

Iwona Zdralewicz, Iwona Lejcuś

**WYZNACZENIE OKRESÓW NIŻÓWKOWYCH
WÓD PODZIEMNYCH
W ZLEWNI GÓRNEJ NYSY KŁODZKIEJ**

***DESIGNATION OF LOW GROUNDWATER FLOW PERIODS
WITHIN UPPER NYSA KŁODZKA CATCHMENT***

Streszczenie

W artykule przeanalizowano dane pomiarowe poziomu zalegania zwierciadła wód podziemnych w studniach gospodarskich położonych w obrębie zlewni górnej Nysy Kłodzkiej w okresie 1971–2005. Wyznaczono okresy niżówkowe wód podziemnych dwiema metodami: stosując wskaźnik zagrożenia suszą gruntową k_n oraz wyznaczając niżówkę lub suszę używając jako poziomu odcięcia stan o prawdopodobieństwie $p = 90\%$ (niżówka) lub $p = 50\%$ (susza). Otrzymane wyniki pozwoliły na wyznaczenie okresów niżówkowych w analizowanych latach oraz umożliwiły na porównanie obu metod. W metodzie wykorzystującej wskaźnik zagrożenia suszą gruntową stosowane są ostrzejsze kryteria wyznaczania okresów suszy, dlatego nadaje się ona do wyznaczania okresów niżówkowych w wieloleciu, druga z metod może być zastosowana do wyznaczenia początku i czasu trwania niżówek w poszczególnych latach wielolecia.

Słowa kluczowe: niżówka wód podziemnych, wody podziemne, susza gruntowa

Summary

In the paper are presented groundwater level changes in house wells located within upper Nysa Kłodzka catchment for period 1971–2005. Low groundwater flow periods are designated by application of two methods: first one - on the basis of soil drought hazard index k_n and second one - low flow and very low flow designated by truncation levels: probability of water level $p = 50\%$ (very low

flow), probability $p = 90\%$ (low flow). Obtained results enable to designate low flow periods in analysed term and make possible to compare both methods. In method using of soil drought hazard index, more restricted criteria are used, so this methods is fit to designation low groundwater flow in multiannual periods. Following method may be applicated to define beginning and end of low groundwater flow periods within the year.

Key words: low groundwater flow, groundwater, ground drought

WSTĘP

Występująca w ostatnich latach sytuacja hydrologiczno-meteorologiczna zwróciła uwagę ogółu na problem suszy, która jest definiowana jako odczuwalny brak wody, wywołujący nadmierne szkody w środowisku i gospodarce i może stanowić zagrożenie dla ludności [Dubicki 2002]. Deficyt wody w literaturze opisywany jest jako proces obejmujący trzy strefy występowania wody: atmosferę, wody powierzchniowe i gleby [Dębski 1970; Kasprzyk 1998; Strzebońska-Ratomska, Nahorecka-Duda 2001]. Dębski [1970] opisuje suszę jako proces przebiegający w czterech fazach rozwoju:

- susza atmosferyczna – definiowana jako niedobór opadów w stosunku do normy z wielolecia;
- susza glebowa – powstająca na skutek niedostatku opadów atmosferycznych i przy znacznym parowaniu terenowym, wyrażająca się jako ubytek wody w strefie aeracji;
- obniżenie zwierciadła wód podziemnych;
- wysychanie źródeł i małych cieków oraz występowanie głębokich niżówek w rzekach.

Najczęściej przyczyną suszy jest brak opadów atmosferycznych, który w połączeniu z wysoką temperaturą (powodującą zwiększone parowanie terenowe) może spowodować suszę hydrologiczną. Obniżanie się zwierciadła wód podziemnych jest procesem zachodzącym zwykle z czasowym opóźnieniem względem cieków powierzchniowych, a proces odnawiania zasobów wód podziemnych jest powolniejszy.

W zlewniach górskich, które charakteryzują się niewielką miąższością warstwy gleby i znaczną deniwelacją terenu, możliwości retencji wody w strefie aeracji są niewielkie. Dlatego też obszary takie są bardziej wrażliwe na niedobory wody i niżówki, a susze rozwijają się na nich intensywniej niż na terenach nizinnych. Dlatego też autorzy artykułu skupili swą uwagę na zlewni górskiej, a dokładnie na metodyce wyznaczania zjawiska niżówki wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego w zlewni górnej Nisy Kłodzkiej.

