

**TOMASZ BORECKI, EDWARD STĘPIEŃ,
STANISŁAW MIŚCICKI, JUSTYNA NOWAKOWSKA,
ROMAN WÓJCIK**

Wpływ dróg szybkiego ruchu na wybrane elementy taksacyjne drzewostanów sosnowych*

The Influence of Speedways
on Selected Inventory Features of Pine Stands

Wstęp. Cel badań

Na obszarze Polski wiele tras komunikacyjnych przebiega przez tereny leśne. Natężenie ruchu na tych trasach ciągle rośnie. Stanowi to zagrożenie dla funkcjonowania ekosystemów leśnych m. in. przez zakłócanie gospodarki wodnej, wzrost zanieczyszczeń powietrza i gleby w strefie ekotonalnej, wzrost antropopresji na tereny przyległe. Te zakłócenia utrudniają także prowadzenie gospodarki leśnej.

W związku z projektowaną rozbudową sieci autostrad w Polsce zwiększy się powierzchnia lasów narażonych na negatywne oddziaływanie szlaków komunikacyjnych. Problemy związane z budową nowych dróg wynikają z przecinania i rozczłonkowania istniejących struktur przyrodniczych oraz zespołów terenowo-infrastrukturalnych. Z uwagi na liniowy charakter inwestycji ich wpływ na otoczenie dotyczy wielu różnych elementów środowiska: gleb, systemów wodnych, osadnictwa, estetyki krajobrazu, terenów leśnych.

W oddziaływaniu autostrad na środowisko można wyróżnić dwa etapy: budowy i eksploatacji. W Polsce zagadnienia związane z etapem budowy są praktycznie nowe. Rozpoznanie problemów, jakie mogą ujawnić się na tym etapie, jest konieczne ze względu na usprawnienie złożonego procesu planowania i projektowania autostrad. Analizę zagrożeń związanych z budową autostrad przedstawili Głaz i Parzuchowska (9).

* Referat wygłoszony na Konferencji Naukowo-Technicznej "Autostrady a lasy", SITLiD, 15-16 kwietnia 1997, Poznań; opracowany na podstawie części wyników tematu badawczego 6/96 "Ocena wpływu ciągów komunikacyjnych szybkiego ruchu na drzewostany leśne położone w bezpośrednim sąsiedztwie", finansowanego ze środków Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.

Odrębną grupę zagadnień stanowi wpływ eksploatacji autostrad na środowisko przyrodnicze. Krajowe jak i zagraniczne doświadczenia dotyczą przede wszystkim skażenia powietrza, gleb, wód powierzchniowych i roślinności uprawianej rolniczo (2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18).

W lasach przeciętych drogami szybkiego ruchu proces wzrostu i rozwoju roślinności w pobliżu pasa drogowego poddany jest wpływowi wielu czynników nie występujących w głębi drzewostanów. Najważniejszymi z nich są:

- zmiany warunków świetlnych i wilgotnościowych ,
- zwiększone możliwości wnikania nowych gatunków roślin,
- zmiany warunków siedliskowych w wyniku zaśmiecania i nawożenia,
- zanieczyszczenie przez spaliny.

Wycięcie pasa drogowego w lesie stwarza źródło światła bocznego, co z kolei umożliwia powstawanie nowych stref ekotonowych i tworzenie się ściany lasu po obu stronach drogi (14). Czas wytwarzania się ściany jest stosunkowo długi i zależy głównie od warunków siedliskowych oraz składu gatunkowego drzewostanów.

Celem prezentowanych wyników badań było określenie wpływu dróg o dużym natężeniu ruchu na wybrane cechy drzew i drzewostanów sosnowych (litych lub z przewagą tego gatunku).

Metodyka

Badania przeprowadzono w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat wzrastających na siedliskach Bśw, BMśw, LMśw i Lśw. W miejscach, w których szerokość drzewostanu liczona od brzegu pasa drogowego przekraczała 50-70 m zakładano transekty badawcze. Każdy z nich składał się z trzech działek. Działki obejmowały fragmenty drzewostanu kolejno w pasie 0-10 m, 20-30 m i 40-50 m od ściany lasu. Długość działki, a stąd jej powierzchnia, zależały od stadium wiekowego. W drzewostanach II klasy wieku wynosiła 10 m (100 m^2), w III – 20 m, w IV – 30 m, w V i starszych – 50 m (odpowiednio 500 m^2). W niektórych miejscach zakładano transekty złożone z czterech działek (dodatkowo w odległości 60-70 m). Na takich transektach prowadzono dodatkowo badania gleb i przyrostu drzewostanów (7, 8). Transekty lokalizowano w drzewostanach położonych na poziomie zbliżonym do jezdni. Na każdej działce zmierzono: pierśnice drzew, wysokości 10 sosen (i dodatkowo innych gatunków), oszacowano – posługując się atlasem (1) procentowy ubytek aparatu asymilacyjnego 15 sosen I, II i III klasy Krafca najbliższych środka działki, oszacowano procent pokrycia przez warstwę podszytu w obrębie kwadratu o powierzchni 100 m^2 położonego centralnie na działce oraz określono występujące gatunki.

