

HLINÍK

Hliník je kovový prvok, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave (+1) a (+3). Po kyslíku a kremíku je tretím najrozšírenejším prvkom v zemskej kôre. Vyskytuje sa najmä v podobe podvojných křemičitanov napr. v živcoch a sludách a v produktoch ich zvetrávania. V mineráloch je kombinovaný s alkalickými kovmi, kovmi alkalických zemín a železom.

Rastliny získavajú hliník z pôdy, často v nadmernom množstve. Priemerný obsah v sušine pôdy je $71\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ (BOWEN, 1979). Pre baktérie, riasy, huby, vyššie rastliny a živočíchy nemá hliník esenciálny význam. V rastlinách sa nachádza v množstve $90\text{--}530\text{ mg.kg}^{-1}$, akumuluje sa v *Diapensiaceae*, *Ericaceae*, *Melastomaceae*, *Symplocaceae*, *Theaceaceae* a *Orites excelsa*. Pre rastliny je toxický v množstve $0,1\text{--}30\text{ mg.l}^{-1}$, najmä vo forme Al^{3+} a $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. U ľudí spôsobuje predčasné starnutie a je možná súvislosť s Alzheimerovou chorobou. Celkový obsah hliníka vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,47 \cdot 10^8\text{ t}$. Zvýšené množstvá súvisia s priemyselnou výrobou hliníka z bauxitu, spracovaním kaolínu a prítomnosťou hliníka v popolčekoch, ktoré vznikajú pri spaľovacích procesoch a usadzujú sa v prieduchoch a na povrchu asimilačných orgánov (exogénny Al – WYTENBACH, FURRER a TOBLER, 1995).

Ako hraničné hodnoty pre endogénny hliník (obsah v asimilačných orgánoch) v lesných drevinách sa uvádzajú obsahy $120\text{--}180\text{ mg.kg}^{-1}$ (BOWEN, 1979, BUBLINEC, 1990, MARKERT, 1993). INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty $56\text{--}542\text{ mg.kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* $113\text{--}532\text{ mg.kg}^{-1}$. Hliník je možný faktor novodobého poškodenia lesa, pretože sa uvoľňuje pri kyslých depozíciách.

Aritmetický priemer celkového obsahu hliníka v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $151 \pm 139\text{ mg.kg}^{-1}$ (medián 106 mg.kg^{-1} , tab. 19). Priemerný obsah hliníka v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* 119 ± 84 (medián 102), *Q. robur* 92 ± 53 (medián 82), *P. abies* 115 ± 89 (medián 99), *P. sylvestris* 365 ± 181 (medián 362) a *A. alba* 280 ± 194 (medián 257). Exogénny hliník bol prítomný na 92,7% povrchu analyzovaných asimilačných orgánov. Na mape všetkých drevín v atlase sa zvýšený obsah hliníka prejavil na viacerých lokalitách (na východnom Slovensku, v Žiarskej kotline a na južnom i západnom Slovensku). Vyšší obsah hliníka ako 200 mg.kg^{-1} v asimilačných orgánoch *P. sylvestris* a *A. alba* sa zistil v Žiarskej kotline a na strednom Spiši, pre *F. sylvatica* v košickej aglomerácii.

ALUMINIUM

Aluminium is a metallic element which naturally occurs in valences (+1) and (+3). It is the third most abundant element in the earth's crust after oxygen and silicon. This element occurs largely in silicates, such as feldspars and micas or in their weathering products. In minerals it is associated with alkali metals, alkali-earth metals and iron.

Plants take up aluminium from soil, often in excessive quantities. The average Al content in dried soil is $71\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ (BOWEN, 1979). Aluminium is not essential for bacteria, algae, fungi, higher plants and animals. Its contents in plants vary from 90 to 530 mg.kg^{-1} . It accumulates in *Diapensiaceae*, *Ericaceae*, *Melastomaceae*, *Symplocaceae*, *Theaceaceae* and *Orites excelsa*. Al contents of $0.1\text{--}30\text{ mg.kg}^{-1}$, particularly in the form of Al^{3+} and $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, are toxic to plants. It also makes humans to grow old prematurely and may be associated with Alzheimer disease. Total aluminium amount contained in the world plant biomass has been estimated at $1.47 \cdot 10^8\text{ t}$ (MARKERT, 1992). Increased contents result from industrial production of aluminium metal from bauxites, kaolin processing, and aluminium contained in ash which is deposited in stomata and on the surface of leaves (exogenic Al – WYTENBACH, FURRER and TOBLER, 1995).

Limit values for endogenic aluminium (content in foliage) in forest tree species are $120\text{--}180\text{ mg.kg}^{-1}$ (BOWEN, 1979; BUBLINEC, 1990 and MARKERT, 1993). INNES (1995) has noted $56\text{--}542\text{ mg.kg}^{-1}$ in two-year-old needles of *P. abies* and $113\text{--}532\text{ mg.kg}^{-1}$ in those of *P. sylvestris*. Aluminium is released from acid fallout and therefore may damage forests.

Arithmetic mean of total aluminium content in foliage of all forest tree species assessed in the Atlas amounts to $15 \pm 139\text{ mg.kg}^{-1}$ (median 106 mg.kg^{-1} , Tab 19.). The mean aluminium content in foliage of individual tree species is (in mg.kg^{-1}) 119 ± 84 (median 102) in *F. sylvatica*, 92 ± 53 (median 82) in *Q. robur*, 115 ± 89 (median 99) in *P. abies*, 365 ± 181 (median 362) in *P. sylvestris* and 280 ± 194 (median 257) in *A. alba*. Exogenic aluminium was present on 92.7% of the surface of analysed foliage of forest tree species.

A map of all tree species in the Atlas shows increased aluminium contents in many places (in eastern Slovakia, Žiar Basin, southern as well as western Slovakia). Total aluminium content exceeds 200 mg.kg^{-1} in foliage of *P. sylvestris* and *A. alba* in the Žiar Basin and in central Spiš region and *F. sylvatica* near Košice.

DISTRIBÚCIA HLINÍKA V LESNÝCH DREVINÁCH				TAB. 19					DISTRIBUTION OF ALUMINIUM IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees				
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331				
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	119,0	92,0	137,0	116,0	280,0	366,0	160,0	151,0				
Smerodajná odchýlka Standard deviation	84,0	53,0	126,0	89,0	194,0	181,0	146,0	139,0				
Variačný koeficient Variation coefficient	70,3	57,8	92,2	77,03	69,3	49,4	91,1	92				
Minimálna hodnota Minimum value	15,0	21,0	14,0	8,0	5,0	15,0	5,0	5,0				
Maximálna hodnota Maximum value	964,0	452,0	979,0	1377,0	866,0	1668,0	1668,0	1668,0				
Medián Median	102,0	82,0	101,0	99,0	257,0	363,0	111,0	106,0				

ARZÉN

Arzén je kovový prvok, v prírode sa nachádza v oxidačnom stave -3, 0, +3 a +5. Tvorí veľké množstvo zlúčenín, predovšetkým zlúčeniny arzenu s kovmi, arzenidy. Vyskytuje sa však v prírode aj vo voľnom stave. V horninách je prítomný najmä ako arzenopyrit spolu s ďalšími sírnikmi.

Priemerný obsah v sušine pôdy je 6 mg.kg^{-1} (BOWEN, 1979). Pre baktérie, riasy (s výnimkou červených rias), huby, vyššie rastliny a živočíchy nemá esenciálny význam. Prijímajú ho pasívne a spravidla sa ukladá do mnohých rastlinných častí, najmä starších listov a koreňov. Jeho príjem pravdepodobne podporujú redukčné procesy. Niektoré formy arzenu sa správajú v pôde podobne ako fosforečnany (STREIT, 1991).

Celkový obsah arzenu vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,841 \cdot 10^5 \text{ t}$. V rastlinách sa nachádza v množstve $0,02 - 7 \text{ mg.kg}^{-1}$. Je pre ne toxický v množstve $0,02 - 7,5 \text{ mg.l}^{-1}$ najmä vo forme HAsO_4^{2-} a $\text{H}_2\text{AsOH}_4^-$. Jeho toxicita rastie od As, cez As^{5+} k As^{3+} . Arzenové zlúčeniny sú toxické a pravdepodobne aj karcinogénne, ale sám prvok môže byť aj živinou. U ľudí je toxická dávka 5–50 mg za deň. Arzén sa kumuluje v ľudských vlasoch a nechtoch. Jeho nedostatok zapríčiňuje spomalenie rastu, vplýva na reprodukciu stavovcov a spôsobuje zlyhanie srdca kôz. MARKERT (1993) udáva ako hraničnú hodnotu pre lesné dreviny obsah $0,214 \text{ mg.kg}^{-1}$. Variačné rozpätie arzenu bolo 0,003–34 (ihličnaté dreviny) a 0,005–13,8 mg.kg^{-1} (listnaté dreviny).

Aritmetický priemer celkového obsahu arzenu v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $0,56 \pm 1,69 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $0,24 \text{ mg.kg}^{-1}$). Priemerný obsah arzenu v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $0,67 \pm 1,44$ (medián 0,28), *Q. species* $0,44 \pm 1,11$ (medián 0,18), *P. abies* $0,41 \pm 1,51$ (medián 0,22), *P. sylvestris* $1,21 \pm 3,58$ (medián 0,34) a *A. alba* $1,15 \pm 2,61$ (medián 0,47). Exogénny arzén bol prítomný na 0,8% povrchu analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín sa zvýšený obsah arzenu viaže na priemyselné centrá. Zvýšené hodnoty sme našli v rozhodujúcich lokalitách tohto typu – stredný Spiš, Horná Nitra, Žiarska kotlina, Považie, ale aj okolie menších teplární a priemyselných závodov na ďalších miestach. Hnedé uhlie obsahuje arzén vo vysokom množstve a uvoľňuje ho pri spaľovaní.

Obsah arzenu vyšší ako $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ je v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* na strednom Spiši, v Žiarskej kotline a na Hornej Nitre, v Nízkych Tatrách a v Beskydoch na Kysuciach; pri *Q. species* na strednom Spiši; pri *P. abies* v Lubeníku a Jelšave, na Hornej Nitre a v Žiarskej kotline; pri *P. sylvestris* a *A. alba* na strednom Spiši a v Žiarskej kotline.

ARSENIC

Arsenic is a metallic element which naturally occurs in valences -3, 0, +3 and +5. It forms a number of compounds, mainly with metals – arsenides, but native arsenic can be found in nature as well. In rocks it is bound largely to arsenopyrite and other sulphides.

Average content in dried soil is 6 mg.kg^{-1} As (BOWEN, 1979). Arsenic is not essential for bacteria, algae, fungi, higher plants and animals, the only exception being red algae. Arsenic is taken up passively by plants and stored in many parts of their bodies, mostly in older foliage and roots. The uptake is likely to be supported by reducing processes. Some arsenic forms behave in soil like phosphates (STREIT, 1991).

Total arsenic content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $1.841 \cdot 10^5 \text{ t}$. Its contents in plants range from 0.02 to 7 mg.kg^{-1} . Contents $0.02 - 7.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ As, particularly in the form of HAsO_4^{2-} and $\text{H}_2\text{AsOH}_4^-$ are toxic to plants, the toxicity growing from As through As^{5+} to As^{3+} . Arsenic compounds are toxic and probably also carcinogenic, but the element can also be a nutrient. The amount of 5–50 mg/day is toxic to humans. Arsenic is accumulated in human hair and nails. Arsenic deficiency slows down growth, affects vertebrate reproduction and causes heart failures of goats. MARKERT (1993) gives a limit value for forest tree species of 0.214 mg.kg^{-1} . Arsenic contents in conifers vary from 0.003 to 34 and in deciduous trees from 0.005 to 13.8 mg.kg^{-1} .

Arithmetic mean of total arsenic contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas is $0.56 \pm 1.69 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 0.24 mg.kg^{-1}). Arithmetic means of total arsenic contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 0.67 ± 1.44 (median 0.28), *Q. species* 0.44 ± 1.11 (median 0.18), *P. abies* 0.41 ± 1.51 (median 0.22), *P. sylvestris* 1.21 ± 3.58 (median 0.34), and *A. alba* 1.15 ± 2.61 (median 0.47). Exogenic arsenic was present on 0.8% of the surface of analysed foliage of forest tree species.

The map of all woody plants in the Atlas shows that increased arsenic contents occur in the vicinity of all industrial centres – in central Spiš, Upper Nitra Basin, Žiar Basin, Váh Valley as well as around small thermal power plants and factories throughout Slovakia. Brown coal contains much arsenic which is released by burning.

Total arsenic content exceeds 0.2 mg.kg^{-1} in leaves of *F. sylvatica* in central Spiš, Upper Nitra and Žiar basins, Nízke Tatry Mts. and Kysuce-Beskydy; *Q. species* in central Spiš; *P. abies* at Lubeník, Jelšava, Upper Nitra and Žiar basins, *P. sylvestris* and *A. alba* in central Spiš and Žiar Basin.

DISTRIBÚCIA ARZÉNU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 20		DISTRIBUTION OF ARSENIC IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	539	126	868	987	96	171	1 287	2 153
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	0,675	0,438	0,559	0,410	1,210	1,154	0,568	0,565
Smerodajná odchýlka Standard deviation	1,440	1,106	1,277	1,508	3,576	2,607	1,920	1,691
Variačný koeficient Variation coefficient	213	253	228	368	296	226	338	299
Minimálna hodnota Minimum value	0,005	0,005	0,005	0,003	0,053	0,023	0,003	0,003
Maximálna hodnota Maximum value	13,80	9,06	13,80	34,18	26,70	18,23	34,18	34,20
Medián Median	0,267	0,178	0,232	0,218	0,337	0,467	0,246	0,240

BÁRIUM

Bárium patrí medzi kovy alkalických zemín. V prírode sa vyskytuje v oxidačnom stave +2 a je rozšírené najmä vo forme barytu (BaSO_4). Pre baktérie, riasy, huby, vyššie rastliny je neesenciálny, o jeho esencionalite pre živočíchy sa v súčasnosti diskutuje. Je relatívne neškodné, ale jeho iónová forma Ba^{2+} je vysoko toxická. Za normálnych podmienok sa však vyskytuje ako nerozpustné. Bárium je štruktúrny prvok a senzor na snímanie intenzity gravitačnej sily. Priemerná toxicita pre rastliny je 500 mg.l^{-1} , pre človeka je toxická denná dávka 200 mg. Bárium akumuluje strom *Bertholletia excelsa*, protozoa *Xenophyophora*, planktón *Chaetocerus curvisetus* a *Rhizosolenia calcaravis*. Jeho obsah v pôde sa pohybuje okolo 500 mg.kg^{-1} a v rastlinách sa nachádza v množstve od $8\text{--}150 \text{ mg.kg}^{-1}$ (BOWEN, 1979 a MARKERT, 1993). Celkový obsah bária vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $7,364 \cdot 10^7 \text{ t}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu bária v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $65 \pm 61 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián 47 mg.kg^{-1} , tab. 21). Priemerný obsah bária v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* 100 ± 83 (medián 81), *Q. species* 82 ± 52 (medián 76), *P. abies* 53 ± 44 (medián 41), *P. sylvestris* 16 ± 26 (medián 8,8) a *A. alba* 36 ± 24 (medián 30). Exogénne bárium bolo prítomné v 0,5% prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín na okolí Železnorudných baní Rudňany, kde sa vyrába.

Na mape všetkých drevín sú zrejme obsahy bária vyššie ako 150 mg.kg^{-1} na strednom a východnom Slovensku. Najvyšší obsah celkového bária v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* je v horských lesoch Kysúc a Beskyd, na južnej strane Nízkych Tatier a na okolí magnezitových závodov v Lubeníku a Jelšave. Najvyšší obsah celkového bária v asimilačných orgánoch *P. abies* je v Žiarskej kotline, vo vojenskom priestore Lešť a opäť na okolí magnezitových závodov v Lubeníku a Jelšave. Obsah bária v ostatných drevinách neprekročil hranicu 150 mg.kg^{-1} .

BARIUM

Barium is an alkali-earth metal. In nature it has valence +2 and mostly occurs in the form of baryte BaSO_4 . It is not essential to bacteria, algae, fungi and higher plants, whereas its importance for animals is currently being discussed. It is fairly harmless, except for its ion form Ba^{2+} which is highly toxic. Under normal conditions, however, arsenic is insoluble. Barium is a structural and gravity sensor. Average toxicity for plants is 500 mg/l and for humans 200 mg/day . Barium is amassed by tree *Bertholletia excelsa*, protozoa *Xenophyophora*, plankton *Chaetocerus curvisetus* and *Rhizosolenia calcaravis*.

Its content in soil varies around 500 mg.kg^{-1} and in plants from 8 to 150 mg.kg^{-1} (BOWEN 1979, and MARKERT, 1993). Total barium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $7.364 \cdot 10^7 \text{ t}$.

Arithmetic mean of total barium content in foliage of all forest tree species mentioned in the Atlas amounts to $65 \pm 61 \text{ mg.kg}^{-1}$ (media 47 mg.kg^{-1} , Tab. 21). Average barium content in foliage of individual tree species is as follows (in mg.kg^{-1}): 100 ± 83 (median 81) in *F. sylvatica*, 82 ± 52 (median 76) in *Q. species*, 53 ± 44 (median 41) in *P. abies*, 16 ± 26 (median 8.8) in *P. sylvestris* and 36 ± 24 (median 30) in *A. alba*. Exogenic barium was present in 0.5% of stomata of analysed foliage of forest tree species in the vicinity of barium mines at Rudňany.

The map of all woody plants in the Atlas reveals that barium contents surpass 150 mg.kg^{-1} in central and eastern Slovakia. The highest total barium value has been noted in leaves of *F. sylvatica* in Kysuce and Beskydy mountain forests, on southern slopes of the Nízke Tatry and around magnesite plants at Lubeník and Jelšava. The highest total barium contents in needles of *P. abies* occur in the Žiar Basin, military area Lešť and around magnesite plants at Lubeník and Jelšava. Barium contents in other forest species were below 150 mg.kg^{-1} .

DISTRIBÚCIA BÁRIA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 21			DISTRIBUTION OF BARIUM IN FOREST TREE SPECIES		
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus robur L.	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	125	901	1114	104	178	1429	2328
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	100,0	82,3	90,8	53,2	15,8	35,6	48,3	64,8
Smerodajná odchýlka Standard deviation	83,8	51,9	74,7	43,8	25,9	23,9	42,8	60,9
Variačný koeficient Variation coefficient	84	63	82	82	164	67	89	94
Minimálna hodnota Minimum value	0,070	8,420	0,070	0,020	0,980	4,220	0,020	0,020
Maximálna hodnota Maximum value	603,0	380,0	603,0	452,0	228,0	202,0	452,0	603,0
Medián Median	81,2	75,8	73,5	41,0	8,8	29,9	36,8	47,0

BERÝLIUM

Berýlium je kov, ktorý patrí medzi prvky alkalických zemín. V prírode sa nachádza v oxidačnom stave +2 v niekoľkých mineráloch (beryl, euklas, gadolynit a chrysoberyl), ktoré u nás nie sú príliš rozšírené. Pre baktérie, riasy, huby, vyššie rastliny a živočíchy je neesenciálne. Je však enormne toxické a má veľký význam pre environmentálne analýzy. Najväčšmi toxická forma je BeOH^+ . Pre rastliny je toxická dávka $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$. BOWEN (1979) a HOFELE a kol. (1995) udávajú obsah v pôde $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pre rastliny $0,0006 - 0,04 \text{ mg.kg}^{-1}$ (MARKERT, 1993). Celkový obsah berýlia vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,841 \cdot 10^3 \text{ t}$. Akumuluje sa vo *Vaccinium myrtillus* a *Vicia sylvatica* a v ľudských kostiach. Berýlium a jeho zlúčeniny sa pokladajú za alergény. Pre niektoré živočíšne druhy sa dokázala ich karcinogenosť. Zvýšené obsahy berýlia sa viažu na priemyselné oblasti.

Aritmetický priemer celkového obsahu berýlia v asimilačných orgánoch všetkých drevín v atlasovom materiále je $0,02 \pm 0,07 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $0,008 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 22). Priemerný obsah berýlia v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $0,03 \pm 0,06$ (medián $0,02$), *Q. species* $0,03 \pm 0,03$ (medián $0,02$), *P. abies* $0,01 \pm 0,04$ (medián $0,04$), *P. sylvestris* $0,01 \pm 0,02$ (medián $0,01$) a *A. alba* $0,01 \pm 0,01$ (medián $0,01$). V prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín exogénne berýlium nebolo prítomné.

Na mape všetkých drevín sú prípady, keď obsahy tohto prvku prevyšujú $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ vyznačené na strednom a východnom Slovensku. Najvyšší obsah celkového berýlia v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* sme našli na strednom Spiši, pri *Q. species* v Žiarskej kotline a pri *P. abies* vo vojenskom priestore Lešť.

