

OCENA RETENCJI GLEBOWEJ MIEJSKICH TERENÓW ZIELENI W WARUNKACH NIEDOBORU OPADÓW NA PRZYKŁADZIE PARKU SZCZYTNICKIEGO WE WROCŁAWIU

Wojciech Orzepowski¹, Tomasz Kowalczyk¹, Ryszard Pokładek¹, Grzegorz Pęczkowski¹

¹ Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: ryszard.pokladek@upwr.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono charakterystykę stosunków wodnych i ocenę zmienności zasobów retencji glebowej na terenie fragmentu Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. Oceny tej dokonano na podstawie pomiarów uwilgotnienia gleby wykonanych w roku 2015 i 2016 oraz wyników monitoringu i prac badawczych prowadzonych w latach wcześniejszych. Szczegółowymi badaniami objęto fragment parku o powierzchni około 8,6 ha, zlokalizowany na północ od Ogrodu Japońskiego, pomiędzy ulicami Mickiewicza i Kopernika. Pomiarów uwilgotnienia przeprowadzono metodą TDR w 27 punktach, w środku powierzchniowych warstw gleby 0–25 cm oraz 25–50 cm. Na podstawie analizy przestrzennego rozkładu uwilgotnienia stwierdzono, że w rozpatrywanym okresie występowały znaczne, długotrwałe niedobory wilgoci czynnej warstwy gleby. Nawet na około 36% badanego obszaru w warstwie 25–50 cm stwierdzono wilgotność gleby poniżej punktu trwałego wędnięcia (PTW, $pF = 4,2$). Zbiornik wodny o powierzchni 1,1 ha, położony centralnie na badanym terenie, nie wpływał w okresie objętym badaniami na poprawę retencji gruntowo-glebowej. Było to spowodowane okresowym brakiem zasilania systemu wodnego parku z ujęcia na Odrze, której poziom obniżył się z powodu suszy.

Słowa kluczowe: parki miejskie, uwilgotnienie gleby, woda gruntowa, retencja wodna, małe zbiorniki wodne

ESTIMATION OF SOIL WATER RETENTION OF URBAN GREEN AREAS UNDER THE CONDITIONS OF PRECIPITATION DEFICIT ON THE EXAMPLE OF THE SZCZYTNICKI PARK IN WROCLAW

ABSTRACT

The paper presents a characterisation of water relations and an estimation of the variability pertaining to soil water retention resources in the selected area of the Szczytnicki Park in Wrocław. The estimation was performed on the basis of the measurements of soil moisture performed in the years 2015 and 2016, and the results of monitoring and research conducted in an earlier period. The detailed study was conducted on a fragment of the park with the surface area of about 8.6 ha, situated north of the Japanese Garden, between the Mickiewicza and Kopernika streets. Soil moisture measurements were conducted with the TDR method, at 27 points, within the soil layers of 0–25 cm and 25–50 cm. On the basis of the analysis of spatial distribution of soil moisture it was observed that considerable and long-lasting moisture deficits of the active layer of the soil have occurred during the period under study. Moisture levels below the permanent wilting point (PWP, $pF = 4.2$) were noted on approximately 36% of the study area, in the layer of 25–50 cm. The reservoir with an area of 1.1 ha, situated centrally in the study area, did not cause any improvement of soil-ground water retention during the period of the study. That was due to the periodic lack of supply of the water system of the park from the intake of Oder river in which the water level decreased as a result of a drought.

