

Zpráva o řešení úkolu

**Monitoring stavu lesů v Národním parku Šumava
- zpracování dat do roku 1999**

Karel Matějka
IDS, Praha

1999

Obsah

| | |
|------------------------------------------------|----|
| Úvod..... | 2 |
| Metodika | 5 |
| Metodika terénního šetření..... | 5 |
| Metodika zpracování dat | 5 |
| Hodnocení jednotlivých ploch | 5 |
| Hodnocení sítě ploch - co-kriging..... | 6 |
| Model vývoje stavu porostu..... | 6 |
| Regresní modelování..... | 6 |
| Výsledky | 7 |
| Základní výsledky šetření v síti ploch..... | 7 |
| Celková defoliace..... | 8 |
| Defoliace horní třetiny koruny..... | 11 |
| Barevné změny jehličí/listů..... | 14 |
| Výskyt souší..... | 17 |
| Ostatní sledované parametry | 23 |
| Vztah mezi sledovanými charakteristikami | 23 |
| Prostorové závislosti dat | 24 |
| Vývoj stavu smrkových porostů | 26 |
| Vývoj průměrných charakteristik..... | 26 |
| Modely přechodových matic..... | 27 |
| Vývoj stavu bukových porostů | 28 |
| Závěr | 29 |
| Literatura..... | 30 |
| Přílohy..... | 31 |

Úvod

Monitoring lesních ekosystémů je činnost, jejímž účelem je podávat pravidelně informace o (zdravotním) stavu lesních porostů/ekosystémů (viz např. Matějka, 1996). Základním programem probíhajícím v celoevropském rámci je tzv. Mezinárodní kooperativní program pro hodnocení a monitorování vlivu imisí na lesy („ICP-Forests“; viz například Černý, 1991; Lorenz, 1995; Matějka, 1995; UN Economic Commission for Europe, 1999). V rámci tohoto programu, na jehož činnosti se podílí rovněž Česká republika, byla rozpracována řada základních metod sledování stavu lesa a lesního prostředí (UN Economic Commission for Europe, 1994). V rámci ČR byly vypracovány síť ploch vzdálených 16 km resp. 8 km (Matějka, 1993).

Monitoring stavu lesů je zdrojem cenných dat, která mohou být využita pro analýzu příčinných vztahů působících v lesních ekosystémech. Přitom je využíváno metod matematické statistiky a matematického modelování, aplikovaných především v prostředí geografického informačního systému.

Použitý program regionálního monitoringu stavu lesních porostů je založen na sledování parametrů zdravotního stavu lesních porostů na monitoračních plochách kruhového tvaru o poloměru 16m (800m²) rozmístěných v síti 1x1 km. Věcně a metodicky program monitoringu stavu lesů navazuje na ICP-Forests a další aktivity v oblasti

monitoringu složek přírodního prostředí (např. bazální monitoring půd). Obdobný přístup se používá v současnosti i při hodnocení trvalých zkusných ploch (projekt Ministerstva zemědělství ČR).

Šumavský projekt přímo navazuje na řešení projektu GA/518/93, PPŽP/620/6/96, PPŽP/620/2/97 a PPŽP/620/2/98 "Monitoring a modelování reakce lesa na znečištění ovzduší a acidifikaci půd" řešeného Ústavem pro výzkum lesních ekosystémů v letech 1993-1998. V letech 1993-1994 byl tento projekt řešen pro území Krkonošského národního parku (KRNAP), Národního parku Šumava (NPŠ) a VLS Brdy. Od roku 1995 je řešení omezeno na oblast KRNAP a NPŠ (viz např. Černý et al., 1998; Holá et Michalec, 1998), v roce 1999 pouze na území NPŠ.

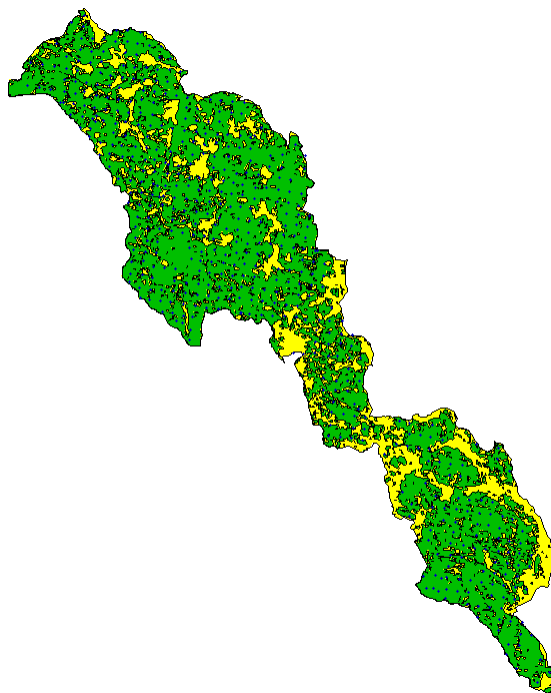
Síť pro regionálního monitoringu 1x1 km založena v roce 1994 též v Jizerských horách (projekt dále nefinancován), a v Podyjí (síť založena 1994, pokračování až v roce 1999). Regionální monitoring v síti 4x4 a 1x1 km provozován též v Beskydech v letech 1994-1998. Zadavatelem projektu byla MZLU Brno.

Sledování na monitoračních plochách probíhá jednou ročně, ve druhé polovině vegetačního období. Základní sledovanou charakteristikou je defoliace, parametr, který byl již mnohokrát diskutován i kritizován, stále je však považován za nejsnáze zjiřitelný ukazatel stavu stromu i celého porostu (viz například Lorenz, 1995; Matějka, 1993, 1994, 1995; Oszlanyi, 1997; Szepesi, 1997). Celková defoliace (průměrná defoliace v rámci celé koruny stromu) může být doplněna též defoliací určité části koruny. Použita byla defoliace horní třetiny koruny, která je vyjádřena v procentech ztráty jehličí nebo listů a udává se při terénním hodnocení s přesností na 5% - obdobně jako celková defoliace. Poškození horní třetiny koruny se může chovat odlišně od poškození koruny celé, protože horní část koruny bývá méně či vůbec zastíněná, ale současně je též přímo vystavena řadě nepříznivých vlivů, jako je znečištění ovzduší, mechanické zatížení sněhem a námrazou aj.

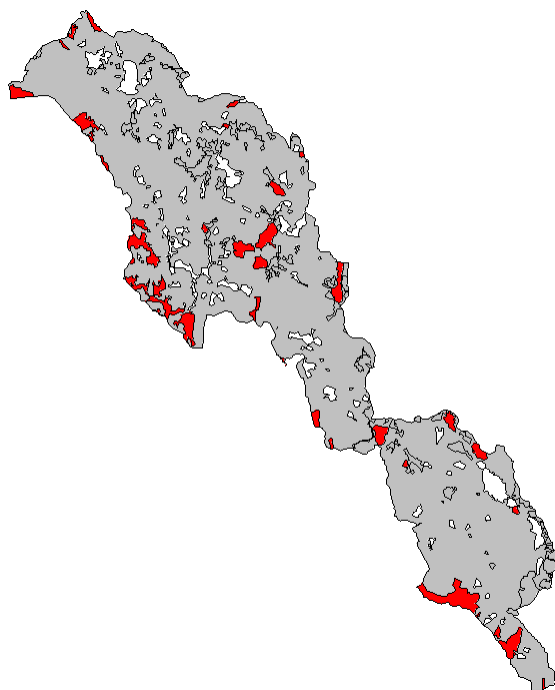
Jako další důležitý parametr poškození porostů bývají uváděny barevné změny listového aparátu. V rámci aplikované metodiky (viz příloha) byly vyhodnocovány podíl stromů s barevnými změnami (stromů s jakýmkoli zaznamenanými barevnými změnami) a průměrná intenzita barevných změn (počítaná jako aritmetický průměr podílu listů nebo jehličí s jakýmkoli barevnými změnami u všech hodnocených stromů).

Vedle již zmíněných parametrů bývají uváděny i některé další, u nichž však ani v literatuře dosud nedošlo ke shodě v názorech na jejich vyhodnocení a význam. Některé z nich však byly do metodiky hodnocení zahrnuty, jejich vyhodnocení si však vyžadá podrobnější studii.

Veškerá zmíněná šetření byla realizována firmou IFER (Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o., viz stránky www.ifer.cz).



Obr. 1. Plošné rozmístění lesů (zeleně) v oblasti Národního parku Šumava. Modré body značí polohu všech založených monitoračních ploch.



Obr. 2. Zonace Národního parku Šumava - červeně je vykreslena zóna I.

Metodika

Metodika terénního šetření

Použité terénní metody vycházejí z mezinárodně přijaté metodiky použité v rámci ICP-Forests (UN Economic Commission for Europe, 1994), která se uplatňuje i v rámci České republiky (např. Matějka, 1994). Celá rozpracovaná metodika je uvedena jako zvláštní příloha této zprávy.

Pro zachování kontinuity získávaných údajů a možnosti vyhodnocení dlouhodobějších časových řad je nezbytné zachovat kompatibilní metodické řešení (viz zprávy o projektech z minulých let).

V Národním parku Šumava (NPŠ) tvoří monitorační síť celkem 540 ploch (viz Obr. 1). Terénní šetření je kombinováno s metodami matematického modelování. Je tak využit informační potenciál nashromážděný v minulých letech a je možné částečně omezit rozsah terénního šetření a přitom dosáhnout solidní přesnosti při vyhodnocení dat z celé oblasti.

Pro výběr ploch, které se v roce 1999 hodnotily, byl použit následující postup:

- z databáze monitoringu byly vybrány plochy, které nebyly hodnoceny v roce 1998;
- z mapových podkladů byly ještě pomocí GIS vybrány plochy, na kterých proběhlo šetření zdravotního stavu v každém roce (1992-1998), tak aby síť pokrývala celé území NPŠ;
- u vybraných ploch bylo zkontrolováno, zda nebyly v minulých letech vytěženy;
- hodnocení v celé síti zůstalo zachováno na lesní správě Modrava.

Po výběru ploch pro hodnocení v roce 1999 byly připraveny porostní mapy a pro každou plochu byl vytisknut speciální formulář pro hodnocení monitoračních ploch.

Před vlastním terénním šetřením na monitoračních plochách proběhlo jako každoročně třídní školení všech hodnotitelů. V rámci školení byly hodnotitelé podrobně seznámeni s metodikou a bylo provedeno terénní šetření na několika plochách NPŠ, které byly vybrány tak, aby reprezentovali různou intenzitu poškození. Přímou na tréninkových monitoračních plochách pak ještě proběhla kontrola hodnocení jednotlivých hodnotitelů. Školení proběhlo první týden v srpnu a zúčastnilo se ho celkem šest hodnotitelů.

Terénní šetření probíhalo v roce 1999 podle materiálu Metodické postupy pozemního monitoringu zdravotního stavu lesních porostů (základní program - úroveň 1), který je přílohou této zprávy.

Zvláště důležité je však upozornit na skutečnost, že hodnoceny byly všechny stromy první až třetí stromové třídy (podle sociálního postavení stromu s využitím Kraftovy stupnice) na ploše.

Metodika zpracování dat

Hodnocení jednotlivých ploch

Základní zpracování dat bylo provedeno v prostředí vlastního programu MONBASE s použitím standardních procesů zpracování dat (například podmínky výpočtu průměrné defoliace a jiné).

Hodnocení sítě ploch - co-kriging

Metoda co-kringu (např. Cressie, 1991), kdy terénní šetření je kombinováno s metodami matematického modelování, umožňuje využití informačního potenciálu nashromážděného v minulých letech. Je možné částečně omezit rozsah terénního šetření a přitom dosáhnout solidní přesnosti při vyhodnocení dat z celé oblasti. Aplikace metody co-kringu předpokládá, že existuje výchozí informace pro celý soubor sledovaných bodů (hodnocení zdravotního stavu v minulých letech). Dále předpokládá, že existuje spojitost mezi aktuálním zdravotním stavem porostu v daném bodě a zdravotním stavem v uplynulém období. S výhodou jsou také využity další existující vztahy, např. vazba zdravotního stavu na nadmořské výšce a dalších charakteristikách. Konkrétní aplikace geostatistické metody co-kringu v monitoringu stavu lesů umožňuje zahustit pole tvořené body s aktuálními údaji zdravotního stavu a doplnit informaci i pro body, u kterých jsou známy údaje uplynulého období.

Pomocí metody co-kriging byly vytvořeny srovnatelné datové soubory pro všechny roky hodnocení 1991-1999 i přes skutečnost, že v každém roce nemusely být hodnoceny všechny plochy. Statistické vyjádření základních charakteristik poškození porostů bylo provedeno právě na základě dat po co-kringu, aby byly výsledky navzájem srovnatelné.

Pro vlastní zpracování dat byl použit vlastní program. Pro výpočet byly brány v úvahu všechny body (plochy) do vzdálenosti 3 km od hodnoceného bodu. Jako ko-proměnné, které mohou vysvětlovat sledovanou charakteristiku byly uvažovány nadmořská výška, věk a hodnota sledované proměnné v předcházejících letech.

Model vývoje stavu porostu

Využita byla dříve popsaná metoda modelování vývoje stavu porostu pomocí přechodových matic (Matějka, Vacek, Schwarz, 1998; Vacek, Matějka, 1999). Pro účely modelování byly stanoveny třídy defoliace C0 (defoliace do 10%) až C5 (defoliace nad 90%; prakticky se jedná o mrtvé nebo odumírající stromy). Pro účely modelování byl strom, který byl hodnocen jako mrtvý v jednom roce, klasifikován stejně v letech následujících i v případě, že již dále na ploše nebyl hodnocen. Hodnocení bylo provedeno s využitím údajů o všech stromech, které byly hodnoceny ve všech letech, tj. na základě stejného souboru jedinců ve všech letech, aby bylo možno jednoznačně popsat trendy vývoje. Pro hodnocení trendů byly proto použity i průměry a směrodatné odchylky defoliace jednotlivých stromů dle dat použitých pro tento model.

Modelování bylo provedeno vždy pro jeden vybraný druh.

Pro smrk byly vypočteny průměrné přechodové matice mezi jednotlivými následujícími lety a to zvláště v každém stometrovém pásmu nadmořské výšky. Vzhledem ke složitosti přímého popisu přechodových matic byla jejich charakteristika provedena na základě použití hypotetického modelu, jímž byl soubor 500 stromů - vždy po 100 jedincích v každé třídě defoliace na začátku modelovaného období (v roce 0). Hodnoceným výstupem byly průměrná defoliace, směrodatná odchylka defoliace a počet mrtvých stromů (stromů třídy defoliace C5).

Regresní modelování

Trendy vývoje jednotlivých sledovaných parametrů byly hodnoceny na základě jednoduchých lineárních regresních modelů. „Kvalita“ (výpovědní schopnost) těchto modelů byla hodnocena koeficientem lineární korelace. Základním výstupem těchto modelů je průměrný roční přírůstek sledovaného parametru.

Pro sledování vývoje porostů byla užita rovněž proměnná nazývaná jako „minimální celková defoliace“. Jedná se o aritmetický průměr defoliace všech stromů na dané ploše minus směrodatná odchylka defoliace. Tento parametr je významný pro další možnost vývoje porostu, protože odpovídá průměrné defoliaci nejméně poškozených stromů, které vytvářejí potenciál pro možnou regeneraci porostu v budoucnu (srovnej Matějka, 1994).

Výsledky

Základní výsledky šetření v síti ploch

V roce 1999 proběhlo terénní šetření celkem na 401 monitoračních plochách, na kterých bylo ohodnoceno 17761 stromů. V počtu hodnocených ploch je zahrnuta také inventarizace 15 smrkových ploch, které dosáhly v roce 1998 již 100% defoliace, a které byly letos opět navštíveny z důvodů zaznamenání případného vytěžení jednotlivých stromů či celé plochy. Vlastní hodnocení zdravotního stavu bylo tedy provedeno na 386 monitoračních plochách (374 jehličnatých ploch, 12 listnatých ploch).

Tabulka 1. Procentní zastoupení hodnocených stromů v roce 1999.

| nadmořská výška | % podíl | věková třída | % podíl |
|-----------------|---------|--------------|---------|
| do 750 m | 3.4 | do 60 let | 5.3 |
| do 850 m | 12.1 | do 80 let | 17.9 |
| do 950 m | 24.4 | do 100 let | 20.7 |
| do 1050 m | 21.7 | do 120 let | 26.4 |
| do 1150 m | 24.9 | do 140 let | 17.7 |
| nad 1150 m | 13.52 | nad 140 let | 11.9 |

Tabulka 2. Procentní zastoupení hodnocených stromů na jednotlivých lesních správách v roce 1999.

| lesní správa | % podíl | lesní správa | % podíl |
|--------------|---------|-----------------|---------|
| Borová Lada | 4.1 | Plešný | 6.8 |
| České Žleby | 2.1 | Prášily | 12.9 |
| Křemelná | 12.5 | Rejštejn | 7.6 |
| Kvilda | 7.1 | Srní | 16.0 |
| Modrava | 15.4 | Stožec | 6.5 |
| Nová Pec | 3.4 | Strážný, Volary | 4.2 |
| Nová Říše | 0.7 | Volary | 0.6 |

Tabulka 3. Základní charakteristiky ploch pro statistické hodnocení.

| | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|-------|--------|---------------------|------|------|---------|-----|-----|---------|-----|------|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| převládající dřevina | | | | | | | | | | | | |
| nadmořská výška | 1008,5 | 910,1 | 1050,0 | 138,6 | 41,3 | 65,8 | 740 | 845 | 895 | 1345 | 992 | 1160 |
| věk (1999) | 112,6 | 81,5 | 104,6 | 32,2 | 34,5 | 37,4 | 15 | 32 | 46 | 219 | 165 | 199 |
| sklon | 11,1 | 16,5 | 11,5 | 13,8 | 13,0 | 11,4 | 0 | 0 | 0 | 91 | 34 | 40 |
| počet dřevin | 1,6 | 2,9 | 2,6 | 0,8 | 1,1 | 0,8 | 1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 4 |

Tabulka 4. Průměrný počet stromů na ploše.

| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|------|------|---------------------|------|------|---------|----|----|---------|-----|-----|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1991 | 47,1 | 61,9 | 56,2 | 22,1 | 26,5 | 29,7 | 8 | 7 | 16 | 146 | 108 | 142 |
| 1992 | 47,1 | 61,9 | 59,2 | 21,7 | 26,5 | 34,7 | 8 | 7 | 16 | 144 | 108 | 149 |
| 1993 | 47,9 | 61,0 | 62,9 | 25,0 | 25,8 | 39,6 | 8 | 7 | 13 | 176 | 108 | 146 |
| 1994 | 47,9 | 60,9 | 63,9 | 25,3 | 25,8 | 38,5 | 8 | 7 | 16 | 174 | 108 | 142 |
| 1995 | 47,6 | 60,9 | 60,9 | 25,5 | 25,8 | 39,4 | 0 | 7 | 8 | 174 | 108 | 145 |
| 1996 | 47,1 | 60,9 | 61,0 | 25,9 | 25,8 | 39,2 | 0 | 7 | 2 | 174 | 108 | 145 |
| 1997 | 47,5 | 68,2 | 69,5 | 27,5 | 26,1 | 43,9 | 5 | 42 | 20 | 174 | 108 | 145 |
| 1998 | 48,1 | 60,8 | 66,4 | 28,0 | 27,4 | 42,9 | 2 | 7 | 2 | 174 | 108 | 145 |
| 1999 | 43,1 | 58,6 | 48,6 | 24,6 | 25,1 | 30,4 | 0 | 7 | 2 | 174 | 107 | 134 |

Celková defoliace

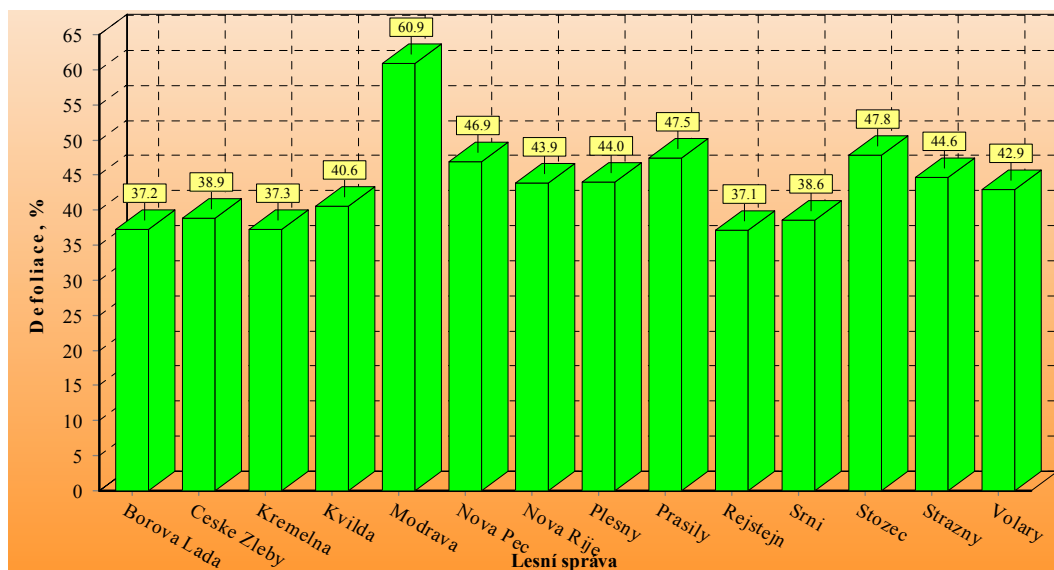
Průměrná hodnota defoliace v roce 1999 dosáhla 44,6 % což je oproti roku 1998 nárůst o 2,4%. Defoliace na jednotlivých plochách kolísá v rozmezí od 15 do 100 %.

