

## REDAKČNĚ UPRAVENÁ ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Projektu NAZV č. Q1112A168

**Stav lesních půd jako určující faktor vývoje zdravotního stavu, biodiverzity a naplňování produkčních i mimoprodukčních funkcí lesů (FORSOIL).**

Podprogram

Rozvoj venkova prostřednictvím udržitelného hospodaření s přírodními zdroji

Výzkumný směr

Vypracovat postupy hospodaření pro podporu požadovaných funkcí lesa a podporu biodiverzity lesních ekosystémů.

Doba řešení

01/2011 – 12/2014

Odpovědný řešitel

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

Příjemce – koordinátor

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
Strnady 136, 252 02 Jíloviště

OSNOVA

1. Organizace účastníků se projektu.....	3
2. Řešitelský tým.....	3
3. Náklady za projekt celkem.....	4
4. Zhodnocení průběhu řešení .....	4
5. Dosažené výsledky.....	5
5.1 Shrnutí hlavních poznatků.....	5
5.1.1 Hlavní zjištění ve vztahu k chemismu lesních půd.....	5
5.1.2 Hlavní zjištění ve vztahu k chemismu drobných lesních toků .....	7
5.1.3 Hlavní zjištění ve vztahu k depoziční zátěži .....	7
5.1.4 Hlavní zjištění ve vztahu ke kritickým zátěžím lesních ekosystémů.....	8
5.1.5 Hlavní zjištění – shrnutí .....	9
5.2 Doporučení pro praxi a další výzkum .....	9
6. Popis uplatnění výsledků.....	10

## 1. ORGANIZACE ÚČASTNÍCI SE PROJEKTU

**Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.** – příjemce koordinátor (1)  
Strnady 136, 252 02 Jíloviště. Statutární zástupce doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc., ředitel.

**Česká geologická služba** – příjemce (2)  
Klárov 3/131, 118 21 Praha 1. Statutární zástupce Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., ředitel.

**Český hydrometeorologický ústav** – příjemce (3)  
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4. Statutární zástupce Ing. Václav Dvořák, Ph.D., ředitel.

**Ekotoxa, s. r. o.** – příjemce (4)  
Fišova 403/7, 602 00 Brno – Černá pole. Statutární zástupce Ing. Jiří Vrubel, ředitel.

## 2. ŘEŠITELSKÝ TÝM

<sup>1</sup>Radek Novotný, odpovědný řešitel

<sup>3</sup>Iva Hůnová, řešitel za ČHMÚ

<sup>2</sup>Irena Skořepová, řešitel za ČGS

<sup>4</sup>Miloš Zapletal, řešitel za Ekotoxa, s. r. o.

Další osoby řešitelského týmu:

<sup>1</sup>Václav Buriánek, <sup>1</sup>Věra Fadrhonsová, <sup>1</sup>Lucie Jurkovská, <sup>1</sup>Kateřina Neudertová Hellebrandová, <sup>3</sup>Pavel Kurfürst, <sup>1</sup>Zora Lachmanová, <sup>3</sup>Jana Schovánková, <sup>3</sup>Petra Stoklasová, <sup>3</sup>Vojtěch Stráník, <sup>1</sup>Vít Šrámek, <sup>3</sup>Ondřej Vlček

Finančně byl projekt podpořen Vojenskými lesy a statky, s. p. Odborně a organizačně se za VLS, s. p. účastnil projektu Ing. Vladislav Seidl.

### 3. NÁKLADY ZA PROJEKT CELKEM

3.e.2.1. Náklady za projekt		
Ukazatel	Jednotka	Za celou dobu řešení
18. UZNANÉ NÁKLADY	tis. Kč	9 525
19. PŘÍMÉ NÁKLADY	tis. Kč	7 514
19.10 Osobní	tis. Kč	4 633
19.20 Pořízení HMM	tis. Kč	52
19.30 Pořízení NHMM	tis. Kč	91
19.40 Provoz a údržba HMM	tis. Kč	199
19.50 Služby	tis. Kč	1 548
19.60 Materiál	tis. Kč	193
19.70 Cestovné	tis. Kč	790
19.80 Specifické	tis. Kč	8
20. DOPLŇKOVÉ NÁKLADY	tis. Kč	1 993

