

Tehnologija građenja

Proizvodnja betona

- Proizvodnja betona je tehnološki postupak koji zahtjeva traženu kvalitetu i ekonomičnost.
- Agregat treba zadovoljiti granulometrijski sastav pa se radi sa više frakcija.
- Cement može biti raznih kvaliteta pa ga treba u tom slučaju odvojeno skladištiti.
- Voda mora zadovoljiti tehničke zahtjeve.

- Uređaji za pripremu (miješanje) betona mogu biti različiti u odnosu na vrste mješalica, na skladištenje agregata i cementa, njihovo transportiranje doziranje i slično.

- Najkvalitetnija su automatska postrojenja s planetarno protustrujno-prisilnom mješalicom i skladištenjem agregata u zatvorenom silosu s pregradcima.
- Automatiziranost postrojenja betonare sastoji se u programiranom upravljanju. Za pojedinu traženu vrstu betona programiraju se težinski njegove komponente:
 - Cement
 - Agregat po frakcijama
 - Voda
 - Aditivi
 - Potrebno vrijeme miješanja.

- Agregat se može grijati za izradu betona u zimskom razdoblju.
- Pri izradi toplih betona najprikladnije je grijati agregat, jer je sadržan najvećom masom.
 - Grijanje agregata mora biti provedeno tako da ne dolazi do njegova vlaženja. To se izvodi pomoću parnog cjevovoda na dnu boksova kroz koji struji suhi zrak.

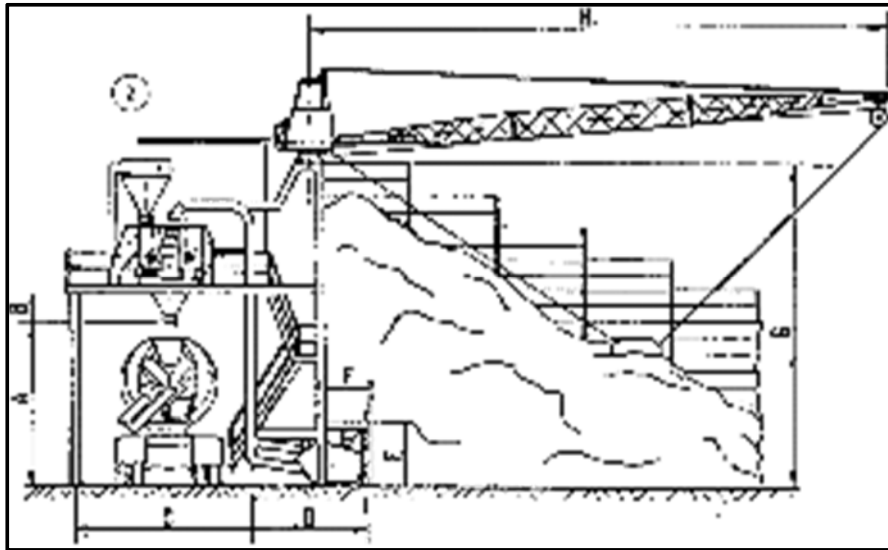
- Postrojenja za proizvodnju betona (betonare) mogu biti:
 - *središnja betonara - tvornica betona*
 - *gradilišna betonara*

Betonare tipa "zvijezda"

- Betonare tipa "zvijezda" su koncipirane kao klasični tip betonare koji se upotrebljavao do prije nekoliko godina. Prednost betonara ovog tipa je što omogućuje veći skladišni kapacitet za agregate, jednostavnost kod instaliranja, te što je kompletna betonara izrađena tipski. Kapacitet proizvodnje betona se kreće u granicama od $20\text{m}^3/\text{sat}$ do $100\text{m}^3/\text{sat}$.

Proizvodnja betona





Betonare s rednim silosima

- Betonare s rednim silosima za agregate, omogućuju projektiranje postrojenja po modulima, odnosno ovisno o zahtjevima korisnika betonare glede kapaciteta, izvedenog upravljanja i automatizacije, namjene postrojenja, konfiguracije tla, lokacije i sl. Kapacitet proizvodnje betona se može kretati u granicama od 20 m³/sat do 300 m³/sat .

- U postrojenja mogu biti ugrađene planetarne ili twin-shaft mješalice volumena od 500 do 4.000 litara izlaza svježeg vibriranog ugrađenog betona, a ovisno o namjeni betonare.
- Redni silosi mogu biti kapaciteta od 10 m³ do 100 m³ po svakom agregatu, te se modularno može instalirati postrojenje s 3, 4, 5 ili više različitih tipova agregata.
- Kapacitet silosa za cement se određuje ovisno o mogućnosti dopreme cementa i kapaciteta proizvodnje betona.

