

Edmund Tomaszewski

Wieloletnia i sezonowa dynamika niszówek w rzekach środkowej Polski



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

Edmund Tomaszewski

**Wieloletnia i sezonowa
dynamika niżówek
w rzekach środkowej Polski**



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

ŁÓDŹ 2012

Edmund Tomaszewski – Katedra Hydrologii i Gospodarki Wodnej
Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, 90-139 Łódź, ul. Narutowicza 88
e-mail: edtom@uni.lodz.pl

RECENZENCI

Elżbieta Bajkiewicz-Grabowska, Paweł Jokiel

REDAKTORZY WYDAWNICTWA UŁ

Katarzyna Gorzkowska, Dorota Stępień

SKŁAD I ŁAMANIE

Edmund Tomaszewski

OKŁADKĘ PROJEKTOWAŁA

Agata Tomaszewska

Na okładce wykorzystano ilustracje autorstwa

Piotra Moniewskiego, Edmunda Tomaszewskiego

Badania wykonano w ramach projektu badawczego 4638/B/P01/2010/38
pt. „Wieloletnia i sezonowa zmienność niżówek i odpływów niżówkowych w środkowej Polsce
– uwarunkowania genetyczne i potencjalne skutki w gospodarce wodnej”

© Copyright by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2012

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
Wydanie I. 6034/2012

ISBN978-83-7525-771-7

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
90-131 Łódź, ul. Lindleya 8
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: księgarnia@uni.lodz.pl
tel. (42) 665 58 63, faks (42) 665 58 62

Druk: Quick Druk

*Natura stale z nami rozmawia,
ale nie zdradza nam swych tajemnic.*

Johann Wolfgang von Goethe

SPIS TREŚCI

Wykaz symboli	7
Wstęp	9
1. Proces rozwoju suszy i jego uwarunkowania	13
2. Metody identyfikacji susz hydrologicznych i niżówek rzecznych	23
3. Kilka uwag o rozwoju badań nad niżówkami rzeczными	37
3.1. Wybrane problemy badawcze w powojennej Polsce	37
3.2. Współczesne kierunki badań na świecie	44
4. Materiał badawczy	49
4.1. Obszar badań	49
4.2. Materiały źródłowe	54
5. Cele i metody badań	59
5.1. Dobór kryteriów identyfikacji niżówki i jej parametrów	59
5.1.1. Uwarunkowania genetyczne	60
5.1.2. Uwarunkowania czasowe	65
5.2. Główne obszary badawcze	68
5.3. Parametry związane z oceną niedoborów odpływu niżówkowego	70
5.4. Parametry dynamiki rozwoju epizodów niżówkowych	75
5.5. Statystyczne miary zmienności parametrów niżówek	78
5.6. Kilka uwag o sposobach prezentacji wyników	80
6. Niedobory odpływu niżówkowego	83
6.1. Zmienność wieloletnia	83
6.1.1. Struktura niedoborów i ich dyspersja	83
6.1.2. Tendencje	95
6.1.3. Zróżnicowanie przestrzenne niedoborów odpływu niżówkowego w warunkach skrajnie łagodnej i surowej suszy hydrologicznej	98
6.1.4. Jednorodność genetyczna	103
6.1.5. Synchroniczność	108
6.1.6. Inercja	112
6.2. Zmienność sezonowa	119
6.2.1. Struktura niedoborów i ich dyspersja w półroczach	119
6.2.2. Zróżnicowanie przestrzenne w kolejnych miesiącach roku hydrologicznego	135
6.2.3. Podobieństwo miesięczne	148
6.2.4. Inercja	152
6.2.5. Pora i poziom koncentracji suszy hydrologicznej	158

7. Dynamika rozwoju epizodów niżówkowych	169
7.1. Czas trwania i częstość występowania	169
7.2. Faza recesji przepływu	180
7.3. Faza wzrostu przepływu	191
7.4. Stabilność i struktura wewnętrzna	200
8. Ryzyko zagrożenia suszą hydrologiczną	209
9. Typy reżimu odpływu niżówkowego na obszarze środkowej Polski	219
9.1. Uwagi wstępne	219
9.2. Typy zmienności wieloletniej	225
9.3. Typy zmienności sezonowej	228
Podsumowanie	233
Bibliografia	237
Załączniki	249
Summary	255
Spis tabel	259
Spis rysunków	261

