

Piotr OSTROWSKI ORCID 0000-0002-6063-1037

Marta UTRATNA-ŻUKOWSKA ORCID 0000-0002-0453-0303

Warsaw University of Life Sciences SGGW (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego)

NOWA KONCEPCJA FORSOWANIA KORYT DUŻYCH RZEK NIZINNYCH PRZEZ CIĘŻKIE POJAZDY NA PÓŁNOCNO-WSCHODNIM KIERUNKU STRATEGICZNYM

The new concept for the heavy vehicles crossing in the large lowland riverbeds in the North East Strategic Direction

Streszczenie: Współczesna koncepcja forsowania koryt rzecznych przez ciężkie pojazdy zakłada wykorzystanie sprzętu inżynierskiego, np. zmotoryzowanych parków pontonowych. Jest to sposób skuteczny w przypadku uregulowanych rzek Niziny Europejskiej, w przypadku nieuregulowanych rzek Niziny Polskiej, ze względu na dużą zmienność stanów wody i rzeźby dna koryta, koncepcja ta wymaga modyfikacji. W artykule przedstawiono nową koncepcję forsowania koryt dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy w oparciu o analizy hydrologiczne oraz doświadczenia zebrane podczas wieloletnich badań hydrograficznych i geologicznych prowadzonych w Katedrze Inżynierii Wodnej i Geologii Stosowanej SGGW w Warszawie.

Słowa kluczowe: forsowanie rzek, rzeki nizinne, warunki hydrologiczne, mosty geologiczne, Północno-Wschodni Kierunek Strategiczny

Abstract: The current method of crossing river channels by heavy vehicles involves engineering equipment such as the Motorized Floating Bridge. It has high efficiency when crossing regulated channels of large European Lowland rivers with stable hydrological conditions. In the case of unregulated rivers of the Polish Lowlands, this concept needs to be modified due to the high variability of water levels and the shape of the river bottom. This paper presents a new approach to crossing the channels of large lowland rivers by heavy vehicles. It is based on hydrological analyses and experience gained during many years of hydrographic, geological, and geomorphological studies conducted at the Department of Hydraulic Engineering and Applied Geology of the Warsaw University of Life Sciences (SGGW).

Keywords: crossing rivers, lowland rivers, hydrological conditions, geological bridges, North East Strategic Direction

1. Wprowadzenie

W przypadku symetrycznych konfliktów zbrojnych skuteczne forsowanie rzek przez ciężkie pojazdy jest kluczowe do skutecznego prowadzenia wysoce manewrowych działań zbrojnych [17, 19, 21, 22]. Dotyczy to zwłaszcza terenów nizinnych, do jakich należy Nizina Europejska. Zarówno w przeszłości, jak i dziś system hydrograficzny tego obszaru w dużej mierze determinował przebieg i decydował o wynikach wojen. Przykładem może być tu np. geostrategiczne znaczenie tzw. Bramy Smoleńskiej, czyli pozbawionego przeszkód wodnych obszaru między Dźwiną a Dnieprem, a współcześnie rzek takich jak Dniepr czy Doniec Siewierski.

Duże rzeki nizinne nie tylko wyznaczają granice poszczególnych teatrów operacyjnych, ale stanowią także naturalne rubieże obronne, których przełamanie pozwala na prowadzenie skutecznych działań zaczepnych [17, 21]. Trwająca obecnie wojna w Ukrainie potwierdza, że na współczesnym polu walki do osiągnięcia celów na poziomie taktycznym i strategicznym niezbędna jest możliwość forsowania koryt rzecznych przez ciężkie pojazdy, w tym czołgi podstawowe, w warunkach kiedy istniejące mosty uległy zniszczeniu.

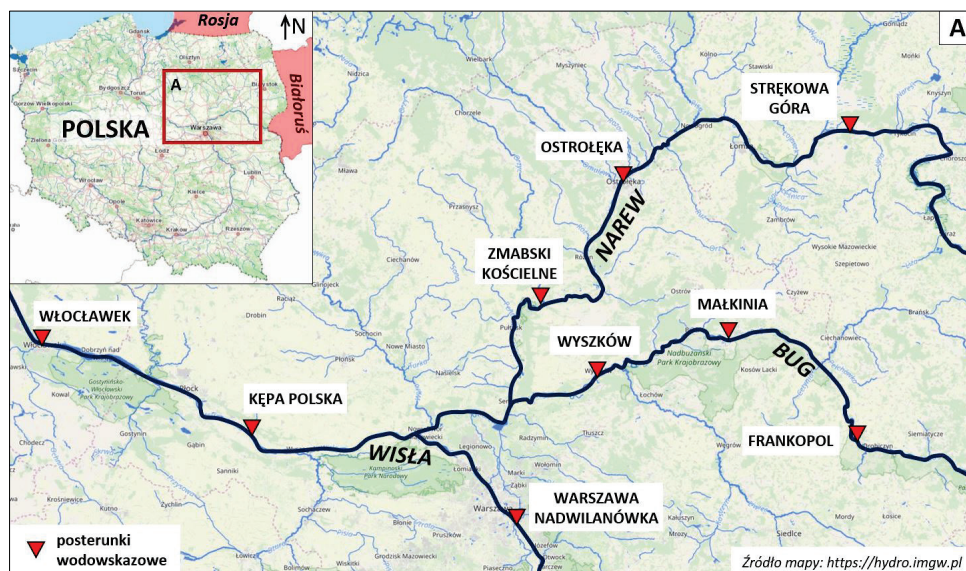
W obecnej sytuacji geopolitycznej – trwająca wojna kinetyczna na Nizinie Wschodnioeuropejskiej i niebezpieczeństwo rozszerzenia się tego konfliktu na obszar Niziny Północnoeuropejskiej – dużego znaczenia nabiera zdolność NATO do prowadzenia manewrowych działań zbrojnych na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym, co wymaga zdolności do forsowania dużych rzek. W przypadku Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (SZ RP) jest to szczególnie ważne w związku z planowanym skokowym zwiększeniem liczby ciężkich pojazdów, takich jak armato-haubice samobieżne (Krab, K9) czy czołgi (Abrams M1A1SA/FEP i M1A2 SEP V3 i K2).

Według współczesnej koncepcji forsowanie koryt rzecznych przez ciężkie pojazdy (zwłaszcza czołgi podstawowe) wymaga budowy przepraw, a więc współdziałania wyposażonych w specjalistyczne pojazdy wojsk inżynieryjnych. Ten sposób forsowania, obowiązujący zarówno w wojskach NATO, jak i Siłach Zbrojnych Federacji Rosyjskiej, niemal zawsze związany jest z utratą wysokiego tempa manewrowości [30] oraz narażeniem ciężkiego sprzętu na zniszczenie. Przykładem mogą być chociażby nieudane próby forsowania rzeki Doniec Siewierski w czasie ofensywy na Łuku Donieckim w maju 2022 r.