Uvjeti za gradilišnu betonaru

- Organiziranje izrade svježe betonske mase na gradilištu montiranjem gradilišne betonare izvodi se:
 - *kada su posrijedi veća gradilišta*
 - *kada su na gradilištu potrebne veće količine svježega betona*
 - *kada se gradilište nalazi izvan prihvatljivog radijusa transporta svježe betonske mase zbog mogućnosti početka vezanja betona (35-50 km)*

- ako su lokacije opskrbe agregatom i cementom vrlo blizu gradilišta u odnosu na lokaciju opskrbe gotovim svježim betonom
- ako je ekonomski nepovoljnije da se opskrbljuje dopremljenim betonom iz središnje betonare koja se nalazi na dopuštenoj udaljenosti od gradilišta u odnosu na početak vezanja



Redni silos



Betonare s rednim silosima



Toranjska betonara



Toranjska betonara



Elevator za dizanje agregata

Istovar agregata

Betonare s rednim silosima punjenje pokretnom trakom



Središnja tvornica betona

- Prednosti proizvodnje betona u središnjim tvornicama betona:
 - *beton se proizvodi na industrijski način*
 - *ušteta na radnicima i energiji*
 - *ušteta na cementu i aditivima (središnjoj betonari postoji laboratorij koji određuje optimalni utrošak količine cementa)*
 - *kontrola kvalitete*
 - *planirano se mogu snabdjevati gradilišta sa velikim količinama svježeg betona*
 - *kontinuiran i programiran rad s maksimalnim kapacitetom, ako se radi u više smjena*
 - *u slobodnim terminima može se prodavati beton za tržište*

- **Nedostaci proizvodnje betona u središnjim tvornicama betona:**
 - *potreba angažiranja većih sredstava za izvedbu jednog velikog postrojenja*
 - *potreba organiziranja vanjskog transporta svježeg betona*

OPREMA BETONARA

- **Uređaji za skladištenje agregata:**
 - *otvoreni boksovi - zvijezde*
 - *silosi u nizu - horizontalni*
 - *silos s pregradcima - vertikalni*
- **Uređaji za skladištenje cementa:**
 - *metalni silosi*
 - *silosi od umjetnih materijala*

- **Uređaji za vaganje prema namjeni:**

- *vaga za cement*
- *vaga za agregat*
- *vaga za vodu (vodomjer)*
- *vaga za dodatke (aditive)*

- **Uređaji za miješanje:**

- *mješalice sa slobodnim padom*
- *prinudne mješalice*
- *prisino - protustrujne mješalice (planetarne)*

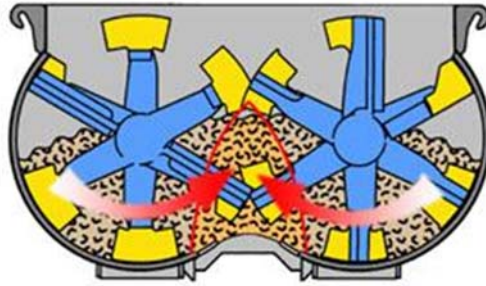
Verikalna osovina- prinudna



Planetarna mješalica – prisilno protustrujna



Gravitacijska – Horizontalna osovina



- **Uređaji za unutarnji transport komponenata:**
 - *pužni transporter za cement*
 - *uređaj sa kosim šinama i usipnom korpom za agregat*
 - *uređaj za horizontalno transportiranje agregata*
 - *dozator*
 - *uređaj za transport aditiva*

- **Ostali uređaji:**

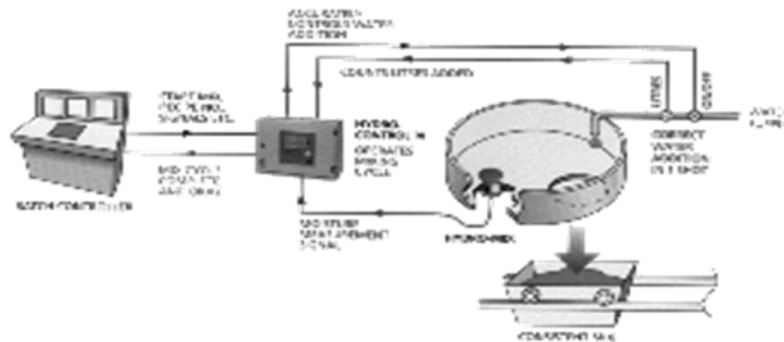
- *uređaj za mjerenje vlažnosti agregata*
- *uređaj za sprečavanje zgrušavanja cementa u silosima*
- *uređaj za zagrijavanje agregata*
- *komandni stol*

Kontrola vlažnosti

- Kvalitetan beton, osim pravilnog granulometrijskog sastava, mora sadržavati uvijek istu vlažnost bez obzira na ulazne vrijednosti vlažnosti pijeska i točnosti doziranja vode.
- Proizvodnja betonskih vibroprešanih elemenata je izuzetno zahtjevna glede kvalitete i konzistencije betona u proizvodnji.



- U programu mjerenja vlažnosti nalaze se sonde za mjerenje vlažnosti pijeska, mjerenja vlažnosti betona u mješalici, pokazni uređaji prikaza vlage i kompletno regulacijsko-upravljački uređaj doziranja vode na osnovu mjerenja. Oprema se može ugraditi kako na nove tako i na postojeće stare betonare bez obzira na tip mješalice koji se nalazi u betonari.



