



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R13:1973

Färgvariationer hos betong

Arne Johansson

Åke Skarendahl

Byggforskningen

Färgvariationer hos betong

Arne Johansson & Åke Skarendahl

Betongs ökande användning som synligt ytmaterial gör att större krav ställs på att ytan skall vara estetiskt tillfredsställande. Betongytors färgvariationer är i detta sammanhang ett vanligt förekommande problem. I föreliggande undersökning redovisas dels en generell kartläggning av faktorer som påverkar betongens färg, dels en sammanställning av praktiska försöksresultat som visar de olika faktorernas betydelse för den slutliga färgen. Denna sammanställning innebär att en byggnadsentreprenör redan på förhand bör kunna göra en estetisk/ekonomisk värdering av vilka påverkande faktorer som han skall ta hänsyn till vid ett betongarbete. En visuell färgbedömningsmetod har utarbetats där man, genom jämförelse med likare, i siffror kan ange en betongytas färg.

Bakgrund till undersökningen

Färgvariationer hos betong förekommer i mer eller mindre stor omfattning på de flesta byggnadsobjekt, där man har att göra med synliga betongytor. Problemet finns både vid platsgjutning och prefabricering. I många fall kan man förmoda att problemen med färgskillnader hos betong beror på en bristande kunskap om vilka faktorer som påverkar betongens färg.

En allmän kartläggning av de för betongytans färg betydelsefulla faktorerna bedömdes därför vara behövlig. Försök skulle även göras att värdera de funna faktorerna för att redan i projekteringskedet kunna ge underlag för en estetisk/ekonomisk bedömning av var det bäst skulle löna sig att sätta in åtgärder mot färgvariationer i betongytan. En allmänt användbar färgbedömningsmetod för betongytor har därför utarbetats i samarbete med Svenskt Färgcentrum.

Utarbetande av färgbedömningsmetod

Någon instrumentell metod för mätning av färg ansågs inte kunna användas, eftersom betongytor i allmänhet är för ojämna för att pålitliga resultat skall kunna erhållas. I stället inriktades arbetet på utarbetandet av en visuell mätmetod.

I samarbete med en tränad färgbedömare från Svenskt Färgcentrum erhöles genom färgbestämning av betongytor en lämplig utformning av en färgkarta, som skulle täcka hela det normala variations-

området. Denna färgkarta (se FIG. 1) tillverkades av Svenskt Färgcentrum och består av tre färgtoner.

A. gult med 25% inslag av grönt

B. gult med 8% inslag av grönt

C. gult med 8% inslag av rött

Färgtonerna A, B, C ingår sedan med 5% (kulörhet) i olika kombinationer av svart och vitt. Den lodräta skalan i FIG. 1 anger procentuella andelen svart i förhållande till vitt (svartaktighet) i varje färgprov.

Möjliga orsaker till färgvariationer

Samband mellan orsak och verkan vad gäller betongs färg och enhetlighet i färg kan uppdelas i två problemställningar. En typ av orsaker, primära orsaker, är de kemiska och fysikaliska faktorer som påverkar betongens färg, t ex järnhalt och utfällningar. Andra orsaker, sekundära orsaker, är de praktiska förhållanden som kan skapa färgvariationer, t ex blandningsförfarande och efterbehandling.

Ett försök till studium av de primära orsakerna har gjorts i den första etappen av undersökningen. Praktiska försök har emellertid fått skjutas på framtiden på grund av den svårighetsgrad problemet visat sig ha och den stora insats

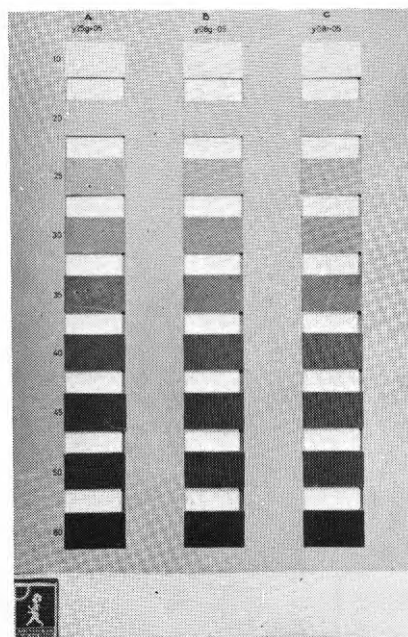


FIG. 1 Färgkarta med de i texten angivna färgtonerna A, B och C. 0,5 anger 5 % kulörhet och den vertikala siffreraden till vänster i figuren anger den procentuella inblandningen av svart (svartaktighet).

Bygghforskningen Sammanfattningar

R13:1973

Nyckelord:

betongyta, färgvariation (betongsammansättning, formtyp, härdning), missfärgning

Rapport R13:1973 avser anslag C 710 från Statens råd för byggnadsforskning till Cement- och Betonginstitutet, Stockholm.

UDK 693.548

666.974

691.32

SfB Eq

ISBN 91-540-2113-8

Sammanfattning av:

Johansson, A & Skarendahl, Å, *Färgvariationer hos betong*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R13:1973, 132 s., ill. 24 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: produktion

som är erforderlig för att nå en lösning.

De sekundära orsakerna till variationer i betongs färg kan på grundval av litteraturstudier och erfarenheter sammanfattas i nedanstående sammanställning. (De här uppräknade sekundära faktorerna är inte oberoende av varandra.)

1. Delmaterial
 - A. Cement
 - a. Egenfärg
 - b. Sammansättning
 - B. Ballast
 - a. Egenfärg
 - b. Föroreningar
 - C. Vatten
 - a. Föroreningar
 - D. Tillsatsmedel
 - a. Kalciumklorid
2. Betongmassans sammansättning
 - A. Proportionering
 - B. Ballast
 - a. Gradering
 - b. Finmaterialhalt
3. Form och formsläppningsmedel
 - A. Form
 - a. Formyta
 - b. Formens fukthalt
 - c. Formens täthet
 - d. Formens påverkan av solljus
 - e. Formens förskjutning under gjutning
 - f. Formens anläggning under härdning
 - g. Tiden för formens kvarsittande
 - B. Formsläppningsmedel
 - a. Typ
 - b. Påstruken tjocklek
 - c. Medlets stabilitet
 - d. Tiden mellan behandling och gjutning
4. Betongmassans behandling
 - A. Blandning och transport
 - a. Homogenitet
 - B. Gjutting
 - a. Gjutuppehåll
 - b. Skikthöjd
 - C. Bearbetning
 - a. Typ av vibrering
 - D. Ytavjämning
 - a. Typ av ytbehandling
 - b. Tiden mellan gjutning och ytbehandling
5. Betongens efterbehandling
 - A. Fukt
 - a. Luftfuktighet
 - b. Regnvatten
 - c. Påfört vatten
 - B. Värme
 - a. Temperaturförhållanden

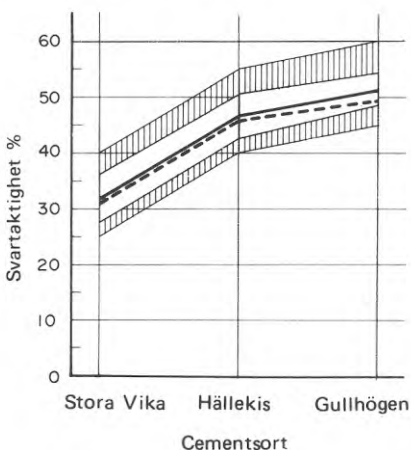


FIG. 2 Variationer i betongens svartaktighet vid användning av olika cementsorter.

— svartaktighetens medelvärde efter 10 dygn

---- svartaktighetens medelvärde efter 90 dygn

De yttre linjerna anger maximal svartaktighet.

Ohyvlat trä. Vattencementtal: 0,40

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50% relativ fuktighet

Försöksprogram

Följande faktorer har varierats i undersökningen:

- Betongens delmaterial
- Betongmassans sammansättning
- Form och formsläppningsmedel
- Betongmassans bearbetning
- Betongens efterbehandling

Som provkroppar användes plattor 30×30 cm.

Bedömning av provplattornas färg

Färgbedömningen gjordes vid 10 och 90 dygns ålder på provplattorna. Betongytorna har bedömts med avseende på dess ljusaste och mörkaste nyans samt medelvärdet för ytan som helhet med hänsyn till de ljusare resp mörkare partiernas ytandel. Utom i några enstaka fall kunde samtliga svartaktigheter anges efter färgton C på färgkartan.

Försöksresultat

Samtliga färgbedömningsresultat är redovisade enligt FIG. 2, där den streckade tjocka linjen visar svartaktighetens medelvärde vid 10 dygns ålder och den heldragna tjocka linjen visar motsvarande medelvärde vid 90 dygns ålder. Det mörka fältet markerar 90%-igt konfidensintervall för plattornas medelvärden. De yttre begränsningslinjerna markerar de absoluta gränserna för alla lokala värden inom plattornas yta.

Sammanfattning av de mest påverkande faktorerna

Många olika faktorer påverkar, mer eller mindre, en betongytas slutliga färgutseende. Hur många och vilka av dessa faktorer man kan ta hänsyn till vid ett betongarbete är en avvägning mellan ekonomiska och estetiska värderingar.

För att någorlunda kunna göra dessa värderingar har, förutom de redovisade resultaten, följande utsortering av de mest inverkan påverkande faktorerna gjorts.

1. Den sort och typ av cement som vid ett betongarbete börjar används i betongen måste därefter bibehållas under gjutning av den konstruktion inom vilken man vill ha samma färg på betongytan.

2. Använd en väl homogeniserad betong som inte separerar under transport, hantering och gjutning.

3. Vid form av ohyvlat eller hyvlat trä måste virket vara enhetligt ifråga om fukthalt och hårdhet och får inte ha varit utsatt för solbelysning. Använt formvirke får ej blandas med nytt.

4. Vid form av plåt eller annat material med slät och diffusionstät yta måste rätt formsläppningsmedel påföras som ett tunt och jämnt lager.

5. Under tiden mellan gjutning och avformning måste formen behandlas på ett sådant sätt att den på hela sin yta ligger an mot betongen.

6. Vid betongens vattenhärdning efter avformning får mot betongytan ej förekomma stillastående eller rinnande vatten.

7. Den omkring betongkonstruktionen befintliga luften måste ha så jämna och konstanta värden som möjligt betr både temperatur och fuktighet, inte enbart inom en gjutetapp utan också mellan gjutetapper.

Sammanfattning av olika faktorerers färgpåverkan

I TAB. 1 har gjorts en uppställning som visar åt vilket håll (ljusare — mörkare) olika faktorer påverkar betongytans färg. De här uppräknade faktorerna, som inte är oberoende av varandra, kan hänföras till någon eller några av följande huvudgrupper betr påverknings sätt.

1. Kalkutfällningar
2. Cementets hydratiseringsgrad
3. Vattencementtal
4. Förhindrande av reaktion
5. Delmaterials egenfärg
6. Släppning mellan form och betong

TAB. 1 Olika faktorerers färgpåverkan på betong

LJUSARE ←		Betongens färg		→ MÖRKARE	
St. Vika, Hälleklis, Slite Köping	← Standardcement	→	Limhamn, Degerhamn Gullhögen		
Högt	← Vattencementtal	→	Lågt		
Mindre	← Finmaterial < 0,25 mm	→	Mera		
Plåt plywood	← Tillsats av CaCl ₂	→	Hyvlat och ohyvlat trä		
Hög	← Träforms fukthalt	→	Låg		
Större	← Formvirkets hårdhet	→	Mindre		
Tunnare	← Solbelyst virke	→	Tjockare		
Lägre	← Påföring av formbestr.medel	→	Högre		
Lång	← Vattenläckn. genom formen	→	Kort		
Låg	← Formtryck	→	Hög		
Fullständig	← Större sten nära ytan	→	Mindre		
Större	← Vibreringstid	→	Mindre		
Mindre	← Återvibrering av betong	→	Hög		
Större	← Betongens uttorkn.hastighet	→	Mindre		
Mindre	← Cementets hydratisering	→	Hög		
Större	← Betongens kapillärporositet	→	Mindre		
Mindre	← Cementslamskikt borta	→	Större		
Större	← Betongytans råhet	→	Mindre		
Större	← Kalkutfällningar	→	Mindre		
Större	← Anghärdning	→	Mindre		
Större	← Härdningstemp. +5 - 0 °C	→	Mindre		
100 % och < 70 %	← Härdningsfuktighet	→	80-90 %		

Uppställningen innebär inte någon gradering av de påverkande faktorerna.

Variations in the colour of concrete

Arne Johansson & Åke Skarendahl

National Swedish Building Research Summaries

R13:1973

The increasing use of concrete as a facing material naturally means that requirements must become stricter as regards the aesthetic qualities of its surface. Colour variations are a common problem with concrete surfaces. This study describes a general survey of the factors which affect the colour of concrete, and also presents the collected results of field experiments showing the significance of the different factors for the final shade assumed. These compiled results make it possible for building contractors to make an advance assessment of the aesthetic and economic aspects of the factors to be taken into account when working with concrete. A visual method of evaluating colour has been developed whereby a numerical assessment of the colour of a given concrete surface can be obtained by means of comparison with reference scales.

Background to the study

Variations in the colour of concrete are to be found to a greater or lesser degree in connection with most building projects incorporating exposed concrete surfaces. The problem is encountered both with prefabricated units and with in situ cast concrete. In many cases, there may be reason to believe that differences in the colour of concrete are due to insufficient knowledge of the factors which influence the colour of the material.

A general survey of the factors of significance as regards the colour of a concrete surface was therefore considered motivated. Experiments were also planned in order to evaluate the importance of the factors established. It would thereby be possible as early as at the design stage to provide a basis for aesthetic and economic assessment of how variations in the colour of a concrete surface could best be combated. A generally applicable method of assessing the colour quality of concrete has therefore been developed in cooperation with Swedish Colour Centre with a view to solving the aesthetic and economic problems involved.

Development of colour evaluation methods

The use of instruments was not judged to be a suitable means of measuring colour as concrete surfaces are as a rule too uneven to permit reliable results. Efforts were therefore concentrated on developing a visual method.

A shade chart covering the entire normal range of colour variation was subsequently developed with the help of a colour expert from Swedish Colour Cen-

tre. This chart (FIG. 1) was then produced by Swedish Colour Centre and consists of three shades

- A. yellow with a 25% admixture of green
- B. yellow with an 8% admixture of green
- C. yellow with an 8% admixture of red

Shades A, B, and C are included in various combinations of black and white to a strength of 5%. The vertical scale in FIG. 1 gives the percentage of black in relation to white (blackness) in each colour sample.

Possible causes of variation in colour

The correlations between cause and effect as regards the colour of concrete and its uniformity of shade can be grouped under two headings. One type of cause, primary causes, is to be found in the chemical and physical factors which affect the colour of concrete, e.g. iron content and deposits. Other causes, i.e. secondary causes are the practical circumstances which may give rise to variations in colour, e.g. mixing procedure and treatment after pouring.

An attempt was made during the first phase of the survey to study the primary causes. It was, however, necessary to postpone field tests until a later date in view of the seriousness of the problem and the great amount of work which will be needed in order to find a solution.

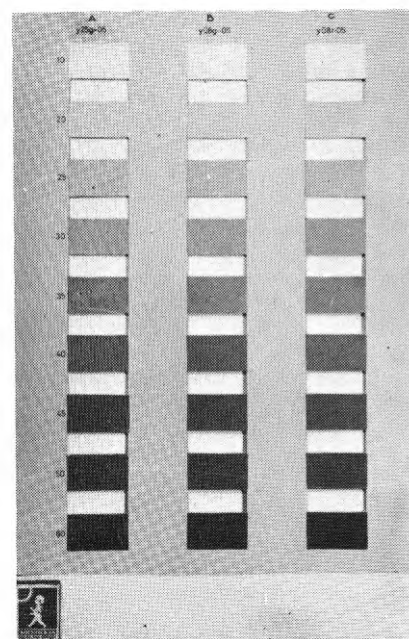


FIG. 1 Colour chart showing shades A, B and C mentioned in the text. 05 denotes 5% colour, while the vertical column of figures on the left of the figure gives the percentage of black present.

Key words:

concrete surface, colour variation (mix composition, formwork, curing), discoloration

Report R13:1973 has been supported by Grant C 710 from the Swedish Council for Building Research to the Swedish Cement and Concrete Research Institute.

UDC 693.548

666.974

691.32

SfB Eq

ISBN 91-540-2113-8

Summary of:

Johansson, A & Skarendahl, Å, *Färgvariationer hos betong*. Variations in the colour of concrete. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R13:1973, 132 p., ill. 24 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

As far as the secondary causes of variations in the colour of concrete are concerned, these can be summed up as follows on the strength of studies of literature and personal experience. Incidentally, the secondary factors listed below are not independent of each other.

1. Component materials
 - A. Cement
 - a. Natural colour
 - b. Composition
 - B. Aggregate
 - a. Natural colour
 - b. Pollutants
 - C. Water
 - a. Pollutants
 - D. Admixture
 - a. Calcium chloride
2. Composition of fresh concrete
 - A. Proportions
 - B. Aggregate
 - a. Grading
 - b. Content of fines
3. Formwork and release agents
 - A. Form
 - a. Form face
 - b. Moisture content of formwork
 - c. Joint seals
 - d. Effect of sunlight on formwork
 - e. Sliding of forms during concreting operations
 - f. Rigidity of form during curing
 - g. Length of time during which formwork is left in place
 - B. Release agents
 - a. Type
 - b. Thickness applied
 - c. Stability
 - d. Time elapsing between preparation of formwork and concreting
4. Handling of fresh concrete
 - A. Mixing and transport
 - a. Homogeneity
 - B. Concreting
 - a. Concreting pause
 - b. Thickness of layers
 - C. Compaction
 - a. Type of vibration
 - D. Finishing
 - a. Type of finishing
 - b. Time elapsing between casting and finishing
5. Treatment of concrete after casting
 - A. Moisture
 - a. Air humidity
 - b. Rain water
 - c. Water added
 - B. Heat
 - a. Temperatures

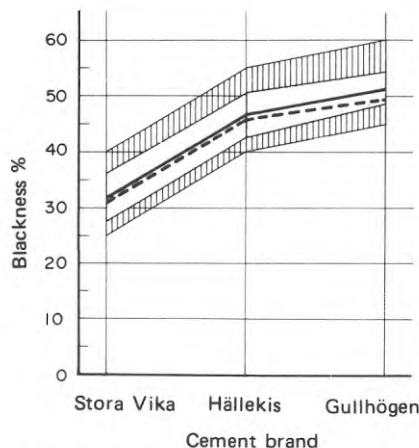


FIG. 2 Variations in the amount of black present in the concrete due to use of different brands of cement.

— mean of black content after 10 days
 ---- mean of black content after 90 days
 The outermost lines denote max. black content Unplaned wood. Water-cement ratio: 0.40. Content of fines: high. Treatment: vibrating table, normal time. Curing: +20°C, 50% relative humidity.

Experimental programme

The following factors were varied in the survey:

- Materials used in concrete
- Composition of fresh concrete
- Formwork and release agents
- Compaction of fresh concrete
- Curing of concrete

Slabs 30×30 cm in dimension were used as specimens

Assessment of the colour of the specimens

The colour of the specimen slabs was assessed on two occasions, 10 and 90 days after casting.

The surfaces of the slabs were judged in respect of the lightest and darkest shades present and the mean of each surface as a whole taking the percentages of the area occupied by the lighter and darker parts into account.

Apart from in a few isolated instances, all the darker patches could be classified under shade C on the colour chart.

Results of experiments

The assembled results of the colour assessment tests are given in FIG. 2; the thick broken line indicates the mean degree of blackness 10 days after casting and the thick full line the corresponding mean 90 days after casting. The shaded area denotes a 90% confidence interval in respect of the means recorded for the specimen slabs, while the outermost lines of demarcation denote the absolute limits for all local values on the surfaces of the slabs.

Summary of the most influential factors

Many different factors influence the final colour of a concrete surface to a greater or lesser degree. How many and which of these factors can be taken into account in concreting work is a question of achieving a balance between economic and aesthetic considerations. The most influential factors have therefore been sorted as follows in order to make it possible to include details of this oper-

ation along with the actual results.

1. The type and brand of cement used at the beginning of a concreting phase must be retained throughout the parts of the structure where a uniform colour is required of the concrete surfaces.

2. A thoroughly homogenized type of concrete which does not separate during transportation, handling or casting should be used.

3. Formwork whether of planed or unplaned planks must always consist of timber having uniform properties as regards moisture content, hardness and may not have been exposed to sunlight. Timber from old forms may not be used along with new timber.

4. Forms made of sheet metal or any other smooth, watertight material must be given a thin, even layer of the right stripping agent.

5. Between casting and stripping formwork must be adjusted so as to ensure that its entire surface remains in contact with the concrete.

6. When water curing concrete, after stripping of forms, no pools or streams of water may be allowed to occur on the surface of the concrete.

7. The air in the immediate vicinity of a concrete structure should maintain constant levels of humidity and temperature not only during the actual concreting operations but also between concreting phases.

Summing up of the influence of different factors on colour

Table 1 shows the direction (lighter or darker) in which different factors affect the colour of concrete. The factors listed here can be referred to one or more of the following principal categories as regards effect:

1. Efflorescence deriving from lime
2. Degree of hydration of the cement
3. Water-cement ratio
4. Prevention of reaction
5. Natural colour of component materials
6. Occurrence of gaps between formwork and concrete.

TABLE 1. The effect of different factors on colour of concrete.

LIGHTER ←		Colour of concrete	→ DARKER
St. Vika, Slite Köping, Hällekis	←	Ordinary Portland cement	→ Limhamn, Degerhamn, Gullhøgen
High	←	Water-cement ratio	→ Low
Small amount	←	Fines < 0.25 mm	→ Large amount
	←	CaCl ₂ added	
Sheet metal, plywood	←	Formwork material	→ Planed and unplaned wood
High	←	Moisture content of wooden formwork	→ Low
Considerable	←	Hardness of formwork timber	→ Inconsiderable
	←	Timber exposed to sun	
Thin	←	Oiling of formwork	→ Thick
	←	Water leakage through forms	
Fairly low	←	Pressure on formwork	→ Fairly high
	←	Large stones near surface	
Long	←	Vibration period	→ Short
	←	Re-tempering of concrete	
Low	←	Concrete, rate of drying out	→ High
Complete	←	Hydration of cement	→ Incomplete
High	←	Capillary porosity of concrete	→ Low
	←	Grout layer missing	
Minor	←	Roughness of concrete surface	→ Major
	←	Lime deposits	
	←	Steam curing	
	←	Curing temp. +5 - 0°C	
100% and < 70%	←	Humidity for curing	→ 80-90%

No attempt is made in the above table to rank the factors involved.

Rapport R13:1973

FÄRGVARIATIONER HOS BETONG
VARIATIONS IN THE COLOUR OF CONCRETE

av Arne Johansson
Åke Skarendahl

Denna rapport avser anslag C 710 från Statens råd för byggnadsforskning till Cement- och Betonginstitutet, Stockholm. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

ISBN 91-540-2113-8

Rotobekman AB, Stockholm 1973

INNEHÅLL

1	ALLMÄNT OM SYNLIGA BETONGYTOR	5
2	BAKGRUND TILL UNDERSÖKNINGEN	5
3	UTARBETANDE AV FÄRGBEDÖMNINGSMETODER	7
4	MÖJLIGA ORSAKER TILL FÄRGVARIATIONER	10
4.1	Primära orsaker	10
4.2	Studium av primära orsaker	11
4.3	Sekundära orsaker	13
4.3.1	Delmaterial	15
4.3.2	Betongmassans sammansättning	16
4.3.3	Form och formsläppningsmedel	17
4.3.4	Betongmassans behandling	19
4.3.5	Betongens efterbehandling	21
5	FÖRSÖKSPROGRAM	23
5.1	Provkroppstyper	23
5.2	Cementsort	23
5.3	Vattencementtal	25
5.4	Finmaterialhalt	26
5.5	Tillsatsmedel	26
5.6	Formmaterial	26
5.7	Formsläppningsmedel	27
5.8	Bearbetning	27
5.9	Gjutuppehåll	28
5.10	Glättning	28
5.11	Avformningstid	28
5.12	Härdning	29
6	TILLVERKNING AV PROVPLATTOR	31
7	BEDÖMNING AV PROVPLATTORNAS FÄRG	32
8	FÖRSÖKSRESULTAT	32
8.1	Redovisning av resultat	32
8.2	Cementsort	34
8.3	Vattencementtal	43
8.4	Finmaterialhalt	50
8.5	Tillsatsmedel	50
8.6	Formmaterial	55
8.7	Formsläppningsmedel	65
8.7.1	Betongytans porighet	70
8.8	Bearbetning	76
8.9	Gjutuppehåll	87
8.10	Glättning	90
8.11	Avformningstid	90
8.12	Härdning	90

9	REKOMMENDATIONER BASERADE PÅ FÖRSÖKSRESULTATEN OCH PÅ TIDIGARE ERFARENHETER	104
9.1	Sammanfattning av de mest påverkande faktorerna	126
9.2	Sammanfattning av olika faktorerers färgpåverkan	128
10	ÅTGÄRDER VID UPPKOMNA MISSFÄRGNINGAR	130
11	LITTERATUR	132
	CAPTIONS	133

1 ALLMÄNT OM SYNLIGA BETONGYTOR

Betong används idag i betydande omfattning som synligt ytmaterial i broar, stödmurar, fasader och andra byggnadsverk och deltar därmed påtagligt i att forma vår omgivning. Den naturliga följderna av betongs ökande användning i denna funktion är att krav ställs på att ytan skall vara estetiskt tillfredsställande. Ytans beskaffenhet är också ett viktigt kriterium för bedömning av eventuella nya användningsområden för materialet betong. För att kunna uppfylla dessa krav måste, förutom sådana fysikaliska defekter som separering, blåsbildning och släppande ytskikt, även betongens enhetlighet i färg beaktas.

