

PRIRODNI PLIN – PRISTANIŠTA I LUKE

175

Tablica 14
PORIJEKLO UVOZNOG PRIRODNOG PLINA
U EVROPSKIM ZEMLJAMA U 1984. GODINI (PJ)

Zemlje uvoznice	Zemlje izvoznice				
	SSSR	Nizozemska	Norveška	Alžir	Ostale
SR Njemačka	502,2	567,5	267,0	–	–
Francuska	173,7	261,3	90,8	324,9	1,7
Italija	289,2	175,5	–	249,9	16,8
Velika Britanija	–	527,9	–	–	–
Belgija	–	203,6	79,8	–	69,5
Cehoslovačka	325,0	–	–	–	–
Poljska	214,2	–	–	–	–
Njemačka DR	209,2	–	–	–	–
Bugarska	190,0	–	–	–	–
Austrija	161,2	–	–	–	2,7
Madarska	130,5	–	–	–	–
Nizozemska	–	–	119,9	–	–
Jugoslavija	119,8	–	–	–	–
Švicarska	58,1	–	29,2	28,9	–
Španjolska	–	–	62,0	42,0	–
Rumunjska	80,0	–	–	–	–

od 1960. do 1985. povećana za 7,5 puta (tabl. 15). To je bilo moguće jer su do sada u nas otkrivena i privedena proizvodnji 62 naftna i plinska polja od kojih je do sada 6 polja iscrpljeno.

Potrošnja je prirodnog plina, međutim, mnogo brže rasla od proizvodnje, jer se od 1977. prirodni plin uvozi iz SSSR (tabl. 15). U razdoblju od 1960. do 1985. potrošnja je porasla 18,6 puta, odnosno ostvaren je prosječni godišnji porast od 12,95%. To je omogućilo da se udio prirodnog plina u potrošnji primarnih oblika energije stalno povećava od 0,4% u 1960. na 13,5% u 1984. godini.

Taj razvoj potrošnje prirodnog plina omogućila je i izgradnja plinovodne mreže. Do kraja 1984. izgrađeno je 6976 km plinovoda, a od toga 3753 km magistralnih plinovoda (sl. 24).

Od raspoložive količine prirodnog plina utrošeno je u 1984. u industriji 71,7% (kao gorivo 52,4%, a kao sirovina

19,3%), kod malih potrošača 6,8%, u termoelektranama i toplanama 13,2%, a kao vlastiti potrošak 8,3%. U usporedbi s potrošnjom u zemljama OECD (tabl. 6) opaža se vrlo malen udio malih potrošača u potrošnji prirodnog plina.

Tablica 15
PROIZVODNJA I POTROŠNJA PRIRODNOG PLINA
U JUGOSLAVIJI (10^6 m^3)

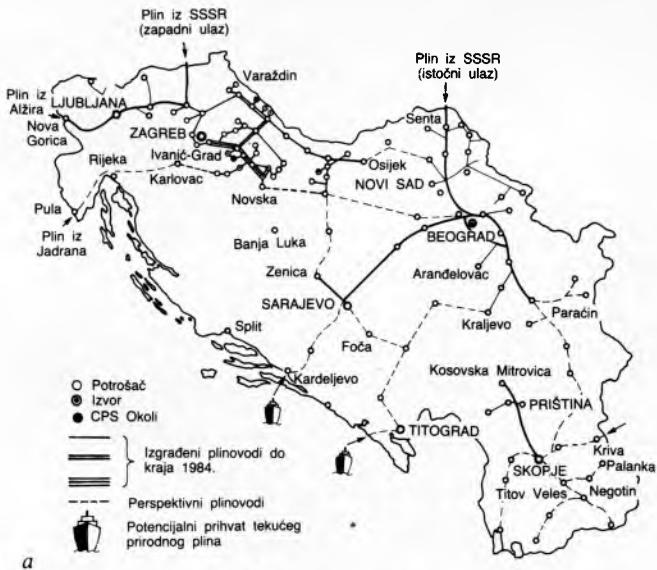
	Proizvodnja	Uvoz	Potrošnja
1945.	2,5	–	2,5
1950.	14,5	–	14,9
1955.	33,7	–	33,7
1960.	52,9	–	52,9
1965.	330,0	–	330,0
1970.	977,0	–	977,0
1975.	1554,0	–	1554,0
1980.	1820,0	1629,4	3449,4
1981.	2197,0	1969,4	4166,4
1982.	2207,5	2335,8	4543,3
1983.	2146,5	2787,9	4934,4
1984.	2128,9	3456,7	5585,6
1985.	2486,1	3645,1	6131,2

Dalji razvoj plinifikacije Jugoslavije. Uz pretpostavku da se ostvari plan istražnih bušenja (277 bušotina na kopnu i 50 bušotina u Jadranu), što nije jednostavno ostvariti s obzirom na potrebna sredstva, predviđa se da bi se mogla postići proizvodnja od $4,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ u 1990., $5,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ u 1995., a $9,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ prirodnog plina u 2000. godini. Računa se da bi potrošnja prirodnog plina u Jugoslaviji iznosila $9,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ u 1990., a $15,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ u 2000. godini. Razlika između potrošnje i proizvodnje pokrivala bi se najvećim dijelom uvozom iz SSSR (preko Austrije, Madarske i Bugarske), a manjim dijelom iz Alžira preko Italije.

S. Kolundžić

LIT.: J. Vučković, Priprema sirove nafte i prirodnog plina za transport. Poslovno udruženje Nafta, Zagreb 1968. – M. B. King, Phase Equilibrium in Mixtures. Pergamon Press, Oxford 1969. – J. Vučković, Transporti nafte i plina cjevovodima. INA-Naftaplin, Zagreb 1971. – K. E. Starling, Fluid Thermodynamic Properties for Light Petroleum Systems. Gulf Publ. Co., Houston 1973. – A. L. Kohl, F. C. Riesenfeld, Gas Purification. Gulf Publ. Co., Houston 1974. – W. L. Lom, Liquefied Natural Gas. Applied Science Publishers, London 1974. – Engineering Data Book. Natural Gas Processors Suppliers Association, Tulsa 1976. – Gas Engineers Handbook. Industrial Press, New York 1977. – M. B. Standing, Volumetric and Phase Behavior of Oil Field Hydrocarbon Systems. Soc. Petr. Engineers AIME, Dallas 1977. – M. Želić, Tehnologija pridobijavanja nafte i plina erupcijom i gasliftom. INA-Naftaplin, Zagreb 1977. – V. Strelc, Plinski priručnik. Nafta, Zagreb 1982. – K. E. Brown, The Technology of Artificial Lift Methods. Pennwell Books, Tulsa 1984. – J. M. Campbell, Gas Conditioning and Processing. Petroleum Series, Norman, Oklahoma 1984. – Ch. U. Ikoku, Natural Gas Reservoir Engineering. J. Wiley, New York 1984. – S. A. Newman, Acid and Sour Gas Treating Processes. Gulf Publ. Co., Houston 1985. – V. Sarida, Projektiranje razrade naftnih i plinskih ležišta. INA-Naftaplin, Zagreb 1985. – M. Želić, Tehnologija sabiranja nafte i plina za transport. INA-Naftaplin, Zagreb 1987.

A. Bauk B. Goričnik T. Juranić S. Kolundžić
I. Meandžija V. Milivojević J. Sečen D. Šoć
J. Vadunec Z. Zelenko



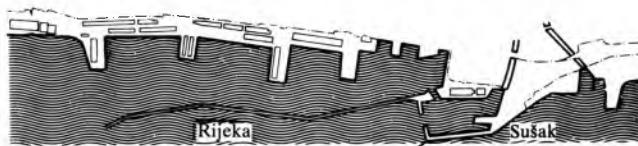
Sl. 24. Plinovodna mreža u Jugoslaviji (a) i u SR Hrvatskoj (b)

PRISTANIŠTA I LUKE, prirodno ili umjetno zaštićene morske, riječne, jezerske ili kanalne površine gdje brodovi nalaze zaklon od valova, struja, morskih mijena i leda, gdje mogu brzo i sigurno ukrcati, iskrcaći ili prekrcati teret i putnike, gdje mogu ukrcati gorivo, vodu i hranu, gdje se mogu izvršiti popravci na trupu i strojevima i gdje se posada može odmoriti.

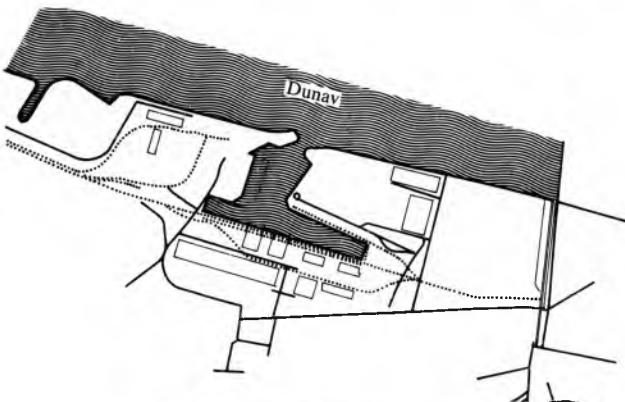
U hidrotehničkom smislu luka je zaštićena vodena površina koja služi za zaštitu brodova, bez obzira na postojanje uredaja za utovar i istovar tereta.

S gledišta prometa luka je organizirano čvoriste gdje se stječu morski prometni putovi s kopnenim putovima i putovima unutrašnje plovidbe radi ukrcanja i iskrcaja robe i putnika, s izgradenim i zaštićenim brodskim vezovima te obalnom mehanizacijom (sl. 1 i 2).

Pristanište je u hidrotehničkom smislu nepotpuno zaštićena vodena površina. Ima dva ili više pristana, linearnu shemu i usku manipulativnu površinu, a u prometnom smislu ima iste funkcije kao i luka (sl. 3 i 4).



Sl. 1. Tlocrt morske luke (Rijeka)



Sl. 2. Tlocrt riječne luke (Beograd, Dunav)



Sl. 3. Morsko pristanište (Wilhelmshafen)



Sl. 4. Riječno pristanište u delti rijeke Mississippi

Vrste luka. Prema svojoj namjeni luke mogu biti trgovачke i posebne (ratne, ribarske i sportske – marine) luke.

Iako sve trgovачke luke služe istoj ili sličnoj svrsi te imaju mnoge zajedničke karakteristike, ipak se dosta razlikuju ne samo prema površini akvatorija i duljini operativnih obala, prema broju i tonazbi brodova koji se u njima mogu smjestiti, prema količini i vrsti tereta koji se u njima iskrcava, odnosno

ukrcava, nego i prema mnogim drugim faktorima: geografskim, ekonomskim, tehničkim i pravnim. Iako postoje različite klasifikacije trgovачkih luka, ne postoji općenito prihvjeta podjela. Najčešće se luke svrstavaju prema geografskom položaju, prema prometnoj funkciji ili prema kojim drugim karakteristikama.

Prema geografskom položaju luke su morske (na morskoj obali ili na ušćima rijeka), riječne, kanalne, otočne, lagunske i jezerske. Posebno su važne one luke koje su se razvile na ušću velikih plovnih rijeka (npr. London na Temzi, Rotterdam na Rajni, Hamburg na Labi i dr.). U tim je lukama od osobite važnosti dubina rijeke kako bi luka bila pristupačna velikim brodovima. Tako je, npr., manja rijeka Mersey svojom dubinom omogućila Liverpoolu da postane velika morska luka. Za luke na rijekama koje nisu dovoljno duboke grade se često predluke na samom ušću rijeke (npr. Tilbury za London, Cuxhaven za Hamburg, Bremerhaven za Bremen).

Prema veličini i važnosti u robnoj zamjeni luke mogu biti svjetske, međunarodne, nacionalne, regionalne i lokalne. Svjetske luke, osim veličine prometa, karakterizira i povezanost redovitim brodskim linijama s lukama na svim kontinentima. Takve su luke New York, Rotterdam, London, Hamburg, Montreal, Buenos Aires, Marseille, Le Havre, Genova i New Orleans. Međunarodne luke imaju uglavnom iste karakteristike kao i svjetske, samo što je njihov promet manji, a brodske veze nisu tako razgranate. Nacionalne su luke one koje imaju veliko značenje u privredi svoje zemlje, ali nisu posebno važne u svjetskim razmjerima; to su, npr., Aleksandrija, Lisabon, Rijeka i druge. Regionalne su luke važne samo za pojedina područja u zemlji, a lokalne za jedno ili više mjesta.

Prema strukturi tereta luke mogu biti univerzalne, one koje služe svim vrstama tereta, zatim one koje su pretežno za generalni teret, te luke specijalizirane za pojedine vrste tereta. Specijalizirane luke nazivaju se često terminalima kad se radi o specijalizaciji pojedinih dijelova luke ili pojedinih vezova. Takvi specijalizirani vezovi postoje u mnogim lukama. Oni se uspostavljaju kad se pojavi veliki promet nekog tereta za koji je potrebna posebna, vrlo efikasna mehanizacija koja se ne može iskoristiti za druge terete. Danas postoji mnogo različitih specijaliziranih terminala: naftni, žitni, ugljeni, kontejnerski, drvni, fosfatni, boksitni i dr.

Prema robnim tokovima luke mogu biti uvozne, izvozne ili tranzitne. Sve velike luke redovito su uvozne i izvozne, a nastoje privući i tranzitni teret.

Prema kategoriji brodova kojima pretežno služe luke mogu biti za generalni teret, kontejnerske, tankerske, trajektne, luke za brodove koji nose barže (LASH-brodovi) i sl., a takvi su najčešće pojedini terminali, vezovi ili bazeni.

Posebne luke nisu uključene u prometni lanac, nego služe kao zaklon brodovima (nevrijeme, kvar) i za njihovu opskrbu, za prekrajd ribarskih brodova (specijalizirana skladišta), za prihvat čamaca i jahti, te marine s prirodnim ili umjetno potpuno zaštićenim akvatorijem, gatovima i organiziranom opskrbom. Među posebne luke spadaju i radne luke koje služe kao privremeno zaklonište za tegljače, plovne dizalice i sl. Ratne luke ubrajaju se također među posebne luke. One služe za boravak ratnih brodova i za potrebe ratnih mornarica u miru i ratu. Za ratne luke biraju se mesta s posebnim strateškim karakteristikama. Ratne luke ne služe samo za površinske brodove nego i za podmornice, u njima su ugrađene različite podmorske naprave, a imaju i pripadne arsenale.

Povijest luka dobrim je dijelom povijest civilizacije. Veliki antički gradovi: Tir, Sidon, Kartaga, Masillia, Pirej, Aleksandrija te druga privredna i kulturna središta svog vremena bili su ujedno i velike luke.

Povijest pomorske plovidbe i pomorske trgovine ujedno je i povijest luka jer su se u isto vrijeme s razvitkom plovidbe podizale i razvijale luke i lučki gradovi. U to su doba geografska svojstva bila odlučujuća za smještaj i razvoj luke. Gdje nije bilo zaklona za brodove, a brodovi na vesi i jedra bili su vrlo osjetljivi na nevrijeme, nije se mogla razviti luka.

Kasnije su građeni različiti zaštitni objekti da bi se nadomjestilo ono što je priroda uskratila. Najčešće su to bili lukobrani koji su građeni da bi se zaštitala uvala koja je služila kao luka. Prvi poznati lukobran, izgrađen na otoku

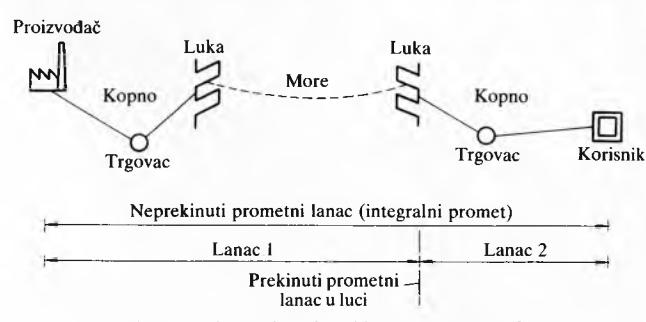
Delosu, sastojao se od kamenih blokova nejednake veličine nabacanih u more. Poslije propasti Rimskog Carstva prestale su se graditi velike luke, vještina građenja pale je u zaborav. Kad su potkraj srednjeg vijeka Mlečani i Đenovljani počeli graditi veće brodove, pojavila se potreba za većim lukama. Oni su bili prvi graditelji novih luka, a zatim su njihov primjer slijedili i drugi pomorski narodi. Iskustva i napredak u gradnji pomorskih luka prenijeli su se nakon razvijka riječne plovidbe i na unutrašnje plovne putove.

Otkriće parnog stroja i gradnja čeličnih brodova u XIX. st. omogućili su gradnju velikih brodova, pa su bile potrebne sve veće i sve dublje luke. Upotreba tekućih goriva i intenzivni razvoj međunarodne trgovine posprešili su gradnju brodova vrlo velike nosivosti, što je tražilo gradnju luka sposobnih da prime takve brodove i preuzmu veliku količinu robe koju oni mogu prevesti. Prije prvoga svjetskog rata međunarodni pomorski promet iznosio je godišnje $\sim 265 \cdot 10^6$ t, a godinu dana prije drugog svjetskog rata povećao se na $490 \cdot 10^6$ t. Zatim je 1960. god. iznosio više od milijardu tona, u 1965. god. popeo se na $1674 \cdot 10^6$ t, a 1974. god. na $3288 \cdot 10^6$ t. Nakon toga međunarodni pomorski promet opada ili stagnira. Ta golema količina najraznovrsnije robe koju su brodovi prevozili s jednog kraja svijeta na drugi prošla je kroz luke brojnih zemalja. Tada su se razvile velike luke od svjetske i međunarodne važnosti, koje svojim gradevinama i postrojenjima zauzimaju velike površine. Rotterdam je danas najveća svjetska morska luka u kojoj godišnji promet iznosi $\sim 238 \cdot 10^6$ t. Velike su luke i New York, London, Hamburg, Yokohama, Marseille, Genova, New Orleans i dr. Rijeka je naša najveća morska luka sa $\sim 19 \cdot 10^6$ t prometa. Najveće morsko-riječno-jezerske luke nalaze se na sjevernoameričkim Velikim jezerima, a najveće su evropske riječne luke: Duisburg, Strasbourg, Pariz, Linz, Regensburg, Beč i dr. Naša je najveća riječna luka Beograd sa $\sim 5 \cdot 10^6$ t godišnjeg prometa.

Funkcije luka. Uspoređeno s razvojem nacionalnih privreda i svjetskog pomorskog prometa mijenjala se uloga i povećavalo značenje luka u razmjeni dobara. Lučke djelatnosti svrstane su prema svojim bitnim karakteristikama u prometnu, trgovačku i industrijsku funkciju.

Prometna funkcija. Promet je primarna funkcija luke. Luka omogućuje lakši i brži prijevoz robe i ljudi između vodenih i kopnenih nosilaca prometa. Ta lučka funkcija ostala je uglavnom nepromijenjena od najstarijih vremena do danas.

Promet vodenim putem odvija se između dviju luka i najčešće je povezan kopnenim prometom u prometni lanac (sl. 5). Prometni lanac kojim roba teče neprekidno od proizvodača do potrošača naziva se integralnim transportom. Taj se tok može prekinuti (npr. u luci radi presortiranja robe), pa se rastavlja u dva ili više prometnih lanaca (sl. 6). Kad se razmatra funkcija luke u prometnom lancu, treba razlikovati pomorski promet i pomorski saobraćaj. *Pomorski promet* je promjena mjesta robe i ljudi morskim putem, a pod *pomorskim saobraćajem* podrazumijeva se tehnika transporta bez obzira na količinu robe i ljudi. Tako, npr., veliki saobraćaj polupraznim ili praznim prometnim sredstvima daje mali promet.