Kontrole

- Kod proizvodnje betona u tvornici betona moraju biti ispunjeni određeni uvjeti, te se moraju obavljati slijedeće :
 - kontrola proizvodne sposobnosti tvornice betona
 - kontrola opreme laboratorija za beton
 - kontrola kvalitete sastojaka za izradu betona
 - kontrola svježeg betona
 - kontrola očvrslog betona i ocjena postignute marke betona
 - kontrola vođenja potrebne dokumentacije

Ispоруka betona

- Prilikom isporuke betona korisniku, proizvođač betona dužan je izdati popratni list (izdatnicu) koji mora sadržavati slijedeće podatke:
 - ime proizvođača betona
 - datum isporuke betona
 - ime kupca, naziv gradilišta, naziv građevine
 - vrsta betona, marka betona, posebna svojstva očvrsllog betona
 - isporučena količina u m³
 - vrsta upotrijebljenog agregata
 - vrsta upotrijebljenog cementa
 - vrijeme (sat i minute) završetka punjenja transportnog sredstva
 - konzistencija betona izmjerena u betonari
 - sadržaj pora za aerirani beton, izmjeren u betonari
 - temperatura svježeg betona kad je jaka zima ili vruće ljeto
 - vrijeme (sat i minute) dolaska transportnog sredstva na mjesto ugradnje (upisuje primatelj)

Tlačna čvrstoća betona

- U toku proizvodnje betona, u laboratoriju tvornice betona se obavezno ispituje tlačna čvrstoća kontrolnih uzoraka svake vrste betona. Rezultati tih ispitivanja rabe se za tekuću kontrolu i ocjenu marke betona po partijama.
- Jedan kontrolni uzorak (kocka 15 x 15 x15 cm) uzima se za svaku vrstu betona, i to svaki dan kada se taj beton proizvodi ili na svakih 75 mješavina (za mješalicu 0,5 m³ je to na 40 m³), s tim da se uzima onaj slučaj koji daje veći broj uzoraka.
- Tijekom jednomjesečne proizvodnje betona za jednu vrstu betona mora se uzeti najmanje četiri kontrolna uzorka. Ako se zna da u slijedeća dva mjeseca neće biti proizvodnje te iste vrste betona onda se mora uzeti najmanje deset uzoraka radi mogućnosti dokaza marke betona.

Transport betona

- Transport svježeg betona znači prijevoz betona od tvornice betona do mjesta ugradnje u oplatu ili kalup. Pri prijevozu svježeg betona vanjski je transport povezan sa unutarnjim na gradilištu.

Transportni betoni

- **Transportni betoni** su betoni proizvedeni u tvornici betona, a do mjesta ugradnje najčešće se transportiraju auto-miješalicama (mikserima) posebno konstruiranim za tu namjenu. Nagnuta kruškolika posuda s betonom u vožnji rotira umjerenom brzinom (2 do 6 rotacija u minuti) i sprečava zbijanje i segregiranje betona.

Transportni betoni

- Običnim kamionima kiperima transportira se samo beton krute konzistencije (beton betonskog kolnika, valjani beton, ...) koji se teško ispušta iz auto mješalice.

Transportni betoni

- **Glavna svojstva koja treba imati svježi beton za vrijeme ugradnje:**
 - **fluidnost:** mora biti dovoljno tekuć da se može ugraditi odgovarajućom opremom
 - **zbijenost:** uhvaćeni zrak za vrijeme miješanja trebao bi izaći za vrijeme vibriranja
 - **stabilnost ili kohezivnost:** svježi beton bi trebao ostati homogen, bez segregacije

Transportni betoni

- **Najčešći pojmovi kojima se definiraju i mjere svojstva svježeg betona:**
 - obradivost – konzistencija
 - izdvajanje vode
 - segregacija
 - vrijeme vezivanja betona
 - homogenost betonske mješavine
 - temperatura
 - količina pora u svježemu betonu

Transportni betoni

- Danas postoje posebni dodaci koji vrlo visoku obradivost održavaju i po nekoliko, sve do nedavno nezamislivih sati.
 - **Plastifikatori:**
 - univerzalni dodatak za bolju ugradivost, vodonepropusnost i veće čvrstoće transportnog betona.
 - Primjena: transportni betoni normalne konzistencije.

Transportni betoni

– Superplastifikatori:

-**visokokvalitetni superplastifikator** na bazi polikarboksilata s odgođenim vremenom vezivanja. Primjena: proizvodnja transportnih i visokovrijednih betona, vodonepropusnost, redukcija vode do 30 %, samokompaktirajući beton.

-**visokokvalitetni superplastifikator** na bazi polikarboksilata s produženim vremenom transporta. Primjena: proizvodnja visokokvalitetnih betona s produženim vremenom transporta ili ugradnje, za vodonepropusnost i visoke čvrstoće betona, te samokompaktirajući beton.

