

**URSZULA KOŁODZIEJCZYK*, MARTA GORTYCH*,
MAGDA HUDAK*, DAVID KOMARNICKI**,
ALEKSANDRA SZUMAŃSKA**, AGNIESZKA ŚLIWIŃSKA***

AGRESYWNÓŚĆ CHEMICZNA WÓD POWIERZCHNIOWYCH W MIĘDZYRZECKIM REJONIE UMOCNIONYM

Streszczenie

Fortyfikacje Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego są często zawodnione. Decydują o tym: opady atmosferyczne, spływy powierzchniowe z okolicznych zlewni oraz poziomy wód gruntowych. W artykule wykazano, że woda zalegająca w sąsiedztwie fortyfikacji reaguje z konstrukcją żelbetową poszczególnych obiektów. Potwierdziły to badania agresywności wód powierzchniowych występujących w sąsiedztwie wybranych fortyfikacji zlokalizowanych w zlewni rzeki Paklicy.

Słowa kluczowe: agresywność wód powierzchniowych, Międzyrzecki Rejon Umocniony

WSTĘP

Na Środkowym Nadodrzu znajdują się liczne fortyfikacje pochodzące z przed II wojny światowej. Zbudowano je w celu zabezpieczenia terytorium Niemiec przed ewentualnym atakiem wojsk polskich oraz planowanej przez Niemców „ofensywy wschodniej”.

Międzyrzecki Rejon Umocniony (MRU) to zespół fortyfikacji Środkowego Nadodrza, w tym: schronów bojowych, zapór przeciwpancernych, mostów i kanałów, o łącznej długości około 80 km [Toczewski 1981, Biskup 1992]. Dzieli się na trzy odcinki: północny, centralny i południowy, różniące się znaczeniem strategicznym, charakterystyką geograficzną oraz gęstością obiektów [Brzoskwinia 1987, Motyl 2000, Sadowski 2005].

* Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego

** studenci Uniwersytetu Zielonogórskiego, członkowie studenckich kół naukowych: „Skamieniali” i „Czysta Woda”

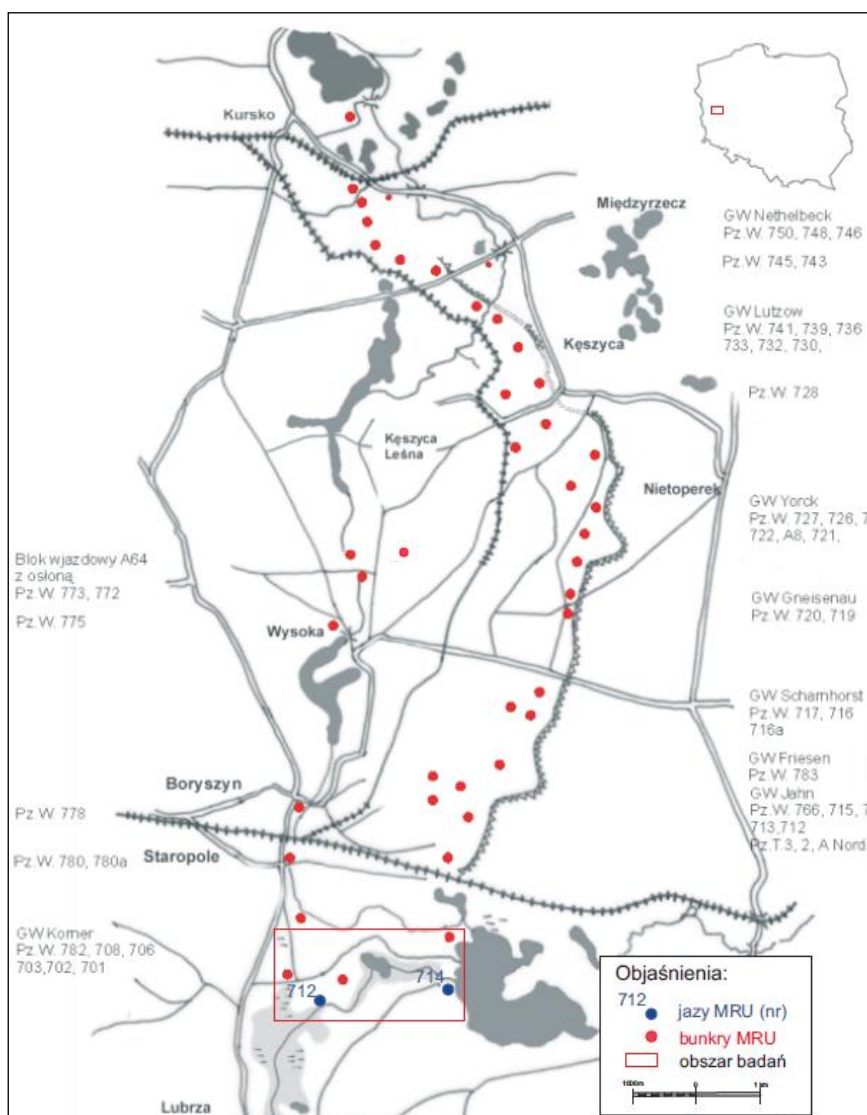
Odcinek centralny MRU (rys. 1) rozciąga się pomiędzy miejscowościami Lubrza, Staropole i Chyciny. Tworzy go 9 grup warownych: GW Lutzow, GW Yorck, GW Gneisenau, GW Scharnhorst, GW Friesen, GW Jahn, GW Schil, GW Nethelbeck oraz GW Komer. Stanowią go głównie jednokondygnacyjne obiekty żelbetowe o odporności B1, gdzie: grubość ścian zewnętrznych wynosi 1 m, grubość stropodachu wynosi 0,8 m, a obiekty są odporne na kilkukrotne trafienie pociskami burzącymi kalibru 120 mm oraz przeciwpancernymi kalibru 105 mm. W centralnym odcinku MRU występują również obiekty o odporności C (niższej od B1), gdzie ściany zewnętrzne mają grubość do 0,6 m, a obiekty są wytrzymałe na pociski burzące kalibru 75 mm i przeciwpancerne kalibru 37 mm, a ponadto – obiekty o odporności B/B1 (wyższej od B1), gdzie ściany zewnętrzne mają grubość 1,5 m, stropodach osiąga grubość 0,8 m, a obiekty są wytrzymałe na pociski burzące kalibru 120 mm oraz przeciwpancerne kalibru 210 mm. Żelbetowe fortyfikacje centralnego odcinka MRU uzupełniają liczne obiekty polowe, w tym: gęste sieci okopów, drewniano-ziemne stanowiska bojowe, polowe magazyny amunicji, wieże obserwacyjne, zapory przeciwpiechotne i przeciwpancerne (tzw. „zęby smoka”) oraz obiekty pozoracyjne.

Podczas działań wojennych, a także licznych powodzi, na Środkowym Nadodrzu zachodziły procesy, które dzisiaj decydują o stanie poszczególnych fortyfikacji oraz uwarunkowaniach geotechnicznych stref nimi umocnionych [Kołodziejczyk 2002, 2004]. Wbudowanie obiektów obronnych w wały przeciwpowodziowe Odry i strefy przykorytowe rzek spowodowało bowiem – w zależności od sytuacji strategicznej (wojennej, powodziowej) – diametralnie różne skutki: 1. wzmocnienie, wynikające z pojawienia się w obrębie gruntu dużej bryły twardego i sztywnego materiału, odpornego na erozję mechaniczną i parcie wód, 2. osłabienie, spowodowane wzmożoną filtracją, jaka miała (i nadal ma) miejsce na styku dwóch ośrodków (beton – grunt) o wyraźnie zróżnicowanym współczynniku przepływu.

Wśród wielu czynników, które mogą powodować niszczenie betonu istotne miejsce zajmuje woda i rozpuszczone w niej substancje chemiczne, co prowadzi do tzw. agresywności wód w stosunku do betonu. W zależności od dominującego procesu chemicznego zachodzi agresywność kwasowa, węglanowa, ługująca i inne. Procesy te potęgują: cykliczne zamrażanie i rozmrażanie wody, wynikające z sezonowych zmian temperatury oraz erozyjna działalność wiatru.

Fortyfikacje centralnego odcinka MRU są często zawodnione. Decydują o tym opady atmosferyczne, spływy z okolicznych zlewni oraz wysoki poziom wód gruntowych.

Woda stagnująca w obrębie obiektów budowlanych wchodzi w reakcję z poszczególnymi elementami konstrukcji żelbetowej. Wskutek agresywności wód dochodzi wówczas do osłabienia poszczególnych elementów konstrukcji [Piasta i in. 1999; Czarnecki i Piotrowski 2010].