Obecnie jednak w krajach NATO dominuje pogląd, że forsowanie dużych rzek przez ciężkie pojazdy powinno być możliwe w każdych warunkach, niezależnie od charakteru koryta rzeki [30]. Koncepcja ta zakłada umożliwienie dowódcom swobodnego wyboru miejsca prowadzenia działań, co powinno dać możliwość zaskoczenia przeciwnika i ograniczenia lub nawet wyeliminowania strat własnych. Założenia te wymagają zastosowania zaawansowanego technicznie sprzętu inżynieryjnego, takiego jak np. zmotoryzowane parki pontonowe (*Motorized Floating Bridge – MFB*), przy jednoczesnym panowaniu w powietrzu. W koncepcji tej nie uwzględniono jednak hydrologicznej, geologicznej i geomorfologicznej specyfiki dolin dużych rzek nizinnych na Północno-

-Wschodnim Kierunku Strategicznym. W przeciwieństwie do najczęściej uregulowanych rzek Europy Zachodniej mają one zdecydowanie odmienny charakter. Na wielu odcinkach charakteryzują się złożoną/zróznicowaną budową geologiczną [6, 7, 12, 25, 33], są często nieuregulowane (lub budowle regulacyjne uległy zniszczeniu), a ich koryta w warunkach niskich i średnich stanów wody mają charakter roztokowy. Cechą charakterystyczną tych rzek jest duża zmienność warunków hydrologicznych (stanów wody i przepływów) oraz rzeźby dna koryta [13, 26], co wiąże się z występowaniem długotrwałych i głębokich niżówek oraz wezbrań, w tym nagłych wezbrań opadowych i zatorowych [4, 13]. W przypadku rzek Niżu Polskiego maksimum średnich miesięcznych stanów wody występuje w okresie wczesnowiosennym, a minimum w okresie letnio-jesiennym [20, 13]. Czynniki te w istotny sposób wpływają na możliwość ich forsowania przez ciężkie pojazdy.

W artykule podjęto próbę analizy współczesnej koncepcji forsowania dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy w kontekście oceny możliwości jej zastosowania dla istotnych z geostrategicznego punktu widzenia odcinków rzek takich jak Wisła, Bug czy Narew (rys. 1). Na podstawie analizy danych hydrologicznych wskazano na konieczność jej modyfikacji i zaproponowano nową koncepcję forsowania dużych rzek nizinnych na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym. Koncepcja ta uwzględnia specyficzną morfodynamikę dolin rzecznych Niżu Polskiego i powiązaną z nią zmienność warunków hydrologicznych, geologicznych i geomorfologicznych.



Rys. 1. Wybrane odcinki dużych rzek nizinnych na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym; na rysunku zaznaczono posterunki wodowskazowe, z których dane wykorzystano do analiz hydrologicznych

2. Obecna koncepcja forsowania koryt rzecznych przez ciężkie pojazdy

Forsowanie przeszkód wodnych, a więc ich przekraczanie w warunkach bezpośredniego oddziaływania ogniowego przeciwnika, jest jedną z najbardziej skomplikowanych części zarówno obrony manewrowej, jak i działań zaczepnych. Składa się ono zazwyczaj w trzech etapów: szturm w celu uchwycenia brzegu po drugiej stronie rzeki i stworzenia warunków do przekroczenia przeszkody wodnej przez oddziały I rzutu związku taktycznego, opanowania przyczółka do czasu przekroczenia przeszkody wodnej przez siły główne oraz jego umocnienia w celu przygotowania do uderzenia [29, 30]. Trwająca obecnie wojna w Ukrainie pokazuje, że w przypadku pełnoskalowego symetrycznego konfliktu zbrojnego na terenie Europy opanowanie i umocnienie przyczółka jest niezwykle trudne bez użycia znacznej liczby ciężkich pojazdów, a zwłaszcza czołgów podstawowych.

Aby niezależnie od charakteru koryta dać dowódcom możliwości swobodnego wyboru miejsca prowadzenia działań [21, 30], trzeba do budowania przepraw wykorzystać wojska inżynieryjne wyposażone w specjalistyczne środki przeprawowo-mostowe, takie jak zmechanizowane mosty towarzyszące, promy, mosty pływające oraz mosty składane. Taka koncepcja pokonywania przeszkód wodnych realizowana była wielokrotnie podczas odbywających się w ostatnich latach ćwiczeń NATO. Przykładem może być tu np. forsowanie koryta Wisły w okolicach Gołębia w ramach ćwiczeń DEFENDER-Europe 22 (rys. 2).



Rys. 2. Przeprawa przez Wisłę na wysokości miejscowości Gołąb w ramach ćwiczeń DEFENDER Europe 22 (fot. PAP/Wojciech Jargiło)

Najnowocześniejszymi obecnie środkami przeprawowymi dla ciężkich pojazdów są zmotoryzowane parki pontonowe, złożone z mobilnych modułów, których funkcję pełnią mające własny napęd zmotoryzowane mosty pływające (fr. *Pont Flottant Motorisé* – PFM). System ten umożliwia budowanie mostów pontonowych o znacznej długości poprzez łączenie poszczególnych modułów lub wykorzystanie poszczególnych zmotoryzowanych mostów pływających w roli promów [5]. Rozwiązanie to charakteryzuje się znacznie wyższym poziomem automatyzacji oraz zmniejszeniem wymaganej obsługi i dodatkowych środków inżynierskich w stosunku do starszych systemów, np. używanych w SZ RP mostów pontonowych PP-64 Wstęga.

Przykładem takiej konstrukcji może być park pontonowy (rys. 3) opracowany przez francuską firmę CNIM (Constructions Industrielles de la Méditerranée) zgodnie ze stawianymi przez kraje NATO wymaganiami dla obecnego i przyszłego pola walki [5]. Opiera się on na zmotoryzowanym moście pływającym PFM F2, który zgodnie z normą STANAG 2021 umożliwia przeprawę pojazdów gąsienicowych w klasie obciążenia MLC (Military Load Classification) 90 oraz kołowych w klasie MLC 100. Zapewnia to możliwość przeprawy wszystkich eksploatowanych obecnie ciężkich pojazdów bojowych, w tym czołgów podstawowych Abrams M1A2 SEP V3, Leopard 2A7 czy Challenger 2 oraz zestawów niskopodwoziowych do transportu ciężkiej techniki wojskowej o masie do 120 ton [5]. W ramach podpisanej z *CNIM Systèmes Industriels* umowy (program Dagleżja-P) polskie Wojska Inżynierskie do 2026 r. mają pozyskać 13 takich parków pontonowych, a więc będzie to w najbliższej przyszłości podstawowy sprzęt wykorzystywany do forsowania dużych rzek przez ciężkie pojazdy.