Transportni betoni

– Pumpanje betona;

-tekući dodatak za pumpane betone.

Primjena: sprječava segregaciju kamenog materijala prilikom pumpanja, smanjuje pritiske i habanje u pumpi, posebno kod lošijih drobljenih agregata.

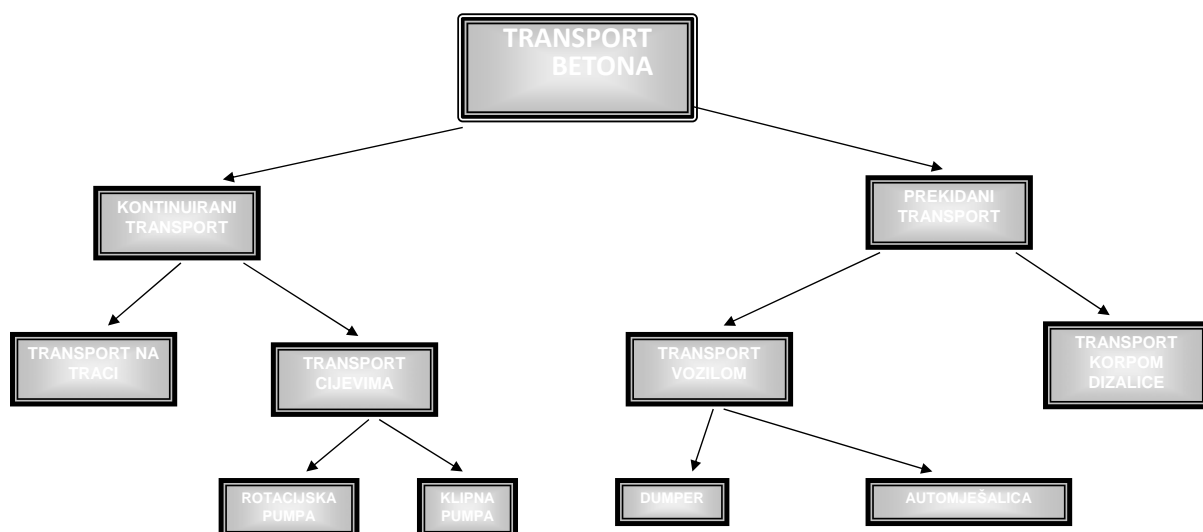
Transportni betoni

– Retarder;

-visokovrijedni usporivač vezivanja betona koji istovremeno djeluje i kao plastifikator.

Primjena: proizvodnja masivnog betona i transportnog betona, za betoniranje pri visokim temperaturama.

