

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



BAZÁLNÍ MONITORING ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD
PŮDNÍ REAKCE A OBSAH ŽIVIN

1995–2019

II. část (hodnocení vývoje 1995–2019)

Zpracoval: Ing. Lenka Prášková, Ph.D.
Ing. Dušan Reininger, Ph.D.
Ing. Tomáš Svoboda

Předkládá: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.

Schválil: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, prosinec 2022

Autoři fotografií:

Ing. Bohuslav Hejný

Ing. Lenka Klementová

Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.

Ing. Pavel Kuttelvascher

Ing. Boleslava Pilcová

Ing. Pavel Roháček

Ing. Jana Šmídová

Ing. Lenka Štěpařová

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	STRUKTURA MONITOROVACÍCH PLOCH	6
3	HODNOCENÍ PŮDNÍCH DAT	8
4	VÝVOJ AGROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ NA MONITOROVACÍCH PLOCHÁCH BMP OD ROKU 1995	13
4.1	PŮDNÍ REAKCE	13
4.2	FOSFOR	21
4.3	DRASLÍK.....	29
4.4	HOŘČÍK	37
4.5	VÁPNIK.....	45
4.6	UHLIČITANY.....	53
5	KLÍČOVÉ ZÁVĚRY Z 25 LET TRVÁNÍ BMP	60
6	LITERÁRNÍ ZDROJE.....	66

POUŽITÉ ZKRATKY

AZZP	Agrochemické zkoušení zemědělských půd
BMP	bazální monitoring půd
ICP-OES	optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu
NRL	Národní referenční laboratoř
O	ornice, orniční horizont, orniční vrstva
P	podorničí, podorniční horizont, podorniční vrstva
R	druhé podorničí (při odběrech trvalých travních porostů), druhá podorniční vrstva
PP	pozorovací plocha
TTP	trvalý travní porost
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

1 ÚVOD

Váženým čtenářům předkládáme druhou část zprávy s názvem Bazální monitoring zemědělských půd, Půdní reakce a obsah živin, Hodnocení vývoje 1995–2019, která volně navazuje na I. část. Tato zpráva hodnotí vývoj výměnného pH, vývoj obsahů P, K, Mg, Ca ve výluhu dle Mehlich 3 (přístupný obsah) a v extraktu lučavky královské (celkový obsah) a vývoj obsahu uhličitánů na 173 monitorovacích plochách BMP (z 214 celkových). Tento soubor se skládá ze 137 orných půd, 22 trvalých travních porostů, 4 sadů, 4 vinic a 6 chmelnic.

V I. části je podrobně popsána metodika odběru vzorků, analyzované parametry a principy laboratorních stanovení a je zde hodnocen aktuální stav těchto agrochemických parametrů na celém souboru 214 ploch BMP vzorkovaných v roce 2019.

Je důležité upozornit, že pro tuto zprávu byly z důvodu porovnatelnosti všech cyklů použity výsledky obsahu fosforu stanovené spektrofotometricky (vzorky z roku odběru 2019 analyzované měřícím postupem ICP-OES byly na spektrofotometrický přepočítány).

2 STRUKTURA MONITOROVACÍCH PLOCH

V průběhu odběrových cyklů dochází k přesunu či rušení ploch, k zakládání nových, či ke změnám kultur na plochách. Změny v zastoupení jednotlivých kultur v letech v celém systému BMP jsou uvedeny v tabulce 1. Nejmarkantnější je snižování ploch s ornou půdou a naopak nárůst ploch TTP. Obrázek 1 poukazuje na změnu poměru mezi ornými půdami a TTP. V cyklu 2019 došlo oproti cyklu 2013 k navýšení počtu TTP na úkor orných půd o celkem 6 PP. Ovocný sad na PP 7007BP Želešice byl vykloučen a převeden do režimu orné půdy. Trend poklesu stavu orných půd je poplatný celé České republice; v současné době je dle Situační a výhledové zprávy – Půda, 2021 poměr orná půda / TTP 2,87.

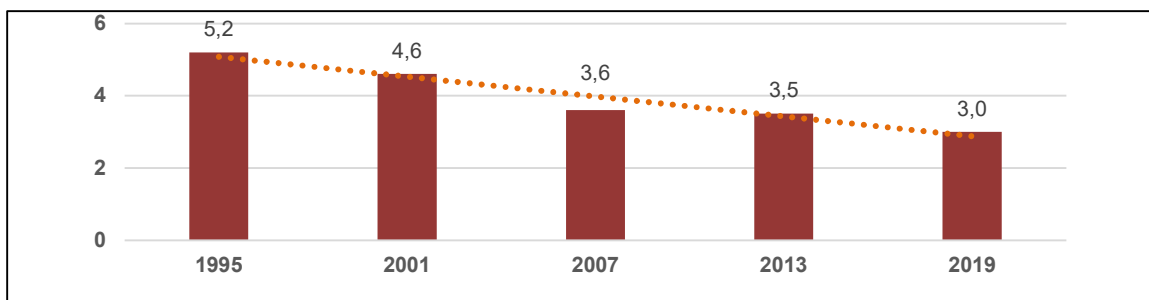
K porovnání vývoje parametrů v čase bylo důležité vybrat soubor PP, které by nebyly změnami postihnuty. Tomuto požadavku vyhovělo 173 PP z celkových 214 (137 PP orných půd, 22 PP trvalých travních porostů, 4 PP sadů, 4 PP vinic a 6 PP chmelnic). Z režimu orné půdy do režimu chmelnice se vrátila plocha 5904K Číňov. Tuto plochu jsme v cyklech 2007 a 2013 vzorkovali podle schématu pro orné půdy. Vzhledem k identickému pH a obsahu živin z období, kdy byla vedena jako orná v porovnání s obdobím, kdy byla chmelnicí, jsme přistoupili k jejímu hodnocení jakožto stálé plochy bez změny kultury. U této plochy ani ze strany uživatelů nebyl úmysl převést ji na ornou, pouze po vykloučení chmelnice tato plocha „odpočívala“ před novým osázením.

V tabulce 2 je soubor 173 PP BMP rozčleněn podle jednotlivých výrobních oblastí a v tabulce 3 podle půdních typů. V průběhu trvání monitoringu došlo ke změně klasifikačního systému půdních typů a z tohoto důvodu jsou postupně u všech ploch kopány a popisovány nové pedologické sondy. Tato zpráva používá rozčlenění PP podle původního půdního typu určeného při založení BMP v roce 1992. Soubor je zastoupen 13 půdními typy. Nejvíce zastoupeným půdním typem v souboru je kambizem – 50 PP, následuje hnědozem – 35 PP a fluvizem – 28 PP.

Tabulka 1 Procentické zastoupení jednotlivých kultur v celém monitorovacím souboru BMP (214 PP) ve vzorkovacích cyklech

Kultura	1995	2001	2007	2013	2019
Orná půda	77,0	75,2	72,1	71,5	69,2
TTP	14,8	16,5	20,0	20,6	23,4
Sady	3,04	2,75	2,79	2,80	2,34
Vinice	2,17	2,29	2,33	2,34	2,34
Chmelnice	3,04	3,21	2,79	2,80	2,80

Obrázek 1 Poměr počtu orných půd ku TTP v celém monitorovacím souboru BMP (214 PP) ve vzorkovacích cyklech



Tabulka 2 Počet ploch BMP v jednotlivých výrobních oblastech na stálých 173 PP

Výrobní oblast	Počet ploch
Kukuřičná	4
Řepařská	82
Bramborářská	83
Horská	4
Celkem	173

Tabulka 3 Počet PP a kultur podle jednotlivých půdních typů na stálých 173 PP

Půdní typ	Počet PP					
	Celkem	Orná	TTP	Sady	Vinice	Chmelnice
Antropozem	1	-	1	-	-	-
Černice	2	2	-	-	-	-
Černozem	17	15	-	-	2	-
Fluvizem	28	22	2	-	-	4
Glej	9	5	4	-	-	-
Hnědozem	35	30	-	3	-	2
Kambizem	50	39	11	-	-	-
Luvizem	12	12	-	-	-	-
Pararendzina	2	1	1	-	-	-
Pseudoglej	10	7	3	-	-	-
Regozem	2	1	-	-	1	-
Rendzina	3	2	-	-	1	-
Šedozem	2	1	-	1	-	-
Celkem	173	137	22	4	4	6

3 HODNOCENÍ PŮDNÍCH DAT

Pro zachování porovnatelnosti je v každém cyklu prováděno stejné vzorkování. U orných půd, sadů, vinic a chmelnic jsou odebírány vzorky ze dvou horizontů (O ornice, P podorničí). U trvalých travních porostů tři horizonty (O ornice, P podorničí, R druhé podorničí) vždy ze stejných hloubek.

Výsledky obsahů prvků (P, K, Mg, Ca) jsou udávány v mg.kg^{-1} suchého vzorku, půdní reakce ve stupních pH, obsah uhličitánů v procentech. Obsahy prvků stanovovaných metodou dle Mehlicha 3 budou v textu označovány jako *přístupné obsahy* a obsahy prvků stanovované v extraktu lučavky královské jsou v textu označovány jako *celkové obsahy*. Při hodnocení vzorků z podorničí, kdy jsou hodnoceny všechny kultury dohromady, nejsou do těchto vzorků započítávány vzorky z druhé spodní vrstvy (R) u trvalých travních porostů.

Soubor se v rámci BMP člení do podsouboru s pracovním označením subsystém kontaminovaných ploch a bazální subsystém. Ve zprávě je hodnocen vývoj agrochemických parametrů za uskutečněných pět period odběrů (rok 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019) na 173 plochách bez rozlišení subsystémů.

Těchto 173 PP je hodnoceno v několika úrovních: jednak jako celek, poté po rozdělení na kultury (orná půda – 137 PP, TTP – 22 PP, sady – 4 PP, vinice – 4 PP, chmelnice – 6 PP) a dále po rozdělení na půdní typy (13 půdních typů, viz tabulka 3).

Pro hodnocení jednotlivých agrochemických parametrů byla použita:

a) **popisná statistika** (MS Excel 2010) a počítány byly tyto veličiny: aritmetický průměr; medián; 10., 25., 75. a 90. percentil; minimum a maximum. V případě, kdy měl laboratorní výsledek hodnotu menší než mez stanovitelnosti, byla do výpočtu zařazena poloviční hodnota této meze (např. laboratorní výsledek obsahu uhličitánů u vzorku byl $< 0,2 \%$. Ve výpočtech bylo proto počítáno s hodnotou $0,1 \%$).

b) **statistické porovnání**, které bylo provedeno Anovou při opakovaných měřeních pro orniční a podorniční vrstvu pro celkových 173 PP, pro orniční a podorniční vrstvu pro orné půdy a TTP a pro pouze orniční vrstvu pro sady, vinice a chmelnice. Testování průkaznosti rozdílů bylo provedeno Scheffeho testem.

c) **kritéria stanovená vyhláškou č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů** (tabulka 4–8) a **kritéria vycházející z Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd** (tabulka 9). Návrhy na korekci hnojení a půdní reakce jsou uvedeny v tabulkách 10 a 11.

Laboratorní stanovení obsahu uhličitánů se provádí podle postupu 30030.1 daného Jednotnými pracovními postupy. Principem je uvolnění oxidu uhličitého z uhličitánů obsažených v půdě působením kyseliny chlorovodíkové. Intenzita vyvinutého plyného oxidu uhličitého se hodnotí subjektivně. V případě, že k vývinu plynu nedošlo a nebo není téměř žádný, je vzorek označen obsahem $< 0,2 \%$. Vzorky s hodnotou $< 0,2 \%$ (kterých byla většina) bylo problematické zařadit do správné kategorie. Proto bylo pro potřeby vyhodnocení přistoupeno ke sloučení dvou kategorií *obsah žádný* a *obsah nízký* z tabulky 8 do kategorie jedné, pracovně označené jako kategorie *žádný až nízký obsah*.

Tabulka 4 *Kritéria pro hodnocení výměnné půdní reakce v AZZP (příloha č. 3 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)*

Hodnota pH	Hodnocení půdní reakce
do 4,5	extrémně kyselá
4,6–5,0	silně kyselá
5,1–5,5	kyselá
5,6–6,5	slabě kyselá
6,6–7,2	neutrální
7,3–7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Tabulka 5 *Kritéria pro hodnocení obsahu fosforu v AZZP (Mehlich 3; mg.kg⁻¹, tabulka v příloze č. 5 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*

Obsah P	Orná půda	Trvalé travní porosty	Sady a vinice (speciální kultury)	Chmelnice
Nízký	do 50	do 25	do 55	do 155
Vyhovující	51–80	26–50	56–100	156–220
Dobrý	81–115	51–90	101–170	221–290
Vysoký	116–185	91–150	171–245	291–390
Velmi vysoký	nad 185	nad 150	nad 245	nad 390

Tabulka 6 *Kritéria pro hodnocení obsahu draslíku v AZZP (Mehlich 3; mg.kg⁻¹, tabulka v příloze č. 3 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*

Obsah K	Orná půda			Trvalé travní porosty		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 100	do 105	do 170	do 70	do 80	do 110
Vyhovující	101–160	106–170	171–260	71–150	81–160	111–210
Dobrý	161–275	171–310	261–350	151–240	161–250	211–300
Vysoký	276–380	311–420	351–510	241–350	251–400	301–470
Velmi vys.	nad 380	nad 420	nad 510	nad 350	nad 400	nad 470
Obsah K	Sady a vinice (speciální kultury)			Chmelnice		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 100	do 125	do 180	do 170	do 220	do 290
Vyhovující	101–220	126–250	181–310	171–275	221–370	291–400
Dobrý	221–340	251–400	311–490	276–400	371–515	401–570
Vysoký	341–500	401–560	491–680	401–560	516–650	571–680
Velmi vys.	nad 500	nad 560	nad 680	nad 560	nad 650	nad 680

Tabulka 7 *Kritéria pro hodnocení obsahu hořčíku v AZZP (Mehlich 3; mg.kg⁻¹; tabulka v příloze č. 3 k vyhlášce č. 275/1998 Sb.)*

Obsah Mg	Orná půda			Trvalé travní porosty		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 80	do 105	do 120	do 60	do 85	do 120
Vyhovující	81–135	106–160	121–220	61–90	86–130	121–170
Dobrý	136–200	161–265	221–330	91–145	131–170	171–230
Vysoký	201–285	266–330	331–460	146–220	171–245	231–310
Velmi vys.	nad 285	nad 330	nad 460	nad 220	nad 245	nad 310
Obsah Mg	Sady a vinice (speciální kultury)			Chmelnice		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 80	do 105	do 170	do 135	do 160	do 210
Vyhovující	81–180	106–225	171–300	136–210	161–250	211–300
Dobrý	181–320	226–365	301–435	211–300	251–350	301–395
Vysoký	321–425	366–480	436–580	301–400	351–460	396–530
Velmi vys.	nad 425	nad 480	nad 580	nad 400	nad 460	nad 530

Tabulka 8 *Kritéria pro hodnocení obsahu uhličitánů v AZZP (příloha č. 3 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)*

% uhličitánů	Hodnocení obsahu uhličitánů
0	žádný
0,1–0,5	nízký
0,6–3,0	střední
3,1–5,0	vysoký
nad 5,0	velmi vysoký

Tabulka 9 *Kritéria pro hodnocení obsahu vápníku v AZZP. (Mehlich 3; mg.kg⁻¹; tabulka vychází z Pracovních postupů ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2011 až 2016)*

Obsah Ca	VÁPŇÍK (mg.kg ⁻¹)		
	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
Nízký	do 1000	do 1100	do 1700
Vyhovující	1001–1800	1101–2000	1701–3000
Dobrý	1801–2800	2001–3300	3001–4200
Vysoký	2801–3700	3301–5400	4201–6600
Velmi vysoký	nad 3700	nad 5400	nad 6600

Tabulka 10 Opatření pro úpravu půdní reakce u jednotlivých kultur – roční normativy dávek vápenatých hnojiv v tunách CaO/ha^{-1} (vyhláška č. 275/1998 Sb.)

Orná půda a ovocné sady					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
do 4,5	1,20	do 4,5	1,50	do 4,5	1,70
4,6–5,0	0,80	4,6–5,0	1,00	4,6–5,0	1,25
5,1–5,5	0,60	5,1–5,5	0,70	5,1–5,5	0,85
5,6–5,7	0,30	5,6–6,0	0,40	5,6–6,0	0,50
-	-	6,1–6,5	0,20	6,1–6,5	0,25
-	-	-	-	6,6–6,7	0,20
Trvalé travní porosty					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
do 4,5	0,60	do 4,5	0,70	do 4,5	0,90
4,6–5,0	0,30	4,6–5,0	0,50	4,6–5,0	0,70
-	-	5,1–5,5	0,25	5,1–5,5	0,35
-	-	-	-	5,6–6,0	0,20
Vinice					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
do 4,5	0,60	do 4,5	1,00	do 4,5	1,30
4,6–5,0	0,45	4,6–5,0	0,70	4,6–5,0	0,90
5,1–5,5	0,30	5,1–5,5	0,50	5,1–5,5	0,60
5,6–6,0	0,20	5,6–6,5	0,30	5,6–6,5	0,40
-	-	-	-	6,6–6,9	0,20
Chmelnice					
pH	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda		
do 4,5	0,60	1,00	1,30		
4,6–5,0	0,45	0,70	0,90		
5,1–5,5	0,30	0,50	0,60		
5,6–6,5	0,20	0,30	0,40		
6,6–6,9	0,20	0,20	0,20		



Tabulka 11 Opatření pro korekci dávek živin (pracovní postupy ÚKZÚZ pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022)

Obsah	Hodnocení + korekce dávky P, K, Mg, Ca pro hnojařský zásah
Nízký (N)	potřeba dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 50 %
Vyhovující (VH)	potřeba mírného dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 20–30 %
Dobrý (D)	příznivý obsah, jehož udržení je potřeba zajistit nahrazovacím hnojením příslušnou živinou, dodávat živinu podle odběrových normativů
Vysoký (V)	potřeba vypustit hnojení příslušnou živinou na přechodnou dobu (asi 2–3 roky), než bude dosaženo kategorie dobré
Velmi vysoký (VV)	zvyšování tohoto obsahu je nevhodné z ekologického hlediska, hnojení příslušnou živinou je nepřípustné – vypustit hnojení příslušnou živinou na dobu, než budou k dispozici nové výsledky AZZP

4 VÝVOJ AGROCHEMICKÝCH PARAMETRŮ NA MONITOROVACÍCH PLOCHÁCH BMP OD ROKU 1995

4.1 Půdní reakce

V rámci laboratorních měření je v půdě prováděno stanovení půdní reakce aktivní i výměnné. V textu této zprávy bude zmiňována pouze výměnná půdní reakce. Vývoj aktivní půdní reakce je zpracován formou tabulek v přílohách (příloha 1, 6, 17).

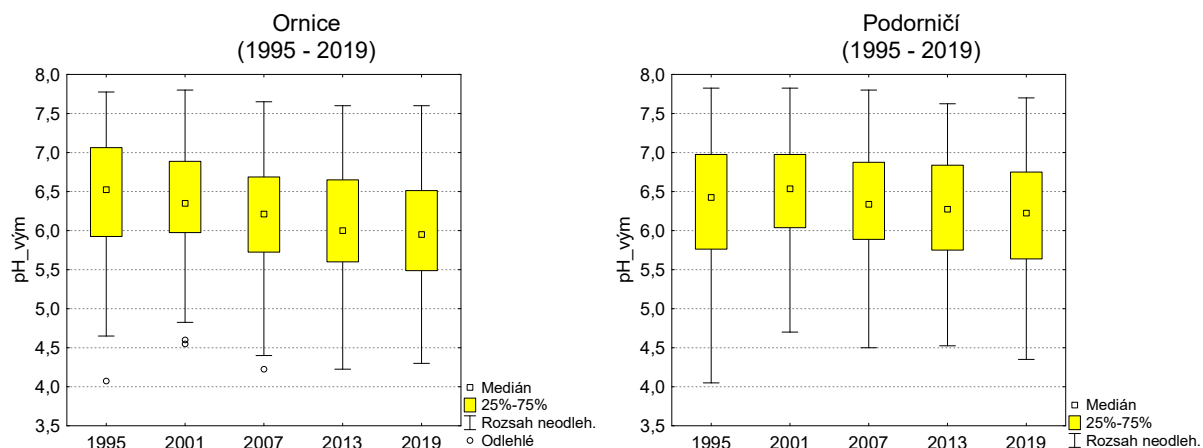
Hodnota výměnného pH se v zemědělských půdách sledovaných v rámci BMP v posledních 25 letech snižovala (tabulka 12). Při porovnání dat v ornici z roku odběru 1995 a 2019 (1. a 5. cyklus) kleslo pH o 0,43. Tento pokles byl statisticky významný (obrázek 2, příloha 28). V podorničním horizontu nebyl tak dramatický pokles (o 0,1), nicméně byl rovněž statisticky významný.

Tabulka 12 Popisná statistika hodnot výměnného pH na monitorovacích plochách BMP (173 ploch) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019

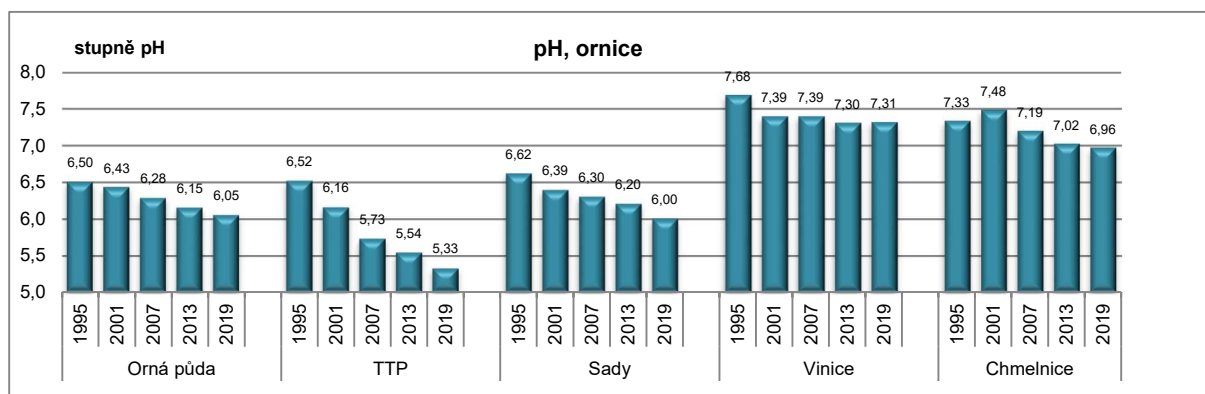
O horizont									
Cyklus	Počet PP	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	156	6,48	4,08	7,78	5,59	5,94	6,53	7,06	7,34
2001	173	6,42	4,55	7,80	5,56	5,98	6,43	6,90	7,38
2007	173	6,26	4,23	7,65	5,36	5,80	6,25	6,83	7,23
2013	173	6,16	4,23	7,60	5,29	5,65	6,03	6,70	7,20
2019	173	6,05	4,30	7,60	5,18	5,50	5,98	6,55	7,13
P horizont									
1995	156	6,34	4,05	7,83	5,04	5,77	6,43	6,98	7,52
2001	173	6,51	4,70	7,83	5,46	6,03	6,55	7,08	7,54
2007	173	6,38	4,50	7,80	5,38	5,90	6,38	6,93	7,40
2013	173	6,32	4,53	7,63	5,40	5,75	6,33	6,90	7,43
2019	173	6,24	4,35	7,70	5,18	5,70	6,28	6,83	7,37

Výměnné pH se v odběrových cyklech snižovalo rovněž u všech kultur. Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 7. Trvalé travní porosty vykázaly nejnížší hodnoty pH a zároveň nejvyšší pokles pH při porovnání hodnot mediánů v ornici resp. podorničí roku 1995 a 2019 (o 1,2 resp. 0,87) – statisticky významný rozdíl (příloha 28). Orné půdy jsou v souboru zastoupeny největším počtem PP. Výměnné pH u nich pokleslo mezi roky 1995 a 2019 statisticky významně o 0,45 v O horizontu a statisticky neprůkazné bylo v P horizontu. U sadů nastal pokles v O horizontu o 0,62, nicméně z důvodu nízkého počtu PP v hodnoceném souboru (4 PP) a jejich širokého rozmezí hodnot, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (příloha 28). Vinice poklesly statisticky významně o 0,37. Vzorky u 3 PP chmelnic (z celkových 6 PP) nebyly v roce 1995 analyzovány. Proto, aby mohl být porovnáván vývoj pH všech 6 PP chmelnic, bylo přikročeno k jejich statistickému porovnání až od roku 2001, které ukázalo statisticky významný pokles. Velmi názorně je snižování pH v O horizontu u jednotlivých kultur vyjádřeno v grafu na obrázku 3.

Obrázek 2 Grafické znázornění statistických parametrů výměnné půdní reakce na 173 PP BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019



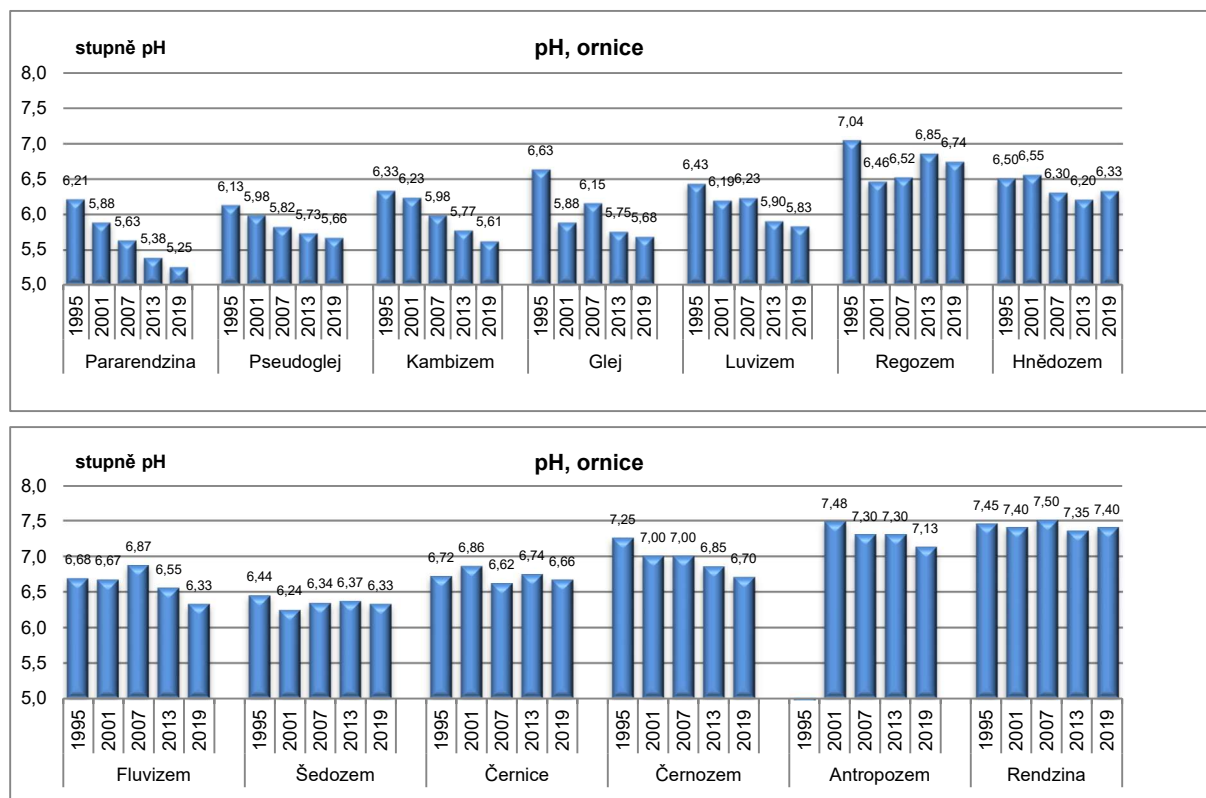
Obrázek 3 Vývoj hodnot mediánů výměnného pH v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019



V půdních typech v rámci BMP se hodnota výměnné reakce v ornici v periodě let 1995 až 2019 pohybovala mezi minimem a maximem v rozpětí 4,08 (kambizem, rok 1995, TTP, PP 7040B Domanínek, okres Žďár nad Sázavou) až 7,80 (černozem, rok 2001, orná půda, PP 7013B Újezd u Brna, okres Brno venkov a fluvizem, rok 2007, orná půda, PP 5003B Židovice nad Labem, okres Litoměřice). Půdní reakce v podorníči dosáhla rozmezí hodnot 4,05 (kambizem, rok 1995, TTP, PP 7040B Domanínek, okres Žďár nad Sázavou) až 7,83 (černozem, rok 2001, orná půda, PP 7013B Újezd u Brna, okres Brno venkov a regozem, rok 1995, vinice, PP 7012B Nové Bránice, okres Brno venkov) (příloha 18). Grafy na obrázku 4 dokumentují vývoj pH v půdních typech. Největší rozdíl mezi mediánovou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal půdní typ pararendzina (0,96 pH), nejmenší rozdíl pak rendzina (0,05 pH), která prakticky po celou dobu sledování nevykázala výrazný výkyv v půdní reakci. Je to dáno faktem, že *rendziny* jsou vyvinuté ze skeletovitých rozpadů karbonátových hornin (Jandák et al., 2001), které mají vysokou pufrací schopnost. *Pararendziny* vznikají z rozpadů karbonátosilikátových zpevněných hornin (vápnitých pískovců, opuk, vápnitých slepenců, brekcií, vápnitých břidlic apod.) a dochází v nich k postupnému vyluhování a přechodu k půdnímu typu kambizem (Pavlu et al., 2019). Pararendzina a rendzina v souboru půd BMP zároveň představují hraniční půdní typ, který se vyznačoval nejnižšími hodnotami pH (pararendzina) a nejvyššími hodnotami pH za dobu sledování (rendzina).

Všechny půdní typy vykázaly snižující se tendenci výměnného pH během let. Nejvýraznější byl pokles u pararendziny, gleje a kambizemě. Půdní typy, které nejvíce odolávaly výkyvům pH byly rendzina, černice a šedozem.