2 BAKGRUND TILL UNDERSÖKNINGEN

Färgvariationer hos betong förekommer i mer eller mindre stor omfattning på de flesta byggnadsobjekt, där man har att göra med synliga betongytor. Problemet gäller både platsgjutning och prefabricering.

Färgavvikelseernas omfattning har i en del fall varit så estetiskt otillfredsställande, att krav har rests från byggherre eller arkitekt på att förbättringsåtgärder måste vidtas.

En del av de entreprenörer som råkat ut för dessa problem kanske visste - både före och efter arbetets färdigställande - ungefär vilka faktorer som kunde ha eller hade orsakat färgvariationer. Vad man däremot haft otillfredsställande kännedom om är i vilken grad de olika faktorerna har påverkat betongytans färg. Man har i regel också känt till att om man håller hela produktionscykeln stabil och dessutom arbetar med en rätt sammansatt betong, får man små variationer, men då blir det också en fråga om kostnadsökningar.

Behovet skulle således vara att man, förutom en generell kartläggning av de påverkande faktorerna, även försökte värdera dessa faktorerens betydelse för att kanske redan på förhand kunna göra en estetisk/ekonomisk bedömning var det bäst skulle löna sig att sätta in åtgärder. I de fall då byggherren i förutsättningarna för ett byggnadsobjekt anger, att särskilt stor vikt skall läggas vid betongens jämnhet i färg, skulle entreprenören kanske kunna ange kostnaderna för detta något exaktare och därigenom slippa att som tidigare lägga på en kanske för stor säkerhetsmarginal på grund av ovisshet.

Problemen med färgskillnader på betong ansågs i många fall helt enkelt bero på bristande information.

Ovanstående tankegångar ledde till att Statens Vägverk, som är byggherre för ett stort antal betongbroar och liknande, tillsammans med Statens råd för byggnadsforskning beslöt att uppdra åt Cement- och Betonginstitutet att studera färgvariationer hos hårdnad betong. Syftet var att försöka få en fördjupad kunskap om orsakerna till betongs färg samt att kvantitativt studera färgändringarnas storlek och hur de påverkas av olika faktorer.

Det finns dessutom ett intresse för att få fram en allmänt användbar färgbedömningsmetod för betongytor. I de fall då arkitekt eller byggherre ställer krav på en speciell gråton på betongytan, tillverkas ofta provplattor, som entreprenören sedan skall försöka efterlikna. Vad parterna senare inte alltid är överens om är inom vilka gränser denna "likarfärg" kan tillåtas variera utan att vara estetiskt oacceptabel. Med en användbar färgbedömningsmetod skulle tvister av detta slag kanske inte behöva uppstå, eftersom parterna redan på förhand kan komma överens om vilka färgtoleransgränser som skall gälla för objektet ifråga.

3 UTARBETANDE AV FÄRGBEDÖMNINGSMETODER

För att kunna genomföra de i undersökningen ingående färgbedomningarna erfordrades först att en lämplig metod utarbetades. I detta avseende upptogs ett samarbete med Svenskt Färgcentrum.

Någon instrumentell metod för mätning av färg ansågs inte kunna användas, eftersom betongytor i allmänhet är för ojämna för att pålitliga resultat skall kunna erhållas. I stället inriktades arbetet på utarbetandet av en visuell mätmetod. Detta innebär, att färgen på betongytan jämförs med en färgstandard, som i detta fall är framtagen ur NCS-färgatlas (naturliga färgsystemet). Denna färgatlas är byggd på perception, men alla färger är även fysikaliskt inmätta med avseende på våglängd och kan anges i trikromatiska koordinater. (Se fig 1, som är hämtad från Svenskt Färgcentrums publikation "Short description of the NCS Colour Order System").

Tre variabler ligger till grund för färgbedomningen, nämligen färgton, kulörhet och svartaktighet. Först fastläggs färgtonen på en cirkellinje, där gult, rött, blått och grönt befinner sig på cirkellinjens "fjärdedelspunkter". Därefter anges färgen i ett tvåkoordinatsystem för den fastlagda färgtonen, med kulörhet och svartaktighet uttryckt i % på axlarna. 0 % svartaktighet och 0 % kulörhet är vitt, 100 % svartaktighet och 0 % kulörhet är svart, medan 100 % kulörhet representerar den rena färgtonen.

Vid förförsök tillverkades ett antal provplattor med varierande färg. I samarbete med en tränad färgbedomare från Svenskt Färgcentrum erhöles genom färgbestämnings av dessa betongytor en lämplig utformning av en färgkarta, som skulle täcka hela det normala variationsområdet. Denna färgkarta tillverkades av Svenskt Färgcentrum (fig 2) och består av tre färgtoner (gult med 25 % resp 8 % inslag av grönt och gult med 8 %

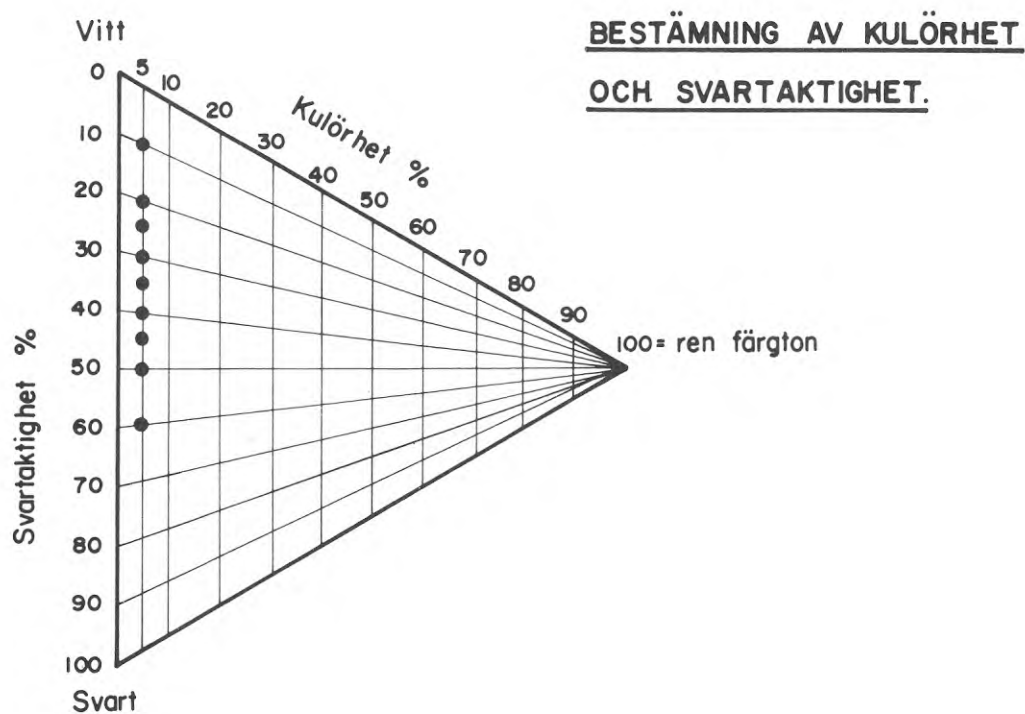
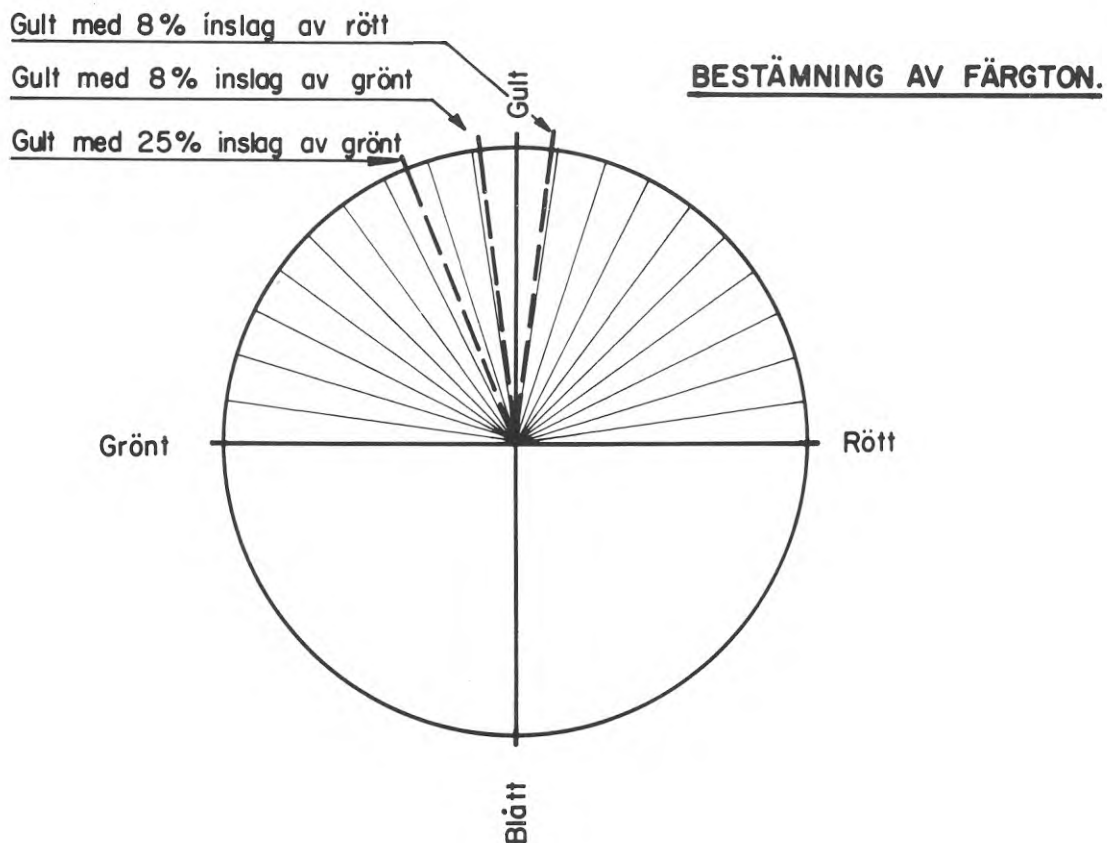


FIG. 1. Grafisk modell som visar sambandet mellan grundfärg, färgton, kulörhet och svartaktighet.

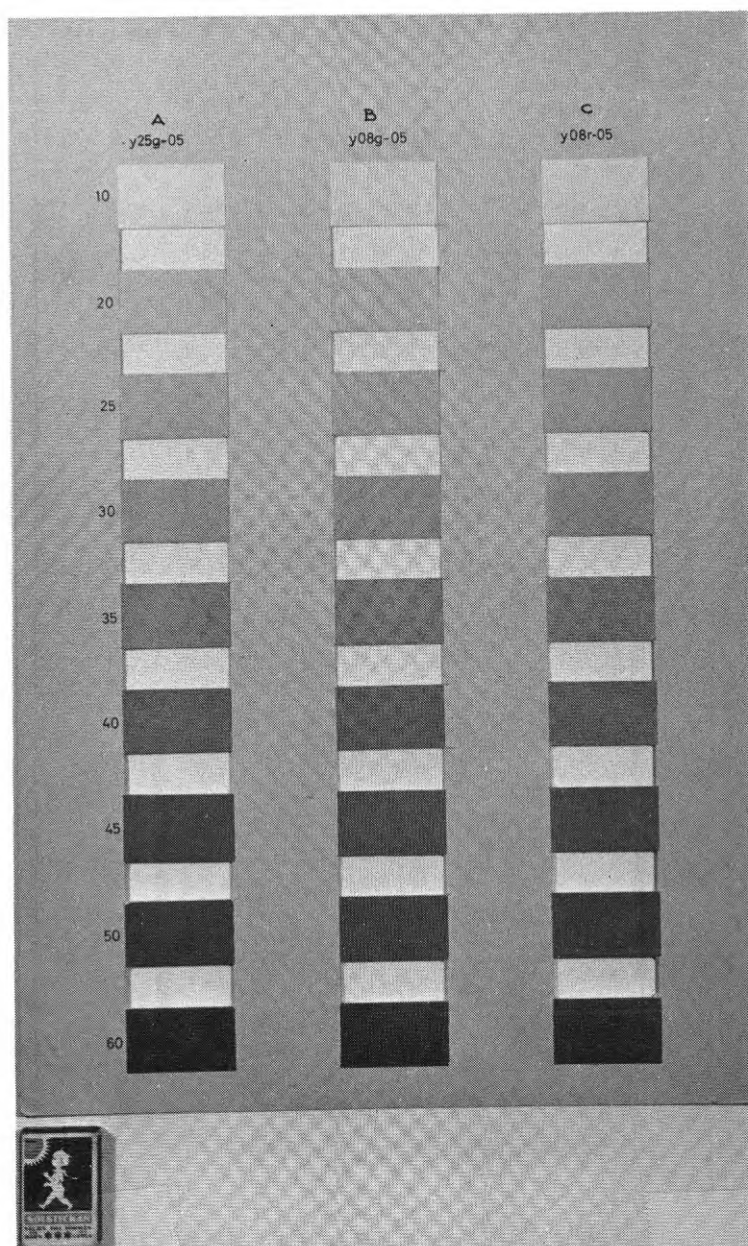


FIG. 2. Färgkarta.

A y25g = gult med 25 % inslag av grönt.

B y08g = gult med 8 % inslag av grönt.

C y08r = gult med 8 % inslag av rött.

05 = 5 % kulörhet.

10-60 = % svartaktighet.

inslag av rött), en kulörhet (5 %) och nio svartaktigheter (10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 och 60 %). (Se fig 1).

4 MÖJLIGA ORSAKER TILL FÄRGVARIATIONER

Sambanden mellan orsak och verkan vad gäller betongs färg och enhetlighet i färg kan uppdelas i två problemställningar. En typ av orsaker, i fortsättningen kallade primära orsaker, är de kemiska och fysikaliska faktorer som påverkar betongens färg, t ex järnhalt och utfällningar. Andra orsaker, sekundära orsaker, är de praktiska förhållanden som kan skapa färgvariationer, t ex blandningsförfarande och efterbehandling. Primära och sekundära orsakssammanhang kan ej renodlas, utan förhållandet är nästan alltid att en sekundär orsak ger en färgvariation som kan föras tillbaka på en primär orsak. Exempel på detta är att en viss efterbehandling (sekundär orsak) ger upphov till färgvariationer beroende bl a på kalkutfällning (primär orsak).

4.1 Primära orsaker

Den viktigaste orsaken till bristande jämnhet i färg på en betongyta är oftast kalkutfällningar. Det överskottsvatten som finns i färsk betong, dvs det vatten som inte binds kemiskt i hydratiseringsprocessen, löser ut kalk i form av kalciumhydroxid (Ca(OH)_2). Vid uttorkningen vandrar det kalkhaltiga vattnet mot ytan, där kalciumhydroxiden faller ut då vattnet avdunstar. Luftens koldioxid (CO_2) omvandlar snabbt kalciumhydroxiden till kalciumkarbonat (CaCO_3), som är en i vatten svårlöslig förening.

Förutom kalcium kan även kalium och natrium orsaka utfällningar. Vid höga halter alkali utfälls karbonater, och om kalciumklorid finns tillsatt, faller alkaliklorider ut. Detta problem är relativt obetydligt för Sveriges del, eftersom inget av våra cementfabriker har särskilt hög halt alkali.

Av de mineral som finns i cement är det i huvudsak två som kan ge kraftig färg, nämligen järn och mangan. Mangan finns endast i små halter, men variationer i denna halt resulterar i varierande egenfärg hos cementet. Detta ger normalt inte utslag i form av färgvariationer inom samma gjutning, men däremot kan skillnad fås mellan partier som är gjutna med olika cementfabrikat.

Järnets inverkan på betongens färg är mycket komplex och är endast delvis känd. I cement förekommer järn som järnoxid främst i ferritfasen (C_4AF). Denna fas är i ohydratiserat tillstånd mörkbrun, men den får en ljusare färg allteftersom hydratiseringen framskrider. Orsakerna till färgförändringarna får sökas i hydrationsprodukternas sammansättning och kristallstruktur. Varierande hydratationsgrad, såväl som mängden järn, ger därför upphov till färgvariationer hos den hårdnade betongen.

Av övriga föreningar i cement tycks magnesiumoxid ha en viss betydelse för färgen, men inverkan är inte känd i detalj.

4.2 Studium av primära orsaker

Ett försök till studium av de primära orsakerna har gjorts i den första etappen av undersökningen. Praktiska försök har emellertid fått skjutas på framtiden på grund av den svårighetsgrad problemet visat sig ha och den stora insats som är erforderlig för att nå en lösning. Vissa tänkbara metoder har dock studerats.

För att kunna följa kalkens vandring finns flera lämpliga metoder. Ur en borrhärna, uttagen i den antagna kalkvandringens riktning, tas tunna skivor fram i vissa intervaller. Dessa skivor slipas ner till liten tjocklek och studeras i mikroskop med polariserat ljus. På dessa "tunnslipprov" mäts kalciumhydroxidhalten

genom uppskattning av den yta, som utgörs av hydroxid.

Ett annat sätt att studera kalkhalten är att analysera betongens ytskikt. Cementhuden avskrapas försiktigt, varefter provet siktas för att avlägsna små partiklar som härrör från ballasten. Provet analyseras kvantitativt med avseende på bildad koldioxidmängd vid tillsats av saltsyra. Den bildade koldioxiden härstammar från karbonater, som omvandlas till oxider, varför koldioxidmängden visar karbonathalten. För att kunna skilja eventuella alkalikarbonater från kalciumkarbonat tillförs provet vatten, varvid endast alkalikarbonaterna går i lösning.

För att få reda på hur långt hydratiseringen har framskridit kan prov, som också framtagits med avskrapning på ovan beskrivet sätt, undersökas i röntgendiffraktometer. Hydratiseringsgraden är intressant för bedömning av hur mycket fri kalk som finns och hur långt ferritfasen har omvandlats.

Halterna järn, mangan och magnesium är betydelsefulla för cementets egenfärg och framtas lämpligen med emissionsspektroskopi eller annan analysmetod.

De olika mineralhalterna är relativt lätta att analysera kvantitativt, men det är betydligt svårare att bestämma de olika former, i vilka speciellt järn kan finnas efter hydratationen. Röntgendiffraktometer kan ge en viss antydning, men intensiteterna är för små, eftersom järnhalten i cement bara uppgår till några få procent. Dessutom kan man inte uppställa något entydigt samband mellan hydratationsgrad och färg. Järn kan uppträda i olika strukturer efter hydratiseringen, och järnets plats i de olika kristallformerna ger olika färg. Betongens färg är alltså inte endast beroende av halten järn och hydratationsgraden, utan även av den kristallstruktur hydratationsprodukten antar. Detta problem kan knappast studeras för cement

i röntgendiffraktometer men däremot eventuellt för isolerad ferritfas. Genom att låta en isolerad ferritfas hydratisera i olika grad kan skillnaderna göras märkbara i diffraktionsdiagram och de olika strukturerna identifieras. Problemet är då i vilken grad de skapade förhållandena reproducerar reaktionerna i betong.

Användning av röntgenkamera ger samma problem som för röntgendiffraktometer, dvs den låga järnhalten ger för små intensiteter.

Mikrosond synes svår att använda för lösning av de här aktuella problemen, eftersom det blir svårt att skilja på hydratiserat och ohydratiserat material där järn finns i båda faserna.

4.3 Sekundära orsaker

De sekundära orsakerna till variationer i betongs färg kan på grundval av litteraturstudier och erfarenheter sammanfattas i nedanstående sammanställning. (De här uppräknade sekundära faktorerna är inte oberoende av varandra).

1. Delmaterial

- A. Cement
 - a. Egenfärg
 - b. Sammansättning
- B. Ballast
 - a. Egenfärg
 - b. Föroreningar
- C. Vatten
 - Föroreningar
- D. Tillsatsmedel
 - Kalciumklorid

2. Betongmassans sammansättning

- A. Proportionering
- B. Ballast
 - a. Gradering
 - b. Finmaterialhalt

3. Form och formsläppningsmedel
 - A. Form
 - a. Formyta
 - b. Formens fukthalt
 - c. Formens täthet
 - d. Formens påverkan av solljus
 - e. Formens förskjutning under gjutning
 - f. Formens anliggning under härdning
 - g. Tiden för formens kvarsittande
 - B. Formsläppningsmedel
 - a. Typ
 - b. Påstruken tjocklek
 - c. Medlets stabilitet
 - d. Tiden mellan behandling och gjutning
4. Betongmassans behandling
 - A. Blandning och transport
Homogenitet
 - B. Gjutting
 - a. Gjutuppehåll
 - b. Skikthöjd
 - C. Bearbetning
Typ av vibrering
 - D. Ytavjämning
 - a. Typ av ytbehandling
 - b. Tiden mellan gjutting och ytbehandling
5. Betongens efterbehandling
 - A. Fukt
 - a. Luftfuktighet
 - b. Regnvatten
 - c. Påfört vatten
 - B. Värme
Temperaturförhållanden

De i ovanstående sammanställning angivna möjliga sekundära variationsorsakerna kommenteras något närmare nedan.

4.3.1 Delmaterial

A. Cement

a) Egenfärg

Cementets egenfärg bestäms i huvudsak av ferritfasen, men även mängden mangan har stor inverkan. Råmaterialens sammansättning är avgörande för färgen, varför olika cementfabrikat kan ha olika färg. Även inom en fabriks råmaterialleveranser kan sammansättningen variera, vilket innebär att variation i cementets färg kan erhållas vid olika produktionstillfällen. Likaledes kan olika cementtyper ha något olika färg.

b) Sammansättning

Mängden alkali i cementet har betydelse för betongens färg. Är alkalihalten hög bildas hydroxider i vattenlösning, som vid uttorkningen transporteras till ytan och där faller ut som karbonater vid kontakt med luftens kolsyra. Dessa karbonater är emellertid lätt lösliga i vatten, varför de är lätta att avlägsna.

B. Ballast

a) Egenfärg

Ballastens egenfärg, som beror på de ingående mineralen, har betydelse för betongens färg. Detta är speciellt märkbart vid de finare fraktionerna.

b) Föroreningar

Föroreningar i ballasten kan ge rostbildning o d, som orsakar kraftiga färgvariationer på den färdiga betongytan. Det damm, som ibland finns på ballasten, kan på samma sätt ge variation i betongens färg.

C. Vatten

Föroreningar

Risk finns för färgvariationer i betong på grund av järn eller andra beståndsdelar i blandningsvattnet.

D. Tillsatsmedel

Kalciumklorid

Kalciumklorid retarderar ferritfasens hydratisering och ökar därigenom tendensen till färgvariationer. Har cementet hög alkalihalt motverkas kalciumkloridens inverkan, men istället kan salter utfällas.

4.3.2 Betongmassans sammansättning

A. Proportionering

Högt vct ger i regel ljusare färg än lågt vct, beroende på att högt vct gör betongen porösare och underlättar fukttransporten mot ytan vid uttorkningen. Härigenom ökas utfällningen av kalciumkarbonat och ytan blir ljusare. Vattenseparation ger också lätt färgvariationer.

B. Ballast

a) Gradering

Ballastgraderingen bör hållas så jämn som möjligt. Ändras graderingen så att vct måste justeras, erhålls färgvariationer. Sammansättning av ballast med partikelsprång ökar risken för färgvariationer, men bildandet av gjutblåsor minskas.

b) Finmaterialhalt

Halten fina partiklar bidrar till den hårdnade betongens

färg, vilket särskilt gäller för partiklar $< 0,25$ mm. Vid stor mängd partiklar under denna gräns erhålls lätt färgvariationer.

4.3.3 Form och formsläppningsmedel

A. Form

a) Formyta

Formytans egenskaper har stor betydelse för betongytans utseende. Allmänt kan sägas, att formytor som har liten absorptionsförmåga ger jämnfärgade ytor, medan porösa formytor lättare ger färgvariationer. Vad gäller uppkomsten av gjutblåsor är förhållandet det motsatta, dvs täta ytor gynnar blåsbildning, medan porösa formytor lättare befriar betongen från luftblåsor.

Stål- och plastform har ogenomträngliga ytor, varför dessa material är gynnsamma vad gäller att hålla färgvariationerna på låg nivå. Dessa formtyper ger däremot tendens till blåsbildning på betongytan.

