

Akademia Rolnicza w Poznaniu
Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska
Katedra Budownictwa Wodnego

Konstrukcje Budowli Regulacyjnych

Wykłady

1. Literatura
2. Materiały budowlane:
3. Elementy budowlane:
4. Umocnienia biologiczne
5. Ogólne zasady wykonywania umocnień technicznych
6. Rodzaje budowli regulacyjnych
7. Typowe projekty budowli regulacyjnych
8. Konstrukcje ostróg
9. Konstrukcje opasek
10. Konstrukcje tam podłużnych
11. Konstrukcje poprzeczek
12. Rozmycie na zakolu
13. Rozmycie przy głowicy ostrogi
14. Dokładność wykonania i przedmiar robót
15. Przyczyny uszkodzeń budowli
16. Konserwacja i remonty budowli

Literatura

- PRZEDWOJSKI B., BŁAŻEJEWSKI R., PILARCZYK K.W., *River training techniques. Fundamentals, design and applications*. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1995
- PRZEDWOJSKI B., *Morfologia rzek i prognozowanie procesów rzecznych*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, 1998.
- WOŁOSZYN J., CZAMARA W., ELIASIEWICZ R. KRAŻEL J., *Regulacja rzeki i potoków*. Wrocław, 1994
- KICIŃSKI T. *Regulacja rzek, cz. II – Prace wykonawcze*. Skrypty Akademii Rolniczej w Warszawie, 1979.
- MORDZIŃSKI S., WICHER M., ŻELAZO J. *Przewodnik do ćwiczeń z regulacji rzek*. Skrypty Akademii Rolniczej w Warszawie, 1975
- ŻELAZO J., POPEK Z. *Podstawy renaturyzacji rzek*. Wydawnictwo SGGW w Warszawie, Warszawa 2002.

Materiały budowlane

1. Drewno

1.1. Drewno konstrukcyjne

Drewno konstrukcyjne – pale, okrągłaki, krawędziaki, brusy, deski, żerdzie.

Drewno konstrukcyjne zastosowanie – kaszyce, ściany szczelne, szkielety konstrukcji, słupy, progi itp.

Drewno konstrukcyjne materiał – drewno dębowe, sosnowe, świerkowe.

1.2. Drewno żerdziowe

Drewno żerdziowe zastosowanie – wykonywanie palików o różnym przeznaczeniu.

Drewno żerdziowe materiał – młode drzewa sosny, ociosane z konarów i gałęzi, świeżo ścięte drzewo wierzbowe (ożywione ubezpieczenie).

Drewno żerdziowe wymiary

- kołki wegetatywne – średnica 0,03-0,06m, długość 0,5-1,0m
- kołki zwykłe – średnica 0,04-0,12m, długość 0,5-2,0m
- płotki, wiązanie faszynady – paliki o średnicy 0,04-0,06m i długości 1,25m.
- palisada podtrzymująca bruk na skarpie, bruk kamienny i narzut kamienny w kwaterach palisadowych – paliki o średnicy 0,10-0,20m i długości 1,0-1,2m.

1.3. Faszyna

Faszyna – wiązka z pędów wyciętej wikliny lub gałęzi innych drzew liściastych bądź szpilkowych o znormalizowanych wymiarach.

Faszyna materiał – wiklina (!), leśna: dąb, grab, leszczyna, olsza, brzoza, buk, sosna, świerk, z wyjątkiem kruszyny i topoli (!).

Faszyna wymiary

- pędy wikliny o średnicy przy odziomku 0,02-0,03m, długość 3,0-4,0m
- średnica 0,30m, długość 3,0-5,0m, objętość $0,35\text{m}^3$, ciężar 200-250N. Wiązanie co 1,35m drutem 2mm lub wtkami wierzbowymi 10mm o długości 1,0-1,25m.

2. Kamień naturalny

Kamień naturalny materiał – granit, porfir, andazyt, piaskowiec kwarcowy.

Kamień naturalny parametry – kamień łamany: średnica 0,25-0,50m, ciężar 500-1200N, kamień na bruki (brukowiec): gładka powierzchnia około $0,06\text{m}^2$, wysokość min 0,20m, długość krawędzi około 0,25m, ciężar około 300N.

3. Beton

Beton zastosowanie – wyrabianie kostek na narzuty (kamień sztuczny), płyty i kształtki na okładziny, ubezpieczenia skarp, umocnienia dna, przetamowania itp., duże płyty i bloki jako części budowli regulacyjnych, prefabrykaty żelbetowe o różnym przeznaczeniu.

Mieszanka betonu – około 1300N cementu na 1m³ betonu.

4. Materiały obciążające, wypełniające i podsypki

Kruszywo na podkład pod bruki – średnica 0,03-0,07m, ciężar 5-10N

Wypełnianie zatopionych walców i skrzyń siatkowych – kamienie o średnicy 0,10-0,20m i wadze 50-150N

Zasypka – materiał gruboziarnisty: kruszywo, żwir, gruz, piasek.

5. Metale

Wiązanie kieszek faszynowych, walców i materaców – miękki, stalowy drut wyżarzony.

