

Mariusz Sojka, Sadżide Murat-Błażejewska, Rafał Wróżyński

OCENA ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO W ZLEWNI RZEKI MAŁEJ WEŁNY

ASSESSMENT OF FLOOD RISK IN THE MAŁA WEŁNA CATCHMENT

Streszczenie

Celem pracy było oszacowanie zagrożenia powodziowego w zlewni rzeki Małej Wełny na odcinku od wypływu z Jeziora Gorzuchowskiego do przekroju Kiszkowo jaz nr 1 (Brudzewko). Podstawą określenia przepływów maksymalnych rzeki Małej Wełny, o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, 1% i 0,2%, były przepływy uzyskane z roczników hydrologicznych z lat 1965–1975 i 1978–1983 oraz własne pomiary prowadzone w latach 2000–2009 w profilu Kiszkowo. Przepływy prawdopodobne obliczono według metody IMGW, gdzie prawdopodobieństwo przewyższenia przepływu maksymalnego rocznego obliczono jako prawdopodobieństwo alternatywy dwóch niewykluczających się zdarzeń niezależnych. Następnie wprowadzono je do modelu hydraulicznego RUBiKoN, za pomocą którego obliczono rzędne zwierciadła wody, które naniesiono na profil podłużny badanej rzeki. Numeryczny model powierzchni doliny rzeki został opracowany na podstawie numerycznych map topograficznych w skali 1:10 000 za pomocą programu komputerowego ArcGIS z rozszerzeniem Spatial i 3D Analyst. Rzędne zwierciadła wody oraz trójwymiarowy model powierzchni terenu pozwoliły ustalić obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia podtopienia jest niskie (wynosi raz na 500 lat), średnie (raz na 100 lat) i wysokie (raz na 10 lat).

Słowa kluczowe: zlewnia nizinna, numeryczny model terenu, modelowanie hydrologiczne, ryzyko powodziowe

Summary

The aim of this paper was assessment of flood risk in the catchment of the Mała Wełna River on the reach from Gorzuchowskie lake to Kiszkowo weir No 1 (Brudzewko). The annual maximum discharges with given probability of exceed-

ance 10%, 1% i 0,2% were calculated on the basis of data obtain from the Polish hydrological year-books: 1965-1975 and 1978-1983, and own data for the period 2000-2009. The maximum annual discharges were calculated on Institute according to the Meteorology and Water Management (IMGW) method, where the distribution of probability of exceedance of the annual maximum floods is calculated as the probability of alternative of two non-eliminated independent events. The maximum annual discharges with given probability were inputted to RUBiKoN hydraulic model, which allow to calculated localization of points of the highest water level on the cross-section of Mała Wełna river channel. Digital elevation model of the river valley were performed on the basis of topographic maps in the scale 1:10 000 with use of ArcGIS program with Spatial and 3D extension. Water levels in cross-sections and digital elevation model allow to establish the area where the flood risk probability is low (one on 500 years), medium (one on 100 years) and high (one on 10 years).

Key words: lowland catchment, digital elevation model, hydrologic modeling, flood risk

WSTĘP

W Polityce Ekologicznej Państwa na lata 2009–2012 z perspektywą do roku 2016 planuje się w trybie pilnym wdrożyć do polskiego prawa zasady obowiązujące w Dyrektywie 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim. Ma to na celu ograniczanie negatywnych konsekwencji zjawisk powodziowych dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej, poprzez ocenę ryzyka powodziowego i zarządzanie nim. Zobowiązuje to kraje członkowskie do opracowania wstępnej oceny ryzyka powodziowego, map zagrożenia i ryzyka powodziowego oraz opracowania planów zarządzania ryzykiem powodziowym.

Przyjęta przez Komisję Europejską Dyrektywa INSPIRE (*The Infrastructure for Spatial Information in Europe*) ma przede wszystkim zwiększyć i udoskonalić dostępność danych przestrzennych dla podejmowania decyzji dotyczących rolnictwa, środowiska i transportu. Tak zgromadzone dane mogą być wykorzystywane do wykonywania analiz przestrzennych za pomocą systemów informacji przestrzennej GIS (*Geographic Information System*). Jednym z takich przykładów może być zastosowanie systemów GIS do wyznaczania zakresu zalewów powodziowych, gdzie łączy się możliwości modelu matematycznego propagacji fali wezbraniowej z cyfrowym modelem rzeźby terenów zalewowych.

