



Bundesanstalt für Wasserbau

Kompetenz für die Wasserstraßen

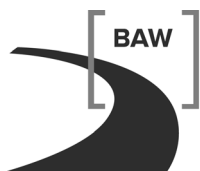
Federalny Instytut Budownictwa Wodnego [BAW]
Kompetencja dla Dróg Wodnych

Tłumaczenie z języka niemieckiego

**Aktualizacja koncepcji regulacji
cieku Odry Granicznej**
**Opracowanie skrócone do orzeczenia,
maj 2014**

3.02.10132.4





Bundesanstalt für Wasserbau

Kompetenz für die Wasserstraßen

**Aktualizacja
koncepcji regulacji ciekłu Odry granicznej
Opracowanie skrócone do orzeczenia, maj 2014**

Zleceniodawca: Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde

Zlecenie z dnia: 13.04.2011, Znak: 4-231.2 Od SKR 0/23

Nr zlecenia: BAW-Nr 3.02.10132.4

Opracowane przez: Wydział: Budownictwo Wodne w Obszarze Śródlądowym
Referat: W2
Opracowujący: Dipl.-Ing. Bernd Hentschel
Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Hüsener

Nadzór merytoryczny prac nad projektem ze strony grupy projektowej:

Strona niemiecka

(WSA Eberswalde)

Dipl.-Ing. Regina Jeske (Kierownik gr. proj.), Dipl.-Ing. Astrid Ewe,
Dipl.-Ing. Cornelia Lauschke

(GDWS, Ast Ost)

Dipl.-Ing. Zbigniew Szymon

Strona polska

(RZGW w Szczecinie)

mgr inż. Agnieszka Dynia, mgr inż. Łukasz Kolanda,
mgr inż. Bogdan Zakrzewski, mgr Adam Łazarów

(ZUT Szczecin)

dr inż. habil. Władysław Buchholz, dr inż. Zbigniew Mroziński

Nadzór koordynujący prace nad projektem ze strony grupy sterującej:

Strona niemiecka

(WSA Eberswalde)

Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Heymann (Kierownik gr. ster.)

(GDWS, Ast Ost)

Dipl.-Ing. Tjark Hildebrandt

Strona Polska

(KZGW)

mgr inż. Witold Sumisławski

(RZGW w Szczecinie)

dr inż. Andrzej Kreft

Karlsruhe, 30.05.2014 r.

Opracowanie skrócone do orzeczenia może być powielane jedynie w postaci nieskróconej. Powielanie i publikowanie wymaga pisemnej zgody Federalnego Instytutu Budownictwa Wodnego (BAW).

Streszczenie

Podstawę niniejszego projektu stanowią uzgodnione w dniach 29.10./24.11.2008 roku pomiędzy polską i niemiecką administracją dróg wodnych „Tezy do późniejszego uregulowania prawnego celem wspólnej poprawy sytuacji na drogach wodnych na pograniczu polsko-niemieckim (ochrona przeciwpowodziowa, warunki przepływu i żeglugi)“. W punkcie 1.1 ustalono, że opracować należy koncepcję regulacji rzeki Odry granicznej oraz, że BAW otrzyma zlecenie opracowania takiej koncepcji.

Sytuacja wyjściowa opisana została w zleceniu na realizację projektu w sposób następujący: „Odra stanowi na odcinku od km 542,4 (koło Ratzdorf) do km 704,1 (rozgałęzienie z Odrą Zachodnią) granicę polsko-niemiecką. Na ww. odcinku jest ona odcinkiem rzeki uregulowanym w ciągu kilku stuleci za pomocą zabudowy regulacyjnej (ostrog, opaski brzegowe i tamy podłużne) poprzez przekopy i prostowanie koryta rzecznej. Stan utrzymania zabudowy regulacyjnej po stronie polskiej i niemieckiej jest niewystarczający. Doprowadziło to w ostatnich dziesięcioleciach do wzmożonych tendencji do zalądowania i stałego pogarszania się głębokości szlaku żeglownego, co ma również wpływ na profil przepływu wielkich wód. Pozostawienie takiego stanu nie może zostać zaakceptowane, w szczególności z punktu widzenia gospodarki wodnej, ponieważ stanowi znaczne zagrożenie lub utrudnienie dla wspólnych polsko-niemieckich akcji lodołamania oraz odprowadzania lodu, a tym samym dla ochrony przeciwpowodziowej na Odrze. Jednocześnie utrudnia to żeglugę statkami śródlądowymi.“

Cele projektu stanowią:

- Opracowanie polsko-niemieckiej koncepcji regulacji cieku dla potrzeb utrzymania zabudowy regulacyjnej Odry granicznej na podstawie analizy ogólnej Odry granicznej przedłożonej przez Federalny Instytut Budownictwa Wodnego (BAW).
- Docelowe głębokości wody odpowiadają wymaganiom wynikającym z prowadzenia akcji lodołamania z użyciem lodołamaczy i należy je zagwarantować w możliwie skutecznym sposób. Mając na uwadze naturalne warunki hydrologiczne należy w związku z tym dążyć do uzyskania głębokości wody 1,80 m ze średnim rocznym prawdopodobieństwem przekroczenia na poziomie co najmniej 80 % roku powyżej (odcinek 1) i co najmniej 90 % roku poniżej ujścia Warty (odcinek 2).

W dniu 13.04.2011 roku Federalny Instytut Budownictwa Wodnego (BAW) otrzymał od Urzędu Wodno-Żeglugowego Eberswalde (WSA EW) zlecenie na opracowanie nowej koncepcji regulacji cieku. Treść zlecenia zorientowana jest przy tym bezpośrednio na celach zawartych w dokumencie tezowym.

Ocena analityczna danych z natury i uprzednio wykonane badania BAW pokazały, że zdefiniowany w zleceniu na realizację projektu cel regulacyjny w Odrze granicznej nie jest obecnie osiągnięty prawie na całej jej długości oraz, że głębokości wody niezbędne dla możliwości prowadzenia akcji lodołamania z użyciem lodołamaczy nie występują. Na potrzeby opracowania aktualizacji koncepcji regulacji, BAW stosuje numeryczny model transportu rumowiska całej Odry granicznej (długość około 150 km, symulowany okres czasu 40 lat) dla wielkoobszarowego i długookresowego określania średnich zmian dna i położenia zwierciadła wody. Fizyczny model transportu rumowiska o zasięgu lokalnym (odcinek Odry w rejonie miejscowości Hohenwutzen, długość 7,8 km) stosowany jest do badań oddziaływania danych wariantów regulacji na lokalny transport materiałów stałych (np. na tworzenie się i przemieszczanie diun), jak również do badań kwestii nawigacyjnych. Za pomocą skalibrowanego modelu numerycznego obliczono dla całej Odry granicznej nowy stan wody miarodajnej /odniesienia/ w postaci SWP₂₀₁₀ /średnia woda projektowa/.

Przy wyborze wariantów badań zawsze na pierwszym planie znajdował się cel regulacyjny w postaci średniej głębokości o charakterze ciągłym 1,80 m. Poszczególne badane warianty alternatywne w zakresie parametrów budowli regulacyjnych odnosiły się do redukcji nakładu robót budowlanych i redukcji możliwych negatywnych oddziaływań, w szczególności na stany wody. Poszczególne warianty były poddawane dyskusji i uzgodnieniom w grupie projektowej udzielającej zleceń na kolejne etapy badań. Wersje alternatywne poszczególnych wariantów odnoszą się zasadniczo do odstępu linii regulacyjnych i danych wysokości projektowych budowli regulacyjnych.

W ramach prac analityczno-badawczych opracowano kilka wariantów, w których uzyskano głębokość 1,80 m o charakterze ciągłym z odnośnym prawdopodobieństwem przekroczenia. Do realizacji zalecany jest przez BAW wariant KRC-W5.

Powiększenie średniej głębokości na obszernych w swym zasięgu odcinkach Odry granicznej stawia wymóg przemieszczenia znaczących ilości materiału dennego. Duża część z tego zostaje na przestrzeni badanego okresu 40 lat przemieszczona w następstwie naturalnego transportu rumowiska. Obliczenia pokazały, że naturalny transport rumowiska zapewne jednakże nie wystarczy, aby zrealizować przedsięwzięcia bez podniesienia stanów wody. Stąd w wielu scenariuszach przebadano, w jak dalekim zakresie bagrowania towarzyszące i pobór materiału zapobiec mogłyby niekorzystnemu oddziaływaniu na stany wody. Ponieważ jednak prognozy odnośnie przemieszczania się materiału dennego obarczone są niepewnością analityczną, w każdym z przypadków zalecane są towarzyszące obserwacje z natury procesów rozwojowych dna i stanów wody.

W ramach badań nad wrażliwością układu na wpływ czynników trzecich przebadano, jak mogłyby oddziaływać elementy niepewności analitycznej w zakresie przyszłych zdarzeń przepływu na wypowiedzi odnośnie osiągnięcia celu. W tym celu badaniu poddano zdarzenia przepływu z wyraźnie zwiększoną i z wyraźnie zmniejszoną krzywą przepływu z obszaru zlewni. Obliczone wartości odnośnie transportu rumowiska oraz wysokości dna i stanów

wody reagowały na te alternatywne podwarianty analityczne, zgodnie z oczekiwaniami, sensytywnie /nadwrażliwie/. Okazało się jednakże, że cel regulacyjny zostaje osiągnięty, przy czym w każdym z przypadków na innym absolutnym poziomie wysokościowym. Z badań nad wrażliwością układu wynikało również, że alternatywne okresy realizacji całości robót w ramach zaproponowanej koncepcji regulacji Odry granicznej w wielkości 13, 20 lub 25 lat nie oddziałują w sposób istotny na uzyskiwane po okresie 40 lat głębokości wody.

W celu wdrożenia koncepcji regulacji na obszarze miejsc limitujących na Odrze granicznej wymienionych w dokumencie tezowym, opracowano na podstawie wyników tych badań stosowne zalecenia.

W każdym z przypadków zalecane są towarzyszące kontrole powodzenia, aby sprawdzać osiągnięcie celu, rozpoznawać ewentualne negatywne oddziaływanie na zwierciadło wody oraz, aby w razie takiej konieczności, mieć możliwość odpowiedniego zaplanowania zastosowania bagrowań towarzyszących.

Dla okresu czasu do rozpoczęcia realizacji przedsięwzięć na dłuższych odcinkach cieku, przedłożone zostały ogólne zalecenia dotyczące bieżących robót utrzymaniowych na Odrze granicznej, które mogły zostać sformułowane na podstawie wykonanych badań i analiz.

Zdefiniowany w zleceniu realizacyjnym cel w postaci średniej głębokości 1,80 m odnosi się do relatywnie niewielkiego przepływu, który jest pierwszoplanowo istotny dla lodołamania. Realizacja jednego z przebadanych wariantów prowadziłyby jednakże także przy $Q(SWP_{2010})$ do podniesienia średnich głębokości wody do poziomu 2,70 m na odcinku 1 i 3,00 m na odcinku 2, poprzez co warunki nawigacyjne dla żeglugi zawodowej uległyby tym samym wyraźnej poprawie.

Niniejsze opracowanie skrócone zawiera istotne wyniki badań analitycznych (Orzeczenie z maja 2014 roku) oraz opis propozycji realizacyjnej zalecanej przez BAW (wariant KRC-W5).