Obrázek 4 Vývoj hodnot mediánů výměnného pH v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019

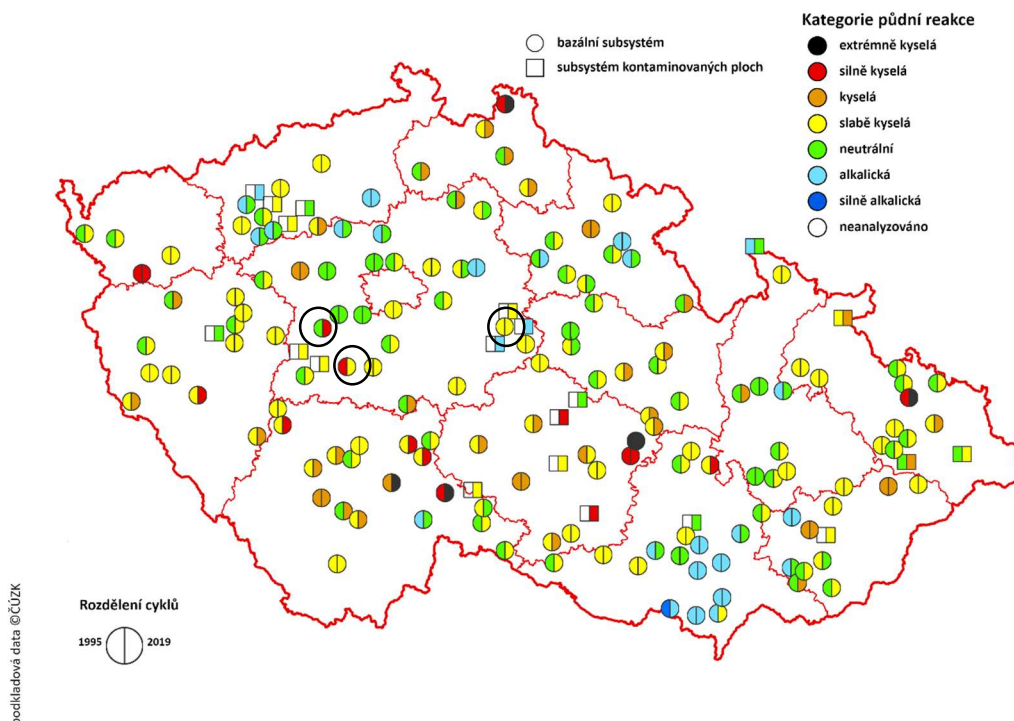


V mapě na obrázku 5 je barevně zobrazen stav výměnného pH na jednotlivých PP v roce 1995 a v roce 2019 podle kategorií AZZP (v roce 1995 nebyla půdní reakce stanovována u 17 ploch, které byly zakládány později a zařazeny do subsystému kontaminovaných ploch; tyto plochy jsou označeny bezbarvě).

Mapa na obrázku 6, zobrazuje výši poklesu nebo nárůstu pH, která nastala mezi počátkem sledování (1995) a zatím posledním cyklem vzorkování (2019). Celkem 17 ploch nebylo v roce 1995 analyzováno. Pro účel této mapy byla chybějící data nahrazena daty z analýz z odběrů roku 2001. Největší procento ploch (82,5 % PP) zaznamenalo pokles v rozmezí 1 až 25 % původní hodnoty (růžová barva). Celkem převažoval pokles hodnot nad jeho nárůstem, kdy pokles nastal u 83 % PP (k 82,5 % PP je připočítáno ještě 0,6 % PP, které poklesly v rozmezí od 26 do 50 % původní hodnoty). Pouhých 14 % PP zaznamenalo nárůst hodnot a to o 1 až 25 % a 3 % PP se udrželo na stejné hodnotě. Případné rozdíly jsou způsobeny zaokrouhlováním.

Plochy s největším výkyvem pH mezi rokem 1995 a 2019 jsou označeny kroužkem; označeny jsou také plochy, kde se stav pH za uplynulých 25 let nezměnil; resp. kde došlo ke změně půdní reakce o méně než 1 % (na celkem pěti plochách; oranžová barva kolečka). Fotografie ploch označených na mapách kroužkem jsou doplněny o charakteristiku týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin (obrázek 7). Z pěti ploch, u kterých byla změna hodnoty pH menší než 0,5 % byla vybrána plocha s nulovou změnou.

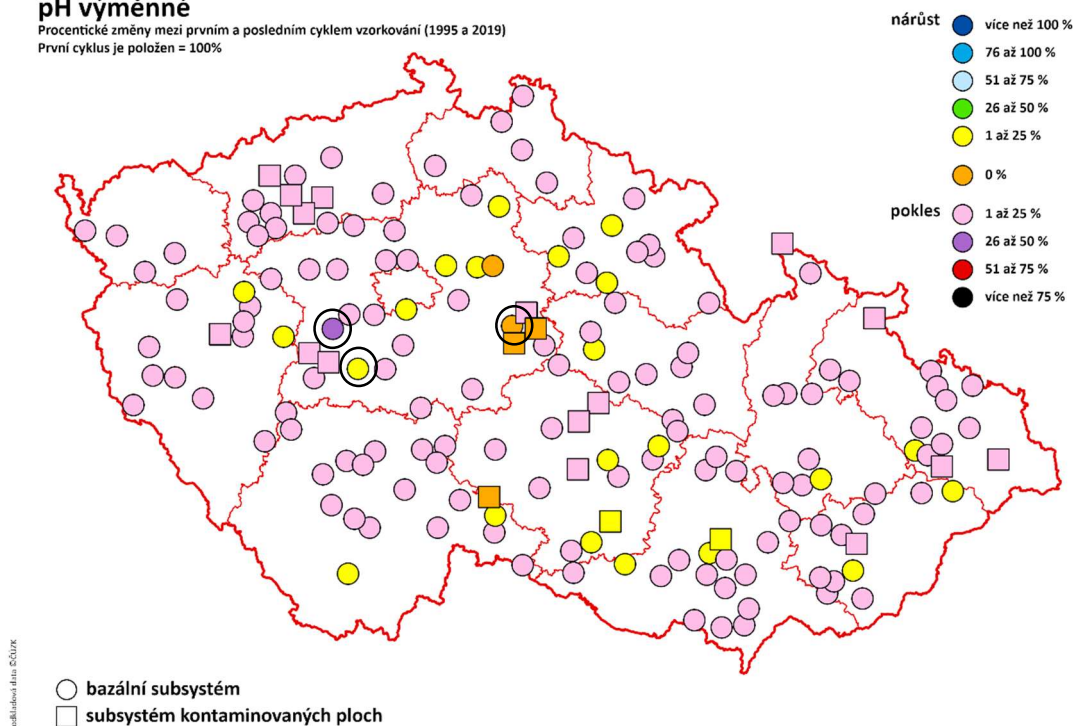
Obrázek 5 Kategorie výměnného pH na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.). Pozn. v roce 1995 nebyla půdní reakce stanovována u 17 ploch, které byly zakládány později a zařazeny do subsystému kontaminovaných ploch (bezbarvé označení). Kroužkem jsou označeny PP s největším a s nulovým rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019



Obrázek 6 Změny výměnného pH na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019

pH výměnné

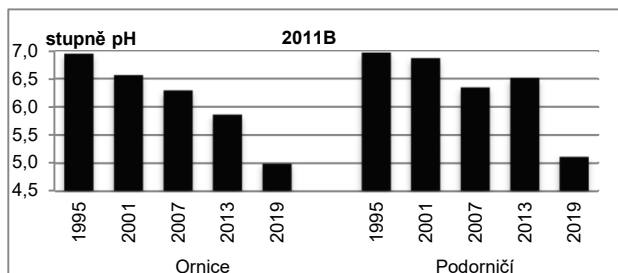
Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100%



Obrázek 7 Vývoj hodnot výměnného pH na plochách s vysokými a nulovými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles výměnného pH v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 28 %).

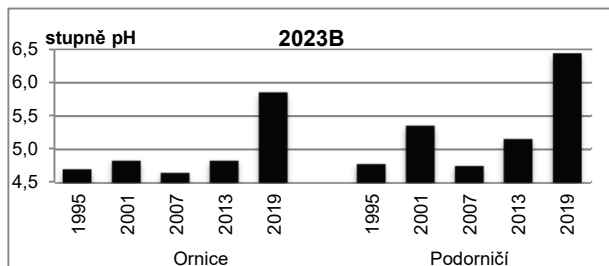
PP 2011B, orná půda, Neumětely, okres Beroun, hnědozem, pH 6,93 (neutrální) – 4,98 (silně kyselá), foto 2019



Na PP probíhá pravidelné střídání plodin, zapravování slámy, aplikace dusíkatých hnojiv DAM, LAV a kejdy prasat. Jsou aplikovány chemické přípravky na ochranu rostlin.

Nejvyšší nárůst výměnného pH v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 24 %).

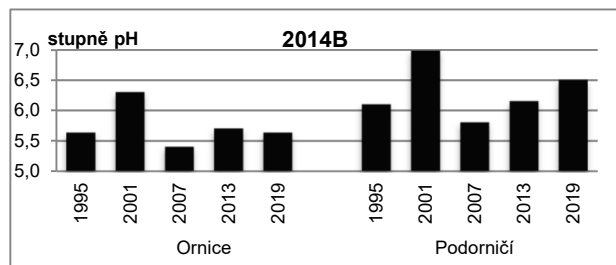
PP 2023B, orná půda, Nečín, okres Příbram, luvizem, pH 4,70 (silně kyselá) – 5,85 (slabě kyselá), foto 2019



Na PP jsou pěstovány pouze obiloviny s občasným prostřídáním luskovinami a řepkou, sláma je odvážena. Do roku 2007 hnojeno dusíkatými hnojivy s převahou DAM, v intervalech 2–4 let aplikováno NPK, do roku 2007 pravidelně hnojeno statkovými hnojivy, od roku 2008 nehnojeno ani minerálně ani organicky. Aplikace chemických přípravků na ochranu rostlin je minimální a od roku 2008 nejsou přípravky používány vůbec.

Bez výkyvu výměnného pH v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 0 %).

PP 2014B, sad, Kutná Hora, okres Kutná Hora, hnědozem, pH 5,63 (slabě kyselá) – 5,63 (slabě kyselá), foto 2019



PP je zatravněný extenzivní jabloňový sad hnojen do roku 2009 foliárními hnojivy, v letech 2006–2008 aplikována močovina, od roku 2010 hnojení neprobíhá. Z chemických přípravků na ochranu rostlin byly používány pouze fungicidy, počet ošetření za rok většinou 8. Od roku 2011 nejsou fungicidy aplikovány.

V grafech na obrázku 8 je hodnocení výsledků provedeno **podle kategorií AZZP** plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb. (tabulka 4).

Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech sledovaných letech na monitorovacích plochách (obrázek 8a) byla kategorie „*slabě kyselá*“ (pH 5,6–6,5). Tato kategorie zahrnuje hodnotu 6,5, která se jeví jako optimální z pohledu příjmu živin i nároků rostlin (Vaněk et al., 2012). Kategorie zaujímala 41 % (rok 1995) až 54 % (rok 2007). V roce 2019 bylo procento této kategorie 46 %. Tedy se dá říci, že v průběhu celého monitoringu do této kategorie patří téměř polovina ploch. Aby se půdy udržely na této úrovni pH je třeba je podporovat pravidelnou aplikací vápenatých hnojiv, která by měla být pro orné půdy dle ročního normativu v rozsahu 0,2–0,5 t CaO.ha⁻¹ v závislosti na druhu půdy (tabulka 10). Trvalé travní porosty mají optimální pH posunuto mezi hodnoty 5,0–6,0 (Richter et Hlušek, 1999). Do tohoto rozsahu lze zařadit i rozmezí kategorie „*kyselé*“ (pH 5,1–5,5). Pro udržení pH trvalých travních porostů na této úrovni, je třeba aplikovat CaO v závislosti na druhu půdy v dávce 0,25–0,35 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Aplikace vápenatých hnojiv se prakticky neprovádí ročně, ale obvykle 1x za několik let. Uvedená dávka je poté součtem jednotlivých ročních dávek.

Druhou nejobsáhlejší kategorií byla na hodnocených plochách až do roku 2013 kategorie „*neutrální*“, rovněž z hlediska potřeb rostlin optimální. Tuto kategorii však v roce 2019 vystřídala kategorie „*kyselá*“, která oproti rokům předchozím skokově narostla (z 8,67 % v roce 2007 na 19,1 % v roce 2019). Počet ploch v kategorii „*neutrální*“, se od roku 2013 snižuje. Podobnou situaci ve vývoji obsazenosti kategorií všech zemědělských půd kopíruje i nejpočetnější kultura: orná půda (obrázek 8b, příloha 38) s tím rozdílem, že u orných půd je i v roce 2019 stále ještě druhou nejvíce zastoupenou kategorií kategorie „*neutrální*“. Rozdílná situace panuje u TTP (obrázek 8c, příloha 38). Je všeobecně známo, že půda u travních porostů vykazuje nižší pH. Nejobsáhlejší kategorií u TTP byla až do roku 2013 také kategorie „*slabě kyselá*“. Tu v roce 2019 předstihla kategorie „*kyselá*“, která oproti rokům předchozím rovněž skokově narostla (z 18,2 % v roce 2007 na 45,5 % v roce 2019). Také tak skokově a naprosto procenticky shodně, ale poklesem, se vyznačovala kategorie „*slabě kyselá*“ (z 59,1 % v roce 2007 na 18,2 % v roce 2019).

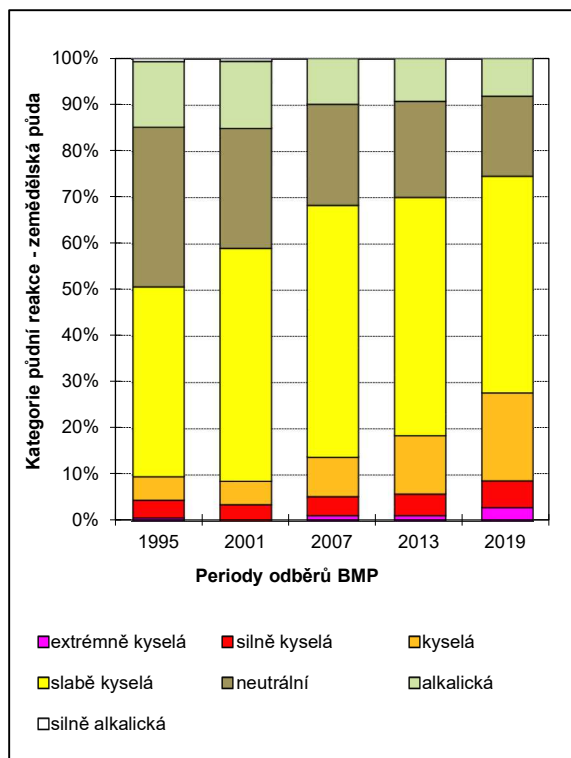
Z uvedeného je tedy patrný posun výměnného pH směrem do kyselých oblastí. Začíná být více zastoupena krajní kategorie „*extrémně kyselá*“ (pH do 4,5), kde se kromě ploch TTP nově od roku 2019 nalézaly také dvě plochy s ornou půdou (PP 3024B Borkovice, okres Tábor – pH 4,53 a PP 3010B Dolní Radouň, okres Jindřichův Hradec – pH 4,48). Půdy pod úrovní hodnoty pH 5,5 (kategorie „*kyselá*“, „*silně kyselá*“, „*extrémně kyselá*“) tvořily na počátku sledování v roce 1995 jednu desetinu ploch. Jejich počet narůstal a v roce 2019 jejich počet stoupl téměř na jednu třetinu (27,8 %). Tyto půdy nesou rizika spojená s nedostatečným fixováním živin, se snížením biologické aktivity a se zvýšenou biopřístupností rizikových prvků (např. Cd a Pb) (Kobza et al., 2014). Půdy se zjištěným „*silně kyselým*“ a „*extrémně kyselým*“ pH tvořily u TTP dohromady do roku 2013 20 %, od roku 2019 je to již nad 30 % monitorovacích ploch. V případě těchto půd je vápnění nezbytné; a to nejen k udržení stávajícího pH, ale je třeba u nich půdní reakci zvýšit vyššími dávkami CaO (tabulka 10).

U vinic se po celou dobu monitoringu žádné půdy v kyselých oblastech nenacházely. Rovněž tak u chmelnic se půdy nacházely v „*alkalické*“ a „*neutrální*“ kategorii, ale od roku 2013 se objevila kategorie „*slabě kyselá*“ (příloha 38, 39).

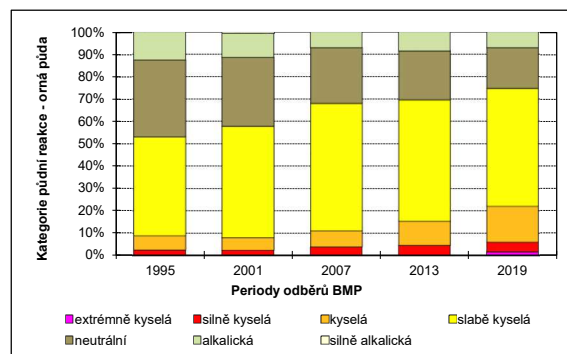
V krajní kategorii „*extrémně kyselá*“ (pH do 4,5) se nalézaly pouze TTP a v kategorii „*silně alkalická*“ pouze vinice a to pouze v roce 1995.

Obrázek 8 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 v jednotlivých kategoriích výměnné půdní reakce (podle přílohy č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)

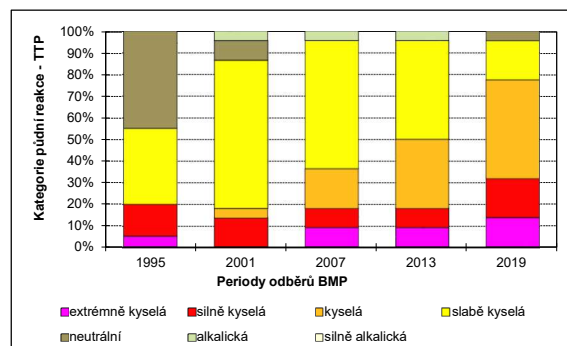
a)



b)



c)



Shrnutí vývoje půdní reakce

- Nejvíce pozorovacích ploch zaznamenalo pokles výměnného pH v ornici a to 83 % PP (82,5 % PP pokleslo v rozmezí 1 až 25 % původní hodnoty a 0,6 % PP v rozmezí 26 až 50 % původní hodnoty). 14 % PP zaznamenalo nárůst hodnot a to o 1 až 25 % a 3 % PP se udrželo na stejné hodnotě.
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo k poklesu průměrných hodnot výměnného pH v ornici v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

- ornice $6,48 > 6,42 > 6,26 > 6,16 > 6,05$
- podorničí $6,34 < 6,51 > 6,38 > 6,32 > 6,24$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 jsou v ornici i podorničí statisticky významné.

- Hodnoty pH v ornici jsou nižší než hodnoty v podorničí (kromě prvního cyklu v roce 1995).
- Ke snížení pH došlo ve všech kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:
 - orná půda $6,50 > 6,43 > 6,28 > 6,15 > 6,05$
 - TTP $6,52 > 6,18 > 5,73 > 5,54 > 5,33$
 - sady $6,62 > 6,39 > 6,30 > 6,20 > 6,00$

- *vinice* 7,68 > 7,39 = 7,39 > 7,30 < 7,31
- *chmelnice* 7,33 < 7,48 > 7,19 > 7,02 > 6,96

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním jsou statisticky průkazné u orné půdy, TTP, vinic a chmelnic. U sadů nastal pokles o 0,62, nicméně z důvodu nízkého počtu PP v hodnoceném souboru (4 PP) a jejich širokého rozmezí hodnot, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

- Všechny půdní typy vykázaly snižující se tendenci výměnného pH během let. Nejvýraznější byl pokles u:
 - *pararendziny* 6,21 > 5,88 > 5,63 > 5,38 > 5,25
 - *gleje* 6,63 > 5,88 < 6,15 > 5,75 > 5,68
 - *kambizemě* 6,33 > 6,23 > 5,98 > 5,77 > 5,61

Nejvíce výkyvům pH odolávaly půdní typy:

- *rendzina* 7,45 > 7,40 < 7,50 > 7,35 < 7,40
- *černice* 6,72 < 6,86 > 6,62 < 6,74 > 6,66
- *šedoze* 6,44 > 6,24 < 6,34 < 6,37 > 6,33
- Nejvíce zastoupenou kategorií půdní kyselosti ve všech sledovaných letech byla kategorie „slabě kyselá“ (pH 5,6–6,5). Tato a druhá nejobsáhlejší kategorie „neutrální“ (pH 6,6–7,2) zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:
 - „slabě kyselá“ 41 % < 50 % < 54 % > 51 % > 47 %
 - „neutrální“ 35 % > 26 % > 22 % > 21 % > 17 %.

Patrný je posun půd do kyselých oblastí s hodnotami pod 5,5 pH; počet půd v kyselých kategoriích (kategorie „kyselá“, „silně kyselá“, „extrémně kyselá“) v letech narůstal a v roce 2019 jejich počet stoupl téměř na jednu třetinu. Půdy s pH pod 5,5 nesou rizika spojená s nedostatečným fixováním živin, se snížením biologické aktivity a se zvýšenou biopřístupností rizikových prvků (např. Cd a Pb).

- V rámci jednotlivých kultur byla nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech (kromě vinic a chmelnic) kategorie „slabě kyselá“ (pH 5,6–6,5). Vinice měly v letech největší zastoupení v kategorii „alkalická“ (pH 7,3–7,7) a chmelnice ve dvou kategoriích „alkalická“ a „neutrální“. U chmelnic na začátku sledování převládala kategorie „alkalická“, v roce 2007 se procenta obou kategorií vyrovnala a od roku 2013 převládá kategorie „neutrální“. Je zde tedy zřejmý posun do kategorií charakterizujících vyšší kyselost. V krajní kategorii „extrémně kyselá“ (pH do 4,5) se nalézaly pouze TTP a v krajní kategorii „silně alkalická“ pouze vinice a to jen v roce 1995.
- Za účelem udržení stávajícího pH by půdy měly být pravidelně vápněny v závislosti na kultuře a půdním druhu (orné půdy 0,2–0,5 t CaO.ha⁻¹.rok⁻¹, TTP 0,25–0,35 t CaO.ha⁻¹.rok⁻¹ v případě, že je jejich pH nachází v kategorii „slabě kyselá“). Aplikace vápenatých hnojiv se z praktického hlediska neprovádí ročně, ale obvykle 1x za několik let. Uvedená dávka je poté součtem jednotlivých ročních dávek.
- V případě půd v kategorii „silně kyselá“ (pH 4,6–5,0) a „extrémně kyselá“ (do 4,5) je vápnění nezbytné; a to nejen k udržení stávajícího pH, ale je třeba u nich půdní reakci zvýšit vyššími dávkami CaO (v závislosti na kultuře a druhu půdy se jedná až o 1,7 t CaO.ha⁻¹.rok⁻¹).

4.2 Fosfor

Pro porovnání cyklů byl použit jednotně obsah fosforu v půdě stanovovaný spektrofotometricky, tzn. fosfor stanovovaný metodou ICP byl na spektrofotometrický přepočítán.

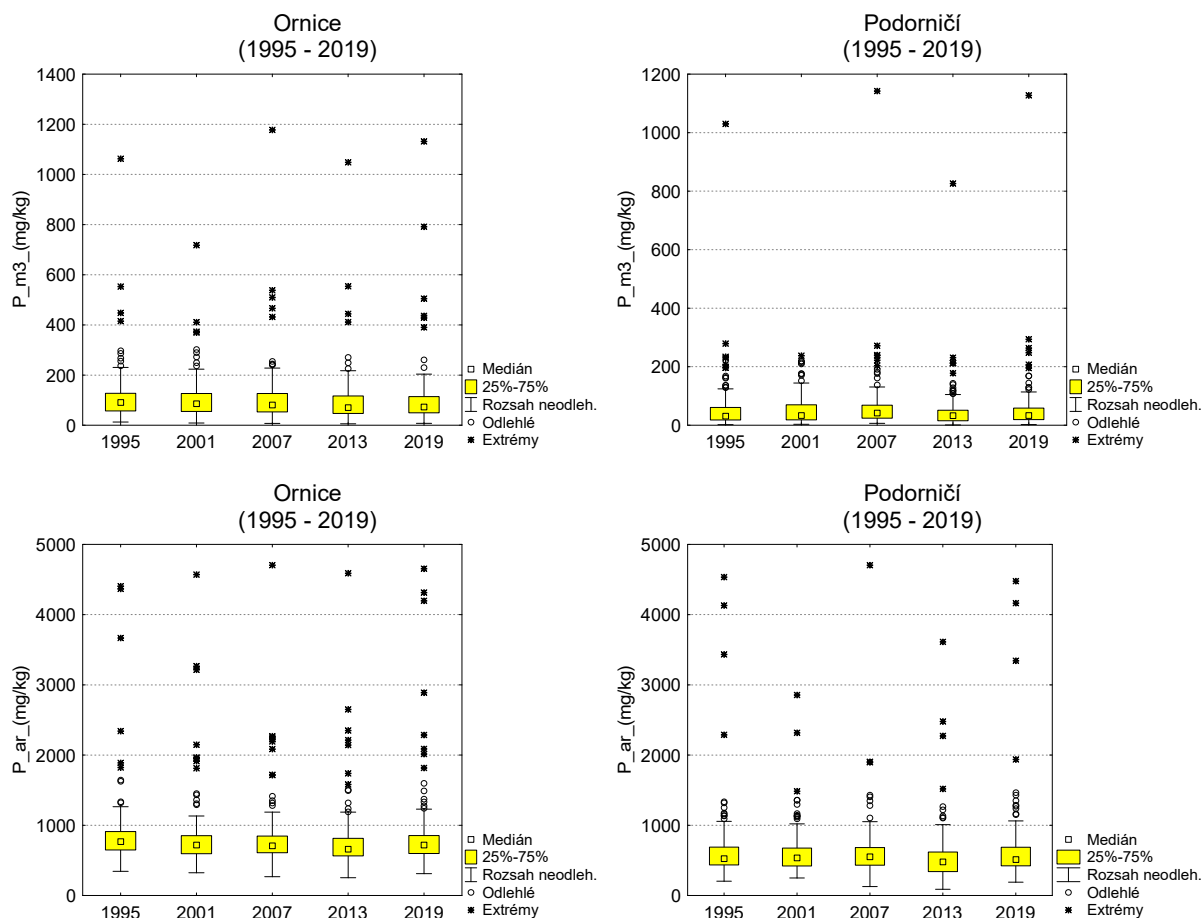
Z výsledků souboru 173 PP vyplývá mírné snižování středních hodnot obsahů přístupného P v ornici; pokles o 11 mg.kg⁻¹ (tabulka 13). Toto snižování bylo u průměrů porovnávaných mezi rokem 1995 a 2019 vyhodnoceno statisticky průkazně, ale již nebylo průkazné v podorniči (obrázek 9, příloha 29). Celkový obsah P (extrakce v lučavce královské) se nesnižoval ani v ornici ani v podorniči (příloha 2, obrázek 9, příloha 30).

Tabulka 13 Popisná statistika obsahu fosforu na monitorovacích plochách BMP (173 ploch) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)

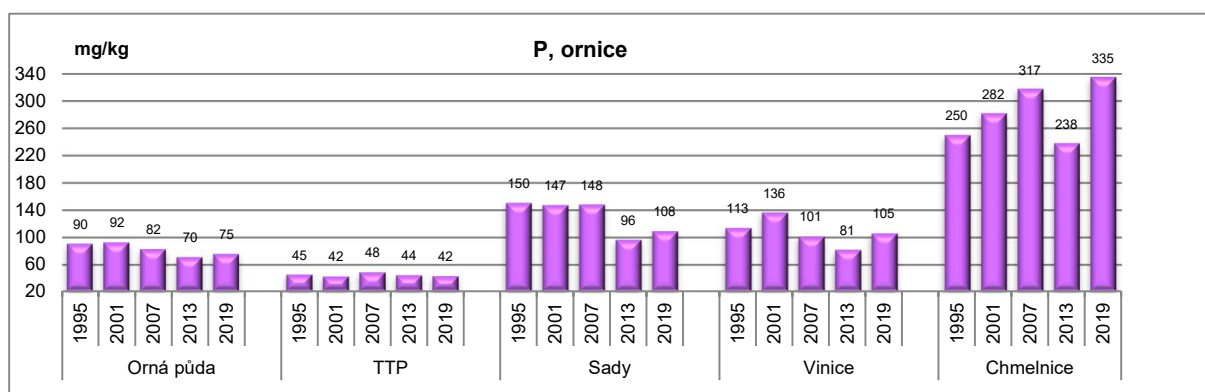
O horizont									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	173	111	13	1063	36	57	91	127	195
2001	173	104	9	718	34	55	86	127	187
2007	173	107	7	1178	30	53	81	127	181
2013	173	95	6	1049	29	47	70	117	158
2019	173	100	8	1132	27	50	73	114	159
P horizont									
1995	173	54	2	1030	12	18	31	61	106
2001	173	52	3	238	8	19	34	70	122
2007	173	62	7	1143	17	24	42	69	120
2013	173	47	1	827	7	16	32	52	94
2019	173	53	2	1127	10	19	34	59	86

Přístupný P v ornici se v odběrových cyklech snížil oproti prvnímu vzorkovacímu cyklu u všech kultur kromě chmelnice (obrázek 10). Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 8. Trvalé travní porosty vykazaly v cyklech nejnižší obsah přístupného P. Výkyv v obsahích mezi jednotlivými cykly byl minimální. Mezi prvním a posledním cyklem vzorkování nastal pokles o 3 mg.kg⁻¹ – statisticky neprůkazný rozdíl (příloha 29). Chmelnice se naopak vyznačovaly nejvyššími hodnotami. Při porovnání mediánu na počátku monitorování a v roce 2019 u nich došlo v roce 2019 ke zvýšení obsahů, a to o 85 mg.kg⁻¹; nicméně z důvodu nízkého počtu PP (6 PP) v hodnoceném souboru a jejich širokého rozmezí hodnot, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl; rovněž tak u sadů (pokles o 42 mg.kg⁻¹) a také u vinic (pokles o 8 mg.kg⁻¹). U orné půdy nastal pokles v O horizontu o 15 mg.kg⁻¹, který byl statisticky významný. Popisná statistika pro celkový obsah P je pro jednotlivé kultury vypracována v příloze 9, statistické hodnocení v příloze 30.

