

5 UNUTRAŠNJI PLOVNI PUTEVI I PRISTANIŠTA

Pod unutrašnjim vodnim saobraćajem podrazumeva se plovidba mrežom plovni puteva na kopnu - rekama, jezerima i plovnim kanalima.

Unutrašnji plovni putevi¹ dele se na veštačke - plovne kanale i prirodne koji mogu biti

- U neporemećenom stanju;
- Regulisani za potrebe plovidbe;
- Kanalisani;
- Sa izmenjenim hidrološkim režimom i
- Sa kombinovanom primenom navedenih mera

Sastavni deo mreže unutrašnjih plovni puteva jesu i teretna i putnička pristaništa - saobraćajni čvorovi u kojima se susiču razni vidovi saobraćaja, na primer vodni, suvozemni, cevni.

¹ Prilikom pisanja ovog poglavlja korišćeni su i delovi tekstova iz knjige M. Muškatirović, Unutrašnji plovni putevi i pristaništa, Građevinski fakultet, Beograd.

5.1 KARAKTERISTIKE UNUTRAŠNJEG VODNOG SAOBRAĆAJA

Vodni saobraćaj karakterišu izvesne specifičnosti u odnosu na druge oblike saobraćaja:

(A) Male brzine plovidbe

Plovni put	smer toka	brzina (km/h)
Rečni tok neograničenog gabarita	uzvodno	4-5
	nizvodno	12-15
Mirna voda	-	7-8
Plovni kanal	-	4-5

Brzina teretnih vozova je oko 5 puta, a kamiona oko 10 puta veća od brzine plovila. Međutim, ovaj na prvi pogled nedostatak nije bitan za terete čiji kvalitet nije ugrožen dužinom putovanja.

(B) Karakteristike plovnih objekata

Nesamohodna i samohodna plovila imaju daleko veću nosivost od vagona i kamiona. Nesamohodna plovila, šlepovi i barže, često formiraju sastave. Takav sastav od 6 nesamohodnih plovila koja se koriste na Dunavu imaju nosivost oko 400 vagona.

Mrtvi teret² nesamohodnog plovila neuporedivo je manji u odnosu na vagone i kamione. Investicioni troškovi gradnje takođe su neuporedivo manji, kao što su i godišnji troškovi amortizacije i održavanja niski.

² Mrtvi teret možemo definisati kao procentualno učešće težine samog vozila i opreme u odnosu na ukupnu težinu potpuno natovarenog vozila.

(C) Mala vučna snaga

Pri kretanju plovila javljaju se manji otpori nego u suvozemnom saobraćaju što uslovljava i manju vučnu snagu. Po jedinici tereta železnički saobraćaj zahteva 10 a kamionski 100 puta veću vučnu snagu.

(D) Mali udeo ljudskog rada

Plovilo nosivosti od 1000 tona opslužuje 2 do 3 čoveka, a da je to ekvivalentno kompoziciji od 65 vagova ili 200 kamiona.

Vid saobraćaja	relativni učinak po zaposlenom
drumski	1
železnički	2
vodni	13

(E) Zavisnost vodnog transporta od prirodnih uslova

Prirodni uslovi na pojedinim delovima plovne mreže mogu da utiču na mogućnost odvijanja plovidbe - vodostaji, meteorološki uslovi, stanje korita itd. Iako se ovo može smatrati manom vodnog saobraćaja, mora se napomenuti da je bar neke od prirodnih prepreka plovidbi (ekstremno niski ili visoki vodostaji, neke meteorološke nepogode) moguće uspešno predvideti i uzeti u obzir u planiranju dinamike isporuke robe. Odgovarajuće stanje korita takođe se planski može obezbediti.

(F) Neujednačene karakteristike delova mreže

Neujednačenost plovnih karakteristika pojedinih delova mreže unutrašnjih plovnih puteva onemogućuje ili otežava uvođenje standardnih tipova plovila.

(G) Zavisnost dispozicije plovnih puteva od topografije terena

Gustina mreže plovnih puteva na jednom području zavisi od topografskih karakteristika terena, što znači da orijentacija na unutrašnji vodni saobraćaj ne može biti opredeljenje jedne zemlje ukoliko joj to prirodni uslovi ne dopuštaju.

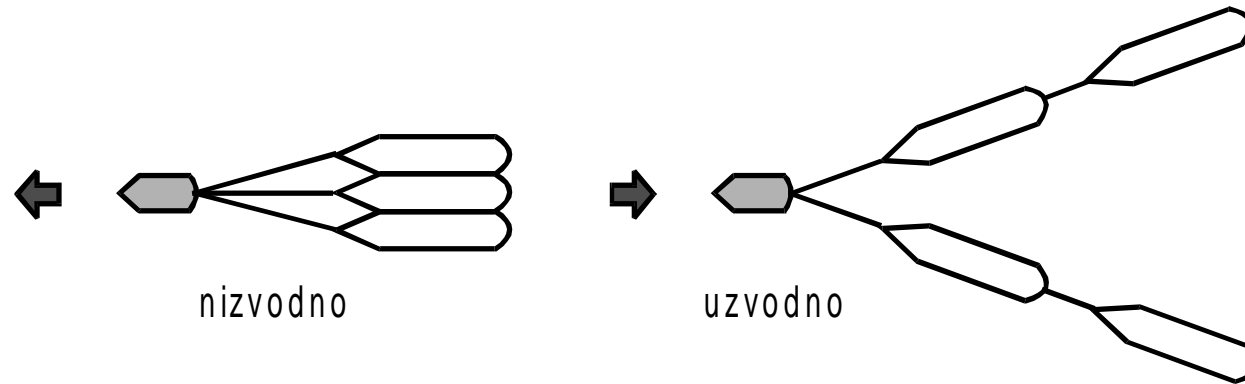
5.2 PLOVNI OBJEKTI

Plovni objekti mogu biti samohodni - sa sopstvenim pogonom i nesamohodni - bez sopstvenog pogona.

Nesamohodna plovila transportuju se pojedinačno ili u sastavu vučenjem ili potiskivanjem (guranjem). Vučena plovila nazivaju se tegljenicama (šlepovima) a potiskivana baržama. Za tegljenje se koriste tegljači ili remorkeri a za potiskivanje potiskivači ili gurači. Eksploatacija potiskivanjem je savremenija i ima niz prednosti u odnosu na vučenje a to su

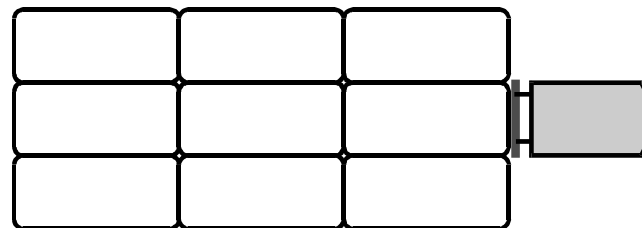
- (A) Otpori kod potiskivanih sastava su 20-25% manji nego kod vučenih, što smanjuje potrebnu snagu gurača u odnosu na snagu remorkera za 25-30%.
- (B) Manevrisanje je, obzirom na krutu vezu gurača i sastava, znatno jednostavnije što smanjuje potrebnu posadu za oko 30%.

- (C) Investicioni troškovi izgradnje barži su oko 20-35% manji nego kod tegljenica.
- (D) Ukupni troškovi transporta su oko 20-25% niži.



tegljeni sastav na srednjem i gornjem Dunavu

Kod tegljenih sastava razmak između tegljača i prve tegljenice iznosi 10 do 100 m a razmak između tegljenica 2 do 20 m. Kod američkog guranog sastava gurač je kruto vezan za sastav, te ima ulogu vanbrodskog motora i krme ujedno.



američki guran sastav od 9 barži

5.3 PLOVNI KANALI

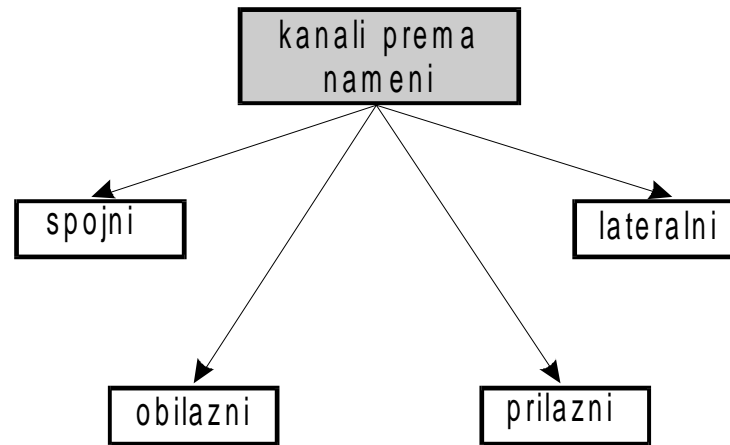
Plovni kanali su veštačke unutrašnje vodne saobraćajnice koje služe za dopunu postojeće plovne mreže, odnosno njeno proširenje u oblastima gde ne postoji ili je retka.

Da bi plovni kanal funkcionisao potrebno je da njime protiče određena količina vode. Snabdevanje vodom, zavisno od međusobnog visinskog položaja kanal-izvorište može biti gravitacijom ili pumpanjem. Upuštanje vode u kanal može biti sa čela ili lateralno³.

Gubici vode u kanalima mogu biti stalni i slučajni. Stalne gubitke čine gubici usled isparavanja, poniranja i eksploatacije. Gubici usled isparavanja mogu se odrediti merenjem u prirodi. Gubici usled procurivanja zavise od toga da li je kanal obložen ili ne, od odnosa nivoa podzemne vode i nivoa vode u kanalu kao i od geotehničkih uslova. Takođe se mere ili računaju egzatnim hidrauličkim metodama. Eksploatacioni gubici javljaju se u prevodnicama.

