

EPIPHYTISCHE FLECHTEN UND IMMISSIONSBELASTUNG IN DER TATRA

Zuzana Kyselová

Wissenschaftliche Station vom Tatra Nationalpark, 059 60 Tatranská Lomnica, Tschechoslowakei

Die steigende regionale Luftverschmutzung, in deren Rahmen sich immer mehr entfernte Quellen durchsetzen, stellt das Hauptproblem für die Tatra und umliegende Regionen dar. Für das Tatragebiet sind die Quellen im Sektor vom Westen bis zum Norden, die in einer Entfernung von 150-200 km liegen (Ostrava-Gebiet, Schlesisches Becken, Krakow-Gebiet), von grösster Bedeutung wie Rak & al. (1982) anführen.

Der wichtigste Faktor bei der Luftverschmutzung sind die orographischen und klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes. Die Tatra bildet den höchsten Teil des Westkarpatenbogens. Der Hauptkamm verläuft etwa in West-Ost-Richtung. Die klimatischen Verhältnisse sind in der Tatra sehr eigenartig. Die große Höhe bewirkt ein häufiges Auftreten von Winden. Auf der Südseite des Gebirges überwiegen grösstenteils Nordwestwinde und ihnen nahestehende Windrichtungen, auf der gegenüberliegenden Seite der Tatra wieder Südwest- und Südwinde. Die Gesamtorientierung des Gebirges in Richtung der überwiegenden Nordwestwinde, die eine erhöhte Niederschlagsmenge zur Folge haben, verursacht grosse Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Niederschläge. Die dem Winde ausgesetzten Nord- und Nordwesthänge der Tatra haben erhöhte, während die Süd- und Südosthänge unter dem Durchschnitt liegende Niederschlagsmengen aufweisen (Konček & al. 1979).

Die hohe Empfindlichkeit vieler Flechten gegenüber Einflüssen von Schadgasen ist allgemein bekannt. Arbeitsziel ist es, durch quantitative und qualitative Analysen des Flechtenbewuchsen Aussagen über die biologische Wirksamkeit und die flächenmässige Ausbreitung von Immissionen zu treffen und die Ergebnisse in Form einer Zonierungskarte darzustellen.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit beschränkten sich die Untersuchungen auf die Baumart Fichte (*Picea abies* Karst.) als Porophyt, die in der Tatra im ganzen Profil der Waldstufe überwiegt (mehr als 70%). Weiterhin erfolgte die Auswahl der Fichtenbestände nach bestimmten, vorgegebenen Kriterien an den durch das 2x2-km Raster festgelegten Stationen. An jeder Station wurde die Makroflechtenvegetation an 5-11 Bäumen an einem Streifen von 0,3 - 1,3 m.

Höhe und 0,25 m Breite ausgewertet. Für jede Flechtenart wurden der Deckungsgrad und die Vitalität nach einer fünfstufigen Skala zugeordnet. Es wurde für jeden Standort (Baum) der L-Index (Flechtenindex) wie folgt errechnet:

$$L = m \cdot q \cdot f \cdot v$$

wobei *m* die Artenzahl der Makroflechten, ausser der Gattung *Cladonia*, ist. Der *q*-Wert bestimmt die Empfindlichkeit jeder Flechtenart und wird aus einer Toxizitätsreihe entnommen. Der *f*-Wert gibt das quantitative Auftreten der Art an und der *v*-Wert bestimmt die Vitalität (Anděl 1981). Für jede Messstation ist der Mittelwert der L-Indizes ermittelt worden (weiter Index L9). Index L ist eine Modifikation des in der Regel angewandten LAP - Index of Atmospheric Purity (De Sloover & Le Blanc 1968, Pišút & Lisická 1974, Lackovičová 1982, Masuch 1985), um ein Untersuchungsgebiet flächenmässig in abgestufte Immissions-

bewertungszonen aufzuteilen.

