

# Wpływ zanieczyszczenia atmosfery na lasy Krainy Karpackiej

*Grażyna Gawrońska*

*Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN - Kraków*

*Recenzent: Zdzisław Harabin*

*Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN - Zabrze*

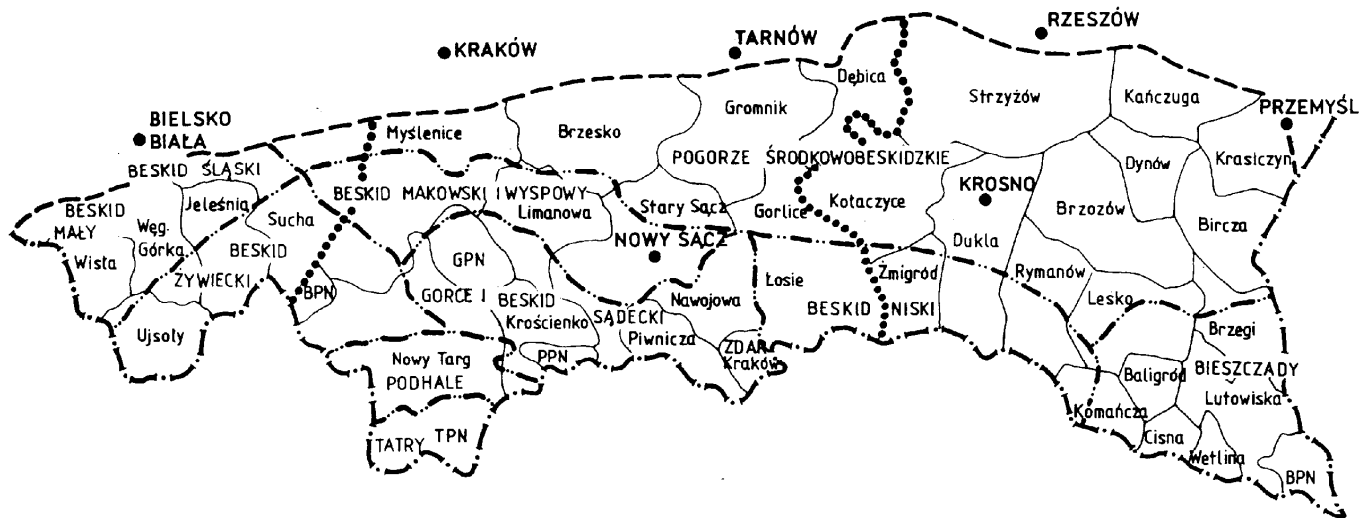
## 1. Wstęp

Źródłem zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego jest emisja wielu toksyn pochodzących z działalności przemysłowej, głównie z energetyki oraz źródeł komunalnych, a także ich importu z zagranicy. Istnieje wiele systemów informacyjnych dotyczących tej problematyki (Truszkowska R. i inni 1986, Berbeka K. 1995, Gawroński K. 1997).

Zanieczyszczenia powietrza wpływają negatywnie na las powodując trwałe uszkodzenia.

Różne gatunki drzew odznaczają się różnym stopniem wrażliwości na działanie zanieczyszczeń powietrza. Drzewa liściaste są na ogół mniej wrażliwe niż drzewa iglaste częściowo dlatego, że całkowita powierzchnia ich liści, czyli powierzchnia narażona na działanie zanieczyszczeń jest mniejsza niż powierzchnia igieł. Częściowo też dlatego, że liście opadają co roku i w związku z tym są pod działaniem zanieczyszczeń przez krótszy okres czasu niż igły. Świerk, sosna i buk są drzewami, które jak dotychczas doznały największych uszkodzeń. U świerka powszechnymi objawami uszkodzeń jest przebarwienie igliwia na żółte a nawet brązowe, wypuszczanie pędów zastępczych, zwisające pędy boczne, obumieranie korzeni i osłabiony przyrost, słabsza odporność pnia na złamanie. U sosny również występuje przebarwienie igliwia oraz przerzedzenie korony ze względu na przedwczesny opad igieł. U buka obserwuje się przedwczesne opadanie liści, a także tworzenie się pęknięć i guzów na korze. Poza tym zakłóceniu ulega typowy sposób ugałęzienia. Zwykle dobrze rozwinięte gałęzie górne przybierają wygląd długich biczów z krótkimi, zdegenerowanymi pędami bocznymi.