Spis treści		Strona
1	Organizacja projektu i warunki brzegowe	1
1.1	Organizacja projektu	1
1.2	Warunki brzegowe	2
1.3	Projektowy miarodajny stan wody SWP ₂₀₁₀	4
2	Badania wariantów	5
2.1	Przegląd wariantów	5
2.2	Badania modelowe	7
2.3	Stan istniejący w wariacie W0	8
2.4	Propozycja realizacyjna w postaci wariantu KRC-W5 (1D-MTR)	9
2.5	SWP ₂₀₁₀ i WW	12
3	Podsumowująca prezentacja wyników	15
4	Ogólne zalecenia dla bieżącego utrzymania	16
5	Podsumowanie i zalecenia	19

Spis ilustracji		Strona
Ilustracja 1-1	Szkic dotyczący obliczenia średniej głębokości	3
Ilustracja 1-2	Plan poglądowy Odry granicznej i zdjęcie lotnicze Odry z ostrogami i opaską brzegową przy ujściu Nysy Łużyckiej przy m. Ratzdorf (Od-km 542,3 - 545)	4
Ilustracja 2-1:	Graficzna prezentacja geometrycznych parametrów bazowych, góra: odstępy linii regulacyjnych, dół: projektowa wysokość budowli reg. odniesiona do SWP ₂₀₁₀	6
Ilustracja 2-2:	Sieć modelu, Odra graniczna z odcinkami cząstkowymi polskiej Odry, Nysy Łużyckiej i Warty	7
Ilustracja 2-3:	Model fizyczny Odry przy m. Hohenwutzen w hali badawczej BAW	8
Ilustracja 2-4:	Głębokości średnie przy $Q_{PrPrz80/90}$, wariant W0, po T= 0 i 40 latach	9
Ilustracja 2-5:	Porównanie średnich głębokości przy $Q_{PrPrz80/90}$ wariantów W0 i KRC-W5 na całym obszarze objętym badaniami	10
Ilustracja 2-6:	Grafika geometrycznych parametrów bazowych, góra: odstępy linii regulacyjnych, dół: wysokość projektowa budowli regulacyjnych odniesiona do SWP ₂₀₁₀ dla wariantu KRC-W5	11
Ilustracja 2-7:	Porównanie średnich głębokości przy SWP ₂₀₁₀ wariantów W0 i KRC-W5	12

Ilustracja 2-8: Zmiany położenia zwierciadła wody przy $Q(WW)$ w wariantach KRC-W1, KRC-W2, KRC-W2b, KRC-W3, KRC-W4 i KRC-W5 w porównaniu z KRC-W0 po 40 latach ($Q_{WW} = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$ względnie $2050 \text{ m}^3/\text{s}$)	13
Ilustracja 2-9: Średnie podniesienie zwierciadła wody przez warianty KRC-W1 i KRC-W5 na odcinku 1	14
Ilustracja 2-10: Średnie podniesienie zwierciadła wody przez warianty KRC-W1 i KRC-W5 na odcinku 2	14
Ilustracja 4-1: Odstępy linii regulacyjnych przy zróżnicowanych budowlach regulacyjnych	17

Spis tabel

Strona

Tabela 1-1: Prawdopodobieństwo przekroczenia ($P_{(Prz)}$), przepływy miarodajne, wodowskazy miarodajne	2
Tabela 1-2: Obliczenie względnie ustalenie przepływu dla SWP_{2010} na podstawie wielolecia 1981/2010	5
Tabela 2-1: Geometryczne parametry bazowe wariantów	5
Tabela 3-1: Ocena wariantów w 1D-MTR	15
Tabela 4-1: Głębokości projektowe przy SWP_{2010} i redukcja odstępów linii regulacyjnych przy odbiegających od standardu nachyleniach skarp	17

1 Organizacja projektu i warunki brzegowe

1.1 Organizacja projektu

Podstawę niniejszego projektu stanowią uzgodnione w dniach 29.10./24.11.2008 roku pomiędzy polską i niemiecką administracją dróg wodnych „Tezy do późniejszego uregulowania prawnego celem wspólnej poprawy sytuacji na drogach wodnych na pograniczu polsko-niemieckim (ochrona przeciwpowodziowa, warunki przepływu i żeglugi)“. W punkcie 1.1 ustalono, że opracować należy koncepcję regulacji rzeki Odry granicznej oraz, że Federalny Instytut Budownictwa Wodnego (BAW) otrzyma zlecenie opracowania takiej koncepcji. W dniu 08.12.2009 roku odbyło się w Eberswalde spotkanie konstytuujące ukierunkowane na opracowanie struktury organizacyjnej na rzecz realizacji projektu. Uwzględniając mające miejsce w międzyczasie zmiany personalne, struktura organizacyjna projektu ma następującą postać:

Struktura organizacyjna projektu (stan: 03.06.2014 r.)

STRUKTURA ORGANIZACYJNA PROJEKTU

GrSter	Grupa Sterująca:	KZGW, RZGW Szczecin, GDWS Ast Ost, WSA EW (Pan Sumisławski, Pan dr Kreft, Pan Hildebrandt, Pan Heymann)
↓		Kierownik GrSter: Pan Heymann
		raportuje ↑
GrProj	Kierownik Projektu (KP):	WSA EW (Pani Jeske)
↓	Zespół Projektowy (ZP):	WSA EW (Pani Ewe, Pani Lauschke) RZGW Szczecin (Pani Dynia, Pan Zakrzewski, Pan Kolanda) ZUT (Pan Prof. Buchholz, Pan dr Mroziński)
		BAW (Ref. W2) (Pan Hentschel)
	Tłumacze:	RZGW Szczecin (Pan Łazarów) GDWS Ast Ost (Pan Szymon)
		↓
ZlecBior	Zleceniobiorca (ZB):	BAW (Ref. W2) ZUT Inne podmioty trzecie (biura inżynieryjne, ...)

KZGW: Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (Warszawa)
RZGW: Szczecin: Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie
ZUT: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny (Szczecin)
GDWS: Generalna Dyrekcja Dróg Wodnych i Żeglugi (Bonn)

GDWS Ast Ost: Generalna Dyrekcja Dróg Wodnych i Żeglugi – Oddział Wschód – (Magdeburg)
WSA EW: Urząd Wodno-Żeglugowy w Eberswalde
BAW: Federalny Instytut Budownictwa Wodnego (Karlsruhe)

1.2 Warunki brzegowe

W ramach prac grupy projektowej określono, na podstawie danych hydrologicznych na polskich i niemieckich wodowskazach na Odrze granicznej, zestawione w tabeli 1-1 dane hydrologiczne i warunki brzegowe.

Odcinek	$P_{(Prz)}$ dla głębokości 1,80 m	Niemieckie wodowskazy miarodajne; przepływ wielolecie 1981/2010	Polskie wodowskazy miarodajne; przepływ wielolecie 1981/2010	Wybrany przepływ miarodajny
Odcinek 1 Od-km 542,4 do 617,5	80 %	Eisenhüttenstadt Od-km 554,1 156 m ³ /s	Ślubice Od-km 584,1 164 m ³ /s	160 m ³ /s
Odcinek 2 Od-km 617,6 do 694,0	90 %	Hohensaaten-Finow Od-km 664,9 244 m ³ /s	Gozdowice Od-km 645,3 253 m ³ /s	250 m ³ /s

Różnice w przepływach na wodowskazach danego odcinka wynikają z różnych w danym przypadku pozyskanych danych

Tabela 1-1: Prawdopodobieństwo przekroczenia ($P_{(Prz)}$), przepływy miarodajne, wodowskazy miarodajne

Uzgodnione w grupie projektowej podstawy dla opracowywanej koncepcji regulacji są następujące:

- Nowa koncepcja regulacji zorientowana być powinna na istniejącą zabudowę regulacyjną (ostrogi, tamy podłużne, opaski brzegowe).
- Możliwy obszar przedsięwzięć jest ograniczony do istniejącego koryta wody średniej.
- Docelowe projektowe wysokości budowli winny być zorientowane na aktualne stany wody.

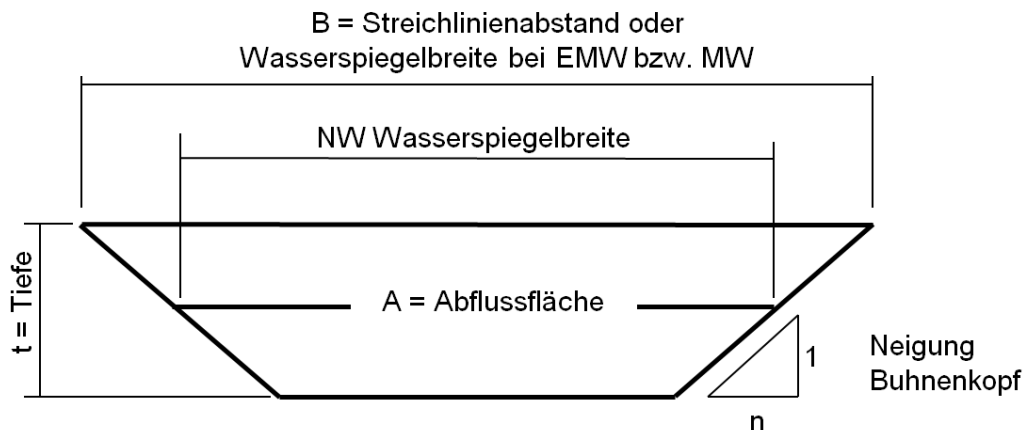
Ponadto zdefiniowano w grupie projektowej następujące cele dodatkowe:

- Zapewniona być musi neutralność na przepływ wielkiej wody, tzn. czoło fali miarodajnej wielkiej wody odniesione do obwałowania nie może być w znaczący sposób podwyższone poprzez planowane przedsięwzięcia.
- Lodołamanie, poprzez bezpośrednią poprawę w wyniku przyszłej koncepcji regulacji (bardziej równomierny i głęboki szlak żeglowny), powinno być uproszczone i zredukowane niebezpieczeństwo tworzenia się spiętrzeń i zatorów lodowych.

- Dno Odry powinno się ustabilizować na stabilnym horyzoncie w perspektywie długookresowej (likwidacja względnie redukcja długo utrzymujących się i wielkoobszarowych przegłębień dna bądź wypłyceń).
- System regulacji poniżej Od-km 683 pozostanie w postaci niezmienionej (odcinek uregulowany za pomocą opasek brzegowych).

Kwestią istotną dla rozważań w zakresie powyżej określonego celu głębokościowego jest jednoznaczna i zrozumiała analitycznie definicja głębokości. W grupie projektowej zgodnie ustalono, że głębokości będą obliczone według metody zastępczego przekroju trapezu z aktualnych i prognozowanych powierzchni przepływu. Metodę obliczeniową przedstawiono na ilustracji 1-1. Przy pomocy tej metody można w równym stopniu analizować i zestawiać porównawczo zarówno dane z natury odnośnie oceny istniejącego stanu, jak również prognozowane geometrie obliczeniowe. Praca z użyciem pojęcia średniej głębokości wody jest konieczna, ponieważ z powodu bardzo kompleksowych i wysoce dynamicznych warunków na dnie Odry, nie jest możliwe na podstawie czysto teoretycznych rozważań określenie głębokości w szlaku żeglownym możliwej do wykorzystania przez żeglugę.