3.e.2.2. Zdroje za projekt		
Ukazatel	Jednotka	Za celou dobu řešení
MZE18. DOTACE Z MZe	tis. Kč	6 809
VRATKA18. Vrácení dotace	tis. Kč	32
MZE19.10. Osobní z MZe	tis. Kč	3 675
NZF18. CELKEM Z NZF	tis. Kč	2 698
OVZ18. CELKEM Z OVZ	tis. Kč	0

### 4. ZHODNOCENÍ PRŮBĚHU ŘEŠENÍ

Čtyřletá práce přinesla řadu poznatků, které byly publikovány a také úspěšně představeny na řadě národních i mezinárodních seminářů a konferencí. Významným výstupem byla certifikace map překročení kritické zátěže, což je výstup mnohaleté časově a odborně velmi náročné práce. Dalšími praktickými výstupy projektu jsou certifikované metodiky. Prezentace výsledků probíhá také formou odborných a vědeckých článků a publikací, jejich seznam je v této zprávě uveden v kapitole 6.

Významnou formou prezentace dosažených výsledků je z hlediska dalšího rozvoje aktivit účast na seminářích a konferencích, případně na jednání pracovních skupin některých evropských programů (př. „EGU – European Geosciences Union – 2014“ ve Vídni, „Biogeomon 2014“ v Bayreuthu, „Air

Quality 2014: Science and Application“ v Garmisch-Partenkirchenu, „3rd Scientific conference of ICP Forests“ v Aténách, „Hydrologie malého povodí 2014“ v Praze, Konference „Ovzduší 2013“, jednání pracovních a expertních skupin programu ICP Forests, Evropského regionu Dunaj-Vltava, Air Pollution Workshop v Oregonu v USA a další). Tato forma prezentace výsledků přináší možnost o řešení problematice diskutovat s dalšími specialisty na domácí i mezinárodní scéně.

## 5. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

### 5.1 Shrnutí hlavních poznatků

#### 5.1.1 Hlavní zjištění ve vztahu k chemismu lesních půd

- Výsledky analýz ukazují převahu silně kyselých a středně kyselých půd. Velmi silně kyselé půdy na studovaných plochách nebyly zastoupeny a i v případě jednotlivých vzorků se velmi silně kyselé minerální horizonty objevily pouze v několika ojedinělých případech.
- Zásobenění lesních půd (ekosystémů) dusíkem je dobré, ve vztahu k předpokládanému deficitu tohoto prvku v minulosti ho lze považovat za zvýšené. Nižší poměr C/N v nadložním organickém horizontu nasvědčuje blízké saturaci ekosystémů dusíkem, obsahy tohoto prvku v minerálních horizontech však nevykazují extrémně vysoké hodnoty.
- Zásoba přístupných kationtů v lesních půdách je velmi nízká až kritická. Nejzávažnější je pravděpodobně u vápníku, jehož obsahy jsou na většině ploch pod hranicí kritického nedostatku a jehož celková zásoba (a tedy i možnost doplnění zvětráváním) je velmi nízká. Deficit tohoto prvku v asimilačních orgánech dřevin je ovšem dosud detekován spíše výjimečně. Důvodů pro tento zdánlivý rozpor je několik. Prvním je fyziologické působení vápníku v rostlinných pletivech. Zatímco hořčík a draslík mají významné fyziologické role (draslík řídí vodní provoz rostlin, hořčík je významnou součástí chlorofylu) a jejich nedostatek se projevuje barevnými změnami, vápník je především stavebním prvkem buněčné stěny. Jeho nedostatek se tedy projevuje spíše zpomalením či deformacemi růstu, než poklesem jeho obsahu v rostlinných pletivech. Na druhou stranu v půdě je vápník prvkem, který výrazným způsobem určuje její chemickou reakci a vlastnosti sorpčního komplexu. Z tohoto důvodu se nedostatek vápníku v půdním prostředí projeví spíše sníženou přístupností dalších bazických kationtů či fosforu, nežli jeho nedostatkem v listech rostlin. Vhodné by ovšem bylo i ověření v současné době používaných limitů nedostatku živin.
- Velmi nízké jsou také přístupné obsahy draslíku a hořčíku. U hořčíku jsou i v současnosti v některých oblastech pozorovány příznaky deficitu v asimilačních orgánech lesních dřevin s narušením zdravotního stavu porostů a jsou přijímána opatření k nápravě formou chemické meliorace lesních půd. Příznaky deficitu draslíku jsou zatím spíše výjimečné a jeho obsahy v asimilačních orgánech dřevin jsou spíše dobré, přestože řada půd vykazuje nedostatečné obsahy tohoto prvku v přístupné formě. U draslíku i hořčíku je v lesních půdách většinou dostatečná celková zásoba (respektive hodnoty pseudototálních obsahů stanovené v extraktu lučavkou královskou). Při snížené imisní zátěži a vhodném obhospodařování je tedy možné jejich postupné uvolňování do sorpčního komplexu. Rychlost zvětrávání dosud není dostatečně prostudována a je otázkou v jakém časovém horizontu lze tento pozitivní efekt očekávat.
- Nasycení sorpčního komplexu bázemi odpovídá výše uvedeným skutečnostem a na řadě lokalit je velmi nízké.

