

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Zhodnocení obsahu potenciálně rizikových prvků v lesních
půdách vybraných oblastí s odlišnou úrovní znečištění**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Džermanská

Vedoucí práce: Prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Zhodnocení obsahu potenciálně rizikových prvků v lesních půdách vybraných oblastí s odlišnou úrovní znečištění” jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. 4. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Prof. Dr. Ing. Luboši Borůvkovi za pomoc a cenné rady, které mi poskytl k mé diplomové práci. Poděkování patří také kolektivu pracovníků Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského za poskytnutí údajů ke zpracování a také mé rodině a dcerám Kristýně a Kláře za trpělivost a podporu během studia.

Zhodnocení obsahu potenciálně rizikových prvků v lesních půdách vybraných oblastí s odlišnou úrovní znečištění

Souhrn

Obsahem práce je, za využití výsledků sledování obsahu potenciálně rizikových prvků (RP) realizovaného Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ) v lesních půdách Novohradských hor a Moravskoslezských Beskyd, statistické posouzení úrovně obsahů RP v půdách a jejich prostorového rozložení a zhodnocení vlivu působících faktorů, statistické porovnání obsahů mezi jednotlivými oblastmi, různými druhy porostu a půdními horizonty (analýza rozptylu, t-test). Jsou posuzovány také vzájemné vztahy mezi obsahy jednotlivých RP a mezi obsahy RP a půdními vlastnostmi (analýza regrese a korelace). Součástí práce jsou mapy prostorového rozložení obsahů RP v lesních půdách daných oblastí.

Byly zjištěny vyšší hodnoty obsahů prvků v organických horizontech než v horizontech minerálních v obou oblastech. Vyšší obsahy potenciálně RP byly zaznamenány především v Moravskoslezských Beskydech. Novohradské hory se vyznačují vysokými obsahy hliníku a chromu, které však pravděpodobně ovlivňuje složení geologického podloží oblasti. Celkově se dá říci, že Moravskoslezské Beskydy jsou sledovanými prvky zatíženy více než Novohradské hory. Výrazné je to především v případě obsahů kadmia, olova a zinku v organickém horizontu. Rozložení prvků mezi horizonty, vzájemné korelace těchto prvků i korelace s C_{ox} a celkovým dusíkem ukazují především na jejich antropogenní vstupy. Porovnáním obou oblastí je tak možné konstatovat, že na každou oblast dopadají antropogenní činnosti jinou měrou.

Klíčová slova: potenciálně rizikové prvky, lesní půda, kontaminace, depozice, druhové složení

Assessment of potentially toxic element contents in forest soils of selected regions with differing level of pollution

Summary

The thesis is focused on the analysis of the results of potentially toxic element (PTE) content monitoring realized by the Central Institute for Supervizing and Testing in Agriculture (CISTA) in forest soils of the Novohradské Mountains and the Moravian-Silesian Beskids mountains. The levels of PTE content in soils, their spatial distribution and influencing factors were evaluated the different areas, different types of vegetation and soil horizons were statistically compared (analysis of variance, t-test). The relationships between the content of individual PTE and between PTE content and soil properties were assessed (correlation and regression analysis). The thesis also contains maps of the spatial distribution of PTE content in forest soils of the areas under study.

There were found higher PTE contents in organic horizons than in mineral horizons in both areas. Higher PTE levels were found mostly in the Moravian-Silesian Beskids. Novohradské Mountains are characterized by high contents of aluminum and chromium which are probably influenced mainly by geological origin. Overall, we can say that the load of PTE in soils of the Moravian-Silesian Beskids is bigger than in the Novohradské Mountains. It is significant especially in the case of cadmium, lead and zinc in the organic horizon. Mutual correlation of these elements and their correlation with C_{ox} and total nitrogen suggest mainly their anthropogenic inputs. Based on the comparison of both areas it is possible to conclude that the degree of anthropogenic activities impact is different in each area.

Keywords: contamination, potentially toxic elements, forest soil, deposition, species composition

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Hypotézy a cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1 Vstupy potenciálně rizikových prvků do půd.....	12
3.1.1 Atmosférická depozice	12
3.2 Výstupy potenciálně rizikových prvků z půd	12
3.2.1 Vyluhování potenciálně rizikových prvků z půd	13
3.2.2 Vytěkávání potenciálně rizikových prvků z půd	13
3.2.3 Přestup potenciálně rizikových prvků do rostlin	13
3.3 Faktory ovlivňující potenciálně rizikové prvky v půdách.....	14
3.3.1 Minerální složení půdy	14
3.3.2 Mikrobiální sorpce	15
3.3.3 Množství a kvalita organické hmoty.....	15
3.3.4 Půdní reakce.....	16
3.3.5 Oxidačně redukční potenciál půdy	16
3.4 Charakteristika potenciálně rizikových prvků v půdě.....	17
3.4.1 Hliník	17
3.4.2 Kadmium	17
3.4.3 Chrom	17
3.4.4 Měď.....	18
3.4.5 Mangan	18
3.4.6 Olovo	18
3.5 Odběry a zpracování vzorků půd	19
3.6 Přehled vybraných metod stanovení obsahu potenciálně rizikových prvků v půdách a extraktech	20

3.6.1	Analýza celkového obsahu	20
3.6.2	Pseudototální analýza	20
3.6.3	Vyluhovací postupy	20
3.6.4	Atomová absorpční spektrometrie	21
3.6.5	Atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – AES)	21
3.6.6	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – MS)	22
3.6.7	Voltametrie a polarografie	22
3.7	Limity obsahu rizikových prvků v půdách České republiky	22
3.8	Legislativa k ochraně lesních půd v České republice	23
4.	Materiál a metody	25
4.1	Vybraná území výzkumu	25
4.2	Atmosférické vstupy na území České republiky v roce 2005	26
4.3	Popis PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy	27
4.3.1	Imisní zatížení oblasti	27
4.3.2	Geologické podloží a půdní typy	28
4.3.3	Dřevinné společenstvo	29
4.4	Popis PLO č. 14 Novohradské hory	30
4.4.1	Imisní zatížení oblasti	31
4.4.2	Geologické podloží a půdní typy	32
4.4.3	Dřevinné společenstvo	33
5.	Výsledky chemických rozborů	35
5.1	Organický horizont	35
5.1.1	Organický horizont – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy	35
5.1.2	Organický horizont – PLO č. 14 Novohradské hory	40
5.2	Minerální půda	44
5.2.1	Minerální půda – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07,	

horizont 08	45
5.2.2 Minerální půda – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07, horizont 08	52
6. Statistické zpracování dat.....	60
6.1 Organický horizont – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy.....	60
6.1.1 Korelační matice – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 02... 60	
6.1.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 02	62
6.2 Organický horizont – PLO č. 14 Novohradské hory	65
6.2.1 Korelační matice – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 02.....	65
6.2.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 14 Novohradské hory,..... horizont 02	67
6.3 Minerální půda – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy	70
6.3.1 Korelační matice PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07, horizont 08	70
6.3.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07	73
6.3.3 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 08	76
6.4 Minerální půda – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07, horizont 08	79
6.4.1 Korelační matice – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07, horizont 08	79
6.4.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont – 07	82
6.4.3 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont – 08	85

6.5	Obsahy potenciálně rizikových prvků v jednotlivých horizontech vybraných území podle kategorií porostů.....	89
6.6	Rozložení množství potenciálně rizikových prvků v půdních horizontech podle nadmořské výšky	97
6.6.1	Kartogramy – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy	97
6.6.2	Kartogramy – PLO č. 14 Novohradské hory	101
6.7	Porovnání vybraných oblastí z hlediska zatížení průmyslovými emisemi	105
7.	Diskuze	107
7.1	Množství potenciálně rizikových prvků v půdě PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy	107
7.2	Množství potenciálně rizikových prvků v půdě PLO č. 14 Novohradské hory	108
7.3	Obsahy potenciálně rizikových prvků ve vybraných územích v půdních horizontech podle kategorií porostů.....	110
7.4	Rozložení množství potenciálně rizikových prvků v půdních horizontech vybraných území podle nadmořské výšky	113
7.5	Porovnání vybraných oblastí z hlediska zatížení průmyslovými emisemi	116
8.	Závěr.....	118
9.	Seznam literatury	120
10.	Seznam zkratk	124
11.	Přílohy	126

1. Úvod

Kontaminace půdy obecně je v současnosti široce diskutované téma. Hlavní pozornost je věnována půdám zemědělsky využívaným, ale postupně se tento zájem obrací i k půdám lesním. To potvrzuje celá řada studií a projektů vzniklá v České republice i zahraničí. Lesní půda je součástí jedinečného lesního ekosystému, který má nezastupitelnou úlohu v celé řadě přírodních procesů a je také předpokladem dobrého zdravotního stavu porostů. Potenciálně rizikové prvky (RP) jako olovo, měď, arsen nebo hliník mohou za určitých podmínek křehkou rovnováhu lesního prostředí i nenávratně poškodit. Ke znečištění půdy dochází přirozenými procesy, jakými jsou vulkanická činnost či uvolňování rizikových prvků z mateční horniny, ale především vzrůstající lidskou aktivitou. Průmyslová výroba, doprava, produkce odpadů a celková industrializace prostředí jsou jen některé z činností, které ke kontaminaci půdy potenciálně rizikovými prvky přispívají. Retenční schopnost lesů a specifické vlastnosti některých potenciálně rizikových prvků společně způsobují postupnou kumulaci těchto prvků v půdě.

Na rozsahu znečištění lesního prostředí má však vliv mnoho dalších parametrů, mezi nimi: druh půdy, pH, půdní edafon, oxidy dusíku a síry a s nimi spojená acidifikace půdy, zatížení lokality průmyslem, klimatické podmínky nebo složení a stáří porostu. Z výše uvedeného také vyplývá úzké spojení mezi lesním hospodařením a zdravím lesních půd. V současné době se v lesnictví stále více prosazuje snaha o navrácení původních druhů dřevin a narušení stále ještě hojných smrkových monokultur. Jedním z důvodů je, že smíšené lesní porosty využívají v půdě obsažené živiny lépe a stejně dobře je vracejí i zpět do půdy. Společnost od lesních porostů očekává řadu různých funkcí jako funkci vodohospodářskou, klimatickou, krajino tvornou, rekreační a půdoochrannou. Aby tyto úlohy mohly lesy plnit s očekávaným efektem, je nutné jim zajistit dostatečnou ochranu a to jak legislativní tak praktickou. Tato diplomová práce hodnotí obsahy potenciálně rizikových prvků dvou přírodních lesních oblastí, Novohradských hor a Moravskoslezských Beskyd. Měla by napomoci objasnit, jakým způsobem dochází k ukládání RP do půd v závislosti na lokalitě, na zatížení průmyslem, nebo jaký vliv má na množství RP půdní horizont, druhové složení porostů nebo nadmořská výška.

2. Hypotézy a cíle práce

Cílem práce je s využitím výsledků sledování obsahu potenciálně rizikových prvků v lesních půdách ve vybraných oblastech, realizovaného Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (dále ÚKZÚZ), posouzení úrovně obsahů potenciálně rizikových prvků v půdách a jejich prostorového rozložení, a zhodnotit vliv působících faktorů (intenzita průmyslu v oblasti, úroveň atmosférické depozice, druhové složení porostů, reliéf, horizont aj.).

Hypotézy práce:

- Obsahy potenciálně rizikových prvků (RP) jsou vyšší v lesních půdách průmyslových oblastí.
- Obsahy RP jsou vyšší v organických horizontech lesních půd než v horizontech organominerálních a minerálních.
- Obsahy RP v lesních půdách jsou ovlivněny druhovým složením porostu; vyšší obsahy lze očekávat pod jehličnatými porosty.
- Obsahy RP v lesních půdách se mění v závislosti na nadmořské výšce.

3. Literární rešerše

3.1 Vstupy potenciálně rizikových prvků do půd

Celkový obsah těžkých kovů v půdě je součtem koncentrací prvků, odvozených z minerálů v geologickém základním materiálu, na kterém se půda vyvinula (litogenní zdroj) a vstupů z široké škály možných antropogenních (kontaminujících) zdrojů (Alloway 2013). Na rozdíl od zemědělských půd, kde hrají významnou roli antropogenní vstupy úmyslnými aplikacemi látek (kaly, sedimenty, hnojiva), je u lesních půd prakticky jediným plošně významným vstupem suchá a mokrá depozice. Podíl suché a mokré depozice je závislý na oblasti, ale i daném prvku (Smith et al. 2011).

3.1.1 Atmosférická depozice

Plošný vliv průmyslových emisí je značný. Předpokládá se, že u nás postihuje přes 400 tisíc ha zemědělské půdy a o málo menší výměru půdy lesní. Podle světových údajů se průmyslové emise spolu s dopravou a městskými aglomeracemi podílejí na celkovém vstupu prvků do půd asi z 80 % (Beneš 1994). Přestože atmosférická depozice je nejrozsáhlejší formou kontaminace a dálkový transport může mít za následek, že částice jsou přenášeny na velmi dlouhé vzdálenosti (tisíce kilometrů), velká kontaminace z tohoto zdroje má tendenci být více lokalizovaná (několik kilometrů) (Alloway 2013).

Prašný spad reprezentuje znečištění zemského povrchu sedimentací částic prachu a nejhrubších frakcí aerosolů přírodního i antropogenního původu, vznikajících především povrchovou prašností způsobenou větrnou erozí ploch zbavených vegetačního krytu, dopravou, různými spalovacími procesy, stavební a zemědělskou činností. V průmyslových oblastech se na jejich složení výrazně podílejí technologické emise ze spalovacích procesů. Tuhé částice z tepelných technologií zpracování rudných i nerudných surovin svým specifickým složením výrazně ovlivňují složení prašného spadu především v blízkosti svých provozů. Po usazení se prašný spad dostává do interakce s půdou a ostatními složkami životního prostředí, čímž může přímo ovlivňovat jeho kvalitu (Hančul'ak et al. 2005)

3.2 Výstupy potenciálně rizikových prvků z půd

Potenciálně rizikové prvky obsažené v lesních půdách mají vícero způsobů výstupu. K jejich přesunu však primárně dochází vyluhováním, přestupem do rostlin a vytékáním.

To v jakém rozsahu a zda vůbec k transportu RP v půdním profilu dojde, ale ovlivňuje celá řada dalších faktorů jako minerální složení půdy nebo pH.

3.2.1 Vyluhování potenciálně rizikových prvků z půd

K transportu rizikových prvků v půdě dochází díky pohybu půdní vody, a to za příznivých podmínek, které ovlivňují interakce látky s půdou, mechanické zadržování půdou, rozpustnost látky ve vodě nebo teplota. Škodlivé látky jsou tak v půdě vodou luhovány a přemísťovány a může dojít až k vymývání škodlivin z půdy do ostatních složek životního prostředí (Škárka et al. 2003). Objem vyluhovaných RP z půdy značně ovlivňuje proces acidifikace půdy. Acidifikace je proces okyselování daný vzrůstem koncentrace vodíkových kationtů v půdním nebo vodním prostředí. Jde tedy o časovou změnu, která má povahu trendu, jehož součástí jsou různé krátkodobé fluktuace. Měříme ji jako časovou změnu kyselosti vyjádřenou pomocí pH, které je relativně nejjednodušeji zjištěitelnou a bezprostřední mírou acidifikace. Druhotnými jevy jsou v půdách především ztráta bazických kationtů (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) a uvolňování hliníku a železa (Hédl 2004). Podle Beneše (1994) patří k dalším, snadněji vyluhujícím se prvkům také Cd, Zn, Cu, Cr, Ni a půdní arsen, jehož mobilitu ovlivňuje vysoký redox-potenciál půdy.

3.2.2 Vytěkávání potenciálně rizikových prvků z půd

Vytěkávání rizikových prvků z půd je jedním z jejich možných vstupů do ostatních složek životního prostředí. Mezi velmi nebezpečné rizikové prvky patří arsen a rtuť. V případě As je jeho nebezpečnost spatřována v možnosti vytvářet činnosti početných skupin mikroorganismů organické metaderiváty arsenu, které jsou mimořádně silně jedovaté. Tyto organické sloučeniny se tak uvolňují do atmosféry, kterou mohou sekundárně kontaminovat (Beneš 1994). V případě mikrobiální methylace rtuti v půdách mají methylované sloučeniny vyšší tenzi par a jsou těkavější. Z atmosféry mohou být transportovány zpět do půdy srážkami (Cibulka et al 1991). Určité mikroorganismy mohou také redukovat kationty Hg(II) na kovovou rtuť, která ve formě par může obsahovat až 30 % celkového obsahu rtuti v půdě (Beneš 1994).

3.2.3 Přestup potenciálně rizikových prvků do rostlin

Míra přestupu RP do rostlin závisí jak na vlastnostech půdy (obsah a mobilita RP a s ní korelující další vlastnosti), ale výrazně i na schopnosti rostlin RP přijímat (Němeček et al

2010). Pro relativní příjem jednotlivých RP do určité rostliny (či skupiny rostlin) je používán transferový faktor. V SRN existuje datová báze transferů (Knoche et al. 1999). Podle Němečka et al. (2010) můžeme RP seřadit do sestupné řady potenciálních transferů do rostlin takto: Cd > Zn, Tl > Cu > Mn > Ni, Co > Pb, As, Be > Cr > Hg. Podle míry akumulace RP rostlinami, je můžeme rozdělit na: hyperakumulátory, akumulátory, rezidenty a indikátory. Baker a Brooks (1989) navrhli pro hyperakumulátory hodnoty koncentrace kovů v listech a stoncích vyšší než 100 mg.kg⁻¹ pro kademnaté ionty, 1 000 mg.kg⁻¹ pro nikelnaté, měďnaté, kobaltnaté a olovnaté ionty, a 10 000 mg.kg⁻¹ pro ionty zinku a manganu, a přitom tyto rostliny nejeví známky toxicity. Indikátory jsou vzhledem ke kořenovým příjmům probíhajícím lineárně zase využívány k testování intenzity a rizik příjmu RP různými skupinami rostlin (Němeček et al. 2010).

3.3 Faktory ovlivňující potenciálně rizikové prvky v půdách

Lesní ekosystém vykazuje specifické vlastnosti, které ovlivňují osud, distribuci a retenci cizorodých látek v lesních půdách. Pokud chceme porozumět osudu a dostupnosti rizikových prvků v půdním profilu lesního ekosystému, musíme mít na zřeteli velmi obecné tvrzení, že totiž distribuce látek v půdním profilu se mění v závislosti na půdním typu a konkrétním prvku či sloučenině. Existují dvě velké skupiny proměnných parametrů, ovlivňujících transport a osud kontaminantů v půdě: první skupina zahrnuje vlastnosti samotných rizikových prvků, především jejich iontů, ale například u Hg, As a Se i jejich kovalentních sloučenin, do druhé skupiny pak náleží některé parametry půdního prostředí (Rotter et al. 2013). Těmito parametry je například minerální složení půdy, mikrobiální sopce, množství organické hmoty v půdě, půdní reakce nebo oxidačně redukční podmínky půdy.

3.3.1 Minerální složení půdy

Elementární složení minerálního podílu půdy je závislé na půdotvorném substrátu. Koncentrace prvků v různých půdách jsou proto velmi variabilní. Přesto je možno alespoň orientačně uvést průměrné obsahy a rozsahy koncentrací hlavních makroprvků a mikroprvků, které se vyskytují v půdách ČR, s výjimkou půd na geochemických anomáliích. Výsledky analýz chemického složení minerálního podílu půdy slouží k hodnocení pedochemických procesů, k hodnocení vlastností půdy (zásoby přijatelných živin) i k hodnocení ekologických

vlastností půd a úrovně kontaminace obsahy potenciálně rizikových prvků (Sáňka, Materna 2004).

3.3.2 Mikrobiální sorpce

V půdě se vyskytuje velký počet mikroorganismů i makroorganismů, které se souhrnně nazývají půdní edafon. Na 1 m² se vyskytuje 1 – 200 tisíc jedinců makrofauny a miliardy jedinců mikrofauny. Na 1 ha se nachází 2 – 10 t živé půdní hmoty, což je asi 0,05 – 0,5 % z hmoty půdy (Sáňka, Materna 2004). Pro vysokou variabilitu se rozsahy základních biologických parametrů obecně většinou neuvádějí. Pokud jsou uvedeny, měly by být vztaheny k určitým podmínkám, které je zásadně ovlivňují (roční období, kultura, obsah organické hmoty, vodní režim aj.). Nejčastěji jsou jako reprezentativní mikrobiální charakteristiky uváděny uhlík mikrobiální biomasy (C_{bio}), C mineralizace (respirace) a N mineralizace, protože jednoznačně souvisejí s množstvím labilní frakce OM a rychlostí její přeměny (Sáňka, Materna 2004).

3.3.3 Množství a kvalita organické hmoty

Kromě hodnoty pH hraje v absorpci těžkých kovů klíčovou úlohu organická hmota, kdy se její vliv zvětšuje se zvyšováním jejího obsahu v půdě. Sorpce těžkých kovů do organické hmoty v organických půdách může překročit sorpci v minerální půdě několikanásobně (Lair et al. 2007). Obsah humusu (organické hmoty) je velmi důležitým parametrem ovlivňujícím úrodnost půdy i funkci půdy v ekosystému. Zjišťuje se stanovením oxidovatelného organického uhlíku (C_{ox}) a případně vynásobením přepočítacím Welteho koeficientem 1,724 na humus. Tento přepočet platí za předpokladu, že humus obsahuje 58 % uhlíku. Důležitým parametrem je kvalitativní složení humusu, které se vyjadřuje poměrem uhlíku k celkovému dusíku v půdě nebo poměrem huminových kyselin (HK) a fulvokyselin (FK). U poměru uhlíku k celkovému dusíku (C : N) je číslo < 10 považováno za ukazatel dobré kvality humusu. Čím je číslo větší než 10, tím je humus méně kvalitní. Poměr huminových kyselin a fulvokyselin je spolehlivějším ukazatelem kvality (Sáňka, Materna 2004). Organická hmota hraje důležitou roli nejen při vytváření komplexů, ale také v udržení těžkých kovů ve výměnné formě. Tyto dvě vlastnosti ovlivňují každý kov jinak (Stevenson 1982). Toto naznačují i výsledky práce Barančíkové a Makovnickové (2003), které uvádějí, že měď je vázána především v nedostupné podobě a kadmium preferuje výměnnou formu a je k dispozici. Na základě získaných dat práci uzavírají s tím, že mobilní frakce kadmia je

převážně vázána na alifatické části organické hmoty, a měď dává přednost pevné vazbě na huminové kyseliny s vysokým stupněm humifikace.

3.3.4 Půdní reakce

Půdní reakci popisujeme hodnotou pH, která je záporným dekadickým logaritmem aktivity vodíkových iontů (Němeček et al. 2010). Půdní reakce je jednou ze základních vlastností hodnotících stav půdy. Hodnoty pH významně ovlivňují i další půdní charakteristiky – půdní procesy, biologickou přístupnost a mobilitu živin a rizikových prvků. Hodnota pH je jedním z kritérií pro zpracování diferencovaných hodnot limitních obsahů rizikových prvků v půdě. Prakticky se pH půdy stanovuje jako výměnné nebo aktivní (Sáňka, Materna 2004). Výměnné pH charakterizuje ionty vázané sorpčním komplexem a stanoví se výluhem neutrální solí (KCl, CaCl₂), označuje se jako pH/KCl, pH/CaCl₂. Aktivní pH odpovídá pH půdního roztoku a stanoví se ve vodním výluhu. Označuje se jako pH/H₂O (Němeček et al 2010). Například pro potřeby agrochemie (výpočet dávek vápenatých hnojiv pro vápnění) a pro kategorizaci půd podle pH se používá pH výměnné. Lesní půdy jsou přirozeně kyslejší než půdy zemědělské (Sáňka, Materna 2004).

3.3.5 Oxidačně redukční potenciál půdy

Tato veličina charakterizuje oxidační a redukční procesy v půdě. Vyjadřuje se milivoltech (mV) jako napětí elektrického proudu (rozdíl potenciálů) mezi dvěma elektrodami umístěnými v půdě nebo v půdním roztoku. Označuje se Eh. Jeho velikost závisí na koncentraci a vzájemném poměru oxydantů (látka schopná přijmout elektron) a reduktantů (látka schopná odevzdat elektron) (Sáňka, Materna 2004). Hodnoty elektrodového potenciálu se pohybují nejčastěji v rozmezí od 200 mV při silně redukčních podmínkách, až do 750 mV při oxidačních podmínkách. Určením elektrodového potenciálu se zjišťují nastalé oxidační nebo redukční podmínky. Přítomnost těchto procesů je možné určit také z barvy půdy. Např. červená a hnědá barva signalizuje probíhající oxidační procesy, modrozelená až šedá barva glejových půd je způsobena redukcí železa z trojmocného na dvojmocné (Alloway 2013). Hodnota pH roztoku půdy a oxidačně-redukční potenciál přímo nebo nepřímo ovlivňují všechny chemické procesy, a v důsledku toho také určují chování stopových prvků v půdě. Kombinované účinky pH a Eh na mobilitu stopových prvků jsou komplexní a vysoce specifické (Hooda 2010).

3.4 Charakteristika potenciálně rizikových prvků v půdě

Některé rizikové prvky mají výrazně toxické účinky a to i v elementární formě. Toxické účinky bývají mnohostranné a působí v podstatě na celý organismus. Toxicita je způsobena interakcí mezi cílovým orgánem a volným iontem (Kafka, Punčochářová 2002). Obecně lze říci, že na chování a mobilitu potenciálně rizikových prvků v půdách působí celá řada faktorů jako je například složení matečné horniny, redox-potenciál půdy, klimatické podmínky, celkový chemismus půdy, půdní reakce, propustnost substrátu, sorpční kapacita, mikrobiální aktivita nebo složení a kvalita humusu.

3.4.1 Hliník

Hliník (Al) je velmi lehký kov bělavě šedé barvy. Tento prvek je běžný v horninotvorných minerálech všech druhů hornin, hlavně v hlinitokřemičitanech, jako jsou živce a jílové minerály. Místy je nahromaděn ve formě oxidů a oxyhydroxidů. V humusovém horizontu lesních půd je obsah hliníku 5 – 11000 mg Al.kg⁻¹. V horizontech minerálních se obsah celkového hliníku pohybuje od 3 do 6 000 mg Al.kg⁻¹ (Hauptman et al. 2009).

3.4.2 Kadmium

Kadmium (Cd) je měkký stříbrošedý kov. Je stopovým prvkem doprovázejícím rudy zinku, železa, manganu a některých sedimentů (Hauptman et al. 2009). V humusovém horizontu lesních půd je obsah kadmia 0,2 – 0,4 mg Cd.kg⁻¹. V horizontech minerálních se obsah celkového kadmia pohybuje 0,2 – 0,4 mg Cd.kg⁻¹ (Hauptman et al. 2009). Společně se zinkem patří do skupiny II B a vyskytuje se v osmi stabilních isotopech: ¹⁰⁶Cd (1,22 %), ¹⁰⁸Cd (0,88 %), ¹¹⁰Cd (12,39 %), ¹¹¹Cd (12,75 %), ¹¹²Cd (24,07 %), ¹¹³Cd (12,26 %), ¹¹⁴Cd (28,86 %) a ¹¹⁶Cd (7,58 %). Ionty kadmia stejně jako jeho sloučeniny jsou nerozpustné ve vodě a dobře rozpustné v HNO₃ (Adriano 2001).

3.4.3 Chrom

Chrom (Cr). Hlavním primárním zdrojem jsou bazické a ultrabazické vyvěřeliny, dále rudy železa a niklu (Hauptman et al. 2009). Šestimocný chrom je klasifikovaný jako jeden z nejvýznamnějších kontaminantů životního prostředí, zejména atmosféry, ale i ostatních abiotických složek, jako je pedosféra a hydrosféra. Na rozdíl od chromitého kationtu, šestimocný kation Cr⁶⁺ je v životním prostředí velmi mobilních a zvláště v půdních vodách.

Příznivou okolností je jeho možná detoxikace na Cr^{3+} některými organickými látkami, které mají redukční účinky. Pro většinu rostlin je šestimocný chrom značně toxický, při vysokém obsahu chromu v půdě klesá její úrodnost (Kafka, Punčochářová 2002). V humusovém i minerálních horizontech lesních půd je obsah chromu 5 – 15 mg Cr.kg^{-1} (Hauptman et al. 2009).

3.4.4 Měď

Měď (Cu) je ušlechtilý kov, načervenalé barvy. Tento těžký kov se primárně vyskytuje ve stopovém množství v různých horninách, nahromaděn je v některých sedimentech a hydrotermálních rudách (Hauptman et al. 2009). V humusovém horizontu lesních půd je obsah mědi 7 – 15 mg Cu.kg^{-1} . V horizontech minerálních se obsah celkového množství mědi pohybuje od 2 do 5 mg Cu.kg^{-1} (Hauptman et al. 2009). Měď je půdou silně absorbována do jílových minerálů železa a manganu a organického obsahu. Písčité půdy s nízkým pH mají největší potenciál pro vyluhování Cu (Hooda 2010).

3.4.5 Mangan

Mangan (Mn) je tvrdý a velmi křehký snadno oxidovatelný kov. V přírodě je nahromaděn v různých manganových rudách, značná množství se ho uvolňují i z uhličitánů a tmavých minerálů, bohatých železem. V humusovém horizontu lesních půd je obsah manganu 200 – 600 mg Mn.kg^{-1} . V horizontech minerálních se obsah celkového manganu pohybuje od 100 do 250 mg Mn.kg^{-1} . Bilančně vzato je významné vymývání manganu z povrchu listů a jehlic a jeho obsahy v opadu (Hauptman et al. 2009).

3.4.6 Olovo

Olovo je lesklý měkký stříbrošedý kov s velkou odolností vůči korozi. Vstup zvětráváním sirníků olova je převýšen antropogenními vstupy z průmyslových emisí, dopravy, skládek a spaloven. Do půdy a prachu se olovo dostává z primárních zdrojů emisí nebo může být půda kontaminována olovem ze vzduchu. V půdě se olovo váže na půdní částice v povrchové vrstvě (2 - 5 cm). Transport do nižších vrstev se příliš neuskutečňuje, pokud není překročena pufruční schopnost půdy (IRZ MŽP 2016). V humusovém horizontu lesních půd je obsah olova 30 – 80 mg Pb.kg^{-1} . V horizontech minerálních se obsah celkového olova pohybuje od 20 do 35 mg Pb.kg^{-1} (Hauptman et al. 2009).

3.5 Odběry a zpracování vzorků půd

Vzorkování představuje významnou součást projektů spojených s průzkumem, hodnocením a odstraňováním ekologických zátěží, neboť se podle výsledků vzorkování rozhoduje o dalším postupu prací projektu a současně o finančních nákladech spojených s realizací těchto prací. Je proto nanejvýš důležité, aby vzorkovací práce poskytovaly spolehlivé informace pro tato rozhodování (MŽP 2012). Postupy spojené s odběry a zpracováním vzorků půd se v České republice řídí následujícími normami:

- ČSN ISO 10381-1: Kvalita půdy - Odběr vzorků - Pokyny pro návrh programů odběru vzorků
- ČSN ISO 5667-12: Jakost vod – Odběr vzorků – Pokyny pro odběr vzorků dnových sedimentů
- ČSN ISO 11464: Kvalita půdy – Příprava vzorků pro fyzikálně-chemické rozbor

Způsob odběrů vzorků lesních půd upravuje vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. Hlavní zásady výběru odběrových míst a odběru vzorků shrnuje Metodika hodnocení kontaminace lesních půd (Borůvka et al. 2013) takto:

- Lokality by se neměly nacházet se v blízkosti velkých měst a velkých průmyslových objektů, pokud není předmětem studia vliv právě těchto potenciálních zdrojů kontaminace.
- Měly by být vyloučeny plochy na okrajích lesních pozemků, odběrová místa by neměla být v těsné blízkosti cesty.
- Je třeba zaznamenat lesotypologické zařazení lokality, případně nadmořskou výšku, a alespoň základní složení porostu.
- Je nutné zvlášť odebrat vrstvu nadložního humusu – buď podle jednotlivých horizontů (L, F, H), nebo jako směs fermentačního a humusového horizontu (F+H). Vhodné je odebírat nadložní horizonty kvantitativně pomocí odběrových rámečků (25 x 25 cm).
- Při odběru je třeba se vyvarovat možnosti druhotné kontaminace vzorků. V případě stanovení potenciálně rizikových prvků není vhodné používat pomůcky z nerezové oceli (obsahuje Cr, Mn, Mo a Ni), ze slitin mědi, či z přírodní gummy (vysoký obsah Zn). V případě stanovení perzistentních organických polutantů nelze používat materiály, které by mohly tyto látky obsahovat a uvolňovat. Doporučuje se pracovat v laboratorních rukavicích.

3.6 Přehled vybraných metod stanovení obsahu potenciálně rizikových prvků v půdách a extraktech

Obsahy prvků a jejich sledování v půdách patří k hlavním faktorům, přispívajícím k poznání koloběhů prvků v celé přírodě (Beneš 1993). Tomuto poznání pomáhají i různé techniky zjišťování obsahů potenciálně rizikových prvků v půdách.

3.6.1 Analýza celkového obsahu

Celkový obsah, někdy také označovaný jako obsah totální, představuje veškerý obsah prvků v půdě. Ke stanovení celkového obsahu se používají metody pro přímou analýzu půd a sedimentů v pevném stavu, nebo se rizikové prvky stanovují po rozkladu provedeném ve směsi kyselin chlorovodíkové nebo chloristé, a dusičné a fluorovodíkové. Především kyselina fluorovodíková hraje důležitou roli při rozkladu, protože většina půd a sedimentů obsahuje silikátovou matici, která je jinak v běžných kyselinách nerozpustná (Rauret 1998).

3.6.2 Pseudototální analýza

Stanovení obsahu rizikových prvků, které nejsou součástí silikátové matrice, se někdy označuje jako tzv. „pseudototální analýza“. V podstatě se tedy jedná o stanovení celkových obsahů kovů, kromě těch, které jsou vázány na silikátovou matici. O výskytu kovů mimo tuto matici se často předpokládá, že se nakumulovaly v půdách a sedimentech důsledkem antropogenního nebo některého přírodního působení. Rozklad se provádí v silných (často oxidujících) kyselinách (Rauret 1998).

3.6.3 Vyluhovací postupy

Při stanovení obsahu kovů v půdách se v dnešní době nejčastěji používají standardizované vyluhovací postupy. Velmi často jsou aplikovány postupy využívající lučavku královskou – aqua regia, kyselinu dusičnou, octovou, ethylendiamin-tetraoctovou (EDTA), dusičnan sodný, aj. Tyto metody stanovení kovů v půdách umožňují odhadnout podíl kovů vázaných v různých formách a fázích (Řezáčová-Smetková et al. 2005). Vyluhovací postupy tedy poskytují spíše informace o celkovém využitelném obsahu kovů, než o podílu kovů, který je skutečně přístupný kořenovému systému rostlin (Řezáčová-Smetková et al. 2005). Pro odhad mobility těžkých kovů v životním prostředí je u půd a sedimentů důležité vyhodnocení jejich obsahu v půdním roztoku, resp. určení jejich

vyluhovatelnosti ze vzorku působením různých extrakčních činidel. Extrakční pokusy mohou simulovat vymývání toxických prvků z půd nebo sedimentu, ke kterému dochází v přírodním prostředí, případně mohou poskytnout informace o podílu prvků přístupného rostlinám absorpcí kořenovým systémem (Koplík et al. 1997).

3.6.4 Atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je optická metoda založená na měření absorpce elektromagnetického záření v rozmezí délek mezi 190 a 850 nm volnými atomy. Je vhodná pro kvantitativní elementární analýzu asi šedesáti, převážně kovových prvků. Použití této metody předpokládá převedení analyzované látky z vodného či nevodného roztoku na volné atomy v plynné fázi. Atomizace vyžaduje obvykle prostředí o vysoké teplotě (2000 až 3000 K) a je jednou z klíčových operací a problémů u této metody (Čůta et al. 1986). Metodou AAS lze stanovit téměř všechny kovy, ovšem citlivost stanovení, tj. směrnice závislosti absorpce proti analytické koncentraci v roztoku, se pro jednotlivé kovy poměrně značně liší. Běžněji se v AAS citlivost uvádí jako charakteristická koncentrace prvku. Je to koncentrace udávaná v mg l^{-1} , která vyvolá signál rovný 1 % absorpce. Mezi hlavní metody AAS patří plamenová atomová absorpční spektrometrie (FAAS) a atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací (ET AAS), jejichž hlavní odlišnost je způsob atomizace (Čůta et al. 1986). Kovové mikroelementy se dají určovat v půdách, hnojivech, polovodičích, plastech, ropě, mazacích olejích, v benzínu atd. Velké uplatnění našla AAS v geologickém průzkumu a v metalurgii železných i neželezných kovů. (Čůta et al. 1986).

3.6.5 Atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – AES)

Hlavními součástmi emisního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem jsou generátor, plazmová hlavice, dávkovací zařízení, optický systém a detektor (Švejcarová, Fišera 2009). Úkolem této techniky je získání volných atomů v excitovaném stavu. Působením vysokých teplot ve zdroji dochází k tepelné destrukci molekul, k uvolnění atomů a k jejich excitaci. Horké plazma obsahuje atomy, ionty, elektrony a dvouatomové, nejvýše tříatomové částice, není-li teplota plazmatu tak vysoká, aby se i tyto částice rozpadly. Najdeme tam tedy disociace molekulárních složek vzorku, původní atmosféry prostoru výboje a produkty disociace všech molekul vzniklých reakcí mezi složkami vzorku a výbojové atmosféry (Čůta et al. 1986).

3.6.6 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP – MS)

ICP-MS je analytická spektrální technika kombinující ICP (Inductively Coupled Plasma – indukčně vázané plazma) jako zdroj kladně nabitých částic (např. Na⁺, Pb⁺) a hmotnostní spektrometrii (MS – Mass Spectrometry), která tyto částice deteguje (Mihaljevič et al. 2004). Popisovaná spektrometrie je rychlá, víceprvková a umožňuje rovněž izotopovou analýzu. Přístroj je během několika sekund schopný změřit koncentrace široké škály prvků, která je dána počtem prvků v kalibračním roztoku. (Mihaljevič et al. 2004). ICP-MS je metoda předurčená k analýze prvků, které nelze analyzovat jinými spektrálními metodami (Mihaljevič et al. 2004). Zájem se soustřeďuje na stopové a ultrastopové koncentrace toxických prvků či stopové a ultrastopové koncentrace esenciálních prvků. Z těchto velkých skupin uveďme např. Tl, Pb, Cd, As, U za toxické a I či Se za esenciální (Mihaljevič et al. 2004).

3.6.7 Voltametrie a polarografie

O voltametii a polarografii se dá obecně říci, že jsou to elektroanalytické metody, při kterých se používají elektrochemické články (elektrolyzéry) tvořené pracovní polarizovatelnou elektrodou a referenční nepolarizovatelnou elektrodou. Moderní polarografické metody nám skýtají možnost stanovení širokého spektra anorganických, organických i organokovových sloučenin v neobyčejně širokém koncentračním rozmezí 10^{-3} – 10^{-12} mol.l⁻¹ pomocí jediného přístroje, přičemž pořizovací i provozní náklady jsou podstatně nižší nežli u spektrometrických či chromatografických metod se srovnatelnými parametry, jejichž pole působnosti je navíc ve většině případů podstatně užší, jak co se týče koncentračního rozmezí, tak i spektra stanovovaných látek (Barek 1997).

3.7 Limity obsahu rizikových prvků v půdách České republiky

V tabulce č. 1 uvedené závazné limity obsahu rizikových prvků v půdách, jsou v České republice stanoveny pouze pro půdy zemědělské a jsou uvedeny v příloze č. 1 k Vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Na tomto místě je důležité upozornit, že obsahy rizikových prvků pro lesní půdy dosud nejsou legislativně upraveny.

Tabulka č. 1: Maximální přípustné obsahy rizikových prvků v zemědělské půdě podle vyhlášky MŽP č. 13/1994 Sb. (mg.kg^{-1})

Prvek	Výluh 2 M HNO_3		Výluh lučavkou	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Ostatní půdy
As	4,5	4,5	30	30
Be	2,0	2,0	7,0	7,0
Cd	0,4	1,0	0,4	1,0
Co	10,0	25,0	25,0	50,0
Cr	40,0	40,0	100,0	100,0
Cu	30,0	50,0	60,0	100,0
Hg	-	-	0,6	0,8
Mo	5,0	5,0	5,0	5,0
Ni	15,0	25,0	60,0	80,0
Pb	50,0	70,0	100,0	140,0
V	20,0	50,0	150,0	220,0
Zn	50,0	100,0	130,0	200,0

Převzato: Vyhláška MŽP č. 13/1994 Sb.

Vysvětlivky k tabulce č. 3 (MŽP 1994):

1. Údaje o obsahu rizikových prvků neplatí pro organické půdy.
2. Lehkými půdami se rozumějí písčité a hlinitopísčité půdy podle analytické metody prof. Nováka (Komplexní metodika výživy rostlin č. 1/1990, vydaná Ústavem vědeckotechnických informací v zemědělství Praha).
3. K obsahu rizikových prvků v půdách (mg.kg^{-1}): Uvedené údaje platí pro směsné vzorky získané z horní vrstvy vyšetřovaných minerálních půd v tloušťce 0,25 m, vysušené na vzduchu do konstantní hmotnosti.

3.8 Legislativa k ochraně lesních půd v České republice

O kontaminaci půd a následném poškození lesního ekosystému se vede řada diskuzí. V České republice je ochrana půd legislativně řešena pouze v návaznosti na půdy zemědělské. Stěžejními zákony jsou: zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu (ve znění pozdějších předpisů), zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech (ve znění pozdějších předpisů) a částečně zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů a

příslušné vyhlášky k těmto zákonům. Dále existuje několik předpisů nižší úrovně (metodické nebo informační nástroje), které slouží především orgánům ochrany půdního fondu jako podpora při rozhodování. Prováděcím předpisem k zákonu č. 334/1992 Sb. je vyhláška č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Tato vyhláška v § 2 vymezuje limity obsahů rizikových prvků a rizikových látek v půdě, které jsou uvedeny v příloze 1 a 2. vyhlášky (Sáňka Materna 2004). Ochrana půdy je promítnuta také v zákoně č. 289/1995 Sb. Zákon o lesích a o změně některých zákonů. Účelem tohoto zákona je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm (Zákon č. 289/1995 Sb.). Velká pozornost ochraně veškerých půd je věnována v Evropské unii (EU). Evropská komise usiluje v rámci „Strategie ochrany půd EU“ (Soil Thematic Strategy) o sjednocení přístupu členských zemí v hodnocení environmentálních kvalit půdy (Němeček et al. 2010). Problematika kontaminace půd a jejich dopadů na společnost v návaznosti na legislativu se rychle rozvíjí v souvislosti se snahami o prosazení zákona na ochranu veškerých půd, který by problematiku soustavně řešil. Nejvýznamnější progres je možno zaznamenat v SRN, kde již takový zákon existuje (B bod Sch Gz 1999), dále v USA, Nizozemí, Rakousku, Švýcarsku a ve většině zemí EU (Němeček et al. 2010).

4. Materiál a metody

V roce 2005 byl pracovníky ÚKZÚZ uskutečněn terénní průzkum vlastností lesních pozemků v přírodních lesních oblastech č. 40 Moravskoslezské Beskydy a č. 14 Novohradské hory. Na 134 odběrných místech PLO č. 40 (Příloha č. 1) a 30 místech PLO č. 14 (Příloha č. 2) byly odebrány půdní vzorky podle „Jednotných pracovních postupů ÚKZÚZ“ (Zbíral, 1997) v souladu s vyhláškou MZe pro odběr vzorků lesních půd. Odebrány byly vzorky půdy z těchto horizontů:

- horizont nadložního organického humusu - 02
- horizont minerální podpovrchový - 07
- horizont minerální půdy - 08

U horizontu 02 (tabulka č. 13 a 14) byl hodnocen nadložní humus, kde je vyhodnoceno množství sušiny na ploše, množství humusu na ploše a C_{ox} . U horizontů 07 a 08 (tabulky č. 15, 16, 17 a 18) byla hodnocena výměnná kapacita a nasycení sorpčního komplexu bázemi. Dále je u všech vrstev (02 - nadložní humus, 07 - podpovrchová minerální půda a 08 - minerální půda) stanoveno aktivní a výměnné pH, celkový dusík a obsah potenciálně rizikových prvků. Obsah hodnocených prvků je udáván v jednotkách $mg.kg^{-1}$. Obsah potenciálně RP je hodnocen v PLO jako celek i s ohledem na kategorie lesních porostů a nadmořské výšky. Chemické analýzy byly provedeny v ÚKZÚZ. Nadložní organický horizont i minerální horizont byly analyzovány výluhem kyseliny dusičné (2M HNO_3) po vyžhání při $550^{\circ}C$. C_{ox} a celkový dusík byly stanoveny metodou NIRS a nasycení sorpčního komplexu bázemi výluhem v chloridu barnatém. Vyhodnocení poskytnutých dat bylo provedeno programy: Microsoft Excel 2013, STATISTICA 12 a ArcMap 10.3.1.

4.1 Vybraná území výzkumu

Vlastní výzkum byl soustředěn na přírodní lesní oblast č. 40 Moravskoslezské Beskydy a přírodní lesní oblast č. 14 Novohradské hory. Důvodem pro výběr těchto PLO bylo především jejich rozdílné zatížení imisemi. Území Moravskoslezských Beskyd leží v průmyslem dlouhodobě značně ovlivněné oblasti. Naproti tomu PLO Novohradské hory byla díky své poloze a menší míře industrializace krajiny (pohraniční pásmo) této zátěži vystavena výrazně méně. Odlišnosti mezi oblastmi jsou zjevné i ve vegetačním pokryvu a geologii podloží.

4.2 Atmosférické vstupy na území České republiky v roce 2005

Vzhledem k faktu, že průzkum realizovaný ÚKZÚZ byl ve vybraných územích realizován v roce 2005, je i zde popsán stav znečištění ovzduší na území České republiky (tabulka č. 2) zaměřen na stejné časové období. Srážkový úhrn byl v roce 2005 v průměru pro území republiky mírně nad dlouhodobým normálem, za roky 1961–1990 tvořil 109 % tohoto dlouhodobého normálu. Nejvyšších hodnot mokré depozice síry bylo dosaženo v Orlických horách, v Jizerských horách, v Krkonoších a v Moravskoslezských Beskydech. Celková depozice síry vykazovala maxima v Krušných horách, v Orlických horách a v Jizerských horách. V roce 2005 byla celková depozice dusíku rovna hodnotě $78\,317 \text{ t N}_{(\text{ox}+\text{red})}.\text{rok}^{-1}$ na plochu republiky, což je srovnatelné s hodnotami v letech 1999–2004, kdy velikost celkové depozice dusíku ležela v intervalu $77\,000 - 85\,000 \text{ t N}.\text{rok}^{-1}$ (s výjimkou roku 2003, který byl srážkově výrazně podnormální). Nejvyšších hodnot celková depozice dusíku dosahovala na území Jizerských hor, Krkonoš, Orlických hor a Krušných hor. Nárůst na těchto územích souvisí s nárůstem mokré depozice amonných iontů. Vývoj roční mokré depozice hlavních složek na vybraných stanicích České republiky vykazovala po poklesu mokré depozice některých složek (převážně síranů, vodíkových iontů a olovnatých iontů) ve 2. polovině 90. let spíše stagnující stav. Pokles depozice síranů byl výrazný nejen na exponovaných stanicích Ústí nad Labem, Praha-Libuš a Hradec Králové, ale byl zřejmý i na pozadřových stanicích Košetice a Svratouch (ČHMÚ 2016). Bližší pohled na úroveň znečištění ovzduší přináší tabulky v příloze č. 3 a příloze č. 4 obsahující hodnoty průměrné roční koncentrace základních složek v atmosférických srážkách na stanicích Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech a Plešné jezero na Šumavě v letech 2000 až 2005.

Tabulka č. 2: ČHMÚ Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2005

Název prvku	Průměrný depoziční tok [$\text{g}.\text{m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$]
Mokrá roční depozice síry SO_4^{2-} - S	$\leq 0,5$
Suchá roční depozice síry (SO_2 - S)	$\leq 0,5$
Celková roční depozice síry	0,5 – 1,0
Podkorunová roční depozice S	0,5 – 1,0
Mokrá roční depozice dusíku NO_3^- - N	0,25 – 0,50
Mokrá roční depozice dusíku NH_4^+ - N	0,25 – 0,50
Mokrá celková roční depozice dusíku	0,50 – 1,0
Suchá- N_{ox} -N	$\leq 0,25$

Název prvku	Průměrný depoziční tok [g.m ⁻² .rok ⁻¹]
Celková roční depozice dusíku	0,5 – 1,0
Mokrý roční depozice vodíkových iontů	10 – 25
Suchá roční depozice vodíkových iontů	10 – 25
Celková roční depozice vodíkových iontů	25 – 100
Mokrý roční depozice fluoridových iontů	0,01 – 0,02
Mokrý roční depozice chloridových iontů	0,25 – 0,50
Mokrý roční depozice olovnatých iontů	≤ 1,5
Suchá roční depozice olovnatých iontů	≤ 1,5
Suchá roční depozice olova	≤ 1,5
Suchá roční depozice kadmia	≤ 0,5

Zdroj: ČHMÚ 2016

4.3 Popis PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

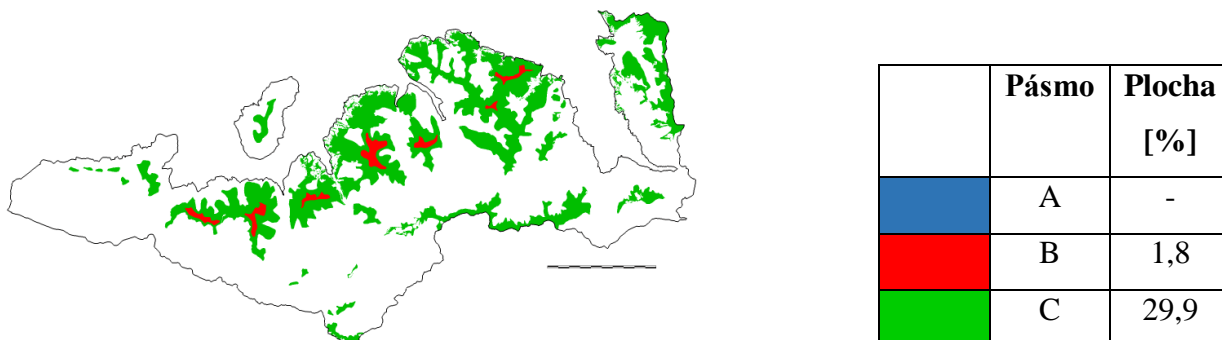
Přírodní lesní oblast 40 (PLO) – Moravskoslezské Beskydy (Obr. 1) je situována v Moravskoslezském kraji, okres Frýdek Místek. PLO 40 - Moravskoslezské Beskydy je jasně ohraničená přírodní lesní oblast, na severu hranicí s PLO 39 – Podbeskydská pahorkatina, na východě hranicí s Polskou republikou, na jihovýchodě se Slovenskou republikou a na jihozápadě s PLO 41 – Hostýnskovsetínské vrchy a Javorníky. Tvoří nepřiléhavý pravidelný kosodélník s vlnitými hranicemi (Holuša et al. 2005). Leží v provincii Západní Karpaty, která je součástí karpatského systému. Podélná osa prostoru (SZ - JV) je 52 km. Jednotlivé horské hřebeny jsou orientovány na SZ - JV směr. Horské hřebeny dosahují výšky od 800 do 1200 m. Nejvyšším vrcholem je Lysá hora (1 323 m n. m.) (Vacek et al. 2003). Podle Vacka et al. 2003 je katastrální plocha LPO Moravskoslezské Beskydy 82 432 ha a plocha zalesněné oblasti 62 008 ha s lesním pokrytím 75 %. Horské lesy pokrývají 9,84 % z lesních pozemků PLO č. 40 (Vacek et al. 2003).

4.3.1 Imisní zatížení oblasti

Škody na lesních porostech způsobené znečištěním ovzduší posuzované z makroskopických změn na asimilačních orgánech se začaly v Moravskoslezských Beskydách lokálně objevovat od poloviny šedesátých let v důsledku expanze metalurgických a dalších průmyslových odvětví bez dostatečné ochrany ovzduší (Vacek et al. 2003).

Poškození lesního porostu v roce 2005 nepřímo ilustrují pásma ohrožení lesů imisemi (Obr. č. 4.1). Legenda uvádí výskyt jednotlivých stupňů v PLO č. 40 v procentech z plochy lesní půdy.

Obrázek 4.1: Pásma ohrožení lesů imisemi – PLO č. 40

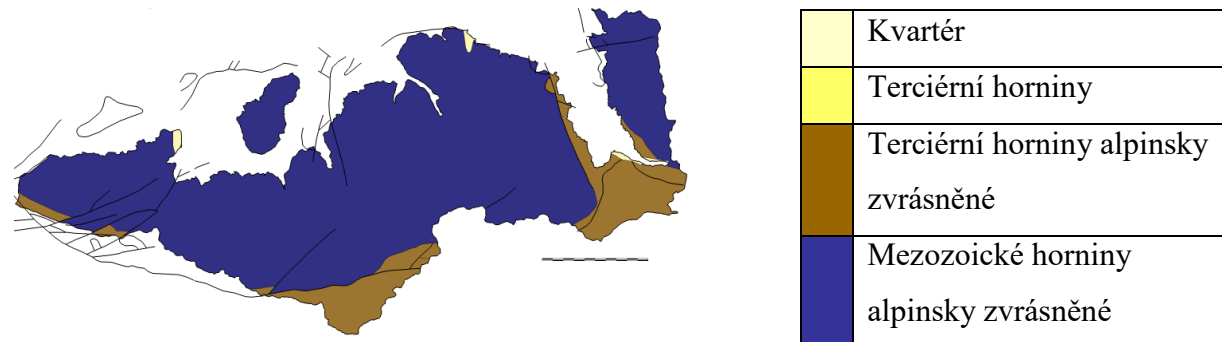


Zdroj: Matějka K. – IDS (2005)

4.3.2 Geologické podloží a půdní typy

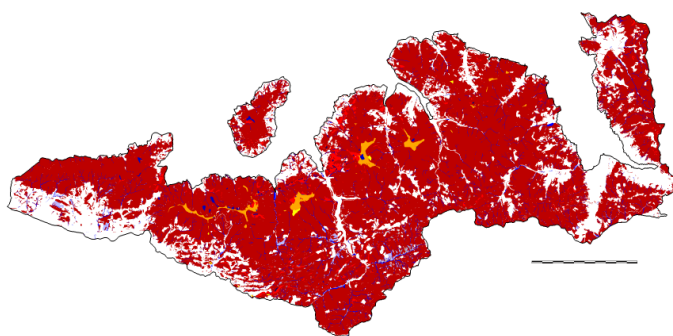
Podle Vacka (2003) je geologické podloží (Obr. č. 4.2) PLO č. 40 složeno z kvartérů (hlíny, spraše, písky, štěrky), terciérních hornin alpinsky zvrásněných (pískovce, břidlice) a mezozoických hornin alpinsky zvrásněných (pískovce, břidlice). Tato geologická podloží jsou středně bohatá, téměř vůbec se nevyskytují podloží chudá nebo bohatá. Zvětraliny těchto podloží dosahují abnormální mocnosti. Velmi hojný je výskyt svahů značných sklonů (průměr 14-15°) (Holuša et al. 2005). Z půdních typů (Obr. č. 4.3) jsou v lokalitě nejvíce zastoupeny kambizemě, fluvizemě a rankery (Vacek et al. 2003).

Obrázek 4.2: Přehledná geologická mapa – PLO č. 40



Zdroj: Matějka K. – IDS (2005)

Obrázek 4.3: Mapa půdních typů – PLO č. 40



	Litozem
	Ranker
	Fluvizem
	Kambizem
	Kryptopodzol
	Podzol
	Pseudoglej
	Glej

Zdroj: Matějka K. – IDS (2005)

4.3.3 Dřevinné společenstvo

Z poskytnutých dat vyplývá v místech odběrů následující zastoupení ekologických řad (tabulka č. 3), lesních vegetačních stupňů (tabulka č. 4), edafických kategorií (tabulka č. 5) a hospodářských souborů (tabulka č. 6) v %.

