

Ryzyka powodziowe a zasady projektowania i użytkowania hydrotechnicznych budowli piętrzących – jazów, stopni i zapór

Mgr inż. budownictwa wodnego Stanisław Naprawa, niezależny konsultant

1. Wprowadzenie

W dotychczasowych publikacjach, zarówno polskich jak zagranicznych, nie zwrócono uwagi na występującą w korytach rzek zmienność warunków przepływów, jaka występuje podczas użytkowania obiektów gospodarki wodnej [9, 13, 16, 17]. Zmienność ta wynika z procesów zachodzących w dolinach i korytach rzek opisywanych w geomorfologii [6].

Wykonane budowle wodne, w wyniku występowania negatywnych wpływów procesów związanych z transportem rzeczny rumowiska, tracą podczas użytkowania wymaganą przepisami przepustowość. Skutkiem są coraz częstsze powodzie powodujące awarie i zalewy [11, 14].

Wykonane budowle wodne pracują w zmienionych warunkach wypełnienia koryta wodą. Stany wody dla tych samych wartości przepływów powtarzających się w poszczególnych latach ulegają zmianie zarówno w kierunku podwyższania, jak i obniżania. Nieprzystosowane do pracy w takich warunkach budowle wodne (zapory, jazy, wały przeciwpowodziowe) nie spełniają swoich planowanych funkcji bezpiecznego piętrzenia wody, ponieważ występują liczne niespodziewane przelewy wód powodziowych nad koronami budowli i niszczące zalewy terenów, które powinny być chronione [11, 14].

Zmienne parametry procesów korytowych są następujące:

- kształt i przekrój zwilżony koryta rzeki,
- prędkość przepływu,
- spadek zwierciadła wody,
- promień hydrauliczny (głębokość wody) oraz
- cechy fizykomechaniczne gruntów w strefach obwodu zwilżonego wzdłuż długości cieku.

Na podstawie wykonanych dotychczas studiów [2, 3, 4, 8, 11, 13, 16, 17, 19] należy stwierdzić, że istnieje poważne zaniedbanie w zakresie nieustanowienia przepisów projektowania i użytkowania budowli piętrzących wodę, uwzględniających udokumentowane fakty negatywnego wpływu niestabilności reżimu przepływów na warunki użytkowania budowli wodnych oraz na środowisko, zarówno wiejskie, jak i zurbanizowane.

Wskazano, że istnieje ścisła współzależność między problemami hydrauliki koryt rzecznych i transportu rumowiska a parametrami technicznymi konstrukcji hydrotechnicznych. Uwzględnianie tej współzależności podczas projektowania pozwala na eliminację zagrożeń związanych z różnymi ryzykami i ich negatywnymi wpływami, nie tylko reżimu geomorfologicznego, lecz również reżimu biologicznego, chemicznego i termicznego, degradującymi parametry jakości wody wymaganych z potrzeb środowiskowych, co jest ważne dla zaopatrzenia miast i osiedli wiejskich, rolnictwa, i przemysłu w wodę dobrej jakości.

2. Korzyści z budowy kaskad energetyczno-żeglugowych

Podstawowe korzyści z budowy kaskad wodnych przedstawiono poniżej.

- Stworzone piętrzenia wody mogą być wykorzystywane do budowy elektrowni wodnych oraz ujęć wody dla przemysłu, rolnictwa oraz potrzeb komunalnych (ludność w miastach i osiedlach wiejskich).
- Kaskada stopni wodnych zwiększa gwarancję poboru wody na ujęciach dla wszystkich użytkowników. Powstaje dodatkowa retencja zbiornikowa w spiętrzonej korycie rzeki, bez konieczności dokonywania wywłaszczeń.
- Stabilizacja lustra wód niskich na optymalnym poziomie wzdłuż doliny rzeki zabezpiecza przyległe tereny przed przesuszeniem (stepowaniem) i zmienia pozytywnie, eliminując negatywne skutki erozji dennej i bocznej.
- Zasięg obszarowy wpływu skaskadowanej rzeki jest znaczny, umożliwiające są procesy filtracji wody na tereny chronione wałami przeciwpowodziowymi, co prowadzi do stałego odnawiania zasobów spracowanych wód gruntowych, poprawia zaopatrzenie w wodę gruntową.
- Kanalizacja zabezpiecza doliny rzek przed powodziami typu śryżowego, szczególnie groźnymi w przypadku pojedynczego stopnia na rzece swobodnie płynącej.
- Kanalizacja pozwala na zapewnienie potrzebnej głębokości żeglugowej przez dostosowanie piętrzenia do wymaganego poziomu (z okresowym napiętrzeniem).