W pracach obliczeniowych dotyczących elementów taksacyjnych drzewostanów określono dla sosen na każdej działce: zagęszczenie drzew, przeciętną pierśnicę i wysokość, pierśnicową powierzchnię przekroju, zasobność, średni ubytek aparatu asymilacyjnego, całkowitą zasobność drzewostanu, udział sosny, procent pokrycia warstwy podszytu. Na podstawie testu t-Studenta dla par spostrzeżeń zależnych oceniono istotność różnic (przy poziomie

$\alpha=0,05$) wartości średnich badanej cechy. W interpretacji wykorzystano wyniki uzyskane łącznie dla wszystkich transektów. W niektórych przypadkach zaznaczono znaczące różnice istniejące między poszczególnymi trasami, siedliskowymi typami lasu, klasami wieku lub miejscami położenia ściany lasu względem stron świata.

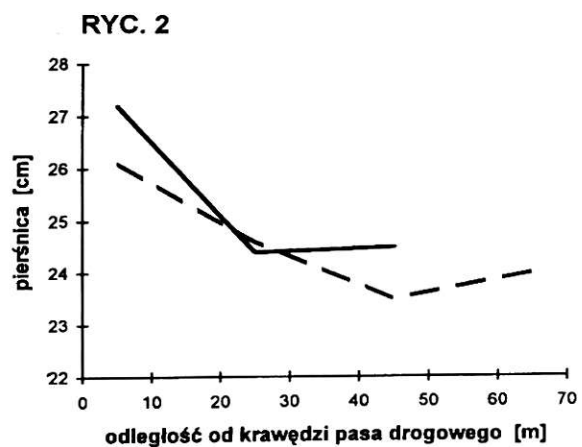
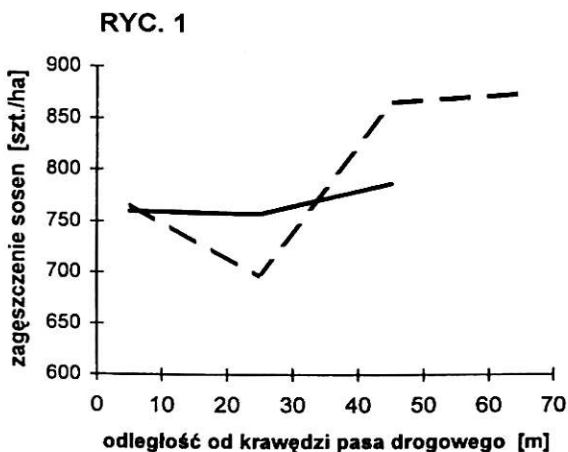
Obiekty badań

Wytypowano trzy trasy o podobnym okresie eksploatacji drogi: Warszawa-Białystok, Warszawa-Gdańsk i Warszawa-Katowice, wzdłuż których zmierzono odpowiednio 37, 19, 33 – łącznie 89 transektów, z czego 20 składających się z czterech działek. W drzewostanach położonych na siedlisku Bśw przypadło 22, BMśw – 37, LMśw – 15 i Lśw – 15 transektów. W drzewostanach II klasy wieku założono 22, III – 28, IV – 21, V i starszych – 18 transektów.

Wyniki

Zagęszczenie drzew

Na podstawie pomiaru 89 transektów stwierdzono, że zagęszczenie sosen w bardzo małym stopniu zwiększało się wraz z odległością od ściany lasu (tab., ryc. 1). Nie stwierdzono istotnych różnic wartości średnich. Nieco inną zależność uzyskano na podstawie wyników badań transektów złożonych z czterech działek (tab., ryc. 1). Zagęszczenie sosen było największe wewnątrz drzewostanu, a najmniejsze w pasie w odległości 20-30 m od ściany lasu. Jednak także i tu nie wykazano (na poziomie $\alpha=0,05$) istotności różnic.



