

## Spontaneous infiltration of broadleaved species into a spruce monoculture left without tending

P. JELÍNEK, P. KANTOR

*Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Brno, Czech Republic*

**ABSTRACT:** An experimental stand was established as a monoculture by planting Norway spruce on a clear-felled area in 1925. In 1958, a research thinning experiment was established there. Control plots and the study of their development without anthropic interventions are of interest in particular. The spruce monoculture nearly disintegrated and the stand-forming role was taken over by species which occurred there originally as admixed ones. The stand became sparser and it was associated with the spontaneous regeneration of broadleaves. Out of the eight control plots three plots were selected differing significantly in stocking and extent of natural regeneration. The development of regeneration was studied in detail on these plots. The undergrowth consisted of 24 woody species in a total number of 6,000 individuals per hectare and about two thirds of them belonged to trees. The results of the study show a possibility to convert a spruce monoculture to a broadleaved commercial forest using the spontaneous regeneration of trees.

**Keywords:** Norway spruce; monoculture; natural regeneration; biodiversity; commercial forest; broadleaves

About 1960, professor Vyskot established ten series of experimental thinning plots in spruce and pine pole-stage stands in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> forest vegetation zones, Training Forest Enterprise (TFE) Křtiny, for a long-term monitoring of the development and production of stands. Thinning from below and thinning from above were compared with control plots without tending. KANTOR (1997) published information on this research.

Developmental series of control plots which were left without thinning operations since the start of research are increasingly considered to be a valuable material because they can provide supported answers to a number of present as well as future questions of forest ecology. They appear to be extraordinarily valuable study areas for the purpose of our project assessing the results of transformation of spruce stands. They show the natural potential of an artificial forest monoculture towards its return to a

forest with the species composition corresponding to the natural site. The study has been prepared with respect to this aspect.

### METHODS

Stand 469 C7, Vranov Forest District, TFE Křtiny serves as a study plot. It is situated on a 5° slope of northern aspect. According to the predominating forest type 2S2, it belongs to management complex 231. The stand originated as a spruce monoculture planted on a clear-felled area in 1925. Basic mensurational data from the time of the experiment establishment in 1958 are shown in Table 1. At that time, the forest was a 33-year-old spruce pole-stage stand, a single tree mixture markedly differentiated in diameter and height with the admixture of pine and interspersed larch and broadleaves (oak, hornbeam, aspen, birch), all originating from natural

---

Supported by the Grant Agency of the Czech Republic, Projects No. 526/00/P059 and No. 526/03/1485, the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Project No. QD1130/2001/01, and the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, Project No. 6215648902.

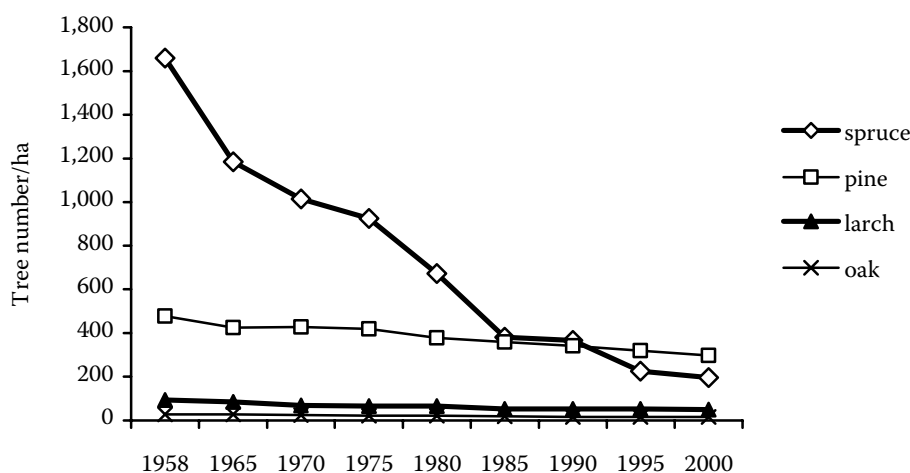


Fig. 1. Dieback of spruce in stand 469C7 in 1958–2000

regeneration. JELÍNEK and KANTOR (2001) described the productivity and stability of the stand.

