

Szumińska Danuta, Giętkowski Tomasz, Czapiewski Sebastian. Ocena zmiany warunków hydrologicznych na terenach zurbanizowanych z wykorzystaniem technik GIS = GIS-based assessment of changes related to hydrological conditions in urban areas. *Journal of Education, Health and Sport*. 2015;5(5):173-182. ISSN 2391-8306. DOI [10.5281/zenodo.17494](https://doi.org/10.5281/zenodo.17494)
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%285%29%3A173-182>
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/559397>
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.17494>
Formerly *Journal of Health Sciences*. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011 – 2014
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.

Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.

Zgodnie z informacją MNiSW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.

The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).

© The Author (s) 2015;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium,

provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 15.02.2015. Revised 27.04.2015. Accepted: 08.05.2015.

Ocena zmiany warunków hydrologicznych na terenach zurbanizowanych z wykorzystaniem technik GIS

GIS-based assessment of changes related to hydrological conditions in urban areas

Danuta Szumińska¹, Tomasz Giętkowski, Sebastian Czapiewski

Wydział Kultury Fizycznej, Zdrowia i Turystyki,
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
email: dszum@ukw.edu.pl¹

Streszczenie

W artykule zaprezentowano możliwości wykorzystania technik GIS do przeprowadzenia analizy zmiany warunków hydrologicznych. Badania przeprowadzono na terenie zurbanizowanym, na którym dokonano zmian rzeźby oraz sposobu użytkowania terenu. Spowodowało to pojawieniem się problemów z odwodnieniem terenu, przede wszystkim w czasie wzmożonego zasilania z opadów deszczu i roztopów śniegu. W celu określenia przyczyn występujących problemów porównano rzeźbę terenu oraz wyznaczono kierunki odpływu wód powierzchniowych przed i po zagospodarowaniu działki d (Ryc. 1). Czasochłonne i kosztochłonne badania geologiczne wykonano w minimalnym zakresie (Tab. 1) i zostały one wykorzystane jako informacja uzupełniająca, pozwalająca na ocenę możliwości infiltracji wody w podłoże. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że główne przyczyny problemów z odwodnieniem terenu związane są ze stworzeniem barier w postaci podmurówek ogrodzeń zlokalizowanych prostopadle do kierunków odpływu wody (Fot. 1, Fot. 2). Zmiany rzeźby były w analizowanym przypadku czynnikiem mniej istotnym.

Słowa kluczowe: warunki hydrologiczne, infiltracja, model rzeźby terenu, kierunki odpływu, użytkowanie terenu, tereny zurbanizowane.

Abstract

The paper discusses the possibilities of employing GIS for conducting analysis of changes in hydrological conditions. The study was carried out in an urban area featuring altered relief and use of land. This caused problems with draining the terrain, particularly at times of increased rainwater and meltwater supply. In order to identify the causes of the

occurring problems, we compared land relief prior and after the plot was developed, as well as indicated the directions of surface water runoff (Fig. 1). Time-consuming and expensive geological research activities were restricted to minimum (Tab. 2) and the data thus obtained were used as supplementary information to assess the capacity for water infiltration into the ground. The study enabled us to draw a conclusion that the main cause of the drainage problems is related to the construction of barriers, i.e. fencing base running perpendicular to the direction of water runoff (Photo 1 and 2). The changes in land relief were in this case of lesser importance.

Key words: hydrological conditions, infiltration, digital elevation model, runoff directions, land use, urban areas.

Wstęp

Jednym z obszarów, na których zachodzi bardzo intensywne przekształcanie warunków hydrologicznych są tereny miejskie. Zwiększanie obszaru zabudowy powoduje zmiany sposobu użytkowania terenu, a w konsekwencji także przebiegu procesów hydrologicznych. Najczęściej spotykane przekształcenia dotyczą rzeźby terenu oraz warunków infiltracyjnych, związanych ze sztucznym uszczelnieniem powierzchni terenu (m in., Jankowski, 1988, Gutry-Korycka, 1993, Ciupa, 2008, Barszcz, Banasik, 2008). Powodują one zaburzenie szeregu elementów na przebieg procesów hydrologicznych: intercepcji, retencji powierzchniowej, parowania, kierunków odpływu powierzchniowego. Do najczęściej spotykanych hydrologicznych skutków urbanizacji można zaliczyć przyspieszenie odpływu w czasie wzmożonego zasilania oraz zmniejszenie lub całkowite ograniczenie możliwości infiltracji wody w podłoże.