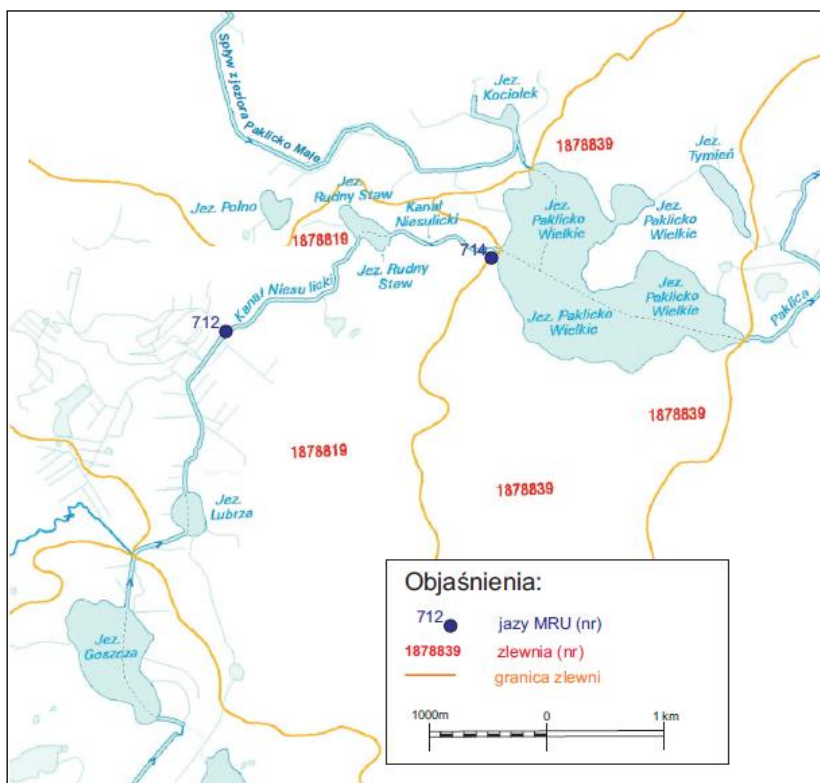


Rys. 1. Mapa centralnego odcinka MRU [Fortress 2004]
 Fig. 1. Map of the central section MRU [Fortress 2004]

Autorzy niniejszej publikacji założyli, że agresywność wód ma również miejsce w przypadku obiektów MRU i jest powodem powstawania tam procesu ługowania betonu. W tym celu przeprowadzili badania dotyczące agresji chemicznej wód Kanału Niesulickiego, przepływającego w bliskim sąsiedztwie jazów nr 712 oraz nr 714 należących do MRU, oraz wód zastojowych występujących w obrębie tych fortyfikacji.

LOKALIZACJA BADAŃ

Badania zlokalizowano w ujściowym odcinku Kanału Niesulickiego, który stanowi główny dopływ jeziora Paklicko Wielkie i rzeki Paklicy (rys. 2). Dotyczyły one wód występujących w obrębie dwóch jazów Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego (MRU): nr 712 i nr 714.



Rys. 2. Zlewnia rzeki Paklicy - wg Mapy Hydrograficznej Polski

[<http://www.kzgw.gov.pl/>]

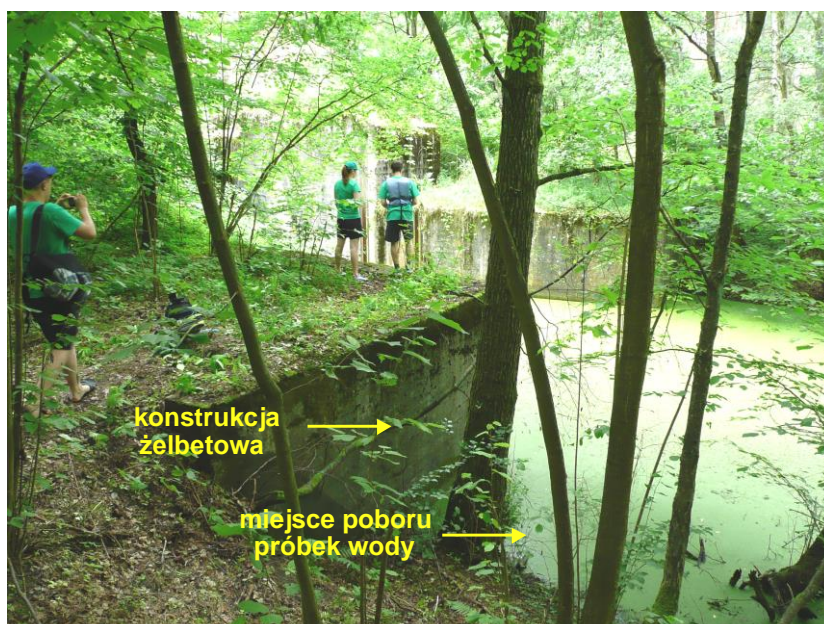
Fig. 2. The basin of river Paklica according to Polish Hydrographic Maps