Tłumacz /Legenda/: B = odstęp linii regulacyjnych lub szerokość zwierciadła wody przy SWP względnie SW
Szerokość zwierciadła NW
 A = powierzchnia przepływu
 t = głębokość
 n = nachylenie główki ostrogi



Ilustracja 1-1 Szkic dotyczący obliczenia średniej głębokości

$$A = (B - n * t) * t \quad \rightarrow \quad t = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4 * n * A}}{2 * n}$$

$$n = \text{średnie nachylenie } n = (n_{Li} + n_{Re})/2$$



Ilustracja 1-2 Plan poglądowy Odry granicznej i zdjęcie lotnicze Odry z ostrogami i opaską brzegową przy ujściu Nysy Łużyckiej przy m. Ratzdorf (Od-km 542,3 - 545)

1.3 Projektowy miarodajny stan wody SWP₂₀₁₀

Dla docelowej projektowej wysokości budowli regulacyjnych wybrać należy dla dłuższych odcinków cieku jednolitą wartość odniesienia, która zorientowana jest na średni spadek podłużny rzeki. W tym celu określono tutaj stan wody przy średnim przepływie na podstawie wielolecia 1981/2010 (SWP₂₀₁₀). Górne krawędzie budowli regulacyjnych (główka ostrogi i korona tamy podłużnej) na potrzeby dalszego planowania przyporządkowywane będą w bezpośrednim odniesieniu do tej wysokości.

	Odcinek 1 powyżej Warty	Odcinek 2 poniżej Warty
SQ	Wodowskaz Eisenhüttenstadt Od-km 554,1 287 m ³ /s	Wodowskaz Hohensaaten-Finow Od-km 664,9 500 m ³ /s
	Wodowskaz Słubice:	Wodowskaz Gozdowice
Ustalono: Q dla SWP ₂₀₁₀	300 m ³ /s	500 m ³ /s

Tabela 1-2: Obliczenie względnie ustalenie przepływu dla SWP₂₀₁₀ na podstawie wielolecia 1981/2010

2 Badania wariantów

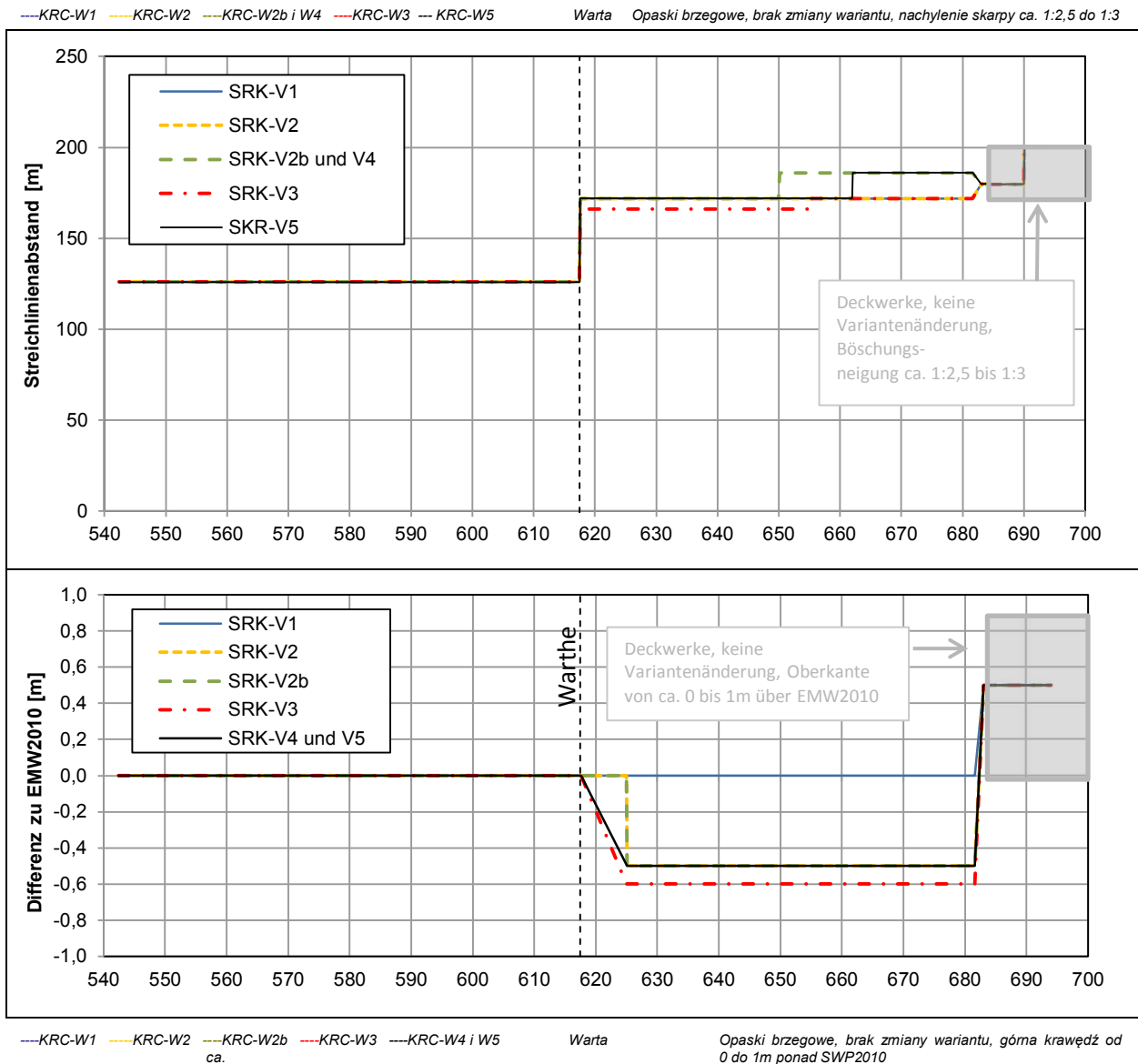
2.1 Przegląd wariantów

Przebadane warianty różnią się geometrycznie w zakresie parametrów: wysokość projektowa budowli regulacyjnych i odstęp linii regulacyjnych na odcinku 2 (poniżej ujścia Warty) (patrz tabela 2-1 i ilustracja 2-1). Dla odcinka 1 (ujście Nysy Łużyckiej do ujście Warty) obowiązują we wszystkich badanych wariantach te same parametry regulacyjne. Na odcinku 1, obok zmian ww. parametrów, badano również, w jak dalekim zakresie występujące tam obecnie lokalne przewężenia mogą względnie powinny w przyszłości zostać usunięte.

Wariant	Odstępy linii regulacyjnych		Projektowa wysokość budowli regulacyjnych	
	Odc. 1	Odc. 2	Odc. 1	Odc. 2
W0	Zróżnicowane odstępy linii regulacyjnych i zróżnicowane projektowe wysokości budowli regulacyjnych w następnym niejednorodnym systemie regulacji			
KRC-W1	126 m	172 m	SWP ₂₀₁₀	SWP ₂₀₁₀
KRC-W2		172 m		617,6 – 625,0: SWP ₂₀₁₀
KRC-W2b		617,6 – 650,0: 172 m 650,1 – 681,6: 186 m		625,1 – 681,6: SWP ₂₀₁₀ - 0,5m
KRC-W3		617,6 – 655,0: 166 m 655,1 – 681,6: 172 m		617,6 – 625,0: SWP ₂₀₁₀ – 0,0 do 0,6m 625,1 – 681,6: SWP ₂₀₁₀ – 0,6m
KRC-W4		617,6 – 650,0: 172 m 650,1 – 681,6: 186 m		617,6 – 625,0: SWP ₂₀₁₀ – 0,0 do 0,5m 625,1 – 681,6: SWP ₂₀₁₀ – 0,5m
KRC-W5		617,6 – 662,0: 172 m 662,1 – 681,6: 186 m		

Tabela 2-1: Geometryczne parametry bazowe wariantów

Na odcinku 2, pomiędzy obszarami dla definicji wysokości i szerokości, usytuowany jest w każdym z przypadków obszar przejścia w wielkości 100 m. Wartości lokalne dla tych odcinków przejść należy interpolować liniowo. Poprzez to osiągnie się, że dla przykładu przy budowie ostrogi pomiędzy tymi obszarami zastosowanie znajdzie interpolowana wysokość i długość, a przy budowie tamy podłużnej wysokość zostanie tutaj jednolicie dopasowana i nie będzie skoku w zakresie wysokości bądź poprowadzenia linii.



Ilustracja 2-1: Graficzna prezentacja geometrycznych parametrów bazowych, góra: odstępów linii regulacyjnych, dół: projektowa wysokość budowli reg. odniesiona do SWP₂₀₁₀

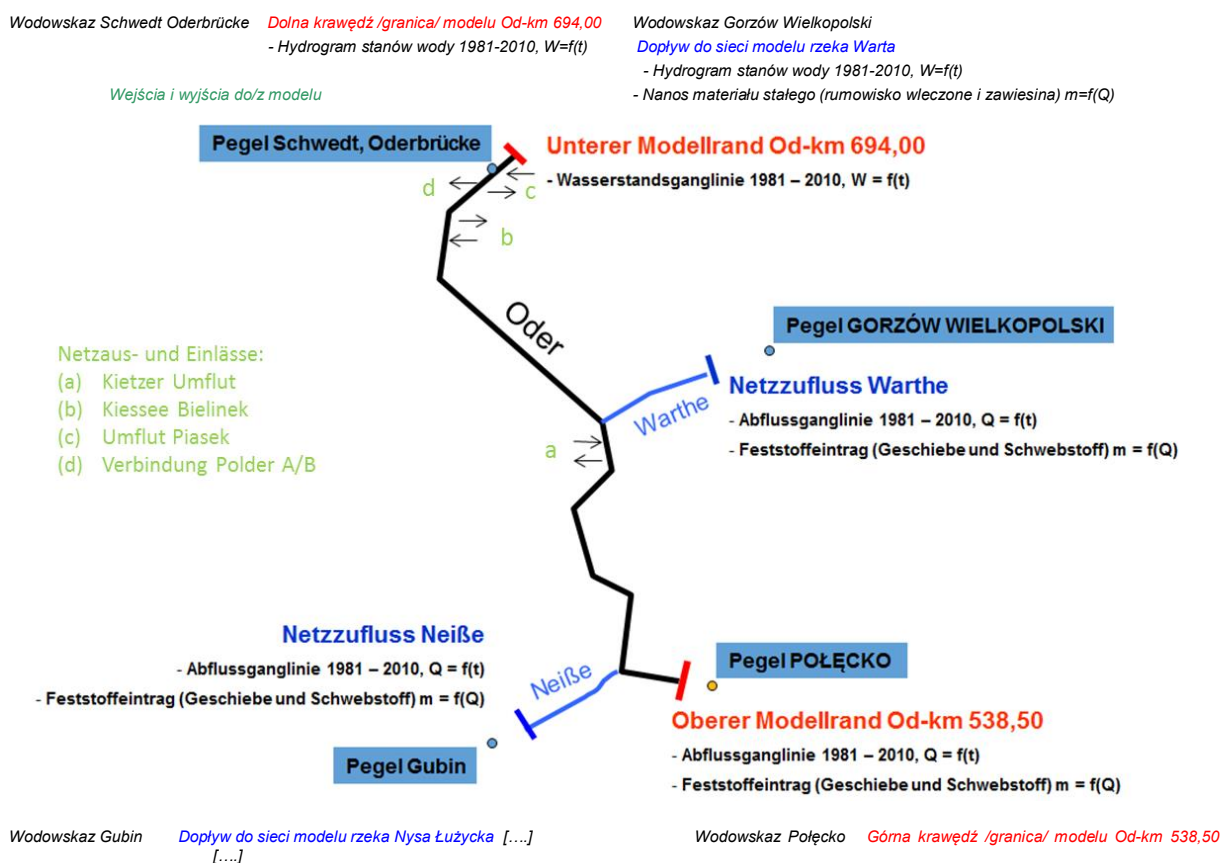
Odcinek rzeki od Od-km 681,7 do 683,0 stanowi obszar przejścia z regulacji ostrogami na regulację opaskami brzegowymi. Na lewym brzegu znajdują się wyłącznie opaski brzegowe, na prawym brzegu ostrogi. Ten obszar przejścia w wariantach został ukształtowany w taki sposób, że następuje stopniowe dopasowanie odstępów linii regulacyjnych i wysokości budowli regulacyjnych.

