

Wiesław Fiałkiewicz, Ewa Burszta-Adamiak, Paweł Malinowski, Anna Kolonko

Urban Water Footprint – system monitorowania i oceny gospodarowania wodą w miastach

Szacuje się, że zużycie wody do 2025 r. wzrośnie o 50% w krajach rozwiniętych i o 18% w krajach rozwijających się [1]. Obserwuje się również stały wzrost ludności w miastach. W 2011 r. 52% ludności świata żyło w miastach, a w 2030 r. liczba ta ma wzrosnąć do 60% [2]. Obecnie w Europie ponad 75% populacji żyje na terenach zurbanizowanych. Wzrost urbanizacji powoduje koncentrację poboru wody na cele wodociągowe, uszczelnienie powierzchni oraz zwiększenie spływu powierzchniowego z obszaru aglomeracji miejsko-przemysłowych, co wpływa na zasoby i jakość wód powierzchniowych i podziemnych w skali regionalnej.

Uznając wodę za podstawowy element zrównoważonego rozwoju swoich państw członkowskich, Unia Europejska ustanowiła szereg dyrektyw (Water Framework Directive, Drinking Water Directive, Urban Waste Water Directive) i regulacji wspierających lepsze wykorzystanie wody, zarządzanie zasobami wodnymi oraz rozpowszechnianie ekologicznych technologii i praktyk służących ochronie zasobów wodnych. W ostatnich latach w UE zwraca się szczególną uwagę na zapewnienie mieszkańcom dostępu do zasobów wody słodkiej, gdyż zmniejszenie wartości wskaźnika infiltracji na obszarach zurbanizowanych oraz chemizacja upraw wywołują wzrost zasolenia wód podziemnych wierzchnich warstw wodonośnych, które stanowią jedno z ważniejszych źródeł zaopatrzenia w wodę. Poza tym obserwuje się zwiększoną zawartość domieszek mineralnych w wodach powierzchniowych, co jest wynikiem odprowadzania większego ładunku tych związków wraz ze ściekami i spływami powierzchniowymi. Współczesne systemy oczyszczania ścieków komunalnych przystosowane są do usuwania związków organicznych oraz azotu i fosforu, ale nie zapewniają usuwania rozpuszczonych soli. Przy oczyszczaniu wód opadowych zwraca się uwagę na usuwanie zawiesin (głównie piasku) oraz związków ropopochodnych, natomiast nieeliminowane i wprowadzane do wód naturalnych są znaczne ładunki soli, np. chlorków stosowanych powszechnie zimą na obszarach zurbanizowanych do utrzymania przejeźdźności

dróg. Obserwowany niekorzystny wpływ rozwoju cywilizacji na wody naturalne był przesłanką do podjęcia działań na poziomie miast w celu systemowego rozwiązania problemów związanych z następującymi elementami:

– jakość wody: technologie dystrybucji wody w budynkach i sieciach wodociągowych są często przestarzałe i wymagają poprawy,

– konsumpcja wody: mieszkańcy nie są dobrze poinformowani o znaczeniu zasobów wodnych w środowisku naturalnym i ich społecznej roli,

– ryzyko powodzi: wysoki stopień rozwoju zagospodarowania terenu ogranicza przepuszczalność gruntu, powodując wzrost ryzyka wystąpienia powodzi,

– zarządzanie siecią dystrybucji wody: stosowane obecnie technologie i działania mogą zostać ulepszone i lepiej zintegrowane z innowacyjnymi narzędziami służącymi do zarządzania siecią wodociągową, monitorowania jakości wody i oczyszczania ścieków.

Mieszkańcy Europy rzadko zdają sobie sprawę z tego, jak ważnym zasobem naturalnym jest woda i że jest ona zasobem deficytowym. Ostatnie badania UE potwierdzają, że istnieje potencjał na ograniczenie o 40% zużycia wody na terenach miejskich. Aby osiągnąć ten cel podjęto próbę zastosowania wskaźnika Water Footprint (WFTP) jako narzędzia wspomagającego proces podejmowania decyzji w celu lepszego zarządzania i gospodarowania wodą na obszarach miejskich. Projekt Urban Water Footprint ma dostarczyć narzędzi służących do porównania zużycia wody z wzorcami dobrych i złych praktyk zarządzania wodą.

