

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně

Odbor bezpečnosti krmiv a půdy



BAZÁLNÍ MONITORING ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD

1992 - 2007

Zpracoval: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.
Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.
Ing. Pavel Němec
Mgr. Stanislav Malý, Ph.D.

Schválil: Ing. Miroslav Florián
ředitel Odboru bezpečnosti krmiv a půdy

Předkládá: RNDr. Jaroslav Staňa, ředitel ústavu

Brno, únor 2010

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. CÍLE	2
3. METODICKÉ PŘÍSTUPY	3
3.1. POZOROVACÍ PLOCHY SÍTĚ MONITORINGU.....	3
3.2. PRINCIPY CHEMICKÝCH METOD.....	6
4. VÝSLEDKY	9
4.1. FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮD.....	9
4.1.1. FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮD NEPORUŠENÝCH PŮDNÍCH VZORKŮ.....	9
4.1.2. FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮD PORUŠENÝCH PŮDNÍCH VZORKŮ (C_{OX} , N_{TOT} , CEC).....	11
4.2. ŽIVINY V ŠESTILETÝCH PERIODÁCH NA PLOCHÁCH BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD ...	14
4.2.1. ÚVOD.....	14
4.2.2. METODIKA.....	14
4.2.3. OBSAHY SLEDOVANÝCH ŽIVIN.....	15
4.2.4. SHRNU TÍ.....	18
4.3. OBSAH PŘÍSTUPNÝCH MIKROELEMENTŮ V ORNÝCH PŮDÁCH BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD	19
4.3.1. ÚVOD.....	19
4.3.2. METODIKA.....	19
4.3.3. VÝSLEDKY.....	19
4.3.4. SHRNU TÍ.....	22
4.4. OBSAHY RIZIKOVÝCH PRVKŮ	23
4.4.1. ÚVOD.....	23
4.4.2. METODIKA.....	23
4.4.3. OBSAHY RIZIKOVÝCH PRVKŮ V PŮDĚ – VÝLUH 2M HNO_3	23
4.4.4. OBSAHY RIZIKOVÝCH PRVKŮ V PŮDĚ – ROZKLAD LUČAVKOU KRÁLOVSKOU.....	26
4.4.5. SHRNU TÍ.....	28
4.5. MONITORING VYBRANÝCH PERZISTENTNÍCH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ (POPS) A POLYCYKLICKÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ (PAHS) V PŮDÁCH BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD	29
4.5.1. ÚVOD.....	29
4.5.2. METODIKA.....	29
4.5.3. OBSAHY ORGANOCHLOROVÝCH PESTICIDŮ (OCPS) V PŮDÁCH BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD.....	30
4.5.4. OBSAHY POLYCHLOROVANÝCH BIFENYLŮ (PCBS) V PŮDÁCH BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD.....	33
4.5.5. OBSAHY POLYCYKLICKÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ (PAHS) V PŮDÁCH BAZÁLNÍHO MONITORINGU PŮD.....	34
4.6. OBSAHY RIZIKOVÝCH PRVKŮ V ROSTLINÁCH	36
4.6.1. ÚVOD.....	36

4.6.2. METODIKA	36
4.6.3. VÝSLEDKY	36
4.6.4. SHRNUÍ	37
4.7. MIKROBIÁLNÍ PARAMETRY ORNÝCH PŮD A PŮD TRVALÝCH TRAVNÍCH POROSTŮ.....	38
4.7.1. ÚVOD	38
4.7.2. METODIKA	39
4.7.3. VÝSLEDKY	41
<u>5. ZÁVĚR.....</u>	<u>42</u>
<u>6. POUŽITÁ LITERATURA</u>	<u>43</u>
<u>6. SEZNAM ZKRATEK.....</u>	<u>44</u>

1. ÚVOD

Růst a vývoj lidské populace s sebou nesly mnoho, převážně negativních vlivů na životní prostředí. Dnes známe několik příkladů zániku vyspělých civilizací, jejichž příčinou byla destrukce jejich vlastního prostředí, či přímo půdy.

Půda hraje nezastupitelnou úlohu ve výživě lidské populace, a zároveň působí jako významný příjemce různorodých látek ze svého okolí. Půda, ač je nenahraditelným „výrobním“ zdrojem potravin a základní složkou ekosystémů, se zdá být považována za neměnný a stálý faktor zemědělské výroby. Vyznačuje se relativně stabilními vlastnostmi, vysokou resistencí a resiliencí a působící nepříznivé vlivy se projevují s delším odstupem. V určité fázi působení negativního faktoru dojde k naplnění tlumivé funkce půdy a dojde k výraznému zhoršení půdních vlastností.

Taková lidská společnost, která si vybere cestu udržitelného rozvoje, musí sledovat stav a vývoj životního prostředí, včetně půdy. K dlouhodobému sledování vybraných parametrů za přesně stanovených podmínek slouží programy monitoringu. Výsledky těchto programů umožňují včas odhalit negativní vlivy snižující/ohrožující kvalitu půdy či jiného monitorovaného prostředí a snížit, popř. udržet na současné úrovni prostředky nutné k zachování a zlepšení současného stavu.

Za účelem zabezpečení zdravotně nezávadné zemědělské produkce a současně jako podpora plnění produkčních i ekologických funkcí zemědělských ekosystémů vznikla v České republice v roce 1992 síť monitorovacích ploch, jež slouží ke sledování kvality zemědělské půdy a vstupů do půdy. Provozování této sítě garantuje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský za plné podpory Ministerstva zemědělství ČR. Síť pozorovacích ploch monitoringu funguje v současné době na 187 plochách zemědělské půdy a 27 plochách v kontaminovaných územích.

Monitoring zemědělských půd je prováděn na základě zákona č. 156/1998 Sb. ve znění zákona č. 308/2000 Sb. a zákona č. 147/2002 Sb., v platných zněních Spočívá ve sledování výskytu cizorodých látek a kontaminantů v půdě a vstupech do půdy, ve vazbě na komplexní zajištění nezávadnosti zemědělských výrobků a potravin.

2. CÍLE

Cíle monitoringu jsou formulovány v souladu se zákonem č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském, ve znění pozdějších předpisů a s požadavky Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí tak, aby výsledky sloužily především jako podpora pro rozhodování na všech úrovních státní správy a pro návrhy a novely legislativních předpisů.

Další oblasti využití databází monitoringu:

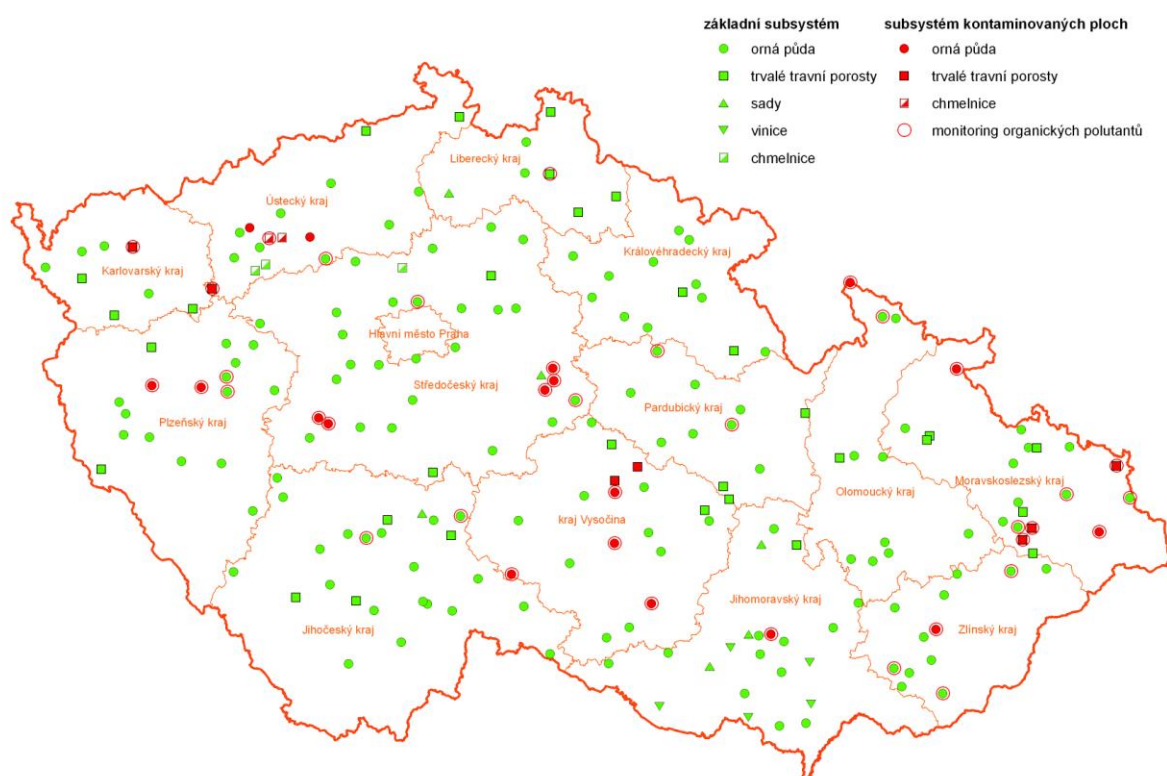
- Pro orgány státní správy poskytuje informace o stavu a vývoji vlastností půd. Tyto informace slouží především jako soubor referenčních hodnot pro posuzování výsledků dalších šetření.
- V subsystému kontaminovaných ploch jsou sledována rizika přestupů rizikových prvků do zemědělské produkce.
- V rámci monitoringu (potenciálně) toxických organických látek je vyhodnocováno plošné zatížení zemědělských půd těmito sloučeninami a možné ohrožení potravního řetězce člověka.
- Výsledky všech oblastí sledování jsou využívány jako zdroje dat pro vědecko-výzkumné projekty.
- Systém monitoringu slouží k prezentaci výsledků na mezinárodní úrovni a spolupráci se zahraničními odborníky (vazba zejména na Německo, Slovensko, Švýcarsko, Rakousko, Maďarsko).
- Výsledky jsou vyhodnocovány za účelem hodnocení a validace analytických metod.
- Výsledky jsou vyhodnocovány za účelem poskytování materiálů pro ročenky a statistické přehledy.

3. METODICKÉ PŘÍSTUPY

3.1. Pozorovací plochy sítě monitoringu

Soubor pozorovacích ploch bazálního monitoringu zemědělských půd vznikl v roce 1992, kdy také proběhly první odběry půdních vzorků v základní síti 190 pozorovacích ploch. V roce 1995 byly odběry zopakovány za použití optimalizované metody vzorkování. O pět let později, v roce 1997, byl založen subsystém kontaminovaných ploch. Na lokalitách charakteristických anorganickým znečištěním jak antropogenního tak geogenního původu vzniklo 27 pozorovacích ploch. Obrázek 1 ukazuje současné rozmístění lokalit BMP.

Obrázek 1. Lokalizace pozorovacích ploch Bazálního monitoringu půd.



Hlavní zásady výběru pozorovacích ploch v základním systému monitoringu:

- dodržení vzájemného poměru mezi půdními typy tak, aby odpovídal plošnému výskytu půdních typů v České republice,
- zastoupení kultur podle výskytu v České republice,
- rovnoměrné rozložení pozorovacích míst na ploše okresu (regionu),
- vystižení rozdílných výrobních podmínek regionu.

Nejvýznamnější podmínkou pro založení plochy v subsystému kontaminovaných ploch byly nadlimitní (ve smyslu vyhlášky č. 13/1994 Sb.) obsahy rizikových prvků.

Pozorovací plochy jsou definovány jako obdélníky o délce stran 25 x 40 m; o celkové rozloze 1000 m². Každá plocha je charakterizovaná zeměpisnými souřadnicemi, morfologií

terénu, klimatickými a půdními poměry. V těsné blízkosti každé plochy byl vykopána a popsána pedologická sonda (Obrázek 2).

Obrázek 2. Pedologická sonda na pozorovací ploše 4901KO, pseudoglej modální



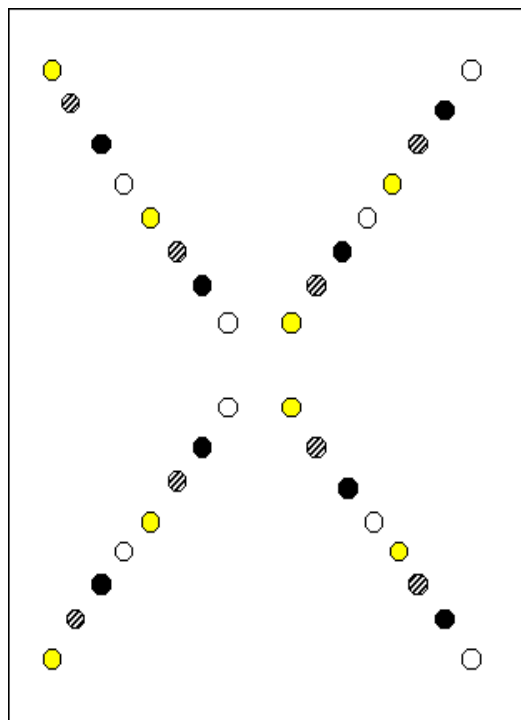
V rámci celého souboru pozorovacích ploch monitoringu existují tři odběrová schémata:

- **Jednorázové odběry** jsou prováděny při výkopu pedologické sondy. Odebírají se neporušené půdní vzorky, tzv. fyzikální válečky ke stanovení vybraných fyzikálních vlastností půd, a porušené půdní vzorky, ke stanovení chemických a fyzikálně-chemických vlastností půd. Tato stanovení jsou provedena na všech pozorovacích plochách sítě monitoringu.
- **Základní odběry** jsou prováděny v šestileté periodě. Zjišťovány jsou především (agro)chemické vlastnosti půd. Odběry v základní periodě probíhají na všech pozorovacích plochách monitoringu.
- **Každoroční odběry** jsou zaměřeny na sledování stavu a vývoje znečištění půd organickými polutanty, a na možnou kontaminaci potravinového řetězce prostřednictvím


zemědělských plodin (odběry rostlin). Tyto odběry probíhají na vybraném souboru pozorovacích ploch.

Odběry vzorků při základních odběrech probíhají v úhlopříčkách; odebírají se vždy čtyři dílčí vzorky z ornice a podorničí; při každoročních odběrech se vzorkování provádí metodou „po lomené čáře“ viz Obrázek 3 a 4.


Obrázek 3. Odběrové schéma vzorkování zemědělských půd v základní periodě odběrů



umístění individuálních odběrů k získání 4 směsných vzorků

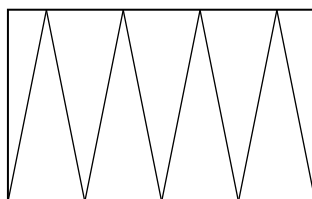
č. 1 

č. 2 

č. 3 

č. 4 

Obrázek 4. Odběrové schéma vzorkování zemědělských půd při každoročních odběrech



Vzorky orné půdy se odebírají z ornice (dle mocnosti horizontu, maximálně do 30 cm) a podorničí (30-60 cm), v sadech a vinicích taktéž ze dvou horizontů (0-30 cm, 30-60 cm), na chmelnicích z ornice (10-40 cm) a podorničí (40-70 cm); u trvalých travních porostů ze tří horizontů (0-10 cm, 11-25 cm, 26-40 cm; vždy po odstranění svrchní drnové vrstvy).

V systému monitoringu se provádí následující analýzy:

Jednorázové odběry:

- fyzikální charakteristiky půdy (momentní vlhkost, maximální kapilární vodní kapacita, specifická hmotnost, objemová hmotnost redukováná, pórovitost, momentní vzdušnost, minimální vzdušná kapacita)
- fyzikálně-chemické charakteristiky půd (potenciální a efektivní kationtová výměnná kapacita, C_{ox} , N_{tot} , zrnitostní složení)
- chemické parametry (Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, No, Ni, Pb, V, Zn po rozkladu lučavkou královskou)

Základní odběry

- agrochemické parametry (aktivní a výměnná půdní reakce, obsah přístupných živin (P, K, Mg, Ca), obsah přístupných mikroelementů (Cu, Mn, Zn, Fe, B)),
- chemické parametry (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn ve výluhu 2M HNO_3 ; Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, No, Ni, Pb, V, Zn po rozkladu lučavkou královskou, celkový obsah Hg)

Každoroční odběry

- organické znečištění půd (PCB, PAH, organochlorové pesticidy),
- obsah rizikových prvků v rostlinách,
- vybrané vlastnosti mikrobiální biomasy.

3.2. Principy chemických metod

Všechny analýzy byly provedeny v Národní referenční laboratoři ÚKZÚZ s využitím metod akreditovaných podle ISO 17025. Akreditace metod probíhá od roku 2004.

Stanovení fyzikálních vlastností neporušených půdních vzorků

Zjištěním hmotnosti (vážením) čerstvého, vodou nasyceného, odsátého a vysušeného vzorku a stanovením jeho zdánlivé hustoty se získají základní údaje pro výpočet těchto ukazatelů:

- maximální kapilární vodní kapacita,
- objemová hmotnost redukováná,
- pórovitost,
- minimální vzdušná kapacita.

Stanovení C_{ox}

Do roku 2001 se stanovení C_{ox} provádělo následujícím postupem: oxidovatelný organicky vázaný uhlík v zemině se oxiduje kyselinou chromovou v prostředí nadbytku kyseliny sírové za definovaných podmínek. Nespotřebovaná kyselina chromová se stanoví titrací roztokem Mohrovy soli s biamperometrickou indikací konce titrace. Vzorky z roku 2007 se stanovovaly metodou NIR.

Stanovení celkového dusíku podle Kjeldahla

Vzorek se rozloží Kjeldahlovým postupem varem s kyselinou sírovou a přísadami a vzniklé NH_4^+ -ionty se spolu s NH_4^+ -ionty původně přítomnými ve vzorku po alkalizaci predestilují ve formě NH_3 do určitého objemu odměrného roztoku H_2SO_4 , popř. HCl, nebo do

roztoku H_3BO_3 . Zachycený NH_3 se pak stanoví buď nepřímo titrací nadbytku odměrného roztoku silné kyseliny odměrným roztokem NaOH , nebo v případě H_3BO_3 přímo odměrným roztokem kyseliny (H_2SO_4 nebo HCl).

Stanovení CEC (aktuální)

Vzorek zeminy se vyluhuje nepufrovaným roztokem chloridu barnatého, (BaCl_2) = $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$. Poměr hmotnosti zeminy k objemu vyluhovacího roztoku je 1:10, vyluhuje se 24 hod. v klidu a 2 hod. třepáním. V roztoku se stanoví jednotlivé kationty metodou AAS a výměnná acidita ($\text{H} + \text{Al}$) titrací. Titruje se odměrným roztokem hydroxidu sodného, c (NaOH) = $0,025 \text{ mol.l}^{-1}$, potenciometricky do pH 7,8 nebo vizuálně s použitím fenolové červeně jako indikátoru.

Stanovení rtuti na přístroji AMA-254 (TMA-254)

Rtuť byla měřena v upravených vzorcích půd na analyzátoru rtuti AMA-254.

Extrakce půd lučavkou královskou za horka

Vzorky půd byly extrahovány směsí kyseliny chlorovodíkové a kyseliny dusičné za zvýšené teploty. Postup vychází z normy ISO 11466. Mineralizáty byly měřeny na ICP OES spektrometru (IRIS INTREPID) a AAS spektrofotometru (Varian 300).

Extrakce půd zředěnou kyselinou dusičnou

Upravený vzorek se extrahuje kyselinou dusičnou o koncentraci 2 mol.l^{-1} za laboratorní teploty. Olovo a kadmium se měří metodou FAAS, ostatní prvky metodou ICP-AES.

Stanovení přístupných živin (P, K, Ca, Mg) podle Mehlicha III

Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na hliník. V roztoku je přítomen i dusičnan amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, hořčíku a vápníku. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou dusičnou. Přítomnost EDTA zajišťuje dobrou uvolnitelnost nutričně významných mikroelementů.

Obsah vápníku a hořčíku se po naředění extraktu stanoví metodou atomové absorpční spektrofotometrie v plameni acetylen-vzduch. Interference se odstraňují přidávkem lanthanu. Vyhodnocení signálu se provádí metodou kalibrační křivky.

Fosfor se stanoví v půdním extraktu spektrofotometricky jako fosfomolybdenová modř. Redukce kyselinou askorbovou probíhá v prostředí kyseliny sírové v přítomnosti Sb (III). Intenzita modrého zbarvení se měří na spektrofotometru při vlnové délce procházejícího světla 750 nm.

Po termické excitaci atomů draslíku v plameni acetylen-vzduch dochází k vyzáření charakteristického kvanta. Intenzita charakteristického záření je úměrná koncentraci draslíku ve zmlžovaném vzorku.

Stanovení PCBs a organochlorových pesticidů (OCPs) ve vzorcích půdy (ÚKZÚZ)

PCBs a OCPs se z předupraveného vzorku extrahují do směsi rozpouštědel hexan-aceton (v poměru 3:1). Extrakt s přidávkem vhodných vnitřních standardů se přečistí na sloupci modifikovaného silikagelového sorbentu, sirné sloučeniny se odstraní reakcí s elementární mědí a zkoncentrovaný extrakt se analyzuje metodou GC-MS ve vhodném

režimu měření. Tímto postupem lze dosáhnout meze stanovitelnosti $0,1-1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny vzorku pro indikátorové kongenery PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) i pro vybrané organochlorové pesticidy (DDT/D/E, HCH a HCB).

Po celou dobu trvání monitoringu zůstal zachován princip metody, jednotlivé části postupu byly optimalizovány spolu s novým přístrojovým vybavením laboratoře. V prvních letech BMP (do roku 2000) tyto analýzy prováděla pověřená externí laboratoř, od roku 2000 jsou analýzy PCBs a později i OCPs prováděny výhradně v brněnské laboratoři ÚKZÚZ. V roce 2004 byla tato zkouška akreditována a zajištěna kompatibilita výsledků. Detekční limity byly výrazně sníženy, nastavená mez pro zápis výsledků je $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro PCBs a $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny vzorku pro OCPs.

Stanovení PCBs a organochlorových pesticidů ve vzorcích půdy (SRS)

Vysušený a zhomogenizovaný vzorek půdy se extrahuje směsí hexan-aceton (3:1) po dobu 2,5 hod. Po extrakci a odpaření na rotační vakuové odparce se vzorek převede na silikagelovou kolonu modifikovanou konc. H_2SO_4 a jímaná frakce se eluuje 30 ml n-hexanu. Eluát se odpaří právě do sucha, pipetuje 1 ml isooktanu a tento roztok se použije ke koncové analýze na GC-ECD. Kvantitativní vyhodnocení se provede metodou vnějšího standardu. Reálná mez pro kongenery PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180) je $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Stejný postup byl použit i při stanovení vybraných organochlorových pesticidů.

Stanovení PAHs ve vzorcích půdy (ÚKZÚZ)

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs) se stanoví po extrakci acetonem a přečištění na pevné fázi metodou HPLC na reverzní bázi s gradientovým průběhem a s fluorometrickou detekcí.

Vzorky zemin (10g) jsou extrahovány acetonem, extrakt se přečistí přes SPE kolonku C8. Nepolární látky - PAHs se zachytí na sorbentu C8, odkud jsou eluovány tetrahydrofuranem. Analyzovány jsou vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC) s fluorescenční detekcí a gradientovým průběhem. Měření a vyhodnocení se provádělo pomocí chromatografického integračního software CSW, od roku 2005 chromatografickým systémem - Agilent ChemStation.

Stanovení PAHs ve vzorcích půdy (SRS)

Vzorky půdy byly po vysušení a důkladné homogenizaci extrahovány do acetonu za použití ultrazvuku. Po odebrání známého objemu extrakčního rozpouštědla a zředění vodou, byl vzorek nadávkován na SPE kolonku plněnou reverzní fází C8 a zakoncentrován. PAH byly z kolonky eluovány tetrahydrofuranem a bez jakéhokoliv odpařování byl extrakt analyzován na HPLC koloně LiChrocart 250-3 LiChrospher PAH gradientovou elucí (acetonitril/voda) s UV a Fl detekcí. Výtěžnosti pro jednotlivé homology se pohybují v rozsahu 80-100%, přičemž v tomto rozmezí jsou i takové těžké PAH, jako naphthalene, acetnaphthylene a acetnaphthene.

4. VÝSLEDKY

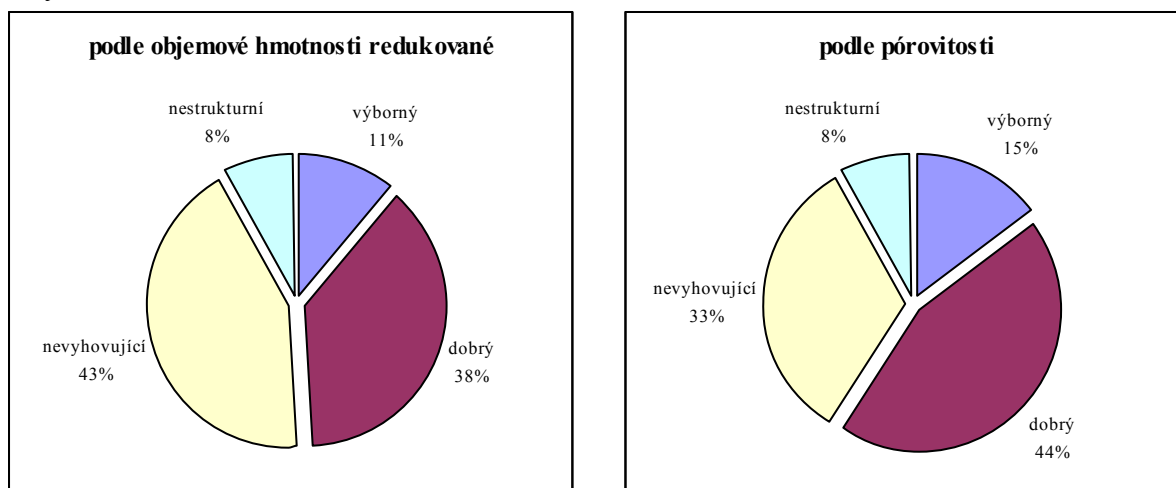
4.1. Fyzikálně-chemické vlastnosti půd

4.1.1. Fyzikálně-chemické vlastnosti půd neporušených půdních vzorků

Základní fyzikální vlastnosti půd jsou důležitým parametrem pro hodnocení chování rizikových látek a rizikových prvků v půdě. Pro hodnocení byly použity tyto základní fyzikální vlastnosti: *objemová hmotnost redukovaná a pórovitost, maximální kapilární vodní kapacita a minimální vzdušná kapacita.*

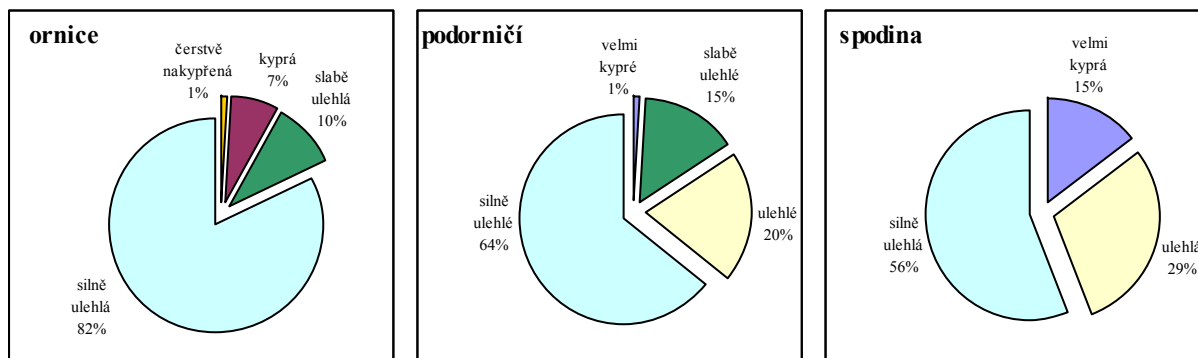
Objemová hmotnost redukovaná a pórovitost (Graf 1) byly použity jako kritérium pro hodnocení strukturního stavu humusového horizontu a ulehlosti ornice, podorničí a spodina. Strukturu humusového horizontu je možné označit většinou jako dobrou nebo nevyhovující, kategorie výborná struktura a naopak nestrukturní stav jsou zastoupeny méně.

Graf 1. Strukturní stav humusového horizontu



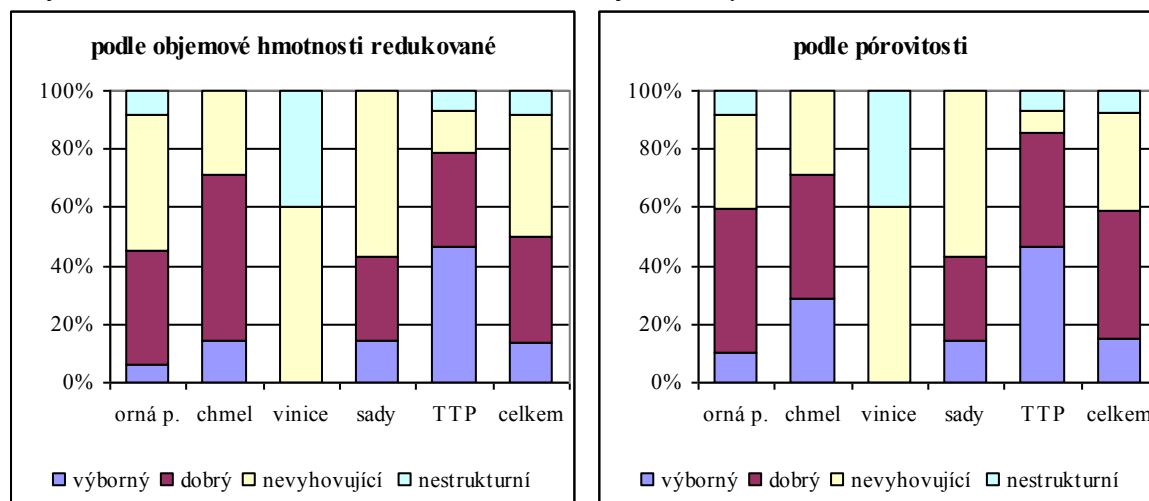
Ukazatel ulehlosti (Graf 2) jednotlivých horizontů je většinou výrazně negativní. Nejvíce je ulehlostí ovlivněna ornice, méně podorničí a relativně nejméně spodina.

Graf 2. Ulehlost profilu podle objemové hmotnosti redukované



Strukturní stav humusového horizontu podle objemové hmotnosti redukované a pórovitosti u jednotlivých kultur je uveden v grafu 3. Nejpříznivějších hodnot u obou parametrů je u všech horizontů dosaženo u trvalých travních porostů, dále u chmelnic a ovocných sadů, na další místo je možné umístit ornou půdu a na závěr vinice. Hodnoty max. kapilární vodní kapacity a min. vzdušné kapacity podle jednotlivých kultur uvádí tabulka 1.

Graf 3. Strukturní stav humusového horizontu u jednotlivých kultur



Tabulka 1. Vybrané fyzikální vlastnosti a kultura

horizont	parametr	jednotky	kultura					celkem
			orná	chmel	vinice	sady	TTP	
ornice	počet hodnot		171	7	5	7	28	218
	max. kap. vodní kapacita	%	34,06	36,05	31,04	32,56	42,37	35,07
	min.vzdušná kapacita	%	12,68	13,29	9,79	14,42	10,18	12,37
podorničí	počet hodnot		168	7	5	7	27	214
	max. kap. vodní kapacita	%	33,36	34,14	30,08	33,56	37,16	33,79
	min.vzdušná kapacita	%	10,45	11,8	13,15	13,33	9,39	10,53
spodina	počet hodnot		146	7	4	6	26	188
	max. kap. vodní kapacita	%	33,21	35,27	33,86	33,26	36,37	33,73
	min.vzdušná kapacita	%	10,84	14,35	8,13	8,82	9,14	10,62

Dále byly vyhodnoceny základní fyzikální vlastnosti v kombinaci s půdním druhem a typem. Nejpříznivější je vyjádřena závislost mezi půdním druhem a vodní a vzdušnou kapacitou. U ornice činila hodnota minimální vzdušné kapacity pro lehké půdy 16,40 %, středně těžké půdy 12,72 % a těžké půdy 7,50 %. Max. kapilární vodní kapacita byla pro ornici u půd lehkých 30,73 %, středně těžkých 35,11 % a těžkých 38,28 %.

Mezi objemovou hmotností, pórovitostí a půdním druhem není zcela pravidelná závislost u ornice, jejíž stav je však ovlivněn momentální nakypřeností.

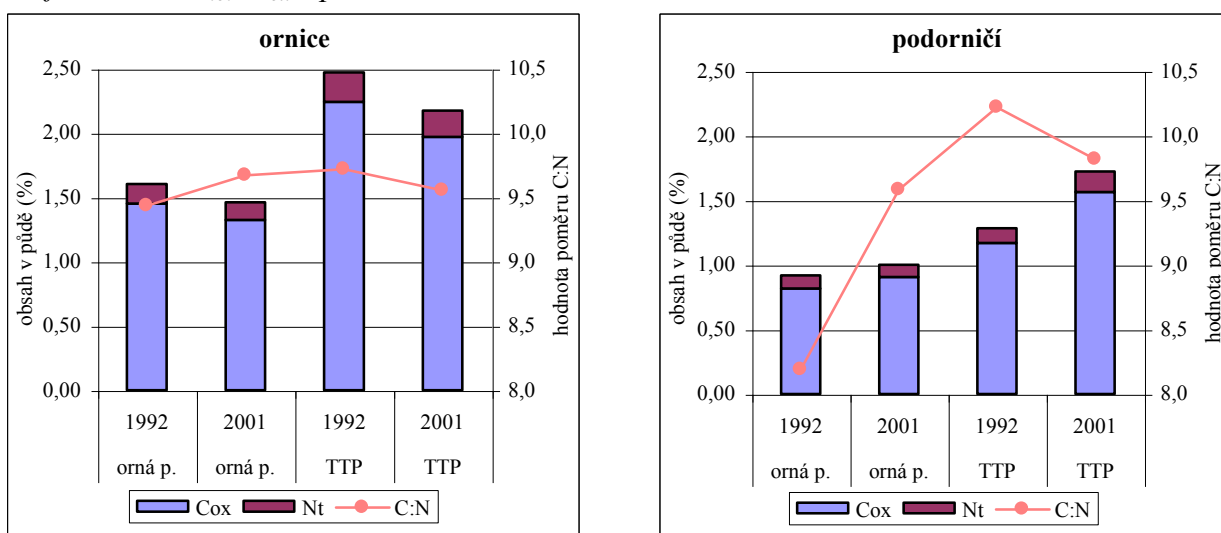
Mezi půdními typy se rovněž projeví rozdíly ve fyzikálních vlastnostech. Tyto rozdíly se však nepromítají do pravidelné závislosti, jelikož každý půdní typ je určen několika různými parametry.

Zjištěné skutečnosti potvrzují, že struktura našich zemědělských půd je zřejmě vlivem současného systému hospodaření ve velké většině nepříznivá a půda je ohrožena značnou ulehlostí.

4.1.2. Fyzikálně-chemické vlastnosti půd porušených půdních vzorků (C_{ox} , N_{tot} , CEC)

Obsah celkového dusíku v půdě je hodnotou poměrně stálou, poněvadž je tvořen sloučeninami obtížně chemicky i mikrobiologicky rozložitelnými. Dusík je zde vázán na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin a huminů. Z tohoto důvodu se obsah celkového N v půdě často dává do vztahu s C_{ox} a vyjadřuje se poměrem C:N. V půdách ČR je uváděná průměrná hodnota C:N 10 – 12 : 1. Užší poměr je výrazem vyšší kvality humusu a naopak. Na plochách bazálního monitoringu půd je poměr C:N v ornici 9,4 – 9,6 : 1 a v podorničí 8,2 – 10,2 : 1 (graf 4).

Graf 4. Obsah N_{tot} , C_{ox} a poměr C:N



Obsah celkového dusíku v orniční vrstvě se pohybuje od 0,115 do 0,231 %, v podorniční vrstvě 0,094 – 0,156 %. Průměrná hodnota obsahu celkového N na plochách bazálního monitoringu činí 0,128 % a oxidovatelného uhlíku 1,20 %. Obsahy sledovaných parametrů (N_{tot} , C_{ox}) podle jednotlivých půdních typů v roce 1992 a 2001 v ornici a podorničí uvádí tabulky 2 a 3.

Tabulka 2. Obsah C_{ox} a N_{tot} podle půdních typů v ornici (1992, 2001)

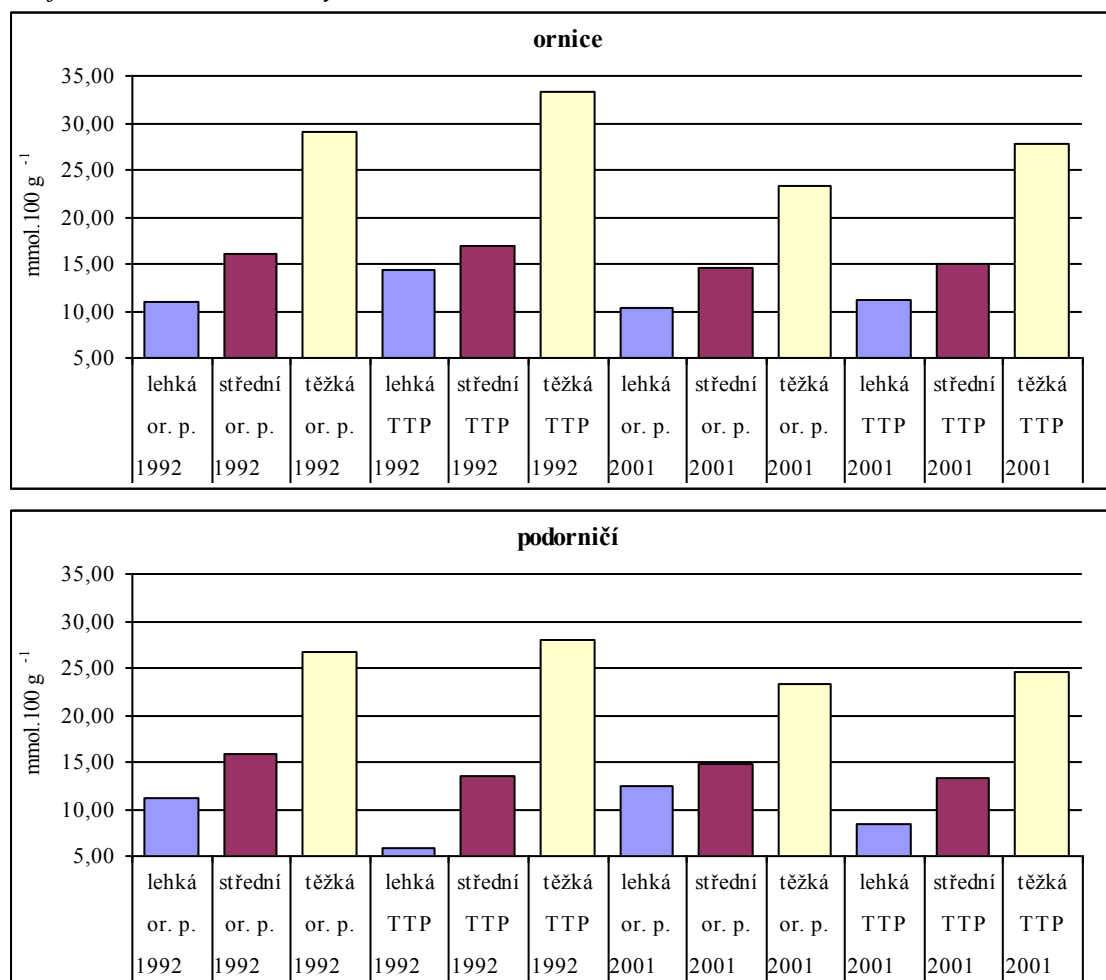
Parametr	Rok	Půdní typ										
		ČA	ČM	FM	GL	HM	KM	LM	PG	PR	RA	RM
C_{ox} [%]	1992	2,51	1,65	1,65	1,63	1,19	1,43	1,23	1,54	1,19	1,30	0,83
	2001	2,38	1,61	1,51	1,31	1,07	1,29	1,11	1,35	1,28	1,21	0,78
N_{tot} [%]	1992	0,230	0,163	0,193	0,179	0,135	0,145	0,125	0,161	0,127	0,142	0,079
	2001	0,237	0,161	0,163	0,147	0,112	0,131	0,109	0,141	0,123	0,134	0,084

Tabulka 3. Obsah C_{ox} a N_{tot} podle půdních typů v podorničí (1992, 2001)

Parametr	Rok	Půdní typ										
		ČA	ČM	FM	GL	HM	KM	LM	PG	PR	RA	RM
C_{ox} [%]	1992	1,76	1,14	1,12	0,66	0,58	0,76	0,56	0,65	0,50	0,79	0,47
	2001	1,84	1,19	1,12	0,89	0,75	0,93	0,47	0,63	0,66	0,85	0,61
N_{tot} [%]	1992	0,150	0,151	0,125	0,081	0,068	0,105	0,062	0,078	0,062	0,096	0,049
	2001	0,153	0,118	0,119	0,111	0,084	0,095	0,047	0,070	0,076	0,098	0,063

Sorpční schopností půdy se rozumí její schopnost poutat ionty, nebo celé molekuly z půdního roztoku do pevné fáze půdy. Silně ovlivňuje dynamiku půdy, její fyzikální stav a významně se uplatňuje i při výživě rostlin. Aktuální sorpční kapacita (CEC) půdy udává, jaké množství bazí je právě sorpčním komplexem poutáno. V grafu 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty CEC. Nejnižší je u půd lehkých (v průměru $10,6 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), střední půdy mají v průměru $15,0 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a půdy těžké $27,0 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Při srovnání roků došlo (u obou kultur) u všech půdních druhů k poklesu hodnoty CEC v ornici v roce 2001, oproti roku 1992. Vyšší hodnoty jsou zaznamenány u trvalých travních porostů (TTP) v obou letech sledování. V podorničí můžeme sledovat stejný trend s výjimkou půd lehkých, kde došlo, jak u orné půdě tak TTP, ke zvýšení hodnoty aktuální sorpční kapacity.

Graf 5. Průměrné hodnoty CEC



Zjištěné obsahy oxidovatelného uhlíku a celkového dusíku na plochách bazálního monitoringu půd odpovídají uváděným obsahům v půdách ČR. Poměr C:N je 9,4 : 1. Mezi sledovanými roky jsou patrné rozdíly, které však nejsou statisticky významné.

Stanovené hodnoty aktuální sorpční kapacity signalizují snižování obsahu bází v sorpčním komplexu, což je z pohledu půdní úrodnosti jev nepříznivý.

4.2. Živiny v šestiletých periodách na plochách Bazálního monitoringu půd

4.2.1. Úvod

Zdravá půda je nezbytným základem pro úspěšný růst rostlin. Její komplexní složení, tvořené minerálními částicemi, organickou složkou zvanou humus, vzduchem a vodou, vyžaduje odpovídající péči. Rostlinami a povětrnostními vlivy vyčerpaná půda potřebuje obnovu a je třeba navrátit jí její životodárné schopnosti. Rostliny odčerpávají z půdy živiny a je proto třeba tyto živiny v půdě obnovovat. Základní živiny jsou důležité pro zdárný růst a vývoj rostlin a jejich obsah v půdě ovlivňuje nejen zdraví rostlin, ale především i jejich výnosy. Sledování vývoje obsahů živin v půdě je tak jedním ze základních kamenů správného hospodaření každého zemědělce.

4.2.2. Metodika

Na pozorovacích plochách bazálního monitoringu jsou od jejich založení sledovány tyto prvky: fosfor (P), draslík (K), hořčík (Mg) a vápník (Ca) a dále pH ve vodném výluhu (pH/H₂O) a pH výměnné ve výluhu CaCl₂ (pH/vym). Tyto základní živiny jsou stanovovány různými metodami viz tabulky 4 a 5.

Tabulka 4. Seznam prováděných analýz u vzorků půdy v základním subsystému BMP.

Rok	1992	1995
Analýzy	Mehlich II (P, K, Mg, Ca); dle Egnera (P); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (K, Mg); rozkladem lučavkou královskou (Ca); pH/H ₂ O, pH/vym	Mehlich II (P, K, Mg, Ca); Mehlich III (P, K, Mg, Ca); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (Mg); rozkladem lučavkou královskou (P, K, Mg, Ca); pH/H ₂ O, pH/vym
Rok	2001	2007
Analýzy	Mehlich III (P, K, Mg, Ca); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (K, Mg); rozkladem lučavkou královskou AR (P, K, Mg, Ca); pH/H ₂ O, pH/vym	Mehlich III (P, K, Mg, Ca); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (Mg); rozkladem lučavkou královskou (P, K, Mg, Ca); pH/H ₂ O, pH/vym

Tabulka 5. Seznam prováděných analýz u vzorků půdy v kontaminovaném subsystému BMP.

Rok	1995
Analýzy	Mehlich II (P, K, Mg, Ca); Mehlich III (P, K, Mg, Ca); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (Mg); rozkladem lučavkou královskou (P, K, Mg, Ca); pH/H ₂ O, pH/vym

Tabulka 5. pokračování. Seznam prováděných analýz u vzorků půdy v kontaminovaném subsystému BMP.