Celem niniejszego artykułu jest oszacowanie strat w przyroście masy drzewnej spowodowanych zanieczyszczeniem atmosfery w lasach górskich Krainy Karpackiej w poszczególnych jej dzielnicach (rys. 1):



**Rys. 1.** Mapa jednostek przyrodniczo - leśnych Krainy Karpackiej  
**Fig. 1.** A map of natural and forest units within the Carpathian Country

Obliczenia wykonano dla 1990r. z powodu braku aktualnych danych dotyczących emisji dwutlenku siarki w układzie Polski, będących podstawą zastosowanej metody.

## **2. Oddziaływanie bezpośrednie i pośrednie zanieczyszczeń na lasy**

**Oddziaływanie bezpośrednie** uwidacznia się w postaci uszkodzeń igieł i liści. Dzieje się to bądź wskutek uszkodzenia ochronnej warstwy wosku, którą pokryte są igły, np. przez suchy opad dwutlenku siarki, ozon czy kwaśny deszcz, bądź w wyniku uszkodzenia szparek oddechowych, które między innymi regulują intensywność transpiracji. Wewnątrz liści i igieł uszkodzane są membrany, co może spowodować zakłócenie w systemie odżywiania i w bilansie wodnym. Zazwyczaj różne zanieczyszczenia działają synergicznie.

**Oddziaływanie pośrednie** jest następstwem zakwaszenia gleby. Zmniejsza się wówczas dostępność substancji odżywczych przy jednoczesnym zwiększeniu zawartości szkodliwych dla drzewa metali rozpuszczonych w roztworze glebowym, np. aluminium. Bardziej zakwaszone środowisko w powiązaniu z trującym działaniem metali prowadzi do uszkodzenia korzeni, co powoduje, że nie mogą one pobrać wystarczających ilości pożywienia i wody. Symbioza korzeni i grzybów mikoryzowych może być ograniczona, a nawet całkowicie ustać. Wszystko to zmniejsza żywotność drzew oraz odporność na choroby i szkodniki.

Sytuacja pogarsza się przy niekorzystnej pogodzie. Jedno lub kilka gorących i suchych lat, a także surowa zima mogą być trudne do przeżycia bez uszkodzeń drzewa, które już i tak cierpi na brak pożywienia i wody. Ostateczną przyczyną obumierania drzew są szkodniki owadzie lub pasożytnicze grzyby, które z łatwością atakują drzewa uprzednio osłabione przez działanie innych czynników.

## **3. Zagrożenie lasów karpackich spowodowane zanieczyszczeniem atmosfery**

W 1988 roku przeprowadzono w Karpatach inwentaryzację wielkopowierzchniową drzewostanów. Wynika z niej (Fabijanowski J. 1990), że w Karpatach drzewostany uznane za zdrowe zajmują tylko 22% powierzchni, słabo uszkodzone - 62%, średnio uszkodzone - 11% i bardzo silnie uszkodzone - 1%. W 4 % drzewostanów stwierdzono szkody spowodowane przez grzyby i owady.

Na podstawie badań przeprowadzonych w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim, S. Orzeł (1993) stwierdził wyraźny spadek przyrostu grubości świerka głównie powyżej 1000 m n.p.m. w latach 1967÷1976 i 1977÷1986. Na stokach o ekspozycji N-W stwierdzono odpowiednio większy spadek przyrostu

grubości świerka (Beskid Śląski - 49%, Beskid Żywiecki - 25,9%), niż na stokach o ekspozycji S-E (Beskid Śląski - 34%, Beskid Żywiecki - 19,6%). Również J. Zawada (1987) i S. Król (1988) stwierdzili, że występuje duże zagrożenie lasów karpackich, zwłaszcza świerkowych powyżej 1000 m n.p.m.