TRANSPORT BETONA



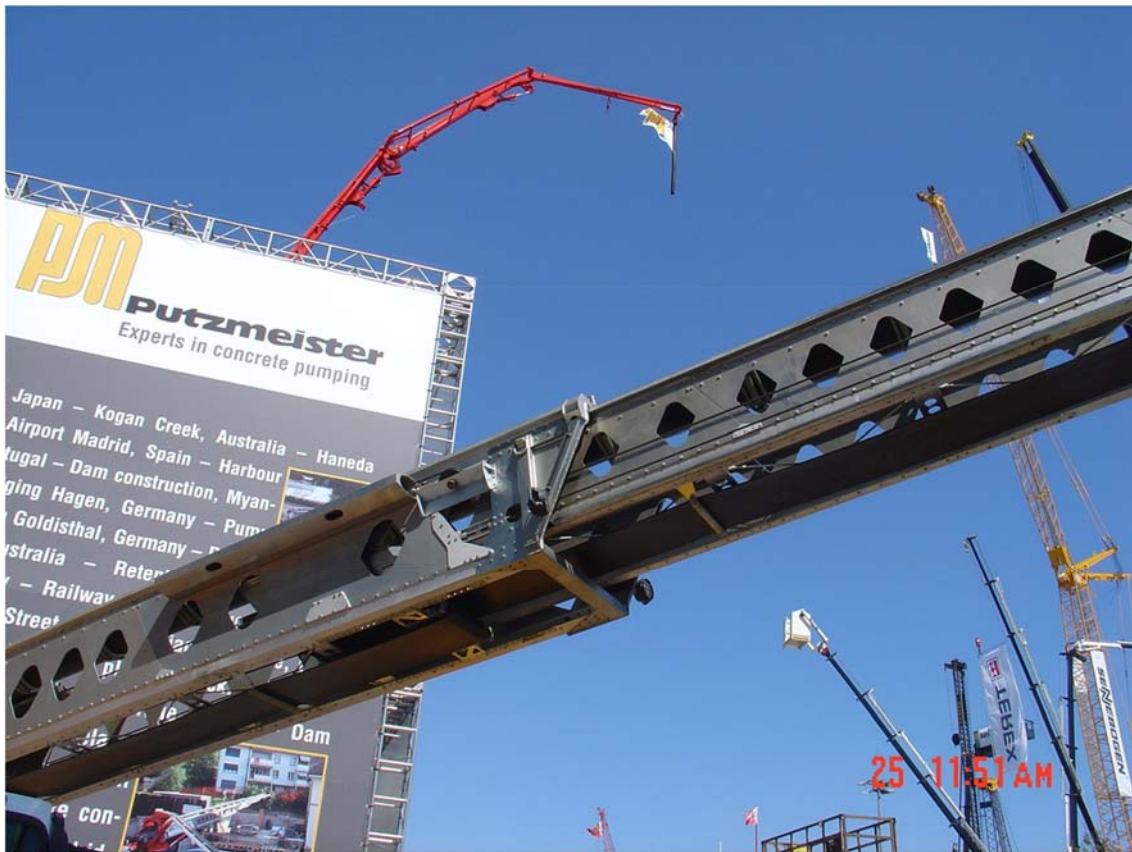
KONTINUIRANI TRANSPORT

Kontinuirani transport i ugradnja svježeg betona znači transport s ujednačenom brzinom tečenja betona. Takav način transporta naročito je prikladan za ugradnju masovnih količina svježega betona pomoću gumenih transportera i za pumpani beton.

- Gumeni transporter često zamjenjuje betonsku pumpu, samo što je na automješalicu ugrađen sklopivi teleskopski pomičan transporter kojim se svježi beton izravno doprema na mjesto ugradnje. Za ovakav transport betona ne treba dodatak za plastifikaciju i puno se jednostavnije i lakše čisti uređaj nakon betoniranja, u odnosu na betonsku pumpu.

- Gumeni transporteri imaju poprečna rebra od gume koja omogućuju transport betona pod nagibom do 30 %. Gumene trake široke su 400 do 600 mm, dužina im je 10-12 m, a brzina trake je od 0,5 - 2,5 m/s. Kapacitet transporta je oko 40 m³/h pri horizontalnom položaju tranportera.





Trasport betona pomoću betonskih pumpi

- Betoske pumpe mogu biti stabilne ili pokretne na vozilu. Betonska pumpa na vozilu ima sklopivu teleskopsku ruku što joj omogućuje fleksibilnu ugradnju betona na raznim mjestima na objektu, u horizontalnom smjeru, u visinu i dubinu.

PREKIDANI TRANSPORT

- **Vozila za horizontalni transport**
- U horizontalnom transportu koriste se:
 - *japaner*
 - *motorna kolica*
 - *dumper*
 - *kamion kiper*
 - *agitor*
 - *automješalica, itd*

- **Japaner**
 - Japaner su kolica na gumenim kotačima koja se ručno pokreću. Obujam posude ručnog japanera je 100 litara.
- **Motorna kolica**
 - Motorna kolica su kolica koja imaju motorni pogon, a obujam posude je 350 litara.

- **Dumper**

- Dumper je samohodno vozilo za prijevoz betona, s posudom u koju stane 2 m³ betona. Posuda je trapezoidnog oblika s mogućnošću preokretanja (kipanja) pri istovaru betona.

- **Agitor**

- Agitor je motorno vozilo slično automješalici, po izgledu posude, ali on ne miješa svježi beton u prijevozu. Posuda je ljevkastog oblika da se spriječi segregacija u prijevozu. Vozi se na kraće udaljenosti.

- **Automješalica**

- Automješalica je najprikladnije vozilo za horizontalni prijevoz svježeg betona na veće udaljenosti. Tim se vozilom svježi beton prevozi u posudi vozila, koja je konstruirana kao mješalica za beton. Na taj se način beton održava u potpuno istom konzistentnom stanju kako je preuzet iz mješalice tvornice betona.







- Beton se može prevoziti u suhoizmješanom stanju, bez vode, a voda se dozira prije ugradnje betona preko uređaja na automješalici. Taj se način primjenjuje kad su veće udaljenosti od tvornice betona do gradilišta (preko 30-50 km). Dodavanje vode na gradilištu obavlja vozač automješalice, za što mora biti dobro podučan, pa je stoga bolje da se beton u središnjoj betonari izrađuje sa svim komponentama, jer se tamo doziranje vode vrši automatski

- Svježi beton mora se tijekom transporta održati u istom konzistentnom stanju kako je izašao iz mješalice postrojenja za izradu, te ne smije doći do segregacije agregata. U transportu ne smije doći do gubitka pojedinih dijelova iz svježeg betona, i to posebno cementnog lijepa, što bi se moglo dogoditi ako bi posude u kojima se beton prevozi bile na pojedinim spojevima propusne.

Ugradnja iz miksera





Transport dizalicom - košarom

- Košara se izrađuje od metala u ljevkastom obliku koji sprečava segregaciju svježe betonske mase. Košare se proizvode u volumenu od 100 do 5000 litara. Najčešće se kod toranjskih dizalica upotrebljavaju košare dizalice, kada se na gradilištu nalazi pretovarni silos u kojega se dovozi i istresa beton iz jednog vozila za horizontalni transport.