Tabulka č. 3: Plošné zastoupení ekologických řad v odběrných místech:

Ekologická řady	Z	K	B	J	P	L	G	R
Zastoupení (%)	2,3	11,3	72,2	4,5	7,5	1,5	0,7	0

Tabulka č. 4: Plošné zastoupení lesních vegetačních stupňů v odběrných místech:

LVS	3	4	5	6	7	8
Zastoupení (%)	0	27,0	61,6	6,0	5,3	0
LVS	3	4	5	6	7	8
Zastoupení odběrných míst (%)	0	36,0	82,0	8,0	7,0	0,0

Tabulka č. 5: Odběrná místa podle edafických kategorií:

Edaf. kategorie	A	B	D	F	G	H	K	L	N	O	P	S	Z	Celkem
Počet odběr. míst	4	37	2	16	1	4	8	2	7	9	1	39	3	133
Plošné zastoupení (%)	3,0	27,8	1,5	12,0	0,8	3,0	6,0	1,5	5,3	6,8	0,8	29,3	2,3	100

Tabulka č. 6: Odběrná místa podle hospodářských souborů:

Hospodářský soubor	01	29	41	41,45	43	45	47	51
Počet odběrných míst	3	2	6	1	2	21	6	18
Plošné zastoupení (%)	2,26	1,50	4,51	0,75	1,50	15,79	4,51	13,53
Hospodářský soubor	53	55	57	59	71	73	75	Celkem
Počet odběrných míst	5	59	4	1	2	1	2	133
Plošné zastoupení (%)	3,76	44,36	3,01	0,75	1,50	0,75	1,50	100

4.4 Popis PLO č. 14 Novohradské hory

Přírodní lesní oblast č. 14 – Novohradské hory je situována v Jihočeském kraji, okrese Český Krumlov (Obr. 5). Podstatná část této kopcovité krajiny se nachází v Rakousku, kde se nazývá Weinsberger Wald. Podélná osa lokality (SV - JZ) je 20 km. Novohradské hory jsou na jihu a východě vymezeny státní hranicí s Rakouskem a na severu a západě Novohradským Podhůřím. Oproti Novohradskému předhůří je celek na severu omezen až 300 m vysokými zlomovými svahy Vysoké (1034 m), Kraví hory (953 m) a Kuní hory (925 m). V důsledku mrazového zvětrávání v pleistocénu tady vznikla rozlehlá balvanitá moře. Jižně od Vysoké

vystupuje Jelení hřbet (951 m). V jižní části na hranicích s Rakouskem leží nejvyšší vrchol Novohradských hor Kamenec (1073 m), severněji od něho pak Myslivna (1040 m). Z Kamence vybíhá na severozápad hřbet s Jelením vrchem (956 m), z Myslivny pak vybíhá stejným směrem hřbet s Lužnickým vrchem (903 m) (ÚHÚL 2000). Podle Vacka et al. (2003) je katastrální plocha LPO Novohradské hory 14 450 ha a plocha zalesněné oblasti 11 125 ha s lesním pokrytím 77 %. Horské lesy pokrývají 93,3% z lesních pozemků PLO č. 14 (Vacek et al. 2003).

4.4.1 Imisní zatížení oblasti

Lesní porosty v PLO č. 14 jsou poškozovány imisní zátěží ve vrcholových partiích a na okrajích porostních stěn na návětrných JZ, SZ a SZ. Imisní zátěž je tedy způsobovaná jak z místních lokálních zdrojů, tak a to především dálkovými přenosy imisních škodlivin. Mezi nejvíce postižené lokality patří Vysoká, Kraví hora, Kuní hora, Liščí důl, Cikánský vrch, Jelení hřbet, Točnick, Lužický vrch, Jitronice a zhoršený stav je i v oblasti Jelení hory (ÚHÚL 2000). Pěstební lesní oblast Novohradské hory je jakousi nárazovou barierou vzdušných proudů od S, SZ a JZ, přinášejícími oxidy síry a dusíku, jak od největších emitentů jihočeského kraje (Borovany, České Budějovice, Mydlovary, Temelín, Větrní), tak i z rakouského Lince. V těchto lokalitách jsou porosty poškozeny v I. a II. stupni. (ÚHÚL 2000). Poškození lesního porostu v roce 2005 nepřímou ilustrují pásma ohrožení lesů imisemi (Obr. č. 4.4). Legenda uvádí výskyt jednotlivých stupňů v PLO č. 14 v procentech z plochy lesní půdy.

Obrázek 4.4: Pásma ohrožení lesa imisemi – PLO č. 14



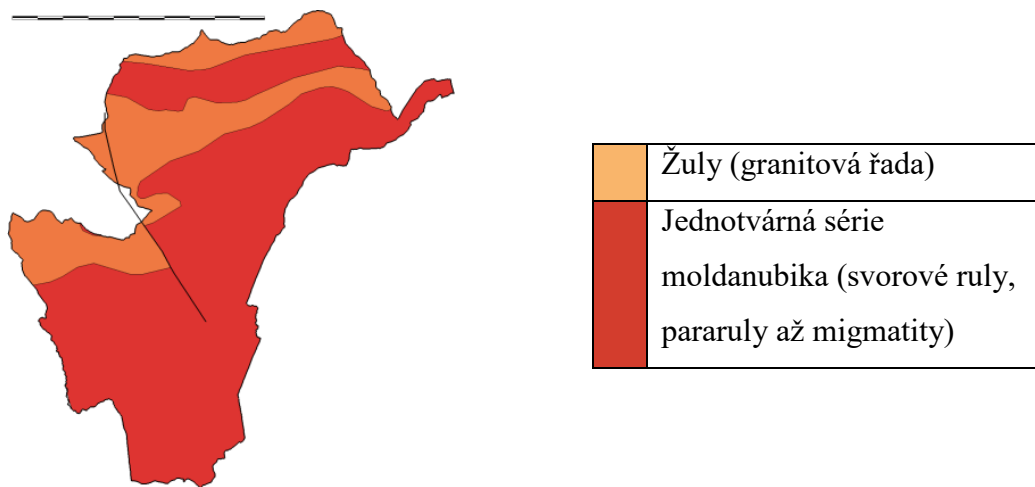
	Pásmo	Plocha [%]
	A	-
	B	-
	C	14

Zdroj: Matějka K. – IDS (2005)

4.4.2 Geologické podloží a půdní typy

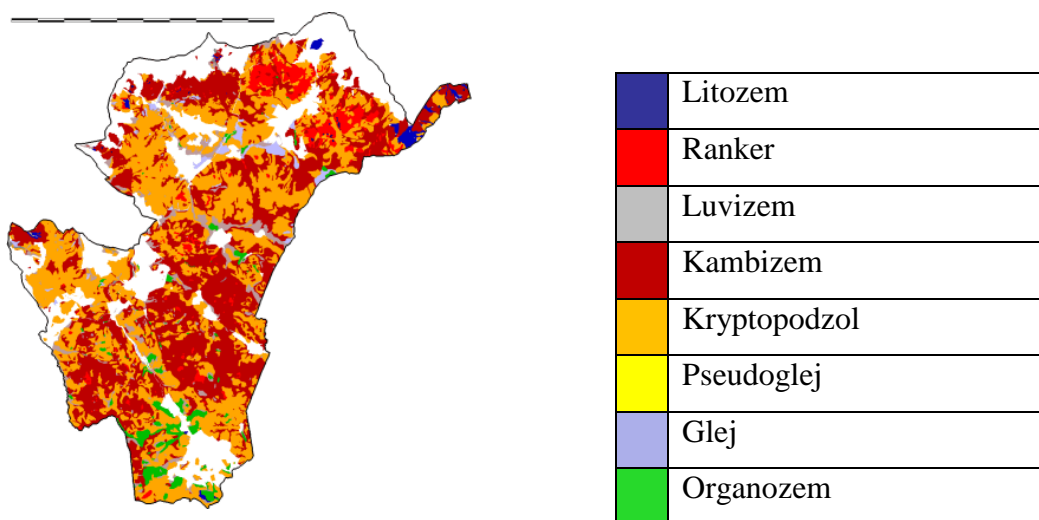
Přehledná geologická mapa PLO č. 14 (Obr. č. 4.5) podle Matějky (2005) udává, že geologického podloží Novohradských hor je tvořeno převážně jednotvárnou sérií moldanubika a žulami. Převažujícím půdním typem (Obr. č. 4.6) je ve výše položené části území s nižší teplotou a vyššími srážkami kryptopodzol. V níže položené části území, zhruba do nadmořské výšky 750 až 800 m jsou nejčastějším půdním typem kambizemě (ÚHUL 2000). Na 10,1 % plochy jsou zastoupeny také rankery a gleje (Matějka 2005).

Obrázek 4.5: Přehledná geologická mapa – PLO č. 14



Zdroj: Matějka K. – IDS (2005)

Obrázek 4.6: Odvozená pedologická mapa – PLO č. 14



Zdroj: Matějka K. – IDS (2005)

4.4.3 Dřevinné společenstvo

Z poskytnutých dat vyplývá v místech odběrů následující zastoupení ekologických řad (Tabulka č. 7), edafických kategorií (Tabulka č. 8) a hospodářských souborů (Tabulka č. 9) v %.

Tabulka č. 7: Plošné zastoupení ekologických řad v odběrných místech

Ekologická řada	Z	K	B	J	P	L	G	R
Zastoupení (%)	10,0	30,0	16,7	13,3	3,3	26,7	0	0

Tabulka č. 8: Odběrná místa podle edafických kategorií

Edafická kategorie	A	K	N	O	S	V	Y	Celkem
Počet odběrných míst	4	5	4	1	5	8	3	30
Plošné zastoupení (%)	13,3	16,7	13,3	3,3	16,7	26,7	10,0	100

Tabulka č. 9: Odběrná místa podle hospodářských souborů

Hospodářský soubor	11	1551	4506	531	571	771	8501
Počet odběrných míst	4	1	1	1	2	1	2
Plošné zastoupení (%)	13,3	3,3	3,3	3,3	6,7	3,3	6,7
Hospodářský soubor	8506	8521	8526	8561	8566	Celkem	
Počet odběrných míst	2	7	1	7	1	30	
Plošné zastoupení (%)	6,7	23,3	3,3	23,3	3,3	100	

Na základě poskytnutých dat bylo zjištěno, že v PLO č. 14 Novohradské hory se 29 odběrných míst vyskytuje v lesním vegetačním stupni 6 (plošné zastoupení 96,7 %) a jedno odběrné místo v lesním vegetačním stupni 7 (plošné zastoupení 3,3 %).

5. Výsledky chemických rozborů

5.1 Organický horizont

Organické humusové horizonty neboli anhydrogenní horizonty nadložního humusu, vznikají na propustných půdách, které nejsou zamokřené (pro soubor těchto horizontů L+F+H je možno použít sumární označení O) (Němeček et al. 2001).

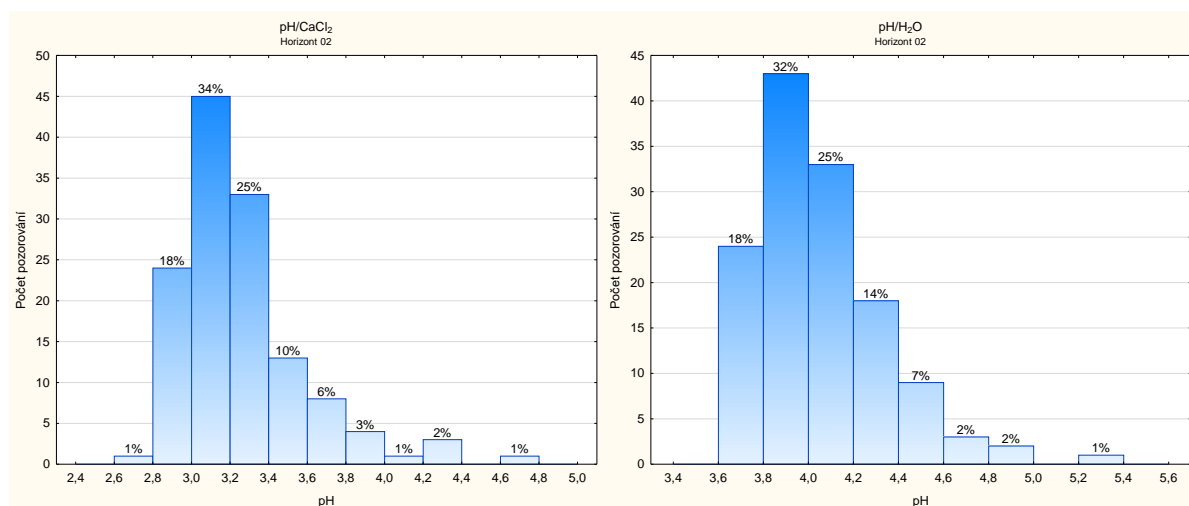
5.1.1 Organický horizont – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

Tabulka č. 10: Organický horizont – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

Půdní charakteristiky	Jednotky	Horizont	Počet vzorků	Minimum	Maximum	Průměr
SUŠINA	g	02	133	180,00	2066,00	672,06
pH CaCl₂		02	133	2,80	4,80	3,30
pH H₂O		02	133	3,70	5,30	4,10
HUMUS	t.ha ⁻¹	02	133	14,44	77,78	50,02
C_{ox}	%	02	133	11,64	41,61	29,42
Al	mg/kg	02	133	1870,0	13100,0	5695,3
Cd	mg/kg	02	133	0,2	3,45	0,854
Cr	mg/kg	02	133	3,6	24,00	9,73
Cu	mg/kg	02	133	4,8	54,70	16,45
Mn	mg/kg	02	133	42,0	1720,00	368,7
Pb	mg/kg	02	133	45,6	343,00	135,4
Zn	mg/kg	02	133	31,5	477,00	82,6

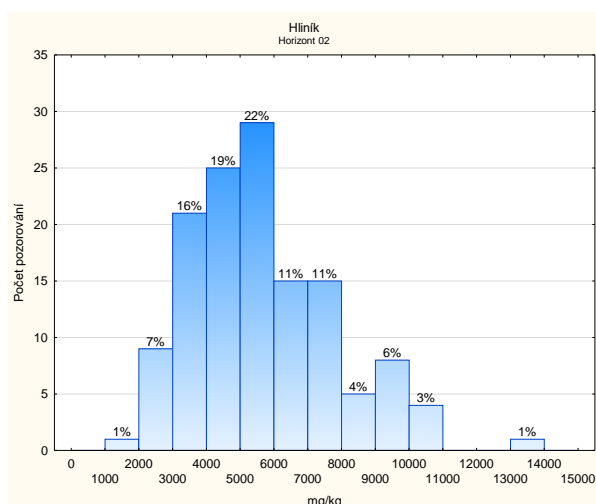
Půdní charakteristiky	Jednotky	Medián	Spodní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrodatná odchylka
SUŠINA	g	599,00	425,00	832,00	128175	358,02
pH CaCl₂		3,20	3,10	3,40	0	0,33
pH H₂O		4,00	3,90	4,20	0	0,29
HUMUS	t.ha ⁻¹	50,37	40,46	61,07	226	15,02
C_{ox}	%	30,56	24,25	35,26	52,105	7,22
Al	mg/kg	5290,0	4310,0	6980,0	4563768	2136,30
Cd	mg/kg	0,71	0,510	1,10	0	0,51
Cr	mg/kg	9,50	7,60	11,10	12	3,41
Cu	mg/kg	14,90	10,90	19,90	69	8,32
Mn	mg/kg	285,00	186,00	467,00	86596	294,27
Pb	mg/kg	115,00	89,90	164,00	4392	66,27
Zn	mg/kg	71,00	54,80	97,80	2423	49,22

Obrázek 5.1: pH CaCl₂ a pH H₂O - PLO č. 40, horizont 02



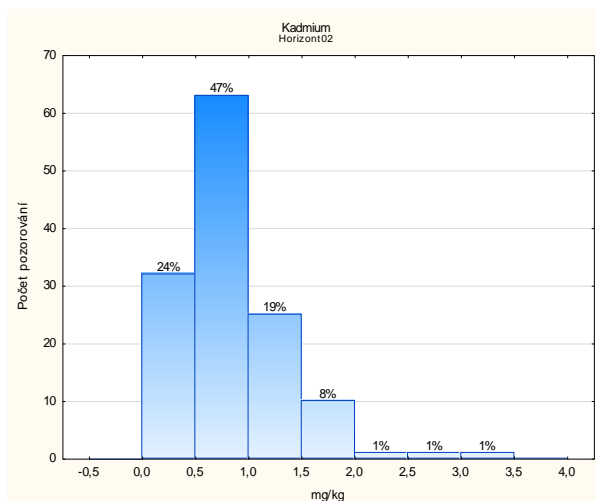
Hodnota mediánu výměnné půdní reakce (pH/CaCl₂ - 3,20) nasvědčuje kyselému opadu vegetace. Z histogramu je patrné, že většina vzorků je soustředěna do intervalu 3,0 – 3,2 a od této hodnoty má graf klesající charakter. Hodnoty aktivní půdní reakce jsou charakterizovány mediánem 4,0 a většina vzorků je v intervalu 3,8 – 4,0.

Obrázek 5.2: Hliník – PLO č. 40, horizont 02



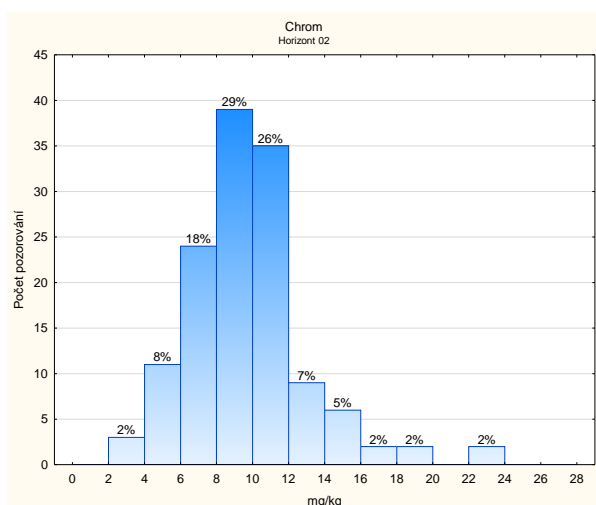
Obsahy hliníku v půdě dosahují hodnot mediánu 5290 mg.kg⁻¹. Je zde patrné navýšení hodnoty oproti výzkumu ÚKZÚZ z roku 2004. Zde je však nutné upozornit na rozdílné množství odběrových míst.

Obrázek 5.3: Kadmium – PLO č. 40, horizont 02



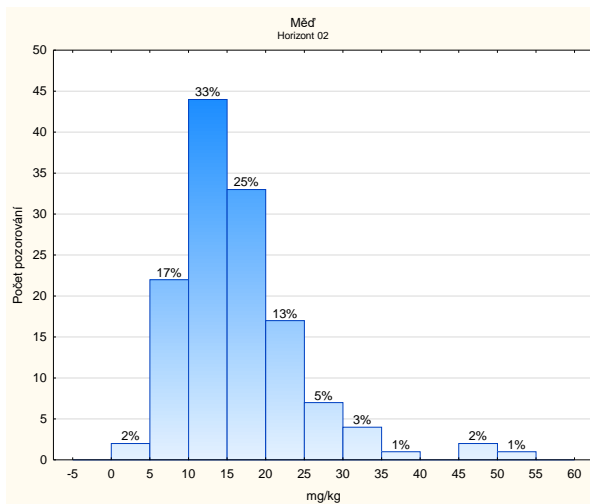
Hodnota mediánu dosáhla u kadmia 0,71 mg.kg⁻¹. Na vysoké zatížení oblasti tímto prvkem ukazuje i překročení hodnoty obsahu 0,40 mg.kg⁻¹ na 117 odběrných místech.

Obrázek 5.4: Chrom – PLO č. 40, horizont 02



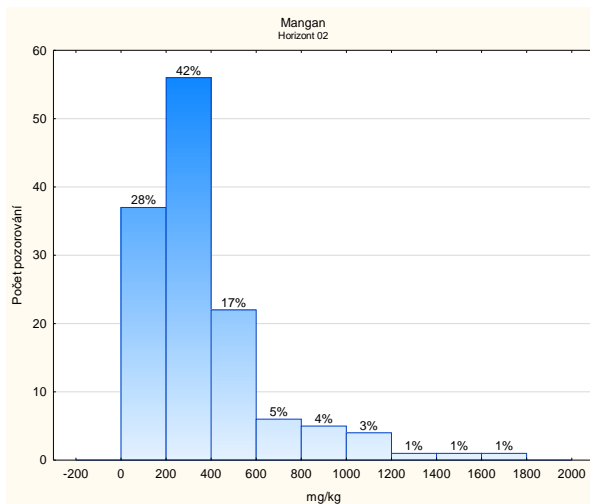
O nízkém zatížení horizontu prvkem vypovídá hodnota mediánu 9,50 mg.kg⁻¹.

Obrázek 5.5: Měď – PLO č. 40, horizont 02



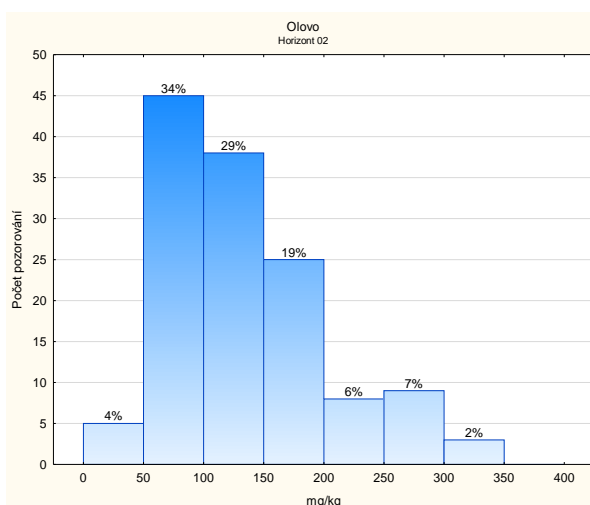
Hodnota mediánu 14,9 mg.kg⁻¹ ukazuje na vyšší zatížení horizontu tímto prvkem.

Obrázek 5.6: Mangan – PLO č. 40, horizont 02



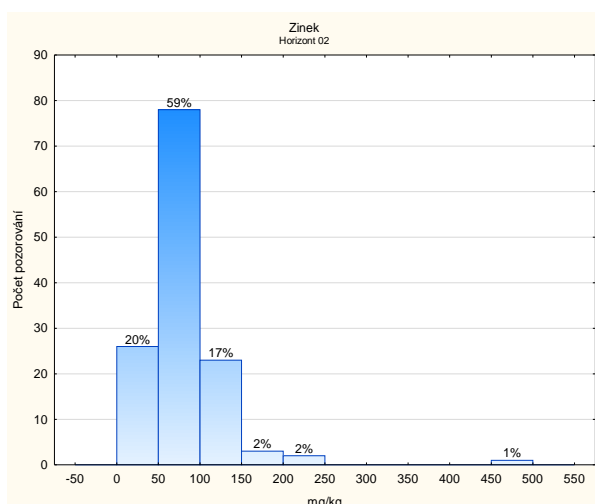
Hodnota mediánu 285 mg.kg⁻¹ svědčí o normální zásobě tohoto prvku v horizontu. V intervalu 0 až 600 mg.kg⁻¹ se nachází 84 % vzorků.

Obrázek 5.7: Olovo – PLO č. 40, horizont 02



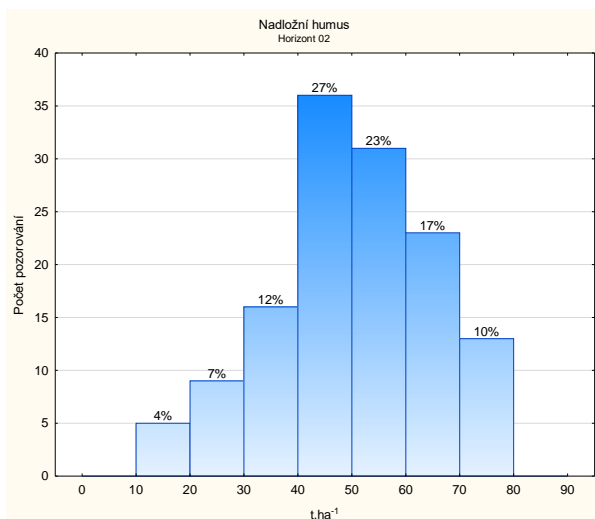
Předpokládané imisní znečištění území PLO č. 40 naznačuje hodnota mediánu olova 115 mg.kg⁻¹. Nad hodnotu více než 100 mg.kg⁻¹ olova v horizontu se dostalo plných 63 % vzorků.

Obrázek 5.8: Zinek – PLO č. 40, horizont 02



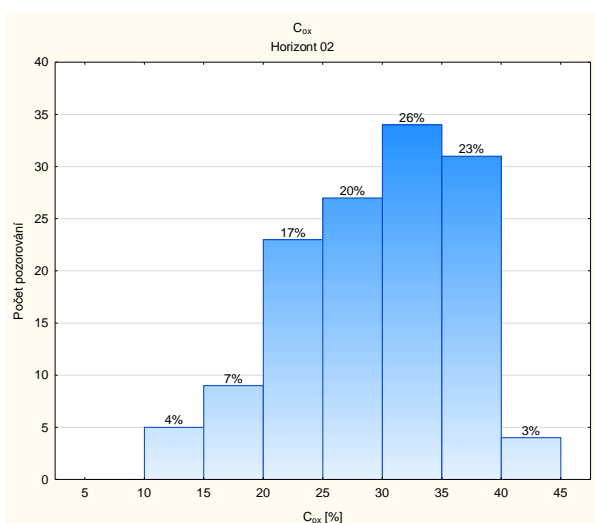
Hodnota mediánu 71 mg.kg^{-1} ukazuje na vyšší zatížení horizontu zinkem. V intervalu od 50 do 150 mg.kg^{-1} se pohybuje celých 74 % vzorků.

Obrázek 5.9: Množství humusu – PLO č. 40, horizont 02



Množství humusu je v horizontu relativně rovnoměrně rozloženo. Hodnota mediánu je $50,37 \text{ t.ha}^{-1}$ suchého materiálu.

Obrázek 5.10: C_{ox} – PLO č. 40, horizont 02



Hodnota mediánu C_{ox} je 30,56 %. Po vynásobení konverzním faktorem 1,76 lze odvodit množství organické hmoty. V tomto případě je množství organické hmoty v průměru 538 g.kg^{-1} .

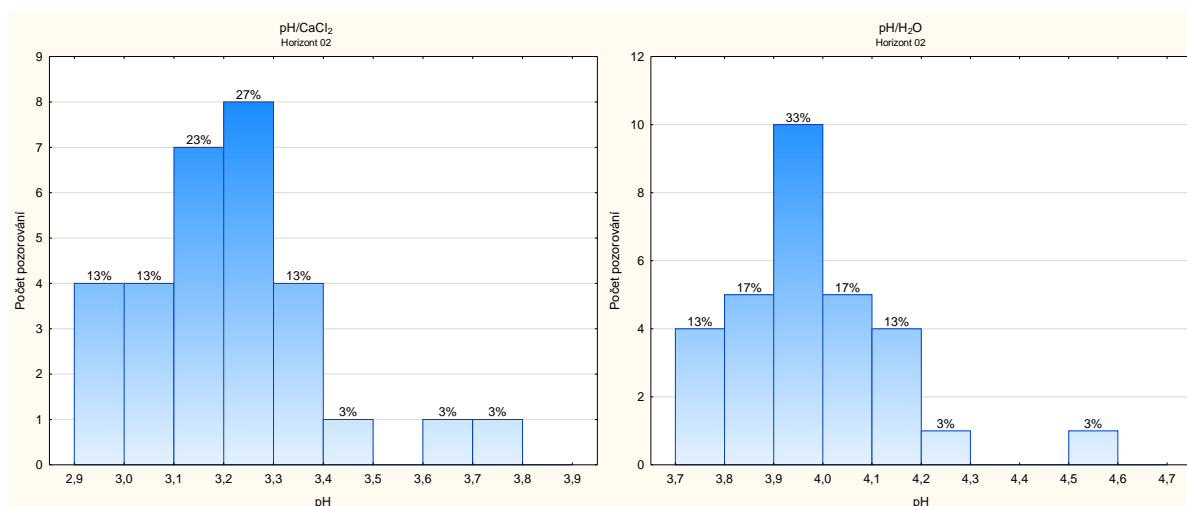
5.1.2 Organický horizont – PLO č. 14 Novohradské hory

Tabulka č. 11: Organický horizont – PLO č. 14 Novohradské hory

Půdní charakteristiky	Jednotky	Horizont	Počet vzorků	Minimum	Maximum	Průměr
SUŠINA	g	02	30	187,00	537,00	317,50
pH CaCl ₂		02	30	3,00	3,80	3,26
pH H ₂ O		02	30	3,80	4,60	4,03
HUMUS	t.ha ⁻¹	02	30	22,01	47,24	35,73
C _{ox}	%	02	30	15,82	29,02	23,02
Al	mg/kg	02	30	6650,0	15800,0	10859,67
Cd	mg/kg	02	30	0,15	0,39	0,24
Cr	mg/kg	02	30	3,90	19,10	11,97
Cu	mg/kg	02	30	4,80	11,80	7,58
Mn	mg/kg	02	30	67,00	983,00	252,80
Pb	mg/kg	02	30	39,30	80,90	57,95
Zn	mg/kg	02	30	25,50	52,90	36,79

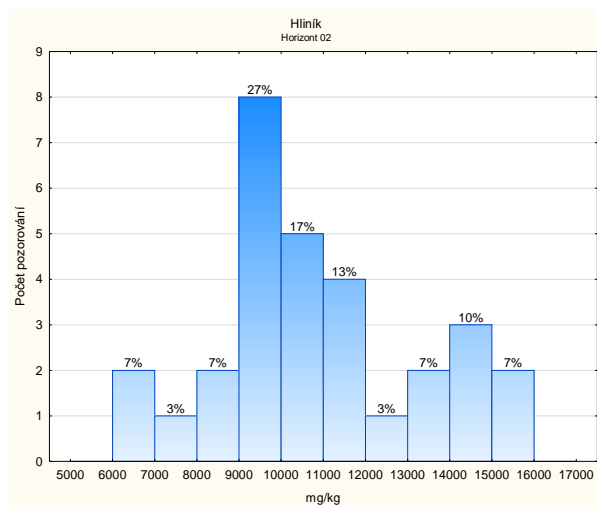
Půdní charakteristiky	Jednotky	Medián	Spodní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrodatná odchylka
SUŠINA	g	306,00	246,00	364,00	8084	89,91
pH CaCl ₂		3,25	3,10	3,30	0	0,19
pH H ₂ O		4,00	3,90	4,10	0	0,17
HUMUS	t.ha ⁻¹	37,15	30,80	41,06	44	6,65
C _{ox}	%	23,615	20,10	25,90	14,896	3,86
Al	mg/kg	10450,00	9440,0	12100,0	5955348	2440,36
Cd	mg/kg	0,23	0,19	0,27	0	0,064
Cr	mg/kg	11,90	9,70	13,20	12	3,42
Cu	mg/kg	7,40	6,50	8,40	2	1,51
Mn	mg/kg	201,00	154,00	309,00	34423	185,54
Pb	mg/kg	57,50	51,60	64,10	118	10,86
Zn	mg/kg	35,50	32,10	40,10	48	6,90

Obrázek 5.11: pH CaCl₂ a pH H₂O – PLO č. 14, horizont 02



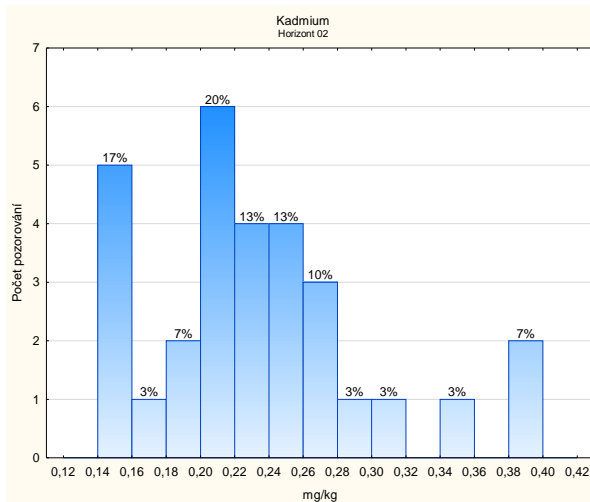
Hodnota mediánu výměnné půdní reakce (pH/CaCl₂) je 3,25. Z histogramu je patrné, že 50% vzorků je soustředěna do intervalu 3,1 – 3,3, což podle Sáňky 2004 značí velmi silně kyselé půdy. Hodnoty aktivní půdní reakce jsou charakterizovány mediánem 4,0 a většina vzorků je v intervalu 3,8 – 4,1.

Obrázek 5.12: Hliník – PLO č. 14, horizont 02



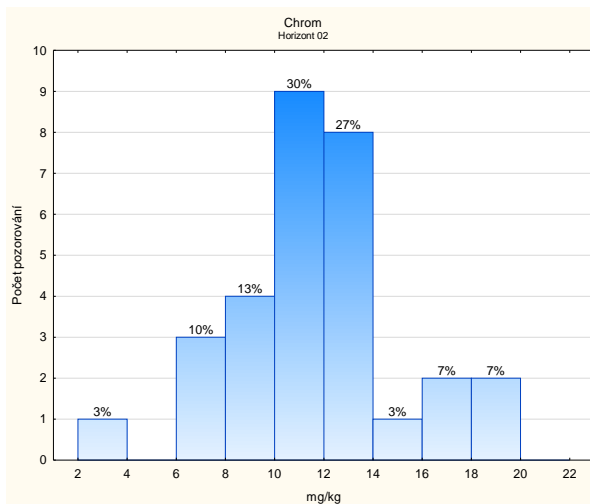
Na vysokou zásobu tohoto prvku v horizontu ukazuje hodnota mediánu 10450 mg.kg⁻¹. Více jak polovina z odběrných míst se nachází v intervalu hodnot 9000 až 12 000 mg.kg⁻¹.

Obrázek 5.13: Kadmium – PLO č. 14, horizont 02



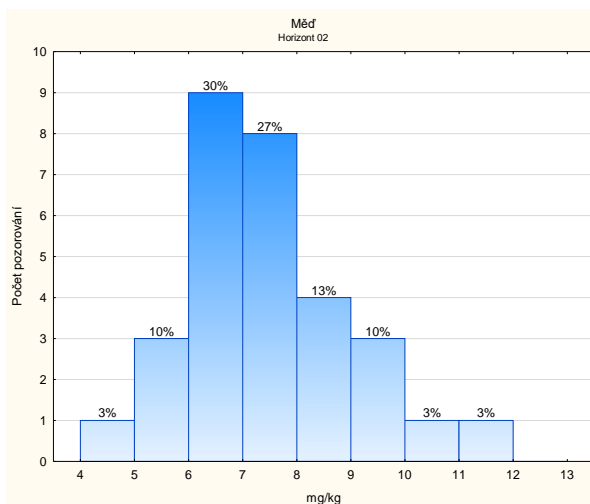
Všechny naměřené hodnoty kadmia byly nižší než 0,40 mg.kg⁻¹. Medián o hodnotě 0,23 mg.kg⁻¹ vypovídá o nižším zatížení oblasti tímto prvkem.

Obrázek 5.14: Chrom – PLO č. 14, horizont 02



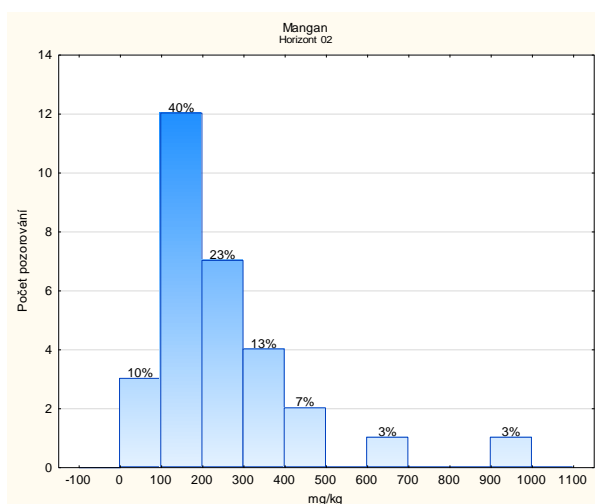
Normální obsahy chromu v půdě značí hodnota mediánu 11,90 mg.kg⁻¹.

Obrázek 5.15: Měď – PLO č. 14, horizont 02



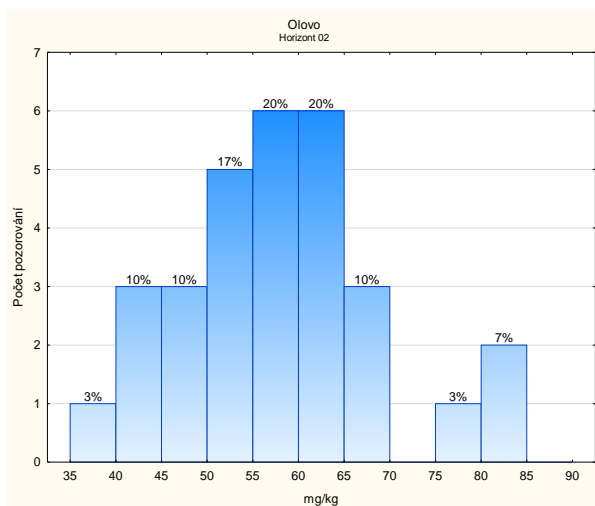
V intervalu 6 až 9 mg.kg⁻¹ se nachází hodnoty 70 % odběrných míst. Spolu s hodnotou mediánu (7,4 mg.kg⁻¹) to ukazuje na nízké zatížení oblasti mědí.

Obrázek 5.16: Mangan – PLO č. 14, horizont 02



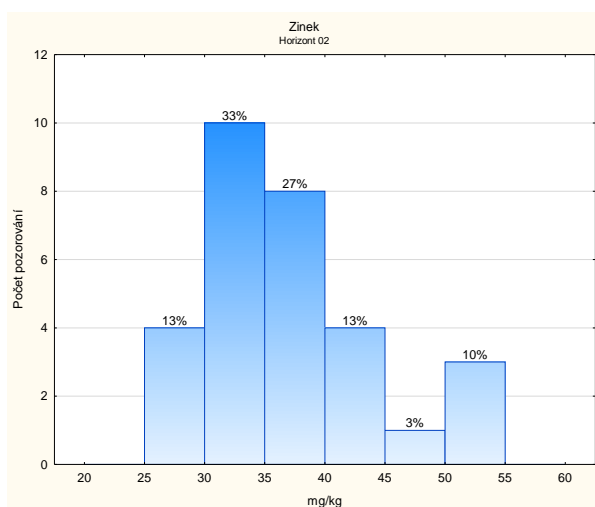
Spíše nižší zásobu manganu v horizontu naznačuje hodnota mediánu 201 mg.kg^{-1} i fakt, že polovina hodnot je v rozmezí 0 až 200 mg.kg^{-1} .

Obrázek 5.17: Olovo – PLO č. 14, horizont 02



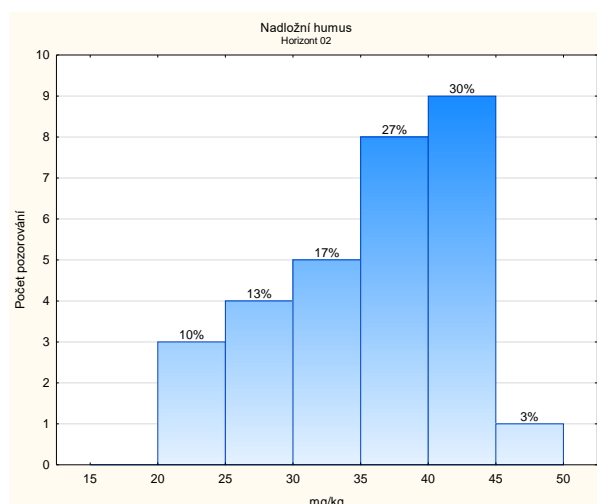
Medián pro olovo má hodnotu $57,50 \text{ mg.kg}^{-1}$. Znamená to spíše vyšší zatížení tímto prvkem. U 23 odběrných míst byly naměřeny hodnoty větší než $50,0 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Obrázek 5.18: Zinek – PLO č. 14, horizont 02



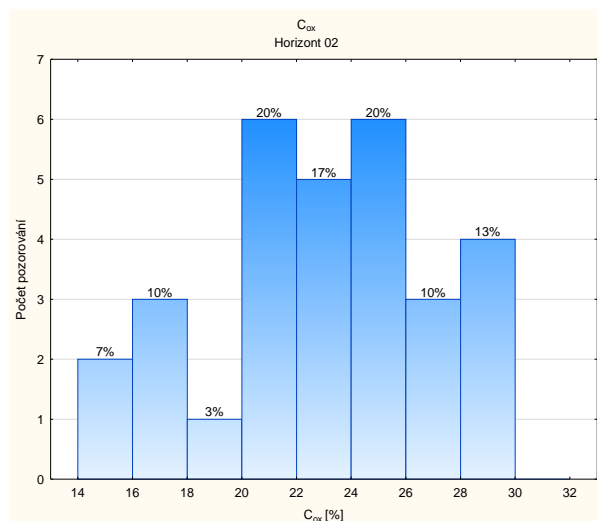
Největší zastoupení odběrných míst je v rozmezí hodnot 30 až 40 mg.kg^{-1} . Tomuto odpovídá i hodnota mediánu $35,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ a napovídá to střednímu zásobení horizontu tímto prvkem.

Obrázek 5.19: Nadložní humus – PLO č. 14, horizont 02



Hodnota mediánu je $37,15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchého materiálu. Tato hodnota odpovídá příznivé humusové formě.

Obrázek 5.20: C_{ox} – PLO č. 14, horizont 02



Hodnota mediánu C_{ox} je 23,62 %. Po vynásobení konverzním faktorem 1,76 lze odvodit množství organické hmoty. V horizontu je její množství okolo $416 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

5.2 Minerální půda

Pod horizontem nadložního humusu se nachází horizonty minerální. Horní část minerálního profilu je obohacena huminifikovanými organickými látkami a nazývá se humusový horizont. U půd dvoufázových (ranker – silikátový substrát, rendzina – karbonátový substrát) je pod tímto horizontem půdotvorný substrát. U půd třífázových jsou vytvořeny horizonty jednotlivých půdních typů (Hauptman et al. 2009). Specifické humusové látky, tvoří vazby s minerálními koloidy, množství nerozložených organických látek většinou $< 5 \%$ (Němeček et al. 2001).

5.2.1 Minerální půda – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07, horizont 08

Tabulka č. 12: Minerální půda – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07

Půdní charakteristiky	Jednotky	Horizont	Počet vzorků	Minimum	Maximum	Průměr
pH CaCl ₂		07	126	2,70	5,80	3,46
pH H ₂ O		07	126	3,50	6,60	4,13
Vým. acidita	mmol/kg	07	126	6,40	175,20	60,10
Al	mg/kg	07	126	820,00	7835,00	3556,2
Cd	mg/kg	07	126	0,03	1,56	0,24
Cr	mg/kg	07	126	0,60	10,30	4,26
Cu	mg/kg	07	126	0,30	22,00	6,21
Mn	mg/kg	07	126	1,00	885,00	135,32
Pb	mg/kg	07	126	5,00	376,00	75,86
Zn	mg/kg	07	126	3,00	76,00	16,89
BS	%	07	-	-	-	-

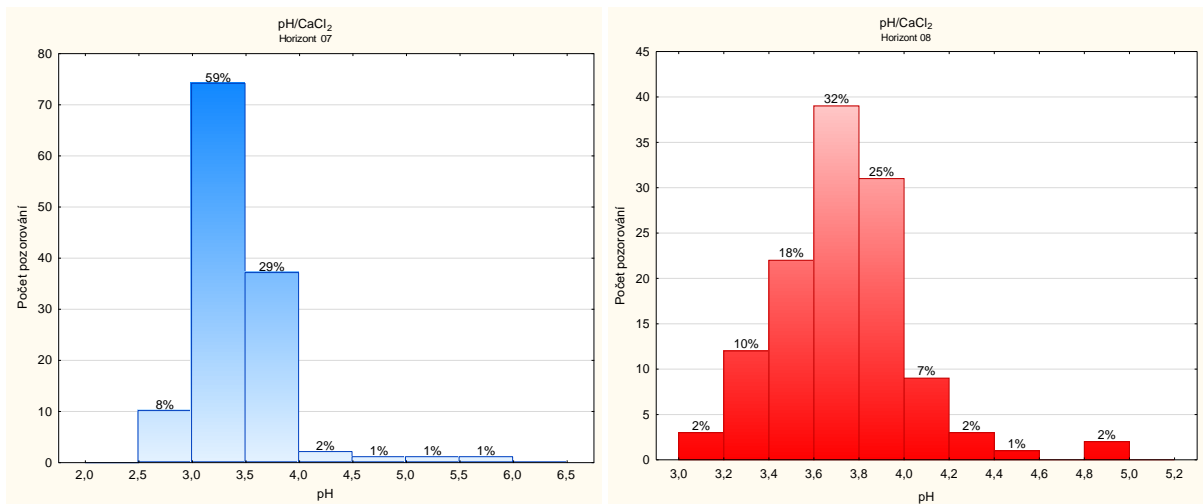
Půdní charakteristiky	Jednotky	Medián	Spodní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrodatná odhylnka
pH CaCl ₂		3,40	3,20	3,60	0	0,41
pH H ₂ O		4,00	3,90	4,20	0	0,399
Vým. acidita	mmol/kg	58,40	46,40	72,00	421	20,51
Al	mg/kg	3552,50	2700,00	4285,00	1873412	1368,73
Cd	mg/kg	0,16	0,10	0,29	0	0,24
Cr	mg/kg	4,30	3,20	5,40	3	1,69
Cu	mg/kg	5,05	3,30	8,40	17	4,08
Mn	mg/kg	65,50	26,00	151,00	33240	182,32
Pb	mg/kg	62,50	42,00	105,00	2902	53,87
Zn	mg/kg	14,00	10,00	21,00	116	10,76
BS	%	-	-	-	-	-

Tabulka č. 13: Minerální půda – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 08

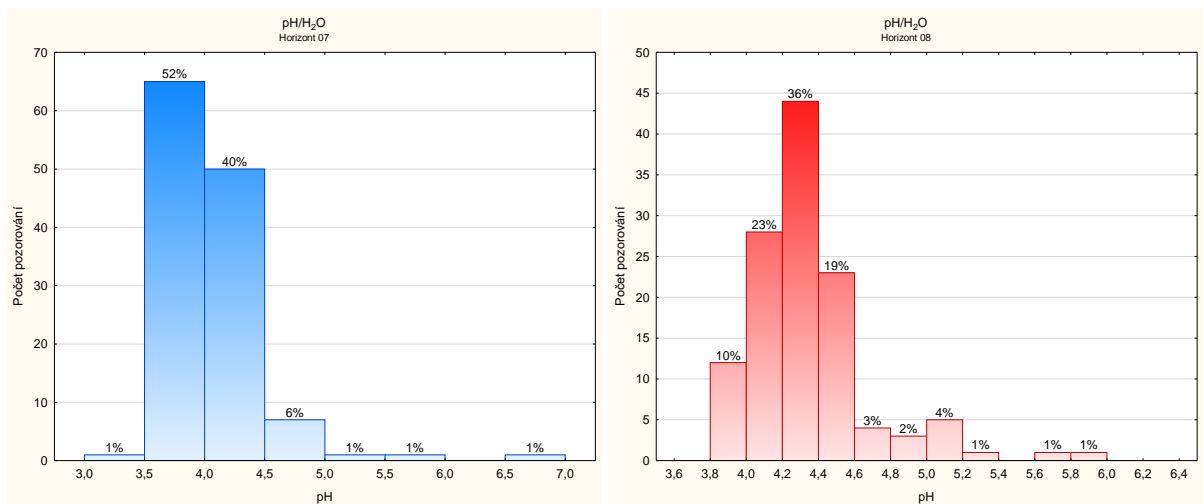
Půdní charakteristiky	Jednotky	Horizont	N platných	Minimum	Maximum	Průměr
pH CaCl₂		08	122	3,20	5,00	3,78
pH H₂O		08	122	3,90	6,00	4,40
Vým. acidita	mmol/kg	08	122	6,40	88,00	48,80
Al	mg/kg	08	122	415,00	9420,00	4109,39
Cd	mg/kg	08	122	0,02	0,79	0,15
Cr	mg/kg	08	122	0,20	10,40	4,46
Cu	mg/kg	08	122	0,50	47,70	3,38
Mn	mg/kg	08	122	0,50	1110,00	204,32
Pb	mg/kg	08	122	3,00	126,00	28,51
Zn	mg/kg	08	122	2,00	53,00	12,79
BS	%	08	-	-	-	-

Půdní charakteristiky	Jednotky	Medián	Spodní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrodatná odhylnka
pH CaCl₂		3,80	3,60	3,90	0	0,30
pH H₂O		4,40	4,20	4,50	0	0,34
Vým. acidita	mmol/kg	49,60	41,60	58,40	179	13,39
Al	mg/kg	4145,0	3105,0	4820,0	2034066	1426,21
Cd	mg/kg	0,105	0,08	0,18	0	0,12
Cr	mg/kg	4,30	3,50	5,20	3	1,71
Cu	mg/kg	2,80	2,00	3,40	19	4,40
Mn	mg/kg	145,00	49,00	311,00	45372	213,01
Pb	mg/kg	22,00	16,00	36,00	388	19,71
Zn	mg/kg	11,00	7,00	16,00	65	8,07
BS	%	-	-	-	-	-

Obrázek 5.21: pH CaCl₂ – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08

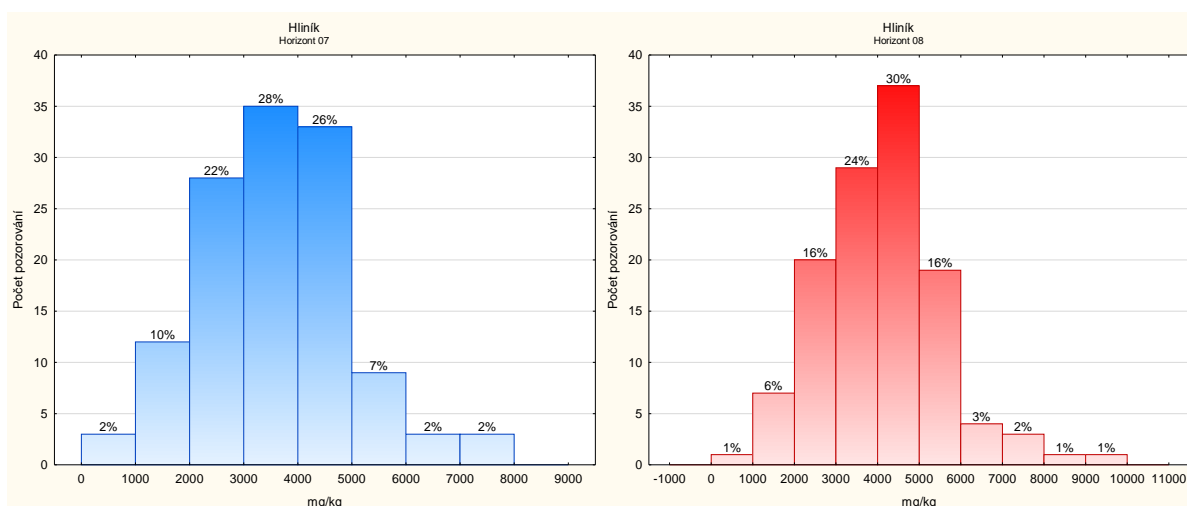


Obrázek 5.22: pH H₂O – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



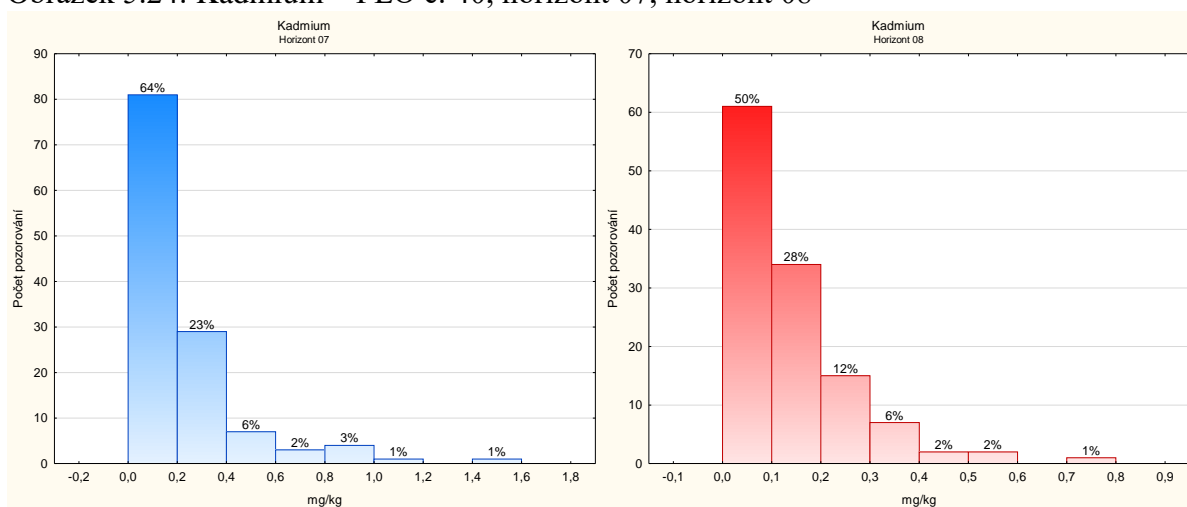
Mediány hodnot výměnné (3,4 – horizont 07 a 3,8 – horizont 08) i aktivní (4,4 – horizont 07 a 4,0 – horizont 08) půdní reakce ukazují na velmi silně kyselé půdy. Menší kyselost je zaznamenána u pH CaCl₂ ve spodním horizontu, u pH H₂O u horního horizontu.

Obrázek 5.23: Hliník – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



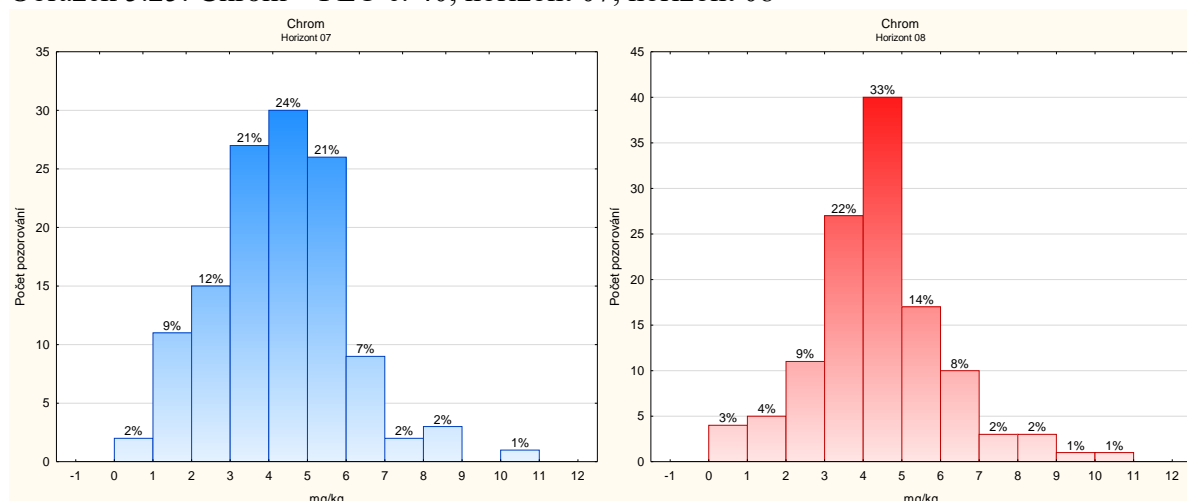
Hodnoty hliníku v minerální půdě informují o středních až vysokých obsazích tohoto prvku v půdě. Rozdělení četností je rovnoměrně pravidelné s mediány 3552,5 mg.kg⁻¹ u horního horizontu a 4145 mg.kg⁻¹ u spodního horizontu.