Brädform och plywoodform har en yta, vars vattenuppsugning varierar och som därigenom ger olika partier av betongytan olika vct, vilket ger upphov till mörka och ljusa partier.

b) Formens fukthalt

Ojämnt fuktad form, t ex på grund av regn över formlager, innebär varierande sugning och därmed följande variation i betongytans färg.

c) Formens täthet

Läckage i formskarvar, kvisthål o d orsakar vattenavgivning från betongmassan med variation i färg som följd. Vid otätheter kan rinningar uppstå, resulterande i utsköljda partier.

d) Formens påverkan av solljus

Om formträet utsätts för solbelysning, nedbryts vissa av trädets beståndsdelar med för cementpastan skadliga produkter som följd. Detta fenomen ger också den färdiga betongytan en helt annan färg.

e) Formens förskjutning under gjutning

Om formen förskjuts under gjutning kan färgvariationer erhållas på grund av olika vattenavgivning till olika partier av formen. Dessutom kan rinningar uppkomma.

f) Formens anliggning under härdning

Dålig anliggning av form under härdningen kan medföra att påfört vatten rinner utefter betongytan och orsakar färgvariationer. Om formen är isolerad och anliggningen dålig, kan temperaturen variera över gjutetappen med färgvariationer som följd.

g) Tiden för formens kvarsittande

Olika formrivningstider ger olika härdningsbetingelser betr värme och fukt. Detta kan resultera i färgskillnader.

B. Formsläppningsmedel

a) Typ

Användandet av formsläppningsmedel har en stor inverkan på betongytans färg, men inverkan av de olika typerna är till största delen obekant.

b) Påförd tjocklek

Ojämn påförelse kan leda till delvis retardering av betongens ytlager med färgvariation och damning som följd.

c) Stabilitet

Dålig stabilitet och homogenitet erhålls ofta då formsläppningsmedlen tillblandas på arbetsplatsen med färgvariationer som följd.

d) Tid för medlets påförande

Olika färgnyanser kan erhållas från olika partier som har behandlats vid olika lång tid före gjuttillfället.

4.3.4 Betongmassans behandling

A. Blandning och transport

Homogenitet

En betongmassa som blandats i en blandare med otillräcklig homogeniseringsförmåga eller transporterats och hanterats på felaktigt sätt kommer även i formen att bibehålla sin inhomogenitet och därmed ge upphov till varierande färg på den färdiga betongytan.

B. Gjutning

a) Gjutuppehåll

Efter ett betonglagers vibrering brukar ett cementslamrikare skikt bildas ovanpå. Om tidsuppehållet blir alltför stort, kan det inte vibreras ihop med ovanför liggande betong och kvarstår därför efteråt som ett i färg avvikande band.

b) Skikthöjd

Betong kan i färskt tillstånd ses som en vätska med skrymdensiteten ca $2,4 \text{ kg/dm}^3$. När betongen placeras i en form ger den på formsidorna ett hydrostatiskt

tryck, som varierar i höjddled. Detta varierande tryck ger upphov till olika absorption i formen, och i formens lägsta delar, där absorptionen blir störst, fås en mörkare färg. (Gäller således endast form av absorberande material). Högt tryck ökar även risken för läckage i formskarvar. Alltför höga skikhöjder avger vid bearbetningen mera överskottsvatten och kan därigenom orsaka en ökad vattenrörelse uppåt längs formsidorna och därmed en flammighet i den slutliga färgen.

C. Bearbetning

Typ av vibrering

Vid för kraftig vibrering tenderar materialet att separera. En mjuk form svänger avsevärt på sina mjukaste ställen, t ex där formytan saknar understötning av regler. Dessa platser verkar som vibreringskällor och drar vatten och finare partiklar till sig. Liknande förhållanden kan råda vid yttre vibrering av styva formar.

D. Ytavjämning

a) Typ av ytbehandling

Stålglättning och brädrivning ger inte samma slutfärg på betongen genom att dessa båda ytbehandlingsmetoder är olika beträffande upparbetning av vatten och finmaterial till ytan. Inom samma metod kan också olikheter i bearbetningens intensitet ge skillnader i slutfärg.

b) Tiden mellan gjutning och ytbehandling

Betongytan skall före ytbehandling torka ut till en viss grad för att tillfredsställande yta skall erhållas. För lite eller för mycket uttorkning kan ge olikheter i betongytans färg.

4.3.5 Betongens efterbehandling

A. Fukt

a) Luftfuktighet

Vid låg luftfuktighet uttorkar betongen snabbare och transporten av kalciumhydroxid till ytan blir större med åtföljande ökad risk för karbonatutfällningar. Hög relativ fuktighet kan ge kondensvatten på betongytan, som löser ut kalk. Vid hög luftfuktighet, dock under gränsen för kondensbildning, blir benägenheten till inre utfällning större.

b) Regnvatten

Regnvatten, som får stå fritt på en yta, kan dra ut kalk med utfällningar som följd.

c) Påfört vatten

Här gäller samma som för regnvatten, dvs stillastående vatten på betongytan kan dra ut kalk. En ständig tillförsel av vatten gör att rännilar bildas på vissa ställen och orsakar olikheter i mängden utfälld kalk.

B. Värme

Temperaturförhållanden

Olikheter i härdningstemperatur ger skillnader i hydrationsgrad och uttorkningsförlopp och kan därför också ge skillnader i färg. Kalciumhydroxid har sin största löslighet vid 0°C, varför kraftigare utfällningar ofta erhålls vid låga temperaturer.

Tabell 1. Variabler inom olika satser

Var.nr	Sats nr	1	4	7	3	6	9	10	2	5	11	6	14	15	12	13	16
Cementaort		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vattencementtal					x	x	x										
Finnmaterialhalt		x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tillsatsmedel																	
Formmaterial		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Formsläppningsmedel		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bearbetning		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gjutupphåll		x	x	x													
Glättning																	
Avformningstid		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Härdning		x	x	x													

x = alla respektive plattor om inte annat anges.
Plattornas beteckningar enl tabell 2.

U: vatten U: under dimma stänga U: ånga

5 FÖRSÖKSPROGRAM

Den långa lista över faktorer som inverkar på betongens färg, vilken redovisats i avsnitt 4, är så pass omfattande att ett försöksprogram innehållande samtliga variabler skulle bli orimligt stort. Dessutom torde det finnas ett antal kombinationer mellan en del variabler som ger ett annorlunda resultat än samma variabler var för sig. Vid upprättandet av försöksprogrammet var man därför tvungen att göra en prioritering av vad som var praktiskt intressant och vilka variabler som var möjliga att behandla i en laboratorieundersökning. En sammanställning över variabler i de olika gjutningarna finns i tabell 1. (Se även tabell 2).

5.1 Provkroppstyper

Som provkroppar användes plattor 30 x 30 cm. I varje gjutning ingick 8 stående formar för gjutning av 10 cm tjocka plattor samt 12 liggande formar för 5 cm tjocka plattor. (Se tabell 2).

5.2 Cementsort

I Sverige används 12 olika gråa cementtyper och -sorter. Nästan alla dessa skiljer sig från varandra betr den färdiga betongytans färg, och det skulle därför vara av intresse att jämföra samtliga, men av praktiska skäl måste en begränsning ske. Den faktor som tycks vara mest intressant i sammanhanget är cementets egen färg, vilken bl a beror av järnhalten. Följande uppställning visar olika cementsorters järnhalt samt en färgbedömning gjord på bruksplattor (uppgifter från cementindustrin). Siffran 1 betecknar den ljusaste och sedan i ordning till nr 10, som är den mörkaste.

TABELL 2. Uppdelning av gjutningarna på formtyper

Märkning för form och platta	Formtyp	Formmaterial					Bearbetning	
		plåt	trä, ohvvl. nytt	trä, ohvvl. använt	trä, hvvl. nytt	plywood, plastad	stav	bord
A	I	x	x				x	
B	I	x	x				x	
C	I	x	x				x	
D	I	x	x				x	
E	I	x	x				x	
F	I	x	x				x	
G	I	x	x				x	
H	I	x	x	x			x	
J	II	x	x					x
K	II	x	x					x
L	II	x	x					x
M	II	x	x					x
N	II	x	x					x
O	II	x	x					x
P	II	x	x					x
Q	II	x	x					x
R	II	x	x					x
S	II	x	x					x
T	III				x	x		x
U	III				x	x		x

	Medelhalt Fe_2O_3 , %	Ordningsnummer betr färg
Stora Vika Std	1,7	1
Slite Std	2,4	3
Limhamn Std	2,9	6
" SH	2,9	2
Degerhamn Std	3,0	8
Gullhögen Std	3,2	10
" SH	3,2	9
Köping Std	3,3	4
Limhamn LH	3,6	7
Hällekis Std	3,8	5

(Det finns ingen uppgift på vad halten Fe_2O_3 var just vid färgjämförelsen).

För att ingå i provgjutningarna utvaldes 3 sorter, nämligen den ljusaste, Stora Vika, och den mörkaste, Gullhögen Std, samt dessutom Hällekis, som i färgbedömningen ligger i mitten men ändå har 3,8 % Fe_2O_3 . Att reducera cementsorterna till 3 kan också motiveras med att dessa färgskillnader har relativt liten praktisk betydelse, eftersom det är sällan man inom samma gjutobjekt står inför valet att gå över till en annan cementsort. Dessutom är de flesta cementsorter inte helt färgkonstanta i tiden, eftersom dels järnhalten kan variera och dels kalkstenens egenfärg kan skifta mellan olika ställen i brottet.

5.3 Vattencementtal

På grund av ojämnh ballastgradering och ibland otillräcklig konsistenskontroll är vattencementtalet ofta en faktor som varierar vid betongarbeten. Som övre resp undre gräns valdes vct 0,70 och 0,40, eftersom största delen av byggplatsbetongen ligger mellan dessa båda värden. Dessutom valdes ett mellanvärde på 0,55. För att erhålla de önskade vattencementtalen användes följande cementhalter och konsistenser.

Vct 0,40, cementhalt 475, konsistens S medelstytv
 Vct 0,55, cementhalt 375, konsistens P plastisk
 Vct 0,70, cementhalt 300, konsistens T trögflytande

5.4 Finmaterialhalt

Önskvärt hade här varit att renodla problemet och direkt kunna jämföra samma grusmaterial men med olika finmaterialhalt. Eftersom detta visade sig svårt att genomföra, valdes två olika grusmaterial med medelvärde 15 resp 6 % passerande mängd på 0,25 mm:s sikt. Det är dessutom svårt att jämföra olika finmaterialhalters direkta inverkan på betongens färg, eftersom en ändring i ballastens gradering även påverkar andra faktorer, som t ex segregation och vattenseparation, vilka i sin tur kan påverka färgen.

Ballastens halt över 4 mm hölls hela tiden konstant (48 %).

5.5 Tillsatsmedel

Kalciumklorid (CaCl_2) används vintertid i stora delar av den då levererade byggplatsbetongen, varför det ansågs intressant att denna variabel skulle ingå i försöken. Kloriden inköptes som vanlig handelsvara i 50 kg:s förpackningar. Doseringen räknas som ren kalciumklorid i % av cementvikten.

5.6 Formmaterial

Den stående formtypen (typ I enl tabell 2) tillverkades med de båda plansidorna av plåt resp ohyvlat trä, medan kortsidor och botten utgjordes av plastad plywood. Plåten (3 mm) skruvades fast i en 20 mm:s plywoodskiva. Träsidan bestod av ohyvlade och spontade 20 mm:s bräder som också spikades i en plywoodskiva. Dessa bräder utbyttes mot nya före varje gjutning. Två bräder på form H satt dock kvar under ett antal

gjutningar för att även få fram skillnaden mellan nytt och använt virke. (Se tabell 1). De bordsvibrerade horisontella formarna (typ II och III) hade formbotten uppdelad i två material enligt samma uppbyggnad som formtyp I.

5.7 Formsläppningsmedel

Uppdelningen av formsläppningsmedlen i 7 olika grupper (se tabell 1) är baserad på en redovisning av Svenska Cementföreningen betr formoljor. (Skrift från Svenska Cementföreningen: Betongytan och formmaterialet). Ett medel av varje grupp införskaffades och användes efter tillverkarens rekommendationer.

Som variabel infördes även tidpunkten för formsläppningsmedlets anbringande på formen.

I samtliga gjutningar där dessa medel användes (se tabell 1) kombinerades formsläppningsmedel och form enligt följande:

Formsläppningsmedel nr	16	på form	A
"	17	"	B
"	18	"	C
"	19	"	D
"	20	"	E
"	21	"	F
"	22	"	G

5.8 Bearbetning

Normal stavvibrering i formar typ I innebär, att formen fylls till hälften med betong (15 cm), varefter detta skikt bearbetas med tre jämnt fördelade stavnedstick på omkring 10 sek. Vibrostaven sticks ned till ett djup av ungefär 2-3 cm från formbotten. Övre skiktet bearbetas på liknande sätt, med undantag av att staven då sticks ned ungefär 5 cm i det tidigare be-

arbetade undre skiktet. Den använda staven har en tubdiameter på 25 mm och arbetar med en frekvens på 12.000 vibr./min.

Variabel nr 27 innebär att formen fylls till hälften med betong, varefter bearbetning sker genom att staven sakta förs längs formsidorna 10 ggr runt i formen under en tid av ungefär 3 min. Övre skiktet bearbetas på samma sätt.

Stavvibrering under sakta kontinuerlig ifyllning av betongen sker genom att staven under en tid av 3 min sakta förs fram och tillbaka i formens längdriktning mittemellan formens plansidor.

Bearbetning av betongen i de horisontella formarna sker på ett vibratorbord 900 x 900 mm (typbeteckning GT 09) med en motor (ET 31) som ger en frekvens på 2850 vibr./min. Formarna ställs löst på bordet och betongen fylls i kontinuerligt. Normal vibreringstid innebär att vibreringen fortsätter ungefär 15 sek efter att formen fyllts med betong. Vid lång vibreringstid sker ifyllningen på samma sätt, men vibreringen fortsätter därefter under ungefär 3 min.

5.9 Gjutuppehåll

Gjutuppehåll gäller endast de stavvibrerade vertikalgjutna plattorna. Uppehållet görs på plattans halva höjd efter att första betongskiktet vibrerats.

5.10 Glättning

De horisontalgjutna plattornas översida brädrivs med en handrivbräda och stålglättas därefter.

5.11 Avformningstid

I en av satserna ingår 6 extra formar för gjutning av stående, stavvibrerade plattor. Dessa sex plattor

avformas först efter 28 dygn, medan de ordinarie 8 vertikalplattorna avformas, liksom i alla övriga satser, efter 1 dygn.

5.12 Härdning

"Normal" härdning representeras av variabel nr 41, dvs $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % relativ fuktighet. Förvaringen sker i konditioneringsrum. Provplattorna uppställs så att luften har fritt tillträde till samtliga betongytor. Härdningsbetingelserna enl variabel 42 delas upp på två delvis olika förhållanden, nämligen dels förvaring helt under vatten (42A) och dels förvaring i vattendimma (42B). De värmehärdade plattorna förvaras dels i vattenånga vid en temperatur omkring $+70^{\circ}\text{C}$ och dels i värmeugn vid en temperatur av $+50^{\circ}\text{C}$. Variabel 45 innebär, att plattorna härdas utomhus under tak vid en ungefärlig temperatur av $\pm 0^{\circ}\text{C}$.

Alla ovan beskrivna härdningsbetingelser, utom utomhusförvaringen, tillämpas från avformningen vid 1 dygn och fram till 7 dygns ålder. Härdningen utomhus påbörjas redan direkt efter gjutningen.

Från gjutningen till avformningen är samtliga formar övertäckta med plastfolie. Mellan 7 och 10 dygns ålder sker förvaringen i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r f. Efter färgmätningen vid 10 dygn ställs plattorna upp i kallförråd.

Betr värmehärdningen i ånga bör observeras, att detta härdningsförfarande skiljer sig från motsvarande i praktiken genom senare igångsättning och längre härdningstid.

PROTOKOLL FÖR BALLASTUNDERSÖKNING

Nr _____

MATERIALUPPGIFTER:

Datum ____/____/19

Prov nr	Materialbeteckning	Leverans från	Kornform	Humusgrad	Ler- och slamhalt	Spec. vikt	Fuktkvot %
1.	Grus 0-8	Underås					
2.	Grus 0-8	Träkvista					
3.	Sten 8-16	Underås					
4.							

Arb. plats _____

CBI

SIKTANALYS:

Sikt med fri maskvidd mm	1			2			3			4		
	Stannar gram	Passerar %	Stannar %	Stannar gram	Passerar %	Stannar %	Stannar gram	Passerar %	Stannar %	Stannar gram	Passerar %	Stannar %
128												
64												
32												
16		100						100				
8		96			100			29				
4		84			96			1				
2		68			74			0				
1		49			36							
0,5		29			12							
0,25		16			3							
0,125		7			0							
< 0,125		0										
Summa												
Finh. modul		$M_1 =$			$M_2 =$			$M_3 =$				$M_4 =$

Beteckn. för kornform:

R = natursand, -grus
 K = krossand, -grus
 RS = rundad singel
 AS = avlång (flat) singel
 KM = kubisk makadam
 AM = avlång makadam
 SM = skärvig (flat) makadam

Beteckn. för humusgrad:

0 = ofärgad } lämplig
 1 = gul }
 2 = ljus rödbrun -- användbar
 3 = mörkt rödbrun } odug-
 4 = mörkbrun } lig

Beteckn. för ler- o. slamhalt:
 Höjden av ler- och slamskiktet efter ett dygn i % av materialprovets totala höjd anges.

Ang. ballastundersökningsarnas utförande se Bestämmelser för betongkonstruktioner - Material och utförande - Betong, B5 - 1965.

SIKTDIAGRAM:

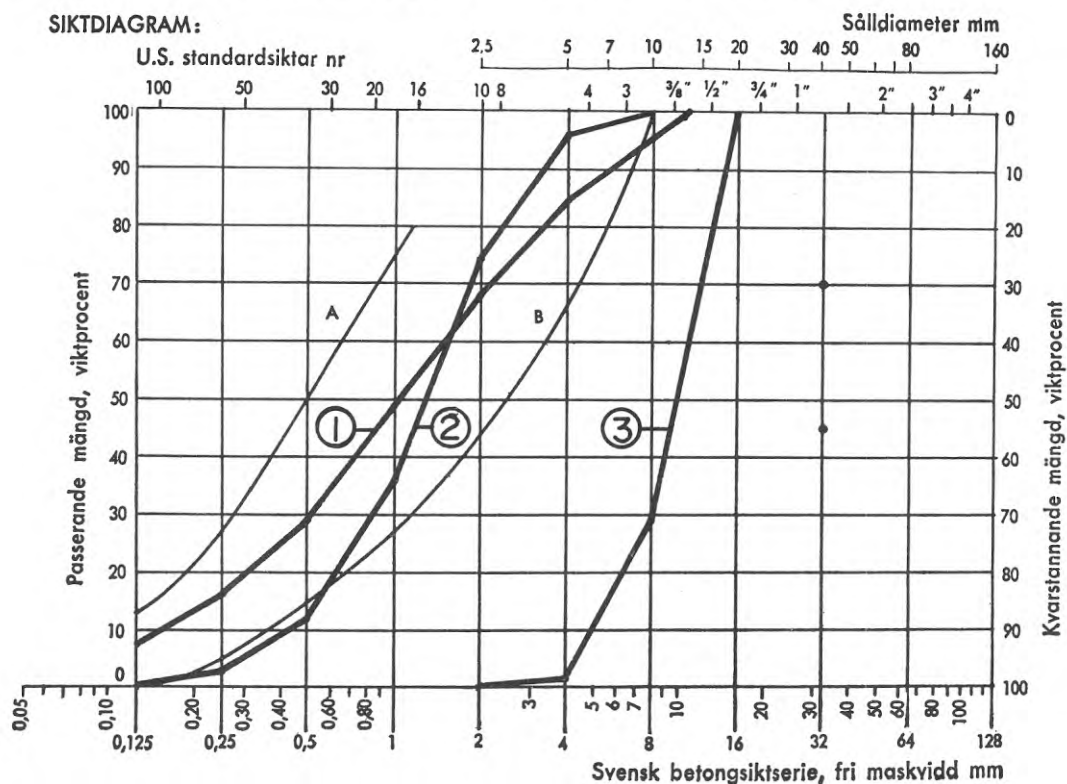


FIG. 3. Graderingskurvor för de använda ballastmaterialen.

6 TILLVERKNING AV PROVPLATTOR

De ohyvlade bräder som monterades på formarna hade inköpts som ett parti från en brädgård. Ur detta parti handplockades därefter bräder som bedömdes som likvärdiga och inte alltför kvistrika. Dessa bräder förvarades sedan utomhus under tak, utan påverkan av regn eller sol. Träsorten bedömdes genomgående vara gran.

De formar, som inte skulle behandlas med formsläppningsmedel, vattenspolades under 2-3 timmar före gjutning. I några enstaka fall provades att i formarna montera in uppsågade bräder som legat under vatten i ungefär en vecka.

Virket i de formar, som skulle behandlas med formsläppningsmedel, fuktades inte. Samtliga typer av formbestrykningsmedel (utom typ 19, som ströks med pensel) påfördes genom sprutning. Den påförda mängden hölls så låg som möjligt men ändå med full täckning av ytan. På vissa formtyper gjordes även jämförelser mellan denna vanliga täckning och en onormalt stor mängd påfört bestrykningsmedel.

Siktkurvor för de använda ballastmaterialen framgår av fig 3.

Betongen blandades i en 150-liters planblandare typ Sandby. Blandningstiden var 3 min. Vid en 1/2 timmes gjutuppehåll sparades halva betongsatsen i blandaren och återblandades efter gjutuppehållet, medan man vid 2 timmars uppehåll blandade en helt ny sats.

Efter avformning rengjordes formarna och det ohyvlade virket utbyttes mot nytt.

7 BEDÖMNING AV PROVPLATTORNAS FÄRG

Färgbedömningarna gjordes vid 10 och 90 dygns ålder på provplattorna. Samtliga bedömningar har utförts på en bestämd plats i samma rum och med konstant ljusuppställning. Samma person har utfört alla bedömningar och värderingar för att få en så likartad jämförelse som möjligt.

Betongytorna har bedömts med avseende på dess ljusaste och mörkaste nyans samt medelvärde för ytan som helhet med hänsyn till de ljusare resp mörkare partiernas ytandel. Vid bedömningen av svartaktigheten har enstaka avvikande fläckar mindre än ungefär 1 x 1 cm inte medräknats. Vid färgbedömningen har inte någon större hänsyn tagits till sådana ytor som genom tydliga ytstrukturförändringar, på grund av olika släppning vid avformning, erhållit en avvikande grad av svartaktighet.

Förutom de rena färgbedömningarna har betongytorna även bedömts med avseende på fläckighet, flammighet, ådring och skillnad mellan olika bräder.

Utom i några enstaka fall kunde samtliga svartaktigheter anges efter färgton C på färgkartan (gult med 8 % inslag av rött). Eftersom de förekommande skillnaderna i färgton var så sällan förekommande och eftersom dessutom svartaktigheten helt dominerar över färgtonen, har hela redovisningen därför gjorts enbart på basis av svartaktigheten.

8 FÖRSÖKSRESULTAT

8.1 Redovisning av resultat

Samtliga färgbedömningsresultat är redovisade enligt typ fig 4, där den streckade tjocka linjen visar svartaktighetens medelvärde vid 10 dygns ålder och den heldragna tjocka linjen visar motsvarande medelvärde vid

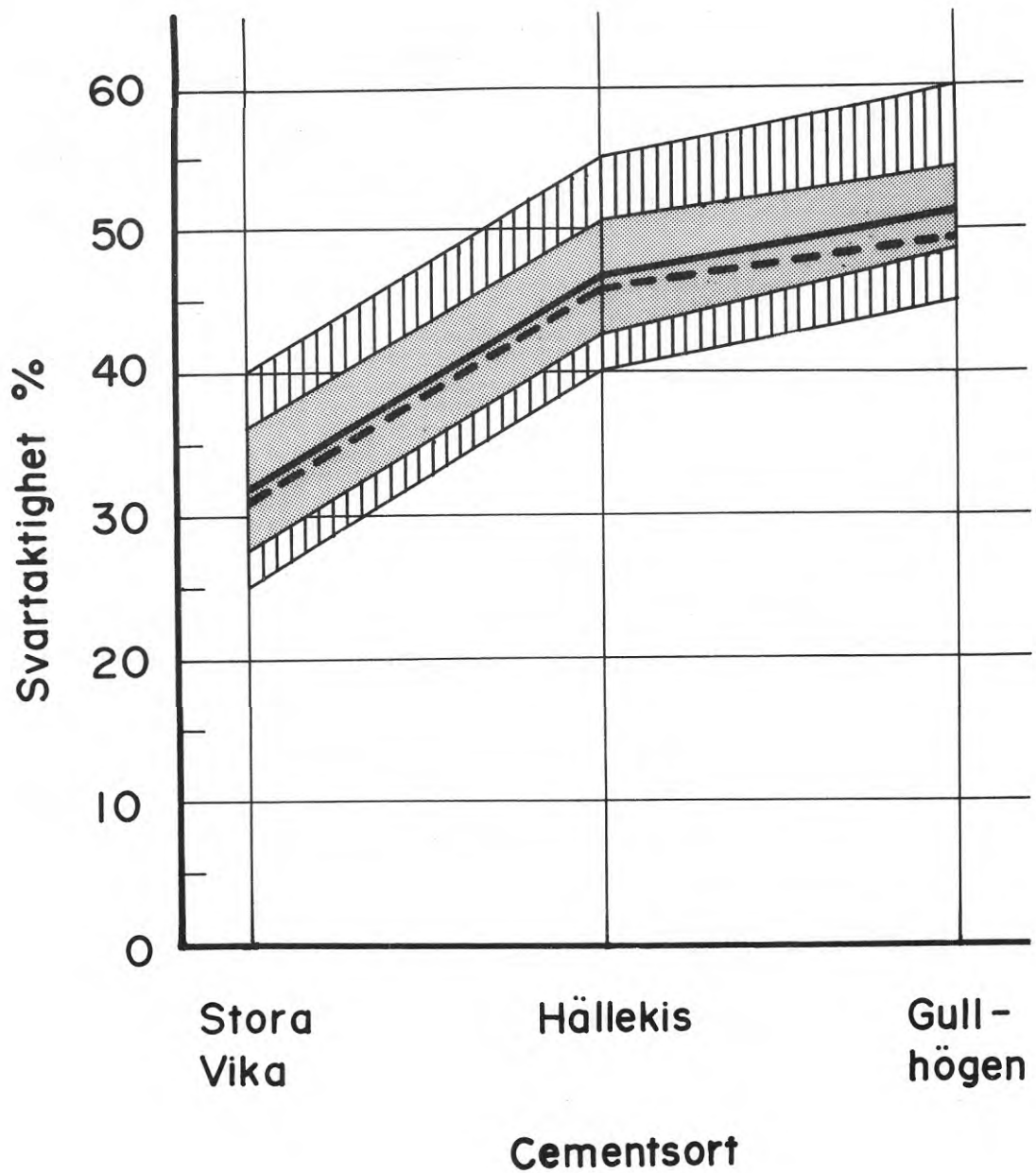


FIG. 4. Variationer i betongens svartaktighet vid användning av olika cementsorter.

