

Revize biogeografické rajonizace pufručních schopností lesních půd

Revision of the biogeographical regionalization of forest soil buffering

Pavel SAMEC

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek,
Nádražní 2811, CZ-738 01 Frýdek-Místek, e-mail: Samec.Pavel@uhul.cz

Keywords: soil buffer system, acidification, biogeography, management population of forest types

Abstract. Buffering of forest soils is very tied system mechanism which inhibits potential impacts of soil acidification. In the landscape spheres, it is naturally differentiated due to local variations in influences of soil forming factors. Bedrock as well as subsoil geochemistry, slide threatenings or intraskeletal erosion and character of humification belong to significant soil forming factors that undermine the soil buffer capacity. Undoubtedly the soil buffer system differentiates in various regions and in various geotectonical units. Dissimilarities in classifications of forest soil buffer potentials were evaluated according to runtime forestry biogeographical regionalization in the Czech Republic. Buffer potentials of the forest soils were classified into five level carbonate-iron scale according to intervals of cation exchange capacity (CEC) and basic saturation (BS). For selected natural forest areas (NFA), the soil buffer potentials were obtained in respect to defined evaluated sites in combinations of area-specified forest altitudinal zones (NFA-FAZ), edaphic categories (NFA-EC) and management populations of forest types (NFA-MP). Two approaches for descriptions of soil buffering classes were compared according to CEC and BS. An additive method of δH^+ and Bc (basic cation) from ammonium acetate dissolution (comparing with WRB approaches) was the basis. Modification of sum of exchangeable acidity ($H^+ + Al^{3+}$) from KCl dissolution and Bc was a comparing method. Both results validated that NFA with dominating only one soil buffering class occurred in contrast to mainly lowland or hilly-country NFA with rich mosaic of soil buffer classes due to alternation of mesotrophic and oligotrophic MPs. The sum of $H^+ + Al^{3+}$ always showed that in the Czech Republic probably the most important soil buffer class is the humus level. In this level, soil ecological stability is very closely dependent on genesis of a humus substances and variable levels of soil sorption complex. Consequently, this is connected with tree species composition of forests as well as with their management. Herewith, we suggested that soil acidification risks in unexposed conditions could be probably decreased by sustainable forest management.

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Půda je důležitou součástí trvalých stanovištních podmínek. V lesnictví i zemědělství se její produkční potenciál svérázně hodnotí a využívá. U lesních půd zůstávají zachovány jejich přirozené funkce, protože i jejich profil je udržován v neporušeném, takřka přírodním stavu. Extrapolace tohoto pojetí do zemědělského prostředí je možná zejména tehdy, pokud dochází k převodům zemědělských půd do lesního fondu, dojde-li k jejich zalesnění a postupné obnově přirozených látkových toků bez dodatečných vstupů. Půdy se přirozeně vyznačují silnou autoregulací, takže při zachovávání všech jejich přirozených funkcí jsou v ekosystému značně autonomní součástí, která ve střednědobých periodách má tendenci chovat se kvazistaticky (GOLDBERG et al. 2000; BORŮVKA et al. 2005).

Tento soubor půdních vlastností předznamenává veškeré odvozené projevy v geobiocenóze i krajinné sféře. Díky stálosti jsou některé půdní vlastnosti dobře mapovatelné a využívané pro extrapolace řady obecnějších ekologických podmínek. Informace o distribuci lesních typů mohou být doplněny řadou indexů a různě shlukovány, což umožňuje z lesnických typologických map vytvářet jiné eko-indikační mapy. Například soubory lesních typů byly klasifikovány do půdních pufručních pásem, z čehož byla získána mapa míry statické ekologické stability (MACKŮ et al. 2006).

POUŽITÉ ZKRATKY

SLT – soubor lesních typů	KVK – kationtová výměnná kapacita (mmol^+/kg)
(P)PP – (půdní) pufrací pásma	TVK – titrační výměnná kyselost (mmol^+/kg)
SKK – semikvantitativní klasifikace	BS – bazická saturace (%)
HS – hospodářský soubor	C_{ox} – půdní uhlík (%)
PLO – přírodní lesní oblast (číselná označení tab. 3)	K-W – Kruskal-Wallisův test
LVS – lesní vegetační stupeň	PUPFL – pozemky určené k plnění funkcí lesa
EK – edafická kategorie	LHPO – lesní hospodářské plány/osnovy
ANOVA – analýza rozptylu	SK – sorpční komplex
SCLU – shluková analýza jednoduchým spojením	
PLO-LVS – regionální lesní vegetační stupeň	
PLO-EK – regionální edafická kategorie	
PLO-HS – regionální hospodářský soubor	
J – edafická kategorie suťová	F – edafická kategorie svahová
K – edafická kategorie normální	B – edafická kategorie bohatá
N – edafická kategorie kamenitá	L – edafická kategorie lužní
I – edafická kategorie uléhavá	P – edafická kategorie oglejená kyselá
S – edafická kategorie svěží	G – edafická kategorie glejová
HS01 – mimořádně nepříznivá stanoviště	HS35 – živná bazická stanoviště středních poloh
HS02 – vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace	HS43 – kyselá stanoviště středních poloh
HS03 – lesy v klečovém vegetačním stupni	HS45 – živná stanoviště středních poloh
HS19 – lužní stanoviště	HS51 – exponovaná stanoviště vyšších poloh
HS23 – kyselá stanoviště nižších poloh	HS53 – kyselá stanoviště vyšších poloh
HS25 – živná stanoviště nižších poloh	HS55 – živná stanoviště vyšších poloh
HS29 – olšová stanoviště na podmáčených půdách	HS73 – kyselá stanoviště horských poloh
HS31 – vysychavá a sušší acerózní a bazická stanoviště středních poloh	HS75 – živná stanoviště horských poloh

MATERIÁL A METODY

Pracovní hypotéza

Soubory lesních typů (SLT) a z nich odvozené hospodářské soubory (HS) představují základní prostorové jednotky pro funkčně diferencované pěstování lesů na biogeografickém základě. Zároveň jsou důležité i pro označení pěstebních opatření, která mají udržovat funkce lesa v krajinném kontinuu.

Přímým projevem ekologické stability půd je pufrací kapacita. Je to trvalá schopnost půdy tlumit kyselé vstupy a udržovat stabilní vnitřní prostředí. Pro lesní půdy ČR bylo převzato členění na pět pufracích pásem (ULRICH 1983). MACKŮ (2004) provedl zařazení půdních subtypů do spektra pufracích pásem (PP) na základě bodového hodnocení kationtové výměnné kapacity a bazické saturace svrchních půdních horizontů (tab. 1). Toto hodnocení bylo vztaženo k úrovni SLT metodou semikvantitativní klasifikace (SKK) trojnosti edafických kategorií (AMBROS 1988). Tento přístup umožnil nejen vytvořit přehled klasifikace PP v souborech lesních typů (tab. 2), ale i mapovou projekci (MACKŮ et al. 2006).

V lesnických pěstebních systémech dosud chybí hodnocení kvality půd na analytickém základě. Principy hodnocení lesních půd narážejí na mnoho nejasností, protože při transformaci půdních fyzikálně-chemických analýz na chórickou úroveň není přenášena i informace o vnitřní heterogenitě lesnicko-typologických jednotek (MACKOVČIN et al. 2000). Nevyřešen je problém vyjádření reprezentativní hodnoty agregovaných půdních dat v mapovacích jednotkách (MACKŮ 2004).

Aby mohly být vyjádřeny matematické limity těchto reprezentativních hodnot, byly konfrontovány dva přístupy hodnocení HS. Pro konfrontaci byla použita lesnicko-typologická data pro vybrané PLO. Výběr PLO byl situován na základní typy reliéfu ČR (NEUHÄUSLOVÁ et al. 1998). PLO byly vybrány nejen z hercynských celků, ale i z oblasti karpatské, biogeograficky přechodné a nívné. Regionálně-geologicky byl výběr zaměřen na oblasti krystalických elevací, pískovcové skalní reliéfy, vulkanická pohoří i oblasti sedimentů v různých geotektonických formacích (tab. 3). Jejich vůdčí ekologické jednotky poukazují na značně rozšířená zonální společenstva 3.-6. LVS s dominantními HS45 a HS53.

Hodnocenou jednotkou biogeografického členění lesů je hospodářský soubor. HS je definován spektrem SLT, z nichž každý byl klasifikován pomocí PP. Tím byla získána informace o plošné diverzitě

PP v rámci HS. Nezávisle byly vybrány HS z PLO dominantně rozšířených v Moravskoslezském kraji, které byly charakterizovány intervaly vybraných vlastností svrchních a diagnostických půdních horizontů.

Půdní pufrací pásma

Půdní PP vysvětluje sled reakcí, které v půdě mohou nastat, aby byl utlumen vliv vstupující kyselé látky. Vstupující kyselou látkou nemusí být jen polutant. V přirozených podmínkách je půda neustále ovlivňována kyselými produkty metabolismu bakterií, hub i kořenovými výlučky, autoprotoýzou vody i prouděním půdního roztoku (SAMEC & FORMÁNEK 2007). Tyto látky se podílejí na zvětrávání půdotvorných materiálů, tvorbě půdy a současně na jejím postupném vyluhování. Podle matečného substrátu vytváří půda a v určitém okamžiku i biota (v rámci tvorby humusu) zdroje zpomalování a stabilizace přirozeného vyluhování:

Uhlíčitanové pásmo – 5. PP (pH 6,2-8,6) se uplatňuje rozpouštěním kalcitu. Tím zároveň dochází i k tlumení vlivů vstupu H^+ . Důsledkem těchto pufracích reakcí je postupná ztráta uhlíčitanů rozpouštěním a vyplavováním, kterému může být zabráněno jen na půdách vznikajících přímo z uhlíčitanových substrátů a homin.

Křemičitanové (živcové) pásmo – 4. PP (pH 5,0-6,2) se vyskytuje buď na půdách, z nichž již došlo k vyplení uhlíčitanů, nebo které primárně obsahují křemičity (živce). Kyseliny působí rozklad živců, z nichž se uvolňují bazické kationty a vznikají druhotné jílové nerosty. Živce a jílové minerály představují jedny z nejrozšířenějších minerálů na zemském povrchu, proto tvoří optimální prostředí pro různé biocenózy.

Výměnné pásmo – 3. PP (pH 4,2-5,0) bývá lokalizováno v těch půdách, kde dochází k disproporci mezi bazickými kationty, uvolňovanými při zvětrávání živců, a vstupy H^+ . Za této podmínky by protony mohly být imobilizovány na výměnných místech jílových minerálů zpravidla sorpcí za Al^{3+} , ale tyto půdy mají dostatečnou zásobu bazických kationtů na humusových koloidech.

Hliníkové pásmo – 2. PP (pH 3,0-4,2) pufruje působení kyselých vstupů uvolňováním Al^{3+} za přítomnosti seskvioxidů a při současném vzniku organických komplexů. Půdní úživnost klesá, roste riziko nekontrolovatelného vyplavování živin a klesá biologická aktivita.

