

Lesy České republiky, s.p., Hradec Králové

VÝZKUMNÉ PROJEKTY

GRANTOVÉ SLUŽBY LČR



Souhrn projektu

REVITALIZACE PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ VALŮ
V 7. LVS KRUŠNÝCH HOR S NÁVRHEM DALŠÍCH
OPATŘENÍ PRO OBNOVU LESA

Řešitel

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta - Ústav geologie a pedologie



Odpovědný řešitel:

Doc. Dr. Ing. Dušan Vavříček

V Brně, květen 2007

1. ÚVOD

Lesní oblast krušnohorského regionu byla v minulosti příznačná velmi vysokým a dlouhodobým imisním tlakem. Zvláště pak její okrajové jižní až jihovýchodní zlomové svahy a zarovnané vrcholové plošiny 6. a 7. LVS byly výrazně ovlivněny vysokou imisní zátěží a následně celoplošně průběžným poškozováním lesních ekosystémů. V komplexu s klimatickými vlivy a změnami ve způsobu a systému hospodaření došlo k procesům celoplošného odlesňování (Kubelka 1992) a vytváření rozsáhlých holin zejména v oblasti náhorní plošiny, kde lesnatost velmi rychle a výrazně klesala. Ardo et al. (1997) studoval rozměr a míru odlesnění, ke kterému došlo od roku 1972 do 1989 včetně prostorové distribuce na výrazně znečištěných lokalitách v Krušných horách. Výsledky ukazují, že během tohoto období zmizelo přes 50% jehličnatých lesů. Zvláště ovlivněné oblasti byly mezi 600 a 1000 m.n.m. a to zejména na jižních a jihovýchodních svazích.



Původní val na lokalitě Nádraží, LS Klášterec

Probíhající degradační procesy v jednotlivých ekosystémových složkách vedly na základě zpracování širokých souborů technologií obnovného procesu k návrhu opatření podle stavu půd a charakteru degradačního stadia porostů. Vedle melioračního vápnění, hnojení, odvodnění, ochrany a ošetřování kultur, byla do operací zajišťujících obnovní procesy zahrnuta i celoplošná příprava půdy. Zvláště počáteční technologie přípravy byly z hlediska narušení kontinuity půdního prostředí velmi neuvážené a někde i bezezbytku odstranily jednu ze základních složek edatopu, t.j. organickou hmotu, jako jediný zdroj dusíku v lesní půdě. Celoplošnou skrývkou svrchních holorganických a organominerálních horizontů byl v následné porostní generaci SM výrazně narušen proces koloběhu základních makroelementů, především dusíku. Buldozerová příprava půdy byla široce používaným opatřením v rámci obnovy lesních porostů postižených imisemi.

Geologickým podkladem šetřených ploch na LS Klášterec nad Ohří jsou v širším okolí zejména krystalické břidlice. Kyselé krystalinikum náhorní plošiny nadmořských výšek 850 – 1000 m n. m. krušnohorské lesní oblasti v rámci LS Klášterec a zájmových ploch je tvořeno převážně svory, svorovými rulami a kvarcity. Většina území náhorní plošiny tohoto regionu je definována ekologickou řadou kyselou a edafickými kategoriemi převážně kyselými a zčásti i přechodovými kategoriemi svěžími. Tyto edafické kyselé kategorie souborů lesních typů převážně 7K jsou prezentovány především podzoly modálními železitými až modálními humózními případně kryptopodzoly oligotrofními. Vliv vysokého úhrnu atmosférických srážek a na náhorní plošině i snížená přirozená svahová drenáž pak působí na dynamiku procesu oglejování a vývoj půdních variant ovlivněných vodou.

Revitalizace půdního prostředí s využitím současných liniových valů v lesních ekosystémech 7. LVS s původní různě intenzivní celoplošnou přípravou půdy je důležitým aspektem pro obnovu lesních porostů. Obnova složky nadložního humusu, více méně organominerální vrstvy je tedy jednou z nejdůležitějších podmínek revitalizace lesních ekosystémů v Krušných horách a cílem následující etapy je stanovení technologických postupů pro zajištění

revitalizace v dané oblasti. V tomto směru je bezpodmínečně nutné ke komplexním zásahům co nejvíce využít hmoty vlastního tělesa valů a optimalizovat půdní prostředí v rámci lesního stanoviště 7 LVS. Potenciální vysoká zásoba organické hmoty ve valech s příznivou hodnotou C:N, vysokým bilančním obsahem humusu a celkového dusíku může být efektivně využita při revitalizaci kontinuálních ploch pracovních polí. Obsah minerálního dusíku je ve valech



Náhradní porosty v oblasti Krušných hor

cca. 2 – 4krát, někdy i pětikrát vyšší než v mělkých humusových horizontech původně dozerových ploch (Vavříček 2003).

Rekonstrukce a obnova lesa na stanovištích ekosystému náhradních dřevin se tak stává prvořadým, přitom však obtížně splnitelným úkolem. V současné době jsou plošně nejrozsáhlejší náhradní porosty břízy (*Betula pendula* Roth.) a smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.). Jen v Krušných horách zaujímají 18,5 tis. ha, což představuje 52 % plochy nejmladších 3 věkových stupňů (Moravčík, Podrázský 1993). Vedle působení substrátu z liniových valů lze očekávat při jejich využití i příznivé ovlivnění mikroklimatických a půdních podmínek pro vlastní obnovu cílových dřevin (Kantor 1989). Nutnost obnovy lesa a plnění jeho funkcí podmiňuje důsledně provenienční výběr cílových dřevin tolerantních k danému souboru ekologických faktorů. Především vnášení buku

lesního (*Fagus sylvatica* L.) a některých dalších listnáčů může přinést významné změny v oblasti obnovy lesa na těchto klimaticky extrémních lokalitách.

Při analýze postižených porostů bylo konstatováno, že poškozování je způsobeno komplexem příčin na kterém se podílejí klimatické zvraty, provenience i krátkodobé nárazy imisních stresů (Slodičák 2001). Některé příčiny však mohou vycházet i z poměrů edatopu, který byl po vlivem nejen imisní zátěže, ale především i pod vlivem různých antropogenních opatření – celoplošné odlesnění, celoplošné příprava půdy a v neposlední řadě i přemíra leteckého vápnění. Všechny nepříznivé hodnoty parametrů půdního prostředí mohou být eliminovány právě materiálem důsledně využitým při technologickém rozpracování liniových valů na maximální plochu jednotlivých porostů.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Problematika odumírání lesa v Krušných horách a dílčí opatření v minulosti

Specifika jednotlivých lesních oblastí úzce souvisí s geografickou podstatou, georeliéfem, topoklimatem a v neposlední řadě i s antropogenním tlakem na jednotlivé ekosystémové složky. Soubor *klimatických podmínek* je v určitém stádiu vývoje ekosystému jeden z hlavních činitelů, který bezprostředně působí na jeho vitalitu, zdravotní stav a procesy v jednotlivých ekosystémových složkách, zvláště v polohách vyšších nadmořských výšek.

Klimatické podmínky horských lesů jsou také jedním z rozhodujících činitelů při taxonomické diferenciaci a vývoji půdního prostředí a působí společně s geomorfologií,

topografií a v neposlední řadě i s imisní zátěží. Dittmar et al. (1997) zkoumal charakteristiky zdravých a odumírajících buků (*Fagus sylvatica* L.) na znečištěných plochách v severočeských horách dendroekologickými metodami a chemickými analýzami listů a dřeva. Porovnání vysokých a nízkých nadmořských výšek na plochách Krušných hor ukázal stejnorodý růst přibližně do roku 1950, zatímco potom v nižších nadmořských výškách jedny ukázaly snížení v růstu mezi 1952 a 1988. Mezi 1989 a 1992 se poměr růstu znovu obnovil. Chemická analýza dřeva a listů odhalila vysoké hodnoty síry vzhledem k vysokým hodnotám SO_2 v ovzduší. Rovněž odhalil kladný vztah mezi růstem a srážkami na plochách v nízkých nadmořských výškách. Ve vysokých nadmořských výškách určovala růstové poměry podle kolektivu autorů teplota. Dittmar et al. (1997) se domnívá, že vysoký a dlouhodobý vstup SO_2 působí snížení tolerance k mrazu a suchu, a je zodpovědný za zvýšení citlivosti k počasí.

Půdní procesy a tedy i samotný půdní fond byly v nedávné minulosti výrazně ovlivněny změnou druhové skladby lesních porostů ve prospěch smrkových monokultur. V posledním období cca 40 let se k těmto vlivům přidal i faktor imisní zátěže oxidů síry a dusíku. Vysoké depozice prezentovaly cca: 1,7 mil. t oxidů síry, 700 tis. t oxidů N a 1,1 mil. t oxidů C. SO_4^{2-} a NO_3^- byly zvláště výrazné ve vzorcích, které byly v úzké souvislosti s transportem z průmyslové oblasti, nabízející významnou oxidaci SO_2 a NO_x během transportu ze zdrojů v horském regionu. Depozice přítomná v mraku a jiné zaujímá podstatnou část celkové mokré depozice Bridges et al. (2002). Z dlouhodobého hlediska lze konstatovat, že imisní zátěž se v posledních 10-ti letech výrazně snižuje a tento fakt následně ovlivňuje i jednotlivé složky ekosystému. Černý (1995) prezentuje dlouhodobý (1978 až 1994) monitoring změn chemismu ovzduší a odtokových vod se zřetelem na atmosferickou depozici S v Krušných horách. Dynamika odumírání lesů vztažená k odlesnění je výsledkem snižující se suché depozici SO_2 a změn v chemickém složení potoční vody. Roční atmosferická depozice S se snížila z 66,6 kg S/ha na počátku 80. let na 35,5 kg S/ha v roce 1994. Snížení vstupu S se odráží i ve snížení koncentrace sulfátu (SO_4^{2-}) v povrchové vodě, která se snížila z 1560 eq/l na 1164 eq/l. Roční odtok a export S byl ještě 53 kg S/ha v roce 1993. Bilance N podle autora indikuje akumulaci v povodí, která je vztažena k obnovenému růstu lesa

Celý soubor uvedených faktorů měl pak za následek vyvolání určitých procesů v půdě, které vedly jednak ke zvyšování půdní acidity, eluviaci bazických makroelementů do spodních vrstev půdních profilů, zvyšování volného hliníku. Borůvka et al. (1999) prezentovali monitoring výskytu a množství forem Al v půdních vzorcích, v horské oblasti Krušných hor a Jizerských hor. Určený Al ve výluhu $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ pravděpodobně obsahoval značný podíl anorganických forem Al, zvláště v půdách, kde sorpční plochy půdní organické hmoty byly limitovány. Při extrémní kyselosti půdy (2,5 - 2,6 pH) navíc dochází k výraznějšímu toxickému působení volného Al v půdním roztoku. V neposlední řadě dochází i ke změnám v půdní biologii a s tím souvisejících dekompozičních procesů, především ve svrchních organických i organominerálních horizontech. Na pokles aktivity biochemických procesů v půdě má vliv nejen přímé působení antropogenního imisního tlaku, ale i důsledky s tím spojené (Hýsek, 1996). Při celoplošném odlesnění dochází k degradaci humusových forem.

V některých oblastech dochází až k podstatným změnám edatopu a z ekosystémového hlediska dochází k evoluci odlišné fytoxiomické skladby při současném vzniku paraklimaxového společenstva. Lepsem et al. (2000) byla studována sukcese na plochách s odstraněným svrchním horizontem půdy v oblasti ovlivněné kyselým znečištěným ovzduším v Krušných horách. Dle výsledků je půdní textura nejdůležitější faktor životního prostředí ovlivňující průběh sukcese. Tento efekt na složení druhů se zvýšil se sukcesním věkem rostlinného společenstva. Na jemnozrnné půdě vznikala druhově chudá společenstva s dominantními trávami (*Calamagrostis villosa* (Chaix) Jf. Gmel., *Deschampsia flexuosa* (L.)

Trin.) a na hrubozrnné půdě se vyvinula druhově bohatá společenstva s dominantním vřesem (*Calluna vulgaris* L.). Sukcese postupovala od společenstev, kde druhová kompozice byla určena dostupností diaspor ke společenstvům a kde druhové složení záviselo na podmínkách životního prostředí. Sukcesní společenstva po deseti letech záviseli na půdních charakteristikách a následně se úroveň životního prostředí rozrůznila a převážně výrazně zvýšila v průběhu sukcese a způsobila rozdílnost společenstev.

2.2. Příprava půdy pro obnovu lesa

Základním faktorem výživy a vývoje lesních porostů je kvalita půdního prostředí. Jeho produkční schopnost je podmíněna optimálním stavem fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy, které jsou specifické pro každou dřevinu, nebo soubor určitých druhů dřevin. Produkční schopnost lesních půd je ovlivněna celým souborem faktorů, které na daném stanovišti působí a vytváří tak specifické podmínky pro jednotlivé lesní typy (geologický substrát, půda, klimatické podmínky - teplota, srážky, nadmořská výška, sklon a expozice svahu, druhová skladba dřevin, skeletnatost, humusová forma atd.). Nesprávným hospodařením v těchto geobiocenózách pak může dojít i v relativně čisté atmosféře k degradaci půdního prostředí.

