

# Poškodzovanie lesov imisiami

Škody spôsobované imisiami sú známe od čias, keď sa začalo používať uhlie ako palivo. Prvý výnos o ochrane čistoty ovzdušia, vody a pôdy vydal v Nemecku Fridrich II. R. 1273 zakázali v Londýne úplne používať uhlie ako palivo. V ďalšom období sa objavovali zákazy používania uhlia ako paliva v mestách a zákazy spaľovania uhlia v priemyselných objektoch stále častejšie.

V lesníctve sa dymové škody začali prejavovať najskôr v blízkosti hút, ale aj na lesnom fonde v okolí mŕ na pálenie dreveného uhlia. Škody spôsobované miliarením boli také veľké, že už r. 1754 vyšiel Tereziánsky lesný poriadok platný pre Čechy a Moravu, v ktorom sa nariaďuje stavať míle tak, aby neškodili ujímaniu sa kultúr a rastu lesov.

Správy o zvýšených škodách spôsobených imisiami v lesoch sa začínajú objavovať až začiatkom 19. storočia, v Čechách od r. 1810, na Slovensku od r. 1856. Prvé informácie o výskume vplyvu imisií na vegetáciu uverejnili Turner a Christison v Tharandte r. 1828 v práci „Über die Wirkungen der giftigen Gase auf Pflanzen“. Od r. 1850 uverejnil Stöckhardt viacero prác o vplyve imisií na rast lesných drevín, najmä smreka a jedle.

Zvýšený záujem o problematiku vplyvu imisií na lesné dreviny a porasty spôsobil prudký rast priemyselnej výroby v Európe i USA. Rýchly bol najmä rast emisií  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$ , ktorých objem sa v Európe zvýšil z 1 až 3 mil. t r. 1860 na asi 50 mil. t r. 1980. Prehľad údajov o zvyšovaní  $\text{SO}_2$  v Európe je uvedený v tab. 1.

Z tabuľky vidno, že objem  $\text{SO}_2$  — hlavnej škodliviny, ktorá vzniká pri spaľovaní uhlia, začal sa prudko zvyšovať už v druhej polovici minulého storočia, čo spôsobilo poškodzovanie lesných porastov v okolí priemyselných objektov a miest, kde sa uhlie používalo na kúrenie. V tom čase už začala odumierať jedľa a iné dreviny, no predpokladalo sa, že emisie majú len lokálny vplyv a pôsobia iba do vzdialenosti 20 až 30 km, v USA až do 120 km. Neskôr sa pripúšťalo, že pôsobia až do vzdialenosti 300 km od zdroja ich vzniku. Až postupne sa ukázalo, že účinkujú na podstatne väčšie vzdialenosti od zdroja a ako nový fenomén v lesnom hospodárstve sa objavujú imisné škody re-

gionálneho charakteru. Predpokladá sa, že tieto škody prerastajú do globálneho meradla. Rozloha lesov poškodzovaných imisiami je uvedená v tab. 2.

R. 1956 odhadol Wentzel rozlohu lesov poškodzovaných imisiami v SRN na 40 000 ha, v bývalej NDR Zieger (1956—1957) na 10 000 ha, v ČSFR odhadovalo Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva túto rozlohu na 40 000 ha. Spolu bolo v týchto štátoch imisiami poškodzovaných asi 90 000 ha lesov. Predpokladáme, že r. 1956 mali ostatné európske krajiny poškodených asi 60 000 ha lesov.

O 4 roky neskôr, teda r. 1960 sa ich rozloha zvýšila v SRN na 50 000 ha, v bývalej NDR na 25 000 ha (Garber, 1967), v ČSFR na 50 000 ha, spolu v týchto troch európskych krajinách na 125 000 ha, čo oproti r. 1956 predstavuje nárast o 39 %. V tom čase bolo už v Európe imisiami zasiahnutých okolo 210 000 ha lesov.

O 8 rokov neskôr, t. j. r. 1968 už v ČSFR imisné škody zasahovali 159 200 ha, čo predstavuje oproti r. 1960 nárast na 318,4 %. Lux (1974) predpokladá, že r. 1968 bolo v Európe imisiami poškodených asi 500 000 ha lesov. Táto rozloha sa nám zdá nízka, pretože v SRN bol rozsah poškodenia lesov väčší ako v ČSFR a škody spôsobené imisiami už zistili v 21 krajinách. Vyplýva to z prudkého rastu emisií v SRN, Anglicku a iných krajinách. Napríklad v SRN sa do ovzdušia r. 1966 emitovalo 3,58 mil. t  $\text{SO}_2$ , 1,98 mil. t  $\text{NO}_x$ . Rýchly rast emisie škodlivín zaznamenali aj ostatné európske krajiny. Preto možno považovať r. 1968 za reálny rozsah poškodenia lesov imisiami rozlohu 750 000 ha.