- Uzyskuje się niezależnie żeglugi w okresach niskich stanów wody od przepływów (przepływy powstające z odcieku wód gruntowych mogą pokrywać straty wody na parowanie i śluzowanie).
- Przedłuża się okres żeglugi przez niezależnienie się od opadów. Jednym ograniczeniem jest wpływ zjawisk lodowych.
- Kanalizacja umożliwia sterowanie procesami morfodynamicznymi oraz kontrolę transportu rumowiska (zmniejsza erozję, umożliwia wymywanie osadów, ogranicza zakres robót bagrowniczych).
- Powyższe korzyści stwarzają możliwość realizacji kompleksowych przedsięwzięć inwestycyjnych w ramach systemów wodno-gospodarczych, opierając się na zasadach zrównoważonego rozwoju (warto zwrócić uwagę na rozpowszechnianą nieprawdę, że bioróżnorodność jest wiodącym elementem działalności w ramach zrównoważonego rozwoju).

Należy zauważyć, że istnienie transportu rumowiska w naszych rzekach poważnie ingeruje w naturalne (jak również wymuszone) warunki przepływu wody. Wykorzystywane do projektowania krzywe natężenia przepływów po kilku powodach tracą swoją wartość, ponieważ zmianie ulegają podstawowe parametry korytowe – kształt i powierzchnia przekroju zwilżonego, a często również spadek zwierciadła wody oraz położenie wysokościowe zwierciadła wody jako wynik wpływu erozji dennej koryta rzeki. Ciągłe procesy sedymentacyjne na wyżej położonych obszarach międzywali również wpływają na podnoszenie się stanów wody z upływem czasu, przy tych samych specyficznych przepływach wody. Podane wyżej korzyści dla gospodarki kraju uzasadniają potrzebę podjęcia prac zmierzających do zagospodarowania hydrotechnicznego dolin naszych rzek na zasadach rozwoju zrównoważonego. Wystarczającym uzasadnieniem są wyniki analiz skutków powodzi, które miały miejsce w okresie ostatnich 30 lat, zwłaszcza powódzie w latach 1982, 1997 i 2010 [11, 14]. Należy w trybie pilnym zmienić strategię ochrony przyrody i wyłączyć międzywala od stosowania przepisów, które obowiązują w rezerwatach przyrody. Należy międzywala wyłączyć z realizowania na ich obszarach programu Natura 2000 oraz innych szkodliwych dla środowiska, dla ludzi i ich mienia oraz dla gospodarki kraju [14].

3. Podstawowe problemy wynikające z piętrzenia wody na rzekach swobodnie płynących

Realizowanie inwestycji hydrotechnicznych w korytach rzek oznacza ingerowanie w naturalne warunki przepływu. Zmiana reżimu przepływów w wyniku budowy stopni wodnych może mieć skutki zarówno pozytywne, jak i negatywne. Kolmatacja zbiorników stwarza problemy, które nie zawsze są akceptowane.

Do grupy podstawowych problemów wynikających z piętrzenia wody na rzekach swobodnie płynących należy zaliczyć:

- powstawanie procesów biologicznych w osadach uszczuplających ilość tlenu,
- zmianę wielkości i reżimu transportu fluwialnego, występującego w różnej formie,
- zmianę reżimu przepływów w rzece poniżej spiętrzenia,
- zmianę warunków hydrodynamicznych na odcinku zbiornika, co w konsekwencji powoduje zamulanie zbiornika,
- zmniejszenie liczby cząstek grubszych,
- zmianę ustroju i reżimu lodowego,
- zmianę jakości substancji transportowanych w formie rozpuszczonej,
- zmianę przebiegu przemian morfo-dynamicznych w korycie rzeki (np. na odcinku zbiornika z reżimu erozyjnego na sedymentacyjny lub z sedymentacyjnego powolnego na sedymentacyjny szybki, natomiast w korycie rzeki poniżej zapory [19],
- występuje wzmożona erozja dennej koryta, malejąca z upływem czasu, a w przypadku osiągnięcia przez rzekę stabilnego spadku zanikająca,
- zmianę chemicznych właściwości osadów gromadzonych w zbiorniku, które dopłynęły w formie unosin oraz wleczyn i zostały zatrzymane w zbiorniku,
- zmniejszenie koncentracji zawiesiny w wodzie (polepszenie jakości wody pobieranej przez ujęcia wody),
- występowanie zmiennych głębokości żeglugowych na szlaku w rejonie końca cofki (z tytułu występowania w strefie cofkowej rzeki szczególnie szybkich procesów sedymentacyjnych utrudniających żeglugę, natomiast
- w warunkach zlodzenia w strefie cofkowej następuje zmniejszenie prędkości średniej strumienia poniżej wartości krytycznej, co powoduje, że wolniej przemieszczająca się mieszanina śryżu z lodem zatrzymuje się i przykleja się do dolnej powierzchni strefy kontaktowej wody z pokrywą lodową, powodując zatory i niekontrolowane zalewy.

