

BOGUSŁAW BOBEK, SIMONA KOSSAK, DOROTA MERTA

Wpływ długości ekotonów na jakość środowiska bytowania jeleni w lasach górskich*

**The Effect of Ecoton Length on the Quality of Red Deer Habitat
in Mountain Forest**

Wstęp

W klasycznym pojmowaniu zjawiska, ekoton jest to strefa przejścia między dwoma różnymi ekosystemami (20). W ekotonie występują gatunki charakterystyczne dla każdej z sąsiadujących formacji roślinnych, ale żadna z fitocenoz nie realizuje się w pełni (9). W skład ekotonu wchodzi również wiele gatunków specyficznych, których występowanie ograniczone jest tylko do strefy przejścia. Szerokość ekotonu może wynosić od kilku do kilkuset metrów (8).

Duże kompleksy roślinne są z reguły mozaiką wielu mniejszych fitocenoz różniących się składem gatunkowym i ilościowym, oraz tendencjami dynamicznymi wynikającymi z procesów sukcesyjnych, przez co tworzą złożony układ przestrzenno-czasowy (13). Tak więc mogą graniczyć ze sobą ustabilizowane w czasie formacje roślinne (np. starodrzewy różnych typów siedliskowych lasu), lub fitocenozy przechodzące kolejne etapy sukcesji (np. drzewostany różnowiekowe).

W ekotonie zróżnicowaniu elementów biotycznych zawsze towarzyszy zróżnicowanie elementów abiotycznych: gleby, topografii, mikroklimatu (15). Z tym łączy się tak zwana "ruchomość" granic obszaru przejściowego, wynikająca z odmiennej dynamiki sezonowej stykających się fitocenoz (9).

Skomplikowany układ czasoprzestrzenny formacji roślinnych w ekotonach wraz ze zróżnicowaniem elementów abiotycznych w stosunku do sąsiadujących fitocenoz stwarza specyficzną niszę ekologiczną wielu populacji zwierzęcych (19). Zdaniem wielu

*Pracę wykonano w ramach tematu 213005 koordynowanego przez Instytut Badania Leśnictwa.

badaczy zwiększona liczebność ptaków i ssaków w strefie przejściowej pomiędzy różnymi formacjami roślinnymi świadczy o pozytywnym wpływie ekotonu na populacje wielu gatunków zwierząt (1, 24, 6, 12, 14). Z drugiej jednak strony notowane są przypadki wyższej śmiertelności i niższego sukcesu rozrodczego wśród osobników zamieszkujących ekoton w porównaniu z osobnikami z danej populacji bytujących w sąsiadujących fitocenozach (10).

Zjawisko ekotonu jest szczególnie interesujące w odniesieniu do dużych roślinożerców. Ich rozmieszczenie czasoprzestrzenne w areale bytowania jest bowiem silnie zależne od czynników biotycznych środowiska (wartość bazy pokarmowej i wartość osłonowa) oraz abiotycznych (mikroklimat). Ekoton w którym występuje efekt styku wielokrotnie podwyższa wartość pokarmową środowiska, zaś zjawisko "załamywania się cech" – obniża. Również towarzyszące ekotonom różnice w dynamice sezonowej roślinności mogą wpływać na zasobność bazy żerowej w aspekcie czasowym.

Celem niniejszej pracy była: ocena przydatności trzech indeksów długości ekotonów do pomiaru stopnia heterogenności lasów górskich, oraz ocena wpływu długości niektórych ekotonów na masę poroża jelenia szlachetnego *Cervus elaphus*, która jest dobrą miarą jakości środowiska bytowania tego gatunku.

Teren badań, materiał i metody

Materiał do tej pracy zebrano na terenie siedmiu bieszczadzkich nadleśnictw (Baligród, Brzegi Dolne, Cisna, Komańcza, Lutowiska, Stuposiany, Wetlina) oraz dwóch położonych w Beskidzie Niskim (Łosie, Rymanów). W nadleśnictwach tych dominującym typem siedliskowym lasu jest las górski, który stanowi od 94,2% (nadleśnictwo Brzegi Dolne) do 100% powierzchni w nadleśnictwach Baligród i Lutowiska.