Obrázek 5.24: Kadmium – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



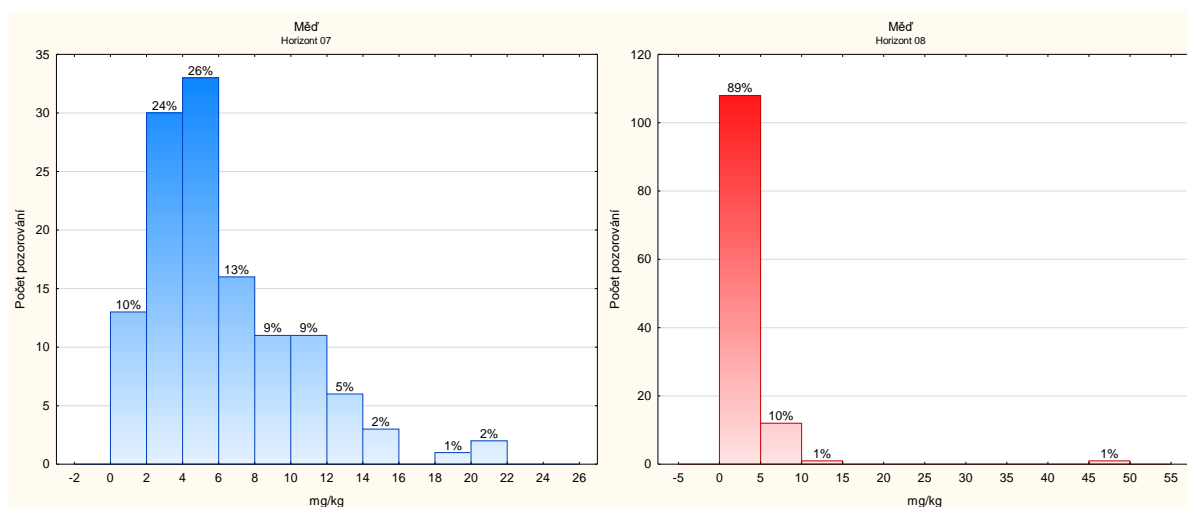
Hodnota mediánu v horním horizontu 0,16 mg.kg⁻¹ i hodnota mediánu ve spodním horizontu 0,105 mg.kg⁻¹ informují o vyšším zatížení půdního prostředí kadmíem.

Obrázek 5.25: Chrom – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



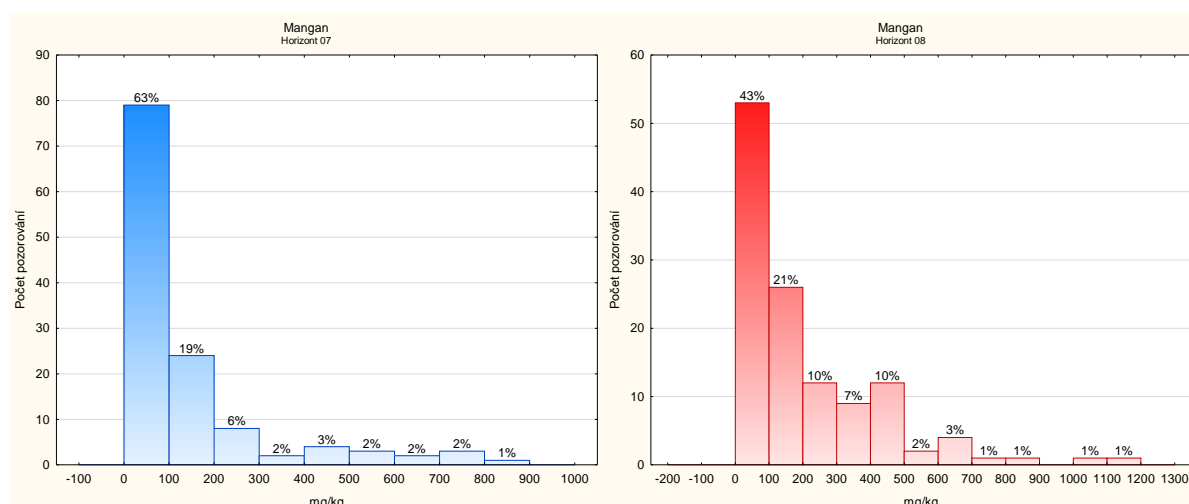
Střední úrovní zatížení odpovídají hodnoty mediánů u horizontu 07 i 08. Hodnota mediánu je pro oba horizonty shodně $4,3 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Obrázek 5.26: Měď – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



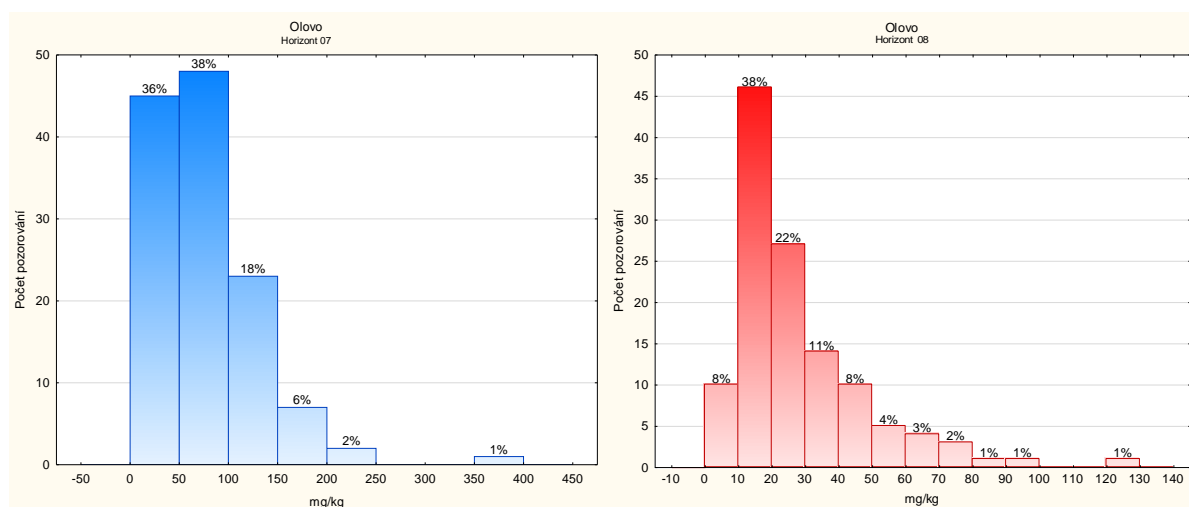
Hodnota mediánu horního horizontu je $5,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ a ukazuje na vyšší zatížení prvkem. U spodního horizontu dochází k prudkému poklesu hodnoty mediánu na $2,8 \text{ mg.kg}^{-1}$. Rozdělení četností je levostranné u obou půdních horizontů a informuje spíše o přirozené zátěži půdního prostředí.

Obrázek 5.27: Mangan – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



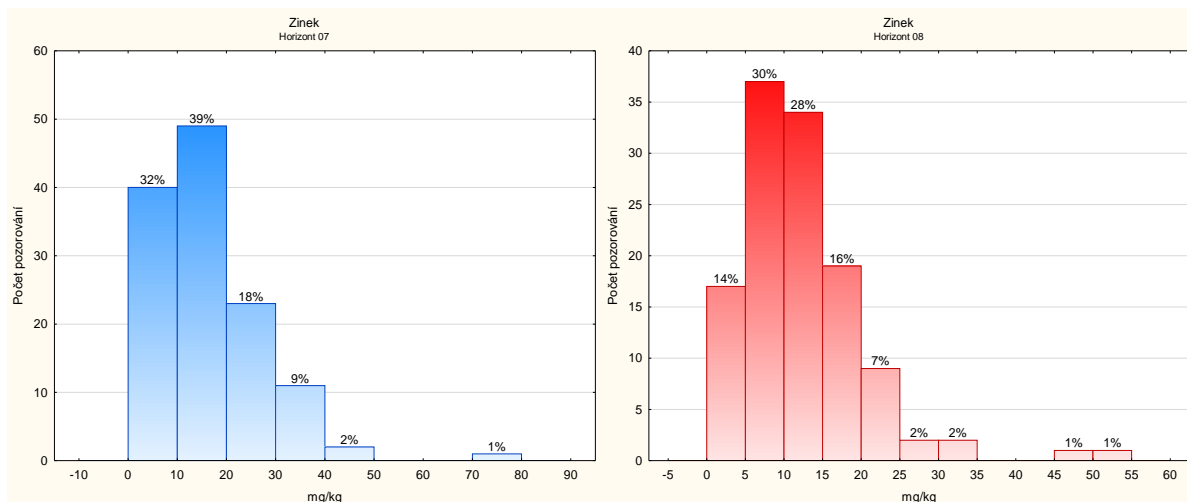
Obsah manganu v půdě je nízký až střední. Medián obsahu v horním minerálním horizontu je $65,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, ve spodním minerálním horizontu 145 mg.kg^{-1} .

Obrázek 5.28: Olovo – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



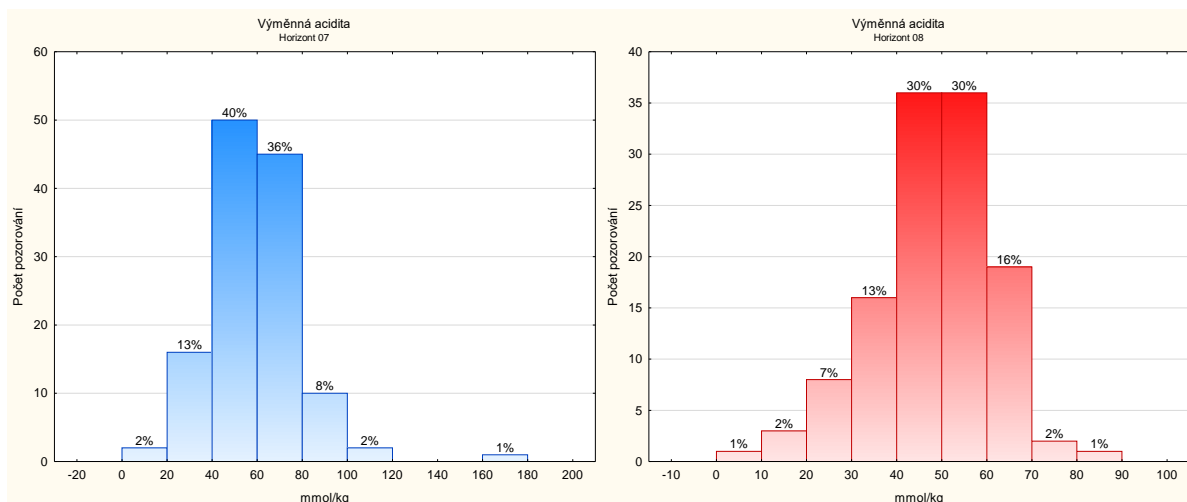
V minerální půdě dosahují obsahy olova vysokých hodnot mediánu v horním horizontu ($62,5 \text{ mg.kg}^{-1}$), kde byla hodnota přesahující 100 mg.kg^{-1} naměřena na 35 odběrných místech. U spodního horizontu je hodnota mediánu 22 mg.kg^{-1} . Hodnoty vypovídají o vysokém zatížení oblasti tímto prvkem.

Obrázek 5.29: Zinek – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



Obsahy zinku v obou horizontech dosahují nízkých hodnot. Medián pro horizont 07 má hodnotu 14 mg.kg⁻¹, pro horizont 08 má hodnotu 11 mg.kg⁻¹.

Obrázek 5.30: Výměnná acidita – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



Nižší hodnoty mediánů výměnné kapacity 58,4 a 49,6 mmol(+).kg⁻¹ ukazují na možnost doplnění sorpčního komplexu dvojmocnými bázemi (Ca a Mg).

5.2.2 Minerální půda – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07, horizont 08

Tabulka č. 14: Minerální půda – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07

Půdní charakteristiky	Jednotky	Horizont	Počet vzorků	Minimum	Maximum	Průměr
pH CaCl ₂		07	30	3,30	3,80	3,59
pH H ₂ O		07	30	3,90	4,50	4,23
Vým. acidita	mmol/kg	07	30	70,40	108,00	83,57
Al	mg/kg	07	30	3180,00	12450,00	7057,50
Cd	mg/kg	07	30	0,08	0,18	0,11
Cr	mg/kg	07	30	1,80	27,90	6,68
Cu	mg/kg	07	30	0,80	4,80	1,78
Mn	mg/kg	07	30	11,00	553,00	165,63
Pb	mg/kg	07	30	23,00	57,00	38,67
Zn	mg/kg	07	30	4,00	39,00	16,27
BS	%	07	30	4,80	20,00	9,953

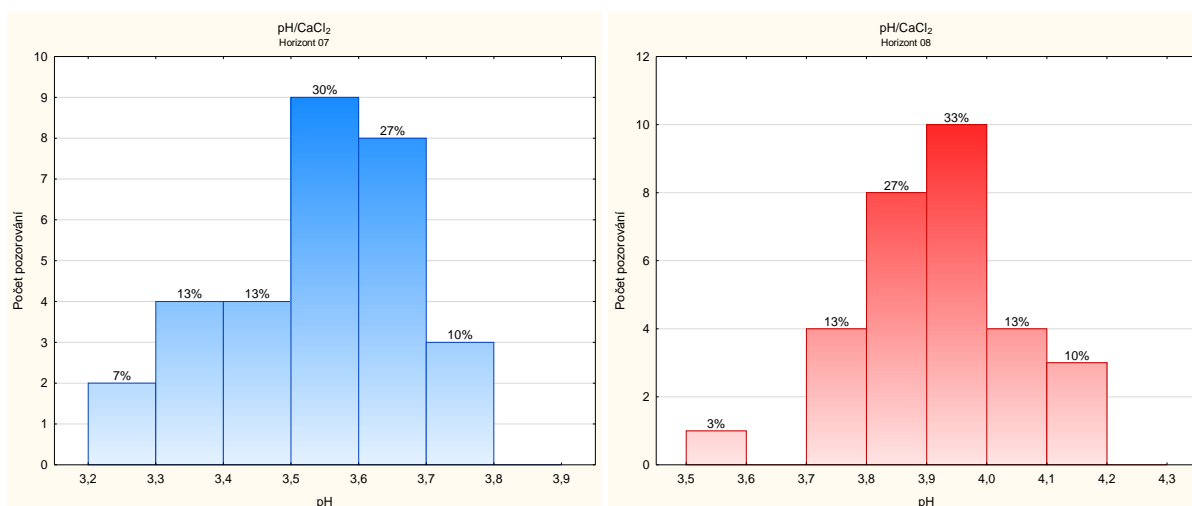
Půdní charakteristiky	Jednotky	Medián	Spodní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrodatná odhylnka
pH CaCl ₂		3,60	3,50	3,70	0	0,14
pH H ₂ O		4,25	4,10	4,30	0	0,15
Vým. acidita	mmol/kg	83,20	76,00	86,40	80	8,92
Al	mg/kg	7095,00	5520,00	8540,00	5275319	2296,81
Cd	mg/kg	0,11	0,09	0,13	0	0,026
Cr	mg/kg	5,85	4,60	7,10	23	4,84
Cu	mg/kg	1,60	1,20	2,10	1	0,88
Mn	mg/kg	145,50	75,00	217,00	16787	129,56
Pb	mg/kg	39,00	32,00	45,00	60	7,77
Zn	mg/kg	14,50	12,00	20,00	67	8,18
BS	%	8,95	7,30	12,10	14,71499	3,836

Tabulka č. 15: Minerální půda – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 08

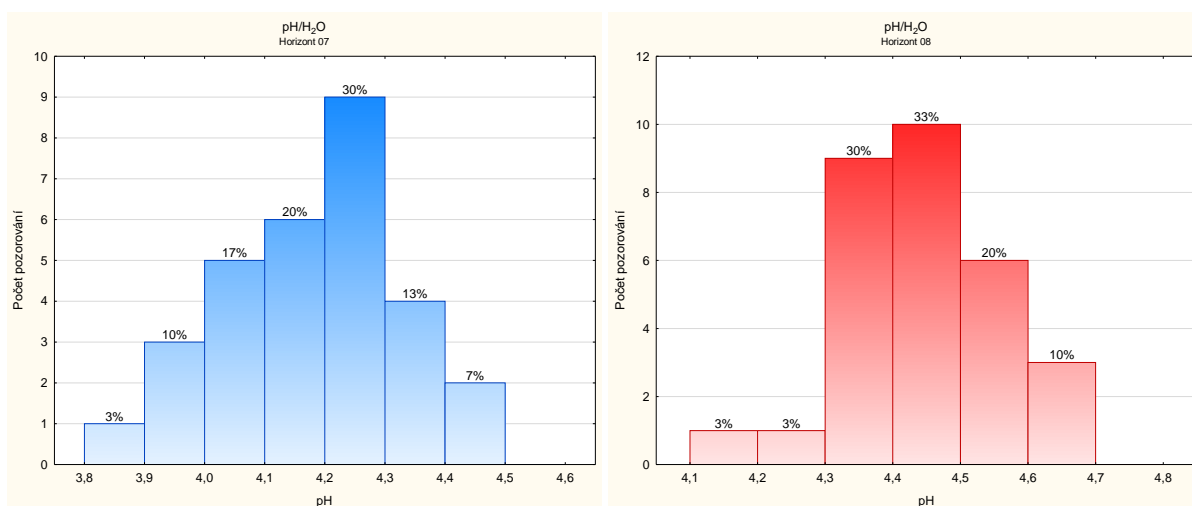
Půdní charakteristiky	Jednotky	Horizont	Počet vzorků	Minimum	Maximum	Průměr
pH CaCl₂		08	30	3,600	4,20	3,97
pH H₂O		08	30	4,200	4,70	4,49
Vým. acidita	mmol/kg	08	30	40,800	92,80	66,08
Al	mg/kg	08	30	4360,00	13550,00	8945,17
Cd	mg/kg	08	30	0,040	0,18	0,11
Cr	mg/kg	08	30	1,900	27,30	6,96
Cu	mg/kg	08	30	0,600	4,30	1,34
Mn	mg/kg	08	30	34,000	705,00	251,67
Pb	mg/kg	08	30	16,000	45,00	23,93
Zn	mg/kg	08	30	6,000	43,00	17,43
BS	%	08	30	4,20	16,50	10,36

Půdní charakteristiky	Jednotky	Medián	Spodní kvartil	Horní kvartil	Rozptyl	Směrodatná odhylka
pH CaCl₂		4,00	3,90	4,00	0	0,14
pH H₂O		4,50	4,40	4,60	0	0,12
Vým. acidita	mmol/kg	67,20	58,40	72,00	145	12,04
Al	mg/kg	8382,50	7330,00	11125,00	6209347	2491,86
Cd	mg/kg	0,10	0,08	0,13	0	0,038
Cr	mg/kg	5,80	4,90	8,10	22	4,67
Cu	mg/kg	1,10	0,80	1,50	1	0,76
Mn	mg/kg	257,00	82,00	338,00	29630	172,14
Pb	mg/kg	22,50	20,00	27,00	47	6,83
Zn	mg/kg	16,00	12,00	20,00	73	8,53
BS	%	10,35	7,00	12,90	13,163	3,628

Obrázek 5.31: pH CaCl₂ – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08

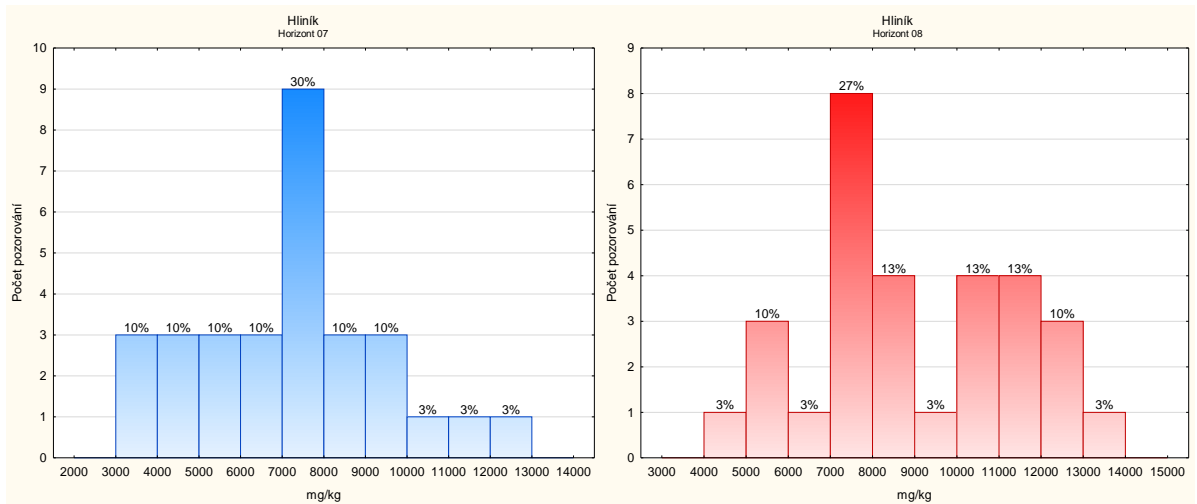


Obrázek 5.32: pH H₂O – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



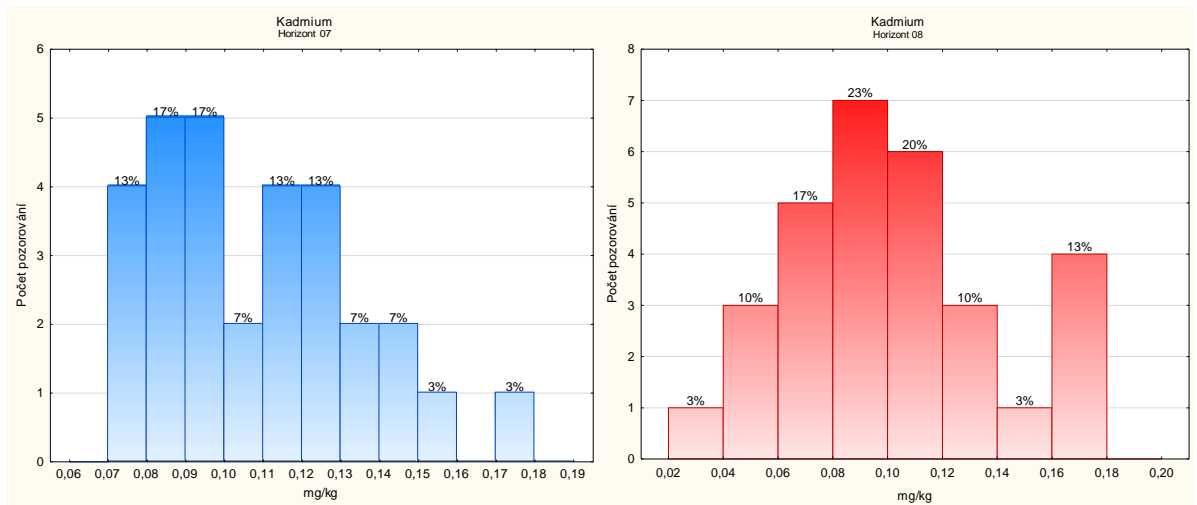
Mediány hodnot výměnné půdní reakce (3,6 – horizont 07 a 4,0 – horizont 08) i aktivní půdní reakce (4,25 – horizont 07 a 4,5 – horizont 08) ukazují na velmi kyselé půdy. Menší kyselost je u obou pH zaznamenána ve spodním horizontu.

Obrázek 5.33: Hliník – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



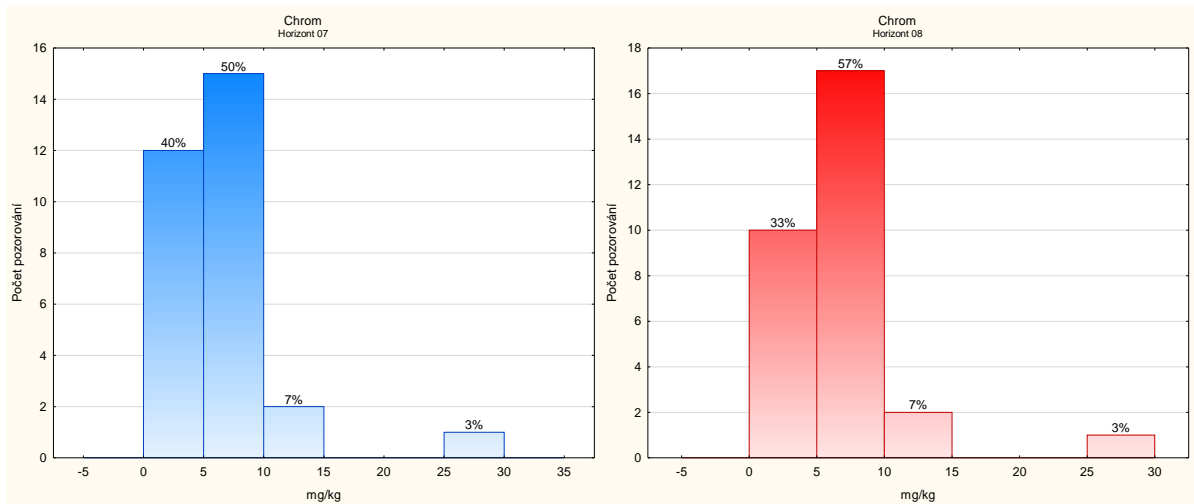
Rozložení četnosti obsahů hliníku je rovnoměrné u obou horizontů. Obě hodnoty mediánů (7095 mg.kg^{-1} a $8382,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) informují o vysokém obsahu tohoto prvku v půdě.

Obrázek 5.34: Kadmium – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



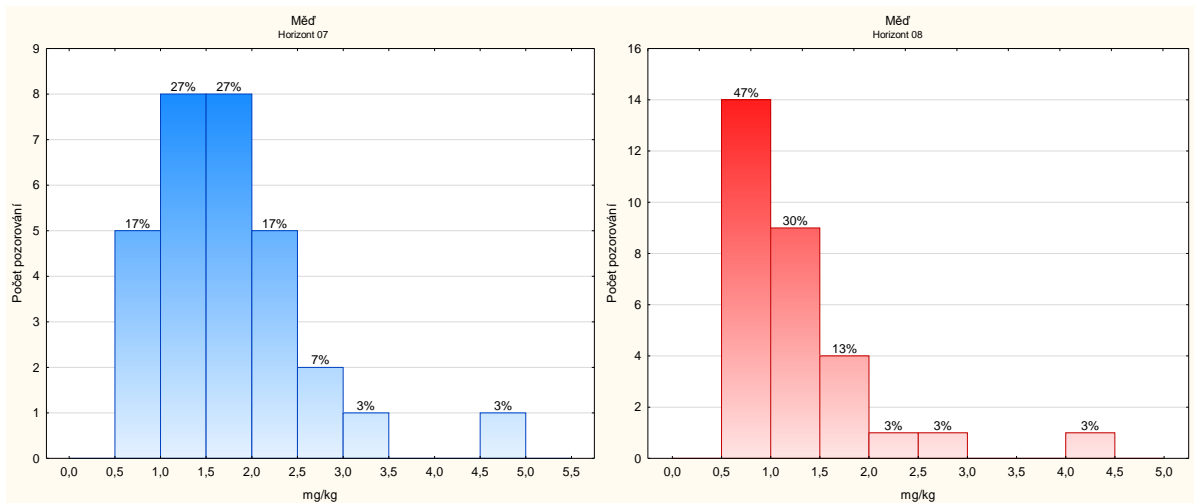
Medián ve svrchním horizontu s hodnotou $0,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ i medián spodního horizontu s hodnotou $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ ukazují na vyšší zatížení oblasti kadmiiem.

Obrázek 5.35: Chrom – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



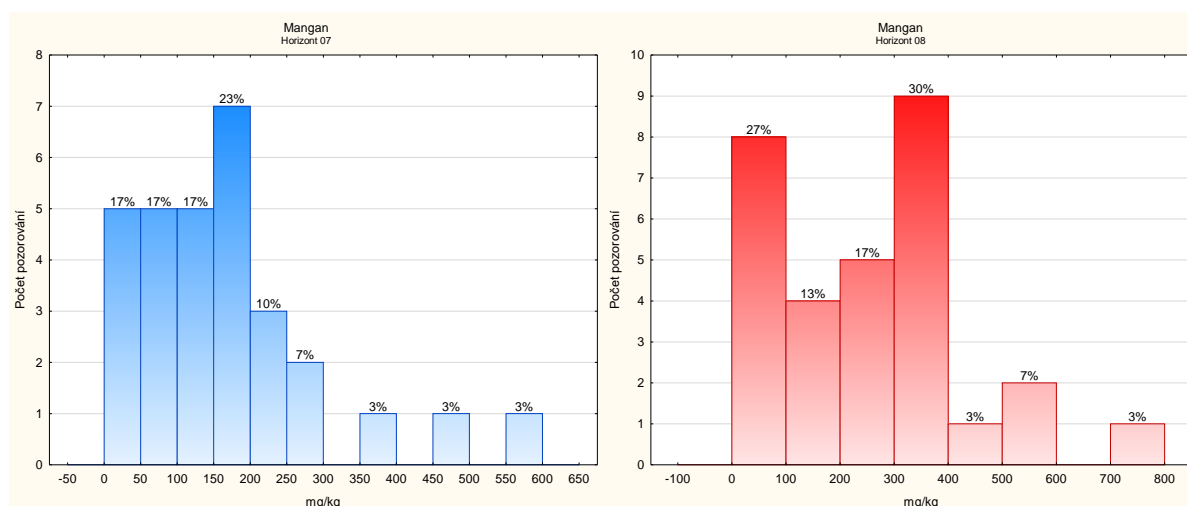
Podobně jako u kadmia i mediány minerálních půdních horizontů chromu informují na vyšší zatížení tímto prvkem. Hodnota mediánu svrchního horizontu – $5,85\text{mg.kg}^{-1}$, hodnota mediánu spodního horizontu $5,8\text{ mg.kg}^{-1}$.

Obrázek 5.36: Měď – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



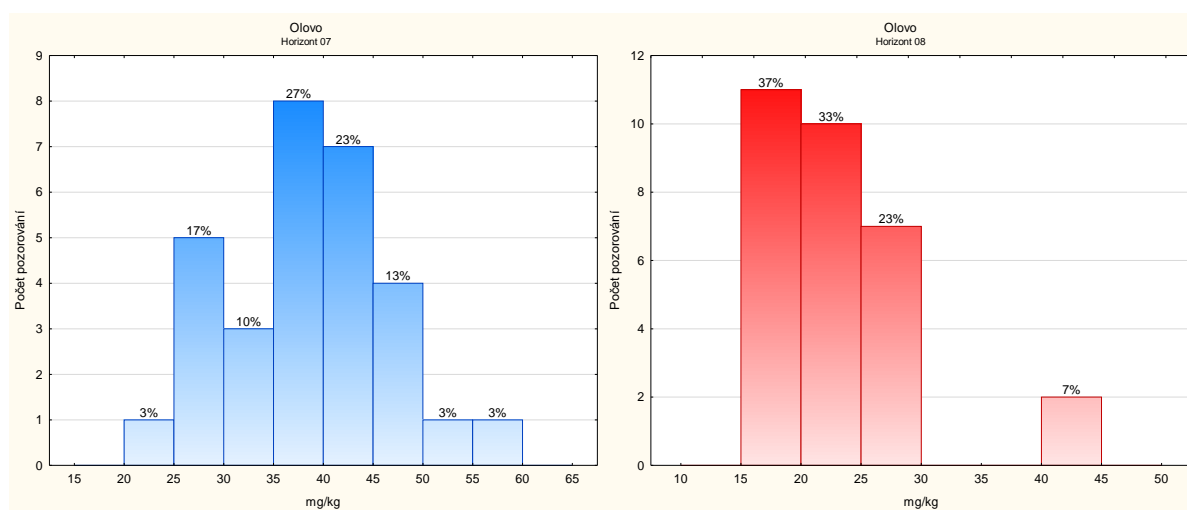
V případě mědi ukazuje hodnota mediánu horního horizontu ($1,6\text{ mg.kg}^{-1}$) i hodnota mediánu spodního horizontu ($1,1\text{ mg.kg}^{-1}$) na nízké zatížení lokality tímto prvkem.

Obrázek 5.37: Mangan – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



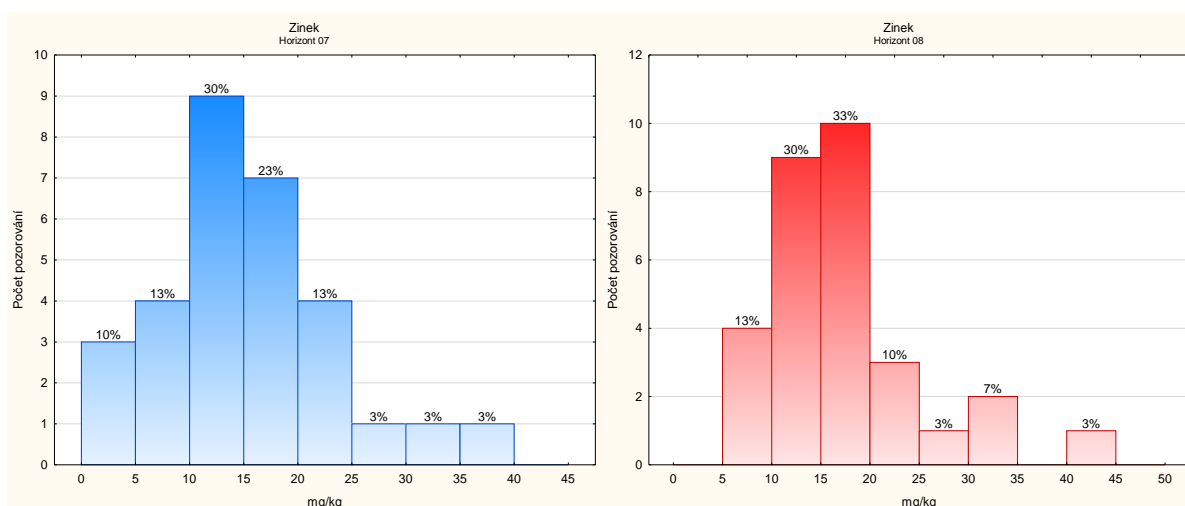
Obsah manganu v obou minerálních půdních horizontech je na střední úrovni, čemuž napovídají i naměřené mediány. U horizontu 07 - 145,5 mg.kg⁻¹ Mn, u horizontu 08 - 257 mg.kg⁻¹ Mn.

Obrázek 5.38: Olovo – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



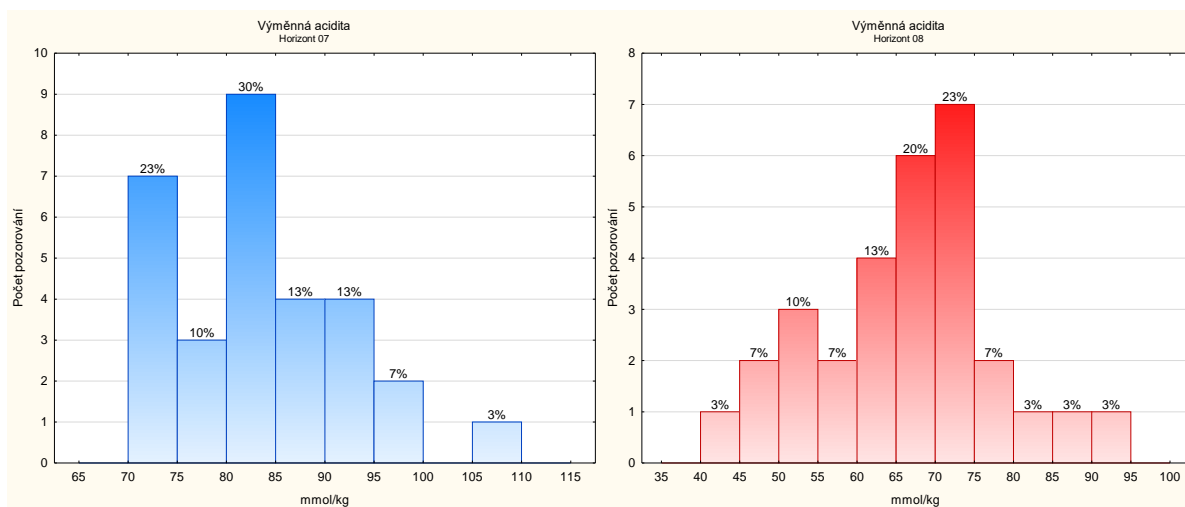
Obsahy olova v minerálních horizontech dosahují podle hodnot mediánů středních hodnot. V horním minerálním horizontu je hodnota mediánu 39,0 mg.kg⁻¹, ve spodním minerálním horizontu je hodnota mediánu 22,5 mg.kg⁻¹.

Obrázek 5.39: Zinek – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



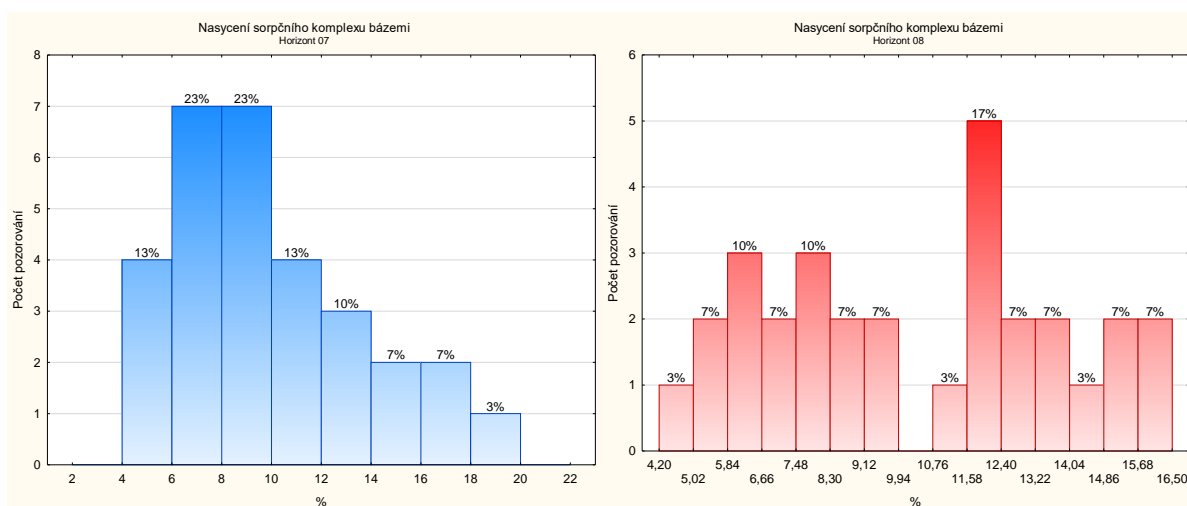
Na nízké hodnoty obsahu zinku v minerální půdě ukazují hodnoty mediánů v horizontu 07 (14,5 mg.kg⁻¹) i v horizontu 08 (16 mg.kg⁻¹).

Obrázek 5.40: Výměnná acidita – PLO č. 14, horizont 07, horizont 08



Hodnoty mediánů výměnné kapacity 83,2 a 67,2 mmol(+).kg⁻¹ informují o nízkém zásobení sorpčního komplexu bázemi.

Obrázek 5.41: Nasycení sorpčního komplexu bázemi – PLO č. 40, horizont 07, horizont 08



Sycení bázemi dosahuje v oblasti Novohradských hor velmi nízkých hodnot. Mediány jsou 8,95 % pro horní minerální horizont a 10,35 % pro spodní minerální horizont.

6. Statistické zpracování dat

6.1 Organický horizont – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

6.1.1 Korelační matice – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 02

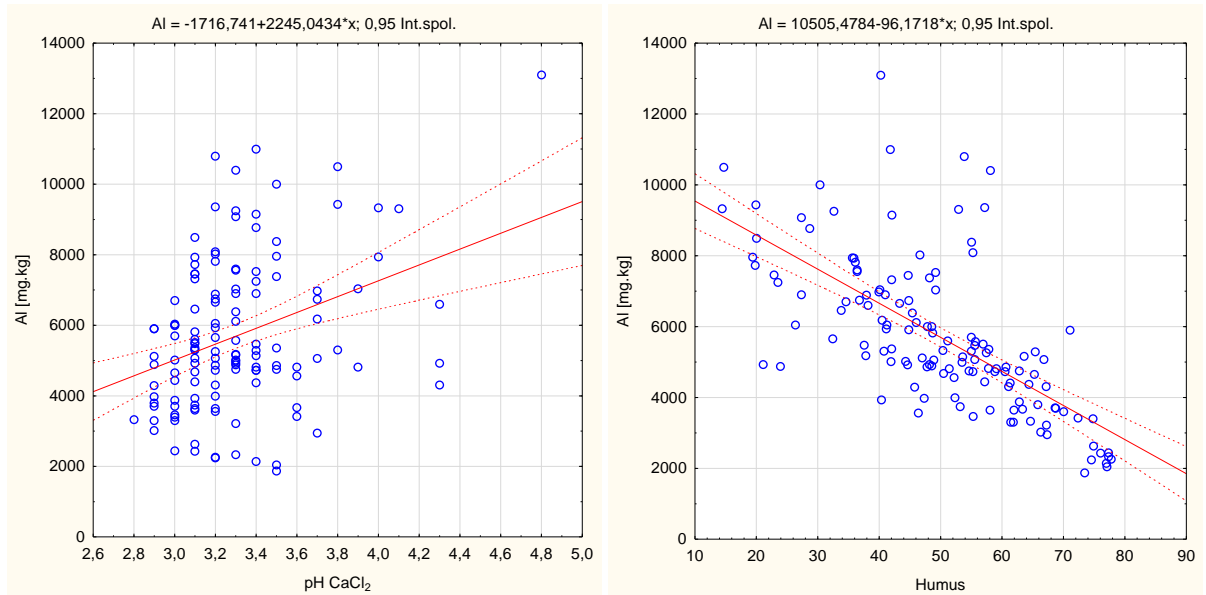
Korelace představuje vzájemný vztah mezi dvěma veličinami nebo procesy. Pokud se jedna z veličin změní, změní se korelativně i druhá a naopak. Míru korelace vyjadřuje korelační koeficient, který může nabývat hodnot od -1 do +1. V tabulkách č. 19, č. 21 a č. 22 jsou uvedeny korelační matice pro jednotlivé horizonty PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy. Hodnoty, které dosahují hladiny významnosti alespoň 0,05, jsou v tabulkách označeny červeně.

Tabulka č. 16: Korelační matice – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 02

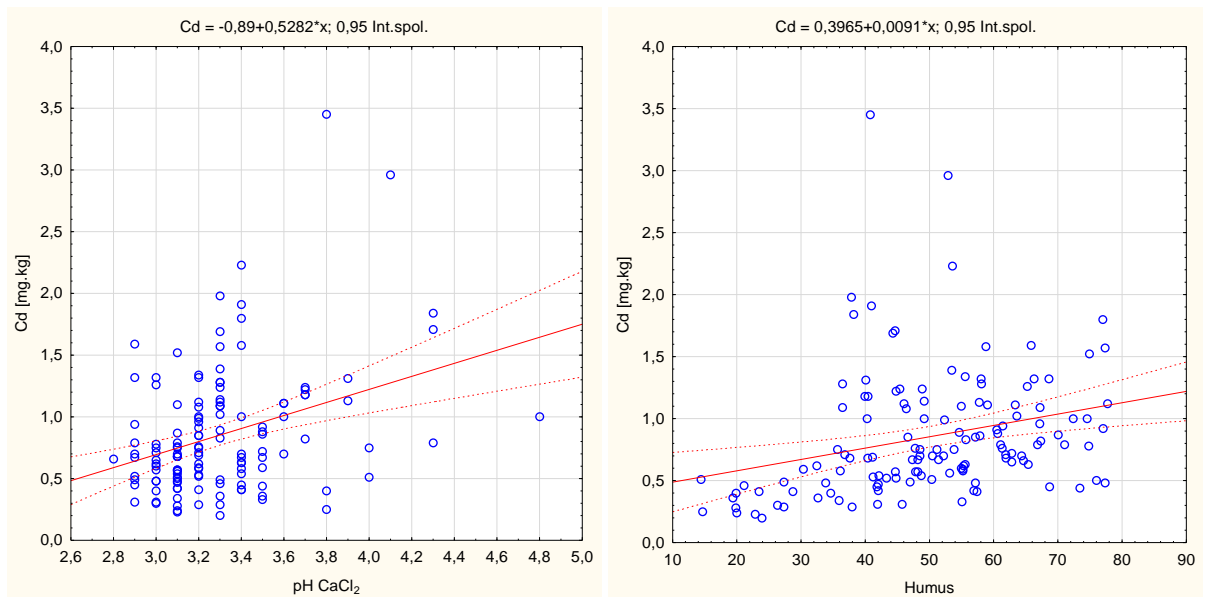
		Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$										N=133	
Proměnná	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	N	C _{ox}	Množství humusu	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	
pH CaCl ₂	1,0000	,9060	-,0350	-,1636	-,1941	,3456	,3435	,1304	-,1218	,7288	-,1608	,2124	
	p=---	p=0,00	p=,689	p=,060	p=,025	p=,000	p=,000	p=,135	p=,162	p=0,00	p=,065	p=,014	
pH H ₂ O	,9060	1,0000	,1528	,0641	,0462	,1171	,4104	,0071	-,0803	,6754	-,1424	,2137	
	p=0,00	p=---	p=,079	p=,463	p=,597	p=,180	p=,000	p=,935	p=,358	p=0,00	p=,102	p=,014	
N	-,0350	,1528	1,0000	,8276	,8287	-,5525	,3646	-,2952	,2025	,1425	,1223	,2242	
	p=---	p=,079	p=---	p=0,00	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,001	p=,019	p=,102	p=,161	p=,009	
C _{ox}	-,1636	,0641	,8276	1,0000	,8932	-,7322	,1974	-,4451	,0733	,0372	,0142	,1223	
	p=,060	p=,463	p=0,00	p=---	p=0,00	p=0,00	p=,023	p=,000	p=,401	p=,671	p=,871	p=,161	
Množství humusu	-,1941	,0462	,8287	,8932	1,0000	-,6760	,2715	-,4013	,2068	-,0122	,0693	,1483	
	p=,025	p=,597	p=0,00	p=0,00	p=---	p=0,00	p=,002	p=,000	p=,017	p=,890	p=,428	p=,088	
Al	,3456	,1171	-,5525	-,7322	-,6760	1,0000	-,1562	,4260	-,1097	,1613	-,1114	-,0913	
	p=,000	p=,180	p=,000	p=0,00	p=0,00	p=---	p=,073	p=,000	p=,209	p=,064	p=,202	p=,296	
Cd	,3435	,4104	,3646	,1974	,2715	-,1562	1,0000	,4045	,5808	,4499	,5496	,5876	
	p=,000	p=,000	p=,000	p=,023	p=,002	p=,073	p=---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	
Cr	,1304	,0071	-,2952	-,4451	-,4013	,4260	,4045	1,0000	,7199	,1626	,6720	,3605	
	p=,135	p=,935	p=,001	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=---	p=0,00	p=,061	p=,000	p=,000	
Cu	-,1218	-,0803	,2025	,0733	,2068	-,1097	,5808	,7199	1,0000	,0426	,7914	,4248	
	p=,162	p=,358	p=,019	p=,401	p=,017	p=,209	p=,000	p=0,00	p=---	p=,626	p=0,00	p=,000	
Mn	,7288	,6754	,1425	,0372	-,0122	,1613	,4499	,1626	,0426	1,0000	-,0725	,3414	
	p=0,00	p=0,00	p=,102	p=,671	p=,890	p=,064	p=,000	p=,061	p=,626	p=---	p=,407	p=,000	
Pb	-,1608	-,1424	,1223	,0142	,0693	-,1114	,5496	,6720	,7914	-,0725	1,0000	,3872	
	p=,065	p=,102	p=,161	p=,871	p=,428	p=,202	p=,000	p=,000	p=0,00	p=,407	p=---	p=,000	
Zn	,2124	,2137	,2242	,1223	,1483	-,0913	,5876	,3605	,4248	,3414	,3872	1,0000	
	p=,014	p=,014	p=,009	p=,161	p=,088	p=,296	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=---	

6.1.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 02

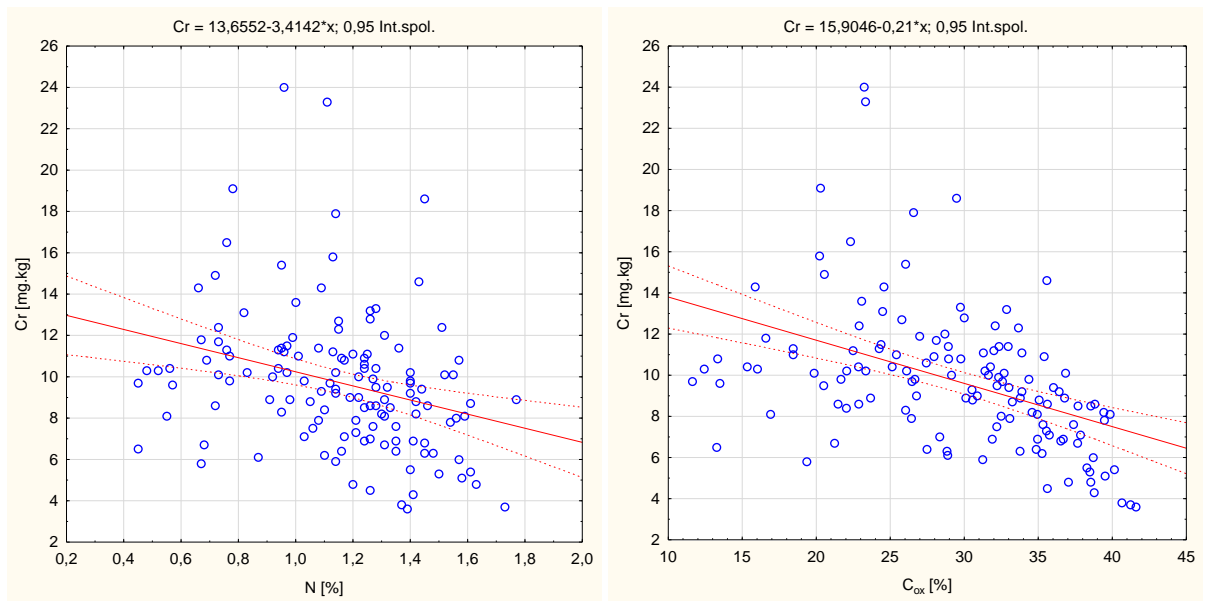
Obrázek 6.1: Hliník - PLO č. 40, horizont 02



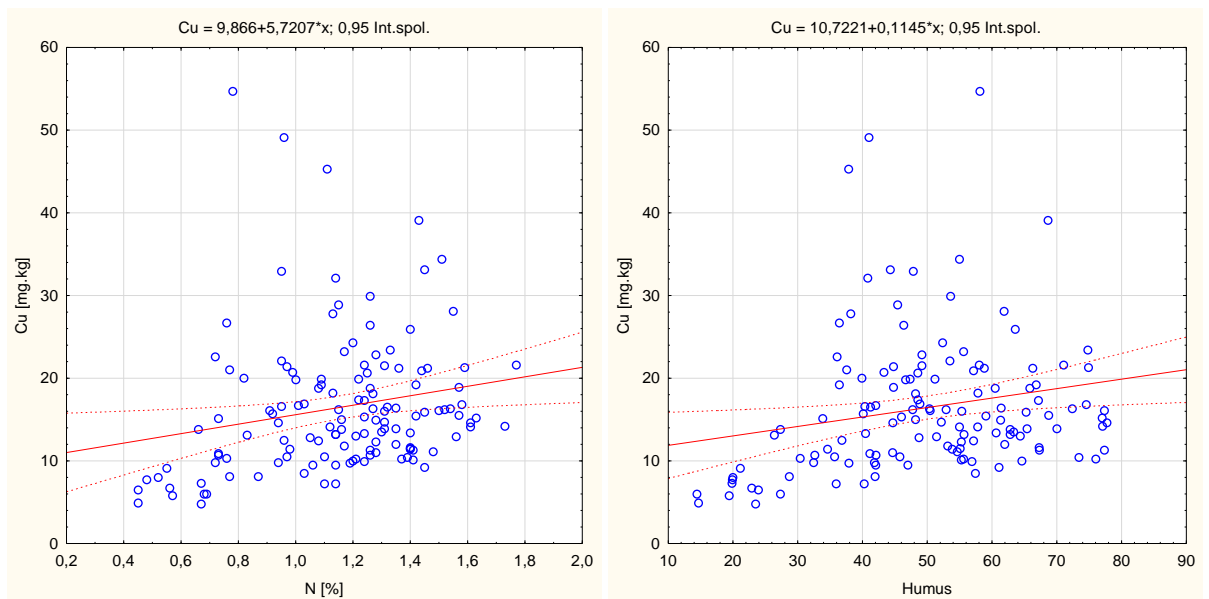
Obrázek 6.2: Kadmium - PLO č. 40, horizont 02



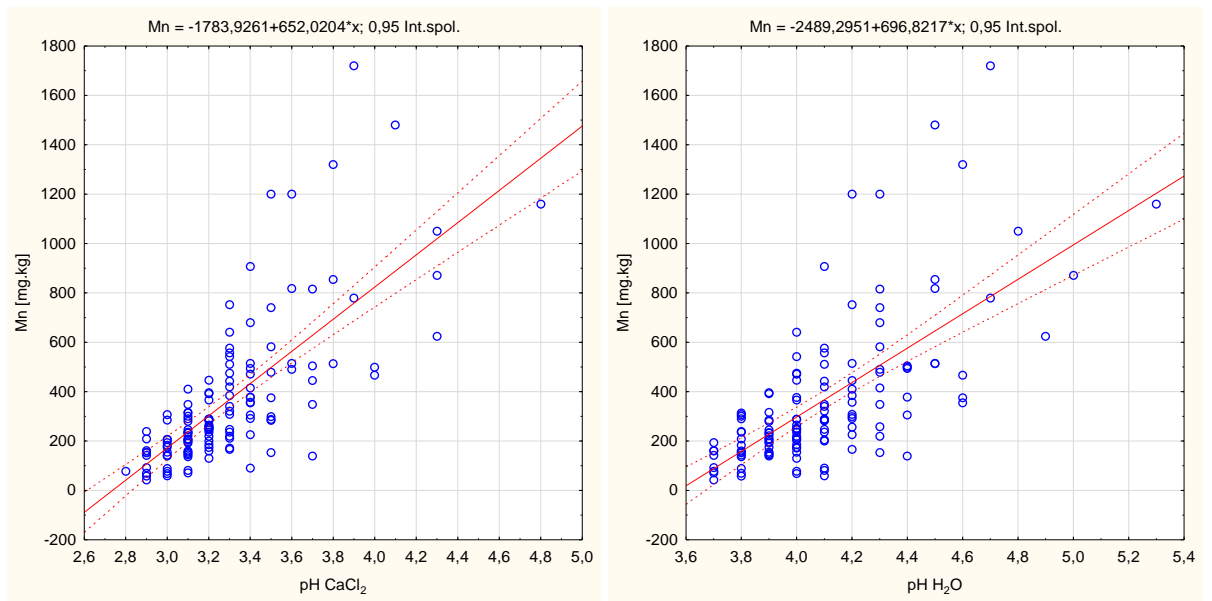
Obrázek 6.3: Chrom - PLO č. 40, horizont 02



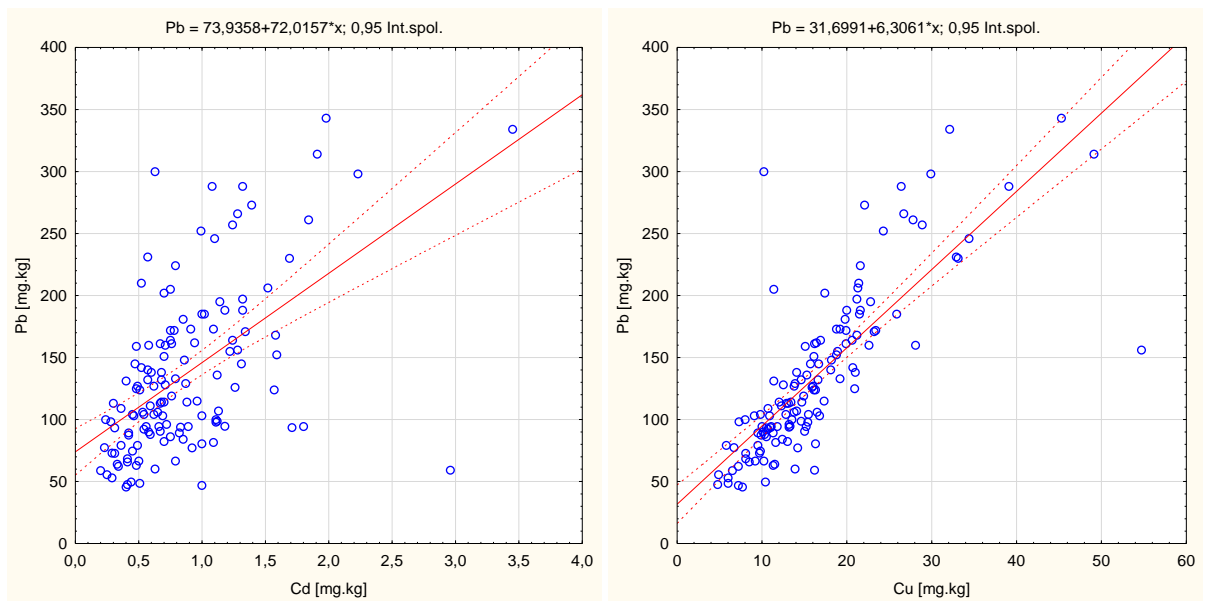
Obrázek 6.4: Měď - PLO č. 40, horizont 02



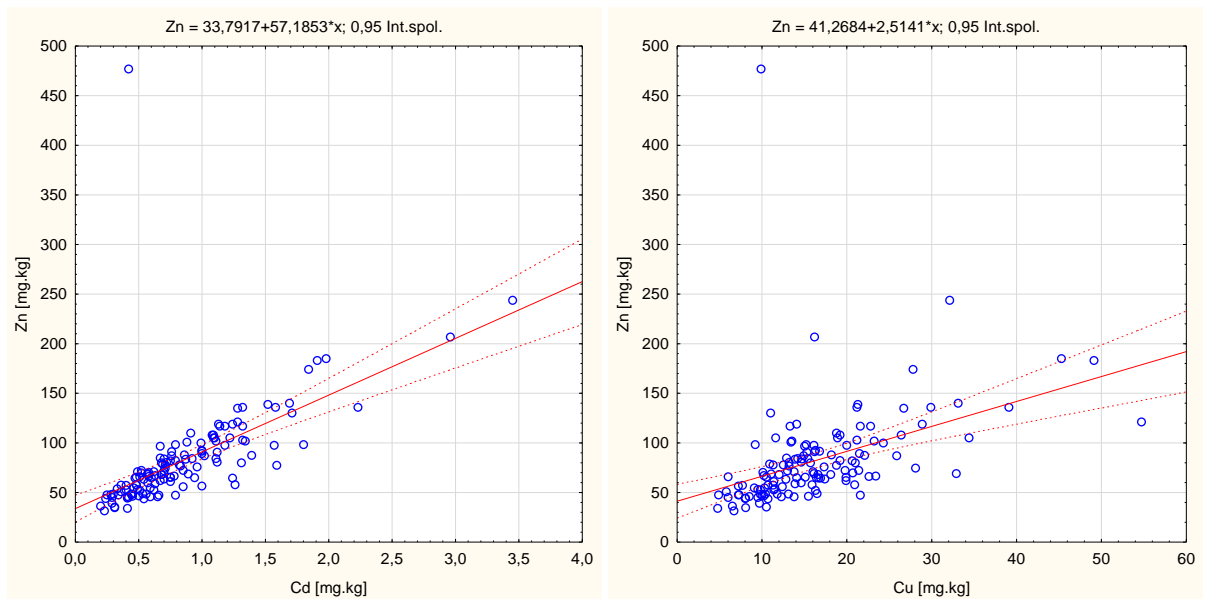
Obrázek 6.5: Mangan - PLO č. 40, horizont 02



Obrázek 6.6: Olovo - PLO č. 40, horizont 02



Obrázek 6.7: Zinek - PLO č. 40, horizont 02



6.2 Organický horizont – PLO č. 14 Novohradské hory

6.2.1 Korelační matice – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 02

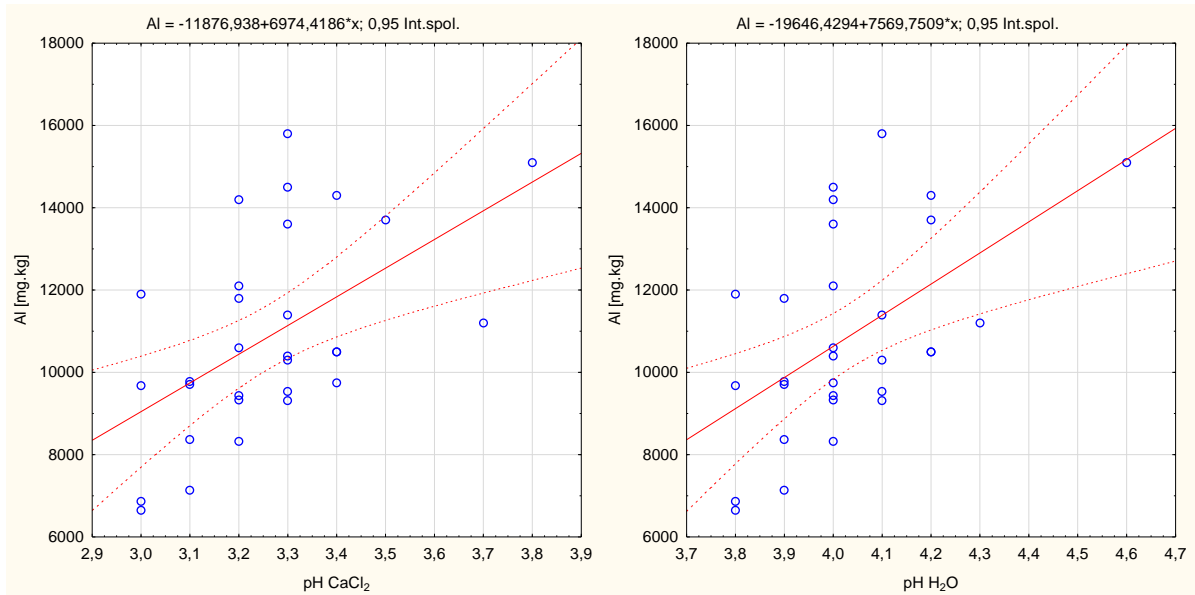
V tabulkách č. 20, č. 23 a č. 24 jsou uvedeny korelační matice pro jednotlivé horizonty PLO č. 14 Novohradské hory. Hodnoty, které dosahují hladiny významnosti alespoň 0,05, jsou v tabulkách označeny červeně.

