



Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet
Zavod za organizaciju, tehnologiju i menadžment

Tehnologija građenja niskogradnja

9. predavanje

doc.dr.sc. Matej Mihić, mag.ing.aedif.

Sadržaj

- ❑ Transport svježeg betona
- ❑ Ugradnja svježeg betona
- ❑ Izvedba plošnih betona

Transport svježeg betona

PROIZVODNJA SVJEŽEG BETONA

(tvornica betona,
betonara)

- Skladištenje
 - Cement
 - Voda
 - Dodaci
 - Kamena sitnež
- mjerenje
- miješanje
- (grijanje sitneži)
- (hlađenje sastojaka)
- Unutrašnji transport
- Punjenje



TRANSPORT SVJEŽEG BETONA

Unutarnji

- u proizvodnji
betonskih elemenata

Vanjski i unutarnji

- kod neposredne
ugradnje betona na
gradilištu



UGRADNJA SVJEŽEG BETONA

- Nabijanje
- Vibriranje
- Centrifugiranje
- Vakumiranje
- (ubrzavanje
stvrđnjavanja
zaparivanjem ili
grijanjem ili dodacima)
- Njega betona

Prostorna i logistička organizacija izvedbe

□ „in plant“ + montiranje

- proizvodnja elemenata, sklopova i sličnih montažnih konstrukcija u (industrijskim) proizvodnim pogonima
 - proizvodni pogoni organizirani na (većem) gradilištu
 - proizvodnja dijelova montažnih konstrukcija mostova na mjestu gradnje mosta
- transport i montiranje “predgotovljenih” ab-konstrukcija.

□ „in situ”

- izvođenje betonskih radova i konstrukcije na gradilištu (ugradnja svježeg betona u oplata)
 - spravljanje svježeg betona u miješalicama, betonarama ili tvornicama betona na gradilištu (gradilišni betoni)
 - doprema svježeg betona iz središnjih tvornica betona poduzeća ili područja građenja (transportirani betoni)

Transport

- Transport pri građenju je radni postupak koji služi za premještanje ljudi i tereta (materijalnih resursa građenja: gradiva, elemenata, sklopova, strojeva, tehnološke opreme ...)
- Transporti pri betonskim radovima su radni postupci koji služe za premještanje:
 - sastojaka betona:
 - kamene sitneži (agregata)
 - cementa
 - vode
 - dodataka ...
 - svježeg betona
 - montažnih elemenata, sklopova i sl.
 - armature – individualnih šipki, mreža, armaturnih koševa,...
 - skela i oplata
 - strojeva, uređaja i ostale tehnološke opreme za betonske radove
 - ...

Osnovna obilježja transportnih postupaka

□ Transportnim postupcima:

- ne stvara se novi proizvod
- ne mijenjaju se bitna svojstva transportiranih resursa

□ No, loše izvedenim transportnim postupcima pri provedbi betonskih radova, mogu se promijeniti bitna svojstva svježeg betona na lošije:

- sušenje svježeg betona (gubitak vode)
- prerano vezanje svježeg betona
- ponovna dezintegracija prerano vezanog (djelomice “kristaliziranog”) svježeg betona
- segregacija svježeg betona (posljedica je “nehomogenost” stvrdnute betonske konstrukcije)

Osnovna podjela transporta pri betonskim radovima

□ Vanjski transport:

- transport resursa betonskih radova do proizvodnih pogona i/ili do gradilišta
 - transportirani betoni (za svježi beton)
 - prefabricirani elementi

□ Unutarnji transport:

- strojno-tehnološki transport - sastavni dio unutarnje tehnološke koncepcije rada i iz toga proizišle konstrukcije
- Unutarnjim transportom se smatra transport:
 - unutar postrojenja
 - transport unutar betonara ili tvornica betona
 - transport unutar proizvodnje montažnih elemenata, sklopova i sličnih prerađevina
 - transport unutar armiračnica
 - strojeva za ugradnju betona (“finišera za beton”) ...
 - resursa betonskih radova po proizvodnom pogonu i/ili po gradilištu
 - gradilišnih betona (za svježi beton)

Vrste betona u kontekstu transporta

- ❑ U logističko tehnološkom smislu, transport betona prema vrsti može biti:
 - (tekući) plastični tzv. “pumpani” betoni, nisko plastični do plastični uobičajeni betoni, slabo plastični vakuumirani betoni
 - Vanjski transport: automješalica
 - Unutrašnji transport: automješalica, transportna traka, pumpa za beton, kibla, (ručni transport kolicima, košarama,...)
 - sitnozrni mlazni betoni
 - Vanjski transport: uglavnom se proizvodi direktno na gradilištu, tako da nema vanjski transport
 - Unutrašnji transport: pumpa za beton, pumpa za ugradnju sitnozrnatog betona
 - suhi ili vlažni valjani betoni (RCC – roller compacted concrete)
 - Vanjski transport: automješalica, kiper
 - Unutrašnji transport: automješalica, kiper, transportne trake

Daljnje podjele transporta svježeg betona

- ❑ U smislu putanje u prostoru:
 - vodoravni transport
 - uspravni transport
 - složeni (kosi, krivolinjiski) transport
- ❑ U smislu načina premještanja u vremenu i prostoru:
 - kontinuirani (neprekinuti) transport
 - ciklički (ili isprekidani) transport
 - složeni od navedenih transport
- ❑ Transport svježeg betona je uvijek složen u smislu:
 - tehnike tj. transportnih sredstva
 - puta kretanja
 - načina premještanja
 - mjesta izvršenja

Ciklički transport svježeg betona

□ sredstva vanjskog transporta (do gradilišta):

- kamioni kiperi s posebnim sanducima za beton
- automješalice (+ crpka za beton, + transportna traka)

□ sredstva unutarnjeg (gradilišnog) transporta:

- automješalice
- kamioni kiperi /zglobni damperi / mini damperi / utovarivači / mini damperi s posebnim košarama ili posudama za beton (pokretne “kible”)
- pokretne miješalice za svježi beton
- toranjske ili – rjeđe- auto-dizalice s posebnim posudama ili košarama (“kiblama”) za beton
- žičare (“kabel-kranovi”) s košarama (“kiblama”) za beton

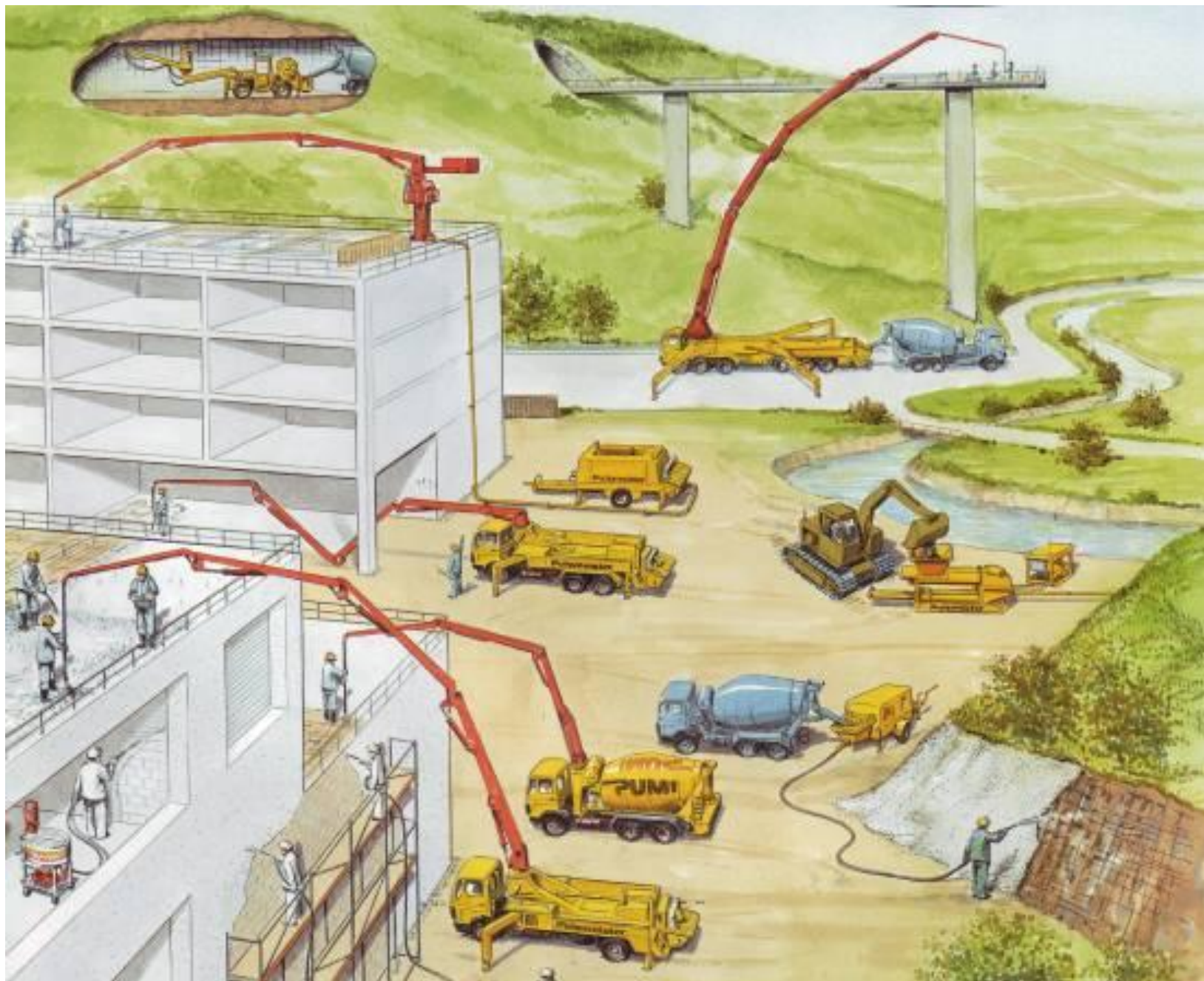
Kontinuirani transport svježeg betona

□ sredstva vanjskog transporta (do gradilišta):

- Ne postoji kontinuirani vanjski transport svježeg betona

□ sredstva unutarnjeg (gradilišnog) transporta:

- uređaji za transport pomoću stlačenog zraka (za mlazni beton) – žbukalice, “torkret-aparati”
- crpke za beton (“pumpani” beton), transport u neprekidnim mikrociklusima
- transportne trake



Automješalice – mikseri

- ❑ Ciklički autoprijevoz svježeg betona
- ❑ Najčešći način vanjskog transporta svježeg betona
- ❑ Automješalica se sastoji od:
 - uobičajeno kamionsko podvozje
 - okretni “jajoliki” bubanj
 - u bubnju učvršćena pužna spirala
 - Opcionalno: transportna traka ili pumpa za beton
- ❑ Korisni obujam (punjenje betonom) je od 60 do 80 % konstruktivnog obujma