BERYLIUM

Beryllium is a metal assigned among alkali earths. In nature it occurs in valence +2 in several minerals, such as beryl, euclase, gadolynite and chrysoberyl all of which are scarce in Slovakia. It is not essential to bacteria, algae, fungi, higher plants and animals. Be is enormously toxic and therefore is extremely important in environmental analyses. The most toxic form is BeOH^+ . A content of 0.5 mg/l is toxic to plants. BOWEN (1979) puts Be content in soil at 0.3 mg.kg^{-1} , and in plants from 0.0006 to 0.04 mg.kg^{-1} (MARKERT, 1993). Total beryllium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $1.841 \cdot 10^3 \text{ t}$. Beryllium is accumulated in *Vaccinium myrtillus* and *Vicia sylvatica* and in human bones. Metallic Be and its compounds are regarded as allergens. It has been proved that beryllium is carcinogenic to some animal species. Increased beryllium contents are associated with industrial areas.

Arithmetic mean of total beryllium contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas is $0.02 \pm 0.07 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 0.008 mg.kg^{-1} , Tab. 22). Average beryllium contents in foliage of individual tree species amount to (in mg.kg^{-1}) 0.03 ± 0.06 (median 0.02) in *F. sylvatica*, 0.03 ± 0.03 (median 0.02) in *Q. species*, 0.01 ± 0.04 (median 0.04) in *P. abies*, 0.01 ± 0.02 (median 0.01) in *P. sylvestris* and 0.01 ± 0.01 (median 0.01) in *A. alba*. Exogenic beryllium has not been detected in stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species in the Atlas suggests that beryllium contents above 0.4 mg.kg^{-1} occur in central and eastern Slovakia. The highest total beryllium content in leaves of *F. sylvatica* has been noted by us in central Spiš region, in those of *Q. species* in the Žiar Basin and *P. abies* in the military area Lešť.

DISTRIBÚCIA BERÝLIA V LESNÝCH DREVINÁCH		TAB. 22		DISTRIBUTION OF BERYLIUM IN FOREST TREE SPECIES				
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	126	538	867	976	96	171	1 276	2 141
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	0,027	0,029	0,043	0,010	0,012	0,012	0,011	0,024
Smerodajná odchýlka Standard deviation	0,034	0,064	0,092	0,035	0,017	0,013	0,032	0,066
Variačný koeficient Variation coefficient	123	224	215	344	147	102	297	276
Minimálna hodnota Minimum value	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Maximálna hodnota Maximum value	0,319	0,980	1,090	0,510	0,099	0,099	0,510	1,090
Medián Median	0,018	0,017	0,018	0,042	0,006	0,009	0,048	0,008

VÁPNIK

Vápnik patrí medzi kovy alkalických zemín. Nachádza sa v prírode v oxidáčnom stave +2. Je veľmi reaktívny, preto sa v prírode vyskytuje vždy viazaný. Uhlíčan vápenatý a horečnatý tvoria v podobe vápenca, kriedy a dolomitu celé pohoria. Ďalšími formami výskytu vápnika sú: sadrovec, kazivec, veľké množstvo silikátov, karbonátov a fosforečnanov. Vápnik je piaty najrozšírenejší prvok na Zemi. Celkový obsah vápnika vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,841 \cdot 10^{10}$ t.

Vápnik je esenciálny prvok pre baktérie, riasy, vyššie rastliny a živočíchy (s výnimkou húb). Organizmom je relatívne neškodný. O tom, či je Ca^{2+} a CaOH^+ toxický pre človeka sa zatiaľ ešte diskutuje. Vápnik je štruktúrna stavebná látka bunkových stien a súčasť kostí aj zubov (hydroxylapatit a karbonatoapatit), vajcové škrupiny, lastúry a koraly sú z uhličitanu vápenatého. Tento prvok má fyziologickú regulačnú a elektrochemickú funkciu, pôsobí ako spojovateľ v nervovej a svalovej odozve, je aktivátorom enzýmov a spúšťa chemotropickú reakciu peľu. Akumuluje sa v niektorých červených riasach, v schránkach bezstavovcov a v kostiach. Jeho nedostatok v rastlinách spôsobuje narušenie rastu (príliš malé bunky), uschýnanie vrcholov listov, celkovú deformáciu listov a obmedzenie rastu koreňov.

Variabilita vápnika v asimilačných orgánoch lesných drevín závisí od pôdy. BOWEN (1979) uvádza obsah Ca v pôde $15\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. Obsah vápnika v zásade koreluje s hladinou horčika. CLÜSENER (1990) zistil v lesných drevinách obsah $11\,400 \pm 10\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. BERGMANN (1986) uvádza pre optimálny rast smreka endogénny obsah $3\,500 - 8\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. BUBLINEC (1990) odporúča pre smrek limitné hodnoty $2\,500 - 7\,000 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$, pre buk a dub $5\,000 - 15\,000 \text{ mg Ca.kg}^{-1}$. V rastlinách nie je vápnik taký pohyblivý ako horčík, a preto sa akumuluje v starších rastlinných tkanivách. BOWEN (1979) uvádza pre rastliny hodnoty $3\,000 - 14\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty $2\,200 - 8\,600 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* $1\,700 - 5\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu vápnika v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $11\,020 \pm 8\,090 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $9\,260 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 23). Priemerný obsah vápnika v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $13\,534 \pm 7\,829$ (medián $12\,334$), *Q. species* $12\,136 \pm 5\,182$ (medián $11\,498$), *P. abies* $8\,078 \pm 5\,815$ (medián $6\,718$), *P. sylvestris* $5\,950 \pm 2\,498$ (medián $5\,433$) a *A. alba* $12\,774 \pm 6\,424$ (medián $12\,188$). Exogénny vápnik bol prítomný v 93,4% prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Z mapy všetkých drevín je zrejmé, že obsah vápnika na južnom Slovensku prekročil hodnotu $35\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. Najvyšší obsah celkového vápnika v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* sa zistil v Nízkych Tatrách-juh, v beskydských horských lesoch na Kysuciach a na Hornej Nitre. Najvyšší obsah celkového vápnika v asimilačných orgánoch *P. abies* sa vyskytuje vo vojenskom priestore Lešť, v Žiarskej kotline a na Hornej Nitre, pri *A. alba* v Žiarskej kotline.

CALCIUM

Calcium is an alkali-earth metal. It naturally occurs in valence +2. Owing to its high reactivity, calcium in nature is always bound in compounds. Calcium and magnesium carbonates, i.e. limestone, chalk and dolomite, make up whole mountain ranges. Calcium is also present in gypsum, fluoride and in a multitude of silicates, carbonates and phosphates. Calcium is the fifth most abundant element on earth. Total calcium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $1.841 \cdot 10^{10}$ t.

Calcium is an essential element for bacteria, algae, higher plants and animals, but not for fungi. It is fairly harmless to all organisms. Ca^{2+} and CaOH^+ toxicity to humans is being discussed. Calcium is a structural material of cell walls, and a constituent in bones and teeth (hydroxylapatite and carbonatoapatite). Egg shells, tests and corals are composed of calcium carbonate. Calcium has physiologic regulatory and electro-chemical functions, ensures connection in neural and muscular response, activates enzymes and starts chemotrophic reaction of pollen. It accumulates in some red algae, invertebrate shells and in bones. Its deficiency in plants results in slower growth (small cells), withering of leaf tips, leaf deformations and slower growth of roots.

Calcium contents in assimilation organs of forest tree species are controlled by the soil. BOWEN (1979) puts Ca content in soil at $15\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. The concentrations of calcium basically correlate with those of magnesium. CLÜSENER (1990) has determined $11\,400 \pm 10\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$ Ca in forest tree species. BERGMANN (1986) notes that the optimum growth of larch requires an endogenic content between $3\,500$ and $8\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. BUBLINEC (1990) has proposed limit values $2\,500 - 7\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$ Ca for larch, and $5\,000 - 15\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$ Ca for beech and oak. In plants, Ca is not so mobile as Mg and therefore is piled up in older plant tissues. BOWEN (1979) gives Ca contents in vegetation $3\,000 - 14\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. INNES (1995) has determined $2\,200 - 8\,600 \text{ mg.kg}^{-1}$ Ca in two-year-old needles of *P. abies* and $1\,700 - 5\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$ in those of *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total calcium contents in foliage of all tree species discussed in the Atlas amounts to $11\,020 \pm 8\,090 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median $9\,260 \text{ mg.kg}^{-1}$, Tab. 23). Mean calcium contents in leaves of individual tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* $13\,534 \pm 7\,829$ (median $12\,334$), *Q. species* $12\,136 \pm 5\,182$ (median $11\,498$), *P. abies* $8\,078 \pm 5\,815$ (median $6\,718$), *P. sylvestris* $5\,950 \pm 2\,498$ (median $5\,433$) and *A. alba* $12\,774 \pm 6\,424$ (median $12\,188$). Exogenic calcium was present in 93.4% of stomata of analysed foliage of forest tree species. The map of all tree species in the Atlas indicates that calcium contents in southern Slovakia exceed $35\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. The highest total calcium contents in leaves of *F. sylvatica* have been noted in southern Nízke Tatry, mountain forests in Kysuce-Beskydy and in the Upper Nitra Basin. The highest total calcium contents in needles of *P. abies* in an Atlas map occur in the military area Lešť, Žiar and Upper Nitra basins, and those of *A. alba* in the Žiar basin.

DISTRIBÚCIA VÁPNIKA V LESNÝCH DREVINÁCH				DISTRIBUTION OF CALCIUM IN FOREST TREE SPECIES				
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Quercus species</i>	Listnaté spolu Total deciduous	<i>Picea abies</i> Karst.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Abies alba</i> L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	13534,0	12136,0	14880,0	8078,0	5950,0	12774,0	8586,0	11021,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	7829,0	5182,0	9052,0	5815,0	2498,0	6424,0	6291,0	8086,0
Variačný koeficient Variation coefficient	58	43	61	72	42	50	73	73
Minimálna hodnota Minimum value	1213,0	2681,0	1214,0	1099,0	1302,0	1974,0	931,0	931,0
Maximálna hodnota Maximum value	140012,0	29733,0	140012,0	90240,0	15856,0	69331,0	90240,0	140012,0
Medián Median	12334,0	11496,0	12811,0	6718,0	5433,0	12189,0	7089,0	9260,0

KADMIUM

Kadmium patrí medzi ťažké kovy. Často sprevádza zinok v jeho rudách, ktoré obsahujú sírnik kademnatý. V prírode sa kadmium nachádza v oxidačnom stupni +2. Jeho zvýšené množstvo v rastlinách je dôležité z environmentálneho hľadiska. Pre baktérie, riasy, huby a vyššie rastliny je neesenciálne, o jeho esencionalite pre živočíchy sa v súčasnosti diskutuje (napr. pre krysy). Pre väčšinu organizmov je silne toxické, najmä ako Cd^{2+} a $CdOH^+$ s priemernou toxicitou pre rastliny $0,2-9 \text{ mg.l}^{-1}$. Akumuluje sa v *Agaricus* a ďalších hubách, v pečeni a obličkách živočíchov a ľudí. V Japonsku sa vyskytuje tzv. choroba itai-itai (obsah kadmia v riečnej vode z baní na striebro, používané na zavlažovanie ryžových polí, spôsobil zvýšenie obsahu kadmia v ryži a v dôsledku toho sa vyskytli u konzumentov deformácie kostí a spontánne zlomeniny kostí). Kadmium sa uvoľňuje z kovospracujúcich závodov, zo spaľovní, cigaretového dymu, minerálnych hnojív a do okolia ciest z automobilov na dieselový pohon.

Príjem kadmia môže byť pasívny aj metabolický. V rastlinách je veľmi mobilné. V pôde sa vyskytuje vo forme Cd^{+2} a tvorí zložené komplexy a organické cheláty. BOWEN (1979) udáva $0,35 \text{ mg.kg}^{-1}$ v pôde, kde ho absorbuje íl a organické látky. Jeho príjem podporujú hodnoty pH pod 6 a obmedzujú hodnoty nad 7. Zinok, meď a selén redukujú jeho príjem aj toxicitu. Je ľahko transportovateľné do rôznych rastlinných častí, najvyššie koncentrácie sa našli v koreňoch a v častiach listov.

Celkový obsah kadmia vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $9,2 \cdot 10^4 \text{ t}$. Za normálnu hodnotu pre kadmium je možné považovať obsah do $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (MAŇKOVSKÁ, 1980). BUBLINEC (1990) uvádza ako prípustné množstvá pre dreviny obsah $0,3-0,8$, BOWEN (1979) hodnoty $0,1-2,4 \text{ mg.kg}^{-1}$. Zvýšený obsah Cd sa vyskytuje v priemyselných oblastiach ($5-150 \text{ mg.kg}^{-1}$) a na okolí vozoviek (do 20 mg.kg^{-1} – HUTTON et al., 1988, EDELBAUER, 1982, VOGEL et al., 1988, 1991, KELLER, 1989, POLLE et al., 1992, MAŇKOVSKÁ, 1980).

Aritmetický priemer celkového obsahu kadmia v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $0,20 \pm 0,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $0,15 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 24). Priemerný obsah kadmia v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $0,19 \pm 0,13$ (medián $0,17$), *Q. species* $0,12 \pm 0,11$ (medián $0,10$), *P. abies* $0,19 \pm 0,16$ (medián $0,15$), *P. sylvestris* $0,22 \pm 0,21$ (medián $0,16$) a *A. alba* $0,26 \pm 0,17$ (medián $0,23$). Exogénne kadmium nebolo prítomné v prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Z mapy všetkých drevín je zvýšený obsah kadmia zjavný na severnom a východnom Slovensku, maximum na južnom Slovensku. Najvyšší obsah celkového kadmia v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* je v priemyselnej aglomerácii Košice, v beskydských horských lesoch Kysúc, v Nízkych Tatrách-juh a na strednom Spiši. Najvyšší obsah celkového kadmia v asimilačných orgánoch *P. abies* je v beskydských horských lesoch Kysúc, v oblasti magnezitového priemyslu Lubeník a Jelšava a vo Vysokých Tatrách. Najvyššie obsahy kadmia v asimilačných orgánoch *A. alba* a *P. sylvestris* boli zistené v Žiarskej kotline a na strednom Spiši.

CADMIUM

Cadmium is a heavy metal. It is frequently associated with zinc ores which contain cadmium sulphide. Cadmium occurs in valence +2. Its increased contents in vegetation are important from an environmental point of view. Cadmium is not essential for bacteria, algae, fungi and higher plants; its importance for animals (rats) is currently being discussed. It is highly toxic to most organisms, particularly in the form of Cd^{2+} and $CdOH^+$, its average toxicity to plants being $0.2-9 \text{ mg/l}$. It accumulates in *Agaricus* and other fungi as well as in human kidneys and liver. In Japan, it caused Itai-Itai disease (Cd from silver mines was released to river waters which were used to irrigate rice fields, increased Cd concentrations in rice caused deformations and spontaneous fracturing of human bones). Cd is released from smelters, towns, incineration plants, cigarette smoke, mineral fertilizers and waste, and from diesel engines.

Cadmium can be taken up either passively or metabolically. It is very mobile in plants. In soil it occurs in the form of Cd^{+2} which is bound in complicated complexes and organic chelates. Cd content in soil, where it is readily absorbed by clay and organic matter, has been estimated by BOWEN (1979) at 0.35 mg.kg^{-1} . Its uptake is supported by pH values below 6 and reduced by values above 7. Zinc, copper and selenium reduce cadmium uptake and toxicity. It is easily transported to various parts of plant bodies, the highest concentrations being in roots and in some parts of leaves.

Total cadmium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $9.2 \cdot 10^4 \text{ t}$. A limit value for cadmium may be set at 0.5 mg.kg^{-1} (MAŇKOVSKÁ, 1986). BUBLINEC (1990) states that permissible Cd concentrations in forest tree species are $0.3-0.8 \text{ mg.kg}^{-1}$, whereas BOWEN (1979) puts them at $0.1-2.4 \text{ mg.kg}^{-1}$. Increased Cd contents occur in industrial areas (5 to 150 mg.kg^{-1}) and near highways (up to 20 mg.kg^{-1} – HUTTON et al., 1988; EDELBAUER, 1982; VOGEL et al., 1988, 1991; KELLER, 1989; POLLE et al., 1992; MAŇKOVSKÁ, 1980).

Arithmetic mean of total cadmium contents in foliage of all forest tree species mentioned in the Atlas amounts to $0.20 \pm 0.20 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 0.15 mg.kg^{-1} , Tab. 24). Average cadmium contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 0.19 ± 0.13 (median 0.17), *Q. species* 0.12 ± 0.11 (median 0.10), *P. abies* 0.19 ± 0.16 (median 0.15), *P. sylvestris* 0.22 ± 0.21 (median 0.16) a *A. alba* 0.26 ± 0.17 (median 0.23). Exogenic cadmium was not present in stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all tree species in the Atlas reveals increased cadmium contents in northern and eastern, but mainly southern Slovakia. The highest total cadmium contents in leaves of *F. sylvatica* occur near Košice, mountain forests in Kysuce and Beskydy, southern Nízke Tatry and in central Spiš. The highest total cadmium contents in needles of *P. abies* on the Atlas map are in mountain forests in Kysuce and Beskydy, near magnesite plants at Lubeník and Jelšava and in the Vysoké Tatry. The highest cadmium contents in needles of *A. alba* and *P. sylvestris* have been noted in the Žiar Basin and central Spiš.

DISTRIBÚCIA KADMIA V LESNÝCH DREVINÁCH				DISTRIBUTION OF CADMIUM IN FOREST TREE SPECIES				
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Quercus species</i>	Listnaté spolu Total deciduous	<i>Picea abies</i> Karst.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Abies alba</i> L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	537	125	863	966	95	170	1264	2125
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	0,190	0,123	0,178	0,192	0,218	0,256	0,209	0,196
Smerodajná odchýlka Standard deviation	0,131	0,113	0,215	0,158	0,214	0,171	0,188	0,199
Variačný koeficient Variation coefficient	69	92	121	82	98	67	90	102
Minimálna hodnota Minimum value	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,001
Maximálna hodnota Maximum value	0,883	0,980	3,901	1,380	1,691	0,967	2,000	3,900
Medián Median	0,173	0,098	0,141	0,153	0,162	0,230	0,165	0,153

KOBALT

Kobalt je kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave (+1), +2, +3 a +4. Vyskytuje sa vždy spoločne s niklom, a to najmä v zlúčeninách s arzénom. Esenciálny je iba pre rôzne druhy baktérií, rias a vyššie rastliny, napr. pre *Fabaceae* za symbiotických podmienok. Mierna translokácia z koreňov do ďalších rastlinných častí ide cez transpiračný tok v xyléme. V rastlinných zásobných orgánoch alebo semenách sa akumuluje v oveľa menších koncentráciách než vo vegetatívnych častiach. V xylémovom exudáte je tento kov prítomný ako kation a v lykovom exudáte ako negatívne nabitý komplex (STREIT, 1991). Je akumulovaný v *Clethra barbinervis*, *Crotalaria cabaticola* a *Nyssa sylvatica*. Či je kobalt esenciálny pre vyššie rastliny zostáva nevyjasnené, nepochybne je však nevyhnutný pre N_2 -fixáciu baktérií *Rhizobium*, žijúcich v symbióze s *Leguminosae*. Pridavok malého množstva kobaltu často zvyšuje úrodu (MARKERT, 1993).

Pre živočíchy je kobalt potrebný na tvorbu vitamínu B_{12} . Nie je esenciálny pre huby. Toxický je v koncentrácii 0,1–3 mg.l⁻¹ pre rastliny vo forme Co^{2+} a $CoCO_3$. Priemerná denná toxicita pre človeka predstavuje 500 mg.l⁻¹. Nedostatok tohto prvku spôsobuje anémiu, deficit vitamínu B_{12} a narušenie syntézy nukleových kyselín.

BOWEN (1979) uvádza hraničné hodnoty pre pôdu 8 mg.kg⁻¹ a pre rastliny 0,005–1,0 mg.kg⁻¹. Celkový obsah kobaltu vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na 3,682 · 10⁵ t. JAYSEKERA (1993) zistil v listí drevín obsahy 0,05–1,86 mg.kg⁻¹. MARKERT (1993) udáva pre *P. sylvestris* 0,124 mg.kg⁻¹. Aritmetický priemer celkového obsahu kobaltu v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je 0,17±0,24 mg.kg⁻¹ (medián 0,11 mg.kg⁻¹, tab. 25). Priemerný obsah kobaltu v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg⁻¹ je takýto: *F. sylvatica* 0,12±0,17 (medián 0,08), *Q. species* 0,17±0,16 (medián 0,12), *P. abies* 0,68±0,96 (medián 0,46), *P. sylvestris* 0,22±0,37 (medián 0,13) a *A. alba* 0,24±0,19 (medián 0,20). Exogénny kobalt nebol prítomný v prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín sú obsahy kobaltu vyššie ako 0,2 mg.kg⁻¹ prítomné na juhovýchodnom Slovensku. Obsahy celkového kobaltu vyššie ako 0,2 mg.kg⁻¹ v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* sme zistili na južnej strane Nízkyh Tatier a na strednom Spiši; pri *P. abies* v oblasti magnezitového priemyslu v Lubeníku a Jelšave a na strednom Spiši; pri *P. sylvestris* a *A. alba* na strednom Spiši.

