

Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice

v rámci programu ICP Forests a navazujících projektů

Data do roku 2018



*Monitoring of forest condition in the Czech Republic
in frame of ICP Forests programme and follow-up projects*

Data to 2018

Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice

v rámci programu ICP Forests a navazujících projektů

Data do roku 2018

*Monitoring of forest condition in the Czech Republic
in frame of ICP Forests programme and follow-up projects*

Data to 2018



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

Editor / *Editor*: Vejpustková Monika

Autoři / *Authors*: Buriánek Václav, Čihák Tomáš, Fabiánek Petr, Fadrhonsová Věra, Neudertová-Hellebrandová Kateřina, Novotný Radek, Šrámek Vít, Vejpustková Monika

Foto / *Photos*: Fabiánek Petr, Fadrhonsová Věra, Novotný Radek, Vejpustková Monika

Citace / *Citation*: Vejpustková M. (ed.) 2019: Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice v rámci programu ICP Forests a navazujících projektů. Data do roku 2018 [Monitoring of forest condition in the Czech Republic in frame of ICP Forests programme and follow-up projects. Data to 2018]. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2019, 92 s.

Jazyková redakce /
Language edition: Mirka Valentová

Technická redakce /
Technical edition: Klára Šimerová

Náklad /
Number of copies: 300

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-191-8

OBSAH / CONTENT

1 ÚVOD / INTRODUCTION	5
2 PLOŠNÝ MONITORING ZDRAVOTNÍHO STAVU LESA V SYSTEMATICKÉ SÍTI PLOCH (ÚROVEŇ I) / MONITORING OF FOREST CONDITION IN THE LARGE-SCALE SYSTEMATIC NETWORK (LEVEL I)	7
3 INTENZIVNÍ MONITORING LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ (ÚROVEŇ II) INTENSIVE MONITORING OF FOREST ECOSYSTEMS (LEVEL II)	13
3.1 Základní charakteristika / Basic characteristics	13
3.2 Vitalita a adaptace lesních porostů / Vitality and adaptation of forest stands	15
3.2.1 Zdravotní stav korun / Crown condition survey	15
3.2.2 Růst a přírůst / Growth and yield	21
3.2.3 Fenologie / Phenology	29
3.2.4 Přízemní vegetace / Ground vegetation	33
3.2.5 Meteorologie / Meteorology	43
3.3 Cykly živin a kritické zátěže / Nutrient cycling and critical loads	48
3.3.1 Depozice / Deposition	49
3.3.2 Půdní voda / Soil solution	55
3.3.3 Chemismus půd / Analysis of soil	61
3.3.4 Listové analýzy / Foliar analysis	71
3.3.5 Opad / Litterfall	80
4 LITERATURA / REFERENCES	89
5 PUBLIKOVANÉ VĚDECKÉ PRÁCE VYUŽÍVAJÍCÍ DATA Z MONITORINGU ICP FORESTS V ČESKÉ REPUBLICE (2009–2019) / PUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS USING DATA FROM ICP FORESTS MONITORING IN THE CZECH REPUBLIC (2009–2019)	91

1 ÚVOD / INTRODUCTION

Již v roce 1985 byl založen Program ICP Forests – celým názvem „International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests“ – v rámci pracovní skupiny zaměřené na důsledky znečištění ovzduší (WGE – Working Group on Effects) pod hlavičkou Konvence UNECE o dálkovém přenosu znečištění přes hranice států (CLRTAP). Byl jedním z několika programů, které se věnovaly působení škodlivin na různé části ekosystémů (ICP Waters, ICP Vegetation, ICP Integrated Monitoring), technické stavby a památky (ICP Materials) i zpracování dat (ICP Modelling). Stav lesů ve střední Evropě byl v té době výrazným mementem toho, že stav ovzduší vážně ohrožuje přírodní ekosystémy i lidské životy. I přesto byl fakt, že se podařilo založit jednotnou síť pro sledování stavu lesů bez ohledu na železnou oponu, která rozdělovala kontinent, malým zázrakem.

Celý koncept programu ICP Forests prověřila historie. Dnes, více než po třiceti letech, se ukazuje, že byl postaven na velmi solidních základech a že i v době téměř neomezených možností získávání informací z leteckých a družicových snímků má plošný pozemní monitoring své místo. Svým současným rozsahem (42 spolupracujících zemí, přes 6000 ploch systematického monitoringu a zhruba 500 ploch intenzivního monitoringu lesních ekosystémů) je nejrozsáhlejší dlouhodobou sítí monitoringu na světě. Program je stále primárně zaměřen na problematiku znečištění ovzduší. Koncentrace oxidu siřičitého a oxidů dusíku v ovzduší sice od poslední dekády minulého století výrazně poklesly, stále se však potýkáme s překračováním kritických zátěží nutričního dusíku a v menší míře i acidity, historickou zátěží lesních půd, lokálně vysokými koncentrace-

mi ozonu a v poslední době přitahuje pozornost i problematika těžkých kovů v ekosystémech. Informace z monitoringu jsou pravidelně předávány WGE a jsou využívány i pro národní hlášení podle směrnice EU 2016/2284 „O snížení národních emisí některých látek znečišťujících ovzduší...“. Informace o stavu lesů lze použít i v řadě dalších oblastí, jako je výzkum chování ekosystémů v období změny klimatu, sledování šíření patogenů či změn v přízemní vegetaci lesních porostů v důsledku změn hospodaření. Data z programu jsou v současné době využívána při řešení 46 mezinárodních výzkumných projektů a v celé řadě národních studií zaměřených na nejrůznější témata týkající se lesního hospodářství a lesních ekosystémů.

Stejně jako jiné rozsáhlé infrastruktury, čelí i program ICP Forests v současné době novým výzvám. Pomineme-li setrvalý boj o udržení dostatečné harmonizace a rozvoje metod při neexistenci jednotného zdroje financování (program je plně finančně zajišťován jednotlivými účastnickými zeměmi), patří mezi hlavní aktuální témata zvyšující se variabilita a potřeba obnovy části ploch intenzivního monitoringu a také hodnocení stavu lesa v případě rozsáhlých plošných těžeb – např. v důsledku probíhající kůrovcové kalamity. O současném stavu se mnohé dozvíte z této publikace. Na zjištění, jak program ICP Forests přispěje k naplnění informační potřeby lesního hospodářství a dalších oborů v nastávajícím období, které zřejmě bude pro celé odvětví velmi turbulentní, je nutné ještě několik let počkat. Doufáme nicméně, že se nám podaří vyrovnat se s touto situací se ctí a že i následující zpráva o činnosti programu ICP Forests bude moci konstatovat jeho zásadní význam v evropském i národním kontextu.

doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D.

národní koordinátor programu ICP Forests

2

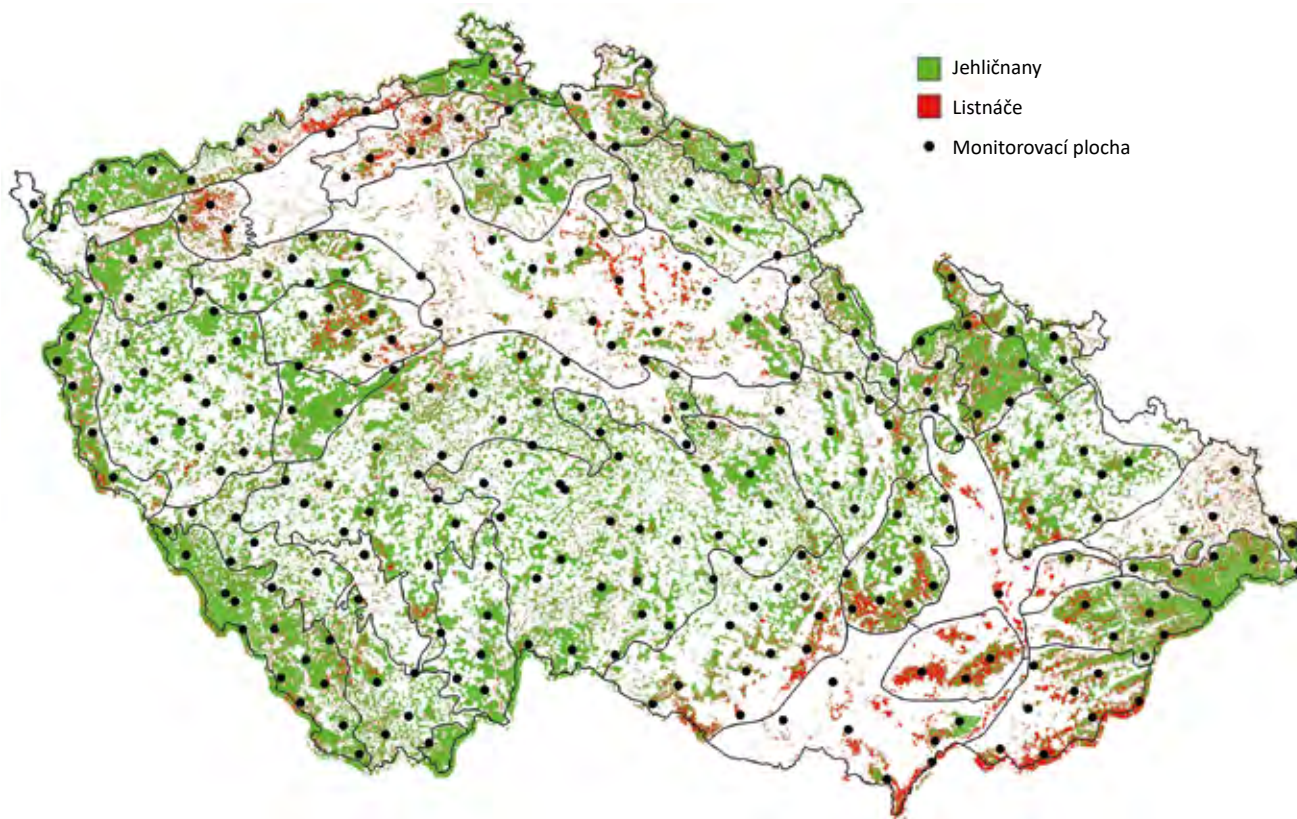
PLOŠNÝ MONITORING ZDRAVOTNÍHO STAVU LESA V SYSTEMATICKÉ SÍTI PLOCH (ÚROVEŇ I) / MONITORING OF FOREST CONDITION IN THE LARGE-SCALE SYSTEMATIC NETWORK (LEVEL I)

Zdravotní stav lesa je systematicky sledován na celém území České republiky v rámci mezinárodního programu ICP Forests již od roku 1986. Tento program představuje jeden z nejdůležitějších evropských systémů kontroly lesních ekosystémů. Snaha o důsledné a koordinované monitorování stavu lesů na evropské úrovni byla vyvolána prudkým zhoršením zdravotního stavu lesa v evropských zemích na počátku osmdesátých let jako následku výrazného dlouhodobého škodlivého účinku znečištění ovzduší. Úroveň I tohoto programu je důležitá pro získávání informací o prostorovém a časovém vývoji stavu lesa v evropském měřítku.

V současné době se v České republice provádí pravidelné šetření stavu lesa v systematické síti (tzv. I. úroveň) programu ICP Forests na monitorovacích plochách základní sítě 16×16 km a vybraných plochách ze sítě 8×8 km v celkovém počtu 306 ploch (obr. 2.1). Monitorovací plochy jsou rozmístěny rovnoměrně podle lesnatosti po celém území. Plochy jsou umístěny v lesních porostech tak, aby dobře charakterizovaly dané stanovištní a porostní podmínky. V nadmořských výškách od 150 m do 1100 m se hodnotí každým rokem více jak 10 tisíc stromů, reprezentujících 28 druhů lesních dřevin v různých věkových třídách.

Na každé monitorovací ploše jsou zjišťovány základní stanovištní a porostní charakteristiky: zeměpisné souřadnice, nadmořská výška, orientace ke světovým stranám, dostupnost vody, věk, zastoupení dřevin aj. V pravidelných intervalech (1–5 let) se provádí tato odborná šetření: hodnocení zdravotního stavu (defoliace a diskolorace koruny, biotické a abiotické poškození celého stromu), zjišťování sociálního postavení a hodnocení přízemní vegetace. V nepravidelných intervalech se jako doplňující šetření provádí dendrometrická měření, letokruhové analýzy, listové a půdní analýzy.

Zdravotní stav stromů je charakterizován především stupněm defoliace, která je definována jako relativní ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání se zdravým stromem, rostoucím ve stejných porostních a stanovištních podmínkách. Je to ztráta, která je způsobena celou řadou škodlivých faktorů biotického a abiotického původu, především však vlivem nepříznivých změn prostředí lesních ekosystémů, jako důsledku dlouhodobého a nadměrného znečištění ovzduší různými škodlivinami (SO_2 , NO_x , NH_3 , prachové částice aj.). Defoliace se vyjadřuje procenticky v intervalech po 5 %.



Obr. 2.1: Monitorovací plochy I. úrovně ICP Forests v České republice. / Forest coverage and monitoring plots of Level I.

Vývoj defoliace u jehličnanů a listnáčů

U hospodářsky nejvýznamnějších jehličnatých druhů je vývoj defoliace u porostů starších než 59 let ve sledovaném období 1986–2018 charakterizován výrazně odlišnou dynamikou. V průběhu konce osmdesátých let došlo k prudkému nárůstu defoliace, v následujícím období devadesátých let vzestup defoliace pokračoval, ale již nebyl tak výrazný, a po roce 2000 následovaly jen velmi mírné změny. Výjimku tvoří zastoupení třídy defoliace 3, resp. 4, které od roku 2000 pozvolna stoupá a od roku 2015 je nárůst zastoupení těchto tříd výrazný (obr. 2.4). V období 1986–2018 dosáhla průměrná hodnota defoliace smrku a borovice výrazného kulminačního bodu v roce 1992. Následovala stagnace, v roce 1996 průměrná defoliace těchto dřevin opět stoupla a dosáhla maximální hodnoty (smrk 33,9 %, borovice 38,3 %). V dalších letech následoval pokles a počínaje rokem 1999 defoliace velmi mírně stoupala až do roku 2009. V následujících letech dochází u smrku k mírnému poklesu a stagnaci defoliace, od roku 2015 defoliace opět mírně stoupá. U borovice pokračuje dlouhodobý mírný nárůst defoliace se stoupajícím zastoupením defoliace větší než 60 %.

U listnáčů stejné věkové kategorie (porosty starší než 59 let) je dlouhodobý vývoj defoliace v porovnání s jehličnany odlišný. Ve sledovaném období 1991–2018 dosáhla defoliace listnáčů

nejvyšší úroveň v roce 1993 (průměrná defoliace dubu 43,0 % a buku 22,5 %), v dalších letech klesala až na nejnižší úroveň v roce 1998 (průměrná defoliace dubu 27,8 % a buku 14,6 %). Následoval zřetelný vzestup defoliace do roku 2000. V dalším období až do roku 2011 defoliace starších listnáčů velmi mírně stoupá, v roce 2012 dochází k mírnému zlepšení a dále až do roku 2018 opět k mírnému nárůstu až stagnaci defoliace (obr. 2.4). Mezi jednotlivými druhy jsou výrazné rozdíly. Dub má z pohledu dlouhodobého vývoje větší rozkolísanost a vyšší úroveň defoliace než buk.

Mladší porosty (do 59 let) jehličnatých i listnatých dřevin dosahují v porovnání se staršími porosty všeobecně nižších hodnot defoliace. Nejvýraznější je tento rozdíl u smrku, a naopak nejméně výrazný je u borovice. Mladší jehličnany vykazují v dlouhodobém trendu nižší defoliaci než porosty mladších listnáčů. U starších porostů (starších než 59 let) je toto srovnání opačné, starší jehličnany mají výrazně vyšší defoliaci než porosty starších listnáčů (obr. 2.5). Borovice má u obou věkových kategorií zásadní podíl na vyšším procentu defoliace za skupinu jehličnanů.

V období let 1998–2008 defoliace (zastoupení třídy 2–4, defoliace >25–100 %) u mladších jehličnanů mírně stoupala, od roku 2009 ale zřetelně klesala (zastoupení třídy 2–4 pokleslo



25 %



60 %

Obr. 2.2: Defoliace modřinu. / Larch defoliation.

z 34,3 % v roce 2008 na 23,2 % v roce 2011 a současně zastoupení třídy 0, defoliace 0–10 %, stouplo z 31,7 % v roce 2008 na 48,0 % v roce 2011). Počínaje rokem 2012 se tento pozitivní trend u mladších jehličnanů zastavil a dochází až do roku 2018 k velmi mírnému postupnému zhoršení defoliace. U mladších listnáčů byl ve stejném období dlouhodobý pokles zastoupení třídy 0 (defoliace 0–10 %) výraznější, z 53,3 % v roce 1998 pokleslo na 17,7 % v roce 2008. Počínaje rokem 2009 až do roku 2014 defoliace klesá, tato příznivá změna má však rozkolísané meziroční hodnoty. Od roku 2015 defoliace mladších listnáčů opět velmi mírně stoupá (obr. 2.5).

Výsledky sledování defoliace v roce 2018

Také v tomto roce pokračovala zvýšená mortalita lesních dřevin jako důsledek nepříznivého vývoje klimatu (vysoké teploty, nerovnoměrně rozložené srážky) během vegetačního období, s ním spojeného šíření různých biotických škůdců a také v důsledku působení bořivého větru. Pokračoval také nárůst zastoupení stromů se silnou defoliací (třída 3) u většiny jehličnatých i listnatých druhů u obou věkových kategorií. V důsledku kůrovcové kalamity vznikly rozsáhlé holiny především na severní Moravě, které zasáhly také i několik monitorovacích ploch. Vysoký byl i nadále výskyt usychající borovice následně

napadené různými biotickými škůdci ve středních a nižších polohách. V teplejších oblastech byly ve zvýšené míře napadeny listnaté porosty listožravým hmyzem a u porostů jasanu (*Fraxinus excelsior*) se vyskytlo poměrně vysoké chřadnutí (*Chalara fraxinea*).

U jehličnanů starší věkové kategorie (porosty starší než 59 let) nedošlo v tomto roce v porovnání s minulým rokem k žádným výrazným změnám ve vývoji celkové defoliace. Došlo pouze k mírnému zvýšení defoliace u borovice (*Pinus sylvestris*), procentické zastoupení defoliace ve třídě 3 stouplo z 13,3 % v roce 2017 na 17,6 % v roce 2018 při současném poklesu zastoupení ve třídách 1 a 2 (obr. 2.6). Podobně se mírně zvýšila defoliace u modřínu (*Larix decidua*), kde procentické zastoupení defoliace ve třídě 2 stouplo ze 71,8 % v roce 2017 na 79,5 % v roce 2018 při současném poklesu zastoupení ve třídě 1. U mladších jehličnanů také nedošlo k žádným výrazným změnám, pouze došlo k mírnému zlepšení u modřínu, procentické zastoupení defoliace ve třídě 0 stouplo z 13,2 % v roce 2017 na 20,6 % v roce 2018 při současném poklesu zastoupení ve třídách 1 a 2, a také u jedle (*Abies alba*), kde zastoupení defoliace ve třídě 1 stouplo z 57,2 % v roce 2017 na 65,6 % v roce 2018 při současném poklesu zastoupení ve třídě 2. U listnáčů obou věkových kategorií došlo k velmi mírnému zhoršení, kdy se zvýšilo zastoupení defoliace ve třídě 2 při poklesu zastoupení ve třídě 1. Výraznější zhoršení nastalo u starších porostů dubu



45 %

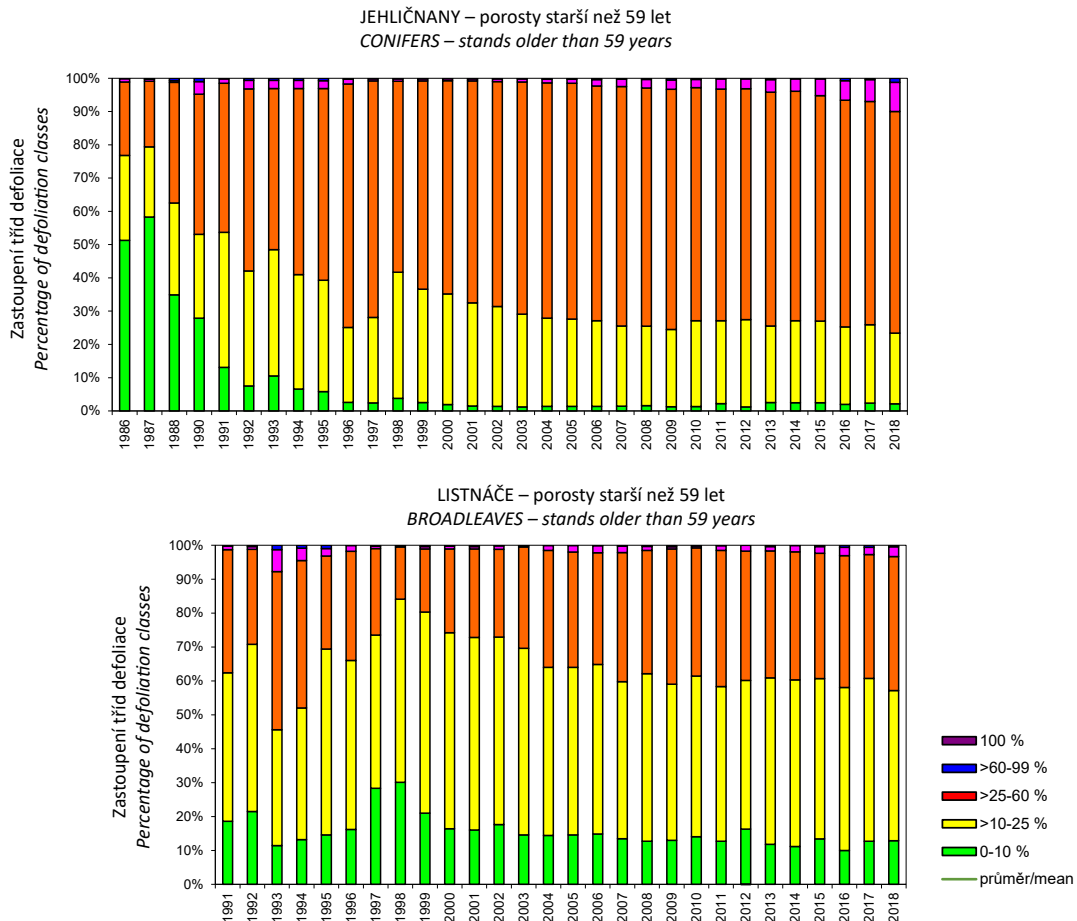


75 %

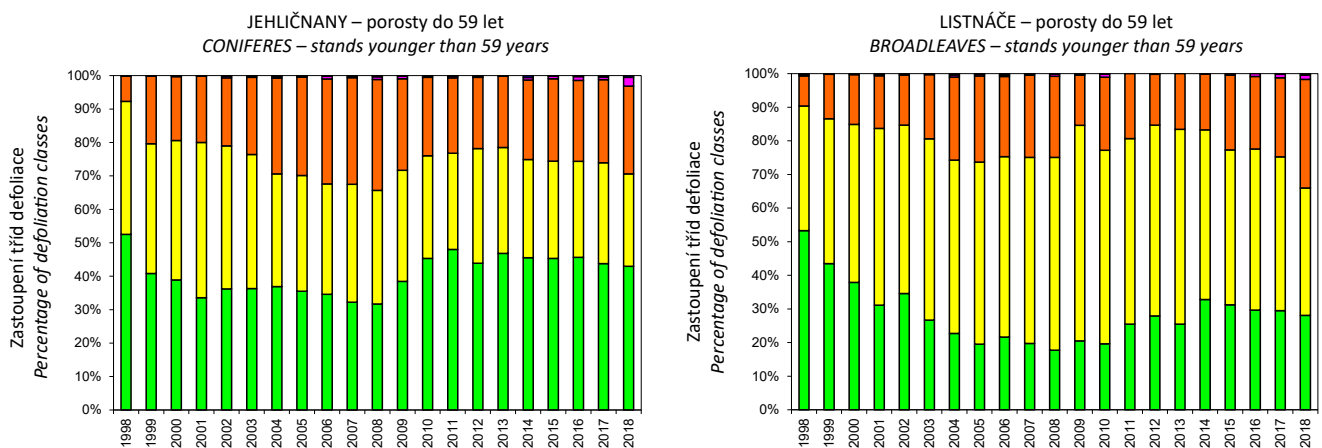
Obr. 2.3: Defoliace buku. / Beech defoliation.

(*Quercus* sp.), kde se zvýšilo zastoupení ve 2. třídě defoliace z 61,2 % v roce 2017 na 75,5 % v roce 2018 a ve 3. třídě z 1,1 % v roce 2017 na 4,5 % v roce 2018 při poklesu zastoupení ve třídě 1 (obr. 2.6). U starších porostů buku (*Fagus sylvatica*) došlo k mírnému zhoršení, zastoupení v třídě defoliace 0 kleslo

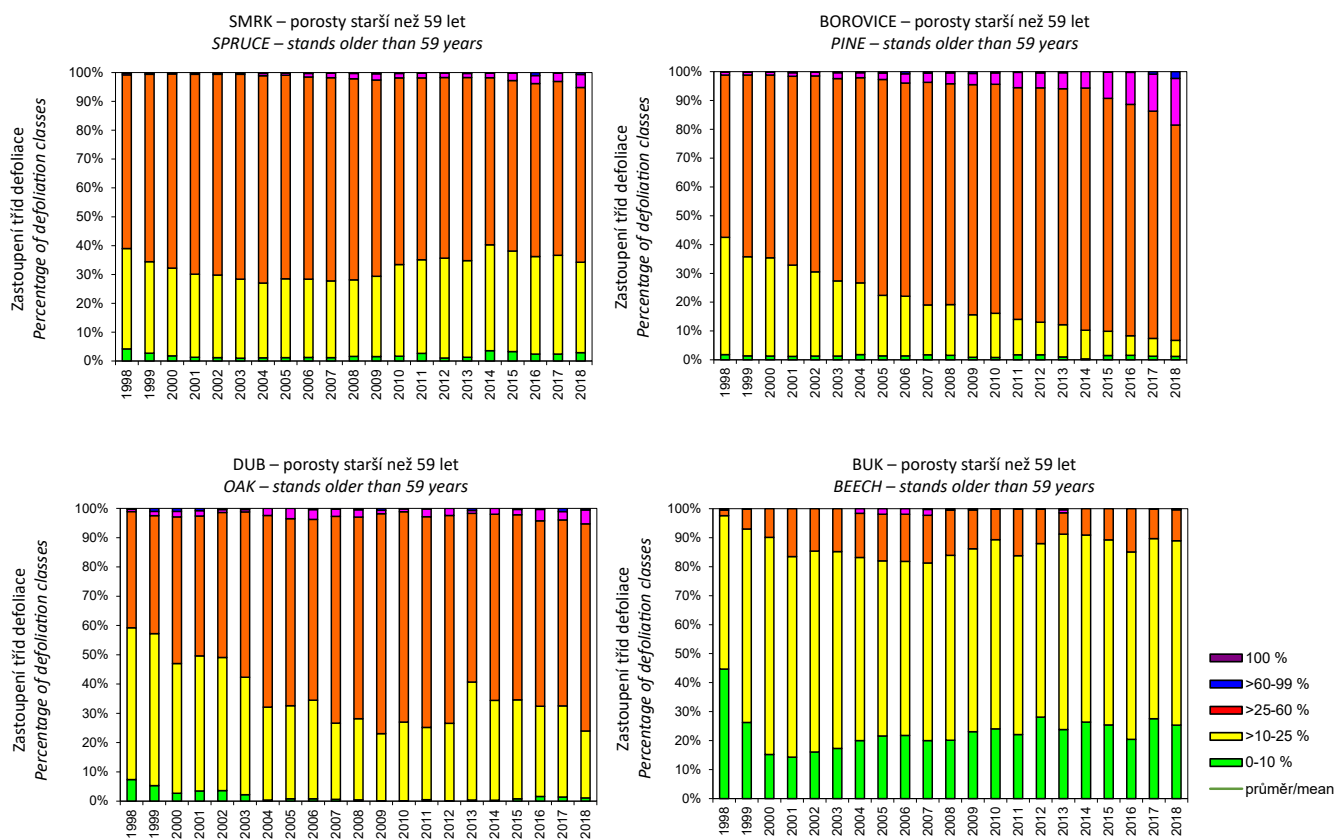
z 34,6 % v roce 2017 na 29,9 % v roce 2018 při vzestupu zastoupení ve třídách 1 a 2. Naopak u skupiny ostatní listnáče došlo k mírnému zlepšení, kdy zastoupení ve třídě 2 kleslo z 20,9 % v roce 2017 na 10,8 % v roce 2018 při vzestupu zastoupení ve třídách 0 a 1 (obr. 2.6).



Obr. 2.4: Vývoj defoliace jehličnanů a listnáčů (porosty starší než 59 let) podle tříd defoliace v letech 1986–2018. / *Defoliation of coniferous and broadleaved stands older than 59 years, 1986–2018.*



Obr. 2.5: Vývoj defoliace jehličnanů a listnáčů (porosty do 59 let) podle tříd defoliace v letech 1998–2018. / *Defoliation of coniferous and broadleaved stands younger than 59 years, 1998–2018.*



Obr. 2.6: Vývoj defoliace základních druhů lesních dřevin. / Defoliation development of the main forest tree species.



Obr. 2.7: Plocha I. úrovně 2840 – Ledce, dub letní s podrostem vlaštovičniku většího. / Monitoring plot of Level I – 2840 Ledce, pedunculate oak with greater celandine (*Chelidonium majus*) in understorey.

Summary

Monitoring of forest condition in the large-scale systematic network (Level I)

In the Czech Republic, forest health status is systematically monitored throughout a regular network of plots, as part of the international ICP Forests programme (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests). Since 1986, monitoring has been carried out on 'Level I' of this program, the aim of which is to obtain information on the spatial and temporal changes in the condition of the forest, on a European scale. The systematic network in the Czech Republic currently consists of the basic 16 x 16 km grid-net plots and selected plots of an 8 x 8 km network, covering 306 plots in total (Fig. 2.1). More than 10,000 forest trees, representing 28 species in different age classes at altitudes of 150 to 1100 m a.s.l., are evaluated every year. The condition of trees is mainly characterised by the degree of defoliation, expressed as a percentage at intervals of 5% (Fig. 2.2 to 2.3).

Older coniferous stands experienced a sharp increase in defoliation during the late 1980s. In the nineties, the dynamics of defoliation significantly decreased, and very slight changes continued from the year 2000 on. Since 2015, there has been a significant increase in the proportion of heavily defoliated trees. In older broadleaved tree species, defoliation reached the highest level in 1993, declining to the lowest level in 1998, followed by a marked increase until 2000. Defoliation of older broadleaved trees very slightly increased until 2018, with some fluctuations (Fig. 2.4). Younger stands (up to 59 years) of coniferous and broadleaved tree species generally reach lower defoliation values compared to older stands, with the most significant difference being in spruce and the least in pine. Younger conifers tend to have lower defoliation, over the long-term, than younger broadleaved trees (Fig. 2.5). In older stands (older than 59 years), the opposite is seen: older conifers have significantly higher defoliation than older broadleaved trees.

*Pine is a major contributor to the higher defoliation rate of conifers, in both age groups. Oak defoliation is more fluctuating, in terms of long-term development, and exceeds the values of beech defoliation (Fig. 2.6). In 2018, increased forest tree mortality continued as a result of adverse climatic conditions, such as high temperatures and unevenly distributed rainfall during the growing season (which were associated with the spread of various biotic pests), and windstorms. The proportion of trees with heavy defoliation (Class 3) increased in most coniferous and broadleaved species of both age groups. An outbreak of bark beetle led to extensive clear-cutting, mainly in northern Moravia, which affected several monitoring plots. The occurrence of drying pine remained high in the middle and lower elevations, and, subsequently, the pine trees were attacked by various biotic pests. In warmer areas, broadleaved stands were increasingly infested by leaf-eating insects, and ash trees were increasingly affected by dieback caused by *Chalara fraxinea*.*

3

INTENZIVNÍ MONITORING LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ (ÚROVEŇ II) / INTENSIVE MONITORING OF FOREST ECOSYSTEMS (LEVEL II)

3.1 Základní charakteristika / Basic characteristics

Plošný monitoring v systematické síti ploch (úroveň I) poskytuje na národní i evropské úrovni informaci o zdravotním stavu lesních porostů, neumožňuje však stanovit příčiny pozorovaných změn ve stavu lesních ekosystémů. Proto byl v roce 1994 v rámci programu ICP Forests zahájen tzv. intenzivní monitoring (úroveň II), v jehož rámci na omezeném počtu ploch započalo podrobné sledování stavu lesních porostů a faktorů prostředí, které lesní ekosystémy ovlivňují, s cílem identifikovat příčinné souvislosti mezi environmentálními změnami a stavem lesa.

V České republice byly plochy intenzivního monitoringu zakládány postupně od roku 1994, poslední rekonstrukce sítě proběhla v roce 2004 v návaznosti na naplňování Národního lesnického programu ČR tak, aby byly pokryty hlavní dřeviny v oblastech jejich přirozeného výskytu proporcionálně k jejich zastoupení v lesích Česka. Od té doby tvoří síť intenzivního mo-

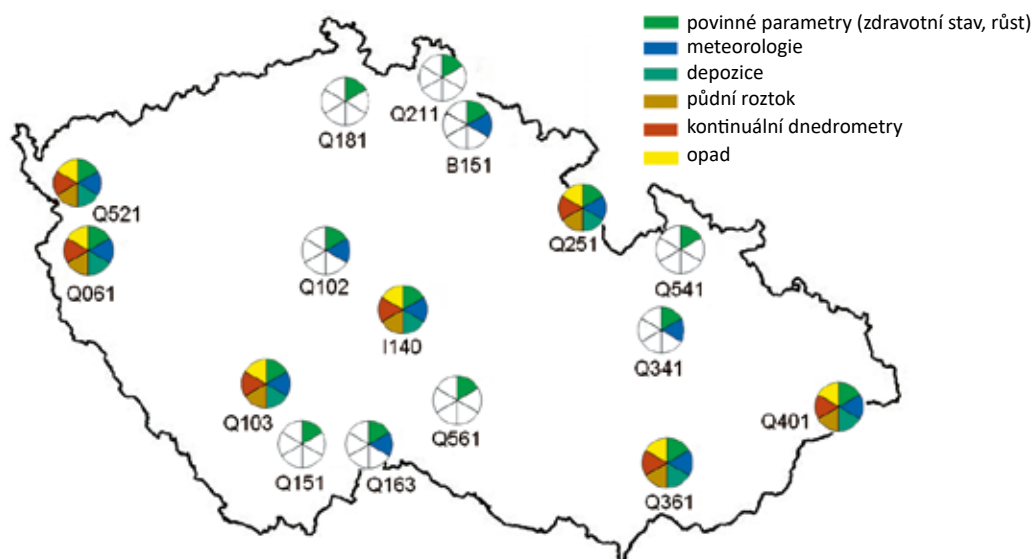
nitingu 16 ploch (tab. 3.1.1, obr. 3.1.1), kde je sledována široká škála parametrů zdravotního stavu lesa a lesního prostředí (tab. 3.1.2). Na sedmi monitoračních plochách, které patří mezi tzv. klíčové plochy – core plots (tab. 3.1.1) se pak hodnotí kompletní spektrum parametrů vitality a podrobně se sledují cykly živin.

Program intenzivního monitoringu lesních ekosystémů je v současnosti financován z prostředků poskytovaných Ministerstvem zemědělství. Práce probíhají v souladu s harmonogramem projektu ICP Forests a metodicky se řídí podle schváleného manuálu (MANUAL on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests), jehož jednotlivé části jsou k dispozici na www.icp-forests.net.

Tab. 3.1.1: Přehled ploch intenzivního monitoringu ICP Forests v České republice. / *The overview of intensive monitoring plots of ICP Forests in the Czech Republic.*

Kód plochy* Plot ID*	Mezinárodní		Hlavní dřevina Main species	Přírodní lesní oblast Natural forest area	Nadm. výška		Založení plochy Plot established
	kód International ID	Název plochy Plot name			m n. m. Altitude m a. s. l.	Lesní typ Forest type	
B151	2015	Mísečky	buk/ <i>beech</i>	Krkonoše	940	6F1	1997
I140*	2161	Želivka	smrk/ <i>spruce</i>	Středočeská pahorkatina	440	3K1	1995
Q061*	2061	Benešovice	borovice/ <i>pine</i>	Západočeská pahorkatina	530	3M3	2004
Q102	2102	Březka	dub/ <i>oak</i>	Středočeská pahorkatina	435	2K2	1999
Q103*	2103	Všeteč	buk/ <i>beech</i>	Středočeská pahorkatina	615	4S4	2000
Q151	2151	Třeboň	borovice/ <i>pine</i>	Jihočeské pánve	440	0K7	2004
Q163	2163	Lásenice	smrk, buk/ <i>spruce, beech</i>	Českomoravská vrchovina	595	4S4,5K7	2000
Q181	2181	Provodín	borovice/ <i>pine</i>	Severočeská pískovcová plošina	270	0K3	2004
Q211	2211	Jizerka	smrk/ <i>spruce</i>	Jizerské hory	910	8G3	2004
Q251*	2251	Luisino údolí	smrk/ <i>spruce</i>	Orlické hory	940	7K5	2003
Q341	2341	Litovel	dub, jasan/ <i>oak, ash</i>	Hornomoravský úval	225	1L2	2004
Q361*	2361	Medlovice	buk, dub/ <i>beech, oak</i>	Středomoravské Karpaty	350	2S4	1998
Q401*	2401	Klepačka	smrk/ <i>spruce</i>	Moravskoslezské Beskydy	650	5S1	2004
Q521*	521	Lazy	smrk/ <i>spruce</i>	Karlovarská vrchovina	875	6K1	1994
Q541	541	Švýčárna	smrk/ <i>spruce</i>	Hrubý Jeseník	1300	8Z4	1995
Q561	561	Nová Brtnice	smrk/ <i>spruce</i>	Českomoravská vrchovina	640	5K3	1994

* označení tzv. klíčových ploch / core plots are marked with an asterisk



Obr. 3.1.1: Lokalizace ploch a spektrum parametrů hodnocených na plochách intenzivního monitoringu v České republice. / *Localization of the plots and spectrum of parameters evaluated on intensive monitoring plots in the Czech Republic.*

Tab. 3.1.2: Přehled aktuálně hodnocených parametrů ICP Forests na plochách intenzivního monitoringu v České republice. / *The summary of currently evaluated parameters of ICP Forests on intensive monitoring plots in the Czech Republic.*

Parametr <i>Parameter</i>	Interval hodnocení <i>Assessment interval</i>	Počet ploch s hodnocením <i>Number of plots with assessment</i>
Stav korun <i>Crown condition</i>	každoročně <i>annually</i>	16
Růst – periodická dendrometrická měření <i>Growth – periodic dendrometric measurement</i>	po 5 letech <i>5-year interval</i>	16
Růst – dendrometry <i>Growth – dendrometers</i>	kontinuálně <i>continuously</i>	7
Fenologie <i>Phenology</i>	každoročně <i>annually</i>	6
Přízemní vegetace <i>Ground vegetation</i>	po 5 letech <i>5-year interval</i>	16
Meteorologie <i>Meteorology</i>	kontinuálně <i>continuously</i>	11
Depozice <i>Deposition</i>	kontinuálně <i>continuously</i>	7
Půdní voda <i>Soil solution</i>	kontinuálně <i>continuously</i>	7
Chemismus půd <i>Soil chemism</i>	po 5 letech <i>5-year interval</i>	7
Listové analýzy <i>Foliar analysis</i>	po 2 letech <i>2-year interval</i>	7
Opad <i>Litterfall</i>	kontinuálně <i>continuously</i>	7

3.2 Vitalita a adaptace lesních porostů / *Vitality and adaptation of forest stands*

Součástí intenzivního monitoringu zdravotního stavu lesů je podrobné sledování vitality lesních dřevin. Patří sem hodnocení zdravotního stavu korun, pravidelná dendrometrická měření, kontinuální sledování tloušťkového růstu a hodnocení fenologických fází. Jako doplňkové šetření se provádí pravidelné hodnocení přízemní vegetace a měření meteorologických parametrů. Lesní dřeviny citlivě reagují na změny prostředí, ať již klimatické, nebo způsobené antropogenní činností. Parametry vitality jsou proto důležitým indikátorem stavu lesa, resp. ukazují, zda jsou dřeviny schopné se probíhajícími změnám přizpůsobit.

Všechny výše uvedené parametry vitality jsou v současné době sledovány na 7 klíčových plochách intenzivního monitoringu. Na zbývajících plochách se z parametrů vitality každoročně hodnotí zdravotní stav korun a v intervalu 5 let se provádí opakovaná dendrometrická měření a hodnocení přízemní vegetace.

3.2.1 Zdravotní stav korun / *Crown condition survey*

Pravidelné vizuální hodnocení stavu koruny u jednotlivých stromů na monitorovacích plochách zahrnuje hodnocení sociálního postavení, defoliace, výskytu epikormních výhonů, plo-

divosti a celé škály poškození biotického a abiotického původu, které může zásadním způsobem ovlivnit stav hodnocené koruny. Hodnocení je prováděno na všech plochách jednou ročně v druhé polovině vegetačního období.

Jednou z nejdůležitějších informací ze všech prováděných pozemních šetření zdravotního stavu lesa je defoliace, jako ztráta listové plochy, která je způsobena vlivem nepříznivých změn prostředí lesních ekosystémů. Defoliace je nespecifický symptom poškození, které je způsobené zpravidla více škodlivými faktory, jež mohou působit samostatně nebo společně a přitom navíc vstupovat do vzájemných interakcí. Určit jejich podíl na rozsahu poškození a prioritu je ve většině případů velmi obtížné. Proto nelze oddělovat vliv imisí od jiných nepříznivých faktorů působících na lesy. Hodnocení příčin poškození lesních dřevin je komplikováno skutečností, že charakter a množství škodlivých faktorů podléhají stále rychleji změnám a lesní ekosystémy na ně reagují s určitým zpožděním. Defoliace se hodnotí vizuálně, a je proto zatížena určitou chybou, vyplývající ze subjektivního vlivu hodnotitele. Tato chyba je minimalizována systémem kontroly věrohodnosti a spolehlivosti zjištěných dat, který je uplatňovaný jak v národním, tak i mezinárodním hodnocení.

Postupné snižování imisní zátěže v uplynulých desetiletích mělo nepochybně příznivý vliv na zdravotní stav lesních porostů. Pozitivní změny lesního prostředí se ovšem projevují s určitým ča-



Obr. 3.2.1: Monitorovací plocha Q061 Benešovice. / *Monitoring plot Q061 Benešovice.*

sovým zpožděním a lesní porosty proto stále vykazují vysokou míru defoliace, která patří mezi nejvyšší v porovnání s ostatními evropskými zeměmi. V dlouhodobém sledování vykazovala defoliace s určitými výkyvy mírně stoupající trend, v posledních letech až stagnující. Relativně vysoká míra defoliace je způsobena jednak tím, že imisní zátěž stále negativně působí, i když na niž-

ší úrovni, a jednak skutečností, že stabilita lesních ekosystémů je dlouhodobě narušena v důsledku neúnosného působení imisí v uplynulých desetiletích. Na zdravotní stav lesních porostů mají samozřejmě vliv i další negativní faktory biotického i abiotického původu, z nichž některé nabývají v posledních letech stále na větším významu (klimatické excesy, podkorní hmyz).



5 %



45 %



95 %

Obr. 3.2.2: Defoliace borovice. / *Pine defoliation.*



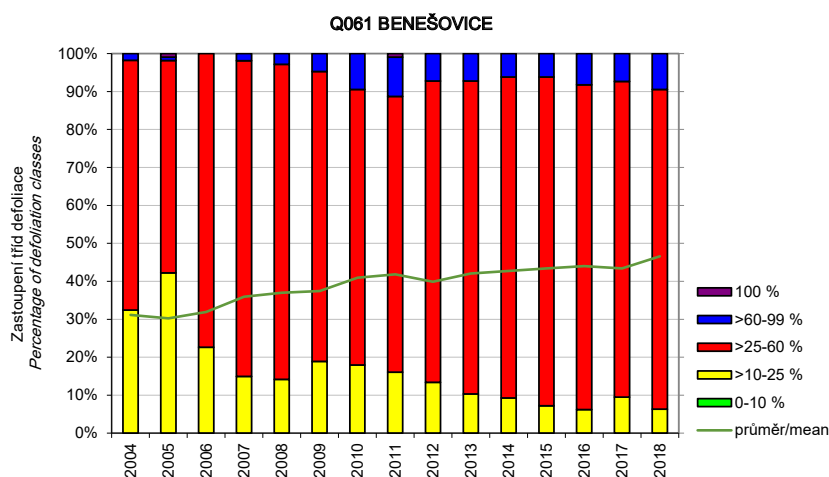
Obr. 3.2.3: Monitorovací plocha Q521 Horní Lazy. / *Monitoring plot Q521 Horní Lazy.*

Benešovice

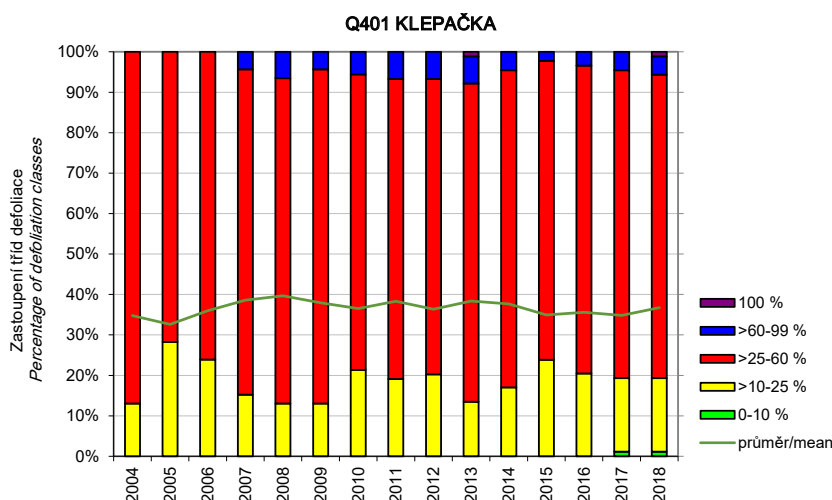
Plocha Q061 Benešovice s borovou monokulturou ve sledovaném období 2004–2018 dosahuje hodnot průměrné defoliace v rozmezí 30,2–46,6 %, nejnižší hodnota se vyskytla v roce 2005, nejvyšší hodnota v posledním roce 2018 (obr. 3.2.4). Poměrně vysoké hodnoty defoliace vyplývají z trvalé absence zdravých stromů 0. třídy defoliace (0–10 %) a relativně vysokým zastoupením vyšších tříd defoliace, především 2. (> 25–60 %) a 3. (> 60–99 %) třídy. V dlouhodobém vývoji je patrný stoupající trend defoliace.

Klepačka

V dlouhodobém vývoji má plocha Q401 Klepačka (smrk) jednu z nejvyšších hodnot defoliace v porovnání s ostatními smrkovými plochami II. úrovně (obr. 3.2.5). Je to dáno velmi nízkým zastoupením 0. (0–10 %) a 1. (>10–25 %) třídy defoliace a relativně vysokým zastoupením vyšších tříd 2 a 3. Průměrná defoliace se ve sledovaném období 2004–2018 pohybovala v rozmezí 32,9–41,4 %, nejnižší hodnota se vyskytla v roce 2005, nejvyšší v roce 2008. Počínaje rokem 2009 vykazuje průměrná defoliace shodně s plochou Q251 Luisino údolí velmi mírně klesající trend.



Obr. 3.2.4: Vývoj defoliace podle tříd na ploše Q061 Benešovice (borovice). / Defoliation development according to defoliation classes on the plot Q061 Benešovice (pine).



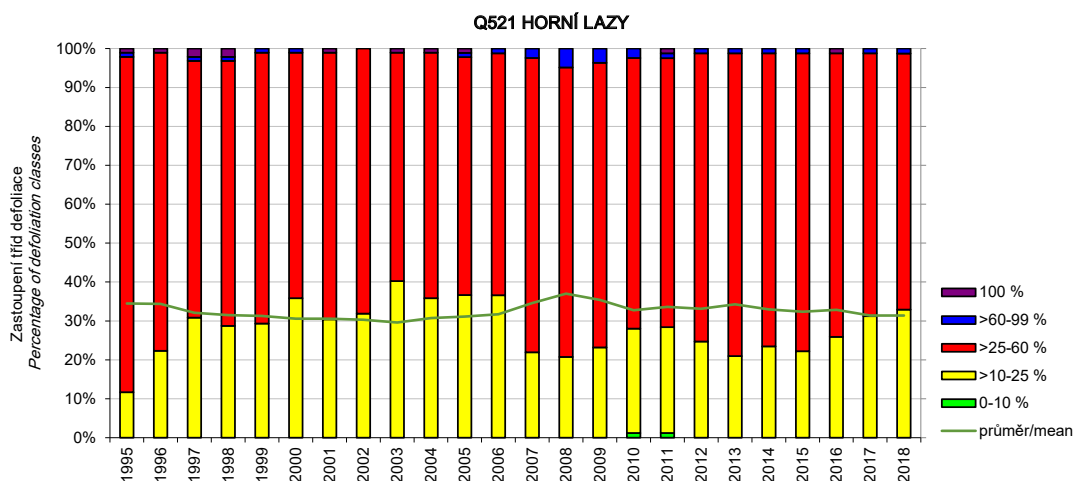
Obr. 3.2.5: Vývoj defoliace podle tříd na ploše Q401 Klepačka (smrk). / Defoliation development according to defoliation classes on the plot Q401 Klepačka (spruce).