3. Problemy forsowania koryt dużych rzek nizinnych na współczesnym polu walki

3.1. Aspekt wojskowy

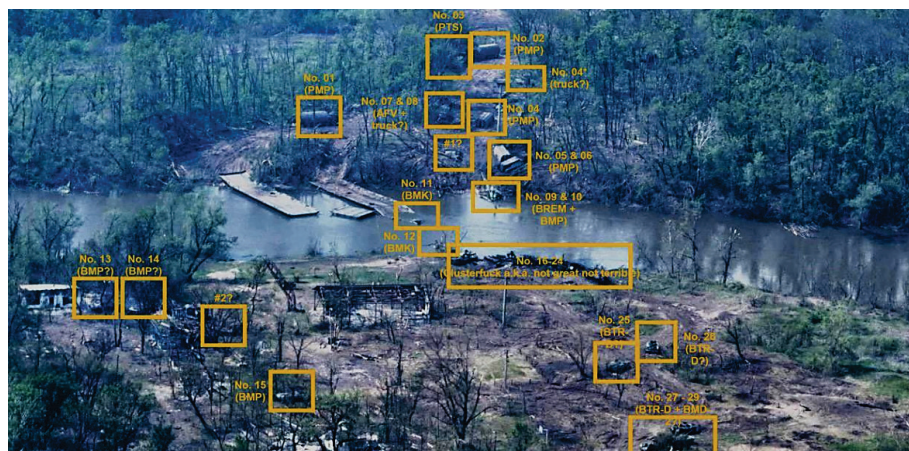
Doświadczenia ostatnich miesięcy, a zwłaszcza przebieg działań zbrojnych na łuku donbaskim pokazują, że sposób forsowania koryt rzecznych przez ciężkie pojazdy oparty na budowie przepraw, w warunkach symetrycznego konfliktu kinetycznego, obciążony jest wysokim ryzykiem niepowodzenia. W przypadku zastosowania nowoczesnych środków rozpoznania teledetekcyjnego (BSL, zobrażenia satelitarne w czasie rzeczywistym) i radioelektronicznego istnieje wysokie prawdopodobieństwo wykrycia i zniszczenia przeprawy. Przykładem może być tu nieudana próba forsowania koryta rzeki Doniec Siewierski na wysokości miejscowości Bilohorivka (rys. 4) przez rosyjskie batalionowe grupy bojowe w maju 2022 r. Na odcinku tym zdecydowano się na budowę przepraw w oparciu o mosty pontonowe. Dość dobrze udokumentowane kilkukrotne próby forsowania koryta, pomimo zastosowania działań pozoracyjnych, zakończyły się niepowodzeniem i bardzo dużymi stratami. W rejonie Bilohorivki zniszczono co najmniej

trzy przeprawy oraz około 100 ciężkich pojazdów (niektóre z nich w trakcie forsowania koryta po mostach pontonowych) (rys. 4). Na uwagę zasługuje fakt, że przeprawy te w większości zniszczone zostały przy użyciu artylerii z amunicją precyzyjną naprowadzaną na odbity promień lasera (rys. 5). Materiały udostępnione przez Ministerstwo Obrony Ukrainy pozwalają przypuszczać, że do podświetlania celów użyto głównie BSP.

Niepowodzeniem skończyły się także, przeprowadzone w tym samym okresie, próby forsowania Dońca Siewierskiego w rejonie miejscowości Izjum przez wojska ukraińskie. Działania te miały na celu oskrzydlenie rosyjskiego przyczółka w rejonie tego miasta. Z analizy udostępnionych przez stronę rosyjską materiałów (głównie filmów rejestrowanych przez BSP) wynika, że w tym przypadku mosty pontonowe były niszczone głównie przez lotnictwo, a w mniejszym stopniu przez artylerię z amunicją precyzyjną.



Rys. 3. Zmotoryzowany park pontonowy opracowany przez firmę CNIM Systèmes Industriels wykorzystywany jako prom (A) i most (B) w warunkach wysokich stanów wody w korycie (fot. CNIM Systèmes Industriels)



Rys. 4. Nieudana próba forsowania rzeki Doniec Siewierski na wysokości miejscowości Belohorivka, 11.05.2022 r.; żółtymi prostokątami zaznaczono zniszczoną technikę wojskową (źródło danych: General Staff of the Armed Forces of Ukraine)



Rys. 5. Mosty pontonowe i ciężkie pojazdy zniszczone przy użyciu artylerii z amunicją precyzyjną podczas forsowania rzeki Doniec Siewierski; czerwonymi prostokątami zaznaczono miejsca uderzeń amunicji (źródło danych: General Staff of the Armed Forces of Ukraine)

3.2. Aspekt hydrologiczny, geologiczny i geomorfologiczny

Skuteczne prowadzenie działań zbrojnych wymaga zachowania zdolności manewrowej niezależnie od panujących warunków przyrodniczych i pory roku. Możliwość forsowania koryt dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy jest ściśle związana z aktualnymi warunkami hydrologicznymi, a zwłaszcza stanem wody i natężeniem przepływu w korycie. Warunki te wynikają z reakcji systemu rzecznoego na sytuację meteorologiczną i zależą od budowy geologicznej, litologii i rzeźby dna doliny rzecznej [4, 18, 24, 25]. Na specyficzną morfodynamikę danego odcinka doliny oprócz tych czynników w istotny sposób wpływają także elementy zabudowy hydrotechnicznej – wały przeciwpowodziowe czy budowle regulacyjne [2, 32, 33, 34].

Obecna koncepcja forsowania koryt dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy uwzględnia specyfikę rzek zachodniej części Niziny Europejskiej. Są one w przeważającej części przekształcone antropogenicznie – uregulowane i pogłębione ze względu na pełnione przez nie funkcje transportowe [31]. Cieki takie charakteryzują się stosunkowo małą zmiennością warunków hydrologicznych, znaczną (umożliwiającą żeglugę) minimalną głębokością oraz stabilnością rzeźby dna koryta i doliny. Są to warunki korzystne do zastosowania zmotoryzowanych parków pontonowych.

W przypadku dolin rzek Niziny Polskiej, a zwłaszcza dużych rzek na Wschodnim Kierunku Strategicznym takich jak Wisła, Bug, Narew czy Pilica, mamy do czynienia z dużą zmiennością powiązanych ze sobą czynników (hydrologicznych, geologicznych i geomorfologicznych) istotnych z punktu widzenia możliwości forsowania rzeki.