Główną przyczyną osłabienia żywotności drzewostanów są szkodliwe imisje przemysłowe, głównie dwutlenku siarki, tlenków azotu oraz tzw. fotooksydanty, między innymi ozon. Znajduje to potwierdzenie w badaniach prowadzonych w 1987 r. w ramach monitoringu technicznego (Dunikowski S., Lewińska A. 1990). Otóż wartości średnie  $\text{SO}_2$  w  $\text{mg}/\text{m}^3/\text{dobę}$  znacznie przekraczały normę i wynosiły w okresie letnim 1987r. w nadleśnictwie Andrychów 13,415, a w nadleśnictwie Baligród 4,657 (dopuszczalne stężenie średniodobowe  $\text{SO}_2$  - 0,2  $\text{mg}/\text{m}^3/\text{dobę}$ ).

Dużą rolę w uszkodzaniu drzewostanów, zwłaszcza powyżej 1000 m n.p.m. odgrywa mgła. Bowiem mikroskopijne kropelki wchłaniają bardzo aktywne szkodliwe substancje gazowe i inne (dla porównania 1 mg wody w formie kropli deszczu ma powierzchnię około 2  $\text{mm}^2$ , a w postaci mgły aż 60000  $\text{mm}^2$ ). Ponadto odczyn mgły może w skrajnych przypadkach osiągać pH równe 2,4, co jest bardzo szkodliwe dla aparatów asymilacyjnych drzew.

Spśród rodzimych gatunków drzew najbardziej wrażliwych na imisje szkodliwych substancji jest jodła. Dlatego też między innymi stopień żywotności jodły może być wskaźnikiem biologicznym sukcesywnego zwiększania się zagrożenia lasów Karpat.

A. Jaworski (1989) przeprowadził badania stopnia żywotności jodły w Krainie Karpackiej stosując tzw. indeks przyrostu II, tj. ilorazu szerokości słoju na wys. 1,3 m od powierzchni ziemi ( $d_{1,3}$ ) z lat 1971÷1980, do szerokości słoju z lat 1951÷1960. Za żywotne uważa się drzewa charakteryzujące się wielkością indeksu większą od 0,70. Badania dotyczyły jedlin młodszych (poniżej 80 lat) i jedlin starszych (powyżej 80 lat).

Badania przeprowadzone w oparciu o przyrosty szerokości słoju wykazały, że drzewostany żywotne spotyka się w Karpatach na terenach położonych na wschód od Dunajca (od Beskidu Sądeckiego po Bieszczady) i na Pogórzu. Zmniejszenie udziału jodły w drzewostanach i osłabienie jej żywotności jest związane głównie z procesem jej obumierania (Jaworski A. 1989).

W osłabionych drzewostanach spowodowanych głównie imisją przemysłową jak też błędami hodowlanymi (nieodpowiedni skład gatunkowy, zaniedbania pielęgnacyjne, itp.) stwierdzono pojawienie się grzybów pasożytniczych (huby korzeni, opieńki), liściożernych owadów (zasnuj wysokogórskiej, wskaźnicy modrzewianeczki) oraz szkodników wtórnych (kornika drukarza, rytownika pospolitego, drwalnika paskowanego) i innych, które atakują głównie świerk. W osłabionych drzewostanach świerkowych, występujących na nieodpowied-

nich siedliskach, pojawiają się często szkody powodowane przez: wiatr, śnieg (wywały, złomy, itp.) (Fabijanowski J., Jaworski A. 1995).

#### 4. Straty w przyroście lasów karpackich

Pogorszenie się zdrowotności lasów karpackich powoduje obniżanie się ich zdolności produkcyjnej.