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Zlewnia górnej Nysy Kłodzkiej (do ujścia Ścinawki) o powierzchni 1091,37 km² zlokalizowana jest w powiecie kłodzkim (woj. dolnośląskie). Długość Nysy Kłodzkiej na tym odcinku wynosi 62,82 km [Czarnecka 2005]. Jej ważniejsze dopływy na tym odcinku to: Bystrzyca, Bystrzyca Dusznicka, Biała Łądecka i Wilczka. Nysa Kłodzka ma swój początek na wysokości 975 m n.p.m. w obrębie Masywu Śnieżnika, na zboczach Trójmorskiego Wierchu. Zlewnia górnej Nysy Kłodzkiej leży na obszarze dwóch makroregionów fizyczno-geograficznych: Sudetów Wschodnich (Masyw Śnieżnika, Góry Złote) i Sudetów Środkowych (Kotlina Kłodzka, Góry Bystrzyckie, Góry Orlickie, Góry Stołowe, Obniżenie Ścinawki i Góry Bardzkie) [Kondracki 2002]. Budowa geologiczna tego obszaru jest bardzo skomplikowana, a skały budujące ten rejon powstały w okresie od prekambriu (Góry Sowie) do czwartorzędu. Ostateczny kształt zlewni górnej Nysy Kłodzkiej powstał podczas orogenezy alpejskiej, w czasie której nastąpiło potrzaskanie całego górotworu i wydźwignięcie fragmentów terenu na różną wysokość. Sieć hydrograficzna rzek i potoków jest dobrze rozbudowana. W górnym biegu Nysa Kłodzka wykorzystuje naturalnie ukształtowany kanał odpływowy jakim jest Rów Górnej Nysy. Następnie płynie przez Kotlinę Kłodzką, by w okolicy Barda minąć przełom Nysy Kłodzkiej. Poniżej Barda znajduje się kaskada zbiorników retencyjnych: Topola, Nysa i Otmuchów. Pod względem hydrogeologicznym wody podziemne wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę pitną znajdują się w utworach czwartorzędowych, trzeciorzędowych, kredowych i w utworach krystalicznych [Olichwer, Tarka 2005]. Piętro wodonośne czwartorzędowe na terenie dorzecza Nysy Kłodzkiej wykształcone jest w postaci piasków i żwirów wypełniających współczesne i kopalne doliny rzeczne oraz fragmenty pradolin [Malinowski 1991]. Na terenie górnej Nysy Kłodzkiej znajdują się części trzech głównych zbiorników wód podziemnych: proterozoiczny zbiornik nr 339 Śnieżnik – Góry Bialskie, czwartorzędowy zbiornik nr 340 Dolina rzeki Nysa Kłodzka, kredowy zbiornik nr 341 Kudowa Zdrój [Kleczkowski i in. 1990]. W tym rejonie występują największe w Polsce zasoby wód leczniczych – mineralnych i słabo zmineralizowanych. W analizowanej zlewni można wyróżnić trzy rodzaje gleb: górskie (brunatne wylugowane lub kwaśne, rzadziej bielcowe pochodzenia zwietrzelinowego), gleby nizinne i wyżynne (bielcowe i brunatne), dolinne (mady, mady górskie, gleby murszowe, glejowe, mułowe-torfowe) [Strategia Rozwoju... 2006].

CEL, ZAKRES I METODA PRACY

Celem niniejszej pracy było porównanie dwóch metod wyznaczania okresów deficytu wód podziemnych.

W opracowaniu wykorzystano dane pomiarowe poziomu zalegania zwierciadła wód podziemnych w trzech studniach gospodarskich położonych w obrębie zlewni Nysy Kłodzkiej w miejscowościach: Domaszków, Szalejów Górny, Stronie Śląskie (rys. 1.). Okresem wybranym do analizy były lata hydrologiczne 1971–2005, czyli rozpatrywany był 35-letni ciąg danych.