Betoniranje ploče mosta



Sabilna- fiksna pumpa



Razvod cjevovoda



Postava razdjelnika



Istovar i ugradnja betona



- Za ugradnju betona vrijede slijedeća pravila:
 - *svježi beton pri ugradnji ne smije segregirati*
 - *visina slobodnog ispuštanja betona u oplatu ne smije biti veća od 1,0 m*
 - *za istresanje s veće visine potrebna su klizišta ili cijevi za ugradnju betona*

- Svrha je zbijanja betona da se rastresita svježa betonska masa koja sadrži i neizbježne zračne slojeve, što bolje ugradi u oplatu ili kalup i da masa bude što gušća. Isključenje zračnih pora i suvišne vode je u izravnom odnosu s konačnom čvrstoćom betona.

- Zbijanjem se isključuju iz mase svježega betona zračni slojevi i suvišna voda te se postiže povoljniji razmještaj zrnaca agregata i to tako da najmanja zrnca ispunjavaju šupljine među većim zrnima.

- Zbijanje može biti:
 - *ručno*
 - *mehaničko*
- *Ručni načini zbijanja betona je zapravo nabijanje, što se obavlja letvama, drvenim nabijačima ili čeličnim šipkama (primitivno i nedjelotvorno).*

Vibrougradnja

- Proces vibrougradnje sastoji se u djelovanju vibracija na betonsku smjesu. Energijom vibracija savladavaju se sile unutrašnjeg trenja i veza između komponenata betonske smjese. Smjesa postaje pokretljiva, vibracije se prenose na zrna agregata koja počinju titrati pri čemu se međusobno razdvajaju, obavijaju cementnim vezivom i međusobno zauzimaju najpovoljniji položaj. Radi stvaranja povišenog pritiska u zoni vibracije zrak izlazi iz betonske smjese.

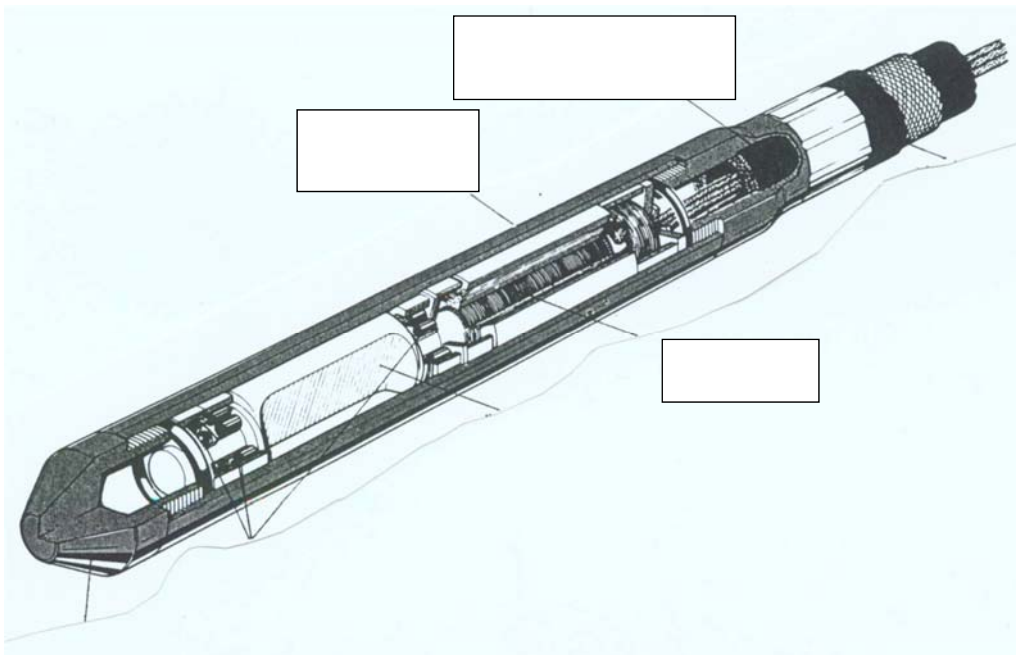
Vibriranje betona

- Uređaji za vibriranje su različiti i prema primjeni se dijele na:
 - *unutarnje vibratore (pervibratore)*
 - *površinske vibratore*
 - *oplatne vibratore*
 - *vibro stolove*

