

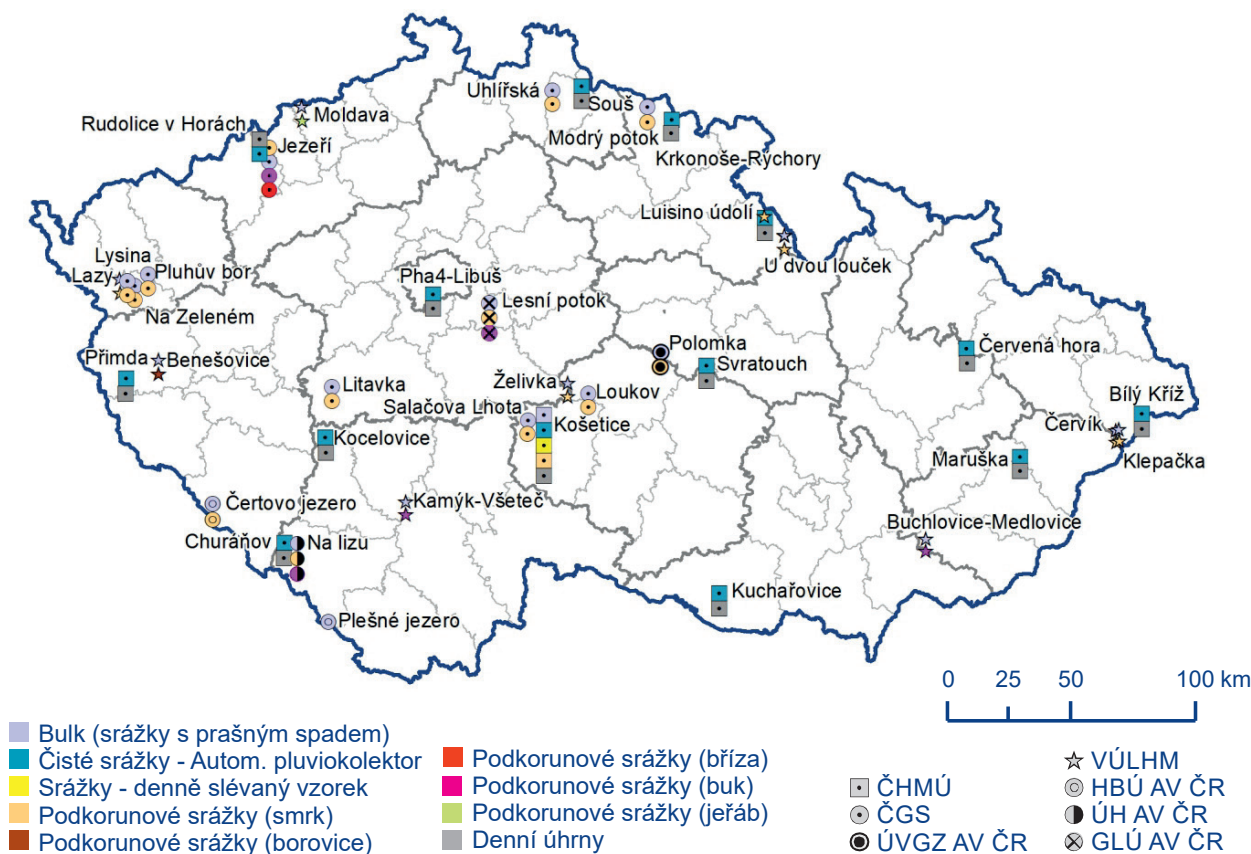
IX. ATMOSFÉRICKÁ DEPOZICE NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Atmosférická depozice je tok látek z atmosféry k zemskému povrchu (Braniš, Hůnová 2009). Jedná se o významný proces přispívající k samočištění ovzduší, na druhé straně je však vstupem znečišťujících látek do jiných složek prostředí. Atmosférická depozice má mokrou a suchou složku. Mokrú složku je spojena s výskytem atmosférických srážek (depozice vertikální: déšť, sníh; horizontální: mlha, námraza), a je tedy epizodická. Složka suchá představuje depozici plynů a částic různými mechanismy a probíhá neustále.

Atmosférická depozice většiny sledovaných látek se v Evropě za posledních dvacet let významně snížila, v řadě regionů však stále zůstává problémem (EEA 2011). Na území ČR se chemické složení atmosférických srážek a atmosférická depozice sledují dlouhodobě na poměrně značném počtu lokalit.

V roce 2019 byla do databáze Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) dodána data o chemickém složení atmosférických srážek celkem ze 38 lokalit v ČR (obr. IX.1, tab. IX.4). V České republice zajišťuje měření ČHMÚ (14 lokalit), ČGS (10 lokalit), VÚLHM (9 lokalit), HBÚ AV ČR (2 lokality) a ÚH AV ČR, ÚVGZ AV ČR a GLÚ AV ČR (po 1 lokalitě).

Látky prezentované v kapitole atmosférické depozice nemají legislativně stanovené limity, jak je tomu v případě imisí. Z tohoto důvodu byla zvolena odlišná barevná škála za účelem větší přehlednosti depozičních map. Podrobnější informace o atmosférické depozici, odběrech vzorků, měření a kvantifikaci jejich složek a specifikace tvorby map jsou k dispozici v ČHMÚ (2020d).



Obr. IX.1 Staniční síť sledování kvality atmosférických srážek a atmosférické depozice, 2019

Výsledky

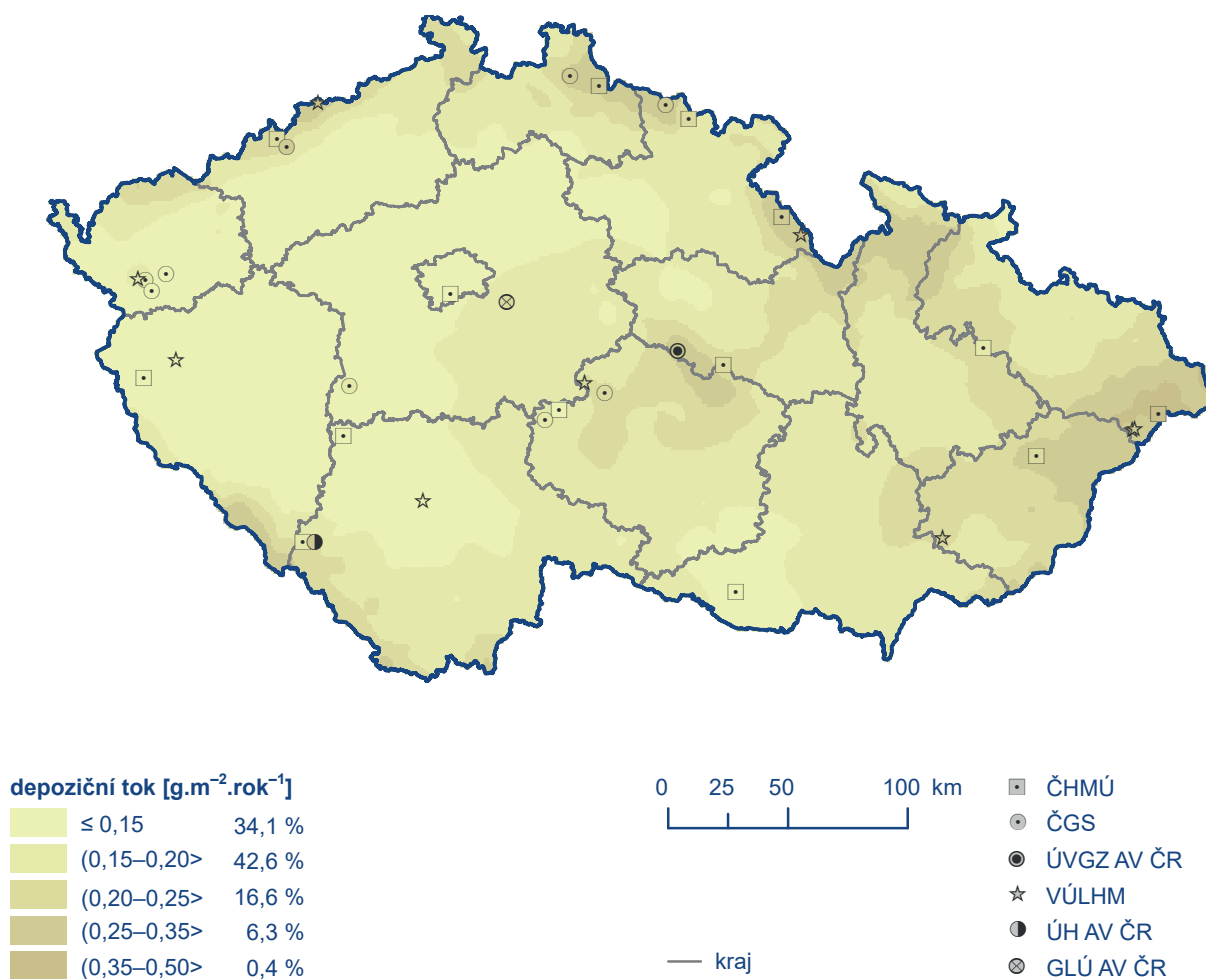
Rok 2019 byl v ČR srážkově normální. Průměrný roční úhrn srážek 634 mm představuje 92 % dlouhodobého normálu 1981–2010 (více viz kap. III). Vyšší srážkové úhrny v porovnání s rokem 2018 (518 mm) se projevily na zvýšení mokré depozice redukováných forem dusíku ($N_{NH_4^+}$), celkové mokré depozice dusíku a mokré depozice kadmia.

Depozice síry

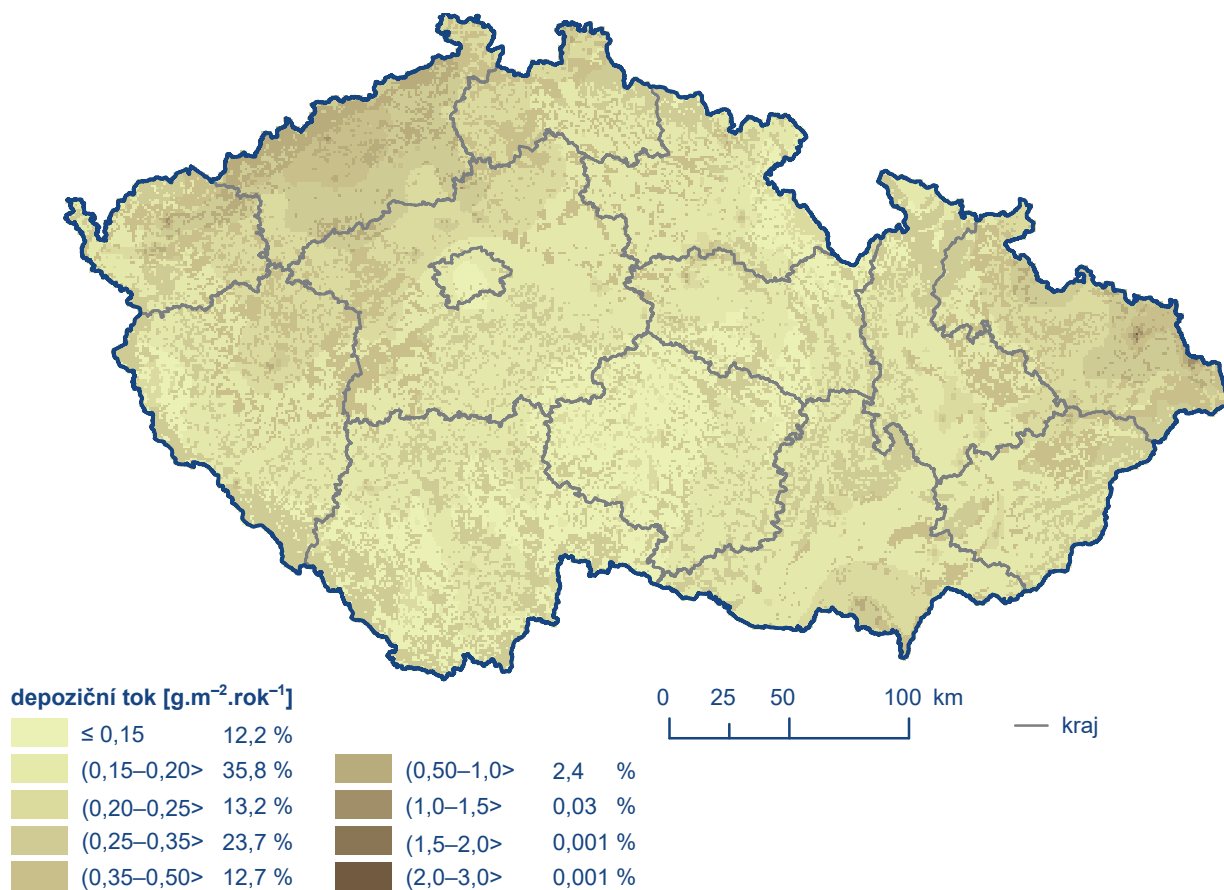
Pole celkové depozice síry vyjadřuje celkovou úroveň depozice síry na plochu České republiky. Její kvantifikace se provádí na základě měřených koncentrací SO_4^{2-} v atmosférických srážkách a imisních koncentrací SO_2 . V roce 2019 byla tato hodnota 33 032 t (tab. IX.2), oproti roku 2018, kdy byla hodnota celkové depozice síry 34 581 t. Nejvyšších hodnot celkové depozice síry bylo dosaženo v oblasti Krušných hor a Ostravska (obr. IX.4).