Železité pásmo – 1. PP (pH 2,8-3,8) je lokalizováno v těch půdách, kde kyselé vstupy jsou pufovány rozpouštěním oxidů železa, migrací Fe^{3+} a destrukcí jílové frakce. Živiny jsou z těchto profilů nekontrolovatelně vyplavovány, v půdním profilu roste koncentrace toxických látek a biologická aktivita bývá zpravidla soustředěna pouze do surového nadložního humusu. Přirozeným zdrojem takto agresivních kyselin může být i kyzové zvětrávání pyritu nebo chalkopyritu v jinak chemicky příznivých vulkanitech.

Numerické vyhodnocení

Dvě vstupující databáze představují dvě nezávislé úrovně různého hodnocení pufrací schopnosti lesních půd:

Základní datové sady byly vyfiltrovány z geoinformačních vrstev databáze LHPO, kterou spravuje ÚHÚL Brandýs nad Labem (MANSFELD 2003). Plochy SLT ve vybraných PLO byly zařazeny do jednotlivých HS a půdních PP. Pro bližší vysvětlení půdního stavu HS byly zjištěny i rozsahy pufracích pásem v zaujatých LVS a EK. Získaný materiál byl hodnocen robustními testy. Pufrací diverzita HS ve vybraných PLO byla kvantifikována pomocí analýzy rozptylu (ANOVA), odpovídajícím neparametrickým testem ($K-W$) a robustní shlukovou analýzou (jednoduchými spojeními v Eukleidovském virtuálním prostoru) (SCLU) při $P < 0,05$.

Pro HS v jednotlivých PLO na území Moravskoslezského kraje byly vypočítány intervaly charakteristických hodnot fyzikálně-chemických vlastností svrchních (A) a diagnostických (B) půdních horizontů ze zdrojové lesnicko-typologické půdní databáze, obsahující údaje z mezidobí 1965-2000. Zpracovávány byly kationtová výměnná kapacita (KVK) na základě extrakce kationtů v 1M octanu amonném (BLAKEMORE et al. 1987), bazická saturace (BS), titrační výměnná kyselost (TVK) zjištěná pufováním roztokem 1N KCl do pH 7,0 (BENTON JONES 2001), kritické zátěže Bc/Al a obsah půdního uhlíku (C_{ox}). Výpočty středních hodnot byly diferencovány podle počtů dostupných údajů pro příslušný půdní horizont a HS. Kritický počet užití Hornových postupů a klasických (mnohočetných) postupů výpočtů středních hodnot a jejich pravděpodobnostních intervalů je $n=15$ (HORN et al. 1998).

Pro společnou úroveň srovnání ve skutečnosti vnitřně heterogenních skladeb stanovišť PLO byly navrženy označení regionálních HS, lesních vegetačních stupňů (LVS) i edafických kategorií (EK) jako kombinace PLO-HS, PLO-LVS a PLO-EK. To umožnilo numericky srovnávat vzájemně nehomogenní PLO, které se ale potenciálně vyznačují stejným spektrem ekologických gradientů, tedy možnou stejnou škálou HS, LVS i EK. Nevyskytující se provozně-ekologické jednotky byly zaznamenány jako 0. Bohužel tento přístup zároveň zvyšuje nenormalitu rozdělení, takže statistická srovnání jsou omezena jen na robustní metody. Numerické výsledky byly potvrzovány pomocí geoinformační dotazové selekce vybraných územních charakteristik PUPFL v mapové databázi LHPO. Zjišťované jevy byly zobrazeny jako vybrané HS v posuzované PLO.

Nalezená spektra vŕdčích PP v celé PLO byla vzata jako klíčová pro další analýzu rozptylu výsledků shlukových analýz. Shlukové analýzy byly využity jednak při hodnocení vzájemných podobností v plošné diverzitě vyhraněných PP na základě relativní klasifikace, jednak pro zjištění podobností v charakteru půdních vlastností zahmutých horizontů.

Půdní data z Moravskoslezského kraje byla agregována kvůli testování limitů stávající metodiky klasifikace (P)PP u SLT (MACKOVČIN et al. 2000). Vyhodnoceny byly předpokládané korelační závislosti mezi KVK a BS při $P < 0,20$. Klasifikace horních hodnot jejich indexů podle tab. 1-2 byla prováděna podle výsledků součtu průměrných hodnot a jejich 95 % směrodatných odchylek. Tyto klasifikované hodnoty fyzikálně-chemických půdních vlastností z A- a B-horizontů byly konfrontovány s výsledky stávající metodiky.

Posouzení celkové pufrální kvality lesních půd ve vybraných lesních oblastech bylo provedeno na základě procentického vyjádření rozloh jednotlivých PP. Mezi jednotlivými PP v dané PLO byly zjištěny rozdíly procent. Protože především v horských lesích bývá předpokládáno, že v minulosti zde mohlo dojít k rozsáhlým přechodům výměnného pásma do hliníkového, při hodnocení je kladen důraz na rozdíly mezi těmito dvěma PP. Pokud rozdíl mezi dvěma sousedními plochami vyššího a nižšího PP překročí 20 % z celkové plochy lesa v oblasti, je indikován stav možné citlivosti lesních půd vůči okyselení. Důležitým předpokladem je, aby zároveň v dané PLO dominovaly EK přirozeného výměnného pásma (S, I, N, K, případně P, G a F).

VÝSLEDKY

Obecná část

Analýzy rozptylu pomohly blíže kvantifikovat základní jevy, vyjádřené lesnickou provozní biogeografickou rajonizací. Výsledky poukazují na regionální specifika vylišovaných biogeografických jednotek, která se mohou významně podílet na konečných efektech v pufrálních kapacitách. LVS mají vždy značnou škálu možných půdních PP. Interpretace a další využití analýz je komplikováno extrémně porušenou normalitou základních vstupních údajů o plochách PP pro srovnávané lesnicko-typologické jednotky (obr. 1-3). Díky tomu i mnohonásobná porovnání pomocí Tukeyho testu a K-W testu poskytují až protichůdné výsledky (tab. 4). Obecně vyjádřily, že uhličitánové tlumivé pásmo je plošně nevýznamné, protože jeho okrajové rozlohy v zaujaté množině PLO se vymykají ostatním rozsahům (tab. 5). Zároveň plošný rozsah železitého pufrálního pásma se významně odlišuje od pásem hliníku i humusového (výměnného) pásma.

U regionálních lesních vegetačních stupňů (PLO-LVS) se objevuje jev mírně užší diverzity PP, která se různí v závislosti na převažujících půdotvorných substrátech zonálních stanovišť v oblasti. V různých PLO mohou mít i stejné LVS jinou pufrální schopnost. Regionální rozdíly vyplývají z toho, jaké LVS se v dané oblasti skutečně vyskytují (tab. 3) a jaké různé mají půdní substráty, resp. možnou škálu pufrální schopnosti půd.

ANOVA prokázala, že regionální edafické kategorie (PLO-EK) mají škálu dosažitelných PP potenciálně nižší (tab. 6). V různých PLO si stejné EK zachovávají rovnocenné PP. Jistá vertikální proměnlivost PP u EK je závislá na přirozené proměnlivosti půd s rostoucí exponovaností klimatu ve vyšších nadmořských výškách. U LVS i EK byla vždy nalezena právě jedna jednotka, která se svým plošně významným pufrálním charakterem významně liší vůči všem, nebo aspoň vůči většině kromě sousedních jednotek. Podle užívané pufrální klasifikace SLT se významné plochy půd s výměnným (3.) až hliníkovým (2.) PP nalézají v horských oblastech (5.-7. LVS) (obr. 4). Nejrozšířenějšími EK jsou K (2. PP), S (3. PP) a B (4. PP) (obr. 5). Analogicky největší plošný význam v zahrnutých PLO mají HS45 (3.-4. PP), 55 (3. PP) a 73 (2. PP) (obr. 6).

Živcové (4.) PP je ve spektru vybraných PLO plošně významné v HS45, na nižší hladině významnosti i na stanovištích HS55, jejichž plocha se rovněž liší vzhledem k většině HS s výjimkou HS31 a HS25. Směrem k nižším PP se plošná vyhraněnost zaujatých lesních ekologických jednotek zvyšuje. Tím roste zejména vyhraněnost maloplošných exponovaných stanovišť. Již ve 3. PP významně plošně dominují některá stanoviště HS45 a HS55, zatímco stanoviště s výměnným pufráčním pásmem půd v ostatních hospodářských souborech jsou jen roztroušená. Stanoviště 2. PP jsou charakteristicky zahrnuta v HS53 a HS73.

Příčiny tohoto rozdělení rozloh jsou přeneseny z rozsahů LVS a EK. Živcové PP je dominantně vázáno na 4. LVS, kde ze zaujatých PLO má těžiště svého rozšíření. Plošně se významně liší vůči stejně pufráčně zdatným stanovištím v 1. LVS i azonálním borům, stejně jako vzhledem k horským 6.-9. LVS. 3. PP dominuje na stanovištích 5. LVS, která se významně liší vzhledem 1.-2. LVS, borům i vyšším horským (7.-9.) LVS. Směrem k horským polohám roste význam ploch 2. PP. Ty mají hlavní rozšíření v polohách 6. LVS, jen mírně nižší rozsah mají v 7. LVS, což ovšem je jen důsledek obecně menších rozsahů tohoto vegetačního stupně v ČR. Ve skutečnosti v polohách 7. LVS bude zřejmě 2. PP naprosto převažovat. V borech i nižších 1.-5. LVS jsou rozlohy lesních půd s 2. PP nízké a velmi vyrovnané.

Rozdíly v lesnických biogeografických jednotkách nevyplývají zjevně jen z provázaných postupů jejich hierarchického vylišování, ale rozlišuje-li se při srovnávání ploch jejich pufráčních vlastností regionální prvek, vynikají nové aspekty typologické souvislosti jejich diverzity. Výpočet celkových ploch půdních pufráčních pásem v jednotlivých PLO ukázal, že dominantní jsou buď půdy 2. PP (krystalinikum), nebo půdy 3. PP (oblasti sedimentárních pahorkatin a pohoří) (tab. 5). Vzniká předpoklad pro zobecněné členění na dvě množiny pufráčních schopností lesních půd: 1.-2. PP pro predisponované lesní půdy; 3.-5. PP pro kvazistatické lesní půdy. SCLU pro HS zařazené do kvazistatických pásem částečně korespondují s vyhodnoceními shluků pro PLO-LVS i PLO-EK. Vyhraněně byla detekována území 29-HS45 (= PLO 29 Nízký Jeseník – živná stanoviště středních poloh), velmi podobně izolovaně i 28-HS45, 40-HS55 a i HS19. Podobnost 35-HS19 s 27-HS55 má jen částečný odraz v analogické vazbě 35-L a 27-S.

