

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 prekrcavanje 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 Binenhäfen. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1956. – H. Press, Seewasserstrasse und Seehäfen. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München 1962. – R. L. Wiegell, Oceanografical 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 ovirne skeletne konstrukcije. Poslije se, radi osiguranja od požara, uvodi 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.

Lijevan 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) izgradio prvi parobrod s koritom od kovanih 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 kao nosače željezne profile s presjekom u obliku slova I i H. Nosaci su dugi do 9 m, a sastavljeni su od ploča spojenih zakovicama.

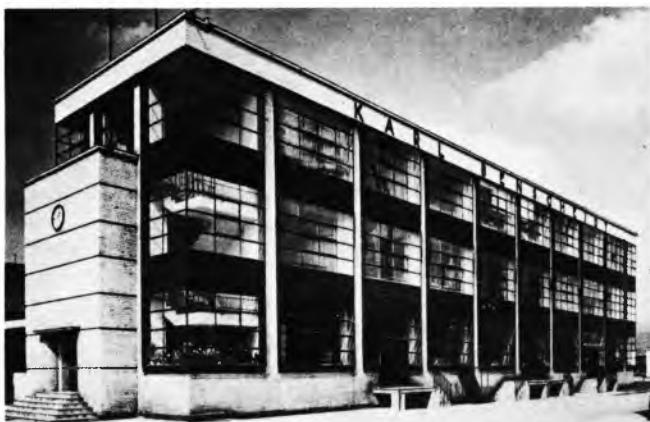
Sve su to, međutim, pojedinačni primjeri, jer se i dalje grade tvornice s vanjskim zidovima od opeke i unutrašnjim skeletom od željeza. Sve su te tvornice građene s osnovnim ciljem da se postigne funkcionalnost i tom je cilju bilo podređeno oblikovanje. Iako su tvornice u to doba bile građevine skromnih 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 viktorijanski dimnjak, tvornica Harmony Mills u Cohoesu (New York) sliči na francusku provincijsku vijećnicu, 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 predgradju 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)

prostor među stupovima. Masivni ugaoni stupovi, glomazno kroviste i jaki vijenac još uvek imaju elemente monumentalnosti. Konačni prekid s dotadašnjom praksom ostvario je F. W. Gropius izgradnjom tvornice cipela u Alfeld an der Leine (1911, sl. 2). To je prva zgrada koja nema masivne zidove između nosivih konstrukcijskih elemenata.



Sl. 2. Tvornica cipela Fagus u Alfeld an der Leine (arh. F. W. Gropius, 1911)

Između dva svjetska rata razvijen je u SAD prototip jednoetažne hale sa svim potrebnim instalacijama i malo nosivih elemenata. To je rezultat analize proizvodnog toka i gradevnih troškova. Takvom gradnjom osigurava se brzi produksijski tok i fleksibilnost koja omogućuje promjenu proizvodnog programa. Prvi je takav tip tvornice Fordova tvornica u Highland Parku u Michigenu. Da bi se omogućio kontinuirani proizvodni tok u jednoj razini i da bi se omogućila promjena tih tokova, čitav je kompleks u jednoj zgradi. Prozori su na krovu, a sve su pomoćne prostorije uzdignute unutar zgrade. Da bi se dobila veća fleksibilnost, beton je zamjenjen čeličnom konstrukcijom, koja omogućuje veće raspone i traži manje stupova, pa je prema tome rasploživa i veća slobodna površina.

U Evropi se u tom razdoblju eksperimentira. H. Poelzig gradi (1911–1912) nekonvencionalni industrijski kompleks u Lubanu od nesimetričnih volumena. Vodotoranj u Plzeňu (1911) smjelim je smještajem rezervoara iznad izložbene dvorane izraziti primjer ekspresionizma. Tvornica Fiat u Lingottu kraj Torina (arh. M. Trucco) futurištičko je ostvarenje. Sirovina, naime, ulazi u prizemlju, a na krovu na probnoj traci izlaze dovršeni automobili.



Sl. 3. Tvornica duhana Van Nelle u Rotterdamu (arh. J. A. Brinkmann i L. C. van der Vlugt, 1928–1929)

Arhitekti J. A. Brinkmann i L. C. van der Vlugt ostvarili su (1928–1929) arhitektonski originalnu tvornicu duhana Van Nelle u Rotterdamu (sl. 3). To je vrhunac razvoja višekatne tvornice s okvirnom konstrukcijom, koji je započeo tvornicom svile u Derbyju.

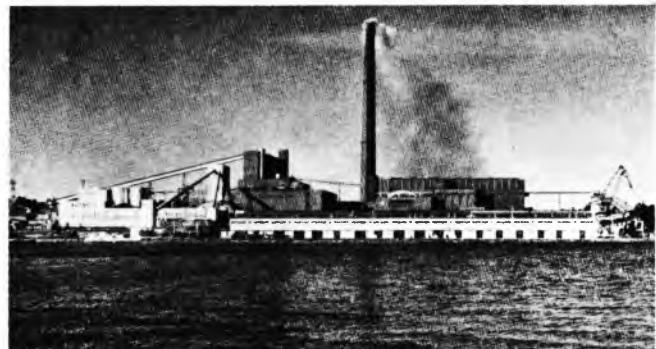
Tvornica gume u Berlinu (arh. A. Korn, 1930) nastavak je razvoja prefabricirane metalne konstrukcije. Čelični je okvir jasno izražen i crveno obojen, ispuna je od bijelih glaziranih opeka, a prozorski okviri čelični.

Arhitekt O. Williams (1930–1932) ostvaruje arhitektonsko rješenje novog tipa u velikom mjerilu (tvornica Boots u Beestonu kraj Nottinghamu), gdje su prvi put upotrijebljeni glijasti stupovi (sl. 4) koji omogućuju velike staklene površine na fasadi. Neposredno prije drugoga svjetskog rata izgradio je arh. A. Aalto tvornicu celuloze u Sunili (Finska) kao sklop slučajnih struktura (sl. 5) od opeke. To je, kako se čini, pokušaj da se izbjegne rješavanje pravih problema, ali i pokušaj humanizacije radne okoline.

Le Corbusier gradi 1945–1951. god. svoju jedinu industrijsku građevinu (tvornica Claude et Duval u St. Dieu u Vosgesu, sl. 6). To je funkcionalna građevina s betonskim stupovima, a svjetlo koje se probija kroz zaklon od sunca (brise-soleil), vedro obojeni stropovi i galerije, u kojima je smješten dio radnika, stvaraju ugodan radni prostor.



Sl. 4. Tvornica lijekova Boots u Beestonu kraj Nottinghamu (arh. O. Williams, 1932)



Sl. 5. Tvornica celuloze u Sunili (arh. A. Aalto, 1936–1939)

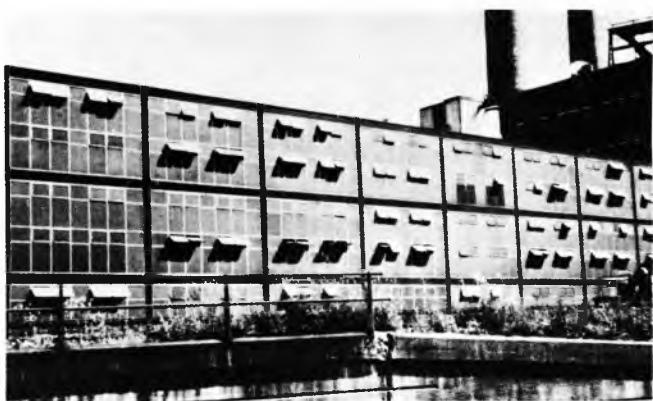


Sl. 6. Tvornica Claude et Duval u St. Dieu (arh. Le Corbusier, 1945)

Neposredno poslije drugoga svjetskoga rata (1951) izgradena je tvornica gume u Brynmawru u Velikoj Britaniji (Architects Cooperative Partnership) s halom natkrivenom s devet tankih ljušaka (dimenzije  $25 \times 20$  m) koje su i danas visok domet arhitekture (sl. 7). U isto doba grupa arhitekata Skidmore-Owings-Merrill projektira tvornicu octa H. J. Heinz and Co. u Pittsburghu. Nastaje elegantna građevina od crno obojenog čelika s visećom fasadom od plavog stakla (sl. 8).



Sl. 7. Tvornica gume u Brynmawru (Architects Cooperative Partnership, 1951)



Sl. 8. Tvornica octa H. J. Heinz and Co. u Pittsburghu (arh. Skidmore, Owings and Merrill, 1951)

S vremenom rasponi postaju sve veći da bi se dobilo što više slobodne površine. Arhitekt P. L. Nervi prekida s uobičajenom konцепцијом, pa u tvornici papira u Mantovi (1962) gradi mosnu konstrukciju i vješ krov sa 50 m visokih tornjeva pomoću kabela (sl. 9). Tako se dobila slobodna površina  $240 \times 30$  m.



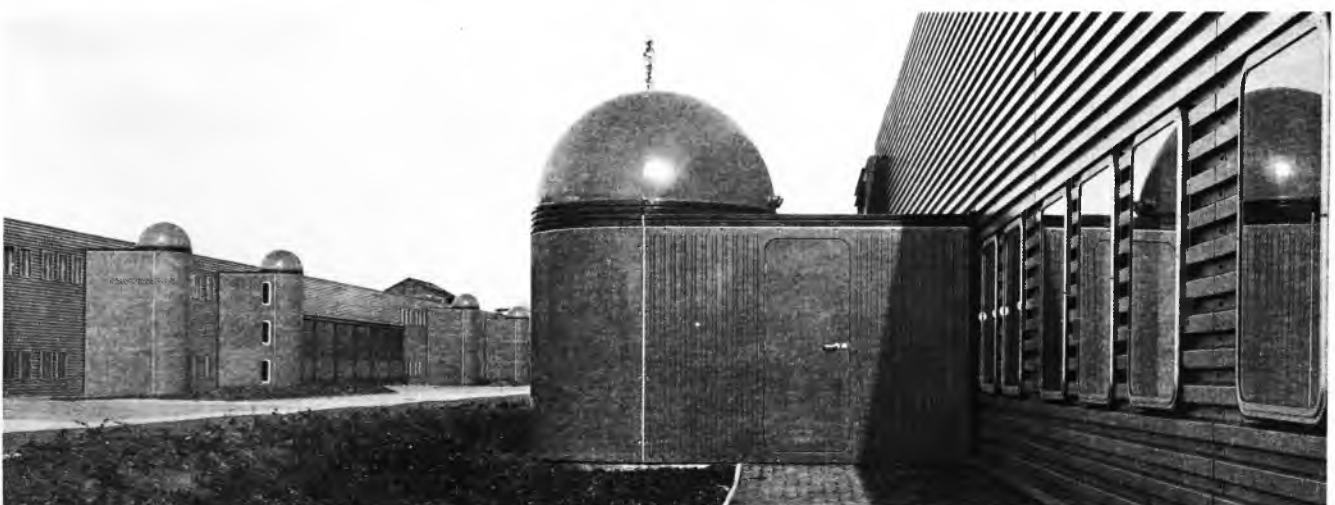
Sl. 9. Tvornica papira u Mantovi (arh. P. L. Nervi, 1962)

Razvojem tzv. efikasne tvornice potpuno je eliminirana prirodna rasvjeta. Izgradio je mnogo potpuno klimatiziranih i umjetno rasvijetljenih tvornica. U posljednje vrijeme zbog negativnog psihološkog efekta na radnike, a pogotovo zbog tzv. energetske krize postavlja se pitanje o opravdanosti takve koncepцијe.