Nižších hodnot dosáhly i dílčí složky depozice síry. Mokrá depozice síry ($S_{SO_4^{2-}}$) dosáhla v roce 2019 hodnoty 13 657 t, zatímco v roce 2018 hodnoty 14 682 t. Nejvyšších hodnot mokré složky pak bylo dosaženo v horských oblastech, a to v Moravskoslezských Beskydách, Jeseníkách, Krkonoších a na Českomoravské vrchovině (obr. IX.2). V roce 2019 činila suchá depozice síry (S_{SO_2}) 19 365 t, zatímco v roce 2018 to bylo 19 899 t. Nejvyšších hodnot suché složky bylo dosaženo na území Krušných hor a Moravskoslezských Beskyd (obr. IX.3).

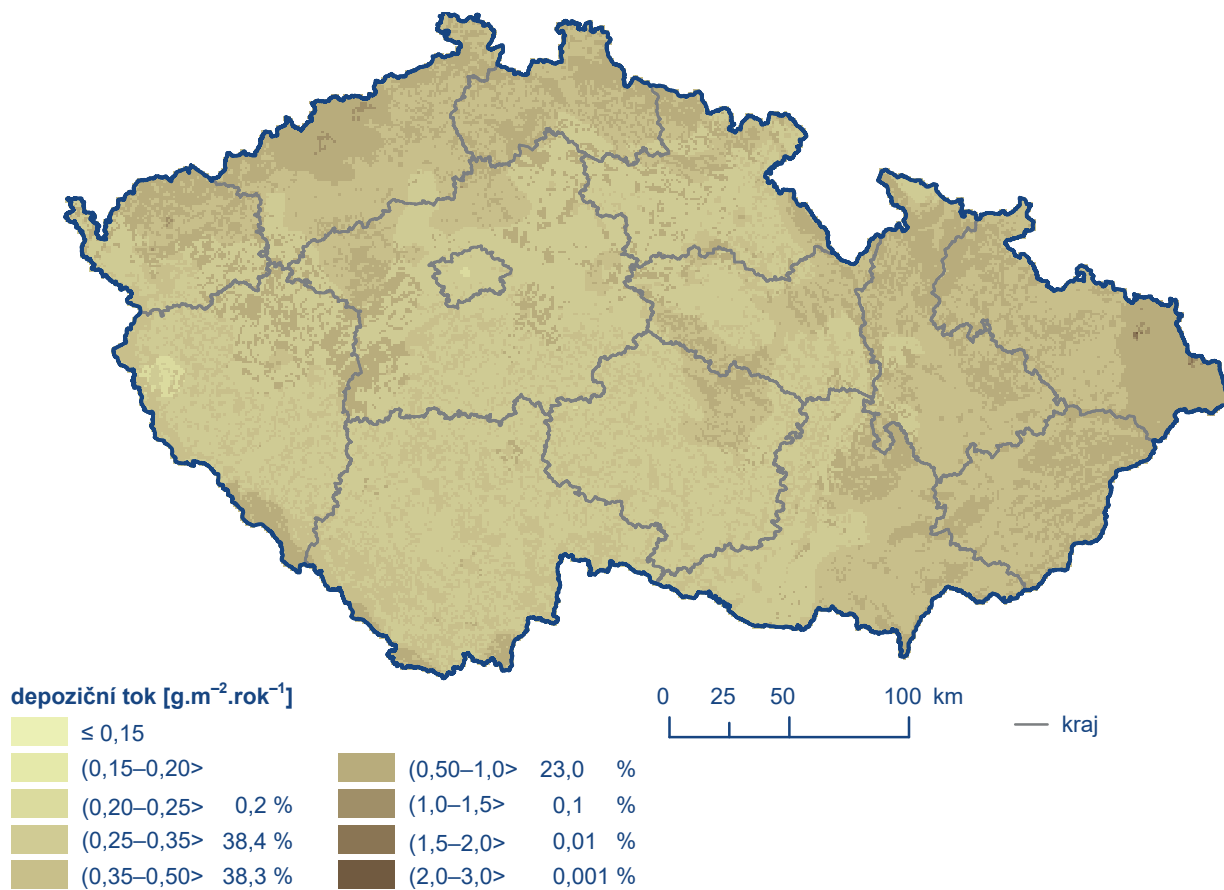
Podkorunová depozice síry ($S_{SO_4^{2-}}$) na zalesněný povrch ČR dosáhla v roce 2019 hodnoty 10 707 t, přičemž maximálních hodnot bylo dosaženo v horských oblastech (obr. IX.5). Mapové zobrazení podkorunové depozice síry bylo vytvořeno pro místa s porosty na základě pole koncentrací síry v podkorunových srážkách („throughfall“) a z verifikovaného pole srážek procentuálně modifikovaného množstvím srážek naměřeným pod porosty na jednotlivých stanicích v rozsahu 55 % (Košetice) až 102 % (U dvou louček) srážkového úhrnu na volné ploše pro rok 2019. Podkorunová depozice obecně zahrnuje mokrou vertikální a horizontální depozici (z mlh, nízkých oblačností a z námraz) a suchou depozici částic a plynů v lesních porostech.



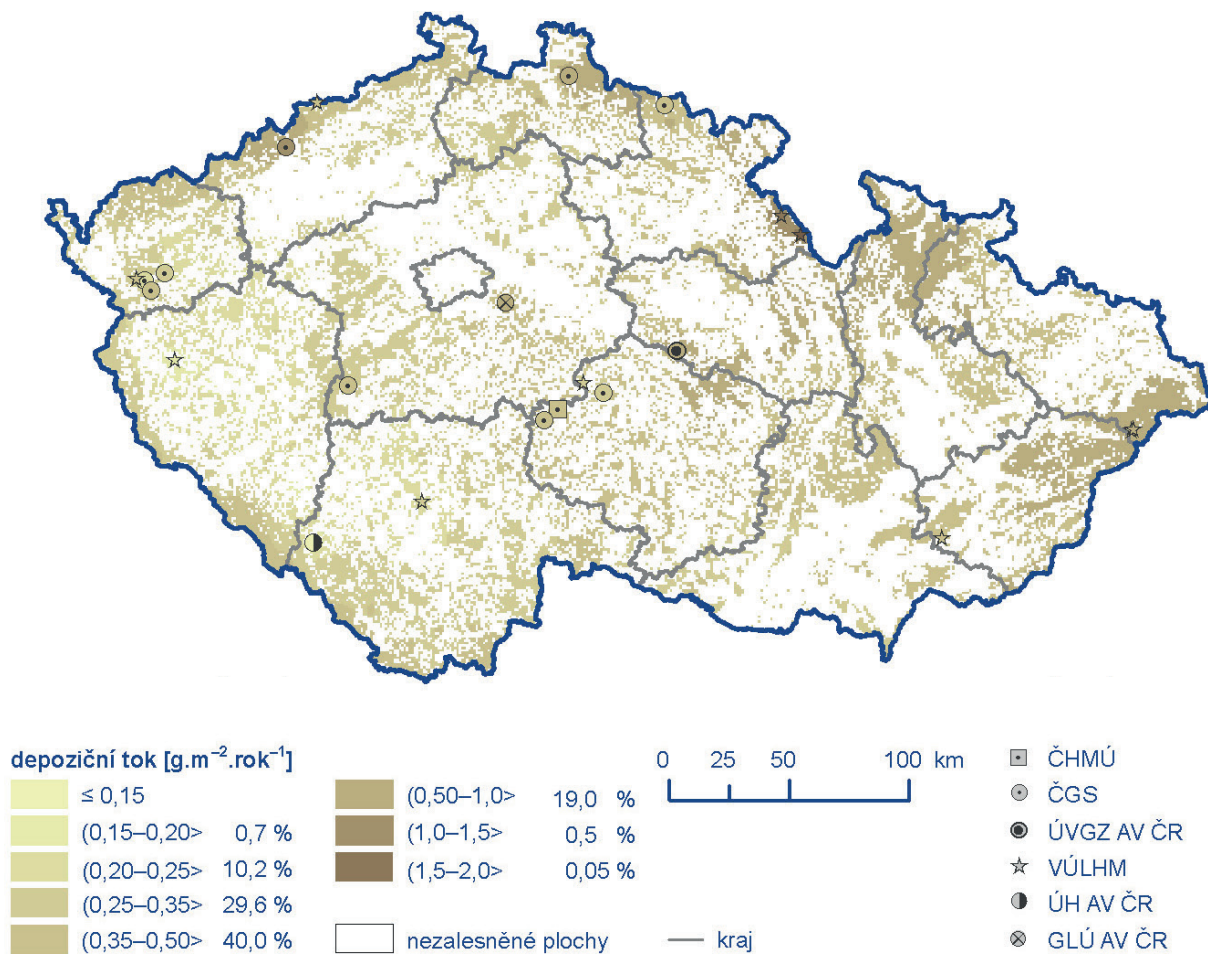
Obr. IX.2 Pole mokré roční depozice síry ($S_{SO_4^{2-}}$), 2019



Obr. IX.3 Pole suché roční depozice síry (S_{SO₂}), 2019



Obr. IX.4 Pole celkové roční depozice síry, 2019



Obr. IX.5 Pole podkorunové roční depozice síry, 2019

Tab. IX.1 Průměrné hodnoty depozičních toků S, N a H v České republice, 2019

Prvek	Depozice	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$	$\text{keq}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$
S (SO_4^{2-})	mokrá	0,173	0,108
S (SO_2)	suchá	0,246	0,153
S	celková	0,419	0,261
N (NO_3^-)	mokrá	0,201	0,143
N (NH_4^+)	mokrá	0,310	0,221
N (NO_x)	suchá	0,184	0,131
N	celková	0,694	0,496
H (pH)	mokrá	0,004	0,036
H (SO_2, NO_x)	suchá	0,028	0,282
H	celková	0,032	0,319

Tab. IX.2 Odhad mokré, suché a celkové roční depozice uvedených složek na plochu České republiky (78 841 km^2) v tunách, 2019

	Depozice [t]		
	mokrá	suchá	celková
S	13 657	19 365	33 032
N (ox)	15 815	14 497	30 312
N (red)	24 437		
N (ox + red)	40 252		54 749
H+	290	2 245	2 535
Pb	31	18	
Cd	1,6	1,1	

Tab. IX.3 Odhad celkové a podkorunové roční depozice síry na zalesněný povrch České republiky (26 428 km²) v tunách, 2001–2019