Wyznaczenie obszarów potencjalnie narażonych na zalanie jest podstawą działań z zakresu ochrony przeciwpowodziowej, na których należy prowadzić określoną gospodarkę dotyczącą użytkowania ziemi i budownictwa. Wyeliminowanie powodzi jest niemożliwe, gdyż nie jest wykonywalne kontrolowanie

zjawisk atmosferycznych, można natomiast ograniczyć wielkość strat spowodowanych powodzią. Na zmniejszenie strat powodziowych można wpływać poprzez rozwiązania techniczne i nietechniczne [Czamara i in. 2009].

CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Celem pracy jest określenie zagrożenia powodziowego występującego w zlewni przy przejściu wód wielkich o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, 1% i 0,2% poprzez wyznaczenie stref zalewowych oraz wskazanie działań, które mogą ograniczyć ryzyko wystąpienia powodzi i zmniejszyć ich niekorzystne skutki.

Zakres pracy obejmował następujące zadania:

- scharakteryzowanie warunków fizjograficznych i hydrometeorologicznych w zlewni,
- opracowanie numerycznego modelu doliny rzecznej na badanym odcinku za pomocą programu ArcGIS,
- opracowanie charakterystyki fizjograficznej doliny rzecznej na analizowanym odcinku,
- obliczenia przepływów maksymalnych o prawdopodobieństwach przewyższenia 10%, 1% i 0,2%,
- identyfikację hydraulicznych parametrów koryta cieku na podstawie własnych pomiarów hydrometrycznych wykonanych w terenie,
- obliczenia hydrauliczne układu zwierciadła wody dla określonych przepływów maksymalnych, z uwzględnieniem istniejącej zabudowy hydrotechnicznej przy wykorzystaniu programu komputerowego RUBiKoN,
- wyznaczenie zasięgu stref zalewowych przy przepływach 10%, 1% i 0,2% przy wykorzystaniu programu ArcGIS z rozszerzeniem Spatial i 3D Analyst.

Charakterystykę fizjograficzną zlewni wykonano na podstawie numerycznych map topograficznych w skali 1:10 000 i 1:50 000 oraz map hydrograficznych i sozologicznych w skali 1:50 000.

Katedra Melioracji Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prowadzi kompleksowe badania zasobów wodnych w zlewni Małej Wełny od roku 2000. Badania te obejmowały m. in. codzienne pomiary stanów wody w profilu Kiszkowo oraz comiesięczne pomiary hydrometryczne w ośmiu przekrojach wzdłuż biegu rzeki Małej Wełny. Prowadzone są także comiesięczne pomiary stanów wody w jeziorach, przez które przepływa rzeka oraz w stawach rybnych w Kiszkowie, zasilanych wodami rzeki.

Warunki meteorologiczne w zlewni w latach 1965–1999 scharakteryzowano na podstawie danych ze stacji IMGW w Gnieźnie, a w latach 2000–2009 z własnej stacji opadowej w Kiszkowie, sporządzono krzywą prawdopodobieństwa rocznych sum opadów atmosferycznych. Natężenie przepływu w profilu

Kiszkowo obliczono na podstawie własnych wyników pomiarów hydrometrycznych i obserwacji stanów wody w latach 2000–2009 oraz metodą podobieństwa hydrologicznego w wieloletniach 1965–1975 z profilu Skoki i 1978–1983 z profilu Owcze Głowy.

Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, 1% i 0,2% obliczono metodą IMGW, gdzie prawdopodobieństwo przewyższenia przepływu maksymalnego rocznego oblicza się jako prawdopodobieństwo alternatywy dwóch niewykluczających się zdarzeń niezależnych. W obliczeniach uwzględniono błąd obliczeń, przyjmując jako miarodajny Q_{\max} wartość na górnej granicy obszaru niepewności. Do wyznaczenia oporów w korycie głównym zastosowano formułę Manninga, określono podstawowe parametry przepływu w profilach kontrolnych (pole przekroju poprzecznego, spadek hydrauliczny, promień hydrauliczny oraz natężenie przepływu). Charakterystykę geometryczną ośmiu przekrojów obliczeniowych wykonano na podstawie sondowania dna w pionach pomiarowych rozmieszczonych co 0,5 m.

