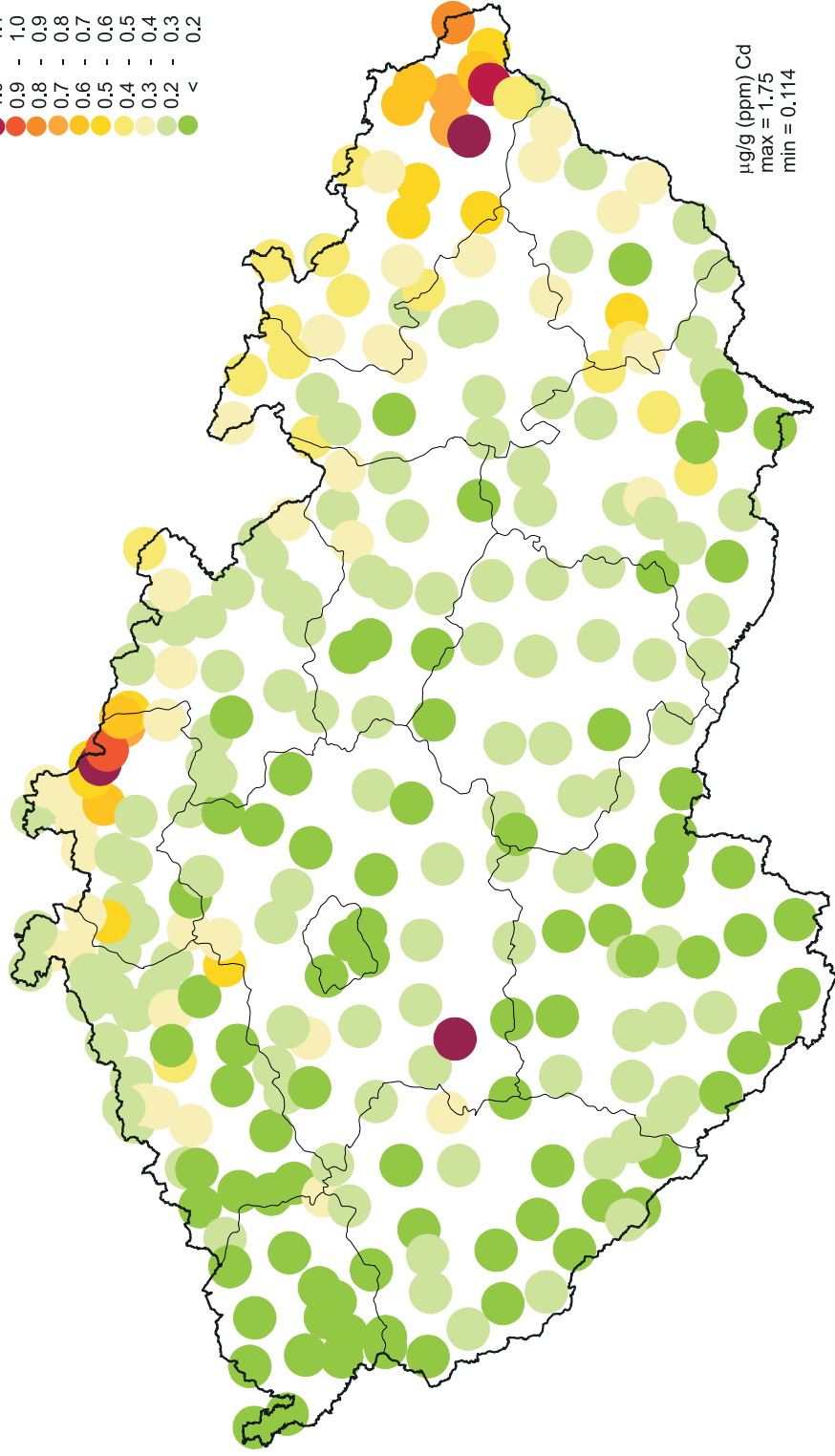
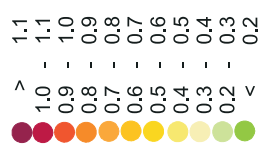
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - BISMUTH**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

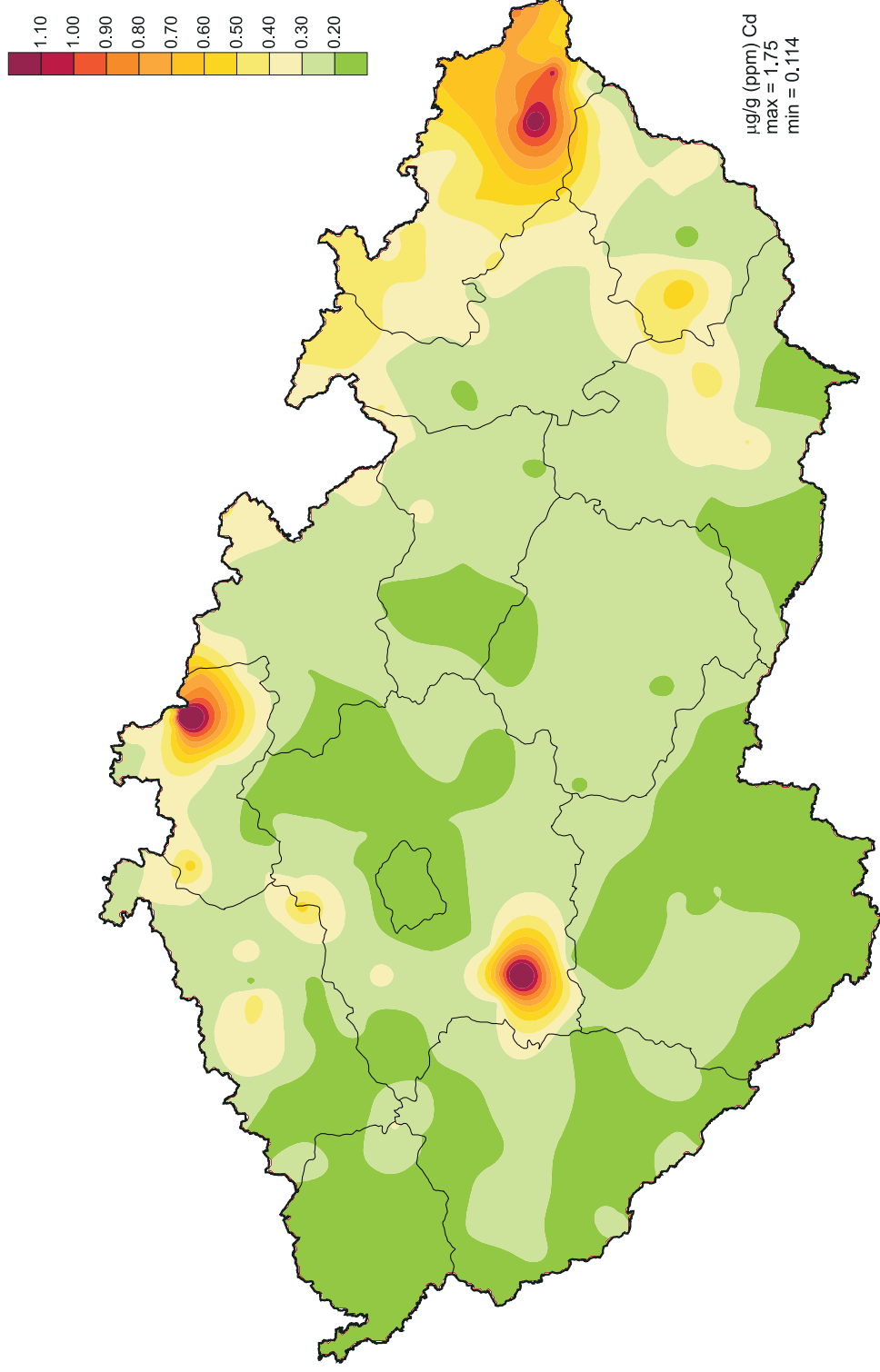
**MOSS - CADMIUM**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Cd  
max = 1.75  
min = 0.114

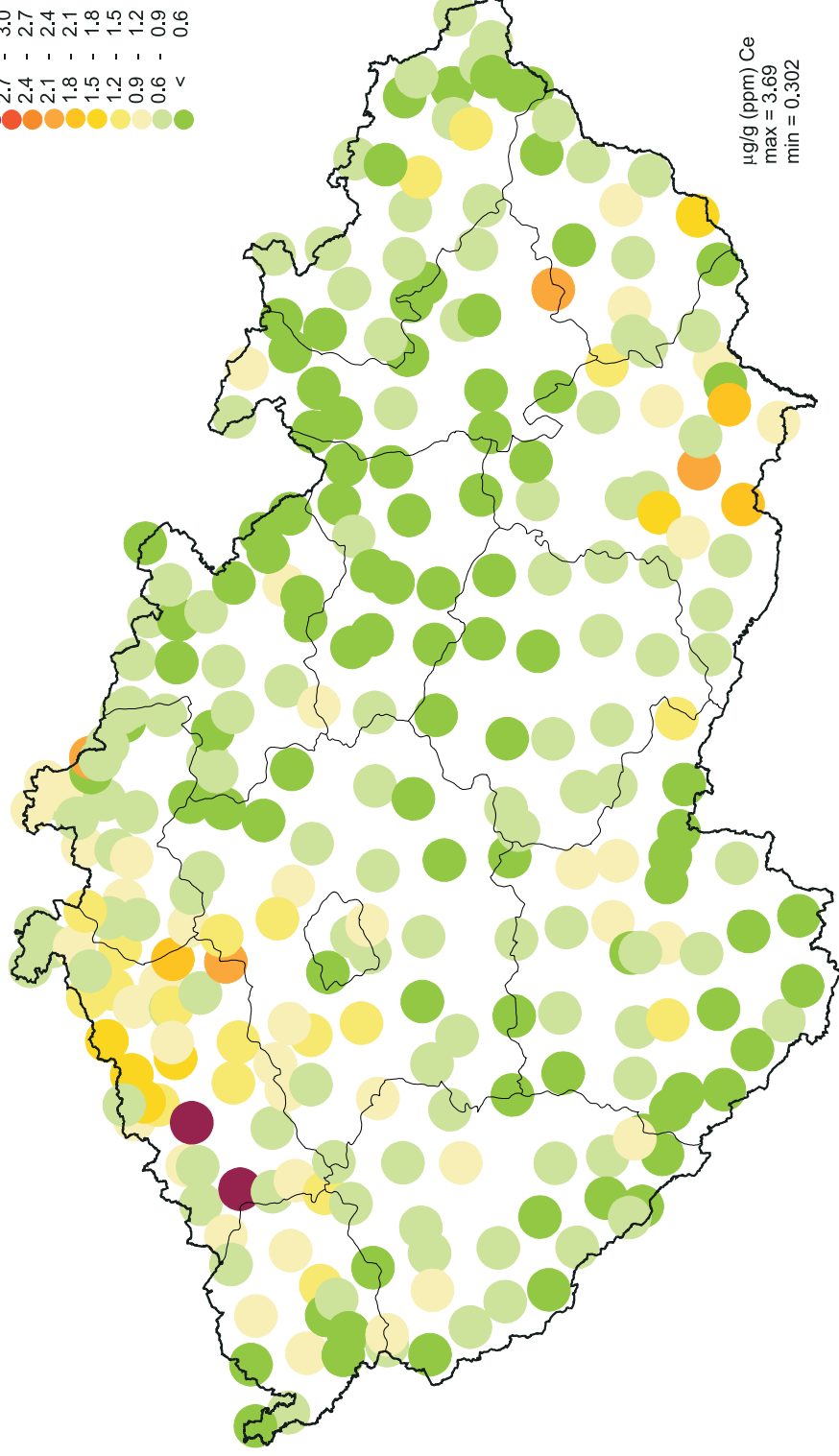
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - CADMIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

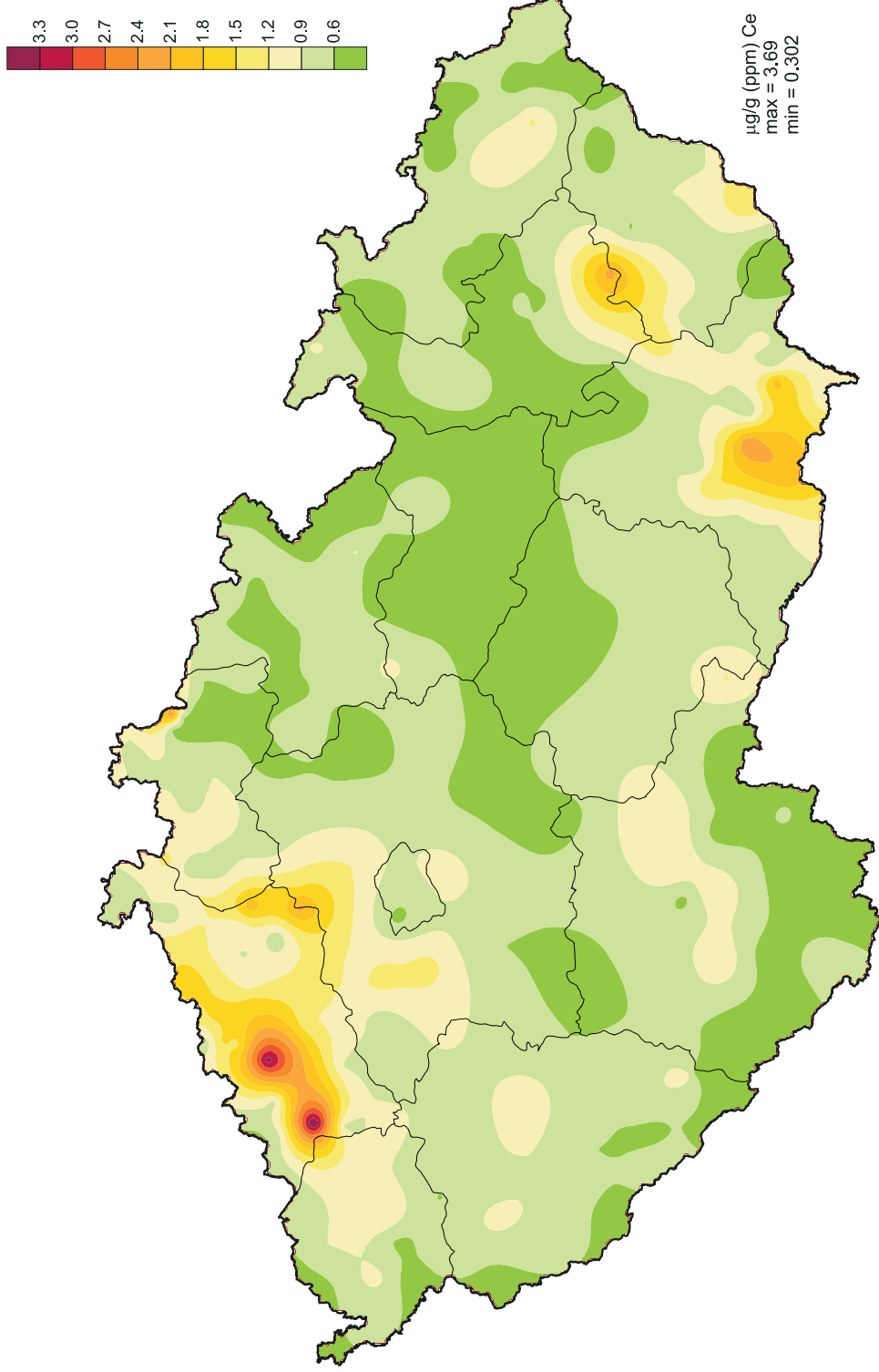
**MOSS - CERIUM**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Ce  
max = 3.69  
min = 0.302

**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

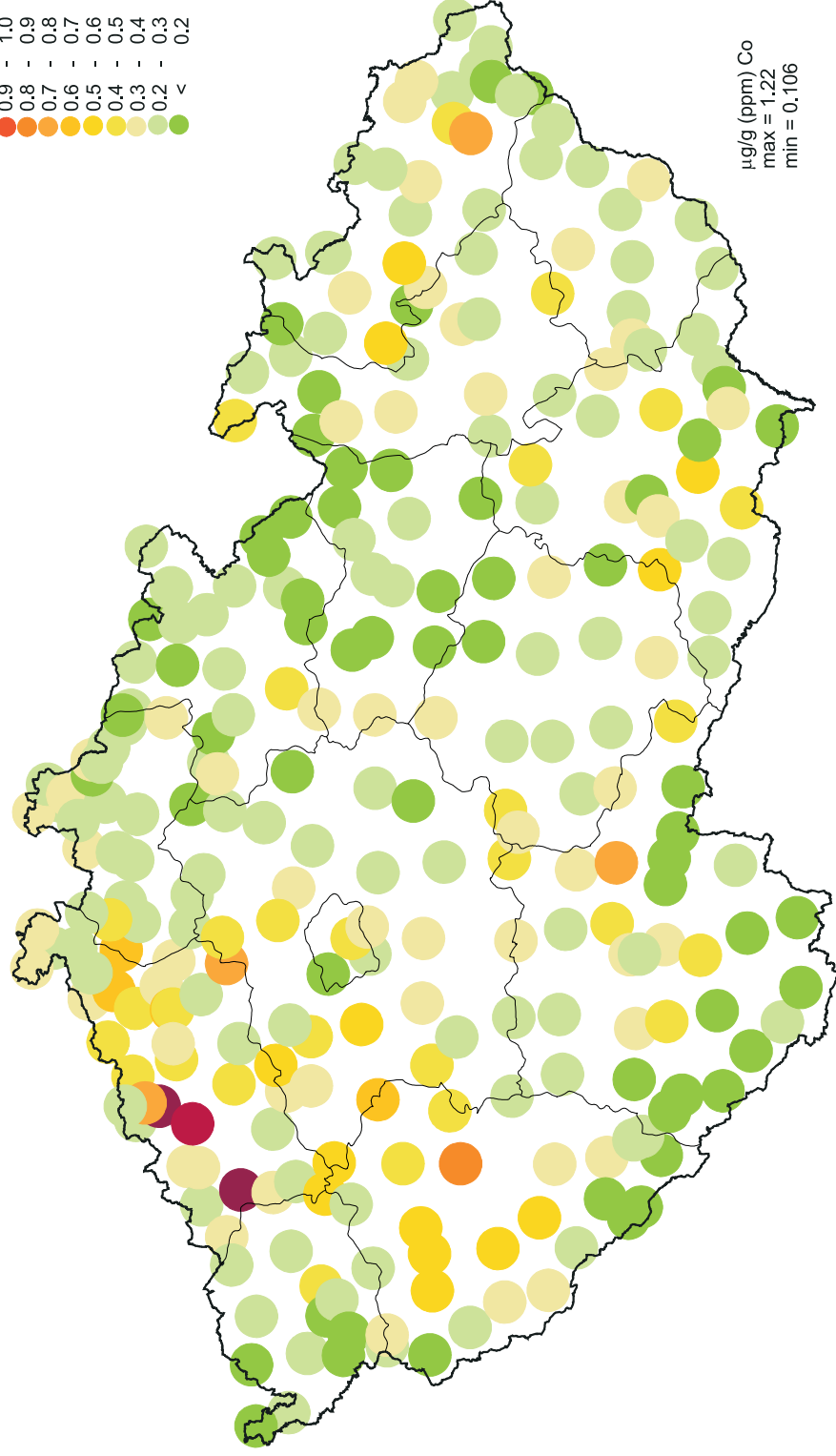
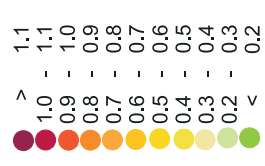
**MOSS - CERIUM**





**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

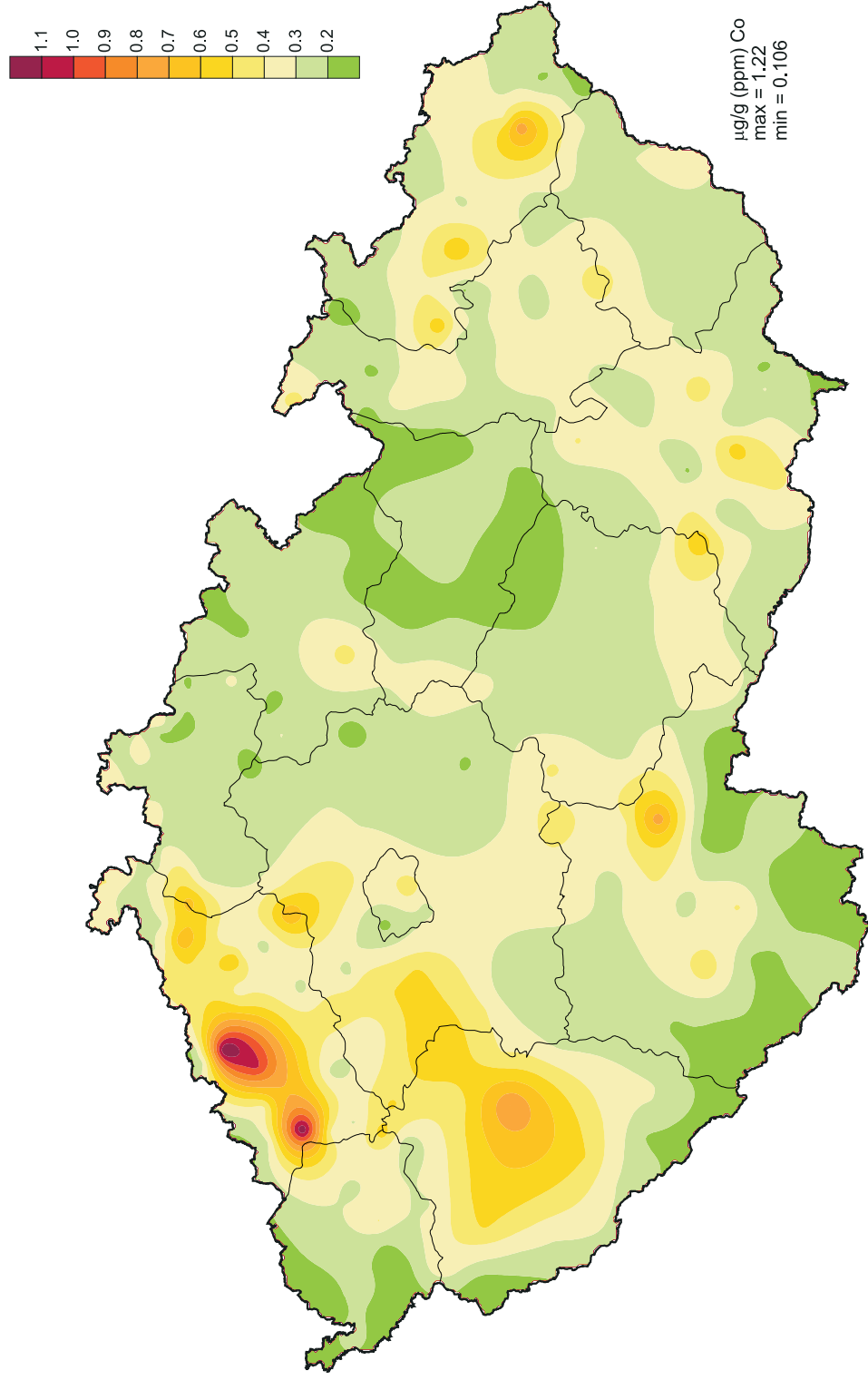
**MOSS - COBALT**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Co  
max = 1.22  
min = 0.106

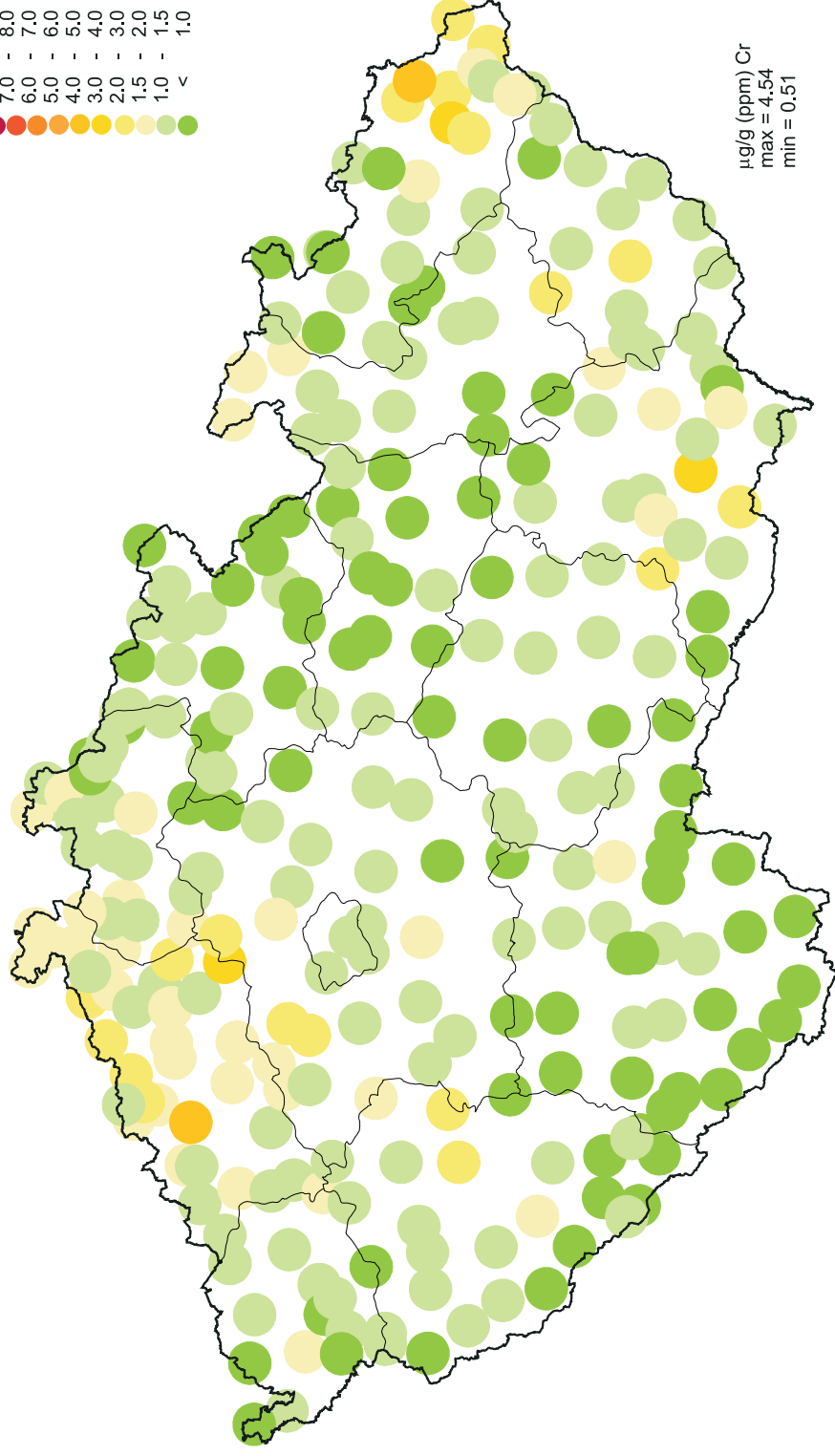
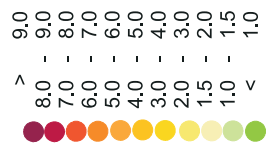
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - COBALT**