Water Footprint

Po raz pierwszy Water Footprint został zdefiniowany w 2002 r., jako wskaźnik zużycia słodkiej wody, wyrażony w metrach sześciennych na rok i osobę ($m^3/a \cdot os.$), obejmujący zarówno bezpośrednie, jak i pośrednie zużycie wody przez konsumenta lub producenta [3]. W rzeczywistości WFTP jest wielowymiarowym wskaźnikiem pokazującym objętość wody zużytej, umownie nazywanej wodą niebieską, zieloną i szarą. Wszystkie składniki całościowego WFTP są uzależnione od położenia geograficznego i czasu. Woda niebieska znajduje się głównie w rzekach, jeziorach, terenach podmokłych i podziemnych formacjach wodonośnych. Niebieski WFTP określa objętość dostępnej w określonym czasie wody, która została zużyta, to znaczy nie powróciła w krótkim czasie do tej samej zlewni. Woda zielona to woda pochodząca z opadów, zmagazynowana w strefie nienasyconej gleby i dostępna roślinom. Zielony

Dr inż. W. Fiałkiewicz*, dr inż. E. Burszta-Adamiak**: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, *Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, **Zakład Infrastruktury i Techniki Sanitarnej, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław wieslaw.fialkiewicz@up.wroc.pl, ewa.burszta-adamiak@up.wroc.pl

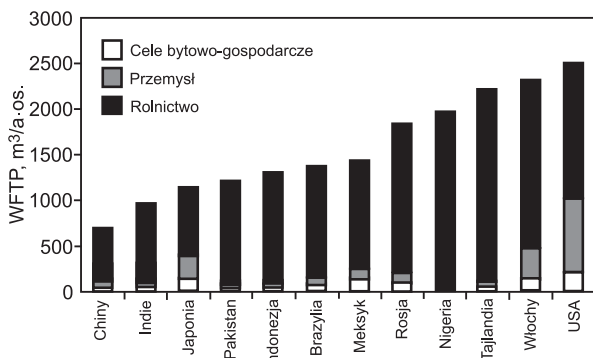
Dr hab. inż. P. Malinowski, dr inż. A. Kolonko: Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji SA we Wrocławiu, Centrum Nowych Technologii i Rozwoju, ul. Na Grobli 14/16, 50-421 Wrocław

pawel.malinowski@mpwik.wroc.pl, anna.kolonko@mpwik.wroc.pl

WFTP jest definiowany jako ta część objętości wód opadowych, która została zużyta do wytworzenia określonych produktów (np. rolnych). Wodą szarą jest natomiast woda zanieczyszczona, która trafia z powrotem do tej samej zlewni zmieniając jej skład. Szary WFTP obliczany jest jako objętość wody potrzebnej do rozcieńczenia zanieczyszczonej wody do takiego stopnia, aby jakość uzyskanej wody nie przekraczała ustalonych standardów [3].

W literaturze można spotkać dwa sposoby obliczania wartości wskaźnika WFTP [4]. Pierwsze podejście – objętościowe – zostało opracowane przez Water Footprint Network (WFTPN), a drugie – z zastosowaniem analizy cyklu życia – przez LCA Community. Wiele szczegółowych analiz WFTP wykonano zarówno na potrzeby krajów europejskich [5–8], jak i spoza Europy [9–12].

Globalna średnia wartość wskaźnika WFTP wynosi $1385 \text{ m}^3/\text{a}\cdot\text{os.}$, z czego aż 92% ma źródło w produkcji rolnej (27% – produkty zbożowe, 22% – mięsne), 4,4% w produkcji przemysłowej, a 3,6% to bezpośrednie zużycie wody przez mieszkańców. WFTP Polski wynosi $1405 \text{ m}^3/\text{a}\cdot\text{os.}$, z czego 24,7% to WFTP zewnętrzny (produkty i usługi importowane) [13]. Na rysunku 1 przedstawiono wartości WFTP w kilkunastu krajach. W Stanach Zjednoczonych wartość WFTP jest duża ze względu na wysoką konsumpcję, podczas gdy np. w przypadku Nigerii i Tajlandii wysoka wartość WFTP wynika z nieefektywnego użytkowania wody do produkcji [14].