Lazy

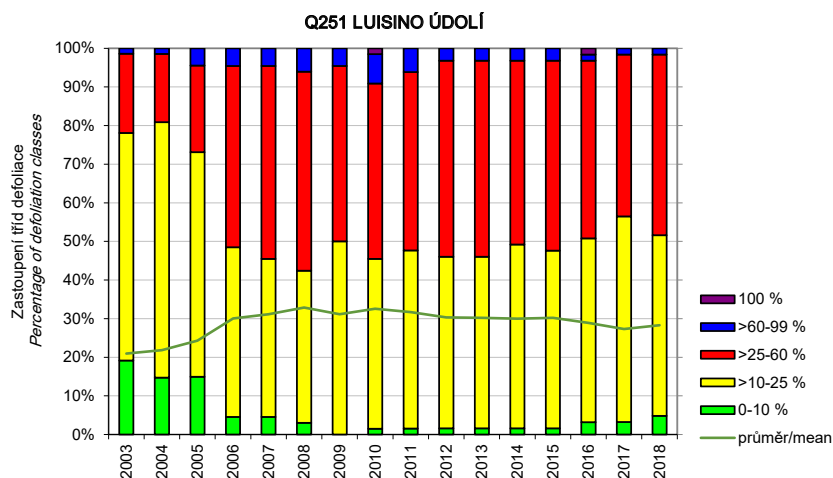
Smrková plocha Q521 Horní Lazy má jednu z nejdelších časových řad v hodnocení defoliace smrku, které probíhá již od roku 1995 (obr. 3.2.6). V dlouhodobém vývoji ale nevykazuje trend defoliace výraznější odchylky a má relativně setrvalý stav. V porovnání s ostatními smrkovými plochami II. úrovně dosahuje ve sledovaném období 1995–2018 průměrných hodnot defoliace. Průměrná defoliace se pohybovala v rozmezí 29,6–37,0 %, nejnižší hodnota se vyskytla v roce 2003, nejvyšší hodnota v roce 2008. Počínaje rokem 2010 vykazuje průměrná defoliace stag-
nující hodnoty na úrovni 32–34 %.

Luisino údolí

Plocha Q251 Luisino údolí (smrk) vykazuje ve sledovaném období 2003–2018 v porovnání s ostatními smrkovými plochami II. úrovně nejnižší hodnoty defoliace (obr. 3.2.7). Je zde relativně vyšší zastoupení třídy 0 (0–10 %) a 1 (>10–25 %). Průměrná defoliace se pohybovala v rozmezí 21,0–32,9 %, nejnižší hodnota se vyskytla v roce 2003, nejvyšší hodnota v roce 2008. Počínaje rokem 2009 vykazuje průměrná defoliace s menšími výkyvy velmi mírně klesající trend.



Obr. 3.2.6: Vývoj defoliace podle tříd na ploše Q521 Horní Lazy (smrk). / *Defoliation development according to defoliation classes on the plot Q521 Horní Lazy (spruce).*



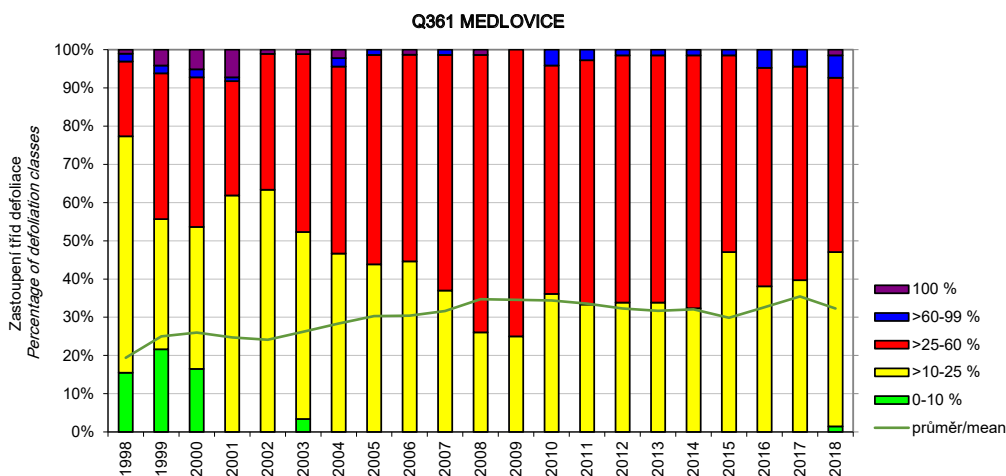
Obr. 3.2.7: Vývoj defoliace podle tříd na ploše Q251 Luisino údolí (smrk). / *Defoliation development according to defoliation classes on the plot Q251 Luisino údolí (spruce).*

Medlovice

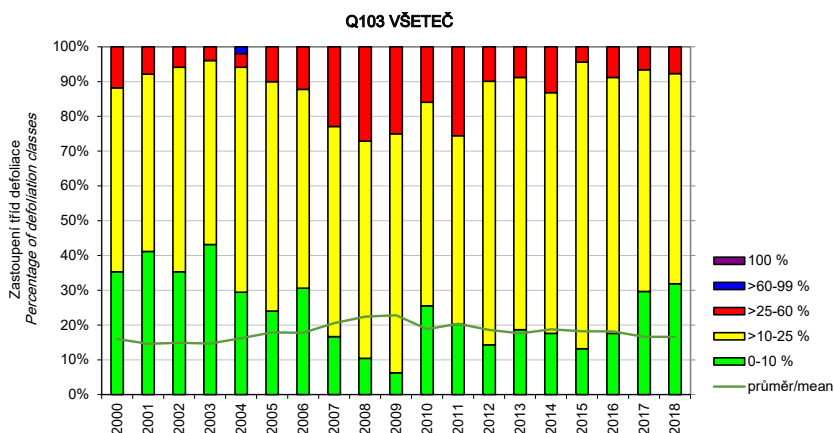
Plocha Q361 Medlovice (obr. 3.2.8) se smíšeným porostem buku a dubu ve sledovaném období 1998–2018 dosahuje hodnot průměrné defoliace v rozmezí 19,4–35,4 %, nejnižší hodnota se vyskytla na počátku hodnocení v roce 1998, nejvyšší v roce 2017 (obr. 3.2.8). V poměrně dlouhém období let 2004–2017 se na celé ploše nevyskytuje žádný zdravý strom ve třídě defoliace 0 (0–10 %). V dlouhodobém vývoji je patrný zpočátku stoupající trend defoliace od začátku sledování v roce 1998 až do roku 2008. Po něm následuje pozvolný, velmi mírný pokles defoliace.

Všeteč

Plocha Q103 Všeteč s bukovou monokulturou ve sledovaném období 2000–2018 dosahuje hodnot průměrné defoliace v rozmezí 14,6–22,8 %, nejnižší hodnota se vyskytla v roce 2001, nejvyšší v roce 2009 (obr. 3.2.9). Poměrně nízké hodnoty defoliace vyplývají z vysokého zastoupení zdravých stromů třídy defoliace 0 (0–10 %) a 1 (> 10–25 %) po celé sledované období a téměř stálé absence (výjimkou je rok 2004) silně poškozených stromů tříd defoliace 3 (> 60 %) a 4 (100 %). Od roku 2010 je patrný velmi mírně klesající trend defoliace.



Obr. 3.2.8: Vývoj defoliace podle tříd na ploše Q361 Medlovice (buk, dub). / Defoliation development according to defoliation classes on the plot Q361 Medlovice (beech, oak).



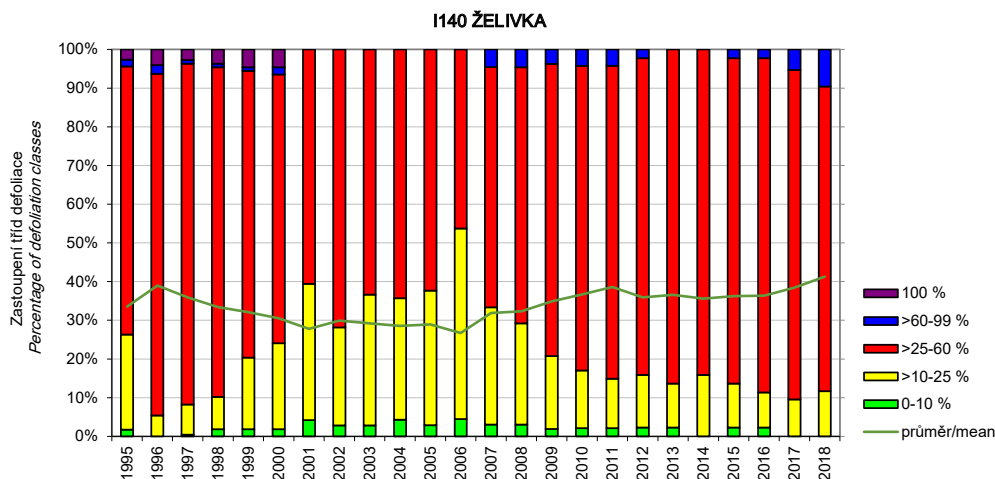
Obr. 3.2.9: Vývoj defoliace podle tříd na ploše Q103 Všeteč (buk). / Defoliation development according to defoliation classes on the plot Q103 Všeteč (beech).

Želivka

Ve sledovaném období 1995–2018 dosahuje plocha I140 Želivka (smrk) shodně s plochou Q521 Horní Lazy v porovnání s ostatními smrkovými plochami II. úrovně průměrných hodnot defoliace, které se pohybují v intervalu 26,7–41,3 % (obr. 3.2.10). Nejnižší hodnota se vyskytla v roce 2006, nejvyšší hodnota v roce 2018. Od roku 2012 vykazovala průměrná defoliace stagnující hodnoty na úrovni 36 %, ale počínaje rokem 2017 zřetelně stoupá. Tento vzestup je způsoben dlouhodobým srážkovým deficitem.

Na rozdíl od plochy Q521 Horní Lazy má plocha I140 Želivka v dlouhodobém vývoji více rozkolísané hodnoty v průměrné defoliaci a také v zastoupení ve většině tříd defoliace.

Většina ploch, jehličnatých i listnatých, vykazuje shodně dosažení zřetelného kulminačního bodu průměrné defoliace v letech 2008–2009 a následné, velmi mírné postupné snižování defoliace.



Obr. 3.2.10: Vývoj defoliace podle tříd na ploše I140 Želivka (smrk). / Defoliation development according to defoliation classes on the plot I140 Želivka (spruce).



Obr. 3.2.11: Monitorovací plocha Q361 Medlovice. / Monitoring plot Q361 Medlovice.

Summary

Crown condition survey

A regular crown condition survey of monitoring plots of Level II (Figs. 3.2.1, 3.2.3 and 3.2.11) includes the assessment of social status, defoliation, epicormic shoots, mast production, and an entire range of biotic and abiotic damage significantly affecting the status of the crown. The most important of all monitored parameters is defoliation, such as loss of leaf area, which is caused by adverse changes in the forest environment (Fig. 3.2.2). Defoliation is a non-specific symptom of damage, which is usually caused by more harmful factors acting alone, together, or in a mutual synergy. Determining their share in the extent of tree damage and their priority is very difficult in most cases. Therefore, the impact of air pollution cannot be separated from the other adverse factors affecting forests. Although emission levels of the main pollutants have been gradually decreasing in recent decades, forest stands in the Czech Republic still show a high degree of defoliation, as positive changes in the forest ecosystems are affected by a time lag.

In addition to the pollution load, other negative factors of biotic and abiotic origin affect the health status of forest stands. Some of these factors have become increasingly important in recent years (e.g., climatic excesses and bark insects). Most of the plots assessed, in both conifer and broadleaved stands, exhibited a distinct peak in average defoliation in 2008 to 2009, followed by a very gradual reduction of defoliation (Figs. 3.2.4–3.2.10). However, the development of defoliation at the pine plot Q061, Benešovice, confirms the upward trend of defoliation in pine stands of the Czech Republic (Fig. 3.2.4). The spruce plot Q251, Luisino údolí, had the lowest defoliation rate, compared with other spruce Level II plots in the monitoring period (Fig. 3.2.7). In contrast, Q401, Klepačka, had the highest defoliation rate (Fig. 3.2.5). Plot Q103, Vseteč, with beech monoculture, had the highest proportion of healthy trees of all plots in the 2000 to 2018 monitoring period (Fig. 3.2.9).

3.2.2 Růst a přírůst / Growth and yield

Růst stromů je klíčový ekologický parametr, který je důležitým indikátorem stavu lesních porostů. V růstu stromů se odráží vlastnosti dřeviny, stanovištní podmínky i klimatické vlivy. Růst stromů je na plochách intenzivního monitoringu sledován následujícími metodami:

- dendrometrické měření v intervalu 5 let,
- kontinuální sledování tloušťkového růstu.

3.2.2.1. Pravidelná dendrometrická měření / Periodical dendrometric measurements

Na všech plochách intenzivního monitoringu jsou v pětiletých intervalech prováděna dendrometrická měření. Měří se výčetní tloušťka, výška stromu a výška nasazení koruny. Měřeny jsou všechny stojící stromy na ploše, jejichž výčetní tloušťka v době měření přesáhne 5 cm. Výčetní tloušťky jsou zjišťovány v místě trvale označeného měřiče s přesností na 0,1 cm. Výšky stromů a výšky nasazení koruny jsou měřeny s přesností na 0,1 m výškoměrem Vertex. Metodika i praktické pokyny pro měření jsou podrobně zpracovány v Manualu ICP Forests, část 5 Forest Growth. Z naměřených veličin jsou kalkulovány základní porostní charakteristiky: střední tloušťka, střední výška, kruhová výčetní základna, objem hroubí (podle Petráš, Pajtik 1991)

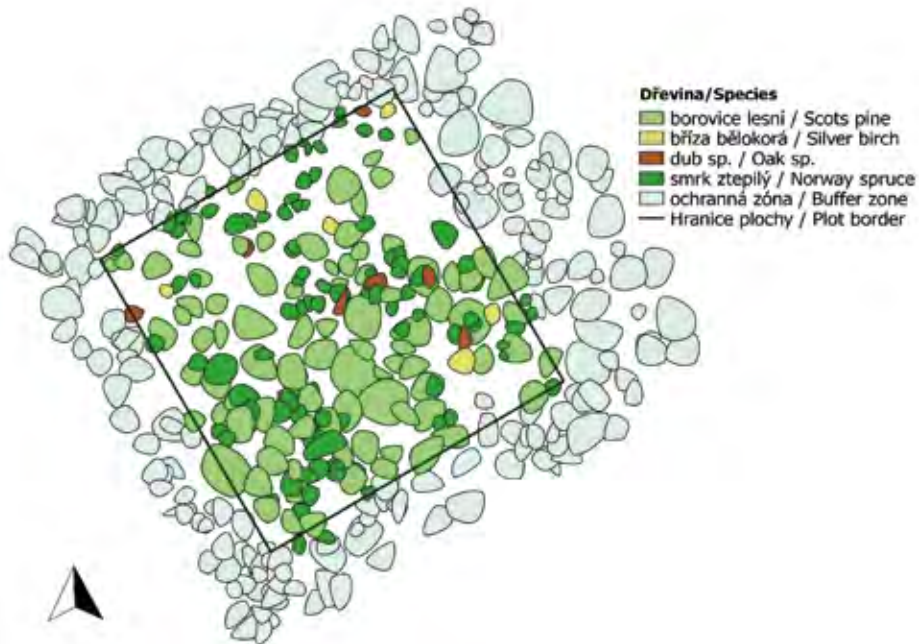
a mortalita porostu. V roce 2011 byly na všech plochách zaměřeny pozice stromů a projekce korun technologií FieldMap (obr. 3.2.12). Díky tomu se rozšířily možnosti hodnocení prostorových porostních charakteristik. Zjednodušený 3D model plochy Q151 Třeboň prezentuje obr. 3.2.13.

Poslední cyklus dendrometrických měření proběhl v zimním období 2014/15 a zahrnoval 2131 živých stromů. Nejvíce zastoupenou dřevinou byl smrk ztepilý (1093 jedinců), následuje borovice lesní (498 vzorníků). Buk lesní a duby se na plochách vyskytovaly v počtech 251, resp. 99 jedinců. Ostatní dřeviny se vyskytují pouze akcesoricky, významnějšího počtu jedinců dosáhly jen lípa a jasan (50, resp. 44 jedinců) (obr. 3.2.14).

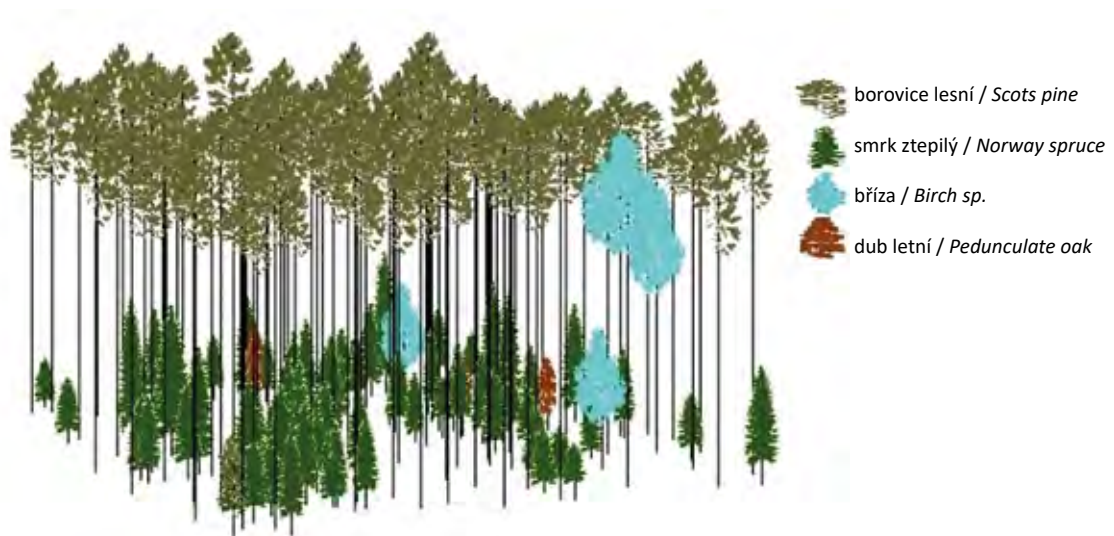
Monitoring II. úrovně zahrnuje celkem 16 ploch. Sedm ploch bylo založeno ve smrkových, většinou jednoetážových, porostech v nadmořských výškách od 440 do 1300 m n. m. Nejníže položená je plocha I140 Želivka v nadmořské výšce 440 m n. m. v PLO 10 Středočeská pahorkatina, nejvýše položená je plocha Q541 Švýcárna v oblasti Hrubého Jeseníku (1300 m n. m.). Zásoba smrkových porostů je značně variabilní a pohybuje se v rozmezí od 171,5 m³.ha⁻¹ (plocha Švýcárna) do 884 m³.ha⁻¹ (plocha Nová Brtnice). Vysokých hektarových zásob dosahují rovněž plochy Q401 Klepačka a I140 Želivka. Všechny plochy vykazují v monitorovaném období nárůst zásoby. Výjimku tvoří plocha Želivka, která byla silně napadena kůrovcem a část plochy byla vytěžena. Při přepočtu zbytku do-

spělého porostu na hektarovou zásobu došlo k nárůstu i na této ploše (obr. 3.2.15a). Borové porosty jsou zastoupeny plochami Q061 Benešovice, Q181 Provodín a Q151 Třeboň. Jejich nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 280 až 540 m n. m. V případě prvních dvou ploch se jedná o jednoetážové borové porosty. Plocha Třeboň je výrazněji strukturovaná. Zásoba na plochách se pohybuje v rozmezí od 450,6 do 498,3 m³.ha⁻¹ (obr. 3.2.15b). Plochy B151 Dolní Mísečky a Q103 Všeteč s hlavní dřevinou bukem lesním tvoří poslední skupinu stejnorodých porostů. Zásoba hroubí na ploše Dolní Mísečky je

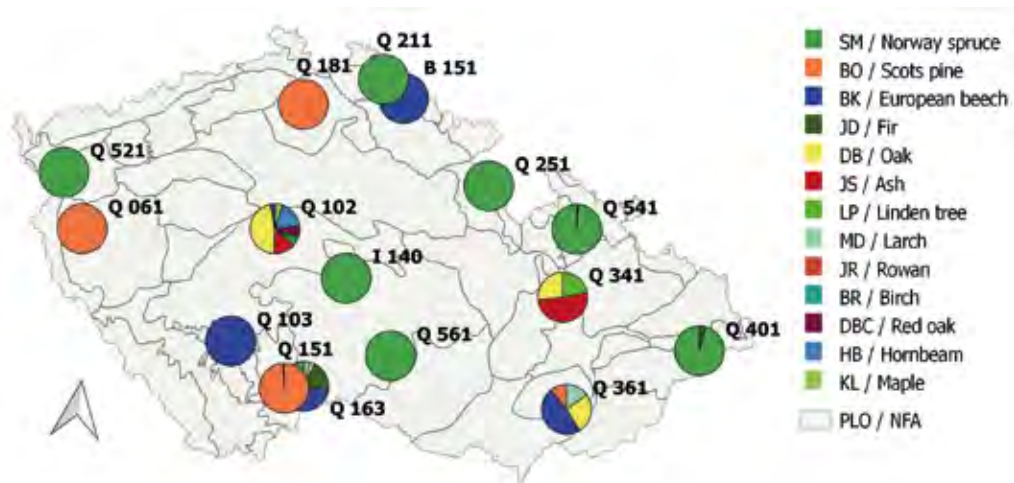
631,6 m³.ha⁻¹ a na ploše Všeteč 879,9 m³.ha⁻¹ (obr. 3.2.15c). Zbývající plochy jsou založeny ve smíšených porostech a zahrnují jak bohatě strukturované porosty typického tvrdého luhu (plocha Q341 Litovel), tak smíšené porosty středních poloh (plochy Q102 Březka, Q361 Medlovice a Q163 Lásenice). Nejvyšší zásoba byla zjištěna na ploše Lásenice se zastoupením hlavních dřevin smrku, buku a jedle (851 m³.ha⁻¹). Souhrnný přehled základních taxačních charakteristik porostů, včetně údaje o aktuální zásobě dřevní hmoty v posledním cyklu měření, je v tabulce 3.2.1.



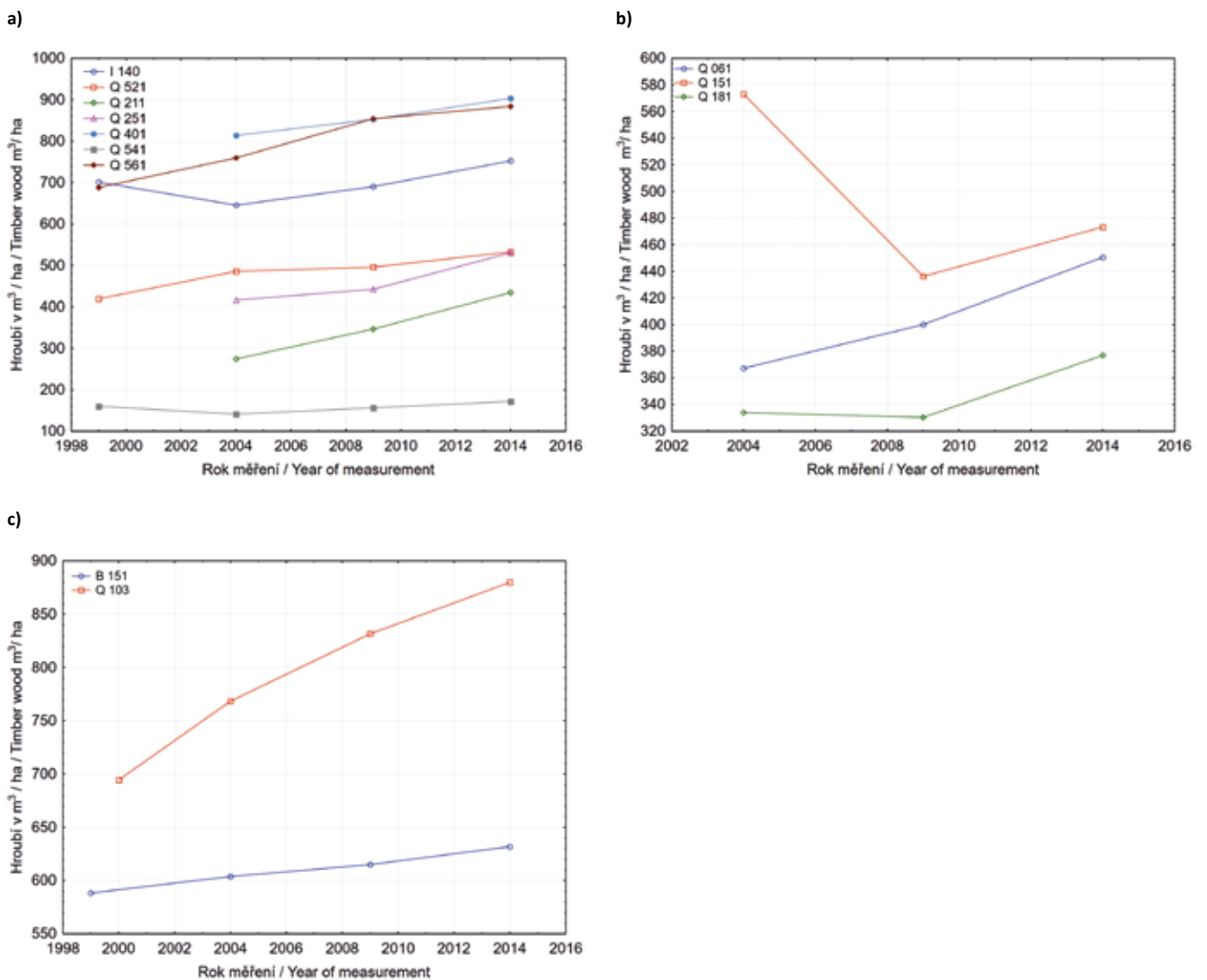
Obr. 3.2.12: Plán plochy Q151 Třeboň, korunové projekce podle dřevin (vytvořeno v programu QGIS Las Palmas verze 2.18.2). / *Map of the plot Q151 Třeboň, crown projections by tree species (created in QGIS Las Palmas version 2.18.2).*



Obr. 3.2.13: 3D model plochy Q151 Třeboň vytvořený v růstovém simulátoru Sibyla (Fabrika 2005). / *3D model of the plot Q151 Třeboň created in Sibyla growth simulator (Fabrika 2005).*



Obr. 3.2.14: Zastoupení dřevin v horní etáži porostů na plochách intenzivního monitoringu (vytvořeno v programu QGIS Las Palmas verze 2.18.2). / Species representation in upper storey of forest stands at the intensive monitoring plots (created in QGIS Las Palmas version 2.18.2).



Obr. 3.2.15: Vývoj zásoby dřevní hmoty na a) smrkových, b) borových a c) bukových monitoračních plochách. / Changes in timber volume at a) spruce, b) pine and c) beech monitoring plots.

Tab. 3.2.1: Základní taxační charakteristiky porostů na plochách intenzivního monitoringu (poslední cyklus měření 2014/15). *Basic dendrometric characteristics of forest stands at the intensive monitoring plots (last measurement cycle 2014/15).*

Plocha Plot	Dřevina Tree species	Věk Age	Etáž Storey	N na ha N per ha	Střední $d_{1,3}$ Mean DBH ¹⁾ (cm)	Střední výška Mean height (m)	Hroubí s.k. Timber wood ²⁾ (m ³ /ha)
B 151	BK/beech	227	1	200	47.4	29.5	549.33
	SM/spruce	227	1	12	75.2	39.1	82.31
	BK/beech		2	76	6.4	6.6	0.35
	SM/spruce		2	4	6.0	3.4	0.01
I 140	SM/spruce	112	1	543	34.7	32.0	749.66
Q 061	BO/pine	96	1	852	25.8	22.3	450.49
	SM/spruce	96	1	4	9.8	8.6	0.12
Q 102	DB/oak	62	1	172	34.1	24.4	134.01
	DBC/red oak	62	1	24	40.5	25.1	33.50
	HB/hornbeam	62	1	68	23.0	17.9	24.77
	JS/ash	62	1	52	22.0	21.8	21.07
	KL/maple	62	1	20	27.5	22.3	13.14
	BR/birch	62	1	12	33.8	23.6	9.60
	LP/linden	62	1	12	26.6	19.5	6.56
	BK/beech	62	1	12	25.2	19.5	6.00
Q 103	BK/beech	119	1	384	39.1	37.6	879.91
Q 151	BO/pine	88	1	360	35.2	30.4	469.33
	SM/spruce	88	1	8	22.2	18.2	2.56
	BR/birch	88	1	4	20.6	23.9	1.36
	SM/spruce		2	448	11.0	10.5	23.11
	BR/birch		2	64	9.0	11.3	1.92
	DB/oak		2	64	6.1	7.4	0.01
Q 163	SM/spruce	100	1	196	39.7	33.2	365.23
	BK/beech	100	1	156	35.2	31.1	250.03
	JD/fir	100	1	76	43.6	30.6	167.50
	MD/larch	100	1	16	43.3	33.6	34.21
	BO/pine	100	1	12	36.8	31.9	17.43
	DBZ/oak	100	1	24	31.6	30.3	16.58
	BK/beech		2	80	9.8	11.0	3.30
Q 181	BO/pine	80	1	760	24.3	23.8	376.98
Q 211	SM/spruce	66	1	688	30.8	18.8	431.52
	BR/birch	66	1	4	30.0	19.9	2.46
	MD/larch	66	1	4	21.8	12.9	0.85
	SM/spruce		2	8	6.5	4.0	0.03
Q 251	SM/spruce	101	1	524	36.8	22.2	530.43
Q 341	JS/ash	111	1	108	41.5	31.7	232.98
	DB/oak	111	1	40	49.4	32.3	102.31
	LP/linden	111	1	60	36.3	26.4	90.34
	LP/linden		2	128	10.3	9.7	5.37
	JS/ash		2	16	9.8	10.6	0.50
	BB/field maple		2	40	7.3	9.6	0.48
	ST/bird cherry		2	72	6.9	7.2	0.39
	SV/dogwood		2	20	7.4	7.4	0.13
Q 361	BK/beech	114	1	148	38.8	30.1	282.46
	MD/larch	114	1	24	54.7	36.0	82.21
	DBZ/oak	114	1	120	31.4	29.0	78.81
	BO/pine	114	1	20	49.5	31.7	52.87
	BK/beech		2	12	10.8	8.1	0.44
Q 401	SM/spruce	89	1	356	44.0	35.9	871.37
	JD/fir	89	1	12	46.8	33.1	31.87
	BK/beech		2	172	8.7	8.2	4.03
	JR/rowan		2	4	5.7	6.2	0.01
Q 521	SM/spruce	127	1	324	40.7	28.8	532.73
Q 541	SM/spruce	123	1	344	32.3	14.4	169.65
	JR/rowan	123	1	4	34.1	13.0	1.90
Q 561	SM/spruce	112	1	468	41.1	32.3	884.00

¹⁾ DBH - diameter at breast height; ²⁾ Timber wood – timber to the top of 7 cm over bark

3.2.2.2 Kontinuální měření tloušťkového růstu / *Continuous measurement of diameter growth*

Na 7 klíčových plochách je tloušťkový růst stromů kontinuálně monitorován pomocí přírůstoměrů (dendrometrů) instalovaných na vybrané vzorníky. Kontinuální sledování umožňuje stanovit nejen hodnoty ročního tloušťkového přírůstu, ale také distribuci přírůstu a intenzitu rozpínání a smršťování dřeva a kůry v průběhu roku. Takto je možné identifikovat růstovou i fyziologickou reakci stromů na sezónní klimatické podmínky, zejména dostupnost vody.

Používány jsou dva typy dendrometrů: (1) pásové dendrometry s manuálním odečtem a (2) elektronické pásové dendrometry (obr. 3.2.16). Manuální přírůstoměry jsou instalovány na 15 vzornících v ochranné zóně plochy. Odečet provádí pozorovatel vždy na konci každého měsíce, výjimkou je plocha I140 Želivka, kde je odečet prováděn každý třetí den. Na každé ploše jsou navíc na 6 stromech instalovány též elektronické pásové dendrometry DR 26. Z těchto jsou data automaticky zaznamenávána v půlhodinovém intervalu na datalogger a jednou za šest hodin odesílána přes GSM modem do databáze VÚLHM. Všechny stromy s kontinuálními dendrometry jsou z kontrolních důvodů a z důvodu zachování kontinuity řady měření při výpadku elektronického dendrometru opatřeny i přírůstoměry manuálními. Kontinuální měření přírůstu

je realizováno podle metodiky rozpracované ve FutMon Field Protocolu Growth V2 270509 z roku 2009.

V obr. 3.2.17 jsou prezentovány výsledky měření kontinuálními elektronickými dendrometry od počátku sledování v roce 2010 do konce roku 2018 na plochách Lazy, Želivka, Benešovice a Všeteč. Díky vysoké frekvenci záznamu dat je možné s velkou přesností určit načasování a celkovou délku fáze intenzivního tloušťkového růstu v každém roce. Záporný tloušťkový přírůst pak indikuje smršťování kmenů, přičemž ve vegetačním období se jedná o důsledek vláhového deficitu, zatímco v zimě se kmeny přirozeně smršťují vlivem mrazu. Fáze smršťování je vždy následována fází rozpínání, kdy dochází ke zpětné rehydrataci kmene a přírůst se vrací na hodnoty před počátkem smršťování.

Na všech plochách je patrné vysoce synchronní kolísání tloušťky kmene u sledovaných vzorníků (obr. 3.2.17 a-d). Zatímco pro smrk a borovici (obr. 3.2.17 a-c) je typické časté střídání fáze smršťování a rozpínání kmene v průběhu jednoho roku, u buku je toto kolísání velmi malé (obr. 3.2.17d). Smrk na ploše Želivka (obr. 3.2.17b) a hlavně borovice na ploše Benešovice (obr. 3.2.17c) citlivě reagují na přísušky ve vegetačním



Obr. 3.2.16: Elektronický dendrometr DR 26 a pásový dendrometr s manuálním odečtem (plocha I140 Želivka). / *Electronical dendrometer DR26 and permanent girth band (plot I140 Želivka).*

období, například v létě 2015 či 2018. Naproti tomu výrazné smrštění kmene buku je možné pozorovat pouze v mrazových obdobích, například v únoru v roce 2012 či několik epizod v průběhu zimy 2012/13 (obr. 3.2.17d). Z křivek buku a smrku se dá snadno určit začátek růstové fáze. Buk na ploše Všetec (615 m n. m., SLT 5K7) obvykle začíná přirůstat již koncem dubna či počátkem května, fáze intenzivního růstu trvá do konce června, případně poloviny července, v závislosti na průběhu počasí (obr. 3.2.17d). Smrk na ploše Želivka (440 m n. m., SLT 3K1) má velmi podobné načasování tloušťkového růstu jako buk na Všetci (obr. 3.2.17b,d). Naproti tomu smrk na ploše Lazy (875 m n. m., SLT 6K1) má posunutý počátek intenzivního tloušťkového růstu na polovinu, resp. konec května (obr. 3.2.17a). U borovice na ploše Benešovice (385 m n. m., SLT 3M3) je určení počátku přirůstání problematické díky silnému kolísání tloušťky kmene v průběhu vegetační sezony a díky celkově velmi nízkým přírůstkům (obr. 3.2.17c). Křivky také indikují ztrátu vitality u některých vzorníků, například strom 1007 na ploše Lazy vykazuje výrazné zpomalení růstu v posledních dvou letech (obr. 3.2.17a).

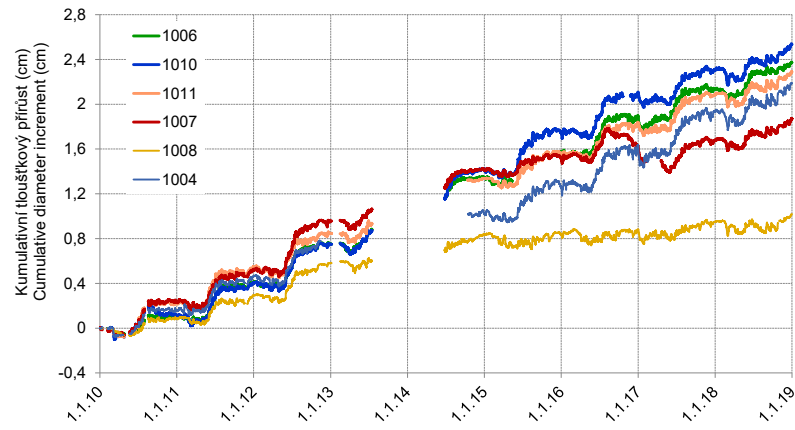
Vývoj průměrných hodnot kumulativního tloušťkového přírůstu na jednotlivých plochách indikuje produkční úroveň porostů na daných stanovištích (obr. 3.2.18). Stabilní a zároveň nejvyšší produkci má smrk na Lazech. Periodický tloušťkový přírůst za období 2010–2018 zde činil v průměru 2,0 cm, což je o cca 66 % více v porovnání se smrkem na ploše Želivka. Smrk na Želivce, stejně jako buk na Všetci, přirostly za toto devítileté období v průměru o 1,2 cm. Velmi nízká produkce byla zaznamenána u borovice na ploše Benešovice, kde stromy v průměru přirůstaly 1 mm za rok. Zajímavé je zplošťování kumulativní křivky tloušťkového růstu na plochách Želivka a Vsetec v letech 2016–2018. Zatímco na horské smrkové ploše Lazy tloušťkový růst lineárně stoupá v celém sledovaném období, na plochách Želivka a Vsetec dochází v posledních letech k výraznému zpomalení růstu (obr. 3.2.18).

Velikost tloušťkového přírůstu i načasování růstové fáze jsou determinovány především průběhem počasí v daném roce. Růstová dynamika proto může být v různých letech značně odlišná (obr. 3.2.19). Meziroční srovnání průběhu tloušťkového růstu v posledních 4 letech (2015–2018) pro smrk na ploše Želivka ukazuje, že relativně příznivé podmínky pro růst i celkovou vitalitu stromů byly v roce 2016 (obr. 3.2.19a). Naproti tomu v letech 2017 a 2018 byly růstové podmínky silně nepříznivé. V roce 2018 započala intenzivní růstová fáze v první polovině května, ale již na konci tohoto měsíce byl růst přerušen a je pa-

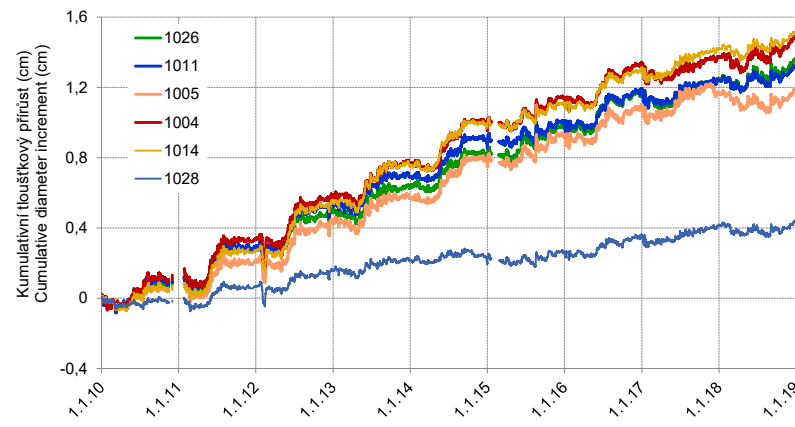
trné smršťování kmenů v důsledku vláhového deficitu. V první červnové dekádě následovalo krátké období růstu, poté však se kmeny v důsledku dlouhotrvajícího sucha smršťovaly až do konce srpna. V průběhu podzimních měsíců probíhala postupná rehydratace kmenů. Celkový roční tloušťkový přírůst byl v tomto roce velmi nízký a činil v průměru 0,7 mm. Zajímavé je srovnání s vývojem přírůstků v roce 2015, který byl též velmi suchý. I v tomto roce smrky citlivě reagovaly na extrémní vláhový deficit opakovaným intenzivním smršťováním kmenů. Stromy začaly přirůstat v polovině května, avšak v důsledku sucha se kmeny od druhé poloviny června začaly smršťovat a v období vrcholu veder v první polovině srpna klesla výčetní tloušťka na hodnotu srovnatelnou se začátkem tloušťkového růstu. Několik deštivých dní v polovině srpna přineslo zotavení a pravděpodobně i krátké období přirůstání, nicméně poté se kmeny opět postupně smršťovaly. Trvalé zavodnění kmenů lze pozorovat až v polovině října. V konečném výsledku však hodnota ročního tloušťkového přírůstu dosáhla 1,4 mm, což je hodnota srovnatelná s rokem 2016 (obr. 3.2.19a). Rozdíl v přírůstu mezi roky 2015 a 2018 je pravděpodobně dán rozdílem ve vláhové bilanci v průběhu jarních měsíců. V roce 2018 se projevil nedostatek srážek už během března a dubna, na záznamu z přírůstoměrů je patrné smršťování kmenů, naproti tomu v roce 2015 je intenzivní přírůstek patrný až v letních měsících. Je také pravděpodobné, že v roce 2018 stromy byly oslabeny v důsledku přetrvávajícího vláhového deficitu. Dlouhotrvající stres suchem vede u stromů k vyčerpání rezervních látek.

Velké rozdíly v růstové dynamice jsou patrné také z meziročního srovnání křivek pro borovici na ploše Benešovice. Průběh přírůstků potvrzuje extremitu roků 2015 a 2018 (obr. 3.2.19b). Intenzivní smršťování kmenů v průběhu dubna a poté v červenci a srpnu indikuje výrazný vláhový deficit v těchto letech. Extrémní sucho v létě 2015 se projevilo trvalým smrštěním kmenů od července do konce září. Podobně tomu bylo i v roce 2018, ovšem období sucha bylo tehdy přerušeno dvěma významnějšími deštivými epizodami na začátku srpna a na začátku září, ovšem intenzivní rehydratace kmenů započala až od druhé říjnové dekády. V roce 2015 je hodnota tloušťkového přírůstu prakticky rovna nule. Naproti tomu v roce 2018 dosáhl přírůst na ploše Benešovice hodnoty 0,9 mm, což odpovídá průměrné velikosti ročního tloušťkového přírůstu na této ploše za celé sledované období 2010–2018. Průběh křivky z roku 2016, který byl pro růst borovice na tomto stanovišti příznivý, naznačuje, že i v tomto roce se projevilo přísušek, ovšem až v průběhu srpna a začátkem září, a proto velikost přírůstků nebyla negativně ovlivněna (obr. 3.2.19b).

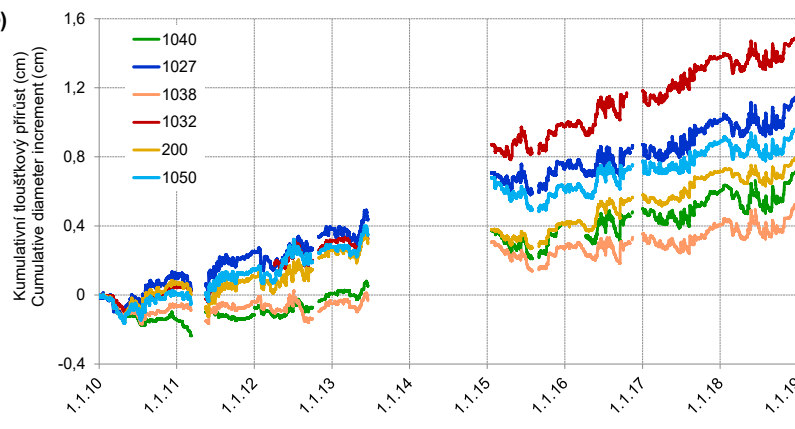
a) Lazy (smrk / spruce)



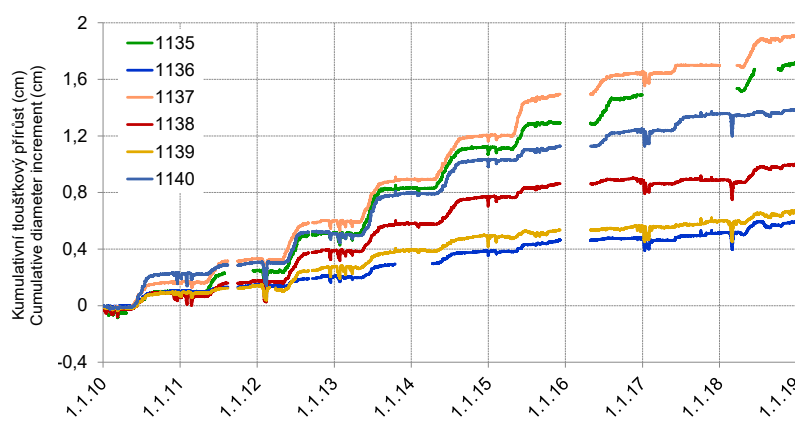
b) Želivka (smrk / spruce)



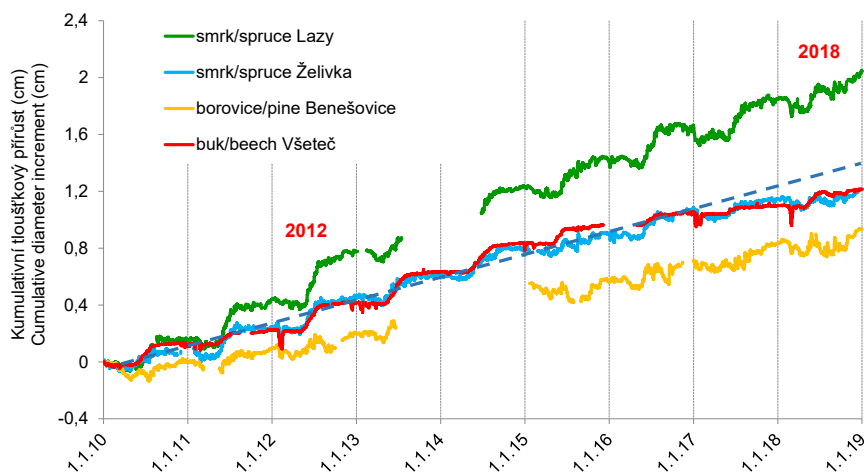
c) Benešovice (borovice / pine)



d) Všeteč (buk / beech)

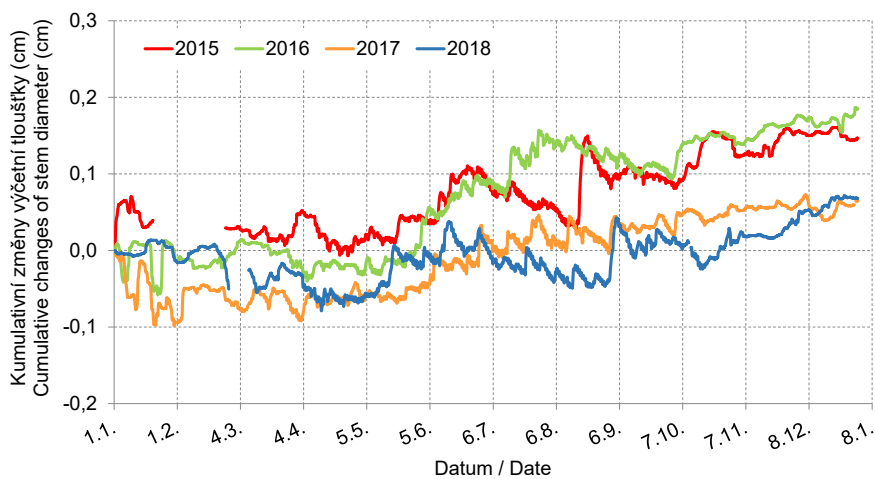


Obr. 3.2.17: Průběh kumulativního tloušťkového přírůstu v letech 2010–2018 na plochách a) Lazy (smrk), b) Želivka (smrk), c) Benešovice (borovice) a d) Všeteč (buk). / Cumulative diameter increment in the period 2010–2018 at the plots a) Lazy (spruce), b) Želivka (spruce), c) Benešovice (pine) and d) Všeteč (beech).