Keywords: urban parks, soil moisture, ground water, water retention, small water reservoirs

WSTĘP

Zieleń publiczna stanowi nieodłączny element struktury przestrzennej miasta. Ilość i jakość terenów zieleni w polskich miastach jest

wyraźnie zróżnicowana zarówno pomiędzy nimi, jak i w obrębie każdego z nich [Godzina 2015]. Szczególną rolę w dużych aglomeracjach miejskich odgrywają parki miejskie. Ze względu na swoją lokalizację służą mieszkańcom

dla wypoczynku i rekreacji, podnoszą estetykę przestrzeni zurbanizowanej oraz są wizytówką miasta i miejscem organizowania imprez kulturalnych [Nowak-Rzasa 2009, Szumacher, Ostaszewska 2011]. Zieleni miejskiej przypisuje się ważne funkcje ekologiczne związane z jakością powietrza i łagodzeniem uciążliwości klimatu miejskiego, przeciwdziałaniem degradacji gleb i wód, jest również ona niezbędna dla zachowania bogactwa rodzimej fauny [Szumacher 2011]. Tereny zielone w miastach funkcjonują w bardzo trudnych warunkach środowiskowych, a roślinność jest narażona na działanie licznych negatywnych czynników. Można do nich zaliczyć postępujące zanieczyszczenie powietrza, wód i gleb, zmniejszenie wilgotności atmosfery i gleby, niekorzystne oddziaływanie infrastruktury komunalnej, obniżenie zwierciadła wody gruntowej związane z postępującą urbanizacją [Pierścionek 2015, Szczepanowska 2012, Niewiadomski 2013, Licznar, Licznar 2005, Pływaczyk i in. 2008]. Znaczne zagrożenie dla roślinności miejskiej niesie deficyt wody spowodowany warunkami klimatycznymi [Wagner i in. 2013]. Pod wpływem niedoboru wody oraz innych negatywnych czynników oddziałujących na drzewa w miastach skraca się znacząco długość ich życia [Jankowski i in. 2014].

Park Szczytnicki pod względem przyrodniczym jest jednym z najcenniejszych przyrodniczo terenów zielonych we Wrocławiu, na

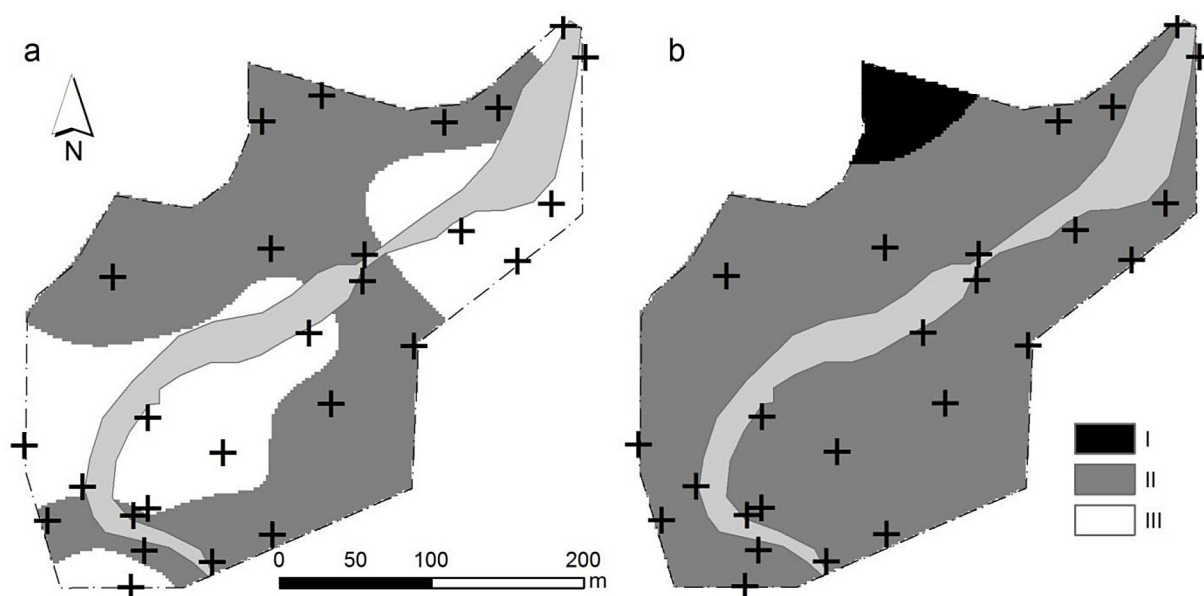
którym występuje wiele wyjątkowych okazów dendrologicznych i pomników przyrody. Dla celów związanych z inwentaryzacją roślinności, jego obszar podzielony jest na osiem sektorów.