Rys. 1. Wartości wskaźnika WFTP w wybranych krajach [14]

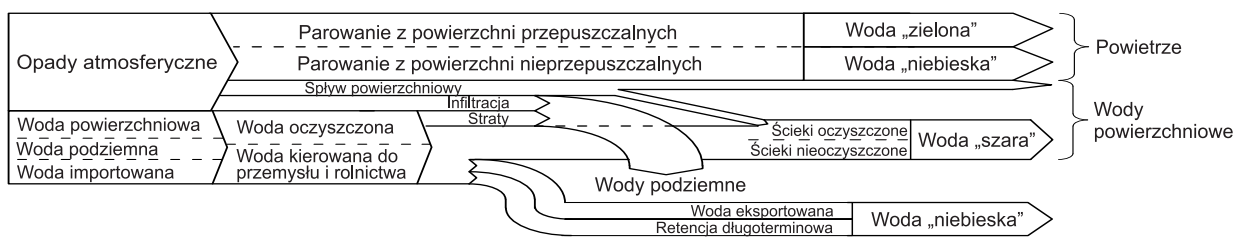
Fig. 1. WFTP of selected countries [14]

Na wartość WFTP wpływ mają warunki środowiskowe. Uwzględnia się je przez Water Footprint Impact Index (WFTPII), który zależy od zużycia wody, wielkości zasobów wodnych w danym regionie oraz stopnia jej czystości (zanieczyszczenia). Water Stress Index (WSI) wyraża natomiast lokalny niedobór wody, uwzględniając jej zapotrzebowanie, dostępność i sezonowe wahania oraz objętość lokalnego źródła wody. Przyjmuje on wartości z przedziału $0 \div 1$ [4]. Największe niedobory wody w stosunku do zapotrzebowania stwierdza się w rejonie równika (niekorzystny klimat) oraz w regionach górzystych (niekorzystne ukształtowanie terenu).

Wzrost urbanizacji wiąże się z koniecznością rozbudowy systemów wodociągowo-kanalizacyjnych, czemu towarzyszy przerzut wody pomiędzy zlewniami. Dystrybucji wody wodociągowej zawsze towarzyszą straty wody związane z jej wyciekami. Transport wody, jej oczyszczanie, jak również eksploatacja systemów kanalizacyjnych, przyczyniają się do zwiększenia zużycia energii, do wyprodukowania której także konieczne są znaczne ilości wody. Z tych względów podjęto pierwsze próby określenia wartości WFTP na obszarze zurbanizowanym [15, 16]. W odniesieniu do obszaru zurbanizowanego, WFTP może zostać wyznaczony stosując taką samą procedurę, jak w przypadku krajów lub regionów [4]. W odniesieniu do miasta, WFTP rozumiany jest jako całkowita ilość wody słodkiej zużytej w granicach geograficznych miasta w przeliczeniu na rok i mieszkańca. W przypadku miast wyznacza się wiele wskaźników określających poziom zrównoważonego rozwoju, m.in. European Common Indicators, Sustainable Cities Index, European Green City Index oraz Global City Indicators [17]. Aby ujednolicić sposób oceny zagospodarowania wody i ścieków, organizacja European Benchmarking Co-operation ustaliła listę wskaźników, głównie ilościowych, które jednak nie uwzględniają szerszego kontekstu miasta, łączącego zrównoważony rozwój i uwarunkowania polityczne [17].