2.2 Badania modelowe

Przy opracowywaniu koncepcji regulacji zastosowano dwie bardzo zróżnicowane i nawzajem się uzupełniające metody. Z jednej strony jednowymiarowy model transportu rumowiska (1D-MTR), z drugiej zaś strony fizyczny model transportu materiałów stałych (MF) odcinka rzeki Odry w rejonie m. Hohenwutzen. Obie metody wyróżniają się tym, że obie uwzględniają istotne dla analiz badawczych spektrum przepływu i całą geometrię wraz z międzywalem.

Jednowymiarowy numeryczny model transportu materiałów stałych (1D-MTR)

Model ten stanowi część główną badań i obejmuje całą Odrę graniczną wraz z sąsiadującymi odcinkami wód Odry, Warty i Nysy Łużyckiej. Przy pomocy tego modelu obliczane są stany wody na przestrzeni całego spektrum przepływu, transport rumowiska i wynikające z tego zmiany dna i położenia zwierciadła wody na przestrzeni symulowanego okresu czasu obejmującego wiele dziesięcioleci.



Ilustracja 2-2: Sieć modelu, Odra graniczna z odcinkami cząstkowymi polskiej Odry, Nysy Łużyckiej i Warty

Model fizyczny (MF) Odry przy m. Hohenwutzen

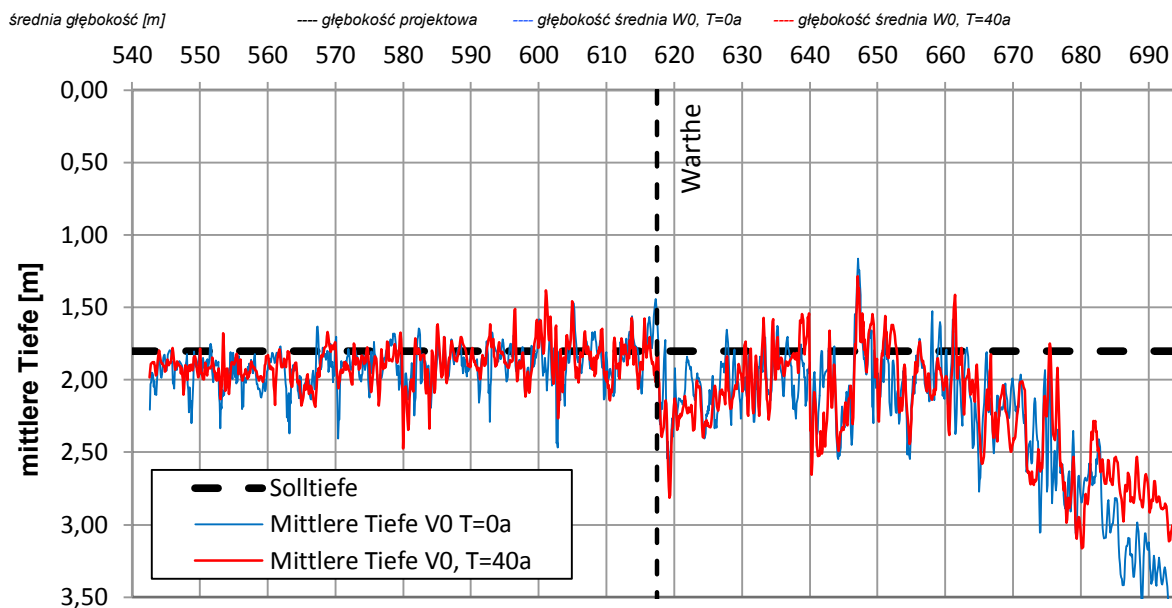
Model ten (patrz ilustracja 2-3) stosowany jest w celu realizacji badań lokalnych warunków przepływu nurtu i oddziaływania wariantów regulacji na transport rumowiska i warunki głębokościowe w szlaku żeglownym (badania w zakresie nawigacji /nautyki/).



Ilustracja 2-3: Model fizyczny Odry przy m. Hohenwutzen w hali badawczej BAW

2.3 Stan istniejący w wariancie W0

W stanie obecnym głębokości odbiegają po części w sposób zdecydowany od zdefiniowanych tutaj docelowych głębokości projektowych w wielkości 1,80 m. Ilustracja 2-4 przedstawia obliczone za pomocą modelu numerycznego głębokości średnie dla Odry granicznej w stanie obecnym i po symulowanym okresie 40 lat. Widać wyraźnie, że zarówno poniżej jak i powyżej ujścia Warty głębokość projektowa nie jest osiągnięta w bardzo wielu miejscach. Pokrywa się to z analizami WSA Eberswalde, że Odra nie wykazuje jedynie kilku obszarowo lokalnie ograniczonych miejsc limitujących.



Ilustracja 2-4: Głębokości średnie przy $Q_{PrPrz80/90}$, wariant W0, po T= 0 i 40 latach

2.4 Propozycja realizacyjna w postaci wariantu KRC-W5 (1D-MTR)

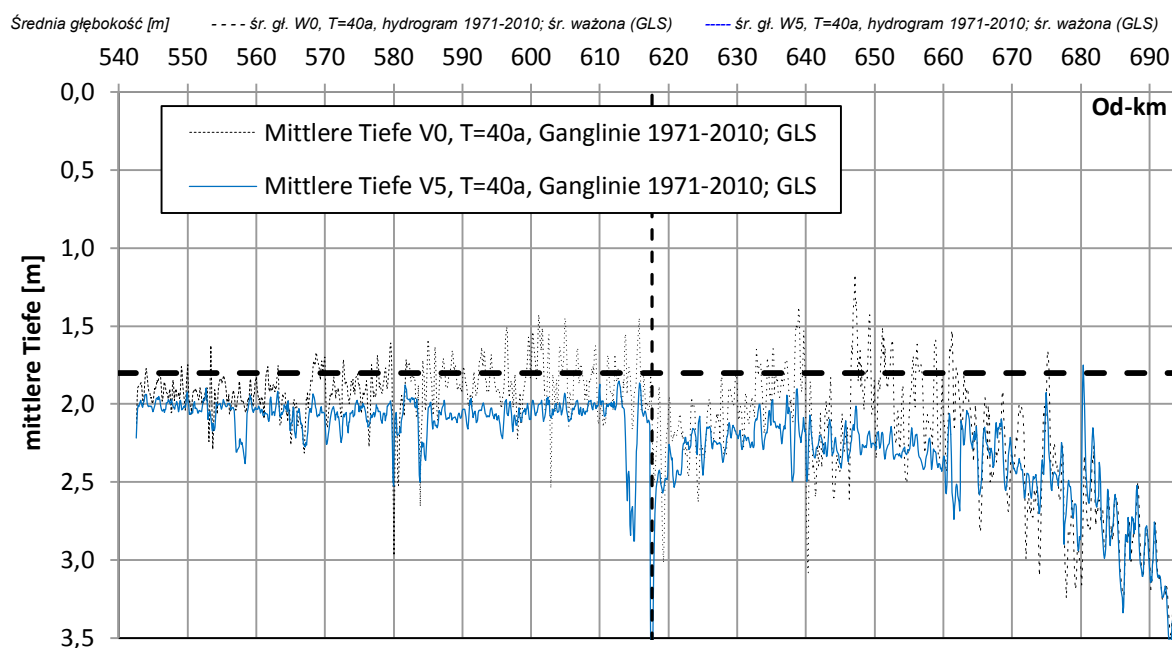
W orzeczeniu dotyczącym aktualizacji koncepcji regulacji ciekłu Odry granicznej opisano wszystkie przebadane warianty. W niniejszym opracowaniu skróconym raporcie z badań opisana i oceniona zostaje wyłącznie propozycja realizacyjna w postaci wariantu KRC-W5.

Na odcinku 1 (powyżej ujścia Warty) aktualna wysokość projektowa ostróg znajduje się mniej-więcej na wysokości nowo obliczonej SWP_{2010} . Na tym odcinku przede wszystkim szkody w budowłach regulacyjnych (np. w formie nazbyt stromych główek ostróg) i lokalne zawężenia szerokości regulacyjnej stanowią przyczynę niewystarczającego stanu systemu regulacyjnego. Poprzez dopasowanie ostróg (wysokość główek na SWP_{2010} , nachylenie główek 1:10) i uzyskanie odstępu linii regulacyjnych w wielkości 126 m osiągnięte tutaj zostaną wytyczne docelowe.

Poniżej ujścia Warty na odcinku 2 istniejący system regulacji jest bardzo niejednorodny. W wariantcie 5 podjęto próbę, w ramach optymalizacji wariantów, nowy system regulacji w możliwie dalekim zakresie dopasować do istniejącej substancji budowlanej, tak aby przy jednoczesnym osiągnięciu celu regulacyjnego zminimalizować nakład na prace budowlane i oddziaływanie na przepływ wielkich wód. Przy tym możliwe było obniżenie wysokości budowli regulacyjnych na przestrzeni długich odcinków rzeki do wartości $SWP_{2010} - 0,5$ m. Na odcinku od ujścia Warty do Od-km 662,0 odstęp linii regulacyjnych wynosi 172 m, poniżej Od-km 662,0 – 186 m.