The area of each of the control plots without tending is 20 × 20 m. At the establishment of the experiment, all trees were numbered and measured in regular intervals (dbh, height, crown height and crown cover).

Out of the eight control plots three plots were selected significantly differing in their stocking and extent of natural regeneration. On these plots, all tree seedlings were surveyed, their height, root collar diameter and crown width were measured and the position of the seedlings was determined. Average height of seedlings was calculated according to particular plots and  $h_{10}$  as the average height of the ten tallest seedlings and numbers of seedlings were converted per ha. General botanical survey of the herb layer was carried out as well (Table 2).

## RESULTS AND DISCUSSION

The development from the stage of an artificially established monoculture to the growth stage of a small pole stand at 33 years of age showed decreased valence of spruce on the given site of the beech/oak forest vegetation zone as compared to other species. Its proportion decreased by a half in the course of time and during the next 42 years (until 75 years of age) again by a half to 25%. The position of Norway spruce was taken up mainly by Scots pine, in young stands obviously preferred by tending, and larch and some broadleaves. The parent stand disintegrated slowly in the past years, trees died at various intensity on particular plots, thus creating diverse conditions for the survival of seedlings. Not only stand density and reach of fruiting trees but also the influence of game are important for the start of

Table 1. Mensurational data of control plots in stand 469C7

Species	N (trees/ha)	h (m)	Mean tree		G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Stocking	Proportion (%)
			dbh (cm)	v (m <sup>3</sup> )				
<b>1958</b>								
Spruce	1,659	11.8	10.8	0.067	16.901	111.2	0.59	53.8
Pine	478	15.3	17.8	0.192	12.714	92.0	0.38	34.9
Larch	94	13.9	12.9	0.097	1.306	9.1	0.05	4.3
Oak	28	12.6	10.3	0.050	0.251	1.4	0.01	1.0
Hornbeam	88	11.4	8.0	0.020	0.470	1.7	0.02	2.1
Aspen	41	13.6	13.1	0.086	0.559	3.5	0.04	3.8
Birch	3	10.0	5.5	0.009	0.007	0.0	0.00	0.0
<b>Total</b>	<b>2,391</b>				<b>32.209</b>	<b>218.9</b>	<b>1.09</b>	<b>100.0</b>
<b>2000</b>								
Spruce	197	24.1	23.7	0.594	9.233	116.9	0.21	23.4
Pine	297	27.5	32.3	1.042	25.293	309.4	0.57	62.6
Larch	50	26.7	24.5	0.705	2.515	35.3	0.06	6.9
Oak	16	22.3	19.1	0.339	0.482	5.3	0.02	1.8
Hornbeam	56	15.8	15.9	0.116	1.172	6.5	0.05	5.3
<b>Total</b>	<b>616</b>				<b>38.695</b>	<b>473.4</b>	<b>0.91</b>	<b>100.0</b>

Table 2. Mensurational quantities of the forest stand according to particular plots under study