Kolejną propozycją wodnego bilansu miasta jest wskaźnik City Blueprint, który uwzględnia takie parametry, jak odpowiednia ilość i jakość wody w ekosystemie (całkowity WFTP, dostępność, jakość), woda do spożycia (odpowiednia ilość i jakość, zużycie, wydajność dostaw, wycieki), system kanalizacji (dostępność, separacja ścieków deszczowych od sanitarnych, utrzymanie i eksploatacja), oczyszczanie ścieków (parametry osadów ściekowych, wydajność energetyczna, odzyskiwanie energii i substancji odżywczych), specyfika klimatu (bezpieczeństwo, przystosowanie infrastruktury do klimatu), bioróżnorodność i atrakcyjność ekosystemu/obszaru oraz zarządzanie (zintegrowane zarządzanie miastem, wpływ mieszkańców) [17]. Wskaźnik City Blueprint jest bardzo ogólny i w małym stopniu opisuje cykl wody na obszarach zurbanizowanych. Wciąż istnieje potrzeba wyznaczenia wskaźników, które umożliwiają dokładne scharakteryzowanie miasta oraz jego charakterystycznych regionów pod względem systemu produkcji, oczyszczania i transportu wody i ścieków.

Proponowany oryginalny model WFTP w przypadku miasta uwzględnia bilans wody rzeczywistej i wirtualnej w skali roku. Na strumień wody rzeczywistej zasilającej miasto składają się opady atmosferyczne, woda ujmowana do celów konsumpcyjnych, na potrzeby przemysłu i rolnictwa oraz import wody. Woda, która opuszcza miasto pochodzi z parowania, spływu powierzchniowego, infiltracji do wód podziemnych, strat podczas transportu wody konsumpcyjnej, działalności przemysłowej i rolniczej oraz woda eksportowana poza granice miasta (rys. 2). Ogólny bilans wody rzeczywistej w mieście opisuje równanie:



Rys. 2. Strumienie wody w mieście na potrzeby obliczeń wartości wskaźnika WFTP

Fig. 2. Urban water streams for WFTP calculation purposes

$$Q_n - Q_w = Q_r \quad (1)$$

w którym:

Q_n – woda napływająca do miasta, m^3/a

Q_w – woda wypływająca z miasta, m^3/a

Q_r – retencja wody w mieście, m^3/a

Różnica między wodą napływającą i wypływającą z miasta jest to ilość wody, która nie opuszcza miasta w danym czasie i może być zużyta w okresie suchym lub może odpłynąć w okresie mokrym.

Water Footprint (WFTP_r) na obszarze miasta, uwzględniający wodę rzeczywistą, można obliczyć z równania:

$$WFTP_r = WFTP_n + WFTP_z + WFTP_s \quad (2)$$

w którym:

WFTP_n – niebieski WFTP, będący częścią wody pochodzącej z opadów, która nie splywa z powierzchni i nie zasila wód podziemnych ale jest retencjonowana w glebie lub pozostaje chwilowo na powierzchni gleby lub roślin

WFTP_z – zielony WFTP, określający objętość wody dostępnej w określonym czasie, która jest skonsumowana (nie powraca od razu do tej samej zlewni)

WFTP_s – szary WFTP, obrazujący objętość wody wymaganej do takiego rozcieńczenia zanieczyszczeń zawartych w ściekach, aby normy jakości wody nie zostały przekroczone

Poszczególne składniki WFTP można wyznaczyć na podstawie następujących równań:

$$WFTP_z = [PREC] K_p A_p \quad (3)$$

$$WFTP_n = [PREC] (K_i A_i + K_w A_w) + Q_x + Q_r \quad (4)$$

$$WFTP_s = c(i) Q_s / [c_{maks}(i) - c_o(i)] \quad (5)$$

w których,

PREC – roczna warstwa opadów przypadająca na jednostkę powierzchni, mm/a

K_p – udział w opadach wody odparowującej i infiltrującej z terenów przepuszczalnych

A_p – powierzchnia terenów przepuszczalnych (zielonych), m^2

K_i – średni udział parowania z terenów nieprzepuszczalnych w rocznych opadach atmosferycznych,

A_i – łączna powierzchnia terenów nieprzepuszczalnych (zabudowanych), m^2

K_w – wskaźnik parowania wody z powierzchni

A_w – łączna powierzchnia terenów pokrytych wodą na obszarze miasta, m^2

Q_x – roczna objętość wody eksportowanej, m^3/a

$c(i)$ – wartość i-tego wskaźnika zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych, g/m^3