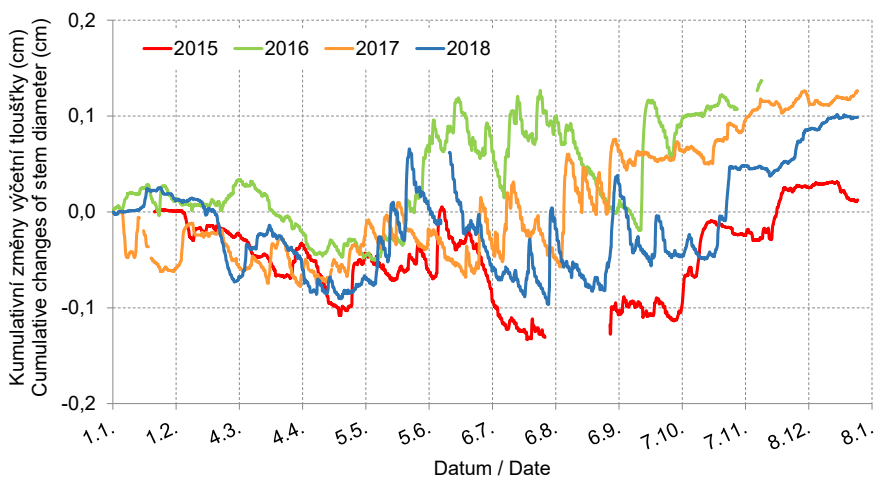


Obr. 3.2.18: Srovnání růstové dynamiky pro všechny plochy za celé období měření 2010–2018. / *Comparison of growth dynamics for all plots and the entire period of the assessment 2010–2018.*

a) Želivka (smrk / spruce)



b) Benešovice (borovice / pine)



Obr. 3.2.19: Meziroční srovnání růstové dynamiky a) smrku na ploše I140 Želivka a b) borovice na ploše Q061 Benešovice. / *Interannual comparison of growth dynamics for a) spruce at the plot I140 Želivka and b) pine at the plot Q061 Benešovice.*

Summary

Growth and yield

Tree growth in Level II plots is monitored using two methods: (1) by regular dendrometric measurement and (2) by continuous monitoring of stem diameter growth. Dendrometric measurements are done on all Level II plots at five-year intervals. Diameter at breast height, tree height and height to crown base are measured for all living trees on the plot. In 2011, the positions of trees and crown projections for all plots were mapped using FieldMap technology (Fig. 3.2.12). This extended the possibilities when evaluating spatial stand characteristics. The 3D model of the Třeboň plot (Q151) is presented in Fig. 3.2.13. The last cycle of dendrometric measurements took place in the winter of 2014/15 and included 2131 living trees. The representation of tree species in the upper storey of the stands, on intensive monitoring plots, is shown in Fig. 3.2.14. Table 3.2.1 provides a summary of the basic dendrometric characteristics of the stands, including the timber volume in the last measurement cycle. The changes in timber volume on spruce, pine and beech monitoring plots is shown in Fig. 3.2.15.

Continuous monitoring of stem diameter growth is now taking place at seven core Level II plots. Stem growth is monitored using dendrometers installed on selected sample trees. Two types of dendrometers are used: (1) girth bands with manual reading and (2) electronic band dendrometers (Fig. 3.2.16). Fig. 3.2.17 presents the results of electronic dendrometer measurements, from the beginning of monitoring in 2010 to the end of 2018, on the plots at Lazy, Želivka, Benešovice and Všeteč. A highly synchronous change in the stem size of the monitored trees is evident in all plots. While spruce and pine are characterised by the frequent alternation of shrinkage and swelling phases within one year, this variation is very low in beech. Spruce and pine trees, especially, reacted to moisture deficit by intensive shrinkage of the stem during the growing season, for example in summer 2015 or 2018. On the other hand, significant shrinkage of beech trees was observed only in periods of frost, for example in February 2012.

Development of the mean cumulative diameter growth indicates the productivity of the stands at the selected sites (Fig. 3.2.18). From the curves, it is also possible to determine the approximate start of the growth phase in each individual year. The magnitude of diameter increase, and the timing of the growth phase, are mainly determined by the year's weather conditions. Growth dynamics can therefore be very different in different years (Fig. 3.2.19).

3.2.3 Fenologie / Phenology

Fenofáze jsou určité projevy životního cyklu rostlin, které se během růstu pravidelně opakují – rašení, kvetení, opad listů atd. Informace o nástupu a průběhu jednotlivých fenofází umožňují hodnocení aktuálních podmínek jednotlivých stromů či celého porostu. Změny jejich průběhu mohou být zapříčiněny nejen vlivem aktuálního počasí, ale také dalšími abiotickými a biotickými vlivy (znečištěním ovzduší, výskytem škůdců a chorob aj.).

Fenologie se sleduje podle metodiky popsané v manuálu programu ICP Forests (Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, part VI Phenological Observations, version 05/2016). Hodnocení probíhá nejméně jednou měsíčně, v době rašení na jaře a v listnatých porostech také na podzim, v době zbarvování a opadu listů častěji, tj. v desetidenním intervalu. Sledují se následující fenofáze – rašení, kvetení, barevné změny, opad listů nebo jehlic a případné abiotické či biotické poškození (výskyt škůdců, poškození mrazem, mechanická poškození větrem, sněhem apod.). Hodnotí se stav a vývoj na celé ploše ve stupních intenzity výskytu jevu:

- stupeň 0 – jev se nevyskytuje,
- stupeň 1 – jev se vyskytuje u 1–33 % jedinců na ploše (max. 1/3 plochy),

- stupeň 2 – jev se vyskytuje u více než 33–66 % jedinců na ploše (do 2/3 plochy),
- stupeň 3 – jev se vyskytuje u více než 66–99 % jedinců na ploše (téměř celá plocha),
- stupeň 4 – jev se vyskytuje u všech jedinců na ploše (100 %).

Tyto stupně se zaznamenávají pouze u fenofází rašení, barevných změn a opadu listů; u ostatních fenofází se zaznamenávají pouze dva stupně – 0 nebo 1, tj. zda se daná fenofáze vyskytuje, či nikoliv.

Na ploše Želivka se provádí ještě tzv. intenzivní pozorování. Na ploše je vybráno 10 stromů, u kterých se hodnotí fenofáze rašení a kvetení na úrovni jednotlivých stromů, tj. na jaké části koruny se daný jev vyskytuje. Stupně 0–4 v tomto případě znamenají výskyt jevu v % části koruny. Z důvodu kůrovcové kalamity byla část stromů z plochy postupně odtěžena, hodnotily se pouze dva stromy. Od roku 2017 se hodnotí 10 nově vybraných stromů.

Obrázky 3.2.23 a 3.2.24 ukazují průběh rašení v jednotlivých letech na plochách během celého období sledování.



Obr. 3.2.20: Rašení smrku. / *Flushing of Norway spruce.*

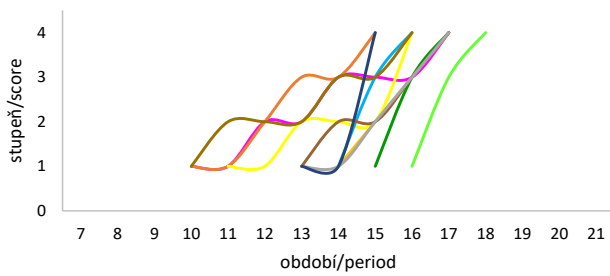


Obr. 3.2.21: Vyrašený pupen buku. / *Flushed bud of beech.*

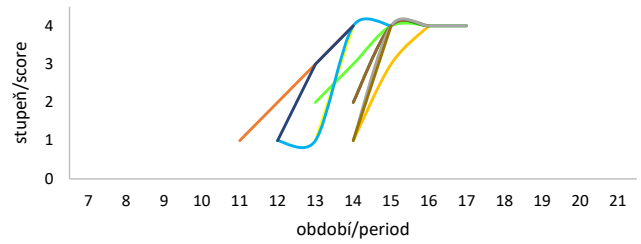


Obr. 3.2.22: Samičí květy borovice. / *Female flowers of pine.*

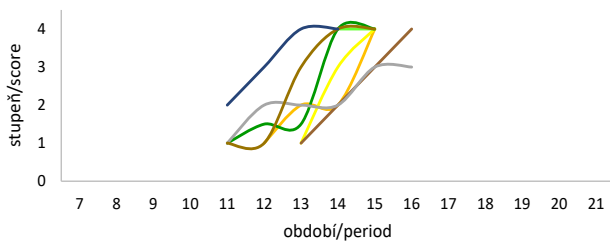
a) Benešovice



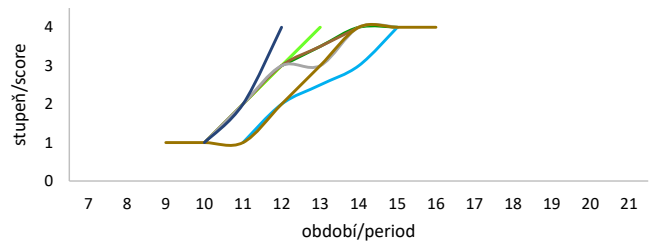
b) Lazy (smrk / spruce)



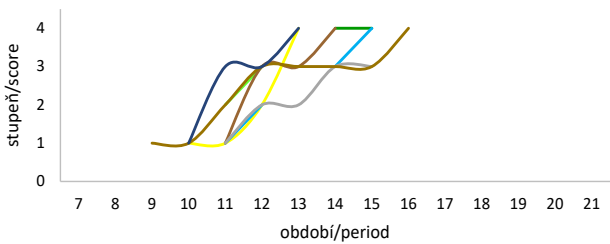
c) Luisino údolí (smrk / spruce)



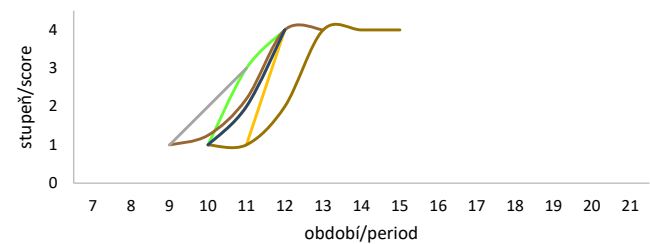
d) Medlovice (buk / beech)



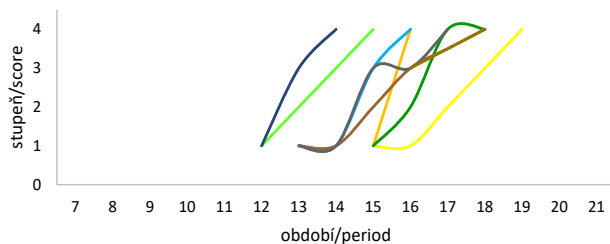
e) Medlovice (dub / oak)



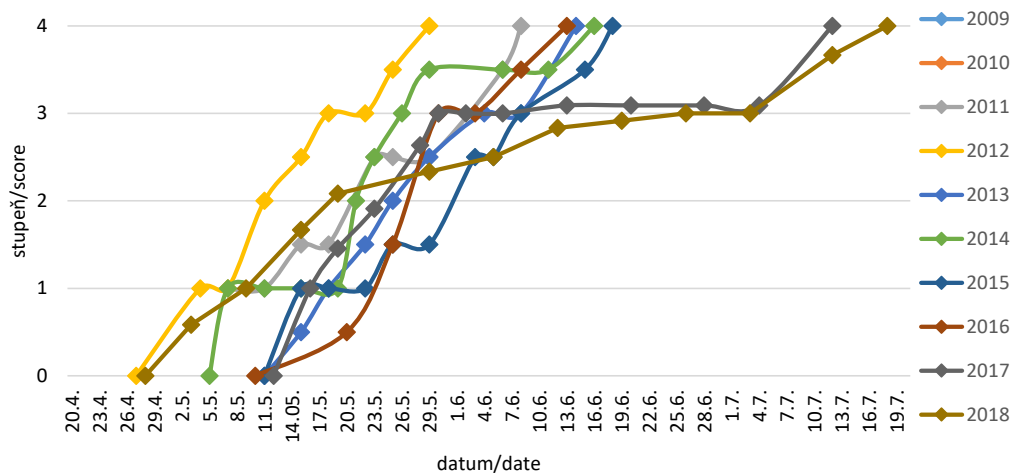
f) Všeteč (buk / beech)



g) Želivka (smrk / spruce)



Obř. 3.2.23: Průběh rašení hlavních dřevin na plochách intenzivního monitoringu a) Benešovice (borovice), b) Lazy (smrk), c) Luisino údolí (smrk), d) Medlovice (buk), e) Medlovice (dub), f) Všeteč (buk), g) Želivka (smrk). Období je označeno pořadovým číslem desetidenního intervalu, tj. 1 = 1.1.–10.1.; 2 = 11.1.–20.1.; 3 = 21.1.–31.1. atd. / Course of flushing of the main tree species at the plots of intensive monitoring a) Benešovice (pine), b) Lazy (spruce), c) Luisino údolí (spruce), d) Medlovice (beech), e) Medlovice (oak), f) Všeteč (beech), g) Želivka (spruce). Period means the sequence number of 10-day period, eg. 1 = 1.1.–10.1.; 2 = 11.1.–20.1.; 3 = 21.1.–31.1. etc. Scores 0–4 indicate the occurrence of flushing for a specified percentage of individuals on the plot: 0 – no flushing, 1 – flushing of >0–33%, 2 – flushing of >33–66%, 3 – flushing of >66–<100%, 4 – flushing of all trees on the plot.



Obr. 3.2.24: Průběh rašení smrku na ploše Želivka, hodnoceného na jednotlivých stromech (intenzivní fenologie). / *Flushing of Norway spruce on the plot Želivka evaluated on individual trees (intensive phenology).* Scores 0–4 indicate the occurrence of flushing for a specified percentage of the crown: 0 – no flushing in the crown, 1 – flushing of >0–33%, 2 – flushing of >33–66%, 3 – flushing of >66–<100%, 4 – flushing in the entire crown.

Summary

Phenology

The timing and duration of phenophases (life events) provide information about the actual condition of trees. Changes in these processes can be caused not only by weather conditions, but also by other abiotic or biotic factors (air pollution, pests etc). Phenological observation is an optional parameter. It is carried out on six Level II plots (Benešovice, Lazy, Lusino údolí, Medlovice, Všetec, Želivka), at least monthly, in crucial periods of the year (during flushing in spring, and autumnal colouring and leaf-fall), but more often, three or more times per month. Observation is based at the plot level, and scoring was as follows: 1 – event is not present at the plot, 2 – event is present on 1–33% of plot, 3 – event is present on >33–66% of plot, 4 – event is present on >66–99% of plot, 5 – event is present on whole plot (100%), see Fig. 3.2.23. On the Želivka plot, tree-level monitoring is also performed. Here, 10 individual trees were assessed using the same scoring as at the plot level for each tree (Fig. 3.2.24).

3.2.4 Přízemní vegetace / *Ground vegetation*

Stav vegetace je hodnocen semikvantitativní metodou fytoecologických snímků. Hodnocení na každé ploše je prováděno na kruhových sběrných plochách o velikosti 400 m² (poloměr 11,28 m), umístěných ve středu monitorační plochy. Byla použita modifikovaná osmičlenná kombinovaná stupnice abundance a dominance podle Braun-Blanqueta (1965). Zjišťována byla přítomnost všech druhů vyšších rostlin v jednotlivých vegetačních patrech a vizuálně odhadována jejich pokryvnost, resp. početnost, která byla klasifikována podle následující stupnice:

- r – druh velmi vzácný, většinou pouze jeden jedinec nebo několik se zanedbatelnou pokryvností
- + – druh vzácný (ale alespoň dva jedinci na ploše) nebo občasně se vyskytující, ale s malou pokryvností
- 1 – druh početný, ale s malou pokryvností nebo méně početný s vyšší pokryvností, nejvýše ale 5 % (často ojedinělé keře nebo vzácnější trávy)
- 2a – druh velmi početný, (hojný) při velkém počtu malých jedinců s pokryvností kolem 5 % nebo při menším počtu větších rostlin pokryvnost 5–12,5 %

2b – totéž jako 2a, ale pokryvnost je vždy 12,5–25 % celkové plochy

3 – druh s pokryvností 25–50 %

4 – druh s pokryvností 50–75 %

5 – druh s pokryvností 75–100 %

U stupňů r, +, 1, a 2a se přihlíží spíše k početnosti populace, u vyšších stupňů pouze k pokryvnosti jednotlivých druhů. Kromě toho byla stanovena celková pokryvnost jednotlivých pater: E₃ – stromové, E₂ – keřové, E₁ – bylinné a E₀ – mechové.

Dále byl pořízen soupis ostatních druhů rostoucích na celé monitorační ploše o rozměrech 50 × 50 m. Hodnocení jsou prováděna přibližně v pětiletých intervalech. Na všech plochách úrovně II byla zatím provedena minimálně 3 hodnocení, na starších plochách je k dispozici již 4 až 5 šetření. Na všech sledovaných plochách byla provedena typologická (Průša 2001) a fytoecologická charakteristika vegetace (Moravec et al. 1995, Chytrý et al. 2010). Jednotlivé plochy byly zařazeny do vegetačních jednotek na základě potenciální přirozené vegetace podle Neuhäuslové et al. (1998). Nomenklatura rostlinných druhů je podle publikace Danihelka et al. (2012).



Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*). / Himalayan balsam (*Impatiens glandulifera*).

Tab. 3.2.2: Fytcenologické snímky přízemní vegetace pro 7 klíčových ploch úrovně II, kde je hodnoceno kompletní spektrum parametrů zdravotního stavu lesa a lesního prostředí. / *Ground vegetation assessment for 7 Level II core plots, where the complete spectrum of parameters of forest health and forest environment is evaluated.*

Benešovice

Datum / Date		14.9.2005	15.7.2009	6.9.2014
Celková pokryvnost / Total cover		100	100	100
Pokryvnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage		0,1	0,1	0,1
Pokryvnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage		70	80	80
Pokryvnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage		80	85	90
Patro / Layer	Druh / Species	Pokryvnost / Cover		
E ₂	<i>Pinus sylvestris</i> – borovice lesní	+	+	+
	<i>Betula pendula</i>			+
	<i>Sorbus aucuparia</i> – jeřáb ptačí	+	+	
E ₁	<i>Vaccinium myrtillus</i> – brusnice borůvka	4	4	5
	<i>Avenella flexuosa</i> – metlička křivolaká	2a	2a	2a
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> – brusnice brusinka	2a	2a	1
	<i>Calluna vulgaris</i> – vřes obecný	+	+	r
	<i>Betula pendula</i> – břiza bělokora	+	+	
	<i>Pinus sylvestris</i> juv. – borovice lesní		+	
	<i>Quercus robur</i> juv. – dub zimní	+	+	+
	<i>Sorbus aucuparia</i> juv. – jeřáb ptačí	+	+	+
Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		4	4	4
E ₀	<i>Pleurozium schreberi</i> – travník Schreberův	4	4	2b
	<i>Hylocomium splendens</i> – rokytník skvělý	3	3	4
	<i>Dicranum polysetum</i> – dvouhrotec chvostnatý	1	2a	1
	<i>Hypnum cupressiforme</i> – rokyt cypřiškovitý	+		

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₂ *Picea abies*, *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*

E₁ *Epilobium angustifolium*, *Pinus sylvestris*

E₀ *Polytrichum formosum*

Typologická a fytcenologická charakteristika

Lesní typ: 3M3 – chudá dubová bučina borůvková s přechodem ke kyselému dubobukovému boru borůvkovému OK3.

Fytcenologická klasifikace: subkontinentální borová doubrava svazu *Genisto germanicae-Quercion*, asociace brusinkové borové doubravy *Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum*.

Borová monokultura se sporadickým dubem letním v bylinném patře, buk zcela chybí. V málo vyvinutém keřovém patře je zastoupena zmlazující se borovice a břiza. V druhově chudém bylinném patře jsou zastoupeny charakteristické acidofilní druhy. Výraznou dominantou je brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), kodominantou metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*). Z dalších diagnostických druhů je zastoupena brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*) a sporadicky vřes obecný (*Calluna vulgaris*). Vysokou pokryvnost vykazují mechové

patro s dominancí druhů *Hylocomium splendens* a *Pleurozium schreberi*.

Změny přízemní vegetace od roku 2005

Přízemní vegetace na ploše je vysoce stabilní podobně jako na jiných stanovištích borových doubrav. Od prvního hodnocení se zvýšila pokryvnost borůvky (*Vaccinium myrtillus*), a tím i celková pokryvnost bylinného patra. Naopak brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*) ustupuje. Poněkud větší změny se odehrávají v mechovém patře, kde se postupně rovněž zvyšuje celková pokryvnost. Snižuje se zastoupení původně dominantního druhu *Pleurozium schreberi* na úkor druhu *Hylocomium splendens*.

Klepačka

Datum / Date		13.7.2005	11.6.2009	23.7.2014
Celková pokrývnost / Total cover		95	99	90
Pokrývnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage		10	20	35
Pokrývnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage		75	90	75
Pokrývnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage		20	25	25
Patro / Layer	Druh / Species	Pokrývnost / Cover		
E ₂	<i>Picea abies</i> – smrk ztepilý	2a	2b	3
	<i>Fagus sylvatica</i> – buk lesní	1	1	1
	<i>Sorbus aucuparia</i> – jeřáb ptačí	+	+	+
E ₁	<i>Avenella flexuosa</i> – metlička křivolaká	3	3	3
	<i>Vaccinium myrtillus</i> – brusnice borůvka	2b	3	2b
	<i>Dryopteris dilatata</i> – kaprad' rozložená	2a	1	1
	<i>Rubus hirtus</i> – ostružiník srstnatý	2a	2a	2a
	<i>Athyrium filix-femina</i> – papratka samičí	1	+	+
	<i>Calamagrostis arundinacea</i> – třtina rákosovitá	+	+	+
	<i>Carex pilulifera</i> – ostřice kulonosná		r	r
	<i>Maianthemum bifolium</i> – pstroček dvoulistý	1	1	1
	<i>Oxalis acetosella</i> – šťavel kyselý	+	+	+
	<i>Prenanthes purpurea</i> – věsenka nachová	r		
	<i>Abies alba</i> juv. – jedle bělokorá		+	+
	<i>Acer pseudoplatanus</i> juv. – javor klen	+		+
	<i>Picea abies</i> juv. – smrk ztepilý	+	1	1
	<i>Sorbus aucuparia</i> juv. – jeřáb ptačí	+	+	+
<i>Sambucus racemosa</i> – bez červený	r			
Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		9	9	9
E ₀	<i>Plagiothecium undulatum</i> – lesklec čeřitý	r	+	1
	<i>Dicranum scoparium</i> – dvouhrotec chvostnatý	1	2a	2a
	<i>Polytrichum formosum</i> – ploník ztenčený	2b	2b	2b
	<i>Sphagnum</i> sp. – rašeliník	r	+	+

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₂ *Abies alba*, *Salix capraea*

E₁ *Agrostis capillaris*, *Blechnum spicant*, *Carex ovalis*, *Carex remota*, *Deschampsia cespitosa*, *Huperzia selago*, *Juncus effusus*, *Phegopteris connectilis*, *Prenanthes purpurea*, *Betula pendula* juv.

E₀ *Marchantia* sp.

Typologická a fytoecologická charakteristika

Lesní typ: 5S1 – svěží jedlová bučina šťavelová.

Fytoecologická klasifikace: acidofilní (jedlo)bučina svazu *Luzulo-Fagion sylvaticae*, asociace bikové bučiny *Calamagrostio arundinaceae-Fagetum sylvaticae*.

Uměle založená smrčina se sporadickou příměsí jedle, zejména v bylinném patře. Buk se vyskytuje pouze v dobře vyvinutém keřovém patře, ve kterém převládají zmlazující se dřeviny, především smrk. Dominantou bylinného patra je metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Hojně jsou i kapradiny, zvláště kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*) a ostružiník (*Rubus hirtus*). Z charakteristických indikačních druhů se vyskytuje např. pstroček dvoulistý

(*Maianthemum bifolium*). V mechovém patře převládá ploník (*Polytrichum formosum*) a dvouhrotec (*Dicranum scoparium*).

Změny přízemní vegetace od roku 2005

Na ploše dochází k výraznému zmlazování dřevin, zejména smrku a částečně buku, což se projevuje zvyšováním pokrývnosti keřového patra. Změny v bylinném patře jsou relativně malé, zřetelný je postupný ústup kapradin. V mechovém patře došlo ke zvýšení pokrývnosti druhu *Dicranum scoparium*.

Lazy

Datum / Date		26.8.2000	11.8.2009	3.7.2014
Celková pokrývnost / Total cover		90	90	90
Pokrývnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage		0,5	0,3	0,5
Pokrývnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage		80	85	90
Pokrývnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage		20	15	10
Patro / Layer	Druh / Species	Pokrývnost / Cover		
E ₂	<i>Picea abies</i> – smrk ztepilý	+	+	+
	<i>Sorbus aucuparia</i> juv. – jeřáb ptačí	r		r
E ₁	<i>Avenella flexuosa</i> – metlička křivolaká	4	4	4
	<i>Calamagrostis villosa</i> – třtina chloupkatá	2a	2a	2a
	<i>Vaccinium myrtillus</i> – brusnice borůvka	2a	2a	2b
	<i>Galium saxatile</i> – svízel hercynský	2a	1	+
	<i>Dryopteris dilatata</i> – kaprad' rozložená	2a	1	+
	<i>Agrostis capillaris</i> – psineček tenký	+		
	<i>Athyrium filix-femina</i> – papratka samičí	r		
	<i>Carex canescens</i> – ostřice šedavá	+		
	<i>Carex leporina</i> – ostřice zaječí	+		
	<i>Carex pilulifera</i> – ostřice horská	+	+	+
	<i>Digitalis purpurea</i> – náprstník červený	+		
	<i>Epilobium angustifolium</i> – vrbka úzkolistá	+	+	
	<i>Epilobium montanum</i> – vrbka horská	r	r	
	<i>Hieracium lachenalii</i> – jestřábník Lachenalův	r	r	
	<i>Oxalis acetosella</i> – štavel kyselý	+	+	1
	<i>Rubus idaeus</i> – maliník obecný	r	r	
	<i>Stellaria alsine</i> – ptačinec kuříčkový	r		
	<i>Trientalis europaea</i> – sedmikvítek evropský	+	+	+
	<i>Urtica dioica</i> – kopřiva dvoudomá	r		
	<i>Picea abies</i> juv. – smrk ztepilý	1	+	+
<i>Sorbus aucuparia</i> juv. – jeřáb ptačí	r	+	+	
Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		19	12	8
E ₀	<i>Polytrichum formosum</i> - ploník obecný	+	1	+
	<i>Brachythecium</i> sp. – baňatka	+	1	1
	<i>Dicranella heteromala</i> – dvouhroteček různotvárný	+	+	+
	<i>Dicranum scoparium</i> – dvouhrotec chvostnatý	1	2a	2a
	<i>Plagiothecium</i> sp. – lesklec	+	2a	1
	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> – kostrbatec tříkoutý		+	2a

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₁ *Athyrium filix-femina*, *Phegopteris connectilis*,

E₀ *Plagiothecium undulatum*

Typologická a fytoocenologická charakteristika

Lesní typ: 6K1 – kyselá smrková bučina metlicová

Fytoocenologická klasifikace: Acidofilní bučina svazu Luzulo–Fagion *sylvaticae*, asociace smrkové bučiny *Calamagrostio villosae-Fagetum sylvaticae* s přechodem k horské třtinové smrčtině svazu *Piceion abietis*. Buk byl nahrazen smrkovou monokulturou. Keřové patro tvořené zmlazujícími se smrkem je nepatrné. Výrazně dominuje *Avenella flexuosa*, kodominantou je borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*). Horské druhy jsou zastoupeny sedmikvítkem evropským (*Trientalis europaea*). Dobře je vyvinuto mechové patro.

Změny přízemní vegetace od roku 1995

Na ploše byly zaznamenány následující změny. Mírně se zvyšuje celková pokrývnost bylinného patra, zatímco pokrývnost mechového patra klesá. Zvýšila se pokrývnost borůvky (*Vaccinium myrtillus*) a štavely (*Oxalis acetosella*), naopak svízel hercynský (*Galium saxatile*) a kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*) ustoupily. Došlo rovněž k vymizení některých sporadicky se vyskytujících druhů. V mechovém patře ustoupil druh *Polytrichum formosum*, zatímco pokrývnost jiných druhů jako *Dicranum scoparium* a *Rhytidiadelphus triquetrus* se zvýšila.

Luisino údolí

Datum / Date	7.8.2004	12.6.2009	5.9.2014	
Celková pokrývnost / Total cover	95	95	95	
Pokrývnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage	1	1	5	
Pokrývnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage	85	80	80	
Pokrývnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage	15	15	15	
Patro / Layer	Druh / Species	Pokrývnost / Cover		
E ₂	<i>Sorbus aucuparia</i> – jeřáb ptačí	+	1	2a
E ₁	<i>Calamagrostis villosa</i> – třtina chloupkatá	3	3	3
	<i>Avenella flexuosa</i> – metlička křivolaká	2b	2b	2b
	<i>Maianthemum bifolium</i> – pstroček dvoulistý	2a	2b	1
	<i>Vaccinium myrtillus</i> – borůvka černá	2b	2b	2b
	<i>Athyrium filix-femina</i> – papratka samičí	+	+	+
	<i>Dryopteris dilatata</i> – kaprad' rozložená	+	+	+
	<i>Epilobium angustifolium</i> – vrбка úzkolistá	+	+	+
	<i>Epilobium montanum</i> – vrbovka horská	+	+	r
	<i>Mycelis muralis</i> – mléčka zední	+	+	+
	<i>Oxalis acetosella</i> – šťavel kyselý		r	1
	<i>Rubus idaeus</i> – maliník obecný	r	+	+
	<i>Senecio hercynicus</i> – starček hercynský	+	+	+
	<i>Silene dioica</i> – silenka dvoudomá		r	r
	<i>Taraxacum officinalis</i> – smetanka lékařská	r		
	<i>Trientalis europaea</i> – sedmikvítek evropský	+	+	+
	<i>Urtica dioica</i> – kopřiva dvoudomá	r	+	+
	<i>Acer pseudoplatanus</i> juv. – javor klen	+		
	<i>Salix</i> sp. – vrba		r	r
	<i>Sorbus aucuparia</i> juv. – jeřáb ptačí	+	+	+
	<i>Picea abies</i> juv. – smrk ztepilý	r		
Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		14	15	15
E ₀	<i>Plagiothecium</i> sp. – lesklec	2a	2a	+
	<i>Plagiothecium undulatum</i> – lesklec čeřitý	+	+	
	<i>Brachythecium</i> sp. – baňatka	1	2a	2a
	<i>Dicranum scoparium</i> – dvouhrotec chvostnatý	1	1	1
	<i>Plagiomnium undulatum</i> – měřík kadeřavý		+	+
	<i>Pohlia nutans</i> – paprutka nicí	r	r	r
	<i>Polytrichum formosum</i> – ploník ztenčený	+	1	1
	<i>Sphagnum</i> sp. – rašeliník	+	+	+

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₁ *Angelica sylvestris*, *Carex canescens*, *Cardaminopsis halleri*, *Dryopteris filix-mas*, *Luzula pilosa*,
Acer pseudoplatanus, *Fagus sylvatica*

Typologická a fytoocenologická charakteristika

Lesní typ: 7K3 – kyselá buková smrčina třtinová.

Fytoocenologická klasifikace: horská třtinová smrčina svazu *Piceion abietis* asociace *Calamagrostio villosae-Piceetum abietis*.

Klimaxová smrčina s malou příměsí buku a javoru klenu, který se v současnosti vyskytuje pouze v bylinném patře. V keřovém patře je zastoupen jeřáb ptačí. Dominantou bylinného patra je třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*). Kodominantami jsou acidofilní druhy metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Významně jsou zastoupeny druhy pstroček dvoulistý (*Maianthemum bifolium*) a šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*). Charakteristické indikační druhy

smrčin jsou zastoupeny sedmikvítkem evropským (*Trientalis europaea*). Mechové patro je poměrně bohaté s převahou druhů baňatka (*Brachythecium* sp.), dvouhrotec (*Dicranum scoparium*) a ploník (*Polytrichum formosum*).

Změny přízemní vegetace od roku 2005

Došlo jen k minimálním změnám. Zvýšila se pokrývnost keřového patra, díky šíření jeřábu ptačího, mírně se též zvýšilo zastoupení šťavelu kyselého (*Oxalis acetosella*), zatímco pokrývnost pstročku dvoulistého (*Maianthemum bifolium*) kolísá.

Medlovice

Datum / Date		13.10.1998	10.6.2009	14.7.2014
Celková pokrývnost / Total cover		0,5	0,5	0,1
Pokrývnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage		0	0	0
Pokrývnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage		1	0,5	0,1
Pokrývnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage		0,1	0,1	0,01
Patro / Layer	Druh / Species/	Pokrývnost / Cover		
E ₁	<i>Carex pilosa</i> – ostřice brvitá	+		
	<i>Galium odoratum</i> – svízel vonný	+		r
	<i>Hieracium murorum</i> – jestřábník zední	+	+	
	<i>Hieracium sabaudum</i> – jestřábník savojský	+		
	<i>Luzula luzuloides</i> – bika hajní	1	+	+
	<i>Melica uniflora</i> – strdivka jednokvětá	+		
	<i>Mycelis muralis</i> – mléčka zední	r	+	
	<i>Poa nemoralis</i> – lipnice hajní	r		
	<i>Acer pseudoplatanus</i> juv. – javor klen	r	+	r
	<i>Fagus sylvatica</i> juv. – buk lesní	r	1	+
	<i>Fraxinus excelsior</i> juv. – jasan ztepilý			+
	<i>Prunus avium</i> – třešeň ptačí	r		
	<i>Quercus petraea</i> juv. – dub zimní	r	+	
	<i>Sambucus</i> sp. – bez			r
Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		8	3	2
E ₀	<i>Dicranella heteromala</i> – dvouhroteček různotvárný		+	r
	<i>Hypnum cupressiforme</i> – rokyt cypřiškovitý	+	+	r
	<i>Polytrichum formosum</i> – ploník ztenčený	+		

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₂ *Picea abies*, *Fagus sylvatica*

E₁ *Carex pilosa*, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Poa nemoralis*, *Impatiens parviflora*, *Stellaria media*, *Juglans regia* juv., *Picea abies* juv.

E₀ *Pohlia nutans*, *Polytrichum formosum*

Typologická a fytoecologická charakteristika

Lesní typ: 2S4 – svěží buková doubrava biková se svízelem vonným, přechod k 2B (bohatá buková doubrava)

Fytoecologická klasifikace: společenstvo nejvíce odpovídá ochuzené variantě karpatské ostřicové dubohabřiny svazu *Carpinion*, asociace *Carici pilosae-Carpinetum betuli* s přechodem ke květnaté bučině svazu *Fagion sylvaticae*, asociace *Carici pilosae-Fagetum sylvaticae* nebo *Melico uniflorae-Fagetum sylvaticae*.

Pokrývnost všech vegetačních pater je minimální, keřové patro zcela chybí, bylinné patro je velmi málo vyvinuté bez výrazné

dominanty. Nejvíce se uplatňuje zmlazující se buk a bika hajní (*Luzula luzuloides*). V blízkém okolí jsou typické květnaté bučiny s bohatým bylinným patrem.

Změny přízemní vegetace od roku 1998

Změny na této druhově chudé ploše s nepatrnou pokrývností spočívají v ústupu až vymizení většiny druhů.

Všeteč

Datum / Date		28.8.2000	3.6.2009	11.9. 2014
Celková pokrývnost / Total cover		8	6	6
Pokrývnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage		0,1	0,1	5
Pokrývnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage		8	6	1
Pokrývnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage		0,01	0,01	0,01
Patro / Layer	Druh / Species	Pokrývnost / Cover		
E ₂	<i>Fagus sylvatica</i> – buk lesní	r	r	2a
E ₁	<i>Anemone nemorosa</i> – sasanka hajní	+	+	
	<i>Athyrium filix-femina</i> – papratka samičí	r	r	
	<i>Calamagrostis epigejos</i> – třtina křovištní	+		
	<i>Carex sylvatica</i> – ostřice lesní	+	r	
	<i>Dryopteris dilatata</i> – kaprad' rozložená	r	r	
	<i>Galium aparine</i> – svízel přítula		r	
	<i>Galium odoratum</i> – svízel vonný	1	+	+
	<i>Galium rotundifolium</i> – svízel okrouhlostý	+	+	+
	<i>Geranium robertianum</i> – kakost smrdutý		r	
	<i>Impatiens noli-tangere</i> – netýkavka nedůtklivá	r	r	
	<i>Juncus effusus</i> – sítina rozkladitá	r	+	+
	<i>Luzula luzuloides</i> – bika hajní	1	+	
	<i>Maianthemum bifolium</i> – pstroček dvoulistý	+		
	<i>Moehringia trinervia</i> – kuřička trojžilná	r	+	
	<i>Mycelis muralis</i> – mléčka zední	1	+	r
	<i>Oxalis acetosella</i> – šťavel kyselý	r		
	<i>Poa nemoralis</i> – lipnice hajní	+		
	<i>Rubus idaeus</i> – maliník obecný	r		
	<i>Scrophularia nodosa</i> – krtičník uzlovitý	+	+	r
	<i>Urtica dioica</i> – kopřiva dvoudomá	+	+	
	<i>Viola reichenbachiana</i> – violka lesní	+	r	
	<i>Fagus sylvatica</i> juv. – buk lesní	2a	2a	1
	<i>Acer pseudoplatanus</i> juv. – javor klen	r		
	<i>Sambucus sp.</i> – bez	r		
Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		19	16	5
E ₀	<i>Atrichum undulatum</i> – bezvláska vlnkatá	+		
	<i>Hypnum cupressiforme</i> – rokyt cypřiškovitý	+	+	+

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₁ *Athyrium filix-femina*, *Carex sylvatica*, *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris dilatata*,
Impatiens noli-tangere, *Luzula luzuloides*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Urtica dioica*,
Viola reichenbachiana, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*

E₀ *Polytrichum formosum*

Typologická a fytoecologická charakteristika

Lesní typ : 4S4 – svěží bučina se svízelem vonným

Fytoecologická klasifikace: Květnatá bučina přirozeného charakteru svazu *Fagion sylvaticae* asociace lipové bučiny *Tiliocordatae-Fagetum*. Porost je charakteristický intenzivním přirozeným zmlazením buku, který tvoří keřové patro a hlavní složku patra bylinného. V bylinném patře s nízkou pokrývností přežívají zbytky charakteristických druhů květnatých bučin, popř. jedlin jako svízel vonný (*Galium odoratum*) a svízel okrouhlostý (*Galium rotundifolium*). Mechové patro je zanedbatelné.

Změny přízemní vegetace od roku 2000

Vlivem zastínění v důsledku intenzivního bukového zmlazení a zřejmě také z nedostatku vláhy dochází k razantnímu ústupu druhů bylinného patra a ke snížení jeho celkové pokrývnosti, která od roku 2000 klesla z 8 na 1 %. Počet zjištěných druhů klesl na zhruba čtvrtinu dřívějšího počtu.

Želivka

Datum / Date		19.9.2000	8.6.2009	27.8.2014
Celková pokryvnost / Total cover		20	80	90
Pokryvnost keřového patra E ₂ / Shrub layer coverage		0	0	5
Pokryvnost bylinného patra E ₁ / Herb layer coverage		15	70	80
Pokryvnost mechového patra E ₀ / Moss layer coverage		5	35	25
Patro / Layer	Druh / Species			
E ₂	<i>Picea abies</i>			2a
	<i>Salix aurita</i> – vrba ušatá			+
	<i>Salix capraea</i> – vrba jáva			+
	<i>Sambucus racemosa</i> – bez hroznatý			+
	<i>Betula pendula</i> – břıza bělokorá			r
	<i>Populus tremula</i> – topol osika			1
	<i>Quercus robur</i> – dub letní			+
E ₁	<i>Avenella flexuosa</i> – metlička křivolaká	2a	3	4
	<i>Luzula luzuloides</i> – bika hajní	1	2a	2a
	<i>Calamagrostis epigejos</i> – třtina křovištní	+	2a	2b
	<i>Carex pilulifera</i> – ostřice kulonosná	+	+	+
	<i>Cirsium palustre</i> – pcháč bahenní	r		
	<i>Dryopteris carthusiana</i> – kaprad' osténkatá		r	
	<i>Epilobium angustifolium</i> – vrbka úzkolistá			r
	<i>Epipactis helleborine</i> – kruštík širolistý		r	+
	<i>Hieracium murorum</i> – jestřábek zední		+	+
	<i>Maianthemum bifolium</i> – pstroček dvoulistý	+		
	<i>Leontodon hispidus</i> – pampeliška srstnatá	r		
	<i>Mycelis muralis</i> – mléčka zední	+	+	.
	<i>Oxalis acetosella</i> – šťavel kyselý		1	+
	<i>Rubus idaeus</i> – ostružiník maliník		+	+
	<i>Rubus fruticosus</i> – ostružiník křovitý			+
	<i>Scrophularia nodosa</i> – krtičník hlíznatý		+	r
	<i>Senecio ovatus</i> – starček Fuchsův	+	+	+
	<i>Senecio sylvaticus</i> – starček lesní	r		r
	<i>Senecio viscosus</i> – starček lepivý		+	
	<i>Taraxacum officinale</i> – smetanka lékařská	+	r	
	<i>Vaccinium myrtillus</i> – brusnice borůvka	+	+	+
	<i>Veronica officinale</i> – rozrazil lékařský		+	+
	<i>Betula pendula</i> juv. – břıza bělokorá		r	+
	<i>Fraxinus excelsior</i> juv. – jasan ztepilý		r	
	<i>Picea abies</i> juv. – smrk ztepilý	+	+	1
	<i>Populus tremula</i> juv. – topol osika		+	
	<i>Prunus avium</i> – třešeň ptačí			r
	<i>Quercus robur</i> juv. – dub letní	r	r	r
	<i>Salix aurita</i> juv. – vrba ušatá		+	.
	<i>Salix capraea</i> juv. – vrba jáva			+
	<i>Sambucus racemosa</i> juv. – bez hroznatý		r	
	<i>Sorbus aucuparia</i> juv. – jeřáb ptačí	r	+	+
	Počet druhů bylinného patra bez dřevin / Herb species total		12	15
E ₀	<i>Mnium</i> sp. – měřík	1	2b	+
	<i>Mnium hornum</i> – měřík trnitý	+	+	r
	<i>Pleurozium schreberii</i> – pokryvnatec Schreberův	2a	2b	2b
	<i>Bazzania trilobata</i> – rohozec trojlaločný		r	
	<i>Brachythecium</i> sp. – baňatka	+	+	+
	<i>Dicranella heteromala</i> – dvouhroteček různotvárný		+	
<i>Dicranum scoparium</i> – dvouhrotec chvostnatý	1	1	+	

Želivka – pokračování

<i>Hylocomium splendens</i> – rokytník skvělý	+	+	+
<i>Hypnum cupressiforme</i> – rokyt cypřiškovitý	+	1	+
<i>Leucobryum glaucum</i> – bělomech sivý	+	+	
<i>Plagiomnium undulatum</i> – měřík čeřitý		r	
<i>Plagiothecium</i> sp. – lesklec	+		
<i>Pohlia nutans</i> – paprutka nicí	r	r	
<i>Polytrichum formosum</i> – ploník obecný	+	+	+
<i>Scleropodium purum</i> – lazovec čistý		+	+

Další zjištěné druhy, vyskytující se v roce 2014 na ploše 50 × 50 m:

E₂ *Sorbus aucuparia*

E₁ *Abies alba*, *Acer platanoides*, *Carpinus betulus*, *Majanthemum bifolium*, *Melampyrum pratense*,
Mycelis muralis

Typologická a fytoocenologická charakteristika

Lesní typ: 3K1 – kyselá dubová bučina metlicová

Fytoocenologická klasifikace: Potenciální přirozenou vegetací je acidofilní bučina svazu *Luzulo-Fagion sylvaticae* asociace bikové bučiny *Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae*.

Jedná se o uměle založenou kulturní smrčinu, buk se na vlastní ploše vůbec nevyskytuje. V keřovém patře převládá vysazený a částečně zmlazující smrk. Dominantou druhově poměrně velmi bohatého bylinného patra je metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*). Hojně jsou zastoupeny další trávy – třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a bika hajní (*Luzula luzuloides*). Ve velmi dobře vyvinutém a druhově bohatém mechovém patře převládají druhy *Pleurozium schreberii* a *Mnium* sp.

Změny přízemní vegetace od roku 1995

Na této ploše probíhají značné změny v důsledku vzniku paseky v sousedství plochy, odkud na plochu pronikají diaspory rostlinných druhů. Současně byla odtěžena i část plochy, čímž došlo k prosvětlení porostu, a tím ke značnému zlepšení světelných podmínek. Vytvořilo se dříve zanedbatelné keřové patro. Došlo k razantnímu zvýšení pokryvnosti bylinného patra až na 80 %. Zvýšila se dominance metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*). Současně se na ploše postupně šíří třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), která se při prvním hodnocení vůbec nevyskytovala. V dobře vytvořeném a druhově bohatém bylinném patře dominuje pokryvnatec Schreberův (*Pleurozium schreberii*), zatímco měříky (druhy rodu *Mnium*) ustoupily.



Bělomech sivý (*Leucobryum glaucum*). / Large White-moss (*Leucobryum glaucum*).

Plochy úrovně II představují jen malý zlomek všech hodnocených českých monitoračních ploch programu ICP Forests. Na většině z nich probíhají jen relativně menší změny související se sezónními výkyvy počasí. Některé dlouhodobější změny vyplývají ze sukcesních procesů v souvislosti s vývojem porostů. Větší změny jsou pozorovány na ploše Litovel v lužním lese, kde navíc dochází k velkým změnám i v průběhu roku, kdy se zcela liší jarní a letní aspekt. Na některých plochách byl zaznamenán ústup až vymizení některých sporadicky se vyskytujících druhů. Jednou z příčin je zvyšování pokrývnosti keřového patra v důsledku zmlazování stromových dřevin a šíření některých

keřových druhů. Pravděpodobně se také projevuje vliv letního sucha, přičemž na některých plochách byl zaznamenán ústup několika druhů náročnějších na vláhu, např. kapradin a ostřic. Velké změny byly zjištěny na ploše Želivka v souvislosti s odtěžením sousedního porostu včetně části vlastní plochy. Zlepšení světelných podmínek způsobuje razantní zvýšení pokrývnosti bylinného patra a šíření diaspor ze sousední paseky. K opačnému trendu dochází na ploše Jizerka, kde se světelné podmínky zhoršují v důsledku postupného zapojování porostu. Specifická situace je také na ploše Březka, kde se vlivem intenzivního oborního chovu zvěře šíří nitrofilní druhy, zejména kopřiva, čímž se zvyšuje celková pokrývnost.

Summary

Ground vegetation

Level II plots represent a small proportion of all evaluated ICP Forest monitoring plots in the Czech Republic. Most of them are undergoing only relatively minor changes, in relation to the seasonal fluctuations caused by weather conditions. Some long-term changes result from succession processes related to the development of stands. Larger changes were observed on the Litovel plot, located in the floodplain forest, where major changes occur during the year, as the spring and summer aspects are completely different. The decline, and even disappearance, of several sporadically occurring species has been recorded on some plots. One reason is increasing coverage of the shrub layer due to the natural regeneration of tree species, and the spread of some shrub species. The effects of summer drought is another likely reason, and a decline of moisture demanding species, such as ferns and sedges, was observed in some plots.

