



Problemy zagrożenia

Funkcjonowanie dróg w sąsiedztwie obiektów gospodarki wodnej wymaga zarówno od projektantów, inwestorów, wykonawców, jak też zarządców infrastruktury, uwzględnienia szeregu ograniczeń, głównie wynikających z przepisów prawa budowlanego, prawa wodnego, prawa ochrony środowiska, które są uszczegółowione w szeregu rozporządzeniach. Dodatkowym utrudnieniem jest powoływanie się opiniodawców procesu inwestycyjnego do zaleceń, niezapisanych wytycznych lub też przepisów nieaktualnych już rozporządzeń, które nawiązują do zasad dobrej praktyki, jednak nie posiadają mocy prawnej. Najwięcej problemów stwarzają formalnoprawne zapisy związane z zagrożeniami zarówno o charakterze naturalnym, jak również katastrofami technicznymi. Przepisy te bywają niejednoznaczne.

Wskutek tego niejasne sformułowania prawne, które intuicyjnie są zrozumiałe, niestety rozmywają się w przekładaniu ich na prostą, techniczną logikę. Poniżej przedstawiamy dwa przykłady oceny wpływu wybranych zjawisk na inwestycje liniowe, które dr Bernard Twaróg z Instytutu Inżynierii i Gospodarki Wodnej Politechniki Krakowskiej, prezentował podczas III Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Odwodnienie dróg i ulic a ekologia – prawo, projektowanie, wykonawstwo” (Zakopane, 29 września – 1 października br.).

Problem zagrożenia autostrady A1

Ekstremalne zjawiska hydrologiczne są jednymi z najbardziej niszczących naturalnych zagrożeń środowiska. Są one dotkliwe w stratach zarówno społecznych, jak i ekonomicznych. Poprawne oceny skali zagrożeń oraz prawdopodobieństwa pojawienia się zdarzeń o charakterze niszczącym i ryzyka powstania strat

powodziowych o określonej wielkości, są szansą zmniejszenia szkód powodziowych. Współczesne metody obliczeń i analiz obiektów potencjalnie zagrożonych lub też eksploatowanych w bezpośrednim sąsiedztwie obszarów zagrożonych, pozwalają projektować je tak by bezpiecznie, efektywnie i racjonalnie spełniały swoje zadania. Jednym z przykładów jest lokalizacja inwestycji drogowych w sąsiedztwie obiektów piętrzących lub też odprowadzających wody powodziowe.

Przy projektowaniu dróg odpowiedniej klasy w strefie oddziaływania urządzeń piętrzących wody, należy przewidzieć zabezpieczenie drogi przed skutkami ich awarii. Prezentowany przykład dotyczy analiz wykonanych dla autostrady A1, której sąsiedztwo obwałowań Wisły nałożyło na inwestora obowiązek sprawdzenia warunków bezpiecznego wzniesienia niwelety nawierzchni drogi. Obowiązek ten wynika z zapisów między innymi:

- rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. 1999 Nr 43, poz. 430), „Dział VI. Warunki techniczne dotyczące bezpieczeństwa z uwagi na możliwość wystąpienia pożaru lub innego miejscowego zagrożenia” – §156: przy projektowaniu drogi klasy A lub S, w strefie oddziaływania urządzeń piętrzących wodę, należy przewidzieć zabezpieczenie tej drogi przed skutkami awarii urządzeń piętrzących zaliczonych do jednej z czterech klas ważności, określonych w przepisach w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie
- rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 86 poz. 579 z dnia 16 maja 2007 r.), na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 2 ustawy z 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz.U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 i Nr 170, poz. 1217); Dział I. Przepisy ogólne, Rozdział 2. Klasy budowli hydrotechnicznych - §24.1. Dla każdej budowli piętrzącej określa się wielkość przepływu nienaruszalnego i dozwolonego poniżej budowli. 2. Dla budowli piętrzącej o wysokości piętrzenia przekraczającej 2,0 [m] lub tworzącej pojemność większą niż 0,2 [mln m³] wody określa się przebieg i zasięg fali wezbraniowej wywołanej zniszczeniem lub uszkodzeniem tej budowli.