Kritické poškození lesů, které vyústilo v jejich devastaci za krátké časové období, si vynutilo bezprostřední řešení problému. V oblasti náhorní plošiny byl vedle vápnění prováděn prostřednictvím celoplošné přípravy půdy velice hrubý zásah do substrátového media půdního prostředí smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) Ardo et al. (1997). Na celoplošně upravených stanovištích dochází k velkým a rizikovým *ztrátám humusu*. To dokládá i Ballard a Hawkes (1989), kteří informují o ztrátě 475 kg.ha⁻¹ dusíku po odstranění humusového horizontu z paseky po těžbě dospělého smrkového porostu v nadmořských výškách okolo 1000 m v kanadské Britské Kolumbii. Odklizením každého centimetru nadložního humusu zde dochází k úbytku 150 kg.ha⁻¹ dusíku, 15 kg.ha⁻¹ fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku a 20 kg.ha⁻¹ síry. Fox et al., (1989) na JV USA konstatuje přesunutí dusíku do valů v množství 672 kg.ha⁻¹, Burger (1979, ex Morris et al., 1983) 479 kg.ha⁻¹ a Webber (1978, ex Morris et al., 1983) dokonce 1400 kg.ha⁻¹. Do valů se koncentruje značné množství organického materiálu, ale i značné množství minerální půdy. Při vytváření valů radlicí obsahují valy až 85 % půdy (Swindel et al., 1986). Moris (1983) uvádí poměr hmotnosti půdy : dřevu 10 : 1. Autoři dále na základě bilance živin 40letého porostu *Pinus elliotii Engelman.* a *Pinus palustris (Engl.) Miller* uvádějí, že odstranění dusíku pouhou těžbou je šestkrát menší než odstranění shrnováním. Pro P, K, Ca a Mg je úbytek způsobený těžbou prakticky roven úbytku způsobenému shrnováním. S narůstající intenzitou přípravy, koncentrace, organického C a celkového N klesá (Burger a Pritchett, 1988). Přitom je nutno poznamenat, že dusík obsažený v obnažené minerální půdě je špatně mineralizovatelný a tudíž sazenicím těžko přístupný (Fox et al., 1986). Odstraněním nadložního humusu se omezuje tedy nejen okamžitý obsah, ale i potenciální produkce přístupných dusíkových forem (NH₄-N, NO₃-N) (Vitousek a Matson, 1985). Zatímco odtok dusíku z povodí pouze diskovaného činil za první rok po přípravě 3,52 kg.ha⁻¹, ze shrnovaného a diskovaného pak v důsledku nepřítomnosti nadložního humusu a humusového A horizontu 18,42 kg.ha⁻¹. Šach (1995) uvádí, že při buldozerové přípravě bylo přemístěno do valů cca 800 m³ .ha⁻¹ půdního svršku, při přípravě bagrem cca pouze 422 m³ .ha. Výrazná redukce organické hmoty ve vrstvě 0-15 cm měla za následek snížení obsahu celkového dusíku a zmenšení bazické saturace. Důležitým degradačním jevem bylo ve spojitosti s odstraněním půdního svršku snížení maximální sorpční kapacity. Za nejzávažnější změny v půdní úrodnosti lze považovat redukci organického materiálu a s ní úzce související snížení obsahu celkového dusíku. Čím větší

množství a na větší vzdálenost je svrchní půda s vrstvou organického materiálu (15 - 20 cm) přesunuta, tím výraznější redukce úrodnosti půdy může nastat. Na růstu kultur se výrazně projevuje vzdálenost od valů (tzv. windrow-effect) nebo od nenarušeného půdního povrchu. Odstraněním půdního svršku se tak redukuje nejen zásoba, ale i jediný zdroj přístupného dusíku. Současné snížení maximální sorpční kapacity zhoršuje také účinnost hnojení a následně zvyšuje možnost ohrožení vod (Ballard, 1978).

Tato kritická situace se pak odrazila i při následné snaze obnovy lesa na daných stanovištích. Slodičák a Novák (2003) uvádí, že celoplošná příprava půdy v 7. LVS Krušných hor byla situována především na kyselé a vodou obohacené lokality. Podzolové půdy jsou dominantní půdní typy 7. LVS. Významný deficit organického materiálu byl pozorován po dozerové celoplošné přípravě a v jamkách v případě bagrové přípravy. Volně rostoucí porosty a vápnění zvýšily deficit organického materiálu. Velmi nízká bilance živin byla pozorována na buldozerových plochách navzdory optimálnímu množství mikrobioelementů. Potencionálně vysoká zásoba organického materiálu s příznivým poměrem C:N, vysokým množstvím vyváženého humusu a celkového množství dusíku může být efektivně využita pro revitalizaci pracovního polí, která má však samozřejmě svoje omezení (Vavříček, Šimková 2003). Množství dusíku vyjádřené jeho koncentrací je 2 – 4 krát vyšší ve valech než v mělkých humusových horizontech původních dozerových ploch.

Degradace půdního prostředí nastává i v aspektu jiných významných *půdních fyzikálně chemických parametrů*. Např. Šach (1991) se zaměřuje v souvislosti s technologií celoplošné přípravy půdy především na degradaci půdy s možnými dopady do vodohospodářské a produkční funkce lesa. Na experimentálních holosečích v Krušných horách klesl proti kontrolním porostům obsah humusu na výsadbových místech při přípravě buldozerem s klučicí radlicí o 26 %, bagrem o 56 %, pluhem – radlicí s hladkým břitem o 68 %, koncentrace dusíku se ve stejném pořadí snížila o 25, 60, 63 % a maximální sorpční kapacita o 26, 30, 30 %. Zmírnění kyselosti povrchových vrstev půdy v důsledku mechanické přípravy bylo při všech sledovaných způsobech zanedbatelné (maximálně dosahovalo půl stupně). Rozhodující je odstranění podstatné části nadložního humusu a humusového A horizontu a s ním související snížení obsahu a zásoby celkového dusíku v povrchové půdní vrstvě. Nadložní humus zadržuje srážky a mění jejich aciditu (retence iontů H^+). Shrnování buldozerovou, ale i klučicí radlicí je jednoznačně považováno za degradační opatření (Jirgle, 1983; Wilhite a Mac Kee, 1985) Musí být proto vyloučeno na hlubokých písčitých půdách s malým obsahem organického materiálu a na půdách s nadbytečnou vlhkostí

Významným faktorem degradace je i nepříznivá změna *fyzikálních vlastností půdy* a na to navazující stresory celoplošně ošetřeného stanoviště. Šach (1992) zkoumal degradační účinky po odstranění humusové vrstvy: Jedná se zejména o zhutnění, redukci pórovitosti a propustnosti a o redistribuci živin. Zatímco zhoršující nutriční účinek malých obnažených ploch je pouze dočasný, se zvětšováním skarifikovaných ploch se tento účinek stává závažnější a dlouhodobější. Redukce růstu kořenů nastává při makroporositě menší než 10 %, přitom v nenarušené půdě se její hodnoty pohybují od 15 do 30 %! Podle Burgera (1983) je při daných úpravnických technologiích důležitá zejména objemová hmotnost, jejíž hodnota je indikátorem možnosti kořenů pronikat půdou (kritická je objemová hmotnost $1,4 \text{ g.cm}^{-3}$). Objemová hmotnost půdy se při přípravě pozemků nezvyšuje jenom v důsledku hutnění mechanizačními prostředky, ale i odstraněním svrchní kypřivé vrstvy (Murzajev, 1977)!

Sukcese rostlinných společenstev je na pracovních polích velmi problematická a je omezena nutričně degradovaným stanovištěm. Pysek (1992) předložil výsledky z monitoringu vegetační sukcese následující buď po odstranění svrchní vrstvy půdy buldozerem, nebo sukcese na vytvořených valech z organominerální směsi svrchních horizontů půdy. Autorem

byla na 4 plochách v Krušných horách studována různá sukcesní stadia (narušené 1975, 1985, 1986 a 1989). Vegetace původně bukových lesů (*Fagus sylvatica* L.) nebo zamokřených lesů se smrkem (*Picea abies* (L.) Karst.) poškozených imisemi byla ve studované vytěžené oblasti nahrazena trávou *Calamagrostis villosa* (Chaix) Jf. Gmel. Sukcese na jednotlivých plochách začala nálety (větrem rozšiřovanými postupně klíčovými semeny pocházejícími z širších okolí). Druhová bohatost byla nízká a výrazně se nezměnila ani v průběhu sukcese. Naopak se v menším měřítku v průběhu času počet jednotlivých druhů (celková biodiversita) snižoval.

Otázka *obnovení a zajištění funkce holorganických horizontů* je na těchto plochách také velmi problematická. Vytváření iniciálního stadia humusových forem je zde nejisté, zvláště na stanovištích s extrémní radlicovou bezhrotovou přípravou. Karlsson (2002) prováděl půdní experimenty na dvou plochách ve Švédsku. Nejvyšší semenáčky byly nalezeny na plochách se svrchní vrstvou uchovanou v půdním profilu. Aplikace herbicidů podpořila jak přežití, tak výšku semenáčků. V kombinaci s plochou bez přípravy byl však efekt malý. Možnosti revitalizace řešil např. Podrázský et al. (2003) hodnotí účinnost technické, biologické a chemické meliorace po 16 letech od jejího provedení v Krušných horách. Modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) měl nejvyšší průměrnou výšku a průměr v prsní výšce (1,3 m) na všech plochách, buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) byl často poškozen mrazem a téměř eliminován spásáním. Chemická meliorace ukázala minoritní, ale jasně viditelný efekt na růst stromů, s výjimkou modřínu. Modřín a smrk - dominantní porosty způsobují nejvýraznější snížení pH. Nejnížší hodnoty pH byly zaznamenány v porostu smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.) bez aplikace hnojení. Porosty s olší (*Alnus incana* Moench.) vykazují zvýšení obsahu N v humusu a minerálních půdních horizontech, zatímco opak byl pozorován v porostech modřínu (*Larix decidua* Mill.) a smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.) na všech plochách. Humusové horizonty byly jasně ovlivněny melioračními ošetřeními. Olše (*Alnus incana* Moench.) měla pozitivní vliv na svrchní půdní horizonty u všech sledovaných ploch včetně plochy bez předchozí chemické úpravy živin.

Důležitou otázkou při různých půdních úpravách zůstává zachování zdroje dusíku, to je zachování organické hmoty na stanovišti. Smolander et al. (2000) se zabýval tříletým monitoringem transformace C a N v úpravami postižené i původní lesní půdě na plochách vykáceného boreálního lesa v severovýchodním Finsku. Úpravy lesní půdy byly prováděny technologií hromaděním na valy. Průmyslové hnojivo a ostatní látky a postupy (kontrola, nitrátové hnojivo, aplikace drčeného vápence a kombinace nitrátového hnojivo s aplikací drčeného vápence) byly experimentálně aplikovány po dobu 30 let. V hromadách lesní půdy došlo ke zvýšení obsahu C v humusových vrstvách, což však mělo jen malý vliv na C a N vázaný na mikrobiální biomasu a N vázaný na minerály a celkovou nitrifikaci. Mikrobiální biomasa a její aktivity byly neustále vyšší v humusové vrstvě valů než ve vrstvě minerální zeminy. Tento jev byl pozorován na všech plochách. N vázaný na minerály a celková nitrifikace byla nicméně výrazná také ve vrstvách hnědé půdy z půdních horizontů ponechaných v klidu a na plochách, kde byl aplikován drčený vápenec. Vyšší koncentrace N (zejména N- NO₃⁻ a celkový N) v půdních roztocích byla zaznamenána v humusové vrstvě než u minerálních půdních horizontů ponechaných v klidu po celoplošné přípravě.

Z hlediska zachování přírodě blízkého lesa daného jednotlivými soubory lesních typů, případně skupinami typů geobiocenóz, je celoplošná příprava půdy, zvláště v horských ekosystémech 6. VS a výše, výrazně rizikovým opatřením. Ztráta a narušení holorganických horizontů vede k dlouhodobé degradaci stanoviště. Jediný zdroj dusíku, který je nepostradatelným makrobioelementem ve výživě lesních porostů, nelze z dlouhodobého aspektu při odstranění organických a organominerálních horizontů nahradit. Minerální hnojiva a v nich obsažený N působí velice krátkodobě a jsou navíc ekologicky riziková. Sukcese a následná revitalizace svrchních organických horizontů je dlouhodobá a velice

pomalá. V mechanickou cestou meliorovaných půdách je aplikace organické hmoty do porostů je technicky nemožná a neefektivní. Zajištění celkové nutriční rovnováhy je dalším významným faktorem, který humusem obohacené svrchní půdní vrstvy přirozených ekosystémů zabezpečují.

Prioritní problematika řešení zůstává zejména v enklávách náhorní plošiny Krušných hor, kde v minulosti byla místy **výrazně narušena vrstva holorganických horizontů** a také svrchní minerální vrstva půdy, tedy část půdního profilu s významnou úlohou při koloběhu živin a výživy porostů (Podrázský 2001)! V současné době vystupuje do popředí také otázka rekonstrukcí porostů náhradních dřevin převodem na cílovou skladbu HS. Zejména vnášení buku lesního a některých dalších listnáčů může přinést významné změny v oblasti obnovy lesa na těchto klimaticky extrémních lokalitách. Vliv půdního prostředí zvláště v geomorfologicky rovinaté oblasti náhorní plošiny Krušných hor při daných podmínkách celoplošné úpravy je významný. Při analýze postižených porostů bylo konstatováno, že poškozování je způsobeno komplexem příčin, na kterém se podílejí klimatické zvraty, provenience i krátkodobé nárazy imisních stresů (Slodičák 2001).