V roce 1999 v oblasti NPŠ žádná plocha nedosáhla průměrné defoliace méně než 15 %.

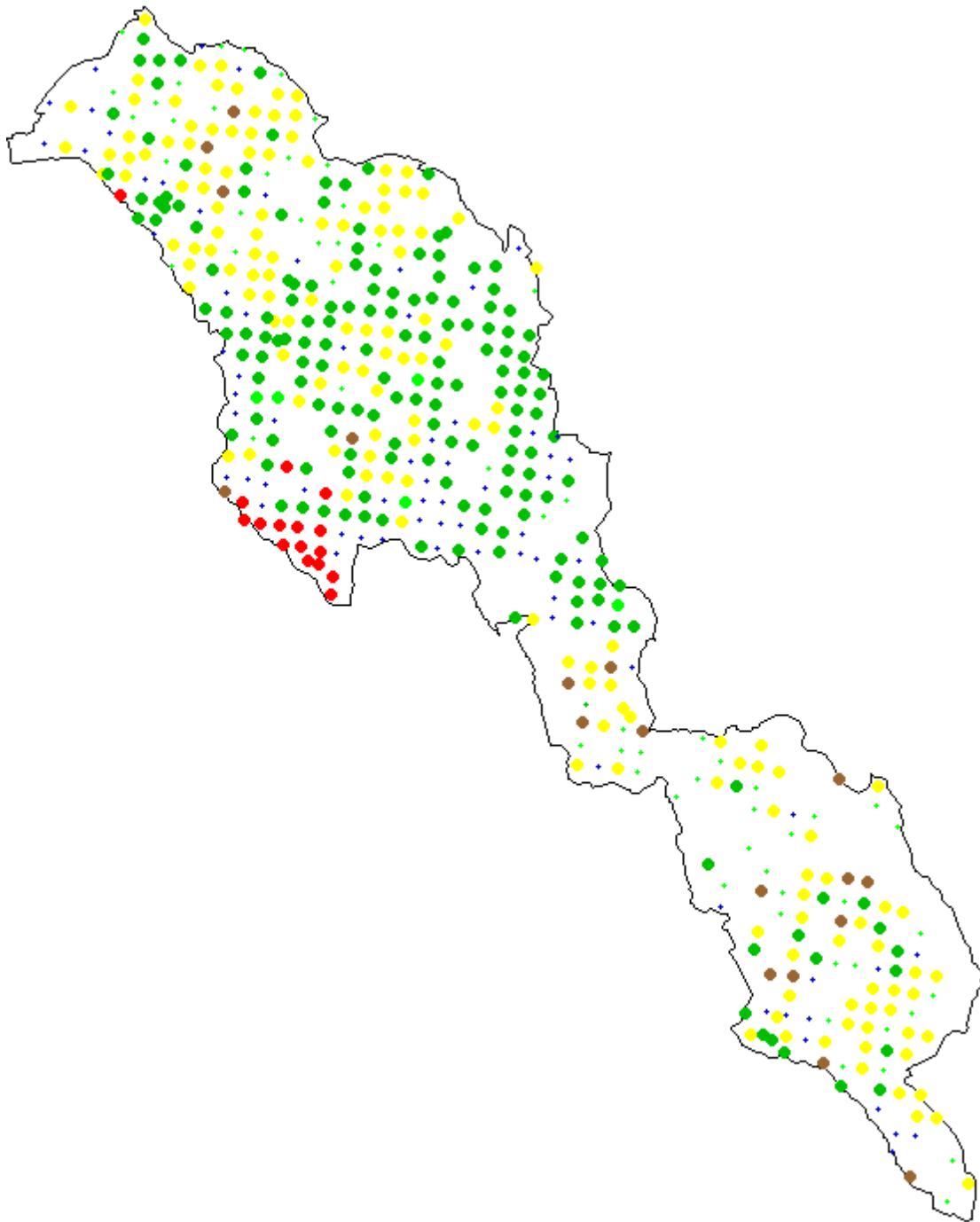
Průměrná defoliace 100 % (na ploše jsou všechny stromy klasifikovány jako suché) byla zjištěna na pěti plochách v oblasti Modravy, na jedné ploše lesní správě Srní a jedné ploše na území lesní správy Prášily. Celkem bylo od roku 1992 zjištěno 24 ploch, na kterých byly všechny stromy klasifikovány jako suché, tzn. že průměrná defoliace na ploše dosáhla 100 % (21 ploch na území LS Modrava, 2 plochy na území LS Srní, 1 plocha na území LS Prášily).

Poměrně vysoká průměrná defoliace v NPŠ je ovšem způsobena především celkovým zhoršením zdravotního stavu stromů a není pouze důsledkem kůrovcové kalamity v oblasti Modravy. Celková defoliace pro oblast NPŠ s vyloučením ploch, které se nacházejí v oblasti Modravy je o 2,9 % nižší než výše uvedená hodnota a činí 41,7% (nárůst o 2,3 % oproti roku 1998).

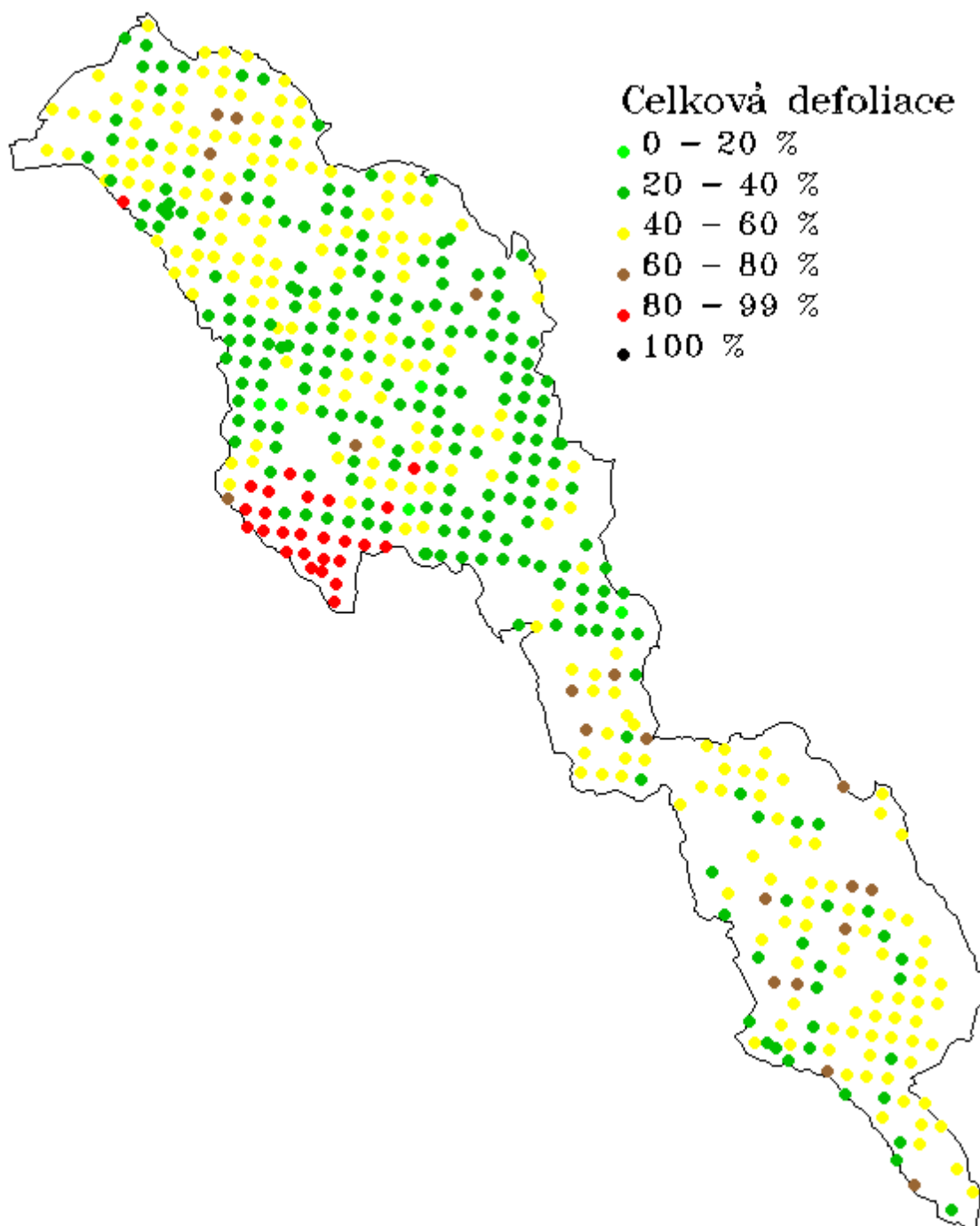
Průměrná defoliace na území LS Modrava činí v roce 1999 60,9 %.



Obr. 3. Defoliace celé koruny na jednotlivých lesních správách v roce 1999.



Obr. 4. Průměrná celková defoliace na sledovaných plochách v roce 1999(originální data). Legenda viz následující mapa. Malé body přísluší plochám nehodnoceným v roce 1999.



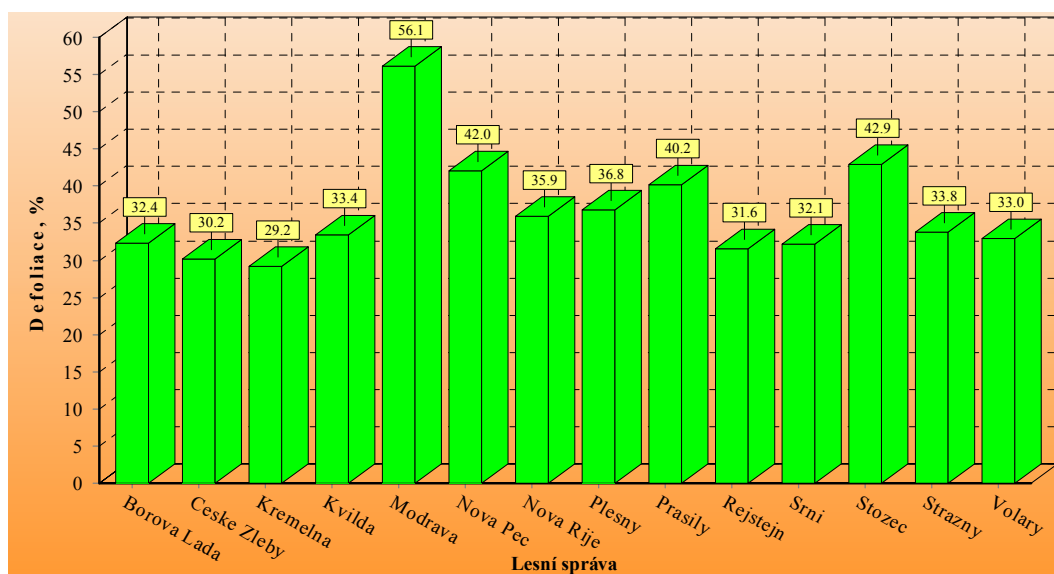
Obr. 5. Průměrná celková defoliace na sledovaných plochách v roce 1999. Data po použití procedury co-kriging a po vyrovnání na jednotnou nadmořskou výšku 1000m a stáří porostu 100 let.

Tabulka 5. Průměrná celková defoliace.

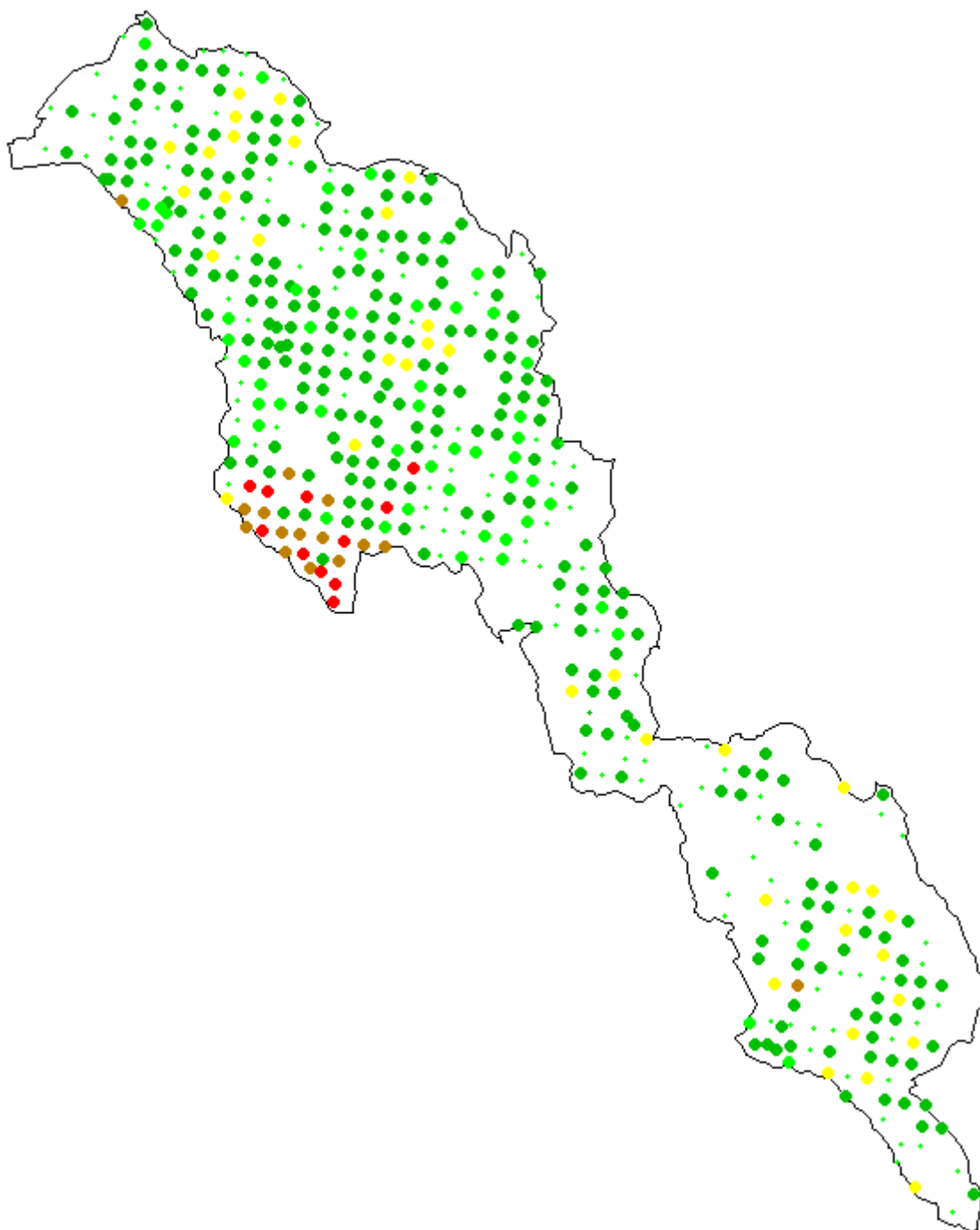
| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|------|------|---------------------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1991 | 26,2 | 19,5 | 24,7 | 10,3 | 8,0 | 12,7 | 3,2 | 10,1 | 6,7 | 63,8 | 28,3 | 37,4 |
| 1992 | 25,0 | 14,7 | 24,6 | 9,4 | 3,6 | 10,5 | 0,0 | 8,3 | 11,4 | 69,6 | 17,0 | 40,4 |
| 1993 | 29,6 | 27,5 | 25,1 | 8,5 | 2,0 | 6,9 | 0,0 | 25,3 | 15,8 | 70,1 | 29,8 | 35,4 |
| 1994 | 30,4 | 21,9 | 25,5 | 8,5 | 5,4 | 10,3 | 7,7 | 16,0 | 13,8 | 74,7 | 26,6 | 37,3 |
| 1995 | 32,9 | 20,0 | 25,7 | 9,7 | 6,8 | 11,0 | 5,7 | 14,1 | 7,5 | 98,8 | 28,6 | 37,9 |
| 1996 | 35,9 | 20,8 | 26,7 | 12,0 | 13,8 | 10,5 | 6,9 | 11,8 | 10,0 | 100,0 | 44,5 | 37,5 |
| 1997 | 41,0 | 33,7 | 38,1 | 12,6 | 5,4 | 7,6 | 16,5 | 27,7 | 25,7 | 100,0 | 40,2 | 50,2 |
| 1998 | 42,4 | 31,0 | 35,5 | 13,5 | 3,9 | 8,5 | 12,5 | 27,2 | 15,3 | 100,0 | 35,4 | 47,5 |
| 1999 | 45,3 | 32,9 | 37,4 | 15,6 | 6,8 | 10,9 | 17,1 | 23,3 | 14,3 | 100,0 | 39,7 | 55,0 |

