

Zagadnienia agrometeorologiczne i klimatyczne w kształtowaniu środowiska

Andrzej CIEPIEŁOWSKI

Trendy zmian okresowych zasobów wodnych i wybranych elementów klimatu

Abstract

The trends in periodical changes of water resources and selected elements of climate. The article presents analysis of rectilinear trends of changes in air temperature, sums of precipitations levels of underground water, layers of discharge and water balance losses. Surface water and underground water resources have been estimated in the light of predicted needs. A definite influence of climatic changes upon the forest environment has been determined.

Key words: trends, climate, forest.

Wstęp

W pracy Ciepielowski, Dunikowski, Zajączkowski 1993, wykonanej w Instytucie Badawczym Leśnictwa na zlecenie Departamentu Leśnictwa MOŚZNiL, przeprowadzono analizę trendów zmian parametrów klimatycznych i bilansu wodnego i na tym tle przedstawiono charakterystyki określające stan lasu. Do tego celu wykorzystano dane obserwacyjne i pomiarowe oraz specjalnie dla potrzeb tej pracy wykonano opracowania przez zespoły Instytutu Badawczego Leśnic-

stwa, Biura Urządzania Lasu i Geodezji, Leśnej, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, jak również Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW (zespół prof. B. Łykowskiego).

Dane hydrologiczne i meteorologiczne były wystarczająco dokładne do ustalenia trendu zmian, natomiast opisujące stan lasów były niejednorodne, często fragmentaryczne. Dlatego analiza wpływu zmian klimatu na środowisko jest szacunkowa. Wydaje się, że następnym etapem badań powinno być poszukiwanie udokumentowanych matematycznie zależności pomiędzy parametrami opisującymi klimat a czynnikami określającymi stan lasu. Wymaga to jednak takiego przygotowania danych określających stan lasu, by odpowiadały wymaganiom rachunku statystycznego lub mogły być zastosowane w modelach o charakterze deterministycznym.

W niniejszej pracy zaprezentowano najważniejsze wyniki badań dotyczące zmian okresowych elementów klimatu i zasobów wodnych.

Metodyka

Przy analizie wpływu zmian wybranych elementów hydrologiczno-meteorologicznych na stan lasów w Polsce wykorzystano teorię szeregów czasowych. Szereg czasowy traktuje się jako zbiór elementów obserwowanych, następujących po sobie w czasie, i można go opisać równaniem:

$$X(t) = X_r(t) + X_t(t) + X_p(t) \quad (1)$$

gdzie:

$X_r(t)$ – opisuje składową losową,

$X_t(t)$ – trend,

$X_p(t)$ – okresowość funkcji.

Analizowano szeregi czasowe średnich temperatur powietrza ($T^{\circ}\text{C}$), sum opadów P (mm), poziomów wód podziemnych H_{gr} (nmp), warstwy odpływu H (mm) i strat bilansowych $S = P - H$ (mm), w przedziałach czasowych Δt odpowiadających jednemu rokowi lub okresowi wegetacyjnemu przyjmowanemu w leśnictwie od 1 IV do 30 X.

Ze względu na duży przedział czasowy oraz uwzględniając potrzeby realizowanej pracy zajęto się trendem zmian rozumianym jako stopniową zmianę wartości przeciętnej.

Ogólne równanie trendu przedstawić można następująco:

$$X(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_mt^m \quad (2)$$

W pracy równanie uproszczono do prostej

$$X_t(t) = a_0 + a_1t \quad (3)$$

Wartości a_0 i a_1 otrzymano poszukując najlepszego dopasowania do zmierzonych danych przez minimalizację sum odchyłeń kwadratów, stosując metodę najmniejszych kwadratów.

W przypadku $a_1 = 0$ mamy szereg czasowy stacjonarny, przy $a_1 \neq 0$ szereg czasowy z trendem, gdy $a_1 < 0$ trend malejący, $a_1 > 0$ trend rosnący. Trendy te będą istotne, gdy związek zmiennych jest statystycznie istotny przy $\alpha = 0,05$, a współczynnik korelacji będzie co najmniej większy od 0,5 przy $|r| < r_{\alpha=0,05}$.

Przyjęcie prostoliniowych trendów zmian długookresowych jest zgodne z podejściem stosowanym przez wielu badaczy.

Trendy zmian parametrów uproszczonego równania bilansu wodnego

Równanie uproszczonego bilansu wodnego można zapisać w postaci:

$$P = H + S \quad (4)$$

gdzie:

P – suma opadu obserwowanego,

H – odpływ całkowity,

S – straty bilansowe, które dla wartości średnich rocznych z wielolecia utożsamia się w przybliżeniu z parowaniem terenowym. Parametry w równaniu (4) podane są w milimetrach.

Korzystając z danych opracowanych w Ośrodku Hydrologii IMGW obliczono trendy zmian parametrów równania bilansu dla okresu 90-letniego 1901–1990 i ostatnich dziesięcioleci: 1971–1980 i 1981–1990. Z porównania wartości śred-

nich wynika, że okres 1901–1990 traktować można jako reprezentatywny, gdyż jest dostatecznie długi. Na tle okresów normalnych, wieloletnich, dziesięciolecie 1971–1980 było bardziej mokre w porównaniu z 1981–1990, gdyż opad był wyższy o około 6–7%. Odpływy z dwóch rozpatrywanych dziesięcioleci były większe od średnich z wielolecia, przy czym mniejsze ich wartości występowały w dziesięcioleciu 1980–1990.