Základní půdní charakteristiky se v rámci Krušných hor dle jednotlivých lokalit významně liší. Půdní reakce, která je jedním ze základních parametrů stavu a vývoje půdy, se na lokalitách pro dané stanovištní podmínky s méně či více



Plocha po provedené bagrové přípravě, lokalita Přísečnice

výraznějšími podzolizačními procesy pohybuje v optimálních hladinách cca 3,0 – 3,2 pH/KCl. Na některých lokalitách hodnoty, v převážné části genetické hloubky podzolů humusových, převážně mírně oglejených klesají na nižší hladinu extrémní acidity cca 2,8 – 3,0 pH/KCl. S vývojem kyselých edafických kategorií úzce souvisí klimatické podmínky, které jsou na mnoha lokalitách lesních oblastí v rámci půdně genetického vývoje limitujícím činitelem. Nejen vysoký úhrn srážek, ale také nízká teplota ve vyšších polohách jsou důležitými faktory půdního vývoje. **Nízké hodnoty v sekvenčně přirozených půdních profilech souvisí s vývojem a genezí profilů s podzolizačními procesy.** Humusová forma s nízkou kvalitou humusu a na plochách s celoplošnou přípravou v jejím iniciálním stadiu podmiňuje nedostatečné zabezpečení optimální výživy především dusíkem a následnou typickou

diskoloraci u zajištěných mlazin. Biomasa jehličí nevykazuje pak ani dostatečný nárůst. Pozorovaná celoplošná diskolorace jednoznačně souvisí s nedostatečnou N – výživou především v důsledku nízké bilanční zásoby N v rámci iniciálního stadia humusové formy (Vavříček 2000). Při revitalizaci ploch s celoplošnou přípravou půdy v minulosti, bude nutné zohlednit především otázku zajištění dusíkaté výživy nejen v krátkodobém časovém horizontu, ale hlavně na úrovni časové řady celého iniciálního porostního stadia.

3. METODIKA

Půdní taxonomie byla prováděna na jednotlivých plochách vždy v části typické pro dané stanovištní podmínky, byla vymezena základní půdní jednotka upřesněná půdním subtypem, případně varietou na základě taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němeček et al. 2001), rovněž byla hodnocena humusová forma nadložního surového humusu a určen základní geologický a půdotvorný substrát.



Původní těleso valu, revír Nádraží, val č. 3

prezentovaly dílčí genetické horizonty, případně jejich směsi.

Při výběru ploch byla zohledněna původní technologie skarifikace při shrnování do liniových valů a byla rozčleněna na dvě varianty. Technologie prováděná v 80-tých letech radlicemi s klučícími hroty (revír Špičák 185 A2) byla podstatně jemnější než hrubá příprava radlicemi



Jemná štěrka štěpkovací frézy FAE

s hladkým břitem (revír Nádraží 418 B2, Suchdol 403 E2), kdy do valů byly hromaděny výrazně i minerální vrstvy z podpovrchových půdních horizontů E a Bs. Vyšší procento humusu a C – látek je zajištěno na stanovištích revíru Špičák s původně dozerovou přípravou klučící radlicí. U všech valů bylo před jejich rozhrnutím provedeno kubické i frakční bilanční hodnocení veškeré organominerální hmoty. Hodnocení bylo provedeno i z aspektu fyzikálně chemických vlastností na základě laboratorních analýz.

Pro technologické rozpracování liniových valů do cca 20 -30 cm povrchové revitalizační vrstvy byly dle předchozích šetření vybrány tři mechanizační prostředky. Menzimuk – SPEEDY SE 122 s bagr. lžící 0,5 mm³, Caterpillar D5N a čtyřkolový traktor FENDT 926. Tyto tři varianty byly doplněny subvariantami založenými na využití stávající biomasy náhradních porostů formou štěrky, případně jejich vytěžením. Dalším kritériem byla velikost dílčích frakcí vytvořené

Šetření bylo soustředěno do tří základních ploch porostů LS Klášterec v nadmořských výškách 7. LVS cca 880 – 890 m n. m. (185 A2 – oploceno 10 ha, 418 B2 – oploceno 7 ha, 403 E2 – oploceno 6 ha). Půdní vzorky pro analýzy na pracovních plochách mezi valy a v tělesech liniových valů byly odebrány především ze svrchních horizontů půdních profilů, více méně se zaměřením na základní rhizosféru aplikovaných náhradních dřevin, rovněž byly odebrány vzorky z navršených valů, definované frakce původně

štěpky. Jemnější, aplikovaná rozpracováním širokou bubnovou frézou a hrubá frakce vytvořená frézovacím talířovým adaptérem jednotlivých stromů.



Štěpka vyrobená zvonovým adaptérem

Caterpillar D5N – varianta s využitím středního velice pohyblivého v manipulaci jednoduchého stroje. Je použit v kombinaci se štěpkovací zvonovou frézou - adaptér na zemním stroji SPEEDE SE 122, nebo v kombinaci s širokou válcovou štěpkovací frézou FAE. Zajišťuje vcelku rovnoměrné rozhrnutí s převažujícím zapravením povrchové štěpky do střední až spodní části substrátové vrstvy. Výsledkem je docíleno specifickou technologií, s použitím parabolické radlice s rovným břitem, zajišťující obracení zpracovávaných vrstev. Při využití technologie postupné skarifikace z tělesa valů dochází nejen k zapravení, ale i částečnému promísení naštěpkovaného materiálu. Kromě toho je v dostatečné míře zarovnán i povrch pracovního pole s možností využití i ostatních mechanizačních prostředků při další etapě obnovy lesa – zalesňování. Na takhle upravených plochách je možné využít k umělé obnově různých zalesňovacích strojů a významně snížit

náklady na zakládání porostů a celkové náklady na pěstební činnost.

Caterpillar D5N + válcová mulčovací hloubková fréza AHWI 1800 – varianta s využitím dvou mechanizačních prostředků. Po štěpkování stojícího porostu - lépe s přímým využitím široké válcové štěpkovací frézy FAE se stejným nosičem (FENDT 926) jako pro hloubkovou frézu AHWI 1800 se provede rozhrnutí liniového valu caterpillarem D5N a následně se provede homogenizace celé plochy se současným dokonalým zarovnáním povrchu substrátové vrstvy.

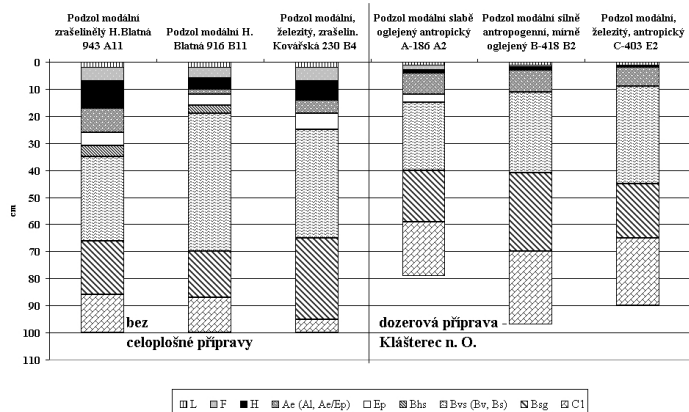


Bodové hnojení Silvamix Forte (val č.1, lokalita Špičák)

Po rozhrnutí valů se zformovanými dílčími variantami byly všechny tyto plochy zalesněny smrkem ztepilým (*Picea abies* (L.) Karsten), bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) a javorem klenem (*Acer pseudoplatanus* L.). Rok po výsadbě bylo provedeno přihnojení různými hnojivými látkami převážně formou tabletovaných hnojiv a část dílčí varianty byla vždy ponechána jako část kontrolní bez hnojení. Byla použita hnojiva řady Silvamix (Forte a R), dále

hnojivo se stimulační růstovou látkou kořenového systému Stromfolixyl a velmi jemně mletý vápenitý dolomit, vše v množství 50 - 80 g k 1 sazenici.

4. VÝSLEDKY

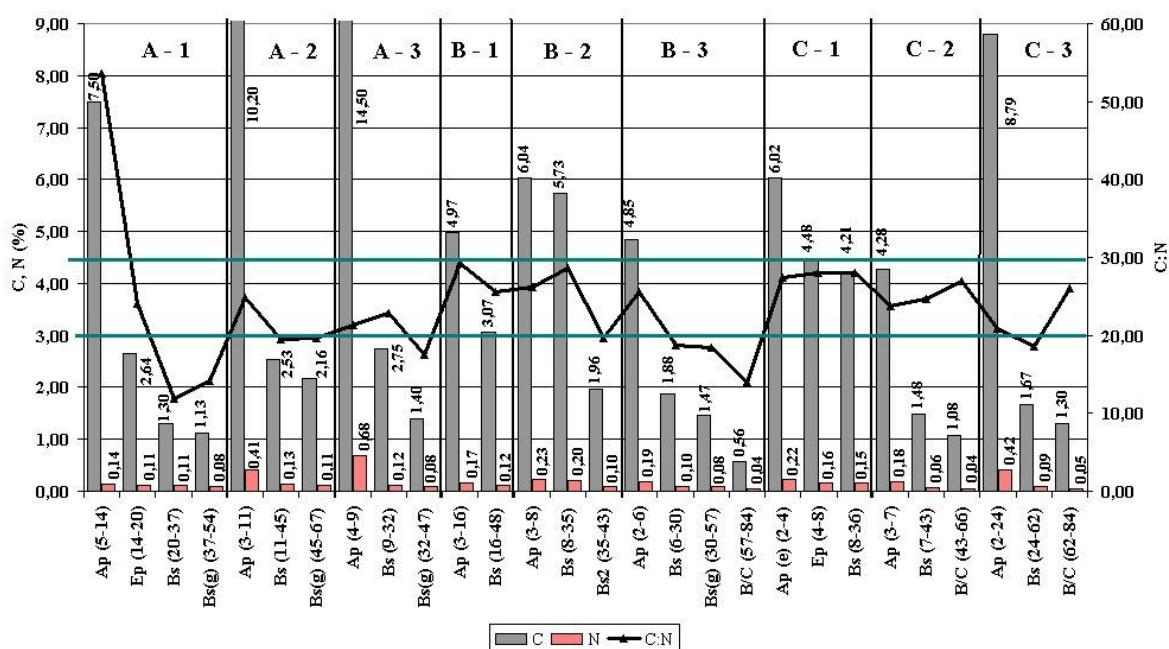


Graf: Jednotlivé půdní profily - srovnání hloubky a sekvence horizontů na plochách s celoplošnou přípravou půdy a bez zásahu

Takový to proces reakce BS a pH je podmíněn i povrchově aplikovaným vápněním.

Vzniká jiný typ přirozené vegetace společně se změnou indikačních půdních parametrů, který nekonvertuje s charakteristikami původního SLT 7.K.

Na pracovních polích mezi liniovými valy se výrazně projevuje nízký obsah C a i bilančně nízká zásoba N_t .



Graf: Obsah C, N, a poměr C:N v jednotlivých horizontech půdních profilů na stanovištích porostů LS Klášterec s dozerovou přípravou (A-Špičák, B – Nádraží, C – Suchdol)

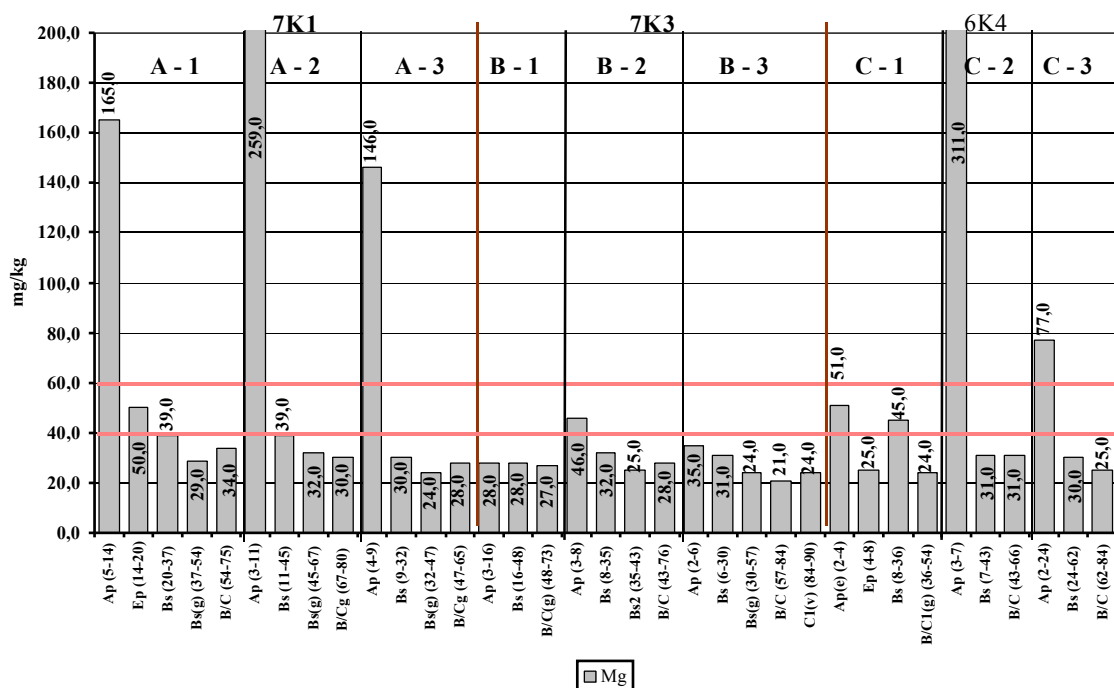
Základní makrobioelementy jsou na dozerových plochách na úrovni středních (K^+) až vysokých zásob (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Plochy s celoplošnou dozerovou přípravou, s deponovaným organominerálním materiálem do liniových valů, vytváří stanoviště s edatopem a půdními horizonty výrazně *sekvenčně a kvantitativně odlišnými* od intaktních profilů s přirozeným vývojem půdy.