Rok	2001	2007
Analýzy	Mehlich III (P, K, Mg, Ca); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (K, Mg); rozkladem lučavkou královskou (P, K, Mg, Ca); pH/H ₂ O, pH/vym	Mehlich III (P, K, Mg, Ca); ve výluhu CAL (P, K); dle Schachtschabela (Mg); rozkladem lučavkou královskou (P, K, Mg, Ca); pH/H ₂ O, pH/vym

4.2.3. Obsahy sledovaných živin

V roce 2007 bylo provedeno třetí opakované vzorkování v základní šestileté periodě bazálního monitoringu. Základní statistika za sledované roky a živiny stanovené podle Mehlicha III je uvedena v tabulce 6 a 7, souhrnná statistika za všechny analýzy je uvedena v příloze 4.2.I. a 4.2.II.

Tabulka 6. Popisná statistika souboru živin stanovených podle Mehlicha III základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd ze šetření 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

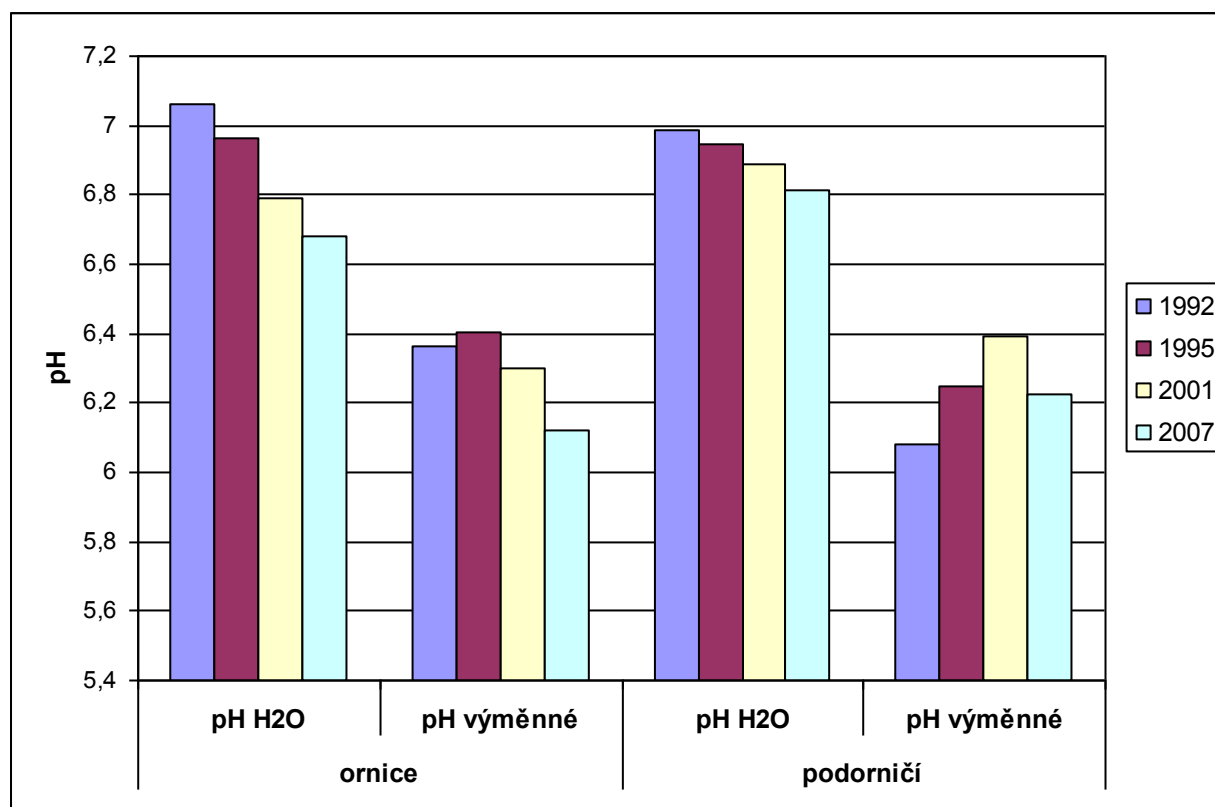
Živiny	Ornice				Podorničí			
	průměr	medián	min	max	průměr	medián	min	max
P_95	106,42	89,0	6	1090	52,87	34,0	1	1100
P_01	100,30	86,0	8	718	53,86	36,0	1	379
P_07	100,94	79,0	12	1210	61,24	41,0	4	1200
K_95	225,51	195,0	36	1260	163,36	147,0	37	992
K_01	223,03	194,0	51	813	161,40	142,0	41	789
K_07	223,27	200,0	56	810	159,76	137,0	39	870
Mg_95	195,67	168,5	23	1200	228,96	191,0	21	1090
Mg_01	201,31	175,0	27	1190	230,45	199,0	21	1260
Mg_07	202,57	171,0	33	1110	221,13	178,5	23	1430
Ca_95	3288,07	2490,0	258	23400	3442,81	2400,0	250	34400
Ca_01	3126,61	2470,0	192	22700	3336,68	2450,0	169	37400
Ca_07	2949,03	2285,0	115	30200	3130,99	2325,0	115	38900

U základního subsystému byly zjištěny mezi srovnávanými periodami průkazné rozdíly ($p = 0,05$) u pH/H₂O jak v ornici tak i v podorničí, kdy dochází ke snižování hodnot. U pH/vym v ornici i podorničí, kde došlo při posledním odběru k poklesu hodnot a v ornici došlo při posledním odběru k poklesu obsahů u Ca v Mehlich III. U ostatních živin jak v Mehlich III tak i po extrakci lučavkou královskou nebyly zjištěny průkazné rozdíly v jejich obsazích viz příloha 4.2.III v ornici a 4.2.IV v podorničí. Pokles průměrných hodnot pH ukazuje graf 6. Graf 7 znázorňuje průměrné hodnoty pH/vym v jednotlivých kulturách.

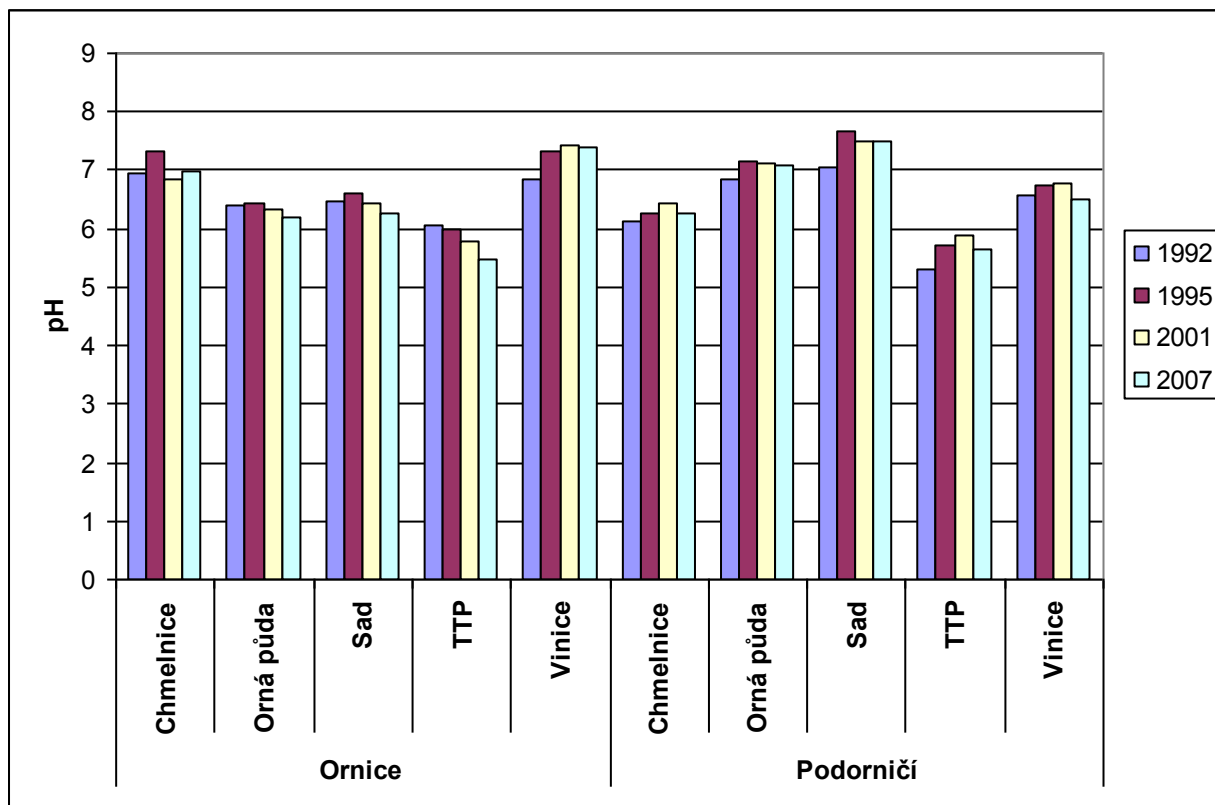
Tabulka 7. Popisná statistika souboru živin stanovených podle Mehlicha III kontaminovaného subsystému v ornici a podorniči zemědělských půd ze šetření 1995, 2001, 2007 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Živiny	Ornice				Podorničí			
	průměr	medián	min	max	průměr	medián	min	max
P_95	155,70	103,5	9	609	74,16	43,5	1	288
P_01	142,93	103,0	7	438	73,10	40,0	3	236
P_07	160,23	102,0	6	650	92,21	44,0	6	327
K_95	275,25	210,5	65	867	164,40	149,0	48	666
K_01	275,44	223,0	76	963	173,58	144,0	67	512
K_07	291,58	229,0	61	1580	180,81	167,5	54	556
Mg_95	224,61	208,5	142	439	257,29	217,0	47	840
Mg_01	225,94	204,0	63	493	264,66	227,0	73	712
Mg_07	223,67	194,5	62	598	229,14	199,0	70	601
Ca_95	4333,62	3210,0	951	19400	3890,07	3075,0	733	13100
Ca_01	4034,31	3120,0	1120	14700	3841,01	3310,0	1090	12300
Ca_07	3603,52	2795,0	1090	11500	3478,33	2895,0	1010	11600

Graf 6. Průměrné hodnoty $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$ a pH/vym v ornici a podorniči za roky sledování 1992, 1995, 2001 a 2007



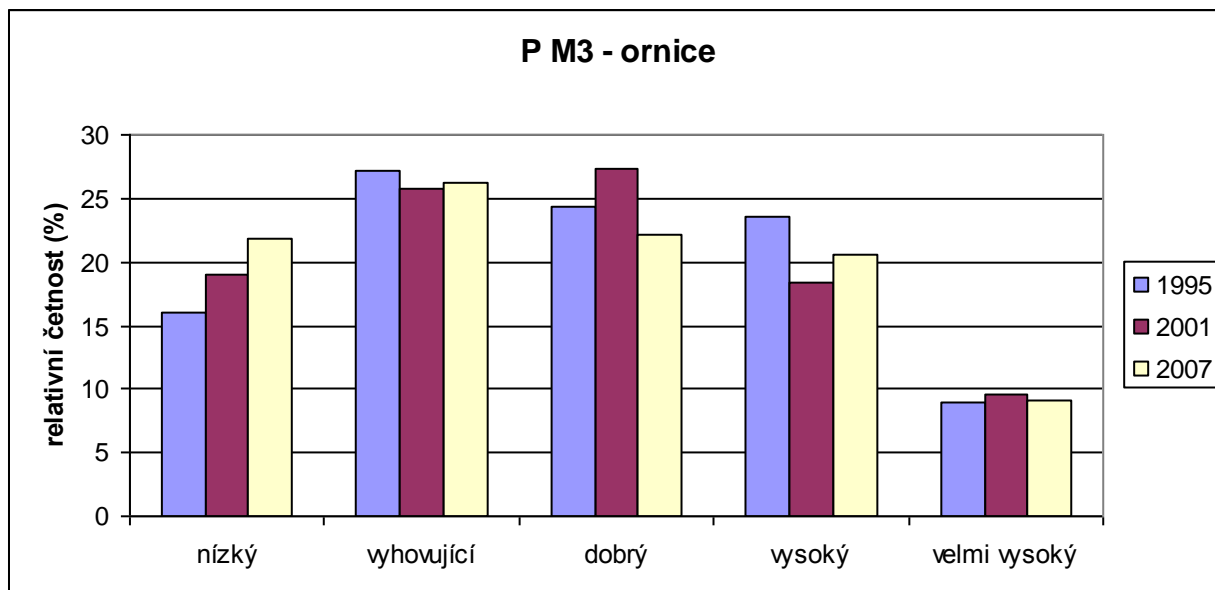
Graf 7. Průměrné hodnoty pH/vym v ornici a podorničí za kultury a roky sledování 1992, 1995, 2001 a 2007



Pokud porovnáme průměrné hodnoty pH/vym za jednotlivé kultury a roky, pak u orné půdy, sadů a trvalých travních porostů (TTP) během sledování došlo k mírnému okyselení ornice nebo svrchní části půdy, u vinic a chmelnic je stav setrvalý. V podorničí není u sledovaných kultur zjistitelný žádný trend. Základní statistika a grafy za jednotlivé kultury jsou uvedeny v příloze 4.2.V. a 4.2.VI., histogramy sledovaných parametrů ze základního subsystému jsou uvedeny v příloze 4.2.VII.

Obsahy P, K, Mg v Mehlich III u orných půd v ornici a podorničí rozdělené podle kategorií zásobenosti půd živinami jsou uvedeny v příloze 4.2.VIII. Obsahy P v orné půdě za jednotlivé odběrové periody se pohybují v ornici v rozmezí kategorií vyhovující a dobrý (graf 8), v podorničí se jeho obsahy nacházejí v kategorii nízký. Obsahy K v ornici orných půd jsou pro lehké a středně těžké půdy převážně v kategoriích dobrý a vyhovující, pro těžké půdy v kategoriích nízký a vyhovující. V podorničí převažují obsahy K ve stejných kategoriích jako v ornici. Obsahy Mg v ornici lehkých půd jsou nejčastěji v kategoriích dobrý a vysoký, středně těžkých půd v kategoriích vyhovující a dobrý a těžkých půd v kategoriích nízký a vyhovující. Stejně rozvrstvení obsahů Mg platí i pro podorničí.

Graf 8. Obsahy P v ornici dle kritérií hodnocení výsledků chemických rozborů zemědělských půd – orná půda



4.2.4. Shrnutí

- Byly zjištěny průkazné rozdíly u pH/H₂O a u pH/vym v ornici i podorničí, u obou hodnot došlo k jejich poklesu a to zejména u orné půdy, sadů a trvalých travních porostů (TTP).
- U živin došlo k průkaznému poklesu při posledním odběru v ornici u Ca v Mehlich III. Mezi obsahy ostatních živin nejsou průkazné rozdíly.
- Obsahy P, K a Mg se pohybují převážně podle kritérií zásobenosti půdy živinami v kategoriích vyhovující a dobrý.

4.3. Obsah přístupných mikroelementů v orných půdách Bazálního monitoringu půd

4.3.1. Úvod

Stavebními kameny živých organismů jsou H, C, O, N, tzv. makrobiogenní prvky. Prvky mikrobiogenní (Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, B) jsou významné z hlediska výživy rostlin a mají v živých systémech funkci spíše katalytickou. Rostlinám umožňují efektivněji využívat hlavní živiny a přímo či nepřímo ovlivňují kvalitu rostlinných produktů. Některé jsou označovány jako cizorodé prvky a skrz rostliny vstupují do potravního řetězce, kde v konečném důsledku mohou ohrožovat lidské zdraví.

4.3.2. Metodika

Obsahy přístupných mikroelementů byly stanoveny v půdních vzorcích ze všech pozorovacích ploch Bazálního monitoringu půd postupy uvedenými v kapitole 3.1.

Pro vyhodnocení obsahů přístupných mikroelementů byly použity výsledky stanovení vybraných prvků pomocí analytických metod, jež jsou významné z hlediska určení obsahů prvků pro potřeby rostlin. Měď (Cu), mangan (Mn), železo (Fe) a zinek (Zn) byly stanovovány v extrakčním roztoku DTPA-TEA (podle Lindsaye a Norvella, Zbiral, 2003). Tato metoda slouží především k určení uvolnitelnosti některých prvků pro rostliny. Obsah prvků byl stanoven metodou plamenové absorpční spektrofotometrie. Pro stanovení boru byla použita extrakce horkou vodou podle Bergera a Truoga (Zbiral 2003). Tato extrakce je prakticky celosvětově využívána pro svou dobrou korelaci s příjmem boru rostlinami. Bor v extraktu byl stanoven metodou ICP-OES.

Pro účely této zprávy byla vyhodnocena data ze vzorků orných půd. Tato data byla dále rozdělena do dvou souborů: na data ze základního (bazálního) systému monitoringu a data z kontaminovaného subsystému.

Numerické výsledky chemických analýz byly podrobeny základnímu statistickému zkoumání:

- Deskriptivní analýza dat (výpočet aritmetického průměru, mediánu, vyhledávání globálních a lokálních maxim a minim a výpočet horních a dolních kvartilů)
- Exploratorní analýza dat (sestavení krabicových diagramů)
- Frekvenční analýza (studium distribucí jednotlivých analytů podle různých klasifikačních kritérií)
- Prostorové znázornění (vyjádření distribuce sledovaných analytů na území ČR)
- ANOVA

Pro statistické zpracování byly použity programy Excel, NCSS 2001, Statistica v 6.0, ArcView 9.3.1.

4.3.3. Výsledky

Základní popisná statistika zkoumaného souboru dat je uvedena v příloze 4.3.I. Rozložení hodnot v jednotlivých letech a horizontech přibližují box diagramy v přílohách 4.3.II. – 4.3.XI, prostorové znázornění v přílohách 4.3.XII. – 4.3.XVI.

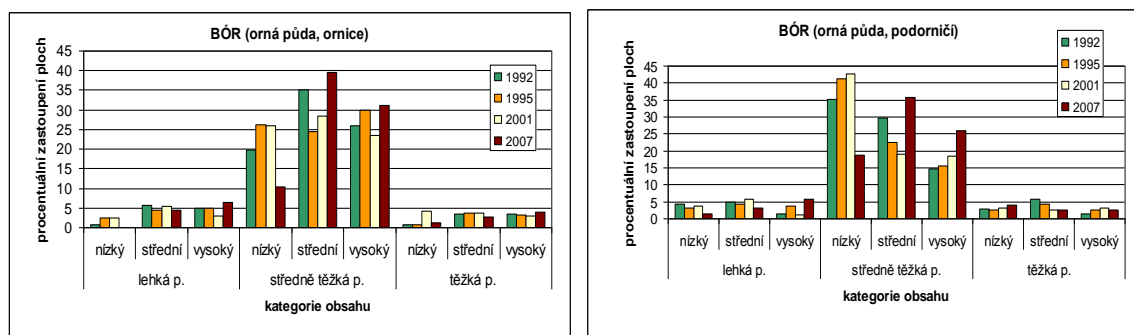
Obsahy přístupných mikroprvků v orné půdě lze hodnotit podle kritérií uvedených v příloze 4.3.XVII. Obsahy bóru se vyhodnocují na základě zrnitostního složení půd. V orných půdách Bazálního monitoringu půd jsou nejčastěji zastoupeny půdy středně těžké (cca 80%),

následují půdy lehké (cca 11%) a půdy těžké (cca 9%). Procentuální zastoupení půdních druhů je téměř stejné v ornících i podorniči, s mírným přesunem směrem do těžších půd ve spodních horizontech. Při hodnocení půd podle kategorií zásobenosti nebyly půdy tříděny na základní a kontaminovaný subsystém z toho důvodu, že v kontaminovaném subsystému je pouze 17 pozorovacích ploch s ornou půdou.

Medián obsahů přístupného **bóru** v ornících zemědělských půd základního systému BMP se pohybuje v ornici v rozmezí 0,73 – 0,93 mg.kg⁻¹, v podorniči 0,53 – 0,81 mg.kg⁻¹; v půdách kontaminovaného systému v rozmezí 0,59 – 1,08 mg.kg⁻¹ (resp. 0,25 – 0,99 mg.kg⁻¹). Prostřednictvím jednofaktorové analýzy rozptylu byly potvrzeny významně vyšší obsahy bóru v roce 2007 v obou horizontech základního systému BMP, a shoda obsahů v základním a kontaminovaném systému monitoringu.

V oblasti středně těžkých půd došlo v případě **bóru** v roce 2007 k výraznému přesunu zastoupení ploch do vyšších kategorií zásobenosti. V ornících v kategorii „nízký“ obsah kleslo procentuální zastoupení ploch z cca 25 % na 10 %, což se projevilo nárůstem v kategorii „střední“ téměř na 40 % a vedlo také ke zvýšení zastoupení ploch v kategorii „vysoký“ obsah. Tento trend se projevil také v podorniči. Pro všechny půdní druhy je typický posun do nižších kategorií zásobenosti v podorniči (graf 9).

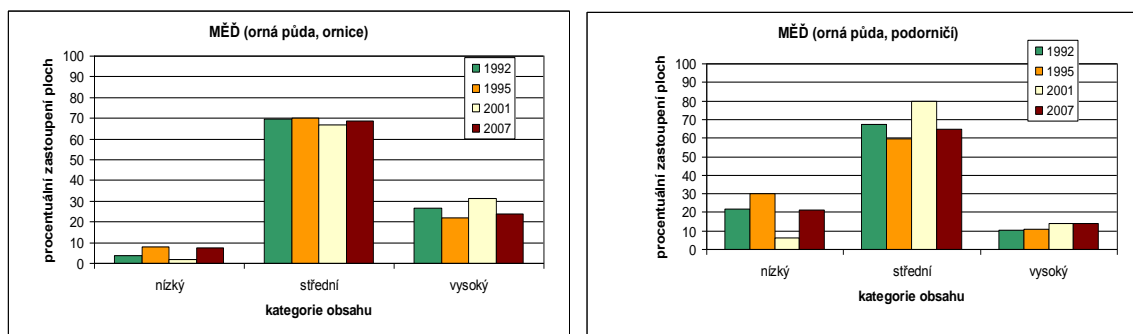
Graf 9. Hodnocení obsahu B podle kategorií zásobenosti (Neuberg, 1990)



Medián obsahů přístupné **mědi** v ornících (svrchních horizontech) zemědělských půd základního subsystému BMP se pohybuje v ornici v rozmezí 1,74 – 1,96 mg.kg⁻¹, v podorniči (spodních horizontech) 1,07 – 1,36 mg.kg⁻¹; v půdách kontaminovaného subsystému činí rozsah 4,8 – 5,35 mg.kg⁻¹. resp. 3,13 – 3,5 mg.kg⁻¹. Obsahy přístupné mědi v základním subsystému v jednotlivých periodách (1992, 1995, 2001, 2007) kolísají a rozdíly jsou statisticky průkazné. Obsahy v kontaminovaném subsystému jsou stabilní. V obou sledovaných subsystémech jsou obsahy Cu v ornici významně vyšší než v podorniči. Rozdíly mezi obsahy v základním a kontaminovaném subsystému jsou průkazné pro ornici i podorniči.

U více než 2/3 vzorků leží obsah přístupné **mědi** v kategorii zásobenosti půd „střední“ a cca 25 % ploch v kategorii „vysoký“ obsah. Směrem do hloubky dochází k přesunu do kategorie „nízký“ obsah (graf 10).

Graf 10. Hodnocení obsahu Cu podle kategorií zásobenosti (Neuberg, 1990)

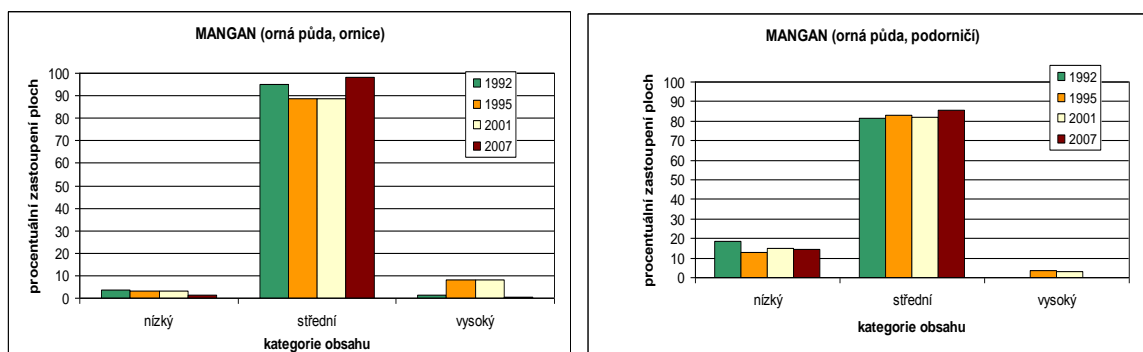


Medián obsahů přístupného **železa** v ornických zemědělských půd základního subsystému BMP se pohybuje v ornici v rozmezí 52,8 – 88,0 mg.kg⁻¹, v podorničí 38,6 – 57,3 mg.kg⁻¹; v půdách kontaminovaného subsystému činí rozsah 57,3 – 92,2 mg.kg⁻¹, resp. 42,2 – 58,0 mg.kg⁻¹. Shoda obsahů přístupného železa v jednotlivých periodách (1992, 1995, 2001, 2007) byla potvrzena u vzorků z kontaminovaného systému monitoringu, v základním systému jsou v obsazích mezi roky průkazné rozdíly. V obou sledovaných systémech jsou obsahy Fe v ornici významně vyšší než v podorničí. Mezi obsahy přístupného železa ve vzorcích ze základního a kontaminovaného systému nebyly shledány rozdíly.

Medián obsahů přístupného **manganu** v ornických zemědělských půd základního subsystému BMP se pohybuje v ornici v rozmezí 30,6 – 38,7 mg.kg⁻¹, v podorničí 19,5 – 24,3 mg.kg⁻¹; v půdách kontaminovaného subsystému činí rozsah 36,0 – 41,4 mg.kg⁻¹, resp. 17,5 – 19,7 mg.kg⁻¹. Shoda obsahů přístupného manganu v jednotlivých periodách (1992, 1995, 2001, 2007) byla potvrzena u vzorků z kontaminovaného systému monitoringu. Obsahy přístupného manganu v obou horizontech základního systému mají vzestupnou tendenci a rozdíly mezi roky jsou průkazné. Obsahy přístupného manganu v ornici jsou významně vyšší než obsahy v podorničí. Mezi obsahy přístupného železa ve vzorcích ze základního a kontaminovaného systému nebyly shledány rozdíly.

Obsahy přístupného **manganu** u více než 90 % ploch leží v kategorii zásobenosti „střední“. Směrem do hloubky dochází k přesunu do kategorie „nízký“ obsah (graf 11).

Graf 11. Hodnocení obsahu Mn podle kategorií zásobenosti (Neuberg, 1990)

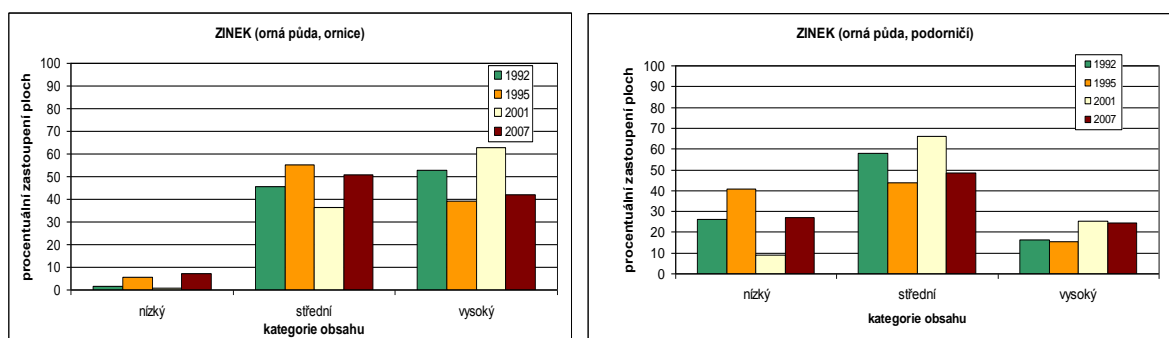


Medián obsahů přístupného **zinku** v ornických zemědělských půd základního systému BMP se pohybuje v ornici v rozmezí 2,13 – 2,65 mg.kg⁻¹, v podorničí 1,07 – 1,69 mg.kg⁻¹;

v půdách kontaminovaného systému činí rozsah $16,3 - 19,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, resp. $6,43 - 10,9 \text{ mg.kg}^{-1}$. Statistickou analýzou dat byly potvrzeny významné rozdíly mezi obsahy přístupného zinku v půdách základního systému mezi jednotlivými periodami odběru (1992, 1995, 2001, 2007), a to v obou horizontech. Obsahy přístupného zinku v kontaminovaném subsystému jsou vyrovnané, což platí pro oba horizonty. Významně vyšší jsou obsahy v ornici než v podorniči, jak u základního, tak kontaminovaného subsystému monitoringu. Statisticky průkazné jsou vyšší hodnoty přístupného zinku v půdách z kontaminovaného systému.

Obsah přístupného **zinku** v ornících je v kategoriích „střední“ a „vysoký“. Tyto dvě kategorie zásobenosti jsou vyrovnané. Projevuje se typický posun do nižších kategorií zásobenosti v podorniči (graf 12).

Graf 12. Hodnocení obsahu Zn podle kategorií zásobenosti (Neuberg, 1990)



4.3.4. Shrnutí

- Analýza rozptylu prokázala významné rozdíly v obsazích přístupných mikroelementů v jednotlivých odběrových letech monitoringu (1992, 1995, 2001, 2007) v orných půdách základního systému. Obsahy přístupných mikroelementů v orných půdách kontaminovaného subsystému BMP v jednotlivých periodách (1992, 1995, 2001, 2007) jsou vyrovnané.
- Obsahy přístupných mikroelementů v ornici jsou vyšší než v podorniči; u mědi (Cu), manganu (Mn) a zinku (Zn) významně.
- Obsahy přístupné mědi (Cu) a zinku (Zn) v půdách kontaminovaného subsystému monitoringu jsou průkazně vyšší než v půdách základního subsystému (platí pro oba horizonty).
- Po rozdělení obsahů stopových prvků do kategorií zásobenosti podle Neuberga (1990) vyšlo najevo, že u mědi (Cu) a manganu (Mn) převládá kategorie „střední“ obsah, zinek (Zn) má relativně vyrovnané obsahy v kategoriích „střední“ a „vysoký“, stejně jako bór (B) u středně těžkých půd.
- U všech sledovaných prvků se v podorniči projevuje posun do nižších kategorií zásobenosti.

4.4. Obsahy rizikových prvků

4.4.1. Úvod

Hlavním nástrojem monitoringu půd je dlouhodobé sledování, kterým je možno zjistit obsahy rizikových prvků v půdě a trend jejich vývoje (zvýšení, snížení či setrvalý stav). Kromě toho lze usuzovat na to, zda rizikové prvky jsou spíše z antropogenních aktivit nebo z geogenní kontaminace.

4.4.2. Metodika

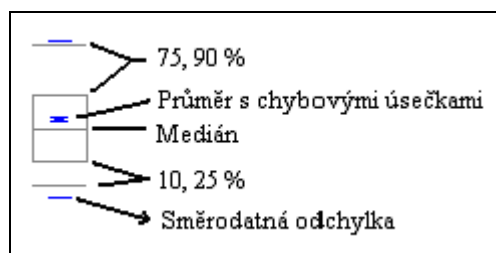
Pozorovací plochy monitoringu jsou rozděleny do dvou subsystémů a to základního a kontaminovaného. V obou subsystémech jsou v základní periodě (šestileté sledování) Bazálního monitoringu půd sledovány tyto rizikové prvky As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Pb V, Zn (výluh 2M HNO₃, rozklad lučavkou královskou - AR) a Hg_{tot}. Počátek sledování v základním subsystému se datuje od roku 1992, následují periody 1995, 2001 a 2007, v kontaminovaném subsystému od roku 1995 následně 2001 a 2007.

4.4.3. Obsahy rizikových prvků v půdě – výluh 2M HNO₃

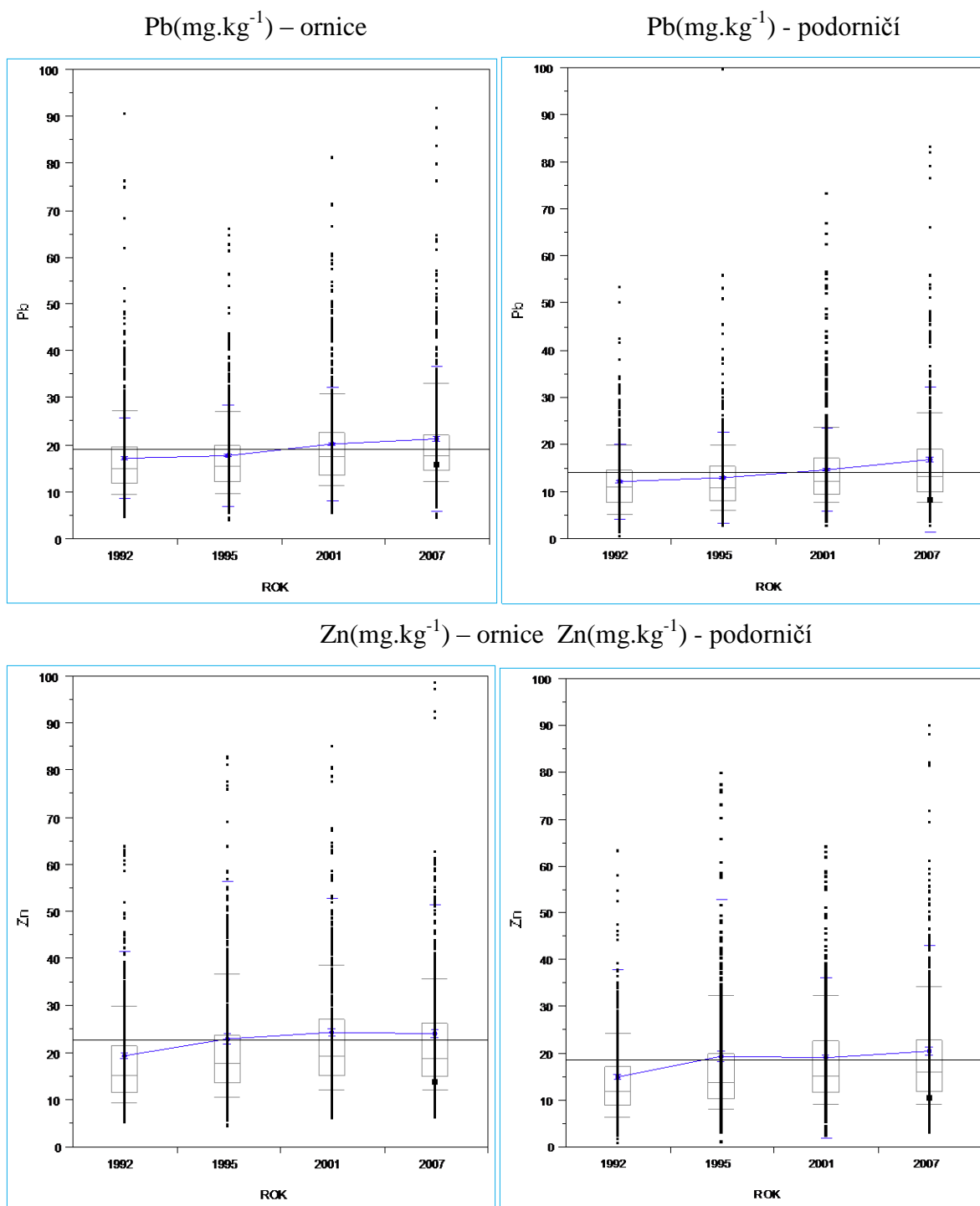
V roce 2007 bylo provedeno další řádné opakované vzorkování v základní šestileté periodě monitoringu. To umožňuje srovnání výsledků s předchozími roky 1992, 1995 a 2001.

Základní statistika za jednotlivé roky a prvky je uvedena v tabulce 8, celková popisná statistika je v příloze č. 4.4.I. Histogramy pro sledované rizikové prvky v jednotlivých rocích odběru jsou uvedeny v příloze 4.4.II. U základního subsystému byly zjištěny mezi srovnávanými periodami průkazné rozdíly ($p = 0,05$) u Be, Co, Cu, Ni a Pb, a to jak pro ornici, tak pro podorničí. Pro Cr, Cd, V, a Zn rozdíly nebyly zjištěny. Z prokázaných rozdílů se v případě Be jedná do roku 2001 o zvýšení obsahů, v poslední periodě 2007 došlo k jejich poklesu. U obsahů Co a Cu je patrný pomalý nárůst jejich hodnot, hodnoty Ni kolísají a u Pb se jedná o zvýšení obsahů (graf 13, vysvětlivky obr 5). Mezi základním a kontaminovaným subsystémem byly zjištěny průkazné rozdíly v ornici i v podorničí v obsazích všech sledovaných rizikových prvků, stanovených v 2M HNO₃, ale i rozkladem lučavkou královskou (přílohy 4.4.III). Grafické znázornění statistických výsledků je uvedeno v příloze č. 4.4.IV a 4.4.V. Zjištěná fakta mohou být důsledkem jak změn obsahů rizikových prvků v půdě, tak zpřesněných analytických postupů. Výsledky je nutno považovat za orientační a výchozí pro další sledování, trendy vývoje obsahů rizikových prvků v půdě lze vyvozovat jen s velkou opatrností.

Obrázek. 5. Vysvětlující obrázek k grafu 9.



Graf 13. Rozpětí obsahů Pb a Zn ve vzorcích orničního i podorničního horizontu orných půd základního subsystému Bazálního monitoringu půd v letech 1992, 1995, 2001, 2007 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 2M HNO_3).



pozn. Pro přehlednost nejsou v grafech vyneseny hodnoty vyšší než $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Základní statistika pro subsystém kontaminovaných ploch za jednotlivé roky a prvky je uvedena v příloze č. 4.4.VI. Pro subsystém kontaminovaných ploch byly zjištěny tyto výsledky: statisticky průkazné zvýšení hodnot obsahu Cd v roce 2007 v podorničí oproti rokům 1995, 2001 a zvýšení hodnot obsahů Co proti roku 2001. U ostatních rizikových prvků

nebyly zjištěny průkazné rozdíly v jejich obsazích ani v ornici ani i podorničí. U subsystému kontaminovaných ploch je na rozdíl od základního subsystému podstatně větší variabilita půdních podmínek v rámci pozorovací plochy i v celém subsystému. Proto tento soubor není pro účely daného typu vyhodnocení optimální a byl vyhodnocen samostatně.

Tabulka 8. Popisná statistika souboru rizikových prvků základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd ze šetření 1992, 1995, 2001, 2007 ($2M \text{ HNO}_3$, mg.kg^{-1})

Prvek	Ornice				Podorničí			
	průměr	medián	min	max	průměr	medián	min	max
Be_92	0,28	0,25	0,05	1,27	0,28	0,25	0,05	0,99
Be_95	0,49	0,43	0,11	1,75	0,48	0,44	0,11	1,51
Be_01	0,54	0,50	0,19	1,55	0,55	0,51	0,10	1,64
Be_07	0,50	0,45	0,08	1,51	0,50	0,46	0,08	1,75
Cr_92	6,37	5,16	1,70	42,19	6,03	4,98	0,30	42,52
Cr_95	7,87	5,71	1,05	69,90	7,55	5,61	1,05	69,66
Cr_01	7,83	5,91	1,20	92,71	7,63	5,70	1,15	87,03
Cr_07	8,30	6,17	0,70	77,00	8,22	5,88	0,70	79,40
Cd_92	0,26	0,21	0,07	3,84	0,16	0,13	0,07	5,68
Cd_95	0,24	0,19	0,04	5,07	0,16	0,11	0,04	5,28
Cd_01	0,25	0,20	0,05	4,32	0,16	0,13	0,05	3,88
Cd_07	0,26	0,20	0,04	4,37	0,18	0,13	0,04	4,25
Co_92	5,18	4,94	0,19	15,01	4,82	4,51	0,19	13,46
Co_95	5,52	4,98	0,40	16,60	5,31	4,80	0,40	36,60
Co_01	5,68	5,12	0,86	17,47	5,38	4,84	0,56	22,45
Co_07	5,94	5,42	0,48	16,40	5,78	5,33	0,15	19,40
Cu_92	9,47	7,47	1,88	84,66	6,69	5,50	0,60	3202
Cu_95	9,08	7,21	2,05	90,76	7,20	5,43	1,17	48,39
Cu_01	10,19	7,44	1,57	117,40	7,85	5,69	0,25	92,80
Cu_07	11,22	7,82	1,80	183,00	8,68	6,37	1,80	84,10
Ni_92	5,18	4,41	0,80	22,8	5,00	4,25	0,80	35,61
Ni_95	6,15	5,13	0,65	35,49	6,01	5,16	0,65	97,51
Ni_01	5,57	4,32	0,50	38,79	5,51	4,19	0,50	46,46
Ni_07	6,26	4,99	0,95	28,10	6,31	5,04	0,40	40,00
Pb_92	17,28	15,07	5,00	90,76	12,30	11,25	0,80	148,70
Pb_95	17,83	15,73	4,10	143,40	13,03	10,92	3,07	125,65
Pb_01	20,50	17,50	5,80	139,60	14,92	12,22	2,90	73,50
Pb_07	22,79	17,85	4,45	184,00	17,01	13,50	2,85	224,00
V_92	9,61	8,85	2,78	38,27	8,21	7,31	0,64	36,45
V_95	11,72	9,83	2,99	48,04	10,56	8,72	1,52	42,45
V_01	12,44	10,44	1,91	51,66	11,45	9,19	1,38	51,13
V_07	12,24	10,20	1,75	52,60	11,40	9,38	1,75	47,30

Tabulka 8.pokračování. Popisná statistika souboru rizikových prvků základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd ze šetření 1992, 1995, 2001, 2007 (2M HNO₃, mg.kg⁻¹)

Zn_92	19,46	15,37	5,36	329,40	15,08	11,98	0,85	517,10
Zn_95	23,08	18,02	4,76	493,90	19,36	13,87	1,10	518,85
Zn_01	24,52	19,41	6,40	416,00	19,29	15,38	2,60	250,00
Zn_07	24,17	18,95	6,59	392,00	20,64	16,00	3,18	374,00

4.4.4.Obsahy rizikových prvků v půdě – rozklad lučavkou královskou

Stanovení rizikových prvků rozkladem lučavkou královskou je prováděno pravidelně ve vzorcích ze základní periody odběrů Bazálního monitoringu půd. Uvedené obsahy prvků ze základního subsystému a jejich rozsah je možné považovat za objektivní charakteristiku zemědělských půd.

Základní statistika za jednotlivé roky a prvky je uvedena v tabulce 9, celková statistika je v příloze 4.4.VII. Rozložení hodnot (histogramy) obsahů Cd a Pb v jednotlivých rocích odběrů je uvedeno v grafu 10, souhrnně pro všechny rizikové prvky jsou histogramy uvedeny v příloze 4.4.VIII. Průkazné rozdíly ($p = 0,05$) v obsazích jednotlivých prvků základního subsystému byly zjištěny u Be v ornici i podorničí, u něhož došlo v roce 2007 k poklesu obsahů, u Cd v ornici, kde obsahy jsou nižší oproti rokům 1992 a 1995, u Ni v ornici i podorničí došlo v roce 2007 k nárůstu hodnot oproti předchozímu klesajícímu trendu a u Pb došlo v ornici i podorničí v roce 2007 k mírnému nárůstu oproti roku 1995. U ostatních prvků nebyly zjištěny průkazné rozdíly. Grafické znázornění statistických výsledků je v příloze č. 4.4.IX a 4.4.X. Možné odchylky od výsledků z roku 1992 jsou pravděpodobně způsobeny, kromě zpřesněných analytických postupů, úpravou odběrového schématu.