*Major changes were detected on the Želivka plot, due to logging in the neighbouring area that resulted in a third of this plot being cut down. This led to a rapid increase in the herb layer coverage, due to the increase in light and the spread of diaspora from the neighbouring clearing. An opposite trend occurred in the Jizerka plot, where light conditions worsened as a result of high density stand development. A unique situation was seen in the Březka plot, located in a game enclosure, where nitrophilous species, especially nettle (*Urtica dioica*), are spreading due to intensive game breeding, which increases total herb layer coverage.*

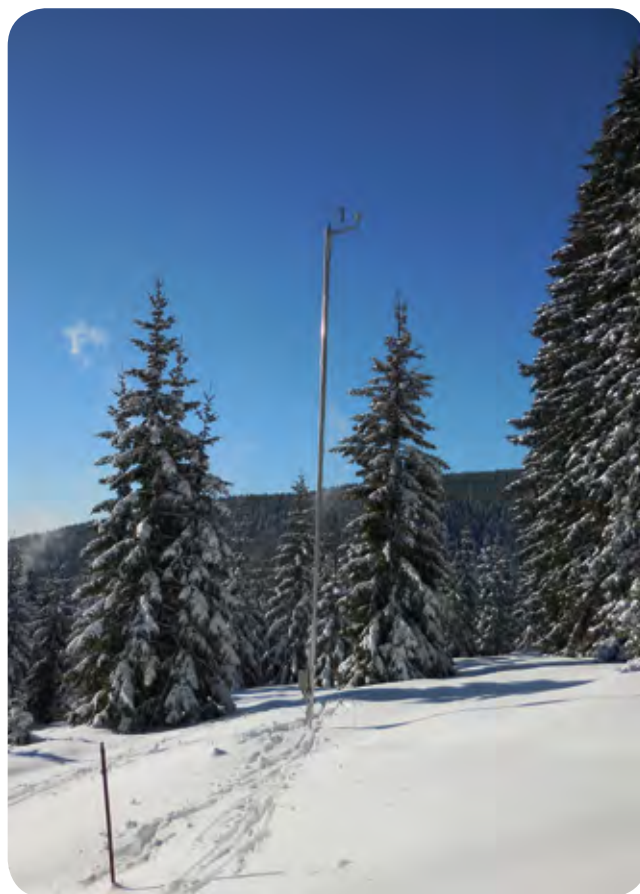
3.2.5 Meteorologie / *Meteorology*

Meteorologická měření na plochách II. úrovně programu ICP se průběžně rozvíjela. Od roku 2000 bylo postupně zaváděno automatické měření teploty a vlhkosti vzduchu, srážek a globální radiace. Měření probíhá na volném prostranství, které by v ideálním případě mělo splňovat požadavky Světové meteorologické organizace pro lokalizaci přístrojů a zároveň mělo být dostatečně blízko monitorační plochy (maximálně do 3 km). V řadě případů dosažení těchto ideálních podmínek není možné a měření je prováděno na trvalém bezlesí v blízkosti plochy s menším rozměrem (vzdáleností od okolního lesa), než připouští pravidla WMO. Jde tedy o měření meteorologických parametrů zčásti ovlivněných okolními lesními porosty, což přímo naplňuje cíle programu ICP Forests. Měření na volné ploše probíhá v minutovém intervalu, ukládány jsou průměrné hodnoty za každých deset minut. Od roku 2008 byla většina stanic doplněna měřením rychlosti a směru větru ve výšce 10 m. Na stožáry do této výšky bylo přesunuto i měření radiace, aby bylo méně ovlivněno okolními stromy. Měření základních meteorologických parametrů probíhá v současné době na 11 plochách (obr. 3.1.1).

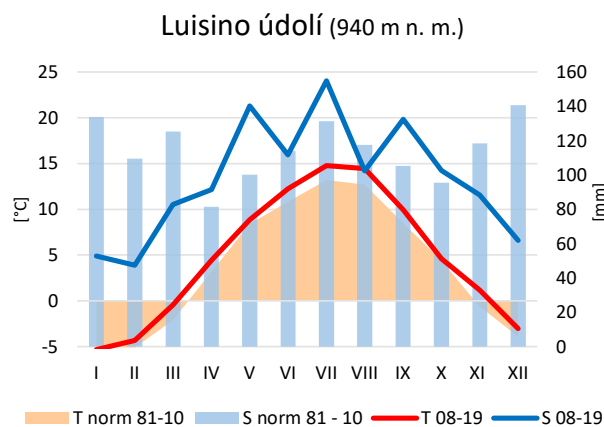
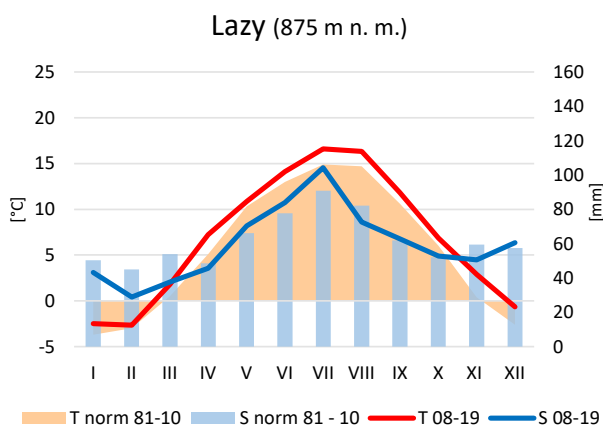
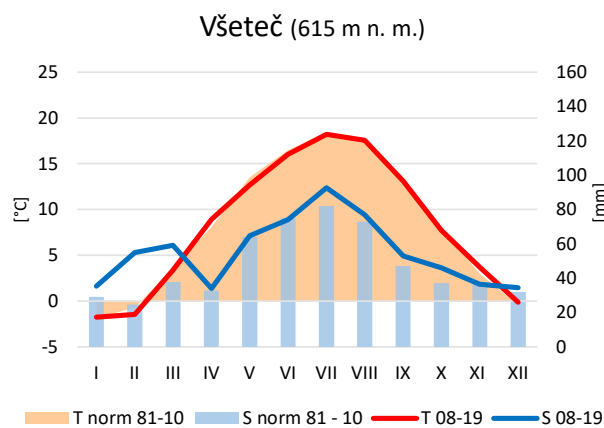
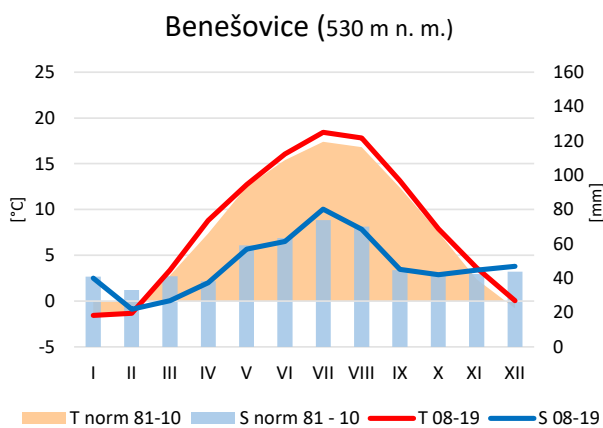
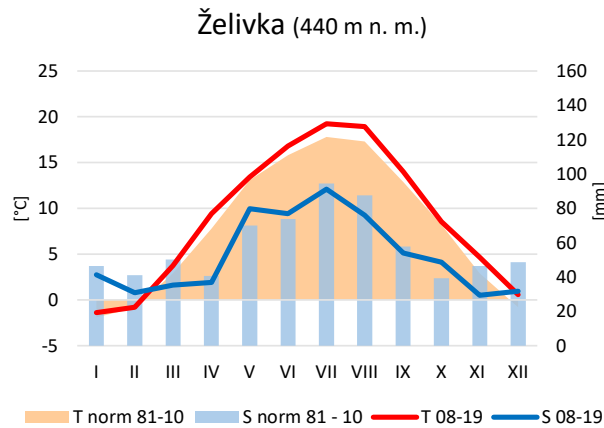
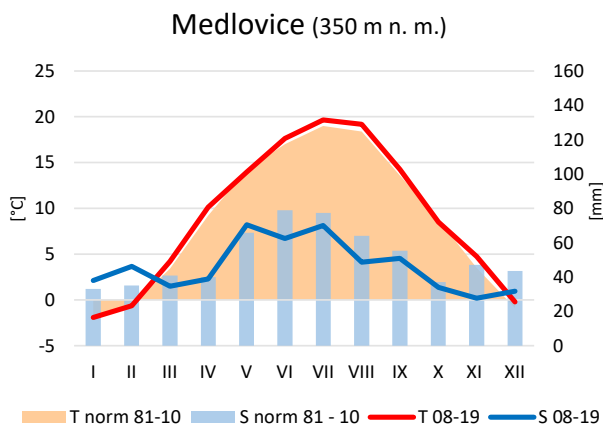
Na sedmi lokalitách s komplexním sledováním všech parametrů (depozice, chemismus půdního roztoku, přírůst, opad

jsou v rámci bloku meteorologie kontinuálně měřeny půdní parametry v nárazníkové zóně monitorační plochy. V hloubce 10 cm, 30 cm a 50 cm je měřena teplota půdy, objemová vlhkost půdy a půdní vodní potenciál (SWP). Měření vlhkosti půdy je prováděno ve třech opakováních, měření půdního vodního potenciálu ve dvou opakováních. Na plochách I140 Želivka a Q103 Vseteč probíhá rovněž měření porostních srážek. Data jsou měřena i ukládána v půlhodinovém intervalu. Jak meteorologické stanice, tak stanice s měřením půdních vlastností jsou vybaveny dálkovým přenosem dat.

Sedm „klíčových“ ploch (viz tab. 3.1.1) zachycuje rozpětí nadmořských výšek od 350 m do 940 m, což se pochopitelně projevuje i v klimatických charakteristikách. Rozpětí průměrných ročních teplot je od 3,7 °C (Q251 Luisino údolí) do 8,6 °C (Q361 Medlovice), roční úhrn srážek od 595 mm (Q061 Benešovice) po 1373 mm (Q251 Luisino údolí). Uvedené hodnoty charakterizují platný dlouhodobý normál, tedy průměrnou hodnotu v období let 1981–2010. Pro monitorační plochy byl odvozen modelem z databázi Českého hydrometeorologického ústavu. Na obr. 3.2.27 jsou klimadiagramy, které pro jednotlivé měsíce ukazují srovnání normálových hodnot s naměřenými teplotami a úhrny srážek v období posledních deseti let (2009–2018).



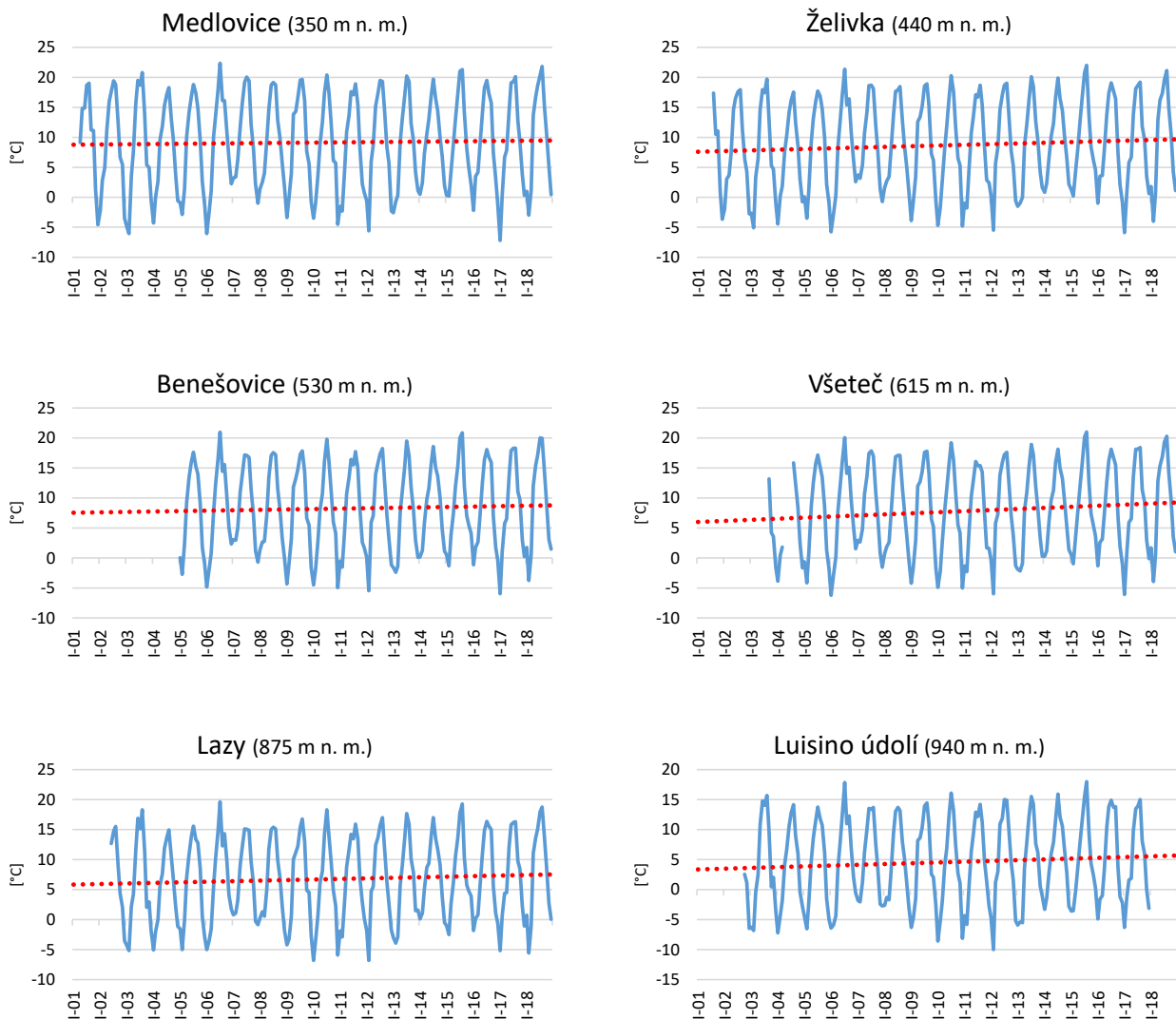
Obr. 3.2.25: Meteorologická měření na volné ploše – B151 Mísečky. / *Meteorological measurement on the open plot – B151 Mísečky.*



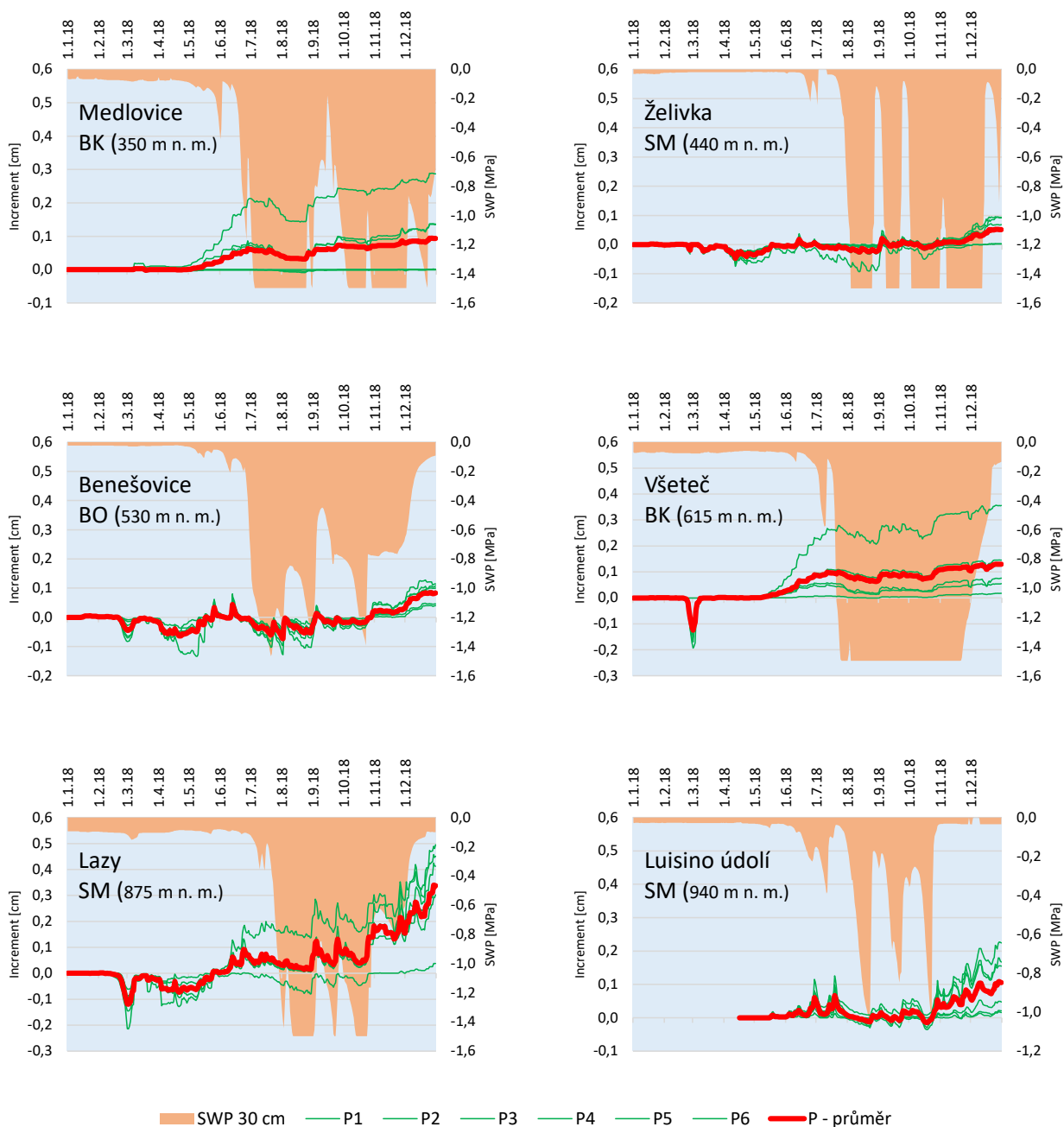
Obr. 3.2.27: Klimadiagramy meteorologických stanic u šesti ploch intenzivního monitoringu ICP Forests. T norm 81-10: klimatický normál měsíčních teplot za období 1981–2010; S norm 81-10: klimatický normál měsíčních úhrnů srážek za období 1981–2010; T 08-19: průměrné měsíční teploty v období 2008–2019; S 08-19: měsíční úhrny srážek v období 2008–2019. / *Climadiagrams of meteorological stations at six plots of intensive monitoring ICP Forests. T norm 81-10: climatic normal of monthly temperature within the period 1981–2010; S norm 81-10: climatic normal of monthly precipitation within the period 1981–2010; T 08-19: measured average monthly temperature within the period 2008–2019; S 08-19: measured monthly sum of precipitation within the period 2008–2019.*

Je vidět, že prakticky na všech stanicích bylo posledních deset let teplejších než by odpovídalo dlouhodobému normálu – odchylky průměrných ročních teplot se pohybují okolo 1 °C. Srážky v posledním desetiletí jsou obvykle o něco nižší, než udává klimatický normál. Rozdílly jsou v rozsahu od 4 % do 15 %, pouze na ploše Q103 Všetec byly v posledním desetiletí naměřeny vyšší srážky, než udává klimatický normál (o 16 %). Trend postupného nárůstu teplot je patrný i z vývoje jejich měsíčních průměrů, a to prakticky na všech stanicích (obr. 3.2.28). U srážkových úhrnů takovéto dlouhodobé trendy nejsou tak výrazné, přesto je zřejmé, že posledních pět let byly srážky výrazně nižší oproti dlouhodobým hodnotám.

Výrazně suchá období byla prakticky na všech plochách zaznamenána v letech 2015 a 2018. Zejména v průběhu roku 2018 došlo k poklesu vlhkosti půdy i v horských polohách. Na obr. 2.2.29 je průběh půdního vodního potenciálu (SWP) v hloubce 30 cm v roce 2018. Hodnota SWP -1,5 MPa představuje bod trvalého vadnutí, kdy je příjem vody z půdy extrémně limitován. Z grafů je patrné, že v nižších a středních polohách došlo k dosažení této hodnoty zhruba v polovině července a situace se zlepšila teprve v prosinci 2018. I na ploše Q521 Lazy, která se již řadí nadmořskou výškou k horským polohám, byla v srpnu a v říjnu hodnota SWP na úrovni trvalého bodu vadnutí. Na ploše Q251 Luisino údolí v Orlických horách se minimální hodnoty SWP několikrát přiblížily -1 MPa. I zde ovšem nízká půdní vlhkost vedla ke snížení radiálního růstu stromů.



Obr. 3.2.28: Vývoj průměrných měsíčních teplot na plochách intenzivního monitoringu ICP Forests. / Development of mean monthly temperature on the intensive monitoring plots of ICP Forests.



Obr. 3.2.29: Vývoj hodnot půdního vodního potenciálu (SWP) v hloubce 30 cm a změny tloušťky kmenů (radiální přírůst) na plochách intenzivního monitoringu ICP Forests v roce 2018. SWP 30 cm – půdní vodní potenciál ve 30 cm půdy; hodnota -1,5 MPa je konvenční bod trvalého vadnutí rostlin.; P1 – P6 – změny tloušťky kmenů jednotlivých stromů měřené elektronickými dendrometry viz kap. 3.2.2.2; P – průměr – průměrná hodnota radiálního přírůstu. / *Development of soil water potential in soil depth of 30 cm and changes in radial increment during dry year 2018 at ICP Forests intensive monitoring plots. SWP 30 cm – soil water potential in soil depth of 30 cm; the value of -1,5 MPa is considered as a permanent wilting point; P1 – P6 – changes in radial increment of individual trees measured by electronic girthbands (see chapter 3.2.2.2); P – průměr – mean value of radial increment for the plot.*



Obr. 3.2.26: Měření porostních srážek a půdních vlastností v lesním porostu – Q103 Všetec. / *Measurement of throughfall and soil parameters in the forest stand – Q103 Všetec.*

Summary

Meteorological observations

Climate in the long-term and weather characterized as a course of meteorological variables is one of key factors influencing forest vegetation. Meteorological observation has been implemented in ICP Forests intensive monitoring programme on eleven plots (see Fig. 3.1.1). On the open plot the basic characteristic are monitored continuously: air temperature, air humidity, global radiation and precipitation. During the LIFE+ FutMon project in 2009 our stations were equipped by wind speed and wind direction sensors located on 10 m high mast (Fig. 3.2.25). All the open plot data are measured in 1 minute interval and 10 minutes averages (sum in case of precipitation) are stored.

At seven “core plots” with deposition and soil solution monitoring (Tab. 3.1.1) the open plot measurement is supplemented by measurement of soil parameters in the buffer zone of the monitoring plot. The soil temperature, soil humidity and soil water potential are measured at three depths of forest soil: 10 cm, 30 cm and 50 cm. At two plots (I140 Želivka and Q103 Všetec) also the measurement of throughfall is installed (Fig 3.2.26).

The comparison with climatic normal (Fig 3.2.27) as well as long-term data series (Fig 3.2.28) exhibit increasing tendency of air temperature for all of our stations. Extreme drought has been observed several times in the last decade – the most pronounced episodes in years 2015 and 2018. In 2018 the effect of drought was visible in all of intensive monitoring plots including the Norway spruce stands in the mountain areas (Fig 3.2.29).

3.3 Cykly živin a kritické zátěže / *Nutrient cycling and critical loads*

Koloběh živin je jedním z klíčových faktorů existence a fungování lesních ekosystémů. V současném období je část evropských lesních ekosystémů ovlivňována vysokými vstupy dusíku, v nejzatíženějších oblastech již lesy nejsou schopny vstupující dusík plně využívat a lesní ekosystémy začínají být saturovány tímto prvkem. Přebytečný dusík je vyplavován, převážně v nitrátové podobě, do podzemních vod a dostává se do vodotečí. Toto obohacování (eutrofizace) lesních půd a vod o dusík se začíná odrážet ve snížení rostlinné biodiverzity.

Míra resilience lesního ekosystému vůči vlivu kyselých a nutričních depozic je ovlivňována nejenom jejich množstvím a složením, ale také půdním typem, stanovištěm, resp. druhovou skladbou a vitalitou lesa. Současně s těmito faktory začínají ovlivňovat stabilitu lesních ekosystémů, jejich schopnost poutat a využívat živiny a neutralizovat kyselou depozici, také nastupující klimatické změny.

Koncepce stanovení kritických zátěží umožňuje, na různých typech lesních stanovišť Evropy, identifikovat lokality, kde acidifikace a eutrofizace může v budoucnu výrazně ovlivnit vitalitu lesních ekosystémů snížením biodiverzity, zhoršením půdních vlastností a kvality vody ap. Tyto informace, společně s analýzou budoucího vlivu imisní zátěže, založené na dynamickém modelování a scénářích změn klimatu, umožní formulovat prognózy vývoje lesních ekosystémů a vyznačit problémové oblasti v rámci Evropy.

Součástí intenzivního monitoringu zdravotního stavu lesů v České republice je podrobné sledování cyklů živin. Patří sem hodnocení následujících parametrů: chemismu srážkové vody, chemismu půdní vody a půdy, dále listové analýzy a hodnocení množství a chemismu opadu. Všechny tyto parametry se sledují na 7 klíčových plochách úrovně II, přičemž chemismus půd se hodnotí v pětiletém intervalu, listové analýzy ve dvouletém intervalu, ostatní parametry se pak vyhodnocují kontinuálně.



Obr. 3.3.1: Koryta pro odběr srážek v porostu. / *Gutters for throughfall sampling.*

3.3.1 Depozice / Deposition

Atmosférická depozice je klíčovým faktorem ve vztahu mezi emisemi znečišťujících látek, znečištěním ovzduší a jeho vlivem na lesní porosty a lesní půdu. Monitoring spadu látek se provádí od zahájení mezinárodního programu ICP Forests (1985) v návaznosti na Úmluvu o dálkovém přenosu látek znečišťujících ovzduší překračující hranice států (CLRTAP). Kvantifikace ročního spadu acidifikujících látek, forem dusíku a množství srážek umožňuje sledovat vývoj depozice v čase a její predikci do budoucna. V rámci programu ICP Forests se sleduje celková depozice na volné ploše (bulk), což je suma mokré depozice (spad s dešťovými srážkami) a suché depozice (prašný spad a plynné látky v období bez deště), v porostech se pak sledují podkorunové srážky, tj. srážková voda protékající korunovou vrstvou obohacená o látky vymývané z listového aparátu.

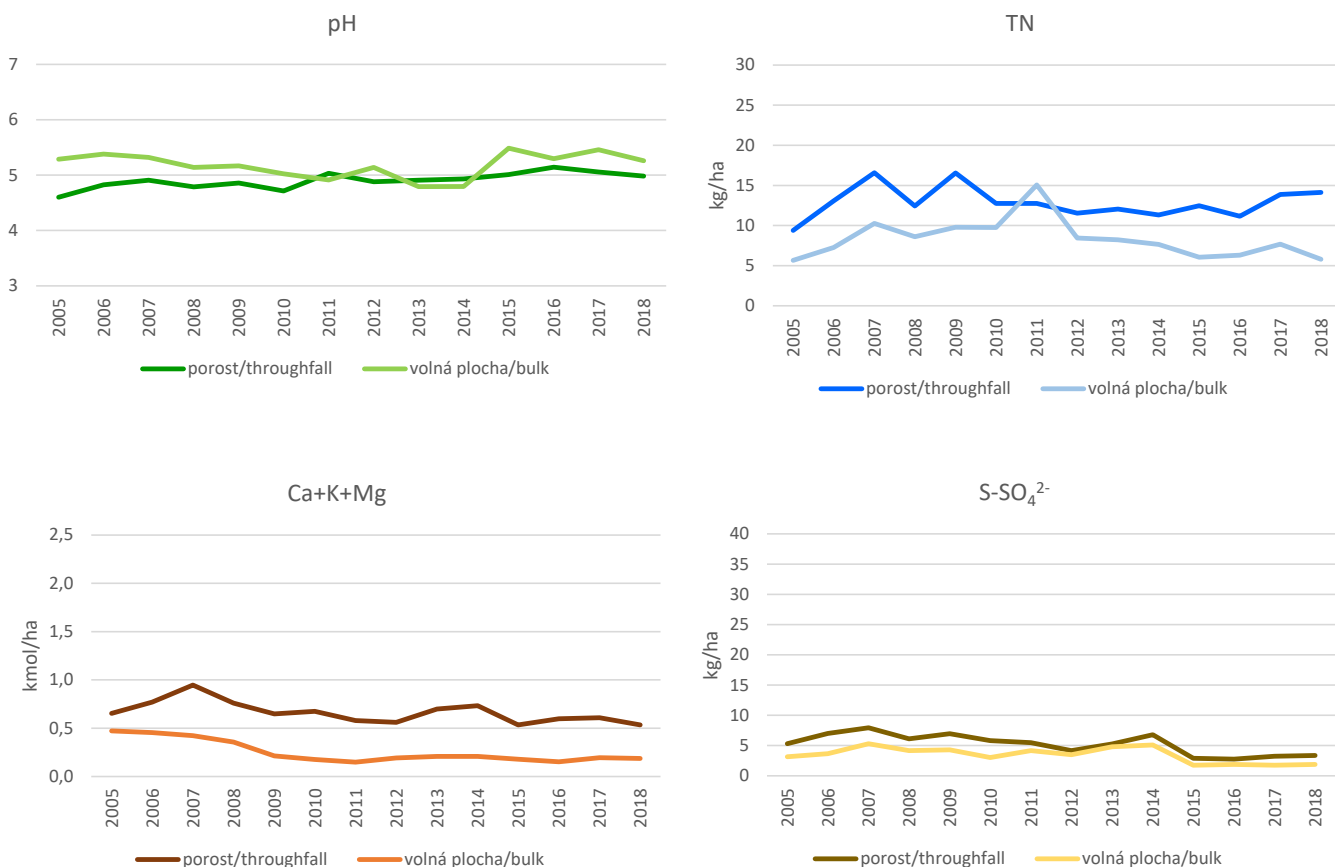
Chemismus srážkové vody se sleduje jednak v porostech (podkorunové srážky – throughfall) a jednak na volné ploše (bulk) v blízkosti sledovaného porostu. K zachycování srážkové vody se v porostech používají tři koryta s obdélníkovou záchytnou plochou 0,4 m², na volné ploše tři nádoby s kruhovým průřezem a záchytnou plochou 500 cm². Voda ze záchytných nádob je sváděna do nádob zásobních, které jsou umístěny ve vykopané a zakryté zemi sondě, aby byl eliminován vliv slunečního záření a tepla. V bukových porostech (plochy Medlovice a Vše-

teč) se sleduje také stok po kmeni, který významně přispívá k depozici látek do porostů. K zachycování vody stékající po kmenech slouží spirálovité žlábký, vytvarované kolem kmene, z nichž je voda sváděna do zásobních nádob. V zimním období se stok po kmeni nesleduje.

V zimním období se pro odběr sněhových srážek používají sněhoměry kruhového průřezu, každý o záchytné ploše 500 cm², v porostech čtyři a na volné ploše tři sněhoměry. V každém sněhoměru je polyetylénný pytel, umožňující lepší manipulaci se vzorky. Vzorky srážkové vody i sněhu v zimním období se odebírají třikrát měsíčně v desetidenním intervalu, po odběru se zamrazí a průběžně se svážejí do laboratoře VÚLHM. Zde jsou slévány na měsíční směsné vzorky, které se analyzují – stanoví se následující parametry: pH, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, TN, S-SO₄²⁻, P-PO₄³⁻, DOC, F⁻, Cl⁻, Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, vodivost při 20 °C a alkalita.

Benešovice

Hodnoty pH srážkové vody se na této ploše v porostu pohybují mezi 4,60 a 5,14, na volné ploše jsou vyšší, mezi 4,79 a 5,49, a v průběhu celého období měření se mírně zvyšují, v porostu



Obr. 3.3.2: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu a na volné ploše – Benešovice. / pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall and bulk) – plot Benešovice.

je v posledních letech patrný také mírný vzestup. Celková roční depozice síry kolísá v rozmezí 2,76 a 7,94 kg.ha⁻¹ v porostu, na volné ploše mezi 1,75 a 5,30 kg.ha⁻¹, roční depozice dusíku se pohybuje v porostu mezi 9,39 a 16,58 kg.ha⁻¹ a na volné ploše mezi 5,66 a 15,06 kg.ha⁻¹, od zahájení měření hodnoty mírně stoupaly, v posledních letech se na volné ploše celková depozice dusíku pohybuje mezi 6–8 kg.ha⁻¹, v porostu v posledních dvou letech mírně stoupla. Klesající trend je patrný u depozice bazických prvků (Ca, K, Mg), na volné ploše se od roku 2005 snížila z 0,47 na 0,19 kmol.ha⁻¹, v porostu se pohybuje mezi 0,5 a 0,7 kmol.ha⁻¹ bez výraznějších změn, v posledních letech se příliš nemění ani na volné ploše (obr. 3.3.2).

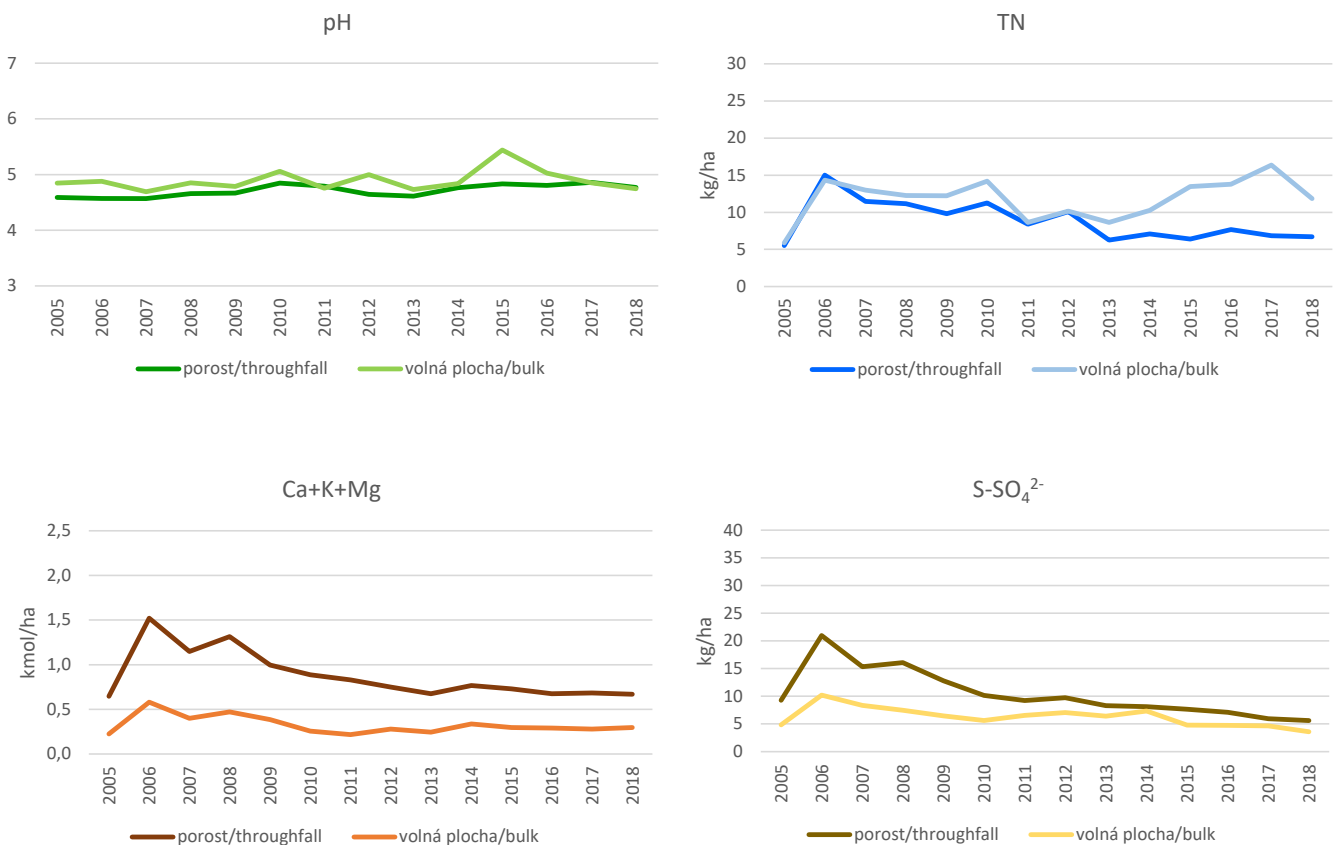
Klepačka

Na volné ploše i v porostu jsou hodnoty pH srážkové vody vyrovnané, pohybují se od 4,59 do 4,83 v porostu a na volné ploše od 4,73 do 5,06 (obr. 3.3.3). Celková depozice síry se mírně snižuje, od roku 2006 poklesla z 20,97 kg.ha⁻¹ na 5,61 kg.ha⁻¹ v roce 2018, na volné ploše z 10,21 na 3,59 kg.ha⁻¹. Celková depozice dusíku byla na počátku měření v porostu i na volné ploše srovnatelná, ale v posledních letech jsou hodnoty výrazně vyšší na volné ploše a dosahují zhruba dvojnásobku hodnot zjištěných v porostu smrku. Vůbec nejvyšší hodnota byla zaznamenána v roce 2017 (16,36 kg.ha⁻¹), v roce 2018 je nižší. Depozice bazických prvků se v porostu mírně snižova-

la až do roku 2011, od té doby se pohybuje kolem 0,7 kmol.ha⁻¹. Na volné ploše v posledních letech celková depozice Ca, K, Mg neklesá, hodnoty se od roku 2010 pohybují mezi 0,2 a 0,3 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹ (obr. 3.3.3).

Lazy

V podkorunových srážkách na ploše Lazy hodnoty pH v průběhu sledování mírně stoupají ze 4,26 v roce 1999 až na 4,94 v roce 2016, resp. 4,78 v roce 2018, na volné ploše hodnoty kolísají bez výraznějšího trendu mezi 5,0 a 5,5, kromě několika výjimek (v letech 2004 a 2014 byly hodnoty vyšší než 5,7, v roce 2009 naopak pod 4,9). Celková depozice dusíku se v porostu pohybuje mezi 10,45 a 22,52 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, na volné ploše mezi 9,28 a 25,8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, často jsou hodnoty vyšší než v porostu. Celková depozice síry v jednotlivých letech více kolísá, nicméně v porostu je zřejmý trend mírného poklesu z 18,06 v roce 1997 na 7,21 kg.ha⁻¹ v roce 2017, resp. 7,80 kg.ha⁻¹ v roce 2018, celková depozice se srážkovou vodou na volné ploše také kolísá, snižovala se do roku 2003 (v roce 1997 byla zjištěna depozice 11,94 kg.ha⁻¹), od té doby se bez výraznějších změn v čase pohybuje mezi 2,44 a 7,52 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, nicméně v posledních čtyřech letech jsou hodnoty nejnižší. Depozice bazických prvků se na volné ploše výrazně snížila mezi roky 1998 a 2003 (z 1,54 na 0,32 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹), v posledních letech kolísá na úrovni 0,2–0,4 kmol.ha⁻¹. V porostu je rovněž patrný pokles na po-



Obr. 3.3.3: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu a na volné ploše – Klepačka. / pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall and bulk) – plot Klepačka.

částku sledovaného období (z 1,83 na 1,35 kmol.ha⁻¹), pak se hodnoty pohybují mezi 1,2–1,5 kmol.ha⁻¹, od roku 2010 (kromě roků 2013–2014) dosahují hodnot 1,1 - 1,2 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹ (obr. 3.3.4).

Luisino údolí

Na ploše Luisino údolí se depozice sleduje pouze v porostu smrku, na volné ploše zajišťuje měření ČHMÚ. Hodnot pH srážkové vody pod porostem jsou poměrně vyrovnané, s mírným stoupajícím trendem; pohybují se v rozmezí 4,52 a 5,01, nevyšší hodnota byla zjištěna v roce 2017 (obr. 3.3.5). Během sledovaného období se celková depozice síry, a bazických prvků mírně snižuje, u síry z 34,49 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v roce 2006 na 15,34 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v roce 2017, resp. 16,83 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v roce 2018, v případě Ca, K, Mg z 2,54 na 1,47 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹. Depozice dusíku se snižovala od roku 2005 z 43,50 na 24,06 v roce 2016, ale v posledních dvou letech se poměrně výrazně zvýšila na 28,87 kg.ha⁻¹ v roce 2017, resp. 37,14 kg.ha⁻¹ v roce 2018 (obr. 3.3.6).

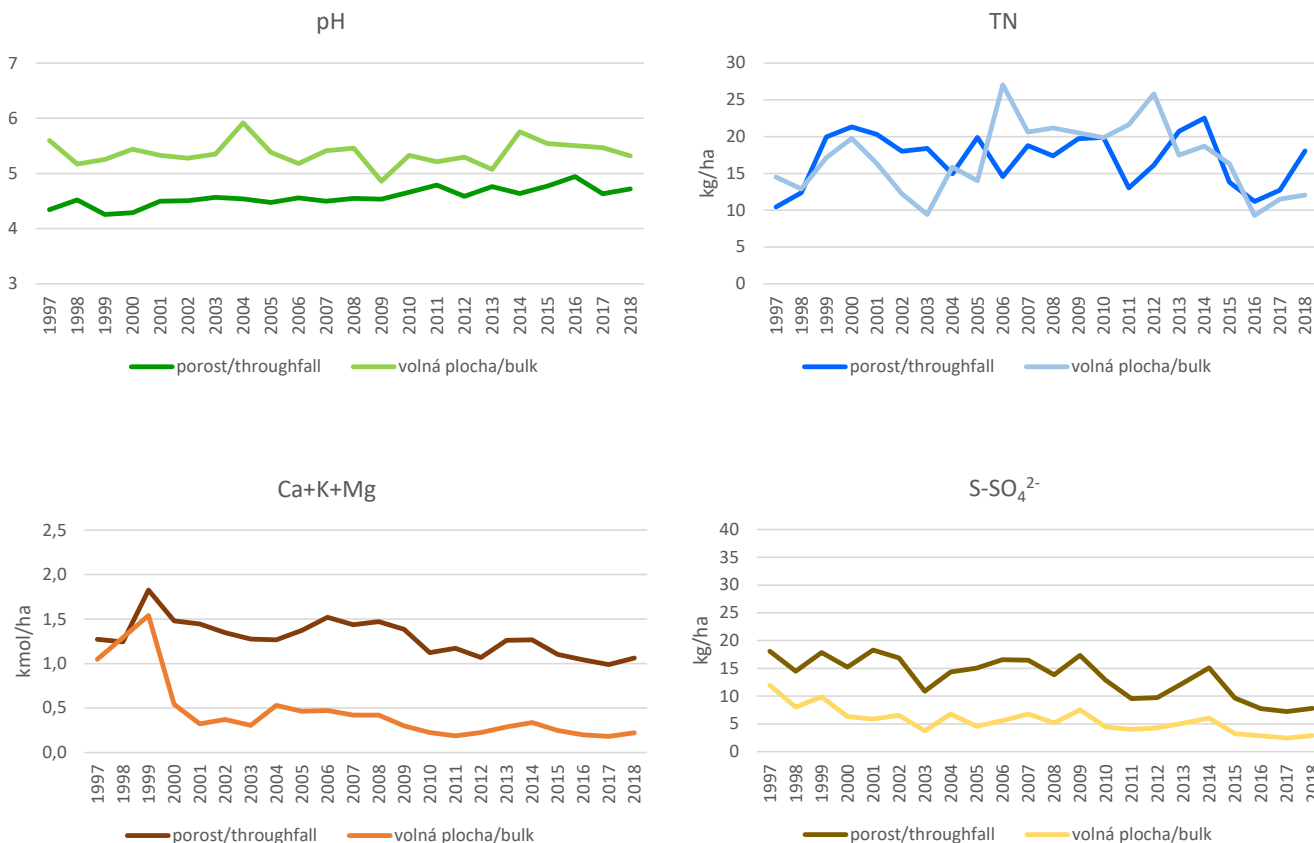
Medlovice

Na této ploše hodnoty pH srážkové vody kolísají v rozmezí 4,91 a 6,01 v porostu, mezi 5,07 a 6,64 na volné ploše (obr. 3.3.6). Celková depozice síry se od počátku měření mírně snižuje, v porostu poklesla z 11,20 kg.ha⁻¹ v roce 1999 až

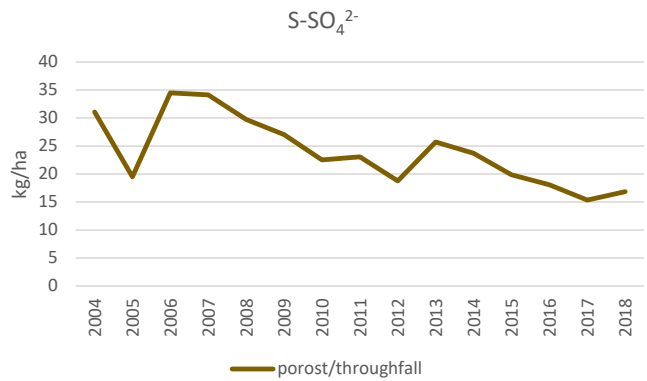
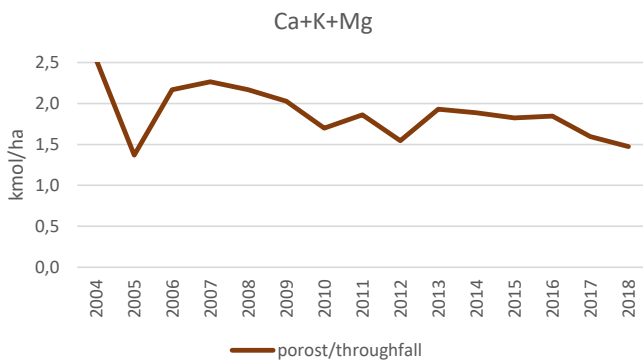
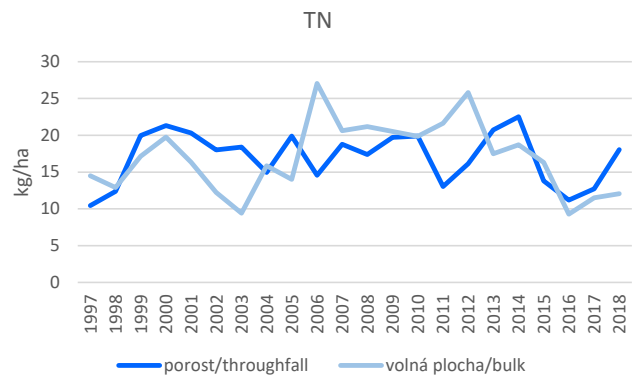
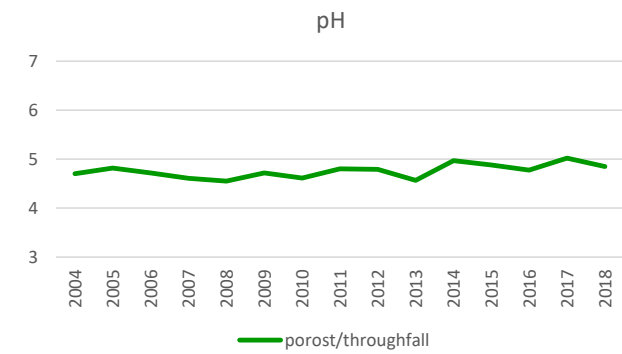
na 3,78, resp. 4,99 kg.ha⁻¹ v posledních dvou letech a na volné ploše se snížila ze 7,83 v roce 1999 na 3,09 kg.ha⁻¹ v roce 2018. Celková depozice dusíku se pohybuje v rozmezí 8,06 a 14,28 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v porostu, přičemž v posledních pěti letech je patrný mírný nárůst. Nižší hodnoty jsou zjišťovány na volné ploše, a to v rozmezí 5,44 a 11,82 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, v průběhu sledování se příliš nemění; v letech 2002–2005 byly hodnoty na volné ploše vyšší než v porostu. Celková depozice bazických prvků kolísá s mírnými výkyvy v porostu mezi 0,81 a 2,31 kmol.ha⁻¹, na volné ploše mezi 0,30 a 1,10 kmol.ha⁻¹ (obr. 3.3.6).

Všeteč

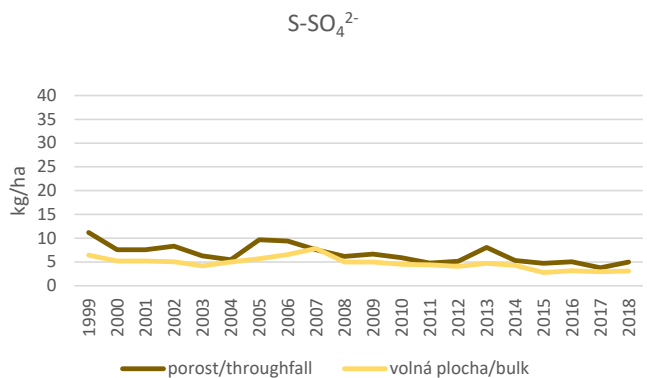
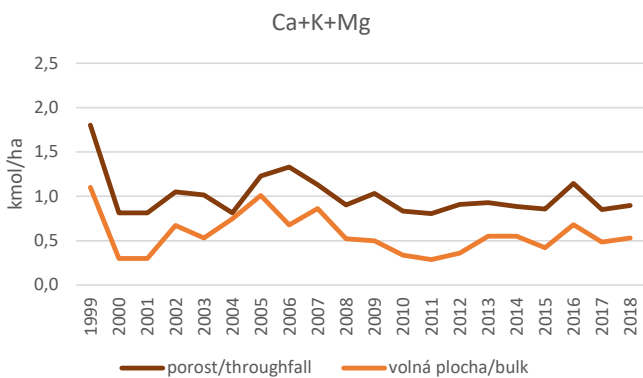
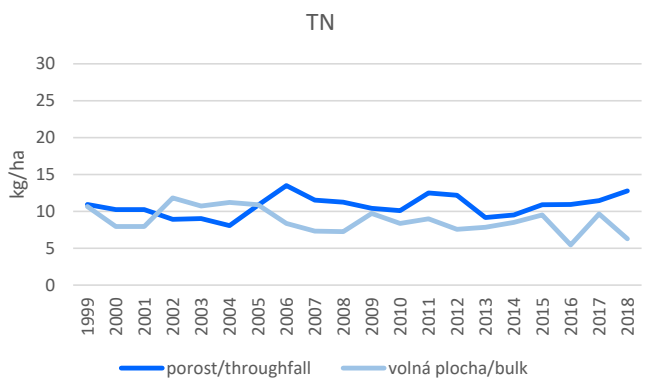
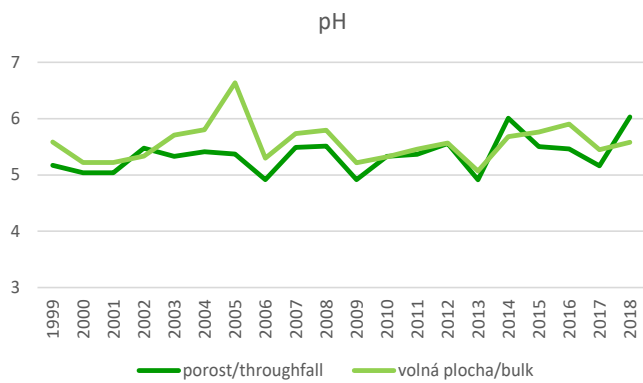
Hodnoty pH jsou na volné ploše i pod porostem srovnatelné, pohybují se mezi 4,76 a 5,59, mírně vyšší jsou na volné ploše (obr. 3.3.7). Hodnoty celkové depozice dusíku více kolísají, i když od roku 2012 je patrný mírný trend poklesu, v porostu se depozice dusíku pohybuje mezi 8,84 a 14,36 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, na volné ploše je nižší, mezi 6,54 a 12,75 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Celková depozice síry se v průběhu sledování mírně snižuje, v porostu je pokles zřetelnější než na volné ploše, snížila se ze 7,60, resp. 6,77 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v letech 2005–2006 na hodnoty 3,23, resp. 3,30 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ v letech 2017–2018, na volné ploše ve stejném období z 5,32 na 1,80, resp. 1,94 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Rovněž depozice bazických prvků v porostu kolísá, pohybuje se mezi 0,6 a 1,0 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹, na volné ploše po



Obr. 3.3.4: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu a na volné ploše – Lazy. / pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall and bulk) – plot Lazy.