Tabulka č. 17: Korelační matice – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 02

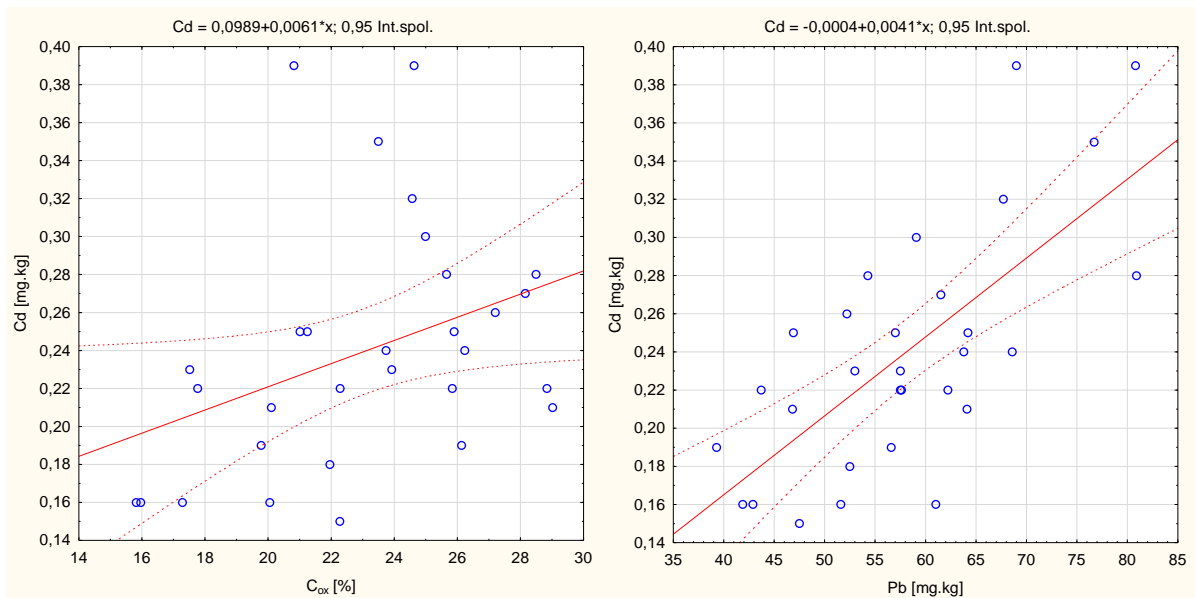
		Označ. korelace jsou významné na hlad. p < ,05000											N=30	
Proměnná	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	N	C _{ox}	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	Množství humusu		
pH CaCl ₂	1,0000	,9499	-,2372	-,4916	,5391	-,2776	,2681	,1428	,6930	-,3917	,5347	-,5714		
	p=---	p=,000	p=,207	p=,006	p=,002	p=,137	p=,152	p=,451	p=,000	p=,032	p=,002	p=,001		
pH H ₂ O	,9499	1,0000	-,2234	-,4650	,5289	-,3154	,2187	,1623	,7041	-,4434	,5142	-,5815		
	p=,000	p=---	p=,235	p=,010	p=,003	p=,090	p=,246	p=,391	p=,000	p=,014	p=,004	p=,001		
N	-,2372	-,2234	1,0000	,8413	-,3159	,2880	,0238	-,0440	-,3135	,1693	-,2131	,6404		
	p=,207	p=,235	p=---	p=,000	p=,089	p=,123	p=,901	p=,817	p=,092	p=,371	p=,258	p=,000		
C _{ox}	-,4916	-,4650	,8413	1,0000	-,4754	,3693	-,1411	-,1168	-,4124	,3860	-,3703	,8254		
	p=,006	p=,010	p=,000	p=---	p=,008	p=,045	p=,457	p=,539	p=,024	p=,035	p=,044	p=,000		
Al	,5391	,5289	-,3159	-,4754	1,0000	-,0839	,4122	,4838	,5856	-,3008	,7761	-,3141		
	p=,002	p=,003	p=,089	p=,008	p=---	p=,659	p=,024	p=,007	p=,001	p=,106	p=,000	p=,091		
Cd	-,2776	-,3154	,2880	,3693	-,0839	1,0000	-,0420	,2152	-,1383	,7048	,0437	,6884		
	p=,137	p=,090	p=,123	p=,045	p=,659	p=---	p=,825	p=,253	p=,466	p=,000	p=,819	p=,000		
Cr	,2681	,2187	,0238	-,1411	,4122	-,0420	1,0000	,3302	,4110	-,0056	,3902	-,0350		
	p=,152	p=,246	p=,901	p=,457	p=,024	p=,825	p=---	p=,075	p=,024	p=,977	p=,033	p=,854		
Cu	,1428	,1623	-,0440	-,1168	,4838	,2152	,3302	1,0000	,1949	,3355	,7110	,0533		
	p=,451	p=,391	p=,817	p=,539	p=,007	p=,253	p=,075	p=---	p=,302	p=,070	p=,000	p=,780		
Mn	,6930	,7041	-,3135	-,4124	,5856	-,1383	,4110	,1949	1,0000	-,2424	,6470	-,3025		
	p=,000	p=,000	p=,092	p=,024	p=,001	p=,466	p=,024	p=,302	p=---	p=,197	p=,000	p=,104		
Pb	-,3917	-,4434	,1693	,3860	-,3008	,7048	-,0056	,3355	-,2424	1,0000	,0162	,6221		
	p=,032	p=,014	p=,371	p=,035	p=,106	p=,000	p=,977	p=,070	p=,197	p=---	p=,932	p=,000		
Zn	,5347	,5142	-,2131	-,3703	,7761	,0437	,3902	,7110	,6470	,0162	1,0000	-,1623		
	p=,002	p=,004	p=,258	p=,044	p=,000	p=,819	p=,033	p=,000	p=,000	p=,932	p=---	p=,392		
Množství humusu	-,5714	-,5815	,6404	,8254	-,3141	,6884	-,0350	,0533	-,3025	,6221	-,1623	1,0000		
	p=,001	p=,001	p=,000	p=,000	p=,091	p=,000	p=,854	p=,780	p=,104	p=,000	p=,392	p=---		

6.2.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 02

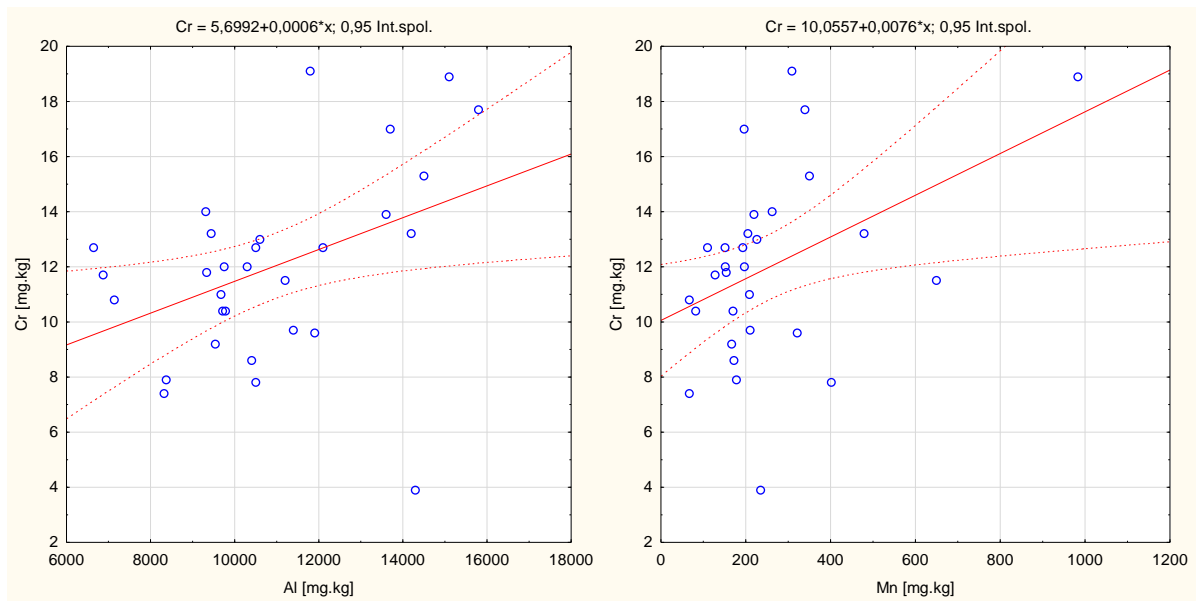
Obrázek 6.8: Hliník - PLO č. 14, horizont 02



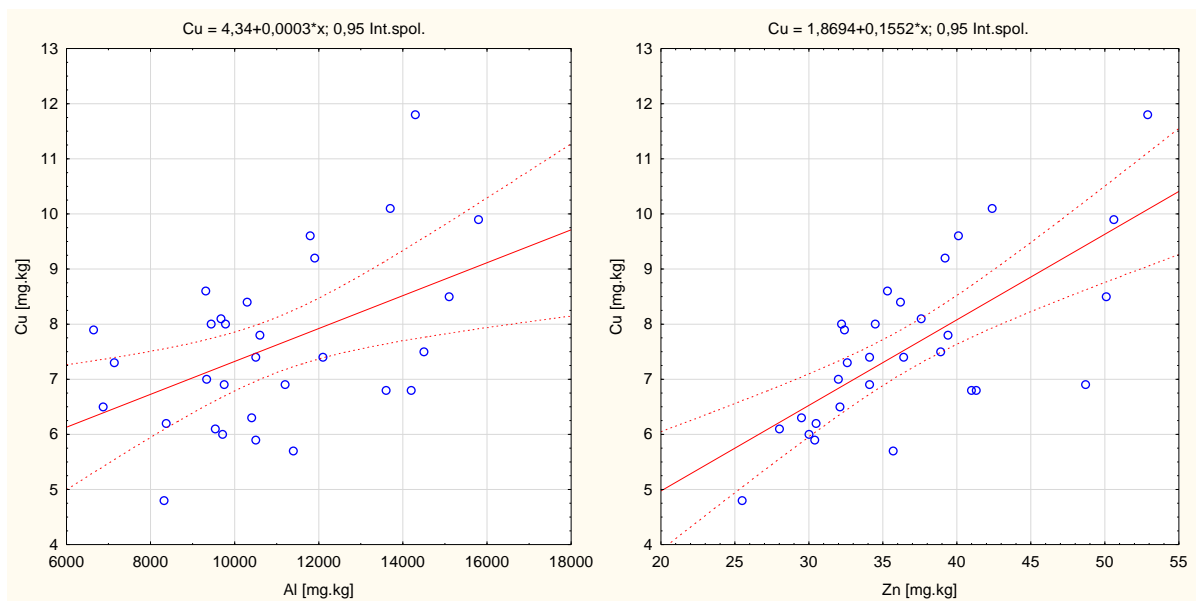
Obrázek 6.9: Kadmium - PLO č. 14, horizont 02



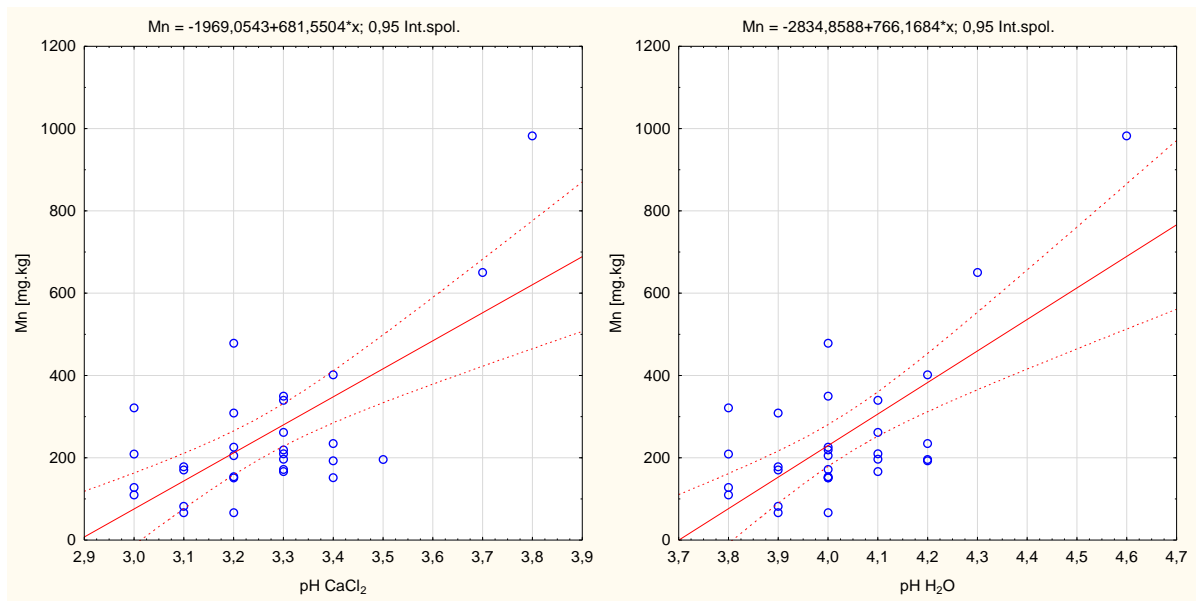
Obrázek 6.10: Chrom - PLO č. 14, horizont 02



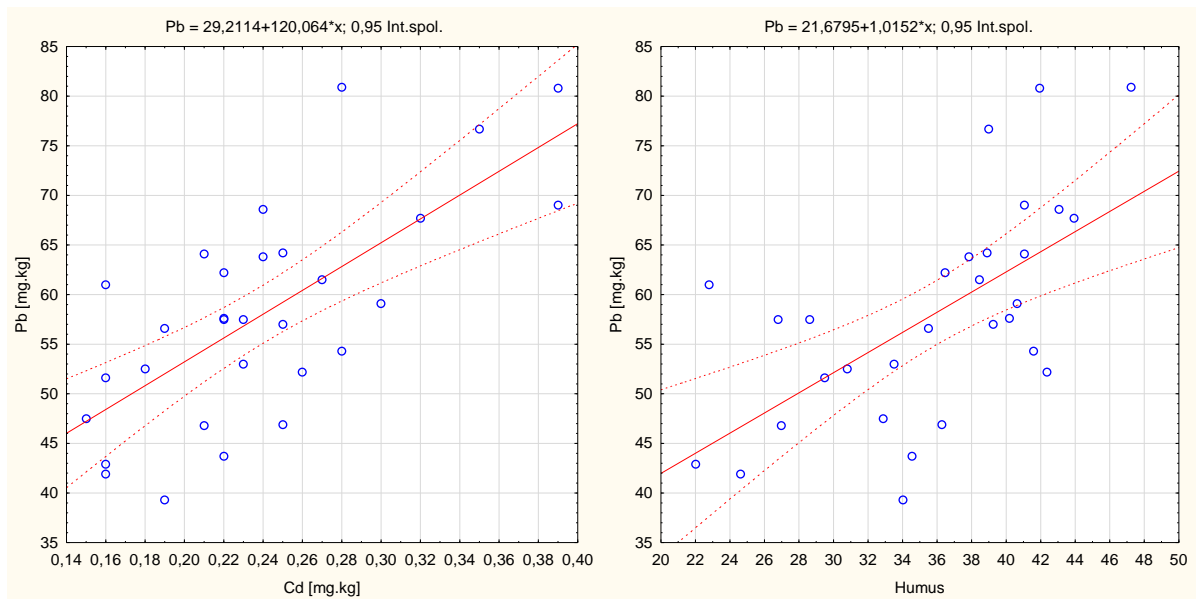
Obrázek 6.11: Měď - PLO č. 14, horizont 02



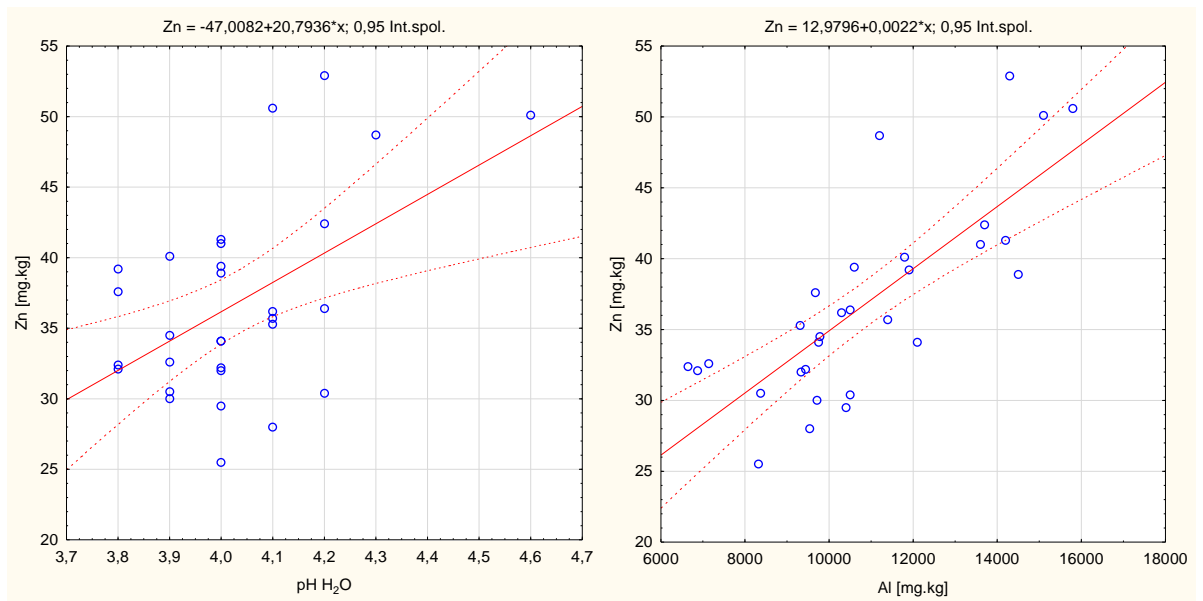
Obrázek 6.12: Mangan - PLO č. 14, horizont 02



Obrázek 6.13: Olovo - PLO č. 14, horizont 02



Obrázek 6.14: Zinek - PLO č. 14, horizont 02



6.3 Minerální půda – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

6.3.1 Korelační matice PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07, horizont 08

Tabulka č. 18: Korelační matice – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07

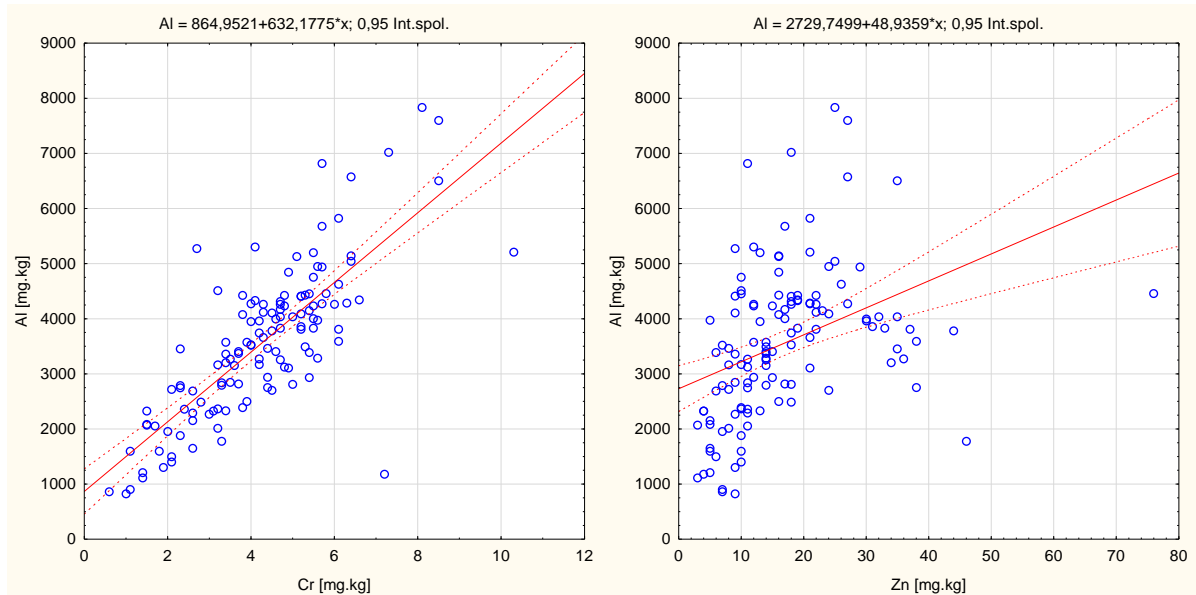
		Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$											N=126	
Proměnná	pH CaCl ₂	H ₂ O	VA	C _{ox}	N	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn		
pH CaCl ₂	1,0000	,9461	-,5447	-,4213	-,4983	,1250	,2624	,1973	,0823	,5535	-,1848	,3539		
	p=---	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,000	p=,163	p=,003	p=,027	p=,359	p=,000	p=,038	p=,000		
H ₂ O	,9461	1,0000	-,5350	-,4002	-,5413	-,0193	,3026	,0668	,0651	,4928	-,2249	,3286		
	p=0,00	p=---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,830	p=,001	p=,457	p=,469	p=,000	p=,011	p=,000		
VA	-,5447	-,5350	1,0000	,5953	,5786	,2919	,1105	,1578	,2862	-,2129	,3606	,1070		
	p=,000	p=,000	p=---	p=,000	p=,000	p=,001	p=,218	p=,078	p=,001	p=,017	p=,000	p=,233		
C _{ox}	-,4213	-,4002	,5953	1,0000	,8058	,1424	,2978	,1456	,5616	-,1600	,6297	,2928		
	p=,000	p=,000	p=---	p=,000	p=0,00	p=,112	p=,001	p=,104	p=,000	p=,074	p=,000	p=,001		
N	-,4983	-,5413	,5786	,8058	1,0000	,2970	,1215	,2679	,3963	-,1156	,5522	0,1508		
	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=---	p=,001	p=,175	p=,002	p=,000	p=,197	p=,000	p=,092		
Al	,1250	-,0193	,2919	,1424	,2970	1,0000	,1442	,7811	,2582	,1644	,1625	,3848		
	p=,163	p=,830	p=,001	p=,112	p=,001	p=---	p=,107	p=0,00	p=,004	p=,066	p=,069	p=,000		
Cd	,2624	,3026	,1105	,2978	,1215	,1442	1,0000	,1478	,4700	,3502	,3686	,7622		
	p=,003	p=,001	p=,218	p=,001	p=,175	p=,107	p=---	p=,099	p=,000	p=,000	p=,000	p=0,00		
Cr	,1973	,0668	,1578	,1456	,2679	,7811	,1478	1,0000	,4391	,2213	,2902	,4479		
	p=,027	p=,457	p=,078	p=,104	p=,002	p=0,00	p=,099	p=---	p=,000	p=,013	p=,001	p=,000		
Cu	,0823	,0651	,2862	,5616	,3963	,2582	,4700	,4391	1,0000	,2195	,8054	,6562		
	p=,359	p=,469	p=,001	p=,000	p=,000	p=,004	p=,000	p=,000	p=---	p=,014	p=0,00	p=,000		
Mn	,5535	,4928	-,2129	-,1600	-,1156	,1644	,3502	,2213	,2195	1,0000	,0789	,4333		
	p=,000	p=,000	p=,017	p=,074	p=,197	p=,066	p=,000	p=,013	p=,014	p=---	p=,380	p=,000		
Pb	-,1848	-,2249	,3606	,6297	,5522	,1625	,3686	,2902	,8054	,0789	1,0000	,5272		
	p=,038	p=,011	p=,000	p=,000	p=,000	p=,069	p=,000	p=,001	p=0,00	p=,380	p=---	p=,000		
Zn	,3539	,3286	,1070	,2928	,1508	,3848	,7622	,4479	,6562	,4333	,5272	1,0000		
	p=,000	p=,000	p=,233	p=,001	p=,092	p=,000	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,000	p=,000	p=---		

Tabulka č. 19: Korelační matice - PLO č. 40 - Moravskoslezské Beskydy, horizont 08

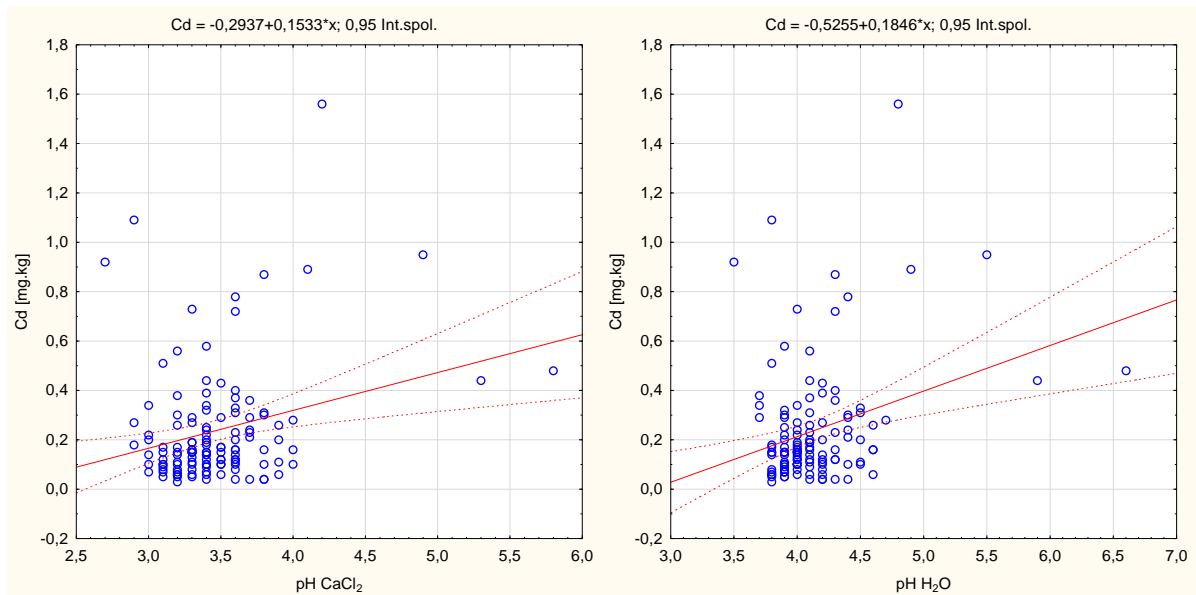
Proměnná		Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$											N=122	
	pH CaCl ₂	H ₂ O	VA	C _{ox}	N	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn		
pH CaCl ₂	1,0000	,9128	-,5477	-,5144	-,3242	,1353	,3577	,1517	,1224	,2618	-,3188	,3095		
	p=---	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,000	p=,137	p=,000	p=,095	p=,179	p=,004	p=,000	p=,001		
H ₂ O	,9128	1,0000	-,6298	-,5347	-,4009	-,0461	,3882	,0606	,0683	,2832	-,2670	,2764		
	p=0,00	p=---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,614	p=,000	p=,507	p=,455	p=,002	p=,003	p=,002		
VA	-,5477	-,6298	1,0000	,4795	,4743	,4067	-,1620	,2734	-,0328	-,1572	,2421	-,0456		
	p=,000	p=,000	p=---	p=,000	p=,000	p=,000	p=,075	p=,002	p=,720	p=,084	p=,007	p=,618		
C _{ox}	-,5144	-,5347	,4795	1,0000	,7076	,1964	,1176	,2594	,0717	-,2122	,6776	,0871		
	p=,000	p=,000	p=,000	p=---	p=0,00	p=,030	p=,197	p=,004	p=,433	p=,019	p=,000	p=,340		
N	-,3242	-,4009	,4743	,7076	1,0000	,3821	,1384	,3443	,1216	-,0270	,5796	,2985		
	p=,000	p=,000	p=,000	p=0,00	p=---	p=,000	p=,128	p=,000	p=,182	p=,768	p=,000	p=,001		
Al	,1353	-,0461	,4067	,1964	,3821	1,0000	,1972	,7708	,0889	,1723	,0204	,3902		
	p=,137	p=,614	p=,000	p=,030	p=,000	p=---	p=,029	p=0,00	p=,330	p=,058	p=,824	p=,000		
Cd	,3577	,3882	-,1620	,1176	,1384	,1972	1,0000	,2180	,1770	,2336	,2662	,7184		
	p=,000	p=,000	p=,075	p=0,00	p=,128	p=,029	p=---	p=,016	p=,051	p=,010	p=,003	p=0,00		
Cr	,1517	,0606	,2734	,2594	,3443	,7708	,2180	1,0000	,1376	,2068	,2064	,3930		
	p=,095	p=,507	p=,002	p=,004	p=,000	p=0,00	p=,016	p=---	p=,131	p=,022	p=,023	p=,000		
Cu	,1224	,0683	-,0328	,0717	,1216	,0889	,1770	,1376	1,0000	,1663	,1627	,6030		
	p=,179	p=,455	p=,720	p=,433	p=,182	p=,330	p=,051	p=,131	p=---	p=,067	p=,073	p=,000		
Mn	,2618	,2832	-,1572	-,2122	-,0270	,1723	,2336	,2068	,1663	1,0000	,1491	,4150		
	p=,004	p=,002	p=,084	p=,019	p=,768	p=,058	p=,010	p=,022	p=,067	p=---	p=,101	p=,000		
Pb	-,3188	-,2670	,2421	,6776	,5796	,0204	,2662	,2064	,1627	,1491	1,0000	,2834		
	p=,000	p=,003	p=,007	p=,000	p=,000	p=,824	p=,003	p=,023	p=,073	p=,101	p=---	p=,002		
Zn	,3095	,2764	-,0456	,0871	,2985	,3902	,7184	,3930	,6030	,4150	,2834	1,0000		
	p=,001	p=,002	p=,618	p=,340	p=,001	p=,000	p=0,00	p=,000	p=,000	p=,000	p=,002	p=---		

6.3.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 07

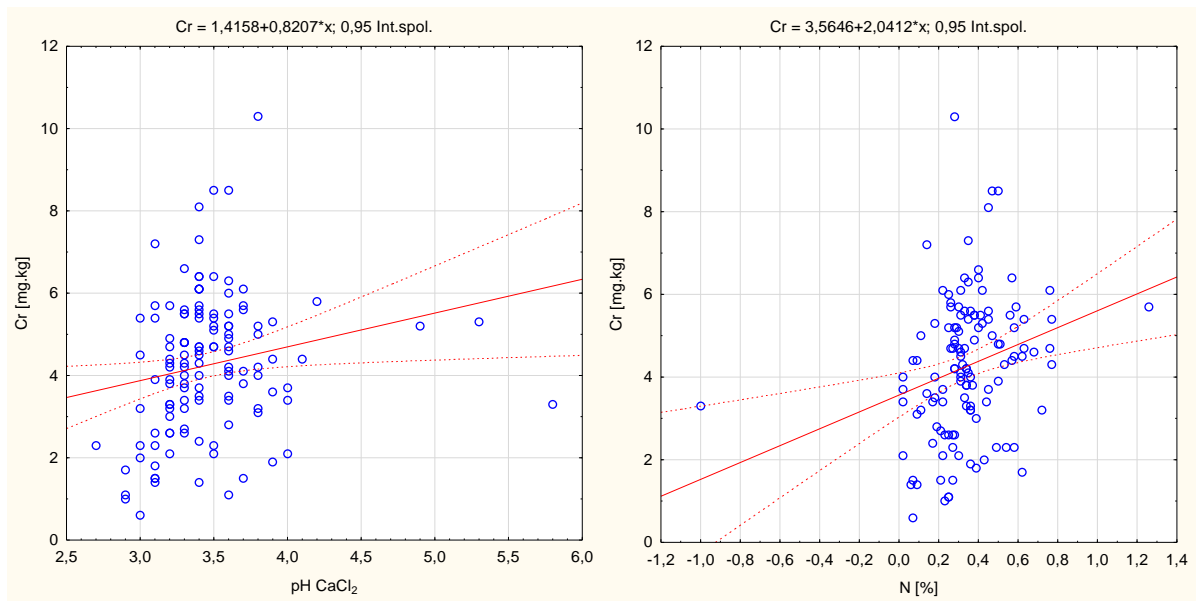
Obrázek 6.15: Hliník - PLO č. 40, horizont 07



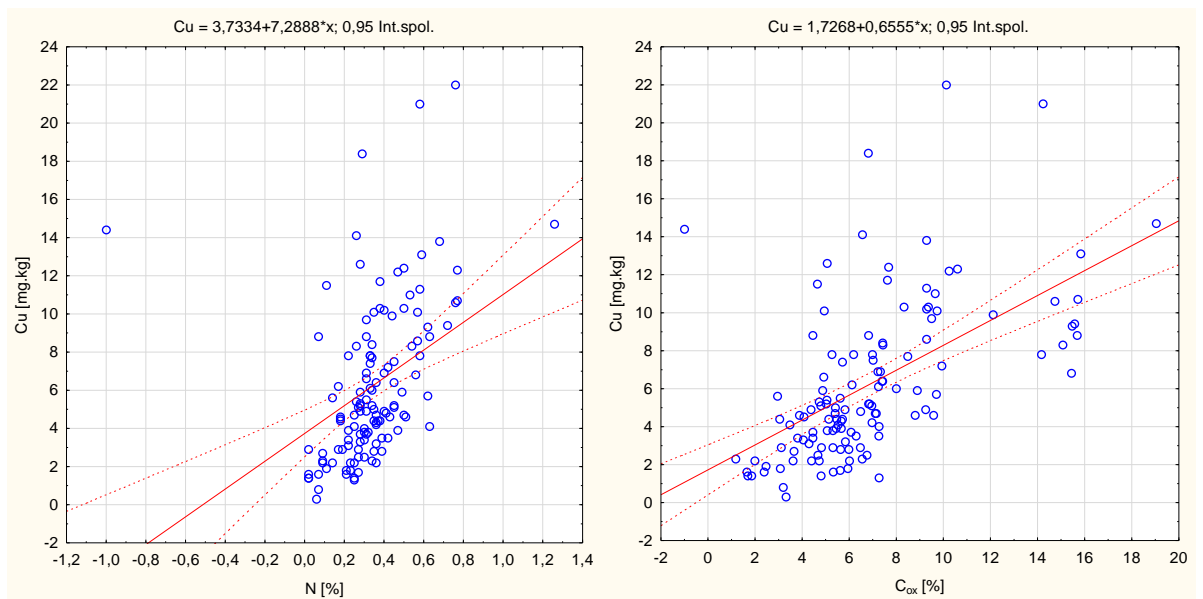
Obrázek 6.16: Kadmium - PLO č. 40, horizont 07



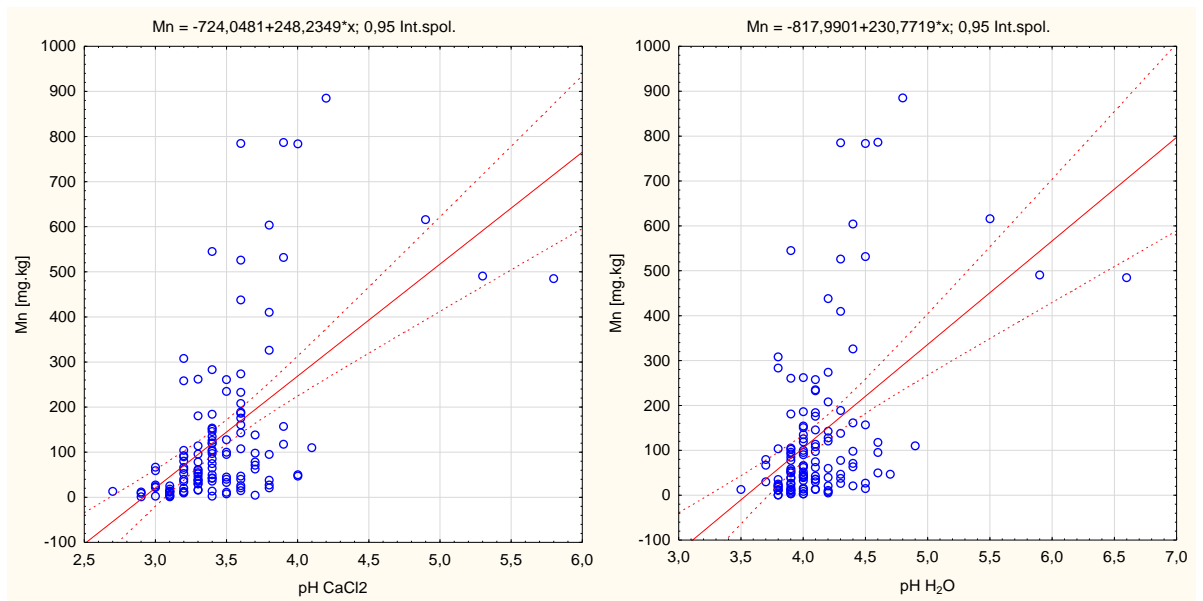
Obrázek 6.17: Chrom - PLO č. 40, horizont 07



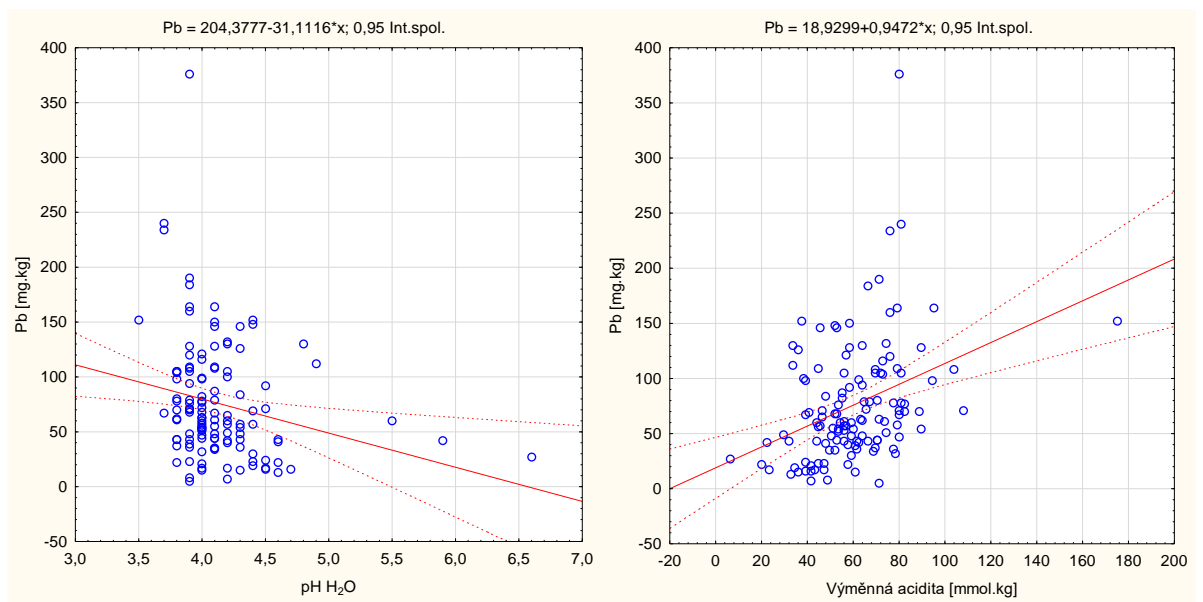
Obrázek 6.18: Měď - PLO č. 40, horizont 07



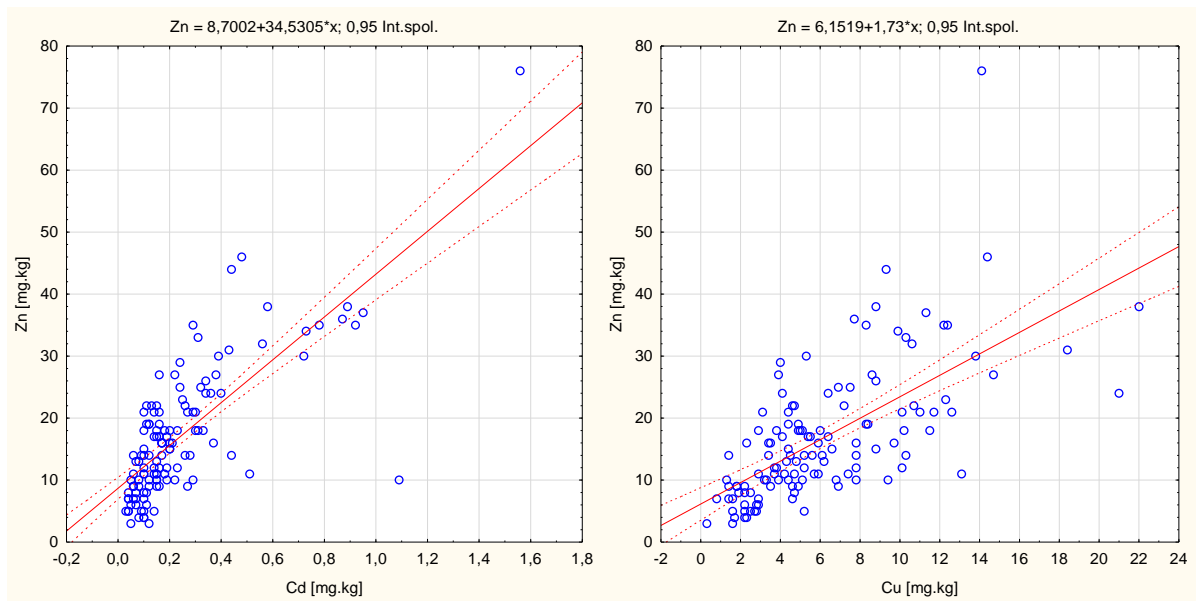
Obrázek 6.19: Mangan - PLO č. 40, horizont 07



Obrázek 6.20: Olovo - PLO č. 40, horizont 07

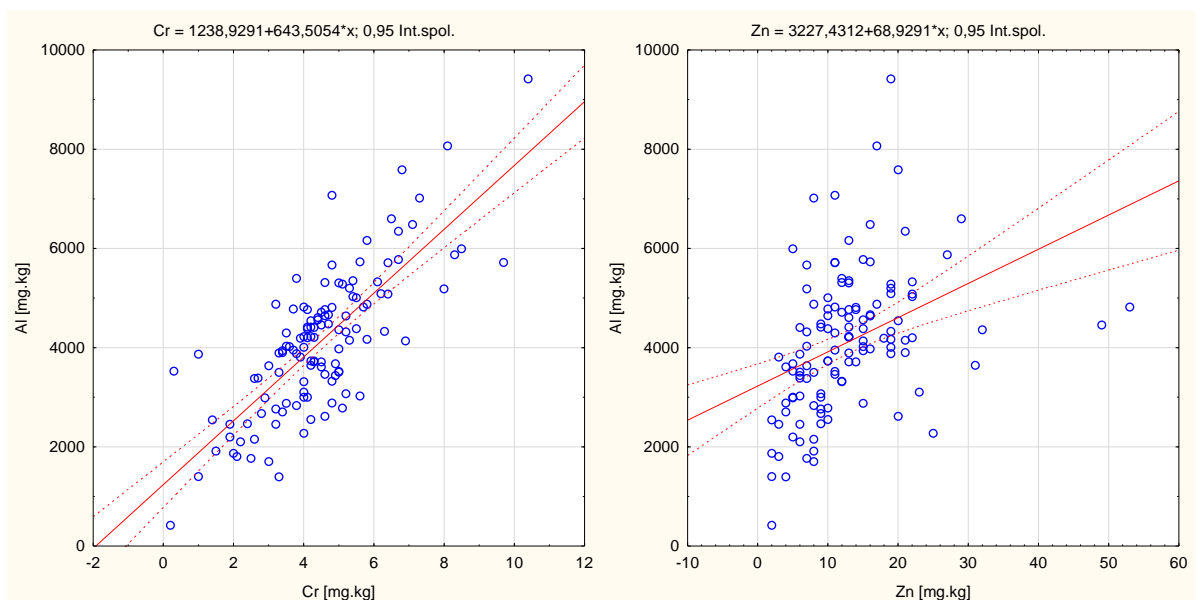


Obrázek 6.21: Zinek - PLO č. 40, horizont 07

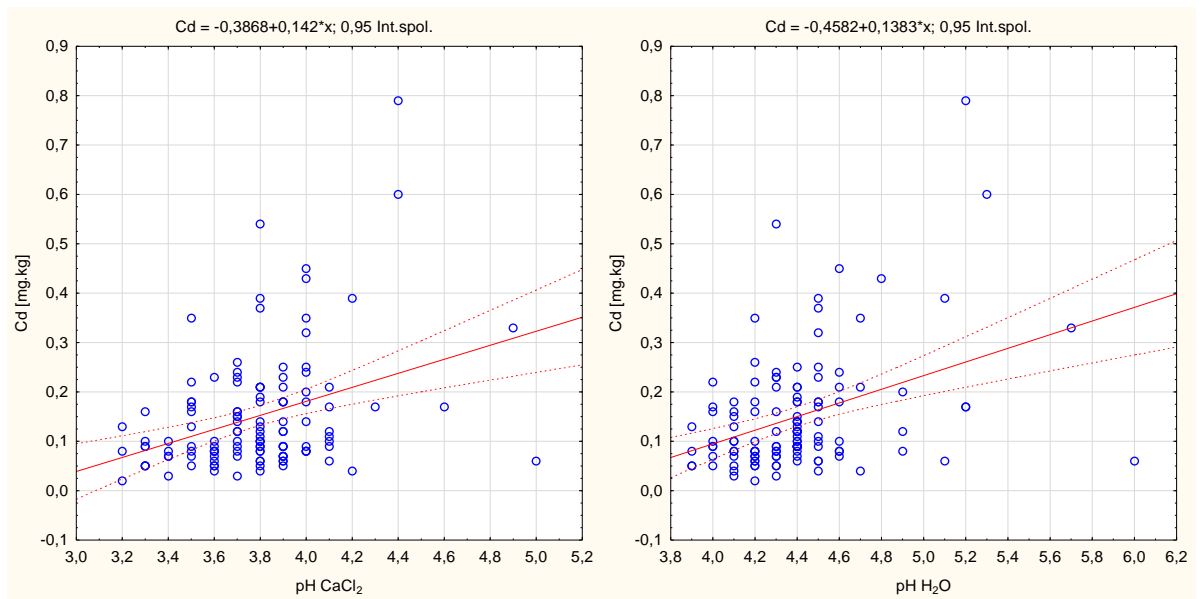


6.3.3 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy, horizont 08

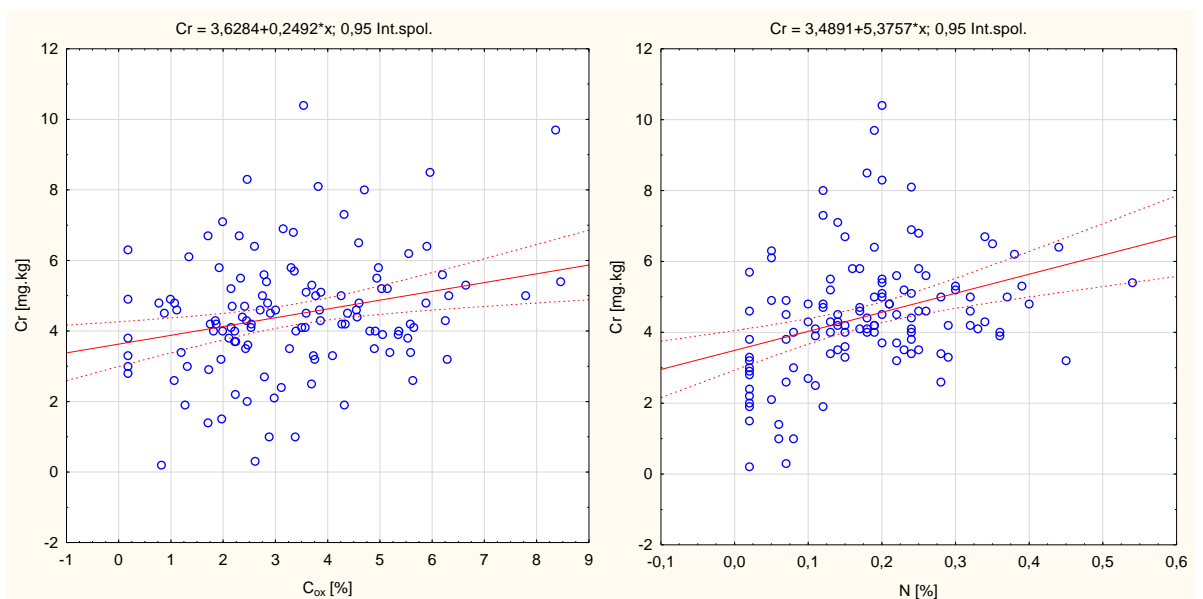
Obrázek 6.22: Hliník - PLO č. 40, horizont 08



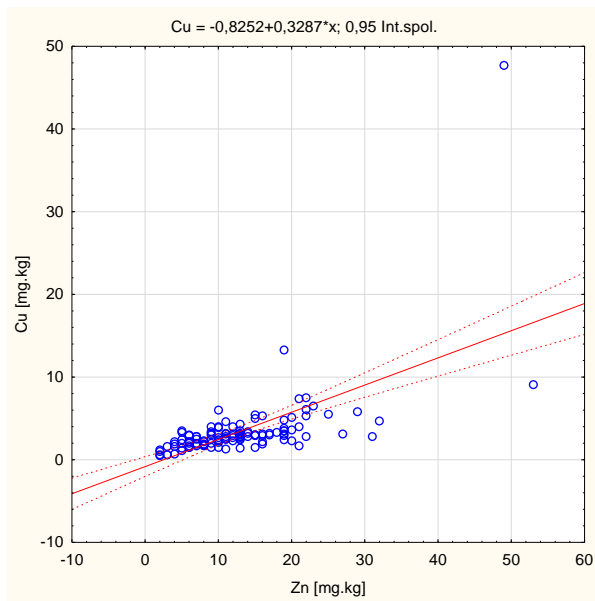
Obrázek 6.23: Kadmium - PLO č. 40, horizont 08