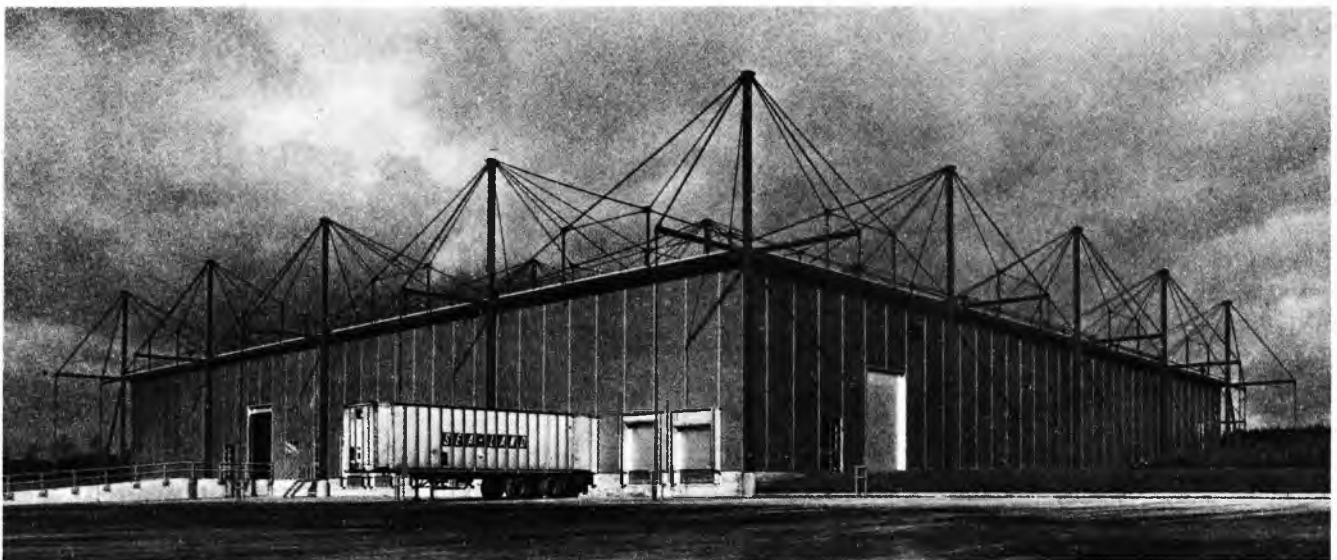
Najnovija izgradnja tvorničkih pogona mogla bi se svesti na dva osnovna pravca. Kod prvog, zgrade pogona svedene su na čisti volumen; od svih elemenata zgrade vidljiva je samo opna. Zato su proporcije objekta, materijali, detalji i odnosi boja dovedeni do savršenstva (sl. 10 i 11). Drugi pravac mijenja uobičajenu statičku koncepцијu; on se veže na Nervijevu tvornicu papira i mogao bi se nazvati strukturalnim ekspresionizmom. Osnovnu sliku tvornice čini filigranska, lagana i elegantna konstrukcija koja sam pogon stavlja u drugi plan (sl. 12 i 13).



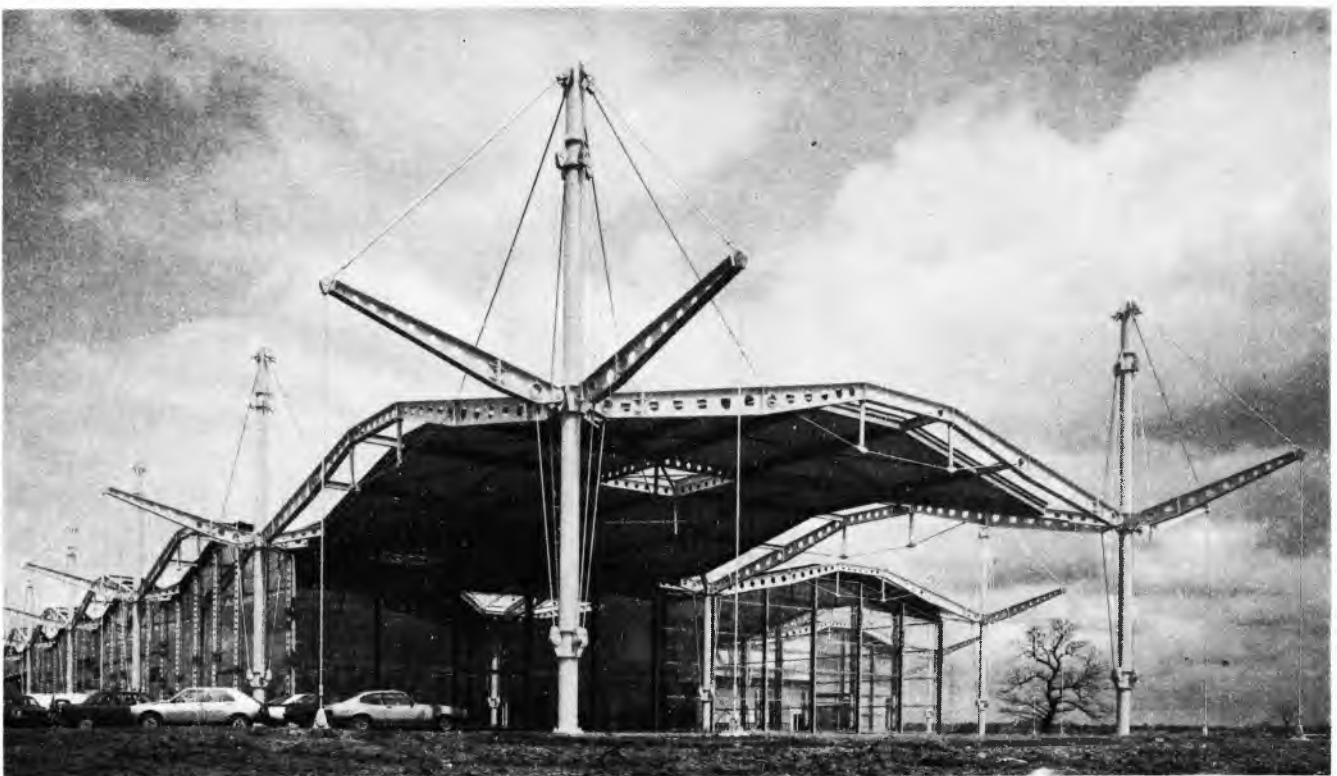
Sl. 10. Tehnički centar IBM u Greenfordu (arh. Foster Ass., 1979)



Sl. 11. Tvornica Castle park u Nottinghamu (arh. N. Grimshaw and Partnership, 1980)



Sl. 12. Tvorница Fleetguard u Quimperu (arh. R. Rogers and Partnership, 1981)



Sl. 13. Centar Renault u Swindonu (arh. Foster Ass., 1982)

**Klasifikacija industrije.** Industrijski pogoni mogu se svrstati prema smještaju u proizvodnom procesu, prema utjecaju na okoliš, te prema sirovinama i materijalu koji se preraduju.

Prema smještaju u proizvodnom procesu razlikuje se: a) ekstraktivna industrija, koja je smještena neposredno uz nalazište sirovina, b) teška industrija, koja preradjuje sirovine u poluprerađevine, i c) prerađivačka ili laka industrija, koja poluprerađevine pretvara u gotove proizvode.

Prema utjecaju industrije na okoliš razlikuje se tzv. čista i tzv. nečista industrija. Nečista industrija štetno djeluje na okoliš onečišćenim otpadnim vodama, štetnim plinovima, nusproduktaima u procesu proizvodnje i bukom (koja ima izvor ili u proizvodnom procesu ili transportnim sredstvima).

Prema prerađivanom materijalu industrija se može svrstati u a) metalnu, b) kemijsku, c) prehrambenu, d) tekstilnu i e) preciznu industriju.

**Lokacija industrije.** Izbor lokacije za smještaj pojedinačnih industrijskih postrojenja ili za smještaj industrijskih zona jedan je od odlučujućih faktora za uspješno poslovanje, pa odluka o lokaciji mora biti brižljivo i stručno pripremljena. Izgradnja industrije, a pogotovo teške industrije, može, međutim, bitno izmijeniti prilike i na širem području (porast ekonomskih moći, zapošljavanje, kvaliteta životnih uvjeta).

Potreba izbora lokacije može se tri puta pojaviti u toku životnog vijeka industrijske proizvodne organizacije: prvi put kad se gradi nova tvorница, drugi put kad se donosi odluka o preseljenju industrijskog pogona (relokacija) i treći put kad postojeća industrija otvara nove pogone na jednoj ili više dodatnih lokacija.

Teorija lociranja industrijskih pogona razlikuje kategorije industrije prema faktorima koji utječu na lokaciju. Najčešće se razlikuju četiri glavne kategorije, što ne znači da katkada nije potrebna i detaljnija kategorizacija.

U prvu kategoriju svrstava se industrija koja proizvodi *robu za svakodnevnu upotrebu* (roba široke potrošnje), kad je za uspješno poslovanje bitna distribucija i uskladištenje proizvoda. Takva industrija nastoji se smjestiti što bliže potencijalnom tržištu, ili na takvu području odakle transportne mogućnosti osiguravaju dopremu proizvoda na više tržišnih središta uz što niže transportne troškove. Takva industrija obično upošljava mnogo kvalificiranih radnika, a najčešće je to čista industrija, pa se može locirati u industrijskim gradskim zonama, ili čak unutar stambenih i poslovnih gradskih područja.

U drugoj je kategoriji *teška industrija* (npr. proizvodnja čelika, cementa i sl.). Pri izboru lokacije teži se da se smjesti što bliže nalazištu sirovina radi smanjenja transportnih troškova. U takvim industrijama upošljava se obično mnogo radnika, pa je potrebno da budu smještene u blizini naselja, odnosno uz željezničke i cestovne prometnice, da bi se omogućio jednostavan i brz dolazak i odlazak radnika, jer se takvi industrijski pogoni ne smiju locirati neposredno uz naselja. Tako se npr. željezare smiju smjestiti najmanje 12 km od najbližeg naseljenog mjesta. Obično se nastoji da se tzv. prateća industrija (koja prerađuje poluproizvode u finalne proizvode) smjesti u transportne koridore između teške industrije i naseljenog mjesta.

*Laka industrija* spada u treću kategoriju. To je obično specijalizirana industrija (npr. elektroindustrija, industrija električnih komponenata i sl.) koja zahtijeva mnogo kvalificiranih radnika. Budući da je ekonomičnost proizvodnje manje ovisna o sirovinama i poluproizvodima, a više o potencijalnom tržištu gotovih proizvoda i o mjestu stanovanja radnika, takva se industrija smješta prema istim kriterijima kao i prva kategorija.

U četvrtu kategoriju može se svrstati industrija neovisna o lokalnim uvjetima i o tržištu. To je obično *velika i specijalizirana industrija* koja se locira prema specifičnim kriterijima, izvan gradskih naselja, prema strateškim uvjetima, kvaliteti stanovanja zaposlenih i sl.

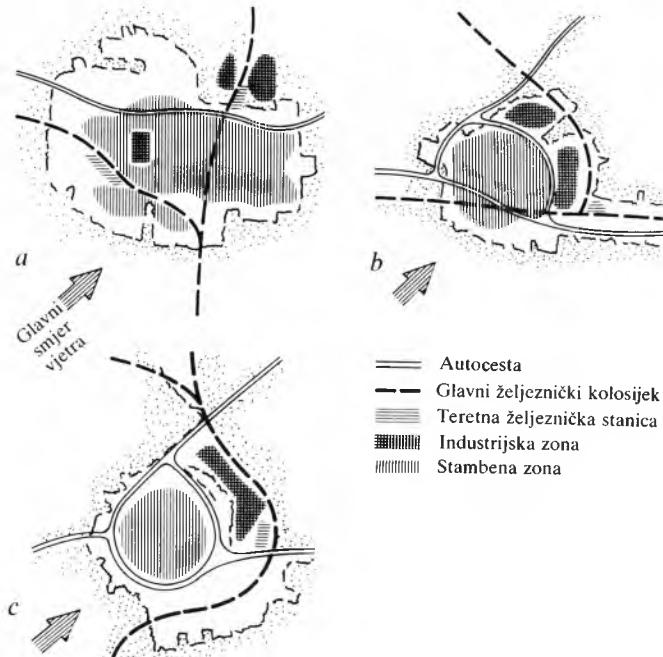
Premještanje na novu lokaciju i otvaranje novih pogona na drugim lokacijama obično su znak uspješnog poslovanja postojećeg industrijskog pogona. Premještanje na novu lokaciju potrebno je kad na postojećoj lokaciji nema dovoljno prostora za proširenje, odnosno kad širenje ili rekonstrukcija grada potiskuje tvornicu u nove industrijske zone u užem ili širem području. Otvaranje novih pogona na drugim lokacijama provodi se radi približavanja mjestu stanovanja zaposlenih, radi sniženja transportnih troškova zbog proširenja tržišta i radi stvaranja novih radnih mjestra u nerazvijenim područjima. Takva decentralizacija obično se stimulira poreznim i kreditnim olakšicama.

Kriteriji za smještaj industrije i za njezinu decentralizaciju podliježu stalnim promjenama. U početku razvoja industrija se smještala neposredno uz nalazišta sirovina i uz izvore pogonske energije. Najprije uz vodene tokove, kad su vodene snage bile jedini upotrebljivi energetski izvor, a nakon toga uz nalazišta ugljena. To je uvjetovalo razvoj industrije u zemljama bogatim ugljenom. S razvojem željezničkog transporta industrija se razvija i u područjima udaljenim od rudnika ugljena. Danas je lokacija često neovisna o energetskim izvorima zbog postojanja razgranatih električnih mreža.

**Industrijska zona.** Svako veće naselje generalnim je urbanističkim planom podijeljeno u tri osnovne grupe površina prema namjeni, i to na stambenu, industrijsku i miješanu zonu. Već prema veličini i karakteristikama naselja te prema dosadašnjem razvoju moguća je dalja podjela na stambenu zonu male, srednje i velike gustoće, trgovačku zonu, miješanu stambeno-trgovačko-poslovnu zonu, zonu servisne, čiste i nečiste industrije.