Obr. 3.3.5: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu – Luisino údolí. / *pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall) – plot Luisino údolí.*



Obr. 3.3.6: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu a na volné ploše – Medlovce. / *pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall and bulk) – plot Medlovce.*

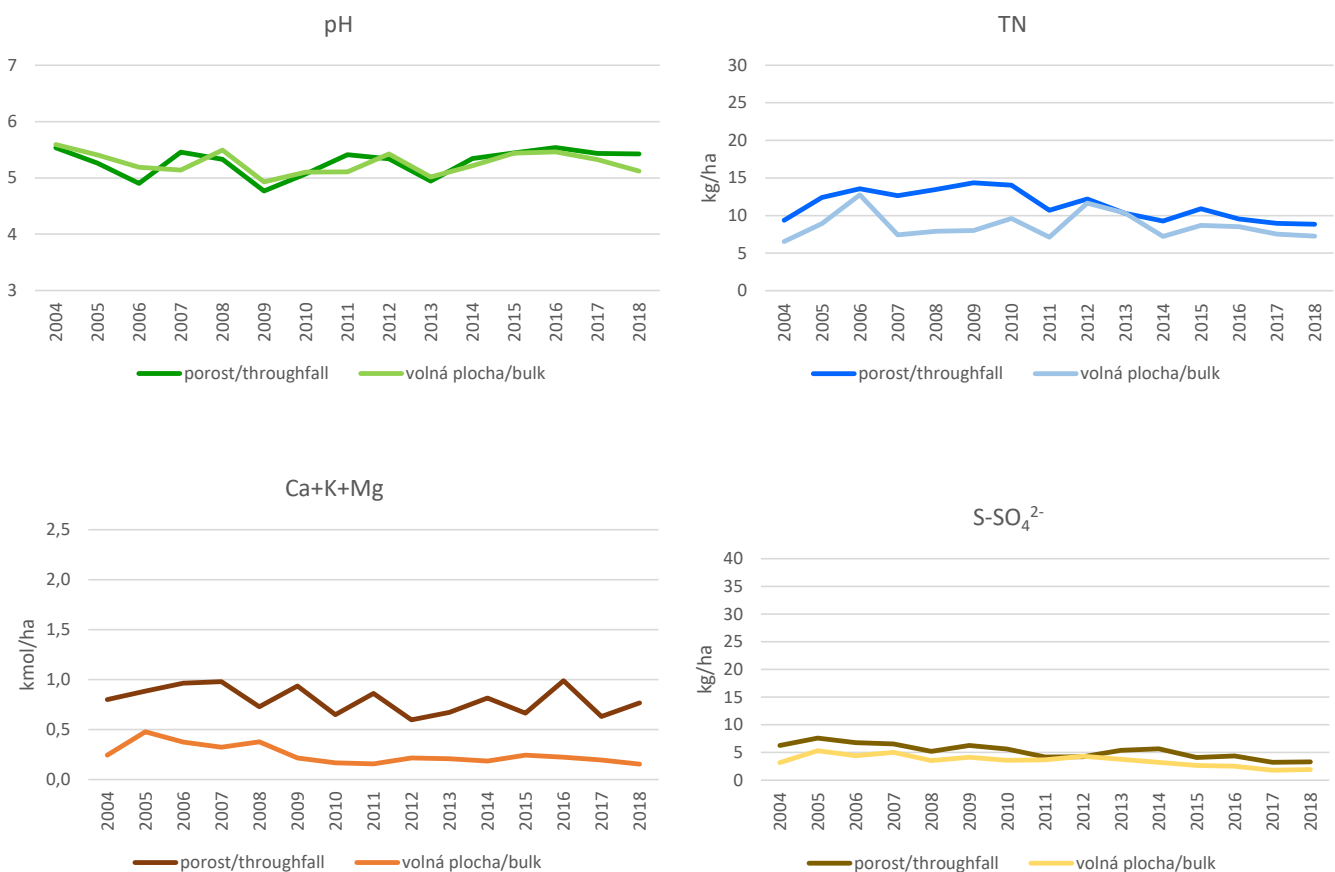
mírném poklesu od počátku sledování do roku 2011 (z 0,48 na 0,16 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹) se v posledních letech hodnoty pohybují těsně kolem 0,2 kmol.ha⁻¹.rok⁻¹ (obr. 3.3.7), v roce 2018 byla zjištěna nejnižší hodnota (0,15 kmol.ha⁻¹).

Želivka

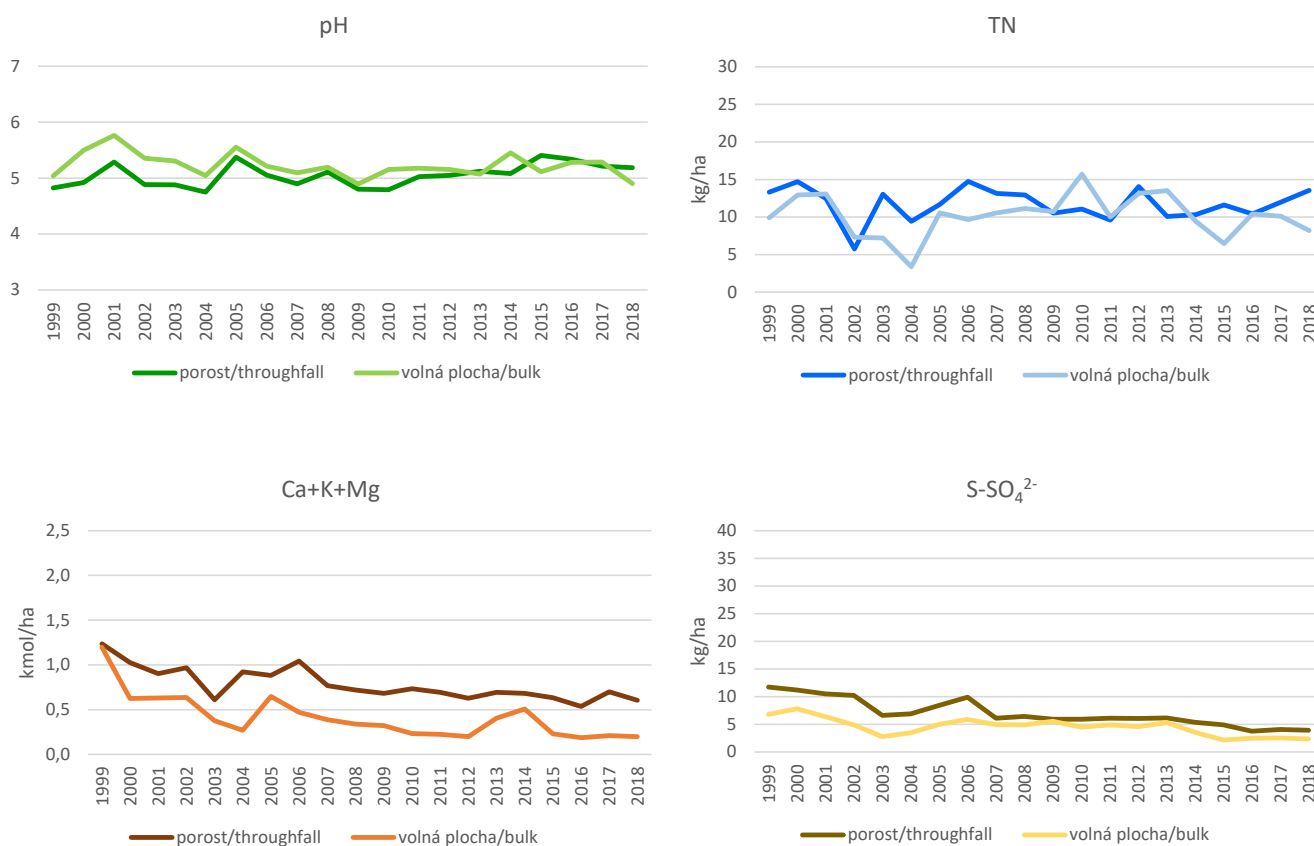
Ve srážkové vodě v porostu se hodnoty pH pohybují od 4,75 do 5,40, na volné ploše od 4,89 do 5,76, mezi pH v porostu a volnou plochou není velký rozdíl, hodnoty na počátku sledovaného období více kolísají, zhruba od roku 2009 je patrný trend mírného nárůstu v porostu (obr. 3.3.8). Depozice dusíku meziročně poměrně kolísá, pohybuje se nejčastěji mezi cca 6 a 13 kg.ha⁻¹, a to jak v porostu, tak i na volné ploše, s minimální hodnotou zjištěnou na volné ploše v roce 2004 (3,75 kg.ha⁻¹) a maximem v roce 2010, kdy depozice dosáhla 15,71 kg.ha⁻¹. Od roku 2013 depozice dusíku v porostu mírně stoupá, v roce 2018 dosáhla 13,55 kg.ha⁻¹. Celková depozice síry se od počátku měření výrazně snížila, v porostu z hodnoty 11,73 kg.ha⁻¹ v roce 1999 na zhruba třetinu v roce 2016, kdy

dosáhla 3,94 kg.ha⁻¹; na volné ploše rovněž poklesla, z hodnoty 7,81 kg.ha⁻¹ v roce 2000 na 2,32 kg.ha⁻¹ v roce 2018. K výraznému snížení došlo v případě bazických prvků, v porostu celková depozice Ca, Mg, K poklesla z hodnoty 1,24 kmol.ha⁻¹ v roce 1999 na 0,60 kmol.ha⁻¹ v roce 2018, i když v posledních letech jsou hodnoty vyrovnané Na volné ploše je pokles ještě výraznější – z 1,20 kmol.ha⁻¹ v roce 1999 na 0,20 kmol.ha⁻¹ v roce 2018 (obr. 3.3.8).

Nejvyšší úroveň depozice síry a dusíku je zjišťována v porostech na horských plochách s vysokými úhrny srážek – Luisino údolí, Lazy, i když depozice síry se od počátku měření snížila. Na ostatních plochách je depozice těchto prvků v posledních letech víceméně srovnatelná, u síry nepřesahuje 10 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, v bukových porostech je nižší – do cca 8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹, u dusíku se na všech plochách (s výjimkou ploch Lazy a Luisino údolí) pohybuje v rozmezí 9–14 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Hodnoty pH jsou v porostech také srovnatelné, vyšší jsou v bukových porostech (pH 5–6), nižší naopak v horských oblastech s vyšší depozicí síry a dusíku – Lazy, Luisino údolí, kde se pohybují kolem 4,5.



Obr. 3.3.7: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu a na volné ploše – Všetec. / pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall and bulk) – plot Všetec.



Obr. 3.3.8: Hodnoty pH a roční depozice dusíku, síry a bazických prvků v porostu a na volné ploše – Želivka. / pH values and annual deposition of nitrogen, sulphur and base cations (throughfall and bulk) – plot Želivka.

Summary

Deposition

Atmospheric deposition is a key factor in the air pollution effect on the health of forest ecosystems. By quantifying annual deposition, the development of deposition over time can be estimated and predicted for the future. Deposition is monitored on open plot (bulk deposition) and in the forest stand, under the canopy (throughfall), on seven core plots (Benešovice, Klepačka, Lazy, Luisino údolí, Medlovice, Všeteč, Želivka). In beech stands, stemflow is also assessed. Samples were taken three times per month. Monthly pooled samples are analysed in an analytical laboratory of FGMRI (Forestry and Game Management Research Institute). The parameters analysed are as follows: pH, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, TN, $S-SO_4^{2-}$, $P-PO_4^{3-}$, DOC, F-, Cl-, Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, conductivity at 20°C, and alkalinity. Development of annual depositions of nitrogen, sulphur and base cations – Ca, K, Mg – and pH values on the individual plots (bulk and throughfall), are presented in Figures 3.3.2 to 3.3.8. The highest deposition of sulphur and nitrogen was recorded on mountainous plots with higher amounts of precipitation (Lazy, Luisino údolí), however, sulphur deposition decreased during the measurement period. On the other plots, total nitrogen and sulphur deposition in throughfall were similar. The pH values of precipitation water were higher in beech stands.

3.3.2 Půdní voda / Soil solution

Kromě přímého působení stresových faktorů (znečištění ovzduší, klimatická znečištění, acidifikace) jsou lesní porosty ovlivňovány nepřímo přes půdní prostředí a kořenový systém. Informace o chemickém složení půdní vody slouží ke stanovení vztahu lesních porostů a faktorů prostředí, úrovně výživy a dostupnosti živin, případně poruch příjmu živin způsobených potenciálně toxickými ionty hliníku v půdním roztoku, které negativně působí na kořeny rostlin a mykorhízu. Dále umožňují určení dlouhodobých trendů vývoje chemismu půdní vody a půdy ve vztahu ke stresovým faktorům a lesnickému hospodaření a jejich predikci do budoucna.

Chemismus půdní vody se na plochách II. úrovně sleduje od roku 2005, pro některé plochy je k dispozici i delší časová řada. K odběru půdní vody slouží gravitační lyzimetry, které zachycují gravitační vodu volně protékající půdou při překročení polní kapacity (plné nasycení půdy). Na každé ploše jsou lyzimetry umístěny v půdě ve dvou hloubkách – pod horizon-

tem nadložního humusu (fermentační a humifikační horizont FH) a v hloubce 30 cm minerální půdy. V každé hloubce jsou umístěny tři lyzimetry, aby byla podchycena prostorová variabilita půdního roztoku v rámci porostu a aby bylo zajištěno dostatečné množství vzorku. Z lyzimetrů je půdní voda sváděna do zásobních nádob, které jsou v zakryté zemi sondě, aby byl zamezen vliv slunečního světla a tepla (obr. 3.3.9). Vzorky vody se odebírají třikrát měsíčně současně s odběry vzorků srážek, po odběru se zamrazují a průběžně jsou sváženy do laboratoře VÚLHM, kde se slévají na měsíční směsné vzorky, které se analyzují. Ve vzorcích se stanoví následující parametry: pH, vodivost, alkalita, anionty SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , F^- , PO_4^{3-} , kationty NH_4^+ , Al , Ca , Cu , Fe , K , Mg , Mn , Na , Zn , celkový rozpuštěný uhlík (DOC) a celkový dusík.

V současné době je chemické složení půdní vody sledováno na sedmi klíčových plochách II. úrovně – Benešovice, Klepačka, Lazy, Luisino údolí, Medlovice, Všetec a Želivka.



Obr. 3.3.9: Sonda se zásobními nádobami pro odběr vzorků půdní vody. / Soil pit with the storage bottles for soil solution sampling.

Benešovice

Hodnoty pH půdní vody pod humusovým horizontem se pohybují v rozmezí 4,28–4,68, v minerální půdě jsou vyšší, v rozmezí 4,56–5,06, pouze mírně kolísají a v průběhu sledování nedochází k výraznějším výkyvům (obr. 3.3.10). Koncentrace SO_4^{2-} jsou vyšší v půdní vodě protékající minerální půdou, kolísají mezi 1,04 a 3,02 mg/l, pod horizontem FH jsou nižší, pohybují se mezi 0,32 a 1,93 mg/l, v posledních letech bez výraznějšího trendu, na rozdíl od půdní vody v hloubce 30 cm minerální půdy, kde se v posledních dvou letech zvýšily. Koncentrace nitrátů (NO_3^-) se v obou horizontech pohybují v rozmezí 0,12 a 0,94 mg/l, v minerální půdě jsou koncentrace nižší než v půdní vodě pod horizontem FH. Poměr Ca/Al je v obou horizontech obdobný, kolísá mezi 1,5 a 4,5 s meziročními výkyvy, v horizontu FH bez zřetelného trendu, v 30 cm minerální půdy se v posledních dvou letech výrazně zvýšil (obr. 3.3.10).

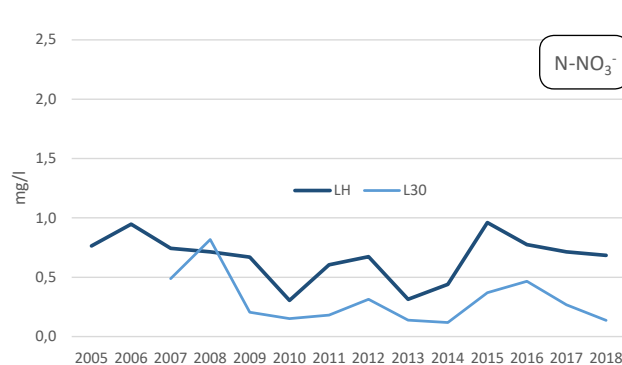
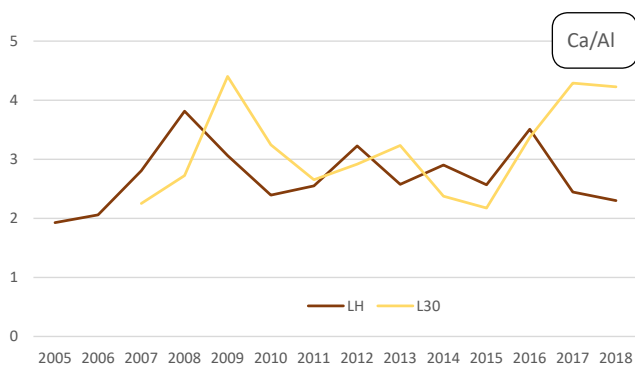
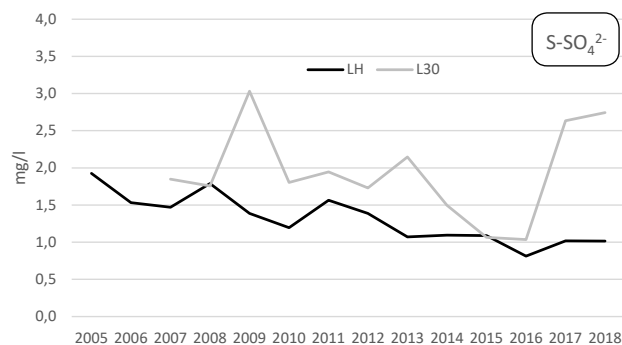
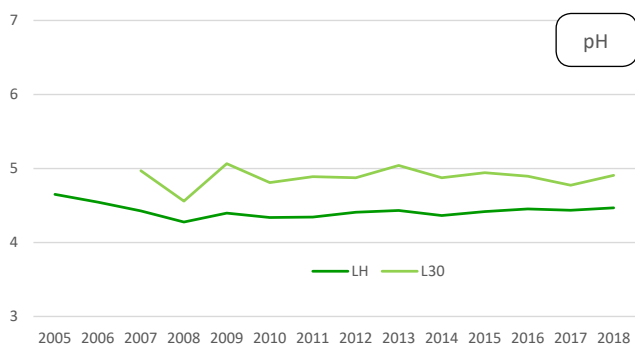
Klepačka

Na ploše Klepačka jsou hodnoty pH půdní vody v obou horizontech vyrovnané a v průběhu celého sledovaného období se příliš nemění, pohybují se v horizontu FH mezi 3,22 a 4,03, v hloubce 30 cm minerální půdy jsou vyšší – v rozmezí 4,20 a 4,46 (obr. 3.3.11). Průměrné koncentrace síranů se během

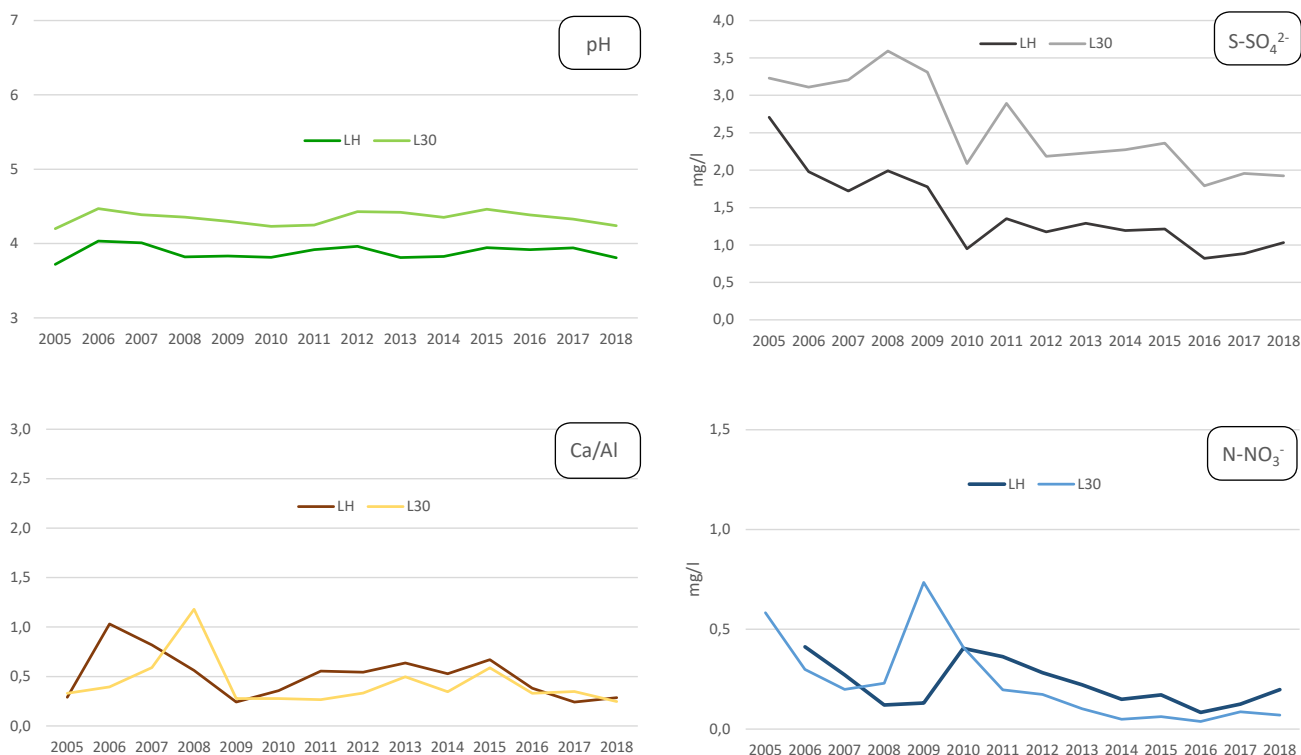
sledovaného období mírně snižují, pohybují se od 0,82 do 3,59 mg/l, přičemž vyšší hodnoty jsou zjišťovány v půdní vodě v 30 cm. Koncentrace nitrátů (NO_3^-) se během sledování stále pohybují pod hodnotou 0,8, resp. v posledních letech pod 0,5 mg/l a jsou v půdní vodě obou horizontů obdobné, mírně vyšší v půdní vodě horizontu FH. Poměr Ca/Al je v horizontu FH i v minerální půdě během celého období sledování nižší než 1, s výjimkou let 2006 a 2008, kdy byla hodnota 1 jen těsně překročena (obr. 3.3.11).

Lazy

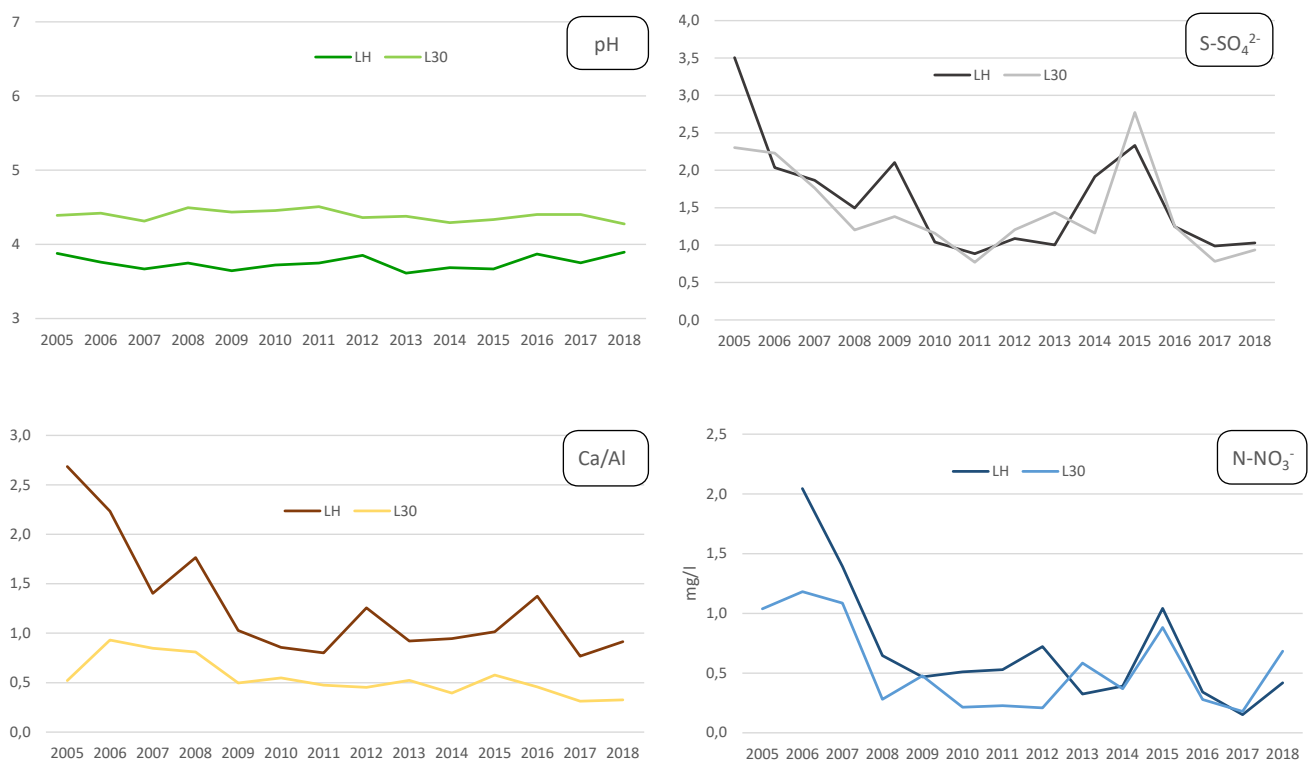
Průměrné roční hodnoty pH jsou v půdní vodě v obou horizontech v průběhu sledování vyrovnané, pod horizontem FH se pohybují mezi 3,61 a 3,88 a v minerální půdě ve 30 cm mezi 4,20 a 4,42 (obr. 3.3.12). Průměrné koncentrace síranů jsou v půdní vodě obou horizontů obdobné, kolísají v rozmezí 0,77 a 3,50 mg/l, obdobný průběh je patrný i v případě NO_3^- , průměrné koncentrace jsou v obou horizontech srovnatelné v rozmezí 0,21–2,04 mg/l, poměr Ca/Al se v půdní vodě v horizontu FH od počátku měření snižoval až do roku 2009, v posledních letech se pohybuje kolem hodnoty 1 nebo těsně pod ní. V půdní vodě v minerální půdě se v průběhu sledování poměr Ca/Al příliš nemění, v posledních letech se pohybuje na úrovni hodnoty 0,5 (obr. 3.3.12).



Obr. 3.3.10: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Benešovice. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L 30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Benešovice (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).



Obr. 3.3.11: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Klepačka. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L 30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Klepačka (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).



Obr. 3.3.12: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Lazy. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L 30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Lazy (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).

Luisino údolí

V půdní vodě pod horizontem FH i v minerální půdě jsou hodnoty pH srovnatelné, pohybují se v průběhu celého období mezi 3,65 a 4,09 (obr. 3.3.13). Průměrné koncentrace SO_4^{2-} dosahují v obou horizontech srovnatelných hodnot, více kolísají, po počátečním nárůstu mírně klesají, i když v posledních letech není trend jednoznačný. Ještě více jsou rozkolísané průměrné koncentrace nitrátů, v obou horizontech se pohybují mezi 0,78 a 3,11 mg/l, v posledních letech jsou vyšší hodnoty zjišťovány v horizontu 30 cm minerální půdy. Poměr Ca/Al se v obou horizontech příliš neliší a pohybuje se (kromě dvou případů v letech 2006 a 2008, kdy překročil hodnotu 1) stále pod touto hodnotou (v rozmezí 0,4–0,8) (obr. 3.3.13).

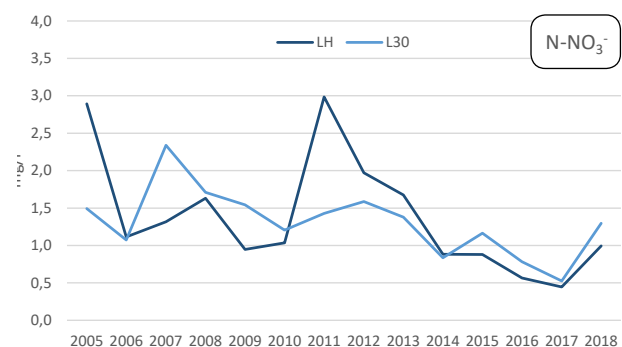
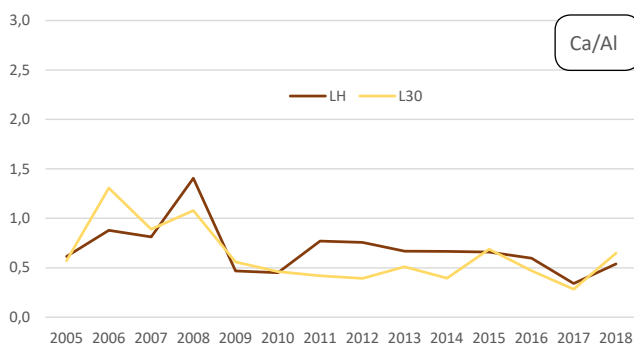
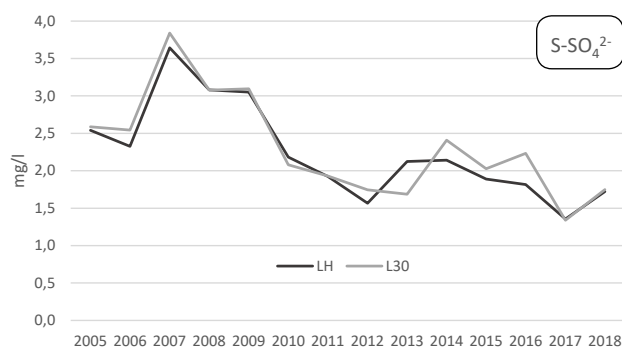
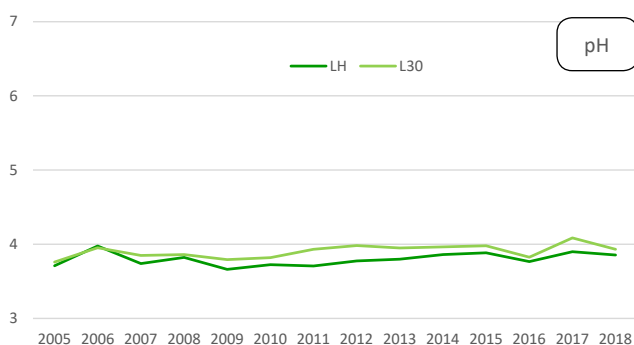
Medlovice

Hodnoty pH půdní vody se pod humusovým horizontem pohybují od 4,73 do 5,53, v minerální půdě jsou nižší než v horizontu FH a jsou více rozkolísané, pohybují se od 4,36 do 5,71 (obr. 3.3.14). Koncentrace síranů kolísají mezi 0,88 a 2,89 mg/kg v obou hloubkách. Obdobně je tomu také u koncentrací nitrátů, které jsou více rozkolísané mezi 0,21 a 1,89 mg/l v obou horizontech bez výraznějšího trendu. Poměr Ca/Al během sledovaného období výrazně klesá, od roku 2005 se snížil z hodnoty téměř 8 až na 2,12 v roce 2016, u půdní vody v minerální půdě podobný vývoj zaznamenán nebyl, hodnoty Ca/Al kolísají mezi 1 a 2, výjimečně jsou hodnoty vyšší než 2 (obr. 3.3.15).

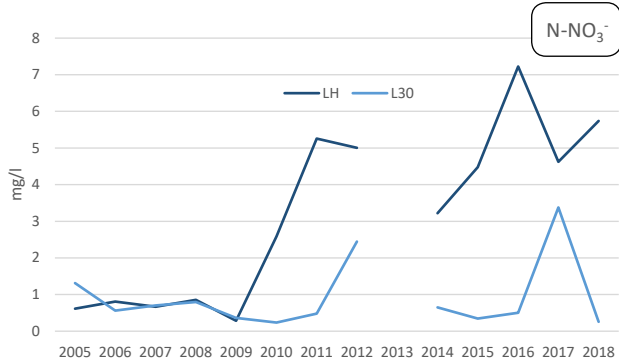
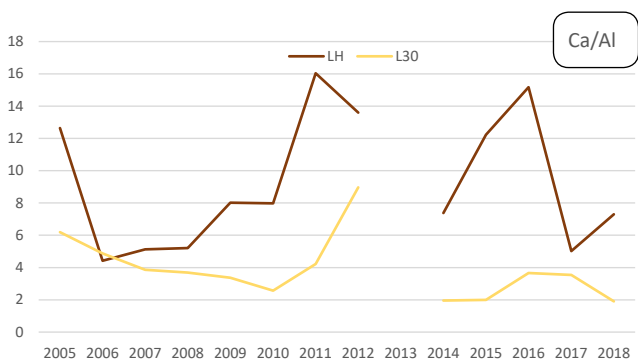
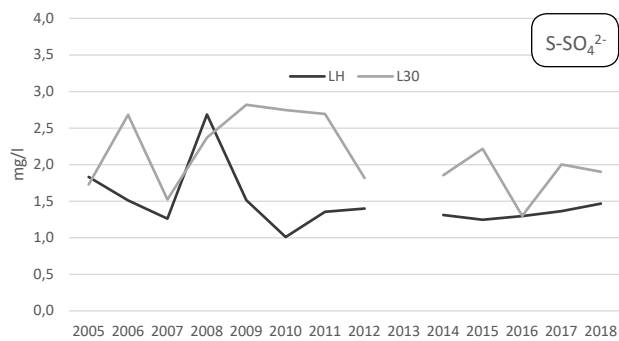
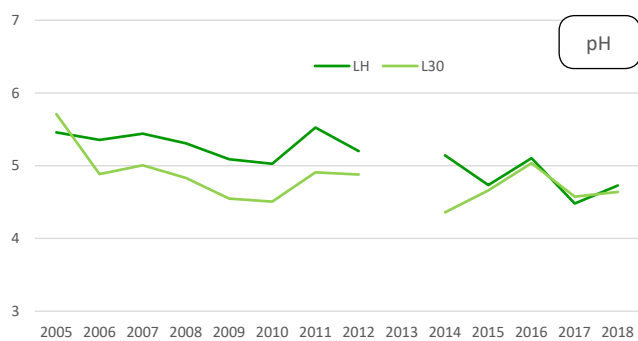
horizontem, i přes snížení v posledních dvou letech je zřejmý stoupající trend, což může souviset s postupnou obnovou těžbou. V minerální půdě se koncentrace nitrátů v půdní vodě zvýšily v roce 2012 až na 2,44 mg/l, pak došlo opět k poklesu na cca 0,5 mg/l, v roce 2017 byla zjištěna nejvyšší hodnota (3,38 mg/l). Poměr Ca/Al v půdní vodě v horizontu FH v průběhu sledování výrazně kolísá (hodnoty se pohybují mezi 4,4 a 16,1), v půdní vodě zachycované v hloubce 30 cm kolísají mezi 1,9 a 9, nejnižší hodnoty jsou zaznamenávány v posledních letech (obr. 3.3.14).

Všeteč

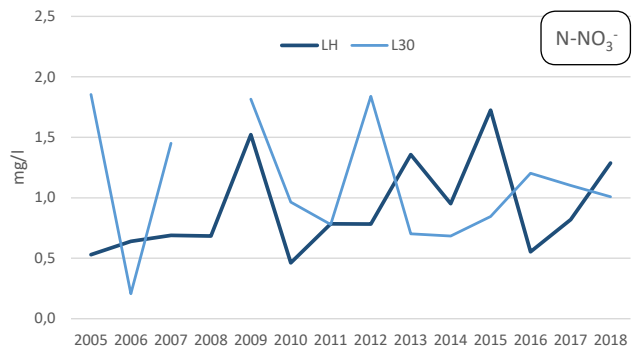
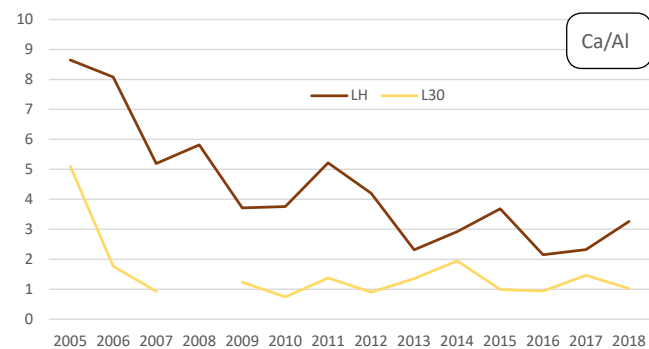
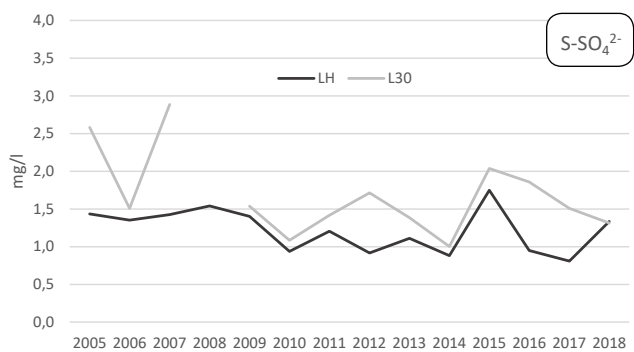
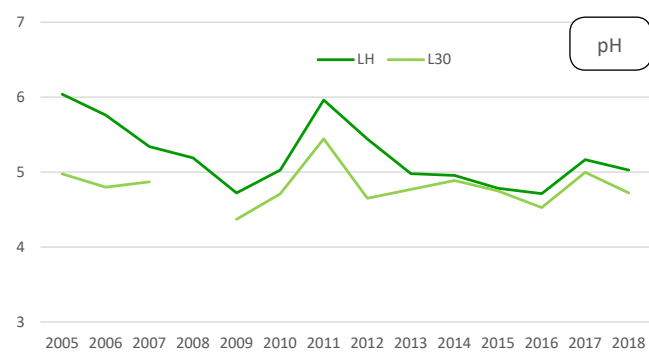
Průměrné hodnoty pH půdní vody pod humusovým horizontem se v průběhu sledovaného období mírně snižují, pohybují mezi 4,71 a 5,96, v minerální půdě kolísají mezi 4,36 a 5,71 (obr. 3.3.15). Koncentrace síranů kolísají mezi 0,88 a 2,89 mg/kg v obou hloubkách. Obdobně je tomu také u koncentrací nitrátů, které jsou více rozkolísané mezi 0,21 a 1,89 mg/l v obou horizontech bez výraznějšího trendu. Poměr Ca/Al během sledovaného období výrazně klesá, od roku 2005 se snížil z hodnoty téměř 8 až na 2,12 v roce 2016, u půdní vody v minerální půdě podobný vývoj zaznamenán nebyl, hodnoty Ca/Al kolísají mezi 1 a 2, výjimečně jsou hodnoty vyšší než 2 (obr. 3.3.15).



Obr. 3.3.13: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Luisino údolí. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Luisino údolí (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).



Obr. 3.3.14: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Medlovice. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Medlovice (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).



Obr. 3.3.15: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Všetec. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Všetec (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).

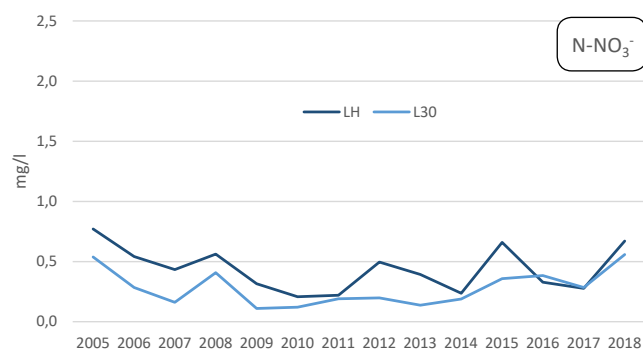
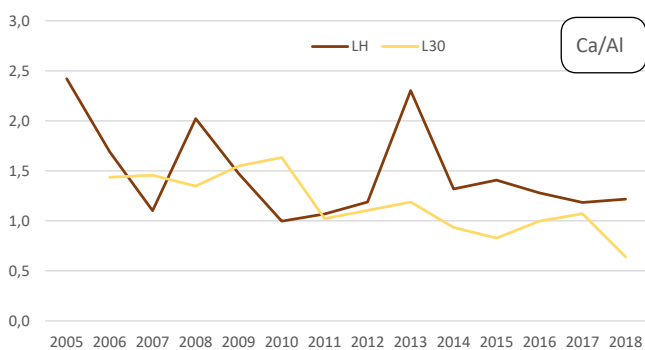
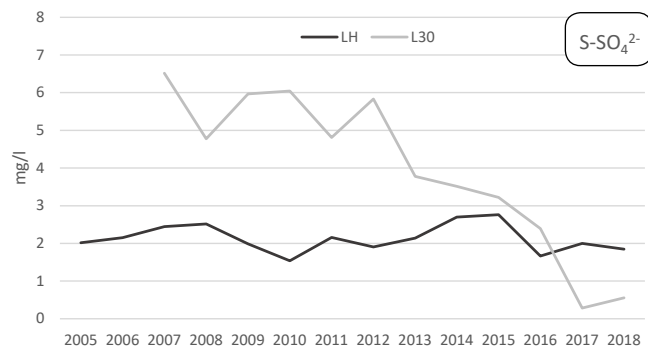
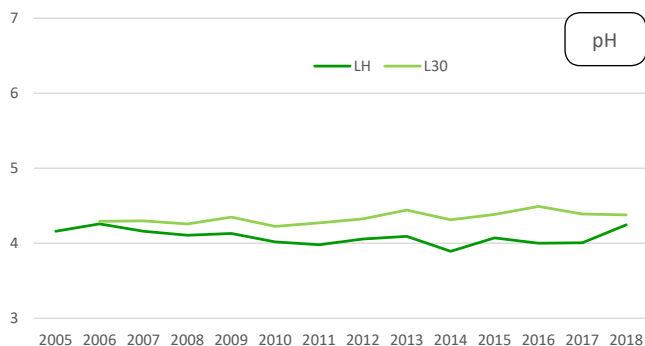
Želivka

Průměrné hodnoty pH půdní vody se v horizontu FH pohybují v rozmezí 3,89 a 4,26, v minerální půdě pak mezi 4,23 a 5,10, v průběhu sledování se mírně zvyšují (obr. 3.3.16). Koncentrace síranů jsou v půdní vodě v horizontu FH v rozmezí 1,66 a 2,70 mg/l s mírným nárůstem od roku 2010, nicméně v roce 2016 se opět snížily. V půdní vodě v hloubce 30 cm minerální půdy jsou koncentrace SO_4^{2-} výrazně vyšší, ale v posledních letech koncentrace klesají, nejvýraznější pokles byl zaznamenán mezi roky 2016 a 2017. V posledních dvou letech jsou průměrné koncentrace síranů v půdní vodě v hloubce 30 cm minerální půdy nižší než pod humusovým horizontem. Průměrné koncentrace NO_3^- jsou v půdní vodě v horizontu FH i v minerální půdě obdobné, pohybují se od 0,11 do 0,77 mg/l, vyšší koncentrace jsou zaznamenávány v půdní vodě pod horizontem FH. Od roku 2009 je i přes rozkolísané hodnoty patrný stoupající trend, hlavně v půdní vodě v 30 cm minerální půdy. Poměr Ca/Al je v půdní vodě pod humusovým horizontem mezi 1,00 a 2,42, v půdní vodě v 30 cm minerální půdy mezi 0,64 a 1,63, zde jsou nejnižší hodnoty zjišťovány v posledních letech (obr. 3.3.16).

Hodnoty pH půdní vody na plochách se smrkovými porosty jsou víceméně srovnatelné, mírně odlišná je plocha Luisino údolí, kde pH vody v minerální půdě v hloubce 30 cm nepřesahuje 4,09. pH půdní vody pod borovým porostem (plocha Benešovice) je v obou horizontech vyšší v porovnání se smrkovými

porosty. Průměrné koncentrace nitrátů (NO_3^-) v horizontu pokravného humusu i v minerální půdě jsou srovnatelné na všech plochách a pohybují se zpravidla pod 1 mg/l s výjimkou plochy Luisino údolí, kde jsou zhruba dvojnásobné. Mezi plochami jsou větší rozdíly v případě SO_4^{2-} , kolísají v horizontu FH mezi 0,8 a 3,5 mg/l, obdobné koncentrace v půdní vodě v minerální půdě v hloubce 30 cm jsou na plochách Lazy a Luisino údolí, na ostatních plochách jsou vyšší než pod horizontem FH, i když na ploše Želivka se v posledních letech snižují. Molární poměr Ca/Al je v půdní vodě na horských plochách (Klepačka, Lazy, Luisino údolí) pod horizontem pokravného humusu i v minerální půdě nízký, pohybuje se pod hodnotou 1 nebo těsně nad ní. Na ploše Želivka a Benešovice je situace příznivější, hodnoty Ca/Al jsou v rozmezí 1–2, na ploše Benešovice v rozmezí 1–3, i když v posledních letech dochází k mírnému poklesu hodnot, především v minerální půdě.

Při srovnání obou listnatých ploch je zřetelný rozdíl mezi vývojem poměru Ca/Al, na ploše Medlovice stoupá, na ploše Všetec lze naopak pozorovat mírný pokles v průběhu času. Hodnoty pH půdní vody jsou srovnatelné na obou plochách i v obou horizontech, průměrné koncentrace síranů jsou mírně vyšší v půdní vodě v hloubce 30 cm na ploše Medlovice, kde jsou v posledních letech také výrazně vyšší koncentrace NO_3^- v půdní vodě pod humusovým horizontem.



Obr. 3.3.16: Hodnoty pH, průměrné koncentrace síranů (SO_4^{2-}), nitrátů (NO_3^-) a poměr Ca/Al v půdní vodě na ploše Želivka. (LH – půdní voda pod humusovým horizontem, L30 – půdní voda v hloubce 30 cm minerální půdy) / pH values, mean concentrations of sulphates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and molar Ca/Al ratio in soil solution on the plot Želivka (LH – soil water under organic horizon, L30 – soil water in 30 cm of mineral soil).

Summary

Soil solution

Forest stands are indirectly influenced by the soil environment via root systems. Measuring the chemical composition of soil water is a useful tool in characterising forest stand nutrition, nutrient availability and variability, and the long-term nutrient trends. Soil solution chemistry has been monitored on seven core plots since 2005, using zero-tension lysimeters in two depths—below the organic horizon (FH) and at a mineral soil depth of 30 cm. Samples are taken at the same time as deposition samples, and the same parameters are analysed. The pH values and annual concentrations of sulphur and nitrogen, as well as the Ca/Al ratio in the soil solution, are presented in Figures 3.3.10 to 3.3.16.