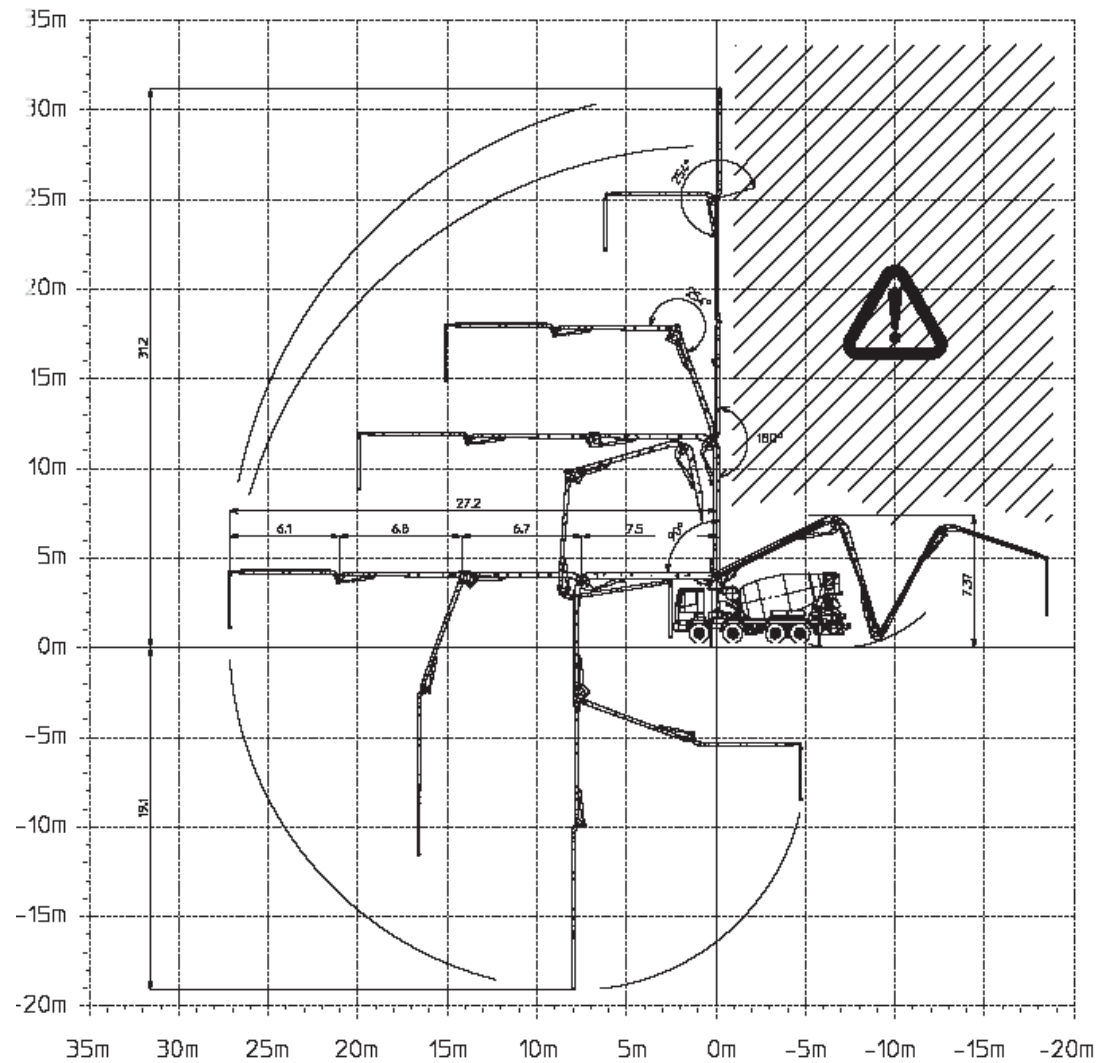
Automješalice – mikseri

□Bubanj:

- pogon bubnja je ili neovisan o pogonskom motoru ili vezan na pogonski motor
- punjenje bubnja
 - 30 sekundi na m^3 svježeg betona
- jedan smjer okretanja: pri vožnji
 - mogućnost miješanja svježeg betona
 - dobro miješanje: broj okretaja > 50
- drugi smjer okretanja: pri pražnjenju
 - najviše 4 o/min radi izbjegavanja segregacije
 - 180 sekundi na m^3 svježeg betona