W okresie letnim na rzekach Niżu Polskiego mogą występować długotrwałe okresy niskich stanów wody w korycie, w tym tzw. niżówki hydrologiczne [13, 20] (tab. 1). W warunkach takich koryta rzek mogą mieć charakter roztokowy. Oznacza to, że koryto rzeki jest bardzo płytkie (rys. 6), a w jego obrębie możemy spotkać formy rzeźby, takie jak wyspy czy różnego typu piaszczyste odsypy, zbudowane zazwyczaj z luźnych lub słabo zagęszczonych osadów, co utrudnia ich forsowanie przez ciężkie pojazdy mimo niskiego stanu wody.

Pomiary batymetryczne dużych rzek Niżu Polskiego prowadzone od 2002 r. przez zespół Zakładu Hydrogeologii, a obecnie Katedry Inżynierii Wodnej i Geologii Stosowanej (KIWiGS) SGGW w Warszawie [10, 27, 28] wskazują, że w takich warunkach hydrologicznych, na większości odcinków maksymalne głębokości koryta są zbyt małe, aby do forsowania wykorzystać zmotoryzowane mosty pływające. Dotyczy to zarówno budowania przepraw, jak i użycia poszczególnych zmotoryzowanych mostów pływających w roli promów. PFM są zazwyczaj wyposażone w pędniki umożliwiające swobodne manewrowanie i utrzymanie określonej pozycji, które do poprawnego działania wymagają minimalnej głębokości koryta wynoszącej ok. 1 m.

W warunkach niskich stanów wody oraz niżówek hydrologicznych w korytach rzek takich jak Środkowa Wisła czy Dolny Bug występują powszechnie, a niekiedy dominują, strefy o głębokościach mniejszych niż 1 m. Często są to głębokości mniejsze niż 0,5 m, co uniemożliwia np. wykonanie pomiarów batymetrycznych większością współczesnych

systemów hydrograficznych [10, 23]. Wieloletnie doświadczenia zespołu badawczego KIWIGS wskazują, że występujące w korytach dużych rzek rozległe strefy pływaczyn utrudniają przemieszczanie się nawet środkami pływającymi o niewielkim (30–40 cm) zanurzeniu, do jakich zaliczyć można małe pontony z silnikiem zaburtowym.

Alternatywą dla forsowania koryt rzecznych z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu przeprawowego i wojsk inżynieryjnych jest brodzenie. Niektóre ciężkie pojazdy, w tym czołgi podstawowe, mogą pokonywać brody do głębokości ok. 2 m, a także forsować koryta rzeczne pod wodą. W takim przypadku istotna jest nie tylko sama głębokość koryta, ale również występujące w jego obrębie warunki geologiczno-inżynierskie [9, 14, 15]. Wynikają one z budowy geologicznej dna doliny, litologii i zagęszczenia budujących dno koryta osadów [6, 7, 9]. Luźne lub słabo zagęszczone osady, zwłaszcza o dużej miąższości, a także grunty organiczne mogą stanowić poważną przeszkodę lub uniemożliwić forsowanie koryta mimo jego niewielkiej głębokości.



Rys. 6. Główne koryto środkowej Wisły (A) i dolnego Bugu (B) w czasie niżówki hydrologicznej (fot. P. Ostrowski)

W przypadku dolin rzek Niżu Polskiego duży wpływ na możliwość ich forsowania poprzez brodenie ma złożona budowa geologiczna [6, 7, 12, 11, 33, 25]. Ich koryta, nawet na stosunkowo niewielkich odcinkach, charakteryzują się związaną z tym dużą zmiennością warunków geologiczno-inżynierskich, co wynika głównie ze zmienności litologii i zagęszczenia budujących dno osadów. Duże zróżnicowanie miąższości aluwów korytowych oraz występowanie odpornych na erozję kulminacji stropu ich podłoża [6, 7, 8] powoduje, że mamy do czynienia ze swoistą mozaiką miejsc niekorzystnych do brodenia oraz stabilnych w czasie naturalnych „mostów geologicznych”, które wykorzystać mogą ciężkie pojazdy [9, 22]. Bezpieczne forsowania koryt w bród (zwłaszcza w warunkach niskich stanów wody) nie jest możliwe bez prawidłowego rozpoznania takich miejsc.

4. Hydrologiczne uwarunkowania forsowania rzek na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym

Jednym z celów prowadzonych badań była odpowiedź na pytanie, jak długo w ciągu roku na dużych rzekach Niżu Polskiego występują obecnie niskie stany wody preferujące jako sposób forsowania brodenie oraz wysokie stany wody wymagające do forsowania koryta zastosowania inżynierskich środków przeprowowych.

W celu oceny warunków hydrologicznych dla ważnych z punktu widzenia prowadzenia działań manewrowych odcinków dużych rzek na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym analizie poddano stany wody zarejestrowane przez sieć posterunków wodowskazowych IMiGW. Badaniami objęto trzy rzeki: Wisłę na odcinku od Warszawy do Włocławka, Bug na odcinku od Frankopola do Wyszkowa i Narew na odcinku od Strękowej Góry do miejscowości Zambskie Kościelne (rys. 1). W przypadku każdego odcinka analizowano dane z trzech wodowskazów. Ze względu na rejestrowane w ostatnich latach zmiany klimatyczne analizę ograniczono do dziesięciolecia obejmującego lata 2011–2020.

Aby lepiej zobrazować zmienność stanów wody w korycie, zastosowano metodę analityczną wyznaczania stref stanów wody [3]. Dla każdego z dziewięciu wodowskazów wyznaczono dwa stany graniczne – pomiędzy strefą stanów wysokich i średnich oraz pomiędzy strefą stanów średnich i niskich. Stan graniczny pomiędzy strefą stanów wysokich i średnich wyznaczono ze wzoru:

$$H_{gr\ ww/sw} = \frac{1}{2} (NWW + WSW)$$

gdzie:

NWW – niska z wysokich wód

WSW – wysoka ze średnich wód

Stan graniczny pomiędzy strefą stanów średnich i niskich wyznaczono ze wzoru:

$$H_{gr\ SW/NW} = \frac{1}{2} (NSW + WNW)$$

gdzie:

NSW – niska ze średnich wód

WNW – wysoka z niskich wód

Pozwoliło to na wyznaczenie zakresu czasowego występowania niskich, średnich i wysokich stanów wody w korycie dla dziewięciu posterunków wodowskazowych zlokalizowanych na trzech rzekach. Wartości średnie dla lat 2011–2020 zestawiono w tabeli 1.