- Z dosažených výsledků vyplývá mj. zásadní význam vrstvy nadložního organického horizontu pro výživu současných i budoucích lesních porostů. V této vrstvě je obsaženo velké množství živin a při současném vážném nedostatku živin v povrchových minerálních horizontech to přináší řadu rizik. Uchování funkčního organického horizontu by mělo být zohledňováno při hospodaření v lesích i při dalších způsobech využívání lesních ekosystémů. Spoléhat při pěstování lesů pouze na živiny z nadložního organického horizontu je ovšem dlouhodobě i střednědobě neudržitelné. Tato skutečnost ukazuje na významnou roli chemických i biologických meliorací lesních půd pro zachování principu trvalé udržitelnosti lesního hospodářství.
- Lesní hospodářství obecně předpokládá a aktivně prosazuje trend zvyšování zastoupení listnatých dřevin zejména v nižších a středních vegetačních stupních (3-5). Při přeměně smrkových monokultur na smíšené či listnaté porosty je nutné počítat se změnou charakteru nadložního organického horizontu. Pod porosty s převahou listnáčů se obvykle vyskytují příznivější typy humusu (moder / mull), jejichž mocnost a zásoba živin je nižší než pod neopadavými jehličnany. Listnaté porosty mohou přispět k příznivějšímu koloběhu živin, které jsou v současné době v nadložním organickém horizontu poutány, při přeměně a obnově porostů je nutné volit takové postupy, které v daných podmínkách minimalizují riziko příliš rychlého rozkladu humusových látek.
- Vyhodnocení výsledků průzkumu půdních vlastností v rámci projektu BioSoil dokládá předpokládané rozdíly mezi odlišnými typologickými skupinami na úrovni ekologických řad i edafických kategorií. Živná ekologická řada má signifikantně lepší půdní vlastnosti než řada kyselá, edafická kategorie B příznivější podmínky než edafická kategorie K.
- Ukazuje se, že došlo k posunu absolutních hodnot půdních vlastností a to plošně, prakticky na celém území ČR. Edafickou kategorií B nelze již navzdory názvu považovat za bohatou. Zastoupení půd s nedostatkem vápníku se i zde pohybuje ve vysokých číslech – pro jednotlivé horizonty od 27 % do 45 %, a výrazný nedostatek hořčíku vykazuje polovina všech odebraných vzorků. V kategorii K zcela převládají půdy s extrémním nedostatkem vápníku, draslíku a hořčíku.
- Nejméně příznivá je situace u vápníku, jehož celkové obsahy v půdách jsou nízké a nedávají předpoklady pro doplnění sorpčního komplexu zvětráváním.
- Z hodnot nasycení sorpčního komplexu bázemi lze spekulativně usuzovat, že celý systém se za posledních čtyřicet let posunul prakticky o jednu trofickou úroveň níže. Tyto závěry do značné míry potvrzují i výsledky dalších půdních průzkumů.
- Současný stav lesních půd v řadě oblastí zřejmě nemůže garantovat dlouhodobou udržitelnost lesního hospodaření, respektive pokrýt ztráty živin vznikající odběrem biomasy – těžbou dřeva. Je otázkou, zda tyto ztráty mohou být nahrazeny současnými vstupy - zvětráváním a atmosférickou depozicí. S chemickou meliorací a citlivou volbou dřevinné skladby je každopádně nutno počítat v daleko větší míře, než to dosud bylo běžné.
- Velké riziko mohou představovat rozhodnutí, která jsou připravována na základě současného typologického systému s využitím „předpokládaných“ vlastností lesních půd, které ovšem neodpovídají skutečnosti. Jako typický případ je možno uvést např. využívání těžebních zbytků pro energetické účely, či pěstování rychle rostoucích dřevin bez doplnění živin do lesních půd kompenzačním hnojením. Tyto postupy je nutné přehodnotit a v podobných případech rozhodovat podle konkrétních dat pocházejících z recentních půdních průzkumů, nikoliv podle kategorií lesnické typologie. Pro lesnickou typologii jako takovou by bylo zřejmě vhodné přinejmenším upravit interpretaci jednotlivých kategorií.