Plot	Species	N	Average tree			G	V	Stocking	Percentage
			h (m)	dbh (cm)	$\nu$ (m <sup>3</sup> )				
5-21-31	Pine	333	27.6	30.8	0.949	25.8	316.317	0.57	63.4
	Birch	8	26.5	26.1	0.580	0.4	4.833	0.01	1.5
	Oak	17	23.5	22.6	0.492	0.7	8.200	0.02	2.7
	Hornbeam	42	17.1	16.7	0.128	0.9	5.333	0.04	4.2
	Larch	42	28.6	31.1	1.092	3.3	45.492	0.07	8.3
	Spruce	175	22.2	21.8	0.516	7.3	90.367	0.18	19.9
	<b>Total</b>	<b>617</b>				<b>38.5</b>	<b>470.542</b>	<b>0.90</b>	<b>100.0</b>
5	Pine	200	27.9	31.9	1.012	16.3	202.350	0.36	54.9
	Oak	25	25.5	16.4	0.259	0.5	6.475	0.02	2.7
	Hornbeam	75	16.3	15.9	0.106	1.5	7.975	0.06	9.5
	Larch	25	29.0	32.0	1.130	2.0	28.250	0.05	7.0
	Spruce	150	24.8	24.3	0.644	7.4	96.525	0.17	25.9
	<b>Total</b>	<b>475</b>				<b>27.7</b>	<b>341.575</b>	<b>0.65</b>	<b>100.0</b>
21	Pine	300	26.8	33.7	1.125	28.0	337.525	0.62	68.9
	Birch	25	26.5	26.1	0.580	1.3	14.500	0.04	4.4
	Oak	25	21.5	28.9	0.725	1.6	18.125	0.06	6.2
	Spruce	125	22.9	27.7	0.811	8.2	101.350	0.19	20.5
	<b>Total</b>	<b>475</b>				<b>39.2</b>	<b>471.500</b>	<b>0.91</b>	<b>100.0</b>
31	Pine	500	28.0	28.7	0.818	33.1	409.075	0.73	64.7
	Hornbeam	50	18.3	17.9	0.161	1.3	8.025	0.05	4.4
	Larch	100	28.5	30.9	1.082	7.8	108.225	0.18	15.8
	Spruce	250	20.3	17.4	0.293	6.4	73.225	0.17	15.0
	<b>Total</b>	<b>900</b>				<b>48.5</b>	<b>598.550</b>	<b>1.13</b>	<b>100.0</b>

Table 3. Number of seedlings per hectare on the studied plots of stand 469C7

Woody undergrowth	Number of tree species (ha)			
	all plots	Plot 5	Plot 21	Plot 31
<i>Acer campestre</i>	58	50	75	50
<i>Acer platanoides</i>	8	0	0	25
<i>Acer pseudoplatanus</i>	25	25	50	0
<i>Aesculus hippocastanum</i>	8	0	25	0
<i>Carpinus betulus</i>	2,908	1,450	5,250	2,025
<i>Cerasus avium</i>	33	0	100	0
<i>Cornus sanguinea</i>	17	50	0	0
<i>Crataegus monogyne</i>	33	0	100	0
<i>Fraxinus excelsior</i>	50	75	0	75
<i>Fagus sylvatica</i>	42	50	25	50
<i>Juglans regia</i>	8	0	25	0
<i>Lonicera xylosteum</i>	42	50	50	25
<i>Malus sylvestris</i>	8	0	25	0
<i>Picea abies</i>	8	0	25	0
<i>Populus tremula</i>	67	200	0	0
<i>Prunus spinosa</i>	42	0	125	0
<i>Quercus petraea</i>	800	150	1,275	975
<i>Rosa canina</i>	8	0	25	0
<i>Ribes</i> sp.	8	0	0	25
<i>Sambucus nigra</i>	1,492	2,025	1,975	475
<i>Sambucus racemosa</i>	25	50	25	0
<i>Sorbus aucuparia</i>	300	375	350	175
<i>Tilia cordata</i>	50	0	150	0
<i>Viburnum opulus</i>	17	0	50	0
<b>Total</b>	<b>6,058</b>	<b>4,550</b>	<b>9,725</b>	<b>3,900</b>

Table 4. Numbers of seedlings and their average heights on Plot 5

Species	<i>N</i>	<i>h</i> (m)	Variation	<i>h</i> 10 (m)
<i>Acer campestre</i>	50	0.6	0.02	0.6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	25	0.6	–	0.6
<i>Carpinus betulus</i>	1,450	1.2	1.29	3.4
<i>Cornus sanguinea</i>	50	2.4	0.81	2.4
<i>Fraxinus excelsior</i>	75	1.3	0.65	1.3
<i>Fagus sylvatica</i>	50	0.2	0.00	0.2
<i>Lonicera xylosteum</i>	50	1.5	0.30	1.5
<i>Populus tremula</i>	200	0.8	0.17	0.8
<i>Quercus petraea</i>	150	0.7	0.69	0.7
<i>Sorbus aucuparia</i>	375	1.1	0.46	1.4
<i>Sambucus nigra</i>	2,025	2.1	1.79	4.5
<i>Sambucus racemosa</i>	50	2.4	0.12	2.4
<b>Total</b>	<b>4,550</b>	<b>1.6</b>	<b>1.60</b>	

natural regeneration and its development. An important factor in the dominant stand is to support pine creating favourable light conditions for regeneration of trees under the stand.