SCLU pro predisponovaná půdní pufráční pásma vyhodnotila plošné rozsahy stanovišť HS, které částečně souvisejí pouze s vazbami mezi EK. Kyselá stanoviště na Šumavě a v Krušných horách byla podobně detekována jako vyhraněné HS. Avšak jedinečným způsobem vynikla edafická odlehlost HS01 z ostatních hospodářských souborů.

U kvazistatických PP v rozlohách vegetačních stupňů byly jedinečným způsobem detekovány jednotky korespondující s vůdčími lesními typy dané oblasti pro 29-LVS4, 28-LVS5, 28-LVS4, 40-LVS5, 29-LVS5. Tento výsledek je potvrzen nejen rozбором PLO-HS, ale i PLO-EK. Zajímavým jevem, který ukázala SCLU PLO-LVS je, že i celé lesní oblasti korespondují blízkostí podmínek vegetačních stupňů a významně se liší vzhledem k jiné PLO. I při hodnocení predisponovaných půdních PP je tento stav přibližně zachován, pouze mírně (hraničně významně) modifikován (tab. 7).

Naopak SCLU pro EK ukázala značně odlišné výsledky. Při zahrnutí ploch 3.-4. PP byly jako obtížně korelovatelné a vyhraněné vyhodnoceny regionální kategorie 29-B, 29-S a 28-S. Při zahrnutí ploch 1.-2. PP byly izolovaně zachyceny 1-K a 13-K. Tab. 7 ukazuje disproporce vazeb mezi plochami vybraných biogeografických jednotek pomocí analýzy rozptylu. Značné jsou zejména u HS a EK, což předjímá, jak místně

důležitým diferenciálním faktorem půda je, zatímco klima se na středně velkých územích PLO výrazně uplatňuje pouze ve vertikálním směru.

Tyto SCLU podporují tezi, že pro vymezení konkrétního hospodářského souboru má význam zahrnout a pozorovat vždy jeden vůdčí SLT. Jistou kvalitativní výjimku ze zahrnutých HS představují jen stanoviště lesů na mimořádně nepříznivých stanovištích, které ze své definice jsou široce heterogenním souborem nesouvisejících lesních typů. Podobně lze předpokládat i hodnocení diverzity přirozených borových stanovišť (HS13). Naproti tomu další azonální lesní společenstva – lužní lesy (HS19) a olšiny (HS29) přirozeně obsazují jen úzké niky, charakterizované specifickým reliéfem a vodním režimem, což se projevilo i podobnými pozicemi LVS a EK v Eukleidovském prostoru.

Ověřovací část

Vnitřní podmínky A- a B-horizontů jsou přirozeně významně rozdílné. Tomuto předpokladu odpovídají výsledky projekcí v Eukleidovském prostoru, srovnávané analýzami rozptylu. Rozdíly přetrvávají, i když veškeré množiny vstupních dat byly početně agregovány pro úroveň regionálních hospodářských souborů (tab. 8). Lze tedy i předpokládat, že jejich vliv na výsledné zařazení do PP bude různý.

SCLU na základě KVK A-horizontů odlišila HS z PLO 27, blízké rozsahy sorpčních vlastností mohou mít i svrchní půdní horizonty PLO 28 a 29 (obr. 7). Zdánlivě izolovaně byla detekována KVK z PLO 39, resp. zvláště izolované jsou sorpční podmínky z místních HS45 a HS35. V B-horizontech se diverzita KVK zaujatého území jeví velmi homogenní. Zvláštní shluk tvoří půdní KVK z PLO 27, blízké opět jsou PLO 28 a 29. Zajímavá je i podobnost 39-HS43, 28-HS45 a 27-HS53. Blízkost 40-HS51 a 27-HS73 připomíná domnělou souvislost svažitosti a exponovanosti zároveň, tedy že k HS73 mohou být zařazena i stanoviště lokálně bohatší s příznivější sorpční kapacitou ve svazích. Podobný jev mohou indikovat i vazby mezi 28-HS43 a 28-HS31. Naopak PLO 39 možná zahrnuje půdy sorpčně velmi rozdílné (tab. 9, 10). Rozdělení půdních dat z PLO 39 je tak diferencované, že se projevuje až logaritmickou pozitivní závislostí BS na KVK. Lokality s nízkými hodnotami KVK mají i nízkou nasycenost sorpčního komplexu bázemi, lokality s vysokými hodnotami KVK mají vysokou nasycenost (obr. 8, 9). Jiná situace byla zjištěna pro Nízký Jeseník. Zde i při nízkých hodnotách KVK může být BS vysoká, rostoucí hodnoty KVK při klesajícím nasycení sorpčního komplexu bázemi předznamenávají vyšší obsahy kyselých výměnných kationtů ($H^+ + Al^{3+}$).

Rozbor distribuce BS koresponduje s distribucí KVK. V BS A-horizontů vyniká, že HS23 a HS45 z PLO 39 mají významně sousedící stanoviště, působící na mozaikovitost sorpčních poměrů zonálních půd celé oblasti (obr. 10). BS svrchních půdních horizontů odráží vlivy mezoklimatu na půdní rozrůzněnost. Velký shluk tvoří pahorkatinné až podhorské polohy. Podobný shluk byl zjištěn i pro středohorské HS z PLO 29 a 39. Poněkud izolovaně se nachází BS na stanovištích HS23 v PLO 28, blíže byla zaznamenána troficky bohatá stanoviště HS19 a 35. U PLO 27 jsou zajímavé těsné vazby HS51, 75, 73, 02 a 03, nebo 28-HS45 a 28-HS43 (tab. 10, obr. 11).

Kritické zátěže doplňují výsledky zpracování sorpčních veličin o fenomén průkazných výskytů nekorelovatelných a ekologicky neopakovatelných pufračně mimořádných stanovišť (39-HS35, 39-HS45, 39-HS23, 29-HS25) v kontrastu se skupinou homogenních poloh Jeseníků a všech dalších pufračně středních středohorských a horských HS.

Naopak TVK je příkladem půdní vlastnosti, jejíž distribuce v zaujatých regionálních HS neodpovídá obecným předpokladům o souvislosti mezi kyselostí a zásobou výměnných bází v půdě. Jednotlivé shluky v Eukleidovském prostoru jsou jen relativní, i vnitřně se značnou odlehlostí jednotek.

Obsah uhlíku v půdě silně souvisí s dřevinou skladbou lesů a exponovaností klimatu, proto nalezené korelativní vazby jsou pouze slabé a provázejí i troficky nepodobné HS. Izolovaně byly detekovány zejména exponované A-horizonty 29-HS51, 27-HS02 a 27-HS03. B-horizonty umožnily shlukování s jinou interpretovatelností. Především byla potvrzena izolovanost distribuce C_{ox} v celé oblasti Hrubého Jeseníku. Pahorkatinné a středohorské oblasti Moravskoslezského kraje včetně Moravskoslezských Beskyd mají velmi blízké obsahy C_{ox} v B-horizontech, resp. poměrně vyrovnanou hladinu neregularit v distribuci. Je to jev nepřímo souhlasící s dominantní přítomností 3. PP v půdách střední a východní části Moravskoslezského kraje, která je potenciálně závislá na obsahu humifikované organické hmoty.

Rozbor kvalitativních půdních dat z Moravskoslezského kraje je s kvantitativními rozsahy tříd půdních puфраčních pásem srovnatelný jen relativně. Korelovatelnost KVK a BS jako základní předpoklad pro semikvantitativní klasifikaci SLT, resp. HS byla zjištěna jen ve zvláštních případech – za podmínky průkazné velké heterogenity půdních vlastností v celé PLO s poměrně nízkým rozptylem. Většina zonálních půd v Moravskoslezském kraji má příliš vysoký rozptyl veličin. Pokusná klasifikace součtů indexů hodnot KVK a BS z A- i B-horizontů vykazuje vzhledem k užívané semikvantitativní metodě značné rozdíly (tab. 11). Zejména pro kyselá a exponovaná stanoviště uvádí 3. PP pouze v některých případech. Pro živná i zamokřená stanoviště byly zjištěny hodnoty zpravidla 4. (5.) PP, avšak v HS na přirozeně chudých substrátech i 2. PP. Podle výsledků hodnocených pedochemických stanovení byly jako územně nejrozšířenější identifikovány půdy s 2. PP nebo 4. PP. Pouze v Moravskoslezských Beskydech jsou plošně nejvýznamnějšími půdy s převládajícím 3. PP (tab. 12), naopak v hlavních půdních souvrstvích ve vúdčích HS v Hrubém Jeseníku může převládat 1. PP, ačkoli svrchní horizonty mají pedochemické podmínky 2.-3. PP. I když SKK uvádějí jako nejvýznamnější oblasti s 3. (P)PP, provedené vyšetření vybraných pedochemických veličin někdy nesledovalo přírodní rozložení všech mapovaných stanovištních jednotek.

Dosavadní zařazení HS do tříd PP podle SKK ve vybraných PLO (tab. 5) ukazuje, že kritický rozdíl mezi 2. PP a 1. PP postihuje zahrnuté oblasti krystalických pohoří (tab. 13). Kritické hodnoty mezi těmito nejnižšími pásmy a zároveň i mezi 3. PP a 2. PP byly překročeny u Jihomoravských úvalů. Flyšové oblasti vykázaly kritické rozdíly jen mezi 3. PP a 2. PP.

DISKUSE

Limitem pro správnost klasifikace puфраčních pásem lesních půd ve škále lesnicko-typologických jednotek je jejich správné vymezení podle standardních metodik (PLÍVA 1971). Při vyhodnocování kvantitativních údajů o plošném rozsahu půdních puфраčních pásem bylo potvrzeno, že extrapolace zobecněných vlastností v rámci různých hierarchických úrovní biogeografických jednotek jsou možné tehdy, pokud definice vyšší jednotky vychází z právě jedné vúdčí biogeografické jednotky nižší. V uvedených šetřeních vúdčí SLT značně podminil definici celého konkrétního hospodářského souboru. Pochopitelně, nastává-li chyba v definici či mapování takového vúdčího SLT v terénu, je přenesena do všech navazujících lesnických systémů.

Nepostihne-li vůdčí SLT, ale soubor s malým rozšířením, při generalizaci může být i potlačena.

Vysvětlení pro charakter distribuce sledovaných HS a rovněž i EK bylo nalezeno na základě statistických vyhodnocení sorpčních veličin a půdního uhlíku z diagnostických půdních horizontů. Využitá robustní shluková analýza na základě těchto půdních vlastností identifikovala oblasti krystalické a oblasti středohorské s pestrout substrátovou stavbou. Ty rovněž byly zjištěny kvantitativně podle dominance hliníkového nebo výměnného půdního pufracího pásma. Příčinné souvislosti jedinečnosti nebo podobnosti HS z různých PLO nebyly hledány. Jejich identifikace bude obtížná, protože při klasifikacích a agregacích vstupních dat jsou vždy získány úrovně, které vzhledem k původním mají některé vlastnosti nové a jiné zase potlačené.

