

Zależność zróżnicowania kosodrzewiny od wybranych elementów środowiska

Dolina Gąsienicowa jest przykładem obszaru o charakterze alpejskim, który charakteryzuje się specyficznymi warunkami środowiska przyrodniczego, co wpływa także na rozmieszczenie przestrzenne roślinności, w tym zwartych zarośli, płatów, kęp i pojedynczych krzewów kosodrzewiny. Cechy obszaru badań decydują między innymi o ilości energii słonecznej, jaka dociera do roślin, o długości zalegania pokrywy śnieżnej, o długości okresu wegetacyjnego, o procesach morfogenetycznych, o trofizmie podłoża. Wiele czynników decyduje o strukturze roślinności, ale trudno ocenić ich relacje z poszczególnymi gatunkami, zbiorowiskami czy zespołami roślinnymi. Wskaźnik mocy powiązań i moc powiązań pozwalają w sposób ilościowy przedstawić zależności pomiędzy roślinami a światem przyrody nieożywionej.

W niniejszej pracy zbadano wpływ wybranych czynników abiotycznych (ekspozycji, nachylenia stoków, potencjalnego promieniowania całkowitego, średniej rocznej temperatury, budowy geologicznej, pokrywy glebowej) na zarośla kosodrzewiny – charakteryzowane przez wskaźniki opisujące jej stan (LAI, f_{APAR}).

Zależność LAI i f_{APAR} od ekspozycji stoków

Ekspozycja stoków ma wpływ na formowanie warunków siedliskowych i zasięgi pięter roślinno-klimatycznych, kształtując ilość istotnego dla roślin promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi oraz temperaturę powietrza. Zależności te dla badanego obszaru przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a ekspozycją stoków.

(% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 11. Relationship between leaf area index LAI and aspect (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Ekspozycja Aspect			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
LAI	<2	%	8,88	6,04	3,62	1,82	0,13	6,31	35,01	38,19	
		WMP	1	1	1	1	1	1	2	2	
		MP	8,88	6,04	3,62	1,82	0,13	6,31	70,03	76,39	173,22
	2-3	%	20,01	12,55	8,9	6,85	0,63	3,94	24,25	22,88	
		WMP	2	1	1	1	1	2	2	2	
		MP	40,02	12,55	8,9	6,85	0,63	7,87	48,5	45,75	171,07
	3-4	%	16,2	14,96	18,96	16,83	0,98	3,38	15,55	14,14	
		WMP	4	5	5	5	5	4	4	4	
		MP	64,8	74,79	94,82	84,13	4,9	13,53	58,2	56,55	451,73
	4-5	%	11,69	10,35	14,07	12,78	0,77	3,3	27,87	19,18	
		WMP	1	1	1	1	1	1	2	1	
		MP	11,69	10,35	14,07	12,78	0,77	3,3	55,74	19,18	127,87
	>5	%	3,42	1,58	0,56	0,37	0,17	1,9	62,34	29,66	
		WMP	1	1	1	1	1	1	4	2	
		MP	3,42	1,58	0,56	0,37	0,17	1,9	249,37	59,32	316,68

Średnia wartość mocy powiązań (250) wskazuje, że ekspozycja stoków nie odgrywa najistotniejszej roli w kształtowaniu zbiorowiska kosodrzewiny (tabela 11). Analiza dowodzi, że silny związek pomiędzy LAI a ekspozycją stoków zachodzi w odniesieniu do LAI z przedziału 3-4, które to wartości występują na większości fragmentów terenu o różnej wystawie (tabela 11). Moc powiązań pomiędzy LAI a ekspozycją stoków przyjmuje dla tego zakresu wartości zbliżone do maksymalnych (451,73). Związek o przeciętnej sile (316,68) odnosi się do największych wartości LAI (>5).

Wskaźnik mocy powiązań wskazuje, że silna lub bardzo silna zależność występuje pomiędzy LAI o wartościach z przedziału 3-4 a poszczególnymi wystawami stoków (tabela 11). Związek bardzo mocny dotyczy wystawy północno-wschodniej, wschodniej, południowo-wschodniej i południowej, natomiast mocny jest związany z pozostałymi kierunkami. Jednocześnie największe wartości LAI (>5) są związane z ekspozycją zachodnią, z którą LAI opisuje mocna zależność. Wystawa nie ma znaczenia dla pozostałych wartości LAI, w przypadku których przeważa związek bardzo słaby.

Produktywność, podobnie jak LAI, wykazuje umiarkowaną zależność od ekspozycji stoków (tabela 12). Średnia moc powiązań tego wskaźnika z wystawą wynosi 207,14 (tabela 12). Moc powiązań przyjmuje wartość maksymalną (500) dla największych wartości f_{APAR} , które charakteryzują 95% analizowanej powierzchni zbiorowiska kosodrzewiny. Pozostałe wartości f_{APAR} opisują słabe związki z wystawą stoków.

Wskaźnik mocy powiązań przekracza 2, czyli zależności słabe, jedynie w odniesieniu do f_{APAR} powyżej 0,9

(tabela 12), co świadczy o tym, że kosodrzewina osiąga bardzo dobrą efektywność w wykorzystywaniu energii słonecznej na potrzeby procesu fotosyntezy i odznacza się dobrą kondycją niezależnie od ekspozycji stoków, na których rośnie.

Przedstawiony charakter zależności pomiędzy LAI oraz f_{APAR} a wystawą świadczy o tym, że kosodrzewina w granicach Doliny Gąsienicowej osiąga średnią wartość LAI i maksymalne wartości f_{APAR} niezależnie od ekspozycji stoków, które porasta. Badania wpływu ekspozycji na przebieg górnej granicy kosodrzewiny dowiodły, że w skali lokalnej wystawa stoków nie ma charakteru decydującego, gdyż wpływ wystawy modyfikują inne czynniki (Jodłowski, 2007). W przypadku roślinności terenów płaskich ekspozycja nie odgrywa także istotnej roli w determinowaniu rozmieszczenia zbiorowisk roślinnych (Zagajewski, 2005).

Zależność LAI i f_{APAR} od nachylenia stoków

Spadki terenu odgrywają pewną rolę w kształtowaniu i zróźnicowaniu warunków siedliskowych. Zbocza nieprzekraczające nachylenia 10° są zlokalizowane najczęściej w dnach dolin, gdzie częste inwersje temperatury i zacienienie przez sąsiednie stoki stwarzają niekorzystne warunki. Stoki nachylone pod kątem $25-35^\circ$ otrzymują najwięcej energii słonecznej w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Stoki o nachyleniu przekraczającym 45° charakteryzują się zazwyczaj uboższą pokrywą glebową (Jodłowski, 2007).