The species composition of woody undergrowth is rich. In the understory of the three plots under investigation, 24 woody species were determined, viz. 16 tree species and 8 shrub species. With the exception of the only seedling of spruce, these were broadleaved species corresponding to the site and several exotic species. In the proximate vicinity of the studied plots, other 6 species of seedlings

were found (*Betula verrucosa*, *Quercus rubra*, *Sorbus torminalis*, *Ulmus* sp., *Padus avium*, *Salix caprea*).

In the woody undergrowth, over 6 thousand seedlings per ha were found, however, about one third belongs to various shrub species, mainly *Sambucus nigra*. Table 3 shows considerable diversity of the condition of regeneration on particular plots. The highest number of seedlings was found on Plot 21, the smallest one on Plot 31.

The most favourable conditions for spontaneous regeneration were on Plot 21. With the main stand

Table 5. Numbers of seedlings and their average heights on Plot 21

Species	<i>N</i>	<i>h</i> (m)	Variation	<i>h</i> 10 (m)
<i>Acer campestre</i>	75	3.2	0.26	3.2
<i>Aesculus hippocastanum</i>	25	0.7	–	0.7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	50	1.7	0.42	1.7
<i>Cerasus avium</i>	100	3.2	0.71	3.2
<i>Carpinus betulus</i>	5,250	2.3	2.90	6.0
<i>Crataegus monogyne</i>	100	1.3	0.64	1.3
<i>Fagus sylvatica</i>	25	0.2	–	0.2
<i>Juglans regia</i>	25	3.0	–	3.0
<i>Lonicera xylosteum</i>	50	1.5	0.25	1.5
<i>Malus sylvestris</i>	25	1.2	–	1.2
<i>Picea abies</i>	25	0.1	–	0.1
<i>Prunus spinosa</i>	125	1.1	0.37	1.1
<i>Quercus petraea</i>	1,275	1.8	1.78	3.9
<i>Rosa canina</i>	25	0.6	–	0.6
<i>Sorbus aucuparia</i>	350	2.6	3.28	3.4
<i>Sambucus nigra</i>	1,975	2.5	1.87	4.5
<i>Sambucus racemosa</i>	25	1.3	–	1.3
<i>Tilia cordata</i>	150	2.2	1.39	2.2
<i>Viburnum opulus</i>	50	0.5	0.25	0.5
<b>Total</b>	<b>9,725</b>	<b>2.3</b>	<b>2.51</b>	<b>0.6</b>

Table 6. Numbers of seedlings and their mean heights on Plot No. 31

Species	N	h (m)	Variation	h10 (m)
<i>Acer campestre</i>	50	0.9	0.49	0.9
<i>Acer platanoides</i>	25	0.5	–	0.5
<i>Carpinus betulus</i>	2,025	1.3	1.26	3.8
<i>Fraxinus excelsior</i>	75	0.4	1.14	0.4
<i>Fagus sylvatica</i>	50	0.7	1.20	0.7
<i>Lonicera xylosteum</i>	25	1.1	–	1.1
<i>Quercus petraea</i>	975	0.5	0.12	0.9
<i>Ribes</i> sp.	25	0.7	–	0.7
<i>Sorbus aucuparia</i>	175	1.7	0.04	1.7
<i>Sambucus nigra</i>	475	2.1	1.22	3.0
<b>Total</b>	<b>3,900</b>	<b>1.2</b>	<b>1.16</b>	

stocking amounting to 0.91 (smaller than on Plot 5) and 70% proportion of pine, seedlings enjoyed good light conditions there. The average height of woody undergrowth (2.3 m) was highest there, which indicated that conditions for regeneration were created first there. We can also notice the highest species diversity – 19 woody species. There are 1,275 oak seedlings per ha of the mean height of 1.8 m and top height 3.9 m (Tables 4 and 5).

