

51

RETNINGSLINIER  
FOR FREMSTILLING AF

# VIBRERET BETON



DANSK INGENIØRFORENING

1. udgave 1952

2. udgave 1959

*oplys*

TEKNISK FORLAG

---

KØBENHAVN

NR. 51

PRIS:



RETNINGSLINIER  
FOR FREMSTILLING AF  
**VIBRERET BETON**



DANSK INGENIØRFORENING

1. udgave 1952  
2. udgave 1959

TEKNISK FORLAG

---

KØBENHAVN

## Forord til 1. udgave

På foranledning af arbejdsgruppen for beton og jernbeton nedsatte Dansk Ingeniørforening på sit hovedbestyrelsesmøde den 14. oktober 1948 et udvalg til udarbejdelse af retningslinier for fremstilling af vibreret beton.

Udvalget fik følgende sammensætning:

*Akademisk Arkitektforening:*

Arkitekt, M.A.A. Benjamin Kall.

*Amtsvejinspektørforeningen:*

Amtsvejinspektør, civilingeniør K. P. Danø.

*Arbejdsgruppen for beton og jernbeton:*

Civilingeniør Søren Rasmussen.

*Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor:*

Civilingeniør Viggo Sthyr.

*Danmarks tekniske Højskole:*

Dr. techn. B. J. Rambøll.

*Dansk Arkitektforening:*

Arkitekt, M.A.A. og M.D.A. Carl R. Frederiksen.

*Dansk Ingeniørforening:*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. Otto Husted (formand).

*Dansk Ingeniørforenings bygningsingeniørgruppe:*

Entreprenør, civilingeniør Erik C. Pedersen.

*Danske Statsbaner:*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. H. K. L. Knudsen.

*Entreprenørforeningen:*

Entreprenør, civilingeniør R. A. Larsen.

*Foreningen af rådgivende Ingeniører:*

Civilingeniør A. K. Krog.

*Københavns kommune:*

Civilingeniør W. R. Simonsen.

Civilingeniør H. V. K. Steffensen.

*Landsforeningen dansk Betonvare-Industri:*

Civilingeniør Folmer Jørgensen.

*Producenter af vibratorer:*

Civilingeniør A. P. Hjortsø.

Fabrikant G. R. Hoff.

*Stads- og Havneingeniørforeningen:*

Stads- og havneingeniør, cand. polyt. Aage Lauesen.

*Statens Byggeforskningsinstitut:*

Forskningsleder, civilingeniør Niels M. Plum.

*Statsprøveanstalten:*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. Johs. Andersen.

*Vandbygningsvæsenet:*

Civilingeniør Knud Otterstrøm.

*Sekretær for såvel udvalget som arbejdsudvalgene:*

Dr. techn. Erik V. Meyer.

Der nedsattes følgende arbejdsudvalg for:

*A. Materiellet:*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. Johs. Andersen.

Fabrikant G. R. Hoff.

Civilingeniør Folmer Jørgensen (formand).

Arkitekt, M.A.A. Benjamin Kall.

Entreprenør, civilingeniør R. A. Larsen.

Civilingeniør Knud Otterstrøm.

*B. Arbejdspladsen:*

Arkitekt, M.A.A. og M.D.A. Carl R. Frederiksen.

Entreprenør, civilingeniør R. A. Larsen.

Entreprenør, civilingeniør Erik C. Pedersen.

Civilingeniør Søren Rasmussen (formand).

Civilingeniør W. R. Simonsen.

*C. Betonen og betonsammensætningen:*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. H. K. L. Knudsen.

Civilingeniør Knud Otterstrøm.

Civilingeniør Niels M. Plum.

Civilingeniør Viggo Sthyr (formand).

Afdelingsingeniør, cand. polyt. Johs. Andersen har for arbejdsudvalg A fulgt den undersøgelse, der i samarbejde mellem Statsprøveanstalten og Statens Byggeforskningsinstitut er foretaget af 11 danskbyggede betonblandere og som er offentliggjort i anvisning nr. 8 fra Statens Byggeforskningsinstitut: Civilingeniørerne Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen, „Brug og valg af betonblandere“ 1950.

