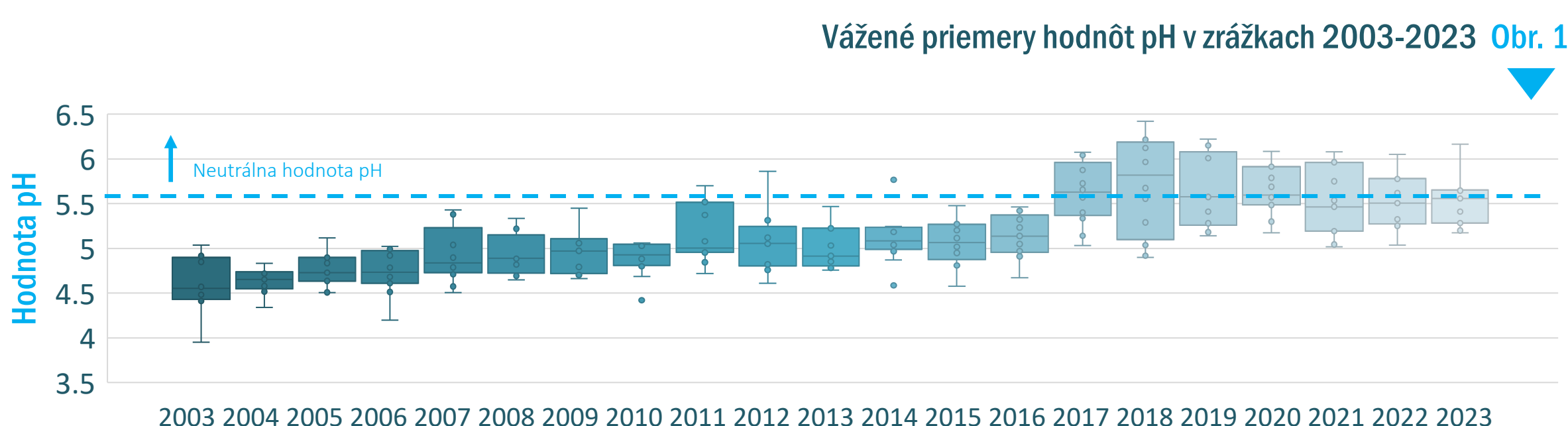


# HYDROCHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA ZRÁŽOK NA SLOVENSKU

Odber zrážok má na monitorovacej stanici MS Chopok dlhú tradíciu a prebieha už od roku 1978. V sledovanom období bolo pozorovaných 4110 zrážkových dní. Vzorky s nízkym denným úhrnom zrážok (> 3 mm) nebolo možné analyzovať. Ročný úhrn zrážok v období rokov 2003-2023 sa pohyboval v rozmedzí 908 až 1560 mm. Priemerný ročný úhrn zachytených zrážok na MS Chopok za sledované obdobie bol 1150 mm.



## Hodnoty pH a schopnosť neutralizácie v zrážkach

Obr. 1 zobrazuje distribúciu hodnôt pH v sledovanom období, ktorá nám ukazuje, že v prvom desaťročí prevládali hodnoty v kyslom spektre a od roku 2017 začali prevládať neutrálne (hodnota 5,6) až bázické hodnoty pH.

V Tab 1 bola posudzovaná neutralizačná kapacita zrážok ekvivalentným pomerom  $(H^+)/(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-)$ , ktorý nadobúda hodnoty od 0-1, kde 0 znamená úplne neutralizovanú aciditu. Pre sledované obdobie (2003-2023) má priemernú hodnotu 0,23; čo znamená že 77 % acidity bolo neutralizovanej. Táto hodnota je nízka v porovnaní s hodnotami uvádzanými v podobných štúdiách (Cecilia Arsene, 2007), napríklad v štúdii zrážok v období 2003-2006 na území Rumunska bol tento pomer 0,03. Najmenej je acidita v zrážkach neutralizovaná v zimných mesiacoch, priemerný neutralizačný faktor za sledované obdobie je len 0,37 a len 63 % kyseliny bolo v tomto mesiaci neutralizovanej. Pre ostatné zimné mesiace sa pohybuje okolo hodnoty 0,30. Ekvivalentný pomer má klesajúci trend, v období 2017-2020 bol ~ 0,10.