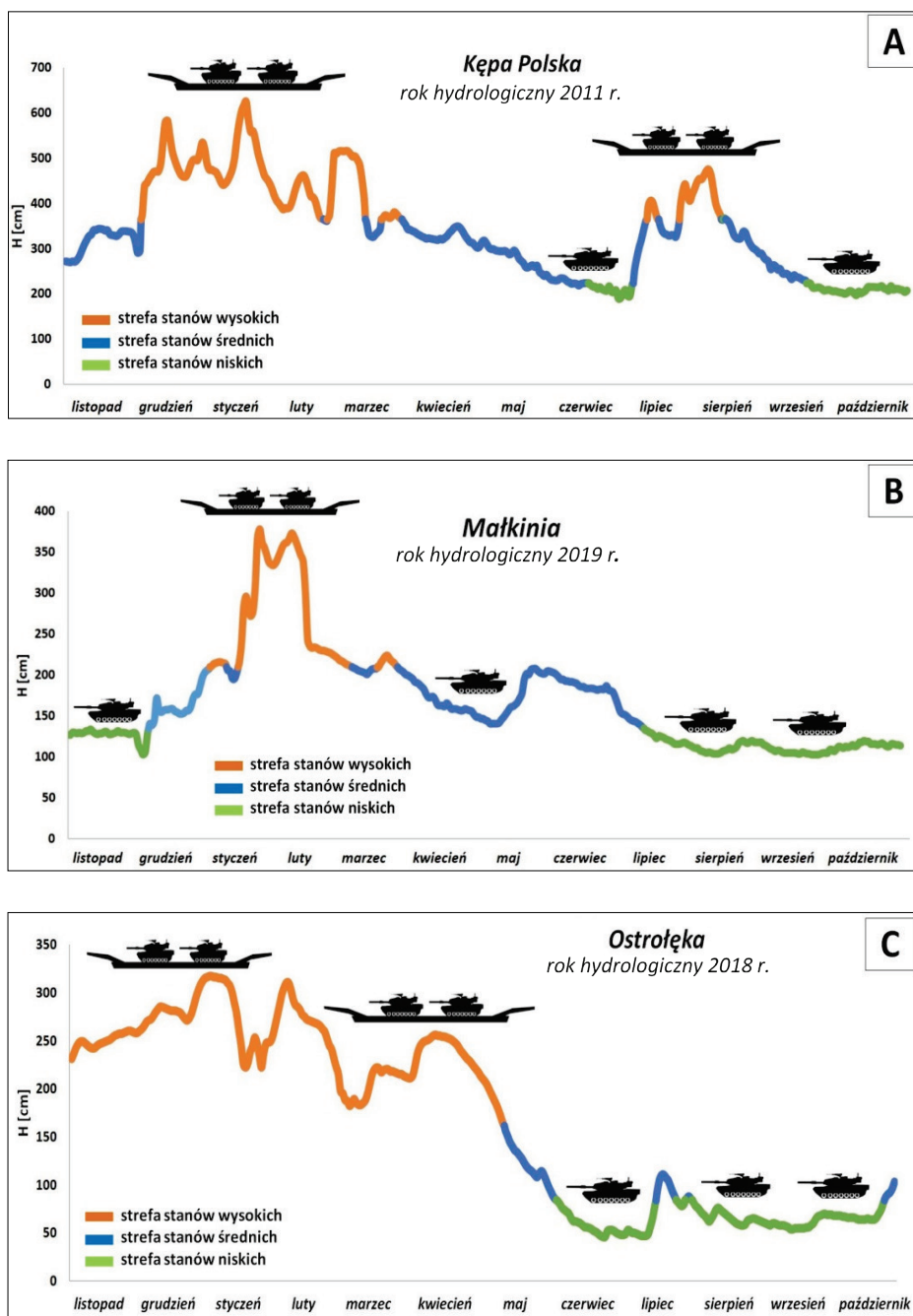
Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że w latach 2011–2020 na wszystkich badanych odcinkach występowała duża zmienność stanów wody (tab. 1, rys. 7, 8). Przez najdłuższy okres w roku występowały średnie stany wody – w przypadku Wisły, w zależności od wodowskazu, było to ok. 7 miesięcy; w przypadku Bugu od ok. 5 do 6 miesięcy, a w przypadku Narwi ok. 5 miesięcy (tab. 1).

W dużym uproszczeniu można więc uznać że na Wschodnim Kierunku Strategicznym średnie stany wody w ciągu ostatniej dekady występowały średnio przez ok. 6 miesięcy w roku, co uznać należy za wartość zaskakująco małą. Oznacza to także, że na wszystkich analizowanych odcinkach rzek, średnio przez ok. pół roku występowały stany niskie lub wysokie, a więc wymagające zastosowania odmiennych metod forsowania koryta.