W niniejszym artykule oszacowano straty spowodowane obniżeniem przyrostu masy drzewnej w Krainie Karpackiej (rys. 1) według metody zaprezentowanej w pracy (Gawrońska G. 1998).

Straty spowodowane obniżeniem przyrostu masy drzewnej ( $10^3 \text{ m}^3/\text{rok}$ ) są równe:

$$S_l = P_d \cdot \frac{U_d}{100\%} \cdot V_d \cdot \frac{B_d}{100\%}$$

gdzie:

$P_d$  - powierzchnia lasów w województwie (dzielnicy) [ $10^3 \text{ ha}$ ]

$U_d$  - odsetek powierzchni zajęty przez drzewostan iglasty lub liściasty w województwie (dzielnicy),

$V_d$  - roczny przyrost masy drzewnej łącznie z warstwą krzewów wynoszący dla drzewostanu iglastego i liściastego  $3,2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{rok}$  (Trampler T. 1960); przyjęto wspólną wartość przyrostu dla obu rodzajów drzewostanów, ponieważ drzewostan iglasty stanowi ok. 80% drzewostanu ogółem,

$B_d$  - wskaźnik spadku przyrostu masy drzewnej według BIGLEB:

strefa I - las iglasty 25%, las liściasty 0;

strefa II - las iglasty 40%, las liściasty 26%;

strefa III - las iglasty 65%, las liściasty 28%;

strefa IV - las iglasty 75%, las liściasty 30%.

Zgodnie z zasadami przyjętymi w systemie BIGLEB (Truszkowska R., Rejman - Czajkowska M. 1986) wydzielono strefy zagrożenia obszarów na podstawie imisji dwutlenku siarki (toksyny emitowanej w największej ilości spośród zanieczyszczeń przemysłowych):

strefa I - średnioroczne stężenie  $< 0,020 \text{ mg/m}^3$ ,

strefa II - średnioroczne stężenie  $0,021 - 0,050 \text{ mg/m}^3$ ,

strefa III - średnioroczne stężenie  $0,051 - 0,100 \text{ mg/m}^3$ ,

strefa IV - średnioroczne stężenie  $> 0,100 \text{ mg/m}^3$ .

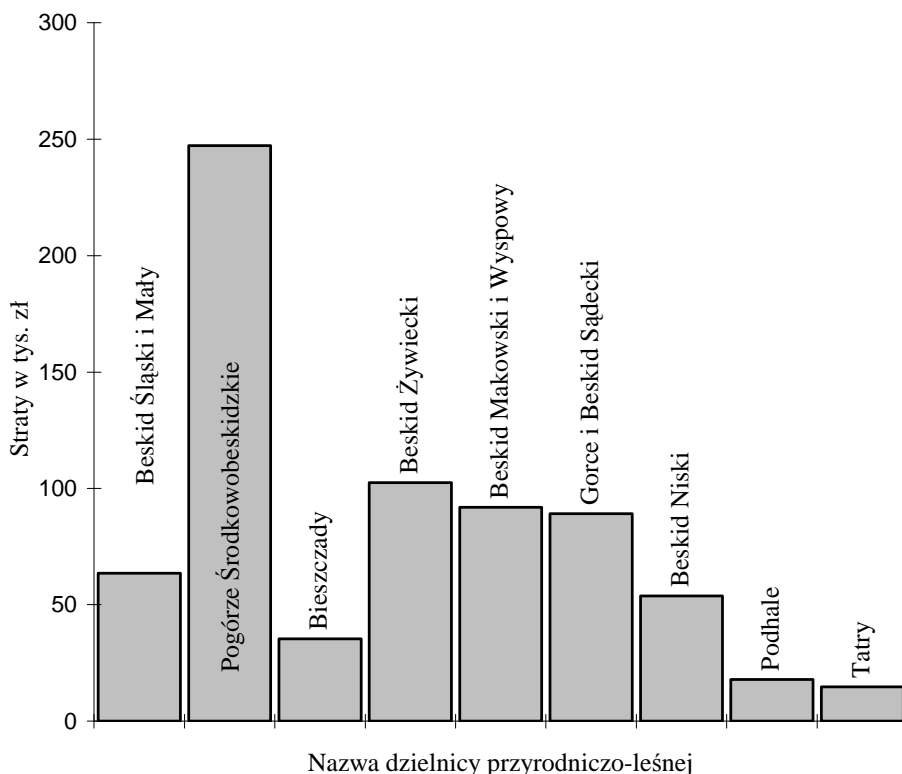
**Tabela 1.** Straty w drzewostanie Krainy Karpackiej spowodowane zanieczyszczeniem atmosfery (1990r.)**Table 1.** Losses in the forest stands owing to atmospheric pollution within the Carpathian Country (as of 1990)