Zasięg stref wyznaczono, określając położenie punktów o maksymalnej wysokości zwierciadła wody w przekrojach poprzecznych koryta rzeki Małej Wełny na odcinku od wypływu z Jeziora Gorzuchowskiego do profilu Kiszkowo jaz nr 1 (Bruzewko), według metodyki zaproponowanej przez [Radczuk i in. 2001].

Wartości przepływów maksymalnych o założonym prawdopodobieństwie przewyższenia, rzędne ośmiu przekrojów poprzecznych wzdłuż biegu rzeki i współczynniki szorstkości stanowiły dane wejściowe do programu komputerowego RUBiKoN, opracowanego w Katedrze Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu [Wosiewicz 1993]. Program RUBiKoN przeznaczony jest do obliczeń rzędnych zwierciadła wody i innych charakterystyk przekroju w wielodzielnych korytach rzecznych, przy założeniu ruchu ustalonego wolnozmiennego z możliwością uwzględniania zabudowy mostami, jazami i progami.

Numeryczny model doliny rzecznej na odcinku od przekroju Zakrzewo do przekroju Kiszkowo jaz opracowano na podstawie cyfrowych map topograficznych w skali 1:10 000 udostępnionych przez Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Poznaniu. Numeryczny model doliny rzecznej, osiem przekrojów poprzecznych koryta rzeki i doliny zalewowej wraz z rzędnymi zwierciadła wody w korycie z programu RUBiKoN pozwoliły na wyznaczenie zasięgu stref zalewowych przy przepływach maksymalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, 1% i 0,2%.

WYNIKI BADAŃ

Rzeka Mała Wełna jest lewobrzeżnym dopływem rzeki Wełny, w systemie kodowania jednostek hydrograficznych otrzymała kod 1866 [Czarnecka 2005]. Na odcinku od wypływu z jeziora Gorzuchowskiego do dopływu z Rejowca,

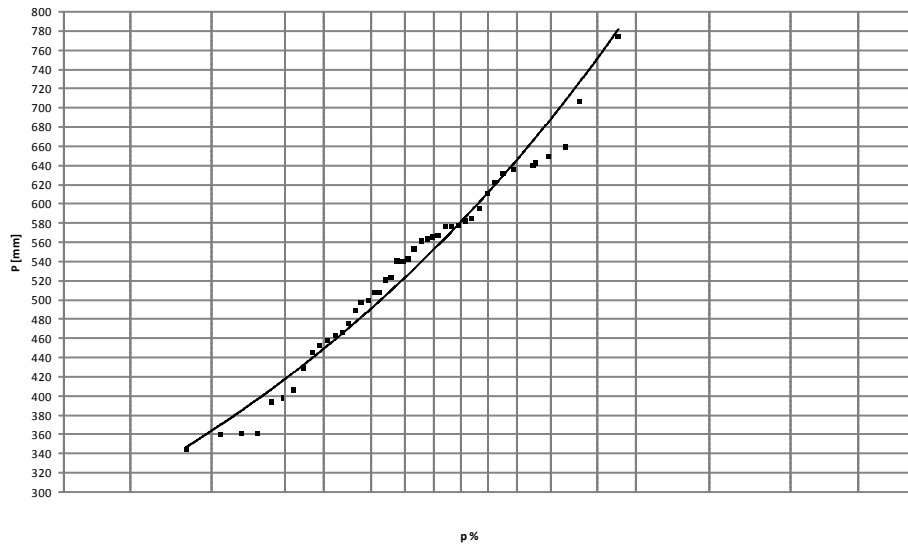
Mała Wełna jest rzeką będącą pod wpływem procesów torfotwórczych [Raport 2005]. Długość rzeki do przekroju Kiszkowo wynosi 45,3 km, a powierzchnia zlewni – 342 km². Dolina rzeki ma charakter rynny polodowcowej, spadki poprzeczne w górnej części zlewni są znaczne i przekraczają miejscami 300%. Pozostały obszar to płaska lub falista wysoczyzna morenowa o spadkach od 5–30%. Rzeką od źródeł do przekroju Kiszkowo pokonuje różnice wysokości 26,5 m, co daje spadek podłużny rzeki równy 0,56‰.