Defoliace horní třetiny koruny

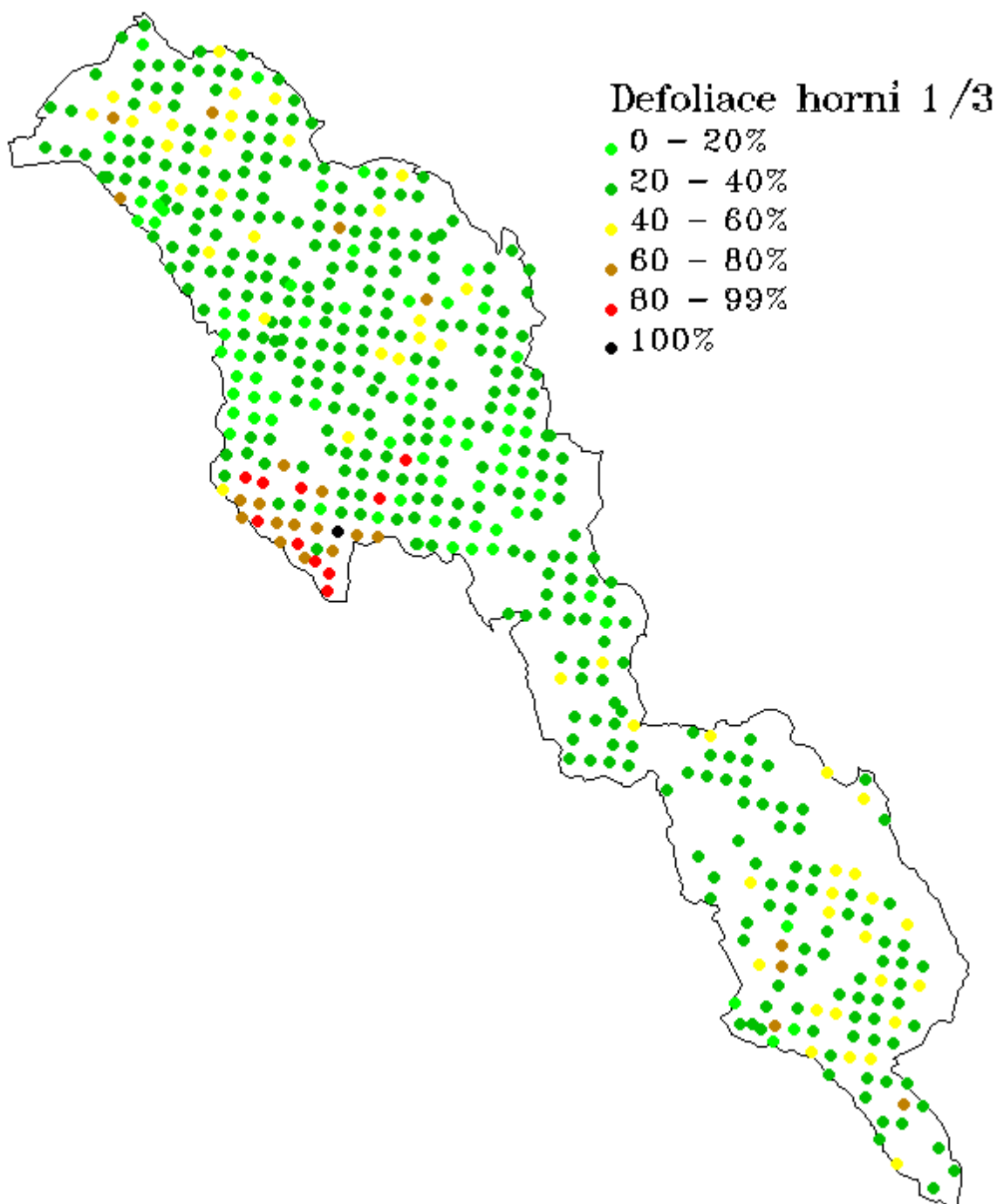
Průměrná defoliace horní třetiny koruny činí za rok 1999 pro Národní park Šumava 37,8 %, což znamená nárůst o 1,7 % oproti roku 1998. Defoliace horní třetiny koruny je o 6,8 % nižší než defoliace celková. Průměrnou defoliaci horní třetiny koruny na jednotlivých lesních správách znázorňuje Obr 6.



Obr. 6. Defoliace horní třetiny koruny na jednotlivých lesních správách v roce 1999.



Obr. 7. Průměrná defoliace horní třetiny koruny na sledovaných plochách v roce 1999 (originální data).
Legenda viz následující mapa.



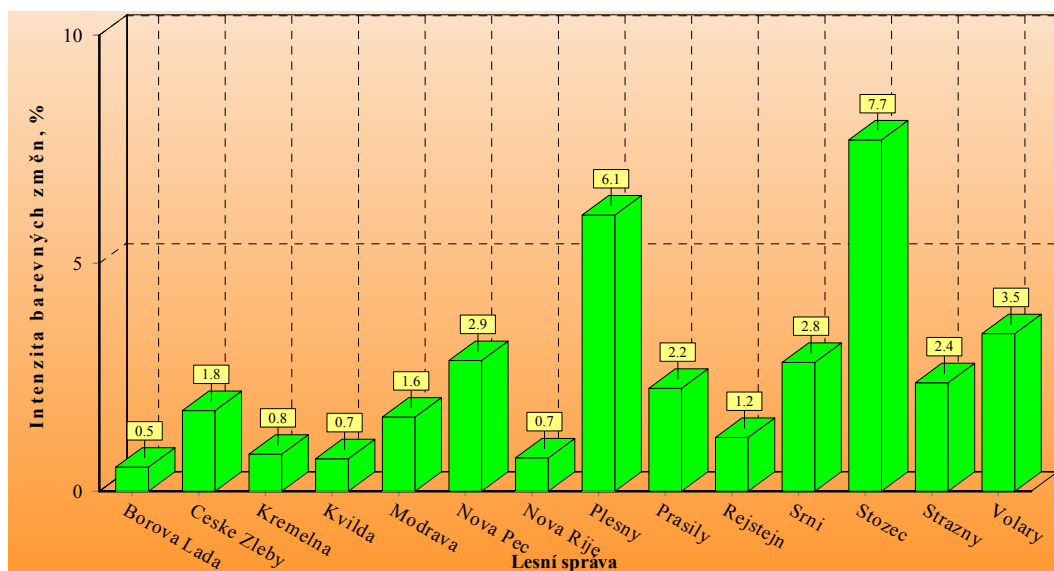
Obr. 8. Průměrná defoliace horní třetiny koruny na sledovaných plochách v roce 1999. Data po použití procedury co-kriging a po vyrovnání na jednotnou nadmořskou výšku 1000m a stáří porostu 100 let.

Tabulka 6. Průměrná defoliace horní třetiny koruny.

| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|------|------|---------------------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1993 | 25,5 | 17,6 | 21,3 | 10,2 | 9,1 | 9,7 | 0,5 | 2,5 | 9,7 | 65,8 | 25,4 | 32,3 |
| 1994 | 25,1 | 18,1 | 20,8 | 10,1 | 6,7 | 9,0 | 1,7 | 11,0 | 9,7 | 73,8 | 28,3 | 30,2 |
| 1995 | 26,5 | 16,8 | 20,7 | 10,9 | 9,2 | 10,1 | 0,1 | 9,2 | 6,8 | 95,0 | 28,3 | 34,2 |
| 1996 | 29,3 | 15,3 | 19,3 | 12,6 | 15,2 | 11,1 | 0,8 | 4,7 | 3,7 | 100,0 | 41,6 | 37,5 |
| 1997 | 33,3 | 27,4 | 30,0 | 13,4 | 6,3 | 4,8 | 8,2 | 17,8 | 23,8 | 100,0 | 35,4 | 39,6 |
| 1998 | 36,1 | 23,0 | 31,3 | 15,0 | 3,8 | 6,4 | 8,6 | 19,6 | 19,8 | 100,0 | 27,8 | 43,1 |
| 1999 | 38,5 | 22,5 | 33,7 | 18,0 | 8,2 | 10,5 | 10,9 | 12,5 | 21,4 | 100,0 | 32,9 | 60,0 |

Barevné změny jehličí/listů

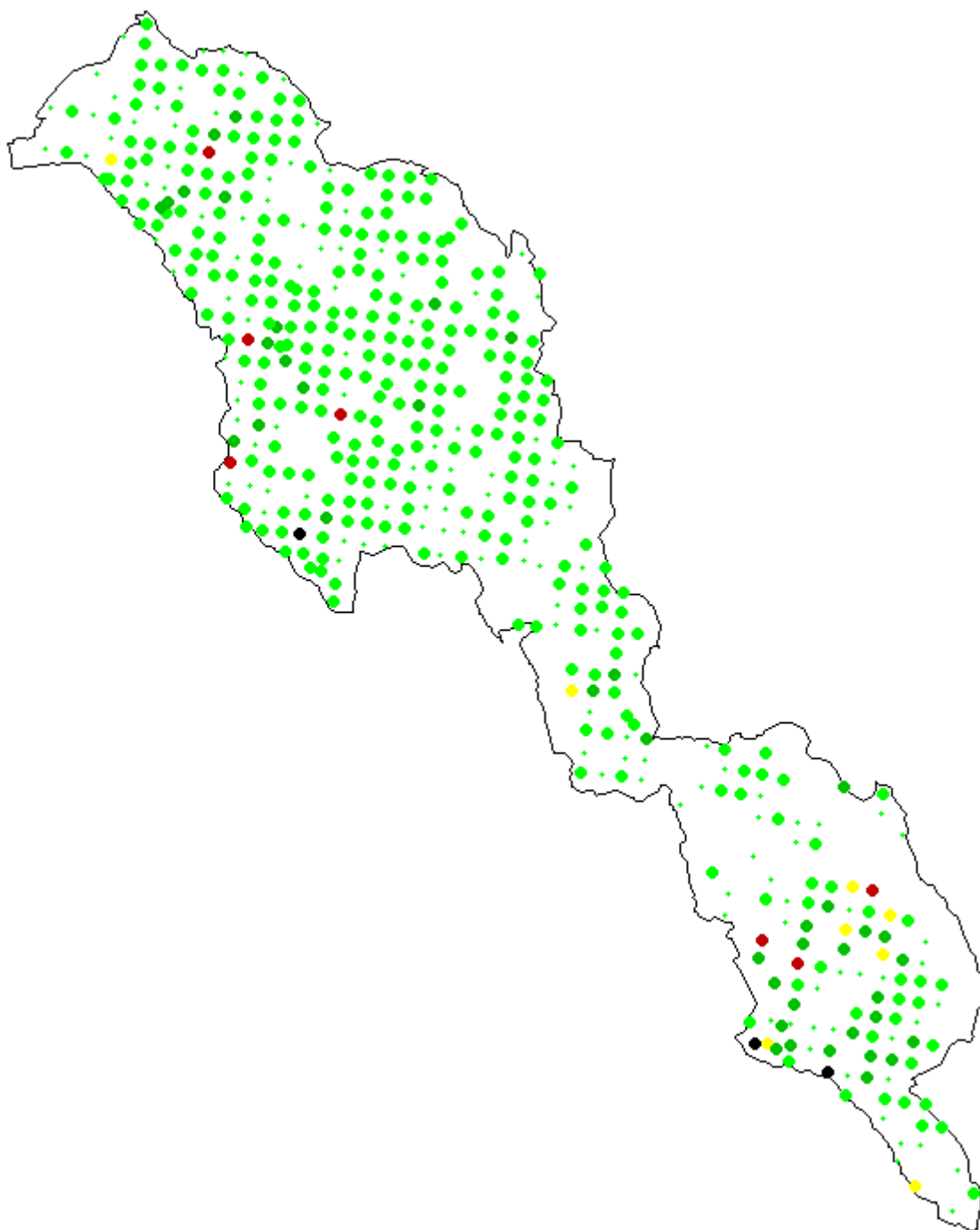
V roce 1999 dosahuje průměrná hodnota intenzity barevných změn na monitoračních plochách 2,4 %. V průměru se v roce 1999 intenzita barevných změn snížila o 0,1 % oproti roku 1998 a je o 1,2 % nižší než v roce 1996. Z výsledků vyplývá, že dochází k snížení intenzity žloutnutí oproti předchozím rokům. Průměrnou intenzitu barevných změn znázorňuje Obr. 9.



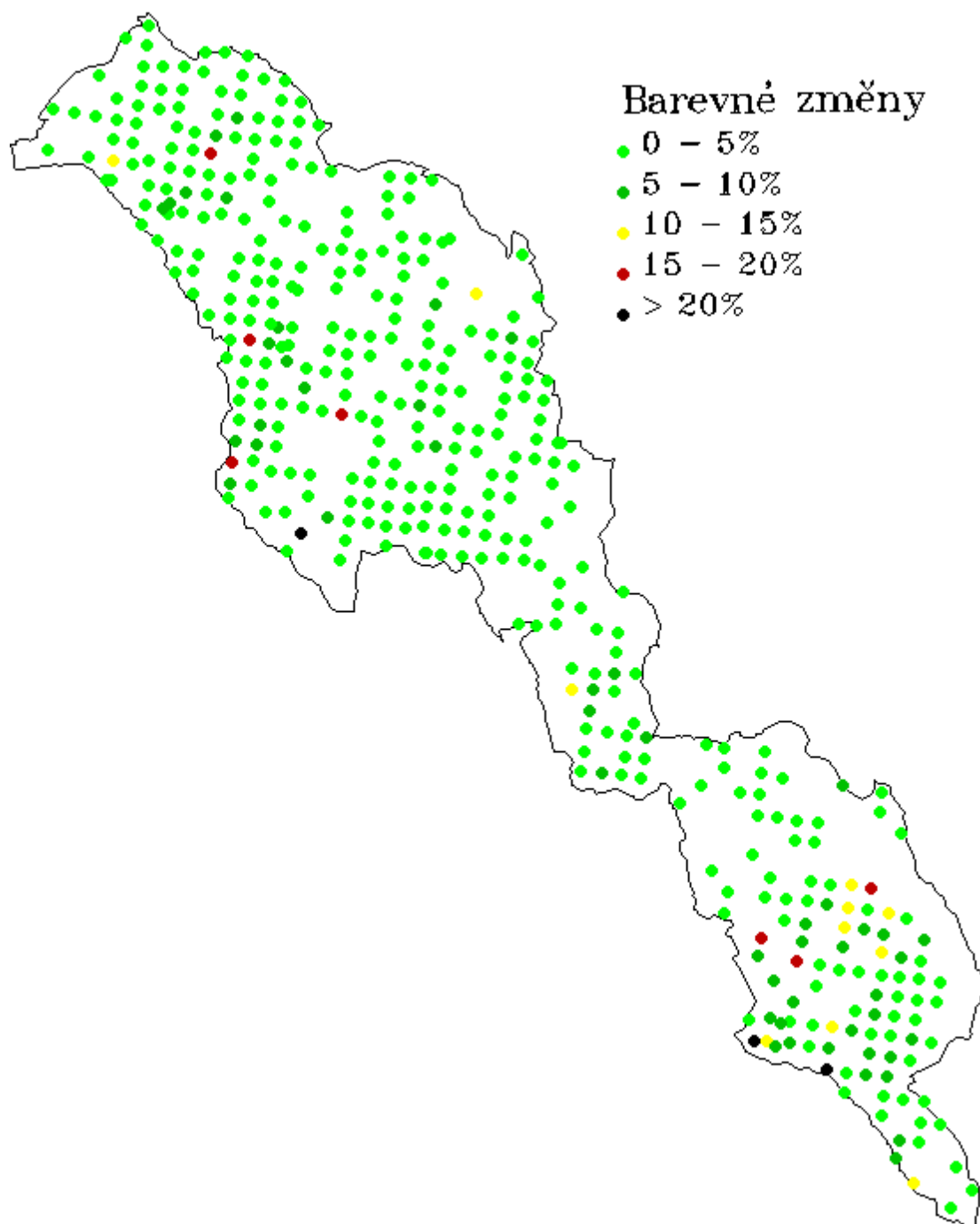
Obr. 9. Průměrná intenzita barevných změn na jednotlivých lesních správách v roce 1999.

Tabulka 7. Podíl stromů s barevnými změnami.

| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|------|-----|---------------------|------|------|---------|-----|-----|---------|------|-------|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1993 | 26,4 | 3,6 | 4,3 | 25,7 | 7,5 | 9,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 25,7 | 33,3 |
| 1994 | 24,4 | 0,9 | 1,8 | 25,6 | 2,0 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 6,5 | 12,0 |
| 1995 | 15,0 | 1,3 | 1,9 | 23,8 | 3,2 | 4,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 11,3 | 17,3 |
| 1996 | 25,2 | 10,2 | 8,6 | 26,5 | 27,1 | 22,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 90,0 | 100,0 |
| 1997 | 27,3 | 6,7 | 3,1 | 23,5 | 14,7 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 91,7 | 36,6 | 10,8 |
| 1998 | 18,8 | 8,9 | 2,2 | 20,7 | 19,8 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 90,2 | 71,4 | 12,0 |
| 1999 | 17,5 | 10,3 | 2,9 | 23,0 | 20,2 | 7,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 71,4 | 28,6 |



Obr. 10. Průměrná intenzita barevných změn na sledovaných plochách v roce 1999 (originální data). Legenda viz následující mapa.



Obr. 11. Průměrná intenzita barevných změn na sledovaných plochách v roce 1999. Data po použití procedury co-kriging a po vyrovnání na jednotnou nadmořskou výšku 1000m a stáří porostu 100 let.

Tabulka 8. Průměrná intenzita barevných změn.

| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|-----|-----|---------------------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|------|------|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1993 | 3,7 | 1,3 | 1,4 | 4,9 | 1,2 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35,8 | 2,7 | 5,9 |
| 1994 | 3,2 | 0,4 | 1,7 | 4,4 | 0,8 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 30,0 | 1,9 | 4,3 |
| 1995 | 2,3 | 0,3 | 0,4 | 5,1 | 0,5 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 61,3 | 1,1 | 2,4 |
| 1996 | 3,6 | 2,9 | 1,5 | 4,9 | 6,5 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,2 | 14,6 | 10,0 |
| 1997 | 4,0 | 4,0 | 1,7 | 4,8 | 2,1 | 2,4 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 35,3 | 5,8 | 8,3 |
| 1998 | 2,5 | 0,8 | 0,4 | 3,4 | 0,7 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 33,3 | 1,7 | 1,0 |
| 1999 | 2,4 | 0,9 | 0,4 | 3,9 | 0,9 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,0 | 2,0 | 1,6 |

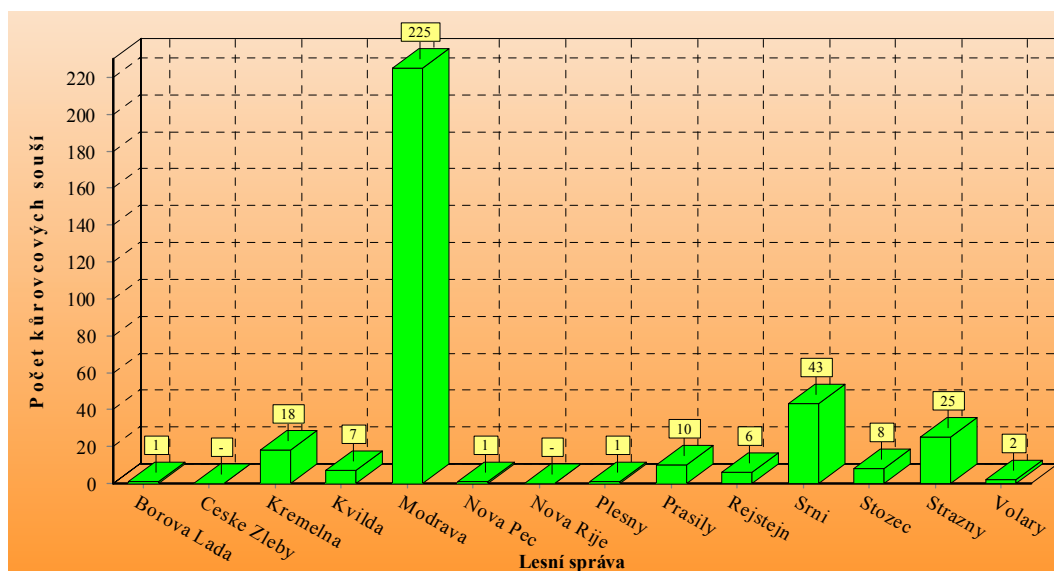
Tabulka 9. Podíl nových souší.

| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|-----|-----|---------------------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|------|-----|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1991 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,7 | 0,0 | 0,0 |
| 1992 | 0,4 | 1,0 | 0,3 | 1,3 | 3,8 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 17,6 | 14,3 | 2,3 |
| 1993 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 2,5 | 0,7 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,3 | 2,4 | 5,0 |
| 1994 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 2,4 | 0,7 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,0 | 2,2 | 0,8 |
| 1995 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 3,7 | 0,8 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 75,0 | 2,4 | 3,6 |
| 1996 | 1,3 | 0,0 | 0,2 | 7,8 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 2,5 |
| 1997 | 2,4 | 0,2 | 0,3 | 10,9 | 0,4 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 1,1 | 2,1 |
| 1998 | 2,1 | 0,3 | 0,1 | 9,9 | 0,8 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 2,5 | 0,9 |
| 1999 | 1,3 | 1,9 | 0,5 | 6,8 | 4,0 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 88,9 | 14,6 | 5,3 |

Výskyt souší

Dalším sledovaným faktorem na monitoračních plochách je výskyt kůrovcových souší. Jako kůrovcová souše je označován strom s defoliací vyšší než 90 %, který nese jasné známky (např. výletové otvory) stromu napadeného kůrovcem.