Prema mjestu odvijanja pomorski se promet može svrstati u dio koji se odvija na moru, dio koji obuhvaća pomorski prijevoz te dio koji se odvija u luci, a koji obuhvaća kretanje robe i ljudi u luci.

U pomorskom prometu sudjeluju naručitelj prometnih usluga, koji naručuje usluge preko posredničkih agencija, brod koji prevozi robu, brodograditelj, koji gradi i održava

brodove, te luke ili pristaništa u kojima se prihvataju brodovi, obavlja prekrcaj tereta i pružaju ostale lučke usluge.

Luka je čvoriste u kojem se sastaju kopneni i vodenii (morski ili riječni) promet. Za ostvarivanje prometne funkcije bitne su pomorske i kopnene veze. Luka u kojoj jedan od ta dva faktora ne zadovoljava potrebe prometa ne može dobro funkcionirati.

Trgovačka funkcija. Postepeno se uz pomorske razvila i trgovačka funkcija luka, jer se u lukama roba ne samo doprema i otprema nego se tu i kupuje, odnosno prodaje. Uvoznik često nabavlja velike količine robe, jer to sniže nabavnu cijenu i pojednostavljuje prijevoz, a prodaje robu u manjim količinama. Tako luke postaju i trgovačka, odnosno distribucijska središta. Ta se funkcija osobito razvila u lukama koje su u sklopu velikih gradova. Svojom trgovačkom funkcijom luka je posrednik u prometu između dva područja koja razdvaja more, odnosno posrednik između proizvodača i potrošačkog područja.

Industrijska funkcija. U prvoj fazi razvoja industrijska je funkcija luka bila usko povezana s trgovackom, a sastojala se u većoj ili manjoj doradi, odnosno preradbi uvezene robe. Tako se industrijska funkcija luke izravno povezivala s trgovackom.

U novije je vrijeme industrijska funkcija luka sve važnija jer su luke postale sve traženja mesta za smještaj različitih industrijskih postrojenja, zato što omogućuju iskorištenje prednosti mora kao najekonomičnijeg prometnog puta.

Nakon brodograđevne industrije, koja je tradicionalna lučka industrij, najprije su rafinerije nafte smještene u lukama pa s njima povezana petrohemidska i kemijska industrija. Najveće se rafinerije nalaze danas u velikim lukama. Prema morskim obalama seli se u novije vrijeme i crna metalurgija, osobito u zemljama koje uvoze željeznu rudu i ugljen. Privlačeći industriju u svoje područje, luke omogućavaju jeftinu dopremu sirovina. Tako su u nekim lukama nastali veliki industrijski kompleksi, osobito oko luka Rotterdam i Antwerpen, u lukama Le Havre-Roven, Marseille-Fos i dr.

Industrijska funkcija izmjenila je vanjski izgled i organizaciju luka. Povećane su lučke površine koje su potrebne za smještaj industrijskih pogona.

Od industrijske funkcije luke treba razlikovati industrijske luke, odnosno industrijske lučke zone, kao viši stupanj industrijske funkcije luke, iako su te dvije djelatnosti usko povezane.

Lokacija luke. Geografski položaj je najvažniji prirodni predvjet koji utječe na odluku o lokaciji za gradnju neke luke i njen dalji razvoj. Zavisnost luke od prirodnih karakteristika danas je, zahvaljujući napretku pomorskog građevinarstva, daleko manja nego što je to bilo u prošlosti, pa se luke često grade bez obzira na prirodnu zaštićenost. Važno je da luka bude što uvučenija u kopno, jer je to s gledišta prometa ekonomičnije.

Od prirodnih svojstava lokacije na kojima se grade luke trebale bi imati potrebnu dubinu mora ili ušća, dovoljnu vodenu površinu (akvatorij), dovoljne površine za kretanje i manevar brodova te ravnu obalnu površinu za izgradnju prometnika, skladišta i ostalih građevina. Zaštita akvatorija od valova, ako ta zaštita nije prirodna, postiže se izgradnjom lukobrana.

Ekonomski je kriterij primaran, pa je bitno da luka bude locirana što bliže glavnim putovima pomorskog prometa (sl. 7).

Dobre kopnene veze sa zaleđem važne su za izbor lokacije luke jer je kopneni promet osjetljiviji i mnogo skuplj od pomorskog. Također je važna blizina područja ili većeg središta koje gravitira luci. Na slici 8 prikazana su gravitacijska područja i tokovi robe prema našim lukama.

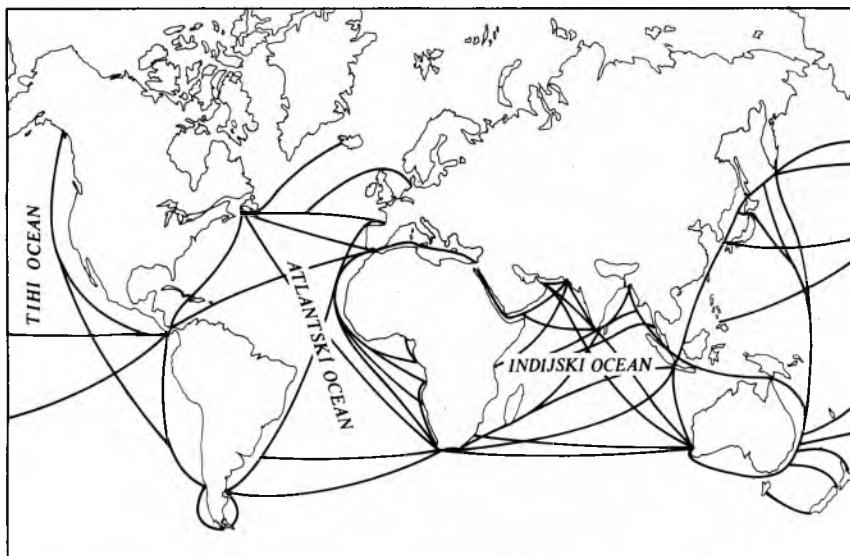
Dakako, na lokaciju luke utječu još i navigacijski, topografski, vojni i drugi uvjeti.

Lučki saobraćajni proces. Područje lučkog saobraćajnog procesa obuhvaća cijeli lučki akvatorij i teritorij, a traje od ulaska broda u lučki bazen do izlaska robe iz luke. U luci se

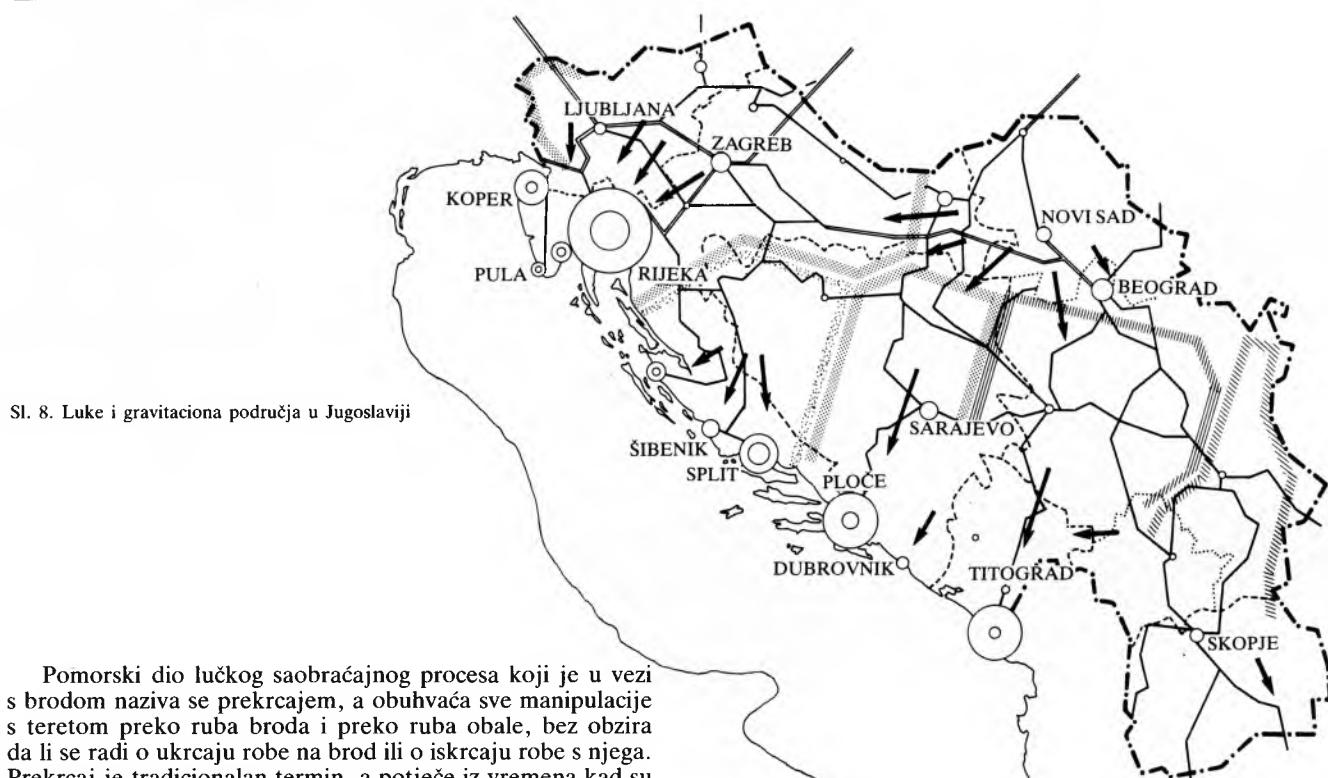
PRISTANIŠTA I LUKE

manipulira teretom pomoću lučke mehanizacije i brodske pretovarne opreme. Nastojanja da se brod što kraće zadržava u luci, što se postiže bržom manipulacijom tereta, potakla su proučavanje i usavršavanje lučkih procesa.

Vanobalni prekrcaj provodi se na sidrištu, izvan zaštićene luke, posebnom mehanizacijom. Tako se često prekrcavaju tekući tereti, najčešće nafta, jer tankeri zbog svoje veličine ne mogu uvijek pristati u zaštićene luke.



Sl. 7. Svjetski pomorski putovi



Sl. 8. Luke i gravitaciona područja u Jugoslaviji

Pomorski dio lučkog saobraćajnog procesa koji je u vezi s brodom naziva se prekrcajem, a obuhvaća sve manipulacije s teretom preko ruba broda i preko ruba obale, bez obzira da li se radi o ukrcaju robe na brod ili o iskrcaju robe s njega. Prekrcaj je tradicionalan termin, a potječe iz vremena kad su se mali brodovi krcali do vrha. Prekrcaj je, uz prijevoz morem, najvažnija karika u pomorskom saobraćajnom procesu. Da bi se što bolje iskoristio brod, posebno je važno da se brod radi prekrcaja što kraće zadržava u luci.

Prekrcaj može biti neposredan i posredan. Prekrcaj je neposredan kad se teret neposredno s broda prekrcava na kopneno ili brodsko prijevozno sredstvo, odnosno kad se s tih sredstava prekrcava na brod. Posrednim prekrcajem naziva se postupak kad teret u luci prekida svoj put.

S obzirom na mjesto prekrcaj može biti obalni i izvanobalni. Kad je prekrcaj obalni, brod je vezan uz operativnu obalu, što je najracionalnije, ili se teret prekrcava preko drugog plovila unutar lučkog akvatorija. Za takav je prekrcaj, osim brodske mehanizacije, potrebna i posebna plovna mehanizacija (plovne dizalice, konvejerski ili pneumatski transportni uređaji i sl.).

Kopneni dio lučkog saobraćajnog procesa nastavlja se na pomorski, a ima sve karakteristike kopnenog saobraćajnog procesa.

Lučki tereti. Transport tereta najveći je dio pomorskog prometa, jer je prijevoz putnika i vozila mnogo manji dio tog prometa. O vrsti i karakteristikama tereta ovisi njegov smještaj na brodu, manipulacija, prekrcaj i uskladištenje u luci.

Osim toga, o vrsti tereta ovisi i tip broda i potrebna lučka mehanizacija. Prema prekrcajnim karakteristikama s obzirom na prekrcajnu mehanizaciju razlikuju se generalni, rasuti i tekući teret.

Generalni teret sastoji se od pojedinačnih komada, a specijalni generalni teret od teških velikih komada s kojima se postupa na poseban način. Prema pakovanju generalni

teret može biti mali, složeni i kontejnerski. Mali generalni teret mora biti dobro pakovan u vreće, sanduke i sl., a masa pojedinog komada iznosi $0,03 \dots 0,05$ t. Generalni teret, složen kao skup malih tereta (kutije, vreće i dr.) u veće jedinice na drvenoj ili metalnoj podlozi standardnih dimenzija, zvanoj paleta, formira jedinicu tereta mase $0,5 \dots 1,5$ t, a oblikovan je tako da se može lakše i brže prenositi (sl. 9). Kontejneri su veliki zatvoreni metalni sanduci u koje se slaze teret i koji se prevoze kamionima ili željezničkim vagonima a njima se manipulira posebnom mehanizacijom (sl. 10).

Rasuti teret može biti sipak, zrnat ili gromadan. On se može prekrcavati posebnom mehanizacijom.

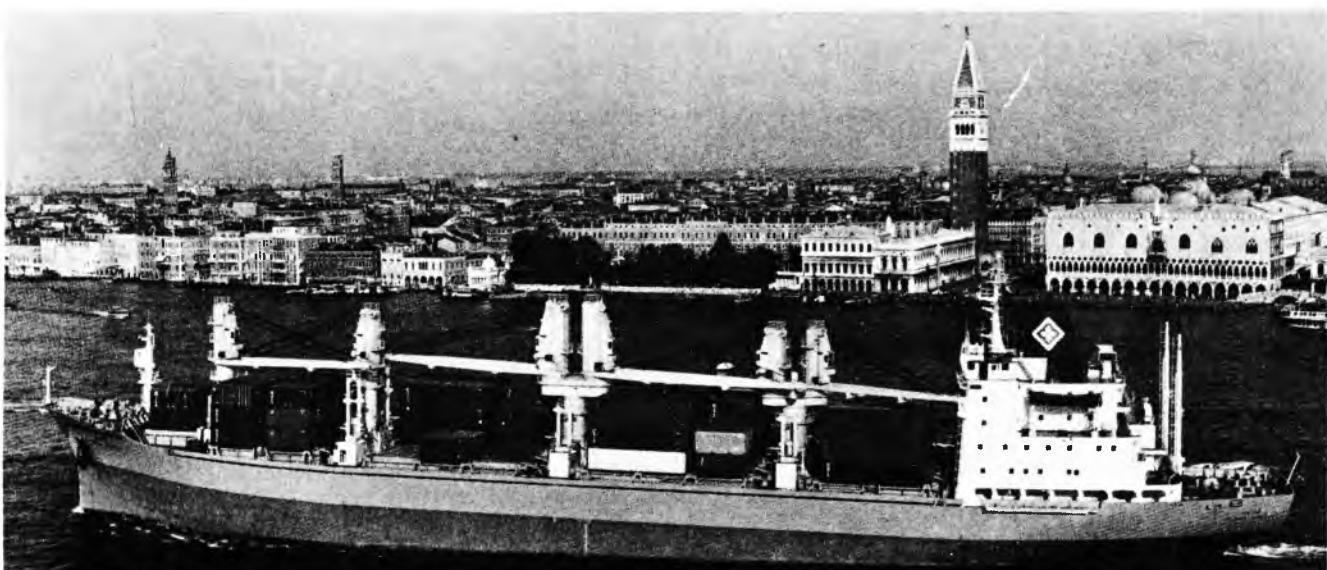
Tekući tereti su nafta i njezini derivati, ukapljeni prirodni plin, jestiva ulja, vino i sl.



Sl. 9. Rukovanje paletama



Sl. 10. Kontejner, kontejnerski traktor i kontejnerski viljuškar



Sl. 12. Kontejnerski brod

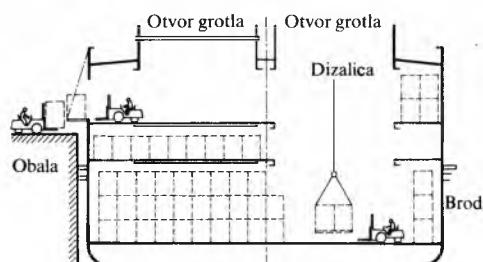
U lukama se prekrcavaju putnici i različiti tereti. Da bi se mogli usporedivati radni efekti prekrcaja u lukama, uvedeni su ekvivalentni koeficijenti pomoću kojih se vrednuju mase tereta, broj putnika i cestovnih vozila tzv. uvjetnim tonama (tabl. 1).

Tablica 1
KOEFICIJENTI ZA PRERAČUN PREKRCAJA
NA UVJETNE JEDINICE

Koeficijenti za teret	
kontejneri	7,0
komadni teret s ambalažom	5,0
tekućine u posudama	4,0
strojevi, cement u vrećama,	
kemikalije pakovane	3,5
metali, drvo	2,5
sol	1,8
ruda	1,4
kameni drobljenac	1,3
ugljen – uvjetna jedinica	1,0
pjesak	0,3
tekućine rinfuzno	0,1
Koeficijenti za putnike	
duge pruge	2,0
srednje pruge – uvjetna jedinica	1,0
lokalne pruge	0,1
Koeficijenti za cestovna vozila	
autobusi	3,0
teretna vozila	2,0
teretne prikolice	1,5
osobni automobili – uvjetna jedinica	1,0
motocikli	0,5

Saobraćajni sustavi. Prekrcaj i transport tereta ovise o vrsti i količini robe.

U pomorskom saobraćaju postoje konvencionalni, paletni, kontejnerski, LASH-sustav, zatim sustavi za rasute i tekuće terete. Svaki sustav prilagođen je karakteristikama tereta (težina, obujam, manipulativnost, vrsta pakovanja i dr.), a neki su sustavi prilagođeni samo jednoj vrsti tereta.

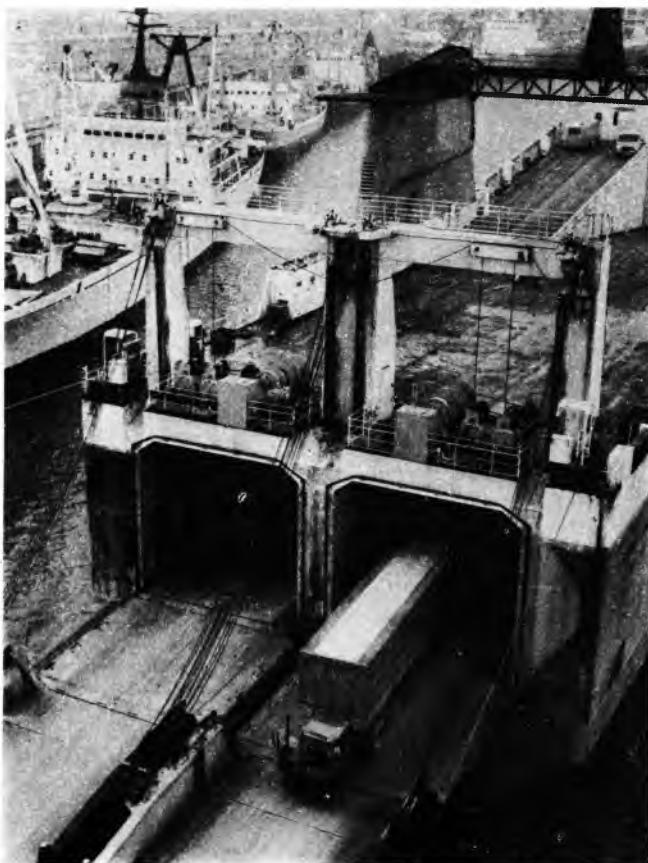


Sl. 11. Shema manipulacije paletama

Konvencionalni sustav primjenjuje se samo na mali generalni teret. Taj se teret prekrcava dizalicama, ručno se slaže u brod ili na kopnena vozila.