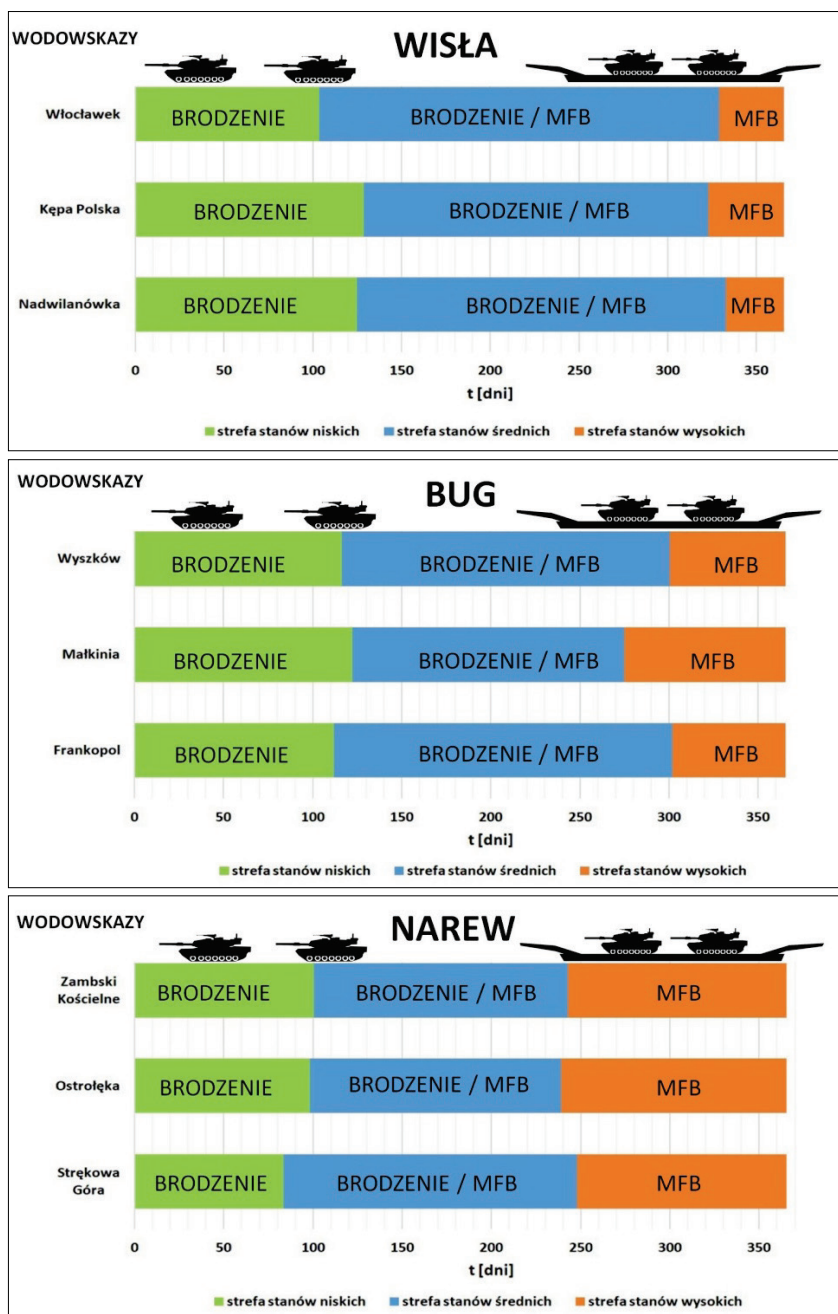
Tabela 1

Zakresy czasowe występowania niskich, średnich i wysokich stanów wody w korycie na wybranych odcinkach Wisły, Bugu i Narwi - wartości średnie dla wielolecia 2011-2020

Rzeka	Posterunek wodowskazowy	Strefa stanów wody w korycie (wartości średnie dla lat 2011–2020)					
		niskich		średnich		wysokich	
		dni w roku	% roku	dni w roku	% roku	dni w roku	% roku
Wisła	Nadwilanówka	125	34	208	57	33	9
	Kępa Polska	129	35	194	53	42	12
	Włocławek	104	28	225	62	36	10
Bug	Frankopol	112	31	190	52	63	17
	Malkinia	122	33	153	42	90	25
	Wyszków	116	32	184	50	65	18
Narew	Strękowa Góra	83	23	164	45	118	32
	Ostrołęka	98	27	141	39	126	35
	Zambski Kościelne	101	28	142	39	123	34



Rys. 7. Przykładowe hydrogramy stanów wody dla Wisły (A), Bugu (B) i Narwi (C) oraz ich związek z optymalną metodą forsowania koryta przez ciężkie pojazdy



Rys. 8. Liczba dni występowania stref niskich, średnich i wysokich stanów wody w korycie w ciągu 1 roku – wartości średnie z lat 2011–2020; na rysunku wskazano optymalną metodę forsowania koryta przez ciężkie pojazdy

Wysokie stany wody, a więc sytuacja hydrologiczna wymagająca forsowania koryta z wykorzystaniem MFB, najkrócej (od ok. miesiąca do sześciu tygodni) występowały na badanym odcinku Wisły, nieco dłużej (od dwóch do trzech miesięcy) na Bugu, a najdłużej bo ok. czterech miesięcy na badanym odcinku Narwi. W tym przypadku zauważyć możemy, że długość trwania wysokich stanów wody (wezbrań) była odwrotnie proporcjonalna szerokości koryta i wielkości rzeki (tab. 1).

Niskie stany wody, a więc sytuacja hydrologiczna bardzo niekorzystna lub uniemożliwiająca zastosowanie MFB, na badanym odcinku Wisły, w zależności od wodowskazu, występowała od 3,5 do ponad 4 miesięcy w roku, w przypadku Bugu przez ok. 4 miesięcy, a Narwi ok. 3 miesięcy w roku (tab. 1). Okresy te uznać należy za bardzo długie.

Liczbę dni występowania stref niskich, średnich i wysokich stanów wody w korycie w ciągu 1 roku, obliczoną jako wartość średnią z lat 2011–2020 przedstawiono na rys. 8.

5. Nowa koncepcja forsowania rzek przez ciężkie pojazdy

Forsowanie dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym powinno być możliwe przez cały rok, a więc w różnych warunkach hydrologicznych. Zapewniająca to koncepcja forsowania powinna uwzględniać specyfikę koryt i dużą zmienność warunków hydrologicznych nieuregulowanych rzek Niziny Północno- i Wschodnioeuropejskiej. Nie jest to możliwe w przypadku zastosowania tylko jednej metody forsowania.

Kluczowy czynnik decydujący o wyborze optymalnej metody forsowania powinno stanowić odpowiednie rozpoznanie charakterystyki hydrologicznej rzeki w tym aktualnego stanu wody. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na budowę geologiczną i rzeźbę dna koryta oraz warunki geologiczno-inżynierskie w miejscu planowanej przeprawy.

W warunkach wysokich i górnego zakresu średnich stanów wody rzeki należy forsować z wykorzystaniem zmotoryzowanych parków pontonowych. W tym przypadku o wyborze miejsca forsowania decydować powinny głównie czynniki takie jak: profil poprzeczny koryta, natężenie przepływu w korycie, rzeźba i warunki geologiczno-inżynierskie na podejściu do przeprawy oraz aktualna sytuacja taktyczna. Te same czynniki powinny być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o tym, czy MFB użyte zostaną jako mosty, czy też promy.

W przypadku niskich i dolnego zakresu średnich stanów wody, rzeki należy forsować głównie przez brodenie z wykorzystaniem występujących w korytach rzek Niżu Polskiego stabilnych w czasie i odpornych na erozję kulminacje stropu podłoża aluwiiów [2, 6, 7, 8, 12, 25, 33] pełniących funkcję tzw. „mostów geologicznych” [9, 22]. Struktury te o charakterze brodów występują powszechnie w rzekach takich jak Wisła, Bug, Pilca czy Narew i zapewniają zazwyczaj warunki geologiczno-inżynierskie umożliwiające bezpieczne forsowanie koryta bez konieczności zastosowania inżynierskich środków przeprawowych [14, 15, 16].