Zależność LAI oraz f_{APAR} kosodrzewiny od nachylenia stoków (tabela 13, tabela 14) ma podobny cha-

Tabela 12. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a ekspozycją stoków (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 12. Relationship between leaf area index f_{APAR} and aspect (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Ekspozycja Aspect		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
f_{APAR}	<0,5	%	10,44	14,85	30,65	30,46	0,94	2,32	5,39	4,96	
		WMP	1	1	2	2	1	1	1	1	
		MP	10,44	14,85	61,3	60,92	0,94	2,32	5,39	4,96	161,11
	0,5-0,6	%	8,76	15,61	28,98	32,33	0,96	1,5	6,03	5,82	
		WMP	1	1	2	2	1	1	1	1	
		MP	8,76	15,61	57,96	64,66	0,96	1,5	6,03	5,82	161,31
	0,6-0,7	%	10,07	13,88	32,22	29,83	1,41	1,86	5,74	4,98	
		WMP	1	1	2	2	1	1	1	1	
		MP	10,07	13,88	64,45	59,67	1,41	1,86	5,74	4,98	162,06
	0,7-0,8	%	10,62	15,96	29,09	29,24	1,2	2,07	6,74	5,08	
		WMP	1	1	2	2	1	1	1	1	
		MP	10,62	15,96	58,18	58,48	1,2	2,07	6,74	5,08	158,33
	0,8-0,9	%	28,57	12,94	24,25	22,79	1,11	1,99	4,72	3,62	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	1	
		MP	28,57	12,94	24,25	22,79	1,11	1,99	4,72	3,62	100
	>0,9	%	16,2	14,36	16,28	14,13	0,89	3,58	17,75	16,81	
		WMP	5	5	5	5	5	5	5	5	
		MP	80,99	71,81	81,39	70,66	4,45	17,91	88,74	84,06	500

rakter jak związek LAI oraz f_{APAR} i ekspozycji, przy czym średnia moc powiązań jest w tym przypadku nieco niższa i wynosi dla LAI 200,39, natomiast w przypadku f_{APAR} – 210,45. Dla LAI z przedziału 3-4 zachodzi silny związek ze spadkami terenu (tabela 13), natomiast pozostałe wartości charakteryzują słabe zależności. f_{APAR} o wartościach przekraczających

0,9 opisuje bardzo silny związek ze spadkami terenu (tabela 14).

Wskaźnik mocy powiązań opisują zależności bardzo słabe i słabe (tabela 13). Jedynie najczęściej pojawiająca się wartość LAI (3-4) odznacza się związkami mocnymi (tabela 13), co oznacza, że teren wysokogórski nie ogranicza znacząco możliwości rozprzestrzeniania się

Tabela 13. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a nachyleniem stoków.

(% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 13. Relationship between leaf area index LAI and slope (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Nachylenie stoku [°] Slope [°]			0-1	1-3	3-6	6-10	10-15	15-25	25-35	35-45	45-65	>65	
LAI	<2	%	1,59	0,45	5,06	9,75	14,46	18,38	19,01	28,18	3,12	-	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-	
		MP	1,59	0,45	5,06	9,75	14,46	18,38	19,01	56,36	3,12	-	128,18
	2-3	%	1,82	1,56	5,31	13,17	22,16	28,06	16,71	9,34	1,86	0,02	
		WMP	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	
		MP	1,82	1,56	5,31	13,17	44,32	56,11	16,71	9,34	1,86	0,02	150,22
	3-4	%	1,98	1,76	5,66	12,70	19,20	27,11	18,59	10,50	2,44	0,05	
		WMP	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	
		MP	7,93	7,04	22,64	50,82	76,81	108,45	74,36	42,01	9,77	0,24	400,05
	4-5	%	1,23	1,45	3,69	9,36	14,22	25,01	25,83	16,54	2,65	0,03	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
		MP	1,23	1,45	3,69	9,36	14,22	50,02	51,65	16,54	2,65	0,03	150,84
	>5	%	-	0,06	1,04	2,04	7,06	14,43	35,57	37,10	2,69	-	
		WMP	-	1	1	1	1	1	2	2	1	-	
		MP	-	0,06	1,04	2,04	7,06	14,43	71,15	74,21	2,69	-	172,68

Tabela 14. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a nachyleniem stoków (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 14. Relationship between productivity and f_{APAR} slope (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Nachylenie stoku [°] Slope [°]			0-1	1-3	3-6	6-10	10-15	15-25	25-35	35-45	45-65	>65	
f_{APAR}	<0,5	%	2,17	1,57	4,29	8,38	13,36	25,27	15,52	15,52	2,71	0,05	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
		MP	2,17	1,57	4,29	8,38	13,36	53,34	50,54	15,52	2,71	0,05	151,94
	0,5-0,6	%	1,31	1,43	5,14	8,79	12,17	25,60	27,65	15,30	2,62	-	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	1	-	
		MP	1,31	1,43	5,14	8,79	12,17	51,20	55,29	15,30	2,62	-	153,24
	0,6-0,7	%	1,81	1,11	4,32	7,93	13,4	26,42	26,75	15,53	2,72	0,02	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
		MP	1,81	1,11	4,32	7,93	13,40	52,83	53,49	15,53	2,72	0,02	153,16
	0,7-0,8	%	1,78	1,61	4,42	8,98	12,73	26,03	25,65	15,98	2,83	0	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
		MP	1,78	1,61	4,42	8,98	12,73	52,07	51,29	15,98	2,83	0	151,68
	0,8-0,9	%	2,05	1,66	4,55	8,01	12,39	27,02	25,66	15,46	3,19	0,02	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
		MP	2,05	1,66	4,55	8,01	12,39	54,04	51,32	15,46	3,19	0,02	152,68
	>0,9	%	1,92	1,71	5,57	12,89	19,93	27,20	18,14	10,30	20,30	0,04	
		WMP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
		MP	9,58	8,55	27,83	64,46	99,65	135,99	90,70	51,51	11,51	0,22	500,00