På foranledning af arbejdsudvalg C har civilingeniørerne, dr. techn. Erik V. Meyer og Niels M. Plum udarbejdet en proportioneringsvejledning offentliggjort i „Beton“, bind II, 1950.

Den angivne konsistensskala er i forbindelse med udvalg C udarbejdet af et udvalg bestående af civilingeniørerne Knud Ottenstrøm, Poul Nerenst og J. A. Zachariassen, og forsøg med prøvelegemer er udført af civilingeniør J. A. Zachariassen („Beton og Jernbeton“ nr. 2, 1952), der har angivet den anførte metode til vibrering af disse.

## Forord til 2. udgave

Siden 1. udgaves udgivelse er den ene repræsentant for Københavns kommune, civilingeniør H. V. K. Steffensen, afgået ved døden. Der er ikke udpeget ny repræsentant. Udvalget er atter trådt sammen, og er af hovedbestyrelsen suppleret med direktør, civilingeniør Jul. Wærum og civilingeniør V. Hammeken, Elektricitetsrådet.

Eftertryk forbudt.

## Indledning

De af Dansk Ingeniørforening udgivne normer for beton- og jernbetonkonstruktioner, DS 411, indeholder almindelige regler for betonfremstilling, og disse regler finder også anvendelse på vibreret beton. Imidlertid kræver denne slags arbejder i flere henseender særlig omhu under udførelsen, for at de økonomiske og tekniske fordele, der er forbundet med brugen af vibrering, skal blive fuldt udnyttet. Af denne grund, og fordi vibreringen kræver visse særlige foranstaltninger, har man ment det rimeligt at udgive nærværende retningslinier for udførelsen af vibreret beton. Man har ligeledes fundet det rimeligt at medtage visse anvisninger vedrørende byggepladsens indretning og arbejdets udførelse, som i og for sig bør gennemføres overalt, hvor man ønsker at fremstille kvalitetsbeton.

Når anvendelsen af vibrering kan medføre forøget økonomi, er det, fordi man ved den effektive bearbejdning kan bruge beton med betydelig større stivhed og derfor mindre vandindhold, hvilket som bekendt for samme cementindhold betyder en forøgelse af betonens styrke eller for samme styrke betyder en formindskelse af cementforbruget.

Besparelser kan også opnås derved, at det er muligt at anvende større største-kornstørrelse i gruset og at benytte grus med større stenindhold. Begge disse forhold virker nedsættende på vandforbruget og er derfor økonomiske med hensyn til cementindholdet.

Det reducerede vandforbrug giver desuden en beton, der har betydelig mindre svind end håndstampet beton, og endelig en beton af væsentlig større tæthed og derfor af større holdbarhed både mod kemiske angreb, mekaniske angreb og mod frost.

Ved anvendelse af en så effektiv komprimering som vibrering har man mulighed for at bringe luftindholdet i betonen ned på et mini-

mum, selv om vandindholdet er lavt. Vibreringen vil ligeledes muliggøre en fuldstændig udfyldning af formene, selv hvor disse er meget snævre.

Først når man ved vibreringen har bragt den friske betons luftindhold ned på ca. 3 %, kan man regne med den normale sammenhæng mellem styrke og  $v/c$ , medens man kan forvente større styrker, efterhånden som luftindholdet formindskes yderligere.

Udvalget har overvejet, om der var mulighed for at udføre videre forsøg, men har ment at det foreliggende erfaringsgrundlag i forbindelse med det, der foreligger oplyst i litteraturen, har kunnet danne tilstrækkeligt grundlag for denne praktiske vejledning.

Retningslinierne er delt i 3 hovedafsnit, nemlig

- A) Materiellet
- B) Arbejdspladsen og dens indretning
- C) Betonen og betonsammensætningen.