Celem pracy było dokonanie oceny stosunków wodnych, a w szczególności przestrzennego rozkładu zasobów retencji glebowej w okresach niedostatku wilgoci w Parku Szczytnickim we Wrocławiu.

METODKA BADAŃ

Szczegółową analizą objęto fragment parku odpowiadający sektorowi V, usytuowanemu na północ od Ogrodu Japońskiego, pomiędzy ulicami Mickiewicza i Kopernika (51.1125N, 17.0810E). Badania uwilgotnienia gleby prowadzono w 2015 i 2016 roku na terenach przylegających do znajdującego się tam zbiornika wodnego. Pomiary wykonywano w 27 punktach (rys. 1) w środku warstw gleby 0–25 cm oraz 25–50 cm metodą TDR za pomocą polowego miernika firmy Easy Test.

Przy użyciu oprogramowania ArcGIS określono przestrzenny rozkład uwilgotnienia gleby w dwóch warstwach odpowiadających danym pomiarowym oraz dokonano reklasyfikacji w celu określenia udziału procentowego powierzchni o określonym przedziale uwilgotnie-



Rys. 1. Przestrzenny rozkład przedziałów wilgotności gleby w analizowanych przedziałach I-III w warstwie 25–50 w kwietniu (a) i maju (b) 2016 r.; zaznaczono lokalizację punktów pomiarowych

Fig. 1. Spatial distribution of soil moisture in analysed intervals I-III within soil layers of 25–50 cm in April (a) and May (b) 2016; the location of the measurement points is marked

nia. W pracy uwzględniono również i poddano analizie wyniki badań stosunków wodnych i podłoża glebowego, prowadzonych na terenie parku w latach wcześniejszych, a także dokonano oceny warunków meteorologicznych w latach 2015–2016 na podstawie danych ze stacji Wrocław-Strachowice.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Park Szczytnicki jest najstarszym i zarazem największym z wrocławskich parków. Powstał w latach 1783–1789 efekcie przekształcenia w park publiczny prywatnego ogrodu księcia von Hohenlohe w Szczytnikach wraz z przyłączonym do niego Lasem Szczytnickim. Jego powierzchnia od 1865 aż do 1945 roku sukcesywnie ulegała powiększeniu z około 40 do około 100 ha [Pierścionek 2015]. Na terenie parku zajmującego obecnie około 103 ha stwierdzono występowanie blisko 470 taksonów drzew i krzewów, wśród których obok gatunków charakterystycznych dla flory Śląska można spotkać gatunki z Azji i Ameryki Północnej, a około 70 z nich można uznać za osobliwości dendrologiczne [Leksykon zieleni... 2013].

Obszar parku zlokalizowany jest we wschodniej części miasta, na tzw. Wielkiej Wyspie od południa ograniczonej wodami Odry Miejskiej, od zachodu Starej Odry, a od strony północnej kanałów: Powodziowego i Żeglownego. Ukształtowanie jego powierzchni nie jest zbyt urozmaicone, przeciętna rzędna wynosi 116,5 m n.p.m., lokalne wzniesienia w jego centralnej części osiągają 118,0 m n.p.m., a obniżenie na północnym krańcu sięga ok. 114,5 m n.p.m.