Paletni sustav suvremeniji je način manipulacije teretom. Puna paleta osnovna je transportna jedinica. Paleta se izvlači dizalicom ili viljuškarom iz broda (sl. 11). Kad se izvlači dizalicom, paleta se na obali predaje viljuškarima, koji je dalje prevoze.

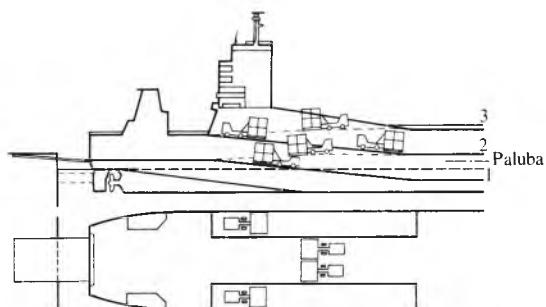
U *kontejnerskom sustavu* kontejner je osnovna jedinica tereta. Upotrebom kontejnera postiže se velika ekonomičnost u sklopu cijelog prometnog lanca. Zbog toga je kontejnerski promet u stalnom porastu. Za primjenu kontejnerskog sustava potrebni su kontejneri, specijalni kontejnerski brodovi (sl. 12) i kontejnerski vezovi ili cijeli terminali, te posebna brodska i lučka mehanizacija. Prednosti su kontejnerskog sustava: povećanje učinka prometnih sredstava (brodova, vagona, kamiona), koncentracija prometa, brže i ekonomičnije pakovanje (ušteda 30...70%), manje oštećenje tereta i veća sigurnost od krađe. Ukupne uštede u troškovima prijevoza mogu iznositi i do 80%.



Sl. 13. Ukrcaj kontejnera, sustav Ro-Ro

Kontejnerski sustav ima nekoliko podsustava. Podsuštav Lo-Lo (*Lift on - Lift off*) služi za prekrcaj specijalnim prekrcajnim tornjevima. U podsustavu Ro-Ro (*Roll on - Roll off*) kontejneri se prekrcavaju automobilskim prikolicama bez dizalica (sl. 13). Za istodobni prekrcaj više kontejnera na specijalnoj niskoj platformi koju vuče traktor (sl. 14) primjenjuje se sustav LUF (*Lift Unit Frame*).

Sustav LASH (*Lighter Aboard Ship*) upotrebljava se za transport svih tereta vodenim putem. Teret se prevozi u specijalnim potpuno zatvorenim plovilima (baržama) pravokutnog tlocrta ($9,5 \times 18,75$ m) s gazom od 2,5 m i nosivosti 380 t. Specijalni brod (LASH-brod) nosi mnogo barži, koje može pojedinačno iskrctati na otvorenom moru (najčešće pred riječnim ili kanalnim lukama malog gaza, sl. 15). Barže se prekrcavaju s broda na vodu okvirnim brodskim kranovima (sl. 16). Tako iskrctane barže potiskivač gura rijekom ili



Sl. 14. Ukrcaj paketa kontejnera, sustav Lift Unit Frame (LUF)



Sl. 15. Iskrcaj barža s LASH-brodom



Sl. 16. Iskrcaj LASH-barža



Sl. 17. Oprema LASH-barža riječnim potiskivačem u rijeku

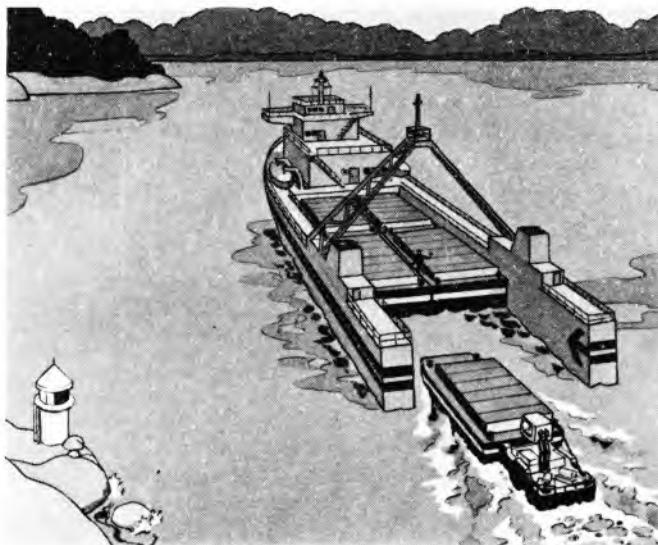
plovnim kanalom do odredišta (sl. 17). LASH-brodovi nose i do 80 barža, plove brzinom od 22 čvora, što uz djelotvoran prekrcaj udvostručuje prometni učinak.

Velike količine rasutog tereta transportiraju se u rasutom stanju ili se takav teret okrupnjuje u bazama ili specijalnim kontejnerima (sl. 18).

Integralni transportni sustav osniva se na krupnim i zatvorenim transportnim jedinicama (kontejneri, barže), koje se prenose u prometnom lancu od dobavljača do korisnika.

Važan je faktor za razvoj luka i njihova lučka mehanizacija, tj. opskrbljenost sredstvima za manipulaciju različitim

vrstama tereta. Od broja i vrste mehanizacije koja se upotrebljava za ukrcaj, iskrcaj, premještaj i uskladištenje tereta mnogo zavisi efikasnost lučkog rada. Opremljenost je mehanizacijom veoma važna u konkurenčkim lukama, jer brodovi daju prednost bolje opremljenim lukama u kojima se brže odvija prekrcaj.



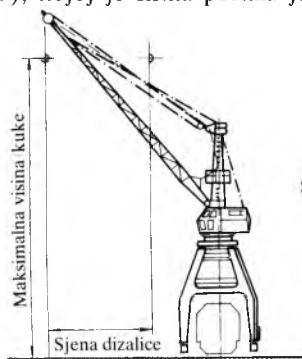
Sl. 18. Sustav prekomorskog prijenosa barža

Prenosilice (v. *Prenosila i dizala*) najveći su dio lučke mehanizacije, jer je prijenos tereta najčešća i najkraća radna operacija tokom prekrcaja. Ostala lučka mehanizacija, osim nekih pomoćnih uređaja (vage, čistilice i sl.), smještena je izvan prostora za prekrcaj. Osnova je djelotvornog rada u lukama oslon na vlastitu mehanizaciju, pa zbog toga, uz skladište rezervnih dijelova, moraju postojati rezervni strojevi i uređaji.

Da bi se mehanizacija uspješno iskoristila, potrebno je odijeliti mehanizaciju za horizontalni prijenos od mehanizacije za dizanje tereta, pa je povoljno da se teret diže samo na jednom mjestu. Sve prenosilice mogu se svrstati u one koje rade periodički i one koje rade kontinuirano. Periodička mehanizacija pogodna je za generalni teret i za manje količine rasutog tereta. Za prekrcaj tada služe dizalice i mostovi, a za kopnene manipulacije specijalni željeznički vagoni i različita cestovna vozila.

Mehanizacija za kontinuirani rad za prekrcaj i transport velikih količina rasutog tereta sastoji se od gumenih ili metalnih horizontalnih i kosih transportnih traka s pretovarivačima za prekrcaj između dva transportna uređaja (v. *Prenosila i dizala*), pneumatskih uređaja za iskrcaj žitarica, a za tekuće terete od cjevovoda s crpkama.

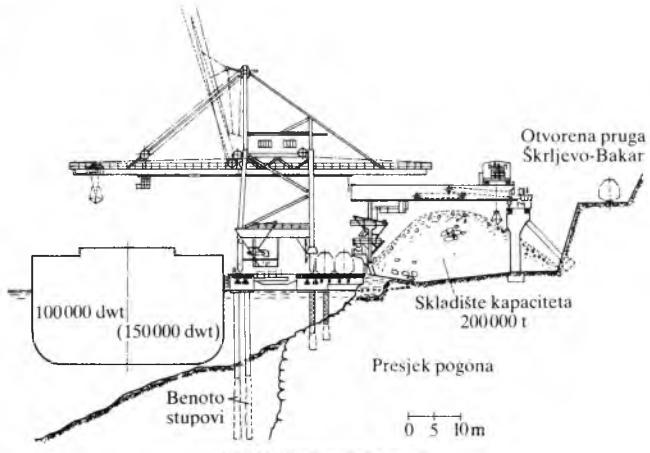
Obalne su dizalice (v. *Prenosila i dizala*) najčešća prekrcajna mehanizacija za vertikalni i horizontalni prijenos generalnih i rasutih tereta. Donji dio obalne dizalice izведен je kao portal da bi se oslobođio dio obale ispod dizalice. Prema rasponu portala dizalica može biti uskopolatalna (sl. 19), kojoj je širina portala jednaka željezničkom gabaritu i



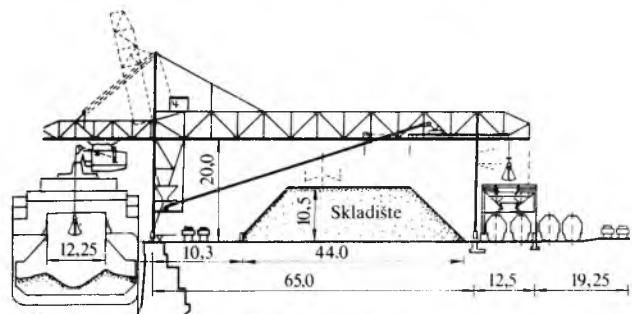
Sl. 19. Obalna uskopolatalna dizalica

cestovnoj traci, i širokoportalna dizalica, koja obuhvaća dva ili više željezničkih kolosijeka ili cestovnih traka.

U specijaliziranim lukama postavljaju se prekrcajni tornjevi, koji se protežu iznad transportnih traka i uredaja za transport rasutih tereta (sl. 20), portejnieri za prekrcaj kontejnera, koji nadsvoduju željezničke kolosijekе i cestovne trake te prekrcajni mostovi (sl. 21), koji mogu imati raspone i do 80 m i koji nadsvoduju prometnice i obalne skladišne površine.



Sl. 20. Prekrcajni toranj



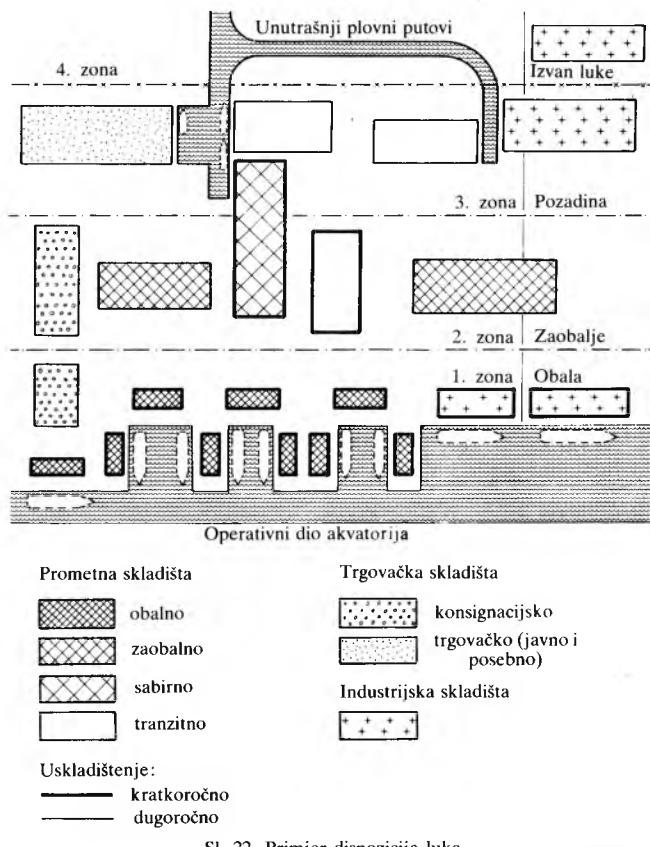
Sl. 21. Prekrcajni most

Lučka skladišta. U skladištima se roba zadržava, prikuplja i eventualno doradjuje (sortiranje, pakovanje i sl.). Lučka su skladišta u osnovi slična ostalim skladištima, ali zbog skućenog prostora, velikih količina robe i brzine obrtaja (kratko zadržavanje robe) imaju neke specifičnosti. U skladištu tokom godine ulazi i izlazi roba, pa, ako se taj ulaz i izlaz prikazuju kronološkim dijagramom, najveća razlika između krivulja ulaza i izlaza daje najveću količinu robe koja je u nekom trenutku bila u skladištu. Pri projektiranju skladišta kapacitet se skladišta odreduje pomoću prognoziranih kronoloških krivulja ulaza i izlaza.

Skladišta u lukama mogu biti prometna, priručna, trgovacka i industrijska. U prometnim skladištima roba se kratko zadržava, pogotovo ako je to tranzitna roba. Priručna skladišta posebna su vrsta prometnih skladišta u koja se spremi roba ako nastane kvar na transportnom uređaju. U trgovackim skladištima roba se dulje zadržava. U njima se roba trgovacki obrađuje (etiketira, važe, pakira i sl.). Manipulacije su u takvim skladištima spore, pa skladišta mogu biti i višekatna. Industrijska skladišta služe industriji smještenoj u luci ili u području koje gravitira luci.

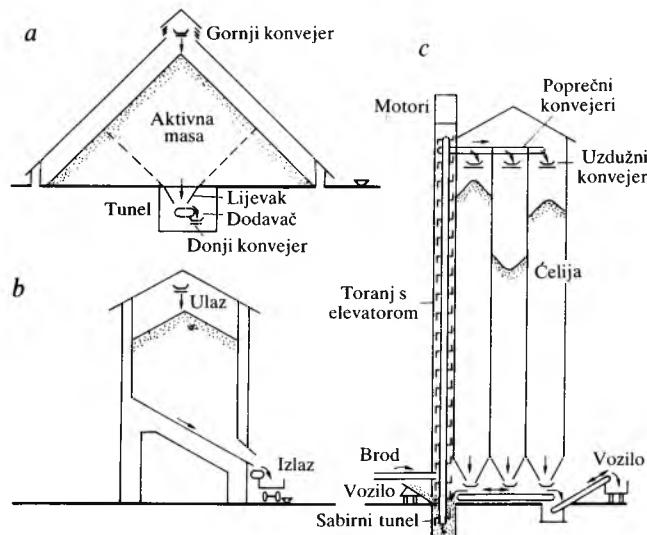
Skup luka ima u principu tri zone: obalnu zonu, zaobalje i pozadinu (sl. 22). Prometna skladišta smještena su u blizini brodova, tj. u obalnoj zoni, trgovacka su skladišta najčešće u zaobalnoj zoni, a industrijska skladišta u pozadinskoj zoni ako se nalaze na području luke. Neka konsignacijska i industrijska skladišta mogu biti smještena i u obalnoj zoni ako postoje odvojeni vezovi za brodove koji dopremaju takvu robu.

PRISTANIŠTA I LUKE



Sl. 22. Primjer dispozicije luke

Uskladištenje. Skladišta u obalnoj zoni primarna su lučka skladišta, jer imaju izravnu vezu s brodovima. Obalna skladišta mogu biti generalna (za sve vrste tereta) i specijalizirana. Specijalizirana lučka skladišta mogu biti otvorena (na slobodnom) i zatvorena (sl. 23 i 24). Za kvarljivu robu grade se hladena skladišta (hladnjake) u kojima se održava snižena temperatura.

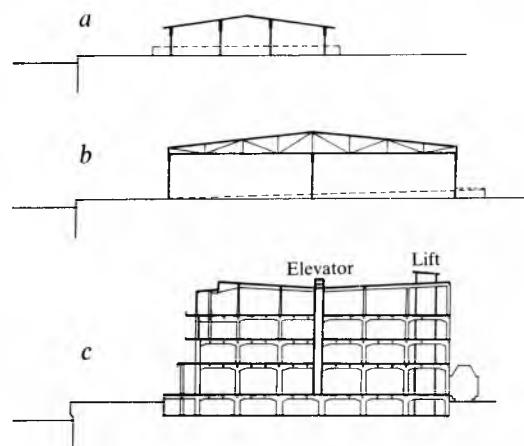


Sl. 23. Zatvorena skladišta za rasute terete: a) podno skladište, b) bunker, c) silos

Zatvoreni prostor potreban je i za uskladištenje nekih rasutih tereta kao što su sol, gnojiva i dr.

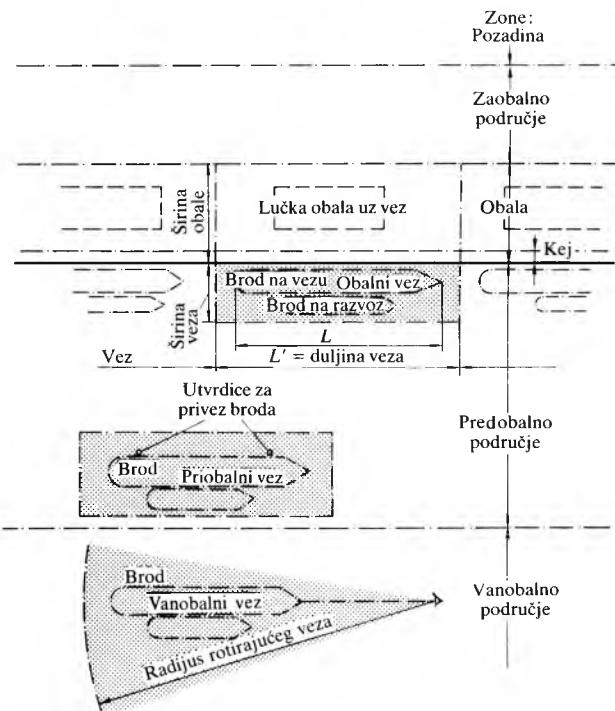
Silosu su skladišta za smještaj različitih vrsta rasutih tereta: žitarica, sjemenja, stočne hrane, cementa, glinice i dr. (v. Silosi).

Tekući se tereti uskladištuju u rezervoarima različitog obujma i oblika.



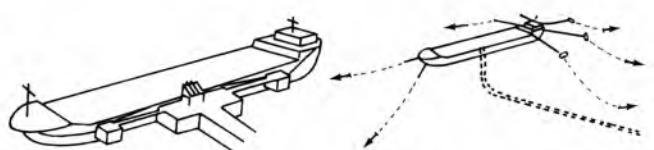
Sl. 24. Obalna skladišta za generalni teret: a) prizemno, b) hangar, c) višekatno skladište

Brodski vez (privezište). To je površina u akvatoriju luke koja je potrebna za smještaj privezanog broda. Prema funkciji vez može biti obalni, kad je brod privezan uz obalu i s njom čini operativnu cjelinu, priobalni, kad je brod privezan u akvatoriju, i vanobalni, kad je brod privezan izvan akvatorija luke (sl. 25).