RYC. 1. Średnie zagęszczenie sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); linia ciągła – wyniki dla transektów złożonych z trzech działek próbnych, linia przerywana – wyniki dla transektów złożonych z czterech działek próbnych

RYC. 2. Przeciętna pierśnica sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1

TABELA. Wyniki oceny zmian wybranych cech drzew i drzewostanów w zależności od odległości od ściany lasu (pasa drogowego); numery działek próbnych oznaczają: 1 – odległość 0-10 m od ściany lasu, 2 – 20-30 m, 3 – 40-50 m, 4 – 60-70 m; różnice istotne podano przy poziomie $\alpha=0,05$

Cecha (miano)	Liczba transektów	Wartość średnia	Wartość średnia dla działki próbnej				Wartość funkcji testowej <i>t</i> dla różnic średnich (grubą czcionką zaznaczono różnice istotne)					
			1	2	3	4	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
			Zagęszczenie sosen (szt/ha)	89 20	768 801	760 766	758 679	787 866	874	0.054 1.038	0.642 0.906	1.102 1.102
Pierśnica sosen (cm)	89 20	25.4 24.5	27.2 26.1	24.4 24.6	24.5 23.5	24.0	4.759 2.140	4.828 2.775	2.028 2.028	1.851 1.851	1.000 0.945	0.777
Wysokość sosen (m)	89 20	23.0 21.0	21.8 19.7	23.3 21.3	23.9 21.4	21.6	7.688 3.790	8.510 3.912	0.349 1.096	1.654 1.654	0.407 0.407	0.933
Pole przekroju sosen (m ² /ha)	89 20	28.8 30.7	32.9 34.8	26.6 27.9	26.9 29.3	30.7	5.222 2.464	4.875 1.933	1.184 1.184	0.904 0.904	1.487 1.487	0.737
Zasobność sosen (m ³ /ha)	89 20	268 289	294 318	252 268	258 279	292	3.356 1.783	2.888 1.410	0.779 0.779	0.878 0.878	1.388 1.388	0.737
Zasobność drzewostanu (m ³ /ha)	89 20	312 327	363 384	285 310	290 300	315	6.337 2.327	6.326 2.461	1.811 1.811	0.619 0.619	0.567 0.567	0.882
Udział sosny (%)	89 20	85.9 88.6	80.2 83.2	88.2 85.6	89.2 93.4	92.4	4.186 0.831	4.280 2.731	2.245 2.245	1.899 1.899	2.115 2.115	0.547
Pokrycie podszytu (%)	89 20	21 19	24 24	19 18	19 21	14	2.619 1.257	2.211 0.505	1.206 1.206	0.460 0.460	0.626 0.626	1.389
Ubytek aparatu asymilacyjn. (%)	89 20	17 16	19 18	16 17	16 15	14	5.140 0.771	5.069 1.990	2.281 2.281	1.984 1.984	3.535 3.535	0.540

Przeciętna pierśnica

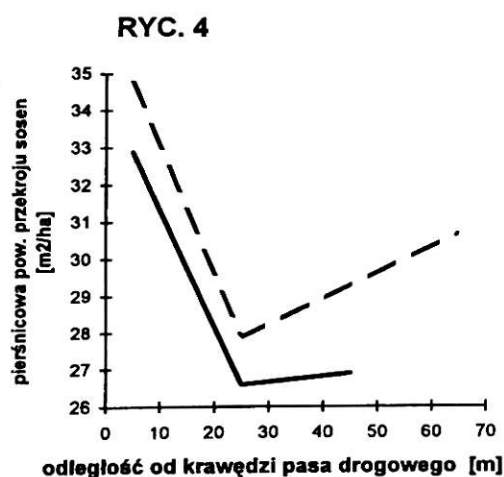
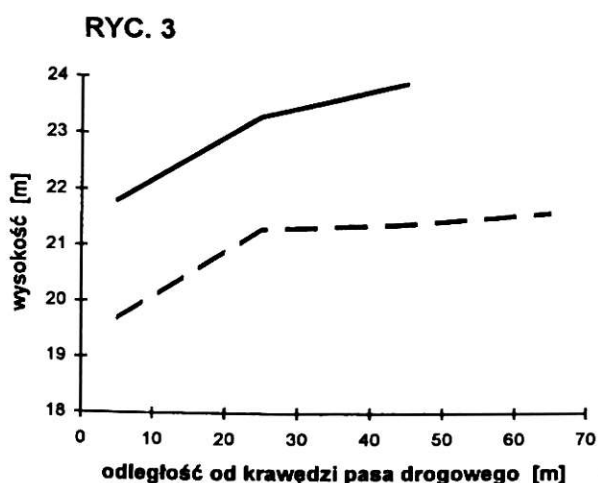
Stwierdzono, że przeciętna pierśnica sosen była największa w części drzewostanu położonej przy ścianie lasu (tab., ryc. 2). Najmniejszą wartość tej cechy zaobserwowano w odległości 20-30 m od ściany (na podstawie badań 89 transektów) lub w odległości 40-50 m (na podstawie badań 20 transektów złożonych z czterech działek) (tab., ryc. 2). Jednak w stosunku do działek położonych najdalej od ściany lasu ta ostatnia różnica była niewielka (nie stwierdzono istotności różnic wartości średnich). Zmiana pierśnicy drzew w zależności od odległości od ściany lasu była wyraźna na siedliskach ubogich (Bśw, BMśw), a słabo zarysowana na najżyźniejszych (Lśw). Nie stwierdzono wpływu odległości od drogi na grubość drzew w drzewostanach II klasy wieku. W drzewostanach starszych te zmiany pierśnicy okazały się istotne.