Do pomiaru długości ekotonów użyto map przeglądowych drzewostanów poszczególnych nadleśnictw, uwzględniających skład gatunkowy oraz klasy wiekowe drzewostanu. Za pomocą odległościomierza zmierzono długość granic pomiędzy wydzieleniami drzewostanowymi (płatami) według gatunków panujących (jodła, świerk, sosna, modrzew, buk, olcha, jawor, jesion, osika, brzoza, dąb) oraz pomiędzy płatami drzewostanów będących w różnych klasach wieku, lecz o tym samym gatunku dominującym. Wyróżniono następujące kategorie ekotonów:

- styk pomiędzy wydzieleniami drzewostanowymi oraz pomiędzy drzewostanami w różnych klasach wieku wewnątrz poszczególnych wydzieleni (maksymalna długość granic – MAX)
- styk pomiędzy poszczególnymi wydzieleniami drzewostanowymi (GAT–GAT)
- styk pomiędzy wydzieleniami będącymi w tej samej klasie wieku (GAT–GAT TSKW)
- styk pomiędzy wydzieleniami będącymi w różnych klasach wieku (GAT–GAT RKW)
- styk pomiędzy drzewostanami o różnej klasie wieku różnych wydzieleni wraz z drzewostanami będącymi w różnej klasie wieku wewnątrz poszczególnych wydzieleni (MAX RKW)

- styk pomiędzy drzewostanami w różnej klasie wieku wydzielen z panującymi gatunkami liściastymi (RKW GL–GL)
- styk pomiędzy drzewostanami w różnej klasie wieku wydzielen z panującymi gatunkami iglastymi (RKW GI–GI).

Długość zmierzonych ekotonów dzielono następnie przez powierzchnię leśną każdego nadleśnictwa otrzymując indeks długości ekotonów przypadających na km^2 powierzchni leśnej (3) – A (km/km^2).

Mapę każdego nadleśnictwa podzielono na jednakowe prostokąty (5,3 km x 7,2 km). Następnie narożniki każdego prostokąta łączono przekątnymi, na których liczone liczbę przecięć styków według podanej klasyfikacji. Uzyskane dane posłużyły do utworzenia dwóch nowych indeksów długości ekotonów, z których jeden otrzymano dzieląc liczbę przecięć styków przez powierzchnię leśną nadleśnictwa B (N/km^2), (2). Drugi indeks obliczono dzieląc liczbę przecięć styków przez długość fragmentów przekątnych przecinających dany kompleks leśny C (N/km).

Z badanych nadleśnictw uzyskano dane o ciężarach poroży byków pozyskanych tam w latach 1986–1990. Dla każdego nadleśnictwa obliczono przeciętną masę poroża byków 9-letnich i starszych ($N = 469$). Następnie średnią masę poroża z poszczególnych nadleśnictw korelowano kolejno z trzema obliczonymi indeksami długości ekotonów (A, B, C).