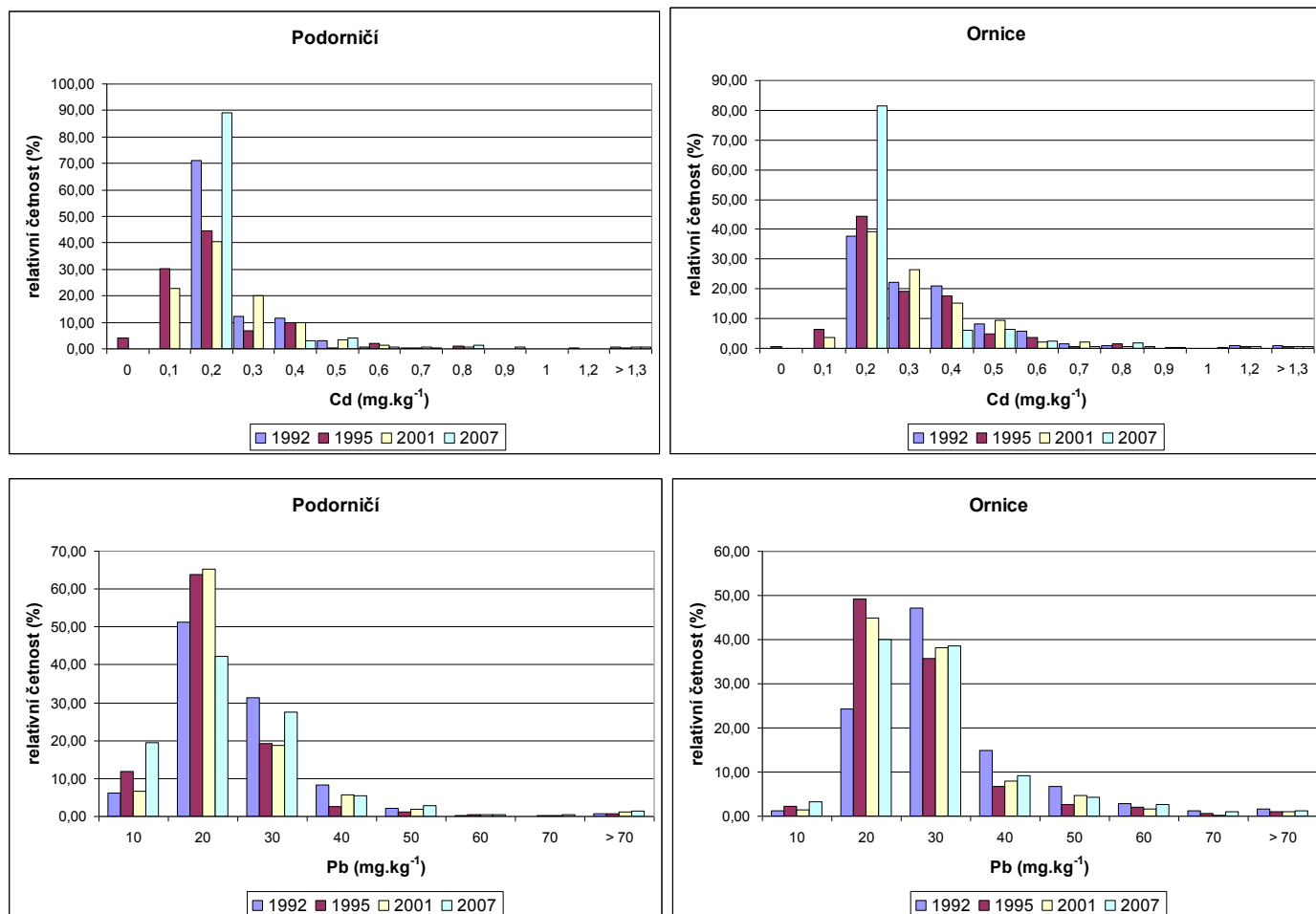
Tabulka 9. Deskriptivní statistika souboru rizikových prvků základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd ze šetření 1992, 1995, 2001, 2007 (lučavka královská, mg.kg⁻¹)

Prvek	Ornice				Podorničí			
	průměr	medián	min	max	průměr	medián	min	max
Be_92	1,24	1,15	0,10	4,64	1,33	1,23	0,10	3,79
Be_95	1,26	1,20	0,40	3,50	1,33	1,30	0,40	3,60
Be_01	1,26	1,21	0,31	3,94	1,35	1,30	0,28	4,06
Be_07	1,02	0,96	0,15	3,71	1,08	1,00	0,15	3,63
Cr_92	42,90	38,60	10,10	443,90	45,40	39,50	3,40	598,20
Cr_95	40,22	34,65	9,52	580,00	42,48	36,35	7,40	640,00
Cr_01	39,93	35,18	10,14	496,70	42,70	36,55	9,70	655,80
Cr_07	41,21	33,50	9,98	395,00	42,95	34,90	10,60	430,00
Cd_92	0,32	0,27	0,12	7,20	0,21	0,12	0,12	11,11
Cd_95	0,31	0,20	0,05	4,60	0,23	0,20	0,04	5,20

Tabulka 9. pokračování. Deskriptivní statistika souboru rizikových prvků základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd ze šetření 1992, 1995, 2001, 2007 (lučavka královská, mg.kg⁻¹)

Cd_01	0,30	0,24	0,05	5,08	0,21	0,16	0,04	3,98
Cd_07	0,26	0,18	0,18	4,56	0,23	0,18	0,18	4,40
Co_92	13,21	12,30	0,50	46,90	13,87	12,70	0,50	61,40
Co_95	10,69	9,90	1,70	37,00	11,44	10,35	1,60	68,10
Co_01	10,79	10,15	2,13	33,32	11,39	10,39	1,97	49,38
Co_07	11,12	10,20	1,65	37,40	11,66	10,75	1,78	43,20
Cu_92	21,97	19,80	4,90	120,80	20,24	18,75	2,90	112,80
Cu_95	20,75	18,80	3,75	103,00	19,85	17,75	2,24	69,80
Cu_01	20,32	17,05	4,04	165,10	18,70	16,35	3,02	87,45
Cu_07	21,35	17,90	4,12	114,00	19,83	17,50	3,47	109,00
Ni_92	25,65	24,45	2,50	174,20	28,28	26,55	2,50	262,30
Ni_95	22,99	21,80	4,39	276,00	24,98	22,90	3,25	302,00
Ni_01	20,61	19,24	4,12	180,20	22,40	20,80	3,27	219,60
Ni_07	24,58	21,90	3,92	157,00	26,24	23,10	4,25	201,00
Pb_92	28,85	24,65	6,80	463,20	21,36	18,80	1,50	629,50
Pb_95	22,71	19,80	4,70	178,00	17,71	15,70	3,80	171,00
Pb_01	24,22	20,50	7,70	314,30	19,23	16,00	5,21	250,10
Pb_07	26,20	21,40	6,50	505,0	21,29	17,4	6,50	438,00
Hg_92	0,114	0,075	0,019	1,415	0,064	0,043	0,005	1,908
Hg_01	0,099	0,071	0,025	0,993	0,071	0,053	0,010	1,070
Hg_07	0,095	0,068	0,022	1,480	0,074	0,053	0,011	1,630
V_92	53,72	48,90	13,80	279,60	55,78	50,40	5,70	272,30
V_95	46,20	41,40	11,60	218,00	49,08	43,75	7,02	200,00
V_01	47,90	44,34	13,36	213,50	50,55	46,53	12,13	210,90
V_07	45,51	41,65	13,80	213,00	47,47	43,30	13,50	208,00
Zn_92	86,25	78,60	23,00	847,80	79,05	73,15	11,50	994,40
Zn_95	69,51	61,90	17,80	597,00	65,98	59,09	5,24	607,00
Zn_01	72,81	64,00	20,90	647,40	67,95	61,80	1,80	514,00
Zn_07	72,15	64,55	20,90	586,00	67,99	61,95	19,20	578,00

Graf 10. Distribuční diagramy obsahů Cd a Pb v půdách základního subsystému Bazálního monitoringu půd. Srovnání let 1992, 1995, 2001, 2007 (lučavka královská, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



4.4.5. Shrnutí

- V základním subsystému orných půd byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v obsazích Be, Co, Cu, Ni, Pb (výluh HNO_3) mezi jednotlivými odběrovými periodami jak v ornici, tak i podorničí.
- U Co, Cu a Pb je zjevný pomalý nárůst hodnot od počátku sledování, hodnoty Be a Ni kolísají.
- V kontaminovaném subsystému orných půd byly v roce 2007 průkazně doloženy zvýšené hodnoty obsahů Cd a Co (výluh HNO_3) v podorničí oproti předchozím odběrům (Cd – 1995, 2001, Co – 2001).
- V základním subsystému BMP orných půd byly zjištěny průkazné rozdíly v obsazích Be, Ni a Pb (rozklad lučavkou královskou) v ornici i podorničí a u Cd v ornici.
- Pouze u obsahů Ni a Pb v ornici i podorničí byl v roce 2007 zjištěn mírný nárůst oproti předešlým odběrům (Ni – 1992, 1995, 2001, Pb – 1995).
- Rozdíly v obsazích všech rizikových prvků byly zjištěny mezi základním a kontaminovaným subsystémem jak ve výluhu 2M HNO_3 , tak i v lučavce královské.

4.5. Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POPs) a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAHs) v půdách Bazálního monitoringu půd

4.5.1. Úvod

Perzistentní organické polutanty (Persistent Organic Pollutants, POPs) jsou látky dlouhodobě setrvávající v prostředí. Mají několik typických vlastností – vyznačují se vysokou lipofilitou, vysokou schopností bioakumulace, vysokým stupněm chemické a biologické stability a tendencí k dálkovému přenosu. Díky těmto vlastnostem se mohou šířit tisíce kilometrů od zdroje a kontaminovat tak celou biosféru. Všeobecně je přijímáno, že hlavním mechanismem vysvětlujícím pohyblivost POPs v prostředí je cyklické odpařování z povrchu půd a vod, které způsobuje jejich unášení vzduchem ve formě páry a prachu a následnou depozici deštěm, sněhem nebo tuhými částicemi.

Perzistentní organické látky vznikají přírodními procesy (např. sopečná činnost, požáry), převážná část jejich zdrojů je však antropogenního původu. Výrobu a použití vybraných látek reguluje Stockholmská úmluva o perzistentních organických polutantech. Úmluva byla podepsána 23. května 2001 a právně zavazuje signatářské země omezit u vybraných látek výrobu, používání a vypouštění do životního prostředí. Česká republika úmluvu podepsala i ratifikovala v roce 2002 a 17. května 2004 vstoupila úmluva v platnost.

Úmluva se v době podpisu týkala těchto 12 látek a jejich skupin: aldrin, dichlordifenyltrichloretan (DDT), dieldrin, endrin, heptachlor, chlordan, mirex, toxafen, hexachlorbenzen (HCB), polychlorované bifenylly (PCBs), polychlorované dibenzodioxiny (PCDDs) a dibenzofurany (PCDFs). V květnu 2009 na 4. konferenci smluvních stran Stockholmské úmluvy v Ženevě bylo na seznam přidáno dalších 9 látek a jejich skupin: hexabromobifenyl (HBB), penta- a oktobromovaný difenyléter (PBDE, OBDE), pentachlorbenzen, lindan, α - a β -hexachlorcyklohexan, chlordecon, perfluorooktansulfonát (PFOS).

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) sleduje obsahy vybraných POPs (7 kongenerů PCB, HCB, 4 izomery HCH (α -, β -, γ -, δ -) a látky skupiny DDT) a 16 EPA PAHs v zemědělských půdách.

4.5.2. Metodika

Odběry půdních vzorků probíhají **každoročně** na vybraných 40 pozorovacích plochách BMP a na 5 plochách v chráněných územích. Odběry zajišťují pracovníci ÚKZÚZ a pracovníci chráněných území.

V období 1994-1996 byly obsahy organických polutantů sledovány na proměnlivém souboru pozorovacích ploch (jednalo se o plochy, na nichž byla pěstována pšenice). Od roku 1997 probíhá sledování na stálém souboru 35 ploch BMP +5 ploch v chráněných územích (CHÚ), k nimž o rok později přistoupilo ještě 5 pozorovacích ploch (PP) v Opavském regionu a počet se ustálil na počtu 40 (BMP) + 5 (CHÚ).

Sledování *organochlorových pesticidů (OCP: HCH, HCB, DDT)* probíhá od roku 1994. V letech 1998 a 1999 nebyly tyto látky ve vzorcích stanovovány a analýzy byly obnoveny v roce 2000. Od roku 1994 rovněž probíhá monitoring *PCBs* (shodné plochy s OCP), který však nebyl přerušen. V letech 1994-1997 byly stanovovány pouze 3 kongenery

(138, 153, 180), v roce 1998 přistoupily další 3 kongenery (28, 52, 101) a od roku 2002 se stanovuje celkem 7 indikátorových kongenerů PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180, 118).

Monitoring **PAHs** byl zahájen v roce 1996. V laboratořích NRL Opava bylo stanovováno 15 individuálních uhlovodíků, od roku 2006 je stanovováno 16 uhlovodíků, všeobecně známých jako 16 EPA PAHs.

Metody stanovení POPs a PAHs jsou od roku 2004 akreditovány podle ISO 17025. V této souvislosti byla u použitých analytických metod provedena jejich validace. Pro vyhodnocení výsledků to znamená záruku jejich vyšší porovnatelnosti. Z tohoto důvodu byla do statistické analýzy dat zahrnuta data získaná až po roce 2004 (včetně). Hodnoty nižší než limit stanovitelnosti (LOQ) byly pro statistické zpracování položeny rovno 1/2LOQ.

Numerické výsledky agrochemických analýz byly podrobeny základnímu statistickému zkoumání:

- deskriptivní analýza dat – výpočet aritmetického průměru, mediánu, vyhledávání globálních minim a maxim a výpočet kvartilů
- Exploratorní analýza dat – sestavení krabicových diagramů
- Prostorové znázornění – vyjádření distribuce sledovaných analytů na státním území ČR

Pro statistické zpracování byly použity programy MS Excel 2001, NCSS 2001, Statistica v 6.0, ArcView 9.3.1.

4.5.3. Obsahy organochlorových pesticidů (OCPs) v půdách Bazálního monitoringu půd

Pesticidy jsou přípravky určené k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, a k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, bytů, domů, výrobních závodů nebo i zvířat a člověka. Pesticidy, které již dále nemohou plnit svou původní ani žádnou jinou funkci jsou nazývány obsoletní pesticidy (obsolete pesticides). Typickým příkladem obsoletních pesticidů jsou organochlorové pesticidy – HCH, HCB a DDT.

Dlouholetým používáním uvedených pesticidů došlo k masivní kontaminaci půd, vod a bioty. Z těchto matric se postupně stávají hlavní rezervoáry OCP v životním prostředí. V teplejších obdobích roku dochází k uvolňování OCP z půdy, vegetace a vodních povrchů do ovzduší. Následuje transport na kratší či delší vzdálenosti (long-range transport). Stopová množství těchto pesticidů lze zaznamenat ve všech složkách životního prostředí (Velíšek, 1999, Holoubek, 2008).

Pod pojmem DDT není chápáno pouze p,p'-DDT (vlastní účinná látka) (dichlordifenyltrichloreten), ale celá skupina látek blízkých. Při výrobě vzniká o,p'-DDT a také p,p'-DDD a o,p'-DDD (dichlordifenylidichloreten) a v prostředí dochází k jejich transformaci na DDE (dichlordifenylidichloretylen). Předpokládá se, že poločas rozpadu DDT na DDE a DDD je 2-15 let. DDT a jeho metabolity jsou velmi stálé, málo těkavé sloučeniny lipofilní povahy s nízkou rozpustností ve vodě a výraznou schopností kumulace v tukových tkáních organismů (bioakumulace) a adsorbce na povrchy tuhých částic. Všechny tyto vlastnosti je předurčují k dlouhé perzistenci v prostředí a pronikání do potravních řetězců. (Holoubek et al., 2000). Látky skupiny DDT jsou velmi toxické pro vodní organismy, způsobují významný pokles reprodukční schopnosti rybožravých a vodních ptáků, ale i pěvců a suchozemských šelem. Také u člověka se DDT a jeho metabolity hromadí v těle, především v tukové tkáni. Akutní expozice DDT ovlivňuje nervový systém. Chronická expozice poškozují játra, narušuje metabolismus a funkci steroidních hormonů. Lze

předpokládat, že dochází k negativnímu ovlivnění reprodukčního systému a zdravého vývoje plodu. V bývalém Československu bylo používání DDT zakázáno v roce 1974.

Hexachlorcyklohexan (HCH) je synteticky vytvořená látka. HCH se vyskytuje v několika izomerních modifikacích (α -, β -, γ -, δ -), přičemž γ -modifikace je označována jako lindan a je z izomerů nejučinnější jako insekticid. Technický HCH byl v bývalém Československu používán od roku 1956 pouze v lesích. Jednotlivé izomery mají extrémně odlišné chování: zatímco α -izomer je silně volatilní, β - je v prostředí extrémně stabilní, γ - je degradabilní a v půdách se již téměř nenalézá (uvádí se poločas rozpadu v půdě 3-4 roky). O chování δ -izomeru se neví téměř nic. HCH je škodlivý pro hmyz a ryby. U člověka zvyšuje pravděpodobnost onemocnění rakovinou, podráždění dýchacích cest, poškození jater a ledvin a poškození funkce štítné žlázy. V současné době je výroba a použití lindanu v ČR zakázáno.

Hexachlorbenzen (HCB) je syntetická látka, hojně využívaná jako fungicid na ochranu semen. Obchodování a používání HCB pro ochranu rostlin bylo v EU zakázáno v roce 1988. Stále je využíván při průmyslové výrobě některých organických rozpouštědel, např. tetrachlorethylenu nebo trichlorethylenu. HCB je pro zdraví lidí velmi nebezpečný. Po expozici touto látkou může u zasažených osob dojít k extrémnímu zvýšení rizika onemocnění rakovinou, ohrožení vývoje plodu, podráždění očí, nosu, dýchacích cest i kůže, k poškození jater a ledvin a k poškození funkce štítné žlázy.

Výsledky

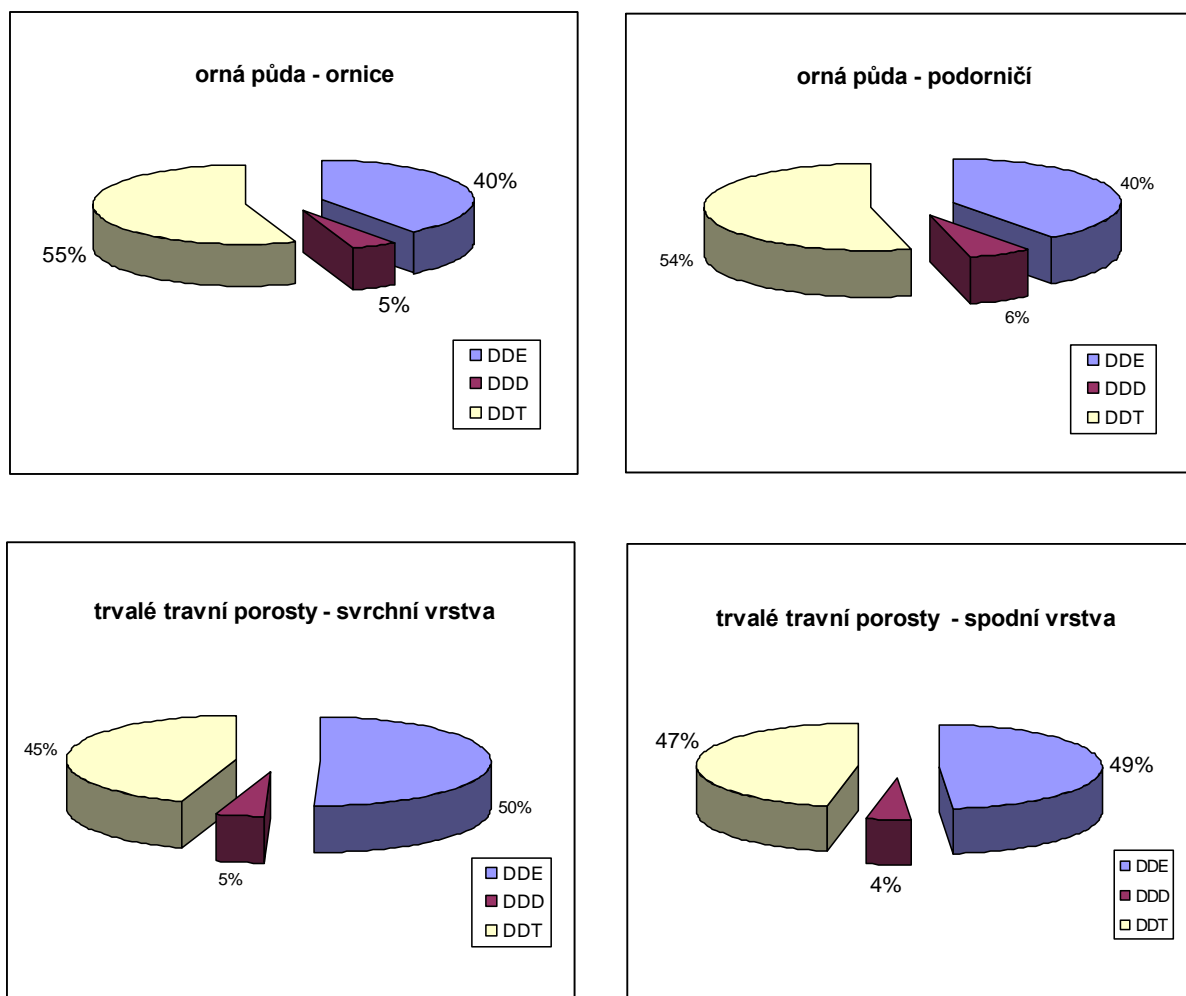
Každý rok je odebráno a analyzováno 90 půdních vzorků. Základní popisná statistika je uvedena v přílohách 4.5.I. a 4.5.II. Obsahy HCH jsou zde uvedeny jako suma všech 4 izomerů, obsahy S_DDT (resp. S_DDE, S_DDD) jsou sumy jejich *o',p'*- a *p',p'*- izomerů, DDT_{total} je sumou všech metabolitů a jejich izomerů (*o',p'*- + *p',p'*- izomery DDT + DDE + DDD). V přílohách 4.5.III. – 4.5.XI. jsou uvedeny box diagramy pro všechny uvedené pesticidní látky a v přílohách 4.5.XII. a 4.5.XIII. prostorové vyjádření obsahů sledovaných látek na území ČR.

Obsahy **HCH** v půdách BMP jsou zanedbatelné. Většina vzorků nepřesáhne limit stanovitelnosti dané analytické metody (LOQ = 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Pouze vzorky z 10 monitorovacích ploch přesáhly LOQ, maximální hodnota činila 4,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Statistická analýza dat neprokázala významné rozdíly ani mezi ročníky ani mezi jednotlivými horizonty. Zdá se, že by bylo možné považovat obsahy HCH v zemědělských půdách ČR za zcela zanedbatelné. Zde je však nutné si uvědomit, že v případě lindanu se jednalo o široce používaný pesticid a generalizace tohoto tvrzení je možná pouze směrem k větším územním jednotkám. Při hodnocení zátěže určitého území je vždy nutné vycházet z provedených analýz, popř. ze známých historických skutečností. Toto se projevilo např. v projektu „Rizikové látky v půdě ve vztahu k životnímu prostředí - přeshraniční základy ochrany půdy (Bavorsko – Česká republika)“, což byl mezinárodní projekt realizovaný ÚKZÚZ a LfU (Bavorsko) v rámci programu Iniciativy Evropských společenství INTERREG IIIA (Čermák et al., 2008). Na sledovaném území dosahovaly obsahy HCH v orné půdě až 15,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 3,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$), na trvalých travních porostech až 21,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 4,54 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a v lesních půdách dokonce 59,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 8,25 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) v organominerálním horizontu A a rozdíly mezi obsahy v jednotlivých kulturách byly statisticky průkazné.

Obsahy **látek skupiny DDT** a jejich vzájemný poměr na jednotlivých monitorovacích plochách BMP uvádí obrázek v příloze 4.5.XIII. Vzájemný poměr jednotlivých metabolitů vzrůstá v pořadí DDD < DDE < DDT (graf 15), což neodpovídá zákazu používání DDT na území bývalého Československa v 70. letech (Čechy a Morava 1974, Slovensko 1976) a

předpokládanému poločasu rozpadu DDT 2-15 let. Částečně by to mohlo být způsobeno výrobou a používáním přípravků proti vši vlasové (s obsahem DDT) v období jejího značného rozšíření v letech 1978-79, dovozem krmiv z rozvojových zemí (např. z Indie), které nebyly kontrolovány na obsah DDT (Peterka, 1999), popř. relativně běžným používáním DDT ještě v 90. letech 20. století.

Graf 15. Poměrné zastoupení: Vzájemný poměr jednotlivých látek skupiny DDT v orné půdě a v rvalých travních porostech.



Medián obsahů DDT_{total} v orných půdách BMP je relativně nízký, i zde jsou však lokality s velmi vysokými obsahy DDT_{total} . Stejně jako v předchozím případě u HCH je při hodnocení zátěže lokality DDT_{total} nutno zohlednit místní podmínky (staré zátěže, historické aplikace, atp.). Ve výše zmiňovaném česko-bavorském projektu byl např. vypočten 2x vyšší medián pro organominerální (A) horizont orných půd (42,7 ppb) a maximální hodnota dosáhla 879 ppb.

Rozdíly v obsazích DDT_{total} v půdách BMP mezi jednotlivými roky se neprojeví, naopak byly zjištěny rozdíly v obsazích v ornici (svrchních horizontech) a podorničí (spodních horizontech). Tato zjištění jsou prokázána Kruskal-Wallis One-Way ANOVA testem. Obsahy ve svrchních horizontech jsou vždy vyšší než v horizontech spodních,

s výjimkou vzorků z trvalých travních porostů. Toto by mohlo být způsobeno odlišnou metodikou vzorkování (viz kapitola 3.1).

Obsahy **HCB** ve vzorcích orných půd se pohybují v rozmezí $<0,5 - 52,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v ornici (medián $3,30 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) a $<0,5 - 19,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v podorniči (medián $2,50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Podobný rozsah hodnot HCB byl zjištěn v půdách česko-bavorského projektu ($0,53 - 47,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), ale vypočtený medián činil $9,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Obsahy HCB na lokalitách BMP jsou znázorněny v příloze 4.3.12. Nejvyšší hodnoty byly detekovány v jihovýchodní a západní části České republiky. Tyto lokality korespondují s lokalitami kontaminovanými látkami skupiny DDT (příloha 4.3.13). Je doloženo, že HCB se nacházel jako nečistota v několika chlorovaných pesticidech (Škrbić et Durišić-Mladenović, 2007). Kruskal-Wallis One-Way ANOVA test prokázal statisticky průkazné rozdíly mezi obsahy v jednotlivých horizontech. Rozdíly v obsazích HCB mezi jednotlivými roky nebyly zjištěny.

Shrnutí

- Statistická analýza dat prokázala shodu mezi obsahy organochlorových pesticidů v jednotlivých letech sledování.
- Statistická analýza dat potvrdila průkazné rozdíly mezi obsahy sledovaných látek v jednotlivých horizontech (s výjimkou HCH).
- Vzájemný poměr jednotlivých látek skupiny DDT vzrůstá v pořadí $\text{DDD} < \text{DDE} < \text{DDT}$, což přesně neodpovídá běžně udávanému poločasu rozpadu DDT (2 – 15 let) a zákazu aplikace DDT v bývalém Československu před více než 30-ti lety.
- Lokality se zvýšenými obsahy HCB korespondují s lokalitami s zvýšenými hladinami kontaminace látek skupiny DDT.

4.5.4. Obsahy polychlorovaných bifenyly (PCBs) v půdách Bazálního monitoringu půd

PCBs se vyrábějí katalytickou chlorací bifenyly (aromatického uhlovodíku, jehož dvě benzenová jádra jsou spojena jednoduchou vazbou). Teoreticky lze podle počtu a vzájemné polohy nasubstituovaných atomů chlóru získat 209 různých chemických individuů. Polychlorované bifenyly mají výborné chemické a fyzikální vlastnosti (vysoce stabilní chemické sloučeniny odolávající kyselinám i alkáliím, při zvýšené teplotě se nerozkládají, destilují bez rozkladu, při nuceném spalování přecházejí beze změn do kouřových plynů, ve vodě jsou prakticky nerozpustné, dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech, biodegradaci podléhají jen v omezené míře). Tyto vlastnosti je předurčily k širokému průmyslovému uplatnění a zároveň vedou k jejich hromadění v biosféře. (Véber et Kredl 1991, Kalač 1992).

PCBs jsou po DDT nejrozšířenějšími chlorovanými aromatickými uhlovodíky v životním prostředí. Stejně jako výše zmiňované obsoletní pesticidy, také PCB patří k látkám náchylným k dálkovému transportu a v současné době se nacházejí ve všech složkách životního prostředí. V lidském organismu se kumulují v tukové tkáni a mateřském mléce. Při koncentraci vyšší než $50 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tuku nastávají změny na kůži, změny spojené s indukci enzymů, estrogenní aktivitou, dochází k imunosupresi (všeobecnému snížení obranyschopnosti organismu), poruchám reprodukce a zvětšení štítné žlázy. Jsou podezřelé z karcinogenních a teratogenních účinků (Véber et Kredl, 1991).

Toxický charakter PCB byl definitivně prokázán v 70. letech a bylo ověřeno, že nebezpečnost přítomnosti PCB v životním prostředí a potravních řetězcích je násobena schopností kumulovat se především v tukových tkáních organismů. Výroba a použití PCB bylo poté v mnoha zemích světa omezeno až zrušeno, ale ne v Československu! Po roce 1972 jejich výroba začala narůstat a dosáhla vrcholu kolem roku 1980! Teprve poté, co byly prokazovány masivní kontaminace hovězího masa, ryb, mléka, másla byla výroba v roce 1984 ukončena (Holoubek, 2003).

Výsledky

Jak již bylo uvedeno výše, každým rokem je analyzováno 90 vzorků půd ze 45 lokalit. Základní popisná statistika je uvedena v přílohách 4.5.XIV. a 4.5.XV. (suma 7 kongenerů). V přílohách 4.5.XVI. a 4.5.XVII. jsou uvedeny box diagramy charakterizující rozložení hodnot PCB v jednotlivých letech, horizontech a kulturách.

Medián obsahů PCBs v celém souboru dat se v jednotlivých kulturách pohybuje ve svrchních horizontech v rozmezí 3,16 – 6,71 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a ve spodních 1,75 – 3,63 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Rozsah hodnot v ornících činí 1,75 – 62,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 3,16 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a v podorníci 1,75 – 72,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 2,47 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Statistickou analýzou dat byla zamítnuta shoda obsahů PCBs ve svrchních i spodních horizontech a také mezi roky.

Extrémní hodnoty jsou pravidelně determinovány na dvou monitorovacích plochách v Jihomoravském a Zlínském kraji. Tyto plochy náleží do subsystemu kontaminovaných ploch. Trvalé překračování limitních hodnot (podle vyhlášky č. 13/1994 Sb.) je typické také pro další plochu ve Zlínském kraji, tentokrát ze základního systému (příloha 4.5.XVIII.). Mnohem nižší rozsahy obsahů PCBs (1,75 – 12,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) i medián pro svrchní horizont orných půd (1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) byly zjištěny v orných půdách na území česko-bavorského projektu.

Pro plochy BMP platí, že suma 7 kongenerů je tvořena převážně tzv. výšechlorovanými PCBs (138, 153, 180), které podléhají biodegradaci v půdě pomaleji než ostatní stanovované kongenery.

Shrnutí

- Statistická analýza dat neprokázala shodu obsahů PCBs ani v jednotlivých letech ani mezi horizonty.
- Nejhojněji zastoupenými kongenery v půdách BMP jsou 153, 138 a 180.
- Limitní hodnota 10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyhláška č. 13/1994 Sb.) je pravidelně překračována na třech monitorovacích plochách BMP.

4.5.5. Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků (PAHs) v půdách Bazálního monitoringu půd

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs) tvoří skupinu více než 100 rozdílných chemických látek (s nejméně dvěma benzenovými jádry bez heterogenních atomů nebo substituentů) vznikajících nedokonalým spalováním uhlí, olejů, plynů, odpadů nebo jiných organických látek za omezeného přístupu kyslíku při teplotách 500-900 °C. PAHs se v prostředí nalézají většinou jako směs několika uhlovodíků. Přírodní zdroje jsou ve srovnání s antropogenními zanedbatelné, proto jsou PAHs dobrými indikátory antropogenních vstupů do vzdálených, relativně čistých oblastí. Mnohé PAHs jsou mutagenní, karcinogenní nebo teratogenní.

Pro PAHs je typický dálkový transport. Významným transportním médiem je ovzduší. PAH se zde nacházejí ve formě par nebo aerosolu, až 75% těchto látek je vázáno na respirabilní frakci. Z atmosféry jsou vymývány suchou a mokrou depozicí, což je také hlavní zdroj kontaminace zemědělských plodin. Depozice dosahuje maxim v zimním období, minim v letním období, což souvisí s rychlejším procesem degradace těchto látek prostřednictvím fotochemických reakcí a nárůstem spalovacích procesů v zimě (Holoubek, 2008).

Díky vysoké lipofilitě jsou velmi dobře absorbovány z gastrointestinálního traktu savců a distribuovány do různých tkání. PAHs nemají tendenci k bioakumulaci v tukových tkáních obratlovců, z důvodu rychlých metabolických změn. U některých vzniklých derivátů byly prokázány silnější karcinogenní účinky než u původních PAHs.

Výsledky

Každým rokem je v laboratořích ÚKZÚZ analyzováno 90 půdních vzorků ze 45 monitorovacích ploch. Základní popisná statistika je uvedena v přílohách 4.5.XIX. a 4.5.XX. (suma 16 US EPA PAHs, suma 7 PAHs uvedených ve vyhlášce č. 13/1994 Sb.). V přílohách 4.5.XXI. – 4.5.XXIII. jsou uvedeny box diagramy, charakterizující rozložení hodnot v jednotlivých letech, horizontech a kulturách.

Medián obsahů sumy 16 US EPA PAHs v celém souboru dat se v jednotlivých kulturách pohybuje ve svrchních horizontech v rozmezí 154 – 905 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a ve spodních 80,7 – 804 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Rozsah hodnot v ornících orných půd činí 66,7 – 5167 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 595 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a v podorníci 55,3 – 4046 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 348 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Statistická analýza dat prokázala shodu obsahů mezi roky (neprojevuje se vliv ročníku). Rozdíly v obsazích sumy 16 US EPA PAHs ve svrchních a spodních horizontech jsou statisticky průkazné. Suma obsahů 7 PAHs uvedených ve vyhlášce č. 13/1994 Sb. kopíruje zjištění uvedená pro obsahy 16 US EPA PAHs. Prostorové znázornění obsahů PAHs na mapě České republiky uvádí příloha 4.5.XIII.

Na základě příloh 4.5.XXI. – 4.5.XXIII. je možné konstatovat, že obsahy PAHs v půdách sledovaných kultur se zvyšují v řadě: CHÚ < orná půda < TTP. Statisticky významně nižší obsah byl potvrzen pouze pro půdy chráněných území. Rozdíly obsahů mezi ornou půdou a trvalými travními porosty nejsou statisticky významné (CHÚ < orná půda = TTP). Vyšší obsahy PAHs v půdách trvalých travních porostů mohou být způsobeny vyšším obsahem organické hmoty a tedy vyšší sorpcí na půdní organickou hmotu, což následně patrně vede k omezení biodegradace. Dále je zde prokázána souvislost mezi „náchylností“ látky k dekompozici a strukturou půdních pórů. Pokud látka vstoupí do pórů menších než je velikost mikrobů, pak nebude detoxikována ani mineralizována (Tate, 2000).

Shrnutí

- Statistická analýza dat prokázala shodu mezi obsahy v jednotlivých letech sledování (jak pro sumu 16 US EPA PAHs, tak pro sumu 7 PAHs jmenovaných vyhláškou č. 13/1994 Sb.).
- Statistická analýza dat potvrdila průkazné rozdíly mezi obsahy sledovaných látek v jednotlivých horizontech.
- Statistická analýza dat potvrdila průkazné rozdíly mezi obsahy PAHs mezi vzorky původem z chráněných území, trvalých travních porostů a orných půd (CHÚ < orná půda = TTP). Rozdíl obsahů mezi vzorky orných půd a trvalých travních porostů nebyl významný

4.6. Obsahy rizikových prvků v rostlinách

4.6.1. Úvod

Půda obsahuje velké množství chemických prvků, které díky svým vlastnostem lépe či hůře penetrují dovnitř rostlinných pletiv. Velikost / intenzita transportu / transferu závisí na mnoha faktorech (půdní vlastnosti včetně obsahu rizikových prvků a pH, atmosférické vlivy, biotické faktory – zejména druh a varieta rostliny a její zdravotní stav) a jejich vzájemných interakcích. V případě, že podmínky jsou pro transport prvku z půdního roztoku do rostlinných pletiv příhodné, dochází k nadměrné absorpci a následné akumulaci prvku v rostlině, resp. v některých jejích částech. Tímto způsobem může být ohrožena kvalita plodin z hlediska jejich využití v potravinářství nebo krmivářství.

4.6.2. Metodika

Monitoring kvality rostlinné produkce je prováděn od roku 1997 na 52 plochách Bazálního monitoringu půd. Z těchto ploch je 25 součástí základního subsystému a zbylých 27 je součástí subsystému kontaminovaných ploch. Toto rozdělení má sloužit pro srovnání, zda celkové obsahy prvků v půdě ovlivňují obsahy prvků v pěstovaných plodinách. Zároveň jsou výsledky použitelné jako referenční hodnoty pro místní šetření a projekty.

Z každé monitorovací plochy jsou každoročně v období zralosti těsně před sklizní odebrány dva směsné vzorky – jeden pro hlavní produkt (např. zrno, bramborová hlíza) a druhý pro vedlejší produkt (obilná sláma, nať). Vzorky plodin musí být tvořeny minimálně 10 individuálními odběry. Nadzemní části rostlin se neomývají, u podzemních se provede omytí od zeminy. Vzorky se po odběru zvážejí a vysuší na vzduchu. Označené, vysušené, zhomogenizované vzorky jsou předávány do příslušné laboratoře k analýzám.

Numerické výsledky analýz byly podrobeny následujícímu statistickému zkoumání:

- deskriptivní analýza dat – výpočet aritmetického průměru, mediánu, vyhledávání globálních minim a maxim a výpočet kvartilů
- Exploratorní analýza dat – sestavení krabicových diagramů
- ANOVA

Do statistického zpracování byly zahrnuty všechny hodnoty stanovených prvků, hodnoty nižší než limit stanovitelnosti (LOQ) byly položeny rovno $1/2LOQ$. Pro statistické zpracování byly použity programy MS Excel 2003, NCSS 2001. Vybraný soubor dat byl statisticky testován pro zjištění, zda existují průkazné rozdíly v obsazích rizikových prvků v plodinách pěstovaných na pozemcích v základním a kontaminovaném systému monitoringu (As, Cd, Cu, Ni, Zn). Hodnoty byly otestovány jednofaktorovou analýzou rozptylu s následným testováním Kruskal-Wallisovým testem na hladině významnosti $p=0,05$.

4.6.3. Výsledky

V letech 1997 - 2008 bylo odebráno a analyzováno celkem 1039 rostlinných vzorků. Ve všech vzorcích byla stanovena hmotnost sušiny a celkový obsah rizikových prvků As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn.

Základní popisná statistika prvkové analýzy rostlin (rozsah obsahů v celém souboru vzorků) je uvedena v příloze 4.6.I. Střední hodnoty obsahů rizikových prvků v jednotlivých typech rostlinného materiálu jsou uvedeny v příloze 4.6.II. Výsledky deskriptivní statistiky mohou být graficky vyjádřeny pomocí box-diagramů. Kromě rozložení dat v souboru (pomocí

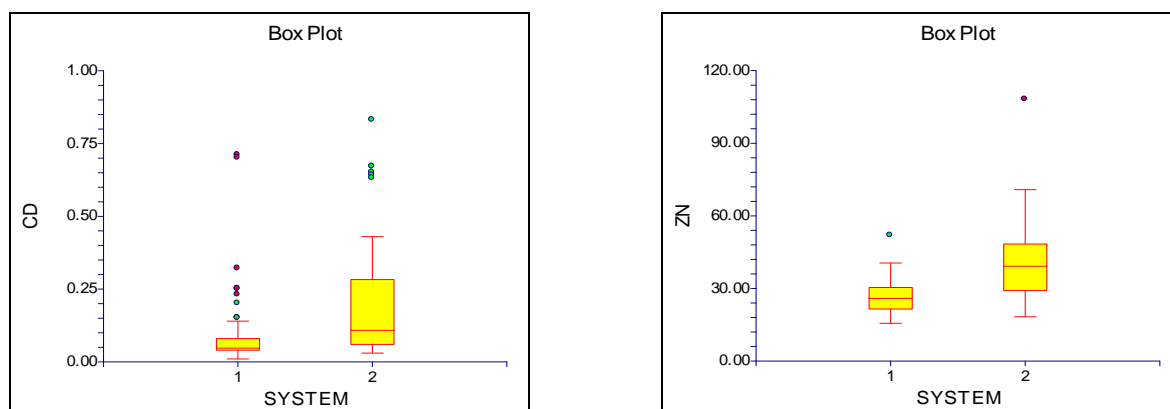
minima, maxima, mediánu a dolního a horního kvartilu) indikuje box diagram také odlehle hodnoty (přílohy 4.6.III. – 4.6.X).

V případě Be, Co, Cr, Pb a V se většina naměřených hodnot vyskytuje pod limitem stanovitelnosti. Obsahy Cu a Zn leží vždy nad limitem stanovitelnosti. Pro vybrané prvky (As, Cd, Cu, Zn) byly sestaveny grafy obsahů prvků v plodinách (přílohy 4.6.XI. – 4.6.XIV.).

Předpoklad rozdílnosti obsahů prvků v pletivech rostlin pěstovaných v základním a kontaminovaném subsystému Bazálního monitoringu půd byl testován na nejběžnějších plodinách: pšenici (zrno, sláma), ječmeni (zrno, sláma), řepce (semeno, sláma) a vzorcích z trvalých travních porostů (1. seč, 2. seč), a to u As, Cd, Cu, Ni a Zn.

Pro všechny testované plodiny byly potvrzeny statisticky významně vyšší obsahy zinku (Zn) v plodinách z kontaminovaného subsystému monitoringu. V případě kadmia (Cd) byly potvrzeny významně vyšší obsahy u všech testovaných matric z kontaminovaného subsystému s výjimkou vzorků TTP z 1. seče, v případě arsenu (As) u pšenice (zrno, sláma) a ječmene (zrno, sláma). V případě mědi (Cu) byly prokázány významně vyšší obsahy u zrna pšenice a ve vzorcích z 1. i 2. seče TTP. Rozdíly v obsazích niklu (Ni) mezi plodinami ze základního a kontaminovaného subsystému nebyly zjištěny, s výjimkou zvýšených obsahů ve vzorcích TTP z 1. seče (v kontaminovaném subsystému).

Graf 16. Rozložení hodnot obsahů Cd a Zn v pšeničném zrnu.
($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.; 1 – základní systém monitoringu; 2 – systém kontaminovaných ploch)



4.6.4. Shrnutí

- V uvedeném období bylo odebráno a analyzováno 1039 vzorků rostlin. Ve vzorcích byla provedena prvková analýza (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn).
- Velké množství zjištěných hodnot se nachází pod limitem stanovitelnosti.
- Testování průkaznosti rozdílných obsahů prvků v plodinách ze subsystému kontaminovaných ploch bylo provedeno na čtyřech nejčastěji odebíraných plodinách / matricích - řepka, ječmen, pšenice a trvalé travní porosty, a vybraných prvcích (As, Cd, Cu, Ni, Zn).
- Průkazný rozdíl byl potvrzen u zinku (Zn) a kadmia (Cd) ve všech testovaných matricích, v případě arsenu (As) u ječmene a pšenice, v případě mědi (Cu) ve vzorcích TTP a zrna pšenice a v případě niklu (Ni) pouze ve vzorcích z 2. seče TTP. Vždy se jednalo o zvýšené obsahy uvedených prvků ve vzorcích ze subsystému kontaminovaných ploch.

4.7. Mikrobiální parametry orných půd a půd trvalých travních porostů

4.7.1. Úvod

Půdní mikrobiální společenstva představují klíčový faktor z hlediska fungování půdního ekosystému. Ačkoliv živá složka půdy tvoří méně než 4% půdní organické hmoty, půdní mikroorganismy zajišťují řadu základních funkcí půdy jako např. rozklad organické hmoty, koloběh živin, biodegradaci xenobiotik nebo biologickou fixaci dusíku. Významný je rovněž podíl mikroorganismů na tvorbě půdní struktury.

Při výběru mikrobiálních parametrů pro účely hodnocení kvality půdy je třeba se řídit určitými pravidly. Zvolené parametry musí představovat indikátory vybraných výše uvedených funkcí půdy a musí umožnit hodnocení biomasy, aktivity a v optimálním případě i diverzity půdních mikroorganismů s ohledem na celé společenstvo nebo na vybrané funkční či taxonomické skupiny. Obecně platí, že neexistuje žádná jednotlivá metoda, která by integrovala všechny tyto požadavky. Vždy je proto třeba aplikovat vhodně zvolenou sadu postupů.

Mikrobiální biomasa byla stanovena jako množství mikrobiálního C a N fumigační extrakční metodou. Tento parametr odráží nejlabilnější frakci půdní organické hmoty a charakterizuje schopnost půdy sloužit jako prostředí pro růst mikroorganismů. Celková aktivita půdních mikroorganismů byla stanovena pomocí bazální respirace, jejíž hodnoty závisí na počtu půdních heterotrofů, jejich fyziologickém stavu a množství metabolizovatelného substrátu v půdě. Substrátem indukovaná respirace měřená bezprostředně po přidavku glukózy charakterizuje metabolicky aktivní množství mikrobiální biomasy. Specifická růstová rychlost μ odpovídá frakci mikroorganismů, které se rozdělí v exponenciální fázi růstu za jednotku času. Používá se k rozlišení půdních mikroorganismů na škále *r* - *K* stratégů. Nitrifikaci rozumíme oxidaci NH_3 na NO_2^- a poté na NO_3^- . Nitrifikace, na rozdíl od respirace, představuje proces zajišťovaný vysoce specializovanou skupinou půdních mikroorganismů, jejichž aktivita je významně ovlivňována hodnotou půdního pH. Aktivita β -glukosidázy představuje klíčový enzym rozkladu celulózy. Podobně jako substrátem indukovaná respirace, se kterou vykazuje těsný korelační vztah, odráží celkové množství aktivní mikrobiální biomasy.