Przypadek analizy wykonanej dla autostrady A1 jest tym bardziej złożony, iż nie mamy do czynienia ze zdarzeniem post factum, a jedynie z przypuszczeniem i próbą prognozy przebiegu, ewolucji zagrożenia, czego celem jest zabezpieczenie się przed jego niekorzystnym wpływem. Ze względu na fakt, że nie znamy potencjalnego miejsca przerwania wału przeciwpowodziowego, uzyskanie odpowiedzi na postawione pytanie jest możliwe po przeprowadzeniu szeregu symulacji dla różnych, założonych „punktów” przerwania wału przeciwpowodziowego. Przyjęcie kilku punktów gwarantuje, że przeprowadzona analiza zagrożenia staje się obiektywna, więc nie jest istotne, w którym miejscu przerwanie wału się wydarzy.

Krótką charakterystyka analizowanego odcinka

Autostrada A1 przecina Wisłę pomiędzy km 828+000 oraz 829+000, około 2 km powyżej Grudziądza. Analizowany odcinek autostrady Nowe Marzy-Czerniewice znajduje się pomiędzy km 99+800 oraz 89+200. Znajdują się na nim dwa węzły:

- Nowe Marzy w km 89+200 do 90+300,
- Grudziądz w km 97+200 do 97+700.

Dane o charakterze hydrologicznym zostały udostępnione przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział Morski w Gdyni jako opracowanie pt. „Przepływy maksymalne roczne wraz z odpowiadającymi im rzędnymi zwierciadła wody o prawdopodobieństwie wystąpienia: 0.3%, 0.5%, 1%, 10%, 50% dla przekroju Wisły w Grudziądzu”.

Założenia do wykonania symulacji

W prezentowanym przykładzie wykonanie analizy zostało przeprowadzone z wykorzystaniem wielowymiarowego modelu rozptywu fali powodziowej z zastosowaniem metody skończonych objętości. Analizy zostały wykonane osobno dla lewej i prawej strony zawala. Dla celów analizy założono lokalizację przekrojów kontrolnych biegnących wzdłuż odcinka autostrady. Na obszarze lewym założono 4 przypadki (lokalizacje) przerwania wału. Dla każdego z przypadków przeprowadzono symulację pozwalającą ocenić wartości głębokości w czasie na obszarze lewego zawala. Zebranie informacji ze wszystkich przypadków i określenie na ich podstawie maksymalnych wartości rzędnej zwierciadła wody w pobliżu lokalizowanej inwestycji, pozwala określić ekstremalne wartości rzędnej zwierciadła wody, jakie wystąpiłyby w przypadku przerwania wału przeciwpowodziowego po stronie lewej. Analogicznie postąpiono dla zawala prawego. Na obszarze prawym założono 3 przypadki (lokalizacje) przerwania wału. Dla każdego z przypadków przeprowadzono symulację pozwalającą ocenić wartości głębokości w czasie na obszarze prawego zawala. Zebranie informacji ze wszystkich przypadków i określenie na ich podstawie maksymalnych wartości rzędnej zwierciadła wody w pobliżu lokalizowanej inwestycji, pozwala określić ekstremalne wartości rzędnej zwierciadła wody, jakie wystąpiłyby w przypadku przerwania wału przeciwpowodziowego po stronie prawej.

W określaniu maksymalnych rzędnych zwierciadła wody uwzględniono obliczenia z dokładnością wynikającą z TBDNMT. Przyjęto następujące założenia:

- rzędne zwierciadła wody w międzywalu ustalone wg danych udostępnionych przez IMGW (tabela 1),
- wielkości wyrwy we wszystkich analizowanych przypadkach określone jako równe 30 [m],
- pominięcie modelu opisującego proces powstawania wyrwy w wale przeciwpowodziowym, ponieważ założenie o natychmiastowym rozmyciu pozwala posługiwać się określeniem pesymistycznych scenariuszy, uzasadnionych w tym opracowaniu,

uwzględnienie w rozwiązywanych obszarach obiektów umożliwiających przepływ wód powodziowych:

- most, rzeka Mątawa, MA-89, L=60 [m], km 91+656.75
- most na Kanale Głównym, MA-93, L=110 [m], km 96+658.20,
- przepust na Młynówce, 2x2.5 [m], km 98+310.00,
- projektowana estakada, km 94+331 do km 94+612,
- projektowana estakada, km 95+826 do km 95+987.