Rysunek 1. Lokalizacja wybranych studni gospodarskich pomiaru zwierciadła wód podziemnych w obrębie zlewni górnej Nysy Kłodzkiej

Figure 1. Chosen house well location of groundwater level measurements within upper Nysa Kłodzka catchment

Do oceny sytuacji hydrologicznej wód podziemnych stosowanych jest szereg charakterystyk, których zadaniem jest przede wszystkim umożliwienie oceny aktualnego położenia zwierciadła wody w stosunku do sytuacji typowej, normalnej dla danego posterunku pomiarowego, uchwycenia wszelkich sytuacji anormalnych i zagrożeń rzutujących na gospodarcze wykorzystanie wód, a przede wszystkim stanu niżówki wód podziemnych. W „Rocznikach hydrogeologicznych” Państwowy Instytut Geologiczny dokonuje oceny zagrożenia wystąpienia niżówki dla poszczególnych miesięcy roku hydrologicznego na pod-

stawie badań wód o zwierciadle swobodnym, odnosząc wartość pomierzoną głębokości wód podziemnych do umownej wartości granicznej (wartości średniej niskiej głębokości wód podziemnych). Otrzymana wartość nazywana jest wskaźnikiem zagrożenia suszą gruntową k_n [Rocznik hydrogeologiczny 2007].

$$k_n = 1 - \frac{W_m}{SNW}$$

gdzie:

SNW – głębokość średnia niska z wielolecia,
 W_m – głębokość aktualna.

Przyjęto następujące przedziały wartości wskaźnika:

- >0,1 – brak zagrożenia pojawienia się niżówki,
- od 0,1 do -0,1 – zagrożenie pojawieniem się niżówki,
- od -0,1 do -0,3 – wystąpienie płytkiej niżówki,
- <-0,3 – wystąpienie niżówki głębokiej.

Inne rozwiązanie zaproponowała Strzebońska-Ratomska [1994, 1995], która przyjęła dwa poziomy odcięcia:

– dla niżówki – jako zjawiska mogącego wystąpić w każdym roku hydrologicznym, stany wód podziemnych niższe od wartości wyrazu ciągu rozdzielczego minimalnych rocznych stanów o prawdopodobieństwie nieosiągnięcia $p = 90\%$;

– dla suszy – dla większych deficytów wody, które zdarzają się rzadziej, stany niższe od wartości wyrazu ciągu rozdzielczego minimalnych stanów rocznych o prawdopodobieństwie nieosiągnięcia $p = 50\%$.

Z uwagi na to, iż pomiar poziomu wód podziemnych na posterunkach IMGW odbywa się raz w tygodniu, dlatego też za niżówkę uznano okres, w którym stany były niższe od poziomu odcięcia dla co najmniej dwóch następujących po sobie pomiarów. Jeżeli stany niżówkowe przedzielone były jednorazowym stanem wyższym od poziomu odcięcia, wtedy uznawane były one za jedną niżówkę.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

W pierwszej kolejności wyznaczone zostały okresy niżówek wód podziemnych na podstawie wskaźnika zagrożenia suszą gruntową (k_n). Tylko w studni w Szalejowie zanotowano występowanie głębokiej niżówki. W studni w Stroniu Śląskim przeważał stan zagrożenia niżówką, natomiast okresy niżówkowe przy zastosowaniu wskaźnika k_n nie wystąpiły. Związane jest to z nikłą reakcją poziomu wody w tej studni na zmienne warunki środowiskowe, amplituda wahań zwierciadła wody w tym punkcie pomiarowym wyniosła tylko

46 cm. W przebiegu zwierciadła wody studni w Domaszkowie widać, że głębokość zwierciadła wody w tej studni oscyluje wokół wartości 750 cm od p.t. (rzędna 410,7 m n.p.m.), a najbardziej zwraca uwagę znaczne obniżenie poziomu wody w okresach niżówek, nawet do głębokości 1080 cm od p.t. Tak niskie wartości położenia poziomu wody mają wpływ na SNW (podwyższając jego wartość), który jest podstawą do obliczania wskaźnika k_n . Dlatego też w tym punkcie pomiarowym, pomimo występowania wartości znacznie odstających od przebiegu zwierciadła wody, nie zanotowano występowania okresów głębokich niżówek. W studni w Szalejowie, w porównaniu do studni w Domaszkowie, przebieg zwierciadła wody jest bardziej wyrównany, toteż najniższe poziomy zwierciadła wody skutkują wystąpieniem głębokich niżówek. W studni w Domaszkowie w okresie lat hydrologicznych 1971–2005 zanotowano wystąpienie 5 płytkich niżówek o łącznym czasie trwania 16 tygodni (średnio 3 tygodnie). W skali roku niżówki rozpoczynały się od października (najczęściej) do grudnia. W punkcie pomiarowym w Szalejowie zanotowano 18 okresów niżówkowych o sumarycznym czasie trwania 149 tygodni. Średni czas trwania płytkiej niżówki wyniósł 8 tygodni, najdłuższy zaś okres deficytu wody w studni trwał 32 tygodnie (od sierpnia 1990 r.). Najczęściej niżówki miały swój początek w sierpniu i wrześniu.