Warunki klimatyczne na terenie parku nie odbiegają istotnie od typowych dla terenów nizinnych Dolnego Śląska. Według Wosia [2010] Wrocław położony jest na obszarze klimatycznego regionu Dolnośląskiego Wschodniego. Usytuowanie miasta w dolinie rzeki Odry i na przedpolu Sudetów powoduje jego uprzywilejowanie termiczne określane jako „wrocławsko-opolski obszar ciepła” [Dubicki i in. 2002]. Warunki klimatyczne Wrocławia są jednak ściśle związane z klimatem Polski i Europy, a położenie geograficzne w tej części strefy umiarkowanej decyduje o dużej zmienności warunków pogodowych. Opady atmosferyczne występują w ciągu 167 dni w roku, średnia

suma roczna opadu z okresu lat 1901–2000 wynosi 583 mm, natomiast średnia roczna temperatura powietrza osiąga tu 9,0°C. Dodatkowym czynnikiem negatywnie wpływającym na bilans wodny i potrzeby wodne roślin miejskich terenów zieleni jest wyspa ciepła. We Wrocławiu różnice temperatury między śródmieściem a peryferiami często przekraczają 2,0°C [Szymanowski 2004].

Położone w pobliżu Odry gleby Parku Szczytnickiego powstały z przekształcenia utworów akumulacji rzecznej i są zaliczane do gleb aluwialnych (mady rzeczne i mady próchniczne). Lokalnie wykazują również cechy antropopresji powstałe w efekcie likwidacji glinianek, starych zabudowań oraz nasypów lokalnie podwyższających teren. Gleby lekkie są położone najbliżej rzeki Odry, gleby średnie, dominujące w parku, występują w jego środkowej części, natomiast gleby ciężkie głównie we wschodniej części, najdalej od koryta rzeki Odry [Licznar, Licznar 2005, Walenczak i in. 2009].

Najważniejszym elementem sieci hydrograficznej Parku Szczytnickiego jest przepływający przez jego teren, częściowo zarurowany ciek z uformowanymi na nim rozlewiskami. Powstał on w wyniku zagospodarowania starorzeczy Odry, głównie fragmentów rozlewisk zwanych Czarną Wodą. Rozpoczyna się ujściem brzegowym na Odrze, przechodzi przez staw na terenie ZOO, z którego woda zamkniętym kanałem o średnicy 600 mm dopływa do ciągu stawów parkowych, w tym zbiornika w sektorze V. Następnie rurociągiem woda dopływa do końcowego, otwartego odcinka cieku Czarna Woda, usytuowanego w północnym krańcu parku. Przejmuje on również wodę pochodzącą z kanalizacji burzowej i zarurowanych niegdyś rowów w rejonie parku. Dalej woda płynie w kierunku północnym, gdzie uchodzi do Kanału Powodziowego rzeki Odry.

Zwierciadło wody gruntowej w północnej i centralnej części Parku Szczytnickiego zalega przeważnie na głębokości 2–3 m, jedynie w części południowej obserwuje się jej płycej, około 1–2 m poniżej powierzchni terenu [Kowalczyk i in. 2010, Atlas geologiczno-inżynierski... 2009]. Kształtuje się ono zazwyczaj bardzo stabilnie, a roczne amplitudy wahań wynoszą tylko 0,2–0,4 m, sytuacja ta jednak niekiedy ulega zmianie podczas większych wezbrań w rzece Odrze.

WYNIKI BADAŃ

Szczegółowe badania prowadzono w sektorze V parku o powierzchni ok. 8,6 ha, na terenie wokół wydłużonego zbiornika wodnego o powierzchni około 1,1 ha, długości w osi 563 m i przeciętnej szerokości około 20 m (maksymalnie 40 m). Poziom wody w zbiorniku reguluje zastawka zlokalizowana przy jego północno-wschodnim krańcu. Na ogół występuje w nim niedostatek wody i stosunkowo małe napełnienia [Kowalczyk i in. 2010, Kowalczyk, Orzepowski 2008b].