Dokładność obliczeń

Ocena dokładności obliczeń została wykonana na podstawie informacji o dokładności poszczególnych zbiorów Topograficznej Bazy Danych Numerycznego Modelu Terenu oraz na podstawie informacji z pomiarów zawartych na podkładach geodezyjnych w skali 1:1000. W sumie uwzględniono 35 arkuszy TBDNMT oraz cały odcinek przeznaczony pod inwestycję. Dokładność arkuszy TBDNMT kształtuje się (jak autorzy załączyli w plikach informacyjnych) od 0.52 [m] na zawalu prawym do 0.72 [m] na zawalu lewym.

Przeprowadzona analiza probabilistyczna dokładności TBDNMT w oparciu o informację z pomiarów na małym obszarze wykazała dużo większe odchylenia przy wartości średniej równej 0.19 [m] oraz odchyleniu standardowym równym 0.81 [m], czyli bezpieczny błąd jest rzędu 1.0 [m].

Podsumowanie przypadku A1

Brak informacji o położeniu krytycznych punktów, w których mogłaby nastąpić niekontrolowana filtracja doprowadzająca do powstania wyłomu w korpusie wałów przeciwpowodziowych po lewej i po prawej stronie Wisły, spowodowała konieczność przyjęcia apriori potencjalnych punktów przerwania wałów. Zbiór informacji z symulacji przerwań w kilku punktach (niejednocześnie) daje obraz o ukształtowaniu się zasięgu i zwierciadła wody fali powodziowej. Dzięki temu przeprowadzana analiza zagrożenia stała się obiektywna, przestaje więc być istotne, w którym miejscu przerwanie wału może rzeczywiście wystąpić.

Wykonanie analizy zostało przeprowadzone z wykorzystaniem wielowymiarowego modelu rozptywu fali powodziowej z zastosowaniem metody skończonych objętości. Zebranie informacji ze wszystkich przypadków pozwoliło ocenić obwiednie rzędnej zwierciadła na zawalu lewym i prawym.

Metodyka określenia zagrożenia projektowanej inwestycji autostrady A1, odcinek Nowe Marzy-Czerniewice, była następująca:

- analiza przerwań wałów została wykonana osobno dla lewego oraz osobno dla prawego zawala,
- wykonano symulacje przy założeniu różnych miejsc przerwania wałów: na lewym zawalu założono 4 potencjalne przerwania wałów przeciwpowodziowych, na zawalu prawym założono 3 miejsca przerwań

- wałów przeciwpowodziowych,
- do symulacji fali powodziowej wykorzystano wielowymiarowy model rozptyłu fali powodziowej,
- na całym analizowanym obszarze założono taki sam współczynnik szorstkości równy 35 [m^{1/3}/s],
- informacja o ukształtowaniu terenu została utworzona na podstawie Topograficznej Bazy Danych Numerycznego Modelu Terenu,
- symulacje zostały wykonane z krokiem czasowym 1 [s],
- czas trwania symulacji został oceniony na podstawie maksymalnych szacunkowych wydatków zakładanych wyrw w wałach, ostatecznie przyjęto, że czas symulacji będzie się kształtował od 3 do 6 godzin,
- w przypadku, gdy przerwanie wału miało miejsce powyżej estakad oraz mostów (lokalizacje przerwań LP1, LP2, PP1, PP2), symulację zalewu kończono w momencie, gdy sumaryczna przepustowość estakad oraz towarzyszących mostów na zawalu lewym i prawym przewyższała wypływ z wyrwy, założenie tego warunku gwarantowało obniżanie się zwierciadła wody na zawalu,
- w przypadku przerwań wałów poniżej wyniki symulacji miały tylko znaczenie informacyjne, gdyż największe rzędne zwierciadła wody występowały w przypadkach przerwań wałów z lewej strony projektowanej autostrady, czyli w punktach na lewym zawalu: PL1, PL2, oraz na prawym zawalu w punktach: PP1, PP2,
- do oceny rzędnej zwierciadła wody zostały zdefiniowane przekroje przebiegające w pobliżu inwestycji,
- obwiednia maksymalnej rzędnej zwierciadła wody w pobliżu inwestycji na obszarze zawala lewego oraz zawala prawego została wykonana na podstawie analizy wszystkich analizowanych rzędnych zwierciadła wody, jakie wystąpiły na obszarze odpowiednio zawala lewego i zawala prawego dla wszystkich założonych przerwań wałów.