[<http://www.kzgw.gov.pl/>]

W dniu 13 czerwca 2014 r., podczas „Splywu Inżyniera” zorganizowanego przez pracowników i studentów Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, pobrano próbki wody występującej w Kanale Niesulickim oraz w obrębie obiektów MRU zlokalizowanych w pobliżu tego kanału: jazu nr 712 (fot. 1) i jazu nr 714 (fot. 2). Następnie próbki wody poddano badaniom laboratoryjnym pod względem agresywności wody w stosunku do betonu.



Fot. 1. Jaz nr 712, z oznaczeniem miejsca poboru próbek wody
Fot. 1. Water weir No. 712, with indication of the water sampling place



Fot. 2. Jaz nr 714, z oznaczeniem miejsca poboru próbek wody
Fot. 2. Water weir No. 714, with indication of the water sampling place

METODYKA BADAŃ

Każdą próbkę wody pobrano w wyznaczonych punktach badawczych trzykrotnie, do trzech osobnych pojemników, z głębokości 0,5 m, stosując zasady określone w PN-ISO 5667-6:2003.

Badania laboratoryjne próbek wody przeprowadzono zgodnie z wymogami Polskich Norm lub procedur własnych Centralnego Laboratorium Instytutu Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego (tab. 1).

Tab. 1. Zestawienie metodyki oznaczeń poszczególnych parametrów wody
Tab. 1. Summary of methodology determinations of individual parameters of water

Oznaczenie	Jednostka	Metodyka
pH	-	PN-90/C-04540/01
Temperatura	°C	PN-C-04584:1977
Przewodność	μS/cm	PN-EN 27888 (05.1999)
Żelazo ogólne	mg/dm ³	PN-ISO 6332 (10.2001)
Azot amonowy	mg/dm ³	PN-C-04576-4 (12.1994)
Utlenialność (KMnO ₄)	mg O ₂ /dm ³	PN-ENISO 8467 (07.2001)
Zasadowość	mval/dm ³	PN-EN ISO 9963-1 (04.2001)
Chlorki	mg/dm ³	PN-ISO 9297 (12.1994)
Twardość ogólna	mval/dm ³	PN-ISO 6059 (09.1999)
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	PN-ISO 6059 (09.1999)
Siarczany	mg/dm ³	Procedura własna: PB-09 edycja 2 z dnia 04.07.2012 Centralnego Laboratorium Instytutu Inżynierii Środowiska
Wapń	mg/dm ³	PN-ISO 6058 (08.1999)
Magnez	mg/dm ³	PN-ISO 6059 (07.1999)
Tlen	mg O ₂ /dm ³	PN-EN 25814 (05.1999)

WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ I ICH ANALIZA

Woda pobrana z Kanału Niesulickiego, w pobliżu obiektów hydrotechnicznych nr 712 i 714, wykazała cechy agresywności ługującej; zawartość CaCO₃ była w tym przypadku mniejsza od 90 mg CaCO₃·dm⁻³. Natomiast woda zasto-

skowa, pobrana z bezpośredniego sąsiedztwa obiektów MRU nie wykazała takiej agresywności (tab. 2, 3).