Am Anfang unserer Untersuchung haben wir in Transekten gearbeitet, wo die Messstationen dichter gelegt waren. Wenn der Index L9 für mehrere Messstationen bei einem Rasterknoten ermittelt worden ist, haben wir den Mittelwert in Betracht gezogen.

Bei der Kartierung der epiphytischen Flechten wurden an 734 Standorten (Bäumen) an 81 Messstationen 15 Blattflechtenarten und 6 Bart- oder Strauchflechtenarten festgestellt (*Bryoria* und *Usnea* sind nur als Gattungen angeführt): *Hypogymnia physodes*, *H. farinacea*, *H. bitteri*, *H. vittata*, *Platismaria glauca*, *Pseudevernia furfuracea*, *Cetraria chlorophylla*, *C. pinastri*, *C. laufferi*, *Parmeliopsis ambigua*, *P. hyperopta*, *Imshaugia aleurites*, *Parmelia saxatilis*, *P. sulcata*, *P. omphalodes*, *Bryoria fuscescens*, *Alectoria sarmentosa*, *Evernia prunastri*, *E. divaricata*, Gatt. *Bryoria* und Gatt. *Usnea*. Die höchsten Artenzahlen waren in einer Aufnahme 13 und an einer Messstation 15 Arten.

Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse war es schwierig, die Flechtentoleranzreihe zu erstellen. Die komplizierte geomorphologische Gliederung und günstige klimatische Verhältnisse bieten das richtige Mikroklima für das Wachstum mehrerer epiphytischer Flechten, die sonst gegenüber Luftschadstoffen sehr empfindlich sind (z.B. die Gattungen *Bryoria* und *Usnea*). Diese Arten wurden fast an allen Standorten aufgefunden, wenn auch stellenweise mit verringerter Vitalität. Es wurde der Q-Wert für jede Flechtenart aufgrund der durchschnittlichen Begleitartenmenge ermittelt. Die nach den Q-Werten geordnete Toxizitätsreihe hat nicht der Erwartung entsprochen. Wir versuchten, die Toxizitätsreihe graphisch darzustellen. Die empfindlichen Arten wurden wieder unter die toxikolant eingegliedert. Ähnliche Erfahrungen veröffentlichten Pišút & Lisická-Jelínková (1974), obgleich ihre Untersuchung ein von Luftschadstoffen ausserordentlich belastetes Gebiet betraf und die erwähnten Arten dort nur selten vorkamen. Das heisst, die Toxizitätsreihe ist aufgrund praktischer Erfahrungen erstellt worden. In Tab. 1 ist der Vergleich mit den Toxizitätsreihen der epiphytischen Flechten in den Waldökosystemen in Nordschweden (Westman 1982) und in den Sudeten (Anděl & Liška 1984) dargestellt.

Die gewonnenen Index-L9-Werte wurden in vier Stufen verteilt und die Angaben in Computer eingespeichert. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Interpolationsmethode angewandt. Auf diese Weise ist die schematische Karte des Ostteils des Tatra Nationalparks mit den vier Luftverschmutzungszonen, die angesichts der Reliefgliederung der Tatra mosaikartige Struktur besitzen, gewonnen worden (Abb. 1). Wie aus der Karte hervorgeht, bildet die stark belastete Zone 1 (L9 = 5.20 - 6.59) drei Gebiete. Das erste stellen die Waldbestände im Nordteil der Hohen Tatra und die Westausläufer des Gebirges Spišská Magura, die territorial zum Tatra Nationalpark gehören, dar. Der Nordrand dieses Gebietes ist durch häufiges Vorkommen der Krustenflechte *Lecanora conizaeoides* charakterisiert, vor allem in der Nähe der Staatsgrenze mit Polen. Das zweite Gebiet befindet sich in der Mitte des Javorová dolina-Komplexes, des Tales, das die Nordumgebung von Tatranská Lomnica bildet. Die angeführten Gebiete waren aufgrund der waldschadensforschung unter die durch Immissionen am meisten geschädigten Bestände eingereiht worden.