COBALT

Cobalt is a metal which naturally occurs in valences (+1), +2, +3 and +4. In nature it is always associated with nickel, usually in compounds with arsenic. Cobalt is essential only for some kinds of bacteria, algae and higher plants, such as *Fabaceae* under symbiotic conditions. Co moves in limited amounts from plant roots to higher parts through transpiration flow in xylem. Much more cobalt is accumulated in vegetative parts of plants than in seeds and storage organs. In xylem exudate this metal occurs as a cation, while in bast exudate it forms negatively-charged complexes (STREIT and STUMM, 1993). It accumulates in *Clethra barbinervis*, *Crotalaria cabaticola* and *Nyssa sylvatica*. It remains unclear whether cobalt is essential to higher plants, but it surely is needed in N_2 fixation of bacteria *Rhizobium* living in symbiosis with *Leguminosae*. Addition of a small amount of Co often increases crop (MARKERT, 1993).

Animals need it to form vitamin B_{12} . It is not essential to fungi. Concentrations of 0.1–3 mg/l in the form of Co^{2+} and $CoCO_3$ are toxic to plants. Average daily toxicity to humans is 500 mg. Its deficiency causes anaemia, lack of vitamin B_{12} and disturbs synthesis of nucleus acids. BOWEN (1979) gives limit values in soil 8 mg.kg⁻¹ and in plants above 0.005 mg.kg⁻¹. Total cobalt content in world plant biomass has been put by MARKERT (1992) at 3.682 · 10⁵ t. JAYSEKERA (1993) has determined in forest species foliage 0.05–1.86 mg.kg⁻¹. MARKERT (1993) gives the value for *P. sylvestris* 0.124 mg.kg⁻¹.

Arithmetic mean of total cobalt contents in foliage of all tree species dealt with in the Atlas is 0.17±0.24 mg.kg⁻¹ (median 0.11 mg.kg⁻¹, Tab. 25). Average cobalt contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg⁻¹): *F. sylvatica* 0.12±0.17 (median 0.08), *Q. species* 0.17±0.16 (median 0.12), *P. abies* 0.68±0.96 (median 0.46), *P. sylvestris* 0.22±0.37 (median 0.13) a *A. alba* 0.24±0.19 (median 0.20). Exogenic cobalt was lacking in all stomata of analysed foliage of forest tree species.

The Atlas's map of all tree species shows that cobalt contents above 0.2 mg.kg⁻¹ occur in southeastern Slovakia. Total cobalt contents in excess of 0.2 mg.kg⁻¹ have been noted in leaves of *F. sylvatica* on the southern slopes of the Nízke Tatry and in central Spiš, in those of *P. abies* near magnesite plants at Lubeník and Jelšava and in central Spiš; and *P. sylvestris* and *A. alba* in central Spiš.

DISTRIBÚCIA KOBALTU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 25		DISTRIBUTION OF COBALT IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	539	126	868	985	96	171	1 285	2 151
Aritmetický priemer v mg.kg ⁻¹ Arithmetic mean in mg.kg ⁻¹	0,119	0,173	0,165	0,158	0,223	0,243	0,181	0,175
Smerodajná odchýlka Standard deviation	0,174	0,157	0,247	0,162	0,371	0,194	0,233	0,239
Variačný koeficient Variation coefficient	147	91	149	102	166	80	128	137
Minimálna hodnota Minimum value	0,0006	0,0010	0,0006	0,0005	0,0010	0,0010	0,0005	0,0005
Maximálna hodnota Maximum value	2,880	0,941	3,910	1,300	3,270	1,200	3,640	3,910
Medián Median	0,080	0,123	0,100	0,110	0,133	0,199	0,126	0,114

CHRÓM

Chróm je kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +2, +3 a +6. Jeho najdôležitejšou rudou je chromit. Cr^{3+} sa vyskytuje aj v nerastoch hliníka, môže nahradzovať železo, titan a horčík v minerálnych mriežkach a môže sa zároveň s týmito prvkami vyskytovať v silikátoch aj v podobe oxidov.

Pre bakterie, riasy, huby a vyššie rastliny nie je chróm esenciálny. Pre vyššie rastliny je toxický vo forme $\text{Cr}(\text{OH})_3$ a Cr_4^{2-} v koncentrácii 1 mg Cr^{6+} na liter. Akumuluje sa v *Leptospermum scoparium* a *Pimelia suteria*. Prijem ako CrO_4^{2-} sa vyskytuje častejšie, je však redukovaný na Cr^{3+} vo všetkých pôdach. Touto redukciou je zvyčajné zrážanie sa v pôde, mobilný je chróm iba vo veľmi kyslom prostredí. Jeho trojvalentnú formu absorbujú korene rastlín iba v malej miere. Translokácia chrómu z koreňov do ďalších rastlinných častí je malá. Pre živočíchy je tento prvok esenciálny, u človeka zosilňuje pôsobenie inzulínu a pôsobí na glukózovú toleranciu. Jeho nedostatok spôsobuje diabetes a zvýšenie séra lipidov. Cr^{6+} je tisícnásobne toxickejší ako Cr^{3+} (zásadne iba Cr^{6+} je totiž schopný prechádzať cez membrány buniek). V bunkách Cr^{3+} sa prednostne ukladá do stien, Cr^{6+} do bunkových štiav, zatiaľ čo ich koncentrácia v mitochondriách a bunkových nuklidoch je nízka.

BOWEN (1979) udáva pre chróm v pôde hodnotu 70 mg.kg⁻¹ a v rastlinách hodnoty 0,03–10 mg.kg⁻¹. Celkový obsah chrómu vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na 2,762 · 10⁶ t. JAYSEKERA (1993) zisťoval v lesných drevinách 0,44–1,37 mg.kg⁻¹. MARKERT (1993) udáva pre *P. sylvestris* ako normálnu hodnotu obsah do 1,72 mg.kg⁻¹.

Aritmetický priemer celkového obsahu chrómu v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v tomto atlase je 0,8 ± 1,8 mg.kg⁻¹ (medián 0,5 mg.kg⁻¹, tab. 26). Priemerný obsah chrómu v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg⁻¹ je takýto: *F. sylvatica* 1,1 ± 2,9 (medián 0,6), *Q. species* 0,8 ± 1,1 (medián 0,5), *P. abies* 0,7 ± 1,0 (medián 0,5), *P. sylvestris* 0,6 ± 0,4 (medián 0,5) a *A. alba* 0,6 ± 0,8 (medián 0,5). Exogénny chróm bol prítomný na 1,6 % povrchu analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Obsah chrómu vyšší ako 2 mg.kg⁻¹ je na mape všetkých drevín zachytený v oblasti stredného a východného Slovenska a viaže sa na priemyselné oblasti. Najvyšší obsah celkového chrómu v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* sa zisťoval v Nízkych Tatrách-juh a v Žiarskej kotline, pri *Q. robur* na hornej Nitre.

CHROMIUM

Chromium is a metal, which in nature occurs in valences +2, +3 and +6. Its most important ore is chromite. Moreover, Cr^{3+} is present in aluminium minerals, and may also replace iron, titanium and magnesium in the lattices of minerals and therefore is associated with these elements in silicates and oxides.

Chromium is not essential to bacteria, algae, fungi and higher plants. In the form of $\text{Cr}(\text{OH})_3$, Cr_4^{2-} and in concentrations above 1 mg/l also Cr^{6+} , this element is toxic to higher plants. It is amassed by *Leptospermum scoparium* and *Pimelia suteria*. Chromium is mostly taken up as CrO_4^{2-} . In all soils it is reduced to Cr^{3+} in the common process of precipitation and consequently is mobile only in an extremely acid environment. Trivalent chromium is absorbed by plant roots only to a limited extent. Its translocation from roots to the other parts of plant bodies is limited, too. The element is essential to animals. In human body it strengthens the power of insulin and promotes glucose tolerance. Its deficiency causes diabetes and growth in lipide serum. Cr^{6+} is 1 000 times as toxic as Cr^{3+} (basically, only the former is capable of passing through cell membranes). Cr^{3+} is bound mostly in cell walls, whereas Cr^{6+} ends up in cell liquids, its concentration in mitochondria and cell nuclides being low.

BOWEN (1979) puts chromium contents in soil at 70 mg.kg⁻¹ and in vegetation from 0.03 to 10 mg.kg⁻¹. Total chromium content in world plant biomass is 2.762 · 10⁶ t (MARKERT, 1992). JAYSEKERA (1993) has determined Cr concentrations in forest tree species between 0.44 and 1.37 mg.kg⁻¹. MARKERT (1993) gives a limit value for *P. sylvestris* 1.72 mg.kg⁻¹ Cr.

Arithmetic mean of total chromium contents in foliage of all tree species mentioned in the Atlas is 0.8 ± 1.8 mg.kg⁻¹ (median 0.5 mg.kg⁻¹, Tab. 26). Average chromium contents in foliage of individual forest tree species are (in mg.kg⁻¹): *F. sylvatica* 1.1 ± 2.9 (median 0.6), *Q. species* 0.8 ± 1.1 (median 0.5), *P. abies* 0.7 ± 1.0 (median 0.5), *P. sylvestris* 0.6 ± 0.4 (median 0.5) and *A. alba* 0.6 ± 0.8 (median 0.5). Exogenic chromium has been present on 1.6 % of the surface of analysed foliage of forest tree species.

The map of all tree species in the Atlas shows that chromium contents exceed 2 mg.kg⁻¹ in industrial areas of central and eastern Slovakia. The highest total chromium contents in leaves of *F. sylvatica* have been determined in the southern Nízke Tatry and Žiar Basin, and in those of *Q. robur* in the Upper Nitra Basin.

DISTRIBÚCIA CHRÓMU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 26		DISTRIBUTION OF CHROMIUM IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	536	126	865	974	96	170	1 273	2 136
Aritmetický priemer v mg.kg ⁻¹ Arithmetic mean in mg.kg ⁻¹	1,056	0,823	0,995	0,677	0,591	0,614	0,659	0,795
Smerodajná odchýlka Standard deviation	2,895	1,114	2,546	0,959	0,373	0,762	0,891	1,767
Variačný koeficient Variation coefficient	274	135	256	142	63	124	135	222
Minimálna hodnota Minimum value	0,051	0,005	0,005	0,002	0,028	0,054	0,002	0,002
Maximálna hodnota Maximum value	47,12	7,46	47,12	20,88	2,37	8,03	20,88	47,12
Medián Median	0,597	0,462	0,568	0,463	0,519	0,474	0,471	0,512

MEĎ

Meď je kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave 0, +1, +2 a (+3). Vyskytuje sa v podobe svojich zlúčenín na mnohých miestach a vo veľkých množstvách. V redukčných podmienkach vytvára dôležitý minerál chalkopyrit (CuFeS_2). Meď je pre baktérie, riasy, huby, vyššie rastliny a živočíchy esenciálny prvok. V nadbytku je pre rastliny toxická, najmä vo forme CuOH^+ a CuCO_3 , v koncentrácii 0,5–8 mg.l^{-1} . V pôde sa zväčša viaže na organické cheláty. Jej rozpustnosť závisí na pH. Zistila sa aj mierne pohyblivosť z koreňov do ostatných rastlinných častí.

Celkový obsah medi vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,841 \cdot 10^7$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) uvádzajú 1–80 mg Cu.kg^{-1} v pôde a v rastlinách 5–15. Akumuluje sa v *Aeolanthus biformifolus*, *Becium homblei*, *Cryptosepalum maraviense*, *Elsholtzia haichowensis*, *Gypsophila patrinii*, *Lychnis alpina*, *Polycarpaea spirostylis*, *Silene dioica*, *Silene vulgaris*, *Triumfetta welwitschi*, *Uapaca ssp.* a *Veronica glaberrima*. Ovplyvňuje fotosyntézu, N-metabolizmus a oxidačný systém, plní katalytickú funkciu vo väčšine redox-reakcií. Pri nedostatku prírme tohto prvku sa prejavuje napr. šedá škvrnitosť obilia, zaschnutie výhonkov, skrútené listy, škvrnitá chloróza mladých listov, pri živočíchoch blokovanie oxidácie (respirácie), anémia, zmeny v tvorbe kostí a pod.

BERGMAN (1986) uvádza ako optimum pre meď hodnoty medzi 9 a 10 mg Cu.kg^{-1} ; BUBLINEC (1990) pre ihličnany 2–12 a pre listnaté druhy 6–14 mg.kg^{-1} . KAUPENJOHAN et al. (1986) udáva hodnotu pre smrek 2,5–3 mg.kg^{-1} ; JOCHHEIM (1993) pokladá obsah medi menší ako 5 mg.kg^{-1} ako hraničný a hodnoty nad 100 mg.kg^{-1} ako extrémne imisné zaťaženie. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty 2,8–27,5 mg.kg^{-1} a v *P. sylvestris* 3–11,5 mg.kg^{-1} .

Aritmetický priemer celkového obsahu medi v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $7,3 \pm 7,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián 5,9 mg.kg^{-1} , tab. 27). Priemerný obsah medi v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $10,0 \pm 6,1$ (medián 8,8), *Q. species* $9,3 \pm 13,6$ (medián 7,4), *P. abies* $5,1 \pm 4,8$ (medián 3,8), *P. sylvestris* $8,7 \pm 12,4$ (medián 5,3) a *A. alba* $8,2 \pm 7,1$ (medián 5,8). Exogénna meď bola prítomná v 0,4% prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín sú obsahy celkovej medi prevyšujúce hodnotu 5 mg.kg^{-1} vyznačené asi na dvoch tretinách územia Slovenska. Hodnoty vyššie ako 10 mg.kg^{-1} sme zistili v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* na strednom Spiši a na južnej strane Nízkych Tatier, pri *P. abies* v Západných Tatrách, najvyššie hodnoty pre *Q. species*, *P. sylvestris* i *A. alba* v oblasti stredného Spiša.

COPPER

Copper is a metallic element which naturally occurs in valence 0, +1, +2 and (+3). Huge amounts of copper compounds are found in many places. Under reducing conditions it forms its major mineral – chalkopyrite (CuFeS_2). Copper is an essential element for bacteria, algae, fungi, higher plants and animals. Excessive copper, particularly in the form of CuOH^+ and CuCO_3 in concentrations 0.5–8 mg/l , is toxic to plants. In soil it is mostly bound to organic chelates. Its solubility is controlled by pH. Copper mobility from roots to the other parts of plant bodies is moderate. MARKERT (1992) has estimated total copper content in world plant biomass at $1.841 \cdot 10^7$. BOWEN (1979) and MARKERT (1992) give copper contents 1–80 mg.kg^{-1} in soil and 5–15 mg.kg^{-1} in vegetation. Copper accumulates in *Aeolanthus biformifolus*, *Becium homblei*, *Cryptosepalum maraviense*, *Elsholtzia haichowensis*, *Gypsophila patrinii*, *Lychnis alpina*, *Polycarpaea spirostylis*, *Silene dioica*, *Silene vulgaris*, *Triumfetta welwitschi*, *Uapaca ssp.*, *Veronica glaberrima*. It influences photosynthesis, N metabolism, oxidation system and is a catalyst in the majority of redox reactions. Copper deficiency results in gray spots on corn, withering of shoots, contorted leaves, chlorosis of young leaves, limited oxidation (respiration), anaemia and bone defects.

BERGMAN (1986) maintains that the optimum Cu contents are between 9 and 10 mg.kg^{-1} ; whereas BUBLINEC (1990) puts them at 2–12 for conifers and 6–14 mg.kg^{-1} for deciduous trees. KAUPENJOHAN et al. (1986) gives the optimum value for larch 2.5–3 mg.kg^{-1} ; JOCHHEIM (1993) argues that limit values are below 5 mg.kg^{-1} Cu and contents over 100 mg.kg^{-1} regards as an extreme imission fallout. INNES (1995) has determined contents 2.8–27.5 mg.kg^{-1} in two-year-old needles of *P. abies* and 3–11.5 mg.kg^{-1} in those of *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total copper contents in foliage of all tree species dealt with in the Atlas amounts to $7.3 \pm 7.0 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 5.9 mg.kg^{-1} , Tab. 27). Average copper contents in foliage of individual forest tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 10.0 ± 6.1 (median 8.8), *Q. species* 9.3 ± 13.6 (median 7.4), *P. abies* 5.1 ± 4.8 (median 3.8), *P. sylvestris* 8.7 ± 12.4 (median 5.3) and *A. alba* 8.2 ± 7.1 (median 5.8). Exogenic copper has been detected in 0.4% of stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all woody plants (A) in the Atlas reveals that two-thirds of Slovak territory display copper values above 5 mg.kg^{-1} . Copper contents over 10 mg.kg^{-1} have been noted in leaves of *F. sylvatica* in central Spiš and in the southern Nízke Tatry, in those of *P. abies* in the Západné Tatry, while *Q. species*, *P. sylvestris* and *A. alba* have highest concentrations in central Spiš.

DISTRIBÚCIA MEDI V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 27		DISTRIBUTION OF COPPER IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	573	126	902	1114	105	178	1430	2330
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	10,03	9,30	9,67	5,09	8,67	8,15	5,76	7,27
Smerodajná odchýlka Standard deviation	6,15	13,63	7,66	4,81	12,39	7,12	6,10	7,02
Variačný koeficient Variation coefficient	61	147	79	94	143	87	106	96
Minimálna hodnota Minimum value	2,59	3,14	2,57	0,30	2,00	2,60	0,30	0,30
Maximálna hodnota Maximum value	68,2	154,1	154,1	78,1	107,6	68,7	107,6	154,0
Medián Median	8,76	7,46	8,32	3,84	5,33	5,76	4,18	5,91

FLUÓR

Fluór je nekov, ktorý patrí medzi najreaktívnejšie prvky. Je záporne jednodomocný. V prírode sa nachádza v podobe zlúčenín, predovšetkým ako kazivec, kryolit a apatit. Prírodné sa vyskytuje vo fluórokyselinách a nukleocidíne. Pre baktérie, riasy, huby a vyššie rastliny nie je esenciálny, pre živočíchy je však nevyhnutný. Akumuluje sa v *Accacia georginae*, *Dichapetalum ssp.*, *Gastrolobium grandiflorum*, *Porifere Dysidea crawshayi*, v kostiach a v zuboch. V procese rastu cicavcov posilňuje vývoj chrupu. Zvýšenie príjmu tohto prvku môže spôsobovať fluorózu zubov dobytka a zveri (napr. v oblasti Žiaru nad Hronom sa vyskytuje fluoróza zubov srnčej zveri). V prípade nedostatočného prívodu prvku vzniká chloróza alebo zbledenie mladých listov, anémia, redukcia rastu a hemolýza. Fluór má štrukturálnu funkciu v apatite a pôsobí antibioticky. Je známa jeho korelácia s ochorením srdca. V množstve 5 mg.l⁻¹ je toxický pre rastliny, najmä vo forme F⁻ a HF, denná dávka 2 g je pre človeka letálna.

BOWEN (1979) uvádza 200 mg.kg⁻¹ ako hraničný obsah fluóru v pôde a 0,02–24 mg.kg⁻¹ v rastlinách. Celkový obsah fluóru vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na 3,682.10⁶ t. MAŇKOVSKÁ (1980) uvádza pre smrekové ihličie hraničnú hodnotu 8,7 mg.kg⁻¹ a MARKERT (1993) pre borovicu 2,0 mg.kg⁻¹.

Aritmetický priemer celkového obsahu fluóru v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je 6,2±4,8 mg.kg⁻¹ (medián 6,1 mg.kg⁻¹, tab. 28). Priemerný obsah v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg⁻¹ je takýto: *F. sylvatica* 5,8±2,6 (medián 5,9), *Q. species* 4,7±2,1 (medián 4,9), *P. abies* 6,3±4,2 (medián 6,2), *P. sylvestris* 7,8±14,9 (medián 6,3) a *A. alba* 8,3±5,1 (medián 8,0). V prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov nebol exogénny fluór prítomný.

Na mape všetkých drevín je zrejмый obsah celkového fluóru vyšší ako 5 mg.kg⁻¹ na dvoch tretinách územia Slovenska. Je zreteľne viazaný na okolie priemyselných závodov. Koncentrácie celkového fluóru vyššie ako 10 mg.kg⁻¹ sme našli v asimilačných orgánoch *P. abies*, *P. sylvestris* a *A. alba* v Žiarskej kotline a na strednom Spiši.