W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki badań dotyczących zmiany warunków hydrologicznych na terenie miasta Jabłonowo Pomorskie, związane z rozszerzeniem zabudowy mieszkaniowej na obszary użytkowane wcześniej na cele rolnicze. Badany obszar zawiera się w kwadracie o wymiarach 50 m na 70 m i obejmuje powierzchnię 0,35 ha. Przeprowadzone badania miały na celu rozstrzygnięcie sporu, który pojawił się pomiędzy właścicielami działek, a związany był z okresową stagnacją wody, wpływającą niekorzystnie na ich użytkowanie. Wymagało to doboru metod, które w relatywnie szybki sposób pozwolą na uwzględnienie wszystkich elementów mogących wpływać na procesy hydrologiczne.

Metody badań

Podstawą do oceny zmiany warunków hydrologicznych była analiza zmian rzeźby terenu i kierunków odpływu wody. W dniu 23 stycznia 2012 roku przeprowadzono pomiary geodezyjne rzeźby terenu metodą RTK przy zachowaniu dokładności ± 10 mm w poziomie i ± 20 mm w pionie. Pomiary wykonano w obrębie obszaru obejmującego fragmenty pięciu działek geodezyjnych. Opracowano dwa modele rzeźby terenu w programie ArcGis 9.0, pierwszy dla sytuacji aktualnej, drugi przedstawiający obraz rzeźby sprzed zabudowy działek. Na obydwu modelach wyznaczono kierunki odpływu wody.

Uzupełniających informacji na temat możliwości infiltracji wody w trakcie wzmożonego zasilania dostarczyła analiza właściwości infiltracyjnych utworów powierzchniowych. Wykonano ją na podstawie obserwacji terenowych, materiału fotograficznego, sondowań geologicznych oraz badania składu granulometrycznego osadów. W trakcie sondażu geologicznego stwierdzono, że warunki geologiczne na badanym obszarze

są jednorodne, zdecydowano się w związku z tym na pobranie prób do analizy granulometrycznej w jednym reprezentatywnym otworze. Pobrano dwie próbki materiału z głębokości 0,5m i 1m. Próbki poddano analizie granulometrycznej przy pomocy przesiewacza laboratoryjnego AS200 Basic z zestawem sit przystosowanym do przesiewania próbek o frakcji od 4 mm do 0,063 mm. Wyniki analizy zostały poddane obróbce w programie Gradstat 4.0. Obserwacje spływu wody pochodzącej z opadów atmosferycznych i roztopów śniegu wykonano w styczniu i maju 2012 roku.

Warunki spływu wód powierzchniowych

Czynniki determinujące warunki spływu wód powierzchniowych można podzielić na naturalne: opady i temperatura powietrza, rzeźba terenu, budowa geologiczna, roślinność oraz antropogeniczne: użytkowanie terenu i gospodarowanie wodą.

Badany obszar znajduje się na terenie miasta Jabłonowo Pomorskie (powiat brodnicki) i wykazuje generalnie znaczny stopień przekształcenia naturalnych warunków odpływu związany z zabudową i zagospodarowaniem powierzchni terenu. W rozpatrywanym przypadku do zasadniczych elementów, które potencjalnie mogłyby przyczynić się do zmian warunków odwodnienia terenu można zaliczyć: zmiany rzeźby, zmiany budowy geologicznej, uszczelnienie powierzchni terenu, zmianę formy pokrycia terenu, zabudowę elementami infrastruktury kierującymi spływ.

Analizowany teren charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą. Główny południowo-zachodni kierunek odwodnienia związany jest z obecnością zagłębienia o charakterze rynny wykorzystywanego przez ciek Lutrynę. Zagłębienie to zlokalizowane jest na zachód od analizowanego obszaru. W sąsiedztwie znajduje się jednak lokalne niewielkie zagłębienie, które zostało pogłębione i jest wykorzystywane jako staw (Ryc. 1). Obecność zagłębienia, które może stanowić odbiornik wód opadowych i roztopowych z otaczających obszarów jest korzystne i powinno być wykorzystane w planowaniu systemu odwodnienia terenu.