Wyrób skrzyń (budowle siatkowe) – miękki drut ocynkowany (+otulina), drut ciągniony na zimno, pokryty benzinalem (materace WELDMESH)

Drut parametry – oczka siatki - 0,04-0,07m - średnica drutu – 2 – 4mm

Stal – śruby do palisad, zasłony i kaszycy, zbrojenie w elementach żelbetowych.

6. Masy bitumiczne

Bituminy – materiały wiążące w postaci asfaltów i smół

Asfalty naturalne

Asfalty sztuczne

Asfalt cechy – kruchy, mięknie w temperaturze 20-50 C°, rozpuszcza się w rozpuszczalnikach organicznych (chloroform, benzen), nie rozpuszcza się w wodzie, nie zawiera fenoli i innych substancji trujących, odporny na kwasy i ługi występujące w naturalnej koncentracji.

Asfalt jakość – temperatura mięknięcia, ciągliwość, łamliwość, stopień penetracji (zanurzenie igły 100g przy 25C°, w ciągu 5s).

Asfalt zastosowanie – zaprawa lub lepiszcze między warstwami (nakładany i rozprowadzany na gorąco), domieszki z minerałami, powłoki asfaltowe wykonane z betonu asfaltowego lub asfaltu piaskowego.

Asfalty uszkodzenia – zjawisko obnażania, twardnienie bitumów pod wpływem tlenu z powietrza, przebicie powłoki przez rośliny.

Asfalty rodzaje:

- **asfalty utlenione**
- **asfalty upłynnione** – zwykłe asfalty + oleje smołowe
- **emulsje asfaltowe** – mieszanina asfaltów, wody i emulgatora
 - **emulsje niestabilne (!)**
 - **emulsje półstabilne (!)**
 - **emulsje stabilne**

7. Tworzywa sztuczne

Tworzywa sztuczne zalety – odporność na czynniki zewnętrzne, duża odporność na działanie czynników chemicznych, dobre właściwości mechaniczne oraz fizyczne, różne postacie i formy stosowania, przyspieszenie i uproszczenie wykonawstwa.

Tworzywa sztuczne postacie – folie, tkaniny syntetyczne, włókniny, płyty i taśmy perforowane, sztuczne wodorosty (morszczyzny).

7.1. Folie z tworzyw sztucznych

Folie rodzaje:

- **folia polichlorowinyłowa (PCW, PVC)**
- **folia polietylenowa (PE)**
- **folia polipropylenowa (PP)**
- **folia butylowa**

Folie zastosowanie – elementy uszczelniające, substytuty typowych okładzin,

Folie łączenie – zgrzewanie, klejenie, łączenie na zakład, wulkanizowanie (tylko folia butylowa)

Folie układanie – na skarpie prostopadle (!) bądź równoległe do warstw, przy temperaturze $>0C^{\circ}$, przy niewielkim wietrze, zgrzewanie bez deszczu.

Folie warstwy ochronne – grunty sypkie, elementy betonowe lub żelbetowe, darnina, maty asfaltowe.

7.2. Tkaniny syntetyczne

Tkaniny syntetyczne postać:

- **przędza jednowłókienkowa** (tzw. sztuczne włosie) – polichlorek winylu, polietylen
- **przędza wielowłókienkowa** – polamid 6 (kaprolaktam), polamid 6,6 (nylon), poliestry, poliakrylonitryl

7.3. Włókniny syntetyczne

Włóknina syntetyczna – płaski wyrób tekstylny łączący właściwości filtra odwrotnego z dużą wytrzymałością na rozciąganie. Jest to materiał uformowany w wyniku warstwowego układania włókien i ich utwardzania sposobem mechanicznym, termicznym lub chemicznym.

Trwałość 50 lat (polietylen PET, polichlorek winylu PCW, polipropylen PP, poliakrylonitryl PAN).

Włókniny układanie – na wyrównanym i oczyszczonym podłożu, układanie pasami o wymiarach handlowych, łączenie na zakład, zszywanie, klejenie, zgrzewanie, klamrowanie, mocowanie do gruntu szpilkami, klamrami lub palikami co 2-3m.

Włókniny warstwy przykrywające – minimalna warstwa przykrywająca 0,30m (przy średnicy ziaren <1,0mm min 0,20m)

- grunt – rozścielanie lub narzucanie (!),
- kamienie – średnica>0,15m, układane (!),
- elementy betonowe bezpośrednio na włókninę bądź piasek lub suchy beton 0,10m

prefabrykaty pełne lub ażurowe – wypełnienie szczelin pomiędzy elementami, wypełnienie otworów płyt ażurowych gruntem z nawozami + obsiew (ponad ZW), materiałem gruboziarnistym odpornym na wynoszenie (pod ZW lub pod wpływem falowania).

Włókniny zastosowanie – umocnienia brzegów i skarp, pod umocnienia z bloków kamiennych i betonowych, narzutów kamiennych, płyt betonowych i żelbetowych, wikliny i darniny, oprócz faszyny.