FLUORINE

Fluorine is a nonmetallic, negatively univalent element, one of the most reactive elements in the world. It naturally occurs in compounds, mainly fluorite, cryolite and apatite. It is also naturally found in fluoroacids and nucleocidine. It is indispensable to animals, but is not essential to bacteria, algae, fungi and higher plants. The element accumulates in *Accacia georginae*, *Dichapetalum ssp.*, *Gastrolobium grandiflorum*, *Porifere Dysidea crawshayi*, bones and teeth. Mammals need it to strengthen their teeth. Excessive fluorine, however, gives rise to tooth fluorosis of cattle and game – e. g. tooth fluorosis of deer in the Žiar nad Hronom area. Its deficiency causes chlorosis or yellowing of young leaves, anaemia, hemolysis and growth reduction. Fluorine has a structural function in apatite, has antibiotic effects and correlates with heart troubles. Contents above 5 mg.kg⁻¹, especially in the form of F⁻ and HF, are toxic to plants, and 2 g a day are lethal to humans.

BOWEN (1979) puts a limit value for soil at 200 mg.kg⁻¹ F and for plants at 0.02–24 mg.kg⁻¹ F. Total fluorine content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at 3.682.10⁶ t. MAŇKOVSKÁ (1980) gives a limit value for larch needles 8.7 mg.kg⁻¹ F and MARKERT (1993) for pinetree 2.0 mg.kg⁻¹ F.

Arithmetic mean of total fluorine contents in foliage of all forest tree species mentioned in the Atlas is 6.2±4.8 mg.kg⁻¹ (median 6.1 mg.kg⁻¹, Tab. 28). Average contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg⁻¹): *F. sylvatica* 5.8±2.6 (median 5.9), *Q. species* 4.7±2.1 (median 4.9), *P. abies* 6.3±4.2 (median 6.2), *P. sylvestris* 7.8±14.9 (median 6.3) and *A. alba* 8.3±5.1 (median 8.0). Exogenic fluorine has been absent from stomata of all analysed foliage of forest tree species.

The map of all tree species shows that fluorine contents exceed 5 mg.kg⁻¹ in two-thirds of Slovak territory and are clearly associated with industrial plants. Total fluorine contents above 10 mg.kg⁻¹ have been determined in needles of *P. abies*, *P. sylvestris* and *A. alba* in the Žiar Basin and central Spiš.

DISTRIBÚCIA FLUÓRU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 28		DISTRIBUTION OF FLUORINE IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	572	126	900	1 113	104	178	1 428	2 318
Aritmetický priemer v mg.kg ⁻¹ Arithmetic mean in mg.kg ⁻¹	5,84	4,74	5,63	6,28	7,80	8,34	6,63	6,24
Smerodajná odchýlka Standard deviation	2,56	2,10	2,59	4,15	14,91	5,07	5,78	4,84
Variačný koeficient Variation coefficient	44	44	46	66	191	61	87	78
Minimálna hodnota Minimum value	0,100	0,500	0,100	0,100	0,100	1,100	0,100	0,100
Maximálna hodnota Maximum value	16,50	9,7	18,8	111,5	152,9	64,6	152,9	153,0
Medián Median	5,9	4,9	5,6	6,2	6,3	7,9	6,4	6,1

ŽELEZO

Železo je kovový prvok, ktorý sa v prírode vyskytuje v oxidačnom stave 0, +2, +3 a +6. Je to najrozšírenejší ťažký kov na Zemi. V horninách sa nachádza v podobe kremičitanov, oxidov, sírníkov a uhličitanov. Po kyslíku, kremíku a hliníku je to štvrtý najrozšírenejší prvok na Zemi. Ako esenciálny a netoxický prvok zohráva dôležitú úlohu pri prenose kyslíka u živočíchov. Akumuluje sa v železných baktériách, v lišajníku *Acarospora smaragdula*, v červených krvinkách a v pečeni rýb. Medzi jeho dôležité funkcie patrí syntéza chlorofylu, metabolizmus dusíka, tvorba väčšiny železných enzýmov, hemoglobínu, feritínu ako fixačnej a transportnej formy kyslíka, katalytické a redox-reakcie atď. Príjem železa prechádza metabolickou kontrolou. Vo forme Fe^{2+} a $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ je v množstve $10\text{--}200\text{ mg.l}^{-1}$ pre rastliny silne toxické a toxická dávka pre človeka je 200 mg denne.

Celkový obsah železa vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $2,76 \cdot 10^8\text{ t}$. BOWEN (1979) udáva obsah železa v pôde $40\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ a v rastlinách $70\text{--}700\text{ mg.kg}^{-1}$. BUBLINEC (1990) uvádza ako prípustný obsah pre ihličnany hodnoty $70\text{--}300$ a pre listnaté druhy $200\text{--}2\,000\text{ mg.kg}^{-1}$. MATERNA (1984) zistil v zdravých smrekoch v Českej republike obsah 63 mg Fe.kg^{-1} , KAUPENJOHAN et al. (1989) uvádzajú pre zdravý smrek hodnotu 50 mg Fe.kg^{-1} a pre zdravý buk hodnotu 129 mg Fe.kg^{-1} . MARKERT (1993) pre *P. sylvestris* 118 mg.kg^{-1} . INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty $40\text{--}169\text{ mg.kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* $77\text{--}373\text{ mg.kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu železa v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $159 \pm 900\text{ mg.kg}^{-1}$ (medián 110 mg.kg^{-1} , tab. 29). Priemerný obsah v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $216 \pm 1\,635$ (medián 139), *Q. species* 131 ± 79 (medián 109), *P. abies* 123 ± 370 (medián 88), *P. sylvestris* 146 ± 111 (medián 125) a *A. alba* $246 \pm 1\,059$ (medián 136). Exogénne železo bolo prítomné v 94,4% prieduchov asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín je vyšší obsah celkového železa ako 200 mg.kg^{-1} dokumentovaný na viac ako dvoch tretinách územia Slovenska. Výrazne sa viaže na priemyselné oblasti. Koncentrácia železa bola najvyššia pri *F. sylvatica* v Nízkych Tatrách-juh a v priemyselnej oblasti Košíc, pri *A. alba* v Žiarskej kotline a na strednom Spiši a pri *P. sylvestris* na strednom Spiši.

IRON

Iron is a metallic element which is naturally found in valences 0, +2, +3 and +6. It is the most abundant heavy metal on earth. In rocks it occurs in silicates, oxides, sulphides and carbonates. Iron ranks as the fourth most abundant element on earth after oxygen, silicon and aluminium. It is an essential, un toxic element which plays an important role as an oxygen carrier in animal bodies. This element accumulates in ferruginous bacteria, lichen *Acarospora smaragdula*, hemoglobin and fish liver. Its major functions include chlorophyll synthesis, nitrogen metabolism, majority of ferrous enzymes, hemoglobin, ferritine as a fixing and carrying form of oxygen, catalytic and redox reactions, etc. Iron uptake is controlled by metabolism. $10\text{--}200\text{ mg/l}$ Fe in the form of Fe^{2+} and $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ are strongly toxic to plants and 200 mg Fe a day are toxic to humans.

Total iron content in the world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $2.76 \cdot 10^8\text{ t}$. BOWEN (1979) gives Fe content in soil $40\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ and in plants $70\text{--}700\text{ mg.kg}^{-1}$ Fe. BUBLINEC (1990) states that permissible iron content in conifers is $70\text{--}300$ and in deciduous species $200\text{--}2\,000\text{ mg.kg}^{-1}$. MATERNA (1989) has determined contents 63 mg.kg^{-1} Fe in healthy larches in the Czech Republic, KAUPENJOHAN et al. (1989) argue that healthy larches contain 50 mg.kg^{-1} Fe and healthy beeches 129 mg.kg^{-1} Fe. MARKERT (1993) gives 118 mg.kg^{-1} Fe in *P. sylvestris*. INNES (1995) has measured $40\text{--}169\text{ mg.kg}^{-1}$ Fe in two-year-old needles of *P. abies* and $77\text{--}373\text{ mg.kg}^{-1}$ Fe in those of *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total iron contents in foliage of all forest tree species mentioned in the Atlas is $159 \pm 900\text{ mg.kg}^{-1}$ (median 110 mg.kg^{-1} , Tab. 29). Average iron contents in foliage of individual forest tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* $216 \pm 1\,635$ (median 139), *Q. species* 131 ± 79 (median 109), *P. abies* 123 ± 370 (median 88), *P. sylvestris* 146 ± 111 (median 125) and *A. alba* $246 \pm 1\,059$ (median 136). Exogenic iron has been present in 94.4% of stomata in foliage of forest tree species. The map of all tree species in the Atlas shows that total iron contents exceed 200 mg.kg^{-1} in two-thirds of Slovak territory. High iron contents are clearly bound to industrial areas. Highest iron concentrations in *F. sylvatica* have been determined in the southern Nízke Tatry and in an industrial area around Košice, while *A. alba* displayed highest values in the Žiar Basin and central Spiš, and *P. sylvestris* also in central Spiš.

DISTRIBÚCIA ŽELEZA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 29			DISTRIBUTION OF IRON IN FOREST TREE SPECIES		
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	216,0	131,0	189,0	123,0	146,0	246,0	140,0	159,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	1635,0	79,0	1304,0	370,0	111,0	1059,0	498,0	901,0
Variačný koeficient Variation coefficient	757	60	690	301	75,93	431	356	566
Minimálna hodnota Minimum value	11,2	49,1	11,2	26,3	37,6	11,7	11,7	11,2
Maximálna hodnota Maximum value	39300,0	620,0	39300,0	9909,0	860,0	14004,0	14005,0	39300,0
Medián Median	139,0	109,0	136,0	88,0	125,0	136,0	95,0	111,0

ORTUŤ

Ortuť sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +1 a +2. Zaráďujeme ju medzi ťažké kovy a v zemskej kôre sa vyskytuje v podobe svojho sírnika rumelky (HgS). V organickej prírode vystupuje najmä ako CH_3HgCl , $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ a $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$. Pre baktérie, riasy, huby, vyššie rastliny a živočíchy je neesenciálna, pre huby a rastliny je veľmi toxická, najmä vo forme $\text{Hg}(\text{OH})_2$ a HgOHCl . Pre človeka je toxická v množstve 0,4 mg denne a jej letálna dávka je 150–300 mg. Akumuluje sa v stromoch *Minuartia setacea* a *Betula papyryfera* a v obličkách živočíchov. Toxicita narastá od elementárnej ortuti cez iónovú až k organoortuťnatým zlúčeninám. Amalgám môže spôsobovať alergie. V rokoch 1953–1960 zaznamenali v Japonsku tzv. chorobu *minamata* (podľa zálivu Minamata kde voda obsahujúca metylortuť kontaminovala potravu rýb). U ľudí nastáva poškodenie obličiek a imunologického systému a ochorenie môže byť smrteľné. Ortuť reaguje s -SH skupinami a inhibuje enzýmy.

Celková ročná emisia antropogénnej ortuti do ovzdušia na svete sa odhaduje na $1,0 - 6,1 \cdot 10^3$ t, z toho v Európe 726 t ročne (PACINA - KELLER, 1995). Celkový obsah ortuti vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,841 \cdot 10^5$ t. Za normálnu hodnotu pre ortuť je možné pokladať obsah do $0,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ (MAŇKOVSKÁ, 1984). BOWEN (1979) zistil v rastlinách hodnoty $0,005 - 0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v pôde $0,06 \text{ mg.kg}^{-1}$. Ďalšie údaje pre jednotlivé dreviny: nekontaminovaná oblasť – obsahy (v mg.kg^{-1}): $0,004 - 0,06$ v smrekovom ihličí (WYTTEBACH et al. 1995, VOGEL - RISS, 1991, CROCK, J. G. et al. 1992, ZOLOTAREVA et al., 1983, MÜNTHE et al., 1995); v priemyselných oblastiach $5,23 \pm 1,92$ (BARGHIGIANI et al., 1991). Aritmetický priemer celkového obsahu ortuti v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $0,10 \pm 0,13 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $0,072 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 30). Priemerný obsah ortuti v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $0,11 \pm 0,11$ (medián 0,08), *Q. species* $0,08 \pm 0,09$ (medián 0,05), *P. abies* $0,10 \pm 0,10$ (medián 0,07), *P. sylvestris* $0,15 \pm 0,40$ (medián 0,06) a *A. alba* $0,13 \pm 0,10$ (medián 0,11). V prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín nebola exogénna ortuť prítomná.

Na mape všetkých drevín je vyznačený vyšší obsah celkovej ortuti ako $0,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ asi na tretine územia Slovenska. Viaz sa na priemyselné oblasti, spaľovne a krematóriá. Obsah ortuti vyšší ako $0,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* bol zistený na strednom Spiši (na okolí Železnorudných baní v Rudňanoch až $4,01 \text{ mg.kg}^{-1}$) a na Hornej Nitre; pri *P. abies* vo vojenskom priestore Lešť a na Hornej Nitre, pri *Q. species*, *P. sylvestris* a *A. alba* na strednom Spiši.

MERCURY

Mercury naturally occurs in valences +1 and +2. This heavy metallic element is found in the earth's crust largely as sulphide HgS. Its organic compounds comprise chiefly CH_3HgCl , $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ and $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$. The element is not essential to bacteria, algae, fungi, higher plants and animals. It is extremely toxic to fungi and plants, particularly in the form of $\text{Hg}(\text{OH})_2$ and HgOHCl . 0.4 mg Hg a day is toxic and 150–300 mg are lethal to humans. Mercury accumulates in trees *Minuartia setacea* and *Betula papyryfera* as well as in kidneys. Its toxicity increases from native Hg, to ion Hg and organic mercury compounds. Amalgams may cause allergy. *Minamata* disease broke out between 1953 and 1960 in Minamata Bay, Japan. Water containing methylmercury contaminated fish. The disease damages human kidneys and immunologic system and may eventually be lethal. Mercury reacts with -SH groups and inhibits enzymes.

Total annual worldwide emission of man-made mercury into the atmosphere is estimated at $1.0 - 6.1 \cdot 10^3$ t, of which Europe accounts for 726 t (PACINA and KELLER, 1995). Total mercury content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $1.841 \cdot 10^5$ t. MAŇKOVSKÁ (1984) puts the critical value for mercury at 0.12 mg.kg^{-1} . BOWEN (1979) has determined $0.005 - 0.02 \text{ mg.kg}^{-1}$ Hg in plants and 0.06 mg.kg^{-1} Hg in soil. Further data for individual tree species: uncontaminated areas – contents (in mg.kg^{-1}) from 0.004 to 0.06 in spruce needles (WYTTEBACH et al., 1992; VOGEL and RISS, 1991; CROCK, J.G. et al., 1992; ZOLOTAREVA et al., 1983); industrial areas -5.23 ± 1.92 (BARGHIGIANI et al., 1991).

Arithmetic mean of total mercury contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas amounts to $0.10 \pm 0.13 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 0.072 mg.kg^{-1} , Tab. 30). Average mercury contents in foliage of individual forest tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 0.11 ± 0.11 (median 0.08), *Q. species* 0.08 ± 0.09 (median 0.05), *P. abies* 0.10 ± 0.10 (median 0.07), *P. sylvestris* 0.15 ± 0.40 (median 0.06) a *A. alba* 0.13 ± 0.10 (median 0.11). Exogenic mercury has not been detected in stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species in the Atlas reveals that mercury contents exceed 0.12 mg.kg^{-1} in roughly one third of the Slovak territory, mainly around industrial areas, incinerators and crematoria. Mercury contents above 0.15 mg.kg^{-1} have been determined in leaves of *F. sylvatica* in central Spiš (in the vicinity of Rudňany mine even 4.01 mg.kg^{-1}) and in the Upper Nitra Basin, in those of *P. abies* in the military area Lešť and in the Upper Nitra Basin, and in *Q. species*, *P. sylvestris* and *A. alba* in central Spiš.

DISTRIBÚCIA ORTUTI V LESNÝCH DREVINÁCH				TAB. 30					DISTRIBUTION OF MERCURY IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees				
Počet hodnôt Number of values	577	126	907	1 118	105	178	1 434	2 330				
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	0,112	0,083	0,100	0,100	0,145	0,133	0,108	0,100				
Smerodajná odchýlka Standard deviation	0,110	0,090	0,104	0,102	0,396	0,100	0,146	0,130				
Variačný koeficient Variation coefficient	98	109	103	102	273	75	135	125				
Minimálna hodnota Minimum value	0,012	0,010	0,010	0,014	0,013	0,020	0,008	0,008				
Maximálna hodnota Maximum value	1,267	0,487	1,267	1,607	4,008	0,705	4,008	4,008				
Medián Median	0,081	0,048	0,069	0,073	0,058	0,108	0,075	0,070				

DRASLÍK

Draslík, podobne ako ďalšie alkalické kovy – lítium, sodík, rubídium a cézium, sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +1. Obsah draslíka v zemskej kôre predstavuje 2,4%. V horninách tvorí kremičitany a je najväčšmi včlenený v živcoch a sludách. V mineráloch môže byť nahradený rubídiom, céziom, báriom, olovom a táliom. Pre všetky organizmy je to esenciálny prvok s elektrochemickou a katalytickou funkciou, enzymatická funkcia aktivizuje enzýmy. Draslík sa zúčastňuje na osmoregulácii a podporuje hydratáciu. Nedostatok draslíka poškodzuje vodnú rovnováhu (uschýnanie vrcholkov asimilačných orgánov, krútenie starších listov, predčasný opad starších ročníkov ihličia a hniloba koreňov). Draslík vo forme K^+ je pre všetky organizmy relatívne neškodný.

Celkový obsah draslíka vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $3,497 \cdot 10^{10}$ t. Endogénny obsah draslíka $5\,000\text{--}10\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ je, podľa údajov BERGMANA (1986), dostatočný pre lesné dreviny. BUBLINEC (1990) uvádza ako limitné hodnoty pre smrek obsah $4\,000\text{--}10\,000$, pre buk $10\,000\text{--}15\,000$ a pre dub $8\,000\text{--}15\,000\text{ mg.kg}^{-1}$. BOWEN (1979) stanovil pre rastliny hodnoty $5\,000\text{--}34\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ a pre pôdu $14\,000\text{ mg.kg}^{-1}$. Variabilita draslíka v asimilačných orgánoch lesných drevín závisí od pôdy. MARKERT (1993) zistil v *P. sylvestris* $4\,400\text{ mg.kg}^{-1}$. INNES (1995) stanovil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty $4\,900\text{--}11\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* $5\,200\text{--}8\,100\text{ mg.kg}^{-1}$. Pre dvojročné ihličie *P. abies* uvádza WYTENBACH et al. (1995) koncentráciu $2\,750\text{--}8\,700\text{ mg.kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu draslíka v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $7\,503 \pm 3\,564\text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $6\,807\text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 31). Priemerný obsah draslíka v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $9\,504 \pm 2\,761$ (medián $9\,407$), *Q. species* $9\,259 \pm 2\,093$ (medián $9\,135$), *P. abies* $6\,178 \pm 3\,209$ (medián $5\,881$), *P. sylvestris* $5\,609 \pm 1\,356$ (medián $5\,334$) a *A. alba* $5\,639 \pm 1\,487$ (medián $5\,374$). Exogénny draslík bol prítomný v 78,5% prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín vystupuje obsah celkového draslíka vyšší ako $10\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ na dvoch tretinách územia. Táto koncentrácia bola prekročená v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* v Žiarskej kotline, na Hornej Nitre a v oblasti magnezitových závodov v Lubeníku a Jelšave.

POTASSIUM

Like the other alkali metals (lithium, sodium, rubidium and caesium), potassium naturally occurs in valence +1. Potassium content in the earth's crust is 2.4%. In rocks, it is combined in silicates, primarily feldspars and micas. Potassium in minerals can be replaced by rubidium, caesium, barium, lead and thallium. Essential to all organisms, it has electrochemical, catalytic and enzymatic (enzyme activation) functions, and supports osmoregulation and hydration. Oxygen deficiency disturbs water balance (withering tips of leaves, contorted older leaves, premature loss of older needles, rotting roots). Potassium in the form of K^+ is fairly harmless to all organisms.

Total potassium content in world plant biomass has been put by MARKERT (1992) at $3.497 \cdot 10^{10}$ t. According to BERGMANN (1986), endogenic potassium content between $5\,000$ and $10\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ is sufficient for forest woody plants. BUBLINEC (1990) gives limit values for spruce $4\,000\text{--}10\,000$, for beech $10\,000\text{--}15\,000$ and for oak $8\,000\text{--}15\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ K. BOWEN (1979) has determined values $5\,000\text{--}34\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ for plants and $14\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ for soil. Variations in potassium contents in foliage of forest woody plants are controlled by soil. MARKERT (1993) has determined $4\,400\text{ mg.kg}^{-1}$ K in *P. sylvestris*. INNES (1995) has noted $4\,900\text{--}11\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ in two-year-old needles of *P. abies* $35\,200\text{--}8\,100\text{ mg.kg}^{-1}$ K in those of *P. sylvestris*. WYTENBACH et al. (1995) give concentrations $2\,750\text{--}8\,700\text{ mg.kg}^{-1}$ in two-year-old needles of *P. abies*.