V roce 1999 bylo na plochách zjištěno celkem 347 nových kůrovcových souší, což je 1,9 % hodnocených stromů. Nárůst oproti roku 1998 činí 60 kůrovcových souší. Z toho bylo v oblasti Modravy zjištěno 225 kůrovcových souší, což činí 8,2 % z celkového počtu stromů hodnocených na Modravě. Na LS Modrava se nachází 64,8 % kůrovcových souší z celkového počtu kůrovcových souší v NPŠ. Od roku 1991 do roku 1999 bylo na monitoračních plochách na území LS Modrava zjištěno celkem 759 kůrovcových souší, což je 27,3 % z celkového počtu stromů hodnocených na Modravě. Od roku 1991 do roku 1999 se na hodnocených monitoračních plochách zaznamenalo celkem 1155 kůrovcových souší. Výskyt kůrovcových souší na jednotlivých lesních správách je znázorněn na Obr. 12.



Obr. 12. Počet kůrovcových souší na jednotlivých lesních správách v roce 1999.

Z kumulativního nárůstu výskytu kůrovcových souší od roku 1991 je patrné, že první zvýšený výskyt kůrovcových souší byl zaznamenán v roce 1993, a to celkem 45 stromů (z toho na Modravě 26 souší). Další

významnější vzestup nastal v roce 1996, kdy bylo zjištěno celkem 107 kůrovcových souší (z toho na Modravě 85 souší). Významný nárůst byl zaznamenán v roce 1997, kdy bylo na monitoračních plochách zjištěno celkem 292 kůrovcových souší (na Modravě 218 souší). V roce 1998 bylo zjištěno celkem 287 kůrovcových souší, přičemž významný nárůst byl zaznamenán i mimo lesní správu Modrava. Další významný nárůst kůrovcových souší byl zjištěn v roce 1999 (347 souší, z toho na Modravě 225 souší).

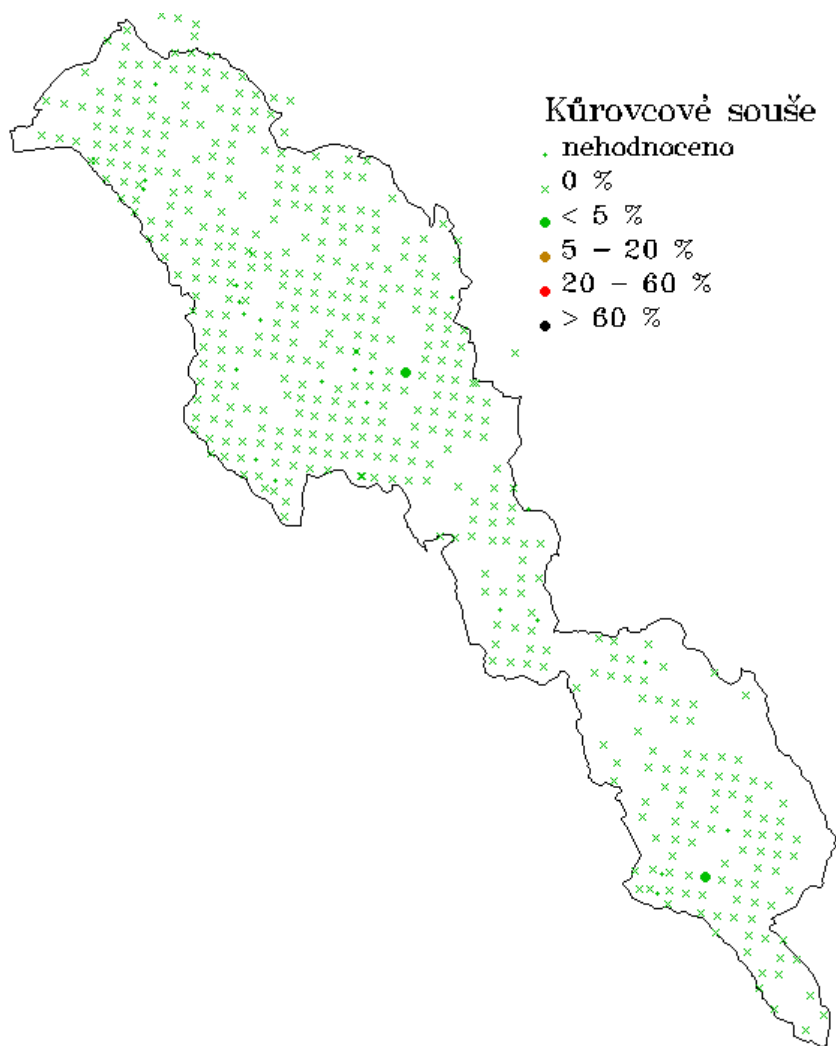
Plošně je vyjádřen přírůstek ploch s výskytem kůrovcových souší na jednotlivých mapách (Obr. 13).

Tabulka 10. Počet nových kůrovcových souší na jednu plochu. Jedná se vyhodnocení absolutních počtů kůrovcových souší na jednotlivých plochách.

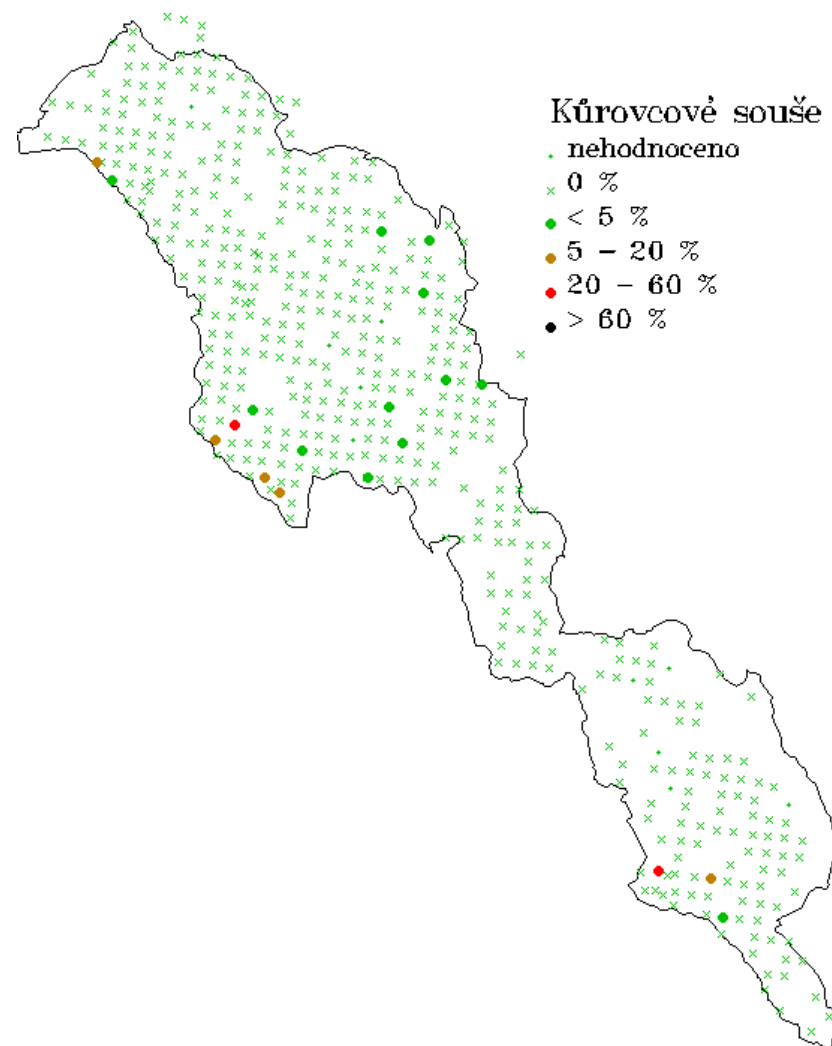
| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|-----|-----|---------------------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1991 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1992 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1993 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,0 | 0,0 | 1,0 |
| 1994 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1995 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1996 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1997 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 42,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1998 | 0,6 | 0,2 | 0,0 | 2,4 | 0,8 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,0 | 3,0 | 1,0 |
| 1999 | 0,7 | 0,5 | 0,0 | 2,8 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,0 | 7,0 | 0,0 |

Tabulka 11. Relativní počet nových kůrovcových souší na celkový počet stromů v roce 1991. Jedná se o vyhodnocení relativních počtů kůrovcových souší (kdy celkový počet stromů na ploše v roce 1991 odpovídá 100%).

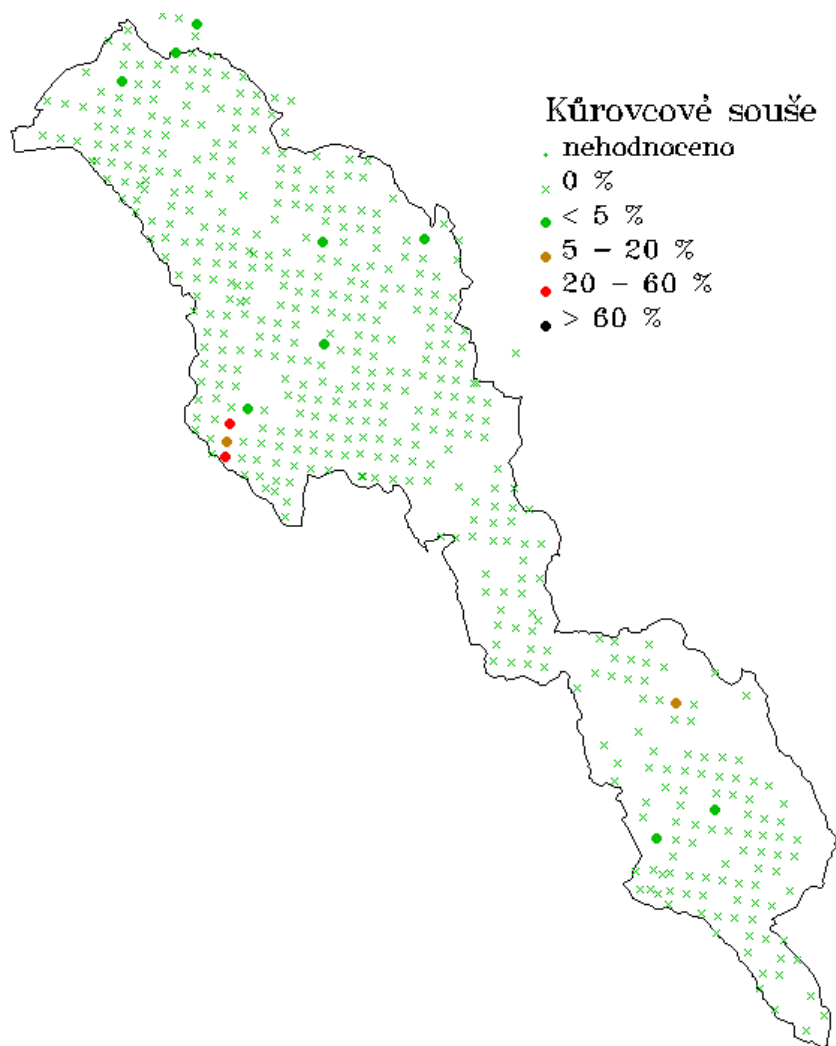
| převládající dřevina | průměr | | | směrodatná odchylka | | | minimum | | | maximum | | |
|----------------------|--------|-----|-----|---------------------|-----|-----|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
| | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK | SM | BO | BK |
| 1991 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1992 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,5 | 0,0 | 0,0 |
| 1993 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 2,4 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,0 | 0,0 | 2,3 |
| 1994 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 38,9 | 0,0 | 0,0 |
| 1995 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 3,7 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 75,0 | 0,0 | 3,0 |
| 1996 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 7,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 87,5 | 0,0 | 0,0 |
| 1997 | 3,6 | 0,4 | 0,0 | 16,5 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 3,3 | 0,0 |
| 1998 | 2,9 | 0,0 | 0,5 | 13,3 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 6,1 |
| 1999 | 4,5 | 0,0 | 0,3 | 18,4 | 0,0 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 6,1 |



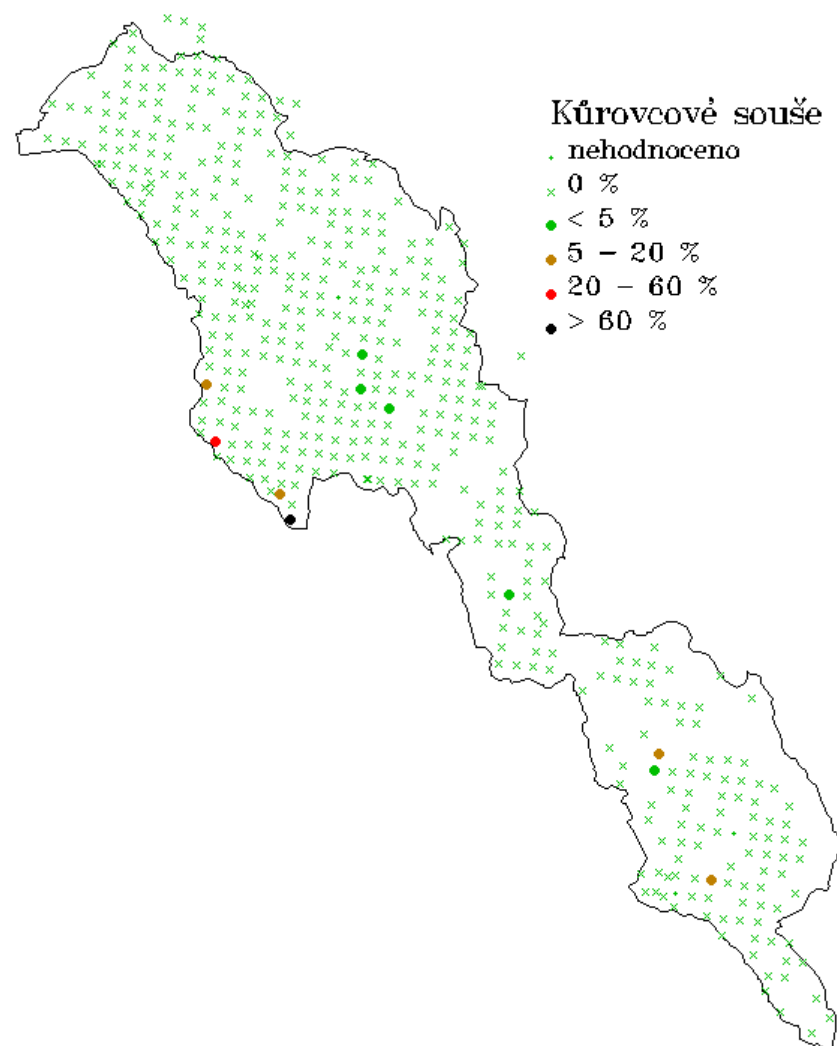
Obr. 13A. Výskyt kúrovcových souší v roce 1992.



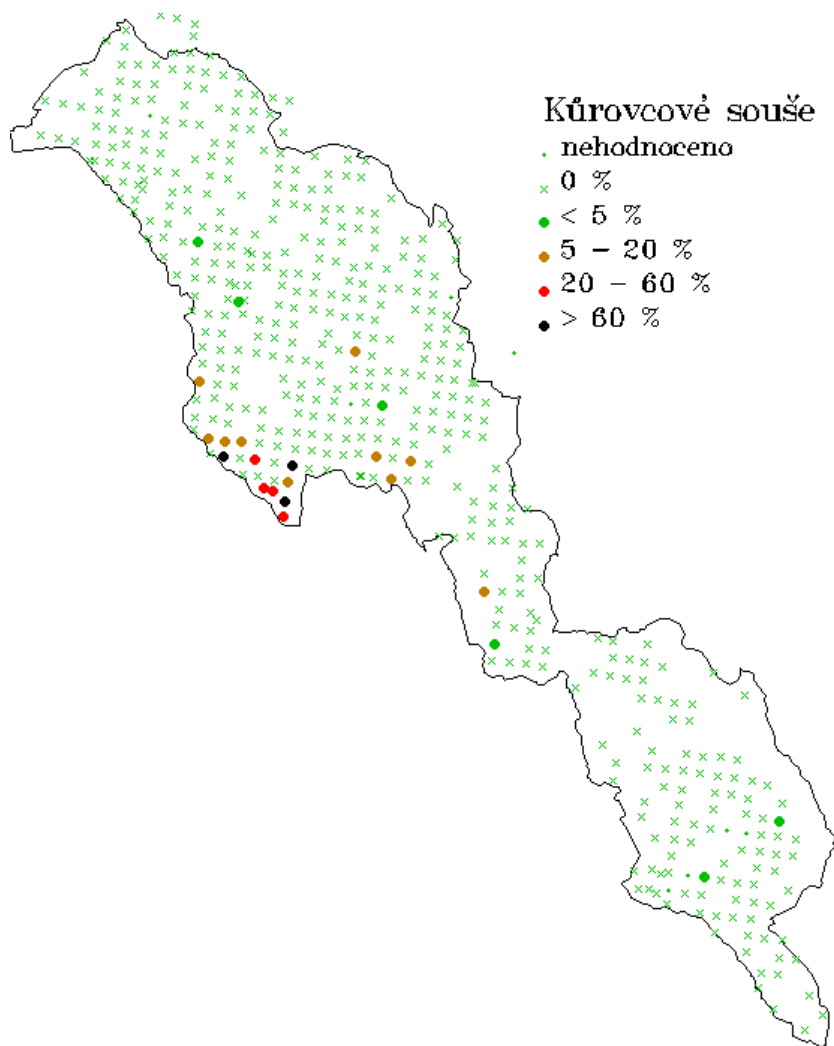
Obr. 13B. Výskyt kúrovcových souší v roce 1993.