Szczegółowe rozpoznanie glebowe na tym terenie, przeprowadzone w 9 odwiertach do głębokości około 2,0–3,5 m, wykazało, że przy powierzchni do głębokości około 0,7–1,0 m zalegają umiarkowanie przepuszczalne utwory, przeważnie gliny średnie lub gliny lekkie, głębiej przechodzące stopniowo lub wyraźnie w piasek luźny [Kowalczyk, Orzepowski 2008a]. Stwierdzono, że zwierciadło wody gruntowej w tym rejonie parku zalegało w obrębie przepuszczalnych warstw piasku na głębokościach zmieniających się w zależności od ukształtowania terenu i położenia względem zbiornika wodnego w zakresie 1,4–3,5 m, co wskazuje na bezpośrednie powiązanie wód powierzchniowych i gruntowych w przyległym terenie. Tym samym można stwierdzić, że zbiornik wodny może wzbogacać zasoby retencji glebowo-gruntowej terenów przyległych, pod warunkiem odpowiednio wydajnego zasilania z ujęcia na Odrze, kompensującego straty na parowanie i przesiąki.

Wieloletnie obserwacje prowadzone w piezometrze usytuowanym w sektorze V wykazały, że zwierciadło wody gruntowej w ciągu roku zmienia swoje położenie nieznacznie, przeważnie w zakresie tylko około 15–30 cm (szczególnym wyjątkiem był „powodziowy” rok 1997, gdy ten rejon parku został zalany po uszkodzeniu wału przeciwpowodziowego) [Kowalczyk i in. 2010].

Warunki meteorologiczne w okresie prowadzonych badań uwilgotnienia scharakteryzo-

wano i oceniono na podstawie danych ze stacji Wrocław-Strachowice. Analizowane lata były ciepłe ze średnią roczną temperaturą wynoszącą odpowiednio 11,7 i 10,1°C, wyraźnie wyższą od średniej z wielolecia 1991–2010 (9,4°C). Rok 2015 był rokiem bardzo suchym, podczas którego odnotowana sumaryczna wielkość opadów była aż o ponad 150 mm niższa od przeciętnej wieloletniej (tab. 1). Jedynie podczas trzech jego miesięcy (styczeń, październik i grudzień) sumy miesięczne zarejestrowanych opadów były nieznacznie wyższe od średnich wieloletnich. Rok 2016 charakteryzował się opadami o ponad 70 mm większymi od przeciętnych z wielolecia. Tylko w maju i sierpniu sumy opadów były wyraźnie niższe od przeciętnych, natomiast w pozostałych miesiącach były wyższe lub do nich zbliżone.

Ocenę przestrzennego kształtowania się retencji glebowej przeprowadzono na podstawie trzykrotnych pomiarów uwilgotnienia wykonanych w maju 2015, na początku kwietnia 2016 oraz pod koniec maja 2016 w warstwach gleby 0–25 cm i 25–50 cm, w 26 punktach pomiarowych rozmieszczonych wokół zbiornika na terenie sektora V (rys. 1). Analiza rozkładu miesięcznych sum opadów wskazuje na to, że pierwszy z terminów pomiarowych przypadł w okresie wyraźnego niedostatku opadów, a kolejne dwa po posuszonym roku poprzedzającym, gdy wyczerpane zasoby wilgoci glebowej nie zostały znacząco uzupełnione wyższymi opadami.

Dane dyskretne rozkładu wilgotności uzyskane na bazie pomiarów terenowych interpolowano metodą radialnych funkcji bazowych (ang. – RBF), które zalicza się do sztucznych sieci neuronowych [Ciechociński 2011]. Analizę przeprowadzono, odnosząc uzyskane wyniki do przedziałów uwilgotnienia ustalonych na podstawie literatury [Walczak i in. 2002], jako charakterystyczne (POS, PTW) dla gatunków gleby występujących w V sektorze parku. Przyjęto 3 przedziały uwilgotnienia (tab. 2): I, <10% (zawartość wody poniżej PTW przy pF \geq 4,2,

Tabela 1. Charakterystyka opadów atmosferycznych w latach 2015 i 2016 na tle z wielolecia
Table 1. Characterisation of atmospheric precipitation in the years 2015 and 2016 on the background of long-term data

Lata	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
2015	39	8	20	21	32	57	84	6	22	34	44	25	392
2016	30	40	49	55	41	77	110	32	43	79	34	33	623
1991–2010	27	27	38	31	59	61	92	66	45	33	36	33	548