On the contrary, the least favourable conditions for spontaneous regeneration were on Plot 31 where at present the dominant stand basal area exceeds the value 1 and the crown layer is filled with more trees than on Plots 21 and 5. At the same time, roe deer feeds on the woody undergrowth on this plot. In spite of this, the number of oak seedlings (975 ha) is noticeable, i.e. about the same number as on Plot 21 (1,275) and higher than on Plot 5 (375). The majority of seedlings is 1–2 years old and they probably die out due to the lack of light. Their average and top heights are small (0.5 and 0.9 m).

The herb layer and occurrence of *Sambucus nigra* on Plot 5 show that the breakdown of the dominant stand structure, particularly dieback of spruce, proceeded quickly and advanced considerably. Owing to the rapid transformation of upper humus, nitrophilous species develop. Particularly *Urtica dioica* and *Sambucus nigra* together with *Rubus* sp. suppress the regeneration of trees. Oak seedlings reach an average height of 0.7 m and 150 plants per ha.

## CONCLUSION

With a certain restraint due to the fact that the study was carried out on relatively small areas it is possible to conclude:

- A spruce small pole-stage stand with the significant admixture of pine and presence of

broadleaves left without intentional silvicultural measures developed at the expense of spruce whereas half the spruce trees died.

- Due to the crown layer thinning and breakdown of the stand structure the spontaneous regeneration of broadleaved species took place. No conifers present in the parent stand regenerate.
- Hornbeam and oak predominate in the woody undergrowth, and there are also other twelve species there while at least some of them could be of commercial importance in the future stand. In the advance growth there are also seedlings of parent trees growing at a considerable distance from the plot under study. Among the seedlings, allochthonous species also occur (*Juglans regia*, *Quercus rubra*, *Aesculus hippocastaneum*).
- From the aspect of life strategy, climax tree species absolutely predominate in the woody undergrowth, pioneer species being quite negligible (*Sorbus aucuparia*).
- In stands with the high proportion of spruce growing on nutrient-rich sites in the beech/oak zone, it is useful to elaborate a silvicultural system using a spontaneous trend of return to the natural species composition of commercial species.

## References

- JELÍNEK P., KANTOR P., 2001. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands – IV. A mixed spruce/pine stand in the forest type group 2S. *Journal of Forest Science*, 47: 529–544.
- KANTOR P., 1997. Produkce a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v antropicky se měnících podmínkách pahorkatin jako podklad pro návrh cílové skladby dřevin. *Lesnictví-Forestry*, 43: 220–229.

Received for publication March 24, 2005

Accepted after corrections September 5, 2005

# Spontánní pronikání listnatých dřevin do smrkové monokultury ponechané samovolnému vývoji

P. JELÍNEK

*Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, Česká republika*

**ABSTRAKT:** Výzkum proběhl v porostu 469 C7 na polesí Vranov Školního lesního podniku Křtiny na stanovišti 2S2. Porost byl založen po holoseči v roce 1925 jako monokultura smrku. V roce 1958 zde byla založena výzkumná plocha, kde byly sledovány různé typy probírek. Zajímavý je zejména vývoj kontrolních ploch, kde nedocházelo k žádným zásahům. Smrkový porost se téměř rozpadl a porostotvornou funkci přebraly další dřeviny, které byly původně přimíšeny, zejména borovice a modřín. Postupné proředování porostu doprovázelo spontánní přirozené zmlazení listnatých dřevin, které se dále zkoumalo. Z osmi výzkumných kontrolních ploch byly vybrány tři plochy s různým stupněm proředění a různým stupněm přirozené obnovy. Přirozená obnova byla podrobně zkoumána. Sestávala ze 24 druhů dřevin v počtu 6 000 jedinců na hektar. Ze dvou třetin se jednalo o semenáčky stromů. Výsledky ukazují možnost přeměny smrkové monokultury na listnatý hospodářský les za využití spontánního zmlazení stanovištně příslušných dřevin.