W celu skutecznego działania wojsk zmechanizowanych w warunkach występowania stanów niskich niezbędna jest identyfikacja i stworzenie bazy danych stabilnych w czasie miejsc dogodnych do forsowania („mostów geologicznych”) przez ciężkie pojazdy. W warunkach konfliktu kinetycznego miejsca takie powinny podlegać stałemu monitoringowi pod względem aktualnej sytuacji hydrologicznej i meteorologicznej w oparciu o sieć stacji wodowskazowych i meteorologicznych Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej (IMGW) oraz własną (wojskową) sieć pomiarową [22]. Decyzja o wyborze sposobu i miejsca forsowania koryta powinna być wspomagana analizą danych teledetekcyjnych dostarczanych w czasie rzeczywistym, np. za pomocą bezzałogowych statków powietrznych (UAV).

Założenia systemu wspomagającego wybór miejsc dogodnych do forsowania, uwzględniającego powyższe uwarunkowania (SYSTEM WYZNACZANIA STREF DOGODNYCH DLA PRZEPRAW Z WYKORZYSTANIEM PLATFORM POWIETRZNYCH) zostały opracowane i wstępnie przetestowane przez zespół badawczy KIWIGS SGGW w Warszawie we współpracy z Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL).

6. Podsumowanie i wnioski

W obecnej sytuacji geopolitycznej możliwość forsowania przez ciężkie pojazdy koryt dużych rzek na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym jest niezwykle ważna zarówno w kontekście możliwości prowadzenia skutecznej obrony manewrowej, jak i działań wyprzedzających. Ma ona szczególne znaczenie w sytuacji planowanego na najbliższe lata skokowego zwiększenia przez WP ilości ciężkiej techniki wojskowej, a zwłaszcza czołgów podstawowych i armatohaubic samobieżnych.

Dotychczasowa koncepcja forsowania dużych rzek wymaga użycia wojsk inżynierskich wyposażonych w specjalistyczne środki przeprowo-mostowe, np. motoryzowane parki pontonowe. W przypadku nieuregulowanych rzek o roztokowym typie koryta i dużej zmienności warunków hydrologicznych, jakie dominują na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym, nie zapewnia ona możliwości skutecznego forsowania koryt w warunkach niskich stanów wody. Na analizowanych odcinkach Wisły, Narwi i Bugu taka metoda forsowania jest nieskuteczna średnio aż od ok. trzech do ponad czterech miesięcy w roku. Na uwagę zasługuje fakt, że są to najczęściej miesiące letnie będące, jak pokazują chociażby doświadczenia z wojny w Ukrainie, okresem najbardziej intensywnego prowadzenia działań zbrojnych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz sformułować można następujące wnioski dotyczące forsowania dużych rzek:

1. Forsowanie dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy powinno być możliwe przez cały rok, a więc w każdych warunkach hydrologicznych. Na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym nie jest to możliwe przy zastosowaniu tylko jednej metody forsowania koryta.

2. Koncepcja forsowania dużych rzek nizinnych Na Północno-Wschodnim Kierunku Strategicznym uwzględniać musi specyfikę (specyficzną morfodynamikę) cieków na obszarze Niziny Północno- i Wschodnioeuropejskiej. Jej główne założenia sformułować można następująco:
 - wybór sposobu forsowania rzeki powinien zależeć głównie od aktualnych warunków hydrologicznych z zwłaszcza stanu wody w korycie;
 - w warunkach wysokich stanów wody, w tym wezbrań, rzeki forsować należy z wykorzystaniem zmotoryzowanych parków pontonowych; w tym przypadku o wyborze miejsca przeprawy decydować powinny czynniki takie jak: profil poprzeczny koryta, natężenie przepływu, rzeźba i warunki geologiczno-inżynierskie na podejściu do przeprawy oraz aktualna sytuacja taktyczna;
 - w warunkach średnich stanów wody rzeki forsować należy z wykorzystaniem MFB lub poprzez brodenie – w tym przypadku o wyborze metody, oprócz aktualnego na danym odcinku stanu wody i natężenie przepływu, decydować powinna budowa geologiczna, rzeźba oraz warunki geologiczno-inżynierskie w obrębie koryta i na podejściu do przeprawy, a także aktualna sytuacja taktyczna;
 - w warunkach niskich stanów wody rzeki forsować należy poprzez brodenie z wykorzystaniem stabilnych w czasie „mostów geologicznych”, czyli kulminacji stropu podłoża aluwii zbudowanych z gruntów spoistych o dużej odporności na erozję.
3. Występujące w korytach rzecznych stabilne w czasie miejsca dogodne do forsowania przez brodenie (tzw. „mosty geologiczne”) powinny zostać zidentyfikowane w czasie pokoju.
4. Decyzja o wyborze metody i miejsca forsowania koryta powinna być wspomagana porównaniem aktualnych danych hydrologicznych i teledetekcyjnych z bazą danych miejsc dogodnych do przepraw. Funkcjonalność taką zapewnić może np. SYSTEM WYZNACZANIA STREF DOGODNYCH DLA PRZEPRAW Z WYKORZYSTANIEM PLATFORM POWIETRZNYCH, którego założenia opracowane zostały przez zespół badawczy SGGW–ITWL.

Proponowana koncepcja forsowania koryt dużych rzek nizinnych powinna zapewnić jednostkom wyposażonym w ciężkie pojazdy wysoką manewrowość niezależnie od pory roku, bez względu na aktualne warunki meteorologiczne i hydrologiczne.

7. Literatura

1. Białowicz J.S., Wierzbicki G.: Rivers Try Harder. Reversed “Differential Erosion” as Geological Control of Flood in the Large Fluvial Systems in Poland. *Water* 2021, 13, 424. DOI: 10.3390/w13040424.
2. Bujakowski F., Falkowski T.: Hydrogeological Analysis Supported by Remote Sensing Methods as A Tool for Assessing the Safety of Embankments (Case Study