When we compared coniferous stands, most soil solutions had similar pH values, though they were higher in mineral soil and slightly higher in the pine stand. Nitrate concentrations in the soil solutions, at both depths, were lower than 1 mg l^{-1} , except at the Luisino údolí plot, where they were two times higher. Comparable concentrations of SO_4^{2-} were found in two plots (Luisino údolí and Lazy) at both depths; however, on the other plots, the concentrations of SO_4^{2-} were higher in mineral soil. The molar ratio Ca/Al was unfavourable on mountainous plots, where it was lower than 1 (the critical level for potential Al toxicity). Beech stands were more favourable and had higher pH values at both depths. The highest concentration of N-NO_3^- was found in the soil solution of the Medlovce plot at the FH horizon, and the N-NO_3^- concentration increased rapidly during the monitoring period.

3.3.3 Chemismus půd / Analysis of soil

První podrobný průzkum lesních půd v rámci programu ICP Forests byl proveden v letech 1995–1996, a to na 100 plochách I. úrovně a 8 plochách II. úrovně. Na plochách I. úrovně byly odebrány vzorky nadložního humusu (horizonty L, F, H) a vzorky minerální půdy ze dvou hloubek, 0–10 cm a 10–20 cm, na plochách II. úrovně byly odebrány vzorky až do hloubky 80 cm, tj. 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm a 40–80 cm. Hodnoceny byly nejen základní charakteristiky, tj. půdní reakce, obsah přístupných živin a celková zásoba prvku, ale také zátěž půd těžkými kovy a jejich citlivost k acidifikaci (Vanmechelen et al. 1997).

Další rozsáhlý průzkum lesních půd proběhl v letech 2005–2008 v rámci evropského projektu BioSoil, do kterého bylo zahrnuto 146 ploch I. úrovně a 8 ploch II. úrovně. Data získaná v tomto projektu byla vyhodnocována následně v letech 2009–2010 v projektu FutMon (De Vos, Cools 2011). Průzkum byl prováděn podle metodiky manuálu ICP Forests—Part X – Sampling and analysis of soil.

Na všech plochách byly vykopány půdní sondy, vyhotoveny popisy půdních profilů a odebrány vzorky nadložního humusu a vzorky minerální půdy ze sondy z hloubek po 10 cm. Dále byly z osmi míst odebrány pomocí půdního vrtáku směsné vzorky minerální půdy z hloubek 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm

a 40–80 cm. Na plochách II. úrovně byly odebrány tři sady směsných vzorků, každá z osmi míst.

Na plochách II. úrovně je interval odběru vzorků půd 5 let, na některých plochách byly vzorky půd odebrány pětkrát, a to v letech 1995, 2000, 2005 (až 2008), 2010 a 2015. V blízkosti každé plochy (v ochranné zóně) je vykopána, resp. obnovena půdní sonda a vyhotoven popis půdního profilu. Vzorky půdy se odebírají vždy ze stejných hloubek, tj. 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm a 40–80 cm, a kde je to možné, odebírají se vzorky na stanovení objemové hmotnosti do kovových válečků o objemu 100 cm^3 . Dále se odebírají tři sady směsných vzorků nadložního humusu a minerální půdy z týchž hloubek pomocí půdního vrtáku, a to každý vzorek z osmi subvzorků, tj. z osmi míst na ploše. Dále se odebírají vzorky nadložního humusu z pěti čtvercových plošek o velikosti $25 \times 25 \text{ cm}$ pro stanovení objemové hmotnosti (obr. 3.3.17), zvláště horizont opadanky L a zvláště horizont FH. Před analýzou se vzorky vysuší, prosejí na sítu s velikostí ok 2 mm (oddělení jemnozeme) a zhomogenizují. Analyzují se následující parametry – sušina při $105 \text{ }^\circ\text{C}$, aktivní $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, výměnné $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, případně i $\text{pH}(\text{KCl})$ potenciometricky, celkový obsah C, N, S elementární analýzou, přístupný P spektrometricky, obsah výměnných

prvků ve výluhu roztokem chloridu barnatého – Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na metodou atomové absorpční spektrometrie, celkový (psoudototální) obsah prvků ve výluhu lučavkou královskou – Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn metodou atomové absorpční spektrometrie, celkový P a obsah těžkých kovů As, Cd, Ni, Pb metodou optické emisní spektrometrie s indukčně

vázanou plazmou (ICP OES). Výpočtem se následně stanoví kationtová výměnná kapacita (CEC) jako suma přístupných prvků v sorpčním komplexu a nasycení sorpčního komplexu bázemi (base saturation, BS) jako poměr obsahu bazických prvků a CEC.

Tab. 3.3.1: Klíčové plochy II. úrovně – půdní typy a podložní hornina. / *Core Level II plots–soil type and parent material.*

Plocha / Plot	Půdní typ / Soil type	Podložní hornina / Parent material
Benešovice	kambizem modální / <i>Haplic Cambisols (Dystric, Skeletic)</i>	metadroba / <i>greywacke</i>
Klepačka	kambizem dystrická, mírně oglejená / <i>Dystric cambisols (Gleyic)</i>	pískovec až kamenitý až hlinitokamenitý sediment / <i>sandstone, stony sediments</i>
Lazy	kryptopodzol modální mělce umbrický / <i>Hyperdystric Cambisols (Skeletic)</i>	granit / <i>granite</i>
Luisino údolí	podzol modální / <i>Haplic Podzols (Albic, Skeletic)</i>	rula / <i>gneiss</i>
Medlovice	kambizem pelická, mírně oglejená, překrytá, vyluhovaná, s náznaky luvizace / <i>Stagnic Cambisols (Endoeutric)</i>	jílovce, pískovce, slepence / <i>claystone, sandstone</i>
Všeteč	kambizem dystrická / <i>Haplic Cambisols (Dystric)</i>	migmatit / <i>migmatite</i>
Želivka	kambizem oglejená / <i>Stagnic Cambisols (Epidystric)</i>	pararula / <i>gneiss</i>

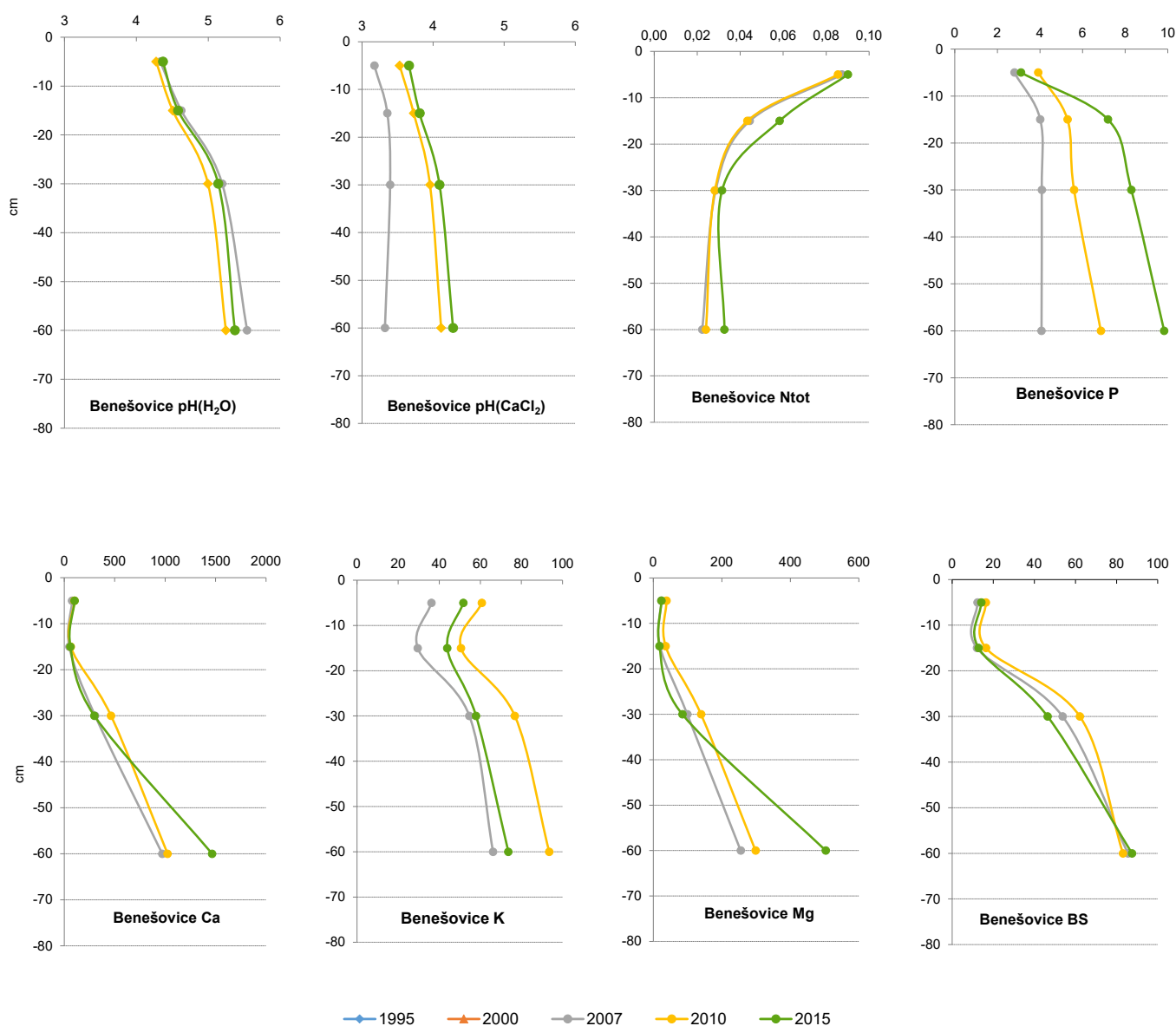


Obr. 3.3.17: Odběr vzorku humusu pro stanovení objemové hmotnosti. / *Sampling of organic horizon for bulk density estimation.*

Benešovice

Na ploše Benešovice byly doposud provedeny tři odběry vzorků půd. Hodnoty $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ se pohybují mezi 3 a 4, pouze v hloubce 40–80 cm jsou vyšší než 4 (obr. 3.3.18). Ve srovnání s prvním odběrem v roce 2005 se v letech 2010 a 2015 mírně zvýšily, přesto lze půdu označit jako silně kyselou. Obsah přístupného vápníku je ve svrchních minerálních horizontech velmi nízký až nízký, ve spodních vrstvách pak dostatečný. Obdobná je situace i v případě přístupného hořčíku, jehož obsah v půdě je rovněž

velmi nízký až nízký, nejnižší hodnoty byly zjištěny v hloubce 10–20 cm minerální půdy (pod hranicí deficitu), pouze v hloubce 40–80 cm minerální půdy je dostatečný. Obsah přístupného draslíku je velmi nízký až nízký, v hloubce 40–80 cm je jeho zásoba střední. S nízkým obsahem bazických prvků souvisí i nízká úroveň nasycení sorpčního komplexu bázemi, hodnoty se pohybují ve svrchních vrstvách minerální půdy do hloubky 20 cm okolo 14 % (obr. 3.3.18).

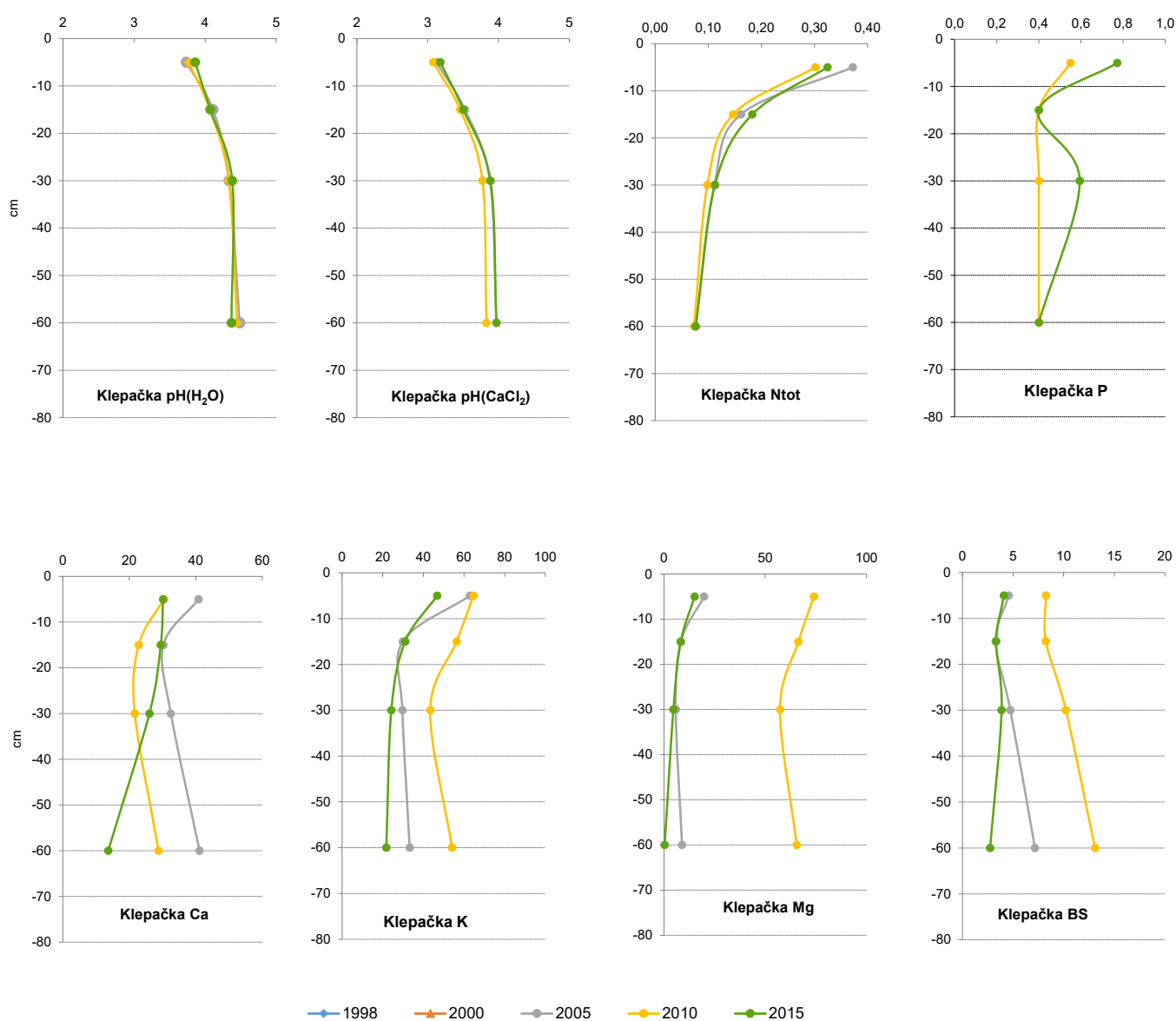


Obr. 3.3.18: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Benešovice. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Benešovice.

Klepačka

Na této ploše byly provedeny tři odběry vzorků půd. Hodnoty $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ se v minerální půdě do hloubky 10 cm pohybují mezi 3,7 a 3,86, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ pod hodnotou 3, půda je tedy možné označit jako velmi silně kyselou. Ve spodnějších vrstvách minerální půdy (10–80 cm) jsou hodnoty pH aktivního i výměnného vyšší, nicméně $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ nepřesahuje hodnotu 4,5 a $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ je nižší než 4, půda je tedy silně kyselá (obr. 3.3.19). Obsah přístupného vápníku je v celém profilu během celého sledovaného období velmi nízký, pohybuje se v rozmezí 13 a 41 mg/kg, tedy hluboko pod hranicí deficitu (140 mg/kg). Také obsah

přístupného hořčíku je v letech 2005 a 2015 také velmi nízký, v minerální půdě do 10 cm se pohybuje těsně pod hranicí nedostatku (15 mg/kg, resp. 19 mg/kg), v hloubce od 10 cm pak v celém profilu jeho obsah nepřekračuje 10 mg/kg. Zásoba přístupného draslíku je v minerální půdě do hloubky 10 cm střední (nad 50 mg/kg), v hloubce 10–80 cm pak nízká až velmi nízká, pohybuje se kromě roku 2010 pod hranicí 30 mg/kg. Vzhledem k nízkému obsahu přístupných bazických prvků jsou nízké i hodnoty nasycení sorpčního komplexu bázemi, které jsou v rozmezí 4–8%, v roce 2010 v hloubce 20–80 cm 10–13% (obr. 3.3.19).

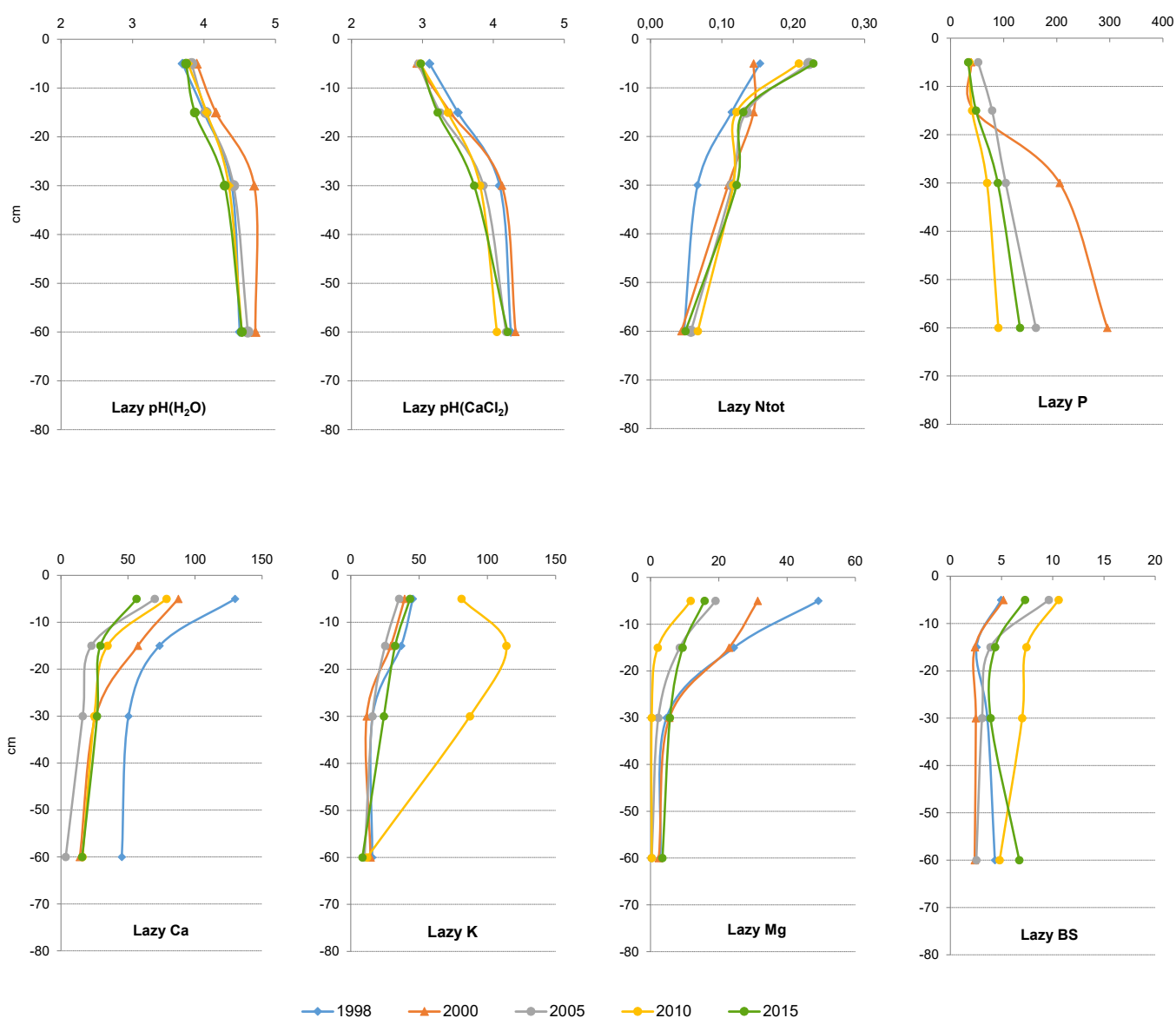


Obr. 3.3.19: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Klepačka. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Klepačka.

Lazy

První odběr vzorků půd byl na ploše Lazy proveden již v roce 1995 při založení sítě ploch II. úrovně, takže jsou k dispozici výsledky z celkem pěti odběrů. Hodnoty $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ se od roku 2000 mírně snižují, jde však o pokles řádově 0,2 stupně pH . Hodnoty $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ v hloubce do 10 cm minerální půdy oscilují kolem 2,9, v hloubce 10–20 cm mezi 3,1 a 3,4, v hlubších vrstvách je patrný mírně klesající trend (obr. 3.3.20). Obsah přístupného vápníku v průběhu sledovaného období klesá, v celém profilu je velmi nízký, pod hranicí nedostatečné zásoby během celého období. Při posledním odběru v roce 2015 byl zjištěn obsah Ca poloviční až třetinový ve srovnání se stavem v roce 1995. Obsah přístupného hořčíku je rovněž deficitní, pouze v hloubce 0–20 cm v letech 1995 a 2000 hodnoty překračují 20 mg/kg.

V celém profilu došlo v průběhu sledovaného období k výraznému snížení jeho zásoby ve svrchní vrstvě půdy do 20 cm, v hloubce 40–80 cm jsou hodnoty i přes pokles v letech 2005 a 2010 zhruba stejné jako na počátku. Obsah přístupného draslíku je nejvyšší v hloubce 0–10 cm minerální půdy (kromě roku 2010), směrem do hloubky se snižuje. V hloubce 10–40 cm obsah K mírně klesá až do roku 2005, při posledním odběru jsou hodnoty srovnatelné jako na počátku. Odlišný vývoj obsahu K je v hloubce 40–80 cm minerální půdy, kde je zřejmý klesající trend až do roku 2015. Nasycení sorpčního komplexu bázemi je pod hranicí 10 %, pouze v roce 2010 byla tato hranice překročena v hloubce 0–10 cm, ale během sledovaného období se hodnoty mírně zvyšují (obr. 3.3.20).

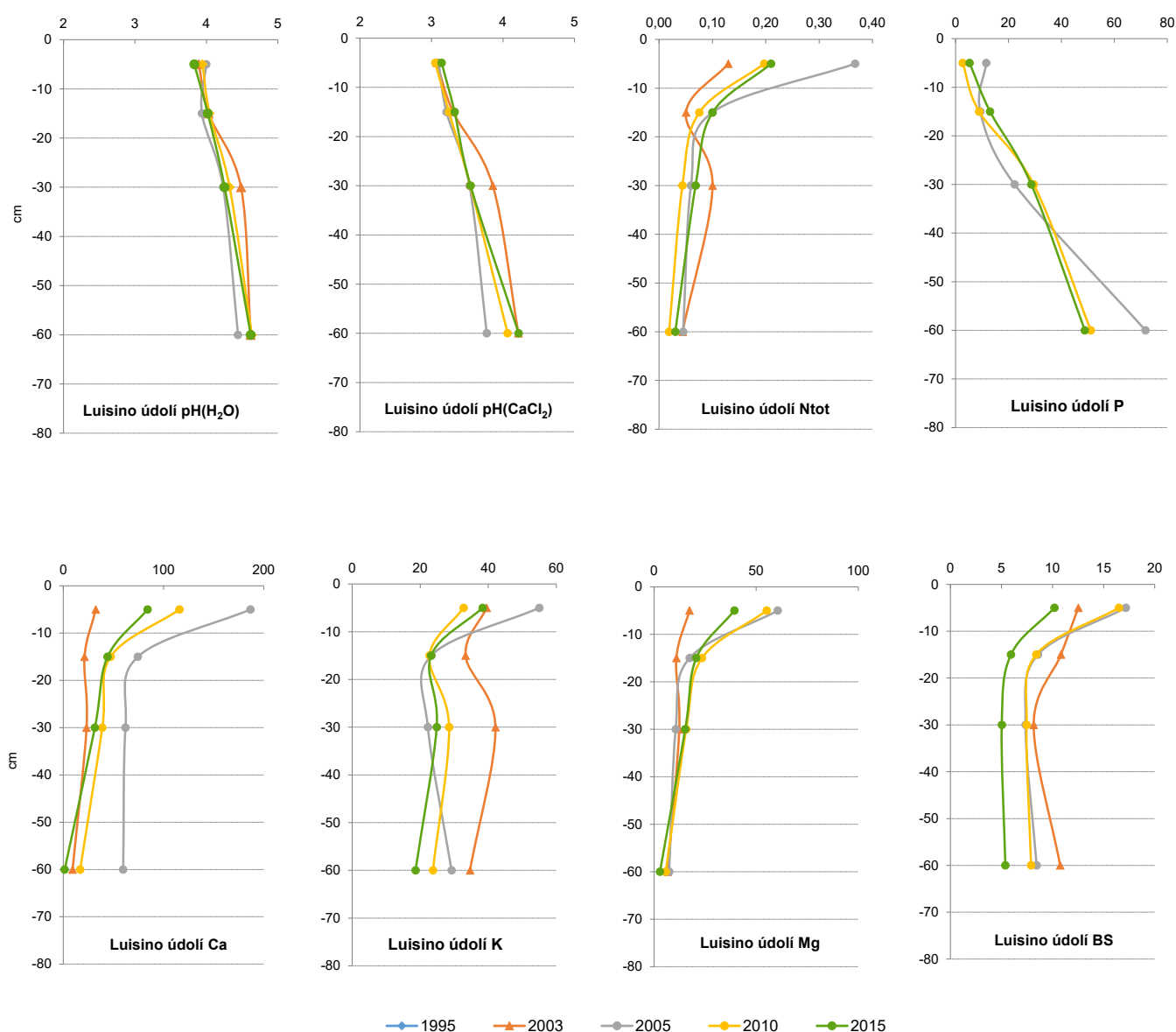


Obr. 3.3.20: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Lazy. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Lazy.

Luisino údolí

První odběr vzorků půdy proběhl na ploše Luisino údolí v roce 2003. Půdu lze označit jako silně kyselou, hodnoty $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ se během sledovaného období mírně snížily v hloubce 0–10 cm, v hlubších vrstvách půdy jsou přes drobné kolísání víceméně srovnatelné. Hodnoty výměnného $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ jsou srovnatelné v celém profilu a příliš se nemění (obr. 3.3.21). Obsah přístupného vápníku směrem dospod profilu klesá, obsah je možné hodnotit jako velmi nízký, kromě odběrů v letech 2005 a 2010, kdy přesáhl 140 mg/kg. V roce 2005 jsou hodnoty vyšší než při prvním odběru, poté se opět snižují, ale v roce 2015 jsou vyšší než na počátku (s výjimkou půdy v hloubce 40–80 cm). Obdobný vývoj byl zaznamenán i u přístupného hořčíku, jeho zásobu můžeme hodnotit v letech 2005–2015 jako střední

v minerální půdě 0–10 cm, v letech 2010–2015 také v hloubce 10–20 cm, v ostatním profilu je zásoba přístupného hořčíku velmi nízká (pod 20 mg/kg). Obsah přístupného draslíku je nízký až střední v hloubce 0–10 cm minerální půdy, v hlubších vrstvách je pod hranicí deficitu (30 mg/kg), kromě prvního odběru v roce 2003, kdy byly zjištěny hodnoty vyšší (33–42 mg/kg). Ve svrchních vrstvách půdy do 40 cm se obsah K v posledních třech odběrech příliš neliší, v hloubce 40–80 cm se v průběhu období snížil. Nasycení sorpčního komplexu bázemi v hloubce 0–10 cm překračuje 10 %, v hlubším profilu se pohybuje mezi 5–8,5 % s výjimkou odběru v roce 2003, kdy se v celém profilu pohybuje nad 10 % nebo těsně pod touto hodnotou, v průběhu času se však mírně snižuje, nejnižší hodnoty byly zjištěny v roce 2015 (obr. 3.3.21).

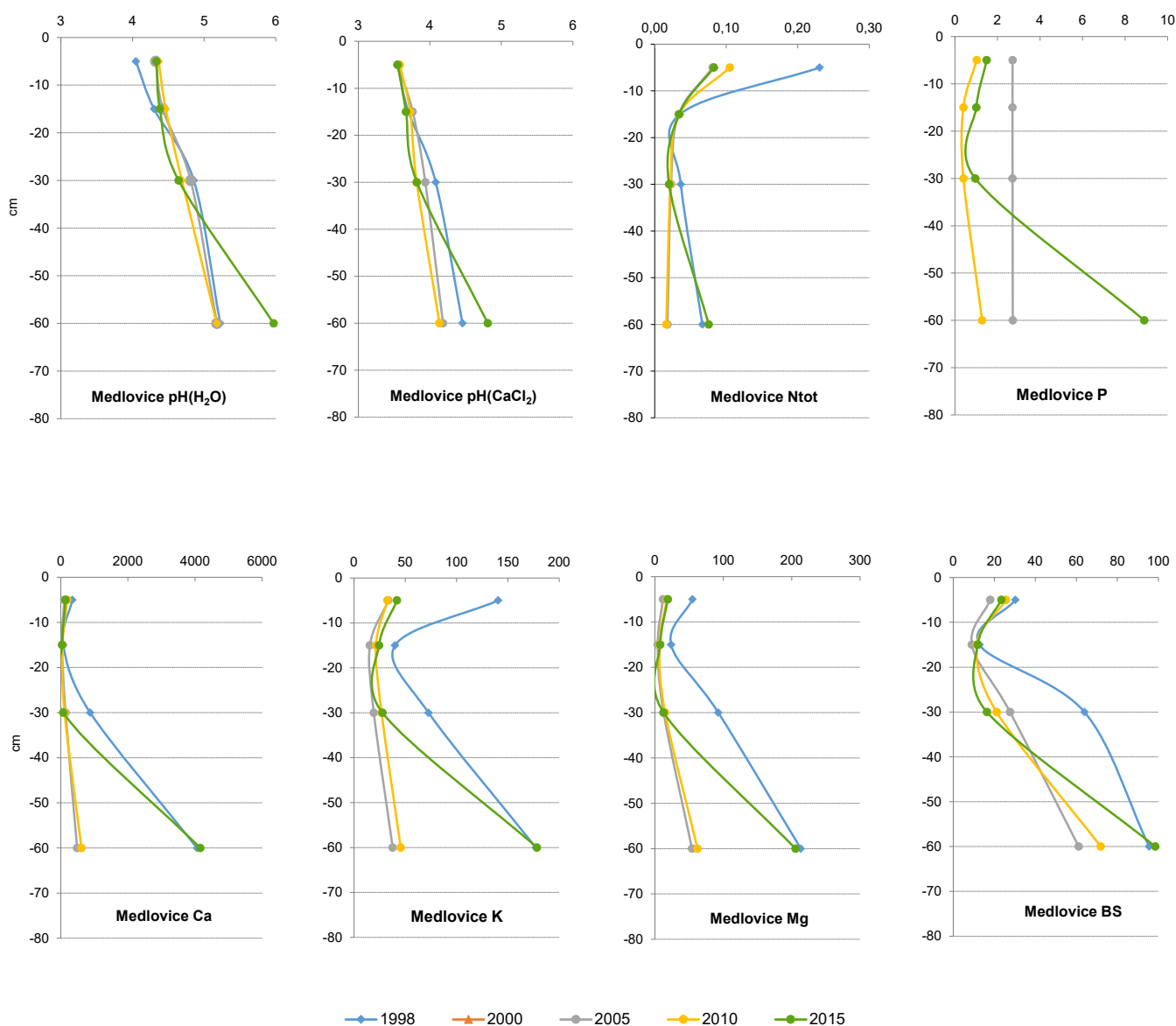


Obr. 3.3.21: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Luisino údolí. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Luisino údolí.

Medlovice

Na ploše Medlovice byl první odběr vzorků půd proveden v roce 1998, následovaly další tři odběry. Hodnoty $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ se pohybují v rozmezí 3,5 a 4,8 a v průběhu času se příliš neliší, půda je silně kyselá až kyselá (obr. 3.3.22). Obsah přístupného vápníku je v minerální půdě do 10 cm nízký až velmi nízký, v roce 2015 je jen těsně nad hranicí deficitu. V hloubce 10–40 cm minerální půdy je jeho obsah také velmi nízký, při posledním odběru byly hodnoty hluboko pod hranicí nedostatku – mezi 42 a 72 mg/kg. Také obsah přístupného hořčíku je v minerální půdě do 40 cm

nízký až velmi nízký, nejnižší hodnoty jsou v hloubce 10–20 cm. Ve spodní vrstvě je pak jeho obsah střední až dostatečný. Obsah přístupného draslíku je v minerální půdě do 10 cm nízký, od 10–40 cm pak velmi nízký, i když se od roku 2005 mírně zvýšil; v roce 2015 s hodnotami mezi 24 a 27 mg/kg. Úroveň nasycení sorpčního komplexu bázemi se v minerální půdě do hloubky 40 cm v roce 2015 pohybuje mezi 11 a 16 %. Během sledovaného období se v minerální půdě do 20 cm příliš nemění, v 20–40 cm se mírně snížila, v spodní vrstvě naopak došlo k mírnému nárůstu (obr. 3.3.22).

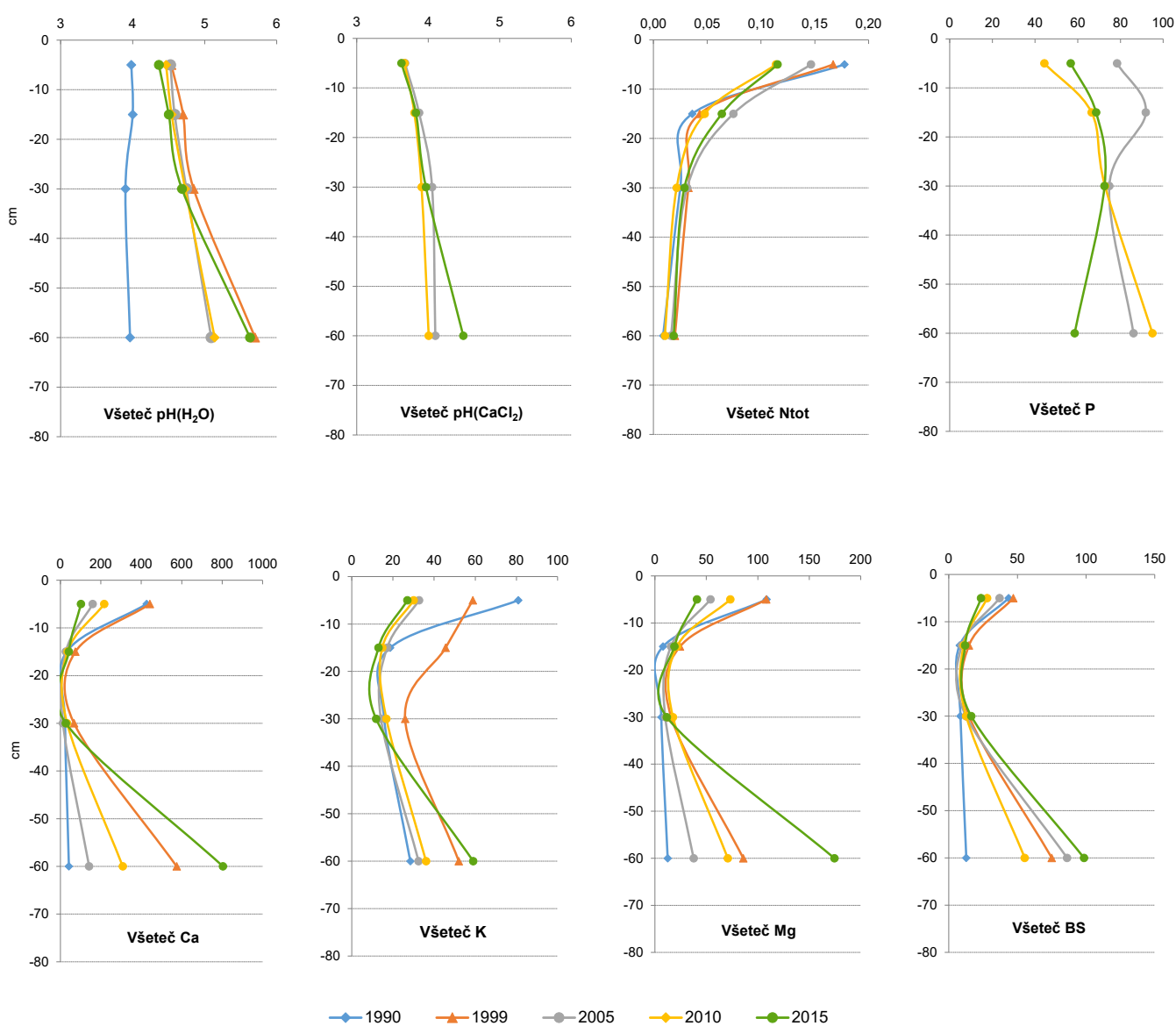


Obr. 3.3.22: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Medlovice. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Medlovice.

Všeteč

Tato plocha byla založena již na počátku 90. let v rámci jiného projektu, první odběr půdy proběhl v roce 1990, následovaly další čtyři odběry. Hodnoty $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ se v průběhu sledovaného období mírně snižují ve svrchní části profilu do hloubky 40 cm, v hlubších vrstvách do 80 cm se výrazně nemění. Výměnné pH vykazuje nejnižší hodnoty ve svrchní vrstvě minerální půdy do hloubky 10 cm, ve spodnější části profilu jsou hodnoty mírně vyšší; v průběhu celého období se příliš nemění (obr. 3.3.23). Obsah přístupného vápníku se ve svrchní vrstvě půdy do hloubky 10 cm výrazně snížil ve srovnání se stavem na počátku, v hloubce 10–40 cm minerální půdy zjištěné hodnoty kolísají v rozmezí 12 a 75 mg/kg. Naopak ve spodní části profilu (40–80 cm) se během sledovaného období obsah Ca zvyšuje.

Obdobný průběh je zřejmý i v případě obsahu přístupného hořčíku v půdním profilu. Obsah přístupného draslíku se v minerální půdě do hloubky 40 cm v průběhu období mírně snižuje, nejnižší hodnoty byly zjištěny v roce 2015. V hlubší části profilu je obsah K vyšší, s nejvyššími hodnotami v letech 1999 a 2015. Úroveň nasycení sorpčního komplexu bázemi je nejnižší v hloubce 10–20 cm, kde se pohybuje v rozmezí 9–11 %, v hloubce 0–10 cm a 20–40 cm se pohybuje mezi 16 a 28 %, ve spodní části profilu do 80 cm pak překračuje 50 %. Zatímco ve svrchních částech profilu není patrný žádný trend vývoje, ve spodní části se nasycení bázemi v průběhu posledních třech odběrů mírně zvyšuje, ovšem stále nedosahuje hodnot na počátku sledování v roce 1990 (obr. 3.3.23).

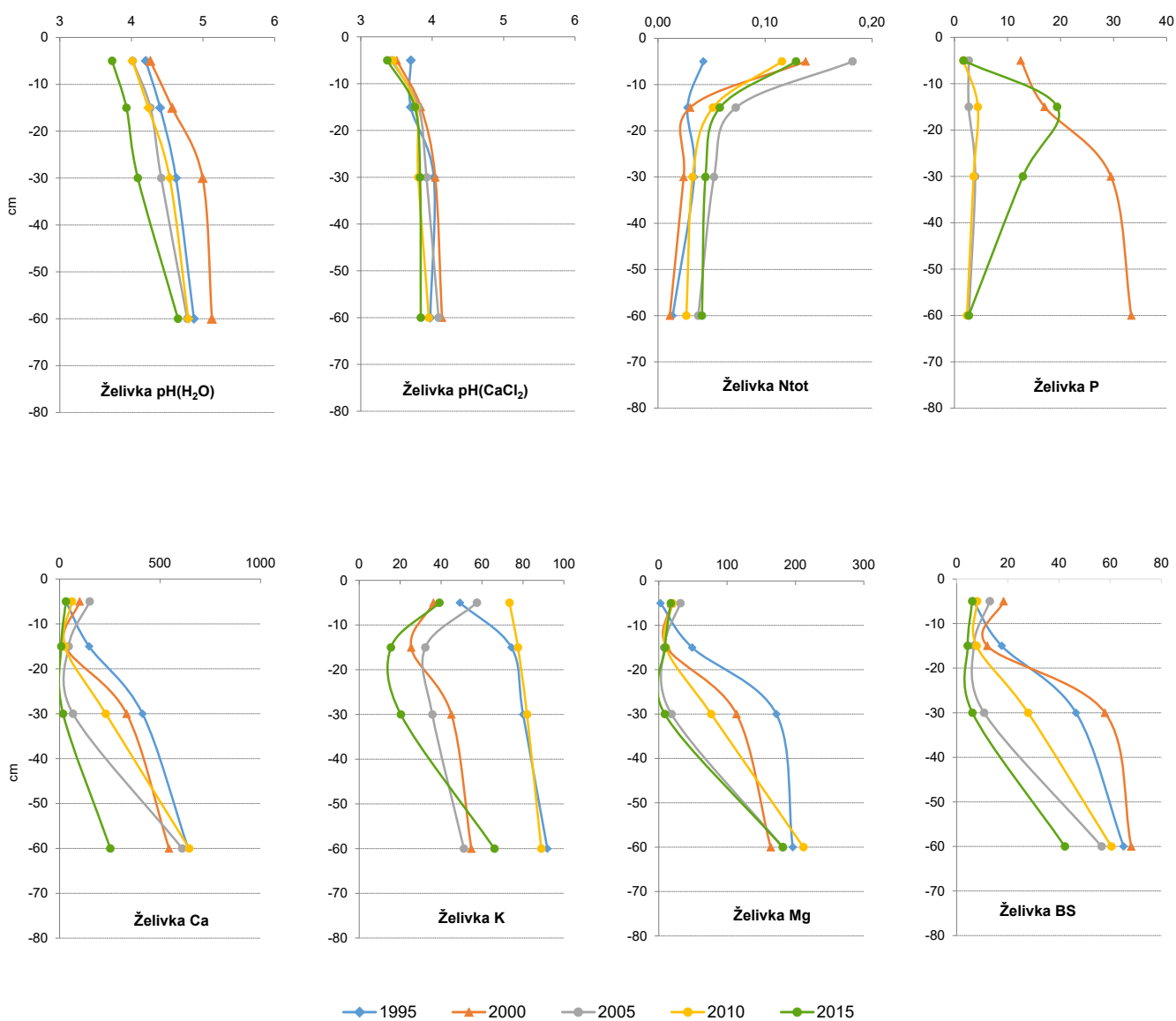


Obr. 3.3.23: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Všeteč. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Všeteč.

Želivka

Na ploše Želivka proběhlo již pět odběrů vzorků půdy. Hodnoty $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ i $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ se v celém profilu v průběhu sledovaného období mírně snižují, půdu můžeme označit jako silně kyselou (obr. 3.3.24). Obsah přístupného vápníku je nejnižší v hloubce 0–20 cm, kde se kromě prvního odběru v roce 1995 (10–20 cm) a roku 2005 (0–10 cm) pohybuje pod hranicí deficitu, přičemž v hloubce 10–20 cm jsou hodnoty nižší. V hlubší části profilu je obsah Ca velmi proměnlivý a kolísá v čase, v roce 2015 jsou však zjištěné hodnoty nejnižší. Obsah přístupného hořčíku je rovněž velmi rozdílný v jednotlivých odběrech, nejnižší hodnoty jsou stejně jako u Ca v hloubce 0–20 cm půdy,

v roce 2015 až do 40 cm, až na několik výjimek je zásoba Mg nedostatečná (pod 20 mg/kg). Výrazné rozdíly v čase i v hloubce půdního profilu jsou zřejmé i u přístupného draslíku, nicméně kromě hloubky 40–80 cm byly nejnižší hodnoty zjištěny v roce 2015 při posledním odběru, kdy byl obsah K v hloubce 10–40 cm pod hranicí deficitu. Nasycení bázemi se v půdě do hloubky 20 cm, v letech 2010 a 2015 také v hloubce 20–40 cm pohybuje pod 20 %, velmi často dokonce pod 10 %, nejnižší hodnoty jsou v roce 2015, a to pouze mezi 4–6 % až do hloubky 40 cm. V hlubší části profilu je nasycení bázemi vyšší než 40 % (obr. 3.3.24).



Obr. 3.3.24: Vývoj $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$, obsahu dusíku (%), obsahu fosforu (mg/kg), obsahu přístupných bazických prvků Ca, K, Mg (mg/kg) a nasycení bázemi (%) v půdním profilu na ploše Želivka. / $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ values, nitrogen content (%), phosphorus content (mg/kg), content of exchangeable base elements Ca, K, Mg (mg/kg) and base saturation (%) in soil profile on the plot Želivka.

Od roku 1995 je na některých plochách k dispozici již pět opakovaných odběrů půd. Z hlediska půdní reakce je možné půdy označit za silně až velmi silně kyselé, půdy na některých plochách stále vykazují známky acidifikace, např. na ploše Želivka v hloubce 0–40 cm. Snižuje se obsah bazických prvků (Ca, K, Mg), hlavně ve svrchních minerálních horizontech; pokles obsahu výměnného K byl v různých hloubkách zaznamenán na všech jehličnatých plochách, pokles obsahu Mg byl zjištěn i v horizontu FH a v hloubce 0–10 cm v půdě bukového porostu na ploše Vseteč. Nejvýraznější deficit je u přístupného vápníku, jeho obsah se ve svrchní části půdy do cca 40 cm na většině ploch pohybuje výrazně pod hranicí 140 mg/kg, což je limit pro velmi nízký obsah. Obsah přístupného hoříku je na většině ploch nízký až velmi nízký v hloubkách 10–40 cm,

obsah je však často jen o málo vyšší než limit pro velmi nízkou zásobu (20 mg/kg).

Půdy na většině ploch rovněž vykazují výrazný nedostatek přístupného P, i když celková zásoba tohoto prvku je dobrá; s výjimkou ploch Lazy a Vseteč se obsah přístupného P v téměř celém profilu pohybuje pouze v jednotkách mg/kg, nebo je nižší než limit pro velmi nízký obsah tohoto prvku, což je 20 mg/kg. Na druhé straně byl v některých hloubkách půdy jehličnatých porostů zjištěn vzestup obsahu přístupného Al a zvyšuje se rovněž obsah dusíku, hlavně v organickém horizontu FH a ve svrchní části minerální půdy. S nízkým obsahem výměnných bazických prvků souvisí i nízký stupeň nasycení sorpčního komplexu půd bázemi (BS), který je ve svrchní části minerální půdy většinou velmi nízký, pouze v rozmezí 5–18 %.

Summary

Analysis of soil

Two European forest soil surveys were carried out in 1995 to 1996 (100 plots of Level I and 8 plots of Level II) and 2005 to 2008 (project BioSoil – 146 plots of Level I and 8 plots of Level II). Soil pits were dug; the soil was described, and the soil type and humus form were determined. Chemical analyses were performed for samples from depths of 0 to 10 cm and 10 to 20 cm (Level I plots in 1995), and for Level II plots also from depths of 20 to 40 cm and 40 to 80 cm. In project Biosoil, mineral soil layers were sampled in 10 cm steps from the soil pits. On Level I plots, composite soil samples were also taken from four depths (0 to 10 cm, 10 to 20 cm, 20 to 40 cm, and 40 to 80 cm). On Level II plots, three sets of composite soil samples were collected from the same depths, each consisting of 8 sub-samples. Results from the first European survey are presented in Vanmechelen et al. (1997), from BioSoil project in De Vos, Cools (2011).

On core Level II plots, the sampling interval was 5 years. Samples were taken at fixed depths of 0 to 10 cm, 10 to 20 cm, 20 to 40 cm, and 40 to 80 cm (from soil pit and three sets of composite samples), and separate L and FH horizons of the organic layer. The following parameters were analysed in the homogenised samples: pH(H₂O) and pH(CaCl₂) values, total nitrogen, total carbon, exchangeable elements in BaCl₂ extract, pseudo-total content of elements in aqua regia extract and heavy metal content. Subsequently, CEC (cation exchangeable capacity) and BS (base saturation) were calculated.

Results are presented in Figures 3.3.18 to 3.3.24. The soil analyses confirmed that soils still exhibit signs of acidification, i.e., pH values are low or very low (acid or strongly acid). There was a low supply of exchangeable base cations in soils, particularly Ca content, which was much lower than the limit for deficiency (140 mg/kg). The content of Mg was low or very low, below or around the 20 mg/kg limit for Mg deficiency. The content of K was found to be decreasing on some plots. This unfavourable situation is reflected in the low base-saturation of soils, which was between 5% to 18% in the 0 to 40 cm layer. Another important nutrient, plant available P, was deficient on most plots, although total P supply was good. On the other hand, an increase in exchangeable Al was detected on some plots at different soil depths. An increase in N levels was mainly found in the upper soil layers.