Wysokość drzew

Przeciętna wysokość sosen zwiększała się wraz z odległością od ściany lasu (tab., ryc. 3). Jednak tylko wysokość drzew w części położonej bezpośrednio przy ścianie lasu okazała się istotnie mniejsza niż w częściach w głębi drzewostanu. Różnice wysokości wynoszą 1-2, a nawet 3 metry i są wyraźniejsze w miarę poprawy warunków siedliskowych i tym większe im starszy jest drzewostan.

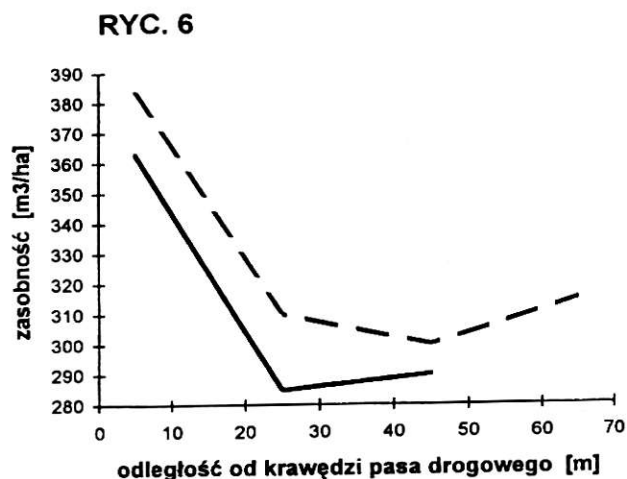
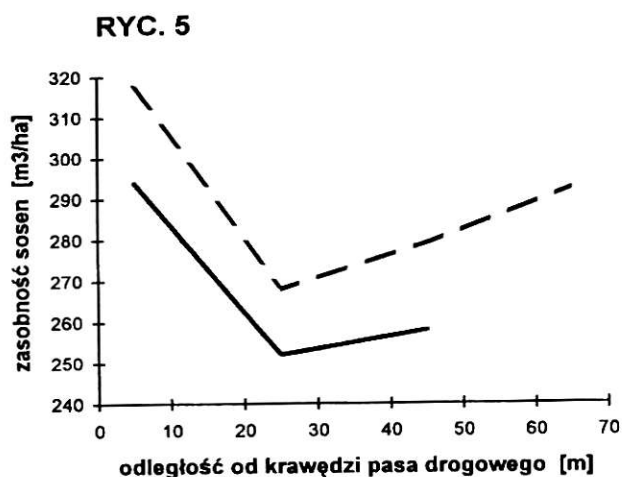
Pierśnicowa powierzchnia przekroju

Największa pierśnicowa powierzchnia przekroju wystąpiła w części bezpośrednio przylegającej do ściany lasu (tab., ryc. 4). Wartość średnia różniła się istotnie od pozostałych badanych fragmentów drzewostanu. Najmniejszą powierzchnię przekroju zaobserwowano w pasie w odległości 20-30 m od ściany lasu. Na podstawie danych pochodzących zarówno z transektów złożonych z trzech jak i z transektów złożonych z czterech działek zaobserwowano, że po osiągnięciu minimum wartość tej cechy wzrastała w miarę oddalania się od ściany lasu. Jednak różnica ta była niewielka i statystycznie nie znacząca.



RYC. 3. Przeciętna wysokość sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1

RYC. 4. Pierśnicowa powierzchnia przekroju sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1



RYC. 5. Zasobność sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1

RYC. 6. Zasobność drzewostanu w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1

Zasobność

Zasobność sosen, jak i łącznie wszystkich gatunków, zmieniała się wraz z odległością od ściany lasu w podobny sposób, jak w przypadku pierścicowej powierzchni przekroju. Największą wartość zasobności osiągnęła w części położonej bezpośrednio przy ścianie lasu (wartość średnia istotnie większa niż w pozostałych częściach drzewostanu). Różnica ta jest wyraźniejsza w przypadku zasobności wszystkich gatunków drzew (tab., ryc. 5, 6). Minimalną zasobność stwierdzono w pasie w odległości 20-30 m od brzegu drzewostanu. Za tą strefą, w miarę oddalania się od osi drogi, zasobność nieco zwiększała się.