Posebno pažljivo treba odrediti smještaj nečiste industrije s obzirom na stambenu zonu kako bi se osiguralo kvalitetno stanovanje. To znači da industrijsku zonu treba smjestiti niz vjetar s obzirom na stambenu zonu, da prometni priključci potrebnih industrijskih zoni ne smetaju razvoju stambene i ostalih zона, i sl. (sl. 14). Osim toga, uz industrijsku zonu

treba osigurati ozelenjene površine za rekreatiju i odmor radnika.



Sl. 14. Smještaj industrijske zone. a) nepovoljan položaj, b) povoljan položaj, c) idealan položaj

**Uža lokacija industrije.** Odluka o lokaciji industrije znatno je olakšana kad je urbanističkim planom predviđena industrijska zona. Ako, međutim, nije odredena industrijska zona, lokacija se može odrediti tek nakon detaljne analize koja će, osim ostalog, obuhvatiti i dalju mogućnost razvoja naselja, ali prije bilo kakve analize potrebno je poznavati proizvodni i građevinski program industrijskog kompleksa. Tek na osnovi proizvodnog programa mogu se analizirati faktori koji utječu na izbor lokacije. To su sljedeći faktori: a) veličina i tlocrtni oblik gradilišta koji se mogu najsigurnije utvrditi izradbom pretprojekta i usporednom analizom s već izgrađenim istovrsnim industrijama; b) povezanost predviđene zemljишne parcele s prometnom mrežom (željeznička pruga, cesta, morska ili riječna luka); c) karakteristika tla: nosivost, nagib, pojave i visina podzemnih voda; d) mogućnost opskrbe vodom, kemijski sastav vode, mogućnost odvođenja otpadnih voda, mogućnost priključka na energetske mreže (električna, plinska i toplinska mreža); e) položaj parcele prema stambenoj zoni (prometne veze, najčešći smjer vjetra); f) broj zaposlenih radnika (prijevoz do mjesta rada i do mjesta stanovanja, eventualna potreba gradnje tvorničkog naselja); g) mogućnost onečišćenja okoliša industrijskim otpacima, prašinom, plinovima i otpadnim vodama; h) mogućnost naknadnog proširenja.

### INDUSTRIJSKI KOMPLEKS

Industrijski kompleks obuhvaća sve građevine industrijskog pogona koji se sastoje od proizvodnih i pomoćnih građevina do potrebne infrastrukture i površina unutar industrijskog kompleksa. On je zatvorena i ograda cijelina.

Unutar industrijskog kompleksa postoje dvije zone: proizvodna i zajednička zona.

Osnovu *proizvodne zone* čine proizvodne građevine i prostorije za pripremu proizvodnje, proizvodnju i montažu. Uz to se u proizvodnoj zoni nalaze skladišta sirovina i gotovih proizvoda, te pomoćne radionice.

U *zajedničkoj zoni* nalaze se upravna zgrada, konstrukcijski ured, laboratoriji, sanitarni i društvene građevine, te vratarnica na ulazu u industrijski kompleks.

**Prostorno oblikovanje.** Razlikuju se dva osnovna sustava za gradnju industrijskih kompleksa: otvoreni ili paviljonski sustav i zatvoreni ili blok-sustav.



Sl. 15. Paviljonski sustav gradnje industrijskog kompleksa. Inland Steel Research Laboratory u East Chicagu, Indiana (arh. Skidmore, Owings and Merrill, 1969)

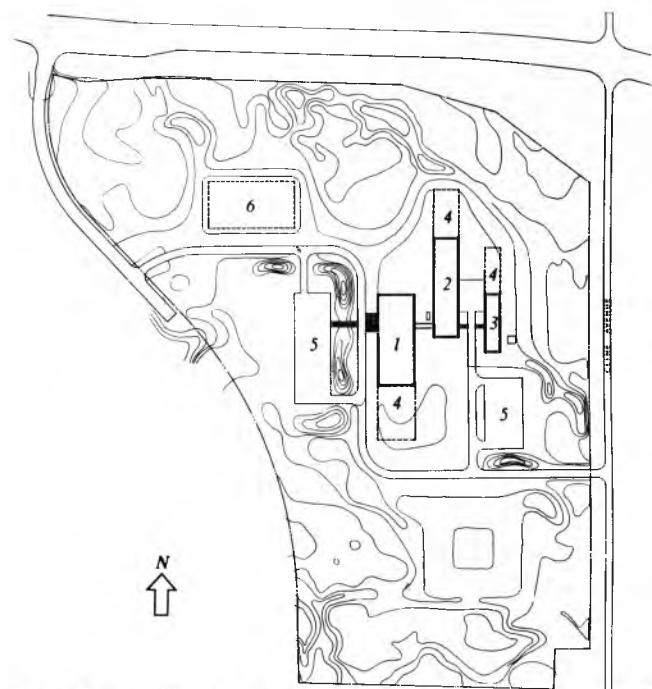
U paviljonskom sustavu gradnje samo oni dijelovi što čine cjelinu u proizvodnom procesu smješteni su u posebnu građevinu koja je smještena na mjestu što najbolje odgovara proizvodnoj shemi (sl. 15 i 16). Prednosti su paviljonskog sustava da se lakše može prilagoditi proširenju i izmjenama, da omogućuje rasvjetu prostorije dnevnim svjetlom i da postoji manja opasnost od požara i eksplozija. Osnovna su mana toga sustava povećani troškovi unutarnjeg transporta.

U blok-sustavu sve proizvodne prostorije, pa čak i prostorije dijela zajedničkih službi, nalaze se u istoj građevini (sl. 17 i 18). Osnovne su prednosti takva sustava: smanjenje unutrašnjeg transperta, veća preglednost i manja građevinska parcela. Mane blok-sustava jesu: teža mogućnost proširenja dijelova pogona, slabija dnevna rasvjeta i veća opasnost od požara i eksplozije. Zbog svojih ostalih prednosti, kad ne postoji opasnost od požara i eksplozije, blok-sustav se sve više primjenjuje.

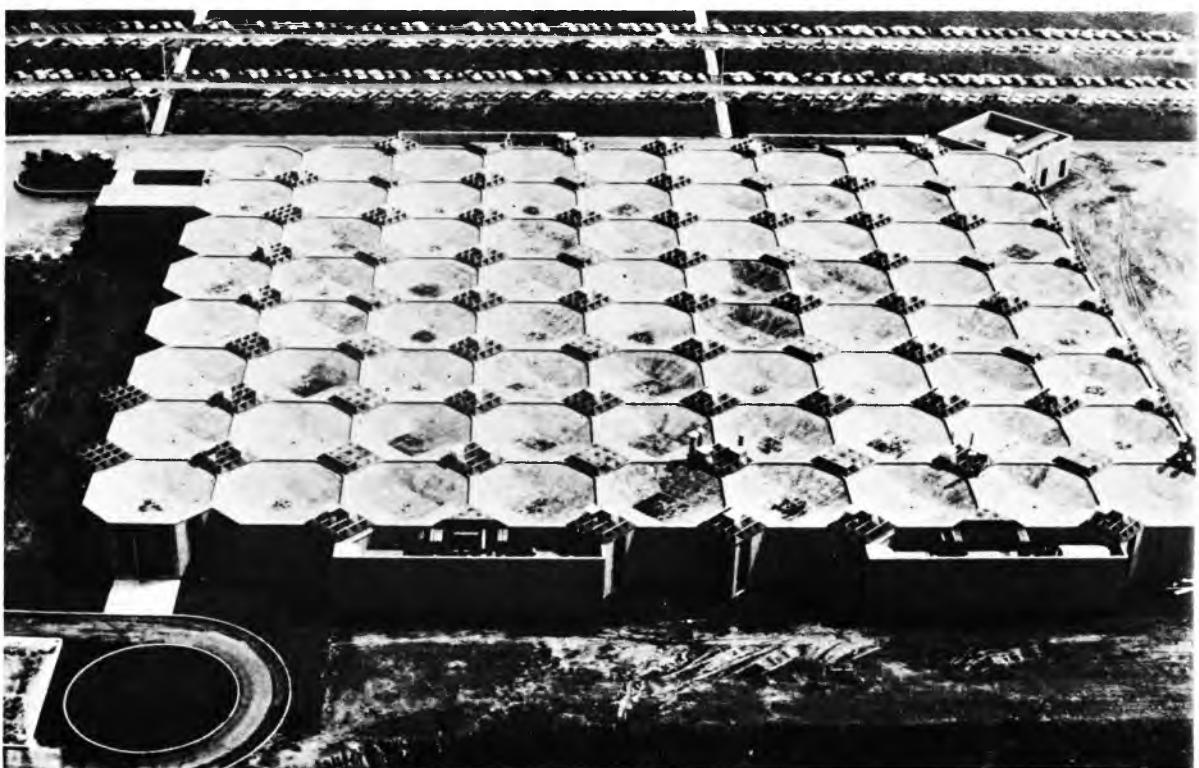
Osim toga, nekada je povoljno dijelove industrijskog kompleksa izgraditi primjenom paviljonskog sustava, a dijelove primjenom blok-sustava.

**Osnovni faktori pri projektiranju** industrijskog kompleksa jesu: proizvodni proces, tok sirovina i unutrašnji transport, veza s vanjskim prometnim putovima i tip građevina.

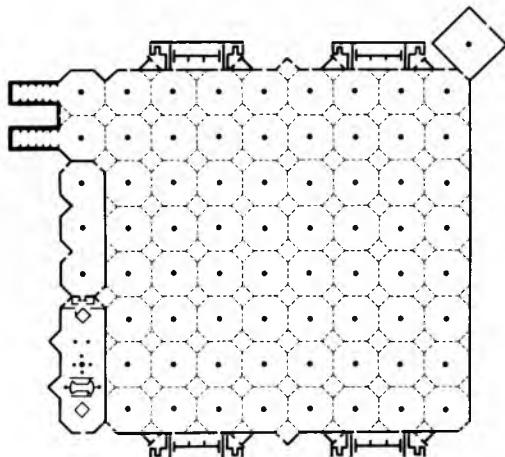
**Proizvodni proces:** razlikuju se četiri osnovne grupe proizvodnih procesa: a) proces kojim se obradom jedne sirovine dobiva jedan finalni proizvod (sl. 19a), b) proces kojim se od jedne sirovine dobiva više finalnih proizvoda (sl. 19b), c) proces kojim se od više sirovina dobiva jedan proizvod (sl. 19c) i d) proces kojim se od više sirovina dobiva



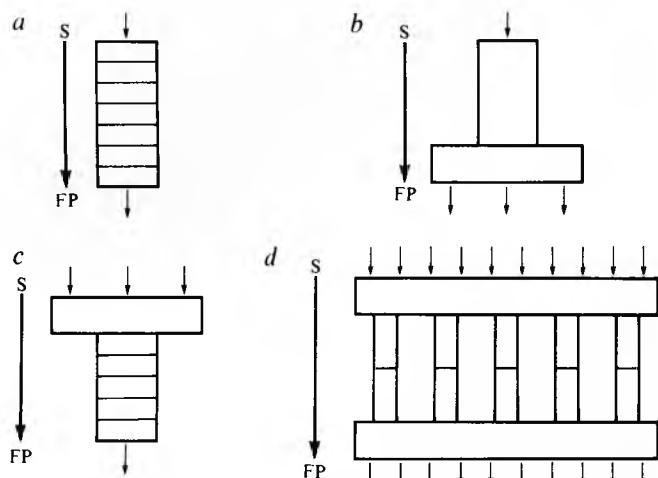
Sl. 16. Tlocrt paviljonskog sustava gradnje industrijskog kompleksa. Inland Steel Research Laboratory u East Chicagu, Indiana (arh. Skidmore, Owings and Merrill, 1969)



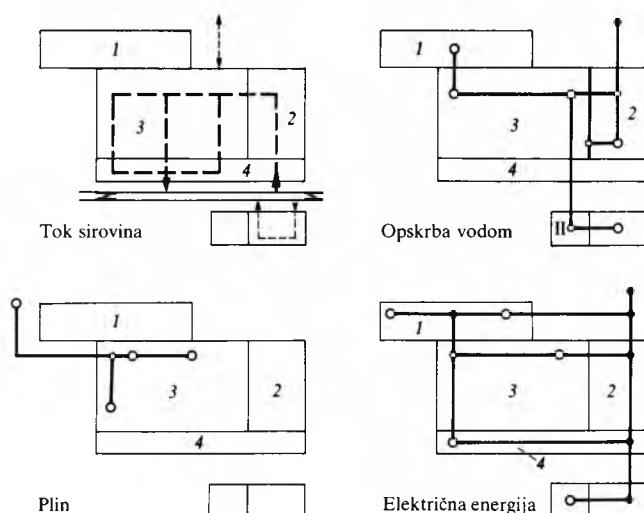
Sl. 17. Blokovski sustav izgradnje industrijskog kompleksa. Tvornica Olivetti u Harrisburgu, Pennsylvania (arh. L. Kahn, 1969)



