

Klimat Puszczy Białowieskiej

Białowieża, 2016

dr hab. Elżbieta Malzahn prof. IBL
Zakład Lasów Naturalnych w Białowieży

Klimat jest to 30-letni średni reżim pogody w danym regionie
(World Meteorological Association)

Klimat jest jednym z najbardziej istotnych czynników decydujących o charakterze i funkcjonowaniu całych ekosystemów, ale także całych społeczeństw i gospodarek.

Czy rejestrowane w różnych regionach świata ekstremalne zjawiska pogodowe, to jeszcze norma, czy może już początek groźnych dla człowieka zmian ?

Indonezja 2015 r.
Największa katastrofa ekologiczna XXI w.
5 tys. km²,
z braku tlenu umierali ludzie i zwierzęta.
Pożar wyniósł do atmosfery więcej CO₂ niż cała gospodarka USA



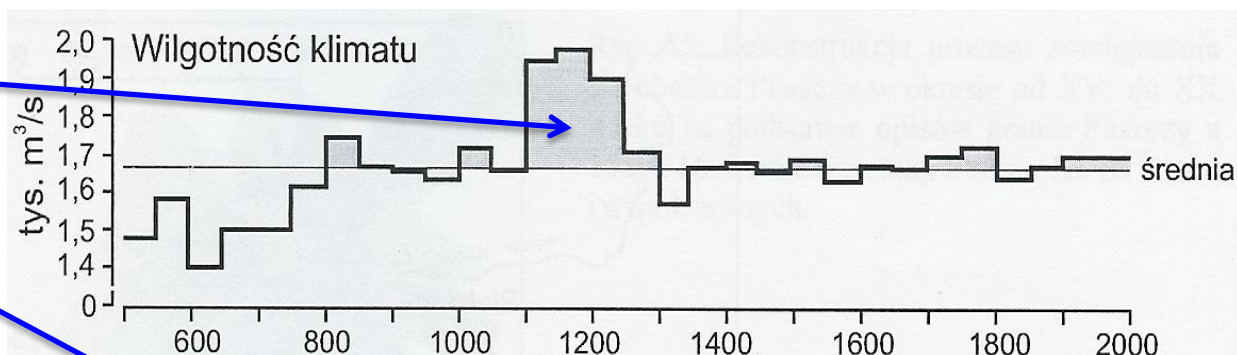
15 lipca 2012 r. Bory Tucholskie
Trąba powietrzna skosiła 400 ha lasu.
Przeszła pasem 400 m szerokości
i 9 km długości
– koszt strat LP 20 mln zł

Próba rekonstrukcji historii klimatu Europy środkowo-wschodniej

Zmienność wilgotności klimatu

(obliczona na podstawie średnich, 50-letnich przepływów Dniepru wg pomiarów w XIX-XX w., danych historycznych i wyników analiz warstw osadów jeziornych z Krymu i rocznych temperatur w Polsce środkowej)

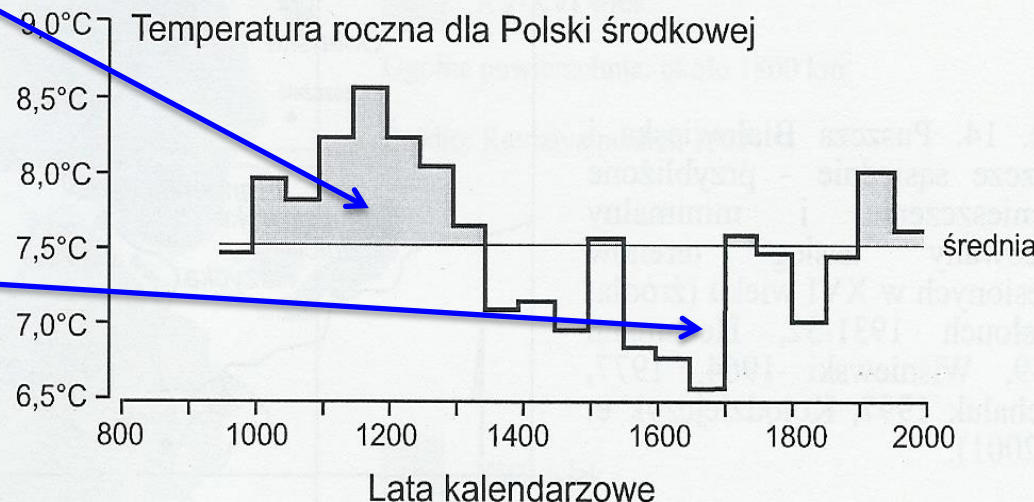
**Wzrost wilgotności
pokrywa się
z ociepleniem
klimatu
w średniowieczu**



Zmienność temperatury

**Mała Epoka Lodowa
w XVI-XVII wieku**

**Najzimniejsza faza –
lata 1675 - 1715
– okres najniższej
aktywności słońca
w ciągu ostatnich 8 tys. lat**



Prof. Halina Lorenc (2001) - Warszawskie Obserwatorium Astronomiczne

Średnia temp. wieloletnia od 1779 r. (220 lat) - 7,7°C

Dwa okresy termiczne:

1. Okres z ujemnym odchyleniem od średniej (1781-1890)

najchłodniejszy rok 1829 - średnia temp. roczna 4,7°C

Przyczyny ochłodzenia w XIX w :

- minimum absolutne aktywności słonecznej (najsłabszy cykl plam słonecznych w latach 1811-1823 r.)
- wzrost zapylenia atmosfery przez szczyt wiekowy aktywności wulkanicznej (wybuchy Tambora w 1815 r., Cosequina w 1835 r. i Krakatau w 1883 r.)

2. Okres z dodatnim odchyleniem od średniej (1891-1999) + gwałtowny wzrost 1980-2000.

Przyczyny ocieplenia w XX w :

- wzrost aktywności słonecznej i zmienność stałej słonecznej
- spadek aktywności wulkanów
- być może deformacje antropogeniczne klimatu

Jakie są wyniki współczesnych badań globalnych zmian klimatu?

Opinie IPCC - Międzyrządowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu ONZ (4 raporty) i wielu ośrodków naukowych są zgodne:

- **zmiany klimatu są realne i jest to spowodowane z prawdopodobieństwem 90 % działaniami ludzi**
- **średni wzrost temperatury w XXI wieku wyniesie 2 - 4°C, a może sięgnąć nawet 6°C**
- **ocieplenie klimatu może mieć lokalnie aspekty pozytywne, ale globalne konsekwencje będą zdecydowanie negatywne**
- **do 2050 roku trzeba ograniczyć roczną emisję CO₂ o 50-85%**

- **monitoring stanu i zagrożeń środowiska leśnego Puszczy Białowieskiej** (ekosystem modelowy)
- **długoterminowe obserwacje pozwalające na wyznaczenie trendów zmian wieloletnich** (monitoring czynników abiotycznych warunkujących przebieg procesów ekologicznych)
- **udział w tworzeniu krajowego systemu monitorowania wpływu zmian klimatycznych na lasy** (rekomendacja Narodowego Programu Leśnego)
- **reakcje naturalnych ekosystemów PB jako poziom referencyjny w gradiencie zmian klimatu** (Polska i Europa)
- **gospodarka leśna dopasowywana do zmian** (np. hodowla lasu podnosząca odporność drzew na stres)



Klimat kształtowany przez wpływy:

Morza Bałtyckiego



oceaniczne



kontynentalne



gór



wyżyn



strefa pomiędzy
wpływami
oceanicznymi
i kontynentalnymi

wg W. Okołowicza, D. Martyn

Klimat województwa podlaskiego

umiarkowany przejściowy
z zaznaczającymi się wpływami
kontynentalnymi

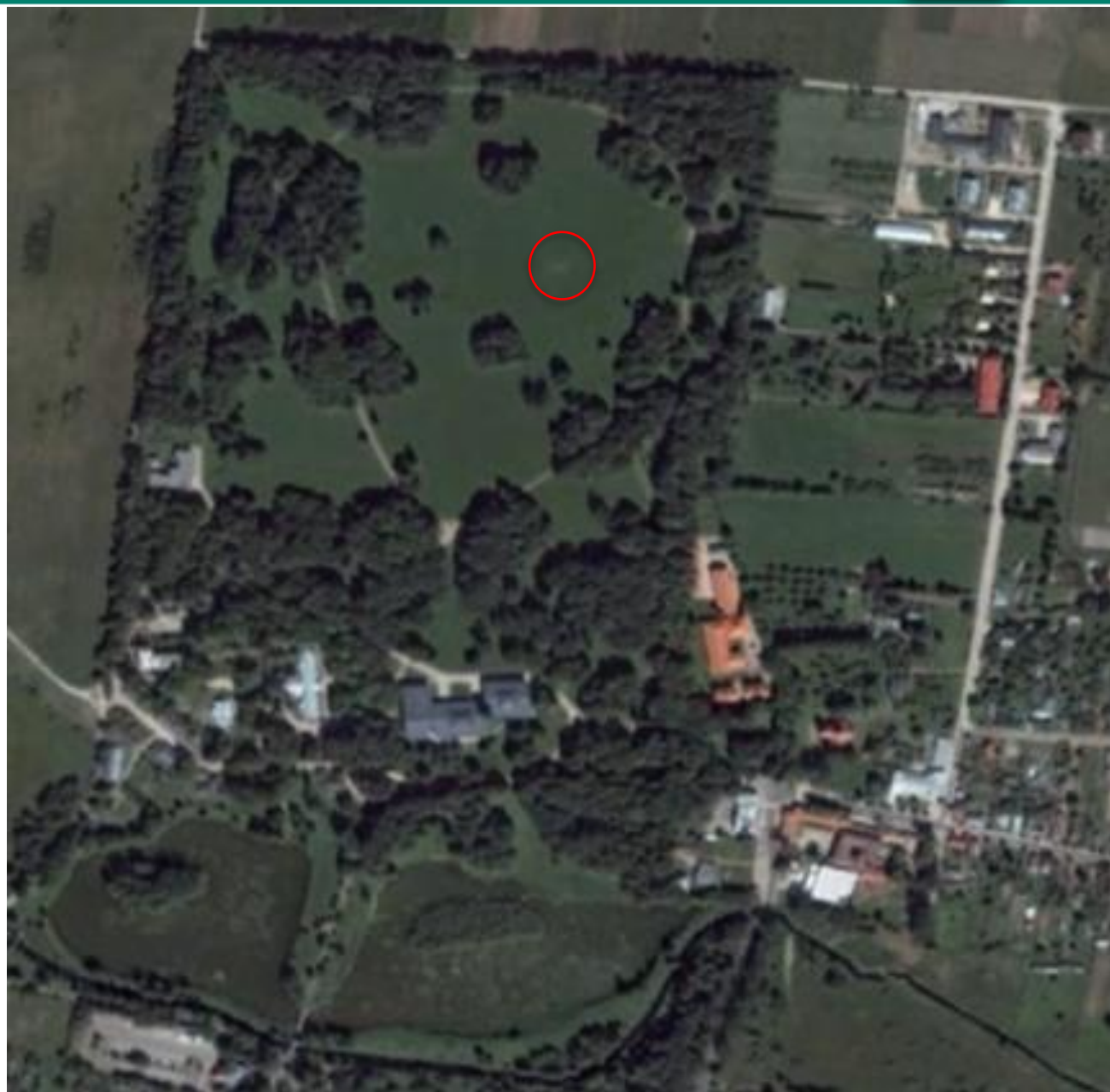
Klimat Puszczy Białowieskiej

umiarkowany
kontynentalny chłodny
z wpływem klimatu
atlantyckiego

określany jako
leśny subkontynentalny
strefy umiarkowanej
chłodnej

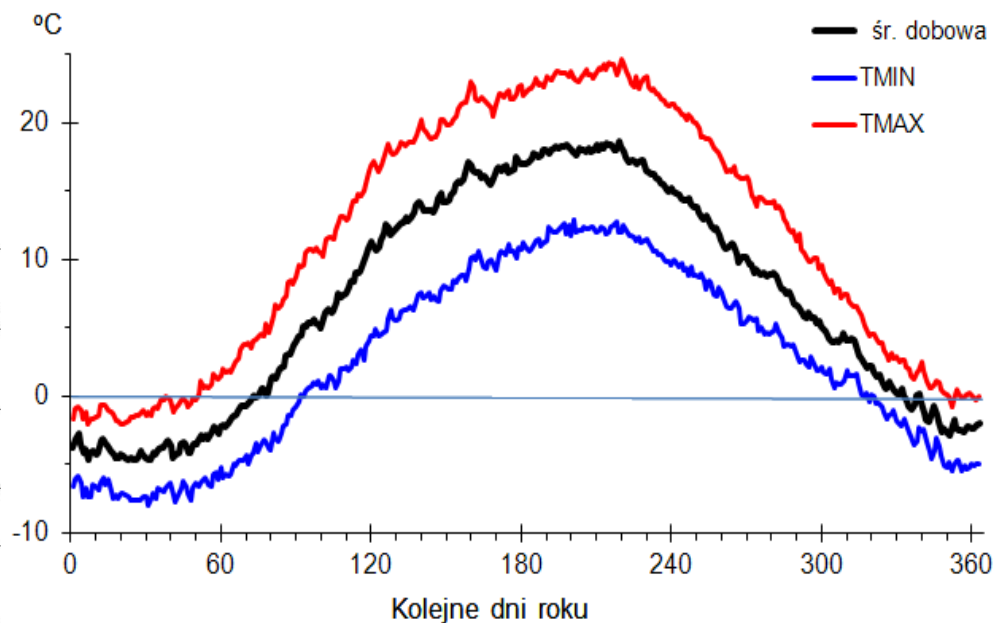
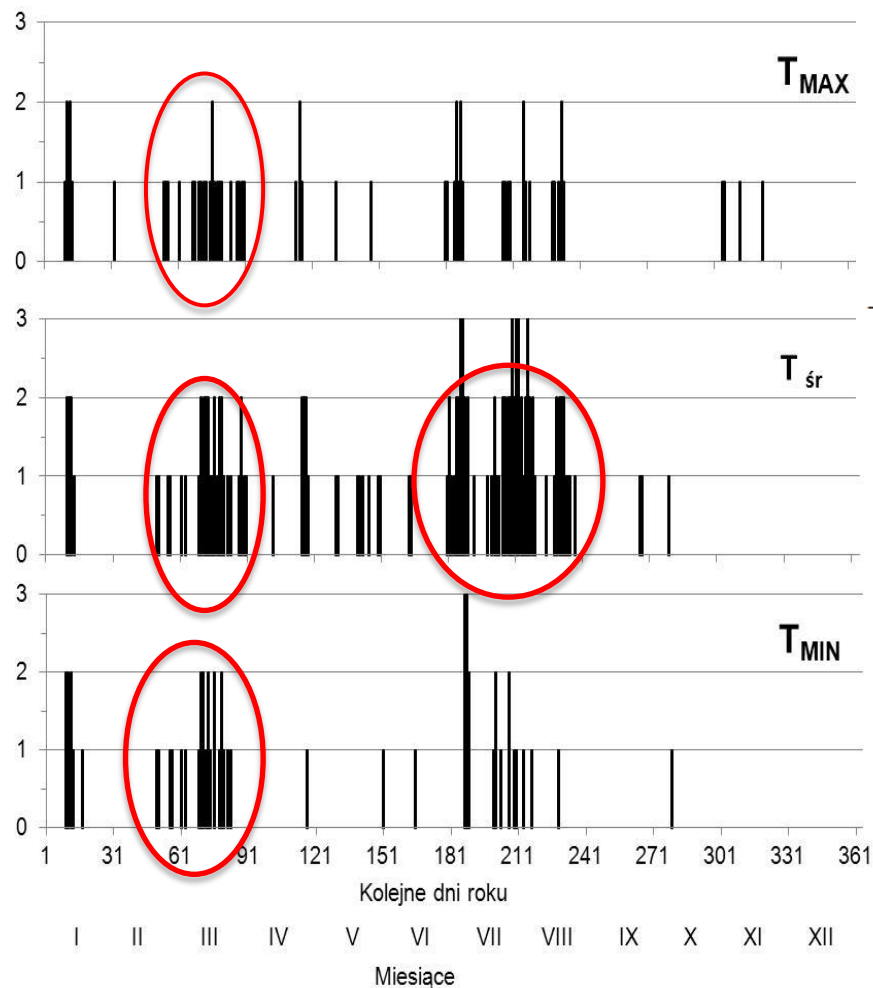
Stacja IMGiW w Białowieży

Standardowe
pomiar
meteorologiczne
prowadzone
od 1948 r.
(69 lat)
udostępnione
przez IMGiW



Rozkład temperatury dobowej w ciągu roku w latach 1948-2016

Istotność prostoliniowego rosnącego trendu zmian 1 - $P < .05$; 2 - $P < .01$; 3 - $P < .001$

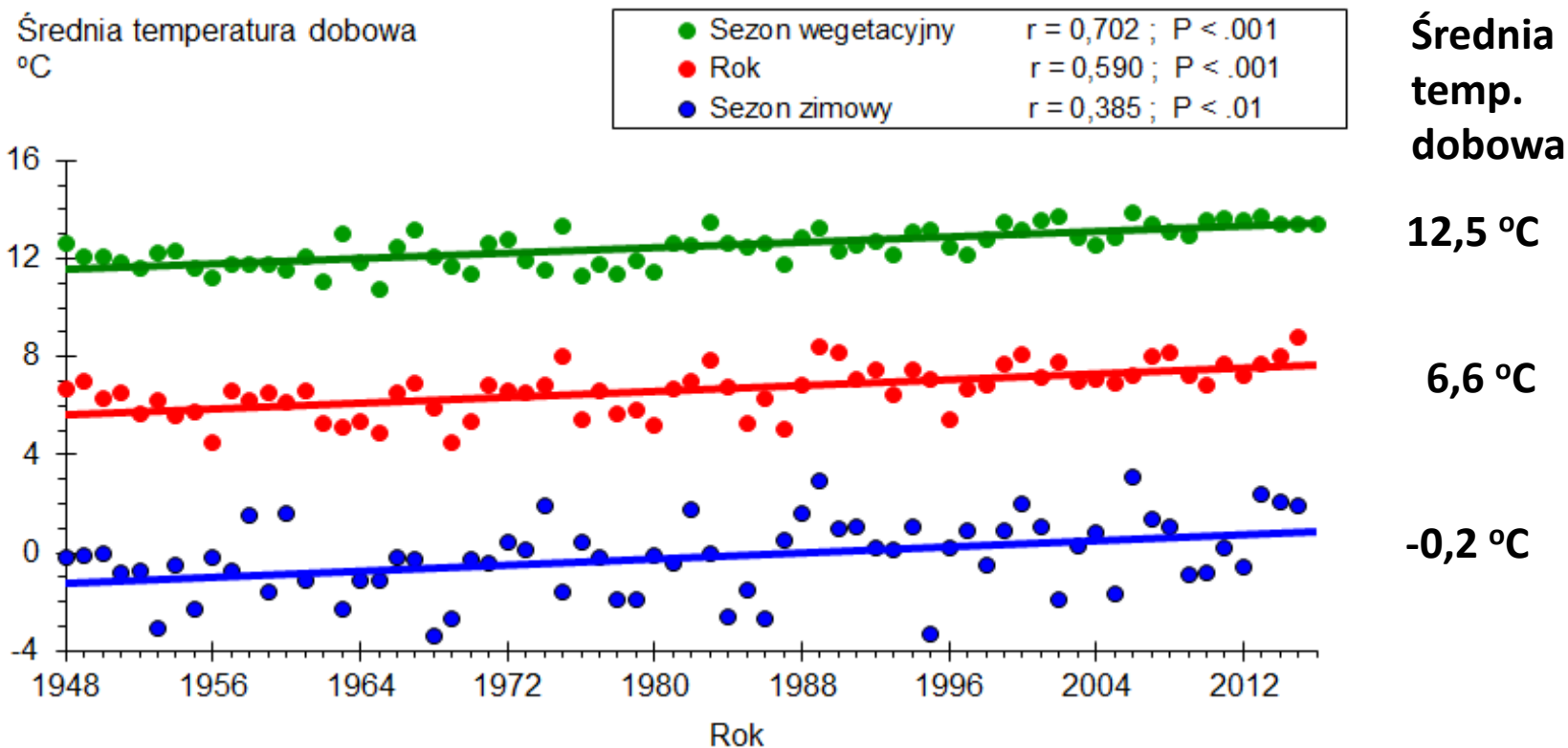


- różnica pomiędzy dzienną temp. minimalną i maksymalną : **60 °C**
- większe wahania w miesiącach zimowych niż letnich
- niesymetryczny wzrost temp. w dniach i miesiącach

(Malzahn, w opracowywaniu)

Wzrost temperatury dobowej w latach 1948 - 2016

- w sezonie wegetacyjnym o $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 10 lat)
- w sezonie zimowym o $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,30\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 10 lat)
- w roku o $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,29\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 10 lat)



(Malzahn, w opracowywaniu)

ekstremalnie ciepły	
anomalnie ciepły	
bardzo ciepły	
ciepły	
lekko ciepły	
normalny	
lekko chłodny	
chłodny	
bardzo chłodny	
anomalnie chłodny	
ekstremalnie chłodny	

W latach 1948 – 2016

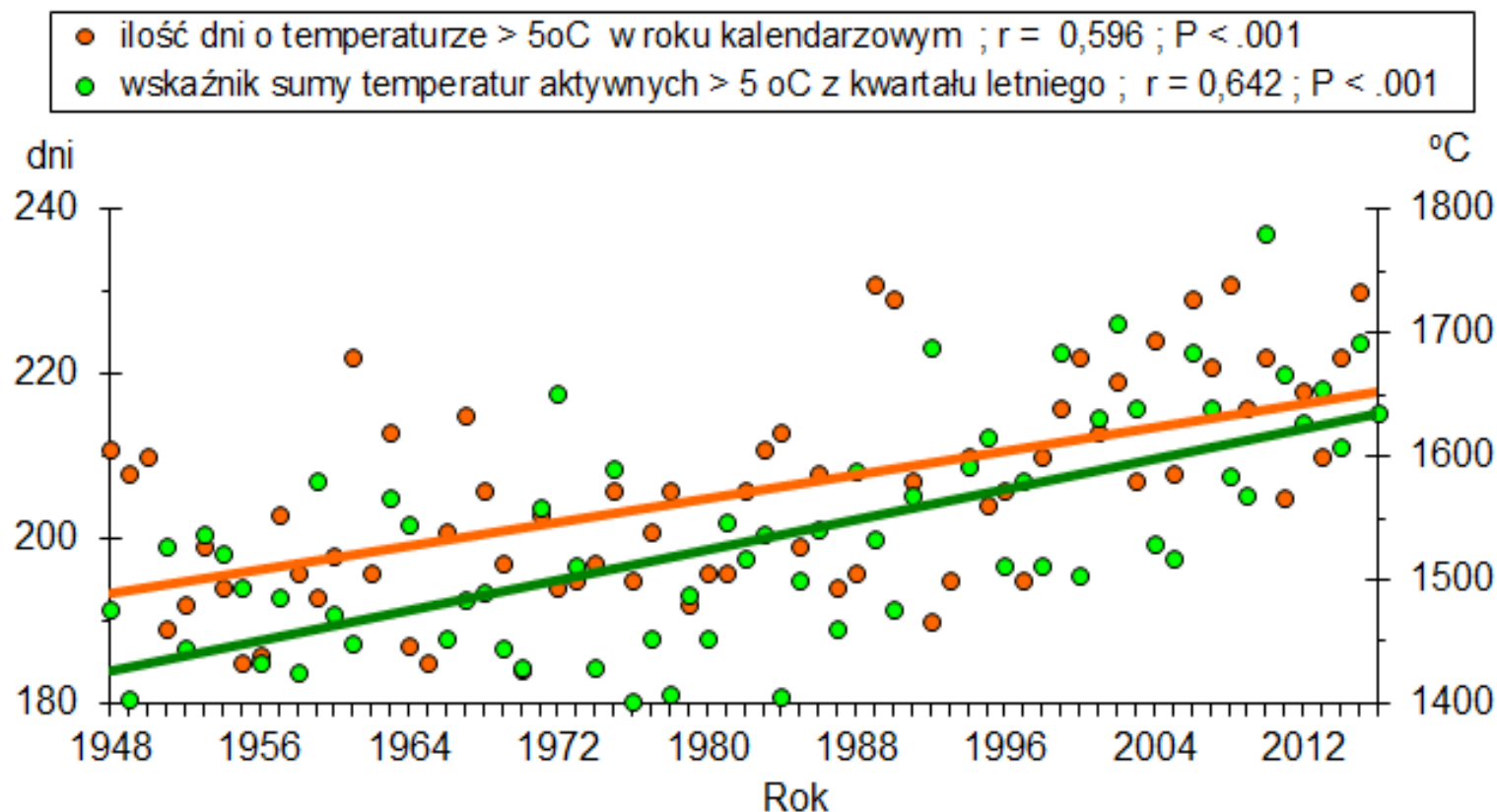
46 % lat normalnych
26 % lat chłodniejszych
28 % lat cieplejszych

**Najcieplejsze lata:
1989-1990 (zimy)
I 2015 (lato)**

(Malzahn, w opracowywaniu)

[illegible]