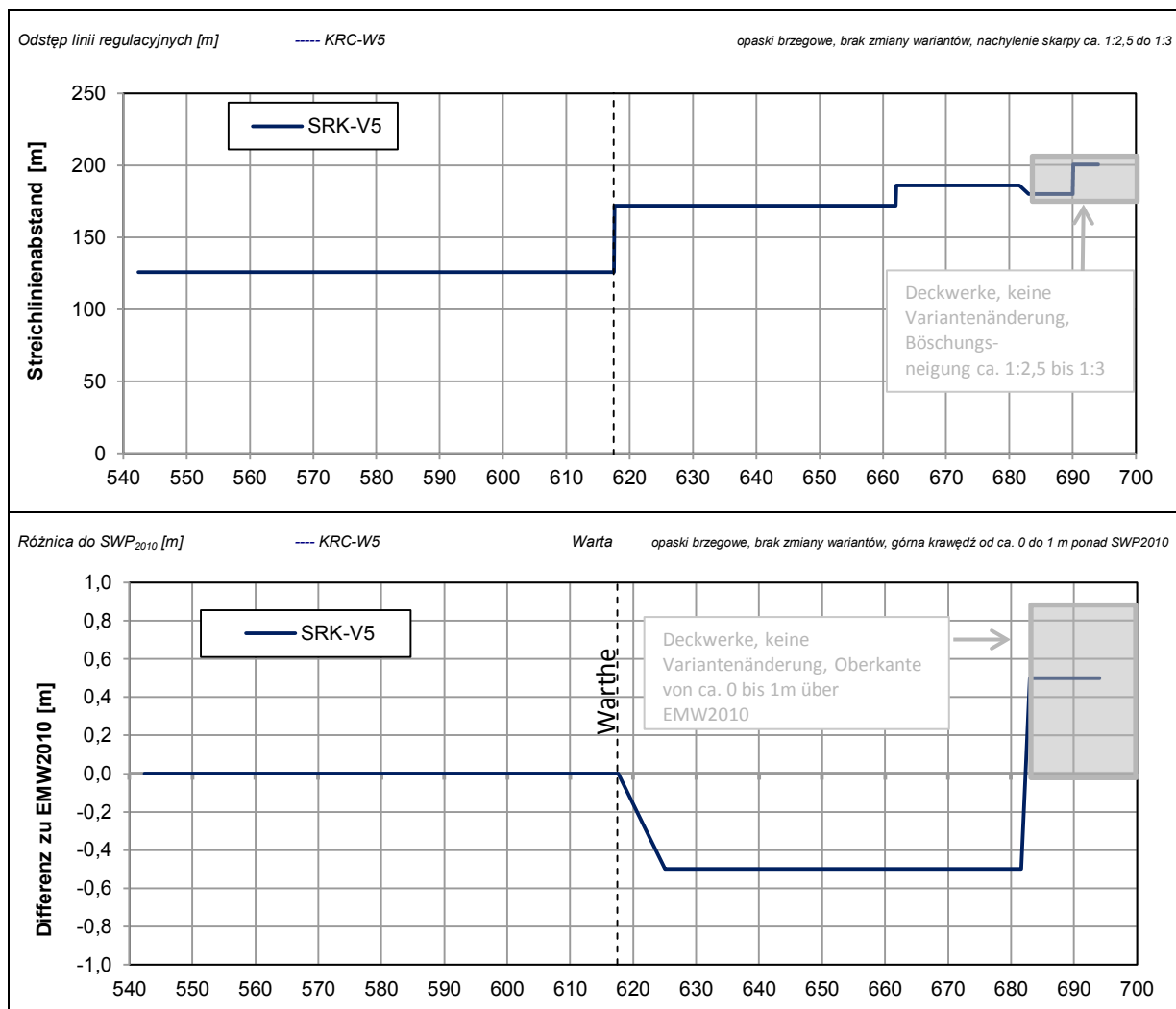
Badania nawigacyjne na modelu fizycznym pokazały, że na wyprostowanych fragmentach biegu Odry na jej odcinku 2 konieczna jest trochę większa numerycznie wyliczona średnia głębokość, aby zabezpieczyć wystarczającą głębokość i stabilny przebieg szlaku żeglownego. Z powodu wysokiego i bardzo dynamicznego transportu rumowiska w formie diun, dochodzi na wyprostowanych odcinkach przede wszystkim poprzez niewystarczającą regulację ciekłu do lokalnych wypłaceń, a dla żeglugi i dla lodołamania do niemożliwych do wykorzystania „skoków” w przebiegu rozkładu obszarów rzeki z głębokością co najmniej 1,80 m. Na obszarze Odry od km 650 do 662,0 wyliczone głębokości rzeki znajdują się na poziomie jedynie nieznacznie przekraczającym 1,80 m. Tutaj znajdują się też analitycznie wyznaczone miejsca limitujące na Odrze granicznej, tj. w rejonie: Gozdowice – Rudnica (Od-km 645,5 do 654), Rudnica – Osinów Dolny (Od-km 654 do 663), Hohenwutzen (Od-km 656 do 659).

Na ilustracji 2-5 przedstawiono średnie głębokości wariantów W0 i W5.



Ilustracja 2-5: Porównanie średnich głębokości przy $Q_{PrPrz80/90}$ wariantów W0 i KRC-W5 na całym obszarze objętym badaniami

W wariantcie KRC-W5 na całym odcinku granicznym Odry osiągnięty zostaje cel regulacyjny 1,80 m, a ponadto na prostych odcinkach rzeki bardzo trudnych w kontekście hydraulicznym i nawigacyjnym (np. Od-km 655 do 660), uzyskuje się wyraźną stabilizację szlaku żeglownego. Stąd wariant ten może być zalecony do realizacji.



Ilustracja 2-6: Grafika geometrycznych parametrów bazowych, góra: odstępy linii regulacyjnych, dół: wysokość projektowa budowli regulacyjnych odniesiona do SWP₂₀₁₀ dla wariantu KRC-W5

W celu realizacji przedsięwzięć zalecany jest następujący rodzaj zabudowy:

- ostrogi, tamy podłużne lub opaski brzegowe i regulacja mieszana,
- na obszarach z nadmiernie dużymi odstępami pomiędzy ostrogami (odstęp > 2 x długość ostrogi) kontrolnie przeanalizować należy, czy lokalnie poprzez budowę dodatkowych ostróg pośrednich mogą zostać poprawione warunki głębokościowe,
- w uzależnieniu od rodzaju zabudowy, dopasowane do niej odstępy linii regulacyjnych, patrz tabela 4-1,
- plusy i minusy odnośnie ostróg i tam podłużnych opisano w formie zestawienia porównawczego w orzeczeniu.

Kolejność realizacji:

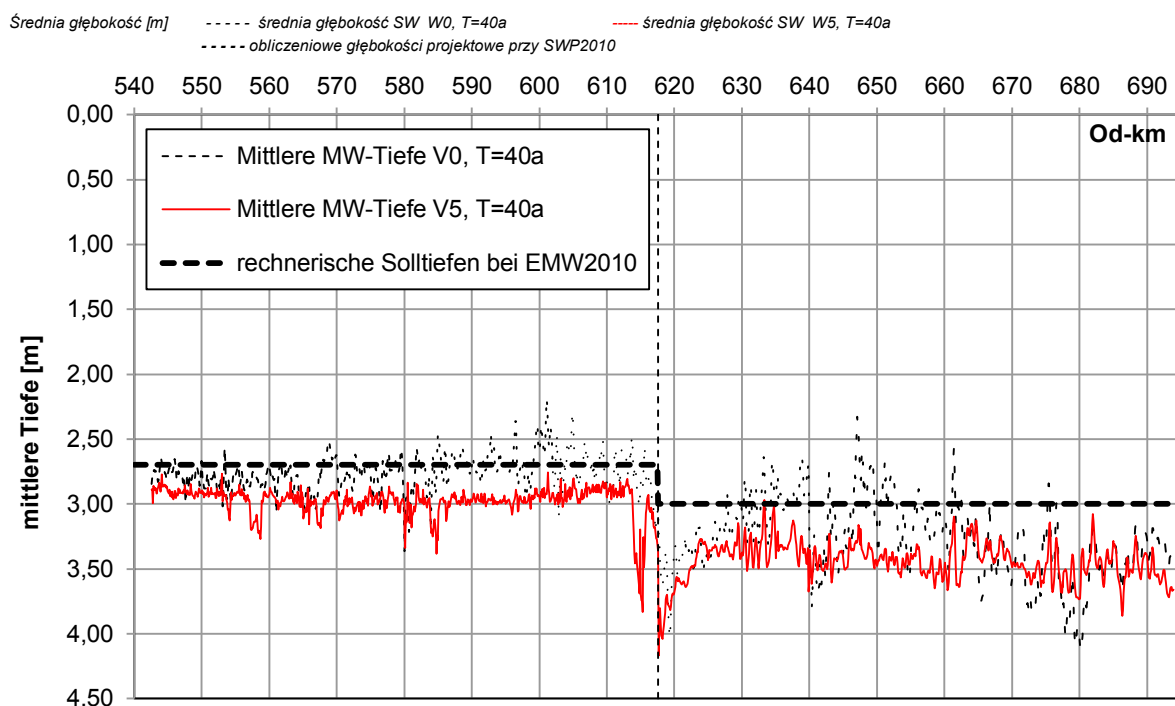
Zaleca się, oba odcinki 1 i 2, rozpoczynając roboty na każdym z nich od dołu, dopasować do zaktualizowanej koncepcji regulacji. Realizacja robót budowlanych na poszczególnych lokalnych odcinkach realizacyjnych winna następować w każdym z przypadków w sposób uzgodniony i w ściśle wzajemnie zbliżonym czasie na obu brzegach.

W celu obniżenia położenia zwierciadła wody powodziowej możliwe jest wykonanie następujących przedsięwzięć:

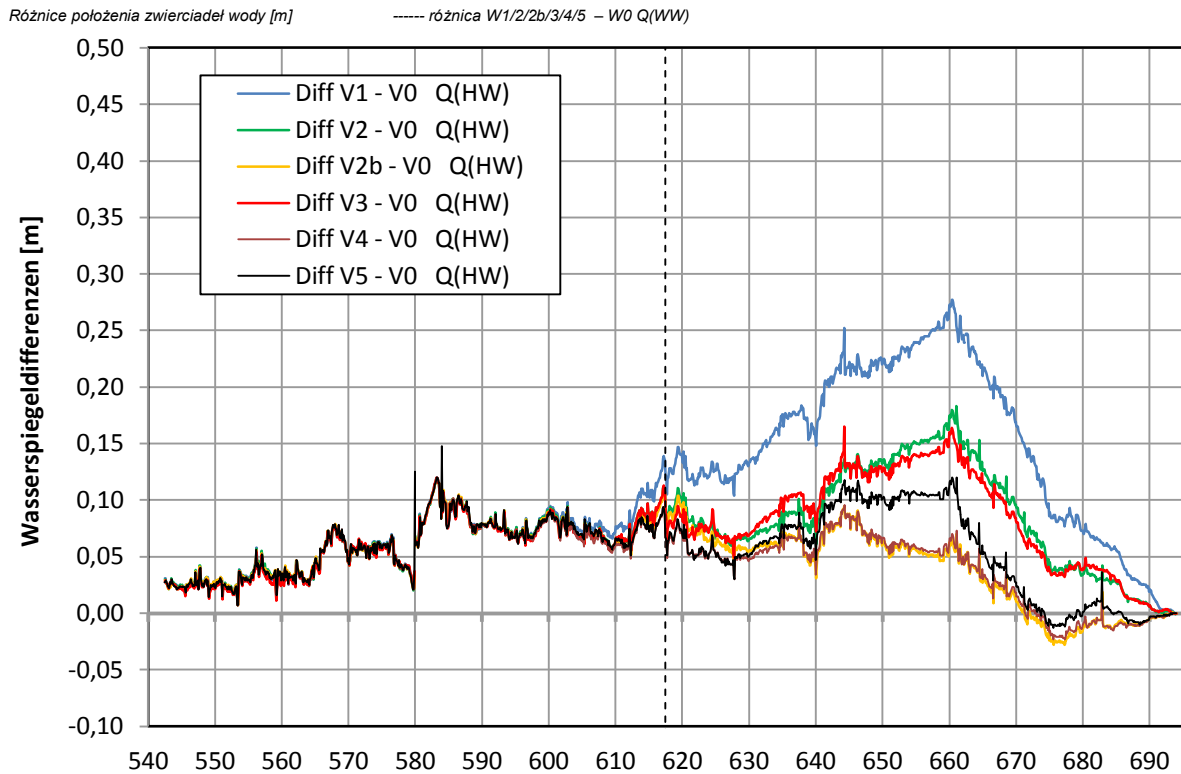
- bagrowania towarzyszące związane z poborem materiału z koryta rzeki,
- tamy podłużne z opływem tylnym,
- opaski brzegowe przy zabezpieczeniu ich utrzymania w stanie wolnym od porostu,
- przedsięwzięcia poprawiające przepływ na międzywalu.