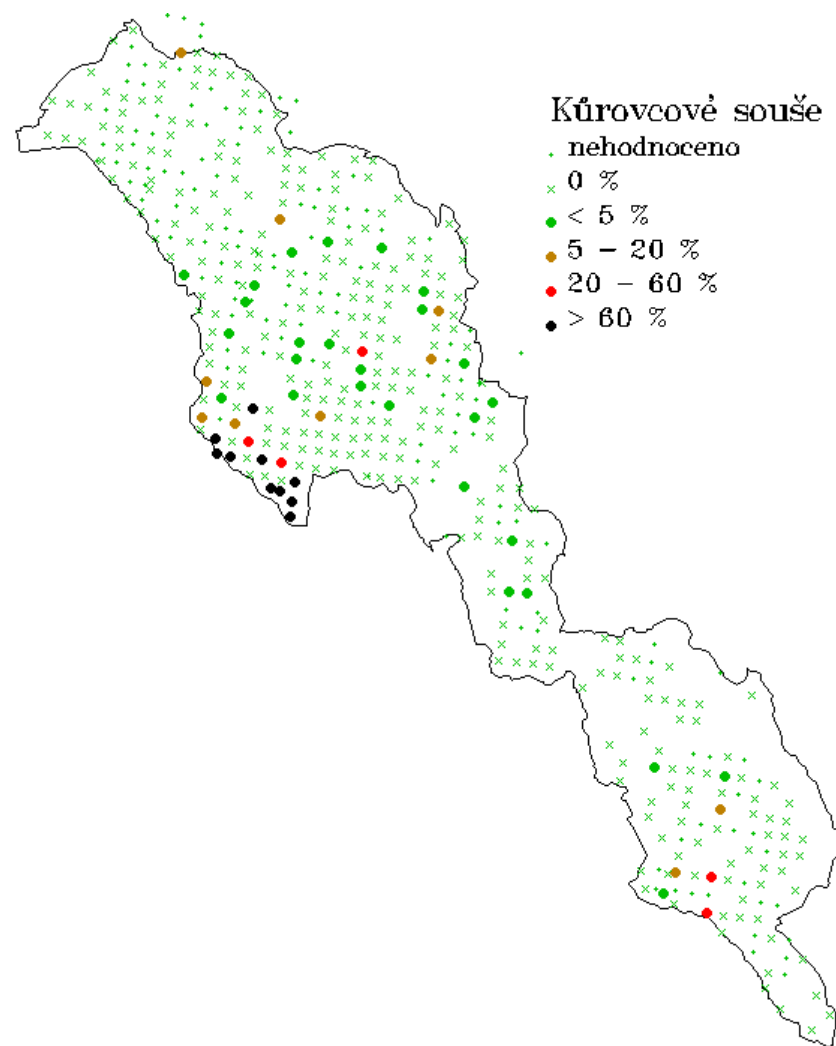
Obr. 13C. Výskyt kůrovcových souší v roce 1994.



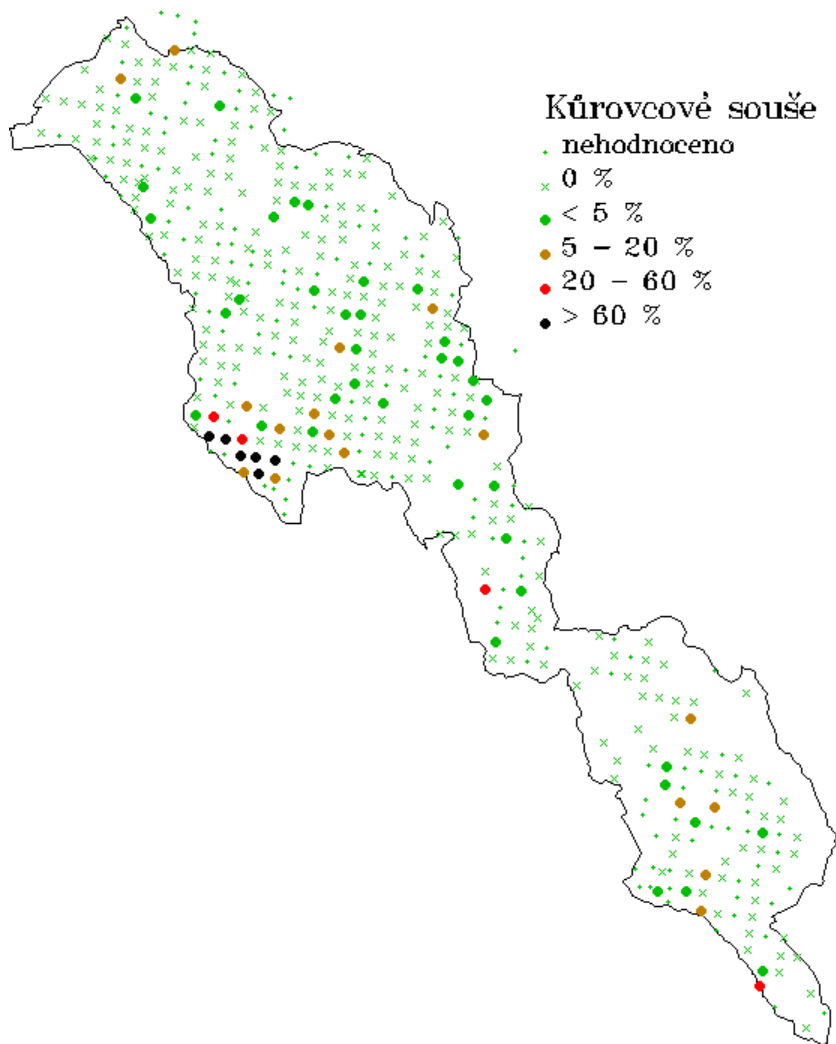
Obr. 13D. Výskyt kůrovcových souší v roce 1995.



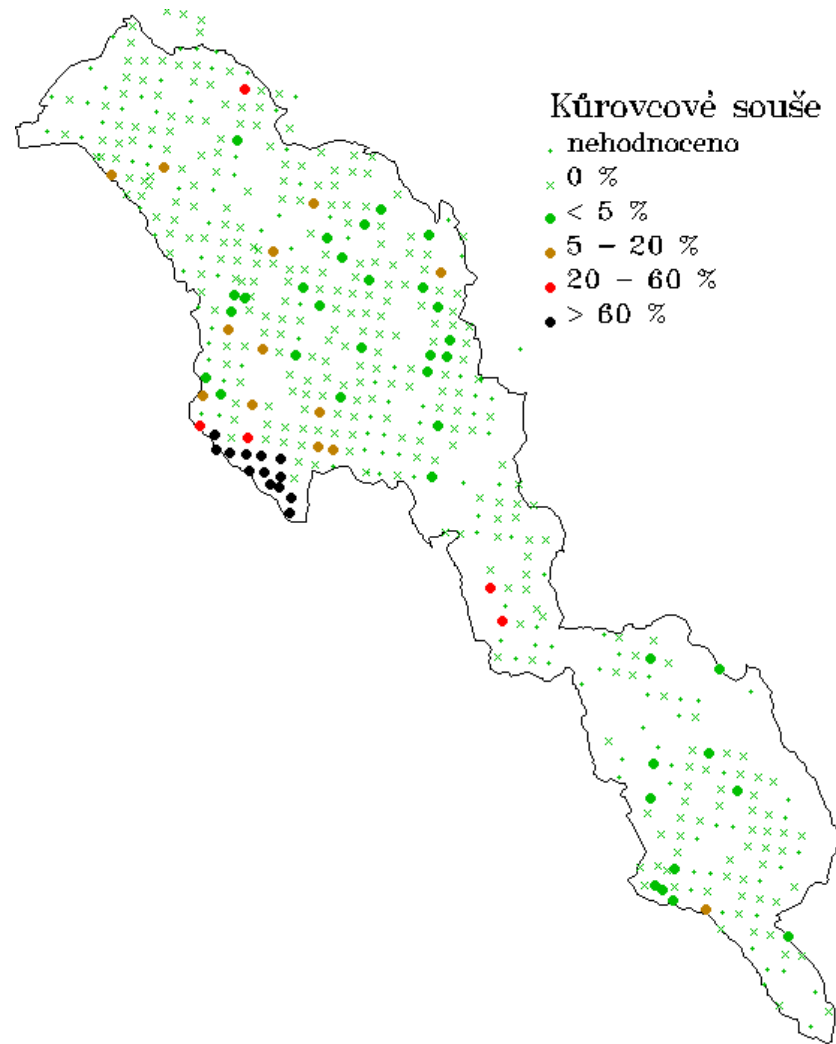
Obr. 13E. Výskyt kůrovcových souší v roce 1996.



Obr. 13F. Výskyt kůrovcových souší v roce 1997.



Obr. 13G. Výskyt kůrovcových souší v roce 1998.



Obr. 13H. Výskyt kůrovcových souší v roce 1999.

Ostatní sledované parametry

Dalšími parametry byly

- Podíl sekundárních výhonů: Sekundární výhony poměrně dobře charakterizují stadium poškození a případné regenerace stromu. Jejich vývoj je potřebné hodnotit na vybraných stromech v delší časové řadě. Vhodná interpretace může vzniknout pouze tehdy, je-li známa řada dalších parametrů porostu a stanoviště. Průměrný podíl sekundárních výhonů se u smrku pohyboval v roce 1999 mezi 0,2 a 93%. Ze získaných dat nelze zatím usuzovat o probíhajících trendech.
- Podíl stromů se suchým vrcholem: Suchý vrchol je znakem určitých druhů poškození. Tato poškození bývají většinou akutního charakteru a přes to, že bývají spojena se zvýšením defoliace (někdy značným), mnohdy může docházet k úspěšné regeneraci stromu. Suchý vrchol byl pozorován u jehličnanů i listnáčů. Podíl stromů takto poškozených se jen výjimečně (v průměru za sledované plochy) pohybuje nad 1 až 2 %.
- Podíl stromů se zlomenou korunou: Ze získaných dat je patrný nárůst počtu zlomů od roku 1995.
- Podíl stromů s podvrcholovou dírou: Výskyt podvrcholové díry je dalším doplňujícím parametrem, který může ukazovat na specifický druh poškození. V souboru hodnocených stromů se vyskytoval tento znak pouze zřídka.

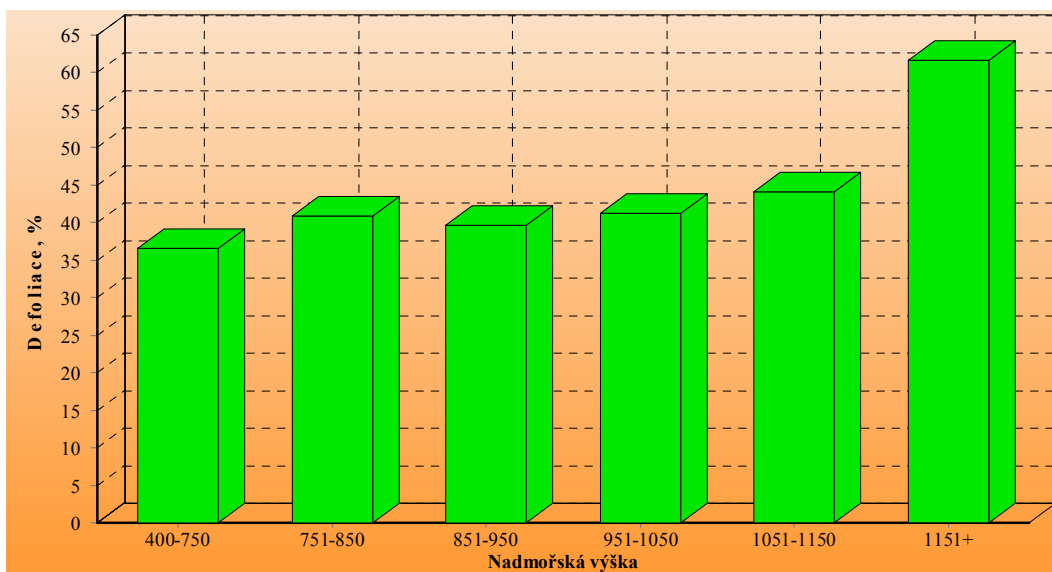
Vztah mezi sledovanými charakteristikami

Zvláštní pozornost byla věnována defoliaci a barevným změnám u smrku. Velmi významná je závislost těchto parametrů na nadmořské výšce (h) a stáří porostu (A), což bylo vyjádřeno regresními vztahy:

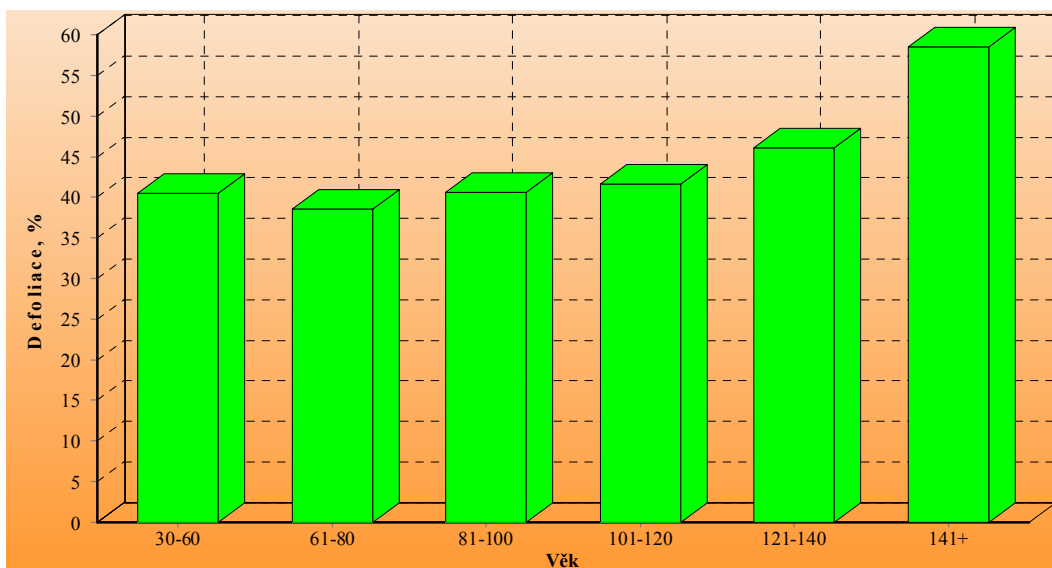
- Celková defoliace (D)
 - originální data $D = +1,0696 + 0,0275h + 0,1406A$ $r^2 = 0,2229$
 $D = +4,4407 + 0,0401h$ $r^2 = 0,1496$
 $D = +22,8139 + 0,1921A$ $r^2 = 0,1496$
 - data po co-kriging $D = -3,0402 + 0,0341h + 0,1233A$ $r^2 = 0,2317$
 $D = -0,1732 + 0,0449h$ $r^2 = 0,1762$
 $D = +24,3095 + 0,1840A$ $r^2 = 0,1463$
- Defoliace horní třetiny koruny ($D_{1/3}$)
 - originální data $D_{1/3} = -25,7330 + 0,0431h + 0,1848A$ $r^2 = 0,2946$
 $D_{1/3} = -21,5326 + 0,0599h$ $r^2 = 0,2139$
 $D_{1/3} = +8,4123 + 0,2665A$ $r^2 = 0,2027$
 - data po co-kriging $D_{1/3} = -18,8561 + 0,0395h + 0,1568A$ $r^2 = 0,2532$
 $D_{1/3} = -15,2101 + 0,0533h$ $r^2 = 0,1860$
 $D_{1/3} = +12,8267 + 0,2271A$ $r^2 = 0,1673$
- Intenzita barevných změn (B)
 - originální data $B = -0,0768 + 0,0228A$ $r^2 = 0,0276$
 - data po co-kriging $B = +0,1914 + 0,0196A$ $r^2 = 0,0452$

Vztah s nadmořskou výškou je pro intenzitu barevných změn neprůkazný.

Uvedených vztahů bylo použito k vyrovnání údajů zjištěných na jednotlivých plochách. Z na tomto základě vytvořených příslušných bodových map je patrná tvorba určitých zón s odlišným stupněm poškození.



Obr. 14. Defoliace celé koruny v závislosti na nadmořské výšce v roce 1999.



Obr. 15. Defoliace celé koruny v závislosti na věku v roce 1999.

Prostorové závislosti dat

Zjišťována byla závislost rozdílu průměrných hodnot defoliace, defoliace horní třetiny koruny a podílu barevných změn na dvou plochách (vyjádřeno v absolutní hodnotě) a vzdálenosti těchto ploch. Uvažovány byly všechny dvojice ploch do vzdálenosti 10 km. Vypočtený korelační koeficient odpovídá autokorelačnímu koeficientu pro danou proměnnou (v určitém roce). Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce (r je lineární korelační koeficient pro odhad změny Δ [v procentech] na základě vzdálenosti ploch d [v km] ve formě $\Delta = a +$

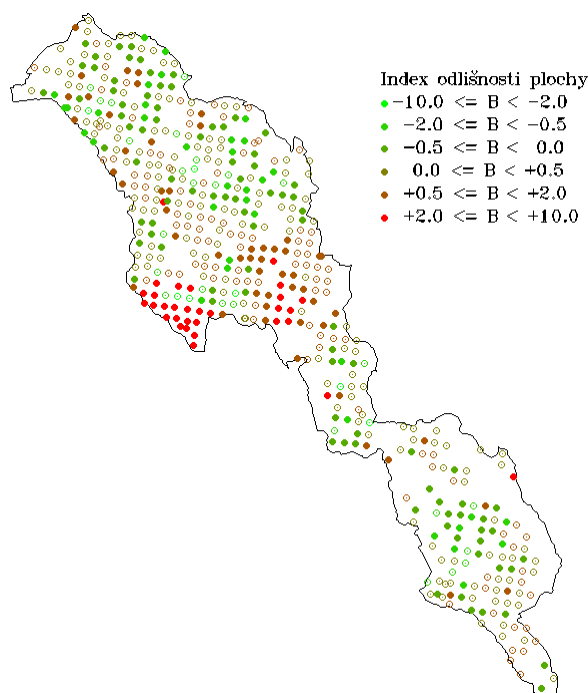
b*d). Koeficient a odpovídá průměrnému očekávanému rozdílu dané charakteristiky na dvou bezprostředně sousedících plochách, tj. ve dvou sousedních porostech jedné lokality).

Prvé dvě proměnné se chovají obdobně, jejich závislost na poloze je v tomto vyjádření jen slabá. Variabilita barevných změn se zdá, že není přímo prostorově závislá.