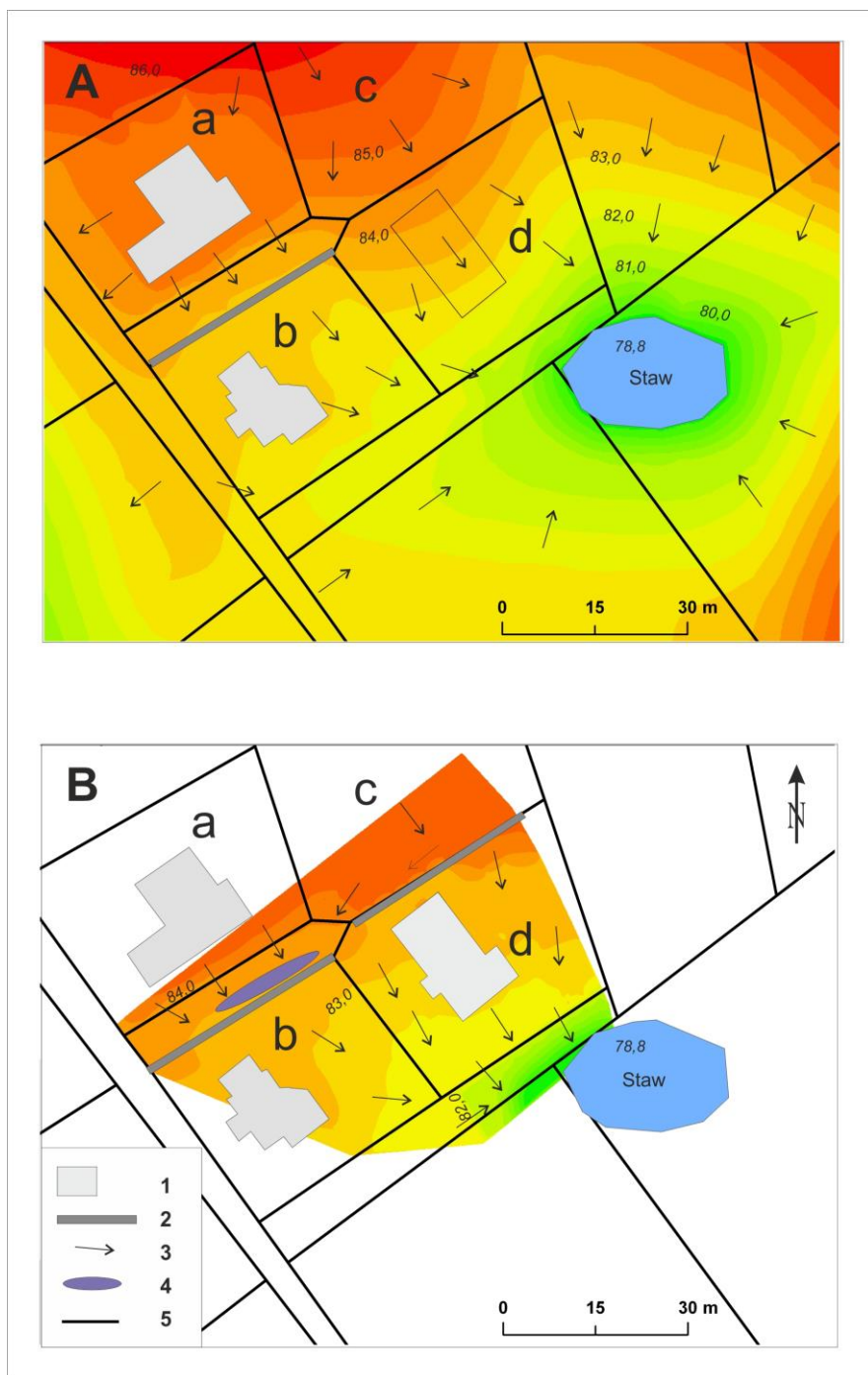
Na rycinie 1 przedstawiono kierunki spływu wód powierzchniowych wynikające ze stosunków wysokościowych. Pierwszym etapem zmiany użytkowania terenu rolniczego było wybudowanie budynków jednorodzinnych na działkach oznaczonych symbolami a i b (Ryc. 1A). Kolejnym etapem było wybudowanie budynku jednorodzinnego na działce oznaczonej symbolem d. Przed realizacją zabudowy, gdy teren ten użytkowany był na cele rolnicze, woda pochodząca z opadów atmosferycznych częściowo wsiąkała w podłoże, a częściowo powierzchniowo odpływała wraz ze spadkiem terenu w kierunku lokalnego zagłębienia (obecnie stawu).