Dla tych samych danych wyjściowych oraz przy poziomie odcięcia, przyjętym jako określony wyraz ciągu rozdzielczego minimalnych rocznych stanów wody w studniach, za niżówki wód podziemnych przyjęto stany niższe od stanu o prawdopodobieństwie nieosiągnięcia $p = 90\%$, zaś za suszę przyjęto stany niższe od środkowego wyrazu ciągu rozdzielczego (o prawdopodobieństwie $p = 50\%$) [Strzebońska-Ratomska 1994].

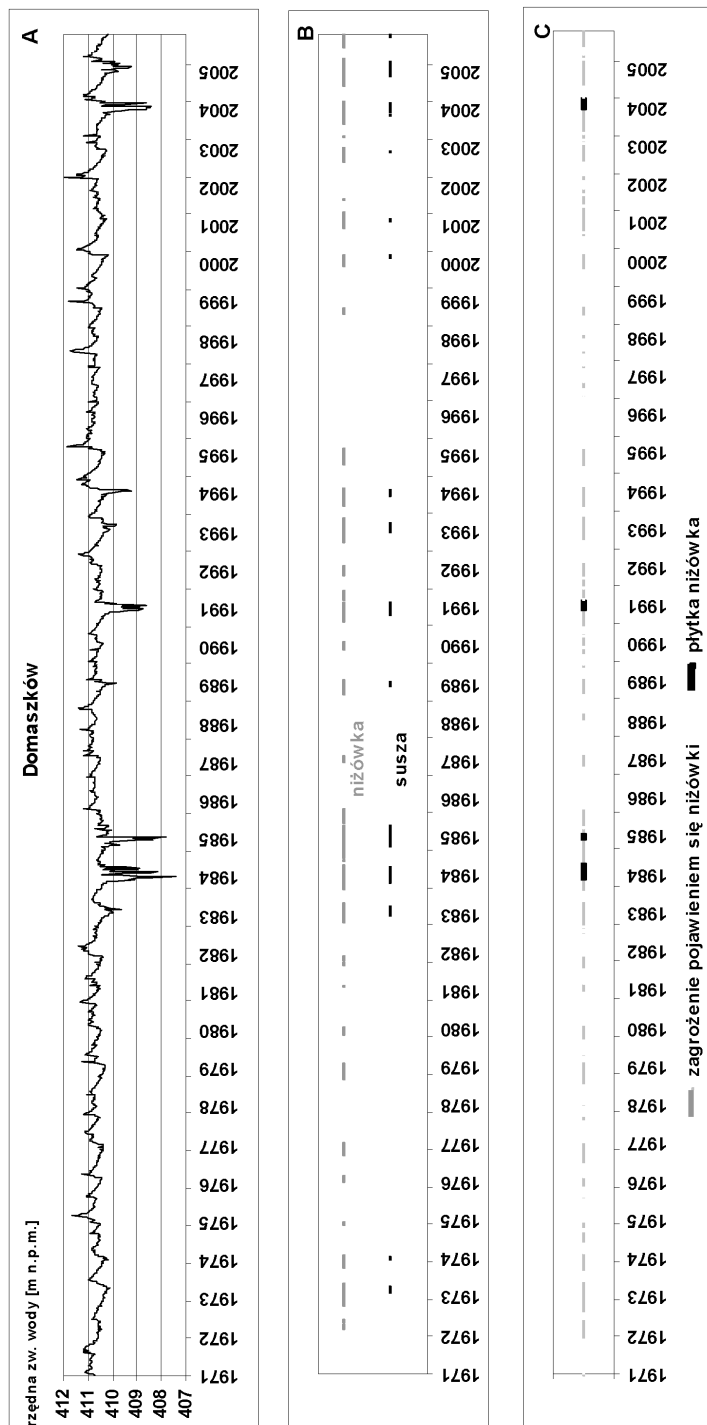
Na wybranym przykładzie studni w Domaszkowie (rys. 2) widać, iż okresy niżówkowe i okresy suszy wyznaczone na podstawie poziomów odcięcia $p = 90\%$ i $p = 50\%$ przejrzyste odzwierciedlają sytuację wód podziemnych w roku hydrologicznym. Mianowicie okresy obniżania się położenia zwierciadła, rozpoczynające się na wiosnę, a pogłębiające się podczas lata, zostają zakwalifikowane jako okresy niżówkowe, zaś okresy suszy pozwalają na odzwierciedlenie stanów o wartościach zbliżonych lub niższych od SNW. Dla tej studni w okresie 1971–2005 wyznaczono 35 okresów niżówkowych ze średnim czasem trwania równym 14 tygodni i 18 okresów suszy (średnia 7,5 tygodnia). Większość niżówek miała swój początek w okresie letnim – w lipcu i sierpniu, w dalszej kolejności w październiku. Deficyty wody w okresie trwania niżówek skutkowały identyfikacją okresów suszy w późniejszych miesiącach, najwięcej w październiku, a także we wrześniu i grudniu. W studni w Szalejowie okresy wystąpienia okresów niżówkowych i suszy były zbliżone do wyników uzyskanych podczas analizowania studni w Domaszkowie, z tym, że w latach 2000–2005 w Szalejo-