Rzeka przepływa przez 8 jezior o sumarycznej powierzchni 392,8 ha, zaś całkowita powierzchnia wód stojących na badanym obszarze liczy 799,6 ha. Wzdłuż biegu rzeki usytuowanych jest dziewięć urządzeń piętrzących (5 zastawek i 4 jazy). W Kiszkanie znajduje się kompleks stawów rybnych o całkowitej powierzchni 224 ha zasilany wodami rzeki Małej Wełny, obecnie użytkowane jest 112 ha. W trakcie budowy stawów rybnych w latach 1986–1989 przełożono koryto rzeki na odcinku od 42+70 km do 46+85 km poza groble stawów i obwałowano je. Przełożone koryto zabudowano dwoma dwuprzęsłowymi jazami zasuwowymi, które zlokalizowane są w odległości 800 m od siebie. Od strony północnej, na zewnątrz przełożonego koryta rzeki znajduje się rów odwadniający „A”, który zbiera wodę z przesiąków przez groble cofkowe rzeki i wodę odpływającą z przyległych do rowu terenów. Od strony południowej znajduje się rów „B”, który jest odbiornikiem wody przesiąkającej przez groble stawów i wody odpływającej ze stawów. Przełożenie rzeki Mała Wełna poza teren stawów oraz wykonanie rowu „A” i „B” pozwoliło, co prawda, na niezależne napełnianie i opróżnianie stawów, ale spowodowało dość duże zaburzenia stosunków wodnych w tym obszarze.

Szczegółowej analizie poddano odcinek doliny rzeki od wypływu z Jeziora Gorzuchowskiego do profilu Kiszkowo – jaz nr 1 (Brudzewko). Długość odcinka wynosi 9,24 km, a spadki podłużne zwierciadła wody na odcinku są zróżnicowane od wypływu z jeziora Gorzuchowskiego do profilu Myszki wynoszą 0,275‰, natomiast od profilu Myszki do jazu nr 1 w Brudzewku wynoszą 0,08‰.

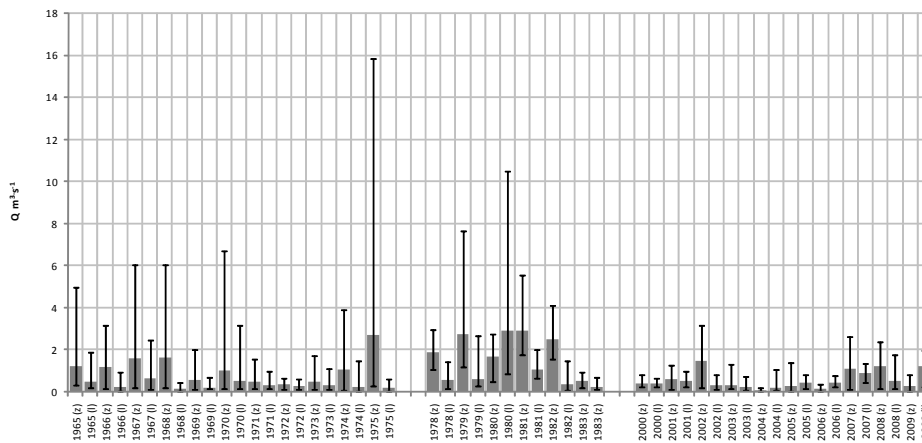
Analiza warunków meteorologicznych w badanej zlewni została wykonana na podstawie rozkładu prawdopodobieństwa rocznych sum opadów atmosferycznych w wieloleciu 1965–2009, w którym średni roczny wskaźnik opadu nie skorygowanego wyniósł 530 mm, w tym w półroczu zimowym 214 mm, a w półroczu letnim 332 mm. Najwyższy opad zanotowano w roku 1967 – 774 mm (prawdopodobieństwo wystąpienia wraz z wyższymi $p = 2,2\%$), a najniższy w roku 2003 – 345 mm ($p = 97,8\%$) (rys. 1).