Konfrontace klasifikovaných lesnicko-typologických jednotek lesů na kvantitativním a kvalitativním základě zároveň vybízí k otázkám o jednoznačnosti mapování konkrétních SLT. Půdní rozboru mají v lesnické typologii spíše doplňující účel, jejich význam vzrostl teprve v souvislosti s hledáním nejúčinnějších meliorací lesních půd, zvláště v oblastech zasažených imisemi (KANTOR 1989). Příklad Moravskoslezského kraje byl využit jako území s přirozeně značnými gradienty ekologických podmínek. Geologicky se zde vyskytují krystalická pohoří i oblasti zvrásněných či přemístěných sedimentů. Klimaticky je Moravskoslezský kraj převážně suboceanický díky převládajícím SZ větrům s okrajovými subkontinentálními karpatskými vlivy (HOLUŠA et al. 2000). Klimatické gradienty se v krajině předpokládají obecně velmi mírné, výjimky jsou ovšem známy v ostře řezaných hlubokých inverzních údolích nebo v členitých reliéfech s anemo-orografickými jevy (JENÍK 1961). Oba mezoklimatické jevy mají značné vlivy i na strukturu vegetace (ZLATNÍK 1975). Přesto geotektonická skladba může ovlivňovat diverzitu přírodních podmínek území s vyššími gradienty.

Zejména PLO 39 Podbeskydská pahorkatina je známá značnými pedogeografickými gradienty. Ve srovnání s okolními oblastmi má poměrně nízký gradient vegetačních stupňů a poměrně homogenní převážně subhumidní až humidní klima (HOLUŠA et al. 1999). Její lesní stanoviště jsou výrazně rozčleněna díky rozdílným půdotvorným substrátům od recentních říčních niv, glaciáluálních sedimentů, fragmentů morén, sprašových hlín i postglaciálních souvkových půdních sedimentů (MENČÍK 1983).

Právě s ohledem k půdně pestrým oblastem je problematické posoudit kritický poměr rozšíření půdních pufracích pásem. Použitá hypotéza sleduje předpoklad, že pokud v dané oblasti není podíl dvou PP vyrovnán, resp. nižší pásmo má významně menší plochu než pásmo vyšší, nelze vyloučit, že jeho výskyt nastal v důsledku přirozeně dynamických nebo antropicky indukovaných procesů acidifikace. Zřejmý je jen výskyt vzácných, od okolí trvale odlišných přirozených stanovišť. Příkladem jsou reliktní váte písky v Jihomoravských úvalech, nebo nevelké vápencové výchozy v Podbeskydích. Záznam těchto neopakovatelných území byl založen na shodě významného plošného rozdílu mezi 2. PP a 1. PP nebo mezi 3. PP a 2. PP. Minimální velikost rozdílu ploch 20 % z celkové rozlohy lesních půd oblasti je odvozena z minimální pravděpodobnosti pro vyšetření statistických vztahů při hodnocení ekologických dat s různou přesností (SAMEC & VRANOVÁ 2005).

Z šetřených dat plyne pravděpodobnost výskytů citlivých půd. Vyhodnocení půdních typologických údajů z A- a B-horizontů ukazuje, že některé z šetřených PLO v Moravskoslezském kraji mají půdy náchylné k acidifikaci. Zjištěný pufrací potenciál na několika kyselých hospodářských souborech dosáhl jen 1. PP, i když svrchní půdní

horizonty dosáhly 3. PP. V těchto půdách je nezbytná ochrana přirozených procesů tvorby humusu; není-li zabezpečena, dochází k útlumu proměnlivých složek látkové bilance a uplatnění pesimálních půdotvorných faktorů. Podle SKK jsou v Moravskoslezském kraji plošně nejvýznamnější půdy s převažujícím 3. PP. Vyšetření srovnávacích hodnot pedochemických šetření nejsou v souladu s tímto předpokladem. Poukazují na značně vyrovnanou dominanci lesních půd buď ve 2. PP nebo ve 4. PP. Lesní půdy s dominantním 3. PP byly na základě pedochemických klasifikací predikovány jen omezeně. Protože ale lokalizace využitých lesnicko-typologických sond zcela neodráží celé spektrum mapovaných HS, srovnávací výsledky nemají velkou vypovídací schopnost o územních rozsazích, pouze o přesnosti SKK. Zásadní skutečností zůstává, že předpokládaný úbytek aktivity humusových látek v podmínkách 3. (P)PP může nahradit Al^{3+} (2. PP). Tento přechod sice není trvalý a je zpravidla vratný, opět ovšem vyžaduje dlouhodobá opatření pro stimulaci cyklů humusu (SAMEC et al. 2008). Oblasti krystalické mají těžiště pufrační schopnosti půd většinou v 2. PP, proto se jeví trvale náchylné nejen k dopadům úbytků půdního humusu, ale také vůči kyselým vstupům (z kyzového zvětrávání, okyseleného půdního roztoku apod.).

Nesoulad mezi různými půdními daty, která byla jednotným způsobem klasifikována do ekologických rámců, má řadu příčin:

Pro definice lesnicko-typologických jednotek jsou důležité hlavně statické popisné znaky vegetace, intervaly souvisejících půdních vlastností nebyly jednoznačně prověřeny. Lesnická typologie byla vždy zaměřena především na provozní, hospodářsky užívané výstupy (PITKO & PLÍVA 1967). Hlavní cykly typologického mapování lesů se historicky kryjí s obnovami lesních hospodářských plánů. Z tohoto důvodu se pouze omezený prostor věnoval dlouhodobému monitoringu lesních stanovišť (HORÁK 1957, 1979; AMBROS 1988) s výjimkou trvalých zkusných ploch, na nichž se sledoval zejména vliv imisí na lesy (KANTOR 1989). Hlavní úsilí se věnovalo dosažitelnému pořízení lesnických map, takže i indikace trvalých stanovištních poměrů byly řešeny jen na makroúrovni reliéfu a vegetace. Jen několik experimentů přineslo informace o korelativních vazbách mezi půdními vlastnostmi a vegetací (AMBROS 1986).

Obě hodnocené datové matice půdních dat pochází z analyticko-chemických šetření. MACKŮ (2004) klasifikoval celorepubliková data svrchních půdních horizontů z let 1993-2001. Vlastnosti sorpčního komplexu byly vypočteny ze součtů koncentrací bazí, uvolněných extrakcí v octanu amonném, s koncentrací výměnných protonů. Ovšem ZBÍRAL (2002) upozornil, že zejména z bazických substrátů mohou být touto extrakcí uvolněny i nevýměnné ionty. Přesto je tato metoda široce používána pro klasifikace půd (BLAKEMORE et al. 1987). Půdní sorpční veličiny z Moravskoslezského kraje sice byly rovněž zjištěny z lesnicko-typologických průzkumů (KISZA et al. 2008), byly však vyjádřeny pomocí součtů výměnných bazí a úplné TVK ($H^+ + Al^{3+}$) za dlouhé období průzkumů od roku 1965. Nelze vyloučit, že za úsek roků 1965-2000 byly zachyceny větší fluktuace půdních veličin, které zvýraznily vlivy TVK na vyšší hodnoty KVK a nižší hodnoty BS, než to umožnila dříve používaná kratší perioda bez zohlednění hliníku v SK.

Původní metoda pracovala se značně agregovanými množinami celorepublikových dat. Půdní charakteristiky navrhovaných regionálních HS z Moravskoslezského kraje byly naopak vypočítány po rozdělení dat do příslušných typologických jednotek. Došlo tak k nutnosti diferencovat výpočty středních hodnot podle velikostí výběrů. Z Hornova postupu lze střední hodnotu vyjádřit i při předpokladu nesymetrického rozdělení, ale pouze s dodatečným zavedením mezí. U dat

s extrémním porušením normality však ani tento přístup nemusí zabezpečit dostatečně pravděpodobnou střední hodnotu.

Je zřejmé, že dosavadní SKK pufrací schopnosti lesních půd je nastavena podle jednoho modelu agregace dat. Přístup rozdělení půdních dat v rámci jednotlivých PLO vyžaduje propracování zvláštní klasifikace na chórickou úroveň. Pro tento účel sorpční vlastnosti a obsah půdního uhlíku v diagnostických horizontech (hlavních půdotvorných souvrstvích) umožňují kontrolovat kvalitu chórických projekcí.

ZÁVĚR

Při posuzování indikací kvality lesních půd byly využity nejen relativní veličiny, ale i reálné veličiny aplikované půdní analytické chemie. Stanovení obou množin indikátorů půdní pufrací schopnosti má nesourodé výsledky. Transformace pedochemických dat na chórickou úroveň je provázena ztrátou informace o celkové vnitřní heterogenitě systému. Správnost klasifikace půdních veličin proto závisí na správném výpočtu středních hodnot a jejich nesymetrických intervalů spolehlivosti. Limitní je zejména porušení normality. Protože i definice cílových lesnicko-typologických jednotek jsou opřeny o dominantní výskyt právě jedné základní jednotky (právě jednoho úzkého intervalu stanovištních podmínek), jakákoli transformace vstupních dat může znemožnit jejich správnou identifikaci. O vnitřní diverzitě typologických jednotek mohou potenciálně informovat zejména údaje o C_{ox} a BS diagnostických půdních horizontů. Hodnoty kritických zátěží (Bc/Al) dokáží detekovat půdně neopakovatelné systémy. Pro zdůraznění místních podmínek v rámci PLO byly navrženy i regionální vyjádření lesních vegetačních stupňů (PLO-LVS), edafických kategorií (PLO-EK) a hospodářských souborů (PLO-HS).

LITERATURA

- AMBROS Z. 1986: Bioindikace abiotického prostředí lesních ekosystémů, část II. Acta Universitatis Agriculturae, 55: 33-56.
- AMBROS Z. 1988: Ekologické řady a vegetační stupně – báze pro srovnávání typologických a fytocenologických jednotek. In: ANONYMUS (ed.): Sborník referátů ze semináře k 85. výročí prof. Zlatníka. VŠZ, Brno, pp. 22-29.
- BENTON JONES J. jr. 2001: Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, San Francisco, 363 pp.
- BLAKEMORE L. C., SEARLE P. L. & DALY B. K. 1987: Methods for chemical analysis of soils. New Zealand Soil Bureau Scientific Report 80, Lower Hutt, New Zealand, 103 pp.
- BORŮVKA L., MLÁDKOVÁ L., DRÁBEK O. & VAŠÁT R. 2005: Factors of spatial distribution of forest floor properties in the Jizerské Mountains. Plant, Soil and Environment, 51: 447-455.
- GOLDBERG S., LEBRON I. & SUAREZ D. L. 2000: Soil Colloidal Behavior. In: SUMNER M. E. (ed.): Handbook of Soil Science, CRC Press (B), pp. 195-240.
- HOLUŠA J., HOLUŠA O., TELECKÝ M., KAZICKÁ H., URBÁŠKOVÁ H. & URBÁŠEK J. 1999: Oblastní plán rozvoje lesů (OPRL) – PLO 39 – Podbeskydská pahorkatina. ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 189 pp.
- HOLUŠA J., HOLUŠA O., TELECKÝ M., KAZICKÁ H., URBÁŠKOVÁ H. & URBÁŠEK J. 2000: Oblastní plán rozvoje lesů (OPRL) – PLO 40 – Moravskoslezské Beskydy. ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 223 pp.
- HORÁK J. 1957: Typologické jednotky jako podklad provozního plánování na příkladu okresu Hustopeče. Sborník Vysoké školy zemědělské, C3: 198-208.