Q_s – roczna objętość oczyszczonych ścieków, m^3/a

$c_{maks}(i)$ – dopuszczalna wartość i-tego wskaźnika zanieczyszczenia w odbiorniku ścieków, g/m^3

$c_o(i)$ – wartość i-tego wskaźnika zanieczyszczenia w pobieranej wodzie, g/m^3

Na wartość WFTP całkowitego na obszarze miejskim składa się WFTP_r – uwzględniający wodę rzeczywistą oraz WFTP_v – uwzględniający wodę wirtualną. Woda wirtualna to woda zużyta na wyprodukowanie i dostarczenie produktów, energii i usług, niezbędnych do wyprodukowania jednostki objętości wody rzeczywistej dostarczanej do odbiorców. Bilans wody wirtualnej obejmuje cały cykl procesów produkcyjnych. Na skutek eksportu i importu produktów między krajami i regionami możliwy jest także eksport i import wody wirtualnej. WFTP_v obejmuje także WFTP niebieski, zielony i szary.

Przykład analityczny

Zaproponowana metodologia wyznaczania WFTP została zastosowana na przykładzie Wrocławia liczącego 631,2 tys. mieszkańców (całkowita powierzchnia 292,82 km^2) [18]. Średnia roczna wysokość opadów we Wrocławiu została przyjęta na poziomie 573 mm, co daje 167,8 mln m^3/a . Pobór wody powierzchniowej i podziemnej do celów konsumpcyjnych wyniósł 47,7 mln m^3/a . Całkowity dopływ wody wynosi zatem 215,6 mln m^3/a . Ilość wody wypływającej z miasta została oszacowana na 208,9 mln m^3/a . Wartość ta uwzględnia następujące strumienie wód: spływ powierzchniowy, parowanie z obszarów nieprzepuszczalnych i pokrytych wodą, parowanie z terenów zielonych, infiltrację, ścieki trafiające do oczyszczalni i wodę eksportowaną poza granice miasta. Z bilansu wody wynika, że szacowana retencja we Wrocławiu wynosi około 6,6 mln m^3/a .

W 2011 r. we Wrocławiu łączna powierzchnia terenów przepuszczalnych, w skład których wchodziły użytki rolne, lasy i tereny zadrzewione, tereny zieleni publicznej i wysypiska, wyniosła 16 129 ha. Łączna powierzchnia terenów nieprzepuszczalnych składających się z terenów o zabudowie mieszkalnej i przemysłowej, rekreacyjnych i komunikacyjnych wyniosła 12 363 ha. Tereny pokryte wodami stojącymi i płynącymi zajmują powierzchnię 959 ha. Przyjęto następujące średnie wartości współczynnika parowania: na terenach przepuszczalnych 38%, nieprzepuszczalnych 22% i pokrytych wodą 10%. Zatem wartości odpowiednich wskaźników wyniosły:

$$\begin{aligned} - WFTP_z: & 0,573 \times 0,38 \times 16,129 \cdot 10^7 = 34,82 \text{ mln } m^3/a, \\ - WFTP_n: & 0,573(0,21 \times 12,363 \cdot 10^7 + 0,1 \times 0,959 \cdot 10^7) + \\ & + 1,5 \cdot 10^6 + 6,6 \cdot 10^6 = 23,34 \text{ mln } m^3/a. \end{aligned}$$

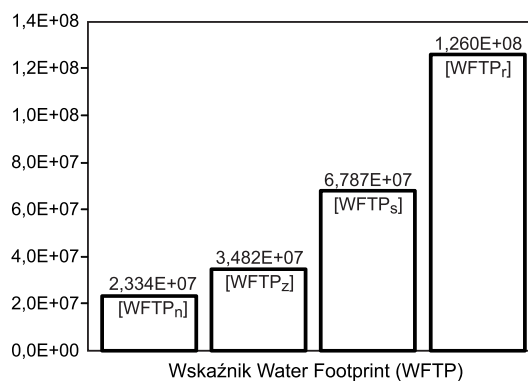
Gdyby w obliczeniach wskaźnika WFTP_z pominąć tereny użytkowane rolniczo (12 500 ha), uwzględniając tylko zielen zlokalizowaną na obszarze zabudowanym, wówczas jego wartość zmalałaby do 7,61 mln m^3/a .