Udział sosny

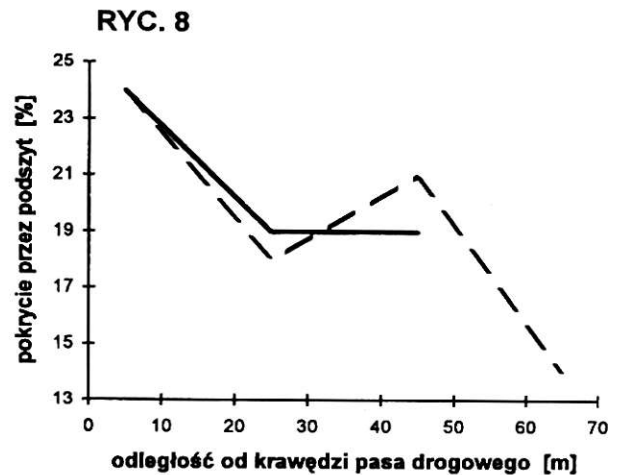
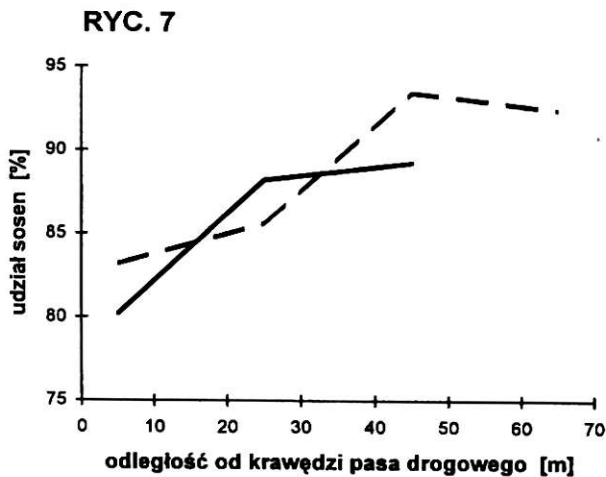
Mięszszościowy udział sosny zwiększał się w miarę oddalania się od ściany lasu w głąb drzewostanu (tab., rys. 7). Oznacza to, że w części brzegowej do odległości 20-40 m udział gatunków liściastych był większy niż wewnątrz drzewostanu. Różnica ta była szczególnie wyraźna w drzewostanach rosnących na siedliskach najżyźniejszych (Lśw).

Pokrycie przez podszyt

Największy stopień pokrycia powierzchni przez podszyt stwierdzono w części drzewostanu bezpośrednio przyległej do pasa drogowego (tab., ryc. 8). Trudno jest wskazać, by poza tą strefą istniały ukierunkowane zmiany pokrycia przez podszyt, bowiem na podstawie wyników z transektów złożonych z trzech działek otrzymano nieco inne wyniki niż z transektów złożonych z czterech działek. Zaobserwowano, że wyraźne różnice w stopniu pokrycia przez podszyt istniały w drzewostanach położonych na siedliskach Bśw i BMśw.

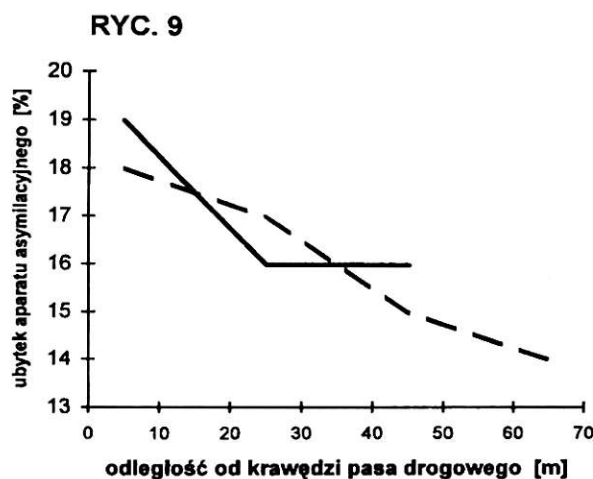
Procent ubytku aparatu asymilacyjnego sosen

Największy ubytek aparatu asymilacyjnego sosen stwierdzono w strefie położonej bezpośrednio przy ścianie lasu (tab., ryc. 9). Wyniki uzyskane na podstawie transektów złożonych z trzech działek częściowo różnią się od wyników uzyskanych z transektów złożonych z



RYC. 7. Udział miąższociowy sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1

RYC. 8. Pokrycie powierzchni drzewostanu przez podszyt w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1



RYC. 9. Przeciętny ubytek aparatu asymilacyjnego sosen w zależności od odległości od krawędzi pasa drogowego (wyniki dla całego materiału badawczego); symbole graficzne jak na ryc. 1

czterech działek. W tym ostatnim przypadku stwierdzono, że drzewa położone w części najbardziej oddalonej od pasa drogowego mają istotnie mniejszy stopień ubytku aparatu asymilacyjnego niż drzewa w strefie 0-30 m.