Hodnoceny byly i dostupné údaje o chemismu půd na vybraných plochách intenzivního monitoringu, zastoupeny byly tři plochy smrkové a tři plochy bukové, zároveň se jednalo o dvojice ploch SM-BK

v nižší, střední a horské poloze (Želivka, Lazy, Švýcárna, Medlovice, Vseteč, Mísečky). Z tohoto hodnocení vyplynuly následující zjištění:

- Změny pH nejsou výrazné. Odlišnosti mohou být způsobeny variabilitou půdního prostředí, v souboru hodnocených ploch nelze vysledovat žádnou převládající tendenci vývoje této veličiny.
- Z přístupných bazických živin jsou v půdách zásoby draslíku relativně vyšší než zásoby vápníku a hořčíku – to platí pro smrkové i bukové porosty.
- Na plochách na půdně velmi příznivých stanovištích (Želivka – kambizem modální a Medlovice – kambizem pelická) jsou svrchní vrstvy půdy ochuzené o bazické kationty – to platí v případě smrkového i bukového porostu.
- Na plochách s méně příznivými půdními typy – kryptopodzolem (Lazy) a podzoly (Mísečky, Švýcárna) je celý půdní profil extrémně chudý na obsahy přístupného vápníku a hořčíku, opět bez ohledu na dřevinnou skladbu.
- Na ploše Vseteč (kambizem dystrická) je o přístupné bazické kationty výrazně ochuzen horizont hlavního prokořenění.
- Na ploše Želivka výsledky naznačují výrazné ochuzení spodních částí půdního horizontu v období let 1995 – 2010. Důvod není zřejmý.
- Prakticky na všech plochách výsledky naznačují další (výrazný) úbytek přístupných bazických kationtů z horních částí půdního profilu. U smrku je tento efekt patrný i ve středních částech půdního profilu až do hloubky cca 40 cm.

### 5.1.2 Hlavní zjištění ve vztahu k chemismu drobných lesních toků

- Na povodích v Beskydech je export  $S-SO_4^{2-}$  značně vyšší než depozice, což svědčí o silném vyplavování síry, která byla absorbována během minulých dekád. Z povodí Červík A (CA) a Červík B (CB) je odnos síry významně vyšší nežli měřená depozice také díky zdroji síry v podložních horninách. V povodí Pekelského potoka na Želivce (ZE) je export síry srovnatelný s depozicí na volné ploše.
- Vstupy dusíku (N) do povodí celkovou depozicí ve srážkách na volné ploše zůstávají stále relativně vysoké nad  $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . V horském povodí CB se vyskytly významně zvýšené koncentrace  $N-NO_3^-$  ( $>1 \text{ mg/l}^{-1}$ ) v odtoku během vegetačního období (dosahovaly i hodnot 2 mg/l a více) a export N převýšil vstupy.
- N status povodí ZE a CA byl střední, dostupnost minerálního N nepřesáhla nutriční potřeby vegetace a mikroorganismů, jelikož vyplavování N bylo několikanásobně nižší než vstupy N depozicí. V těchto povodích je malé riziko vyplavování  $N-NO_3^-$  do povrchových vod.
- I přes chronicky stále vysoké depozice dusíku, vstupy dusíku na povodí CB byly, kromě roku 2006, zadrženy nebo denitrifikovány v půdě. Byl zde pozorován statisticky významný pokles koncentrace  $N-NO_3^-$  v odtékající vodě svědčící o regeneraci lesního ekosystému.