**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

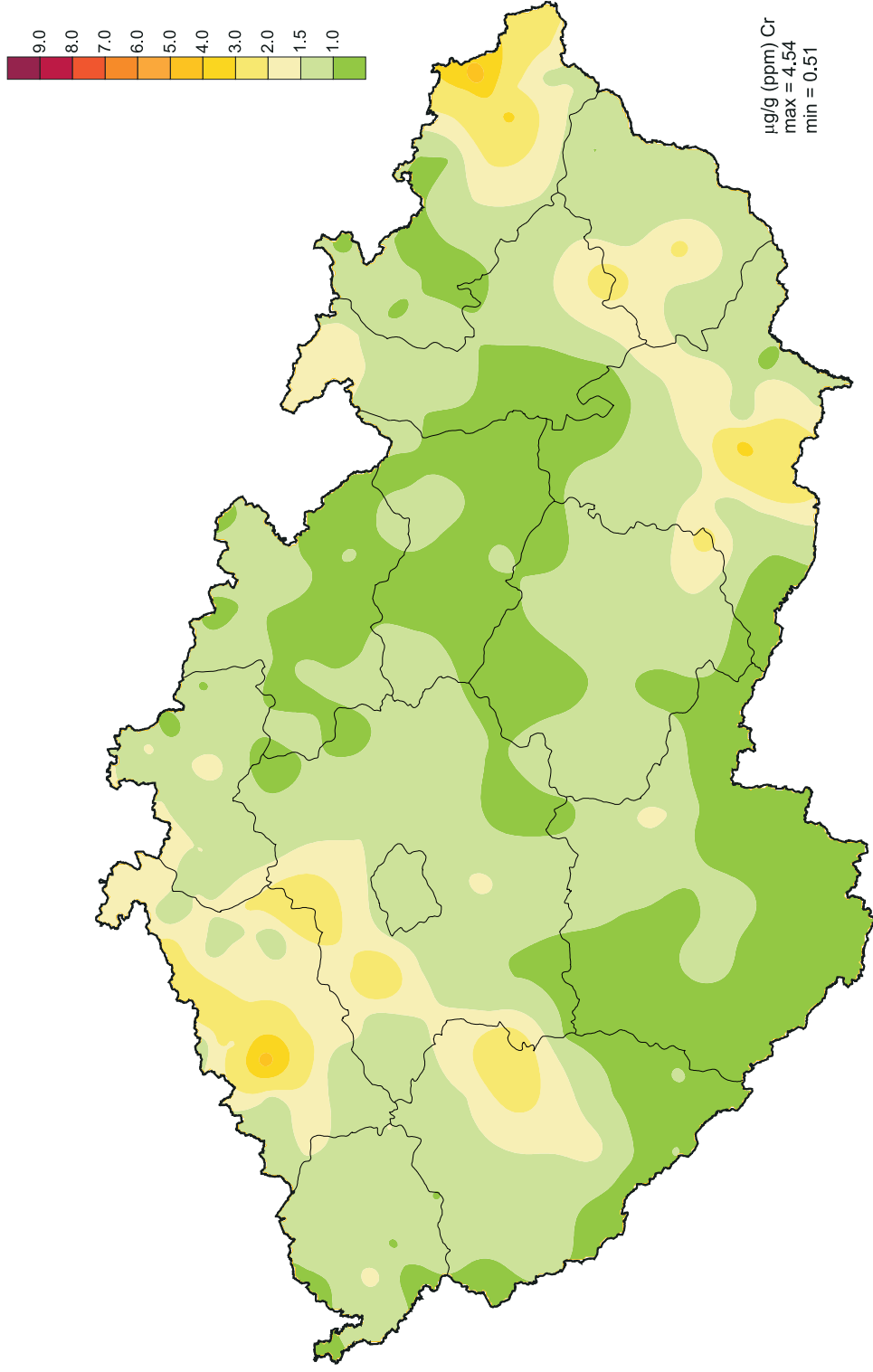
**MOSS - CHROMIUM**



µg/g (ppm) Cr  
max = 4.54  
min = 0.51

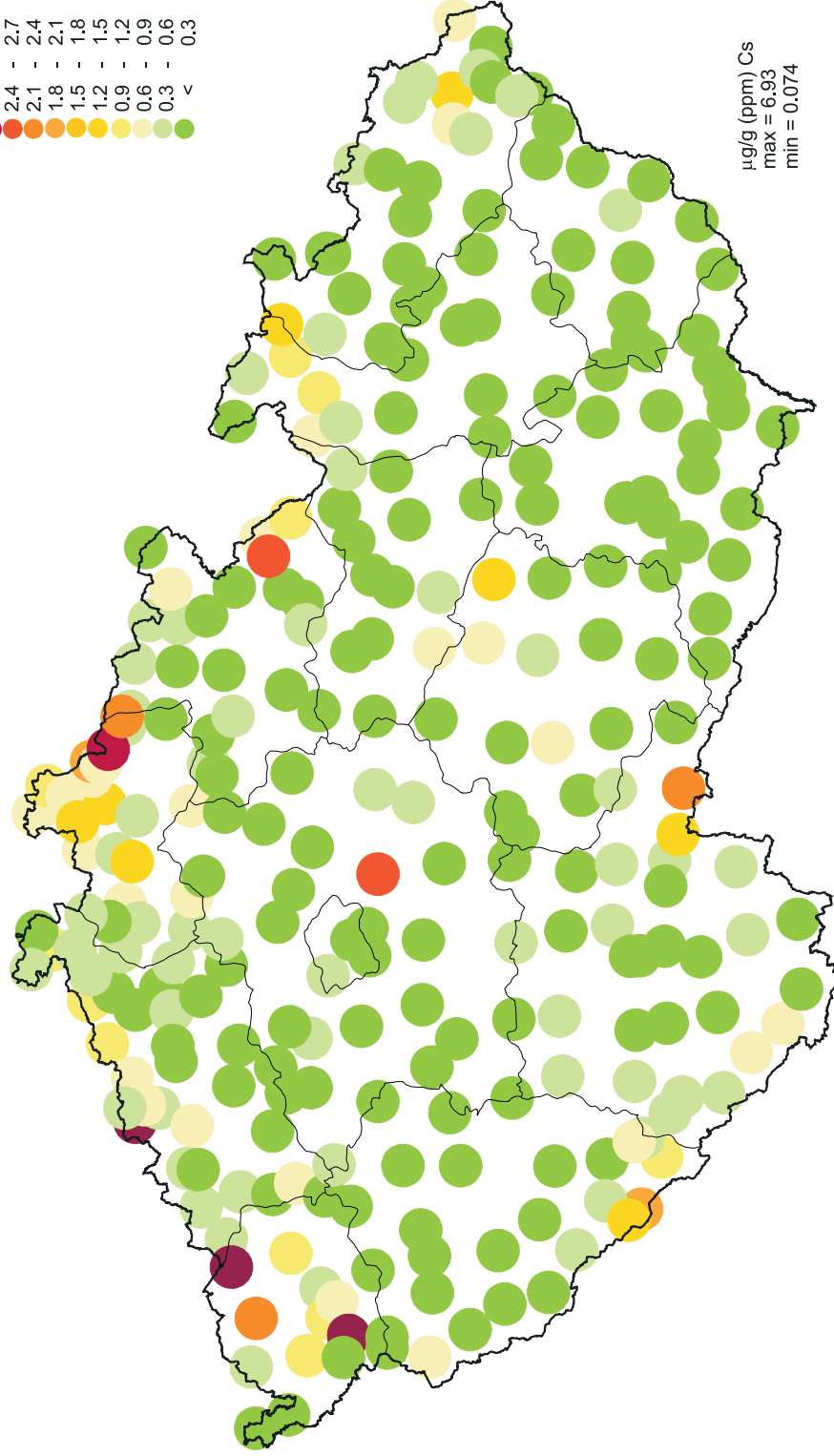
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - CHROMIUM**



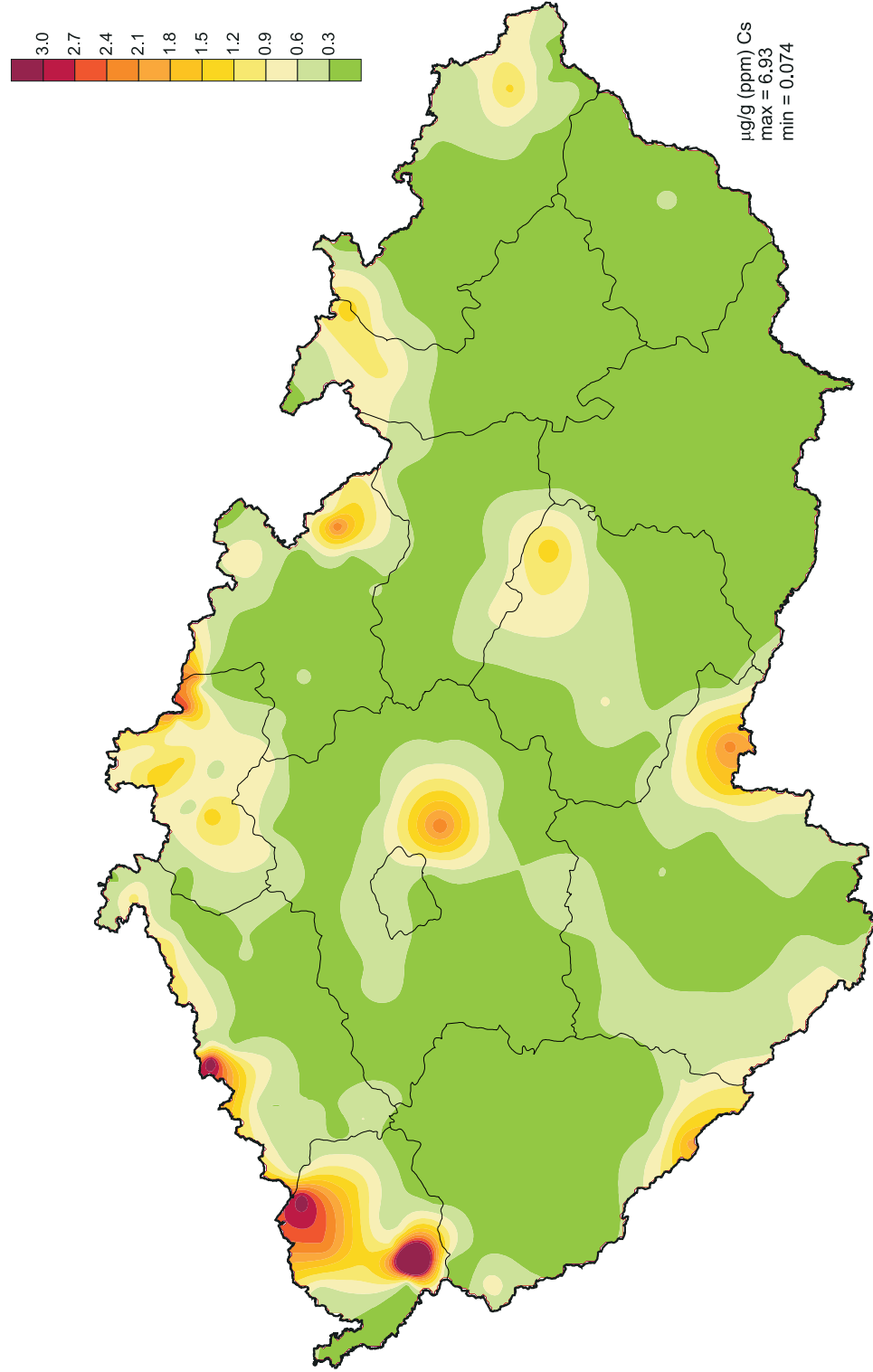
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - CAESIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

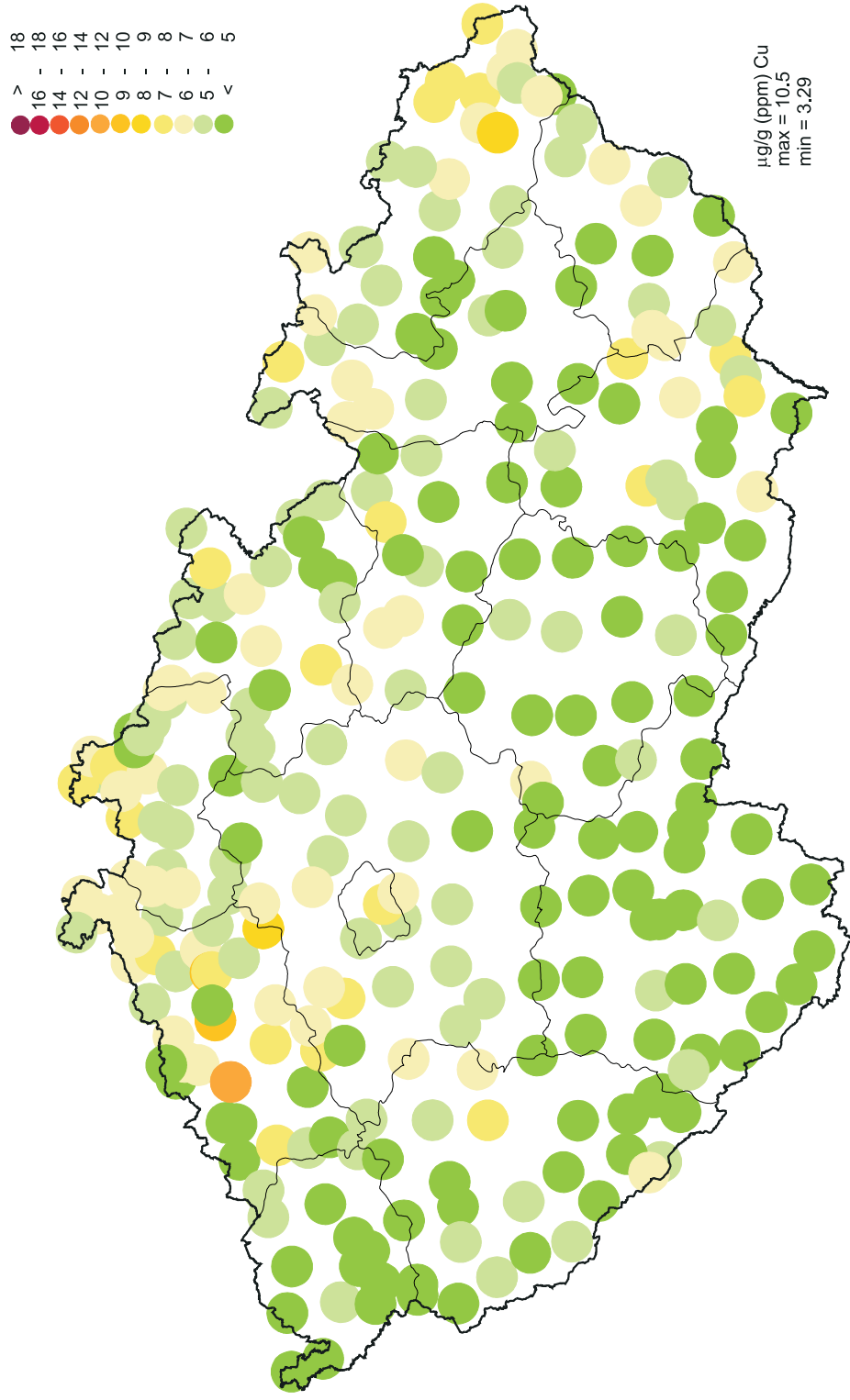
**MOSS - CAESIUM**





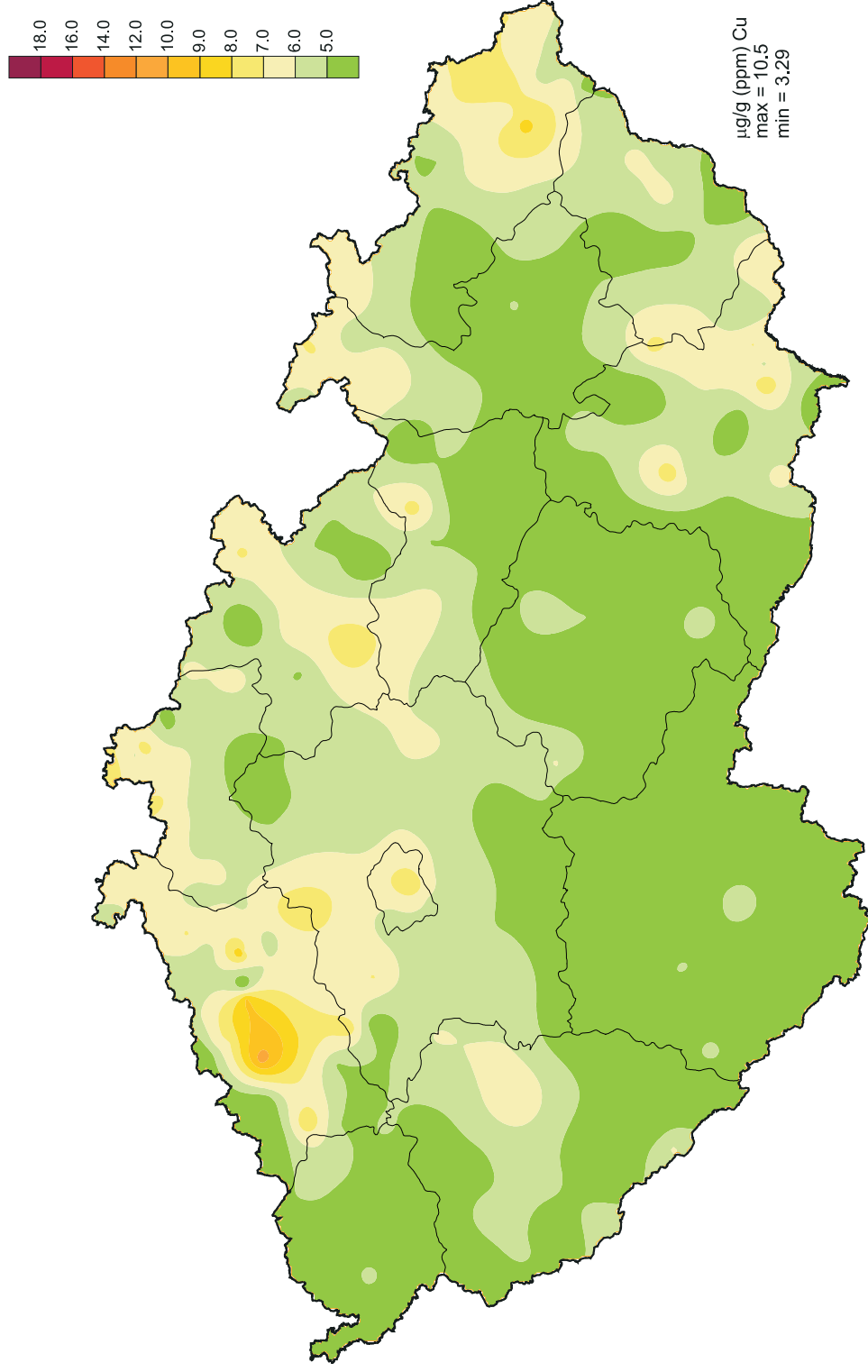
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - COPPER**



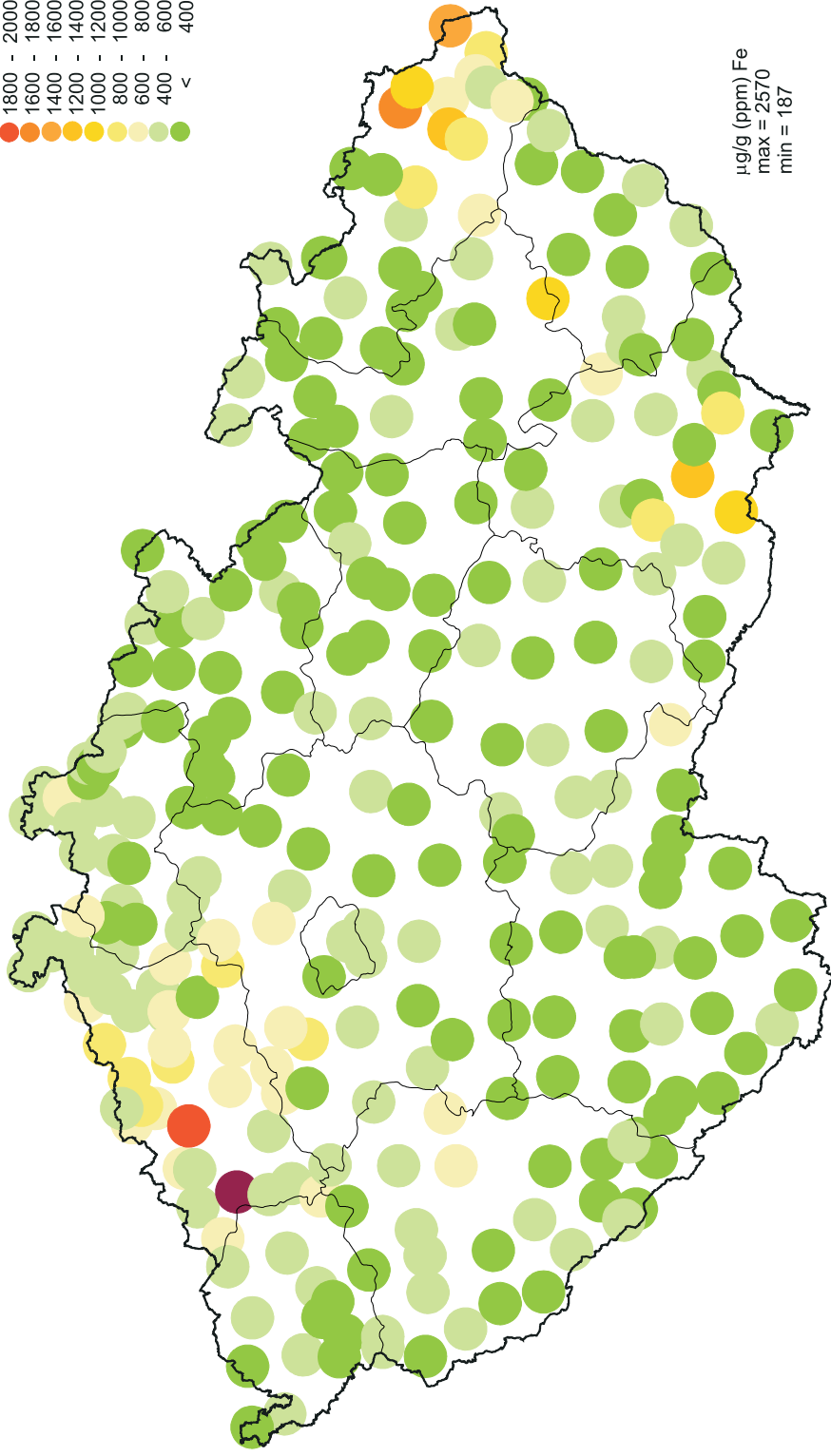
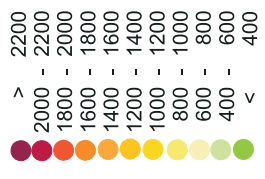
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - COPPER**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

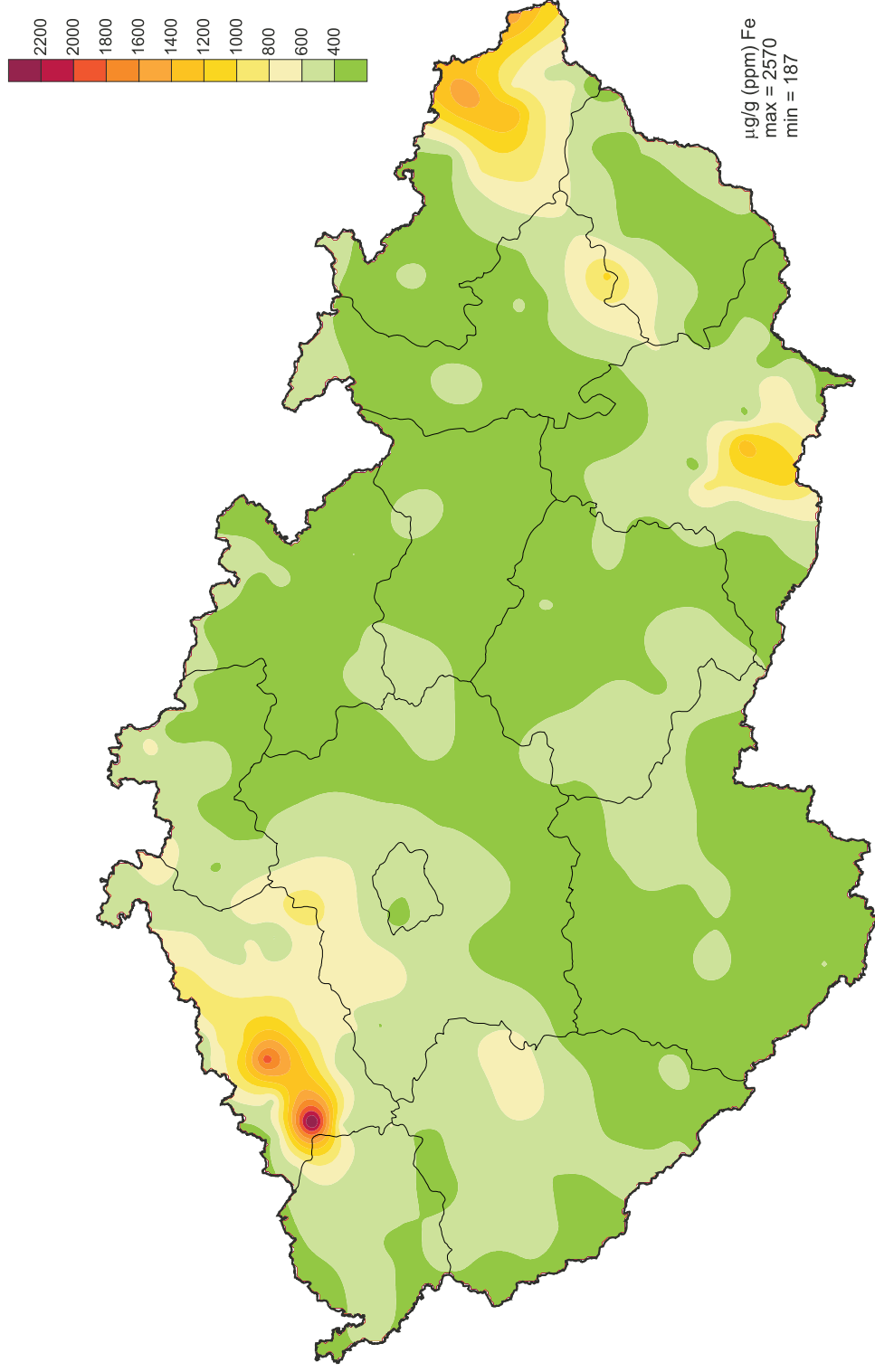
**MOSS - IRON**



µg/g (ppm) Fe  
max = 2570  
min = 187

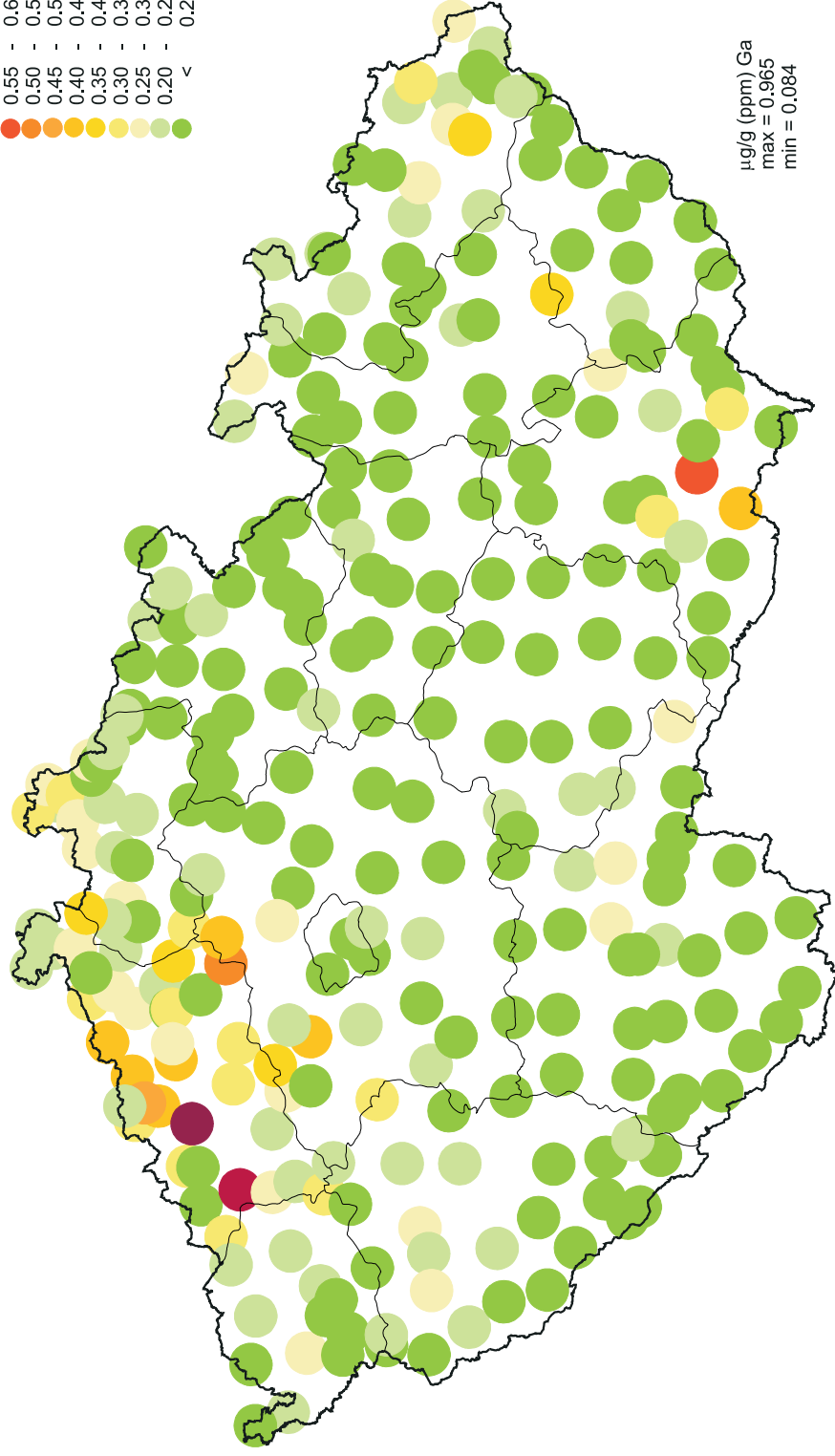
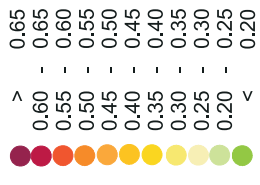
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - IRON**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