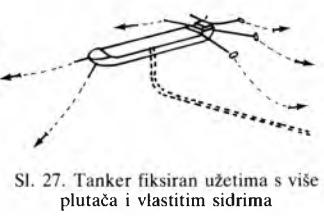


Sl. 25. Brodski vezovi (privezišta)

Vezovi za tankere mogu biti priobalnog tipa (sl. 26). Oni nemaju izgrađeni kontinuirani pristan. Njega zamjenjuju kruti privezišni oslonci s bokobranima. Tanker se pomoću tegljača dovodi do dijela pristupa na kojem se nalazi priključni prekrcajni uredaj od fleksibilnih cijevi za spajanje sa sustavom na tankeru. Obalne cijevi idu preko prilaznog



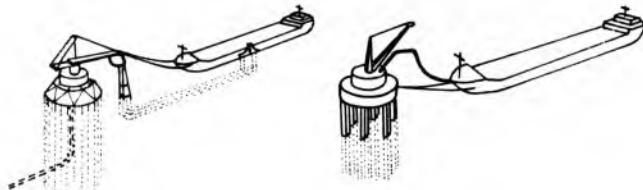
Sl. 26. Vez tankera uz pristan



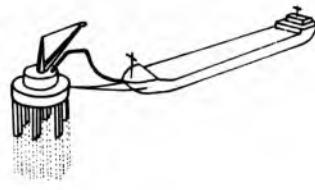
Sl. 27. Tanker fiksiran užetima s više plutača i vlastitim sidrima

mosta do kopna, gdje se nalaze zasuni i crpke koje tjeraju tekuće gorivo u rezervoare na kopnu. Pristupni most služi za pristup lakih vozila tankeru.

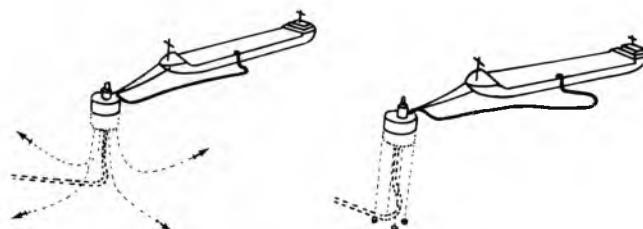
Postoje međutim i vanobalni vezovi pa i terminali za naftu koji su nastali zbog povećanja tankerâ i njihova gaza, zbog čega nisu mogli ulaziti u luke. Tako postoji vez s više plutača (četverovez) u kojem se tanker fiksira užetima s plutača i vlastitim sidrima (sl. 27), toranj za vez s okretnom granom i plutajućim cjevovodom, spojen s brodskim pumpama na sredini broda (sl. 28) ili s viseciim cjevovodom spojenim preko pramca broda (sl. 29), fiksni vez na jednu plutaču usidrenu na uobičajen način dugačkim lancima (sl. 30) ili kratkim vertikalnim lancima vezanim za teške blokove ispod plutače (sl. 31) s cjevovodom od plutače do sredine broda.



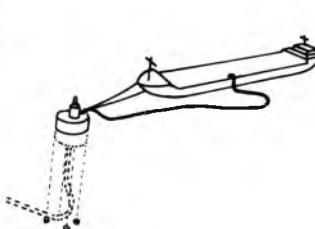
Sl. 28. Toranj za vez tankera s okretnom granom i plutajućim cjevovodom



Sl. 29. Toranj za vez tankera s viseciim cjevovodom



Sl. 30. Fiksni vez tankera na plutaču usidrenu dugačkim lancima

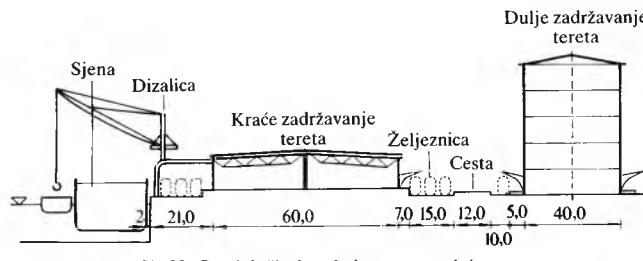


Sl. 31. Fiksni vez tankera na plutaču usidrenu pomoću kratkih lanaca na teške blokove

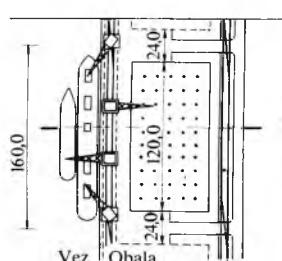
Prekrcaj se može provoditi po svakom vremenu. Brod zauzima, osim u slučaju četveroveza, položaj u smjeru vjetra i valova okrećući se oko plutače.

Operativna obala teritorij je koji pripada jednom vezu. Opća operativna obala ima višenamjensku funkciju, pa služi za generalni i rasuti teret. Opća obala ima samo otvorena skladišta da zgrade ne bi smetale rasutom teretu. Takav tip obale obično imaju manje luke s malim prometom.

Svaka luka, međutim, ima u pogledu dispozicije operativne obale svoje specifičnosti, koje ovise o raspoloživoj površini i vrsti tereta. Na sl. 32 vidi se presjek široke operativne obale

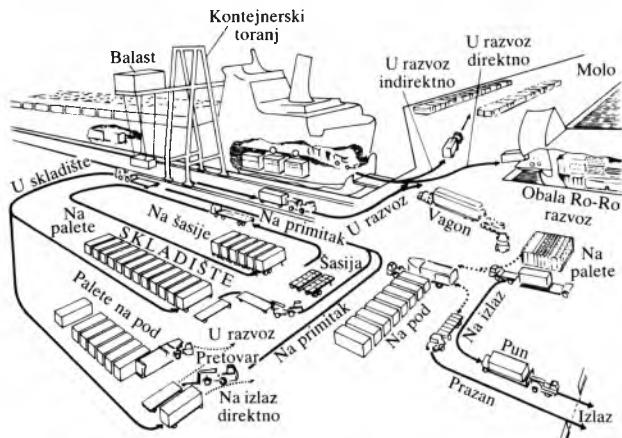


Sl. 32. Presjek široke obale za generalni teret



Sl. 33. Presjek uske obale za generalni teret

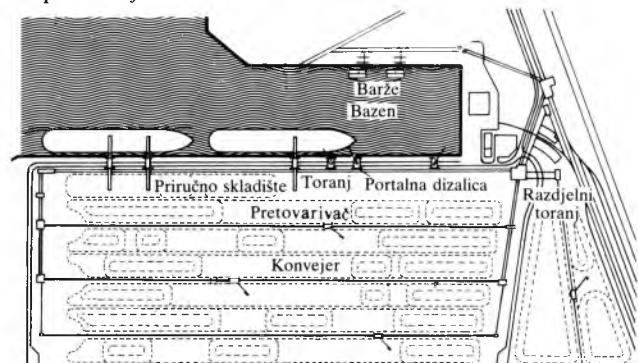
za generalni teret s jakom željezničkom vezom, pa su uz skladišta rampe za utovar u vagone, a na slici 33 prikazana je uska operativna obala za generalni teret s rampom za utovar u vagone na kopnenoj strani. Obala za kontejnerski sustav prometa traži posebnu dispoziciju (sl. 34).



Sl. 34. Pristan za kontejnerski i Ro-Ro teret

Obala za rasute terete potpuno je mehanizirana, najčešće s fiksnom i specijalnom mehanizacijom (specijalne obalne dizalice, transporteri, utovarna mehanizacija, priručna skladišta).

Budući da je iskrcaj komplikiraniji i različit od ukrcaja, mehanizacija i dispozicija obale su različiti. Dispozicija prekrcajne obale na kojoj je moguć i istovar i utovar rasutih tereta obično je tehnološki kompromis, pa se stoga postižu slabiji učinci. Na slici 35 vidi se dispozicija dijela luke Rotterdam za rasuti teret (ugljen). Veliki brodovi iskrcaju teret velikom brzinom na potpuno mehanizirana otvorena skladišta. Neposredni prekrcaj iz brodova u barže, za unutrašnju plovidbu i otpremu ugljena potrošačima, nije moguć, već se teret transportira sa skladišta i ukrcava u barže na posebnoj obali.



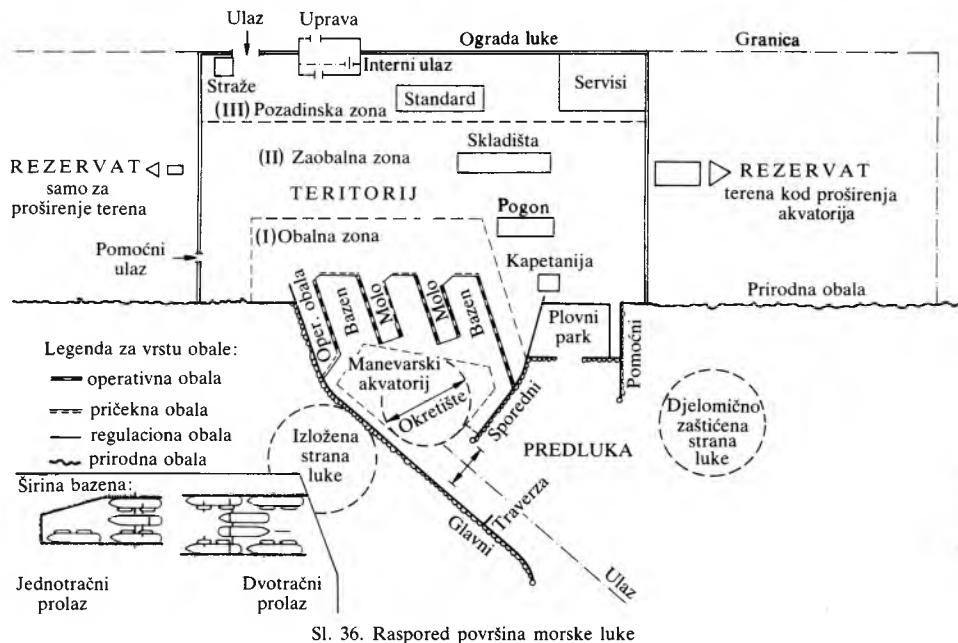
Sl. 35. Specijalna operativna obala za rasute terete u Rotterdamu

Putnički pristani mogu imati uređaje za prekrcaj prtljage, a isto tako i pristanišnu zgradu s mostovima za ukrcaj putnika, čekaonice, carinarnicu, službu sigurnosti, restauracije, prodavaonice i dr.

Dispozicija luke. Operativni prostor luke sastoji se od akvatorija i lučkog teritorija. Akvatorij je unutrašnja zaštićena vodenim površinama luke, a sastoji se od operativnog, pričeknog i manevarskog dijela. Operativni je dio najmirniji dio akvatorija, a u njemu je bazen osnovna jedinica. Pričekni dio služi za brodove koji čekaju na istovar ili na utovar. Manevarski dio akvatorija služi za prolaz brodova iz operativnog dijela prema izlazu iz luke ili s otvorenog mora u operativni dio. U njemu je i okretište brodova. Ulaz u luku odvaja lučki akvatorij od vanjskog plovнog puta. Izvan lučkog akvatorija nalazi se sidrište, a tu je sidrišni vez osnovna jedinica.

PRISTANIŠTA I LUKE

U lukama s velikom plimom i osekom u akvatoriju luke nalazi se lučki dok. To je zatvoren bazen koji je od akvatorija odijeljen prevodnicama da bi se razina vode u bazenu mogla održavati konstantnom. Prevodnice služe za vertikalni transport brodova u zatvorene lučke bazene, slično kao na rijeckama i u kanalima (v. *Plovni putovi*, TE 10, str. 427). Lučki teritorij prostire se uz akvatorij obično usporedno s obalom. On je ogradien i nalazi se pod lučkim režimom i nadzorom. Prilikom gradnje luke obično se računa s proširenjem, pa se predviđene površine i površine za proširenje ogradjuju. Kako je već spomenuto, lučki teritorij obuhvaća obalnu, zaobalnu i pozadinsku zonu (sl. 36). U obalnoj zoni postoje prirodne i izgrađene lučke obale. Prirodne obale najčešće su rezerva za proširenje luke.



Trase operativne obale mogu se protezati po obodu akvatorija u obliku ravnih, lomljenih ili stepeničastih obala (sl. 37).

Kad su trase operativne obale okomito ili koso izbočene u akvatorij, formiraju šire ili uže gatove dijeleći tako akvatorij luke u bazene. Kosi su gatovi povoljniji i za pristajanje brodova i za prilaz željeznice (sl. 38). U zaobalnoj zoni nalaze se skladišta za duže usklađenje i za trgovacku obradbu robe.

U pozadinskoj zoni smještene su pogonske pomoćne zgrade, radionice, servisi, garaže, zgrade za radnike i sl.

MORSKE LUKE I PRISTANIŠTA

Svaka luka ima poseban tlocrt koji je uvjetovan lokalnim uvjetima, pa se luke razlikuju prema položaju s obzirom na kopno, prema pojavi plime i oseke, prema prirodnjoj ili umjetnoj zaštićenosti od valova i struja, prema položaju lukobrana i tipu ulaza u akvatorij.

Prema položaju s obzirom na kopno, luke mogu biti obalne, vanjske, otočne i morsko-riječne. Obalne luke nalaze se neposredno na obali. Takva luka može biti izgrađena nasipanjem u more, kao polunasipana i poluukopana ili potpuno ukopana u kopno s kraćim ili duljim kanalom.

Vanjske luke nalaze se na otvorenoj obali ispred uvučene unutrašnje luke. Služe za prihvat velikih brodova, pa je za njihov prekrcaj potrebna velika površina lučkog teritorija.

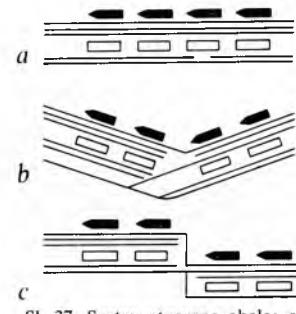
Otočne luke nalaze se na umjetnom otoku, nasipu ili platformi zbog plitke obale (sl. 39). One su najčešće građene za prihvat velikih brodova.

Morsko-riječne luke smještene su na ušćima plovnih rijeka, i to u dijelu gdje se osjeća utjecaj plime i oseke. One

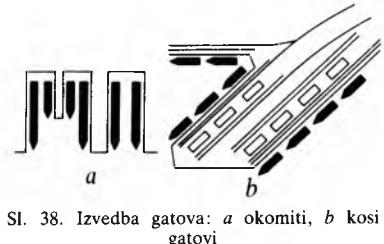
prihvataju morske i riječne brodove u odvojenim ili zajedničkim bazenima (npr. New York).

U područjima gdje amplitudne plime i oseke nisu velike, luka je otvorena, pa akvatorij neprekidno komunicira s otvorenim morem. Ako su, međutim, amplitudne plime i oseke velike, luka ima dokovska vrata, kad je luka malo frekventna, ili brodska prevodnica. Oni luku štite od prevelikih oscilacija razine mora.

S obzirom na zaštićenost od valova razlikuju se luke zaštićene prirodnim položajem, zaštićene građevinama koje dopunjaju prirodu zaštićenost i umjetno zaštićene luke gdje je cijelokupna zaštita postignuta vanjskim građevinama (lukobranima). Stupanj zaštićenosti određuje se prema broju zaštićenih vezova. Bolja zaštita luke postiže se gradnjom



Sl. 37. Sustav otvorene obale: a) ravnateljena, b) lomljena, c) stepeničasta obala



Sl. 38. Izvedba gatova: a) okomiti, b) kosi gatovi

predluke koja je djelomično zaštićen akvatorij ispred glavnog lučkog akvatorija.

Projektiranje pomorsko-lučkih građevina. Za izradbu projekta nove ili proširenje stare luke potrebni su podaci o prometu koji se u luci očekuje te o vrsti robe. Za izradbu tehničkog dijela projekta potrebno je prikupiti hidrografiske, oceanografske, geološke, a i meteorološke podatke.

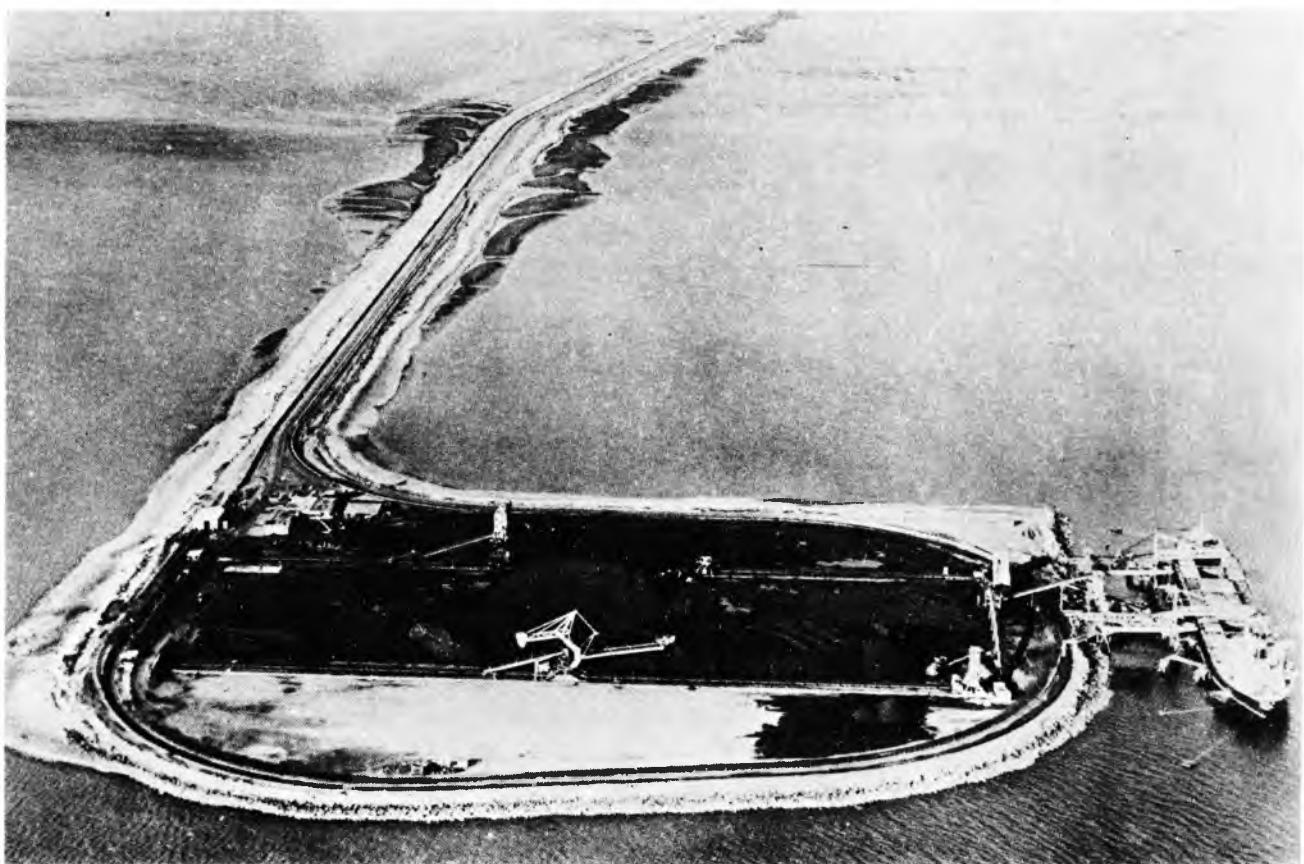
Hidrografski podaci obuhvaćaju reljef obale i morskog dna. Dobivaju se geodetskim i fotogrametrijskim snimanjima. Dubine se mjere lančanom sondom ili ultrazvučnim dubinomjerima (v. *Oceanografija*, TE 9, str. 574).