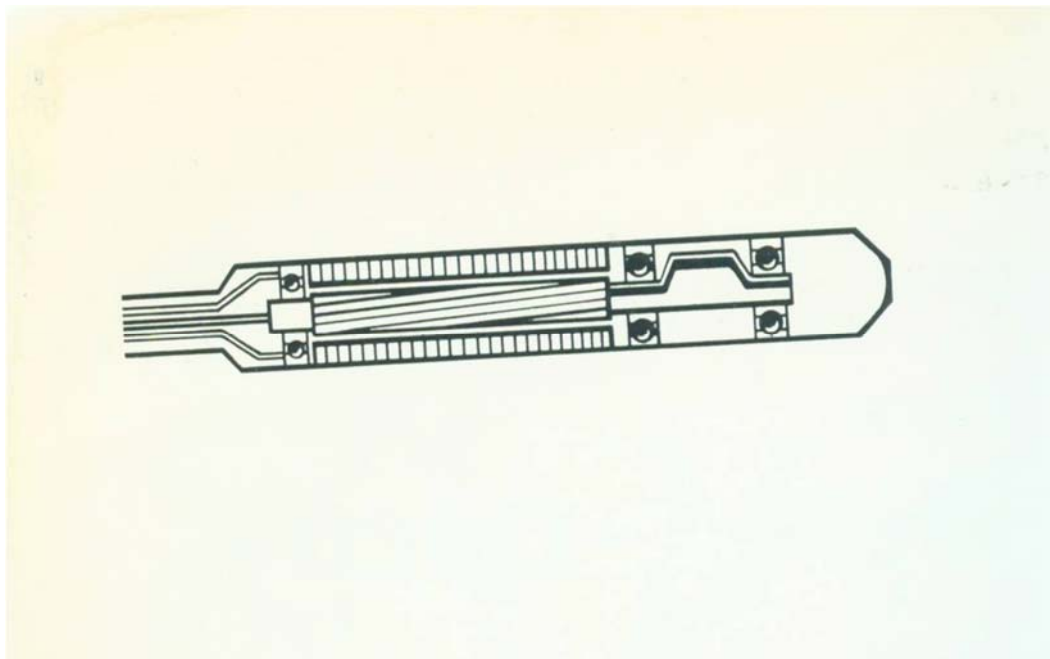
- **Unutarnji vibratori (pervibratori)**

- Pervibratori su konstruirani u obliku valjkastih tijela (boce) gdje se nalazi ekscentar koji proizvodi centrifugalnu silu i vibracije. Tijelo pervibratora se uranja u svježu betonsku masu i aktivira vibrator pri čemu se vibracije izravno prenose na beton.