Mikrobiální parametry jsou určovány abiotickými půdními vlastnostmi. Tato skutečnost na jednu stranu znemožňuje definování univerzálních limitů půdních mikrobiálních vlastností pro hodnocení kvality půdy, na druhou stranu znalost těchto vztahů může být použita pro diagnostické účely. V případě, že vztahy mezi fyzikálně-chemickými a mikrobiologickými půdními vlastnostmi jsou definovány na sadě půd, ve kterých lze předpokládat nepřítomnost stresových podmínek, odchylky od těchto vztahů v neznámém vzorku mohou ukazovat na environmentální stres. Cílem této fáze monitoringu půdních mikrobiálních parametrů bylo (i) definovat vzájemné vztahy fyzikálně-chemických a mikrobiologických půdních vlastností, (ii) popsat časovou variabilitu mikrobiálních parametrů, která bývá udávána jako překážka pro aplikaci půdní mikrobiologie v systému kvality půdy a (iii) navrhnout možnosti aplikace mikrobiálních parametrů v systému hodnocení kvality půdy.

4.7.2. Metodika

V letech 1999-2007 byly odebírány vzorky z celkem 121 pozorovacích ploch bazálního monitoringu ÚKZÚZ a ze sítě pozorovacích ploch Agentury ochrany přírody nacházející se na území chráněných krajinných oblastí (CHKO). Plochy byly rozděleny do dvou skupin (přílohy 4.7.I. a 4.7.II.), termíny odběru vzorků shrnuje příloha 4.7.III.

Během sledovacího období došlo k následujícím změnám v odběrovém schématu skupiny 1:

1. Odběr na plochách 9004 a 9108 byl ukončen v roce 2001. Jedná se o půdy s organickým horizontem, při statistickém hodnocení data z těchto ploch byla diagnostikována jako odlehlá.
2. Odběr na ploše 3020 byl ukončen v roce 2001, ukázalo se, že odběrová plocha slouží k závážkám.
3. V roce 2002 byly do první skupiny přidány plochy 3004, 3019, 4009 a 8017. Odběr na ploše 3019 byl ukončen v roce 2004 z důvodu vysoké hladiny spodní vody a opakovaného zamokření.

Odběr na plochách skupiny 2 probíhal beze změny.

Rozdělení půd dle způsobu obhospodařování shrnuje příloha 4.7.IV.

Vzorky byly odebírány z horního horizontu 0-15 cm a v chlazeném stavu dopraveny do laboratoře. Mikrobiální parametry byly stanoveny v čerstvých půdách prosetých přes síto o jmenovité velikosti ok 2 mm.

Stanovení fyzikálních a chemických vlastností půd bylo provedeno dle standardních postupů používaných v Národní referenční laboratoři, níže jsou uvedeny principy mikrobiálních metod. U metod, které byly zavedeny v průběhu sledování je uveden rok, kdy se tak stalo.

Stanovení C a N mikrobiální biomasy fumigační extrakční metodou (MBC, MBN)

Během fumigace (působení par chloroformu) na půdní vzorek jsou intaktní mikrobiální buňky lyzovány a mikrobiální organická hmota uvolněna do půdy. Neživá organická hmota není fumigací významně ovlivněna. Půdní vzorky jsou fumigovány chloroformem 24 hodin. Organický uhlík extrahovaný síranem draselným (0.5 mol.l^{-1}) je stanoven ve fumigovaných a nefumigovaných vzorcích a z rozdílu je vypočten obsah mikrobiálního uhlíku (MBC). Stejně se postupuje v případě dusíku (MBN). Obsah uhlíku v nefumigovaných půdách (C_{ext}) je považován za labilní frakci půdního organického uhlíku.

Bazální respirace titračně (RES_T)

Půdní vzorek v monofilovém sáčku je inkubován v uzavřené lahvi nad roztokem hydroxidu sodného a uvolněný CO_2 je stanoven zpětnou titrací.

Bazální respirace (RES_Oxi), substrátem indukovaná respirace (SIR_Oxi), specifická růstová rychlost (μ), doba do dosažení maximální růstové rychlosti (t_{peakmax}) stanovené pomocí systému Oxitop (WTW)

Půdní vzorek je inkubován spolu s roztokem hydroxidu sodného v uzavřené lahvi s měřicí hlavicí Oxitop. Spotřeba kyslíku vede k poklesu tlaku v lahvi, neboť uvolněný oxid

uhličitý je jímán do roztoku hydroxidu. Měřicí zařízení průběžně zaznamenává pokles tlaku, který je poté přepočtem na množství spotřebovaného kyslíku. V případě bazální respirace není k půdě přidán žádný substrát. Přídavek substrátu obsahující glukózu vede k okamžitému zvýšení respirace (substrátem indukovaná respirace, SIR). Substrátem indukovaná respirace je stanovována během 10 následujících hodin po přidavku glukózy. Po určité době půdní mikroorganismy začnou využívat substrát ke svému růstu. Získaná respirační růstová křivka závislosti spotřeby kyslíku na čase má sigmoidální průběh. Z ní je výpočtem stanovena specifická respirační rychlost μ , jejíž reciproká hodnota odpovídá generační době a $t_{peakmax}$, doba do dosažení maximální respirační rychlosti v exponenciální fázi růstu. Stanovení parametrů μ a $t_{peakmax}$ bylo zavedeno v roce 2003, parametry RES_Oxi a SIR_Oxi v roce 2006.

Anaerobní amonifikace - anaerobní N mineralizace

Půdní vzorek je inkubován týden při 40°C v uzavřené zkumavce naplněné vodou, aby bylo zamezeno přístupu kyslíku a oxidaci amonných iontů na nitrátové. Z rozdílu koncentrací NH_4^+ na konci a na počátku inkubace je stanovena rychlost amonifikace.

Krátkodobá nitrifikační aktivita (SNA)

Vzorek je inkubován 6 hodin v třepané suspenzi při saturaci substrátem $((NH_4)_2SO_4)$ s přidavkem $NaClO_3$, který inhibuje oxidaci NO_2^- na NO_3^- , takže se stanovuje pouze přírůstek NO_2^- . Krátká inkubační doba neumožňuje zvýšení počtu bakterií a výsledná hodnota představuje potenciální nitrifikační aktivitu v okamžiku zahájení pokusu.

Aktivita β -glukosidázy

Laboratorní stanovení β -glukosidázy je založeno na stanovení uvolněného p-nitrofenolu po inkubaci půdního vzorku s p-nitrofenylglukosidem jako umělým substrátem 1h při 37°C. Stanovení aktivity β -glukosidázy bylo zavedeno v roce 2004.

Aktivita ureázy

Aktivita ureázy se stanovuje jako množství uvolněných amonných iontů během 2h inkubace půdního vzorku s ureou při 37°C. Stanovení aktivity ureázy bylo zavedeno v roce 2004.

Statistická analýza

Pro statistickou analýzu byly spočteny mediány ze všech odběrů na dané ploše. Tato data byla použita pro další výpočty. Pro účely deskriptivní statistiky byly spočteny základní parametry souboru (průměr, medián, maximum, minimum) a to zvláště pro dílčí soubory podle způsobu obhospodařování. Graficky jsou výsledky zobrazeny pomocí krabicových diagramů a grafů rozdělení hustot (Kernel density plot). Výsledky z CHKO nejsou v grafech zahrnuty z důvodu malého počtu dat. Vliv způsobu obhospodařování na stanovované parametry byl zjišťován pomocí Wilcoxonova neparametrického testu. Porovnávána byla data z orných půd a půd trvalých travních porostů (TTP) ÚKZÚZ. Časová variabilita byla spočtena z dat naměřených v půdách pozorovacích ploch skupiny 1, které byly odebírány 13 x. Pro analýzu

byly použity pouze parametry stanovené od počátku sledování. Pro výpočet deskriptivní statistiky, lineární regrese byl použit program *R 2.9.0* (*R Development Core Team*, 2009). Pro výpočet redundanční analýzy (RDA) byl použit program *Canoco 4.5* (*Centre for Biometry*, Wageningen, NL). Pro finální analýzu byly vzaty fyzikálně-chemické parametry, které byly metodou postupného výběru (*forward selection*) s Monte Carlo permutačním testem stanoveny jako signifikantní ($p < 0.05$).

4.7.3. Výsledky

Výsledky deskriptivní statistiky fyzikálně-chemických parametrů půd sledovaných ploch shrnuje příloha 4.7.V, mikrobiálních parametrů příloha 4.7.VI. Analýza ukázala, že způsob obhospodařování vede k signifikantnímu zvýšení obsahu organické hmoty (C_{ox} , $p < 0.001$) v půdách TTP ve srovnání s půdami ornými. To má za následek vyšší obsah mikrobiální biomasy a vyšší mikrobiální aktivity, které jsou přímo ovlivňovány množstvím půdní organické hmoty (RES_T , RES_Oxi , GLU , vše $p < 0.001$) v půdách TTP. Mikrobiální společenstva orných půd vykazovala vyšší hodnoty μ ($p < 0.001$), což naznačuje jejich odlišnou růstovou strategii v porovnání s půdami travními. Na škále *r-K* strategie se jedná o posun směrem k *r* strategii v půdách orných a ke *K* strategii v půdách travních. Tento jev pravděpodobně souvisí jednak s rozdílným obsahem organické hmoty, jednak s rozdílnými sezónními výkyvy v dostupnosti organického substrátu v půdách orných a travních. Graficky jsou rozdíly ve výše uvedených parametrech znázorněny pomocí krabicových diagramů (příloha 4.7.VIII.) a grafů rozdělení hustot (příloha 4.7.IX.).

Vzájemné vztahy mezi fyzikálně-chemickými a mikrobiálními parametry znázorňuje RDA ordinační diagram (příloha 4.7.X.). První dvě osy vysvětlily 61.4% variability v mikrobiálních datech. Kromě výše uvedených vztahů mezi půdní organickou hmotou a vybranými mikrobiálními parametry diagram ukazuje, že aktivita ureázy a SNA jsou určovány zejména hodnotami pH a obsahem jílové frakce. Z diagramu je rovněž vidět zřetelná separace půd orných, TTP a CHKO v závislosti na gradientu obsahu organické hmoty v uvedeném pořadí. Půdy, na kterých došlo ke změně způsobu obhospodařování, se nacházejí mezi půdami ornými nebo na hranici s půdami TTP. Hodnocení těchto půd vyžaduje individuální přístup z hlediska jejich historie.

Způsob obhospodařování má vliv nejen na jednotlivé půdní charakteristiky, ale ovlivňuje i vztahy mezi abiotickými a mikrobiologickými půdními vlastnostmi. Příklad regresní analýzy mezi C_{ox} a MBC (příloha 4.7.XI.) ukazuje na zvýšenou schopnost půd CHKO vázat C v mikrobiální biomase, tedy na vyšší poměr MBC/C_{ox} v těchto půdách. V případě použití regresních vztahů k diagnostickým účelům je třeba tyto skutečnosti vzít v úvahu.

Vysoká variabilita v čase bývá uváděna jako jedna z překážek pro použití půdní mikrobiologie v systému hodnocení kvality půdy. Analýza tohoto parametru (příloha 4.7.VII.) ukazuje, že variační koeficient v čase se pohybuje přibližně v rozmezí 20-30%, což je akceptovatelná úroveň. Vyšší variační koeficient v případě SNA je způsoben půdami s velmi nízkými, v řadě případů nulovými, hodnotami nitrifikační aktivity.

Dosavadní výsledky ukazují, že je možno definovat vztahy mezi fyzikálně-chemickými a mikrobiologickými půdními vlastnostmi a naznačují možnost jejich využití pro detekci environmentálního stresu. Následujícím krokem bude tvorba statistických modelů založených na vztazích mezi abiotickými a mikrobiologickými půdními vlastnostmi. To by mělo umožnit hodnocení vybraných biologických funkcí půdy v testovaných půdách.

5. ZÁVĚR

V průběhu dnes již více než 15 let trvání Bazálního monitoringu zemědělských půd nedošlo u sledovaných parametrů k výrazným změnám. Toto je zcela v souladu s našimi předpoklady vzhledem k charakteru půdy jakožto významného puřovacího systému v životním prostředí.

Obsahy rizikových prvků v půdách základního subsystému monitoringu lze považovat za pozad'ové a není zde zvýšené riziko jejich přestupu do zemědělských plodin a následné kontaminace potravního řetězce. Nicméně, u některých prvků (Co, Cu, Ni, Pb) byl zaznamenán nepříznivý trend zvyšování jejich obsahů v půdě. Obsahy prvků v půdách kontaminovaného subsystému monitoringu jsou prokazatelně vyšší než v půdách základního subsystému. Jelikož celkový obsah prvků v půdě je jedním z faktorů ovlivňujících významně transfer prvků do rostliny, je na těchto plochách vyšší pravděpodobnost zvýšených nálezů v plodinách. Pravděpodobnost zvýšeného příjmu prvků plodinami dále roste s klesajícími hodnotami půdní reakce. Trend snižování pH půdy je celorepublikový a potvrzují ho i výsledky Agrochemického zkoušení zemědělských půd.

Varující jsou příliš vysoké obsahy organických polutantů v půdách, konkrétně látek skupiny DDT, jejichž obsahy ukazují na masové používání těchto látek v minulých desetiletích. Jako problematické se jeví také polycyklické aromatické uhlovodíky.

Z hlediska fyzikálních vlastností je většina našich půd ohrožena značnou ulehlostí a to zřejmě vlivem systému hospodaření.

V souladu se stanovenými cíli jsou výsledky monitoringu úspěšně využívány v procesu tvorby nových legislativních předpisů, a to např. při tvorbě a následné novelizaci zákona o hnojivech (156/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů), při tvorbě vyhlášky č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, novelizaci vyhlášky č. 13/1994, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, metodického pokynu k využití sedimentů z vodních toků, rybníků a ostatních nádrží k zúrodnění zemědělských půd, při implementaci nitrátové směrnice 91/676/EHS do legislativy České republiky.

Stanovení prováděná v rámci Bazálního monitoringu půd byla úspěšně použita při vyhodnocování vlivu povodní na kvalitu zemědělské půdy.

Poznatky z monitoringu umožňují rozvíjet spolupráci např. s Mendelovou univerzitou v Brně, Masarykovou univerzitou v Brně a s Univerzitou J. A. Purkyně v Ústí nad Labem, a to jak na úrovni výběru vhodných lokalit pro speciální odběry a stanovení, tak při poskytování archivních vzorků půd při ověřování nových analytických metod, sledování korelací mezi jednotlivými analytickými metodami nebo jako podklady k tvorbě studijních materiálů.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- Čermák, P. et al. (2008): Obsahy rizikových prvků a látek a základní agrochemické charakteristiky půd v oblasti jižních a západních Čech. 1 : Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 68 s. Dostupný z WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Folders/3318-1-Publikace.aspx>>. ISBN 978-80-7401-010-1.
- Holoubek, I., Kočan, A., Holoubková, I., Hilscherová, K., Kohoutek, J., Falandysz, J. et Roots, O. (2000): Persistent, Bioaccumulative and Toxic Chemicals in Central and Eastern European Countries - State-of-the-art Report, Tocoen Report No. 150a, <http://www.recetox.muni.cz/PBTs/content.htm>, download 20.8. 2002.
- Holoubek, I. (2008): Kompendium ochrany ovzduší, část 8. Organické látky v ovzduší. Příloha čas Ochrana ovzduší.
- Holoubek, I., Klanova, J. et Vijgen, J. (2009): Global, regional and local fate of HCH and other pesticides – problems, risks, challenges. 10th international HCH and pesticide forum 2009, Brno, 2009
- Holoubek (2003): Národní inventura POP'S v České republice. Dostupný z www: <http://recetox.muni.cz>, <http://www.tocoen.cz>
- Kalač, P. (1992): Organická chemie. Přírodní a kontaminující látky. Jihočeská univerzita, ISBN 80-85645-01-7, str. 77-78
- Klement, V., Sušil, A. (2009). Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2003-2008. 1. vyd. Brno : Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Odbor bezpečnosti krmiv a půdy,. 103 s. Dostupný z WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Folders/1542-1-Agrochemicke+zkouseni+pud.aspx>>. ISBN 978-80-7401-017-0.
- Neuberg, J. et al. (1990): Komplexní metodika výživy rostlin. ÚVTIZ Praha, 327 s.
- Peterka, S. (1999): K použití DDT v ochraně rostlin v ČR, Rostlinolékař, vol. 10, no. 4, pp. 24-26.
- Škrbić, B., Durišić-Mladenović, N. (2007): Principal component analysis for soil contamination with organochlorine compounds. Chemosphere, vol. 68, is. 11, s. 2144-2155.
- Tate III, R. L. (2000): Soil microbiology. 2nd edition. New York : John Wiley and Sons, Inc., 508 s. ISBN 0-471-31791-8.
- Velíšek, J. (1999): Chemie potravin 3. OSSIS, Tábor, 368s., ISBN 80-902391-5-3.
- Véber, K. et Kredl, F. (1991): Polychlorované bifenyly v biosféře, zejména ve vodách a některých organismech. [Studie ČSAV č.17] Praha, Academia, 1991, 70 p.
- Vyhláška MŽP č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu
- Zbírál, J. (2003): Analýza půd II : Jednotné pracovní postupy. 2. přeprac. vyd. Brno : Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Laboratorní odbor, 224 s. ISBN 80-86548-38-4.

6. SEZNAM ZKRATEK

μ	specifická růstová rychlost
2M HNO ₃	kyselina dusičná o koncentraci 2 mol/L
AAS	atomová absorpční spektrometrie (atomic absorption spectrometry)
ANOVA	analýza rozptylu (Analysis of Variance)
AR	lučavka královská (aqua regia)
CAL	postup pro stanovení draslíku a fosforu v extraktu půdy mléčnanem a octanem vápenatým
CEC	kationtová výměnná kapacita (cation exchange capacity)
C _{ext}	obsah oxidovatelného extrahovatelného uhlíku (K ₂ SO ₄ , c = 0.5 mol.l ⁻¹)
C _{ox}	oxidovatelný organicky vázaný uhlík
DDD	dichlorodiphenyldichloroethan
DDE	dichlorodiphenyldichloroethylen
DDT	dichlordifenyltrichlorethan
DTPA	kyselina dietyltriaminopentaoctová
EDTA	kyselina etylendiamintetraoctová
EPA	Agentura pro životní prostředí (United States Environmental Protection Agency, USA)
FAAS	plamenová atomová absorpční spektrometrie (flame atomic absorption spectrometry)
GC-ECD	plynová chromatografie s detektorem elektronového záchytu (gas chromatography - electron capture detector)
GC-MS	plynová chromatografie s hmotnostním detektorem (gas chromatography - mass spectrometry)
GC-MS/MS	plynová chromatografie s tandemovou hmotnostní detekcí (gas chromatography – tandem mass spectrometry)
HCB	hexachlorbenzen
HCH	hexachlorcyklohexan
HPLC	kapalinová chromatografie (high performance liquid chromatography, high pressure liquid chromatography)
ICP-AES	atomová absorpční spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem (inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy)
ICP-OES	optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (inductively coupled plasma optical emission spectrometry)
LOD	mez detekce (limit of detection)
LOQ	met stanovitelnosti (limit of quantification)
MBC	obsah mikrobiálního uhlíku

MBN	obsah mikrobiálního dusíku
N _{tot}	celkový dusík
OCPs	organochlorové pesticidy (organochlorine pesticides)
PAHs	polycyklické aromatické uhlovodíky (polycyclic aromatic hydrocarbons)
PCB	polychlorované bifenyly (polychlorinated biphenyls)
PCDDs	polychlorované dibenzodioxiny (polychlorinated dibenzodioxins)
PCDFs	polychlorované dibenzofurany (polychlorinated dibenzofurans)
pH/H ₂ O	pH ve vodném výluhu
pH/vym	pH výměnné
POPs	perzistentní organické polutanty (persistent organic pollutants)
RDA	redundanční analýza (redundancy analysis)
RES_Oxi	bazální respirace
SIR_Oxi	substrátem indukovaná respirace
SNA	krátkodobá nitrifikační aktivita
SPE	čištění na sloupci sorbetů (solid-phase extraction)
SRS	Státní rostlinolékařská správa
t _{peakmax}	doba do dosažení maximální růstové rychlosti
TTP	trvalý travní porost
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHÚ	chráněné území

Příloha 4.2.I. Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zem. půd - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

	Ornice													
	1992							1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
pH H₂O	7,059091	7,1	7	0,636257	4,5	8,2	792	6,964055	7	7,1	0,658701	4,2	8,3	804
pH výměnné	6,365404	6,5	7,1	0,80527	3,8	7,7	792	6,404602	6,5	6,5	0,806769	3,6	7,9	804
P M II	83,43182	66	43	93,79115	2	1215	792	70,24005	58,5	81	61,20875	1	705	804
P M III	x	x	x	x	x	x	x	106,4265	89	118	94,45849	6	1090	748
P E	78,47348	59,5	38	130,3394	2	1735	792	x	x	x	x	x	x	x
P Cal	55,31772	44	44	71,66804	4	984	790	70,84701	54,5	40	87,47133	5	1260	804
P AR	x	x	x	x	x	x	x	815,1106	752	832	419,4842	344	4406	199
K M II	215,6452	188	165	160,2965	25	1408	792	196,9117	172	102	123,7745	51	1062	804
K M III	x	x	x	x	x	x	x	225,5174	195	194	136,1586	36	1260	748
K Sch	201,303	168	115	154,4669	31	1575	792	x	x	x	x	x	x	x
K Cal	157,7253	122	92	160,1646	19	2440	790	183,556	155	128	111,9921	51	900	804
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3381,638	3109	4253	1819,838	1099	20280	199
Mg M II	187,529	154,5	66	194,84	15	4498	792	195,0435	169	133	117,0934	27	930	804
Mg M III	x	x	x	x	x	x	x	195,6791	168,5	78	128,0167	23	1200	748
Mg Sch	172,2913	145	77	121,0807	13	951	786	130,8607	118	111	70,13728	18	473	804
Mg AR	x	x	x	x	x	x	x	4395,492	3980	4239	2982,686	701	34510	199
Ca M II	2872,245	2239	2190	2009,047	20	24605	791	2874,714	2275	1380	1826,771	230	12270	804
Ca M III	x	x	x	x	x	x	x	3288,07	2490	2010	2332,573	258	23400	748
Ca AR	6215,667	3825	x	13238,35	1053	131625	111	6350,374	4123	6159	7802,489	1059	75185	174
	2001							2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
pH H₂O	6,790777	6,8	6,8	0,722404	4,4	8,3	759	6,680108	6,6	6,3	0,704805	4,3	8,4	744
pH výměnné	6,299605	6,3	6	0,692811	4,1	7,8	759	6,120161	6,1	6	0,739446	3,9	7,7	744
P M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M III	100,3017	86	68	68,63703	8	718	759	100,9409	79	59	101,6482	12	1210	744
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P Cal	67,20899	57	22	43,97626	11	228	756	57,61051	39	17	112,7568	1	1580	742
P AR	756,9605	713	1010	313,9814	270	4570	759	768,4543	706,5	756	374,9149	244	4850	744
K M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M III	223,0303	194	114	118,296	51	813	759	223,2728	200	227	122,474	56	810	744
K Sch	141,1878	123,5	90	76,63611	37	490	756	x	x	x	x	x	x	x
K Cal	183,9577	161,5	138	92,79591	60	762	756	182,121	153	114	105,8904	48	758	744
K AR	3555,514	3390	3920	1676,934	941	18200	759	3560,23	3345	2240	1673,627	962	16400	744
Mg M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg M III	201,3057	175	190	126,3622	27	1190	759	202,5753	171	214	126,2655	33	1110	744
Mg Sch	126,6667	113	86	67,62503	11	461	756	134,1492	119	110	70,29898	19	445	744
Mg AR	4568,986	4160	4820	3114,644	717	37200	759	4543,839	4110	4010	2846,105	217,5	32400	744
Ca M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca M III	3126,606	2470	1930	2220,429	192	22700	759	2949,027	2285	1710	2387,023	115	30200	744
Ca AR	5378,775	3720	3900	7812,417	909	88700	759	5111,44	3400	2130	8053,741	733	95600	744

Příloha 4.2.I. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorníči - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

	Podorníči													
	1992							1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
pH H ₂ O	6,988832	7,1	7	0,707573	5	8,3	779	6,944209	7	7,1	0,77163	4,3	8,4	803
pH výměnné	6,080103	6,1	5,9	0,959556	3,8	8,1	779	6,246326	6,3	7,5	0,961475	3,7	7,9	803
P M II	35,94223	19	8	87,99344	1	1315	779	31,21669	19	5	58,31076	1	714	803
P M III	x	x	x	x	x	x	x	52,86711	34	17	85,7428	1	1100	745
P E	29,93068	11	2	113,9853	1	1875	779	x	x	x	x	x	x	x
P Cal	25,44099	9	1	107,0336	1	1606	771	34,97385	19	11	93,16805	1	1360	803
P AR	x	x	x	x	x	x	x	601,7186	516	463	423,9905	204	4534	199
K M II	149,6431	120	123	138,1881	16	1621	779	137,9352	120	124	89,95767	37	924	803
K M III	x	x	x	x	x	x	x	163,3574	147	119	97,88754	37	992	747
K Sch	133,0655	109	88	100,0235	15	836	779	x	x	x	x	x	x	x
K Cal	95,43702	69	56	86,80115	5	844	778	129,0336	108	97	82,18265	43	768	803
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3543,704	3276	2982	2076,089	868	23995	199
Mg M II	224,0475	169	68	174,6273	2	999	779	240,6712	197	76	174,4555	25	1565	803
Mg M III	x	x	x	x	x	x	x	228,9572	191	165	149,9217	21	1090	747
Mg Sch	217,9383	171,5	63	170,4206	12	968	778	157,203	133	56	102,9129	17	990	803
Mg AR	1655	1655	x	x	1655	1655	1	4951,146	4453	3765	3349,931	510	39465	199
Ca M II	2988,195	2117,5	1400	3528,97	80	35915	778	3162,38	2160	2000	3219,062	220	29230	803
Ca M III	x	x	x	x	x	x	x	3442,805	2400	1650	3312,721	250	34400	747
Ca AR	4408,75	2901,5	3430	5086,329	930	46188	112	7110,262	4030	2311	9823,238	787	70355	164
	2001							2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
pH H ₂ O	6,888228	6,9	7,1	0,784929	4,6	8,5	756	6,811156	6,8	6,9	0,773812	4,5	9,8	744
pH výměnné	6,393783	6,4	6,6	0,756903	4,2	7,9	756	6,227419	6,3	6,3	0,801312	4	7,8	744
P M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M III	53,86243	36	6	54,67028	1	379	756	61,23656	41	19	93,54243	4	1200	744
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P Cal	36,28307	23	10	37,63142	1	217	756	36,61149	17	7	119,1477	1	1630	731
P AR	577,1217	531	656	280,291	211	3070	756	595,9254	540,5	698	387,1728	82,5	4930	744
K M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M III	161,3968	142	113	87,22984	41	789	756	159,7621	137	130	95,38511	39	870	744
K Sch	105,9802	92	81	56,63725	31	437	756	x	x	x	x	x	x	x
K Cal	133,8836	114,5	114	68,26014	44	616	756	125,7836	103	76	80,76615	39	766	744
K AR	3703,857	3510	2870	1911,402	820	24200	756	3650,02	3430	3330	1821,569	852	19700	744
Mg M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg M III	230,4458	199	156	152,429	21	1260	756	221,1317	178,5	156	159,9871	23	1430	744
Mg Sch	141,5278	124,5	117	83,64194	18	568	756	143,4247	119,5	110	93,98723	16	925	744
Mg AR	5097,233	4750	3810	3643,601	446	50300	756	4981,556	4530	4690	3212,272	217,5	36600	744
Ca M II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca M III	3336,676	2450	2180	3088,152	169	37400	756	3130,993	2325	2520	3442,571	115	38900	744
Ca AR	5972,536	3530	3530	10096,02	551	98500	756	5381,822	3235	2100	10056,42	317,5	104000	744

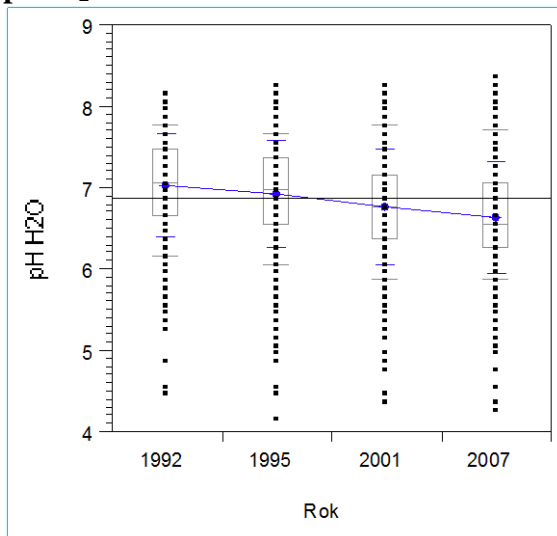
Příloha 4.2.II. Deskriptivní statistika pH a živin kontamin. subsystemu v ornici a podorničí zem. půd - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

	Ornice																				
	1995							2001							2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
pH H ₂ O	6,995833	7	7,4	0,526249	6,3	8	24	7,056881	7,1	7,8	0,690326	5,3	8,2	109	7,012963	7	6,7	0,643602	5,3	8,2	108
pH výměnné	6,4375	6,3	7,3	0,693957	5,4	7,4	24	6,552294	6,6	6	0,718228	4,8	7,7	109	6,456481	6,4	6,1	0,697428	4,7	7,6	108
P M II	62,54167	57	48	41,86623	5	153	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M III	156,7037	103,5	82	140,0904	9	609	108	142,9266	103	51	115,1413	7	438	109	160,2315	102	53	159,0284	6	650	108
P Cal	61,45833	70	90	31,04552	7	114	24	135,0556	66	26	147,9981	9	568	108	101,787	51	23	115,7389	2	539	108
P AR	1219,926	955,5	607	691,3694	536	3877	108	1248,546	997,5	1400	670,2403	516	3320	108	1191,722	1004,5	662	585,6262	470	2420	108
K M II	186,0833	171	133	51,93969	130	301	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M III	275,25	210,5	184	182,307	65	867	108	275,4404	223	151	192,7551	76	963	109	291,5833	229	167	259,2473	61	1580	108
K Sch	x	x	x	x	x	x	x	165,3148	125,5	98	110,398	49	590	108	x	x	x	x	x	x	x
K Cal	199,125	194,5	x	55,92721	117	294	24	236,9815	198,5	152	163,5335	86	897	108	251,2963	204,5	111	238,2777	63	1370	108
K AR	3419,343	2782,5	2041	2507,815	964	15795	108	4130,463	3805	2140	2733,564	1550	17100	108	3925,37	3590	2810	2359,275	1300	14000	108
Mg M II	223,7917	213	245	78,41971	142	439	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg M III	224,6111	208,5	197	112,1428	61	534	108	225,9358	204	219	113,7225	63	493	109	223,6667	194,5	314	126,7175	62	598	108
Mg Sch	121	110	89	46,10102	66	300	24	134,6852	121,5	69	66,29566	35	276	108	146,9722	124	68	85,64788	22	411	108
Mg AR	5129,019	3993	x	4686,08	1435	28010	108	6059,259	4820	5450	5537,167	1880	32100	108	5815,463	4630	2380	4843,047	1810	27100	108
Ca M II	2546,25	2485	x	946,8888	1170	4180	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca M III	4333,62	3210	2260	3158,788	951	19400	108	4034,312	3120	2890	2547,281	1120	14700	109	3603,519	2795	1950	2189,141	1090	11500	108
Ca AR	4071,457	3857	x	1800,559	1837	8941	35	6940,926	5405	6950	5051,877	1420	28400	108	6365,463	5175	3540	4726,079	1450	24800	108

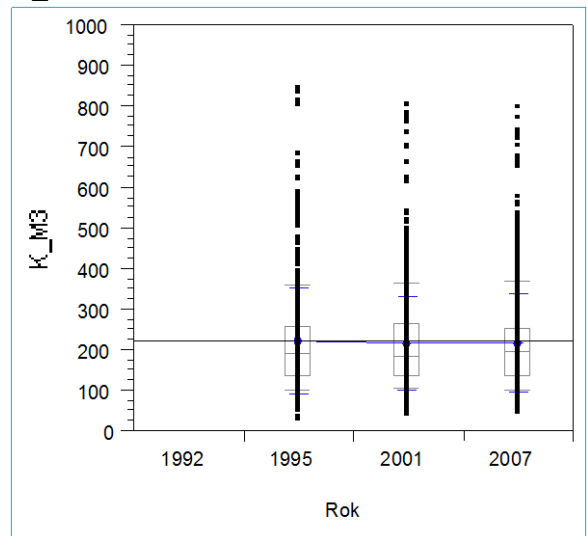
	Podorničí																				
	1995							2001							2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
pH H ₂ O	6,829167	7,1	7,4	0,74919	5,2	8	24	7,110092	7,3	8	0,792902	5,5	8,3	109	7,1	7,05	6,7	0,709877	5,5	8,4	108
pH výměnné	6,154167	6,5	6,5	0,846979	4,4	7,5	24	6,622018	6,7	7,7	0,824324	5	7,8	109	6,525	6,6	7,2	0,747222	4,9	7,7	108
P M II	18,66667	11,5	2	17,47213	1	64	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M III	74,15741	43,5	10	76,64278	1	288	108	73,10092	40	6	70,75439	3	236	109	92,21296	44	38	86,734	6	327	108
P Cal	20,08333	17	0,5	17,17788	0,5	59	24	65,06481	26,5	2	70,90843	2	231	108	60,5463	26	15	67,55425	4	322	108
P AR	919,9167	766,5	431	736,596	244	4282	108	895,6852	766,5	1260	516,0049	245	2790	108	890,2593	777	1470	451,9467	194	2030	108
K M II	112,2917	99,5	82	39,73442	74	226	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M III	164,3981	149	85	97,63636	48	666	108	173,578	144	88	99,16338	67	512	109	180,8148	167,5	228	98,61045	54	556	108
K Sch	x	x	x	x	x	x	x	108,7778	90	51	62,13256	43	291	108	x	x	x	x	x	x	x
K Cal	122,7083	108,5	108	36,00299	85	222	24	148,8796	120,5	85	81,36232	64	410	108	148,6296	134	92	82,34321	46	489	108
K AR	3418,028	2593	2307	3002,419	1160	18600	108	4107,963	3480	3200	2749,815	1700	17100	108	3790,556	3245	2720	2476,655	1610	15200	108
Mg M II	242,2917	216,5	x	122,1124	133	714	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mg M III	257,287	217	198	148,3152	47	840	108	264,6606	227	106	145,2488	73	712	109	229,1389	199	110	129,6844	70	601	108
Mg Sch	149	127	120	72,85602	92	425	24	162,3889	144,5	100	89,20321	44	414	108	154,0093	113,5	100	92,05245	31	442	108
Mg AR	5649,657	4092	3560	5724,406	1842	32645	108	6589,074	4715	4240	6148,334	2140	32700	108	6178,241	4655	2020	5417,549	2020	30900	108
Ca M II	2073,75	1870	3490	873,9805	1120	4010	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca M III	3890,065	3075	2950	2701,256	733	13100	108	3841,009	3310	1780	2398,69	1090	12300	109	3478,333	2895	5970	2248,251	1010	11600	108
Ca AR	3569,206	3201,5	x	1637,456	1767	8555	34	6157,5	4995	1900	4276,393	1510	18900	108	5889,352	5010	2390	4767,634	1380	24800	108

Příloha 4.2.III. Grafické znázornění statistických rozdílů parametrů v ornici

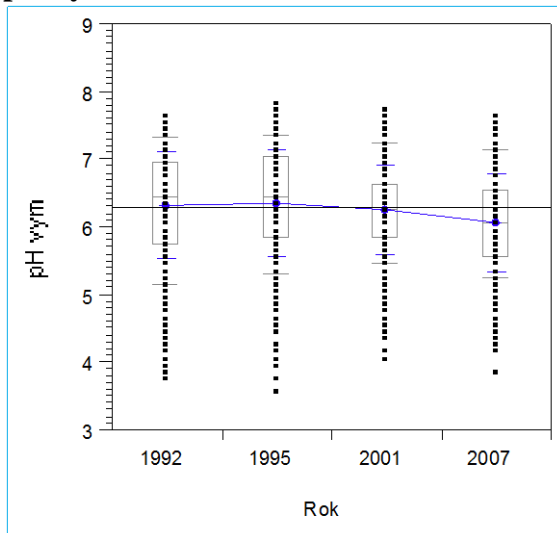
pH H₂O



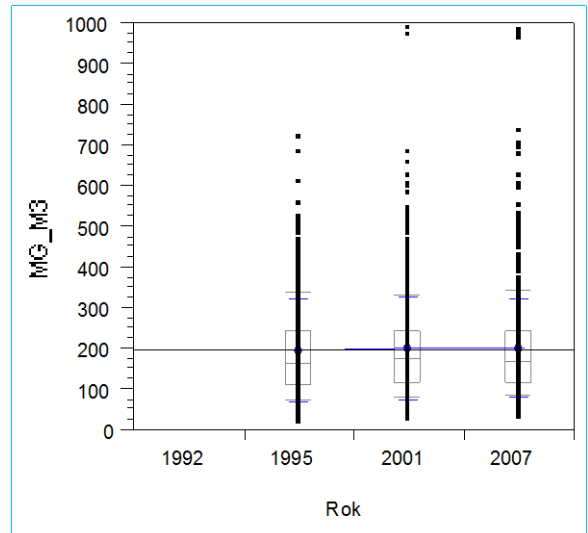
K_M3



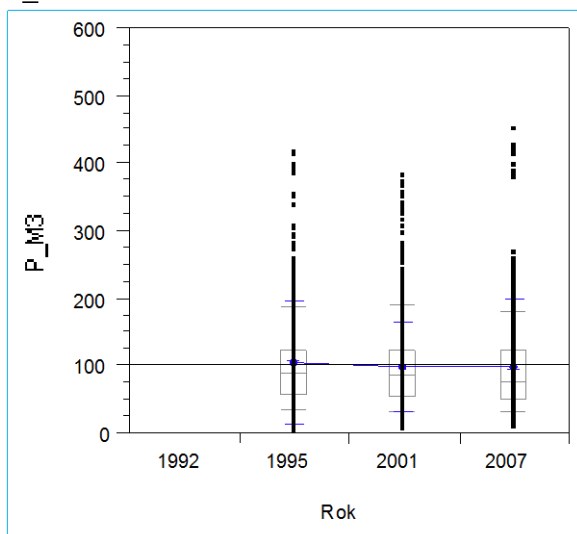
pH vym



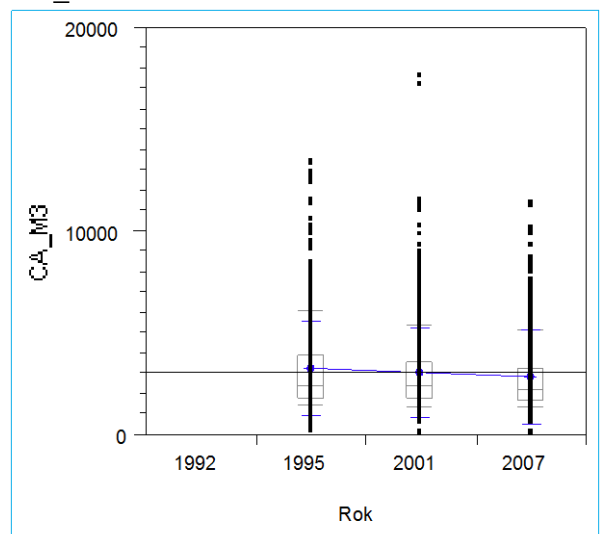
MG_M3



P_M3

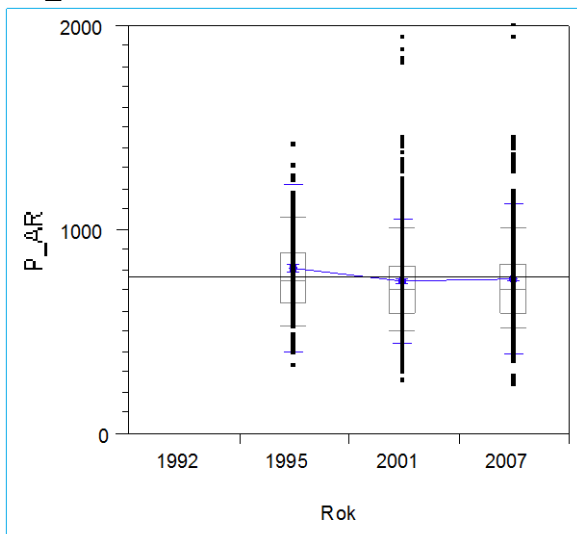


CA_M3

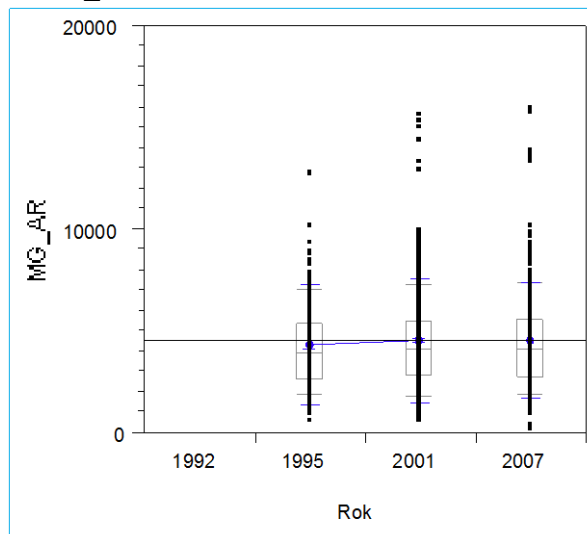


Příloha 4.2.III. pokr. Grafické znázornění statistických rozdílů parametrů v ornici

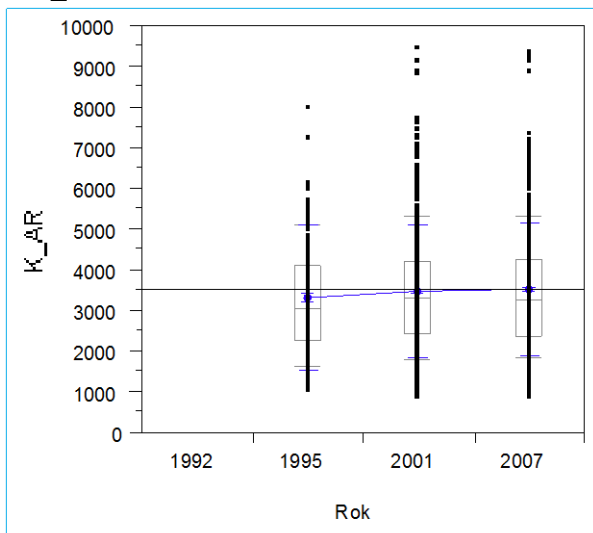
P_AR



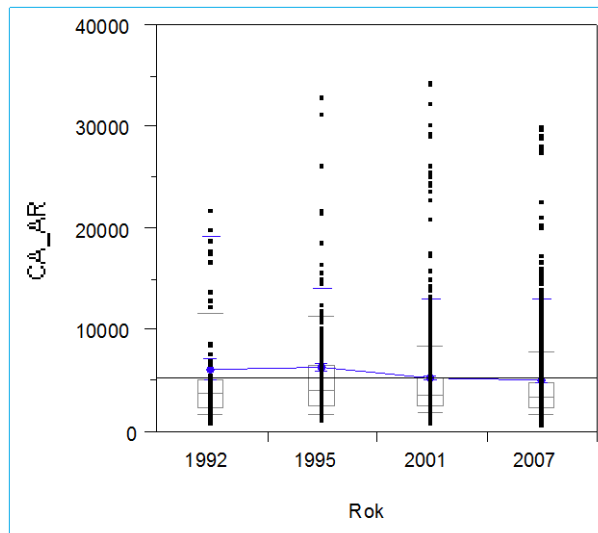
MG_AR



K_AR

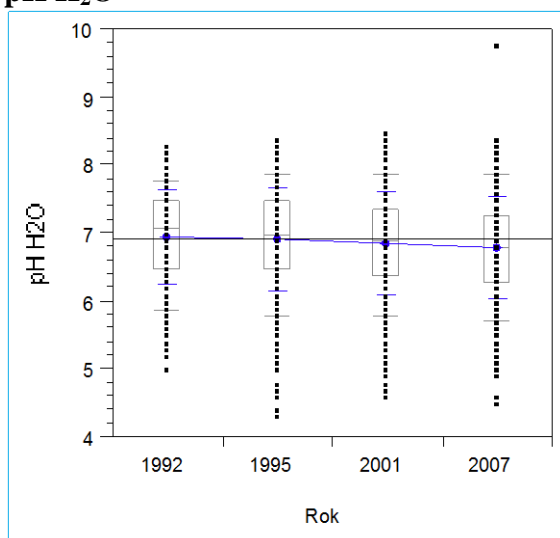


CA_AR

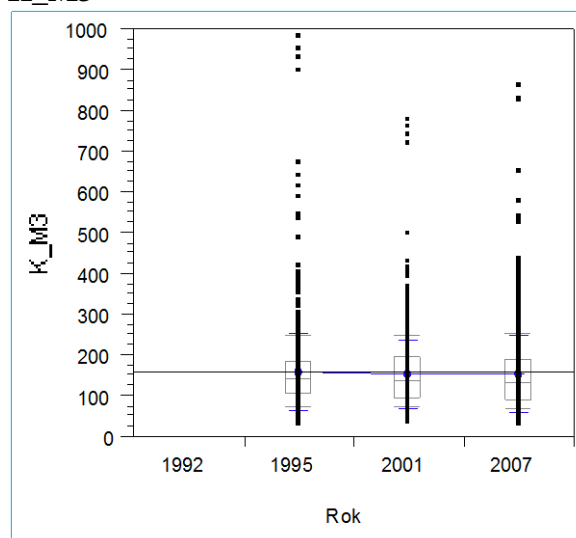


Příloha 4.2.IV. Grafické znázornění statistických rozdílů parametrů v podorníci.