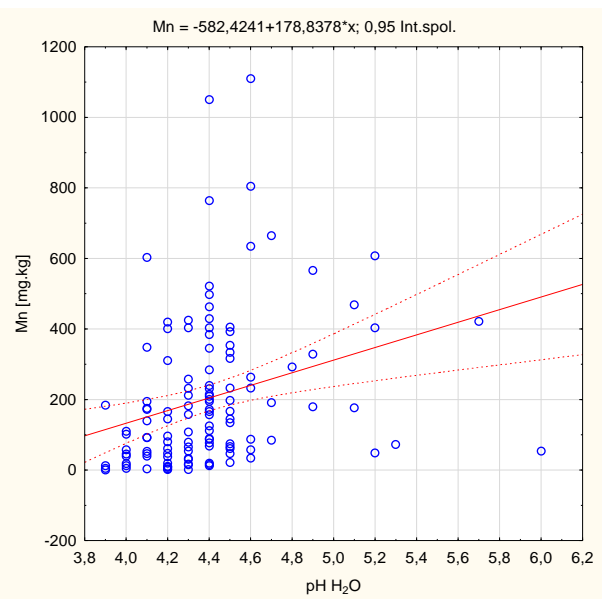
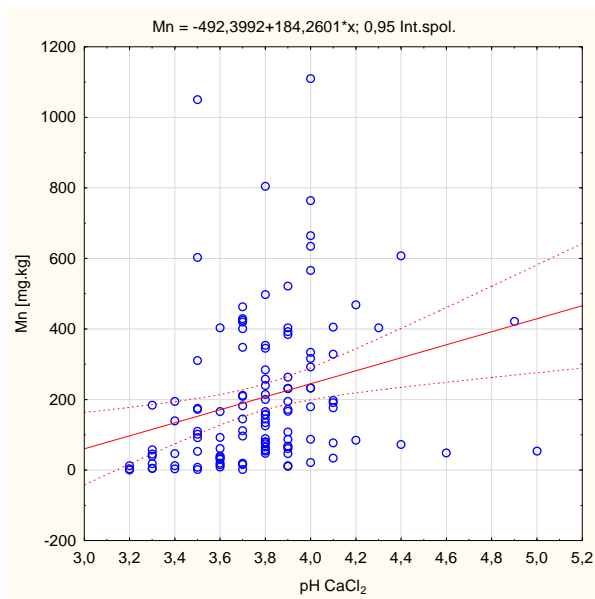
Obrázek 6.24: Chrom - PLO č. 40, horizont 08



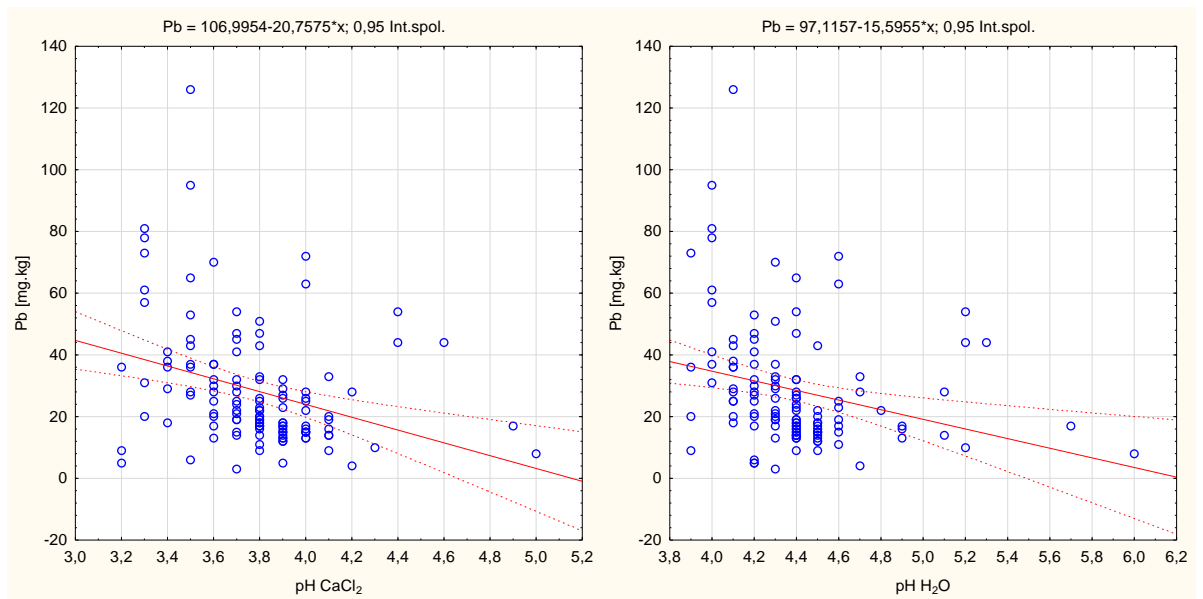
Obrázek 6.25: Měď - PLO č. 40, horizont 08



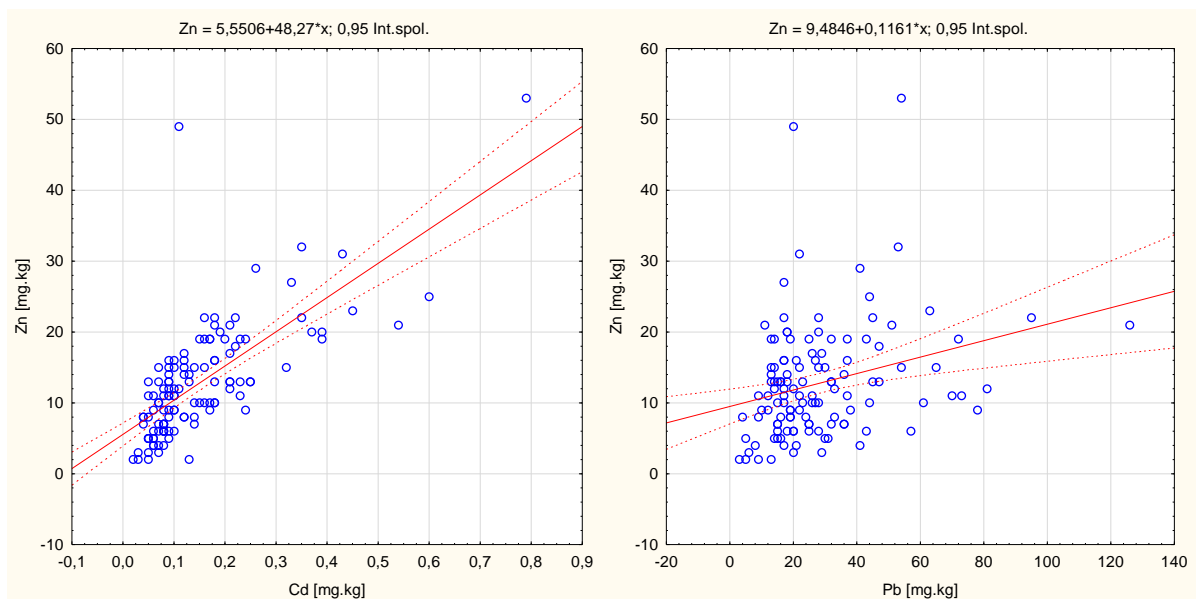
Obrázek 6.26: Mangan - PLO č. 40, horizont 08



Obrázek 6.27: Olovo - PLO č. 40, horizont 08



Obrázek 6.28: Zinek - PLO č. 40, horizont 08



6.4 Minerální půda – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07, horizont 08

6.4.1 Korelační matice – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont 07, horizont 08

Tabulka č. 20: Korelační matice – PLO č. 14 – Novohradské hory, horizont 07

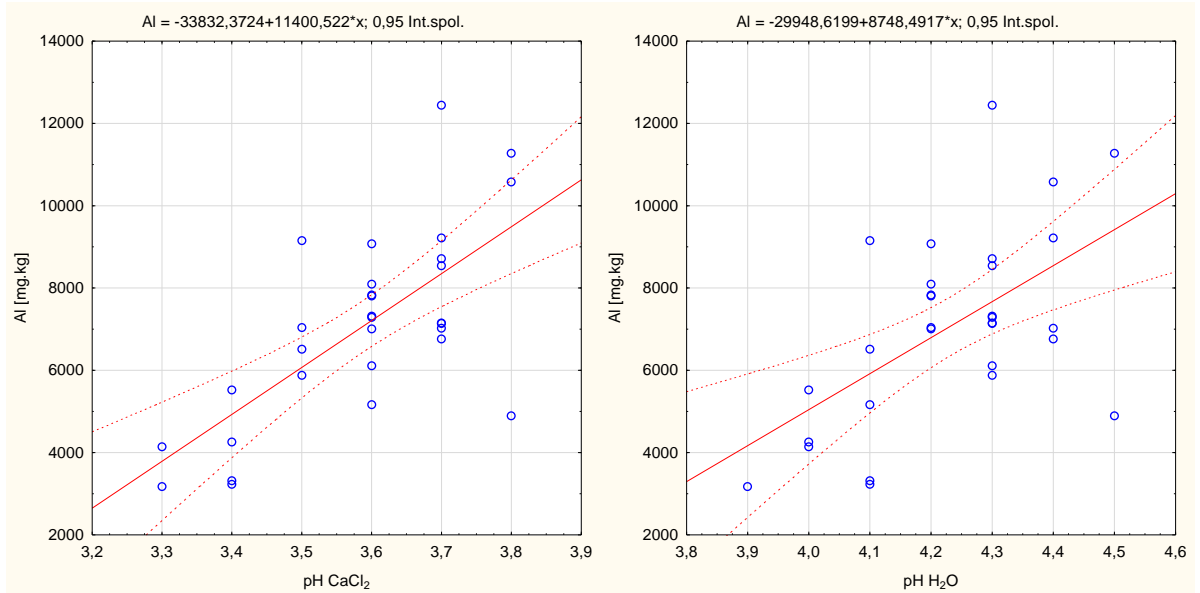
Proměnná	Označ. korelace jsou významné na hlad. p < ,05000 N=30												
	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	VA	C _{ox}	N	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	BS
pH CaCl ₂	1,0000	,9105	-,2660	,1646	,1754	,6987	,2649	,5058	,3472	,6278	-,0326	,5839	,4822
	p=---	p=,000	p=,155	p=,385	p=,354	p=,000	p=,157	p=,004	p=,060	p=,000	p=,864	p=,001	p=,007
pH H ₂ O	,9105	1,0000	-,2540	,2202	,2030	,5759	,2573	,3993	,2259	,5508	-,1351	,4392	,5292
	p=,000	p=---	p=,176	p=,242	p=,282	p=,001	p=,170	p=,029	p=,230	p=,002	p=,477	p=,015	p=,003
VA	-,2660	-,2540	1,0000	,2073	-,1653	,0315	,0045	,0555	-,2753	-,2625	,2698	-,0566	-,4455
	p=,155	p=,176	p=---	p=,272	p=,383	p=,869	p=,981	p=,771	p=,141	p=,161	p=,149	p=,767	p=,014
C _{ox}	,1646	,2202	,2073	1,0000	,7886	,2648	,5137	-,0028	-,2546	-,1148	,4402	,2234	,1592
	p=,385	p=,242	p=,272	p=---	p=,000	p=,157	p=,004	p=,988	p=,175	p=,546	p=,015	p=,235	p=,401
N	,1754	,2030	-,1653	,7886	1,0000	,1404	,3622	,0223	-,1502	-,1429	,3265	,1805	,3537
	p=,354	p=,282	p=,383	p=,000	p=---	p=,459	p=,049	p=,907	p=,428	p=,451	p=,078	p=,340	p=,055
Al	,6987	,5759	,0315	,2648	,1404	1,0000	,3207	,6159	,4174	,4307	,1492	,9184	,1318
	p=,000	p=,001	p=,869	p=,157	p=,459	p=---	p=,084	p=,000	p=,022	p=,018	p=,431	p=,000	p=,487
Cd	,2649	,2573	,0045	,5137	,3622	,3207	1,0000	,2229	,0526	-,1473	,1732	,2610	,0977
	p=,157	p=,170	p=,981	p=,004	p=,049	p=,084	p=---	p=,236	p=,782	p=,437	p=,360	p=,164	p=,607
Cr	,5058	,3993	,0555	-,0028	,0223	,6159	,2229	1,0000	,7209	,2959	,1861	,6829	,0678
	p=,004	p=,029	p=,771	p=,988	p=,907	p=,000	p=,236	p=---	p=,000	p=,112	p=,325	p=,000	p=,722
Cu	,3472	,2259	-,2753	-,2546	-,1502	,4174	,0526	,7209	1,0000	,4116	,0324	,5177	,0923
	p=,060	p=,230	p=,141	p=,175	p=,428	p=,022	p=,782	p=,000	p=---	p=,024	p=,865	p=,003	p=,627
Mn	,6278	,5508	-,2625	-,1148	-,1429	,4307	-,1473	,2959	,4116	1,0000	,0017	,4688	,2620
	p=,000	p=,002	p=,161	p=,546	p=,451	p=,018	p=,437	p=,112	p=,024	p=---	p=,993	p=,009	p=,162
Pb	-,0326	-,1351	,2698	,4402	,3265	,1492	,1732	,1861	,0324	,0017	1,0000	,2424	,1364
	p=,864	p=,477	p=,149	p=,015	p=,078	p=,431	p=,360	p=,325	p=,865	p=,993	p=---	p=,197	p=,472
Zn	,5839	,4392	-,0566	,2234	,1805	,9184	,2610	,6829	,5177	,4688	,2424	1,0000	,1966
	p=,001	p=,015	p=,767	p=,235	p=,340	p=,000	p=,164	p=,000	p=,003	p=,009	p=,197	p=---	p=,298
BS	,4822	,5292	-,4455	,1592	,3537	,1318	,0977	,0678	,0923	,2620	,1364	,1966	1,0000
	p=,007	p=,003	p=,014	p=,401	p=,055	p=,487	p=,607	p=,722	p=,627	p=,162	p=,472	p=,298	p=---

Tabulka č. 21: Korelační matice – PLO č. 14 – Novohradské hory, horizont 08

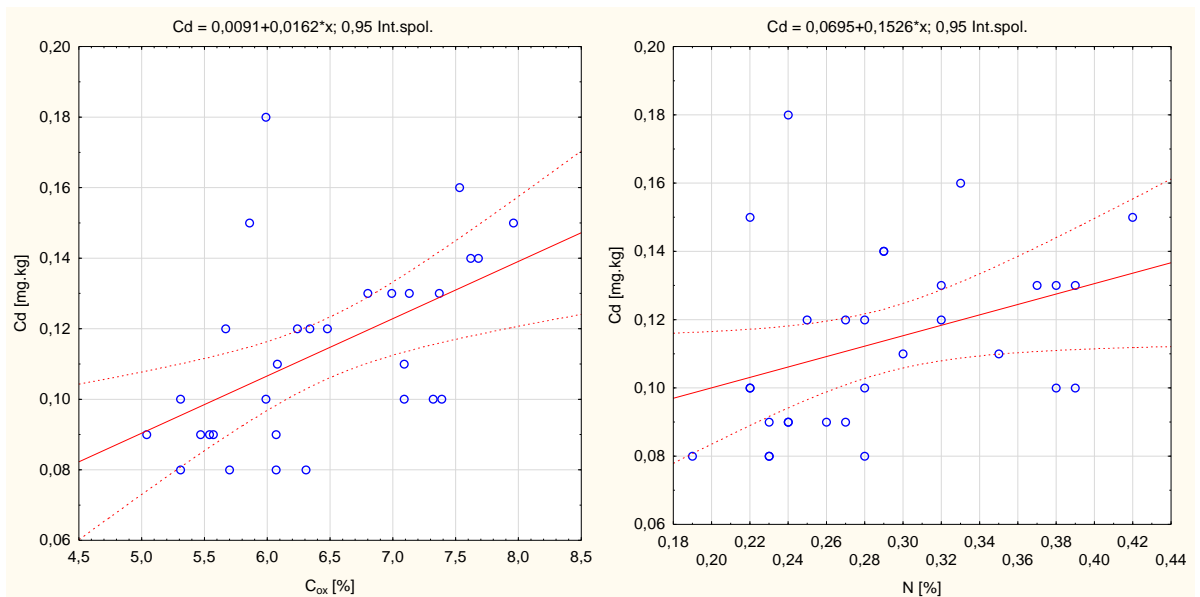
Proměnná	Označ. korelace jsou významné na hlad. p < ,05000 N=30												
	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	VA	C _{ox}	N	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	BS
pH CaCl ₂	1,0000	,6620	-,3963	-,2739	-,3000	,5120	,0943	,4641	,3275	,5397	-,4144	,5290	,1791
	p=---	p=,000	p=,030	p=,143	p=,107	p=,004	p=,620	p=,010	p=,077	p=,002	p=,023	p=,003	p=,344
pH H ₂ O	,6620	1,0000	-,5059	-,1247	-,1479	,2894	,1904	,2598	,2418	,4721	-,3535	,4065	,5611
	p=,000	p=---	p=,004	p=,511	p=,435	p=,121	p=,314	p=,166	p=,198	p=,008	p=,055	p=,026	p=,001
VA	-,3963	-,5059	1,0000	,6709	,1910	,0848	,3146	-,2033	-,4207	-,7178	,1665	-,4501	-,4400
	p=,030	p=,004	p=---	p=,000	p=,312	p=,656	p=,090	p=,281	p=,021	p=,000	p=,379	p=,013	p=,015
C _{ox}	-,2739	-,1247	,6709	1,0000	,4447	,3197	,7645	,0040	-,3179	-,4405	,3536	-,0478	-,0159
	p=,143	p=,511	p=,000	p=---	p=,014	p=,085	p=,000	p=,983	p=,087	p=,015	p=,055	p=,802	p=,933
N	-,3000	-,1479	,1910	,4447	1,0000	-,0946	,3503	,0923	,0739	,0180	,6315	-,1052	,4616
	p=,107	p=,435	p=,312	p=,014	p=---	p=,619	p=,058	p=,628	p=,698	p=,925	p=,000	p=,580	p=,010
Al	,5120	,2894	,0848	,3197	-,0946	1,0000	,6033	,4845	,0480	,2300	-,1412	,7519	-,0060
	p=,004	p=,121	p=,656	p=,085	p=,619	p=---	p=,000	p=,007	p=,801	p=,222	p=,457	p=,000	p=,975
Cd	,0943	,1904	,3146	,7645	,3503	,6033	1,0000	,1925	-,2245	-,1337	,3620	,3688	,1577
	p=,620	p=,314	p=,090	p=,000	p=,058	p=,000	p=---	p=,308	p=,233	p=,481	p=,049	p=,045	p=,405
Cr	,4641	,2598	-,2033	,0040	,0923	,4845	,1925	1,0000	,7186	,3725	-,0580	,6124	,1400
	p=,010	p=,166	p=,281	p=,983	p=,628	p=,007	p=,308	p=---	p=,000	p=,043	p=,761	p=,000	p=,461
Cu	,3275	,2418	-,4207	-,3179	,0739	,0480	-,2245	,7186	1,0000	,4487	-,0504	,2947	,1826
	p=,077	p=,198	p=,021	p=,087	p=,698	p=,801	p=,233	p=,000	p=---	p=,013	p=,791	p=,114	p=,334
Mn	,5397	,4721	-,7178	-,4405	,0180	,2300	-,1337	,3725	,4487	1,0000	-,1384	,5374	,5097
	p=,002	p=,008	p=,000	p=,015	p=,925	p=,222	p=,481	p=,043	p=,013	p=---	p=,466	p=,002	p=,004
Pb	-,4144	-,3535	,1665	,3536	,6315	-,1412	,3620	-,0580	-,0504	-,1384	1,0000	-,0965	,2021
	p=,023	p=,055	p=,379	p=,055	p=,000	p=,457	p=,049	p=,761	p=,791	p=,466	p=---	p=,612	p=,284
Zn	,5290	,4065	-,4501	-,0478	-,1052	,7519	,3688	,6124	,2947	,5374	-,0965	1,0000	,2320
	p=,003	p=,026	p=,013	p=,802	p=,580	p=,000	p=,045	p=,000	p=,114	p=,002	p=,612	p=---	p=,217
BS	,1791	,5611	-,4400	-,0159	,4616	-,0060	,1577	,1400	,1826	,5097	,2021	,2320	1,0000
	p=,344	p=,001	p=,015	p=,933	p=,010	p=,975	p=,405	p=,461	p=,334	p=,004	p=,284	p=,217	p=---

6.4.2 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont – 07

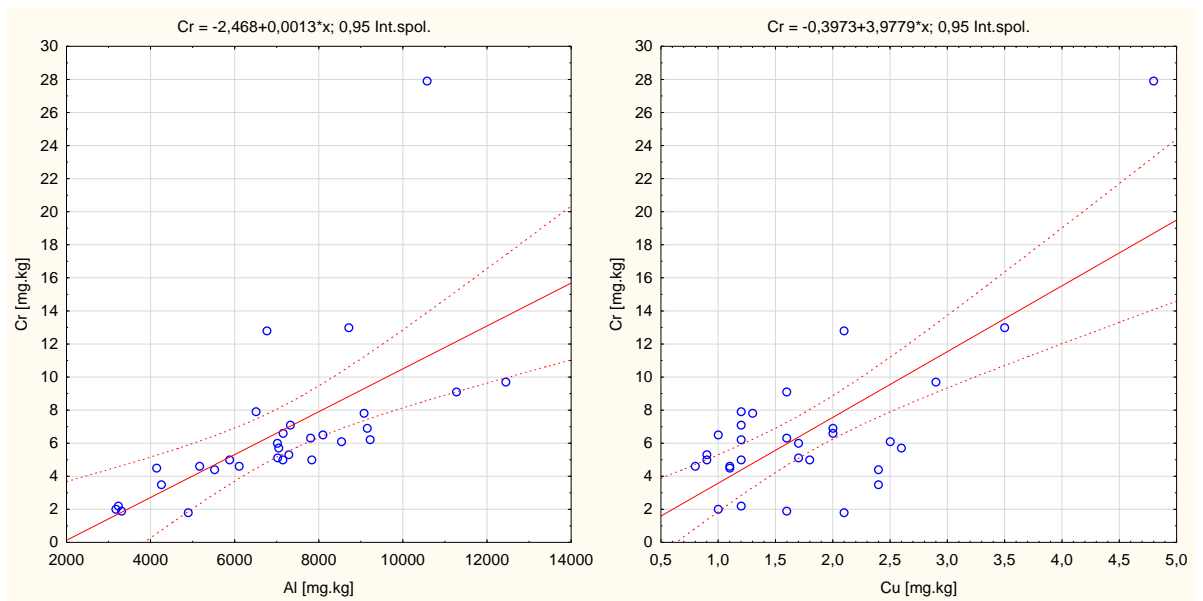
Obrázek 6.29: Hliník - PLO č. 14, horizont 07



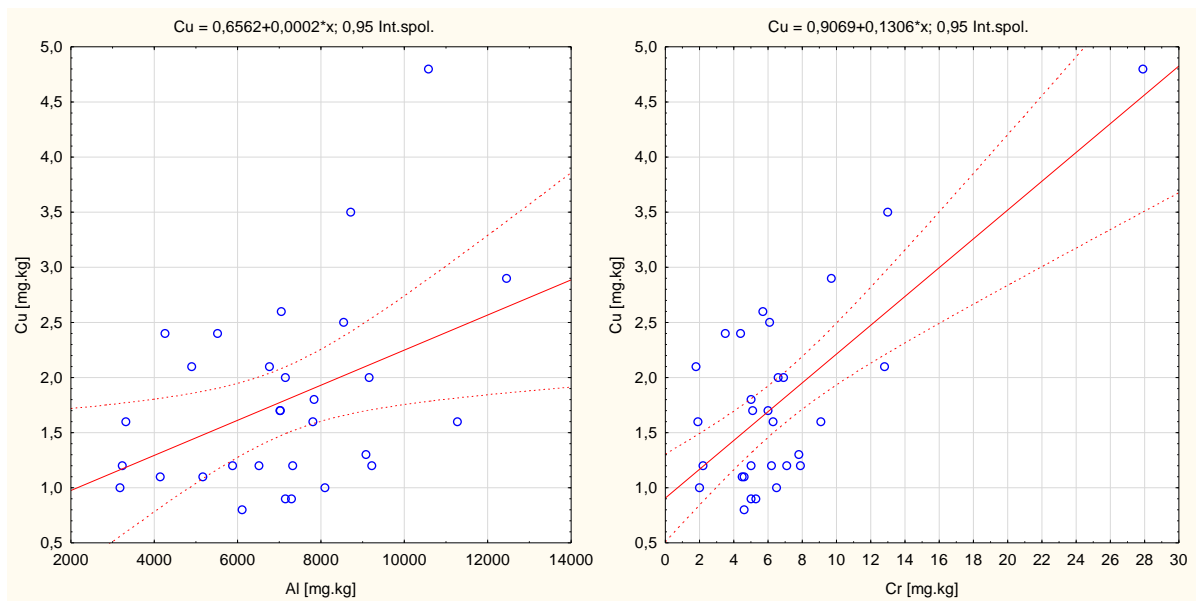
Obrázek 6.30: Kadmium - PLO č. 14, horizont 07



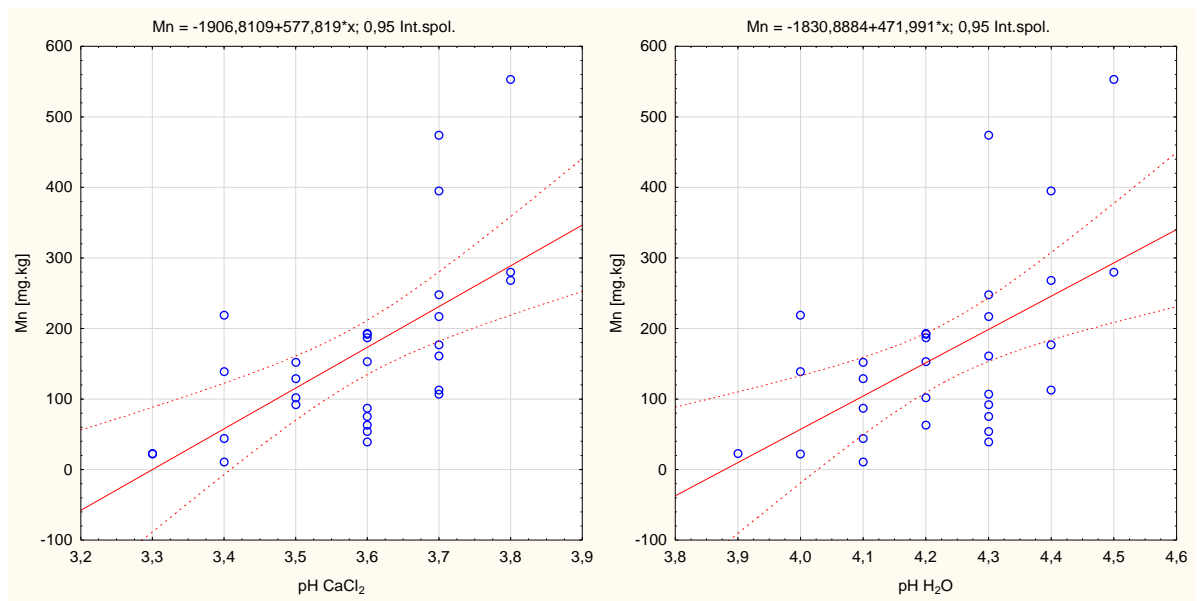
Obrázek 6.31: Chrom - PLO č. 14, horizont 07



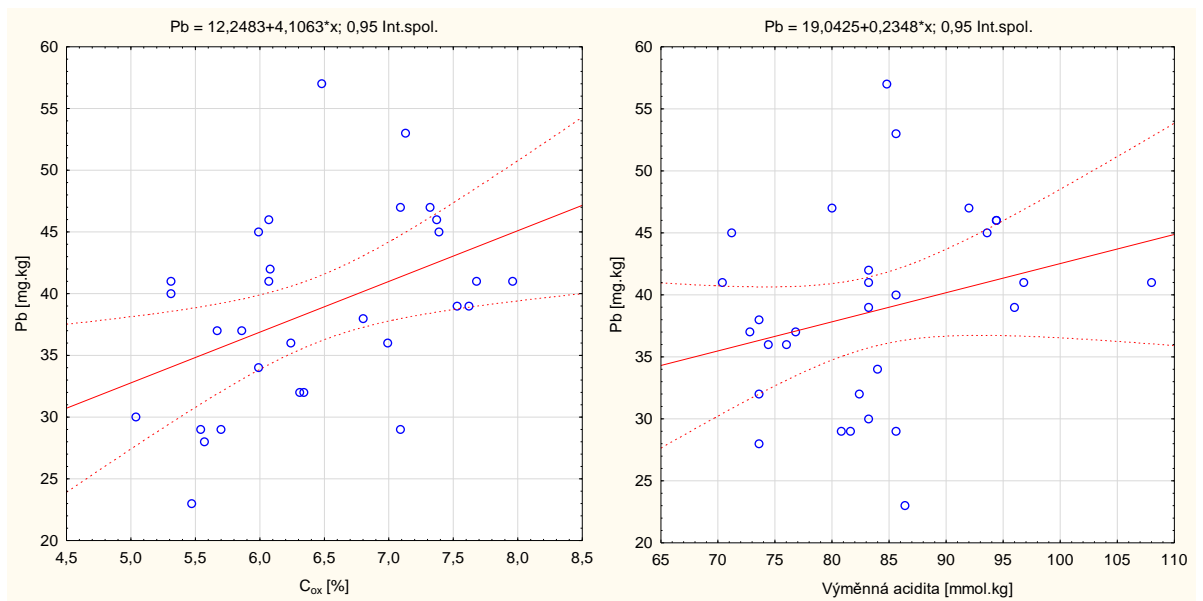
Obrázek 6.32: Měď - PLO č. 14, horizont 07



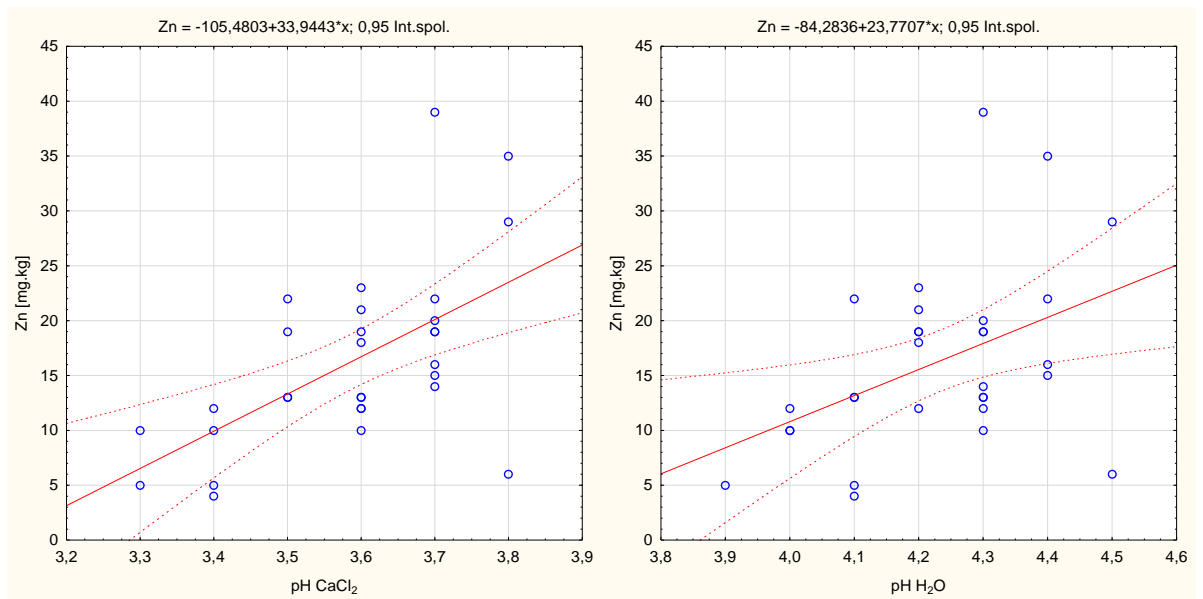
Obrázek 6.33: Mangan - PLO č. 14, horizont 07



Obrázek 6.34: Olovo - PLO č. 14, horizont 07

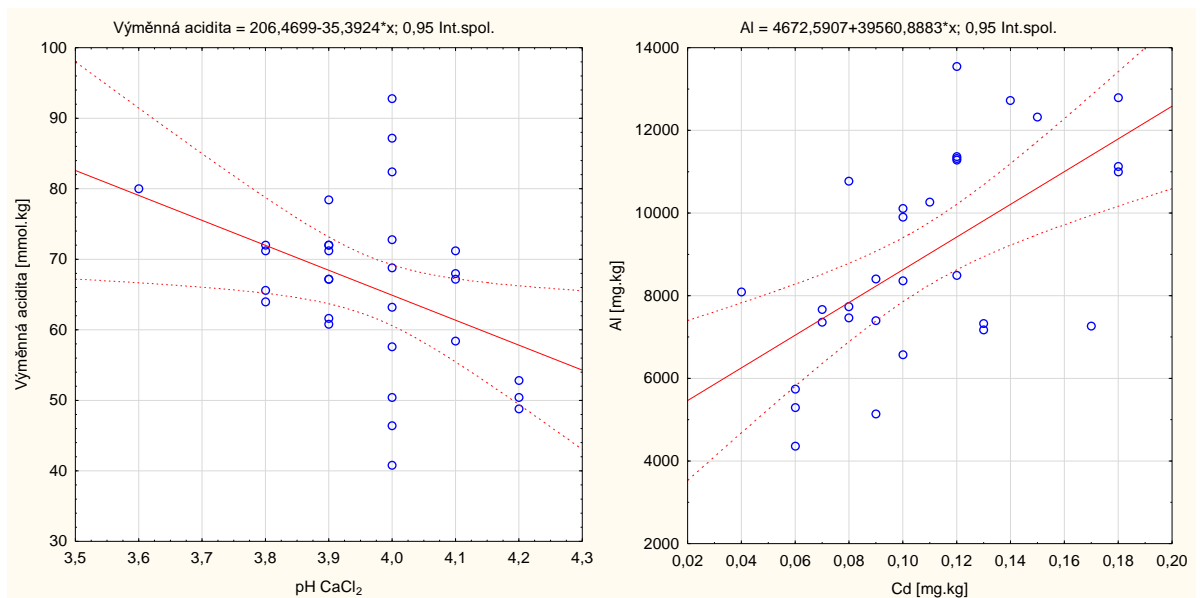


Obrázek 6.35: Zinek - PLO č. 14, horizont 07

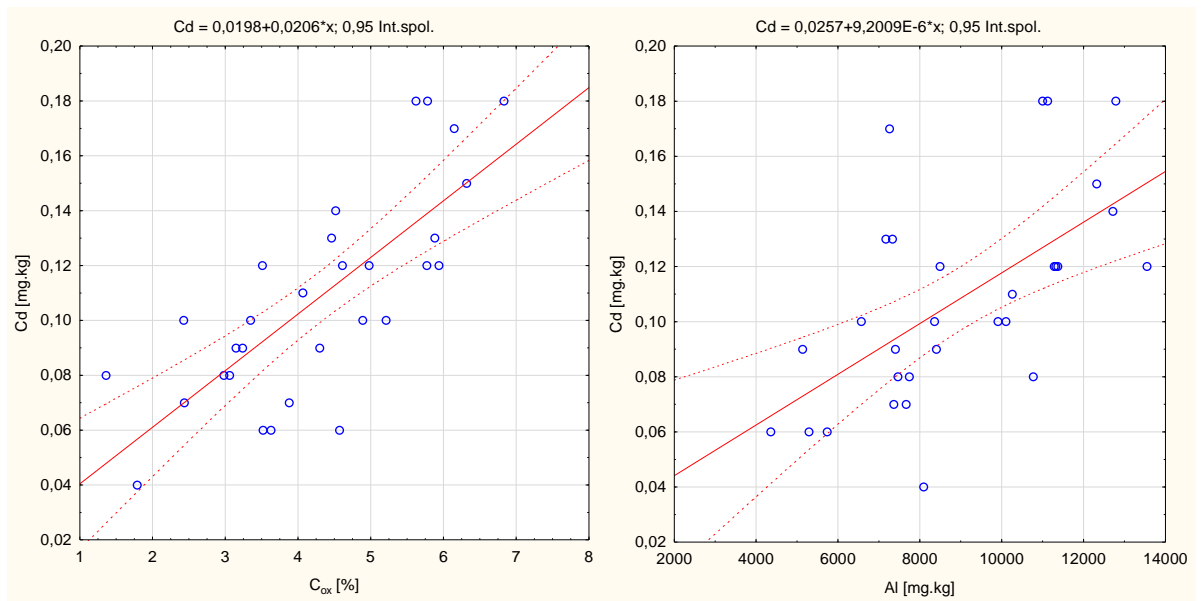


6.4.3 Jednoduchá lineární regrese – PLO č. 14 Novohradské hory, horizont – 08

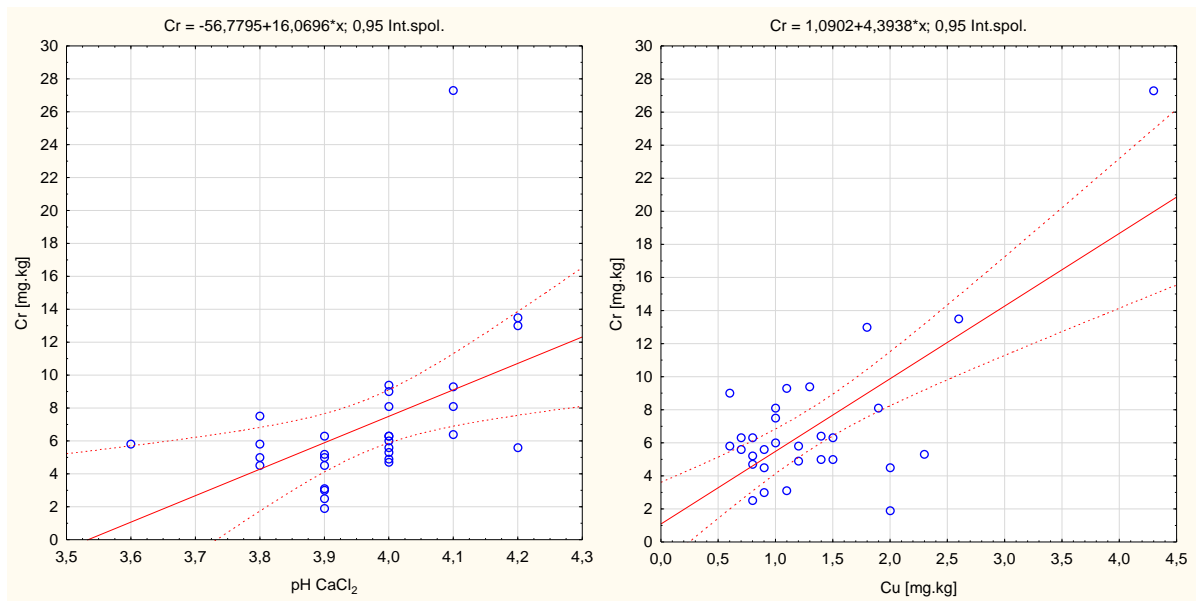
Obrázek 6.36: Hliník - PLO č. 14, horizont 08



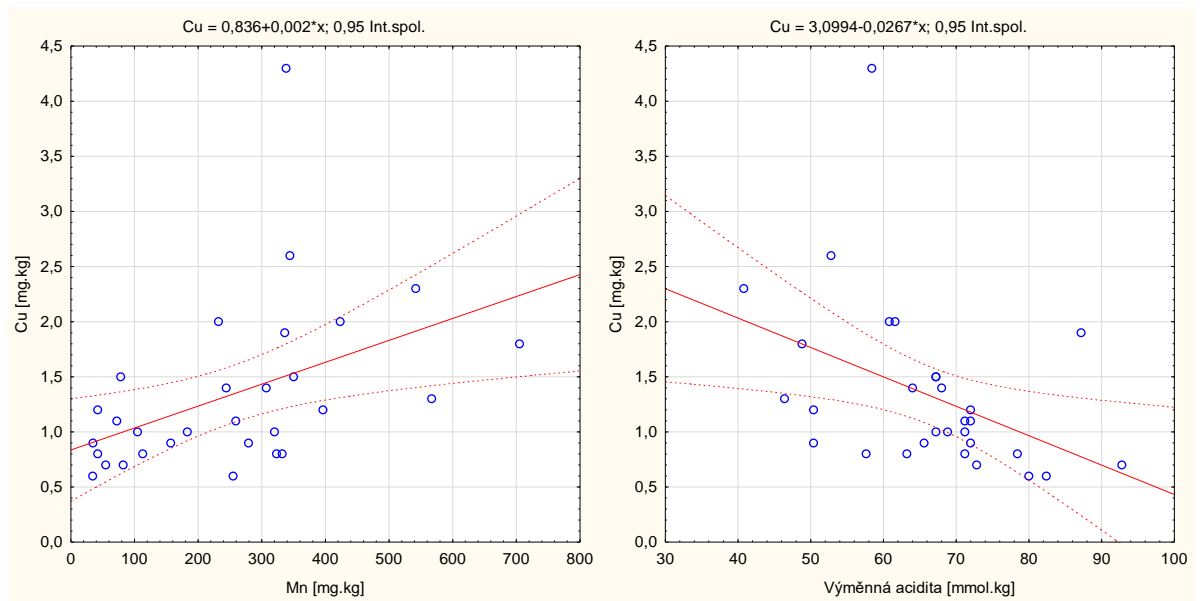
Obrázek 6.37: Kadmium - PLO č. 14, horizont 08



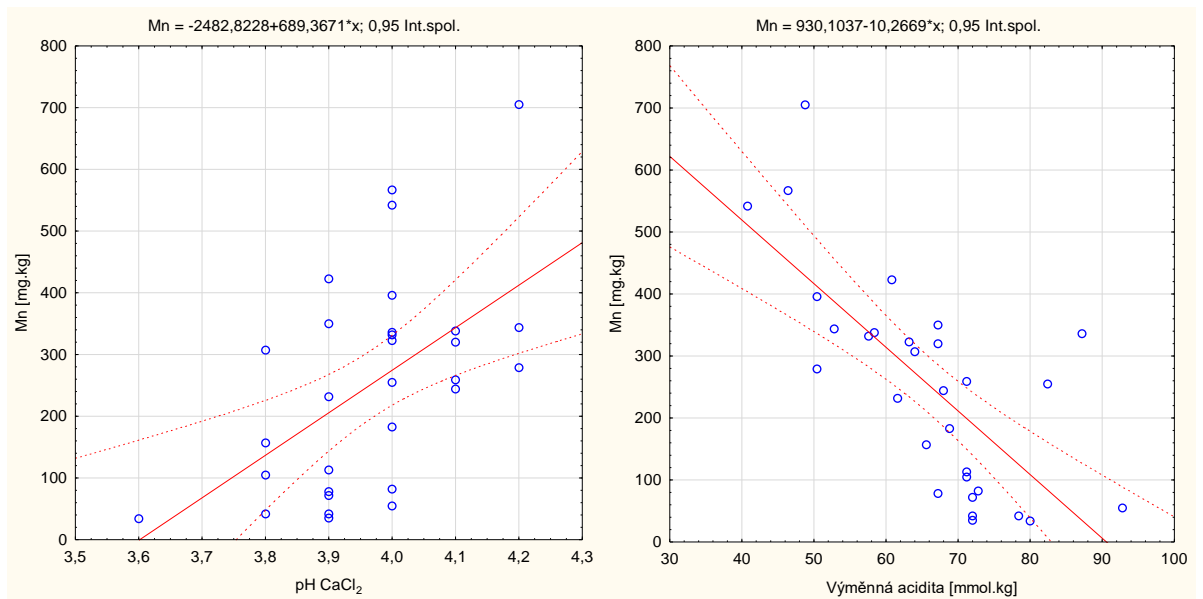
Obrázek 6.38: Chrom - PLO č. 14, horizont 08



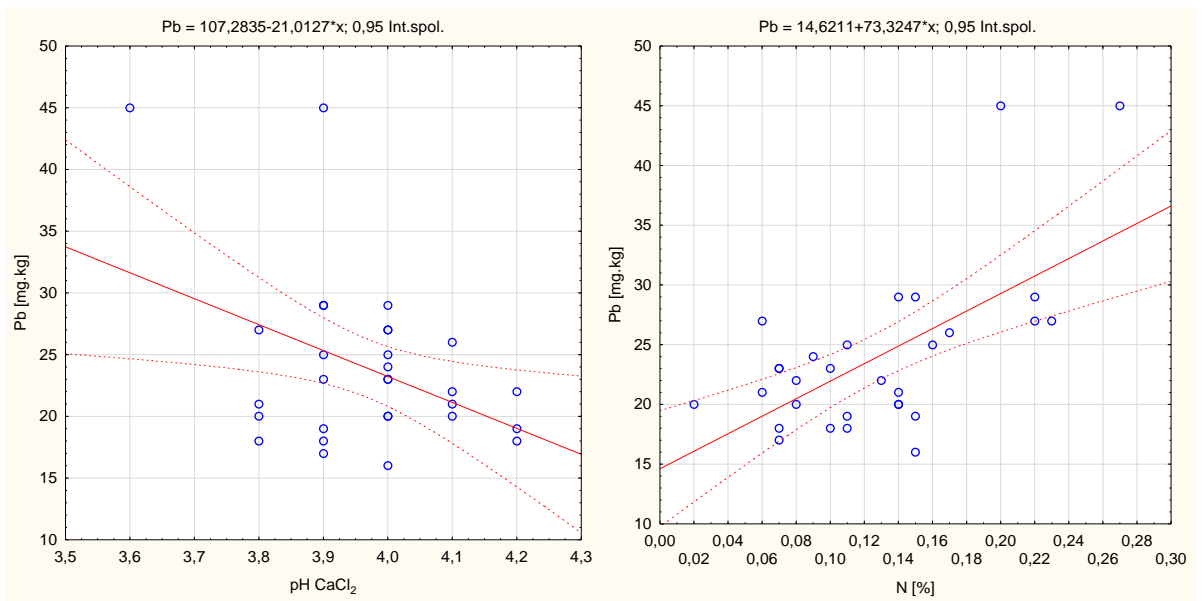
Obrázek 6.39: Měď - PLO č. 14, horizont 08



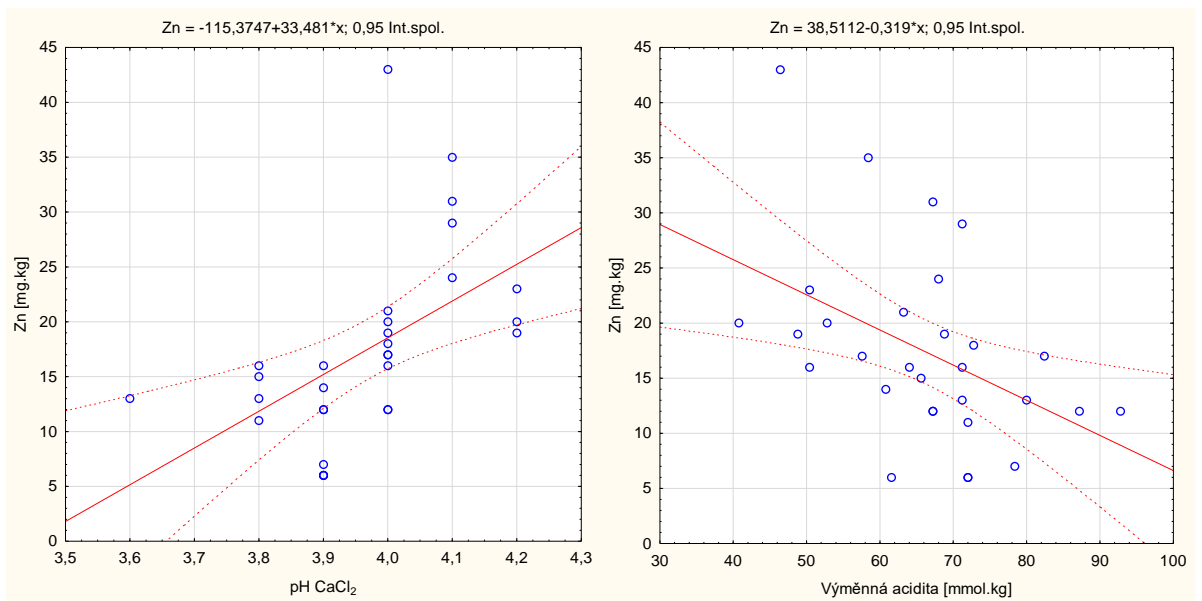
Obrázek 6.40: Mangan - PLO č. 14, horizont 08



Obrázek 6.41: Olovo - PLO č. 14, horizont 08



Obrázek 6.42: Zinek - PLO č. 14, horizont 08



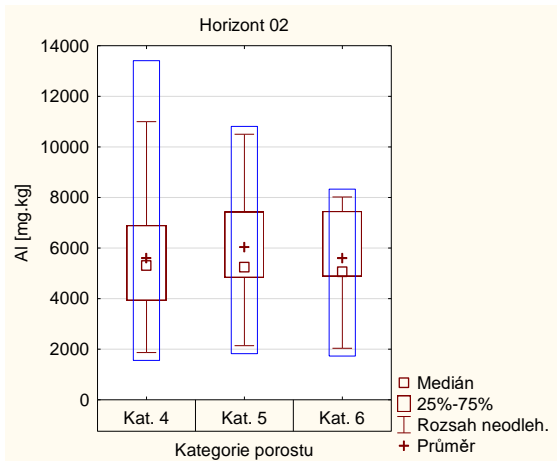
6.5 Obsahy potenciálně rizikových prvků v jednotlivých horizontech vybraných území podle kategorií porostů

Podle druhu lesa a lesních vegetačních stupňů (LVS) byly ve vybraných územích na základě certifikované metodiky - Srovnávací hodnoty pro hodnocení kontaminace lesních půd (Borůvka et al. 2014) stanoveny tyto tři kategorie porostu:

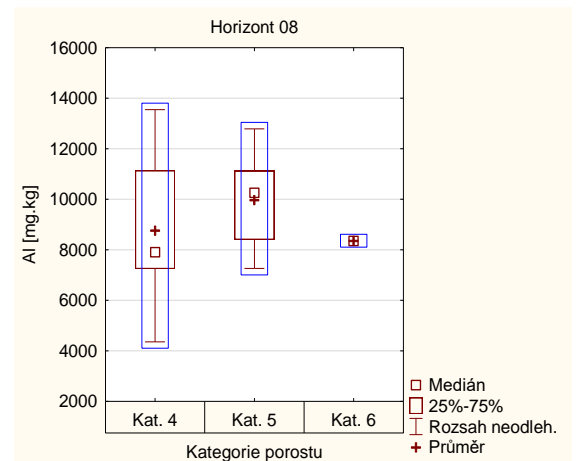
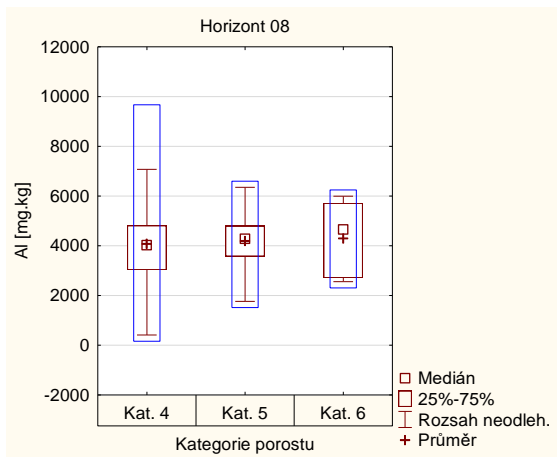
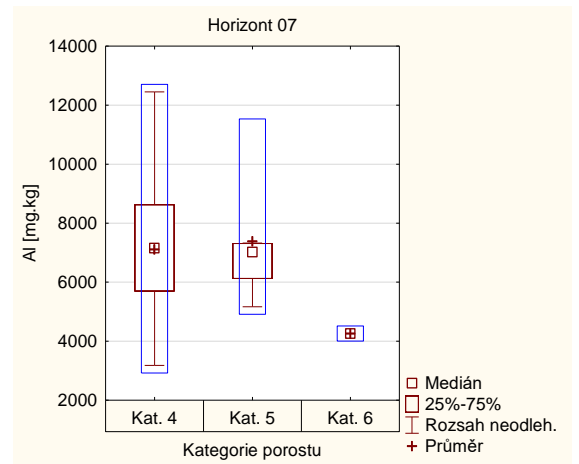
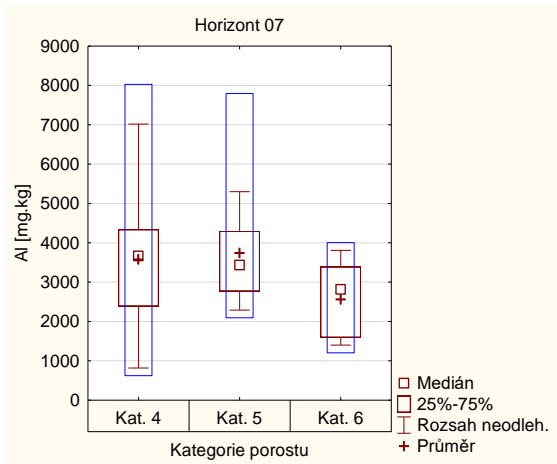
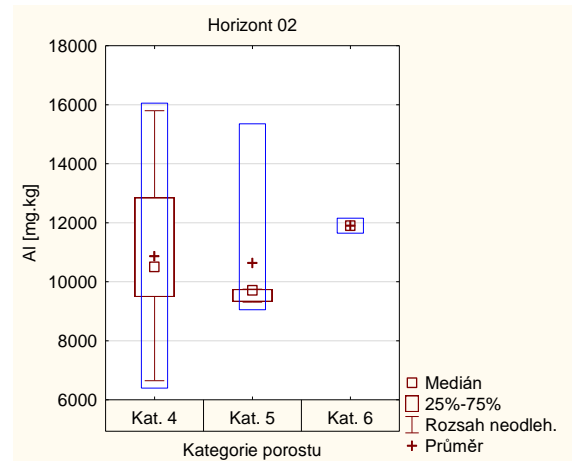
- Kategorie 4 - 4-6 LVS, lesy s převahou jehličnanů
- Kategorie 5 - 4-6 LVS, lesy listnaté a smíšené
- Kategorie 6 - 7-9 LVS.

Byly vypracovány grafy rozptylu obsahů PRV s intervalem spolehlivosti 95 % pro jednotlivé horizonty i přírodní lesní oblasti. Hladina významnosti byla stanovena $p < 0,050$.