## Rozsah poškodenia lesov Európy imisiami v súčasnosti

Tab. 2 uvádza, že rozloha lesov poškodených imisiami r. 1987 v Európe sa odhaduje na 45 mil. ha. Pri jej výpočte sme vychádzali z údajov medzinárodného monitoringu, ktorý sa uskutočňuje v 22 krajinách Európy. V jednotnej metodike sa poškodzovanie

hodnotí podľa stupňa defoliácie jednotlivých drevín takto:

Stupeň poškodenia lesov	0	1	2	3	4
Stupeň defoliácie [%]	do 10	11—25	26—60	61—90	91—100

Rozsah poškodenia lesov imisiami je uvedený v tab. 3.

Z údajov v tabuľke vidieť, že v 20 európskych krajinách, s rozlohou lesov 132 mil. ha bolo roku 1987 imisiami poškodených 45 mil. ha, t. j. 34 % z celkovej rozlohy lesov. V druhom až štvrtom stupni poškodenia bolo takmer 14 mil. ha lesov, čo tvorí 10 % z celkovej rozlohy lesov týchto krajín.

Medzi krajiny s nízkym rozsahom poškodenia lesov imisiami patrili r. 1987 Írsko, Taliansko, Bulharsko, Maďarsko a zrejme aj ďalšie, ktoré nie sú do medzinárodného monitoringu zapojené (Portugalsko, Grécko, Albánsko, Turecko). Tieto krajiny majú poškodených menej ako 20 % lesov.

Medzi krajiny so stredným stupňom poškodenia patrili r. 1987: Nórsko, Švédsko, Fínsko, Rakúsko,

Tab. 1. Rast objemu emisií SO<sub>2</sub> v Európe v období 1860—1980

Obdobie, roky	Rast emisií SO <sub>2</sub> , mil. t · r <sup>-1</sup>		Ročný prírastok emisie, %	Prameň
	z	na		
1860—1915	1 až 3	12	3,0	Bettleheim Littler, 1929
1915—1950	12	12	0,0	OECD
1950—1972	12	24	4,5	OECD
1972—1980	24	50	13,0	OECD

Tab. 2. Odhad rozsahu poškodenia lesov imisiami v Európe v jednotlivých obdobiach

Obdobie	Rast rozlohy lesov poškodených imisiami 10 <sup>3</sup> ha		Prameň
1860—1915	z 1	na 10	odhad autora
1915—1956	z 10	na 150	odhad autora
1956—1968	zo 150	na 750	odhad Luxa (1974) a autora
1968—1987	zo 750	na 45 200*	výpočet autora

\*bez ZSSR, PR, býv. NDR

Tab. 3. Rozloha lesov poškodených imisiami v Európe r. 1987

Krajina	Rozloha lesov, 10 <sup>3</sup> ha	Rozloha poškodených lesov				Depozícia síry t · km <sup>-2</sup> · r <sup>-1</sup>
		stupeň poškodenia				
		1—4		2—4		
10 <sup>3</sup> ha	%	10 <sup>3</sup> ha	%			
Nórsko	8 701	3 132	36	1 479	17	0,8
Švédsko	27 842	8 909	32	1 671	6	1,0
Fínsko	23 225	8 124	35	2 787	12	0,9
Spolu	59 768	20 170	34	5 937	10	0,9
Dánsko	484	295	61	111	23	2,5
Holandsko	355	202	57	75	21	4,2
Belgicko	680	313	46	82	12	5,1
V. Británia	2 179	1 220	56	479	22	3,5
Írsko	380	16	4	5	1	0,9
Luxembursko	82	31	35	7	8	4,2
Švajčiarsko	1 124	629	56	169	15	3,4
Lichtenštajnsko	8	4	55	2	19	3,4
Spolu	5 248	2 710	51	930	18	3,2
SRN	7 207	3 748	52	1 225	17	4,7
ČSFR	4 571	2 381	52	733	16	10,2
Rakúsko	3 754	1 239	33	150	4	3,9
MR	1 637	246	15	100	6	5,0
Spolu	17 218	7 614	44	2 208	13	5,5
Francúzsko	15 070	4 824	32	1 508	10	2,2
Španielsko	12 511	4 629	37	1 626	13	1,2
Juhoslávia	10 500	3 360	32	1 050	10	4,3
Spolu	38 086	12 813	34	4 184	11	2,2
BK	3 800	684	18	152	4	3,1
Taliansko	8 063	1 209	15	259	3	3,8
Spolu	11 863	1 893	16	411	4	3,6
CELKOM	132 142	45 200	34	13 670	10	2,5