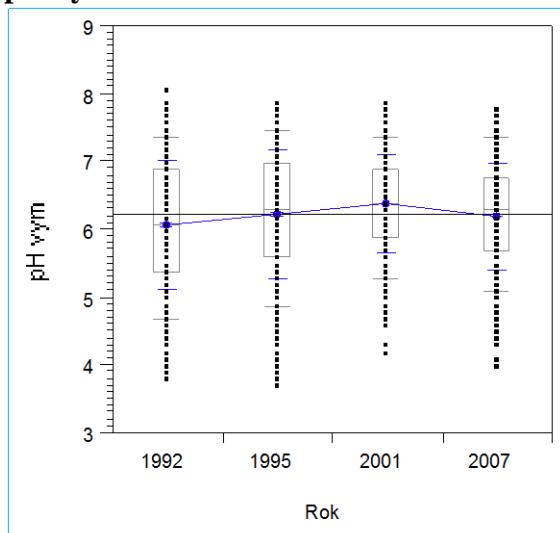
pH H₂O



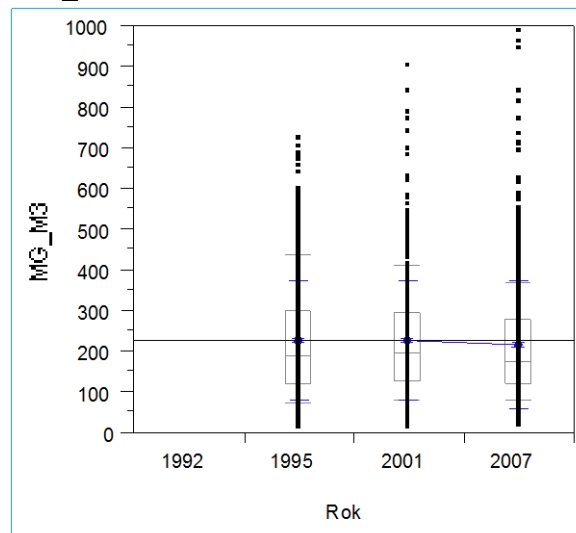
K_M3



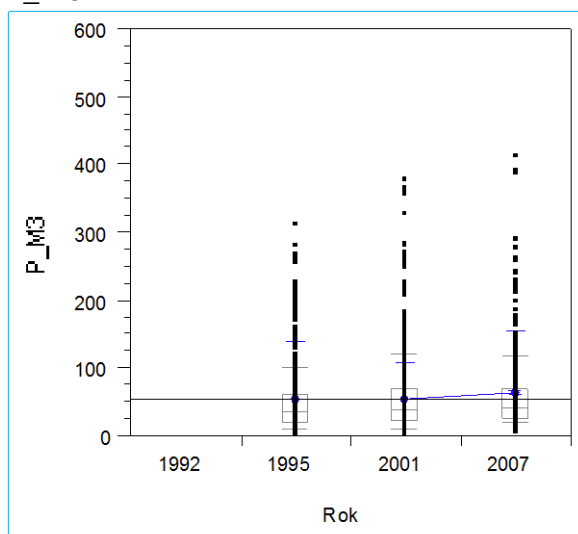
pH vym



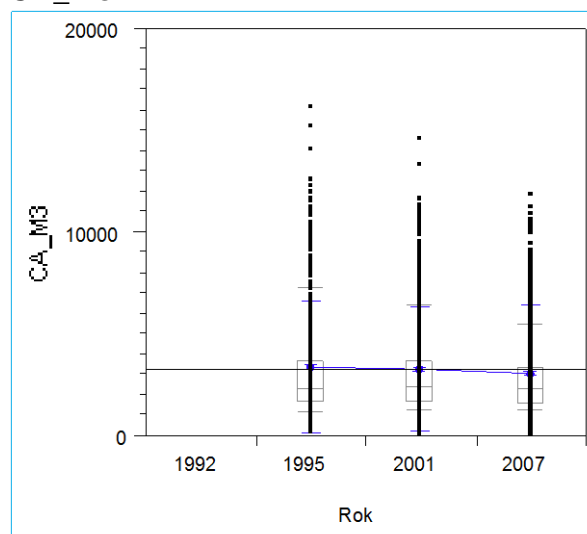
MG_M3



P_M3

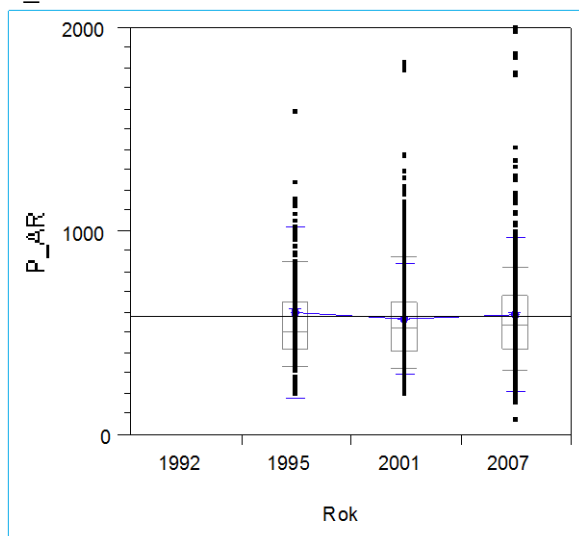


CA_M3

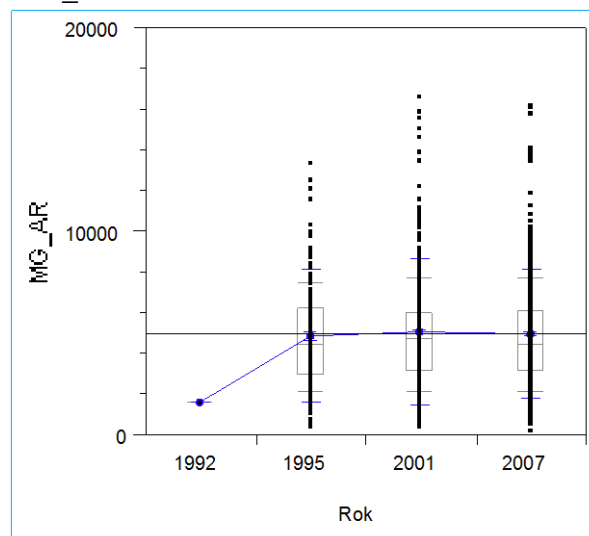


Příloha 4.2.IV. pokr. Grafické znázornění statistických rozdílů parametrů v podorníci

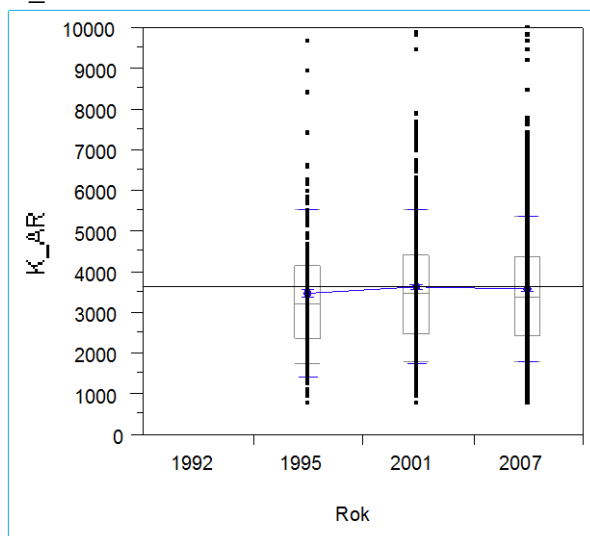
P_AR



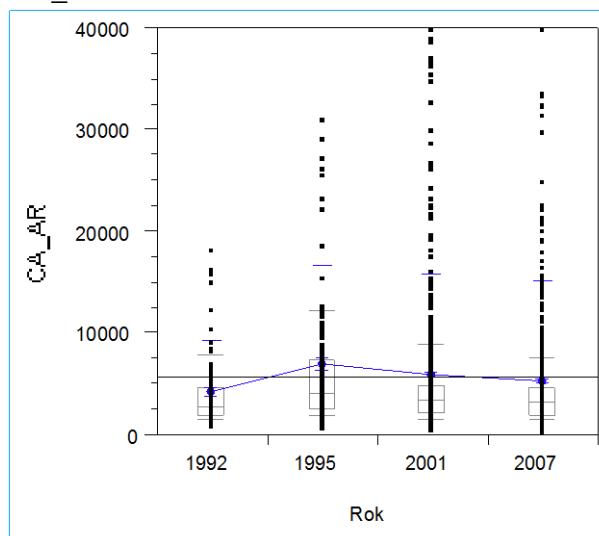
MG_AR



K_AR



CA_AR



Příloha 4.2.V. Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Ornice	Chmelnice 1992							Chmelnice 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,45625	7,6	7,5	0,531625	6,5	8	16	7,625	7,75	7,9	0,343511	7	8	16
PH VYM	6,94375	7,05	7,4	0,571511	5,9	7,5	16	7,325	7,35	7,4	0,173205	7,1	7,6	16
P M2	383,375	152	48	446,6642	48	1215	16	279,25	192	x	232,9376	64	705	16
P M3	x	x	x	x	x	x	x	442,25	291	x	382,6472	99	1090	16
P E	509,25	173	123	663,3156	46	1735	16	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	277	94	94	348,1159	33	984	16	410,0625	182,5	173	458,0458	95	1260	16
P AR	x	x	x	x	x	x	x	1698	824	x	1780,181	776	4368	4
K M2	545,3125	340	x	472,6903	142	1408	16	509,875	374,5	x	312,1845	235	1062	16
K M3	x	x	x	x	x	x	x	596,8125	436,5	x	365,7805	279	1260	16
K SCH	459,625	294,5	x	379,8234	152	1170	16	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	364	237	87	318,22	87	955	16	459,75	377,5	885	262,1507	190	900	16
K AR	x	x	x	x	x	x	x	4292,25	5277,5	x	2027,255	1252	5362	4
MG M2	238,625	226,5	x	144,8447	33	476	16	269,75	245	122	130,6463	112	477	16
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	271,8125	261	108	137,7685	89	497	16
MG SCH	207,25	191,5	198	135,5195	40	507	16	157,4375	151,5	81	62,48623	81	251	16
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	4231	4704,5	x	2564,131	701	6814	4
CA M2	3802,188	4140	4140	1832,415	755	6455	16	4266,875	4860	4670	1541,422	1660	5930	16
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	5396,875	6315	6800	2052,636	1800	7500	16
CA AR	4963,333	4631	x	1826,32	3326	6933	3	8785,5	4026	x	8393,509	1966	26280	16
Ornice	Chmelnice 2001							Chmelnice 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,088235	7,6	7,7	0,779329	5,9	8,1	17	7,575	7,7	8	0,4568	6,8	8	16
PH VYM	6,835294	7,3	6,5	0,736496	5,7	7,6	17	6,98125	7,3	7,3	0,502286	6,1	7,4	16
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	263,5882	258	283	130,4171	117	718	17	465,125	300	402	441,654	58	1210	16
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	173,625	173,5	143	36,36459	119	227	16	496,875	201,5	1410	584,7691	48	1580	16
P AR	1188,294	987	1250	892,7956	740	4570	17	1782,438	848,5	x	1744,517	638	4850	16
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	499,5882	436	x	150,5021	304	786	17	513,5625	494	x	181,335	209	810	16
K SCH	317,75	276	x	94,87852	195	477	16	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	372	335	x	109,2197	228	538	16	409,25	450	x	157,8411	116	616	16
K AR	4702,941	5610	5610	1908,837	1370	6210	17	4450	5445	x	1960,976	1150	5860	16
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	299,7059	303	x	148,2687	99	549	17	306,625	294	278	138,8293	122	526	16
MG SCH	168,5625	169,5	76	67,14757	75	266	16	187,1875	171,5	x	57,28434	110	280	16
MG AR	4643,824	5290	x	2356,502	717	7340	17	4402,406	5035	x	2525,295	217,5	7270	16
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	3944,118	4920	x	1662,295	1890	6110	17	4266,25	5000	x	1557,309	1560	5790	16
CA AR	6209,412	6600	x	3131,299	2540	14000	17	7683,125	7090	x	4374,288	2190	14900	16

Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Ornice	Orná půda 1992							Orná půda 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,090097	7,1	7	0,58589	4,9	8,2	616	6,991186	7	6,9	0,587868	5	8,2	624
PH VYM	6,390097	6,5	7,1	0,750425	4	7,7	616	6,421795	6,5	6,5	0,72796	4,3	7,8	624
P M2	78,48052	67	43	53,66433	2	439	616	67,08654	58	81	43,16922	1	336	624
P M3	x	x	x	x	x	x	x	101,8521	89,5	53	59,64113	6	417	568
P E	69,81494	60	38	46,40351	4	356	616	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	52,40879	44	44	45,06559	4	756	614	64,8141	55	40	37,3989	5	231	624
P AR	x	x	x	x	x	x	x	792,2013	745	832	362,6519	344	4406	154
K M2	213,4854	187,5	165	133,4521	25	1219	616	196,0144	175,5	128	107,0369	51	816	624
K M3	x	x	x	x	x	x	x	225,7412	198,5	162	112,767	67	855	568
K SCH	200,0828	168	115	140,5332	35	1575	616	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	158,0798	123,5	92	159,255	24	2440	614	183,0064	158,5	128	98,8028	55	771	624
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3404,136	3136	4253	1864,798	1159	20280	154
MG M2	176,1526	145	100	207,3919	15	4498	616	182,2308	158,5	182	112,2052	36	930	624
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	182,4173	155	119	123,1599	30	1200	568
MG SCH	160,282	137	77	112,1107	15	951	610	121,7468	111	111	63,16807	29	473	624
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	4179,351	3841	x	3041,564	1050	34510	154
CA M2	2807,739	2217,5	2820	1834,39	240	13545	616	2808,349	2200	1380	1783,074	780	11870	624
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	3195,574	2450	2010	2095,066	795	13600	568
CA AR	6842,575	3825	x	14888,31	1053	131625	87	5863,752	3783	6159	8156,969	1059	75185	125
Ornice	Orná půda 2001							Orná půda 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,834983	6,8	6,6	0,664088	4,8	8,3	586	6,734266	6,7	6,4	0,630915	5,1	8,4	572
PH VYM	6,344198	6,3	6	0,641266	4,6	7,8	586	6,184441	6,15	6,3	0,672752	4,6	7,7	572
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	99,89932	89	68	62,24027	17	385	586	96,76573	82	59	59,28232	12	429	572
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	66,23973	57,5	48	40,69277	11	228	584	50,32517	39	17	41,89332	2	252	572
P AR	734,5154	695,5	572	293,4899	270	3530	586	736,8951	701	722	240,0557	244	2290	572
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	218,9437	199	175	99,92501	51	795	586	224,4406	207	227	109,043	56	750	572
K SCH	139,7312	125	90	65,16266	39	490	584	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	181,4264	163	149	80,13658	63	762	584	182,7692	157,5	114	96,62423	49	758	572
K AR	3585,998	3435	3920	1705,65	941	18200	586	3626,281	3405	2240	1691,786	993	16400	572
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	186,8567	162	131	120,4406	27	1190	586	185,9476	163	214	114,0042	40	1110	572
MG SCH	117,7637	107	104	61,05248	11	461	584	123,257	114	89	58,08682	19	404	572
MG AR	4352,056	3995	4820	3153,693	775	37200	586	4294,524	4025	4030	2728,532	988	32400	572
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	3022,283	2445	1930	1914,557	675	11700	586	2796,138	2240	1710	1765,925	708	11600	572
CA AR	4983,718	3610	3900	5668,436	919	50400	586	4656,14	3310	2130	5462,383	992	54300	572

Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Ornice	Sad 1992							Sad 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,117857	7,2	6,5	0,723189	5,5	8,2	28	7,039286	7,25	7,3	0,677872	5,8	8,2	28
PH VYM	6,453571	6,65	7,5	0,856125	4,7	7,5	28	6,589286	6,8	7,1	0,738035	5,3	7,7	28
P M2	124,1429	134	146	50,84815	32	210	28	118,5714	129	129	32,11603	64	179	28
P M3	x	x	x	x	x	x	x	156,25	169	180	50,08853	78	261	28
P E	110,3571	100	100	56,31868	20	230	28	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	80,14286	70,5	83	32,18778	24	166	28	111,1429	112	112	23,09034	74	169	28
P AR	x	x	x	x	x	x	x	834,8571	790	x	212,0656	617	1187	7
K M2	301,9286	277,5	280	86,10069	171	479	28	282,2857	244	385	95,66874	180	504	28
K M3	x	x	x	x	x	x	x	309,5357	264,5	321	115,485	189	636	28
K SCH	274,75	246	233	85,21329	141	450	28	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	202,8571	179	150	70,20167	103	368	28	244,8214	221,5	224	77,34198	140	405	28
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3671,286	3603	x	392,6706	3131	4395	7
MG M2	215	207	181	84,95881	99	429	28	233,2857	215	339	72,39289	136	368	28
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	214,6786	228,5	x	98,74098	23	383	28
MG SCH	203,6429	193	112	67,88837	103	350	28	159,6071	138	91	56,94009	89	283	28
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	4293,429	4239	x	1674,775	2874	7705	7
CA M2	3079,393	2618,5	x	1542	1660	7170	28	3269,643	2720	x	1707,872	1590	7380	28
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	3277,214	2840	2040	2243,174	258	8080	28
CA AR	4981	4981	x	627,9108	4537	5425	2	5389,833	4366,5	x	5151,669	1230	15090	6
Ornice	Sad 2001							Sad 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,935714	6,85	6,7	0,512231	6,1	7,9	28	6,904167	6,8	6,8	0,615368	5,9	8,2	24
PH VYM	6,45	6,45	6,5	0,53368	5,6	7,5	28	6,275	6,25	6,2	0,668711	5,3	7,5	24
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	156,4643	154,5	200	45,53589	81	241	28	144,8333	150	177	80,35663	65	453	24
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	106,9286	109,5	120	27,22326	64	155	28	52,41667	49,5	35	15,60077	35	90	24
P AR	803,4643	772	768	161,3061	591	1240	28	692,625	705,5	717	116,3984	481	892	24
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	316,5714	312	303	68,92209	193	460	28	308,2917	287	x	76,56624	229	471	24
K SCH	212,6429	198,5	190	58,90118	136	351	28	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	252,2143	254	249	55,28938	156	342	28	218,0417	197,5	x	55,21222	146	311	24
K AR	3878,214	3915	3970	190,4197	3480	4200	28	3871,667	3940	3600	471,138	3090	4570	24
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	243,0714	227	159	65,61556	156	358	28	225,875	210,5	171	67,38876	148	354	24
MG SCH	154,2143	138,5	107	44,44169	107	232	28	140	129,5	106	46,27517	70	239	24
MG AR	4377,857	3725	3660	1472,489	2940	7850	28	4346,25	4020	3140	1727,428	2550	8090	24
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	3576,429	2970	2990	1848,133	2180	8520	28	3471,25	2405	2130	2081,601	2040	8580	24
CA AR	6999,286	4065	3800	7494,819	3190	25600	28	6601,25	3710	3250	6670,088	2810	22700	24

Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Ornice	TTP 1992							TTP 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,758929	7	7,5	0,738461	4,5	7,7	112	6,588793	6,9	7,1	0,817182	4,2	7,6	116
PH VYM	6,040179	6,25	6,9	0,938895	3,8	7,5	112	5,983621	6,3	6,8	0,990998	3,6	7,3	116
P M2	52,77679	39,5	16	45,82983	3	280	112	45,57759	39	16	37,4022	5	213	116
P M3	x	x	x	x	x	x	x	70,90517	64,5	32	54,57551	9	354	116
P E	43,16964	36	15	34,38911	2	186	112	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	30,94643	26	13	23,72623	4	149	112	44,2931	39,5	37	31,02033	7	224	116
P AR	x	x	x	x	x	x	x	843,4483	825	968	226,1679	457	1246	29
K M2	154,0089	95,5	83	174,0032	26	1138	112	133,1379	112	114	99,83943	52	609	116
K M3	x	x	x	x	x	x	x	147,8621	132	145	98,13185	36	597	116
K SCH	146,5893	92,5	54	157,1088	31	1112	112	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	114,1161	65	31	135,597	19	884	112	131,3707	104	123	98,19046	51	628	116
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3040,31	2443	x	1870,504	1099	10223	29
MG M2	225,5179	191,5	188	150,2366	16	635	112	236,6983	211,5	205	137,8941	27	615	116
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	233	214	158	146,3132	29	728	116
MG SCH	218,75	187,5	137	161,2725	13	797	112	168,2672	160,5	146	94,21671	18	416	116
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	5361,931	5271	x	2654,111	1155	12740	29
CA M2	2517,441	2133	1990	1318,26	20	5805	111	2504,397	2040	3000	1281,142	230	6070	116
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	2722,569	2345	2280	1442,496	329	7150	116
CA AR	3364	3632,5	x	1018,445	1695	4663	12	7736,75	5990	x	6240,837	1276	32973	24
Ornice	TTP 2001							TTP 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,286607	6,5	6,8	0,736133	4,4	7,3	112	6,055172	6,25	6,3	0,581952	4,3	6,8	116
PH VYM	5,786607	6	6,2	0,672161	4,1	7	112	5,475862	5,7	6	0,619063	3,9	6,4	116
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	59,17857	52	21	44,03872	8	206	112	63,32759	55	55	46,1515	16	270	116
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	40,66964	31	30	31,50015	12	174	112	34,59649	30,5	31	30,32909	1	171	114
P AR	813,0893	760,5	1120	239,8714	422	1440	112	820,9828	777,5	1020	250,406	410	1460	116
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	166,6786	124	79	139,4447	62	813	112	151,9569	120	120	114,653	60	678	116
K SCH	95,41964	66,5	56	80,82655	37	484	112	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	143,4732	105	70	116,6682	60	638	112	128,6121	104,5	114	102,2262	48	629	116
K AR	3152,589	2785	2550	1668,637	1130	9510	112	3077,741	2640	2630	1683,204	962	9430	116
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	242,3393	209,5	259	147,7785	32	688	112	255,2155	206	153	161,0972	33	743	116
MG SCH	161,9107	151	188	90,61199	27	441	112	181,6293	163	203	104,438	26	445	116
MG AR	5425	5295	13400	2690,83	1180	13400	112	5546,293	5505	10300	2805,471	1120	13900	116
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	2645,946	2250	1620	1319,64	192	5770	112	2487,284	2265	3630	1206,539	115	5750	116
CA AR	3853,313	3670	2580	1740,689	909	8180	112	3604,733	3445	4790	1643,388	733	7300	116

Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Ornice	Vinice 1992							Vinice 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH_H2O	7,385	7,85	8	0,882147	5,5	8,1	20	7,66	7,9	8	0,669171	5,9	8,3	20
PH_VYM	6,84	7,45	7,5	1,070366	4,9	7,7	20	7,315	7,6	7,7	0,813876	5,3	7,9	20
P_M2	110,65	95	105	119,3237	40	607	20	76,8	77,5	87	12,18973	57	95	20
P_M3	x	x	x	x	x	x	x	103,96	104	111	22,14183	77	156	20
P_E	153,6	83,5	107	324,4899	7	1515	20	x	x	x	x	x	x	x
P_CAL	69	62,5	69	32,7382	25	163	20	85,3	87	60	16,54054	57	108	20
P_AR	x	x	x	x	x	x	x	622,4	665	x	157,9028	452	795	5
K_M2	242,8	222	205	60,25961	140	401	20	224,9	199	256	51,25468	172	339	20
K_M3	x	x	x	x	x	x	x	254,9	235,5	209	48,05249	206	365	20
K_SCH	235,8	226	226	50,61683	145	346	20	x	x	x	x	x	x	x
K_CAL	162,85	170,5	164	50,58945	58	246	20	196,65	194,5	121	47,81244	121	285	20
K_AR	x	x	x	x	x	x	x	3534,4	3829	x	1116,618	2291	4806	5
MG_M2	245,85	281	288	99,78412	101	449	20	239,9	275,5	281	75,33357	135	330	20
MG_M3	x	x	x	x	x	x	x	268,35	294,5	x	92,28747	142	409	20
MG_SCH	206,55	194	194	93,7373	80	355	20	136,75	123	77	50,28118	76	217	20
MG_AR	x	x	x	x	x	x	x	5721,8	4648	x	4153,9	2694	12895	5
CA_M2	5794,25	4127,5	x	5671,369	1480	24605	20	5426,5	4240	x	3336,69	2320	12270	20
CA_M3	x	x	x	x	x	x	x	7523	5560	8070	5918,129	2490	23400	20
CA_AR	4202,143	4790	x	2185,062	1511	7697	7	4469	4792	x	2182,5	2143	6472	3
Ornice	Vinice 2001							Vinice 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH_H2O	8,13125	8,1	8,1	0,107819	8	8,3	16	8,04375	8	7,9	0,131498	7,9	8,3	16
PH_VYM	7,425	7,4	7,4	0,148324	7,2	7,7	16	7,4	7,4	7,2	0,18619	7,1	7,7	16
P_M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P_M3	131,125	133,5	81	31,71514	81	177	16	92,875	96,5	x	22,28565	44	126	16
P_E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P_CAL	112,4375	108,5	151	21,90576	80	151	16	50,5625	48,5	49	6,87962	43	65	16
P_AR	646,4375	649	x	168,8439	435	931	16	615,625	601,5	x	183,9246	399	921	16
K_M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K_M3	309,625	331,5	x	75,9288	172	401	16	280,75	291,5	334	57,93732	180	370	16
K_SCH	213,125	230	x	54,41308	114	275	16	x	x	x	x	x	x	x
K_CAL	252,25	268,5	269	42,37373	170	307	16	265,875	252,5	217	59,74041	183	365	16
K_AR	3475,625	3335	2430	1070,862	2260	4930	16	3340	3315	2360	931,2214	2280	4380	16
MG_M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG_M3	265,625	260	x	94,76418	152	398	16	276,375	245	174	139,8394	131	556	16
MG_SCH	114,8125	107,5	163	26,24047	86	163	16	117,5	111	83	29,23468	83	169	16
MG_AR	6776,875	4545	x	5133,071	2770	15700	16	6626,875	4115	15800	5628,971	2460	16100	16
CA_M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA_M3	8656,25	5365	x	6950,263	3150	22700	16	9661,875	5630	3150	9507,931	2710	30200	16
CA_AR	26807,5	9300	x	34324,6	4590	88700	16	27505,63	8830	4210	37389,72	3860	95600	16

Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorníci zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Podorníci	Orná půda 1992							Orná půda 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,035227	7,1	7	0,668703	5	8,3	616	6,975441	7	6,9	0,724285	5	8,4	623
PH VYM	6,132305	6,1	7,3	0,909201	3,9	7,9	616	6,253933	6,3	7,5	0,907124	3,8	7,8	623
P M2	29,66721	19	8	35,30938	1	364	616	23,55217	16	4	29,38436	1	312	623
P M3	x	x	x	x	x	x	x	42,34336	32	17	41,41477	1	279	565
P E	21,34903	11	2	26,08535	1	205	616	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	18,84401	9	1	58,86467	1	1392	609	23,99679	16	11	23,43246	1	175	623
P AR	x	x	x	x	x	x	x	548,3117	494	463	311,4091	204	3433	154
K M2	150,3506	121,5	123	135,5909	24	1621	616	132,6758	120	102	64,00008	46	636	623
K M3	x	x	x	x	x	x	x	159,3616	148	119	70,91189	55	681	567
K SCH	132,3036	109	88	92,50679	25	836	616	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	95,52597	68	56	85,03678	5	844	616	124,7929	108	101	61,55081	43	601	623
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3609,552	3291	2982	2218,499	868	23995	154
MG M2	215,7045	162	68	172,0314	2	999	616	240,6902	191	71	185,3562	25	1565	623
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	226,3157	186	165	152,6782	21	1090	567
MG SCH	210,078	165	63	167,8565	12	968	615	156,3226	128	56	107,0781	25	990	623
MG AR	1655	1655	x	x	1655	1655	1	4877,13	4433	3765	3546,808	510	39465	154
CA M2	3015,805	2205	1640	3575,385	80	35915	615	3162,457	2100	2000	3312,746	510	29230	623
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	3327,478	2370	1650	2630,965	505	25600	567
CA AR	4770,167	2970,5	3430	5738,9	930	46188	84	6129,571	3772	2311	8424,447	787	68343	119
Podorníci	Orná půda 2001							Orná půda 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,917637	7	7,1	0,742681	5	8,5	584	6,851399	6,9	6,9	0,714411	5,1	8,4	572
PH VYM	6,425171	6,4	6,3	0,723983	4,6	7,9	584	6,277273	6,3	6,3	0,759948	4,3	7,8	572
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	51,41096	33,5	6	54,44423	1	379	584	54,23252	40	27	47,57382	4	413	572
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	32,85274	21	10	34,96397	1	217	584	27,16519	17	4	32,43679	1	236	563
P AR	548,7363	489,5	429	289,5417	213	3070	584	557,1521	517	698	248,3378	82,5	2050	572
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	162,8682	143	100	83,30235	47	789	584	159,2185	141,5	130	75,8737	47	585	572
K SCH	106,8134	94	81	51,82853	32	437	584	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	135,3322	115,5	90	64,69389	45	616	584	123,5997	107	79	64,40874	39	473	572
K AR	3784,24	3615	2870	1972,395	820	24200	584	3754,042	3475	3330	1862,33	852	19700	572
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	226,4726	194,5	202	152,4601	21	1260	584	211,8916	171	156	153,8297	26	1430	572
MG SCH	139,5976	120	117	82,61208	19	568	584	138,9808	115,5	110	91,80947	16	925	572
MG AR	4985,716	4560	3810	3805,335	446	50300	584	4840,608	4455	4590	3226,285	554	36600	572
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	3222,723	2420	1460	2369,95	466	14700	584	2972,935	2265	2520	2633,905	429	33600	572
CA AR	5700,32	3440	2770	8548,7	551	63400	584	4985,742	3135	2100	8258,658	317,5	104000	572

Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorníci zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Podorníci	Sad 1992							Sad 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,407143	7,4	7,1	0,43113	6,7	8,3	28	7,296429	7,3	7,3	0,481111	6,2	8,2	28
PH VYM	6,575	6,5	6,8	0,610783	5,6	7,6	28	6,757143	6,7	6,5	0,525236	5,7	7,7	28
P M2	48,46429	31,5	15	48,87587	8	221	28	56,42857	41	28	35,07392	20	140	28
P M3	x	x	x	x	x	x	x	73,17857	62,5	61	41,464	27	208	28
P E	42,10714	15,5	9	54,56789	2	236	28	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	34,10714	19	12	38,52978	2	169	28	60,85714	51	60	35,95853	17	149	28
P AR	x	x	x	x	x	x	x	667	567	x	249,3926	456	1062	7
K M2	152,6429	129	163	64,30323	79	344	28	177,6786	161,5	133	52,54702	124	320	28
K M3	x	x	x	x	x	x	x	189,9286	180	190	43,76192	140	311	28
K SCH	135,9286	123	143	48,961	67	277	28	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	84,46429	74,5	80	49,22923	32	242	28	148,75	137	160	58,83538	81	314	28
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3704,714	3668	x	465,5959	2931	4381	7
MG M2	247,5714	234,5	289	113,6204	68	497	28	264,8214	234,5	x	92,78133	142	429	28
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	242,8571	240	125	123,7951	21	440	28
MG SCH	249,6786	244,5	134	109,2049	77	512	28	171,8571	149,5	151	59,57424	96	274	28
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	4844,286	4309	x	1860,531	2896	7972	7
CA M2	3376,571	3073,5	2245	1653,684	1310	8265	28	3566,786	2650	2330	1937,71	2010	8200	28
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	3591,464	2765	2500	2328,399	250	8900	28
CA AR	1310	1310	x	x	1310	1310	1	12603,67	4776	x	14418,48	3792	29243	3
Podorníci	Sad 2001							Sad 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,278571	7,35	7,4	0,397545	6,5	8	28	7,208333	7	8,3	0,842314	6,2	9,8	24
PH VYM	6,767857	6,7	6,7	0,467502	6,1	7,6	28	6,491667	6,35	6,6	0,586008	5,6	7,6	24
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	78,64286	73,5	102	23,24621	50	141	28	73,41667	64	38	35,74294	28	147	24
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	65,28571	58,5	44	26,28738	29	115	28	30,375	24	15	26,89402	5	136	24
P AR	554,9286	556	620	76,21895	358	702	28	506,3333	510,5	x	110,5456	283	706	24
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	181,5	186,5	205	44,01894	93	267	28	199	174	160	62,33779	140	337	24
K SCH	128,6429	129,5	134	36,42365	75	216	28	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	139,5	135,5	148	27,4422	88	189	28	128	116	181	38,45381	81	205	24
K AR	3894,643	3880	3880	392,0363	3060	4490	28	3913,75	4065	3540	368,8267	3340	4320	24
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	259,6429	252,5	211	107,7518	104	421	28	245,5833	228	208	87,94905	125	407	24
MG SCH	159,2857	145,5	259	67,18458	71	270	28	149,7917	139,5	139	52,2011	69	260	24
MG AR	4783,214	4485	5780	1468,847	2420	7570	28	4645,417	4680	3230	1577,122	1920	7240	24
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	3615,357	2965	x	1855,17	1870	8370	28	3862,917	2865	2470	2432,511	2020	9520	24
CA AR	7082,143	3825	3660	8137,533	2700	26900	28	6612,917	3880	3110	6455,272	2630	24900	24

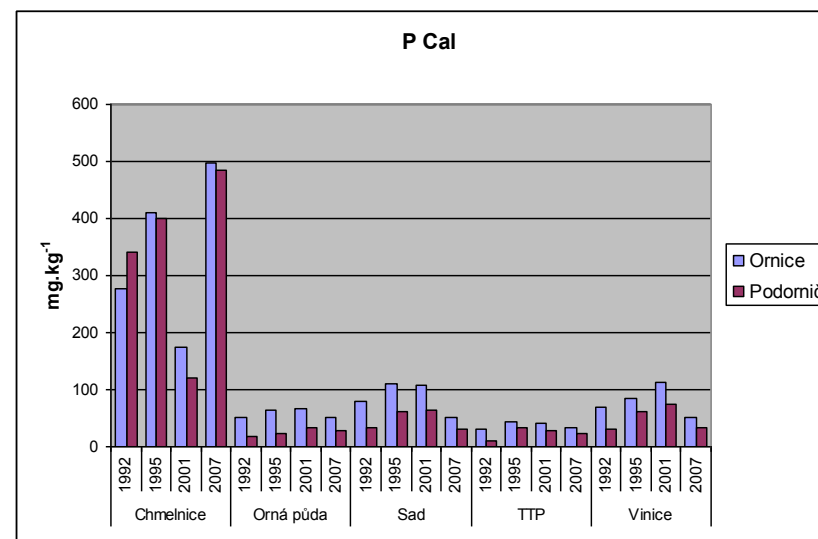
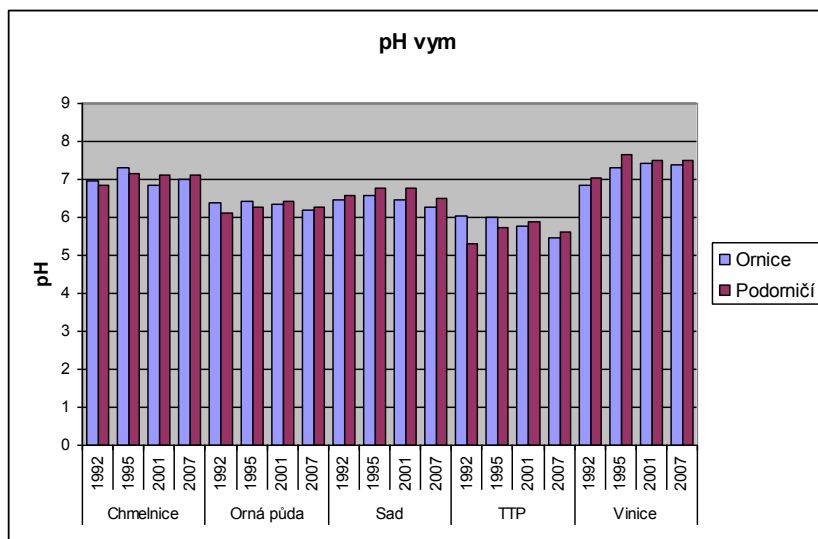
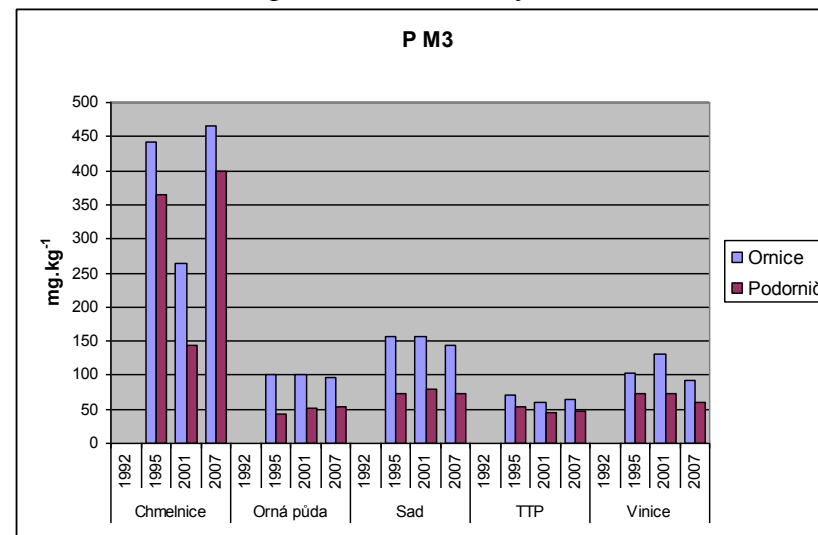
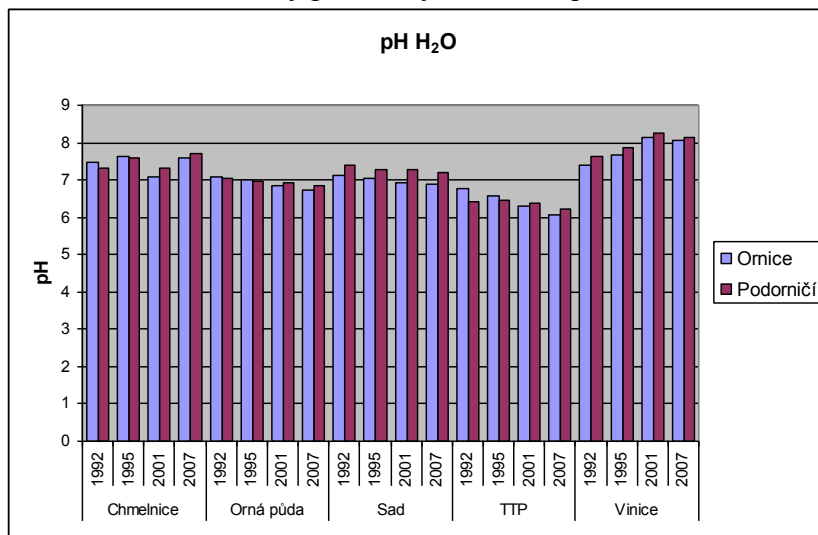
Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Podorničí	TTP 1992							TTP 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,39798	6,4	6	0,684371	5	7,7	99	6,440517	6,6	7,1	0,856584	4,3	7,7	116
PH VYM	5,293939	5,1	4,6	0,889372	3,8	7,2	99	5,712069	5,8	5	1,036143	3,7	7,3	116
P M2	20,63636	11	6	25,67078	2	156	99	32,87069	21	12	40,54102	2	225	116
P M3	x	x	x	x	x	x	x	52,72414	36,5	14	57,13304	6	312	116
P E	13,81818	8	2	16,10385	1	86	99	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	11,2449	6	2	16,27791	1	107	98	32,62069	21	7	41,89773	3	255	116
P AR	x	x	x	x	x	x	x	740,1724	661	x	365,6453	227	2289	29
K M2	110,4747	81	47	89,2183	16	550	99	114,2759	86	60	106,088	37	696	116
K M3	x	x	x	x	x	x	x	130,7328	105,5	82	104,6047	37	622	116
K SCH	105,9192	81	58	85,93622	15	612	99	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	78,2551	54,5	28	73,08226	18	491	98	114,6293	81,5	71	109,6448	43	758	116
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3126,897	2511	x	1635,168	1161	9015	29
MG M2	251,5758	196	89	204,3778	10	976	99	227,6034	194,5	37	139,9722	34	690	116
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	222,8448	193,5	30	146,0153	22	711	116
MG SCH	255,0101	191	58	205,5176	16	921	99	164,2845	143	253	98,80599	17	493	116
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	5285,828	5597	x	2414,573	1121	12538	29
CA M2	1701,99	1390	1250	1103,27	150	5990	99	2140,345	1805	2410	1172,327	220	6000	116
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	2411,759	1945	2070	1404,737	315	6690	116
CA AR	3541,8	3495,5	x	1908,252	1407	8585	20	11869,2	7459	x	15253,94	1921	70355	25
Podorničí	TTP 2001							TTP 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	6,382143	6,5	6,5	0,77648	4,6	7,7	112	6,218966	6,3	6,3	0,636282	4,5	7,2	116
PH VYM	5,879464	6	6	0,697504	4,2	7,1	112	5,631034	5,7	6,3	0,673655	4	6,7	116
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	44,8125	30,5	58	43,38483	6	218	112	46,80172	35	17	43,78767	12	260	116
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	29,45536	22	10	31,2888	6	184	112	22,14286	13	7	31,95629	1	175	112
P AR	707,5804	653	1110	233,9983	211	1270	112	676,3922	645,5	567	222,9679	82,5	1350	116
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	121,9911	89,5	85	88,14571	41	437	112	110,0948	83,5	79	87,94998	39	445	116
K SCH	75,48214	56	45	56,67323	31	277	112	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	107,6696	82	55	77,63606	44	356	112	98,11207	72	65	82,86068	39	432	116
K AR	3214,375	2680	2350	1809,063	1060	10700	112	3096,836	2640	2640	1766,759	940	9670	116
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	225,9375	192	229	160,1891	22	795	112	241,8534	190	145	187,5255	23	966	116
MG SCH	149,3393	137,5	158	98,0641	18	513	112	166,2328	139	110	114,5259	18	538	116
MG AR	5533,571	5350	5570	2809,363	1110	14700	112	5603,448	5750	10600	2857,616	1090	14200	116
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	2490,955	2175	1600	1333,007	169	6690	112	2294,983	2070	1480	1144,821	115	5900	116
CA AR	3672,679	3455	3530	1939,925	1010	13500	112	3368,888	3245	4770	1565,095	790	7490	116