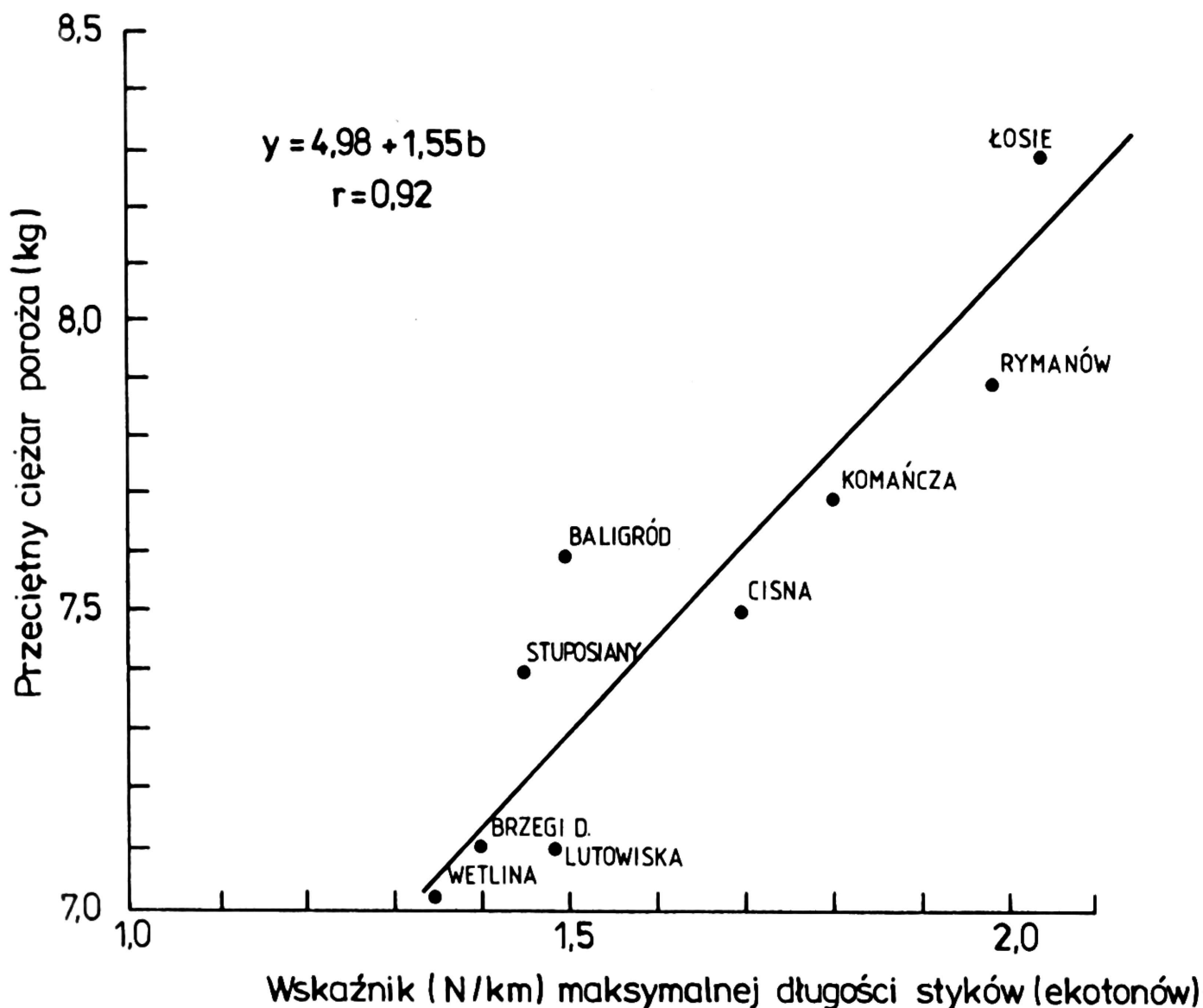
Wyniki

W tabeli zestawiono współczynniki korelacji prostoliniowej obrazujące wpływ długości różnych ekotonów na średnią masę poroża byków pozyskanych w dziewięciu badanych nadleśnictwach. Masa poroża była dodatkowo skorelowana z indeksami określającymi następujące ekotony: styk pomiędzy wszystkimi wydzieleniami drzewostanowymi oraz

TABELA

Współczynniki korelacji prostoliniowej (r) przedstawiające wpływ styków (ekotonów) na średnią masę poroża byków pozyskanych w dziewięciu nadleśnictwach Bieszczadów i Beskidu Niskiego. Korelacje obliczono stosując trzy różne wskaźniki długości ekotonów A (km/km^2), B (N/km^2) oraz C (N/km). Szczegółowe objaśnienia w tekście. Korelacja istotna ($p < 0,05$) – *, korelacja na granicy istotności ($0,10 > p > 0,05$) – **

Ekoton (styk)	Wskaźniki		
	A [km/km^2]	B [N/km^2]	C [N/km]
MAX	0,75*	0,76*	0,92*
GAT-GAT	0,88*	0,80*	0,87*
GAT-GAT TSKW	0,87*	0,82*	0,86*
GAT-GAT RKW	0,29	0,14	0,18
MAX RKW	-0,19	-0,36	-0,29
RKW GI-GI	0,75*	0,56**	0,60**
RKW GL-GL	-0,80*	-0,68*	-0,70*