Obrázek 9 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu fosforu na 173 PP BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (P_{m3} – obsah P ve výluhu dle Mehlich 3, P_{ar} – obsah P v extraktu lučavky královské)



Obrázek 10 Vývoj mediánů obsahu fosforu v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg^{-1})

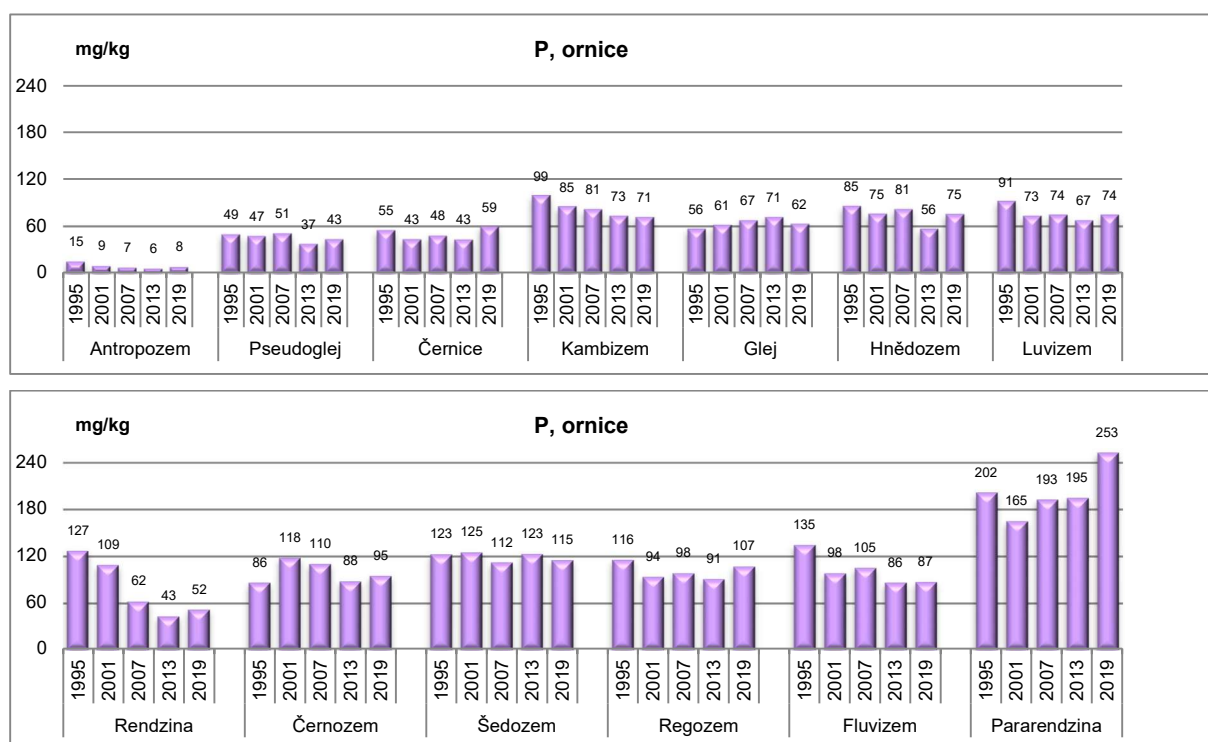


V půdních typech v rámci BMP se obsah přístupného P v ornici v periodě let 1995 až 2019 pohyboval mezi minimem a maximem v rozpětí 6 mg.kg^{-1} (antropozem, rok 2013, TTP, PP 6901K Ždírec nad Doubravou, okres Havlíčkův Brod) až 1178 mg.kg^{-1} (fluvizem, rok 2007, chmelnice, PP 2016B, Dušníky nad Vltavou, okres Mělník). Obsah v podorníči dosáhl rozmezí

hodnot (příloha 19) 1 mg.kg^{-1} (u celkem tří PP z bramborářských výrobních oblastí byly zjištěny nejnižší hodnoty: pseudoglej, rok 2013, orná, PP 2901KO Příbram, okres Příbram; pseudoglej, rok 2013, orná, PP 4015B Mýto, okres Rokycany; hnědozem, rok 2013, orná, PP 4023BO Červený Hrádek, okres Plzeň-město) až 1143 mg.kg^{-1} (fluvizem, rok 2007, chmelnice, PP 2016B, Dušníky nad Vltavou, okres Mělník). Grafy na obrázku 11 dokumentují vývoj obsahů fosforu v půdních typech. Největší rozdíl mezi mediánovou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal půdní typ rendzina (pokles o 75 mg.kg^{-1}). Nejmenší rozdíl pak černice (nárůst o 4 mg.kg^{-1}), glej a pseudoglej (nárůst o 6 mg.kg^{-1} / pokles o 6 mg.kg^{-1}), antropozem (pokles o 7 mg.kg^{-1}), šedozem (pokles o 8 mg.kg^{-1}), černozem a regozem (nárůst o 9 mg.kg^{-1} / pokles o 9 mg.kg^{-1}).

Popisná statistika pro celkový obsah P je pro jednotlivé půdní typy vypracována v příloze 20.

Obrázek 11 Vývoj mediánů obsahu fosforu v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg^{-1})



Většina půdních typů vykazala víceméně vyrovnanou tendenci obsahů P během period, o čemž svědčí výčet půdních typů s minimálním rozdílem mezi první a poslední periodou vzorkování. Půdním typem, kde docházelo k postupnému poklesu v každém odběrovém cyklu, byla kambizem. Naopak u pararendziny docházelo k navyšování obsahů (s výjimkou cyklu v roce 2001). Kambizemě se vytvořily převážně v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a sedimentárních hornin (Jandák et al., 2001). Široké rozpětí nadmořských výšek a s tím spojených klimatických parametrů a rozmanitosti půdotvorných substrátů dávají kambizemím širokou škálu půdních vlastností. Z této pestrosti se odvíjí i jejich variabilní produkční potenciál a způsob využití (Pavlu et al., 2019). Jandák et al. (2001) rozlišují kambizemě nižších poloh (300–600 m n. m. a vyšších poloh (600–1000 m n. m.). Kambizemě nižších poloh jsou využívány jako orné půdy, ve vyšších polohách slouží jako TTP. V souboru 173 PP BMP se nachází 50 kambizemí. Většina PP na kambizemích (41 PP) se nalézá v bramborářské výrobní oblasti; z toho je 32 PP orných půd a 9 PP TTP. Zjištěné průměrné pH

v orničním horizontu bylo u kambizemí 5,50. Podle Jandáka et al. (2001) je třeba kambizemě pravidelně vápnit a pokud jsou využívány jako orné půdy, vyžadují rovněž organické hnojení.

V mapě na obrázku 12 je barevně zobrazen stav přístupného fosforu na jednotlivých PP v roce 1995 a v roce 2019 podle kategorií AZZP.

Mapa na obrázku 13, ukazuje výši poklesu nebo nárůstu obsahu přístupného P, která nastala mezi počátkem sledování a rokem 2019. Nejvíce ploch zaznamenalo pokles hodnot a to o 26 až 50 % původní hodnoty (31 % PP, fialová barva) a pokles o 1 až 25 % původní hodnoty (29 % PP, růžová barva). Celkem tedy převažoval pokles hodnot nad jeho nárůstem, kdy pokles nastal u 70 % PP (u 29 % PP poklesl obsah v rozmezí od 1 do 25 % původní hodnoty, u 31 % PP v rozmezí od 26 do 50 % původní hodnoty a u 10 % PP v rozmezí od 51 do 75 % původní hodnoty). Nárůst nastal u 30 % ploch.

Plochy s největším výkyvem P mezi rokem 1995 a 2019 jsou označeny kroužkem; označena je také plocha, kde se stav obsahu P za uplynulých 24 let nezměnil. Na obrázku 14 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněny charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin.

V grafech na obrázku 15 je hodnocení výsledků provedeno **podle kategorií AZZP** plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb. (tabulka 5).

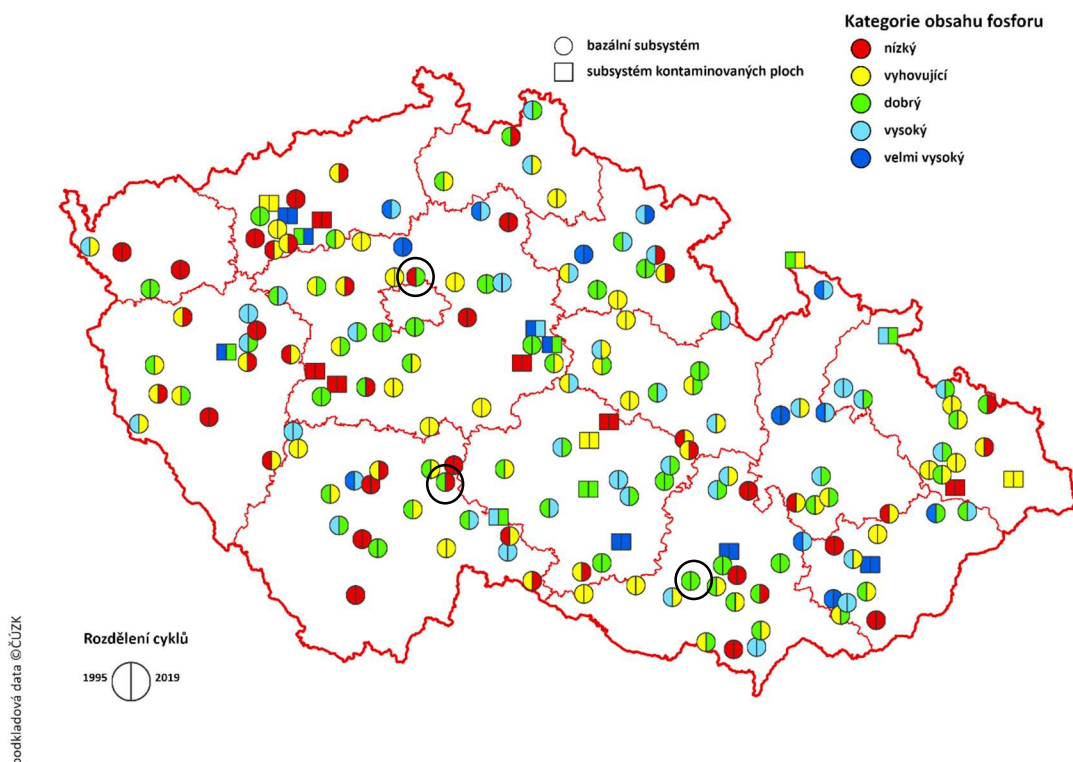
Nejvíce zastoupenou kategorií v prvních dvou cyklech (rok 1995 a 2001) na monitorovacích plochách (obrázek 15a) byla kategorie „dobrý“, která má široké rozpětí obsahů v závislosti na kultuře (orná půda: 81–115 mg.kg⁻¹, TTP: 51–90 mg.kg⁻¹, sady a vinice: 101–170 mg.kg⁻¹, chmelnice: 221–290 mg.kg⁻¹). „Dobrý“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu. Při absenci hnojení fosforečnými hnojivy jsou čerpány půdní rezervy, které nejsou dostatečně obnovovány. Hnojení ať již každoroční, či jednorázové na tři roky, je třeba dodržovat, aby byl pokryt úbytek P odebraného sklizněmi. V případě, že obsah přístupného P dosáhne určité hranice, nepůsobí hnojení fosforečnými hnojivy již výnosotvorně, P je však doplňován do půdní zásoby (Vaněk et al., 2012).

Od cyklu 2007 je nejvíce zastoupena kategorie „vyhovující“ obsah, která zahrnuje nižší obsahy P (orná půda: 51–80 mg.kg⁻¹, TTP: 26–50 mg.kg⁻¹, sady a vinice: 56–100 mg.kg⁻¹, chmelnice: 156–220 mg.kg⁻¹). „Vyhovující“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně dosytit (navýšit vypočtený normativ pěstovaných plodin o 20–30 %) (tabulka 11).

Od cyklu 2013 se v grafu více rozšiřuje kategorie obsahu „nízký“ (orná půda: do 50 mg.kg⁻¹, TTP: do 25 mg.kg⁻¹, sady a vinice: do 55 mg.kg⁻¹, chmelnice: do 155 mg.kg⁻¹). Kategorie zaujímala 18 % (rok 1995), 19 % (rok 2001), 20 % (rok 2007), 25 % (rok 2013), 24 % (rok 2019) a procentickým zastoupením se dostala od roku 2013 na úroveň kategorie „dobrý“, což odpovídá zastoupení cca čtvrtiny ploch. Půdy s „nízkým“ obsahem fosforu v půdě je třeba dohnojit zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 50 %.

Podobnou situaci ve vývoji obsazenosti kategorií všech zemědělských půd sledují i kultury orná půda (obrázek 15b, příloha 40) a TTP (obrázek 15c, příloha 40). Trvalé travní porosty mají však na rozdíl od orné půdy daleko nižší zastoupení ploch v kategorii obsahu „vysoký“ a „velmi vysoký“

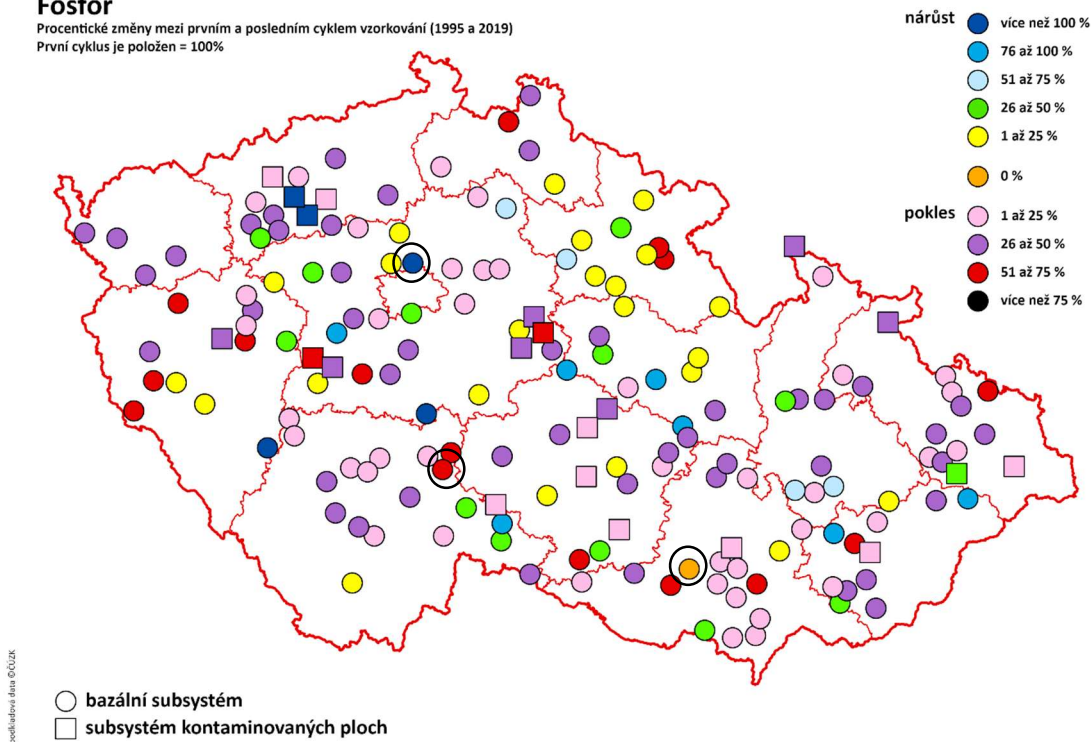
Obrázek 12 Kategorie obsahu fosforu na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.). Kroužkem jsou označeny PP s největším a s nulovým rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019



Obrázek 13 Změny obsahu přístupného fosforu na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %.

Fosfor

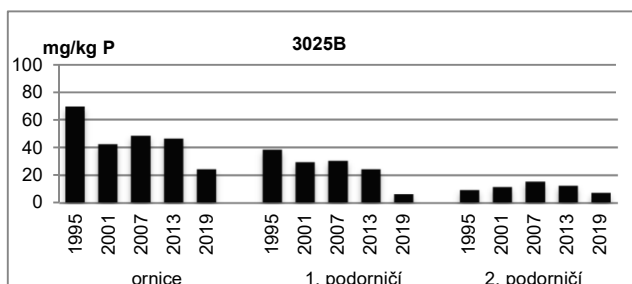
Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100%



Obrázek 14 Vývoj obsahu fosforu na plochách s vysokými a nulovými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu P v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 65 %).

PP 3025B, TTP, Krtov, okres Tábor, pseudoglej, P 69 mg.kg⁻¹ (dobrý) – 24 mg.kg⁻¹ (nízký), foto 2013

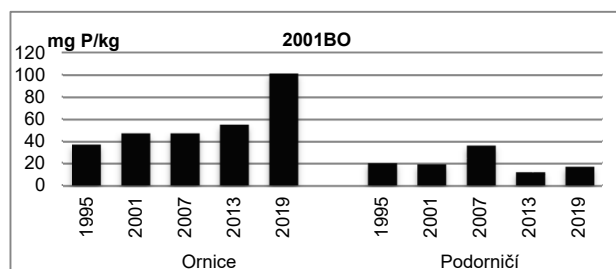


Pozorovací plocha je trvalým travním porostem využívaným k produkci sena. Do roku 2004 pravidelně aplikovány všechny živiny formou minerálních hnojiv; téměř každoročně je hnojeno

močůvkou. Od roku 2005 nehnojeno minerálními hnojivy. Přípravky na ochranu rostlin nejsou používány.

Nejvyšší nárůst obsahu P v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 172 %).

PP 2001BO, orná půda, Sedlec u Líbeznic, okres Praha-východ, černozem, P 37 mg.kg⁻¹ (nízký) – 101 mg.kg⁻¹ (dobrý), foto 2019

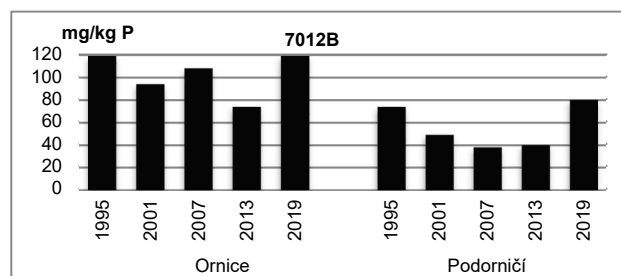


Na PP jsou pěstovány obiloviny a řepa cukrová. Sláma i chrást jsou zapravovány. Hnojení minerálními hnojivy s dodávkou všech základních živin včetně P je pravidelné. Používány jsou

hnojiva obsahující B a ostatní mikroelementy. Nehnojeno statkovými hnojivy. Ochrana rostlin chemickými přípravky používána vydatně.

Bez výkyvu obsahu P v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 0 %).

PP 7012B, vinice, Nové Bránice, okres Brno venkov, regozem, P 119 mg.kg⁻¹ (dobrý) – 119 mg.kg⁻¹ (dobrý), foto 2019

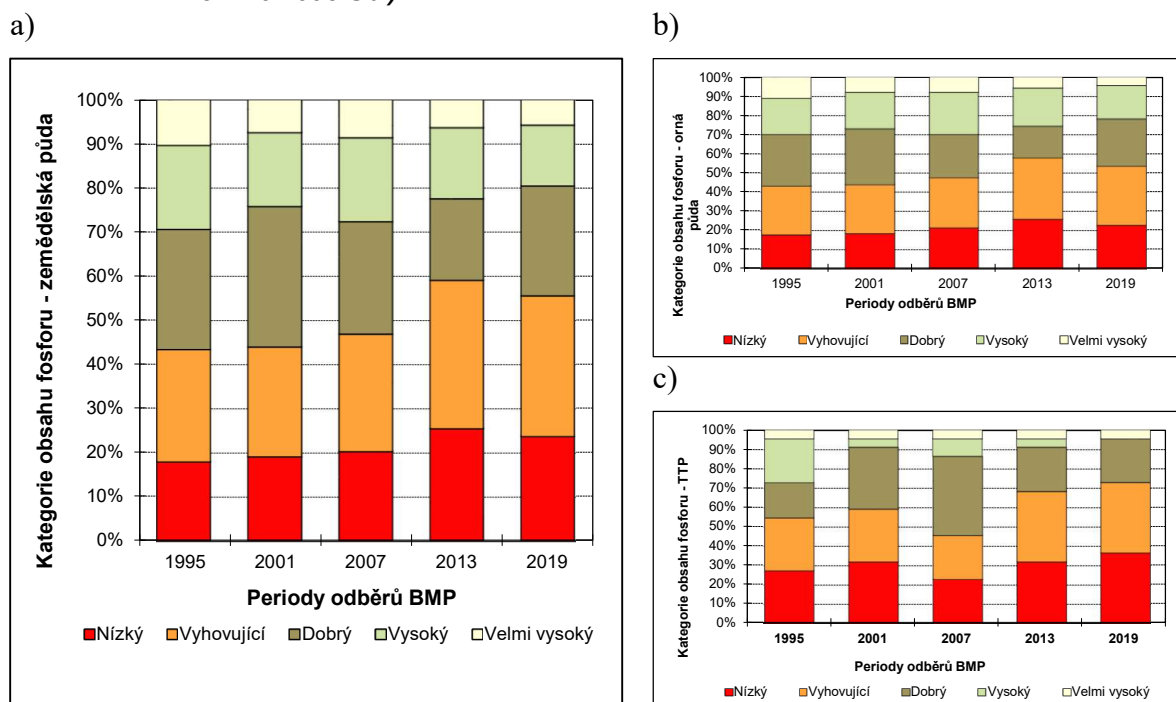


PP je vinohrad bez bližších údajů týkajících se hnojení a používání chemických přípravků na ochranu rostlin.

U sadů, vinic a chmelnic je největší podíl půd rozmístěn do kategorií „dobrý“, a „vyhovující“. Zatímco u sadů nebyla v žádné vzorkované periodě obsazena kategorie obsahu „nízký“, u vinic byla tato kategorie zastoupena v roce 2013 a 2019 a u chmelnic pravidelně v každém cyklu. Chmelnice na rozdíl od sadů a vinic měly zastoupení k kategorii „velmi vysoký“ (příloha 40, 41).

Příloha 40 hodnotí jednotlivé kultury v odběrových letech podle kritérií AZZP. Z hodnocení vyplývá, že nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur byla kategorie obsahu „dobrý“, a „vyhovující“. Krajní kategorie „nízký“ byla v periodě let rovněž zastoupena u všech kultur s výjimkou sadů. Krajní kategorie „velmi vysoký“ byla v periodě let zastoupena u orných půd, TTP a chmelnic. Nebyla zastoupena u sadů a vinic. V případě vysokého a velmi vysokého obsahu živiny v půdě je další přihnojování neekonomické a z ekologického hlediska nepřijatelné. Doporučuje se danou živinou nehnojit až do doby, kdy budou k dispozici výsledky z dalšího cyklu odběrů (tabulka 11).

Obrázek 15 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 v jednotlivých kategoriích obsahu P (podle přílohy č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)



Shrnutí vývoje obsahu fosforu

- Ze souboru 173 PP došlo u 70 % ploch k poklesu obsahu přístupného fosforu v ornici oproti původní hodnotě z roku 1995. A to u 29 % PP v rozmezí od 1 do 25 % původní hodnoty, u 31 % PP v rozmezí od 26 do 50 % a u 10 % PP v rozmezí od 51 do 75 % původní hodnoty.
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo k poklesu **průměrných** hodnot obsahů přístupného fosforu v ornici v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

$$- \text{ornice } 111 \text{ mg.kg}^{-1} > 104 \text{ mg.kg}^{-1} < 107 \text{ mg.kg}^{-1} > 95 \text{ mg.kg}^{-1} < 100 \text{ mg.kg}^{-1}$$

– *podorníčí* $54 \text{ mg.kg}^{-1} > 52 \text{ mg.kg}^{-1} < 62 \text{ mg.kg}^{-1} > 47 \text{ mg.kg}^{-1} < 53 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 jsou statisticky významné pouze v ornici. Obsah fosforu v extraktu lučavky královské významně klesal v ornici i podorníčí až do periody v roce 2013. V roce 2019 došlo k navýšení. Tato hodnota je porovnatelná s rokem 1995 (statisticky neprůkazná) jak v ornici, tak v podorníčí.

- Obsahy přístupného fosforu v ornici jsou vyšší než obsahy v podorníčí.
- Změny obsahu přístupného P v ornici v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**mediány**):

– *orná půda* $90 \text{ mg.kg}^{-1} < 92 \text{ mg.kg}^{-1} > 82 \text{ mg.kg}^{-1} > 70 \text{ mg.kg}^{-1} < 75 \text{ mg.kg}^{-1}$
 – *TTP* $45 \text{ mg.kg}^{-1} > 42 \text{ mg.kg}^{-1} < 48 \text{ mg.kg}^{-1} > 44 \text{ mg.kg}^{-1} > 42 \text{ mg.kg}^{-1}$
 – *sady* $150 \text{ mg.kg}^{-1} > 147 \text{ mg.kg}^{-1} < 148 \text{ mg.kg}^{-1} > 96 \text{ mg.kg}^{-1} < 108 \text{ mg.kg}^{-1}$
 – *vinice* $113 \text{ mg.kg}^{-1} < 136 \text{ mg.kg}^{-1} > 101 \text{ mg.kg}^{-1} > 81 \text{ mg.kg}^{-1} < 105 \text{ mg.kg}^{-1}$
 – *chmelnice* $250 \text{ mg.kg}^{-1} < 282 \text{ mg.kg}^{-1} < 317 \text{ mg.kg}^{-1} > 238 \text{ mg.kg}^{-1} < 335 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním jsou statisticky průkazné jen u orné půdy.

- Obsahy přístupného P u půdních typů v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly kolísavé, ale víceméně vyrovnané. Půdní typ, který vykázal snižující se obsah P v každém cyklu, byla:

– *kambizem* $99 \text{ mg.kg}^{-1} > 85 \text{ mg.kg}^{-1} > 81 \text{ mg.kg}^{-1} > 73 \text{ mg.kg}^{-1} > 71 \text{ mg.kg}^{-1}$

Půdní typ, který vykázal zvyšující se obsah P, byla:

– *pararendzina* $202 \text{ mg.kg}^{-1} > 165 \text{ mg.kg}^{-1} < 193 \text{ mg.kg}^{-1} < 195 \text{ mg.kg}^{-1} < 253 \text{ mg.kg}^{-1}$.

- Nejvíce zastoupené byly dvě kategorie obsahu fosforu dle třídění AZPP. A to kategorie obsahu „dobrý“, která v sobě zahrnuje vyšší obsahy P a kategorie obsahu „vyhovující“, která zahrnuje nižší obsahy P. Tyto dvě kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:

– „dobrý“ $27 \% < 32 \% > 25 \% > 19 \% < 25 \%$
 – „vyhovující“ $25 \% = 25 \% < 27 \% < 33,5 \% > 32 \%$

Narůstá kategorie „nízký“ obsah: $18 \% < 19 \% < 20 \% < 25 \% > 24 \%$

- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur byla kategorie obsahu „dobrý“, a „vyhovující“ a u kultur orná půda, TTP byla také významně zastoupena kategorie „nízký“. Krajiní kategorie „velmi vysoký“ byla zastoupena všemi kulturami kromě sadů a vinic, hojně zastoupena u chmelnic.
- „Dobrý“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu. „Vyhovující“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně dosytit navýšením vypočteného normativu pěstovaných plodin o 20–30 %. Půdy s „nízkým“ obsahem fosforu v půdě je třeba dohnojit zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 50 %.
- V případě vysokého a velmi vysokého obsahu živiny v půdě je další přihnojování neekonomické a z ekologického hlediska nepřijatelné. Doporučuje se danou živinou nehnojit až do doby, kdy budou k dispozici výsledky z dalšího cyklu odběrů.