zarośli kosodrzewiny i stanowi środowisko, w którym roślina ta znajduje dobre warunki dla rozwoju. Przy nachyleniu stoku $>65^\circ$ występuje związek bardzo mocny (tabela 13), co można interpretować w dwojaki sposób. Po pierwsze – niewielki udział powierzchni porastanej przez kosodrzewinę charakteryzującą się LAI z zakresu 3-4 może wskazywać na zależność negatywną. Na najbardziej stromych zboczach trudno utrzymać się krzewom, szczególnie osiągającym większe rozmiary, co wiąże się także z masą rośliny. Na niedostępnych półkach skalnych i w żlebach tworzy się niezbyt gruba i niestabilna pokrywa glebowa, a zatem krzewy nie mają możliwości osiągnięcia dużej wysokości i rozpiętości, gdyż z takich stanowisk łatwo mogą się zsunąć pod własnym ciężarem. Z kolei w górnych partiach stoków i żlebow zachodzą procesy morfogenetyczne, które także uniemożliwiają utrzymanie się krzewom. Z drugiej jednak strony niewielkie wymagania kosodrzewiny pozwalają jej przystosować się do trudnych warunków panujących na stokach o bardzo dużych spadkach. Najczęściej nachylenia $>65^\circ$ są związane z górnymi partiami stoków, gdzie kosodrzewina nie osiąga zbyt imponujących rozmiarów i może egzystować w załomach i na niewielkich półkach skalnych.

Dla f_{APAR} z wyjątkiem przedziału wartości $>0,9$ (związeki bardzo mocne), zależność od nachylenia stoków jest bardzo słaba – wskaźnik mocy powiązań przyjmuje wartości 1, a tylko w nielicznych przypadkach 2 (tabela 14).

Ilość i jakość aparatu asymilacyjnego kosodrzewiny jest dobra niezależnie od nachylenia stoków, na których rosną krzewy, więc zarówno na terenie połogim, jak i na bardzo stromych zboczach promieniowanie z zakresu fotosyntezy jest wykorzystywane efektywnie. Należy

też zwrócić uwagę na fakt, że im większe nachylenie stoków tym częściej zwarte zarośla przechodzą w płaty, a w końcu występują w postaci pojedynczych krzewów.

Znikomy wpływ spadków terenu na zbiorowisko kosodrzewiny potwierdzają też badania M. Jodłowskiego (2007). Natomiast na obszarach płaskich, gdzie nawet niewielka zmiana nachylenia stoków, znacząco wpływa na urozmaicenie warunków siedliskowych, spadki są najbardziej istotnym czynnikiem kształtującym rozmieszczenie zbiorowisk roślinnych (Zagajewski, 2005).

Zależność LAI i f_{APAR} od wysokości nad poziomem morza

Z wysokością nad poziomem morza wiąże się pogorszenie warunków klimatycznych. Spada średnia roczna temperatura, a zatem kurczy się też okres wegetacyjny. Zmieniają się też proporcje zakresów promieniowania docierającego do powierzchni Ziemi. Większy udział ma promieniowanie nadfioletowe, które jest aktywne biologicznie i wpływa pozytywnie na rośliny (Hess, 1974).

Wysokość nad poziomem morza, podobnie jak ekspozycja i nachylenie stoków, nie oddziałuje silnie na LAI i f_{APAR} . Średnia moc powiązań między wysokością n.p.m. a LAI jest słaba (192,39) (tabela 15), natomiast związek z f_{APAR} opisuje zależność przeciętna (279,97) (tabela 16). Wskaźnik mocy powiązań opisujący związek LAI i poszczególnych klas wysokości (tabela 15) przyjmuje największe wartości dla dwóch przedziałów wysokości (1700-1800 m n.p.m. i 1800-1900 m n.p.m.) i LAI charakterystycznego dla obszaru Doliny Gąsienicowej

Tabela 15. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a wysokością n.p.m. (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań; klasy wysokości: 1 – 1400-1500 m n.p.m.; 2 – 1500-1600 m n.p.m.; 3 – 1600-1700 m n.p.m.; 4 – 1700-1800 m n.p.m.; 5 – 1800-1900 m n.p.m.; 6 – powyżej 1900 m n.p.m.)

Table 15. Relationship between leaf area index and altitude a.s.l. (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength; altitude ranges: 1 – 1400-1500 m n.p.m.; 2 – 1500-1600 m n.p.m.; 3 – 1600-1700 m n.p.m.; 4 – 1700-1800 m n.p.m.; 5 – 1800-1900 m n.p.m.; 6 – over 1900 m n.p.m.)

Wysokość n.p.m. [m] Altitude a.s.l. [m]			1	2	3	4	5	6	
LAI	<2	%	1,52	50,29	35,72	9,78	2,69	-	
		WMP	1	1	1	1	1	-	
		MP	1,52	50,29	35,72	9,78	2,69	-	100,00
	2-3	%	3,95	46,24	37,35	10,93	1,50	0,04	
		WMP	3	2	2	2	1	1	
		MP	11,84	92,47	74,70	21,86	1,50	0,04	202,41
	3-4	%	1,49	37,67	43,05	15,09	2,52	0,17	
		WMP	3	4	4	5	5	4	
		MP	4,47	150,70	172,22	75,45	12,58	0,70	416,12
	4-5	%	2,10	27,21	41,98	21,34	6,29	1,09	
		WMP	1	1	1	1	1	1	
		MP	2,10	27,21	41,98	21,34	6,29	1,09	100,00
	>5	%	2,34	28,43	43,42	22,54	2,96	0,31	
		WMP	1	1	2	1	1	1	
		MP	2,34	28,43	86,84	22,54	2,96	0,31	143,42

(3-4) (tabela 15). Pozostałe klasy wysokości i LAI o wartościach 3-4 cechuje związek mocny, bądź przeciętny (1400-1500 m n.p.m.). W przypadku pozostałych klas LAI zależności są bardzo słabe (LAI o wartościach <2, 4-5), słabe, bądź przeciętne (LAI o wartościach 2-3 i wysokości 1400-1500 m n.p.m.).

Produktywność > 0,9 odznacza się związkami bardzo mocnymi ze wszystkimi klasami wysokości (tabela 16), co wskazuje, że kosodrzewina dobrze radzi sobie bez względu na to, na jakiej wysokości rośnie. W pozostałych przypadkach związki są bardzo słabe (1400-1500 m n.p.m., 1700-1800 m n.p.m., 1800-1900 m n.p.m., powyżej 1900 m n.p.m.), słabe (1500-1600 m n.p.m., 1700-1800 m n.p.m.) oraz przeciętne (1600-1700 m n.p.m.) (tabela 16).

Wysokość nad poziomem morza nie odgrywa istotnej roli w kształtowaniu rozkładu wartości LAI i f_{APAR} . Nawet na dużych wysokościach, gdzie zwarte lany kosodrzewiny przechodzą w pojedyncze rozproszone płyty, rośliny są zdolne dobrze wykorzystywać promieniowanie słoneczne i osiągać średnie wartości LAI.