- HORÁK J. 1979: Geobiocenologická studie jihomoravských šípákových doubrav. *Lesnictví*, 25: 769-786.
- HORN P. S., PESCE A. J. & COPELAND B. E. 1998: A robust approach to reference interval estimation and evaluation. *Clinical Chemistry*, 44: 622-631.
- JENÍK J. 1961: Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Nakladatelství ČSAV, Praha, 407 pp.
- KANTOR P. 1989: Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. *Lesnictví*, 35: 1047-1066.
- KISZA L., SAMEC P. & ŽÁRNÍK M. 2008: Lineární analýza půdních typologických dat. In: SAMEC P. (ed.): *Metody zpracování dat v lesnickém monitoringu*. Folia Forestalia Bohemica (Proceedings) 2, pp. 48-62.
- MACKOVČIN P., JANDERKOVÁ J., ŠEFRNA L., MACKŮ J., SÁŇKA M., TOMÁŠEK M. & NOVÁK P. 2000: Systém komplexního hodnocení půd. AOPK, Brno, 95 pp.
- MACKŮ J. 2004: Variabilita nasycenosti sorpčního komplexu v epipedonu lesních půd. In: ROHOŠKOVÁ M. (ed.): *Pedologické dny 2004 – Pedodiverzita*. ČZU, Roztoky u Křivoklátku, pp. 20-25.
- MACKŮ J., SIROTA I. & HOMOLOVÁ K. 2006: Potenciál odolnosti půd vůči acidifikaci a debazifikaci. Mapa 1:500 000. ÚHÚL, Brandýs nad Labem.
- MANSFELD V. 2003: Datový sklad IDC ÚHÚL v informačním systému LH. *Lesnická práce*, 82: 10-11.
- MENČÍK E. (ed.) 1983: *Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny*. Ústřední ústav geologický, Academia, Praha, 307 pp.
- NEUHÄUSLOVÁ Z., BLAŽKOVÁ D., GRULICH V., HUSOVÁ M., CHYTRÝ M., JENÍK J., JIRÁSEK J., KOLBEK J., KROPÁČ Z., LOŽEK V., MORAVEC J., PRACH K., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E. & SÁDLO J. 1998: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky (Textová část). Academia, Praha, 450 pp.
- PITKO J. & PLÍVA K. 1967: Hospodárske súbory lesných typov a ich využitie. *Lesnický časopis*, 13: 905-924.
- PLÍVA K. 1971: Typologický systém ÚHÚL. ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 90 pp.
- SAMEC P. & FORMÁNEK P. 2007: Mikrobiologie lesních půd. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 126 pp.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D. & MACKŮ J. 2008: Acidifikace versus pufrace lesních půd. *Lesnická práce*, 87: 341-343.
- SAMEC P. & VRANOVÁ V. 2005: Bioindication of soil sorption properties in the substitute tree stands at submontane conditions. In: ŠIMKOVÁ P. (ed.): *MendelNet 2005, Contemporary state and development trends of forests in cultural landscapes*. MZLU, Brno, pp. 113-120.
- ULRICH B. 1983: Soil acidity and its relations to acid deposition. In: ULRICH B. & PANKRATH J. (eds.): *Effects of Accumulation of Air Pollutants on Forest Ecosystems*. Rejdel, Boston, pp. 127-146.
- ZBÍRAL J. 2002: Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy. ÚKZÚZ, Brno, 197 pp.
- ZLATNÍK A. 1975: *Ekologie krajiny a geobiocenologie*. VŠZ, Brno, 172 pp.

Tab. 1. Klasifikace veličin půdního sorpčního komplexu (podle MACKOVČIN et al. 2000)

Tab. 1. Classification of soil sorption complex qualities (according to MACKOVČIN et al. 2000)

KVK	Interval (mmol ⁺ /kg)	Body	BS	Interval (%)	Body
velmi nízká	<80	1	extrémně nenasycený	<10	1
nízká	80-130	2	výrazně nenasycený	11-30	2
střední	131-240	3	nenasycený	31-50	3
vysoká	241-300	4	slabě nasycený	51-75	4
velmi vysoká	>300	5	nasycený	>75	5

Tab. 2. Identifikace půdních puфраčních pásem podle semikvantitativní klasifikace půdních vlastností (podle MACKŮ 2004)

Tab. 2. Identification of soil buffer zones according to semiquantitative classification of selected soil qualities (according to MACKŮ 2004)

	X	Z	Y	M	K	N	I	S	F	C	B	W	H	D	A	J	L	U	V	O	P	Q	T	G	R
9																									
8																									
7																									
6																									
5																									
4																									
3																									
2																									
1																									
0																									

Legenda	Pořadí	Puфраční schopnost	Puфраční výměnné pásmo	Součet indexů KVK+BS
	1	zanedbatelná	železité	2-3
	2	nízká	hliníkové	4-5
	3	střední	výmenné (humusové)	6
	4	vysoká	křemičitanové	7-8
	5	mimořádná	uhličitanové	9-10

Tab. 3. Přehled vybraných přírodních lesních oblastí a jejich vůdcích lesnicko-typologických jednotek

Tab. 3. Survey of selected natural forest areas and their main forestry-typological units

Přírodní lesní oblast	Výměra (ha)	Lesnatost (%)	Vůdčí LVS		Vůdčí EK		Vůdčí HS	
			Kód	Rozloha	Kód	Rozloha	Kód	Rozloha
1 Krušné hory	87 156	69,4	7	32378	K	60221	53	32085
5 České Středoohoří	130 549	26,5	3	16360	B	9990	45	10473
13 Šumava	140 378	66,4	6	75996	K	55954	53	35375
19 Lužická pískovcová vrchovina	50 707	74,0	5	10849	K	16694	53	10009
21 Jizerské hory a Ještěd	53 680	74,0	6	14972	K	16948	53	9870
27 Hrubý Jeseník	68 808	82,3	6	22011	S	20974	55	15580
28 Předhoří Hrubého Jeseníku	168 187	50,7	5	34282	S	33514	45	27782
29 Nízký Jeseník	271 472	36,0	4	45781	S	34747	45	51471
32 Slezská nížina	67 782	9,8	3	6383	H	3045	45	4419
35 Jihomoravské úvaly	294 552	13,0	1	34787	S	14144	23	14372
39 Podbeskydská pahorkatina	179 680	14,0	3	14125	B	5624	45	15455
40 Moravskoslezské Beskydy	82 432	75,0	5	45663	S	24574	55	32533

Tab. 4. Neshody mnohonásobných porovnání různého přerozdělení půdních puфраčných pásem (tučně statisticky významné rozdíly při $P < 0,05$)

Tab. 4. Dissimilarities of multivariate comparisons of different redistribution in soil buffer zones (statistically significant differences at $P < 0.05$ are bold)

Aspekt	Zpracování	PP	1	2	3	4	5
LVS	ANOVA	1	-	0,00	0,01	0,70	0,94
		2	-	-	0,90	0,03	0,00
		3	-	-	-	0,27	0,00
		4	-	-	-	-	0,24
		5	-	-	-	-	-
	K-W test	1	-	1,00	1,00	1,00	0,00
		2	-	-	1,00	0,83	0,00
		3	-	-	-	1,00	0,00
		4	-	-	-	-	0,00
		5	-	-	-	-	-
EK	ANOVA	1	-	0,00	0,01	0,72	0,94
		2	-	-	0,91	0,04	0,00
		3	-	-	-	0,30	0,00
		4	-	-	-	-	0,26
		5	-	-	-	-	-
	K-W test	1	-	0,81	0,00	1,00	0,04
		2	-	-	0,37	1,00	0,00
		3	-	-	-	0,24	0,00
		4	-	-	-	-	0,00
		5	-	-	-	-	-
PLO	ANOVA	1	-	0,00	0,00	0,56	0,89
		2	-	-	0,81	0,01	0,00
		3	-	-	-	0,15	0,00
		4	-	-	-	-	0,11
		5	-	-	-	-	-
	K-W test	1	-	0,00	0,00	1,00	0,04
		2	-	-	1,00	0,18	0,00
		3	-	-	-	0,28	0,00
		4	-	-	-	-	0,00
		5	-	-	-	-	-

Tab. 5. Přehled rozšíření půdních puфраčných pásem ve vybraných PLO (ha)

Tab. 5. Survey of distribution of soil buffer zones in selected natural forest areas (ha)

PLO	1	2	3	4	5
1	18753,86	82017,44	12770,92	1627,78	0,00
5	871,65	2581,43	9219,38	20584,35	268,20
13	9146,47	96979,45	26228,84	2152,11	0,00
19	10155,34	21881,47	3433,82	1059,37	0,00
21	4029,61	28128,27	6597,50	553,08	197,53
27	3440,99	26162,41	22229,86	2785,56	0,00
28	596,94	20466,64	36584,12	27629,97	0,00
29	774,31	4355,51	52750,01	38909,18	0,00
32	19,28	560,34	4904,16	1163,23	0,00
35	382,28	14144,36	23319,08	382,28	0,00
39	103,67	129,59	13425,01	11844,07	414,67
40	353,45	6231,80	37080,78	18335,77	6,20

Tab. 6. Analýza rozptylu pro regionální lesní územní ekologické jednotky v různých PLO
 Tab. 6. Analysis of variance for regional forest local ecological units in different natural forest areas

Třídící proměnná	Zdroj variability	SS	MS	$F_{0,05}$	F_{krit}
LVS	PLO	335414744,10	30492249,46	1,81	1,81
	Pufrační pásmo	552554117,93	138138529,48	8,20	2,39
	Interakce	1253751995,03	28494363,52	1,69	1,40
EK	PLO	134165897,64	12196899,79	1,36	1,80
	Pufrační pásmo	221021647,17	55255411,79	6,16	2,38
	Interakce	501500798,01	11397745,41	1,27	1,38
HS	PLO	127538618,15	11594419,83	2,18	1,80
	Pufrační pásmo	211265635,23	52816408,81	9,93	2,38
	Interakce	484844616,95	11019195,84	2,07	1,38

Tab. 7. Analýza rozptylu pro plochy půd rozdělené podle acidifikačně predispozičního a kvazistatického chování
 Tab. 7. Analysis of variance for soil area divided in accordance with acidification predispositional and quasistatic responses