Dla wydatku wyrwy przy deniwelacji zwierciadła wody równym około 6 [m], co odpowiada wypływie z wyrwy w wale (o szerokości 30 [m]) równym około 650 [m³/s], przepustowość estakady na lewym zawalu już przy głębokości przepływu 1 [m] pod estakadą powoduje udrożnienie i odpływ wód powodziowych. Dodatkowo zdolności odprowadzenia wód powodziowych zwiększa obiekt na Mątawie oraz przepusty pod autostradą.

Analogicznie, dla wydatku wyrwy przy deniwelacji zwierciadła wody równym około 6 [m], co odpowiada wypływie z wyrwy w wale równym około 650 [m³/s], przepustowość estakady na prawym zawalu już przy głębokości przepływu 1.5 [m] pod estakadą powoduje udrożnienie i odpływ wód powodziowych. Dodatkowo zdolności odprowadzenia wód powodziowych zwiększa obiekt na Kanale Głównym oraz na Młynówce.

Analizując zestawienie krzywych pojemności analizowanych obszarów można stwierdzić, że maksymalnie stanowią one do 15% objętości zestawionych rzeczywistych fal powodziowych, fakt ten mógłby świadczyć o możliwości całkowitego wypełnienia obszarów zawala w przypadku braku odpływu. Ze względu na topografię terenu zarówno na zawalu lewym, jak również prawym, bardzo

ważnym jest szybkie odprowadzenie ewentualnych wód powodziowych powstałych np. wskutek awarii wałów, tak by nie dopuścić do piętrzenia, powstawania cofki oraz retencji. Dla rozwiązania tego problemu przyjęto estakady i mosty zwiększające przepustowość i umożliwiające odprowadzenie wód powodziowych, odpowiednio:

- most, rzeka Mątawa, MA-89, L=60 [m], km 91+656.75,
- most na Kanale Głównym, MA-93, L=110 [m], km 96+658.20,
- estakada, km 94+331 do km 94+612,
- estakada, km 95+826 do km 95+987.

Rozmiary oraz lokalizacja niniejszych obiektów udrażniających zawale lewe oraz zawale prawe zapewnia poprawny przepływ potencjalnych wód powodziowych, które mogłyby się znaleźć na zawalu w wyniku przerwań wałów przeciwpowodziowych. W efekcie przeprowadzonej symulacji przerwań wałów można stwierdzić, że:

- na zawalu lewym, w miejscu gdzie niweleta autostrady osiąga minimum – km 92+950, co odpowiada odciętej przekroju nr 3 pomiędzy: 1507 [m] do 1547 [m], maksymalna rzędna zwierciadła wody wskutek analizowanych przerwań wałów w miejscach PL1, PL2, PL3, PL4 daje wartości odpowiednio od 20.78 [m nrm] do 20.73 [m nrm],
- na zawalu lewym, w miejscu gdzie niweleta autostrady osiąga minimum – km 92+950, co odpowiada odciętej przekroju nr 4 pomiędzy: 1666 [m] do 1709 [m], maksymalna rzędna zwierciadła wody wskutek analizowanych przerwań wałów w miejscach PL1, PL2, PL3, PL4 daje wartości odpowiednio od 20.56 [m nrm] do 20.56 [m nrm],
- na zawalu prawym w miejscu, gdzie niweleta autostrady osiąga minimum – km 97+700, co odpowiada odciętej na przekroju nr 2 pomiędzy: 1834 [m] do 1856 [m], maksymalna rzędna zwierciadła wody wskutek analizowanych przerwań wałów w miejscach PP1, PP2, PP3 daje wartości odpowiednio od 20.33 [m nrm] do 20.27 [m nrm],
- na zawalu prawym w miejscu, gdzie niweleta autostrady osiąga minimum – km 97+700, co odpowiada odciętej na przekroju nr 1 pomiędzy: 2091 [m] do 2114 [m], maksymalna rzędna zwierciadła wody wskutek analizowanych przerwań wałów w miejscach PP1, PP2, PP3 daje wartości odpowiednio od 20.11 [m nrm] do 20.09 [m nrm].