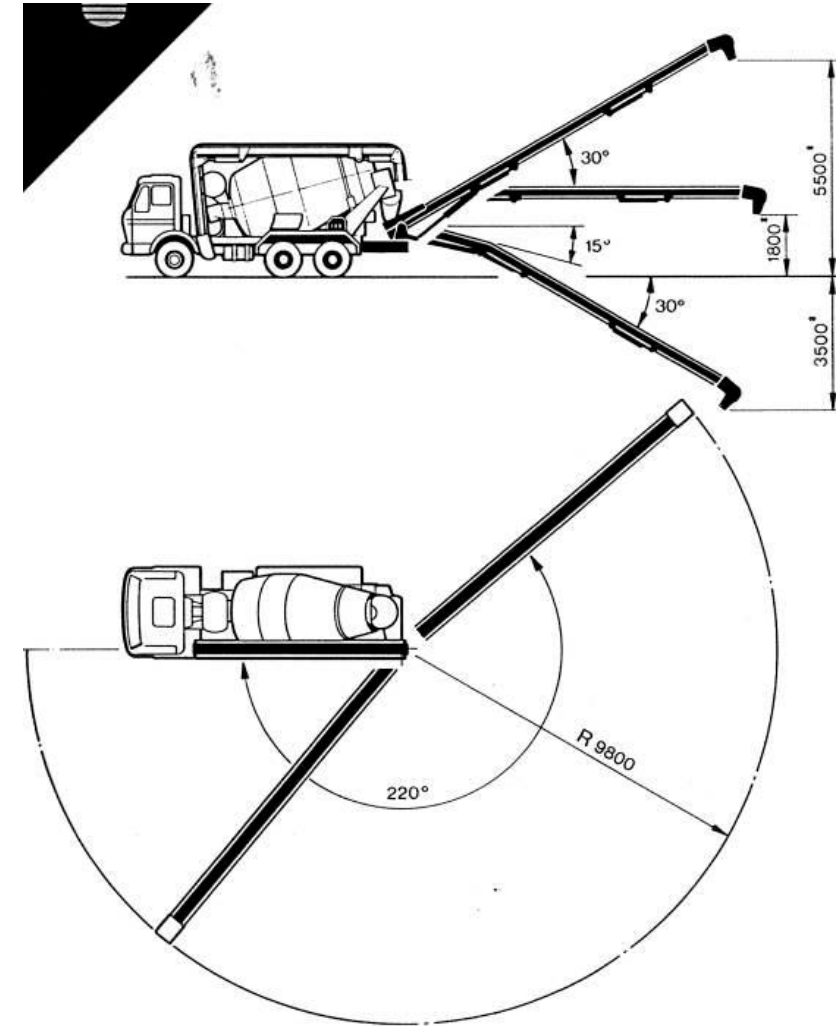


kombinacija automješalice s crpkom za beton





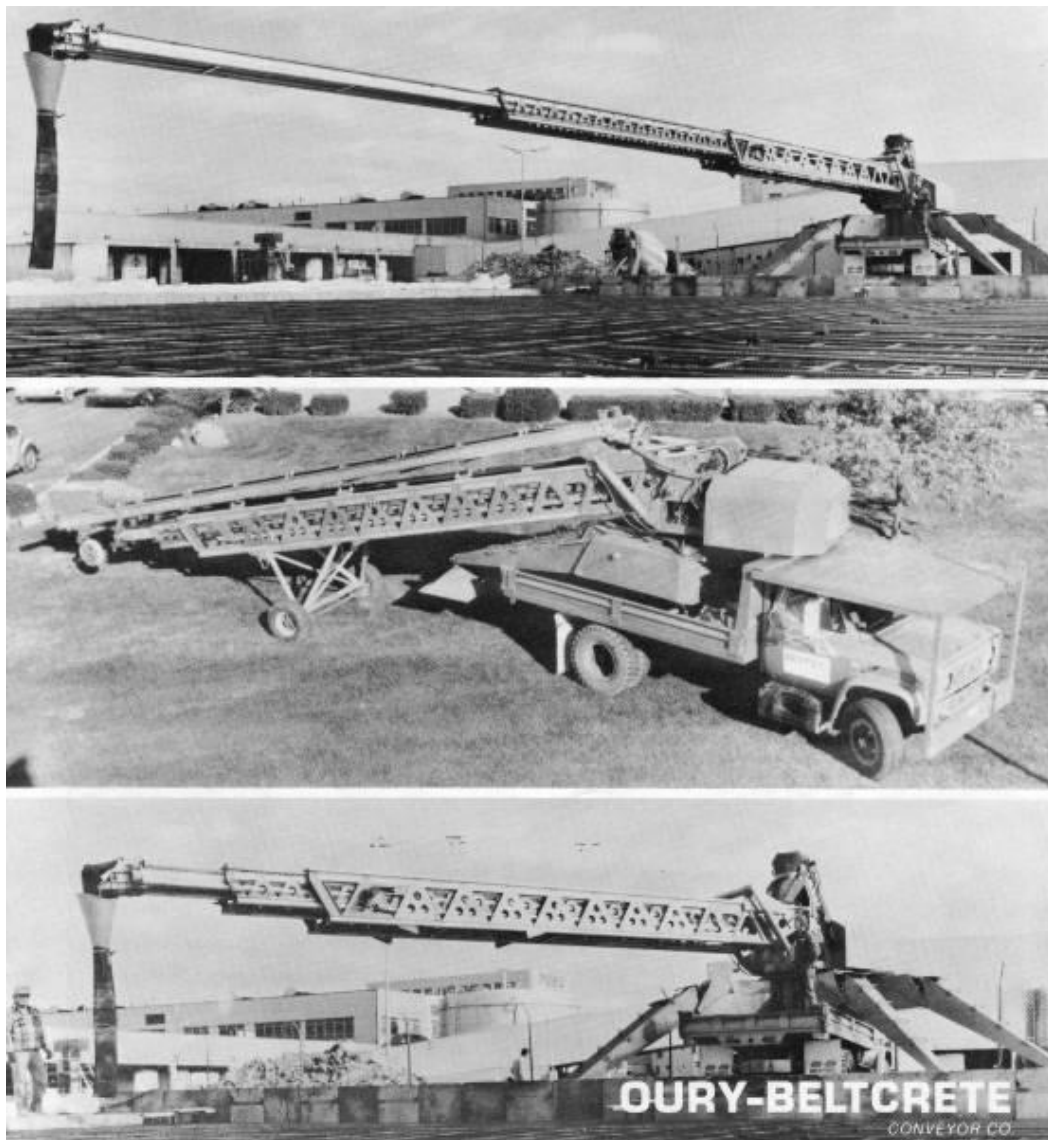
kombinacija automješalice s transportnom trakom



Transportne trake

- ❑ koriste se za gradilišni transport masovnih količina svježeg betona
- ❑ obilježja betona transportiranog trakama
 - krupni agregat veličine 130 (250) mm (agregat tzv. “šakavac”)
 - niski vodocementni faktor (betoni vlažne do nisko – slabo – plastične konzistencije)
- ❑ problemi kod transporta:
 - moguća segregacija betona prilikom sipanja iz trake
 - mogući gubitak vode prilikom transporta na veće daljine
 - transport pod visokim temperaturama okolnog zraka (podneblja)
- ❑ vrste (konstrukcija i logističkih oblici) transportnih traka
 - samostalne transportne trake
 - sustav transportnih traka (razdjelna transportna traka na kraju sustava)





samostalna transportna traka



**sustav transportnih traka
(razdjelna transportna traka
na kraju sustava)**

Crpke za svježi beton

- Koriste se kada je potrebno ugraditi veliku količinu betona u kratkom vremenskom razdoblju

- Osnovna podjela prema načinu rada:
 - klipne crpke za beton
 - s jednim klipom – učinci od 30 do 100 m³/h svježeg betona
 - s dva klipa – učinci do 200 m³/h svježeg betona

- Podjela crpki u pogledu pokretljivosti:
 - nepokretne (prijenosne) crpke za beton
 - crpke za beton na postolju (kontejnerske crpke za beton)
 - pokretne crpke za beton
 - vučene crpke za beton
 - crpke za beton na kamionskom podvozju (“autocrpke” za beton)