wie nie zanotowano okresów suszy. Wyznaczone okresy deficytu wody w tej studni trwały dłużej, średnio 12 tygodni (susza) i 17 tygodni (niżówka). Okresy suszy miały swój początek najczęściej w lipcu i sierpniu, natomiast najwięcej niżówek rozpoczynało się w czerwcu i lipcu. W studni w Stroniu Śląskim terminy wystąpienia okresów suszy były zbliżone do punktu pomiarowego w Szalejowie.

W zlewni górnej Nysy Kłodzkiej największe deficyty wód podziemnych wystąpiły w latach hydrologicznych 1984 i 1985, 1991, a w studni w Domasz-kowie również w roku 2004. Na podstawie przeanalizowanego materiału można stwierdzić, że w skali roku niżówki wód pierwszego poziomu wodonośnego w analizowanych punktach pomiarowych najczęściej rozpoczynały się latem od czerwca do sierpnia, zaś okres od lutego do maja był najbardziej zasobny w wodę.

Porównując obie metody, można zauważyć, że kryteria wyznaczania okresów niżówkowych w metodzie stosującej wskaźnik k_n odnoszący się do SNW są bardziej rygorystyczne. Porównując aktualne dane położenia zwierciadła wody do wskaźnika odnoszącego się do długiego wielolecia, zastosowana metoda pozwala na wyznaczenie najgłębszych niżówek w analizowanej zlewni. Metoda wyznaczania okresów niżówkowych przy zastosowaniu wskaźnika k_n sprawdza się, gdy w rozpatrywanym okresie badawczym występują stany znacznie niższe od SNW.

Z kolei zastosowanie jako poziomu odcięcia wartości wyrazu ciągu rozdzielczego minimalnych rocznych stanów o prawdopodobieństwie nieosiągnięcia $p = 90\%$ pozwala na charakterystykę zmian poziomu wody podziemnej raczej w skali roku, niż wielolecia, szybko identyfikuje początek deficytu wody, w przypadku dalszego obniżenia się poziomu wody wskazuje wystąpienie suszy (przy $p = 50\%$). Kryteria identyfikacji niżówek za pomocą tej metody mogą być zbyt łagodne w latach suchych, np. w Szalejowie najdłuższy okres niżówki wyniósł aż 87 tygodni i do charakterystyki hydrologicznej tego punktu należy zastosować inną z metod. W studni w Stroniu Śląskim, która charakteryzowała się bardzo nieznacznymi wahaniami zwierciadła wody najlepiej sprawdziła się metoda wyznaczenia niżówki przy $p = 50\%$, dając identyfikację niżówek zbliżoną do innych punktów pomiarowych. W przypadku stosowania wskaźnika k_n nie wyznaczono żadnych okresów niżówkowych, a przy zastosowaniu poziomu odcięcia przy $p = 90\%$, przez prawie 20 lat (lata 80. i 90.) okresy niżówkowe przeważały nad okresami ze zwierciadłem wody położonym powyżej, co nie odzwierciedlało sytuacji hydrologicznej w tej części zlewni.