Tab. 4. Rozsah poškodenia lesov imisiami v ČSFR (% z rozlohy lesov)

Rok	1956	1966	1970	1975	1980	1985	1987	1988
% poškodených lesov	1,7	2,5	5,4	10,5	24,4	46,2	53,8	54,8
Ročný priemer rastu %	0,07	0,7	1,0	2,8	4,4	3,8	1,0	

Francúzsko, Španielsko, Juhoslávia, Luxembursko a z krajín, ktoré medzinárodný monitoring neuskutočňujú, Rumunsko. Tieto štáty majú imisiami viditeľne poškodených od 20 do 30 % lesov.



Tab. 5. Rozsah poškodenia lesov imisiami v Severočeskom kraji

Rok	1956	1966	1970	1975	1980	1985	1987
% poškodených lesov	16	25	33	56	74	82	100
Ročný priemer rastu %	0,8	2,0	4,6	3,6	1,6	9,0*	

\*poškodenie lesov imisiami sa na celej ploche v kraji pozorovalo už r. 1986

Tab. 6. Rozsah poškodenia lesov imisiami v SRN

Rok	1960	1980	1983	1984	1985	1986
% poškodených lesov	0,7	6,8	33,9	50,0	52,0	58,0
Ročný priemer rastu %	0,3	9,0	14,1	2,0	1,0	

Tab. 7. Rozloha lesov poškodených imisiami vo Švajčiarsku

Rok	1983	1984	1985	1986	1987	1988
% poškodených lesov	14	34	36	50	56	43
Ročný priemer rastu %	20	2	14	6	-13	

Imisiami silne poškodené lesy — priemerne od 40 do 60 % mali Holandsko, Anglicko, Švajčiarsko, Liechtenštajnsko, SRN, ČSFR, Belgicko. Z ostatných krajín do tejto skupiny patria niektoré republiky ZSSR, ďalej územie bývalej NDR a Poľsko. Napríklad v Lotyšsku zasahovali r. 1987 škody 58 % lesov. Rozsah škôd v Poľsku nebol uverejnený, ale údaje z predchádzajúcich rokov svedčia o tom, že sú podobné ako v bývalej NDR, t. j. vyššie ako v ČSFR a SRN.

Veľmi silne má imisiami poškodené lesy Dánsko, ktoré z 22 krajín Európy uvádza najvyššie oficiálne údaje — 61 %. Najviac lesov v druhom až štvrtom stupni poškodenia majú Dánsko, Anglicko, Holandsko, no je pravdepodobné, že rovnako vysoké škody majú aj ďalšie krajiny. Do veľmi silne poškodených lesov sa však nezapočítavajú tie, v ktorých sa uskutočnila obnova a kde boli odumierajúce alebo odumreté stromy odstránené.

Odhaduje sa, že v súčasnosti je imisiami evidentne poškodená približne polovica európskych lesov, čo predstavuje asi 150 mil. ha. Odpovedá to stupňu imisného zafaženia a citlivosti lesov i pufrovitosti lesných ekosystémov, najmä pôdy, voči imisiám. Tento stav poškodenia možno považovať za katastrofálny.

Nižšie údaje o stupni poškodenia lesov v Európe oproti skutočnosti sú dané tým, že doposiaľ sa málo intenzívne uskutočňuje prieskum škôd spôsobených imisiami. Ďalším dôvodom je skutočnosť, že sekundárne poškodenie nebýva vždy spojované s imisným a mnohí autori preň hľadajú iné príčiny. Významnú úlohu tu zohráva, že poškodzovanie lesov imisiami sa posudzuje len podľa momentálneho stavu lesných porastov, a to hodnotením prevažne stojacich stromov. Odstránenie poškodených stromov, náhrada výkonnejších drevín menej výkonnými, skracovanie veku porastov sa v evidencii poškodzovania neprejavuje. Preto sa porasty so sanitárnou ťažbou zaraďujú do kategórie s nižším stupňom poškodenia, hoci ťažbový zásah môže spôsobiť zníženie zakmenenia porastu až o 30 % (z 0,9 na 0,6). Podľa tejto metódy sú nevyhovávajúce porasty viac poškodzované, hoci listový index môžu mať rovnaký ako vyhovávajúce.