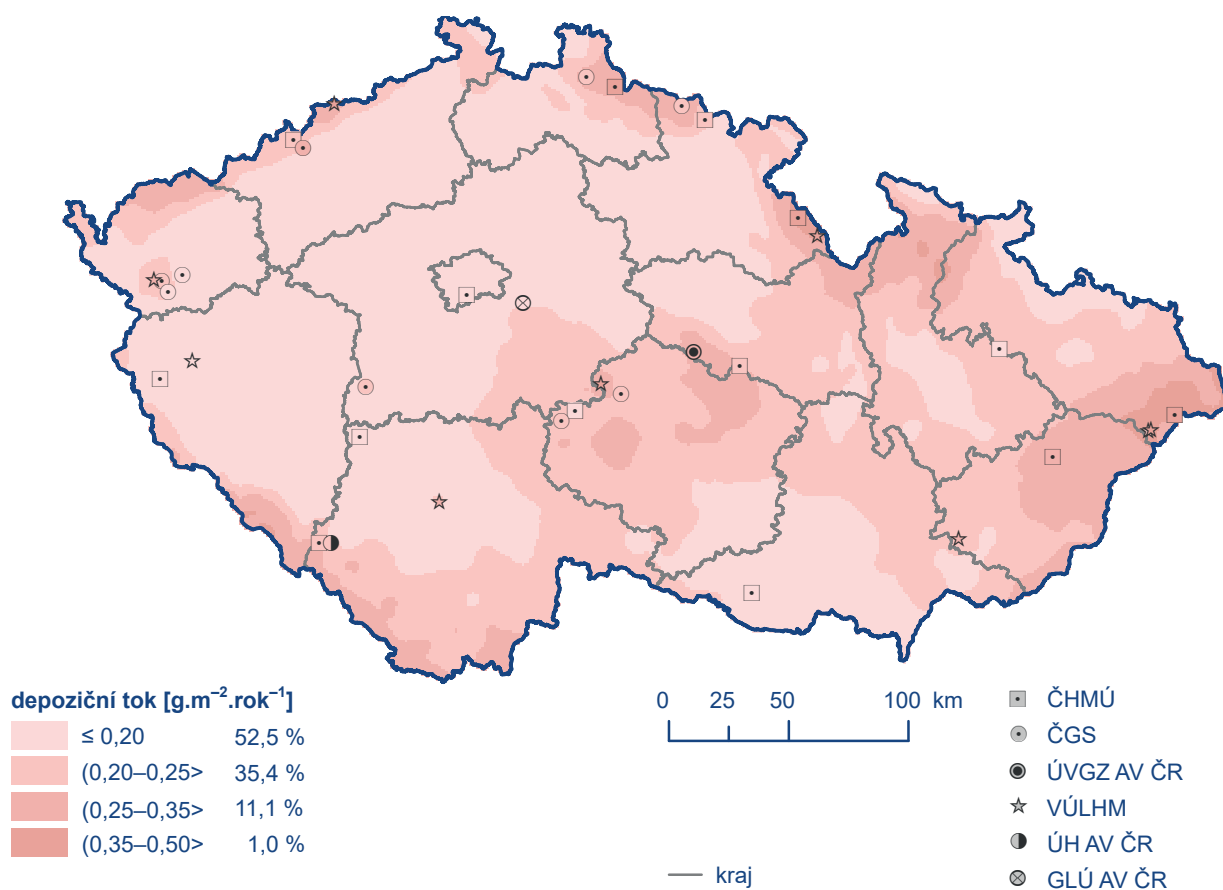
	Depozice [t]	
	celková (sumární)	podkorunová
2001	27 894	36 899
2002	25 984	31 011
2003	21 306	26 818
2004	23 247	32 835
2005	22 855	26 461
2006	21 975	25 660
2007	17 445	29 279
2008	15 528	30 197
2009	16 590	26 193
2010	17 621	27 944
2011	15 118	18 691
2012	15 311	19 079
2013	16 530	19 723
2014	16 810	12 836
2015	13 294	16 044
2016	12 625	19 724
2017	14 621	12 608
2018	14 870	14 002
2019	13 133	10 707

Depozice dusíku

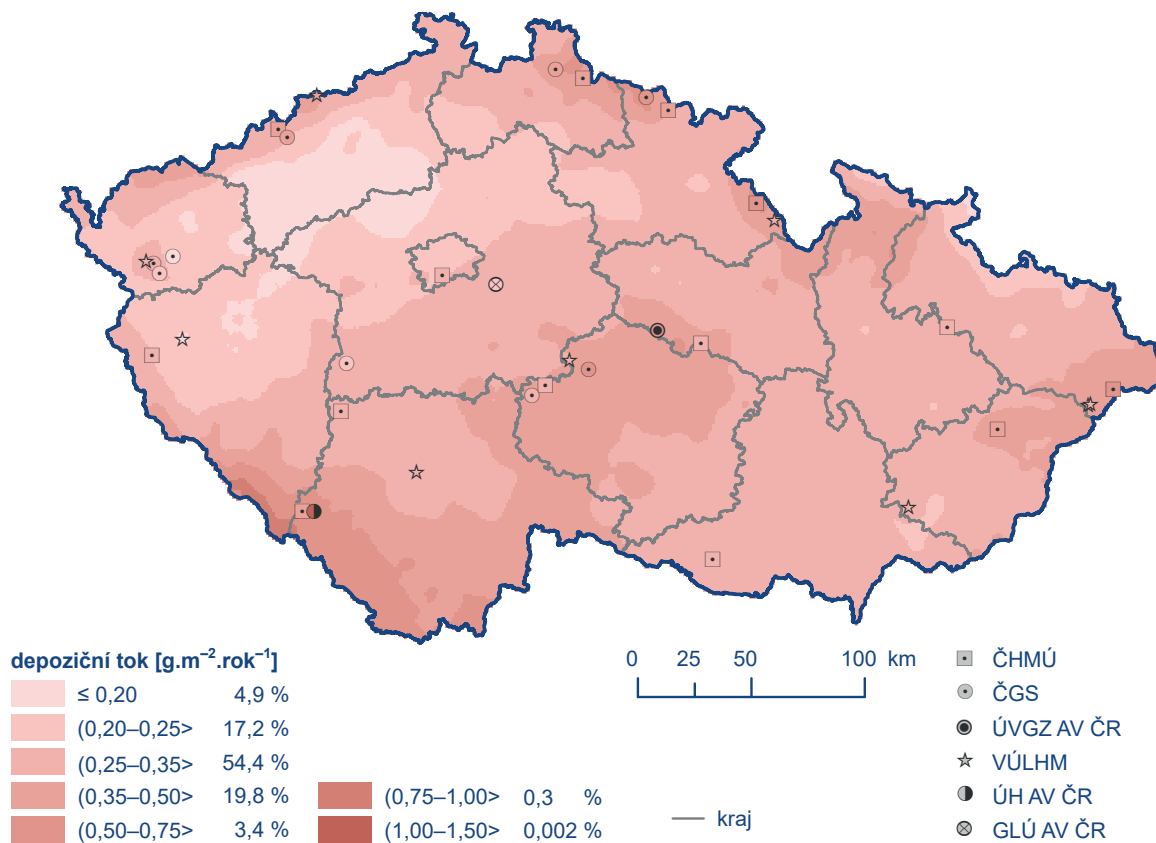
Celková depozice dusíku na plochu České republiky byla v roce 2019 rovna hodnotě 54 749 t (tab. IX.2). Stejně jako u depozice síry, i zde došlo k poklesu ve srovnání s rokem 2018, kdy byla hodnota rovna 57 674 t. Nejvyšších hodnot celkové depozice dusíku bylo dosaženo na území Jeseníků, Moravskoslezských Beskyd, Orlických hor, Šumavy a Novohradských hor (obr. IX.10).

Poněkud nižších hodnot dosáhly i některé dílčí složky depozice dusíku. Mokrý depozice oxidovaných forem dusíku (N_{NO_3}) dosáhla v roce 2019 hodnoty 15 815 t (obr. IX.6), zatímco v roce 2018 hodnoty 16 073 t. Naopak mokrá depozice redukovaných forem (N_{NH_4}) se v roce 2019 zvýšila na hodnotu 24 437 t (obr. IX.7) oproti roku 2018, kdy byla hodnota 23 892 t. Celková mokrá depozice dusíku (součet mokré depozice N_{NO_3} a N_{NH_4}) pak byla v roce 2019 rovna hodnotě 40 252 t, zatímco v roce 2018 pouze 39 965 t. Nejvyšší hodnoty celkové mokré depozice dusíku byly zaznamenány v oblasti Šumavy, Krkonoš, Jizerských hor, Orlických hor, Českomoravské vrchoviny, Jeseníků a Moravskoslezských Beskyd (obr. IX.8).

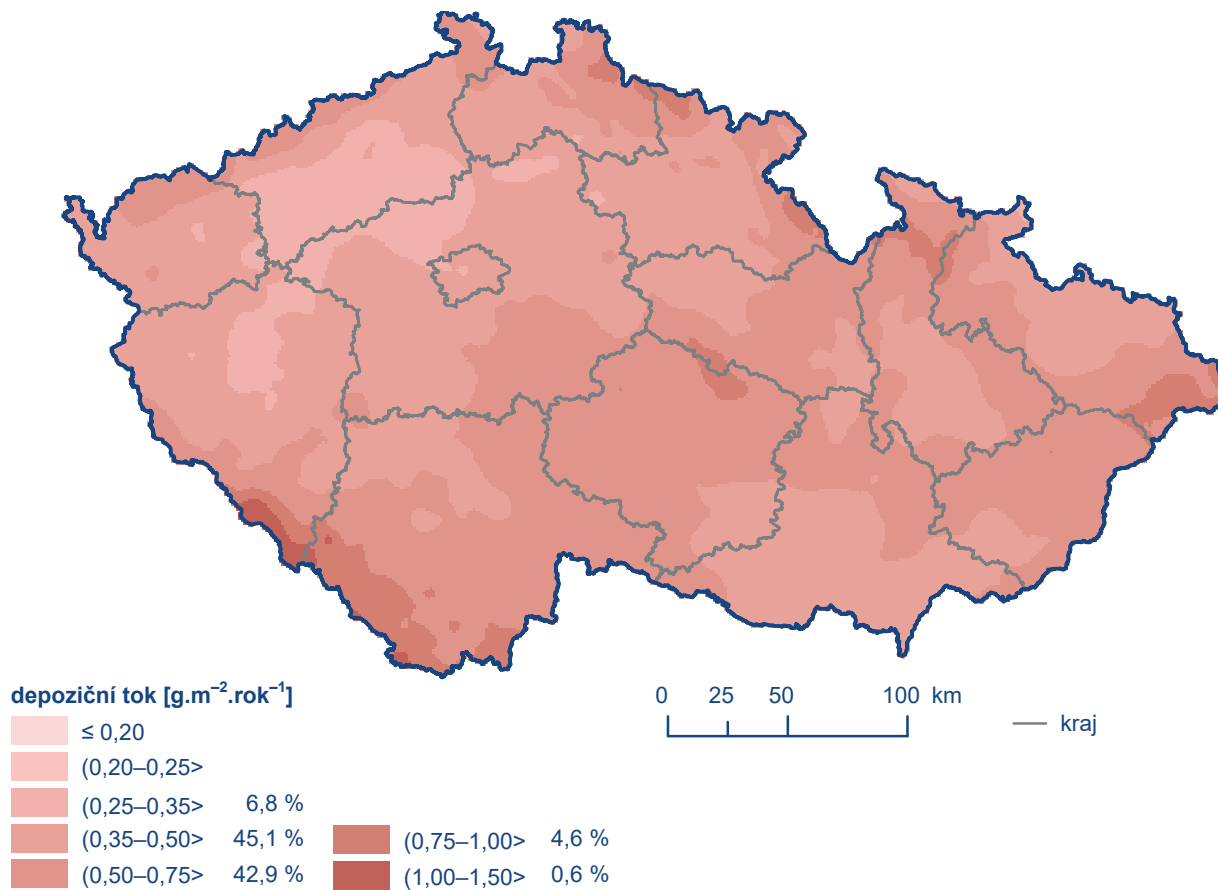
Hodnota suché depozice oxidovaných forem dusíku (N_{NO_x}) dosáhla v roce 2019 hodnoty 14 497 t, zatímco v roce 2018 to bylo až 17 709 t. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo na území větších měst a podél významných komunikací (obr. IX.9).