Ekscentar vibrator



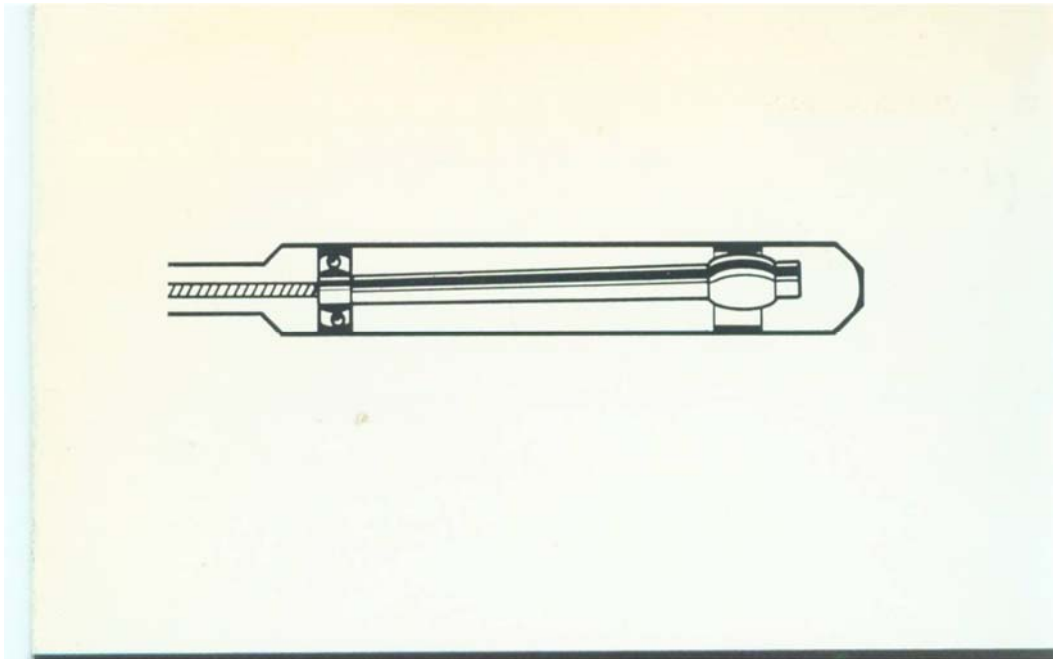
Ekscentar vibrator



Presjek pendl vibrator



Presjek pendl vibrator





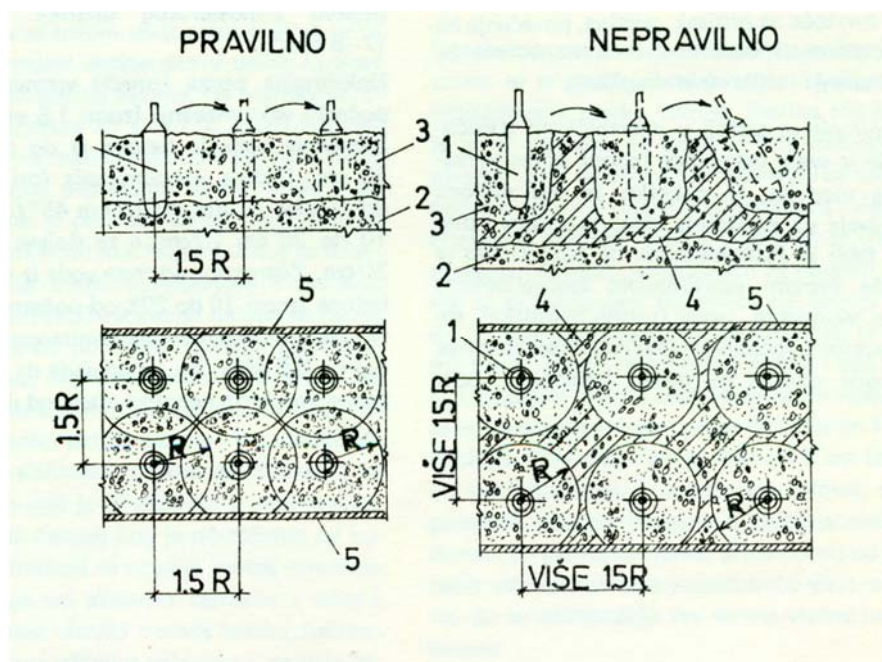
- Prenosni motorni pervibrator



Tehnički podaci vibratora

Dužina glave [cm]	Promjer glave [mm]	Vibr/ min	Amplituda [mm]	Učinak [m ³ /h]	Težina [kg]
38	36	12000	1	10-15	2
38	50	12000	1	12-18	3,5
43	56	12000	1,5	15-21	6
43	65	12000	1,8	20-30	7,5
46	75	12000	2	25-35	11,5
46	85	12000	2,5	30-45	14,5

vibriranje



Površinski vibratori

- **Površinske vibratore** treba koristiti pri ugradnji betonskih ili AB elemenata debljine ne veće od 25 centimetara. To mogu biti podovi, ploče, ceste, piste.... Vrijeme rada vibratora na jednoj poziciji iznosi od 20 do 60 sekundi. Premještanje površinskog vibratora s jedne pozicije na drugu iznosi od 0.5 do 1 metar na minutu.

- Površinski vibrator se obično sastoji od uređaja koji proizvodi vibracije pričvršćenog na jednu ili dvije horizontalne obično metalne letve. Obzirom na međusobni kruti spoj vibracije se preko letve prenose na betonsku površinu i preko nje unutar betonske smjese.

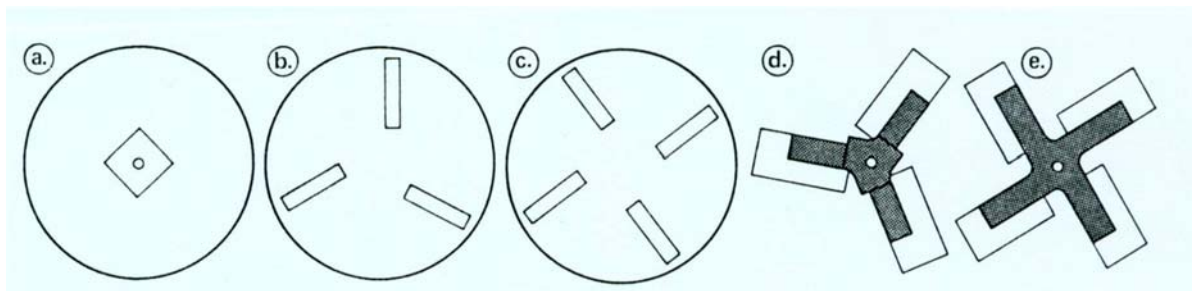
Površinski vibratori (vibro letve)



- U kombinaciji s vibro letvama za završnu obradu betonske površine kao i nakon vakumiranja betona koriste se **rotacijske gladilice (helikopteri)** koje se međusobno razlikuju prema radijusu djelovanja i priključenom radnom tijelu.
- Sastoje se od rotirajuće glave na koju je pričvršćena ploča ili krila koja svojim rotiranjem preko betonske površine istu izravnavaju i zaglađuju.
- Osim ručnog pomicanja po betonskoj površini sada se izrađuju rotacijske gladilice s daljinskim upravljanjem tako da je obrada velikih betonskih površina daleko jednostavnija, lakša i preciznija.



Nastavci glava za zaglađivanje (helikopter)





Oplatni vibrator

Bočna strana kalupa



Oplatni vibrator – donja strana kalupa

Centrifugirani stupovi



- Betonara u pogonu predgotovljenih elemenata



- Armatura za centrifugirane stupove



- Kalup



- Postavljanje kalupa na postolje za centrifugu



- Zaparivanje nakon centrifugiranja



- Odležavanje 21 dan