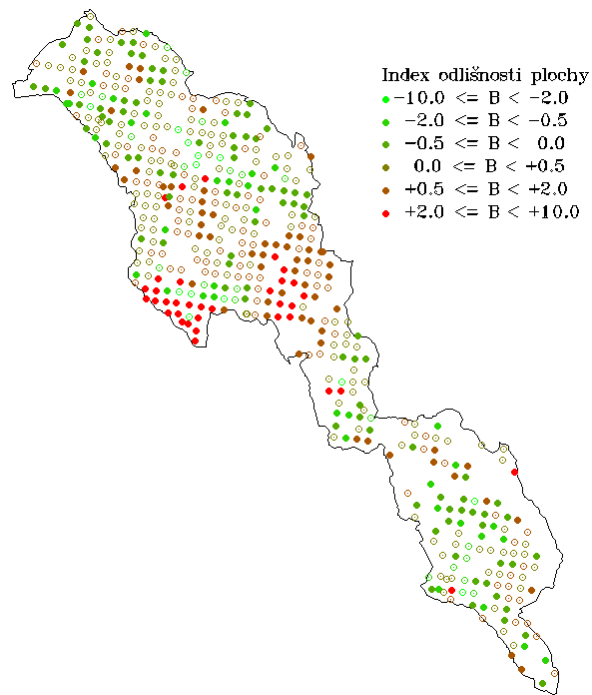
Obdobně jako byly počítány regresní koeficienty a a b pro všechny sledované plochy (takže charakterizují celou oblast Šumavy), lze obdobně sledovat velikost (v absolutní hodnotě) rozdílu mezi vybranou charakteristikou na jedné konkrétní ploše a na různě vzdálených plochách v jejím okolí. Tím lze identifikovat plochy v zónách, kde lze pozorovat výraznou sledované charakteristiky (plochy jsou charakterizovány vysokou kladnou hodnotou regresního koeficientu b) a plochy, které se výrazně liší od nejbližšího okolí (koeficient b dosahuje záporné hodnoty, v absolutním vyjádření vysoké; jinými slovy: daná plocha leží ve velmi variabilním území). Z tohoto hlediska lze sledovat vývoj určitých oblastí v území Šumavy, které se chovají odlišně (viz mapy území). Z těchto map je patrné, že určité problémy se mohou vyskytnout i v místech, kde současné poškození se nejeví jako akutní.

Tabulka 12. Závislost rozdílu charakteristik dvou ploch na jejich vzdálenosti. r je lineární korelační koeficient, a a b jsou parametry lineárního modelu (podrobnosti v textu).

| rok | Celková defoliace | | | Defoliace horní 1/3 | | | Barevné změny | | |
|------|-------------------|------|-----|---------------------|------|-----|---------------|-----|-----|
| | r | a | b | r | a | b | r | a | b |
| 1991 | 0,224 | 7,9 | 0,5 | | | | | | |
| 1992 | 0,171 | 7,7 | 0,3 | | | | | | |
| 1993 | 0,069 | 8,1 | 0,1 | 0,124 | 8,8 | 0,2 | 0,095 | 3,5 | 0,1 |
| 1994 | 0,079 | 8,2 | 0,1 | 0,097 | 9,4 | 0,2 | 0,094 | 3,2 | 0,1 |
| 1995 | 0,170 | 8,3 | 0,4 | 0,129 | 9,6 | 0,3 | 0,049 | 2,8 | 0 |
| 1996 | 0,129 | 9,3 | 0,4 | 0,114 | 10,0 | 0,4 | 0,103 | 3,5 | 0,1 |
| 1997 | 0,049 | 10,0 | 0,2 | 0,050 | 9,2 | 0,1 | 0,095 | 3,9 | 0,2 |
| 1998 | 0,082 | 8,3 | 0,3 | 0,087 | 9,2 | 0,3 | 0,023 | 2,8 | 0 |
| 1999 | 0,120 | 9,5 | 0,5 | 0,110 | 11,8 | 0,6 | 0,063 | 2,0 | 0 |



Obr. 16. Index odlišnosti plochy počítaný na základě dat celkové defoliace (data po co-krigingu).



Obr. 17. Index odlišnosti plochy počítaný na základě dat defoliace horní třetiny koruny (data po co-krigingu).

Vývoj stavu smrkových porostů

Analýza sestává ze dvou částí - 1. hodnocení průměrných charakteristik v jednotlivých letech a 2. hodnocení změny klasifikace stavu stromů mezi jednotlivými lety.

Vývoj průměrných charakteristik

Výrazné je soustavné zhoršování stavu porostů. Celková defoliace ročně vzrůstá průměrně o 1,7 až 3,1 % v závislosti na nadmořské výšce. Přitom relativně nejpomaleji se situace zhoršuje ve výškách cca 700 až 1100 m, což jsou polohy, které lze považovat za optimální pro růst smrku.

Vzrůst minimální celkové defoliace je ve středních polohách stejný nebo i nižší nežli u průměrné defoliace, mírně vyšší je však v extrémních polohách.

Maximální poškození bylo nalezeno mezi lety 1995 a 1997, přičemž v posledně jmenovaném roce došlo ke kulminaci defoliace.

Zatímco vzrůst defoliace se v posledních letech zastavil, počet odumírajících stromů neustále vzrůstá.

Tabulka 13. Průměrná celková defoliace (bez kategorie C5) v % (průměr ± směrodatná odchylka).

| nadmořská výška | ANOV A α | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | r | b | b 95-99 |
|-----------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-------------|------------|
| <700 | 0,22 | 18,6±5,5 | | 22,1±6,8 | 27,9±4,4 | 30,5±5,6 | 31,4±6,0 | | | | 0,67 | 2,81 | |
| 700-800 | <0,1 | 26,6±10,9 | 28,8±10,4 | 29,9±10,3 | 32,9±10,2 | 35,4±9,5 | 35,6±7,1 | | | 40,0±12,0 | 0,38 | 1,72 | |
| 800-900 | <0,1 | 22,7±10,4 | 23,7±9,4 | 27,0±9,1 | 29,4±8,9 | 34,2±9,5 | 34,5±7,9 | 36,9±8,1 | 34,1±7,4 | | 0,46 | 2,15 | 0,28 |
| 900-1000 | <0,1 | 23,7±9,9 | 25,2±9,1 | 29,7±7,4 | 32,4±7,3 | 37,3±6,6 | 35,9±7,7 | 41,3±9,5 | 37,6±7,0 | 39,9±7,1 | 0,56 | 2,19 | 0,71 |
| 1000-1100 | <0,1 | 25,4±9,9 | 28,2±8,7 | 29,7±7,9 | 32,3±7,9 | 36,5±7,8 | 38,1±8,0 | 44,2±9,6 | 36,2±6,7 | | 0,50 | 2,27 | 0,69 |
| 1100-1200 | <0,1 | 28,9±9,6 | 32,2±8,0 | 33,0±7,5 | 36,7±8,2 | 40,2±9,1 | 42,7±9,8 | 49,7±16,1 | | 44,9±14,9 | 0,49 | 2,48 | 1,38 |
| 1200-1300 | <0,1 | 31,2±9,0 | 34,8±8,1 | 37,0±6,6 | 39,2±6,8 | 40,0±7,2 | 47,4±15,4 | 55,9±19,6 | 49,0±22,6 | | 0,48 | 3,13 | 3,86 |

Poznámka: ANOVA - Hladina významnosti testovacího kritéria pro závislost průměrné hodnoty na roku sledování. Všechny hodnoty korelačního koeficientu r pro lineární korelaci mezi rokem sledování (1991 až 1999) a průměrnou hodnotou defoliace jsou průkazné na hladině $\alpha < 0,1\%$. Proměnná b je průměrný meziroční přírůstek defoliace pro období 1991 až 1999 respektive 1995 až 1999.

Tabulka 14. Minimální celková defoliace (bez kategorie C5) v %

| nadmořská výška | ANOV A α | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | r | b | b 95-99 |
|-----------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-------------|------------|
| <700 | 0,15 | 8,0±4,8 | | 11,8±6,9 | 19,0±2,2 | 20,4±7,0 | 21,9±7,4 | | | | 0,68 | 3,02 | |
| 700-800 | <0,1 | 15,4±9,4 | 17,7±8,1 | 19,7±9,1 | 22,3±8,6 | 24,0±9,5 | 23,7±6,9 | | | 27,4±9,5 | 0,38 | 1,51 | |
| 800-900 | <0,1 | 12,0±9,3 | 13,3±8,6 | 16,4±8,8 | 18,9±9,8 | 23,7±9,5 | 23,2±7,9 | 26,8±9,7 | 25,4±10,5 | | 0,47 | 2,28 | 0,90 |
| 900-1000 | <0,1 | 12,5±8,9 | 14,1±8,3 | 19,3±7,3 | 22,1±8,1 | 27,9±8,3 | 24,9±7,5 | 31,3±9,0 | 28,4±9,2 | 29,5±7,7 | 0,57 | 2,34 | 0,70 |
| 1000-1100 | <0,1 | 14,1±9,2 | 17,2±9,5 | 18,6±7,7 | 22,1±7,9 | 26,8±8,7 | 26,1±8,0 | 32,3±8,1 | 25,5±8,9 | | 0,49 | 2,24 | 0,32 |
| 1100-1200 | <0,1 | 15,9±8,7 | 19,2±8,2 | 21,7±7,5 | 25,3±8,1 | 28,9±9,5 | 29,8±10,0 | 36,9±18,1 | | 32,0±17,3 | 0,46 | 2,46 | 1,02 |
| 1200-1300 | <0,1 | 19,1±9,6 | 21,9±8,8 | 26,2±8,1 | 28,1±6,1 | 28,2±6,5 | 34,7±18,3 | 43,6±23,7 | 40,3±26,6 | | 0,45 | 3,34 | 4,76 |

Poznámka: ANOVA - Hladina významnosti testovacího kritéria pro závislost průměrné hodnoty na roku sledování. Všechny hodnoty korelačního koeficientu r pro lineární korelaci mezi rokem sledování (1991 až 1999) a průměrnou hodnotou defoliace jsou průkazné na hladině $\alpha < 0,1\%$. Proměnná b je průměrný meziroční přírůstek defoliace pro období 1991 až 1999 respektive 1995 až 1999.

Tabulka 15. Podíl stromů kategorie C5 (mrtvé a odumírající) v %

| nadmořská výška | ANOV A α | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | r | b | b 95-99 |
|-----------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------|------------|
| <700 | - | | | | | | | | | | | | |
| 700-800 | ns | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 2,1 | 2,4 | | | 2,9 | 0,23 | 0,38 | |
| 800-900 | <0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 2,6 | | 0,23 | 0,30 | 0,39 |
| 900-1000 | <0,1 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,1 | 2,1 | 3,5 | 0,24 | 0,33 | 0,53 |
| 1000-1100 | 2,1 | 0,3 | 0,8 | 1,8 | 2,1 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 3,0 | | 0,13 | 0,30 | 0,21 |
| 1100-1200 | <0,1 | 0,3 | 1,1 | 1,6 | 2,2 | 4,0 | 6,2 | 12,2 | | 11,9 | 0,26 | 1,63 | 2,14 |
| 1200-1300 | <0,1 | 0,1 | 0,5 | 1,3 | 2,6 | 2,7 | 9,8 | 17,7 | 20,7 | | 0,34 | 2,93 | 6,30 |

Poznámka: ANOVA - Hladina významnosti testovacího kritéria pro závislost průměrné hodnoty na roku sledování. Všechny hodnoty korelačního koeficientu r pro lineární korelaci mezi rokem sledování (1991 až 1999) a průměrným zastoupením mrtvých a odumírajících stromů jsou průkazné na hladině $\alpha < 1\%$. Proměnná b je průměrný meziroční přírůstek počtu těchto stromů pro období 1991 až 1999 respektive 1995 až 1999.

Modely přechodových matic

Podrobný rozbor změny klasifikace jednotlivých stromů umožnil kvantifikaci modelu přechodových matic pro defoliaci. Použitý model (viz grafy v příloze) ukazuje následující fakta:

- V nejnižších nadmořských výškách nebyl zaznamenán rok, který by se projevoval zlepšováním defoliace.

- Ve výšce 700 až 900 m se jako nejhorší projevoval přechod mezi lety 1994/5. Ve vyšších nadmořských výškách je nejvýraznější zhoršování v letech 1995/6 nebo 1996/7.
- Od výšky 800 m bylo pozorováno snižování defoliace po roce 1997 a to někde i výrazně.
- Intenzita odumírání stromů se výrazně zvyšuje s nadmořskou výškou. V uvažovaném modelovém případě odumřelo v nadmořské výšce nad 1200m během 15 let více jak 50% stromů dle scénáře odvozeného ze skutečnosti vyskytnuvší se ve třech letech (1995/6, 1996/7 a 1997/8. Obdobná situace nastala ve výškách 1100 až 1200 m (rok 1996/7).
- Počet odumřelých stromů byl nejvýznamnější ne přelomu let 1996/7 ve všech nadmořských výškách nad 900 m.
- V nižších nadmořských výškách byly z hlediska odumírání stromů kritické roky 1993/4 a 1994/5, což může mít souvislost s vývojem počasí v tom období.

Vývoj stavu bukových porostů

Deset a více stromů buku bylo přítomno na 43 plochách, které bylo možno vyhodnotit obdobným způsobem, jako v případě smrkových porostů. V jednotlivých letech 1991 až 1998 bylo hodnoceno 27 až 40 z celkového počtu těchto ploch, v roce 1999 nebyla hodnocena žádná plocha.

Průměrná defoliace buku na těchto plochách se pohybovala v jednotlivých letech mezi 22 a 28 % (na jednotlivých plochách v rozmezí 5 až 54 %), průměrná minimální defoliace mezi 11 a 19 % (na jednotlivých plochách mezi 0 a 40 %). Všechny tyto ukazatele značí příznivý zdravotní stav buku na sledovaných plochách. Stav se v průběhu let mění jen málo a nevykazuje žádný trend (zlepšování ani zhoršování). Podíl mrtvých a odumírajících stromů byl průměrně do 1,7% (na jednotlivých plochách 0 až 23 %).

S ohledem na vývoj smrkových porostů byl učiněn pokus o odlišení období do roku 1995 a po něm. Obdobně jako u smrku byly vypočteny průměrné přechodové matice, v tomto případě pro období 1991 až 1995 a 1995 až 1998, respektive pro celé sledované období. Model byl postaven opět na hypotetickém porostu se 100 stromy v každé ze tříd defoliace C0 až C4 na počátku modelovaného období. Model byl vypočítán pro dobu 15 let. Ukázalo se, že průměrná defoliace se ve všech modelovaných případech prakticky neliší (viz grafy v příloze). Rozdíl byl zaznamenán v případě počtu odumřelých stromů - významně horší bylo období 1991-5.

Tabulka 16. Základní charakteristiky poškození buku - průměrná celková defoliace (bez kategorie C5), průměrná minimální defoliace (průměr ± směrodatná odchylka) a podíl odumřelých a odumírajících stromů (kategorie C5). Všechny údaje v %.

| nadmořská výška | ANOV A α | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 |
|---------------------|----------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| celková defoliace | 0,94 | 28,0±11,4 | 27,1±8,0 | 23,9±9,3 | 21,7±5,0 | 27,9±9,9 | 28,3±7,8 | 28,3±6,9 | 25,9±8,7 |
| minimální defoliace | 0,10 | 18,1±10,6 | 16,3±7,9 | 13,3±8,0 | 11,1±4,6 | 17,7±10,9 | 19,2±8,4 | 18,3±6,1 | 16,4±10,3 |
| kategorie C5 | ns | 0,5 | 1,0 | 1,4 | 1,4 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,1 |

Poznámka: ns - statisticky neprůkazný výsledek testu.

Závěr

V roce 1999 bylo provedeno šetření na monitoračních plochách obdobným způsobem jako v letech předchozích. Zjištěné skutečnosti nevybočují z dosud uváděných trendů. Z dat zjišťovaných v průběhu devadesátých let je možné rozlišit dvě období, kdy se lesní porosty chovaly rozdílně. První období končí lety 1995 až 1996, kdy trendy zhoršování kulminovaly. V podstatě docházelo ke stálému urychlování poškození. Od let 1996 až 1997 je možno pozorovat některé pozitivní změny, které však bývají překrývány takovými projevy, jako je intenzivní odumírání stromů již dříve výrazně poškozených nebo nově napadených kůrovcem.

Jako vhodný nástroj pro odhalování skrytých trendů ve vývoji poškození porostů se projevil model používající přechodových matic, které jsou určeny pravděpodobnostmi přechodu stromového individua mezi dvěma třídami poškození (defoliace).

Přestože byla pozornost věnována i poškození kůrovcem, nelze výsledky interpretovat jako analýzu kůrovcové kalamity. To může být provedeno pouze na základě plošné analýzy nebo inventarizace. Šíření ploch s výskytem kůrovcových souší ukazuje, že současná gradace tohoto škůdce byla předpověditelná již začátkem devadesátých let. Zdá se, že celá kalamita byla způsobena souběhem řady faktorů - zvláště pak zhoršováním celkového stavu lesa v první polovině devadesátých let, což bylo umocněno vývojem klimatických faktorů, kdy roky 1994 až 1995 byly relativně velmi teplé a suché (alespoň v části vegetační sezóny).

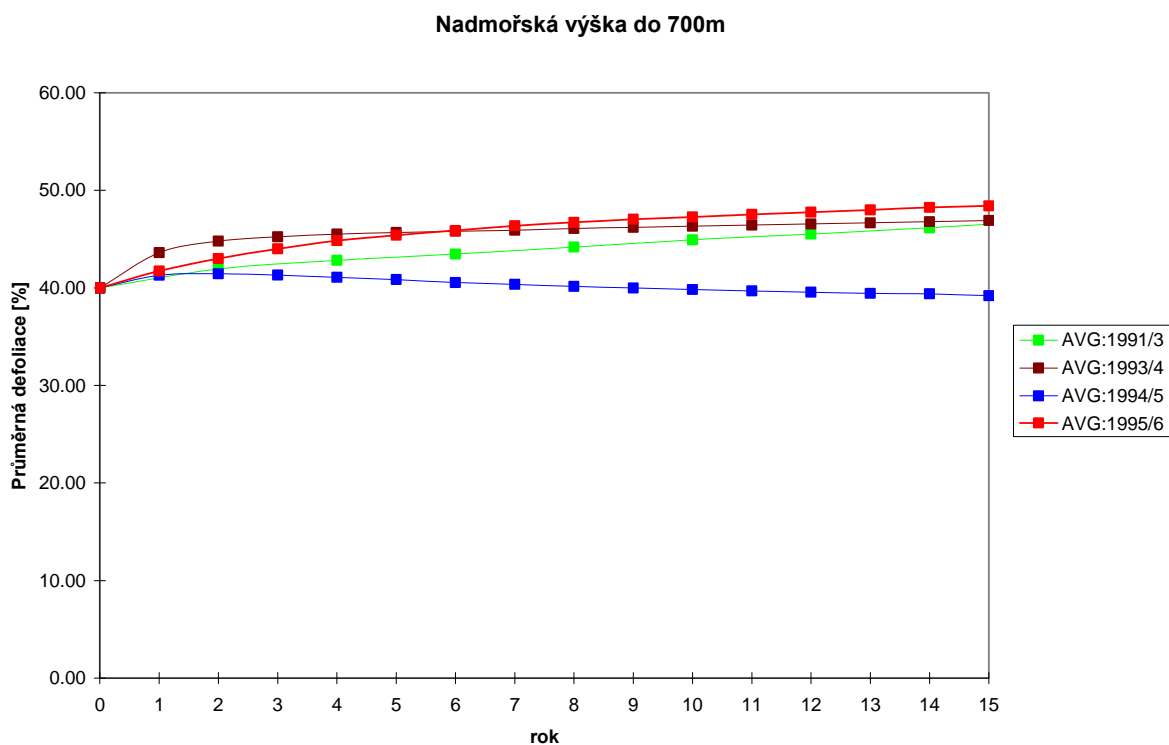
Další otázkou může být zasazení diskutovaných otázek do kontextu jiných zjištění. Bylo ukázáno, že k zásadním změnám v poškození lesních porostů na území celé České republiky došlo v rozmezí let 1990 a 1992 (Matějka, 1994), tedy na začátku projektu regionálního monitoringu na Šumavě. Tato změna nemohla být doložena. Na základě podrobného sledování stavu lesů v Krkonoších (Vacek, Matějka, 1999) byly rozlišeny tři etapy vývoje: do roku 1980, 1981 až 1989 a poslední od roku 1990. Zdá se tedy, že zaznamenaný vývoj v posledním desetiletí na Šumavě (hlavně se změnou dynamiky poškození mezi lety 1995 a 1997) je nutno pravděpodobně hodnotit jako (alespoň částečně) regionální fenomén. Ten však mohl být značně ovlivněn vývojem klimatických poměrů (nutno uvážit velmi teplou a suchou část vegetační sezóny 1994 a 1995, naopak chladnější a vlhčí dva roky následující).