Sl. 18. Tlocrt blokovskog sustava izgradnje industrijskog kompleksa tvornice Olivetti u Harrisburgu, Pennsylvania (arh. L. Kahn, 1969)



Sl. 19. Četiri osnovne grupe proizvodnih procesa. **a** jedna sirovina i jedan finalni proizvod, **b** jedna sirovina i više finalnih proizvoda, **c** više sirovin i jedan finalni proizvod, **d** više sirovin i više finalnih proizvoda



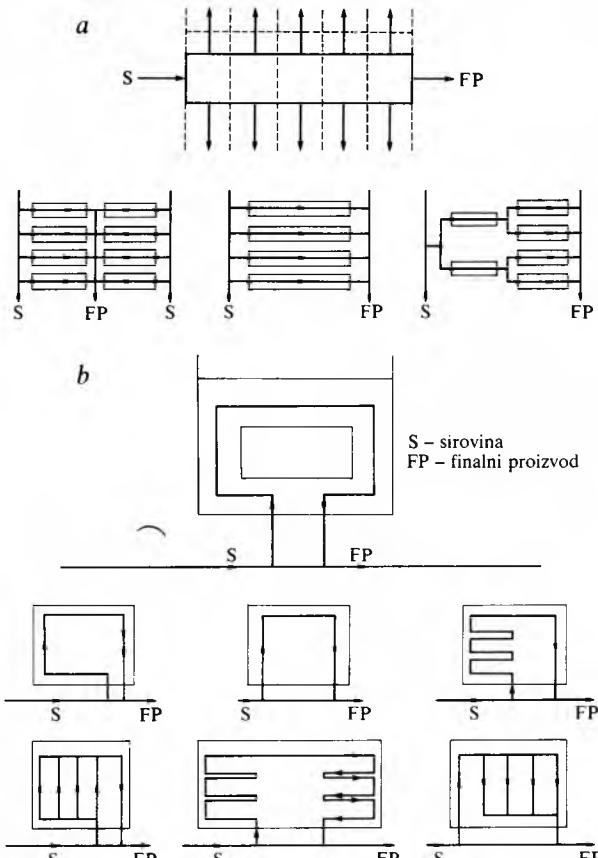
Sl. 20. Pogonska shema opskrbe sirovinama, vodom i energijom. 1 uprava, 2 predovršavanje, 3 dovršavanje montaže, 4 skladište

više proizvoda (sl. 19d). Za sve vrste proizvodnih procesa treba osigurati opskrbu vodom i energijom (sl. 20).

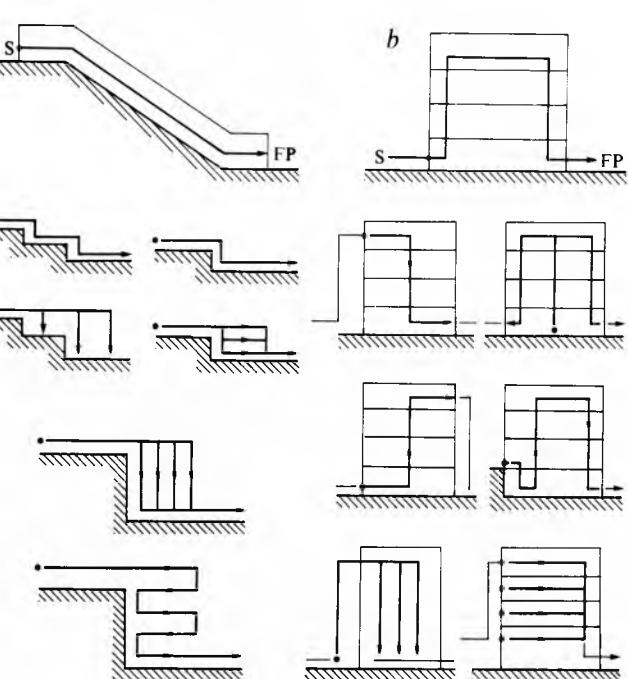
*Tok sirovina i unutrašnji transport.* U proizvodnim prostorijama radnici i strojevi imaju najčešće stalno mjesto, pa se sirovine i proizvodi transportiraju od jednog do drugog

radnika i stroja. Zbog toga se pogonska shema poklapa s tokom sirovina, polufabrikata i gotovih proizvoda. Proizvodni tok može biti pravocrtan (sl. 21a) i s promjenom smjera (sl. 21b). Osim toga, proizvodni tok ovisi o dispoziciji proizvodnih prostorija (sl. 22a i b).

Za funkcioniranje unutrašnjeg prometa važno je da broj ulaza i izlaza bude što manji i da su putovi ljudi i materijala



Sl. 21. Shema proizvodnog toka. **a** linija proizvodnje u ravnom obliku, **b** linija proizvodnje u krivudavom obliku



Sl. 22. Shema proizvodnog toka s obzirom na dispoziciju proizvodnih prostorija. **a** linija proizvodnje u padu, **b** linija proizvodnje kod visokih objekata

što kraći. Najpogodniji je jednosmjerni promet bez križanja. U manjim se industrijskim kompleksima putovi ljudi i materijala obično poklapaju, dok se u većim kompleksima putne mreže odvajaju i često se nalaze na različitim razinama. Unutrašnji promet materijala može se podijeliti na promet među dijelovima industrijskog kompleksa i na promet vezan s vanjskom prometnom mrežom.

*Veza s vanjskim prometom* mora biti u skladu s unutrašnjim prometom. Pri tom treba razlikovati teretni promet (veza s cestovnim prometom, industrijski kolosiek), veza s riječnom ili morskom lukom) i promet ljudi. U manjim kompleksima najjednostavnije je predviđjeti zajednički ulaz za ljude i vozila, dok se u većim kompleksima obično predviđaju odvojeni ulazi. Više ulaza za ljude i vozila onemogućuje uspješnu kontrolu.

*Automatizacija.* Nakon drugog svjetskog rata u industrijskoj proizvodnji sve se više razvija automatizacija kojom se smanjuje udio ljudskog rada, a strojevi zamjenjuju čovjeka i kao izvor snage i u važnim funkcijama opažanja, pamćenja i odlučivanja. Automatizacija zahtijeva veći opseg i višu razinu mehanizacije, te automatsko sakupljanje, pretvaranje i obradu informacija, a također povezivanje uređaja za produkciju s uredajima za rukovanje informacijama.

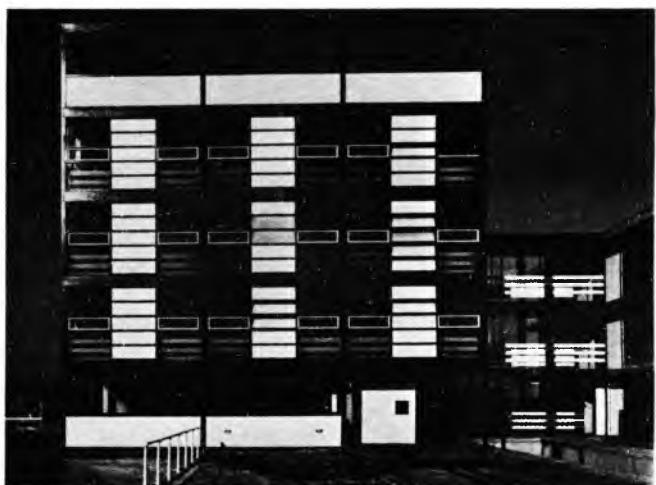
Potpuno kontinuirani proces proizvodnje u naftnoj i kemijskoj industriji doveo je do prvih, gotovo automatskih tvornica.

Automatizacija dovodi do smanjenja ljudskog rada, do ušteda sirovina, energije, prostora i vremena, do smanjenja kvarova i količine otpada, te do poboljšanja kvalitete proizvoda i do boljih radnih uvjeta. No, automatizacija sve više dovodi i do ekonomskih, socioloških i psiholoških problema.

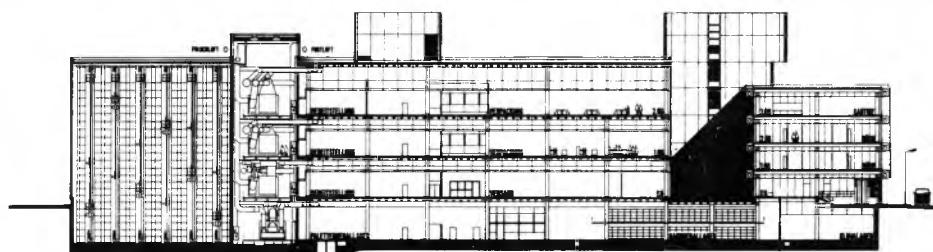
**Tip građevina.** Industrijski pogoni mogu se smjestiti u višekatnice, te visoke i niske hale. Osim toga, nekada su potrebne specijalne građevine, kao vodotornjevi, dimnjaci i transformatorske stanice, koje mogu biti samostalne ili uklopljene u ostale građevine.

Tip gradevina ovisi o vrsti industrije, tehnološkom procesu, raspoloživom zemljištu i njegovoj cijeni, broju zaposlenih, unutrašnjem transportu i opterećenju strojevima.

*Višekatne građevine* (sl. 23, 24, 25) grade se kad je moguće proizvodni proces smjestiti na različitim razinama, kad je na maloj gradevinskoj parceli potrebno smjestiti industriju s mnogo radnika, kad je zemljište skupo, kad unutrašnji vertikalni transport nije velik i kad opterećenje podova strojevima nije preveliko. Takav tip gradevina pogodan je za mehaničarske pogone, proizvodnju prehrambenih proizvoda, tekstilnu industriju i industriju električnih aparata. Takve su gradevine tipične za proizvodne procese u kojima se iskoristi slobodni pad za transport materijala, ili kad su strojevi međusobno vertikalno povezani (npr. mlinovi, neke grane kemijske industrije).



Sl. 25. Višekatne industrijske gradevine. Tvornica keksa Adams Brands Ltd. u Scarboroughu (arh. Perkin Ass., 1962)



Sl. 23. Presjek višekatne industrijske gradevine. Tvornica Schering AG u Berlinu (arh. Hendel, Haseloff i Hotzel, 1975)



Sl. 24. Višekatne industrijske gradevine. Tvornica Schering AG u Berlinu (arh. Hendel, Haseloff i Hotzel, 1975)

Prednosti višekatne građevine jesu dobra rasvjeta radnih mjeseta dnevnim svjetlom, relativno mali troškovi za grijanje i prilagodljivost promjenama proizvodnog procesa. Nedostaci su potreba vertikalnih komunikacija (stopeništa, liftovi, rampe), nedovoljna preglednost pogona i veliki postotak komunikacijskih površina. U takvim zgradama treba posebno pažljivo odrediti smještaj stubišta i liftova, o čemu ovisi dobro funkcioniranje proizvodnog procesa. U višekatnicama moguće je sanitarnе prostorije smjestiti u blizini radnih mjeseta, a omogućena je bolja povezanost pogona s pomoćnim prostorijama (uredi, crtaonice, laboratoriji i sl.) nego u halama.

Tlocrt višekatne gradevine ovisi o potreboj dnevnoj rasvjeti radnih mjeseta, proizvodnom toku, vrsti unutrašnjeg transporta (traka, dizalica, lift), potrebnim komunikacijama (hodnici, stubišta, osobni liftovi) i o protupožarnoj zaštiti (protupožarne pregrade, izlaz za nuždu, zapaljivost materijala).

Ako se želi osigurati dnevna rasvjeta na svim radnim mjestima, širina gradevine ne smije biti veća od 15 m. Grade se, međutim, višekatnice široke i do 30 m, ali se tada u središnji dio, koji je slabo osvijetljen, smještaju skladišta, garderobe i sanitarnе prostorije, što je povoljno s obzirom na udaljenost od radnih mjeseta.

Duljinu gradevine određuju smještaj i razmaci stubišta, koja su bitan faktor pri određivanju visine gradevine. Prije se smatralo da je visina od 4-5 katova optimalna, ali u posljednje vrijeme ta je granica pomaknuta na 20 katova. To je ujedno i gornja ekomska granica zbog velikog vertikalnog transporta materijala i ljudi te zbog velikog postotka potrebnih komunikacijskih površina u nižim katovima, što smanjuje korisnu radnu površinu.

Tok materijala i proizvodni proces određuje oblik tlocrta višekatnice. Treba, međutim, naglasiti da je najpovoljniji pravokutni tlocrt kad se računa s promjenom proizvodnog procesa. Ostali tlocrtni oblici primjenjuju se kad se ne predviđa promjena proizvodnog procesa i kad se s takvim tlocrtom postiže optimalni razmještaj strojeva.