### Dynamika poškodzovania lesov imisiami

Poškodzovanie lesov imisiami závisí najmä od neustále rastúceho stupňa zafaženia územia. Rast emisie  $SO_2$  sa síce už v posledných rokoch spomalil, ale naďalej stúpa intenzita emisie  $NO_x$ ,  $NH_x$ ,  $C_xH_y$ , ťažkých kovov a iných látok. Zapríčiňuje to hlavne motorizmus, poľnohospodárstvo, ale aj iné národohospodárske odvetvia. Nepriamy vplyv imisii na les spôsobuje, že sa zvyšovanie ich účinku na zdravotný stav lesa oneskoruje za stúpaním intenzity emisie, a to o 2 až 15 rokov, podľa charakteru imisii, porastu a stanovišta.

Z prehľadu údajov o rozsahu poškodzovania lesov imisiami vidieť, že od r. 1860, kedy boli prvýkrát evidované plochy lesov zasiahnuté imisiami, vzrástol rozsah poškodenia lesov v Európe najmä v posledných rokoch, keď objem imisii  $SO_2$  prekročil hranicu 24 mil. ton za rok. Do r. 1972 bol rozsah týchto škôd v Európe pod hranicou 1 mil. ha.

Po r. 1972 začali stúpať najprv v krajinách s vysokými emisiami škodlivín, od r. 1974—76 aj v krajinách vzdialených vyše 1000 km od zdrojov škodlivín. V tom čase sa už pozorovalo aj v škandinávskych krajinách. Poškodzovanie lesných a vodných ekosystémov sa v týchto krajinách dávalo do súvislosti s okysľovaním zrážok a so znižovaním pH pôdy. No najväčšie škody spôsobené imisiami sa v Európe začali prejavovať až po r. 1982—83. Dynamiku ich rastu mož-





2

1. Odumierajúci lesný porast poškodený kyslými imisiami a sekundárne napadnutý škodcami v horskej oblasti (s. 63).

2. Najvyšší stupeň poškodenia lesného ekosystému magnezitovými imisiami. Typické je odumieranie koreňov a zmena vlastností dreva.

3. Odumierajúci lesný porast poškodzovaný imisiami vo vysokohorskej oblasti (s. 66).

no posúdiť podľa údajov o rozsahu poškodenia lesov v ČSFR (tab 4).

Z údajov vidieť, že v období 1980—85 plochy poškodených lesov ročne narastali. Po roku 1986 sa ich rozloha ustálila vďaka likvidácii odumretých a odumierajúcich stromov i porastov, ako aj výchovným zásahom znižujúcim stupeň defoliácie stojacich po-

rastov. V stupni poškodenia nie je zahrnutá redukovaná holina, ktorá vznikla preriedovaním lesných porastov imisiami.

Odlišný priebeh má dynamika poškodzovania lesov v Severočeskom kraji s najvyšším imisijným zaťažením v celej republike. Údaje o rozsahu poškodenia lesov uvádza tab. 5.

V Severočeskom kraji poškodzovali imisie lesy už v minulom storočí, preto tu boli lesné ekosystémy takémuto zaťaženiu do určitej miery prispôsobené. Napriek tomu pri ďalšom zvyšovaní zaťaženia sa rýchlo zvýšil rozsah škôd a do r. 1987 sú tu imisiami poškodzované všetky lesy, pričom sa zvyšuje stupeň ich defoliácie, resp. znižuje sa hmotnosť asimilačných orgánov.

S narastaním rozsahu škôd na lesných systémoch sa rozširoval aj počet krajov, v ktorých sú lesy imisiami poškodené. Kým do r. 1970 sa to týkalo len troch krajov, r. 1975 už štyroch, r. 1980 piatich a r. 1985 už



3

všetkých jedenástich krajov ČSFR. Podobne ako na území ČSFR sa tento rozširujúci trend pozoroval aj v jednotlivých krajinách Európy.