Budowę geologiczną badanego obszaru przeanalizowano na podstawie sondażowych wierceń i wyników analizy granulometrycznej. Pobrane próbki zostały sklasyfikowane jako piasek pylasty. W obydwu próbkach dominuje frakcja piasku drobnego i bardzo drobnego, które łącznie stanowią około 70% - 80% masy całej próbki (Tab. 1). Znaczny jest też udział frakcji pylastej i wynosi on 11% w próbce nr 1 (pobranej z głębokości 0,5m) i 22% w próbce nr 2 (pobranej z głębokości 1m). Przeprowadzone badania wskazują, że utwory powierzchniowe badanego terenu wykazują średnią lub słabą klasę przepuszczalności utworów powierzchniowych (Drwal i in., 1996). Należy przyjąć zatem, że przy dużym natężeniu opadu bądź roztopów infiltracja wody może być znacznie utrudniona.

Tab. 1. Skład granulometryczny próbek pobranych w otworze reprezentatywnym dla analizowanego obszaru

Table 1. Granulometric composition of samples collected at a representative borehole in the study area

	Próbka nr 1	Próbka nr 2
% GRAVEL:	0,0%	0,0%
% SAND:	89,0%	77,5%
% MUD:	11,0%	22,5%
% V COARSE GRAVEL:	0,0%	0,0%
% COARSE GRAVEL:	0,0%	0,0%
% MEDIUM GRAVEL:	0,0%	0,0%
% FINE GRAVEL:	0,0%	0,0%
% V FINE GRAVEL:	0,0%	0,0%
% V COARSE SAND:	0,0%	0,0%
% COARSE SAND:	0,0%	0,0%
% MEDIUM SAND:	6,2%	5,1%
% FINE SAND:	52,2%	32,1%
% V FINE SAND:	30,6%	40,3%
% V COARSE SILT:	11,0%	22,5%
% COARSE SILT:	0,0%	0,0%
% MEDIUM SILT:	0,0%	0,0%
% FINE SILT:	0,0%	0,0%
% V FINE SILT:	0,0%	0,0%
% CLAY:	0,0%	0,0%



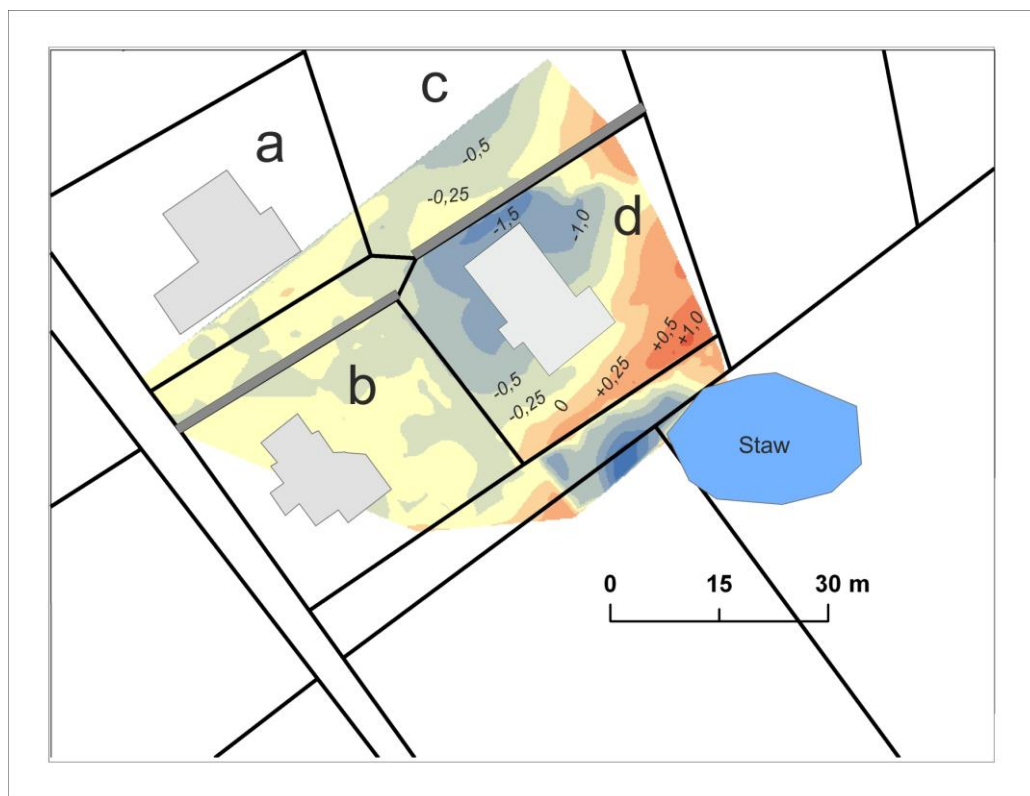
Ryc. 1. Rzeźba terenu badanego obszaru oraz kierunki odpływu wód opadowych i roztopowych, A. przed zmianą użytkowania działek c i d, B. po zmianie użytkowania działek c i d. (opracowano na podstawie pomiarów własnych oraz Mapy topograficznej w skali 1:10000 arkusz 345.422): 1. budynki, 2. betonowa podmurówka ogrodzenia, 3. kierunki spływu wód powierzchniowych, 4. miejsce gromadzenia się wody opadowej, 5. granice działek.