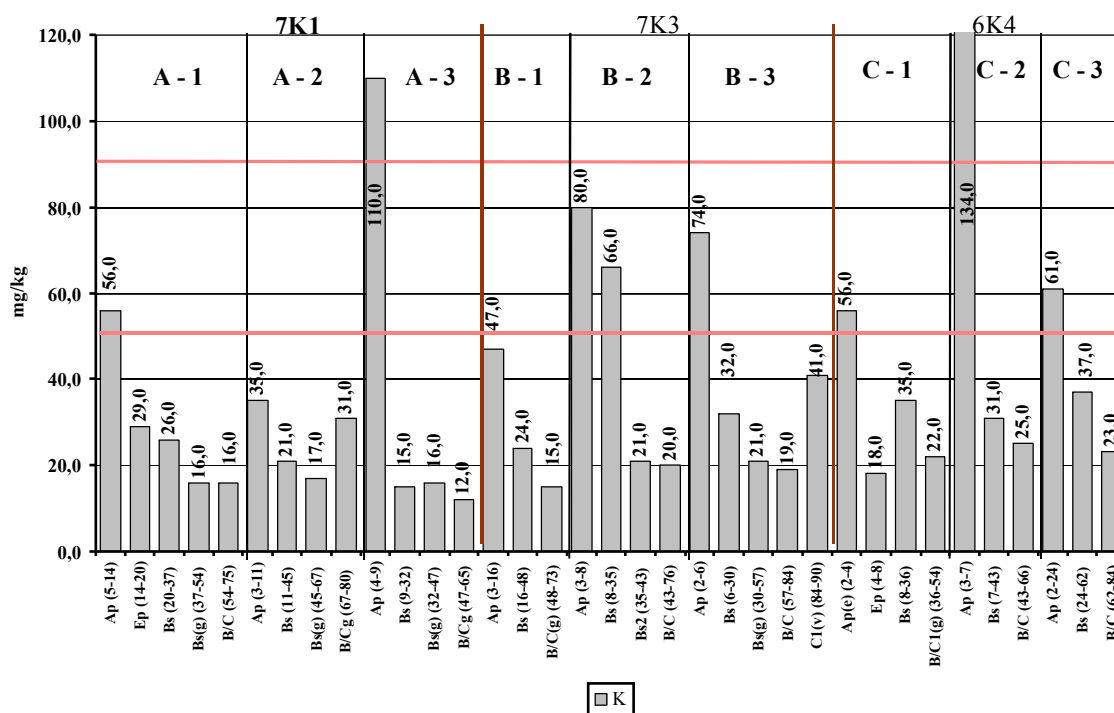
Na skarifikovaných půdách probíhá proces tzv. degradace přirozeného stavu na bázi zvyšování některých půdních parametrů na úroveň hodnot trofnostně nadřazených jednotek.

Projekt Grantové služby LČR

Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa



Graf: bsah Mg v jednotlivých horizontech půdních profilů na stanovištích porostů A - 186 A2, B - 418 B2, C - 403 E2 LS Klášterec s dozerovou přípravou půdy



Graf: Obsah K v jednotlivých horizontech půdních profilů na stanovištích porostů A - 186 A2, B - 418 B2, C - 403 E2 LS Klášterec nad Ohří s dozerovou přípravou půdy

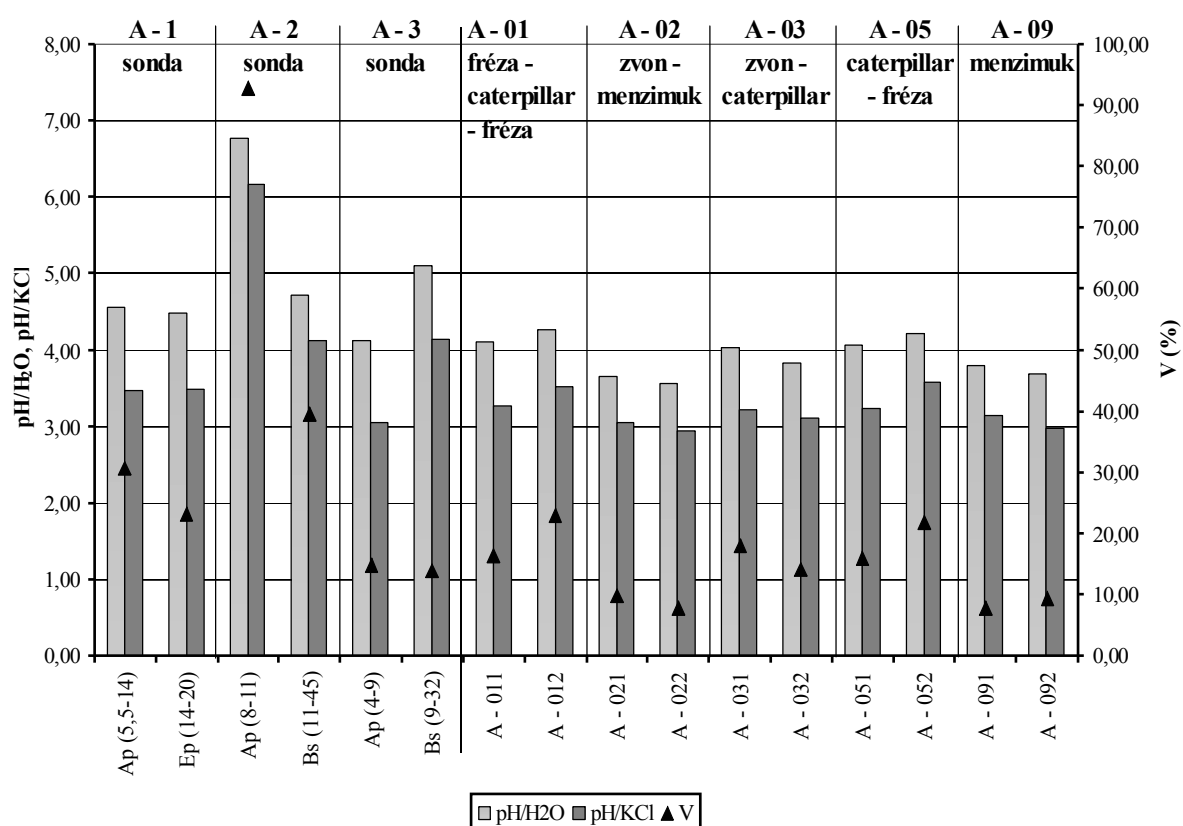
Nesilikátová forma Fe a Al je v současné době charakteristická spíše pro přirozeně méně degradované půdy kryptopodzolů a kambizemí oligobazických. *Alo(%) není ve vrstvě hlavní kořenové distribuce na úrovni výrazně toxické koncentrace.*

Ve struktuře liniových valů jsou zastoupeny organominerální směsi s vyšším (10 – 35 %) a s nižším (3 – 10 %) podílem uhlíkatých látek i dusíku 0,5 – 1 % a 0,2 – 0,5 % Nt.

Podíl frakcí v profilu valů je u humusových látek (ektohumus) z celkového obsahu C o 10 – 15 % vyšší než u běžných organominerálních horizontů (proces kompostování). Na celkovém obsahu OL se podílí až 20 % C-CHL!

V tělesech valů na plochách s původní skarifikací prováděnou klučící radlicí (radlice s hroty) je o 30 % více C – látek než na stanovištích s celoplošnou přípravou prováděnou radlicí s hladkým břittem. S tím souvisí i vyšší hodnoty Nt (3,8 t.ha), KVK, místy i HK/FK. C: N je vyšší (25 : 1) oproti přirozeným půdním profilům (20 : 1). Fermentované dřevo ve valech a jeho frakcionace frézováním je základní příčinou nárůstu hodnoty C:N.

Nevyrovnané hodnoty Ca a Mg v profilech liniových valů optimalizuje jejich rozpracování na dostatečnou zásobu. Draslík je celoprofilově vyrovnaný a vykazuje dobrou zásobu.

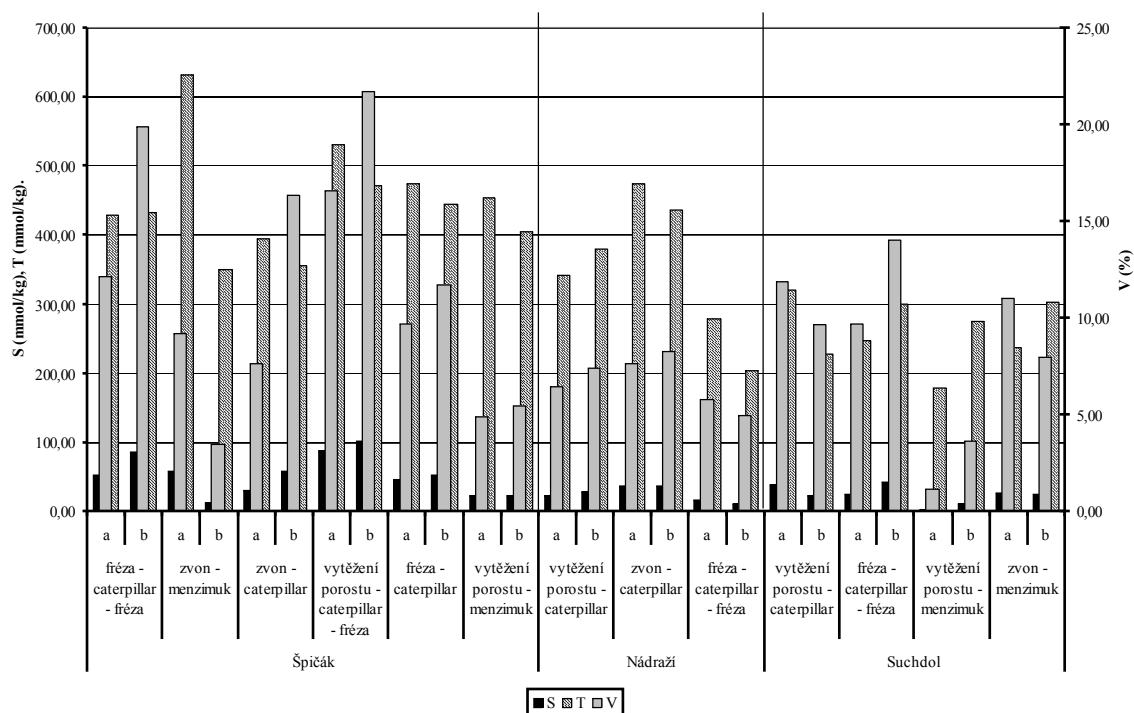


Graf: Znázornění půdní reakce a stupně sorpčního nasycení na lokalitě Špičák

Rozpracováním valů se optimalizuje výměnná půdní reakce s vyšším podílem C – látek na 3,0 – 3,1 pH/KCl a na plochách s vyšším minerálním podílem na 3,4 – 3,5 pH/KCl.

Vytvořená půdní vrstva je téměř ve všech parametrech významně lepší než skarifikovaná plocha s ponechanými náhradními porosty. Pouze poměr C : N je mírně rizikový (25 – 30 : 1), u valů rozhrnutých a rozpracovaných frézou s aplikovanou drobnou štěpkou je rizikový (>30:1), což se také projevilo u N – výživy smrku ztepilého (0,9 – 1 % N).

Na rozpracovaných plochách je v celém profilu (22 – 30 cm) „ornice“ zajištěna vysoká hodnota KVK, vysoký podíl C – CHL, dostatečná bazická saturace, a mimo P i optimální obsah základních živin. Z aspektu sledovaných parametrů použitých technologií je revitalizace prováděná menzimukem nejméně efektivní, ale stále v mezích optima.



Graf: Znázornění maximální sorpční kapacity a stupně sorpčního nasycení na jednotlivých lokalitách (Špičák, Nádraží, Suchdol)

*Pro revitalizaci půdního prostředí je třeba saturovat veškerou dříve skarifikovanou porostní plochu upřednostněním technologie **postupného periodického (10 let) příčného rozhrnování liniových valů do útvarů šachovnicové sekvence***

Na všech studovaných plochách byla dominantní formou minerálního dusíku forma amonná a nitrátový dusík tvořil jen malou část celkového minerálního dusíku.

Množství minerálního dusíku sorbovaného na povrchu iontoměníčů bylo více ovlivněno lokalitou, než vlastním technologickým postupem v rámci jednotlivých lokalit.

Množství minerálního dusíku sorbovaného na povrchu iontoměníčů bylo ovlivněno 2 půdními vlastnostmi, a sice formací kvalitní humusové frakce charakterizované poměrem (C-HK/C-FK) a kationtovou výměnnou kapacitou.