Zależność LAI i f_{APAR} od średniej rocznej temperatury powietrza

Obszar wyznaczony przebiegiem izoterm 2-0°C jest wyznacznikiem rozpiętości piętra kosodrzewiny związanego z klimatycznym piętrzem bardzo chłodnym (Hess, 1974).

Średnia moc powiązań dla LAI i f_{APAR} ze średnią roczną temperaturą powietrza przedstawiona w tabeli 17 i tabeli 18 ma charakter przeciętny (moc powiązań wynosi odpowiednio 262,41 i 288,41). Najsilniejszy związek ze średnią roczną temperaturą powietrza ($MP=411,17$) charakteryzuje LAI z przedziału 3-4. Pozostałe wartości LAI opisują zależności raczej słabe. Temperatura wpływa w znaczący ($MP=477,02$) sposób tylko na największe wartości f_{APAR} (>0,9°C). Mocna siła związku ($MP=367,30$) dotyczy przedziału f_{APAR} 0,8-0,9°C (tabela 18).

Poszczególne klasy temperatury opisuje zależność mocna lub bardzo mocna (-1-0°C) z LAI o wartościach 3-4 (tabela 17). Natomiast pozostałe wartości LAI łączą ze średnią roczną temperaturą związki słabe (-1-0°C i 0-1°C), bądź bardzo słabe (-2 - -1°C i (2-3°C)). Zależności przeciętne dotyczą przedziału temperatury 1-2°C (tabela 17). Zależność f_{APAR} od średniej rocznej temperatury powietrza opisują związki bardzo mocne w przypadku $f_{APAR} > 0,9$ (tabela 18), z wyjątkiem temperatury -1-2°C, która z $f_{APAR} > 0,9$ łączy zależność słaba. Związek bardzo mocny charakteryzuje także relacje pomiędzy f_{APAR} 0,8-0,9 a temperaturą 1-2°C (tabela 18). Dla tego przedziału f_{APAR} temperatury od -1°C do 1°C opisuje zależność przeciętna. Skrajne wartości temperatury i f_{APAR} łączy zależność bardzo słaba. Pozostałe wartości f_{APAR} opisują w większości związki bardzo słabe, jedynie w przypadku temperatury z zakresu 1-2°C i $f_{APAR} < 0,7$ występuje zależność przeciętna, a temperatury z zakresu 0-1°C – zależność słaba (tabela 18).

Tabela 16. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a wysokością n.p.m. (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań; klasy wysokości: 1 – 1400-1500 m n.p.m.; 2 – 1500-1600 m n.p.m.; 3 – 1600-1700 m n.p.m.; 4 – 1700-1800 m n.p.m.; 5 – 1800-1900 m n.p.m.; 6 – powyżej 1900 m n.p.m.)

Table 16. Relationship between productivity f_{APAR} and altitude a.s.l. (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength; altitude ranges: 1 – 1400-1500 m n.p.m.; 2 – 1500-1600 m n.p.m.; 3 – 1600-1700 m n.p.m.; 4 – 1700-1800 m n.p.m.; 5 – 1800-1900 m n.p.m.; 6 – over 1900 m n.p.m.)

Wysokość n.p.m. [m] Altitude a.s.l. [m]			1	2	3	4	5	6	
f_{APAR}	<0,5	%	0,32	30,33	47,33	19,36	2,61	0,05	
		WMP	1	2	3	1	1	1	
		MP	0,32	60,67	142,00	19,36	2,61	0,05	225,00
	0,5-0,6	%	0,55	26,90	49,60	19,80	2,89	0,26	
		WMP	1	2	3	1	1	1	
		MP	0,55	53,79	148,81	19,8	2,89	0,26	226,11
	0,6-0,7	%	0,26	29,75	46,25	20,65	2,84	0,25	
		WMP	1	2	3	2	1	1	
		MP	0,26	59,50	138,75	41,30	2,84	0,25	242,9
	0,7-0,8	%	0,47	29,34	46,19	20,53	3,18	0,28	
		WMP	1	2	3	2	1	1	
		MP	0,47	58,69	138,57	41,07	3,18	0,28	242,26
	0,8-0,9	%	0,38	27,60	47,51	20,94	3,23	0,33	
		WMP	1	2	3	2	1	1	
		MP	0,38	55,21	142,54	41,89	3,23	0,33	243,57
	>0,9	%	2,06	39,49	41,65	14,20	2,43	0,18	
		WMP	5	5	5	5	5	5	
		MP	10,31	197,43	208,23	71,02	12,14	0,88	500,00

Tabela 17. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a średnią roczną temperaturą powietrza (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 17. Relationship between leaf area index LAI and average annual temperature (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Temperatura [°C] Temperature [°C]			-2 - -1	-1 - 0	0 - 1	1 - 2	2 - 3	
LAI	<2	%	2,18	11,34	34,21	36,20	16,07	
		WMP	1	2	2	2	1	
		MP	2,18	22,68	68,42	72,41	16,07	181,75
	2-3	%	0,22	9,13	28,18	49,26	13,21	
		WMP	1	1	2	3	2	
		MP	0,22	9,13	56,36	147,79	26,42	239,92
	3-4	%	0,21	11,17	27,35	50,12	11,14	
		WMP	4	5	4	4	4	
		MP	0,85	55,83	109,42	200,5	44,57	411,17
	4-5	%	0,55	14,72	28,85	48,75	7,73	
		WMP	1	2	2	3	1	
		MP	0,55	29,44	56,50	146,24	7,73	240,46
	>5	%	0,43	16,23	28,01	46,82	7,62	
		WMP	1	2	2	3	1	
		MP	0,43	32,46	57,79	140,47	7,73	238,77

Tabela 18. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a średnią roczną temperaturą powietrza (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 18. Relationship between productivity f_{APAR} and average annual temperature (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Temperatura [°C] Temperature [°C]			-2 - -1	-1 - 0	0 - 1	1 - 2	2 - 3	
f_{APAR}	<0,5	%	0,09	13,2	29,92	45,94	10,85	
		WMP	1	1	2	3	1	
		MP	0,09	13,2	59,85	137,81	10,85	221,8
	0,5-0,6	%	9,80	13,53	32,96	42,64	10,50	
		WMP	1	1	2	3	1	
		MP	9,80	13,53	65,93	127,92	10,50	218,24
	0,6-0,7	%	0,17	13,24	30,64	45,39	10,56	
		WMP	1	1	2	3	1	
		MP	0,17	13,24	57,06	144,19	10,56	224,66
	0,7-0,8	%	0,16	13,24	30,64	45,39	10,56	
		WMP	1	1	2	3	1	
		MP	0,16	13,24	61,29	136,17	10,56	221,42
	0,8-0,9	%	27,99	18,73	43,47	0,21	9,61	
		WMP	1	3	3	5	1	
		MP	0,21	56,18	83,97	217,33	9,61	367,30
	>0,9	%	0,24	7,66	51,85	0,24	11,86	
		WMP	5	2	5	5	5	
		MP	1,18	15,32	141,97	259,26	59,30	477,02