3.3.4 Listové analýzy / Foliar analysis

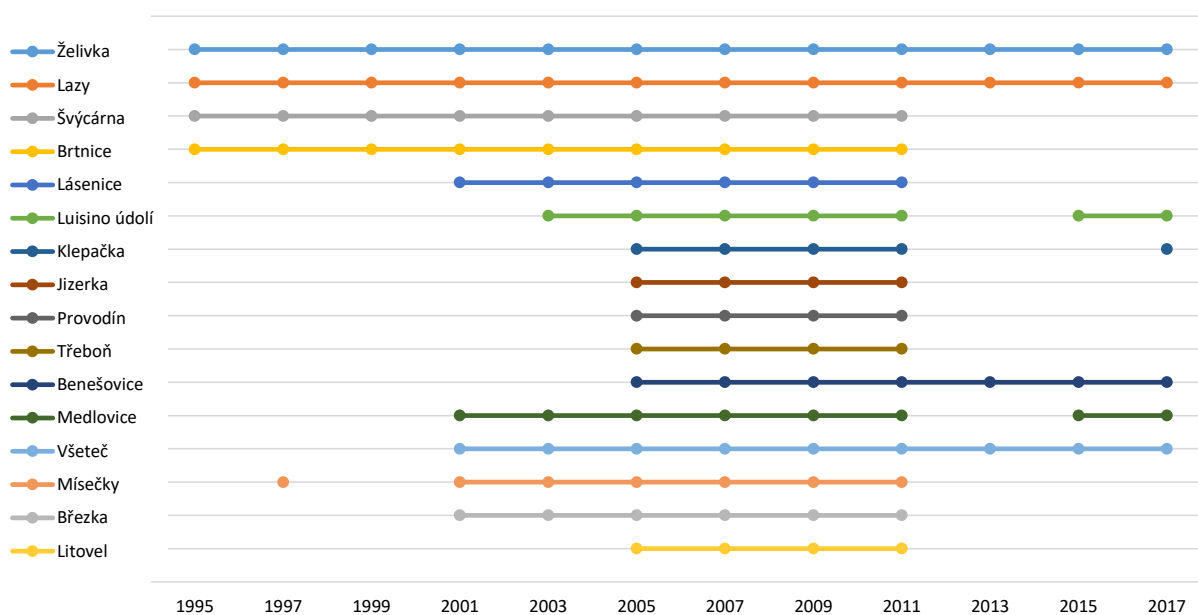
Asimilační orgány (listy, jehlice) dřevin jsou na plochách intenzivního monitoringu odebrány ve dvouletém intervalu od roku 1995. V období 1995–2018 proběhlo celkem 12 odběrů, a to v lichých letech. Pouze na plochách Želivka a Lazy je k dispozici všech 12 vzorků za celé uvedené období. Před rekonstrukcí sítě ploch intenzivního monitoringu byly vzorky odebrány i na plochách, které byly později zrušeny, a pozorování bylo ukončeno. Na všech existujících plochách probíhala analýza asimilačního aparátu pouze v letech 2005–2011, od roku 2013 je vzorkováno pouze několik vybraných ploch (4–7), a to v závislosti na poskytnutých finančních prostředcích. Přehled v současnosti existujících ploch a pokrytí odběry vzorků pro listovou analýzu za období 1995–2018 je uvedeno na obr. 3.3.25.

Výběr stromů pro vzorkování a způsob odběru vzorků se řídí manuálem ICP Forests (aktuální verze viz Rautio et al. 2016). Pro vzorkování je v nárazníkové zóně po obvodu plochy vybráno pět úrovněvých stromů, které jsou trvale vyznačené pro odběr listových vzorků (číslování L1–L5 pomocí bílé latexové barvy). Při ztrátě stromu (poškození, odumření, těžba, polom/vývrát apod.) je pro vzorkování vybrán nový strom s požadovanými parametry dle manuálu.

Rozsah vzorkování a následných analýz se řídí jednak manuálem a jednak finančními prostředky, které jsou v jednotlivých letech k dispozici. Standardně jsou analyzovány vzorky z jednotlivých stromů odděleně, u jehličnatých dřevin minimálně dva nejmladší ročníky jehličí. Odchytky od tohoto schématu jsou např. analýza smíšeného vzorku za plochu (smíchání vzorků ze všech pěti stromů do jednoho vzorku), analýza pouze letorostů u jehličnatých dřevin, odběr nebo analýza vzorků pouze z omezeného počtu ploch (nejčastější používaný postup), analytické stanovení menšího počtu prvků v odebraných vzorcích nebo kombinace těchto možností.



Výstup do koruny pomocí lan za účelem odběru vzorků pro listovou analýzu. / Climbing to the tree crown with ropes for collecting samples for leaf analysis.



Obr. 3.3.25: Přehled ploch a roků vzorkování na jednotlivých plochách za období 1995–2018. / Years of sampling on individual plots for the period 1995–2018.

Benešovice

Plocha založená v borové monokultuře se nachází v těsném sousedství dálnice D5 (exit 119). Na této ploše probíhá odběr a analýza jehličí od roku 2005, k dispozici pro hodnocení je tedy sedm odběrů.

Koncentrace dusíku po prvotním poklesu narůstala až k hodnotám kolem 1,6 %, a to v obou hodnocených ročnících jehličí. V posledních třech odběrech (2013, 2015, 2017) se průměrná koncentrace drží mezi hodnotami 1,4–1,5 %. Nicméně rozpětí hodnot z pěti vzorkovaných stromů bylo zejména v roce 2017 poměrně velké – 0,54 % v letorostech, resp. 0,64 % ve dvouletých jehličích (obr. 3.3.26a).

Zjištěné koncentrace fosforu mezi roky 2005–2009 (2011) kolísaly výrazně, poté se u letorostů držely mezi hodnotami 1300–1500 mg/kg a ve dvouletém jehličí mezi 1300–1400 mg/kg. V každém případě pozorujeme od roku 2011 pokles koncentrace fosforu v obou analyzovaných ročnících jehličí. Ve sledovaném období 2005–2017 dochází k pozvolnému zvyšování hodnoty poměru N/P, u obou ročníků jehličí už v posledních dvou odběrech (2015 a 2017) u dvou z pěti vzorkovaných stromů překračuje poměr N/P horní hranici optima.

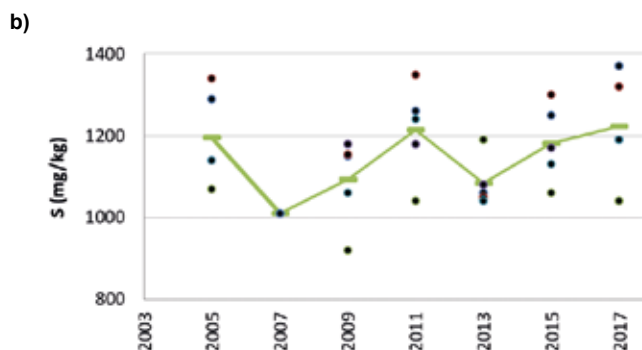
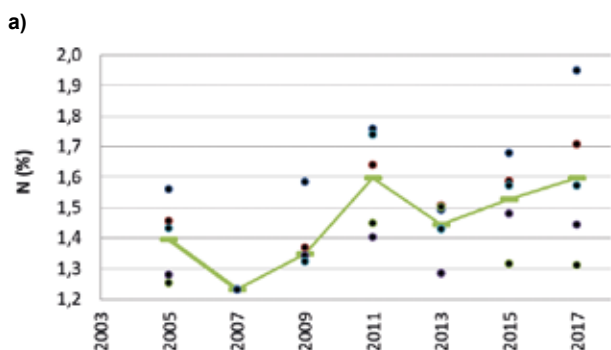
U hořčíku bylo zaznamenáno minimum v roce 2013. Poté dochází k nárůstu koncentrace v obou ročnících jehličí. Za celé sledované období lze konstatovat spíše pokles koncentrace –

u jednoletého jehličí z počátečních hodnot kolem 1200 mg/kg v roce 2005, na přibližně 1000 mg/kg v roce 2017 (obr. 3.3.27a). Pokles sledujeme i ve dvouletém jehličí, kde se hodnoty v posledním odběru v roce 2017 pohybovaly od 790 do 890 mg/kg. To už jsou koncentrace, které se blíží ke spodní hranici optima. Nicméně v období 2013–2017 dochází k mírnému zvyšování koncentrace.

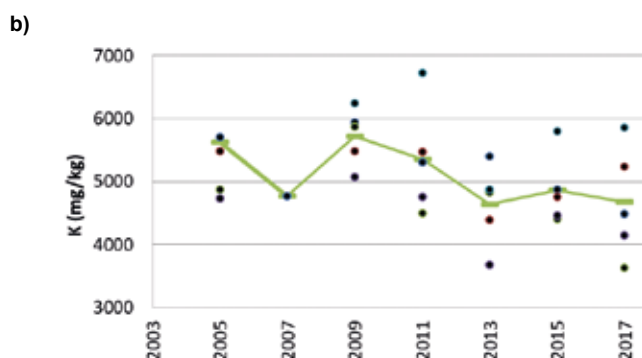
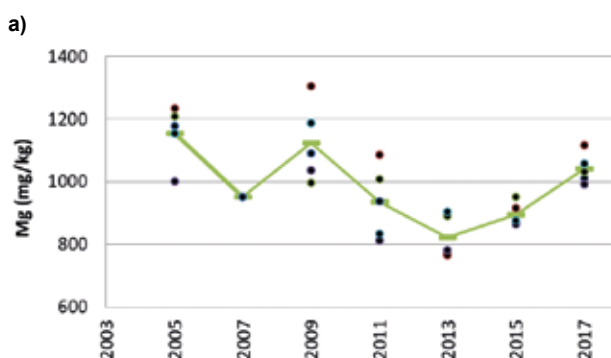
Velmi podobně lze hodnotit vývoj koncentrací draslíku. Také u tohoto prvku dochází během sledovaného období k postupnému snižování koncentrace, zejména u letorostů (obr. 3.3.27b). Zjištěné hodnoty se stále pohybují v rozpětí dostatečné výživy tímto prvkem.

U vápníku je zajímavá poměrně velká variabilita v koncentracích mezi jednotlivými stromy, zejména to platí pro dvouleté jehličí. Zatímco koncentrace v letorostech se pohybují v rozpětí ca 3000–5000 mg/kg, tj. v rozpětí cca 2000 mg/kg, u dvouletého jehličí se pohybují od ca 4500 do 8000 mg/kg, tedy v rozpětí 3500 mg/kg. U vápníku jsou zjišťované koncentrace poměrně stabilní, žádný zřejmý trend poklesu zde není.

Koncentrace síry kolísají, u letorostů jsou průměrné hodnoty za plochu v rozmezí cca 1000–1200 mg/kg, u dvouletého jehličí pak mezi 1100–1200 mg/kg. Dochází ke kolísání hodnot bez zjevného trendu (obr. 3.3.26b).



Obr. 3.3.26: Koncentrace a) dusíku a b) síry ve dvouletém jehličí na ploše Benešovice (Q061). / Concentration of a) nitrogen and b) sulphur in one year old needles for the plot Benešovice (Q061).



Obr. 3.3.27: Koncentrace a) hořčíku a b) draslíku v letorostech na ploše Benešovice (Q061). / Concentration of a) magnesium and b) potassium in current year needles for the plot Benešovice (Q061).

Klepačka

Plocha s převahou smrku v Beskydech na lokalitě Klepačka byla kontinuálně vzorkována v letech 2005–2011, poté došlo k přerušení a opět byla vzorkována až v roce 2017. K dispozici je tedy pět analýz vzorků smrkového jehličí.

Koncentrace dusíku v letorostech stoupaly od roku 2005, kdy byla průměrná koncentrace 1,23 %, až do roku 2011 na průměrnou hodnotu 1,49 %. V roce 2017 byla průměrná koncentrace dusíku v letorostech 1,52 %. Zatímco v roce 2005 byly všechny zjištěné koncentrace pod hranicí deficitu, v žádném z dalších odběrů se deficitní hodnoty nevyskytují. Výjimkou je jeden strom v roce 2017 s koncentrací 1,27. Ve dvouletém jehličí koncentrace dusíku kolísají a častěji se dostávají pod hranici 1,3 %, tedy do úrovně nedostatku.

Koncentrace fosforu je také značně odlišná v letorostech a ve dvouletém jehličí – zatímco v letorostech spíše narostla, ve dvouletém jehličí klesá. Na vzájemném poměru dusíku a fosforu se to projevuje tím, že v letorostech je poměr vyvážený, ve dvouletém jehličí často překračuje horní hranici optima (obr. 3.3.28a,b).

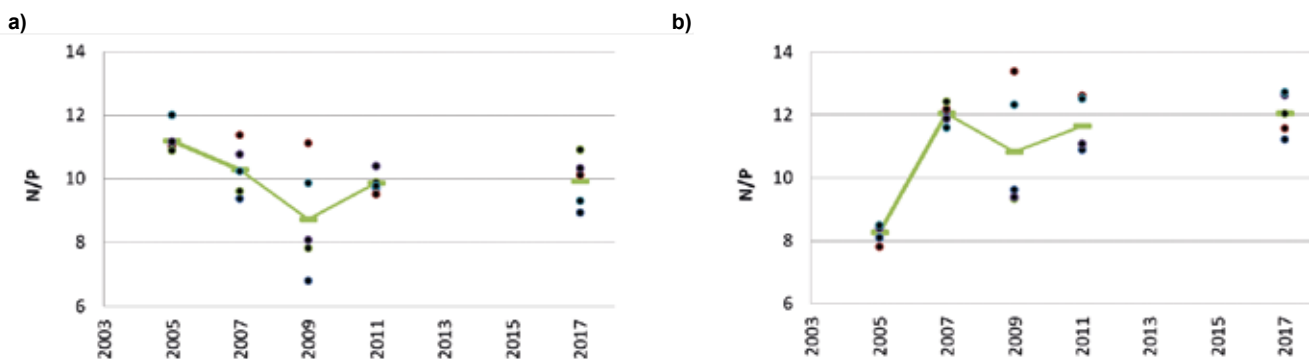
Koncentrace vápníku je poměrně rozdílná mezi vzorkovanými stromy v rámci jednoho vzorkování, často se minimální a maximální koncentrace liší až o 3000 mg/kg. V pěti realizovaných

odběrech byly u obou analyzovaných ročníků zaznamenány koncentrace klesající pod 2000 mg/kg a koncentrace v okolí této hodnoty, což značí počínající nedostatek vápníku ve výživě dřevín.

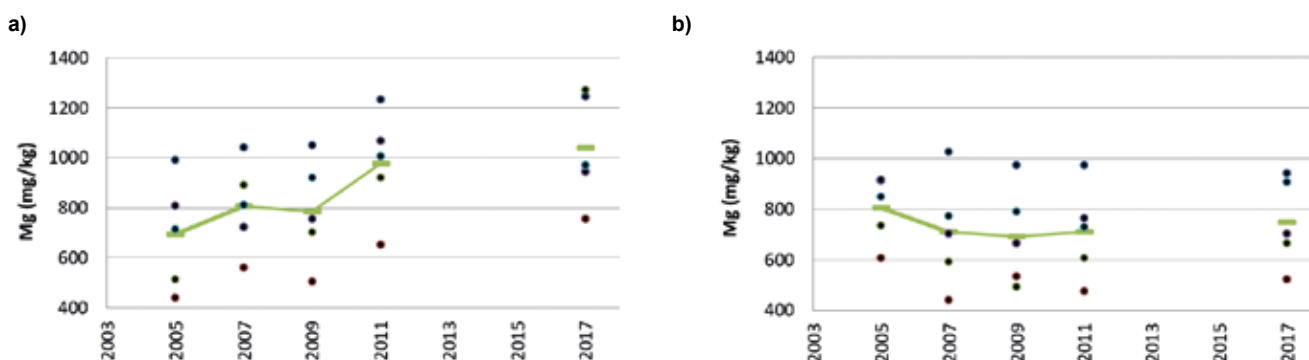
Koncentrace draslíku se v jednoletém jehličí pohybují nejčastěji mezi hodnotami 6000–8000 mg/kg, ve dvouletých jehlicích vzorkovaných smrků pak nejčastěji kolem hodnoty 6000 mg/kg. Na této ploše jsou hodnoty i jejich rozpětí poměrně vyrovnané, bez zjevného trendu.

U hořčíku byl zaznamenán pokles koncentrace pod 600 mg/kg, tedy deficit, u jednoho až dvou stromů v prvních třech vzorkovacích kampaních (2005–2009), a to v obou ročnících jehličí. U letorostů dochází spíše k velmi mírnému zvyšování koncentrace (2005 byla průměrná hodnota 690 mg/kg, v roce 2017 byla průměrná hodnota 1040 mg/kg), u dvouletého jehličí jsou koncentrace více vyrovnané a průměrná hodnota se pohybuje kolem 700 mg/kg (obr. 3.3.29a,b).

Koncentrace síry se v obou ročnících jehličí pohybují v rozmezí 900–1200 mg/kg. K nárůstu došlo v roce 2011, kdy průměrná koncentrace v letorostech byla 1156 mg/kg, resp. 1138 mg/kg ve dvouletém jehličí, zatímco v ostatních letech se pohybuje kolem hodnoty 1040 mg/kg.



Obr. 3.3.28: Poměr dusíku a fosforu a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Klepačka (Q401). / N/P ratio a) in current year and b) in one year old needles for the plot Klepačka (plot Q401).



Obr. 3.3.29: Koncentrace hořčíku a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Klepačka (Q401). / Magnesium concentration a) in current year and b) in one year old needles for the plot Klepačka (plot Q401).

Lazy

Horská smrková plocha Lazy se nachází na okraji Slavkovského lesa. Depozice dusíku zde kolísá, střídají se období nárůstu a poklesu, v některých letech se vyskytuje jednorázový pokles nebo nárůst zachycených sloučenin dusíku. Nicméně od roku 1997 jsou roční hodnoty depozice pod porostem nejčastěji v rozmezí 15–20 kg/ha.

Mírný nárůst koncentrace dusíku v jehličí lze na získaných datech pozorovat do roku 2009 u jednoletého, resp. do roku 2011 u dvouletého jehličí. Vyšší koncentrace dusíku jsou v mladším jehličí, kde u některých stromů přesahují i hodnotu 1,6 %. Naopak minima klesají pod limitních 1,3 %, nejnižší koncentrace byly zjištěny v roce 2013, kdy byly na jehlicích patrné i barevné projevy deficitu (žloutnutí letorostů). Při posledních odběrech v letech 2015 a 2017 dochází opět ke zvyšování koncentrace dusíku a zjištěné hodnoty jsou srovnatelné, případně mírně vyšší v porovnání se začátkem sledování v roce 1995.

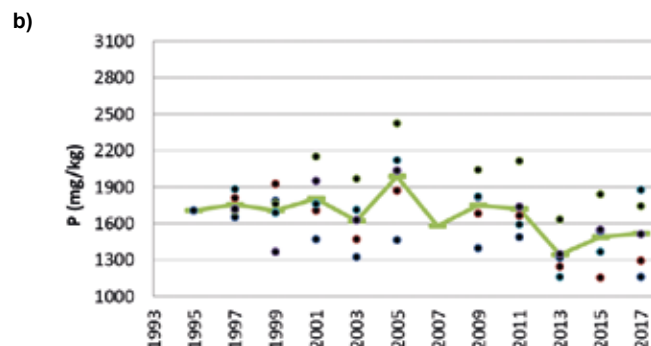
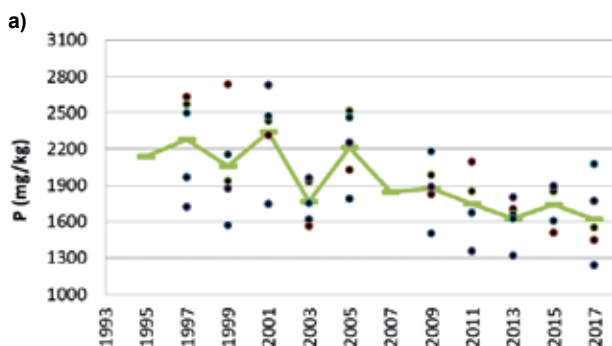
Koncentrace fosforu postupně klesají po celé sledované období, nejnižší hodnoty byly zjištěny při posledních ca 5 odběrech, tedy od roku 2009 do roku 2017. Ve dvouletém jehličí je pokles v porovnání s počátkem sledování ca 25 %, u letorostů ca 15 % (obr. 3.3.30). Pokud jde o vzájemný poměr dusíku a fosforu, platí totéž, jako na ploše Želivka, kdy setrvalé nebo mírně nárůstající koncentrace dusíku a úbytek fosforu vedou k posunu jejich poměru k horní hranici optima a v budoucnu hrozí další zhoršení situace.

Hořčík se na ploše Lazy chová odlišně v letorostech a ve dvouletém jehličí. Zatímco u letorostů jeho koncentrace spíše kolísá a pohybuje se nejčastěji mezi 1000 a 1500 mg/kg, u dvouletého jehličí pozorujeme postupný mírný nárůst koncentrace, a to o 50–100 % v porovnání s počátkem sledování v letech 1995 a 1997. Ve dvouletém jehličí lze navíc pozorovat obrovské rozdíly mezi vzorkovanými stromy – koncentrace hořčíku mají v jednom roce u pěti vzorkovaných stromů rozpětí až 800 mg/kg.

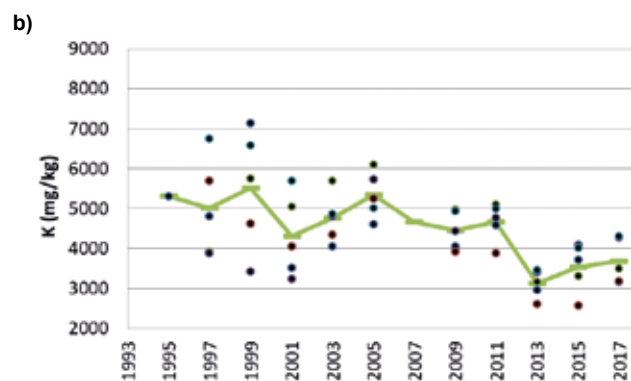
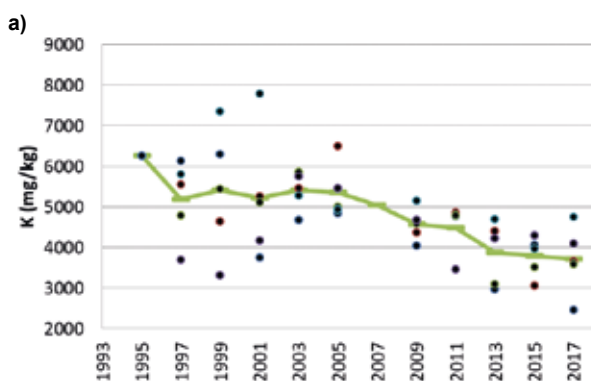
Naopak u draslíku dochází k postupnému setrvalému poklesu koncentrací. Pokles trvá celé sledované období a hodnoty v posledních odběrech jsou zhruba poloviční v porovnání s počátkem sledování (obr. 3.3.31). Zvláště varovné je zjištění poklesu koncentrace draslíku pod hodnoty 3000 mg/kg. Draslík je klíčovým prvkem pro regulaci otevírání průduchů a jeho deficit může mít vliv na schopnost bránit se suchu. Dále má významnou roli v odolnosti asimilačního aparátu k nízkým teplotám. Jeho dlouhodobý nedostatek tak může vést ke snížení schopnosti reagovat na stres působený suchem a mrazem.

Koncentrace vápníku spíše kolísají a v některých letech se pohybují pod hodnotou 2000 mg/kg a nachází se tak v pásmu blízkém deficitu. Také pro vápník platí zjištění velkých rozdílů v koncentracích u dvouletého jehličí mezi vzorkovanými stromy v rámci jednoho roku.

Koncentrace síry poklesly v jehličí sledovaných smrků na konci 90. let, od té doby se drží kolem hodnoty 1000 mg/kg, a tak i na Lazech je možné se na síru dívat daleko více jako na důležitou živinu, než jako na zátěžový prvek.



Obr. 3.3.30: Koncentrace fosforu a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Lazy (Q521). / Phosphorus concentration a) in current year and b) in one year old needles for the plot Lazy (plot Q521).



Obr. 3.3.31: Koncentrace draslíku a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Lazy (Q521). / Potassium concentration a) in current year and b) in one year old needles for the plot Lazy (plot Q521).

Luisino údolí

Další horskou plochou s převahou smrku je Luisino údolí. Orlické hory obecně jsou oblastí s vysokou zátěží depozicí dusíkatých látek a svědčí o tom i zjištěné koncentrace dusíku v jehličích vzorkovaných smrků. Běžně se zde v posledních deseti letech pohybují nad hodnotou 1,6 % v jednoletém a nad 1,5 % ve dvouletém jehličí (obr. 3.3.32).

Koncentrace fosforu kolísají, nicméně zvýšené koncentrace dusíku vedou k tomu, že vzájemný poměr N/P je již nad horní hranici optima a může způsobovat určité problémy ve výživě dřevin. Zjištěné koncentrace fosforu se zejména u dvouletého jehličí v posledních dvou odběrech (2015 a 2017) pohybují pod hranici deficitu (1200 mg/kg), u letorostů zatím tato hranice dosažena nebyla.

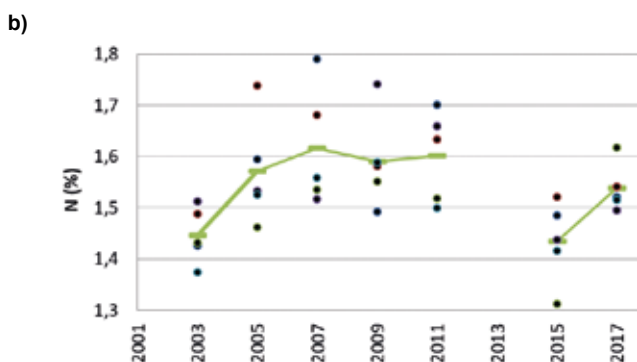
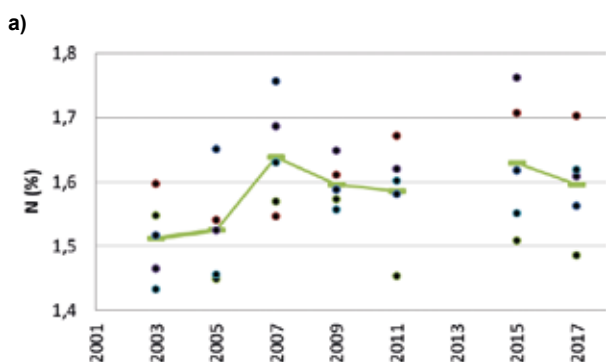
Koncentrace hořčíku se na ploše Luisino údolí pohybují kolem hodnoty 1200 mg/kg v jednoletém, resp. 1100 mg/kg ve dvouletém jehličí. To jsou z hlediska výživy hodnoty příznivé. Díky zvýšeným koncentracím dusíku může i zde docházet k narušení

vzájemného poměru, nicméně jde o menší problém než v případě fosforu.

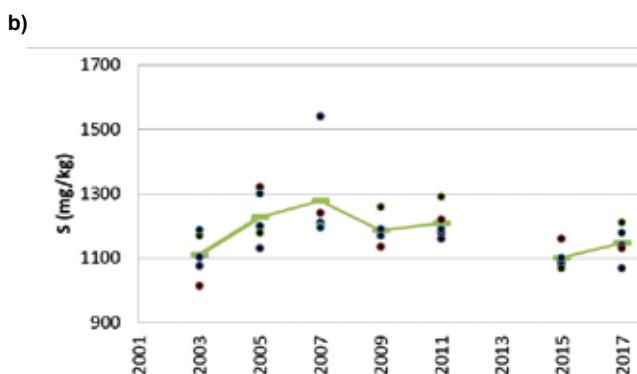
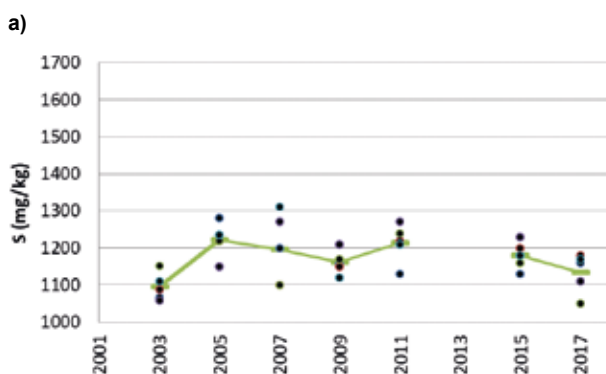
Koncentrace draslíku v letorostech se po poklesu v letech 2007–2011 opět mírně zvýšily, ve dvouletém jehličí dochází spíše k poklesu koncentrací. Zjišťované hodnoty se však stále pohybují v rozmezí dostatečné úrovně výživy. Při posledním vzorkování v roce 2017 byl opět zaznamenán pokles koncentrace draslíku, a to v obou analyzovaných ročních jehličích.

U vápníku dochází v jednoletém jehličí spíše k poklesu koncentrace, zatímco ve dvouletém jehličí se koncentrace mírně zvyšují, a to prakticky od počátku sledování v roce 2003.

Koncentrace síry se pohybují v rozmezí 1100–1300 mg/kg (obr. 3.3.33), jedná se o vyšší hodnoty než např. na plochách Želivka nebo Lazy a lze z toho usuzovat na vyšší zátěž sloučeninami síry. Tyto hodnoty by však neměly mít přímý negativní vliv na zdravotní stav stromů.



Obr. 3.3.32: Koncentrace dusíku a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Luisino údolí (Q251). / Nitrogen concentration a) in current year and b) in one year old needles for the plot Luisino údolí (plot Q251).



Obr. 3.3.33: Koncentrace síry a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Luisino údolí (Q251). / Sulphur concentration a) in current year and b) in one year old needles for the plot Luisino údolí (plot Q251).

Medlovce

Na ploše Medlovce jsou údaje o výživě dřevin k dispozici od roku 2001 s výpadkem v roce 2013, celkem tedy osm odběrů.

Koncentrace dusíku stoupala od roku 2001 z průměrné hodnoty 2,2 % do roku 2005 na hodnotu 2,5 %, poté došlo k poklesu až k hodnotě 2,1 % v roce 2009 a těsně nad touto hodnotou byla koncentrace dusíku i při vzorkování v letech 2015 a 2017.

Koncentrace fosforu klesala od začátku vzorkování v roce 2001 a to až do roku 2009, kdy v listech buků byla u čtyř z pěti vzorkovaných stromů nižší než 1000 mg/kg, což je u listnatých dřevin skutečně nízká hodnota (3.3.34a). V následujícím odběru v roce 2011 byla u všech vzorkovaných stromů koncentrace fosforu vyšší než 1000 mg/kg, nicméně i tak se jednalo o hodnoty, které lze označit za nedostatečné. To mělo vliv i na poměr dusíku a fosforu, který v hodnoceném období pozvolna stoupal (obr. 3.3.34b). V posledních odběrech v letech 2015 a 2017 byla opět koncentrace fosforu u tří z pěti stromů nižší než 1000 mg/kg a v roce 2017 poklesla pod tuto hranici i průměrná koncentrace (obr. 3.3.34a).

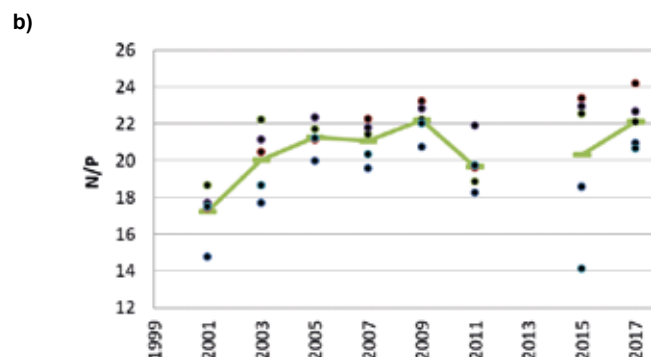
U hořčíku dochází k poklesu koncentrace v listech od počátku sledování v roce 2001 (obr. 3.3.35a). Tehdy byly koncentrace vyšší než 1400 mg/kg, zatímco při předposledním odběru

v roce 2015 byla koncentrace hořčíku u tří z pěti vzorkovaných stromů nižší než 1000 mg/kg, což je u buku nízká hodnota, která svědčí o možných problémech s výživou. V roce 2017 byly hodnoty nižší než 1000 mg/kg zjištěny u dvou z pěti vzorkovaných buků.

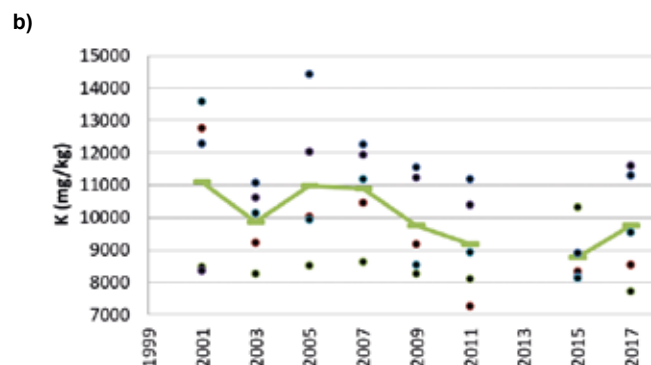
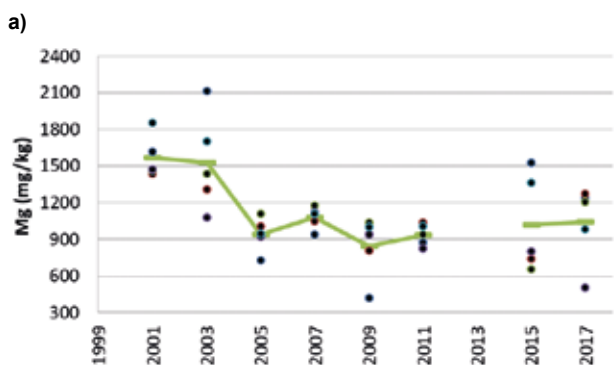
Také u draslíku dochází k poklesu koncentrace v listech vzorkovaných stromů, a to z počátečních cca 11000 mg/kg v roce 2001 na ca 9500 mg/kg v roce 2015 (obr. 3.3.35b). V roce 2017 se situace mírně zlepšila, ovšem zvýšilo se rozpětí zjištěných koncentrací. Koncentrace draslíku lze na ploše Medlovce stále označit za dostatečné až dobré z hlediska výživy.

U vápníku došlo k poklesu koncentrace v listech z cca 11000 mg/kg v roce 2001 až na 8000 mg/kg v roce 2009. Poté se koncentrace vápníku zvýšila na 12000 mg/kg a v posledních dvou odběrech v letech 2015 a 2017 se u jednotlivých stromů pohybovala nejčastěji od 9000 do 11000 mg/kg.

Koncentrace síry se po dobu sledování pohybují nejčastěji v rozmezí hodnot 1600–1800 mg/kg. Ke zvýšení došlo v roce 2009, kdy hodnoty převyšovaly hranici 2000 mg/kg, ovšem při posledním odběru v roce 2017 se opět pohybovala průměrná koncentrace síry kolem hodnoty 1600 mg/kg.



Obr. 3.3.34: Koncentrace a) fosforu a b) poměr dusíku a fosforu v listech buku na ploše Medlovce (Q361). / Concentration of a) phosphorus and b) N/P ratio in beech leaves for the plot Medlovce (plot Q361).



Obr. 3.3.35: Koncentrace a) hořčíku a b) draslíku v listech buku na ploše Medlovce (Q361). / Concentration of a) magnesium and b) potassium in beech leaves for the plot Medlovce (plot Q361).

Všeteč

Plocha Všeteč se nachází v Píseckých horách pod vrcholem Vysokého Kamýku. Jde o bukový porost s masivním zmlazením pod mateřským porostem.

Koncentrace dusíku za dobu sledování (od roku 2001) mírně poklesla, z počátečních hodnot pohybujících se kolem 2,3 % na cca 2,0 % v roce 2017 (obr. 3.3.36a). Výživu dusíkem lze stále hodnotit jako dobrou.

U fosforu dochází ke kolísání, ovšem za celou dobu sledování byl zaznamenán pokles z počáteční koncentrace převyšující 2000 mg/kg v roce 2001 k hodnotám pohybujícím se kolem 1400 mg/kg v roce 2015, resp. 1600 mg/kg v roce 2017. Vzhledem k mírnému poklesu koncentrace dusíku i fosforu se nijak výrazně nemění ani vzájemný poměr těchto živin a kolísá v rozptí hodnot 13–16.

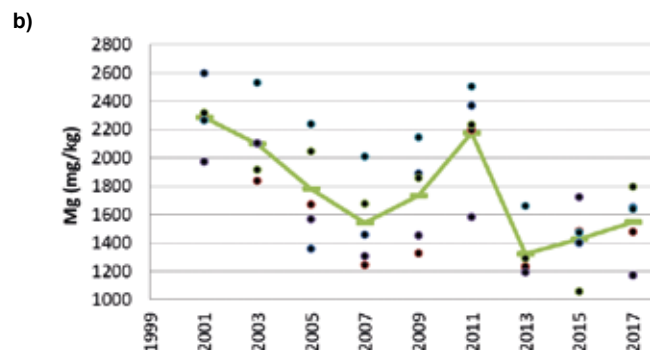
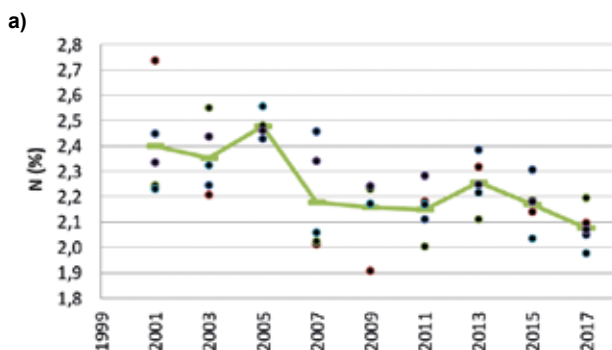
Pokles lze konstatovat i u hořčíku, pokud je hodnocen počátek sledování v roce 2001 a zatím poslední odběr vzorků v roce 2017. Průměrná koncentrace se snížila z cca 2300 mg/kg na 1600 mg/kg

(obr. 3.3.36b). Pokles probíhal během prvních čtyř odběrů (2001–2007), poté došlo k nárůstu až do roku 2011, ale následoval propad na průměrnou koncentraci ca 1300 mg/kg v roce 2013 a mírný nárůst na ca 1500, resp. 1600 mg/kg v dalších dvou odběrech (2015 a 2017).

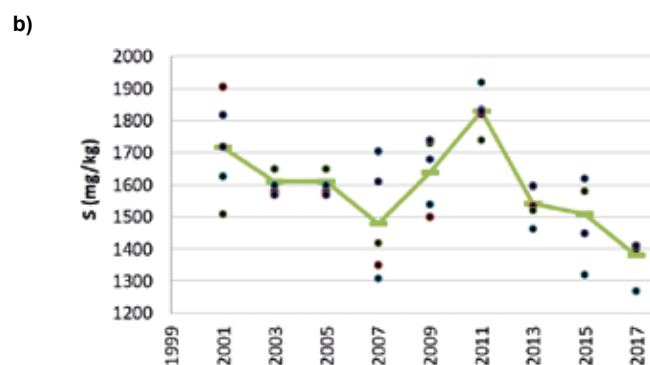
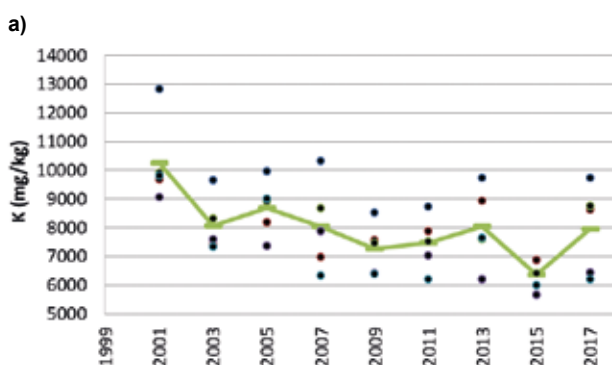
Také u draslíku dochází od roku 2001 k pozvolnému poklesu koncentrace. Z počáteční průměrné hodnoty převyšující 10000 mg/kg došlo k poklesu až na průměrné hodnoty mezi 6000–8000 mg/kg (obr. 3.3.37a).

Situace u vápníku je velmi podobná hořčíku – pokles v období 2001–2007, následný nárůst do odběru v roce 2011 a pak opět pokles. Počáteční průměrná koncentrace byla vyšší než 11000 mg/kg, v letech 2015 a 2017 pak mezi 7000–8000 mg/kg.

Koncentrace síry na ploše Všeteč kolísá z roku na rok a nejčastěji se pohybuje kolem hodnoty 1600 mg/kg (obr. 3.3.37b). Nejvyšší průměrná koncentrace byla zjištěna v roce 2011 (18000 mg/kg), nejnižší v roce 2017 (1400 mg/kg).



Obr. 3.3.36: Koncentrace a) dusíku a b) hořčíku v listech buku na ploše Všeteč (Q103). / Concentration of a) nitrogen and b) magnesium in beech leaves for the plot Všeteč (plot Q103).



Obr. 3.3.37: Koncentrace a) draslíku a b) síry v listech buku na ploše Všeteč (Q103). / Concentration of a) potassium and b) sulphur in beech leaves for the plot Všeteč (plot Q103).

Želivka

Na ploše Želivka jsou k dispozici výsledky od roku 1995, celkem tedy 12 odběrů. Směsný vzorek za plochu byl analyzován pouze v roce 1995, ve všech dalších letech proběhly analýzy pro vzorkované stromy odděleně, vždy pro letorosty a pro jehličí předchozího roku.

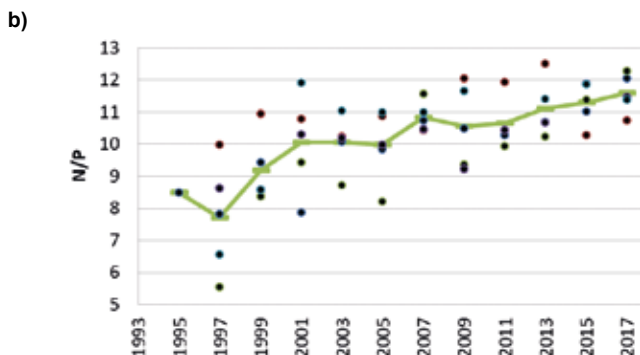
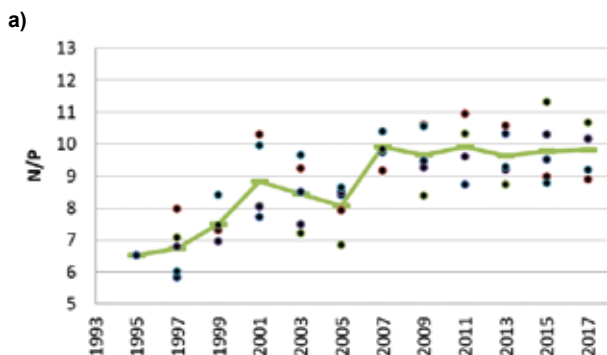
Koncentrace dusíku jsou vyšší v letorostech (v jednoletém jehličí) než ve dvouletém jehličí, a to po celou dobu sledování. Ve druhé polovině devadesátých let se průměrná koncentrace dusíku u vzorkovaných stromů pohybovala kolem hodnoty 1,3 % v jednoletém a 1,2 % ve dvouletém jehličí. Na počátku další dekády a zároveň nového tisíciletí došlo k poklesu koncentrace dusíku. K návratu průměrné koncentrace dusíku k hodnotám z druhé poloviny devadesátých let došlo od roku 2005 u jednoletého a od roku 2009 také u dvouletého jehličí. Průměrné koncentrace dusíku pak byly u vzorkovaných stromů stabilní až do roku 2013, v posledních dvou odběrech v letech 2015 a 2017 narůstají a převyšují hodnoty z počátku sledování.

Zatímco koncentrace dusíku mírně kolísá, a v posledním období mírně stoupá, u fosforu je patrný trend pozvolného poklesu koncentrace, a to platí pro oba sledované ročníky jehličí. Ve

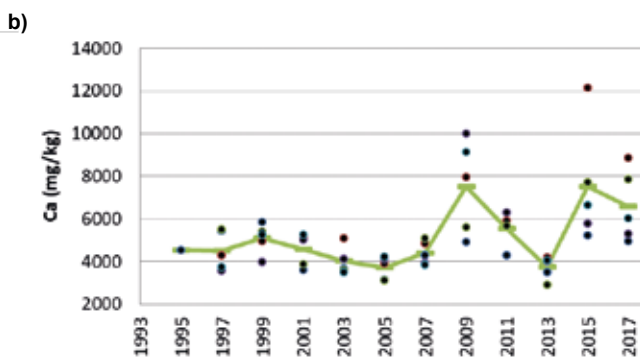
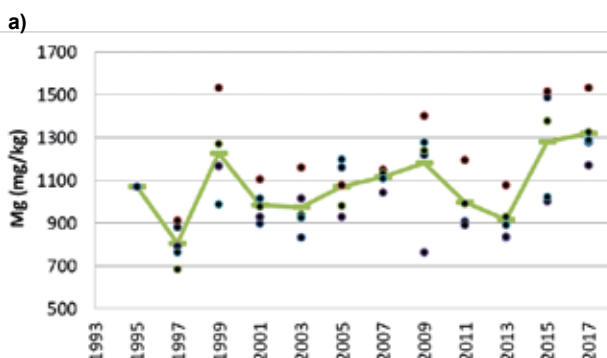
druhém ročníku došlo v letech 2009 a 2011 k nárůstu zjištěných koncentrací, nicméně celkově koncentrace fosforu v jehličí smrků na ploše Želivka klesají. Vyrovnané, popř. zvyšující se koncentrace dusíku a pokles koncentrace fosforu vede k trvalému pozvolnému nárůstu hodnot vzájemného poměru dusíku a fosforu (obr. 3.3.38). U dvouletého jehličí již v některých případech dochází k překročení horní hranice optima, za které je pro poměr N/P považováno rozmezí hodnot 6–12.

Koncentrace hořčíku v průběhu sledování mírně narůstají, zejména v letorostech, popř. kolísají. Největší pokles byl zjištěn v letech 2011 a 2013. Nejnižší koncentrace byly u jednoletého jehličí zaznamenány v letech 1997 a 2011, u dvouletého jehličí byly zjištěny nižší koncentrace hořčíku v letech 1997, 2001, 2003, 2005 a také v roce 2013, tedy častěji než u jehličí jednoletého (obr. 3.3.39a). Pro hořčík, který je velmi mobilní živinou, je podobná situace obvyklá. Letorosty smrku jsou hořčíkem zásobovány přednostně, a to se může projevit jeho nižší koncentrací ve starším jehličí. K této situaci došlo i při posledním vzorkování v roce 2017.

Koncentrace draslíku se v celém sledovaném období pohybují nejčastěji kolem hodnoty 6000 mg/kg. V jednoletém jehličí



Obr. 3.3.38: Poměr dusíku a fosforu a) v jednoletém a b) ve dvouletém jehličí na ploše Želivka (I140). / N/P ratio in a) current year and b) one year old needles for the plot Želivka (plot I140).



Obr. 3.3.39: Koncentrace a) hořčíku a b) vápníku v letorostech na ploše Želivka (I140). / Concentration of a) magnesium and b) calcium in current year needles for the plot Želivka (plot I140).

je jeho rozkolísanost zřetelně větší, u dvouletého jsou zjištěné koncentrace poměrně vyrovnané v průběhu celého hodnoceného období.

Vápník je na rozdíl od hořčíku prvkem málo mobilním, u jehličnatých dřevin jeho koncentrace stoupá se stářím jehlic, protože je pevně poután v buněčných stěnách a dalších strukturách asimilačního aparátu. Na ploše Želivka byly jeho koncentrace v letorostech velmi vyrovnané a stabilní v období 1995–2007, od té doby výrazněji kolísají (obr. 3.3.39b). Ve dvouletém jehličí koncentrace vápníku přes určité kolísání velmi pozvolna

stoupá a průměrné hodnoty byly v posledním odběru v roce 2017 téměř 2x vyšší než v roce 1995.

Síra byla vždy považována za typický zátěžový prvek a její koncentrace vypovídaly o zátěži prostředí imisemi. To dnes platí již jen omezeně a na síru se stále častěji díváme spíše jako na důležitou živinu, která je mimo jiné součástí aminokyselin, ze kterých se syntetizují důležité zásobní bílkoviny. Na ploše Želivka byly nejvyšší koncentrace síry zjištěny v 90. letech, poté došlo k významnému poklesu až do roku 2001. Od roku 2005 se koncentrace síry pohybuje v obou sledovaných ročnících jehličí v rozpětí hodnot 1000–1200 mg/kg.

Summary

Foliar analysis

Changes and trends in tree nutrition reflects environmental forces at the tree level. The longest uninterrupted survey times, for ICP Forests Level II plots in the Czech Republic, are from two Norway spruce plots, at Želivka (plot I140) and Lazy (plot Q521), and cover the period from 1995 to 2017. Other sampled plots differed in the length of sampling period, continuity of data sets and the array of elements analysed (Fig. 3.3.25). Sampling and analyses were generally performed every two years and in accordance with the designated methodology.