4.3 Draslík

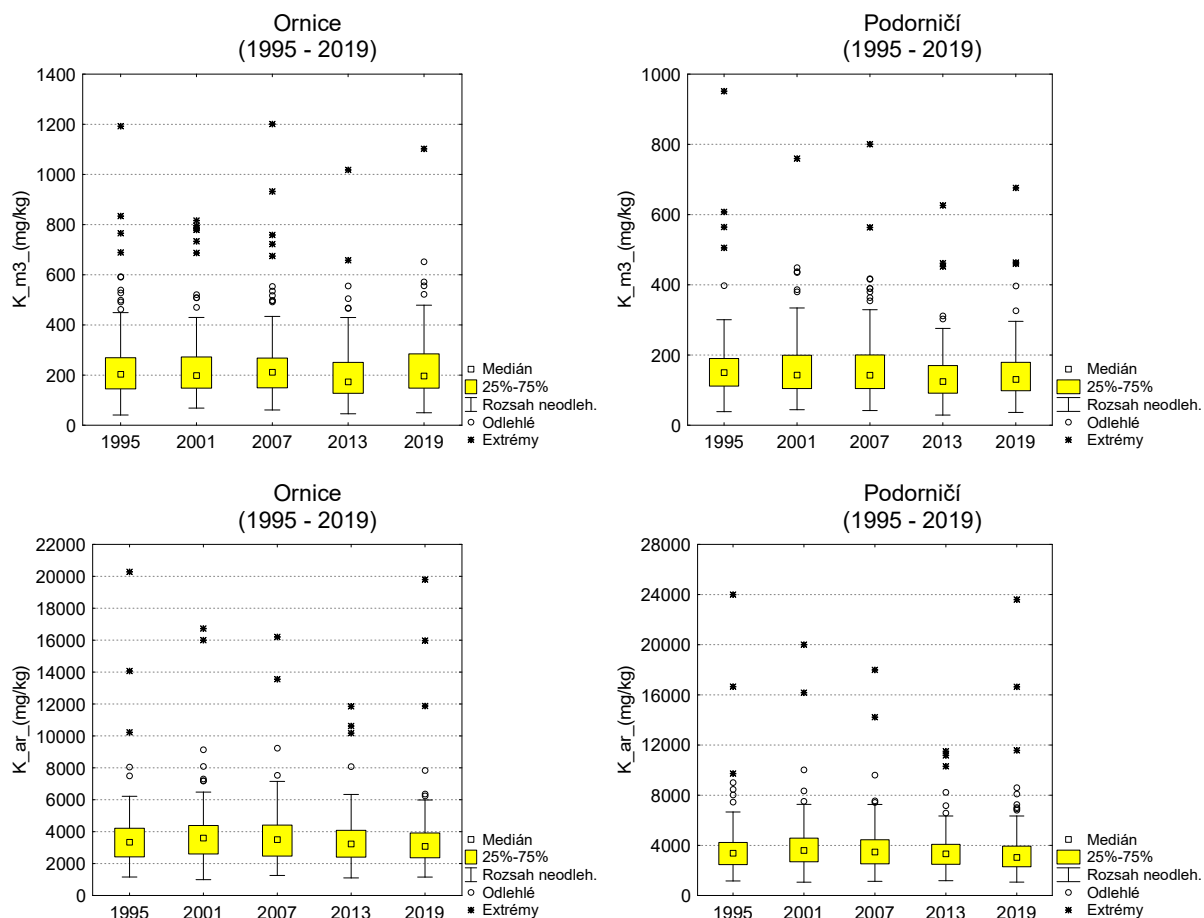
Stav středních hodnot obsahů přístupného K byl v průběhu monitorování vyrovnaný. Na počátku monitoringu v roce 1995 se jednalo o obsahy v ornici na úrovni 232 mg.kg⁻¹ – průměr a 203 mg.kg⁻¹ – medián a v posledním cyklu v roce 2019 to byly obsahy 227 mg.kg⁻¹ – průměr a 197 mg.kg⁻¹ – medián. (tabulka 14). Pouze pokles v roce 2013 v ornici i podorničí byl v porovnání s ostatními cykly statisticky průkazný (obrázek 16, příloha 31). Celkový obsah K (extrakce v lučavce královské) se snížil mezi prvním a posledním cyklem v ornici i v podorničí; statisticky průkazné bylo pouze porovnání poklesu pouze v podorničí (příloha 3, obrázek 16, příloha 32).

Tabulka 14 Popisná statistika draslíku na monitorovacích plochách BMP (173 ploch) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)

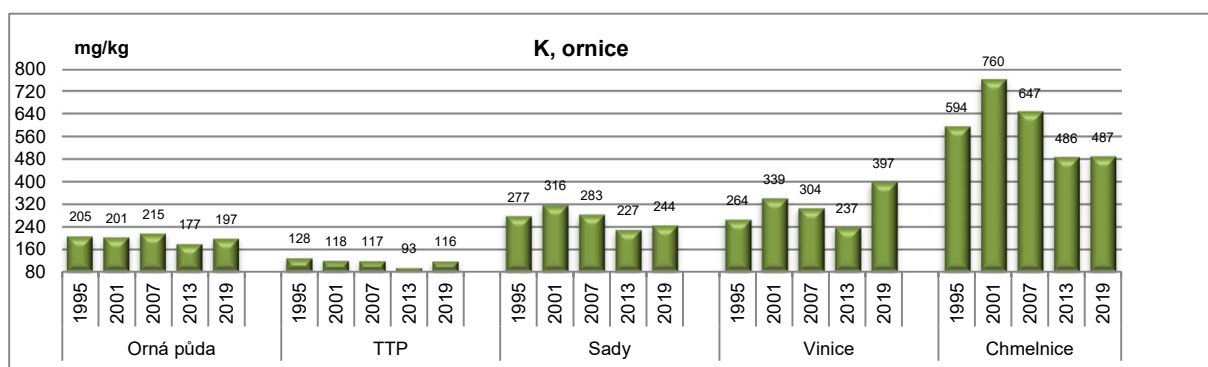
O horizont									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	173	232	41	1193	109	145	203	269	367
2001	173	231	68	816	114	148	198	272	351
2007	173	235	61	1202	111	149	212	268	357
2013	173	202	46	1018	91	127	173	251	321
2019	173	227	50	1103	110	148	197	285	383
P horizont									
1995	173	162	39	952	82	112	150	190	231
2001	173	162	44	760	82	105	143	200	248
2007	173	164	42	801	76	105	143	200	263
2013	173	140	29	627	65	91	125	170	223
2019	173	148	36	676	73	98	131	179	236

Přístupný K v ornici se v odběrových cyklech snížil oproti prvnímu vzorkovacímu cyklu u všech kultur kromě vinic. Popisná statistika je pro jednotlivé kultury přehledně vypracována v příloze 10. Trvalé travní porosty vykazaly v cyklech nejnižší obsah přístupného K. Rovněž vykazaly i nejnižší půdní reakci a obsah P. Je to dáno charakterem stanovišť, na kterých jsou trvalé travní porosty zakládány (pozemky méně úrodné s menším obsahem živin). Výkyvy v obsazích u TTP mezi jednotlivými cykly byly minimální, statisticky neprůkazné (příloha 31). Mezi prvním a posledním cyklem vzorkování nastal pokles o 12 mg.kg⁻¹. U orné půdy nastal pokles v O horizontu o 8 mg.kg⁻¹ (statisticky neprůkazný). Více se projevil pokles v roce 2013, který byl o 28 mg.kg⁻¹ a v porovnání s ostatními cykly statisticky průkazný. Chmelnice poklesly o 107 mg.kg⁻¹ a sady o 33 mg.kg⁻¹ (obrázek 17). Vinice v porovnání mediánů na počátku monitorování a v roce 2019 zvýšily v roce 2019 obsah, a to o 133 mg.kg⁻¹. Nicméně statistické hodnocení výkyvů v obsazích draslíku v ornici těchto tří kultur neukázalo statisticky významný rozdíl (pouze u vinic mezi rokem 2013 a 2019). Popisná statistika pro celkový obsah K je pro jednotlivé kultury vypracována v příloze 11 a statistické hodnocení v příloze 32.

Obrázek 16 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu draslíku na 173 PP BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (K_{m3} – obsah K ve výluhu dle Mehlich 3, K_{ar} – obsah K v extraktu lučavky královské)



Obrázek 17 Vývoj mediánů obsahu draslíku v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg^{-1})



V půdních typech v rámci BMP (příloha 21) se v ornici obsah přístupného K v periodě let 1995 až 2019 pohyboval mezi minimem a maximem v rozpětí 41 mg.kg^{-1} (glej, rok 1995, TTP, PP 7010B Žďárná, okres Blansko) až 1202 mg.kg^{-1} (fluvizem, rok 2007, chmelnice, PP 5903KO, Žatec, okres Louny). Obsah v podorniči dosáhl rozmezí hodnot 29 mg.kg^{-1} (kambizem, horská výrobní oblast, rok 2013, TTP, PP 5017BO, Rádlo, okres Jablonec nad Nisou) až 952 mg.kg^{-1}

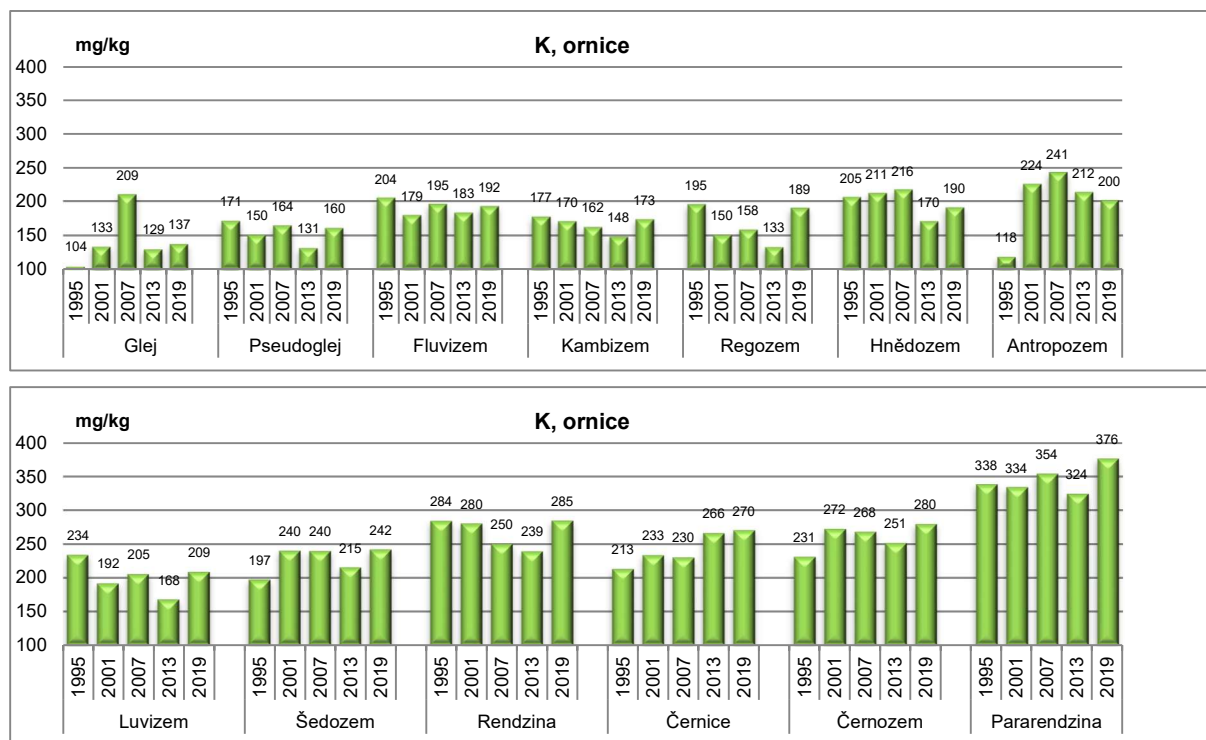
(fluvizem, rok 1995, chmelnice, PP 2016B, Dušníky nad Vltavou, okres Mělník). Grafy na obrázku 18 dokumentují vývoj obsahů přístupného K v půdních typech. Největší rozdíl mezi mediánovou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal půdní typ antropozem (nárůst o 82 mg.kg⁻¹) a černice (nárůst o 57 mg.kg⁻¹). Nejmenší rozdíl rendzina (nárůst o 1 mg.kg⁻¹), kambizem (pokles o 4 mg.kg⁻¹), regozem (pokles o 6 mg.kg⁻¹), pseudoglej (pokles o 11 mg.kg⁻¹).

Většina půdních typů vykazovala víceméně vyrovnanou tendenci obsahů K během period s občasnými výkyvy, což je patrně dáno nepravidelností v hnojení draselnými hnojivy. V případě gleje (počet ploch v souboru je 9) prudce stoupl obsah v roce 2007. Gleje jsou půdy s výrazným reduktomorfním glejovým horizontem v hloubce do 0,5 m vznikající v důsledku dlouhodobého provlhčení podzemní, případně povrchovou vodou z pramenišť. Gleje se vyskytují v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody, nejčastěji v nivách či v terénních vhloubeninách (Pavlů et al., 2019).

U kambizemě docházelo k stálému snižování v každém odběrovém cyklu (kromě roku 2019). Naopak u černice se obsahy přístupného K během period navyšovaly (s výjimkou cyklu v roce 2007). K navyšování docházelo i u pararendziny, která rovněž také vykazovala nejvyšší obsahy přístupného K.

Popisná statistika pro celkový obsah K je pro jednotlivé půdní typy přehledně vypracována v příloze 22.

Obrázek 18 Vývoj mediánů obsahu draslíku v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)



V mapě na obrázku 19 je barevně zobrazen stav přístupného K na jednotlivých PP v roce 1995 a v roce 2019 podle kategorií AZPP (tabulka 6).

Mapa na obrázku 20 ukazuje výši poklesu nebo nárůstu obsahu přístupného K, která na plochách nastala mezi počátkem sledování (1995) a zatím posledním cyklem vzorkování

(2019). Největším podílem (30%) se na mapě vyskytují plochy s poklesem obsahů o 1 až 25 % (růžová barva). Podílem 28 % se vyskytují plochy s nárůstem obsahů o 1 až 25 % (žlutá barva). Celkově je množství poklesů a nárůstů téměř vyrovnané (50 % PP vykázalo nárůst, 49 % PP vykázalo pokles; 0,6 % PP, což je 1 plocha, vykázalo setrvalý stav (případné rozdíly jsou způsobeny zaokrouhlováním).

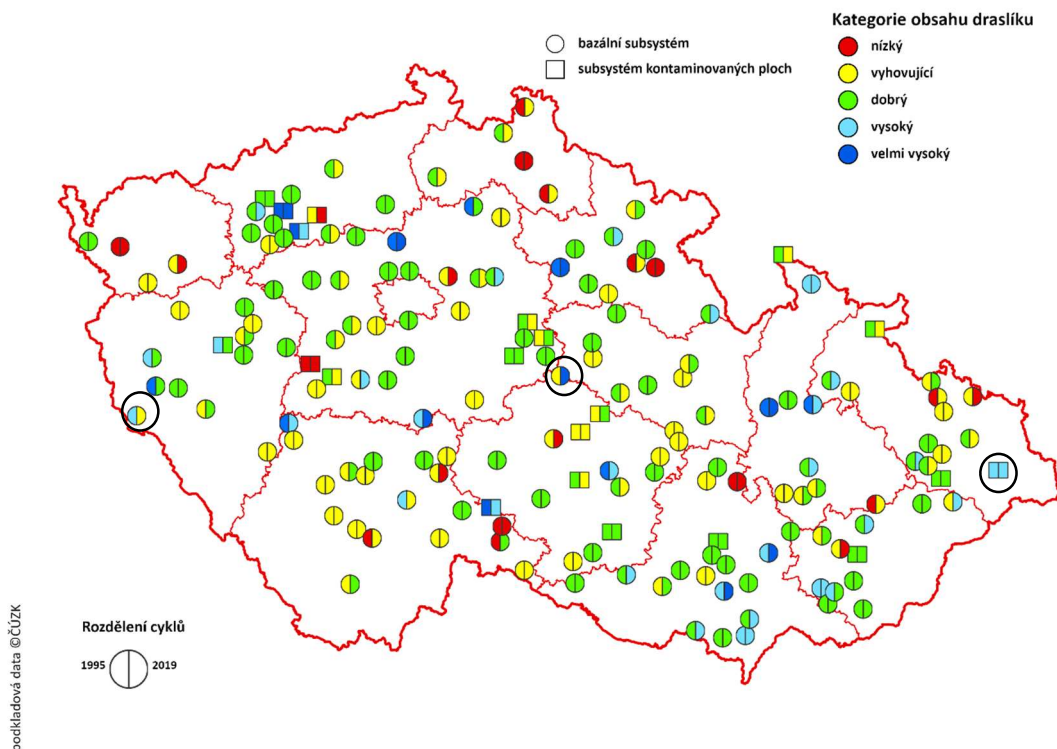
Plochy s největším výkyvem K mezi rokem 1995 a 2019 jsou na mapách označeny kroužkem; označena je také plocha, kde se stav obsahu K za uplynulých 25 let nezměnil. Na obrázku 21 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněny charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin.

V grafech na obrázku 22 je hodnocení výsledků provedeno **podle kategorií AZPP** plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb. (tabulka 6).

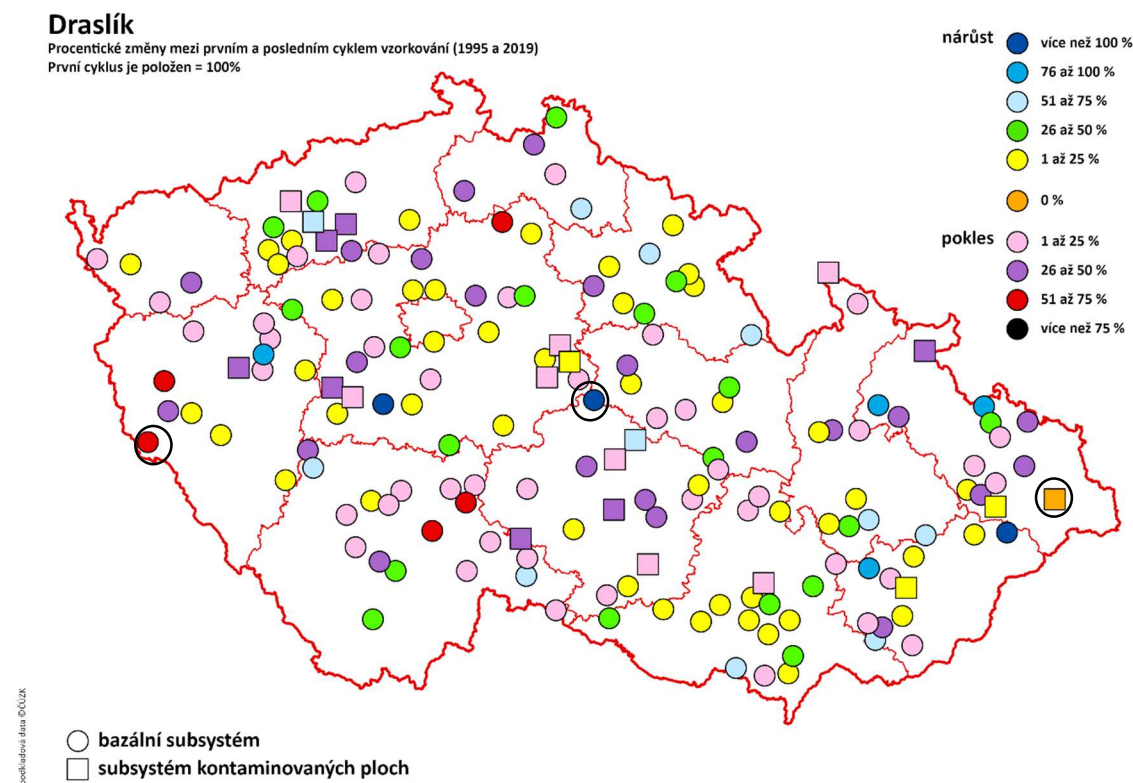
Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur (kromě TTP a chmelnic) byla u přístupného draslíku kategorie „dobrý“. V roce 2013 nastal v hodnocení celého souboru půd a v hodnocení orné půdy, sadů a vinic výkyv, kdy jednorázově vzrostl podíl kategorie „vyhovující“ (obrázek 22, příloha 42, 43). Kategorie „vyhovující“ byla druhou nejrozšířenější ve všech letech u všech kultur kromě TTP; zde byla na prvním místě a měla v letech následující zastoupení: 55 % < 59 % < 64 % > 59 % < 63 %. Na druhém místě u TTP byla kategorie obsahu „nízký“, který tvořil v letech významné procento: 27 % > 18 % = 18 % < 23 % > 18 % (obrázek 22c). Je tedy patrné, že trvalé travní porosty jsou draslíkem méně zásobeny.

Obsahy K u sadů a vinic byly víceméně rozřazeny do dvou kategorií a to obsah „dobrý“, a „vyhovující“. Zatímco u sadů a vinic nebyla v žádné vzorkované periodě obsazena kategorie obsahu „velmi vysoký“, u chmelnic byla tato kategorie zastoupena v letech ve vysokém procentu: 50 % < 83 % > 50 % > 33 % = 33 % (příloha 43). Tento stav je dán faktem, že čtyři chmelnice ze šesti, které jsou zahrnuty v souboru monitorovacích ploch, jsou založeny na půdním typu fluvizem, která vzniká z nivních sedimentů vyznačujících se vyšším obsahem živin a často doplňovaných ze záplav.

Obrázek 19 Kategorie obsahu draslíku na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.). Kroužkem jsou označeny PP s největším a s nulovým rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019



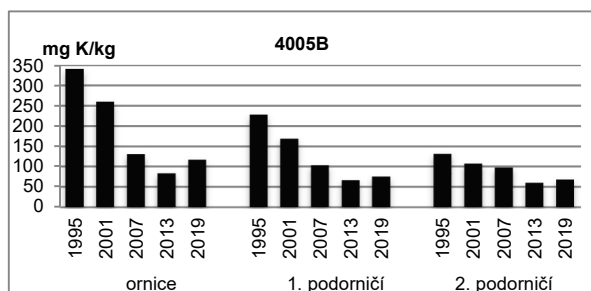
Obrázek 20 Změny obsahu přístupného draslíku na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %



Obrázek 21 Vývoj obsahu draslíku na plochách s vysokými a nulovými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu K v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 66 %).

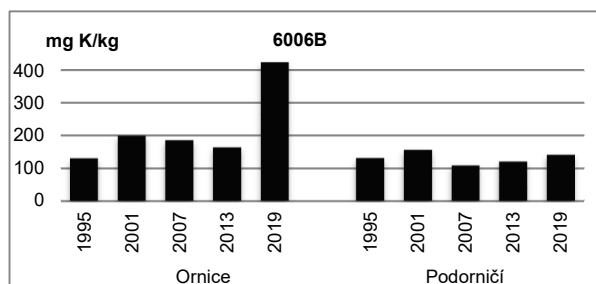
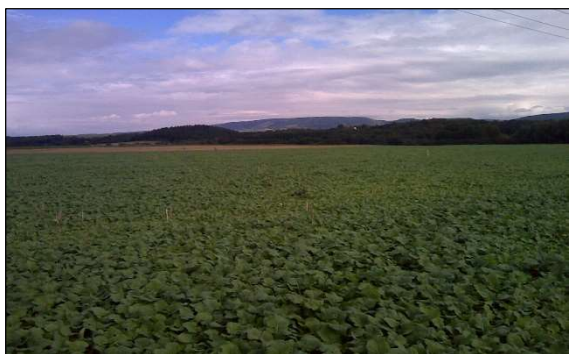
PP 4005B, TTP, Chodov, okres Domažlice, kambizem, K 339 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 117 mg.kg⁻¹ (vyhovující), foto 2013



PP je trvalým travním porostem využívaným jako pastvina pro skot. Hnojeno minerálně hnojivem LAV, organicky výkaly skotu. Přípravky na ochranu rostlin nejsou používány.

Nejvyšší nárůst obsahu K v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 227 %).

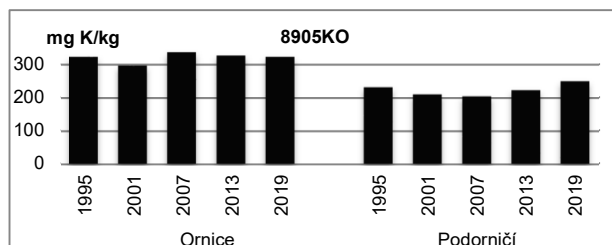
PP 6006B, orná půda, Spytice, okres Havlíčkův Brod, hnědozem, K 129 mg.kg⁻¹ (vyhovující) – 422 mg.kg⁻¹ (velmi vysoký), foto 2013



Na PP jsou pěstovány obiloviny, řepka, kukuřice a řepa cukrová. Sláma je zapravována i odvážena. Hnojení minerálními hnojivy s dodávkou všech živin. Nárůst obsahu K mohl být způsoben draselnou solí, která byla na pozemek aplikována po dva roky před vzorkováním (2017 a 2018). Hnojeno statkovými hnojivy, v roce 2018 byl aplikován digestát. Ochrana rostlin chemickými přípravky používána vydatně.

Bez výkyvu obsahu K v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 0 %).

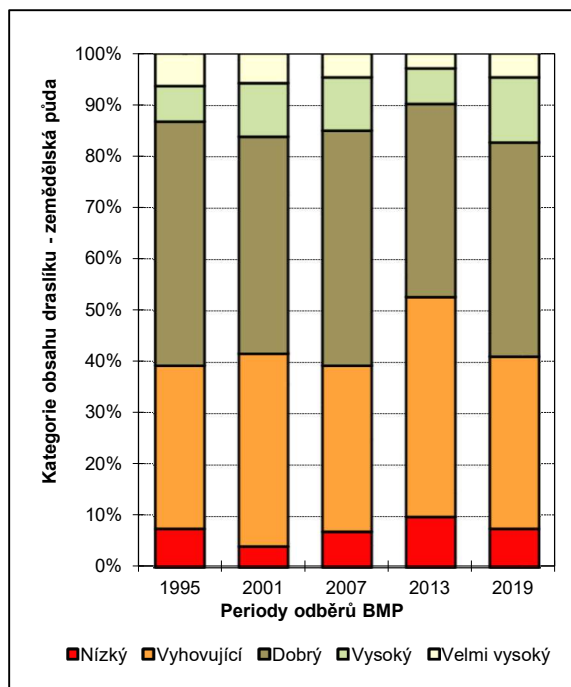
PP 8905KO, orná, Raškovice, okres Frýdek-Místek, kambizem, K 323 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 323 mg.kg⁻¹ (vysoký), foto 2013



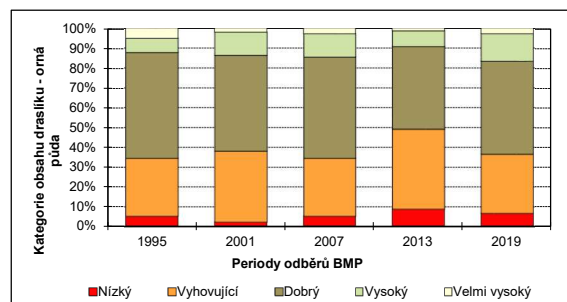
Na PP je pěstována široká škála plodin, sláma většinou zapravována. Aplikace minerálních hnojiv doplňující všechny živiny se po roce 2008 zúžila na dusíkatá hnojiva s občasnou aplikací fosforečného hnojiva Amofos. Pravidelná aplikace statkových hnojiv. Chemické přípravky na ochranu rostlin používány.

Obrázek 22 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 v jednotlivých kategoriích obsahu K (podle přílohy č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)

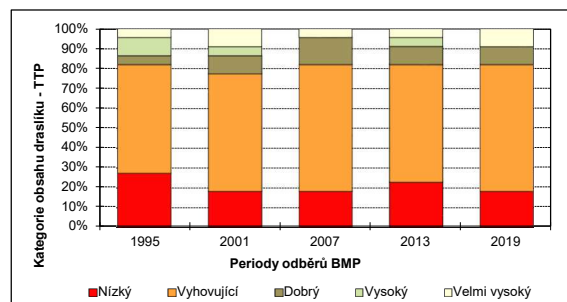
a)



b)



c)



Shrnutí vývoje obsahu draslíku

- Soubor 173 PP vykázal stejnou měrou jak poklesy, tak i nárůsty v obsazích přístupného K v ornici jednotlivých ploch mezi rokem 1995 a 2019 (50 % PP nárůst, 49 % PP pokles, 1 % PP nezměněné hodnoty).
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu byly **průměrné** hodnoty obsahů přístupného K v ornici vyrovnané s významným poklesem roce 2013. Pořadí odběrových cyklů chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019):

- *ornice* 232 mg.kg⁻¹ > 231 mg.kg⁻¹ < 235 mg.kg⁻¹ > 202 mg.kg⁻¹ < 227 mg.kg⁻¹
- *podorníčí* 162 mg.kg⁻¹ = 162 mg.kg⁻¹ < 164 mg.kg⁻¹ > 140 mg.kg⁻¹ < 148 mg.kg⁻¹

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 nejsou statisticky významné ani v ornici ani v podorníčí, statisticky významný pokles nastal v porovnání roku 1995 s rokem 2013. Pokles hodnot obsahů stanovených v lučavce královské byl statisticky průkazný pouze v podorníčí.

- Obsahy přístupného K jsou vyšší v orničním horizontu než v podorníčí. Obsahy celkového K jsou v ornici i podorníčí na podobné úrovni.
- Změny obsahu přístupného K v ornici v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**mediány**):

- *orná půda* 205 mg.kg⁻¹ > 201 mg.kg⁻¹ < 215 mg.kg⁻¹ > 177 mg.kg⁻¹ < 197 mg.kg⁻¹
- *TTP* 128 mg.kg⁻¹ > 118 mg.kg⁻¹ > 117 mg.kg⁻¹ > 93 mg.kg⁻¹ < 116 mg.kg⁻¹
- *sady* 277 mg.kg⁻¹ < 316 mg.kg⁻¹ > 283 mg.kg⁻¹ > 227 mg.kg⁻¹ < 244 mg.kg⁻¹

- *vinice* $264 \text{ mg.kg}^{-1} < 339 \text{ mg.kg}^{-1} > 304 \text{ mg.kg}^{-1} > 237 \text{ mg.kg}^{-1} < 397 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *chmelnice* $594 \text{ mg.kg}^{-1} < 760 \text{ mg.kg}^{-1} > 647 \text{ mg.kg}^{-1} > 486 \text{ mg.kg}^{-1} < 487 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním nejsou statisticky průkazné.

- Obsahy přístupného K u půdních typů v jednotlivých odběrových cyklech (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly kolísavé, ale víceméně vyrovnané. Půdní typ, který vykázal snižující se obsah K v každém cyklu (kromě roku 2019), byla:

- *kambizem* $177 \text{ mg.kg}^{-1} > 170 \text{ mg.kg}^{-1} > 162 \text{ mg.kg}^{-1} > 148 \text{ mg.kg}^{-1} < 173 \text{ mg.kg}^{-1}$

Půdní typ, který vykázal zvyšující se obsah K (kromě roku 2007), byla:

- *černice* $213 \text{ mg.kg}^{-1} < 233 \text{ mg.kg}^{-1} > 230 \text{ mg.kg}^{-1} < 266 \text{ mg.kg}^{-1} < 270 \text{ mg.kg}^{-1}$

- Nejvíce zastoupené byly dvě kategorie obsahu draslíku dle třídění AZPP v hodnoceném celku 173 PP. A to kategorie obsahu „dobrý“ a kategorie obsahu „vyhovující“, která zahrnuje nižší obsahy K. Tyto dvě kategorie zaujímaly na plochách BMP v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:

- „dobrý“ $47 \% > 42 \% < 46 \% > 38 \% < 42 \%$
- „vyhovující“ $32 \% < 38 \% > 32 \% < 43 \% > 33,5 \%$

- Kategorie obsahu „dobrý“ a „vyhovující“ byly nejvíce zastoupeny u všech kultur kromě trvalých travních porostů, kde byla na prvním místě nejvíce rozšířena kategorie obsah „vyhovující“ a na druhém místě obsah „nízký“. Vinice a chmelnice měly v jednotlivých letech nejednotné zastoupení kategorií, z nichž převládaly kategorie vyšších obsahů draslíku.