Stwierdzono, że najbardziej uszkodzone są sosny na transektach zakładanych na wschód i południowy wschód od dróg. Jednocześnie tylko w tych transektach nie stwierdzono istotnych różnic ubytku aparatu asymilacyjnego wraz ze zmianą odległości od krawędzi pasa drogowego. Świadczy to o tym, że wiatr przenosząc zanieczyszczenia sprzyja uszkodzeniu aparatu asymilacyjnego sosen i jednocześnie powoduje zwiększenie odległości oddziaływania tych zanieczyszczeń.

Dyskusja

Przeprowadzone badania wskazały, że stosunkowo szeroki pas wylesiony i zajęty przez drogę szybkiego ruchu, powoduje w strefie ekotonalnej utworzenie specyficznej struktury brzegu drzewostanu. W tej chwili trudno jest dokładnie wskazać jak daleko w głąb drzewostanu postępuje zmiana struktury. Orientacyjnie można przyjąć, że sięga ona do odległości ok. 30 m od ściany lasu. Wydaje się przy tym, że strefa zmian składa się z dwóch części. Zewnętrzna, łatwa do wskazania, rozciąga się do około 15 m od ściany lasu i charakteryzuje się:

- zmianą formy strzał sosen - drzewa są niższe, grubsze, mają dłuższe, bardziej gałęziste i nieregularne korony niż w głębi drzewostanu,
- zwiększonym zróżnicowaniem gatunkowym – większy jest udział gatunków liściastych,
- większym, niż na pozostałych działkach, pokryciem przez podszyt i większą liczbą gatunków występujących w tej warstwie,
- większym zapasem i zagęszczeniem drzew.

Ta zmiana struktury drzewostanu wynika ze specyficznych warunków oświetlenia oraz z oddziaływania wiatru. Druga – wewnętrzna część strefy zmienionej struktury drzewostanu – rozciąga się w odległości ok. 15-30 m od ściany lasu. Jest jednak trudna do wyróżnienia. Charakteryzuje się ona:

- wymiarami drzew (grubość, wysokość, gałęzistość, długość korony) pośrednimi między częścią zewnętrzną a wnętrzem drzewostanu,
- mniejszym niż w części zewnętrznej zróżnicowaniem gatunkowym,
- mniejszym pokryciem przez podszyt niż w części zewnętrznej, a często także mniejszym niż wewnątrz drzewostanu,
- mniejszym zapasem niż w części zewnętrznej, a często także mniejszym niż wewnątrz drzewostanu.

Istnienie tej wewnętrznej części strefy zmienionej struktury drzewostanu należy wiązać ze zmianą oddziaływania czynników kształtujących brzeg lasu. W znacznie mniejszym stopniu oddziałują tu specyficzne warunki świetlne, natomiast istnieją jeszcze zmiany będące następstwem kształtowania okapu drzewostanu przez wiatr. Dużą rolę może odgrywać także obecność pasa przeciwpożarowego – z reguły przebiegającego w odległości 10-20 m od ściany lasu.

Przez 20 lat od chwili zakończenia budowy drogi trudno jest rozpoznać niekorzystne oddziaływanie gwałtownie dokonanego wylesienia. Pośrednią informacją, że brak odpowiednio przygotowanej ściany lasu miał negatywne następstwa, są dane dotyczące zagęszczenia sosen. W części brzegowej drzewostanu jest ono nieco mniejsze niż wewnątrz. Ponieważ warunki wzrostu, zwłaszcza świetlne, są w tej części korzystne, należałoby oczekiwać większego zagęszczenia sosen – tak jak to ma miejsce w przypadku pozostałych, później pojawiających się gatunków drzew. Prawdopodobnie po gwałtownym

odsłonięciu wnętrza drzewostanu podczas tworzenia lub poszerzania pasa drogowego, wydzieliły się niektóre sosny w następstwie uszkodzeń przez wiatr lub oddziaływania tzw. uszkodzeń brzegowych.

Ważnym problemem jest wpływ na drzewa zanieczyszczeń spowodowanych przez transport kołowy. Niniejsze badania wykazały, że aparat asymilacyjny drzew reaguje na te zanieczyszczenia w znacznej odległości od osi drogi. Prawdopodobnie jest to odległość ponad 70 m, a więc większa niż pas objęty niniejszymi badaniami. Stosunkowo niewielkie różnice stopnia defoliacji drzew w pobliżu drogi, a wewnątrz drzewostanu, wskazują że wpływ zanieczyszczeń na rozwój drzew jest niewielki. Jednak ten wynik można wykorzystać jako wskaźnik do oceny jak daleko sięgają zanieczyszczenia.