Poziom projektowanej niweleti autostrady powinien być wyniesiony ponad obliczone rzędne wód zalewowych.

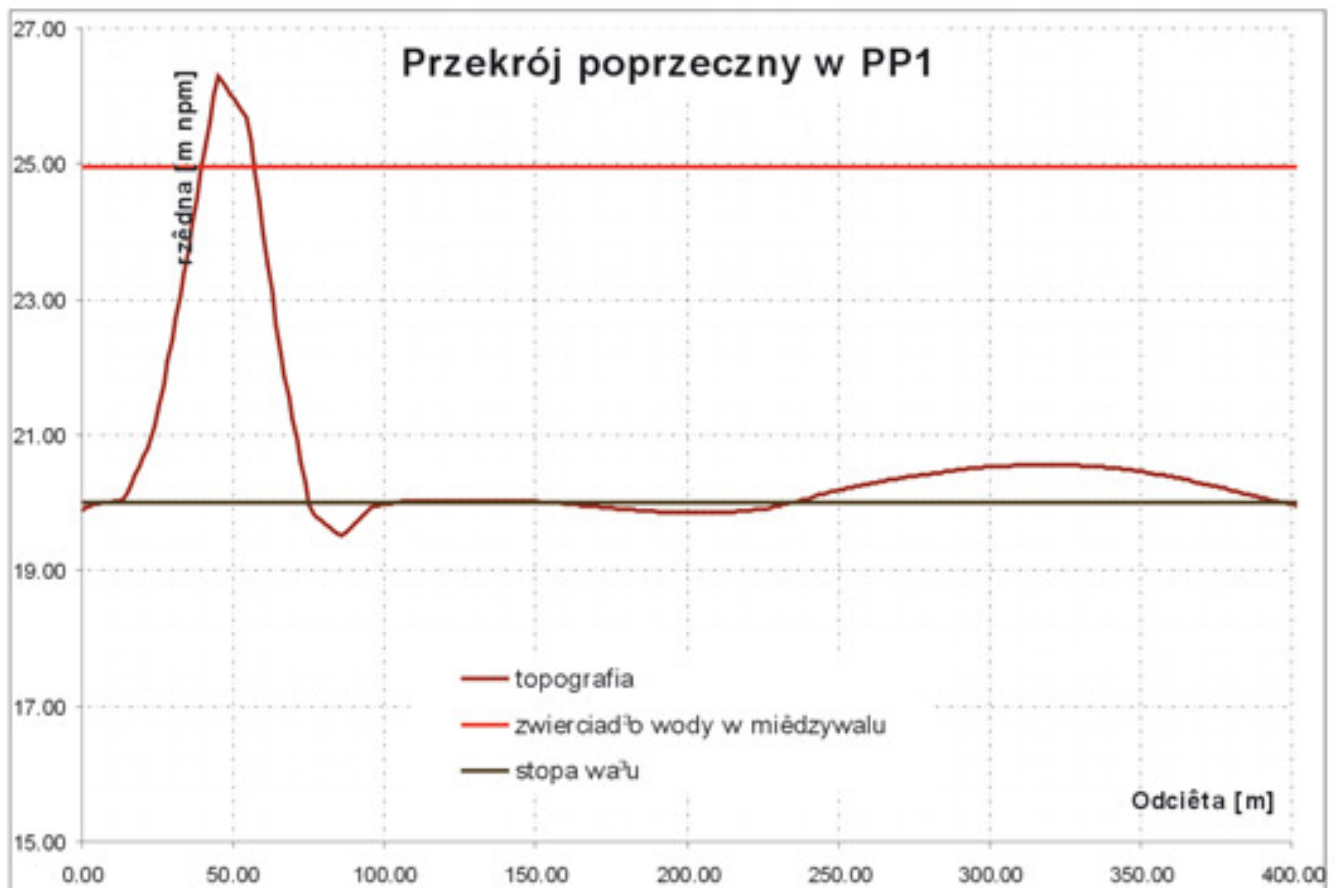
dr inż. BERNARD TWARÓG

Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej Politechniki Krakowskiej

Analizy zagrożeń inwestycji liniowych - cz. I

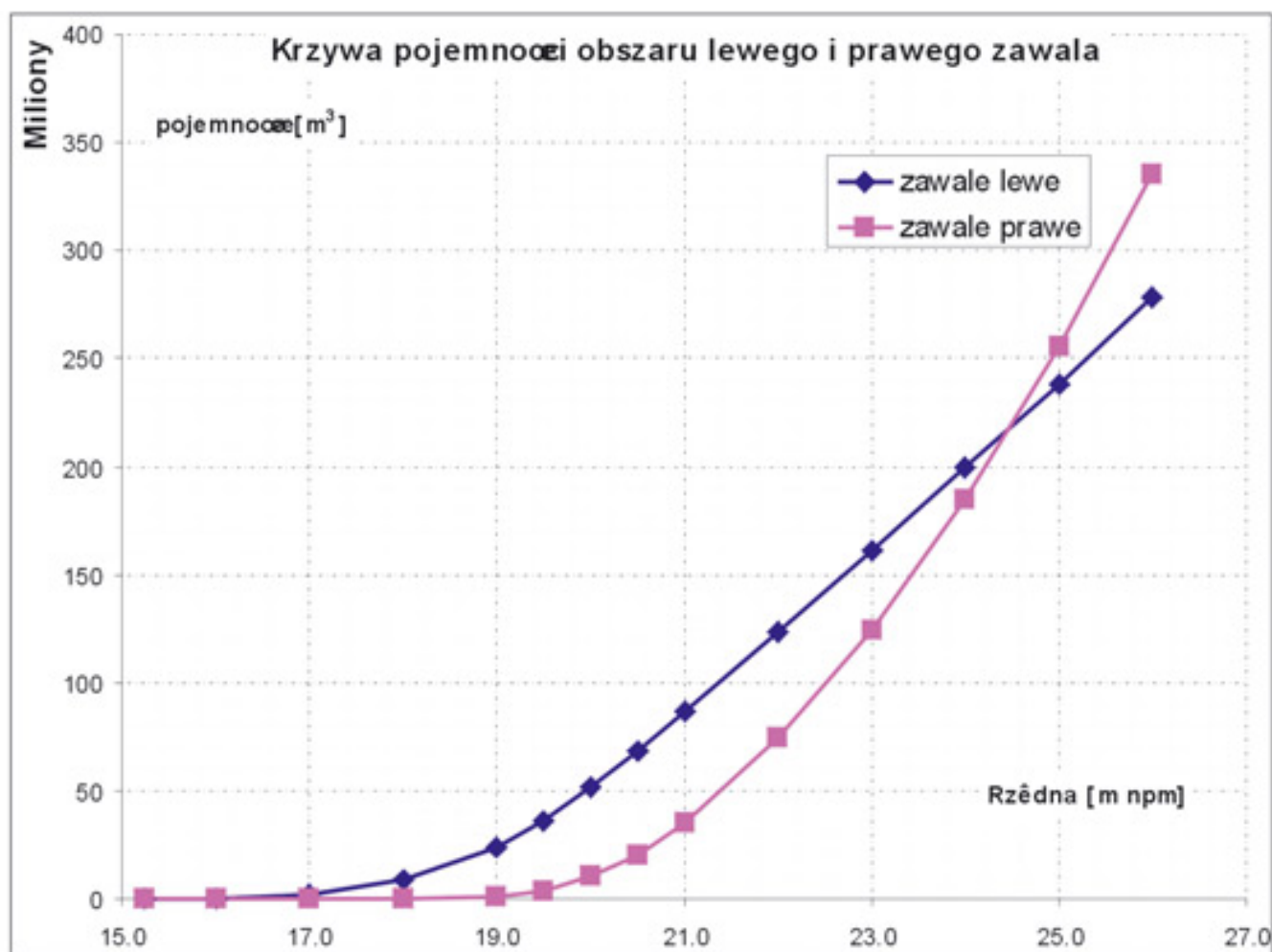
Utworzono: wtorek, 04, listopad 2008 14:06 Bernard Twaróg

Punkt przerwania	km	Rzędna zwierciadła wody ² Qp=0.3%	Rzędna stopy wału ¹	Głębokość wody w miejscu przerwania
		[m npm]	[m npm]	[m]
Zawale lewe				
PL1	km 822+245	24.97	20.38	4.59
PL2	km 827+562	24.97	20.18	4.79
PL3	km 828+936	24.97	19.61	5.36
PL4	km 831+752	24.97	19.47	5.50
Zawale prawe				
PP1	km 824+920	24.97	20.01	4.96
PP2	km 827+000	24.97	20.89	4.08
PP3	km 828+802	24.97	20.74	4.23