Objętość ścieków oczyszczonych odprowadzonych do Odry w 2011 r. wyniosła 45 mln m^3 . Wartość WFTP_s została wyznaczona na podstawie maksymalnej zawartości azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych (10 gN/m^3):

$$- WFTP_s(N): 10 \cdot 4,5 \cdot 10^7 / (10 - 3,37) = 67,87 \text{ mln } m^3/a.$$

Zatem wartość WFTP_r w przypadku wody rzeczywistej wyniesie: 34,82 + 23,34 + 67,87 = 126 mln m^3/a .

Z przedstawionego wykresu składników WFTP_r (rys. 3) wynika, że największy udział ma WFTP_s (53,9%), potem WFTP_z (27,6%), a następnie WFTP_n (18,5%). Gdyby jednak w obliczeniach nie uwzględnić terenów użytkowanych rolniczo w granicach miasta, to udział WFTP_s wyniósłby 68,7%, WFTP_n – 23,6%, a WFTP_z – 7,7%.



Rys. 3. Wartości wskaźnika WFTP wody rzeczywistej we Wrocławiu
Fig. 3. Real Water Footprint (WFTP) of the city of Wrocław

W tabeli 1 zestawiono wartości poszczególnych wskaźników w przeliczeniu na jednego mieszkańca Wrocławia.

Tabela 1. Wartości wskaźnika Water Footprint we Wrocławiu
Table 1. Water Footprint of Wrocław

Wskaźnik	Ilość wody, m ³ /a-os.
WFTP _z	55,17
WFTP _n	36,98
WFTP _s	107,50
WFTP _r	199,65
WFTP _v *	1369,10
WFTP*	1568,75

*wartość oszacowana na podstawie danych dot. Polski [19]

Podsumowanie

Rozpoznanie wartości wskaźników Water Footprint (WFTP) w poszczególnych miastach oraz zestawienie i porównanie danych umożliwi wypracowanie optymalnych długoplanowych strategii modyfikacji systemu oczyszczania i dystrybucji wody oraz oczyszczania i odprowadzania ścieków, uzależnionych od charakterystyki danego miasta, w celu zwiększenia efektywności działania tych systemów. Umożliwi to także racjonalizację zarządzania zasobami wodnymi na terenach zurbanizowanych, a także może przyczynić się do rozwoju i wdrożenia nowych technologii i rozwiązań alternatywnych dla naturalnego cyklu wody.

Zintegrowany sposób zarządzania systemem różniłby się od konwencjonalnego tym, że łączyłby w sobie całą infrastrukturę wodociągowo-kanalizacyjną i optymalizowałaby zużycie energii w oparciu o wskaźniki ilości wody wirtualnej. Ustalone wartości wskaźników WFTP umożliwią porównywanie bilansu wodnego miast w różnych krajach. Powinno się to przyczynić do wypracowania strategii zrównoważonego rozwoju obszarów zurbanizowanych, ze szczególnym uwzględnieniem ochrony zasobów wodnych.

Publikacja jest częścią działań w ramach projektu naukowego URBAN WFTP, współfinansowanego przez Unię Europejską/Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

1. GEO-4 (Global Environment Outlook 4): Environment for Development. UNEP, Genewa 2007.
2. World Urbanization Prospects: The 2011 Revision. United Nations, New York 2012.
3. A.Y. HOEKSTRA [Ed.]: Virtual Water Trade. Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade 2002, Value of Water Research Report Series No. 12. UNESCO-IHE, Delft 2003 (www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf).