Literatura

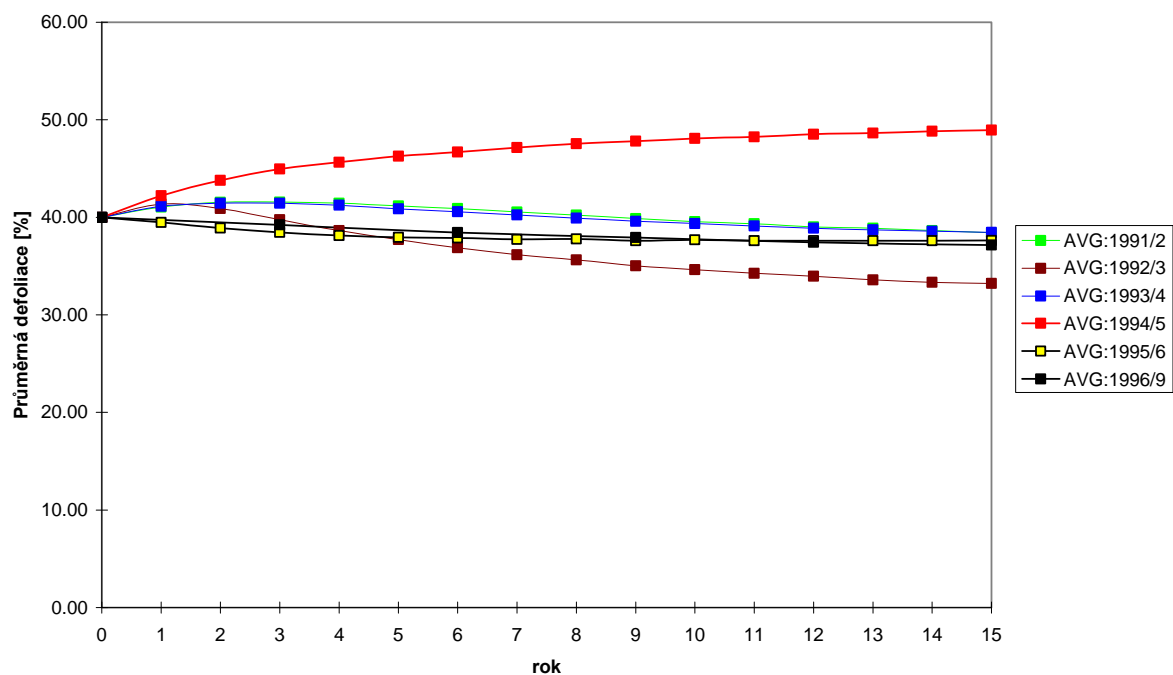
- Cressie, N.A.C. (1991): Statistics for spatial data. - New York etc. John Wiley & Sons, 900 p.
- Černý, M. (1991): Concept of forest health monitoring in the Czech republic. In: Industrial Pollution Damage to Forest Ecosystems in the Czech and Slovak Federal Republic. - Praha, pp. 3-7
- Černý, M., Holá, Š., Moravčík, P., Emmer, M.I. (1998): Forest damage and related environmental factors in the Krkonoše Mts. - Ms. [Závěrečná zpráva projektu; Ústav pro výzkum lesních ekosystémů s.r.o.] 23 p.
- Černý, M., Holá, Š., Moravčík, P., Fajfr, Z. (1999): Pokročilé analytické metody ve službách KRNAP. - GeoInfo, 2: 7-10.
- Holá, Š., Michalec, M. (1998): Monitoring a modelování reakce lesa na znečištění ovzduší. Monitoring 1. úrovně. - Ms. [Závěrečná zpráva pro MŽP; Ústav pro výzkum lesních ekosystémů s.r.o.] 43 p.
- Lorenz, M. (1995): International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests - ICP forests. - Water Air Soil Pollut., 85: 1221-1226.
- Matějka, K. (1993): Monitoring stavu lesů České republiky. Metodický komentář, seznam ploch a některé dosavadní výsledky. - Praha: VÚLHM Jíloviště-Strnady, 68p.
- Matějka, K. (1994): Monitoring of the forest status in the Czech Republic. Recent results and prospects. In Matějka, K., Investigation of the forest ecosystems and of forest damage. Lowland and submountain forests and monitoring of the forest status. - Praha: pp. 146-154.
- Matějka, K. (1995): Forest conditions under the air-pollution impact in Europe (some results of the International Co-operative Programme). - Colloques Phytosociologiques, 23: 473-485.
- Matějka, K. (1996): Monitoring jako metoda sběru dat v ekologii. In Chrudina, Z., Ekologické monitorování. Sborník referátů ze semináře spojeného s rozšířeným pracovním zasedáním ad hoc podskupiny expertů NLK "Ekologické monitorování", 21-22. říjen 1996, Kostelec nad Černými lesy. - Brno: AOPK ČR. pp. 5-8.
- Matějka, K., Vacek, S., Schwarz, O. (1998): Modelování vývoje zdravotního stavu smrkových porostů Krkonoš s použitím satelitních snímků. - Lesnictví, 44: 333-343.
- Oszlanyi, J. (1997): Forest health and environmental pollution in Slovakia. - Environ. Pollut., 98: 389-392.
- Szepesi, A. (1997): Forest health status in Hungary. - Environ. Pollut., 98: 393-398.
- United Nations Economic Commission for Europe (1994): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 3rd Edition. - Hamburg et Praha: Programme Coordinating Centres West & East of ICP-Forests; pp. 1-177.
- United Nations Economic Commission for Europe (1999): Forest Condition in Europe. Technical Report. - Geneva et Brussels.
- Vacek, S., Matějka, K. (1999): The state of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. in years 1976-1997. - J.Forest Sci., 45: 291-315.

Přílohy

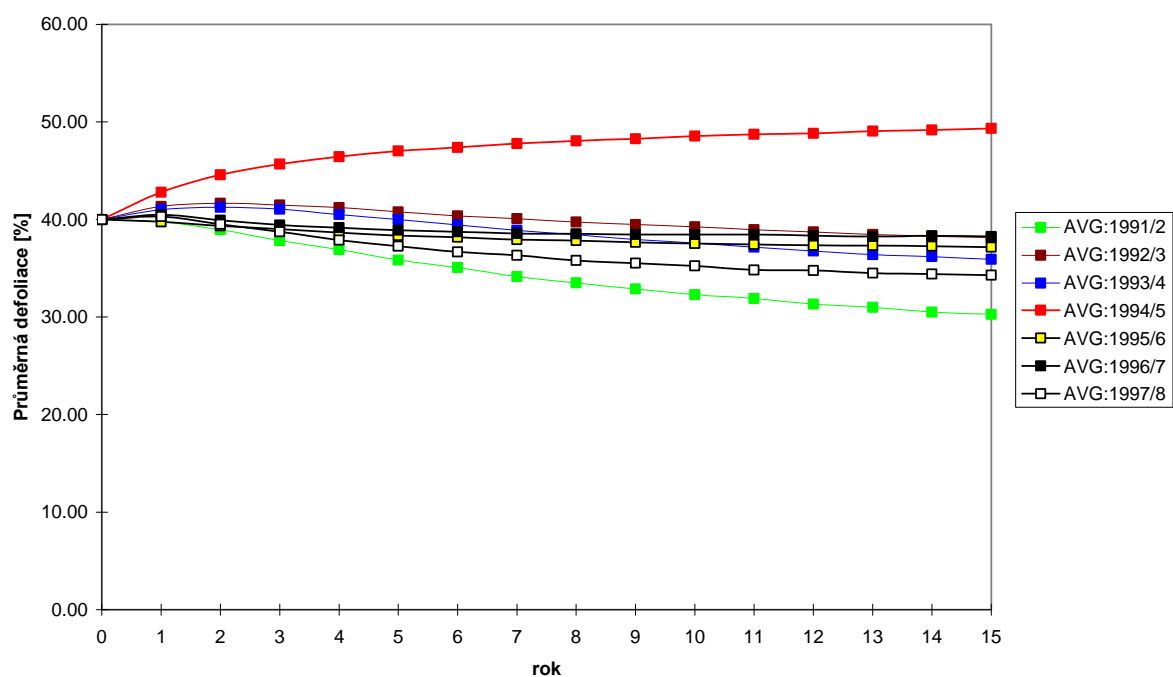
1. **Metodické postupy pozemního monitoringu zdravotního stavu lesních porostů** (základní program - úroveň 1). (příloha mimo tento dokument)
2. **Soubor grafů průměrné celkové defoliace a počtu odumřelých stromů smrku** - výstupů z použitého modelu vývoje hypotetického porostu složeného ze 100 stromů každé třídy defoliace C0 až C4. Model používá přechodových matic určených jako průměrná přechodová matice ze všech hodnocených ploch určité zóny dle nadmořské výšky ve dvou srovnávaných (následných) letech (podrobnosti viz text).