WYKAZ SYMBOLI

Przepływy charakterystyczne i miarodajne

WNQ – wysoki niski przepływ

SNQ – średni niski przepływ

ZNQ – zwyczajny niski przepływ

NNQ – najniższy niski przepływ

$Q_{70, 90, 95}$ – przepływy okresowe z krzywej czasów trwania wraz z wyższymi

Q_n – przepływ nienaruszalny

Q_{gr} – przepływ graniczny niżówki

Charakterystyki niedoboru odpływu niżówkowego

Vn – objętość niedoboru odpływu niżówkowego

Ln – liczba dni z przepływem niżówkowym

Hn – wskaźnik niedoboru odpływu niżówkowego

DWn – deficyt względny niedoboru odpływu niżówkowego

WnG – współczynnik niedoboru odpływu fazy głębokiej niżówki

Czn – częstotliwość pojawiania się przepływów niżówkowych

SWNL – sezonowy współczynnik niedoboru odpływu niżówkowego w półroczu letnim

IS – indeks sezonowości suszy hydrologicznej

WPK – wskaźnik pory koncentracji suszy hydrologicznej

Charakterystyki epizodów niżówkowych

VN – objętość niżówki

TN – czas trwania niżówki

DWN – względny deficyt niżówki

TMN – odstęp międzynieźówkowy

WGN – wskaźnik gęstości niżówek

TR – czas recesji przepływu niżówkowego

TW – czas wzrostu przepływu niżówkowego

TeR – tempo recesji odpływu niżówkowego

TeW – tempo wzrostu odpływu niżówkowego

WP – wskaźnik położenia minimalnego przepływu niżówki

WSN – wskaźnik stabilności niżówki

- TN₉₅** – czas trwania niżówki o prawdopodobieństwie nieprzekroczenia 95%
TNg₉₅ – czas trwania fazy głębokiej niżówki o prawdopodobieństwie nieprzekroczenia 95%
VN₉₅ – objętość niżówki o prawdopodobieństwie nieprzekroczenia 95%
DWN₉₅ – deficyt względny niżówki o prawdopodobieństwie nieprzekroczenia 95%
P (ŚrTN x 5) – prawdopodobieństwo nieprzekroczenia pięciokrotnego czasu niżówki średniej
P (ŚrTN x 10) – prawdopodobieństwo nieprzekroczenia dziesięciokrotnego czasu niżówki średniej
P (Qn) – prawdopodobieństwo nienaruszenia przez dobowy niedobór odpływu zasobów nienaruszalnych
TN (Qn) – czas potrzebny do zajścia zdarzenia P (Qn)

Miary statystyczne

- Śr** – średnia arytmetyczna
Me – mediana
Max – maksimum
Min – minimum
OS – odchylenie standardowe
Cv – współczynnik zmienności
Zm – wskaźnik średniej zmiany z roku na rok
r – współczynnik korelacji liniowej
R² – współczynnik determinacji
α – poziom ufności statystyki testowej
RA1 – współczynnik autokorelacji
LA – liczba efektywnych współczynników autokorelacji w kolejnych przesunięciach

Indeksy

- g** – faza głębokiej niżówki
R – rok
Z – półrocze zimowe
L – półrocze letnie
M – miesiąc