³ Iz vodotoka paralelnog sa kanalom

5.3.1 PODELA PLOVNIH KANALA



(A) Prema nameni se plovni kanali dele na

- Spojne, koji spajaju dva sliva ili dve mreže plovnih puteva;
- Lateralne koji se pružaju paralelno sa vodotokom iz koga primaju vodu;
- Obilazne koji služe za zaobilazanje rečnih deonica nepodesnih za plovidbu;
- Prilazne koji povezuju korisnike koji se ne nalaze uz plovni put sa plovnim putem

(B) Prema eksploatacionim uslovima kanali se dele na:

- Jednosmerne kod kojih se plovidba u jednom trenutku odvija samo u jednom smeru, a ukrštanje se odvija u zoni mimoilaznica - proširenja na kanalu i

- Dvosmerne

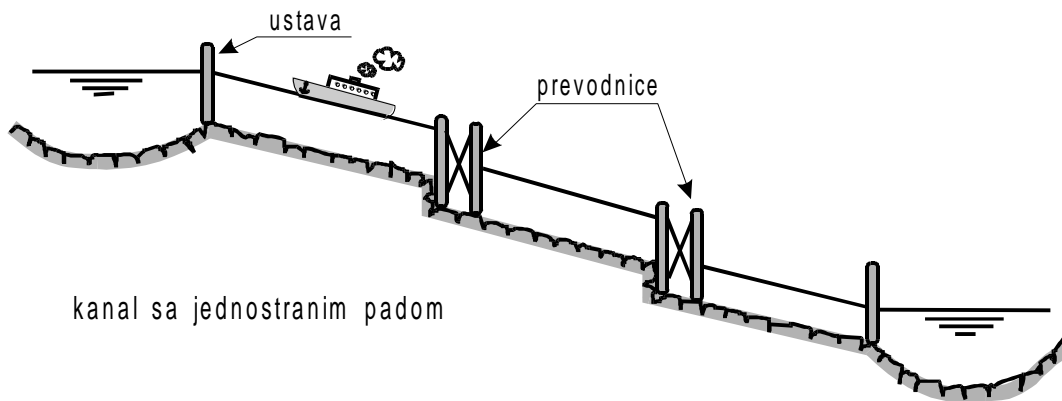
(C) Prema plovidbenim uslovima plovni kanali se dele na 6 kategorija u zavisnosti od koeficijenata plovnosti.

(D) Prema hidrauličkim uslovima se dele na:

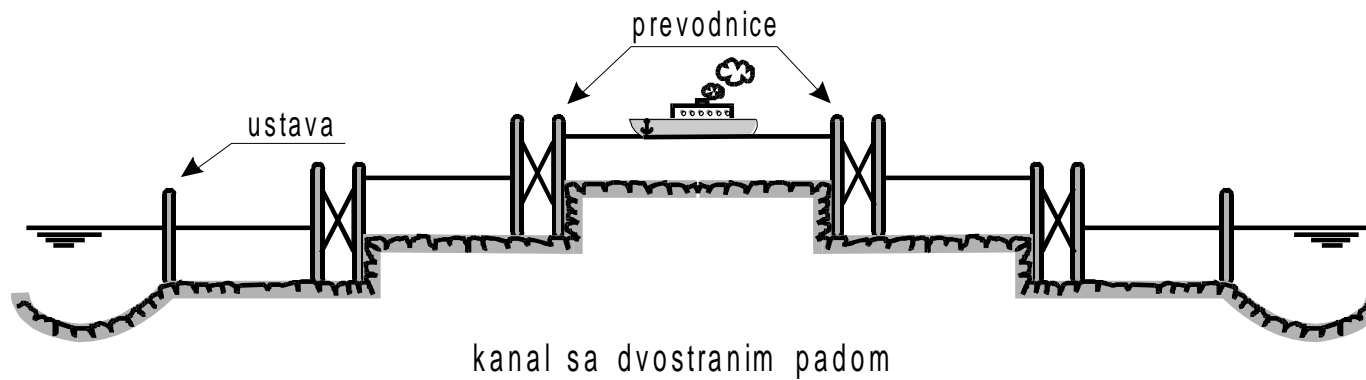
- Kanale sa slobodnim nivoom vodenog ogledala koje može biti horizontalno ili u padu
- Kanalisane koji se u određenim presecima pregrađuju ustavama te je nivo vode između pojedinih deonica pod usporom

(E) Prema karakteristikama uzdužnog pada dele se na

- Kanale sa jednosmernim padom



- Kanale sa dvostranim padom



(F) Prema oblozi, odnosno u zavisnosti od toga da li su kosine i dno zaštićeni od erozije i procurivanja dele se na:

- Obložene
- Neobložene

5.3.2 IZBOR TRASE PLOVNOG KANALA

Izbor trase zavisi od velikog broja parametara, kao što su robni promet, ekonomski, topografski, hidrološki, geološko-geomehanički i eksploatacioni uslovi.

Idealna trasa je pravolinijska, obzirom na male brzine plovidbe, no to je obično nemoguće, te se odstupanje od idealne trase izvodi u vidu krivina. Iskustveno se došlo do određenih kriterijuma za minimalne prečnike krivina i to

- $R_{min} = 6 L_{pl}$ za sistem kanala Dunav-Tisa-Dunav i Rusiju
- $R_{min} = 10 L_{pl}$ u Zapadnoj Evropi.

Pravolinijske deonice između dve susedne krivine moraju biti minimum tri dužine merodavnog plovila, odnosno sastava.

Uzdužni profil plovnog kanala je bitan pošto od njega zavisi hoće li kanal biti kanalsan, zatim obim radova i trajanje plovidbe. Najčešće je nivo diktiran ustavama - branama, što znači da se u pojedinim deonicama javljaju diskontinuiteti u nivou vodenog ogledala. Ređe, ukoliko to topografski uslovi dozvoljavaju, nivo je slobodan, odnosno podužni profil je horizontalan ili u nagibu.

5.3.3 POPREČNI PRESEK PLOVNOG KANALA

Poprečni presek plovnoh kanala zavisi od dimenzija merodavnih plovila (sastava), eksploatacionih uslova, geomehaničkih i geoloških uslova i načina izvođenja.

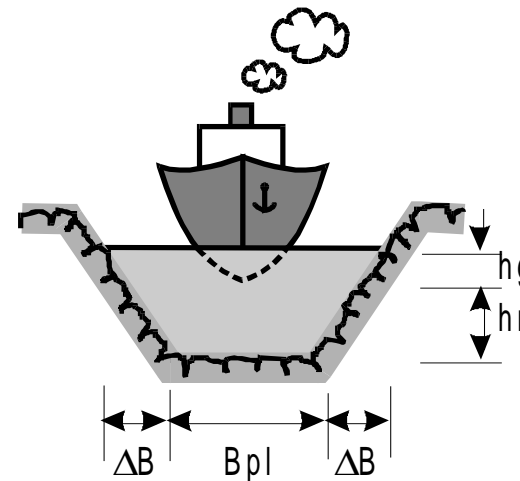
(A) Kanali za jednosmernu plovidbu

$$B_k = B_{pl} + 2\Delta B \geq 1.4 B_{pl}$$

$$H_k = h_g + h_r$$

gde je:

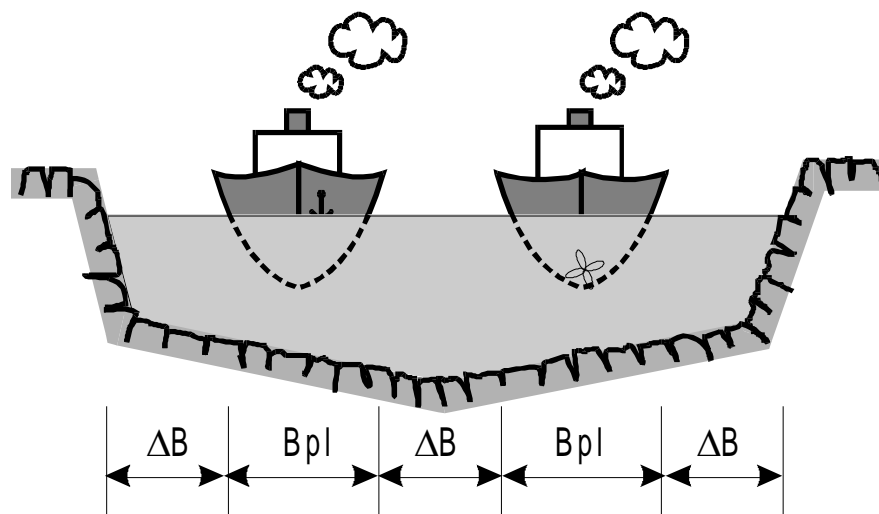
- B_k širina kanala
- B_{pl} širina plovila
- ΔB rezervni međuprostor, najmanje $\approx 0.2 B_{pl}$
- H_k dubina vode u kanalu
- h_g gaz merodavnog plovila
- h_r rezervna dubina



U narednoj tabeli date su orijentacione rezervne dubine za odgovarajuće dubine gaza plovila:

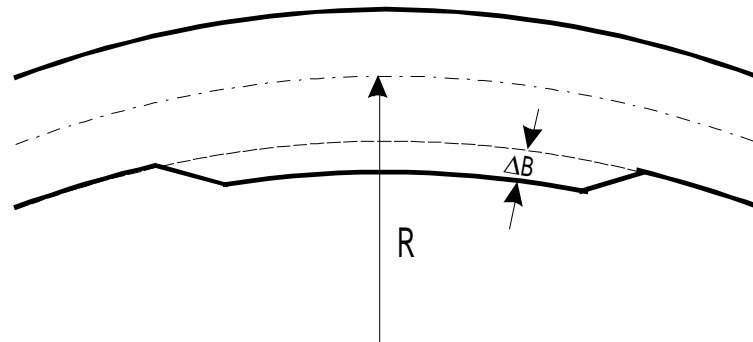
Gaz (m)	Rezervna dubina (m)
1.5	0.15
1.5-2.0	1.20
2.0	0.30

(B) Kanali za dvosmernu plovidbu



$$B_k = 2B_{pl} + 3\Delta B \geq 2.6 B_{pl}$$

Poprečni presek se proširuje u krivini i to na konveksnoj obali



Potrebno proširenje planiranu dvosmernu plovību kanalom iznosi:

$$\Delta B_{k2} = 2\left(R - \sqrt{R^2 - L_{pl}^2}\right)$$

odnosno za jednosmernu plovību upola manje:

$$\Delta B_{k1} = 0.5\Delta B_{k2}$$

gde je

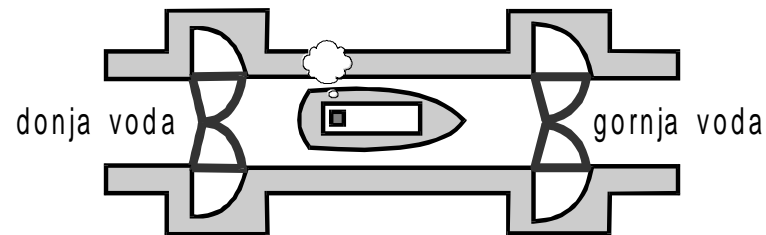
- R poluprečnik krivine
- L_{pl} dužina merodavnog plovila

5.3.4 HIDROTEHNIČKI OBJEKTI NA PLOVNIM KANALIMA

Hidrotehnički objekti na plovnim kanalima služe pre svega za savlađivanje denivelacije, to su zatim plovni tuneli, akvadukti, mostovi, propusti, okretnice i mimoilaznice.