2.5 SWP₂₀₁₀ i WW

Głębokości przy SW względnie SWP₂₀₁₀ nie są sformułowane ani w zleceniu na realizację projektu ani w dokumencie tezowym jako głębokość docelowa. Są one jednakże tutaj poddane analizie w tym celu, aby określić głębokości przy istotnym dla żeglugi towarowej położeniu zwierciadła wody na poziomie w okolicach wody średniej (patrz ilustracja 2-7). W wariancie W0 głębokości w wielu miejscach są niewystarczające, w wariancie KRC-W5 w sposób ciągły osiągają poziom 2,7 m na odcinku 1 oraz 3,0 m na odcinku 2.



Ilustracja 2-7: Porównanie średnich głębokości przy SWP₂₀₁₀ wariantów W0 i KRC-W5

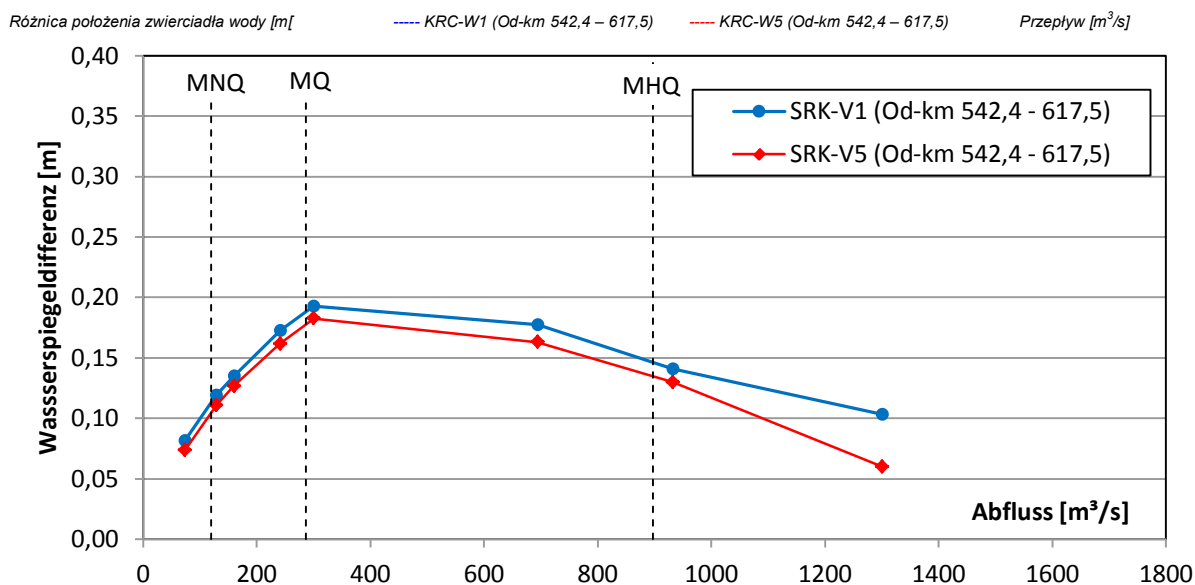


Ilustracja 2-8: Zmiany położenia zwierciadła wody przy $Q(WW)$ w wariantach KRC-W1, KRC-W2, KRC-W2b, KRC-W3, KRC-W4 i KRC-W5 w porównaniu z KRC-W0 po 40 latach ($Q_{WW} = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$ względnie $2050 \text{ m}^3/\text{s}$)

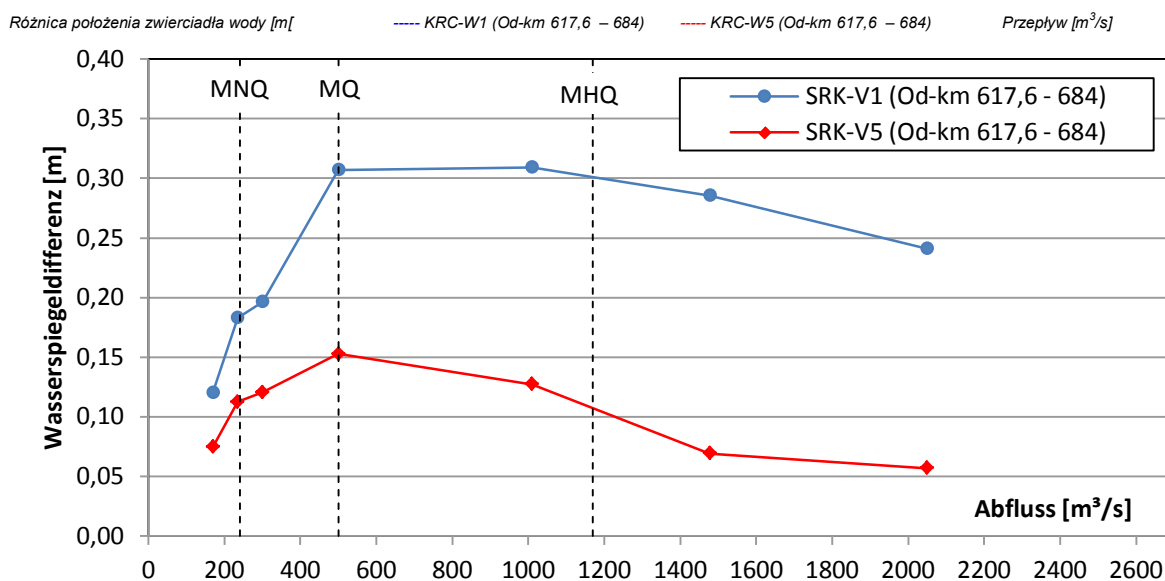
Ilustracja 2-8 przedstawia zmiany stanów wody przy przepływach powodziowych (Q na odcinku 1 = $1300 \text{ m}^3/\text{s}$, a na odcinku 2 = $2050 \text{ m}^3/\text{s}$) w wariantach bez bagrowań towarzyszących. Wariant KRC-W1, w szczególności na odcinku 2, wpływa w najbardziej wyraźnym zakresie na podniesienie zwierciadła wody i oddziałuje także na obszar powyżej ujścia Warty obejmujący odcinek 1. Warianty KRC-W2b i KRC-W4 w najmniejszym stopniu wpływają na podniesienie stanów wody. Liniowe obniżenie główek ostróg na odcinku od Od-km 617,6 do 625,0 mogło tam w jeszcze dalszym zakresie wpłynąć na niewielką redukcję stanów wody w porównaniu z wariantem KRC-W2b. Powyżej Od-km 610 warianty nie wykazują żadnych różnic w odniesieniu do zmian stanów wody.

Rozważając na przestrzeni całego spektrum przepływu, średnie podniesienie przy NW jest najpierw niewielkie, następnie ulega wzrostowi aż do SQ, osiąga tutaj na wysokości rzędnej projektowej budowli regulacyjnych swe maksimum, po czym ponownie ulega spadkowi w rejonie wody wielkiej i stanów wody wychodzącej z koryta. Przebieg ten jest przedstawiony na ilustracji 2-9 dla odcinka 1 oraz ilustracji 2-10 dla odcinka 2 jako wartość średnia odpowiednio dla wariantów KRC-W1 i KRC-W5 porównana ze stanem wyjściowym wariantu W0 po 40-letnim okresie symulacji. Na potrzeby oceny analitycznej zastosowano przepływy użyte do hydraulicznej kalibracji modelu. Natomiast bezpośrednio wypowiedzi dotyczące podniesienia wody powodziowej przy zjawiskach ekstremalnych (np. WQ_{100} lub powyżej) z modelu 1D-MTR

są obarczone niepewnością analityczną, ponieważ zjawiska te, w szczególności dla odcinka 1, dalece wykraczają ponad spektrum kalibracji. Na ilustracjach graficznych widać jednakże, że średnie podniesienie zwierciadła wody w wyniku zastosowania wariantu KRC-W5 znajdowałyby się przy ekstremalnych zjawiskach na poziomie < 5 cm. Dobrze można rozpoznać w odniesieniu do odcinka 2, w jakim pozytywnym zakresie przedsięwzięcia optymalizacyjne wariantu KRC-W5 oddziałują na oczekiwane zmiany stanów wody. Przedstawione wyniki obliczeń nie obejmują żadnych dalszych działań ukierunkowanych na obniżenie wody powodziowej, jak bagrowania bądź przedsięwzięcia na międzywalu.



Ilustracja 2-9: Średnie podniesienie zwierciadła wody przez warianty KRC-W1 i KRC-W5 na odcinku 1



Ilustracja 2-10: Średnie podniesienie zwierciadła wody przez warianty KRC-W1 i KRC-W5 na odcinku 2

3 Podsumowująca prezentacja wyników

Zestawienie poglądowe i ocenę wszystkich badanych wariantów przedstawiono w tabeli 3-1.