### 5.1.3 Hlavní zjištění ve vztahu k depoziční zátěži

Kvantifikace atmosférické depozice dusíku je, na rozdíl např. od síry, velmi komplikovaným problémem. Na základě provedených analýz je ovšem zřejmé, že hodnota celkové atmosférické

depozice dusíku, je určitým způsobem podhodnocena a údaje, které jsou publikovány v pravidelných hodnoceních ČHMÚ jsou nižší než hodnoty skutečné. Odhad, o jak významné podhodnocení se jedná, je ovšem zatížen značnými, zatím nekvantifikovanými, nejistotami. Je však vysoce pravděpodobné, že hodnota celkové atmosférické depozice dusíku překračuje na naprosté většině zalesněného území ČR hodnotu  $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{r}^{-1}$ , která se udává jako kritická zátěž pro středoevropské lesy (Bobbink, Roelofs 1995). Touto problematikou je žádoucí se z hlediska praxe pro odhad možných negativních důsledků a zejména s cílem jejich omezení dále intenzivně zabývat a to ve třech základních směrech – druhové složení porostů, tlak na redukci emisí sloučenin dusíku a zpřesnění údajů používaných pro modelování.

Při dalším studiu této problematiky pokládáme, z hlediska stanovení celkové atmosférické depozice dusíku, za vhodné soustředit se zejména na následující:

- aplikovat novou verzi modelu CAMx se zpřesněnými emisemi na r. 2013 s cílem získat odhad depozice neměřených složek a porovnat ho s dosud získanými výsledky,
- využít výsledků modelu CMAQ používaného v Ústavu informatiky AV a porovnat s výsledky modelu CAMx ČHMÚ,
- podložit modelové výpočty alespoň indikativním měřením imisních koncentrací  $\text{NH}_3$  a  $\text{HNO}_3$  (g) ve venkovských oblastech,
- zabývat se příspěvkem horizontální depozice k celkové atmosférické depozici dusíku, za využití přímo měřených dat (Ústavu pro hydrodynamiku AV – pokud budou poskytnuta) a za použití modelových výpočtů.

#### 5.1.4 Hlavní zjištění ve vztahu ke kritickým zátěžím lesních ekosystémů

Určení hodnot empirických kritických zátěží dusíku pro lesní ekosystémy na území České republiky bylo prováděno ve vztahu k rozložení a druhové skladbě lesních ekosystémů, půdním typům a dalším charakteristikám, jako je vlhkost půdy, přístupnost bazických kationtů, rychlost dekompozice a intenzita obhospodařování. Na základě empirických kritických zátěží lze hodnotit lesní ekosystémy na území ČR jako relativně citlivé vůči depozičnímu vstupu oxidovaných a redukováných forem dusíku.

**I v případě výrazné redukce emisí oxidů dusíku a amoniaku lze předpokládat v budoucnosti překračování kritických zátěží atmosférickou depozicí dusíku na velkém území lesních ekosystémů v ČR.**

Toto konstatování vychází z faktu, že depoziční zátěž je v posledních cca 15 letech poměrně homogenní a nepodléhá skokovým ani jiným výrazným změnám. Proto i data podrobně zpracovaná a vyhodnocená např. pro roky 2007 nebo 2008 vypovídají dostatečně aktuálně o současné situaci.

Empirické kritické zátěže se pohybují v rozsahu hodnot 9 – 13 kg N ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup> u většiny typů lesních biotopů. O něco vyšší hodnoty empirických kritických zátěží N byly zjištěny u podmáčených typů lesních ekosystémů (16 – 23 kg N ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>) a u lesů se strmými svahy (horské typy ekosystémů, 12 – 20 kg N ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>). Naproti tomu suché bory nebo lužní lesy vykazují nižší hodnoty empirických kritických zátěží dusíku. Empirické kritické zátěže dusíku do značné míry závisejí na klimatických podmínkách dané lokality, na vlhkosti půdy a rychlostech odtoku vody z půdy.

Vzhledem k tomu, že dusík je významný především z hlediska výživy přizemní vegetace a lesních dřevin, je minimální hodnota rozsahu empirických kritických zátěží zpravidla stejná nebo velmi podobná jak u nitrofilních druhů rostlin, tak i u oligotrofních druhů. Tato minimální hodnota



představuje množství dusíku potřebného pro existenci daného druhu vegetace na dané lesní ploše. Rozdílná je však maximální hodnota rozsahu u výše jmenovaných rostlinných druhů. Zatím, co pokryvnost lesních ploch nitrofilní druhy přízemní vegetace narůstá se zvyšující se atmosférickou depozicí dusíku, pokryvnost lesních ploch oligotrofními druhy se zvyšující se atmosférickou depozicí výrazně klesá. K nárůstu nitrofilních druhů vegetace na lesních plochách významně přispívá také půdní dusík.