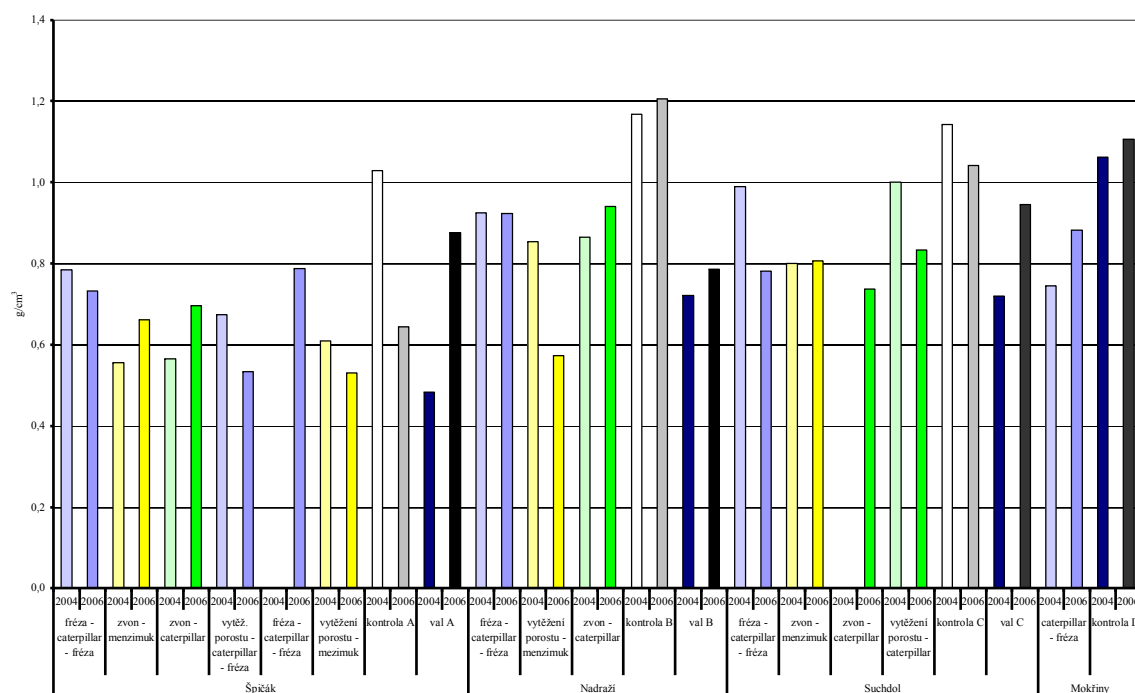
Na lokalitách s nižším obsahem organické hmoty nebo v zamokřených anaerobních podmínkách byla snížena tvorba kvalitní frakce humusových látek (nižší C-HK/C-FK), byla zde nižší i hodnota KVK a také zadržení amonného dusíku v půdě

Na lokalitách s vyšším obsahem organické hmoty byla formace kvalitní humusové frakce vyšší a vyšší KVK. Na takových lokalitách byla spotřeba amonného dusíku na tvorbu humusových látek vyšší, jakož i jeho sorpce ve výměnném sorpčním komplexu půdy.

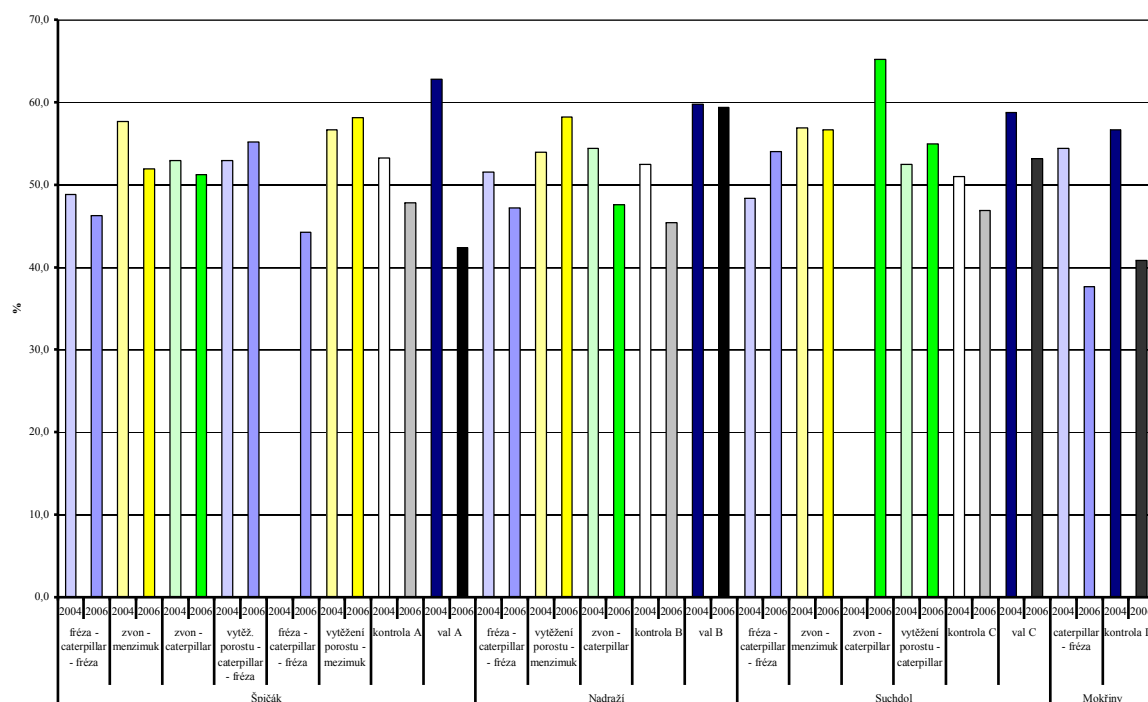
Optimalizace fyzikálních vlastností v rozhrnutých valech úzce souvisí s obsahem C – látek v původních tělesech liniových valů. Mírně rizikových hodnot i po 1-leté aplikaci bylo dosaženo při technologickém postupu s využitím menzimuku, zvláště u charakteristik souvisejících s rizikovým prosýchání (nižší retenční a maximální kapilární kapacita, vysoká pórovitost).

Dosažené hodnoty fyzikálních charakteristik jsou statisticky významně příznivější než na původních skarifikovaných plochách v současné době s náhradními porosty smrku pichlavého a jsou také lepší než v profilech nerozpracovaných liniových valů.

Projekt Grantové služby LČR
Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa



Graf: Objemová hmotnost reduková na jednotlivých lokalitách v roce 2004 a 2006



Graf: Pórovitost na jednotlivých lokalitách v roce 2004 a 2006

Na většinu fyzikálních parametrů má statisticky významný vliv množství a *podíl organických látek*.

Poměry výživy jsou mimo akumulaci dusíku vyrovnané a víceméně optimální. Jsou odrazem vytvořených podmínek edatopu a technologických postupů využitých při rozpracování valů.

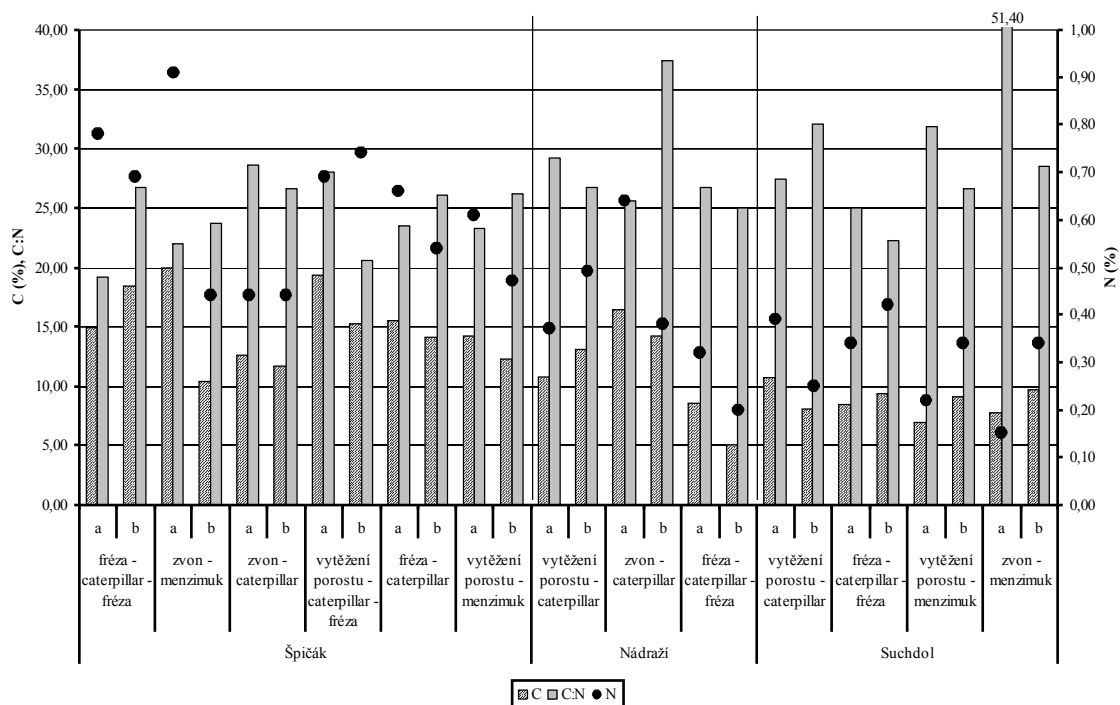
Frézování s využitím dřevní jemně frakcionované štěpky je v tomto případě revitalizace rizikovou technologií.

Sukcese a druhové zastoupení taxonů je korelativní s nově vytvořenými podmínkami v půdní vrstvě rozhrnutých valů. Dle ekologicko-cenotických charakteristik dochází k obohacování stanoviště a ke změnám SLT z edafických kategorií kyselých 7. LVS na svěží 7. LVS.

Klimatické podmínky v roce 2004 byly pro vývoj kultur z hlediska hydrického režimu příznivé a průběžné srážky nevyvolaly stav přísušků. *Nízká atmosférická teplota vytvořila na začátku vegetačního období rizikové prostředí zvláště pro buk lesní a způsobila poškození asimilačního aparátu sazenic.*

Dle komplexního hodnocení jednotlivých technologických postupů na základě fyzikálních a fyzikálně chemických i biologických charakteristik doplněných nutriční analýzou byl po jednoleté reakci **Caterpillar D5N s parabolickou radlicí a hladkým břitem nejvhodnějším mechanizačním prostředkem pro vlastní rozpracování liniových valů. Využití hrubé frakce ze zvonového štěpkování menzimumem je z výše uvedených aspektů nejméně rizikový způsob při jejím zapracování.** S pracovním postupem rozvrstvené skarifikace dojde k optimálnímu zapravení štěpky a promísení organominerálního materiálu z celého tělesa valů. Tím je zajištěno i materiálně dostatečné plošně efektivní využití se současným optimalizovaným hutněním pracovních polí.

Po rozhrnutí valů se vytvořila základní substrátová vrstva, která bez ohledu na technologické postupy je produkčně optimalizovaná, s nadstandardní hloubkou (20 – 35 cm) organominerálního půdního substrátu. Všechny revitalizované plochy, bez ohledu na původní intenzitu skarifikace, klasifikujeme jako *půdy velmi silně humózní* (10 – 20 % humusu) - revír Suchdol a Nádraží až *humusové* (20 – 30 %) - revír Špičák.



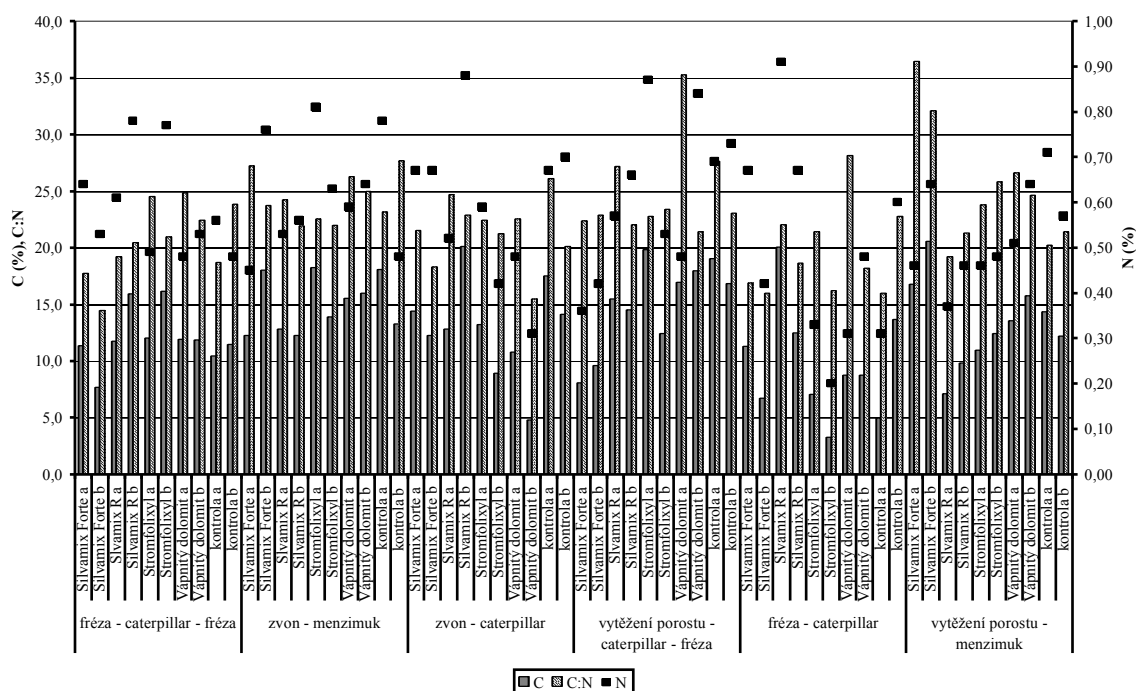
Graf: Obsah uhlíku, dusíku a poměru C:N na jednotlivých lokalitách (Špičák, Nádraží, Suchdol), dva roky po rozpracování valů

Po dvouleté expozici vykazují nadstandardní hodnoty základních půdních charakteristik s vysokou hodnotou maximální kationtové sorpční kapacity – *velmi silně humózní* (Suchdol, Nádraží) 200 – 300 mmol.kg⁻¹, *humusové* (Špičák) 400 – 500 mmol.kg⁻¹! Bazická saturace

i půdní reakce úzce souvisí v záporné korelaci s obsahem humusu v půdním substrátu a je pro původní soubory lesních typů (7K) optimální. *Obsah přístupných živin je i po dvou letech na stanovištích humusových půd na úrovni vysokých až velmi vysokých zásob, na lokalitách velmi silně humózních půd dosahuje středního stupně zásob, draslík ojediněle i vysokých.* Pro dusíkatou výživu zůstává rizikový poměr $C : N$. Na humózních půdách (Špičák) se pohybuje ještě na přijatelné úrovni $C : N = 25$. Na půdách velmi silně humózních (Suchdol, Nádraží) místy až na *rizikové hladině* $C : N = 30$. *Celkový dusík kolísá v kategorii půd s dobrou až vysokou zásobou.*

V průběhu dvouleté časové řady narůstá obsah celkového Nt u varianty s jemně drcenou štěpkou, u humusových půd (20 – 30 % humusu), $C : N$ se nemění, u velmi silně humózních (10 – 20 % humusu) dochází dokonce u této varianty k optimalizaci a poklesu pod limitní hodnoty $C : N = 25$! Ostatní parametry se v širokém průměru více méně nemění.