Ohyvlat trä

Vct: 0,40

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikanta skillnader.

90 dygns ålder. Det mörka fältet markerar 90 %-igt konfidensintervall för plattornas medelvärden. Streckat område, som också omfattar det mörka området som faller inom ytterlinjerna, markerar de absoluta gränserna för alla lokala värden inom plattornas yta.

De olika variablernas medelvärden för svartaktigheten har därefter testats för att bestämma om någon signifikant skillnad föreligger mellan de olika grupperna. Hypotesprövningen har skett med användning av t-fördelning. Populationerna har antagits vara normalfördelade med lika stora varianser. En variansuppskattning, som gjorts på några grupper med ledning av standardavvikelse, stöder det sista antagandet. Nollhypotes har i samtliga fall varit antagandet att populationernas medelvärden varit lika. Risknivån har satts till 5 %.

Spridningsområdena och signifikanstestningarna har baserats på svartaktighetsvärden från bestämningarna vid 90 dygns ålder.

Som exempel på olika % svartaktighet se fig 5-10.

8.2 Cementsort (fig 4 samt 11-15)

Vid vattencementtalen 0,40 och 0,55 visar genomgående de tre cementsorterna signifikanta skillnader i svartaktighet. Tendensen är också i samtliga fall densamma, nämligen att Stora Vika är ljusast och Gullhögen mörkast. Skillnaderna är av samma storleksordning för betongytor gjutna mot ohyvlat trä resp plåt.

Vid ett vattencementtal på 0,70 finns fortfarande samma skillnad och tendens vad beträffar Stora Vika och Hällekis, men däremot visar Gullhögencementet ett från det väntade mönstret avvikande uppträdande. För ohyvlat trä har Gullhögen samma svartaktighet som Hällekis och för plåtform t o m ljusare än Hällekis.

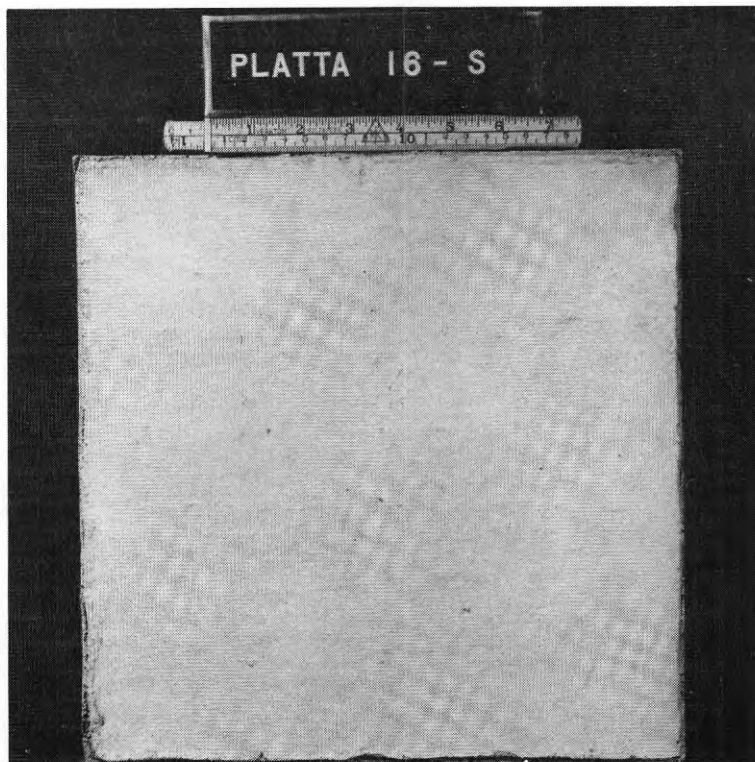


FIG. 5. Betongens utseende vid stålglättad yta.
Medelvärde svartaktighet = 11 %.

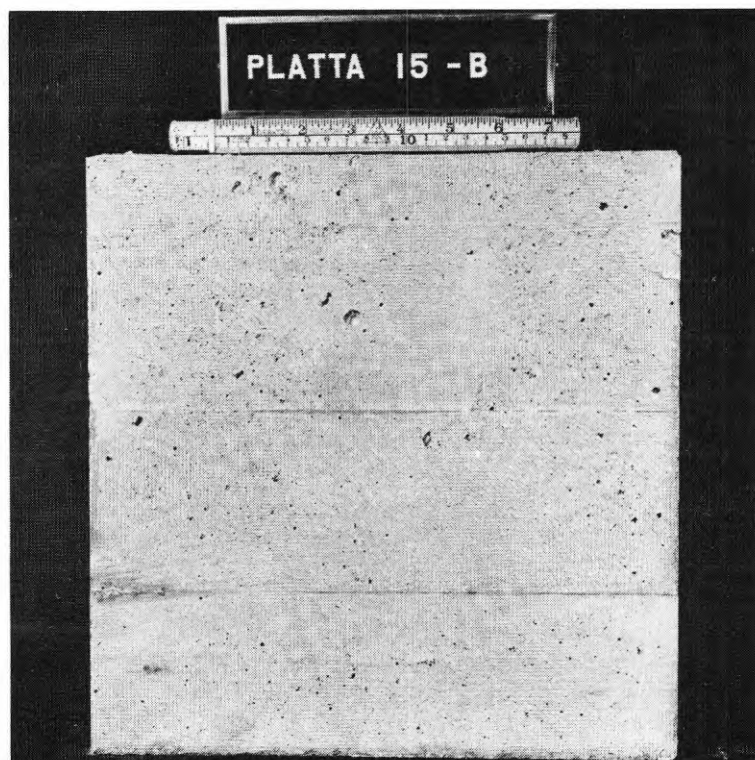


FIG. 6. Yta gjuten mot ohyvlat trä.
Medelvärde svartaktighet = 27 %.

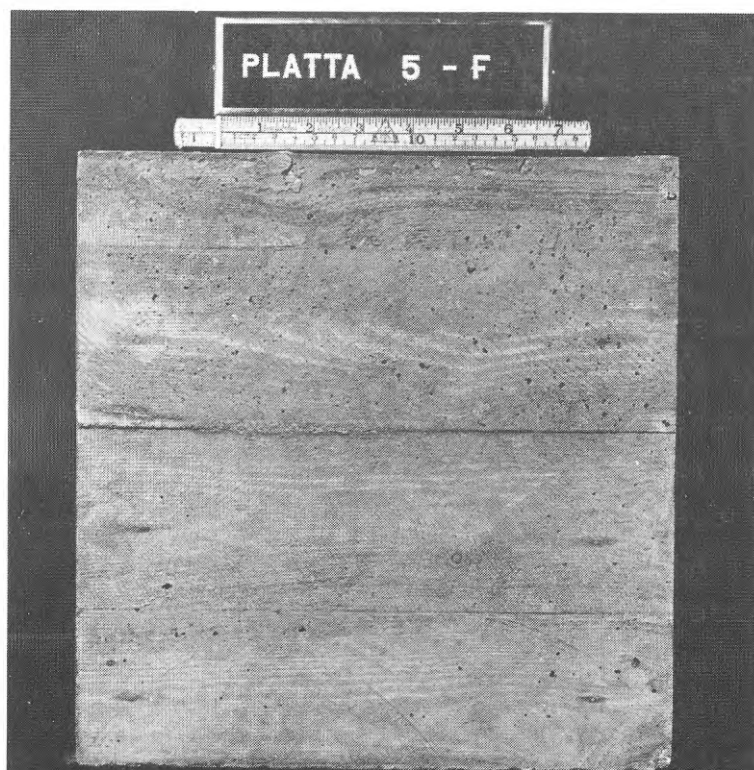


FIG. 7. Yta gjuten mot ohyvlat trä.
Medelvärde svartaktighet = 42 %.

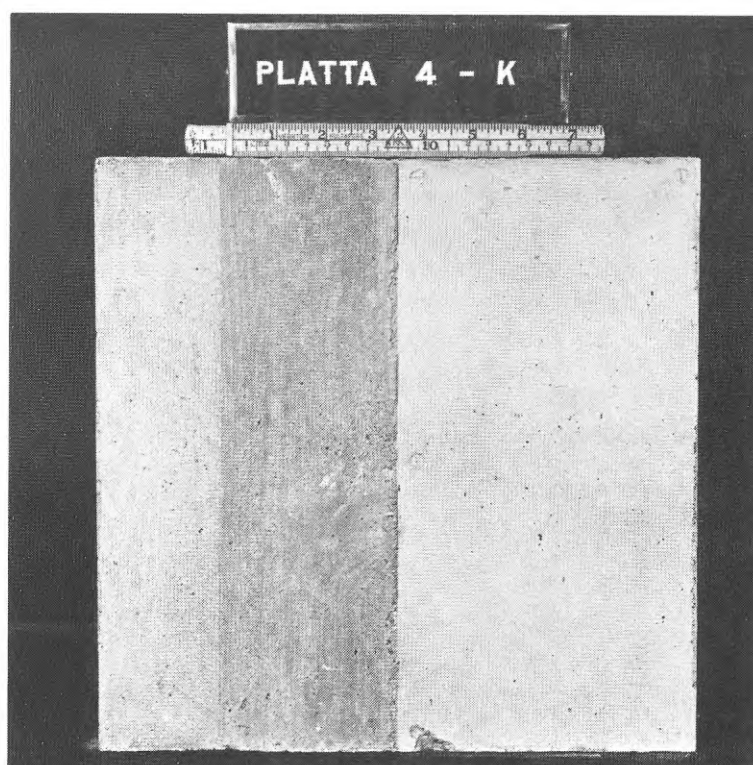


FIG. 8. Variationer i betongens utseende.
Svartaktighet = 25-40 %.
Yta till höger gjuten mot plåt.
Medelvärde svartaktighet = 22 %.

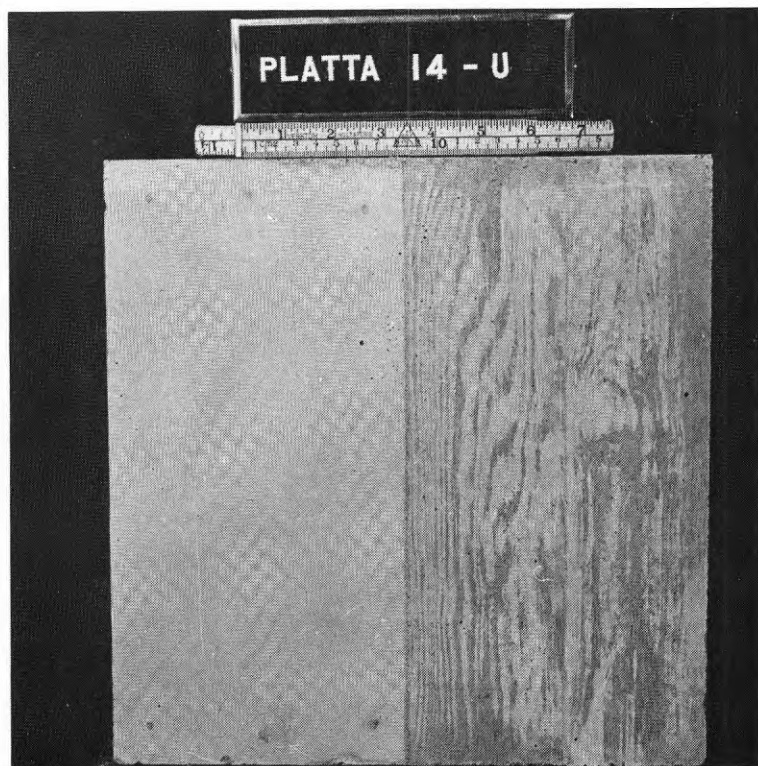


FIG. 9. Yta till vänster gjuten mot plywood.
Medelvärde svartaktighet = 17 %.
Yta till höger gjuten mot hyvlat trä.
Svartaktighet = 20 - 35 %.

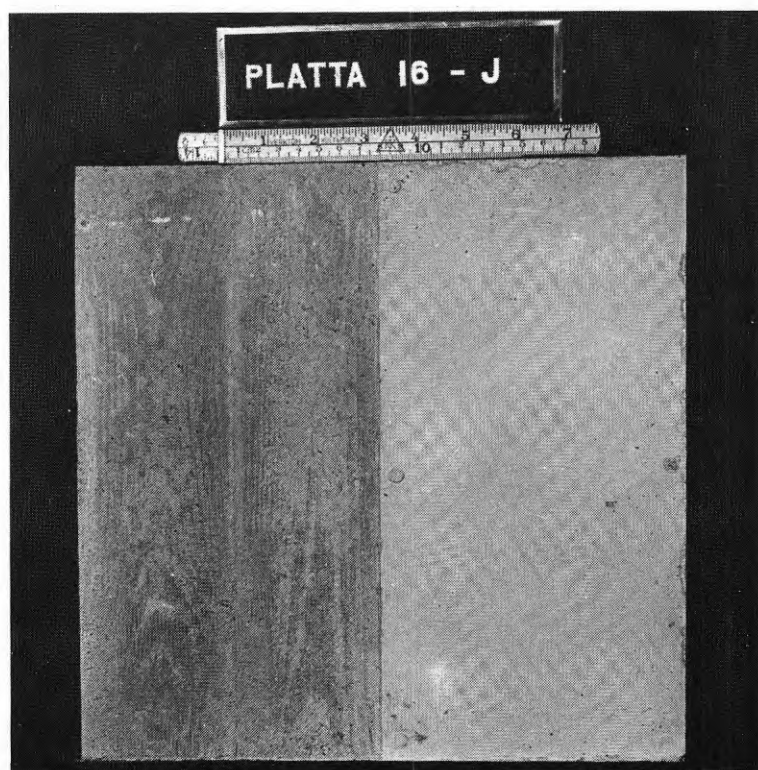


FIG. 10. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
Svartaktighet = 33-40 %.
Yta till höger gjuten mot plåt.
Medelvärde svartaktighet = 22 %.

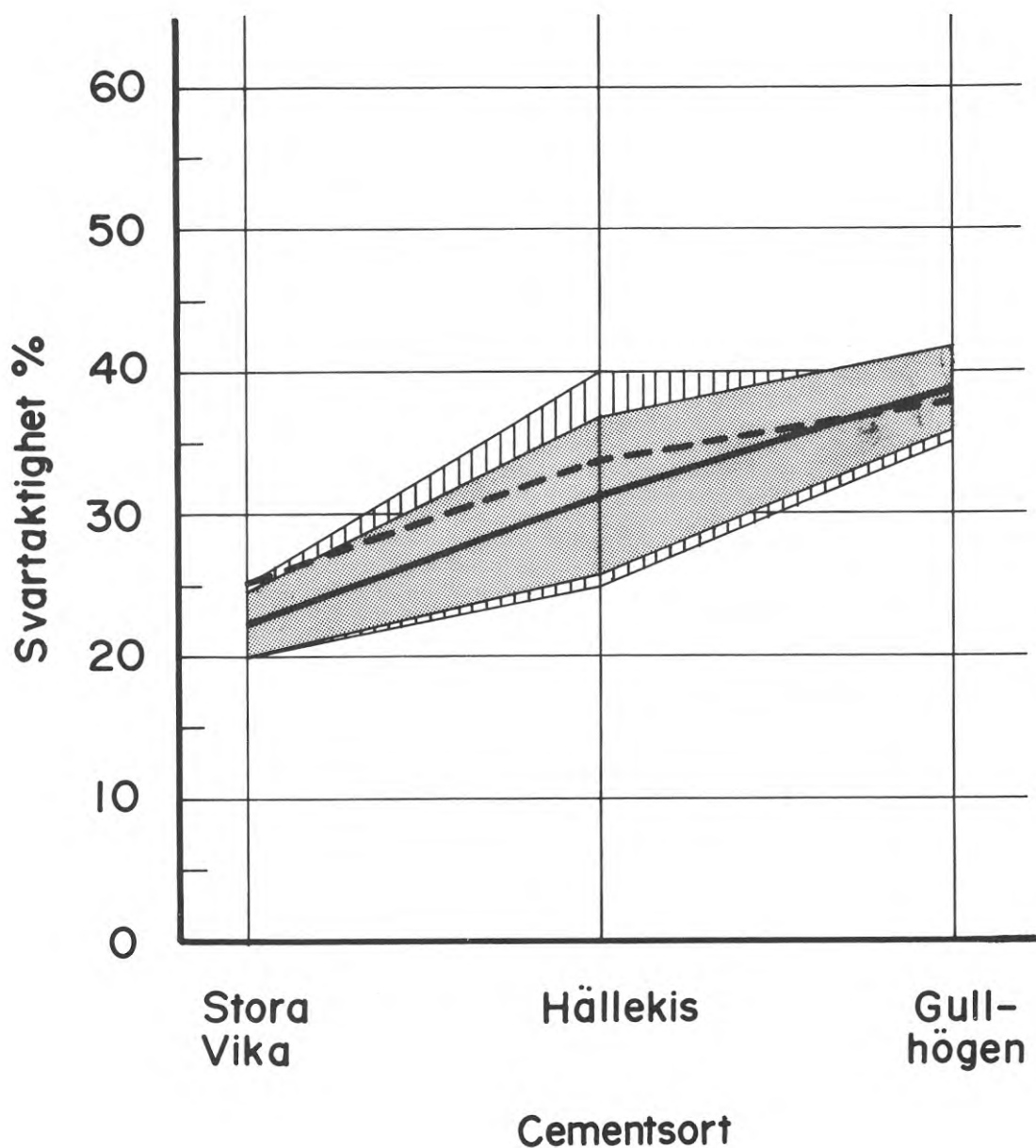


FIG.11. Variationer i betongens svartaktighet vid användning av olika cementsorter.

Plåt

Vct: 0,40

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikanta skillnader.

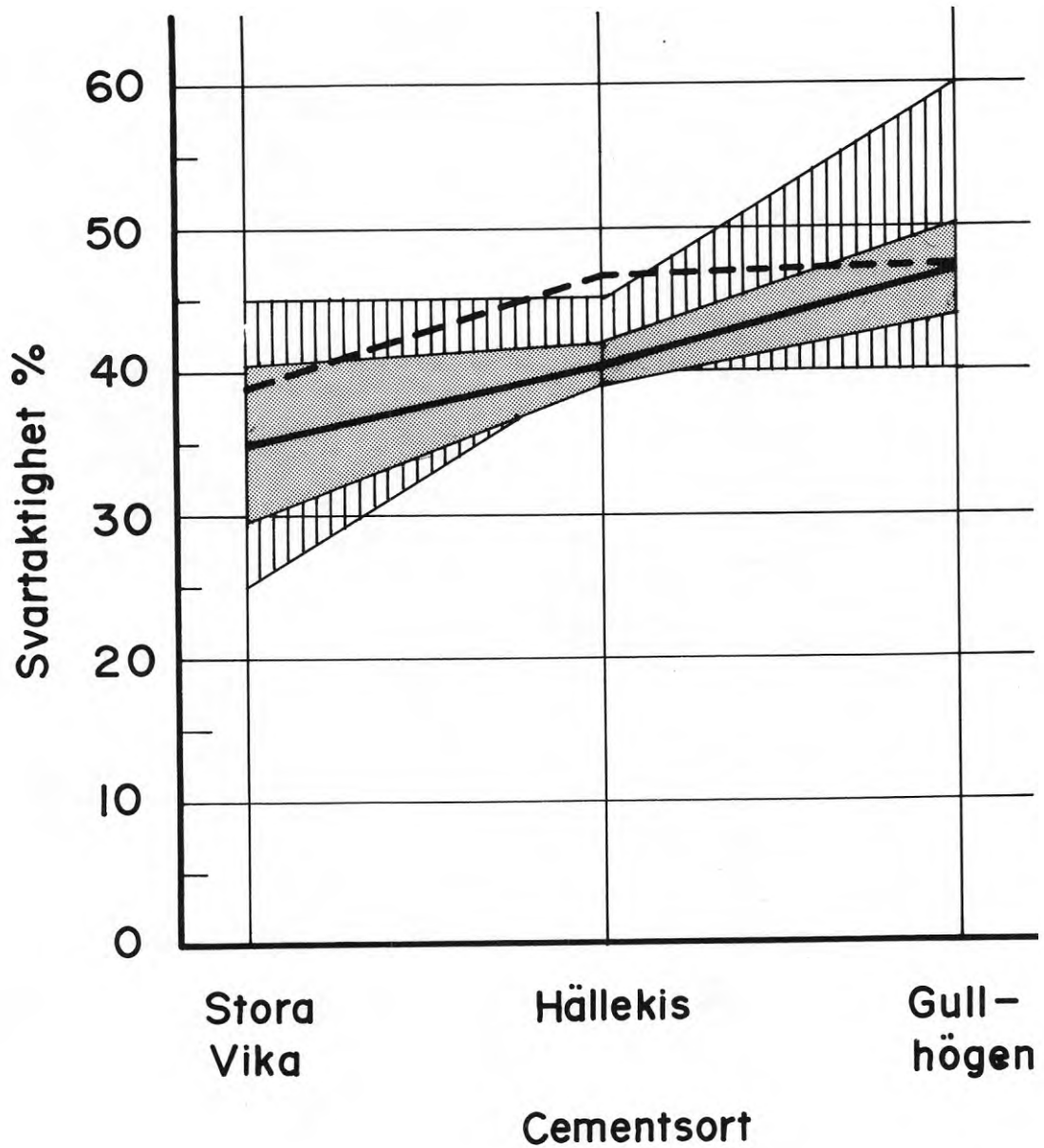


FIG. 12. Cementsorter.

Öhyvlat trä

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikanta skillnader.

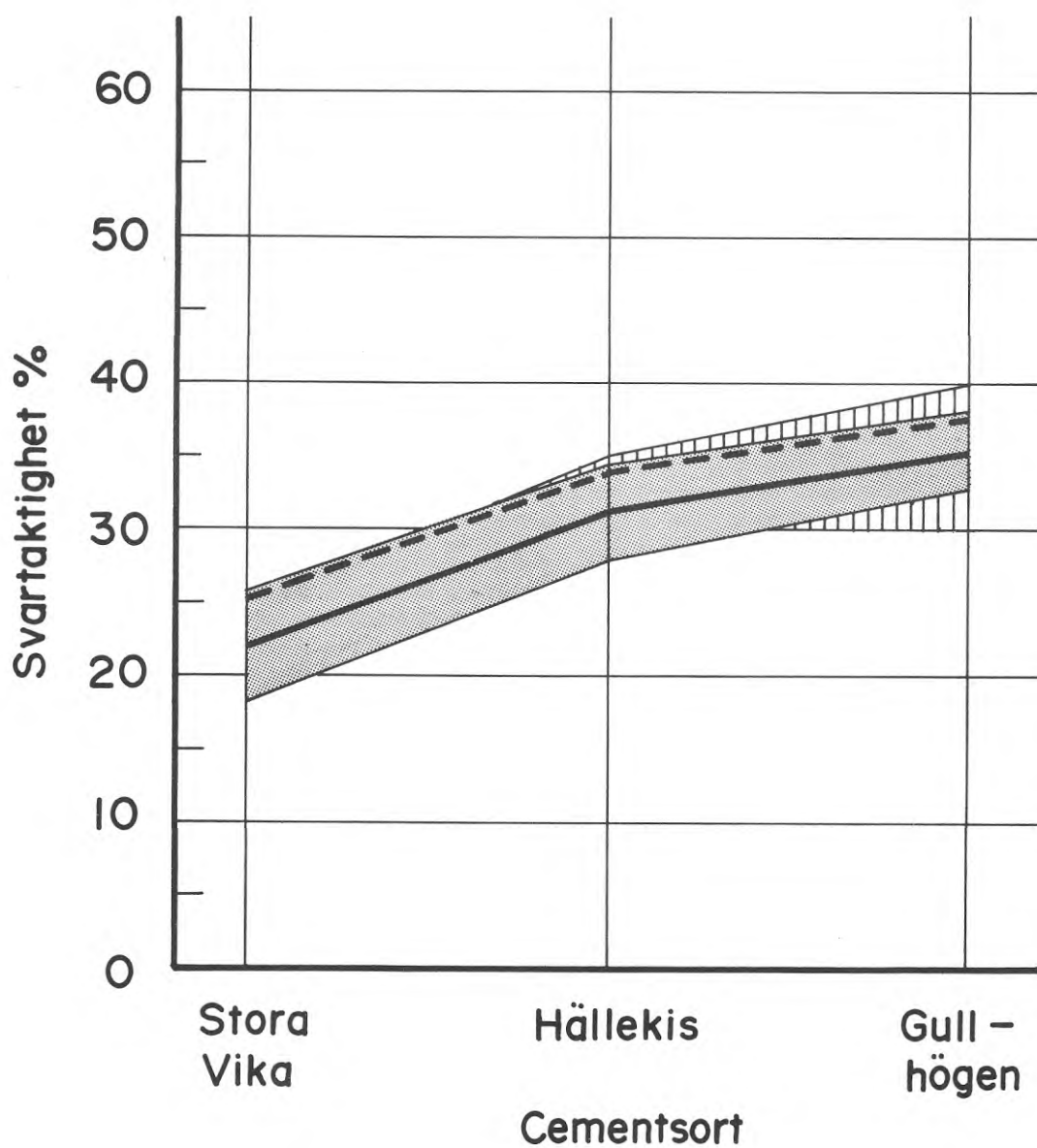


FIG. 13. Cementsorter.