Long-term data series often show both a slight increase in nitrogen concentration and a slow decrease in phosphorus concentration. This creates an imbalance between these two important nutrients, with N/P ratios approaching or even exceeding a value of 12, which is seen as an upper optimum limit for balanced coniferous tree nutrition (see for example Figs. 3.3.28a, b; 3.3.34b or 3.3.38a, b).

Potassium behaves differently in mountainous areas, decreasing at altitudes over 800 m a. s. l., especially in one year old needles, while at lower altitudes, K concentration fluctuates or even increases slightly (see for example Figs. 3.3.27b; 3.3.31a, b; 3.3.35b and 3.3.37a). At two plots of European beech, the annual average magnesium concentration decreased between 2001 and 2017 – at one plot from 2,300 to 1,500 mg/kg dry matter, and the other plot from 1,400 to 900 mg/kg dry matter (see Fig. 3.3.36b and 3.3.35a). A decrease of about 25% in magnesium was found on a Scots pine plot between 2005 and 2017 (see Fig. 3.3.27a). Sulphur concentrations were higher in the 1990s, with present day levels at around 1,000 to 1,300 mg/kg dry matter within coniferous plots, and about 1,600 mg/kg dry matter in broadleaves plots. This suggests that sulphur should no longer be considered a contaminant, but rather a nutrient. In general, it seems that nutrition levels are changing slightly; an imbalance was often observed in the ratio of nitrogen to other important nutrients, especially phosphorus.

3.3.5 Opad / Litterfall

Opad je důležitým parametrem koloběhu živin v ekosystému, propojujícím korunovou vrstvu a půdu. Antropogenní a přírodní vlivy, jako např. klimatická změna či gradace škůdců, mohou ovlivňovat produkci opadu a sezónní změny jeho charakteristik.

Na většině ploch II. úrovně bylo sledování opadu zahájeno v roce 2009 v rámci mezinárodního programu FutMon. Na plochách, kde se již opad sledoval, proběhla rekonstrukce odběrového zařízení. V současné době se opad sleduje na sedmi klíčových plochách úrovně II.

Ke sběru opadu slouží opadoměry – nádoby ve tvaru obráceného komolého čtyřbokého jehlanu se čtvercovou základnou o rozměrech 50 x 50 cm, v jejichž spodní části je otvor se síťovým sáčkem, který slouží k zachytávání opadu a zároveň umožňuje odtok vody při dešti (obr. 3.3.40). Na každé ploše je umístěno 6 opadoměrů podél dvou stran plochy, záchytná plo-

cha každého opadoměru je 0,25 m². Vzorky opadu se odebírají průběžně během roku, nejméně jednou měsíčně, v podzimním období s intenzivním opadem listů i častěji. V zimním období se na horských plochách s vysokou sněhovou pokrývkou používají zimní opadoměry, které mají stejnou záchytnou plochu a jsou umístěny na zemi a vzorek opadu se z nich odebírá až na jaře po odtání sněhové pokrývky.

Po odběru se vzorky opadu zamrazí a průběžně jsou sváženy do laboratoře VÚLHM, kde se opad dále zpracovává. Nejprve je vysušen při pokojové teplotě a tříděn na jednotlivé frakce. Roztříděné frakce se pak suší při 80 °C a stanoví se hmotnost každé z nich (listy a jehlice dle druhu dřevin, větvičky, kůra, šišky, semena, květy, živočišné zbytky, ostatní). Frakce se archivují a předávají se na analýzu jako roční směsný vzorek. Ve vzorcích se stanoví obsah sušiny N_{tot}, C_{tot}, S_{tot}, P, Ca, Mg, K, Al, Fe, Mn, Zn a hmotnost 1000 jehlic nebo 100 listů.

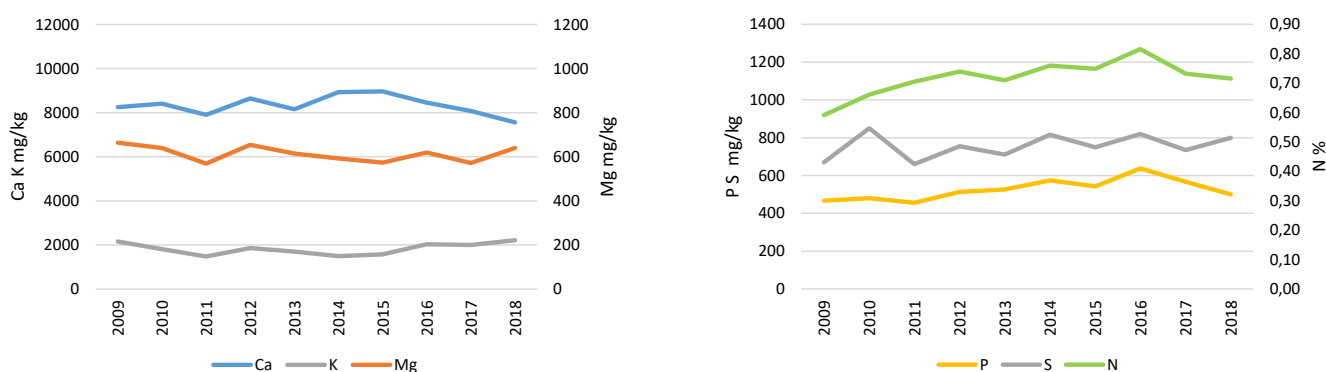


Obr. 3.3.40: Opadoměry na ploše Klepačka. / Litterfall trap on the plot Klepačka.

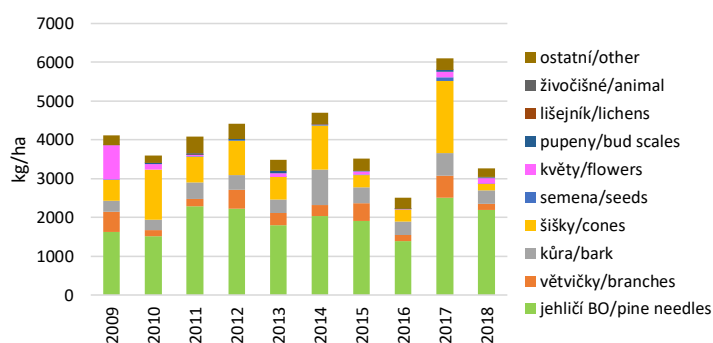
Benešovice

Obsah dusíku v opadu jehličí na ploše Benešovice vykazuje jednoznačný stoupající trend, pohybuje se od nejnižší hodnoty 5,9 g/kg zjištěné v roce 2009 do 8,2 g/kg v roce 2016. Obdobný trend nárůstu i průběh hodnot v čase je patrný i u fosforu, kde hodnoty narůstají od 467 mg/kg v roce 2009 do 637 mg/kg v roce 2016. V posledních dvou letech hodnoty u obou prvků mírně poklesly.

Nejvyšší obsah síry v opadu jehličí byl zjištěn v roce 2010 (850 mg/kg), po mírném poklesu v roce 2012 hodnoty s drobným kolísáním opět stoupají až na 820 mg/kg v roce 2016, resp. 800 mg/kg v roce 2018. Koncentrace vápníku se pohybují mezi 7900 mg/kg v roce 2011 a 8964 mg/kg v roce 2015, od té doby klesají, jde však spíše o meziroční kolísání než jednoznačný trend. Obsah hořčíku meziročně kolísá mezi 560 a 660 mg/kg, obsah draslíku pak mezi 1400 a 2220 mg/kg (obr. 3.3.41).



Obr. 3.3.41: Obsah hlavních živin v opadu jehličí na ploše Benešovice. / Content of main nutrients in foliar litter on the plot Benešovice.

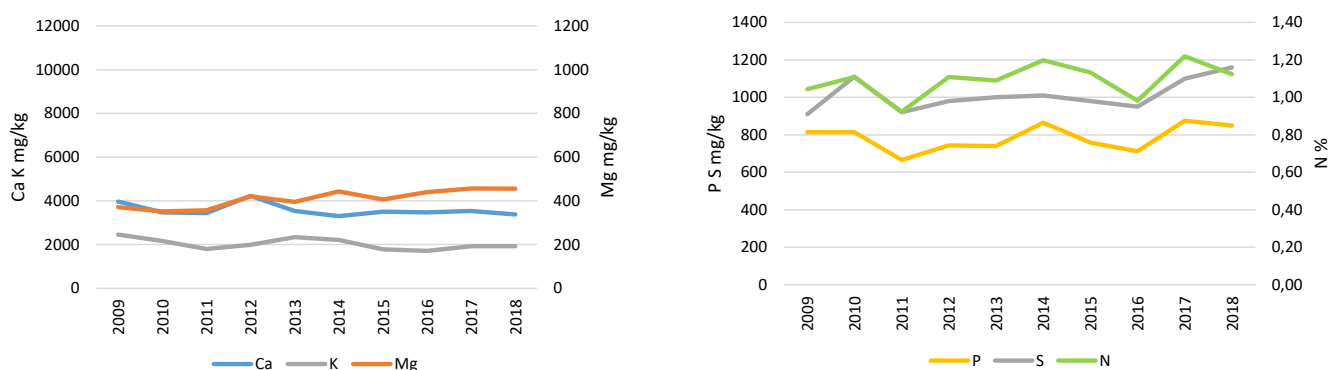


Obr. 3.3.42: Množství opadu na ploše Benešovice (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Benešovice (kg/ha).

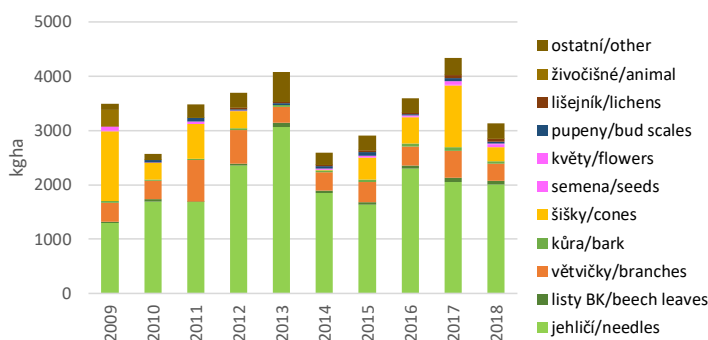
Klepačka

Koncentrace dusíku v opadu jehličí smrku se na této ploše pohybují mezi 9,3 g/kg a 12,0 g/kg s mírným nárůstem od roku 2011 do roku 2014, v posledních dvou letech jsou hodnoty opět vyšší než v roce 2016 (12,2 g/kg, resp. 11,2 g/kg). Stejný průběh v čase má i obsah fosforu v opadu jehličí smrku, hodnoty se pohybují mezi 713–875 mg/kg s výjimkou roku 2011, kdy byl obsah nižší (660 mg/kg). Obsah síry v opadu jehličí je také poměrně vyrovnaný, pohybuje se v celém období kolem 1000 mg/kg (obr. 3.3.43).

Obsah vápníku v opadu jehličí je poměrně vyrovnaný, kolísá v rozmezí hodnot 3300 a 4228 mg/kg, s nejnižší hodnotou zjištěnou v roce 2014. Obsah hořčíku mírně stoupá, pohybuje se mezi 352 mg/kg a 440 mg/kg, hodnoty nad 400 mg/kg byly zjištěny v posledních letech. Obsah draslíku v opadu jehličí se v průběhu sledování mírně snižuje z 2457 mg/kg v roce 2009 na 1711 mg/kg v roce 2016, ale v letech 2017 a 2018 se hodnoty zvýšily (obr. 3.3.43).



Obr. 3.3.43: Obsah hlavních živin v opadu jehličí na ploše Klepačka. / Content of main nutrients in foliar litter on the plot Klepačka.

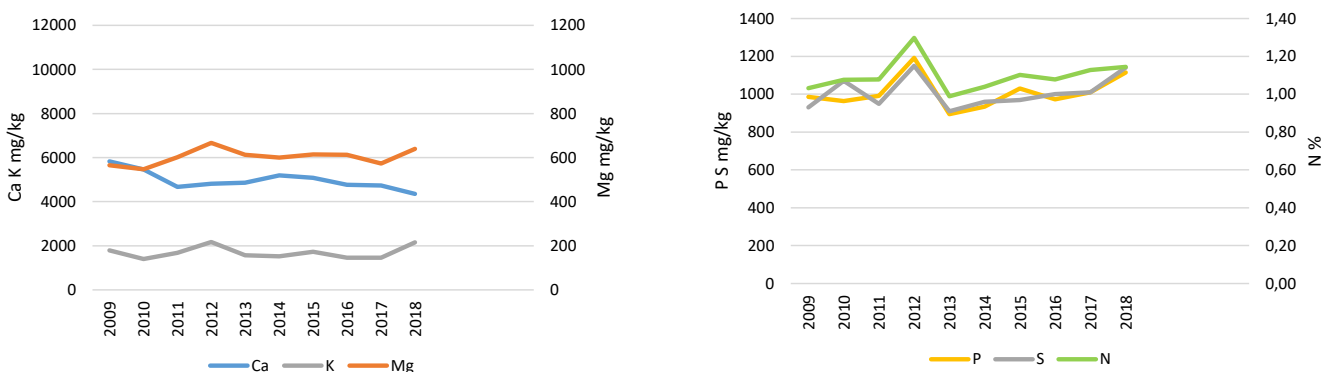


Obr. 3.3.44: Množství opadu na ploše Klepačka (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Klepačka (kg/ha).

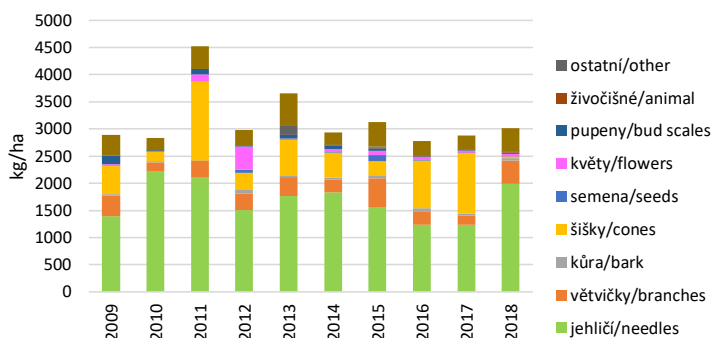
Lazy

Na této ploše se koncentrace dusíku v opadu jehličí smrku pohybují mezi 9,8 g/kg a 13,0 g/kg, od roku 2013 se hodnoty zvyšují. Téměř stejný průběh v čase lze sledovat i u koncentrací fosforu, které se pohybují mezi 895 a 1192 mg/kg. Obdobný trend je patrný i u síry, s koncentracemi v opadu jehličí mezi 910 a 1192 mg/kg.

Obsah vápníku v opadu jehličí kolísá v rozmezí 4772 a 5829 mg/kg, v posledních letech se mírně snižuje (nejnižší hodnota byla zjištěna v roce 2018). Obsah hořčíku se v průběhu sledování rovněž výrazně nemění, pohybuje se v rozmezí od 547 do 615 mg/kg, ale v roce 2018 byla zjištěna nejvyšší hodnota za posledních 7 let. Koncentrace draslíku v opadu jehličí se pohybuje mezi 1400–1800 mg/kg, s výjimkou roku 2012 a 2018, kdy lehce překračuje hodnotu 2000 mg/kg (obr. 3.3.45).



Obr. 3.3.45: Obsah hlavních živin v opadu jehličí na ploše Lazy. / Content of main nutrients in foliar litter on the plot Lazy.

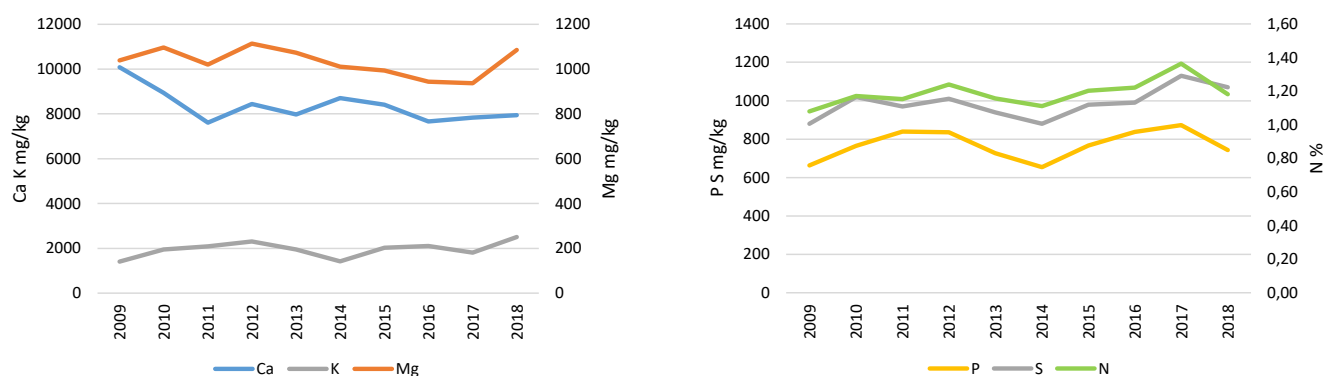


Obr. 3.3.46: Množství opadu na ploše Lazy (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Lazy (kg/ha).

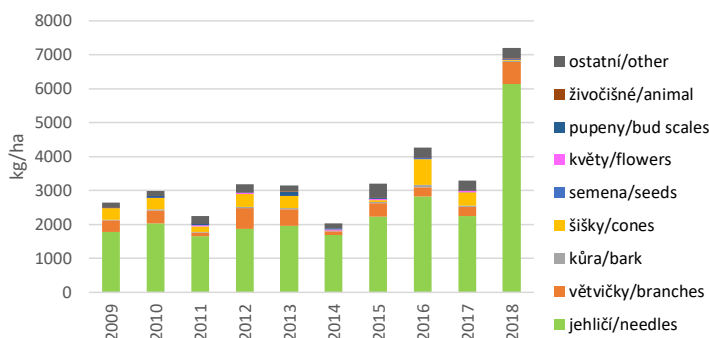
Luisino údolí

Koncentrace dusíku v opadu jehličí smrku se pohybuje v rozmezí 10,8 g/kg v roce 2009 a 12,4 g/kg v roce 2012, resp. 13,6 v roce 2017. Po mírném poklesu v roce 2014 v posledních letech hodnoty opět mírně stoupají. Stejný průběh má i vývoj koncentrací fosforu v opadu jehličí, nejnižší hodnota byla zjištěna v roce 2009 (663 mg/kg), nejvyšší v roce 2017 (873 mg/kg), s mírným poklesem v roce 2014. Obsah síry se pohybuje od 880 mg/kg v roce 2009, resp. 2014, do 1130 mg/kg v roce 2017, hodnoty jsou vyrovnané bez výraznějších změn.

Koncentrace vápníku v opadu jehličí smrku se mírně snižují do roku 2011 (od 10083 do 7610 mg/kg), pak kolísají v rozmezí 7000–9000 mg/kg bez zřetelného trendu. Koncentrace hořčíku je nejvyšší v roce 2011 (1114 mg/kg), od tohoto roku se mírně snižuje až na hodnotu 937 mg/kg v roce 2017, v roce 2018 je opět vyšší. Obsah draslíku se mírně zvyšuje až do roku 2012 na hodnotu převyšující 2300 mg/kg, po mírném snížení v roce 2014 (na 1418 mg/kg) v dalších letech jeho obsah překračuje 2000 mg/kg s nejvyšší hodnotou v roce 2018 (obr. 3.3.47).



Obr. 3.3.47: Obsah hlavních živin v opadu jehličí na ploše Luisino údolí. / Content of main nutrients in foliar litter on the plot Luisino údolí.



Obr. 3.3.48: Množství opadu na ploše Luisino údolí (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Luisino údolí (kg/ha).

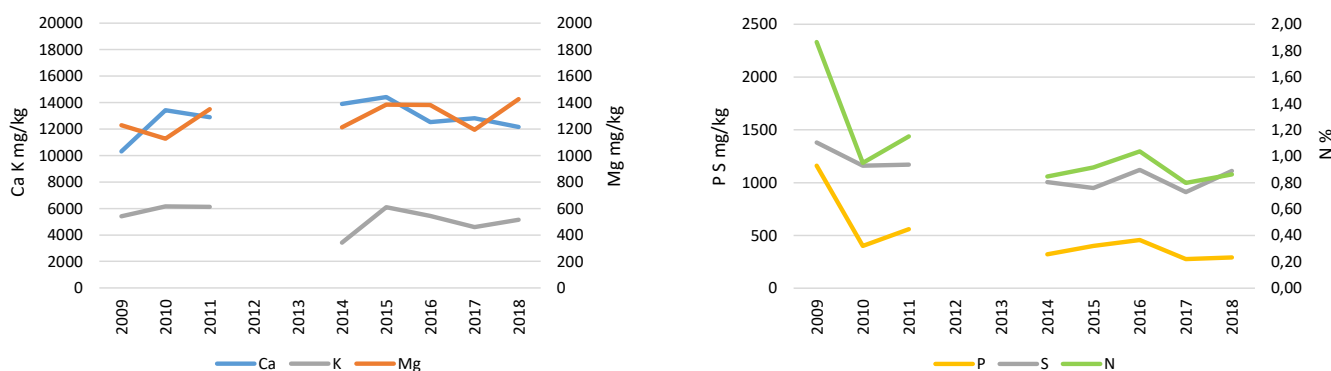
Medlovice

Na ploše Medlovice bylo z finančních důvodů měření v letech 2012 a 2013 přerušeno. Koncentrace dusíku v opadu bukových listů kolísají mezi 8,46 g/kg a 18,7 g/kg, nejvyšší hodnota byla zjištěna na počátku sledování. Téměř totožný průběh je patrný u fosforu, jehož obsah se pohybuje v opadu bukových listů mezi 320 mg/kg v roce 2014 a 1160 mg/kg v roce 2009. Koncentrace síry mírně klesá z 1380 mg/kg v roce 2009 na 950 mg/kg v roce 2015, v letech 2017 a 2018 je mírně vyšší (obr. 3.3.49).

Koncentrace vápníku v opadu bukových listů je nejnižší v roce 2009 (10313 mg/kg), nejvyšší naopak v roce 2015 (14418 mg/kg), od té doby mírně klesá (12168 mg/kg). Obsah hořčičku je v průběhu sledování vyrovnaný, pohybuje se od 1127 mg/kg v roce 2010 do 1426 mg/kg v roce 2018. Obsah draslíku se pohybuje mezi 3420 mg/kg v roce 2014 a 6158 mg/kg v roce 2010, bez výraznějších změn.

Obsah dusíku v opadu listů dubu mírně klesá z 22 g/kg v roce 2009 až po 9,0 g/kg v roce 2011, po výrazném vzestupu v roce 2014 (25 g/kg) se v posledních letech opět snížil na hodnotu 7,2 g/kg v roce 2018. Obdobný průběh je u koncentrací fosforu, od roku 2009 se snížily z 1298 mg/kg na 369 mg/kg v roce 2011 a po nárůstu v roce 2014 (1586 mg/kg) se do roku 2018 snížily na 236 mg/kg.

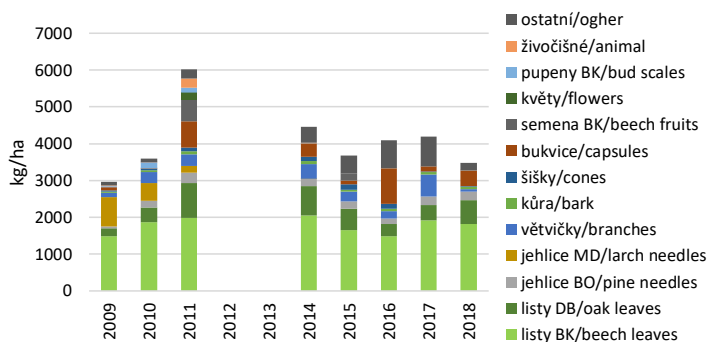
Koncentrace vápníku v opadu listů dubu stoupá od roku 2009 z 6094 mg/kg na 11750 mg/kg v roce 2011, pak výrazně klesá v roce 2014 (7183 mg/kg), poté opět stoupá na 11770 mg/kg v roce 2015, resp. 10079 mg/kg v roce 2018. Koncentrace hořčičku se pohybuje mezi 1199 mg/kg a 1908 mg/kg, po mírném poklesu v roce 2010 se koncentrace zvyšují až do roku 2018. Obsah draslíku kolísá mezi 3977 mg/kg (2010) a 9051 mg/kg (2014) bez výraznějšího trendu (obr. 3.3.49).



Obr. 3.3.49: Obsah hlavních živin v opadu listů buku. / Content of main nutrients in foliar litter (beech leaves) on the plot Medlovice.



Obr. 3.3.50: Obsah hlavních živin v opadu listů dubu. / Content of main nutrients in foliar litter (oak leaves) on the plot Medlovice.

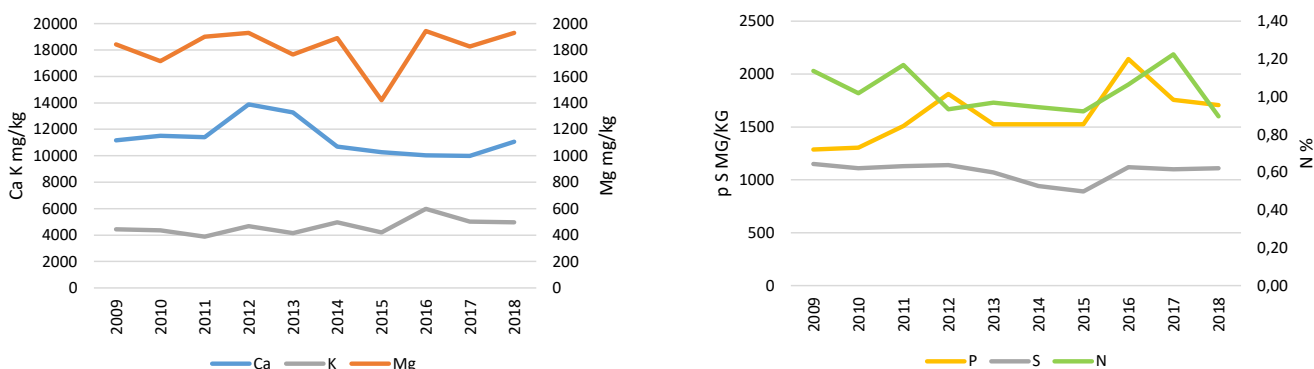


Obr. 3.3.51: Množství opadu na ploše Medlovice (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Medlovice (kg/ha).

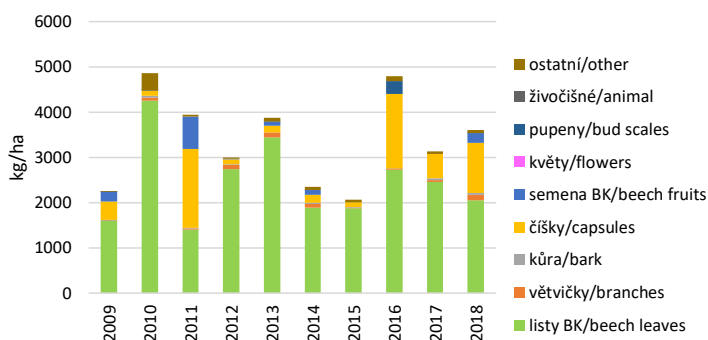
Všeteč

Koncentrace dusíku v opadu listů buku kolísají mezi 9,2 g/kg v roce 2015 a 12,2 g/kg v roce 2011 bez zřetelného trendu. Naopak koncentrace fosforu v opadu mírně stoupá až do roku 2012 na 1813 mg/kg, po mírném poklesu v roce 2013 se v posledních letech opět mírně zvyšuje, v roce 2016 je vyšší než 2000 mg/kg, v letech 2017–2018 jsou hodnoty nižší. Obsah síry se pohybuje mezi 890 a 1150 mg/kg, do roku 2015 je patrný mírný pokles, v posledním roce se obsah mírně zvýšil.

Obsah vápníku v opadu listů buku se do roku 2012 zvyšoval až na 13880 mg/kg, od té doby je zřejmý mírný pokles, nicméně v roce 2018 je hodnota opět vyšší. Koncentrace hořčíku kolísá mezi 1420 a 1944 mg/kg, nejvyšší hodnota byla zaznamenána v roce 2018. Obsah draslíku se během období mírně zvyšuje až do roku 20016, pak jsou hodnoty o něco nižší (obr. 3.3.52).



Obr. 3.3.52: Obsah hlavních živin v opadu listů buku na ploše Všeteč. / Content of main nutrients in foliar litter on the plot Všeteč.



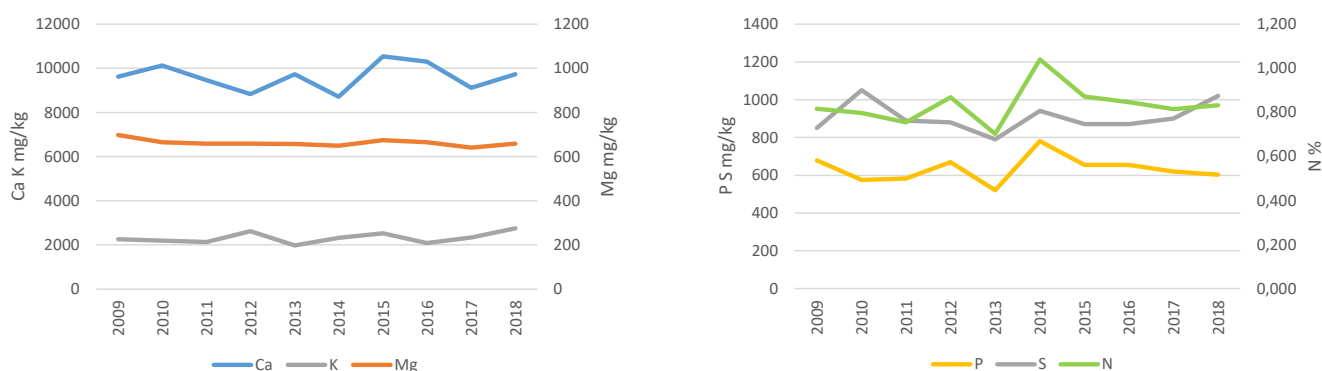
Obr. 3.3.53: Množství opadu na ploše Všeteč (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Všeteč (kg/ha).

Želivka

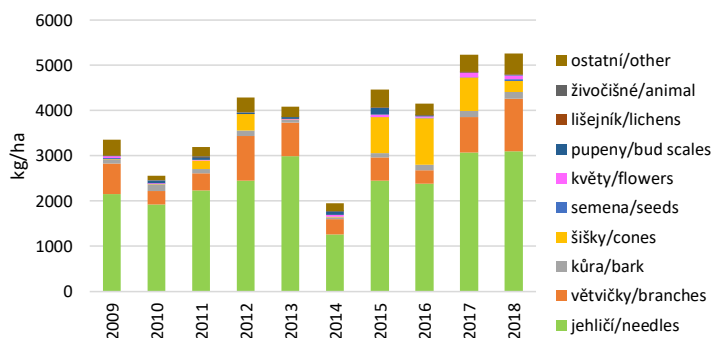
Koncentrace dusíku v opadu jehličí smrku se pohybuje mezi 7,6 g/kg v roce 2011 a 10,4 g/kg v roce 2014, v posledních několika letech jsou hodnoty poměrně vyrovnané. Obsah fosforu má obdobný průběh, s nejvyšší hodnotou v roce 2014 (781 mg/kg) a minimem v roce 2011 (520 mg/kg), v posledních letech je jeho obsah v opadu jehličí 600–655 mg/kg. Obsah síry v opadu jehličí byl nejvyšší v roce 2010 (1050 mg/kg), poté následuje

mírné snižování až do roku 2013 (na 790 mg/kg), v posledních letech opět mírně stoupá (870–1020 mg/kg).

Obsah vápníku kolísá do roku 2014 mezi 871 a 10131 mg/kg. Obsah hořčíku se v průběhu let nemění a je vyrovnaný, hodnoty se pohybují mezi 650 a 698 mg/kg. Obsah draslíku mírně stoupá, jeho obsah se pohybuje mezi 1979 a 2700 mg/kg s nejvyšší hodnotou v roce 2018 (obr. 3.3.54).



Obr. 3.3.54: Obsah hlavních živin v opadu jehličí na ploše Želivka. / Content of main nutrients in foliar litter on the plot Želivka.



Obr. 3.3.55: Množství opadu na ploše Želivka (kg/ha). / Litterfall amount on the plot Želivka (kg/ha).

Při porovnání jednotlivých ploch s jehličnatými porosty je nejnižší obsah vápníku v opadu jehličí na ploše Klepačka (řádově 4000 mg/kg), následují plochy Lazy (cca 5000–6000 mg/kg), Luisino údolí a Benešovice s 8000 mg/kg. Naopak nejvyšší je obsah vápníku v opadu jehličí na ploše Želivka (kolem 10 000 mg/kg). Podobná je situace u koncentrací hořčíku, nejnižší jsou na ploše Klepačka, pak Lazech, Benešovicích a Želivce, kde jsou hodnoty okolo 600–650 mg/kg, nejvyšší je v opadu jehličí na ploše Luisino údolí s hodnotami okolo 1000 mg/kg. U draslíku jsou rozdíly mezi jednotlivými plochami minimální, pohybují se mezi 1500 a 2500 mg/kg.

Koncentrace dusíku v opadu jehličí jsou nejnižší na ploše Benešovice (plocha s borovicí), kde se pohybují okolo 0,7 %, na ploše Želivka jsou mírně vyšší (0,8–1 %), na ostatních plochách jsou zjišťovány hodnoty nad hranicí 1% (1–1,3 %). Na ploše Benešovice je rovněž nejnižší obsah fosforu v opadu jehličí (450–650 mg/kg), následuje plocha Klepačka a Luisino údolí, kde jsou koncentrace mezi 700–800 mg/kg, nejvyšší pak na Lazech (cca 1000–1200 mg/kg).

Obsah síry v opadu jehličí je nejnižší na ploše Benešovice (kolem 800 mg/kg), vyšší je na ploše Želivka, kde se pohybuje kolem 900 mg/kg, na ploše Klepačka, Lazy a Luisino údolí jsou hodnoty obsahu síry nejvyšší, mírně přesahují 1000 mg/kg.

Porovnáme-li obě listnaté plochy, je zřejmé, že obsah dusíku v opadu bukových listů je na obou bukových plochách srovnatelný, pohybuje se okolo hodnoty 1 % nebo těsně pod ní, v opadu listů dubu více kolísá. Větší rozdíl je v obsahu fosforu, na ploše Všeteč je výrazně vyšší (1200–2200 mg/kg), zatímco na ploše Medlovice je obsah v opadu bukových listů pouze mezi 400–550 mg/kg, v opadu listů dubu hodně kolísá (od 300 do 1500 mg/kg). Obsah síry v opadu listů buku je na obou plochách podobný, pohybuje se mezi 1000 a 1200 mg/kg, v opadu dubových listů dosahuje až 1500 mg/kg a více kolísá.

Koncentrace vápníku v opadu bukových listů je na obou plochách odlišná, výrazně nižší je na ploše Všeteč, kde se pohybuje mezi 10 000–12 000 mg/kg, na ploše Medlovice je v opadu bukových listů mezi 12 000 a 14 000 mg/kg, v opadu dubových listů více kolísá od zhruba 700 mg/kg pod hranici 12 000 mg/kg. Obsah hořčíku je vyšší v opadu listů na ploše Všeteč, kde dosahuje téměř 2000 mg/kg, na rozdíl od plochy Medlovice, kde se v bukových listech pohybuje do 1400 mg/kg, v dubových pak dosahuje 1900 mg/kg. Obsah draslíku je nižší na ploše Všeteč, pohybuje se kolem 4000 mg/kg (kromě roku 2016, kdy překročil 7500 mg/kg), ve srovnání s plochou Medlovice, kde kolísá kolem 6000 mg/kg, s výjimkou roku 2015, kdy poklesl pod 3500 mg/kg. V opadu listů dubu se pohybuje mezi 4000–6000 mg/kg a více kolísá, v roce 2015 hodnota obsahu draslíku stoupla nad 9000 mg/kg.

Summary

Litterfall

Sampling and analyses of litterfall started in 2009 within the European project FutMon. Six litter traps, each with collecting areas of 0.25 m², are installed on each plot, and samples are taken at monthly intervals. In autumnal periods with intensive leaf-fall, samples are collected more often. Samples are dried and separated into fractions (needles, leaves, branches, bark, flowers, seeds, cones etc.), weighted, pooled into yearly mixed samples and analysed.

The concentration of elements and the amount of litter are presented in Figures 3.3.41 to 3.3.54. The lowest content of Ca in needle litter was found in the Klepačka plot, and the highest (more than two times higher) in the Želivka plot. The highest content of Mg was recorded on the Luisino údolí plot. However, there were no differences in K content among coniferous plots. Nitrogen content in litter was the lowest in the Benešovice pine plot (about 0.7%), and the concentration was similar on all other plots (0.9 to 1.3%). P content varied from 450 mg/kg (Benešovice) to 1200 mg/kg (Lazy). The concentration of S in litter was, again, the lowest in the Benešovice (pine) plot and the highest on the mountainous plot (Luisino údolí).

N and S content in litter was similar (N about 1%, S between 1000–1200 mg/kg) in both the broadleaved plots (Všeteč, Medlovice). In contrast, P content was higher in the Všeteč plot. P content was more variable in oak leaves. Lower concentrations of Ca and K were found in the Všeteč plot. Mg content was higher for litter in the Medlovice plot.

4

LITERATURA / REFERENCES

- Beuker E., Raspe S., Bastrup-Birk A., Preuhsler T., Fleck S. 2016: Part VI: Phenological Observations. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 18 s. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>] ISBN: 978-3-86576-162-0
- Braun-Blanquet J. 1965: Plant sociology. The study of plant communities. Hofner, London: 439 s.
- Clarke N., Zlindra D., Ulrich E., Mosello R., Derome J., Derome K., König N., Lövblad G., Draaijers G.P.J., Hansen K., Thimonier A., Waldner P. 2016: Part XIV: Sampling and Analysis of Deposition. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 66 s. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>] ISBN: 978-3-86576-162-0
- Cools N., De Vos B. 2016: Part X: Sampling and Analysis of Soil. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 115 s. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>] ISBN: 978-3-86576-162-0
- Danihelka J., Chrtek J. jun., Kaplan Z. et al. 2012: Checklist of vascular plants of the Czech Republic. Preslia 84: 647–811.
- De Vos B., Cools N. 2011: Second European Forest Soil Condition Report. Volume I: Results of BioSoil soil condition survey. INBO R.2011.35. Research Institute for Nature and Forests. Brussel. ISSN 1782-9054
- Fabrika M. 2005: Simulátor biodynamiky lesa Sibyla. Konceptia, konštrukcia a programové riešenie. Technická Univerzita vo Zvolene, 238 s.
- Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. Lustyk P. (eds.) 2010: Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha: 445 s.
- Moravec J. a kol. 1995: Rostlinná společenstva České republiky a jejich ohrožení. Severočeskou přírodou, příloha. Litoměřice: 206 s.
- Neuhäuslová Z. a kol. 1998: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, Praha: 341 s.
- Nieminen T. M., De Vos B., Cools N., König N., Fischer R., Iost S., Meesenburg H., Nicolas M.P., Cecchini G., Ferretti M., De La Cruz A., Derome K., Lindroos A.J., Graf Pannatier E. 2016: Part XI: Soil Solution Collection and Analysis. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 29 s. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>] ISBN: 978-3-86576-162-0
- Petráš R., Pajtk J. 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis 37: 49–56
- Průša E. 2001: Pěstování lesů na typologických základech. Lesnická práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy: 593 s.
- Rautio P., Fürst A., Stefan K., Raitio H., Bartels U. 2016: Part XII: Sampling and Analysis of Needles and Leaves. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 19 s. [<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>]. ISBN: 978-3-86576-162-0.
- Ukonmaanaho, L., Pitman R., Bastrup-Birk A., Breda N., Rautio P. 2016: Part XIII: Sampling and Analysis of Litterfall. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, 15 s. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>]. ISBN: 978-3-86576-162-0
- Vanmechelen L., Groeneman R., Van Ranst E. 1997: Forest soil condition report. Results of a large scale survey. EC-UNECE, Brussel, Geneva. ISBN 90-76315-01-9

5

PUBLIKOVANÉ VĚDECKÉ PRÁCE VYUŽÍVAJÍCÍ DATA Z MONITORINGU ICP FORESTS V ČESKÉ REPUBLICE (2009–2019) / PUBLISHED SCIENTIFIC PAPERS USING DATA FROM ICP FORESTS MONITORING IN THE CZECH REPUBLIC (2009–2019)

2019

Šrámek V., Fadrhonsová V., Neudertová Hellebrandová K. 2019: Interception and soil water relation in Norway spruce stands of different age during the contrasting vegetation seasons of 2017 and 2018. *Journal of Forest Science* 65: 51–60.

2018

Krupová D., Fadrhonsová V., Pavlendová H., Pavlenda P., Tóthová S., Šrámek V. 2018: Atmospheric deposition of sulphur and nitrogen in forests of the Czech and Slovak Republic. *Central European Forestry Journal*, 64: 249–258.

van der Linde S. et al. 2018: Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature* 558: 243–248.

Neumann M. et al. 2018: Quantifying Carbon and Nutrient Input from Litterfall in European Forests using Field Observations and Modelling. *Global Biogeochemical Cycles* 32 (5): 784–798.

Nussbaumer A. et al. 2018: Impact of weather cues and resource dynamics on mast occurrence in the main forest tree species in Europe. *Forest Ecology and Management* 429: 336–350.

Pajtík J., Čihák T., Konôpka B., Merganičová K., Fabiánek P. 2018: Annual tree mortality and felling rates in the Czech Republic and Slovakia over three decades. *Central European Forestry Journal*, 64: 238–248.

Sitková Z., Sitko R., Vejpustková M., Pajtík J., Šrámek V. 2018: Intra- and inter-annual variability in stem increment of *Fagus sylvatica* L. and *Picea abies* (L.) Karst. in relation to weather variables. *Central European Forestry Journal* 64: 223–237.

Šrámek V., Fadrhonsová V. 2018: Srovnání obsahu a zásob prvků v humusové vrstvě porostů buku lesního, smrku ztepilého a ve smíšených porostech těchto dřevin v České republice [Comparison of nutrient stock in upper organic layer of pure European beech, Norway spruce and mixed forest stands of these species]. *Zprávy lesnického výzkumu* 63, 61–72

2017

Čihák T., Vejpustková M., Šrámek V. 2017: Kvantifikace nadzemní biomasy lesních porostů s pomocí vstupních veličin zjišťovaných bezpilotními letadly. In: Sitková Z, Pavlenda P (eds.): Dlhodobý ekologický výzkum a monitoring

lesov: současné poznatky a výzvy do budoucnosti. Zborník recenzovaných příspěvků z konference, Zvolen 7.–8.11.2017. Národní lesnické centrum – Lesnický výzkumný ústav Zvolen, s. 37–41.

Novotný R., Buriánek V., Šrámek V., Hůnová I., Skořepová I., Zapletal M., Lomský B. 2017: Nitrogen deposition and its impact on forest ecosystems in the Czech Republic - change in soil chemistry and ground vegetation. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 48–54.

Novotný R., Lomský B. 2017: Vliv fluoru a jeho sloučenin na vegetaci – vyhodnocení výsledků listových analýz provedených v rámci různých typů šetření na území Česka [Effect of fluorine and its compounds on vegetation - evaluation of foliage analyses from different types of surveys within the Czech Republic]. *Zprávy lesnického výzkumu* 62 (4): 242–252.

Šrámek V., Novotný R., Fiala P., Neudertová Hellebrandová K., Reiningger D., Samek T., Čihák T., Fadrhonsová V. 2017: Waldkalkung in der Tschechischen Republik. *MZe ČR, VÚLHM*, 92 s.

Vejpustková M., Čihák T. 2017: Kontinuální sledování tloušťkového růstu kmene na plochách intenzivního monitoringu ICP Forests v České republice. In: Sitková Z, Pavlenda P (eds.). Dlhodobý ekologický výzkum a monitoring lesov: současné poznatky a výzvy do budoucnosti. Zborník recenzovaných příspěvků z konference, Zvolen 7.–8.11.2017. Národní lesnické centrum – Lesnický výzkumný ústav Zvolen, s. 138–142.

2016

Camino-Serano M. et al. 2018: Trends in soil solution dissolved organic carbon (DOC) concentrations across European forests. *Biogeosciences*, 13: 5567–5585.

Šrámek V., Vejpustková M., Buriánek V., Fabiánek P., Fadrhonsová V. 2016: Projevy sucha 2015 na plochách monitoringu zdravotního stavu lesů ICP Forests. In: Knížek M (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2015/2016 – Vliv sucha na stav lesních porostů. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 14.4.2016. Zpravodaj ochrany lesa: 47–50.

2015

Šrámek V., Buriánek V., Fabiánek P., Fadrhonsová V., Vejpustková M. 2015: Projevy sucha v roce 2015. Výsledky monitoringu zdravotního stavu lesů ICP Forests. *Lesnická práce* 94 (11): 743–745.

Šrámek V., Novotný R., Fadrhonsová V. 2015: Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd v oblasti severní Moravy a Slezska (PLO 29 a 39) [Decay of Norway spruce stands and quality of forest soils in the region of northern Moravia and Silesia]. Zprávy lesnického výzkumu 60: 147–153

2014

Šrámek V., Fadrhonsová V., Jurksovská L. 2014: Ca/Al ratio in Norway spruce fine roots on monitoring plots in the Czech Republic. *Journal of Forest Science* 60: 121–131.

Šrámek V., Novotný R., Fiala P. (eds.) 2014: Vápnění lesů v České republice. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství, v.v.i. Praha 2014, 91 s.

Waldner P. et al. 2018: Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmospheric Environment* 95: 363–374.

2013

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 (3): 238–252.

Šrámek V., Jurksovská L., Fadrhonsová V., Hellebrandová-Neudertová K. 2013: Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektů 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: 314–323.

Vícha Z., Lachmanová Z., Fadrhonsová V., Lochman V., Bíba M. 2013: Vývoj depozic imisních látek a jejich vstupu do odtékající vody v oblasti Českomoravské vysočiny [Air pollutants deposition development and their input into runoff water in the region of Bohemian-Moravian Highland]. Zprávy lesnického výzkumu 58 (2): 158–166.

Vícha Z., Lachmanová Z., Fadrhonsová V., Lochman V., Bíba M. 2013: Vývoj depozic imisních látek a chemismu vody povrchových zdrojů na povodích v Moravskoslezských Beskydech [Deposition and water chemistry development in the surface water sources of the watersheds in the Moravian-Silesian Beskids Mts.]. Zprávy lesnického výzkumu 58 (3): 218–225.

2012

Fabiánek P., Hellebrandová K., Čapek M. 2012: Monitoring of defoliation in forest stands of the Czech Republic and its comparison with results of defoliation monitoring in other European countries. *Journal of Forest Science* 58: 193–202.

Šrámek V., Novotný R., Vejvustková M., Hůnová I., Uhlířová H. 2012: Monitoring of ozone effects on the vitality and

increment of Norway spruce and European beech in the Central European forests. *J. Environ. Monit.*, 14 (6): 1696–1702.

Vlčková M., Šrámek V., Matoušková V., Březina K.B., Fadrhonsová V., Kulhavý Z. 2012: Stanovení retenčních křivek bobtnavých a skeletovitých lesních půd [Determination of retention curves of swelling and skeleton forest soils]. Zprávy lesnického výzkumu 57: 133–143.

2011

Boháčová L., Lomský B., Šrámek V. (eds.) 2011: Rozvoj monitoringu zdravotního stavu lesa v rámci projektu Life+ „FutMon“ v České republice, data 2009–2011. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, 58 s.

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.): Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Bratislava, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy: 182–190.

Šrámek V., Fadrhonsová V. 2011: Životnost a množství kořenů smrku ztepilého na plochách mezinárodního monitoringu ICP forests v České republice [Norway spruce root vitality and biomass at the ICP Forests monitoring plots in the Czech Republic]. Zprávy lesnického výzkumu 56: 58–67.

2010

Boháčová L., Lomský B., Šrámek V. (eds.) 2010: Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice. Ročenka programu ICP Forests/FutMon, data 2008 a 2009. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, 157 s.

Novotný R., Šrámek V., Buriánek V. 2010: Evaluation of the ozone injury to ground vegetation within the plots of intensive monitoring in the Czech Republic – Hodnocení vlivu ozonu na přizemní vegetaci na plochách intenzivního monitoringu v ČR. *Lesnícky časopis – Forestry Journal* 56: 57–67.

2009

Boháčová L., Lomský B., Šrámek V. (eds.) 2009: Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice. Ročenka programu ICP Forests/Forest focus, data 2006 a 2007. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, 134 s.

Novotný R., Buriánek V., Šrámek V. 2009: Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinku přizemního ozonu. *Lesnícky průvodce* 6/2009, VÚLHM, 48 s.

Šrámek V., Novotný R. 2009: Use of passive ozone samplers within the monitoring of forest ecosystems – methodological aspects. *Meteorologický časopis – Meteorological Journal* 12: 83–88.



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.