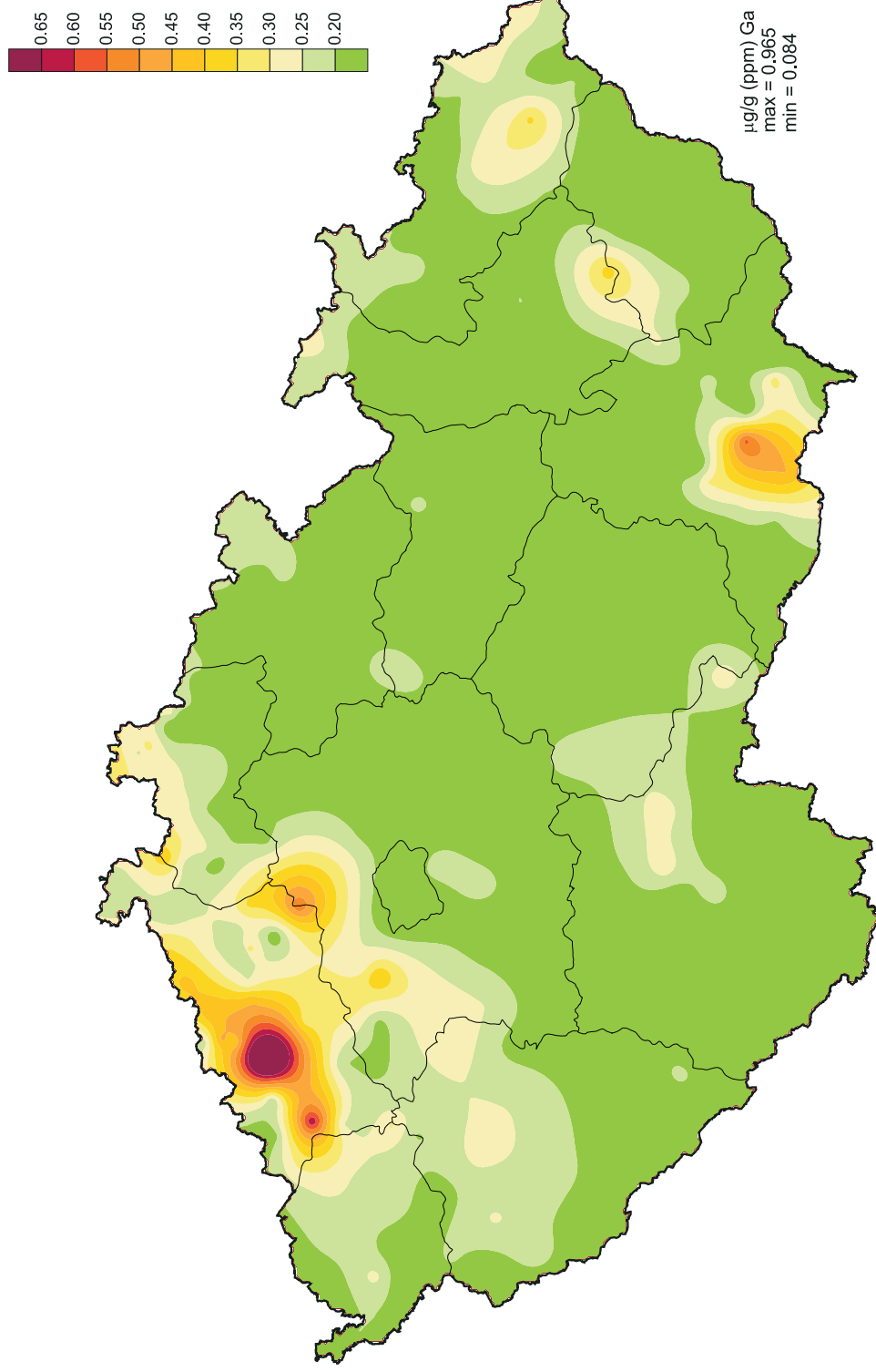
**MOSS - GALLIUM**



µg/g (ppm) Ga  
max = 0.965  
min = 0.084

**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

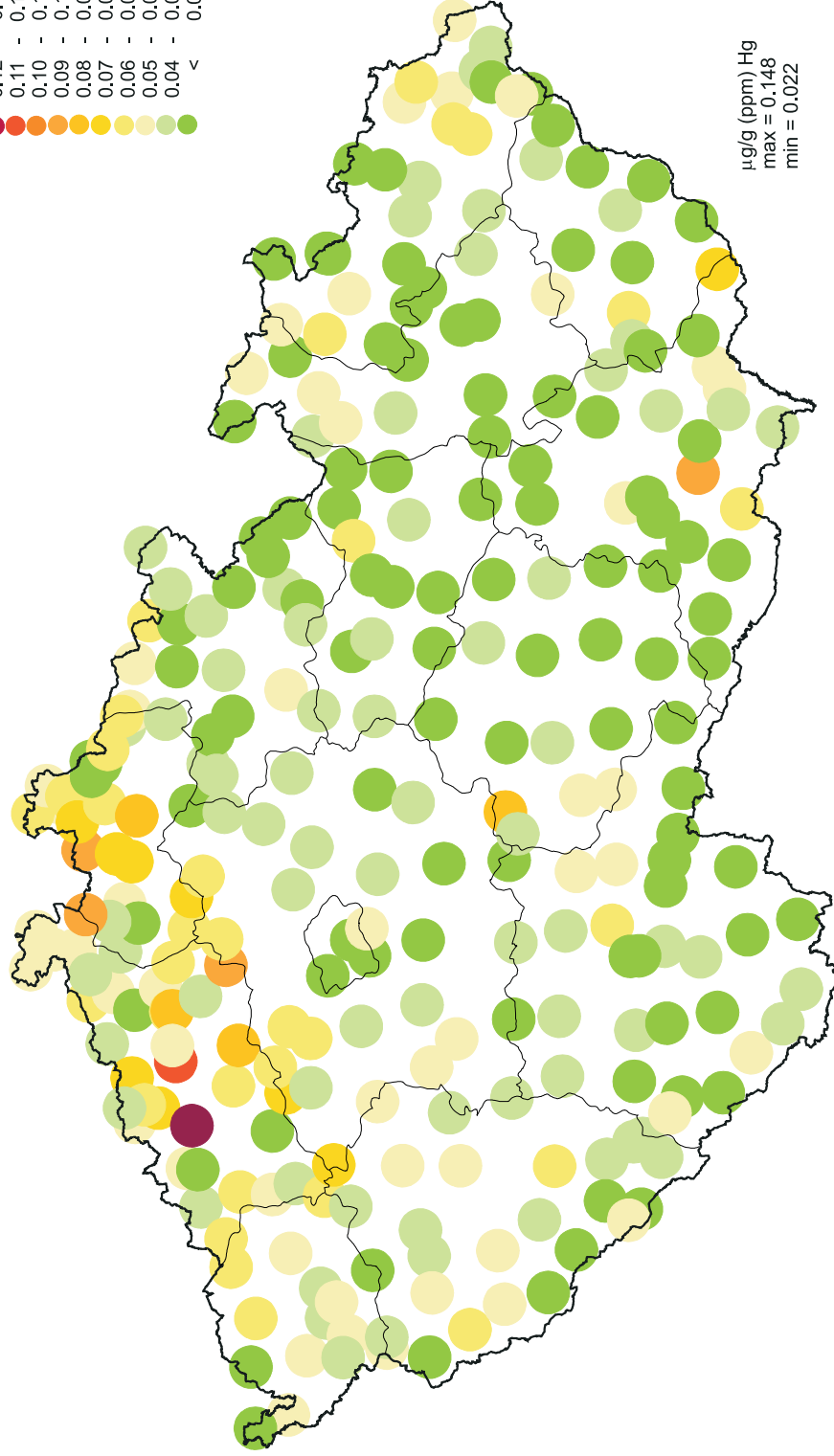
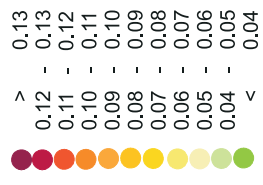
**MOSS - GALLIUM**





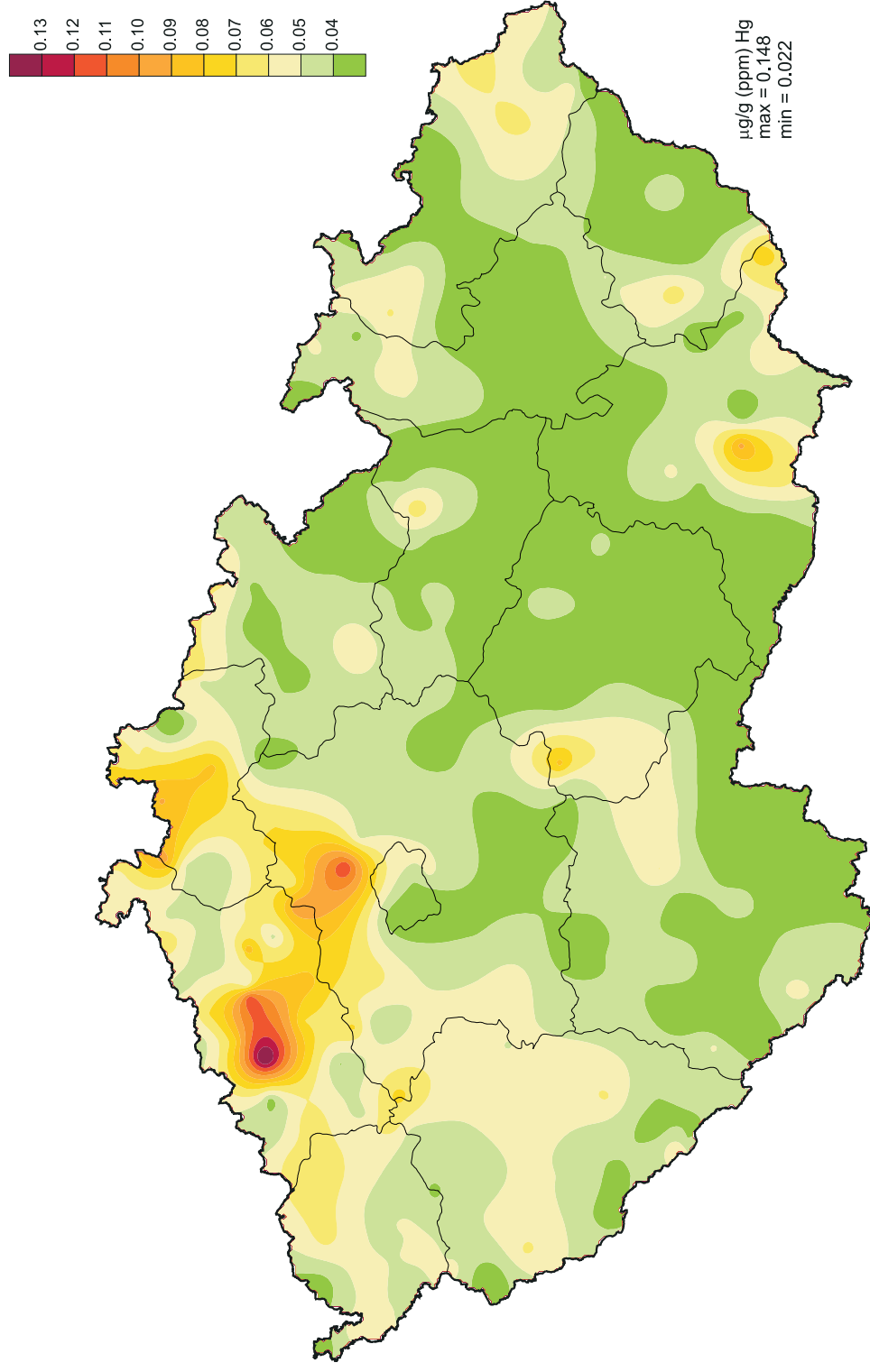
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - MERCURY**



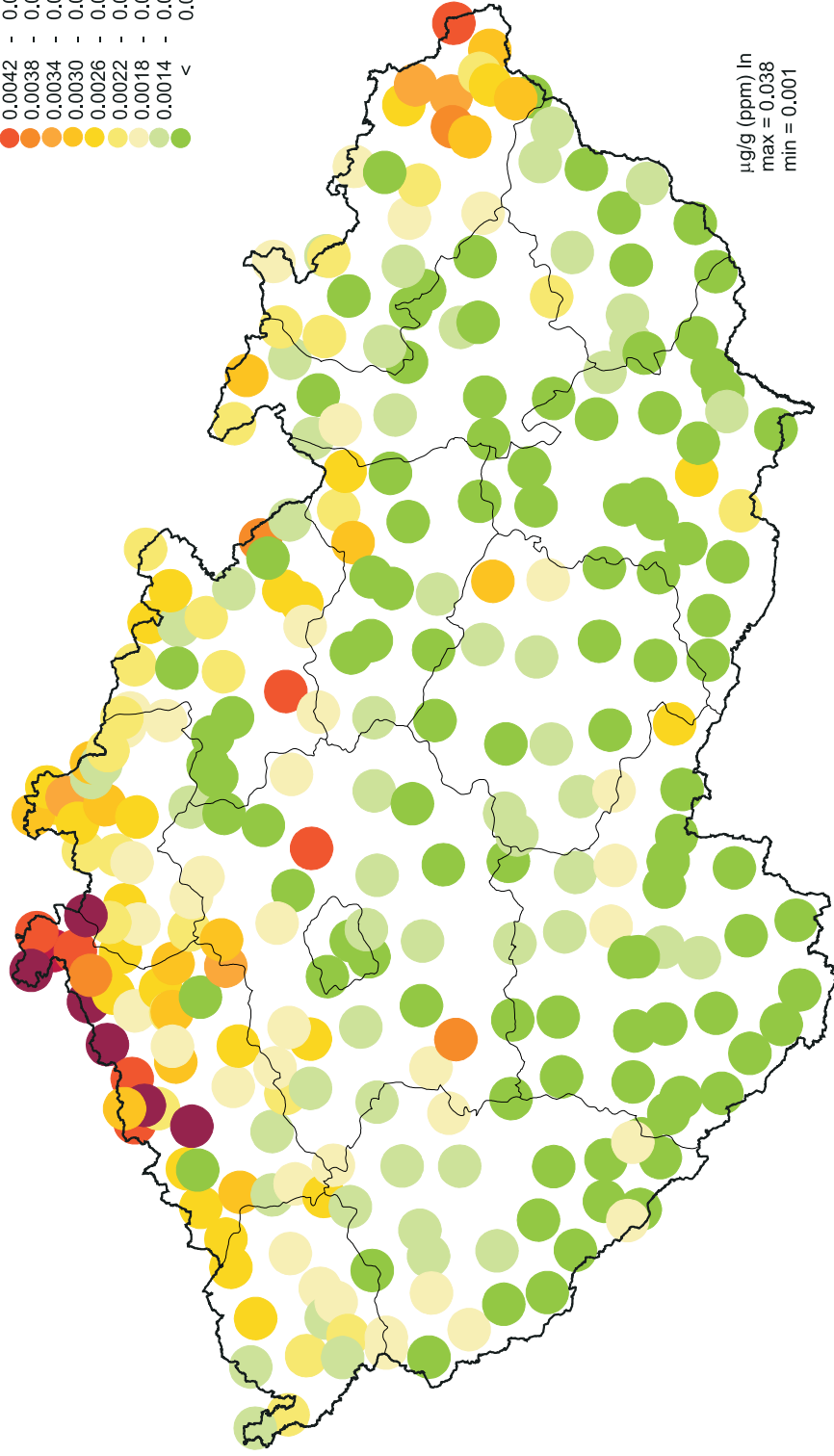
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - MERCURY**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

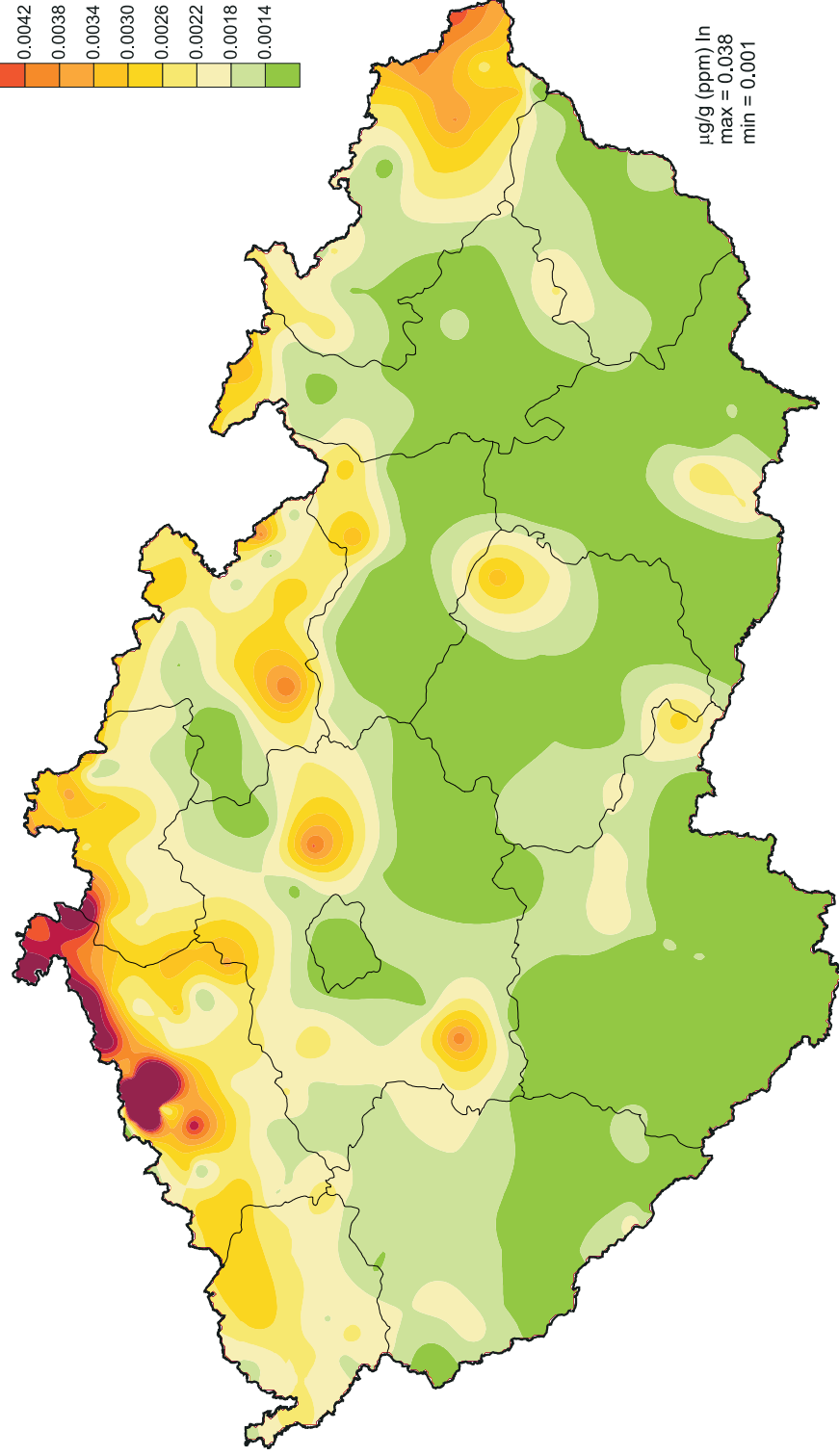
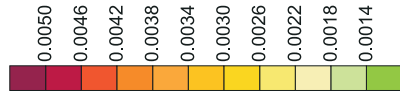
**MOSS - INDIUM**



$\mu\text{g/g (pom) In}$   
max = 0.038  
min = 0.001

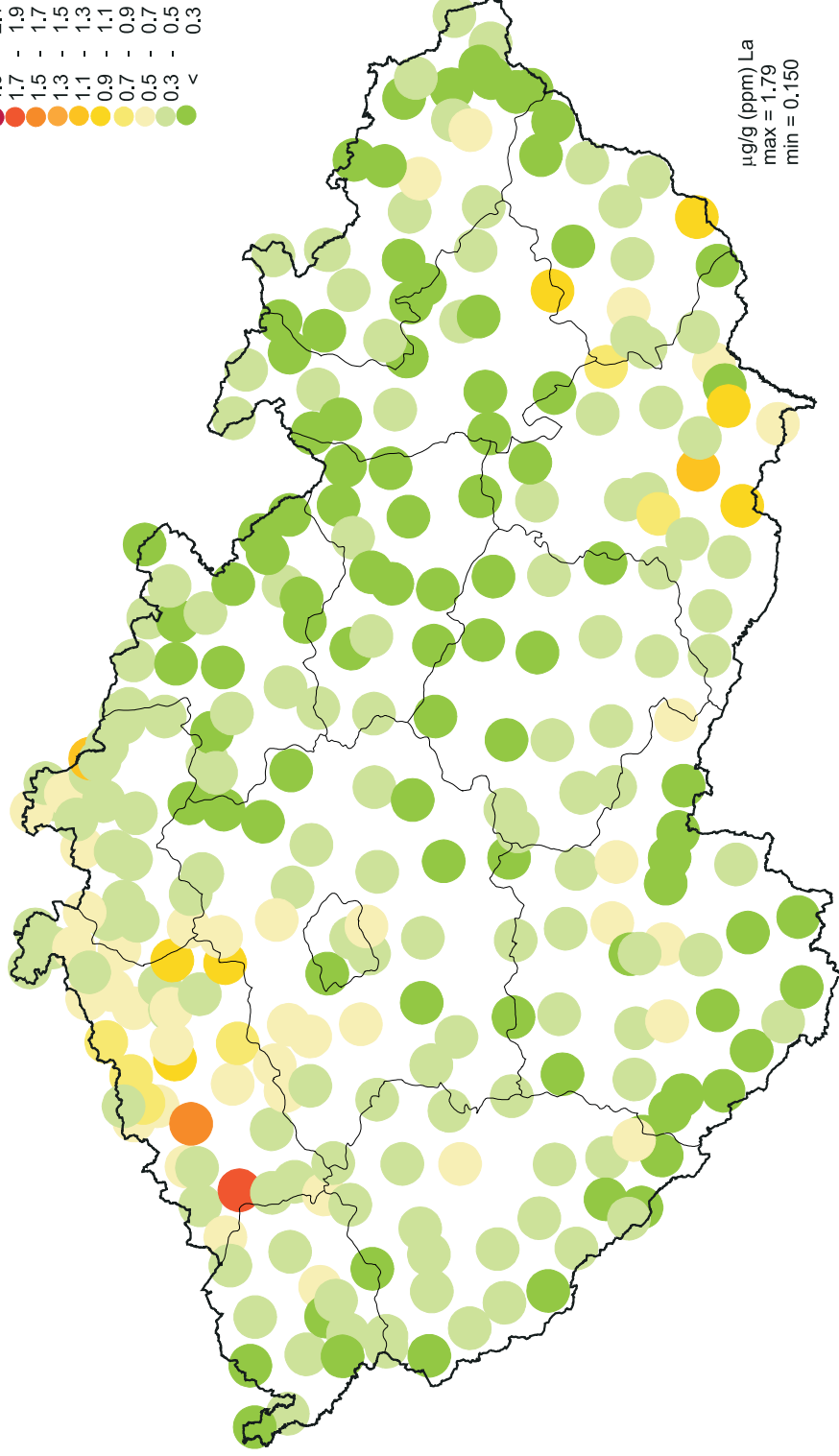
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - INDIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

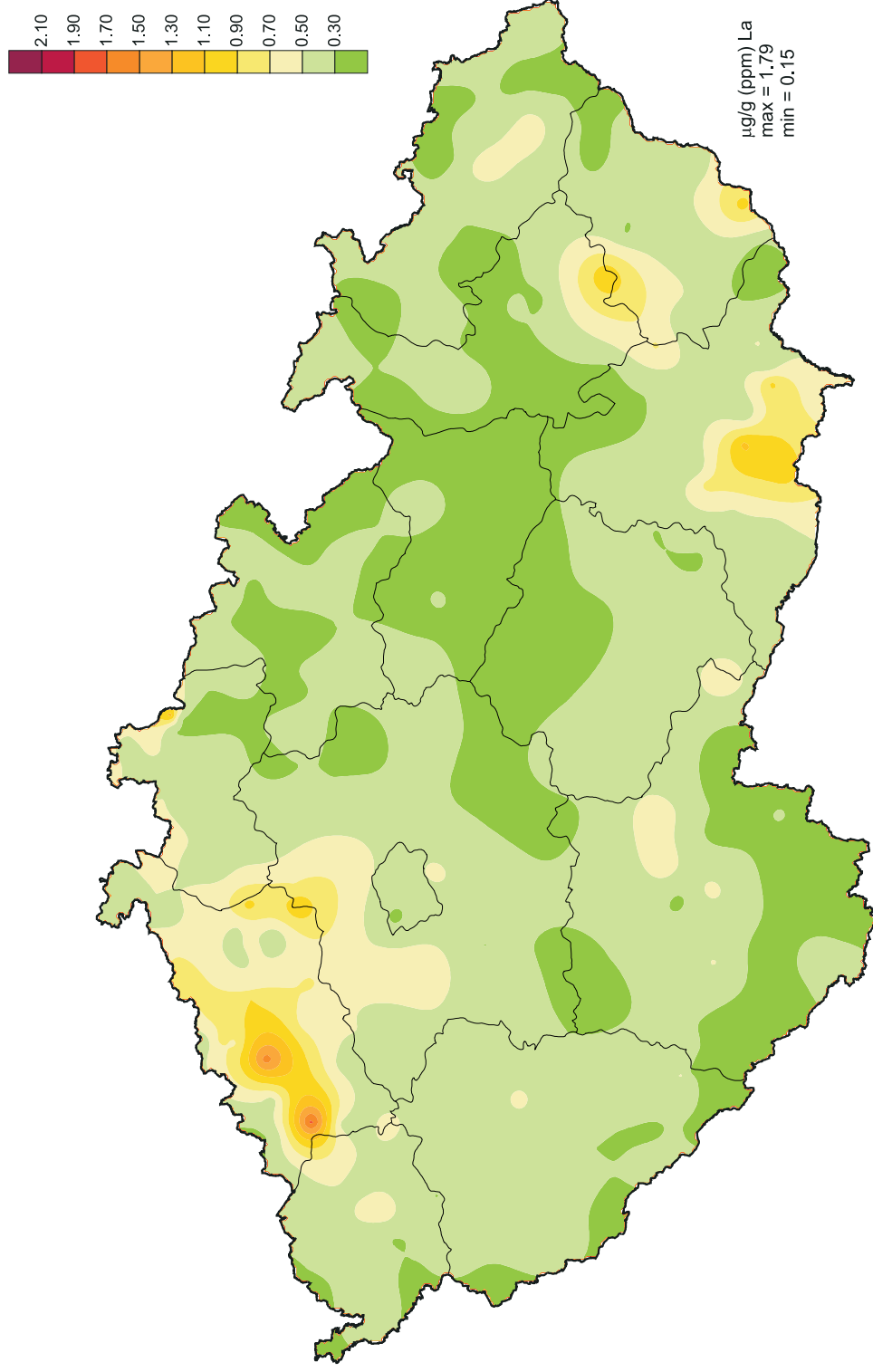
**MOSS - LANTHANUM**



µg/g (ppm) La  
max = 1.79  
min = 0.150

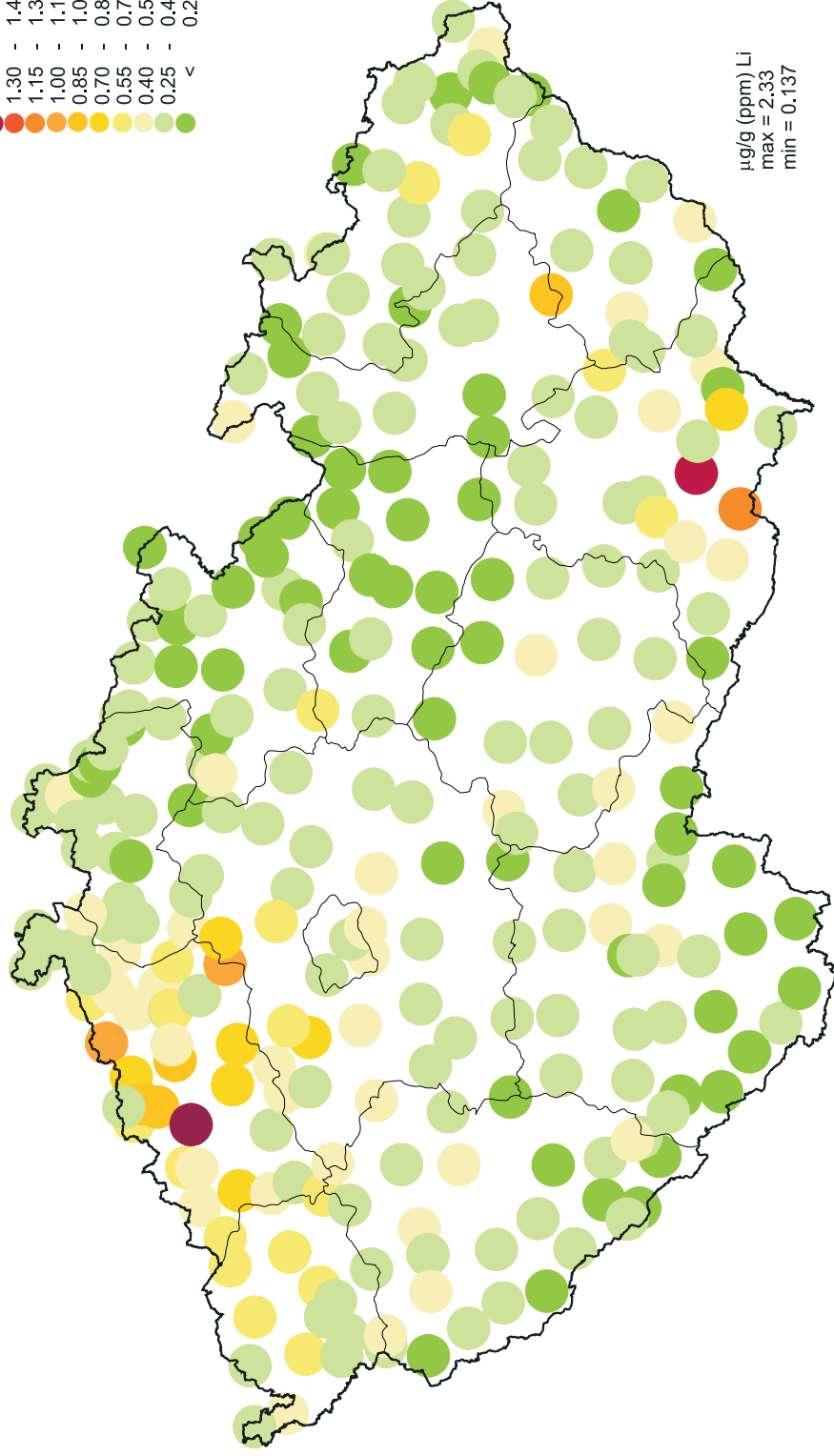
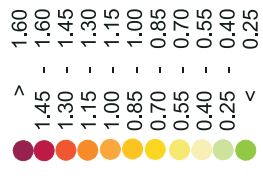
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - LANTHANUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - LITHIUM**