Procesy erozji powodowane przez budowle piętrzące mogą mieć skutek pozytywny jako wynik możliwości przeprowadzenia okresowego przemywania górnego stanowiska stopnia przez sterowanie poziomami piętrzenia za pomocą zamknięć (na przelewach i/lub spustach dennych) [9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19].

Erozja dennej wymuszona zabudową regulacyjną ma skutek pozytywny w postaci uzyskanych większych głębokości żeglugowych, umożliwiając stosowanie taboru pływającego o większym zanurzeniu oraz wydłuża okres żeglugi. Kanalizacja rzeki uprzednio uregulowanej na potrzeby żeglugi pozwala na kolejny wzrost głębokości żeglugowych. W ten sposób wzrasta rentowność żeglugi.

Negatywny wpływ erozji występuje w dolnym stanowisku stopnia, gdzie powstaje po wybudowaniu stopnia rynna erozyjna. Ma to miejsce wówczas, gdy zaprojektowane zostało zbyt małe światło jazu. Wielkość erozji

dennej oraz jej zasięg może być ograniczony wielkością przyjętego przepływu jednostkowego (q w m^3/s) na wypadzie budowli upustowych. Dobór bezpiecznej wartości q powinien być oparty na analizie warunków hydraulicznych oraz mobilności gruntów w dnie rzeki. Inny negatywny wpływ erozji dennej w każdej rzece nizinnej (zarówno płynącej w stanie naturalnym, jak i uregulowanej na średnią wodę) to obniżanie się poziomów wody gruntu w dolinie rzeki. Skutkiem jest przesuszenie terenów przyległych do rzeki.

4. Środowiskowe klasy budowli piętrzących wodę

Wymienione wyżej **skutki negatywnych procesów występujących w korytach rzek mogą być wyeliminowane** przez budowę kaskad stopni wodnych, wzajemnie wpływające na ich funkcjonowanie oraz na środowisko, pod warunkiem jednak, **że będzie akceptowany i stosowany proponowany podział budowli piętrzących na klasy środowiskowe** [19].

Proponowana klasyfikacja środowiskowa wypełnia istniejącą dotychczas wyraźną lukę w przepisach, którym powinny odpowiadać budowle inżynierskie związane z gospodarką wodną.

Doceniając ważność ochrony środowiska przed negatywnymi wpływami reżimu geomorfologicznego oraz innych zagrożeń i sytuacji ryzykownych, w związku z planowanymi inwestycjami w zakresie budowy i użytkowania obiektów budowlanych mogących pracować w szkodliwych warunkach oddziaływania środowiska na budowle piętrzące (oraz odwrotnie – budowli na środowisko) – proponuje się stosować wymienione dalej środowiskowe klasy budowli piętrzących wodę.

Istnieje pilna potrzeba zmiany przepisów projektowania budowli hydrotechnicznych oraz opracowania nowych warunków technicznych, którym powinny odpowiadać budowle inżynierskie związane z gospodarką wodną.

Proponowany podział hydrotechnicznych budowli piętrzących na klasy środowiskowe:

- **Klasa S1**

Budowle piętrzące na rzece płynącej w reżimie stabilnym. Bilans rumowiska zerowy ($v=v_{kr}$) (Stable or Apparently Unstable Regime). Warunki hydrauliczne stałe, kształtujące się zgodnie z przewidywanym w projekcie brakiem wpływu reżimu geomorfologicznego. Zagrożenia wynikające z dużej wartości wolnej siły unoszenia nie występują. Klasie tej powinny odpowiadać np. kanały nawodniające tereny rolnicze prowadzące rumowisko.

- **Klasa S2**

Budowle piętrzące o konstrukcji umożliwiającej sterowanie przepływami i poziomami wody górnej w taki sposób,

aby można było utrzymywać wzdłuż cofki zarówno reżim stabilny (bilans rumowiska zerowy, $v=v_{kr}$), jak również niestabilny (typu sedymentacyjnego lub erozyjnego) – wg ustalonego harmonogramu dostosowywanego do aktualnych potrzeb.