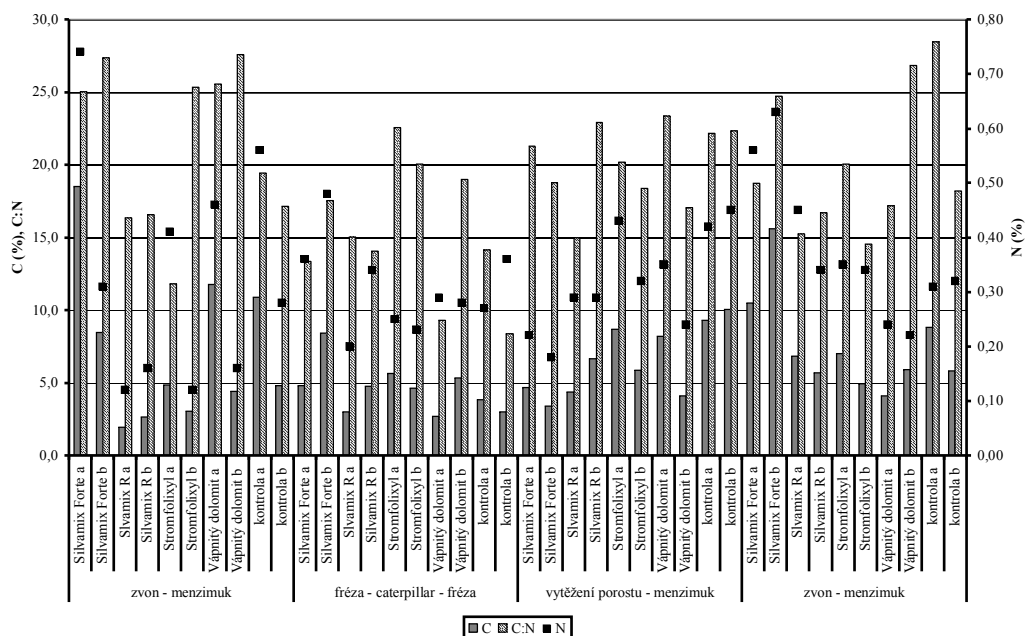
Nejlepších hodnot a navýšení půdních charakteristik včetně snižování poměru $C : N$ bylo dosaženo u použitého hnojiva Silvamix R (50 g k jedné sazenici). Tomuto stavu se blíží čtverce s bodovou aplikací Silvamix Forte. Na humusových stanovištích (20 – 30 % humusu – Špičák), z důvodu vysoké pufruční kapacity nemají významný vliv na bazickou saturaci ani půdní reakci. Lokality s menším obsahem humusových látek, velmi silně humózní (10 – 20 % humusu) jsou více senzibilní k aplikovaným hnojivům a především v souvislosti s použitými tabletami Silvamix R mění všechny svoje parametry včetně nárůstu hodnot BS a pH. Silvamix Forte je hnojivo, které rovněž podmiňuje významný nárůst některé z šetřených charakteristik.



Graf: Obsah C, N a poměr C:N na jednotlivých plochách – lokalita Špičák

Z aspektu výživy kultur v iniciálním až juvenilním stadiu je nejdůležitější dusík. Jeho dynamika v půdě byla sledována v obou přijatelných vodorozpustných formách. *Amonná forma dusíku dominuje nad formou nitrátovou, a to jak při různých způsobech přípravy půdy, tak i v různých variantách hnojení.* Nitrátový dusík v kyselém prostředí tvoří většinou pouze malou část „poolu“ minerálního dusíku sorbovaného na povrchu iontoměničů.

Celkové hodnocení způsobů přípravy půdy neposkytuje jednoznačné závěry. Kombinace VP + M (vytěžení porostu + menzimum) se zdá být neefektivnější z hlediska sorpce amonného dusíku, podobně jako u výživy, nicméně daný způsob přípravy půdy nebyl aplikován ve velké části variant na lokalitě Suchdol. Dále *způsob přípravy půdy formou Š-Z+C – štěpka-zvon + caterpillar poskytl relativně efektivní sorpci amonného dusíku k ostatním variantám*, dále je možno do pořadí kombinací s nejvyšší sorpcí amonného dusíku na povrchu instalovaných



Graf 48: Obsah C, N a poměr C:N na jednotlivých plochách – lokalita Suchdol

iontoměničů (ionexových pouzder) dát přípravy s aplikací jemně drcené štěpky formou Š-F+C+F – štěpka-fréza + caterpillar + fréza nebo Š-F+C – štěpka-fréza + caterpillar.

Z hlediska vlivu aplikovaných hnojiv bylo *nejvíce minerálního dusíku* (převaha amonné formy) stanoveno ve variantách s aplikací hnojiv typu *Silvamic Forte* a *Stromfolixyl*, příp. *Silvamic R*. Dané závěry také nejsou jednoznačné a je důležité je brát s opatrností ve vztahu ke konkrétní přípravě půdy.

Aspekt výživy a obsah jednotlivých makrobioelementů v biomase asimilačního orgánu je významným trofnostním kritériem stanoviště. Příjem dusíku na nehnojených enklávách je neoptimálnější u varianty s provedenou těžbou a vyklizením dřevní hmoty. *Mírně rizikový je u technologických postupů využívajících štěpku jemně drcenou. Výrazně stimulujícím hnojivem je v tomto případě Silvamic R a Stromfolixyl.* Obě mohou hypoteticky podmiňovat intenzivní nárůst kořenové biomasy a celkově zlepšenou výživu.

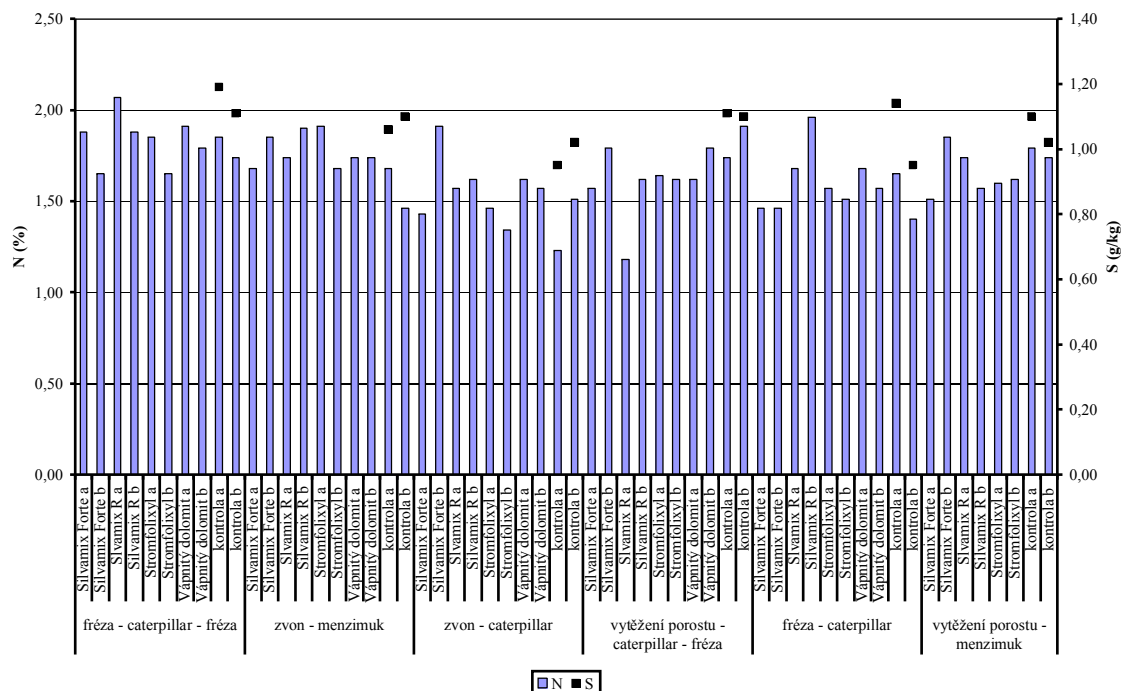
Aplikace vápenného dolomitu je z hlediska výživy K^+ a poměru $Ca : Mg$ menšího než 5 : 1 místy až riziková. Dle nutričních poměrů na kontrolních plochách je dusík nejvíce rizikovým prvkem souvisejícím zejména s poměrem C : N. *Překvapující jsou i hodnoty vysokého obsahu síry v jehličí, které vyčleňují plochu Nádraží do kategorie stanoviště a lesních ekosystémů ohrožených zvýšeným imisním tlakem.*

Pro vytvoření objektivních návrhů opatření souvisejících s technologickými postupy při rozpracování liniových valů a eventuálně i s doplňující chemizací vyžaduje šetření a průběžné hodnocení v delší časové řadě. Významným přínosem pro zakládání a zajištění kultur nejen pro stanoviště rozpracovaných valů, by bylo i hodnocení dlouhodobého vlivu vybrané a používané škály hnojiv v LH s vymezením jejich pozitivních i negativních účinků

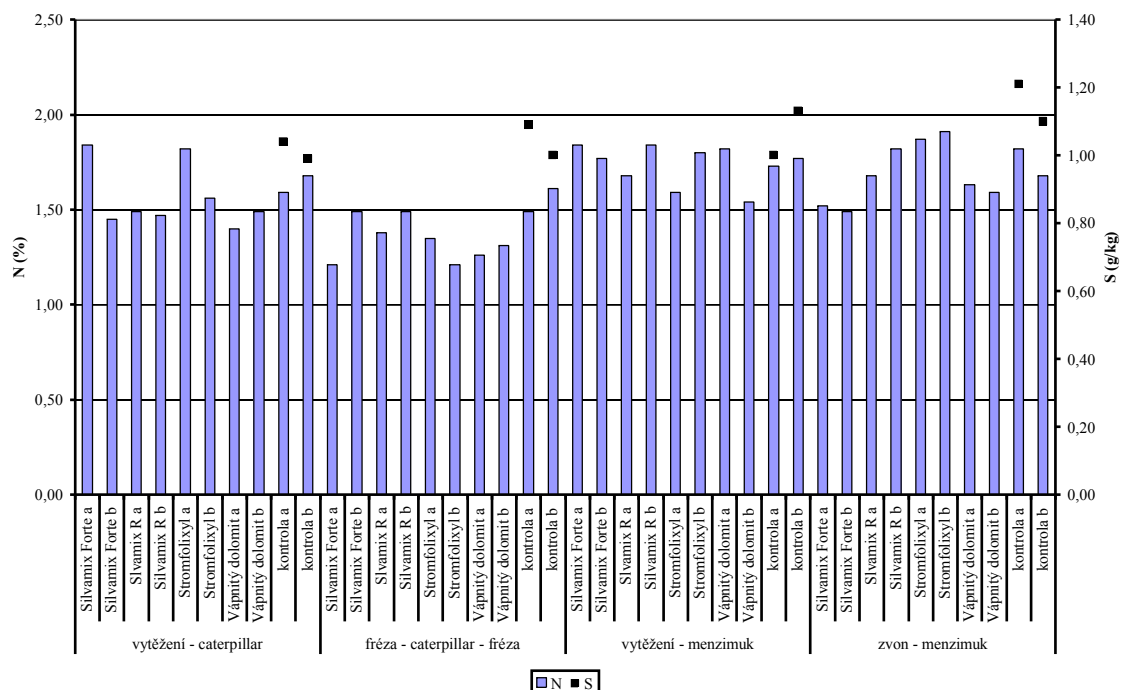
Projekt Grantové služby LČR

Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa

na stanoviště. Prodloužení řešení tohoto rozpracovaného projektu se zajištěnými výzkumnými plochami by přineslo významný efekt do systému hospodaření při obnově a zajištění lesních porostů. Navrhujeme v rámci GS LČR navázat na tématický okruh řešeného projektu a podpořit další řešení v rámci navrhované 2-3 leté časové řadě.



Graf : Obsah N a S v jehličí smrku ztepilého na lokalitě Špičák



Graf: Obsah N v jehličí smrku ztepilého na lokalitě Suchdol

Caterpillar DN5 zůstává i po 2leté expoziční době nejvhodnější mechanizačním prostředkem využívaným při rozhrnování liniových valů. Vytváří optimální půdní prostředí z aspektu fyzikálních vlastností zejména s ohledem na pórovitost a vododržnost půdy.