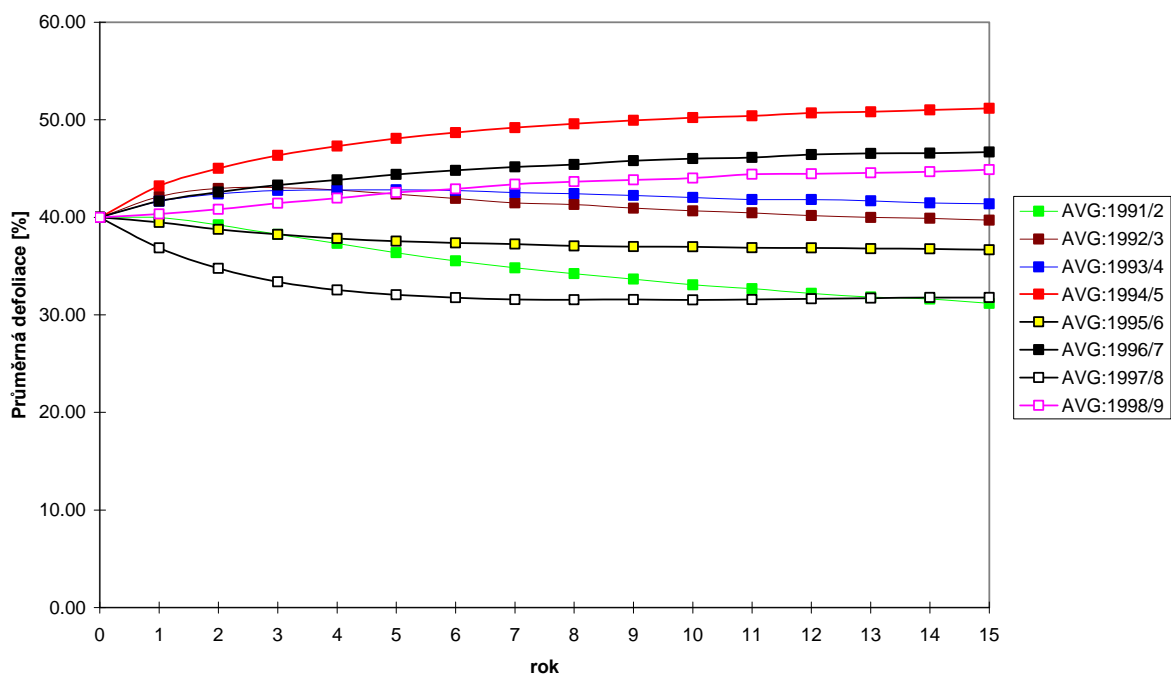
Nadmořská výška 700 - 800m



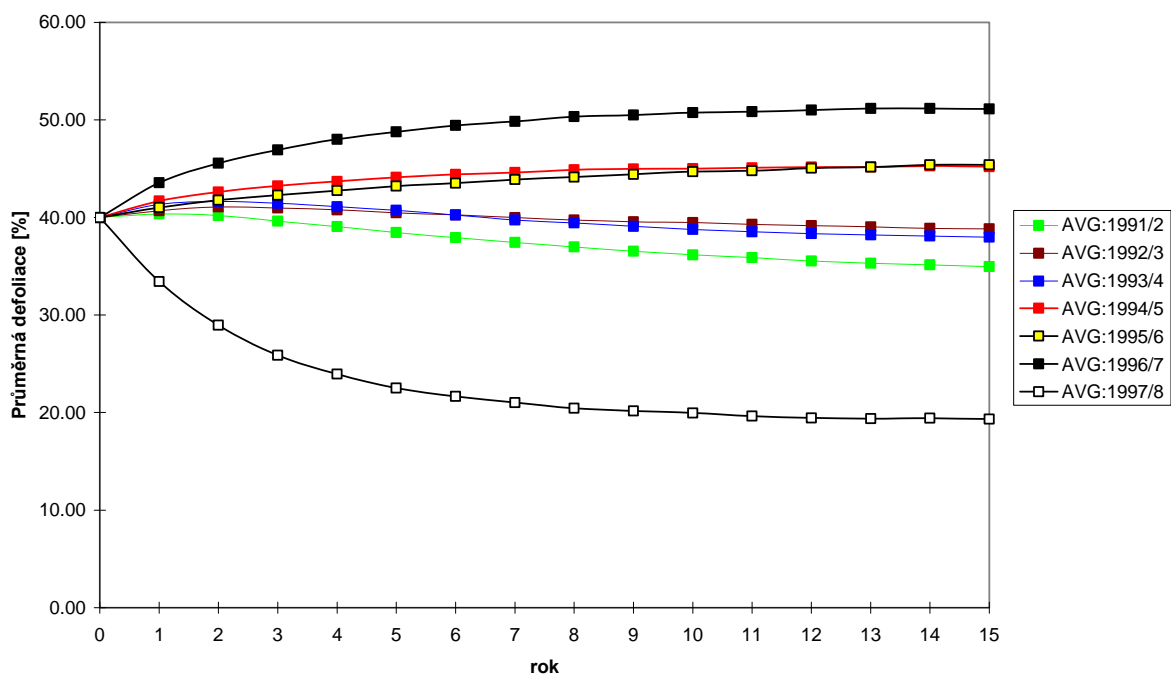
Nadmořská výška 800 - 900m



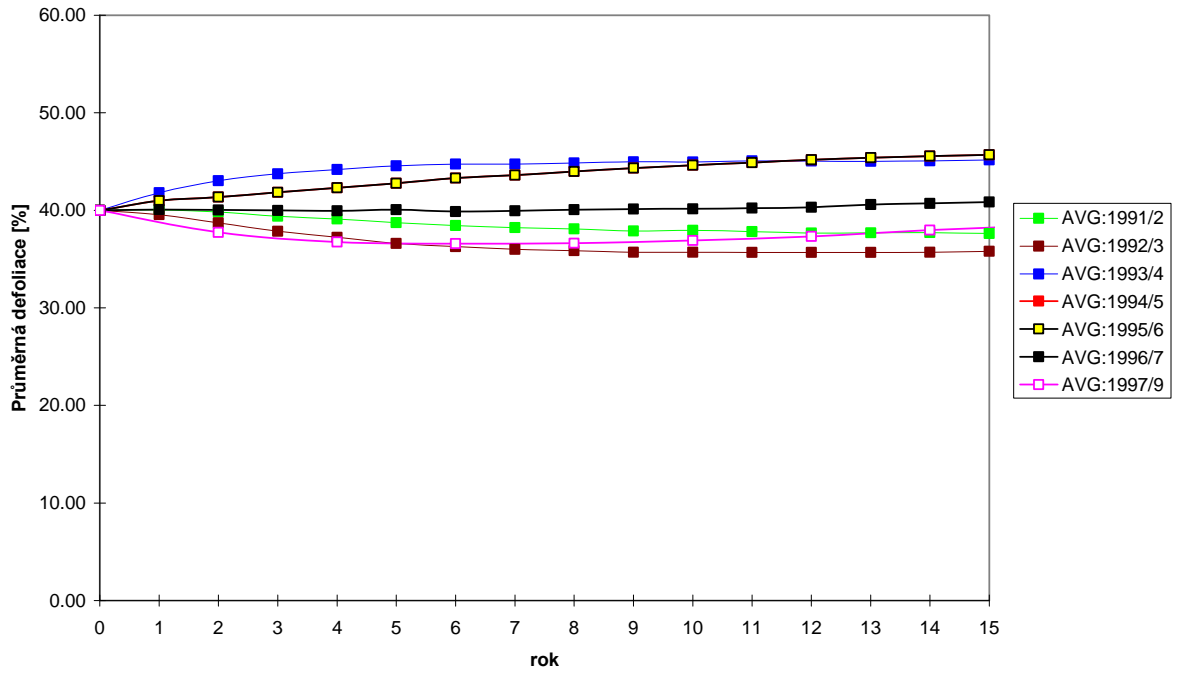
Nadmořská výška 900 - 1000m



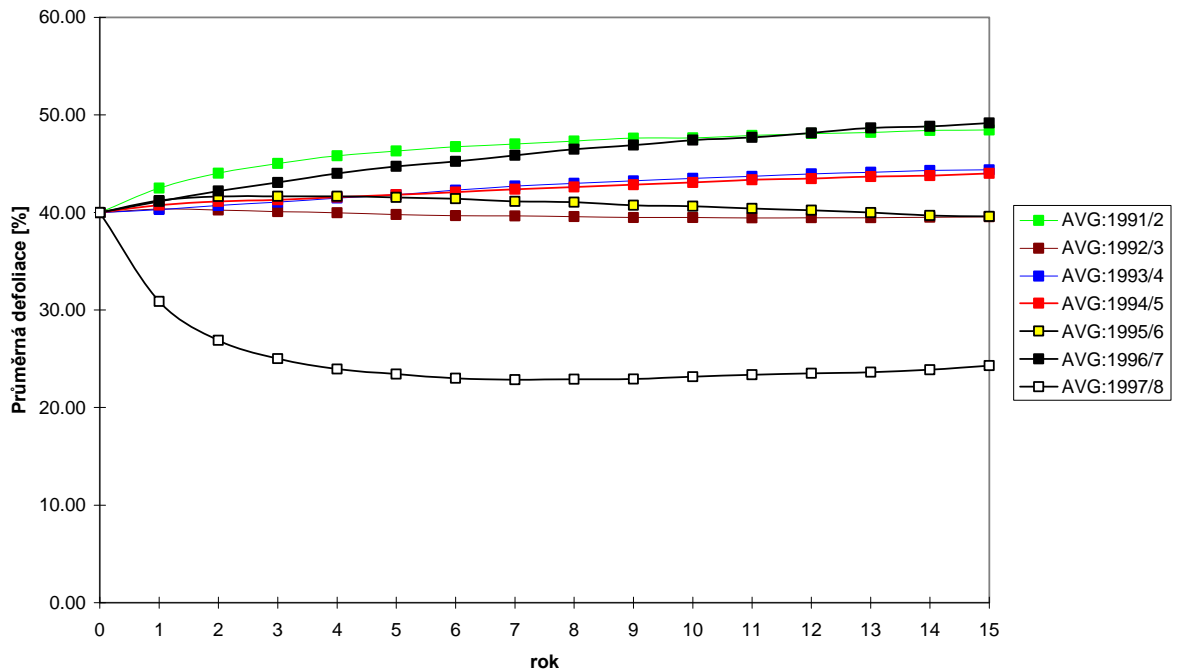
Nadmořská výška 1000 - 1100m



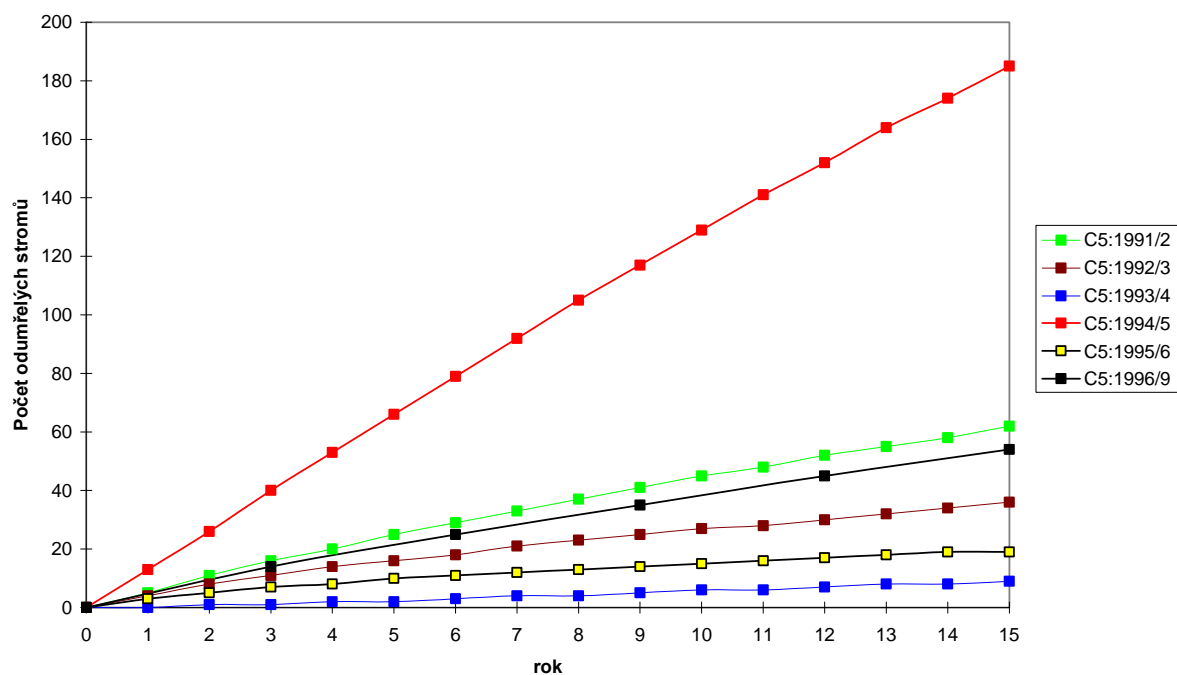
Nadmořská výška 1100 - 1200m



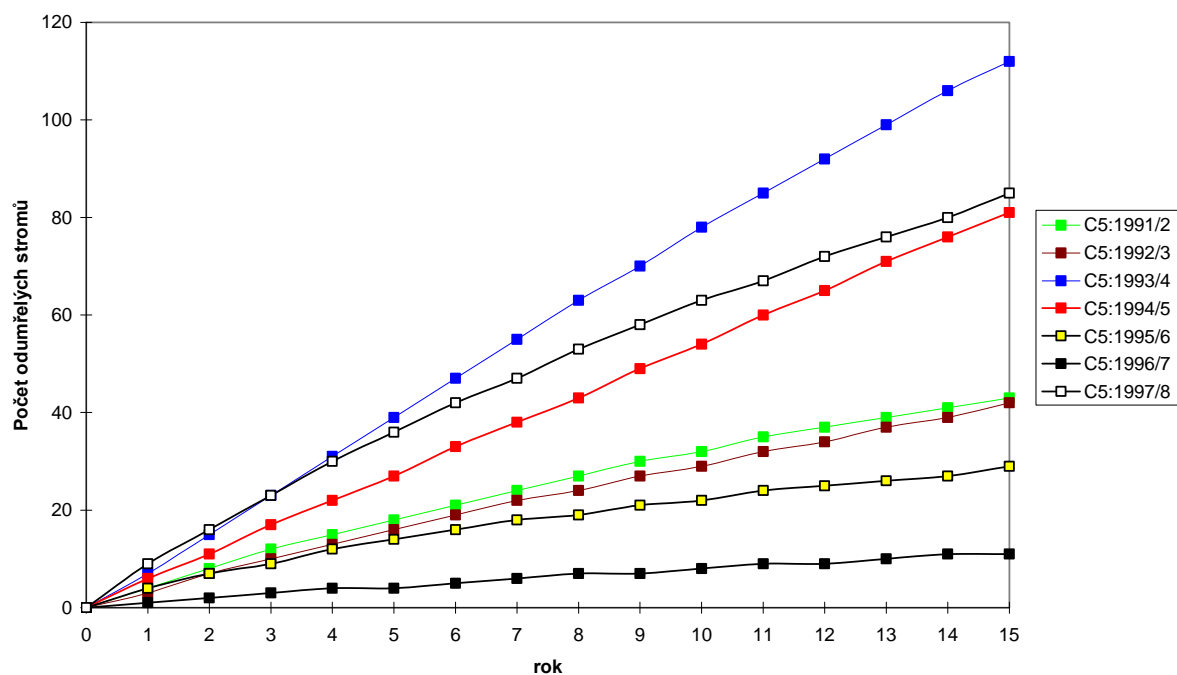
Nadmořská výška 1200 - 1300m



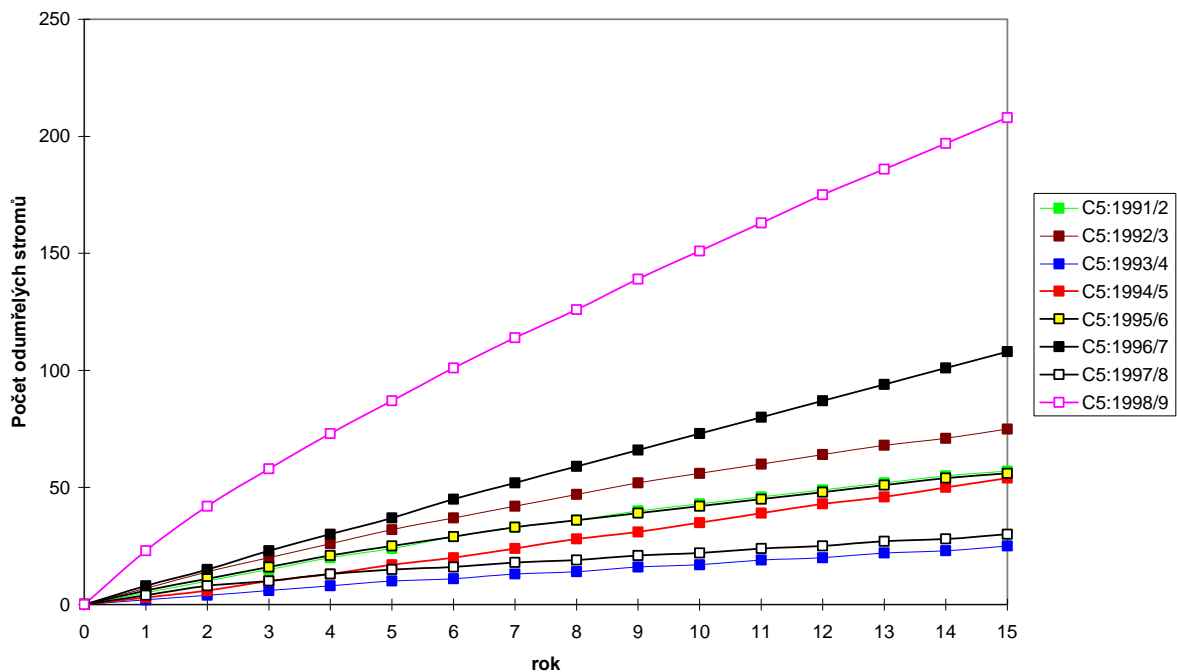
Nadmořská výška 700 - 800m



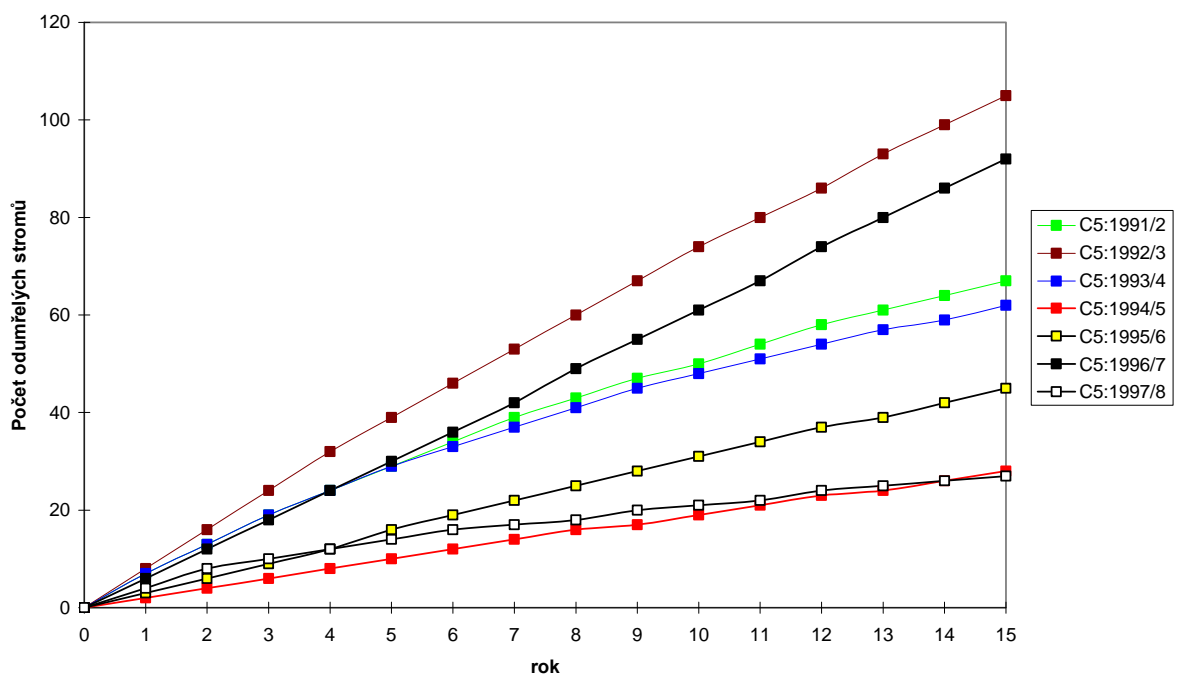
Nadmořská výška 800 - 900m



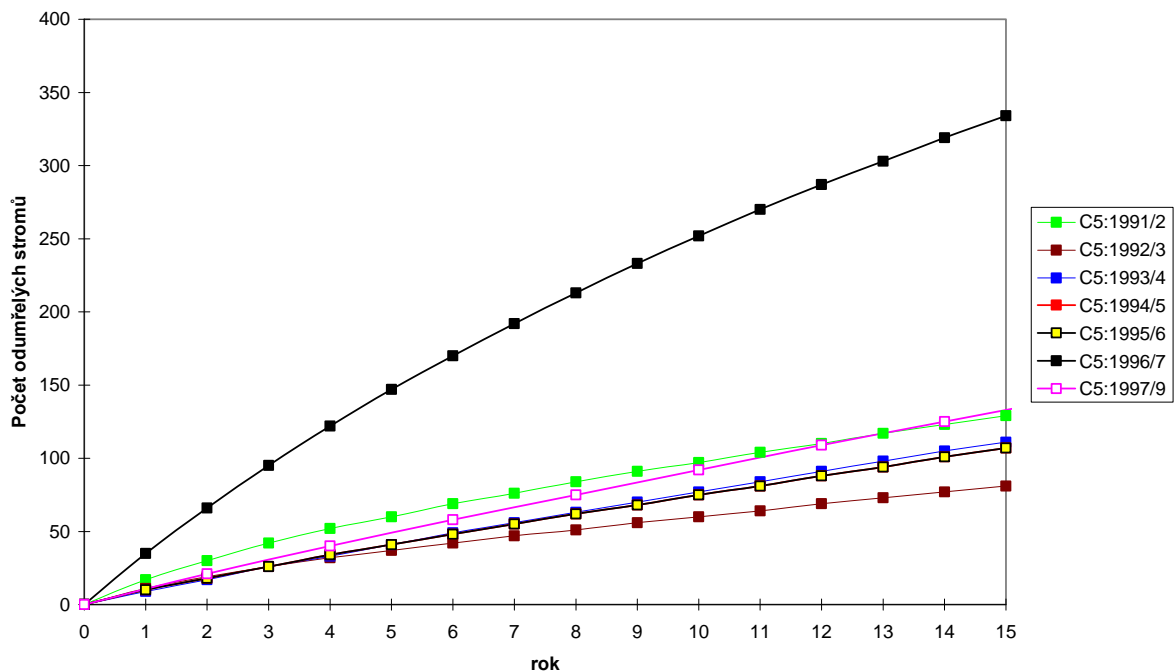
Nadmořská výška 900 - 1000m



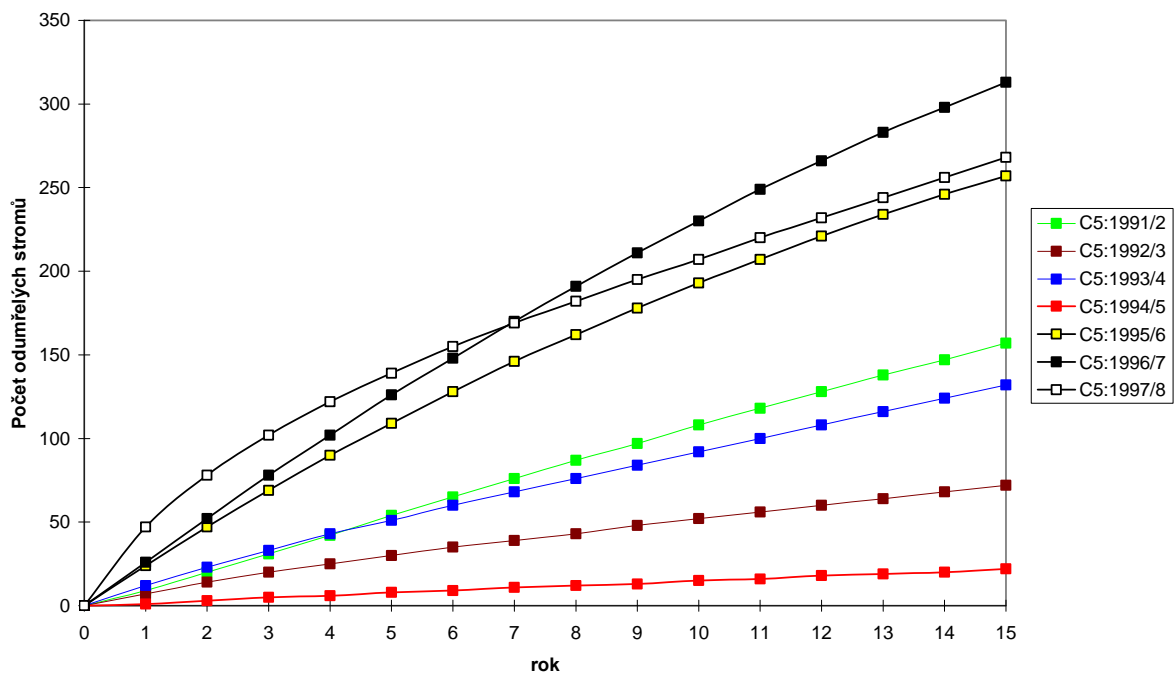
Nadmořská výška 1000 - 1100m



Nadmořská výška 1100 - 1200m

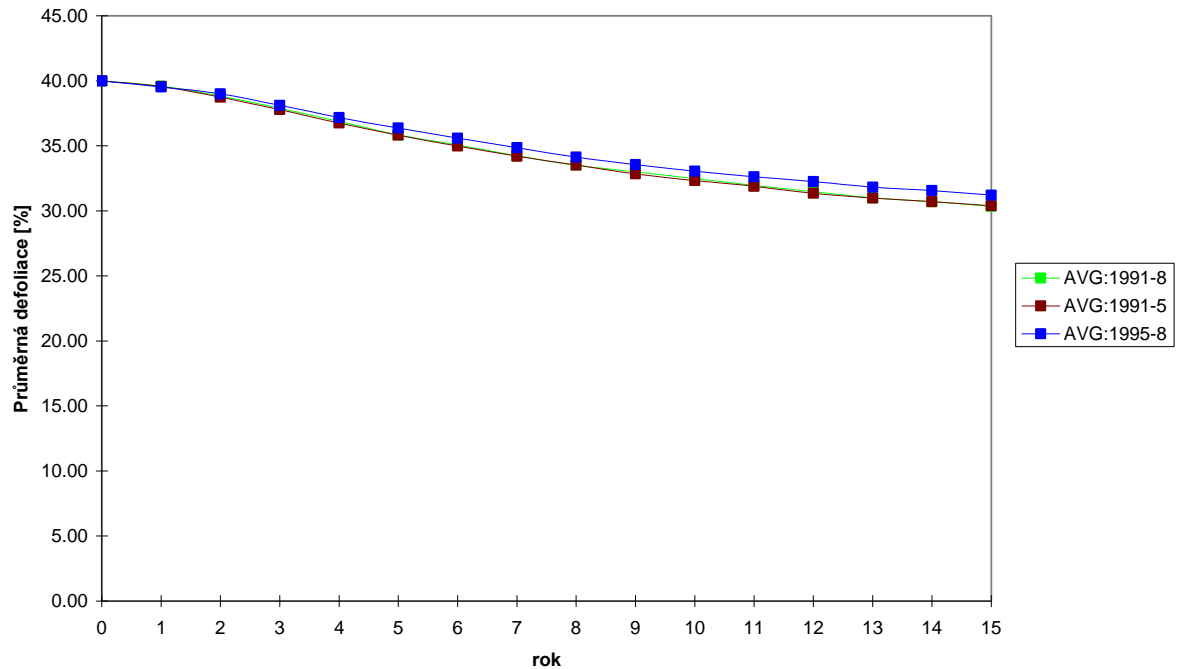


Nadmořská výška 1200 - 1300m



3. **Grafy průměrné celkové defoliace a počtu odumřelých stromů buku** - výstupů z použitého modelu vývoje hypotetického porostu složeného ze 100 stromů každé třídy defoliace C0 až C4. Model používá přechodových matic určených jako průměrná přechodová matice ze všech hodnocených ploch s 10 a více jedinci buku za období sledování 1991-1998, 1991-1995, respektive 1995-1998.

Porosty s bukem



Porosty s bukem