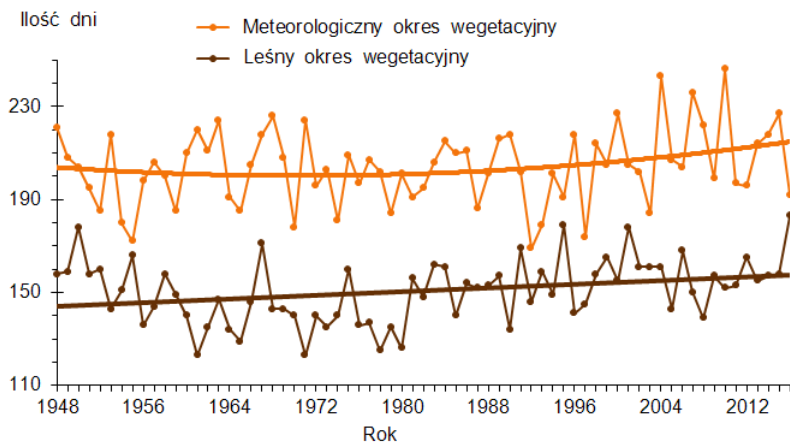
- ilość dni o temp. $> 5^{\circ}\text{C}$ w ciągu roku średnia = 205 i wzrosła o 24
- Ilość dni o temp. $> 5^{\circ}\text{C}$ w sezonie wegetacyjnym średnia = 191 i wzrosła o 10
- suma temperatur aktywnych w kwartale letnim wzrosła o 200°C



**Meteorologiczny okres wegetacyjny (MOW) średnio 204 dni
8.04. – 28.10.**

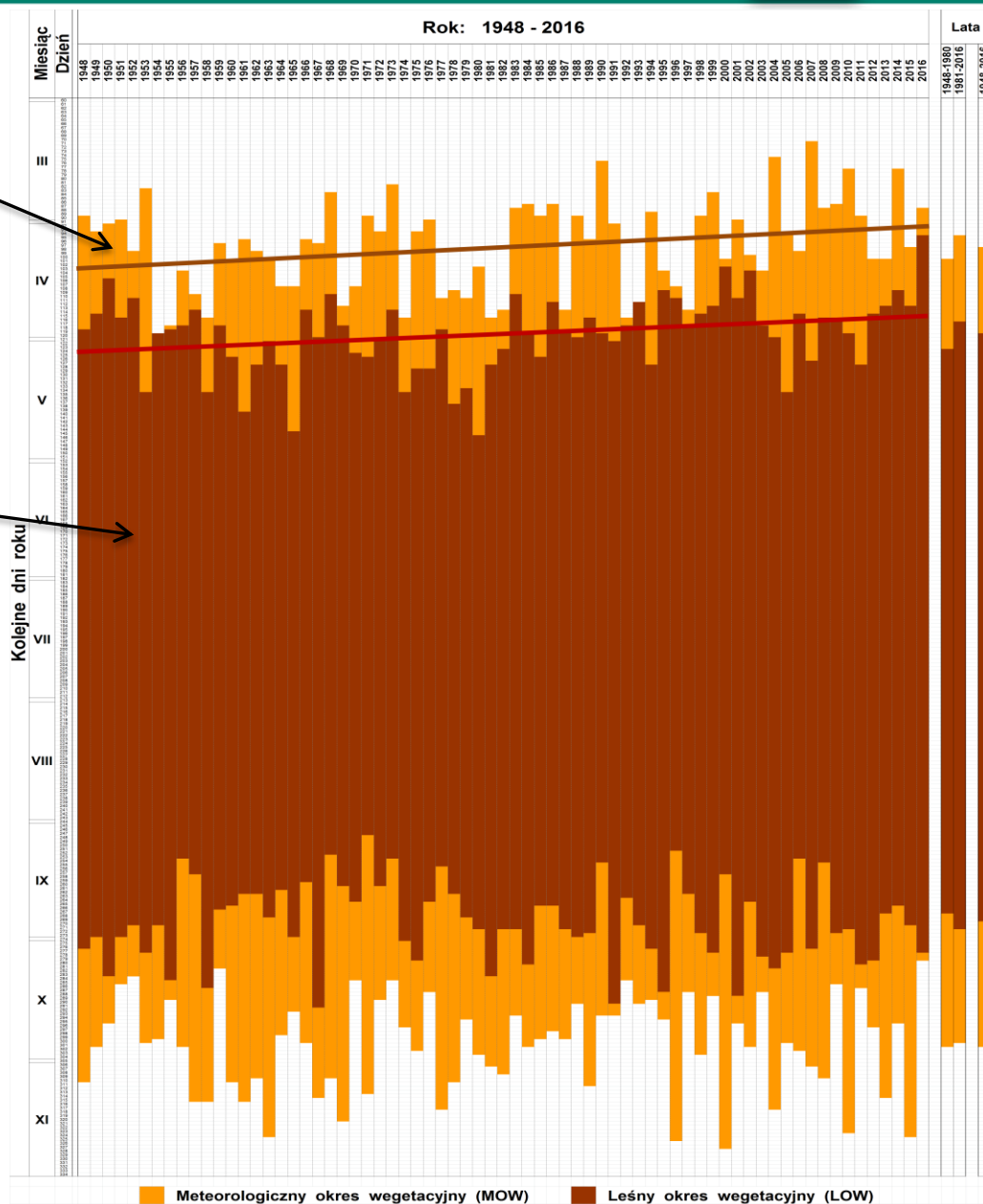
Istotny trend wcześniejszego początku MOW o 10 dni LOW o 9 dni

**Leśny okres wegetacyjny (LOW) średnio 151 dni
30.04. – 26.09.**



Istotny trend wzrostu długości LOW o 14 dni

Obliczenia wg Huculak, Makowiec 1977
(Malzahn, w opracowywaniu)



ZIMA 89 dni

Średnia temp. dobowa $< 0^{\circ}\text{C}$

Istotny trend skracania długości
o 33 dni. Koniec o 25 dni wcześniej

PRZEDWIOŚNIE 27 dni

Średnia temp. dobowa $0^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$

WIOSNA 68 dni

Średnia temp. dobowa $5^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$

LATO 74 dni

Średnia temp. dobowa $> 15^{\circ}\text{C}$

Istotny trend wydłużania o 39 dni

JESIEŃ 64 dni

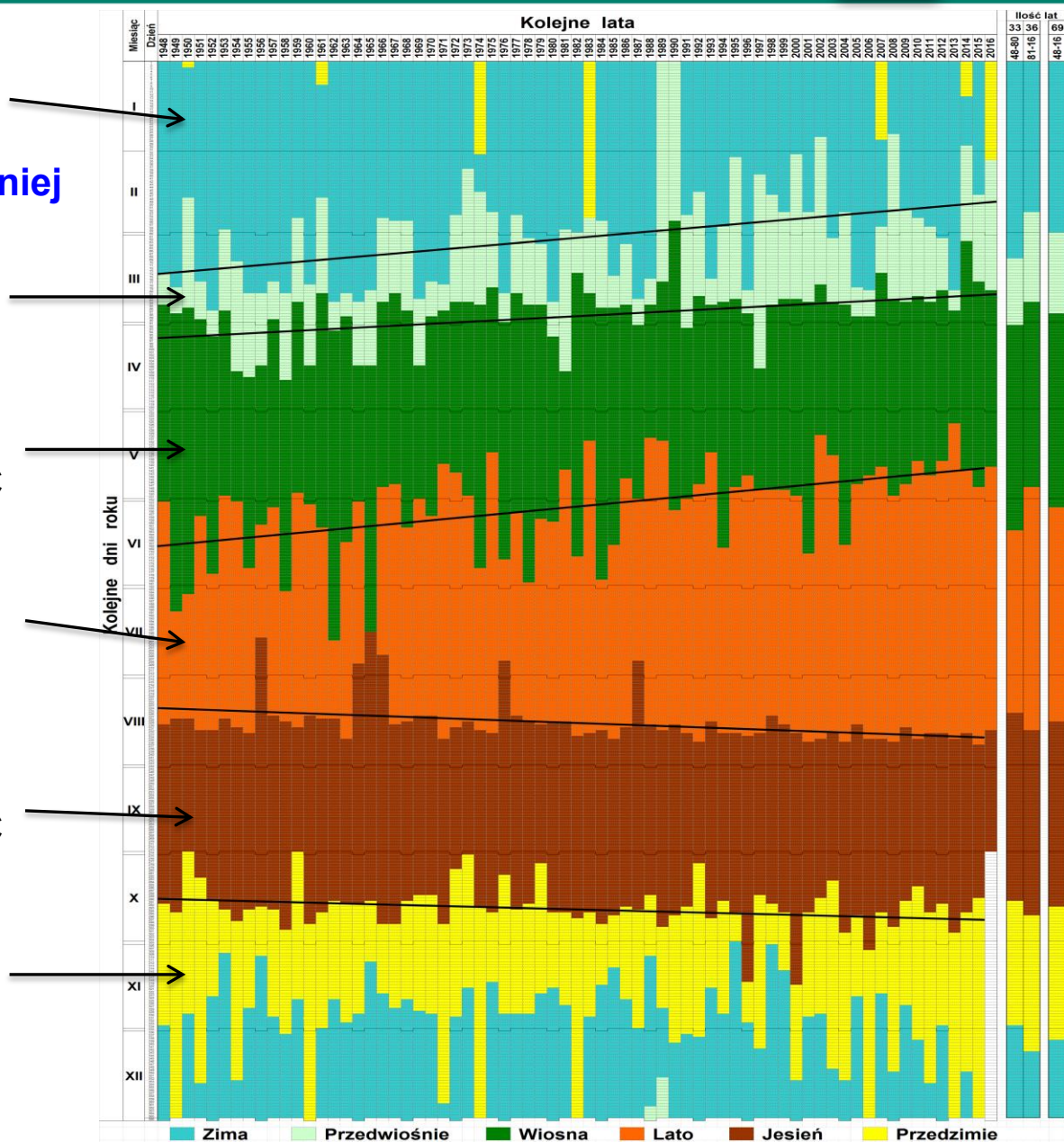
Średnia temp. dobowa $15^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$

PRZEDZIMIE 43 dni

Średnia temp. dobowa $5^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}$

Podział na 6 pór roku wg Romera (1949)
Obliczenia metodą Gumińskiego (1948)

(Malzahn, w opracowywaniu)

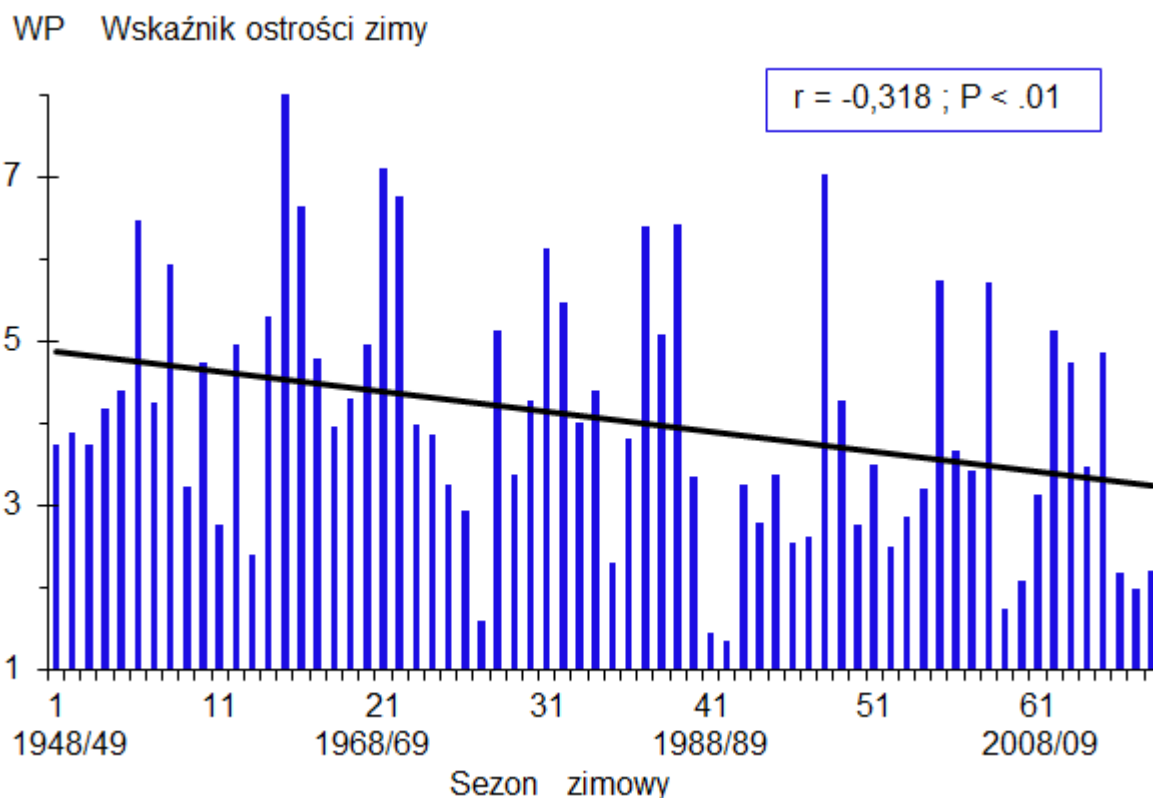


WP – wskaźnik ostrości zimy wg Paczosa

waha się od 8,0 (1962/63) do 1,3 (1989/90) i wynosi średnio 4,0
ostatnie trzy zimy około 2,0

Istotne trendy zmian :

- szybszy koniec zimy, (skręcanie długości)
- spadek liczby dni o temp. $< 0^{\circ}\text{C}$,
- spadek liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych
- wzrost temp. średniej w lutym i marcu