## A. MATERIELLET

### a. Vibratorer

#### I. Vibratorer

De ved betonstøbning sædvanligt anvendte vibratorer kan efter deres art og virkemåde samt efter drivkraften for de i handelen forekommende maskiner inddeles således:

1. *Stavvibratorer* (nedstiknings- eller pervibratorer),
  - a. som gennem en bøjelig aksel drives af en elektromotor (for højst  $3 \times 65$  volt), benzinmotor eller trykluftmotor,
  - b. som drives direkte ved en indbygget trykluftmotor (turbine eller pulsator) eller elektromotor.
2. *Svømmevibratorer*, som svømmer i betonen og som i reglen drives af trykluft (stempelvibratorer), sjældnere ved elektricitet.
3. *Formvibratorer*
  - a. elektromotorer (som regel  $3 \times 65$ , 220 eller  $3 \times 380$  volt) med indbyggede, roterende afvægte,
  - b. trykluftmotorer (7 at. arbejdstryk) med indbyggede, roterende afvægte,
  - c. trykluftvibratorer (stempelvibratorer, 7 at. arbejdstryk).
  - d. elektromagnetiske vibratorer,
  - e. mekaniske, roterende vibratorer, som drives ved kilerem fra elektro- eller benzinmotorer, herunder de fleste vibratorborde m. v.
4. *Overfladevibratorer*
  - a. vibratorbjælker med aksel med afvægte, der drives ved elektromotor eller anden drivkraft gennem tandhjulsforbindelse eller remtræk,

- b. vibratorbjælker med flere påmonterede vibratoren, der drives hver for sig af elektricitet og trykluft. Disse typer kan ikke anbefales, da de enkelte vibratorers bevægelse ikke kan synkroniseres,
- c. kant- og planvibratoren med een direkte påmonteret elektrisk vibrator eller trykluftvibrator.

## II. Vibratorernes frekvens, amplitude og acceleration

For at afgøre, hvilken type vibrator, der skal anvendes ved løsningen af en foreliggende opgave, er der visse problemer, som må klarlægges. I det følgende skal der kort redegøres for disse.

En vibrator karakteriseres i almindelighed ved følgende størrelser, af hvilke frekvensen er den i praksis oftest anvendte:

1. Frekvensen, d. v. s. antal vibrationer pr. minut, se fig. 1.
2. Amplituden, d. v. s. størrelsen af vibratorens udsving under den enkelte vibration (se fig. 1).  
Det må bemærkes, at denne størrelse varierer med belastningen på vibratoren, således at den er størst, når vibratoren kan svinge frit, og bliver mindre, jo stivere konsistens den beton har, den sænkes ned i, eller jo stivere den form er, på hvilken den fastgøres.
3. Accelerationen, d. v. s. den hastighedsforøgelse, som vibratoren får i sin bane under udsvingene, idet hastigheden er nul i udsvingenes yderpunkt og størst i midterstillingen. Også accelerationen ændres ved vibratorens belastning på samme måde som amplituden.

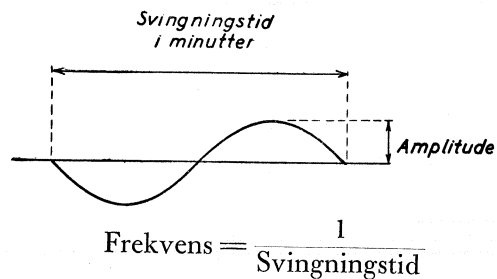


Fig. 1.

Disse tre størrelser anvendes også til at karakterisere en betonpartikels tilstand, når den er udsat for vibration.

## III. Vibratorernes virkemåde

På den uafbundne beton har vibrationen som bekendt den virkning, at den i hvert fald momentvis ophæver en væsentlig del af den indre friktion, hvorved betonen bliver mere flydende og bedre kan udfylde formene, ligesom betonpartiklerne lejres tættere.

De hidtil foretagne undersøgelser af vibratorernes virkemåde har ikke givet et udtømmende svar på, hvilke af en vibrators karakteristiske størrelser der har mest betydning for opnåelse af denne virkning og dermed på den udstøbte betons egenskaber.

Man må gøre sig klart, at vibratorens aktionsradius er begrænset, at der ved energitransporten gennem betonen absorberes energi, og at energitætheden aftager med afstanden fra vibratoren. Også den mere eller mindre direkte kontakt mellem vibratoren og betonen er af betydning.