RYC. Wpływ długości ekotonów pomiędzy wydzieleniami drzewostanowymi oraz pomiędzy drzewostanami w różnych klasach wieku wewnątrz poszczególnych wydzieleni na masę poroża jeleni w dziewięciu nadleśnictwach Bieszczadów i Beskidu Niskiego.

pomiędzy drzewostanami w różnych klasach wieku wewnątrz poszczególnych wydzieleni (MAX), styk pomiędzy poszczególnymi wydzieleniami (GAT-GAT), styk pomiędzy różnymi wydzieleniami będącymi w tej samej klasie wieku (GAT-GAT TSKW) oraz styk pomiędzy drzewostanami w różnym wieku wydzieleni z panującymi gatunkami iglastymi (RKW GI-GI). Korelacja była statystycznie wysoce istotna ($p < 0,05$ – $p < 0,01$), lub na granicy istotności ($0,10 > p > 0,05$). Obliczenia wykazały, że na masę poroża istotnego wpływu nie miały następujące ekotony:

- styk pomiędzy wydzieleniami będącymi w różnej klasie wieku (GAT-GAT RKW),
- styk pomiędzy drzewostanami będącymi w różnych klasach wieku poszczególnych wydzieleni wraz z drzewostanami będącymi w różnej klasie wieku wewnątrz wydzieleni (MAX RKW).

Istotny negatywny wpływ na masę poroża miał ekoton pomiędzy różnowiekowymi drzewostanami wydzieleń z panującymi gatunkami liściastymi (RKW GL-GL), ($r = -0,80$; $-0,68$; $-0,70$; $p < 0,05$).

Wszystkie trzy metody oceny długości ekotonu potwierdziły wymienione prawidłowości (tab.). Najwyższy współczynnik korelacji ($r = 0,92$) otrzymano dla ekotonu pomiędzy wydzieniami oraz pomiędzy drzewostanami w różnych klasach wieku wewnątrz poszczególnych wydzieleń (MAX) stosując metodę C (liczba styków/km długości przekątnych przecinających kompleks leśny) (ryc.).

Dyskusja

Masa poroża jeleniowatych jest dobrym wskaźnikiem kondycji zwierzęcia i zależy między innymi od jakości i ilości zasobów pokarmowych (17, 4), a także od wydatków energetycznych, jakie zwierzę musi przeznaczyć na przemieszczanie się związane z poszukiwaniem pokarmu bądź takimi losowymi przyczynami jak spotkania z drapieżnikiem czy penetracja środowiska przez człowieka (5).

Wpływ ekotonów na środowisko bytowania jelenia może polegać na modyfikowaniu zasobów pokarmowych (roślinność runa, żer pędowy, produkcja nasion), bądź decydować o kosztach energetycznych przemieszczania się tych zwierząt. Jeleniowate bardzo chętnie przebywają w ekotonach, w których jedna biochora dostarcza im bogatej bazy pokarmowej, a druga stanowi ostoję (25, 6, 12). Reakcja populacji roślin na warunki panujące w ekotonie może polegać na zmianach w zagęszczeniu, rosnącej skupiskowości występowania oraz zmianach reprodukcji.

W przypadku wielu gatunków roślin pojawia się tzw. efekt brzegowy (styku), polegający na zwiększeniu liczby gatunków i ich zagęszczeniu w ekotonie w stosunku do sąsiadujących z sobą siedlisk (6, 13). Zjawisku temu towarzyszy wzrost osobniczej wielkości oraz płodności (18). Najczęściej dotyczy to gatunków, które poza ekotonem mają niską liczebność lub są wręcz nieobecne, a w strefie przejściowej odnajdują swe optimum życiowe (8).

Odwrotnym zjawiskiem pojawiającym się na styku dwóch fitocenz jest tak zwane "załamanie się cech" będące reakcją roślin na warunki panujące w ekotonie (8). Polega ono na gwałtownym spadku zagęszczenia, płodności i dorodności osobników poszczególnych gatunków. Najczęściej ma to miejsce w strefie przejściowej między bardzo różnymi zbiorowiskami roślinnymi.