Oceanografski podaci sadrže dinamička svojstva mora (v. *Oceanografija*, TE 9, str. 577): promjene razine, strujanje, valove i kretanje nanosa. Na Jadranu i Sredozemlju razlike su vodostaja male, pa im se ne pridaje osobita važnost pri projektiranju luke. Na morima s velikim razlikama vodostaja izbor tipa luke ovisi o amplitudi vodostaja.

Motrenje valova svodi se na registraciju visine, duljine i perioda vala. Sila udara vala na pomorsku konstrukciju može se dobiti pomoći mjernih instrumenata ili proračunom. Istraživanja nanosa obuhvaćaju količine i karakteristike nanosa.

Geološki podaci obuhvaćaju sastav i geomehaničke karakteristike tla i nosivosti terena na kojem treba izgraditi lučke građevine. Meteorološki podaci obuhvaćaju vjetrove, oborine, temperature, vlažnost, oblakost itd. Najvažnije je proučavanje vjetrova, njihovog smjera i učestalosti. Pri tome se razlikuju najčešći (učestali), najjači (dominantni) i najrazorniji vjetrovi, koji na određenom položaju imaju najveći efekt (mjerodavni). Isti se nazivi upotrebljavaju i za valove.

Potrebna dubina luke određuje se prema gazu brodova koji će u njoj pristajati. Ona se mjeri prema međunarodno



Sl. 39. Otočna luka spojena s kopnom nasipom duljine 5 km

poznatoj razini niskog mora. Tome treba dodati rezervu za valove, gustoću vode, navigacijsku rezervu, uronuće broda u manevru, vodostaj, zamuljenje i za netočnost iskopa i mjerena.

Lučke pomorske građevine mogu biti vanjske ili zaštitne i unutrašnje koje se nalaze u lučkom akvatoriju.

U zaštitne građevine spadaju lukobrani, valobrani, obaloutvrde i sl. Lukobrani su građevine koje zaštićuju područje luke od valova, struja i nanosa. Oni su najskuplji objekti pomorske gradnje. Valobrani, međutim, štite luku samo od valova. Lukobrani su jednim krajem vezani s kopnom, pa njihova unutrašnja strana može biti operativna. Ako se valobran postavlja potpuno samostalno pred zaljevom ili lukom te u jednim krajem nije vezan s kopnom, ne može biti operativan.

Ulaz u akvatorij luke može biti bočni, jednostrani, ili dvostrani, čelni, nezaštićeni ili zaštićeni (sl. 40). Na slici 41 vidi se luka Casablanca s jednostranim bočnim ulazom.



Sl. 40. Vrste ulaza u akvatorij: a jednostrani bočni ulaz, b dvostrani bočni ulaz, c nezaštićeni čelni ulaz, d zaštićeni čelni ulaz

Određivanje optimalnog smještaja lukobrana i valobrana ovisi o smjeru mjerodavnih valova, ali se to najbolje i najsigurnije utvrđuje ispitivanjem na modelima u laboratoriju. Visina vala h_1 koja se postiže smanjenjem širine ulaza u luku postavljanjem lukobrana određuje se Stevensonovom empirijskom formulom

$$h_1 = h \left[\sqrt{\frac{b}{B}} - 0,027 \sqrt{D} \left(1 + \sqrt{\frac{b}{B}} \right) \right], \quad (1)$$

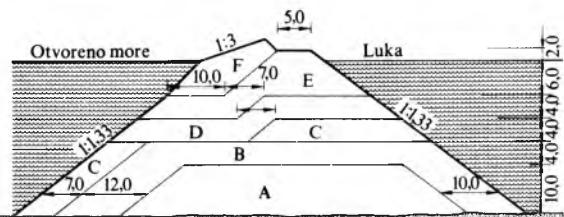
gdje je h visina vala $200 \dots 500$ m ispred luke, b širina ulaza u luku, B širina luke gdje se računa visina vala, a D udaljenost ispitivanog mjesto od ulaza u luku.



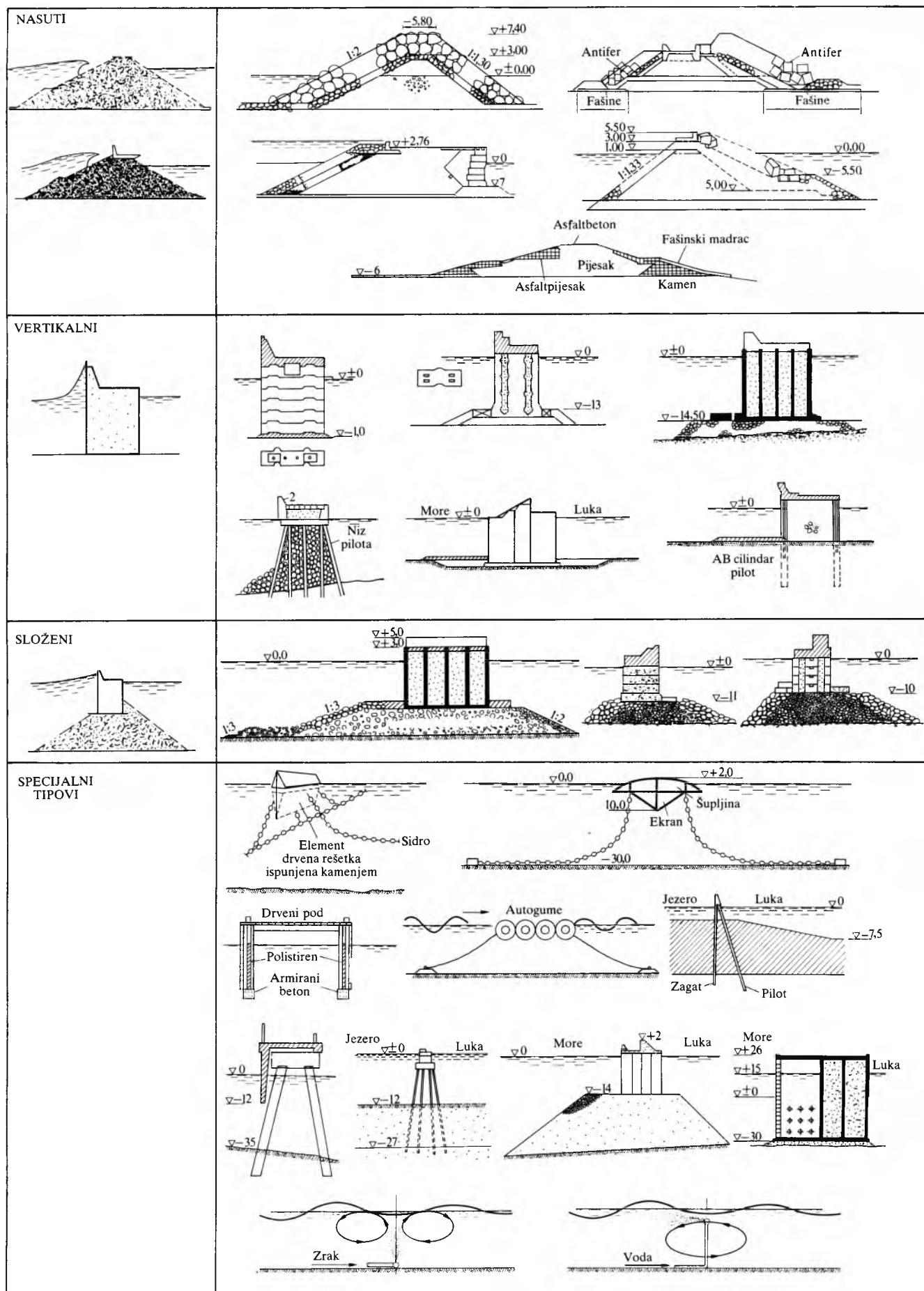
Sl. 41. Luka Casablanca s jednostranim bočnim ulazom

Prema poprečnom presjeku i načinu izvedbe lukobrani i ostale zaštitne građevine mogu biti nasute ili kose (obrambeni kameni nasipi), vertikalne, složene i specijalne. Na sl. 43 prikazani su razni poprečni profili ovih građevina.

Nasute građevine djeluju kao niske obale, pa ne odbijaju valove. One ih razbijaju i postepeno im smanjuju energiju. Te se građevine sastoje od jezgre od sitnijeg kamena s jednim ili više zaštitnih slojeva krupnijih kamenih ili betonskih



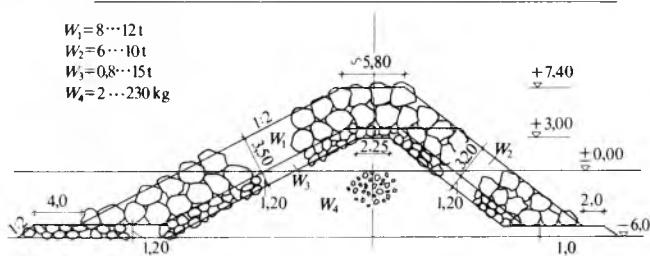
Sl. 42. Lukobran od biranog kamena: A kamena sitnica, šljunak i pjesak, B kamenje 3...100 kg, C kamenje 100...1300 kg, D kamenje 1300...4000 kg, E kamenje s više od 4000 kg, F kameni blokovi od 33000 kg



Sl. 43. Lukobrani i valobrani

blokova (sl. 42). Idealizirani presjek nasutog lukobrana s više slojeva vidi se na slici 44.

Pri projektiranju potrebno je odrediti visinu i širinu krune nasipa te pokos i težinu zaštitnih blokova. Visinu krune, da ne bude prelijevanja, određuje maksimalno penjanje vala uz pokos nasipa. Ona ovisi o nagibu konstrukcije, dubini vode i nagibu dna ispred konstrukcije, karakteristici vala te o hravavosti i poroznosti konstrukcije. S obzirom na mnoge varijable nema opće prihvatljivog izraza za određivanje visine krune, a u literaturi se mogu naći različiti dijagrami za određivanje te vrijednosti. Približna visina krune za hravav pokos iznad razine visoke vode iznosi $1,5 h$, gdje je h visina maksimalnog vala.



Sl. 44. Nasuti lukobran s vanjskim oblogom od betonskih blokova (Limassol, Cipar)

Širina krune nasipa ovisi o dopuštenom prelijevanju. Ako ono nije dopušteno, širina bi krune trebala iznositi $(1,4\cdots 2,0)h$, ali ne manje od širine triju blokova. No, ta bi širina trebala biti tolika da omogućuje kretanje i rad mehanizacije potrebne za gradnju.

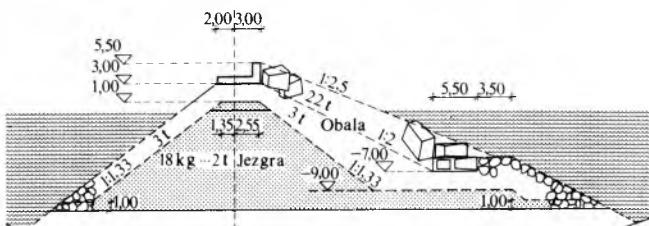
Obično se iznad kamenog nasipa izgrađuje betonska kruna od lijevanog betona. Ta kruna ispunjava šupljine gornjeg sloja kamene strukture i stvara velike monolitne blokove teške više stotina tona. Tako se ojačava i povisuje konstrukcija i omogućuje kretanje mehanizacije potrebne za gradnju i održavanje. Kruna može imati i masivan zid, koji će potpuno zaštiti unutrašnju stranu lukobrana (sl. 45).

Potrebitna masa kamenih ili betonskih blokova u nabačaju ovisi o više faktora od kojih su najvažniji: visina vala, kut pokosa, duljina i brzina gibanja vala, dubina vode pred lukobranom te gustoća bloka.

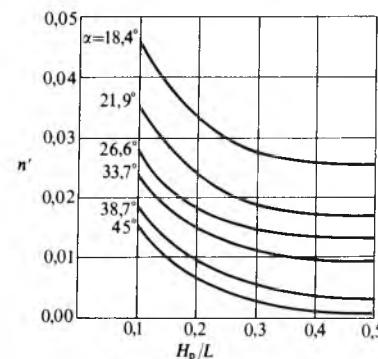
R. Y. Hudson je na osnovi mnogih laboratorijskih ispitivanja predložio tzv. modificiranu Iribarrenovu formulu za minimalnu masu bloka obloge pokosa:

$$m_{\min} = \frac{n' h^3 \varrho_k \mu^3}{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\varrho_k - \varrho_v)^3}, \quad (2)$$

gdje je h visina vala, ρ_k gustoća blokova, ρ_v gustoća vode, μ koeficijent trenja ($0,78 \dots 1,28$), a n' koeficijent koji ovisi o kutu nagiba, te o omjeru dubine H_p nad posteljicom i duljine vala L (sl. 46). Ipak se najsigurniji rezultati dobivaju ispitivanjem na modelu gdje se poprečni presjek lukobrana u mjerilu izlaže djelovanju valova, pa se dobiva veličina valova koju lukobran može izdržati i oštećenja kakva mogu nastati.

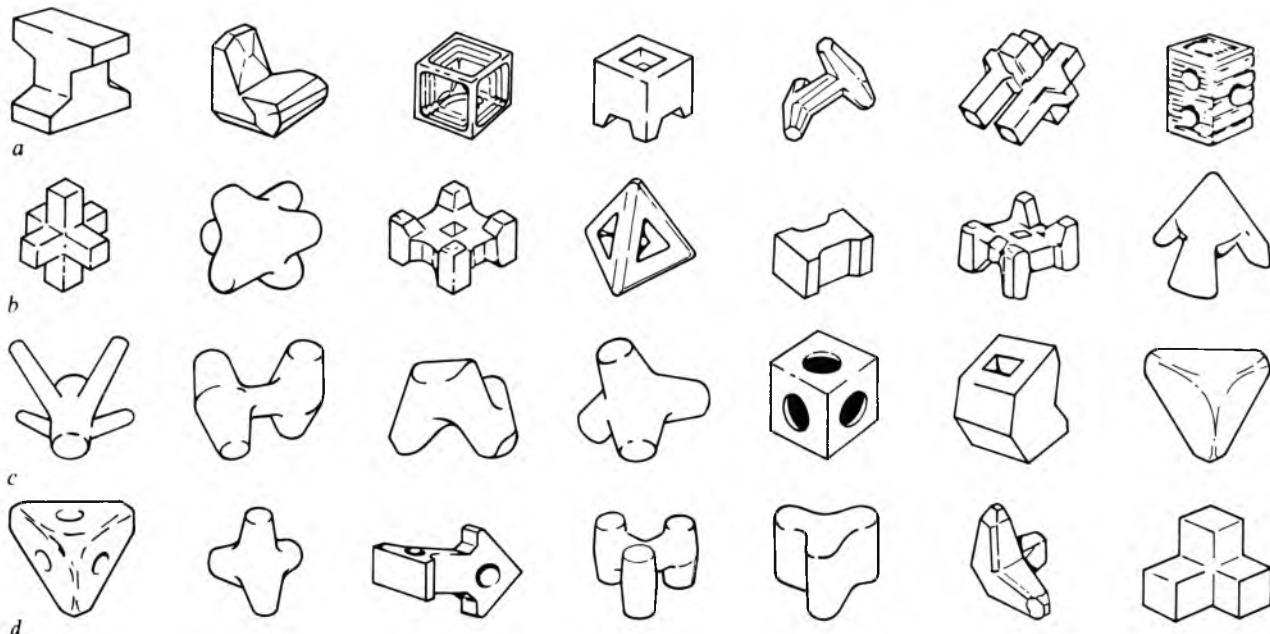


Sl. 45. Operativni lukobran široke opale (Sekondi, Ghana)



Sl. 46. Hudsonov dijagram za modificiranu Iribar-renovu formulu (2)

Ukoliko se iz kamenoloma ne mogu dobiti blokovi potrebnih dimenzija, oni se izrađuju od betona. Oblikovanjem betonskih blokova može se postići veća stabilnost, hrapavost, šupljikavost obloge i uklještenost, čime se donekle smanjuje njihova masa i kompenzira veća cijena betona od kamena. Mnogo se različitih tipova specijalnih betonskih elemenata upotrebljava za zaštitne slojeve lukobrana (tetrapod, tribar, stabit i akmon, sl. 47).



Sl. 47. Različiti zaštitni betonski elementi: *a* tetrapod, *b* tribar, *c* stabit, *d* akmon

PRISTANIŠTA I LUKE

Pokosi lukobrana izvedeni takvim elementima odlikuju se dobrim uklještenjem i imaju mnogo šupljina, koje su vrlo važne za apsorpciju energije vala. Za sve takve elemente postoje preporuke pronalazača za izradbu i postavljanje.

Debljina sloja blokova trebalo bi da iznosi

$$d = 3 \sqrt[3]{\frac{m_{\min}}{\rho_k}} \quad (3)$$

i da u sloju budu najmanje dva bloka.

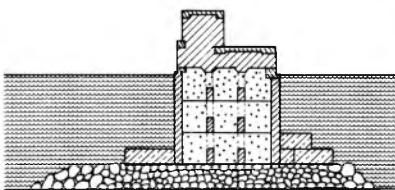
Prednosti su nasutih lukobrana, odnosno valobrana: val se odbija stalno od građevine i ne stvara se ispred ulaza val dvostrukog visine, već se prolazom kroz masu kamenog nabačaja prigušuje; pri ulazu u luku valovi se ne povećavaju zbog sudara s reflektiranim valovima; nejednoliko slijeganje građevine ne oštećeće građevinu i ne umanjuje njenu stabilnost i efikasnost; naknadni popravci ili nadopune kamenog nabačaja lako se izvode; zahtjevi nosivosti temeljnog tla nisu veliki, aako se pokaže da je nosivost tla premala, slab se materijal može izbagerovati, pa se postavi temeljni jastuk od pijeska. Mana je takvih građevina što s povećanjem visine obujam potrebnog materijala brzo raste.

Vertikalni tip lukobrana zahtijeva čvrsto tlo. Na dubinama većim od 10 m vertikalni je zid obično jeftiniji od nasipa. Ako je dno pred lukobranom dublje od neke granične vrijednosti, uz zid se stvara stojeci val dvostruko viši od nadolazećeg vala. Ako je dubina vode manja od te vrijednosti, val se lomi. Stabilnost se zida računa s obzirom na razliku tlakova mirne vode u luci i povećanog, odnosno smanjenog tlaka izvan luke.

Cisti se tip vertikalnog lukobrana rijetko primjenjuje, jer, osim kad se zid izrađuje od kalupnog betona, vertikalni zid lukobrana najčešće leži na temelnjom kamenom nasipu, pa time prelazi u mješoviti tip lukobrana.

Teško je povući točnu granicu između vertikalnog i mješovitog tipa jer je skoro uvek vertikalni tip fundiran na kamenoj posteljici. Ako je visina kamene posteljice velika zbog povećanja dubine vode, takav se tip naziva mješovitim ili kombiniranim. Za taj tip vrijedi ono što je već navedeno za nasute, odnosno vertikalne tipove. Visina vertikalnog dijela mora biti jednaka ili veća od spomenute granične vrijednosti da bi se izbjeglo djelovanje razbijenog vala, ispiranje i odnošenje nasutog materijala, a s time i podlokavanje samog zida. Za izgradnju zaštitnih građevina vertikalnog i mješovitog tipa upotrebljavaju se zidovi od punih blokova, šupljih blokova, ciklopskih blokova, kalupnog zida, plutajućih kesona i stijene od žmurja.