Neophodna dodatna oprema

□ Neophodna dodatna transportna oprema i/ili uređaji uz nepokretne (prijenosne) i vučene crpke za beton:

- metalne cijevi
 - promjer cijevi 80 – 200 mm
 - standardni promjeri 100 mm i 125 mm
 - $\emptyset$ najvećeg zrna betona $< 1/3 \emptyset$ cijevi
 - proizlazi “pumpani betoni” najveće zrno 32 mm
- završna (krajnja) gumena crijeva
- razdjelnik (razdjelni toranj) betona
- koljena različitog radijusa
- spojke (“kuplunzi”)
- okretni dijelovi cjevovoda
- redukcijski sklopovi (“s flanšama”)
- kugle za čišćenje cijevi



nepokretne (prijenosne) crpke za beton



vučene crpke za beton



**crpke za beton na kamionskom
podvozju (“autocrpke” za beton)**

**crpke za beton na
kamionskom podvozju
("autocrpke" za beton)**



Proračun duljine guranja svježeg betona cijevima

- ❑ vodoravna duljina guranja (L_g) (ili tlocrtna daljina guranja) do 300 m (iznimno 600 m)
- ❑ visina (uspravna) duljina guranja (H) do 80 m (u proračunima se uzima kao uspravni granični slučaj – potreban radni pritisak crpke od $80 \text{ m} * 2,5 \text{ bara/m} = 200 \text{ bara}$)
 - 1 m guranja po visini (H) je ekvivalent 5 m horizontalnog guranja
- ❑ otpori guranja kroz cjevovod
 - otpor koljena 90° (K_{90}) u cjevovodu ekvivalent 10 m vodoravnog (ravnog) cjevovoda
 - otpor koljena 135° (K_{135}) u cjevovodu ekvivalent 5 m vodoravnog (ravnog) cjevovoda
- ❑ moguća vodoravna (tlocrtna) duljina guranja L_g :

$$L_g = L + 5 * H + 10 * K_{90} + 5 * K_{135} \leq 300 \text{ (m)}$$

Proračun duljine guranja svježeg betona cijevima

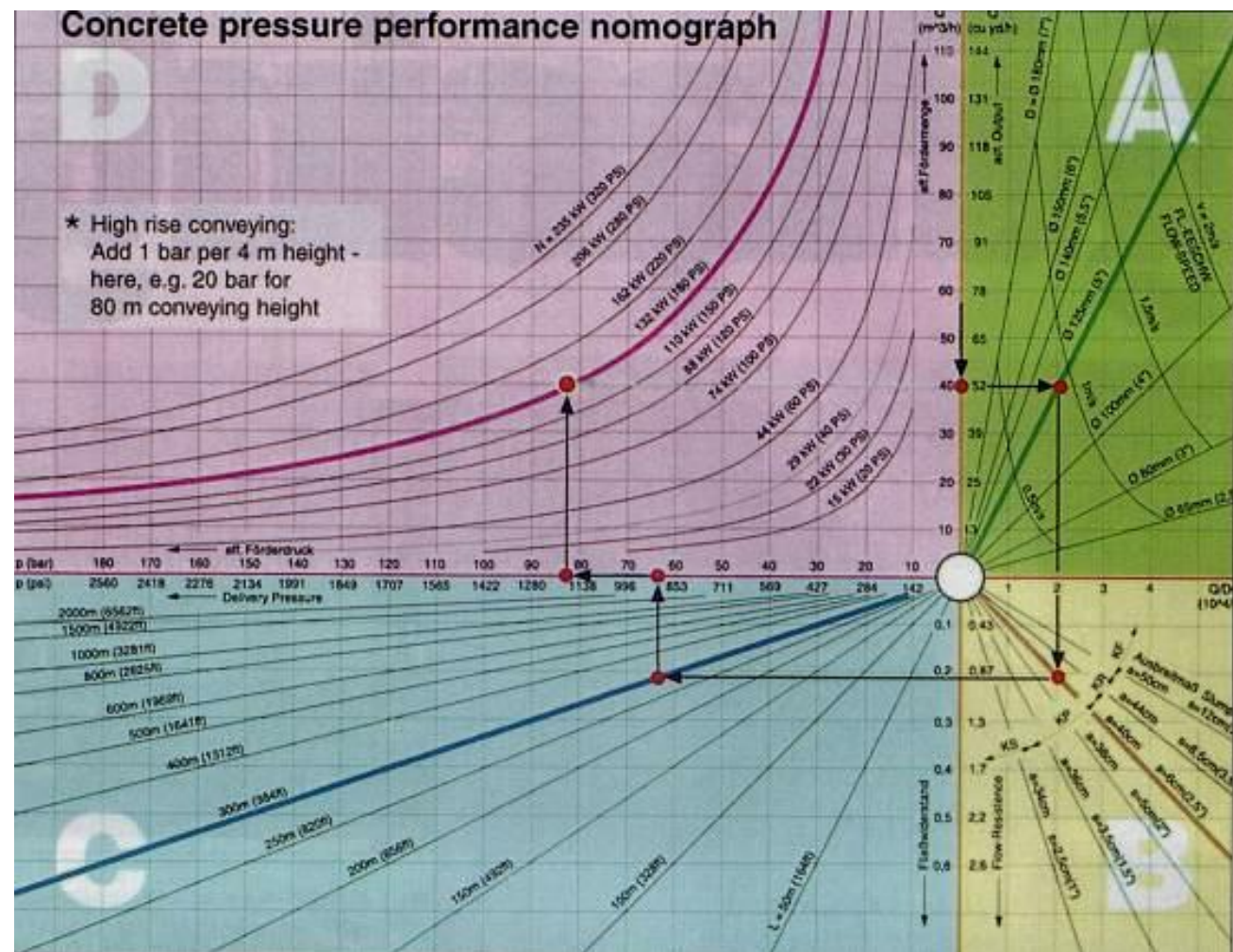
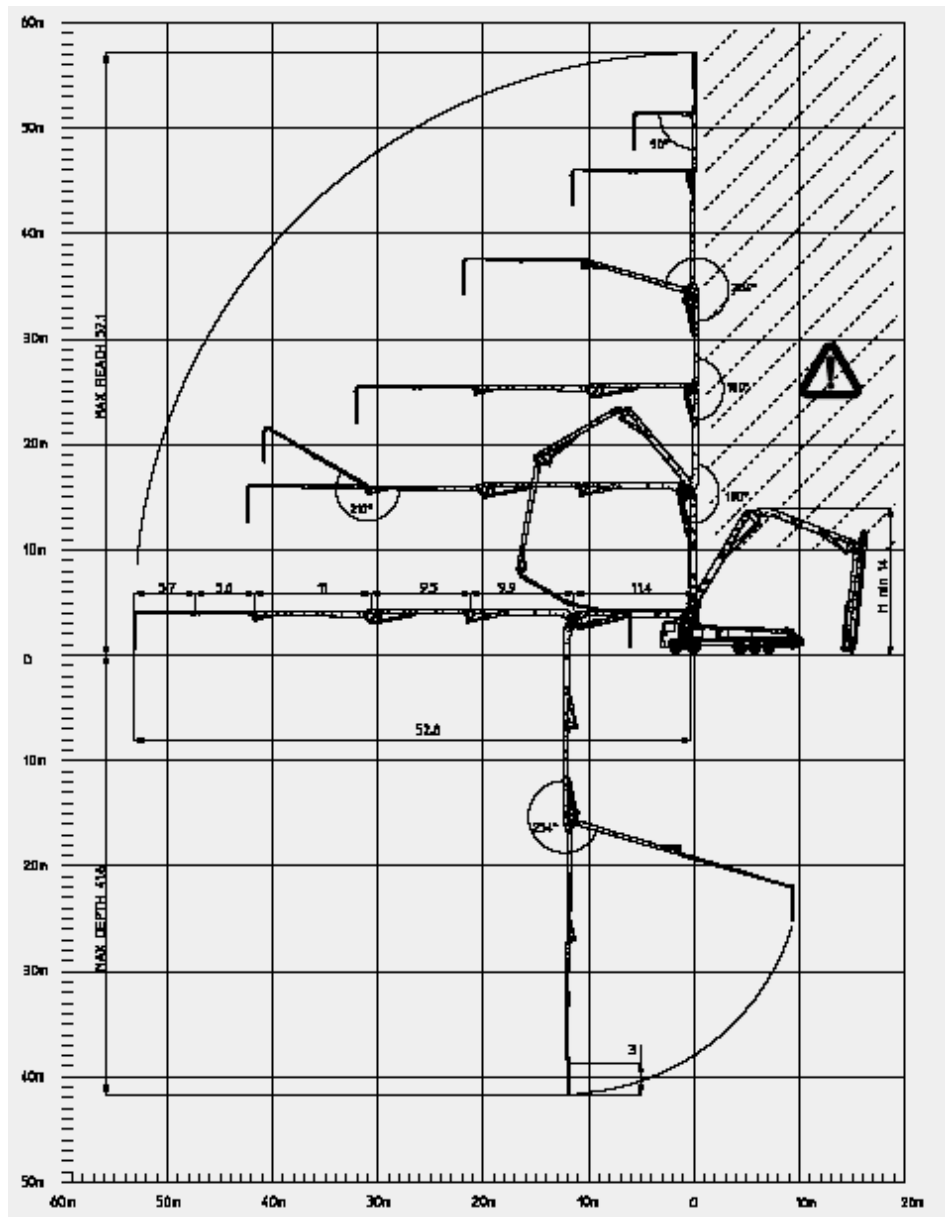
Treba ispitati da li je moguć transport betona kroz cjevovod slijedećih obilježja:

- vodoravna duljina cijevi ili cjevovoda $L = 150 \text{ m}$
- uspravna duljina cijevi ili cjevovoda $H = 20 \text{ m}$
- koljena 90° $K_{90} = 4 \text{ komada}$
- koljena 135° $K_{135} = 2 \text{ komada}$

$$L_g = 150 \text{ m} + 5 * 20 \text{ m} + 10 \text{ m} * 4 + 5 \text{ m} * 2 \leq 300 \text{ m}$$

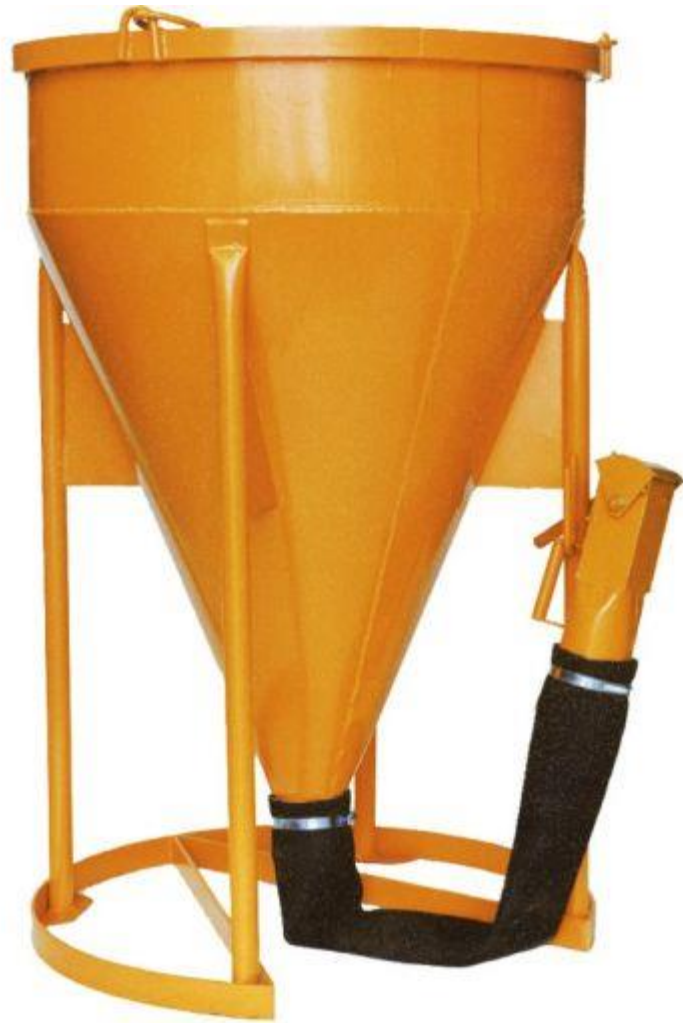
$$L_g = 300 \text{ m} \leq 300 \text{ m}$$