(A) Za savlađivanje denivelacije na plovnom kanalu koriste se

- Brodske prevodnice;
- Dizalice za plovila;
- Mehaničke strme ravni;
- Hidrauličke strme ravni



Za denivelacije do tridesetak metara najčešće se koriste brodske prevodnice. Naime, sistemom kapija i zatvarača u komori se uspostavi željeni nivo, bilo gornje bilo donje vode. Punjenjem ili pražnjenjem plovilo u komori se diže odnosno spušta na željeni nivo.

- (B) Plovni tuneli se koriste za skraćivanje plovnog kanala u planinskim predelima, izbegavanje kanalisanja plovnih kanala u planinskim predelima ili za savlađivanje vododelnica.
- (C) Akvadukti su mostovi za plovidbu, na mestu ukrštanja sa prirodnim i veštačkim preprekama.
- (D) Mostovi preko plovnih kanala služe za ukrštanje sa suvozemnim saobraćajem.
- (E) Propusti ispod plovnih kanala služe za ukrštanje sa malim vodotocima.
- (F) Okretnice i mimoilaznice su proširenja na jednosmernim kanalima.

5.4 PRIRODNI TOKOVI KAO PLOVNI PUTEVI I MOGUĆNOSTI NJIHOVOG UREĐENJA ZA POTREBE PLOVIDBE

Režim prirodnih tokova retko odgovara zahtevima savremene plovidbe od kojih su najvažniji kontinuitet i bezbednost. Problemi koji se postavljaju pred projektante regulacionih građevina i radova za potrebe plovidbe svode se na sledeće

- Formiranje plovnog puta potrebnih gabarita (plovnih širina i dubina) pri usvojenom minimalnom plovnom nivou;
- Prilagođavanje elemenata trase prirodnog vodotoka zahtevima plovidbe;
- Garantovanje bezbednosti plovidbe u toku navigacionog perioda;
- Maksimalno moguće produženje navigacionog perioda - perioda u toku godine u okviru koga je odvijanje plovidbe moguće bez ikakvih ograničenja.

Najčešće primenjivane tehničke mere koje se preduzimaju pojedinačno ili u kombinaciji jesu:

- Regulacija rečnog korita posredstvom regulacionih građevina i radova;
- Kanalisanje rečnog toka izgradnjom sistema ustava - brana i objekata za savlađivanje denivelacije;
- Izmena hidrološkog režima, posebno malih i velikih voda

5.4.1 OSNOVNE KARAKTERISTIKE REŽIMA PRIRODNIH VODOTOKA SA STANOVIŠTA PLOVIDBE

(A) Hidrološke karakteristike

Hidrološke veličine najinteresantnije sa aspekta plovidbe jesu proticaj i vodostaj, tačnije minimalni proticaj pri kome bi reka morala biti plovna i odgovarajući nivo vode.

Za našu mrežu plovnih puteva to su proticaji zastupljenosti 92 do 95%, što znači da se dopušta totalni ili delimični prekid plovidbe od 7 do 15 dana godišnje.

Na bazi usvojenog minimalnog proticaja određuju se minimalni plovni nivoi⁴. Na osnovu njih se opet određuje trajanje perioda kada je plovidba moguća - navigacionog perioda.

Najviši plovni nivoi određuju se obzirom na postojeće objekte - mostove. Potrebno je obezbediti rezervnu visinu od najmanje 5.25 m do najviše tačke broda do najniže tačke mosta.

(B) Meteorološke karakteristike

Meteorološke karakteristike od interesa za plovidbu jesu led, vetar i magla.

Podaci o karakteristikama režima leda registruju se redovno u profilima vodomernih stanica a dopunski podaci o debljini ledene kore, mestima zagušenja ledenih santi i slično samo povremeno - po potrebi. U toku obrade podataka o režimu leda definišu se sledeće karakteristike

⁴ Minimalni plovni nivo odnosi se na merodavno plovilo na određenom vodotoku.

- Najraniji datum pojave leda i ledostaja;
- Najkasniji i srednji datumi pucanja leda i oslobađanja reke od leda;
- Maksimalno moguće i srednje trajanje prisustva leda u reci;
- Stvarno maksimalno moguće i srednje trajanje ledostaja i ledohoda i
- Verovatnoća ovih pojava.

Vetar neposredno ugrožava sigurnost plovidbe time što skreće plovilo sa trase plovnog puta a posredno - izazivajući talase. Kritične vrednosti pojedinih karakteristika vetra (brzina, pritisak) razlikuju se od reke do reke. Tako su za reku Dunav empirijski određene vrednosti od 6 Bofora (12.3 m/s) za nizvodnu a 8 Bofora (18.9 m/s) za uzvodnu plovidbu, pri kojima se plovidba obustavlja.

Magle uslovno delimo na

- Slabe, sa vidljivošću manjom od 1000 m;
- Umerene, sa vidljivošću manjom od 500 m;
- Jake, sa vidljivošću manjom od 200 m.

Za Dunav kroz našu zemlju toleriše se pri uzvodnoj plovidbi vidljivost od minimum 500 m a nizvodnoj minimum 800 m, pod uslovom da se vide obe obale.

(C) Hidrauličke karakteristike

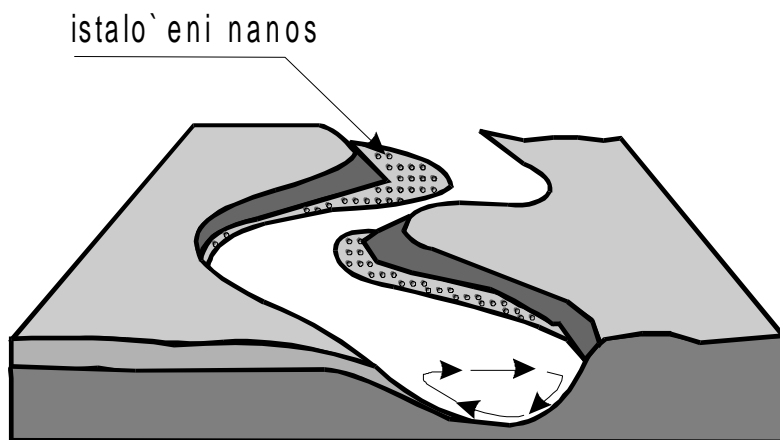
Najznačajniju hidrauličku karakteristiku prirodnih tokova sa aspekta plovidbe predstavlja brzina vodotoka u zoni plovnog puta.

(D) Morfološke karakteristike

Izučavanje morfoloških karakteristika prirodnih tokova svodi se na:

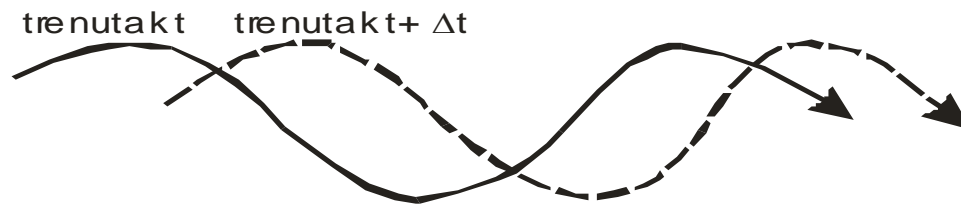
- Određivanje deonica nepovoljnih sa stanovišta plovidbe;
- Utvrđivanje osnovnih gabarita plovnog puta na bazi proučavanja tzv. “uglednih deonica”;
- Procenu obima radova na osposobljavanju vodotoka za plovidbu;
- Prognozu deformacije korita plovnog vodotoka pod uticajem regulacionih građevina;
- Analizu karakteristika trase plovnog vodotoka i utvrđivanje kritičnih sektora.

Rečno korito formira se po određenim zakonitostima u procesu uzajamnog dejstva tečne faze (vode) i čvrste faze (nanosa). Aluvijalno korito se neprekidno menja u prostoru i vremenu, što se objašnjava njegovom nestabilnošću.



helikoidalno strujanje u krivini

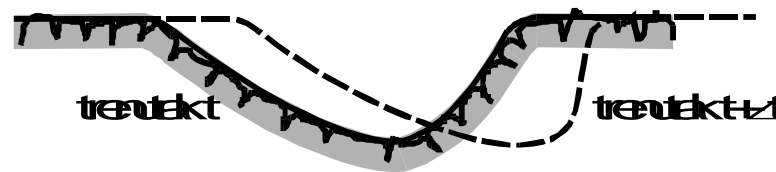
Jedna od osnovnih osobina aluvijalnih korita je meandriranje trase koje se objašnjava helikoidalnim strujanjima u krivinama. Površinske strujnice poniru na dole duž konkavnih obala izazivajući njihovu eroziju a dubinske izlaze na površinu izazivajući istaložavanje erodiranog materijala na konveksnoj strani.