Średnie roczne przepływy w poszczególnych okresach były zróżnicowane i wynosiły $0,734 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $1,505 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i $0,568 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ – odpowiednio w latach 1965–1975, 1978–1983 i 2000–2009. Również w półroczach hydrologicznych obserwowano duże zmienność przepływów charakterystycznych (rys. 2).



Rysunek 1. Rozkład prawdopodobieństwa rocznych sum opadów atmosferycznych w zlewni rzeki Małej Wełny w latach 1965–2009

Figure 1. Probability curve of the precipitation sums in the catchment of the Mała Wełna River in the 1965–2009



Rysunek 2. Półroczne przepływy charakterystyczne rzeki Małej Wełny w profilu Kiszkowo w wieloletniach 1965–1975, 1978–1983 i 2000–2009

Figure 2. Half-year characteristic flows of the Mała Wełna River at Kiszkowo cross-section in multiyears 1965–1975, 1978–1983 and 2000–2009

Analiza półrocznych przepływów maksymalnych wykazała, że w wieloletniach 1965–1975 i 1978–1983 najwyższe przepływy notowano w półroczach zimowych z wyjątkiem roku 1980, w którym przepływ maksymalny wynoszący $10,491 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ obserwowano w półroczu letnim. Nieco odmienną sytuację zaobserwowano w wieloletniu 2000–2009, w którym aż w trzech latach (2004, 2006 i 2009) maksymalne przepływy zanotowano w letnich półroczach hydrologicznych (rys. 2). Średnie wysokie przepływy charakterystyczne w półroczach zimowych były od 1,3 do 3,7 razy wyższe niż w półroczach letnich (tab. 1).

Tabela 1. Półroczne wysokie przepływy charakterystyczne rzeki Małej Włeny w profilu Kiszkowo w okresie 1965–2009

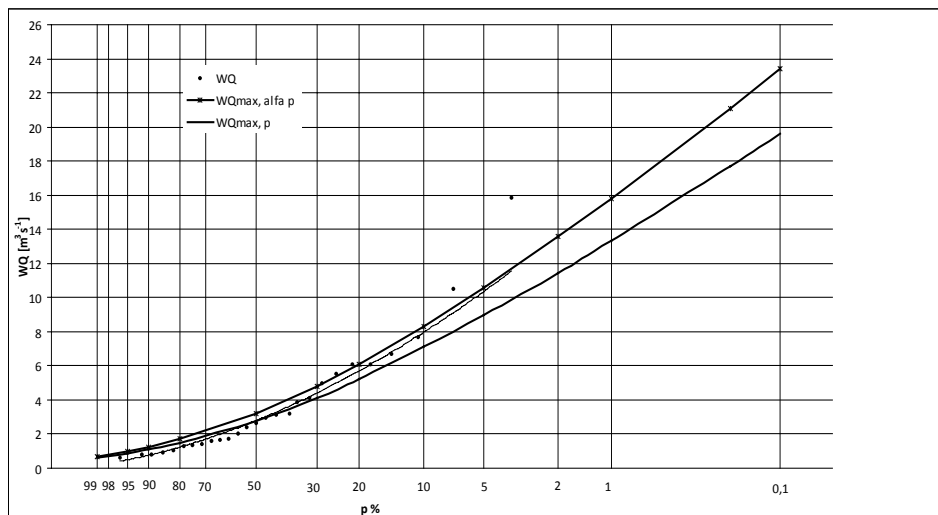
Table 1. Half-years high characteristic discharges of the Mała Włena River at Kiszkowo cross-section in the 1965–2009

	1965–1975		1978–1983		2000–2009		1965–2009	
	XI–IV	V–X	XI–IV	V–X	XI–IV	V–X	XI–IV	V–X
NWQ	0,638	0,446	0,944	0,692	0,188	0,668	0,188	0,446
SWQ	4,790	1,310	4,000	3,100	1,440	1,090	3,372	1,632
WWQ	15,848	3,155	7,658	10,491	3,183	1,953	15,848	10,491