Schemat wartości mocy powiązań i wskaźnika mocy powiązań nawiązuje do zależności pomiędzy LAI i f_{APAR} z innymi abiotycznymi komponentami środowiska. Wskazuje, że temperatura nie odgrywa istotnej roli w kształtowaniu cech kosodrzewiny odzwierciedlających jej stan. Inne badania także wykazały niewielki wpływ średniej rocznej temperatury na przebieg górnej granicy zwartej kosodrzewiny (Jodłowski, 2007).

Zależność LAI i f_{APAR} od potencjalnego promieniowania całkowitego

Potencjalne promieniowanie całkowite jest czynnikiem, na który wpływa szereg cech środowiska takich jak ukształtowanie terenu kształtujące ekspozycję i nachylenie stoków, poziom zacielenia przez sąsiednie stoki i ściany skalne w zależności od pory dnia i roku.

Ilość promieniowania słonecznego docierającego do roślin ma znaczenie, szczególnie w przypadku gatunków światłolubnych, do których należy kosodrzewina. Ilość i jakość tego promieniowania decyduje o możliwości sprawnego przeprowadzania procesu fotosyntezy, a co za tym idzie budowania biomasy.

Średnia moc powiązań pomiędzy LAI i f_{APAR} a potencjalnym promieniowaniem całkowitym wyraża się średnią wartością MP (tabela 19 i tabela 20) odpowiadającą związkowi przeciętnemu (odpowiednio 249,98 i 244,10). Moc powiązań o charakterze mocnym ($MP=442,20$) dotyczy LAI o wartościach 3-4 (tabela 19).

Tabela 19. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a potencjalnym promieniowaniem całkowitym (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 19. Relationship between leaf area index LAI and global radiation (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Promieniowanie [10 ³ MJm ⁻²] Radiation [10 ³ MJm ⁻²]		<1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	>4,5		
LAI	<2	%	0,01	0,23	7,03	16,38	27,91	33,47	12,84	2,13	
		WMP	1	1	1	1	2	2	1	1	
		MP	0,01	0,23	7,03	16,38	55,82	66,93	12,84	2,13	161,38
	2-3	%	0,10	0,56	2,25	7,45	18,12	43,73	24,77	3,03	
		WMP	2	1	1	2	2	3	2	1	
		MP	0,19	0,56	2,25	14,9	36,24	131,18	49,53	3,03	237,89
	3-4	%	0,08	0,66	2,39	5,33	12,19	37,16	34,46	7,73	
		WMP	4	4	4	4	4	4	5	5	
		MP	0,31	2,65	9,55	21,31	48,76	148,62	172,32	38,66	442,2
	4-5	%	0,07	0,70	2,65	7,20	18,56	38,85	25,02	6,95	
		WMP	1	1	1	1	1	2	2	1	
		MP	0,07	0,70	2,65	7,20	18,56	77,70	50,04	6,95	160,87
>5	%	-	0,10	2,23	13,49	37,65	40,25	5,88	0,40		
	WMP	-	1	1	1	2	3	1	1		
	MP	-	0,10	2,23	13,49	75,30	120,75	5,88	0,40	218,15	

Tabela 20. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a potencjalnym promieniowaniem całkowitym (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań)

Table 20. Relationship between f_{APAR} productivity and global radiation (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength)

Promieniowanie [10 ³ MJm ⁻²] Radiation [MJm ⁻²]		<1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	>4,5		
f_{APAR}	<0,5	%	0,07	0,56	2,93	5,64	9,88	27,78	40,58	12,56	
		WMP	1	1	1	1	1	2	3	1	
		MP	0,07	0,56	2,93	5,64	9,88	55,56	121,73	12,56	208,93
	0,5-0,6	%	-	0,44	2,96	5,88	10,13	28,20	37,77	14,62	
		WMP	-	1	1	1	1	2	2	1	
		MP	-	0,44	2,96	5,88	10,13	56,40	75,54	14,62	165,97
	0,6-0,7	%	0,08	0,23	1,98	4,83	11,62	28,87	40,09	12,30	
		WMP	1	1	1	1	1	2	3	1	
		MP	0,08	0,23	1,98	4,83	11,62	57,73	120,26	12,30	209,04
	0,7-0,8	%	0,06	0,54	2,40	5,43	10,61	27,11	40,87	12,99	
		WMP	1	1	1	1	1	2	3	1	
		MP	0,06	0,54	2,4	5,43	10,61	54,21	122,62	12,99	208,85
	0,8-0,9	%	0,11	0,77	2,72	5,95	10,88	27,21	39,94	12,42	
		WMP	1	1	1	1	1	2	3	1	
		MP	0,11	0,77	2,72	5,95	10,88	54,42	119,83	12,42	207,1
	>0,9	%	0,08	0,64	2,36	5,82	13,75	39,06	31,79	6,49	
		WMP	5	5	5	5	5	5	5	5	
		MP	0,40	3,21	11,8	29,12	68,77	195,28	158,96	32,46	500,00

Bardzo mocne ($MP=500$) związki z promieniowaniem dotyczą $f_{APAR} > 0,9$ (tabela 20). Pozostałe wartości zarówno LAI jak i f_{APAR} wykazują słabe relacje z potencjalnym promieniowaniem całkowitym.

Wskaźnik mocy powiązań opisujący zależności pomiędzy LAI z przedziału 3-4 a potencjalnym promieniowaniem całkowitym oddaje relacje mocne ($< 1,5$ do $4,5 \cdot 10^3 \text{MJm}^{-2}$) i bardzo mocne (od 4 do $> 4,5 \cdot 10^3 \text{MJm}^{-2}$). Związek przeciętny oddaje charakter zależności w przypadku LAI > 5 i od 2 do 3 i promieniowania z zakresu $3,5-4 \cdot 10^3 \text{MJm}^{-2}$ (tabela 19). Pozostałe wartości LAI są bardzo słabo lub słabo powiązane z poszczególnymi zakresami promieniowania.