Fig. 1. Land relief in the study area along with rainwater and meltwater runoff directions, A. prior to changes in the use of plot c and d, B. after changes in the use of plot c and d. (prepared on the basis of own surveys and the topographic map at the scale of 1:10000, sheet 345.422): 1. buildings, 2. concrete fencing base, 3. directions of surface water runoff, 4. site of rainwater accumulation, 5. plot boundaries.

Wpływ zabudowy mieszkaniowej na warunki dopływu powierzchniowego

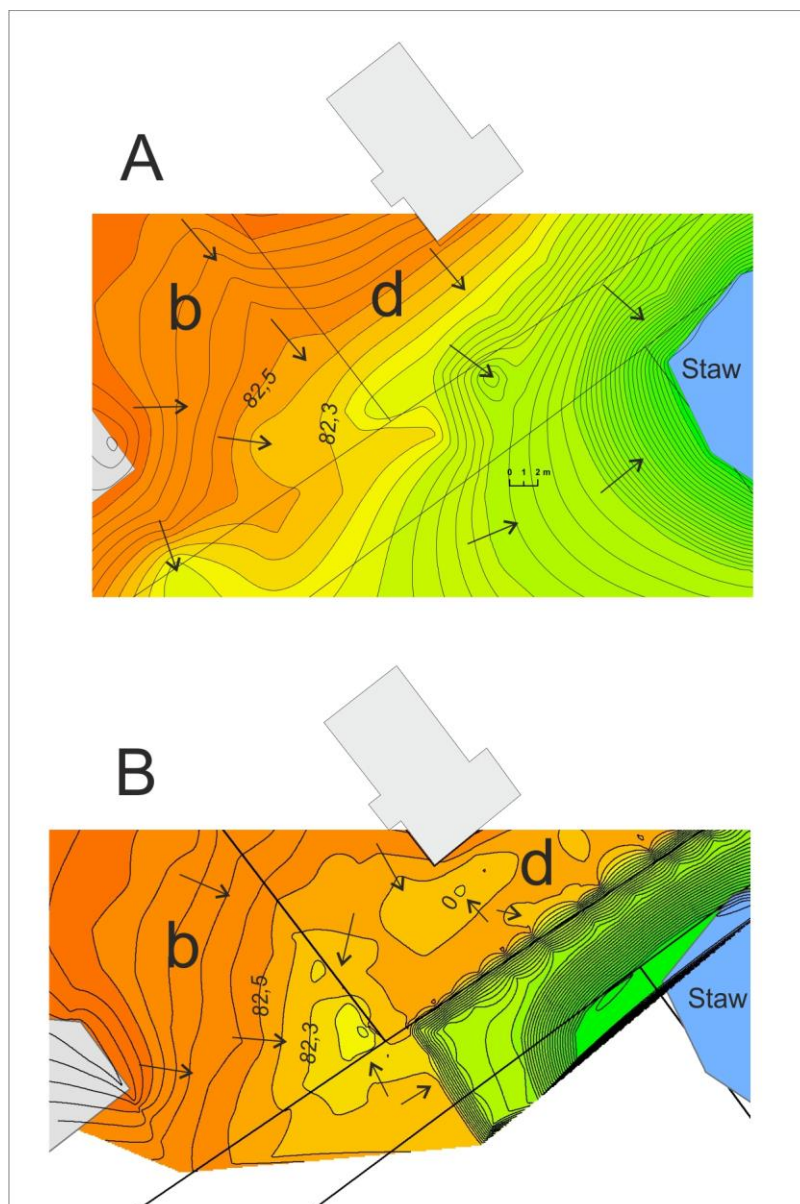
W trakcie zagospodarowania działek wykonano prace, które spowodowały zmianę ukształtowania powierzchni terenu. Największe zmiany zostały wprowadzone w części południowo-wschodniej analizowanego obszaru, gdzie powierzchnię wyrównano, w celu stworzenia płaskiego tarasu pod budowę domu (działka d, Ryc. 2 i 3). Podobne zmiany, jednak w mniejszym zakresie przeprowadzono na działce oznaczonej symbolem b. Jednocześnie na północnej granicy obydwu działek wybudowano szczelne ogrodzenia, które uniemożliwią odpływ wody w kierunku wyznaczonym naturalnie przez spadek terenu (Ryc. 1 A i B, Fot. 1 i 2). Zagospodarowanie pozostałych działek sprzyja koncentracji wody opadowej. Działka c wykorzystywana jest jako plac postojowy dla samochodów ciężarowych, a działka znajdująca się pomiędzy zabudowanymi działkami a, b i d oraz placem postojowym - c służy jako droga dojazdowa.