Rysunek 2. Zmiany poziomu zwierciadła wód podziemnych dla lat 1971–2005 (A), z wyznaczonymi okresami niżówek i susz gruntowych (B) oraz wyznaczonymi okresami niżówkowymi na podstawie wskaźnika zagrożenia suszą gruntową (C) dla studni Domaszków

Figure 2. Groundwater level changes for period 1971–2005 (A), low and very low groundwater flow periods (B), low groundwater flow periods designated by ion application drought threat index (C) for well in Domaszków village

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeanalizowanego materiału można stwierdzić, że w skali roku niżówki wód pierwszego poziomu wodonośnego najczęściej rozpoczynały się latem (VI–VIII). W analizowanych punktach pomiarowych okres od lutego do maja był najbardziej zasobny w wodę.

Największe niedobory wód czwartorzędowych w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej zanotowano w latach hydrologicznych 1984 i 1985, 1991 we wszystkich punktach pomiarowych, a w studni w Domaszkowie także w roku 2004.

Proponowane metody mogą być użyte do oceny niżówek zasobów wód podziemnych. Bardziej czułą na zmiany zalegania zwierciadła wód podziemnych jest metoda wykorzystująca jako poziom odcięcia stany niższe od stanu o prawdopodobieństwie nieosiągnięcia $p = 90\%$ ciągu rozdzielczego minimalnych stanów rocznych. Metoda ta nadaje się bardziej dla wyznaczania początku i czasu trwania deficytów wody w skali roku.

Druga z metod, polegająca na wyznaczeniu wskaźnika k_n , odnoszącego się do stanu średniego niskiego z wielolecia (SNW), znajduje zastosowanie raczej do oznaczania okresów suszy w wieloleciu.

Autorzy planują testowanie zastosowanej powyżej metodyki na danych pochodzących z większej liczby posterunków pomiarowych wód podziemnych, w których pomiar poziomu zwierciadła wody jest prowadzony codziennie.

BIBLIOGRAFIA

- Czarnecka H. (red.). *Atlas podziału hydrograficznego Polski*. Seria Atlasy i monografie. IMGW, Warszawa 2005.
- Dębski K. *Hydrologia*. Arkady, Warszawa 1970.
- Dubicki A. (red.). *Zasoby wodne w dorzeczu górnej i środkowej Odry w warunkach suszy*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2002.
- Kasprzyk A. *Fizycznogeograficzne uwarunkowania susz hydrologicznych w Polsce*. Rozprawa Doktorska, Uniwersytet Warszawski, 1998
- Kleczkowski A. i in. *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony*. 1:500 000. Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej. AGH. Kraków 1990.
- Kondracki J. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- Malinowski J. (red.). *Budowa geologiczna Polski*. Hydrogeologia t. VII. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1991.
- Rocznik Hydrogeologiczny 2007*. Państwowy Instytut Geologiczny 2008.
- Strategia rozwoju powiatu kłodzkiego do 2015 roku. Cele i diagnoza*. 2006.
- Strzebońska-Ratomska B. *Metodyka oceny intensywności i zasięgu suszy hydrologicznej cz. I – susza hydrologiczna na Podkarpaciu w latach 1961–1990*. Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, t. XVII (XXXVIII) z. 4, Warszawa 1994.

- Strzebońska-Ratomska B. *Metodyka oceny intensywności i zasięgu suszy hydrologicznej cz. II – wskaźniki suszy hydrologicznej jako podstawa oceny jej natężenia i przewidywania rozwoju*. Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, t. XVIII (XXXIX) z. 1 s. 29–39, Warszawa 1995.
- Strzebońska-Ratomska B., Nahorecka-Duda H. *Zasoby wodne małej zlewni górskiej na tle niedoborów wody w latach dziewięćdziesiątych*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie nr 382. Inżynieria Środowiska z. 21. Kraków 2001.

Dr Iwona Zdralewicz
Dr Iwona Lejcuś
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Oddział we Wrocławiu
51-616 Wrocław
ul. Parkowa 30
e-mail: iwona.zdralewicz@imgw.wroc.pl
iwona.lejcus@imgw.wroc.pl
tel. 071 328 28 35

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Kowalski*