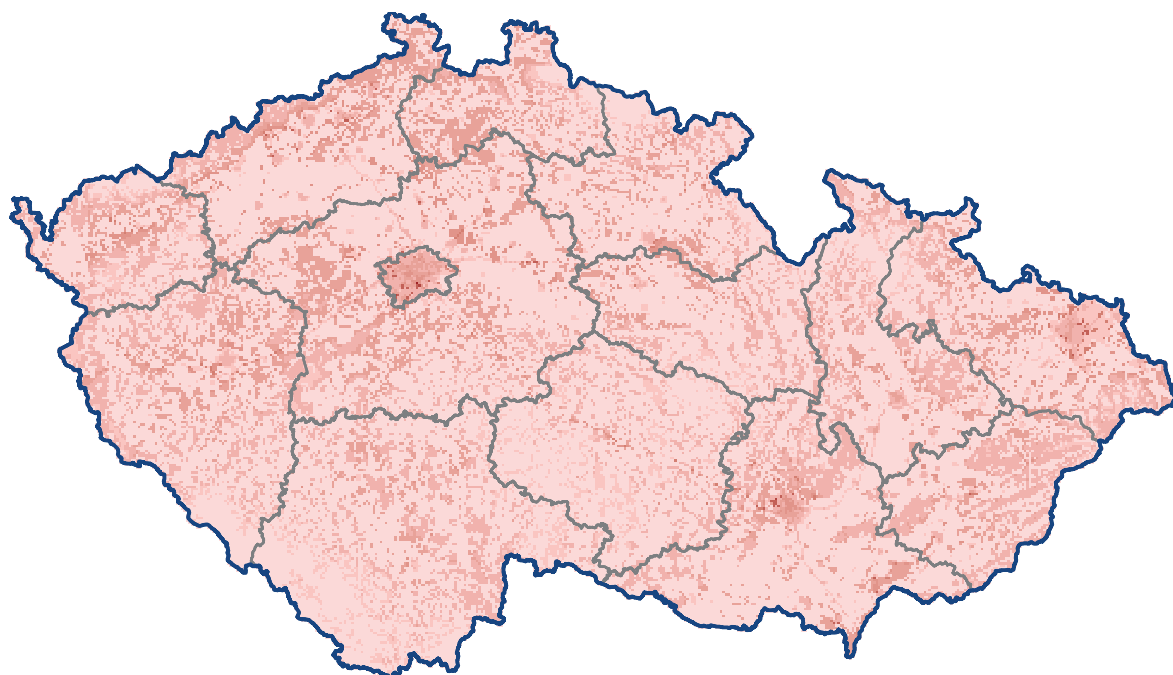
Obr. IX.6 Pole mokré roční depozice dusíku (N_{NO_3}), 2019



Obr. IX.7 Pole mokré roční depozice dusíku (N_{NH₄⁺}), 2019



Obr. IX.8 Pole celkové mokré roční depozice dusíku, 2019



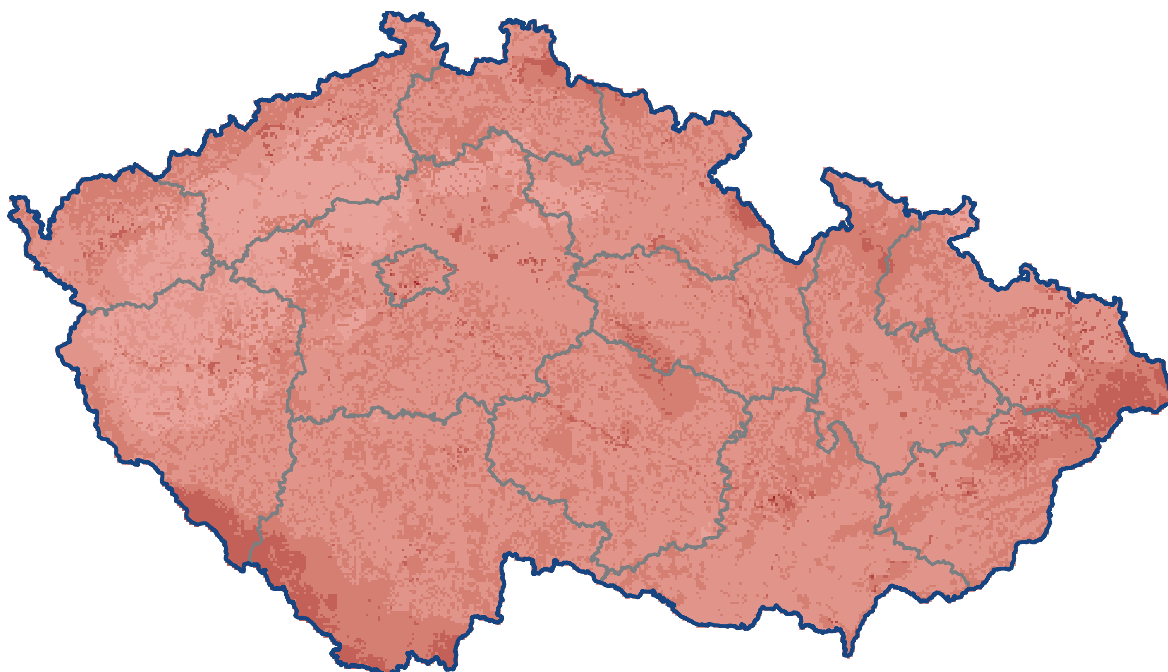
depoziční tok [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$]

$\leq 0,20$	67,2 %	$(0,75-1,00>$	0,2 %
$(0,20-0,25>$	5,9 %	$(1,00-1,50>$	0,1 %
$(0,25-0,35>$	14,9 %	$(1,50-2,00>$	0,003 %
$(0,35-0,50>$	10,0 %	$(2,00-3,00>$	0,001 %
$(0,50-0,75>$	1,7 %		

0 25 50 100 km

— kraj

Obr. IX.9 Pole suché roční depozice dusíku (N_NO_x), 2019



depoziční tok [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$]

$\leq 0,20$		$(0,75-1,00>$	30,5 %
$(0,20-0,25>$		$(1,00-1,50>$	4,4 %
$(0,25-0,35>$		$(1,50-2,00>$	0,03 %
$(0,35-0,50>$	9,6 %	$(2,00-3,00>$	0,01 %
$(0,50-0,75>$	55,5 %		

0 25 50 100 km

— kraj

Obr. IX.10 Pole celkové roční depozice dusíku, 2019

Depozice vodíkových, olovnatých, kademnatých, nikelnatých a chloridových iontů

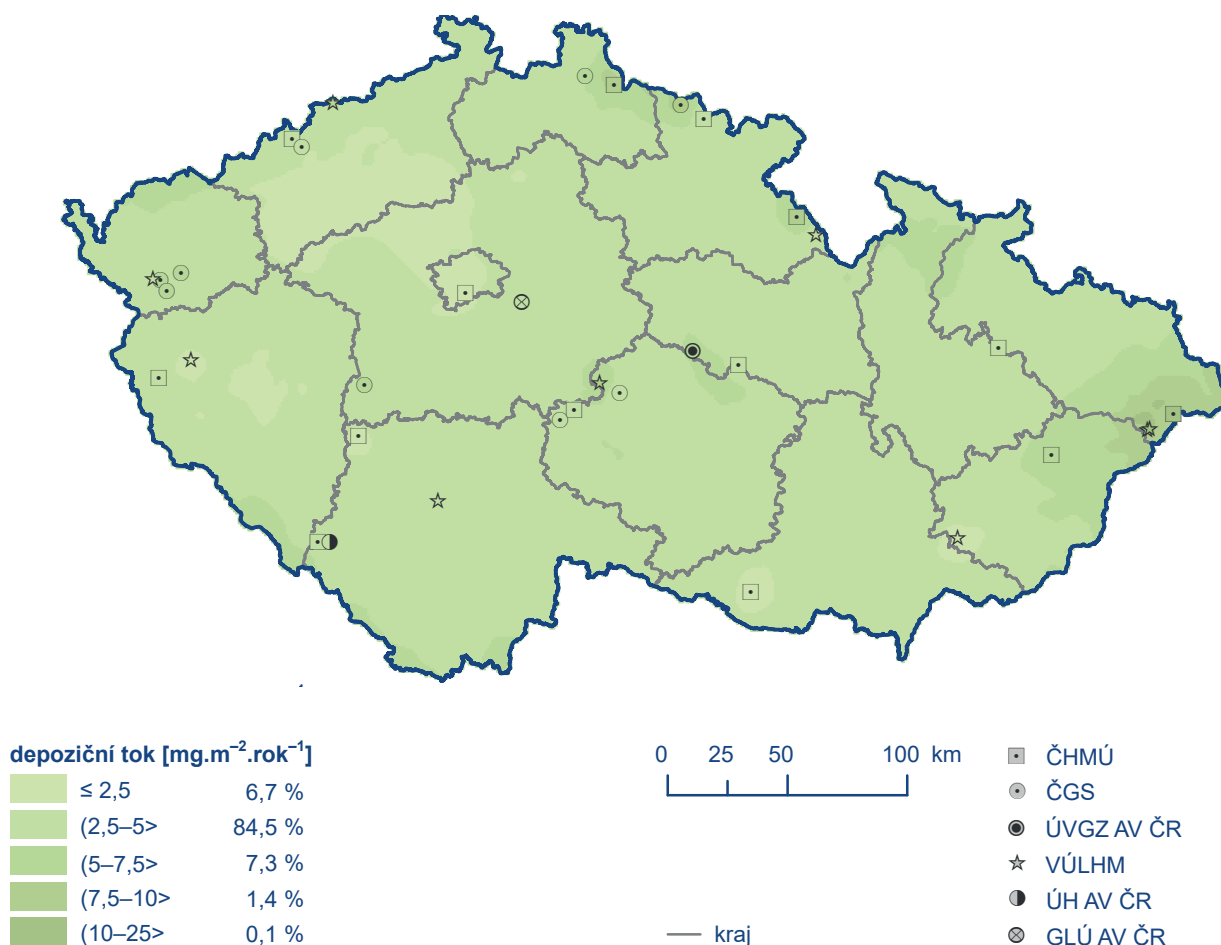
Celková depozice vodíkových iontů na plochu České republiky byla v roce 2019 rovna hodnotě 2 535 t (tab. IX.2, obr. IX.13). Ve srovnání s rokem 2018 (2 805 t) se tak jedná o mírný pokles. Mokrá složka depozice vodíkových iontů dosáhla v roce 2019 hodnoty 290 t (obr. IX.11), což je srovnatelné s rokem 2018, kdy byla hodnota 296 t. Suchá složka byla v roce 2019 rovna hodnotě 2 245 t (obr. IX.12), oproti roku 2018 (2 509 t) se tedy jedná o mírné snížení. Nejvyšších hodnot dosahovala depozice vodíkových iontů na území Šumavy, Krušných hor, Jizerských hor, Orlických hor, Hrubého Jeseníku a Moravskoslezských Beskyd.

Mokrá depozice olova byla v roce 2019 (31 t) nižší oproti roku 2018 (37 t). Nejvyšších hodnot bylo dosaženo v oblasti Jizerských hor, Orlických hor, Jeseníků a Moravskoslezských Beskyd (obr.

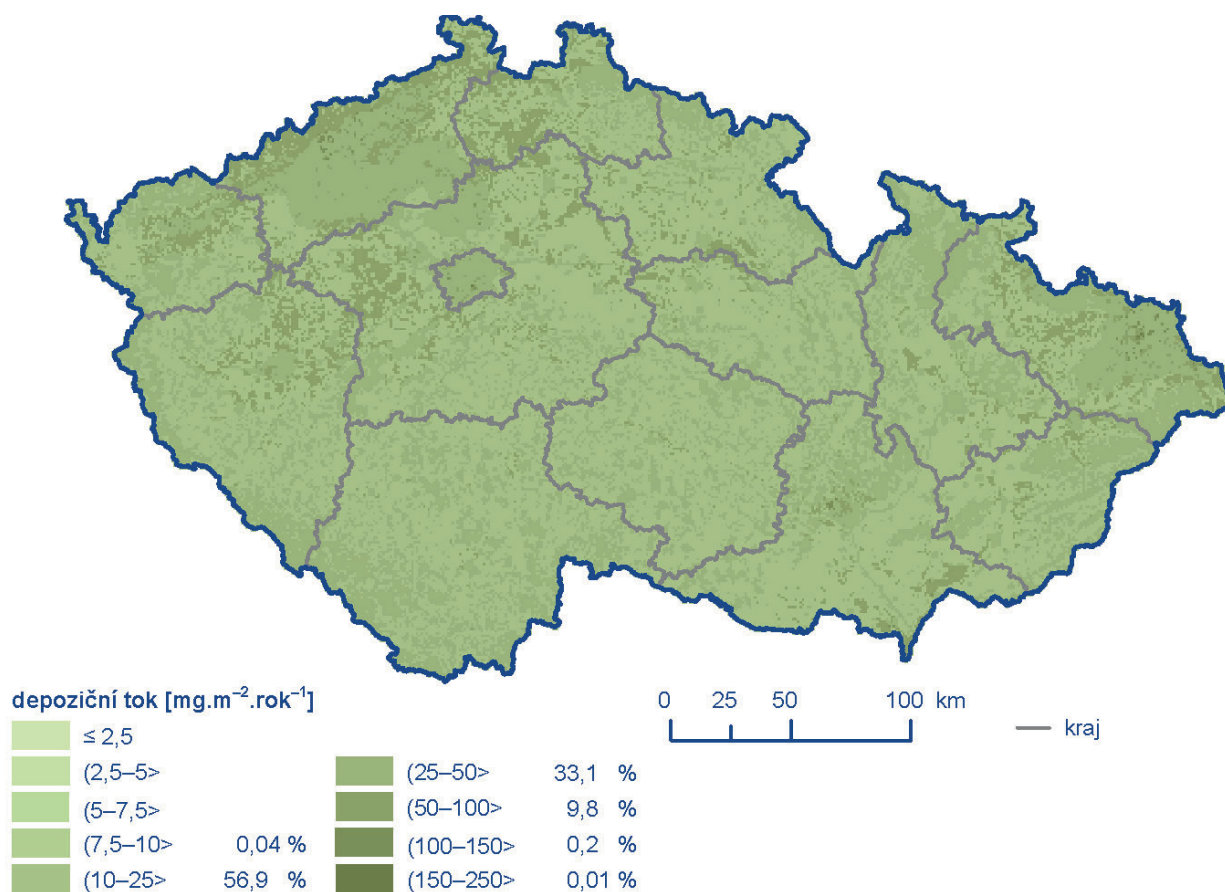
IX.15). Výraznější pokles vykázala suchá depozice olova, kdy v roce 2018 dosáhla hodnoty 18 t, zatímco v roce 2018 hodnoty 28 t. Nejvyšších hodnot pak bylo dosaženo v oblasti Ostravska, Moravskoslezských Beskyd a Brd (obr. IX.16).