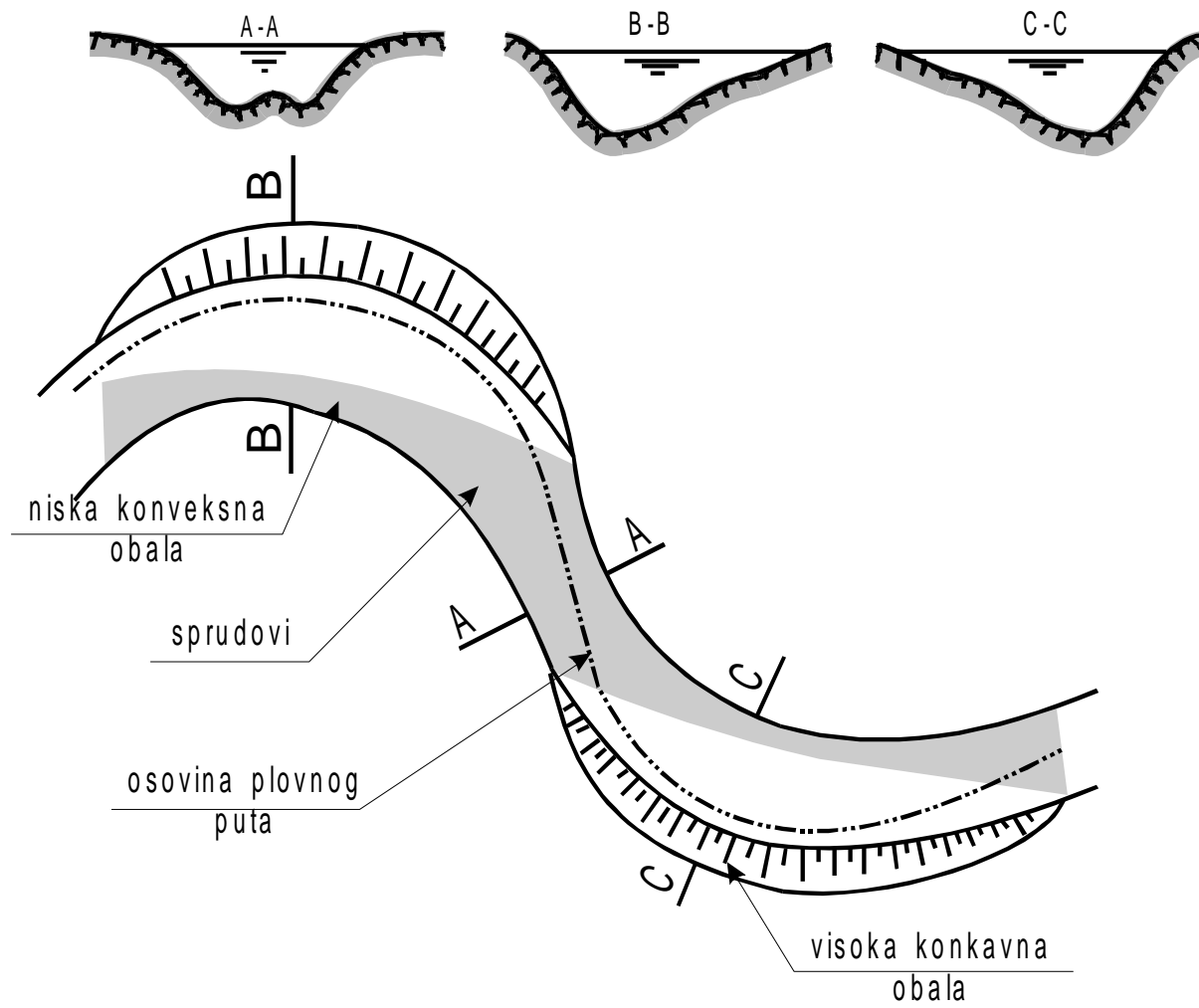
pomeranje re~nog korita u prostoru i vremenu

Osovina plovnog puta pruža se duž konkavne obale da bi u zoni infleksije presećala osovину rečnog toka. U zoni infleksije javljaju se i najozbiljnije smetnje plovidbi obzirom na pojavu sprudova koji presećaju plovni put.

Na narednoj skici dat je šematski prikaz rečne deonice: helikoidalnim strujanjem u krivini podriva se konkavna obala a odneti materijal istaložava na konveksnoj obali (preseci B-B i C-C). U zoni infleksije, na prelazu iz jedne u drugu krivinu oba ova uticaja se superponiraju i formira se poprečni sprud. Očigledno, plovni put će pratiti zonu sa najvećim dubinama, odnosno pružaće se uz konkavnu obalu, dok su u zoni infleksije najizraženije smetnje plovidbi. Različitim regulacionim radovima u rečnom koritu teži se da se obe obale stabilizuju odnosno spreči istaložavanje nanosa i stvaranje sprudova u zoni infleksije.



razvoj poprečnog spruda u krivini



5.4.2 SMETNJE PLOVIDBI NA PRIRODNIM VODOTOCIMA I ODREĐIVANJE TRAJANJA NAVIGACIONOG PERIODA

Smetnje plovidbi mogu biti različite:

- Smetnja izazvane nepovoljnim hidrološko-meteorološkim uslovima;
- Smetnje izazvane nepovoljnim morfološkim i geološkim prilikama;
- Smetnje izazvane čovekovim intervencijama;
- Zaostale građevine u rečnom koritu, nepravilno prosečene rečne krivine, pregrađivanje branama i ustavama i slično.

Podela smetnji se može napraviti i prema njihovom trajanju. Trajanje smetnji na koje se ne može praktično uticati uslovljava i dužinu navigacionog perioda - perioda kada je plovidba teorijski moguća. Za razliku od njega stvarnim navigacionim periodom naziva se navigacioni period umanjen za trajanje najnižih i najviših plovnih nivoa. Trajanje navigacionog perioda umanjeno za trajanje ostalih vrsta smetnji (na koje možemo uticati) naziva se period fizički moguće plovidbe.

5.4.3 MERE UREĐENJA REČNOG KORITA ZA POTREBE PLOVIDBE

Regulacija rečnih korita za potrebe plovidbe

Pod regulacionim merama podrazumevaju se intervencije u rečnom koritu koje imaju za cilj formiranje plovnog puta određenog gabarita pri niskom plovnom nivou. Regulacione mere dele se na tri velike grupe - biotehničke regulacione mere, bagerske radove i regulacione građevine i radove.

(A) Biotehničke regulacione mere

Biotehničke regulacione mere sastoje se u primeni različitih tipova vegetacije u sklopu mera za uređenje rečnog korita za plovidbu.

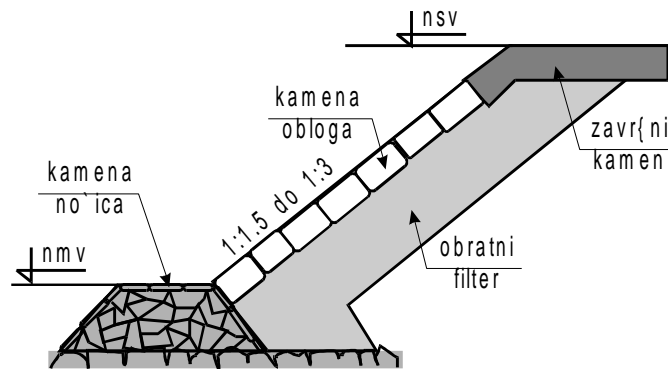
(B) Bagerski radovi

Oslobađanje od nanosa vrši se bagerovanjem. Ukoliko je korito formirano u koherentnom materijalu bagerovanje je trajna regulaciona mera, ukoliko je formirano u nekoherentnom materijalu mora se povremeno obnavljati.

(C) Regulacione građevine i radovi

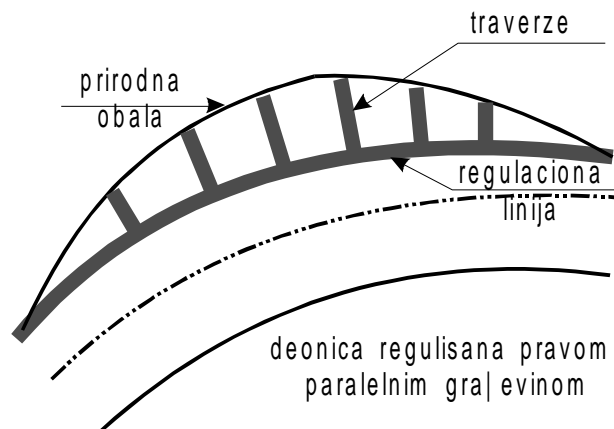
Ove radove karakteriše jednostavnost konstrukcije i ogroman obim. Po pravilu se rade od priručnih materijala - kamena, šljunka, peska, vrbovog granja i pruža, ali se koriste i beton, plastični zastori, razne vrste žice i drugo.

Obaloutvrde se grade na konkavnim obalama čija je stabilnost ugrožena helikoidalnim strujanjem u krivini. Svrha je formiranje stabilne obale čime se sprečava premeštanje rečnog korita i promena trase plovnog puta. Najčešće se grade od kamenih i betonskih blokova na filtarskoj posteljici koja sprečava ispiranje sitnih čestica zemljišta na kome obaloutvrda leži.

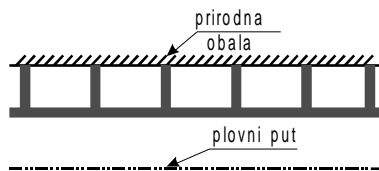
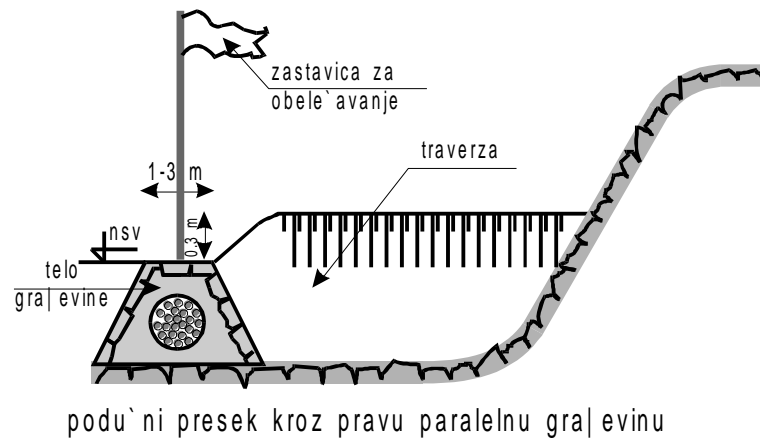


obaloutvrda

Prave paralelene građevine takođe služe za regulaciju konkavnih obala i to na deonicama gde regulaciona linija ulazi u korito.