Třídící proměnná	Zdroj variability	SS	MS	$F_{0,05}$	F_{krit}
LVS	Míra pufrace	282834726,55	282834726,55	7,39	3,84
	PLO-LVS	552548141078,99	4643261689,74	121,28	1,22
	Interakce	335450391796,33	2818910855,43	73,63	1,22
EK	Míra pufrace	771003875,68	771003875,68	36,96	3,84
	PLO-EK	1634071586907,35	6433352704,36	308,41	1,15
	Interakce	1675499990795,50	6596456656,68	316,23	1,15
HS	Míra pufrace	4770735915,85	4770735915,85	382,80	3,84
	PLO-HS	1016346253264,74	4001363201,83	321,07	1,15
	Interakce	986054251284,69	3882103351,51	311,50	1,15

Tab. 8. Analýza rozptylu základních pedochemických veličin mezi mezi A- a B-horizonty
 Tab. 8. Variance analysis of basic pedochemical properties between A- and B-horizons

Půdní vlastnost	Zdroj variability	SS	MS	$F_{0,05}$	F_{krit}
KVK	Horizont	88430,81	88430,81	27,43	3,85
	PLO-HS	2177423,74	68044,49	21,11	1,45
	Interakce	109546,31	3423,32	1,06	1,45
BS	Horizont	45469,30	45469,30	35,78	3,85
	PLO-HS	344708,07	10772,13	8,48	1,45
	Interakce	118636,91	3707,40	2,92	1,45
Bc/Al	Horizont	284426,07	284426,07	8,03	3,85
	PLO-HS	43614251,82	1282772,11	36,21	1,43
	Interakce	27437448,27	806983,77	22,78	1,43
TVK	Horizont	491735,58	491735,58	246,49	3,84
	PLO-HS	1568609,51	42394,85	21,25	1,41
	Interakce	303676,07	8207,46	4,11	1,41
C_{ox}	Horizont	2068,48	2068,48	154,37	3,84
	PLO-HS	20520,43	554,61	41,39	1,41
	Interakce	1781,71	48,15	3,59	1,41

Tab. 9. Přehled středních hodnot a směrodatných odchylek pedochemických vlastností svrchních půdních horizontů v Moravskoslezském kraji

Tab. 9. Survey of medium values and standard deviations of pedochemical properties in top-soil horizons in the Moravian-Silesian Region

PLO	HS	KVK	BS	TVK	Bc/Al	C _{ox}
27	51	57,62 ± 95,86	14,02 ± 7,66	77,05 ± 35,50	0,17 ± 0,11	6,66 ± 3,07
	53	53,29 ± 30,86	8,51 ± 2,99	97,55 ± 91,10	0,11 ± 0,04	4,03 ± 3,26
	55	71,33 ± 59,58	15,79 ± 13,50	85,35 ± 76,90	0,20 ± 0,18	4,95 ± 3,22
	73	63,99 ± 69,95	8,85 ± 5,49	61,78 ± 71,05	0,12 ± 0,06	4,71 ± 4,55
	75	89,99 ± 69,33	18,97 ± 22,69	91,93 ± 46,65	0,28 ± 0,40	6,43 ± 4,70
	02	71,94 ± 92,24	14,14 ± 7,51	63,49 ± 84,61	0,19 ± 0,11	6,94 ± 12,58
	03	56,53 ± 108,84	27,34 ± 40,05	58,00 ± 78,00	0,52 ± 0,87	5,44 ± 7,65
28	23	137,40 ± 40,54	56,21 ± 78,05	52,25 ± 89,50	11,15 ± 21,86	4,96 ± 0,07
	31	80,46 ± 38,48	43,99 ± 43,81	40,85 ± 13,70	1,27 ± 1,97	2,35 ± 2,51
	41	93,27 ± 56,50	29,88 ± 35,90	49,85 ± 27,10	0,54 ± 0,81	3,73 ± 2,78
	43	83,55 ± 37,51	24,02 ± 31,95	66,65 ± 46,50	0,44 ± 0,70	2,79 ± 1,74
	45	95,29 ± 40,79	51,10 ± 39,90	53,69 ± 22,59	1,80 ± 2,67	3,06 ± 1,71
	51	90,57 ± 30,20	14,40 ± 5,58	88,95 ± 50,90	0,19 ± 0,09	4,59 ± 2,31
	55	87,65 ± 23,84	21,39 ± 14,35	69,28 ± 17,17	0,36 ± 0,35	2,84 ± 0,81
29	57	-	-	100,90 ± 135,80	-	4,74 ± 0,38
	25	73,81 ± 16,78	30,06 ± 39,88	49,95 ± 17,70	8,78 ± 15,54	1,34 ± 1,72
	31	97,52 ± 21,97	31,13 ± 11,76	42,43 ± 77,34	0,52 ± 0,16	3,61 ± 3,01
	41	92,63 ± 125,04	52,01 ± 79,99	81,33 ± 156,35	14,96 ± 29,63	5,33 ± 4,77
	43	64,10 ± 25,40	21,65 ± 16,23	47,10 ± 22,00	2,08 ± 3,83	2,98 ± 4,53
	45	73,07 ± 20,68	30,58 ± 18,01	44,44 ± 33,16	6,71 ± 12,75	3,11 ± 1,66
	47	89,92 ± 26,03	49,20 ± 80,27	50,90 ± 85,40	6,74 ± 13,18	1,49 ± 0,75
39	51	-	-	3,95 ± 0,25	-	8,07 ± 8,34
	55	91,60 ± 148,83	45,50 ± 72,79	101,85 ± 98,10	3,11 ± 6,01	5,04 ± 1,78
	57	116,22 ± 62,23	30,57 ± 35,17	77,75 ± 100,50	0,64 ± 0,59	5,28 ± 4,07
	19	101,04 ± 35,92	63,54 ± 63,34	29,20 ± 54,80	11,82 ± 22,61	2,65 ± 3,73
	23	112,42 ± 112,83	77,46 ± 44,21	12,75 ± 24,50	289,65 ± 576,70	9,60 ± 4,60
	35	172,05 ± 118,50	58,61 ± 81,75	47,00 ± 91,60	21,96 ± 43,47	11,07 ± 13,07
	43	55,61 ± 75,99	20,46 ± 21,49	62,55 ± 13,10	0,30 ± 0,36	16,81 ± 10,38
40	45	138,87 ± 84,22	71,44 ± 31,35	30,10 ± 24,47	44,57 ± 88,07	10,04 ± 2,95
	47	91,96 ± 10,89	24,65 ± 21,76	83,55 ± 41,50	0,38 ± 0,41	14,10 ± 12,00
	55	122,10 ± 49,80	56,58 ± 73,65	43,85 ± 68,30	12,40 ± 24,23	11,59 ± 6,62
	41	93,24 ± 6,96	42,96 ± 42,12	79,50 ± 89,40	1,04 ± 1,50	3,51 ± 1,37
	43	67,40 ± 61,00	44,48 ± 76,89	81,98 ± 24,45	2,46 ± 4,79	2,66 ± 1,17
	45	-	-	101,85 ± 151,30	-	2,64 ± 3,24
	51	92,28 ± 64,76	15,65 ± 19,96	72,17 ± 23,45	0,32 ± 0,21	3,67 ± 1,45
40	53	-	-	59,52 ± 42,00	0,33 ± 0,25	3,97 ± 1,37
	55	114,27 ± 46,09	24,51 ± 20,01	87,91 ± 31,19	0,43 ± 0,31	3,19 ± 2,49
	01	-	-	69,35 ± 21,50	0,20 ± 0,11	4,21 ± 4,42

Tab. 10. Přehled středních hodnot a směrodatných odchylek pedochemických vlastností diagnostických půdních horizontů v Moravskoslezském kraji

Tab. 10. Survey of medium values and standard deviations of pedochemical properties in diagnostic horizons in the Moravian-Silesian Region

PLO	HS	KVK	BS	TVK	Bc/Al	C _{ox}
27	51	27,56 ± 39,78	33,50 ± 46,55	53,50 ± 25,80	0,84 ± 1,41	4,19 ± 2,33
	53	52,54 ± 69,77	7,74 ± 5,48	52,35 ± 65,10	0,09 ± 0,07	3,22 ± 3,02
	55	29,35 ± 15,18	17,94 ± 8,07	32,83 ± 17,12	0,28 ± 0,15	1,94 ± 0,51
	73	39,00 ± 37,67	10,68 ± 8,99	39,70 ± 35,20	0,13 ± 0,13	2,26 ± 2,44
	75	40,33 ± 20,94	12,27 ± 9,99	47,12 ± 38,64	0,16 ± 0,03	3,17 ± 2,32
	02	50,37 ± 37,67	9,49 ± 0,39	51,18 ± 45,24	0,11 ± 0,01	6,74 ± 11,78
	03	22,34 ± 34,92	18,74 ± 19,89	31,34 ± 9,93	0,26 ± 0,32	2,62 ± 2,22
28	23	77,61 ± 36,75	54,06 ± 79,99	28,30 ± 45,20	8,60 ± 16,87	0,43 ± 0,18
	31	56,73 ± 9,35	32,06 ± 25,12	37,95 ± 7,90	0,56 ± 0,62	0,48 ± 0,08
	41	45,79 ± 43,36	22,00 ± 18,30	37,70 ± 42,20	0,31 ± 0,32	0,72 ± 0,46
	43	54,86 ± 33,43	31,72 ± 52,15	40,55 ± 35,90	0,87 ± 1,61	1,13 ± 1,29
	45	56,48 ± 32,24	35,82 ± 47,53	37,32 ± 14,84	0,83 ± 1,39	0,65 ± 0,30
	51	40,86 ± 31,10	14,60 ± 5,39	32,25 ± 34,70	0,18 ± 0,07	2,20 ± 1,14
	55	48,63 ± 12,19	22,69 ± 19,06	38,44 ± 15,56	0,63 ± 0,14	1,19 ± 0,65
29	57	-	-	48,80 ± 61,80	-	0,28 ± 0,02
	25	110,19 ± 73,00	47,42 ± 49,54	48,90 ± 16,20	106,03 ± 211,49	0,31 ± 0,21
	31	64,65 ± 35,11	30,33 ± 29,76	32,96 ± 58,69	0,51 ± 0,65	0,90 ± 0,82
	41	49,89 ± 79,02	44,46 ± 64,31	63,32 ± 119,16	6,19 ± 12,11	1,49 ± 1,72
	43	52,93 ± 6,85	30,32 ± 38,82	31,25 ± 38,90	3,21 ± 5,75	0,70 ± 0,71
	45	56,82 ± 15,95	24,84 ± 15,20	51,38 ± 18,49	0,43 ± 0,46	0,61 ± 0,24
	47	73,73 ± 25,86	40,09 ± 60,62	47,85 ± 59,70	5,65 ± 11,09	0,51 ± 0,43
39	51	-	-	4,49 ± 0,27	-	3,22 ± 4,68
	55	63,30 ± 29,72	36,13 ± 52,14	46,00 ± 48,60	1,66 ± 1,89	1,09 ± 0,62
	57	68,69 ± 27,33	64,09 ± 15,97	22,80 ± 0,40	1,95 ± 1,32	0,55 ± 0,76
	19	79,03 ± 41,14	80,22 ± 25,10	10,05 ± 17,70	11,43 ± 18,13	0,41 ± 0,39
	23	93,62 ± 126,03	96,23 ± 4,52	2,30 ± 3,60	84,18 ± 127,64	0,36 ± 0,24
	35	153,36 ± 115,49	86,29 ± 26,97	13,15 ± 25,50	263,68 ± 521,65	0,71 ± 0,82
	43	51,01 ± 52,79	24,86 ± 41,50	35,00 ± 14,20	0,46 ± 0,82	0,46 ± 0,20
40	45	165,96 ± 211,89	61,74 ± 73,81	33,70 ± 21,29	64,12 ± 127,42	0,49 ± 0,19
	47	63,79 ± 9,57	24,41 ± 11,32	48,90 ± 26,00	0,34 ± 0,21	0,41 ± 0,39
	55	76,85 ± 89,50	22,19 ± 15,43	63,25 ± 81,50	0,39 ± 0,12	0,98 ± 0,87
	41	76,98 ± 32,01	38,95 ± 52,41	69,44 ± 32,51	1,03 ± 1,75	1,22 ± 0,22
	43	-	-	62,10 ± 64,60	0,25 ± 0,32	1,56 ± 1,81
	45	-	-	66,20 ± 103,80	-	0,85 ± 0,80
	51	55,87 ± 45,69	14,39 ± 26,20	52,73 ± 21,71	0,36 ± 0,32	1,53 ± 0,78
	53	39,35 ± 38,16	10,56 ± 12,12	39,20 ± 33,20	0,25 ± 0,18	1,13 ± 1,05
	55	84,11 ± 23,68	23,16 ± 29,22	67,20 ± 32,55	0,66 ± 0,89	1,02 ± 0,41
	01	-	-	68,90 ± 47,60	0,21 ± 0,16	2,74 ± 2,84