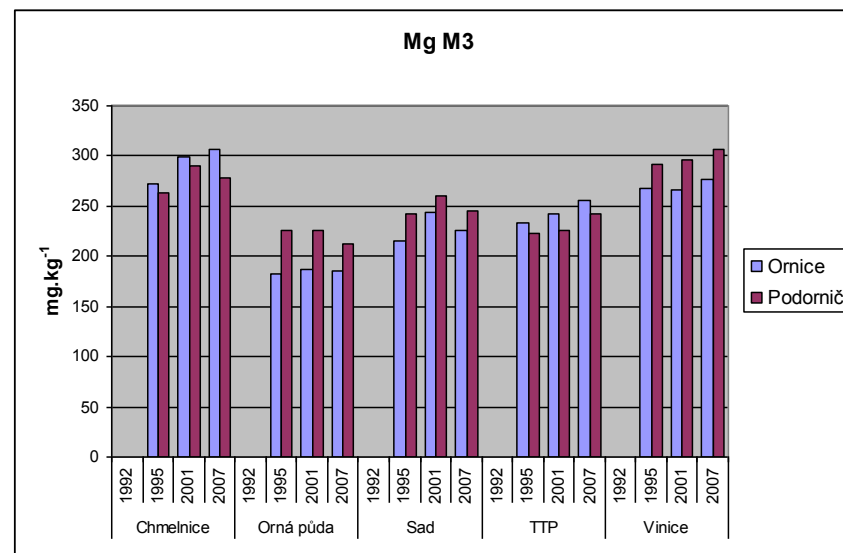
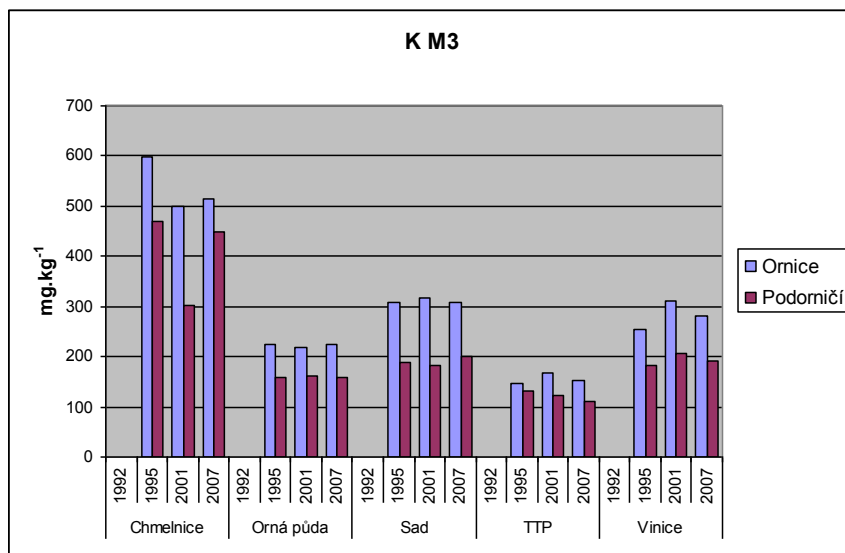
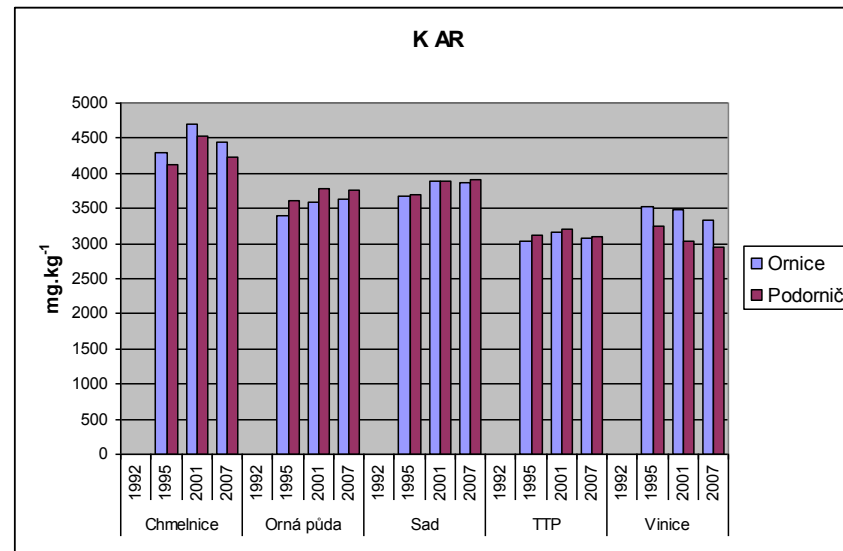
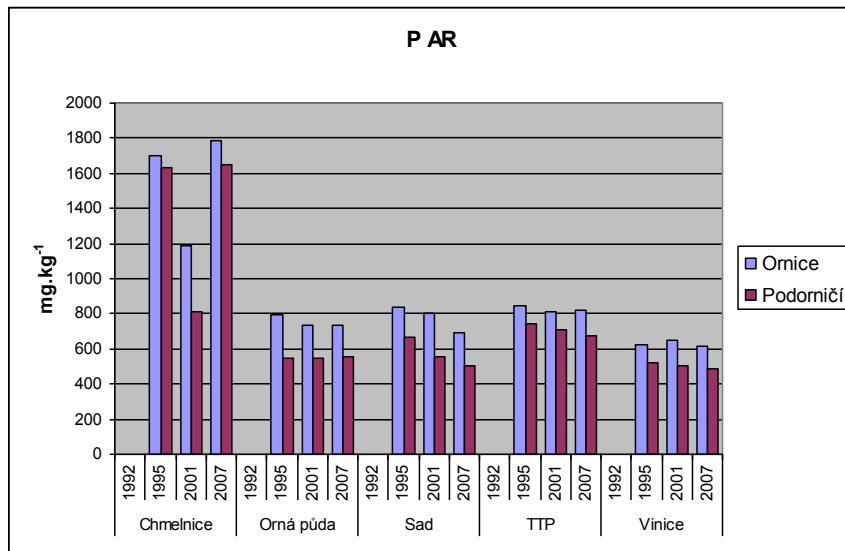
Příloha 4.2.V. pokračování Deskriptivní statistika pH a živin základního subsystému v ornici a podorníci zemědělských půd rozdělených podle kultur a odběrových roků - 1992, 1995, 2001, 2007 (mg.kg⁻¹)

Podorníci	Vinice 1992							Vinice 1995						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	7,63	7,95	8	0,652203	6	8,2	20	7,87	7,85	7,8	0,215455	7,5	8,2	20
PH VYM	7,05	7,45	7,5	0,894133	5	8,1	20	7,655	7,65	7,5	0,123438	7,5	7,9	20
P M2	45,1	33,5	16	35,65758	9	140	20	48,7	43	26	24,44564	20	110	20
P M3	x	x	x	x	x	x	x	73	70,5	29	36,53261	23	145	20
P E	39,3	19	2	45,69591	2	161	20	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	31,4	25,5	7	25,89534	7	96	20	62,65	60	66	31,53156	18	128	20
P AR	x	x	x	x	x	x	x	524,8	493	x	106,6358	405	639	5
K M2	143,35	126	114	69,47644	24	314	20	164,15	175,5	183	31,33062	115	217	20
K M3	x	x	x	x	x	x	x	183,4	186	186	34,84764	126	243	20
K SCH	139,1	124	x	55,11509	83	304	20	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	101,05	88,5	86	49,28486	39	244	20	138,75	146	71	39,67748	71	200	20
K AR	x	x	x	x	x	x	x	3244,4	3622	x	1028,734	2136	4193	5
MG M2	278,7	322	x	139,1403	89	575	20	271	326	158	108,3411	128	461	20
MG M3	x	x	x	x	x	x	x	292,4	328,5	x	122,8878	133	523	20
MG SCH	227,75	223,5	110	104,4438	100	420	20	137,25	125	224	54,04859	78	224	20
MG AR	x	x	x	x	x	x	x	5964,8	4667	x	4496,116	2309	13455	5
CA M2	7043,5	5477,5	x	7199,759	1210	26810	20	7635	6385	21000	5727,975	2060	21000	20
CA M3	x	x	x	x	x	x	x	11021	7515	2860	9876,514	2610	34400	20
CA AR	3023,8	2304	x	2160,119	1474	6824	5	3902,5	3902,5	x	1991,92	2494	5311	2
Podorníci	Vinice 2001							Vinice 2007						
	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet	Stř. hodnota	Medián	Modus	Směr. odchylka	Minimum	Maximum	Počet
PH H2O	8,2625	8,3	8,5	0,215639	7,9	8,5	16	8,15625	8,15	8,4	0,199896	7,8	8,4	16
PH VYM	7,48125	7,5	7,5	0,219754	7,1	7,8	16	7,5	7,55	7,6	0,189737	7,2	7,8	16
P M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P M3	73,625	71,5	50	51,75954	8	180	16	59,8125	52	41	43,10796	10	143	16
P E	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P CAL	74,6875	63	73	35,45649	41	153	16	32,625	29	25	14,50919	17	62	16
P AR	504,3125	536,5	x	132,8737	251	654	16	483,1875	532	x	162,8939	182	702	16
K M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
K M3	207	221	x	65,5937	102	329	16	191,5625	209	x	60,64099	83	264	16
K SCH	142,6875	154,5	x	39,85427	77	200	16	x	x	x	x	x	x	x
K CAL	163	168	174	34,95521	106	218	16	165	164,5	x	41,21165	104	228	16
K AR	3037,5	2950	x	1036,311	1770	4480	16	2958,125	2890	4100	960,189	1630	4100	16
MG M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MG M3	296,0625	270,5	x	146,7758	148	551	16	307,125	240,5	x	204,0715	120	631	16
MG SCH	113	99,5	101	34,2948	85	177	16	115,875	110,5	123	35,6574	75	172	16
MG AR	6867,5	4555	x	5558,025	2420	16700	16	6602,5	3980	2200	5857,872	2110	16300	16
CA M2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CA M3	11788,75	5915	x	12450,14	2630	37400	16	12489,38	6240	x	14049,48	2340	38900	16
CA AR	29960	9835	x	38444,82	3290	98500	16	30001,25	10410	x	40156,52	3080	104000	16

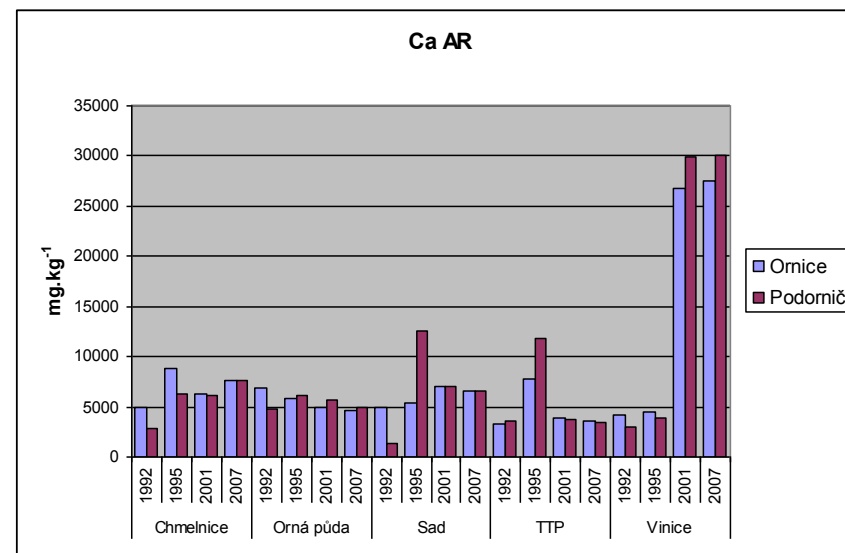
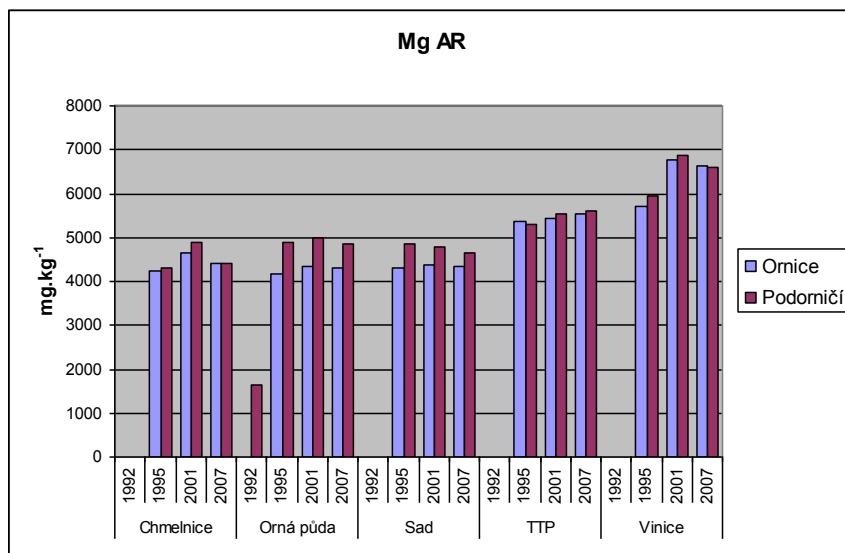
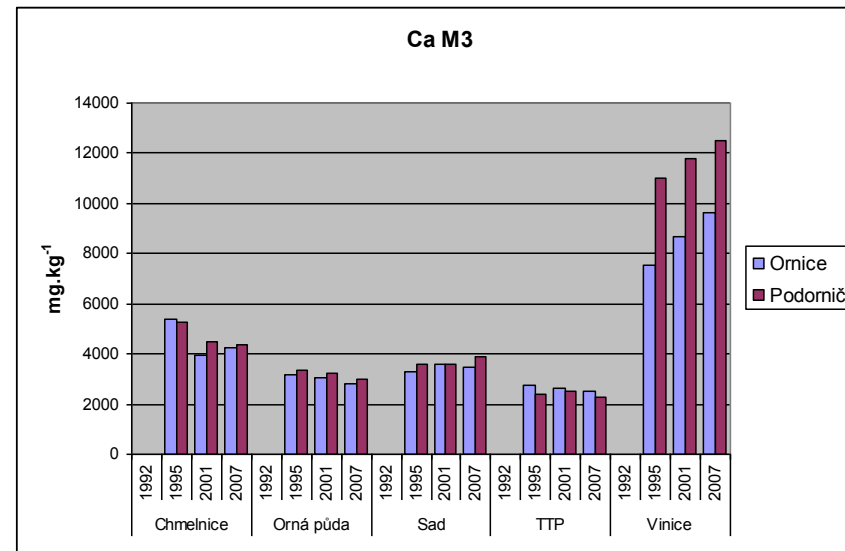
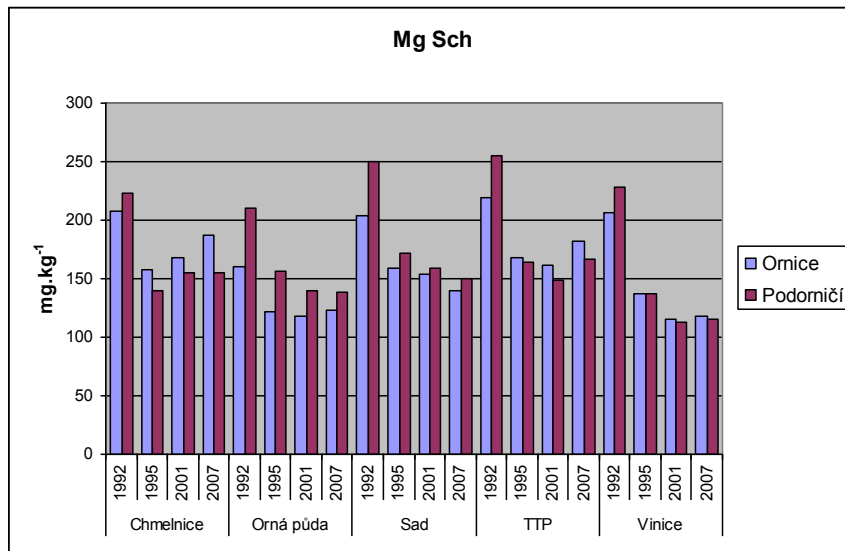
Příloha 4.2.VI. Grafy průměrných hodnot pH a živin v základním subsystému BMP rozdělené podle roků a kultury



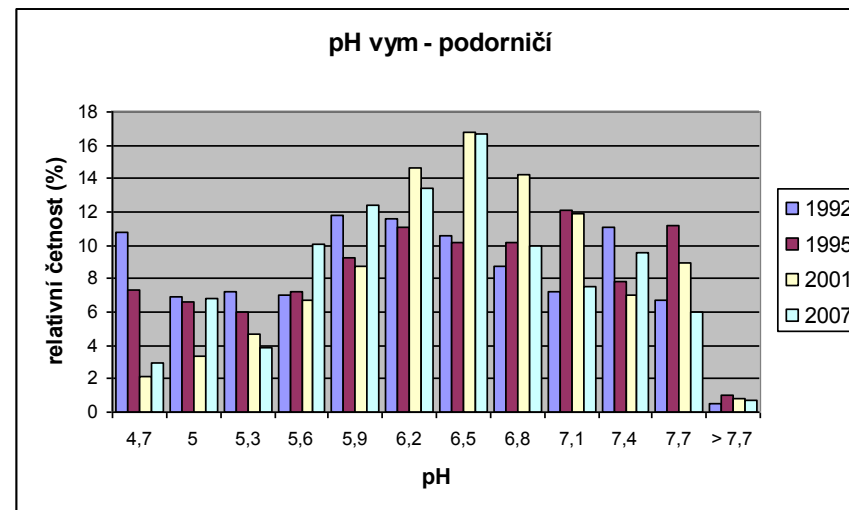
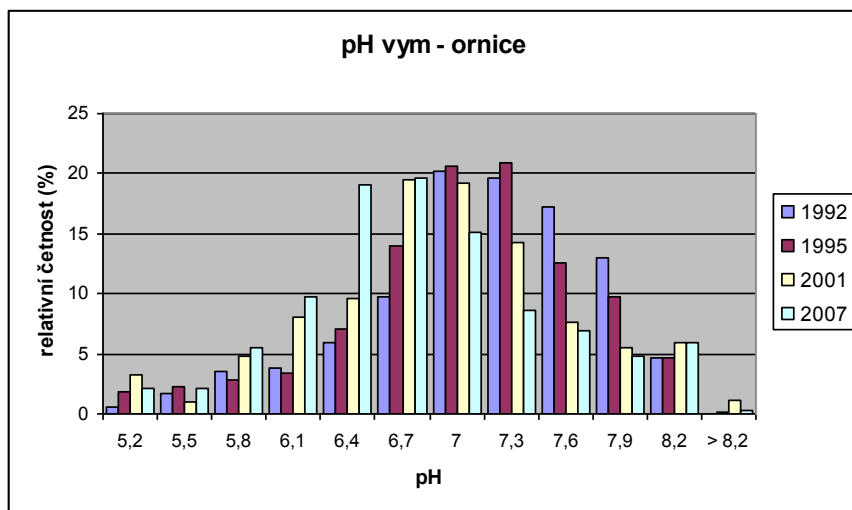
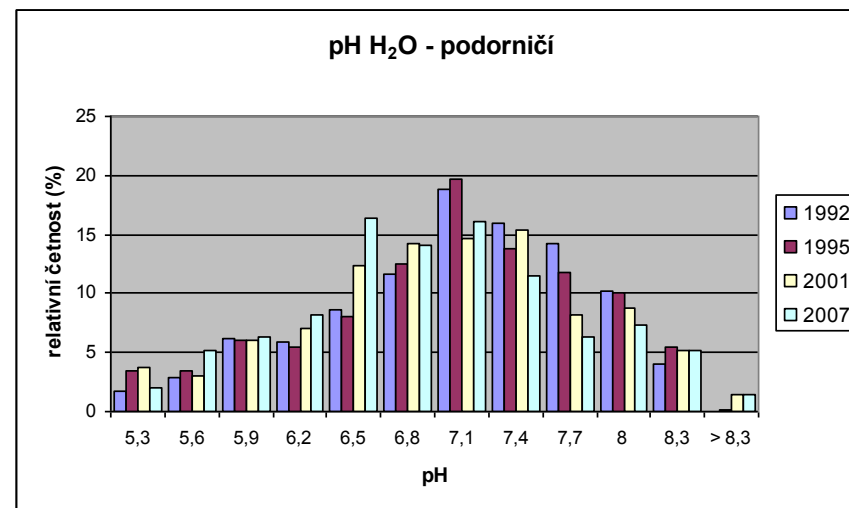
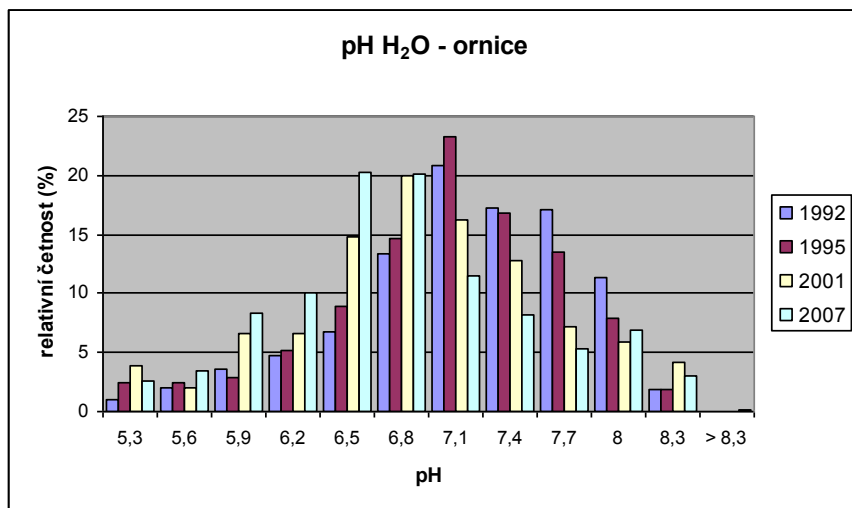
Příloha 4.2.VI. pokračování



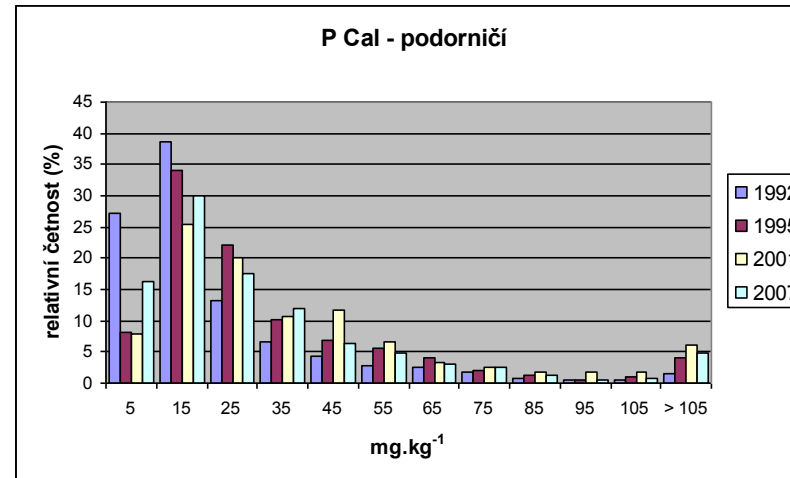
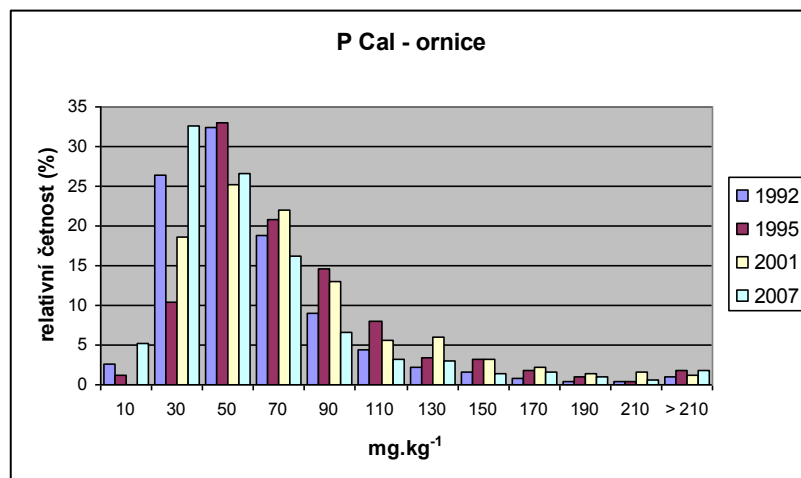
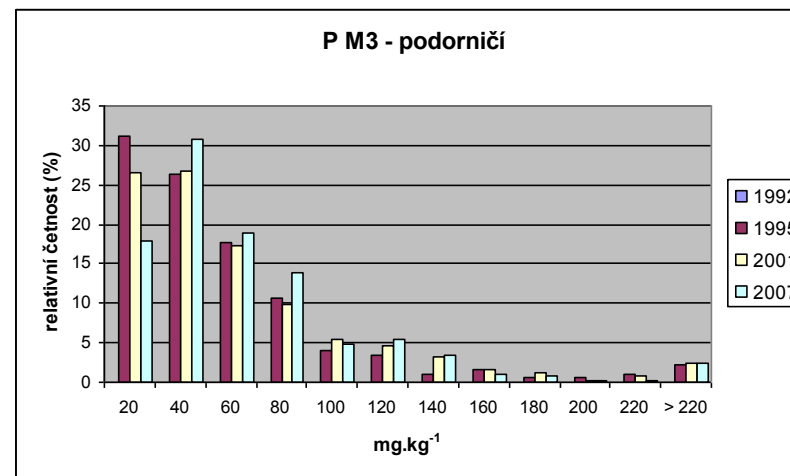
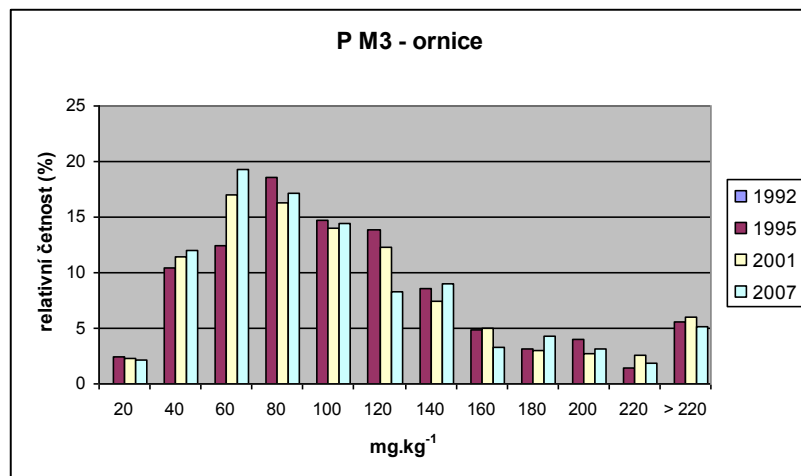
Příloha 4.2.VI. pokračování



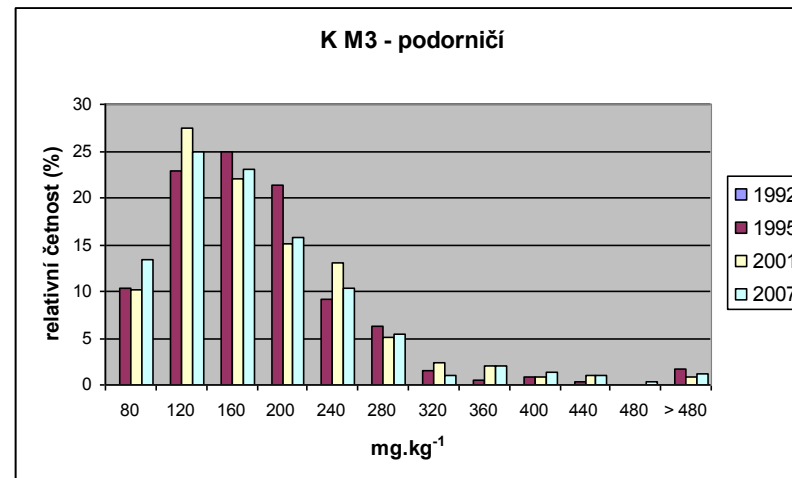
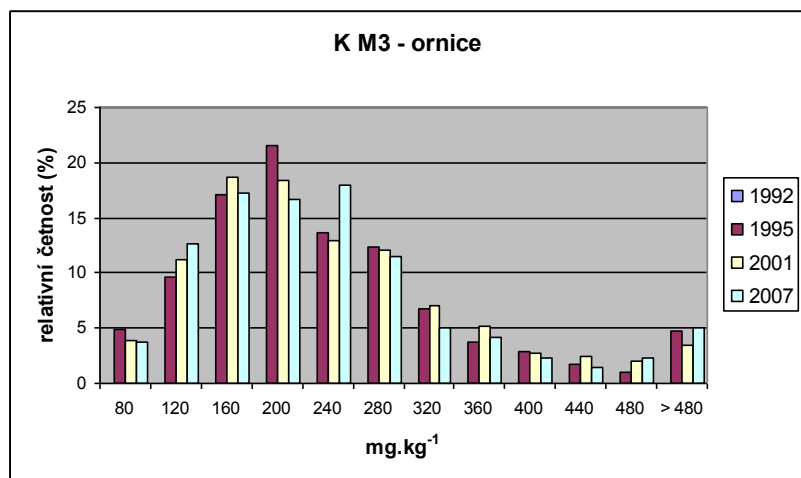
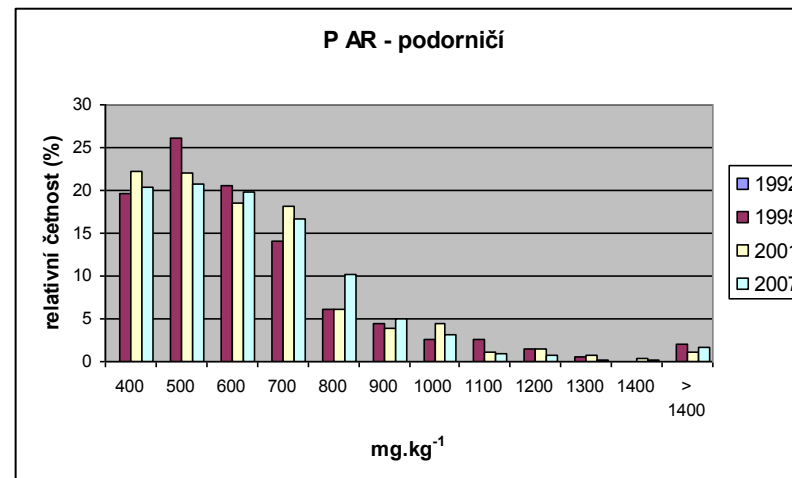
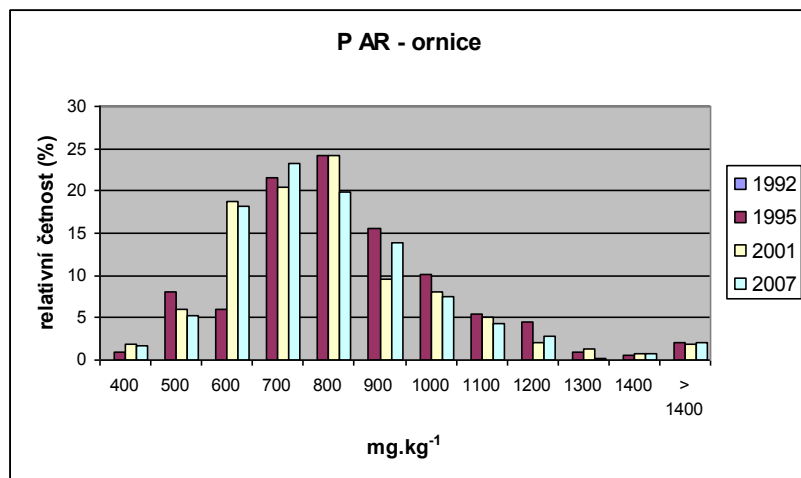
Příloha 4.2.VII. Histogramy pH a živin základního subsystému v ornici a podorničí - 1992, 1995, 2001, 2007



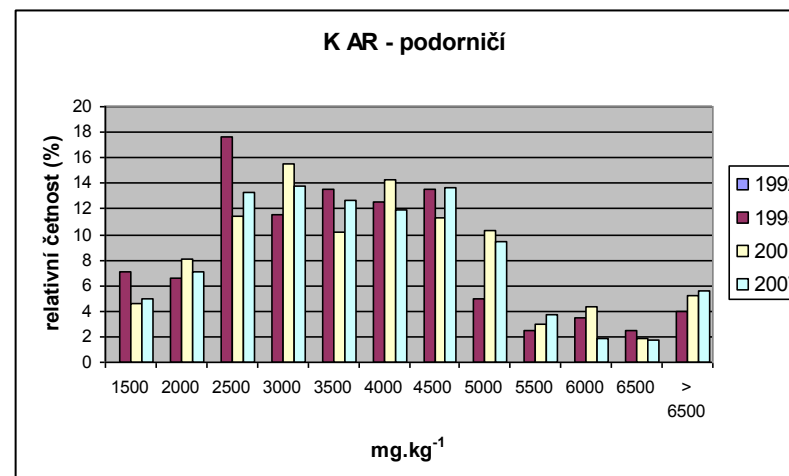
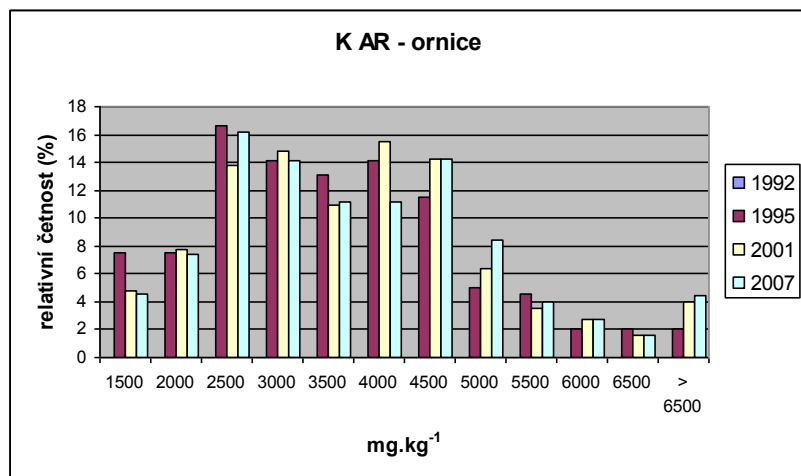
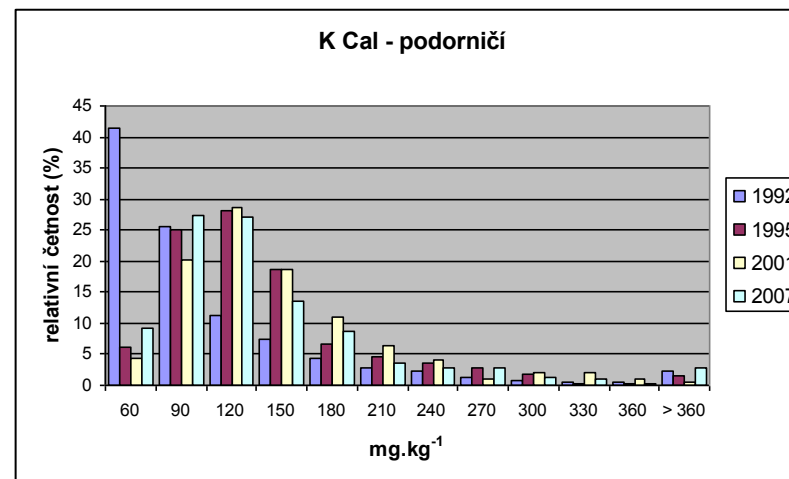
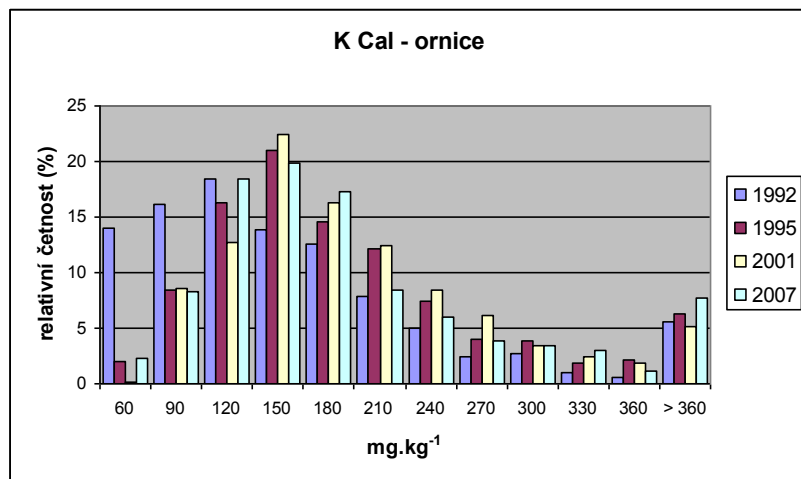
Příloha 4.2.VII. pokračování



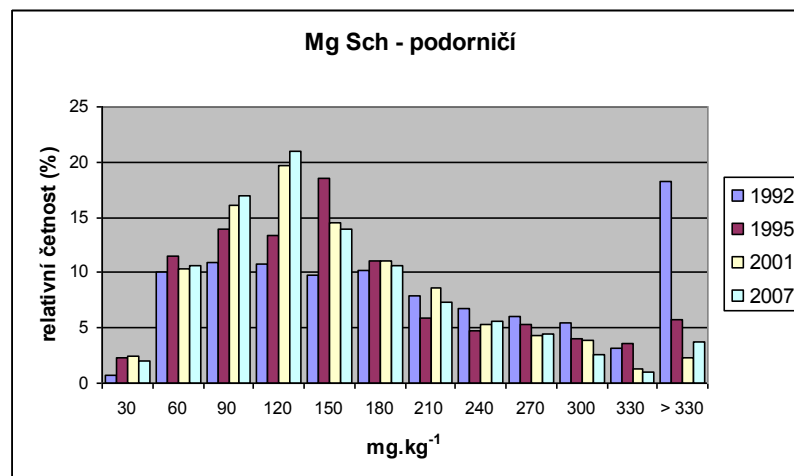
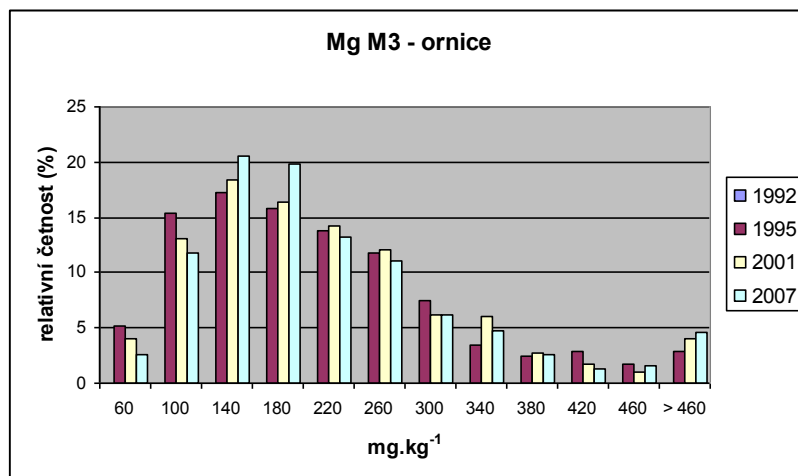
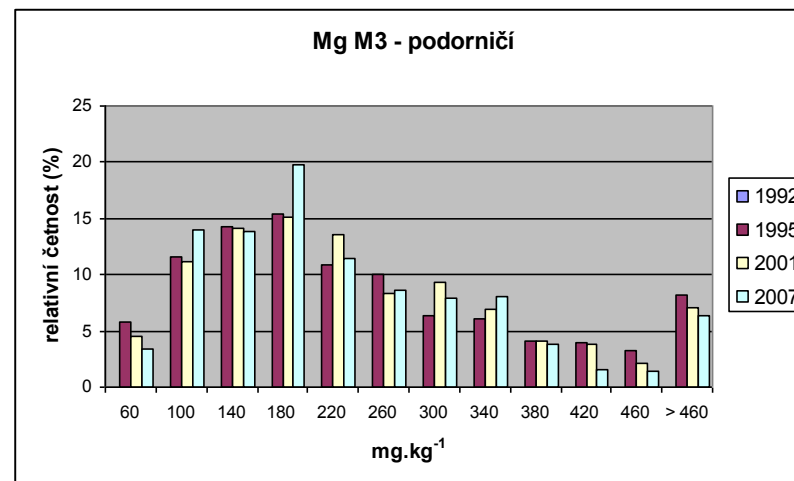
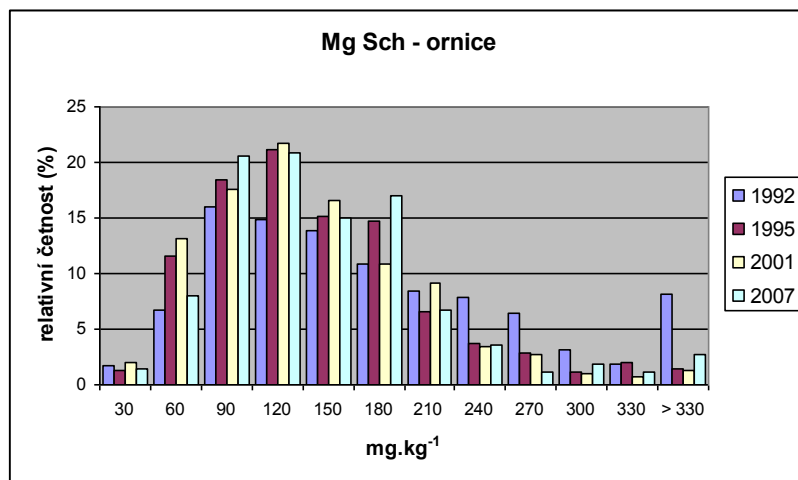
Příloha 4.2.VII. pokračování



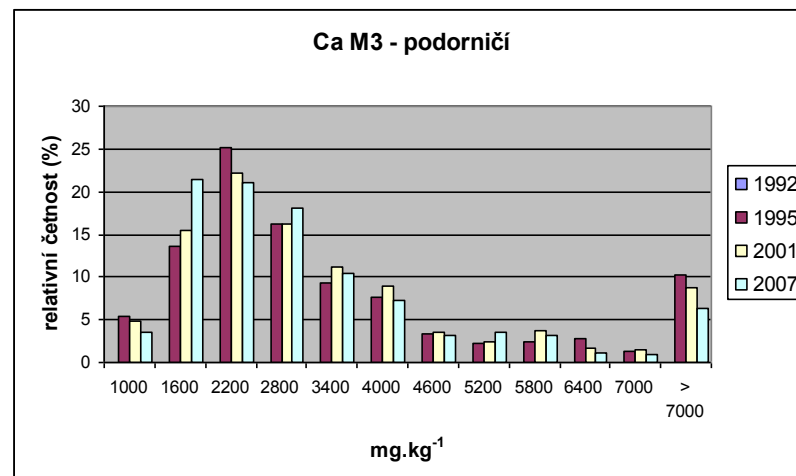
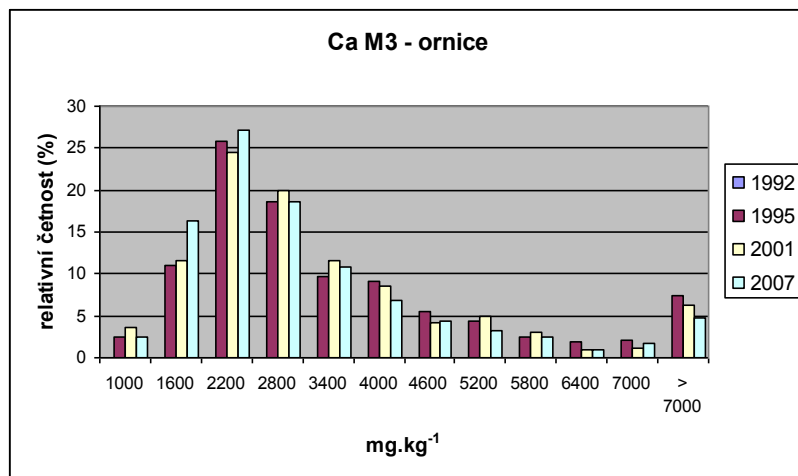
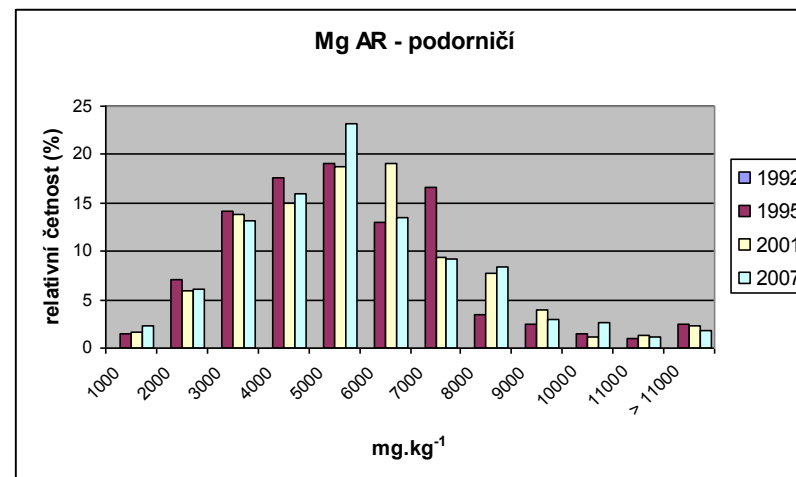
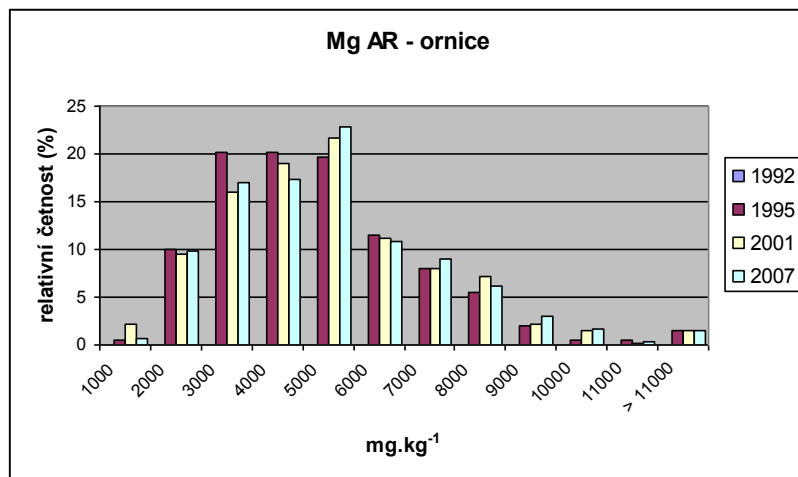
Příloha 4.2.VII. pokračování