### 5.1.5 Hlavní zjištění – shrnutí

- Konstatujeme neuspokojivý stav lesních půd z hlediska obsahu základních bazických živin (Mg, Ca, K, P) a s tím spojeného poklesu nasycení sorpčního komplexu bázemi. Situaci považujeme za vážnou mimo jiné i z důvodu, že některá rozhodnutí v lesním hospodářství vycházejí z předpokladů o stavu lesních půd, které neodpovídají současné situaci.
- Měření depozic a chemismu vody v lesních ekosystémech ukazuje na schopnost lesa zpracovat zvýšený vstup dusíku. To je na jednu stranu dobré z hlediska kontaminace povrchových i podzemních vod, do kterých se díky tomu nedostává tolik dusíkatých látek. Alarmující je to však z pohledu zajištění vyvážené výživy dřevin – dusík je již na řadě lokalit v nadbytku v poměru k bazickým prvkům a tyto nůžky se nadále rozevírají.
- Skutečná depozice dusíku do lesních ekosystémů je velmi pravděpodobně vyšší, než stanovují používané modelové výpočty. O kolik, případně kolika-násobně nelze dosud s jistotou určit.
- Lesní ekosystémy jsou vystaveny zátěži dusíkem a celkovou aciditou, která překračuje hranici kritické zátěže. Od poloviny 90. let 20. století došlo k poklesu zátěže o desítky procent. Na druhou stranu jsou lesní ekosystémy postupně stále více dusíkem saturovány, a proto k překročení kritické zátěže v současnosti přispívají i nižší dávky látek.
- Daleko významnější je překračování kritické zátěže nutričního dusíku.
- Minerální vrstvy lesních půd jsou výrazně acidifikované i na původně příznivých stanovištích.
- Obsahy bazických prvků a fosforu nejsou v rovnováze s vysokou dostupností dusíku.

## 5.2 Doporučení pro praxi a další výzkum

Diskuse o možných opatřeních vedoucích ke zlepšení stavu lesních porostů a to s ohledem na plnění jejich produkčních i mimořádně významných mimoprodukčních funkcí by měla zahrnovat následující problematiku:

- Přístup k vápnění a hnojení lesních porostů. Není na čase přejít z přístupu „záchranného opatření v poslední chvíli“ k přístupu „kompenzační“ nebo „nápravné opatření“? Důvodem k položení této otázky je stav lesních půd zjištěný plošnými průzkumy, ať už se jedná o průzkum v rámci projektu BioSoil nebo o jiné plošné průzkumy zajišťované dalšími subjekty v ČR. V hospodářských lesích s vysokou produkcí dřevní hmoty je nutné současnou tendenci využívání těžebních zbytků doplnit i konceptem chemických meliorací doplňujících bazické prvky. Tato meliorace umožní udržet vyšší produkci biomasy, která je v současné době významně ovlivněna dostupností dusíku a zabránit saturaci ekosystémů.
- Přístup k vytváření smíšených porostů. Jde o nalezení vhodného způsobu smíšení, postupu obnovy, popř. přeměny současných porostů, i o nalezení vhodných kombinací dřevin tak, abychom nerezignovali na plnění produkční funkce lesa.

- Chráněná a bezzásahová území by měla být intenzivněji studována z hlediska koloběhu živin. Informace z tohoto typu „cíleného monitoringu“ spolu s výsledky z intenzivněji obhospodařovaných oblastí by měly poskytnout podklady pro hospodaření v regionech, kde je nutné skloubit zájmy ochrany přírody s produkční funkcí lesů.
- Zpřesnění modelových výpočtů. Studie provedené v rámci projektu FORSOIL ukázaly na možné podhodnocování dat o vstupu dusíku do lesních ekosystémů. Máme-li mít k dispozici správné vstupní údaje pro rozhodování o koncepci lesního hospodářství, je nezbytné vyřešit jejich získání.
- Snížení vstupu dusíku a dalších okyselujících látek do lesních ekosystémů. Kyselá depozice a saturace prostředí dusíkem není omezena pouze na ekosystém lesa, týká se i dalších typů ekosystémů. Jde o širokou mezirezortní diskuzi o tom, jak účinně omezit produkci látek, které po vstupu do ekosystémů přispívají k jejich nestabilitě.