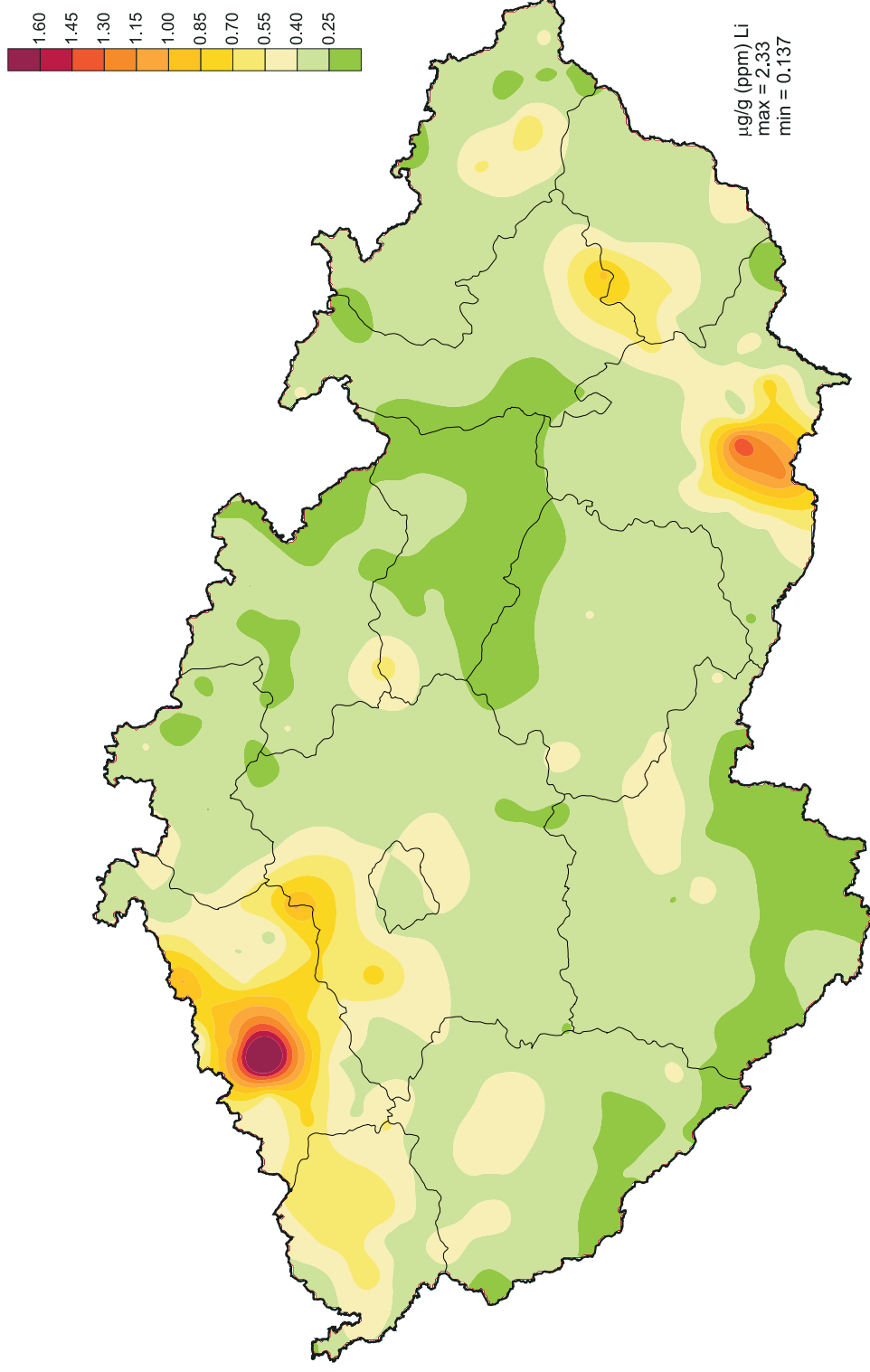


µg/g (ppm) Li  
max = 2.33  
min = 0.137



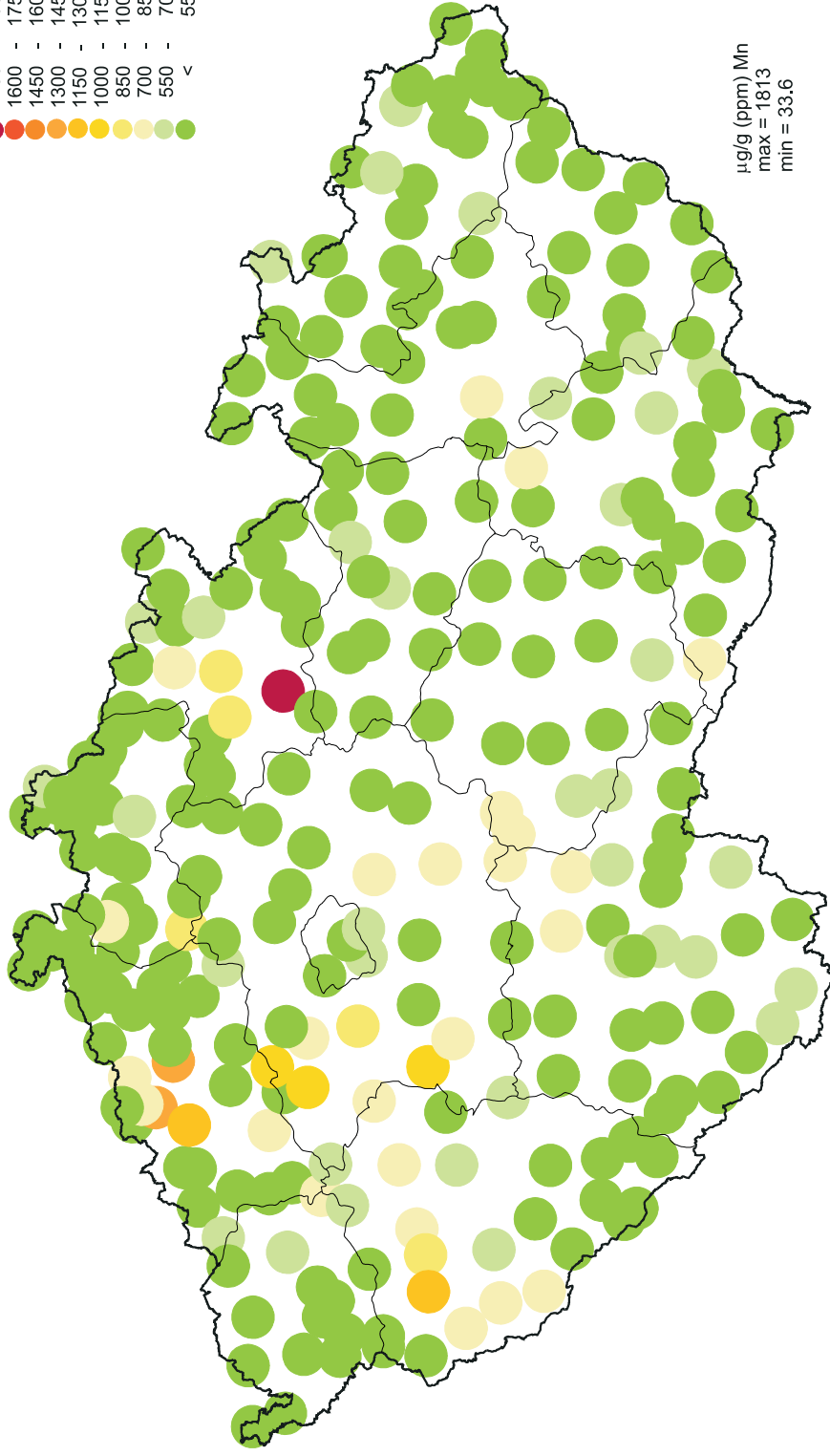
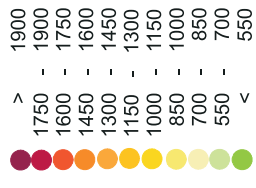
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - LITHIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

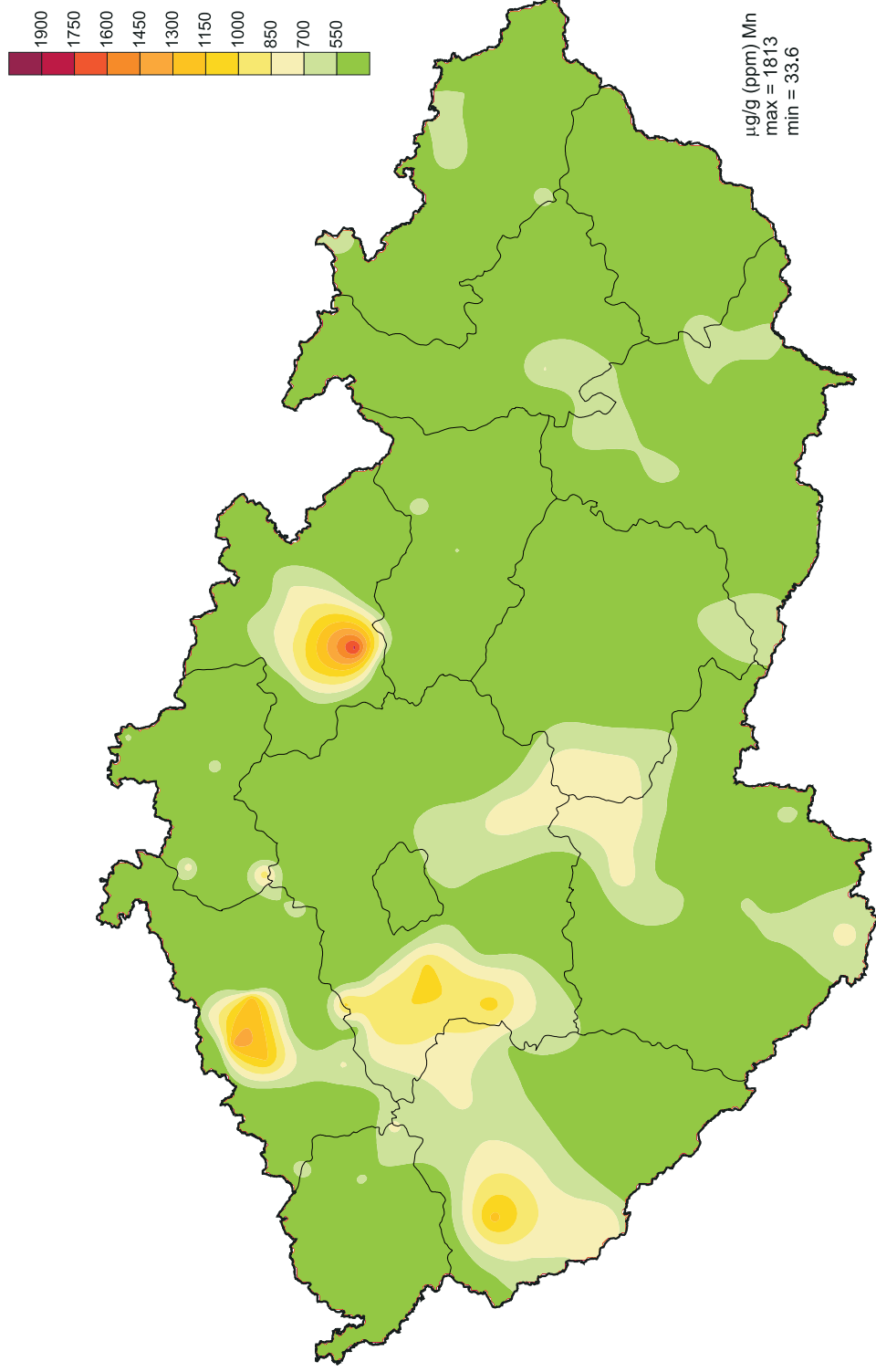
**MOSS - MANGANESE**



µg/g (ppm) Mn  
max = 1813  
min = 33.6

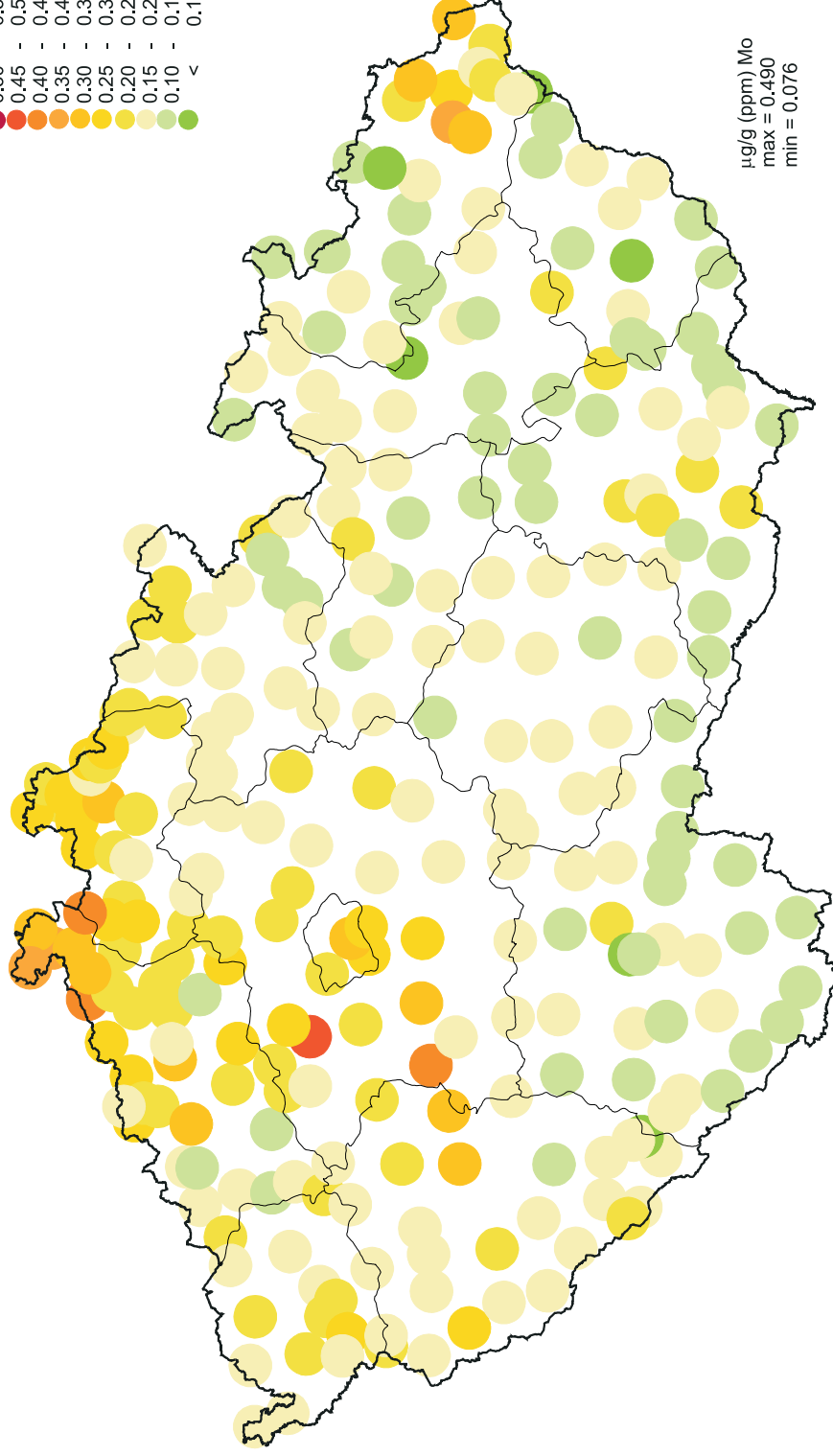
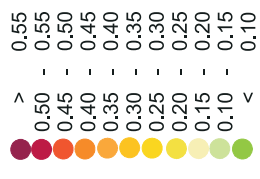
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - MANGANESE**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

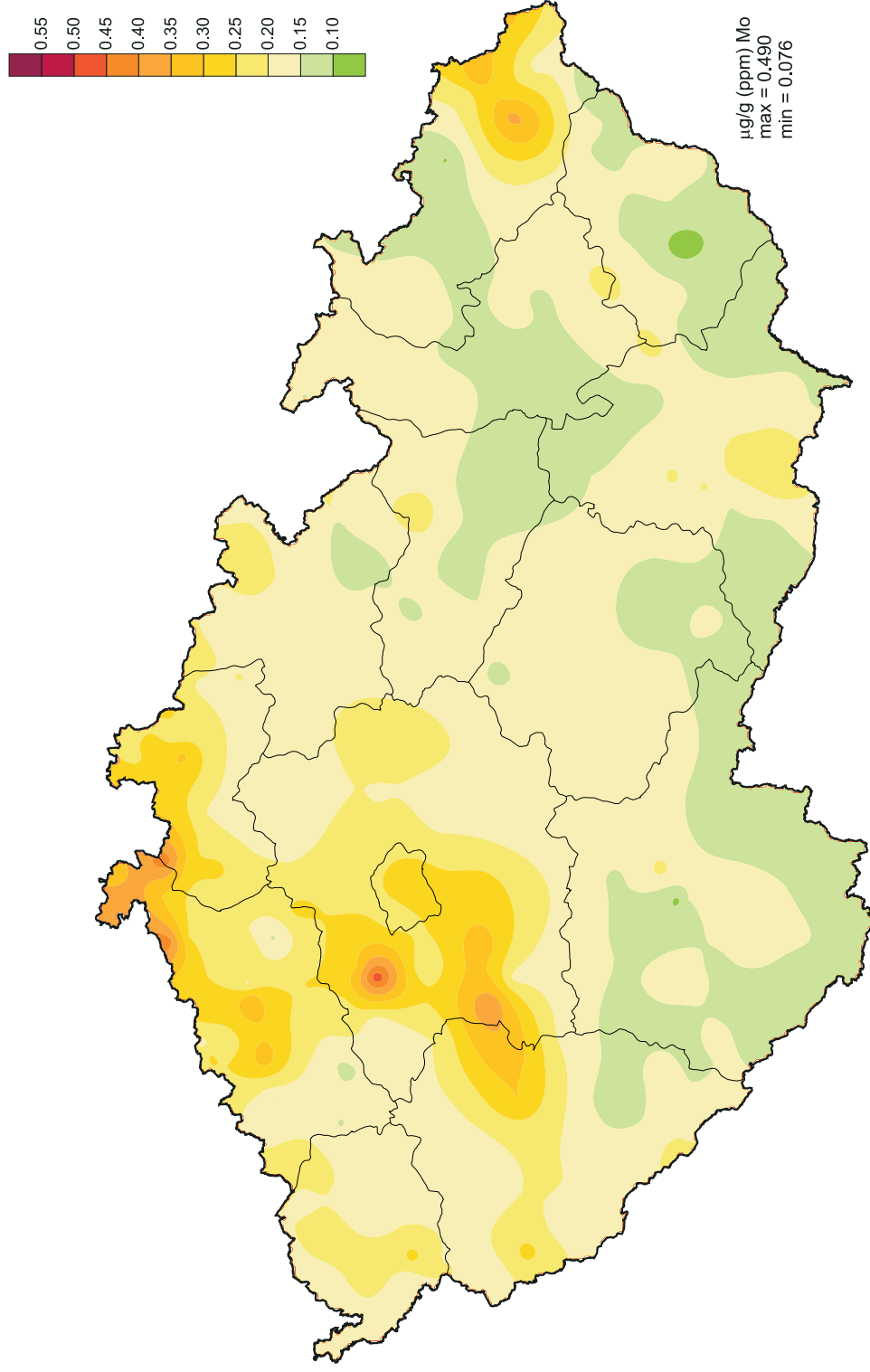
**MOSS - MOLYBDENUM**



µg/g (ppm) Mo  
max = 0.490  
min = 0.076

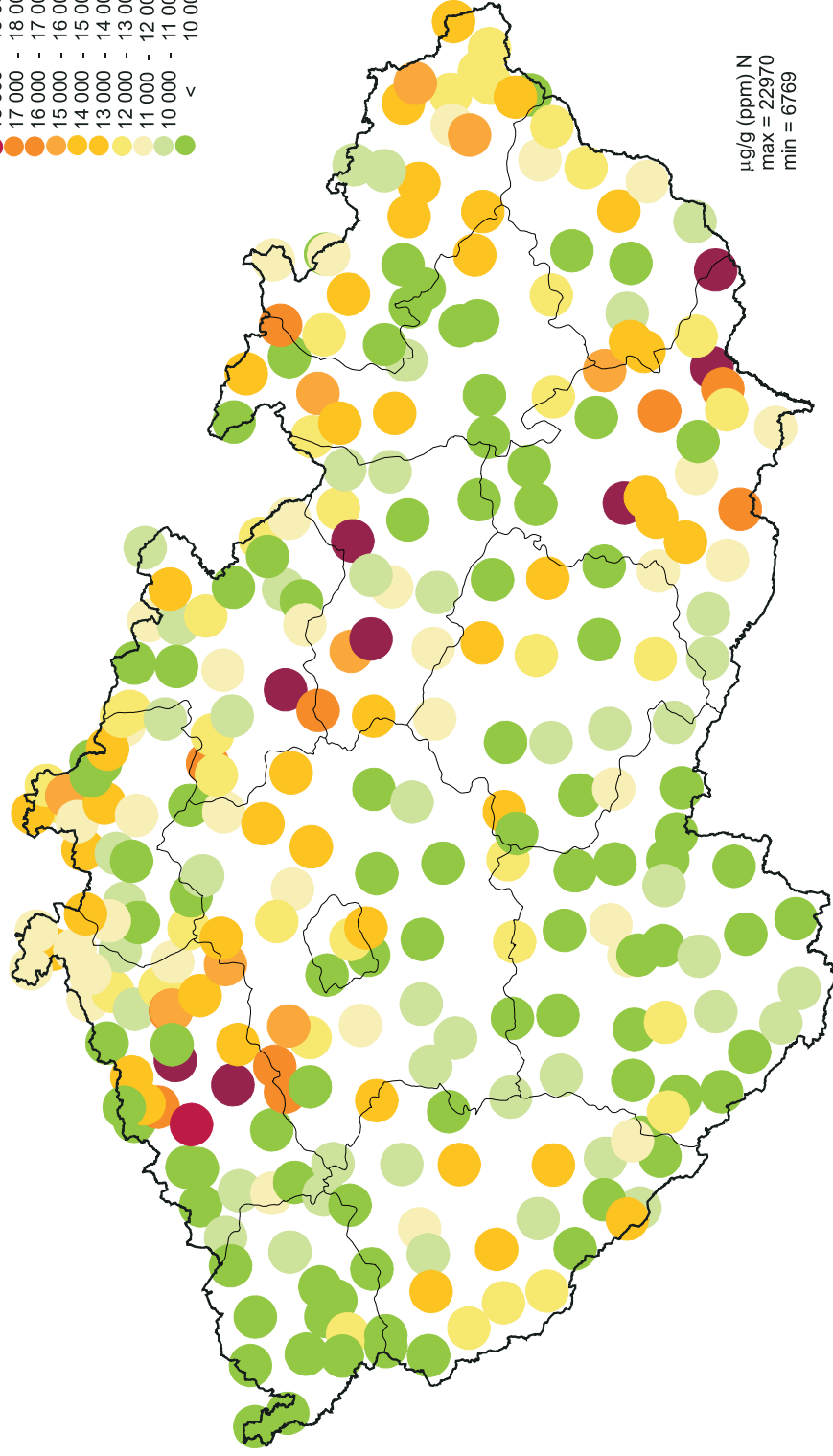
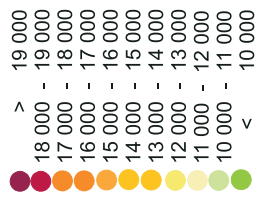
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - MOLYBDENUM**



**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

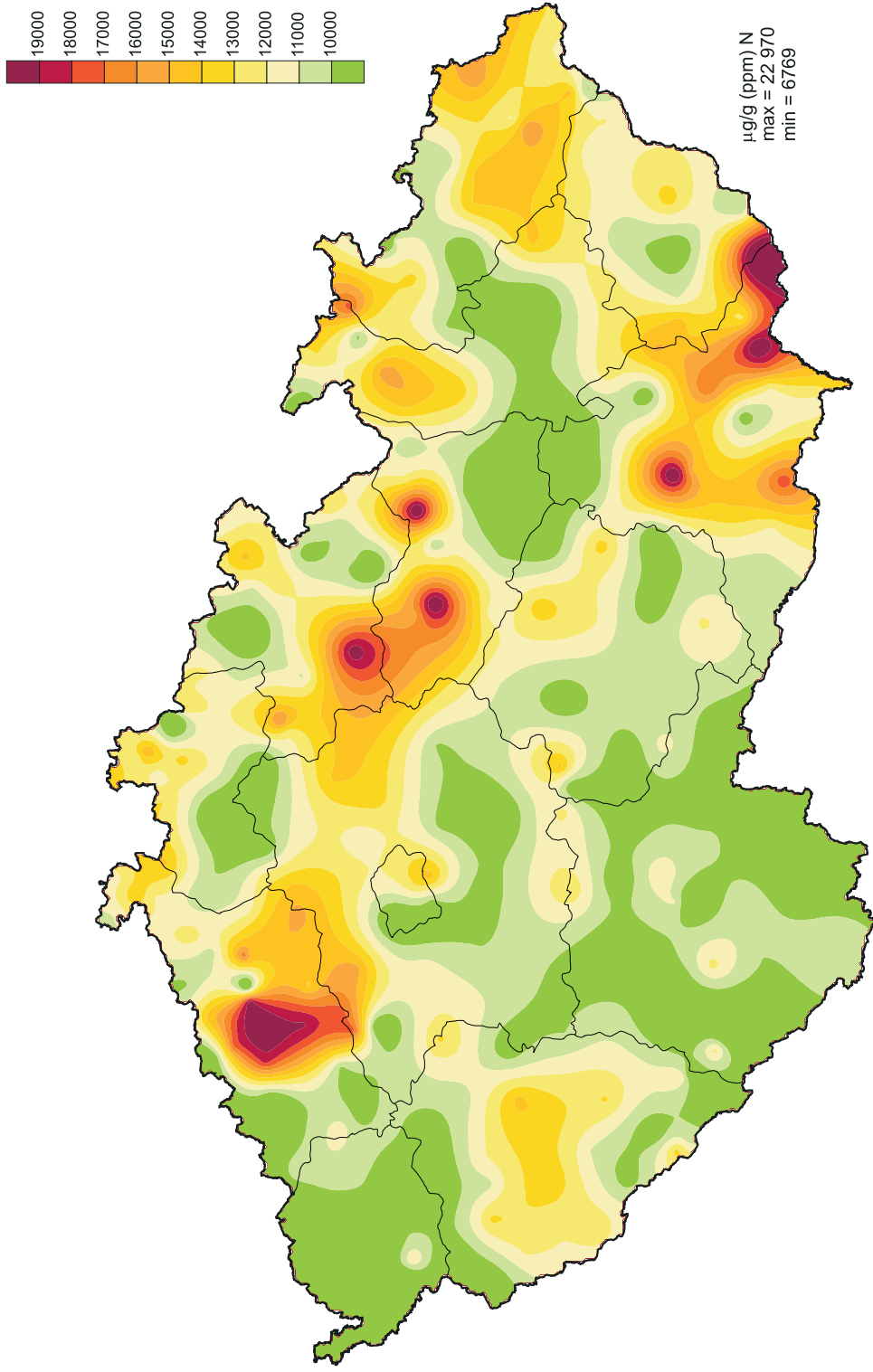
**MOSS - NITROGEN**



µg/g (ppm) N  
max = 22970  
min = 6769

**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

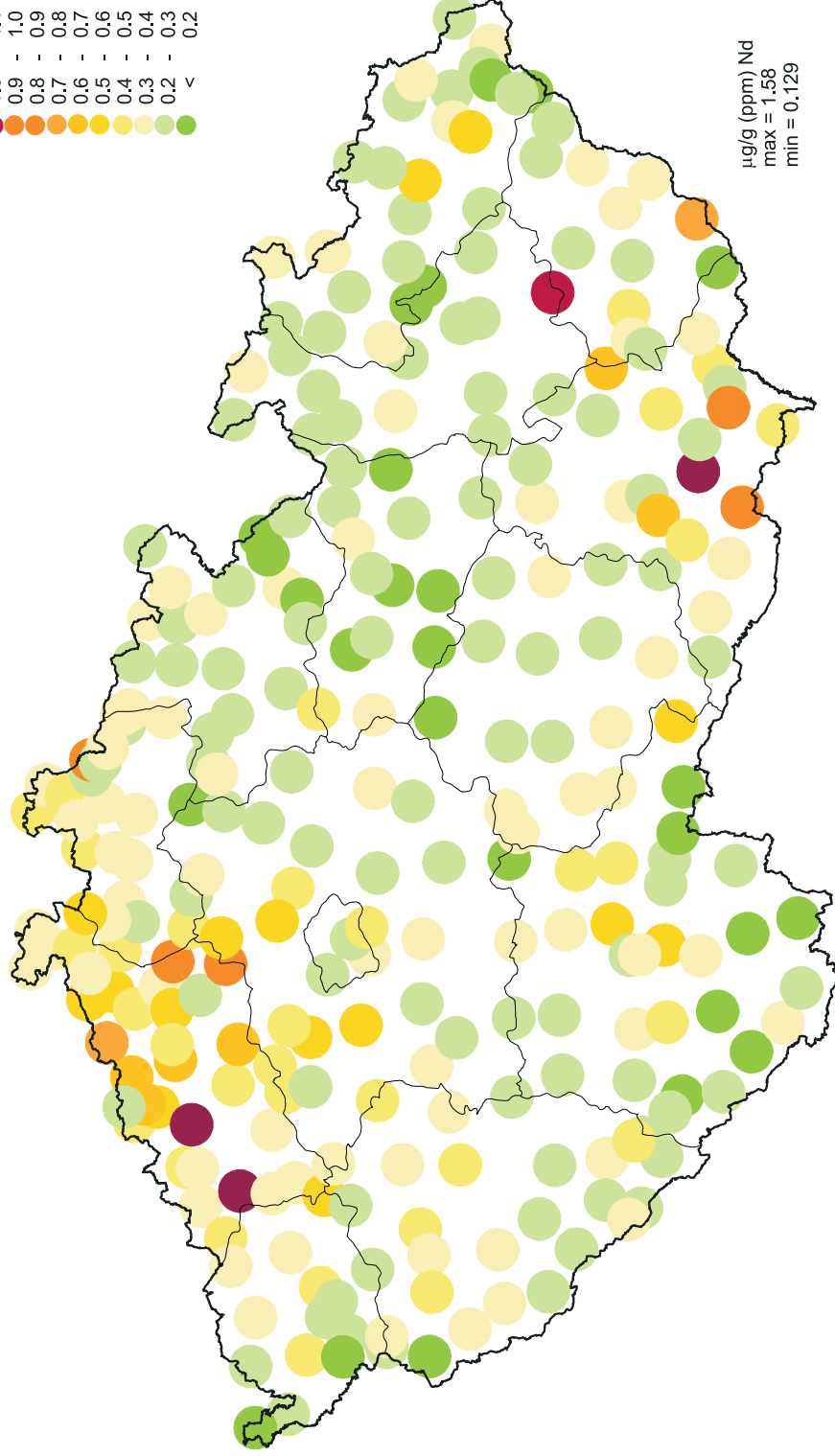
**MOSS - NITROGEN**





**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

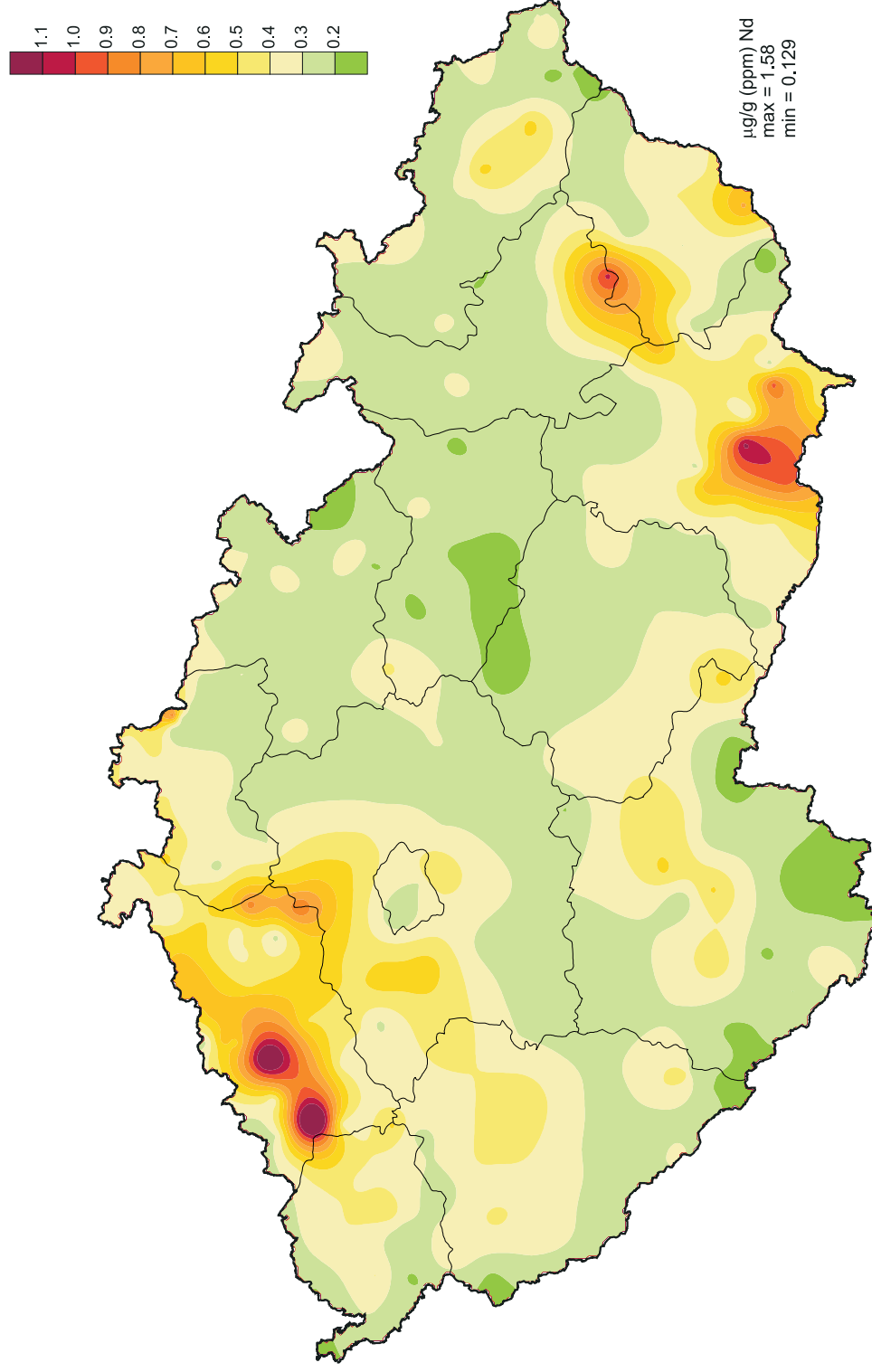
**MOSS - NEODYMIUM**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Nd  
max = 1.58  
min = 0.129