Den samlede energimængde, som vibratoren afgiver, dens effekt, har derfor betydning for dens aktionsradius og virkning. Ved velkonstruerede vibratoren kan deres vægt anvendes som sammenligningsgrundlag, idet en tungere vibrator i almindelighed har en større effekt. Endvidere må man erindre, at den energimængde, som vibratoren kan afgive, i det store og hele er proportional med den drivende motors hestekræfter, hvilken størrelse derfor kan være vejledende ved sammenligning af forskellige vibratorers effektivitet.

Imidlertid findes der ikke sikre regler, som kan anvendes ved valg af vibratoren, men de hidtil høstede erfaringer synes at vise, at man, hvor der ikke er tale om vibrering af beton med grovere stenmaterialer, f. eks. singelsbeton, bør tilstræbe at anvende så høj frekvens som muligt, idet det har vist sig, at de fineste korn i blandingen bedst kan sammenvibreres ved høj frekvens, der i almindelighed er forbundet med en lille amplitude.

Når formvibratoren anvendes, bruges en stor del af vibratorens energi til at sætte formen i vibration – jo mere, jo større, tungere og stivere formen er.

Overalt, hvor det kan lade sig gøre, bør man derfor anvende vibrato-  
rer, som er i direkte berøring med betonen og så vidt muligt helt  
omgivet af denne, og kun hvor særlige forhold gør sig gældende, f. eks.  
ved tæt armering, tynde vægge og fabrikation af mindre enheder, bør  
anvendes formvibrato-  
rer. Dette bekræftes af erfaringerne fra praksis.

#### V. Valg af vibratortype

I relation til de forskellige vibrationsopgaver kan der gives følgende  
praktiske vejledning for anvendelse af de forskellige typer af vibrato-  
rer:

1. Ved store, uarmerede betonmasser, såsom fundamenter, piller, tykke  
vægge, plader o. l.:  
stavvibrato-  
rer, frekvens 6000–15000, eller ved særdeles store beto-  
masser svømmevibrato-  
rer, frekvens 3000–7000.
2. Ved mindre, uarmerede betonmasser, såsom mindre fundamenter og  
vægge – større betonrør og andre fabriksfremstillede varer af større  
dimensioner:  
stavvibrato-  
rer, frekvens 8000–15000.
3. Ved alle armerede konstruktioner, såsom søjler, dragere, plader o. l.,  
hvor armeringstætheden tillader det:  
stavvibrato-  
rer, frekvens 8000–15000.
4. Ved alle armerede konstruktioner med tæt armering, hvor stavvibra-  
to-  
rer ikke kan anvendes:  
formvibrato-  
rer, frekvens 3000–16000.  
Ved plader kan anvendes overfladevibrato-  
rer (vibratorbjælker, plan-  
og kantvibrato-  
rer), frekvens 3000–6000. De bør altid anvendes ved  
tynde plader. At anvende stavvibrato-  
rer, som holdes fast mod for-  
men, er lidet effektivt. Stavvibrato-  
rer bør kun anvendes som form-  
vibrato-  
rer, når der er sørget for en sådan fastspænding til formen,  
at vibrationerne overføres effektivt.
5. Ved arealbelæ-  
gninger:  
overfladevibrato-  
rer (bjælker, plan- og kantvibrato-  
rer), frekvens 3000  
–6000, ofte kombineret med stavvibrato-  
rer.  
Betonlag af mere end 15 cm tykkelse bør, såfremt der udelukkende  
anvendes overfladevibrato-  
rer, udlægges og vibreres i 2 eller flere

lag; det angives dog, at man med specielle overfladevibrato-  
rer med  
gunstigt resultat har vibret op til 20 cm tykke betonlag.

#### 6. Ved fabriksfremstillede enheder:

formvibrato-  
rer, frekvens 3000–4000, samt 9000–15000, eller vibra-  
tionsborde, hvorpå formen fastspændes, frekvens 3000–7000, samt  
9000–15000 eller  
stavvibrato-  
rer, især ved større enheder, frekvens 8000–15000.