4.4 Hořčík

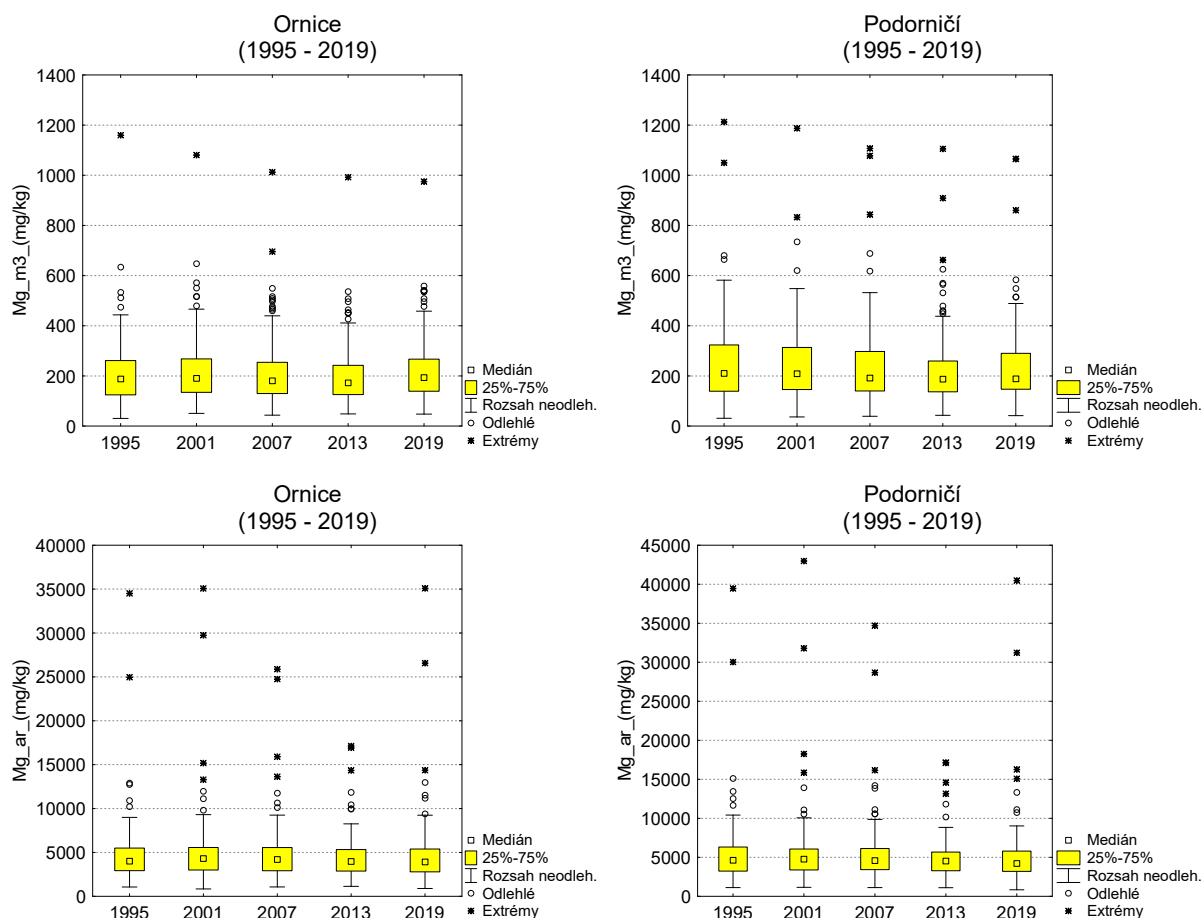
Stav středních hodnot obsahů přístupného Mg v ornici byl v průběhu monitorování vyrovnaný s navýšením v roce 2019. Na počátku v roce 1995 se jednalo o obsahy v ornici na úrovni 211 mg.kg^{-1} – průměr a 188 mg.kg^{-1} – medián a v posledním cyklu v roce 2019 to byly obsahy 222 mg.kg^{-1} – průměr a 193 mg.kg^{-1} – medián (tabulka 15). Navýšení v roce 2019 bylo statisticky průkazné při porovnání s rokem 2013 a 2007, ale už ne s rokem 1995 (obrázek 23, příloha 33). Stav středních hodnot obsahů přístupného Mg v podorniči v průběhu monitorování klesal. Pokles byl statisticky průkazný. Celkový obsah Mg (extrakce v lučavce královské) se snížil mezi prvním a posledním cyklem v ornici i v podorniči; pokles nebyl statisticky průkazný ani v ornici ani v podorniči (příloha 4, obrázek 23, příloha 34).

Tabulka 15 Popisná statistika hořčíku na monitorovacích plochách BMP (173 ploch) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg^{-1})

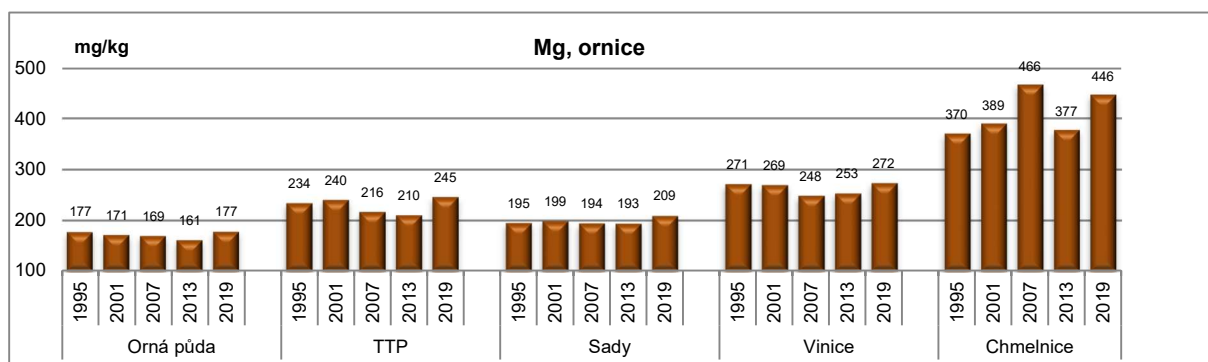
O horizont									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	173	213	31	1160	94	125	188	261	359
2001	173	216	51	1081	96	135	191	268	362
2007	173	211	44	1013	101	130	180	254	332
2013	173	202	49	992	96	126	172	242	332
2019	173	222	48	975	114	139	193	267	362
P horizont									
1995	173	251	31	1213	102	139	210	324	464
2001	173	249	37	1188	104	146	209	314	447
2007	173	232	39	1107	103	140	192	298	387
2013	173	223	43	1105	101	137	187	260	382
2019	173	231	42	1065	108	147	189	290	358

Přístupný Mg se v odběrových cyklech zvýšil v ornici oproti prvnímu vzorkovacímu cyklu u všech kultur kromě orné půdy, zde obsah až do roku 2013 mírně klesal a v roce 2019 se opět dostal na úroveň roku 1995 (obrázek 24). Pokles v roce 2013 byl statisticky průkazný (příloha 33). Orná půda se vyznačovala nejnižšími hodnotami mediánu v jednotlivých cyklech. Ostatní kultury zaznamenaly nárůst hodnot mezi prvním a posledním cyklem vzorkování, ale nárůst u nich nebyl statisticky průkazný. U vinic nastal nárůst v O horizontu o 1 mg.kg^{-1} , u TTP o 11 mg.kg^{-1} , u sadů o 14 mg.kg^{-1} , u chmelnic o 76 mg.kg^{-1} . Popisná statistika je pro jednotlivé kultury vypracována v příloze 12. Popisná statistika pro celkový obsah Mg pro jednotlivé kultury je v příloze 13, statistické hodnocení v příloze 34.

Obrázek 23 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu hořčíku na 173 PP BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mg_m3 – obsah Mg ve výluhu dle Mehlich 3, Mg_ar – obsah Mg v extraktu lučavky královské)



Obrázek 24 Vývoj mediánů obsahu hořčíku v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)



V půdních typech v rámci BMP (příloha 23) se v ornici obsah přístupného Mg v periodě let 1995 až 2019 pohyboval mezi minimem a maximem v rozpětí 31 mg.kg⁻¹ (hnědozem, rok 1995, sad, PP 5015B, Pavlovice u Jestřebí, okres Česká Lípa) až 1160 mg.kg⁻¹ (kambizem, rok 1995, orná, PP 5011B, Krásný Dvůr, okres Louny). Obsah v podorníci dosáhl rozmezí hodnot

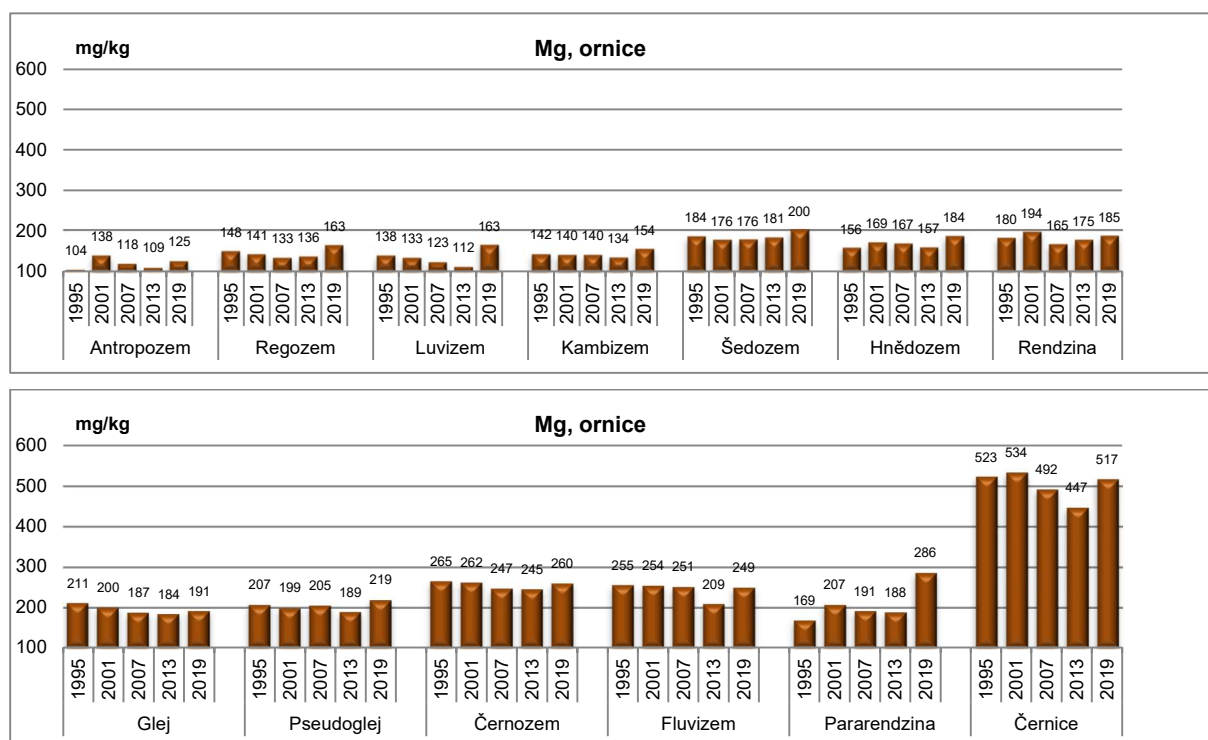
31 mg.kg⁻¹ (kambizem, rok 1995, TTP, PP 5018B, Frýdlant, okres Liberec až 1213 mg.kg⁻¹ (glej, rok 1995, orná, PP 6019BO, Újezd u Sezemic, okres Pardubice). Grafy na obrázku 25 dokumentují vývoj obsahů přístupného Mg v ornici půdních typů. Největší rozdíl mezi mediánovou hodnotou v ornici z počátku sledování a z posledního cyklu vzorkování vykázal půdní typ pararendzina (nárůst o 117 mg.kg⁻¹) a hnědozem (nárůst o 28 mg.kg⁻¹). Nejmenší rozdíl pak černoze (pokles o 5 mg.kg⁻¹), fluvizem a černice (pokles o 6 mg.kg⁻¹), pseudoglej a kambizem (nárůst o 12 mg.kg⁻¹).

Většina půdních typů vykazovala pokles mediánových hodnot až do roku 2013 a pak v roce 2019 opětovný nárůst. V případě půdního typu antropozem, regozem, luvizem, kambizem se jednalo o nárůst až nad hodnotu naměřenou na počátku vzorkování.

Černice dosahovala výrazně vyšších mediánových hodnot obsahu Mg v cyklech než ostatní půdní typy. Antropozem dosahovala hodnot nejnižších. Černice jsou sorpčně vysoce nasycené, hluboké, zcela mimořádně humusem bohaté půdy. Vznikají v černozezemních oblastech buď na dně terénních depresí a nebo na zrnitostně těžších půdotvorných substrátech (Rejšek et Vácha, 2018).

Popisná statistika pro celkový obsah Mg je pro jednotlivé půdní typy přehledně vypracována v příloze 24.

Obrázek 25 Vývoj mediánů obsahu hořčíku v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)



V mapě na obrázku 26 je barevně zobrazen stav přístupného Mg na jednotlivých PP v roce 1995 a v roce 2019 podle kategorií AZPP.

Mapa na obrázku 27, ukazuje výši poklesu nebo nárůstu obsahu přístupného Mg, která na plochách nastala mezi počátkem sledování (1995) a zatím posledním cyklem vzorkování (2019). Největší podíl a to 37 % zaujímají plochy s nárůstem obsahů o 1 až 25 % (žlutá barva). Podílem 29,5 % jsou zastoupeny plochy s poklesem obsahů o 1 až 25 % (růžová barva). Celkově

je vyšší množství nárůstů, které činí 59,5 % (k 37 % PP se ještě přidalo 12,5 % ploch, které značí nárůst obsahů o 26 až 50 %, dále 4,5 % ploch s nárůstem obsahů o 51 až 75 %, 2 % ploch s nárůstem o 76 až 100 % a 3,5 % ploch, které značí nárůst obsahů o více než 100 %. Celkové množství poklesů činilo 37,5 % PP. Setrvalý stav vykazalo 5 PP (3 % PP). Případné rozdíly v součtu jsou způsobeny zaokrouhlováním.

Plochy s největším výkyvem Mg mezi rokem 1995 a 2019 jsou na mapách označeny kroužkem; označena je také plocha, kde se stav obsahu K za uplynulých 25 let nezměnil. Na obrázku 28 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněny charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin.

V grafech na obrázku 29 je hodnocení výsledků provedeno **podle kategorií AZPP** plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb. (tabulka 7).

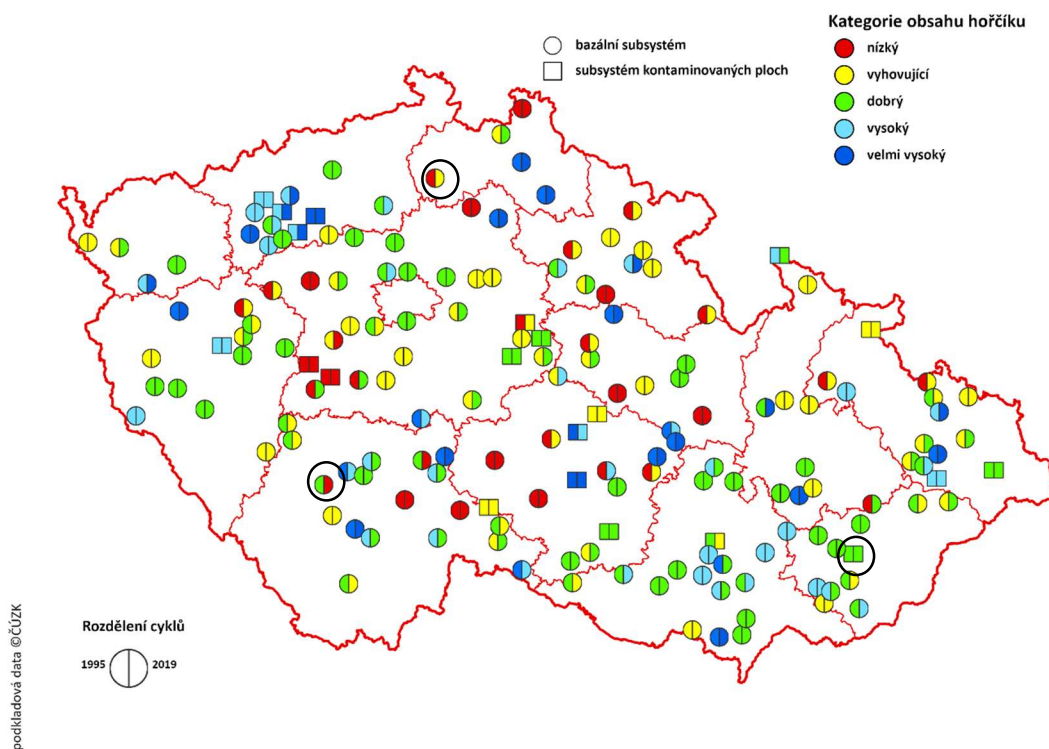
Nejvíce zastoupené na monitorovacích plochách byly dvě kategorie (obrázek 29a) a to kategorie „dobrý“ a kategorie „vyhovující“, které zaujímaly v letech 32–35 % ploch (kategorie „dobrý“ obsah), resp. 24–32 % ploch kategorie „vyhovující“ obsah. Rovněž jsou zastoupeny i hraniční kategorie „nízký“ obsah (9–16 % ploch) a kategorie „velmi vysoký“ obsah (10–13 % ploch). Kategorie „nízký“ obsah má v letech postupně snižující se zastoupení (rovněž tak u orných půd).

Orná půda (obrázek 29b, příloha 44) prakticky kopíruje situaci v obsazenosti kategorií, která panuje na zemědělských půdách hodnocených jako celek (obrázek 29a). U trvalých travních porostů je situace diametrálně odlišná a nejvíce obsazené jsou kategorie „velmi vysoký“ a „vysoký“ obsah (obrázek 29c, příloha 44), které v letech zaujímají 36–50 % ploch (kategorie „velmi vysoký“ obsah), resp. 27–41 % ploch kategorie „vysoký“ obsah. Z toho vyplývá velká zásobenost trvalých travních porostů hořčíkem.

Sady a vinice se v letech udržují v kategoriích „dobrý“, a „vyhovující“. Zatímco u sadů nebyla v žádné vzorkované periodě obsazena kategorie obsahu „vysoký“, u vinic byla tato kategorie stejnou měrou zastoupena od roku 2007. Chmelnice se vyznačují zastoupením v kategoriích „dobrý“, „vysoký“ a „velmi vysoký“ obsah (příloha 44, 45).

V případě vysokého a velmi vysokého obsahu živiny v půdě je další přihnojování neekonomické a z ekologického hlediska nepřipustné. Doporučuje se danou živinou nehnojit až do doby, kdy budou k dispozici výsledky z dalšího cyklu odběrů.

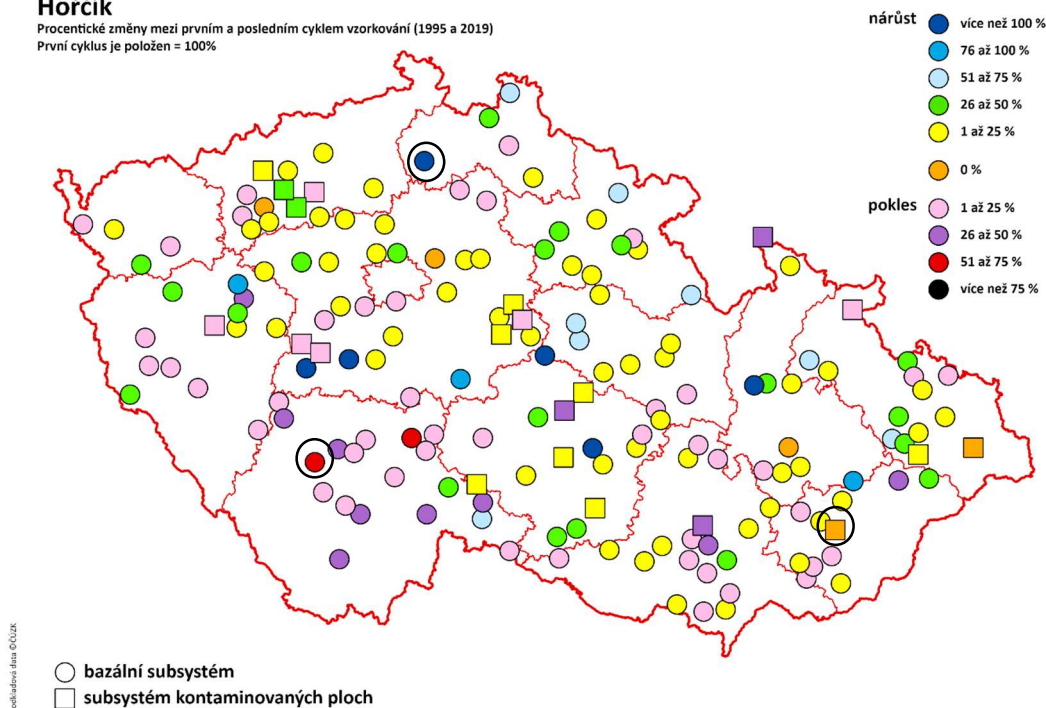
Obrázek 26 Kategorie obsahu hořčíku na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.). Kroužkem jsou označeny PP s největším a s nulovým rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019



Obrázek 27 Změny obsahu přístupného hořčíku na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %.

Hořčík

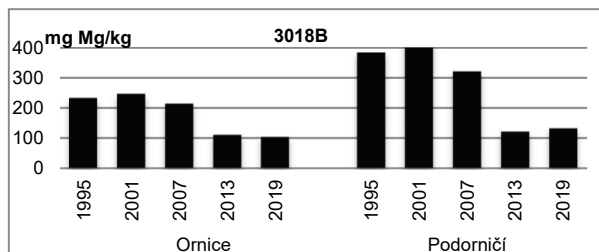
Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100%



Obrázek 28 Vývoj obsahu hořčíku na plochách s vysokými a nulovými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu Mg v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 56 %).

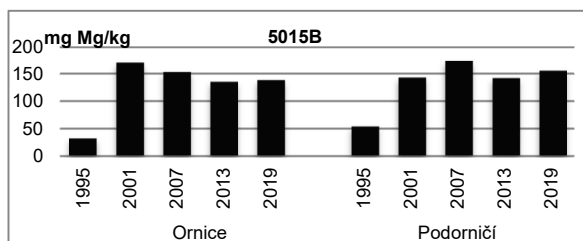
PP 3018B, orná půda, Ražice, okres Písek, kambizem, Mg 232 mg.kg⁻¹ (dobrý) – 102 mg.kg⁻¹ (nízký), foto 2019



Na PP jsou pěstovány obiloviny a řepka. Sláma je zapravována. Hnojeno minerálně převážně dusíkatými hnojivy, statkovými hnojivy sporadicky. Přípravky na ochranu rostlin používány.

Nejvyšší nárůst obsahu Mg v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 343 %).

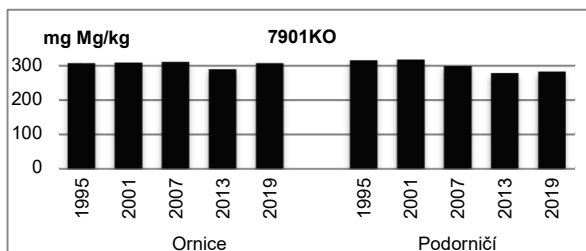
PP 5015B, sad, Pavlovice u Jestřebí, okres Česká Lípa, hnědozem, Mg 31 mg.kg⁻¹ (nízký) – 137 mg.kg⁻¹ (vyhovující), foto 2019



PP je intenzivním jabloňovým sadem. Hnojení dusíkatými minerálními hnojivy s dodávkou všech živin a mikroelementů foliárními hnojivy. Organická hnojiva neaplikována. Ochrana rostlin chemickými přípravky používána vydatně.

Bez výkyvu obsahu Mg v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 0 %).

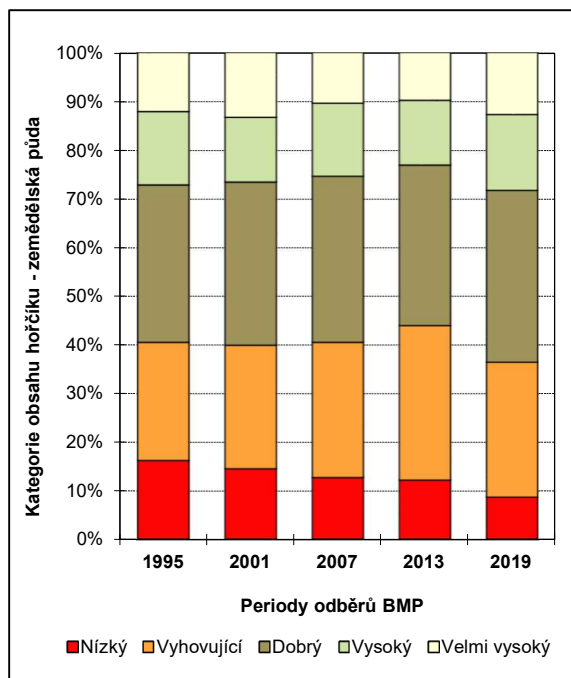
PP 7901KO, orná půda, Tečovice, okres Zlín, fluvizem, 307 mg.kg⁻¹ (dobrý) – 307 mg.kg⁻¹ (dobrý), foto 2019



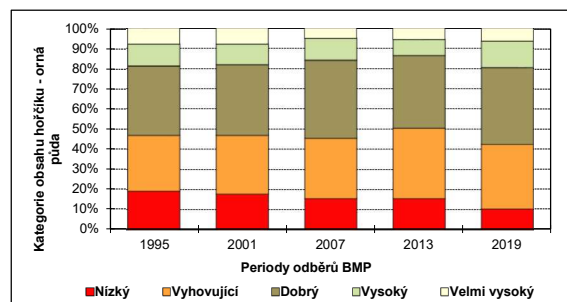
Na PP je pěstována pouze pšenice a kukuřice; sláma je zapravována. Aplikována jsou dusíkatá minerální hnojiva (převažuje ledek amonný s dolomitem) a v dvouletých intervalech fosforečná (Amofos). Statková hnojiva neaplikována. Přípravky na ochranu rostlin používány.

Obrázek 29 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 v jednotlivých kategoriích obsahu Mg (podle přílohy č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)

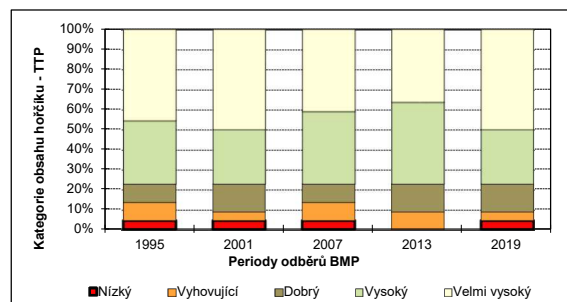
a)



b)



c)



Shrnutí vývoje obsahu hořčíku

- Soubor 173 PP vykázal více nárůstů než poklesů v obsazích přístupného Mg v ornici jednotlivých ploch mezi rokem 1995 a 2019 (59,5 % PP nárůst, 37,5 % PP pokles, 3 % PP setrvalý stav).
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo k mírným výkyvům **průměrných** hodnot obsahů přístupného hořčíku v ornici, v podorniči došlo k poklesu a to v následujícím pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

- *ornice* 211 mg.kg⁻¹ > 216 mg.kg⁻¹ < 211 mg.kg⁻¹ > 202 mg.kg⁻¹ < 222 mg.kg⁻¹
- *podorniči* 251 mg.kg⁻¹ > 249 mg.kg⁻¹ < 232 mg.kg⁻¹ > 223 mg.kg⁻¹ < 231 mg.kg⁻¹

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 jsou statisticky významné pouze v podorniči (statisticky významný pokles). Hodnoty v lučavce královské poklesly v ornici i podorniči, ale nebyly průkazné.

- Obsahy přístupného hořčíku v podorniči jsou vyšší než obsahy v ornici
- Změny obsahu přístupného Mg v ornici v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**mediány**):
- *orná půda* 177 mg.kg⁻¹ > 171 mg.kg⁻¹ > 169 mg.kg⁻¹ > 161 mg.kg⁻¹ < 177 mg.kg⁻¹
- *TTP* 234 mg.kg⁻¹ < 240 mg.kg⁻¹ > 216 mg.kg⁻¹ > 210 mg.kg⁻¹ < 245 mg.kg⁻¹
- *sady* 195 mg.kg⁻¹ < 199 mg.kg⁻¹ > 194 mg.kg⁻¹ > 193 mg.kg⁻¹ < 209 mg.kg⁻¹
- *vinice* 271 mg.kg⁻¹ > 269 mg.kg⁻¹ > 248 mg.kg⁻¹ < 253 mg.kg⁻¹ < 272 mg.kg⁻¹

– *chmelnice* $370 \text{ mg.kg}^{-1} < 389 \text{ mg.kg}^{-1} < 466 \text{ mg.kg}^{-1} > 377 \text{ mg.kg}^{-1} < 446 \text{ mg.kg}^{-1}$

Přístupný Mg se v roce 2019 zvýšil v ornici oproti prvnímu vzorkovacímu cyklu u všech kultur kromě orné půdy, nicméně zvýšení nebylo statisticky průkazné.