Opady i straty bilansowe z wielolecia 1901–1990 wskazują na trend malejący, natomiast odpływy niewiele wzrastają (rys. 1).

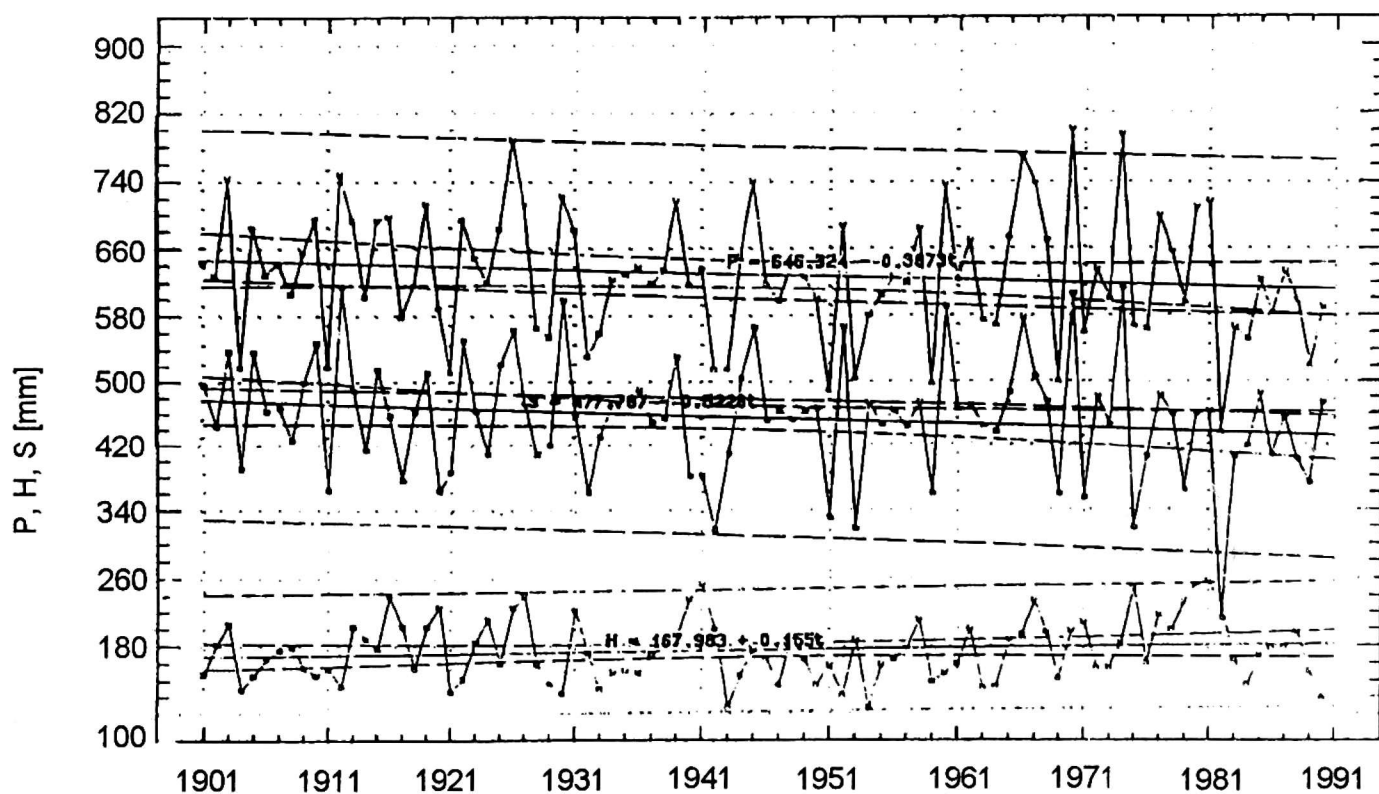
Dziesięciolecie 1971–1980 wykazuje podobne trendy wzrostowe w przypadku odpływu i malejące straty bilansowe, natomiast okres 1981–1990 w porównaniu z wieloleciem ma podobne trendy zmniejszania się opadu (tab. 1). Poza trendami odpływu dla Polski z okresu

1971–1980 ($r = 0,577$) i z 1981–1990 ($r = -0,652$) wszystkie inne nie są istotne statystycznie, przez co wyniki należy traktować jako pewne tendencje i kierunki zmian.

Trendy zmian temperatur i opadów

Analizę przeprowadzono na 90-letnich ciągach (1901–1990) wartości średnich rocznych i z okresu wegetacji temperatur powietrza dla trzech stacji: Puław, Warszawy i Wrocławia, a dla dwóch stacji: Warszawy i Wrocławia – sum opadów rocznych.

Z porównania wartości średnich wynika, że na tle wielolecia 1901–1990 dziesięciolecie 1981–1990 charakteryzuje się wyższymi temperaturami i niższymi opadami. Dziesięciolecie to jest cie-



RYSUNEK 1. Długookresowe zmiany parametrów bilansu wodnego Polski: sum opadów rocznych P , odpływu H i strat S (mm)

plejsze i suchsze w porównaniu z okresem 1971–1980. Tę prawidłowość potwierdza się również dla okresu wegetacyjnego. Dziesięciolecie 1971–1980, przy podobnej średniej rocznej temperaturze z wielolecia, było bardziej mokre. Natomiast w przypadku okresu wegetacyjnego okres ten w porównaniu z wieloleciem jest zimniejszy, ale bardziej mokry.