Mokrá depozice kadmia dosáhla v roce 2019 hodnoty 1,6 t, což meziročně znamená zvýšení oproti roku 2018 (1,3 t). Naopak suchá depozice byla v roce 2019 (1,1 t) nižší oproti roku 2018 (1,3 t). Dlouhodobě dosahují depozice kadmia nejvyšších hodnot na území okresu Jablonec nad Nisou (obr. IX.17, obr. IX.18).

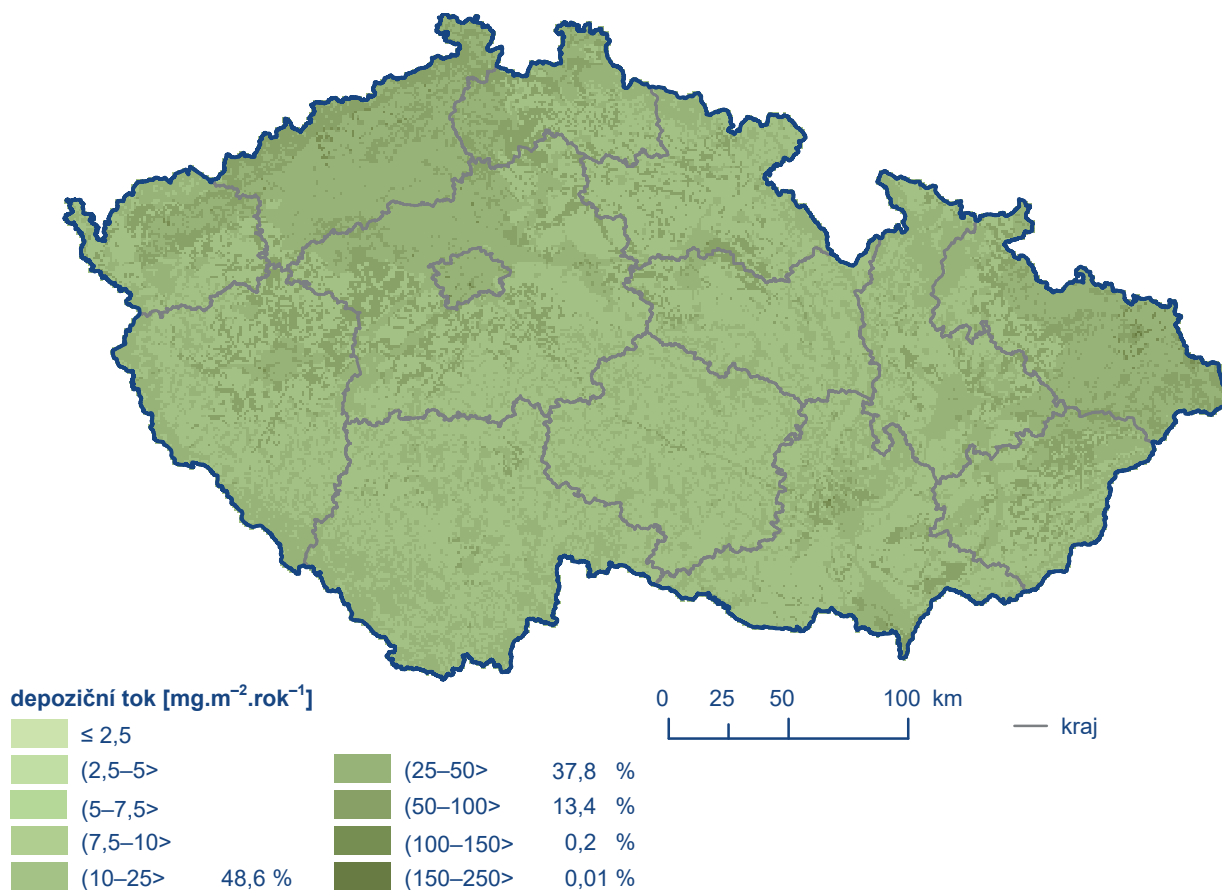
Roční mokrá depozice nikelnatých iontů dosahuje nejvyšších hodnot na lokalitách Uhlířská, Modrý potok, Polomka a U dvou louček (obr. IX.19). Mokrá depozice chloridových iontů nabývá, podobně jako u dalších sledovaných polutantů, v rámci ČR vyšších hodnot v horských oblastech (obr. IX.14).



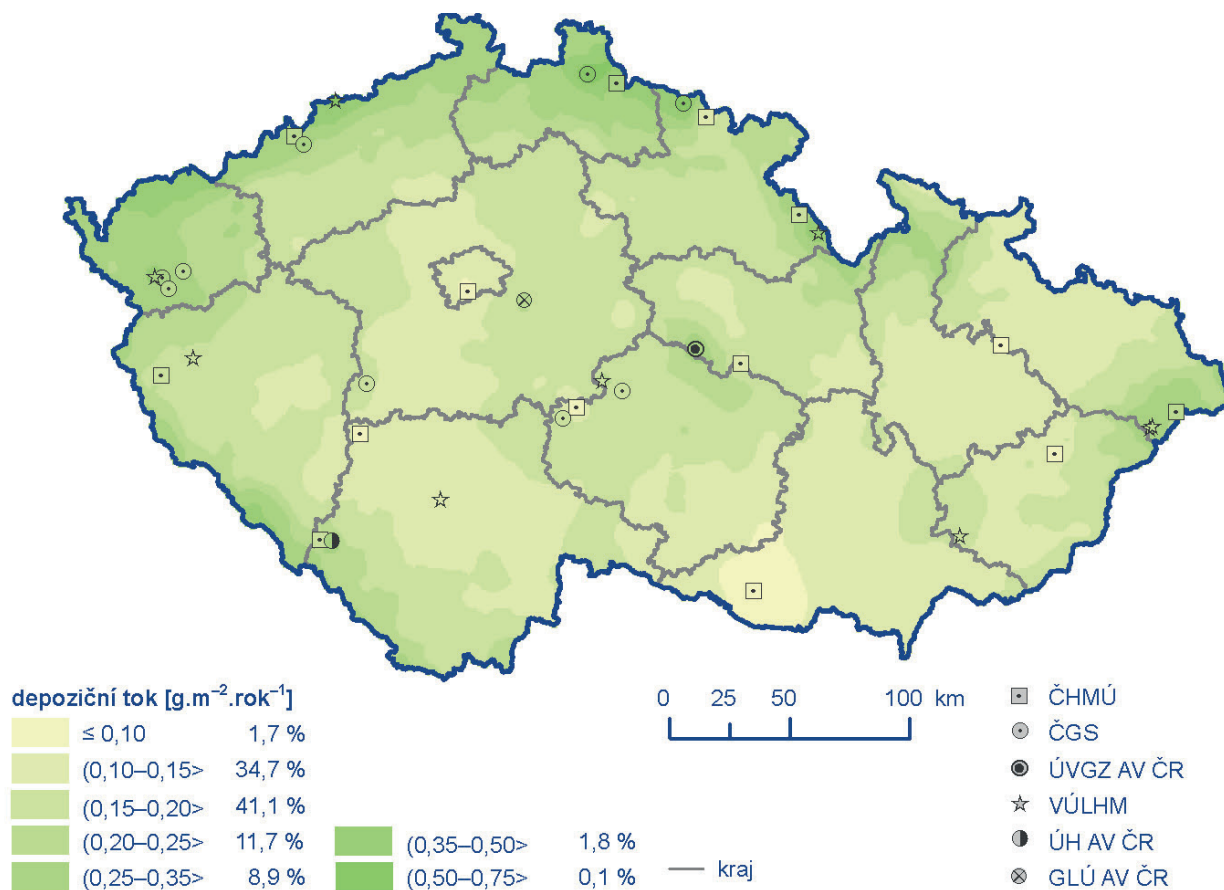
Obr. IX.11 Pole mokré roční depozice vodíkových iontů, 2019



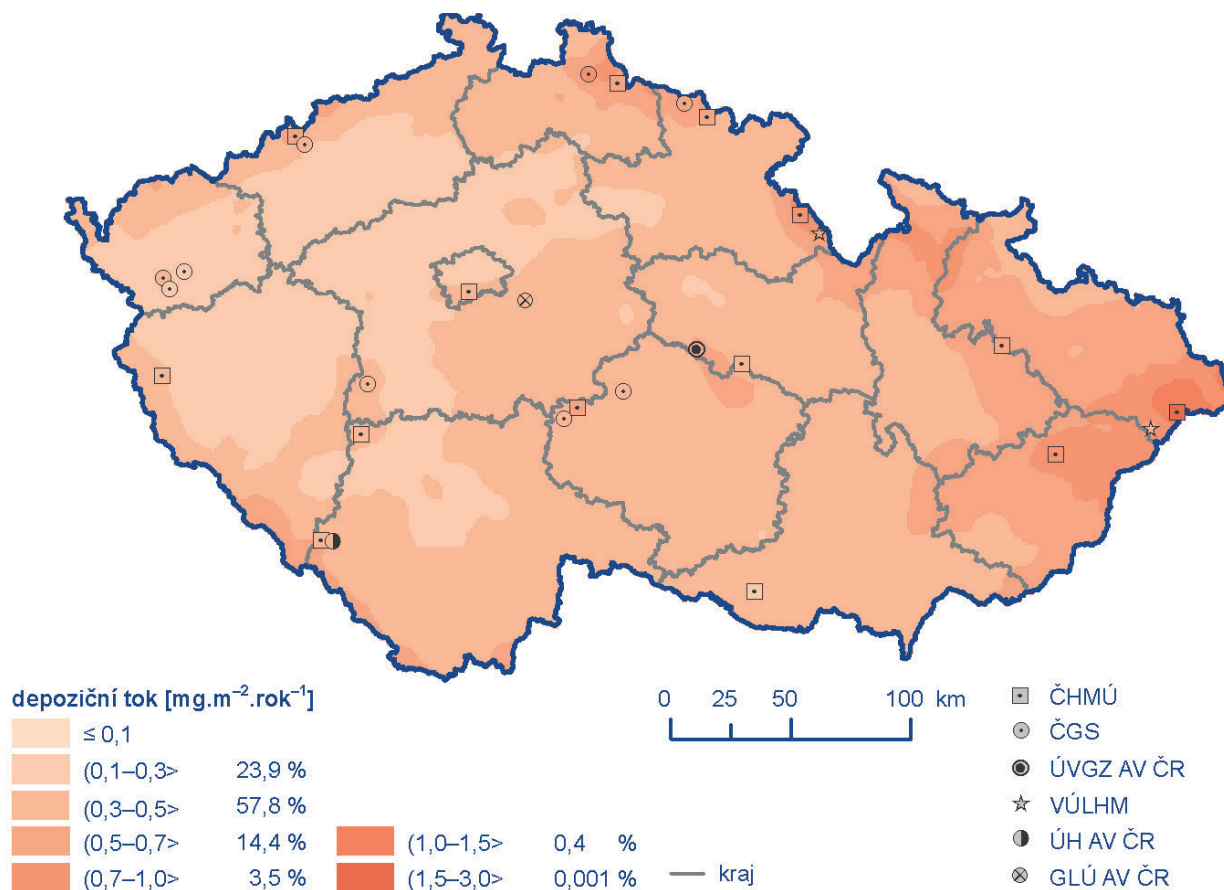
Obr. IX.12 Pole suché roční depozice vodíkových iontů odpovídající depozici plynů SO_2 a NO_x , 2019