7.4. Płyty i taśmy perforowane

Zastosowanie - płotki z płyt z tworzyw sztucznych (twarde PCW)

Parametry – grubość 1,5-3,0mm, otwory 0,2-4,0mm, zapuszczenie w podłoże 0,20-0,40m.

Zalety – trwałość, prostota, szybkość wykonawstwa, łatwość transportu i składowania, możliwość budowy bez względu na wegetację, zmniejszenie porostu spody skarpy roślinnością (polepszenie hydrauliki)

Elementy budowlane

1. KISZKI FASZYNOWE

Wymiary – średnica 0,10-0,30m, długość 5-40m

Przygotowanie – świeżo ścięta faszyna wiązana do formy walca, wiązanie - drut miękki 5mm, witki wierzbowe 5mm x 0,5-0,6m, co 0,30-0,40m.

Zużycie materiału – 100mb x 0,10-0,20m: 15-20 wiązek = 3-5m³ faszyny, 3-4kg drutu, około 20 roboczogodzin.

Zastosowanie – wiązanie faszynady, ściółki faszynowej, ubezpieczenie skarp w postaci płotków.

2. FASZYNADA

Budowa – poziomo ułożone pakunki faszyny lub ściółki faszynowej, połączone kiszkami faszynowymi i palikami oraz obciążone zasypką.

Pakunek – pojedyncza warstwa faszyny z obciążeniem.

Zastosowanie – korpus tam podłużnych i poprzecznych, części podwodne i nadwodne do wysokości maksymalnie 0,80m ponad SNQ.

Wykonawstwo

- pierwsza warstwa wiązek faszyny prostopadle do osi budowli (!), wiązanie kiszkami faszynowymi równoległe do osi budowli (co 1m), kołki o średnicy 0,08-0,10m na przemian skośnie (!) (co 0,60m),
- systemem ściółkowym – do głębokości 1,0m
- systemem wyrzutowym (ostrogi) – głębokość > 1,0m

3. WALCE KAMIENNO-FASZYNOWE

Wymiary – średnica 0,4-1,0m, długość do 10m.

Wykonawstwo – rozścielenie faszyny (otulina min 0,10-0,20m), materiał wypełniający, górna warstwa faszyny, formowanie walca, wiązanie miękkim drutem 4,2mm co 0,30-0,50m.

Wykonanie 1m³ walca o średnicy 0,80m – około 1m³ faszyny (4-5 wiązek), 1kg drutu, 0,3-0,6m³ materiału wypełniającego, 4-6 roboczogodzin.

Zastosowanie – fundamenty budowli regulacyjnych na rzekach o nieustabilizowanym dnie (na rzekach o dużym spadku i dużym transporcie rumowiska osłona narzutem kamiennym).

4. MATERACE FASZYNOWE

Materace faszynowe – prostokątne płyty wykonane z faszyny, o grubości 0,6-1,5m, szerokości 4-10m oraz długościach 5m ; 10m ; 20m.

Rodzaje konstrukcji:

- **beżkołkowe z płótkami z kieszek faszynowych:** dwuwarstwowe – grubość 0,60m, czterowarstwowe – grubość 1,0m
- **kołkowe z płótkami wyplatany:** dwuwarstwowe – grubość 0,60m, czterowarstwowe – grubość 1,0m

Wykonawstwo – kieszki faszynowe w kratę, na przemian 3-4 warstwy faszyny, druga krata kieszek faszynowych, pakunek spięty w węzłach. Na górnej powierzchni płotki lub kieszki w kratę – kwatery dla zasypki narzutem kamiennym.

Duże rzeki i duże głębokości – system liniowy na warsztacie pływającym.

Na 1m³ materaca - 5-6 wiązek faszyny, 3 pale, 7m kieszek faszynowych, 0,4-0,8m³ kamienia , 5m drutu, 0,9-1,0 roboczogodzin.

Zastosowanie – ubezpieczenie brzegów, budowa podwodnych części tam podłużnych i poprzecznych.

5. MATERACE I SKRZYNIE SIATKOWE

Materace i skrzynie siatkowe – skrzynie wykonane z siatki drucianej wypełnione kamieniem rzecznym (otoczaki) lub kamieniem łamanym.

Zastosowanie – umocnienia brzegów i dna koryt, budowa tam podłużnych i poprzecznych, budowa progów i stopni

Wykonawstwo – dokładne wypełnienie, zamknięcie wieka, spięcie drutem.

Walce siatkowo kamienne – średnica 0,6-1,25m, długość 3-10m lub 3-4 krotność średnicy.

5.1. MATERACE I SKRZYNIE SIATKOWE TYPU *RENO*

Produkowane z drutu ocynkowanego lub drutu ocynkowanego w otulinie PVC.

5.1.1. Standardowe wymiary:

- a) materace – szerokość 2,0-3,0m, długości: 3,0m ; 4,0m ; 5,0m ; 6,0m, wysokość: 0,17-0,30m
- b) skrzynie – szerokość < 2,0m - długości 2,0m ; 3,0m ; 4,0m, szerokość > 2,0m - długości 3,0m ; 4,0m ; 5,0m, wysokości - 0,50m ; 1,0m

5.1.2. Zalecane grubości umocnień brzegowych grubość = f(d kruszywa, prędkość przepływu)

5.2. MATERACE I SKRZYNIĘ SIATKOWE TYPU *WELDMESH*

Produkcja – z drutu stalowego ciągniętego na zimno ze zgrzewaniem w każdym punkcie skrzyżowania. Drut $\phi 2,2-5,0\text{mm}$.