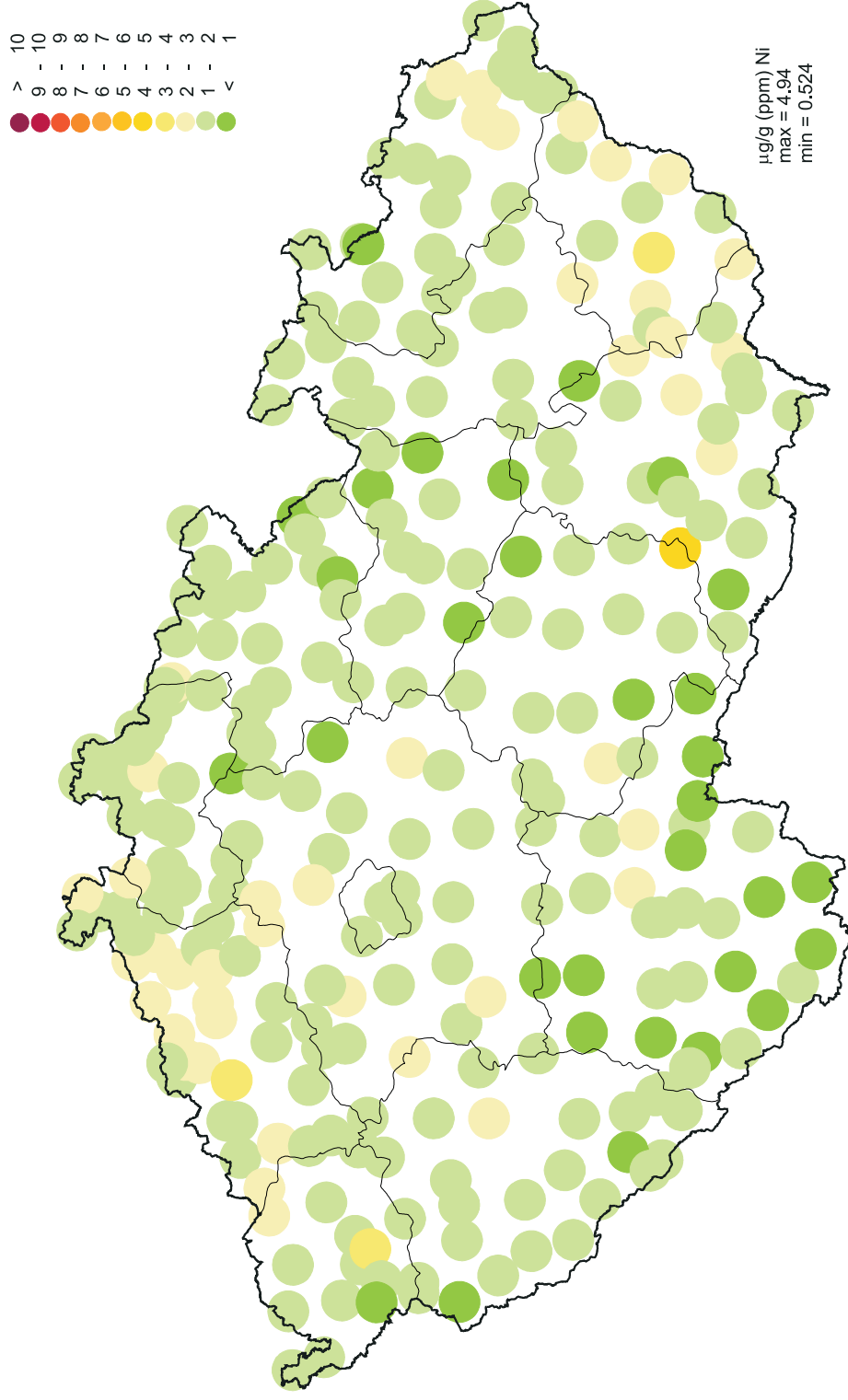
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - NEODYMIUM**



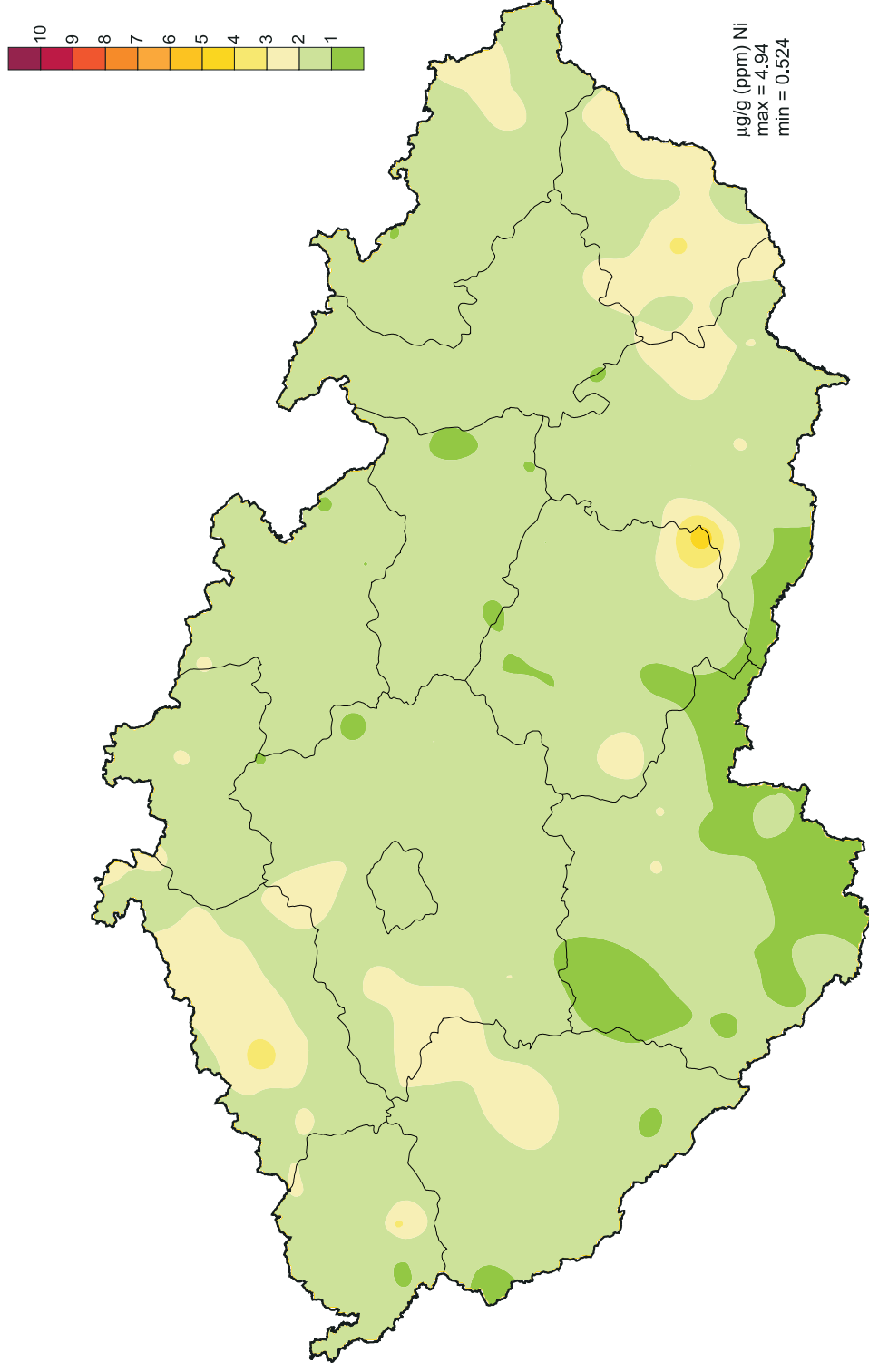
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - NICKEL**



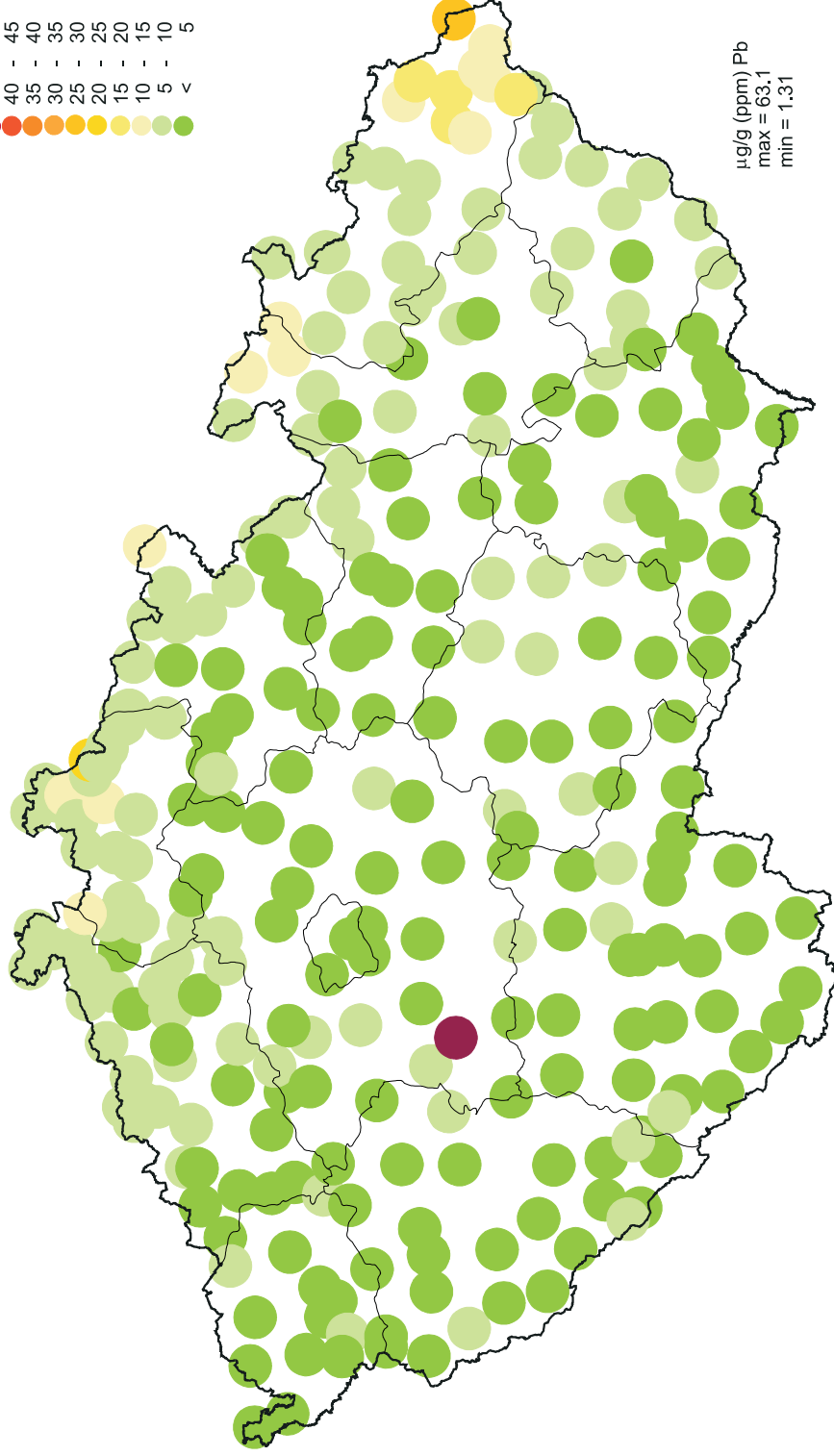
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - NICKEL**



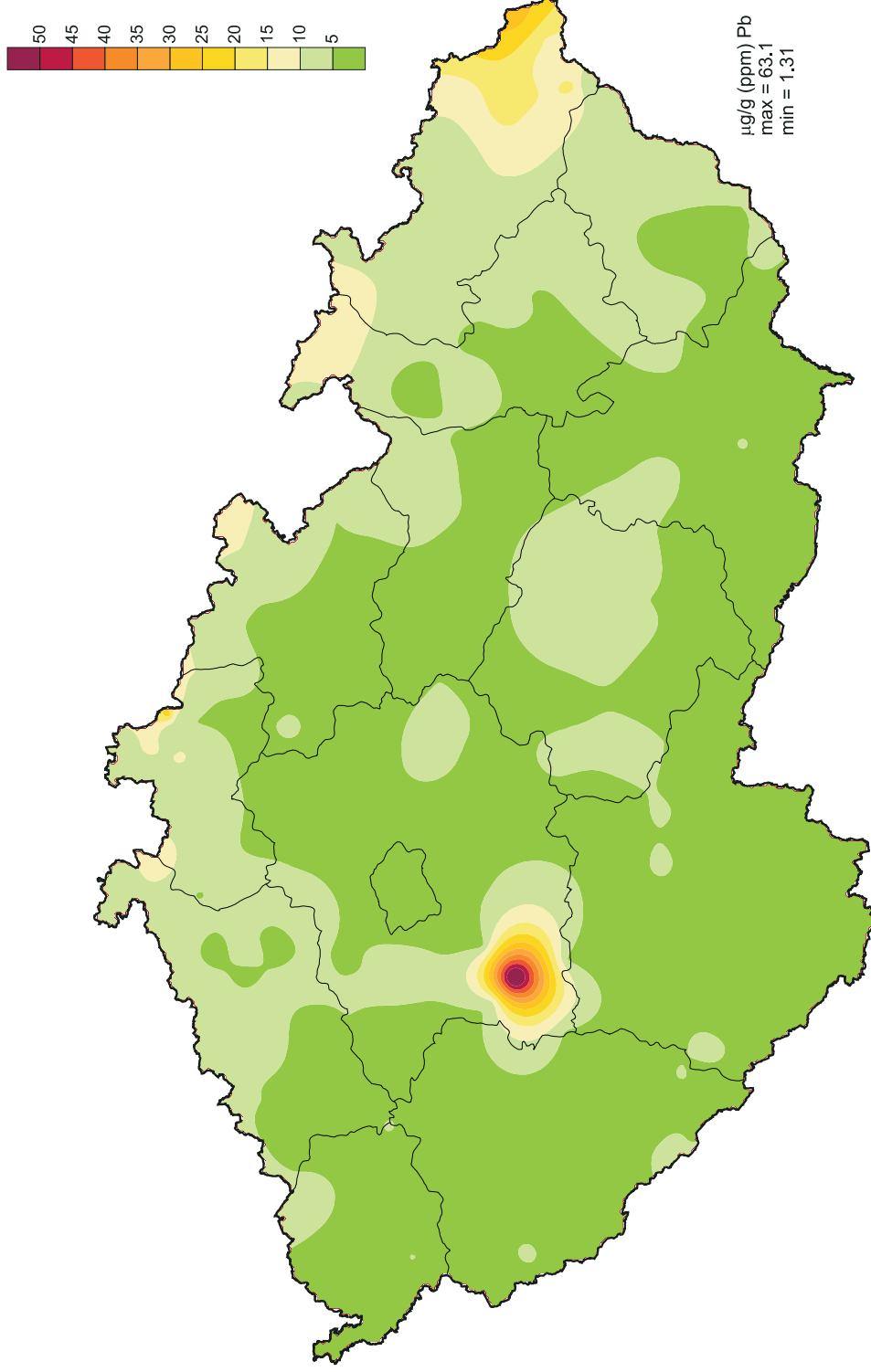
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - LEAD**



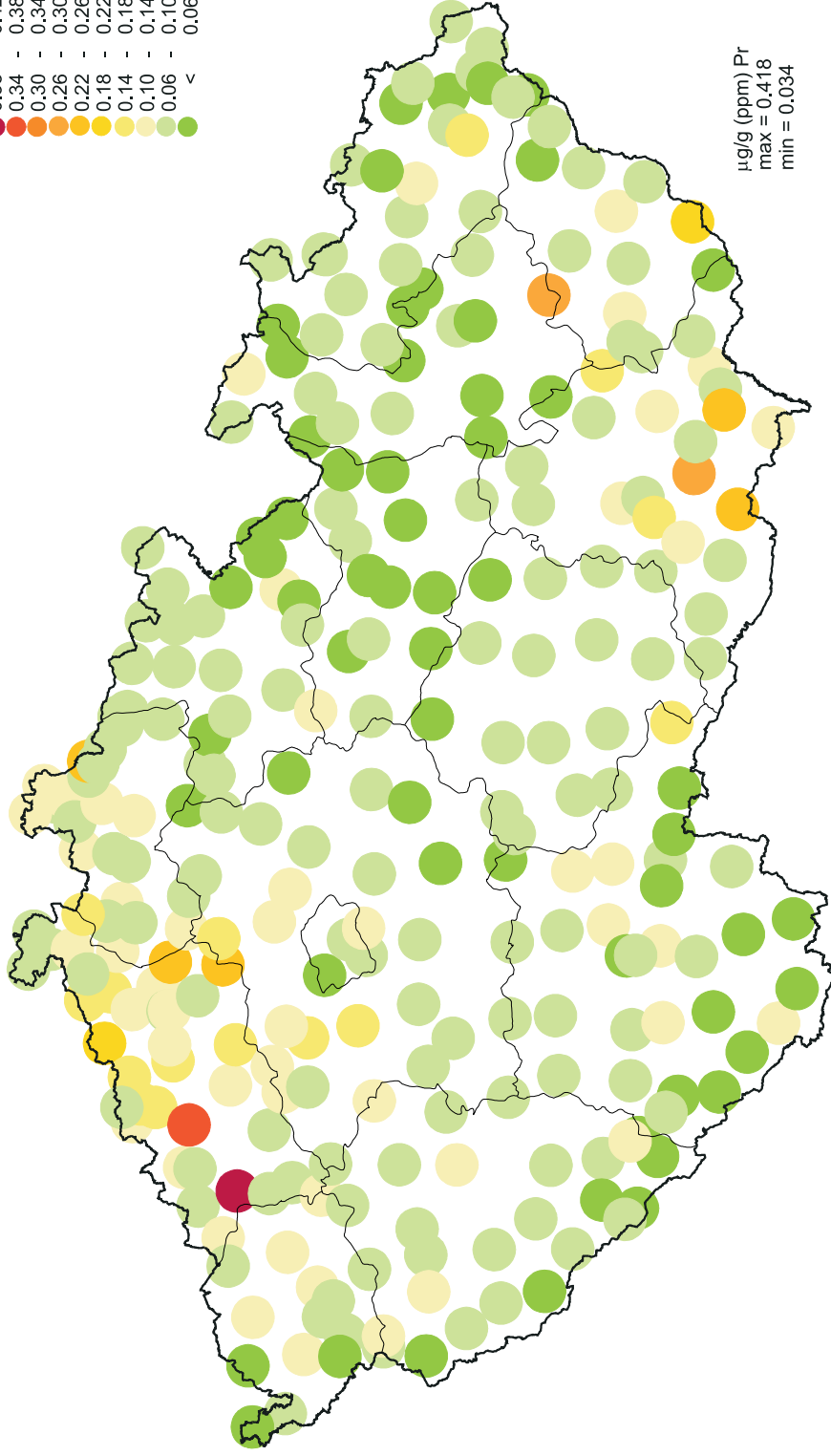
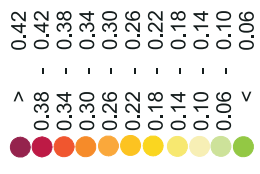
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - LEAD**



**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

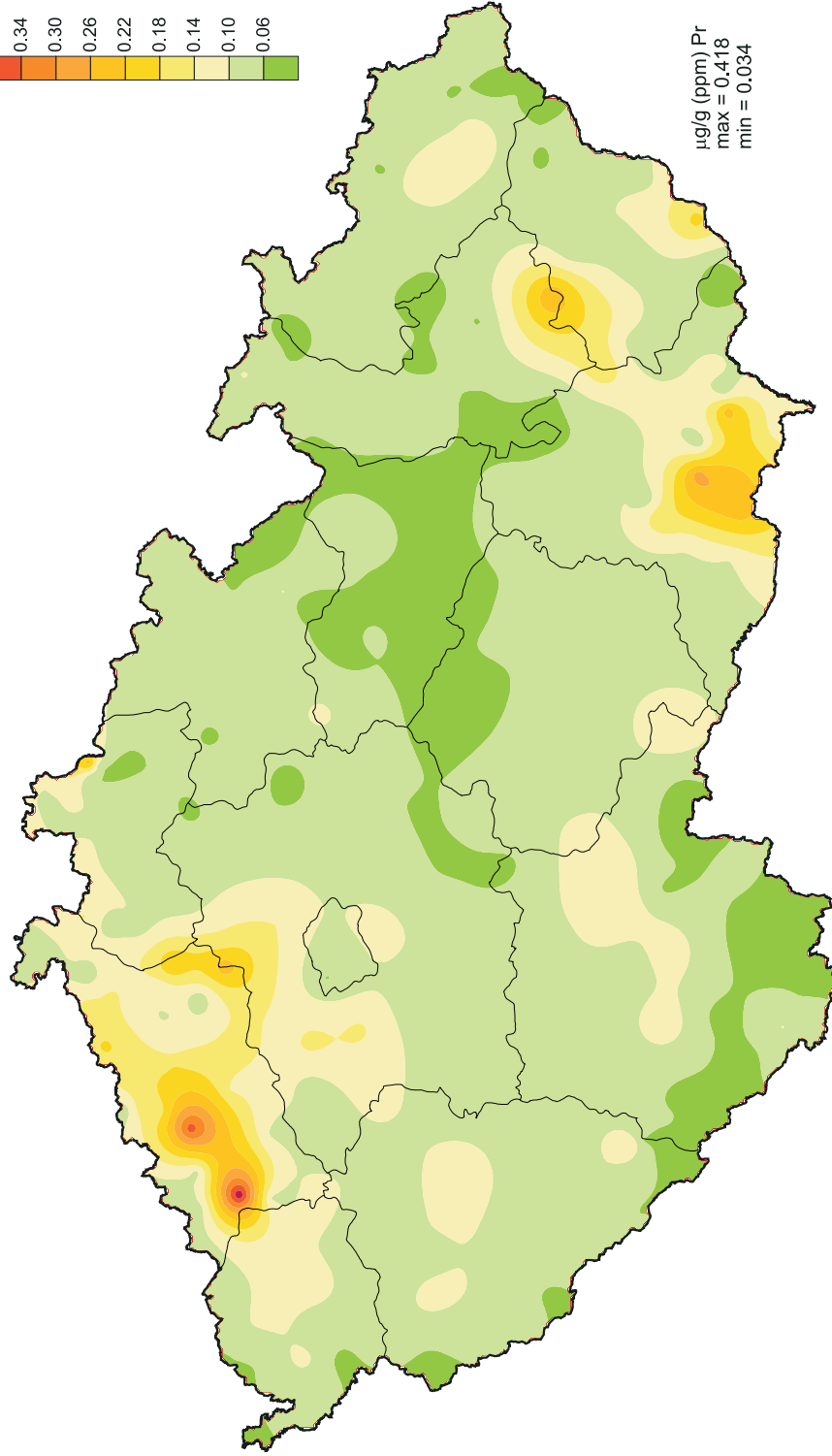
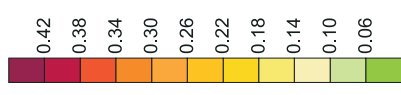
**MOSS - PRASEODYMIUM**