Tab. 2. Wyniki badań próbek wody pobranych z obiektu MRU (jazu nr 712) oraz Kanalu Niesulickiego

Tab. 2. The analytical results of water samples taken from the MRU object (weir No. 712) and the Niesulice Water Channel

Rodzaj próbki wody / Parametr		Woda z jazu nr 712			Woda z Kanalu Niesulickiego, w sąsiedztwie jazu nr 712		
		I A	I B	I C	II A	II B	II C
Oznaczenie próbki							
pH	-	8,71	8,41	8,53	7,69	7,39	7,57
		śr.		8,55	śr.		7,55
Temperatura	°C	18,4			17,2		
Przewodność	µS/cm	1104			479		
Żelazo ogólne	mg/dm ³	0,96	0,99	1,02	1,24	1,31	1,26
		śr.		0,99	śr.		1,27
Azot amonowy	mg/dm ³	0,43	0,44	0,43	0,46	0,48	0,48
		śr.		0,43	śr.		0,47
Utlenialność (KMnO₄)	mg O ₂ /dm ³	8,5	9,7	9,1	4,2	3,9	4,5
		śr.		9,1	śr.		4,2
Zasadowość	mval/dm ³	10,9	11,6	12,3	4,1	3,8	4,1
		śr.		11,6	śr.		4
Chlorki	mg/dm ³	17,8	19,6	19,6	8,1	7,6	8,3
		śr.		19	śr.		8
Twardość ogólna	mval/dm ³	4,76	4,82	4,82	1,68	1,72	1,6
		śr.		4,8	śr.		1,67
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	238	241	241	84	86	80
		śr.		240	śr.		83
Siarczany	mg/dm ³	41,5	42,1	42,4	21,9	23,7	22,8
		śr.		42,0	śr.		22,8
Wapń	mg/dm ³	85,1	86,3	85,7	35,2	38,9	37,2
		śr.		85,7	śr.		37,1
Magnez	mg/dm ³	9,6	11,8	10,7	4,4	4,6	3,9
		śr.		10,7	śr.		4,3
Tlen	mg O ₂ /dm ³	7,8	8,9	8,5	2,5	3,5	3
		śr.		8,4	śr.		3

Proces ługowania betonu przez agresywną wodę przypuszczalnie wynika ze zdolności do rozpuszczania poszczególnych związków. Zjawisko to decyduje o tzw. „korozji rozpuszczającej” [Czarnecki i in. 2006]. W analizowanym przypadku jest to korozja I rodzaju, która występuje w wodach miękkich, pozbawionych soli wapniowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych przebadane próbki wody wykazały bardzo dobry stan jakości

wody w jazie nr 712 i Kanale Niesulickim płynącym w sąsiedztwie tego jazu dla następujących parametrów: azot amonowy, chlorki, siarczany, wapń, magnez. Natomiast w zakresie przewodności i pH stan jakości wody w jazie nr 712 był dobry, a w Kanale Niesulickim – bardzo dobry. Jakość wody pod względem zawartości tlenu w obrębie jazu nr 712 była bardzo dobra, a w Kanale Niesulickim – poniżej stanu dobrego.

Tab. 3. Wyniki badań próbek wody pobranych z obiektu MRU (jazu nr 714) oraz Kanalu Niesulickiego

Tab. 3. The analytical results of water samples taken from the MRU object (weir No. 714) and the Niesulice Water Channel

Rodzaj próbki wody / Parametr		Woda z jazu nr 714			Woda z Kanalu Niesulickiego, w sąsiedztwie jazu nr 714		
Oznaczenie próbki		III A	III B	III C	IV A	IV B	IV C
pH	-	8,33	8,5	8,55	6,94	7,11	7,07
		śr.	8,46		śr.	7,04	
Temperatura	°C	20,3			19,3		
Przewodność	μS/cm	896			276		
Żelazo ogólne	mg/dm ³	1,2	1,11	1,09	2,58	2,45	2,65
		śr.	1,13		śr.	2,56	
Azot amonowy	mg/dm ³	1,89	1,82	1,79	2,02	1,98	1,97
		śr.	1,83		śr.	1,99	
Utlenialność (KMnO ₄)	mg O ₂ /dm ³	12,5	10,1	11,6	9,1	9,2	8,7
		śr.	11,4		śr.	9	
Zasadowość	mval/dm ³	10,7	11,5	12,1	3,9	3,7	4,1
		śr.	11,4		śr.	3,9	
Chlorki	mg/dm ³	20,7	20,3	19,8	4,5	5,5	5
		śr.	20		śr.	5	
Twardość ogólna	mval/dm ³	5,2	5,44	5,36	1,74	1,72	1,74
		śr.	5,34		śr.	1,73	
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	260	272	268	87	86	87
		śr.	267		śr.	87	
Siarczany	mg/dm ³	38,2	39,9	38,8	12,5	13,8	13,3
		śr.	39,0		śr.	13,2	
Wapń	mg/dm ³	89,2	88,7	87,6	38,9	41,9	41,3
		śr.	88,5		śr.	40,7	
Magnez	mg/dm ³	9,7	11,5	10,7	5,1	5,6	4,6
		śr.	10,6		śr.	5,1	
Tlen	mg O ₂ /dm ³	8,7	7,9	8,3	2,2	3,4	2,8
		śr.	8,3		śr.	2,8	