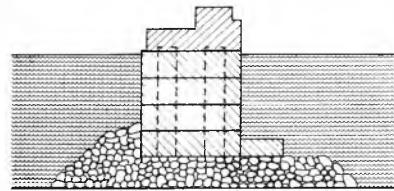
Pri gradnji zidova od punih blokova upotrebljavaju se blokovi različitih dimenzija. Prije polaganja blokova dno se mora poravnati. Rad se može izvoditi sa samog lukobrana kopnenim ili s mora plovnim dizalicama. Blokovi mogu biti položeni u vertikalnim kolonama, preklopno ili u kosim kolonama.



Sl. 48. Vertikalni lukobran sa šupljim blokovima

Šuplji (celularni) blokovi slažu se u vertikalne kolone, a zatim se ispunjavaju betonom. Tako se dobivaju monolitni blokovi veoma velikih dimenzija (sl. 48). Ciklopski blokovi mase do 300 t (sl. 49) upotrebljavaju se kad se raspolaže dizalicama većeg kapaciteta. Ciklopski se blokovi razlikuju od šupljih time što prvi imaju mnogo manje šupljine i služe uglavnom da povežu blokove u monolitne vertikalne kolone. Kako su ciklopski blokovi teži, građevina je, dok blokovi još nisu povezani ispunom, stabilnija, što je osobito važno na izloženim položajima. Ciklopski blokovi brže se ispunjavaju.

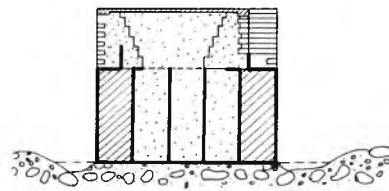
Zidovi od kalupnog betona lijevaju se na mjestu u kalupe, a primjenjuju se samo na malim dubinama. Tako su se kad se nije raspolaгало jakim dizalicama dobivali vrlo teški, masivni blokovi. Beton se ugrađivao u kalupe posebnim posudama, pa je mnogo cementa voda ispirala. Poslije je uveden sistem betoniranja pomoću stacionarnih cijevi (sistem *Kontraktor*). Cijev ostaje stalno u betonu, tako da samo gornja površina betona dolazi u dodir s vodom, dok svježi beton koji dolazi kroz cijev potiskuje već izliveni beton prema gore. Betonska masa za takvo betoniranje mora biti što plastičnija s velikim udjelom cementa uz eventualni dodatak plastifikatora, a bolje je upotrijebiti šljunak nego tučenac. Stacionarna je cijev uvek ~ 1 m u betonu, a skraćuje se prema napretku betoniranja.



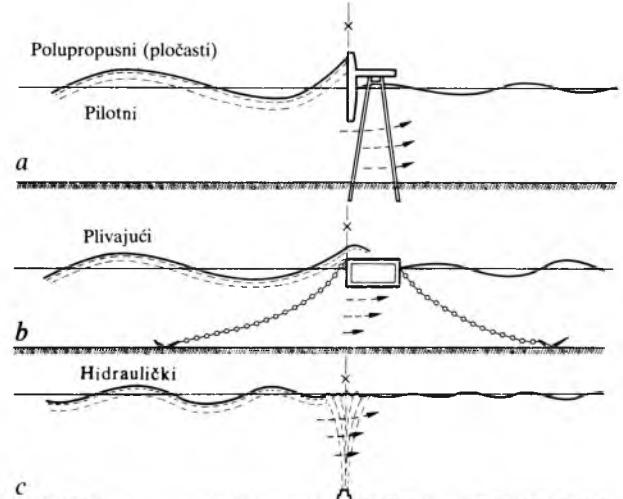
Sl. 49. Vertikalni lukobran sa ciklopskim blokovima

Podvodno betoniranje može se veoma uspješno vršiti tzv. *Prepakt*, *Kolkret* ili sličnim sustavom. Postupak se sastoji u tome što se pripremljeni i zabrtvleni kalup za podvodno betoniranje potpuno ispuni krupnjim šljunkom, a zatim se kroz već prije postavljene cijevi ubrizgava cementni mort koji se sastoji od cementa, pijeska, plastifikatora i vode. Takav mort ima svojstvo, kao i mortovi za injektiranje, da ostaje homogen do momenta vezivanja. Tim se postupkom betoniranje ubrzava i svodi na proizvodnju i ugrađivanje morta.

Plutajući su kesoni (sl. 50) armiranobetonski sanduci koji se izrađuju na navozima, na suhim ili na plutajućim dokovima. Oni se spuštaju u more kao brodovi. Mogu se izradivati djelomično na kopnu, a zatim dok plivaju dovršiti. Kesoni su obično dugačak 15–30 m, a širina se određuje statičkim proračunom. Uzdužnim i poprečnim pregradama kesoni su



Sl. 50. Plutajući kesoni



Sl. 51. Polupropusni (a), plivajući (b) i hidraulički (c) lukobrani

podijeljeni u više pregrada. S mesta gdje se izgrađuju, kesoni se tegle na mjesto ugrađivanja. Potapaju se na prethodno dobro pripremljenu podlogu. Iz potopljenog se kesona postepeno ispumpavaju pojedini odjeljci i ispunjavaju se betonom ili pijeskom. Kesoni se mogu izraditi neprekidno, a potapaju se pri mirnom moru, pa gradevinu vrlo brzo izrasta. Statički je račun jednak kao i za armiranobetonske konstrukcije s različitim kombinacijama hidrostatskog tlaka.

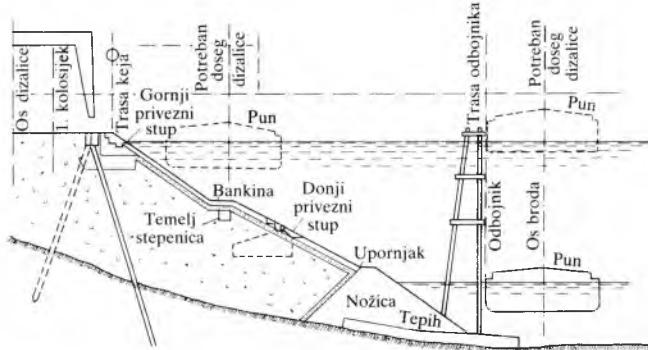
Celično se žmurje može upotrijebiti tako da se na određenom razmaku zabiju dvije paralelne stijene, a šupljine se između njih ispune kamenom ili pijeskom, ili se zabiju povezane cirkularne čelije pa se one ispune.

Treba još spomenuti plivajuće lukobrane koji se češće upotrebljavaju za manje sportske lučice na vodama gdje nema većih valova (sl. 51).

Unutrašnje lučke građevine. U lučkom akvatoriju nalaze se obale, kejovi i gatovi različitih oblika i dimenzija, privezni oslonci, dokovi, prevodnice i plutavače.

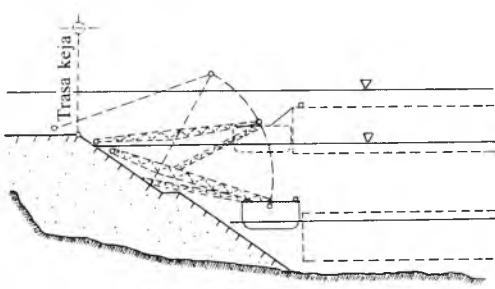
Pristani (obale, kejovi) i gatovi sastoje se od obalne konstrukcije koja služi za naslon i vezivanje brodova, za pridržavanje terena za smještaj obalne mehanizacije i instalacija te za skraćenje prekrcajne udaljenosti.

Obalna konstrukcija može biti kosa i vertikalna.



Sl. 52. Kosa obalna konstrukcija

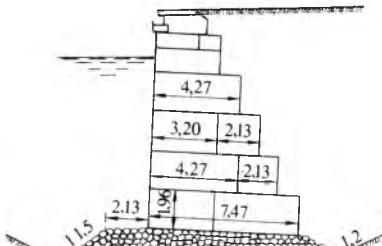
Kad je obalna konstrukcija kosa, brod se ne može primaknuti obali (sl. 52). Pokos je obložen kamenim ili betonskim elementima radi zaštite. Među takve obalne konstrukcije spadaju i pontonski pristani (sl. 53).



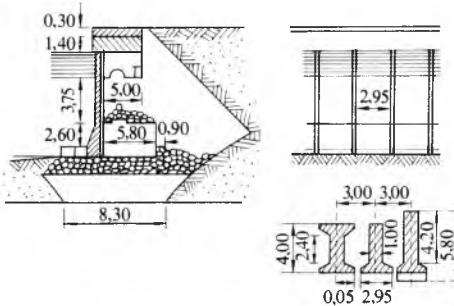
Sl. 53. Pontonski pristani

Vertikalne obalne konstrukcije izvode se kao gravitacijski obalni zidovi, obalne stijene i kao konstrukcije na pilotima (v. Piloti, TE 9, str. 280). Gravitacijski zidovi svojom težinom preuzimaju horizontalne sile potiska zemlje i sile na bitvama, pa se i proračunavaju kao potporni zidovi. Obalne stijene lagane su konstrukcije koje preuzimaju horizontalne sile kao konzolni nosači uklješteni u teren (samo za vrlo male dubine) ili ih preko zatega predaju usidrenjima. Obalne stijene s jednim ili više usidrenja mnogo se primjenjuju; povoljne su za slabo nosive terene, a jeftinije su od masivnih konstrukcija. Konstrukcije na pilotima su oslonjene na pojedinačne potpore (pilote, stupove, kolone) koje stope samostalno ili su međusobno povezane. Prednost im je veoma malen potisak zemlje. U odnosu na obalu mogu biti uzdužne i poprečne.

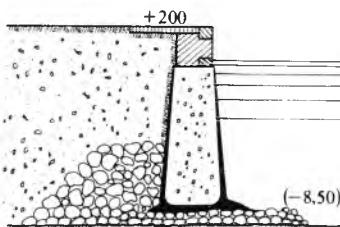
Gravitacijski obalni zidovi grade se od pretfabriciranih betonskih blokova (sl. 54). Profil zida i dimenzije blokova određuju se statičkim proračunom. Blokovi se slažu dizalicama vertikalno ili koso u kolonama ili preklopno. Osim blokova u obliku paralelepipađa mogu se upotrijebiti i fazonski blokovi presjeka u obliku slova T i I (sl. 55). Takvi su blokovi ekonomičniji. Kad terenski uvjeti odgovaraju, mogu se postaviti i sidra. Zidovi od kalupnog betona rade se kao zaštite građevine. Plutajući kesoni za unutrašnje gradevine izrađuju se i postavljaju po istom principu kao i za zaštitne objekte. Razlikuju se samo oblikom i dimenzijama (sl. 56).



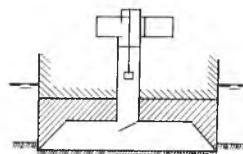
Sl. 54. Obalni zid od betonskih blokova



Sl. 55. Obalni zid od blokova u obliku slova T i I



Sl. 56. Obalni zid od plutajućih kesona



Sl. 57. Pneumatski temeljeni obalni zidovi

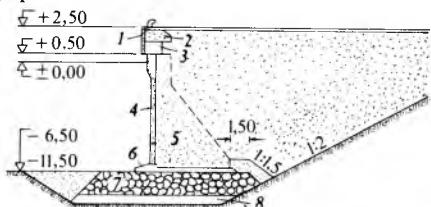
Upotrebom pneumatskih temeljnih obalnih zidova dopire se do nosivog tla pod zaštitom komore (kesona) iz koje se komprimiranim zrakom istiskuje voda (sl. 57). Radnici pod zaštitom kesona rade u suhom i iskopavaju materijal na kojem leži komora, pa ona svojim oštrim vijencem prodire u teren. Iskopani se materijal otprema na površinu kroz spojna okna i međukomore. Kesoni se izrađuju od armiranog betona ili čelika. Presjek je četverokutan ili kružni. Kesoni se proračunavaju prema propisima za armiranobetonske konstrukcije. Obično se paralelno s potkopavanjem kesona gradi i zid na njegovo gornjoj strani.

Na istom principu rade i ronilačka zvona. Jedina je razlika što se ona ne ugrađuju u konstrukciju, nego služe samo kao radna komora. Zvona se upotrebljavaju ako se teren probija na manju dubinu, a osobito su pogodna za konstruktivne iskope hridi.

Kad su obalni zidovi temeljeni na bunarima, do nosivog se tla dolazi otvorenim okvirom okruglog, eliptičnog ili četverokutnog presjeka, koji se oštrim donjim rubom ukopava u zemlju i sprečava jači prođor vode u radnu komoru. Taj je sustav osobito povoljan za izgradnju obalnih zidova koji se

grade unutar prirodne obalne linije na suhom. Upotrebljava se za vezana i nevezana tla. Materijal se iz bunara kopan je mehanički i ručno. Kako se materijal iskopava, bunar prodire u teren, a na gornjem se kraju nadograduje. Kad se postigne potrebna dubina, bunar se djelomice i potpuno ispuni betonom. Razmak je između dvaju susjednih bunara obično $\sim 1,0$ m, ali se poslije i taj međuprostor ispuni betonom.

Armiranobetonske obale presjeka u obliku slova L s rebrom (sl. 58) polažu se na dobro poravnana podlogu od kamenog nabačaja. Težina nasipa na temeljnoj ploči daje konstrukciji potrebnu stabilnost.

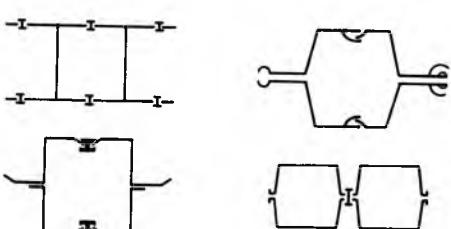


Sl. 58. Armiranobetonska obala presjeka u obliku slova L. 1 zaštitna ploča, 2 betonska poklopница, 3 armiranobetonski zaglavak, 4 prednja ploča, 5 rebro, 6 temeljna ploča, 7 kamena posteljica, 8 šljunčani filter

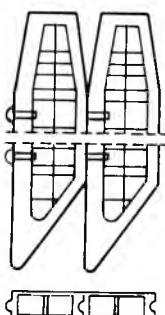
Obalne stijene se izrađuju od drva, čelika i armiranog betona. Upotrebljava se žmurje, stupovi sa žlijebom i platicama, stupovi presjeka u obliku slova T tipa Coignet-Ravier, te dijafragme. Žmurje može biti čelično, armiranobeton-sko i drveno. Čelično se žmurje najčešće upotrebljava. Gotovo svaki proizvodač ima svoj tip za koji daje potrebne upute i statičke vrijednosti (sl. 59). Razlikuju se prema položaju spoja, visini profila, jačini zida itd. Svaki se sustav izrađuje u različitim dimenzijama za različita opterećenja. Za jako opterećene stijene može se upotrijebiti žmurje sandučastog profila (sl. 60). Šupljine se poslije pobijanja ispune betonom. Armiranobetonško žmurje obično je pravokutnog presjeka. Teže se pobija od čeličnoga, pa se često primjenjuje ispiranje (sl. 61).



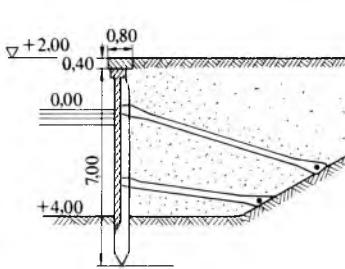
Sl. 59. Vrste čeličnog žmurja



Sl. 60. Žmurje sandučastog profila



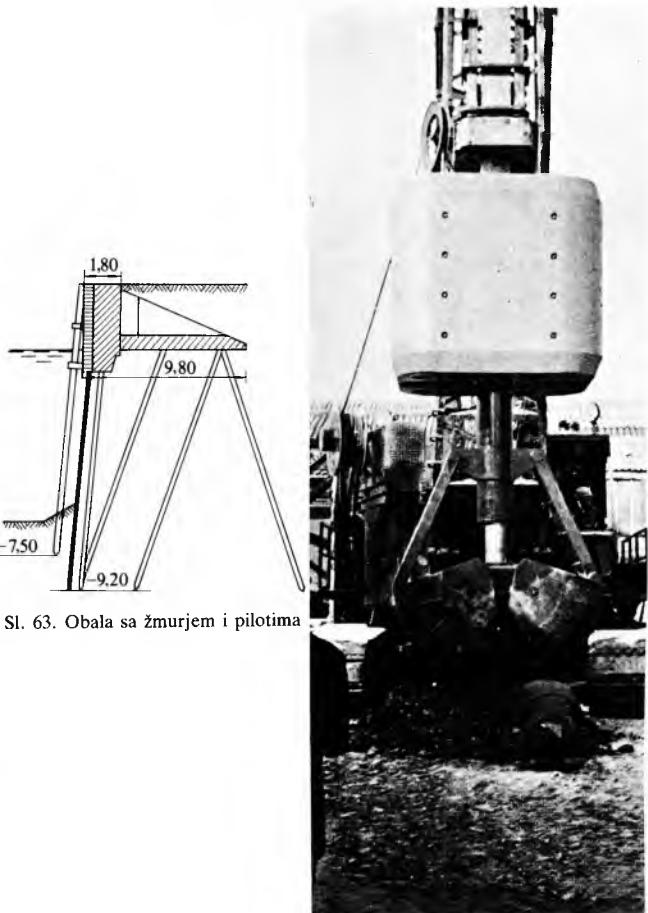
Sl. 61. Armiranobetonsko žmurje



Sl. 62. Obalna stijena s pilotima i platicama

Obalne stijene od stupova na određenom razmaku sa žlijebovima u koje se kasnije umeću platice i stupovi presjeka u obliku slova T, tip Coignet-Ravier (sl. 62), također se grade.

Složeni tip kombinacija je žmurja i pilota. Vertikalni piloti preuzimaju vertikalne sile, a kosi služe kao usidrenje i preuzimaju kose, odnosno horizontalne sile sa žmurja. Žmurje se može nalaziti na prednjoj strani konstrukcije pa su tada piloti zaštićeni, ali je obujam nasipa i duljina žmurja veća (sl. 63). Ako je žmurje iza konstrukcije, ono je kraće i potreban je manji obujam nasipa, ali su piloti slobodni.



Sl. 63. Obala sa žmurijem i pilotima

Sl. 64. Postrojenje za iskop dijafragme

Dijafragme za izvedbu obalnih stijena upotrebljavaju se u novije vrijeme (razvijena je upotreba u zadnjih petnaestak godina). Takva izvedba omogućuje izradbu armiranobeton-skih zidova sa zategama s površine do znatnih dubina. Takva je izvedba povoljna osobito za radove u ušćima rijeka, u aluvijalnim nanosima, pijesku, glinama i sličnim materijalima. Radovi se izvode posebnim uskim grtalcima velikog zahvata kojima se uz pomoć betonitne isplake kopa jarak širok $80 \dots 120$ cm i dug $200 \dots 400$ cm. Iskop je ispunjen isplakom i dubok do 50 m. Nakon iskopa polaze se armatura, a zatim se pomoću kontraktorske cijevi betonira i postavljaju se sidra. Radi se naizmjениčno svako drugo polje, a zatim se popunjuju ispuštena polja. Grtala mogu biti za iskop pravokutnog jarka ili posebne izvedbe za iskop presjeka u obliku slova T (sl. 64). Na slici 65 vide se dva presjeka obale izvedene pomoću dijafragme.