4. A.Y. HOEKSTRA, A.K. CHAPAGAIN, M.M. ALDAYA, M.M. MEKONNEN: The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan, London 2011.
5. M.M. ALDAYA, A. GARRIDO, M.R. LLAMAS, C. VARELA, P. NOVO, R. RODRIGUEZ: The water footprint of Spain. *Journal of Sustainable Water Management* 2008, Vol. 3, pp. 15–20.
6. A. SONNENBERG, A. CHAPAGAIN, M. GEIGER, D. AUGUST: The Water Footprint of Germany – Where Does the Water Incorporated in our Food Come From? WWF Germany, Frankfurt am Main 2009.
7. P. van OEL, M. MEKONNEN, A. HOEKSTRA: The external water footprint of the Netherlands: Geographically-explicit quantification and impact assessment. *Ecological Economics* 2009, Vol. 69, No. 1, pp. 82–92.
8. D. VANHAM, G. BIDOGLIO: A review on the indicator water footprint for the EU28. *Ecological Indicators* 2013, Vol. 26, pp. 61–75.
9. F. BULSINK, A. HOEKSTRA, M.J. BOOIJ: The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. *Hydrology and Earth System Sciences* 2010, Vol. 14, No. 1, pp. 119–128.
10. J. LIU, H.H.G. SAVENIJE: Food consumption patterns and their effect on water requirement in China. *Hydrology and Earth System Sciences* 2008, Vol. 12, pp. 887–898.
11. S. VERMA, D.A. KAMPMAN, P. van der ZAAG, A. HOEKSTRA: Going against the flow: A critical analysis of interstate virtual water trade in the context of India's National River Linking Program. *Physics and Chemistry of the Earth* 2009, Vol. 34, pp. 261–269.
12. D. VANHAM: The water footprint of Austria for different diets. *Water Science and Technology* 2013, Vol. 67, No. 4, pp. 824–830.
13. A.Y. HOEKSTRA, M.M. MEKONNEN: The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Science* 2012, Vol. 109, No. 9, pp. 3232–3237.
14. A.Y. HOEKSTRA, A.K. CHAPAGAIN: Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. Blackwell Publishing, Oxford 2008.
15. H. HOFF, P. DOLL, M. FADER, D. GERTEN, S. HAUSER, S. SIEBERT: Water footprints of cities – indicators for sustainable consumption and production. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion* 2013, Vol. 10, pp. 2601–2639.
16. C.L. HUANG, J. VAUSE, H.W. MA, C.P. YU: Urban water metabolism efficiency assessment: Integrated analysis of available and virtual water. *Science of the Total Environment* 2013, Vol. 452–453, pp. 19–27.
17. C.J. van LEEUWEN, J. FRIJNS, A. van WEZEL, F.H.M. van de VEN: City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle. *Water Resources Management* 2012, Vol. 26, No. 8, pp. 2177–2197.
18. Rocznik Statystyczny Wrocławia 2012. Urząd Statystyczny we Wrocławiu (<http://www.stat.gov.pl/wroc/>).
19. M.M. MEKONNEN, A.Y. HOEKSTRA: National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption. Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft 2011.

Fiałkiewicz, W., Burszta-Adamiak, E., Malinowski, P., Kolonko, A. Urban Water Footprint – City Water Management Monitoring and Evaluation System. *Ochrona Środowiska* 2013, Vol. 35, No. 3, pp. 9–12.

Abstract: The paper discusses the problem of increasing population and associated water usage in cities. With this in mind, an attempt was made to use Water Footprint (WFTP) indicator as a tool facilitating decision-making process in order to improve water management in urban areas. A need for preparing water balance analysis of cities was demonstrated and examples of indicators so far developed given, addressing that need. Furthermore, a new term of Urban

WFTP indicator for urban areas was introduced and its justification. Methodological basis and examples of its calculation were provided. Finally, purposefulness of knowledge dissemination was demonstrated regarding urban water balance modeling as well as developing long-term modernization strategies for water supply and sewage systems. This will also enable an increase in water resource management rationalization factor in urban areas, but also will support development and implementation of new technologies and alternative solutions as regards natural water cycle.

Keywords: Water Footprint, urban area, urban water balance.