Løvrigt skal bemærkes, at der i handelen findes vibrato-  
rer med  
højere frekvens end her angivet, f. eks. op til 18000, ligesom man i  
laboratorierne eksperimenterer med frekvenser op til 30000. Vibrato-  
rer med sådanne høje frekvenser er imidlertid endnu ikke tilstrækkelig gen-  
nemprøvede.

Om de to hovedformer for drivkraft, elektricitet og trykluft, skal  
oplyses, at trykluftdrevne vibrato-  
rer er mere robuste end elektrisk  
drevne, men kræver et betydeligt større kraftforbrug. Stavvibrato-  
rer, hvor den bøjelige aksel drives enten direkte eller gennem et gear af en  
hurtigtgående benzinmotor, er også almindeligt anvendt på mindre  
byggepladser. Udvalget finder her anledning til stærkt at advare mod  
på byggepladsen at benytte vibrato-  
rer, der drives med fuld spænding  
(220 eller 3 × 380 volt). Det er især de sårbare tilledningskabler, der  
let kan skades og ved berøring frembyder livsfare for de personer, der  
arbejder på den gennemfugtige arbejdsplads.

### b. Blandemaskiner

#### I. Fritfaldsblandere

Blandingens foregår på den måde, at nogle af de indfyldte mate-  
rialer af skovle, der sidder fast indvendig på en om en vandret eller  
skrå akse roterende tromle, løftes op og derefter igen falder ned i de  
materialer, som befinder sig i tromlens bund.

De her i landet almindeligt anvendte fritfaldsblandere kan deles i  
3 typer, der er karakteriseret ved den måde, hvorpå betonen udtømmes.



1. T blanderen, der tømmes ved, at man tipper hele blandetromlen.
2. NT blanderen, der tømmes ved, at der i blandetromlen indføres en skrå slidsk, på hvilken betonen efterhånden løftes op af skovlene og løber ud af maskinen.
3. NTK blanderen, der tømmes ved, at tromlens omløbsretning ændres, således at betonen ved hjælp af skrueformede skovle føres ud gennem udtømningsåbningen.

## II. Tvangsblendere

Ved de almindeligt anvendte tvangsblendere foregår blandingen i et cylindrisk kar ved hjælp af et sæt omrøreskovle og skraber, der i reglen roterer om en lodret, eventuelt excentrisk akse. På nogle typer roterer også karret, men i modsat retning af skovlene.

Der findes endvidere trugformede tvangsblendere, hvor blandingen sker ved, at et røreværk anbragt på en vandret aksel omrører materialerne.

Tvangsblendere med vandret, åbent kar og lodret omrørerakse kan deles i 2 typer.

- 1) R blendere, hvor karret er faststående, og røreværket er anbragt centrisk i karret, og
- 2) RK blendere, hvor kar og røreværk roterer i modsat retning, og hvor røreværket er anbragt excentrisk i karret.

De trugformede tvangsblendere skal ikke omtales, da der ikke, således som for de andre typer, er foretaget undersøgelse af deres blandeegenskaber.

## III. Kontinuerlige blendere (betonautomater)

Denne type blander, i hvilken blandingen foregår ved en roterende snegl, der kontinuerligt afleverer den færdige beton, udmærker sig ved stor kapacitet i forhold til bemanding og anskaffelsespris.

## IV. Valg og brug af blandemaskiner

En udførligere beskrivelse af fritfaldsblendere og tvangsblendere findes i Statens Byggeforskningsinstituts anvisning nr. 8: „Brug og valg af betonblendere“, der er udarbejdet på grundlag af en ved samarbejde mellem Statsprøveanstalten og Statens Byggeforskningsinstitut gennem-

ført undersøgelse af 11 danske blandemaskiner, repræsenterende de herhen hørende typer med undtagelse af de trugformede tvangsblendere.

En udførlig beskrivelse af kontinuerlige blendere findes i SBI's rapport nr. 14/1956: „Prøvning af tre kontinuerlige blendere“ og i „Beton og Jernbeton“ nr. 4/1956 (SBI særtryk nr. 83) med samme titel.