Lp.	Nazwa dzielnic w Krainie Karpackiej	Drzewostan [%]		Powierzchnia lasów [tys. ha]	Powierzchnia geograficzna [ha]	Lesistość [%]	Strefa zagrożenia	Straty w przyroście masy drzewnej [tys. m <sup>3</sup> ]			
		iglasty	liściasty					iglaste	liściaste	ogółem	
1	Beskid Śląski i Mały	79,8	20,2	53,5	109,2	49,0	II	54,6	9,0	63,6	
2	Pogórze Środkowobeskidzkie	55,3	44,7	229,0	776,2	29,5	II	162,1	85,2	247,3	
3	Bieszczady	39,2	60,8	113,0	168,7	67,0	I	35,4	0,0	35,4	
4	Beskid Żywiecki	86,6	13,4	84,0	131,4	63,9	II	93,1	9,4	102,5	
5	Beskid Makowski i Wyspowy	76,6	23,4	78,2	185,4	42,2	II	76,7	15,2	91,9	
6	Gorce i Beskid Sądecki	71,6	28,4	77,4	143,4	54,0	II	70,9	18,3	89,2	
7	Beskid Niski	63,2	36,8	106,4	193,8	54,9	I	53,8	0,0	53,8	
8	Podhale	92,5	7,5	14,3	78,6	18,2	II	16,9	0,9	17,8	
9	Tatry	97,2	2,8	11,6	15,8	73,5	II	14,4	0,3	14,7	
Straty ogółem											716,2

źródło: Rocznik Statystyczny GUS 1991, opracowanie własne

Dane o imisjach  $\text{SO}_2$ , będących podstawą prezentowanej metody uzyskano z Zakładu Ochrony Atmosfery Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej za 1990r. (prace własne Zakładu).

W tabeli 1 i na rys. 2 zaprezentowano straty w przyroście masy drzewnej (drzewostanów liściastego i iglastego) w Krainie Karpackiej, spowodowane zanieczyszczeniem atmosfery.



**Rys. 2.** Straty w drzewostanach ogółem w dzielnicach przyrodniczo-leśnych  
**Fig. 2.** Global losses in the forest stands, in the natural and forest units

Prezentowane straty nie korespondują z lesistością wyrażoną ilorazem powierzchni lasów do powierzchni poszczególnych jednostek geograficznych. Jak wynika z powyższego wzoru są proporcjonalne do powierzchni lasów.

Największą lesistością charakteryzują się Tatry (73,5%), Bieszczady (67%) i Beskid Żywiecki (63,9%).

Straty w biomasie drzewnej obliczono oddzielnie dla drzewostanu liściastego i iglastego ze względu na ich różną wrażliwość. Straty w drzewostanie liściastym nie występują w Beskidzie Niskim i Bieszczadach (wartości zerowe), a w Tatrach i na Podhalu są znikome. Zdecydowanie najwyższe straty w drzewostanie liściastym występują na Pogórzu Środkowobeskidzkim (85,2 tys. m<sup>3</sup>) i znacznie przewyższają straty w pozostałych dzielnicach.