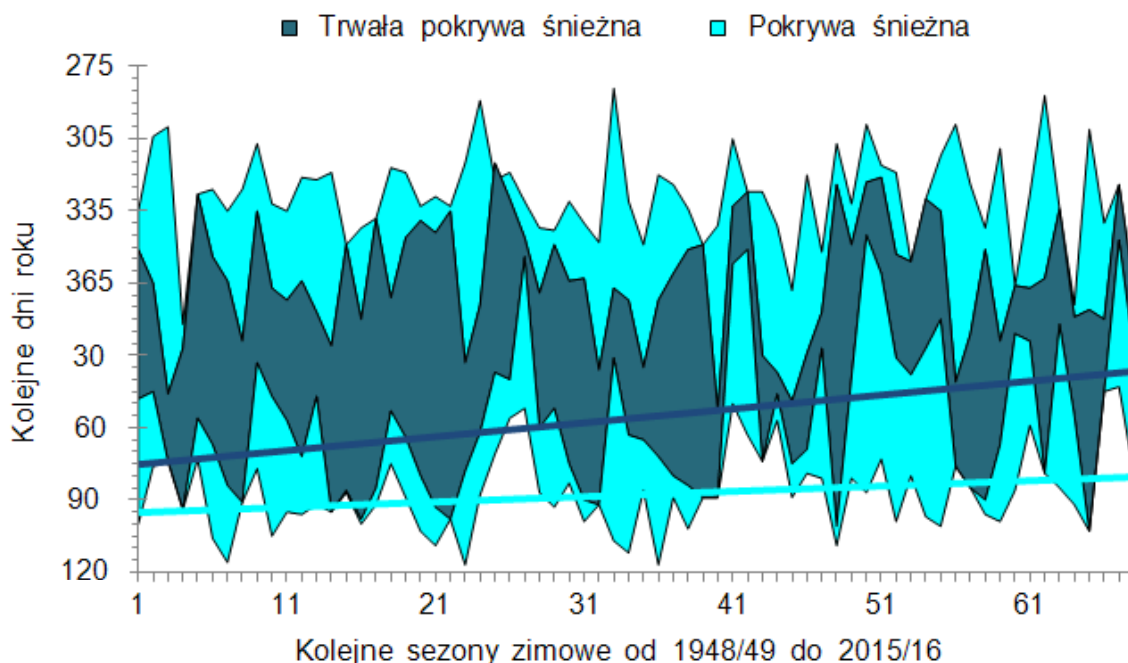
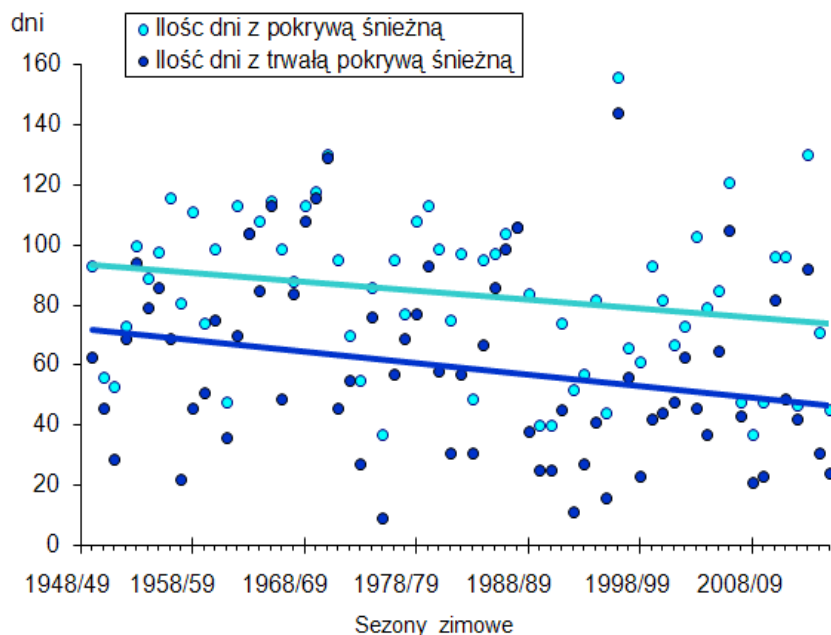
(Malzahn, w opracowywaniu)

Ilość dni z pokrywą śnieżną

– średnio **83** (25.11. – 28.03.)
od 156 (1995/96) do 34 (2015/16)

Ilość dni z trwałą pokrywą śnieżną

– średnio **59** (29.12. – 26.02.)
od 144 (1995/96) do 9 (1974/75)



**Istotny trend szybszego ustępowania
pokrywy śnieżnej**

o 15 dni wcześniej (5.04. – 21.03.)

i trwałej pokrywy śnieżnej

o 35 dni wcześniej (16.03. - 9.02.)

**istotnie krótszy okres opadów śniegu
i zalegania pokrywy śnieżnej**

(Malzahn, w opracowywaniu)

W latach 1948 – 2016
w roku **istotne trendy:**

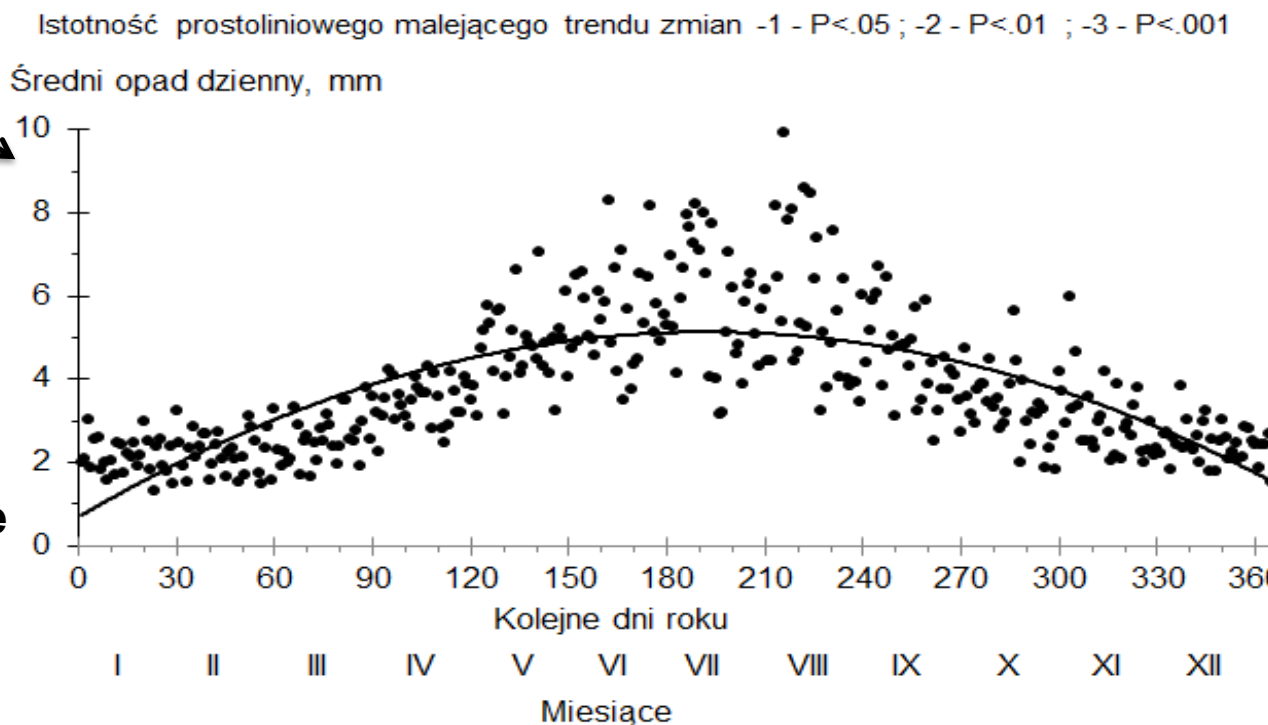
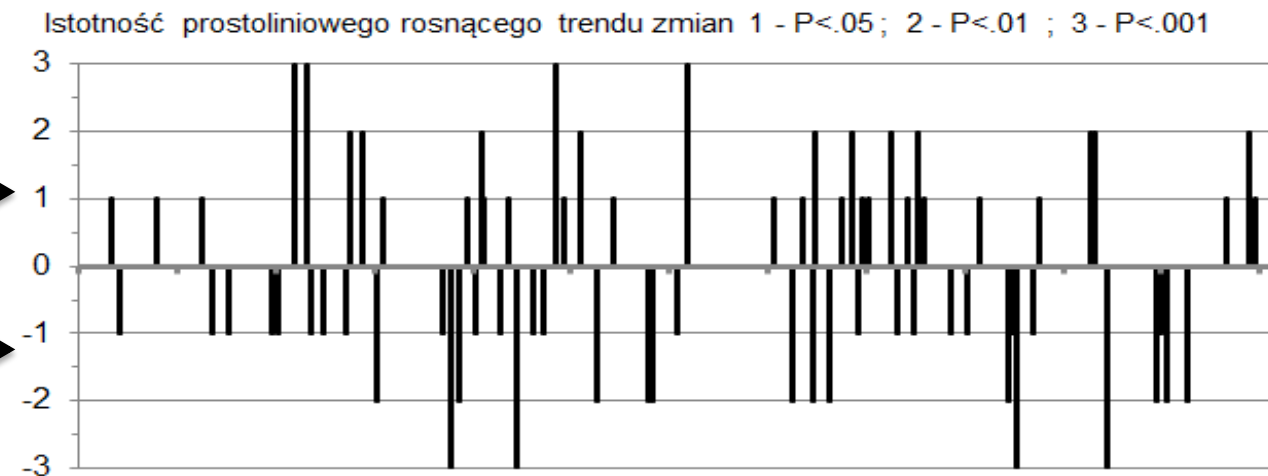
wzrostu - 35 dni (10%) →

spadku - 36 dni (10%) →

Rozkład opadu dziennego w ciągu roku

- średni opad dzienny w roku – 3,8 mm
- średni opad dzienny w sezonie wegetacyjnym - 4,7 mm
- większe zróżnicowanie w półroczu letnim niż zimowym

(Malzahn, w opracowywaniu)



Rozkład sumy opadów w ciągu roku

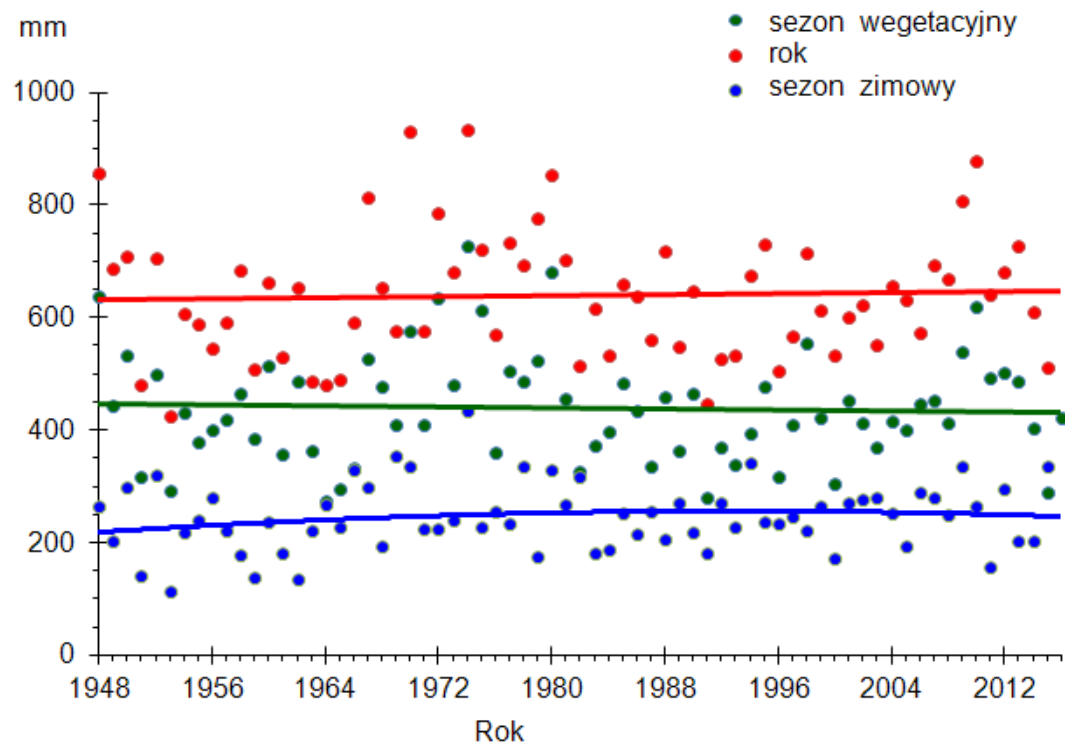
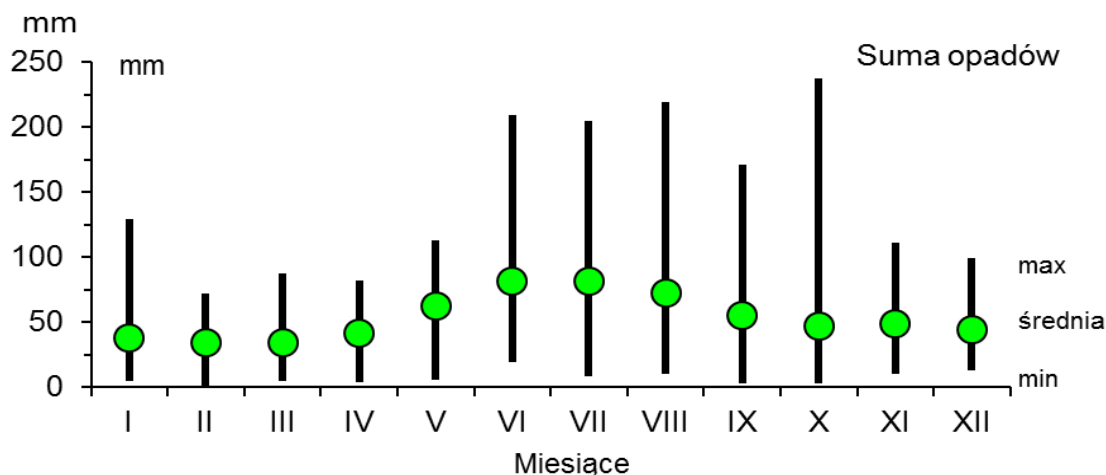
- różnica pomiędzy średnimi miesięcznymi - 47,7 mm
- różnica pomiędzy min i max średnimi miesięcznymi 218,2 mm
- większe wahania w sezonie wegetacyjnym (VI – X) niż w zimowym