Beton, som skal vibreres, skal i reglen have et sætmål mellem 0 og 8 cm, og de ovenfor omtalte forsøg viser, at for dette konsistensområde er RK typen særlig anvendelig. NTK typen og i nogen grad NT typen giver også, anvendt med skønsomhed, gode resultater for de ikke helt stive betoner.

R typen kan anvendes til beton med små stenstørrelser indtil 16 mm, men på grund af sin ringe kapacitet kun ved mindre arbejder.

T blendere bør ikke anvendes til fremstilling af beton, der skal vibreres.

Blandetiden afhænger af den anvendte maskintype og den ønskede betonkonsistens. Den bør i almindelighed være 1-1½ minut, når maskinen løber med sin normale hastighed. Ved elektrisk drevne maskiner kan den nødvendige blandetid kontrolleres ved registrerende watt-metre.

Udførligere fremstilling af disse forhold findes i ovenfor omtalte anvisning nr. 8 fra Statens Byggeforskningsinstitut.

## **B. ARBEJDSPLADSEN OG DENS INDRETNING**

### **a. Installationer for sand- og stenmaterialer**

For at kunne fremstille kvalitetsbeton må man holde sand- og stenmaterialer vel adskilte. Den mest enkle foranstaltning for sikkert at imødekomme dette krav om materialernes adskillelse er opstilling af skærme mellem og om de forskellige materialer.

For større arbejder anvendes ofte mekaniske hjælpemidler ved afmåling – eller afvejning – og tilfyldning i blanderen, såsom

skrabespil kombineret med måle- og vejesiloer  
eller

betonstationer med opbevaringssiloer for de enkelte materialer.

### **b. Betonen**

#### **I. Betonens fremstilling**

Beton til vibrering bør fremstilles efter reglerne nævnt i DS 411 under „Klasse A. Skærpet kontrol“.

#### **II. Transport af betonen**

Ved transporten må der lægges vægt på at undgå sammenklumpning og separation. Dette opnår man ved at arbejde med passende transportmidler og ved at udsætte betonen for så få omstyrtninger som muligt, samt ved at benytte siloer, hejsebande etc. – Brugen af luftindblandingsmidler i betonen formindsker faren for afblanding.

Ved korte afstande bør man bruge enten transportmidler med gummihjul eller kran. Over længere afstande bør transportmidlet vælges

efter den stivhed, betonen har. Beton med slump under 2 cm kan udbringes på fladvogn, medens beton med større slump under transporten bør holdes i stadig bevægelse (roterbiler eller lign.).

### III. Betonens behandling i støbeformen

Betonen udlægges i vandrette lag på ca. 30 cm tykkelse. Udlægningen må ikke ske i hurtigere tempo, end at vibreringen kan ske umiddelbart efter. Når man anvender stavvibrator, må man være opmærksom på nødvendigheden af altid at have så rigeligt med beton foran vibratoren, at betonen ikke bringes til at flyde ud ved vibreringen. Vibreringen skal ske systematisk, således at man sikrer sig, at al betonen bliver gennemvibreret.

Vibreringen skal fortsættes så længe, at der til slut kun undviger ubetydelige luftmængder, og således, at overfladen er jævn. Ved anvendelse af stavvibrator skal nedstikningen ske under ca. 45 ° og udtrækningen foregå så langsomt, at der ikke bliver noget hul efter vibratoren. Der må på arbejdspladsen findes tilstrækkelig reserve af vibrationsmateriel, således at længere afbrydelse af vibreringen kan undgås.

Med hensyn til det materiel, der bør anvendes i hvert enkelt tilfælde, henvises til afsnit A.a IV.

### IV. Kontrol med betonen

Al beton til vibrering bør kontrolleres efter normernes forlangende under „Klasse A. Skærpet kontrol.“

#### c. Formmateriellet

Der er principielt ingen forskel i formarbejdet ved almindelig støbning og ved støbning af vibreret beton. Dog er der visse forhold, man bør have sin opmærksomhed henvendt på, som nedenfor nævnt.