W zakresie strat w biomasie drzewostanu iglastego występują nieco inne relacje. Bowiem brak tutaj wartości zerowych strat. Najniższe straty w przyroście biomasy drzewostanu iglastego występują w Tatrach (14,4 tys. m<sup>3</sup>) i na Podhalu (16,9 tys. m<sup>3</sup>). Najwyższe natomiast na Pogórzu Środkowobeskidzkim (162,1 tys. m<sup>3</sup>), znacznie przewyższające straty w pozostałych dzielnicach (dwa, a nawet kilkakrotnie). Uwarunkowane jest to największą powierzchnią lasów spośród wszystkich dzielnic wchodzących w skład Krainy Karpackiej.

## 5. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych szacunków określono sumaryczne straty w obu drzewostanach, tj. iglastym i liściastym w Krainie Karpackiej. Wynoszą one 716 tys. m<sup>3</sup> za 1990 r. i są zbieżne z wynikami uzyskanymi przez J. Fabijanowskiego i A. Jaworskiego (1995). Ocenili oni zmniejszenie się przyrostu lasów karpaccyckich w 1988 r. na 691 tys. m<sup>3</sup> w oparciu o propozycję podaną przez T. Tramlera i J. Smykałę (1988), co potwierdza prawidłowość zastosowanej metody.

Podstawowym krokiem, który należy podjąć w celu poprawy stanu zdrowotnego i żywotnego lasów karpaccyckich jest wydatne zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery przez stosowanie w przemyśle nowoczesnych technologii bezodpadowych, stosowanie filtrów odpylających, zastąpienie paliw węglowych gazem ziemnym, energią elektryczną lub energią ze źródeł odnawialnych. Stworzyło by to możliwość dla naturalnej regeneracji naszych lasów i racjonalnego odnawiania powierzchni powstałych po obumarłych drzewostanach. Bowiem zabiegi pielęgnacyjne stosowane w lasach mają jedynie charakter profilaktyczny, zabezpieczający drzewostany przed gradacjami szkodliwych owadów i grzybów (Z. Capecki 1988).

## Literatura

1. **Berbeka K.:** Przegląd wybranych modeli komputerowych umożliwiających szacunek i prognozowanie kosztów ochrony środowiska, Biblioteka Ekonomia i Świat nr 18, Kraków 1995.
2. **Capecki Z.:** Perspektywy ochrony lasów górskich na tle zagrożeń gospodarczych i naturalnych (maszynopis), Kraków 1988.
3. **Dunikowski S., Lewińska A.:** Zagrożenie lasów górskich imisjami przemysłowymi, Postęp Techniki w Leśnictwie nr 49, II, Problematyka zagospodarowania lasów 1990.



4. **Fabijanowski J.:** Stan, znaczenie i perspektywy rozwoju lasów górskich w południowej Polsce, [W:] Środowisko przyrodnicze i kultura Podhala, Materiały na Seminarium, 4-6 maja, Szczawnica Zdrój 1990.
5. **Fabijanowski J., Jaworski A.:** Gospodarstwo leśne, [W:] Karpaty Polskie, Przyroda człowiek i jego działalność, red. J. Warszńska, Kraków 1995.
6. **Gawrońska G.:** Metoda szacowania strat w rolnictwie i leśnictwie spowodowanych zanieczyszczeniem atmosfery, Studia Rozprawy Monografie nr 52. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN Kraków 1998.
7. **Gawroński K.:** System informacyjny z zakresu ochrony i kształtowania środowiska jako podstawa realizacji ekorozwoju w gminie, Materiały II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej nt. Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego, Wyd. AR, Poznań 1997.
8. **Jaworski A.:** Żywotność jodły (*Abies alba* Mill.) w lasach Karpat, Gór Świętokrzyskich i Roztocza, [W:] 19th International Phytogeographic Excursion 1989.
9. **Król S.:** Zamieranie świerka pospolitego w drzewostanach południowej Polski, Las Polski, 13-14, 1988.
10. **Orzeł S.:** Ocena dynamiki przyrostu grubości górskich drzewostanów świerkowych na przykładzie wybranych obiektów w lasach Beskidu Śląskiego i Żywieckiego, Acta Agraria et Silvestria, ser. Silv. vol. XXXI, 1993.
11. **Trampler T.:** Jaki jest przyrost bieżący miąższości w lasach państwowych. Sylwan, 3 PWRiL, Warszawa 1960.
12. **Trampler T., Smykała J.:** Raport w sprawie uszkodzenia i obumierania lasów w Sudetach, IBL, Warszawa 1988.
13. **Truszkowska R. i inni:** Bigleb - WO, Woj. bank informacji o środowisku glebowo - roślinnym i czynnikach mu zagrażających, Prace Komisji Naukowych PTG, VIII/10, Warszawa 1986.
14. **Truszkowska R., Rejman - Czajkowska M.:** System oceny wpływu energetyki na środowisko przyrodnicze SOWEP, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Warszawa 1986.
15. **Zawada J.:** Ocena zagrożenia świerczyn górskich wynikająca z aktualnych tendencji przyrostowych, Las Polski nr 7, 1987.