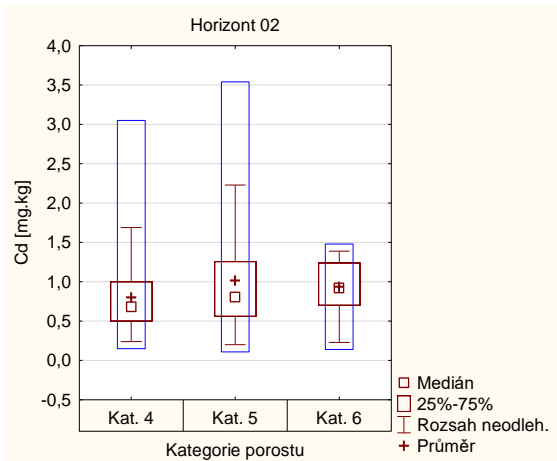
Obrázek 6.43: Moravskoslezské Beskydy



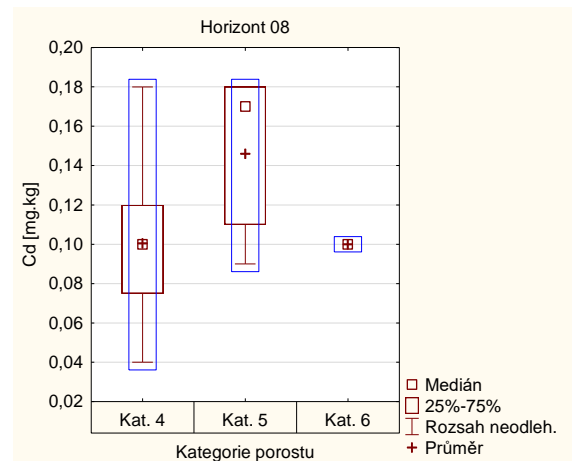
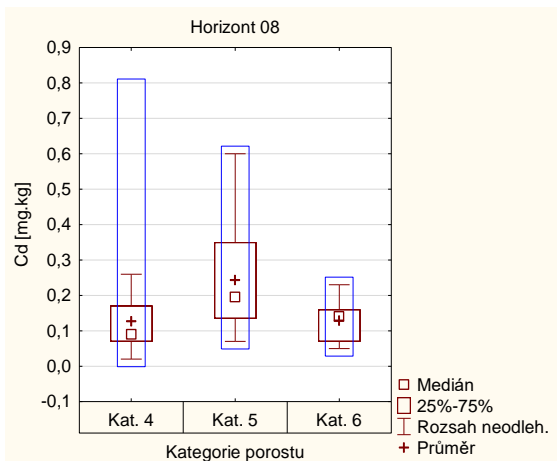
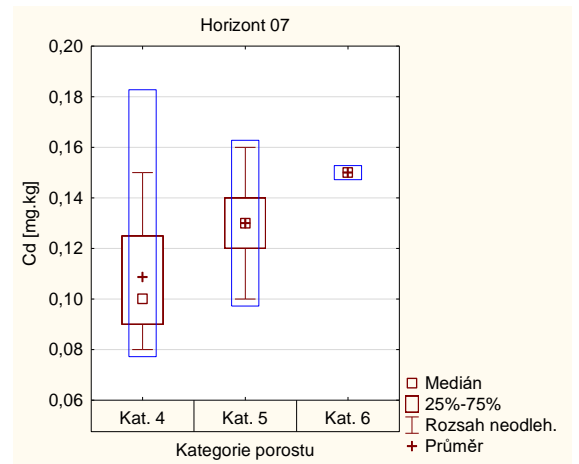
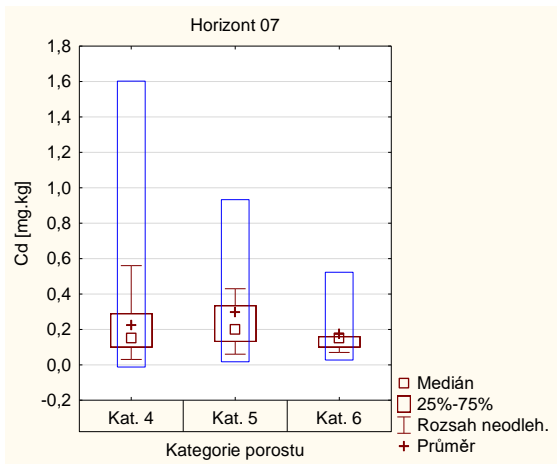
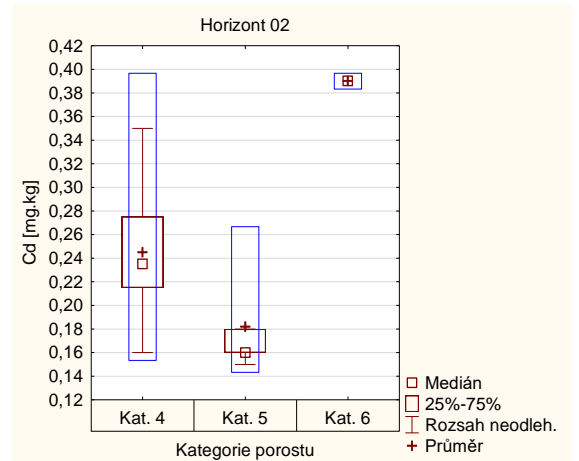
Obrázek 6.44: Novohradské hory



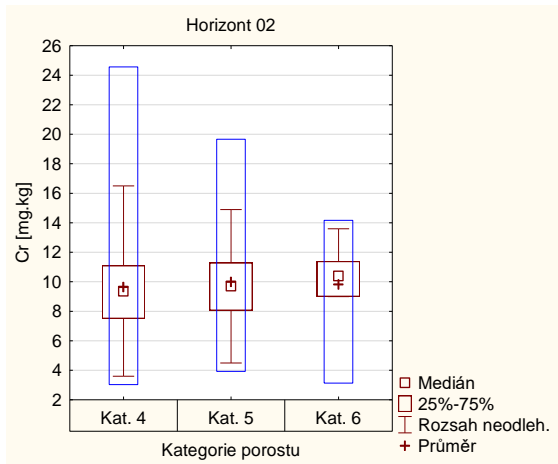
Obrázek 6.45: Moravskoslezské Beskydy



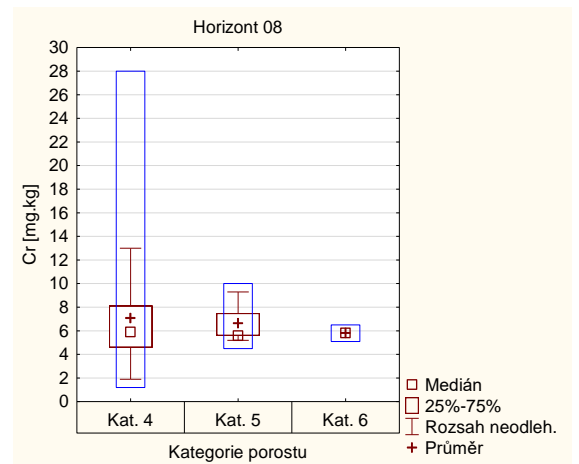
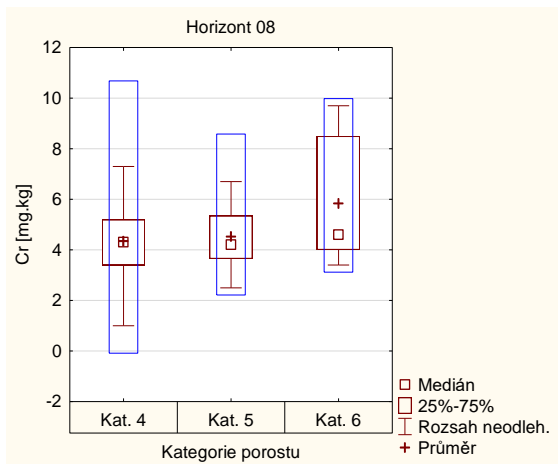
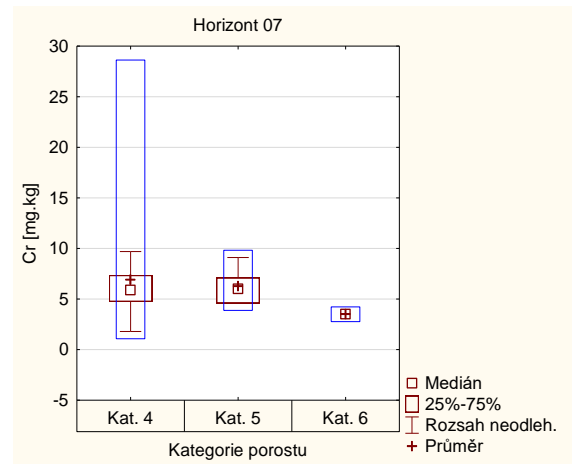
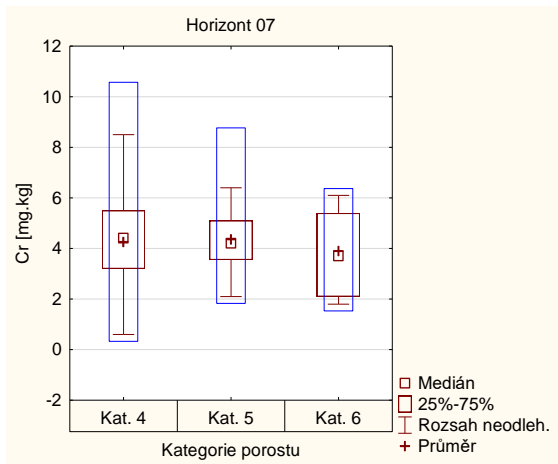
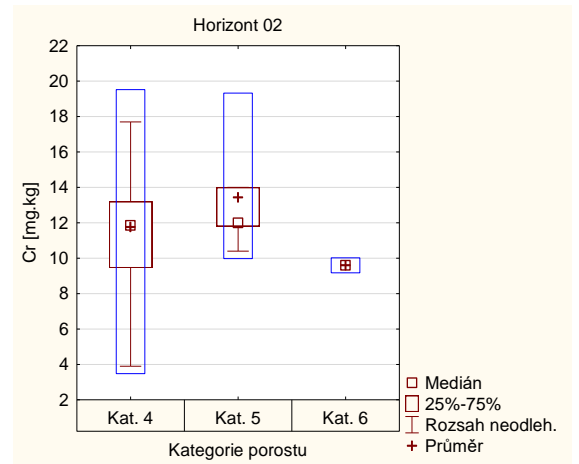
Obrázek 6.46: Novohradské hory



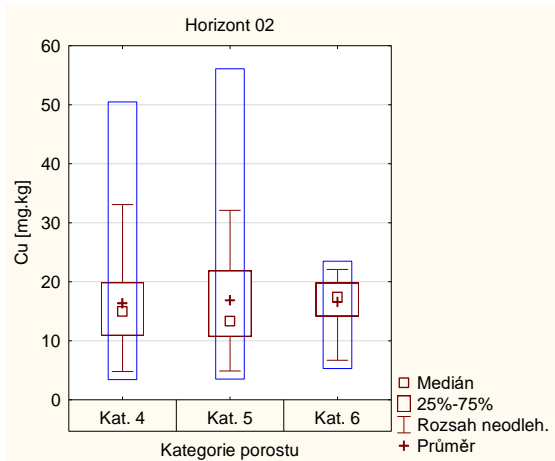
Obrázek 6.47: Moravskoslezské Beskydy



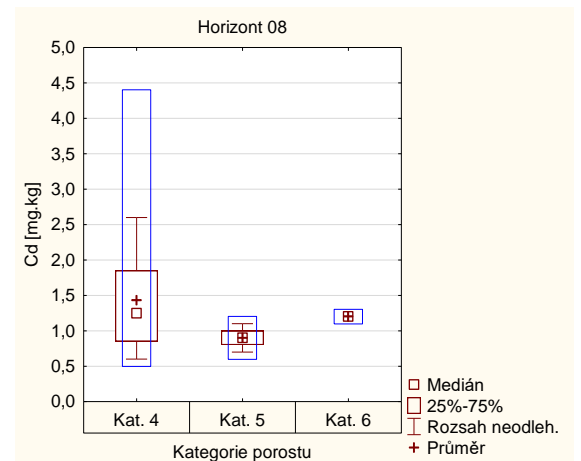
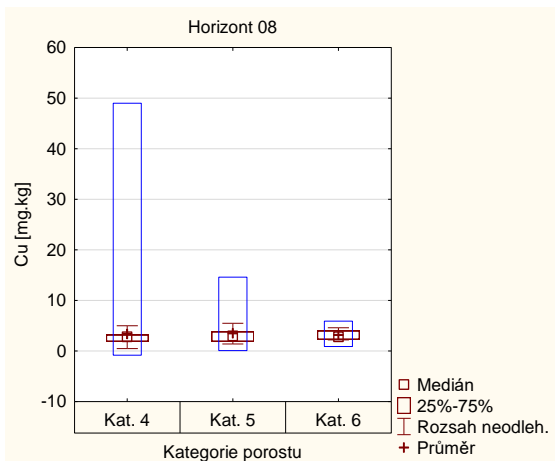
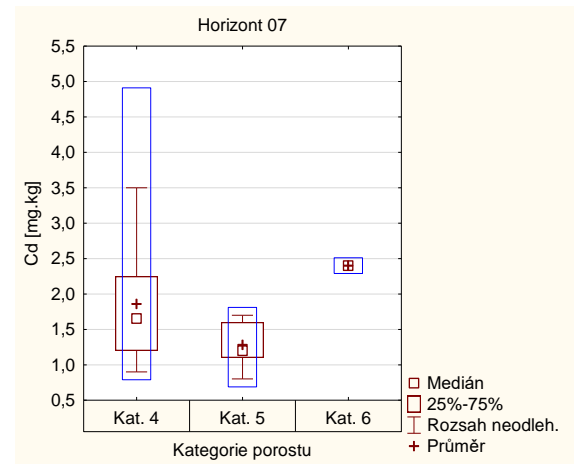
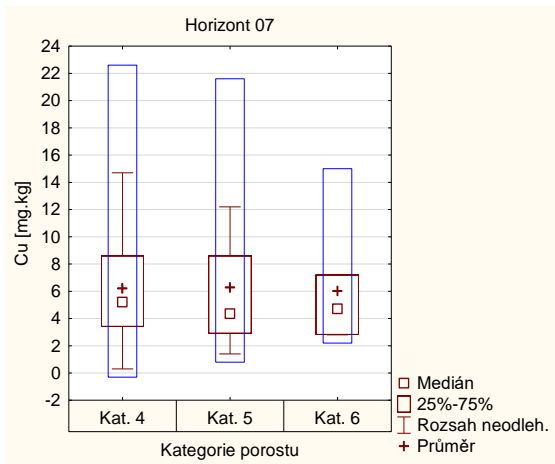
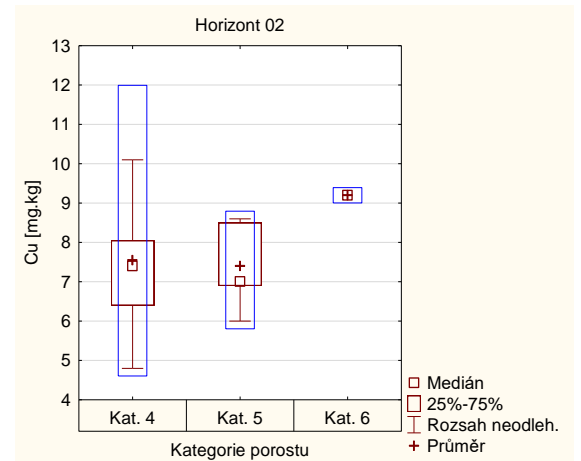
Obrázek 6.48: Novohradské hory



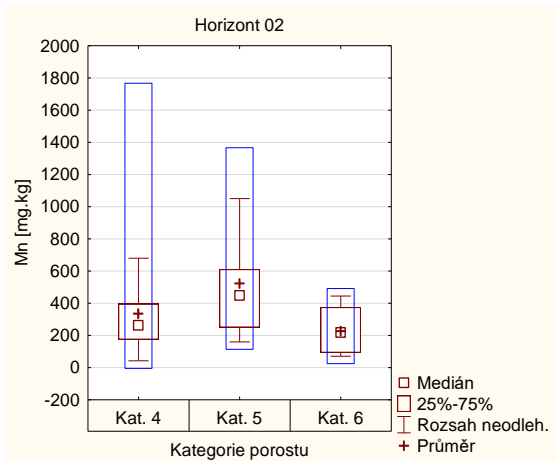
Obrázek 6.49: Moravskoslezské Beskydy



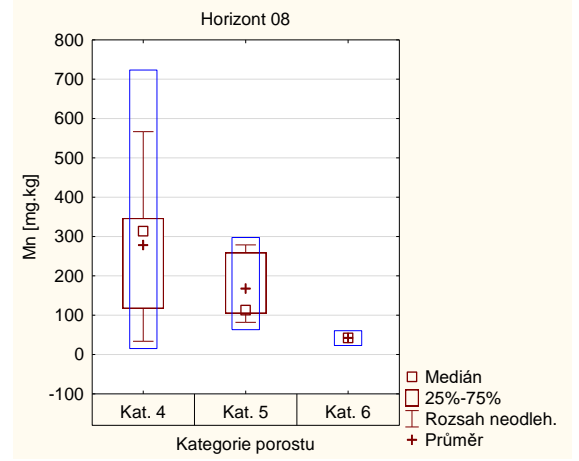
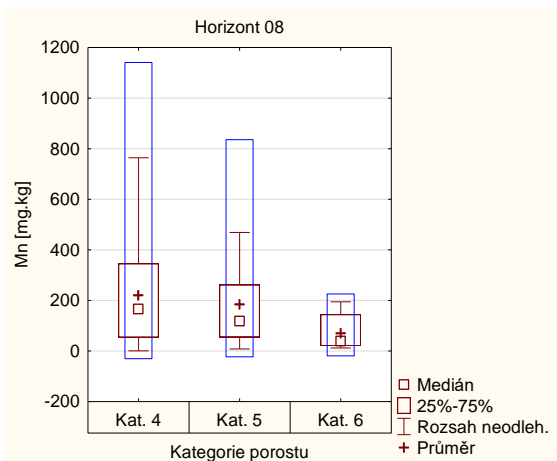
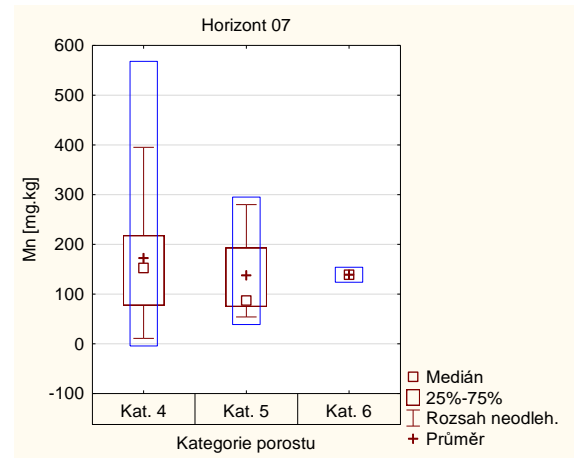
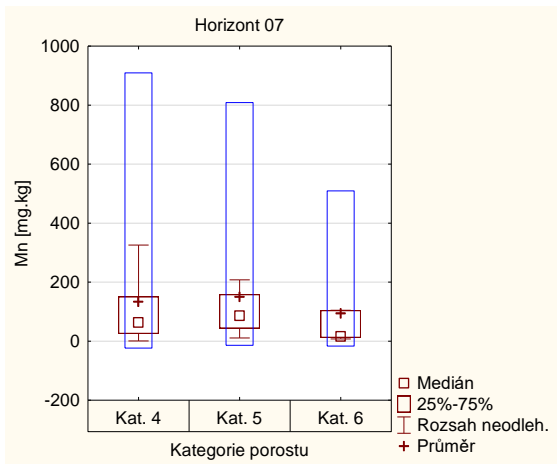
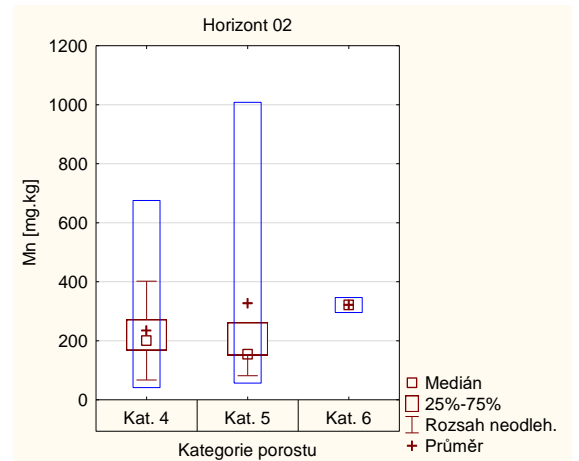
Obrázek 6.50: Novohradské hory



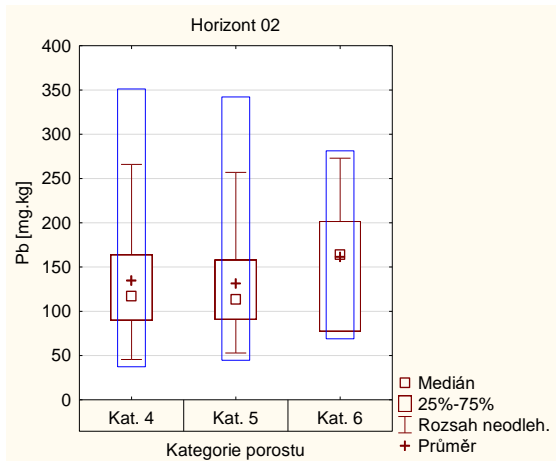
Obrázek 6.51: Moravskoslezské Beskydy



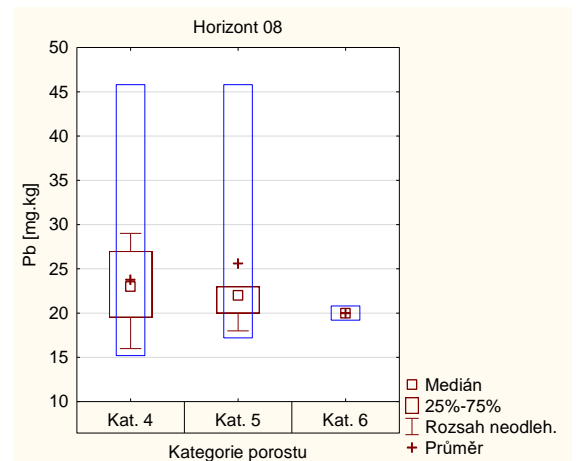
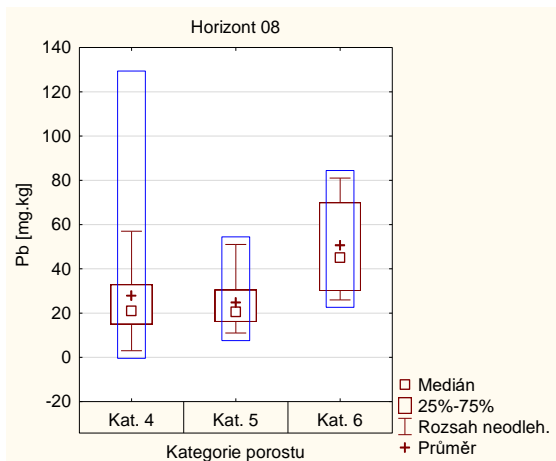
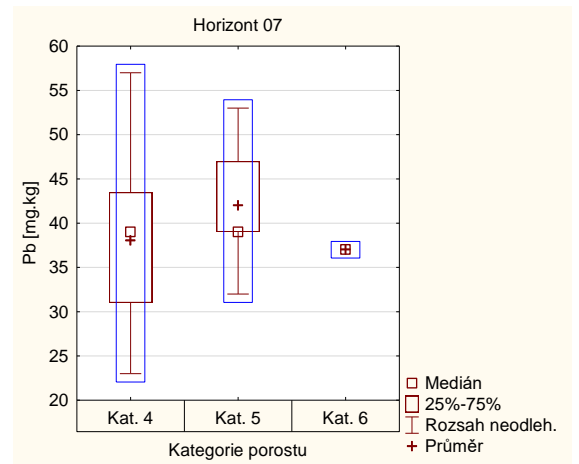
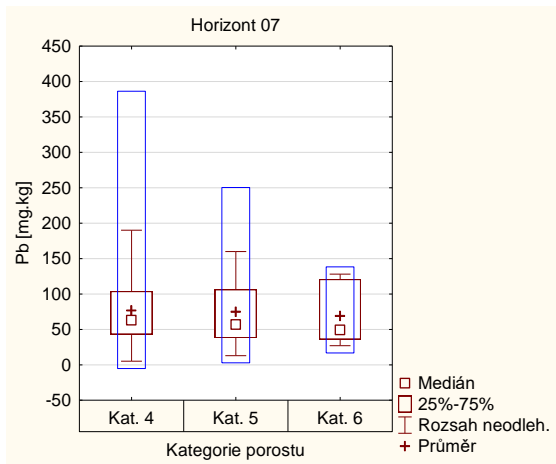
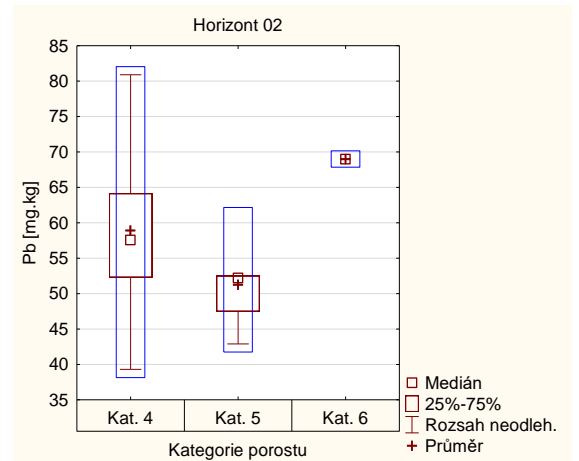
Obrázek 6.52: Novohradské hory



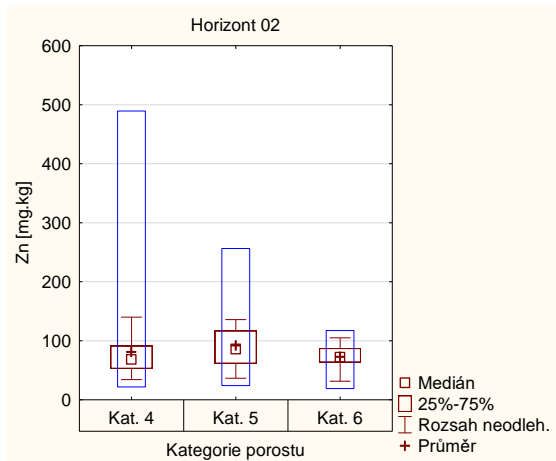
Obrázek 6.53: Moravskoslezské Beskydy



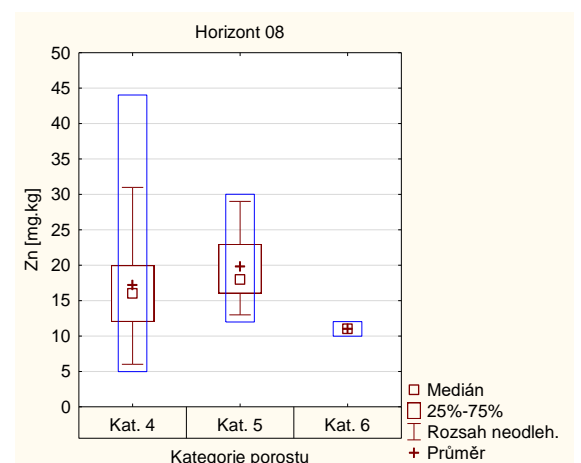
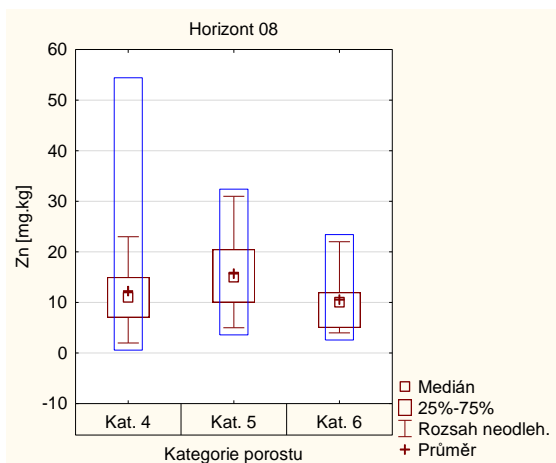
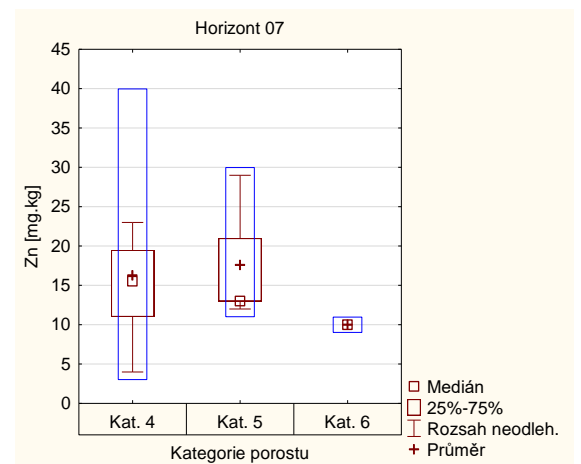
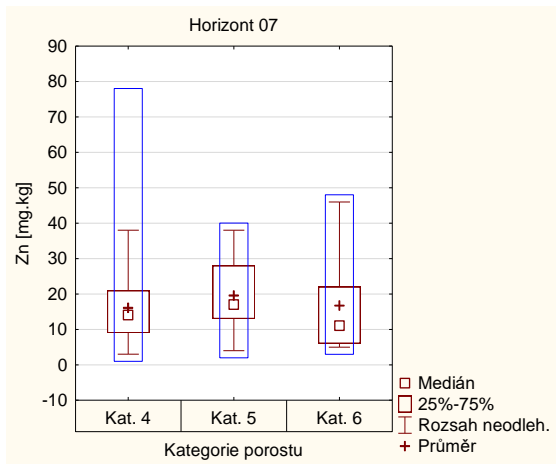
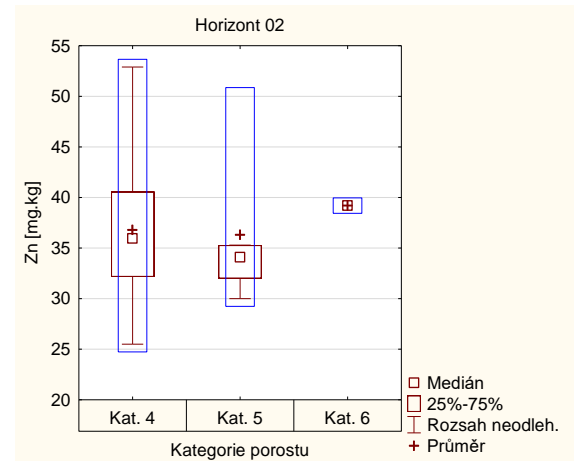
Obrázek 6.54: Novohradské hory



Obrázek 6.55: Moravskoslezské Beskydy



Obrázek 6.56: Novohradské hory

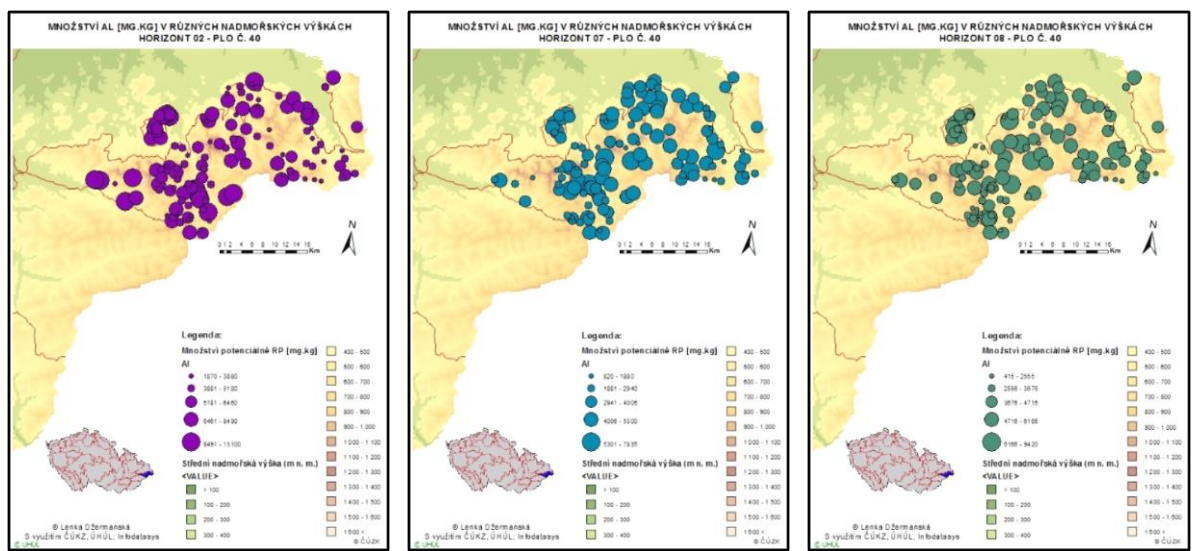


6.6 Rozložení množství potenciálně rizikových prvků v půdních horizontech podle nadmořské výšky

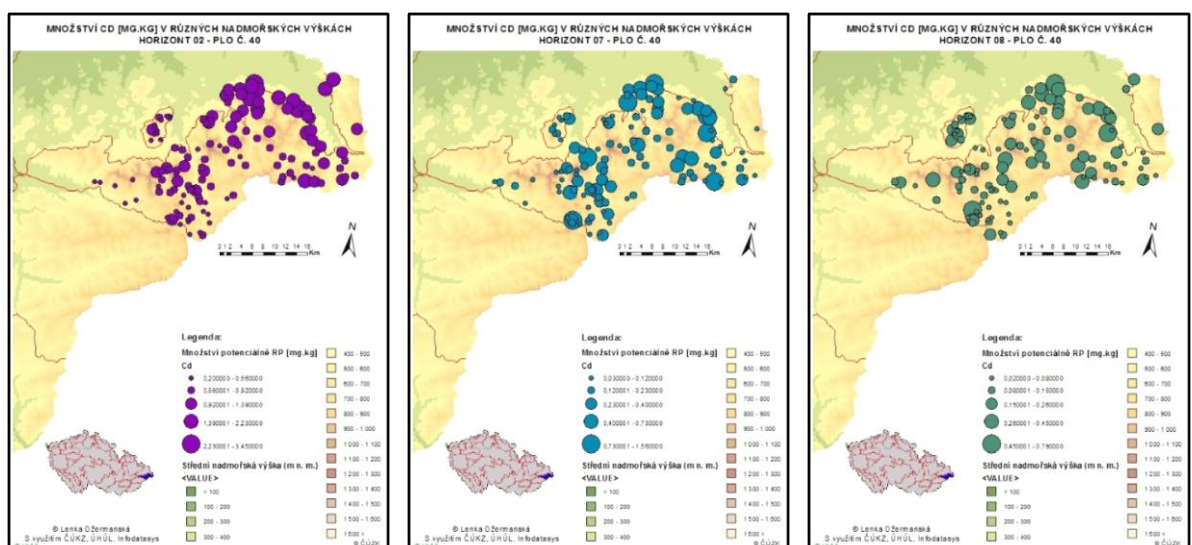
Pro hodnocení obsahů potenciálně rizikových prvků podle nadmořské výšky byly vypracovány kartogramy s vyznačením množství prvku v jednotlivých odběrných místech a nadmořských výškách a grafy rozptylu (Příloha č. 7) hodnot mediánů v závislosti na nadmořské výšce s intervalem spolehlivosti 95 % pro jednotlivé horizonty i přírodní lesní oblasti. Hladina významnosti byla stanovena $p < 0,050$.

6.6.1 Kartogramy – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

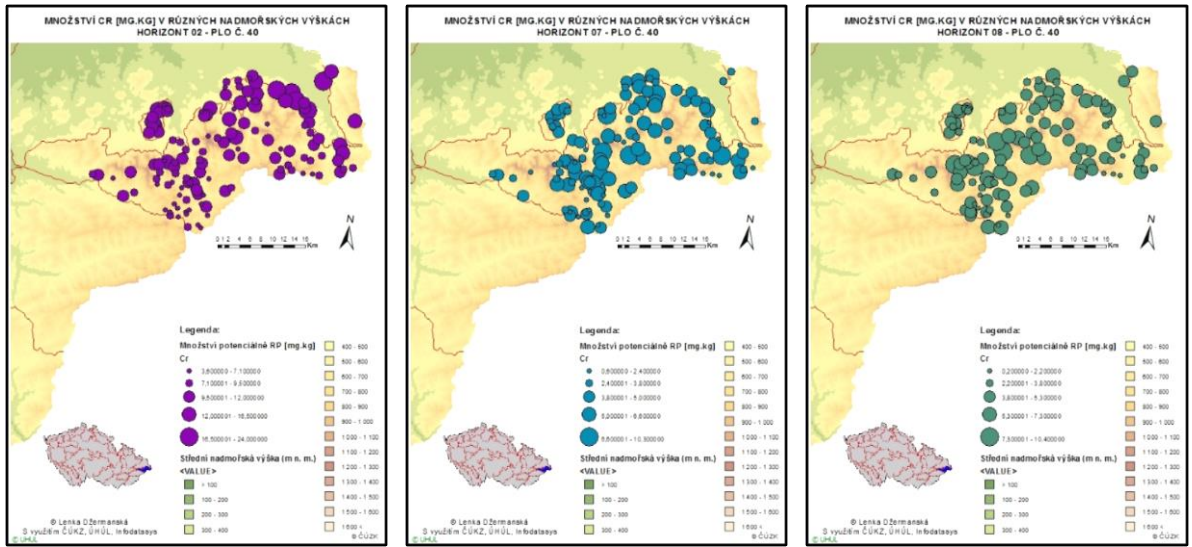
Obrázek 6.57: Al – PLO č. 40



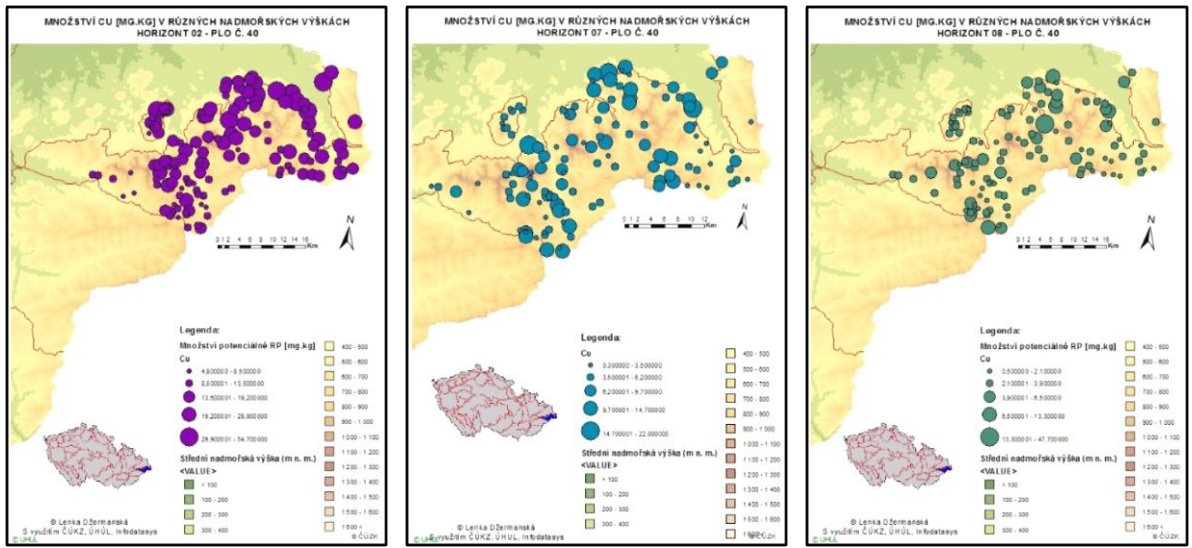
Obrázek 6.58: Cd – PLO č. 40



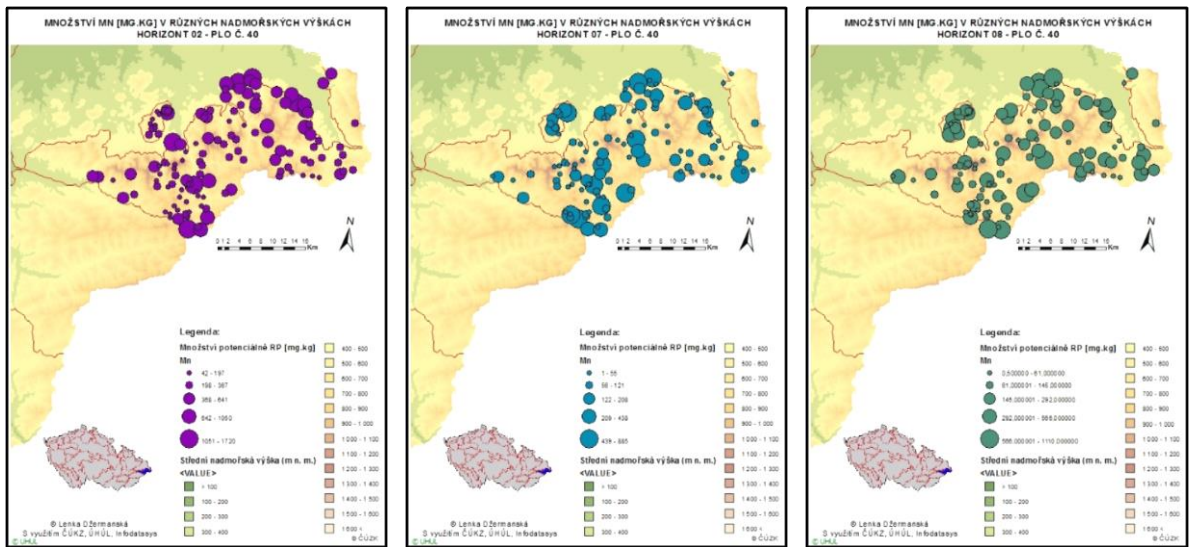
Obrázek 6.59: Cr – PLO č. 40



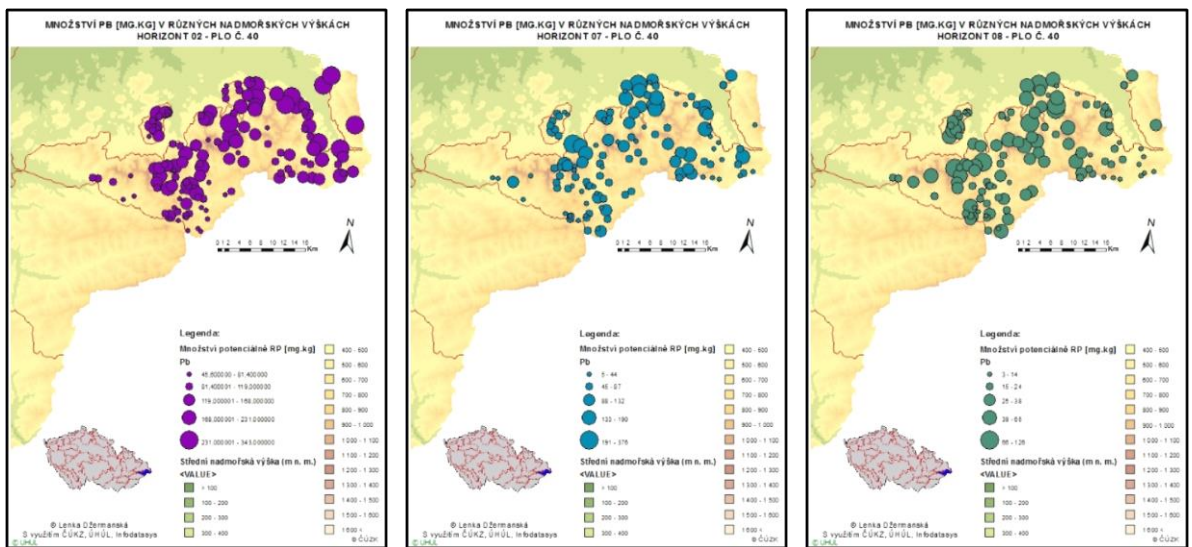
Obrázek 6.60: Cu – PLO č. 40



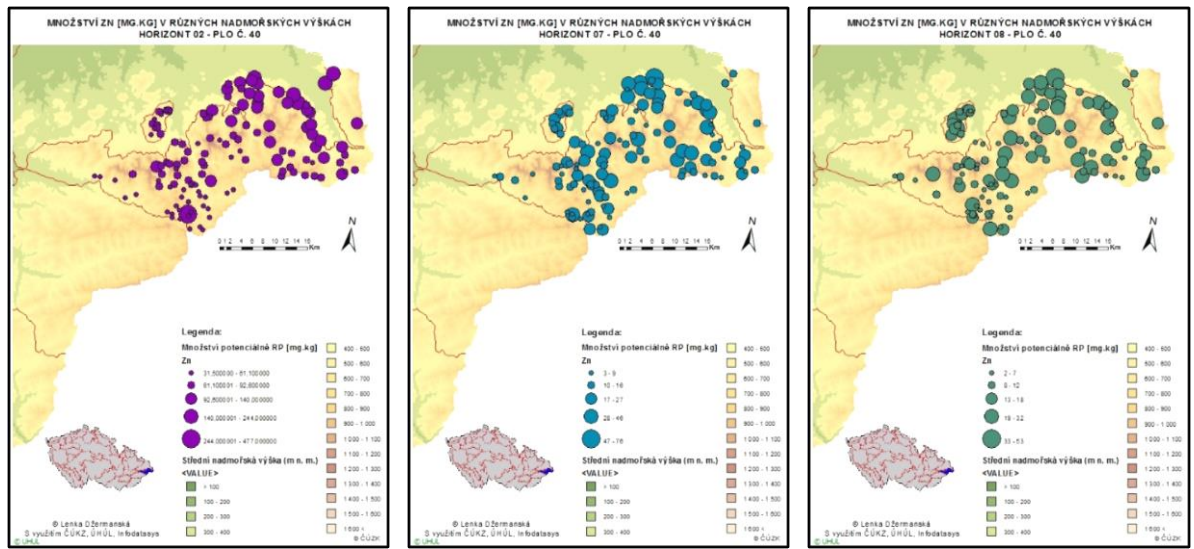
Obrázek 6.61: Mn – PLO č. 40



Obrázek 6.62: Pb – PLO č. 40

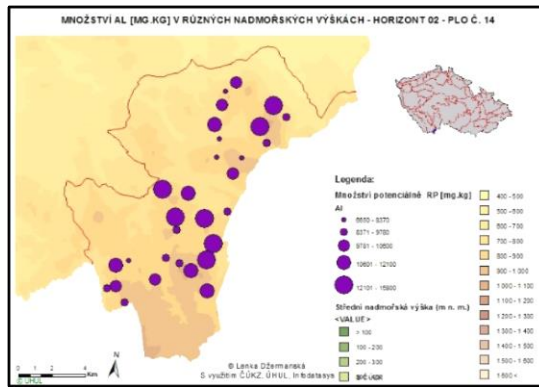


Obrázek 6.63: Zn – PLO č. 40

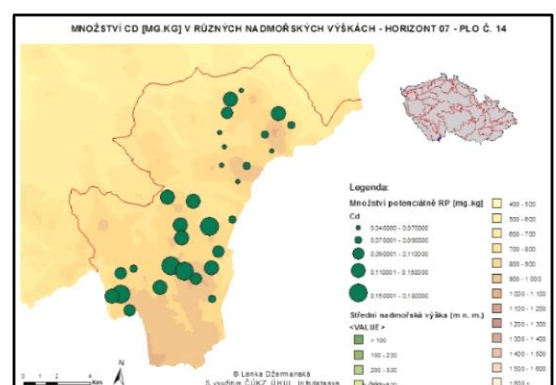
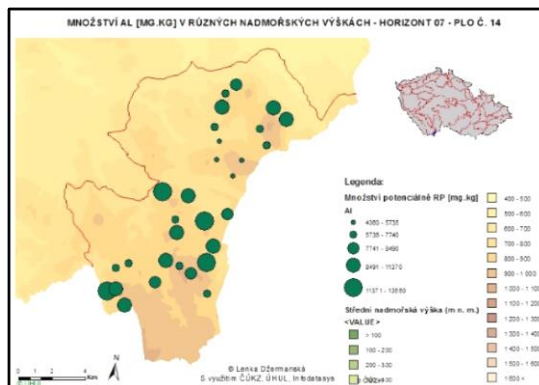
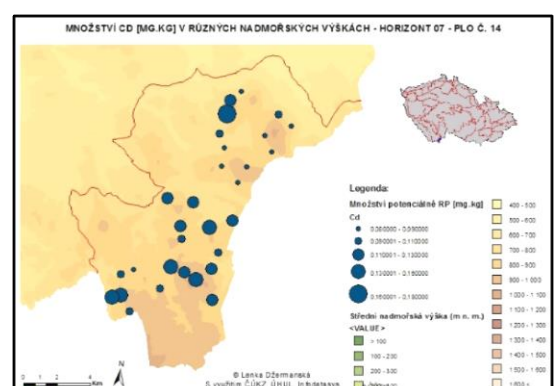
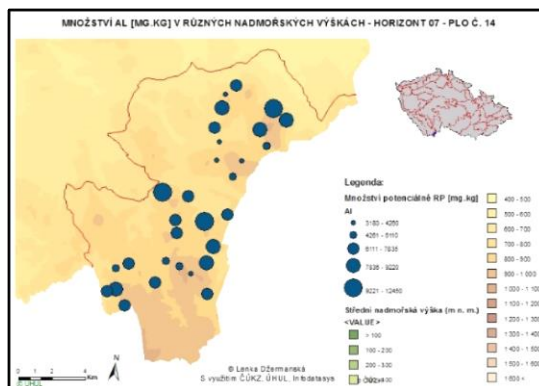
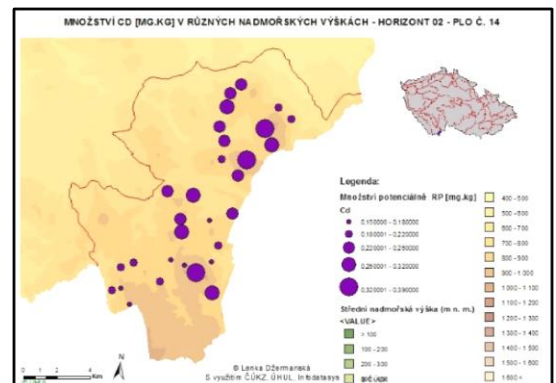


6.6.2 Kartogramy – PLO č. 14 Novohradské hory

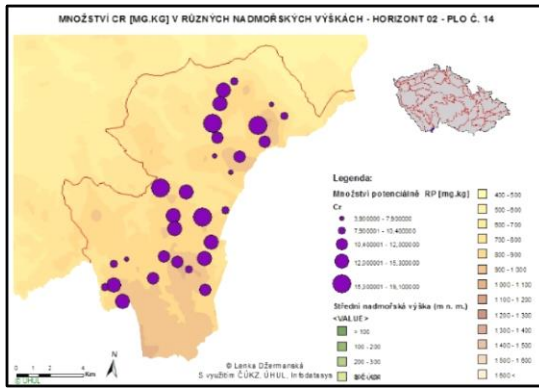
Obrázek 6.64: Al – PLO č. 14



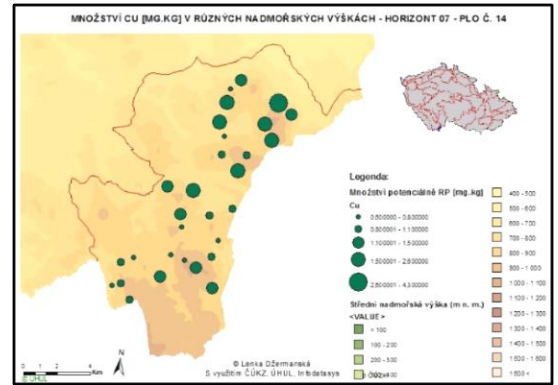
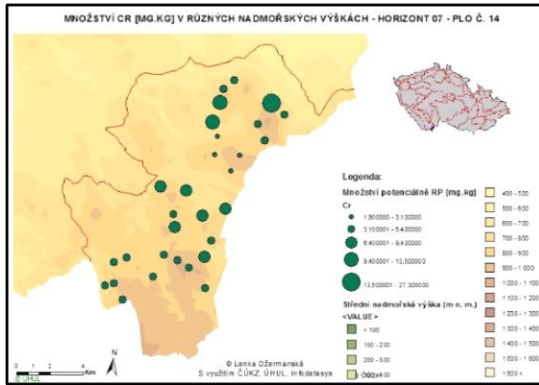
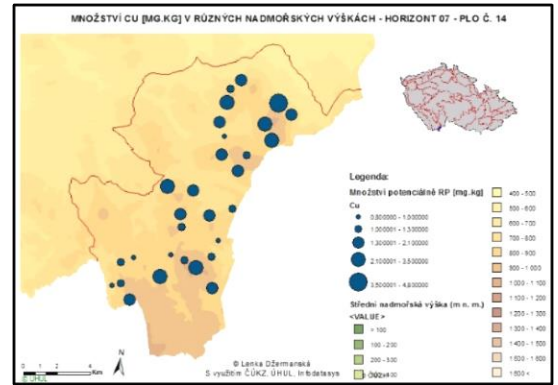
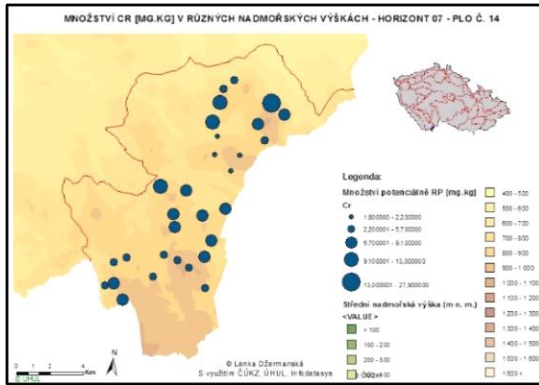
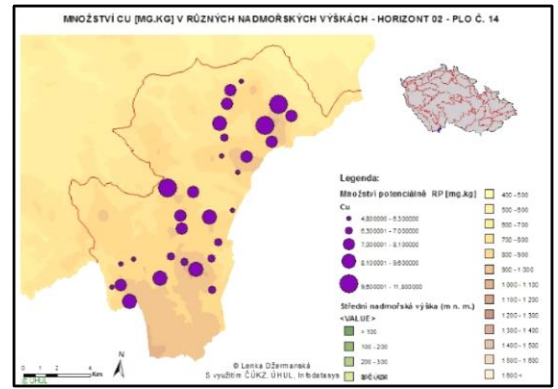
Obrázek 6.65: Cd – PLO č. 14



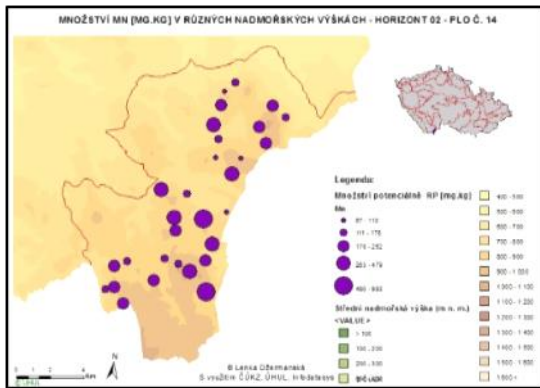
Obrázek 6.66: Cr – PLO č. 14



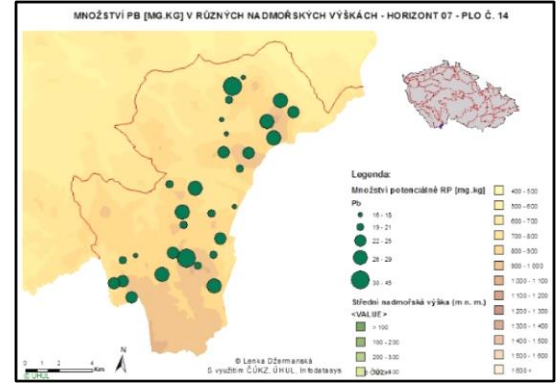
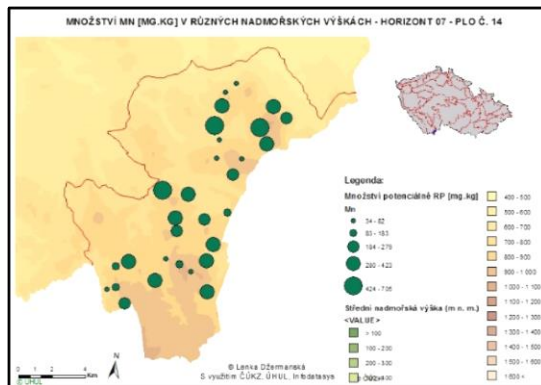
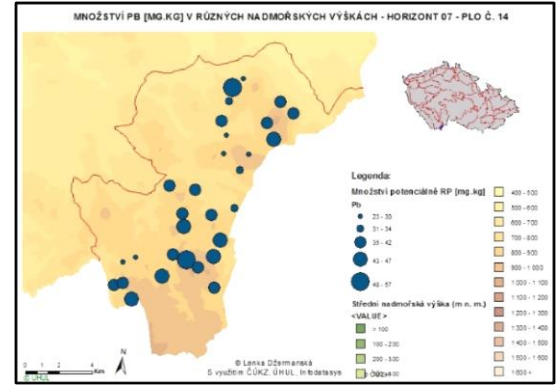
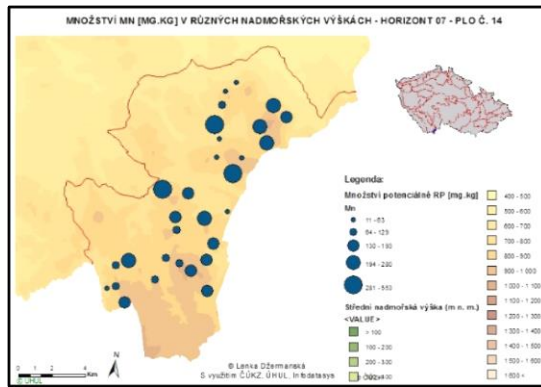
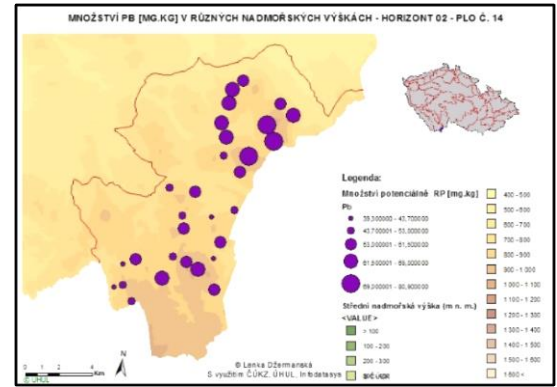
Obrázek 6.67: Cu – PLO č. 14



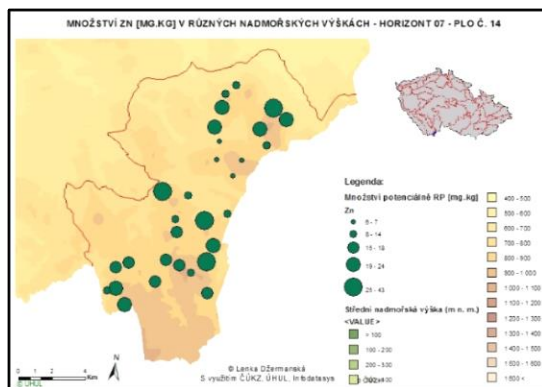
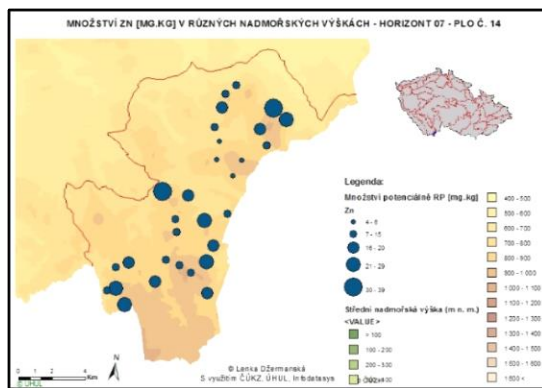
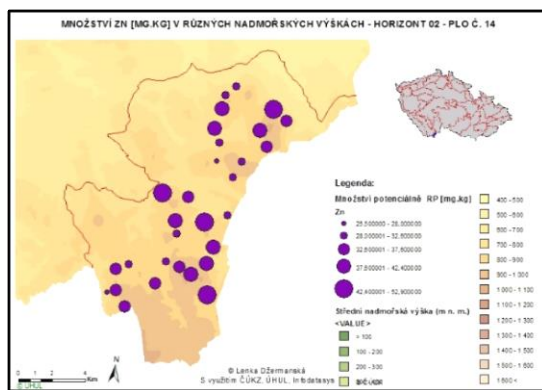
Obrázek 6.68: Mn – PLO č. 14



Obrázek 6.69: Pb – PLO č. 14



Obrázek 6.70: Zn – PLO č. 14



6.7 Porovnání vybraných oblastí z hlediska zatížení průmyslovými imisemi

Jedním z důvodů vybrání PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy a PLO č. 14 Novohradské hory k výzkumu bylo jejich odlišné zatížení průmyslovými imisemi. PLO č. 40 se nachází v Moravskoslezském kraji, který v rámci České republiky patří k jednomu z nejzatíženějších průmyslovými a hutními aktivitami. Oblast PLO č. 14 je situována v kraji Jihočeském a její poloha i méně rozvinutý průmysl v okolí ji naopak řadí k jednomu z nejčistějších území v ČR. Pro porovnání jednotlivých horizontů přírodních lesních oblastí byla vybrána statistická metoda t-test pro nezávislé vzorky. Hladina významnosti byla stanovena $\alpha = 0,05$ (5 %). Tabulka č. 22 shrnuje zjištěné výsledky.