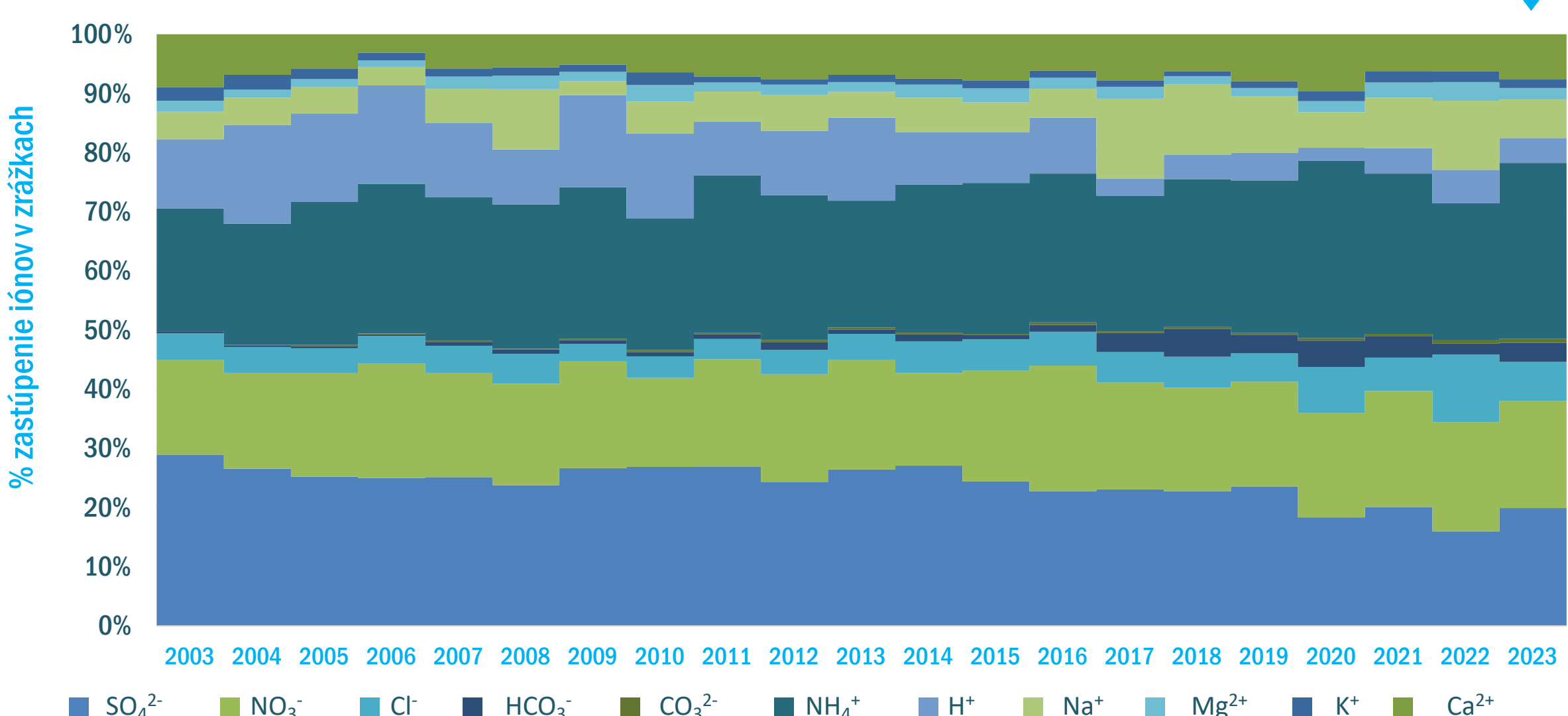
Neutralizačná kapacita v zrážkach 2003-2023 Tab. 1

Rok/M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean
2003	0.47	0.41	0.32		0.17	0.26	0.44	0.11	0.33	0.66	0.20	0.60	0.32
2004	0.61	0.54	0.40	0.36	0.33	0.50	0.31	0.26	0.47	0.38	0.68	0.49	0.39
2005	0.59	0.59	0.44	0.16	0.26	0.30	0.49	0.41	0.41			0.51	0.38
2006	0.66	0.44	0.42	0.19	0.12	0.25	0.22	0.37	0.30	0.58	0.43		0.34
2007	0.44	0.74	0.24	0.05	0.07	0.18	0.16	0.43	0.36	0.56	0.62	0.70	0.26
2008	0.61	0.40	0.10	0.27	0.06	0.20	0.29	0.29		0.26	0.59	0.38	0.25
2009	0.56	0.49	0.43		0.20	0.29	0.07	0.23	0.30	0.43		0.53	0.38
2010	0.44	0.68	0.47	0.32	0.25	0.37	0.21	0.23	0.41	0.59	0.45	0.45	0.30
2011	0.45		0.39	0.01	0.20	0.26	0.25	0.10	0.08	0.23		0.23	0.21
2012	0.58	0.46	0.03	0.26	0.16	0.24	0.14	0.28	0.22	0.38	0.33	0.18	0.27
2013	0.33	0.60	0.36	0.10	0.10	0.31	0.34	0.29	0.38	0.26	0.40	0.44	0.32
2014	0.24	0.28	0.03	0.11	0.21	0.26	0.20	0.21	0.28	0.33	0.23	0.40	0.20
2015	0.33	0.66	0.17	0.13	0.15	0.18	0.30	0.14	0.05		0.28	0.36	0.22
2016	0.37	0.27	0.14	0.10	0.13	0.17	0.20	0.36	0.28	0.44	0.50	0.27	0.25
2017	0.39	0.28	0.07	0.04	0.06	0.02	0.04	0.12	0.07	0.04	0.07	0.06	0.06
2018	0.27	0.22	0.02	0.01	0.16	0.02	0.02	0.03	0.08	0.05		0.18	0.08
2019	0.29	0.05	0.02	0.01	0.10	0.07	0.03	0.12	0.17	0.02	0.12	0.66	0.10
2020	0.21	0.06	0.04		0.02	0.11	0.04	0.10	0.14	0.22		0.17	0.08
2021	0.21	0.04	0.09	0.02	0.11		0.06	0.08	0.23		0.40	0.31	0.11
2022	0.26	0.24	0.08	0.06	0.02		0.08	0.04	0.19	0.19	0.33	0.43	0.19
2023	0.40	0.10	0.02	0.13	0.08	0.13	0.17	0.14	0.07	0.20			0.13
Priemer	0.37	0.34	0.24	0.10	0.16	0.21	0.22	0.19	0.24	0.31	0.31	0.32	0.23