Łączenie: łączniki zaciskowe ze stali nierdzewnej, ocynkowane pierścienie rozcięte, drut ocynkowany i pokryty powłoką z tworzywa sztucznego.

Powłoki ochronne:

- a. powłoka cynkowa drutu
- b. powłoka z szarego tworzywa sztucznego - powłoka ochronna siatek i drutu
- c. benzinal – elektryczny stop cynku (95%) i aluminium (5%)

Wypełnienie skrzyń i materacy – kamienie $d_{50} = 100\text{mm}$, $d_{\text{max}} = 150\text{mm}$

6. ELEMENTY Z TWORZYW SZTUCZNYCH

6.1. Tkaniny syntetyczne

6.2. Włókniny syntetyczne

6.3. Folie

6.4. Geosiatki – system GEOWEB

Wzmacnianie brzegów sekcjami komórkowymi wypełnionych materiałem.

Wymiary sekcji: 2,44 x 6,10 x 0,20m; 2,44 x 6,10 x 0,10m

Wypełnienie: grunt, mieszanka: gruntu, piasku i humusu, żwir, tłuczeń kamienny, beton.

Wykonawstwo: na wyrównanej i oczyszczonej powierzchni, sekcje kotwi się do podłoża szpilkami stalowymi, wypełnianie betonem: część wybranych komórek wypełnia się narzutem kamiennym, wypełnienie gruntem:

- poniżej ZW - mieszanka żwiru i gleby ornej,
- powyżej ZW - gleba orna, obsiew powierzchni trawą.

8. POWŁOKI BITUMICZNE

Zastosowanie – stateczna ochrona brzegów koryta, uszczelnienia zbiorników retencyjnych oraz wałów przeciwpowodziowych.

Rodzaje:

- a. **powłoki makadmowe** – najczęściej dwuwarstwowo: warstwa żwiru bądź tłucznia, gorący asfalt, drobniejszy żwir, górna warstwa zagęszczona jest wałowaniem.
- b. **powłoki z betonu asfaltowego** – mieszanina sporządzona na gorąco: grys kamienny, piasek, mączka wypełniająca i asfalt jako lepiszcze.
- c. **powłoki z asfaltu piaskowego** – mieszanina gorącego piasku z asfaltem w ilości: asfalt 5-6% wagowo, piasek do 95% wagowo, wypełniacz do 10% wagowo.
- d. **powłoki z asfaltu lanego** – 7-10% asfaltów, 64-73% piasku, 20-25% wypełniacza, wodoszczelna okładzina około 3cm.

9. MATY NYLONOWO-BETONOWE, NYLONOWO-PIASKOWE

Budowa – dwie warstwy tkaniny przepuszczającej wodę - pojemniki do wypełnienia o średnicy 0,10-0,50m.

Zastosowanie – umocnienia dna i skarp o nachyleniu większym od 1:2.

Wykonawstwo – układanie bezpośrednio na chroniony grunt, bez podsypki i filtra odwrotnego, matę kotwi się w górnej części skarpy (!), układanie bądź zatapianie.

Zalety – elastyczne, tanie.

10. ELEMENTY BETONOWE

10.1. PŁYTY ŻELBETOWE PEŁNE – powierzchnia 1-10m² (bezpieczne i ekonomiczne 6-10m², praktyczne 2-4m²).

10.2. BLOKI BETONOWE – bloki niezbrojone o powierzchni 0,1-0,5m² (zwykle 0,2-0,3m²),

Zastosowanie – umocnienia skarp budowli wodnych (nieznaczne odstępy – norma do 4mm, elementy się wzajemnie klinują, linie połączeń są przerwane)

10.3. PŁYTY I BLOKI AŻUROWE – różne kształty elementów i otworów

Zastosowanie – umocnienia skarp rzek i kanałów powyżej zwierciadła wód długo trwających.

Wykonawstwo – układanie elementów na podsypce lub włókninie (!) i wypełnienie otworów humusem + obsiew (nad ZW), materiałem gruboziarnistym np. żwirem (poniżej ZW).