Warunki pogodowe, wyższe temperatury i mniejsza ilość opadów w okresie 1981–1990 spowodowały małe parowanie zbliżone do normalnego z wieloletnich, o czym można wnioskować z wielkości strat bilansowych.

Czy przebieg ciągów czasowych potwierdzi tendencje zauważone przy analizie wartości średnich?

Daje się zauważyć dużą zgodność trendów średnich rocznych temperatur w poszczególnych okresach (poziomy układ tab. 1). Tendencje niewielkiego wzrostu w Puławach, Warszawie i Wrocławiu dla okresów 1901–1990 i 1981–1990 oraz spadku w okresie 1971–1980. Tendencje te nie są zgodne z tendencjami dla okresu wegetacyjnego (tab. 2). Jedy- na zgodność występuje dla okresu 1971–1990 – tendencje malejące.

W przypadku sum opadów rocznych tendencje ogólnopolskie (tab. 1) można porównać z występującymi w poszczególnych stacjach. Dla rozpatrywanych okresów widać dużą zgodność tendencji zmian sum opadów dla Polski i stacji Wrocław. Można przyjąć, że trendy zmian opadów dla Wrocławia reprezen-

TABELA 1. Trendy zmian charakterystyk klimatycznych dla wartości rocznych

Okres	Polska			Puławy	Warszawa	Wrocław		
	<i>P</i> (mm)	<i>H</i> (mm)	<i>S</i> (mm)	<i>T</i> (°C)	<i>T</i> (°C)	<i>P</i> (mm)	<i>T</i> (°C)	<i>P</i> (mm)
1901–1990	-0,387 ¹	0,155	-0,523	0,008	0,002 ²	0,2832	0,002 ²	-0,3272
	↘	↗	↘	→	→	↗	→	↘
1971–1980	6,412	7,097	-0,685	-0,152	-0,172	-0,448	-0,092	4,715
	↗	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↗
1981–1990	-1,339	-8,873	7,533	0,075	0,076	-13,842↓	0,078	-7,594↓
	↘	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↘

¹ są to wartości a_1 w równaniu trendu; ² wg Lorenc.

TABELA 2. Trendy zmian klimatycznych w okresie wegetacji

Okres	Puławy	Warszawa	Wrocław		
	<i>T</i> (°C)	<i>T</i> (°C)	<i>P</i> (mm)	<i>T</i> (°C)	<i>P</i> (mm)
1901–1990	0,009	-0,001	0,107	0,003	0,007
	→	→	↗	→	→
1971–1980	-0,125	-0,111	-6,127 ↘	-0,068	2,576
	↘	↘	↘	↘	↗
1981–1990	-0,040	-0,016	-9,061 ↘	-0,010	-9,400 ↘
	→	→	↘	→	↘

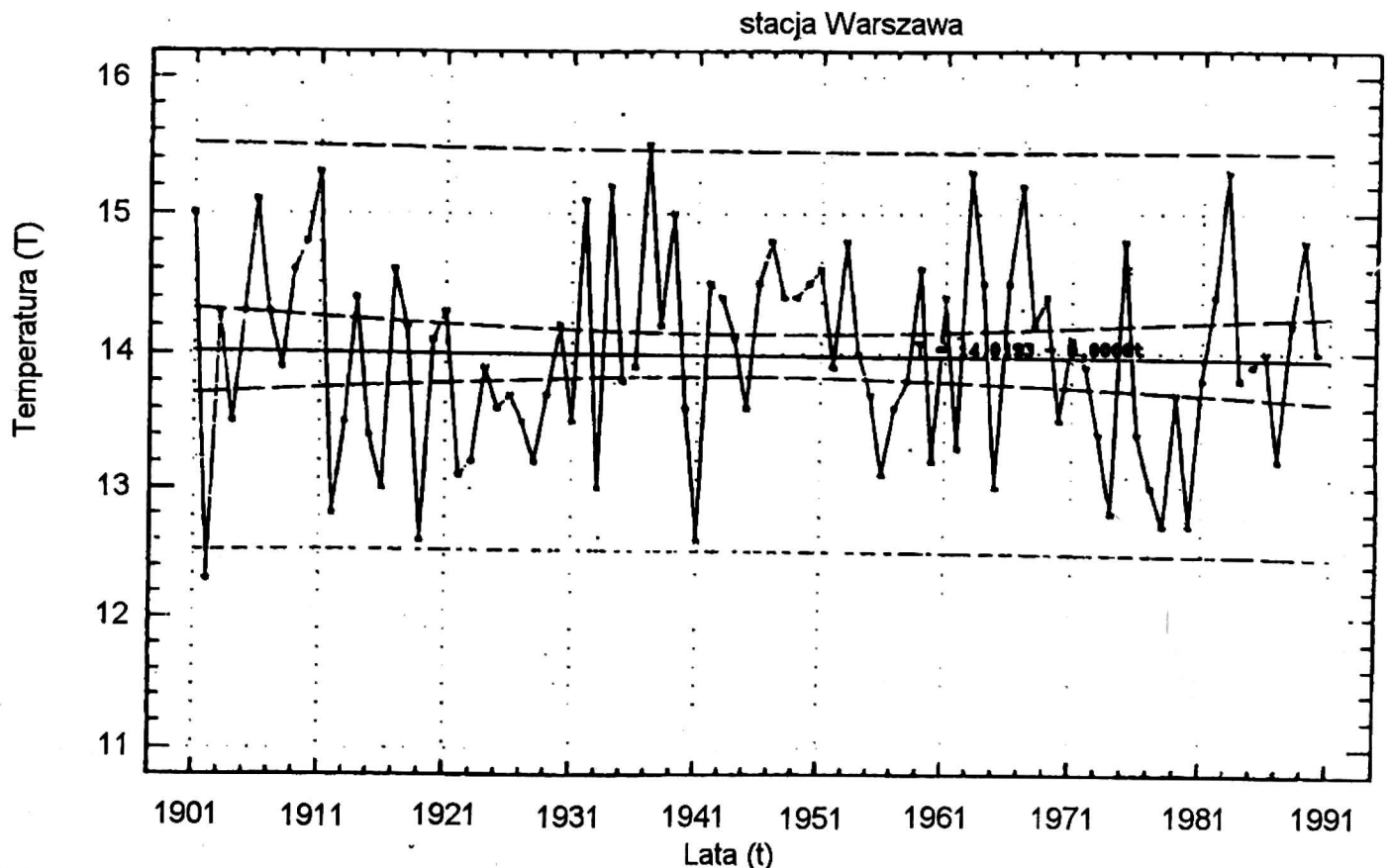
tują całą Polskę, chociaż wartości średnich sum opadów różnią się.