Při zachování doporučené technologie je prozatím nejefektivnějším prostředkem s minimálními náklady. *Mírně rizikový zůstává menzimum s přetrvávající zvýšenou hodnotou podílu nekapilárních pórů.*

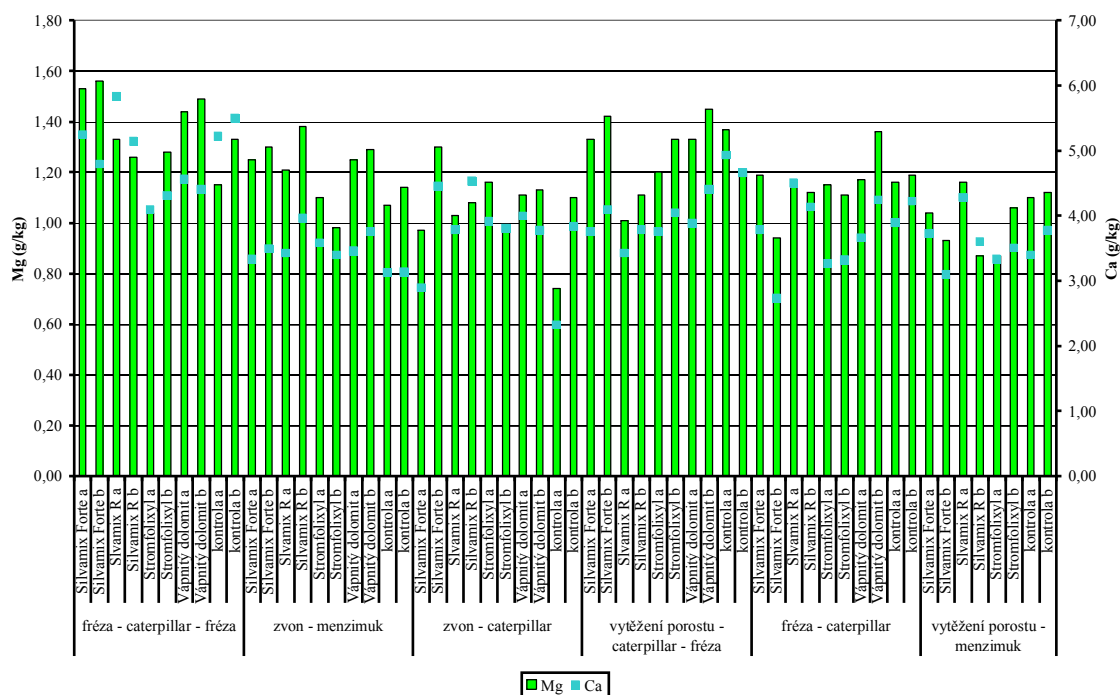
Z aspektu jednotlivých charakteristik není půdní prostředí výrazně rizikové. Půdní reakce i bazická saturace jsou korelativní a velmi nízké. *Aciditu přirozeně navyšují C-látky, které zůstávají v profilu z rozhrnutých valů.*

Rozhrnutím valů bylo dosaženo navýšení maximální sorpční kapacity, která je schopna zajistit vysoce efektivní využití a sorpci živin z aplikovaných hnojiv.

Většina makrobielementů v půdě je na střední – dobré úrovni. *Dusík na stanovištích s vyšším podílem humusu (20-30 %) je z důvodu vyššího poměru C : N (24 – 26) mírně rizikový. Zda je tento jev dočasný, je nutné provádět analytická šetření v delším časovém horizontu.*

Významnou optimalizaci zásoby draslíku v půdě na stanovištích vyšších horských poloh zajišťuje tabletované hnojivo s vyšším podílem K v tabletě. **Silvamix R je v tomto případě nejvhodnějším přípravkem, který saturuje půdu i s patřičným množstvím Mg.** Hypoteticky stimuluje nárůst kořenového systému a stabilizuje tak porosty nejen smrkových kultur.

Výživa smrku ztepilého je na rozhrnutých valech více méně bezproblémová. Dusík není ve výživě smrku rizikovým prvkem. Deficitní až karentní příjem N byl zaznamenán pouze ve stávajících mezpruzích náhradních porostů. Výživa Mg^{2+} a Ca^{2+} není vázána na hodnoty půdní reakce. Hlavním stimulem ve výživě hořčíkem je podíl humusových látek. Výživu Mg pozitivně ovlivňuje zejména Silvamix – R (Stromfolixyl). **Nejefektivnějším hnojivem zajišťujícím kvalitní výživu draslíkem je také Silvamix – R.**



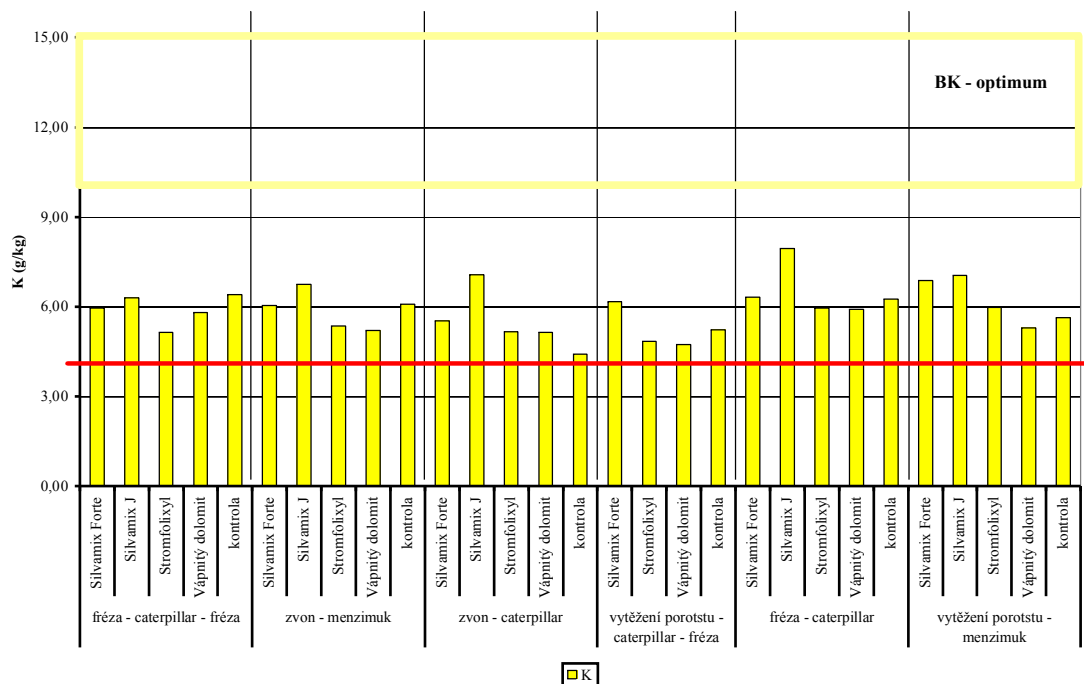
Graf: Obsah Mg a Ca v jehličí smrku ztepilého na lokalitě Špičák

Z aspektu dusíkaté výživy vytváří pro listnaté dřeviny rozhrnuté valy s vysokou příměsí organických látek (20 – 30 % humusu) mírně rizikové prostředí. Výživa dvojhodnotnými makrobielementy je bezproblémová. Nadstandardní navýšení Mg zajišťuje hnojivo Silvamix R. Nutriční deficit draslíku byl patrný na všech základních variantách rozhrnutých valů.

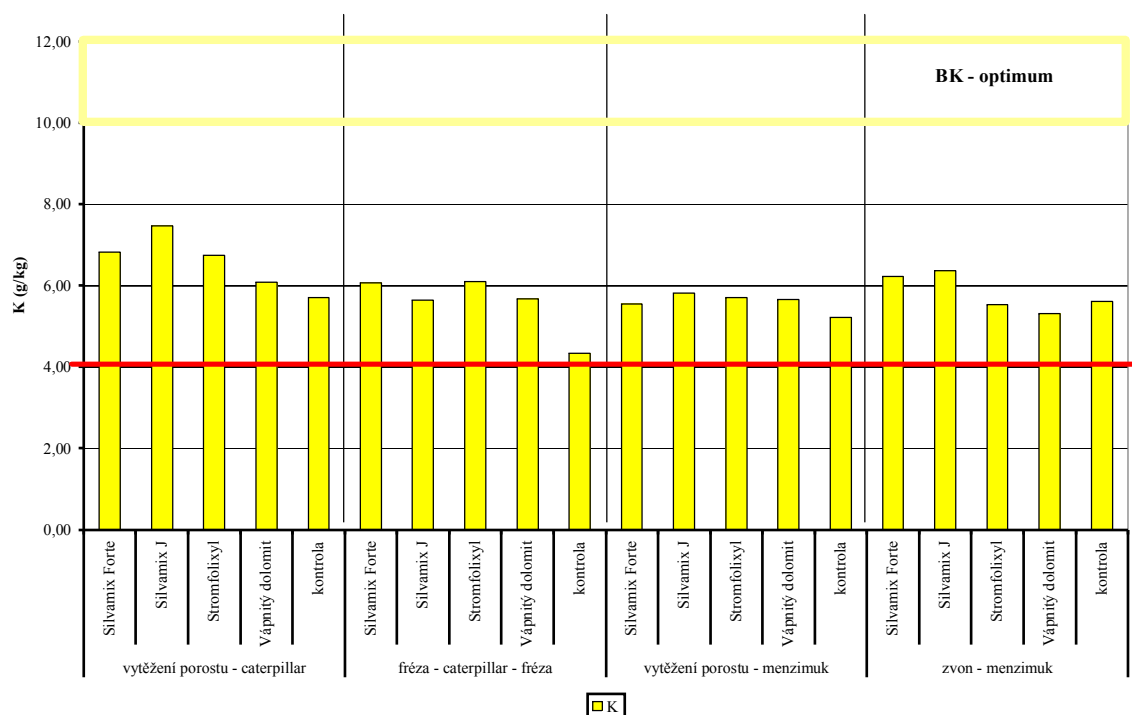
Projekt Grantové služby LČR

Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa

Silvamix R je nejvýznamnější hnojivo, které tento nedostatek eliminuje a draslíkatou výživu posiluje.



Graf: Obsah K v listech buku na lokalitě Špičák



Graf : Obsah K v listech buku na lokalitě Suchdol

Z analyzované série iontoměničů instalovaných na vytyčených lokalitách v období říjen 2005 – říjen 2006 vyplývá, že nejvíce celkového minerálního dusíku, jehož podstatnou část tvořil dusík amonný, bylo sorbováno ve variantě kontrolní a také po ošetření hnojivem

Stromfolixyl. Dusík nitrátový v rámci všech ošetření dané plochy tvořil maximálně 51,6 % (varianta Silvamix Forte). Ve variantách Silvamix R, Stromfolixyl a vápnitý dolomit se snižuje podíl nitrátové formy dusíku a zvyšuje podíl amonného dusíku v celkových sumách minerálního dusíku.

V tuto chvíli nejlepší hnojivo pro specifické substráty z rozpracovaných liniových valů Silvamix R je nutné ještě ověřit a porovnat i s ostatními variantami hnojení v delším časovém horizontu. Pro stimulaci výživy v juvenilním stadiu má dílčí bodové přihnojení svůj význam. V prostředí s vysokou hodnotou maximální sorpční kapacity (KVK) může výrazně posílit efektivní vývoj a odrůstání všech kultur.

Z krátkodobého sledování vlivů na specifickém stanovišti rozpracovaných valů nelze v současné době vyvodit objektivní závěry. Pro řešení revitalizačních procesů potvrzených věcnými a formovanými výstupy je nutné tato šetření provádět v delším časovém horizontu.

Závěry z aspektu biometrických charakteristik a zdravotního stavu kultur (prof. Mauer).

Obecně je třeba konstatovat, že tři roky po výsadbě není růst hodnocených dřevin jednoznačně ovlivňován pouze technologiemi zpracování valů, ale i povýsadbovým šokem (kvalita užitého sadebního materiálu a pečlivost výsadby) a poškozením zvěří a drobnými hlodavci. Současné způsoby ochrany proti škodám zvěří (nevhodné pletivo) a drobnými hlodavci jsou málo účinné.

Nebyl prokázán vliv velikosti vytvořené holé plochy na růst a stav nově vysázených kultur klenu a smrku. *Lépe odrůstají smrky z výškově malého sadebního materiálu.*

Úspěšné odrůstání bukových kultur na rozhrnutých valech v oblasti Krušných hor vyžaduje obnovu na plošně malých, mikroklimaticky chráněných holinách a důslednou ochranu proti škodám zvěří a drobnými hlodavci.

Výsadba buku do mezpruhu mezi nerozhrnutými valy není úspěšná.

Zatím nejlépe odrůstající dřevinou na rozhrnutých valech je javor klen.

V rámci zpracování dřevní hmoty se jeví technologie vytěžení stávajícího porostu před rozhrnutím valu jako nejvhodnější.

V rámci rozhrnutí tělesa organominerálních valů se jako nejvhodnější jeví technologie rozhrnutí valu menzimumem.

Jako nejvhodnější technologie zpracování organominerálních valů se jeví technologie vytěžení stávajícího porostu a rozhrnutí tělesa valu menzimumem, varianty této technologie, na obou lokalitách, u všech tří hodnocených dřevin, byly vždy mezi pěti nejlepšími technologiemi.

Na lokalitách s výše položenou hladinou podzemní vody není použití technologie rozhrnutí tělesa valu caterpillarem s následným užitím půdní frézy vhodné.

Vzhledem ke skutečnosti, že vliv technologií zpracování organominerálních valů (tvorba antropogenní půdy) na biometrické parametry se začne nejvíce projevovat za 4 až 5 let po rozhrnutí, je žádoucí ve sledování pokračovat.

5. DÍLČÍ RÁMCOVÁ SMĚRNICE REVITALIZACE LINIOVÝCH VALŮ KRUŠNÝCH HOR



(1) Porostní půdu, kterou tvoří pozemky s porosty náhradních dřevin a která byla v minulosti celoplošně skarifikována je při současném zalesňování cílovými dřevinami nutné kultivačně obnovit. Optimalizace spočívá ve vytvoření dostatečné vrstvy organominerální směsi z rozhrnutých valů o mocnosti minimálně 10 – 15 cm. Valy, které byly v minulosti rozfrézovány pouze do konvexních forem je třeba v současné době dopracovat.

(2) Pokud je to v současné době ještě možné, je nutné bezesbýtku vytvořit produktivní lesní pozemek na celé ploše skarifikovaných lesních půd. Jestliže nelze provést výše uvedenou revitalizaci v důsledku stávajících porostů s cílovou dřevinou skladbou pro HS 73, případně 77, je nutné, aby minimální humifikační vrstva horizontu H (měli) dosahovala cca 3 cm, a fermentační vrstva horizontu F (drti) cca 2 cm. S vrstvou opadu většinou jehličnatého pak tvoří minimální vrstvu nadložního surového humusu cca 5-6 cm. Tato vrstva musí být současně doplněna i horizontem A s běžnou hloubkou 4 – 5 cm.