Plåt

Vet: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikanta skillnader.

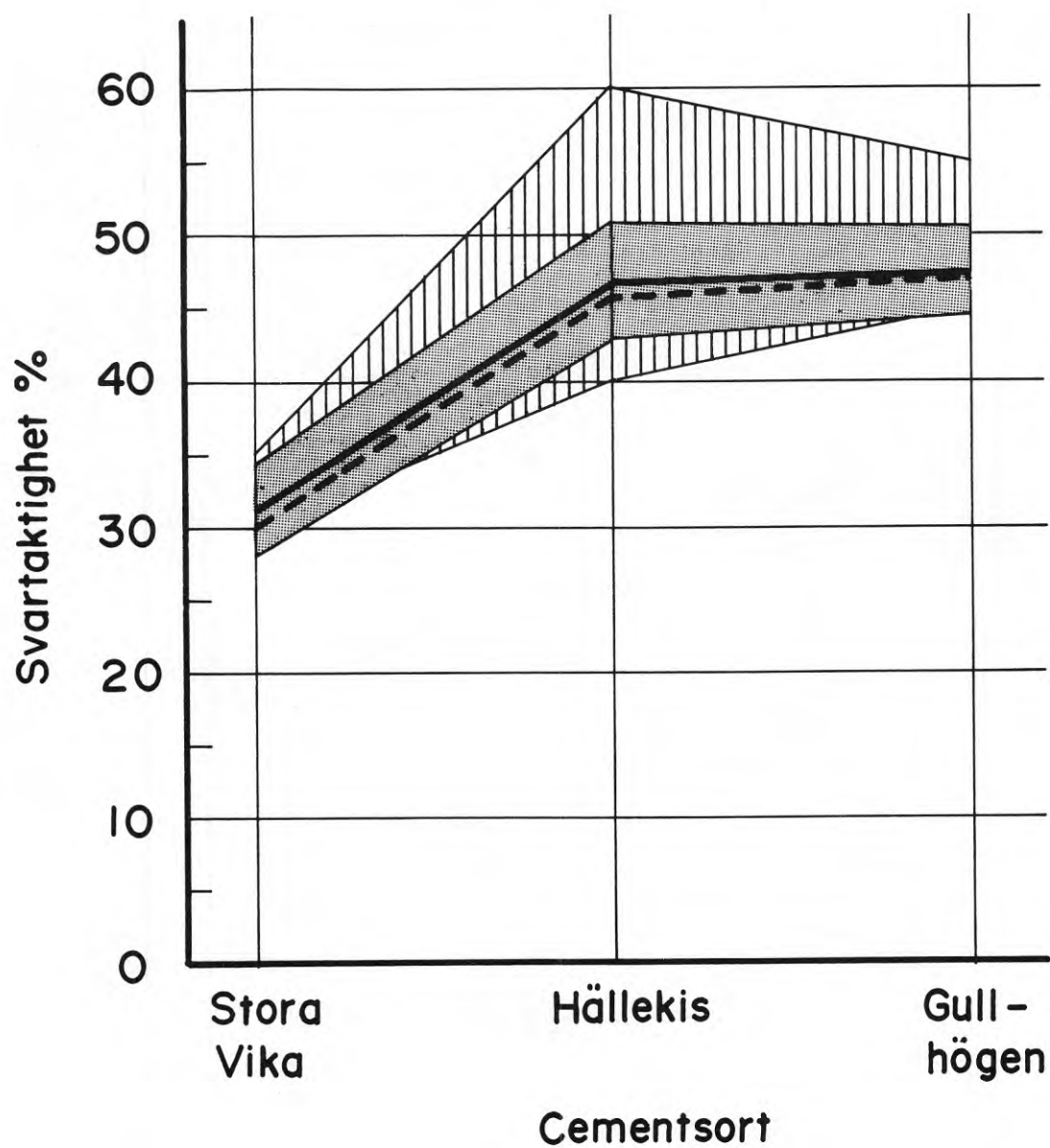


FIG. 14. Cementsorter.

Ohyvlat trä

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikant skillnad mellan Stora Vika och de båda övriga cementsorterna.

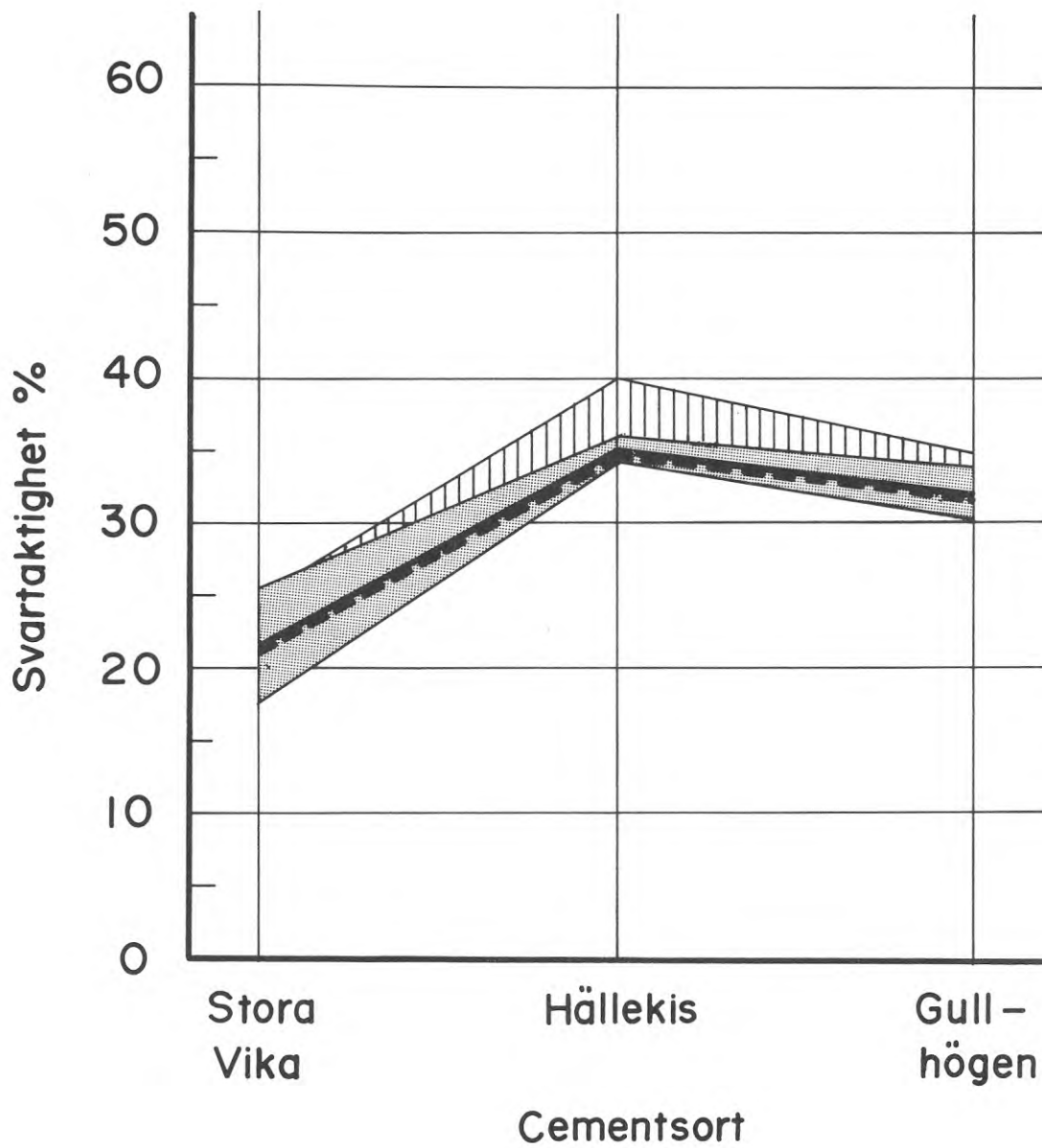


FIG. 15. Cementsorter.

Plåt

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikanta skillnader.

Beträffande de olika cementsorternas spridningsområde konstaterades inga genomgående skillnader.

Betong med Gullhögcement visade sig vara mest konstant beträffande färgändring med tiden. De båda övriga cementsorterna gav i de flesta fall en med åldern minskande svartaktighet och i vissa fall en oförändrad färg.

8.3 Vattencementtal (fig 16-21)

Allmänt sett har resultaten betr vattencementtalen inte givit den tendens man väntat sig, nämligen att ett ökat vct ger en ljusare färg på betongen.

För betong med Stora Vika cement har, för yta gjuten mot ohyvlat trä, endast vct 0,55 givit en signifikant mörkare färg än 0,40 och 0,70, som båda har samma svartaktighetsvärde. Samma betong gjuten mot plåt har inte givit några skillnader mellan de olika vattencementtalen.

För betong med Gullhögcement ger högre vct en ljusare betongyta, speciellt för ytor gjutna mot plåtform. Vid form av ohyvlat trä har vct 0,40 givit en mörkare färg, medan vattencementtalen 0,55 och 0,70 har samma medelvärde i % svartaktighet.

Betong med Hällekis cement, gjuten mot form av ohyvlat trä, har givit ytterligare ett annat förhållande mellan vattencementtal och svartaktighet. Den ljusaste betongytan har man här erhållit vid vct 0,55, medan 0,40 och 0,70 har givit samma slutfärg. Vid plåtform är det endast vct 0,70 som signifikant avviker från de båda övriga genom sin mörkare färg.

Ingenting tyder på att man vid något av de tre här provade vattencementtalen skulle få en betong med avvikande färg. Andra resultat i undersökningen tyder på att de extremt höga vct, som förekommer i ytskik-

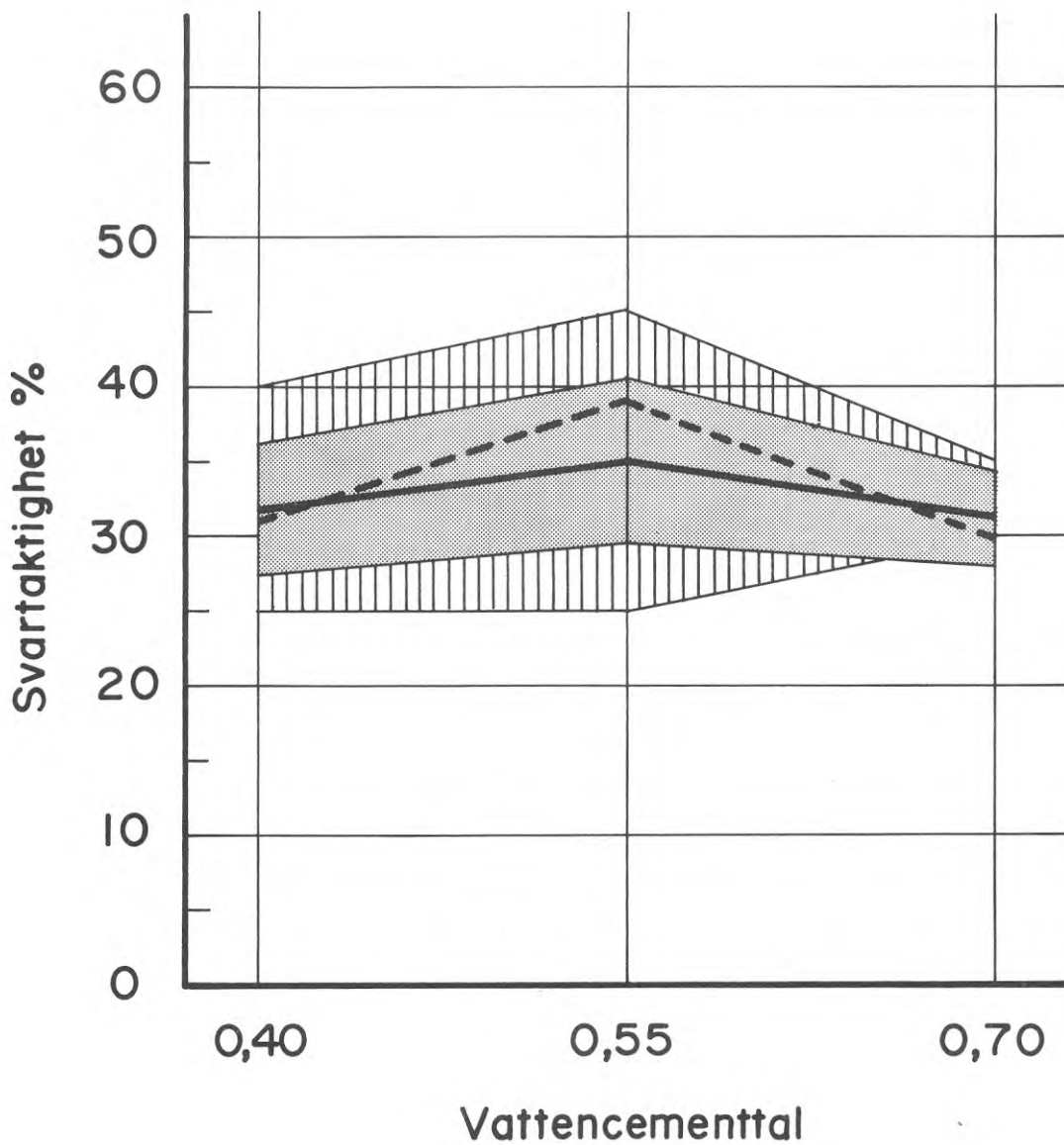


FIG.16. Variationer i betongens svartaktighet vid olika vattencementtal.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Vct 0,40 - 0,55 Signifikant skillnad

Vct 0,55 - 0,70 Signifikant skillnad

Vct 0,40 - 0,70 Inte signifikant skillnad

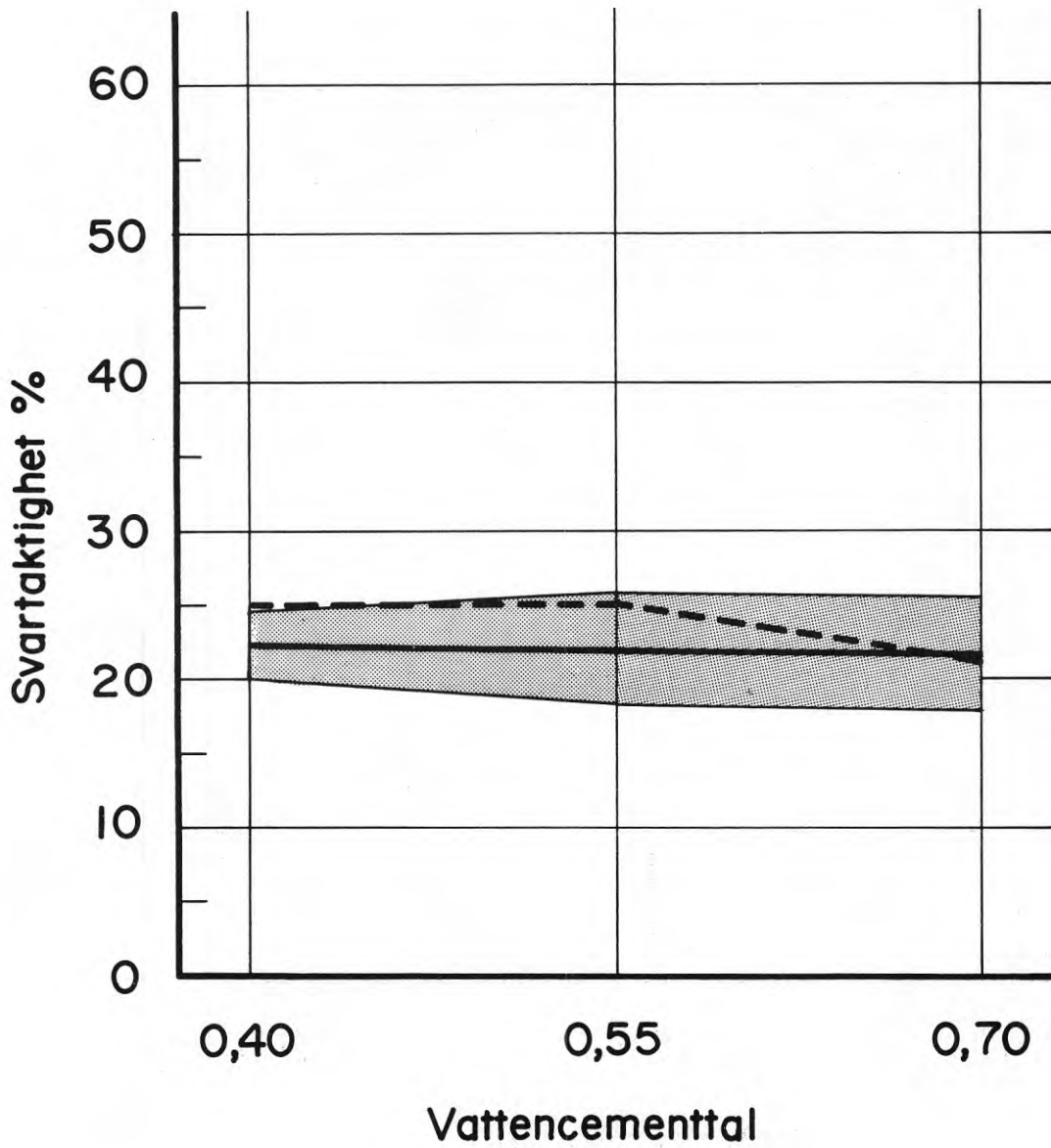


FIG. 17. Vattencementtal.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inga signifikanta skillnader.

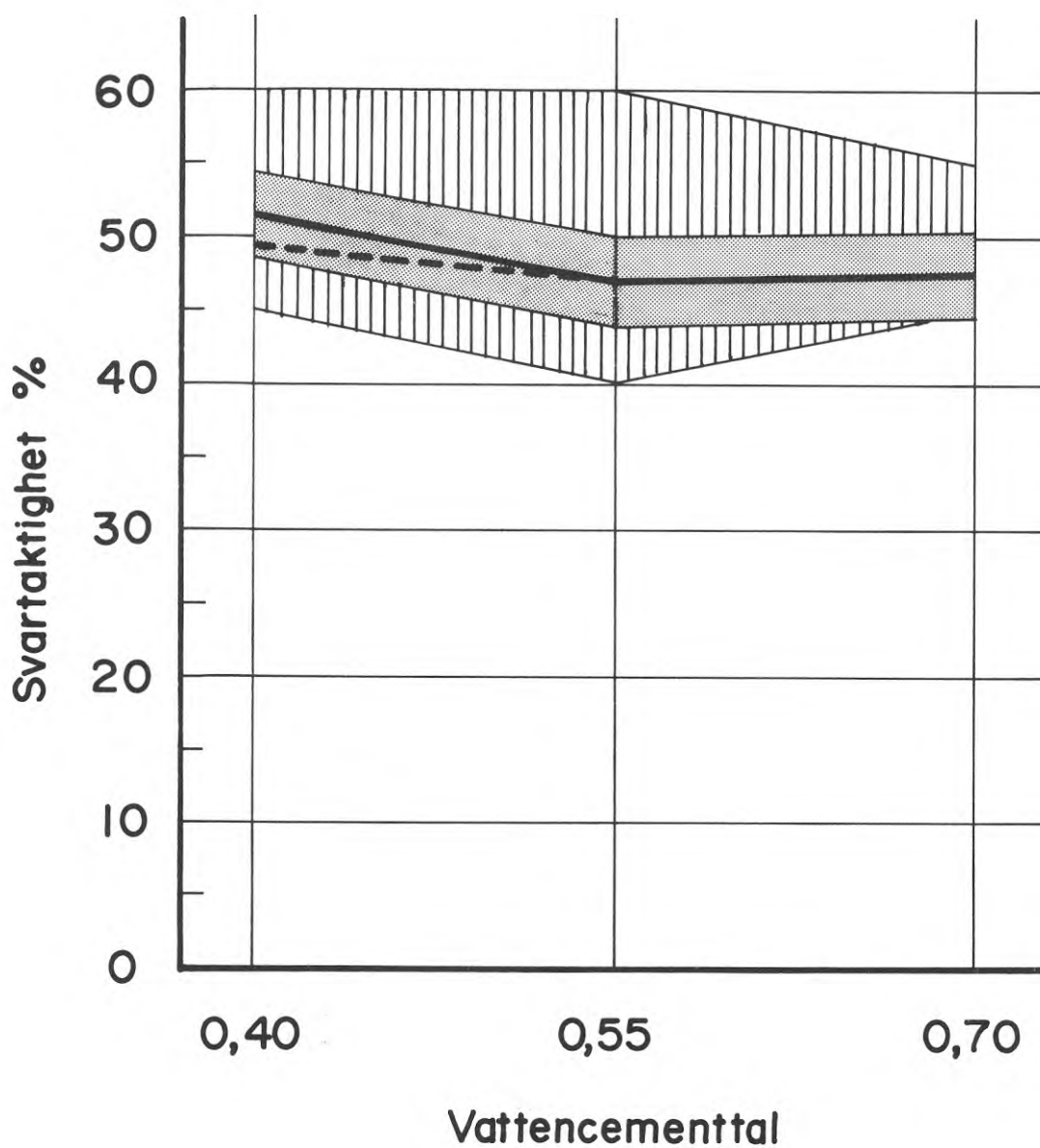


FIG. 18. Vattencementtal.

Ohyvlat trä

Cement: Gullhögen Std

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Vct 0,40 - 0,55 Signifikant skillnad

Vct 0,55 - 0,70 Inte signifikant skillnad

Vct 0,40 - 0,70 Signifikant skillnad

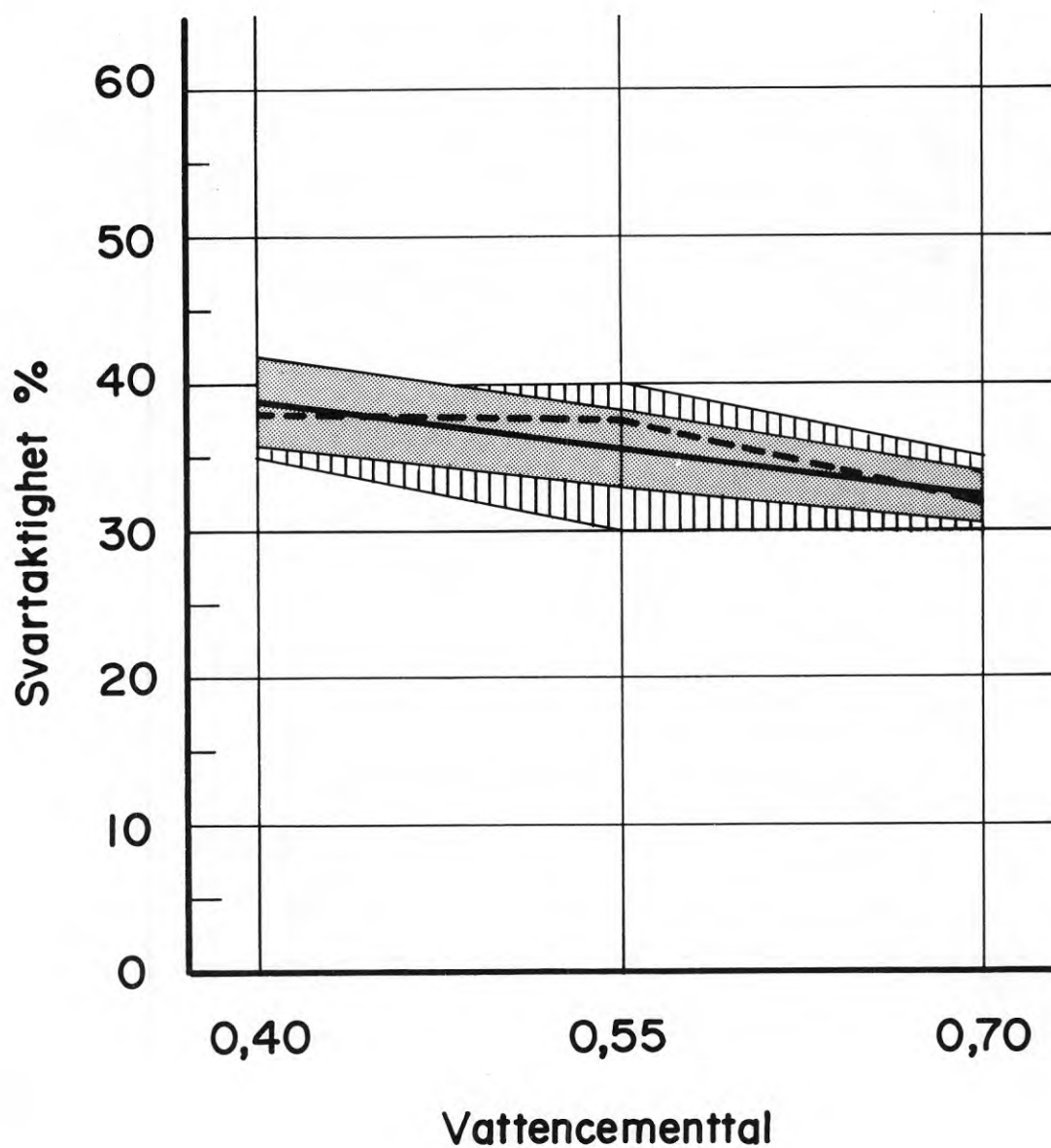


FIG. 19. Vattencementtal.