Brak istotnych trendów zmian sumy opadów w sezonach i latach 1948-2016

Wartości średnie:

- w sezonie wegetacyjnym - 440 mm
- w sezonie zimowym - 246 mm
- w roku kalendarzowym - 639 mm

(Malzahn, w opracowywaniu)



skrajnie sucho	
bardzo sucho	
sucho	
normalnie	
wilgotno	
bardzo wilgotno	
skrajnie wilgotno	

W latach 1948 – 2016

42 % lat normalnych

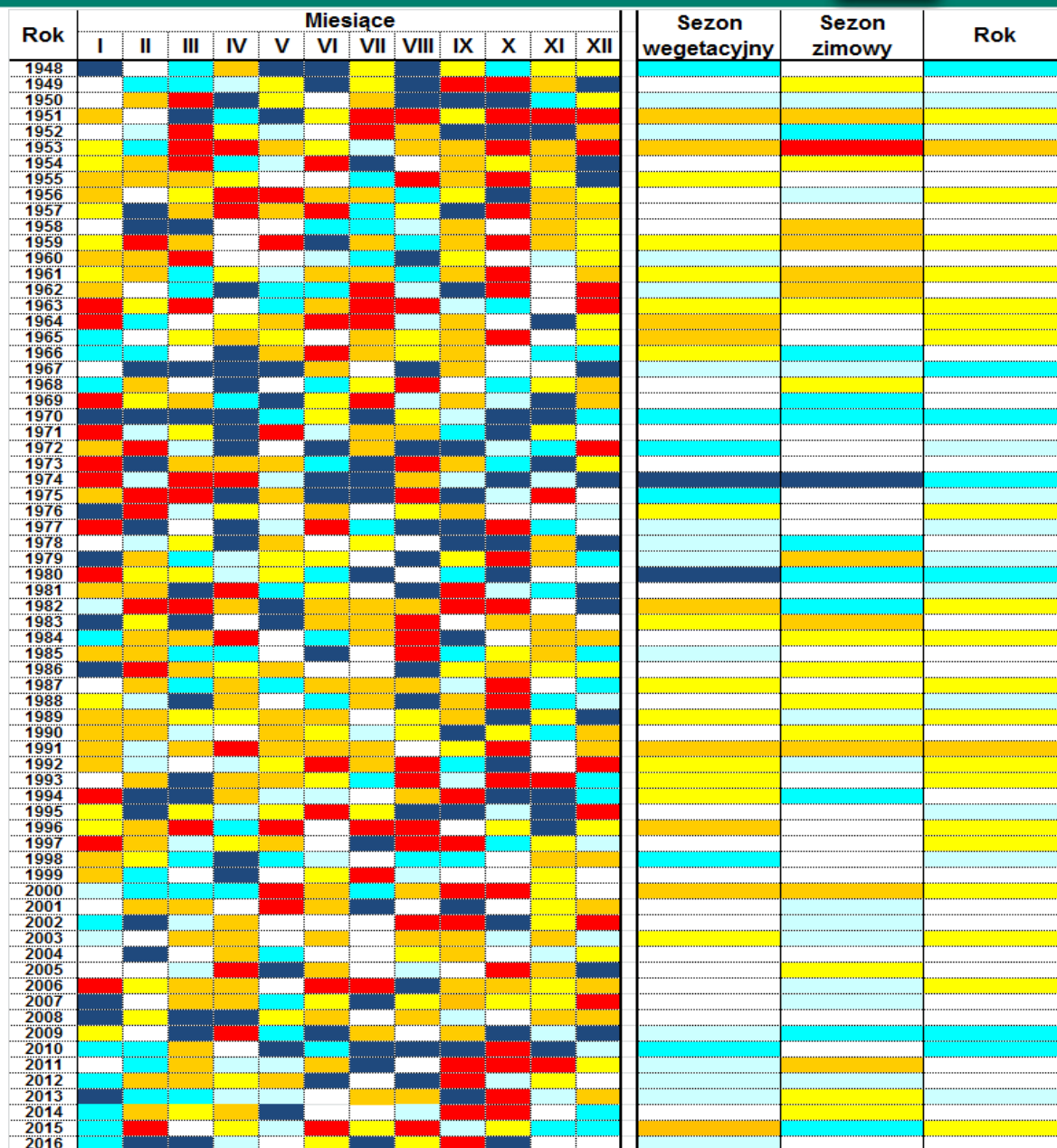
26 % lat wilgotnych

32 % lat suchych

Najwilgotniejsze lata

1974-1980

(Malzahn, w opracowywaniu)



W latach 1948- 2016 :

- średnio 25 susz w każdym miesiącu od 20 (V, XI) do 31 (IX)
- 9 suchych sezonów wegetacyjnych
- 10 suchych sezonów zimowych
- 2 lata posuszne 1953 i 1991

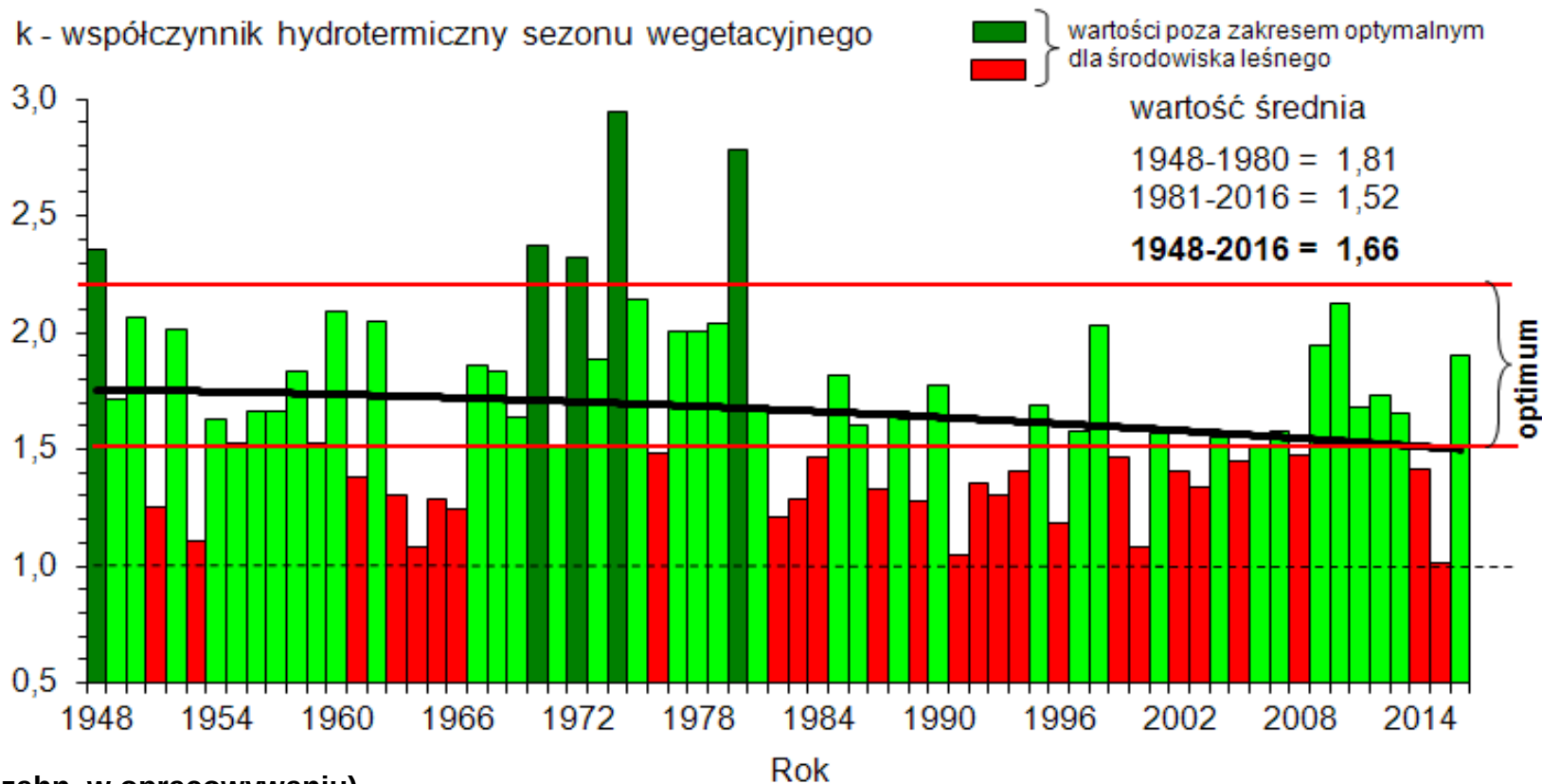
(Malzahn, w opracowywaniu)

Rok	Miesiące												Sezon wegetacyjny	Sezon zimowy	Rok	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
1948																
1949																
1950																
1951																
1952																
1953																
1954																
1955																
1956																
1957																
1958																
1959																
1960																
1961																
1962																
1963																
1964																
1965																
1966																
1967																
1968																
1969																
1970																
1971																
1972																
1973																
1974																
1975																
1976																
1977																
1978																
1979																
1980																
1981																
1982																
1983																
1984																
1985																
1986																
1987																
1988																
1989																
1990																
1991																
1992																
1993																
1994																
1995																
1996																
1997																
1998																
1999																
2000																
2001																
2002																
2003																
2004																
2005																
2006																
2007																
2008																
2009																
2010																
2011																
2012																
2013																
2014																
2015																
2016																

Współczynnik hydrotermiczny Seljaninowa k wskazuje optymalne warunki termiczno-wilgotnościowe dla lasu (1,5 – 2,2)