Tabela 2. Procentowy rozkład uwilgotnienia gleby w analizowanych przedziałach I-III w warstwach 0–25 i 25–50 cm
Table 2. Percentage distribution of soil moisture in analysed intervals I-III within soil layers of 0–25 and 25–50 cm

Przedział	V 2015 r.		IV 2016 r.		V 2016 r.	
	0–25 cm	25–50 cm	0–25 cm	25–50 cm	0–25 cm	25–50 cm
I	14,0	36,1	-	-	18,2	4,1
II	86,0	56,9	34,7	55,9	81,8	95,9
III	-	7,0	65,3	44,1	-	-

głębokie wyczerpanie rezerw wilgoci glebowej skutkujące całkowitym zahamowaniem wegetacji, schnięciem trawników, a nawet trwałymi stratami w roślinności parkowej przy dłuższym występowaniu); II, 10–20 % (zawartość wody pomiędzy POS a PTW, pF od 3 do 4,2, niskie zasoby wodne, które utrudniają rozwój roślinności parkowej), III, >20 % (powyżej POS przy pF=3, odpowiedni dla roślin poziom retencji glebowej). Z uwagi na specyficzny przebieg warunków meteorologicznych w rozpatrywanym okresie, nie brano pod uwagę analizy zagrożeń związanych z nadmiernym uwilgotnieniem.

Analizując uzyskane wyniki (tab. 2) można stwierdzić, że rozkłady wilgotności odnotowane w maju 2015 i 2016 r. świadczą o występowaniu znacznych niedoborów uwilgotnienia na terenie parku. W maju 2015 r. warstwie 25–50 cm aż na 36 % powierzchni terenu zasoby wodne były poniżej PTW (pF=4,2). Analizując miesięczne i okresowe sumy opadów w 2015 r. można stwierdzić, że kryzys zasobów wodnych pogłębiał się w kolejnych miesiącach okresu wegetacji roślin. Obniżone po suchym roku 2015 r. zasoby wodne pozwoliły na odbudowanie w stopniu jedynie dostatecznym poziomu uwilgotnienia czynnej warstwy gleby 0–50 cm w kwietniu 2016 r. Jednak już w maju wilgotność gleby na całym analizowanym obszarze spadła poniżej POS (rys. 1). W analizowanym okresie zbiornik wodny nie wzbogacał retencji gruntowo-glebowej terenów przyległych. Jak wspomniano wcześniej – na ogół, nawet w latach przeciętnych, jego zasilanie bywa niewystarczające [Kowalczyk i in. 2010, Kowalczyk, Orzepowski 2008b], a dodatkowo w analizowanym okresie susza o zasięgu ogólnokrajowym spowodowała utrzymywanie się niskich stanów wody Odry, co przełożyło się na okresowy, całkowity brak zasilania systemu wodnego parku z ujęcia rzecznoego. Podsumowując można stwierdzić, że zabytkowy Park Szczytnicki, pomimo potencjalnych możliwości wykorzystania zasobów wód gruntowych (na jego terenie istnieje system stud-

ni do poboru wód gruntowych) oraz powierzchniowych do regulacji stosunków wodnych i uzupełniania niedoborów wilgoci wierzchniej warstwy gleby, jest poważnie narażony na negatywne skutki występowania susz.

Badania o podobnym charakterze prowadzono również na terenie innego wrocławskiego parku – Południowego [Orzepowski i in. 2015]. Odmienne sposoby zasilania oraz funkcjonowania systemu wodnego i stawu parkowego, inne warunki glebowe i geologiczne powodują, że charakter stosunków wodnych oraz związane z nimi problemy (zarówno nadmierne jak i zbyt niskie uwilgotnienie gleb w okresach posusznych), kształtują się tam nieco inaczej niż w Parku Szczytnickim. Jednak w suchym okresie letnim zasoby wilgoci glebowej wyczerpują się tam również często na znacznym obszarze, wyraźnie poniżej pojemności okresu suszy, co pogarsza warunki bytowania roślinności w i tak trudnych warunkach miejskich. Poprawa kondycji roślinności parkowej jest możliwa w takich warunkach jedynie poprzez nawodnienia mechaniczne. Zróżnicowanie warunków wodnych obu parków wskazuje na celowość przeprowadzania, szczegółowych badań w konkretnych lokalizacjach przed opracowaniem koncepcji gospodarowania wodą na zielonych terenach miejskich.