Die durchschnittlich belastete Zone 2 (L9 = 6.60 - 7.77), wo die Luftverschmutzung geringer ist, jedoch die Flechten oft stark geschädigt oder die Flechtengesellschaften verarmt sind, kann vorläufig in vier Gebiete verteilt werden. Wieder sind das teilweise die Wälder am Nordfuss der Tatra. Das zweite Gebiet stellt ein Teil des Javorová dolina-Komplexes dar und geht auf die Nordhänge der Belauer Tatra über. An den Südosthängen der Hohen Tatra im Raum Tatranská Lomnica befindet sich das dritte Gebiet und das vierte stellt einen Keil im Bereich des Tales Furkotská dolina dar. Das Flächenmass dieser zwei Zonen erreicht nicht

Tab. 1. Empirische Toxitolanzreihe der Flechten in den Waldökosystemen der Tatra, Nord-Schweden (Westman 1982) und (Anděl & Liška 1984)

q-Wert	Tatra	Nord-Schweden	Sudeten
2	<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>
3	<i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Cetraria pinastri</i> <i>Cetraria chlorophylla</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Cetraria pinastri</i> <i>Cetraria chlorophylla</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>
4	<i>Parmelia sulcata</i> <i>Parmelia saxatilis</i> <i>Parmelia omphalodes</i>	<i>Parmeliopsis hyperopta</i> <i>Bryoria fuscescens</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>
5	<i>Parmeliopsis hyperopta</i> <i>Imshaugia aleurites</i>	<i>Platismatia glauca</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Platismatia glauca</i> <i>Cetraria chlorophylla</i>
6	<i>Platismatia glauca</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Evernia prunastri</i> <i>Bryoria fuscescens</i>	<i>Bryoria capillaris</i> Gatt. <i>Usnea</i>	<i>Cetraria pinastri</i> <i>Parmeliopsis hyperopta</i>
7	<i>Hypogymnia farinacea</i> <i>Hypogymnia bitteri</i> <i>Cetraria laureri</i>		
8	Gatt. <i>Bryoria</i> Gatt. <i>Usnea</i> <i>Hypogymnia vittata</i> <i>Evernia divaricata</i> <i>Alectoria sarmentosa</i>		Gatt. <i>Bryoria</i> Gatt. <i>Usnea</i>

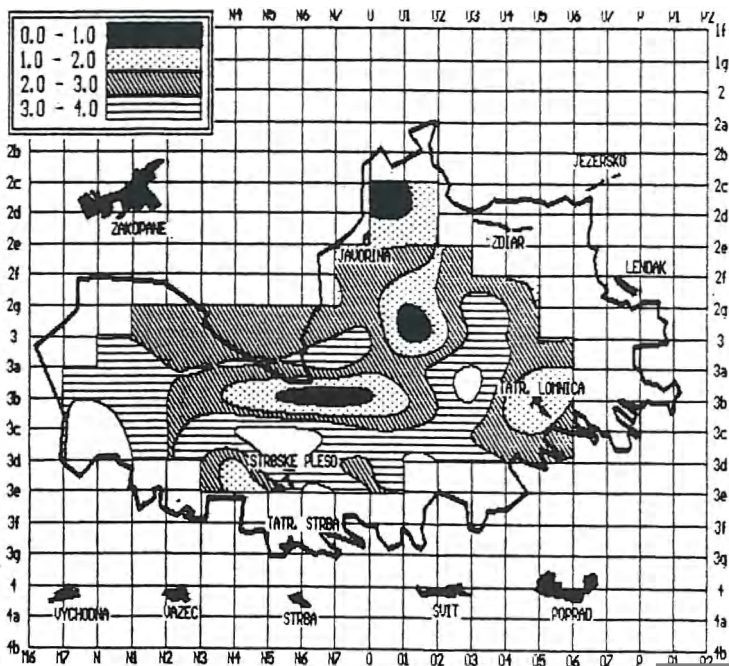
die Grösse, die auf der Karte dargestellt ist, denn bei der Computerauswertung wurden in diese auch subalpine, alpine und subnivale Vegetationsstufen eingeschlossen, ähnlich wie in den folgenden zwei Zonen. Völlig ausgeschlossen kann das Gebiet zwischen den Koordinaten 3a - 3c, N4 - O1 werden.