Bardzo mocnymi związkami odznacza się f_{APAR} tylko w przypadku jednego zakresu, obejmującego najwyższe wartości ($> 0,9$). Zależności przeciętne odnoszą się pozostałych wartości f_{APAR} (z wyjątkiem zakresu 0,5-0,6) i promieniowania o wartościach z przedziału 4-4,5 10^3MJm^{-2} (tabela 20). Pozostałe relacje mają charakter bardzo słaby i słaby (tabela 20).

Przedstawione wyniki pokazują, że potencjalne promieniowanie całkowite nie ma znaczenia, jeśli chodzi o rozkład wartości LAI i f_{APAR} . W badaniach M. Jodłowskiego (2007) została wskazana zależność przebiegu górnej granicy kosodrzewiny od wartości promieniowania

całkowitego. Korzystne warunki radiacyjne wpływają na przesunięcie górnej granicy kosodrzewiny ku wyższemu położeniu.

Zależność LAI i f_{APAR} od budowy geologicznej

Budowa geologiczna decyduje o tym, jakie gleby wytworzą się w danym miejscu i determinuje także żyzność siedliska.

Średnia moc powiązań pomiędzy LAI, f_{APAR} a budową geologiczną wynosi odpowiednio 246,16 i 224,01, co świadczy o słabej zależności wartości analizowanych wskaźników z podłożem. Silny związek ($MP=413,59$) pomiędzy LAI a budową geologiczną zachodzi jedynie w przypadku wskaźnika o wartościach z zakresu 3-4 (tabela 21). Bardzo silną zależność (499,25) obserwuje się dla f_{APAR} o wartościach $> 0,9$ (tabela 22).

Wskaźnik mocy powiązań LAI o wartościach 3-4 i budowy geologicznej ma charakter bardzo mocny w przypadku płatów kosodrzewiny występujących na dolomitach i wapieniach, granitach, iłolupkach, kamieńcach oraz osadach rzecznych tarasowych, kwarcytach i piaskowcach oraz wapieniach różowych i bulastych (tabela 21). Silne relacje są w tej klasie wartości

Tabela 21. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a budową geologiczną (% - udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań; typy utworów powierzchniowych: 1 – dolomity i wapienie; 2 – gliny, rumosze gliniaste i zwietrzliny kamieniste; 3 – granity; 4 – granodioryty; 5 – iłolupki czerwone i zielone z wkładkami piaskowców w spągu; 6 – łupki; 7 – kamieńce oraz osady rzeczne tarasowe; 8 – kwarcyty i piaskowce; 9 – osady rzeczno-lodowcowe (złodowacenie ostatnie i częściowo złodowacenie starsze); 10 – pokrywy morenowe (złodowacenie ostatnie); 11 – torfy i osady torfowo-błotne; 12 – wapienie różowe i czerwone bulaste)

Table 21. Relationship between leaf area index LAI and geology (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength; surface deposits: 1 – dolomite and limestone; 2 – clay, clay debris and rocky debris; 3 – granite; 4 – granodiorite; 5 – red and green loamslate with inserts of sandstone at the bottom; 6 – slate; 7 – rocky debris and river terraces sediments; 8 – quartzite and sandstone; 9 – river and glacial sediments (last and older glaciations); 10 – moraine (last glaciations); 11 – peats and peat-limicolous sediments; 12 – pink limestone and knoll red limestone)

Budowa geologiczna Geology		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
LAI	<2	%	2,67	39,01	2,70	2,09	0,09	6,03	6,95	1,57	0,14	36,07	-	-	
		WMP	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	-	-	
		MP	2,67	78,03	2,70	2,09	0,09	6,03	6,95	1,57	0,14	72,14	-	-	172,44
	2-3	%	4,46	25,21	1,52	1,54	0,17	5,60	2,65	0,51	0,19	57,90	0,11	0,15	
		WMP	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	
		MP	4,46	50,43	1,52	1,54	0,17	5,60	2,65	0,51	0,19	173,71	0,11	0,15	241,02
	3-4	%	5,14	27,42	2,58	3,20	0,18	10,96	5,09	0,62	0,12	44,20	0,13	0,34	
		WMP	5	4	5	4	5	4	5	5	1	4	4	5	
		MP	25,68	109,70	12,90	12,81	0,92	43,85	25,43	3,12	0,12	176,81	0,54	1,69	413,59
	4-5	%	3,22	36,69	2,56	5,44	0,13	9,33	5,47	0,36	0,06	36,37	0,25	0,13	
		WMP	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
		MP	3,22	73,37	2,56	5,44	0,13	9,33	5,47	0,36	0,06	72,47	0,25	0,13	173,06
	>5	%	0,40	51,68	0,21	6,98	-	3,01	10,39	-	-	27,33	-	-	
		WMP	1	3	1	1	-	1	1	-	-	2	-	-	
		MP	0,40	155,03	0,21	6,98	-	3,01	10,39	-	-	54,65	-	-	230,68

Tabela 22. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a budową geologiczną (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań; typy utworów powierzchniowych: 1 – dolomity i wapienie; 2 – gliny, rumosze gliniaste i zwietrzliny kamieniste; 3 – granity; 4 – granodioryty; 5 – łolupki czerwone i zielone z wkładkami piaskowców w spągu; 6 – łupki; 7 – kamienie oraz osady rzeczne tarasowe; 8 – kwarcyty i piaskowce; 9 – osady rzeczno-lodowcowe (złodowacenie ostatnie i częściowo złodowacenie starsze); 10 – pokrywy morenowe (złodowacenie ostatnie); 11 – torfy i osady torfowo-błotne; 12 – wapienie różowe i czerwone bulaste)

Table 22. Relationship between productivity f_{APAR} and geology (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength; surface deposits: 1 – dolomite and slope (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength) limestone; 2 – clay, clay debris and rocky debris; 3 – granite; 4 – granodiorite; 5 – red and green loamslate with inserts of sandstone at the bottom; 6 – slate; 7 – rocky debris and river terraces sediments; 8 – quartzite and sandstone; 9 – river and glacial sediments (last and older glaciations); 10 – moraine (last glaciations); 11 – peats and peat-limicolous sediments; 12 – pink limestone and knoll red limestone)