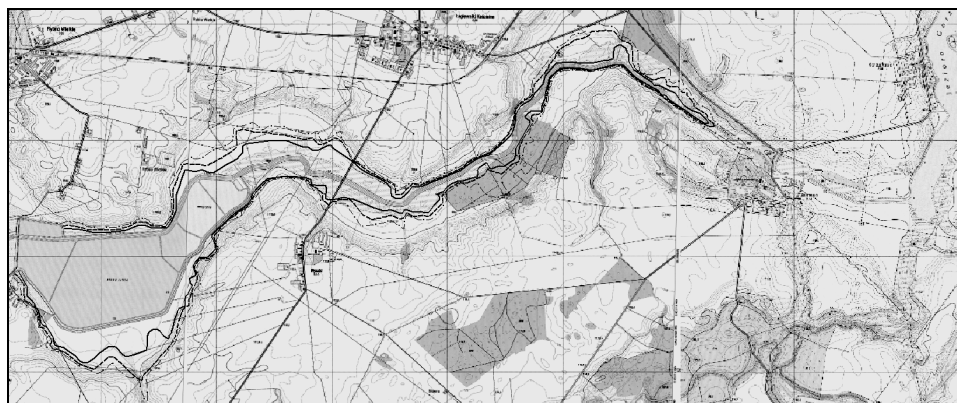
Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, 1% i 0,2% obliczono metodą IMGW na podstawie przepływów maksymalnych półrocznych, gdzie ostatecznie prawdopodobieństwo przewyższenia przepływu maksymalnego rocznego obliczono jako prawdopodobieństwo alternatywy dwóch niewykluczających się zdarzeń niezależnych (rys. 3). Przeprowadzone obliczenia wykazały, że najlepiej dopasowanymi rozkładami według testu Kołmogorowa i kryterium informacyjnego AKAIKE (ACI) były odpowiednio rozkład Gamma w zimowym półroczu hydrologicznym ($D_{\max} = 8,50\%$, $ACI = 131,60$) oraz rozkład log-Gamma w półroczu letnim ($D_{\max} = 8,83\%$, $ACI = 70,21$).

Roczne przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przekroczenia 10%, 1% i 0,2% wynosiły odpowiednio $7,10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $13,31 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i $17,69 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Do modelu RUBiKoN wprowadzono jako miarodajne $Q_{\max p}$ wartość przepływów z górnej granicy obszaru niepewności, które wcześniej przeliczono metodą analogii hydrologicznej z profilu wodowskazowego Kiszkowo zamykającego zlewnie o powierzchni 341 km^2 na profil Kiszkowo – jaz nr 1 (Brudzewko).

Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 1 i 3% z przekroju Kiszkowo (Brudzewko) jaz nr 1, rzędne doliny rzecznej w przekrojach Zakrzewo, Myszki i Kiszkowo (Brudzewko) jaz nr 1, współczynniki szorstkości oraz spadek podłużny koryta rzeki zostały wprowadzone do programu komputerowego RUBiKoN. Uzyskane rzędne zwierciadła w ośmiu profilach rzeki naniesiono na opracowany profil podłużny rzeki Małej Włeny na odcinku od wypływu z jeziora Gorzuchowskiego do profilu Kiszkowo – jaz nr 1 (Brudzewko).



Rysunek 3. Krzywa prawdopodobieństwa przewyższenia maksymalnych przepływów rzeki Małej Wełny w przekroju Kiszkowo
Figure 3. Probability curve of the maximum annual discharge for Mała Wełna River at Kiszkowo gauge



Rysunek 4. Zasięg stref zalewowych przy przejściu wód wielkich o prawdopodobieństwie przewyższenia 10, 1 i 0,2%
Figure 4. Range of flood area by appearance of annual maximum discharges with given probability of exceedance 10%, 1% i 0,2%

Pozwoliło to na wyznaczenie miejsc, w których rzędne zwierciadła wody przy przepływach o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, 1% i 0,2% przewyższają rzędne brzegów rzeki. Następnie rzędne naniesiono na numeryczny model doliny rzecznej, który został wygenerowany przy użyciu programu ArcGIS firmy ESRI na podstawie topograficznych map rastrowych w skali 1:10 000 udostępnionych przez Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Poznaniu. Arkusze poddane zostały procesowi scalania. Wykonane zostały szczegółowe pomiary geodezyjne w terenie za pomocą GPS-u w celu wyznaczenia rzędnych w ośmiu przekrojach poprzecznych rzeki i doliny zalewowej. Mapy zostały przetworzone do formatu GRID i TIN, dzięki czemu uzyskany został w pełni trójwymiarowy model fragmentu zlewni Małej Wólnej obejmujący badany odcinek. Powyższe wartości umożliwiły wygenerowanie w programie ArcGIS stref zalewowych (rys. 4).