Z porównania rzeźby terenu sprzed zabudowy i aktualnej rzeźby wynika, że powierzchnię najpóźniej zabudowanej działki d wyrównano poprzez wybranie materiału z jej części północnej (maksymalnie 1,74 m) i nadbudowanie fragmentu zlokalizowanego na granicy z zagłębieniem wykorzystywanym jako staw (Ryc. 2). Najwięcej, bo o ponad metr nadbudowano południowo-wschodni narożnik działki. Efektem zmian rzeźby jest zwiększenie spadku zbocza skierowanego w stronę zagłębienia ze stawem. Uzyskana w ten sposób krawędź terenowa pokrywa się z granicą działek.



Ryc. 2. Zmiany rzędnych terenu związane z pracami ziemnymi przeprowadzonymi w związku z zabudową działek: kolor żółty i niebieski - teren obniżony, kolor czerwony - teren podniesiony, wartości izolinii - zmiana rzędnych w metrach (opracowano na podstawie pomiarów własnych oraz Mapy topograficznej w skali 1:10000 arkusz 345.422).

Fig. 2. Terrain elevation changes related to earth works conducted for the purpose of plots development: yellow and blue – lowered; red – elevated; contour line value – elevation change in meters (prepared on the basis of own surveys and the topographic map at the scale of 1:10000, sheet 345.422).



Ryc. 3. Zmiany rzeźby w rejonie południowej części granicy pomiędzy działkami b i d. A – sytuacja przed zabudową działki d, B – sytuacja po zagospodarowaniu działki d.

Fig. 3. Changes in land relief at the southern part of the boundary between plot b and d. A – prior to the development of plot d, B – after the development of plot d.

W wyniku zmian relacji wysokościowych nastąpiło lokalne odwrócenie kierunku odpływu wody opadowej (Ryc. 3) i powstały warunki do okresowej stagnacji wody w niewielkich zagłębieniach terenu. Większe z obniżeń, zlokalizowane na działce b ma głębokość nie przekraczającą 0,2 m i średnicę około 5 m. Woda zbiera się w nim na krótki czas, wtedy gdy przemarznęty grunt uniemożliwia wsiąkanie i jej odpływ podpowierzchniowy do zagłębienia ze stawem.

Największe problemy związane z odpływem wód opadowych i roztopowych pojawiają się w miejscach, gdzie odpływ zgodny ze spadkiem terenu uniemożliwiono poprzez wybudowanie betonowych podmurówek do ogrodzeń działek (Ryc. 1 i 2). Stanowią one barierę dla swobodnego, zgodnego ze spadkiem terenu, spływu wody. W czasie wzmożonego zasilania opadowego lub roztopów, woda odpływa z placu postojowego w kierunku południowo-zachodnim i gromadzi się na działce użytkowanej jako droga dojazdowa (Fot. 2),

an granicy z działką oznaczoną na rycinie 1 symbolem b w takiej ilości, że jest konieczne jej odpompowanie.

Przed wprowadzeniem zabudowy mieszkaniowej konieczność odprowadzenia nadmiaru wód opadowych i roztopowych występowała sporadycznie w trakcie opadów nawalnych i gwałtownych roztopów śniegu.