Najčešće se grade do nivoa srednje vode a ukoliko su više - po fazama. Ove građevine ne remete rečni tok a čine ga pravilnijim. Grade se od kombinacije kamena i šljunka, peska i fašina. Telo građevine je povezano za obalu traverzama, što je čini stabilnijom, sprečava formiranje sekundarnih tokova između građevine i obale i ubrzava proces formiranja nove obale.

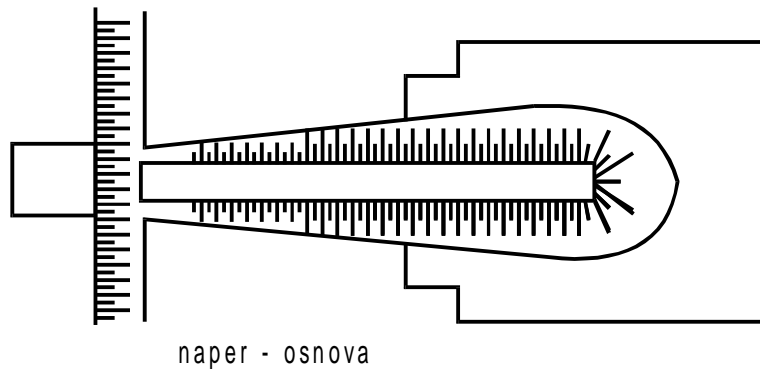


Prave paralelne građevine se primenjuju i na pravolinijskim deonicama za suženje korita - povećanje dubina. U tom slučaju se formiraju duž jedne i druge obale.



pravolinijska deonica regulisana pravom paralelnom gra|evinom

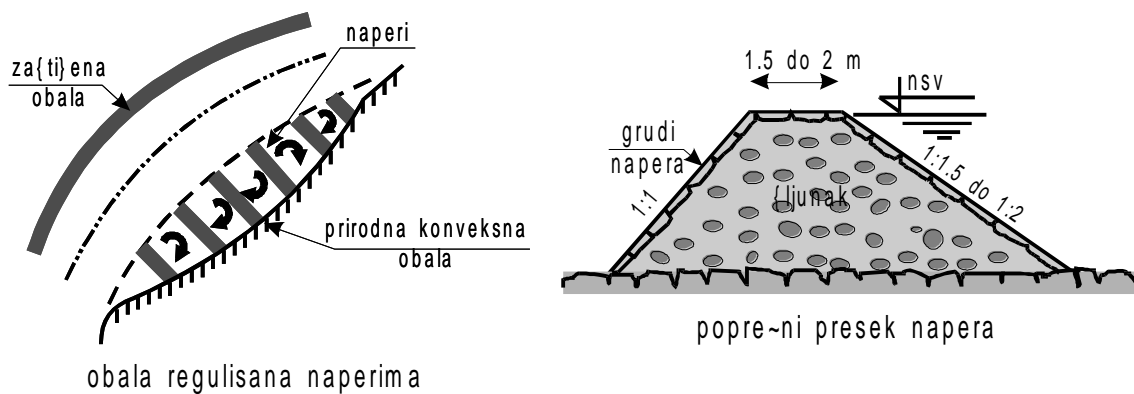
Naperi se grade po pravilu na konveksnim obalama. Primenjuju se isključivo u serijama. Deluju tako što sužavaju korito, povećavajući pad i propusnu moć korita u pogledu pronosa nanosa a sa druge strane izazivaju istaložavanje nanosa u međunaperskim poljima, čime se postiže formiranje regulacione linije.



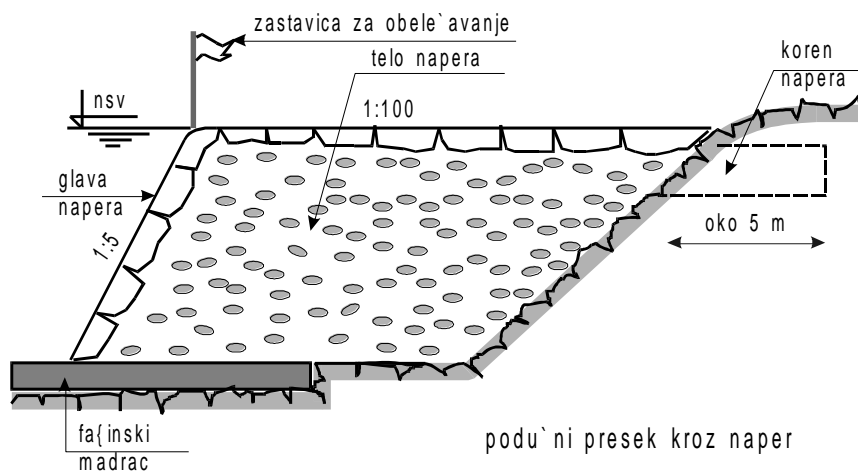
Grade se do nivoa srednje vode, što znači da moraju biti vidno obeleženi.

Ukoliko je konveksna obala regulisana naperima, konkavna obala obavezno mora biti zaštićena obaloutvrdom ili pravom paralelnom građevinom.

Naperi se grade najčešće od kombinacije šljunka, kamena i punjenih fašina. U zoni glave naper se postavlja na tzv. fašinski madrac, obzirom na intenzivnu eroziju koja se može pojaviti.

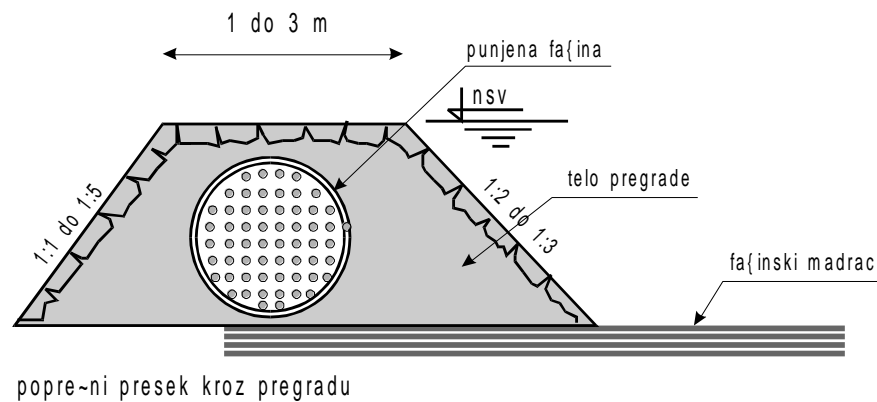


Na predhodnim skicama prikazana je obala regulisana naperima sa strujanjem u međunaperskim poljima; poprečni presek napera i izgled napera u planu. Na sledećoj slici prikazan je podužni presek kroz naper.



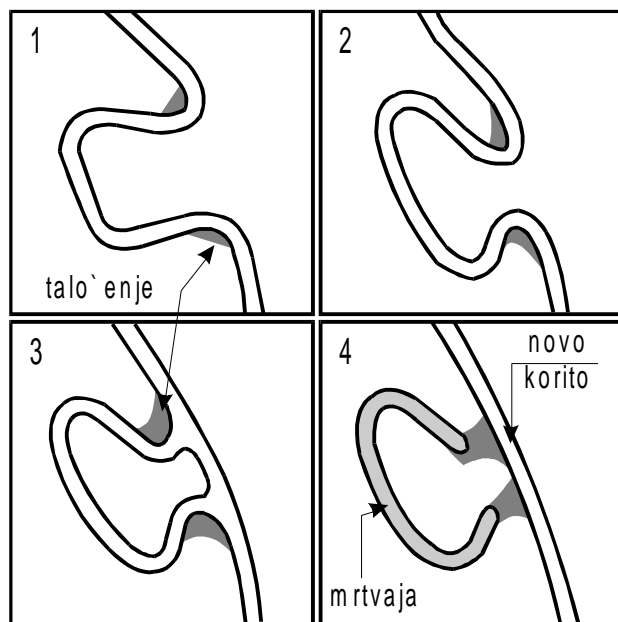
Pregrade imaju ulogu u regulisanju tokova koje karakterišu brojni rukavci i račvanja rečnog toka. Nakon izbora rukavca kojim će se odvijati plovidba ostali se pregrađuju pregradama čime se ceo tok koncentriše u odabrani rukavac. Takođe se koriste za pregrađivanje napuštenih rukavaca pri prosecanju rečnih krivina.

Pregrade se formiraju na predhodno postavljenom fašinskom madracu koji ima ulogu slapišta. Grade se od kamena, šljunka i punjenih fašina.



Prosecanje rečnih krivina primenjuje se na vodotocima sa nedovoljnim poluprečnicima krivina sa stanovišta plovidbe.

Potrebno je podsetiti da aluvijalni vodotoci zapravo sami vremenom prosecaju rečne krivine, što će biti prikazano na narednoj skici. Ovaj postupak je međutim dugotrajan, a krivine koje za potrebe plovidbe proseca čovek već su duboko u procesu "prirodnog prosecanja". Otud se i nailazi na krivine sa malim poluprečnicima.