Podmorski i nadmorski dijelovi obale grade se na suhome, a zatim se bagerima iskopa tlo ispred obale na potrebnu dubinu. Premda je taj postupak nov, uspješno je primijenjen za izgradnju obala, dubine 12–18,5 m, u Velikoj Britaniji, Francuskoj, Italiji i u Iranu. Postoji mogućnost da se primijeni i u nas u daljoj izgradnji luke Ploče.

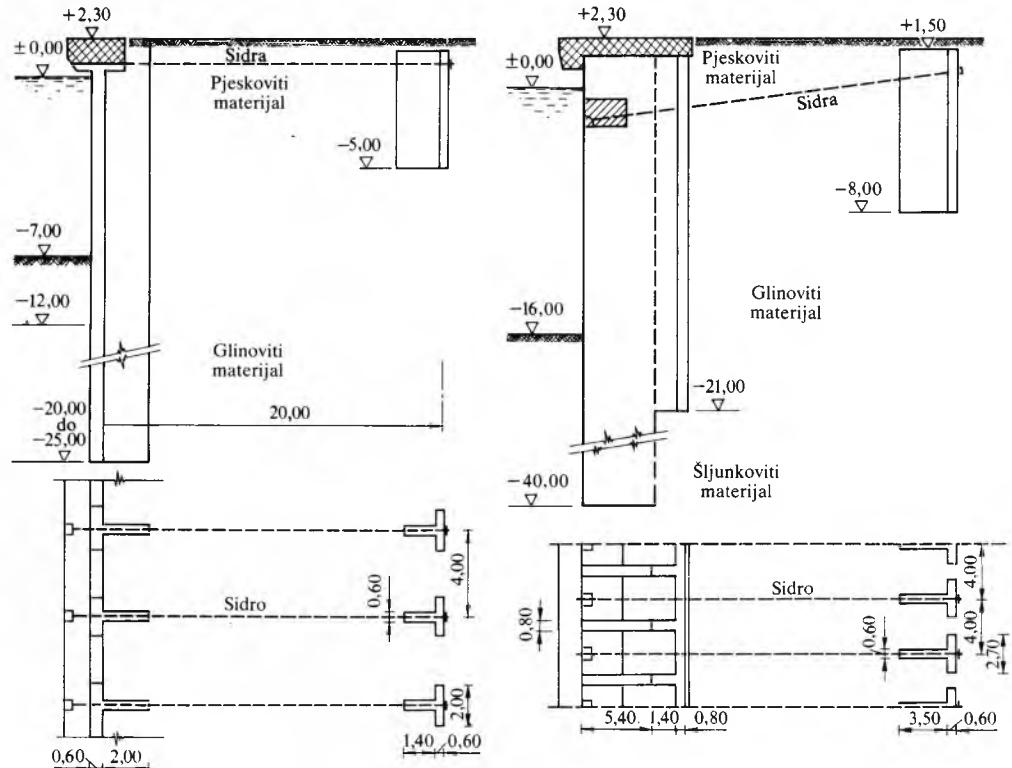
Lake elastične konstrukcije, kojima je donja konstrukcija od pilota, a gornja od armiranebetonskih ili prednapregnutih nosača i ploča, često se izvode polumontažno ili montažno

tako da se gotovi elementi postavljaju na pripremljene pilote (sl. 66). Piloti mogu biti različitih tipova i to: čelični u obliku slova I, prstenasti ili sandučasti, drveni, armiranobetonski, okrugli, četvrtasti, prednapregnuti, bušeni i dr.

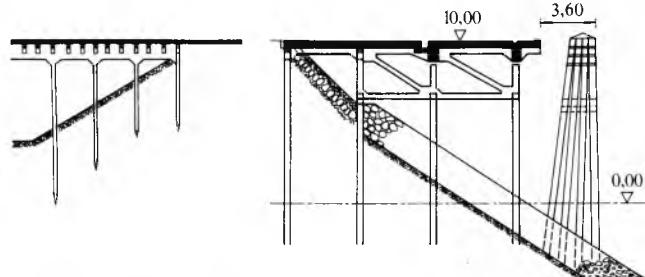
Nadmorski zid, kako se obično zove dio obale nad morem, mora pružiti brodu siguran oslon, dobar privez, pouzdanu zaštitu boka od oštećenja i mogućnost veze s kopnjom.

Na povoljnim mjestima postavljaju se u nadmorskom zidu stepenice za pristup iz čamca na obalu.

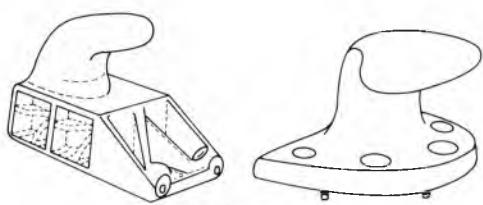
Za zaštitu broda i obale služe brodobrani (bokobrani, odbojnici), kako bi se brod zaštitio od udaraca za vrijeme pristajanja i vertikalnog i uzdužnog pomicanja. Oni apsorbuju dio kinetičke energije i time ublažavaju udarac. Brodobrani mogu biti od različitog materijala i različitog oblika.



Sl. 65. Obale izvedene dijafragmenim postupkom



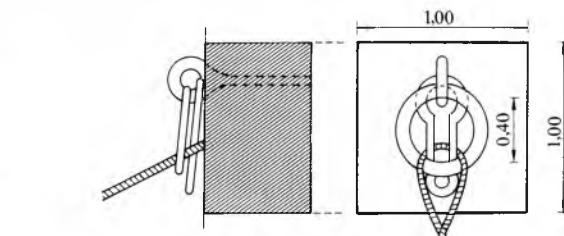
Sl. 66. Lagana armiranobetonska obala



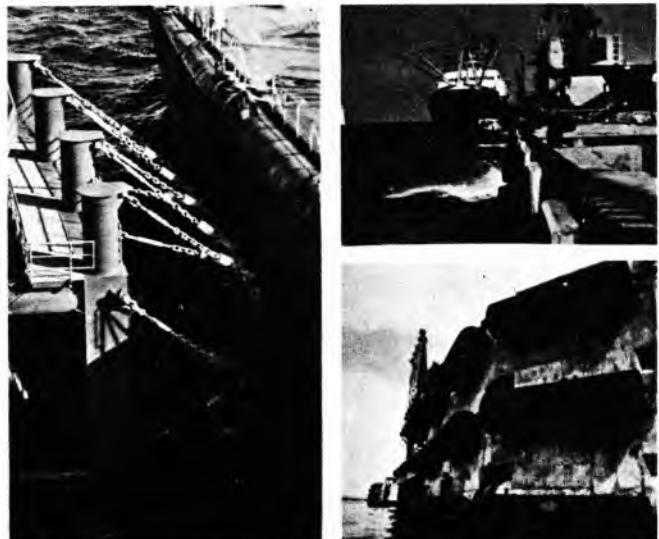
Sl. 67. Željezna bitva

Za masivne i neke druge konstrukcije taj se dio gradi odvojeno, a širina mu je $2,5 \dots 3,5$ m. Računa se od srednje razine mora za luke s malim razlikama vodostaja, a od srednje visoke razine za luke s velikim razlikama vodostaja.

Sredstva za privez brodova mogu biti na samom rubu obale (bitve, sl. 67), ili nešto dalje od obale (stupovi za privez). Njihove dimenzije ovise o sili kojom će brodska užeta na njih djelovati. Stupovi se danas rijede postavljaju jer ometaju promet obalom, osobito dizalicama. Mogu se upotrebljavati i prsteni (sl. 68).



Sl. 68. Prsten za privez



Sl. 69. Brodobrani

Prema djelovanju mogu biti savitljivi, gravitacijski i elastični. Danas se najviše upotrebljavaju gumeni cilindrični brodobrani (sl. 69).

U nadmorskom se zidu mogu postaviti instalacije za opskrbu brodova vodom, električnom energijom, plinom i za uspostavljanje telefonske veze, a na nekim vezovima postoji mogućnost opskrbe tekućim gorivom.

Privezišni oslonci (dalbe) krute su ili savitljive konstrukcije koje mogu preuzeti vlačne i tlačne sile. Služe za naslon i privezivanje broda. Da bi brod mogao sigurno pristati, potrebna su dva oslonca na razmaku od $\sim 2/3$ duljine broda za naslon, a eventualno dva oslonca u moru ili na kopnu za privez.

Kruti su privezišni oslonci od betona, čeličnog žmurja te skupine čeličnih, drvenih ili armiranobetonских pilota skošenih i povezanih na gornjem kraju (sl. 70).



Sl. 70. Privezišni oslonac

Elastični su oslonci od jednog ili više međusobno usporedno zabijenih pilota od čeličnih cijevi ili profila. Svojom elastičnošću djeluju kao brodobrani, dok se na krute oslonce postavljaju bokobrani.

Takvi se oslonci mnogo upotrebljavaju u lukama gdje se prekrcava s prekomorskih na manja riječna plovila kad se veliki brod priveže uz oslonce, a manji uz njega.

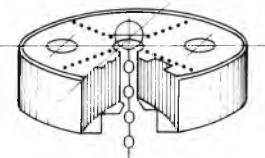
Zatvoreni lučki bazeni (lučki dokovi). U lukama s velikim amplitudama vodostaja grade se zatvoreni bazeni u kojima se umjetno održava stalna razina vode. Nema jedinstvenog kriterija za koje je amplituda vodostaja potrebno upotrijebiti zatvorene dokove. U zadnje se vrijeme upotrebljavaju otvoreni bazeni i pri većim amplitudama. U Le Havre u je amplituda 7 m, a građeni su otvoreni bazeni.

Pri projektiranju lučkih dokova postavljaju se tri glavna uvjeta: što veća duljina operativnih obala, lak prolaz brodova koji ulaze i izlaze bez opasnosti za brodove koji ukrcavaju i iskrcavaju robu, te izgradnja posebnog bazena za manevriranje. Na slici 71 shematski je prikazan raspored manevarskog i operativnih bazena.

Dokovi se obično iskapaju u obalnom terenu. Oblik dokova ovisi o raspoloživom prostoru, ali se ipak razlikuju tri glavne grupe: pravokutni dokovi s dugim ravnim obalama, pravokutni glavni bazen s više ili manje bočnih bazena te dokovi nepravilnog oblika koji slijede riječno korito, a mogu imati bočne bazene i različita proširenja. Prolaz iz slobodne vodene površine u dokove ovisi o karakteristikama promjene vodostaja i razlikuju se tri načina: a) prolaz s vratima koja direktno spajaju dok s vanjskom slobodnom površinom; b) prolaz s vratima koja spajaju dok s jednom predlukom i c) prolaz s ulaznom ustavom (brodskom prevodnicom) koja je s jedne strane vezana s dokovima, a s druge sa slobodnom vodenom površinom.



Sl. 71. Shema lučkog doka



Sl. 72. Presjek plutače

Prva dva načina prolaza mogu se primijeniti ako prijelaz između visokog i niskog vodostaja nije nagao i ako visoki vodostaj traje dovoljno dugo. Treći način prolaza mora se primijeniti kad je prijelaz između visokog i niskog vodostaja nagao, pa nema dovoljno vremena za prolaz brodova, osobito ako je promet veći.

Za niskih vodostaja uvijek se gubi izvjesna količina vode, koju treba nadoknaditi da bi se razina vode održala stalnom. To se nadoknađuje ili iz nekog obližnjeg vodotoka ili pumpanjem vode iz rijeke ili iz mora.

Obalni zidovi dokova grade se kao i ostali obalni zidovi.

Lučki se dokovi zatvaraju na više načina: vratima s vratnicama okretnim oko vertikalne osovine, kliznim vratima, plovnim ili pontonskim vratima, segmentnim vratima i sl. Težina vrata može se regulirati uzgonom nepropusnih pregrada tako da konstrukcija vrata gotovo pluta.

Plutača je obično šupljii valjak izrađen od čeličnog lima. Šupljina je pregradama podijeljena u nekoliko nepropusnih odjeljaka. Kroz sredinu plutače obično se ugrađuje čelična cijev po čitavoj visini, a kroz nju se provlači viseći lanac. Na donjem kraju lanca nalazi se vrtulj za koji se vezuju sidreni lanci. Obično se postavljaju tri sidra ili bloka s pripadnim lancima (sl. 72).

Materijali za lučke pomorske građevine. Građevine u moru izložene su ne samo djelovanju vanjskih sila koje u konstrukcijama uzrokuju unutrašnja naprezanja nego i mehaničkom i kemijskom djelovanju morske vode te oštećenju od organizama koji u njoj žive. Čak i građevine koje nisu u neposrednom dodiru s morem izložene su djelovanju morske vode koju raznosi vjetar u sitnim kapljicama.

Kamen, drvo, beton i čelik najviše se upotrebljavaju.

Kamen je osnovni materijal za pomorske građevine i upotrebljava se u svim oblicima i dimenzijama. Zahtijeva se čvrstoća i otpornost prema ledu i habanju kao i za kopnene konstrukcije.

Drvo se mnogo upotrebljava u pomorskim konstrukcijama kao osnovni i pomoćni materijal. Drvo u moru oštećeju razni morski crvi od kojih su najpoznatiji: *Teredo navalis*, *Bankia xylotrya*, *Limnoria* i dr. Najrasprostranjeniji je teredo. Najviše ga ima u Atlantiku i Mediteranu, ali je prenesen i u druga mora. Traži bistru vodu veće slanoće. Zato se rijedje nalazi u sjevernijim morima i u ušćima rijeka. Teredo te ostali morski crvi i račići napadaju drvo praveći hodnike po cijelom presjeku. U našim vodama teredo je debeo 1 cm i dug do 15 cm. U tropskim morima mnogo je veći, a u Indiji i Kini živi vrsta giganta koji je debeo do 8 cm i dug do 1,75 m. Dnevno izbušće oko 20 mm. Razorno djelovanje morskih organizama na drvo sprečava se premazivanjem i impregnacijom. Prirodno otporna drva su npr. *basralocus* i *greenheart* (*Nectandre rodioeri*) iz Gvajane. Veoma su tvrda, teško se obraduju i sadrže neka otrovna ulja. Otporni su i mander i eukaliptus. U nas se upotrebljavaju hrast i crni bor. Premazi zaštićuju drvo. Impregnacija je najsigurniji način zaštite drva.

Beton se veoma mnogo upotrebljava za pomorske radove. Običan portland cement koji se upotrebljava za radove na kopnu ne odgovara za građevine u morskoj vodi. Naime, magnezij-sulfat koji se nalazi u morskoj vodi s nekim spojevima aluminija stvara mikroskopske kristaliće koji razrađuju beton. To je tzv. *cementni bacil* ili *Candlotova sol*. Njezin je kemijski sastav $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 30\text{H}_2\text{O}$. Sadrže samo 8,3% aluminij-oksida i 44% vode. Svaki postotak aluminij-oksida i cementa vezuje 5,3% vode i stvara 12 dijelova kristalne vode. Zbog toga kristalići imaju mnogo veći volumen nego što ga je imao aluminij-oksid u cementu, pa zbog toga betonske konstrukcije u morskoj vodi pučaju i raspadaju se kad su izrađene od običnog portland cementa. Osim toga, magnezij-sulfat se alkalne soli iz morske vode spojiti s vapnom, preuzimaju ga iz cementa i time mijenjaju njegov sastav. Tako se magnezij-klorid i magnezij-sulfat pretvaraju u kalcij-klorid i kalcij-sulfat. Ako je beton izložen strujanju vode, što se najčešće javlja blizu površine, struja odnosi kalcij-sulfat koji se u vodi rastvara, a magnezij-sulfat veže uvijek nove količine kalcija i time razara beton. Da bi se spriječilo štetno

djelovanje morskih soli na beton, upotrebljavaju se posebne vrste cementa, kemijski sastav kojega onemogućuje spomenuto agresivno djelovanje. U te cemente spadaju cementi od prirodnog i umjetnog pucolana, pucolan-trass i santorinski cement. Oni se dobivaju dodavanjem klinkeru prilikom mljevenja odgovarajuće vulkanske zemlje ili kajljene troske visokih peći, jer je utvrđeno da joj kemijski sastav veoma nalikuje sastavu prirodnih pucolana. Može se dodati i do 40% pucolana.

Ispitivanja su također pokazala da je gustoća betona veoma važna za njegovu otpornost prema agresivnosti morske vode. Armirani beton i prednapregnuti beton sve se više upotrebljavaju, a za njih vrijedi sve što je rečeno o cementu.

Upotreba čelika za radove u moru veoma je razvijena, osobito u zemljama s jakom čeličnom industrijom. Upotrebljava se valjani i lijevani čelik. Valjani se čelik rabi za žmurje, profile, armaturu, plutače i pilote, a lijevani za bitve, stupove i dr.

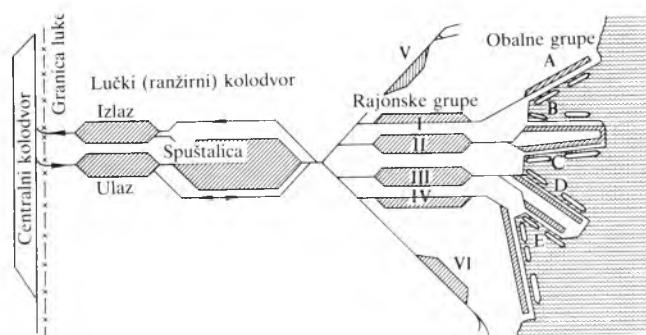
Morska voda vrlo štetno djeluje na čelične konstrukcije jer one korodiraju stvarajući željezo-hidroksid na površini. Negativno utječu glina i mulj, jer sadrže sumpornu kiselinu. Najviše su izloženi koroziji dijelovi koji su izmjenično u moru i na suhome. Kao zaštita od korozije upotrebljavaju se premazi i pocinčavanje.

Danas se najuspješnije primjenjuje tzv. katodna zaštita. Utvrđeno je, naime, da čelik uronjen u morsku vodu korodira stvaranjem galvanske struje, isto kao u galvanskom elementu (v. *Baterija*, TE 1, str. 687). Međutim, čelik neće korodirati ako mu se katodnom zaštitom potencijal negativira do ravnotežnog potencijala anode koroziskih članaka, što se može postići kontaktom s neplremenitijim metalom ili spajanjem s negativnim polom vanjskog izvora struje u zatvorenom strujnom krugu (v. *Brod, gradnja*, TE 2, str. 393; v. *Korozija metala*, TE 7. str. 304).

Kopnene prometnice u luci. U zoni luke pored otvorenih i zatvorenih skladišta moraju biti i prometni prolazi. Oni mogu biti željeznički i cestovni, a morska luka može biti povezana i s unutrašnjim plovnim putovima. Najintenzivniji je željeznički promet koji je gotovo uvijek veći od 50% ukupnog prometa, pa je smještaj željezničkih kolosijeka veoma važan u projektiranju i eksploataciji luke.

Lučki željeznički sustav sastoji se od mreže kolosijeka i željezničkih uredaja (sl. 73). Vlakovi koji dolaze s robom za ukrcaj na brodove preuzimaju se na lučkom ranžirnom kolodvoru, gdje se rastavljaju i svrstavaju po rajonima, a zatim se otpremaju u pojedine rajonske grupe kao kompozicije različite duljine. Smatra se da jedna rajonska grupa opslužuje 4...6 radnih mjesta.