Fot. 1. Zmiana zagospodarowania terenu: wykonanie tarasu w celu budowy domu oraz ogrodzenia uniemożliwiającego spływ wody w stronę naturalnego zagłębienia terenu.

Photo. 1. Changes in land use: a terrace prepared for the construction of a house and fence, which prevents free water runoff towards the natural depression



Fot. 2. Skoncentrowany spływ wody wzdłuż fragmentu terenu wykorzystywano jako droga dojazdowa bez właściwego odwodnienia

Photo. 2. Accumulated water runoff along the plot fragment used as access road – lack of proper drainage

Podsumowanie i dyskusja

Zmiana użytkowania terenu w obrębie obszarów zurbanizowanych powoduje przekształcenia warunków hydrologicznych. W przypadku potrzeby określenia kierunku tych zmian na relatywnie niewielkich obszarach dobre wyniki daje zastosowanie narzędzi GIS. Pozwalają one na szybką identyfikację miejsc, na których mogą wystąpić problemy z odwodnieniem terenu. Prezentowane wyniki zostały uzyskane przez porównanie numerycznych modeli rzeźby terenu wykazujących różną dokładność danych wyjściowych. Pomimo tego ograniczenia obydwie modele, pierwszy wykonany na podstawie mapy w skali 1:10000 oraz drugi wykonany na podstawie pomiarów GPS RTK, wykazują dobre dopasowanie i zgodność rzędnych terenu w najmniej przekształconych fragmentach badanego obszaru (Ryc. 3).

Wyniki badań wskazują, że istotne znaczenie w kształtowaniu warunków odpływu mają wszelkie bariery utrudniające odpływ, nawet kilkunastocentymetrowej wysokości podmurówki ogrodzeń działek. Niekorzystne dla utrzymania warunków umożliwiających infiltrację wody jest także niezgodne z ewidencją gruntów i budynków użytkowanie działek jako droga dojazdowa i plac postojowy, bez zaplanowania odpowiedniego odwodnienia dla tego typu obiektów. W związku z aktualnym sposobem wykorzystania powierzchni na tym terenie jest pozbawiona roślinności i ubita. W sytuacji gwałtownej dostawy wody i niemożliwości jej infiltracji uruchamiany jest spływ powierzchniowy.

Przeanalizowane materiały wskazują, że w trakcie zmian użytkowania i zabudowy całego terenu zajętego przez działki pochodzące z podziału pierwotnej działki rolnej, nie zaplanowano spójnego systemu odwodnienia, niezbędnego ze względu na znaczne spadki terenu oraz nie sprzyjającą infiltracji budowę geologiczną. W sytuacji gdy teren wykorzystywany był do działalności rolnej, następował naturalny spływ wody do zagłębień terenu, a w sezonie wegetacyjnym woda zatrzymywana i częściowo wykorzystywana była przez rośliny.

Literatura

- Barszcz M., Banasik K., 2008, The analysis of flood phenomenon in urbanized catchment - Sluzew Creek case study (Suburb of Warsaw), [w:] Chełmicki W., Siwek J., [eds.) XII Biennial International Conference "Hydrological extremes in small basins" Euromediterranean Network of Representative and Experimental Basins, Cracow, Jagiellonian University Institute of Geography and Spatial Management, 25.
- Ciupa T., 2008, Wpływ uszczelnienia zlewni na sezonowe zróżnicowanie odpływu rzeczno-ego na przykładzie Silnicy i Sufragańca, [w:] A.T Jankowski, D. Absalon, R. Machowski, M. Ruman (red.),
- Drwal J., Jankowski A.T., Kaniecki A., Michalczyk Z., 1996, Wytyczne techniczne K-3.4., Mapa Hydrograficzna w wersji analogowej i cyfrowej w skali 1:50000, Państw. Służba Geodez. i Kart., Warszawa.
- Gutry-Korycka M., 1993, Wpływ urbanizowania i uprzemysławiania, [w:] Dynowska I. (red.), Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych, UJ, Kraków, z. 37, s. 21-34.

Jankowski A.T., 1988, Wpływ przemysłu i urbanizacji na zmiany odpływu Rawy (próba oceny), [w:] Dynowska I. (red.), Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski, Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN, 4, Wrocław, 51-63.

Mapa topograficzna w skali 1:10000, arkusz 345.422.