## **Atmospheric Pollution and its Impact on the Carpathian Country**

### **Abstract**

The paper presents an assessment of losses in the timber biomass increase caused by atmospheric pollution in the Carpathian Mountains forests as stated in 1990. The analysed losses in the tree biomass were calculated for broadleaf and conifer stand separately because these two groups show different sensitivity to air pollution.

In 1988, a large-area forest stand survey and inventory was performed in the Carpathian Mountains region (J. Fabijanowski, 1990). Its outcomes demonstrate the timber stand deemed sound covers only 22% of the surface. J. Zawada (1987) and S. Król (1988) also stated the fact of Carpathian forests facing a danger of being damaged especially higher than 1.000 m above sea level. The deterioration in soundness of Carpathian forests effects in the decreasing timber production capacity of Carpathian forests. In the paper, an assessment of losses resulting from the degraded timber biomass increase in the Carpathian Country is made using a method developed and described by the author in her paper: (G. Gawrońska, 1998).

Losses produced by the degraded timber biomass increase ( $10^3\text{m}^3/\text{annum}$ ) amount to:

$$S_l = P_d \cdot \frac{U_d}{100\%} \cdot V_d \cdot \frac{B_d}{100\%}$$

where:

$P_d$  – forest area in the province of 103 ha;

$U_d$  – percentage of the surface covered by broadleave or conifer stands in the province;

$V_d$  – an annual increase in timber biomass including shrub stratum; it amounts to  $3.2 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{annum}$  (T. Trampl 1960) as for broadleave or conifer stands; a joint increase rate was assumed for the two stands because the broadleave stand is almost 80% of the total stand;

$B_d$  – indicator of degraded timber biomass increase according to BIGLEB:

The accomplished survey proved that broadleave stand losses are not present in the Mountain Ranges of Beskid Niski and Bieszczady (the loss rates equalled zero), and in the Tatra Mountains and Podhale Region they are insignificant. The highest broadleave stand loss rates were stated in the region called Pogórze Środkowobeskidzkie (Central Beskidy Foothills) (85.2 thousand  $\text{m}^3$ ). The lowest losses in the conifer timber biomass increase are registered in the Tatra Mountains (14.4 thousand  $\text{m}^3$ ), and Podhale Region (16.9 thousand  $\text{m}^3$ ), and the highest losses – in the region of Pogórze Środkowobeskidzkie (Central Beskidy Foothills) (162.1 thousand  $\text{m}^3$ ).

The calculated sum of losses in the broadleave and conifer stands in the Carpathian Country amounts to 716 thousand  $\text{m}^3$  (1990), and it is in accord with the outcome obtained by J. Fabijanowski and A. Jaworski (1995). According to the two latter authors, the Carpathian forests increment decreased to 691 thousand  $\text{m}^3$  in 1998; they calculated this total basing on a method as suggested by T. Trampl and J. Smykała (1988); thus, the correctness of the method applied in the survey has been confirmed.