Warunki hydrauliczne utrzymywane są zgodnie z założeniami ustalonymi w projekcie. Zagrożenia wynikające ze zbyt dużej wartości wolnej siły unoszenia mogą być eliminowane przez stosowanie różnych poziomów piętrzenia w celu redukcji prędkości dennych do wartości bezpiecznych.

Aby powyższe wymagania były możliwe do spełnienia, budowle piętrzące muszą mieć konstrukcję urządzeń przelewowo-upustowych, przystosowanych do sterowania przepływami i poziomami piętrzenia w całym przedziale przepływów wody. Takie warunki użytkowania budowli piętrzącej mają na celu utrzymanie pełnej kontroli ruchu rumowiska na długości cofki w rzece, tj. zapewnienie ciągłości transportu rumowiska.

Budowle klasy S2 w normalnych warunkach piętrzenia wody na wymaganym poziomie powodować będą kształtowanie się form dennych na obwodzie zwilżonym w strefie końcowej cofki w postaci delty. Konstrukcja budowli piętrzącej powinna umożliwiać okresowe obniżanie poziomu piętrzenia wody i powodować wystąpienie reżimu przepływów o trendzie erozyjnym niestabilnym, lecz sterowanym, przy prędkościach dennych w zbiorniku zbliżonych do prędkości krytycznych, ze względu na mobilność uziarnienia gruntów zalegających na obwodzie zwilżonym ($v>v_{kr}$).

Osady zgromadzone w zbiorniku przystopniowym mogą być w tak wymuszonych warunkach przepływu poruszone i wypłukane do dolnego stanowiska budowli piętrzącej. Sterowanie okresowe reżimem przepływów zapewnia kontrolowany transport rumowiska.

Zaletą budowli klasy S2 jest ich przedłużony okres użytkowania zbiornika, gdyż możliwa jest stała kontrola gromadzonego rumowiska w stanowisku górnym..

Podsumowując, budowle piętrzące klasy S2:

- muszą umożliwiać przepuszczanie wody przy obniżonym piętrzeniu podczas powodzi, aby zwiększać prędkość wody w celu odprowadzania dopływającego rumowiska,
- muszą zapewniać korzystne warunki dla utrzymywania drożności korytarza ekologicznego umożliwiającego migrację ryb.

- **Klasa S3**

Do klasy S3 należą budowle piętrzące zlokalizowane na rzece płynącej w stanie naturalnym w reżimie niestabilnym o zmiennej sile unoszenia i piętrzeniu normalnym podczas użytkowania wywołującym w górnym stanowisku reżim przepływów typu sedymentacyjnego (zapory o dużej przepustowości przelewów powierzchniowych, lecz o małych spustach, jazy z wysokimi progami, bez przesł pływających, zapory przeciwrumowiskowe, osadniki zatrzymujące rumowisko przy ujęciach i zrzutach wód zanieczyszczonych,

zbiorniki poflotacyjne stosowane w przemyśle itp.).

Budowle piętrzące klasy S3:

- nie muszą mieć konstrukcji umożliwiającej wymuszanie warunków hydraulicznych w czaszy zbiornika gwarantujących wymywanie osadów,
- zagrożenia wynikające z małej wartości siły unoszenia występującej podczas normalnego piętrzenia w reżimie sedymentacyjnym są akceptowane, nie muszą być eliminowane przez obniżanie piętrzenia w celu wymuszania w okresach powodziowych reżimu typu erozyjnego. Powyższe warunki użytkowania budowli piętrzącej mają na celu zredukowanie erozji dennej i bocznej na odcinku znajdującym się pod wpływem spiętrzenia wody.

Budowle piętrzące klasy S3 to również budowle:

- istniejące, które powinny zapewniać sterowanie przepływami i poziomami wody w celu usuwania osadów, lecz warunku tego nie spełniają (np. jaz z wysokim progiem lub spustem dennym o niedostatecznej przepustowości) oraz budowle
- projektowane, które nie wymagają przywracania prędkości dennych do wartości zbliżonych do prędkości krytycznych i większych w celu usuwania osadów. Dopuszczalne jest gromadzenie osadów (agradacja, całkowite zamulenie pojemności zbiornika), np. zapory przeciwrumowiskowe.

W przypadku stwierdzenia występowania na istniejących zbiornikach reżimu przepływów odpowiadających właściwościom klasy S3, należy rozważyć celowość przebudowy budowli przelewowo-upustowych w celu wyeliminowania niekorzystnych problemów eksploatacyjnych.