Zaburzenia stosunków wodnych są jednym z największych zagrożeń dla zachowania dobrej kondycji roślinności terenów zieleni w trudnych warunkach miejskich [Wagner i in. 2013]. W szczególności dotyczy to obiektów bogatych w cenny dendrologicznie drzewostan, gdzie zarówno podtopienia, jak i długotrwałe susze mogą spowodować poważne straty. Z tego względu w obrębie dużych aglomeracji należy poszukiwać systemowych rozwiązań pozwalających retencjonować wodę w okresach zasobnych, ograniczając w ten sposób negatywne skutki występowania deszczy nawaalnych oraz umożliwiając prowadzenie nawodnień w czasie niedoborów.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania dowiodły, że tereny zieleni miejskiej we Wrocławiu są okresowo poważnie zagrożone występowaniem susz o skali i długotrwałości niebezpiecznej dla roślinności. Pomimo ogólnie dobrego dostępu do zasobów wód powierzchniowych i gruntowych w skali aglomeracji, nie istnieją systemowe rozwiązania, pozwalające na skuteczne ograniczenie tego zagrożenia. Można zatem stwierdzić, że:

1. Stosunki wodne Parku Szczytnickiego są kształtowane w znacznym stopniu przez oddziaływanie rzeki Odry na głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej na całym terenie tzw. Wielkiej Wyspy, a także okresowo, dzięki funkcjonowaniu systemu wodno-melioracyjnego zasilanego z ujęcia na Odrze.
2. W okresach posusznych ograniczony dopływ wody do zbiornika wodnego w sektorze V parku sprawia, że na ogół nie oddziałuje on zasilająco na zasoby retencji glebowo-gruntowej na terenach przyległych.
3. W okresach wegetacji lat 2015 i 2016 już wiosną stwierdzono występowanie głębokich niedoborów wodnych czynnej warstwy gleby 0–50 cm. Pomiary wykazały spadki wilgotności gleby poniżej PTW. Stan taki, w związku z niskimi opadami i wysoka temperaturą, utrzymywał się długotrwale, co w istotny sposób mogło wpłynąć na pogorszenie kondycji zdrowotnej cennego dendrologicznie drzewostanu Parku.
4. Z powodu niskich opadów w roku poprzedzającym, na wiosnę 2016 r. obserwowano relatywnie niewielką odbudowę retencji glebowej warstwy czynnej. Świadczy to o potrzebie prowadzenia ciągłego monitoringu zasobów wodnych cennych dendrologicznie terenów zieleni miejskiej, co pozwoli na odpowiednio wczesne podjęcie działań zaradczych w walce ze skutkami suszy.
5. Należy poprawić sprawność zasilania systemu wodnego parku z ujęcia na Odrze, a w okresach niżówek, powodujących brak możliwości zasilanie grawitacyjnego, uzupełniać niedobory mechanicznie (rozwiązanie to jest obecnie w fazie projektowo-wykonawczej).