Arithmetic mean of total potassium contents in foliage of all forest tree species presented in the Atlas is $7\,503 \pm 3\,564\text{ mg.kg}^{-1}$ K (median $6\,807\text{ mg.kg}^{-1}$, Tab. 31). Average potassium contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* $9\,504 \pm 2\,761$ (median $9\,407$), *Q. species* $9\,259 \pm 2\,093$ (median $9\,135$), *P. abies* $6\,178 \pm 3\,209$ (median $5\,881$), *P. sylvestris* $5\,609 \pm 1\,356$ (median $5\,334$) and *A. alba* $5\,639 \pm 1\,487$ (median $5\,374$). Exogenic potassium has been detected in 78.5% of stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species in the Atlas indicates that total potassium contents surpass $10\,000\text{ mg.kg}^{-1}$ in two-thirds of the Slovak territory. This concentration has been exceeded in assimilation organs of *F. sylvatica* in the Žiar and Upper Nitra basins and in the vicinity of magnesite plants at Lubeník and Jelšava.

DISTRIBÚCIA DRASLÍKA V LESNÝCH DREVINÁCH		TAB. 31		DISTRIBUTION OF POTASSIUM IN FOREST TREE SPECIES				
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	9504,0	9259,0	9781,0	6178,0	5609,0	5639,0	6070,0	7503,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	2761,0	2093,0	3274,0	3209,0	1356,0	1487,0	2938,0	3564,0
Variačný koeficient Variation coefficient	29	23	33	52	24	26	48	47
Minimálna hodnota Minimum value	2879,0	3687,0	2318,0	1752,0	3163,0	2288,0	1752,0	1752,0
Maximálna hodnota Maximum value	24104,0	15354,0	32498,0	94782,0	10933,0	10937,0	94782,0	94782,0
Medián Median	9408,0	9136,0	9506,0	5882,0	5334,0	5374,0	5767,0	6808,0

LÍTIUM

Lítium je alkalický kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +1. V horninách sa vyskytuje prevažne ako kremičitan spolu s ďalšími alkalickými kovmi – sodíkom, draslíkom, rubídiom a céziom. Lítium nemá nutričný význam a pre organizmy nie je vo významnejšej miere toxické. Toxická dávka pre rastliny je menej ako 30 mg.l⁻¹ a pre človeka 200 mg denne. Lítium sa akumuluje v *Solanaceae*. Jeho zlúčeniny sa používajú v medicíne na liečbu depresí. Možná esencialita pre cicavce sa skúma.

Celkový obsah lítia vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na 3,682.10⁵ t. BOWEN (1979) udáva pre rastliny hodnoty 0,5–3,4 mg.kg⁻¹ a pre pôdu 25 mg.kg⁻¹.

Aritmetický priemer celkového obsahu lítia v asimilačných orgánoch drevín spracovaných v atlase je 0,18±0,19 mg.kg⁻¹ (medián 0,13 mg.kg⁻¹, tab. 32). Priemerný obsah v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg⁻¹ je takýto: *F. sylvatica* 0,16±0,14 (medián 0,13), *Q. species* 0,20±0,18 (medián 0,13), *P. abies* 0,18±0,18 (medián 0,13), *P. sylvestris* 0,19±0,25 (medián 0,13) a *A. alba* 0,17±0,25 (medián 0,10). V prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov nebolo exogénne lítium prítomné.

Obsah celkového lítia vyšší ako 0,2 mg.kg⁻¹ je na mape všetkých drevín zachytený v oblasti stredného Slovenska. Táto koncentrácia bola prekročená v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* v Žiarskej kotline a vo vojenskom priestore Lešť; *P. abies* na Hornej Nitre a v Žiarskej kotline, *P. sylvestris* na strednom Spiši.

LITHIUM

Lithium is an alkali metal which naturally occurs in valence +1. In rocks, it is mostly combined in silicates along with the other alkali metals (sodium, potassium, rubidium and caesium). Lithium has no nutritive importance, nor is considerably toxic to organisms. An amount toxic to plants is less than 30 mg/l, and 200 mg a day is toxic to humans. The element is amassed by *Solanaceae*. Lithium compounds are used to cure depressions. Possible essentiality to mammals is being studied.

Total lithium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at 3.682.10⁵ t. BOWEN (1979) gives values 0.5–3.4 mg.kg⁻¹ Li for plants and 25 mg.kg⁻¹ Li for soil.

Arithmetic mean of total lithium contents in foliage of all tree species described in the Atlas is 0.18±0.19 mg.kg⁻¹ (median 0.13 mg.kg⁻¹, Tab. 32). Average lithium contents in foliage of individual forest tree species are as follows (in mg.kg⁻¹): *F. sylvatica* 0.16±0.14 (median 0.13), *Q. species* 0.20±0.18 (median 0.13), *P. abies* 0.18±0.18 (median 0.13), *P. sylvestris* 0.19±0.25 (median 0.13) and *A. alba* 0.17±0.25 (median 0.10). Exogenic lithium has not been detected in stomata of analysed foliage of forest tree species.

Total lithium contents on the map of all forest tree species in the Atlas exceed 0.2 mg.kg⁻¹ in central Slovakia. Higher values have been noted in leaves of *F. sylvatica* in the Žiar Basin and military area Lešť, in those of *P. abies* in the Upper Nitra and Žiar basins, and *P. sylvestris* in central Spiš. Lithium distribution in forest tree species.

DISTRIBÚCIA LÍZIA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 32			DISTRIBUTION OF LITHIUM IN FOREST TREE SPECIES		
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	575	126	904	1113	105	178	1429	2330
Aritmetický priemer v mg.kg ⁻¹ Arithmetic mean in mg.kg ⁻¹	0,159	0,201	0,174	0,177	0,193	0,174	0,179	0,180
Smerodajná odchýlka Standard deviation	0,144	0,177	0,186	0,176	0,249	0,253	0,195	0,190
Variačný koeficient Variation coefficient	90	88	107	100	129	146	109	109
Minimálna hodnota Minimum value	0,007	0,020	0,007	0,020	0,030	0,031	0,020	0,007
Maximálna hodnota Maximum value	1,000	1,100	2,815	2,300	2,230	2,540	2,540	2,820
Medián Median	0,126	0,132	0,130	0,132	0,132	0,102	0,131	0,130

HORČÍK

Horčík, podobne ako ďalšie kovy alkalických zemín – vápnik, bárium a stroncium – sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +2. Patrí medzi najrozšírenejšie prvky a na stavbe zemskej kôry sa zúčastňuje 2,0%. V horninách sa nachádza v mnohých mineráloch, spolu s vápnikom tvorí celé pohoria (dolomity), vyskytuje sa najmä v kremičitanoch, oxidoch a uhličitanoch (magnezit). Pre všetky organizmy je esenciálny. Karcinogénny účinnok má v podobe azbestu.

Horčík sa akumuluje v semenách a v morských riasach (6000 až 20000 mg.kg⁻¹ v sušine). Je konštitučnou zložkou enzýmov a chlorofylu, má elektrochemické a katalytické funkcie, reguluje hydratáciu a fotosyntézu. Jeho nedostatok spôsobuje zakrpatený vzrast a intervenálnu chlorózu starších listov. Vysoké množstvo horčíka sa nachádza v pôdach na podloží, ktoré obsahuje MgCO₃.

Celkový obsah horčíka vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na 3,682.10⁵ t. BOWEN (1979) udáva pre rastliny hodnoty 1000–9000 mg.kg⁻¹ a pre pôdu 5000 mg.kg⁻¹. Variabilita horčíka v asimilačných orgánoch lesných drevín závisí od pôdy. Hodnoty optima horčíkovej výživy sa pohybujú v rozmedzí 1000–2500 mg Mg.kg⁻¹ (KNABE, 1984; BERGMAN, 1986). BUBLINEC (1990) uvádza ako optimálny obsah 1000–2000 mg Mg.kg⁻¹ pre smrek; 1000–3000 mg Mg.kg⁻¹ pre buk a 1500–3000 mg Mg.kg⁻¹ pre dub. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty 400–1100 mg.kg⁻¹ a v *P. sylvestris* 500–900 mg.kg⁻¹. CLÜSENER (1990) nameral v rastlinách 2900–2500. Koncentrácia horčíka je vyššia v starších ročníkoch ihličia zdravých jedincov. V imisných oblastiach narastal jeho obsah až do tretieho ročníka, potom začal klesať (KNABE, 1984). Nízke hodnoty korelujú so žltnutím ihličia. REEMTSMA (1986) ďalej uvádza existenciu rozdielov v obsahu tohto prvku v ihličí starších jedincov (4000 mg Mg.kg⁻¹) v porovnaní s mladšími (6200 mg.kg⁻¹ Mg) z toho istého stanovišťa. Obsah vápnika v zásade koreluje s hladinou horčíka.

Aritmetický priemer celkového obsahu horčíka v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je 1458±1093 mg.kg⁻¹ (medián 1164 mg.kg⁻¹, tab. 33). Priemerný obsah horčíka v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg⁻¹ je takýto: *F. sylvatica* 1892±771 (medián 1753), *Q. species* 2003±890 (medián 1812), *P. abies* 966±479 (medián 874), *P. sylvestris* 1161±422 (medián 1069) a *A. alba* 1087±455 (medián 991). Exogénny horčík bol prítomný na 48,9% povrchu analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín je obsah horčíka vyšší ako 2000 mg.kg⁻¹ vyznačený v južnej a východnej časti Slovenska. Táto koncentrácia v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* je napríklad v oblasti magnezitových závodov Lubeník a Jelšava a na Hornej Nitre; pri *Q. species* na Hornej Nitre a v priemyselnej aglomerácii Košice.

MAGNESIUM

Like other alkali-earth metals (calcium, barium and strontium), magnesium is found in nature in valence +2. With its 2% share, magnesium ranks among the most abundant elements in the earth's crust. In rocks, it is combined in a number of minerals – primarily silicates, oxides and carbonates (magnesite), along with calcium (dolomite) makes up whole mountain ranges. The element is essential to all organisms. On the other hand, it is as carcinogenic to them as asbestos. Magnesium accumulates in seeds and seaweeds (6000–20000 mg.kg⁻¹ in dried matter). Magnesium is a constituent in enzymes and chlorophyll, has electrochemical and catalytic functions, regulates hydration and photosynthesis. Its deficiency results in dwarfism and intervenal chlorosis of older leaves. Soils underlain by rocks containing MgCO₃ are enriched in magnesium.

According to MARKERT (1992), total magnesium content in the world plant biomass is 3.682.10⁵ t. BOWEN (1979) gives magnesium contents in plants 1000–9000 mg.kg⁻¹ and in soil 5000 mg.kg⁻¹. Variations in magnesium contents in leaves of forest woody plants is controlled by soil. The optimum magnesium nutrient values vary between 1000 and 2500 mg.kg⁻¹ Mg (KNABE, 1984; BERGMAN, 1986). BUBLINEC (1990) gives optimum contents 1000–2000 mg.kg⁻¹ Mg for spruce, 1000–3000 mg.kg⁻¹ Mg for beech and 1500–3000 mg.kg⁻¹ Mg for oak. INNES (1995) has determined 400–1100 mg.kg⁻¹ Mg in two-year-old needles of *P. abies*, and 500–900 mg.kg⁻¹ in those of *P. sylvestris*, while CLÜSENER (1990) measured 2900–2500 in vegetation. Magnesium concentrations in older needles of healthy trees are increased. In imission areas, Mg content grew till the 3rd year of age, then dropped (KNABE, 1984). Low Mg values correlate with yellowing needles. REEMTSMA (1986) discusses differences in Mg contents between needles on older trees (4000 mg.kg⁻¹ Mg) and on younger ones (6200 mg.kg⁻¹ Mg) growing in the same place. The contents of calcium basically correlate with those of Mg.

Arithmetic mean of total magnesium contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas is 1458±1093 mg.kg⁻¹ Mg (median 1164 mg.kg⁻¹, Tab. 33). Average magnesium contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg⁻¹): *F. sylvatica* 1892±771 (median 1753), *Q. robur* 2003±890 (median 1812), *P. abies* 966±479 (median 874), *P. sylvestris* 1161±422 (median 1069) and *A. alba* 1087±455 (median 991).

Exogenic magnesium has been detected on 48.9% of the stomata of analysed foliage of forest tree species.

The Atlas map of all forest tree species shows that magnesium contents above 2000 mg.kg⁻¹ occur in southern and eastern Slovakia. Such concentrations have been found in leaves of *F. sylvatica* in the neighbourhood of magnesite plants at Lubeník and Jelšava and in the Upper Nitra Basin as well as in those of *Q. robur* in the Upper Nitra Basin and Košice area.

DISTRIBÚCIA HORČÍKA V LESNÝCH DREVINÁCH				DISTRIBUTION OF MAGNESIUM IN FOREST TREE SPECIES				
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Quercus species</i>	Listnaté spolu Total deciduous	<i>Picea abies</i> Karst.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Abies alba</i> L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v mg.kg ⁻¹ Arithmetic mean in mg.kg ⁻¹	1892,0	2003,0	2147,0	966,0	1161,0	1088,0	1023,0	1458,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	771,0	890,0	1174,0	479,0	422,0	455,0	561,0	1013,0
Variačný koeficient Variation coefficient	41	44	55	50	36	42	55	69
Minimálna hodnota Minimum value	477,0	776,0	471,0	318,0	551,0	351,0	255,0	255,0
Maximálna hodnota Maximum value	7173,0	5931,0	9132,0	9227,0	2884,0	2575,0	9227,0	9227,0
Medián Median	1754,0	1812,0	1864,0	874,0	1069,0	992,0	906,0	1164,0

MANGÁN

Mangán je kovový prvok, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +2, +3, +4, (+5), (+6) a (+7). Po železe je to najrozšírenejší ťažký kov, v malých množstvách sa vyskytuje takmer všade, rozšírené sú však aj samostatné mangánové rudy. Je súčasťou tmavých i svetlých minerálov, v ktorých nahrádza železo, horčík a vápnik.

Mangán je pre všetky organizmy esenciálny. Akumuluje sa v rastlinách *Ericaceae* a *Theaceae*, v *Coscinodiscus*, *Terpois zeteki*, *Annelida hermione*, *Ascidiae Didemnum* a *Halocynthia*, ale aj v obličkách mušlí. Prirodzene sa vyskytuje v porfýrine, v 12 Mn-bielkovinách a enzýmoch, má vplyv na syntézu nukleových kyselín, fotolýzu vody počas svetelnej reakcie a fotosyntézy, stabilizuje štruktúru chloroplastov, metabolizmus mukopolysacharidov, superoxidismutázu, arginázu a karboxylázu. Jeho nedostatok sa prejavuje chlorózou a nekrotizáciou mladých listov, defoliáciou, deformáciou kostí, anémiou a redukciou rastu.

Celkový obsah mangánu vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $3,682 \cdot 10^8$ t. Obsahy mangánu v asimilačných orgánoch všeobecne veľmi kolíšu. MARKERT (1991) uvádza, že zo skúmaných parametrov len obsahy mangánu v ihličí smreka korelujú s jeho stratou ihličia. Preto sa mangán hodnotí ako ukazovateľ poškodenia drevín. Už fáza mobilizovania mangánu svedčí o labilnom stave v režime minerálnych látok lesa i stromov. MITSCHICK a FIEDLER (1987) udávajú pre smrekové ihličie prah nedostatku mangánu 20 mg.kg^{-1} , optimálny obsah viac ako 50, pre buk viac ako 100 mg.kg^{-1} . BUBLINEC (1990) pokladá za prípustný v smrekovom ihličí obsah 100–2000, pre listnaté druhy 200–2000 mg.kg^{-1} . KAUPENJOHAN et al. (1989) zistili v zdravom smrekovom ihličí hodnoty $320 \text{ mg Mn.kg}^{-1}$ a v chradnúcom $1300 \text{ mg Mn.kg}^{-1}$, v zdravom buku $940 \text{ mg Mn.kg}^{-1}$. MATERNA (1984) udáva pre zdravý smrek hodnoty $540 \text{ mg Mn.kg}^{-1}$. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty 100–5540 mg.kg^{-1} a v *P. sylvestris* 150–1740 mg.kg^{-1} .

BOWEN (1979) udáva v rastlinách hodnoty 20–700 mg.kg^{-1} a v pôde 1000 mg.kg^{-1} . Mobilizácia mangánu signalizuje narušenie rovnováhy vo fyziológii smreka, nesprávny pomer mangánu a železa (pomer by mal byť 1:2). Vznikajúce trojmocné železo sa zlučuje s fosforom. Vzniknutý fosforečnan železitý nemôžu dreviny fyziologicky využívať. Vzniká tým fyziologický nedostatok železa aj fosforu, pričom ich celkový obsah sa môže javiť ako dostatočný (KAUPENJOHAN et al., 1989). Najvýraznejšia mobilizácia mangánu sa prejavila vo vyšších nadmorských výškach.

Aritmetický priemer celkového obsahu mangánu v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $1121 \pm 1060 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián 846 mg.kg^{-1} , tab. 34). Priemerný obsah mangánu v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* 1026 ± 969 (medián 794), *Q. species* 1650 ± 1079 (medián 1524), *P. abies* 977 ± 783 (medián 807), *P. sylvestris* 635 ± 865 (medián 450) a *A. alba* 1934 ± 1636 (medián 1492). Exogénny mangán bol prítomný v 20% prieduchov asimilačných orgánov lesných drevín.

Obsah mangánu vyšší ako 2000 mg.kg^{-1} je na mape všetkých drevín vyznačený asi na dvoch tretinách územia Slovenska, a to v priemyselných oblastiach aj v horských celkoch. Táto koncentrácia je prekročená pri *F. sylvatica* v beskydských horských lesoch na Kysuciach a pri *A. alba* na strednom Spiši.

MANGANESE

This metallic element occurs in nature in valences +2, +3, +4, (+5), (+6) and (+7). Manganese is the second most abundant heavy metal after iron. Small amounts of manganese can be found almost anywhere, manganese ores are also widespread. The element is present in both mafic and acid minerals in which it substitutes for iron, magnesium and calcium.

Manganese is essential to all organisms. It accumulates in plants *Ericaceae* and *Theaceae*, in *Coscinodiscus*, *Terpois zeteki*, *Annelida hermione*, *Ascidiae Didemnum*, *Halocynthia* and in mussel kidneys. It naturally occurs in porphyrine, 12 Mn-proteins and enzymes, supports synthesis of nucleus acids, water photolysis during light reaction and photosynthesis, stabilizes chloroplast structure, mucopolysaccharide metabolism, superoxidimutasis, arginosis, carboxylasis. Oxygen deficiency causes chlorosis and necrosis of young leaves, defoliation, bone deformations, anaemia and limited growth. Total manganese content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $3.682 \cdot 10^8$ t. Manganese contents in leaves are generally very variable. MARKERT's (1991) investigations have revealed that manganese content is the only parameter which correlates with the loss of spruce needles. For that reason, manganese is regarded as an indicator of damage to woody plants. As early as the stage of manganese mobilization indicates an unstable regime of mineral elements in trees and the wood as a whole. MITSCHICK and FIEDLER (1987) put deficiency threshold for spruce needles at 20 mg.kg^{-1} , optimum content at >50 , and the optimum content in beech leaves at $>100 \text{ mg.kg}^{-1}$. BUBLINEC argues that a permissible Mn content in spruce needles is 100–2000 mg.kg^{-1} and in leaves of deciduous trees 200–2000 mg.kg^{-1} . KAUPENJOHAN et al. (1989) have determined 320 mg.kg^{-1} Mn in healthy spruce needles and 1300 mg.kg^{-1} in perishing one, and 940 mg.kg^{-1} in a healthy oak. MATERNA (1989) gives Mn content in healthy spruces 540 mg.kg^{-1} . INNES (1995) has measured 100–5540 mg.kg^{-1} Mn in two-year-old needles of *P. abies* and 150–1740 mg.kg^{-1} in those of *P. sylvestris*.

BOWEN (1979) gives Mn contents in plants between 20 and 700 mg.kg^{-1} and in soil 1000 mg.kg^{-1} . Manganese mobilization signals disturbed balance in spruce physiology which leads to changes in Mn/Fe ratio (normally 1:2). Newly formed ferric iron combines with phosphorus, and ferric phosphate formed in this manner cannot be physiologically used by the plant. This leads to iron and phosphorus deficiency, although their total contents may seem sufficient (KAUPENJOHAN et al., 1989). Increased Mn contents signal its mobilization and disturbances in physiological balance of forest tree species, before any outward manifestations appear. The biggest manganese mobilization takes place in high altitudes.

Arithmetic mean of total manganese contents in foliage of all forest tree species mentioned in the Atlas is $1121 \pm 1060 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 846 mg.kg^{-1} , Tab. 34). Average manganese contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 1026 ± 969 (median 794), *Q. robur* 1650 ± 1079 (median 1524), *P. abies* 977 ± 783 (median 807), *P. sylvestris* 635 ± 865 (median 450) and *A. alba* 1934 ± 1636 (median 1492). Exogenic manganese has been detected in 20% of stomata in foliage of forest tree species.

The Atlas map of all forest tree species reveals that manganese content exceeds 2000 mg.kg^{-1} in two-thirds of the Slovak territory, in industrial areas and mountain regions alike. Higher concentrations have been noted in *F. sylvatica* growing in Kysuce and Beskydy mountain forests and in central Spiš.