WSTĘP

Zasoby wodne Polski i poszczególnych jej regionów były już przedmiotem niejednego opracowania. I będą zapewne tak długo analizowane, jak długo będzie stawiane pytanie – czy wody wystarczy dla wszystkich? O randze tych badań świadczą statystyki, które stawiają Polskę w ostatniej piątce krajów europejskich pod względem wielkości zasobów wodnych i to bez względu na rodzaj zastosowanego wskaźnika. Sytuację tę pogarsza jeszcze fakt, że zasoby dyspozycyjne nie uwzględniają zapasów wody związanych z przepływem nienaruszalnym oraz częścią wód nienadających się do wykorzystania z powodów jakościowych. Dyskusje obejmujące szerokie kręgi społeczne wzmagają się szczególnie po serii dwóch czy trzech lat, w których opady i przepływy rzeczne wykazują znaczące odchylenia ujemne od średniej wieloletniej. Często zadawane jest wtedy pytanie, czy łachy piaszczyste pojawiające się w dnach koryt rzecznych lub jachty osadzone w czasach opróżnionych zbiorników przepływowych są syndromem nadchodzących zmian, prowadzących do katastrofalnej w skutkach degradacji zasobów wodnych, czy może to tylko kolejna odmiana cyklu lub fluktuacji klimatycznej, wymagającej głębszego rozpoznania? Percepcja społeczna rodząca takie dyskusje zależy przede wszystkim od przestrzennej skali występującego zjawiska oraz relacji pomiędzy jego skutkami, mającymi bezpośredni lub pośredni wpływ na daną społeczność. Kundzewicz i Jania (2007) zwracają uwagę na istnienie syndromu „krótkiej pamięci” społeczeństw, która będzie faworyzowała lokalne zdarzenia o gwałtownym przebiegu, szybko wywołującym bezpośrednie skutki (np. powodzie), a globalne zmiany klimatyczne i środowiskowe będą pozostawać w świadomości jako bardziej odległe i tym samym „mniej szkodliwe”. Zapewne dlatego problem suszy hydrologicznej powszechnie jest zauważany dopiero w fazie jej pełnego rozwoju, gdy rzeki odsłaniają koryto niskiej wody, a w sklepach zaczyna brakować wody butelkowanej.

Zapiski o długotrwałych i dotkliwych suszach hydrologicznych na ziemiach polskich są datowane już od wczesnego średniowiecza (Dębski 1970, Fał 2004). Znajdują się w nich informacje o możliwości „suchego” przekroczenia doliny Wiśły pod Toruniem czy też o całkowitym wyschnięciu cieków w pewnych regionach

kraju. Podobne zjawiska w czasach historycznych nawiedzały m.in. Poznań (Kaniecki 2004), a na Górnym Śląsku potęgowane były odwadnianiem wgłębnym wyrobisk i kopalń (Czaja 1999). Bardzo ciekawe wyniki badań przedstawili hydrologowie szwajcarscy, którzy dowiedli występowania głębokich, zimowych niżówek rzecznych w górnej części dorzecza Renu na przestrzeni 450 lat (Pfister i in. 2006). Trudno tu dokonać precyzyjnego, parametrycznego porównania pomiędzy zapisami faktów z odległej przeszłości i wynikami badań bazujących na pomiarach ostatnich kilkudziesięciu lat. Niemniej wzmianki o objawach i stopniu uciążliwości społecznej opisywanych incydentów pozwalają wnosić, iż zjawiska te często miały charakter ekstremalny. A to z kolei dowodzi, iż poszukiwanie prawidłowości w wieloletniej zmienności szeregów czasowych niedoborów odpływu może istotnie rozszerzyć dotychczasową wiedzę hydrologiczną, bazującą głównie na wartościach przeciętnych i zmienności sezonowej oraz pomóc w udoskonalaniu metodyki prognozowania i przeciwdziałania zjawisku suszy hydrologicznej.