KRC – nazwa wariantu	Cel głębokościowy	Maksym. podniesienie zwierz. wody $Q_{SWP2010}$ [cm]		Maksym. podniesienie zwierz. wody Q_{WW} [cm]		Ilość urobku do wybagr. [mln m ³]	Nakład robót budowl. i towarzyszących.	Ocena sumaryczna
		Odc.1 ¹	Odc.2	Odc.1	Odc.2			
W0	--	0	0	0	0			--
W1	++	30	45	13	28			-
W1_TRT	-	14	30	7	14			--
W1_RT	++	30	40	8	27			-
W1_bagr_D	++	18	27	8	22	1,9		-
W1_RT_bagr	++	18	27	8	22	1,8		-
W2	+	25	30	12	18			-
W2_bagr	+	14	14	8	12	2,0		+
W2_RT_bagr	+	12	12	8	12	2,0		+
W2b	+	25	22	12	8			++
W2b_RT_bagr	+	14	5	7	5	2,3		+
W3	+	25	28	12	15			-
W3_bagr	+	14	13	8	10	2,1		+
W4	+	25	22	12	8			+
W5	++	25	25	12	11			++

Legenda dotycząca kolorów			
Cel głębokościowy	Podniesienie zw. wody	Nakład na roboty budowlane i utrzymanie	Ocena sumaryczna
Cel nieosiągnięty	> +20 cm	Wysoki nakład	Bardzo źle
Cel osiągnięty	+10 do +20 cm	Średni nakład	Źle
	< +10 cm	Niewielki nakład	Dobrze
Cel dobrze osiągnięty	Brak zmian	Brak przed. budowlanych / bagrowań	Bardzo dobrze

Tabela 3-1: Ocena wariantów w 1D-MTR

Model fizyczny (MF) odwzorowuje odcinek częściowy Odry o długości około 8 km usytuowany wewnątrz odcinka 2. Przebadano na nim stan istniejący określony jako W0 i dwa warianty główne KRC-W1 oraz KRC-W3. Do wariantu KRC-W1 dodatkowo przebadano jeszcze zmodyfikowany w szczegółach wariant KRC-W1_zoptym, w którym obszary przejść z zabudowy podłużnej na zabudowę ostrogami zostały dodatkowo zoptymalizowane. Wyniki odnośnie średniej głębokości i podniesienia zwierciadła wody przy SW były w modelu

¹ Przedsięwzięcia wg danych wariantów na odcinku 2 mają oddziaływanie na położenie zwierciadła wody na odcinku 1.

numerycznym (1D-MTR) i modelu fizycznym (MF) bardzo podobne, w związku z czym przyjąć można wzajemne obustronne zabezpieczenie metodyczno-analityczne procedur modelowania. Model fizyczny był ponadto w stanie wykazać analitycznie dla wariantów wysoką skalę stabilności położenia formy dna i wyraźnie poprawioną żeglugową użyteczność głębokości.

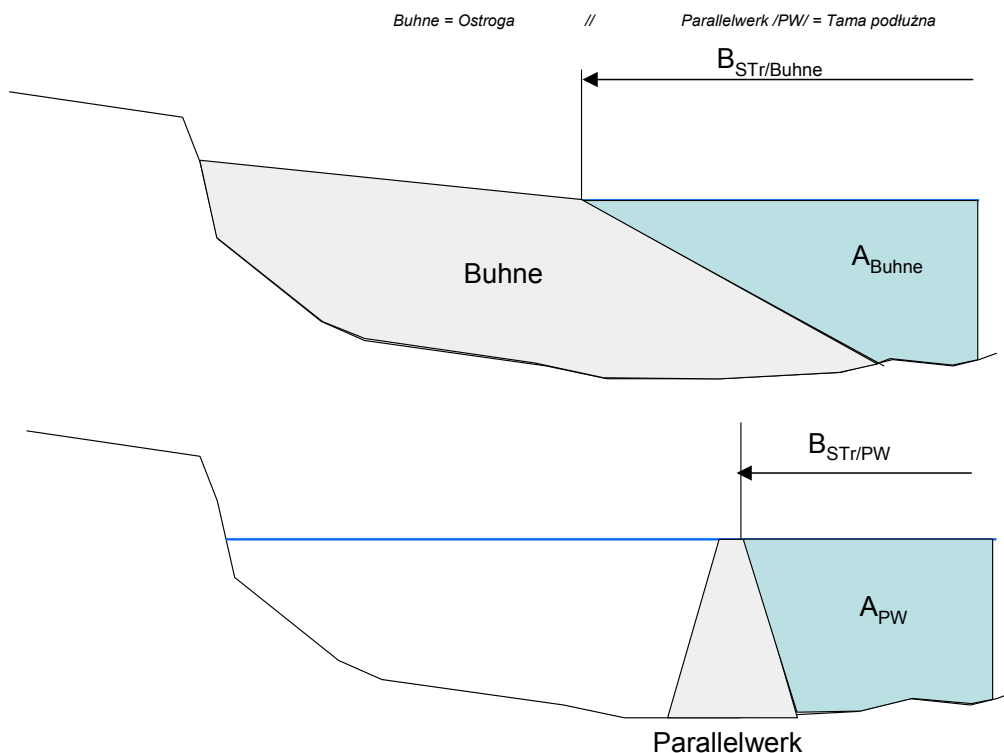
Dla celów użycia lodołamaczy w akcji lodołamania ważny jest rozkład głębokości na całej szerokości cieku, w związku z czym zasadniczym kryterium jakościowym dla wariantów jest obliczona za pomocą modelu 1D-MTR średnia głębokość. Dla żeglugi towarowej natomiast istotne kryterium stanowi ponadto stabilność i głębokość możliwego określonego śladu przejazdu statku. W tym celu, na podstawie pomierzonych w modelu fizycznym geometrii dna, przeprowadzono specjalistyczne analizy nawigacyjne:

Wariant KRC-W1_zoptm charakteryzuje się najwyższą stabilnością dna w połączeniu z dobrą głębokością dla żeglugi.

W przypadku wariantu KRC-W5, jakkolwiek nie badanego na modelu fizycznym, na podstawie wyników badań nad wariantami KRC-W1 i KRC-W3 stwierdzić należy, że głębokość przy przepływie miarodajnym będzie większa niż 1,80 m.

4 Ogólne zalecenia dla bieżącego utrzymania

Na wielu odcinkach Odry granicznej dzisiejszy jej stan, po części niewystarczający w kontekście utrzymaniowym, odbiega wyraźnie od stanu zgodnego z jednolitym systemem regulacji. Pełna realizacja jednego z przedstawionych tutaj wariantów prowadziłaby w Odrze do istotnej poprawy warunków głębokościowych i zabezpieczyłaby cel regulacyjny w postaci średniej głębokości 1,80 m z prawdopodobieństwem przekroczenia na poziomie 80 % względnie 90 %. Do momentu realizacji jednolitego projektu regulacyjnego zaleca się, w ramach robót utrzymaniowych na Odrze, przestrzeganie wypracowanych tutaj zasad, gdyż już właśnie poprzez to możliwe jest uzyskanie wyraźnej poprawy warunków głębokościowych.



Ilustracja 4-1: Odstępy linii regulacyjnych przy zróżnicowanych budowlach regulacyjnych

	Odcinek 1	Odcinek 2
Przepływ miarodajny $Q_{PrPrzxx\%}$	$Q_{PrPrz80} = 160 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{PrPrz90} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$
Głębokość projektowa przy $Q_{PrPrzxx\%}$	180 cm	180 cm
Q przy SWP_{2010}	300 m^3/s	500 m^3/s
Różnica wysokości na wodowskazie miarodajnym pomiędzy Q_{PrPrz} i Q przy SWP_{2010}	91 cm	119 cm
Głębokość przy SWP_{2010}	271 cm (w zaokrągł. 270 cm)	299 cm (w zaokrągł. 300 cm)
Redukcja odstępów linii regulacyjnych przy zróżnicowanych nachyleniach skarp		
Ostrogi, nachylenie główek 1:10	Odstęp regularny	
Tama podłużna/opaska brzegowa 1:3,0 (jednostronnie)	9,5 m	10,5 m
Ścianka szczelna, pionowo, (jednostronnie)	13 m	15 m

PrPrzxx w % = Prawdopodobieństwa przekroczenia w wielkości 80% (odcinek 1) oraz 90% (odcinek 2) odniesione do przepływu

Tabela 4-1: Głębokości projektowe przy SWP_{2010} i redukcja odstępów linii regulacyjnych przy odbiegających od standardu nachyleniach skarp

Przy zmianie w zakresie typów budowli zwrócić uwagę należy na równoczesną zmianę odstępów linii regulacyjnych. Jednomyślnie w grupie projektowej uzgodniono zmianę odstępów

linii regulacyjnych od około 1:13 do 1:15. Odnośnie budowli na Odrze granicznej dopasowanie ostróg do bardziej stromych skarp następować ma zatem w każdym z przypadków na odcinku o długości 200 m względnie za pomocą przekroju pośredniego przy odstępie przekrojów co 100 m. Przy redukcji szerokości należy w każdym z przypadków zwrócić w kontekście lokalnym uwagę na to, aby poprzez to działanie nie zwiększyć prawdopodobieństwa potencjalnego tworzenia się zatorów lodowych oraz aby nie został zakłócony spływ mas lodu.

Prawdopodobnym jest, że nowe opaski brzegowe zastosowanie znajdą jedynie w wypadkach szczególnych, w związku z czym w niniejszym opracowaniu bliżej opisane są dwa najistotniejsze elementy systemu regulacji (ostrogi i tamy podłużne), a mianowicie odnośnie ich przystosowania, przydatności i cech specyficznych dla rzeki Odry.

Budowle regulacyjne ukształtować należy według następujących parametrów:

Ostrogi:

Nachylenie główki:	1 : 10
Nachylenie korpusu:	1 : 100
Szerokość korony:	1,5 do 2,0 m
Nachylenie strony bocznej:	1 : 2 (od góry biegu nurtu); 1:3 (od dołu biegu nurtu)
Nachylenie osi ostrogi wobec osi rzeki:	72° (podprądowo), odpowiednio do istniejących budowli

Tamy podłużne (z opływem tylnym)

Nachylenie do rzeki:	1 : 2,5 do 1:3
Nachylenie do brzegu:	1 : 1,5 do 3,0
Szerokość korony:	1,5 do 2,0 m
Dowiązanie do brzegu przy górnym końcu	za pomocą wypustów do wysokości poniżej SNW, aby zapewnić opływ tylny.

Opaski brzegowe:

Nachylenie do rzeki:	1 : 2,5 do 3,0
----------------------	----------------

Z badań przeprowadzonych aktualnie na modelu fizycznym BAW stało się wyraźnie widoczne, że w przypadku występującego w Odrze drobnego materiału dennego, dno rzeki reaguje bardzo czule na nachylenie budowli regulacyjnych od strony koryta rzeki. Okazało się, że w przypadku materiału zastanego w rzece, nachylenie główek ostróg w wielkości 1 : 10 zapobiega tworzeniu się dużych wymyć w rejonie główek ostróg i może w sposób istotny wpłynąć na równomierny i ujednolicony rozkład dna cieku, poprzez co w sposób wyraźnie zauważalny wzrosną głębokości użytkowe dla żeglugi. Wyniki te potwierdziły aktualne obserwacje z natury wykonane przez WSA Eberswalde. Stąd zaleca się, przy wykonywaniu prac utrzymaniowych na ostrogach, zaopatrzyć ich główki w ujednoliconym zakresie w nachylenie 1 : 10.

Aby zabezpieczyć równomierny spływ mas lodu bez powstawania uszkodzeń budowli regulacyjnych, należy przy wyborze położenia i wysokości główek ostróg przestrzegać wymóg równomiernego poprowadzenia linii regulacyjnych. Przy zmianie tego parametru, należy wówczas dokonać modyfikacji zawsze dłuższego odcinka.

W celu likwidacji lokalnego i tymczasowego ograniczenia głębokości dla żeglugi, można wykonać bagrowanie dna Odry w rejonie miejsca limitującego. Jednakże odłożenie urobku bagrowania na większej powierzchni na międzywalu lub w polach międzyostrogowych zasadniczo nie jest zalecane i należy wykonać analizę ekologicznych aspektów takiego działania.