DISTRIBÚCIA MANGÁNU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 34		DISTRIBUTION OF MANGANESE IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	1026,0	1650,0	1208,0	977,0	635,0	1934,0	1066,0	1121,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	970,0	1079,0	1150,0	783,0	865,0	1636,0	995,0	1060,0
Variačný koeficient Variation coefficient	95	65	95	80	136	85	93	95
Minimálna hodnota Minimum value	14,7	21,9	14,7	7,8	9,2	31,0	7,2	7,2
Maximálna hodnota Maximum value	8830,0	4984,0	9773,0	6477,0	7312,0	8112,0	8112,0	9773,0
Medián Median	795,0	1524,0	927,0	807,0	450,0	1492,0	821,0	846,0

DUSÍK

Atmosférický vzduch sa zhruba v 80% objemových dielov skladá z elementárneho dusíka. V stopách sa vo vzduchu nachádza amoniak NH_3 . Anorganické zlúčeniny dusíka sa vyskytujú v prírode zriedka vo vyšších množstvách, s výnimkou dusičnanu sodného.

Dusík je pre živé organizmy nepostrádateľný, pretože patrí medzi prvky, z ktorých sa tvoria bielkoviny. Je to štrukturálny prvok a vyskytuje sa v mnohých organických zlúčeninách. Dusík je esenciálny pre baktérie, riasy, huby, vyššie rastliny i živočíchy. Je základnou zložkou protoplazmy a enzýmov s väčšinou metabolických funkcií. Jeho nedostatok spôsobuje zakrpatený alebo trpasličí a vretenovitý vzrast rastliny, skleromorfózu a žltnutie starších listov. Jednoduché zlúčeniny dusíka dnes reprezentujú extenzívny ekotoxikologický problém (napr. pôsobenie dusitanov na živočíchy, emisie NO_2 , N_2O ako skleníkový plyn v atmosfére). Je ekotoxický vo forme NO_3^- a NH_4^+ .

Celkový obsah dusíka vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $4,602 \cdot 10^{10}$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) uvádzajú pre pôdy hodnoty $2000 \text{ mg N.kg}^{-1}$ a pre rastliny $12000\text{--}38000 \text{ mg N.kg}^{-1}$. BERGMAN (1986) pokladá rozpätie $13500\text{--}17000 \text{ mg N.kg}^{-1}$ za dostatočné pre smrek, čo je v zhode aj s údajmi BUBLINCA (1990). INGESTAD (1962) a TAMM (1977) však uvádzajú, že $17000\text{--}25000 \text{ mg N.kg}^{-1}$ je pre optimálny rast smreka nevyhnutné. Pre bukové listie pokladá BUBLINEC (1990) za dostatočné hodnoty $19000\text{--}26000 \text{ mg N.g}^{-1}$; pre dubové listie $18000\text{--}30000 \text{ mg N.g}^{-1}$. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty $11010\text{--}16400 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* $12500\text{--}23200 \text{ mg.kg}^{-1}$. Aritmetický priemer celkového obsahu dusíka v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $18\,165 \pm 6\,432 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $15\,900 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 35). Priemerný obsah dusíka v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* 19750 ± 6755 (medián 17800), *Q. species* 20923 ± 6170 (medián 21180), *P. abies* 16640 ± 5220 (medián 15300), *P. sylvestris* 16630 ± 5431 (medián 15600) a *A. alba* 17920 ± 5470 (medián 16900).

Na mape všetkých drevín je obsah celkového dusíka vyšší ako 20000 mg.kg^{-1} zreteľný na južnom a východnom Slovensku. Tieto koncentrácie sú prekročené v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* vo vojenskom priestore Lešť, na strednom Spiši a v priemyselnej aglomerácii Košice, v prípade *Q. species* v košickej aglomerácii a na strednom Spiši, pri *P. abies* na strednom Spiši.

NITROGEN

Elementary nitrogen constitutes 80 vol.% of the atmospheric air. Aside from it, the air contains also traces of ammonia NH_3 . Inorganic nitrogen compounds except for sodium nitrate rarely occur in nature in big quantities.

Nitrogen is indispensable to living organisms, because it is one of the elements which form proteins. It is a structural element combined in a wide variety of organic compounds. Nitrogen is essential to bacteria, algae, fungi, higher plants and animals. It is a basic component of protoplasm and enzymes with most metabolic functions. Its deficiency causes dwarfism, spindle-like growth of plants, scleromorphosis and yellowing of older leaves. Simple nitrogen compound now are a serious ecotoxicological problem, e. g. nitrates noxious to animals. NO_2 emissions, N_2O as a greenhouse gas in the atmosphere. It is toxic in the form of NO_3^- and NH_4^+ .

Total nitrogen content in the world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $4,602 \cdot 10^{10}$ t. BOWEN (1979) and MARKERT (1992) state that soils contain 2000 mg.kg^{-1} N and plants $12000\text{--}38000 \text{ mg.kg}^{-1}$ N. BERGMAN (1986), in compliance with data presented by BUBLINEC (1990), maintains that $13500\text{--}17000 \text{ mg.kg}^{-1}$ N is sufficient for spruce. Nevertheless, INGESTAD (1962) and TAMM (1977) argue that the optimum growth of spruce requires $17000\text{--}25000 \text{ mg.kg}^{-1}$ N. BUBLINEC (1990) maintains that beech leaves contain $19000\text{--}26000 \text{ mg.kg}^{-1}$ N and oak ones $18000\text{--}30000 \text{ mg.kg}^{-1}$ N. INNES (1995) has determined $11010\text{--}16400 \text{ mg.kg}^{-1}$ N in two-year-old needles of *P. abies* and $12500\text{--}23200 \text{ mg.kg}^{-1}$ in those of *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total nitrogen contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas amounts to $18165 \pm 6432 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 15900 mg.kg^{-1} , Tab. 35). Average nitrogen contents in foliage of individual forest tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 19750 ± 6755 (median 17800), *Q. species* 20923 ± 6170 (median 21180), *P. abies* 16640 ± 5220 (median 15300), *P. sylvestris* 16630 ± 5431 (median 15600) and *A. alba* 17920 ± 5470 (median 16900).

The map of all forest tree species in the Atlas reveals that total nitrogen contents clearly exceed 20000 mg.kg^{-1} in southern and eastern Slovakia. Still higher concentrations have been detected in leaves of *F. sylvatica* the military area Lešť, central Spiš and in the Košice industrial area; in those of *Q. species* in the Košice industrial area and central Spiš; and *P. abies* in central Spiš.

DISTRIBÚCIA DUSÍKA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 35		DISTRIBUTION OF NITROGEN IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	578	127	909	1123	105	177	1438	2321
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	19754,0	20923,0	20174,0	16645,0	16631,0	17921,0	16855,0	18165,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	6755,0	6170,0	7382,0	5221,0	5431,0	5470,0	5341,0	6432,0
Variačný koeficient Variation coefficient	34	29	37	31	33	31	32	35
Minimálna hodnota Minimum value	7800,0	9700,0	5500,0	8700,0	6800,0	9300,0	6800,0	5500,0
Maximálna hodnota Maximum value	51400,0	36500,0	57210,0	57400,0	34700,0	38200,0	57400,0	57400,0
Medián Median	17800,0	21180,0	18900,0	15300,0	15600,0	16900,0	15500,0	15900,0

SODÍK

Sodík, podobne ako ostatné alkalické kovy lítium, draslík, rubídium a cézium sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +1. Jeho obsah v zemskej kôre je 2,6%. Najrozšírejšími sodnými minerálmi sú oligoklas a albit ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$), v horninách je sodík najväčšmi včlenený do živcov. Je to esenciálny prvok pre niektoré baktérie a riasy, pre vyššie organizmy a živočíchy. Je relatívne netoxický, poškodenie rastlín môže spôsobiť Na^+ . Sodík akumuluje halofyty, niektoré *Chenopodiaceae*, *Frankeniaceae* a *Plumbaginaceae*, *Avicennia*, *Bruguiera* a *Rhizophora*. V rastlinách plní významnú elektrochemickú funkciu, aktivizuje enzýmy.

Celkový obsah sodíka vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $2,76 \cdot 10^8$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) udávajú pre rastliny hodnoty od 35–1 000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, v pôde je jeho obsah variabilný. Podľa MARKERTA (1993) obsahuje *P. sylvestris* 101 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty 26–189 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* 76–1 152 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu sodíka v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je 42 ± 41 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (medián 34 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, tab. 36). Priemerný obsah sodíka v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ je takýto: *F. sylvatica* 59 ± 28 (medián 52), *Q. species* 40 ± 21 (medián 35), *P. abies* 32 ± 38 (medián 26), *P. sylvestris* 43 ± 57 (medián 32) a *A. alba* 43 ± 48 (medián 36). Exogénny sodík bol prítomný v 15% prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín vystupuje obsah sodíka vyšší ako 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ na tretine územia Slovenska. Obsah sodíka vyšší ako 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sa vyskytuje iba v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* vo všetkých sledovaných priemyselných oblastiach.

SODIUM

Like the other alkali metals (lithium, potassium, rubidium and caesium), sodium is found in nature in valence +1. Its content in the earth's crust is 2.6%. The most abundant sodium minerals in rocks are feldspars – oligoclase and albit ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$). Sodium is essential to some bacteria and algae, higher plants and animals. It is relatively un toxic, but Na^+ can cause damage to vegetation. The element is amassed by halophytes, some *Chenopodiaceae*, *Frankeniaceae* and *Plumbaginaceae*, *Avicennia*, *Bruguiera* and *Rhizophora*. In plants it activates enzymes and has an important electrochemical function.

MARKERT (1992) has put total sodium content in world plant biomass at $2.76 \cdot 10^8$ t. BOWEN (1979) and MARKERT (1992) estimate Na contents in plants at 35–1 000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ whereas its concentrations in soil are variable. MARKERT (1993) gives 101 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in *P. sylvestris*. INNES (1995) has determined 26–189 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in two-year-old needles of *P. abies* and 76–1 152 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in those of *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total sodium contents in foliage of all forest tree species presented in the Atlas is 42 ± 41 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (median 34 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Tab. 36). Average sodium content in foliage of individual tree species is as follows (in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): *F. sylvatica* 59 ± 28 (median 52), *Q. species* 40 ± 21 (median 35), *P. abies* 32 ± 38 (median 26), *P. sylvestris* 43 ± 57 (median 32) and *A. alba* 43 ± 48 (median 36). Exogenic sodium has been detected in 15% of stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species (A) shows that sodium contents above 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ occur in one-third of the Slovak territory. Sodium concentrations exceeded 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Na only in leaves of *F. sylvatica* in all investigated industrial areas.

DISTRIBÚCIA SODÍKA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 36			DISTRIBUTION OF SODIUM IN FOREST TREE SPECIES		
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Arithmetic mean in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	58,5	39,8	53,4	32,2	42,7	43,4	34,9	42,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	28,2	20,8	37,6	38,5	57,1	48,3	42,0	41,3
Variačný koeficient Variation coefficient	48	52	70	119	134	111	120	98
Minimálna hodnota Minimum value	14,5	17,2	12,9	0,4	8,0	10,5	0,4	0,4
Maximálna hodnota Maximum value	217,0	136,0	714,0	849,0	570,0	613,0	849,0	849,0
Medián Median	52,1	34,7	45,4	25,5	31,8	36,1	27,0	33,5

NIKEL

Nikel je kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +1, +2 a +3. Viaže sa najmä na síru, arzén a antimón. V horninách (Ni^{2+}) formuje kremičitany a sírniky a nahrádza horčík a železo v minerálnych mriežkach. Biologická úloha niklu nie je dosiaľ známa, ale predpokladá sa jeho účasť v enzymatických reakciách. O jeho esencionalite pre baktérie, riasy a vyššie rastliny sa diskutuje. Pre huby je neesenciálny, pre živočíchy esenciálny. Akumuluje sa v *Alyssum bertolini* a *Alyssum murale*, *Dicoma ssp.*, *Homalium ssp.*, *Hybanthus floribundus*, *Pimela suteri*, *Planchnela ssp.*, *Psychotria ssp.*, *Rinorea bengallensis*, *Sebertia ssp.*, *Poriferae Dysidea*. Známa je jeho interakcia s resorpciou železa. Pri nedostatku prívodu tohto prvku nastáva redukcia rastu. Nikel vystupuje ako zložka ureázy a hydrogenázy. Jeho zlúčenina $\text{Ni}(\text{CO})_4$ je vysokotoxický priemyselný produkt. Známa je karcinogenita niklu a to, že zapríčiňuje alergickú reakciu kože.

Celkový obsah niklu vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $2,76 \cdot 10^6$ t. V pôde sa vyskytuje v množstve $2-50 \text{ mg.kg}^{-1}$ (MARKERT, 1992). BOWEN (1979) udáva pre rastliny obsah niklu $1-5 \text{ mg.kg}^{-1}$ a MARKERT (1992) hodnoty $0,4-4 \text{ mg.kg}^{-1}$. Za hraničné možno pokladať množstvo 1 mg.kg^{-1} (MAŇKOVSKÁ, 1984). BUBLINEC (1990) uvádza ako prípustné množstvá pre ihličnaté a listnaté dreviny obsah $1-2 \text{ mg.kg}^{-1}$. MARKERT (1993) pre *P. sylvestris* $1,40 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu niklu v asimilačných orgánoch dreven spracovaných v atlase je $3,4 \pm 3,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $2,4 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 37). Priemerný obsah niklu v asimilačných orgánoch jednotlivých dreven v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $3,9 \pm 3,4$ (medián 2,9), *Q. species* $4,3 \pm 3,1$ (medián 3,5), *P. abies* $2,6 \pm 2,5$ (medián 2,0), *P. sylvestris* $3,1 \pm 3,4$ (medián 1,9) a *A. alba* $3,8 \pm 2,4$ (medián 3,4). Exogénny nikel bol prítomný v 6,8% prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných dreven.

Obsah niklu vyšší ako 2 mg.kg^{-1} je na mape všetkých dreven zrejmy v oblasti severozápadného, južného a východného Slovenska a viaže sa na priemyselné oblasti aj na horské lesy. Najvyšší obsah celkového niklu v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* sa vyskytuje v beskydských horských lesoch Kysúc, v Nízkych Tatrách-juh, vo všetkých priemyselných areáloch s výnimkou Hornej Nitry a vojenského priestoru Lešť, v orgánoch *Q. species*, *P. sylvestris* a *A. alba* vo všetkých sledovaných priemyselných areáloch a *P. abies* v horských lesoch i na strednom Spiši a v košickej aglomerácii. Pravdepodobne to súvisí so spaľovaním ťažkých olejov.

NICKEL

Nickel is a metallic element which is found in nature in valences +1, +2 and +3. It is naturally combined mainly with sulphur, arsenic and antimony. In rocks, it forms silicates and sulphides, and substitutes for magnesium and iron in mineral lattices. Biological role of nickel is unknown for the time being, but it supposedly participates in enzymatic reactions. Whether or not the element is essential to bacteria, algae and higher plants is being debated, but surely it is essential to animals. It accumulates in *Alyssum bertolini* and *Alyssum murale*, *Dicoma ssp.*, *Homalium ssp.*, *Hybanthus floribundus*, *Pimela suteri*, *Planchnela ssp.*, *Psychotria ssp.*, *Rinorea bengallensis*, *Sebertia ssp.* and *Poriferae Dysidea*. Nickel interacts with iron resorption. Its deficiency results in reduced growth. Nickel is a constituent of urease and hydrogenase. $\text{Ni}(\text{CO})_4$ is a highly toxic industrial product. The element is known to cause cancer and skin allergic reaction.

Total nickel content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $2.76 \cdot 10^6$ t. Nickel contents in soil range from 2 to 50 mg.kg^{-1} (MARKERT, 1992). BOWEN (1979) puts nickel contents in plants at $1-5 \text{ mg.kg}^{-1}$ and MARKERT (1992) at $0.4-4 \text{ mg.kg}^{-1}$. 1 mg.kg^{-1} Ni may be regarded as a limit value (MAŇKOVSKÁ, 1986). BUBLINEC (1990) argues that permissible concentrations in conifers and deciduous tree species are $1-2 \text{ mg.kg}^{-1}$. MARKERT (1993) gives 1.40 mg.kg^{-1} in *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total nickel contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas amounts $3.4 \pm 3.3 \text{ mg.kg}^{-1}$ Ni (median 2.4 mg.kg^{-1} , Tab. 37). Average nickel content in foliage of individual tree species is as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 3.9 ± 3.4 (median 2.9), *Q. species* 4.3 ± 3.1 (median 3.5), *P. abies* 2.6 ± 2.5 (median 2.0), *P. sylvestris* 3.1 ± 3.4 (median 1.9) and *A. alba* 3.8 ± 2.4 (median 3.4). Exogenic nickel has been detected in 6.8% of stomata of analysed foliage of forest tree species.

Associated with industrial areas and mountain forests, nickel contents above 2 mg.kg^{-1} on the Atlas map of all forest tree species occur in north-western, southern and eastern Slovakia. The highest total nickel content in leaves of *F. sylvatica* is found in the mountain forests of Kysuce, Beskydy and southern Nízke Tatry, and in all industrial areas except in the Upper Nitra Basin and military area Lešť; *Q. species*, *P. sylvestris* and *A. alba* in all studied industrial areas and *P. abies* in mountain forests, in central Spiš and in Košice metropolitan area. This probably results from burning of heavy residual oils.

DISTRIBÚCIA NIKLU V LESNÝCH DREVINÁCH				TAB. 37					DISTRIBUTION OF NICKEL IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees				
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331				
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	3,87	4,28	4,44	2,60	3,06	3,80	2,80	3,44				
Smerodajná odchýlka Standard deviation	3,38	3,08	4,06	2,45	3,44	2,38	2,57	3,33				
Variačný koeficient Variation coefficient	87	72	91	94	112	63	92	97				
Minimálna hodnota Minimum value	0,030	0,220	0,030	0,020	0,080	0,230	0,020	0,020				
Maximálna hodnota Maximum value	26,51	15,33	36,62	27,25	18,80	15,25	27,25	36,60				
Medián Median	2,92	3,49	3,33	1,99	1,86	3,44	2,14	2,44				

OLOVO

Olovo je kovový prvok, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave 0, +2 a +4. V horninách je Pb^{2+} prítomné ako PbS a ďalšie zlúčeniny síry, vyskytuje sa v kremičitanoch, špeciálne v živcoch, kde nahrádza draslík, stroncium aj vápnik.

Olovo nezohráva nijakú známú biologickú úlohu a je toxické, teratogénne a karcinogénne. V biologických procesoch má škodlivý účinok tým, že nahrádza vápnik a železo v organizmoch. Olovo sa akumuluje v *Amorpha canescens*, *Minuartia verna* a v lišajníku *Stereocaulan pileatum*. Jeho esencionalita pre stavovce sa skúma. Vstupuje do prostredia (čoraz väčšími predovšetkým používaním tetraetylolu ako antidetonátora do benzínov). Olovo je vo forme $PbCO_3$, pre rastliny toxické v množstve 3–20 $mg.l^{-1}$, pre človeka je toxická denná dávka 1 mg.

Celkový obsah olova vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $1,841 \cdot 10^6$ t. V pôde sa nachádza v množstve 0,1–200 $mg.kg^{-1}$ a v rastlinách 0,1–5 $mg.kg^{-1}$ (BOWEN, 1979 a MARKERT, 1992). Ako prípustné množstvá z nekontaminovaných oblastí sa uvádzajú hodnoty 1–6 $mg.kg^{-1}$ pre jedno- a dvojročné smrekové ihličie (VOGEL et al., 1991; BUBLINEC, 1990; KELLER et al., 1985; KELLER, 1989; POLLE et al., 1992; BEDNÁŘOVÁ a POSPÍŠIL, 1985; LIE et al., 1993; HOGAN and WOTTON, 1984; MAŇKOVSKÁ, 1980, 1988; ZOLOTAREVA et al., 1983). V borovicovom ihličí sa zistili hodnoty 0,5–12 $mg.kg^{-1}$ (MAŇKOVSKÁ, 1980; a ZOLOTAREVA et al., 1983), MARKERT (1993) udáva pre *P. sylvestris* 4,75 $mg.kg^{-1}$. V bukovom a dubovom listí literatúra uvádza hodnoty 3,9–18 $mg.kg^{-1}$ (MAŇKOVSKÁ, 1980, 1981; KAHLE – BRECKLE, 1986; KELLER, 1986). V priemyselných oblastiach sa zistili v asimilačných orgánoch hodnoty 5–876 $mg.Pb.kg^{-1}$ (SWIEBODA, 1980; HOLUB – ZELENÁKOVÁ, 1986; OLEKSYN et al., 1987 a KRIVAN – SCHALDACH, 1985 a 1993; MAŇKOVSKÁ, 1984) a na okolí vozoviek 214–1260 $mg.kg^{-1}$ (KELLER et al., 1985; KELLER, 1989).