- Většina půdních typů vykazovala pokles mediánových hodnot až do roku 2013 a pak v roce 2019 opětovný nárůst. Půdní typ, který dosahoval výrazně vyšších mediánových hodnot obsahu Mg v cyklech než ostatní půdní typy, byla:

– *černice* $523 \text{ mg.kg}^{-1} < 534 \text{ mg.kg}^{-1} > 492 \text{ mg.kg}^{-1} > 447 \text{ mg.kg}^{-1} < 517 \text{ mg.kg}^{-1}$;

Půdní typ, který dosahoval hodnot nejnižších, byla:

– *antropozem* $104 \text{ mg.kg}^{-1} < 138 \text{ mg.kg}^{-1} > 118 \text{ mg.kg}^{-1} > 109 \text{ mg.kg}^{-1} < 125 \text{ mg.kg}^{-1}$

- Nejvíce zastoupené v celku 173 PP byly dvě kategorie obsahu hořčíku dle třídění AZPP. Na prvním místě to byla kategorie obsahu „dobrý“, a na druhém místě kategorie obsahu „vyhovující“. Tyto dvě kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:

– „dobrý“ $32 \% < 33,5 \% < 34 \% > 33 \% < 35 \%$

– „vyhovující“ $24 \% < 25 \% < 28 \% < 32 \% > 28 \%$

V letech klesá zastoupení kategorie „nízký“: $16 \% > 14,5 \% > 13 \% > 12 \% > 9 \%$.

- Kategorie u hořčíku obsahu „dobrý“ a „vyhovující“ byly v letech nejvíce zastoupeny u orných půd, sadů a vinic. U trvalých travních porostů byla na prvním místě nejvíce rozšířena kategorie obsah „velmi vysoký“ a na druhém místě obsah „vysoký“. Chmelnice měly nejvíce obsazenou kategorii „dobrý“ a „vysoký“ obsah.
- „Dobrý“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu. „Vyhovující“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně dosytit navýšením vypočteného normativu pěstovaných plodin o 20–30 %. Půdy s „nízkým“ obsahem v půdě je třeba dohnojit zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 50 %.

4.5 Vápník

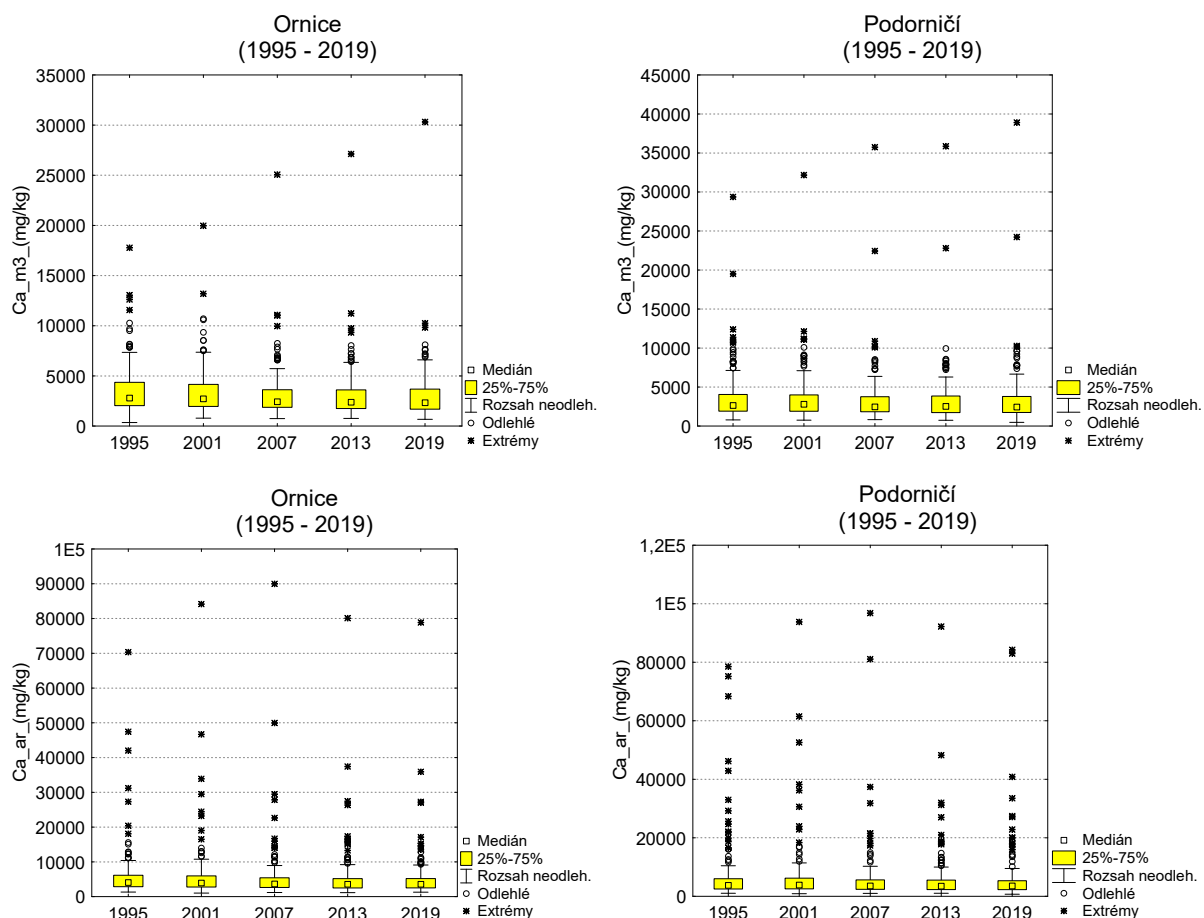
Z výsledků souboru 173 PP vyplývá snižování středních hodnot obsahů přístupného Ca v ornici i podorniči; pokles mezi rokem 1995 a 2019 byl z hlediska průměrů o 557 mg.kg⁻¹ v ornici, o 337 mg.kg⁻¹ v podorniči a z hlediska mediánů o 478 mg.kg⁻¹ v ornici, o 213 mg.kg⁻¹ v podorniči (tabulka 16). Toto snižování bylo u průměrů porovnáváno mezi rokem 1995 a 2019 vyhodnoceno statisticky průkazně v ornici i v podorniči (obrázek 30, příloha 35). Celkový obsah Ca (extrakce v lučavce královské) se snižoval v ornici v každém odběrovém cyklu a pokles byl mezi rokem 1995 a 2019 statisticky průkazný. V podorniči snižování trvalo do roku 2013 a po té nastal opětovný mírný nárůst. Statisticky průkazný byl pokles mezi rokem 1995 a 2013 (příloha 5, obrázek 30, příloha 36).

Tabulka 16 Popisná statistika obsahů vápníku na monitorovacích plochách BMP (173 ploch) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)

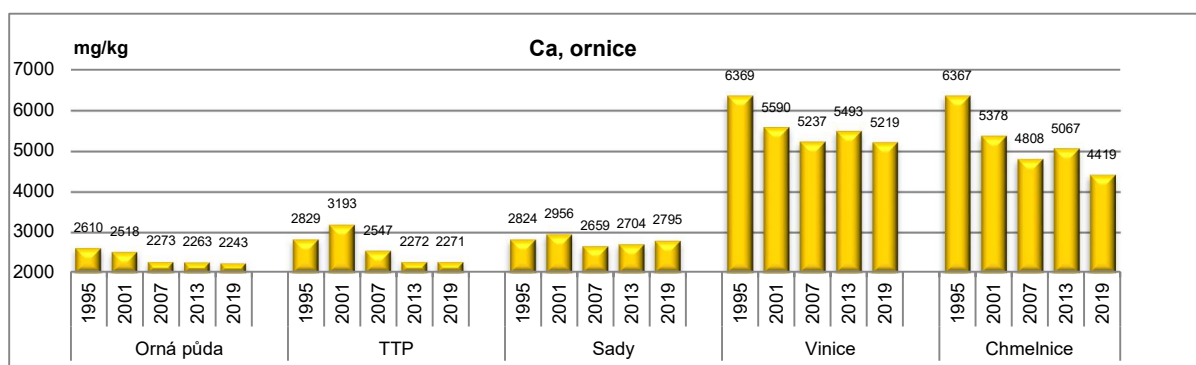
O horizont									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	173	3628	348	17775	1670	2045	2803	4358	6776
2001	173	3450	791	19975	1513	1963	2728	4155	6150
2007	173	3193	743	25075	1482	1873	2425	3623	5483
2013	173	3105	760	27125	1346	1745	2383	3610	5414
2019	173	3071	674	30325	1324	1685	2325	3685	5767
P horizont									
1995	173	3774	791	29375	1555	1905	2648	4048	7905
2001	173	3664	759	32175	1500	1898	2808	3995	6787
2007	173	3402	819	35750	1390	1830	2468	3760	5815
2013	173	3433	745	35875	1284	1728	2528	3853	6238
2019	173	3437	480	38900	1240	1743	2435	3795	6027

Přístupný Ca v ornici se v odběrových cyklech snížil oproti prvnímu vzorkovacímu cyklu u všech kultur (příloha 14). Orná půda vykázala ve všech cyklech nejnižší mediánové obsahy přístupného Ca a rovněž ve všech cyklech docházelo k postupnému snižování hodnot mediánů a to v následujícím pořadí: mezi prvním a druhým cyklem byl pokles o 92 mg.kg⁻¹ (statisticky významný rozdíl), mezi druhým a třetím o 245 mg.kg⁻¹ (statisticky významný rozdíl), mezi třetím a čtvrtým o 10 mg.kg⁻¹ (bez statisticky významného rozdílu) a mezi čtvrtým a pátým o 20 mg.kg⁻¹ (bez statisticky významného rozdílu) (obrázek 31, příloha 35). Mezi prvním a posledním cyklem vzorkování nastal pokles o 367 mg.kg⁻¹. Vinice a chmelnice se vyznačovaly nejvyššími obsahy přístupného Ca v ornici. Při porovnání hodnot jejich mediánů na počátku monitorování a v roce 2019, došlo v roce 2019 ke snížení o 1150 mg.kg⁻¹ (vinice), statisticky neprůkazný rozdíl, o 1948 mg.kg⁻¹ (chmelnice) – statisticky průkazný rozdíl. U trvalých travních porostů nastal pokles v O horizontu o 558 mg.kg⁻¹ – statisticky průkazný rozdíl, u sadů o 29 mg.kg⁻¹ – statisticky neprůkazný rozdíl. Popisná statistika pro celkový obsah Ca je pro jednotlivé kultury vypracována v příloze 15 a statistické porovnání v příloze 36.

Obrázek 30 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu vápníku na 173 PP BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Ca_{m3} – obsah Ca ve výluhu dle Mehlich 3, Ca_{ar} – obsah Ca v extraktu lučavky královské)



Obrázek 31 Vývoj mediánů obsahu vápníku v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; $mg \cdot kg^{-1}$)

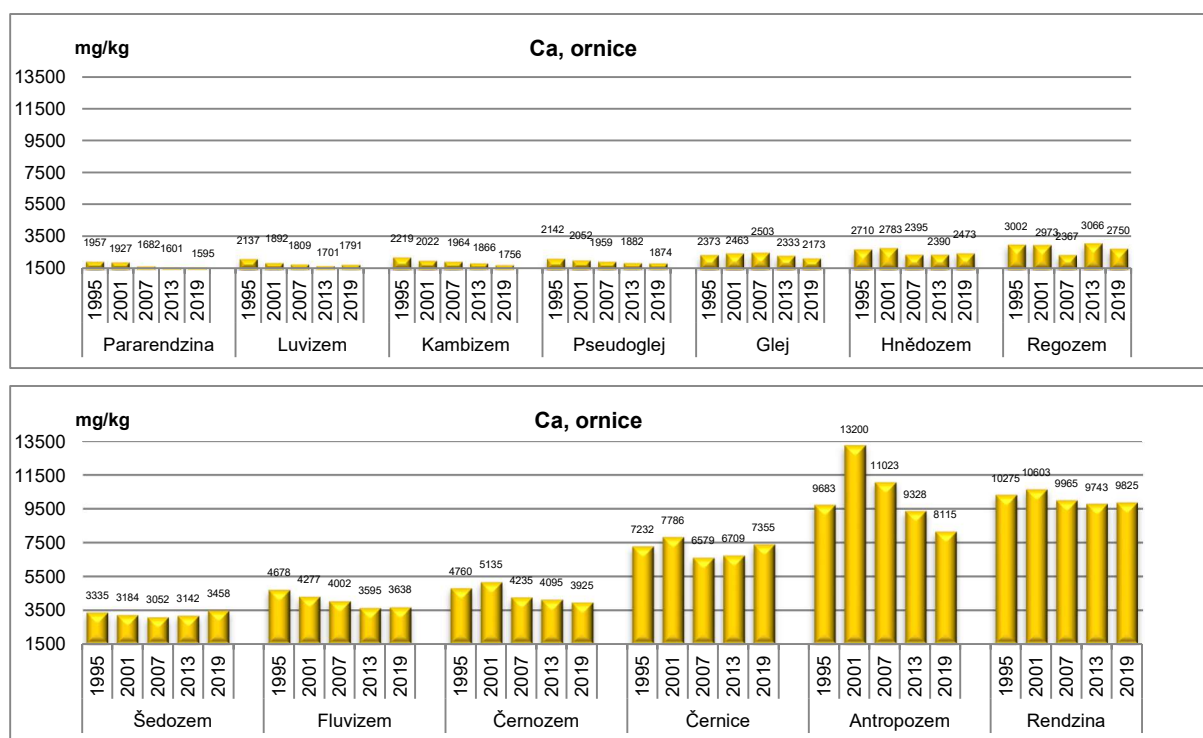


V půdních typech v rámci BMP se obsah přístupného Ca v ornici v periodě let 1995 až 2019 pohyboval mezi minimem a maximem v rozpětí $348 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (hnědozem, rok 1995, sad, PP 5015B, Pavlovice u Jestřebí, okres Česká Lípa) až $30325 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (rendzina, rok 2019, vinice, PP 7019B, Dambořice, okres Hodonín). Obsah v podorničí dosáhl rozmezí $480 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (kambizem, rok 2019, orná, PP 4014B Plasy, okres Plzeň-sever) až $38900 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (rendzina,

rok 2019, vinice, PP 7019B, Dambořice, okres Hodonín) (příloha 25). Grafy na obrázku 32 dokumentují vývoj obsahů přístupného Ca v ornici půdních typů. Téměř všechny půdní typy vykázaly pokles mediánových hodnot mezi rokem 1995 a 2019. Největší pokles vykázala antropozem (o 1568 mg.kg⁻¹), fluvizem (o 1040 mg.kg⁻¹) a černozem (o 835 mg.kg⁻¹). U ostatních půdních typů byl pokles v rozmezí 200 mg.kg⁻¹ (glej) až 463 mg.kg⁻¹ (kambizem). Naopak šedozem a černice vykázaly nárůst; oba půdní typy o stejnou hodnotu 123 mg.kg⁻¹.

Popisná statistika pro celkový obsah Ca je pro jednotlivé půdní typy přehledně vypracována v příloze 26.

Obrázek 32 Vývoj mediánů obsahu vápníku v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3; mg.kg⁻¹)

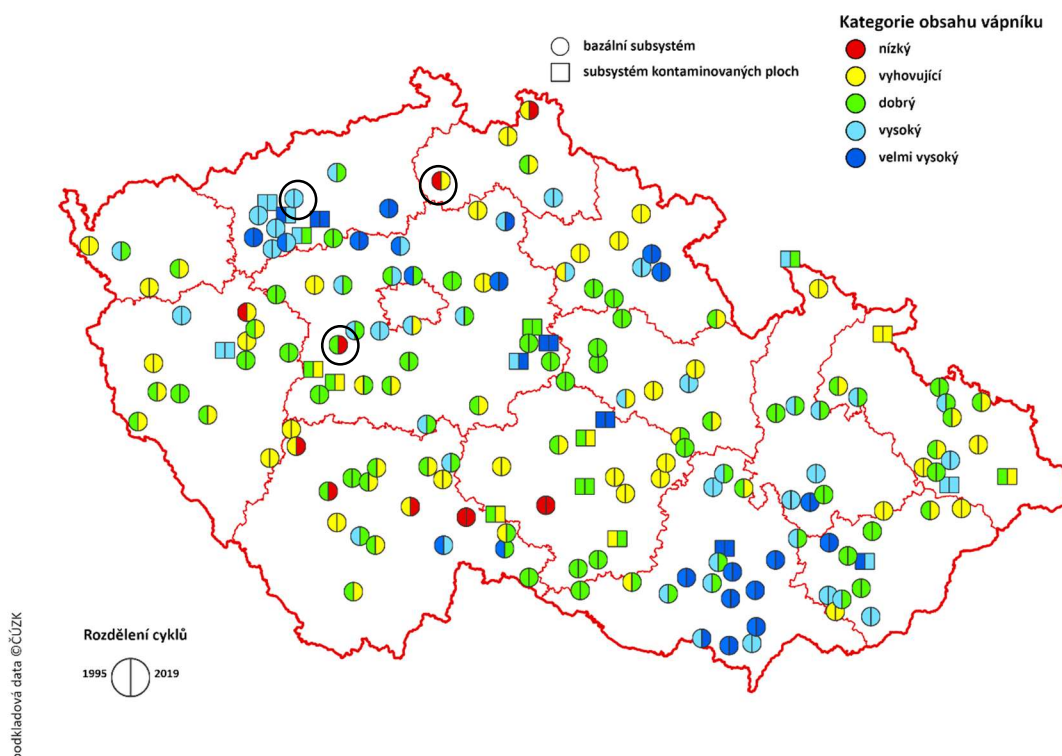


V mapě na obrázku 33 je barevně zobrazen stav přístupného vápníku na jednotlivých PP v roce 1995 a v roce 2019 podle kategorií AZPP.

Mapa na obrázku 34, ukazuje výši poklesu nebo nárůstu obsahu přístupného Ca, která nastala mezi počátkem sledování a rokem 2019. Největší procento ploch (55 % PP) zaznamenalo pokles o 1 až 25 % původní hodnoty (růžová barva) a 25 % PP pokleslo o 26 až 50 % původní hodnoty (fialová barva). Celkem tedy převažoval pokles hodnot nad jeho nárůstem, kdy pokles nastal u 83,5 % PP (55 % + 25 % + 3,5 %). Nárůst nastal u 15 % ploch (1 % + 0,6 % + 0,6 % + 3 % + 10 %). U 0,6 % PP (jedna plocha) nedošlo k žádné změně. Případné rozdíly v součtu jsou způsobeny zaokrouhlováním.

Plochy s největším výkyvem obsahu přístupného vápníku mezi rokem 1995 a 2019 jsou označeny kroužkem; označena je také plocha, kde se stav obsahu Ca za uplynulých 25 let nezměnil. Na obrázku 35 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněné charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin.

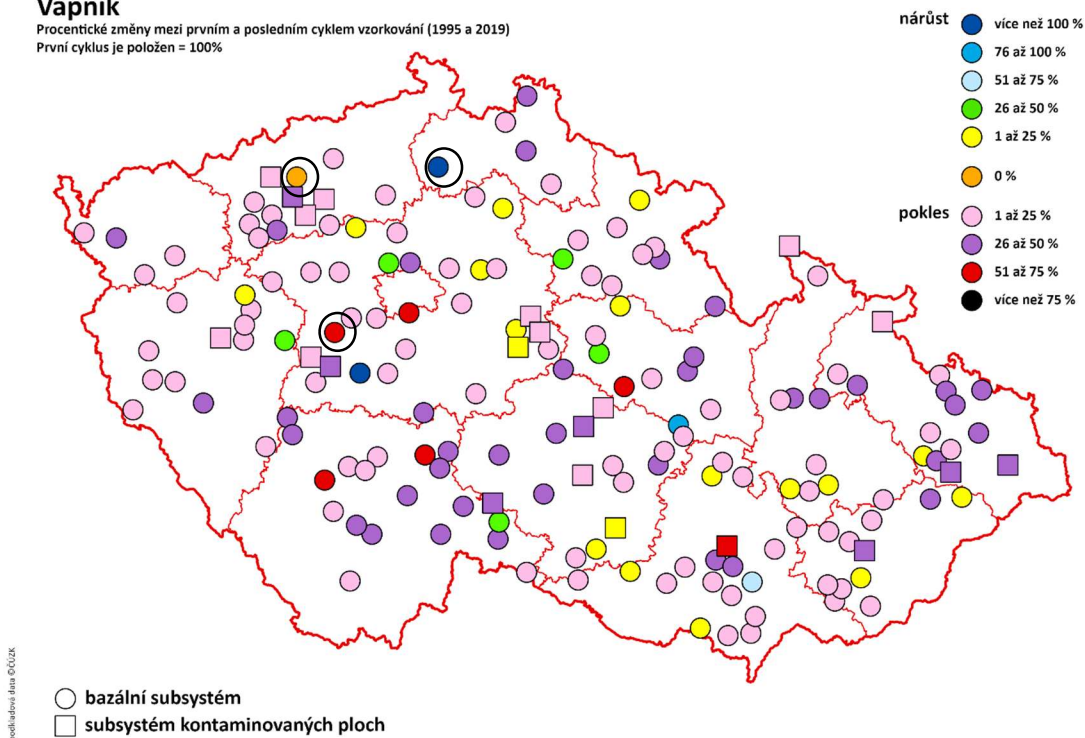
Obrázek 33 Kategorie obsahu vápníku na monitorovacích plochách BMP v roce 1995 a 2019 podle AZPP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.). Kroužkem jsou označeny PP s největším a s nulovým rozdílem hodnot mezi rokem 1995 a 2019



Obrázek 34 Změny obsahu přístupného vápníku na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 1995 a 2019, %

Vápník

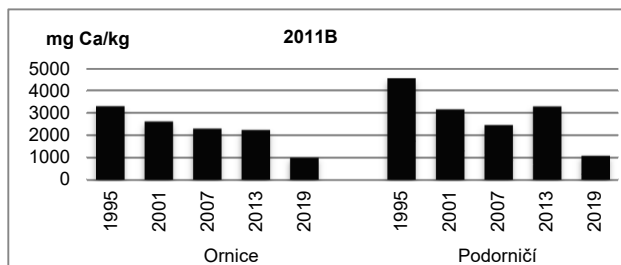
Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100%



Obrázek 35 Vývoj obsahu vápníku na plochách s vysokými a nulovými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 1995 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu Ca v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 70 %).

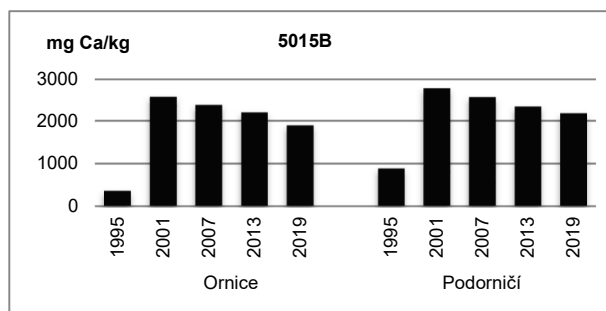
PP 2011B, orná půda, Neumětely, okres Beroun, hnědozem, Ca 3268 mg.kg⁻¹ (dobrý) – 988 mg.kg⁻¹ (nízký), foto 2019



Na PP probíhá pravidelné střídání plodin, zapravování slámy, aplikace dusíkatých hnojiv DAM, LAV a kejdy prasat, aplikace chemických přípravků na ochranu rostlin.

Nejvyšší nárůst obsahu Ca v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 442 %).

PP 5015B, sad, Pavlovice u Jestřebí, okres Česká Lípa, hnědozem, Ca 348 mg.kg⁻¹ (nízký) – 1885 mg.kg⁻¹ (vyhovující), foto 2019

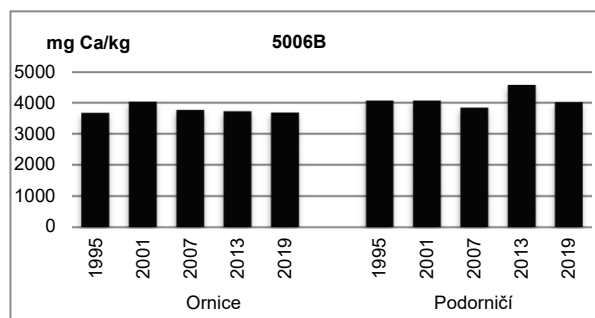


PP je intenzivním jabloňovým sadem. Hnojení dusíkatými minerálními hnojivy s dodávkou všech živin a mikroelementů foliárními hnojivy.

Organická hnojiva neaplikována. Ochrana rostlin chemickými přípravky používána poměrně intenzivně.

Bez výkyvu obsahu Ca v ornici mezi rokem 1995 a 2019 (o 0 %).

PP 5006B, orná půda, Havraň, okres Most, černozem, 3658 mg.kg⁻¹ (vysoký) – 3660 mg.kg⁻¹ (vysoký), foto 2019



Na PP jsou pěstovány obiloviny a řepka; sláma je zapravována. Aplikována jsou dusíkatá minerální hnojiva a hnojiva s mikroprvky.

Statková hnojiva neaplikována, pouze v roce 2016 a 2017 drůbeží trus. Přípravky na ochranu rostlin používány.

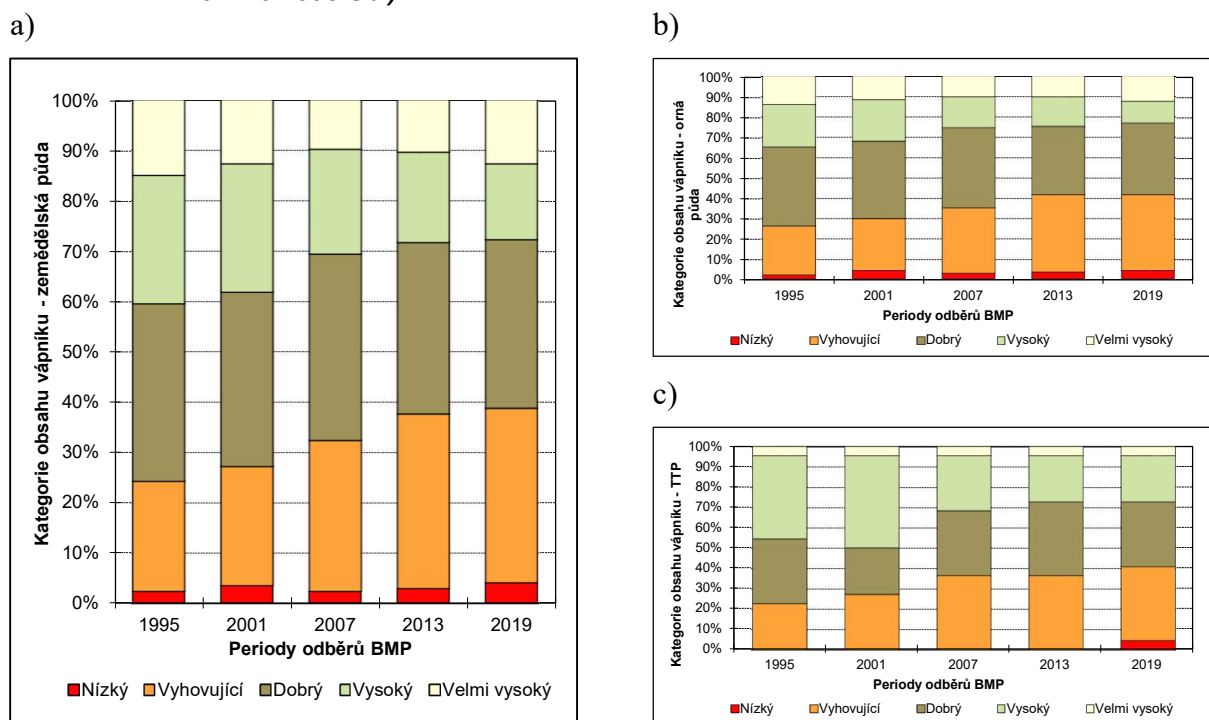
V grafech na obrázku 36 je hodnocení výsledků provedeno **podle kategorií AZZP** plynoucí z Pracovních postupů ÚKZÚZ (tabulka 9).

Na obrázku 36a, kde je vyhodnocen obsah přístupného Ca, je patrné, že do cyklu 2007 je v souboru 173 PP nejvíce zastoupena kategorie obsahu „dobrý“. Kategorie zaujímala 35 % (rok 1995), 35 % (rok 2001), 37 % (rok 2007), 34 % (rok 2013), 33,5 % (rok 2019). Od cyklu 2013 je v grafu na prvním místě kategorie obsahu „vyhovující“. Kategorie zaujímala 22 % (rok 1995), 24 % (rok 2001), 30 % (rok 2007), 35 % (rok 2013), 35 % (rok 2019). Významným procentem je také zastoupena kategorie „vysoký“ obsah a to v jednotlivých letech takto: 25 % (rok 1995), 25 % (rok 2001), 21 % (rok 2007), 18 % (rok 2013), 15 % (rok 2019). Kategorie „nízký“ obsah je v letech zastoupena do 5 %.

Orná půda (obrázek 36b, příloha 46) prakticky kopíruje situaci v obsazenosti kategorií, která panuje v hodnoceném celku. U trvalých travních porostů je situace také podobná, ale trochu nečekaně kategorie „vysoký“ obsah zaujímá vyšší podíl oproti orným půdám a v letech 1995 a 2001 byla dokonce na prvním místě. Kategorie u TTP zaujímala 41 % (rok 1995), 45,5 % (rok 2001), 27 % (rok 2007), 23 % (rok 2013), 23 % (rok 2019). Kategorie „nízký“ obsah se v letech vůbec nevyskytuje, až od roku 2019, a to podílem 4,5 % (obrázek 36c, příloha 46). Z toho můžeme usuzovat na zásobenost Ca i v trvalých travních porostech.

Sady se v letech udržují v kategoriích „dobrý“, a „vysoký“, vinice v kategoriích „velmi vysoký“ a chmelnice v kategoriích „vysoký“ (příloha 46, 47).