Cechą dodatnią budowli klasy 3 jest zmniejszenie wolnej siły unoszenia i skuteczność w redukcji procesów erozji. Zbiorniki klasy S3 powodują występowanie niekorzystnych warunków biologicznych i chemicznych, a więc stwarzają możliwość pogarszania się jakości wody (Water Quality Deterioration).

Proponowana środowiskowa klasyfikacja budowli piętrzących wodę eliminuje z praktyki ich użytkowania problem odnowy rumowiska wleczonego w dolnym stanowisku [4]. Budując bowiem stopnie wodne klasy S2 o konstrukcji umożliwiającej sterowanie przepływami i poziomami wody górnej w taki sposób, aby można było utrzymywać okresowo wzdłuż cofki zarówno reżim stabilny (bilans rumowiska zerowy, $v=v_{kr}$), jak również niestabilny (typu sedymentacyjnego lub erozyjnego) – wg ustalonego harmonogramu dostosowywanego do aktualnych potrzeb) – problem ciągłości przepływu nie tylko wleczonego, ale również unoszonego jest rozwiązany. Warunki przepływu wody dla budowli przelewowych klasy S2 po obniżeniu piętrzenia **umożliwiają całkowitą redukcję wolnej siły unoszenia**, która w naszych rzekach jest bardzo duża. A więc po wybudowaniu poprawnie zaprojektowanej budowli hydrotechnicznej można na długości cofki zmniejszyć energię płynącej wody, a zatem również rozmiar procesów erozyjnych.

Podstawowym warunkiem jest zapewnienie możliwości dostosowywania poziomu piętrzenia podczas występowania wód powodziowych w taki sposób, aby wymusić odpowiednią prędkość w górnym stanowisku stopnia wodnego w przedziale prędkości krytycznej (ze względu na grunt zalegający na obwodzie zwilżonym). W ten sposób można zredukować energię kinetyczną płynącej wody do wartości bezpiecznej, a energię potencjalną spiętrzonej wody w zbiorniku wykorzystać do produkcji energii elektrycznej.

5. Zasady utrzymywania piętrzenia wody gwarantujące sterowanie procesami ruchu rumowiska (sedymentacji i erozji) w zbiornikach przyczaporowych

Zmiana reżimu przepływów w rzekach w wyniku budowy budowli piętrzących należących do środowiskowej klasy S3 może spowodować powstawanie w stworzonym zbiorniku warunków hydraulicznych, których rezultatem jest zaburzenie ciągłości ruchu transportowanego przez wodę rumowiska (oraz substancji rozpuszczalnych).

Proces ten polega na tym, że na długości cofki (po spiętrzeniu w górnym stanowisku) rzeka traci całkowicie tzw. wolną siłę poruszającą (tj. tę część potencjalnej siły unoszenia, która inicjuje i podtrzymuje ruch rumowiska w rzece. Mamy wówczas sytuację, że masa rumowiska odpływającego ze zbiornika jest mniejsza od rumowiska dopływającego. Część rumowiska jest wówczas zatrzymywana, powodując zmniejszenie pojemności zbiornika.

Proces ten można wyeliminować względnie złagodzić przez obniżenie rzędnej piętrzenia jazu do wartości piętrzenia gwarantującej uzyskanie prędkości wody w zbiorniku większej od prędkości krytycznej. Utrzymana zostaje wówczas ciągłość przemieszczania się rumowiska (a w okresach zimowych śryżu), co zapewnia, że rumowisko oraz masa lodowo-śryżowa może być przemieszczana do jazu i odprowadzana do dolnego stanowiska stopnia.

Efektywność przemywania zbiornika zależy od stopnia zagęszczenia osadów zgromadzonych w zbiorniku. Trudności polegają na tym, że aby wymusić ruch osadów, należy zerwać przyczepność cząstek gruntów i pokonać opory ruchu (tarcie, spójność, adhezja, kohezja), aby doprowadzić do ich uniesienia w stan pływalności.

Do wykonania studium reżimu przepływów strumienia wody w rzece (kanale) konieczna jest znaczna liczba danych wyjściowych, których zgromadzenie jest możliwe podczas wykonania studiów terenowych.

Należy uzyskać:

- dane hydrologiczne dla wybranych wodowskazów (krzywe natężenia przepływów) itd.,
- przekroje poprzeczne koryta rzeki,
- profil podłużny z rzędnymi terenu po obu brzegach, niwelety korony wałów,
- mapę w uzgodnionej skali,

- dane geologiczne, dane morfologiczne dna rzeki,
- dane fizykomechaniczne gruntów na obwodzie zwilżonym (krzywe uziarnienia, kohezja, adhezja, moduły ściśłości, kąty tarcia wewnętrznych itd.),
- dane dotyczące rumowiska (krzywe przesiewów, koncentracja) dla rumowiska wleczonego i zawieszonoego.