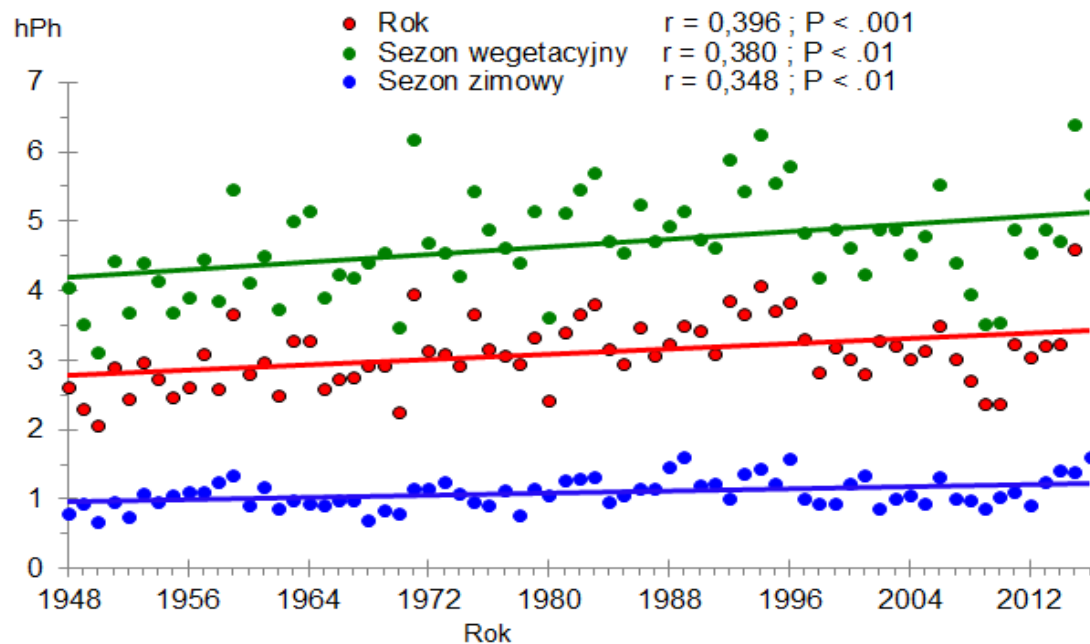
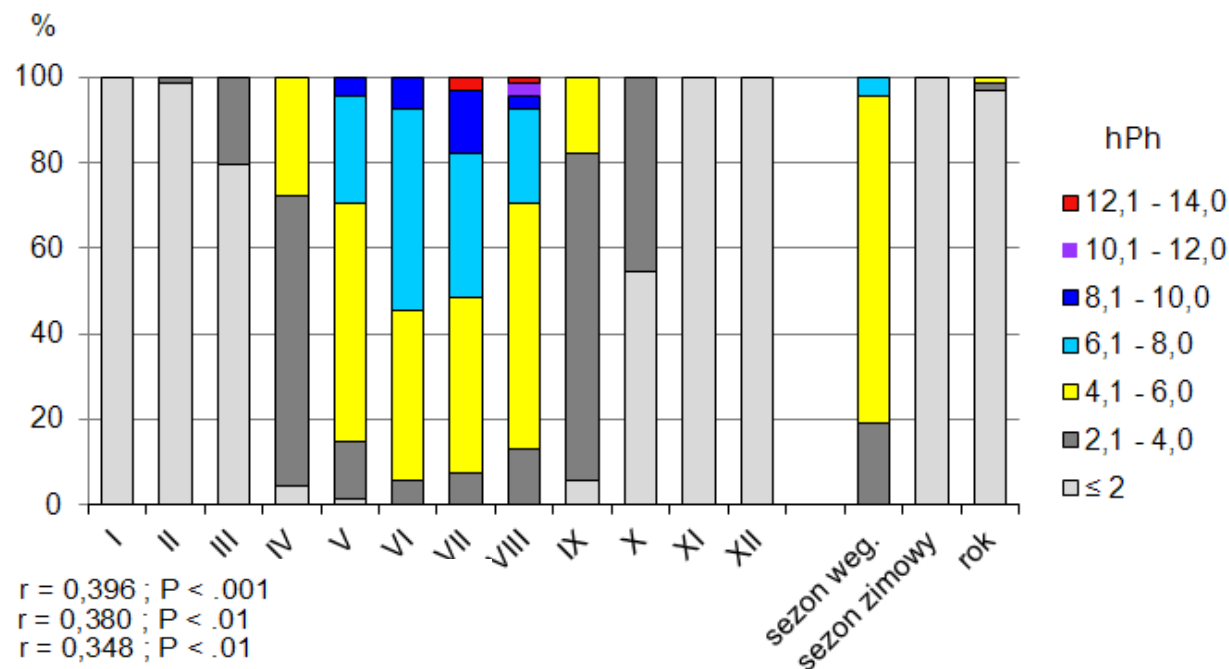
W latach 1948-2016 - **26 lat z deficytem wilgotności (38 %)**
- tendencja do spadku k (trend nieistotny)

W latach 1981-2016 - **średni k osiągnął tylko dolną granicę optimum**



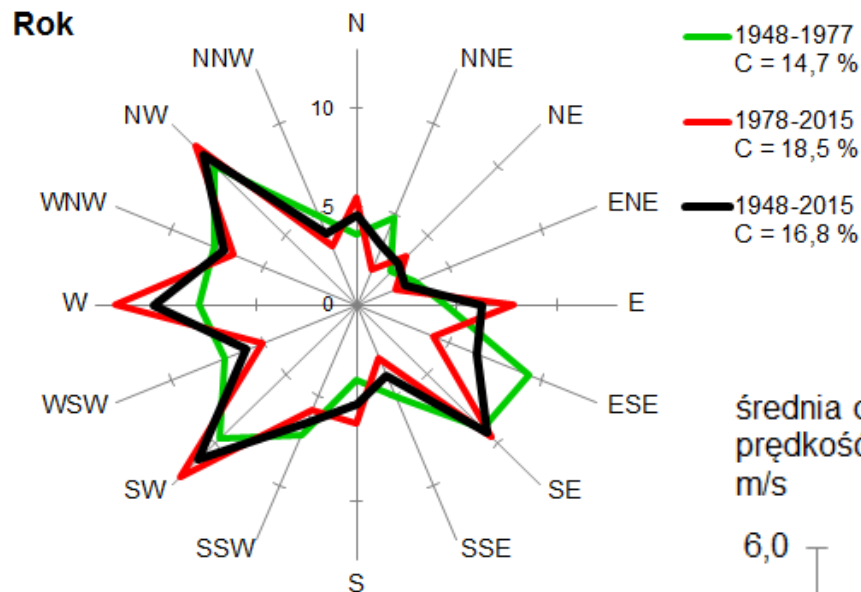
Niedosyt wilgotności powietrza

W ciągu roku największy udział procentowy niedosytu występuje w czerwcu, lipcu i sierpniu



Istotne trendy rosnące niedosytu wilgotności w sezonach i latach

W sezonie wegetacyjnym średni niedosyt wilgotności wzrósł o 1 hPh (z 4,2 do 5,2)



Dominują wiatry z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego (W i SW), co sprzyja napływowi zanieczyszczeń powietrza z odległych źródeł emisji

Istotne trendy zmniejszania się prędkości wiatru

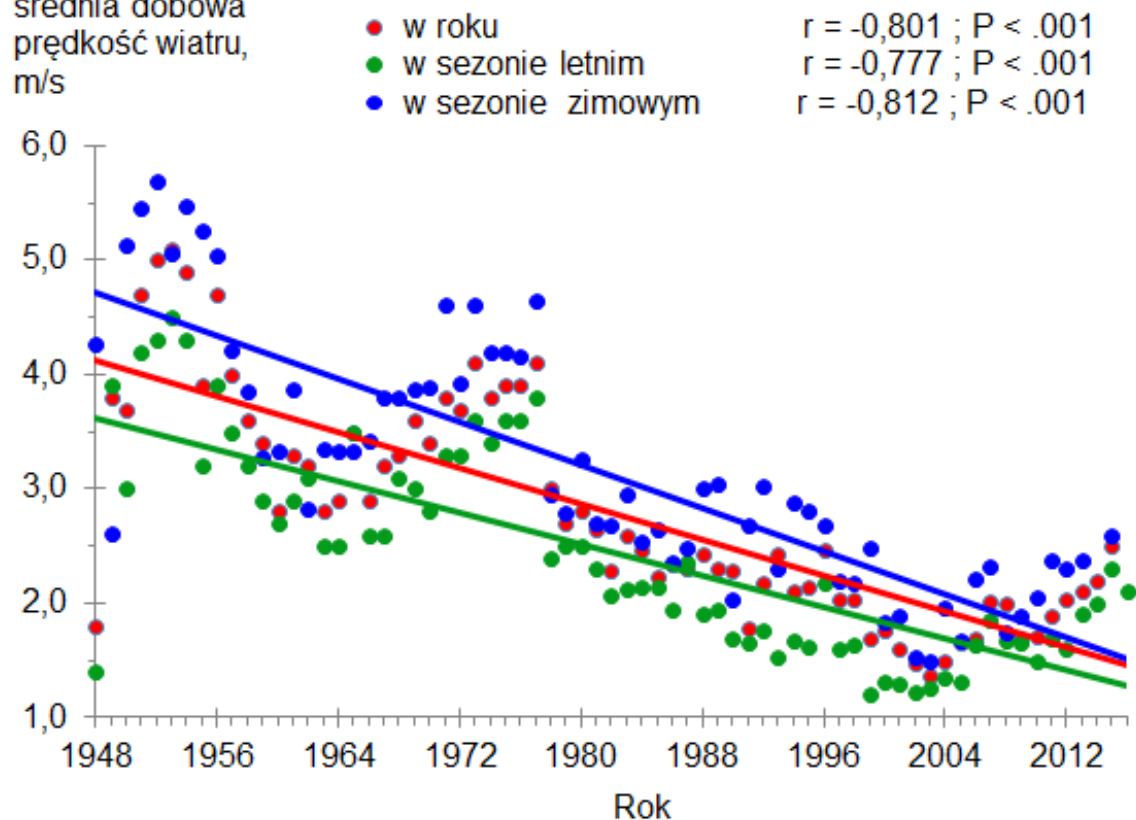
ają negatywny efekt przy emisji zanieczyszczeń powietrza z niskich źródeł

Średnia 1948-2016 – 2,8 m/s

Średnia 2001-2016 – 1,8 m/s

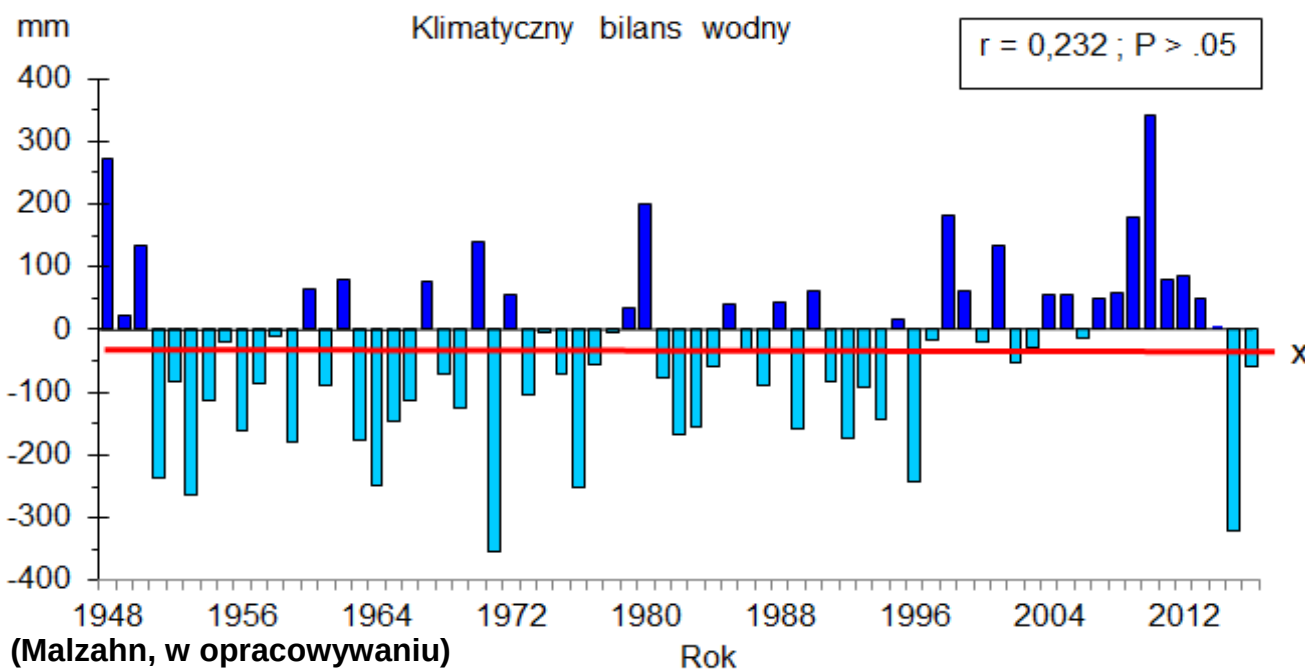
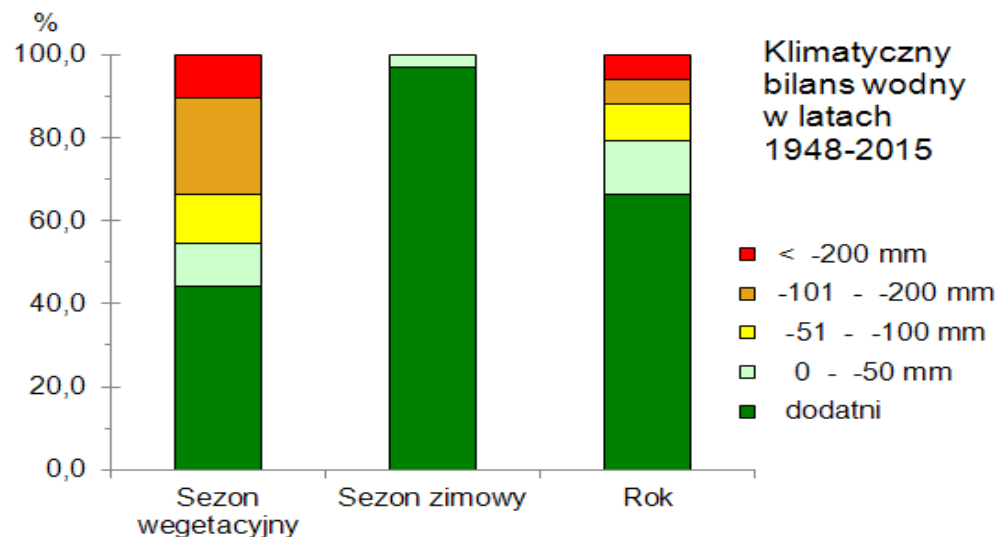
Optymalne dla lasu są wiatry wiejące z prędkością 3-4 m/s

średnia dobową prędkość wiatru, m/s



Klimatyczny bilans wodny - różnica pomiędzy opadem atmosferycznym a parowaniem potencjalnym (zależnym od wielkości opadu, niedosytu wilgotności i szybkości wiatru) w sezonie wegetacyjnym

Średni bilans w latach 1948-2016
-33,8 mm



Ujemny bilans wodny
- 42 sezony (61 %)

Brak istotnego
trendu zmian

Poprawa bilansu
od 1998 r.