Plåt

Cement: Gullhögen Std

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikanta skillnader.

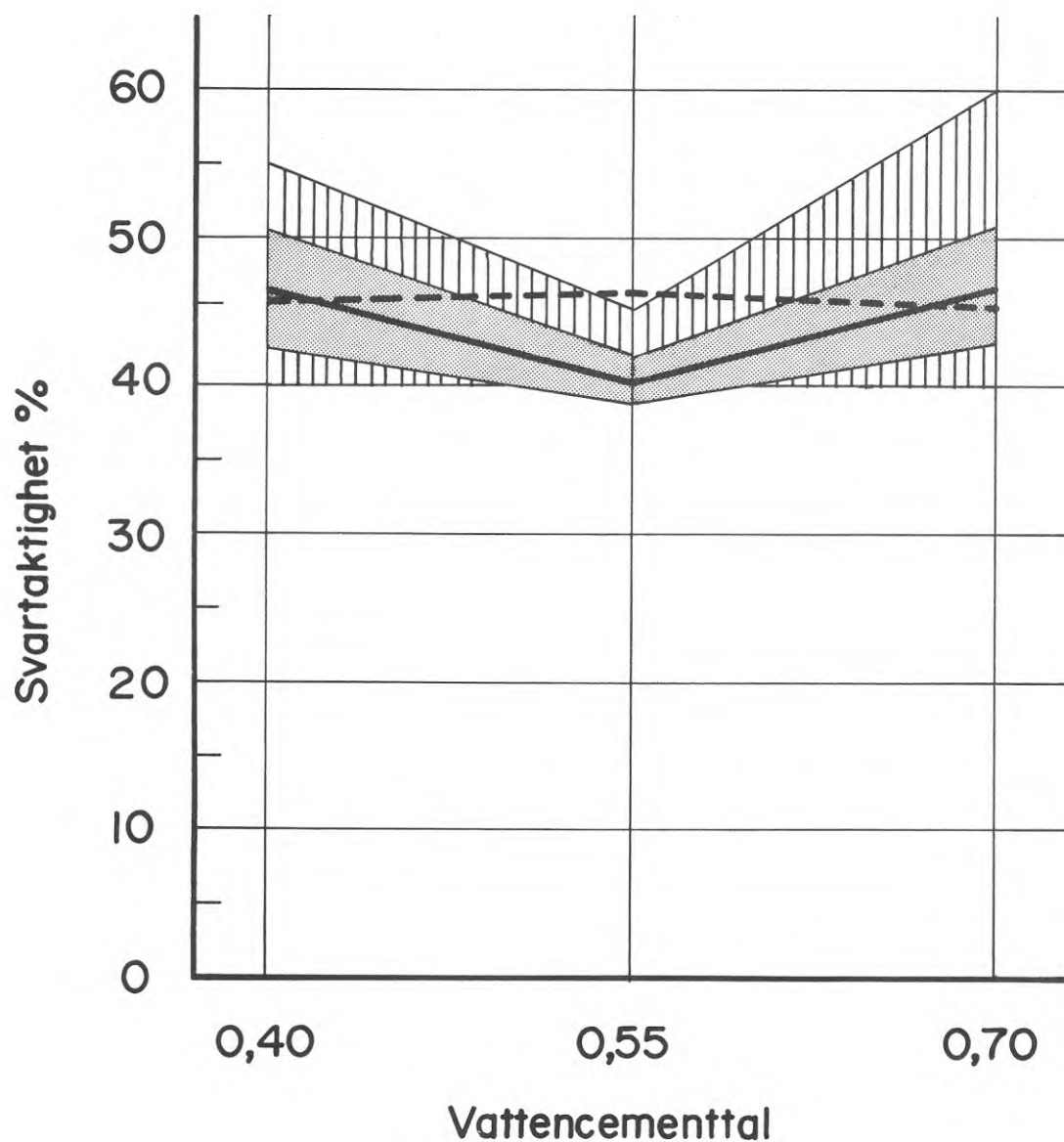


FIG. 20. Vattencementtal.

Ohyvlat trä

Cement: Hällekis Std

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Vct 0,40 - 0,55 Signifikant skillnad

Vct 0,55 - 0,70 Signifikant skillnad

Vct 0,40 - 0,70 Inte signifikant skillnad

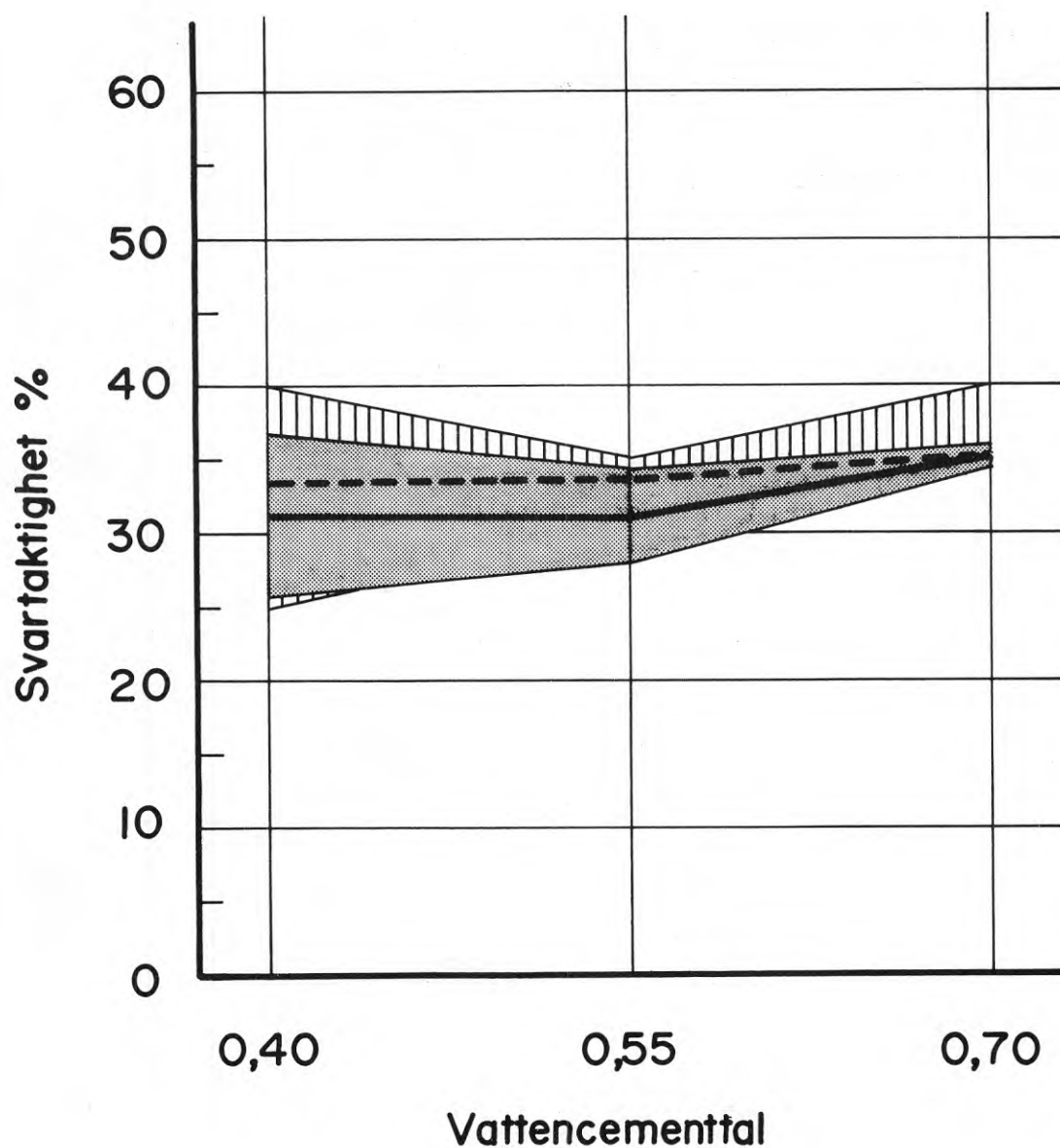


FIG. 21. Vattencementtal.

Plåt

Cement: Hällekis Std

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Vct 0,40 - 0,55 Inte signifikant skillnad

Vct 0,55 - 0,70 Signifikant skillnad

Vct 0,40 - 0,70 Signifikant skillnad

tet mot formen i de fall då betongen separerar, kan ge signifikant avvikande färg.

8.4 Finmaterialhalt (fig 22 och 23)

Som tidigare antytts i avsnitt 5.4 är det i denna jämförelse inget renodlat problem av finmaterialhaltens inverkan, eftersom det samtidigt är två olika grusmaterial. Betongytorna som är gjutna mot plåt uppvisar inga skillnader i färg, medan motsvarande för ohyvlat trä tyder på att en hög finmaterialhalt skulle ge mörkare färg. Detta således med reservation för att de båda grusmaterialen kan ha olika färg i sig själv.

Man kanske skulle förvänta att den lägre finmaterialhalten skulle ge upphov till ett större spridningsområde i färg, men den relativt höga cementhalten (375 kg/m^3) och den plastiska konsistensen i kombination med lämplig stenhalt är faktorer som har motverkat vattenseparations- och segregationstendenser och därmed färgskillnader.

8.5 Tillsatsmedel (fig 24 och 25)

Betong med tillsats av kalciumklorid (1,5 % av cementvikten) har vid gjutning mot samtliga formtyper (ohyvat trä, hyvat trä, plåt och plywood) erhållit en ljusare färg än betong utan tillsatsmedel. Denna ljusare färg beror på tydliga kalkutfällningar i betongytorna. De i regel ojämnt förekommande utfällningarna, som i sig själva är ljusa, ger betongytan som helhet ett lägre medelvärde i svartaktighet. Utfällningarnas ojämna fördelning, speciellt på en del ytor gjutna mot ohyvat trä, gör att spridningsområdet blir större både inom och mellan plattorna.

Rinnande vatten på betongytan kan ofta orsaka ojämnt förekommande kalkutfällningar och detta speciellt då

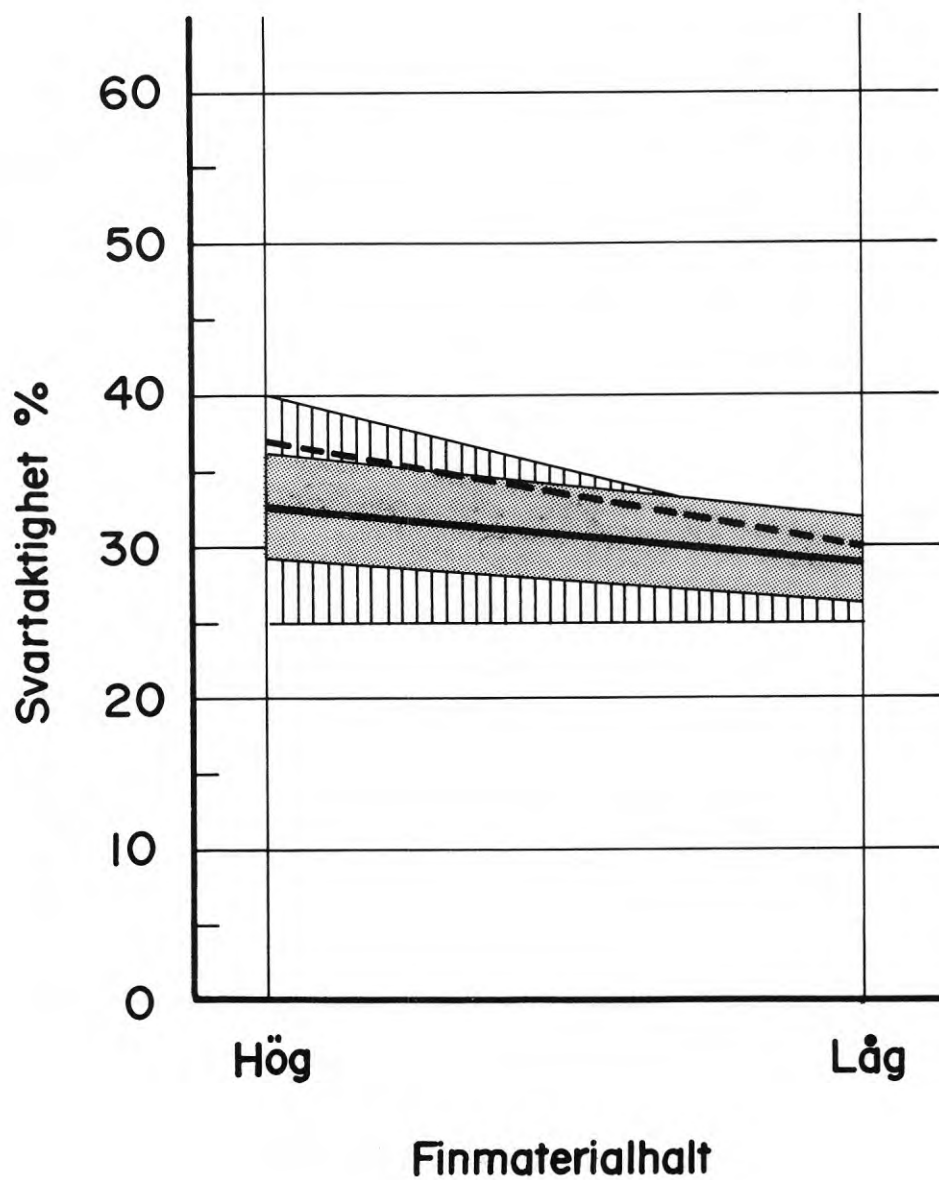


FIG.22. Variationer i betongens svartaktighet vid olika finmaterialhalt.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikant skillnad

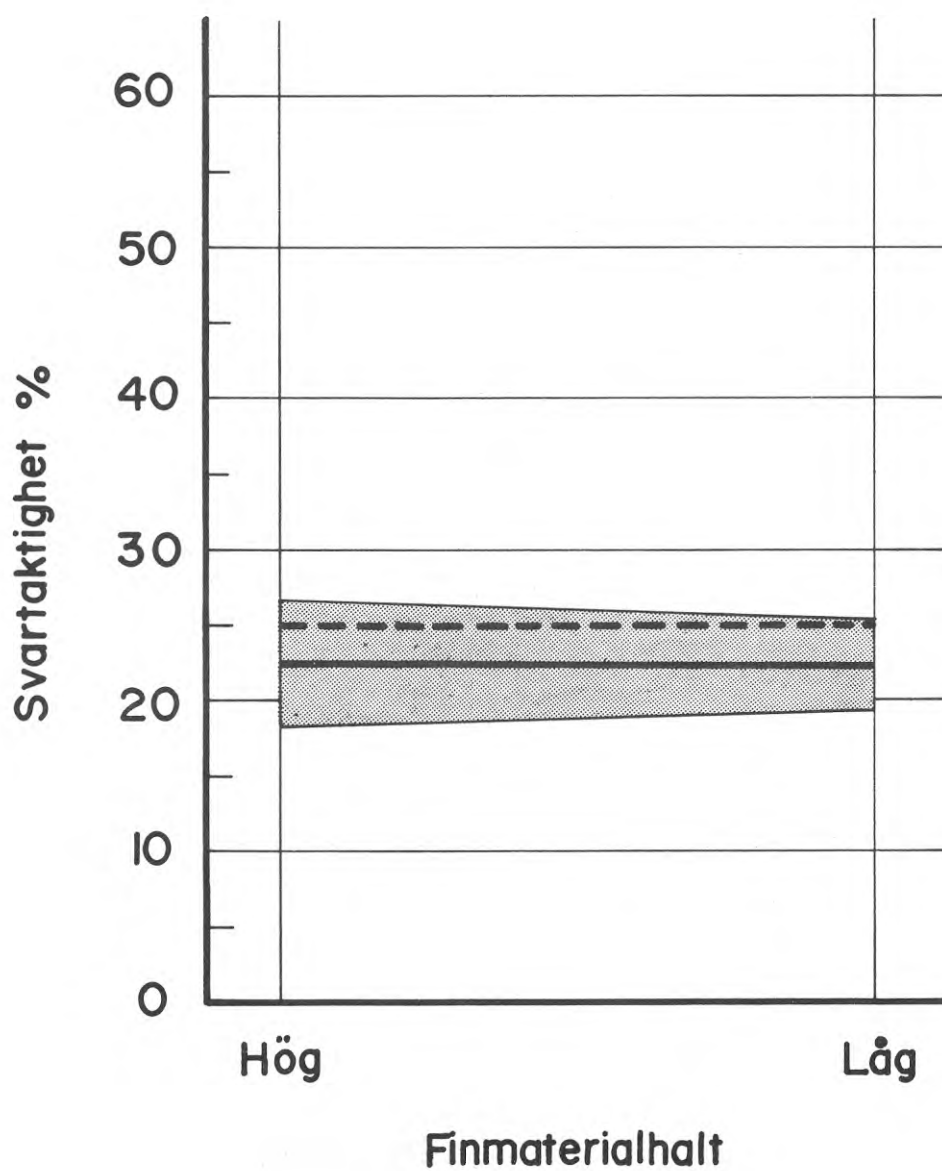


FIG. 23. Finmaterialhalt

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad

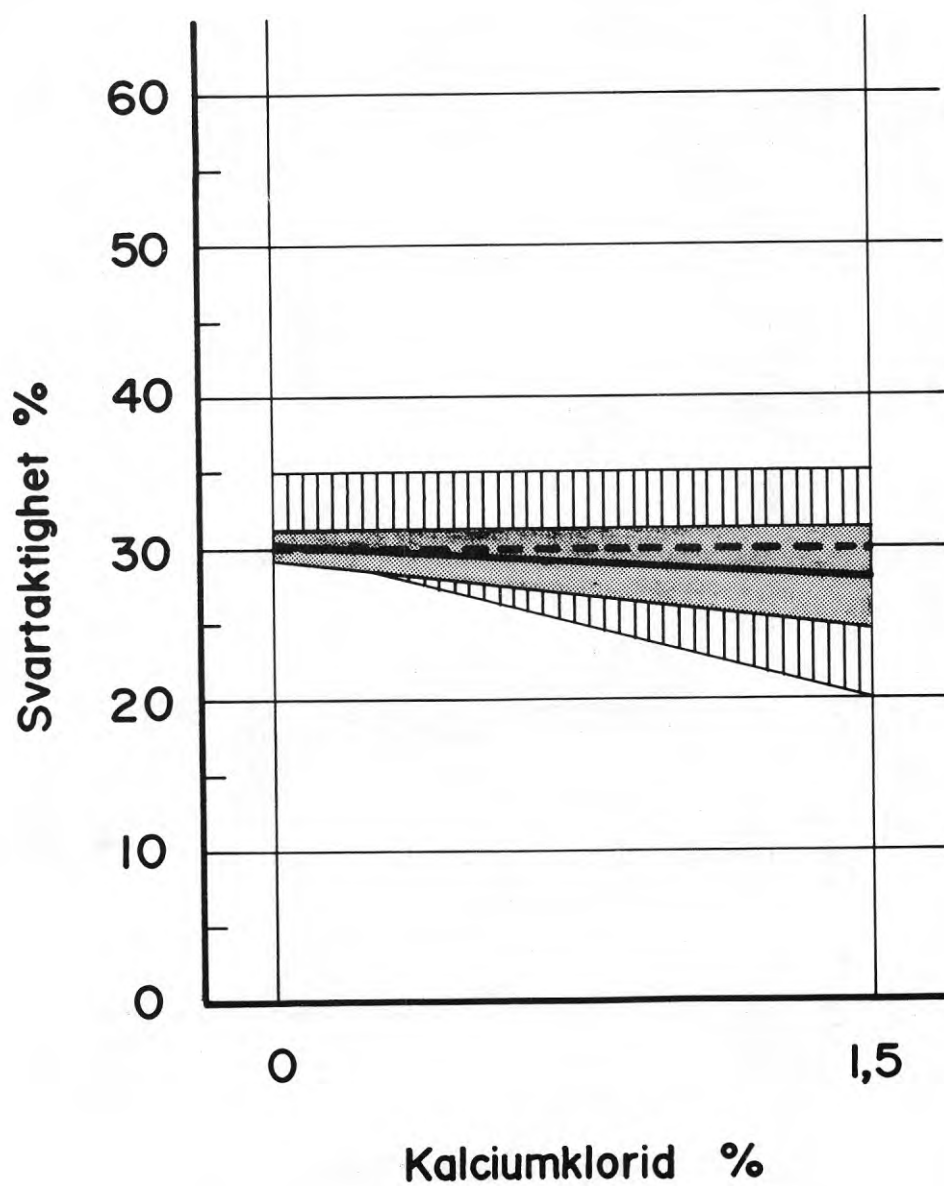


FIG.24. Variationer i betongens svartaktighet vid tillsats av kalciumklorid.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikant skillnad

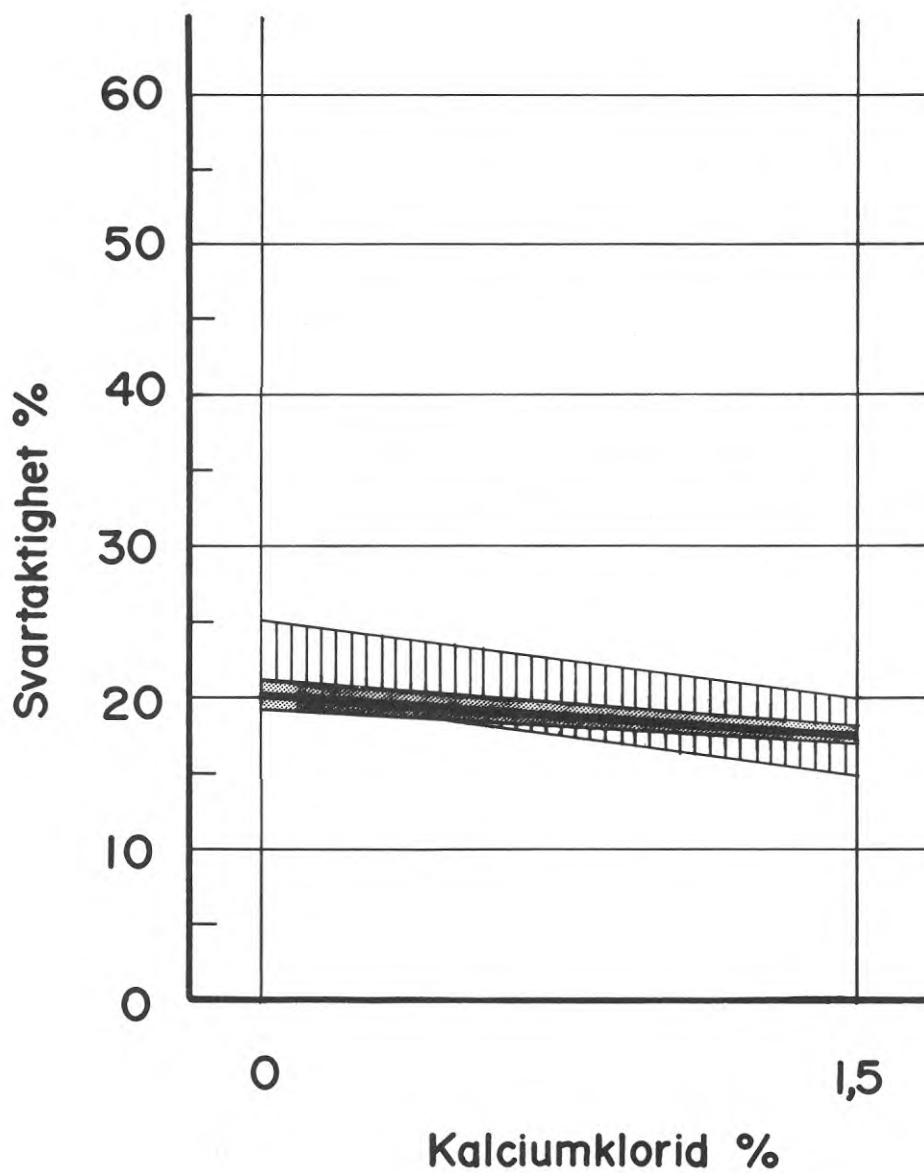


FIG. 25. Tillsats av kalciumklorid.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikant skillnad

betongen innehåller kalciumklorid. Fenomenet framgår av figurerna 26 och 27, där platta 13-J, som förvarats i 50 % relativ fuktighet har en jämn färg, medan platta 13-S uppvisar misspyrdande färgskillnader på grund av att den härdats i vattendimma.