**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

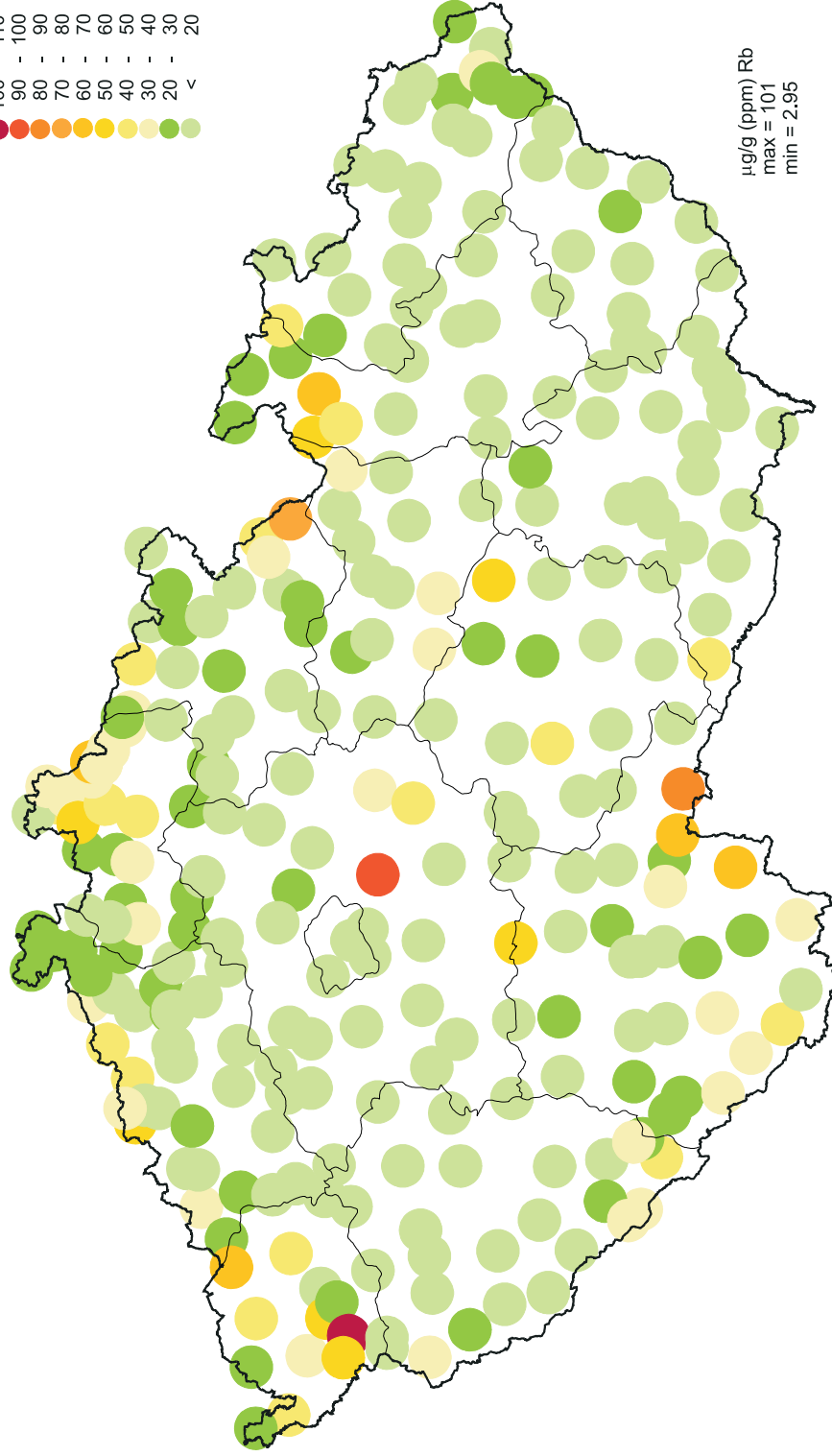
**MOSS - PRASEODYMIUM**



µg/g (ppm) Pr  
max = 0.418  
min = 0.034

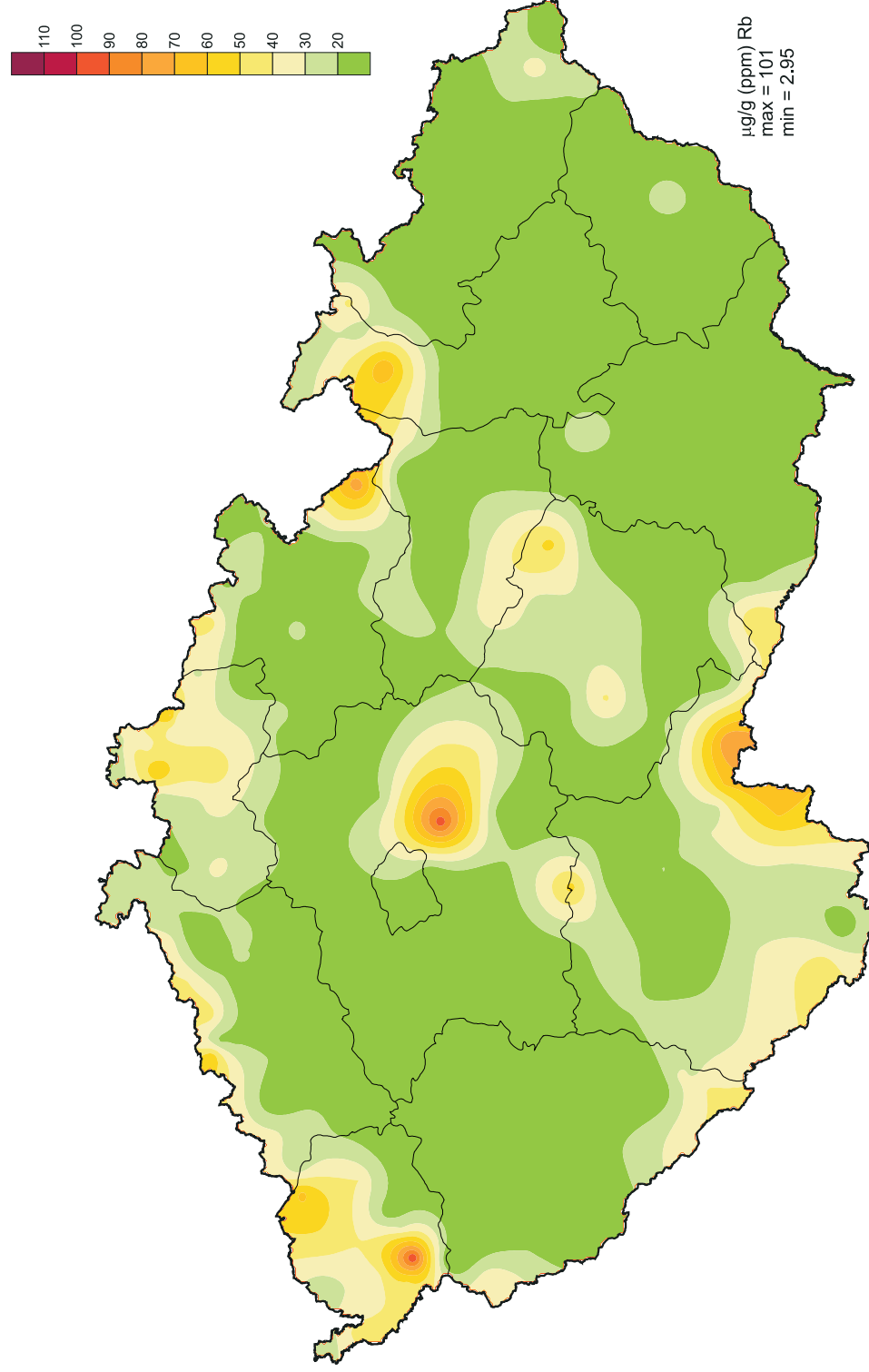
**CZECH REPUBLIC**  
**Bimonitoring 2005**

**MOSS - RUBIDIUM**



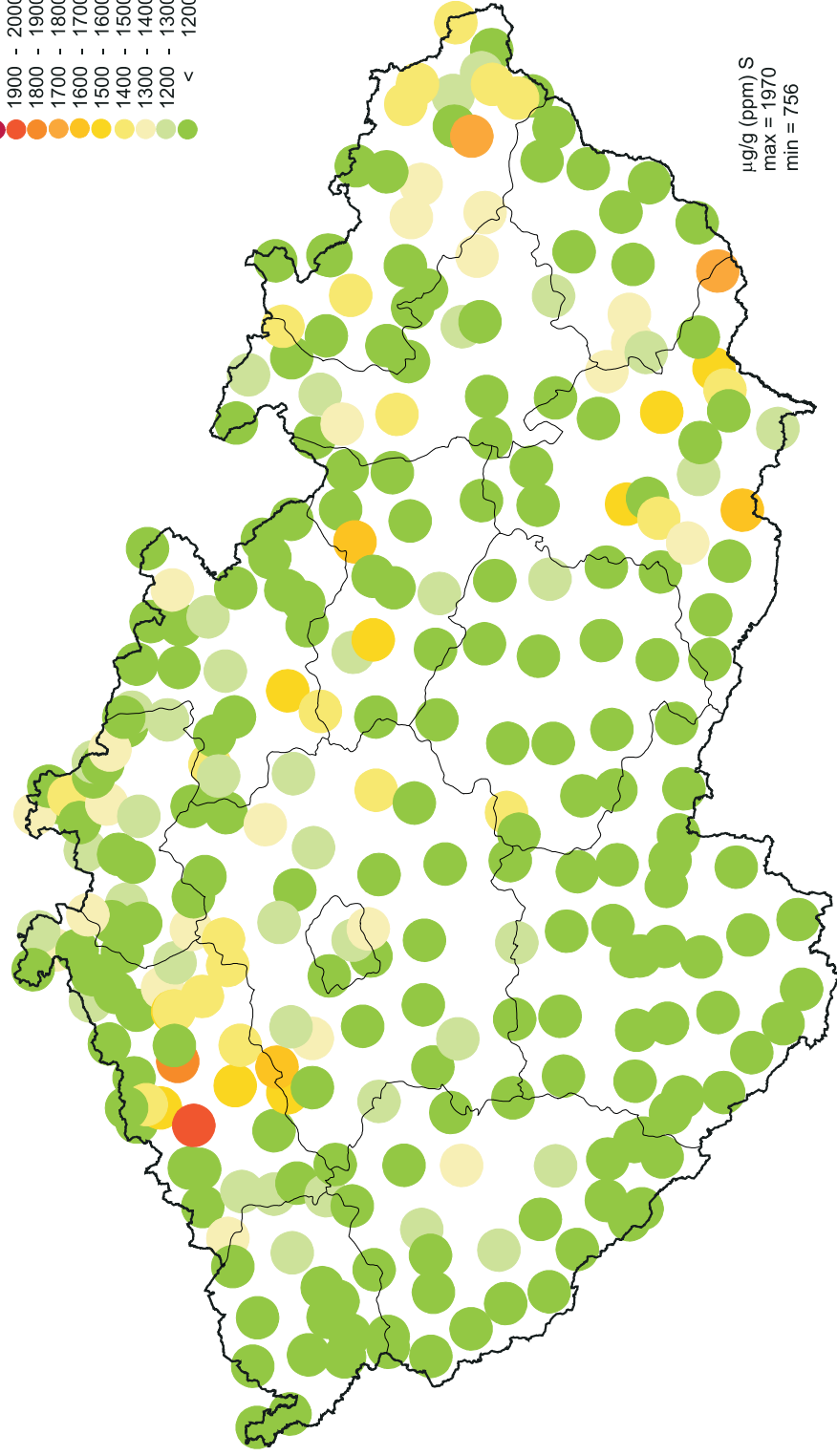
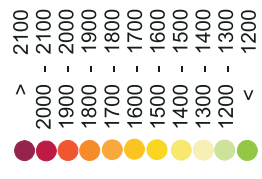
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - RUBIDIUM**



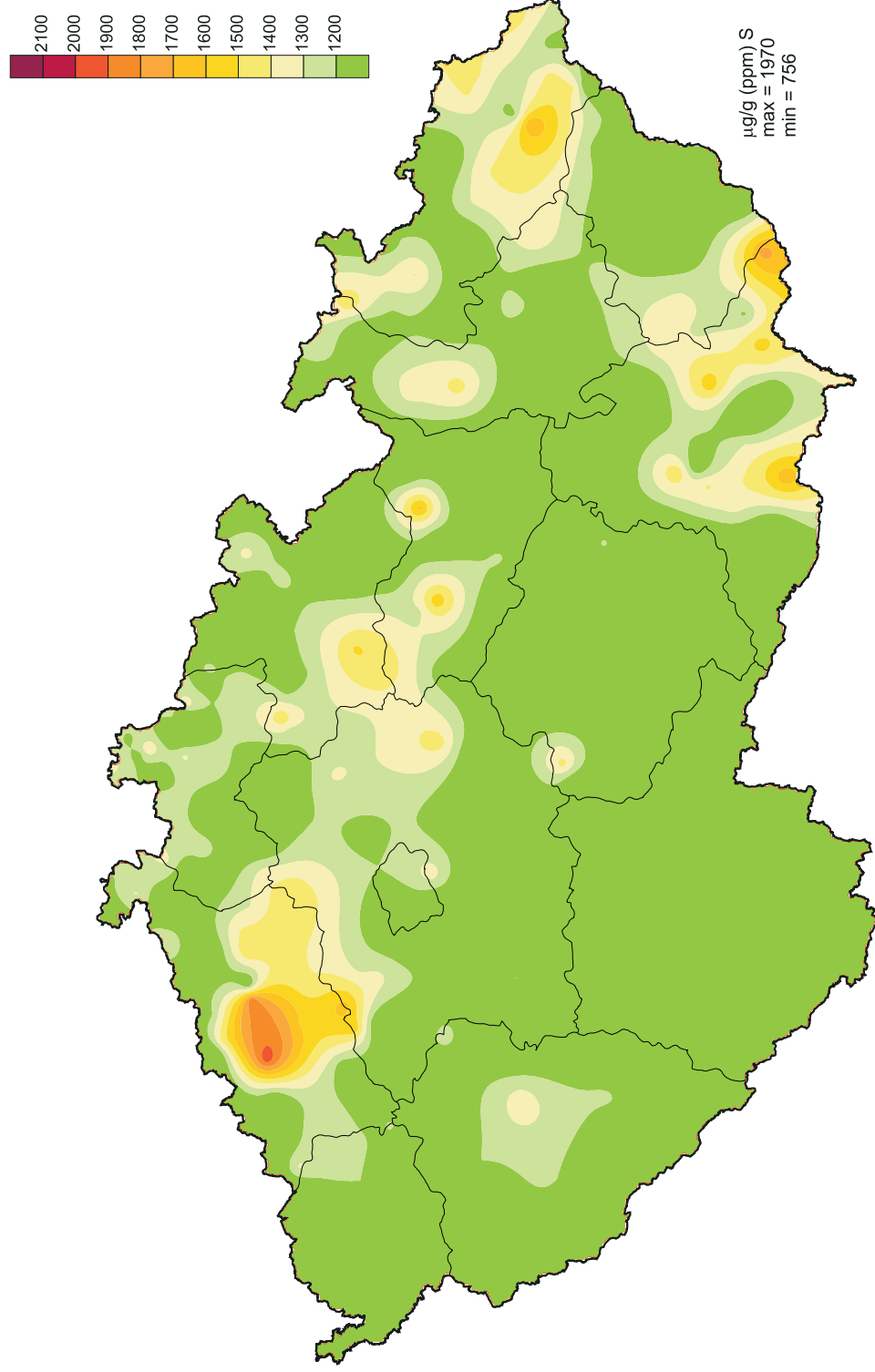
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - SULPHUR**



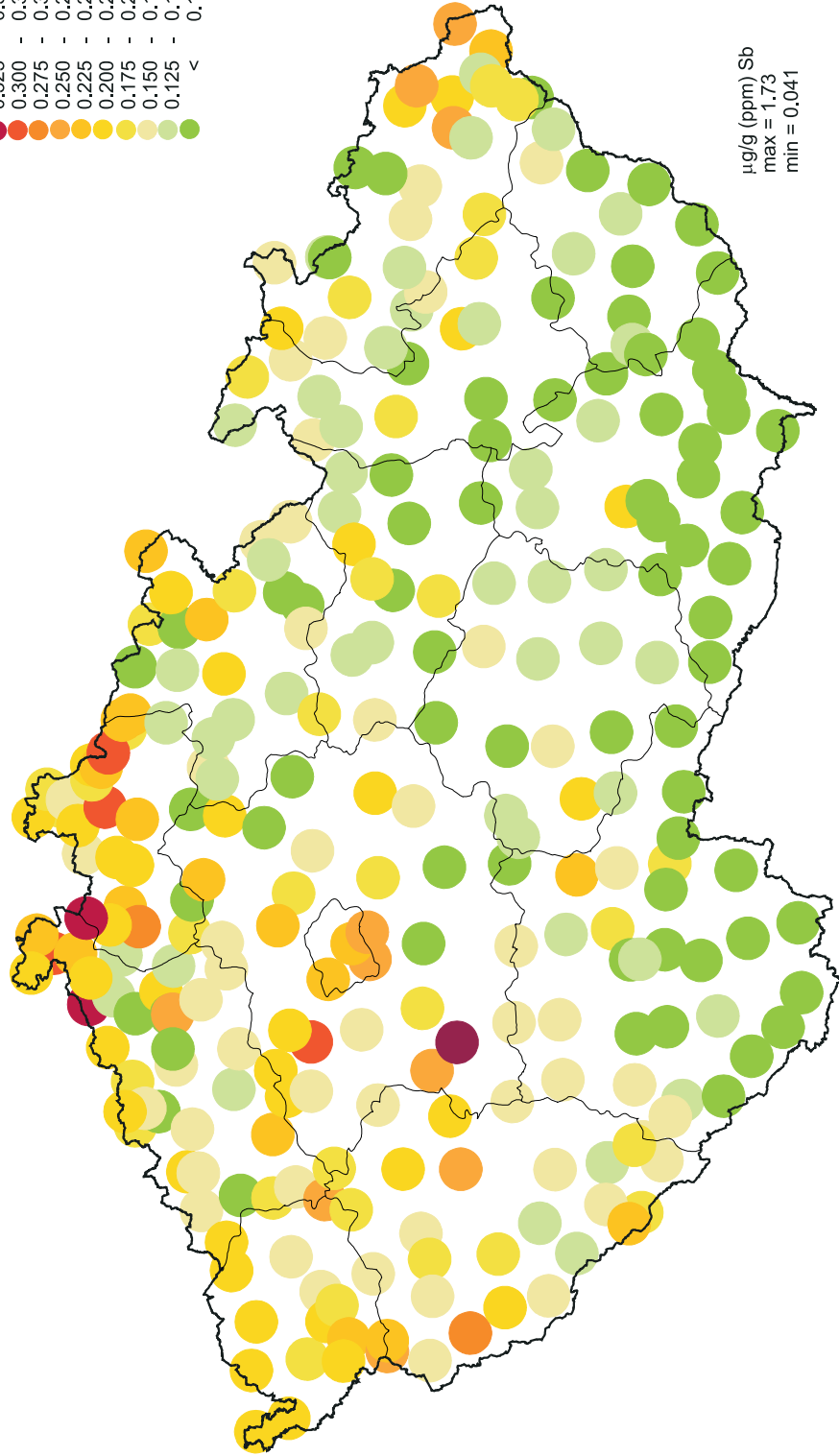
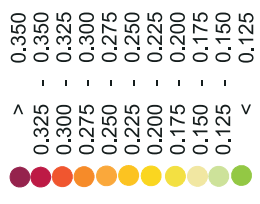
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - SULPHUR**



**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

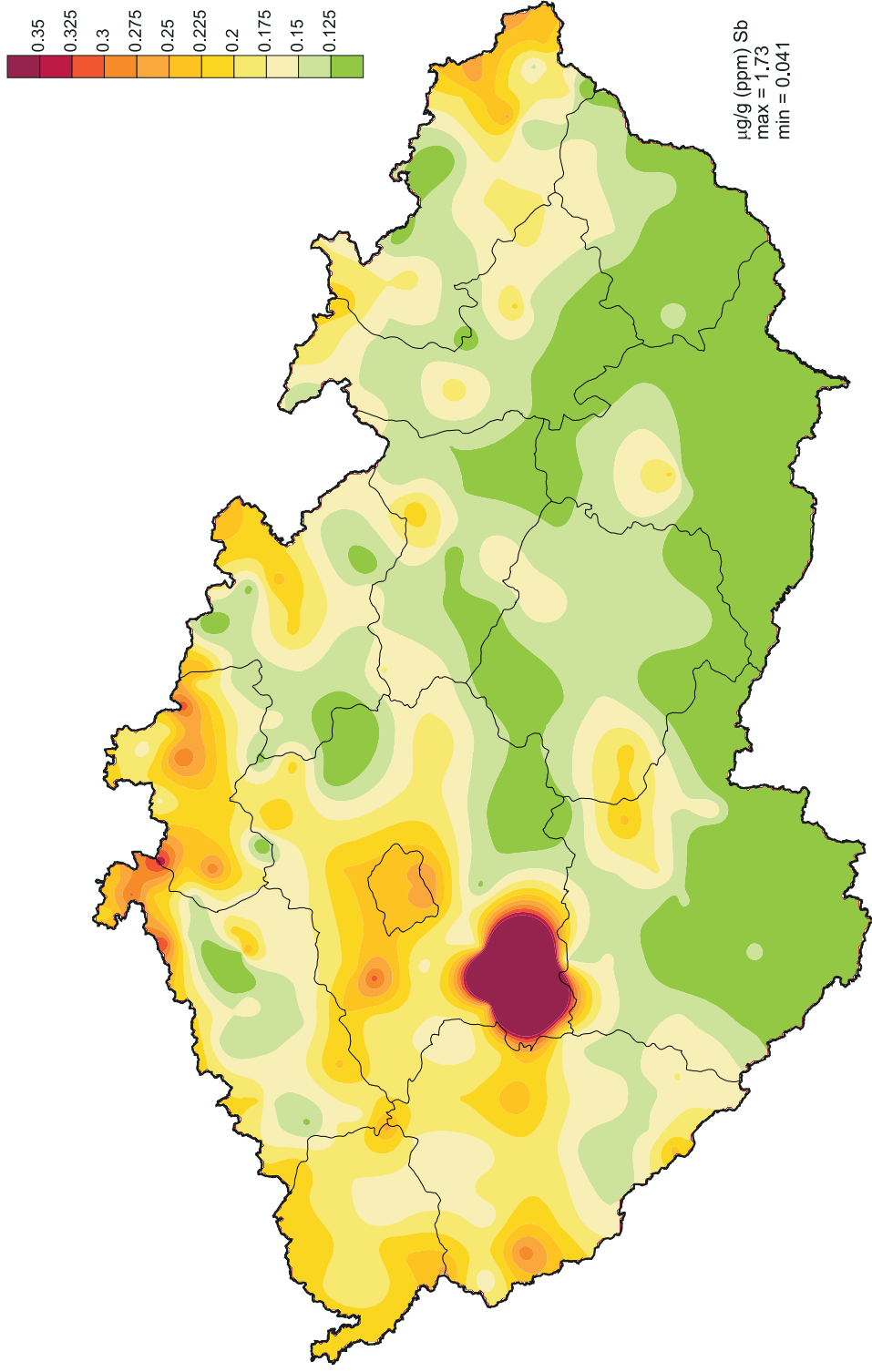
**MOSS - ANTIMONY**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Sb  
max = 1.73  
min = 0.041

**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

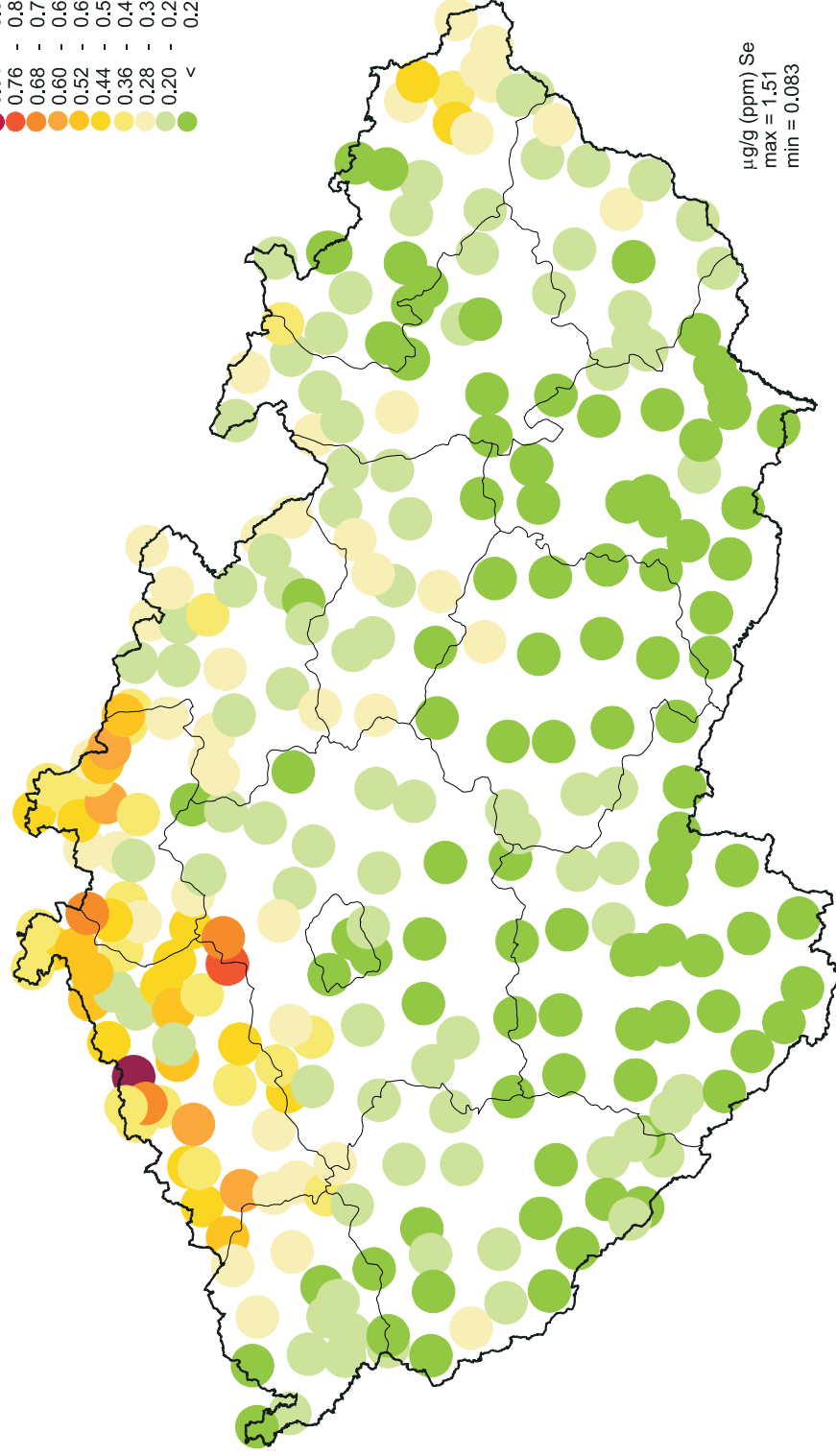
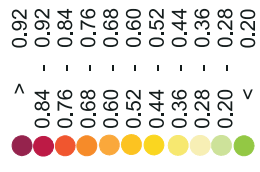
**MOSS - ANTIMONY**





**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

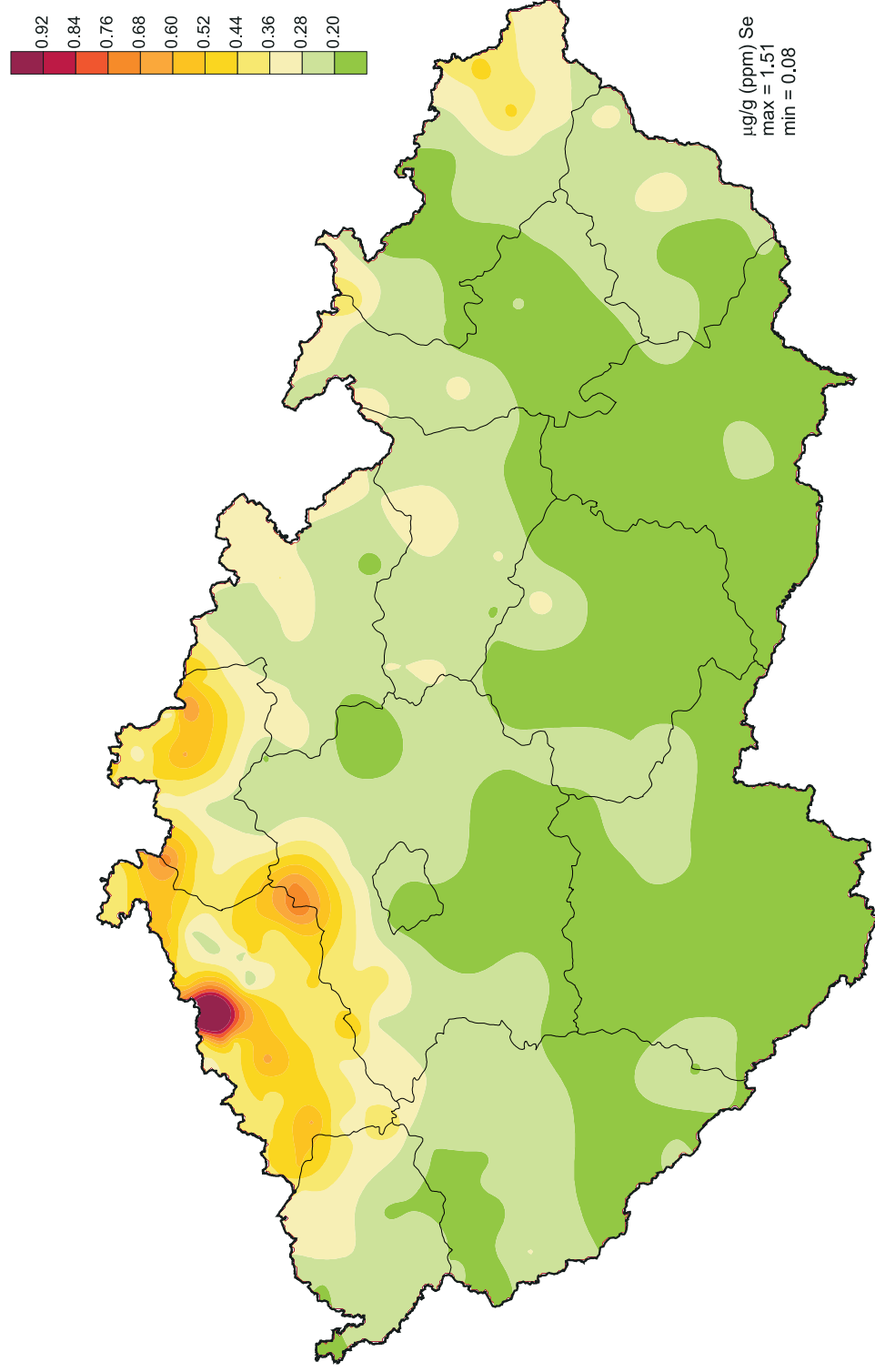
**MOSS - SELENIUM**



µg/g (ppm) Se  
max = 1.51  
min = 0.083

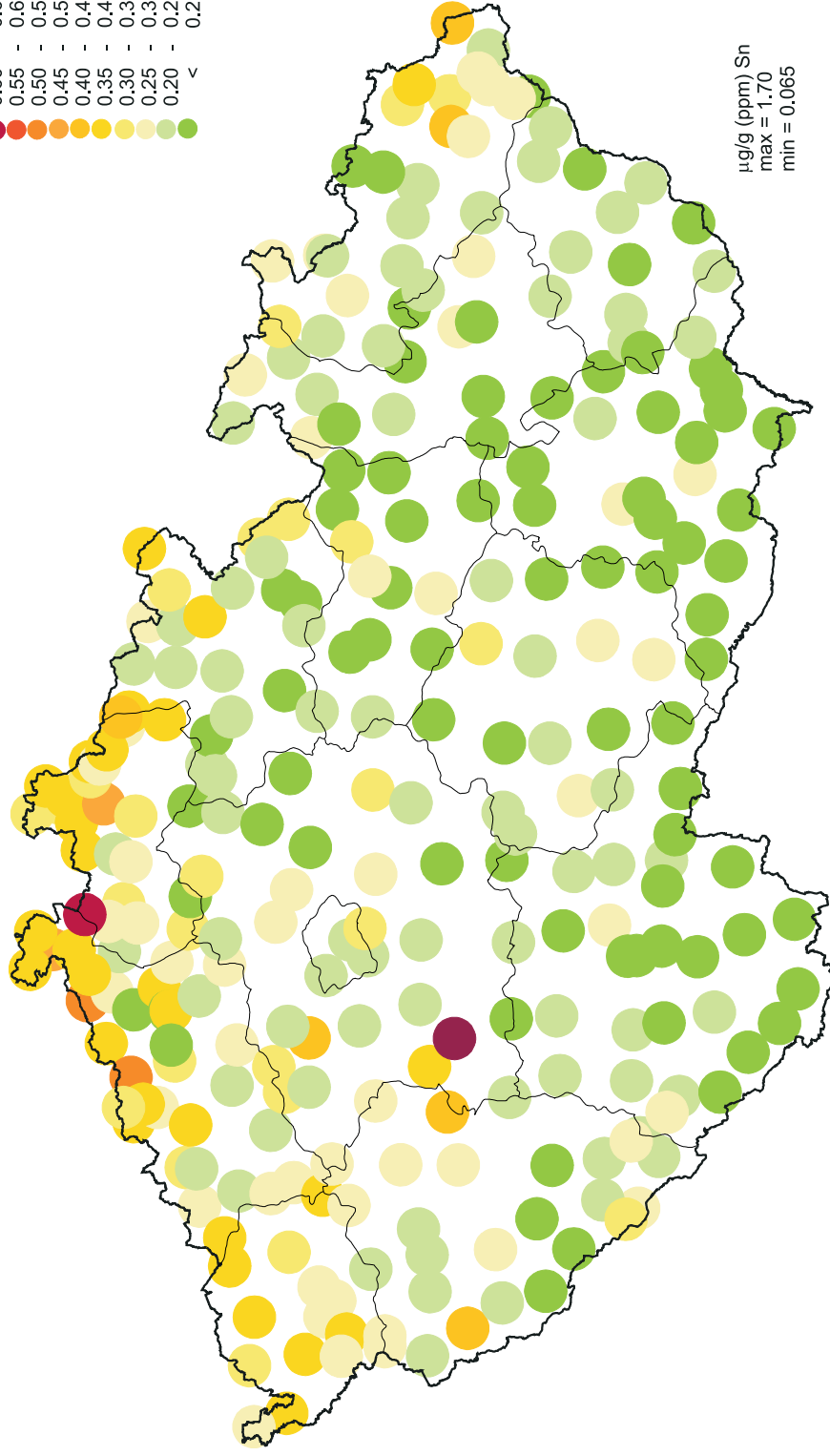
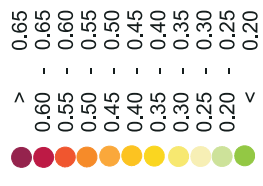
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - SELENIUM**