#### *Formens styrke.*

Ved vibrering gøres selv meget tør beton plastisk i et område omkring vibratoren. Områdets udstrækning er afhængigt af betonens konsistens, støbeastigheden og vibreringsmåden, og man må derfor regne med et betontryk på formene, svarende til trykket fra en vædske

med vægtfylde 2,4. Den, der projekterer formene og forestår deres udførelse, bør derfor være påpasselig ved udførelsen af formarbejdet, navnlig, hvor det drejer sig om søjler og tynde vægge.

Trådbindere må ikke anvendes.

Ved bjælkeformene af de almindeligst forekommende dimensioner spiller betontrykket ikke så stor rolle som ved søjler og vægge, men ved anvendelse af kraftige vibratoren kan der overføres stærke vibrationer til formens sider, hvorfor det må påses, at afstivninger, låsebrædder og lignende er omhyggeligt udført.

#### *Formens tæthed.*

Ved anvendelse af vibrering bør man være opmærksom på, at formenes tæthed har større betydning end ved almindelig støbning. Derfor skal formene have så få og så tætte fuger som muligt .

#### *Afformning.*

Da vedhængningen mellem betonen og formene er større for vibreret beton end for ikke vibreret, kan anvendelsen af formsmøremidler (formolier) anbefales for at lette afformningen.

### d. Armeringen (projektering, anbringelse, fastholden)

Den projekterende ingeniør må ved anvendelsen af vibreret beton ofre særlig omhu ved planlægning og optegning af jernføringen. Der bør foreslås anvendelse af afstandsringe (manchetter) af beton, medens løse afstandsbrækker må undgås.

Ved bjælker bør forskydningsarmeringen såvidt muligt bestå af skråjern. Der bliver bedst plads for vibratorens nedsænkning i både bjælker og søjler, hvis bjælkernes skråjern opbøjes således, at de yderst i bjælken placerede jern opbøjes længst fra søjlen, de midterste nærmest søjlen.

Hvor forskydningskræfterne er så store, at de ikke kan optages af skråjern alene, bør bøjlerne placeres på en sådan måde, at de giver plads for nedstikning af vibratoren, f. eks. ved at de placeres i grupper, eller ved at der anvendes så svære jern til bøjlerne, at bøjleafstanden bliver passende.

## C. BETONEN OG BETONSAMMENSÆTNINGEN

### I. Materialerne

Alle materialer, der egner sig til almindelig betonstøbning, kan også anvendes til vibreret beton. Der synes ikke at være fare for separering, selv om materialerne har forskellig vægtfylde, når blandingen blot udføres med en konsistens, der egner sig for vibrering. Selv en klinkerbeton, indeholdende almindeligt sand og klinker, har vist sig at kunne vibreres med godt resultat.

Der kan derfor med hensyn til materialerne henvises til de gældende normer (DS 401 og DS 411).

### II. Valg af konsistens

*Almindelige bemærkninger.*

I DS 411, side 17, anbefales følgende betegnelser for betonens konsistens:

Jordfugtig (jf)	sætmål 0- 3 cm
stiv plastisk (stpl.)	3- 6 -
plastisk (pl.)	6-10 -
tykflydende (tkfl.)	10-15 -
flydende (fl.)	> 15 -

Til vibrering bør, alt efter betonens anvendelse, benyttes jordfugtig beton, stiv plastisk eller plastisk med sætmål indtil 8 cm. Der er imidlertid her brug for en anden inddeling af det område, inden for hvilket betonen egner sig til vibrering; dette er foretaget i skemaet side 22. Da måling ved sætmål ikke kan benyttes med tilstrækkelig nøjagtighed her-

til, er det nødvendigt at benytte andre metoder. I nedenstående konsistensskala er i parentes efter betegnelsen „jordfugtig“ givet en supplerende oplysning om konsistensen, der er anført både vebe-grader og sæt-mål, og betonens beskaffenhed er nærmere beskrevet.