## 6. POPIS UPLATNĚNÍ VÝSLEDKŮ

Prakticky směřované výstupy (metodiky a odborné mapy) našly a najdou uplatnění ve státní správě, při výuce na školách různého stupně, při plánování lesnických opatření i mezi vlastníky a správci lesa. V průběhu řešení projektu byly certifikovány čtyři specializované mapy s odborným obsahem a tři metodiky pro praxi.

V následujícím souhrnu jsou uvedeny všechny výstupy, kterých bylo v průběhu řešení projektu dosaženo. Zahrnuty jsou výše uvedené specializované mapy a odborné metodiky pro praxi, vědecké a odborné články a také příspěvky prezentované na seminářích a konferencích na národní i mezinárodní úrovni. Celkem je zde uvedeno 22 výstupů, řazeny jsou v abecedním pořádku podle autora.

Buriánek, V., Novotný, P., Frýdl, J., Čáp, J., Dostál, J. (2013): Metodické postupy hodnocení přízemní vegetace v lesních ekosystémech. **Certifikovaná metodika**, Lesnický průvodce č. 4: 36 s.

Buriánek, V., Novotný, R., Hellebrandová, K., Šrámek, V. (2013): Ground vegetation as an important factor in the biodiversity of forest ecosystems and its evaluation in regard to nitrogen deposition. *Journal of Forest Science* **59 (6)**: 238-252.

Hůnová, I. (2014): Trends in Atmospheric Deposition Fluxes over Czech Forests. 8<sup>th</sup> International Symposium on Ecosystem Behaviour BIOGEOMON 2014, Bayreuth, SRN, 13.–17.7.2014.

Hůnová, I., Maznová, J., Kurfürst, P. (2014): Trends in atmospheric deposition fluxes of sulphur and nitrogen in Czech forests. *Environmental Pollution* **184**: 668-675.

Hůnová I., Stoklasová P., Kurfürst P., Vlček O., Schováňková J. (2014): Atmosférická depozice dusíku – do jaké míry ji umíme spolehlivě kvantifikovat? In: Hydrologie malého povodí 2014 (Brych K., Tesař M., eds.). Sborník konference. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha. ISBN 978-80-02-02525-2, pp. 156–159.

Hůnová I., Stoklasová P., Kurfürst P., Vlček O., Schováňková J. (2014): Atmospheric deposition of nitrogen over Czech forests: refinement of estimation of dry deposition for unmeasured nitrogen species. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 16, EGU2014-14292-1, 2014. EGU General Assembly 2014.

Lachmanová, Z., Neudertová Hellebrandová, K., Vícha, Z. (2014): Impacts of sulphur and nitrogen deposition on surface water chemistry: Long-term monitoring in small forested catchments In: Hydrologie malého povodí 2014 (Brych K., Tesař M., eds.). Sborník konference. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha. ISBN 978-80-02-02525-2, pp. 281–286.

Neudertová Hellebrandová, K., Novotný, R., Zapletal, M., Skořepová, I., Chroust, P. (2013): Překročení kritických zátěží acidity celkovou potenciální kyselou depozicí síry a dusíku na území lesních ekosystémů České republiky v roce 1994. **Specializovaná mapa s odborným obsahem.**

Neudertová Hellebrandová, K., Novotný, R., Zapletal, M., Skořepová, I., Chroust, P., Hůnová, I. (2013): Překročení kritických zátěží acidity celkovou potenciální kyselou depozicí síry a dusíku na území lesních ekosystémů České republiky v roce 2007. **Specializovaná mapa s odborným obsahem.**

Neudertová Hellebrandová, K., Novotný, R., Zapletal, M., Skořepová, I., Chroust, P. (2013): Překročení kritických zátěží nutričního dusíku celkovou depozicí dusíku na území lesních ekosystémů České republiky v roce 1994. **Specializovaná mapa s odborným obsahem.**

Neudertová Hellebrandová, K., Novotný, R., Zapletal, M., Skořepová, I., Chroust, P., Hůnová, I. (2013): Překročení kritických zátěží nutričního dusíku celkovou depozicí dusíku na území lesních ekosystémů České republiky v roce 2007. **Specializovaná mapa s odborným obsahem.**