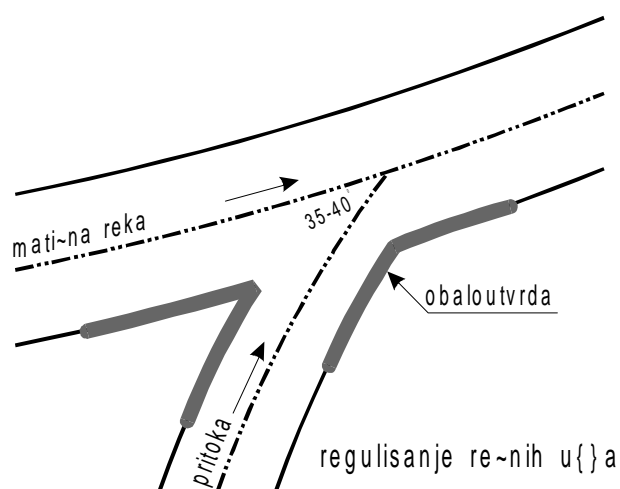
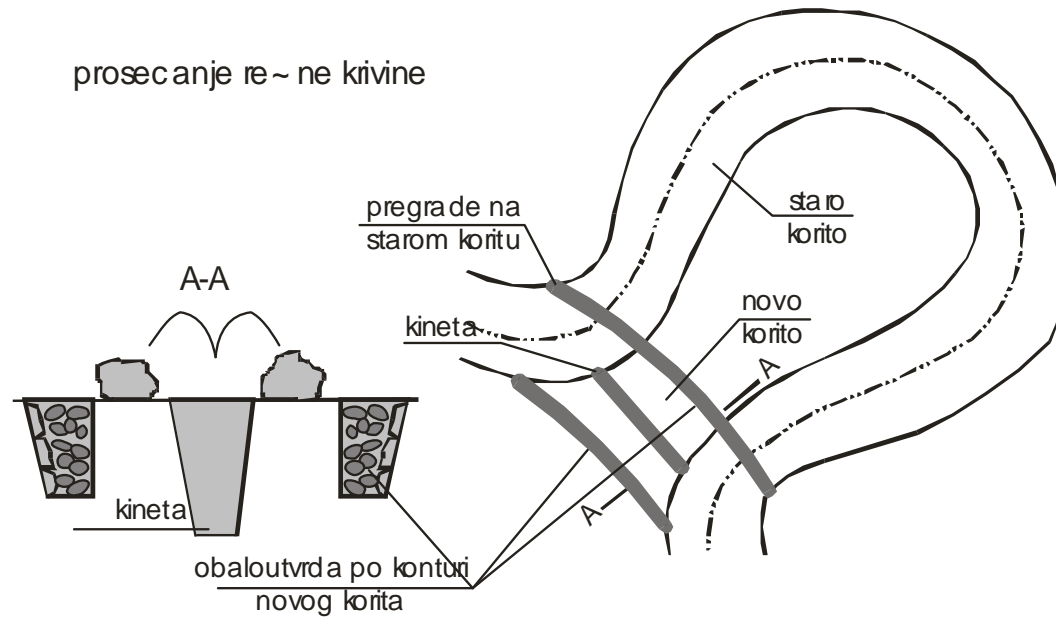


prirodno prosecanje re~ne krivine

Regulacioni radovi na prosecanju re~nih krivina se sastoje u formiranju novog re~nog korita sa takvim elementima trase koji odgovaraju uslovima plovidbe. Prosecanje se delimi~no izvrši pomoću bagera, s tim što se iskopa kineta ~ija se površina u zavisnosti od veličine skraćenja trase kreće u granicama od 1/10 do 1/3 površine konačno formiranog popre~nog preseka. Sa prokopavanjem se napreduje od nizvodnog kraja ka uzvodnom, tako da se veći deo radova odvija u suvom. Preostali deo iskopa se prepušta energiji re~nog toka.

Puštanje preseka u rad na plovnim vodotocima dolazi u obzir isključivo u periodu velikih voda, koje će garantovati koliko - toliko prihvatljive navigacione uslove duž stare trase i, ujedno, razradu preseka.

Onog momenta kad plovidba postane moguća po novoj trasi na ulazu i izlazu iz starog korita grade se pregrade koje veći deo ukupnog proticaja usmeravaju u novo korito.



Uređenje rečnih ušća. Ušće pritoke u matičnu reku mora biti izvedeno u krivini i to na konkavnoj obali matične reke čime se omogućuje naj-efikasnije mešanje vode i odnošenje nanosa i leda. Ovim se ujedno obezbeđuje i optimalni navigacioni uslovi u ovoj zoni rečnog toka. Da bi projektom predviđeno ušće ostalo trajno mora se učvrstiti odgovarajućim regulacionim građevinama, najčešće obaloutvrdama.

Kanalisanje reka

Pod kanalisanjem rečnog toka podrazumeva se njegovo pregrađivanje u jednom ili više profila veštačkim pregradama - branama koje mogu biti nepokretne ili pokretne (ustave).

Razlog za kanalisanje prirodnog vodotoka može biti dvojak

- Ni jednom od raspoloživih mera (regulacijom rečnog toka ili izmenom hidrološkog režima) rečni tok se ne može transformisati u plovni put koji bi garantovao kontinualnu savremenu plovidbu.
- Potreba za kompleksnim iskorišćenjem energije i vode jednog rečnog toka, što je najčešći slučaj, nameće potrebe pregrađivanja vodotoka.

Interesi plovidbe svode se na ostvarivanje potrebnih plovnih dubina i širina, što se može postići ili sa više nižih objekata ili manje viših. Sa stanovišta energetike povoljnije je rešenje sa manjim brojem viših objekata jer se tako dobija jeftinija električna energija. Ukoliko je u pitanju objekat sa kompleksnom namenom, izbor optimalnog broja i visine objekata dobija se na bazi rezultata tehno-ekonomske analize, s tim što se usvaja ono rešenje koje uz minimalne investicije pruža maksimalne koristi.

Grupa hidrotehničkih objekata čija je osnovna namena kompleksno iskorišćenje vodotoka naziva se hidročvor.

Osnovni elementi jednog hidročvora su:

- Brana - pregrada, pomoću koje se formira uspor - denivelacija. Po svojoj konstrukciji mogu biti nepokretne ili pokretne (ustave).

- Objekti za savlađivanje denivelacije - prevodnice, dizalice
- Hidroenergetski objekti
- Vodozahvati za potrebe snabdevanja naselja i industrije vodom, melioracija i drugo.

Obezbeđenje plovidbenih uslova izmenom hidrološkog režima

Tehno-ekonomske analize mogućnosti realizacije plovidbe duž prirodnog vodotoka mogu pokazati da je opravdanije izmeniti hidrološki režim reke dodavanjem određenih proticaja u periodu niskih voda iz veštačkih akumulacija nego regulisati rečni tok ili izvršiti kanalisanje. Vrlo često ove analize dovode do zaključka da je najopravdanije primeniti kombinaciju ovih mera.

Problem određivanja potrebnih količina vode koje je u pojedinim intervalima potrebno upustiti u rečni tok, odnosno određivanje zapremine akumulacije u gornjem toku koju treba rezervisati u ove svrhe veoma je složen a bazira se na hidrauličkim podacima i morfološkim analizama.

Vremenski redosled upuštanja vode iz akumulacije u rečni tok definisan je prirodnim hidrogramom na posmatranom rečnom sektoru.

5.6 PRISTANIŠTA NA UNUTRAŠNJIM PLOVNIM PUTEVIMA

Pod pristaništem ili lukom podrazumeva se složen saobraćajni čvor na unutrašnjem plovnom putu u kome se susstiču svi vidovi saobraćaja sem vazdušnog.

Pristanište ili luka predstavlja skup objekata i uređaja koji treba da omoguće pretovar tereta sa kopna na vodu i obrnuto, kao i pretovar putnika. Pored toga, luke služe i kao skloništa za brodove u periodu nepovoljnih atmosferskih i navigacionih uslova. Veća pristaništa mogu biti opremljena radionicama za remont plovila a ponekad u svom sastavu mogu imati i brodogradilište.

Za razliku od starih luka koja su služila gotovo isključivo za skladištenje i pretovar robe, današnja pristaništa pored ovih funkcija imaju i funkciju industrijske zone u kojoj se vrši prerada ili dorada određenih proizvoda.

Osnovne ekonomske funkcije koje mora ispuniti savremeno pristanište su

1. Komercijalna funkcija, što podrazumeva skladištenje i prodaju, kao i dalju distribuciju roba.
2. Industrijska funkcija, proizvodnja finalnih proizvoda u samom pristaništu, čime se postiže ušteda u transportnim troškovima.
3. Regionalna funkcija koja se ogleda u snabdevanju šireg područja kao i izvoz iz regiona kroz pristanište.
4. Funkcija slobodne carinske zone

5.6.1 PODELA PRISTANIŠTA NA UNUTRAŠNJI PLOVNIM PUTEVIMA

(A) Podela prema nameni

Teretna pristaništa mogu biti opšta, projektovana za pretovar, uskladištenje i eventualnu preradu različitih roba i specijalizovana, za jednu vrstu robe.

Putnička pristaništa takođe mogu biti specijalizovana, isključivo za prevoz putnika, ili u sklopu pristaništa opšte namene.

Pristaništa posebne namene su vojna pristaništa, zimovnici i slično.

(B) Podela prema vrsti plovnog puta na kome se nalaze

Rečna pristaništa, koje karakterišu sezonske oscilacije nivoa koje zavise od hidrološkog režima reke.

Pristaništa na plovnim kanalima nisu izložena velikim oscilacijama nivoa. Obzirom na male širine plovnih kanala obično se formiraju u vidu bazena na obali.

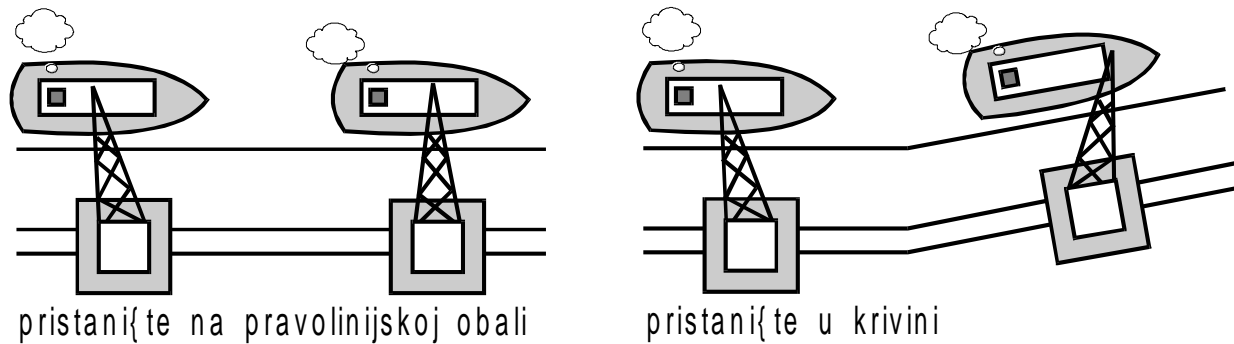
Pristaništa na kanalisanim rekama su karakteristična po tome što oscilacije nivoa vode pored prirodnih uslova zavise i od uslova energetskog i drugog iskorištenja vodotoka. Svakako, uslovi rada elektrane moraju biti prilagođeni minimalnim uslovima plovidbe.