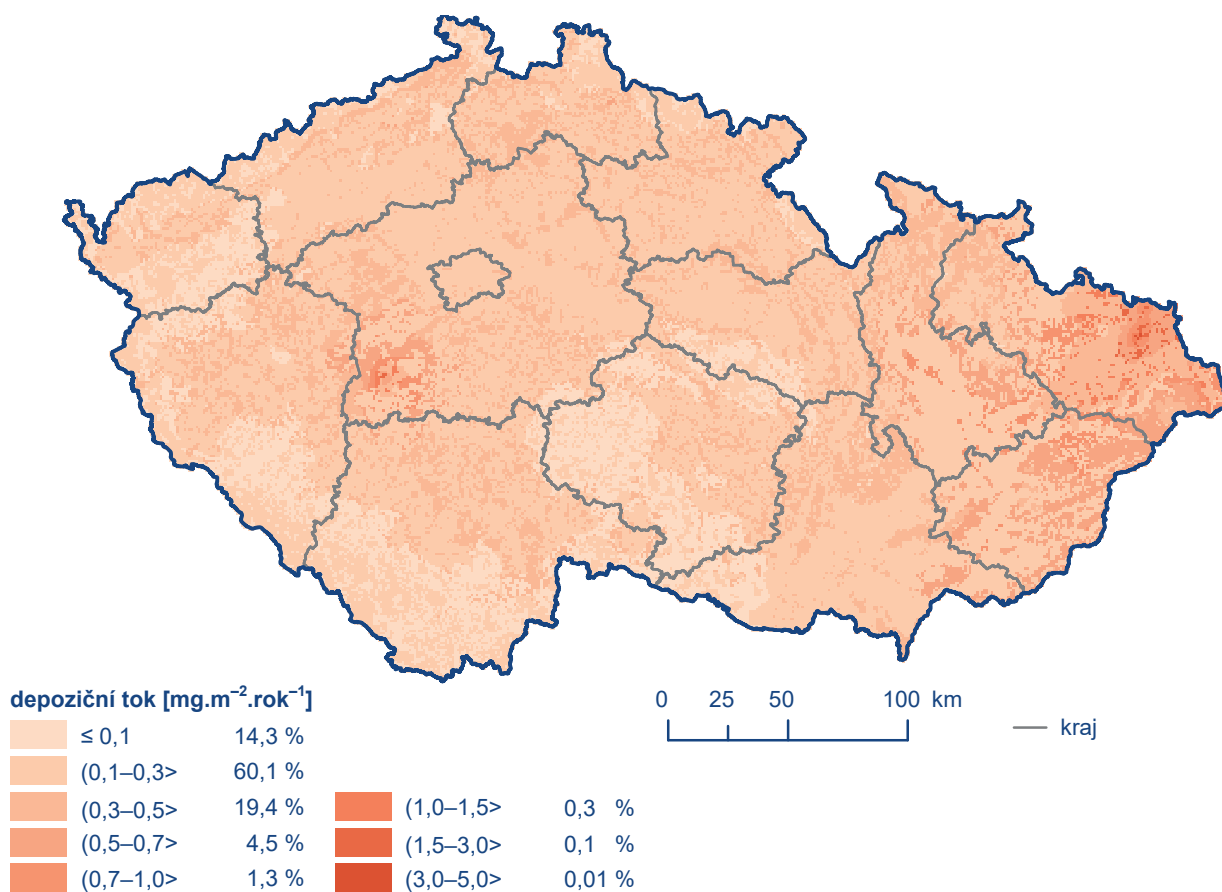
Obr. IX.13 Pole celkové roční depozice vodíkových iontů, 2019



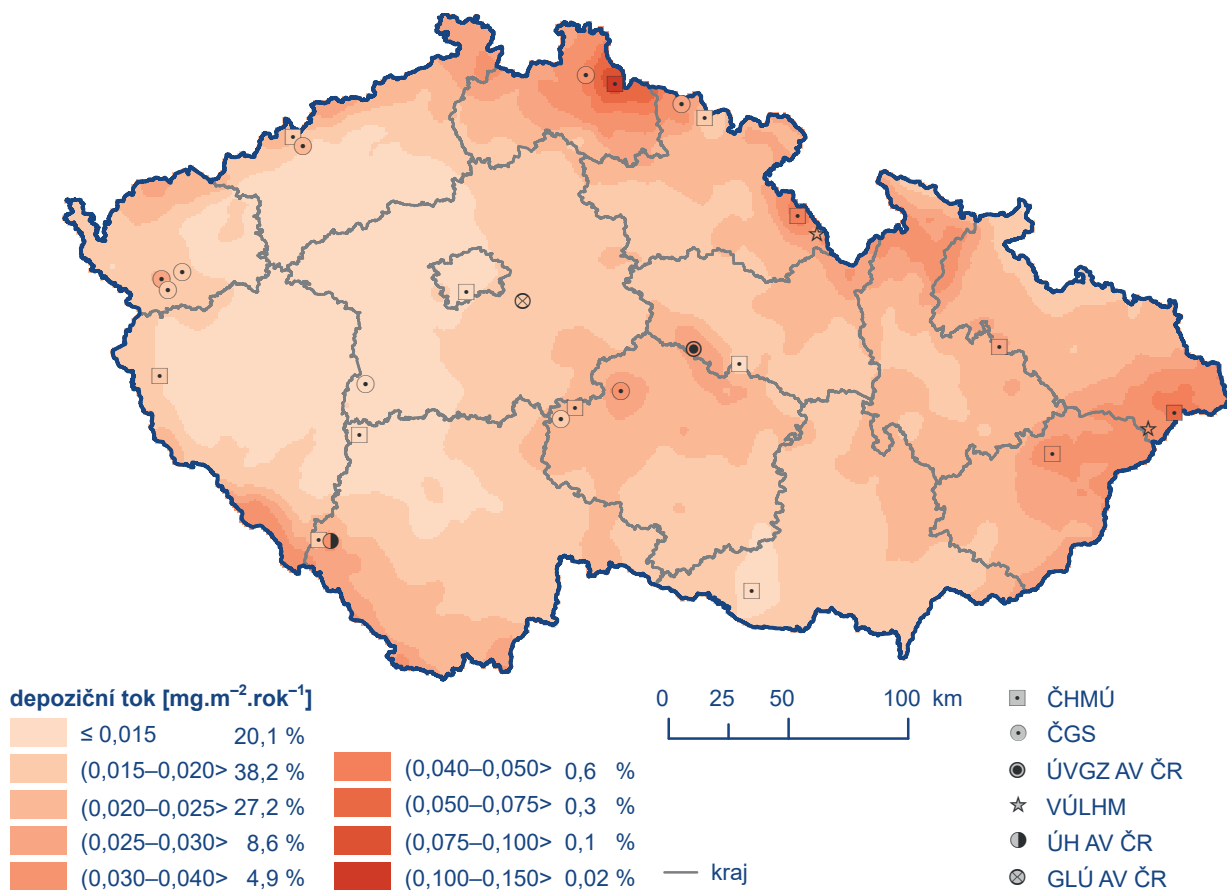
Obr. IX.14 Pole mokré roční depozice chloridových iontů, 2019



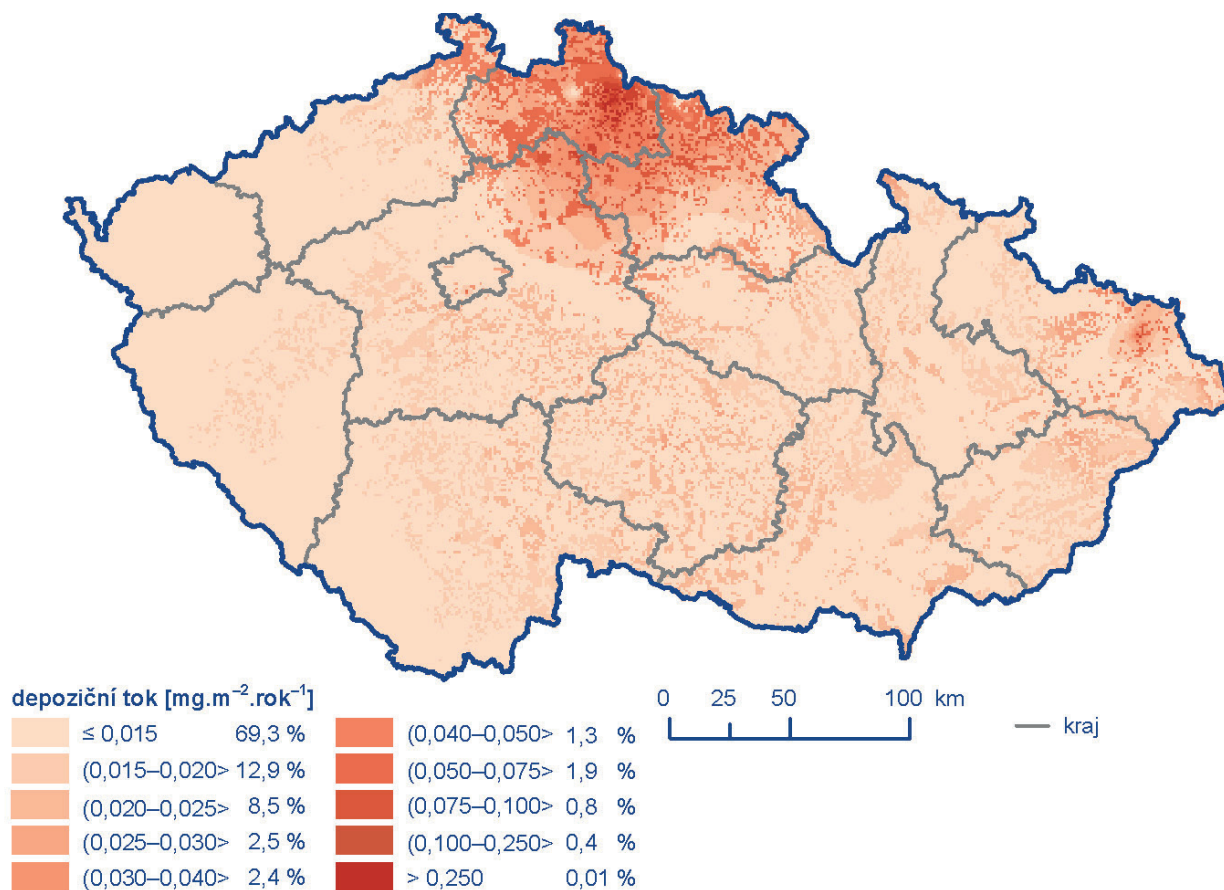
Obr. IX.15 Pole mokré roční depozice olovnatých iontů, 2019