PLO	HS	Plocha	A-horizont	B-horizont	SKK SLT
27	51	8561	2	4	2
	53	7054	2	2	2
	55	15580	2	1	3
	73	4044	2	1	2
	75	3935	3	1	2
	02	5371	2	1	1
28	03	773	4	2	1
	23	597	4	4	-
	31	682	4	2	4
	41	5373	4	2	2
	43	4776	3	4	2
	45	22782	4	4	4
	51	6055	2	3	2
	55	26431	2	2	3
29	57	2047	-	-	3
	25	709	3	4	4
	31	339	2	3	4
	41	9245	5	4	3
	43	1101	2	3	2
	45	51404	2	2	4
	47	3206	4	4	3
	51	1174	-	-	3
39	55	18925	4	4	3
	57	5875	4	4	3
	19	3317	4	4	4
	25	304	4	5	-
	35	344	5	5	5
	43	67	3	3	2
	45	15455	4	5	4
	47	3866	2	2	3
40	55	-	2	3	-
	41	-	4	4	3
	43	296	4	-	2
	45	7272	-	-	4
	51	16181	3	2	3
	53	556	-	1	2
	55	32533	3	3	3
	01	828	-	-	4

PLO	2-1	3-2	4-3	5-4
1	54,93	-60,13	-9,68	-1,41
5	5,10	19,80	33,90	-60,60
13	65,30	-52,60	-17,90	-1,60
19	32,10	-50,50	-6,50	-2,90
21	61,00	-54,50	-15,30	-0,90
27	41,60	-7,20	-35,60	-5,10
28	23,30	18,90	-10,50	-32,40
29	3,70	50,00	-14,30	-40,20
32	8,14	65,35	-56,28	-17,50
35	36,00	24,00	-60,00	-1,00
39	0,10	51,30	-6,10	-44,10
40	9,48	49,75	-30,23	-29,56

Tab. 11. Srovnání klasifikací půdních pufracích pásem pro hospodářské soubory pomocí různých výpočtů půdních sorpčních vlastností

Tab. 11. Comparison of soil buffer zone classifications for management populations according to different calculations of soil sorption properties

Tab. 12. Celkové plochy předpokládaných pufracích pásem lesních půd ve vybraných přírodních lesních oblastech

Tab. 12. Total areas of predicted forest soil buffer zones in selected natural forest areas

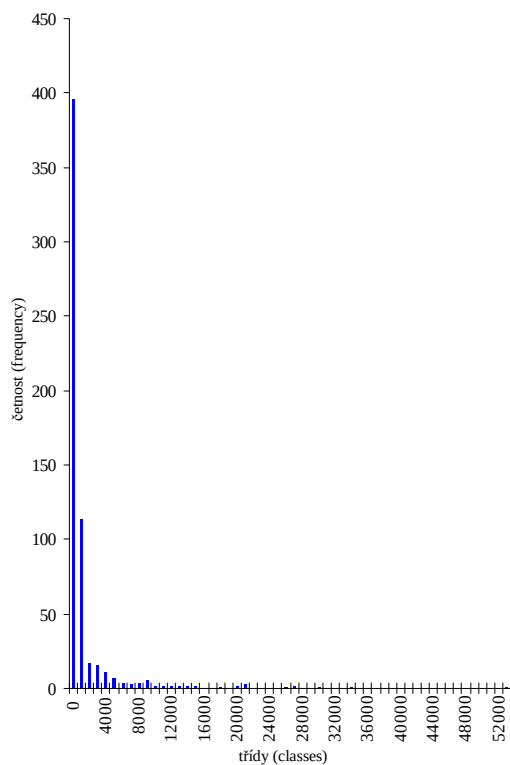
PLO	PPP	A-horizont	B-horizont
27	1	-	23559
	2	40610	7827
	3	3935	-
	4	773	8561
	5	-	-
28	1	-	-
	2	32486	32486
	3	4776	6055
	4	29434	28155
29	5	-	-
	1	-	-
	2	52844	51404
	3	709	1440
	4	28006	37960
39	5	9245	-
	1	-	-
	2	3866	3866
	3	67	67
	4	19076	3317
40	5	344	16103
	1	-	556
	2	-	16181
	3	48714	32533
	4	296	-
40	5	-	-

Tab. 13. Překročení kritických rozdílů ploch (tučně) s jednotlivými pufracími pásmy dokládá neopakovatelnou heterogenitu půd v příslušné oblasti

Tab. 13. Exceeding of critical area differences (bold) with particular buffer zone suggests an unprecedented heterogeneity of soils in the selected natural forest area

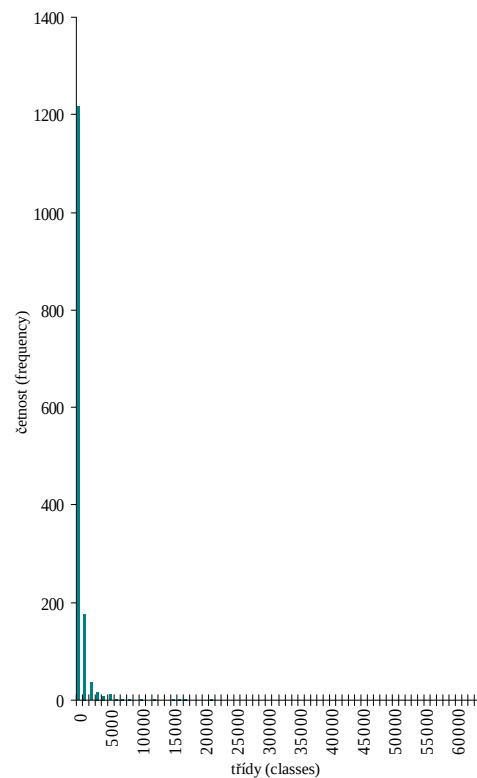
Obr. 1. Četnosti plošného rozsahu regionálných lesních vegetačních stupňů

Fig. 1. Abundances of an area extension of regional forest altitudinal zones



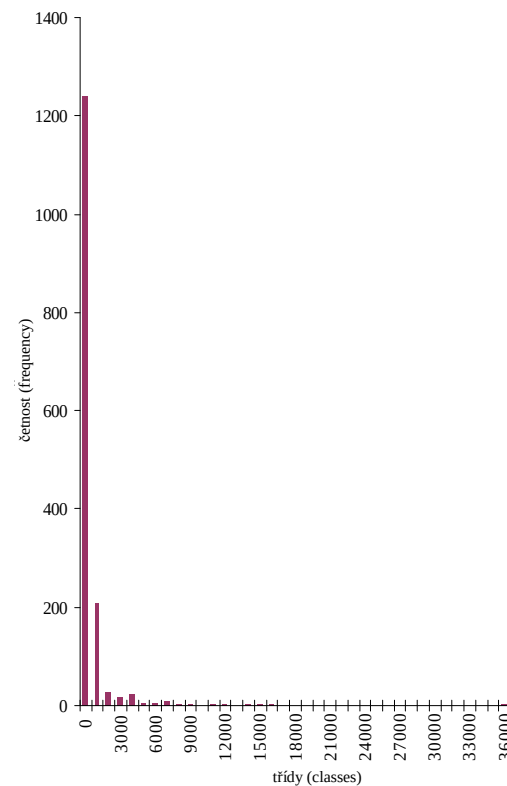
Obr. 2. Četnosti plošného rozsahu regionálných půdních edafických kategorií

Fig. 2. Abundances of an area extension of regional soil edaphic categories

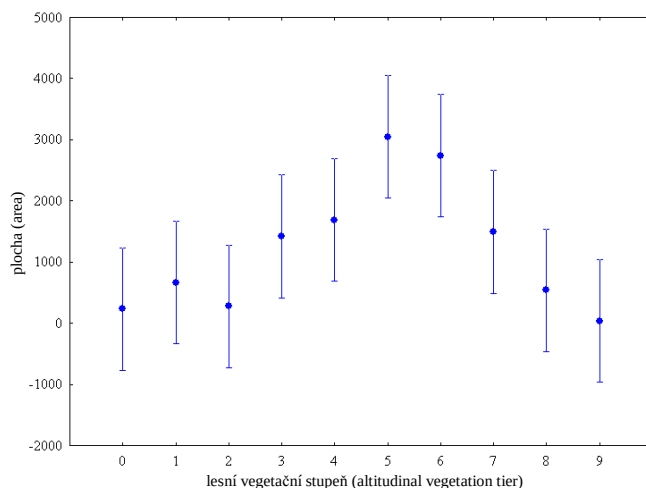


Obr. 3. Četnosti plošného rozsahu regionálních hospodářských souborů

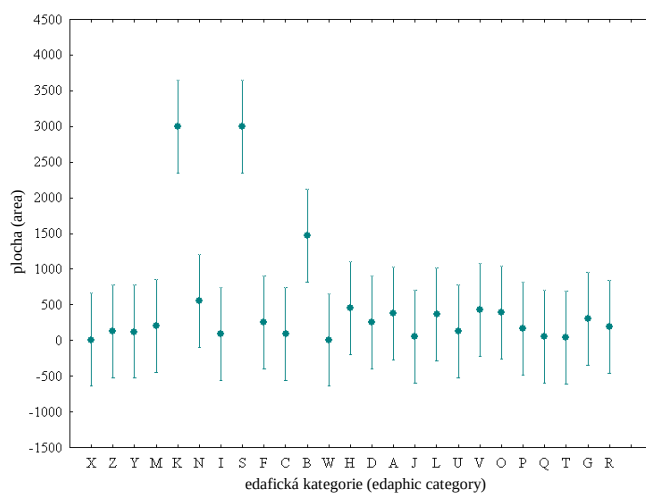
Fig. 3. Abundances of an area extension of regional management populations