Skořepová, I., Lachmanová, Z., Šrámek, V., Novotný, R., Vejputková, M., Fadrhonsová, V., Lomský, B., Češka, P., Chroust, P., Hellebrandová, K., Skořepa, J., Štěpánová, M. Hůnová, I., Maznová, J., Fottová, D., Zapletal, M., Buriánek, V. (2013): Critical limits and loads of cadmium, lead, and mercury and their exceedances in forest soils of the Czech Republic. Poster presented at the 23-rd CCE Workshop α 29-th Task Force meeting of the ICP Modelling and Mapping, Aarhus University, 8 – 11 April, 2013, Copenhagen, Denmark. [http://wge-cce.org/Activities/Workshops/Past\\_workshops/Denmark\\_2013](http://wge-cce.org/Activities/Workshops/Past_workshops/Denmark_2013) or [http://icpmapping.org/Activities/Past\\_meetings/Denmark\\_2013](http://icpmapping.org/Activities/Past_meetings/Denmark_2013).

Skořepová, I., Buriánek, V., Lachmanová, Z., Šrámek, V., Novotný, R., Vejputková, M., Fadrhonsová, V., Lomský, B., Češka, P., Chroust, P., Hellebrandová, K., Skořepa, J., Štěpánová, M. Hůnová, I., Maznová, J., Fottová, D., Zapletal, M. (2013): The assessment of empirical critical loads for nitrogen with use of nitrophilous vegetation species occurrence in some forest biotopes in the Czech Republic. Poster presented at the 23-rd CCE Workshop α 29-th Task Force meeting of the ICP Modelling and Mapping, Aarhus University, 8 – 11 April, 2013, Copenhagen, Denmark. [http://wge-cce.org/Activities/Workshops/Past\\_workshops/Denmark\\_2013](http://wge-cce.org/Activities/Workshops/Past_workshops/Denmark_2013) or [http://icpmapping.org/Activities/Past\\_meetings/Denmark\\_2013](http://icpmapping.org/Activities/Past_meetings/Denmark_2013).

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L. (2014): Kontroly aplikací vápnění v lesních porostech. **Certifikovaná metodika**, Lesnický průvodce č. 6/2014. VÚLHM, 30 pp.

Šrámek, V., Fadrhonsová, V., Jurkovská, L. (2014): Metodika výběru ploch pro vápnění lesních půd. **Certifikovaná metodika**, Lesnický průvodce č. 7/2014. VÚLHM, 32 pp.

Šrámek, V., Lomský, B., Novotný, R. (2013): Vývoj zdravotního stavu a minerální výživy smrkových mlazin v Jizerských horách v období snižování imisní zátěže. (Changes in the health state and nutrition level of young forest stands in the Jizera Mts. (Jizerské hory, Czech Republic) during decrease of air pollution load. *Zprávy lesnického výzkumu* **58 (1)**: 66-77.

Šrámek, V., Vortelová, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová, K. (2013): Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektu EU „BIOSOIL“.

(Forest soil chemistry in relation to the forest site classification categories used in the Czech Republic – results of the EU “BIOSOIL” forest soil monitoring project. *Zprávy lesnického výzkumu* **58 (4)**: 314-323.

Šrámek, V, Vortelová, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová, K. (2011): Výsledky výzkumu lesních půd v rámci programu Biosoil v České republice - zajištění výživy dřevin základními živinami. In: Sobocká, J. (ed.). 2011. Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pod. Monografia. VÚPOP Bratislava, 335 s., ISBN 978-80-89128-90-7.

Vícha, Z., Lachmanová, Z., Neudertová Hellebrandová, K. (2014): 60 let lesnicko-hydrologického výzkumu v Moravskoslezských Beskydech (1953-2013) In: Hydrologie malého povodí 2014 (Brych K., Tesař M., eds.). Sborník konference. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha. ISBN 978-80-02-02525-2, pp. 551–557.

Zapletal, M., Chroust, P. (2013): Ammonia dry deposition in the vicinity of the dairy farms and its impact on semi natural ecosystem using critical loads. Air Pollution Workshop, Portland, Oregon, USA, 24. – 27. 7. 2013.

Zapletal, M., Chroust, P. (2013): Modelování prostorové distribuce depozice síry a dusíku pro vyhodnocení překročení kritických zátěží acidity a dusíku na území lesních ekosystémů České republiky. *Program a sborník konference Ovzduší 2013*, Brno, duben 2013: 196-199.

Zapletal, M., Chroust, P. (2014): Imisní koncentrace a suchá depozice amoniaku v okolí zemědělského podniku. *Meteorologické zprávy*, **67 (2)**: 41-47.