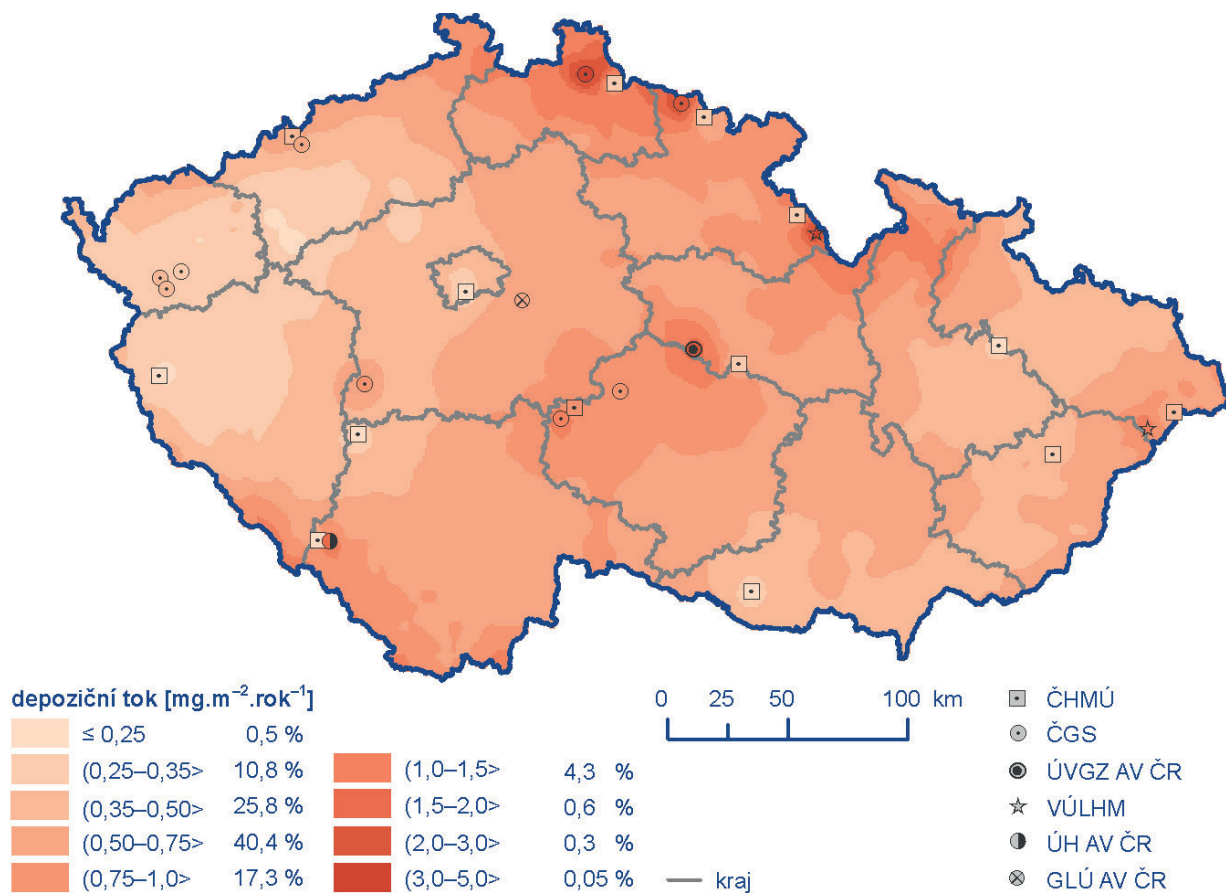
Obr. IX.16 Pole suché roční deponice olova, 2019



Obr. IX.17 Pole mokré roční deponice kadmennatých iontů, 2019



Obr. IX.18 Pole suché roční depozice kadmia, 2019



Obr. IX.19 Pole mokré roční depozice nikelnatých iontů, 2019

Vývoj depozice

V devadesátých letech 20. století byly hodnoty celkové roční depozice síry výrazně vyšší než 100 000 t. Od roku 2000 lze pozorovat klesající trend (obr. IX.21). V letech 2000–2006 setrvala hodnota celkové depozice v rozsahu cca 65 000–75 000 t s výjimkou roku 2003, který byl výrazně srážkově podnormální (516 mm, tj. 77 % dlouhodobého normálu). Od roku 2011 hodnoty roční depozice síry nedosahují 50 000 t, od roku 2015 klesly pod 40 000 t na plochu ČR. Hodnoty mokré depozice síry se v letech 2000–2007 pohybovaly v rozsahu 30 000–50 000 t s výjimkou nižší depozice v roce 2003 (19 128 t). Od roku 2008 depozice nepřekračuje hodnotu 30 000 t, po roce 2015 pokračuje sestupný trend pod hodnotu 20 000 t. Hodnoty suché depozice se do roku 2006 pohybovali kolem hodnoty 30 000 t, v letech 2007 a 2008 došlo k výraznému poklesu na hodnoty pod 20 000 t. Po nárůstu depozice mezi roky 2009 a 2014 lze v posledních pěti letech pozorovat setrvalé až mírně klesající hodnoty, a to v souladu s úrovní koncentrace oxidu siřičitého v přízemní atmosféře.

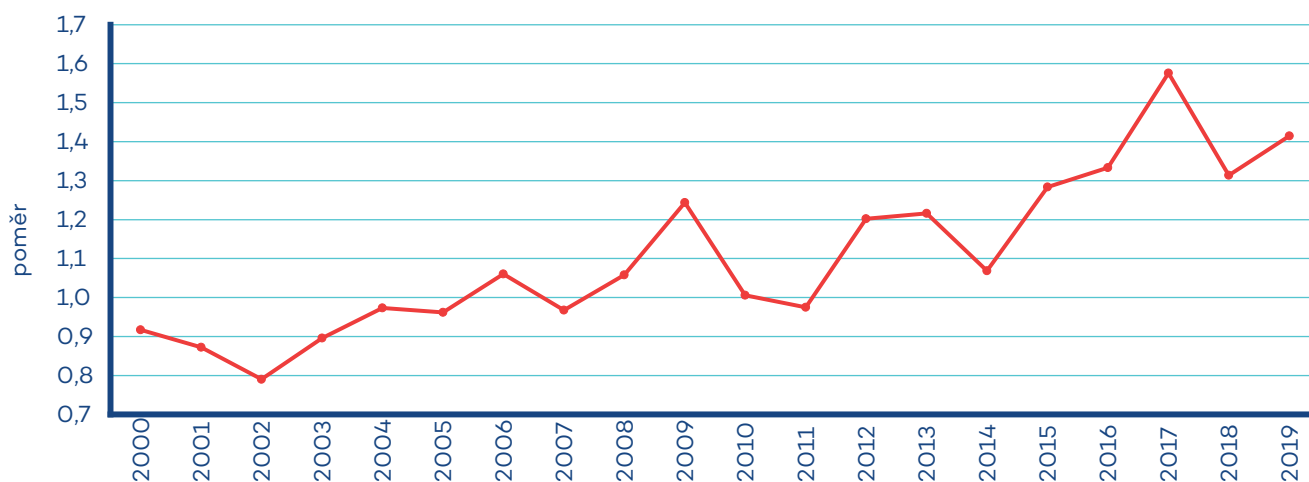
Roční depozice síry na zalesněný povrch České republiky (26 428 km²) vykazuje od roku 2001, stejně jako podkorunová depozice síry, spíše klesající trend (tab. IX.3). Hodnota celkové depozice v roce 2019 je po roce 2016 druhá nejnižší, hodnota podkorunové depozice pak nejnižší od roku 2001. Na některých územích našich hor jsou dlouhodobě hodnoty podkorunové depozice vyšší než hodnoty celkové depozice síry stanovené součtem mokré (pouze vertikální) a suché depozice z SO₂. Nárůst lze přičítat příspěvku depozice z mlhy, nízké oblačnosti a námraz (horizontální depozici), která není vzhledem k neurčitostem do celkové depozice zahrnuta.

Celková roční depozice dusíku se od roku 2000 pohybuje v rozmezí 40 000–50 000 t. Od roku 2013 pak lze pozorovat klesající trend s výjimkou roku 2017 (obr. IX.22). U mokré ani suché depozice oxidovaných forem dusíku nelze od roku 2000 pozorovat výrazný trend. Fluktuace ročních hodnot depozice souvisejí s imisními koncentracemi NO_x v troposféře.

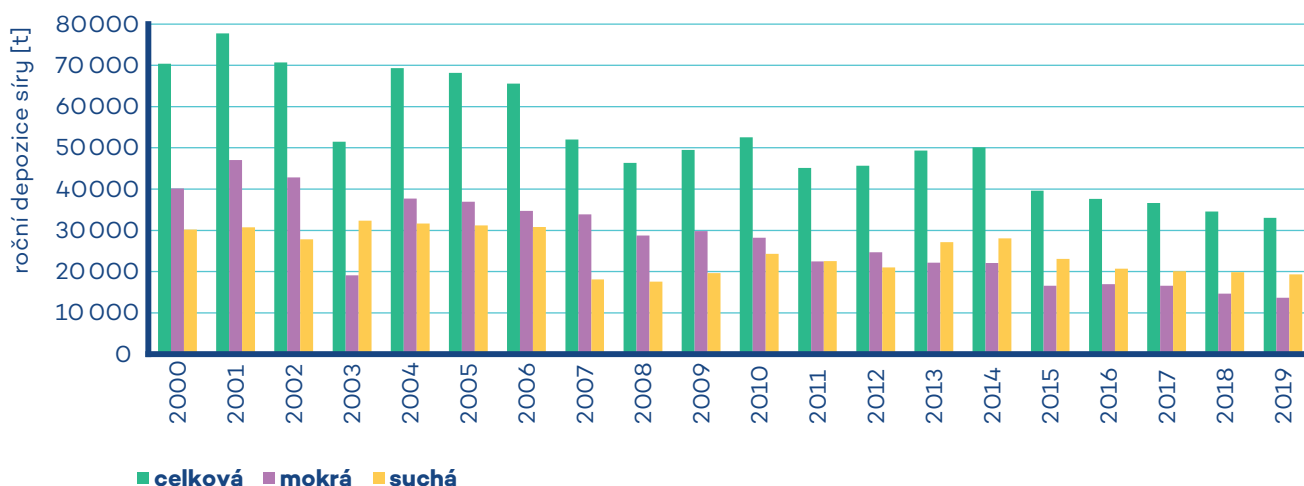
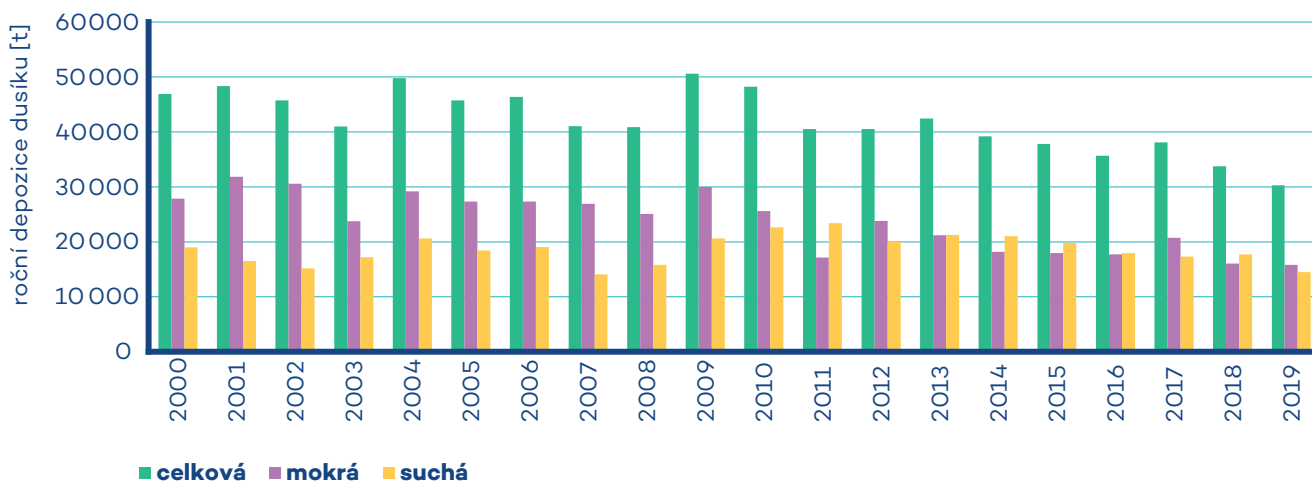
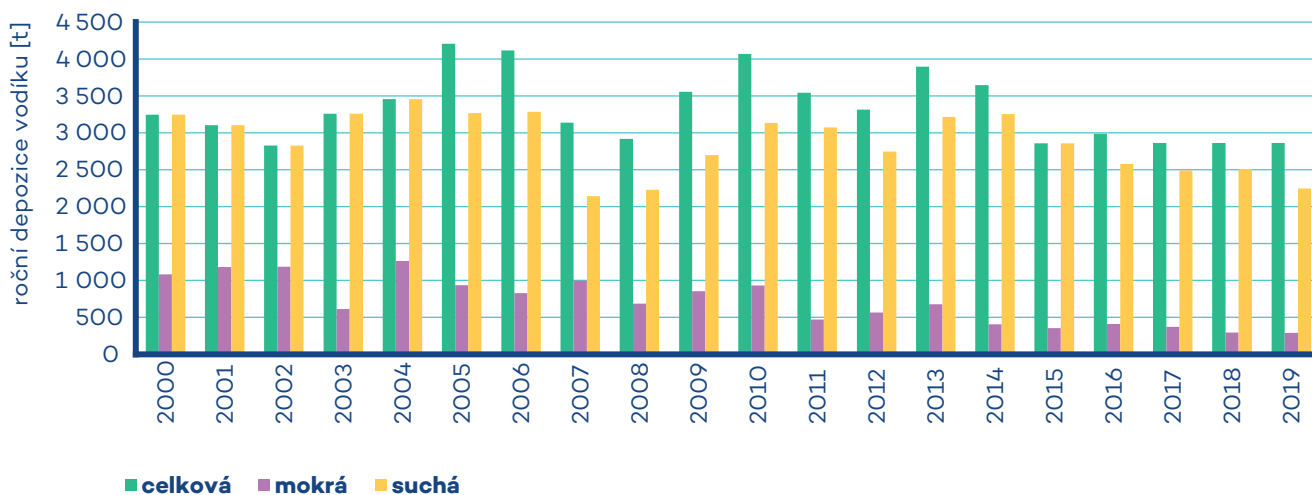
S vývojem depozice síry a dusíku lze sledovat vývoj vzájemného poměru těchto prvků v atmosférických srážkách související s vývojem emisí jednotlivých sloučenin (obr. IX.20). Od roku 2000 lze na některých stanicích pozorovat mírný, i když nikoliv monotónní, nárůst poměru dusičnanů a síranů (Hůnová et al. 2017).