Budowa geologiczna Geology		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
f_{APAR}	<0,5	%	5,33	39,51	3,42	3,23	0,05	10,9	5,70	0,64	0,19	3,03	0,50	0,33	
		WMP	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
		MP	5,33	79,02	3,42	3,23	0,05	10,90	5,70	0,64	0,19	60,06	0,50	0,33	169,35
	0,5-0,6	%	6,71	39,81	1,80	3,10	-	10,47	6,41	-	0,30	30,36	0,45	0,60	
		WMP	1	2	1	1	-	1	1	-	1	2	1	1	
		MP	6,71	79,61	1,80	3,10	-	10,47	6,41	-	0,30	60,72	0,45	0,60	170,16
	0,6-0,7	%	6,00	37,02	4,26	3,12	-	12,03	5,76	0,25	0,25	30,65	0,16	0,41	
		WMP	1	2	1	1	-	1	1	1	1	2	1	1	
		MP	6,00	74,04	4,26	3,12	-	12,03	5,76	0,25	0,25	61,29	0,16	0,41	167,57
	0,7-0,8	%	5,03	38,15	3,26	3,44	0,19	11,3	6,61	0,25	0,16	30,61	0,29	0,61	
		WMP	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
		MP	5,03	76,29	3,26	3,44	0,19	11,3	6,61	0,25	0,16	61,23	0,29	0,61	168,66
	0,8-0,9	%	5,49	39,15	3,75	3,45	0,13	11,65	5,92	0,55	0,21	29,42	0,23	0,57	
		WMP	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
		MP	5,49	78,30	3,75	3,45	0,13	11,65	5,92	0,55	0,21	58,83	0,23	0,57	169,07
	>0,9	%	4,82	26,36	2,26	3,31	0,18	10,84	4,72	0,56	0,12	46,37	0,13	0,28	
		WMP	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	
		MP	24,11	131,8	11,32	16,55	0,90	54,19	23,60	2,78	0,12	231,86	0,63	1,39	499,25

LAI obecne dla glin, rumoszy gliniastych i zwietrzelin kamienistych, granodiorytów, łupków, pokryw morenowych oraz torfów i osadów torfowo-błotnych (tabela 21). Relacja bardzo słaba odnosi się osadów rzeczno-lodowcowych. Dla pozostałych wartości LAI i budowy geologicznej zachodzi bardzo słaba i słaba zależność. Związek przeciętny ma miejsce tylko dla LAI >5 i glin, rumoszy gliniastych i zwietrzelin kamienistych oraz dla LAI z przedziału 2-3 i pokryw morenowych (tabela 21).

Wskaźnik $f_{APAR} > 0,9$ łączy bardzo silna zależność z każdym z utworów geologicznych rozpatrywanych w niniejszej analizie, z wyjątkiem osadów rzeczno-lodowcowych (tabela 22). Pozostałe wartości f_{APAR} charakteryzują się bardzo słabymi i, w odniesieniu do glin, rumoszy gliniastych i zwietrzelin kamienistych oraz pokryw morenowych, słabymi relacjami (tabela 22).

Podobnie jak w przypadku innych czynników abiotycznych budowa geologiczna nie odgrywa istotnej roli w kształtowaniu zbiorowiska kosodrzewiny. MP i WMP pokazują, że spektralnie nie można rozróżnić kosodrzewiny rosnącej na podłożu zasobnym w węglan wapnia

(*Pinetum mugo carpaticum*) od tej porastającej siedliska uboższe (*Pinetum mugo silicicolum*). Brak wpływu budowy geologicznej na przebieg górnej granicy kosodrzewiny odnotował także M. Jodłowski (2007).

Zależność LAI i f_{APAR} od pokrywy glebowej

Jakość gleb, ich zasobność w składniki pokarmowe wpływa na warunki dla wzrostu i rozwoju roślin. Na obszarach górskich pokrywa glebowa ma w wielu miejscach charakter nieciągły. Cechy gleb w górach wynikają z charakteru litologii oraz procesów morfogenetycznych (Komornicki, Skiba, 1996).

Średnia moc powiązań pomiędzy wskaźnikami stanu roślinności – LAI (tabela 23) i f_{APAR} (tabela 24) a typami gleb występującymi na badanym obszarze wynosi 252,41 (związek słaby) dla LAI i 315,50 (związek przeciętny) dla f_{APAR} . Silny związek z typami gleb ma miejsce w przypadku LAI o wartościach 3-4 (tabela 23) i bardzo mocny w przypadku $f_{APAR} > 0,9$ (tabela 24).

Tabela 23. Zależność pomiędzy powierzchnią projekcyjną igieł LAI a typami gleb (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę LAI w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań; typy gleb: 1 – gleby biellicowe i bielice; 2 – gleby brunatne kwaśne; 3 – gleby brunatne właściwe i wylugowane; 4 – gleby brunatno-glejowe; 5 – gleby torfowo-biellicowe; 6 – litosole; 7 – rankery biellicowe; 8 – rankery butwinowe; 9 – regosole; 10 – regosole biellicowe - bielice; 11 – rędziny butwinowe i próchniczne; 12 – rędziny inicjalne; 13 – rędziny próchniczne)

Table 23. Relationship between leaf area index LAI and soil types (% – part of LAI class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength); soil type: 1 – orthic podzols; 2 – dystric cambisols; 3 – eutric cambisols; 4 – eutric cambisols; 5 – histic podzols; 6 – lithosols; 7 – podzolic rankers; 8 – umbric leptosols; 9 – regosols; 10 – podzolic regosols – orthic podzols; 11 – umbric-rendzic leptosols; 12 – rendzic leptosols; 13 – humic-rendzic leptosols)

Typy gleb Soil type		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
LAI	<2	%	1,31	-	0,07	0,13	13,13	5,04	0,29	62,86	11,21	0,75	4,62	0,46	0,13	
		WMP	1	-	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	
		MP	1,31	-	0,07	0,13	13,13	5,04	0,29	251,43	11,21	0,75	4,62	0,46	0,13	288,57
	2-3	%	2,35	0,13	1,20	1,17	5,62	3,12	2,31	59,61	12,25	8,30	3,26	0,03	0,64	
		WMP	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	1	1	1	
		MP	2,35	0,13	1,20	1,17	11,23	3,12	2,31	238,43	12,25	8,30	3,26	0,03	0,64	296,69
	3-4	%	2,23	0,21	1,83	1,34	1,96	4,11	5,54	62,6	6,92	8,73	3,28	0,11	1,16	
		WMP	4	5	4	4	3	4	5	4	4	5	4	5	5	
		MP	8,93	1,05	7,31	5,34	5,88	16,34	27,68	250,39	27,66	43,66	13,12	0,53	5,79	413,78
	4-5	%	1,27	0,11	1,73	1,13	2,95	7,8	10,42	58,43	9,83	4,29	1,20	0,05	0,78	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	
		MP	1,27	0,11	1,73	1,13	2,95	7,80	10,42	175,28	9,83	4,29	1,20	0,05	0,78	216,85
	>5	%	0,45	-	0,06	-	5,14	11,02	0,59	66,19	15,19	1,17	0,20	-	0,01	
		WMP	1	-	1	-	1	1	1	4	1	1	0	-	1	
		MP	0,45	-	0,06	-	5,14	11,02	0,59	264,77	15,19	1,17	0,20	-	0,01	298,58