Tabulka č. 22: Výsledky porovnání jednotlivých horizontů PLO č. 40 a PLO č. 14, metoda t-test

t-test pro nezávislé vzorky Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky						
	Skup. 1 vs. skup. 2	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
Horizont 02	Al vs. Al	5695,3	10859,7	-11,654	161	0,0001
	Cd vs. Cd	0,854	0,24	6,63	161	0,0001
	Cr vs. Cr	9,73	11,97	-3,26	161	0,0014
	Cu vs. Cu	16,45	7,58	5,81	161	0,0001
	Mn vs. Mn	368,7	252,8	2,06	161	0,0406
	Pb vs. Pb	135,4	57,95	6,37	161	0,0001
	Zn vs. Zn	82,6	36,79	5,08	161	0,0001
	Horizont 07	Al vs. Al	3556,2	7057,5	-10,87	154
Cd vs. Cd		0,24	0,11	2,84	154	0,0052
Cr vs. Cr		4,26	6,68	-4,61	154	0,0009
Cu vs. Cu		6,21	1,78	5,89	154	0,0001
Mn vs. Mn		135,32	165,63	-0,86	154	0,3914
Pb vs. Pb		75,86	38,67	3,76	154	0,0002
Zn vs. Zn		16,89	16,27	0,30	154	0,7671

t-test pro nezávislé vzorky Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky						
Horizont 08	Skup. 1 vs. skup. 2	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
	Al vs. Al	4109,39	8945,17	-14,08	150	0,0001
	Cd vs. Cd	0,15	0,11	1,890	150	0,0606
	Cr vs. Cr	4,46	6,96	-4,79	150	0,0004
	Cu vs. Cu	3,38	1,34	2,53	150	0,0125
	Mn vs. Mn	204,32	251,67	-1,13	150	0,2605
	Pb vs. Pb	28,51	23,93	1,25	150	0,2131
	Zn vs. Zn	12,79	17,43	-2,79	150	0,0060

Poznámka k tabulce č. X: Skupina 1 = PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy
 Skupina 2 = PLO č. 14 Novohradské hory

7. Diskuze

7.1 Množství potenciálně rizikových prvků v půdě PLO č. 40

Moravskoslezské Beskydy

Množství potenciálně rizikových prvků pro jednotlivé půdní horizonty PLO č. 40 Moravskoslezských Beskyd, jsou uvedené v tabulkách č. 10, č. 12 a č. 13.

Obsahy hliníku v půdě klesají společně s hloubkou odběru půdních vzorků. Nejvyšší množství Al se vyskytuje v horizontu 02, kde medián dosáhl hodnoty 5290 mg.kg^{-1} . Histogramy pro jednotlivé horizonty ukazují na rovnoměrné rozložení prvku v půdě. Korelační matice uvedená v tabulce č. 19 ukazuje pozitivní korelaci Al s pH CaCl_2 a negativní korelaci Al s množstvím humusu v horizontu 02. Tuto závislost popisuje i obrázek 6.1 lineární regrese. V horizontech 07 (tabulka č. 18) a 08 (tabulka č. 19) se korelace Al s pH CaCl_2 nevyskytuje. V obou těchto horizontech je výrazná interakce mezi hliníkem a prvky Cr a Zn, která je znázorněna grafem lineární regrese (obrázek: 6.15 a 6.22).

Vysoké zatížení PLO č. 40 kadmíem dokazuje překročení hodnoty $0,40 \text{ mg.kg}^{-1}$ na 117 odběrných místech. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v horizontu 02 (medián $0,71 \text{ mg.kg}^{-1}$) v odběrných místech Oldřichovice u Třince, Komorní Lhotka a Vendryně. V případě Cd byla prokázána pozitivní korelace především s výměnným a aktivním pH, množstvím humusu a množstvím N a C_{ox} v horizontu 02 (tabulka č. 16). Také v horizontech 07 (tabulka č. 18) a 08 (tabulka č. 19) se vyskytuje interakce mezi Cd a pH půdy. Grafy lineární regrese (obrázek: 6.16 a 6.23) popisují závislost Cd na pH CaCl_2 a pH H_2O .

Hodnoty mediánů u chromu pro horizonty 02 ($9,5 \text{ mg.kg}^{-1}$), 07 a 08 (shodně $4,3 \text{ mg.kg}^{-1}$) ukazují na nízké až střední zatížení oblastí. Negativní korelace chromu s N, C_{ox} a množstvím humusu byla prokázána v horizontu 02. Pozitivní korelace byla prokázána mezi Cr a N v horizontu 07 a Cr s N, C_{ox} a výměnnou aciditou u horizontu 08.

Na vyšší vstup mědi do půdy antropogenním působením ukazuje medián v organickém horizontu s hodnotou $14,9 \text{ mg.kg}^{-1}$. Na ukládání mědi v tomto horizontu v důsledku imisí ukazuje průběh lineární regrese (obrázek 6.4) i pozitivní korelace (tabulka č. 16) s N. Nejvyšší hodnoty Cu byly ve vzorcích z odběrných míst Oldřichovice u Třince, Komorní Lhotka a Vendryně v horizontu 02. Vysoká hodnota Cu v horizontu 08 ($47,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) byla naměřena v lokalitě Morávka. Změnu množství mědi v závislosti na N, C_{ox} a výměnné aciditě vidíme v korelační matici pro horizont 07 (tabulka č. 18). Ve spodním minerálním horizontu korelovala měď pouze se zinkem (tabulka č. 19). Výše uvedené

korelace Cr s proměnnými v minerální půdě interpretují grafy lineární regrese na obrázku 6.18 a 6.25.

Mangan je v horizontu 02 zastoupen v rozmezí 42 – 1720 mg.kg⁻¹. V horizontu 07 byly hodnoty manganu v rozmezí 1,0 – 885 mg.kg⁻¹ a v horizontu 08 v rozmezí 0,5 – 1110 mg.kg⁻¹. V korelačních maticích (tabulka č. 16, 18 a 19) vidíme, že se množství manganu v půdě mění spolu se změnami pH. Toto potvrzuje i průběh lineární regrese na obrázcích 6.5, 6.19 a 6.26.

V horizontu 02 vykazuje olovo hodnotu mediánu 115 mg.kg⁻¹. Na vysoké zatížení horizontu tímto prvkem ukazuje i překročení limitu 100 mg.kg⁻¹ u 84 odběrných míst. Nejvyšší hodnoty Pb byly v horizontu 02 naměřeny v odběrných místech Vendryně, Oldřichovice u Třince a Ostravici 2. Limit 100 mg.kg⁻¹ překročilo také 35 odběrných míst v horizontu 07 (medián 62,5 mg.kg⁻¹). Pozitivní korelace v horizontu 02 (tabulka č. 16) s prvky Cd, Cu a Zn ukazuje na určitou míru antropogenního působení. V horizontu 07 a 08 byla shodně prokázána korelace Pb a půdní reakce. Závislost Pb na půdní reakci v těchto horizontech shrnují grafy lineární regrese na obrázcích 6.20 a 6.27.

Velký rozdíl v množství zinku mezi horizontem 02 (medián 71 mg.kg⁻¹) a horizonty 07 (medián 14 mg.kg⁻¹) i 08 (medián 11 mg.kg⁻¹) ukazuje spíše na imisní vstupy tohoto prvku do půdy. Na tuto možnost ukazují i pozitivní korelace ve všech horizontech s prvky Cd, Cu a Pb, tedy s prvky pocházejících převážně z antropogenních zdrojů. Grafy lineární regrese na obrázcích 6.7, 6.21 a 6.28) vysvětlují změnu množství zinku spolu s měnícím se množstvím kadmia a mědi v půdě.

7.2 Množství potenciálně rizikových prvků v půdě PLO č. 14

Novohradské hory

V horizontu 02 bylo zjištěné množství hliníku v půdě u 57 % odběrných míst v intervalu hodnot 9000 – 12000 mg.kg⁻¹ a u 27 % odběrných míst v intervalu hodnot 12000 – 16000 mg.kg⁻¹. Toto zjištění spolu s hodnotami mediánů v horizontu 07 (7095 mg.kg⁻¹) a 08 (8382,5 mg.kg⁻¹) ukazuje na vysokou zásobu tohoto prvku v půdě. Korelační tabulky č. 17, 20 a 21 informují o ovlivnění Al změnami pH H₂O a pH CaCl₂ v horizontech 02 a 07. V horizontu 08 je zřejmá korelace Al s pH CaCl₂ a kadmíem. Vztahy těchto proměnných interpretují grafy lineární regrese (obrázek č. 6.8, 6.29 a 6.36).

Medián o hodnotě 0,23 mg.kg⁻¹ značí nižší zatížení horizontu 02 kadmíem. Vyšší zatížení je patrné v horizontech 07 a 08, kde mediány dosáhly hodnot 0,11 mg.kg⁻¹ a 0,10

mg.kg⁻¹. Významná korelace kadmia a olova v horizontu 02 (tabulka č. 20) ukazuje na pravděpodobné imisní vstupy tohoto prvku do horizontu. Změny Cd odvislé od množství C_{ox}, N a Al v horizontu 07 udává korelační matice v tabulce č. 23, kterou doplňuje graf lineární regrese na obrázku č. 6.30. V horizontu 08 se kromě pozitivní korelace s C_{ox} objevují také korelace s prvky Al, Pb a Zn. Graf lineární regrese (obrázek 6.37) ukazuje tendenci zvyšujícího se množství Cd v závislosti na množství C_{ox} a Al v půdě.

Hodnota mediánu v organickém horizontu 11,9 mg.kg⁻¹ indikuje normální obsahy chromu v půdě. Oproti tomu obsahy chromu v horizontech 07 (medián 5,85 mg.kg⁻¹) a 08 (medián 5,8 mg.kg⁻¹) ukazují na zvýšené množství tohoto prvku. Korelační matice (tabulka č. 17) prezentuje korelaci Cr s Al, Mn a Zn v horizontu 02. Pro tento horizont byl zpracován graf lineární regrese (obrázek: 6.10) popisující změny v množství Cr v závislosti na Al a Mn. Změna množství Cr v závislosti na pH je pak prokázána v horizontech 07 a 08 (tabulka č. 20 a 21). Změny v obsazích proměnné Cr v horizontu 07 v závislosti na množství Al a Cu popisuje graf lineární regrese (obrázek: 6.31). V grafu (obrázek: 6.38) je vidět zvyšující se množství chromu v půdě spolu s množstvím mědi a hodnotou výměnného pH ve spodním minerálním horizontu.

Na nízké zatížení PLO č. 14 mědi ukazují hodnoty mediánů organického horizontu (7,4 mg.kg⁻¹) i obou minerálních horizontů (1,6 mg.kg⁻¹ a 1,1 mg.kg⁻¹). V případě korelačních vztahů se pak ukazuje změna obsahu Cu se změnou obsahu Al a Zn v horizontu 02 (tabulka č. 17) a se změnou obsahu Al a Cr v horizontu 07 (tabulka č. 20). V horizontu 08 (tabulka č. 21) se projevují změny obsahu mědi v závislosti na výměnné aciditě půdy a množství manganu. Korelace mědi s výměnnou aciditou a uvedenými prvky znázorňují grafy lineární regrese (obrázky 6.11, 6.32 a 6.39).

Hodnota mediánů horizontu 02 (201 mg.kg⁻¹), horizontu 07 (145,5 mg.kg⁻¹) a horizontu 08 (257 mg.kg⁻¹) ukazují na nižší až střední zásobu manganu v půdě. Z výsledků vyplývá i jeho předpokládaný vstup do půdy z podloží. Pozitivní korelační vztahy mezi Mn a pH půdy se vyskytují u všech tří horizontů (tabulka č. 17, 20 a 21). Závislost množství manganu na půdní reakci objasňují grafy lineární regrese (obrázky 6.19, 6.33 a 6.40).

Vyšší zatížení PLO č. 14 olovem ukazuje hodnota mediánu horizontu 02 (57 mg.kg⁻¹). V minerálních horizontech 07 a 08 dosahují mediány (39 mg.kg⁻¹ a 22,5 mg.kg⁻¹) středních hodnot. Korelace významné na hladině $p < 0,5000$ byly v případě horizontu 02 prokázány s pH H₂O, pH CaCl₂, C_{ox}, Cd a množstvím humusu (tabulka č. 17). V případě horizontu 07 byla jedinou významnou korelací interakce Pb s C_{ox} (tabulka č. 20) a v horizontu 08 se projevila negativní korelace Pb s výměnným pH (tabulka č. 21). Závislost olova na kadmium a

množství humusu v horizontu 02 (obrázek 6.13), na množství C_{ox} v horizontu 07 (obrázek 6.34) a na pH $CaCl_2$ a množství celkového dusíku v horizontu 08 (obrázek 6.41) popisují jednotlivé grafy lineární regrese.

V organickém horizontu byly hodnoty zinku u 60 % odběrných míst v intervalu 30 – 40 $mg.kg^{-1}$. Hodnota mediánu byla stanovena na hodnotu 35,5 $mg.kg^{-1}$ a odpovídá střední zásobě tohoto prvku v půdě. V minerální půdě je zásoba zinku v půdě na nižší úrovni. Dokládají to hodnoty mediánů horizontu 07 (14,5 $mg.kg^{-1}$) i horizontu 08 (11,0 $mg.kg^{-1}$). Podle výsledků korelačních matic (tabulka č. 17, 20 a 21) dochází ke změně zinku u všech horizontů spolu se změnami půdní reakce a Al. Závislost Zn na pH půdy dále vysvětlují grafy lineární regrese (obrázky 6.14, 6.35 a 6.42).

7.3 Obsahy potenciálně rizikových prvků ve vybraných územích v půdních horizontech podle kategorií porostů

Obsahy potenciálně RP PLO č. 40 - Moravskoslezské Beskydy a PLO č. 14 – Novohradské hory v jednotlivých půdních horizontech byly posuzovány na základě rozptylu jejich množství v různých kategoriích porostů. Hladina významnosti byla stanovena $p < 0,050$. Podle vegetace a lesních vegetačních stupňů byly ve vybraných územích na základě certifikované metodiky - Srovnávací hodnoty pro hodnocení kontaminace lesních půd (Borůvka et al. 2014) stanoveny tyto tři kategorie porostu:

- Kategorie 4 – 4-6 lesní vegetační stupeň, lesy s převahou jehličnanů
- Kategorie 5 - 4-6 lesní vegetační stupeň, lesy listnaté a smíšené
- Kategorie 6 - 7-9 lesní vegetační stupeň.

Z hodnocení jsem vyloučila kategorii 6 PLO č. 14 – Novohradské hory, která byla v souboru zastoupena pouze jednou.

Na obrázku 6.43 a 6.44 jsou grafy rozložení hliníku v jednotlivých kategoriích porostu PLO č. 40 a PLO č. 14. Na grafech jednotlivých horizontů vidíme medián a 95,0 % spolehlivostní intervaly pro jednotlivé kategorie. Obsah Al v PLO č. 40 se mezi jednotlivými kategoriemi průkazně neliší, $p = 0,6462$. Ke stejným závěrům vede i hodnota $p = 0,1200$ u horizontu 08. U horizontu 07 je průkazný rozdíl mezi kategoriemi 5 a 6, $p = 0,017$.

Obsah Al mezi jednotlivými kategoriemi v horizontu 02 se průkazně neliší ani v případě PLO č 14, $p = 0,8590$. Ke stejným výsledkům vede i hodnota $p = 0,8128$ u horizontu 07 a hodnota $p = 0,3393$ u horizontu 08. Z grafů je patrná vyšší zásoba Al v půdě

Novohradských hor. Vidíme také, že nejvyšší naměřené obsahy hliníku byly u obou území soustředěny v kategorii porostu 4.

Rozložení kadmia v jednotlivých kategoriích porostu ukazují obrázky 6.45 a 6.46. Na prvním grafu pro horizont 02 PLO č. 40 (obr. 6.45) je rozptyl obsahu kadmia mezi kategoriemi 4 a 5 na hranici průkaznosti, $p = 0,051$. V případě horizontu 07 je hodnota $p = 0,2802$ a není zde rozložení kadmia v závislosti na porostu průkazné. U horizontu 08 můžeme říct, že se průkazně liší kategorie porostu 5 od kategorií 4 a 6, hodnota $p < 0,001$. Na prvním grafu pro horizont 02 PLO č. 14 (obr. 6.46) se obsah kadmia v závislosti na vegetaci mezi kategoriemi 4 a 5 na rozdíl od Moravskoslezských Beskyd průkazně liší, $p = 0,0242$. V případě horizontu 07 je hodnota $p = 0,0951$ a není zde rozložení kadmia v závislosti na porostu průkazné. Stejně jako v případě PLO č. 40, můžeme u horizontu 08 PLO č. 14 říci, že se kategorie porostu 4 a 5 průkazně liší, hodnota $p = 0,0135$. V grafech je patrný rozdíl mezi oblastmi v rozložení kadmia v kategoriích porostu. V PLO č. 40 jsou nejvyšší obsahy kadmia soustředěny v kategorii porostu 5, kdežto v PLO č. 14 jsou nejvyšší obsahy kadmia nalezeny ve čtvrté kategorii porostu. Zde je však nutné připomenout, že v případě PLO č. 14 je vegetační pokryv tvořen převážně smrkovými porosty.

Obrázky 6.47, 6.48, a 6.49, 6.50 znázorňují rozložení chromu a mědi v jednotlivých PLO. Na grafech vidíme medián a 95,0 % spolehlivostní intervaly pro jednotlivé kategorie porostu. V obou oblastech nebyl u rozložení mědi v závislosti na druhu vegetace zjištěn průkazný rozdíl u žádného z horizontů. U obsahu chromu byl zjištěn průkazný rozdíl mezi kategoriemi 4 a 6 v horizontu 08 pouze v PLO č. 40, $p = 0,0334$. Mediány hodnot Cr jsou u obou sledovaných oblastí vyrovnané. Shoda panuje i v nálezů nejvyšších naměřených obsahů Cr ve čtvrté kategorii porostu. Hodnoty mediánů mědi jsou ve všech horizontech PLO č. 40 mezi kategoriemi porostu vyrovnané. Vyšší hodnoty mediánů Cu jsou sledovány pouze v minerálních horizontech PLO č. 14, průkazný rozdíl mezi nimi však zjištěn nebyl. V případě nejvyšších naměřených obsahů mědi v minerálních horizontech je mezi oblastmi shoda v jejich nálezů převážně ve čtvrté kategorii porostu. Rozdíl mezi PLO je v rozložení mědi v horizontu 02. V PLO č. 40 byly nalezeny nejvyšší obsahy v páté kategorii porostu, v PLO č. 14 ve čtvrté kategorii porostu.

Graf rozptylu manganu pro horizont 02 PLO č. 40 (obrázek 6.51) ukazuje průkazný rozdíl mezi kategorií 5 a kategoriemi 4 a 6, $p = 0,0045$. V případě horizontu 07 se rozdíl mezi jednotlivými kategoriemi nepotvrdil, $p = 0,7625$. U horizontu 08 docházíme ke stejným závěrům jako u horního minerálního horizontu, $p = 0,1759$. Graf rozptylu (obrázek 6.52) manganu pro horizont 02 PLO č. 14 neukazuje průkazný rozdíl mezi kategoriemi porostu, $p =$

0,3293. Průkazný rozdíl v rozložení manganu mezi kategoriemi porostu nebyl prokázán ani v případě obou minerálních horizontů. Nejvyšší obsahy manganu byly naměřeny v horizontu 02 PLO č. 40 ve čtvrté kategorii porostu. V případě PLO č. 14 v páté kategorii porostu. V minerálních oblastech byly nejvyšší obsahy manganu naměřeny ve čtvrté kategorii porostu u obou sledovaných oblastí. Vzhledem k vysokým hodnotám manganu ve spodních minerálních horizontech, je zde pravděpodobný vstup tohoto prvku do půdy z podloží.

Rozložení olova v jednotlivých kategoriích porostu PLO č. 40 ukazuje obrázek 6.53. Na grafech pro horizonty 02 a 07 se obsah olova mezi kategoriemi průkazně neliší. Změna nastává v horizontu 08, kde je průkazný rozdíl mezi kategorií 6 a kategoriemi 4 a 5, $p = 0,0067$. Obrázek 6.54 ukazuje rozložení olova v jednotlivých horizontech PLO č. 14. V těchto grafech se obsahy olova mezi kategoriemi porostu průkazně neliší. Nejvyšší naměřené obsahy olova byly u obou PLO prokázány v kategorii 4 ve všech půdních horizontech. Grafy také ukazují výrazně vyšší zatížení lesních porostů Moravskoslezských Beskyd olovem oproti Novohradským horám.

Obrázky č. 6.55 a 6.56 znázorňují rozložení zinku v půdě PLO č. 40 a PLO č. 14. U obou sledovaných oblastí se v případě tohoto prvku u žádného z horizontů nepotvrdil průkazný rozdíl v jeho rozložení mezi kategoriemi porostu. Nejvyšší naměřené obsahy byly u obou PLO opět soustředěny v kategorii 4 ve všech půdních horizontech.

Při posuzování hodnot mediánů PLO č. 40 v horizontu 02 (tabulka č. 25) dojdeme k závěru, že nejvyšší obsahy potenciálně rizikových prvků se v této oblasti nalézají převážně v šesté kategorii porostu. V kategorii porostu 5 byly nejvyšší obsahy manganu (medián $447,0 \text{ mg.kg}^{-1}$) a zinku (medián $86,0 \text{ mg.kg}^{-1}$). V kategorii porostu 4 se vyskytl pouze nejvyšší obsah hliníku s hodnotou mediánu $5300,0 \text{ mg.kg}^{-1}$. V tabulce č. 28 s mediány hodnot PLO č. 14 vidíme, že nejvyšší obsahy potenciálně rizikových prvků se v této oblasti nalézají převážně ve čtvrté kategorii porostu (RP: Al, Cd, Cu, Mn, Pb a Zn). V kategorii porostu 5 byly nejvyšší obsahy naměřeny pouze u chromu (medián $12,0 \text{ mg.kg}^{-1}$). Nejvyšší hodnoty mediánů obsahů potenciálně RP v horizontu 07 PLO č. 40 (tabulka č. 26) byly naměřeny pouze v kategorii porostu 4 (RP: Al, Cr, Cu a Pb) a kategorii porostu 5 (RP: Cd, Mn a Zn). V horizontu 07 PLO č. 14 (tabulka č. 29) byly naměřeny nejvyšší hodnoty mediánů obsahů potenciálně RP v kategorii porostu 4 u Al, Cu, Mn a Zn. V páté kategorii porostu byly zjištěny nejvyšší hodnoty mediánu v případě kadmia ($0,13 \text{ mg.kg}^{-1}$) a chromu ($6,0 \text{ mg.kg}^{-1}$). V případě horizontu 08 PLO č. 40 (tabulka č. 27) byly nejvyšší hodnoty mediánů obsahů potenciálně rizikových prvků především v kategorii porostu 6 (RP: Al, Cr a Pb) a kategorii porostu 5 (RP: Cd, Cu a Zn). V kategorii porostu 4 se v tomto horizontu vyskytla pouze nejvyšší hodnota

mediánu Mn ($166,0 \text{ mg.kg}^{-1}$). U horizontu 08 PLO č. 14 byly nejvyšší hodnoty mediánů obsahů potenciálně rizikových prvků (tabulka č. 30) znovu převážně v kategorii porostu 4 (RP: Cr, Cu, Mn a Pb). V kategorii porostu 5 tohoto horizontu byly nejvyšší hodnoty mediánů u hliníku, kadmia a zinku. Na základě těchto výsledků se o přírodně lesních oblastech č. 40 Moravskoslezské Beskydy a č. 14 Novohradské hory dá říci, že nejvyšší obsahy potenciálně rizikových prvků lze nalézt především v jehličnatých porostech.

7.4 Rozložení množství potenciálně rizikových prvků v půdních horizontech vybraných území podle nadmořské výšky

Na obrázcích 6.57 a 6.64 vidíme kartogramy rozložení množství hliníku v půdních horizontech PLO č. 40 a PLO č. 14. V horizontu 02 PLO č. 40 je rozložení Al v různých nadmořských výškách vyrovnané a většina vyšších obsahů byla zjištěna v odběrných místech v nadmořské výšce od 400 do 500 m n. m. Toto potvrzuje i graf rozptylu (obr. č. 11.1, příloha 7), ve kterém nebyl zjištěn žádný průkazný rozdíl v hodnotách, $p = 0,1811$. Kartogramy horizontů 07 a 08 shodně ukazují, že nejvyšší hodnoty hliníku se vyskytují v nadmořských výškách v rozmezí 700 až 800 m n. m. Graf rozptylu Al spodního minerálního horizontu ukazuje na mírně rostoucí hodnoty hliníku spolu s nadmořskou výškou. Průkazný rozdíl v hodnotách však zjištěn nebyl. Na rozdíl od PLO č. 40 je rozložení množství hliníku v horizontu 02 PLO č. 14 kolísavé a nejvyšší obsahy jsou v nadmořské výšce 800 až 900 m n. m. Podobně lze hodnotit i oba minerální horizonty PLO č. 14. V grafech rozptylu množství Zn mezi nadmořskými výškami (obr. č. 11.2, příloha č. 7) PLO č. 14 je v těchto minerálních horizontech viditelný pokles hodnot obsahů Al od nadmořské výšky 865 m n. m. Průkazný rozdíl v množství obsahu Al mezi nadmořskými výškami nebyl zjištěn u žádného z půdních horizontů Novohradských hor.

Obrázek 6.58: Kartogramy rozložení kadmia v jednotlivých půdních horizontech v různých nadmořských výškách v PLO č. 40 ukazují, že nejvyšší obsahy Cd jsou soustředěny v průmyslové oblasti Třinecka. Předpokládám tedy primárně antropogenní vstup tohoto prvku do půdního prostředí. Toto potvrzují i vypracované grafy rozptylu Cd v půdě pro jednotlivé horizonty (obr. č. 11.3, příloha č. 7). Průkazný rozdíl mezi obsahy Cd na hladině významnosti $p < 0,050$ však u žádného z horizontů zjištěn nebyl.

Obrázek 6.65: Kartogram rozložení kadmia v horizontu 02 v různých nadmořských výškách PLO č. 14 ukazuje na kolísání hodnot obsahů Cd. Nejvyšší obsahy Cd v tomto horizontu jsou oproti PLO č. 40 soustředěny především v nejvyšších nadmořských výškách. V

rámci hodnocení množství kadmia v závislosti na nadmořské výšce byly vypracovány také grafy rozptylu (obr. č. 11.4, příloha č. 7). V těchto grafech vidíme kolísavé rozložení Cd mezi nadmořskými výškami i v případě minerálních horizontů, přičemž nejvyšší obsahy byly shodně nalezeny v nadmořské výšce 820 až 863 m n. m. Průkazný rozdíl mezi obsahy Cd na hladině významnosti $p < 0,050$ nebyl zjištěn stejně jako v případě PLO č. 40.

Kartogramy s vyjádřením množství chromu v různých nadmořských výškách PLO č. 40 a PLO č. 14 uvádějí obrázky č. 6.59 a 6.66. Z kartogramu horizontu 02 PLO č. 40 je patrné, že nejvyšší obsahy chromu, jsou především ve středních partiích oblasti, tedy v rozmezí 500 až 800 m n. m. a jeho rozložení v půdě je v závislosti na nadmořské výšce kolísavé. Rostoucí hodnoty obsahů Cr s nadmořskou výškou ukazují kartogramy obou minerálních horizontů. Tuto rostoucí tendenci obsahů chromu v půdě potvrzují i grafy rozptylu tohoto prvku v nadmořských výškách (obr. č. 11.5, příloha 7). Průkazné rozdíly mezi obsahy chromu nebyly u žádného z horizontů zjištěny. V kartogramu horizontu 02 PLO č. 14 vidíme, že nejvyšší obsahy jsou vztaženy k nadmořské výšce 800 m n. m. V minerálních horizontech vidíme úplně jiné rozložení obsahu chromu mezi nadmořskými výškami, než tomu bylo v PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy. Nejvyšší hodnoty chromu se zde vyskytují v nejnižších sledovaných nadmořských výškách (700 – 800 m n. m.). Zároveň oba horizonty vykazují pokles množství chromu v půdě spolu se stoupající nadmořskou výškou. Toto zjištění dokumentují také grafy rozptylu (obr. č. 11.6, příloha č. 7), v kterých nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi množstvím chromu v různých nadmořských výškách v žádném z půdních horizontů.

Kartogramy (obr. č. 6.60) zpracované pro množství mědi v PLO č. 40 ukazují na soustředění vyšších obsahů tohoto prvku v průmyslových oblastech. Patrné je to především u kartogramu pro horizont 02, kde byly zjištěny i nejvyšší obsahy mědi v půdě (odběrná místa: Oldřichovice u Třince, Vendryně). Z kartogramů je také zřejmé, že množství tohoto prvku klesá s pořadím půdních horizontů. V horizontu 02 je rozložení Cu podle nadmořských výšek spíše vyrovnané. V horizontech minerálních hodnoty obsahů Cu v půdě mezi nadmořskými výškami kolísají, přičemž nejvyšší obsahy byly nalezeny v horizontu 07 v nejnižších nadmořských výškách a v horizontu 08 naopak v nadmořských výškách nejvyšších (700 – 1213 m n. m.). Rozložení mědi v půdních horizontech podle nadmořských výšek PLO č. 14 Novohradské hory dokumentuje obrázek s kartogramy č. 6.67. V kartogramu pro horizont 02 vidíme, že nejvyšší obsahy mědi v půdě jsou soustředěny v úrovni nejnižší sledované nadmořské výšky 800 m n. m. a ve vyšších nadmořských výškách PLO dochází ke kolísání množství Cu v i ke snížení obsahu v půdě. Kolísání množství mědi mezi nadmořskými

výškami je viditelné i v případě minerálních horizontů. V grafech rozptylu (obr. č. 11.8, příloha č. 7) PLO č. 14 nebyly zjištěny průkazné rozdíly v množství Cu u žádného z horizontů.

Obrázky 6.61 a 6.68 ukazují kartogramy s množstvím manganu v půdních horizontech vybraných území v různých nadmořských výškách. V kartogramu horizontu 02 PLO č. 40 vidíme, že nejvyšší obsahy manganu jsou v rozmezí výšek 400 – 530 m n. m. a jsou soustředěny podobně jako měď a kadmium v průmyslem zatížených oblastech Moravskoslezských Beskyd. Od těchto nadmořských výšek má množství Mn v půdě snižující se tendenci. Popsané skutečnosti prezentuje také graf rozptylu (obr. č. 11.9, příloha č. 7) pro horizont 02, kde byl zjištěn průkazný rozdíl v obsazích prvku mezi nadmořskými výškami, $p = 0,005$). Podobné rozložení manganu v půdě podle nadmořských výšek vykresluje kartogram i graf rozptylu pro horizont 07, kde je však viditelný nárůst obsahů Mn v nadmořské výšce 772 – 811 m n. m. Kolísavé rozložení prvku v půdě ukazuje také kartogram pro horizont 08, který zaznamenává nárůst množství manganu oproti vrchnímu minerálnímu horizontu. Dá se tak předpokládat vstup Mn do půdy z podloží. V kartogramu horizontu 02 PLO č. 14 vidíme kolísání množství Mn mezi nadmořskými výškami. Nejvyšší obsahy v tomto horizontu byly nalezeny v nadmořské výšce 800 – 900 m n. m. Ke kolísání množství manganu mezi nadmořskými výškami dochází i v případě obou minerálních horizontů. V jejich případě byly nejvyšší obsahy sledovány v nadmořské výšce 700 až 800 m n. m. Tento průběh dokumentují i grafy rozptylu zpracované pro PLO č. 14 (obr. č. 11.10, příloha č. 7). Průkazný rozdíl v množství manganu v různých nadmořských výškách nebyl zjištěn u žádného z horizontů. Vzhledem k hodnotám obsahů manganu v minerálních horizontech se dá, stejně jako u Moravskoslezských Beskyd, i v Novohradských horách předpokládat vstup tohoto prvku do půdy z podloží.

Obsahy olova v závislosti na nadmořské výšce v jednotlivých horizontech vybraných území vidíme na obrázcích 6.62 a 6.69. V kartogramu 02 PLO č. 40 je vidět kolísání hodnot mezi nadmořskými výškami, přičemž nejvyšší obsahy Pb se vyskytly především: v nejnižších nadmořských výškách území (400 – 500 m n. m.), v nadmořské výšce 700 m n. m. a ve vrcholových partiích pohoří Moravskoslezských Beskyd. Na toto rozložení nejvyšších obsahů prvku v půdě mají pravděpodobně vliv antropogenní činnost a atmosférická depozice. Podobné rozložení obsahů Pb v půdě je zachyceno i v kartogramu horního minerálního horizontu. V kartogramu pro horizont 08 je dobře viditelný nárůst množství Pb spolu se zvyšující se nadmořskou výškou. V tomto horizontu byl zjištěn průkazný rozdíl v obsazích olova mezi nadmořskými výškami, $p = 0,0104$. V kartogramu 02 PLO č. 14 je vidět kolísání

obsahů mezi nadmořskými výškami. Nejvyšší obsahy Pb se oproti PLO č. 40 nevyskytují v nejnižších nadmořských výškách území, ale naopak v těch nejvyšších (900 – 1000 m n. m.). Podobné rozložení olova je znatelné i v horním minerálním horizontu. V tomto horizontu byl v grafu rozptylu (obr. č. 11.12, příloha č. 7) nalezen rozdíl v množství Pb mezi nadmořskými výškami na hranici průkaznosti, $p = 0,0512$. Spodní minerální horizont vykazuje mírně kolísavé rozložení olova mezi nadmořskými výškami. V grafu rozptylu pro tento horizont je také patrný růst hodnot mediánů obsahu olova spolu s nadmořskými výškami. Průkazný rozdíl však zjištěn nebyl, $p = 0,3738$.

Kartogramy znázorňující množství zinku v různých nadmořských výškách PLO č 40 (obr. 6.63) ukazují rozdíl v jeho rozložení mezi organickým horizontem a horizonty minerálními. Zatímco v horizontu 02 obsahy zinku kromě přechodného nárůstu hodnot okolo 600 m n. m. klesají, v horizontech minerálních jsou obsahy zinku spíše kolísavé s mírně klesající tendencí v horizontu 07 a naopak mírně zvyšující se tendencí v horizontu 08. Na obrázku 6.70 vidíme kartogramy popisující množství zinku v různých nadmořských výškách PLO č. 14. V horizontech 02 a 07 je vidět značné kolísání obsahů zinku s nálezy nejvyšších hodnot v nadmořských výškách 800 m n. m. v případě horizontu 02 a 900 m n. m. v případě horizontu 07. Klesající množství zinku spolu se stoupající nadmořskou výškou je patrné v horizontu 08.

7.5 Porovnání vybraných oblastí z hlediska zatížení průmyslovými emisemi

Pro porovnání jednotlivých horizontů přírodních lesních oblastí byla vybrána statistická metoda t-test pro nezávislé vzorky. Hladina významnosti byla stanovena $\alpha = 0,05$ (5 %). Formulace nulové statistické hypotézy H_0 : obsahy potenciálně rizikových prvků se mezi oblastmi neliší. Alternativní hypotéza: obsahy RP se mezi oblastmi liší (jsou vyšší v oblasti Moravskoslezských Beskyd).

V organickém horizontu byla hypotéza H_0 zamítnuta v případě všech sledovaných potenciálně rizikových prvků. Kadmium, měď, mangan, olovo a zinek vykázaly průkazně vyšší obsah v oblasti Moravskoslezských Beskyd. Hliník a chrom měl průkazný vyšší obsah v oblasti Novohradských hor.

Hypotéza H_0 byla potvrzena v horním minerálním horizontu u manganu a zinku. U všech ostatních sledovaných potenciálně rizikových prvků byla hypotéza H_0 zamítnuta. Průkazně vyšší obsah kadmia, mědi a olova byl zjištěn v PLO č. 40 Moravskoslezské

Beskydy. V případě Novohradských hor byly zjištěny průkazně vyšší obsahy u hliníku a chromu.

Ve spodním minerálním horizontu PLO byly nulová statistická hypotéza potvrzena u prvků: kadmium, mangan a olovo. Průkazně vyšší obsah v oblasti Moravskoslezských Beskyd vykazala pouze měď. V přírodně lesní oblasti Novohradských hor vykazaly průkazně vyšší obsahy, podobně jako v ostatních půdních horizontech, hliník a chrom.

Hliník a chrom jsou převážně litogenního původu, zejména v případě hliníku je jeho přirozený obsah pravděpodobně výrazně vyšší než potenciální depozice. Proto byl vyšší obsah těchto prvků v přírodně lesní oblasti Novohradských hor než v imisně zatížené oblasti Moravskoslezských Beskyd. Naopak kadmium, měď, mangan, olovo a zinek mohou vstupovat ve velkém množství do půdy vlivem depozice a v oblasti Moravskoslezských Beskyd je proto jejich obsah vyšší.

8. Závěr

Ve své práci jsem hodnotila množství potenciálně rizikových prvků v půdách přírodních lesních oblastí č. 40 Moravskoslezské Beskydy a č. 14 Novohradské hory podle výsledků monitoringu prováděného ÚKZÚZ. Moravskoslezské Beskydy jsou územím, které je dlouhodobě ovlivňováno činností člověka ve smyslu zatížení těžkým průmyslem. Novohradské hory byly zvoleny jako srovnávací území.

Posuzovala jsem obsahy potenciálně rizikových prvků nalézajících se v organických horizontech a minerálních horizontech lesních půd zmíněných oblastí. Byla stanovena hypotéza, že obsahy potenciálně rizikových prvků jsou vyšší v organických horizontech lesních půd než v horizontech organominerálních a minerálních. Výsledky chemických analýz ukázaly vyšší hodnoty obsahů potenciálně rizikových prvků v organickém horizontu 02 oproti minerálním horizontům 07 a 08 v obou oblastech. Můžeme tedy říci, že byla hypotéza potvrzena.

Obě zkoumaná území byla posouzena také z hlediska ovlivnění množství potenciálně rizikových prvků v lesní půdě vegetačním pokryvem. Podle zastoupení dřevin a lesních vegetačních stupňů byly v obou vybraných územích rozlišeny tři kategorie porostu: lesy 4. až 6. lesního vegetačního stupně s převahou jehličnanů (kategorie 4), listnaté a smíšené lesy 4. až 6. lesního vegetačního stupně (kategorie 5) a horské lesy (7. až 9. lesní vegetační stupeň, kategorie 6). Byla testována hypotéza, že obsahy RP v lesních půdách jsou ovlivněny druhovým složením porostu, konkrétně že vyšší obsahy lze očekávat pod jehličnatými porosty. Ačkoliv při porovnání mediánů obsahů sledovaných rizikových prvků byly nejvyšší obsahy RP nalezeny v převážně jehličnatých porostech (kategorie 4), podle výsledků analýzy rozptylu organického horizontu 02 Moravskoslezských Beskyd byl tento rozdíl neprůkazný u všech prvků kromě manganu. V horizontu 07 nevykázal žádný z prvků průkazný rozdíl mezi kategoriemi porostu a v horizontu 08 byl průkazný rozdíl pouze u kadmia a olova. V případě přírodní lesní oblasti č. 14 Novohradské hory se jednotlivé kategorie porostů nelišily v obsahu sledovaných prvků, kromě kadmia v horizontu 02 a 08.

Při posuzování vlivu nadmořské výšky na obsahy potenciálně rizikových prvků byla využita statistická metoda rozptylu hodnot v závislosti na nadmořské výšce. Kromě manganu v organickém horizontu 02 a kadmia a olova ve spodním minerálním horizontu 08 PLO č. 40 Moravskoslezských Beskyd nebyl potvrzen přímý vztah mezi obsahy potenciálně rizikových prvků a nadmořskou výškou lokalit. V případě PLO č. 14 Novohradské hory nebyl přímý vztah mezi obsahy potenciálně rizikových prvků a nadmořskou výškou potvrzen v

jednotlivých půdních horizontech u žádného ze sledovaných prvků. Kartogramy vypracované pro jednotlivé oblasti a horizonty tak potvrdily převážně kolísavé rozložení potenciálně rizikových prvků v různých nadmořských výškách.

V organickém horizontu byla v případě všech sledovaných potenciálně rizikových prvků potvrzena hypotéza, že jsou vyšší obsahy rizikových prvků v oblasti Moravskoslezských Beskyd než v oblasti Novohradských hor. V horním minerálním horizontu byl prokázán rozdíl mezi oblastmi jen v případě manganu a zinku a ve spodním horizontu v případě kadmia, manganu a olova. V PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy byly v organickém horizontu 02 zjištěny vyšší hodnoty mediánu u kadmia, chromu, manganu, olova a zinku, než tomu bylo v PLO č. 14 Novohradské hory. Vyšší průměrné obsahy kadmia, olova a zinku byly v Moravskoslezských Beskydách zjištěny i v minerálních horizontech a ukazují tak na vyšší zatížení oblasti těmito prvky. Ve všech třech posuzovaných horizontech PLO č. 40 byly prokázány také jejich vzájemné pozitivní korelace.

Celkově se dá říci, že Moravskoslezské Beskydy jsou potenciálně rizikovými prvky zatížené více než Novohradské hory. Zjištěné vyšší obsahy potenciálně rizikových prvků především v organickém horizontu a svrchním minerálním horizontu PLO č. 40 potvrzují předpokládaný antropogenní původ prvků a působení atmosférické depozice, které mají na prostorové rozložení prvků v území větší vliv než složení vegetace nebo nadmořská výška.

Působení potenciálně rizikových prvků na lesní ekosystém by mohl do budoucna představovat problém, ve smyslu omezení očekávaných funkcí lesa. Pro jejich zachování je tak třeba vyvinout více úsilí v jeho praktické ochraně i ve vědeckých zkoumáních.

9. Seznam literatury

Adriano D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. Springer New York. p. 867. ISBN: 0387986782.

Alloway B.J. 2013. Heavy metals in soil. Springer Netherlands. p. 613. ISBN: 9789400744707.

Baker A.J.M., Brooks R.R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements, A review of their distribution ecology and phytochemistry. Biorecovery. 1 (2). 81-126.

Barančíková G., Makovnicková J. 2003. The influence of humic acid quality on the sorption and mobility of heavy metals. Plant, Soil and Environment 49 (12). 565-571.

Barek J., 1997, Postavení polarografie a voltametrie na rtuťových kapkových elektrodách v moderní analytické chemii. Chemické listy. (9). 1038-1042.

Beneš S. 1993. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. MŽP Praha. 88 s. ISBN 807084051X.

Beneš S. 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. MŽP Praha. 159 s. ISBN 8070840900.

Borůvka L., Sáňka M., Šrámek V., Vácha R., Čechmánková J., Čupr P., Drábek O., Fadrhonsová V., Fraňková A., Hofman J., Houška J., Horváthová V., Rotter P., Sáňka O., Skála J., Šindelářová L., Tejnecký V., Vašíčková J., Vortelová L. 2013. Metodika hodnocení kontaminace lesních půd. Certifikace: Státní pozemkový úřad, 5/2013-ČZU.

Borůvka L., Sáňka M., Šrámek V., Vácha R., Čechmánková J., Čupr P., Drábek O., Fadrhonsová V., Fraňková A., Hofman J., Houška J., Horváthová V., Rotter P., Sáňka O., Skála J., Slavíková Amemori A., Šindelářová L., Šudoma M., Tejnecký V., Vácha R., Vašíčková J., Vortelová L. 2014. Srovnávací hodnoty pro hodnocení kontaminace lesních půd Certifikovaná metodika, ČZU Praha, MU Brno, VÚLHM, VÚMOP.

Bundes-Bodenschutzgesetz – BbodSchG 1998 [online]. 2016 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <<http://www.gesetze-im-internet.de/bbodschv/>>.

Cibulka, J., Domažlická, E., Kozák, J. 1991 Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Academia, Praha. 432 s. ISBN: 8020004017.

Český hydrometeorologický ústav. Průměrné roční koncentrace základních složek ve srážkách na uvedených stanicích. [online], 2016, [cit. 2016-03-23]. Dostupný z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr05cz/gif/o2464-05hodn_eko_AOT40.gif>
<<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr04cz/tab/t35.html>>
<<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr03cz/tab/t35.html>>
<<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr02cz/tab/t35.html>>
<<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr01cz/tab/t35.html>>
<<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr00cz/tab/t3-5.html>>.

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky. [online], 2016, [cit. 2016-03-23]. Dostupný z: <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr05cz/obsah.html>>.

ČSN ISO 10381-1: Kvalita půdy - Odběr vzorků: Pokyny pro návrh programů odběru vzorků.

ČSN ISO 5667-12: Jakost vod - Odběr vzorků: Pokyny pro odběr vzorků dnových sedimentů.

ČSN ISO 11464: Kvalita půdy – Příprava vzorků pro fyzikálně-chemické rozborů.

Čůta F., 1986, Instrumentální analýza. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.

Hančulák J., Bobro M., Brehuv J., Slančo P. 2005. Depozícia ťažkých kovov z prašného spadu vo vybraných územích Východného Slovenska. Acta Montanistica Slovaca. 10 (1). 246–252. Dostupný také z: <<http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n5/46hanculak.pdf>>.

Hauptman I., Kukul Z., Pošmourný K., Bičík I. 2009. Půda v České republice. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, ISBN 978-80-903482-4-0.

Hédli R., Petřík P., Boublík K. 2004. Acidifikace lesních půd Jeseníků, metodologické a stanovištní vlivy. Sborník z konference Pedologické dny 2004. 40–42.

Holuša J., Žárník M., Maška J., Kazická H., Urbášková H., Klásek R., Urbášek J., Macků J., Čermáková D., Kalinová J., Vojtelová P. 2005. ÚHÚL, Oblastní lesnický typologický elaborát PLO 40.

Hooda P. 2010. S (ed.). Trace elements in soils. 1st pub. Chichester: Wiley, ISBN 978-1-4051-6037-7.

Integrovaný registr znečišťování, MŽP 2006, [online], 2014, [cit. 2016-03-23]. Dostupný také z: <http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/puda/Olovo_a_slouceniny.pdf>.

Jirátko J. 2000. ÚHÚL, OPRL 14. Novohradské hory – textová část.

Kafka Z., Punčochářová J. 2002. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. Chemické listy. 96. 611-617.

Knoche H. 1999. Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie. Schwermetalltransfer Boden-Pflanze. Ergebnisse der Auswertungen hinsichtlich der Königswasser-und Ammoniumnitrat-Extraktion anhand der Datenbank Transfer. Forschungsbericht 10706001/20. Umweltbundesamt.

Koplík R., Čurdová E., Mestek O. 1997. Speciace stopových prvků ve vodách, půdách, sedimentech a biologických materiálech. Chemické listy. 91 (38). 38-47.

Lair G.J., Gerzabek M.H., Haberhauer G. 2007. Sorption of heavy metals on organic and inorganic soil constituents. Environmental Chemistry Letters. 5. 23–27.

Matějka K. 2005. Mapy přírodních podmínek horských a podhorských lesních oblastí [online], Infodatasys, 2005, [cit. 2016-02-06].

Dostupné z: <<http://www.infodatasys.cz/lesnioblasti/default.htm>>.

Metodický pokyn MŽP. Vzorkovací práce v sanační geologii. Ministerstvo životního prostředí Praha. [online], 2012 [cit. 2016-03-04]. Dostupné z:

<[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/Vzorkov%C3%A1n%C3%AD%20v%20san.geol.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/Vzorkov%C3%A1n%C3%AD%20v%20san.geol.pdf)>.

Mihaljevič M., Strnad L., Šebek O. 2004. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. Chemické listy. (98) 123-130.

Němeček J., Macků J., Vokoun J., Vavříček D., Novák P. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd ČR. ČZU, VÚMOP, Praha, 1-79. ISBN 80-238-8061-6.

Němeček J., Vácha R., Podlešáková E. 2010. Hodnocení kontaminace půd v ČR. 1. Praha. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 148 s. ISBN: 9788087361160.

Rauret G. 1998. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. Talanta. 46 (3). 449-455.

Rotter P., Šrámek V., Vácha R., Borůvka L., Fadrhonsová V., Sánka M., Drábek, O., Vortelová L. 2013. Rizikové prvky v lesních půdách. Zprávy lesnického výzkumu. 58 (1). 17-27.

Řezáčová-Smetková V., Dočekal B., Dočekalová H. 2005. Použití techniky difuzního gradientu v tenkém filmu při charakterizaci půd. Chemické listy. 99(8). 594-599.

Sánka, M. Materna, J., 2004, Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Ministerstvo životního prostředí, Praha, s. 84, ISSN 1213-3393. Dostupný také z:

<[http://mzp.cz/osv/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/\\$file/indikatory_el.pdf](http://mzp.cz/osv/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/$file/indikatory_el.pdf)>.

Smidt S., Jandl R., Bauer H., Fürst A., Mutsch F., Zechmeister H., Seidel C. 2011. Trace Metals and Radionuclides in Austrian Forest Ecosystems, Australian Journal of Forest Science. 128 (4). 251-278.

Stevenson F. J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. p. 496. ISBN: 9780471594741.

Škárka B., Polívka L, Fendrich E., Hostín S., Lacuška M. 2003. Enviromentálna chémia, 1. Vydání. Slovenská technická univerzita Bratislava. 163 s. ISBN: 8022719730.

Švejcarová D., Fišera M., 2009. Nástroje pro diagnostiku spektrometru s indukčně vázaným plazmatem. Chemické listy. (103). 733-739.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2005. Poskytnutá data - chemické výsledky průzkumu přírodní lesní oblasti č. 14 Novohradské hory.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2005. Poskytnutá data - chemické výsledky průzkumu přírodní lesní oblasti č. 40 Moravskoslezské Beskydy.

Vacek S., 2003. Mountain forests of the Czech Republic. Praha: Forestry department ministry of agriculture of the Czech republic. ISBN 80-7084-240-7.

Vyhláška č. 13/1994 Sb., Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.

Vyhláška č. 275/1998 Sb., Ministerstva zemědělství o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků.

Zákon o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). Praha: Agrospoj, 2003. Praktická příručka (Agrospoj). ISBN 80-7084-391-8.

Zbíral, J., Honsa, I., 1997. Analýza půd III: Jednotné pracovní postupy. 1. vyd. ÚKZÚZ Brno. 150 s.