*Visoke hale* grade se kad su potrebne velike visine (više od 6-8 m) zbog smještaja strojeva, uredaja i dizalica (v. *Hale i hangari*, TE 6, str. 335).

*Niske hale* (sl. 26, 27, 28). To su prostrane radne prostorije koje su stupovima podijeljene u više međusobno povezanih prostorija. Njihova visina iznosi 4-8 m, pa se u njih mogu smjestiti samo lagane dizalice.

Niske se hale grade kad postoje velike slobodne parcele, kad se proizvodni proces ne može podijeliti u više neovisnih faza, te kad je opterećenje strojevima veliko. Takav tip gradevine karakterističan je za tekstilnu industriju, industriju kabela i strojeva, automobilsku industriju i tiskare.

Prednosti niskih hala jesu međusobno povezani i pregledni prostor koji je jednoliko rasvijetljen, te mogućnost upotrebe lagane konstrukcije koja nosi samo krov i opterećenje snijegom, pa je moguća gradnja na tlu male nosivosti.



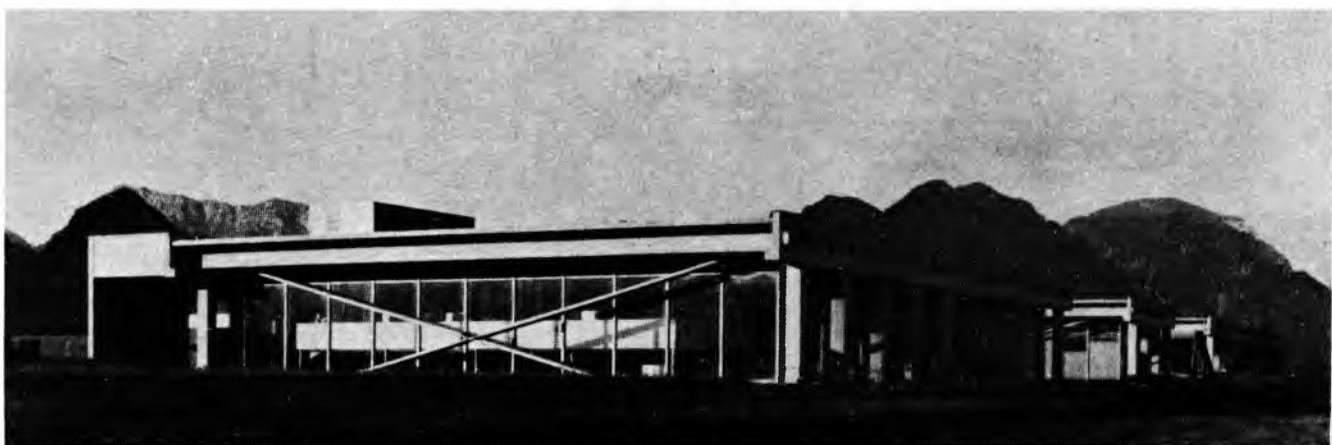
Sl. 26. Niske industrijske hale. Tvornica Cummins Engine Co. u Darlingtonu  
(arh. K. Roche i J. Dinkeloo Ass., 1965)



Sl. 27. Niske industrijske hale. Tvornica Reliance Controls u Swindonu (arh. N. Foster i R. Rogers, Team 4, 1966)

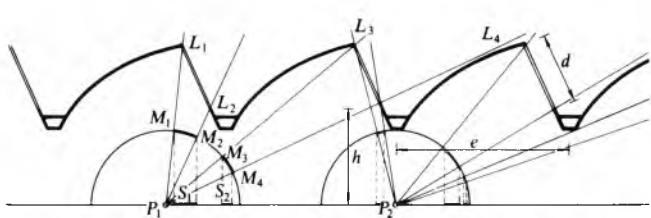
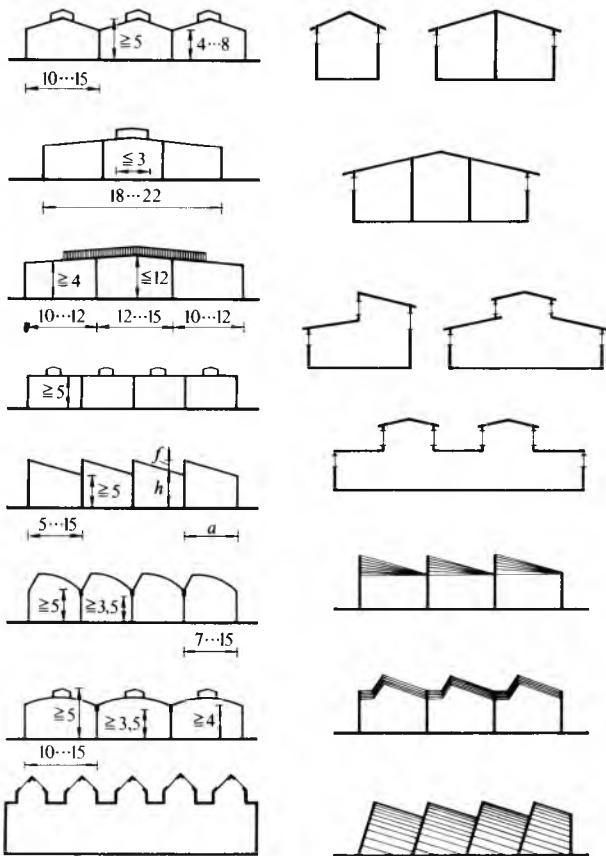
Nedostatak je gradnje niskih hala što imaju veliku površinu krova, pa zbog toga imaju velike toplinske gubitke i visoke troškove za grijanje.

Upotrebom konstrukcijskih elemenata, kao što su armirano-betonске ljske i lagane čelične konstrukcije mogu se niske hale izgraditi s velikim rasponima, a u njih se mogu postaviti dizalice manje nosivosti (do 12,5 t).



Sl. 28. Niske industrijske hale. Tvornica Fantoni u Udinama (arh. G. Valle, 1979)

Za niske hale karakterističan je krovni profil (sl. 29). Svrha je takvih profila da se dobije što jednoličnija rasvjeta u radnim prostorijama. U XIX stoljeću razvio se tip krova (shed) u koji su ugradene kose ili vertikalne staklene plohe orientirane na sjever da bi se sprječio prodor Sunčeva zračenja u radne prostorije (sl. 30). Takvim krovom sjedinjuje se nosiva i krovna konstrukcija i postižu se veliki rasponi, što smanjuje potreban broj stupova. Osim toga, u konstrukciju krova smješten je odvod vode, te kanali za ventilaciju i klimatizaciju. Uz takav krov grade se i drugi oblici krova, a njihova upotreba ovisi o rasvjetcim zahtjevima i o materijalu nosive konstrukcije. Rasvjetom kroz staklene plohe na krovu postiže se u radnim prostorijama jednoličnija rasvjeta nego rasvjetom kroz bočne prozore (sl. 31).

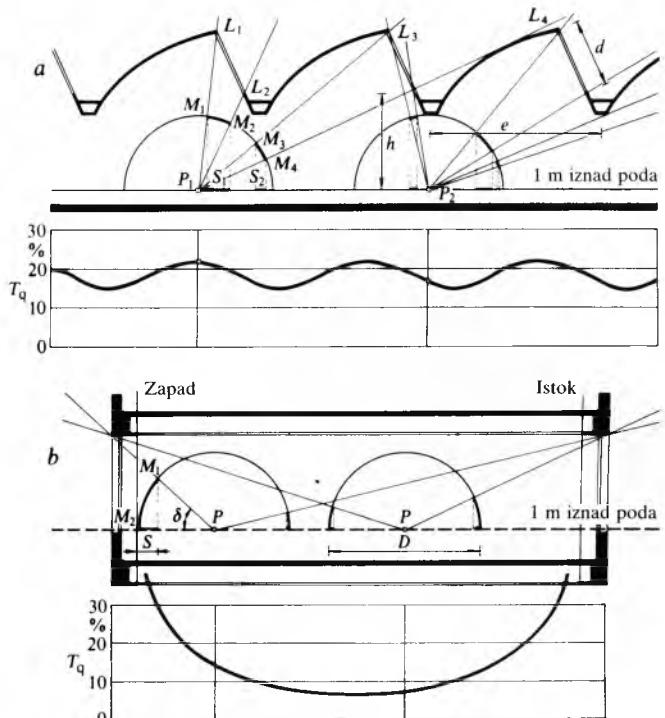


Sl. 30. Presjek shed-krova s karakterističnim vrijednostima  $T_q$

U SAD, prije povišenja cijena nafte (1973), uglavnom su se gradile niske hale samo s umjetnom rasvjetom i klimatizacijom. Krov je tada horizontalan i smješten na rešetkastoј čeličnoj konstrukciji u kojoj su položeni svi potrebeni vodovi (kabeli, cijevi i sl.).

U Evropi pomoćne i sanitarnе prostorije češće se smještaju na podrumskoj razini, a u SAD u krovnoj rešetki, ali najčešće u odvojenoj zgradi.

Zaštitu od požara niskih hala nije jednostavna, jer velike radne prostorije nije moguće podijeliti na požarne odsječke. Zbog toga je potrebna pouštrena protupožarna zaštita.



Sl. 31. Vrijednosti omjera  $T_q$ , a) hala osvijetljena preko krova, b) bočno osvijetljena hala

### PROIZVODNE PROSTORIJE

Proizvodne prostorije, osim što osiguravaju funkcionalna radna mjesta u skladu s proizvodnim procesom, moraju biti dobro rasvjjetljene i prozračene, a uz njih moraju biti dobro organizirane garderobe, sanitarnе prostorije i ostale pomoćne prostorije.

**Radno mjesto** u industriji osnovna je jedinica proizvodnog procesa. Skup radnih mesta čini radni odjel. Radno mjesto najvažniji je element koji utječe na projektiranje industrijske građevine, pa je pri analizi radnih mesta važno sljedeće:

- veličina radnog prostora.** Treba razlikovati gabarit radnog stola ili stroja, radni gabarit i, kad je potrebno, montažni ili remontni gabarit. Radni gabarit obuhvaća površinu radnog stola ili stroja i potreban prostor oko radnog stola ili stroja. Montažni ili remontni gabarit čini uz gabarit radnog stola ili stroja i prostor potreban za montažu i remont stroja. Osnovno je pravilo da se nikakav konstrukcijski element (stup, greda) ne smije nalaziti unutar radnog gabarita i da od ruba gabarita mora biti udaljen najmanje 20 cm;
- uklapanje radnog mesta u proizvodni proces.** U osnovi razlikuju se tri mogućnosti: 1) samostalna radna mjesta, što je tipično za obrtničku proizvodnju, 2) radna mjesta u skupinama, što odgovara serijskoj proizvodnji, i 3) radna mjesta u nizu, što se primjenjuje za lančani sustav proizvodnje. Za lančani sustav proizvodnje potrebna je najmanja površina radnog mesta, jer je transport sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda mehaniziran;
- potrebna energija.** Razlikuju se radna mjesta na kojima nije potrebna radna energija (ručni rad) i radna mjesta za koja je potrebna pogonska energija (električna energija, plin, para, komprimirani zrak);
- doprema i otprema materijala.** Raspored i smještaj radnih mesta ovisi u prvom redu od toka materijala;
- pokretnost radnog mesta.** Razlikuju se pokretna i nepokretna radna mjesta. Postoji, međutim, težnja da se što više smanji broj pokretnih mesta i da ih se, kad god je to moguće, potpuno ukine;
- uvjeti rada na radnom mestu** obuhvaćaju faktore koji osiguravaju udoban rad (osvjetljenje i smjer upada danjeg svjetla, izbor boja) i zaštitu zdravlja radnika, koja ovisi o vrsti rada (čist ili prljav rad, suh ili vlažan, s vibracijama ili bez njih).

**Rasvjeta na radnom mjestu.** Rasvjeta može biti prirodna ili umjetna.

**Prirodna rasvjeta.** Osvjetljenje danjim svjetлом u proizvodnim prostorijama mora biti takvo da se bez zamora mogu izvršiti svi poslovi na radnom mjestu. Omjer  $T_q$  između osvjetljenja na radnom mjestu i na horizontalnoj plohi na otvorenom od danje rasvjete jedna je od karakteristika radnog mjesta. Osvjetljenje danjim svjetлом na otvorenom u srednjoj Evropi 1. 12. u 9 h kad je oblačno iznosi 3000 lx (v. *Insolacija*, TE 6, str. 488). U tabl. 1 nalaze se podaci o potrebnom osvjetljenju i omjeru  $T_q$  za različite vrste rada, dok se u tabl. 2 nalaze podaci o osvjetljenju od zajedničke i pojedinačne rasvjete. Kao vrlo grubi rad smatra se rad u skladištima, a kao grubi rad onaj u skladištima sa stalnim prometom robe. Polufini rad je rad uz strojeve koji rade automatski, zatim razvrstavanje, pakiranje i otprema, dok se finim radom smatra rad na strojevima za obradbu materijala, u mehaničkoj radionici, montiranje i obradba finih dijelova, rad u crtaonicama, te rad uz duže neprekidno promatranje predmeta kad je kontrast između predmeta i okoliša slab. Vrlo fini rad je montiranje sitnih dijelova i fina doradba, precizni radovi, te rad s dugim neprekidnim promatranjem predmeta kad je kontrast prema okolišu slab. Osobito finim radom smatra se preciznije montiranje, razvrstavanje s velikom preciznošću, rad s predmetima s vrlo sitnim detaljima i slabim kontrastom.