Ytterligare en faktor kan orsaka ökade kalkutfällningar, nämligen temperaturer omkring $\pm 0^{\circ}\text{C}$ (kalciumhydroxiden har sin största löslighet vid denna temperatur). Betongen till sats nr 14 innehöll 1,5 % CaCl_2 . Plattorna i denna sats delades upp på två olika härdningssätt, nämligen dels utomhus i omkring $\pm 0^{\circ}\text{C}$ och dels inomhus i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r f. Samtliga utomhusförvarade plattor hade påtagliga lokala kalkutfällningar på de ytor som var gjutna mot form av ohyvlat trä. Motsvarande förekom inte på de plattor som förvarats inomhus. Några synliga kalkutfällningar förekom inte på de betongytor som gjutits mot plåt, varken de inomhus- eller utomhusförvarade.

Ett annat fenomen uppträdde på enstaka bordsvibrerade plattor, vars ytor var gjutna mot plåtform och som förvarats utomhus (se fig 28). Mörka fläckar förekom över stenar som låg relativt nära ytan. Bakom enstaka fläckar fanns en porositet. Förklaringen till dessa fläckar kan vara för det första, att uttorkningshastigheten hos betongen är snabbare vid dessa små skiktjocklekar, vilket gör att hydratiseringen av cementen blir ofullständig och därmed ger en mörkare färg, för det andra att kalkutfällningen på de ytområden där cementbruketjockleken är större har större möjlighet att utvecklas genom att fuktvandringen här fortsätter under en längre tid.

8.6 Formmaterial (fig 29-31)

De fem i undersökningen ingående formtyperna har i stort sett, proportionellt inbördes, reagerat lika för de tre olika cementsorterna. Enda undantaget är

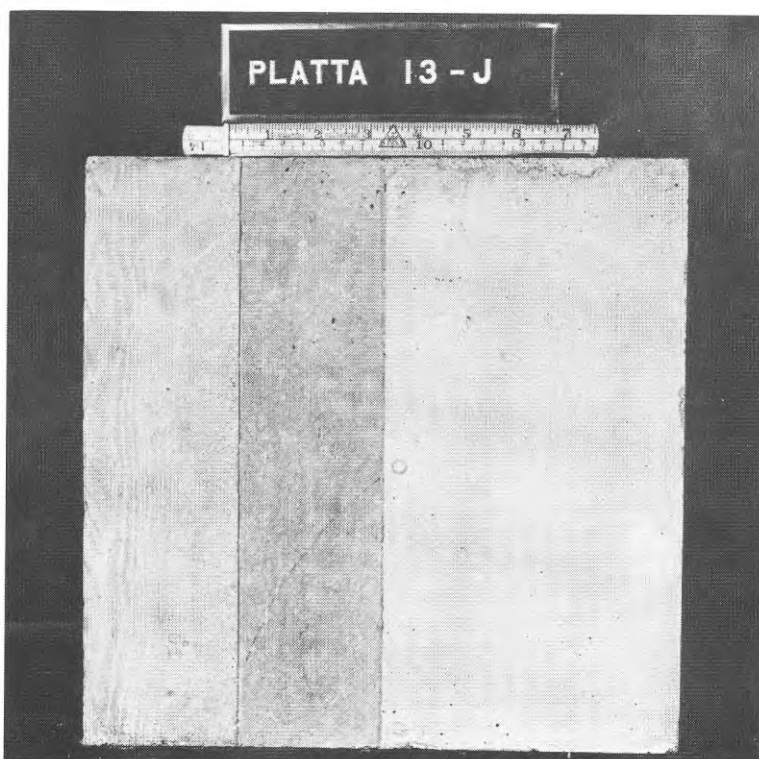


FIG. 26. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
 Yta till höger gjuten mot plåt.
 Betong med tillsats av 1,5 % CaCl_2 .
 Plattan härdad i $+20^\circ\text{C}$ och 50 % r.f.
 Bräda till vänster helt vattenmättad.

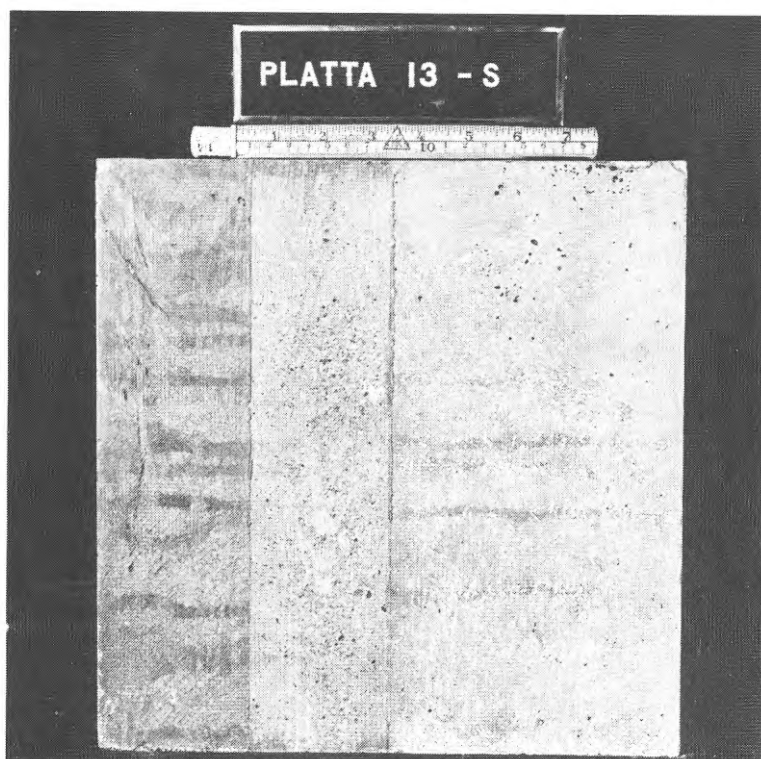


FIG. 27. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
 Yta till höger gjuten mot plåt.
 Betong med tillsats av 1,5 % CaCl_2 .
 Plattan härdad i $+20^\circ\text{C}$ och 100 % r.f. (stående
 i vattendimma).

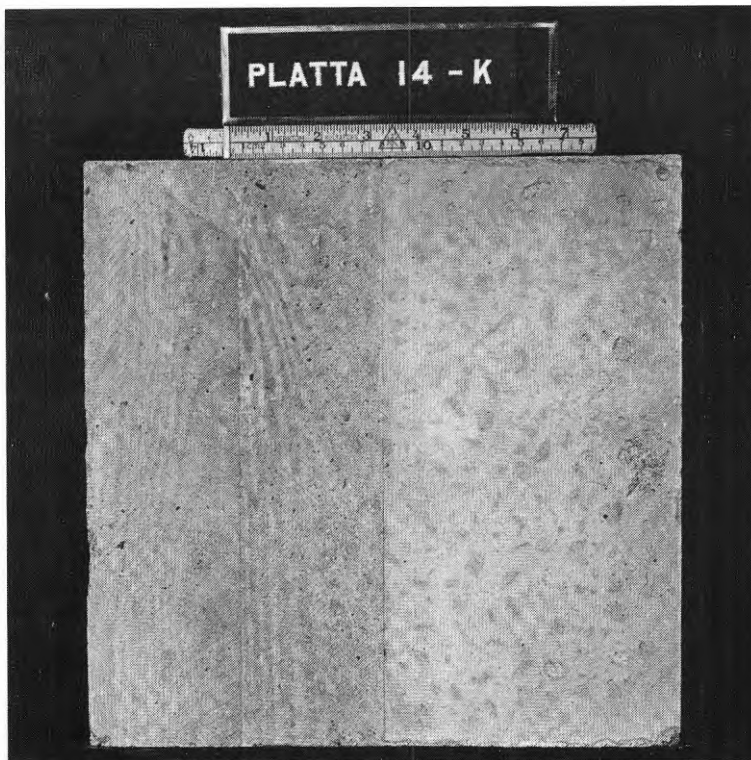


FIG. 28. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
Yta till höger gjuten mot plåt.
Betong med tillsats av 1,5 % CaCl_2 .
Plattan härdad utomhus i $\pm 0^\circ\text{C}$.

det hyvlade nya träet som med Gullhögencement ger en ljusare färg än det ohyvlade träet. (På grund av otillräckligt underlag har värdena för använt virke ej medtagits i fig 29-31).

Den ljusaste ytan får betong, som är gjuten mot form av plastad plywood. Ungefär 2 % mörkare ytor får betong gjuten mot plåt. Dessa båda formtyper torde vara lika fukttäta i ytan och kan därför knappast orsaka någon olika vattenuppsugning från betongen och därigenom olikheter i färg. Färgskillnaden torde istället bero på den obetydliga men ändå skillnad som finns mellan formytornas struktur. Den plastade plywoodytan är mera glansig och ger en mera fullständig släppning från betongytan än plåtytan, som genom sin något grövre struktur förorsakar att ett mycket tunt cementslamskikt fastnar på formytan. Detta relativt obetydliga cementslamskikt kan härigenom frilägga mycket små ballastkorn som i sin tur ger ytan ett något mörkare intryck. (Jämförelserna är gjorda mellan formytor utan formsläppningsmedel).

Någon spridning för betongytorna mot plywood har inte beräknats på grund av dess ringa antal, men bedömningsmässigt är plywoods spridningsområde snävare än plåtens. Detta gäller då både vad beträffar medelvärden och enskilda värden. Fig 32 visar ett exempel på en yta gjuten mot plastad plywood. Denna ytas färgjämnhet framgår tydligt vid jämförelse med ytorna gjutna mot plåt enl fig 33 och 34. Fig 33 visar en fläckig yta och fig 34 en randig yta. Fläckigheten orsakas som tidigare nämnts av att det tunna cementslamskiktet ovanför stenarna torkar ut snabbare och ger därför en mörkare färg. Detta fenomen förekom aldrig på ytor gjutna mot plywood. En förklaring till denna skillnad kan vara att plåtytan och plywoodytan genom sin olikhet i tyngd och styvhet kan få olika amplitud och frekvens vid vibreringen och att stenen därför lägger sig närmare plåtytan än plywoodytan. Randningen enl fig 34

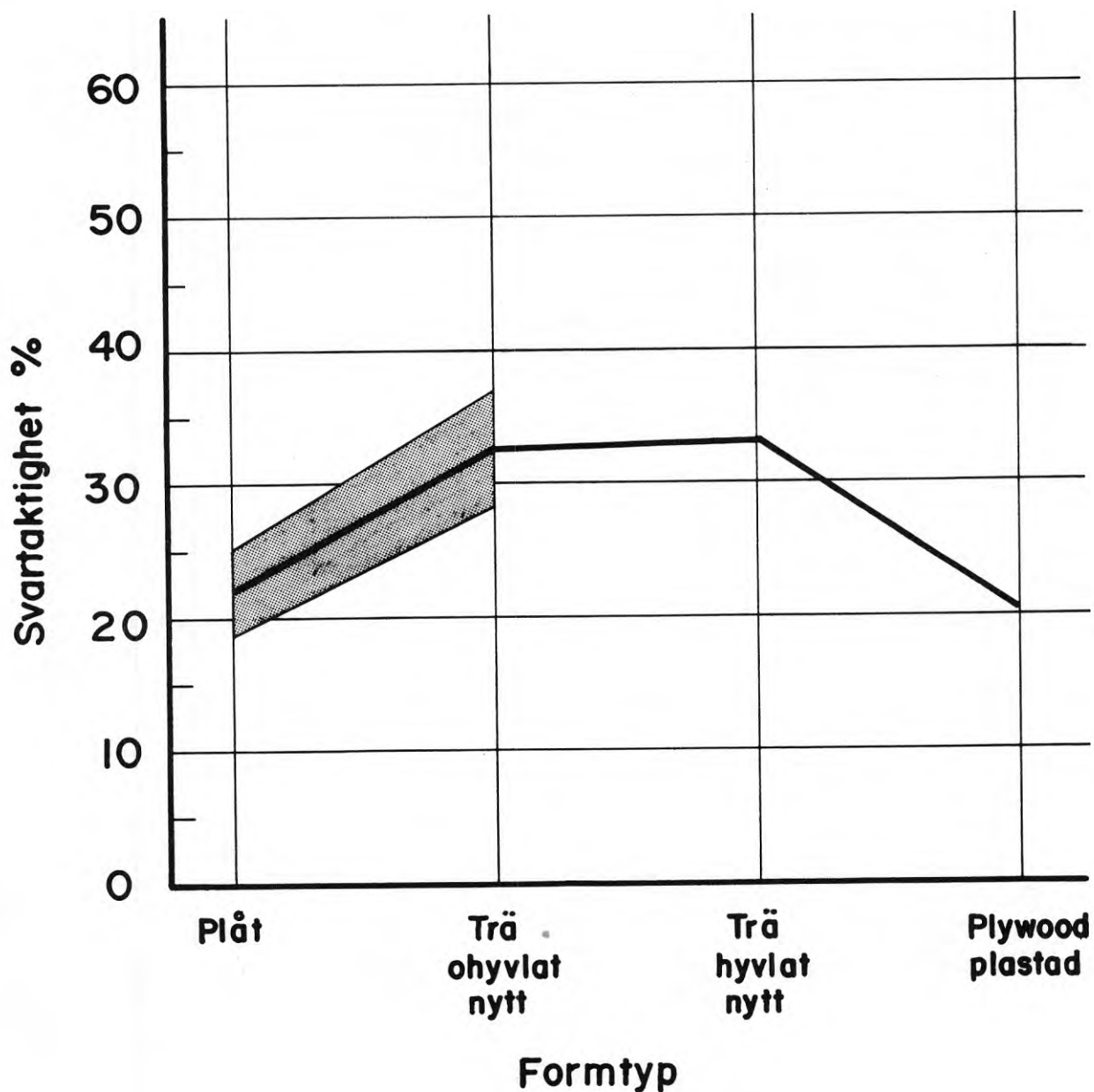


FIG.29. Variationer i betongens svartaktighet vid olika formtyper.

Cement: Stora Vika Std.

Värden från satserna 1, 4 och 7

Hyvlat trä och plywood representeras av endast två värden per sats

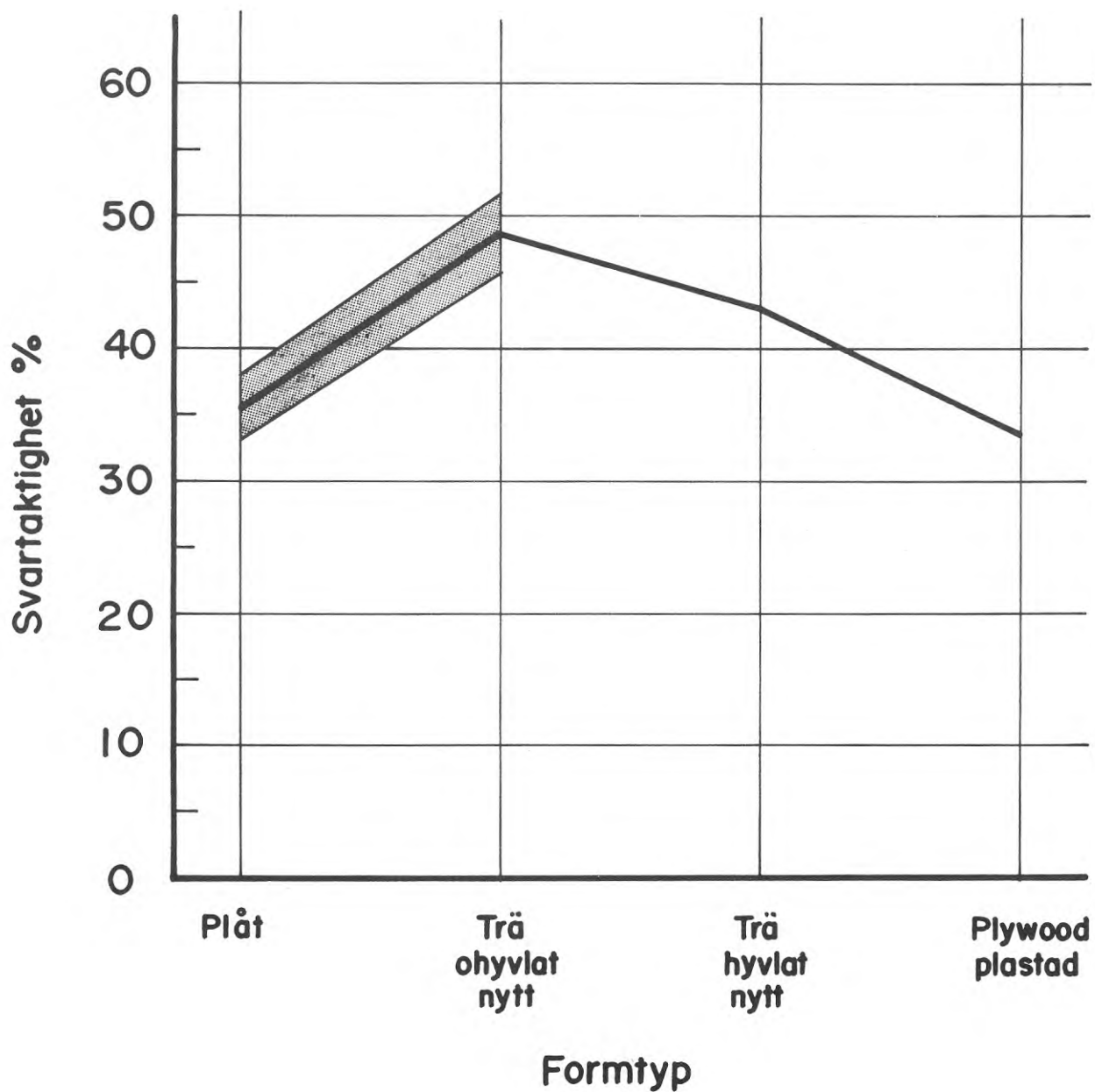


FIG. 30. Formtyper.

Cement: Gullhögen Std

Värden från satserna 2, 5 och 8

Hyvlat trä och plywood representeras av endast två värden per sats

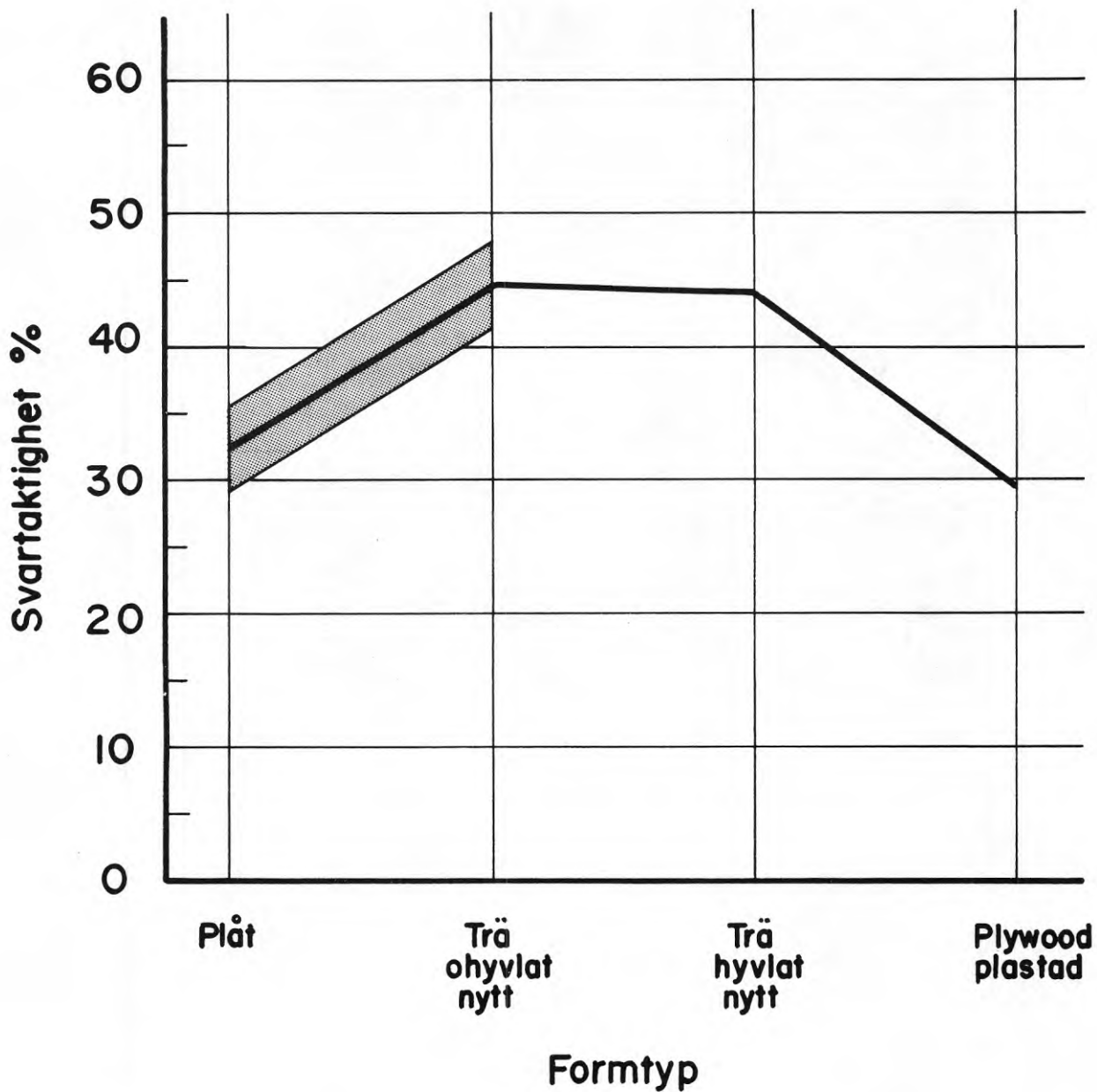


FIG. 31. Formtyper.

Cement: Hällekis Std

Värden från satserna 3, 6 och 9

Hyvlat trä och plywood representeras av endast två värden per sats

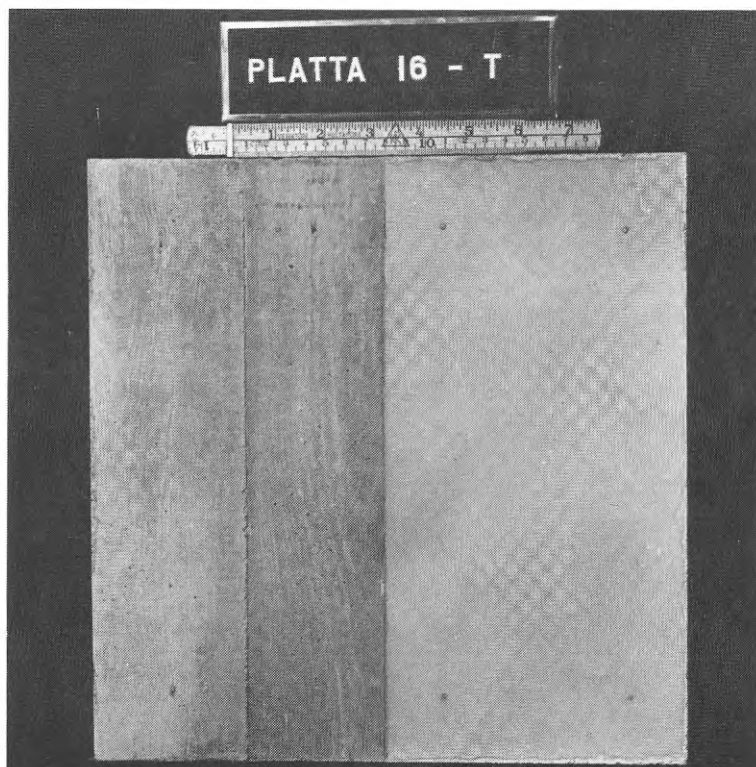


FIG. 32. Yta till vänster gjuten mot hyvlat trä.
Yta till höger gjuten mot plastad plywood.
Plattan härdad i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r.f.