Umocnienia biologiczne

Działanie wzmacniające roślinności:

1. Części nadziemne roślin zmniejszają prędkość przepływu wody w sąsiedztwie brzegu i chronią skarpy przed rozmyciem
2. Chronią brzegi przed uderzeniem fal i lodu
3. System korzeniowy roślin zwiększa stabilność skarp

Roślinność brzegowa i wodna – dodatkowe funkcje:

1. Zwiększa zdolność do samooczyszczania wód rzecznych
2. Tworzy estetyczny wygląd i doskonałe miejsca o rekreacji
3. Roślinność wysokopienna (drzewa i krzewy) rosnąca wzdłuż mniejszych cieków chroni przyległe grunty przed erozją wietrzną

Kryteria wyboru rodzaju biologicznego ubezpieczenia brzegów:

1. Prędkości przepływu wody
2. Głębokości wody
3. Czasu trwania najdłuższego zalewu

Dopuszczalne prędkości przepływu przy różnych rodzajach ubezpieczeń vegetacyjnych

Rodzaj ubezpieczenia vegetacyjnego	Dopuszczalna prędkość przepływu [m/s] przy głębokości wody [m]		
	H = 1,0m	H = 2,0m	H = 3,0m
Darniowanie i obsiew	1,0	1,4	1,7
Gęsty porost z sadzonek wierzbowych	1,8-2,0	2,5	2,7
Brzegosłon wierzbowy, płotki z łat drzewnych	2,6	3,0	3,3
Walce faszynowo-kamienne, ożywione zręby	3,2	3,5	3,8

I. Umocnienia skarp porostem wiklinowym (wierzbowym):

Świeżo ścięte pędy wikliny: $\phi = 1-3\text{cm}$, $L = 0,30-0,50\text{m}$,
głębokość sadzenia: $0,25-0,40\text{m}$,
rzędy co: $0,30-0,60\text{m}$
odstęp w rzędzie: $0,30\text{m}$.

Wysokie drzewa: wierzba biała (*Salix alba*), wierzba wysoka (*Salix arborea*)

Niskie drzewa: wierzba amerykańska (*Salix americana*), wierzba koszykarska (*Salix viminalis*)

Krzewy: wierzba kaspijska (*Salix acutifolia*), wierzba koszykarska (*Salix viminalis*), wierzba czerwona (*Salix purpurea*), wierzba płacząca (*Salix repens*)

Czynne koryto – krzewy wierzby 2-3 letniej

II. Obsiew i darniowanie:

1. Obsiew – mieszanki traw (60% traw niskich, 40% traw wysokich), na 1ha około 100kg nasion, niekorzystne warunki: ubogie w składniki odżywcze grunty, przesuszenie, zatapianie i wymywanie nasion.
2. Darniowanie: kozuchowe (na płask), w kratę, na mur: w stopnie, w rąb

III. Płotki:

1. Płotki plecione

Paliki: $\phi = 8-10\text{ cm}$ i $L = 1,20\text{m}$, co $0,3-0,6\text{ m}$,
wysokość płotków $0,30 - 0,60\text{m}$,
minimalne zagłębienie pod ziemią $0,10\text{m}$

2. Płotki łątowe

Paliki $\phi = 10-12\text{ cm}$, $L = 1,50\text{m}$, co $1,50\text{m}$ + łąty drewniane 6-12cm

3. Płotki z kieszek faszynowych

Kieszki faszynowe $\phi 20-30\text{ cm}$ przybijane palikami co $0,50\text{m}$ pionowo i ukośnie na przemian.

IV. Brzegosłony

Szybkie zabezpieczenie skarp w gruntach luźnych i mało odpornych na rozmycia.

Na brzegach wypukłych i na odcinkach przejściowych – pojedyncza warstwa pędów.

Na odcinkach narażonych i na brzegach wklęsłych – warstwa ściółki o grubości $0,05-0,10\text{m}$.

Max nachylenie skarpy: 1:1,5.

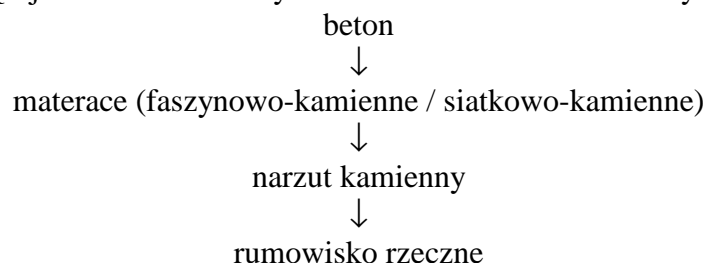
Ściółkę przytwierdza się:

- do skarpy palikami ϕ 4-5 cm o długości $L = 0,40-0,50\text{m}$ oraz palonym drutem $\phi 2-3\text{mm}$ albo kiszkami faszynowymi $\phi 10-15\text{cm}$
- do stopy skarpy płotkiem

V. Ożywione mury i narzuty kamienne

Ogólne zasady wykonywania umocnień technicznych

1. Umocnienia typu ciężkiego należy wykonywać na warstwie filtracyjnej (włóknina filtracyjna)
2. Ubezpieczenie skarpy opiera się na stopie – odporność na rozmycie naturalnego na koryta jest mniejsza niż odporność skarpy. Stopy skarpy - materace faszynowo-kamienne, materace lub skrzynie siatkowo-kamienne, narzutu kamienny, palisady.
3. Stopę należy zagłębić w dno lub ułożyć na pewnej szerokości (pasie) dna – zabezpieczenie umocnień skarpy przed procesami erozji podłużnej na zakolu oraz erozji lokalnej.
4. Wykończenia umocnień na krawędziach:
 - 4.1. Górną krawędź umocnień technicznych zabezpieczamy umocnieniami wegetacyjnymi
 - 4.2. Przy zmianie rodzaju zabezpieczeń wzdłuż biegu rzeki, należy stosować umocnienia o wzrastającej szorstkości i elastyczności w kierunku ruchu wody np.:



Rodzaje budowli regulacyjnych

1. Tamy poprzeczne (ostrogi)
2. Tamy podłużne
3. Poprzeczki
4. Przetamowania
5. Opaski brzegowe
6. Ubezpieczenia skarp
7. Skrzydełka
8. Żłoby
9. Progi oraz elementy stopni na rzekach i potokach górskich

Zbiór projektów typowych budowli regulacyjnych rzek i potoków

Centralne biuro studiów i projektów budownictwa wodnego Hydroprojekt, Warszawa 1979

„Zbiór projektów typowych budowli regulacyjnych rzek i potoków”

Dwie części podzielone na działy:

I – Rzeki i potoki górskie:

1. Tamy poprzeczne
2. Tamy podłużne
3. Poprzeczki
4. Przetamowania
5. Opaski brzegowe, ubezpieczenie skarp brzegów i skrzydełka
6. Żłoby
7. Progi i elementy stopni

II – Rzeki nizinne

1. Tamy poprzeczne
2. Tamy podłużne
3. Poprzeczki
4. Przetamowania
5. Opaski brzegowe, ubezpieczenie skarp brzegów i skrzydełka

Definicje podstawowe:

1. **Rzeki górskie:**
 - a. powierzchnia zlewni $F < 180\text{km}^2$
 - b. stosunek przepływu $Q_{\text{srRok}} / Q_{1\%} \geq 1/50$
 - c. lokalny spadek podłużny $i > 0,5\text{‰}$
2. **Potoki górskie:**
 - a. powierzchnia zlewni $F < 180\text{km}^2$
 - b. stosunek przepływu $Q_{\text{srRok}} / Q_{1\%} \geq 1/120$
 - c. lokalny spadek podłużny $i > 3,0\text{‰}$
3. **Rzeki nizinne:**
 - a. spadek $i < 0,5\text{‰}$
 - b. przepływ średni roczny $Q > 30\text{m}^3/\text{s}$
4. **Zwierciadło wody miarodajnej** – jest to stan odpowiadający ustalonemu przepływowi miarodajnemu
5. **Woda normalna** – jest to stan odpowiadający średniemu rocznemu przepływowi wody
6. **Woda budowlana** – stan wody niższy od stanu wody średniej rocznej o $\Delta h = 0,70\text{m}$

Ogólne zasady dotyczące projektów typowych budowli regulacyjnych
(„Zbiór projektów typowych budowli regulacyjnych rzek i potoków”)

1. Przedmiary robót, nomogramy i tabele do obliczeń ilości materiałów opracowano na podstawie wymiarów geometrycznych projektowanych budowli, przy założeniu:
 - a. ściśliwość elementów budowli równa jest zero,
 - b. podłoże jest trwałe nie ulegające rozmyciu (osiadanie jest równe zero).
2. Zwiększenie ilości materiałów, ze względu na ściśliwość i osiadanie materiałów powinno być każdorazowo ustalane dla konkretnego projektu
3. Procent zwiększenia ilości materiałów zależy od następujących czynników:
 - a. prędkość przepływu wody
 - b. rodzaj podłoża
 - c. rodzaju i sposobu wykonania budowli
 - d. wysokość budowli
 - e. czas trwania budowy
 - f. jakość stosowanych materiałów i jakość wykonania poszczególnych elementów
4. Podane w „Zbiorze ...” typy budowli mogą być stosowane przy wykonywaniu regulacji cieków o dowolnym spadku i przepływie. Szczegółowy zakres stosowania danych typów budowli określony jest przy każdym typie budowli.
5. Przy korzystaniu ze „Zbioru ...” dopuszcza się odstępstwa konstrukcyjne i materiałowe w przypadkach:
 - a. wprowadzone zmiany noszą cechy postępu technicznego,
 - b. przemawiają za nimi względy ekonomiczne, środowiskowe i estetyczne,
 - c. w zależności od warunków technologicznych i możliwości materiałowych
 - d. w przypadku awaryjnego trybu wykonywania robót.

Każde odstępstwo od projektu typowego musi posiadać pełne uzasadnienie celowości oraz zgodność z zasadami sztuki budowlanej.

Ogólna charakterystyka budowli regulacyjnych
(„Zbiór projektów typowych budowli regulacyjnych rzek i potoków”)

Wymiary w przekroju poprzecznym

Szerokość korony budowli

ostrogi, tamy podłużne, opaski:

$$b = 1,50\text{m},$$

$$b = 2,00\text{m} - Q > 100\text{m}^3/\text{s} \text{ na rzekach górskich}$$

- poprzeczki

$$b = 1,50\text{m}$$

$$b = 1,00\text{m} - Q < 100\text{m}^3/\text{s}$$

Nachylenie skarp

odwodna

$$1 : m = 1 : 2 - \text{tamy podłużne, opaski}$$

$$1 : m = 1 : 1,5 - \text{tamy poprzeczne (ostrogi)}$$

$$1 : m = 1 : 1 - \text{poprzeczki}$$

odpowietrzna

$$1 : m = 1 : 1,5 (2) - \text{tamy poprzeczne (ostrogi)}$$

$$1 : m = 1 : 1 - \text{tamy podłużne, poprzeczki}$$

Budowle zaleca się wykonywać w następujących wariantach materiałowych:

faszynadowym

materacowo – faszynadowym

walcowo – faszynadowym

materacowo – kamiennym

walcowo – kamiennym

Budowle regulacyjne wykonuje się do poziomu wody normalnej

Konstrukcje ostróg:

- podstawowe elementy
- przekrój podłużny i przekroje poprzeczne
- ostroga faszynadowa
- ostroga materacowo-faszynadowa

Konstrukcje opasek:

- podstawowe elementy
- opaska materacowo-faszynadowa
- opaska materacowo-kamienna
- koryto rzeki Warty w Poznaniu

Konstrukcje tam podłużnych

- podstawowe elementy
- przekrój podłużny i przekroje poprzeczne
- tama faszynadowa
- tama materacowa
- tama materacowo-kamienna
- tama z materacy wiszących

Konstrukcje poprzeczek

- podstawowe elementy
- przekrój podłużny i przekroje poprzeczne

Rozmycia lokalne przy głowicach ostróg

Równanie podstawowe:

$$\frac{d\bar{\xi}}{d\bar{\eta}} = \gamma a_1 \frac{\bar{\xi}}{a_1 \bar{\eta} + b_1} \quad (1)$$

Równanie różniczkowe o rozdzielonych zmiennych

$$\int \frac{d\bar{\xi}}{\bar{\xi}} = \gamma a_1 \int \frac{\bar{\eta}}{a_1 \bar{\eta} + b_1} \quad (2)$$

Całkowanie równania (2)

$$\ln \bar{\xi} - \ln C = \gamma \ln (a_1 \bar{\eta} + b_1) \quad (3)$$

$$\ln \frac{\bar{\xi}}{C} = \ln (a_1 \bar{\eta} + b_1)^\gamma \quad (4)$$

$$\bar{\xi} = C (a_1 \bar{\eta} + b_1)^\gamma \quad (4)$$

gdzie:

$$\bar{\xi} = \frac{h_g}{H}; \quad \bar{\eta} = \frac{Y}{H}$$

$$a_1 = 1 + \frac{x_i V_s}{B_0 V} \cos \left(\frac{2\pi}{L} S_1 \right)$$

$$b_1 = \sin (\alpha - 90^\circ)$$

$$S_1 = S - S_m$$

$$\gamma = (b - 2) \quad \text{gdzie } q = aV^b$$

$Q_0 = HB_0V$ - przepływ na szerokości koryta

$Q_0 = YX_i V_s$ - część przepływu zatrzymana przez ostrogę

B_0 - szerokość dna koryta [m]

V - prędkość średnia w części koryta nad dnem [m/s]

V_s - prędkość przy stopie ostrogi [m/s]

H - głębokość średnia na szerokość dna = gł. w osi koryta

X_i – odległości:

$$X_i = A_g \sin\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$$

A_g – rozstawa ostróg

$\Delta\varphi$ - kąt wewnętrzny między sąsiednimi ostrogami

α - kąt między ostrogą a kierunkiem przepływu

Y – głębokość przy stopie ostrogi:

$$Y = H(1 + \eta_0)$$

C – stała całkowania, dla Watry $C=0275$

Maksymalna głębokość wyboju lokalnego przy głowicy ostrogi:

$$\frac{h_g}{H} = C \left\{ \frac{Y}{H} \left[1 + \frac{x_i V_s}{B_0 V} \cos\left(\frac{2\pi}{L} s_1\right) \right] + \sin(\alpha - 90^\circ) \right\}^{(b-2)} \quad (5a)$$

lub

$$\frac{h_g}{H} = C \left\{ \frac{Y}{H} + \frac{Q_g}{Q_0} \cos\left(\frac{2\pi}{L} s_1\right) + \sin(\alpha - 90^\circ) \right\}^{(b-2)} \quad (5b)$$

Aktywna (czynna) długość ostrogi

Szerokość rozmycia:

$$\frac{B_w}{Y} = \alpha \left(\frac{h_g}{Y} \right)^n \quad (6)$$

α - współczynnik, dla Watry $\alpha=4,90$

n – wykładnik, dla Watry $n=0,50$

$$B_w = 4,90 \cdot Y \sqrt{\frac{h_g}{Y}} \quad (7)$$

Dokładność wykonania prac regulacyjnych

Przed przystąpieniem do prac inżynierskich w korycie rzeki należy wykonać sondowania w przekrojach poprzecznych.

Prace na rzekach z dnem rozmywalnym na dłuższym odcinku winny być wykonywane od DW do GW tj. pod prąd.

Prace wykonywane na danym odcinku w danym roku należy realizować od GW do DW w dół odcinka.