Z porównania trendów opadów dla całej Polski i stacji Warszawa, Wrocław wynika odmiennosc trendów w Warszawie z okresów 1901–1990 i 1971–1980. Tę odmiennosc trendu Warszawy tłumaczyć można zakłóceniami antropogenicznymi, wywołanymi przez przemysł zlokalizowany w Warszawie oraz wpływem aglomeracji miejskiej – m.in. energetyką cieplną. Duża zgodnosc trendów zmian sum opadów rocznych w porównaniu z okresem wegetacyjnym występuje w Warszawie w poszczególnych okresach i w okresie 1971–1980 w Warszawie i Wrocławiu oraz temperatur powietrza dla tych stacji i Puław. Na rysunku 2 i 3 pokazano przykładowo szeregi czasowe temperatur i sum opadów z okresu wegetacji dla stacji Warszawa.

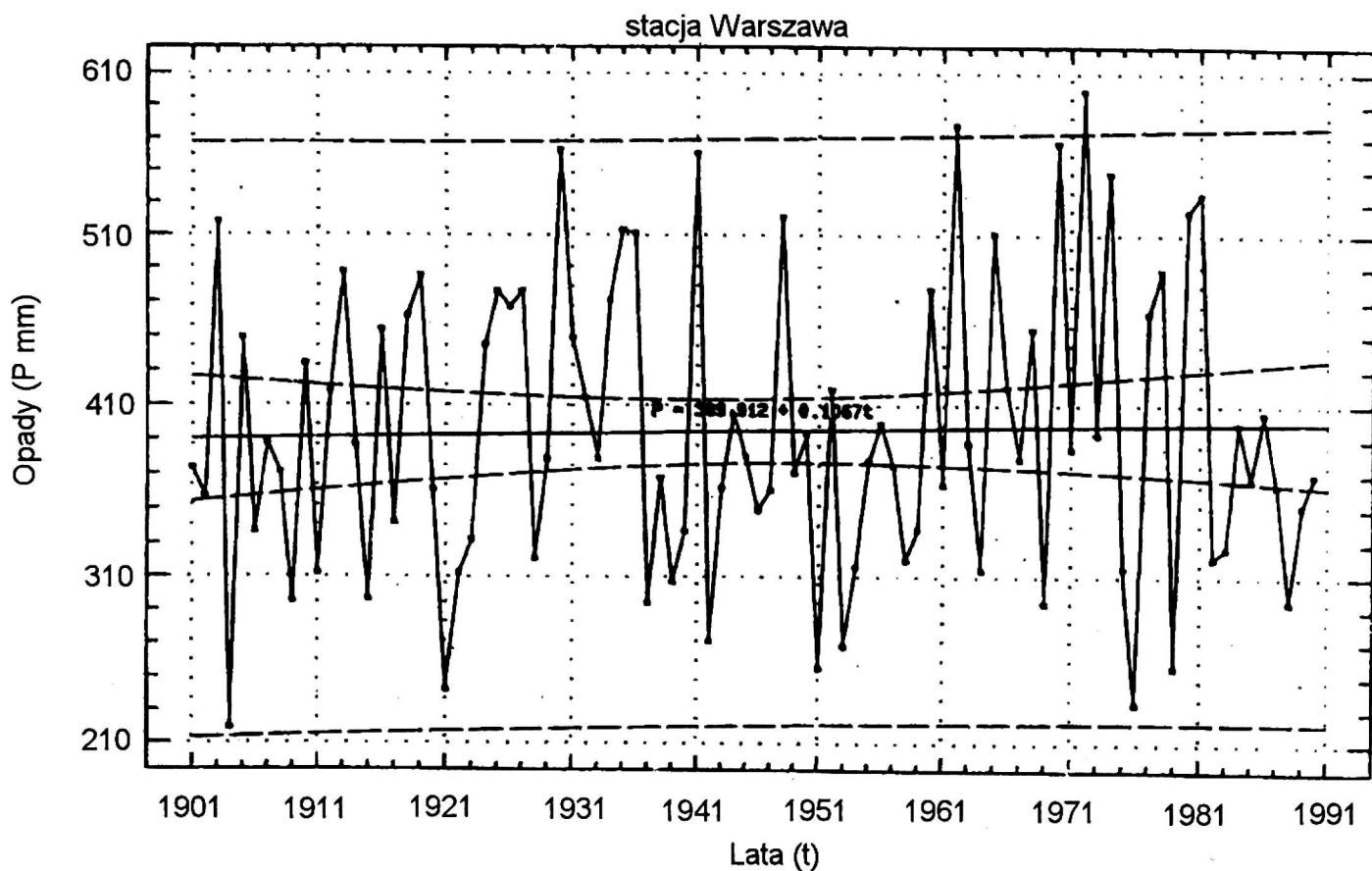
Istotnie statystycznie trendy występują tylko dla rocznych temperatur powietrza z okresu 1971–1980 w Puławach ($r = -0,649$), Warszawie ($r = -0,686$) i Wrocławiu ($r = 0,554$) oraz z okresu wegetacji dla Puław ($r = -0,553$). Dlatego otrzymane wyniki traktować należy jako pewne tendencje nie zawsze zweryfikowane statystycznie.