## Zastúpenie jednotlivých iónov

Obr. 2 ilustruje percentuálne zastúpenie jednotlivých iónov v zrážkach (2003-2023). Zastúpenie síranov má klesajúci trend rovnako ako ióny  $H^+$ , čo sa prejavuje na stúpajúcich hodnotách pH. Stúpajúci trend má zastúpenie iónov  $\text{HCO}_3^-$  čo korešponduje so zvyšujúcou sa koncentráciou  $\text{CO}_2$  v atmosfére.

Ekvivalentné zastúpenie iónov v zrážkach (2003-2023) Obr. 2

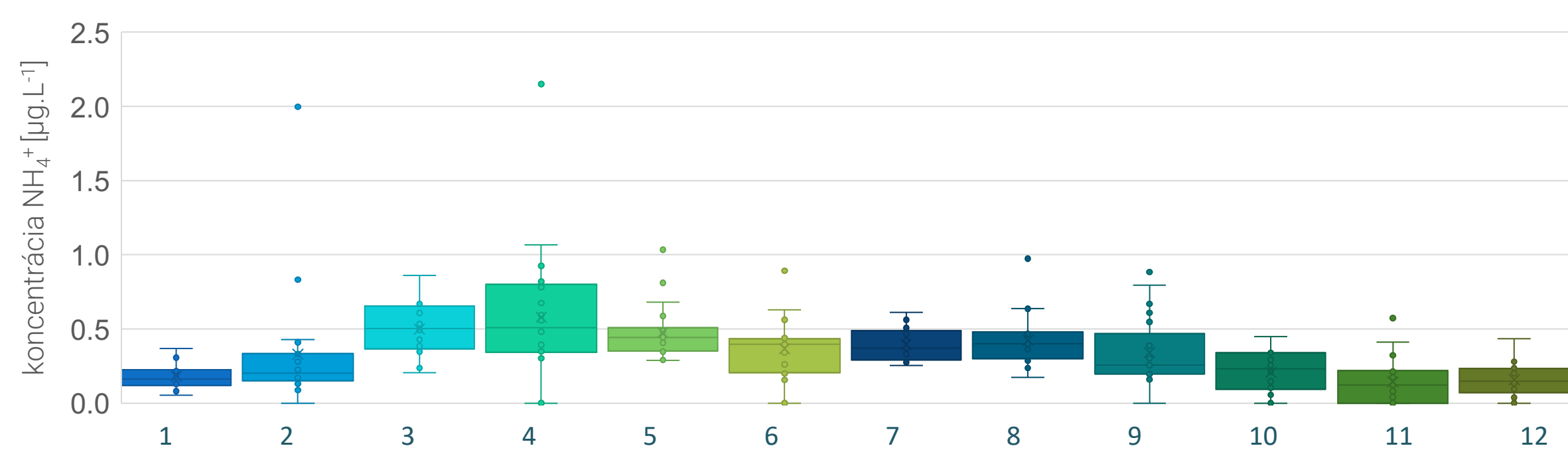


Monitorovacia stanica kvality ovzdušia Chopok 2000 m. n. m.

Pre analýzu bolo použitých  $n=1333$  vzoriek denných atmosférických zrážok, ktoré boli odobraté v období rokov 2003-2023 na vidieckej pozadovej MS kvality ovzdušia Chopok, na hrebeni Nízkych Tatier pod vrcholom Chopku. Na odber bolo použité zariadenie typu bulk, ktoré zachytáva suchú aj mokrú depozíciu. Vzorky boli analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou iónovej chromatografie, pH metrom a konduktometrom.