(3) Při dodržení zásad maximální holiny holosečného hospodářského způsobu z aspektu její šíře a velikosti doporučené rámcovými směrnici bude prováděna půdní revitalizace na základě šachovnicového technologického postupu příčného rozhrnování liniových valů. To znamená vrátit organickou hmotu tam odkud byla původně skarifikována (shrnutá) do liniových valů. Šachovnicové uspořádání polí je potřebné z pohledu vytváření pouze malých holin a bezesbýtkového využití hmoty valů na veškerou plochu s celoplošnou přípravou půdy v minulosti. Jedno pole vzniká zpravidla příčným rozhrnutím částí dvou sousedních valů.



(4) Organominerální hmotu se svými dílčími půdními charakteristikami je nezbytné využít pro celoplošnou obnovu půdního prostředí bezesbýtku a v dostatečně hluboké aplikované vrstvě min. 10 -15 cm. Obnovní doba přeměny náhradních porostů při obmýtí 25 let by neměla z důvodu odrůstání stávajících porostů, zajištění kultur a z aspektu dostatečné ochrany překračovat 10 let. Přiřazení další paseky po zajištění kultury provádět v extrémních podmínkách 7. LVS 10+2 roky po těžbě, nebo po dosažení výšky 2 m. (Macků J., ÚHÚL Brandýs n. l.).

(5) Mírně rizikovou hodnotu C : N, zvláště pro listnaté dřeviny je nezbytné upravit bodovým dodatečně odzkoušeným tabletovaným hnojivem (prozatím Silvamix R).

(6) Pro revitalizaci valů bude při jejich rozhrnování využívána odzkoušená a neoptimálnější technologie: 1) Rozhrnování valů dozerem s radlicí s hladkým břitem v horní části konkávně



zakřivené. Rozhrnování liniových valů musí probíhat po vrstvách s jejich současným mísením. Dochází tak k optimální homogenizaci organominerálních frakcí obsažených ve valech a jejich dostatečnému promíchávání. 2) Rozházání se současným rozhrnováním valů bagrovou lžící menzimumem s dodržením technologického postupu, který zajišťuje optimální urovňování a zhutnění aplikované vrstvy. Pro revitalizaci jsou vhodné obě technologie. Podmínujícím kritériem je ekonomická rozvaha.

Ze všeobecného aspektu je využití Caterpillar DN5 efektivnější na stanovištích se soustředěnou pracovní plochou min. 12 - 15 ha cca 10 – 14 pracovních dnů.



(7) Na většině stanovišť je nutné před vlastním rozhrnutím valů rozštěpovat stávající porost ND. Ponechání hrubé štěpky z náhradních porostů v objemu cca 150 – 200 m³ (Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin ČR) velikost štěpky (40-70 cm x 4-7 cm) ve vrstvě rozhrnutých valů doplní a optimalizuje výživu pro celou jednu porostní generaci bez výraznějšího rizika dusíkaté fixace. Zbytek hmoty je možno využít na energetickou štěpku pro ČEZ. Potvrdila se technologie drcení stojících stromů prostřednictvím talířového adaptéru

na menzimumu SPEEDY SE122, případně jinou technologií při zachování výše uvedených kritérií, týkající se zejména velikosti štěpky.



(8) Rozhrnutím valů do urovnané povrchové vrstvy (cca 15 cm) vybranými technologickými postupy bude dosaženo navýšení maximální sorpční kapacity, která je schopna zajistit vysoce efektivní využití a sorpci živin z případně aplikovaných hnojiv a nadstandardně optimalizuje vodní režim v půdě a současně i retenční vodní kapacitu, která je v době klimatických excesů významným hydrolimitem pro optimální fylogenezi a zdravotní stav porostů nejen v juvenilním stádiu jejich vývoje.

(9) Smrk ztepilý vysazovat do rozhrnutých valů na plochách bez omezení jejich velikosti s maximální výškou sadebního materiálu do 35 cm, - ČSN 482115 - číselný znak 6 (výška nadzemní části 26 - 35 cm, min. tloušťka kořen. krčku 5 mm); krytokořenný sadební materiál - min. horní průměr 10 cm, min. výška obalu 10 cm. Nevhodný je sadební materiál - číselný znak 8.

Buk lesní aplikovat na plošně menších a okolním porostem krytých plochách (šířka max. 2 porostní výšky, délka max. 50 m). důsledně ze všech stran krytých rozhrnutých valech

7 LVS. Žádoucí „šachovnicovité“ rozhrnování valů. BK by měl být přednostně uplatněn při podsadbách PND a stávajících smrkových porostů. Javor klen uplatnit do rozhrnutých valů pouze s revitalizační vrstvou zeminy hlubokou min. 20 cm.

Buk lesní a javor klen - ČSN 482115 - číselný znak 7 (výška nadzemní části 36 - 50 cm, min. tloušťka kořen. krčku 6 mm); krytokořenný sadební materiál - min. horní průměr 8 cm, min. výška obalu 15 cm.

Sadební materiál musí splňovat i všechna další kritéria ČSN 482115. Pěstován by měl být v aklimatizačních školkách. Jednoznačně upřednostňovat reprodukční materiál (osivo) ze 7. LVS Velkou pozornost věnovat kvalitě sadby.). (Mauer O., MZLU LDF Brno).

(10) Při výsadbě listnatých dřevin zajistit důslednou ochranu proti škodám zvěří (různé oplocení) a drobnými hlodavci (pasti). (Mauer O., MZLU LDF Brno).

6. LITERATURA

Ardo J., Lambert N., Henzlík V., Rock B. N., 1997. Satellite-based estimations of coniferous forest cover changes: Krusne Hory, Czech Republic 1972-1989. *Ambio*, 26: 3, 158-166.

Ballard R., 1978. Effect of slash and soil removal on the productivity of second rotation radiata pine on a pumice soil. In: *N.Z.J. For.Science*, 8, 1978, č. 2, 248-258.

Ballard T., M., Hawkes B., C., 1989. Effects of burning and mechanical site preparation on growth and nutrition of planted white spruce. Inform. Rep. BC-X-309. Victoria, B.C., For.Canada, Pacif. and Yukon Region, *Pacif.For.Cent.* 1989, 19.

Binkley D., 1986. *Forest Nutrition Management*. J. Wiley & Sons, New York, 290.

Borůvka L., Kozák J., Drábek O., 1999. Species of Al ions in soils of North Bohemian mountains as related to selected soil characteristics. In: *Rostlinná výroba*, 45: 5, 229-236.

Bridges K. S., Jickells T. D., Davies T. D., Zeman Z., Hunová I., 2002. Aerosol, precipitation and cloud water chemistry observations on the Czech Krusne Hory plateau adjacent to a heavily industrialised valley. In: *Atmospheric-Environment*, 36: 2, 353-360.

Burger J.A., 1983. Physical impacts of harvesting and site preparation soil. In: *Maintaining Forest Site Productivity* Clemson, SC. In: *Soc. of Foresters* 1983, 3-11.

Burger J. A., Pritchett W. L., 1988. Site preparation effects on soil moisture and available nutrients in a pine plantation in the Florida flatwoods. In: *Forest Science*, 34, 1988, č. 1, 77-88.

Černý J., 1995. Recovery of acidified catchments in the extremely polluted Krusne Hory Mountains, Czech Republic. In: *Acid reign '95 Proceedings from the 5th International Conference on Acidic Deposition: Science and Policy*, Goteborg, Sweden, 26-30 June, 1995. *Water, Air, and Soil Pollution*, 85: 2, 589-594.

Dittmar C., Moravčík P., Podrázský V., Zech W., 1997. Diameter growth of healthy and declining beech (*Fagus sylvatica* L.) in North Bohemian Mountains. In: *Lesnictví - Forestry*, 43: 6, 259-268.

Fox T.R., Burger J. A., Kreh R. E., 1986. Effects of site preparation on nitrogen dynamics in the southern Piedmont. In: *Forest Ecol. and Mgmt.* 15, 1986, č. 4, 241-256

Fox, T.R., Morris L. A., Maimone R. A., 1989. The impact of windrowing on the productivity of rotation age loblolly pine plantation. In: *Proc. of the Fifth Bien. Sth. Silfic. Res. Conf.* Ed J.H. Miller. *Gen.Tech.Rep. SO-74*. New Orleans, LA, *Sth. Forest Esp. Stat.*, 133-140.

Kantor P., 1989. Meliorační účinky porostu náhradních dřevin. In: *Lesnictví*. 35: 12, 1047-1066.

- Jirgle J., 1983. Komplexní stanovisko k tzv. buldozerové (a bagrové) přípravě půdy v imisních oblastech. Ústí nad Labem, VÚLHM 1983, Závěrečná zpráva
- Karlsson A., 2002. Site preparation of abandoned fields and early establishment of planted small-sized seedlings of silver birch. In: *New-Forests*, 23: 2, 159-175.
- Kubelka, L., 1992. Zhodnocení vlivu chemické meliorace půd degradovaných imisemi v lesní oblasti Krušné hory za období 1973 – 1991, Závěrečná zpráva NAŽV d.ú. 06.91-04.92, Teplice, 69.
- Leps J., Michalek J., Rauch O., Uhlík P., 2000. Early succession on plots with the upper soil horizon removed. In: *Journal-of-Vegetation-Science*, 11: 2, 259-264.
- Morris, L.A., Pritchett W. L., Swindel B.F., 1983. Displacement of nutrients into windrows during site preparation of a flatwood forest. In: *Soil Science Amer. J.*, 47, 1983, č.3, 591-594.
- Murzajev V.N., 1977. Izmenenije vodoregulirujuščich i zaščitnych svojstv lesnyh počv pod vlijanijem lesokulturnykh rabot. In: *Povyšeniye produktivnosti lesov lesovodstvennymi prijemami*. Moskva, VNIILM 1977, s. 188-194
- Němeček, J., Novák, P., Macků, J., Vavříček, D., Vokoun, J. 2001: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: ČZU Praha, VÚMOP Praha, 2001. 78 s.
- Podrázský V., 2001. Humusové formy a jejich význam v revitalizaci lesních stanovišť v závislosti na vegetační stupňovitosti. In: *Sborník konference „Problematika lesnické typologie III“*, Kostelec nad Č.L., 9.-10. 1. 2001, 99 – 103.
- Podrázský V., Remeš J., Ulbrichová I., 2003. Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. - Czech Republic. In: *Journal-of-Forest-Science*, 49: 4, 141-147.
- Pysek P., 1992. Dominant species exchange during succession in reclaimed habitats: a case study from areas deforested by air pollution. In: *Forest-Ecology-and-Management*, 54: 1-4, 27-44.
- Slodičák M., 2001. Diferenciace pěstebních opatření v porostech náhradních dřevin. In: *Sborník konference Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách*, Teplice 1.3.2001, 151 – 162.
- Slodičák M., Novák J., 2003. Současný stav na stanovištích s celoplošnou dozorovou a bagrovou přípravou půdy z aspektu jejich revitalizace v 7. LVS Krušných hor. In: *Výsledky-lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2002. Sborník z celostátní konference*, Teplice, Czech Republic, 27.3.2003. 2003, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti; Jíloviště-Strnady, 9-24.
- Smolander A., Paavolainen L., Malkonen E., 2000. C and N transformations in forest soil after mounding for regeneration. In: *Forest-Ecology-and-Management*, 134: 1-3, 17-28.
- Swindel B. F., Conde L. F., Smith J. E., 1986. Windrowing affests early growth of slash pine. In: *Sth. J. Appl. For.*, 10, 1986, č. 2, 81-84.
- Šach F., 1991. Mechanická příprava pozemků pro zalesňování. In: *Lesnická práce*, 70, 1991, č. 4, 110-115.
- Šach F., 1992. Degradace lesních pozemků při mechanické přípravě pro zalesňování: ohrožení půdoochranné, vodohospodářské a produkční funkce lesů. In: *Forestry – Lesnictví*, 38, 1992, č. 2, 170-185.
- Šach F., 1995. Mechanizovaná příprava ploch pro obnovu lesa v Krušných horách a eroze půdy. In: *Práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti*, No. 80, 65-80.
- Vavříček D., 2001: Vývojová stadia a chemizmus půd z aspektu predispozice poškozování náhradních porostů Krušných hor a Lužické pískovcové pahorkatiny. In: *SLODIČÁK, M. -- NOVÁK, J. Výsledky a postupy výzkumu v imisní oblasti SV Krušnohoří*. 1. vyd. Teplice: Lesy České republiky, 2000, s. 33.
- Vavříček D., 2003. Současný stav na stanovištích s celoplošnou dozerovou a bagrovou přípravou půdy z aspektu jejich revitalizace v 7. LVS Krušných hor. In: *Sborník konference Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách*, VÚLHM 2003, Teplice, 9-24.

Projekt Grantové služby LČR

Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa

Vavříček, D., Šimková, P., 2003. Půdní prostředí porostních ploch s celoplošnou přípravou a možnosti jejich revitalizace. MZLU, Brno, 19.

Vera M., 1992. Effect of traditional soil management on the physical, chemical and biological properties of a vertic Trophumult in a cloudy mountain forest environment. In: Agronomia-Tropical-Maracay. 42: 1-2, 5-26.

Vitousek P.M., Matson P.A., 1985. Intensive harvesting and site preparation decrease soil nitrogen availability in young plantations. In: Sth.J.Appl.For., 9, 120-125.

Wilhite L.P., Mac Kee W.H., 1985. Site preparation and phosphorus application alter early growth of loblolly pine. In: Sth.J.Appl.For.,9,1985, 103-1