Tablica 1  
OSVJETLJENJE I OMJER  $T_q$  NA RADNOM MJESTU  
ZA RAZLIČITE VRSTE RADA

Vrsta rada	Osvjetljenje lx	Omjer $T_q$ %
Vrlo grubi rad	40	1,3
Grubi rad	80	2,7
Polufini rad	150	5,0
Fini rad	300	10,0
Vrlo fini rad	600	20,0
Osobito fini rad	1000	33,3

Tablica 2  
OSVJETLJENJE PRI ZAJEDNIČKOJ I POJEDINAČNOJ RASVJETI

Vrsta rada	Osvjetljenje	
	pri zajedničkoj rasvjeti lx	pri pojedinačnoj rasvjeti lx
Vrlo grubi rad	40	—
Grubi rad	80	—
Polufini rad	40	300
Fini rad	80	600
Vrlo fini rad	150	1000
Osobito fini rad	300	>1000

U višekatnicama je dovoljna rasvjeta na radnom mjestu osigurana kad je radno mjesto udaljeno od prozora manje nego što iznosi dvostruka udaljenost između visine radne plohe i nadvoja prozora (v. *Insolacija*, TE 6, str. 492).

Često se pri izradbi preprojekta računa s približnim površinama prozora, koje iznose za pomoćne prostorije i skladišta 0,1 površine prostorije, za prostorije za grube radove 0,12 površine prostorije, a za prostorije za fine radove 0,2 površine prostorije. Treba, međutim, spomenuti da za površine prozora koje su veće od 0,12 površine prostorija osvjetljenje ne raste proporcionalno s površinom prozora, pa je potrebno u konačnoj fazi projektiranja provesti točniji proračun.

Najjednoličnije se osvjetljenje postiže nadsvjetlima orijentiranim na sjever. Uvijek se, međutim, mora predvidjeti zaštitu od neposrednog Sunčeva zračenja i blještanja. To se postiže zastorima, roletama, nadstrešnicama i brisolejima (brise-soleil). Upotrebljavaju se i difuzne staklene prizme kojima se sunčane zrake raspršuju te se sprečava neposredno Sunčeve zračenje. Zagrijavanje Sunčevim zračenjem može se smanjiti upotrebom posebnih vrsta stakala (npr. Thermolux) koja apsorbiraju toplinsko zračenje.

**Umjetna rasvjeta** u radnim prostorijama mora bojom svjetlosti i pravcem upada što više odgovarati danjoj rasvjeti. Tom je zahtjevu vrlo teško udovoljiti iako razvoj rasvjetnih tijela ide u tom smjeru. Rad pod umjetnom rasvjetom negativno psihološki djeluje, jer se ne može postići promjena spektra, što je karakteristika danjeg svjetla.

Umjetna rasvjeta može biti direktna i indirektna. U višekatnicama sa svjetlo obojenim zidovima prostorije visine do 5 m upotrebljava se direktna ili poludirektna rasvjeta, a kad je visina prostorije veća od 5 m i kad su zidovi tamno obojeni, samo direktna rasvjeta. U niskim halama upotrebljava se direktna rasvjeta, a indirektna rasvjeta samo u dijelovima gdje ne postoje nadsvjetla. Za rad na traci preporučuje se rasvjeta fluorescentnim cijevima.

Djelotvornost rasvjete ovisi o rasporedu rasvjetnih tijela, te o njihovoj intenzivnosti i svjetlosnom spektru (v. *Električno osvjetljenje*, TE 4, str. 263). Pri određivanju rasporeda i izbora rasvjetnih tijela treba razlikovati opću rasvjetu, rasvjetu radnih mjeseta i komunikacija.

**Grijanje** proizvodnih prostorija provodi se na istim principima kao grijanje prostorija općenito (v. *Grijanje*, TE 6, str. 276). Temperatura u radnim prostorijama ovisi o načinu rada (mirovanje ili kretanje radnika u toku rada), o proizvodnji topline u radnom procesu i o temperaturi potrebnoj za tehnološki proces.

**Ventilacija** (provjetravanje) radnih prostorija poseban je problem u industrijskim pogonima u kojima se u toku tehnološkog procesa pojavljuju onečišćivači. Način ventilacije treba odrediti već u idejnem projektu, jer o tome ovisi konstrukcija zgrade, visina prostorija, razmještaj radnih mjeseta i komunikacija. O intenzivnosti onečišćenja ovisi potreban broj izmjena zraka u radnim prostorijama.

Provjetravanje može biti prirodno i umjetno. Osim toga, može se provjetravati cijela prostorija ili pojedino radno mjesto. Prirodno provjetravanje primjenjuje se samo kad u radnim prostorijama nema onečišćenja zbog tehnološkog procesa. Prirodno provjetravanje provodi se otvaranjem prozora, a u niskim halama preko otvora na krovu. Ono je, međutim, dosta nepouzdano jer ovisi o prilikama u okolini.

Kad je u radnim prostorijama potrebno održavati temperaturu, vlažnost i čistoću zraka u određenim granicama, treba predvidjeti klimatizaciju radnih prostorija.

**Unutrašnji transport.** O predvidenom unutrašnjem transportu ovisi oblikovanje i gabariti proizvodnih zgrada. Za unutrašnji transport upotrebljavaju se vozila na tračnicama, dizalice, liftovi, vozila bez tračnica i različita električna vozila. Pri projektiranju treba uzeti u obzir gabarite vozila, polumjer okretanja i visinu dizanja. Podovi u radnim prostorijama najčešće su na istoj razini, a male razlike razina, kad postoje, svladavaju se rampama. Transportne površine treba odvojiti od proizvodnih površina (npr. bojom poda).

**Liftovi** (dizala) služe za vertikalni transport. Razlikuju se osobni, teretri i mješoviti liftovi. Za dimenzioniranje zgrade važne su tlocrne dimenzije lifta, pristup liftu (jednostrani ili dvostrani) i položaj strojarnice za pogon liftova. Da bi se sprječilo širenje požara, otvore liftova treba odvojiti od radnih prostorija vatrootpornim zidovima i vratima. Liftovi su obično smješteni uz stubišta. Kad su liftovi smješteni izvan zgrada, ograju se žičanom ogradom visokom 2,5 m.

**Dizalice.** O dimenzijama dizalice ovisi širina hale, a o njezinoj nosivosti konstrukcija stupova na kojima su nosači i tračnice dizalice. Iznad dizalice mora postojati slobodan prostor visok najmanje 1,8 m za pristup dizalici, a s obje strane dizalice mora postojati prolaz širok najmanje 40 cm, koji omogućuje sklanjanje radnika pri opasnosti.

**Nosiva konstrukcija** mora biti takva da omogućuje jedno-stavno proširenje zgrade i promjenu rasporeda strojeva.

Zide od opeke upotrebljava se samo za uredske zgrade, vratarnicu, skladišta i eventualno za manje pogone.

**Drvo** se upotrebljava za gradnju niskih hala. Prednosti drva jesu brza gradnja, mala težina, otpornost prema kiselinama i plinovima, te mogućnost brzog rušenja i adaptacije.

cije. Nedostaci drva jesu opasnost od požara, mala trajnost i velike deformacije zbog opterećenja i vlage.

**Armiran beton** upotrebljava se za sve vrste industrijskih građevina, a pogotovo za skladišta i silose kad se ne predviđa pregradnja. Prednosti armiranobetonских konstrukcija jesu vatrootpornost, male deformacije zbog opterećenja i minimalno održavanje. Duga gradnja, vrlo komplikirana mogućnost prilagodbe i skupo rušenje nedostaci su armiranobetonских konstrukcija.

**Celik** je najprikladniji materijal za nosive konstrukcije pogonskih zgrada, pogotovo kad su potrebne veće visine i veći rasponi. Elementi se izrađuju u radionicama i montiraju na gradilištu. Potrebna je zaštita od rđanja.

**Prefabricirani armiranobetonski elementi** rijetko se upotrebljavaju u gradnji industrijskih pogonskih zgrada, jer su za različite industrijske pogone potrebni i različiti elementi. Osim toga, elementi su za velike raspone teški i veliki, pa se pojavljuju teškoće u transportu i usklađivanju.

**Modularna koordinacija** važna je u gradnji industrijskih zgrada, kako za definiranje strukturnog sustava tako i za projektiranje detalja. Međunarodni su standardi na osnovi podmodula od 10 cm, a preporuča se primjena većih modula, i to 3 M (30 cm) i 6 M (60 cm). Pomoću tih većih modula dobivaju se osni razmaci od 1,80, 3,60, 5,40, 7,20 i 10,80 m.

**Boje.** Dobrim izborom boja u proizvodnim pogonima povećava se produktivnost, smanjuje se zamor i poboljšava se sigurnost u radu. Tri su osnovne grupe boja: dekorativne, funkcionalne i sigurnosne boje. Funkcionalne boje označuju namjenu površina, a sigurnosne boje služe za upozorenje i obilježavanje. Tako, npr., žuto su obojeni pokretni predmeti (dizalica, niski transportni uredaji) i predmeti u visini glave (grede i sl.), crveno su obojeni zapaljivi predmeti i vatrogasne stube, *ljubičasto* predmeti koji emitiraju štetna zračenja, *zeleno* ormarići prve pomoći itd.

**Zaštita od požara, buke i vibracija.** U industrijskim pogonima može se zapaliti materijal koji se obrađuje, a požar može nastati i u toku proizvodnog procesa. Za zaštitu od požara postavljaju se hidrantni, aparati za gašenje požara, a kad je opasnost od požara veća i sustav sprinklera (automatski uredaji za gašenje požara).

Kad ima malo radnih mjesta na kojima se stvara buka, ona se nastoje smjestiti u neposrednoj blizini da bi se mogli zvučno izolirati od ostalih radnih mjesta. Kada, međutim, prevladavaju radna mjesta na kojima se stvara buka, zvučno se izoliraju radna mjesta na kojima se ne proizvodi buka.

Prenošenje vibracija nastalih radom strojeva spriječava se njihovim temeljenjem na elastičnu podlogu.

### POMOĆNE GRAĐEVINE I PROSTORIJE

Među pomoćne gradevine i prostorije industrijskog kompleksa ubrajaju se skladišta, pogonske zgrade, radionice za održavanje pogona, garaže, vratarnica i upravna zgrada.

**Skladišta.** U svakom industrijskom kompleksu potrebna su skladišta sirovina ili polufabrikata i skladišta gotovih proizvoda. Skladišta se postavljaju u blizini ulaza i moraju biti spojena s vanjskim prometnim vezama. Poželjno je da obje vrste skladišta budu smještene blizu kako bi se iskoristio isti priključak na industrijski kolosijek ili na cestovnu mrežu.

**Pogonske zgrade.** Ako je potrebna vodena para za tehnološki proces, u sklopu industrijskog kompleksa gradi se kotlovnica (kad je potreba pare malena) ili industrijska toplana (kad je potrebna veća količina pare). Tada se za grijanje prostorija upotrebljava para ili vrela voda (v. *Grijanje*, TE 6, str. 283 i 289). Kotlovcu i toplanu treba smjestiti u blizinu radnih prostorija, ali zbog opasnosti od požara ta udaljenost ne smije biti manja od 20 m. One moraju imati dobru vezu s vanjskim prometnicama radi dopremre goriva, a smještaju se niz vjetar od proizvodnih gradevina.

Bez obzira na postojanje toplane u kojoj se proizvodi i električna energija, industrijski se kompleks priključuje na električnu mrežu najčešće preko posebne transformatorske stanice.

Kad je to potrebno i moguće, izvodi se priključak na plinsku, parnu i vrelovodnu mrežu.

**Radionice za održavanje** potrebne su za održavanje alata, strojeva, opreme, vozila i zgrada. One se obično smještaju u posebnu zgradu.

**Garaže.** Služe kao spremišta vozila (v. *Garaža*, TE 6, str. 19). U industrijskom kompleksu garaže služe za transportna, a posebne za vatrogasna vozila.

**Vratarnica** je ulazna gradevina u industrijski kompleks. Vratarnica se sastoji od prostorije za vratara, čekaonice za posjetioce, ostave za pakete, kontrolne kabine za povremene pregledе radnika i trijema s prolazom. Kad se upotrebljava isti ulaz, prolaz za vozila odvojen je od prolaza za osoblje. Uz vratarnicu je parkiralište automobila i spremište bicikla.