6. Obciążenia środowiskowe budynków oraz budowli wodnych

6.1. Rodzaje obciążeń

• Szereg eurokodów dotyczy konstrukcji budowlanych. Trzy eurokody [23] obejmują oddziaływania klimatyczne na konstrukcje, tj. obciążeniem śniegiem, wiatrem i wpływem zmian temperatury, stanowiące najistotniejsze oddziaływania środowiska na konstrukcje budowlane, zawarte są w publikacji Instytutu Techniki Budowlanej [5].

• Na budowle wodne działają dodatkowo inne liczne obciążenia środowiskowe, wynikające ze specyfiki zjawisk klimatycznych oraz innych warunków lokalizacji budowli wodnych, a mianowicie:

- falowanie wiatrowe na akwenach wodnych (jeziora, zalewy sztuczne w wyniku budowy budowli piętrzących wodę, etc.),
- parcie statyczne lodu oraz oddziaływanie dynamiczne kry lodowej i pól lodowych,
- parcie fali,
- parcie wody oraz ciśnienie spływowe filtrującej przez podłoże gruntowe (woda filtrująca pochodzi często z opadów, a więc jest ściśle powiązana z klimatem).
- Do nadzwyczajnych obciążeń środowiskowych, występujących zarówno na lądzie oraz na morzach, należą:
 - trzęsienia ziemi oraz towarzyszące im na morzach,
 - fale tsunami.

Jak wynika z powyższego zestawienia, na budowle wodne działać może duża liczba obciążeń, pojawiających się w katastrofalnych i szczególnie wyjątkowych warunkach użytkowania budowli.

6.2. Niezbędne zmiany w normach europejskich

• W nowych wersjach Eurokodów EC3 oraz EC7 powinny być uwzględnione obciążenia budowli piętrzących wodę oraz wnioski wypływające z teorii reżimu geomorfologicznego. Problem konieczności uwzględniania w obliczeniach wpływu oddziaływania wody poruszany był w kolejnych wydaniach norm europejskich, a mianowicie:

(a) w Eurokodzie 7 [Eurocode 7, Dec. 1987, Preliminary draft produced by ISSMFE for the European Communities Geotechnics, Chapter 2, Clause 2.2.4.4., Subclause (4), page 10] podano wymaganie uwzględniania „zmiany ciśnienia wody wynikające z wegetacji lub usuwania roślinności”;

(b) w kolejnym wydaniu Eurokodu 7 [(Eurocode 7, Part 1 Geotechnical Design, General Rules, 4-th Version, 4 February

1993, Chapter 2, Clause 2.4.2. (8), page 11)] – powyższe wymaganie dotyczące porostu roślinności zostało powtórzone. W następnych wydaniach problem ten nie został rozwiązany pozytywnie do dzisiaj;

(c) w normie EN 1997-1: 2002, (E), punkt 2.4.6.1, (6): [„Woda gruntowa – dla stanów granicznych użytkowania z poważnymi konsekwencjami, wartości reprezentują najniekorzystniejsze wyjątkowe wielkości obciążeń, które mogą wystąpić podczas przewidywanego okresu użytkowania budowli. Dla mniej szkodliwych konsekwencji w stanie normalnych warunków użytkowania mogą również wystąpić zmiany ciśnienia wody gruntowej w długim okresie czasu. W niektórych przypadkach jako obciążenia dodatkowe mogą być potraktowane oddziaływania spowodowane występowaniem porostu krzakami i drzewami (wzrost ciśnienia wody gruntowej), jak również usunięcie porostu (zmniejszenie ciśnienia)”.]. Do **normy EN 1997-1: 2002 należy dodać wymagania wynikające z występowania reżimu geomorfologicznego**;

(d) EN 1997 – 2: – clause 3.2.3: Design Investigations:

- sub-clause (7): Maximum water levels observed during the investigations shall be recorded,
- sub-clause (8): The extreme water levels of any water pressures which might influence the ground water pressures shall be established,
- clause 3.3.6: „Time effects”: należy uwzględniać w obliczeniach budowli piętrzących wpływ czasu na zmianę obciążeń stałych („persisted”) oraz zmiennych („transient”). Można wdrożyć nową metodę określania wpływu zmienności parametrów korytowych [17].