Obrázek 36 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 v jednotlivých kategoriích obsahu Ca (podle přílohy č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)



Shrnutí vývoje obsahu vápníku

- Nejvíce pozorovacích ploch zaznamenalo pokles obsahů výměnného vápníku v ornici a to 83,5 % PP (55 % PP pokleslo v rozmezí 1 až 25 % původní hodnoty, 25 % PP v rozmezí 26 až 50 % původní hodnoty a 3,5 % PP v rozmezí 51 až 75 % původní hodnoty). 15 % PP zaznamenalo nárůst hodnot a 0,6 % PP se udrželo na stejné hodnotě.
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo k poklesu **průměrných** hodnot obsahů přístupného vápníku v ornici v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) takto:

- *ornice* $3628 \text{ mg.kg}^{-1} > 3450 \text{ mg.kg}^{-1} > 3193 \text{ mg.kg}^{-1} > 3105 \text{ mg.kg}^{-1} > 3071 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *podorníci* $3774 \text{ mg.kg}^{-1} > 3664 \text{ mg.kg}^{-1} > 3402 \text{ mg.kg}^{-1} < 3433 \text{ mg.kg}^{-1} < 3437 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 1995 jsou statisticky významné v ornici i v podorníci.

- Změny obsahu přístupného vápníku v ornici v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) byly následující (**medián**):

- *orná půda* $2610 \text{ mg.kg}^{-1} > 2518 \text{ mg.kg}^{-1} > 2273 \text{ mg.kg}^{-1} > 2263 \text{ mg.kg}^{-1} < 2243 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *TTP* $2829 \text{ mg.kg}^{-1} < 3193 \text{ mg.kg}^{-1} > 2547 \text{ mg.kg}^{-1} > 2272 \text{ mg.kg}^{-1} < 2271 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *sady* $2824 \text{ mg.kg}^{-1} < 2956 \text{ mg.kg}^{-1} > 2659 \text{ mg.kg}^{-1} > 2704 \text{ mg.kg}^{-1} < 2795 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *vinice* $6369 \text{ mg.kg}^{-1} > 5590 \text{ mg.kg}^{-1} > 5237 \text{ mg.kg}^{-1} < 5493 \text{ mg.kg}^{-1} < 5219 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *chmelnice* $6367 \text{ mg.kg}^{-1} < 5378 \text{ mg.kg}^{-1} < 4808 \text{ mg.kg}^{-1} > 5067 \text{ mg.kg}^{-1} < 4419 \text{ mg.kg}^{-1}$

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním jsou statisticky průkazné u orné půdy, TTP a chmelnic.

- Obsahy přístupného vápníku u půdních typů mezi počátkem monitorování a posledním cyklem vzorkování v roce 2019 klesaly kromě šedozemě a černice. Půdní typ, který vykázal nejvyšší pokles byla:

- *antropozem* $9683 \text{ mg.kg}^{-1} < 13200 \text{ mg.kg}^{-1} > 11023 \text{ mg.kg}^{-1} > 9328 \text{ mg.kg}^{-1} > 8115 \text{ mg.kg}^{-1}$

Půdní typy, které vykázaly zvyšující se obsah Ca, byly:

- *šedozem* $3335 \text{ mg.kg}^{-1} > 3184 \text{ mg.kg}^{-1} > 3052 \text{ mg.kg}^{-1} < 3142 \text{ mg.kg}^{-1} < 3458 \text{ mg.kg}^{-1}$
- *černice* $7232 \text{ mg.kg}^{-1} < 7786 \text{ mg.kg}^{-1} > 6579 \text{ mg.kg}^{-1} < 6709 \text{ mg.kg}^{-1} < 7355 \text{ mg.kg}^{-1}$

- Nejvíce zastoupené byly dvě kategorie obsahu vápníku dle třídění AZPP v hodnoceném celku 173 PP. Kategorie obsahu „dobrý“, která byla do roku 2007 na prvním místě a kategorie obsahu „vyhovující“, která od roku 2013 na prvním místě nahradila kategorii obsahu „dobrý“. Tyto dvě kategorie zaujímaly v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (1995, 2001, 2007, 2013, 2019) následující procento:

- „dobrý“ $35 \% = 35 \% < 37 \% > 34 \% > 33,5 \%$
- „vyhovující“ $22 \% < 24 \% < 30 \% < 35 \% = 35 \%$

Významným procentem, ale se snižujícím se trendem je také zastoupena kategorie „*vysoký*“ obsah a to v jednotlivých letech takto: 25 % = 25 % > 21 % > 18 % > 15 %. Kategorie „*nízký*“ obsah je v letech zastoupena do 5 %. Sledujeme nárůst podílu ploch v kategoriích „*nízký*“, a „*vyhovující*“ a to na úkor kategorie „*vysoký*“.

- Orná půda kopíruje situaci kategorií Ca v hodnoceném celku. U trvalých travních porostů kategorie „*vysoký*“ zaujímala vyšší podíl oproti orným půdám a kategorie nízký se objevila poprvé až v posledním odběrovém cyklu. Sady se v letech udržují v kategoriích „*dobrý*“, a „*vysoký*“, vinice v kategoriích „*velmi vysoký*“ a chmelnice v kategoriích „*vysoký*“.
- „*Dobrý*“ obsah značí příznivý obsah v půdě, který je třeba udržovat dodávkou živiny do půdy dle odběrového normativu. „*Vyhovující*“ obsah představuje zásobu v půdě, kterou je třeba mírně dosytit navýšením vypočteného normativu pěstovaných plodin o 20–30 %. Půdy s „*nízkým*“ obsahem fosforu v půdě je třeba dohnojit zvýšením vypočteného normativu pro pěstovanou plodinu o 50 %.
- V případě vysokého a velmi vysokého obsahu živiny v půdě je další přihnojování neekonomické a z ekologického hlediska nepřijatelné. Doporučuje se danou živinou nehnojit až do doby, kdy budou k dispozici výsledky z dalšího cyklu odběrů.

4.6 Uhličitaný

Uhličitaný neboli karbonáty jsou v půdě velmi významné. Působí svým zásaditým charakterem proti snižování půdní kyselosti a příznivě působí na tvorbu půdní struktury. Jejich zdrojem je nejčastěji kalcit, který se poměrně lehce rozpouští, dále dolomit a ojediněle magnezit. Rozpustnost uhličitanů je závislá na pH půdy – vyšší rozpustnost je v kyslejší oblasti pH. Značný vliv na rozpustnost uhličitanů má obsah CO_2 (Vaněk et al, 2012)

Analýza vzorků půd z BMP byla na obsah uhličitanů prováděna až od roku 2007. Z těchto let bylo v souboru ploch dosaženo průměrných obsahů 0,48 % (rok 2007), 0,44 % (rok 2013) a 0,44 % (rok 2019) v ornici a v podorniči 0,61 % (rok 2007), 0,69 % (rok 2013) a 0,77 % (rok 2019). Hodnoty v ornici byly bez statisticky průkazného rozdílu. Zvýšení u průměrů v podorniči bylo vyhodnoceno statisticky průkazně mezi rokem 2007 a 2019 (obrázek 37, příloha 37). Mediánové hodnoty byly pro všechny roky i pro oba horizonty na stejné úrovni a to < 0,2 %, což je laboratorní mez stanovitelnosti (tabulka 17).

Pro výpočty byla použita hodnota 0,1 % v případě, že byly naměřené hodnoty < 0,2 %. Pokud se v souboru vyskytla plocha, která měla hodnotu obsahu uhličitanů vyšší nebo rovno 0,2 %, do tabulky byl poté napsán výsledek, který je sice menší než 0,2 %, ale vystihuje situaci v počítaném souboru. Pokud je v tabulce zapsána hodnota < 0,2 %, znamená to, že v souboru se vyskytly všechny hodnoty < 0,2 %.

Tabulka 17 Popisná statistika obsahu uhličitanů na monitorovacích plochách BMP (173 ploch) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (%)

O horizont									
Cyklus	Počet	Průměr	Min	Max	0.10 perc.	0.25 perc.	Medián	0.75 perc.	0.90 perc.
1995	173	n	n	n	n	n	n	n	n
2001	173	n	n	n	n	n	n	n	n
2007	173	0,48	< 0,20	19,8	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,58
2013	173	0,44	< 0,20	25,7	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,30
2019	173	0,44	< 0,20	24,6	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,55
P horizont									
1995	173	n	n	n	n	n	n	n	n
2001	173	n	n	n	n	n	n	n	n
2007	173	0,61	< 0,20	29,7	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,20	0,58
2013	173	0,69	< 0,20	29,9	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,86
2019	173	0,77	< 0,20	27,1	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,13	1,03

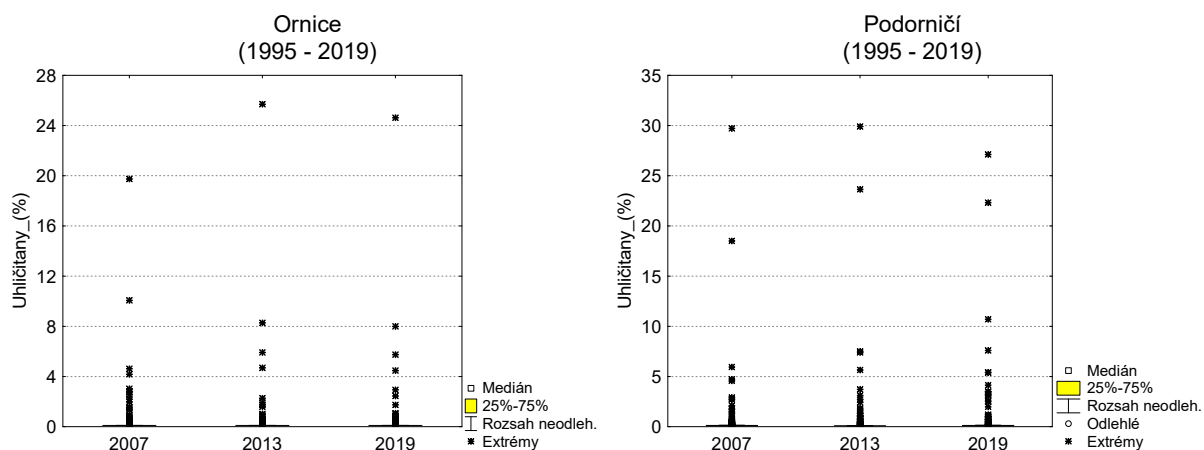
Pozn. n...nestanovené

Mediány obsahu uhličitanů v ornici orných půd, TTP a sadů se v odběrových cyklech udržovaly na hladině < 0,2 %, (obrázek 38, příloha 16). Nejvyšších obsahů dosahovaly vinice a to < 0,2 % až 25,7 %. V případě vyššího obsahu uhličitanů, se půdy označují jako vápnité zeminy. Pokud je obsah do 3 % uhličitanů, jsou tyto půdy nazvány jako slabě vápnité, do 25 % vápnité, do 60 % slíny, nad 60 % vápenaté zeminy (Jandák et al., 2001).

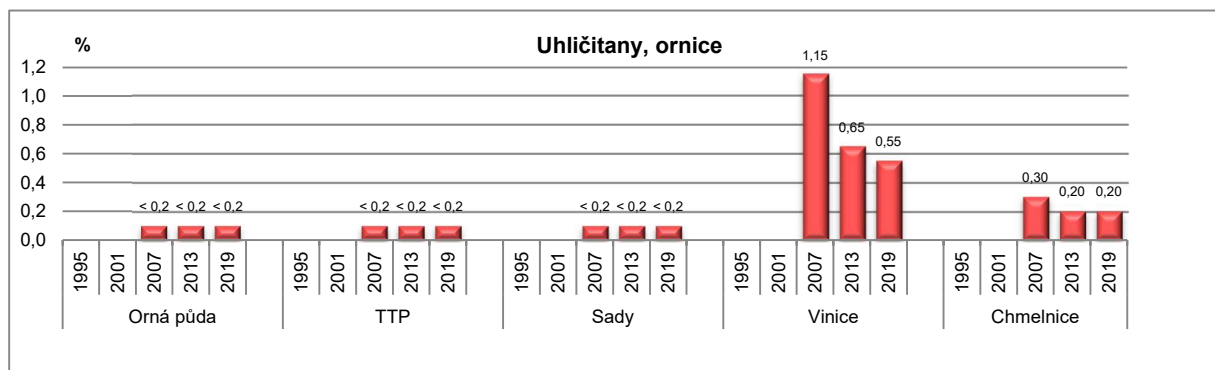
Průměrné hodnoty obsahu uhličitanů, se kterými bylo počítáno ve statistickém porovnávání, byly u orných půd mezi rokem 2007 a 2019 bez průkazného rozdílu v ornici (snížení z 0,39 %

na 0,32 %) a průkazně se zvyšovaly v podorniči (zvýšení z 0,46 % na 0,69 %). U trvalých travních porostů došlo ke snížení v ornici i v podorniči (snížení z 0,22 % na 0,18 % v ornici a z 0,22 % na 0,21 % v podorniči) – bez statisticky významného rozdílu (příloha 37). Sady se nevyznačovaly poklesem ani nárůstem obsahů. Vinice poklesly z 1,15 % na 0,55 % a chmelnice poklesly z 0,30 % na 0,20 %. Obě kultury bez statisticky významného rozdílu.

Obrázek 37 Grafické znázornění statistických parametrů obsahu uhličitánů na 173 PP BMP v letech 2007, 2013 a 2019



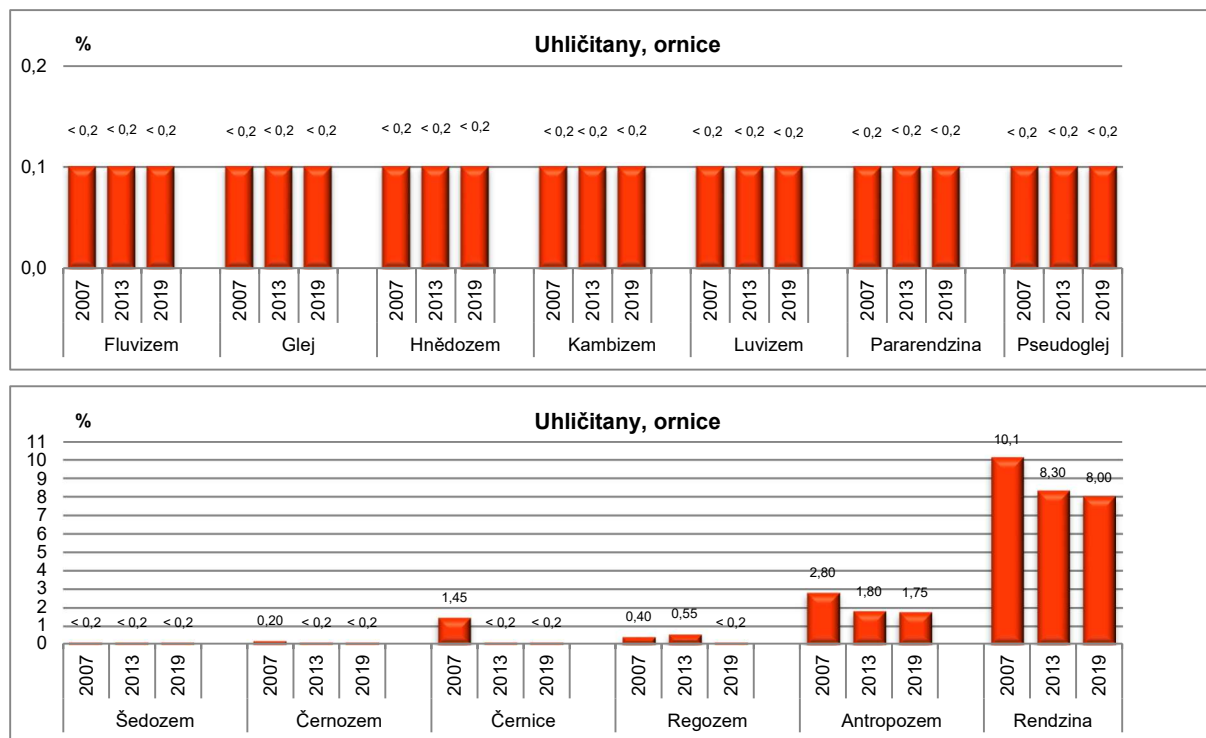
Obrázek 38 Vývoj mediánů obsahu uhličitánů v ornici jednotlivých kultur na plochách BMP v letech 2007, 2013 a 2019 (v roce 1995 a 2001 nebyl obsah uhličitánů stanovován; %)



Ve většině půdních typů v rámci BMP se medián obsahu uhličitánů v ornici v letech 2007 až 2019 pohyboval na hladině obsahů < 0,2 %, (obrázek 39, příloha 27). Pět půdních typů (černozem, černice, regozem, antropozem a rendzina) vykázalo medián v některém z cyklů vyšší než < 0,2 %. Nejvyšší naměřená hodnota z celého cyklu vzorkování pro ornici byla 25,7 % (rendzina, rok 2013, vinice, PP 7019B, Dambořice, okres Hodonín) a pro podorniči 29,9 % (rendzina, rok 2013, vinice, PP 7019B, Dambořice, okres Hodonín). Půdy z této plochy můžeme označit pojmem slín neboť dosahuje hodnoty nad 25 % uhličitánů. Všechny pět vyjmenovaných půdních typů vykázalo pokles mediánových hodnot mezi rokem 2007 a 2019. Největší pokles vykázala rendzina (o 2,1 %) a antropozem (o 1,05 %). *Antropozemě* vznikají zcela nově, a to půdotvorným procesem na člověkem nahromaděných materiálech při těžební, skládkovací, nebo stavební činnosti. Tyto půdy mají rozmanité půdní vlastnosti a agrochemické

parametry v závislosti na vyskytujících se materiálech (Rejšek et Vácha, 2018). Žádný půdní typ nezaznamenal nárůst obsahu uhličitánů.

Obrázek 39 Vývoj mediánů obsahu uhličitánů v ornici jednotlivých půdních typů na plochách BMP v letech 2007, 2013 a 2019 (%)

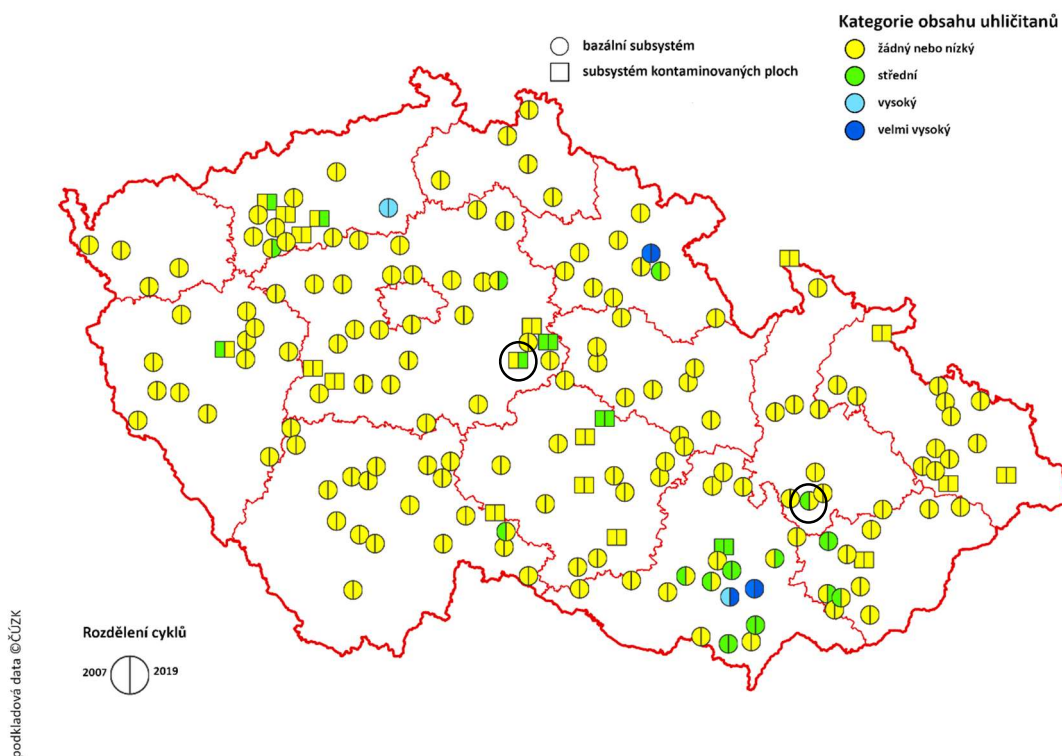


V mapě na obrázku 40 je zobrazen stav uhličitánů na jednotlivých PP v roce 2007 a v roce 2019 podle kategorií AZPP. Obsah uhličitánů je v AZPP rozčleněn do kategorií: obsah *žádný* (0 %), obsah *nízký* (0,1–0,5 %), obsah *střední* (0,6–3,0 %), obsah *vysoký* (3,1–5,0 %) a obsah *velmi vysoký* (nad 5,0 %). Vzorky s hodnotou < 0,2 % (kterých byla většina) bylo problematické zařadit do správné kategorie. Proto bylo pro potřeby vyhodnocení přistoupeno ke sloučení dvou kategorií *obsah žádný* a *obsah nízký* do kategorie jedné, pracovně označené jako kategorie *žádný až nízký obsah*.

Mapa na obrázku 41, ukazuje míru poklesu nebo nárůstu obsahu uhličitánů, která nastala mezi počátkem sledování a rokem 2019. Nejvíce ploch zaznamenalo setrvalý stav obsahů (77 % PP) (barva oranžová). Druhým nejrozšířenějším byl pokles hodnot od 26 do 50 % oproti počátku sledování a to u 4,5 % PP (barva fialová). Celková míra poklesů byla mírně vyšší oproti nárůstům (13,5 % PP pokles, 9 % PP nárůst). Obsah uhličitánů je víceméně stabilní hodnotou, která má významnou souvislost s půdotvorným substrátem a matečnou horninou.

Plochy s největším výkyvem obsahu uhličitánů mezi rokem 2007 a 2019 jsou označeny kroužkem. Na obrázku 42 jsou fotografie těchto ploch. K fotografiím jsou doplněné charakteristiky týkající se pěstovaných plodin, aplikovaných minerálních a organických hnojiv a použití přípravků na ochranu rostlin.

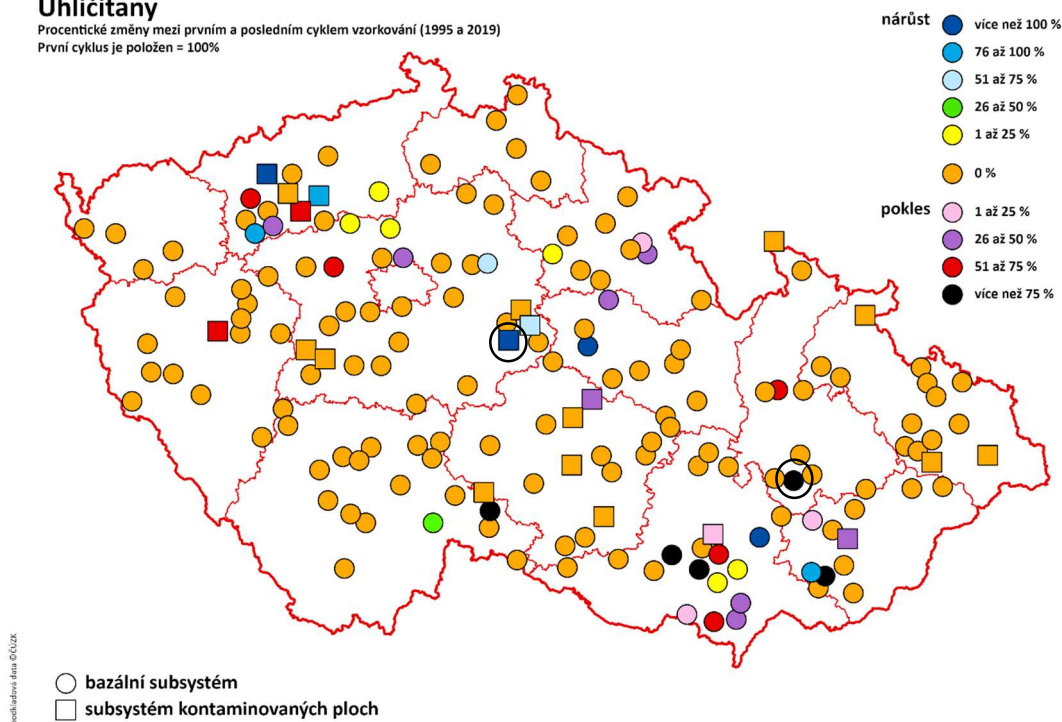
Obrázek 40 Kategorie obsahu uhličitánů na monitorovacích plochách BMP v roce 2007 a 2019 podle AZZP (příloha č. 5 vyhlášky č. 275/1998 Sb.). Kroužkem jsou označeny PP s největším a s nulovým rozdílem hodnot mezi rokem 2007 a 2019



Obrázek 41 Změny obsahu uhličitánů na monitorovacích plochách BMP mezi rokem 2007 a 2019, %

Uhličitany

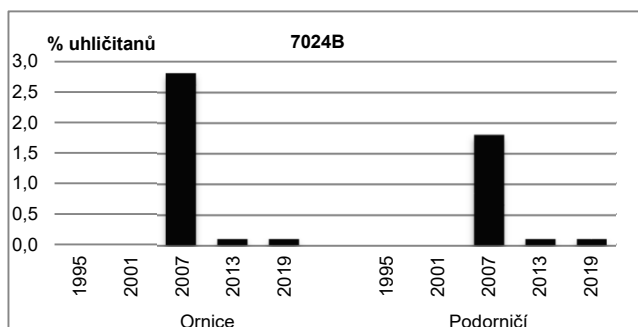
Procentické změny mezi prvním a posledním cyklem vzorkování (1995 a 2019)
První cyklus je položen = 100%



Obrázek 42 Vývoj obsahu uhličitánů na plochách s vysokými a nulovými rozdíly hodnot v ornici mezi rokem 2007 a 2019

Nejvyšší pokles obsahu uhličitánů v ornici mezi rokem 2007 a 2019 (o 96 %).

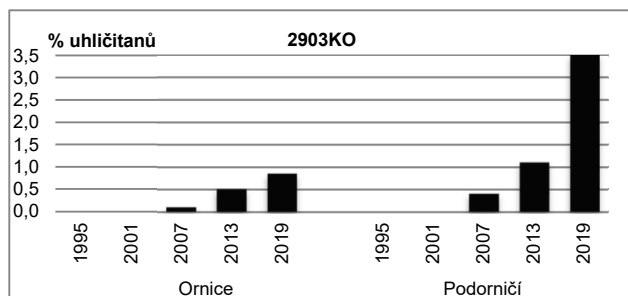
PP 7024B, orná půda, Hrubčice, okres Prostějov, černice, uhličitany 2,8 % (střední) – 0,1 (žádný až nízký), foto 2019



Na PP probíhalo pravidelné střídání plodin. Minerální hnojení všemi živinami, statková hnojiva neaplikována. Chemické přípravky na ochranu rostlin používány. Od roku 2018 nejsou informace o ploše dodávány.

Nejvyšší nárůst obsahu uhličitánů v ornici mezi rokem 2007 a 2019 (o 850 %).

PP 2903KO, orná půda, Poličany, okres Kutná Hora, hnědozem, uhličitany 0,1 % (žádný až nízký) – 0,85 % (střední), foto 2019



Na PP jsou pěstovány převážně obiloviny, kukuřice a cukrová řepa. Sláma a chrást jsou zaorávány. Hnojení statkovými hnojivy není prováděno, ale jsou zaorávány cukrovkové skrojky a v roce 2015, 2016 a 2018 byl aplikován kompost. Minerálními hnojivy jsou dodávány všechny živiny. Dvakrát aplikován dolomitický vápenec a každoročně LAV. Ochrana rostlin chemickými přípravky je používána.

Bez výkyvu obsahu uhličitánů v ornici mezi rokem 2007 a 2019 (o 0 %).

Tomuto požadavku vyhovovalo 133 PP. Není proto na tomto místě vypíchnuta žádná konkrétní plocha.

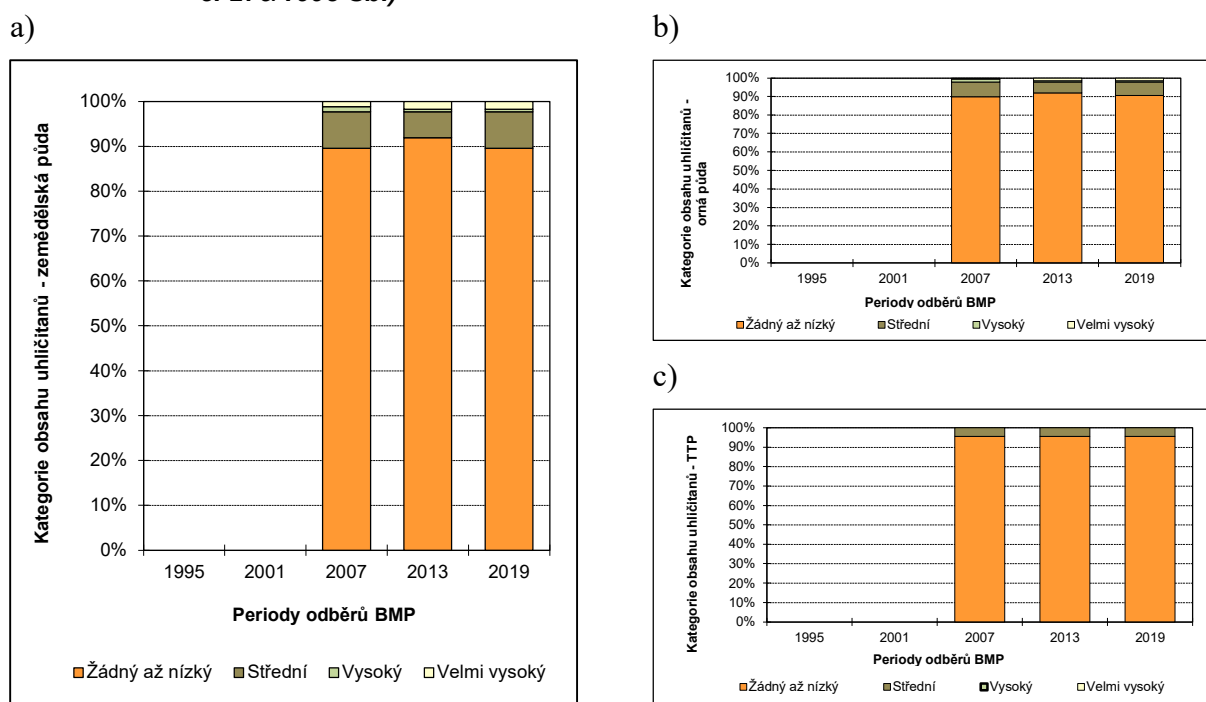
V grafech na obrázku 43 je hodnocení výsledků provedeno **podle kategorií AZZP** plynoucí z vyhlášky č. 275/1998 Sb. (tabulka 8).