Należy zwrócić uwagę, że badania przeprowadzone były w miejscach, w których trasy komunikacyjne zostały wytyczone przed co najmniej kilkudziesięciu laty. Oznacza to, że obrzeża drzewostanów graniczące z pasem drogowym zostały dawno ukształtowane. Nie można więc było zaobserwować prawdopodobnych początkowych uszkodzeń w odsłoniętych częściach drzewostanów. Można przypuszczać, że zmiany zachodzące w miejscach gwałtownie odsłoniętych przez wycięcie lub poszerzenie pasa drogowego są podobne do zmian w drzewostanie, któremu usunięto ścianę ochronną lub który odsłonięto w wyniku nieprawidłowo przeprowadzonego cięcia rębego wewnątrz ostępu. Jednak trudno jest ocenić późniejsze, stosunkowo powolne zmiany w części brzegowej graniczącej z drogą, będące zarówno następstwem odsłonięcia jak i systematycznego oddziaływania zanieczyszczeń transportowych. Należy także podkreślić, że zwiększone natężenie ruchu samochodów na badanych trasach to sprawa ostatnich kilku lat. Umownie można przyjąć, że wzrost tego natężenia nastąpił od roku 1990. Oznacza to, że okres, w którym drzewostany poddane były silnemu negatywnemu oddziaływaniu zanieczyszczeń, był stosunkowo krótki.

W Polsce niemożliwe było przeprowadzenie badań drzewostanów położonych przy prawdziwych autostradach (z powodu znikomej długości dróg tego typu). Należy się spodziewać, że przy wzroście dopuszczalnych prędkościach pojazdów na autostradach, zwiększy się ilość wydzielanych szkodliwych substancji. Większa prędkość może także wpływać na turbulencję powietrza, a stąd przyczyniać się do przenoszenia zanieczyszczeń w głąb drzewostanów na znaczne odległości.

Wnioski

- Wycięcie szerokiego pasa pod drogę szybkiego ruchu prowadzi do zmiany struktury drzewostanu w pasie o szerokości ok. 30 m. W wyniku zmiany warunków oświetlenia i przewietrzania wytwarza się strefa "brzegu lasu" złożona z dwóch części.
- Oddziaływanie zanieczyszczeń transportowych sięga prawdopodobnie na odległość ponad 70 m. Problem ten wymaga dalszych badań.
- Istnieje konieczność ograniczenia ujemnego wpływu dróg szybkiego ruchu na ekosystemy leśne przez odpowiednie zagospodarowanie lasu w bezpośrednim sąsiedztwie trasy. Proponuje się następujące zabiegi:

- w drzewostanach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie dróg kształtować ściany ochronne na obrzeżu lasu;
- dysponując zatwierdzonym projektem przebiegu autostrady bezzwłocznie przystąpić do kształtowania przyszłej ściany lasu,
- w przyszłej strefie ekotonalnej (w pasie do 50 m):
 - a) założyć oręby szerokości 10-15 m kosztem przyszłego pasa drogowego,
 - b) zwiększyć stabilność istniejących drzew przez wyprzedzające, silniejsze zabiegi trzebieżowe,
 - c) kształtować przyszłą ścianę lasu popierając gatunki liściaste (Db, Bk, Kl, Lp, Jw, Gb, Js, Wz) nawet na uboższych siedliskach (przewidując, że strefa ekotonalna jest żyźniejsza niż wewnątrz drzewostanu),
 - d) wprowadzić podszyty (w drzewostanach na wszystkich siedliskowych typach lasu) w pasie bezpośredniego wpływu drogi na las,
 - e) popierać w składzie gatunkowym drzewostanu głównego gatunki liściaste mniej wrażliwe na zanieczyszczenia.
- Jeżeli to możliwe, projektować pas drogowy tak by przebiegał przez drzewostany młodszych klas wieku oraz by jedna z jego granic pokrywała się z istniejącymi ścianami ochronnymi wytworzonymi wzdłuż linii podziału powierzchniowego.
- W przyszłych badaniach wpływu autostrad na drzewostany należy prowadzić wieloletnie pomiary rozpoczęte jeszcze przed wycięciem pasa drogowego.