LITERATURA

1. Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji wrocławskiej. Goldsztejn J. (red.), Wrocław 2009.
2. Ciechociński P. 2011. Porównanie metod interpolacji przestrzennej w odniesieniu do wartości nieruchomości, Towarzystwo Nauk. Nieruchomości- vol. 19 nr 3, Olsztyn.
3. Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002. Klimat Wrocławia., [w:] Środowisko Wrocławia – Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław: 9–25.
4. Godzina P., 2015. Tereny zieleni publicznej w kontekście zrównoważonego rozwoju miasta. Prace Geograficzne, z.141, Wyd. UJ, Kraków, 57–72.
5. Jankowski K., Truba M., Wyrębek H., Cisek M. 2014. Prawno-siedliskowe aspekty zarządzania parkami miejskimi. Zesz. Nauk. Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, Administracja i Zarządzanie, nr 103, 39–47.
6. Kowalczyk T., Orzepowski W. 2008a. Wytyczne do projektu remontu zbiornika wodnego między ulicami Mickiewicza i Kopernika. Opracowanie na zlecenie Zarządu Zieleni Miejskiej we Wrocławiu, maszynopis, ss 34.
7. Kowalczyk T., Orzepowski W. 2008 b. Koncepcja gospodarowania wodą na terenie Parku Szczytnickiego, Gospodarka wodna na terenie parku Szczytnickiego we Wrocławiu – część III, Opracowanie na zlecenie Zarządu Zieleni Miejskiej we Wrocławiu, maszynopis, ss 74.
8. Kowalczyk T., Orzepowski W., Pokładek R. 2010. Kształtowanie się głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej na obszarze Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 548, 327–338.
9. Leksykon zieleni Wrocławia, praca zbior. 2013, Via Nova, Wrocław, 275–316.
10. Licznar S.E. Licznar M. 2005. Oddziaływanie aglomeracji miejskiej Wrocławia na poziomy próchniczne gleb Parku Szczytnickiego. Roczniki Gleboznawcze, t. LVI, nr 1/2, Warszawa, 113–118.
11. Niewiadomski A. 2013. Struktura i znaczenie terenów zieleni w Łodzi na tle dużych ośrodków miejskich w Polsce. Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica 12, 33–47.
12. Nowak-Rzasa M., 2009. Współczesne funkcje parków miejskich w aspekcie oczekiwań społecznych. Nauka Przyroda Technologie, t.3, z.1, Poznań.
13. Pierścionek B. 2015. Wpływ zmian infrastruktury miejskiej na charakter założeń parkowych na przykładzie Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. Czasopismo Techniczne. Architektura 5-A, 173–187.

14. Orzepowski W., Kowalczyk T., Pokładek R., Pęczkowski G., Faron S. 2015: Ocena zmienności zasobów retencji glebowej w Parku Południowym we Wrocławiu. *Inżynieria Ekologiczna* Vol. 43, s. 160–165.
15. Pływaczyk A., Orzepowski W., Kowalczyk T. 2008. Ocena zmian zasobów retencji glebowej na przykładzie Parku Południowego we Wrocławiu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 528, Warszawa, 431–437.
16. Szczepanowska H.B. 2012. Miejsce terenów zieleni w strukturze zintegrowanego projektowania, zarządzania i oceny ekologicznej inwestycji miejskich. *Człowiek i Środowisko* 36 (1–2), 25–49.
17. Szumacher I. 2011. Funkcje terenów zieleni miejskiej a świadczenia ekosystemów. *Prace i Studia Geograficzne*, t. 46, 169–176.
18. Szumacher I., Ostaszewska K. 2011. Funkcje parków śródmiejskich w opinii przyrodników i użytkowników – przyczynek do dyskusji. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, t. 27, 491–493.
19. Szymanowski M. 2004. Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu. *Wydaw. Uniwersytetu Wrocławskiego*, s. 229.
20. Wagner I., Krauze K., Zalewski M. 2013. Błękitne aspekty zielonej infrastruktury. *Zrównoważony Rozwój – Zastosowania*, 4, 145–155.
21. Walenczak K., Licznar S. E., Licznar M. 2009. Rola materii organicznej i ilu koloidalnego w kształtowaniu właściwości buforowych gleb Parku Szczytnickiego. *Roczniki Gleboznawcze*, t. LX, nr 2, Warszawa, 102–107.
22. Walczak R., Ostrowski J., Witkowska-Walczak B., Sławiński C. 2002. Hydrofizyczne charakterystyki mineralnych gleb ornych Polski. *Acta Agrophysica* 79, Lublin, ss. 64.
23. Woś A. 2010. *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wyd. UAM, Poznań, ss. 489.