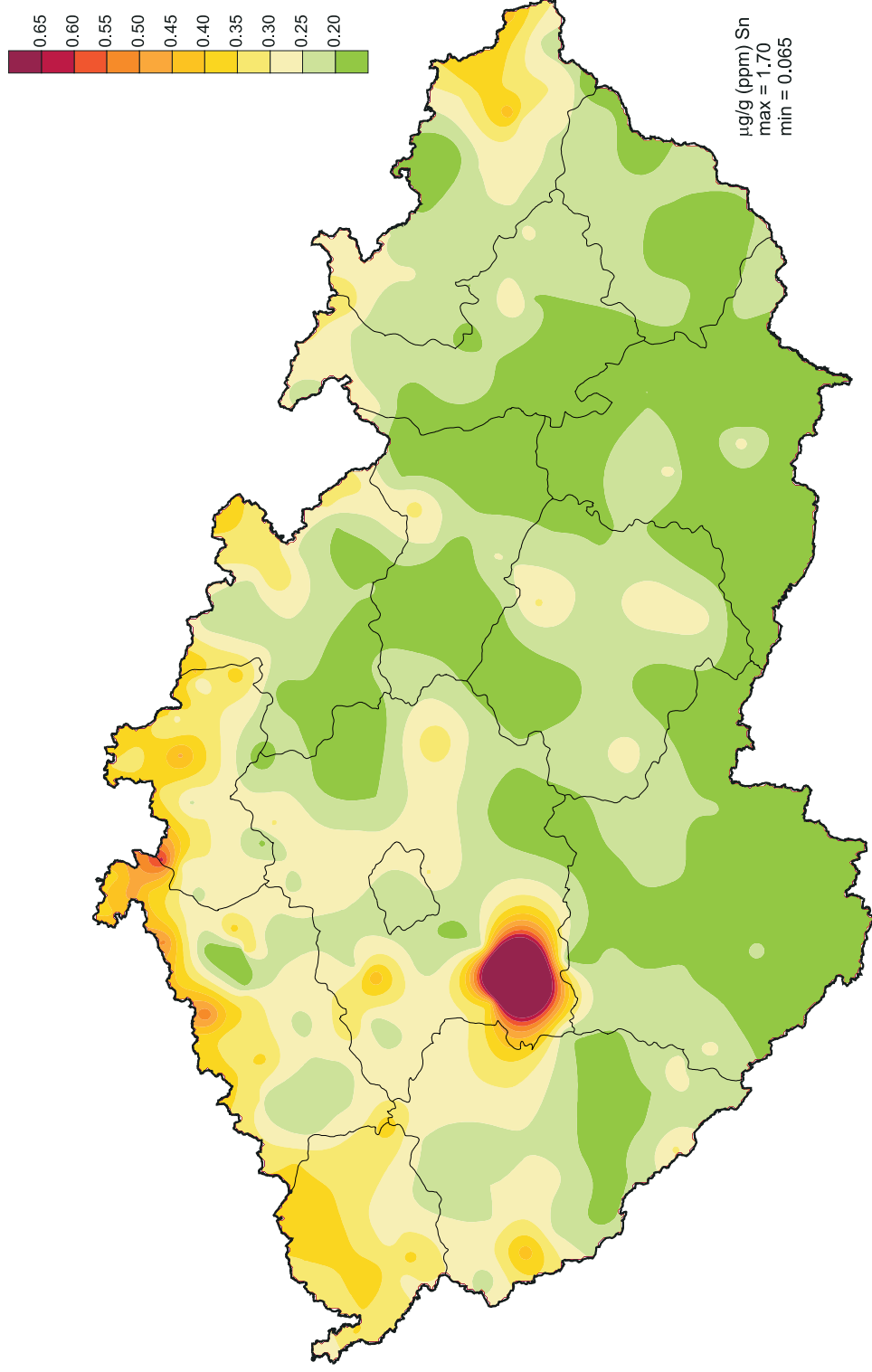
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - TIN**



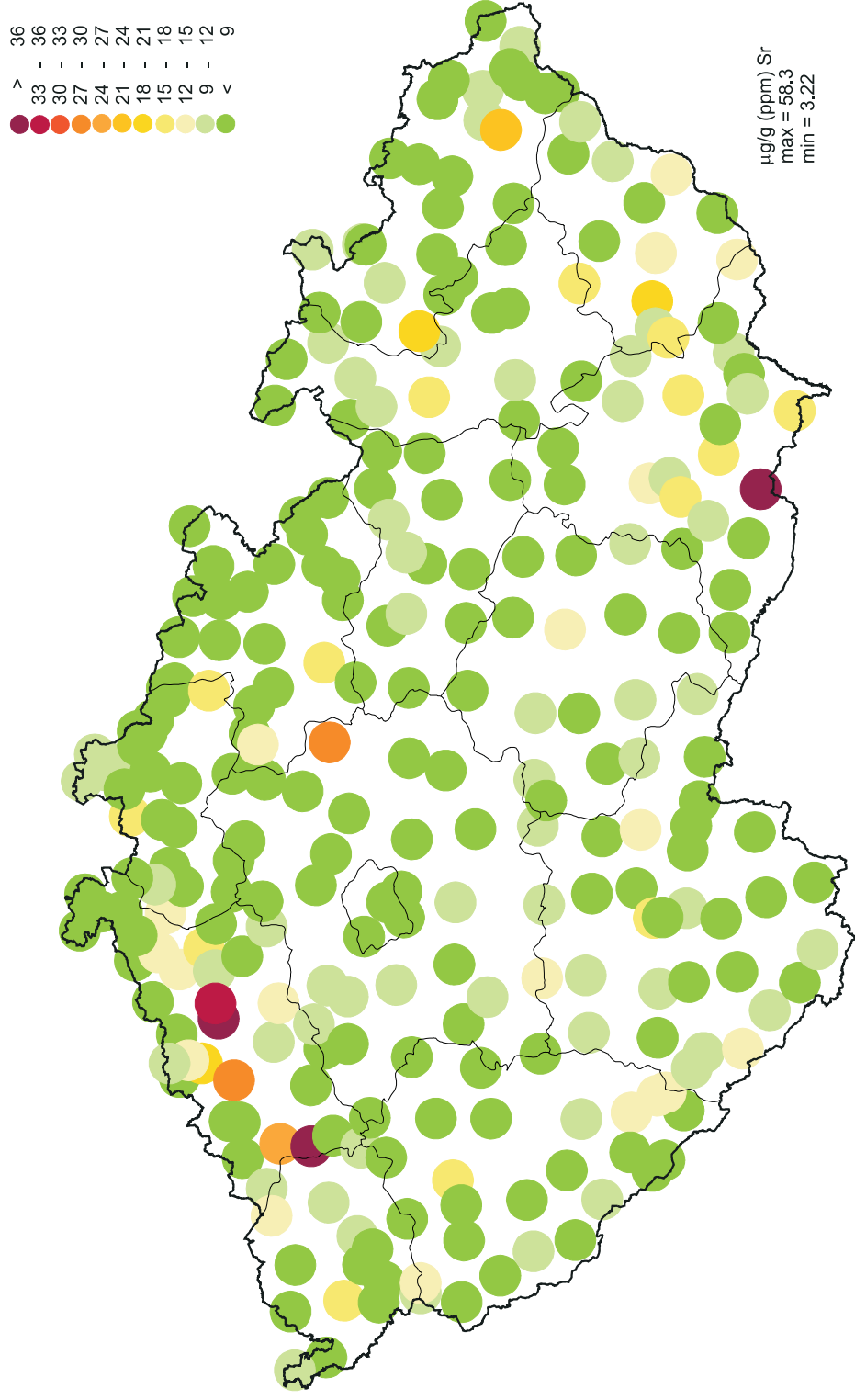
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - TIN**



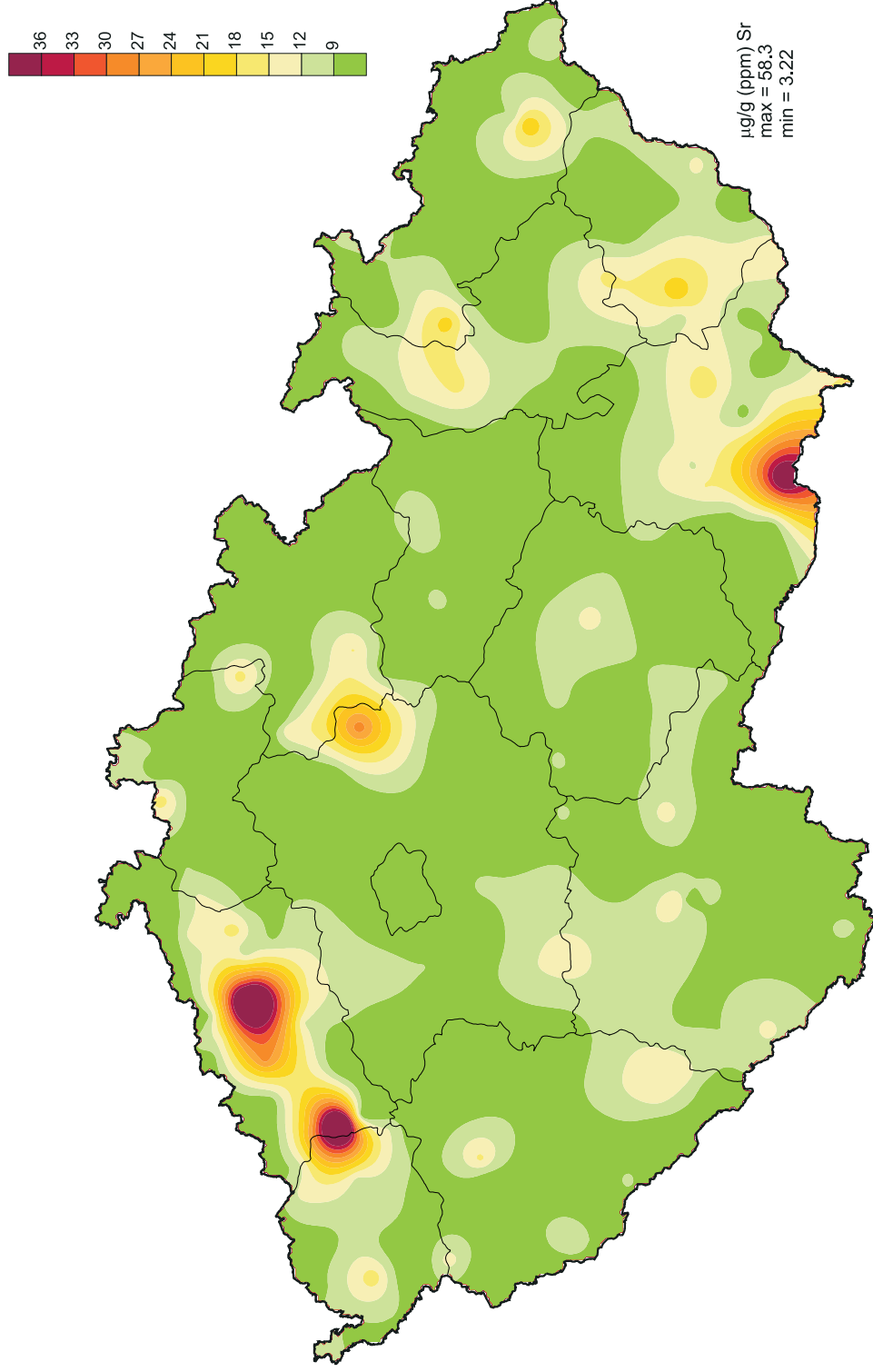
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - STRONTIUM**



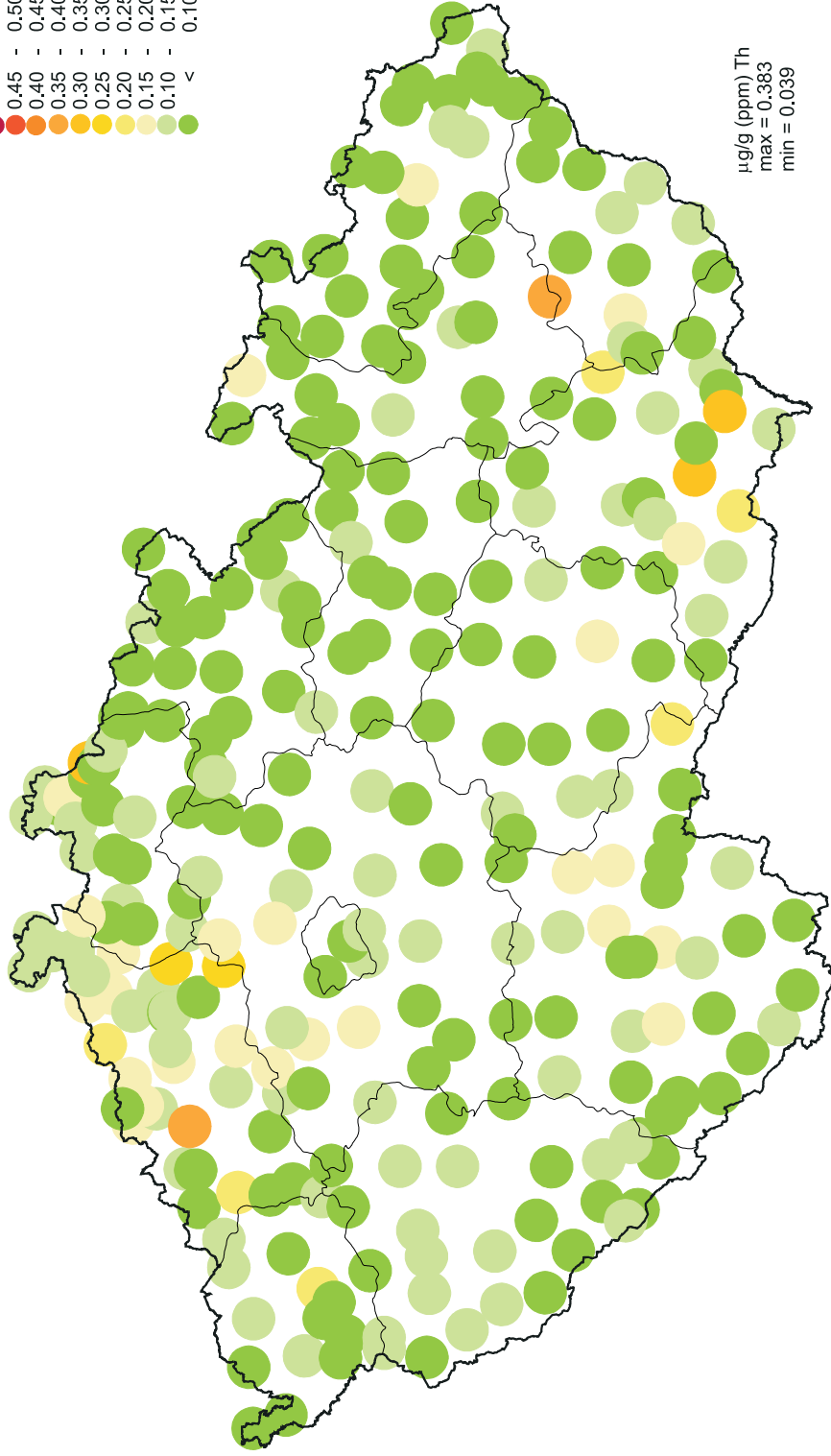
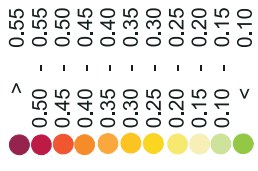
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - STRONTIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - THORIUM**

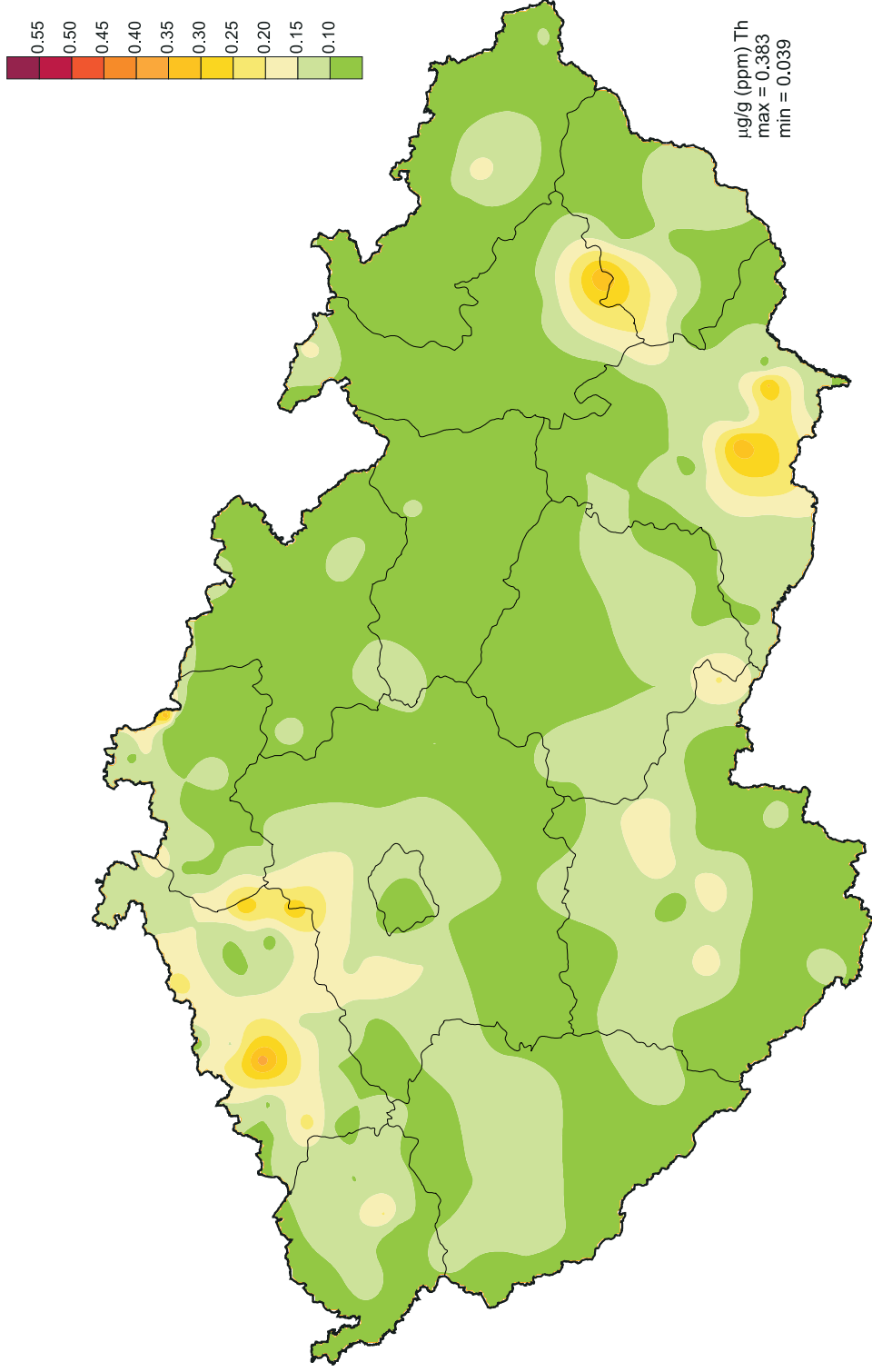


µg/g (ppm) Th  
max = 0.383  
min = 0.039



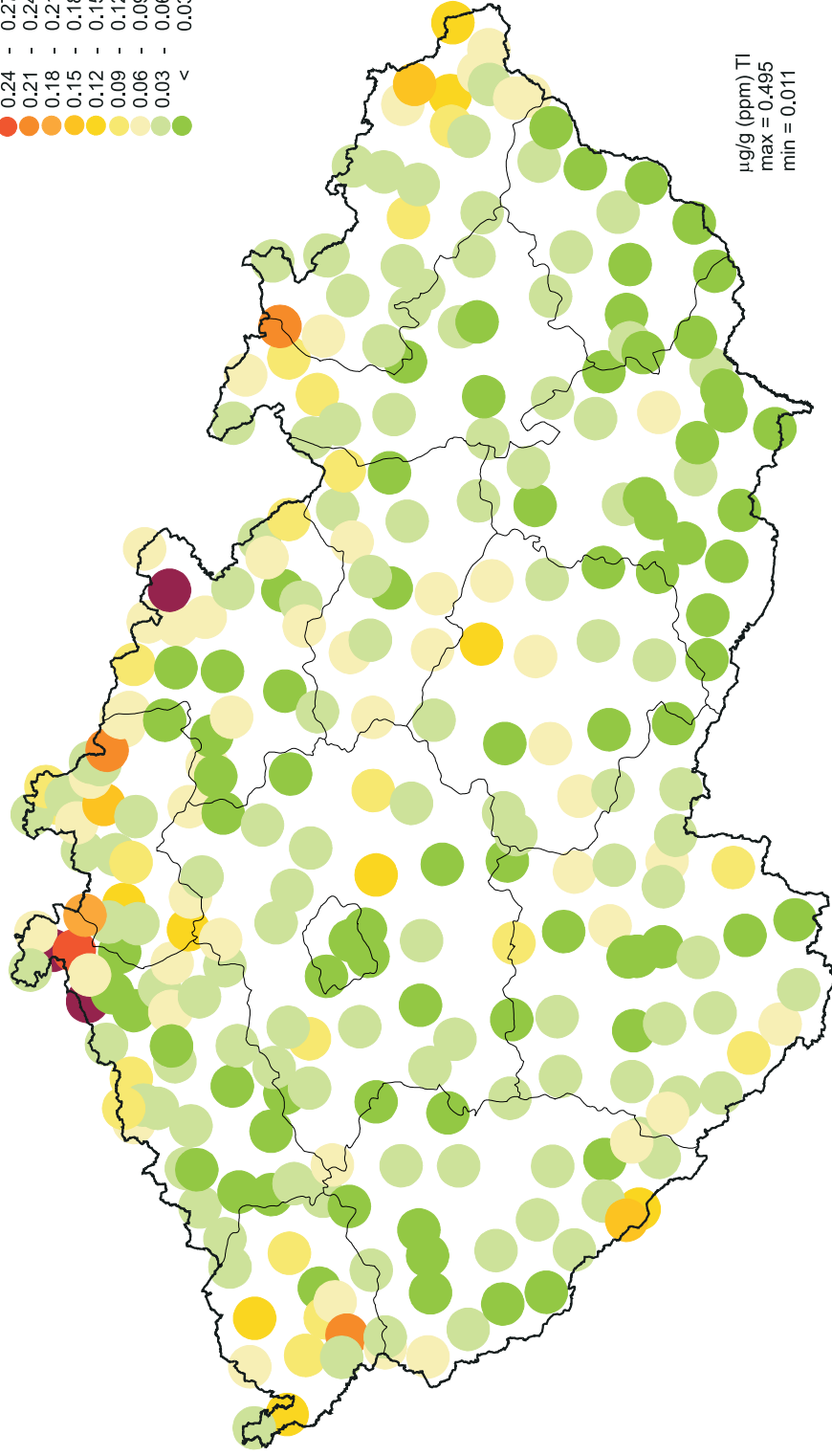
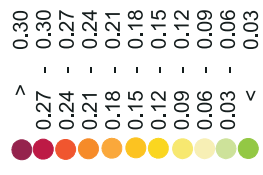
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - THORIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

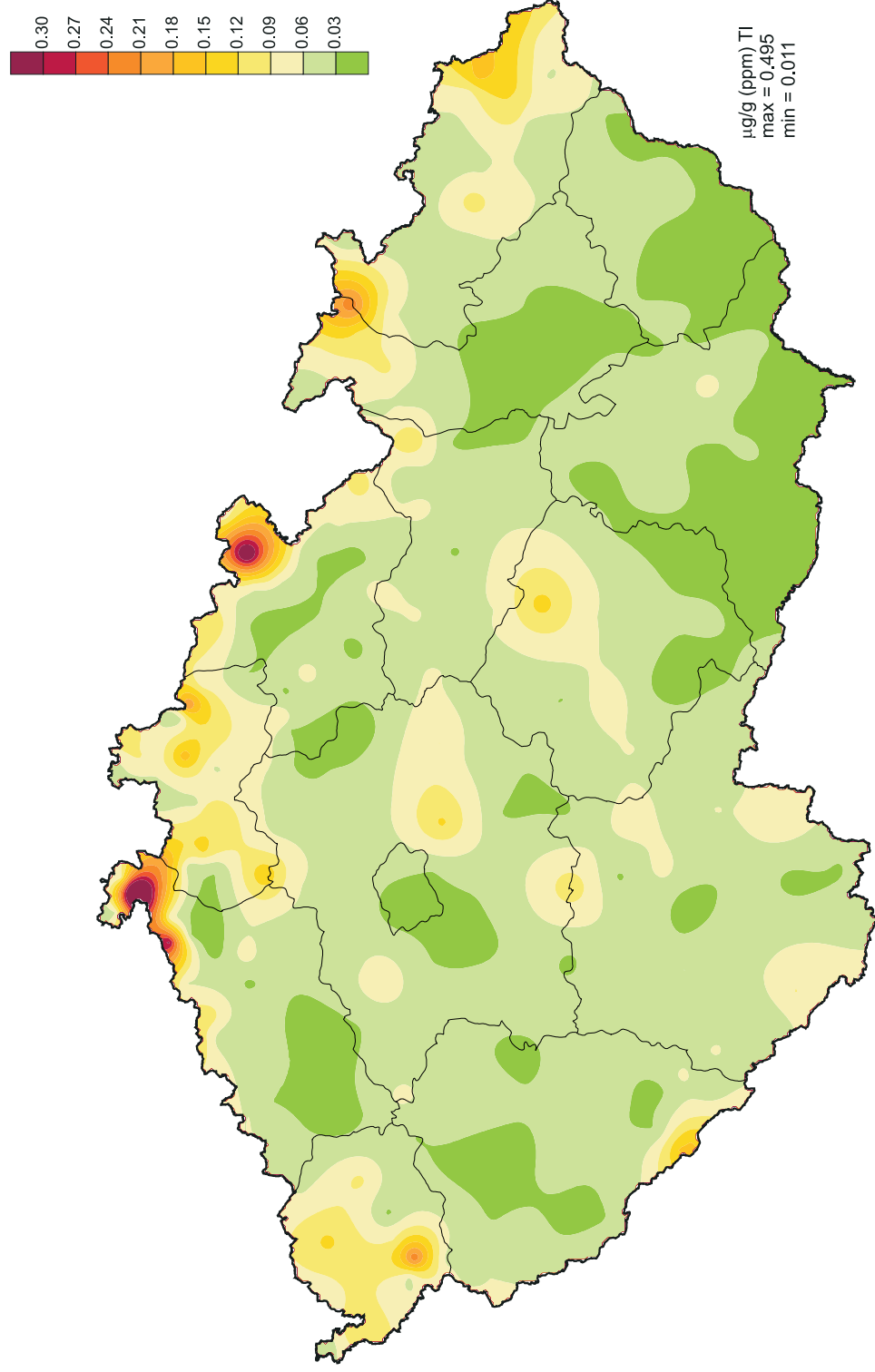
**MOSS - THALLIUM**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Tl  
max = 0.495  
min = 0.011