*Konsistensskala for beton til vibrering.*

Anvendelse		Vebe-grader sek.	Sæt-mål cm	Beskaffenhed
Ved fabrikation af visse betonvarer – ikke på bygge-pladser	jordfugtig (løs, jord-agtig)	40–20	0	løs, jordagtig – ste-nene i betonen ty-delig fremtrædende, men klæbrige, uden at massen kan hæn-ge sammen. Kan ikke glattes med skovl.
Ved overfladevibre-ring af flyveplads-, vej- og gulvbelæg-ninger samt til stav-vibrering af grove konstruktionsdele uden eller med ringe armering	jordfugtig (meget stiv)	20–10	0–1	betonen er som en meget stiv grød; ved tipping danner den en stiv top, og ved lang transport ryster og gynger den sam-men til en masse med jævn, men ikke vandret overflade. Vanskelig at glatte med skovl.
Ved overfladevibre-ring af forholdsvis tykke betonbelæg-ninger, ved pervi-brering af pæle, væg-ge m. v. med normal armering	jordfugtig (stiv) til stiv plastisk	10–4	1–5	betonen er som en stiv grød; ved tip-ping danner den en top, og ved trans-port ryster og gyn-ger den sammen til en masse med vand-ret overflade. Lader sig ret let glatte med skovl.
Ved vibrering af særlig trange og stærkt armerede konstruktioner	stiv plastisk til plastisk konsistens	4–2	5–8	betonen lader sig let forme i hånden til en sammenhæn-gende bolle. Glattes let med skovl.

Der bør ved fastsættelsen af konsistenskrav nøje tages hensyn til udstøbningsmodstanden, herunder for overflade- og formvibrering til konstruktionsdelens tykkelse, samt til vibrationsmateriellet. Fastsættelsen af konsistenskrav skal så vidt muligt ske i direkte forbindelse med arbejdet på støbestedet. Der bør derfor ikke i udbudsbetingelser og lignende kræves en bestemt konsistens, og det må erindres, at en stiv konsistens af en beton ikke i sig selv er udtryk for, at betonens kvalitet er god. Ved krav om meget stive blandinger må man forudsætte særlig omhu hos folkene og stor effektivitet af materiellet. Svigter disse forudsætninger kan støbningen mislykkes i et omfang, der betyder mere for det endelige resultat end den nedsættelse af betonstyrken, man ville få ved at arbejde med en lidt blødere blanding.

Dersom arbejdspladsen ikke råder over apparater til bestemmelse af betonens konsistens, er man henvist til at skønne over denne ved iagttagelse af de under „beskaffenhed“ i skemaet beskrevne egenskaber.

**III. Betonsammensætningen**

Den kraftige bearbejdning muliggør anvendelsen af grus med lavtliggende kornkurve. I almindelighed kan grusets sandindhold være 5–8 % mindre end for beton til almindelig udstøbning. Da vibreringen endvidere, i hvert fald i uarmerede konstruktioner, ofte kan muliggøre anvendelsen af større maksimal stenstørrelse, kan sigtekurven i disse tilfælde yderligere sænkes.

Den tørre konsistens og den lavtliggende kornkurve medfører, at den nødvendige vandmængde pr. m<sup>3</sup> beton kan formindskes med indtil 30 %.

Beton tilsat luftindblandingsmidler kan vibreres, uden at der sker væsentlige ændringer i de kvalitetsegenskaber, som skyldes luftindblandingen.

## INDHOLD

	Side
Forord .....	3
Indledning .....	7
A. Materiellet .....	9
a. Vibratorer .....	9
I. Vibratortyper .....	9
II. Vibratorernes frekvens, amplitude og acceleration ...	10
III. Vibratorernes virkemåde .....	11
VI. Valg af vibratortype .....	12
b. Blandemaskiner .....	13
I. Fritfaldsblandere .....	13
II. Tvangsblendere .....	14
III. Kontinuerlige blendere (betonautomater) .....	14
IV. Valg og brug af blandemaskiner .....	14
B. Arbejdspladsen og dens indretning .....	17
a. Installationer for sand- og stenmaterialer .....	17
b. Betonen .....	17
I. Betonens vibrering .....	17
II. Transport af betonen .....	17
III. Betonens behandling i støbeformen .....	18
IV. Kontrol med betonen .....	18
c. Formmateriellet .....	18
d. Armeringen (projektering, anbringelse, fastholden) .....	19
C. Betonen og betonsammensætningen .....	21
I. Materialerne .....	21
II. Valg af konsistens .....	21
III. Betonsammensætningen .....	23