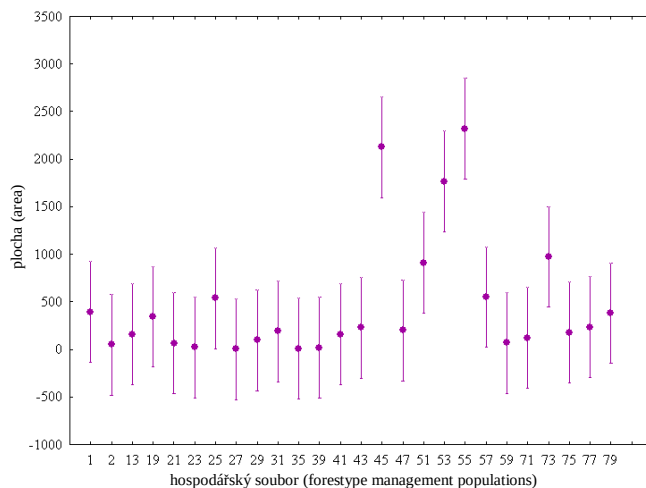
Obr. 4. Plošný rozsah
hodnocených lesních
vegetačních stupňů
Fig. 4. Area extensions of
evaluated forest altitudinal
zones



Obr. 5. Plošný rozsah
hodnocených edafických
kategorií lesních půd
Fig. 5. Area extensions of
evaluated forest soil edaphic
categories

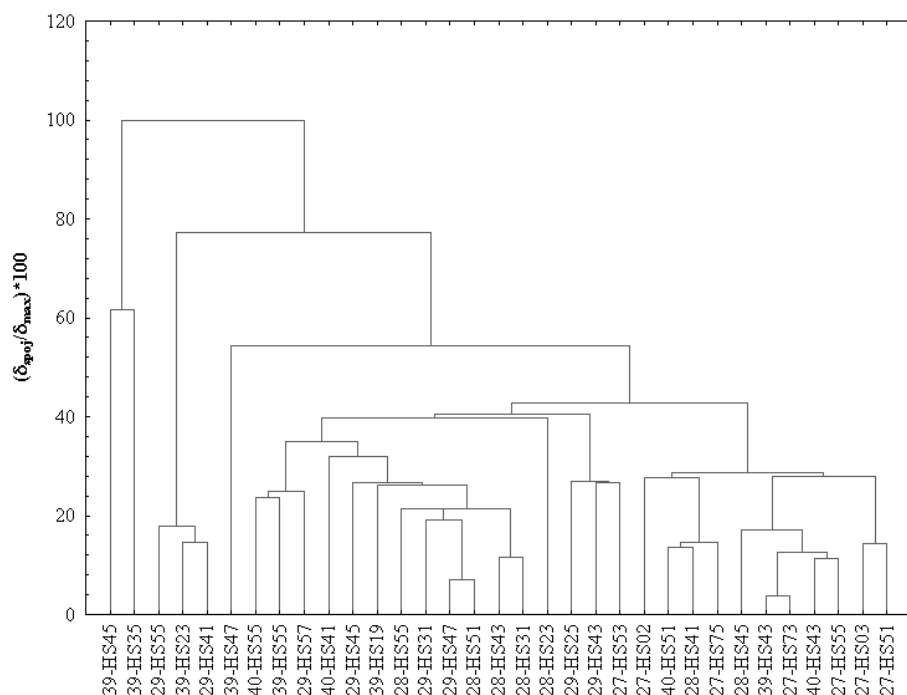


Obr. 6. Plošný rozsah
hodnocených hospodářských
souborů
Fig. 6. Area extensions of
evaluated forest type
management populations



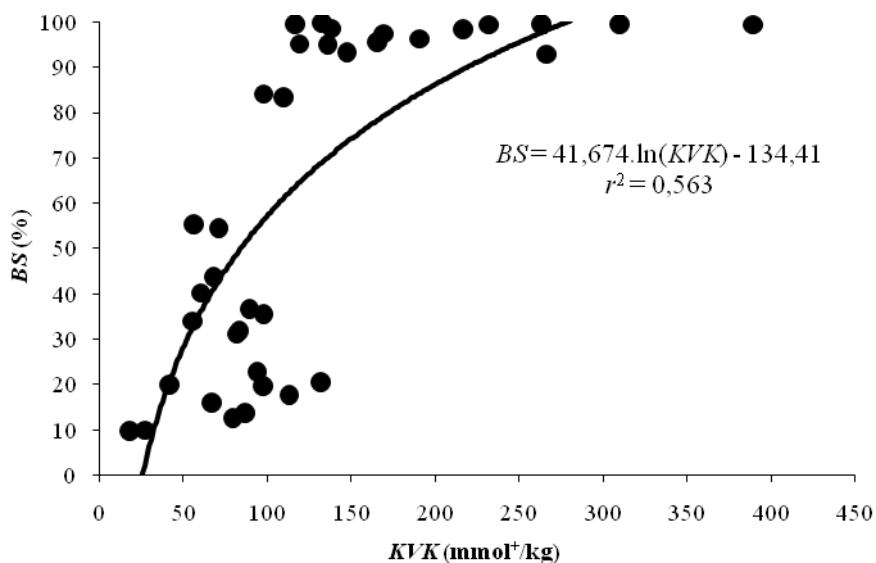
Obr. 7. Analýza shluků umožňuje v datech kationtové výměnné kapacity svrchních půdních horizontů odlišit horská a pahorkatinná stanoviště

Fig. 7. Cluster analysis can differentiate mountain and hilly-country sites from top-soil cation exchange capacity data



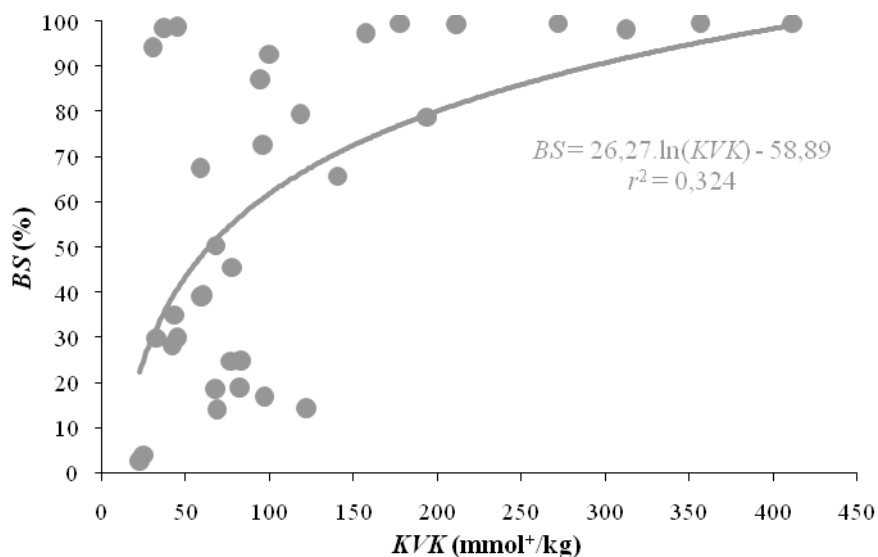
Obr. 8. Regresní vztah sorpčních vlastností ve svrchních půdních horizontech půd v Podbeskydí

Fig. 8. Regression formula of top-soil sorption properties from the Podbeskydí region



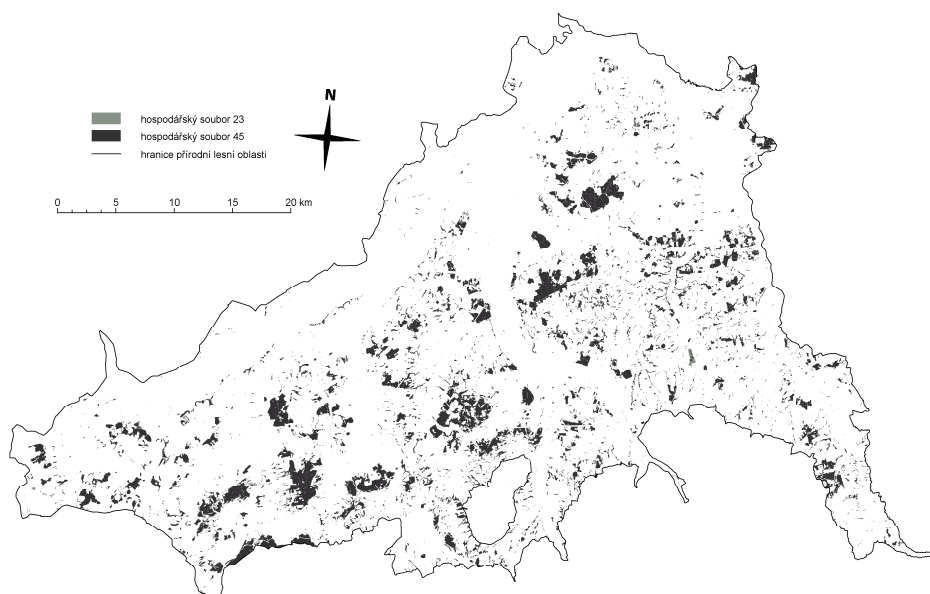
Obr. 9. Regresní vztah sorpčních vlastností v diagnostických půdních horizontech půd v Podbeskydích

Fig. 9. Regression formula of diagnostic soil horizon sorption properties from the Podbeskydí region



Obr. 10. V Podbeskydské pahorkatině se kyselá (HS23) a živná stanoviště (HS45) často vyskytují v těsné návaznosti

Fig. 10. Acid sites (MP23) and nutrient-rich sites (MP45) often occur in close contact in the Podbeskydská pahorkatina Upland



Obr. 11. Územní vztahy vůdčích hospodářských souborů v PLO 28 Předhoří Hrubého Jeseníku
 Fig. 11. Spatial relations among main site management populations in the natural forest area 28
 Promontory of the Hrubý Jeseník Mts.