Rečno-morska pristaništa karakteriše hidrološki režim reke i režim plime i oseke samog mora.

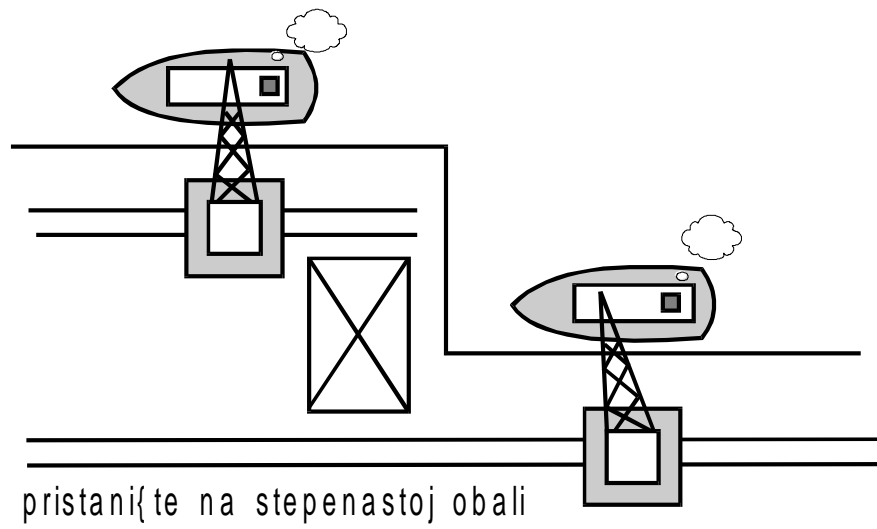
(C) Podela prema dispoziciji na plovnom putu

Prema dispoziciji na plovnom putu dele se na pristaništa na otvorenoj obali, bazenska i kombinovana.

Pristaništa na otvorenoj obali karakteriše izražena dužina u odnosu na drugu dimenziju, ali i minimalni zemljani radovi. Grade se na plovim putevima dovoljne širine i mogu biti pravolinijska, u krivini i stepenasta:



Pravolinijska i pristaništa u krivini obezbeđuju minimum zemljanih radova dok stepenasta forma garantuje najpovoljnije uslove za proširenje suvozemnih saobraćajnica.



Bazenska pristaništa karakteriše koncentracija objekata na relativno maloj površini.



Grade se na niskim peščanim obalama pri čemu se, ukoliko je to moguće, koriste prirodne depresije u terenu za formiranje bazena. Nedostatak ovih pristaništa je veliki obim zemljanih radova, a prednost zaštićenost u odnosu na rečni tok kao i mogućnost formiranja pristaništa na plovnim putevima nedovoljne širine.

- (D) Podela pristaništa prema robnom prometu** koja je značajna sa stanovišta tipizacije pristaništa na jednom plovnom putu ili čak na mreži plovnih puteva.

5.6.2 OSNOVNI ELEMENTI PRISTANIŠTA

Bez obzira na tip, svako pristanište se sastoji od tri osnovna dela:

- Akvatorije - vodenog dela pristaništa;
- Teritorije - suvozemnog dela pristaništa i
- Operativne obale koja razgraničava akvatoriju i teritoriju.

5.6.3 PRIRODNI REŽIM I UTICAJ NA IZBOR LOKACIJE PRISTANIŠTA

Od prirodnih uslova najznačajnije kod izbora lokacije pristaništa jesu:

- Topografske karakteristike
- Geološko-geomehaničke karakteristike
- Meteorološke karakteristike

- Hidrološko-hidrauličke karakteristike
- Hidrofizičke, hidrohemijske i hidrobiološke karakteristike

Topografske i morfološke karakteristike. Rečna pristaništa na otvorenoj obali kao i ulazi u bazenska pristaništa lociraju se po pravilu na konkavnim obalama, obzirom na veće plovne dubine i veću transportnu sposobnost rečnog toka u pogledu pronosa nanosa i leda. U određenim slučajevima rečno pristanište može biti izgrađeno i na pravolinijskim deonicama ili na produžetku konkavne obale, gde se još osećaju pozitivni efekti rečne krivine. Kod plovnih kanala nema privilegisanih strana prilikom izgradnje pristaništa.

Geološko-geomehaničke karakteristike su veoma značajne zbog uticaja na obim i način izvođenja radova.

Meteorološke karakteristike lokacije. Posebna pažnja se mora posvetiti vetru. Uticaj vetra je neposredan - pritisak o trup plovila i posredan, obzirom da stvara talase. Interesantni su brzina i pravac duvanja vetra, učestalost pojave, trajanje dejstva vetra konstantne brzine, dužina vodene površine obuhvaćene vetrom. Podaci se registruju u obližnjim meteorološkim stanicama u 16 pravaca i prikazuju ružom vetrova.

Hidrološko-hidrauličke karakteristike. Najznačajnija posmatrana karakteristika je oscilacija nivoa vodenog ogledala do koje može doći uglavnom iz sledećih razloga:

- ⇒ Uticaj promenljivosti prirodnog režima;
- ⇒ Promene nivoa usled rada elektrana ili ustava na kanali sanim rekama i plovnim kanalima;
- ⇒ Oscilacija nivoa usled duvanja vetra, koje se manifestuje u vidu pojave talasa ili nagomilavanja vodenih masa uz obalu.

Obzirom na oscilacije pod dejstvom vetra, pristaništa treba tako locirati da ne postoje prirodni uslovi za pojavu talasa značajnih karakteristika, ili nagomilavanja vodenih masa, a to znači da treba izbegavati lokacije koje se nalaze u produžetku dugačkih pravolinijskih deonica.

5.6.4 TRANSPORTNO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE PRISTANIŠTA

Osnovne transportno ekonomske karakteristike jednog pristaništa su

Robni promet, pod kojim se podrazumeva ukupna količina robe koja se u rečnom pristaništu utovari u plovila, odnosno istovari iz njih, u toku određenog vremenskog perioda (godina, mesec, dan). Sve veći porast robne razmene nameće neophodnost racionalizacije svih operacija⁵ kroz koje roba prolazi u pristaništu.

Gravitaciono područje pristaništa, odnosno prostor (grad, regija) koji se iz tog pristaništa opslužuje.

Propusna sposobnost pristaništa pod kojom se podrazumeva maksimalna količina robe koja može proći kroz pristanište u toku određenog vremenskog intervala. Element pristaništa sa najnižom propusnom moći definiše i propusnu moć celog pristaništa. Propusna sposobnost pristaništa, osim od propusnih sposobnosti pojedinih njegovih elemenata, zavisi i od organizacije rada i tehnološke šeme pristaništa. Propusna sposobnost pristaništa mora biti veća od najvećeg očekivanog robnog prometa.

Promet plovila u pristaništu pod čime se podrazumeva broj plovila koja prođu kroz pristanište u određenom vremenskom intervalu, koji zavisi od robnog prometa u tom intervalu, srednje nosivosti plovila i koeficijenta iskorištenosti nosivosti plovila.

⁵ Sve više se teži za uvođenjem neprekidnog transportnog toka bez usputnog pretovara. Uveden je sistem paletizacije i kontejnerizacije robe što omogućava neophodnu standardizaciju.

Ovde se takođe razmatra i maksimalan broj plovila koja se jednovremeno mogu naći u pristaništu, koji zavisi još i od vremena zadržavanja merodavnog plovila u pristaništu, kao i koeficijenta dnevne i mesečne neravnomernosti nailaska plovila u pristanište.

5.6.5 MEHANIZACIJA PRETOVARNIH OPERACIJA U PRISTANIŠTU

Pretovarni uređaji u pristaništu dele se na:

Uređaje sa prekidnim dejstvom, uređaje koji rade u ciklusima, kao što su razni tipovi dizalica, portalnih, poluportalnih i mostovskih i

Uređaje sa neprekidnim dejstvom, odnosno različite trakaste transportere.

5.6.6 DIMENZIONISANJE PRISTANIŠTA

Kao što je već ranije pomenuto osnovni elementi pristaništa su akvatorija - vodeni deo pristaništa, teritorija odnosno suvozemni deo pristaništa, dok granicu između akvatorije i teritorije predstavlja operativna obala. Što se tiče odnosa pristanište - grad on može biti trojak:

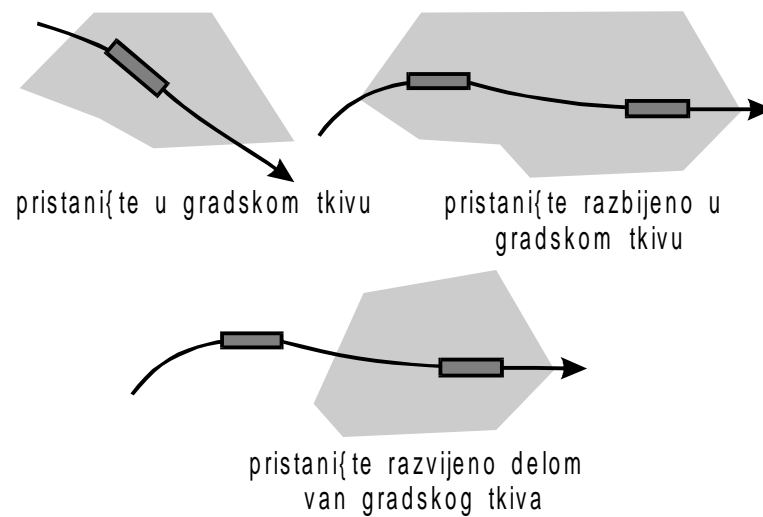
- Pristanište u gradskom tkivu;
- Pristanište razbijeno u gradskom tkivu i
- Pristanište razvijeno delom van gradskog tkiva

Kontejnerski terminali obično se lociraju van gradskog područja.