**Upravna zgrada** služi za smještaj uprave i zajedničkih službi. U upravnu zgradu smješta se konstrukcijski ured i laboratoriјi. U većim industrijskim kompleksima istraživačka jedinica i laboratoriјi smještaju se u posebnu zgradu.

### SANITARNE, ZDRAVSTVENE I DRUŠTVENE PROSTORIJE

**Sanitarne prostorije** obuhvaćaju garderobe, prostorije za pranje i zahode, a u nekim industrijskim granama i prostorije za otprašivanje i dezinfekciju, te praonice i sušionice odjeće.

**Klasifikacija industrijskih pogona prema potrebnim sanitarnim uredajima.** Prema toj klasifikaciji postoje sljedeće vrste pogona: a) pogoni s normalnim radnim uvjetima svrstavaju se prema prljavosti u malo prljave, umjereno prljave i vrlo prljave pogone; b) pogoni s nenormalnim radnim uvjetima, među koje spadaju topli, vlažni, vlažni i prljavi, te prašnjavi pogoni; c) pogoni u kojima je ugroženo zdravlje radnika, među koje spadaju pogoni za preradbu otrovnih i kliničkih tvari, te pogoni u kojima su radnici ugroženi radioaktivnim zračenjem; d) pogoni s posebnim higijenskim zahtjevima, kao što su pogoni za proizvodnju i preradbu živežnih namirnica i pogoni za izradbu i preradbu sterilnih i farmaceutskih proizvoda.

U grupu malo prljavih pogona spadaju knjigovežnice, tvornice konfekcije i preciznih mehaničkih proizvoda. U takvim pogonima radi se u vlastitim odijelima zaštićenim radnim haljetkom (radnom kutom). Kaputi se vješaju na vješalice, a za pranje služe praonici (15 praonica na 100 radnika).

U grupu umjereno prljavih pogona spadaju tvornice strojeva, te pogoni drvene i gradevine industrije. U tim pogonima zahtjeva se upotreba radnih odijela, pa za odlaganje uličnih odijela treba predvidjeti ormariće ili garderobe. Za pranje služe praonici (20 praonica na 100 radnika) i tuševi (10 tuševa na 100 radnika).

U vrlo prljave pogone ubrajaju se rudnici, tvornice gume i ljepenke, te pogoni u kojima se proizvodi čada i zemljane boje. U svim takvim pogonima obvezna je promjena odjeće. Za pranje služe praonici u obliku korita ili okruglih bazena (25 praonica na 100 radnika) i tuševi (20 tuševa na 100 radnika).

Među tople pogone spadaju talionice i tvornice stakla. U njima nije samo obvezna promjena odjeće, nego i upotreba zaštitne odjeće. Za pranje služe umivaonici (25 mesta na 100 radnika), tuševi (30–35 tuševa na 100 radnika) i kade (3 kade na 100 radnika). Da bi se spriječile prehlade, sanitarnе prostorije moraju biti spojene grijanim hodnicima s radnim prostorijama.

Vlažnim pogonima smatraju se praonice i bojadisaonice. Obvezna je upotreba zaštitne odjeće s gumenim keceljama i čizmama. Zaštitnu odjeću treba osušiti nakon rada, pa treba predvidjeti garderobe s grijanjem i dobrom ventilacijom. Za pranje služe tuševi ili kade (35 tuševa ili kada na 100 radnika) i umivaonici (25 mesta na 100 radnika).

Među vlažne i vrlo prljave pogone ubrajaju se rudnici ugljena i metalnih ruda, te pogoni za ispiranje ugljena i prebiranje ruda. Obvezna je promjena odjeće i upotreba zaštitnih odijela. Uz garderobe predvidene su svačionice, a

garderobe su često s uređajem za podizanje odložene odjeće (sl. 32). U velikim pogonima tuševi su zajednički, a nalaze se između tzv. crne i bijele garderobe.

U prašnjavim pogonima fina prašina prodire kroz odjeću, pa je potrebna promjena odjeće. Na 100 radnika potrebno je predvidjeti 25 mesta za pranje i 30...35 tuševa.

U pogonima za preradbu otrovnih tvari (neki pogoni kemijske industrije) obvezna je promjena odjeće i upotreba zaštitnih odijela. Ulična i zaštitna odijela ne smiju se pomiješati. U nekim pogonima potrebna je svakodnevna dekontaminacija. Potrebno je temeljito pranje nakon smjene, pa je potrebno predvidjeti kupaonice s kadama. To vrijedi i za pogone s klijenosnim tvarima, s tim da odjeću treba svaki dan dezinficirati.



Sl. 32. Garderoba s uredajima za podizanje odjeće

U pogonima u kojima se radi s radioaktivnim tvarima mora se ulična odjeća zamijeniti čistim radnim odijelima. Za sanitarnе prostorije i garderobe vrijede posebni propisi (v. *Nuklearno zračenje*, TE 9, str. 535). Pri napuštanju pogona radnik mora proći kroz kontrolu s Geigerovim brojačem.

Među pogone prehrabne industrije spadaju pekarnice, mljekarnice, te pogoni za preradbu povrća, mesa i ribe. Za tu grupu pogona, uz higijenske uvjete u pogonu, obvezno je pranje radnika prije početka radne smjene.

U tvornicama lijekova, zavoja i seruma razlikuju se polusterilni i sterilni pogoni. U polusterilnim pogonima dovoljni su praonici za pranje prije smjene, dok su u sterilnim pogonima potrebiti tuševi i kade. Odjeća se sterilizira ultraljubičastim zračenjem. U nekim pogonima potrebno je svakodnevno čišćenje odjeće. Hodnikom su spojene pogonske i sanitarnе prostorije da bi se smanjila mogućnost prijenosa klica.

**Smještaj sanitarnih prostorija** ovisi o veličini i vrsti pogona, te o unutrašnjem prometu. Postoje u principu dvije mogućnosti za smještaj sanitarnih prostorija: centralizirane sanitarnе prostorije i pojedinačne sanitarnе prostorije smještene u blizini radnih mjeseta. Udaljenost sanitarnih prostorija od radnih mjeseta ne smije biti veća od 100 m, a kad se radi na traci, ta udaljenost ne treba biti veća od 40 m. Sanitarne prostorije smještaju se na putu od ulaza do radnog mjeseta, ali tako da radnik može doći čist do svog radnog mjeseta. Kad postoje centralne garderobe, udaljenost od garderoba do radnih mjeseta ne smije biti veća od 250...300 m.

U višekatnicama zahodi se smještaju na svakom katu, a garderobe i ostale sanitarnе prostorije najbolje je smjestiti u

najnižoj etaži. Kad su proizvodne prostorije u halama, sanitarnе se prostorije ne smještaju unutar hale, nego u podrumu, pod krovom ili u posebnoj zgradi koja je hodnikom spojena s proizvodnom halom.

**Garderobe** služe za odlaganje ulične odjeće i presvlačenje u radne haljetke i radna odijela. Postoje tri tipa garderoba: otvorene garderobe, garderobe s ormarićima i garderobe s podizanjem odjeće.

U otvorenim garderobama odjeća se vješa na kuke ili vješalice. Ako se presvlače cipele, treba predvidjeti klupe između redova vješalica. Cipele se odlažu na rešetke, u košare ili mreže da bi se osiguralo njihovo provjetranje. Razmak među redovima vješalica mora biti dovoljan za presvlačenje.

Ormarići mogu biti jednostruki i dvostruki. Jednostruki ormarići upotrebljavaju se samo za prljave pogone. Za ostale pogone postavljaju se dvostruki ormarići da se ulično odijelo ne bi uprljalo od radnog odijela. Vrata ormarića izrađena su od žičane mreže da bi se osiguralo provjetranje. Za neke pogone potrebno je predvidjeti i posebnu ventilaciju gardero- ba.

Garderobe s podizanjem odjeće (sl. 32) predviđaju se u velikim pogonima, pogotovo u velikim rudnicima.

Uz garderobe, kad je to potrebno, nalaze se prostorije za sušenje odjeće, za otprašivanje i za dezinfekciju, te praonice rublja. U prostorijama za sušenje odjeće mokra se odjeća smješta na vješalice gdje se suši toplim zrakom. Prostorije za otprašivanje potrebne su u pogonima u kojima se ne smije raditi s prašnjavom odjećom (rad s rendgenskim uredajima i s fotografskim filmovima) i u pogonima u kojima se u radnom procesu odjeća zapraši. Odjeća se nakon svake smjene otprašuje četkanjem ili lupanjem u brzoj zračnoj struji. Prostorije za dezinfekciju služe za sprečavanje unašanja klica u pogone (farmaceutska industrija, proizvodnja serum-a i zavoja) i iznašanje klica iz pogona (rad sa zaraznim materijalima). Praonice rublja služe za pranje radne odjeće u klaonicama, industriji mesnih prerađevina, te u kemijskim i farmaceutskim laboratorijima.

**Praonice i kupaonice** služe za pranje ruku i tijela radnika, najčešće nakon rada, a u nekim pogonima i prije rada. U praonicama se postavljaju pojedinačni umivaonici, korita za pranje (sl. 33), okrugli praonici (sl. 34), praonici za noge (sl. 35) i tuševi. Tip i broj sanitarnih uredaja ovisi o vrsti pogona i o broju radnika u najbrojnijoj smjeni. Kapacitet praonice određuje se zahtjevom da se najbrojnija smjena može oprati tokom 15...20 minuta.



Sl. 33. Korita za pranje



Sl. 34. Okrugli praonici



Sl. 35. Praonici za noge

Pojedinačni umivaonici upotrebljavaju se samo u malo prljavim pogonima, u ostalim pogonima postavljaju se ostali tipovi praonica. U praonicama treba predvidjeti mjesto za vješanje ručnika i za postavljanje zrcala.

U pogonima u kojima se prljaju noge treba predvidjeti praonike za noge ispred kojih se postavljaju sjedišta.

Kade se, zbog velikih investicijskih troškova i relativno velikih troškova održavanja, predviđaju samo u pogonima u kojima se radi s infektivnim materijalima i u sterilnim pogonima.

U velikim rudnicima predviđa se kombinacija praonice s garderobom s dizanjem odjeće. Odjeća se tada diže lancima ispod stropa, pa se tako oslobođa prostor za prolaz koji se lako čisti. Nedostatak je takve kombinacije komplikirani mehanizam i potrebnna velika visina prostorije (~7 m).

Uz zajedničke tuševe treba predvidjeti prostorije za sušenje tijela, jer je zrak u prostoriji za tuševe vrlo vlažan.

**Pitka voda.** U pogonima se upotrebljavaju fontane iz kojih se može piti bez čaše i bez prislanjanja usana. Za svakih 100 radnika treba predvidjeti po jednu fontanu u pogonskim prostorijama, ali udaljenost između fontane i radnog mesta ne smije biti veća od 100 m. Također u svakoj praonici treba predvidjeti po jednu fontanu za piće.

**Zahodi** moraju ispunjavati tri uvjeta: a) da ih je dovoljno, b) da su u blizini radnog mesta i c) da su na visokoj

higijenskoj razini. Maksimalna udaljenost zahoda od radnog mesta iznosi 100 m, a 40 m kad se radi na traci. Na 100 radnika potrebno je predviđeti tri zahoda i tri pisoara ili pet zahoda, a na 100 radnika sedam zahoda.

**Zdravstvena stanica** opravdana je kad u pogonu radi više od 200 radnika. Zdravstvenu stanicu trebalo bi smjestiti u središnji dio industrijskog kompleksa, ali daleko od buke, prašine i opasnosti od eksplozije. Povoljan je smještaj zdravstvene stanice uz ulaz radi bržeg ovoza ozlijedenih radnika, radi primanja novih radnika, a pogotovo kad je predviđeno liječenje članova obitelji radnika. Ako se zdravstvena stanica predviđa u sklopu drugih dijelova industrijskog kompleksa, najbolje ju je uklopiti u građevinu u kojoj su smještene garderobe i praonice, ali s posebnim ulazom. Tada je zadovoljen zahtjev za središnjim smještajem zdravstvene stanice.

Površina zdravstvene stanice ovisi o broju radnika, broju predviđenih pregleda po radniku, vrsti industrije i dr. Najmanja zdravstvena stanica ima površinu od ~50 m<sup>2</sup> sa 3 prostorije, a velike zdravstvene stanice, za pogone sa 10000 radnika, mogu imati površinu i do 800 m<sup>2</sup>. Najmanja ambulanta ima sobu za previjanje, sobu za pregledne i čekaonicu.

Zubna ambulanta predviđa se samo u pogonima s više od 35000 radnika.