Die Zone 3 ($L_9 = 7.78 - 8.97$), die schwach belastet ist, kann man geographisch nicht genau einordnen. Es handelt sich teilweise um das Javorinská-Široká-Gebiet, die Nordosthänge der Belauer Tatra, sowie die Süd- und Südosthänge der Hohen Tatra. Im Bereich der Täler Kóprová und Tichá dolina ist die Zonengrenze wegen der mangelhaften Zahl der eingegebenen Angaben nicht ma gebend.

Der Raum Mlynická und Mengušovská dolina und manche Gebiete auf der Südseite der Tatra sind als Zone 4 ($L_9 = 8.98 - 10.25$) einzustufen. Aus lichenologischer Sicht können diese als relative Reinluftgebiete ausgewiesen werden. Interessant scheint die Enklave dieser Zone in den Abschlüssen der Täler Bielovodská und Javorová dolina zu sein. Hier in den ursprünglichen Waldbeständen mit höheren Niederschlagsmengen und einer grö eren Zahl von Nebeltagen, wo das günstige Mikroklima in gewisser Masse die ungünstigen Immissionseinflüsse kompensiert, überleben noch mehrere empfindliche Arten.

Um diese Zonen genauer abzugrenzen, ist es nötig, den Index L weiterer Messstationen zu ermitteln. Im Jahr 1991 wurden im Gelände weitere Angaben aus dem östlichen Tatragebiet ergänzt und die Flechtenkartierung im westlichen Tatragebiet aufgenommen.

Abb. 1. Flächenmäßige Verteilung der Immissions - Bewertungszonen 1 bis 4 in dem Ostteil des Tatra Nationalparkes.



LITERATUR

- Anděl P. (1981): Využití lišejníků při kvantitativním hodnocení imisní zátěže krajiny. - In: Šebek S., ed., *Bioindikace výnam lišejníků a jejich ochrana*, p. 11-15, Praha.
- Anděl P. & Liška J. (1984): Využití lišejníků pro bioindikaci změny přírodního prostředí. - In: *Využití chráněných území k monitorování změny životního prostředí*, p. 15-20, Praha.
- De Sloover J. & Le Blanc F. (1968): Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity. - In: *Proc. Symp. Recent Adv. Trop. Ecol.*, p. 42-56, Varanasi.
- Konček M., Murinová G., Otruba J., Peterka V., Smolen F. & Šamajk F. (1973): Klimatické pomery Tatier. - *Zborn. Pr. o Tat. Nár. Par.*, Martin, 15: 239-324.
- Lackovičová A. (1982): Epifytické lišejníky a čistota ovzdušia v južnej časti Malých Karpát. - ms., 16 p. [Autoref. diss. depon. in: Slovenská akadémia vied, Bratislava]
- Masuch G. (1985): Flechtenkartierung entlang eines Niederschlagsgradienten im Eggegebirge. - *Staub Reinhaltung der Luft* 45(12): 573-577.
- Pišťák I. & Lisická-Jelínková E. (1974): Epifytických Flechten in der Umgebung einer Aluminiumhütte in der Mittelslowakei. - *Biológia*, Bratislava, 29: 29-38.
- Rak J., Závodský D., Marešková K. & Sladká M. (1982): Znečistenie ovzdušia v oblasti Vysokých Tatier. - ms. [Záv. správa SHM depon. in: Knižnica TANAP-u, Tatranská Lomnica]
- Westman L. (1982): Användning av lavar i kontrollprogram för punktkällor som släpper ut svavel, fluor och metall. (The use of lichens in monitoring programmes for point sources emitting sulphur, fluorine and metal). - *Rapport*, Solna, 1556: 78.