**Klíčová slova:** smrk; monokultura; přirozená obnova; biodiverzita; hospodářský les; listnaté dřeviny

Studijním objektem byl porost 469 C7 na polesí Vranov ŠLP Masarykův les Křtiny. Je situován na svahu skloněném do 5° k severu. Podle převažujícího lesního typu 2S2 patří do hospodářského souboru 231. Porost vznikl jako monokultura výsadbou smrku na holé seči v r. 1925. Základní dendrometrická data v době založení pokusu v r. 1958 obsahuje tab. 1. V té době byl porost 33letou jednotlivě smíšenou, tloušťkově i výškově výrazně rozrůzněnou smrkovou tyčovinou s přimíšenou borovicí a se vtroušeným modřínem a listnáči (dub, habr, osika, bříza) – vše z přirozené obnovy. O produkčních schopnostech a stabilitě porostu informovali JELÍNEK a KANTOR (2001).

Již vývoj porostu od uměle založené monokultury do růstového stupně tyčkoviny ve 33 letech ukázal sníženou valenci smrku na daném stanovišti bukodubového lesního stupně proti jiným dřevinám. Jeho podíl se za tu dobu zmenšil na polovinu a v dalších 42 letech (do věku 75 let) opět o polovinu, tedy na 25 %. Místo smrku zaujala především borovice, v mladých porostech zřejmě protěžovaná výchovou, modřín a některé listnáče. Mateřský porost se v poslední době pomalu rozpadá, stromy odumírají v dílcích s různou intenzitou a tím se vytvářejí rozmanité podmínky pro uchycování semenáčů. Pro nástup přirozené obnovy a její rozvoj je důležité nejen zakmenění porostu a dosah plodících stromů, ale i vliv zvěře. Významnou okolností je právě prosazování se borovice v hlavním porostu, která vytváří

příznivé světelné podmínky pro obnovu dřevin pod porostem.

Druhové složení dřevinného podrostu je pestré. V podrostu tří zkoumaných dílců bylo určeno 24 druhů dřevin, z toho 16 stromových a 8 keřových. Až na výjimku jediného semenáčku smrku se jedná o listnaté druhy. V porostu se zmladilo několik druhů exotů (tab. 3). V bezprostřední blízkosti zkoumaných dílců bylo nalezeno dalších šest druhů dřevin (*Betula verrucosa*, *Quercus rubra*, *Sorbus torminalis*, *Ulmus* sp., *Padus avium*, *Salix caprea*). V dřevinném podrostu byl zjištěn počet přes šest tisíc semenáčků na hektar, asi třetina patří druhům keřů, především bezu černému. Tab. 3 ukazuje značnou odlišnost stavu obnovy na jednotlivých dílcích. Největší množství semenáčků bylo napočítáno v dílci 21, nejméně v dílci 31.

Nejpříznivější stav spontánní obnovy je v dílci 21. Semenáčky tam při zakmenění hlavního porostu 0,91 (menšího než v dílci 5), ovšem při 70% zastoupení borovice, požívají dobrých světelných podmínek. Je zde nejvyšší průměrná výška dřevinného podrostu (2,3 m), což naznačuje, že zde podmínky pro obnovu nastaly nejdříve. Zaznamenáváme rovněž největší druhovou rozmanitost – 19 druhů dřevin. Dubových semenáčků je zde 1 275 na hektar s průměrnou výškou 1,8 m a horní výškou 3,9 m.

Studie ukázala, že smrková tyčkovina (s významnou příměsí borovice a malou účastí listnáčů) ponechaná bez úmyslných lesnických zásahů se vyvíjela

v neprospěch smrku, který z poloviny odumřel. Za příznivých světlostních podmínek nastoupila spontánní obnova listnatých dřevin, žádný z jehličnanů přítomných v mateřském porostu se nezmlazuje. Naprosto převládají klimaxové stromové dřeviny,

dřeviny pionýrské jsou přítomny zcela nevýznamně. Práce ukazuje na možnost propracovat v těchto podmínkách pěstební systém, který využije spontánní tendence listnatých dřevin k návratu na tato stanoviště.

---

*Corresponding author:*

Ing. PETR JELÍNEK, Ph.D., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta,  
Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika  
tel.: + 420 545 134 052, fax: + 420 545 211 422, e-mail: jelen@mendelu.cz

---