Obsah olova sa pohyboval v ihličnatých drevinách od 0,005 do 60 $mg.kg^{-1}$ a v listnatých od 0,005 do 238 $mg.kg^{-1}$. Za hraničnú hodnotu pre olovo je možné pokladať 6 $mg.kg^{-1}$ (MAŇKOVSKÁ, 1980). Najvyššie obsahy Pb sa na Slovensku namerali na okolí priemyselných závodov a pri vozovkách. Aritmetický priemer celkového obsahu olova v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $2,4 \pm 6,3$ $mg.kg^{-1}$ (medián 1,4 $mg.kg^{-1}$, tab. 38). Priemerný obsah olova v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v $mg.kg^{-1}$ je takýto: *F. sylvatica* $3,7 \pm 11,6$ (medián 2,0), *Q. species* $1,8 \pm 3,9$ (medián 0,9), *P. abies* $1,7 \pm 2,7$ (medián 1,2), *P. sylvestris* $3,7 \pm 4,5$ (medián 2,1) a *A. alba* $2,6 \pm 3,1$ (medián 1,9). V prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov týchto drevín nebolo exogénne olovo prítomné.

Obsah olova vyšší ako 5 $mg.kg^{-1}$ je zachytený na mape všetkých drevín v oblasti stredného a východného Slovenska a viaže sa na priemyselné oblasti. Táto koncentrácia olova je prekročená v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* na strednom Spiši, *Q. species* v Žiarskej kotline a na Hornej Nitre a *P. sylvestris* na strednom Spiši.

LEAD

Lead is a metallic element which occurs in nature in valences 0, +2 and +4. In rocks, Pb^{2+} is found as PbS and other sulphur compounds, and in silicates, mostly in feldspars where it substitutes for potassium, strontium and calcium.

Lead has no known biological role; is toxic, teratogenic and carcinogenic. It is noxious in biological processes as it replaces calcium and iron in organisms. Lead accumulates in *Amorpha canescens*, *Minuartia verna* and in lichen *Stereocaulan pileatum*. Whether or not it is an essential element in vertebrates is being investigated. Pb concentrations in the environment increase largely through the use of tetraethyllead as a gasoline antidetonant. Lead in the form of $PbCO_3$ is toxic to plants in concentrations 3–20 mg/l . A toxic amount to humans is 1 mg a day.

Total lead content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $1.841 \cdot 10^6$ t. Its concentrations in soil are 0.1–200 $mg.kg^{-1}$ and in plants 0.1–5 $mg.kg^{-1}$ (BOWEN, 1979 and MARKERT, 1992). Several authors put permissible amounts in one- and two-year-old spruce needles in uncontaminated areas at 1–6 $mg.kg^{-1}$ Pb (VOGEL et al., 1991; BUBLINEC, 1990; KELLER et al., 1985; KELLER, 1989; POLLE et al., 1992; BEDNÁŘOVÁ and POSPÍŠIL, 1985; LANDOLT et al., 1989; HOGAN and WOTTON, 1984; MAŇKOVSKÁ, 1977, 1988; KRAUSE and PRINZ, 1989; ZOLOTAREVA et al., 1983). Values from 0.5 to 12 $mg.kg^{-1}$ have been determined in pine needles (MAŇKOVSKÁ, 1980; DMUCHOWSKI and MOLSKI, 1984; ZOLOTAREVA et al., 1983). MARKERT (1993) gives 4.75 $mg.kg^{-1}$ in *P. sylvestris*. 3.9–18 $mg.kg^{-1}$ Pb have been determined in beech and oak leaves (MAŇKOVSKÁ, 1977, 1980, 1981; KAHLE and BRECKLE, 1986; KELLER, 1986). Pb contents in foliage in industrial areas range from 5 to 876 $mg.kg^{-1}$ (SWIEBODA, 1980; HOLUB and ZELENÁKOVÁ, 1986; OLEKSYN et al., 1987; KRIVAN and SCHALDACH, 1985; MAŇKOVSKÁ, 1984) and in the vicinity of highways from 214–1260 $mg.kg^{-1}$ (MAŇKOVSKÁ, 1977; KELLER et al. 1985; KELLER, 1989).

Lead contents in conifers vary from 0.005 to 60 $mg.kg^{-1}$ and in deciduous tree species from 0.005 to 238 $mg.kg^{-1}$. 6 $mg.kg^{-1}$ Pb may be considered as a limit value (MAŇKOVSKÁ, 1986). The highest Pb contents occur around industrial plants and near roads. Arithmetic mean of total lead contents in foliage of all forest tree species discussed in the Atlas is 2.4 ± 6.3 $mg.kg^{-1}$ (median 1.4 $mg.kg^{-1}$, Tab. 38). Average lead contents in foliage of individual forest tree species are as follows (in $mg.kg^{-1}$): *F. sylvatica* 3.7 ± 11.6 (median 2.0), *Q. species* 1.8 ± 3.9 (median 0.9), *P. abies* 1.7 ± 2.7 (median 1.2), *P. sylvestris* 3.7 ± 4.5 (median 2.1) and *A. alba* 2.6 ± 3.1 (median 1.9). Exogenic lead has not been detected in stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all tree species in the Atlas shows that lead contents exceed 5 $mg.kg^{-1}$ in industrial areas in central and eastern Slovakia. Higher lead contents have been determined in leaves of *F. sylvatica* in central Spiš, *Q. species* in the Žiar and Upper Nitra basins, and *P. sylvestris* in central Spiš.

DISTRIBÚCIA OLOVA V LESNÝCH DREVINÁCH				TAB. 38					DISTRIBUTION OF LEAD IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees				
Počet hodnôt Number of values	571	124	898	1102	104	176	1414	2310				
Aritmetický priemer v $mg.kg^{-1}$ Arithmetic mean in $mg.kg^{-1}$	3,66	1,80	3,06	1,73	3,68	2,61	2,01	2,42				
Smerodajná odchýlka Standard deviation	11,30	3,85	9,39	2,70	4,48	3,06	2,96	6,31				
Variačný koeficient Variation coefficient	308	214	307	156	122	117	147	261				
Minimálna hodnota Minimum value	0,010	0,058	0,005	0,010	0,005	0,010	0,005	0,005				
Maximálna hodnota Maximum value	237,6	30,9	237,6	59,7	26,4	26,9	59,7	238,0				
Medián Median	2,04	0,93	1,70	1,23	2,10	1,85	1,34	1,44				

RUBÍDIUM

Rubídium sa podobne ako alkalické kovy lítium, sodík, draslík a cézium nachádza v prírode v oxidačnom stave +1. V geologických procesoch sa správa ako draslík a cézium. Nahrádza draslík v živochoch. Neplní nijakú biologickú úlohu a nie je toxické. Draslík nahrádza, ale bez jeho fyziologického účinku.

Celkový obsah rubídia vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $9,2 \cdot 10^7$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) uvádzajú obsah v pôde $10-100 \text{ mg.kg}^{-1}$, v rastlinách $1-50 \text{ mg.kg}^{-1}$. MARKERT (1993) v *P. sylvestris* zistil obsah tohto prvku $8,1 \text{ mg.kg}^{-1}$, TOBLER et al. (1994) v *P. abies* $4,73-134 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu rubídia v asimilačných orgánoch drevín spracovaných v atlase je $10,8 \pm 11,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (medián $7,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, tab. 39). Priemerný obsah rubídia v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v mg.kg^{-1} je takýto: *F. sylvatica* $14,3 \pm 15,3$ (medián 9,2), *Q. species* $10,5 \pm 7,5$ (medián 8,3), *P. abies* $10,2 \pm 10,0$ (medián 7,0), *P. sylvestris* $6,0 \pm 5,0$ (medián 4,2) a *A. alba* $6,1 \pm 7,3$ (medián 3,7). Na povrchu analyzovaných asimilačných orgánov nebolo exogénne rubídium prítomné.

Na mape všetkých drevín je obsah rubídia vyšší ako 20 mg.kg^{-1} vyznačený na strednom Slovensku. Táto koncentrácia je prekročená v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* v Žiarskej kotline a na Hornej Nitre; pri *P. abies* v oblasti magnezitových závodov Lubeník a Jelšava a pri *A. alba* v oblasti Žiarskej kotliny.

RUBIDIUM

Like the alkali metals (lithium, sodium, potassium and caesium), rubidium occurs in nature in valence +1. In geological processes the element behaves like potassium and caesium. It replaces potassium in feldspars. Rubidium has no biologic functions and is not toxic. It is similar to potassium which it replaces but does not have potassium's physiological properties.

MARKERT (1992) has put rubidium content in world plant biomass at $9.2 \cdot 10^7$ t. According to BOWEN (1979) and MARKERT (1992), soil contains $10-100 \text{ mg.kg}^{-1}$ Rb and plants $1-50 \text{ mg.kg}^{-1}$. MARKERT (1993) gives 8.1 mg.kg^{-1} in *P. sylvestris*. TOBLER et al. (1994) have determined $4.73-134 \text{ mg.kg}^{-1}$ Rb in *P. abies*.

Arithmetic mean of total rubidium contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas is $10.8 \pm 11.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (median 7.2 mg.kg^{-1} , Tab. 39). Average rubidium contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg^{-1}): *F. sylvatica* 14.3 ± 15.3 (median 9.2), *Q. species* 10.5 ± 7.5 (median 8.3), *P. abies* 10.2 ± 10.0 (median 7.0), *P. sylvestris* 6.0 ± 5.0 (median 4.2) and *A. alba* 6.1 ± 7.3 (median 3.7). Exogenic rubidium has not been detected on the stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all tree species in the Atlas reveals that rubidium contents over 20 mg.kg^{-1} are found in central Slovakia. Concentrations above 20 mg.kg^{-1} Rb have been determined in leaves of *F. sylvatica* in the Žiar and Upper Nitra basins, in *P. abies* near magnesite plants at Lubeník and Jelšava, and in *A. alba* in the Žiar Basin.

DISTRIBÚCIA RUBÍDIA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 39		DISTRIBUTION OF RUBIDIUM IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	573	126	902	1114	105	178	1430	2330
Aritmetický priemer v mg.kg^{-1} Arithmetic mean in mg.kg^{-1}	14,3	10,5	13,1	10,2	6,0	6,1	9,3	10,8
Smerodajná odchýlka Standard deviation	15,3	7,5	13,7	10,0	5,0	7,3	9,5	11,5
Variačný koeficient Variation coefficient	108	72	105	98	84	119	102	106
Minimálna hodnota Minimum value	0,66	0,95	0,66	0,33	1,00	0,32	0,32	0,32
Maximálna hodnota Maximum value	161,1	42,1	161,1	88,9	25,0	44,3	88,9	161,0
Medián Median	9,17	8,31	8,70	6,96	4,24	3,72	6,03	7,19

SÍRA

Síra má nekovový charakter a v prírode sa nachádza v oxidačnom stave -2, +3, +4, +5 a +6. Najrozšírenejší je stav -2, v ktorom tvorí sírniky, a +6, kde tvorí sírany. Síra je esenciálny prvok pre všetky organizmy a zúčastňuje sa na tvorbe bielkovín. Jej ekotoxická forma je SO_4^{2-} a HSO_4^- . Akumuluje sa v jednotlivých rastlinách *Cruciferae*, *Alium ssp.*, v sírových baktériách, v chlpoch stavovcov a v perí. Je súčasťou aminokyselín (cystein a methionin), koenzýmov, mukopolysacharidových kyselín a esterov kyseliny sírovej. Prípadný nedostatok síry sa prejavuje veľmi podobne ako nedostatok dusíka, teda medzirebrovou chlorózou mladých listov a žltnutím asimilačných orgánov. Známý je pomerne vysoký obsah tohto prvku v pôdach. Významný je vplyv antropogénnych emisií SO_2 na novodobé poškodenie lesa a pôdnu acidifikáciu.

Celkový obsah síry vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $5,523 \cdot 10^{10}$ t. BOWEN (1979) udáva pre rastliny hodnoty 1 000–9 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. BUBLINEC (1990) a CLEMENT (1985) pokladajú za dostatočný obsah pre smrek hodnoty 1 100–1 800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pre buk a dub 1 000–2 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* hodnoty 750–1 620 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a v *P. sylvestris* 970–1 950 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Vyššie hodnoty treba hodnotiť ako nežiadúce. MATERNA – MEJSTRÍK (1987) uvádzajú, že obsahy síry v ihličí smreka sa pohybujú v rozpätí 800–1 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, čo sa zhoduje s našimi údajmi (MAŇKOVSKÁ, 1988). V imisných oblastiach hladina síry v ihličí výrazne stúpa až na 5 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v sušine jednoročného ihličia, čo už pôsobí nepriaznivo.

Aritmetický priemer celkového obsahu síry v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $2\,163 \pm 1\,056 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (medián $1\,910 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, tab. 40). Priemerný obsah síry v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ je takýto: *F. sylvatica* $2\,242 \pm 923$ (medián 2 090), *Q. species* $2\,236 \pm 1\,088$ (medián 2 120), *P. abies* $1\,959 \pm 851$ (medián 1 750), *P. sylvestris* $1\,952 \pm 1\,010$ (medián 1 730) a *A. alba* $2\,203 \pm 943$ (medián 1 940). Exogénna síra bola zistená na povrchu 0,4% analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín. Údaje o celkovej síre v asimilačných orgánoch lesných drevín sú však prekvapivo vysoké v porovnaní s našimi údajmi z roku 1975 (MAŇKOVSKÁ, 1988). Potvrdzujú výrazné rozšírenie vplyvu oxidov síry na celom území Slovenska.

Na mape všetkých drevín je zrejmy obsah celkovej síry vyšší ako $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ na viac ako štyroch pätinách územia Slovenska. Táto koncentrácia je prekročená vo všetkých drevinách v priemyselných areáloch, vo vojenskom priestore Lešť a v piatich vybraných horských lesoch.

SULPHUR

Sulphur is a nonmetallic element which naturally occurs in valences -2, +3, +4, +5 and +6. The most widespread states are -2 (sulphides) and +6 (sulphates). Essential element to all organisms, sulphur is a constituent in proteins. Its ecotoxic forms are SO_4^{2-} and HSO_4^- . The element accumulates in plants *Cruciferae*, *Alium ssp.*, in sulphur bacteria, vertebrate hair and feathers. Sulphur is a constituent of amino acids (cysteine and methionine), coenzymes, mucopolysaccharide acids and sulphuric-acid esters. Its deficiency very much resembles the deficiency of nitrogen as it gives rise to interrib chlorosis of young leaves and yellowing of leaves. It is sometimes found in high quantities in soil (gypsum). Man-made SO_2 emissions cause considerable forest damages and soil acidification.

Total sulphur content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $5.523 \cdot 10^{10}$ t. According to BOWEN (1979), plants contain 1 000–9 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ S. BUBLINEC (1990) and CLEMENT (1985) maintain that a sufficient content in spruce is 1 100–1 800 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ S and in oak and beech 1 000–2 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. INNES has determined 750–1 620 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ S in two-year-old needles of *P. abies* and 970–1 950 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in those of *P. sylvestris*. Higher values should be considered undesirable. MATERNA and MEJSTRÍK (1987) put sulphur contents in spruce needles at 800–1 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ which well agrees with our data (MAŇKOVSKÁ, 1988). In imission areas, sulphur levels in needles are considerably increased to as much as 5 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ S in dried one-year-old needles, an amount which has adverse impact.

Arithmetic mean of total sulphur contents in foliage of all forest tree species in the Atlas is $2\,163 \pm 1\,056 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (median $1\,910 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Tab. 40). Average sulphur contents in foliage of individual tree species are as follows (in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$): *F. sylvatica* $2\,242 \pm 923$ (median 2 090), *Q. species* $2\,236 \pm 1\,088$ (median 2 120), *P. abies* $1\,959 \pm 851$ (median 1 750), *P. sylvestris* $1\,952 \pm 1\,010$ (median 1 730) and *A. alba* $2\,203 \pm 943$ (median 1 940). Exogenic sulphur has been found on 0.4% of the stomata of analysed foliage of forest tree species. The determined data on total sulphur concentrations in foliage of forest tree species are surprisingly high in comparison with our data from 1975 (MAŇKOVSKÁ, 1988). They confirm increasing impact of sulphur oxides throughout Slovakia's territory.

The map of all forest tree species in the Atlas shows that total sulphur contents exceed $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ in more than 80% of the Slovak territory. Still higher values have been determined in all woody plants growing in all industrial areas, military area Lešť and five selected mountain forests.

DISTRIBÚCIA SÍRY V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 40		DISTRIBUTION OF SULPHUR IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	578	127	909	1 122	105	177	1 437	2 320
Aritmetický priemer v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Arithmetic mean in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	2 242,0	2 236,0	2 401,0	1 959,0	1 952,0	2 203,0	2 007,0	2 163,0
Smerodajná odchýlka Standard deviation	923,0	1 088,0	1 193,0	851,0	1 010,0	943,0	923,0	1 056,0
Variačný koeficient Variation coefficient	41	49	50	43	52	43	46	49
Minimálna hodnota Minimum value	720,0	770,0	440,0	550,0	610,0	690,0	550,0	440,0
Maximálna hodnota Maximum value	7 070,0	6 460,0	9 660,0	11 400,0	5 320,0	5 930,0	11 400,0	11 400,0
Medián Median	2 090,0	2 120,0	2 190,0	1 750,0	1 730,0	1 940,0	1 770,0	1 910,0

SELÉN

Selén patrí medzi prechodné prvky a vyskytuje sa ako 2⁻, 4⁺, 6⁺-mocný. V stopách je prítomný v mnohých prírodných sírnikoch, napr. v pyrite, chalkopyrite a sfalerite. Pri pražení týchto sírnikov sa dostáva do tzv. poľtávého prachu a obohacuje ho.

Selén je pre baktérie, riasy a huby neesenciálny. O jeho esencionalite pre vyššie rastliny sa zatiaľ diskutuje a pre živočíchov je esenciálny. Akumuluje sa v hubách, napr. *Boletus edulis*, v jednotlivých druhoch *Compositae*, *Lecythidaceae*, *Leguminosae* (*Astragalus*) a *Rubiaceae*. Je súčasťou glutationovej peroxidázy. Nedostatok selénu spôsobuje peroxidáciu lipidov, endemickú kardiomyopatiu a hemolýzu u živočíchov i u človeka. Seleničnany a selenáty sú veľmi toxické. Toxicita As, Hg, Cd, Tl a NO₃ sa však redukuje, keď sa podáva zároveň aj selén. Toxický účinok vyvoláva náhrada síry selénom v aminokyselinách.

Odhad celkového obsahu selénu vo svetovej rastlinnej biomase je 3,682 · 10⁻⁴ t za rok (MARKERT, 1995). BOWEN (1979) a MARKERT (1992) udávajú pre pôdu hodnotu 0,01 mg.kg⁻¹ a pre rastliny hodnoty 0,01 – 0,05 mg.kg⁻¹. Selén v prírode sprevádza síru. Obsah selénu 0,03 treba pokladať za hraničnú hodnotu (MARKERT, 1993).

Aritmetický priemer celkového obsahu selénu v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je 0,06 ± 0,15 mg.kg⁻¹ (medián 0,04 mg.kg⁻¹, tab. 41). Priemerný obsah selénu v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín predstavuje v mg.kg⁻¹: *F. sylvatica* 0,06 ± 0,04 (medián 0,05), *Q. species* 0,05 ± 0,05 (medián 0,04), *P. abies* 0,05 ± 0,20 (medián 0,04), *P. sylvestris* 0,07 ± 0,05 (medián 0,06) a *A. alba* 0,07 ± 0,07 (medián 0,05). V prieduchoch analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín nebol prítomný exogénny selén.

Podľa mapy všetkých drevín sa obsah selénu vyšší ako 0,05 mg.kg⁻¹ vyskytuje asi na polovici územia Slovenska. Hodnoty vyššie ako táto koncentrácia sa v asimilačných orgánoch *F. sylvatica* zistili predovšetkým na strednom Spiši, v Žiarskej kotline, na Hornej Nitre a vo vojenskom priestore Lešť. V prípade *P. abies* sa vyššia koncentrácia vyskytuje na strednom Spiši, pri *P. sylvestris* v košickej aglomerácii a na strednom Spiši, a pri *A. alba* na strednom Spiši a v Žiarskej kotline.

SELENIUM

Selenium is a transient, 2⁻, 4⁺ and 6⁺ valent element. Traces of selenium occur in a variety of natural sulphides, such as pyrite, chalcopyrite and sphalerite. When roasted, the sulphides release selenium in the form of solid emissions which are considerably enriched in Se. The element is not essential to bacteria, algae and fungi. On the other hand it is essential to animals, and its importance for higher plants is being discussed. It is amassed by fungi, such as *Boletus edulis*, and in species *Compositae*, *Lecythidaceae*, *Leguminosae* (*Astragalus*) and *Rubiaceae*. Selenium is a constituent of glutathione peroxidase. Selenium deficiency causes lipide peroxidation, endemic cardiomyopathy and hemolysis of animals and humans. Selenites and selenates are highly toxic. Selenium reduces the toxicity of As, Hg, Cd, Tl and NO₃ when it is consumed at the same time. The substitution of selenium for sulphur in aminoacids has toxic effects.