- from Vistula River Valley, Poland). *Water* 11 (2), 266, 2019, DOI: 10.3390/w11020266.
3. Byczkowki A.: *Hydrologia tom 1*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996.
 4. Byczkowki A.: *Hydrologia tom 2*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996.
 5. CNIM Groupe: <https://cnim.com/ecn/businesses/defense-security-and-digital-intelligence/motorized-floating-bridge-pfm#>, data dostępu 17.06.2022 r.
 6. Falkowski E.: Variability of channel processes of lowland rivers in Poland and changes of the valley floors during the Holocene. *Biuletyn Geologiczny* 19, 45–78, 1975.
 7. Falkowski T.: Naturalne czynniki stabilizujące wybrane odcinki strefy korytowej Wisły środkowej. *Rozprawy Naukowe i Monografie - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2006*.
 8. Falkowski T.: Alluvial bottom geology inferred as a factor controlling channel flow along the Middle Vistula River, Poland. *Geol. Q.* 51, 91–102, 2007.
 9. Falkowski T.: Budowa geologiczna dolin rzek na Niżu Polskim i jej związek z warunkami forsowania koryt. *Journal of KONBiN* 52 (3), 2022, DOI: 10.2478/jok-2022-0031.
 10. Falkowski T., Ostrowski P.: Wykorzystanie badań batymetrycznych w identyfikacji morfodynamiki stref korytowych rzek na przykładzie wybranych odcinków Wisły i Bugu. *Przegląd Geologiczny vol. 65, nr 6, 375-382. Warszawa 2017*.
 11. Falkowski T., Ostrowski P., Bogucki M., Karczmarz D.: The trends in the main thalweg path of selected reaches of the Middle Vistula River, and their relationships to the geological structure of river channel zone. *Open Geosciences* 2018, 10:554-564. DOI: 10.1515/geo-2018-0044.
 12. Falkowski T., Ostrowski P., Siwicki P., Brach M.: Channel morphology changes and their relationship to valley bottom geology and human interventions; a case study from the Vistula Valley in Warsaw, Poland. *Geomorphology* 2017, vol. 297: 100–111 2017. DOI: 10.1016/j.geomorph.2017.09.011.
 13. Jokić P., Marszelewski W., Pociąg-Karteczka J.: *Hydrologia Polski*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2017.
 14. Karczmarz D.: Teledetekcyjna metoda identyfikacji warunków geologiczno-inżynierskich w korytach rzek nizinnych z wykorzystaniem sensorów rozpoznania obrazowego. *Rozprawa doktorska, Warszawa 2022*.
 15. Karczmarz D., Mądrzycki P.: Identification of geological and engineering conditions for forging the bed of a large lowland river, based on low-ceiling *ad hoc* aerial photographs. *Journal of KONBiN* 52 (4) 2022, DOI: 10.2478/jok-2022-0044.
 16. Karczmarz D., Mądrzycki P., Szkudlarz H., Puchalski W., Gorczyca J., Ciepłiński M., Falkowski T., Ostrowski P.: Ocena możliwości wykorzystania sensorów rozpoznania obrazowego do identyfikacji warunków geologiczno-inżynierskich w korytach rzek nizinnych. *Journal of KONBiN* 48 (1) 2018, DOI: 10.2478/jok-2018-0052.
 17. Komornicki L.: Przygotowanie obronne terytorium Polski: północno-wschodni kierunek strategiczny. *Fundacja Instytut Bezpieczeństwa i Strategii*.

- <https://www.defence24.pl/przygotowanie-obronne-terytoriu-polski-polnocno-wschodni-kierunek-strategiczny-opinia>, data dostępu 12.12.2021.
18. Leopold L.B., Wolman M.G., Miller J.P.: *Fluvial processes in geomorphology*. WH Freeman & Co, San Francisco 1964.
 19. Mądrzycki P., Burek M., Marcinkowska M., Rusewicz M., Ostrowski P.: Potrzeby rozpoznania warunków forsowania koryt rzecznych Niżu Polskiego przez pojazdy wojskowe w świetle normatywów NATO. *Journal of KONBiN* 49 (4), 2019, DOI: 10.2478/jok-2019-0080.
 20. Mikulski Z.: *Zarys hydrografii Polski*. PWN, Warszawa 1963.
 21. NATO – *Doktryna wojsk inżynieryjnych sił lądowych – ATP – 52*, Norm. 16/98, Biuro Wojskowej Służby Normalizacyjnej MON, Warszawa 1998.
 22. Ostrowski P.: Teledetekcyjne możliwości rozpoznania miejsc dogodnych do forsowania koryt dużych rzek nizinnych przez ciężkie pojazdy. *Journal of KONBiN* 52 (3), 2022, DOI: 10.2478/jok-2022-0026.
 23. Ostrowski P.: Wykorzystanie GIS i GPS w badaniach hydrograficznych prowadzonych w celu dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich (na przykładzie koryta dużej rzeki nizinnej i sztucznego zbiornika) *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Budownictwo*, 2006, 239-247.
 24. Ostrowski P., Falkowski T.: Application of Remote Sensing Methods to Study the Relief of Lowland River Valleys with a Complex Geological Structure - A Case Study of the Bug River. *Water* 2020, 12, 487, DOI: 10.3390/w12020487.
 25. Ostrowski P., Falkowski T., Utratna-Żukowska M.: The effect of geological channel structures on floodplain morphodynamics of lowland rivers: A case study from the Bug River, Poland; *CATENA*, Volume 202, 105209, ISSN 0341-8162, 2021. DOI: 10.1016/j.catena.2021.105209.
 26. Ostrowski P., Utratna M.: Hydrologiczne uwarunkowania morfogenezy wybranych erozyjnych form rzeźby równi zalewowej na przykładzie doliny Bugu. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* nr 27 (1), 2018: 57–70, 2018.
 27. Projekt badawczy KBN nr 8 TO7G 020 21 „Związek dynamiki wybranych procesów korytowych ze zróżnicowaniem rzeźby i litologii podłoża aluwii na przykładzie doliny Wisły od Annapola do Modlina”, Zakład Hydrogeologii SGGW w Warszawie, Warszawa 2004.
 28. Projekt badawczy MNiI nr 2P04E06929 „Znaczenie czynników morfogenetycznych w kształtowaniu różnorodności siedliskowej wybranych odcinków dolin rzek na Niżu Polskim”, Zakład Hydrogeologii SGGW w Warszawie, IMUZ, UW; Warszawa 2008.
 29. *Regulamin działań wojsk lądowych*, DW Łąd 16/99, Warszawa 1999.
 30. Szelka J.: Pokonywanie przeszkód wodnych według standardów NATO. *Czasopismo inżynierii lądowej, środowiska i architektury*. *Jceea*, t. Xxxiv, z. 64 (3/i/17), 2017, DOI: 10.7862/rb.2017.112.
 31. Tockner K., Zarfl Ch., Robinson Ch. (editors): *Rivers of Europe*. Elsevier 2022. DOI: 10.1016/C2017-0-03745-X.

32. Wierzbicki G., Ostrowski P., Falkowski T.: Applying floodplain geomorphology to flood management (The Lower Vistula River upstream from Plock, Poland). *Open Geosciences* 2020, DOI: 10.1515/geo-2020-0102.
33. Wierzbicki G., Ostrowski P., Falkowski T., Mazgajski M.: Geological setting control of flood dynamics in lowland rivers (Poland). *Science of the Total Environment* 636, 2018, 367–382, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.250.
34. Wierzbicki G., Ostrowski P., Mazgajski M., Bujakowski F.: Using VHR multispectral remote sensing and LIDAR data to determine the geomorphological effects of overbank flow on a floodplain (the Vistula River, Poland). *Geomorphology*, 2013, vol. 183, DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.06.020.