Jeśli przyjąć założenie, że sumaryczna objętość wody na Ziemi jest stała, a niewielkie ilości wodoru ulatujące w przestrzeń kosmiczną są zaniedbywalnie małe, to pojawianie się głębokich i częstych deficytów zasobów wodnych w pewnych regionach globu musi wywoływać reperkusje ilościowe i czasowe, objawiające się nadwyżkami wody w innych częściach świata. Wielu uczonych dowodzi, że proces ten nabiera w ostatnich latach szczególnie wysokiego tempa. Zwiększa się dynamika oraz częstotliwość zjawisk ekstremalnych, a jednocześnie utrwała się pewien porządek przestrzenny – wnętrza kontynentów nawiedzone są suszami, wybrzeża zaś powodzią. Oznacza to, iż na terenach już dotkniętych poważnym deficytem wody, niedobór jej zasobów będzie stale się powiększał (McMahon, Finlayson 2003, Jokiel 2004, Kundzewicz 2008). Powyższe uwagi dotyczą przede wszystkim tych kontynentów, których interior jest położony w obrębie stref zwrotnikowych. W przypadku Europy porządek przestrzenny omawianych zjawisk nie jest już tak wyraźny. Surowość i częstotliwość susz hydrologicznych ostatnich lat nie wykazuje istotnych tendencji wzrostowych czy spadkowych. W zbiorze czynników determinujących zmienność tego zjawiska występują zarówno elementy przyrodnicze (głównie zmienność opadów i trend temperatury), jak i antropogeniczne. Warto dodać, iż nie wykryto w skali tego kontynentu żadnych istotnych tendencji przestrzennych w grupie badanych charakterystyk (Hisdal i in. 2001). W świetle scenariuszy zmian klimatycznych, publikowanych w ostatnich latach, brak wyraźnych tendencji w występowaniu niżówek w rzekach europejskich świadczyć może o bardzo istotnej roli gospodarki wodnej w kształtowaniu tej ostatniej fazy suszy. Podejmowane działania nie zmieniają wprawdzie bezwzględnej wielkości rocznego odpływu, lecz mogą bardzo istotnie ingerować w jego rozkład czasowy (sezonowy), łagodząc okresy deficytowe zapasami zgromadzonymi w czasie nadwyżek odpływu. Dlatego poziom i intensywność gospodarki wodnej często różnicuje w sposób bardzo istotny reżim przepływów niżówkowych sąsiednich

dorzeczy, posiadających niemal identyczne warunki fizycznogeograficzne, w tym hydroklimatyczne. W efekcie obserwowany jest brak wyraźnej współzmienności czasowej i przestrzennej pomiędzy warunkami opadowymi i termicznymi a charakterystykami przepływów niżówkowych. Oddzielne zagadnienie stanowią epizody zimowe, jednak w skali kontynentalnej oraz z gospodarczego punktu widzenia nie mają one tak dużego znaczenia.

Naturalna zmienność elementów klimatycznych w oczywisty sposób wpływa na odpływ i zasoby wodne, a tym samym na pojawianie się ich okresów deficytowych. Jednak wykazanie powiązań pomiędzy zmiennością klimatu i przepływem rzeczno- bywa często bardzo trudne i niejednoznaczne z powodu pojawiających się wątpliwości związanych z założeniem stacjonarności procesu odpływu (Mitossek 1999). Niemniej występowanie serii lat suchych i wilgotnych, znajdujących swoje odzwierciedlenie w wielkości zasobów wodnych, nie ulega najmniejszej wątpliwości (Jokiel, Kożuchowski 1989, Stachy 2011).

Jednym ze sposobów powiększania retencyjności dorzeczy jest budowa zbiorników wodnych. Pozwalają one gromadzić nadwyżki odpływu w okresach wilgotnych i wykorzystywać je w czasie deficytów. Stopień wyrównania odpływu rzeczno- w Polsce szacowany jest jedynie na około 6% (*Stan i wykorzystanie...* 1996). Wartość ta nie należy do zbyt wysokich, gdyż np. w Bułgarii zbiorniki gromadzą około 15% rocznego odpływu rzeczno-. Potencjalne możliwości Polski w tej materii również sięgają 15%, jednak mogą być zrealizowane głównie na obszarach górskich. Zatem skuteczna walka z suszą hydrologiczną, skutkującą powstawaniem niżówek rzecznych, nie może bazować jedynie na pasywnych działaniach związanych ze zbiornikowym retencjonowaniem wody, lecz inicjować wprowadzanie kompleksowych strategii ograniczających jej skutki (Żelaziński i in. 1998, Wilhite i in. 2007). Optymalizacja takich procedur winna uwzględniać możliwie pełne spektrum charakterystyk zmienności sezonowej i wieloletniej, tak aby stawiane prognozy dawały realny czas na podjęcie aktywnych działań, skutecznie ograniczających negatywne efekty suszy już od pierwszej fazy rozwoju tego zjawiska.