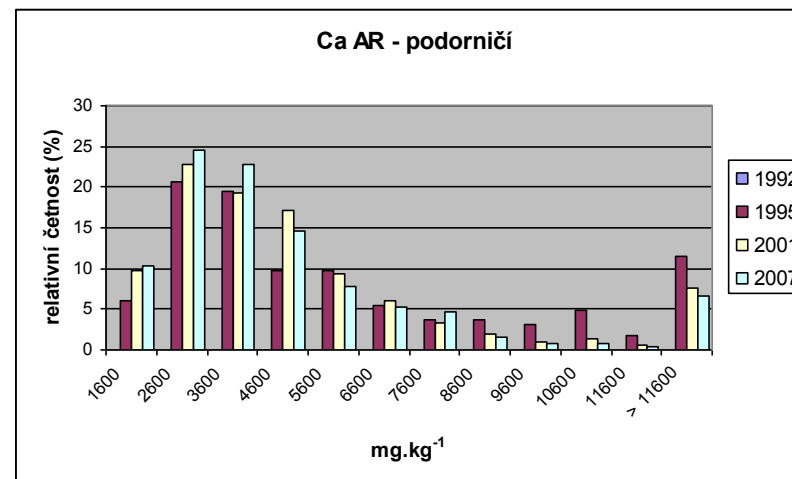
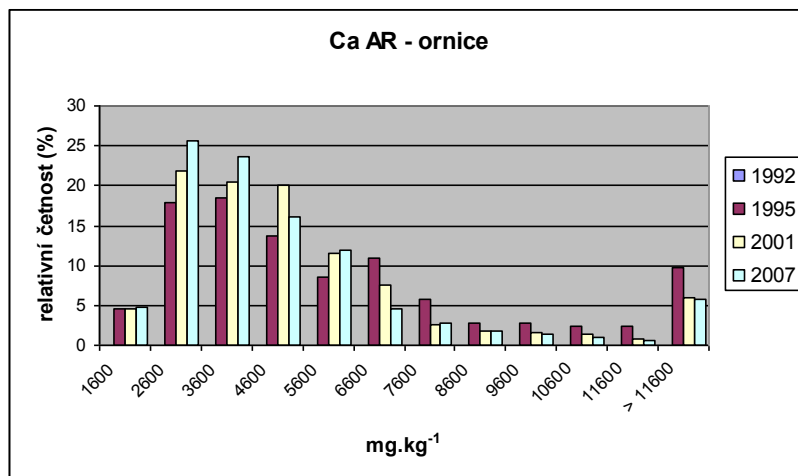
Příloha 4.2.VII. pokračování



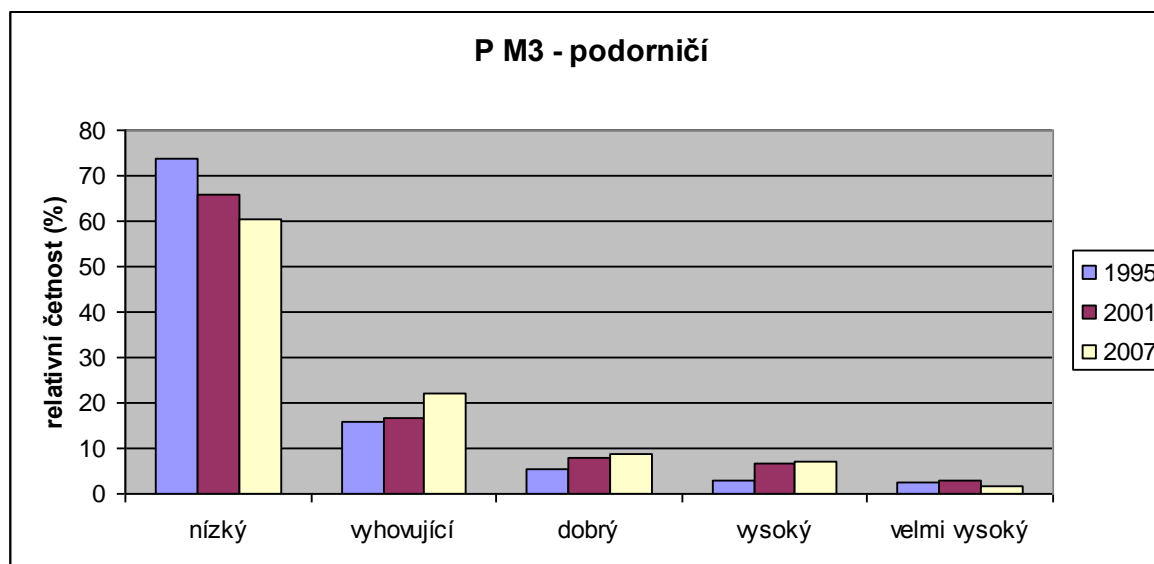
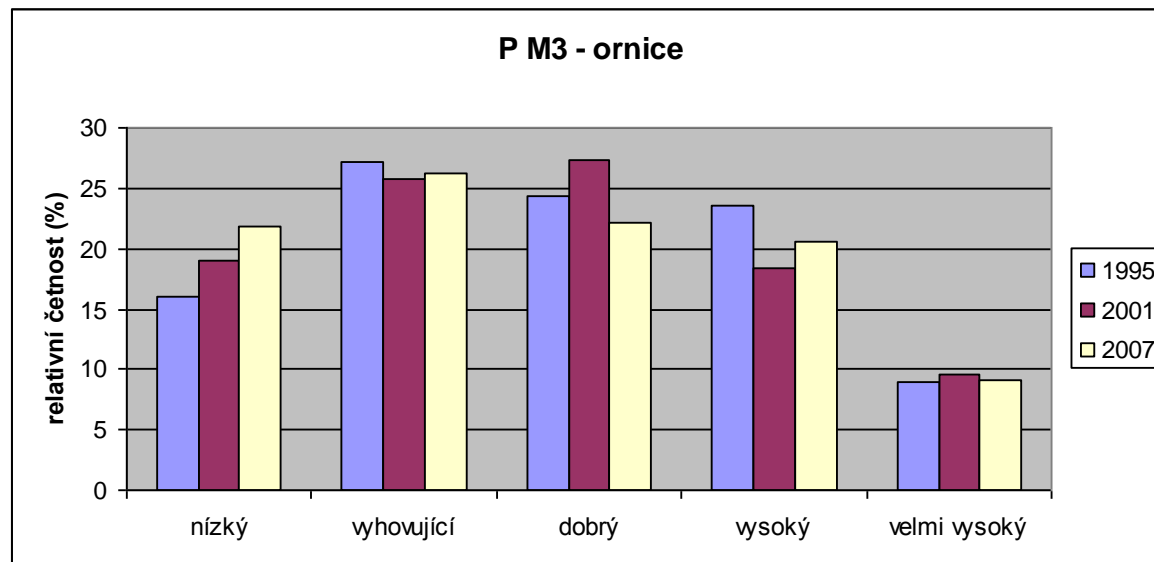
Příloha 4.2.VII. pokračování



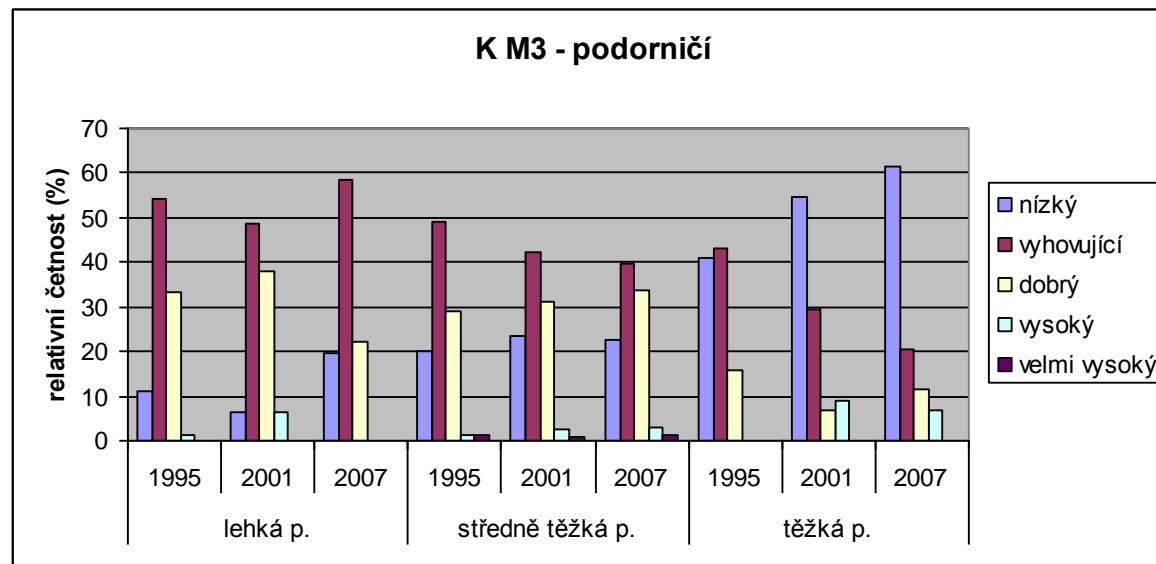
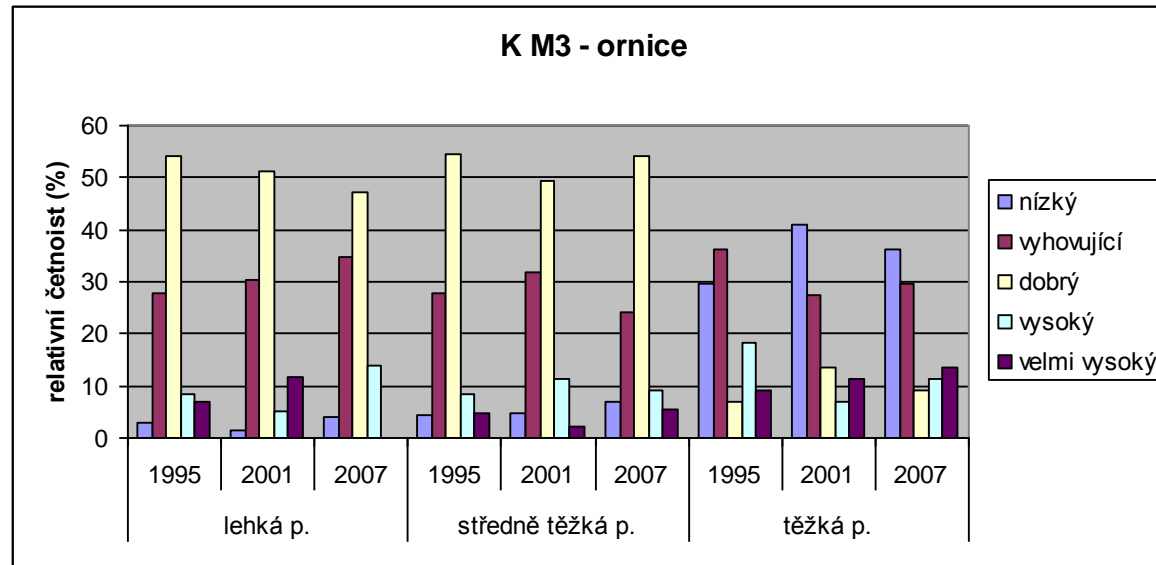
Příloha 4.2.VII. pokračování



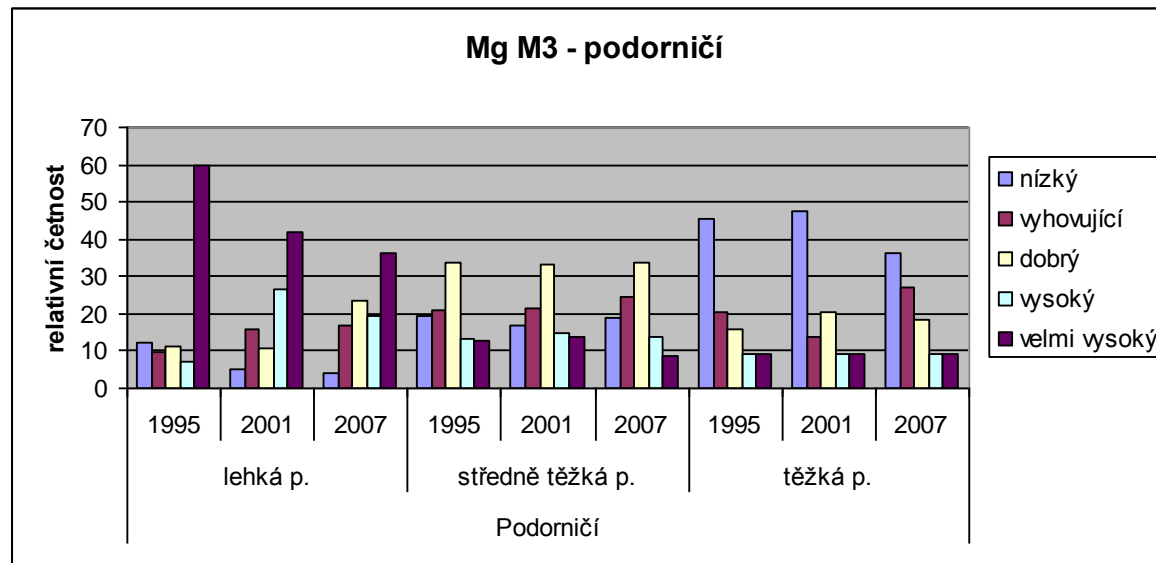
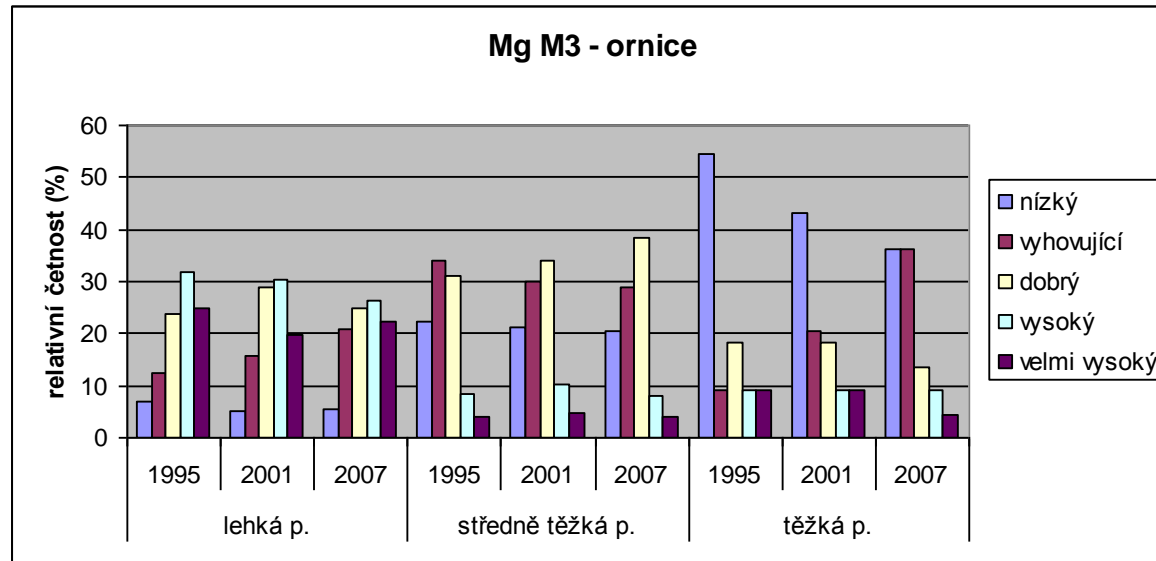
Příloha 4.2.VIII. Rozdělení živin u orných půd do kategorií zásobenosti půd živinami



Příloha 4.2.VIII.pokračování

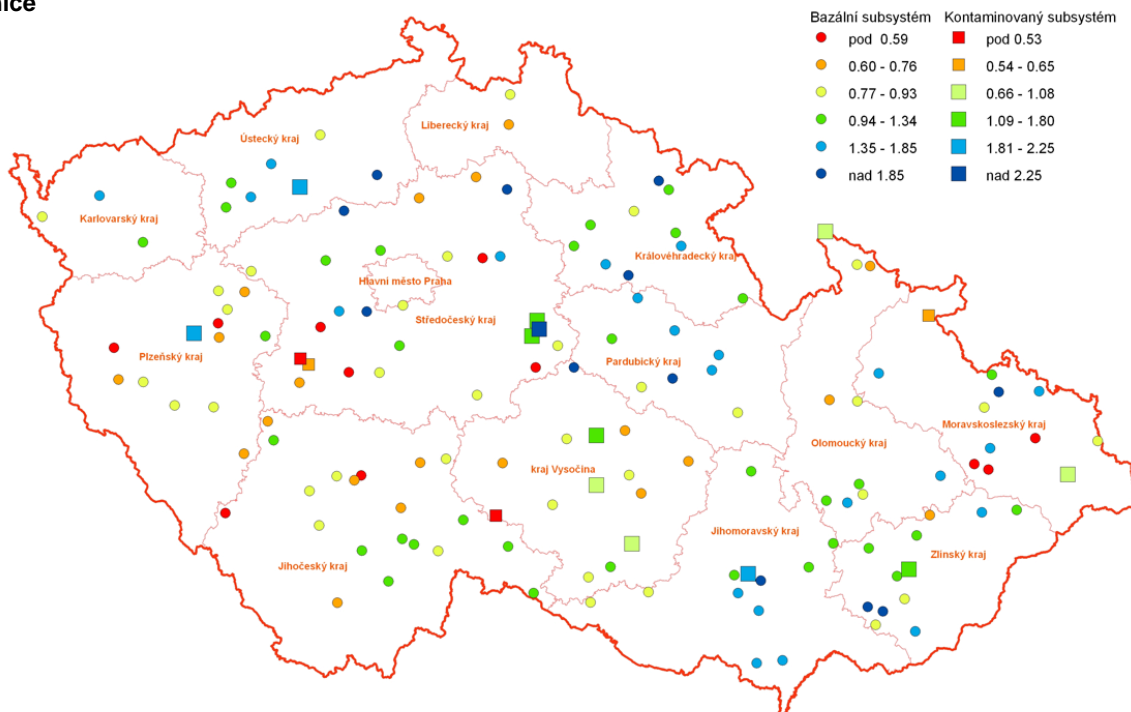


Příloha 4.2.VIII.pokračování

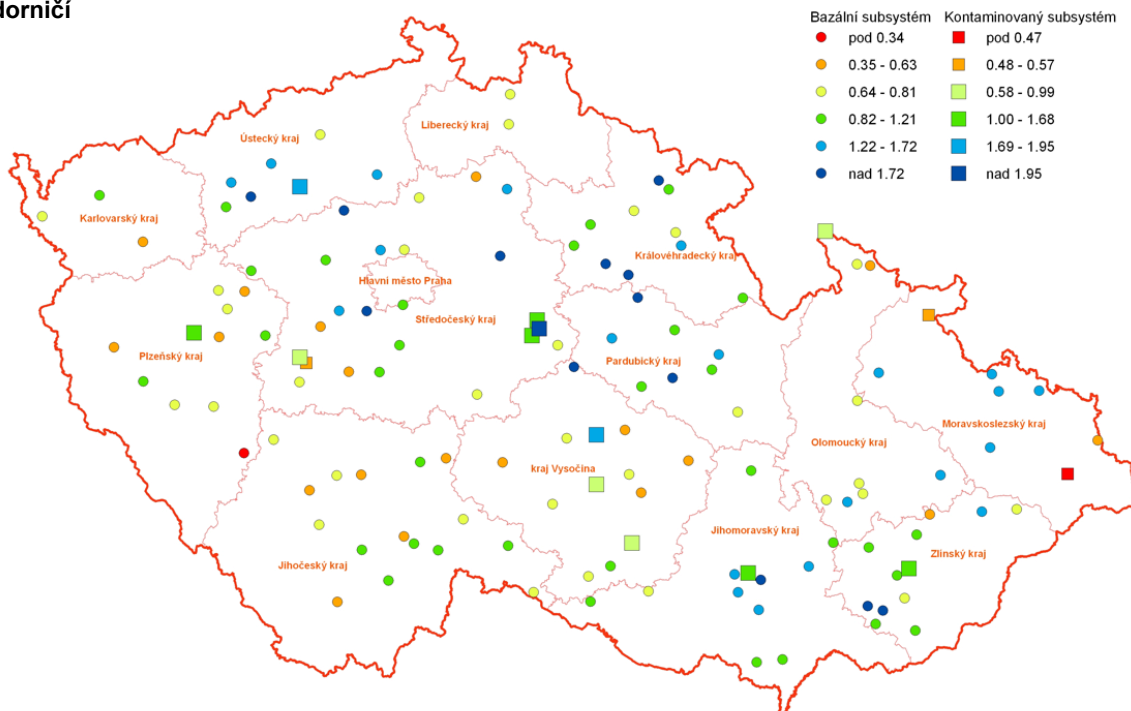


Příloha 4.3.XII. Obsah přístupného bóru (B) v ornici a podorničí orných půd základního a kontaminovaného systému monitoringu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Ornice

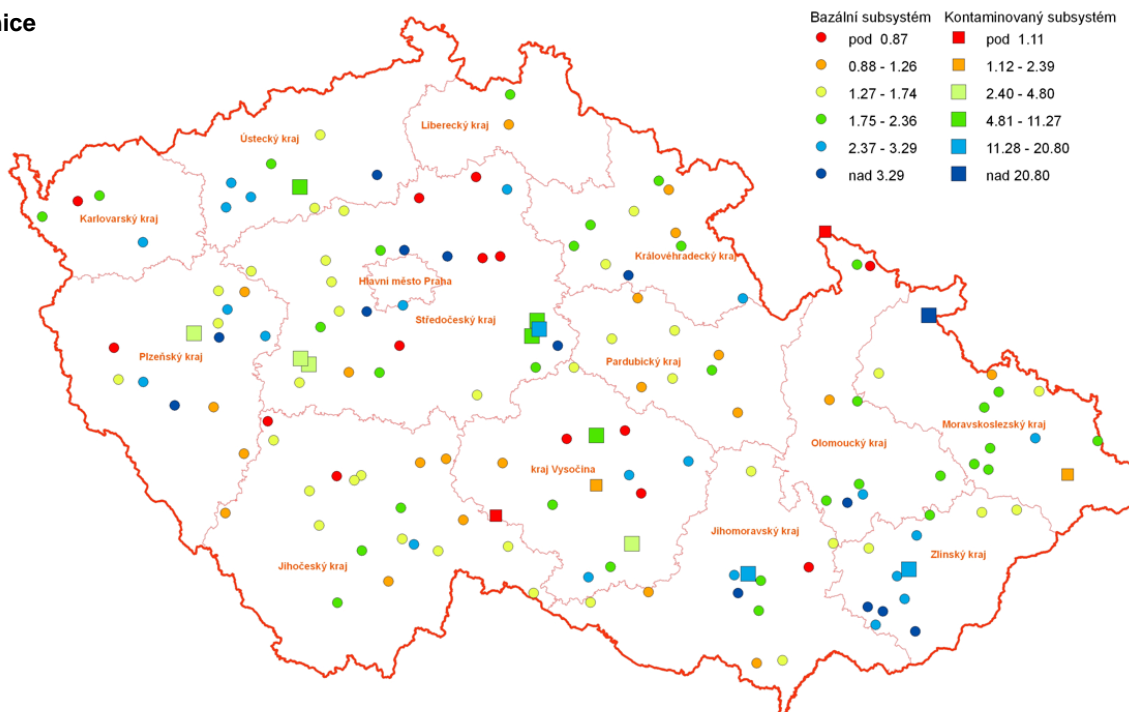


Podorničí

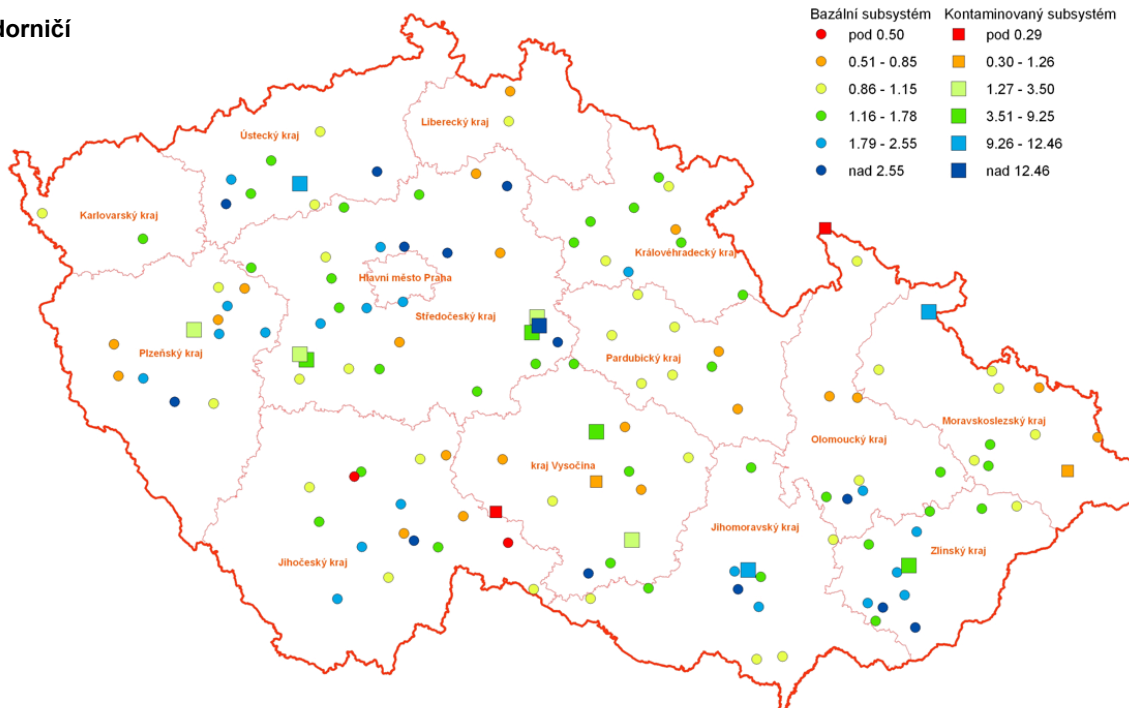


Příloha 4.3.XIII. Obsah přístupné mědi (Cu) v ornici a podorničí orných půd základního a kontaminovaného systému monitoringu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Ornice

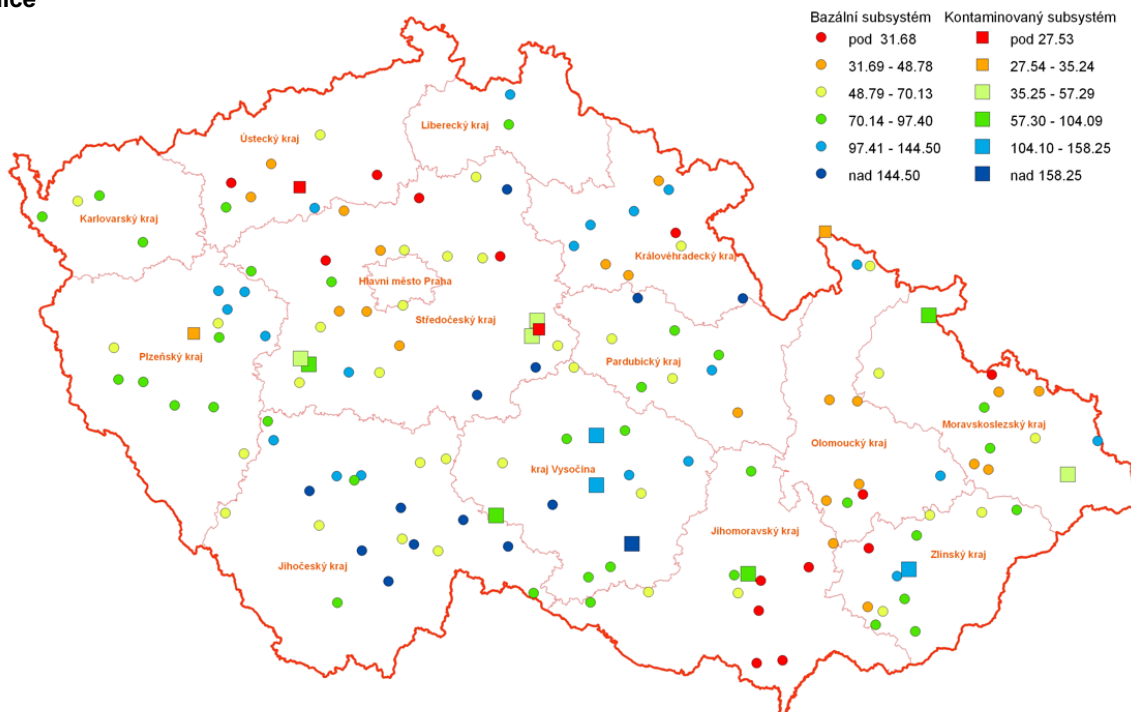


Podorničí

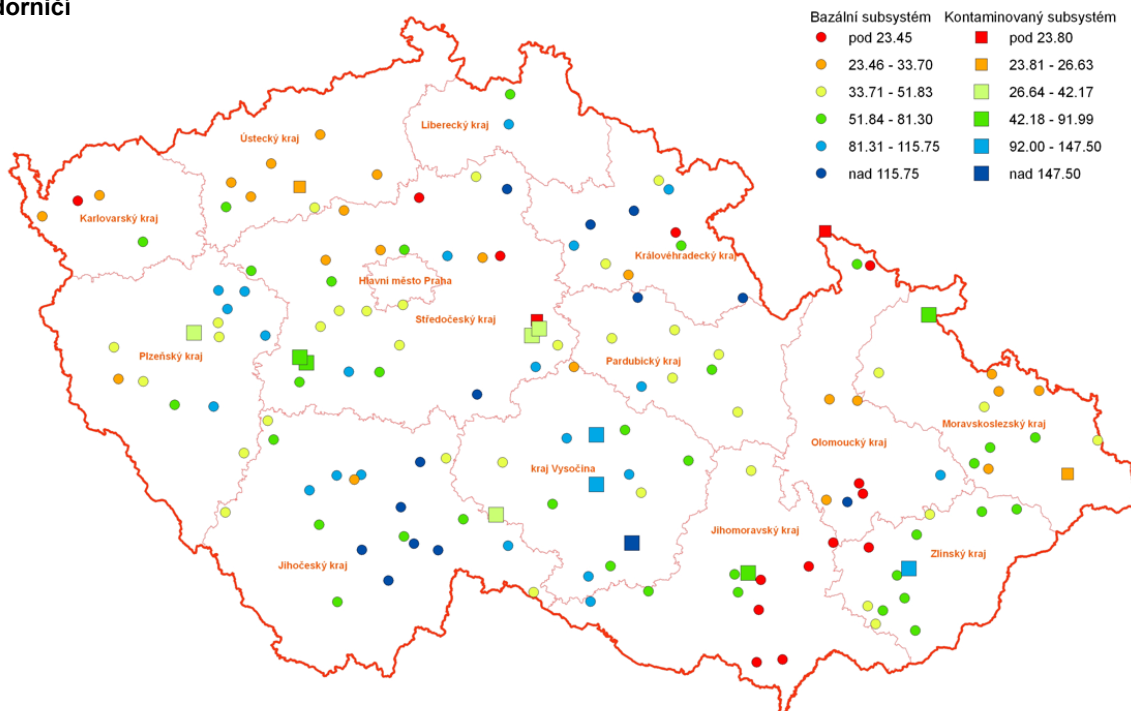


Příloha 4.3.XIV. Obsah přístupného železa (Fe) v ornici a podorničí orných půd základního a kontaminovaného systému monitoringu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Ornice

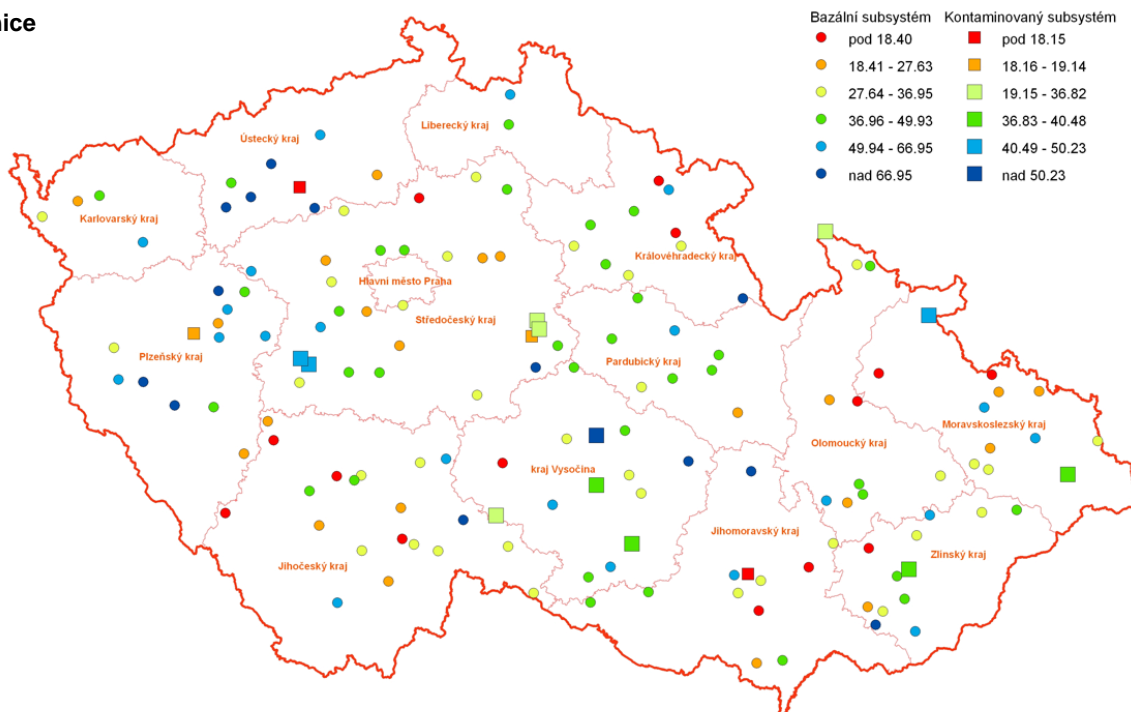


Podorničí

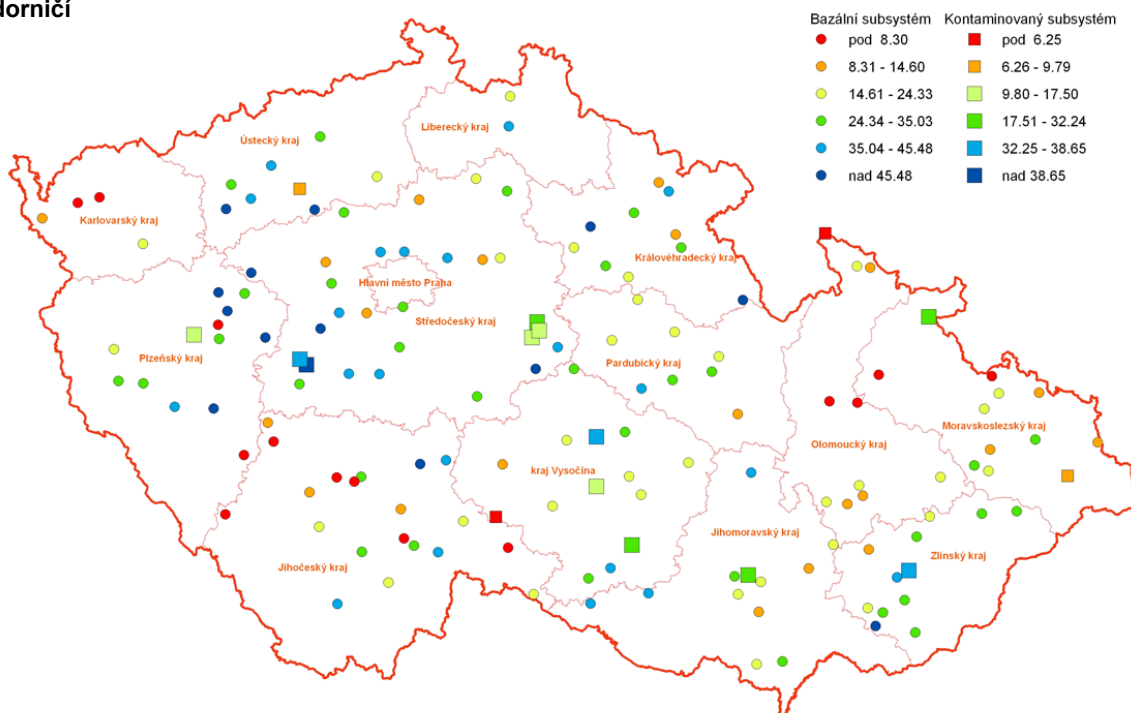


Příloha 4.3.XV. Obsah přístupného manganu (Mn) v ornici a podorničí orných půd základního a kontaminovaného systému monitoringu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Ornice

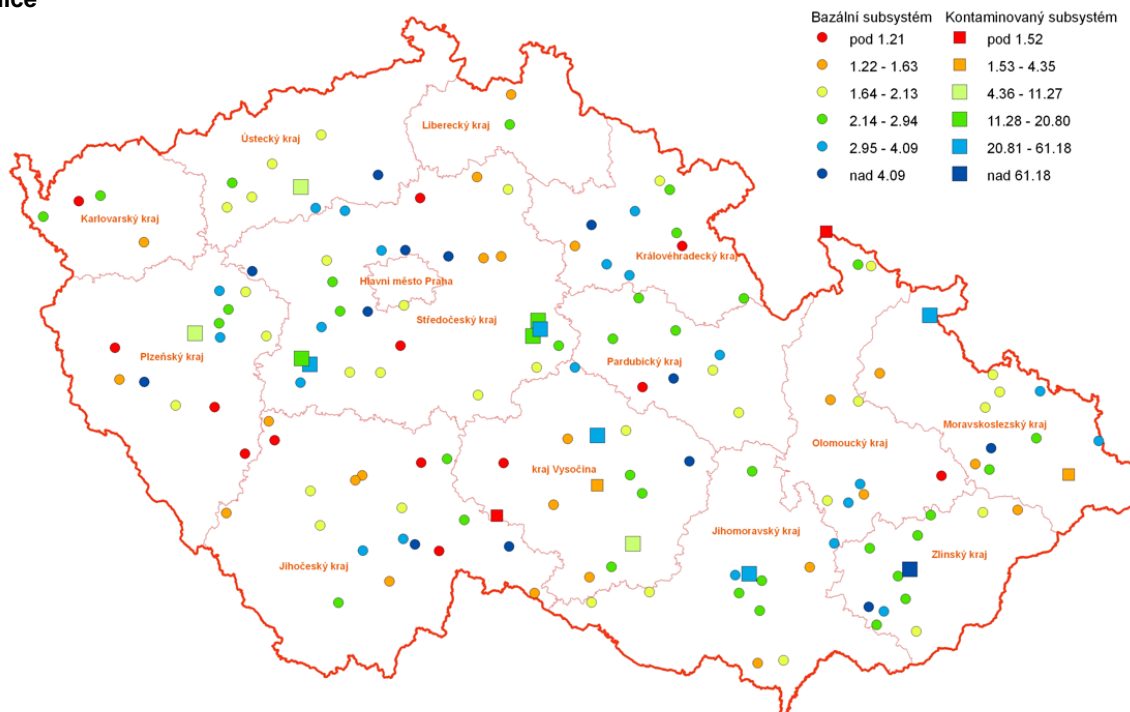


Podorničí

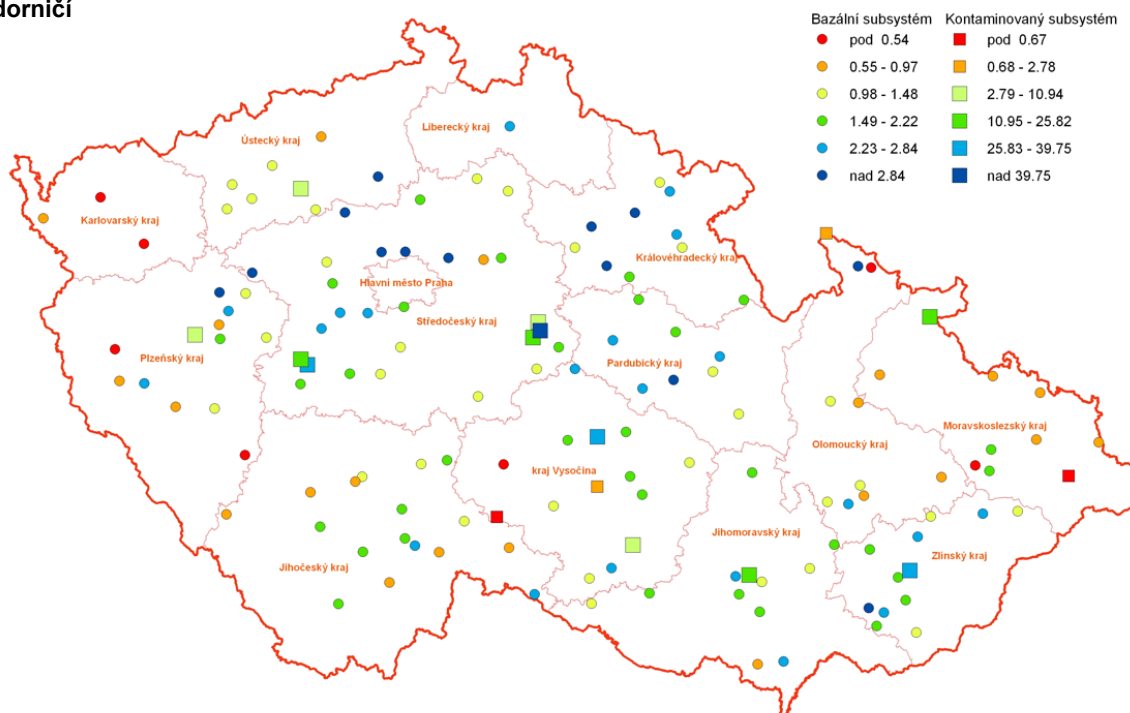


Příloha 4.3.XVI. Obsah přístupného zinku (Zn) v ornici a podorničí orných půd základního a kontaminovaného systému monitoringu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Ornice