Próba oceny zmian poziomów wód podziemnych na tle zmian opadów

Istotnym parametrem hydrologicznym wskazującym na stan zaopatrzenia w wodę systemów leśnych jest poziom wód podziemnych. W standardowej sieci obserwacyjnej IMGW prowadzi się obserwacje wód podziemnych, jednak punkty pomiarowe w większości przypad-



RYSUNEK 2. Długookresowe zmiany temperatur z okresu wegetacji



RYСУNEK 3. Długookresowe zmiany sum opadów z okresu wegetacji

ków nie są reprezentatywne dla siedlisk leśnych. Dlatego problem rozpatrzono w skali małego regionu na podstawie danych zakładu Gospodarki Wodnej IBL. Wybrano obserwacje prowadzone na typowych siedliskach leśnych w okresach stosunkowo długich, gdzie poziomy wód podziemnych dało się wyrazić w rzędnych wysokościowych w m.n.p. Tym warunkom odpowiadały dane z dwóch studzienek usytuowanych w Lasach Janowskich i Białowieskim Parku Narodowym. Studzienki nr 13 i nr 19 (tab. 3) w Lasach Janowskich – zlewnia rzeki Czar tusowej – reprezentują typ siedliskowy lasu bór bagienny (Bb). Pomiary poziomu wody wykonuje się w nich raz na miesiąc zimą i co 10 dni w lecie. Dysponowano danymi z okresu 1972–1989. Ponieważ okres ten obejmuje rozpatrywane dziesięciolecie, podzielono go na dwa

podokresy 1972–1980, 1981–1989 – o podobnej liczebności – i dla nich przeprowadzono analizę porównawczą.

Białowieski Park Narodowy reprezentują studzienki 200 i 201, usytuowane w zlewni rzeki Hwoźnej. Pierwsza z nich charakteryzuje poziomy wody w olsie (Ol), druga w borze mieszanym świeżym (BMśw). Pomiary poziomu wód podziemnych wykonuje się trzy razy w miesiącu. Dla tych studzienek dysponujemy danymi z krótszego okresu obserwacji 1985–1992.

Porównano trendy zmian poziomów wód podziemnych z trendami opadów. W okresie wieloletnim 1959–1987 trend opadów na stacji w Biłgoraju reprezentującej obszar Lasów Janowskich był malejący, podobnie jak w przypadku Białowieży reprezentującej BPN z okresu 1985–1992 (tab. 3). Na tle trendów male-

TABELA 3. Trendy zmian poziomów wód podziemnych na tle trendów sum opadów rocznych

Okres	Biłgoraj	Białowieża	Janów Lubelski		Białowiecki Park Narodowy	
			S. 13	S. 19	S. 200	S. 201
	P (mm)		H_{gr} (m n.p.m.)			
1959–1987	-3,088 ↘	-	-	-	-	-
1972–1980	13,668 ↗	-	0,002 →	0,005 →	-	-
1981–1989	17,103 ↗	-	-0,003 →	-0,004 →	-	-
1985–1992	-	-15,610 ↗	-	-	-0,003 →	-0,0011 →

jących opadów, trendy zmian poziomów wód podziemnych wykazywały niewielkie wahania dwukierunkowe w rozpatrywanych podokresach.

W Lasach Janowskich w okresie 1972–1980 przy większych opadach ($P = 573$ mm) występował trend wzrostu poziomów wód podziemnych i były one wyższe o 7–14 cm niż w okresie suchym 1981–1989 ($P = 560$ mm), o trendach ujemnych. W Białowieży przy malejącym trendzie opadów występuje również malejący trend obniżania się poziomów wód podziemnych.

Przedstawione wyniki obliczeń trendów wskazują tylko na pewne tendencje, gdyż z punktu widzenia poprawności rachunku statystycznego zależności te w większości przypadków nie są istotne. Istotne zależności wystąpiły jedynie w przypadku trendu: sumy opadu dla Biłgoraja ($r = 0,555$), z okresu 1981–1989 i poziomu wód podziemnych dla BPN s. 200 ($r = -0,561$) z okresu 1985–1992.