O coraz szerszym postrzeganiu szkodliwych efektów suszy świadczyć może fakt, iż znalazła ona swoje miejsce w wykazie zagrożeń okresowo występujących w Polsce, opublikowanym przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (*Zagrożenia okresowe...* 2010). Susza jest tu sklasyfikowana jako zjawisko stanowiące zagrożenie dla ludzi, środowiska naturalnego oraz gospodarki. Opracowanie zawiera ogólny opis stadiów rozwoju suszy, jak również wskazuje główne obszary jej występowania, ze szczególnym wskazaniem pasa nizin i części pojezierzy. Również w strategii zagospodarowania przestrzennego kraju, w odniesieniu do skutków zmian klimatycznych, proponowane są działania przeciwdziałające skutkom suszy (Starkel, Kundzewicz 2008). Jako szczególnie zagrożony pod tym względem jest wymieniany pas nizin, proponowane zaś zabiegi to melioracje rolne (z silnie zaakcentowaną dwukierunkowością działania) oraz powiększanie małej retencji. Warto zauważyć, że relatywnie

ubogie zasoby wodne nie stanowią tu największego problemu. Dużo większe zagrożenie niesie bardzo specyficzny rozwój zjawiska suszy istotnie potęgowany zabiegami agrotechnicznymi, na skalę niespotykaną w innych częściach kraju. Już bowiem w fazie suszy atmosferycznej zachodzi konieczność uzupełniania niedoboru opadów w celu zapewnienia optymalnego wzrostu roślin. Uruchamiane zostają zatem lokalne zasoby wód podziemnych i powierzchniowych, co inicjuje początek suszy hydrologicznej na długo przed jej naturalnym czasem pojawienia się. Zagadnienie poważnego zagrożenia suszą na obszarach nizinnych umiarkowanej strefy klimatycznej, zarówno w kontekście intensywnej produkcji rolnej, jak i zmian klimatycznych oraz ich wielokierunkowych uwarunkowań w niemal każdej skali przestrzennej, zajmuje coraz szersze miejsce w literaturze przedmiotu (Kundzewicz 2000, Jokiel 2004, Mioduszewski 2008, Nagarajan 2009, Mishra, Singh 2010, Potopa i in. 2012).

Surowa susza hydrologiczna przynosi poważne straty i szkody użytkownikom oraz konsumentom wody. Wielu badaczy na świecie wyróżnia w związku z tym jeszcze jedną kategorię – suszę socjoekonomiczną (Wilhite 2005, Mishra, Singh 2010, Sene 2010). Ma ona miejsce wtedy, gdy wielkość strat wywołanych deficytem wody jest odczuwalna dla systemu ekonomicznego całego kraju lub regionu, a w skrajnej sytuacji prowadzi do niepokojów politycznych lub rozruchów społecznych. Oczywiście wcześniej pojawiać się będą pewne symptomy związane z niedoborem wody dla rolnictwa czy energetyki wodnej – skutki ekonomiczne. Braki wody w gospodarce komunalnej i konieczność jej doraźnego transportowania wywoływać będzie skutki socjalne, a w przypadku degradacji ekosystemów wodnych, zwłaszcza podczas zakwitu toksycznych glonów i pogarszaniu jakości wody, można będzie mówić również o skutkach środowiskowych. Określenie progowych charakterystyk suszy socjoekonomicznej może być bardzo przydatne przy określaniu tempa i barier rozwoju społeczno-gospodarczego, jak również stopnia wrażliwości społecznej na funkcjonowanie pod presją niedostatku lub reglamentowania wody.