Analizy zagrożeń inwestycji liniowych - cz. I

Utworzono: wtorek, 04, listopad 2008 14:06 Bernard Twaróg



Zestawienie parametrów fal		% objętości zawala	
Czas wystąpienia	Objętość	Pojemność lewego zawala	Pojemność prawego zawala
	[mln m ³]	[mln m ³]	[mln m ³]
		278	335
marzec 05	3 167	8.8%	10.6%
luty 02	3 382	8.2%	9.9%
sierpień 01	2 762	10.1%	12.1%
maj 01	2 168	12.8%	15.5%

Zestawienie literatury dla obu części artykułu „Analizy zagrożeń inwestycji liniowych”:

[1] Verfahren zur hydraulischen Berechnung von Deich- und Dammbrechungen Dr.- Ing. Karl Broich, Institut für Hydrotechnik GmbH, Drosselweg 4, D-82279 Eching a. A. UniBw München, Werner Heisenbergweg 39, D-85577 Neubiberg.

[2] Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, Final Technical Report

- January 2005, Mark Morris, HR Wallingford, UK.

[3] Determination of initial conditions for dam erosion due to overtopping and possible integration into a probabilistic design concept, K. Broich, Researcher, University of the Federal Armed Forces Munich, Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg, b61bro@b6axs1.bauw.unibw-muenchen.de.

[4] (Advances on breach models by Cemagref during impast Project (Paquier A., Recking A., Cemagref France, Cemagref France).

[5] Twaróg B., Ocena zagrożenia w wyniku przzerwania wału przeciwpowodziowego na podstawie identyfikacji czasów pojawienia się czoła fali powodziowej. Mapa zagrożenia obszaru obwałowanego. V Ogólnopolska Szkoła nt: Współczesne problemy ekstremalnych zagrożeń środowiska, IMGW Warszawa ISBN 83-88897-46-2, Paszówka koło Krakowa, maj 2004 r.

[6] Twaróg B., Wykorzystanie elementów skończonych do oceny zagrożenia powodziowego dla obszaru zabudowanego. Konferencja Naukowo-Techniczna, Korbielów, marzec 2002, ISBN 83-918169-9-0.

[7] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie (Dz.U. 1997 Nr 21, poz. 111).

[8] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. 1999 Nr 43, poz. 430).

[9] B. Twaróg, Obiekt: Autostrada A1 Nowe Marzy-Czerniewice, Zasięg fali powodziowej wywołany przzerwaniem wałów rzeki Wisły k. Grudziądza, TRANSPROJEKT GDAŃSKI Spółka z o.o., 2007.

[10] B. Twaróg, Raport o oddziaływaniu na środowisko dla łącznika na odcinku węzeł Wierzchosławice - węzeł Krakowska - część w międzywalu rzeki Dunajec, Gmina Wierzchosławice, 2007.

[11] Ustawa Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 Nr 62, poz. 627), tekst jednolity (Dz.U. 2006 Nr 129, poz. 902), zmiany.

[12] Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 Nr 80, poz. 717), zmiany.

[13] Ustawa - Prawo budowlane (Dz.U. 1994 Nr 89, poz. 414), tekst jednolity (Dz.U. 2000 Nr 106, poz. 1126), tekst jednolity (Dz.U. 2003 Nr 207, poz. 2016), tekst jednolity (Dz.U. 2006 Nr 156, poz. 1118), zmiany.

[14] Ustawa Prawo wodne, (Dz.U. 2001 Nr 115, poz. 1229), tekst jednolity (Dz.U. 2005 Nr 239, poz. 2019), zmiany.

[15] Ustawa Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 1994 Nr 27, poz. 96), tekst jednolity (Dz.U. 2005 Nr 228, poz. 1947), zmiany.

[16] Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie sieci autostrad i dróg ekspresowych (Dz.U. 2004 Nr 128, poz. 1334), zmiany.

[17] Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. 2004 Nr 257, poz. 2573), zmiany.

[18] Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, z (Dz.U. 2006 Nr 137, poz. 984).