Ujemny bilans
w latach 2015 i 2016

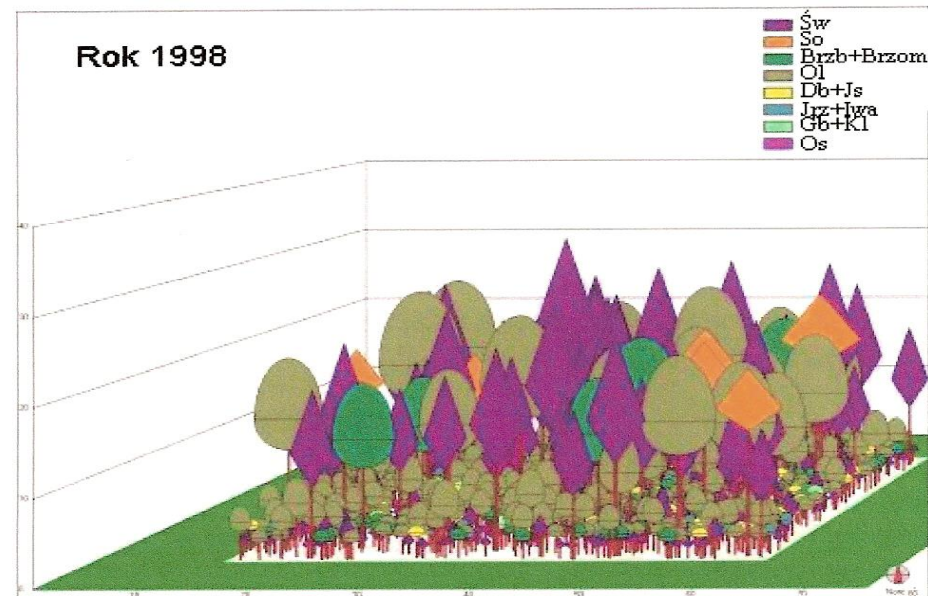
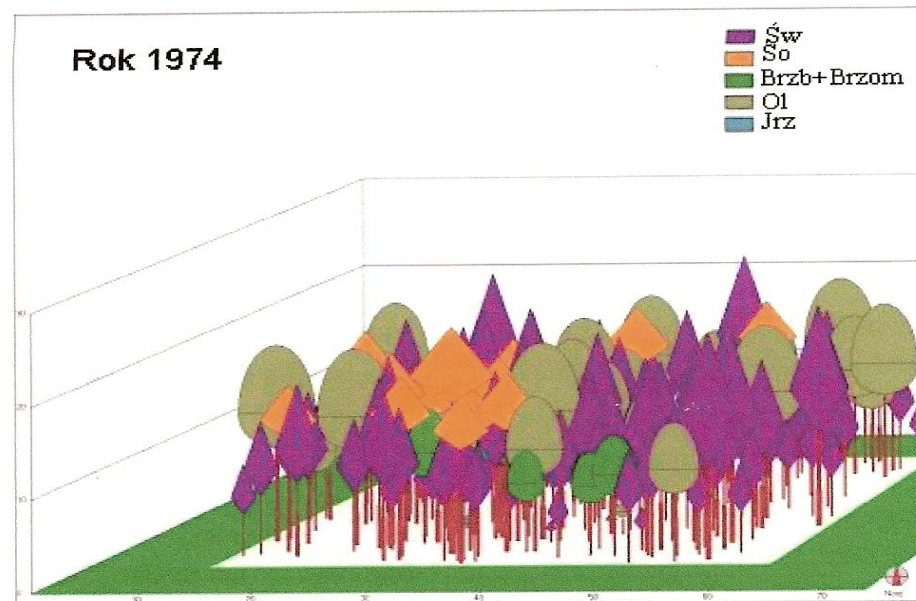
- **Istotny wzrost temperatury powietrza w Puszczy Białowieskiej, w tempie podobnym do prognozowanego przez IPCC w XXI w. ($0,3^{\circ}\text{C}$ /10 lat), może być symptomem globalnego ocieplenia klimatu**
- **Niewielkie zmiany w opadach - podobne do prognozowanych przez IPCC w XXI w. na obszarze północno-wschodniej Europy**
- **Szybkie tempo wzrostu temperatury może prowadzić do daleko idących zmian termicznych pór roku i okresów wegetacyjnych, powodujących istotne zmiany w świecie roślin i zwierząt**
- **Szybki wzrost potrzeb wodnych lasu, przy nie zmieniających się opadach atmosferycznych, spowoduje zubażanie zasobów wodnych Puszczy**
- **Ekosystemy leśne Puszczy mogą być w większym stopniu narażone na negatywne oddziaływanie czynników abiotycznych, biotycznych i antropogenicznych**

Wraz z postępującym procesem osuszania się siedlisk, spowodowanym spadkiem ilości opadów i wzrostem temperatury, oraz obniżaniem się lustra wód gruntowych, następuje wzrost żyzności siedlisk hydrogenicznych w wyniku przyśpieszonego procesu rozkładu materii organicznej.

Eutrofizacja siedlisk bagiennych jest stymulowana depozytem biogenów z atmosfery (zwłaszcza azotu)

Zmiany struktury drzewostanu w rezerwacie Wysokie Bagno (pow. 0,25 ha)

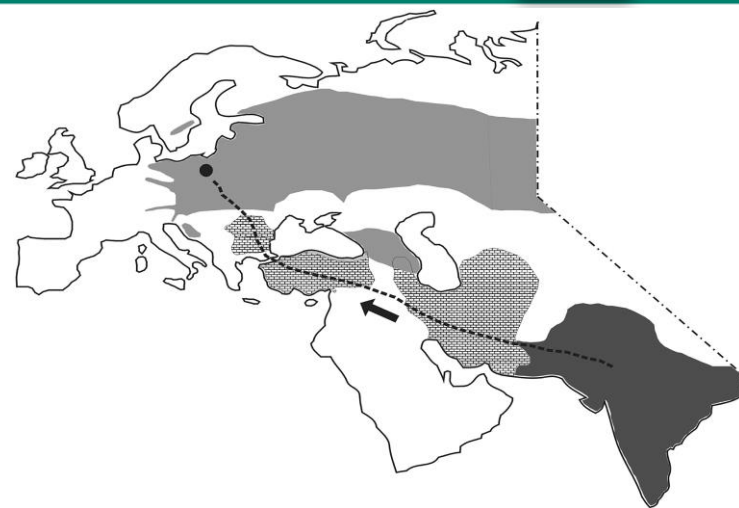
(Sokołowski, Czerepko 2004)





Muchołówka mała *Ficedula parva*

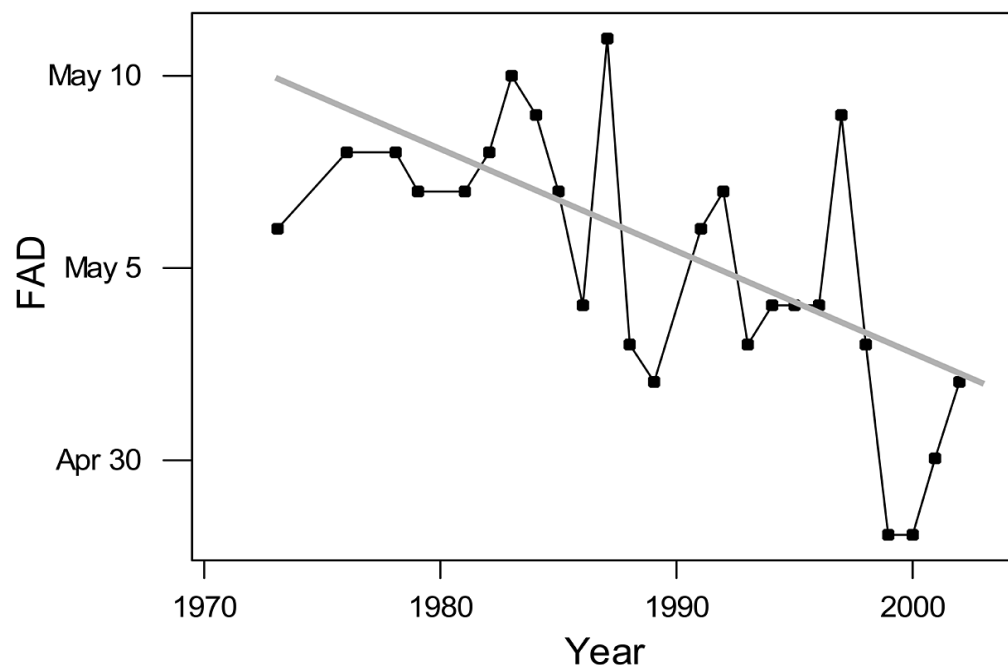
gatunek w Czerwonej
Księdze Gatunków
Zagrożonych,
w Polsce pod ochroną
ściłą



**W badaniach wpływu zmian
klimatu na sezon rozrodczy
ptaków w latach 1975-2007
stwierdzono, że w BPN ptaki
rozpoczęły sezon rozrodczy
ok. 9 dni wcześniej**

(Wesołowski, Cholewa 2009)

Terminy pierwszych przylotów



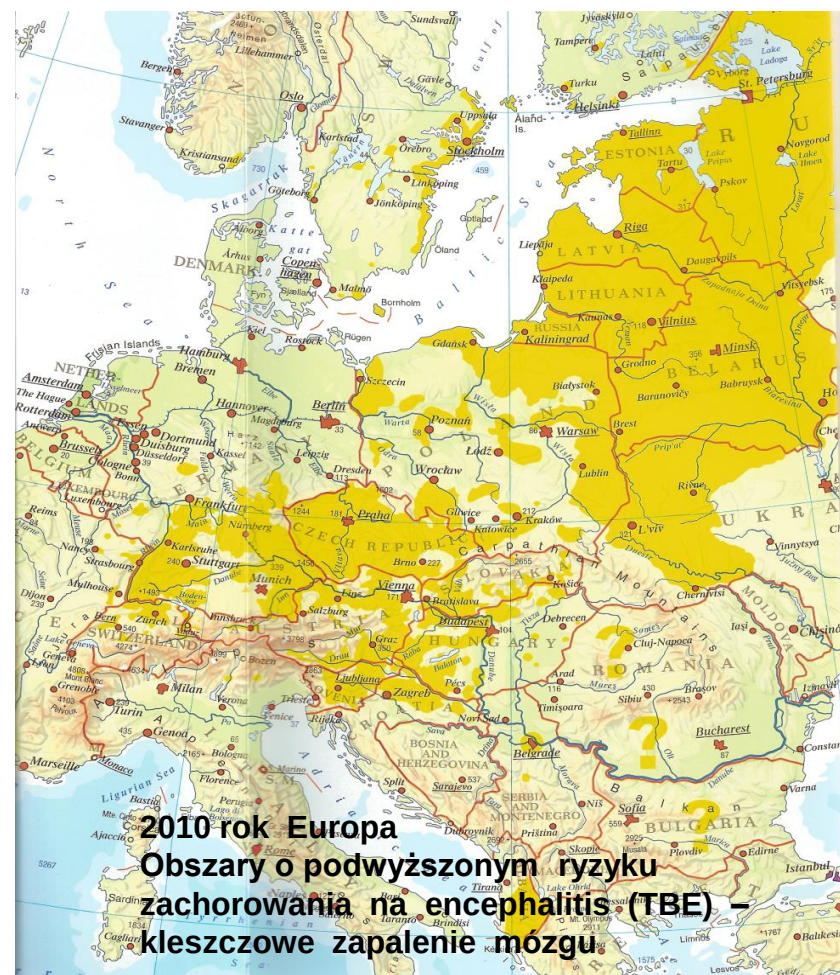
Zmiany warunków środowiskowych sprzyjają chorobom odkleszczowym