Na obrázku 43a, kde je vyhodnocen obsah uhličitánů v souboru 173 PP, je nejvíce zastoupena kategorie „žádný až nízký“ obsah, která zahrnuje hodnoty 0–0,5 % uhličitánů. Kategorie zaujímala 90 % (rok 2007), 92 % (rok 2013), 90 % (rok 2019). Druhou nejvíce zastoupenou kategorií je obsah „střední“ zahrnující hodnoty 0,6–3 % uhličitánů. Kategorie zaujímala 8 % (rok 2007), 6 % (rok 2013), 8 % (rok 2019). Tyto půdy můžeme označit pojmem slabě vápnité

půdy, dosahují hodnot do 3 % uhličitánů. Kategorie „vysoký“ (3,1–5 % uhličitánů) zaujímala v jednotlivých letech okolo 1 % ploch a kategorie „velmi vysoký“ (nad 5 % uhličitánů) zaujímala v jednotlivých letech od 1 % do 2 % ploch. Půdy z obou těchto kategorií můžeme označit pojmem vápnité, dosahují hodnot do 25 % uhličitánů, případně nad 25 % do 60 % slíny, nad 60 % vápenaté zeminy.

Orná půda (obrázek 43b, příloha 48) kopíruje situaci v obsazenosti kategorií hodnoceného celku. Trvalé travní porosty (obrázek 43c, příloha 48) mají zastoupení v kategorii „žádný až nízký“ obsah ve všech letech a to na 95,5 % ploch a v kategorii „střední“ obsah ve všech letech na 4,5 % ploch. Nedochozí zde v letech ke změnám. Plochy sadů se v letech vyskytují pouze v jedné kategorii a to „žádný až nízký“ obsah. Jiná situace je ve vinicích, kde jsou zastoupeny tři kategorie: „žádný až nízký“ obsah vyskytující se v letech na 25–50 % ploch, „střední“ obsah vyskytující se v letech také na 25–50 % ploch a „velmi vysoký“ obsah, který je ve všech letech na 25 % ploch. Chmelnice mají rovněž jako sady zastoupení pouze v jedné kategorii a to „žádný až nízký“ obsah a to ve všech letech (s výjimkou roku 2019, kdy se navíc vyskytuje i kategorie „střední“ obsah). (příloha 48, 49).

Obrázek 43 Procentické zastoupení monitorovacích ploch BMP v letech 2007, 2013 a 2019 v jednotlivých kategoriích obsahu uhličitánů (podle přílohy č. 3 vyhlášky č. 275/1998 Sb.)



Shrnutí vývoje obsahu uhličitánů

- Soubor 173 PP vykázal u většiny ploch (77 % PP) setrvalý stav hodnot v obsazích uhličitánů, 9 % PP zaznamenalo nárůst a 13,5 % pokles.
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo k poklesu **průměrných** hodnot obsahů uhličitánů v ornici v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (2007, 2013, 2019) takto:
 - ornice 0,48 % > 0,44 % = 0,44 %

– *podorníčí* 0,61 % > 0,69 % < 0,77 %

Změny nastalé v roce 2019 v porovnání s rokem 2007 jsou statisticky významné pouze v podorníčí

- Obsahy uhličitánů v podorníčí jsou vyšší než obsahy v ornici
- Změny obsahu uhličitánů v ornici v kulturách v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (2007, 2013, 2019) byly následující (**mediány**):
 - *orná půda* < 0,2 % = < 0,2 % = < 0,2 %
 - *TTP* < 0,2 % = < 0,2 % = < 0,2 %
 - *sady* < 0,2 % = < 0,2 % = < 0,2 %
 - *vinice* 1,15 % > 0,65 % > 0,55 %
 - *chmelnice* 0,30 % > 0,2 % = 0,2 %

Změny mezi počátkem monitoringu a posledním vzorkováním nejsou v ornici jednotlivých kultur statisticky průkazné. Průkazné je pouze zvýšení v podorníčí orných půd.

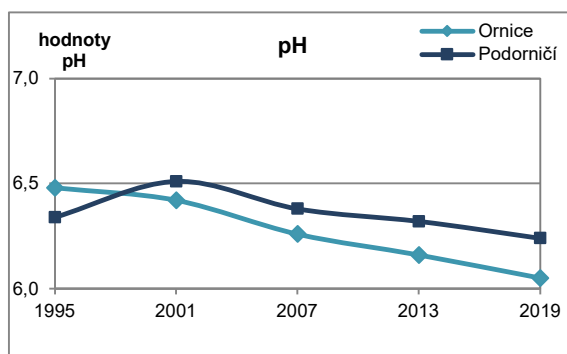
- Obsahy uhličitánů (**medián**) u většiny půdních typů v jednotlivých odběrových cyklech (2007, 2013, 2019) byly na jednotné hladině < 0,2 %. Černozem, černice, regozem, antropozem a rendzina vykázaly medián v některém z cyklů vyšší než < 0,2 % a zároveň jejich obsah v letech klesal.
- Nejvíce zastoupená byla kategorie „*žádný až nízký*“ obsah uhličitánů, která pracovně vznikla sloučením „*žádný*“ obsah a „*nízký*“ obsah do jedné pro potřeby skloubit analytické výsledky na úrovni meze stanovitelnosti s nejnižší kategorií AZZP. Tato sloučená kategorie zaujímala v pořadí odběrových cyklů, chronologicky řazených za sebou (2007, 2013, 2019) následující procento: 90 % < 92 % > 90 %. Druhou nejrozšířenější kategorií byla kategorie „*střední*“ obsah: 8 % > 6 % < 8 %.
- Nejvíce zastoupenou kategorií ve všech letech u všech kultur byla kategorie „*žádný až nízký*“ obsah, která v letech zaujímala následující rozšíření: orná půda 90–92 %, TTP 95,5 %, sady 100 %, vinice 25–50 %, chmelnice 100 % s výjimkou v roce 2019, kdy se navíc vyskytuje i kategorie „*střední*“ obsah. Kategorie „*střední*“ obsah byla druhou nejrozšířenější a zaujímala u kultur následující procenta: orná půda 6–8 %, TTP 4,5 %, sady 0 %, vinice 25–50 %, chmelnice 0–33 %. Vinice měly ve všech letech zastoupení ještě ve třetí kategorii: „*velmi vysoký*“ obsah, do kterého se řadilo 25 % ploch.

5 KLÍČOVÉ ZÁVĚRY Z 25 LET TRVÁNÍ BMP

Do hodnocení čtyř cyklů odběrů (1995, 2001, 2007, 2013) bylo zařazeno 173 ploch z celkových 214 ploch BMP, které po tuto dobu byly vzorkovány v každém cyklu, nezměnily kulturu ani se nepřesunuly (137 PP orných půd, 22 PP trvalých travních porostů, 4 PP sadů, 4 PP vinic a 6 PP chmelnic).

VÝMĚNNÁ PŮDNÍ REAKCE

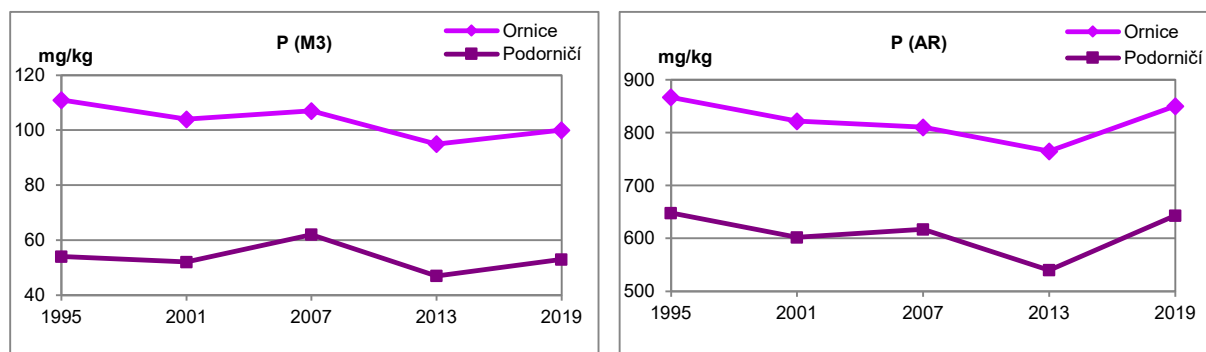
Obrázek 44 Vývoj průměrných hodnot výměnného pH na plochách BMP (173 PP) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019



- Podorníčí má kromě roku 1995 vyšší pH než ornice.
- V průběhu trvání Bazálního monitoringu půd došlo v celém souboru 173 PP k poklesu hodnot jak výměnného, tak aktivního pH. Snížení mezi počátkem monitorování v roce 1995 a cyklem odběrů v roce 2019 u výměnného pH bylo statisticky významné jak v orniční vrstvě, tak v podorníčí.
- Pokles výměnného pH v ornici nastal u 83 % PP, 14 % PP zaznamenal nárůst a 3 % setrvalý stav v roce 2019 oproti roku 1995.
- Ke snížení výměnného pH v ornici došlo ve všech kulturách a ve všech půdních typech. Největší změna nastala u TTP (pokles mezi rokem 1995 a 2019 o 0,6 pH). U orných půd a sadů kleslo výměnné pH o 0,3, u vinic o 0,4 a u chmelnic o 0,5. Statisticky významné snížení pH bylo prokázáno u orných půd, TTP, vinic a chmelnic.
- Nejvíce zastoupenou kategorií AZZP půdní kyselosti ve všech sledovaných letech v celém souboru 173 PP byla kategorie „*slabě kyselá*“ (pH 5,6–6,5) a její procento narůstalo. Druhou nejobsáhlejší kategorií byla „*neutrální*“ (pH 6,6–7,2). Procento této kategorie se snižovalo a zvyšovalo se zastoupení půd v kategoriích kyselých („*kyselá*“, „*silně kyselá*“, „*extrémně kyselá*“), kam se řadí i půdy s hodnotami pod 5,5 pH. Počet těchto kyselých kategorií v letech narůstal a v roce 2019 jejich počet stoupl téměř na jednu třetinu. Půdy s pH pod 5,5 nesou rizika spojená se snížením biologické aktivity a se zvýšenou biopřístupností rizikových prvků (např. Cd a Pb).
- Kategorie „*slabě kyselá*“ byla rovněž nejvíce zastoupena u orné půdy, TTP a sadů. Vinice měly v letech největší zastoupení v kategorii „*alkalická*“ (pH 7,3–7,7) a chmelnice ve dvou kategoriích „*alkalická*“ a „*neutrální*“.
- TTP se vyznačovaly nejnižšími průměrnými hodnotami pH.

FOSFOR

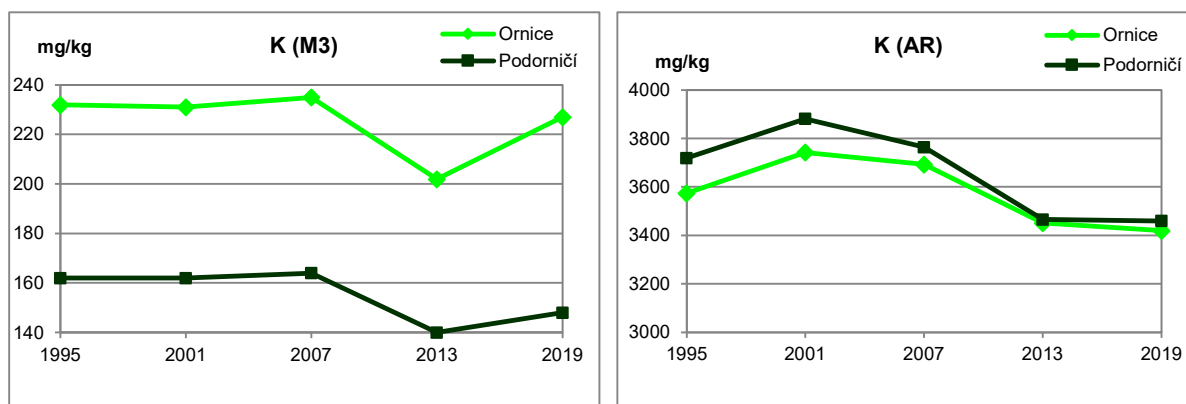
Obrázek 45 Vývoj průměrných obsahů fosforu na plochách BMP (173 PP) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3 – (P M3), lučavka královská – (P AR); mg.kg⁻¹)



- Obsahy P (přístupného i celkového) jsou vyšší v orničním horizontu
- U 70 % ploch došlo k poklesu obsahu přístupného fosforu v ornici oproti původní hodnotě z roku 1995.
- Snížení obsahu přístupného fosforu mezi rokem 1995 a 2019 v celém souboru 173 PP bylo statisticky průkazné v ornici, ale neprůkazné v podorníčí. Obsah fosforu v extraktu lučavky královské významně klesal v ornici i podorníčí až do periody v roce 2013. V roce 2019 naopak došlo k nárůstu, který byl porovnatelný (statisticky neprůkazný) s rokem 1995 jak v ornici tak v podorníčí.
- Ke snížení přístupného fosforu došlo v ornici ve všech kulturách kromě chmelnic. Největší pokles mezi rokem 1995 a 2019 nastal u sadů (pokles o 42 mg.kg⁻¹). U orných půd klesl obsah o 15 mg.kg⁻¹, u TTP o 3 mg.kg⁻¹, u vinic o 8 mg.kg⁻¹. U chmelnic naopak nastal nárůst a to o 85 mg.kg⁻¹. Z hlediska statistické průkaznosti nebyly výkyvy v obsahu fosforu v kulturách mezi rokem 1995 a 2019 průkazné s výjimkou orných půd.
- Nejvíce zastoupenými kategoriemi AZPP obsahu přístupného fosforu ve všech sledovaných letech v celém souboru 173 PP byly kategorie „dobrý“, „vyhovující“ a „nízký“. Každá kategorie zahrnovala zhruba čtvrtinu ploch, přičemž se postupně navyšovalo zastoupení půd v kategoriích s nižším obsahem fosforu (kategorie „vyhovující“ a „nízký“).
- Kategorie obsahu „dobrý“, „vyhovující“ a „nízký“ byly rovněž nejvíce zastoupeny u kultur orná půda a TTP, chmelnice měly významně zastoupenou kategorii „velmi vysoký“ obsah.
- TTP se vyznačovaly nejnižšími průměrnými hodnotami obsahu fosforu.
- Chmelnice měly nejvyšší průměrné obsahy fosforu.

DRASLÍK

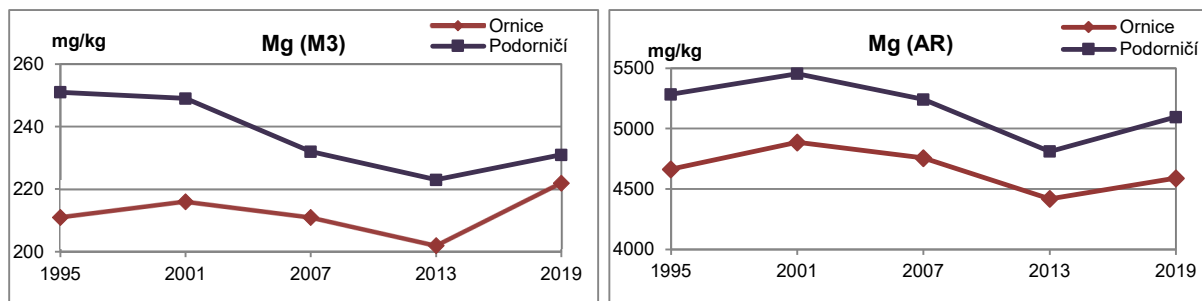
Obrázek 46 Vývoj průměrných obsahů draslíku na plochách BMP (173 PP) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3 – K (M3), lučavka královská – K (AR); mg.kg⁻¹)



- Obsahy přístupného draslíku jsou vyšší v orničním horizontu. Obsahy celkového draslíku jsou v ornici i podorníčí na podobné úrovni.
- Množství poklesů a nárůstů mezi rokem 1995 a 2019 je u sledovaného souboru 173 PP v ornici vyrovnané (50 % PP vykázalo nárůst, 49 % PP vykázalo pokles, 1 % vykázalo nezměněné hodnoty).
- Průměrné hodnoty obsahů přístupného draslíku byly v celém souboru 173 PP v průběhu monitorování vyrovnané, a k statisticky významnému vybočení došlo pouze v roce 2013, kdy nastal v ornici i podorníčí výrazný pokles obsahů vůči ostatním cyklům. Celkový obsah draslíku (extrakce v lučavce královské) se snížil mezi prvním a posledním cyklem v ornici i v podorníčí; statisticky průkazný byl ale pokles pouze v podorníčí.
- Jednotlivé kultury vykázaly v odběrových cyklech výkyvy v obsazích přístupného draslíku v ornici. Porovnání roku 1995 a 2019 ukázalo pokles obsahů u chmelnic o 107 mg.kg⁻¹, u orných půd klesl obsah o 8 mg.kg⁻¹, u TTP o 12 mg.kg⁻¹, u sadů o 33 mg.kg⁻¹. U vinic naopak nastal nárůst a to o 133 mg.kg⁻¹. Všechny tyto výkyvy u všech kultur byly statisticky neprůkazné.
- Nejvíce zastoupenou kategorií AZPP obsahu přístupného draslíku ve všech sledovaných letech v celém souboru 173 PP byla kategorie obsah „dobrý“ a na druhém místě obsah „vyhovující“.
- Kategorie obsahu „dobrý“ a „vyhovující“ byly nejvíce zastoupeny u všech kultur kromě trvalých travních porostů, kde byla na prvním místě nejvíce rozšířena kategorie „vyhovující“ obsah a na druhém místě obsah „nízký“. Vinice a chmelnice měly v jednotlivých letech nejednotné zastoupení kategorií, z nichž převládaly kategorie vyšších obsahů draslíku.
- TTP se vyznačovaly nejnižšími průměrnými hodnotami draslíku.
- Chmelnice měly nejvyšší průměrné obsahy draslíku.

HOŘČÍK

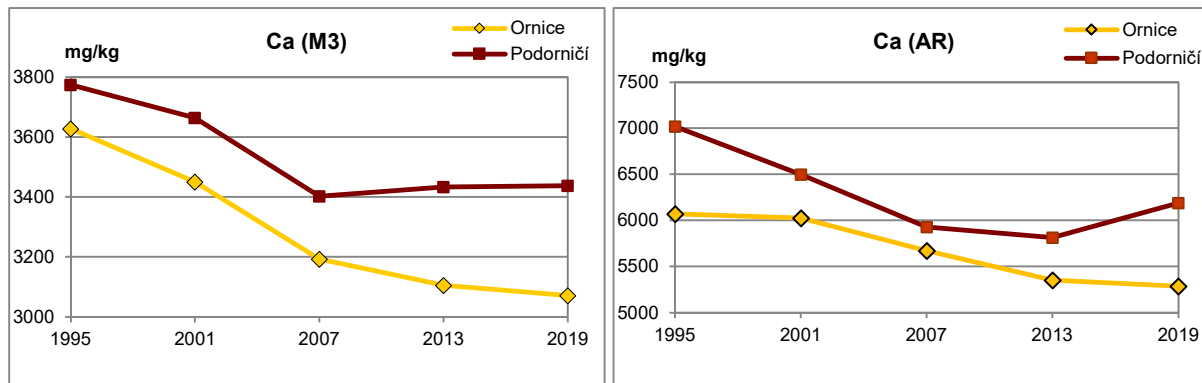
Obrázek 47 Vývoj průměrných obsahů hořčíku na plochách BMP (173 PP) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3 – Mg (M3), lučavka královská – Mg (AR); mg.kg^{-1})



- Obsahy hořčíku (přístupného i celkového) jsou vyšší v podorníčním horizontu.
- Průměrné hodnoty obsahů přístupného hořčíku v souboru 173 PP ornice byly v průběhu monitorování vyrovnané s navýšením v roce 2019, které bylo statisticky průkazné při porovnání s rokem 2013, ale už ne s rokem 1995. V podorníčí panuje pokles, který je statisticky průkazný. Hodnoty v lučavce královské poklesly v ornici i podorníčí, ale nebyly průkazné.
- Množství nárůstů obsahů přístupného hořčíku mezi rokem 1995 a 2019 u sledovaného souboru 173 PP v ornici převládá nad množstvím poklesů (59,5 % PP vykázalo nárůst, 37,5 % PP vykázalo pokles, 3 % vykázalo nezměněné hodnoty).
- Došlo ke zvýšení přístupného hořčíku v ornici ve všech kulturách kromě orné půdy. Obsah v orných půdách mírně klesal až do roku 2013 a poté se v roce 2019 dostal opět na úroveň roku 1995, tedy porovnání dat z počátku monitoringu a roku 2019 bylo statisticky neprůkazné. Nárůst obsahů mezi rokem 1995 a 2019 nastal u chmelnic (o 76 mg.kg^{-1}), u TTP (o 11 mg.kg^{-1}), u sadů (o 14 mg.kg^{-1}), u vinic (o 1 mg.kg^{-1}), ale i tato data byla statisticky neprůkazná.
- Nejvíce zastoupenou kategorií AZPP obsahu přístupného hořčíku ve všech sledovaných letech v celém souboru 173 PP byla kategorie obsah „dobrý“ a na druhém místě obsah „vyhovující“. Kategorie „nízký“ obsah má v letech postupně snižující se zastoupení.
- Kategorie obsahu „dobrý“ a „vyhovující“ byly v letech nejvíce zastoupeny u orných půd, sadů a vinic. U trvalých travních porostů byla na prvním místě nejvíce rozšířena kategorie obsah „velmi vysoký“ a na druhém místě obsah „vysoký“. Chmelnice měly nejvíce obsazenou kategorii „dobrý“ a „vysoký“ obsah.
- **Orné půdy** se vyznačovaly nejnižšími mediánovými hodnotami hořčíku, naopak nejvyššími **chmelnice**.

VÁPŇÍK

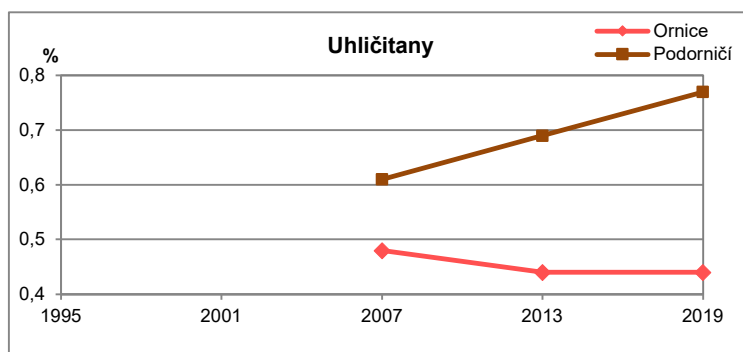
Obrázek 48 Vývoj průměrných obsahů vápníku na plochách BMP (173 PP) v letech 1995, 2001, 2007, 2013 a 2019 (Mehlich 3 – Ca (M3), lučavka královská – Ca (AR); mg.kg^{-1})



- Obsahy Ca (přístupného i celkového) jsou vyšší v podorničním horizontu.
- U 84 % PP nastal pokles obsahů přístupného vápníku a u 16 % PP byl zaznamenán setrvalý stav nebo nárůst hodnot to o 1 až 25 % v roce 2019 oproti roku 1995. Tento stav naprosto odpovídá stavu, ke kterému došlo na plochách při hodnocení výměnného pH.
- V souboru 173 PP došlo ke statisticky průkaznému snížení obsahu vápníku mezi rokem 1995 a 2019 u obsahů přístupného Ca v ornici i v podorničí. Obsah Ca v extraktu lučavky královské statisticky průkazně klesl v ornici, v podorničí byl pokles průkazný mezi rokem 1995 a 2013.
- Došlo ke snížení přístupného Ca v ornici ve všech kulturách. Největší pokles mezi rokem 1995 a 2019 nastal u chmelnic (o 1948 mg.kg^{-1}). U orných půd klesl obsah o 367 mg.kg^{-1} , u TTP o 558 mg.kg^{-1} , u sadů o 29 mg.kg^{-1} a u vinic o 1150 mg.kg^{-1} . Statisticky průkazný pokles zaznamenaly orné půdy, TTP a chmelnice.
- V souboru 173 PP docházelo ke snižování zastoupení v kategorii „vysoký“ obsah a naopak rostl podíl v kategorii „vyhovující“ obsah, což znamená přesun do nižších kategorií zásobenosti
- Orná půda a TTP kopírují situaci v hodnoceném celku 173 PP. U trvalých travních porostů na rozdíl od orných půd zaujímala kategorie „vysoký“ vyšší podíl a v letech 1995 a 2001 byla dokonce na prvním místě. Sady se v letech udržovaly v kategoriích „dobrý“, a „vysoký“, vinice v kategoriích „velmi vysoký“ a chmelnice v kategoriích „vysoký“.
- **Orné půdy** měly nejnižší obsahy přístupného Ca, **vinice** nejvyšší.

UHLIČITANY

Obrázek 49 Vývoj průměrných obsahů uhličitánů na plochách BMP (173 PP) v letech 2007, 2013 a 2019; v letech 1995 a 2001 nebyly analýzy prováděny (%)



- V letech 1995 a 2001 stanovení obsahu uhličitánů nebylo prováděno.
- Obsahy uhličitánů jsou vyšší v podorničním horizontu.
- Mezi rokem 2007 a 2019 nedošlo ke statisticky průkazné změně obsahů uhličitánů v ornici. Statisticky průkazné bylo zvýšení uhličitánů v podorníčí a to při porovnání roku 2007 a 2019. Mediánové hodnoty byly pro všechny roky i pro oba horizonty na stejné úrovni a to < 0,2 %.
- V souboru 173 PP nedošlo k žádnému výkyvu obsahu uhličitánů v ornici u 77 % ploch, 9 % PP zaznamenalo nárůst a 13,5 % pokles.
- Mediány obsahu uhličitánů v ornici orných půd, TTP a sadů se v odběrových cyklech udržovaly na hladině < 0,2 %. Vinice a chmelnice v obsazích uhličitánů poklesly, ale bez statisticky průkazného rozdílu. Průkazné je pouze zvýšení v podorníčí orných půd.
- Pro vyhodnocení analytických výsledků pro potřeby vyhodnocení podle kategorií AZZP byly sloučeny dvě kategorie „žádný“ obsah a „nízký“ obsah do jedné. Ze souboru 173 PP je 90 % zastoupeno v kategorii obsahu „žádný až nízký“. Tato kategorie zahrnuje hodnoty 0–0,5 % uhličitánů. Druhou nejvíce zastoupenou kategorií je obsah „střední“ zahrnující hodnoty 0,6–3 % a řadí se sem od 6 do 8 % ploch. Kategorie „vysoký“ (3,1–5 % uhličitánů) zaujímala v jednotlivých letech okolo 1 % ploch a kategorie „velmi vysoký“ (nad 5 % uhličitánů) zaujímala v jednotlivých letech od 1 % do 2 % ploch.
- Orná půda kopíruje situaci v obsazenosti kategorií hodnoceného celku. Trvalé travní porosty mají zastoupení pouze ve dvou kategoriích: „žádný až nízký“ obsah (ve všech letech je v ní zastoupeno 95,5 % ploch) a v kategorii „střední“ obsah. Nedochází zde v letech ke změnám. Plochy sadů se v letech vyskytují pouze v jedné kategorii a to „žádný až nízký“ obsah. Ve vinicích jsou zastoupeny tři kategorie: „žádný až nízký“ obsah a „střední“ obsah, které se vyskytují v letech na 25–50 % ploch a „velmi vysoký“ obsah, který je ve všech letech na 25 % ploch. Chmelnice mají rovněž jako sady zastoupení pouze v jedné kategorii a to „žádný až nízký“ obsah ve všech letech (s výjimkou roku 2019, kdy se navíc vyskytuje i kategorie „střední“ obsah).
- **Vinice** vykazovaly nejvyšší hodnoty obsahů uhličitánů.

6 Literární zdroje

- Jandák, J., Prax, A., Pokorný, E. 2001: *Půdoznalství*. Ediční středisko MZLU, Brno, 142 p.
- Kobza, J. 2014: *Monitoring pôd Slovenskej republiky*. Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy NPPC v Bratislave. ISBN 978-80-8163-004-0. 251 p.
- Pavlu, L., Borůvka, L., Jílková, V., Penížek, V., Šimek, M., Zádorová, T. 2019 *Vznik, vývoj, funkce, klasifikace a geografie půd*. In Šimek, M., et al. *Živá půda. Ekologie, využívání a degradace půdy*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2976-8
- Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022. Metodický pokyn č. 01/AZZP. ÚKZÚZ Brno.
- Rejšek, K., Vácha, R. 2018: *Nauka o půdě*. Olomouc. ISBN 978-80-87091-82-1. 500 p.
- Richter, R., Hlušek, J. (1999): *Výživa a hnojení rostlin*. I. obecná část. MZLU v Brně. ISBN 80-7401-154-2. 177 p.
- Situační a výhledová zpráva – půda. Ministerstvo zemědělství, 2021.
- Vaněk, V. et al. (2012): *Výživa zahradních rostlin*. Academia Praha. ISBN 978-80-200-2147-2. 568 p.
- Vyhláška č. 275/1998 Sb. o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.
- Zbíral, J., Honsa, I. et al. 2010. *Jednotné pracovní postupy - Analýza půd I*. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-031-6. 290 p.