Slučaj je graničan odnosno na granici vodoravnog guranja očekivanog temeljem proračuna po usvojenoj metodologiji



Transport svježeg betona dizalicama

- ❑ Uglavnom za manje dnevne količine ugradnje betona
- ❑ Manji trošak po jedinici mjere od većine crpki za beton
- ❑ Obavezni elementi:
 - Sredstvo horizontalnog i vertikalnog transporta
 - Toranjska dizalica
 - Autodizalica
 - Bager, viličar, telehandler, utovarivač ili neki drugi prikladan i raspoloživ stroj
 - Košara za transport betona
 - Kibla (s radnim postoljem ili bez radnog postolja)





Ugradnja svježeg betona

Ugradnja svježeg betona

- Ugradnja svježeg betona podrazumijeva (mikro)logističke i tehničko-tehnološke postupke koji moraju omogućiti:
 - kvalitetnu pretvorbu svježeg (tekućeg) betona u kvalitetni stvrdnuti beton (kvalitetnu AB konstrukciju) traženog oblika i tražene nosivosti
 - ostvarenje očekivanih, zadanih ili traženih, propisanih sljedećih fizičko-mehaničkih i strukturnih obilježja stvrdnutog betona:
 - što veća čvrstoća (u načelu veća od tražene)
 - što veća gustoća betona
 - što homogenija unutrašnja struktura betona
 - što manje šupljina u betonu
 - što zatvorenija površina vanjskih ploha betona
 - što bolji izgled vanjskih ploha betona

Podjela betona po tehnikama i tehnologijama ugradnje

- ❑ Betoni koji se ugrađuju (vibriranjem) u oplatama
 - nisko plastični do plastični uobičajeni betoni
 - plastični tzv. “pumpani” betoni
 - (posebna podvrsta su samozbijajući betoni (SCC – self compacting concrete))
- ❑ Betoni koji se ugrađuju torkretiranjem (špricanjem)
 - sitnozrni mlazni betoni
 - nema oplata
- ❑ Betoni koji se ugrađuju valjanjem (RCC – roller compacted concrete)
 - suhi ili vlažni valjani betoni
 - moguća djelomice (bočna) oplata
- ❑ Ostali betoni složene ugradnje
 - (slabo plastični) vakuumirani betoni
 - nema oplata, djelomice (bočna) oplata, kalupi

Vibrirani oplatni betoni

- ❑ Nisko plastični do plastični, uobičajeni betoni
- ❑ Lijevaju se u oplatu, a ugrađuju se vibriranjem

- ❑ Vibriranje betona je visokofrekventno “trešenje” svježeg betona koje izaziva tečenje (“likvefakciju”) betona.
- ❑ Posljedica je bolja homogenizacija betona, smanjeno trenje između zrnaca agregata omogućava bolje “razmještanje” u smislu zgušnjavanja.
- ❑ Povećava se gustoća betona s:
 - od 2 (2,2) t/m³ (svježi beton)
 - na 2,4(2,5) t/m³ (stvrđnuti beton)

Vibriranje svježeg betona

- unutarnje vibriranje (vibriranje unutar oplate)
 - pervibriranje (uronjeno vibriranje – unošenje vibracija u masu ugrađenog svježeg betona)
 - uređaji: pervibratori (vibratori-igle)
- vanjsko vibriranje
 - oplatno vibriranje (vibriranje oplate u kojoj je ugrađen svježi beton)
 - uređaji: oplatni vibratori
- površinsko vibriranje (vibriranje slobodne površine mase ugrađenog svježeg betona)
 - uređaji: površinski vibratori - vibro letve, vibro ploče
- vibratori mogu biti
 - samostalni vibratori
 - posebni (složeni) vibratori sastavni dio (složene) opreme za ugradnju svježeg betona (primjerice “pegle” finišera)

Uređaji za vibriranje betona

□ Oplatni vibratori

- Primjenjivi za vertikalne konstrukcije i za prefabricirane elemente pri proizvodnji u postrojenjima
- Električni pogon, motor se nalazi u samom vibratoru
- Pričvrsnicama se veže za nosivu konstrukciju oplatnog sustava
- Pokreću se kada se beton nalije do određene visine
- Prednost kod gusto armiranih konstrukcija ili konstrukcije pod nagibom
- Zahtijevaju više energije, odnosno manje su učinkoviti od pervibratora

□ Površinski vibratori

□ Pervibratori

□ Stolni vibratori

Uređaji za vibriranje betona

❑ Oplatni vibratori

❑ Površinski vibratori

- Koriste se za vibriranje armiranobetonskih ploča i betonskih kolnika
- Prikladni u slučajevima kada dubinsko vibriranje ne bi bilo praktično zbog velikog broja mjesta urona pervibratora
- Učinkoviti do 15-ak centimetara debljine sloja
- Sastoje se od motora vibratora pričvršćenog za ploču ili dasku za ravnanje betona