**Društvena prehrana.** Svi veći industrijski kompleksi imaju restorane društvene prehrane u kojima radnici mogu uz pogodovnu cijenu nabaviti topli obrok. Veličina restorana ovisi o broju radnika koji uzimaju topli obrok, o trajanju odmora te o broju i vrsti jela. Može se računati da prosječno 50% radnika uzima topli obrok iako taj postotak može doseći vrijednost od 85% u dobro vođenim restoranima.

Ako odmor traje 30 minuta, udaljenost restorana od radnih mesta ne smije biti veća od 400 m, a ako je trajanje odmora duže od 30 minuta, ta udaljenost može biti veća, ali najviše 800 m. Restoran bi trebao biti smješten u mirnom području, daleko od buke, smrada i prašine, kako bi se radnici mogli opustiti i odmoriti. Prilikom izbora lokacije restorana treba uzeti u obzir opskrbu kuhinje, pa treba osigurati najkraću moguću vezu s ulazom u tvornicu. U velikim pogonima restorani su raspoređeni po industrijskom kompleksu. Tada se predviđa središnje skladište hrane, za tzv. grubu pripremu, iz kojeg se namirnice razvražaju kamionetima na dalju pripremu.

Da bi se skratili transportni i prometni putovi, smanjio broj osoblja i omogućio lakši pristup radnika, kuhinja i blagovaonica smještaju se na jednoj razini, najbolje u prizemlju. Za dobro funkcioniranje najvažnija je organizacija izdavanja jela. Smatra se da je ta organizacija dobra ako je gost poslužen u roku od 5...10 minuta. Teškoće s istodobnim dolaskom radnika mogu se smanjiti pomakom vremena odmora.

Sve se više napušta raznošenje jela, pa se uvodi sustav samoposluživanja. Tada je potrebno osigurati jednostavan pristup jelima i najkraći put između mesta preuzimanja jela i stolova u blagovaonici. Jedna linija za preuzimanje jela dovoljna je za 800...1000 gostiju (uz tri promjene mesta u blagovaonici). Za više gostiju uvodi se još jedna linija ili još jedna blagovaonica. Ispred linije za preuzimanje hrane potrebno je osigurati dovoljno mesta za čekanje (minimum 15 m). Taj dio treba vizualno odvojiti od blagovaonice.

Postoji u organizacijskom smislu više tipova kuhinje: normalna kuhinja, kuhinja u kojoj se grijе već pripremljena hrana, topla kuhinja u kojoj se griju obroci koje donose radnici, kuhinja za odmrzavanje u kojoj se odmrzavaju pripremljeni duboko smrznuti obroci i automatske kuhinje u kojima se u automatima griju već pripremljeni obroci.

Osim toplog obroka predviđa se u mnogim pogonima mogućnost osvježenja u blizini radnog mesta. To se postiže postavljanjem automata za kavu, čaj i različite sokove. Negdje se uz pogone postavljaju male čajne kuhinje iz kojih se raznose, prema narudžbama, osvježavajući napici na radna mjesta.

**Društvene prostorije.** U grupu posebnih građevina koje se grade u neposrednoj blizini industrijskog kompleksa ili u njegovu sklopu spadaju prostorije za kulturno uzdizanje i zabavu radnika, knjižnice, škole učenika u privredi, sportski tereni i dvorane, dječji vrtići, stanovi za radnike i hoteli za samce. Sve se to gradi radi poboljšanja životnih uvjeta radnika i za njihovo bolje povezivanje s radnom organizacijom.

LIT.: W. Henn, Industriebau; 1. Teil: Plannung, Entwurf, Gestaltung; 2. Teil: Entwurfs- und Konstruktionsatlas; 3. Teil: Internationale Beispiele; 4. Teil: Sozialbauten der Industrie. Verlag G. D. W. Callwey, München 1955-1966. – B. Đ. Kojić, Projektiranje privrednih zgrada, Industrijska arhitektura. Naučna knjiga, Beograd 1962. – J. Winter, Industrial Architecture. Studio Vista, London 1970. – O. W. Grube, Industriebauten-international. Verlag G. Hatje, Stuttgart 1971. – V. Damjanović, Industrijski kompleksi i zgrade. Građevinska knjiga, Beograd 1972.

Lj. Šepić

**PROCESNA APARATURA,** oprema postrojenja procesne tehnike (v. *Procesna tehnika*). Postrojenja procesne tehnike autonomni su sustavi aparata i strojeva s transportnim instalacijama potrebnim za osiguranje strujanja materijala i energije, kojima se ti dijelovi povezuju u funkcionalne cjeline prikladne za vođenje industrijskih procesa, te s instalacijama za automatsko upravljanje.

Jedan je od razloga za izdvajanje procesne aparature kao posebne oblasti procesne tehnike u tome što je potrebno rješavati konstrukcijske probleme, pa je to granično područje sa strojarstvom. Osim toga, postoje brojni i raznoliki procesi i zbog toga brojna i raznolika postrojenja.

Aparature za procesna postrojenja svrstavaju se, prema karakteristikama procesnih stadija (koraka), u dvije osnovne skupine: aparature za jedinične operacije i aparature za jedinične procese.

Oprema za neke jedinične operacije, npr. transport fluida, transport čvrstih tvari, prijenos topline, nisu obuhvaćene u ovom članku jer to nije područje procesne tehnike u najužem smislu i jer je većinom područje strojarstva. To je obrađeno u člancima: *Kompresor*, TE 7, str. 221; *Pumpe*; *Rashladni uređaji*; *Termodynamika*; *Transport fluida*; *Vakuumská technika*; *Ventilatori*.

Aparature za ostale jedinične operacije opisane su u člancima o pojedinim jediničnim operacijama (v. *Adsorpcija*, TE 1, str. 1; v. *Apsorpcija plinova*, TE 1, str. 324; v. *Briketiranje*, TE 2, str. 153; v. *Centrifugiranje*, TE 2, str. 590; v. *Čišćenje plinova*, TE 3, str. 115; v. *Destilacija*, TE 3, str. 232; v. *Difuzija*, TE 3, str. 395; v. *Ekstrakcija*, TE 3, str. 537; v. *Elektrodijaliza*, TE 4, str. 337; v. *Elektrokinetičke operacije*, TE 4, str. 397; v. *Elektrostaticke operacije*, TE 5, str. 43; v. *Emulgiranje*, TE 5, str. 313; v. *Filtracija*, TE 5, str. 398; v. *Flotacija*, TE 5, str. 460; v. *Fluidizacija*, TE 5, str. 487; v. *Gvožđe*, *Agglomeriranje sinterovanjem*; *Pelletiranje*, TE 6, str. 319 i 320; v. *Isparivanje*, TE 6, str. 540; v. *Klasiranje*, TE 7, str. 130; v. *Kristalizacija*, TE 7, str. 335; v. *Luženje*, TE 7, str. 639; v. *Membrane*, TE 8, str. 381; v. *Miješanje*, TE 8, str. 526; v. *Mljevenje*, TE 8, str. 621; v. *Rektifikacija*; v. *Sedimentacija*; v. *Sublimacija*; v. *Sušenje*; v. *Ultrafiltracija*; v. *Vage*). U ovom su članku opisi jediničnih operacija dopunjeni podacima o konstrukcijskim materijalima za procesnu aparaturu.

Također ni oprema za daljnjsko mjerjenje i upravljanje procesnim postrojenjima (v. *Daljnjsko mjerjenje*, TE 3, str. 175; v. *Daljnjsko upravljanje*, TE 3, str. 180; v. *Fluidika*, TE 5, str. 469; v. *Kibernetika*, TE 7, str. 82) nije obuhvaćena ovim člankom jer to nije uže područje procesne tehnike.

Opis procesne aparature ograničen je, dakle, na prikaz aparature za vođenje jediničnih procesa, odnosno na kemijske reakcijske aparate ili kemijske reaktore.

## KONSTRUKCIJSKI MATERIJALI ZA PROCESNU APARATURU

Metali su glavni materijali u strojogradnji, pa i za gradnju procesne aparature. Međutim, za procesnu aparaturu često je potrebno upotrijebiti i druge konstrukcijske materijale, koji mogu biti i anorganski i organski.

Osim toga, postoje mnogi specifični zahtjevi za konstrukcijske materijale za gradnju procesnih postrojenja, a za njihov izbor specifične norme i specifične metode njihova ispitivanja. Konstrukcijski materijali za procesnu aparaturu, naime, moraju biti sposobni da podnesu naprezanja uzrokovana težim i složenijim režimom opterećenja. Ta se sposobnost naziva opteretljivošću konstrukcijskih materijala.

### Svojstva materijala i njihovo ispitivanje

Preradljivost konstrukcijskih materijala za procesnu aparaturu ocjenjuje se na osnovi njihova ponašanja tokom prerad-

be. Glavne su skupine operacija preradbe: osnovno oblikovanje, preoblikovanje (npr. svijanje, zaobljavljivanje, dubljenje), odvajanje (npr. rezanje, skidanje strugotine), spajanje (npr. zavarivanje, lijepljenje, uvaljivanje cijevi), oblaganje i mijenjanje svojstava tvari (npr. poboljšavanje svojstava, nitriranje, otvrdnjavanje). Mogućnosti primjene tih operacija u preradbi zavisne su od svojstava konstrukcijskih materijala, a njihovom preradbom ne smije se znatno promijeniti njihova opteretljivost.

Za gradnju procesne aparature najpovoljniji su konstrukcijski materijali s velikom preradljivošću, jer se pri preopterećenju ne lome, što je u procesnoj tehniči osobito opasno, već se samo deformiraju.

**Zavarivost.** Zavarivanje je najvažnija operacija u izradbi procesne aparature. Služi ne samo za spajanje, nanošenje i oblaganje u gradnji već i za popravke procesne aparature, pa se zavarivanjem može mijenjati opteretljivost konstrukcijskih materijala i nakon izradbe aparata. Zbog toga zavarivost (v. *Zavarivanje*) konstrukcijskih materijala najviše, a često i sama, određuje njihovu upotrebljivost u gradnji procesne aparature.

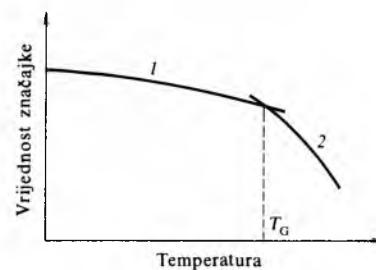
Usprkos ograničenosti temperaturnog područja u kojem su upotrebljivi zalipljeni dijelovi ( $80\cdots100^{\circ}\text{C}$ ), u posljednje vrijeme u gradnji procesne aparature brzo raste značenje lijepljenja (v. *Ljepila*, TE 7, str. 581) kao operacije spajanja kad zavarivanje ne dolazi u obzir. Velika je prednost lijepljenja u tome što mnogo manje utječe na opteretljivost konstrukcijskih materijala. Zbog toga je njihov razvoj usmjeren u proširivanje temperaturnog područja upotrebljivosti zalipljenih dijelova pronalaznjem za to potrebnih ljepila.

**Opteretljivost** konstrukcijskih materijala za procesnu aparaturu zavisi od otpornosti materijala prema mehaničkim opterećenjima (mehaničke opteretljivosti) i njene zavisnosti od temperature, te otpornosti prema koroziskom djelovanju i mehaničkom trošenju.

O mehaničkoj opteretljivosti konstrukcijskih materijala v. *Elementi strojeva*, TE 5, str. 197, 200; v. *Ispitivanje građevnih materijala i konstrukcija*, TE 6, str. 551; v. *Metalne konstrukcije*, TE 8, str. 391; v. *Nauka o čvrstoći*, TE 9, str. 277.

Utjecaj je temperature na mehaničku opteretljivost konstrukcijskih materijala općenito velik. Taj je utjecaj na procesne aparature posebno velik, jer temperature na kojima se odvijaju kemijski procesi mogu biti i vrlo visoke i vrlo niske.

S povišenjem temperature smanjuje se čvrstoća, a povećava preradljivost, pa pušavost materijala postaje mjerodavna za opteretljivost konstrukcijskih materijala. Zbog toga, nakon prekoračenja neke granične temperature karakteristične za promatrani materijal, granica opteretljivosti nije više granica istezanja ili vlačna čvrstoća na predviđenoj temperaturi. Umjesto njih mora se računati sa značajkama čvrstoće koje ovise o temperaturi i trajanju naprezanja (sl. 1).



Sl. 1. Ovisnost značajki čvrstoće o temperaturi. 1 vlačna čvrstoća i granica istezanja, 2 vlačna čvrstoća i granica istezanja ovisne o trajanju naprezanja,  $T_G$  granična temperatura

Sa sniženjem temperature raste čvrstoća, a opada preradljivost konstrukcijskih materijala, pa kad je temperatura dostigla neku dovoljno nisku vrijednost (tzv. prijelazna temperatura), pojavljuju se krhki lomovi materijala bez zamjetljive deformacije u području loma. Povećavanjem