• Proponowana (patrz „Przegląd Budowlany” 2/2018, str. 48–52) środowiskowa klasyfikacja budowli piętrzących powinna być uwzględniona:

- w **normie EN 997-1: 2002 – w formie Aneksu pt. „Annex K: Method for recognition the water levels instability in erosive river channel”**, jak również
- w nowych wersjach Eurokodów EC3 oraz EC7, w oparciu wnioski wypływające z teorii reżimu geomorfologicznego, podanych w materiałach konferencyjnych [17, 18] dotyczących wpływu reżimu morfologicznego i biologicznego.

• Do rozpatrywanych obecnie wymagań normowych stateczności i wytrzymałości typu STR (structure=budowla) oraz typu GEO (geology = subsoil= warunek nośności podłoża gruntowego) należy dodać co najmniej cztery dodatkowe istotne wymagania dla zapewnienia budowlom hydrotechnicznym bezpiecznej eksploatacji:

(e) warunek typu MORFO „H” (wpływ niestabilności ekstremalnych stanów wody spowodowanej ruchem rumowiska,

(f) drugi warunek typu MORFO „Q” (niestabilności ekstremalnych przepływów wody spowodowanej ruchem rumowiska),

(g) trzeci warunek typu BIO „H” (niestabilności ekstremalnych stanów wody spowodowanej tolerowaniem porostu (wegetacji) w międzywalu i korycie rzeki oraz

(h) czwarty warunek typu BIO „Q” niestabilności ekstremalnych przepływów wody spowodowanej tolerowaniem porostu (wegetacji) w międzywalu i korycie rzeki.

6.3. Nowa środowiskowa klasyfikacja hydrotechnicznych budowli piętrzących wodę

• Nowa środowiskowa klasyfikacja budowli piętrzących pod względem oceny ekologicznej [19], po wdrożeniu nowych zasad projektowania hydrotechnicznych budowli piętrzących powinna zostać zakwalifikowana do powszechnego stosowania jako przykład dobrej praktyki, zarówno w Polsce jak i innych krajach posiadających rzeki podatne na erozję.

7. Podsumowanie

• Środowiskowa klasyfikacja budowli piętrzących, opracowana pod względem oceny ekologicznej procesów korytowych w odniesieniu do hydrotechnicznych budowli piętrzących, po wdrożeniu nowych zasad projektowania budowli piętrzących powinna zostać zakwalifikowana do powszechnego stosowania jako przykład dobrej praktyki zarówno w Polsce, jak i innych krajach posiadających rzeki podatne na erozję.

• Proponowana klasyfikacja powinna być uwzględniona nie tylko w normach polskich, lecz również w nowych wersjach Eurokodów EC3 oraz EC7, w oparciu o wnioski wypływające z teorii reżimu geomorfologicznego i zaleceń Międzynarodowego Stowarzystwa Mechaniki Gruntów i Fundamentowania (ISSMGE).

• Proponowana klasyfikacja budowli piętrzących [19] powinna być uwzględniona w normie EN 1997-1: 2002 – w formie Aneksu pt. „Annex K: Method for recognition the water levels instability in erosive river channel”.

• Do rozpatrywanych obecnie wymagań normowych stateczności i wytrzymałości typu STR (structure=budowla) oraz typu GEO (geology= subsoil= warunek nośności podłoża gruntowego) należy dodać co najmniej cztery dodatkowe istotne wymagania dla zapewnienia budowlom hydrotechnicznym bezpiecznej eksploatacji:

• Warunek typu MORFO „H”, wpływ niestabilności ekstremalnych stanów wody spowodowanej ruchem rumowiska, drugi typu MORFO „Q”: niestabilności ekstremalnych przepływów wody spowodowanej ruchem rumowiska oraz BIO „H” I BIO „Q” – niestabilności ekstremalnych stanów i przepływów wody spowodowanej tolerowaniem porostu (wegetacji) w międzywalach i w korycie rzeki.

• Proponowana klasyfikacja budowli piętrzących powinna być również uwzględniona w nowych zmienionych