Określone zostały strefy zalewowe w przypadku wystąpienia wody 10, 1 i 0,2%:

– 10% – obszar zalewu: 5,36 km² – w tym 2,30 km² po prawej stronie rzeki i 3,06 km² po lewej stronie rzeki,

– 1% – obszar zalewu: 6,19 km² – w tym 2,75 km² po prawej stronie rzeki i 3,44 km² po lewej stronie rzeki,

– 0,2% – obszar zalewu: 6,77 km² – w tym 3,02 km² po prawej stronie rzeki i 3,75 km² po lewej stronie rzeki,

W przypadku powodzi zagrożone są głównie łąki, pola uprawne, jednak przy przepływach o prawdopodobieństwie przewyższenia 1 i 0,2% zagrożone jest jedno gospodarstwo domowe, znajdujące pomiędzy przekrojami Zakrzewo i Myszki.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że piętrzenie wody w rzece Małej Wólnej jazem nr 1 w Kiszkwie, w okresie przejścia wód wielkich, prowadzi do podtapiania terenów przyległych do rzeki.

2. Zintegrowane działania modelu hydrologicznego RUBiKoN z systemem informacji przestrzennej ArcGIS pozwoliło na dokładne wyznaczenie stref zalewowych, co jest zgodne z wymaganiami dyrektywy powodziowej.

3. Obliczone wielkości stref zalewowych niezależnie od okresu powtarzalności maksymalnych przepływów wynosiły od 5,36 do 6,77 km², na co decydujący wpływ miał rynnowy charakter doliny zalewowej.

4. Istniejące mapy z zasobu WODGiK w Poznaniu, mogą być z powodzeniem stosowane do wygenerowania numerycznego modelu dolin rzecznych, co ułatwi i znacznie przyspieszy wyznaczanie stref zalewowych. W celu zwiększenia dokładności modelu konieczne jest wzbogacenie istniejących map o pomiary wysokościowe koryta rzeki i doliny rzecznej.

BIBLIOGRAFIA

- Czamara W., Rosik-Dulewska Cz., Lipka R., Wiatkowski M. *Analiza zagrożeń powodziowych w zlewni rzeki Piotrówki*. Roczn. Ochr. Środ. Środkowo-Pomorskie Tow. Nauk. Ochr. Przyr. Koszalin 2009, t. 11 cz.2 s. 945–958.
- Czarnecka H. (red) *Atlas podziału hydrograficznego Polski*. IMGW Warszawa 2005.
- Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r., ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE).
- Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim.
- Polityka Ekologiczna Państwa w latach 2009–2012 z perspektywą do roku 2016. Rada Ministrów. Warszawa 2008.
- Radczuk L., Szymkiewicz R., Jełowicki J., Żyszkowska W., Burn J. F. *Wyznaczanie stref zagrożenia powodziowego*. Ograniczanie skutków powodzi w skali lokalnej. Biuro Koordynacji Projektu Banku Światowego, Wydawnictwo Safege Ingenieurs Conseils, Wrocław 2001.
- Raport dla Obszaru Dorzecza Odry. Z realizacji art. 5 i 6 zał. II, III i IV, Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE. (2005). Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Wosiewicz B. (red.): *Komputerowe obliczenia hydrauliczne dla budownictwa wodno-melioracyjnego*. Wyd. AR, Poznań 1993, s. 158.

Prof. dr hab. inż. Sadzide Murat- Błażejewska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra
Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
ul. Piątkowska 94, 60-648 Poznań,
e-mail: smurat@up.poznan.pl, tel. 061 846 64 21

Dr inż. Mariusz Sojka
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
ul. Piątkowska 94, 60-648 Poznań,
e-mail: masojka@up.poznan.pl, tel. 061 846 64 32

Inż. Rafał Wróżyński
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
ul. Piątkowska 94, 60-648 Poznań
e-mail: rafal.wrozynski@op.pl, tel. 061 846 64 32

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Laura Radczuk

Praca naukowa finansowana jest ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy nr N305 084 32/2845.