Na Obr. 3 sú vyobrazené koncentrácie objemovo vážených priemerov  $\text{NH}_4^+$  pre jednotlivé mesiace v roku, koncentrácie  $\text{NH}_4^+$  majú sezónny charakter, ktorý kopíruje poľnohospodársku aktivitu počas roka, práve tieto ióny majú najväčšiu neutralizačnú kapacitu (NF) v jarných mesiacoch sa pohybuje na úrovni 60-70 % atmosférických zrážkach na Chopku. NF  $\text{Na}^+$  je najvyššia v zime s maximom 35 % v decembri a ročným priemerom 15 %. NF  $\text{Ca}^{2+}$  nemá sezónny charakter a ročný priemer je 16 %. NF pre  $\text{Mg}^{2+}$  je len 5 %.

Obr.3. Mesečný chod koncentrácie  $\text{NH}_4^+$  (vážené priemery 2003-2023)



## Vplyv saharského prachu na koncentrácie iónov v zrážkach

Porovnávali sme tiež vplyv epizód saharského prachu v atmosfére nad územím severného Slovenska na koncentrácie iónov v zrážkach v období rokov 2015-2023. Množstvo obsahu prachu charakterizuje maximálny index obsahu (MIO), ktorý nadobúda hodnoty od 1-8. (Tab 2). Údaje o výskyte prachu pochádzali z výstupov modelov Barcelona dust regional center. (Dust, 2024). V období rokov 2015-2023 predpovedal model výskyt saharského prachu 391-krát. Porovnaním koncentrácií v dňoch výskytu saharského prachu s priemernými váženými koncentraciami za sledované obdobie sa potvrdil výskyt zvýšených koncentrácií  $\text{Ca}^{2+}$  o 61,5 % v priemere pre všetky stupne (MIO) a o viac ako 300 % pri MIO 5 a vyššom, výskyt epizód takejto intenzity bol zriedkavý.

Tab. 2 Stupne maximálneho indexu obsahu saharského prachu

	Max. index obsahu	1	2	3	4	5	6	7	8
záťaž [g.m <sup>-2</sup> ]		0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6	3.2	6.4
počet dní s výskytom prachu		83	127	120	38	13	8	2	

## Záver

Táto práca sa zaoberala analýzou chemického zloženia zrážok na MS Chopok počas rokov 2003 – 2023. Priemerná ročná hodnota pH bola na začiatku sledovaného obdobia v kyslom spektre. Hodnoty sa postupne zvyšovali k neutrálnym hodnotám od roku 2017. Najnižšie hodnoty pH sa vyskytujú v zimných mesiacoch. Vodivosť zrážok nevykazovala signifikantne klesajúci trend. Priemerná vodivosť za sledované obdobie bola  $12 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . K acidite v zrážkach prispievala na začiatku sledovaného obdobia najmä  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ale postupne sa zvyšoval význam  $\text{HNO}_3$ . K neutralizácii kyselín najviac prispievajú ióny  $\text{NH}_4^+$ , ktoré majú sezónny charakter preto k neutralizácii dochádzalo najmenej v zimných mesiacoch. Bola pozorovaná súvislosť výskytu saharského prachu od MIO 2 a zvýšenými koncentraciami  $\text{Ca}^{2+}$  iónov, koncentrácie ostatných iónov sú zvýšené až od MIO 5 ale výskyt epizód tejto intenzity bola nad sledovaným územím veľmi zriedkavá.

## Literatúra

Cecilia Arsene, R. I. (28. 8 2007). Atmospheric Environment. Dostupné na Internete: <http://wanko.free.fr/COURS/Ges.eaux%20pluviales/Chemical%20composition%20of%20rainwater%20in%20the%20north-eastern%20Romania,%20Iasi.pdf>  
 Corpus, C. (August 2021). Corpus-Christopher-Bryce.pdf. Dostupné na Internete: <https://www.soest.hawaii.edu/oceanography/oceanwp/wp-content/uploads/2021/05/Corpus-Christopher-Bryce.pdf>  
 Dust, B. d. (8. 3 2024). Daily Dust Products. Dostupné na Internete: <https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products?tab=forecast&var=load&model=monarch&date=20240304&view=light>  
 Hjelbrekke, A.-G. (1997). User's guide for EDC 1.1 EMEP Data Check. Kjeller: Norwegian Institute for air research.  
 Institute, N. M. (8 2023). emep.int. Dostupné na Internete: [https://emep.int/publ/reports/2023/EMEP\\_Status\\_Report\\_1\\_2023.pdf](https://emep.int/publ/reports/2023/EMEP_Status_Report_1_2023.pdf)  
 Zehr, S. C. (1994). Method, scale and socio-technical networks: Problems of standardization in acid rain ozone depletion and global warming research. Science studies, 47-58.