Wydaje się, że zaobserwowanych tendencji nie można uogólniać na obszar całej Polski. Można jedynie postawić hipotezę, którą powinny zweryfikować dal-

sze badania, że stwierdzone obniżenie poziomu wód podziemnych wynika z cykliczności zjawisk hydrologiczno-meteorologicznych.

Ocena zasobów wodnych

Wody powierzchniowe

Stan zasobów wodnych Polski współdecyduje o kondycji lasu. Zarówno zbyt małe, jak i za duże zasoby wodne są niekorzystne dla lasu; może następować zniszczenie drzewostanów, choroby, a w najgorszym przypadku przeobrażenie siedlisk.

Problem zasobów wodnych Polski zostanie rozpatrzony równocześnie z punktu widzenia ilości, jakości i przestrzennego rozkładu. Średnie zasoby wodne kraju, określone na podstawie wielolecia 1901–1990, wynoszą $61,5$ km³. W okresie tym występowały jednak lata skrajnie posuszne, np. rok 1954, kiedy odpłynęło z obszaru Polski $37,6$ km³ czy rok 1943 o odpływie $38,1$ km³, jak również skrajnie wilgotne – rok 1981 o odpływie ponad dwukrotnie większym –

TABELA 4. Zasoby wód powierzchniowych płynących dla wybranych okresów (hm^3)

Nazwa RZWG	1971–1980			1981–1990			1971–1990		
	V _Z	V _L	V _R	V _Z	V _L	V _R	V _Z	V _L	V _R
Gdańsk	23 957	19 635	43 592	21 607	15 294	36 901	22 782	17 465	40 247
Katowice	1 602	1 584	3 185	1 259	1 189	2 448	1 430	1 386	2 817
Kraków	7 695	8 356	16 051	7 029	5 401	12 430	7 362	6 879	14 240
Poznań	4 851	3 275	8 126	4 621	2 961	7 582	4 736	3 118	7 854
Szczecin	14 017	10 320	24 337	13 449	9 206	22 655	13 733	9 763	23 496
Warszawa	20 628	16 818	37 446	18 015	12 556	30 571	19 322	14 687	34 008
Wrocław	5 917	4 953	10 871	5 363	4 093	9 456	5 640	4 523	10 163
Polska	39 581	31 019	70 600	36 665	25 498	62 163	38 123	28 258	66 382

V_Z – zasoby wodne okresu zimowego, V_L – zasoby wodne okresu letniego, V_R – roczne zasoby wodne.

89,8 km^3 czy lata: 1941 – 89,1 km^3 , 1980 – 88,3 km^3 , 1975 – 87,9 km^3 .

Powierzchniowe zasoby wód płynących Polski charakteryzują się nierównomiernym rozmieszczeniem w czasie i przestrzeni. Do najzasobniejszych regionów należą obszary górskie (Karpaty, Sudety), Pogórze Podkarpackie, Pojezierze Mazursko-Suwalskie oraz Pojezierze Południowopomorskie. Natomiast bardzo małe zasoby występują w zlewniach usytuowanych w pasie Polski Środkowej, Niziny Śląskiej i Wyżyny Śląskiej, Małopolskiej i Lubelskiej. Bywają lata suche i wilgotne oraz lata o korzystnym lub niekorzystnym rozkładzie zasobów w okresie wegetacji.

Rozpatrzono zasoby w trzech okresach – wielolecie 1971–1990, okresy 1971–1980 i 1981–1990 oraz w sezonach zimowym i letnim. W skali kraju okres 1971–1990 był podobnie zasobny w wodę jak wielolecie 1901–1990.

W okresie 1971–1980 zasoby wynosiły 70,6 km^3 i były większe od przeciętnych z wielolecia oraz okresu 1981–1990. Okres 1981–1990 był mniej zasobny w wodę (62,2 km^3) w porównaniu z

rozpatrywanymi. Podobnie kształtowały się zasoby letnie i zimowe, przy czym z wyjątkiem RZGW – Kraków (1971–1980) zasoby okresu zimowego (roztopy) przeważały nad letnimi (opady – tab. 4).

Na stan zasobów wodnych wpływ ma ich zanieczyszczenie. W wielu przypadkach cieki mało zasobne prowadzą wodę o dużym stężeniu zanieczyszczeń, np. Bzura, Biała, Krzna, Pisa, Ner, Bystrzyca Kłodzka, Kłodnica, Przemsza i inne. Częstym przykładem są rzeki zasobne w wodę, ale w dużym stopniu zanieczyszczone.

Jak wynika z obliczeń wykonanych metodą pędu (Ciepielowski, Gutry-Korycka 1990) w dorzeczu Wisły najmniejsza ilość zasobów – 0,54% skupia się w pierwszej klasie czystości cieków. Wody silnie zanieczyszczone i pozaklasowe stanowią aż 93% wszystkich zasobów zgromadzonych w dorzeczu Wisły. Świadczy to o bardzo złym stanie czystości zasobów nienaruszalnych w tym regionie. Wody klasy II czystości stanowią zaledwie 6,3% zasobów.