Odchylenia dopuszczalne

1. nachylenie skarp: $\pm 10\%$
2. grubość wyściółki: $\pm 5\text{cm}$
3. rozstawa kieszek faszynowych w brzegosłonach: $\pm 10\text{cm}$
4. grubość brzegosłonów: $\pm 5\text{cm}$

Przy narzutach kamiennych nadwodnych:

1. grubość: $\pm 5\text{cm}$
2. nierówność powierzchni: $\pm 5\text{cm}$

W przypadku narzutów podwodnych odchylenia mogą być dwukrotnie większe.

Dopuszczalne odchylenia dla palisady podtrzymującej umocnienia typu ciężkiego:

1. długość pali i odstępy między nimi : $\pm 5\text{cm}$
2. odchylenie pala od pionu: $\pm 2\text{cm}$
3. odchylenie głów od poziomu projektowanego: $\pm 1\text{cm}$
4. odchylenie palisady od osi: $\pm 4\text{cm}$

Dokładność położenia budowli w planie w stosunku do projektu:

1. przesunięcie osi poprzeczek i przetamowań: $\pm 5,0\text{m}$
2. przesunięcie osi ostróg: $\pm 3,0\text{m}$
3. przesunięcie opasek i tam podłużnych na terenie miasta: $\pm 0,2\text{m}$
4. przesunięcie opasek i tam podłużnych poza miastem: $\pm 0,3\text{m}$
5. wysunięcie lub niedociągnięcie czoła głowicy ostrogi w stosunku do linii regulacyjnych: $\Delta L = \pm 1\% B$ (szerokości trasy regulacyjnej)
6. odchylenie rzędnych korony budowli $\Delta H = \pm 5\text{cm}$

Normy:

PN-B-11210: 1996 „Materiały kamienne – kamień łamany”: w kamieniu łamanym dopuszcza się zawartość do 5% brył większych i do 5% brył mniejszych od określonych w grupach.

PN-EN-13383-1: 2003 „Kamień do robót hydrotechnicznych. Wymagania”

PN-EN-13383-2: 2003 „Kamień do robót hydrotechnicznych. Metody badań”

PN-B-12083: 1996 „Urządzenia wodno-melioracyjne. Bruki z kamienia naturalnego. Wymagania i badania przy odbiorze”

Uszkodzenia budowli regulacyjnych

Najczęściej spotykane uszkodzenia w budowlach regulacyjnych:

1. Zerwanie płotków, kieszek lub opasek faszynowych
2. Podmycie umocnień w podstawie skarpy
3. Uszkodzenia w umocnieniach skarp (darniowanie, brzegosłony itp.)
4. Rozmycia brzegu w otoczeniu budowli poprzecznych
5. Uszkodzenia koronki lub skarp budowli poprzecznych i podłużnych
6. Podmycia i osuwania umocnień palisadowych

Konserwacja i remonty budowli regulacyjnych

W zależności od rodzaju prac i ich zakresu wyróżnia się:

1. Konserwacja bieżąca (remont bieżący)
2. Renowacja (remont kapitalny)

Uszkodzenia umocnień i rozmycia części skarpy:

- 1) usunięcie resztek starych umocnień
- 2) uzupełnienie ubytków gruntu
- 3) wykonanie nowych umocnień

Utrzymywanie w sprawności technicznej:

1. konserwacja i remonty budowli regulacyjnych
2. konserwacja i utrzymanie koryta ciekę (zamulanie i zarastanie, usuwanie powalonych drzew, zatorów z rumoszu drzewnego, przegród budowanych przez bobry).

Na terenach rezerwatów przyrody, parków krajobrazowych, parków narodowych nie prowadzi się (lub tylko wyjątkowo) prac związanych z utrzymaniem i konserwacją budowli regulacyjnych oraz utrzymaniem koryta.

Ochrona i utrzymanie wałów przeciwpowodziowych

Wały przeciwpowodziowe powinny być oznakowane znakami odległości i wysokości.

W planach ochrony (operatach przeciwpowodziowych) winny być oznaczone domy strażników wałowych (monitoring satelitarny podczas powodzi) i magazyny przeciwpowodziowe.

Porost w międzywale (krzewy i drzewa) - ochrona wału przed uszkodzeniami przez płynącą wodę i krę lodową. Drzewa można sadzić w odległości min 6-10m od stopy wału.

1. Uszkodzenia przez zwierzęta:
 - a. nory (myszy polne, krety, lisy, bobry)
 - b. przepędzanie bydła przez wał poza przejazdami (uszkodzenia darniny i skarp)
2. Uszkodzenia przez wody opadowe – skarpy należy chronić za pomocą darni (w postaci łąk nie pastwisk) bez drzew i krzewów.
3. Wały zbyt niskie lub słabe należy nadbudować lub dodatkowo uszczelnić folią

Po każdej wielkiej wodzie należy przeprowadzić kontrolę wałów i usunąć uszkodzenia.

Ubytki w wale po uzupełnieniu należy dodatkowo wzmocnić: faszynadą (brzegosłonem), narzutem kamiennym, skrzyniami lub materacami siatkowo-kamiennymi.

Na terenach miast i osiedli teren międzywala należy kosić 2-3 razy w ciągu roku – niedopuszczenie do rozwoju i porostu drzew i krzewów.