Prudký rast rozsahu škôd zaznamenali v SRN i napriek tomu, že sa imisie  $\text{SO}_2$  r. 1970 už ustálili a do r. 1978—80 stúpili len imisie  $\text{NO}_x$ . Údaje o raste rozsahu poškodenia lesov imisiami sú uvedené v tab. 6.

V SRN podobne ako v ČSFR kulminuje rast rozlohy lesov poškodených imisiami v období 1980—85, no v SRN sa ročný priemer rastu tejto rozlohy zvýšil na 9,0 %, kým v ČSFR bol 4,4 %.

Náhle zväčšenie rozlohy imisiami poškodených lesov zaznamenali vo Švajčiarsku, čo naznačujú údaje uvedené v tab. 7.

Vidieť z nich, že vo Švajčiarsku sa rozsah poškodenia lesov vyvíjal odlišne ako u nás a jeho rast má nerovnomerný charakter. Roku 1988 nastala dokonca regenerácia lesov.

Z rozborov dynamiky poškodzovania lesov imisiami v Európe vidieť, že tento proces prebieha v každej krajine odlišne, no všeobecne má stále stúpajúci trend. Imisiami sú zasahované aj krajiny, ktoré majú relatívne nízku intenzitu škodlivín z vlastnej produkcie, no sú zafázané veľkým množstvom cudzích imisií. V súčasnosti možno takéto poškodzovanie lesov očakávať v každej európskej krajine.

Z rozborov ďalej vidieť, že imisie zasahujú najprv dreviny ihličnaté, neskôr listnaté, najviac porasty staršie ako 60 rokov, neskôr i mladšie. Kým ihličnaté dreviny (najmä smrek) sú viac poškodzované vo vyšších vekových triedach, listnaté dreviny už aj v mladšom veku.

Priebeh poškodzovania lesov imisiami ovplyvňujú mnohé činitele, najmä typ imisií, dynamika a intenzita zafažovania, klíma, najmä sucho, mraz, prúdenie vzduchu, reliéf; pôdne vlastnosti — najmä pufrovitosť pôdy a charakter poškodenia. Diagnózu poškodenia lesov sťažujú sekundárni škodcovia, ktorí zhoršujú určovanie závažnosti prvotného poškodenia drevín.

Je nesporné, že imisie vplývajú na lesy Európy už vyše 100 rokov a najmä v posledných desiatich rokoch ovplyvňujú ich zdravotný stav, štruktúru, produkciu, prírodoochrannú funkciu ako aj ich celý funkčný potenciál. Zistilo sa, že lesný hospodár má len malé možnosti zmierňovať takto spôsobované škody a že hlavnou podmienkou zlepšenia situácie je zníženie tvorby imisií. Veď lesy nie sú len indikátorom rýchleho zhoršovania sa životného prostredia a degradácie životných foriem človekom.

#### Literatúra

- Bettleheim, J., Littler, A., 1979: Historic trends in sulphur oxide imissions in Europe since 1865. CEEB-Report PL-CS/E/1.
- ECE, 1988: The 1987 forest damage survey in Europe. EB AIR/R. 39 pp.
- Garber, K., 1967: Luftverunreinigung und ihre Wirkungen. Gebrüder Borntraeger, Berlin — Nikolassee.
- Lux, H., 1967: Metodické diagnózy poškodenia lesných porastov priemyselnými imisiami. In Les a priemyselné imisie. Veda, Bratislava, 1974.
- Stöckhardt, A., 1850: Über die Einwirkung des Rauches von Silberhütten auf die benachbarte Vegetation. Polyt. Centr. bl., 257 pp.
- Stöckhardt, A., 1853, 1871: Untersuchungen über die schädliche Einwirkung des Hütten — und Steinkohlenrauches auf das Wachstum der Pflanzen, insbesondere der Fichte und Tanne. Tharandter forstl. Jahre 9; 169, 21; 218, 229, 230.
- The OECD programme on long range transport of air pollutants. Measurements and Findings, OECD, Paris.
- Turner, E., Christinson, R., 1928: Über die Wirkungen der giftigen Gase auf Pflanzen. Pogg. Annal. d. Phys., 14, p. 259 — 273.
- Wentzel, K. F., 1959: Luftverunreinigungen als Standortfaktor für industrienaher Forstwirtschaft. In Grundlagen der Forstwirtschaft. M. and H. Schaper Verlag, Hannover.
- Zieger, E., 1956/1957: Wirkung der Industrierauchschäden auf den Wald (unw.) Wiss. Zeitschr. d.T.H. Dresden, Heft 4