W dorzeczu Odry do I klasy czystości można zaliczyć tylko 0,5% zasobów. II

klasa czystości wód obejmuje 18,1% zasobów, 81% zasobów Odry charakteryzuje silne zanieczyszczenie (III klasa wód i wody pozaklasowe). Sytuacja ta jest nieco lepsza niż w dorzeczu Wisły.

Na obszarze Przymorza do klasy I należy ok. 10%, wody II klasy stanowią zdecydowaną część zasobów – 66,7%, tylko niecałe 25% przypada na wody w klasie III i pozaklasowe.

Należy odpowiedzieć na pytanie, czy zasoby wodne wystarczą do zaspokojenia potrzeb gospodarczych, w tym i dla leśnictwa. W skali kraju ocenić to można porównując zasoby z potrzebami prognozowanymi na podstawie scenariuszy rozwoju gospodarczego kraju. W perspektywie 2010 roku można przyjąć pesymistyczny scenariusz, według którego zapotrzebowanie wyniesie 44–46 km³ (Sko-wyrski, Augustyniak). Wydaje się, że wymienione szacunki są zbyt wygórowane. Natomiast trudno zgodzić się z wielkością potrzeb wodnych w 2000 roku – 25,6 km³, podanych przez Tuszkę 1985, zważywszy, że w przyszłości nastąpi znaczny wzrost zapotrzebowania i pogorszenie stanu czystości zasobów. Przyjmując objętość odpływu normalnego niewiele ponad 60 km³ i porównując z wielkością potrzeb – 45 km³, to w średnim roku, średnio na terenie Polski, wody powinno wystarczyć. Natomiast znaczne deficyty mogą wystąpić w roku suchym i bardzo suchym.

Ze względu na nierównomierność rozkładu przestrzennego zasobów wodnych mogą wystąpić w Polsce rejony deficytowe w wodę, nawet jeśli w skali kraju ich nie będzie. Ocenia się deficyty maksymalne roczne rzędu 6,1 km³ w do-

rzeczu Wisły, przy czym największe niedobory spodziewane są w rolnictwie 2,7 km³. Mogą wystąpić braki wody również w lasach usytuowanych zwłaszcza w terenach wododziałowych i regionach uprzemysłowionych o małych zasobach naturalnych.

Z porównania średnich krajowych odpływów z okresów 1971–1980 ($v = 70,5 \text{ km}^3$) i 1981–1990 ($v = 62,1 \text{ km}^3$) wynika, że zasoby wodne są wystarczająco duże na pokrycie potrzeb przy racjonalnym nimi gospodarowaniu. Jednak w okresie suchych lat osiemdziesiątych na mniejszych obszarach (np. Kujawy) występowały braki wody.

Dla uzupełnienia deficytów wody potrzebne są przedsięwzięcia techniczne, a zwłaszcza budowa zbiorników retencyjnych i kanałów przerzutowych oraz racjonalne gospodarowanie wodą.

Wody podziemne

Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych szacuje się w granicach 37 713 tys. m³/d. Podobnie jak zasoby wód powierzchniowych są one na obszarze Polski nierównomiernie rozmieszczone.

Oceniając zasobność w wody podziemne miarą jednostkowych zasobów eksploatacyjnych $M_{eks} \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$, należy stwierdzić, że do regionów praktycznie bezwodnych należy region karpacki ($M_{eks} = 11 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$) i podsudecki $M_{eks} = 23 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$, na szczęście zasobne w wody powierzchniowe. Do regionów mało zasobnych o wskaźniku $20 < M_{eks} < 70 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$ należą: region sudecki, zapadliska podkarpackiego, trzebnicko-ostrzeszowski, niecki wrocławskiej, górnej Odry, górnośląski i niecki po-

znańskiej. Niepokoją małe zasoby wód podziemnych w niecce poznańskiej, gdyż pokrywają się z małymi zasobami wód powierzchniowych. Pozostałe regiony są umiarkowanie zasobne lub bardzo zasobne jak region pradoliny toruńsko-eberswaldzkiej ($408 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$).

Zasoby wód podziemnych powinny być chronione i stanowić rezerwę do celów konsumpcyjnych lub dla przemysłu wymagającego wody dobrej jakości (np. farmaceutycznego). Istnieje obawa, że obecny trend korzystania z tych wód bez ograniczeń i kontroli spowoduje duże zużycie wód podziemnych w przyszłości.

Wpływ klimatu na środowisko leśne

Wyniki analiz potwierdzają dużą zmienność w czasie i przestrzeni stosunków termiczno-wilgotnościowych na terenie kraju. Rozpatrując, w jakim stopniu stan lasów jest uzależniony od układu czynników klimatycznych, stwierdzono zależność między rozmiarami szkód powodowanych przez choroby infekcyjne i owady a stanem pogody. Małecka i Sierota (1993) podają, że temperatury powietrza i opady wpływają na rozprzestrzenianie się takich chorób infekcyjnych, jak osutka sosny, mączniak dębu oraz zamieranie pędów sosny. Kolk (1993) – rozpatrując powstawanie gradacji szkodników owadzich – stwierdza jej zbieżność z kształtowaniem się pogody nie tylko w sezonie wegetacyjnym, ale również w okresie spoczynku jesienią i zimą, kiedy to łagodne lub mroźne zimy sprzyjają rozwojowi bądź niszczą zimu-

jące owady. Jak wynika z zakończonego w roku 1991 etapu prac nad wpływem emisji przemysłowych na lasy (Dunikowski, Józefaciukowa 1992), obserwowane jest spowolnienie procesów degradacji lasów wywołanych przez emisje przemysłowe. Również w przypadku czystości zasobów wodnych w ostatnim czasie widać pewną poprawę. Czy jest to spowodowane zmniejszeniem emisji lub likwidacją niektórych zakładów przemysłowych czy czynnikami pogodowymi – trudno to stwierdzić.