Tabela 24. Zależność pomiędzy produktywnością f_{APAR} a typami gleb (% – udział powierzchni zajmowanej przez daną klasę f_{APAR} w ogólnej powierzchni tej klasy; WMP – wskaźnik mocy powiązań; MP – moc powiązań; typy gleb: 1 – gleby biellicowe i bielice; 2 – gleby brunatne kwaśne; 3 – gleby brunatne właściwe i wylugowane; 4 – gleby brunatno-glejowe; 5 – gleby torfowo-biellicowe; 6 – litosole; 7 – rankery biellicowe; 8 – rankery butwinowe; 9 – regosole; 10 – regosole biellicowe - bielice; 11 – rędziny butwinowe – rędziny próchniczne; 12 – rędziny inicjalne; 13 – rędziny próchniczne)

Table 24. Relationship between productivity f_{APAR} and soil types (% – part of f_{APAR} class area in overall area of this class; WMP – index of tie strength; MP – tie strength; soil type: 1 – orthic podzols; 2 – dystric cambisols; 3 – eutric cambisols; 4 – eutric cambisols; 5 – histic podzols; 6 – lithosols; 7 – podzolic rankers; 8 – umbric leptosols; 9 – regosols; 10 – podzolic regosols – orthic podzols; 11 – umbric-rendzic leptosols; 12 – rendzic leptosols; 13 – humic-rendzic leptosols)

Typy gleb Soil type		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
f_{APAR}	<0,5	%	3,36	0,30	2,36	1,48	0,27	4,18	7,44	64,12	5,4	6,34	2,73	0,12	1,90	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	
		MP	3,36	0,30	2,36	1,48	0,27	4,18	7,44	256,46	5,4	6,34	2,73	0,12	1,90	292,35
	0,5-0,6	%	2,96	0,15	2,54	1,85	0,31	4,33	8,28	64,33	5,02	5,18	2,89	0,31	1,84	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	
		MP	2,96	0,15	2,54	1,85	0,31	4,33	8,28	257,31	5,02	5,18	2,89	0,31	1,84	292,98
	0,6-0,7	%	4,23	0,17	2,1	1,44	0,35	4,00	8,48	65,04	4,63	5,05	3,11	0,08	1,33	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	
		MP	4,23	0,17	2,10	1,44	0,35	4,00	8,48	260,14	4,63	5,05	3,11	0,08	1,33	295,11
	0,7-0,8	%	3,43	0,46	2,36	1,11	0,28	4,75	7,94	64,41	4,98	5,91	2,60	0,12	1,64	
		WMP	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	
		MP	3,43	0,46	2,36	1,11	0,28	4,75	7,94	257,63	4,98	5,91	2,60	0,12	1,64	293,23
	0,8-0,9	%	3,41	0,35	2,62	-	0,32	4,97	9,33	59,67	5,17	9,63	2,50	0,20	1,81	
		WMP	1	1	1	-	1	1	1	3	1	1	1	1	1	
		MP	3,41	0,35	2,62	-	0,32	4,97	9,33	179,01	5,17	9,63	2,50	0,20	1,81	219,34
	>0,9	%	2,15	0,18	1,65	1,28	2,86	4,03	4,87	61,95	8,23	8,48	3,23	0,09	1,00	
		WMP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
		MP	10,76	0,91	8,26	6,41	14,28	20,13	24,33	309,76	41,17	42,41	16,15	0,43	5,00	500,00

Wskaźnik mocy powiązań pokazuje zależności bardzo mocne (gleby brunatne kwaśne, rankery bielcowe, rędziny inicjalne i rędziny próchniczne), mocne (gleby bielcowe i bielice, gleby brunatne właściwe i wylugowane, gleby brunatno-glejowe, litosole, rankery butwinowe, regosole i rędziny butwinowe) i przeciętne (gleby torfowo-bielcowe) z LAI z przedziału 3-4 (tabela 23). Silny związek jest obserwowany w przypadku LAI <2, 2-3, >5 i rankerów butwinowych (tabela 23). Pozostałe wartości LAI opisują bardzo słabe zależności z typami gleb.

Związek pomiędzy typami gleb a $f_{\text{APAR}} > 0,9$ nie odbiega od zależności z innymi abiotycznymi komponentami środowiska i ma charakter bardzo mocny dla wszystkich rozpatrywanych typów gleb (tabela 24). Związek silny dotyczy pozostałych wartości f_{APAR} i rankerów butwinowych z wyjątkiem f_{APAR} z przedziału wartości 0,8-0,9 (tabela 24), które łączy z rankerami butwinowymi przeciętna relacja.

W przypadku kosodrzewiny gleby nie wpływają w istotny sposób na analizowane wskaźniki stanu roślinności, co potwierdza fakt, że kosodrzewina nie ma

dużych wymagań siedliskowych. Jednocześnie warto zwrócić uwagę na fakt, że w obrębie zbiorowiska kosodrzewiny tworzą się swoiste, kwaśne ($\text{pH} < 4$) gleby związane gromadzeniem się obumarłych igieł kosodrzewiny. Są tzw. tanger-rankery i tanger-rędziny, które charakteryzują się dobrze rozwiniętym poziomem butwinowym. Gleby te tworzą się niezależnie od budowy geologicznej.

Żaden z rozpatrywanych abiotycznych komponentów środowiska nie wyróżnia się wpływem na charakterystykę kosodrzewiny, co potwierdza, że kosodrzewina będąca gatunkiem o szerokiej amplitudzie ekologicznej radzi sobie doskonale w każdych warunkach środowiska, jeśli tylko nie zostanie ograniczony jej dostęp do światła.

Wyraźne zależności pomiędzy LAI z zakresu 3-4 i f_{APAR} o wartościach powyżej 0,9 a poszczególnymi czynnikami środowiskowymi świadczą o braku preferencji ze strony kosodrzewiny. Te wartości obu wskaźników dotyczą znakomitej większości obszaru badań i obejmują całe spektrum cech przyrody nieożywionej.