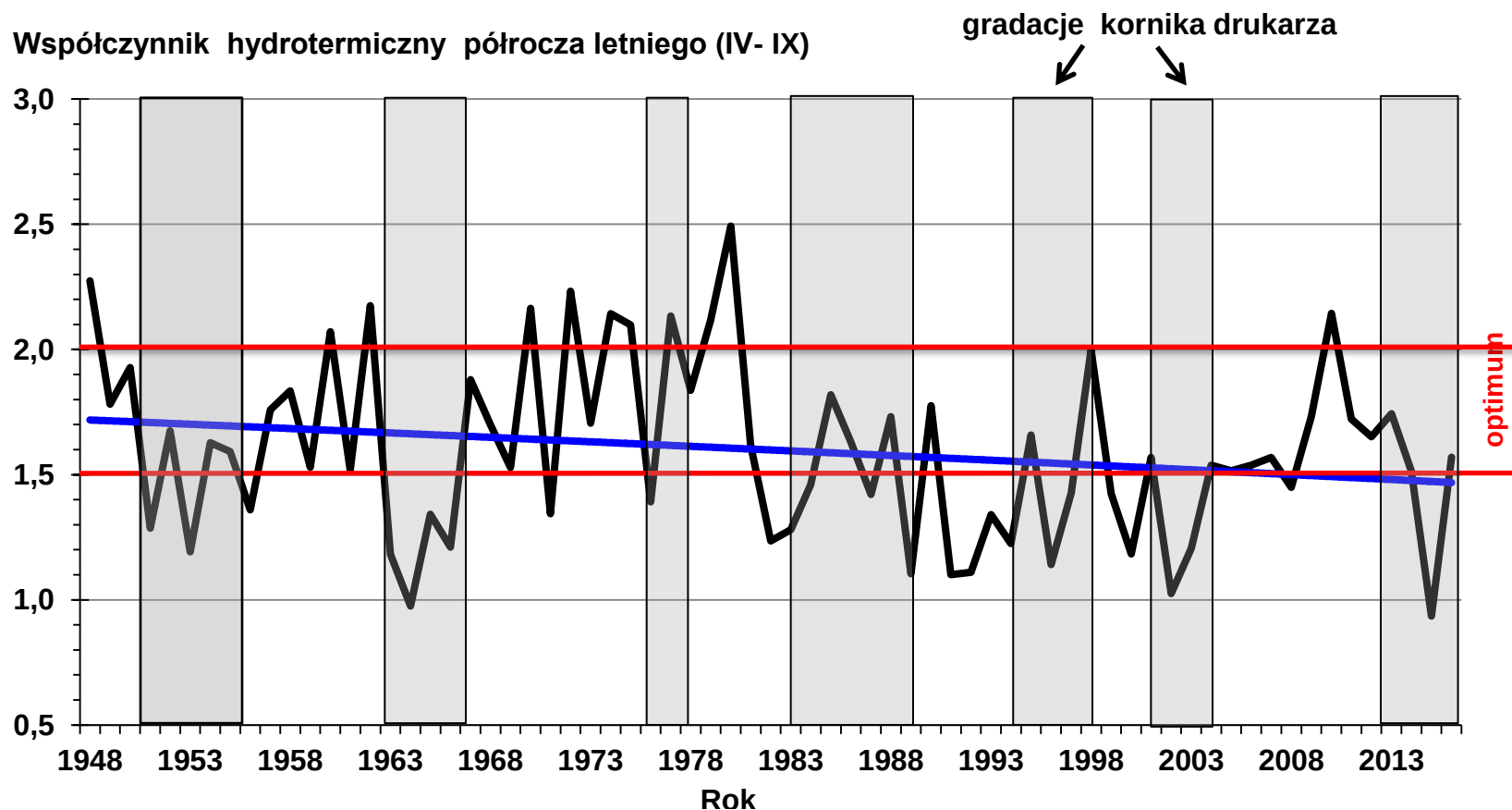
- Wśród czynników patogennych wywołujących choroby odkleszczowe występują liczne wirusy, bakterie i pierwotniaki. Ich krążenie w środowisku naturalnym oraz poziom zakażenia ludzi zależą od czynników:

- abiotycznych (klimatycznych),
- biotycznych (potencjalnych żywicieli)

- Kleszcze zimują głęboko pod ściółką leśną, w miejscach o temperaturze około 0 °C
- Wzrost temperatury od III do XI powoduje wzrost aktywności kleszczy
- Maksimum aktywności kleszczy zależy od czynników klimatycznych i przebiega w dwóch fazach: V – VI i IX - X
- Wilgotne lato i łagodna zima sprzyjają rozprzestrzenianiu się kleszczy**

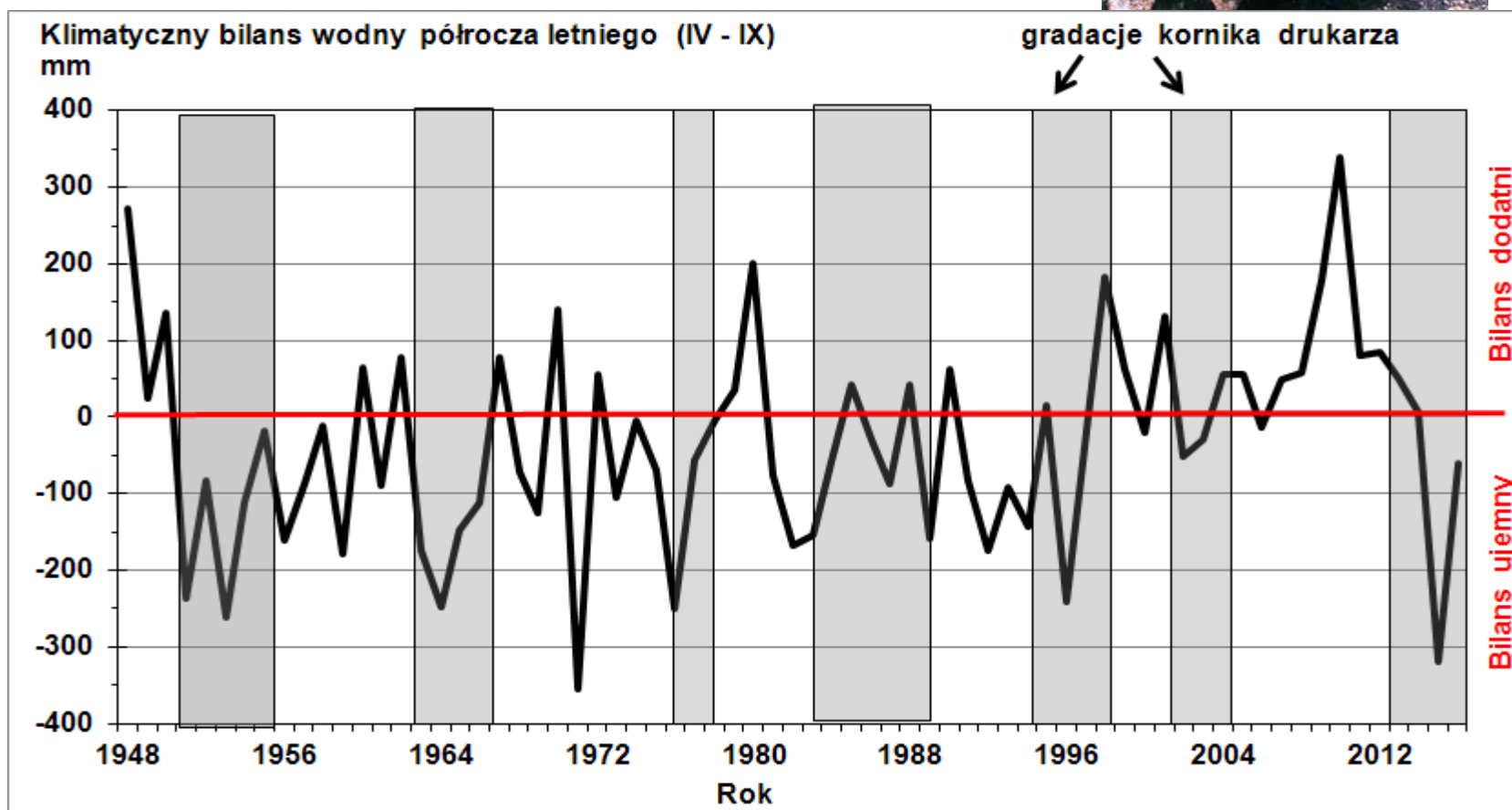


Porównanie zmian współczynnika hydrotermicznego półrocza letniego z terminami gradacji kornika drukarza w Puszczy Białowieskiej



(Malzahn i in. w opracowywaniu)

Porównanie zmian klimatycznego bilansu wodnego półrocza letniego z terminami gradacji kornika drukarza w Puszczy Białowieskiej



(Malzahn i in. w opracowywaniu)

Czy zmiany klimatu mogą zagrozić środowisku leśnemu Puszczy ?

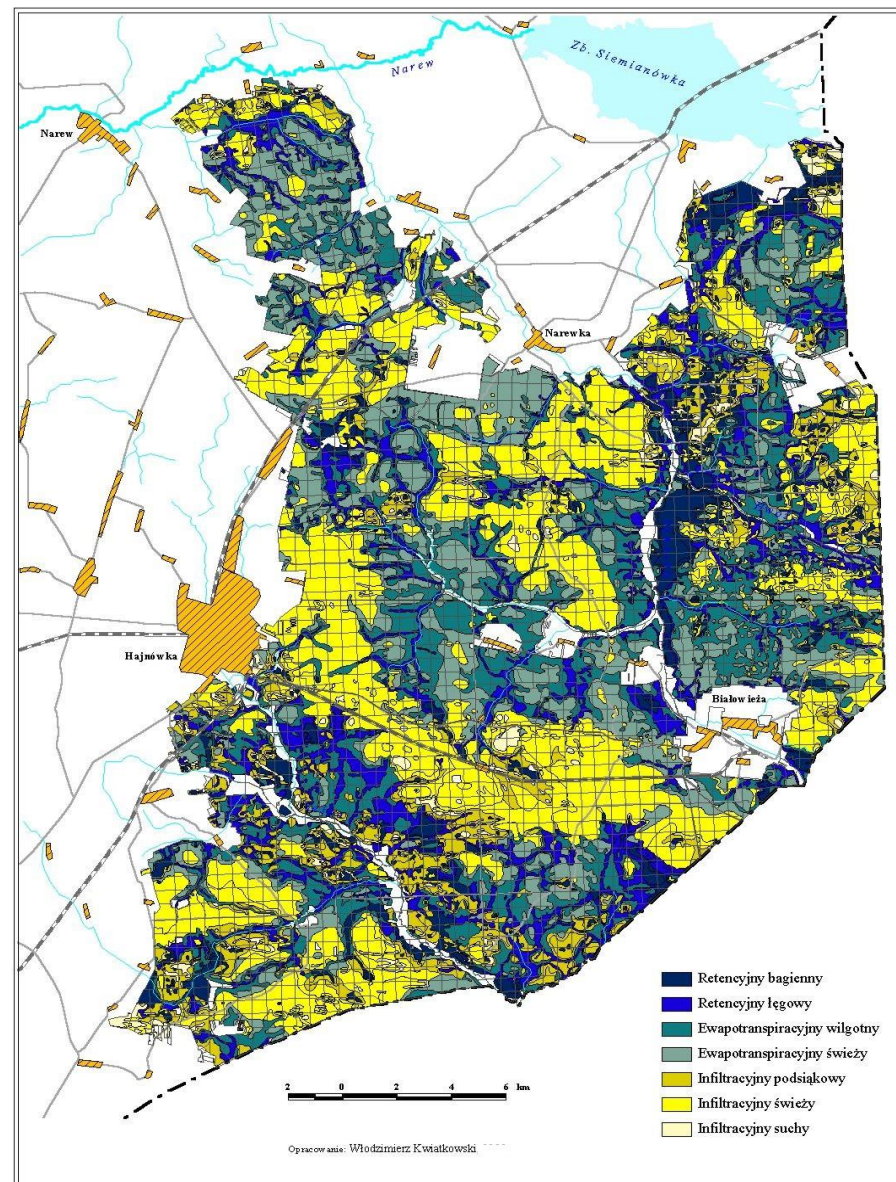
W Puszczy można wydzielić 7 hydrotopów – typów gospodarki wodnej.

Znaczna część Puszczy Białowieskiej jest reprezentowana przez krajobrazy autonomiczne, niezależne od wód gruntowych, w których zmiany mogą wywołać jedynie poważne przemiany klimatu.

Względnie zagrożone z powodu zmian klimatu mogą być hydrotypy retencyjne (bagienny i łęgowy)

(Kwiatkowski, 2007)

HYDROTOPY - TYPY GOSPODARKI WODNEJ



Nauki leśne i gospodarka leśna będą musiały się zmierzyć z wyzwaniami stawianymi przez zmiany klimatu

Mogą się radykalnie zmienić funkcjonowanie i status poszczególnych gatunków drzew w granicach ich geograficznych zasięgów:

- **frekwencja występowania**
- **tempo wzrostu**
- **przeżywalność**
- **produkcja owoców i nasion**
- **odporność na działanie czynników zewnętrznych .**

Relacje konkurencyjne pomiędzy gatunkami drzew leśnych mogą ulec znacznym modyfikacjom. Pewne gatunki wykazą ilościową ekspansję, inne będą miały problemy z naturalnym odnawianiem.

Wszystko to przełoży się na dynamikę zbiorowisk leśnych oraz narzuci nowe ramy dla kształtowania składu gatunkowego i struktury drzewostanów

- Naturalne procesy adaptacyjne ekosystemów leśnych w środowisku ciągle zmienianym przez człowieka mogą być zaburzone
- Reakcja na zmiany zagrażających lasom czynników abiotycznych i antropogenicznych musi być oceniana dla indywidualnych populacji.
Puszcza Białowieska może być ważną informacją, jak takie zmiany mogą wpływać na naturalne ekosystemy leśne
- Ogromne znaczenie ma gospodarka leśna dopasowywana do zachodzących zmian