Na podstawie współczynników korelacji poszczególnych indeksów długości ekotonów z masą poroża można sądzić, że ekoton o maksymalnej długości (MAX) jest zdominowany przez styki pozytywnie wpływające na jakość środowiska bytowania jelenia w lasach górskich. Ekotony pomiędzy wydzieniami według gatunku panującego (GAT-GAT), zwłaszcza będącymi w tej samej klasie wieku (GAT-GAT TSKW) oferują prawdopodobnie bogatą bazę pokarmową, gdyż na ich obszarze występuje większa liczebność i różnorodność roślin runa i żeru pędowego niż w każdym z sąsiadujących wydzieleń. Ekotony różnych klas wiekowych, różnych wydzieleń iglastych (RKW GI-GI) mogą być istotne dla jeleni zimą. W tym czasie drzewostany iglaste w wieku 30–60 lat

skutecznie chronią zwierzęta przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi jak wiatr, niska temperatura, głęboka pokrywa śnieżna (11, 26, 22). Równocześnie sąsiadujące z nimi drzewostany iglaste będące np. w klasie odnowienia dostarczają dużych ilości żeru pędowego oraz zimozielonych liści jeżyn (23, 16, 5). Zastanawiająca jest istotna negatywna korelacja między masą poroża a wskaźnikiem długości ekotonów między wydzieleniami drzewostanów liściastych będących w różnej klasie wieku. Zjawisko to może wynikać z tego, że w górach są to zwykle lite buczyny lub duże połacie olszy szarej, gdzie ewentualny efekt styku może być zdominowany przez ubogą bazę pokarmową, jaka występuje na obszarze tych wydzieleni (23, 16).

Zaproponowane w tej pracy trzy metody oceny wskaźnika długości ekotonów mają głównie zastosowanie w dużych kompleksach leśnych na terenach górskich gdzie granice administracyjne nie pokrywają się z granicami wydzieleni lub klas wiekowych a więc nie można zastosować standardowej metody Pattona (21). Ocena stopnia zróżnicowania środowiska przy pomocy wskaźników B (N/km^2) i C (N/km) jest metodą stosunkowo szybką, lecz w badaniach szczegółowych (np. uwzględniających skład gatunkowy wydzieleni, liczbę klas wiekowych drzewostanu) może być mało dokładna. Wskaźnik A (km/km^2) będzie w takich badaniach z pewnością bardziej precyzyjny. Stosowanie tej metody jest jednak znacznie bardziej czasochłonne. Wprowadzenie do badań nad zróżnicowaniem środowiska leśnego odpowiedniego sprzętu i oprogramowania komputerowego może otworzyć nowe możliwości w poznaniu wzajemnych oddziaływań pomiędzy lasem a zwierzyną.

W świetle otrzymanych danych można przypuszczać, że różnorodność środowiska oraz efekt styku odgrywa istotną rolę również w przestrzennym rozmieszczeniu jeleni oraz w ich przemieszczaniu się. Nie jest więc wykluczone, że ocena stopnia heterogenności środowiska leśnego stanie się niezbędna przy rozwiązaniu problemu szkód wyrządzanych w lasach i na uprawach rolnych. Zagadnieniem tym zajmuje się obecnie zespół naukowców z Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz z Instytutu Badawczego Leśnictwa. Prace prowadzone są w Puszczy Białowieskiej oraz w Bieszczadach.

*Z Zakładu Badań Łowieckich Uniwersytetu Jagiellońskiego
i Instytutu Badawczego Leśnictwa w Białowieży*

Literatura

1. Asherin i inni.: Regional evaluation of wildlife habitat quality using rapid assessment methodologies. Transactions North American Wildlife and Natural Resources Conference. 1979 Vol. 44 nr 1.
2. Baxter W.L., Wolfe C.W.: The interspersion index as a technique for evaluation of bobwhite quail habitat. Proc. Natl. Bobwhite Quail Symposium 1972 Vol. 1 nr 1.
3. Beecher, W.J.: Nesting Birds and the Vegetation Substrate. Chicago Ornithological Society. Chicago 1942.