5 Podsumowanie i zalecenia

W niniejszym orzeczeniu dotyczącym aktualizacji koncepcji regulacji cieku Odry granicznej przedstawione są prognozy dla wariantów regulacji, których główny cel stanowi, zapewnienie na Odrze granicznej średniej głębokości 1,80 m przy zachowaniu założonego prawdopodobieństwa przekroczenia tej głębokości na odcinku 1 powyżej ujścia Warty w wielkości 80 % oraz na odcinku 2 poniżej ujścia Warty w wielkości 90 %. Zastosowano numeryczny jednowymiarowy model transportu materiałów stałych /rumowiska/ (1D-MTR) dla rozważań analitycznych o charakterze wielkoobszarowym i długookresowym (około 150 km długości rzeki, okres symulacji 40 lat) oraz model fizyczny (MF) odcinka Odry w rejonie miejscowości Hohenwutzen o długości 7,8 km dla szczegółowego lokalnego odwzorowania poszczególnych pojedynczych budowli, prądów nurtowych i form dna oraz dla rozważań nad dynamiką ruchu statków. Oba modele użyto jako elementy o wzajemnym oddziaływaniu oraz w rozumieniu współwzajemnej walidacji. Udokumentowano dobrą zgodność obu modeli odnośnie prognozowanych średnich głębokości i zmian położenia zwierciadła wody.

Długookresowe prognozy w rzece morfologicznie aktywnej, jak np. Odra graniczna, są zawsze powiązane z relatywnie dużą niepewnością analityczną. Ani nie są znane szczegółowe dane dla stanu istniejącego, ani istotne parametry dla przyszłości, jak np. przepływy na krawędziach wejścia do modelu i nanos rumowiska, nie mogą być dokładnie zaprognozowane. Do tego na Odrze jako czynnik niepewny analitycznie dochodzi fakt, że nanos materiałów stałych z rzeki Warty jest elementem jeszcze dalece nierozpoznanym. Także występująca prawie corocznie stała pokrywa lodowa oddziałuje na transport materiałów stałych, a tym samym na procesy rozwojowe dna, w nieznanym sposób. W ramach kalibracji modeli, dane parametry modelowe zostały tak nastawione, że stany wody, procesy kształtowania się dna i transportowane ilości materiałów stałych uzyskane wynikowo w modelach, w dalekim zakresie odpowiadają tym wartościom, które są znane z natury. Jednakże szczególnie odnośnie przyszłych procesów rozwojowych pozostają wciąż duże niepewności analityczne. Prowadzą one do tego, że w wybranym tutaj okresie prognostycznym w wielkości 40 lat, nie mogą być przedłożone dokładne dane w zakresie

uszczegółowienia do kilku centymetrów, dotyczące procesów rozwojowych dna i położenia zwierciadła wody. Przebadane określone podwarianty analityczne odnośnie parametrów wejściowych pokazały jednakże, że system Odry granicznej, odnośnie oczekiwanych średnich głębokości przy konsekwentnej realizacji przedsięwzięć, reaguje relatywnie odpornie na te niepewności analityczne. Oddziaływanie pierwszych lokalnych realizacji zaleceń (odtworzenie skarp główek ostróg na brzegu niemieckim powyżej m. Eisenhüttenstadt) odpowiada w dalekim zakresie prognozowanej poprawie średnich głębokości wody. Nie jest jednakże w dyspozycji szczegółowa ocena analityczna w tym zakresie.

Przy pomocy modelu fizycznego możliwe było udokumentowanie, że sprawny, konsekwentnie realizowany system regulacyjny z dopasowanymi przejściami pomiędzy różnymi rodzajami zabudowy regulacyjnej (ostrog, opaska brzegowa, tama podłużna), prowadzić może do bardziej stabilnych w swym położeniu przebiegów torów przejazdu. Poprzez to, obok przyrostu i wyrównania rozkładu średnich głębokości, wyraźnej poprawie ulega także żegluga użytkowa. Za pomocą wariantu KRC-W1, który charakteryzuje się największym koniecznym nakładem budowlano-realizacyjnym, możliwe są do uzyskania największe głębokości. Jednakże wariant ten prowadzi też do największego podniesienia zwierciadła wody. Efekt podniesienia oddziałuje najsilniej przy SW, jednakże także przy WW występuje on jeszcze wyraźniej. Warianty KRC-W2, KRC-W2b, KRC-W3, KRC-W4 i KRC-W5 wykazują, przy zachowaniu wymogu uzyskania głębokości 1,80 m, mniejszy nakład budowlano-realizacyjny i prowadzą do mniejszego podniesienia zwierciadła wody. W wariantach KRC-W4 podniesienie zwierciadła wody jest najmniejsze.

Wariant KRC-W5 stanowi najlepszy kompromis pomiędzy niezbędnym nakładem budowlanym a pewnością osiągnięcia celu głębokościowego na całej Odrze granicznej. Stąd wariant ten jest zalecany do realizacji przez autorów tego opracowania.

Zdefiniowany w zleceniu realizacyjnym cel głębokościowy 1,80 m odnosi się do relatywnie niewielkiego okresu jego nieosiągnięcia, aby zagwarantować wystarczające głębokości dla lodołamania. Realizacja jednego z przebadanych wariantów prowadziłyby przy tym także przy $Q(SWP_{2010})$ do dalszego podniesienia średnich głębokości wody do poziomu 2,70 m na odcinku 1 i 3,00 m na odcinku 2, poprzez co warunki nawigacyjne dla żeglugi zawodowej uległyby tym samym dalszej zdecydowanej poprawie.

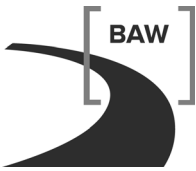
W celu kompensacji wyliczonych podniesień położenia zwierciadła wody przebadano zastosowanie bagrowań towarzyszących. Dzięki tym działaniom można wyraźnie zredukować te podniesienia, przy czym należałoby wówczas wybrać z systemu rzeczno-duże ilości materiału dennego. Jakie ilości sedymentu ulegną w wyniku naturalnych procesów przemieszczenia odłożeniu w polach międzyostrogowych po części powiększonych w rezultacie działań modyfikacyjnych, nie jest możliwe do skwantyfikowania. Przedsięwzięcia bagrowania, same w sobie, mają mały wpływ na zamierzoną do osiągnięcia

średnią głębokość. Oznacza to, że poprzez te działania w jednakowym zakresie obniżane są średnie wysokości dna i położenie zwierciadła wody. Tak więc, w przypadku wariantów KRC-W2, KRC-W4 i KRC-W5, jest tym samym teoretycznie możliwa do uzyskania dalece zaawansowana neutralność powodziowa.

Badania dotyczące kolejności realizacji poszczególnych odcinków cząstkowych wykazały jedynie niewielkie efekty oddziaływania na średnią głębokość w momencie końca okresu symulacji po 40 latach. Rozwój dopasowania dna w czasie pokazuje jednakże, że poprzez uprzednią realizację przedsięwzięć w priorytetowych miejscach limitujących, szybko ulegają uruchomieniu duże ilości materiału dennego i głębokości na ich obszarze mogą zostać poprawione. Jednakże, jeżeli obszary graniczące z nimi od strony dołu biegu rzeki nie są jeszcze zmodyfikowane, dochodzić będzie na nich do odkładu rumowiska. Odkłady te występują w dalece mniejszym zakresie, jeżeli odcinki usytuowane poniżej wskazanych miejsc limitujących będą uprzednio zmodyfikowane. Natomiast realizacja przedsięwzięć jedynie w miejscach limitujących (wariant KRC-W1_TRT) nie jest uzasadniona i wskazana, ponieważ w takim przypadku obszary graniczące od dołu biegu rzeki ulegną po części znaczącemu pogorszeniu, a głębokość projektowa 1,80 m nie może być osiągnięta w sposób ciągły na całym obszarze objętym badaniami. Jeżeli usunięcie lokalnych miejsc limitujących nie musi nastąpić na warunkach wysokiej priorytetowości w kontekście kolejności realizacyjnej, zaleca się, odcinki 1 i 2 dopasowywać do wytycznych zaktualizowanej koncepcji regulacji cieków w każdym z przypadków w kolejności od dołu do góry biegu rzeki.

W ramach badań analitycznych zasadniczo za punkt wyjścia przyjęto regulację za pomocą ostróg. Wyniki w modelu fizycznym pokazują jednakże, że także formy mieszane składające się z ostróg, tam podłużnych i opasek brzegowych prowadzą do równomiernych w swym zakresie i rozkładzie form dna i głębokości, gdy różnorodne nachylenie skarp tych budowli zostanie odpowiednio skompensowane za pomocą redukcji odstępu linii regulacyjnych. Wartości dla celów dopasowania znajdują się w tabeli 4-1. Zastosowanie tam podłużnych czy opasek brzegowych może, na obszarach o dużym obciążeniu przez transport mas lodu lub lokalne warunki przepływu strumienia, być rozwiązaniem uzasadnionym i wskazanym. W przypadku tam podłużnych należy uważać na to, aby możliwy był ich opływ tylny w długiej perspektywie czasowej, jeżeli poprzez takie rozwiązanie ma być kompensowany wzrost zwierciadła wody przy wysokich przepływach. Przy pracach planistyczno-projektowych dotyczących tam podłużnych uwzględnić należy w każdym z przypadków uwarunkowania lokalne.

Aby uwzględnić niepewności analityczne w zakresie hydrologicznych danych wejściowych i przy realizacji robót budowlanych, przeprowadzono obliczenia porównawcze. Zmieniało tutaj przepływy podczas 40-letniego okresu symulacyjnego (wielolecia mokre i suche) oraz dokonano zmian okresu realizacji zamierzeń budowlanych (13 lat, 20 lat lub 25 lat do zakończenia całości działań). Nawet jeżeli w ramach tych badań nad wrażliwością układu na wpływ czynników trzecich lokalnie i okresowo dochodziło do warunkowych różnic, to



głębokości w Odrze granicznej po 40 latach nie stały pod oddziaływaniem tych zmiennych czynników. Tym samym wybrana koncepcja regulacji wykazuje długookresowe i stabilne oddziaływanie na morfologię rzeczną Odry granicznej.

Dla celów realizacji koncepcji regulacji w zakresie wyszczególnionych w dokumencie tezowym obszarów miejsc limitujących na rzece Odrze, opracowano na podstawie wyników tych badań stosowne zalecenia. Są one w odniesieniu do danych pododcinków limitujących opisane w załączniku 21 orzeczenia.

W każdym z przypadków zalecany jest program towarzyszącej kontroli skuteczności, aby sprawdzać osiągnięcie celu, rozpoznawać ewentualne negatywne oddziaływanie na zwierciadło wody oraz, aby w razie takiej konieczności, mieć możliwość odpowiedniego zaplanowania zastosowania bagrowań towarzyszących.

Dla okresu czasu do rozpoczęcia realizacji przedsięwzięć na dłuższych odcinkach cieku, w rozdziale 4 znajdują się ogólne zalecenia dotyczące bieżących robót utrzymaniowych na Odrze granicznej, które mogły zostać sformułowane na podstawie wykonanych badań i analiz.

Karlsruhe, maj 2014 r.

Federalny Instytut Budownictwa Wodnego (BAW)

- z polecenia -

Opracowujący

Dr.-Ing. Nils Huber

Dipl.-Ing. Bernd Hentschel



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Kußmaulstraße 17 · 76187 Karlsruhe
Tel. 0721 97 26-0 · Fax 0721 97 26-45 40

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg
Tel. 040 81 908-0 · Fax 040 81 908-373

www.baw.de