Akvatorija pristaništa se sastoji od tri osnovna dela

- Navigacionog dela;
- Operativnog dela i
- Sidrišta

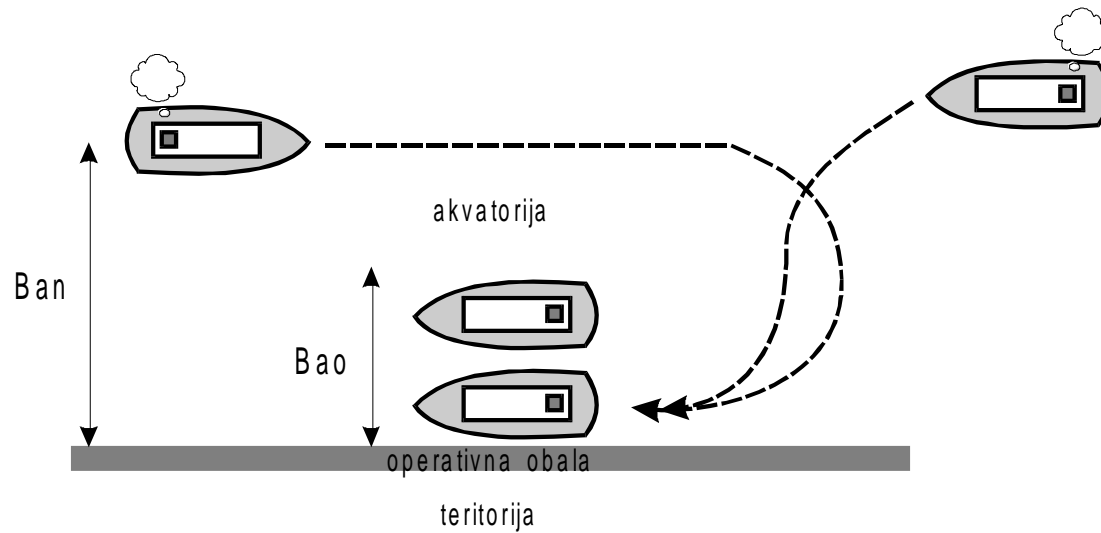
Navigacioni deo služi za manevrisanje plovila pri pristajanju uz operativnu obalu. širina ovog dela iznosi:



$$B_{an} = (1.2 \text{ do } 3.0) L_{pl}$$

gde je

- B_{an} širina navigacionog dela akvatorije
- L_{pl} dužina merodavnog plovila ili sastava



Operativna akvatorija služi za smeštaj plovila u fazi pretovara i njena širina B_{ao} se određuje na osnovu obrasca:

$$B_{ao} = 3.5 B_{pl}$$

uz pretpostavku da se jednovremeno pretovaraju dva plovila.

Sidrište je deo akvatorije koji se koristi za formiranje i rasformiranje sastava, kao i za čekanje na pretovar. Dimenzije sidrišta zavise od dimenzija i nosivosti merodavnog plovila, maksimalnog broja plovila u pristaništu u toku dana i vremena njihovog zadržavanja, kao i od maksimalne količine robe u pristaništu dnevno.

U bazenskom pristaništu širina bazena iznosi 40 do 50 m ako je saobraćaj jednosmeran, odnosno 85 do 100 m ako je dvosmeran. Dužina bazena iznosi 200 do 1200 m. Za potrebe promene smera plovidbe ostavljaju se okretnice, kružne površine prečnika 1.2 do 1.5 L_{pl} . Širina ulaza u bazenska pristaništa iznosi 40 do 50 m.

Dubina akvatorije H_a određuje se u odnosu na nivo vode u pristaništu zastupljenosti 90-98 %.

$$H_a = \sum_{i=1}^5 H_i$$

gde su:

- H_1 dubina gaženja plovila
- $H_2 = 0.10$ do 0.25 m - navigaciona dubina ispod kobilice
- $H_3 = 0.3$ m - razlika u dubini opterećenog i neopterećenog plovila
- H_4 rezervna dubina za slučaj istaložavanja nanosa
- $H_5 = 0.3h_t - H_2$ - dopunska dubina za slučaj pojave talasa visine h_t

Teritorija pistaništa ima višestruku namenu - na njoj se nalaze skladišta, suvozemne saobraćajnice, pretovarna mehanizacija, upravne zgrade, radionice za održavanje pretovarne mehanizacije i plovila, objekti za snabdevanje pristaništa strujom i vodom, kanalizacija i ostala oprema.

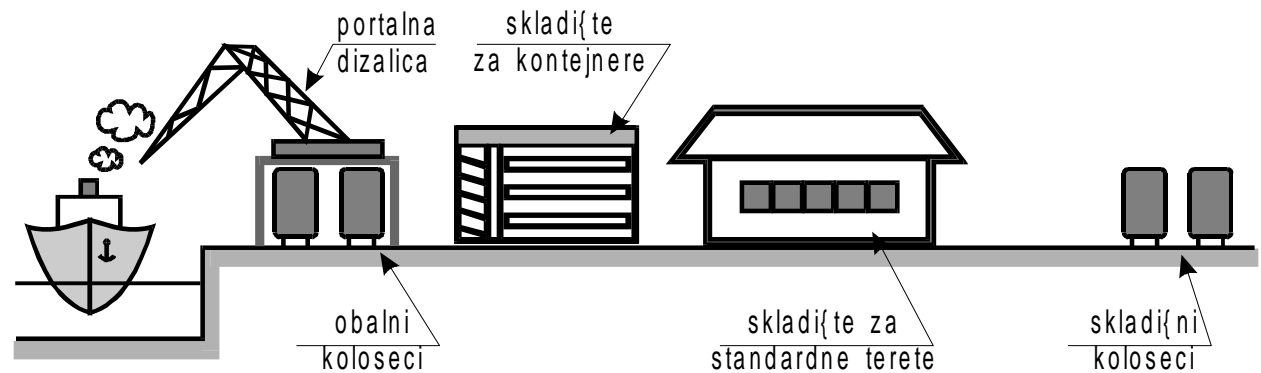
Dispozicija i dimenzije teritorije moraju biti takvi da omogućavaju najracionalnije poslovanje pristaništa.

Dužina operative obale L_{oo} može se odrediti prema obrascu

$$L_{oo} = n_{pm} (L_{pl} + \Delta L)$$

gde je:

- n_{pm} broj pretovarnih mesta
- L_{pl} dužina merodavnog plovila
- ΔL razmak između plovila



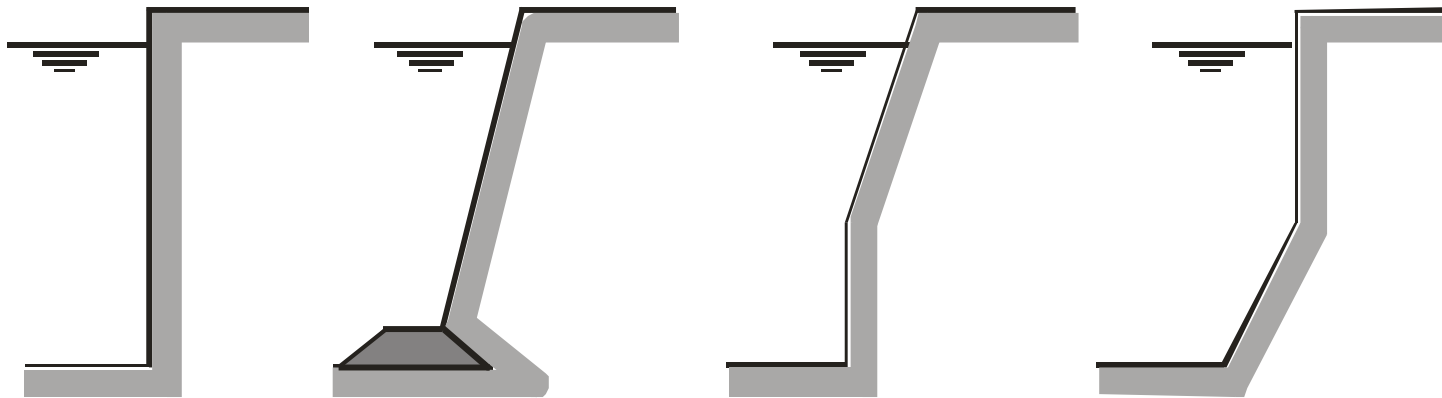
Na prethodnoj slici dat je poprečni presek pristaništa za komadne terete.

5.6.7 HIDROTEHNIČKI OBJEKTI U PRISTANIŠTU

Najznačajniji hidrotehnički objekti u pristaništu, kako po svojoj funkciji tako i po investicijama, jesu kejski zidovi koji se formiraju duž operative obale i predstavljaju granicu između akvatorije i teritorije.

Kejski zid obezbeđuje potrebnu dubinu plovilu, omogućava nesmetan pretovar i štiti obalu od erozije.

Prema formi, kejski zidovi se mogu podeliti na vertikalne, polukose, kose i poluvertikalne.



kejski zidovi

Vertikalni kejski zid je najpovoljniji sa spektra pretovara, ali je njegova primena ograničena visinom.

Kosi kejski zidovi štite obalu od erozije ali nisu noseća konstrukcija. Primenjuju se dakle kao obaloutvrde i u pristaništima za pretovar težnih tereta ili tereta koji se pretovaraju pneumatskim uređajima.

Polukosi kejski zidovi primenjuju se u pristaništima sa velikom amplitudom oscilacija nivoa vode (preko 10 m).

Poluvertikalni kejski zidovi se primenjuju u onim delovima vodotoka gde se očekuje trajno povišenje u odnosu na prirodne uslove (na kanalisanim plovnim tokovima).

Prema konstrukciji se mogu podeliti na gravitacione, tanke zidove od šipova i kose, a postoje i kombinacije ovih tipova.