Niemal wszystkie prognozy i scenariusze zmian zachodzących w hydrosferze dowodzą, że problemy z wodą dopiero się zaczynają. Susze hydrologiczne są zjawiskami ekstremalnymi o bardzo specyficznym rozwoju. Z jednej strony dość łatwo jest oszacować objętość ich deficytu, gdyż charakteryzują się bardzo dużą inercją, z drugiej zaś trudno przewidzieć, kiedy się skończą – również z powodu dużej inercji. Ich stosunkowo mała dynamika sprawia, że pierwsze fazy rozwojowe niżówek są w czasie realnym niedoceniane lub wręcz bagatelizowane. Jeśli zjawisko rozwija się dalej, łańcuch negatywnych konsekwencji nagle zaczyna przrastać w postępie geometrycznym i wtedy już wiadomo, że wielkość zasobów wodnych zlewni nieprędko powróci do stanu przeciętnego. Dlatego w badaniach nad niżówkami rzeczными winno się zwracać uwagę na wszelkie cechy zmienności i tempa rozwoju w każdym dostępnym do zbadania horyzoncie czasowym, tak aby możliwe było wczesne diagnozowanie symptomów epizodów niżówkowych, wywołujących szczególnie niebezpieczne skutki gospodarcze i społeczne.



Edmund Tomaszewski jest adiunktem w Katedrze Hydrologii i Gospodarki Wodnej Uniwersytetu Łódzkiego. Ukończył studia geograficzne o specjalności hydrologia i klimatologia oraz podyplomowe studium kształtowania i ochrony środowiska w Uniwersytecie Łódzkim. W 2000 r. uzyskał stopień doktora nauk o Ziemi na podstawie rozprawy zatytułowanej: *Sezonowe zmiany odpływu podziemnego w Polsce w latach 1971–1990*.

Zainteresowania badawcze autora skupiają się wokół zagadnień związanych z modelowaniem odpływu podziemnego, zjawiskami ekstremalnymi w hydrologii, reżimem rzeczny, bilansowaniem zasobów wodnych oraz sezonową i wieloletnią dynamiką elementów cyklu hydrologicznego. Jest on autorem lub współautorem 3 książek oraz ponad 40 publikacji naukowych. Przeszło 20 razy wystąpił na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych.

Edmund Tomaszewski realizował szereg projektów badawczych i uczestniczył w licznych szkołach oraz warsztatach hydrologicznych, zjazdach i sympozjach terenowych organizowanych m.in. przez Państwowy Uniwersytet Hydrometeorologiczny w Sankt-Petersburgu i Komitet Gospodarki Wodnej PAN. Współpracował z grupami realizującymi programy IHP UNESCO: LowFlow – FRIEND (Flow Regime from International and Experimental Network Data), ERB (Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins). Autor jest także członkiem Stowarzyszenia Hydrologów Polskich oraz jurorem Okręgowego Komitetu Olimpiady Geograficznej w Łodzi.

Przedłożona Czytelnikowi monografia jest zwieńczeniem jego prac badawczych nad projektem finansowanym przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

„Wiedza o niszówkach rzecznych jest obszerna, ale – jak wykazuje recenzowana praca – ciągle niepełna. Poszukiwanie przez autora rozprawy prawidłowości w wieloletniej zmienności szeregów czasowych niedoborów odpływu oraz ocena stopnia sezonowości i pory koncentracji suszy hydrologicznej istotnie zwiększają dotychczasową wiedzę o tym ekstremalnym zjawisku. Nowością jest też ocena ryzyka wystąpienia suszy hydrologicznej na badanym obszarze.

Tematyka opracowania jest interesująca nie tylko dla przyrodników. Zastosowane metody badawcze wskazują, że autor rozprawy ma opanowany na odpowiednim poziomie warsztat naukowy. Wybrane metody analiz statystycznych i opracowanie ich wyników przedstawione w tekście są wystarczające, aby wykazać się kompetencjami, nowatorstwem i działaniami mającymi na celu podsumowanie określonego zakresu wiedzy hydrologicznej.

Oceniam monografię Pana dr. Edmunda Tomaszewskiego jako pracę bardzo dobrą, wiarygodną w zakresie prezentowanych prawidłowości i uogólnień”.

Z recenzji prof. UG dr hab. Elżbiety Bajkiewicz-Grabowskiej



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: księgarnia@uni.lodz.pl
tel. (42) 665 58 63, faks (42) 665 58 62

ISBN 978-83-7525-771-7



9 788375 257717