4. **Bobek B., Kosobucka M., Krzakiewicz H., Perzanowski K.:** Food, cover and human disturbance as factors influencing antler weight in red deer. Proc. 19th Int. Congress Game Biol. Trondheim 1990 Vol. 1 nr 1.
5. **Bobek B., Morow K., Peranowski K., Kosobucka M.:** Jeleń szlachetny – monografia przyrodniczo-łowiecka. Wydawnictwo Świat, Warszawa 1992 (w druku).
6. **Clark T.P., Gilbert F.F.:** Ecotones as a measure of deer habitat quality in Central Ontario J. of Appl. Ecol. 1982. Vol. 19 nr 2.
7. **Falińska K.:** Osobnik, populacja, fitocenoza. PWN, Warszawa 1990.
8. **Falińska K.:** Plant demography in vegetation succession. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 1991.
9. **Faliński J.B.:** Variabilite saisonniere des frontieres des phytocoenass. Acta Soc. Bot. Pol. 1962. Vol. 31 nr 1.
10. **Gates J.E., Gysel L.W.:** Avian nest dispersion and fledging success in field-forest ecotones. Ecology. 1978 Vol. 59 nr 5.
11. **Geiger R.:** The climate near the ground. Harvard Univ. Press, Cambridge-Massachusetts, 1957.
12. **Hanley T.A.:** Black-tailed deer, elk, and forest edge in a western cascades Watershed. J. Wildl. Manage. 1983 Vol. 47 nr 1.
13. **Hansen A.J., di Casri F.:** Landscape Boundaries: Consequences for Biotic diversity and Ecological Flows. Springer-Verlag, 1992.
14. **Harris L.D.:** The fragmented forest. The Univ. of Chicago Press. 1984.
15. **Jakucs P.:** Dynamische Verbindung der Walder und Rasen. Akademiai Kiado, Budapest, 1972.
16. **Jamrozy G.:** Winter food resources and food preferences of red deer in Carpatian Forest. Acta theriol. 1980 Vol., 25 nr 17.
17. **Kaji K., Koizumi T., Ohtaishi N.:** Effects of resource limitation on the physical and reproductive condition od sika deer on Nakanoshima Island, Hokkaido, Acta theriol. 1988 Vol. 33 nr 13.
18. **Kershaw K.A.:** Ilościowa i dynamiczna ekologia roślin. PWN Warszawa, 1978.
19. **Leopold A.:** Game management. Charles Scribner's Sons. New York, 1933.
20. **Odum E.P.:** Podstawy ekologii. PWRiL. Warszawa 1963.
21. **Patton D.R.:** A diversity index for qoantifying habitat "edge". Wildl. Soc. Bull. 1975 Vol. 3 nr 4. 1975.
22. **Pengelly W.L.:** Clear-cutting: detrimental aspects for wildlife resources. J. Soil. and Water Conserw. 1972 Vol. 27.

23. **Perzanowski K., Pucek T., Podyma W.:** Browse supply and its utilization by deer in Carpatian beechwood (*Fagetum carpaticum*). *Acta theriol.* 1986 Vol. 31 nr 8.
24. **Strelke W.K., Dickson J.G.:** Effect of forest clearcut edge on breeding birds in east Texas. *J. Wildl. Manage.* 1980 Vol. 44 nr 3.
25. **Thompson I.D., Vukelich M.F.:** Use of logged habitats in winter by moose cows calves in northeastern Ontario. *Can. J. Zool.* 1981 Vol. 59 nr 4.
26. **Tomanek J.:** *Meteorologia i klimatologia dla leśników.* PWRiL. Warszawa 1963.

Summary

In mountain forests of south-eastern Poland, the effect of the length of forest ecotones (a border-line between forest types and forest age classes) on the weight of red deer *Cervus elaphus* antlers (N = 469), was studied with three methods. The antlers weight was positively correlated (tabl. 1, ryc. 1) with following ecoton lengths: the edge between forest types (GAT-GAT), the edge between forest types being in the same age-class (GAT-GAT TSKW) and the edge between the coniferous forest types being in the same age-class (RKW GI-GI). Statistically significant, the negative effect on the antlers weight was found for the ecoton between the deciduous forest types being in various age classes (RKW GL-GL). There was no relationship found between the remaining types of forest ecotones and the weight of red deer antlers.

According to the findings of this paper, the best method to evaluate the effect of ecotons length on red deer, is to measure the total length of ecoton and to convert that value per square km of the forest.