Total selenium content in world plant biomass has been estimated at 3.682 · 10⁻⁴ t (MARKERT, 1995). According to BOWEN (1979) and MARKERT (1992), soil contains 0.01 mg.kg⁻¹ Se and plants 0.01 – 0.05 mg.kg⁻¹ Se. Selenium accompanies sulphur in nature. 0.03 mg.kg⁻¹ Se should be considered as a limit value (MARKERT, 1993).

Arithmetic mean of the total selenium content in foliage of all forest tree species in the Atlas is 0.06 ± 0.15 mg.kg⁻¹ (median 0.04 mg.kg⁻¹, Tab. 41). Average selenium contents in foliage of individual tree species are as follows (in mg.kg⁻¹): *F. sylvatica* 0.06 ± 0.04 (median 0.05), *Q. species* 0.05 ± 0.05 (median 0.04), *P. abies* 0.05 ± 0.20 (median 0.04), *P. sylvestris* 0.07 ± 0.05 (median 0.06) and *A. alba* 0.07 ± 0.07 (median 0.05). Exogenic selenium has not been detected in stomata of analysed foliage of forest tree species.

Selenium content on the map of all forest tree species in the Atlas exceeds 0.05 mg.kg⁻¹ in approximately one half of the Slovak territory. Total selenium contents above 0.05 mg.kg⁻¹ have been detected mainly in leaves of *F. sylvatica* in central Spiš, Žiar and Upper Nitra basins and in military area Lešť; in those of *P. abies* in central Spiš; *P. sylvestris* in central Spiš and Košice metropolitan area; and in *A. alba* in central Spiš and Žiar Basin. Selenium distribution in forest tree species.

DISTRIBÚCIA SELÉNU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 41		DISTRIBUTION OF SELENIUM IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	536	126	865	983	96	171	1 283	2 146
Aritmetický priemer v mg.kg ⁻¹ Arithmetic mean in mg.kg ⁻¹	0,058	0,053	0,059	0,048	0,069	0,074	0,055	0,060
Smerodajná odchýlka Standard deviation	0,043	0,047	0,062	0,203	0,046	0,068	0,182	0,150
Variačný koeficient Variation coefficient	74	91	104	428	66	93	333	258
Minimálna hodnota Minimum value	0,0003	0,0010	0,0003	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0003
Maximálna hodnota Maximum value	0,480	0,310	1,301	6,340	0,256	0,500	6,340	6,340
Medián Median	0,055	0,044	0,053	0,035	0,058	0,052	0,039	0,040

STRONCIUM

Stroncium, podobne ako ďalšie kovy alkalických zemín (bárium, horčík a vápnik) sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +2. Takisto vystupuje ako viazaný (napr. ako celestin a strocianit), v horninách nahrádza vápnik, draslík a bárium v kryštalických mriežkach a je prítomný v horninotvorných mineráloch, najviac v draslíkových živcoch.

Stroncium je netoxický prvok s výnimkou jeho rádioaktívnej formy ^{90}Sr . Pretože je chemicky príbuzný vápniku, často ho v biologických procesoch nahrádza. Akumuluje sa v *Protozoa Acanthometra* a v hnedých riasách. Zdá sa, že stroncium je esenciálne pre niektoré organizmy, avšak vyžaduje si to ešte výskum. ^{90}Sr je produkt nukleárných výbuchov a môže byť podobne ako Ca deponovaný do kostí.

Celkový obsah stroncia vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $9,2 \cdot 10^7$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) udávajú pre pôdu hodnotu 20–3500 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a pre rastliny hodnoty 7–90 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, MARKERT (1993) pre *P. sylvestris* 0,95 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu stroncia v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $25,9 \pm 25,6$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (medián 18,0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, tab. 42). Priemerný obsah stroncia v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ je takýto: *F. sylvatica* $29,3 \pm 20,3$ (medián 25,2), *Q. species* $21,3 \pm 12,7$ (medián 18,0), *P. abies* $22,7 \pm 23,9$ (medián 15,3), *P. sylvestris* $9,9 \pm 7,6$ (medián 8,2) a *A. alba* $19,9 \pm 35,4$ (medián 14,4). Exogénne stroncium sa na povrchu analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín nevyskytovalo.

Z mapy všetkých drevín vyplýva, že zvýšený obsah stroncia sa prejavil na viacerých lokalitách južného a stredného Slovenska. Obsah celkového stroncia vyšší ako 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v asimilačných orgánoch *P. abies* bol zaznamenaný v Žiarskej kotline, na Hornej Nitre a vo vojenskom priestore Lešť, v asimilačných orgánoch *P. sylvestris* v Žiarskej kotline.

STRONTIUM

Like other alkali-earth metals (barium, magnesium and calcium), strontium naturally occurs in valence +2. Like them, strontium is also found combined, e. g. in celestine and strontianite. In rocks it replaces calcium, barium and potassium in lattices of minerals. In addition, the element is present in rock-forming minerals, largely in potassic feldspars.

Except for its radioactive form ^{90}Sr , strontium is not toxic. Sr is chemically allied with calcium which it often replaces in biological processes. It accumulates in *Protozoa Acanthometra* and in brown algae. Strontium appears essential to some organisms, but further research is needed to prove it. ^{90}Sr is produced by nuclear explosions and may be deposited in bones like Ca.

Total strontium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $9.2 \cdot 10^7$ t. BOWEN (1979) and MARKERT (1992) state that soil contains 20–3500 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Sr and plants 7–90 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Sr. MARKERT (1993) gives for *P. sylvestris* 0.95 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Arithmetic mean of total strontium contents in foliage of all forest tree species described in the Atlas amounts to 25.9 ± 25.6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (median 18.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Tab. 42). Average strontium content in foliage of individual tree species is as follows (in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): *F. sylvatica* 29.3 ± 20.3 (median 25.2), *Q. species* 21.3 ± 12.7 (median 18.0), *P. abies* 22.7 ± 23.9 (median 15.3), *P. sylvestris* 9.9 ± 7.6 (median 8.2) a *A. alba* 19.9 ± 35.4 (median 14.4). Exogenic strontium has not been detected on the stomata of analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species in the Atlas indicates increased strontium contents in several locations in southern and central Slovakia. Total strontium contents over 50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ have been determined in needles of *P. abies* in the Žiar and Upper Nitra basins and in military area Lešť, and in those of *P. sylvestris* in the Žiar Basin.

DISTRIBÚCIA STRONCIA V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 42		DISTRIBUTION OF STRONTIUM IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	573	126	902	1114	105	178	1429	2331
Aritmetický priemer v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Arithmetic mean in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	29,3	21,3	32,1	22,7	10,0	19,9	21,9	25,9
Smerodajná odchýlka Standard deviation	20,3	12,7	23,5	23,9	7,6	35,4	26,1	25,6
Variačný koeficient Variation coefficient	69	60	73	105	77	178	119	99
Minimálna hodnota Minimum value	1,40	4,61	1,40	1,81	0,33	2,18	0,33	0,33
Maximálna hodnota Maximum value	114,9	64,6	152,4	219,4	50,2	359,6	359,6	360,0
Medián Median	25,2	18,0	25,9	15,3	8,2	14,4	14,6	18,0

VANÁD

Vanád je kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +2, +3, +4 a +5. Vanád je síce v zemskej kôre dosť rozšírený, vyskytuje sa však veľmi zriedka vo väčšom množstve. V horninách V^{3+} nahrádza železo. Je esenciálny pre riasy, vyššie rastliny a živočíchy, ale nehrá žiadnu biologickú úlohu v živote baktérií a húb. Vanád je pre rastliny toxický vo forme $H_2VO_4^-$ a HVO_4^{2-} v koncentrácii 10–40 $mg.l^{-1}$. Akumuluje sa v hubách *Amanita muscaria*, *Astragalus confertiflorus* a *Ascidians*. Inhibuje syntézu chlorofylu. Jeho prípadný nedostatok spôsobuje redukciu rastu, zmeny v metabolizme lipidov a poruchy úrodnosti. Vysoké množstvo tohto prvku obsahujú morské uhorky. Niektoré druhy *Ascidians* majú komplex bielkovinového vanádu viazaný v krvi. Základná funkcia vanádu zostáva však nejasná.

Celkový obsah vanádu vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $9,2 \cdot 10^4$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) udávajú pre pôdu hodnotu 10–100 $mg.kg^{-1}$ a pre rastliny 0,001–0,5 $mg.kg^{-1}$, MARKERT (1993) pre *P. sylvestris* 0,65 $mg.kg^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu vanádu v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je $0,8 \pm 2,7$ $mg.kg^{-1}$ (medián 0,3 $mg.kg^{-1}$, tab. 43). Priemerný obsah vanádu v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v $mg.kg^{-1}$ je takýto: *F. sylvatica* $0,7 \pm 2,2$ (medián 0,3), *Q. species* $0,4 \pm 1,1$ (medián 0,3), *P. abies* $0,9 \pm 3,2$ (medián 0,2), *P. sylvestris* $1,0 \pm 2,1$ (medián 0,3) a *A. alba* $1,0 \pm 4,4$ (medián 0,3). Exogénny vanád bol prítomný v 16,1 % prieduchov analyzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín je zvýšený obsah vanádu vyznačený na viacerých lokalitách stredného a východného Slovenska. Obsah celkového vanádu vyšší ako 0,8 $mg.kg^{-1}$ v asimilačných orgánoch *P. abies* bol zistený v oblasti magnezitových závodov v Lubeníku a Jelšave, na strednom Spiši a vo Vysokých Tatrách; v orgánoch *F. sylvatica*, *P. sylvestris* a *A. alba* v oblasti magnezitových závodov v Lubeníku a Jelšave a na strednom Spiši.

VANADIUM

Vanadium is found in nature in valences +2, +3, +4 and +5. Though fairly widely distributed in the earth's crust, it is rarely found in larger quantities. V^{3+} substitutes for iron in rocks. Vanadium is an essential element to algae, higher plants and animals, but has no biological function in bacteria and fungi. $H_2VO_4^-$ and HVO_4^{2-} in concentration P: 10–40 mg/l are toxic to plants. The element accumulates in fungi *Amanita muscaria*, *Astragalus confertiflorus* and *Ascidians*. Vanadium inhibits chlorophyll synthesis. Its deficiency leads to stunted growth, changes in lipide metabolism and eventually lower crop. Marine cucumbers contain much vanadium. Blood of some species of *Ascidians* contains vanadium protein complex. The basic function of vanadium remains unclear.

Total vanadium content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $9,2 \cdot 10^4$ t. According to BOWEN (1979) and MARKERT (1992), vanadium concentrations in soil are 10–100 $mg.kg^{-1}$ and in plants 0.001–0.5 $mg.kg^{-1}$, and according to MARKERT (1993) those in *P. sylvestris* are 0.65 $mg.kg^{-1}$.

Arithmetic mean of total vanadium contents in foliage of all forest tree species dealt with in the Atlas is 0.8 ± 2.7 $mg.kg^{-1}$ (median 0,3 $mg.kg^{-1}$, Tab. 43). Average vanadium contents in foliage of individual species are as follows (in $mg.kg^{-1}$): *F. sylvatica* 0.7 ± 2.2 (median 0.3), *Q. species* 0.4 ± 1.1 (median 0.3), *P. abies* 0.9 ± 3.2 (median 0.2), *P. sylvestris* 1.0 ± 2.1 (median 0.3) and *A. alba* 1.0 ± 4.4 (median 0.3). Exogenic vanadium has been present in 16.1% of stomata in analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species in the Atlas shows increased vanadium concentrations in several locations in central and eastern Slovakia. Total vanadium contents exceed 0.8 $mg.kg^{-1}$ in needles of *P. abies* in the vicinity of magnesite plants at Lubeník and Jelšava, in central Spiš and Vysoké Tatry, and in those of *F. sylvatica*, *P. sylvestris* and *A. alba* near magnesite plants at Lubeník and Jelšava as well as in central Spiš.

DISTRIBÚCIA VANÁDU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 43		DISTRIBUTION OF VANADIUM IN FOREST TREE SPECIES			
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	539	126	866	979	96	171	1 279	2 143
Aritmetický priemer v $mg.kg^{-1}$ Arithmetic mean in $mg.kg^{-1}$	0,721	0,442	0,617	0,937	0,977	1,032	0,945	0,813
Smerodajná odchýlka Standard deviation	2,188	1,104	1,796	3,204	4,194	2,099	3,129	2,677
Variačný koeficient Variation coefficient	304	250	291	342	429	203	331	329
Minimálna hodnota Minimum value	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Maximálna hodnota Maximum value	38,1	11,9	38,1	46,9	40,5	15,5	46,9	47,0
Medián Median	0,310	0,272	0,299	0,225	0,307	0,317	0,242	0,267

ZINOK

Zinok je kov, ktorý sa v prírode nachádza v oxidačnom stave +2. V horninách je najčastejšie prítomný v kryštalických mriežkach kremičitanov, kde nahrádza železo a horčík, ďalej ako sfalerit (ZnO) a ďalšie sírniky predovšetkým železa.

Zinok je pre všetky organizmy esenciálny. Pre rastliny je toxický vo forme Zn^{2+} , $ZnOH^+$ a $ZnCO_3$ v koncentrácii 60–400 $mg.l^{-1}$, pre človeka v koncentrácii 150–600 $mg.l^{-1}$. Je karcinogénny. Akumuluje sa v *Armeria maritima subs. halleri*, *Minuartia verna*, *Silene vulgaris*, *Thaspi alpestre* a *Viola tricolor var. calaminaria*. Zinok sa zúčastňuje na tvorbe chlorofylu a je aktivizátorom enzýmov, dehydrogenázy, degradácie bielkovín a tvorby rastových látok. Jeho nedostatok inhibuje rast, spôsobuje bledozelené sfarbenie starších asimilačných orgánov a narúša fruktifikáciu. Medzi toxické symptómy zinku patrí narušenie sexuálneho vývoja, poškodenie kože a šedivenie vlasov. Na pôdach bohatých na zinok sa vyskytuje špeciálny typ flóry (*calamine flora*).

Celkový obsah zinku vo svetovej rastlinnej biomase odhaduje MARKERT (1992) na $9,2 \cdot 10^7$ t. BOWEN (1979) a MARKERT (1992) udávajú obsah zinku v pôde od 3 do 300 $mg.kg^{-1}$ a v rastlinách od 15 do 150 $mg.kg^{-1}$. Podľa BERGMANA (1986) je optimálna hodnota 16–38 $mg.kg^{-1}$, BUBLINEC (1990) uvádza pre ihličnany prípustné hodnoty 15–80 $mg.kg^{-1}$ a pre listnaté druhy 20–80 $mg.kg^{-1}$. KAUPENJOHAN et al. (1989) zistili v smrekovom ihličí hodnoty 20 $mg.kg^{-1}$ a v bukovom listí 30 $mg.kg^{-1}$. MATERNA (1984) uvádza ako hraničnú hodnotu obsah 19 $mg.kg^{-1}$. BOWEN (1979) udáva hodnoty 20–400 $mg.kg^{-1}$ a MARKERT (1993) pre *P. sylvestris* 53 $mg.kg^{-1}$. INNES (1995) zistil v dvojročnom ihličí *P. abies* 25–55 $mg.kg^{-1}$ a v *P. sylvestris* 27–68 $mg.kg^{-1}$.

Aritmetický priemer celkového obsahu zinku v asimilačných orgánoch všetkých drevín spracovaných v atlase je 43 ± 35 $mg.kg^{-1}$ (medián 36 $mg.kg^{-1}$, tab. 44). Priemerný obsah zinku v asimilačných orgánoch jednotlivých drevín v $mg.kg^{-1}$ je takýto: *F. sylvatica* 41 ± 46 (medián 33), *Q. species* 26 ± 22 (medián 21), *P. abies* 42 ± 21 (medián 38), *P. sylvestris* 58 ± 44 (medián 49) a *A. alba* 57 ± 38 (medián 47). Exogénny zinok bol prítomný v 2,6% prírodov analýzovaných asimilačných orgánov lesných drevín.

Na mape všetkých drevín je zachytené, že obsah zinku vyšší ako 45 $mg.kg^{-1}$ sa prejavil na polovici územia Slovenska. Vyššia koncentrácia sa vyskytla v prípade *P. abies* na Hornej Nitre, v Žiarskej kotline, v oblasti Lubeník – Jelšava a na juhu Nízkych Tatier. Na strednom Spiši túto koncentráciu prekročil *Q. species*, *F. sylvatica*, *P. sylvestris* a *A. alba*.

ZINC

Zinc is a metallic element which naturally occurs in valence +2. In rocks, it is largely found in the lattices of silicates where it replaces iron and magnesium as well as in sphalerite (ZnS) and other sulphides, mainly ferruginous ones.

Zinc is essential to all organisms. Zn^{2+} , $ZnOH^+$ and $ZnCO_3$ in concentrations 60–400 mg/l are toxic to plants. Zinc is carcinogenic and its concentrations 150–600 mg/l are toxic to humans. It is amassed by *Armeria maritima subs. halleri*, *Minuartia verna*, *Silene vulgaris*, *Thaspi alpestre* and *Viola tricolor var. calaminaria*. The element is a constituent of chlorophyll, activates enzymes, takes part in dehydrogenase, protein degradation and formation of growth agents. Deficiency of zinc inhibits growth, causes pale-green coloration of older leaves and disturbs fructification. The element's toxic symptoms include disturbed sexual development, impaired skin and graying hair. Soils rich in zinc support a special kind of flora (so-called *calamine flora*).

Total zinc content in world plant biomass has been estimated by MARKERT (1992) at $9.2 \cdot 10^7$ t. According to BOWEN (1979) and MARKERT (1992), soil contains 3–300 $mg.kg^{-1}$ Zn and plants 15–150 $mg.kg^{-1}$ Zn. BERGMAN (1986) puts the optimum concentration at 16–38 $mg.kg^{-1}$ Zn, while BUBLINEC (1990) argues that permissible values for conifers are 15–80 $mg.kg^{-1}$ Zn and for deciduous species 20–80 $mg.kg^{-1}$ Zn. KAUPENJOHAN et al. (1989) has determined 20 $mg.kg^{-1}$ Zn in spruce needles and 30 $mg.kg^{-1}$ Zn in beech leaves. MATERNA (1989) puts a limit content at 19 $mg.kg^{-1}$ Zn. BOWEN (1979) gives 20–400 $mg.kg^{-1}$ Zn and MARKERT (1993) for *P. sylvestris* 53 $mg.kg^{-1}$ Zn. INNES (1995) has determined 25–55 $mg.kg^{-1}$ Zn in two-year-old needles of *P. abies* and 27–68 $mg.kg^{-1}$ Zn in those of *P. sylvestris*.

Arithmetic mean of total zinc contents in foliage of all forest tree species mentioned in the Atlas is 43 ± 35 $mg.kg^{-1}$ (median 36 $mg.kg^{-1}$ Zn, Tab. 44). Average zinc content in foliage of individual tree species is as follows (in $mg.kg^{-1}$): *F. sylvatica* 41 ± 46 (median 33), *Q. species* 26 ± 22 (median 21), *P. abies* 42 ± 21 (median 38), *P. sylvestris* 58 ± 44 (median 49) and *A. alba* 57 ± 38 (median 47). Exogenic zinc has been detected in 2.6% of stomata in analysed foliage of forest tree species.

The map of all forest tree species in the Atlas discloses that zinc contents exceed 45 $mg.kg^{-1}$ in one half of Slovakia's territory. Still higher concentrations have been detected in *P. abies* in the Upper Nitra and Žiar basins, in the Lubeník-Jelšava area and in southern Nízke Tatry as well as in *Q. species*, *F. sylvatica*, *P. sylvestris* and *A. alba* in central Spiš.

DISTRIBÚCIA ZINKU V LESNÝCH DREVINÁCH			TAB. 44			DISTRIBUTION OF ZINC IN FOREST TREE SPECIES		
Štatistické charakteristiky Statistical characteristics	Fagus sylvatica L.	Quercus species	Listnaté spolu Total deciduous	Picea abies Karst.	Pinus sylvestris L.	Abies alba L.	Ihličnaté spolu Total conifers	Všetky dreviny spolu Total all trees
Počet hodnôt Number of values	574	126	903	1114	105	178	1430	2331
Aritmetický priemer v $mg.kg^{-1}$ Arithmetic mean in $mg.kg^{-1}$	41,0	25,6	38,4	42,3	57,7	56,9	45,4	42,7
Smerodajná odchýlka Standard deviation	46,5	21,7	44,5	21,3	43,8	37,5	26,9	34,9
Variačný koeficient Variation coefficient	114	85	116	50	76	66	59	82
Minimálna hodnota Minimum value	12,01	10,12	7,55	4,01	4,41	16,85	4,01	4,01
Maximálna hodnota Maximum value	691,0	171,0	691,0	231,0	413,0	403,0	413,0	691,0
Medián Median	32,8	21,2	30,5	38,0	49,4	46,8	40,3	35,8