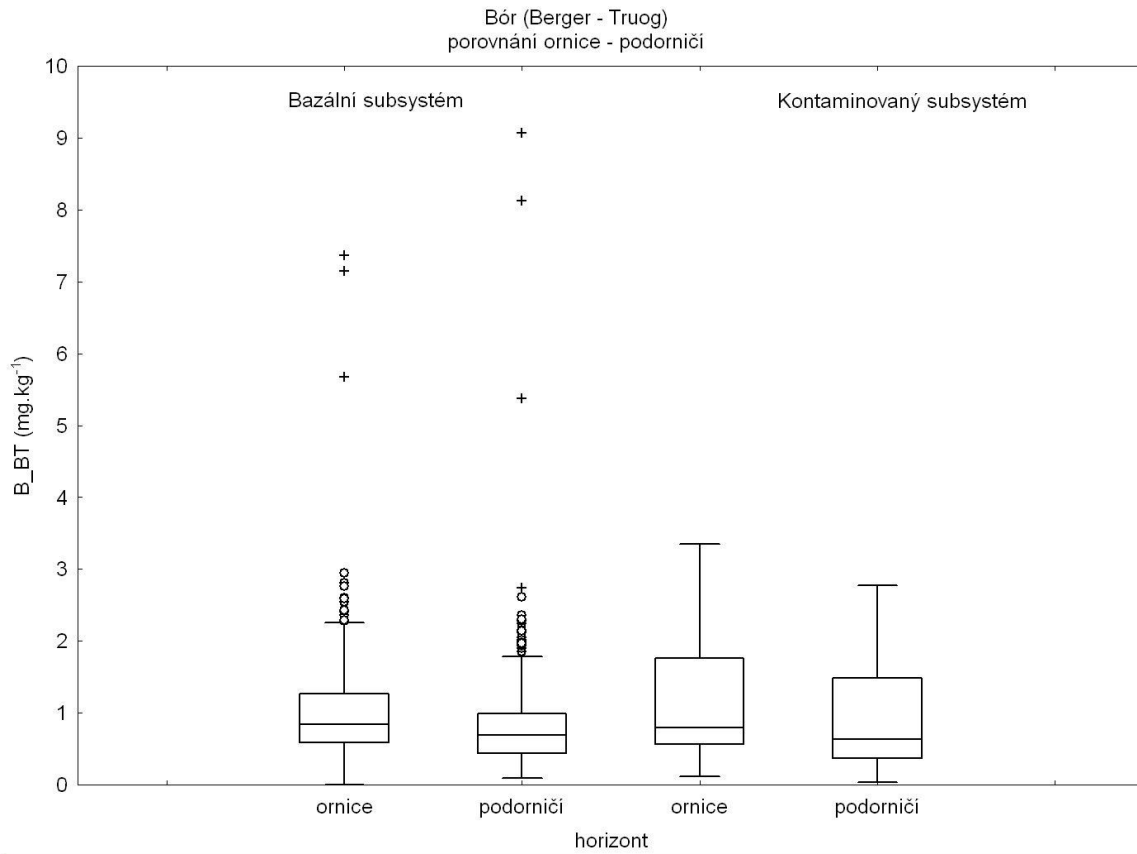
Podorničí



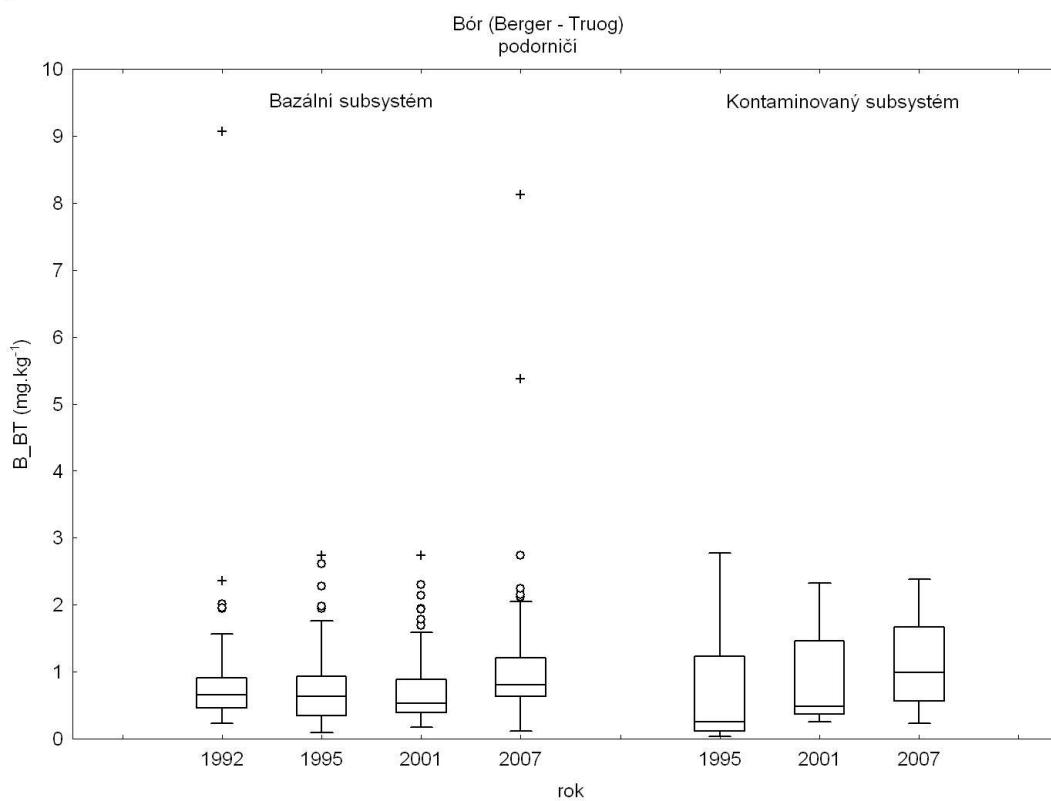
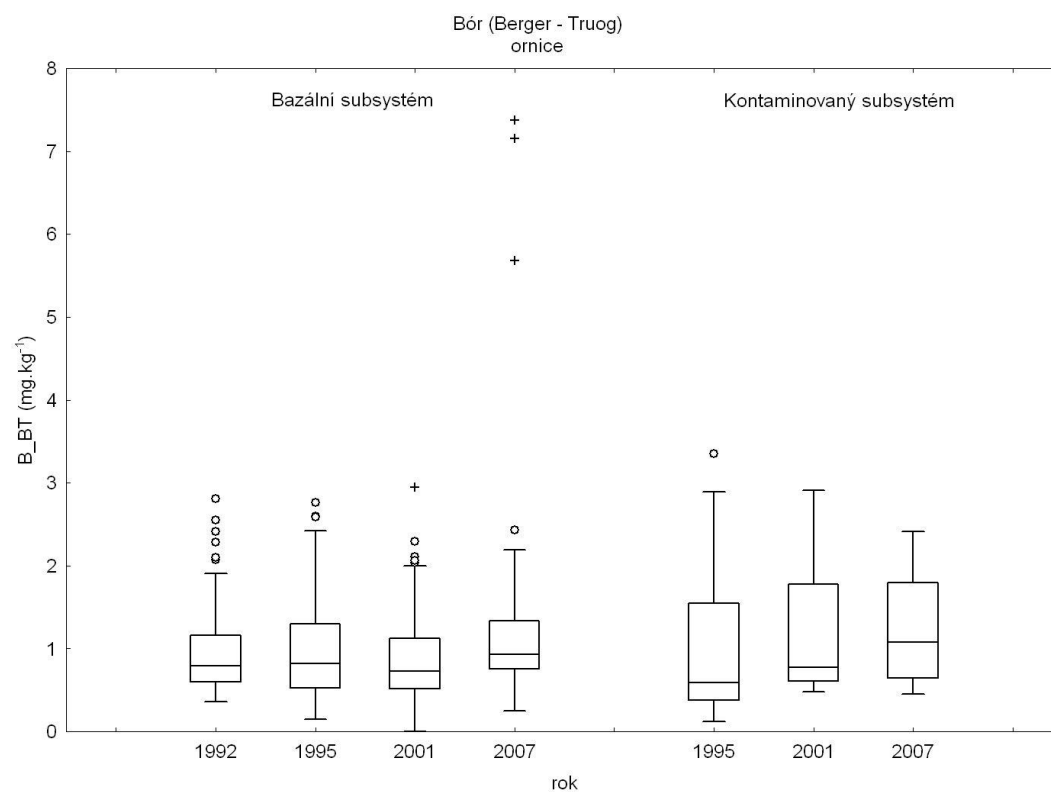
Příloha 4.3.XVII. Kritéria hodnocení obsahu stopových prvků v orné půdě (Neuberg, 1990)

Prvek	Druh půdy	Obsah v mg.kg ⁻¹ zeminy		
		Nízký	Střední	Vysoký
Bór (B) Berger-Truog	L	< 0,40	0,40 – 0,70	> 0,70
	S	< 0,60	0,60 – 1,00	> 1,00
	T	< 0,80	0,80 – 1,50	> 1,50
Měď (Cu) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 0,80	0,80 – 2,70	> 2,70
Mangan (Mn) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 10	10 - 100	> 100
Zinek (Zn) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 1,00	1,00 – 2,50	> 2,50

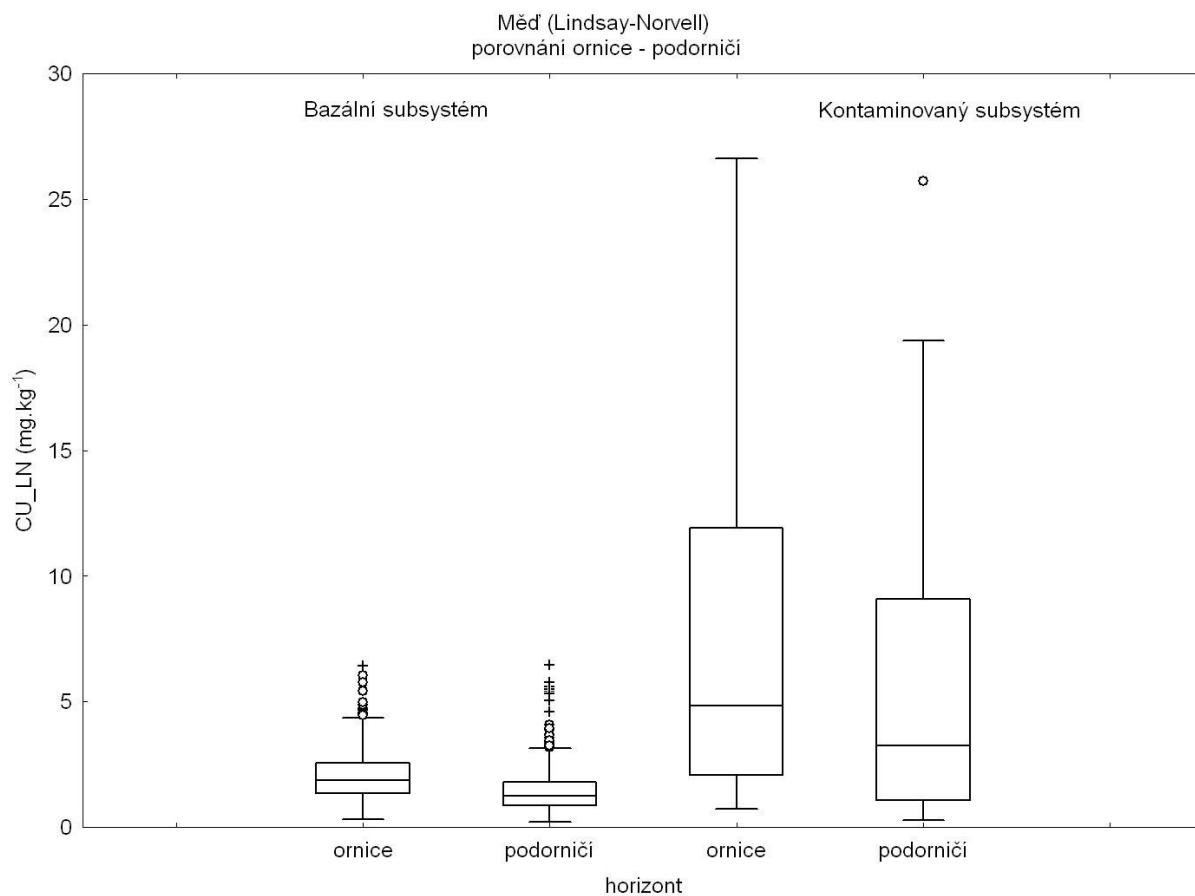
Příloha 4.3.II. Rozpětí obsahů přístupného bóru (B) v orných půdách BMP v ornici a podorničí bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Berger-Truog; mg.kg^{-1})



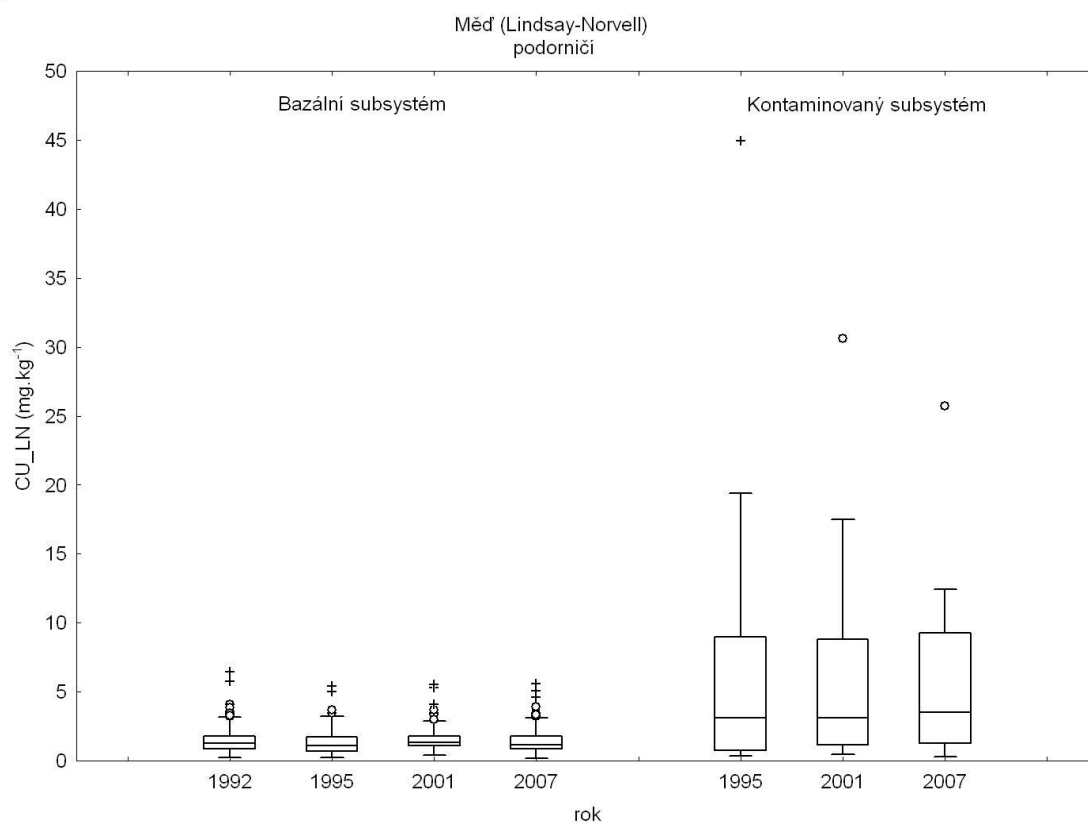
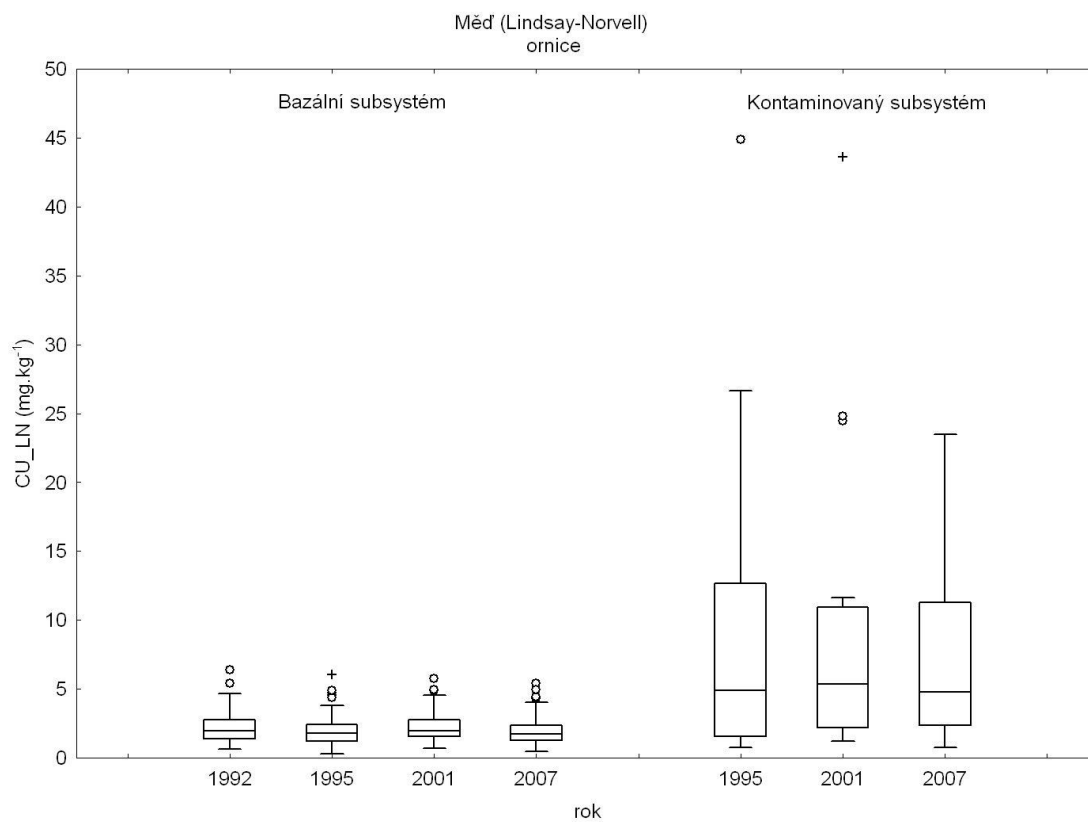
Příloha 4.3.III. Rozpětí obsahů přístupného bóru (B) v orných půdách BMP v letech 1992 - 2007 v ornici a podorničí bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Berger-Truog; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



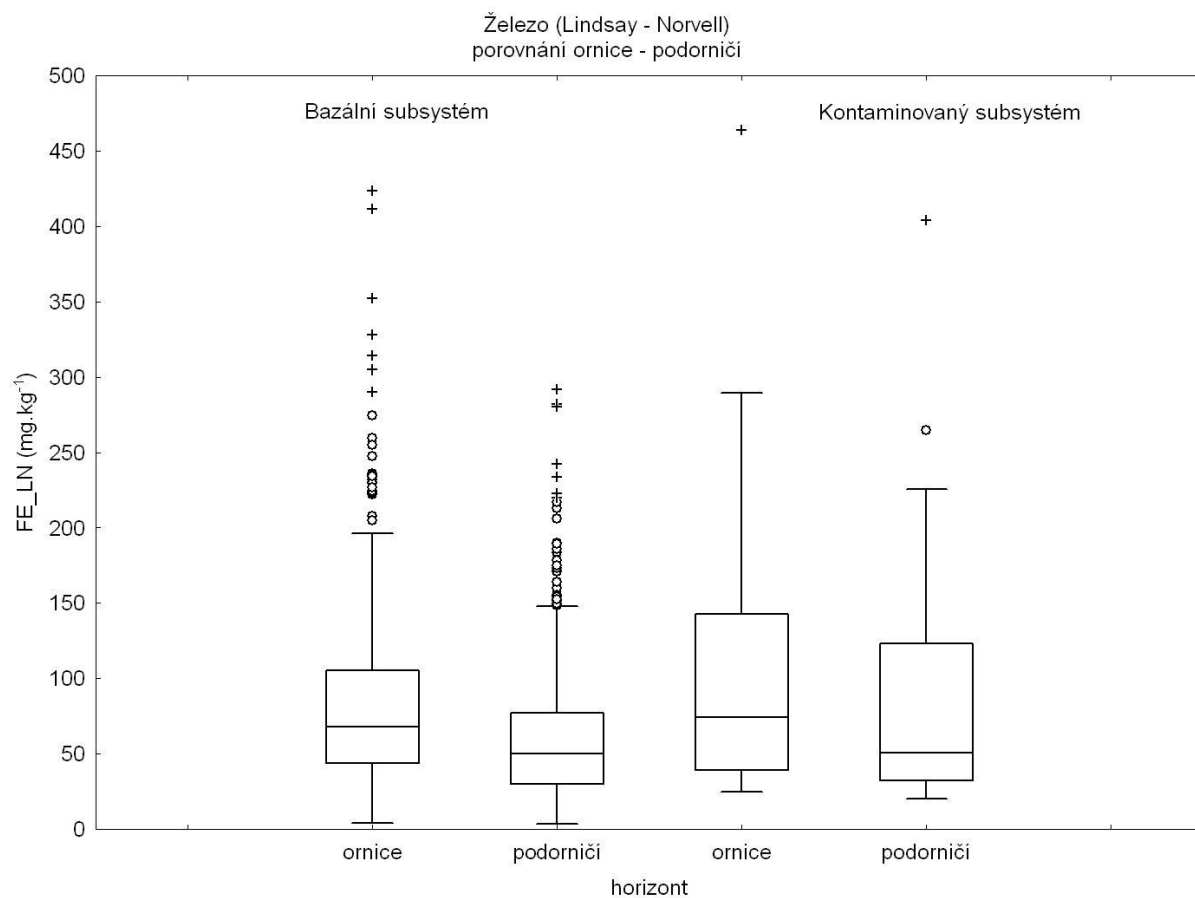
Příloha 4.3.IV. Rozpětí obsahů přístupné mědi (Cu) v orných půdách BMP v ornici a podorničí bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



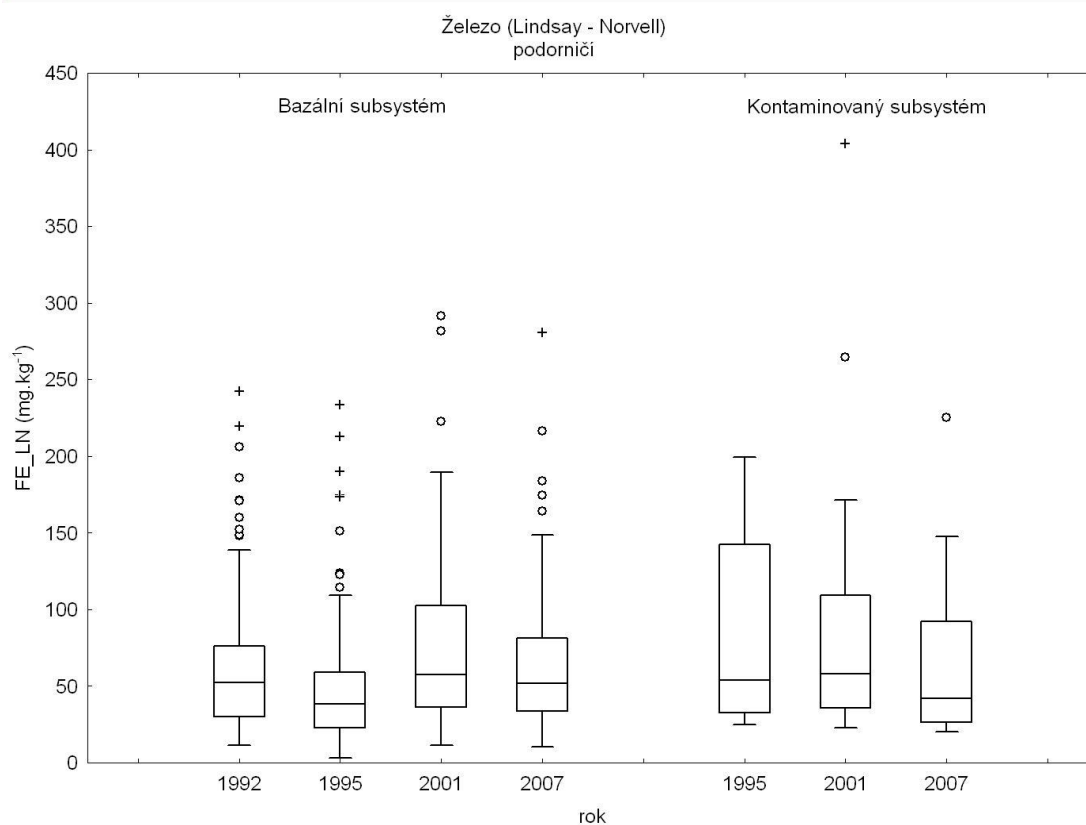
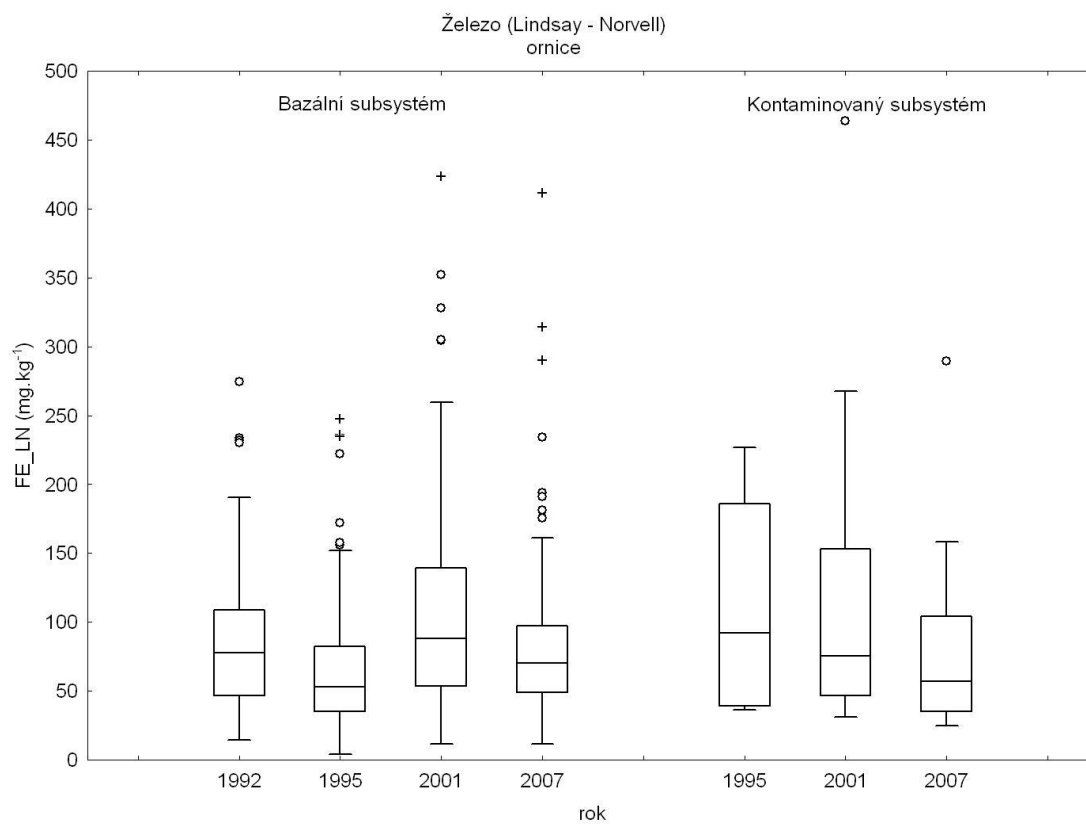
Příloha 4.3.V. Rozpětí obsahů přístupné mědi/Cu) v orných půdách BMP v letech 1992 - 2007 v ornici a podorníci bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



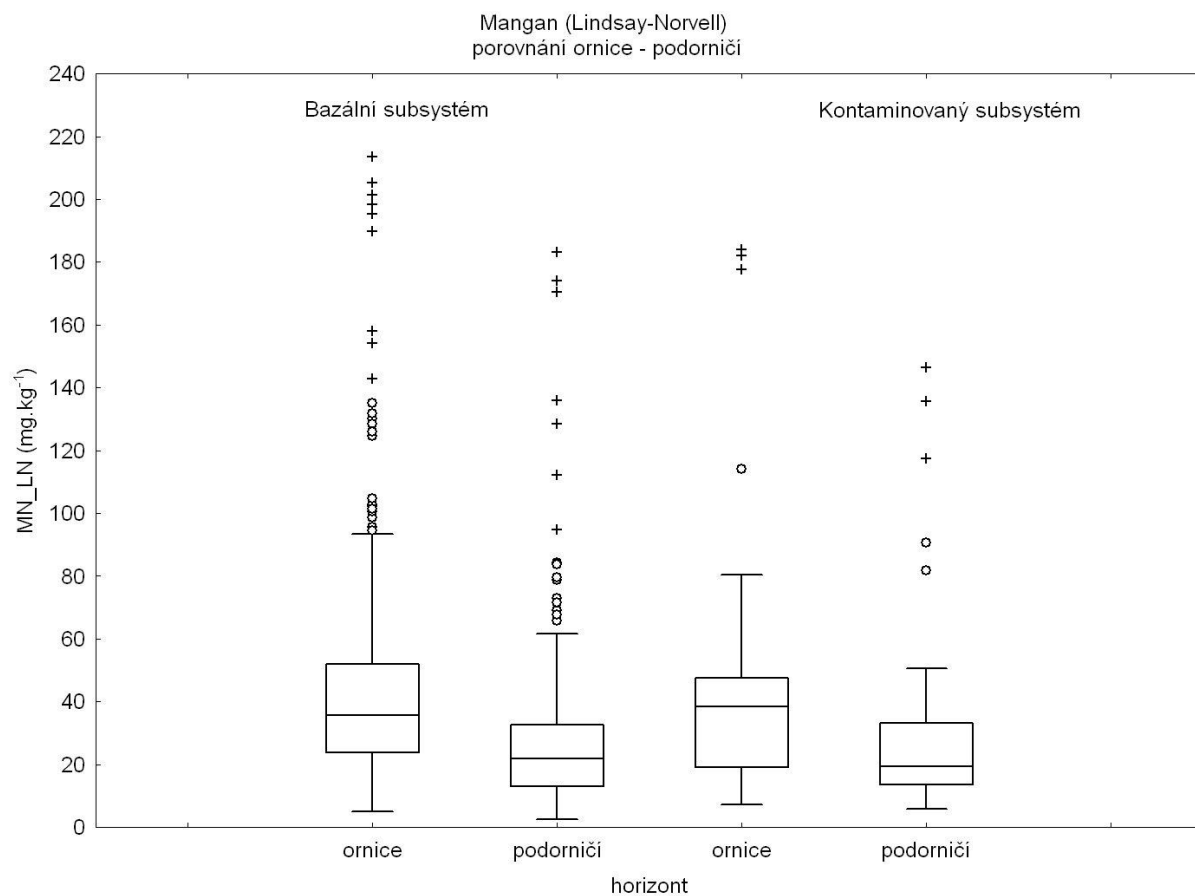
Příloha 4.3.VI. Rozpětí obsahů přístupného železa (Fe) v orných půdách BMP v ornici a podorničí bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



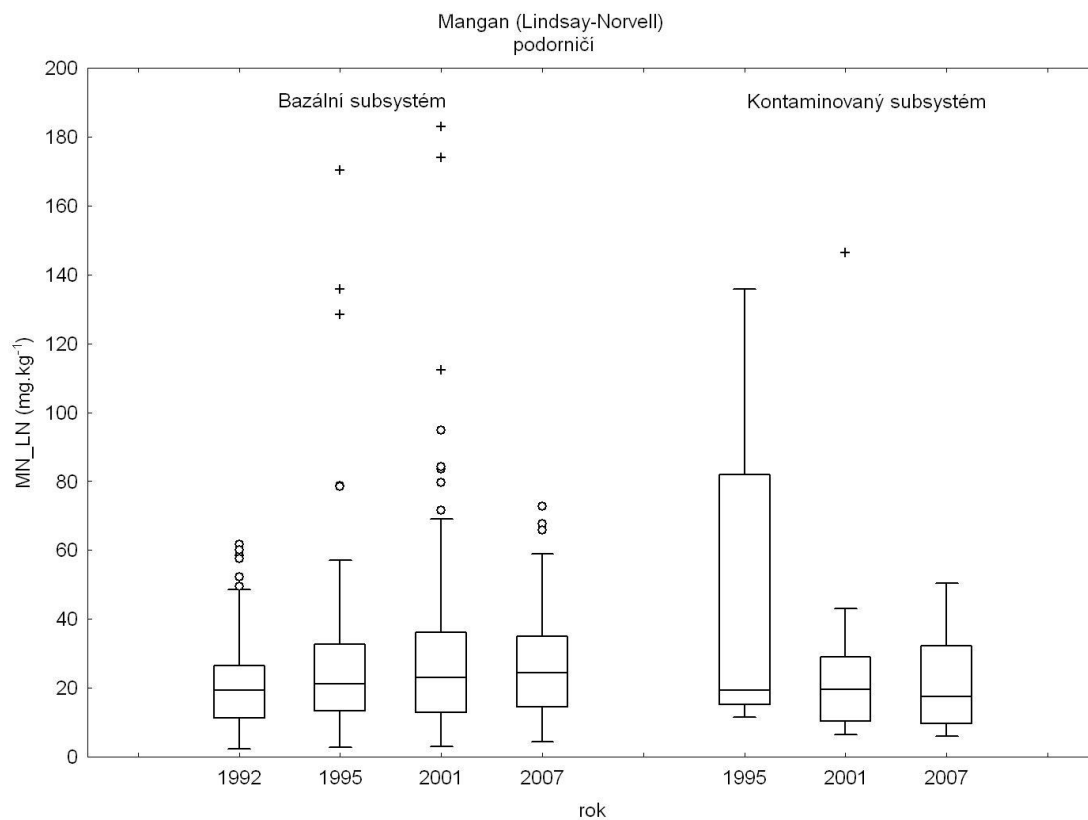
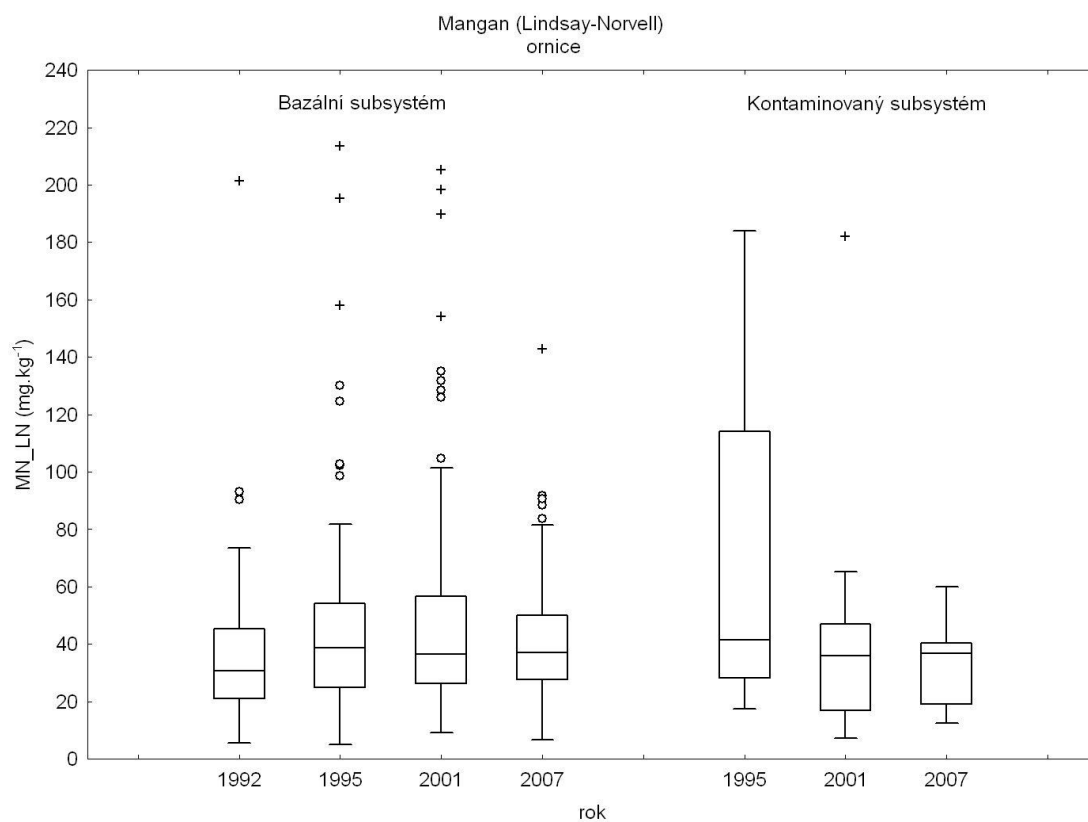
Příloha 4.3.VII. Rozpětí obsahů přístupného železa (Fe) v orných půdách BMP v letech 1992 - 2007 v ornici a podorníci bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



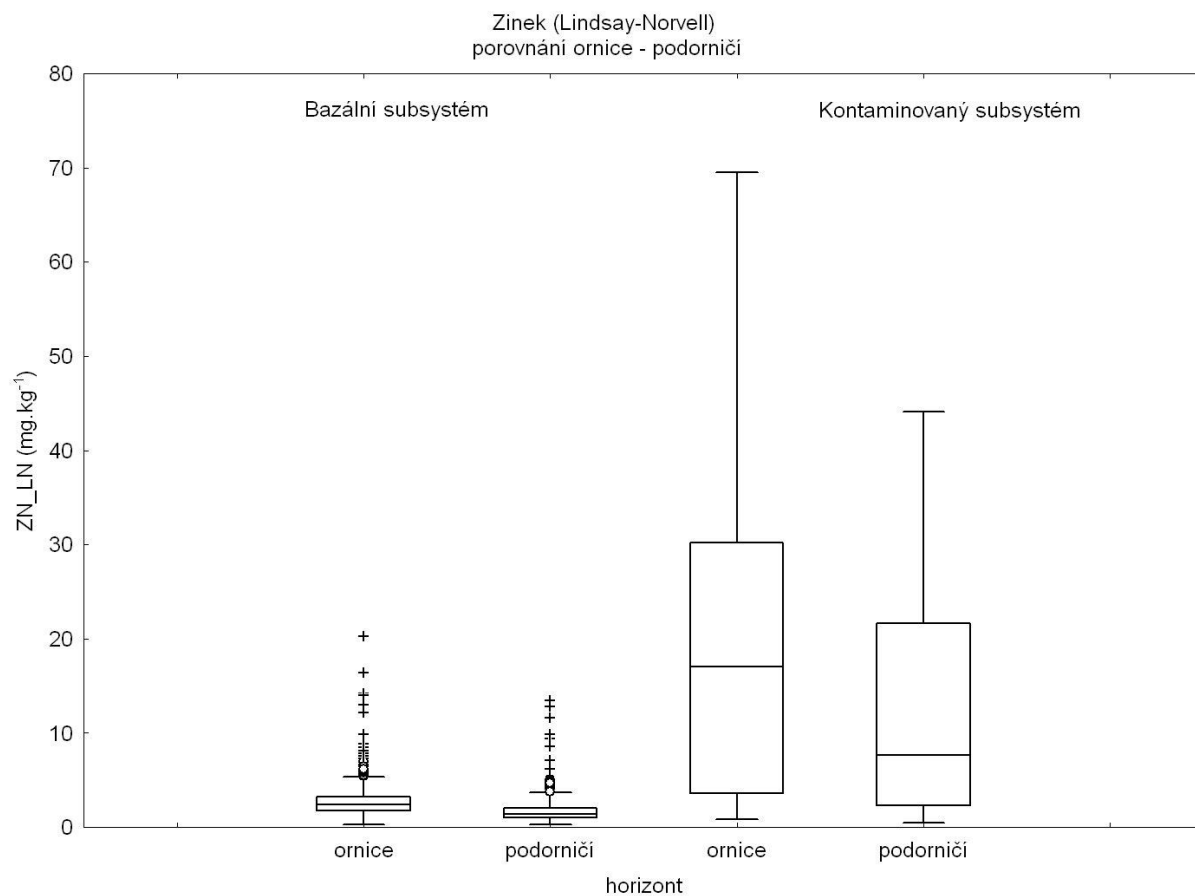
Příloha 4.3.VIII. Rozpětí obsahů přístupného manganu (Mn) v orných půdách BMP v ornici a podorníči bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



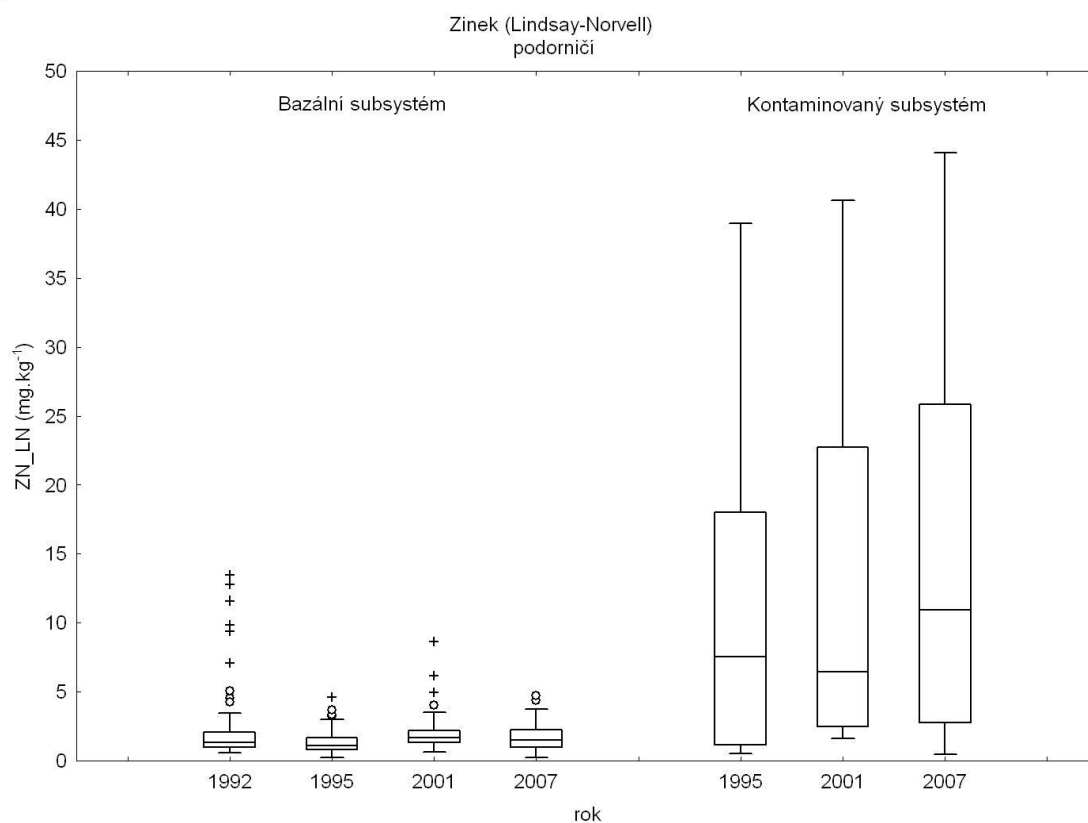
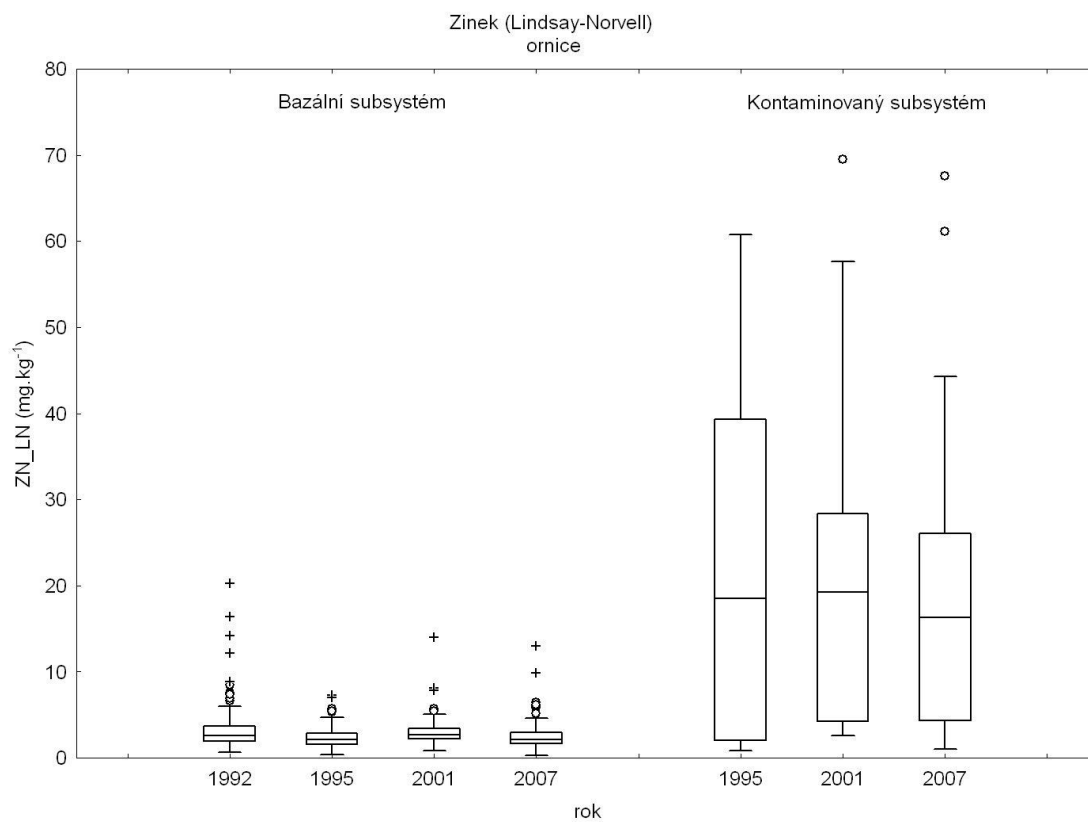
Příloha 4.3.IX. Rozpětí obsahů přístupného manganu(Mn) v orných půdách BMP v letech 1992 - 2007 v ornici a podorníci bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



Příloha 4.3.X. Rozpětí obsahů přístupného zinku (Zn) v orných půdách BMP v ornici a podorničí bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)



Příloha 4.3.XI. Rozpětí obsahů přístupného zinku(Zn) v orných půdách BMP v letech 1992 - 2007 v ornici a podorničí bazálního a kontaminovaného systému monitoringu (Lindsay-Norvell; mg.kg^{-1})



Příloha 4.3.XVII. Kritéria hodnocení obsahu stopových prvků v orné půdě (Neuberg, 1990)

Prvek	Druh půdy	Obsah v mg.kg ⁻¹ zeminy		
		Nízký	Střední	Vysoký
Bór (B) Berger-Truog	L	< 0,40	0,40 – 0,70	> 0,70
	S	< 0,60	0,60 – 1,00	> 1,00
	T	< 0,80	0,80 – 1,50	> 1,50
Měď (Cu) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 0,80	0,80 – 2,70	> 2,70
Mangan (Mn) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 10	10 - 100	> 100
Zinek (Zn) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 1,00	1,00 – 2,50	> 2,50