W jazie nr 714 i Kanale Niesulickim płynącym w sąsiedztwie tego jazu stan jakości wody był bardzo dobry pod względem następujących parametrów: przewodności, pH, zawartości chlorków, siarczanów, wapnia oraz magnezu, natomiast poniżej stanu dobrego – pod względem zawartości azotu amonowego.

Jakość wody pod względem zawartości tlenu w obrębie jazu nr 714 była bardzo dobra, a w Kanale Niesulickim – poniżej stanu dobrego.

PODSUMOWANIE

- Obiekty Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego są często zawodnione i stąd podlegają intensywnemu oddziaływaniu wód powierzchniowych.
- Efektem oddziaływania wody na konstrukcje żelbetowe fortyfikacji jest m.in. proces ługowania betonu.
- Przy ocenie wpływu wód powierzchniowych na konstrukcje żelbetowe zawodnionych obiektów hydrotechnicznych należy zwracać szczególną uwagę na agresywność ługującą wody.

LITERATURA

1. BISKUP K.; 1992. Fortyfikacje Bramy Lubuskiej 1925-1945, Infort, nr 3(4).
2. BRZOSKWINIA W.; 1987. Międzyrzecki Rejon Umocniony, Poznaj Swój Kraj, nr 1.
3. CZARNECKI L., BRONIEWSKI T., HENNING O.; 2006. Chemia w budownictwie. Arkady.
4. CZARNECKI L.; PIOTROWSKI T.; 2010. Oddziaływania środowiskowe na żelbetowe pale fundamentowe. Inżynieria i budownictwo, nr 7/2010.
5. FORTRESS; 2004. Mapa Odcinka Centralnego MRU (Projekt z 1936 r.). http://fortyfikacjewpolsce.pl/owb/images/owb/mapy/central_2004_projekt.jpg
6. KOŁODZIEJCZYK U.; 2002. Geologiczno-inżynierskie badania wałów przeciwpowodziowych i ich podłoża jako metoda prognozy zagrożeń powodziowych na lubuskim odcinku Odry. Zielona Góra: Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego.
7. KOŁODZIEJCZYK U.; 2004. Wykorzystanie wałów przeciwpowodziowych w niemieckiej strategii obronnej. Przegląd Geologiczny 2004, T. 52, nr 11, 1098-1099.
8. MOTYL K.; 2000. Pozycja Środkowej Odry – rejon Cigacice. Wydawnictwo z serii: Fortyfikacje Ziemi Lubuskiej. Wyd.: Oddział Zielonogórski Tow. Przyjaciół Fortyfikacji. Zielona Góra.
9. PIASTA W.G., SAWICZ Z., KOPROWSKI G.; 1999: Trwałość obciążonego betonu w warunkach agresywności chemicznej. Inżynieria i budownictwo, nr 6/1999.

10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2014, poz. 1482).
11. SADOWSKI J.; 2005. Międzynarodowe studium Międzyrzecki Rejon Umocniony turystyczną perłą Europy, Gliwice.
12. TOCZEWSKI A.; 1981. Działalność zwiadowczo-dywerysyjna polskich grup spadochronowych na Środkowym Nadodrzu. Przegląd Lubuski nr 1981, nr 1, s. 53-65.
13. <http://www.kzgw.gov.pl/pl/Rastrowa-Mapa-Podzialu-Hydrograficznego-Polski.html>.

AGGRESSIVENESS OF CHEMICAL SURFACE WATER IN THE FORTIFIED REGION IN MIĘDZYRZECZ

S u m m a r y

Fortifications Fortified Region in Międzyrzecz are often watered. Decide: precipitation, surface runoff from the surrounding catchment and groundwater levels. The article shows that the residual water in the vicinity of the fortifications reinforced concrete structure reacts with individual objects. This was confirmed by the aggressiveness of surface water present in the vicinity of the selected fortification located in the basin of the river Paklicy.

Key words: aggressive surface waters, Fortified Region in Międzyrzecz