przepisach, którym powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne, w oparciu o wnioski wypływające z teorii reżimu geomorfologicznego [16, 17, 19].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alam S., A critical evaluation of sedimentation management design practice, *International Journal on Hydropower & Dams* 8 (1)/2001 str. 54–59
- [2] Babiński Z., *Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku*, I.G. i P.Z. PAN, 1982
- [3] Babiński Z., *Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły*, PAN, 1992
- [4] Babiński Z., *Problem odnowy rumowiska wleczonego poniżej zapor. Ocena możliwości sztucznego uzupełniania rumowiska poniżej stopnia wodnego we Włocławku*, *Gospodarka Wodna* 11/2017, str. 360–363
- [5] ITB, *Oddziaływania klimatyczne na konstrukcje budowlane według Eurokodu 1. Komentarze z przykładami obliczeń*, Warszawa, 2011
- [6] Klimaszewski M., *Geomorfologia*, PWN, Warszawa, 1978, str. 322–518
- [7] Krumdieck A. & Chamot P., *Sediment flushing at the Santo Domingo reservoir*. Electrowatt Engineering Services Limited 1979, str. 25–30
- [8] Lane E. W., *Importance of fluvial morphology in hydraulic engineering*. Proceedings (American Society of Civil Engineers), 1955, tom 81, str. 745
- [9] Naprawa S., *Erosion and sedimentation aspects of the Tigris River Channel and other branches located within the Mesopotamian Plain*, *Journal of Water Resources*, tom 5, 1/1986 (Iraq) (Program: poz. 63). Referat wygłoszony na międzynarodowym sympozjum dotyczącym erozji i sedymentacji w krajach arabskich w Bagdadzie 15–19 lutego 1986
- [10] Naprawa S., *Prognozowanie przebiegu erozji koryt rzecznych poniżej budowli piętrzących*, *Materiały I Krajowej Konferencji Naukowej Bezpieczeństwo i Trwałość Budowli Wodnych*, Wrocław-Rydzyna, 1993, str. 93–100
- [11] Naprawa S., *Skutki powodzi 1997 na odcinku Górnej Wisły*, *Materiały Forum Naukowo-Technicznego w Ustroniu k. Wisły*, 10–12 września 1997, Powódź 1997, tom 2, str. 265–278
- [12] Naprawa S., *Procesy erozji i sedymentacji w korycie rzeki Tygrys I w innych ciekach wodnych na obszarze Niziny Mezopotamskiej*, *Gospodarka Wodna* 9/2001, str. 388–391
- [13] Naprawa S., *Ocena naturalnego reżimu przepływów w rzece Odrze i wpływ zbiornika Racibórz na morfologię koryta poniżej zapory*, *Hydroprojekt*, Warszawa, 2002
- [14] Naprawa S., *Niektóre problemy związane z powodzią w 2010 roku na odcinku dolnym górnej Wisły (km 138–2870)*, *Materiały Forum Naukowo-Technicznego Powódź 2010*, Warszawa, 28–29 czerwca 2010, str. 146–156
- [15] Naprawa S., *Wybrane ważne problemy związane z bezpiecznym projektowaniem i użytkowaniem budowli piętrzących wodę w warunkach zimowych na ciekach z okresowym ruchem rumowiska*, *Referat na II Warsztaty Lodowe Problemy Rzek, Dobiegniewo*, 3–4 luty 2011, materiały konferencyjne, str. 25–28
- [16] Naprawa S., *Wybrane ważne problemy związane z bezpiecznym projektowaniem i użytkowaniem budowli piętrzących wodę*, *Gospodarka Wodna* 1/2012, str. 29–38
- [17] Naprawa S., *Rozpoznawanie wpływu zmiennych parametrów przepływów w rozmywalnych korytach rzek na projektowanie budowli hydrotechnicznych* Krynica 2017– 17–19.09.2017
- [18] Naprawa S., *Recognition of flow regimes in erosive river channels*, *TKZ2017*, Zawoja 19–22.09.2017
- [19] Naprawa S., *Środowiskowa klasyfikacja hydrotechnicznych budowli piętrzących*, *Referat przekazany na XXIII Ogólnopolską Interdyscyplinarną Konferencję Naukowo-Techniczną ekologia a budownictwo*, Bielsko-Biala 12–14.10.2017, *Przegląd Budowlany* 2/2018, str. 48–52
- [20] Sharp M., Wallis M., Deniaud F., Hersch-Burdick R., Tourment R., Matheu E. & Smith P., *The International Levee Handbook*, CIRIA, London, 2013, str. 497–498
- [21] Swieca M., *Zasady projektowania geotechnicznego w nawiązaniu do Eurokodu 7 z zastosowaniem programów numerycznych*, ITB, 2011, str. 82–84
- [22] Zhang L., Peng M., Chang D. & Xu Y., *Dam Failure Mechanisms and Risk Assessment*, John Wiley & Sons, Singapore, 2016, str. 144–146
- [23] Żurański J. A., Gaczek M., *Oddziaływania klimatyczne na konstrukcje budowlane według Eurokodu 1. Komentarze z przykładami obliczeń* 2011, str. 7–9