❑ Pervibratori

❑ Stolni vibratori

Uređaji za vibriranje betona

❑ Oplatni vibratori

❑ Površinski vibratori

❑ Pervibratori

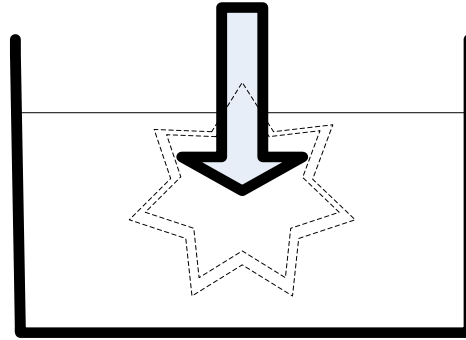
- Iglični vibrator, dubinski vibrator
- Uranja ga se u konstrukciju, svakih 60-ak cm.
- Najčešće korištena vrsta, učinkovit, izrazito prijenosan
- Može se koristiti u svim vrstama konstrukcije, a jedini je moguć za slučaj debelih AB ploča
- Sastoji se od motora za pogon, crijeva i igle duljine do 1 metra i promjera najviše do oko 200 mm
- Tanji pervibratori koriste se za ugradnju sitnozrnih svježih betona, a deblji za ugradnju krupnozrnih svježih betona
- Pogon:
 - električni, zračni (pogon stlačenim zrakom), hidraulični, kombinacija navedenih pogona
 - neposredno nekim motorom izvan vibratora ili u vibratoru

❑ Stolni vibratori

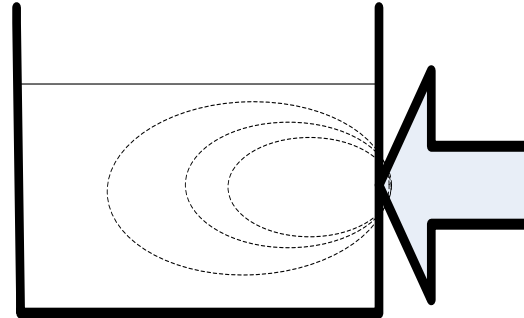
Uređaji za vibriranje betona

- ❑ Oplatni vibratori
- ❑ Površinski vibratori
- ❑ Pervibratori
- ❑ Stolni vibratori
 - Podvrsta oplatnih vibratora
 - Koriste se isključivo u proizvodnim pogonima za proizvodnju prefabriciranih AB elemenata, kao primjerice betonskih željezničkih pragova, opločnika, rubnjaka, rigola,...

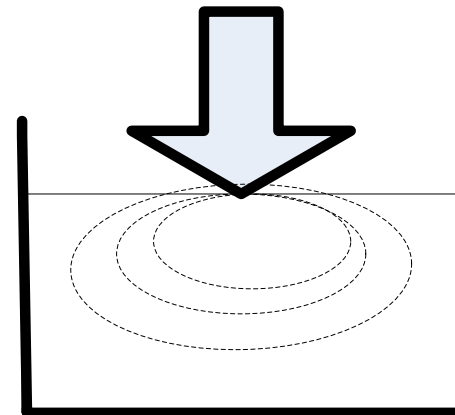
pervibriranje



oplatno vibriranje



površinsko vibriranje





Oplatni vibratori



Površinski vibrator pričvrščen na dasku za ravnanje



Površinski vibrator pričvrščen na ploču

Pervibrator



Žbukalice

- ❑ Razmjerno manji građevinski strojevi i tehnološka oprema na električni ili zračni pogon za
 - proizvodnju (miješanje sastojaka),
 - transport (guranje kroz cijevi - može biti također pomoću stlačenog zraka) i
 - ugradnju (nabacivanje)

svih vrsta žbuka, podloga i ostalih slojevitih konstrukcija od sitnozrnih ili mlaznih betona.

Obuhvaćaju:

- postolje na kotačima sa dijelovima gdje se vrši prihvata i miješanje (miješalice) te zatim guranje (vijčana ili klipna crpka za sitnozrni beton) mješavine kroz cijevi (primjerice po katovima) do mjesta ugradnje
- mlaznicu za nabacivanje betona (žbuke)



Valjanje svježeg betona

- ❑ RCC (roller compacted concrete) koristi se za izvedbu:
 - masivnih betonskih konstrukcija (brane)
 - betonskih plošnih konstrukcija (podložni betoni)
- ❑ Izvedba konstrukcija od vlažnih krupnozrnih betona ili krupnozrnih betona niske (slabe) konzistencije veličine agregata do 130 (čak i do 250) mm
- ❑ Dovoz se vrši kamionom kiperom, razastiranje
 - za masivne betone: dozerom ili grejderom
 - za kolnike: finišerom
- ❑ Ugradnja se vrši valjanjem pomoću glatkog čeličnog (u načelu samohodnog) valjka
 - bez vibracija
 - s vibracijama



**Masivni
betoni**



**Beton kolničke
konstrukcije**

Vakuumiranje svježeg betona

□ Izvedba

- manjih površina plošnih betonskih konstrukcija hala, tehnoloških pista, dvorišta, ... od uobičajenih betona niže konzistencije veličine agregata do 32 (45) mm

posebnom opremom koja obuhvaća:

- vodilice vibro-letve ili vibro-mosta (bočne “oplate”)
- pervibratore
- vibro-letve ili vibro-most (površinsko vibriranje)
- platnom za izvlačenje vode vakuum postupkom
- vakuum crpke
- propelerne gladilice



Ugrađivanje betona finišerima

- ❑ Plošni i linijski objekti mogu se izvoditi specijalnim strojevima za ugradnju betona – finišerima.
- ❑ Radni proces se sastoji od:
 - dovoza svježeg betona kiperima ili automješalicama (ovisno o konzistenciji)
 - utovara u sanduk finišera ili istovara iza finišera
 - razastiranja i ugradnje finišerom
 - valjanja glatkim valjcima (za plošne objekte)
- ❑ Najčešće se izvode:
 - Plošni objekti: betonski kolnici, obloge hidrotehničkih bazena i kanala
 - Linijski objekti: kanali, rigoli, odbojnici, ograde, sustavi odvodnje uz prometnice