Obalni i skladišni kolosijeci određuju se prema udjelu željezničkog transporta u ukupnom transportu luke. Ako prevladava željeznički transport, a osobito ako se veća količina robe prekrcava izravno iz broda u vagone i obrnuto, potreban je veći broj obalnih kolosijeka. Za redovit izravan prekrcaj u vagone ili iz vagona potrebna su najmanje dva, a moderne evropske luke imaju najčešće tri kolosijeka (2 prekrcajna i 1 prolazni).



Sl. 73. Shema lučke željezničke mreže

Manevarska lokomotiva odvodi i dovodi pune, odnosno prazne vlakove od rajonske grupe do radnog mjesti i obrnuto. Na radnim mjestima vagoni se izmjenjuju za vrijeme rada pomoću traktora.

Lučki se kolosijeci postavljaju prema željezničkim propisima, a prve su tračnice udaljene od obalnog zida ~ 1,5 m, što omogućava prolaz ljudi i portala dizalice.

Vlakovi s rasutim teretima guraju se postepeno pod zid ili nad bunker kako bi se gravitacijom mogli prazniti ili puniti. Mogu se i prevrtati pomoću posebnog uređaja.

Na kilometar operativne obale dolazi 13...16 km lučkih željezničkih kolosijeka.

Ceste na lučkom području mogu biti: prolazne, kojima vozila dolaze u luku ili odlaze iz nje, spojne, kojima se spajaju pojedini dijelovi i ceste za prekrcaje, tj. za komunikaciju broda i skladišta. Intenzivnost cestovnog prometa iznosi 5...40% od ukupnog prometa. Rješenje cestovne mreže u luci treba da je uskladeno s rješenjem lučkog željezničkog sustava.

Lučke ceste trebaju biti dovoljno široke, obično 10...15 m. Za dvosmjerni promet najbolje su jednosmjerne ceste širine 7...9 m.

Potrebno je osigurati velike površine za parkiranje vozila i lučke mehanizacije.

Lučke površine trebaju biti obrađene za težak promet, a mogu se upotrijebiti prefabricirani betonski elementi, armirano-betonske ploče, granitne kocke i sl.

Prilazne ceste u luku koncentriraju se na što manji broj ulaza u lučki teritorij, koji je ograden radi carinske i drugih kontrola.

Morska pristaništa, za razliku od luka, nemaju zaštićeni akvatorij. Ona su obično na prirodnim obalama, a sastoje se od nekoliko pristana bez lukobrana.

Pristan može biti usporedan s obalom i okomit na nju. Paralelni pristan, ako je prislonjen uz obalu, ima dio izgradene obale s vrlo uskim teritorijem. Ako je pristan okomit na obalu, formira gat, što omogućuje dvostrano vezanje brodova.

Nekada je pristan udaljen od kopna, pa je s njim spojen i dugim prilaznim mostom (sl. 74). Duljina je pristana obično manja od duljine broda, pa na kopnu ili na moru postoje dodatne mogućnosti za vezivanje brodova.



Sl. 74. Pristan s dugim prilaznim mostom, Angrados Reis, Brazil

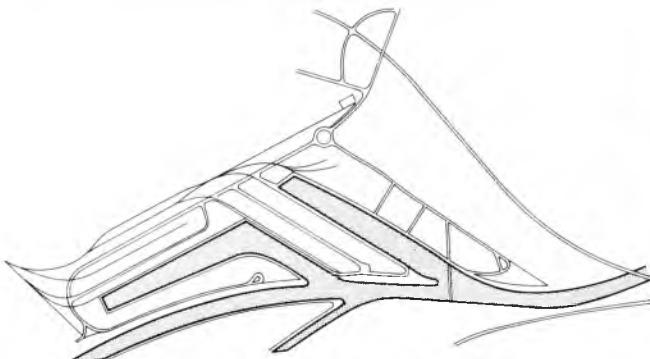
Neki se brodovi, obično veći, ne prislanjaju i ne vežu uz obalu, pa takav pristan ima dodatne utvrdice na kopnu i oslonac u moru uz koje se brod privezuje.

RIJEČNE LUKE I PRISTANIŠTA

Riječne su luke smještene na prikladnim mjestima uz plovne putove te su dovoljno odmaknute od plovog puta da ne smetaju prometu na rijeci.

Riječne luke su bazenskog tipa (prave luke). Pristaništa su linijske luke smještene neposredno uz plovni put. Luka ima operativni i manevarski akvatorij, dok pristanište nema manevarskog akvatorija jer se nalazi neposredno uz plovni put. Prometne karakteristike riječnih luka i pristaništa slične su karakteristikama morskih luka.

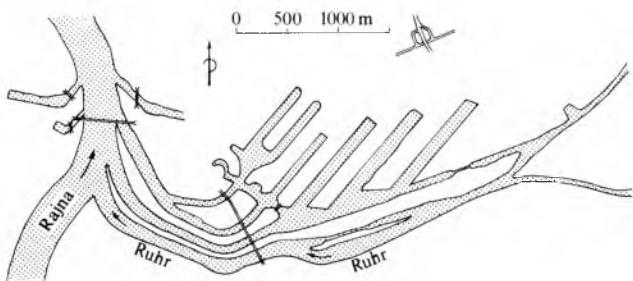
Gradvine u riječnoj luci obuhvaćaju građevine u akvatoriju, hidroregulacijske građevine, građevine na teritoriju luke, prometnice i infrastrukturu. Dispozicija riječnih luka ovisi o vrsti plovog puta i o karakteristikama rijeke. To pogotovo vrijedi za dijelove koji su neposredno vezani uz plovni put, a to je u prvom redu ulazni kanal. Početak ulaznog kanala mora biti na mjestu gdje je veća dubina rijeke i gdje je ta dubina što stalnija. Osim toga, na mjestu početka ulaznog kanala moraju vladati povoljni hidraulički (bez vrtloga i jačih struja) i navigacijski uvjeti (preglednost). Najosjetljiviji je dio riječne luke mjesto ulaska brodova iz rijeke u kanal, pogotovo iz brze rijeke. Tada je brod u punoj brzini u uzvodnoj vožnji prema ulazu. Na mirnim i širokim rijekama ulaz u kanal nije kritičan. Iz ulaznog kanala brodovi uplovljavaju u lučki



Sl. 75. Dispozicija jednostavne riječne luke

akvatorij. Akvatorij bazenske luke ima manevarski i operativni dio.

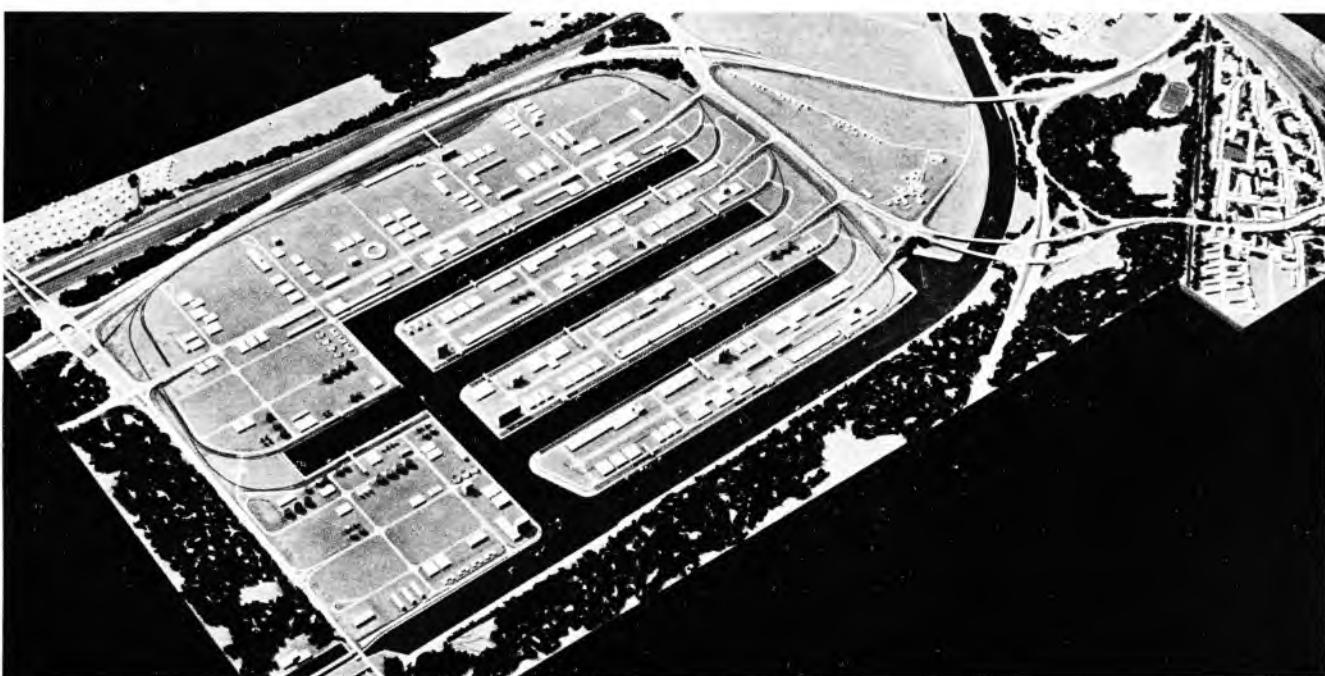
U manevarskom dijelu akvatorija brodovi plove prema operativnom dijelu, čekajući i, kad je potrebno, sidre se. Operativni dio sastoji se od operativnih bazena između širokih gatova. Gatovi su široki 50–100 m, ovisno o dosegu dizalica i vrsti tereta. Dubina bazena može biti manja od dubine plovog puta, jer u njemu brodovi plove malom brzinom. Dubina bazena, međutim, trebala bi biti veća od dubine plovog puta, kako plovilo ne bi sjelo na dno za vrijeme izuzetno niskih vodostaja.



Sl. 76. Dispozicija velike riječne luke



Sl. 77. Riječno pristanište na rijeci Mississippi



Sl. 78. Projektirana kanalna luka Nürnberg

Kejovi (uvriježen naziv kod riječnih luka i pristaništa) grade se slično obalnim zidovima u morskim lukama. Tako se grade kosi operativni, okomiti i pontonski kejovi.

U riječnim lukama uglavnom postoje samo obale za nekoliko vrsta masovnih tereta, pa su obalne površine, mehanizacija i prometnice prilagođene tim teretima. Na slici 75 vidi se dispozicija jednostavne riječne luke (luka Bamberg na rječici Regnitz koja utječe u Majnu), a na slici 76 dispozicija velike riječne luke (luka Duisburg, najveća riječna luka na Rajni).

Riječna pristaništa smještana su u dijelovima rijeke koji su dovoljno duboki i nisu podložni promjenama (rijecne konkave). Na uskim rijekama uz pristanište ostaje malen razmak između privezanog plovila i druge obale. Pristanište se proteže uz rijeku, pa se korito na tom mjestu suzuje i stvara se uspor.

Na početak i kraj suženja korita djeluje tok rijeke, pa izbočena obala mora imati prijelazni dio koji je obložen i usidren uz obalu. Konkave na manjim rijekama obično nisu duge, i zato je dalji razvoj pristaništa otežan i ograničen.

Pristaništa su najčešće usporedna s tokom rijeke (sl. 77), pa se teško povezuju s kopnenim prometnicama, a operacije na pojedinim vezovima često međusobno smetaju. Zbog toga su pristaništa pogodna samo za manji promet.

KANALNE LUKE I PRISTANIŠTA

U kanalnim lukama i pristaništima voda je relativno mirna, a oscilacije vodostaja su male. Među kanalne luke i pristaništa ubrajaju se i luke na kanaliziranim rijekama s mirnim akvatorijem.

Kanalne luke. Zbog mirne vode dispozicija je kanalne luke više geometrijski nego hidrotehnički problem. Kanalna luka može biti smještena u kanalu ili spojena ulaznim kanalom s plovnim kanalom.

Kad je luka smještena u kanalu, luka je zapravo proširenje kanala u obliku trokuta, pa je tada manevarski akvatorij u operativnom akvatoriju. U takvim lukama moguće je izgraditi relativno dugu operativnu obalu s više vezova na okupu, a njena dispozicija odgovara lukama srednje veličine.

Kad je luka povezana ulaznim kanalom s plovnim kanalom, luka se sastoji od bazena izdubljenih u kopnu (sl. 78).

Ta je dispozicija pogodna za velike luke, jer je moguća gradnja velikih skladišta na gatovima, jer je moguće jednostavno proširenje, jer je lučki pogon u bazenima potpuno odvojen od plovног puta i jer je lakše prekrčavanje na kopnene prometnice.

Kanalna pristaništa izvode se na proširenju plovног kanala s minimalnim razmakom između privezanih plovila i plovila u plovidbi. Proširenje ovisi o broju i širini paralelno uz obalu privezanih brodova, a duljina proširenja o predviđenom broju operativnih vezova i duljini plovila.

Radi okretanja plovila gradi se trapezasti akvatorij (okrešte), koji može biti neposredno uz operativni akvatorij ili je posebnim kanalom spojen s operativnim akvatorijem.

LIT.: H. Press, Binnenwasserstrassen und Binnenhäfen. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1956. – H. Press, Seewasserstrasse und Seehäfen. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München 1962. – R. L. Wiegel, Oceanographical Engineering. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1964. – A. T. Ippen i dr., Estuary and Coastline Hydrodynamics. McGraw-Hill Book Comp. Inc., New York 1966. – J. Chapon, Travaux maritimes. Edition Eyrolles, Paris 1966. – H. F. Cornick, Dock and Harbour Engineering. Ch. Griffin Co., London 1968. – H. Neukirchen, Handbuch Seeverkehr. Transpres, Berlin 1970. – S. Jović, Organizacija i eksploatacija flote. Građevinska knjiga, Beograd 1970. – A. Quinn, Design and Construction of Ports and Marine Structures. McGraw-Hill Book Comp. Inc., New York 1972. – P. Brunn, Port Engineering. Gulf Publishing Co., Houston 1973. – Lj. Stipanić, Lučka sredstva i njihovo korištenje. Viša pomorska škola, Rijeka 1973. – R. Silvester, Coastal Engineering. Elsevier Scientific Publishing Comp., Amsterdam 1974. – R. Bonnefille, Cours d'Hydraulique Maritime. Masson, Paris 1976. – CERC, Shore Protection Manual. U. S. Army Coastal Engineering Research Center, U. S. Government Printing Office, Washington D. C. 1982. – R. H. Wöhlbier, Stackng Blending Reclaiming. Trans Tech., Aedermannsdorf 1977. – K. Horikawa, Coastal Engineering. University of Tokyo Press, 1978.

M. Pršić

Z. Tadejević

M. Tartaglia

PRIVREDNO-INDUSTRIJSKE ZGRADE, građevine za proizvodnju i preradbu materijalnih dobara, za manipulaciju i uskladištenje sirovina i industrijskih proizvoda, te za smještaj zaposlenih u procesu proizvodnje i u pomoćnim službama.

Pri planiranju i gradnji industrijskih zgrada moraju se zadovoljiti dva osnovna zahtjeva: racionalno odvijanje tehno-loškog procesa proizvodnje i takav smještaj zaposlenih da budu osigurani zdravstveni, higijenski i sigurnosni uvjeti. Treba pri tom uzeti u obzir da se tehno-loški postupci stalno usavršavaju i mijenjaju, ali uvjeti smještaja radnika uz sve te promjene moraju biti osigurani.

Oblikovanje i arhitektonske kvalitete industrijskih građevina veoma utječe na svijest i osjećaj zadovoljstva zaposlenih, pa i na osjećaj pripadnosti radnom kolektivu.

Na razvoj industrijskih građevina znatno je utjecao razvoj manufakture u Engleskoj potkraj XVIII stoljeća. U Engleskoj, u kojoj je počela tzv. *industrijska revolucija* i koja je u to doba bila *radionica Europe*, razvijen je prototip tvorničkih zgrada koji je poslije primijenjen i u ostalim zemljama. Tvornica svile Derbyju, izgrađena 1718. god., smatra se prototipom engleskih tekstilnih tvornica. Vanjski nosivi zidovi od opeke s drvenim stupovima u sredini raspona začetak su okvirne skeletne konstrukcije. Poslije se, radi osiguranja od požara, uvođi željezni skelet. Zgrada Calico Mill u Derbyju (1792) ima stupove križnog presjeka od lijevanog željeza, a drvene su grede s vanjske strane obložene žbukom i metalnim pločama. Između greda izgrađeni su lukovi od šuplje opeke; na lukovima je pjesak za izravnjanje poda. Peterokatnica u tekstilnoj tvornici u Shrewsburyju, izgrađena 1798. god., prva je zgrada s potpunom konstrukcijom od lijevanog željeza. Postavljena su tri reda stupova s pojačanim gornjim dijelom da bi se smanjilo savijanje. Na stupovima su željezne grede različitih širina, već prema opterećenju. M. Boulton i J. Watt u Lancashireu, u središtu engleske tekstilne industrije, grade (1799) zgradu sa šupljim stupovima od lijevanog željeza (Salford Twist Mill), koji su ujedno služili za razvod pare za grijanje.

Lijevanje željezo je krhko, pa je zbog toga bilo nekoliko nesreća u tvornicama. To je i razlog da su mnoge tvornice i u XIX st. gradene s drvenim gredama. Prijelom nastaje nakon što je J. K. Brunel (SAD, 1843) izradio prvi parobrod s koritom od zakovanih čeličnih ploča u okvirima od kovanog željeza. Tako W. Fairbairn (1845) gradi osmerokatnu rafineriju sa stropnim gredama od kovanog željeza s tankim savijenim čeličnim pločama između njih na kojima je betonski sloj za izravnjanje. U to doba (1849) gradi J. Bogardus trokatnu tvornicu u New Yorku koja ima na fasadi vidljive stupove i grede od lijevanog željeza s ispunom od prefabriciranih betonskih elemenata. Prva zgrada, spremište čamaca u Sheernessu u Engleskoj, izgrađena kao željezni skelet, ima nosače željezne profile s presjekom u obliku slova I i H. Nosači su dugi do 9 m, a sastavljeni su od ploča spojenih zakovicama.

Sve su to, međutim, pojedinačni primjeri, jer se i dalje grade tvornice s vanjskim zidovima od opeke i unutrašnjim skeletom od željeza. Sve su te tvornice građene s osnovnim ciljem da se postigne funkcionalnost i tom je cilju bilo podređeno oblikovanje. Iako su tvornice u to doba bile građevine skromnih dimenzija, bile su građene od fasadne opeke, što im je davalo, makar i suzdržanu, plastičnu dekorativnost. Kroz XIX stoljeće, naime, tražilo se adekvatno oblikovno rješenje za do tada nepoznatu tvorničku proizvodnju za koju nije bilo uzora. Zbog toga se u oblikovanju tvornica osjeća prevlast povijesnih arhitektonskih stilova. Tako, npr., tvornica Marshall Mill u Leedsu (1840) podseća na egipatski hram, tvornica Listers Mill u Bradfordu (1870) sliči na francusku provincijsku vježenicu, a tvornica Sanderson's Wallpaper (arh. Voysey) u Chiswicku (London, 1902) ima elemente secesionističke građevine.

Tek 1909. godine P. Behrens prekida s tradicionalnim oblikovanjem. Tvornica turbina poduzeća AEG (sl. 1) u predgradu Berlina ima betonsku i čeličnu konstrukciju jasno vidljivu na fasadi, a velike staklene plohe ispunjavaju



Sl. 1. Tvornica turbina AEG u Berlinu (arh. P. Behrens, 1909)