Od roku 2000 nelze sledovat žádný trend depozice vodíkových iontů. Hodnoty celkové depozice se pohybují v rozmezí 2 500–4 500 t ročně (obr. IX.23). Od roku 2015 nepřekračuje celková depozice vodíkových iontů hodnotu 3 000 t.

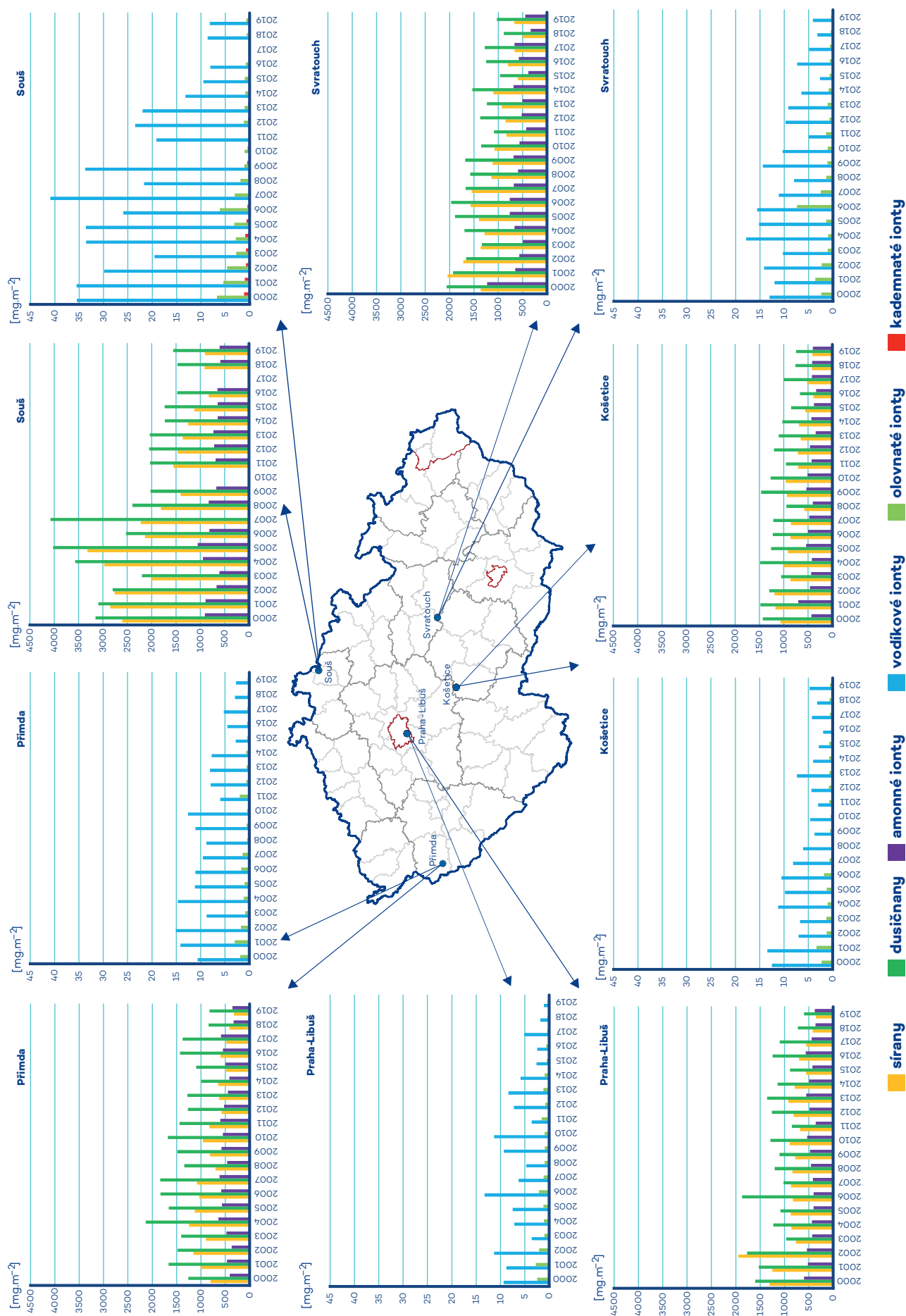
Ve druhé polovině 90. let došlo na vybraných stanicích ČR k poklesu mokré depozice některých látek (převážně SO₄²⁻, H⁺ a Pb₂⁺). Od roku 2000 hodnoty spíše stagnují, po roce 2010 pak dochází u některých látek opět k mírnému poklesu. Jedná se např. o H⁺ u všech stanic, NO₃ zejména na Souši, mírně pak i na Svratouchu, Košetických a na Přimdě (obr. IX.24).



Obr. IX.20 Vývoj poměru koncentrací dusičnanů a síranů v atmosférických srážkách (vyjádřených jako $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) na lokalitách ČHMÚ, 2000–2019

Obr. IX.21 Vývoj roční depozice síry ($S_{SO_4^{2-}}$, S_{SO_2}) na plochu České republiky, 2000–2019Obr. IX.22 Vývoj roční depozice oxidovaných forem dusíku ($N_{NO_3^-}$, N_{NO_x}) na plochu České republiky, 2000–2019

Obr. IX.23 Vývoj roční depozice vodíkových iontů na plochu České republiky, 2000–2019



Obr. IX.24 Vývoj roční mokré depozice na vybraných stanicích, 2000–2019

Tab. IX.4 Staniční síť sledování kvality atmosférických srážek a atmosférické depozice, 2019

Kód	Stanice	Kraj/země	Okres	Vlastník	Dodavatel dat	Nadmořská výška [m]	Typ odběru
ALIB	Praha 4 - Libuš	Hl. m. Praha	Praha 4	ČHMÚ	ČHMÚ	301	W1(HM)
BKUC	Kuchařovice	Jihomoravský	Znojmo	ČHMÚ	ČHMÚ	334	W1(HM)
CCHU	Churaňov	Jihočeský	Prachatice	ČHMÚ	ČHMÚ	1 118	W1(HM)
CKAM	Kamýk-Všeteč	Jihočeský	České Budějovice	VÚLHM	VÚLHM	593	M2(HM), M4(HM)_bu
CKOC	Kocelovice	Jihočeský	Strakonice	ČHMÚ	ČHMÚ	519	W1(HM)
CLIZ	Na lízu	Jihočeský	Prachatice	ÚH AV ČR	ČGS	828	M2(HM), M4(HM)_sm, M4(HM)_bu
CPL1						1 087	F2
CPL2	Plešné jezero	Jihočeský	Prachatice	HBÚ AV ČR	HBÚ AV ČR	1 122	F2
CPL3						1 334	F2
EPOM	Polomka	Pardubický	Chrudim	ÚVGZ AV ČR	ČGS	512	M2(HM), M4(HM)_sm
ESVR	Svratouch	Pardubický	Chrudim	ČHMÚ	ČHMÚ	735	W1(HM)
HKRY	Krkonoše-Rýchoř	Královéhradecký	Trutnov	ČHMÚ	ČHMÚ	1 001	W1(HM)
HLUD	Luisino údolí	Královéhradecký	Rychnov n. Kn.	ČHMÚ	ČHMÚ	875	W1(HM)
HLUU	Luisino údolí	Královéhradecký	Rychnov n. Kn.	VÚLHM	VÚLHM	940	M4(HM)_sm
HMOP	Modrý potok	Královéhradecký	Trutnov	ČGS	ČGS	1 010	M2(HM), M4(HM)_sm
HUDL	U dvou louček	Královéhradecký	Rychnov n. Kn.	VÚLHM	ČGS	880	M2(HM), M4(HM)_sm, M4(HM)_bu
JKOS	Košetice	Vysočina	Pelhřimov	ČHMÚ	ČHMÚ ČGS	535	D1(HM) (POPS,PAHs), M2(HM), M4(HM)_sm
JLKV	Loukov	Vysočina	Havlíčkův Brod	ČGS	ČGS	500	M2(HM), M4(HM)_sm
JSAL	Salačova Lhota	Vysočina	Pelhřimov	ČGS	ČGS	557	M2(HM), M4(HM)_sm
JZEL	Želivka	Vysočina	Havlíčkův Brod	VÚLHM	VÚLHM	440	M2(HM), M4(HM)_sm
KLAZ	Lazy	Karlovarský	Cheb	VÚLHM	VÚLHM	875	M2(HM), M4(HM)_sm
KLY1						867	M2(HM)
KLY2	Lysina	Karlovarský	Cheb	ČGS	ČGS	836	M4(HM)_sm
KNZ1						773	M2(HM)
KNZ2	Na Zeleném	Karlovarský	Cheb	ČGS	ČGS	750	M4(HM)_sm

KPB1		Pluhův bor	Karlovarský	Cheb		ČGS	ČGS		753	M2(HM)
KPB2									714	M4(HM)_sm
LSOU		Souš	Liberecký	Jablonec n.N.		ČHMÚ	ČHMÚ		771	W1(HM)
LUHL		Uhlířská	Liberecký	Liberec		ČGS	ČGS		780	M2(HM), M4(HM)_sm
PBEN		Benešovice	Plzeňský	Tachov		VÚLHM	VÚLHM		385	M2(HM), M4_bo
PCJ1		Čertovo jezero	Plzeňský	Klatovy		HBÚ AV ČR	HBÚ AV ČR		1 180	F2
PCJ2									1 057	F4_sm
PPRM		Přímda	Plzeňský	Tachov		ČHMÚ	ČHMÚ		740	W1(HM)
SLES		Lesní potok	Středočeský	Kolín		GLÚ AV ČR	ČGS		400	M2(HM), M4(HM)_sm, M4(HM)_bu
SLI1		Litavka	Středočeský	Příbram		ČGS	ČGS		700	M2(HM)
SLI2									710	M4(HM)_sm
TBKR		Bílý Kříž	Moravskoslezský	Frýdek-Místek		ČHMÚ	ČHMÚ		890	W1(HM)
TOER		Červená hora	Moravskoslezský	Opava		ČHMÚ	ČHMÚ		749	W1(HM)
TORV		Červík	Moravskoslezský	Frýdek-Místek		ČGS	ČGS		640	M2(HM), M4(HM)_sm
TKLE		Klepačka	Moravskoslezský	Frýdek-Místek		VÚLHM	VÚLHM		650	M2(HM), M4(HM)_sm
UJEZ		Jezeří	Ústecký	Chomutov		ČGS	ČGS		820	M2(HM), M4(HM)_sm, M4(HM)_bu, M4(HM)_br
UMOD		Moldava	Ústecký	Teplice		VÚLHM	VÚLHM		805	M2(HM), M4(HM)_je
URVH		Rudolice v Horách	Ústecký	Chomutov		ČHMÚ	ČHMÚ		840	W1(HM)
ZBUC		Buchlovice-Medlovice	Zlínský	Uherské Hradiště		VÚLHM	VÚLHM		350	M2(HM), M4(HM)_du
ZMAR		Maruška	Zlínský	Vsetín		ČHMÚ	ČHMÚ		664	W1(HM)

Vysvětlivky:

M2 – měsíční bulk (srážky s prašným spadem)

M4 – měsíční podkorunové srážky

W1 – týdenní čisté srážky – autom. pluviokolektor D1 – denní čisté srážky – autom. pluviokolektor

F1 – čisté srážky – nepravidelný odběr

F2 – bulk- nepravidelný odběr

F4 – podkorunové srážky – nepravidelný odběr (HM) – analýza těžkých kovů v daném odběru (POPS, PAHS) – analýza POPS a PAHS

_sm – smrk

_bu – buk

_bo – borovice

_du – dub

_br – bříza

_je – jeřáb