Z licznych danych literaturowych wynika, że opady, wyplukując zanieczyszczenia gazowe z powietrza, powodują ich łatwiejszą penetrację do wnętrza lasu, ograniczają natomiast przenoszenie emisji na dalsze odległości od emitorów. Często więcej substancji toksycznych dochodzi do wnętrza lasu wraz z deszczem jako tzw. depozyt mokry. Stwierdzono, że w tych RDLP, w których opady były duże, wskaźnik defoliacji był duży – ponad 0,95, i zanotowano zły stan zdrowotny lasów (RDLP Szczecinek, Wrocław, Katowice).

Zdaniem autorów opracowania Ciepeliowski, Dunikowski Zajączkowski (1993), defoliacja uzależniona jest nie tylko od poziomu emisji przemysłowych i długości okresu oddziaływania, ale również od przebiegu pogody w okresie wegetacji.

Wykonane badania nie pozwalają na określenie wpływu warunków klimatycznych na kształtowanie się zasobów drzewnych w Lasach Państwowych. Potrzebne są dodatkowe badania z tego zakresu.

Wnioski

1. Dwa dziesięciolecia 1971–1980 i 1981–1990 różniły się zasadniczo wilgotnością i termiką. Okres 1971–1980 był bardziej zasobny w wodę i wykazywał większe opady, ale był zimniejszy w porównaniu z dziesięcioleciem 1981–1990. W okresie 1981–1990 wystąpiły duże niedobory wody. Dziesięciolecie 1981–1990 na tle wielolecia 1901–1990 charakteryzowało się wyższymi temperaturami i mniejszą ilością opadów.

2. Stwierdzono zmienność przestrzenną (regionalną) elementów opisujących klimat: temperatur, wskaźnika hydrotermicznego, klimatycznego wskaźnika niedoboru opadu, opadów, zasobów wodnych itp. Na wartość tych elementów wpływ mają nie tylko czynniki naturalne, ale również antropogeniczne.

3. Zmiany stanu lasów dominują w regionach, w których na tendencje globalne przypisywane np. efektowi cieplarnianemu nakładają się niekorzystne sytuacje pogodowe (susze lub wezbrania), blisko usytuowane źródła emisji przemysłowych, zanieczyszczeń, kataklizmy (pożary, powodzie). Przykładem może być region Gór Izerskich i okolice Kuźni Raciborskiej.

4. Potwierdziły się poglądy wielu klimatologów, że nie można jednoznacznie określić kierunku przewidywanych zmian klimatycznych i wybranych elementów bilansu wodnego. Rozpatrywane trendy zmian parametrów opisujących te elementy w większości przypadków nie były istotne statystycznie, a dla kilku z nich istotność ta była mała. Dlatego wy-

niki badań trendów traktować należy jako wskazanie pewnych tendencji zmian.

Literatura

- CIEPIEŁOWSKI A., GUTRY-KORYCKA M. 1990: *A New Momentum Method for the Quantitative and Qualitative Evaluation of Polish Rivers*. Water Resources Management 4.
- CIEPIEŁOWSKI A., KICIŃSKI T. 1990: *Budownictwo wodne*. T. 1, WSZiP, Warszawa.
- CIEPIEŁOWSKI A. 1992: *Stan i rola zasobów wodnych w gospodarce leśnej*. Postępy Techniki w Leśnictwie 52. Problematyka zagrożenia środowiska leśnego.
- CIEPIEŁOWSKI A., DUNIKOWSKI S., ZAJĄCZKOWSKI S. 1994: *Analiza porównawcza kształtowania się warunków klimatycznych i wodnych w okresie dwóch ostatnich dziesięcioleci i wpływ zachodzących zmian na stan lasów*. Warszawa 1993 (maszynopis).
- DUNIKOWSKI S., JÓZEFACIUKOWA 1992: *Reakcje ekosystemów leśnych na zróżnicowany poziom skażenia środowiska*. Notatnik Naukowy IBL 8/18.
- KOLK A. 1993: *Zmiany dynamiki populacji szkodliwych owadów leśnych na tle warunków hydrometeorologicznych w latach 1971–1990* (maszynopis).
- LORENC H. 1993: *Ocena zmienności temperatury i opadów w okresie 1901–1992 na podstawie obserwacji w Puławach, Warszawie Obserwatorium i Wrocławiu*. Ośrodek Meteorologii IMGW, Warszawa (maszynopis).
- MAŁECKA M., SIEROTA Z. 1993: *Wpływ warunków pogodowych w latach 1970–1990 na rozwój chorób infekcyjnych* (maszynopis).
- TUSZKO A. 1985: *Zasoby wodne Polski na tle zasobów wodnych Europy i niektórych krajów świata*. Podstawowe Problemy Współczesnej Techniki, t. XXIV Woda w gospodarce narodowej, PWN.

Adres autora

A. Ciepielowski
Katedra Budownictwa Wodnego SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166