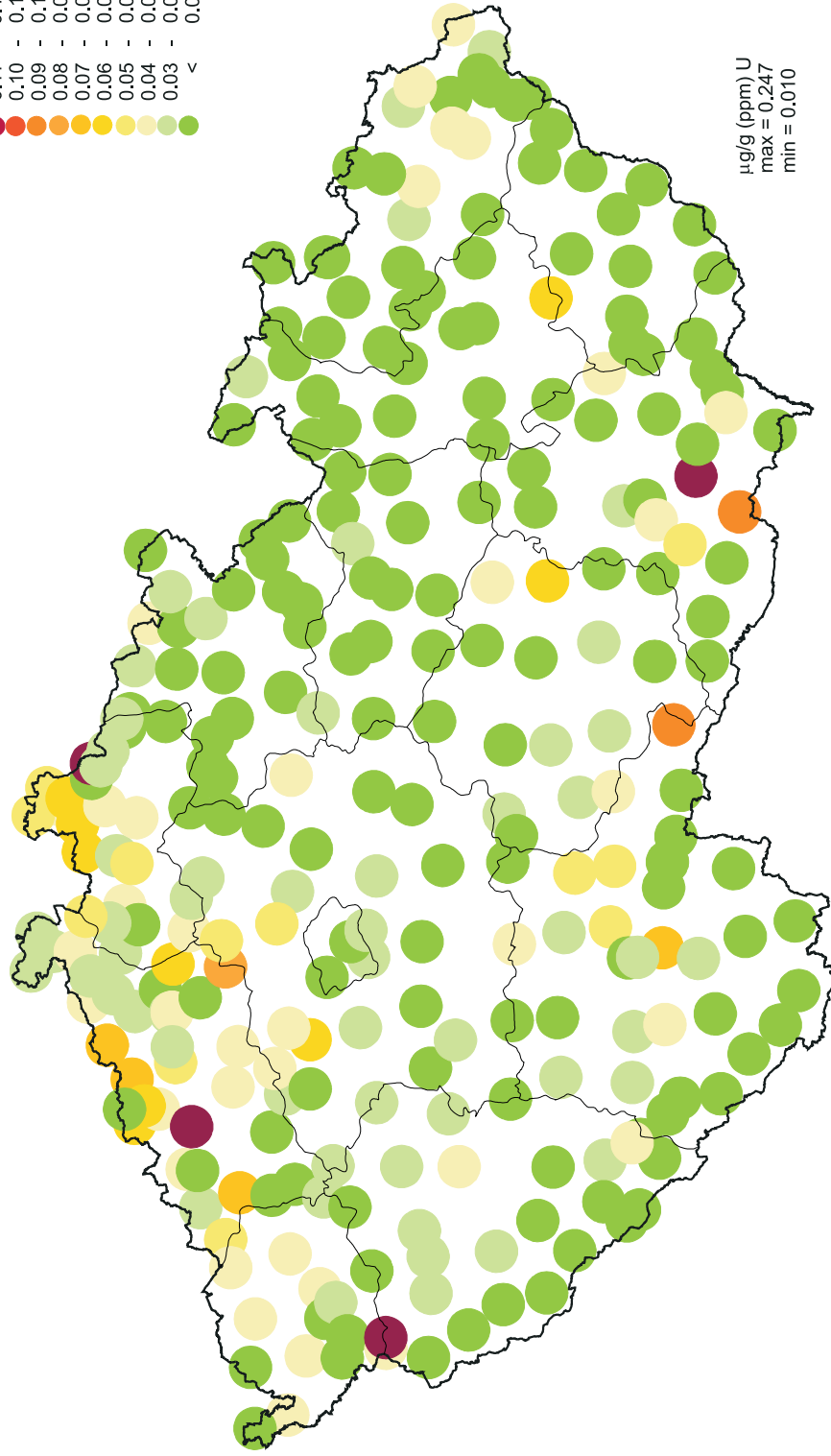
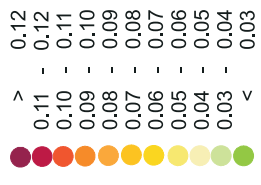
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - THALLIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

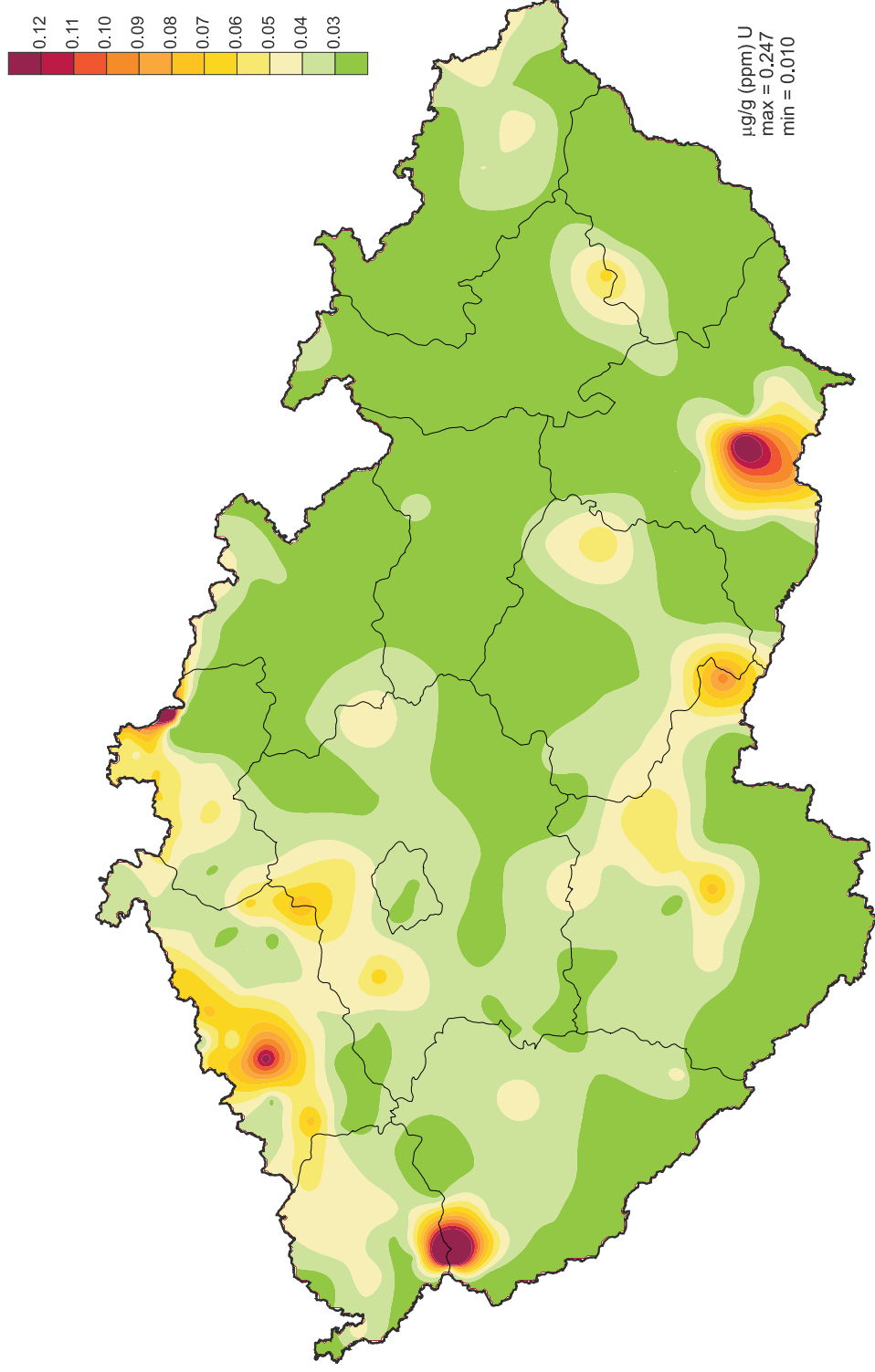
**MOSS - URANIUM**



µg/g (ppm) U  
max = 0.247  
min = 0.010

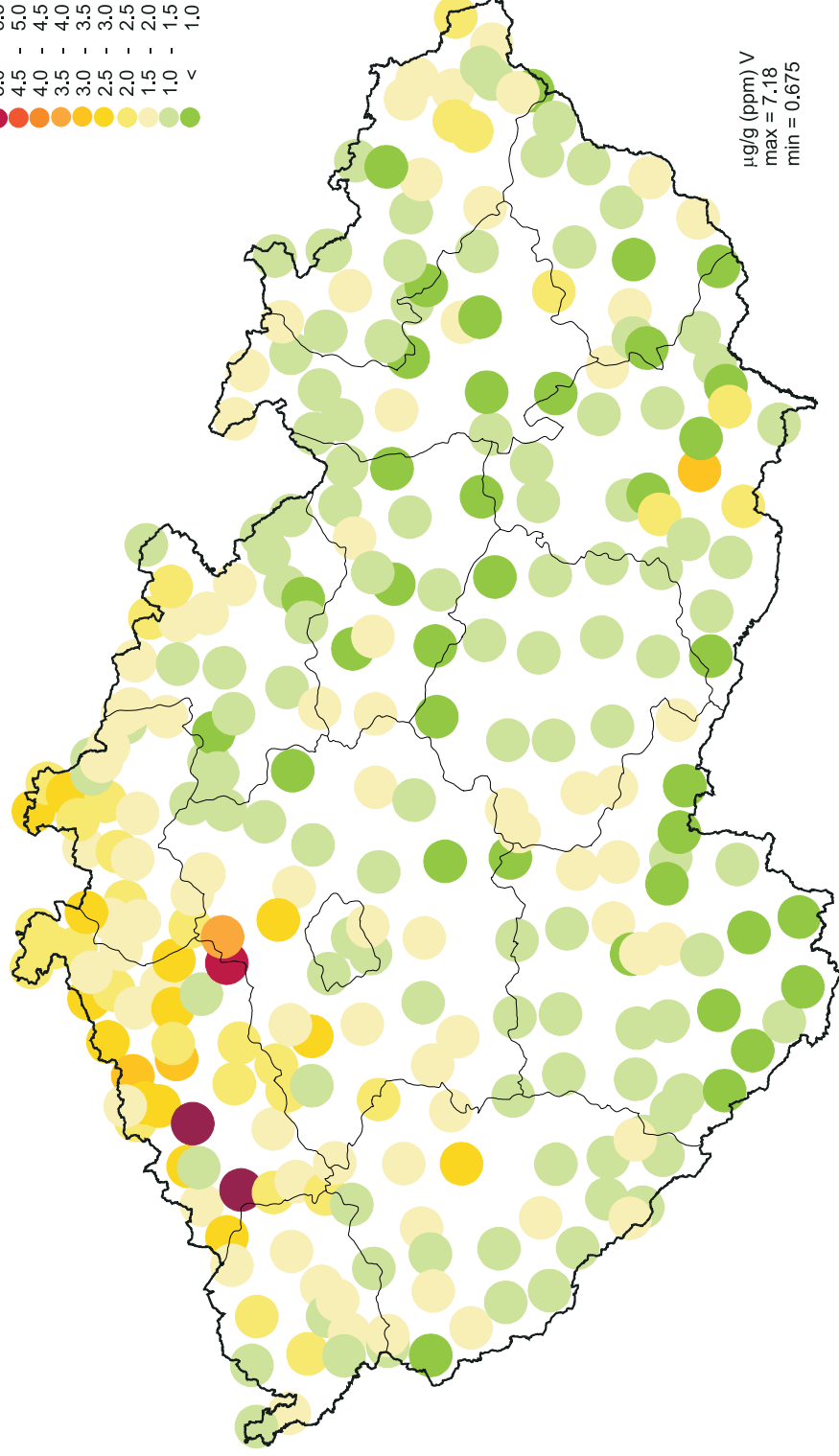
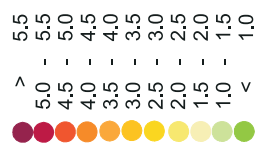
**CZECH REPUBLIC**  
**Biomonitoring 2005**

**MOSS - URANIUM**



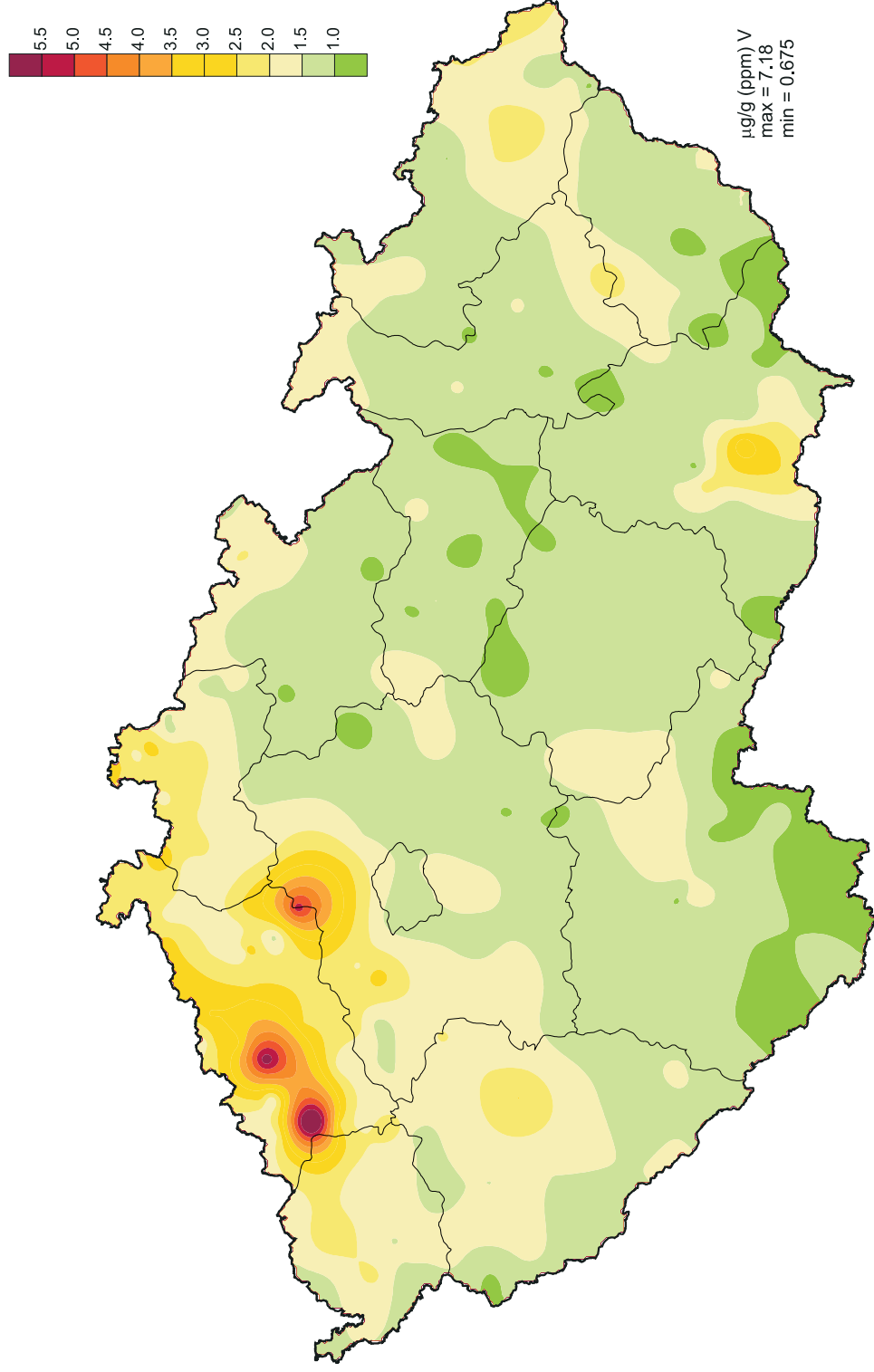
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - VANADIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

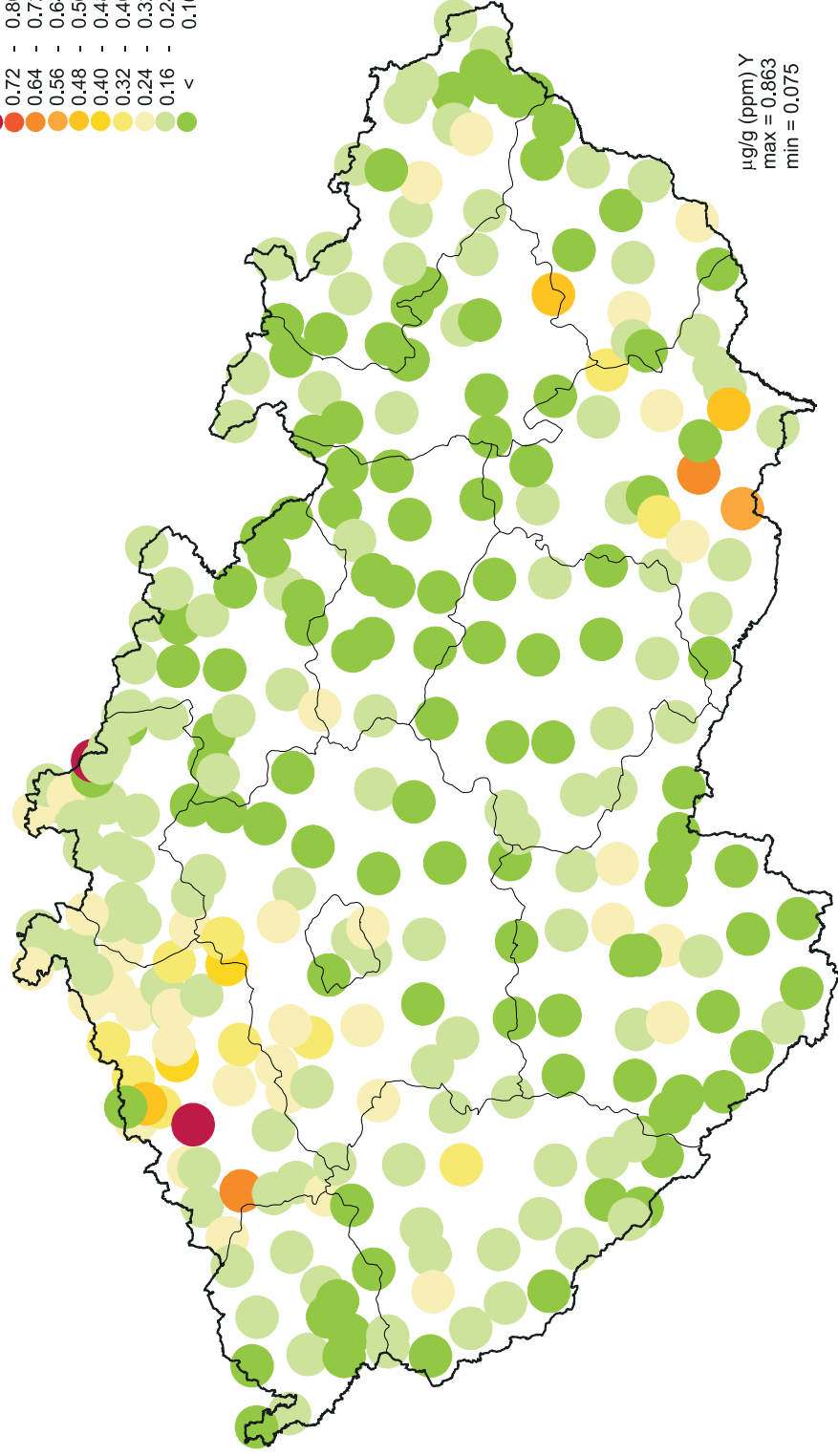
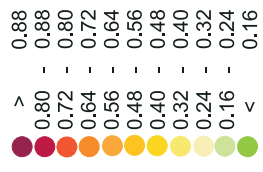
**MOSS - VANADIUM**





**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

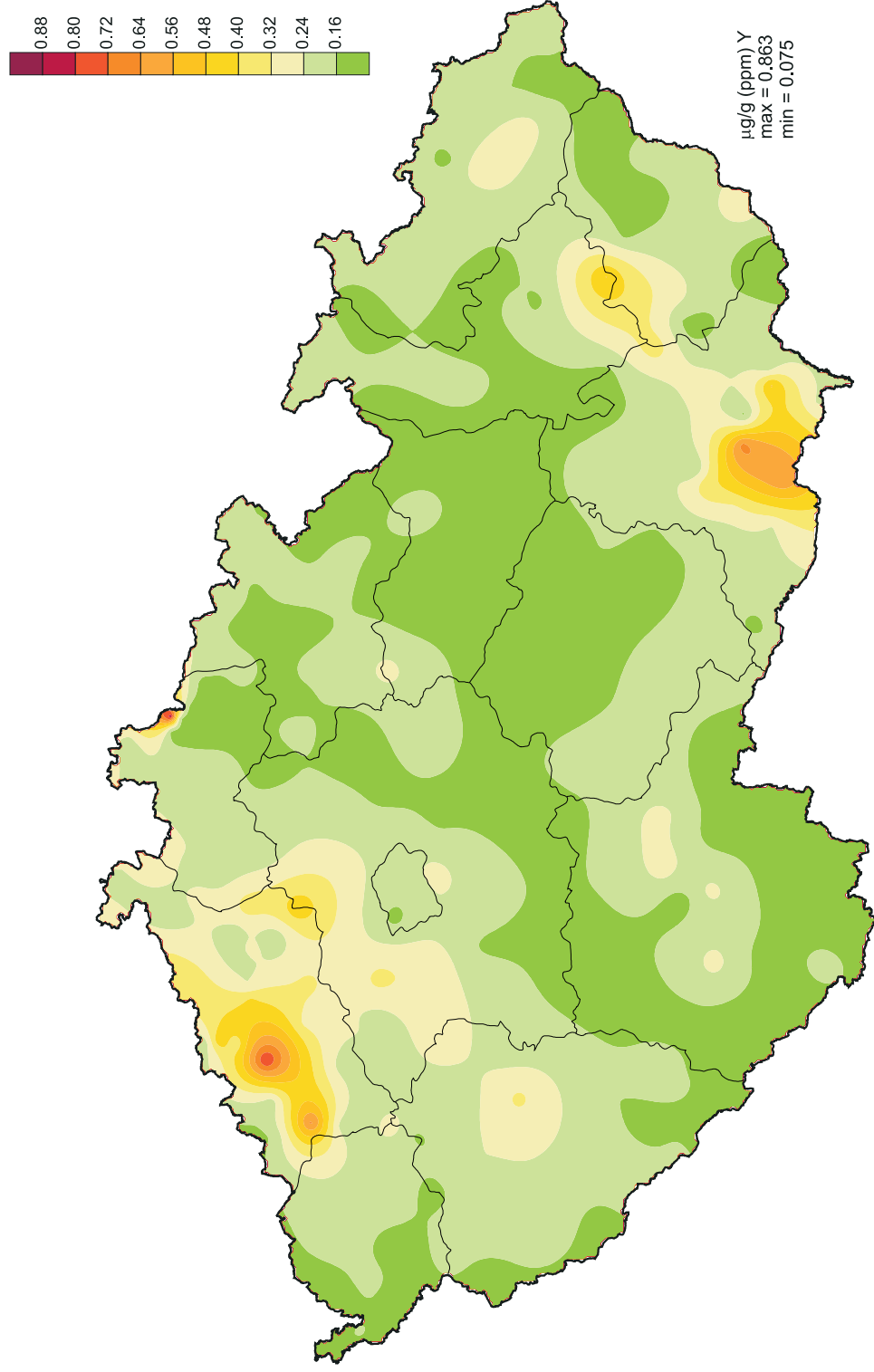
**MOSS - YTTRIUM**



µg/g (ppm) Y  
max = 0.863  
min = 0.075

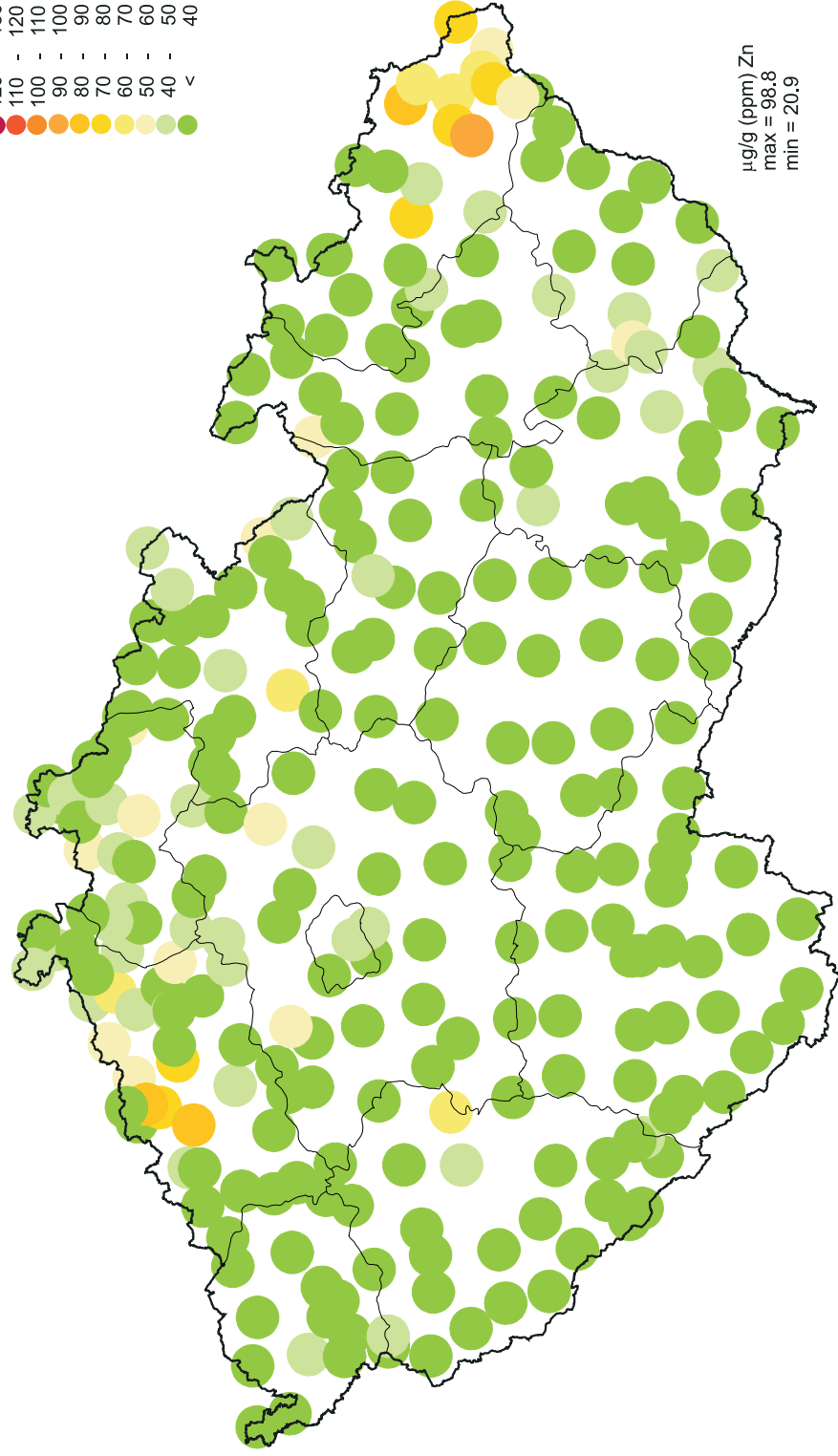
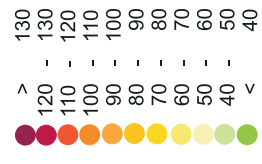
**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - YTTRIUM**



**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

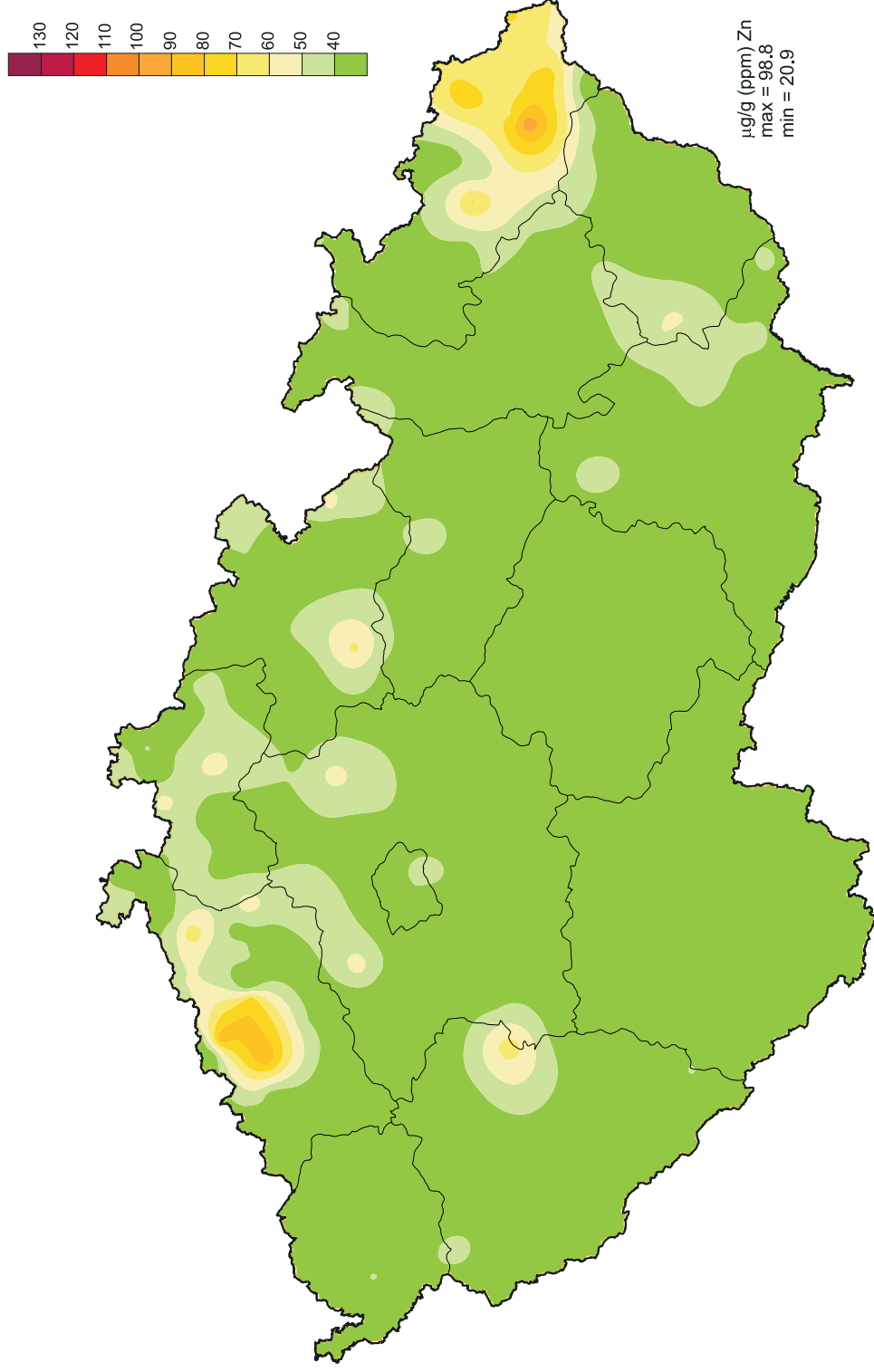
**MOSS - ZINC**



$\mu\text{g/g}$  (ppm) Zn  
max = 98.8  
min = 20.9

**CZECH REPUBLIC**  
Biomonitoring 2005

**MOSS - ZINC**



Recenzenti: RNDr. Irena Skořepová, CSc. – Česká geologická služba, Praha  
RNDr. Jiří Liška, CSc. – Botanický ústav AV ČR, Průhonice

Copyright © Julie Sucharová, Ivan Suchara, Marie Holá

ISBN 978-80-85116-62-5 (VÚKOZ, v.v.i., Průhonice)

ISBN 978-80-7415-007-4 (Nová tiskárna Pelhřimov, spol. s r. o.)

Vydal: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., Průhonice  
s Novou tiskárnou Pelhřimov, spol. s r. o., 2008

Finančně podpořeno: Ministerstvem životního prostředí, Praha

Náklad: 500 ks