Literatura

1. **Borecki T., Keczyński A.:** Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. ATUT, Warszawa, 1992.
2. **Curzydło J. i in.:** Skażenie roślin ołowiem spalin samochodowych przy drogach regionu krakowskiego. *Acta Agr. et Silv. Ser. Agraria*, 1980, Vol. XVIII/2.
3. **Curzydło J.:** Ołów i cynk w roślinach i glebach w sąsiedztwie drogowych szlaków komunikacyjnych. *Rozpr. hab., Zesz. Nauk. AR Kraków*, 1988.
4. **Curzydło J., Kostuch R.:** Oddziaływanie autostrady na grunty rolnicze i leśne. *Aura*, 1996, 6.
5. **Czarnowska K.:** Akumulacja niektórych metali ciężkich w glebach uprawnych i w liściach selerów w pobliżu dróg wylotowych z Warszawy, *Rocz. Glebozn.*, 1994, R. 45, 3/4.
6. **Czarnowska K., Konecka-Betley K.:** Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na gleby i akumulację metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie Warszawy. *Człowiek i Środowisko*, 1977, 1, 4.

7. **Czepińska-Kamińska D., Janowska E., Zielony R.:** Wpływ dróg szybkiego ruchu na środowisko glebowe i roślinność leśną. Materiały na Konferencję Naukowo-Techniczną Autostrady a lasy, SITLiD, 15-16 kwietnia 1997, Poznań.
8. **Dudek A., Michalak K., Płotkowski L.:** Produkcyjne i ekonomiczne konsekwencje wpływu dróg szybkiego ruchu na wybrane drzewostany sosnowe. Materiały na Konferencję Naukowo-Techniczną Autostrady a lasy, SITLiD, 15-16 kwietnia 1997, Poznań.
9. **Głaz J., Parzuchowska J.:** Szkody w lasach i utrudnienia w prowadzeniu gospodarki leśnej w związku z budową autostrad. Zesz. Nauk. Politechn. Warszawa, 1995, 5.
10. **Goldsmith C. O. J., Scanlon P. F., Pirle W. R.:** Lead contamination in soil and vegetation associated with highways of different traffic densities. Bull. of Env. Contam, a Tech., 1976, 15.
11. **Maciejewska A.:** Toksyczne działanie związków ołowiu pochodzących ze spalin samochodowych w świetle literatury. Pr. Nauk. Politechn. Warszawa, Geodezja, 1995, 33.
12. **Maciejewska A.:** Wpływ emisji spalin samochodowych na skażenie gleb rdzawych związkami ołowiu, cynku i kadmu. Pr. Nauk. Politechn. Warszawa, Geodezja, 1995, 33.
13. **Marszałek M.:** Wpływ ruchu samochodowego na skażenie powietrza atmosferycznego w wybranych rejonach Polski. Ochr. Powietrza, 1987, 4.
14. **Puchalski T., Prusinkiewicz Z.:** Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL, Warszawa, 1990.
15. **Roszyk E., Roszykowa S.:** Ołów w glebach i roślinach w pobliżu dróg na terenie Wrocławia, Roczn. Gleb., 1975, R. 26, 1.
16. **Skłodowski P.:** Wpływ tras komunikacyjnych na chemiczną degradację środowiska przyrodniczego, Prace Nauk. Politechn. Warszawa, Geodezja, 1995, 33.
17. **Skłodowski P.:** Wpływ spalin samochodowych na skażenie gleb płowych związkami ołowiu, kadmu i cynku. Prace Nauk. Politechn. Warszawa, Geodezja, 1995, 33.
18. **Skłodowski P., Maciejewska A., Krajewska E., Szperliński Z.:** Występowanie metali ciężkich w pyle opadowym na obszarach niezabudowanych na przykładzie trasy szybkiego ruchu Warszawa - Katowice, Prace Nauk. Politechn. Warszawa, Geodezja, 1995, 33.

Summary

The influence of speedways on selected inventory features of pine stands

The influence of motorways with heavy traffic on selected features of trees and pine stands (single-species or with predominance of this species) was investigated. The experimental material was collected at the motorways of Warszawa–Białystok, Warszawa–Gdańsk, and

Warszawa–Katowice, in the stands that had been crosscut by the motorway at least 20 years ago. Measurements were made on 89 transects composed of 3 or 4 sample plots. The density of pine trees was increasing very slightly along the distance from the edge of the motorway belt (Fig. 1). The average dbh (Fig. 2), dbh basal area (Fig. 4), volume (Figs. 5 and 6), shrub layer cover (Fig. 8), and percentage loss of foliage (Fig. 9) were the highest in the part of the stand being most closely located at the motorway belt. The share of pine was the smallest in that part (Fig. 7).

It was found that the wide belt deprived of trees along the motorway causes an establishment of a specific structure of "stand edge". It reaches up to about 30 m in the depth of stand. The response of pines to pollution caused by vehicles is relatively slight, but is marked at the distance probably greater than 70 m from the edge of the motorway belt. The change of stand structure near the motorway belt points out that stands across which the motorway is planned should be fairly early prepared to exposure, i.a. through shaping the future forest edge.