10. Seznam zkratek

A – kamenitá edafická kategorie
AAS – atomová absorpční spektrometrie
As – arsen
B – ekologická řada živná
B – „bohatá“ edafická kategorie
Be – berylium
BS – nasycení sorpčního komplexu bázemi
C – uhlík
Ca – vápník
CaCl₂ – chlorid vápenatý
C_{bio} – uhlík mikrobiální biomasy stanovený fumigačně-extrakčně
Cd – kadmium
Cl – chlor
Co – kobalt
C_{ox} – oxidovatelný organický uhlík
Cu – měď
Cr – chrom
D – „hlinitá“ edafická kategorie
ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
Eh – redox potenciál
EDTA – kyselina ethylendiamintetraoctová
ET AAS – atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací
EU – Evropská unie
F – fluor
F – „svahová“ edafická kategorie
F – fermentační horizont
FAAS – plamenová atomová absorpční spektrometrie
Fe – železo
FK – fulvokyseliny
G – ekologická řada podmáčená
G – „podmáčená“ středně bohatá edafická kategorie
H – humusový horizont
H – „hlinitá“ edafická kategorie
Hg – rtuť
HK – huminové kyseliny
HNO₃ – kyselina dusičná
I – jód
ICP-AES – atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICP-MS – hmotnostní spektrometrie
J – ekologická řada obohacená humusem
JZ – jihozápad
K – ekologická řada kyselá
K – „kyselá“ edafická kategorie
K – draslík
KCl – chlorid draselný
L – opadanka
L – ekologická řada obohacená humusem
L – „lužní“ edafická kategorie

LVS – lesní vegetační stupeň
N – „kyselá kamenitá“ edafická kategorie
N – dusík
Na – hořčík
NH⁴⁺ - amonný kationt
Ni – nikl
NO₃ - oxid dusičný
mV - milivolt
Mg – hořčík
Mn – mangan
Mo – molybden
MZe – Ministerstvo zemědělství
MŽP – Ministerstvo životního prostředí
O – „oglejená středně bohatá“ edafická kategorie
OM – organická hmota (organic matter)
P – ekologická řada oglejená
P – „oglejená kyselá“ edafická kategorie
PLO – přírodní lesní oblast
Pb – olovo
R – ekologická řada rašelinná
RP – rizikové prvky
S – síra
S – sever
S – „středně bohatá“ edafická kategorie
Se – selen
SO₂ – oxid siřičitý
SO₄²⁻ - síran
SZ – severozápad
Tl – thalium
ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
V – „vlhká“ edafická kategorie
VA – výměnná acidita půdy
VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
Z – ekologická řada extrémní
Z – „zakrslá“ edafická kategorie
Zn – zinek
Y – „skeletová“ edafická kategorie

11. Přílohy

Příloha č. 1: Seznam odběrných míst PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

Odběrné místo	Název území	Lesní typ	Věk	HS	VS	Zastoupení dřevin
40241	Frýdlant nad Ostravicí	4S1	104/5/19	45	4	sm 90, jd 10
40242	Frýdlant nad Ostravicí	4O1	28	47	4	md 5, db 15, kl 2, js 5, sm 63
40243	Metylovice	4B4	107	45	4	sm 50, jd 50
40244	Lhotka u Frýdku Místku	5F1	104	51	5	sm 100
40245	Frýdlant nad Ostravicí	5B1	92	55	5	sm 100
40246	Kozlovice	5A3	84	51	5	sm 100, bk +
40247	Kozlovice	5N4	126/6	51	5	bk 80, sm 20
40248	Kozlovice	5S1	92	55	5	sm 95, bk 5
40249	Frýdlant nad Ostravicí	4K1	79	43	4	bo 20, sm 60, bk 5, br 15
40250	Kozlovice	5K1	74	53	5	sm 100
40251	Čeladná	4B1	59	45	4	sm 90, bk 10, db
40252	Kunčice pod Ondřejníkem	5N4	29	51	5	sm 100, bk +
40253	Kozlovice	5B6	94	55	5	sm 100, bk +
40254	Rožnov pod Radhoštěm	4O5	60	47	4	sm 20, db 75, hb 5, br +
40255	Dolní Bečva	4B1	61	45	4	sm 50, hb 50
40256	Dolní Bečva	5F1	43	51	5	sm 95, bk 5
40257	Trojanovice	6Z2	8	01	6	sm 90, bk 10
40258	Prostřední Bečva	4F1	65	41	4	bk 70, sm 30
40259	Prostřední Bečva	5L1	105/13	29	5	sm 70, bk 30, lp +, jd +
40261	Dolní Bečva	5S1	99	55	5	sm 100
40262	Dolní Bečva	5H4	78	55	5	sm 100, bk +, bo +
40263	Dolní Bečva	5K1	8	53	5	sm 95, bk 5
40264	Čeladná	5A3	80/6	51	5	sm 100
40265	Čeladná	7F1	170/47/11	71	7	sm 50, bk 50
40266	Čeladná	5S1	29	55	5	sm 98, bk 2
40267	Čeladná	5B1	23/11	55	5	sm 90, bk 10

40268	Čeladná	5B1	32	55	5	sm 100
40269	Čeladná	4S1	62	45	4	bk 100, sm +
40270	Ostravice 1	4B2	37	45	4	bk 80, ol 20. kl +
40271	Ostravice 1	4N2	129/8	41	4	sm 100
40272	Čeladná	5A3	110/5	51	5	sm 90, bk 10
40273	Čeladná	5F1	5	51	5	bk 50, sm 50
40274	Ostravice 2	7S1	171	75	7	sm 100
40275	Ostravice 2	7K2	141/7/0	73	7	sm 100
40276	Ostravice 1	7Z4	15	01	7	sm 100, bk +
40277	Ostravice 2	5B1	21	55	5	sm 100
40278	Ostravice 2	5F2	63	51	5	sm 100
40279	Čeladná	5S1	22	55	5	sm 80, bk 20
40280	Čeladná	6O1	58	57	6	sm 100
40281	Ostravice 2	6P1	105/5	57	6	sm 100
40282	Ostravice 2	5D6	44	55	5	bk 90, sm 10
40284	Ostravice 2	5S1	31	55	5	sm 100
40285	Ostravice 2	5S1	146/15	55	5	sk.2: sm 80, bk 10, jd 10/sk.7: sm 100, jd
40286	Bílá	5K1	34	53	5	sm 100
40287	Bílá	5S1	107	55	5	sm 100
40288	Bílá	5H4	67	55	5	sm 100
40289	Bílá	5S1	107/10	55	5	sm 60, bk 40
40290	Bílá	5B6	106/3	55	5	sm 100
40291	Bílá	5B1	107	55	5	sm 50, bk 50
40292	Krásná pod Lysou horou	4B1	124	45	4	sm 100
40293	Krásná pod Lysou horou	4S1	36	45	4	sm 99, db 1, js +, bo +
40294	Krásná pod Lysou horou	5N1	85	51	5	sm 95, bk 5
40295	Krásná pod Lysou horou	6S1	7	55	6	sm 100, bk +
40296	Staré Hamry 2	5N4	105	51	5	sm 100
40297	Malenovice	7F1	78	71	7	sm 60, bk 40
40298	Staré Hamry 1	5B6	74	55	5	sm 60, bk 40
40299	Staré Hamry 1	5S1	125	55	5	sm 80, bk 20, br +, os

						+, kl
40300	Staré Hamry 1	5F1	106	51	5	bk 30, sm 30, kl 40
40301	Ostravice 2	6O1	30	57	6	sm 100
40302	Staré Hamry 1	5F1	27	51	5	sm 85, bk 10, jd 5
40303	Staré Hamry 1	5F1	56	51	5	bk 100, sm +
40304	Ostravice 2	5L1	94/14	29	5	sm 100
40305	Ostravice 2	6O1	85/10	57	6	sm 100
40306	Ostravice 2	5S1	64	55	5	sm 100
40307	Ostravice 2	5B2	19	55	5	sm 100
40308	Bílá	5S1	17	55	5	sm 100
40309	Bílá	5H4	85/10	55	5	sm 100, bk +
40310	Bílá	5D6	59	55	5	sm 100
40311	Bílá	5B1	70	55	5	sm 100
40312	Bílá	5B6	111	55	5	sm 100
40313	Bílá	5A3	86	51	5	sm 100
40314	Staré Hamry 1	5H4	41	55	5	sm 100
40315	Staré Hamry 1	6G1	27	59	6	sm 100
40316	Vyšní Lhoty	4S1	111	45	4	sm 100
40317	Komorní Lhotka	4N1,4S1	27	41,45	4	bk 10, sm 80, js 10
40318	Vyšní Lhoty	4N1	119	41	4	bk 95, md +
40319	Vyšní Lhoty	4S1	80	45	4	sm 50, bk 30, lp 15, hb 5
40320	Morávka	4S1	63	45	4	sm 50, bk 20, br 30
40321	Komorní Lhotka	5F1	43	51	5	sm 100, bk +
40322	Morávka	4S1	118	45	4	sm 100
40323	Morávka	5S1	52	55	5	sm 100
40324	Morávka	5S1	85	55	5	sm 100
40325	Krásná pod Lysou horou	7Z4	133/18	01	7	sm 100
40326	Morávka	7S1	89	75	7	sm 100
40327	Krásná pod Lysou horou	5S1	71	55	5	sm 70, bk 30
40328	Krásná pod Lysou horou	5B1	116	55	5	sm 80, bk 20
40329	Krásná pod Lysou horou	5B1	64	55	5	sm 100

40330	Krásná pod Lysou horou	5S1	127/7	55	5	sm 100
40331	Morávka	5S1	92	55	5	sm 100
40332	Komorní Lhotka	4B1	25	45	4	sm 65, os 10, lp 10, kl 10, bk 5
40333	Komorní Lhotka	4K3	105	43	4	bk 100
40334	Komorní Lhotka	5S1	129	55	5	bk 100
40335	Řeka	5S1	80	55	5	sm 100
40336	Řeka	6S1	41	55	6	sm 100
40337	Komorní Lhotka	5B2	91	55	5	bk 75, sm 20, kl 5
40338	Morávka	5S1	19	55	5	sm 100, bk +
40339	Morávka	5S1	28	55	5	sm 100, bk +
40340	Morávka	5S1	122/12	55	5	sm 100
40341	Morávka	5S1	127/12	55	5	bk 80, sm 20
40342	Guty	5B2	96	55	5	sm 100
40343	Oldřichovice u Třince	4B8	67	45	4	sm 100
40344	Tyra	5B2	34	55	5	sm 100, bk +
40345	Oldřichovice u Třince	5B1	124	55	5	bk 100
40346	Horní Lomná	5B1	51	55	5	bk 100
40347	Horní Lomná	5B1	34	55	5	sm 75, bk 10, md 15
40348	Horní Lomná	5F1	107	51	5	sm 100
40349	Horní Lomná	5B6	126/6	55	5	sm 80, bk 20
40350	Horní Lomná	5B6	122	55	5	sm 100
40351	Horní Lomná	5S1	85	55	5	sm 20, bk 60, kl 20
40352	Horní Lomná	5B2	101	55	5	sm 100
40353	Vendryně	4F1	110/8	41	4	sm 100, bk +
40354	Vendryně	4O1	88	47	4	sm 90, bk 10
40355	Košariska	4F2	123	41	4	bk 60, sm 40, jd +
40356	Vendryně	4O1	55	47	4	bk 70, ol 30
40357	Milíkov u Jablunkova	4S1	98	45	4	sm 90, jd 10, bo +
40358	Bocanovice	4O1	77	47	4	sm 100
40359	Košariska	5F1	78	51	5	bk 100, kl +
40360	Milíkov u Jablunkova	4S1	111	45	4	sm 95, jd 5, md +
40361	Dolní Lomná	4F1	94	41	4	sm 100
40362	Mosty u Jablunkova	5S1	51	55	5	sm 90, jd 8, bk 2

40363	Dolní Lomná	4B1	72	45	4	sm 97, bk 3
40364	Dolní Lomná	5B6	28	55	5	bk 100
40365	Mosty u Jablunkova	5S1	128/13	55	5	sm 90, bk 10
40366	Mosty u Jablunkova	5K6	115/11	53	5	sm 100
40367	Mosty u Jablunkova	5K6	129/10	53	5	sm 100, bk +, br +
40368	Vendryně	5B1	67	55	5	sm 100
40369	Písek u Jablunkova	4B2	87	45	4	sm 95, jd 3, md 2
40370	Písek u Jablunkova	4B1	82	45	4	sm 100
40371	Mosty u Jablunkova	5B2	82	55	5	sm 100
40372	Bukovec u Jablunkova	4S1	88	45	4	sm 100
40373	Bukovec u Jablunkova	4O1	86	47	4	sm 100, bk +
40374	Mosty u Jablunkova	4B8	35	45	4	sm 95, bk 5
40375	Návsí u Jablunkova	5B6	104/18	55	5	bk 70, sm 30, jd +

Zdroj: ÚKZÚZ 2005

Příloha č. 2: Seznam odběrných míst PLO č. 14 Novohradské hory

Odběrné místo	Název území	Lesní typ	Věk	HS	VS	Zastoupení dřevin
14001	Pohoří na Šumavě	7O1	100	771	7	sm 100
14002	Pohoří na Šumavě	6V7	113	571	6	sm 100
14003	Dolní Příbraní	6S2	116	8561	6	sm 100
14004	Dolní Příbraní	6V6	90	571	6	sm 97, br 2, kl 1
14005	Staré Hutě u Horní Stropnice	6Y2	149	11	6	sm 72, bk 20, jd 8
14006	Pivonice u Pohorské Vsi	6V7	141	8566	6	bk 95, sm 5
14007	Pohoří na Šumavě	6S2	102	1551	6	sm 100
14008	Pivonice u Pohorské Vsi	6V7	103	8561	6	sm 100
14040	Dolní Příbraní	6A6	156	8506	6	bk 90, sm 10
14041	Pohoří na Šumavě	6A6	145	4506	6	bk 80, kl 5, sm 15
14044	Pohoří na Šumavě	6K6	115	8501	6	sm 100
14046	Dolní Příbraní	6S2	116	8561	6	sm 100
14047	Dolní Příbraní	6K1	115	531	6	sm 100
14049	Pohoří na Šumavě	6S2	122	8561	6	sm 100
14051	Dolní Příbraní	6S2	98	8506	6	sm 47, bk 51, js 1, kl 1
14052	Dolní Příbraní	6A6	147	8501	6	sm 65, bk 33, kl 2
14060	Pivonice u Pohorské Vsi	6N3	131	8521	6	sm 100
14063	Pivonice u Pohorské Vsi	6V7	123	11	6	sm 99, bk 1
14065	Pivonice u Pohorské Vsi	6A6	130	8526	6	bk 52, sm 48
14067	Velký Jindřichov	6K1	135	8521	6	sm 83, jd 11, bo, bk, md
14068	Staré Hutě u Horní Stropnice	6N3	124	8521	6	sm 99, jd 1
14071	Staré Hutě u Horní Stropnice	6K1	140	8521	6	sm 100
14073	Staré Hutě u Horní Stropnice	6N3	98	8521	6	sm 97, md 3
14075	Staré Hutě u Horní Stropnice	6V4	95	8561	6	sm 99, bk 1
14078	Hojná Voda	6Y1	100	11	6	sm 66, jd 10, md, bk, bo

14080	Staré Hutě u Horní Stropanice	6K1	140	8521	6	sm 93, jd 4, bk 3
14081	Staré Hutě u Horní Stropanice	6V4	116	8561	6	sm 100
14082	Staré Hutě u Horní Stropanice	6Y8	129	11	6	sm 97, bk 2, jd 1
14084	Hojná Voda	6N3	105	8521	6	sm 98, md 2
14085	Hojná Voda	6V7	112	8561	6	sm 100

Zdroj: ÚKZÚZ 2005

Příloha č. 3: Průměrné roční koncentrace základních složek v atmosférických srážkách na stanici Bílý Kříž

Složka [jednotka]	Rok						Průměr
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
úhrn [mm]	1428,60	1519,7	1274,9	1050,3	1214,3	1581,7	1293,22
pH	4,61	4,54	4,60	4,61	4,52	4,62	4,59
Na ⁺ [mg.l ⁻¹]	0,15	0,13	0,1	0,17	0,183	0,166	0,15
K ⁺ [mg.l ⁻¹]	0,12	0,11	0,07	0,078	0,091	0,07	0,08
NH ⁴⁺ [mg.l ⁻¹]	0,47	0,54	0,61	0,865	0,521	0,566	0,63
Mg ²⁺ [mg.l ⁻¹]	0,05	0,04	0,03	0,043	0,04	0,034	0,04
Ca ²⁺ [mg.l ⁻¹]	0,24	0,21	0,28	0,235	0,156	0,167	0,21
Mn [µg.l ⁻¹]	10,13	3,48	4,14	5,90	4,20	2,9	4,45
Zn [µg.l ⁻¹]	20,19	18,17	18,09	18,50	14,50	16,2	16,98
Pb [µg.l ⁻¹]	4,62	4,52	3,54	4,70	3,30	3,0	3,70
Cd [µg.l ⁻¹]	0,27	0,26	0,32	0,21	0,14	0,09	0,20
Ni [µg.l ⁻¹]	2,20	1,20	2,05	0,6	0,6	2,0	1,34
Fe [mg.l ⁻¹]	0,04	0,03	0,03	0,036	0,024	0,0241	0,03
Al ³⁺ [mg.l ⁻¹]	–	–	–	–	–	–	
F ⁻ [mg.l ⁻¹]	0,01	0,01	0,02	0,044	0,026	0,021	0,03
Cl ⁻ [mg.l ⁻¹]	0,4	0,32	0,29	0,48	0,488	0,36	0,40
NO ₃ ⁻ [mg.l ⁻¹]	1,65	1,66	1,73	2,257	1,82	1,69	1,86
SO ₄ ²⁻ [mg.l ⁻¹]	1,85	2,01	2,19	2,395	1,853	1,7	2,0

Zdroj: ČHMÚ 2016

Příloha č. 4: Průměrné roční koncentrace základních složek v atmosférických srážkách na stanici Plešné jezero (analýza – měsíční odběry)

Složka [jednotka]	Rok						Průměr
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
úhrn [mm]	–	1187,6	1769,1	–	573	599,4	1032,275
pH	–	4,64	4,59	–	4,99	5,13	4,838
Na ⁺ [mg.l ⁻¹]	–	0,26	0,24	–	0,18	0,18	0,215
K ⁺ [mg.l ⁻¹]	–	1,06	0,43	–	0,388	0,21	0,522
NH ⁴⁺ [mg.l ⁻¹]	–	0,57	0,92	–	0,385	0,159	0,509
Mg ²⁺ [mg.l ⁻¹]	–	0,11	0,1	–	0,059	0,063	0,083
Ca ²⁺ [mg.l ⁻¹]	–	0,51	0,49	–	0,249	0,698	0,487
Mn [µg.l ⁻¹]	–	–	–	–	11,70	6,8	9,250
Zn [µg.l ⁻¹]	–	–	–	–	22,30	85,6	53,950
Pb [µg.l ⁻¹]	–	–	–	–	1,0	1,6	1,300
Cd [µg.l ⁻¹]	–	–	–	–	0,05	0,05	0,050
Ni [µg.l ⁻¹]	–	–	–	–	0,9	0,58	0,740
Fe [mg.l ⁻¹]	–	–	–	–	0,0184	0,025	0,022
Al ³⁺ [mg.l ⁻¹]	–	0,01	–	–	0,041	0,0226	0,025
F ⁻ [mg.l ⁻¹]	–	0,02	0,02	–	0,01	0,28	0,083
Cl ⁻ [mg.l ⁻¹]	–	0,46	0,45	–	0,575	0,013	0,375
NO ₃ ⁻ [mg.l ⁻¹]	–	2,88	0,61	–	1,654	0,333	1,369
SO ₄ ²⁻ [mg.l ⁻¹]	–	1,77	1,60	–	0,936	0,776	1,271

Zdroj: ČHMÚ 2016

Pozn. k příloze č. 4: V letech 2000 až 2005 nepracovala v oblasti Novohradských hor žádná meteorologická stanice. V tabulce jsou proto uvedeny údaje z meteorologické stanice Plešné jezero provozovanou Českou geologickou službou, která polohou, antropogenním znečištěním i terénem nejlépe odpovídá studované oblasti. Meteorologická data z let 2000 a 2003 nebyla v době zpracování práce k dispozici.

Příloha č. 5: Množství potenciálně rizikových prvků v jednotlivých půdních horizontech podle kategorií porostu – PLO č. 40 Moravskoslezské Beskydy

Horizont 02

Prvek	Kategorie 4			Kategorie 5			Kategorie 6		
	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián
Al	98	5605,735	5300,000	28	6032,500	5235,000	7	5600,000	5060,000
Cd	98	0,802	0,680	28	1,016	0,805	7	0,936	0,920
Cr	98	9,646	9,350	28	9,982	9,700	7	9,814	10,400
Cu	98	16,324	14,950	28	16,861	13,350	7	16,571	17,400
Mn	98	335,122	261,500	28	522,036	447,000	7	225,857	219,000
Pb	98	134,777	117,000	28	131,264	113,500	7	161,357	164,000
Zn	98	80,717	68,550	28	91,807	86,000	7	72,643	72,200

Horizont 07

Prvek	Kategorie 4			Kategorie 5			Kategorie 6		
	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián
Al	91	3576,912	3660,000	28	3738,393	3435,000	7	2558,571	2820,000
Cd	91	0,223	0,150	28	0,297	0,200	7	0,176	0,150
Cr	91	4,254	4,400	28	4,361	4,200	7	3,886	3,700
Cu	91	6,198	5,200	28	6,279	4,350	7	6,029	4,700
Mn	91	134,011	63,000	28	149,964	86,500	7	93,714	16,000
Pb	91	76,681	63,000	28	75,000	57,000	7	68,571	49,000
Zn	91	16,077	14,000	28	19,571	17,000	7	16,714	11,000

Horizont 08

Prvek	Kategorie 4			Kategorie 5			Kategorie 6		
	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián
Al	91	4075,495	4025,000	24	4185,833	4277,500	7	4287,857	4645,000
Cd	91	0,127	0,090	24	0,243	0,195	7	0,129	0,140
Cr	91	4,338	4,300	24	4,525	4,200	7	5,829	4,600
Cu	91	3,364	2,800	24	3,504	3,000	7	3,186	2,800
Mn	91	219,808	166,000	24	184,875	118,500	7	69,571	39,000
Pb	91	27,791	21,000	24	24,792	20,500	7	50,571	45,000
Zn	91	12,198	11,000	24	15,708	15,000	7	10,571	10,000

Příloha č. 6: Množství potenciálně rizikových prvků v jednotlivých půdních horizontech podle kategorií porostu – PLO č. 14 Novohradské hory

Horizont 02

Prvek	Kategorie 4			Kategorie 5			Kategorie 6		
	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián
Al	24	10862,08	10500,00	5	10640,00	9710,00	1	11900,00	11900,00
Cd	24	0,25	0,24	5	0,18	0,16	1	0,39	0,39
Cr	24	11,77	11,85	5	13,42	12,00	1	9,60	9,60
Cu	24	7,55	7,40	5	7,40	7,00	1	9,20	9,20
Mn	24	234,58	201,00	5	326,60	154,00	1	321,00	321,00
Pb	24	58,89	57,55	5	51,22	52,20	1	69,00	69,00
Zn	24	36,79	35,95	5	36,30	34,10	1	39,20	39,20

Horizont 07

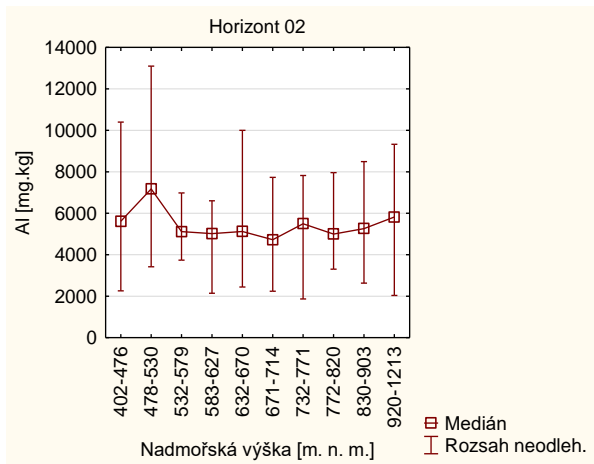
Prvek	Kategorie 4			Kategorie 5			Kategorie 6		
	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián
Al	24	7107,083	7147,500	5	7379,000	7015,000	1	4260,000	4260,000
Cd	24	0,109	0,100	5	0,130	0,130	1	0,150	0,150
Cr	24	6,900	5,900	5	6,280	6,000	1	3,500	3,500
Cu	24	1,858	1,650	5	1,280	1,200	1	2,400	2,400
Mn	24	172,542	152,500	5	137,800	87,000	1	139,000	139,000
Pb	24	38,042	39,000	5	42,000	39,000	1	37,000	37,000
Zn	24	16,250	15,500	5	17,600	13,000	1	10,000	10,000

Horizont 08

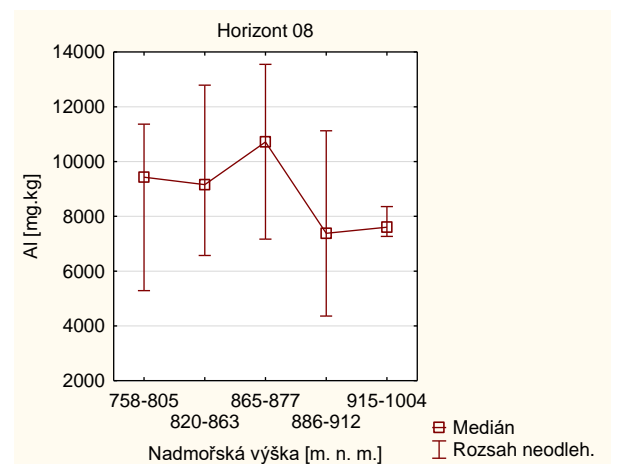
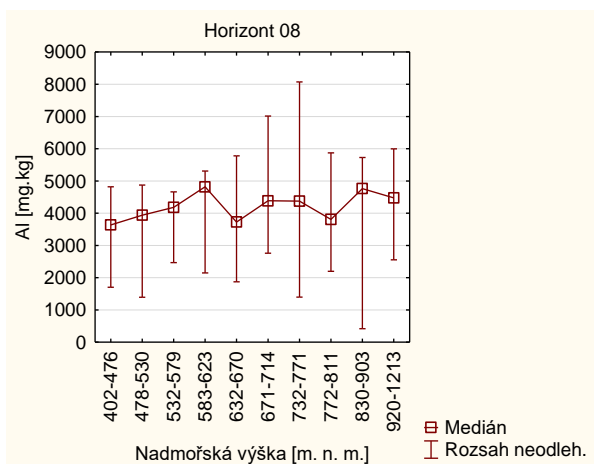
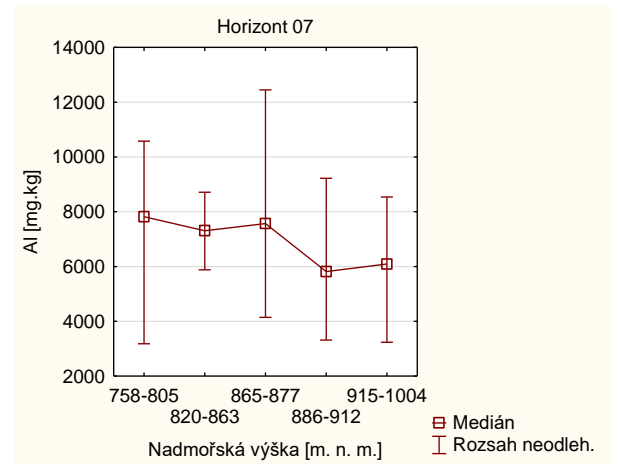
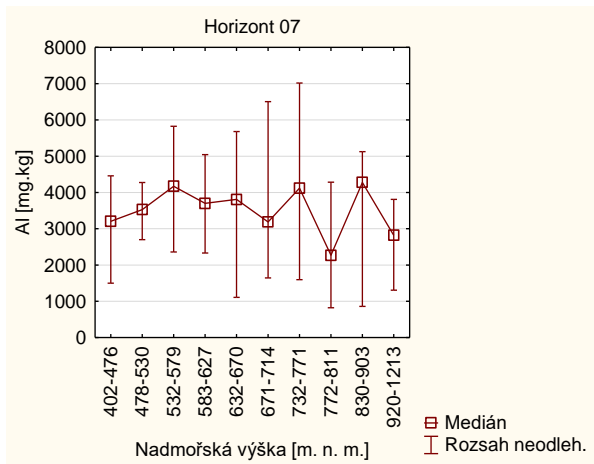
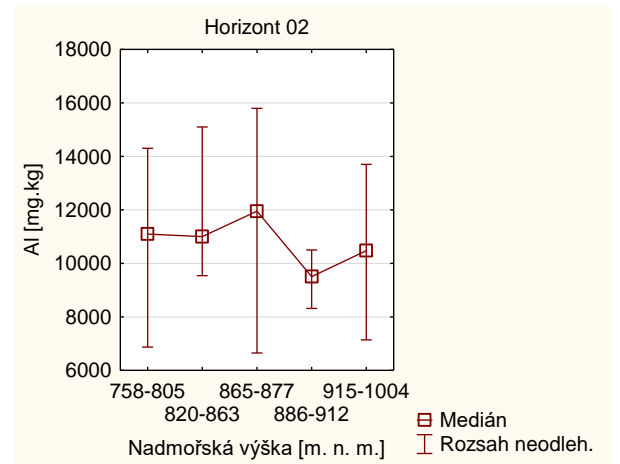
Prvek	Kategorie 4			Kategorie 5			Kategorie 6		
	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián	N	Průměr	Medián
Al	24	8756,250	7915,000	5	9969,000	10260,00	1	8360,000	8360,000
Cd	24	0,100	0,100	5	0,146	0,17	1	0,100	0,100
Cr	24	7,079	5,900	5	6,640	5,60	1	5,800	5,800
Cu	24	1,433	1,250	5	0,900	0,90	1	1,200	1,200
Mn	24	277,917	313,500	5	167,600	113,00	1	42,000	42,000
Pb	24	23,750	23,000	5	25,600	22,00	1	20,000	20,000
Zn	24	17,208	16,000	5	19,800	18,00	1	11,000	11,000

Příloha č. 7: Rozložení množství potenciálně RP v půdních horizontech vybraných území

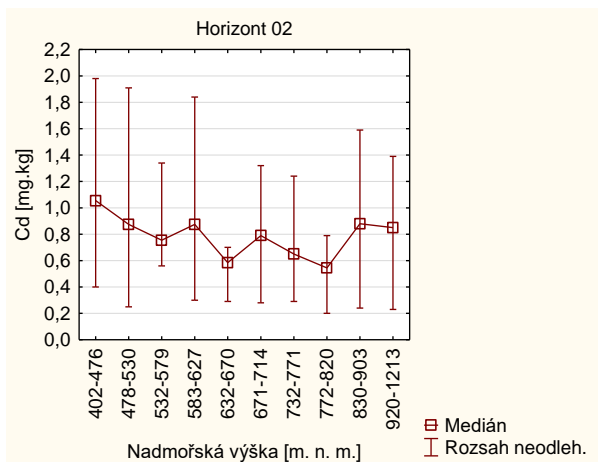
Obrázek 11.1: Moravskoslezské Beskydy



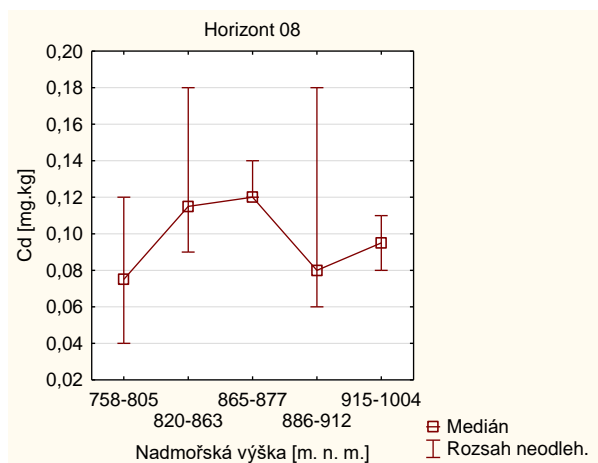
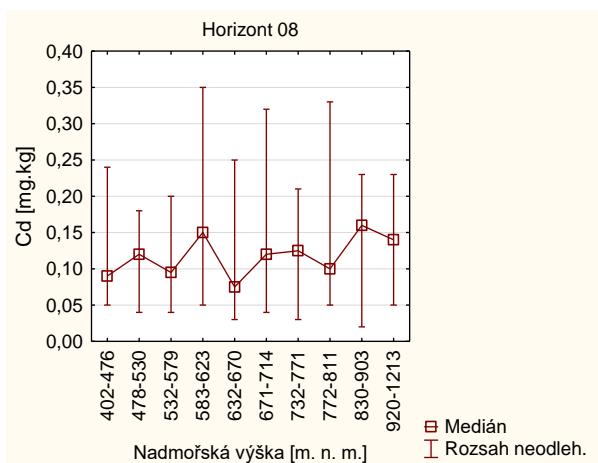
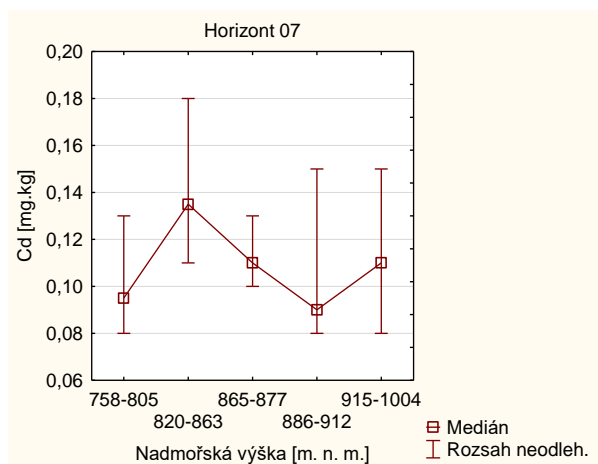
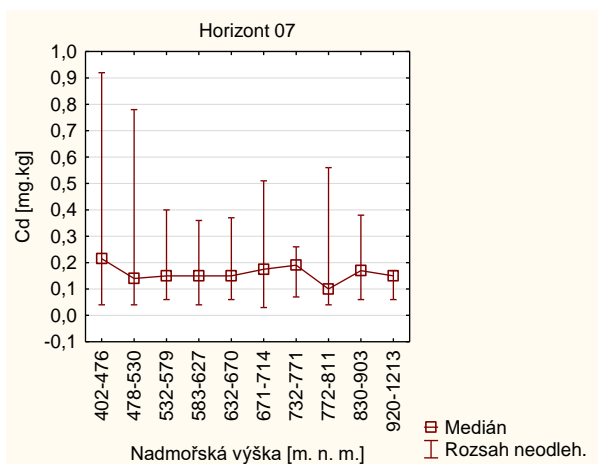
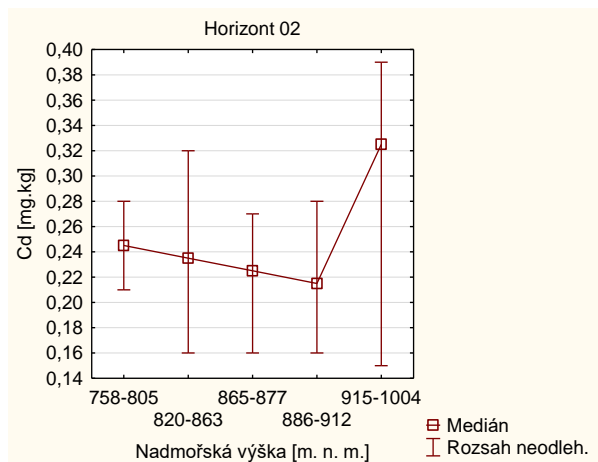
Obrázek 11.2: Novohradské hory



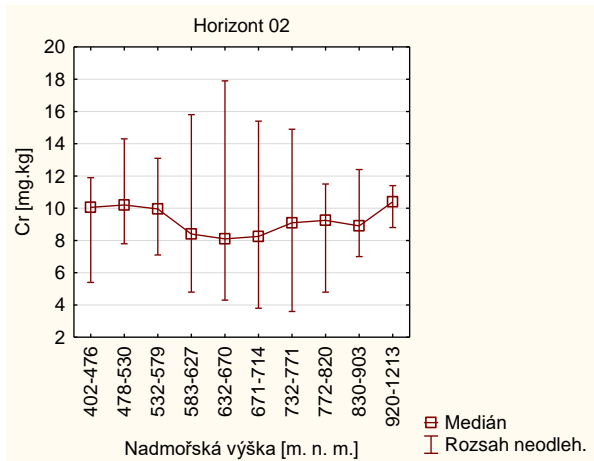
Obrázek 11.3: Moravskoslezské Beskydy



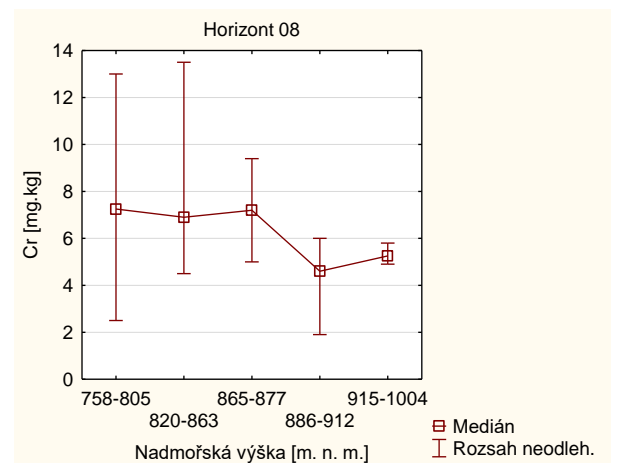
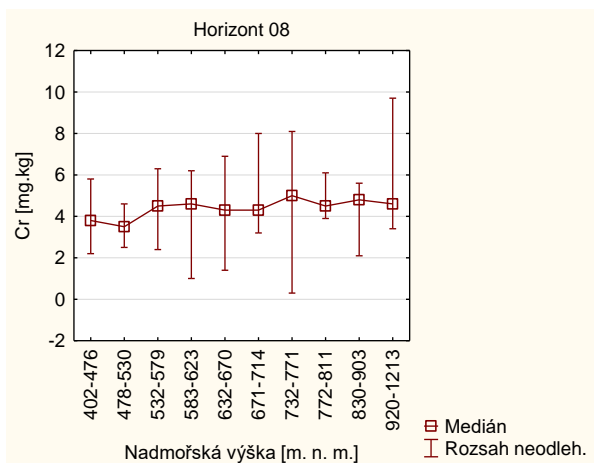
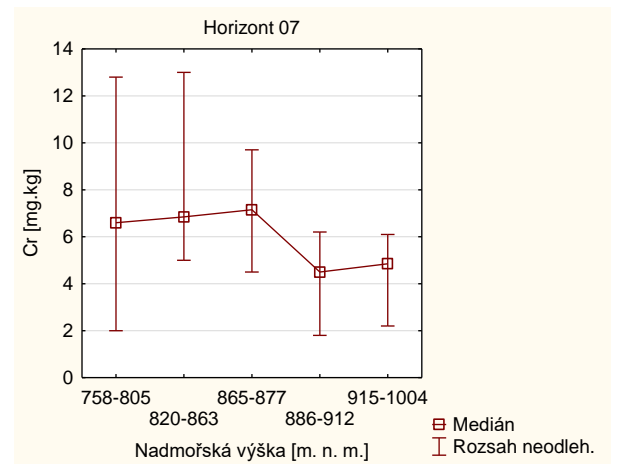
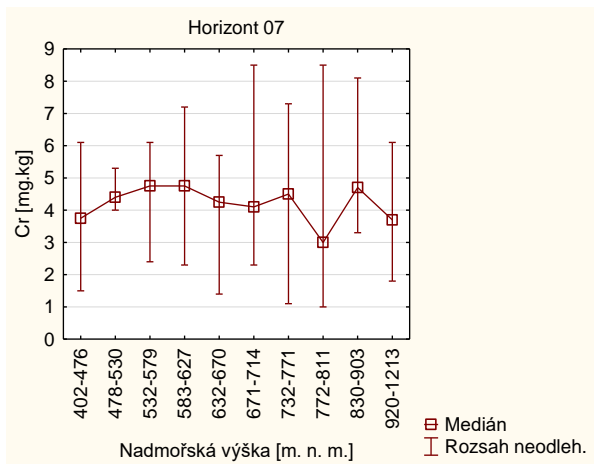
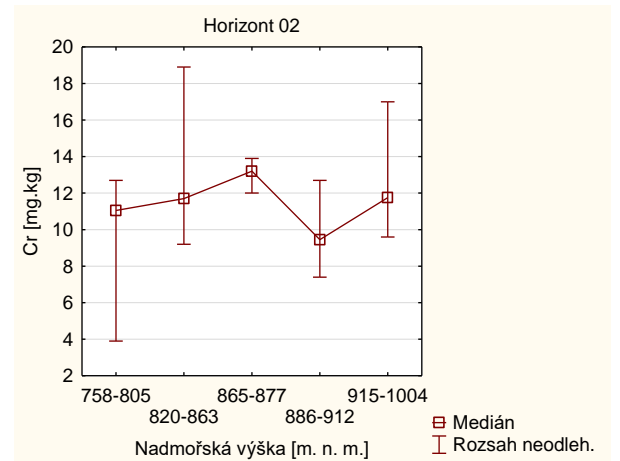
Obrázek 11.4: Novohradské hory



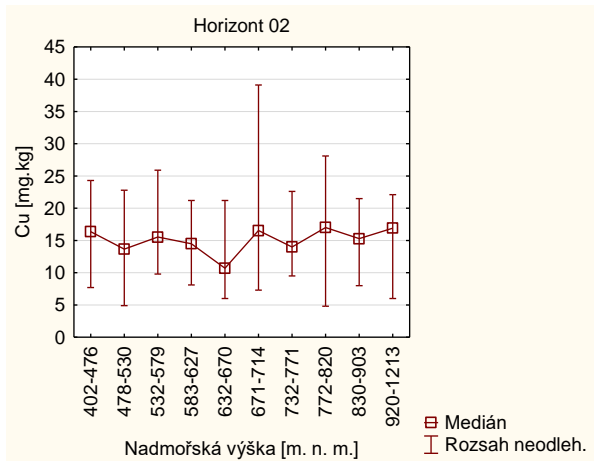
Obrázek 11.5: Moravskoslezské Beskydy



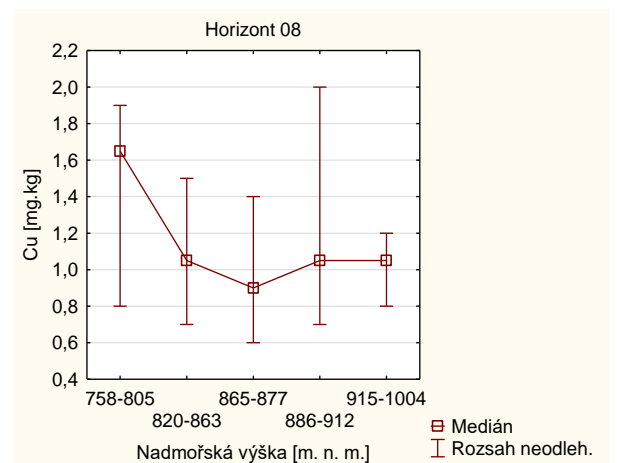
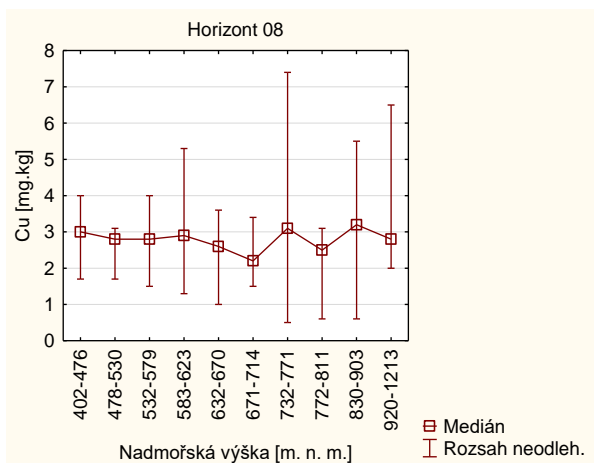
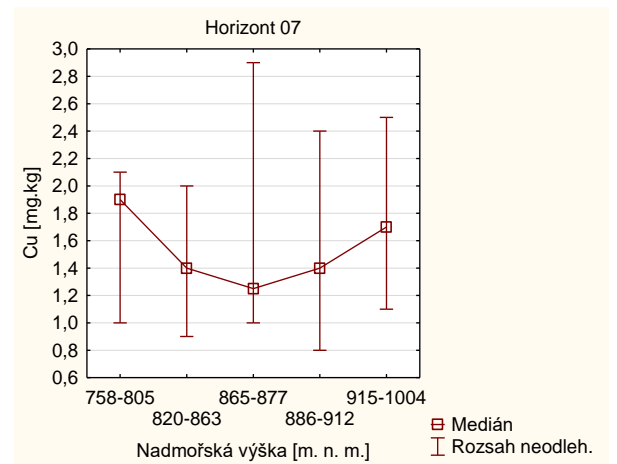
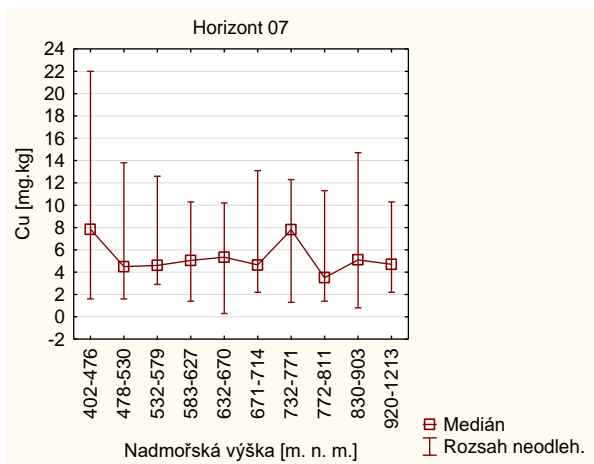
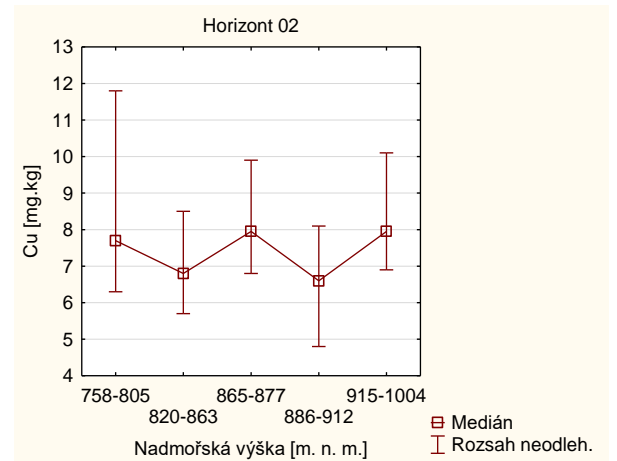
Obrázek 11.6: Novohradské hory



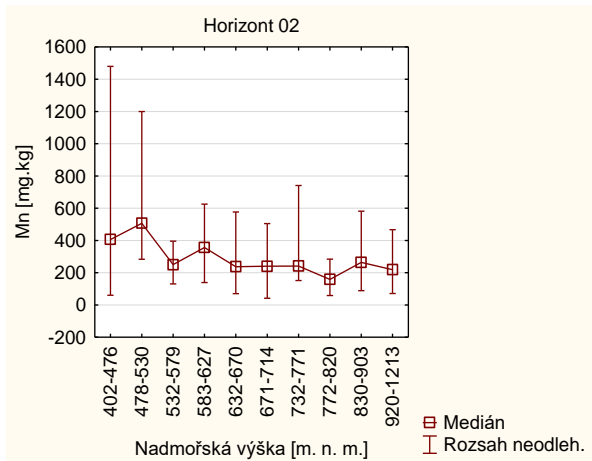
Obrázek 11.7: Moravskoslezské Beskydy



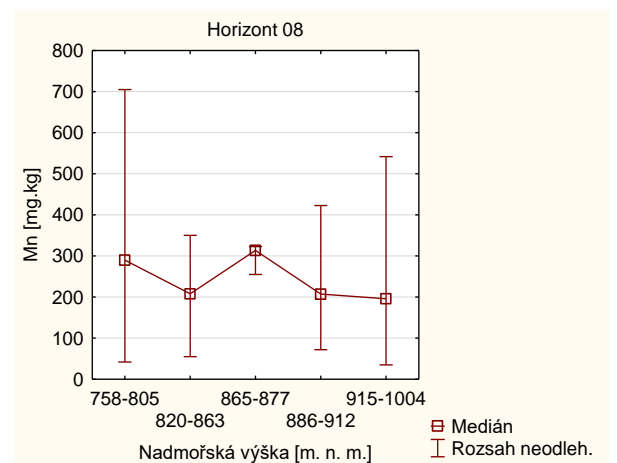
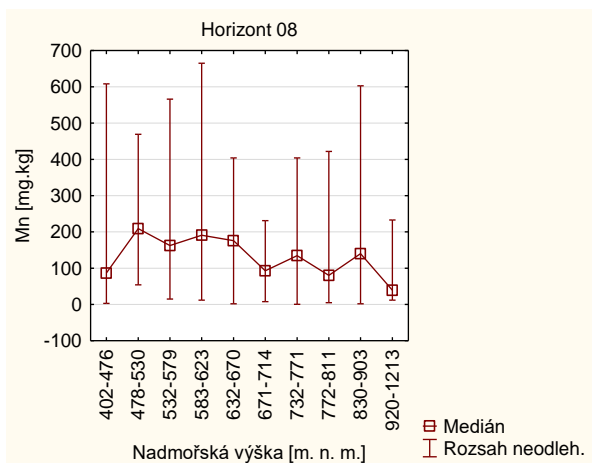
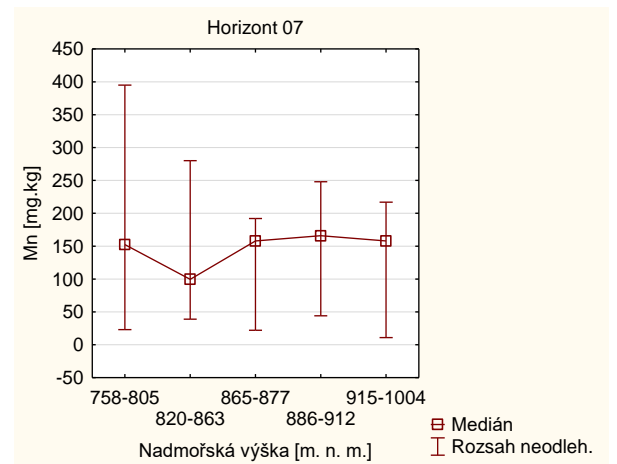
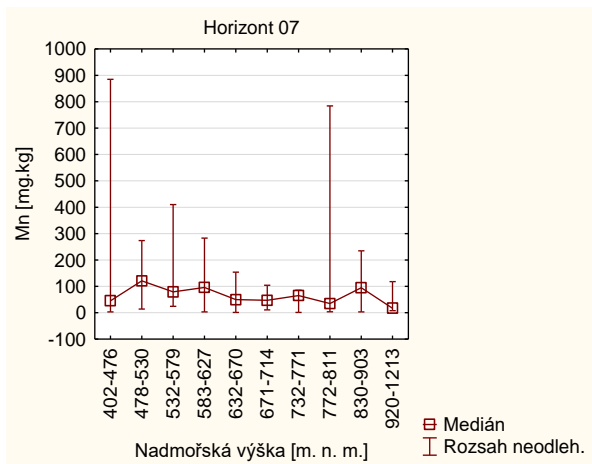
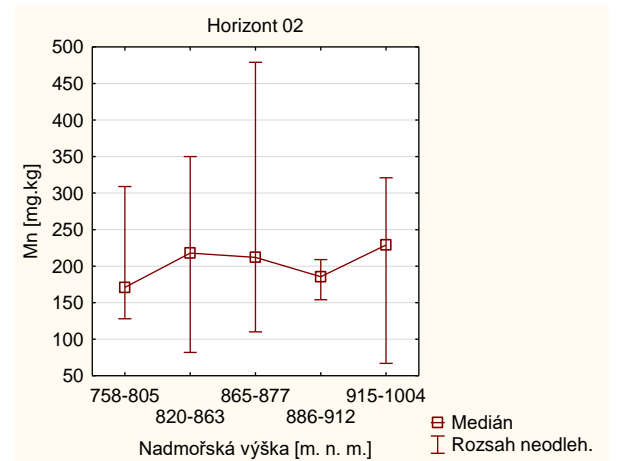
Obrázek 11.8: Novohradské hory



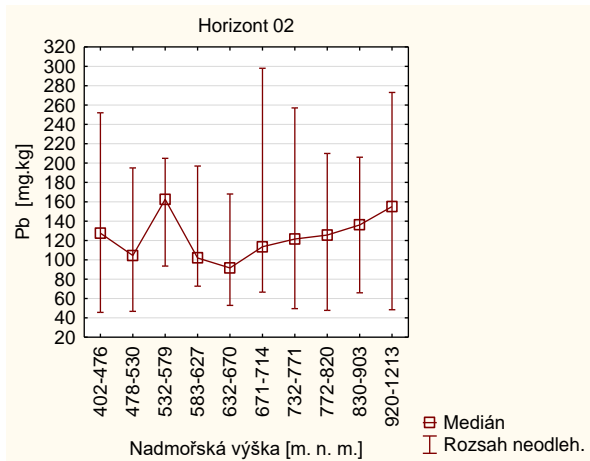
Obrázek 11.9: Moravskoslezské Beskydy



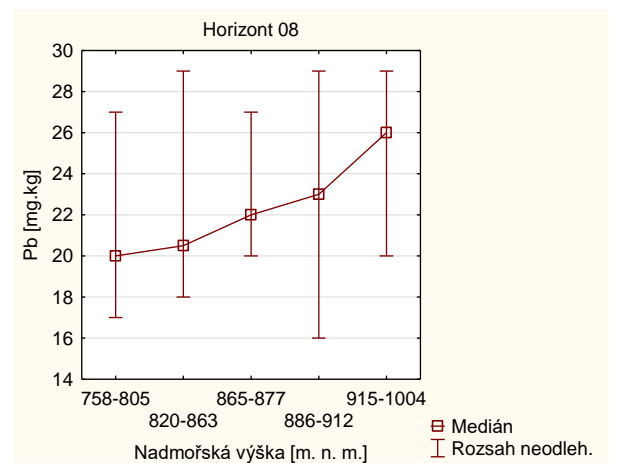
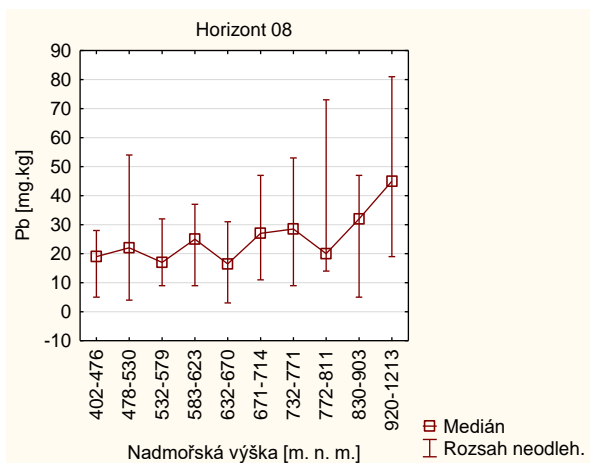
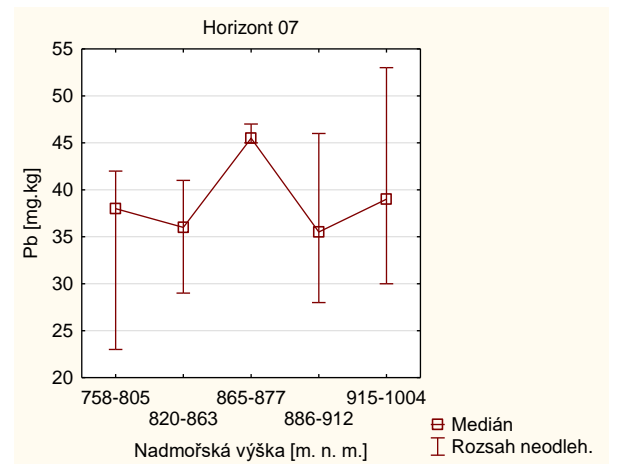
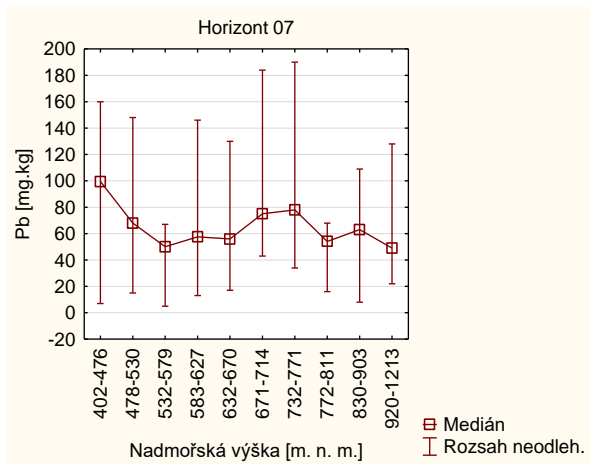
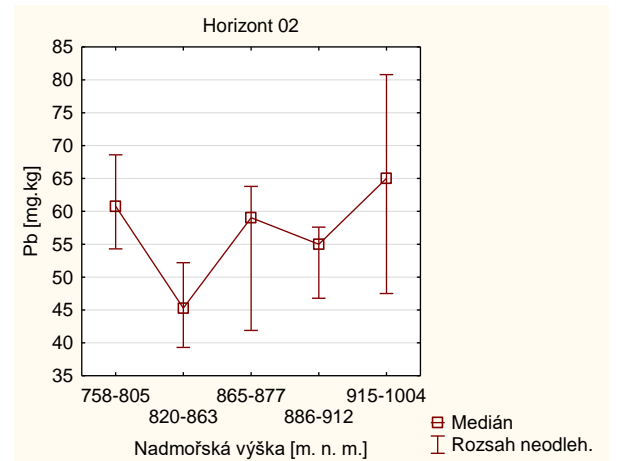
Obrázek 11.10: Novohradské hory



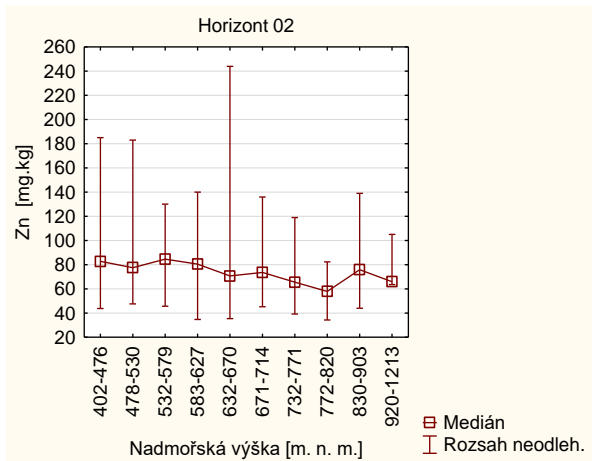
Obrázek 11.11: Moravskoslezské Beskydy



Obrázek 11.12: Novohradské hory



Obrázek 11.13: Moravskoslezské Beskydy



Obrázek 11.14: Novohradské hory