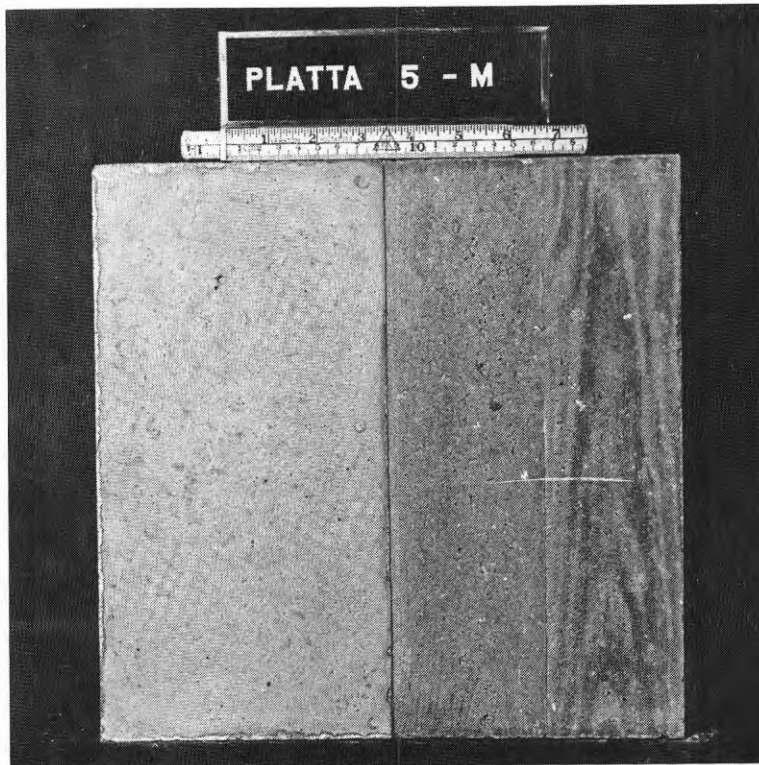


FIG. 33. Yta till vänster gjuten mot plåt.
 Yta till höger gjuten mot ohyvlat trä.
 Plattan härdad i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r.f.

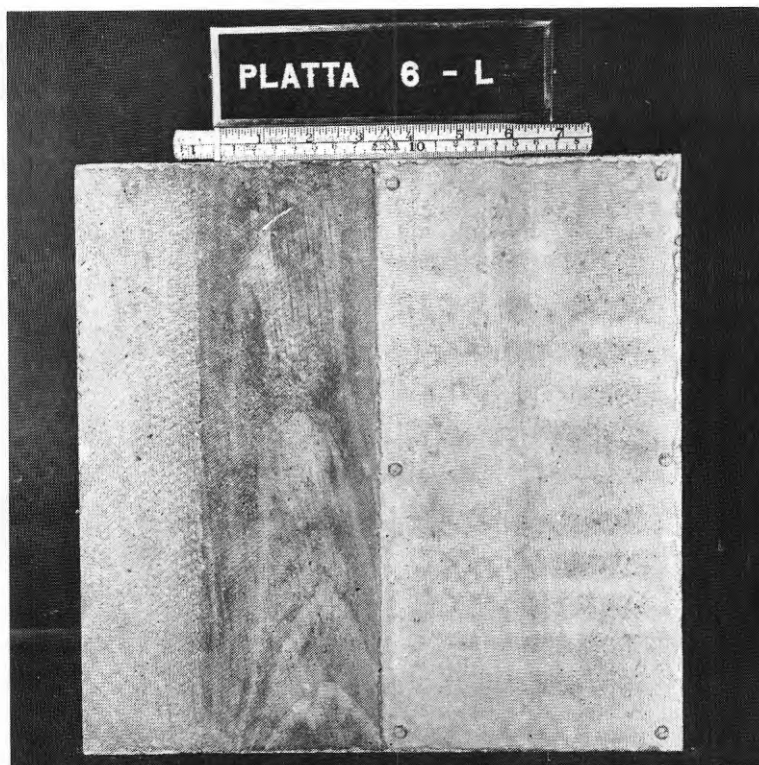


FIG. 34. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
 Yta till höger gjuten mot plåt.
 Plattan härdad i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r.f.

uppkom på vissa ytor gjutna mot plåt därför att plåten i sig själv var obetydligt vågig. Denna vågighet gav inte utslag förrän mot slutet av undersökningen, då man på grund av att en viss rost började framträda slipade av plåtytan med roterande stålborste. På grund av plåtens vågighet tog borstningen hårdare på "åsarna", varigenom ytan fick olika blankhet. Släppningen blev då också olika, ett svagt cementslamskikt fastnade på de mera ruggade plåtytorna och orsakade en något mörkare nyans hos betongytan.

En oplastad och mera använd plywoodyta kan ge en olikfärgad betongyta enl fig 35. Den mörka randningen orsakas här av att plywoodytan är uppsprucken och ger därför olikheter både ifråga om sugning och släppning.

Nytt ohyvlat trä ger betongen en betydligt mörkare färg än plåt. Skillnaden i svartaktighet är här omkring 10-12 %-enheter för samtliga cementsorter. Orsaken till skillnaden är i huvudsak träformens vattenuppsugning från betongen. Bidragande faktorer är också den sämre släppningen mellan form och betong samt betongytans grövre struktur. Spridningen mellan ytornas medelfärg är endast obetydligt större för betong gjuten mot ohyvlat trä. Variationen inom ytorna framgår inte av figurerna men är betydligt större för betong mot trä.

En träform har många varierande faktorer som kan påverka betongytans färg. Den kanske mest påverkande är träets fukthalt och därmed förmågan att uppta vatten ur betongen. Detta förhållande framgår av fig 26, där den olikfärgade vänstra halvan har gjutits mot två formbräder med olika fukthalt. Vänstra brädan har legat i vatten en vecka före gjutning, medan högra brädan vattenspolats 2-3 timmar före gjutning. Fig 34 visar, att man trots att som i detta fallet har behandlat bräderna likartat ändå kan få stora färgskillnader.

En annan typ av färgändring, som inte ingår i denna undersökning är den mörkare nyans som erhålls när cementslamskiktet helt fattas. Fig 36 visar ett exempel där ytskiktet vid avformningen fastnat på de två övre bräderna.

Betong gjuten mot tidigare använt ohyvlat trä erhöll i medeltal 9 % (svartaktighet) ljusare ytor än motsvarande nytt trä. Denna typ av form ger, jämfört med ny, en lägre färgspridning både beträffande medelvärden och enskilda värden.

8.7 Formsläppningsmedel (fig 37 och 38)

På formar av ohyvlat trä har, enl fig 37, typen av formsläppningsmedel ingen inverkan på betongytornas färg varken beträffande medelvärde eller spridning. Jämfört med de obehandlade ytorna finns vissa skillnader. Medelvärdenas spridning ligger något högre för obehandlad yta, medan färgspridningen inom ytorna är lägst för betongytor gjutna mot form utan formsläppningsmedel. Ytorna ljusnar något med tiden.

Förhållandena är däremot annorlunda beträffande ytor gjutna mot plåtform (fig 38). Medel nr 18 och 22 skiljer sig, avseende medelvärde, signifikant från obehandlad yta. Färgskillnaderna mellan plattorna är större för medlen nr 16, 21 och 22. Det mest påtagliga vid användning av formsläppningsmedel på plåt är att vissa medel ger en mycket stor färgspridning inom ytorna. Fig 39 visar exempel på en sådan färgspridning. Denna plåtform var behandlad med medel nr 21, som genomgående visade sig ge den största färgojämnheten. Dåliga formsläppningsmedel var, ur denna synpunkt, även nr 16, 17 och 22. Övriga medel gav, i likhet med obehandlad yta, jämnfärgade betongytor enl fig 40.

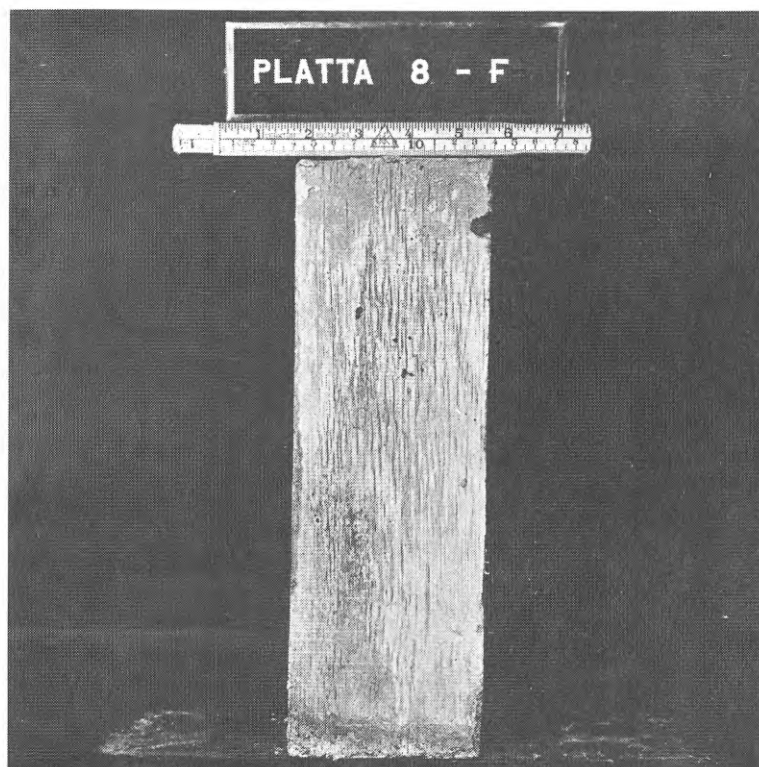


FIG.35. Betongytans utseende vid gavelyta gjuten mot oplastad plywood.

Plattan härdad i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r.f.

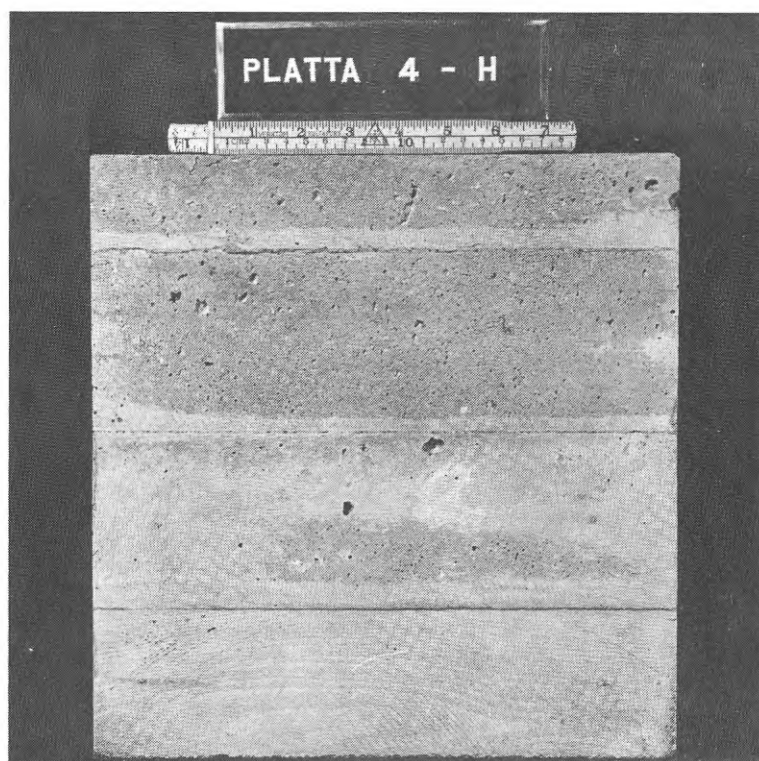


FIG. 36. Yta gjuten mot ohyvlat trä.

Plattan härdad i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r.f.

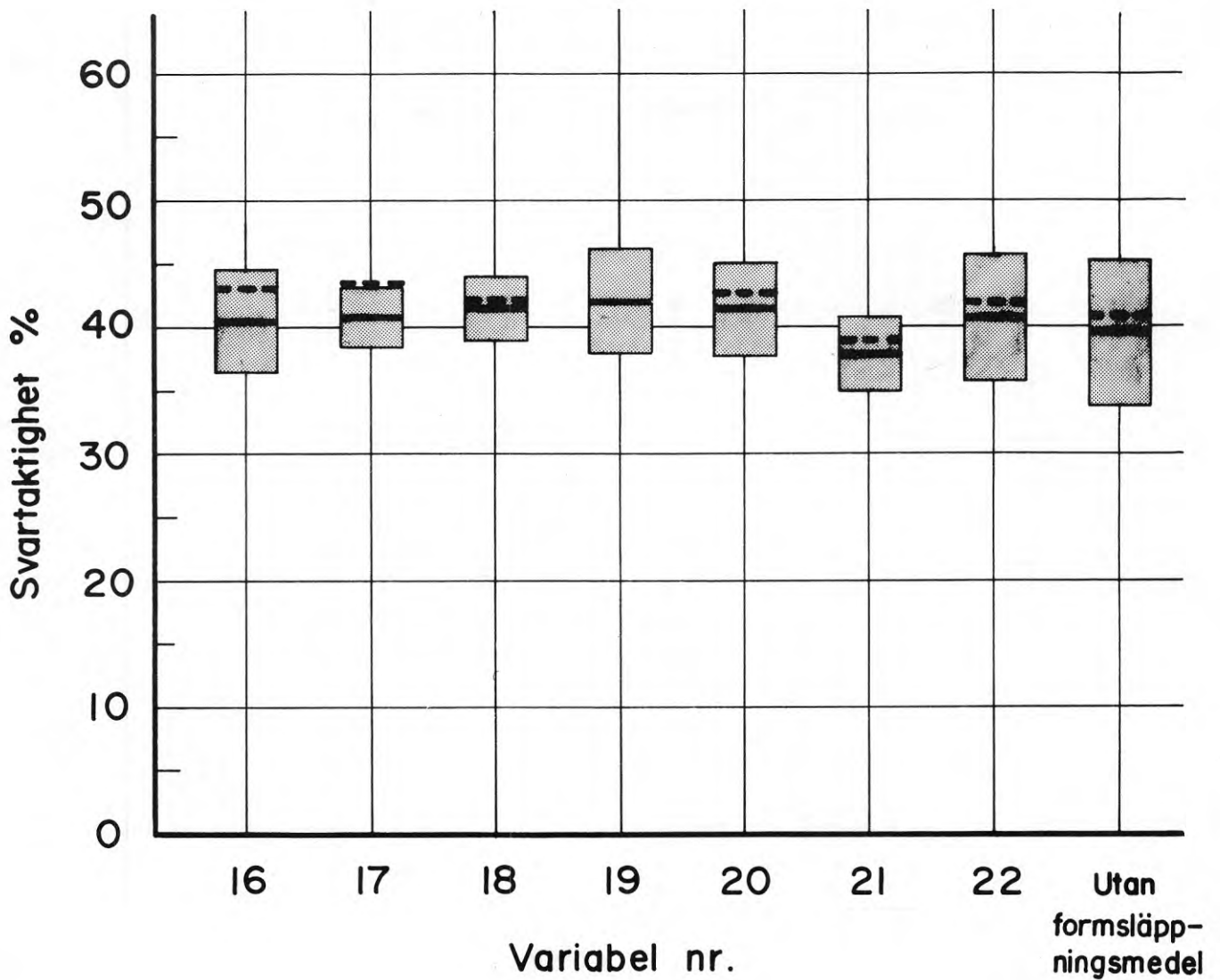


FIG.37. Variationer i betongens svartaktighet vid olika formsläppningsmedel.

Ohyvlat trä

Värden från satserna 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 och 8

Samtliga värden är korrigerade för inbördes jämförelse, eftersom i varje sats endast ingår en betongyta med samma formsläppningsmedel.

Inget formsläppningsmedel skiljer sig signifikant från obehandlad yta.

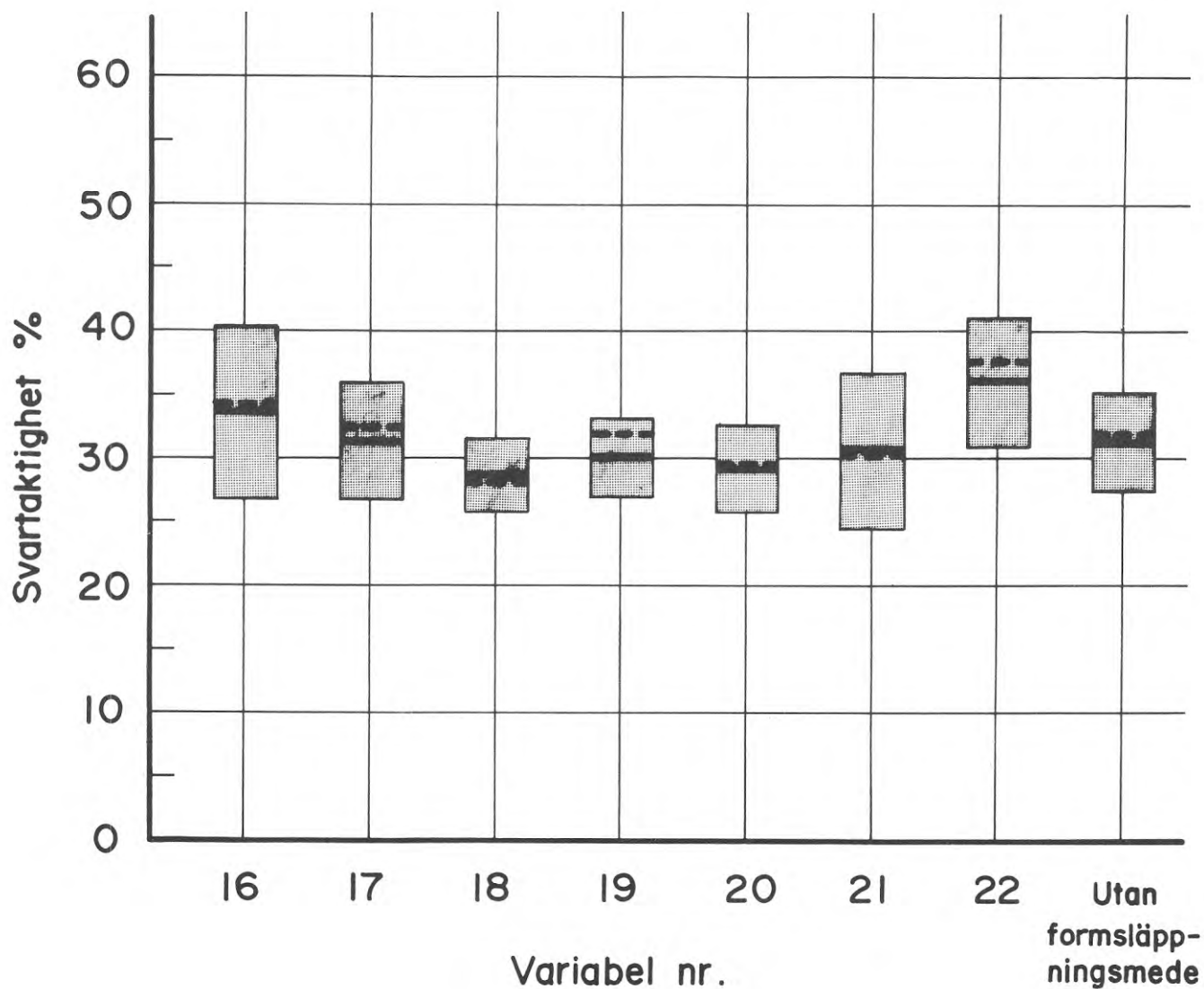


FIG. 38. Formsläppningsmedel.

Plåt

Värden från satserna 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 och 8
 Samtliga värden är korrigerade för inbördes jämförelse, eftersom i varje sats endast ingår en betongyta med samma formsläppningsmedel.

Endast formsläppningsmedel nr 18 och 22 skiljer sig signifikant från obehandlad yta.

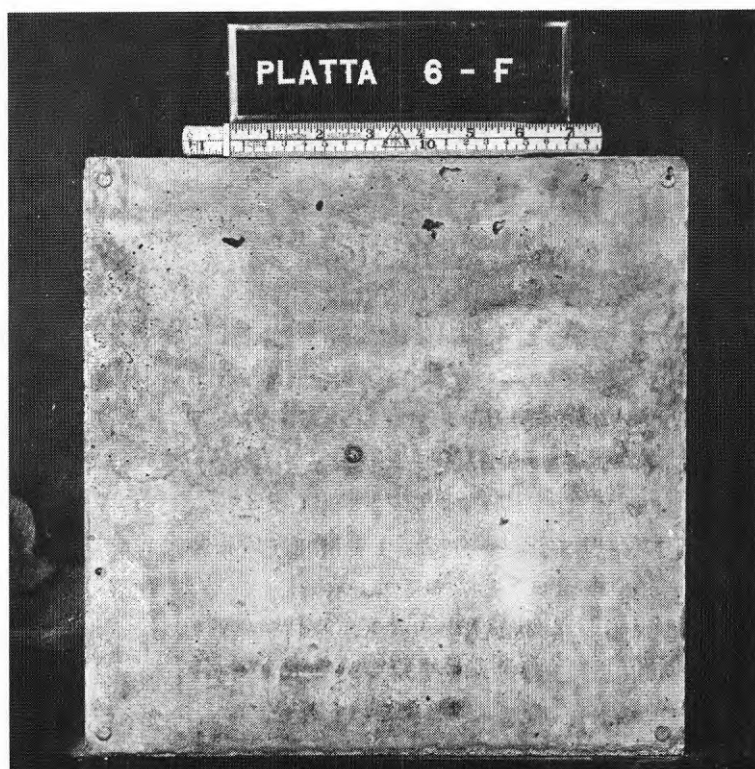


FIG. 39. Yta gjuten mot plåt.
Formen behandlad med formsläppningsmedel av typ 21 1 dygn före gjutning.

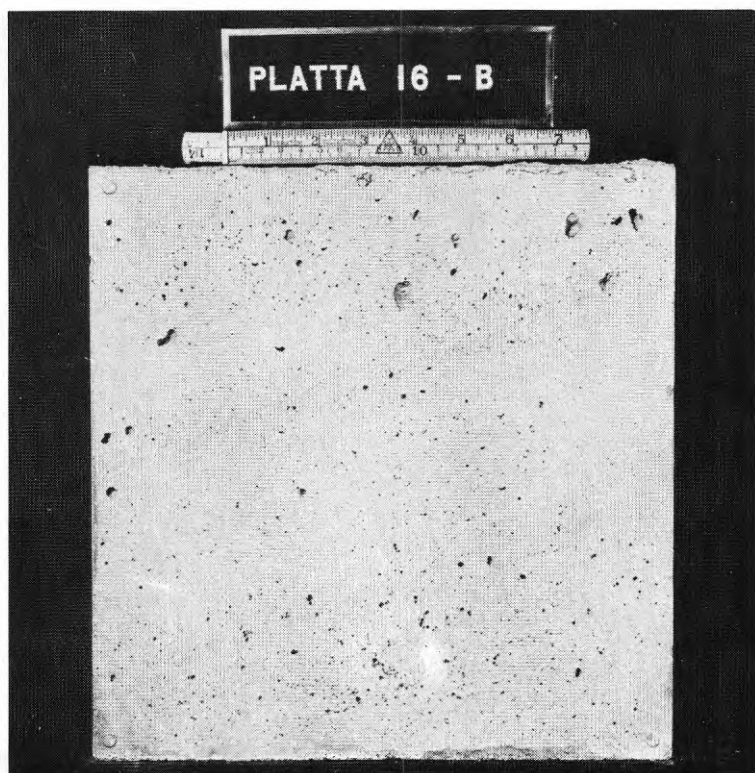


FIG. 40. Yta gjuten mot plåt.
Formen ej behandlad med formsläppningsmedel.

Tidpunkten för formsläppningsmedlets påförande visade sig ha en viss betydelse för betongytans utseende. Fig 41, 42 och 43 visar exempel på detta. Vid behandling av formen strax före gjutningen erhöles samma fenomen på betongytan som vid för stor påförd mängd, dvs en mörkare och delvis frilagd yta (jämför fig 44). Vad man vid påföring av medlet anser vara normalt påförd mängd, blir tydligen för mycket om inte formen får stå ett dygn och medlet därvid får rinna av och tunnas ut. För stor mängd formsläppningsmedel förhindrar cementets hydratation alltför långt in i betongen och man får därför ett slags frilagd yta. Dessa skillnader i ytstruktur för betongytor gjutna mot plåt och plywood framgår av fig 45-48. Medlens påförande vid 1 resp 2 dygn före gjutning gav ingen skillnad i färgresultat.

8.7.1 Betongytans porighet

Betongytans porighet hör visserligen inte till betongens färgvariationer, men eftersom man här jämförde olika formsläppningsmedel, ansågs det intressant att även notera motsvarande betongytors utseende i övrigt. Porerna delades upp i tre grupper enligt följande:

Grupp 1: Porer > 15 mm, antal per yta

Grupp 2: Porer 15-5 mm, antal per yta

Grupp 3: Porer < 5 mm, bedömning enl skala 1-5, där
1 = nästan inga porer och 5 = mycket porer.

Resultatet framgår av tabell 3.

Porigheten hos en betongyta gjuten mot ohyvlad träform påverkas inte i någon högre grad av typen av formbestyrkningsmedel, men följande medel kan urskiljas som något bättre än övriga: medel nr 16, 19, 21 och 22. Endast medel nr 18 har givit sämre resultat än obehandlad yta.

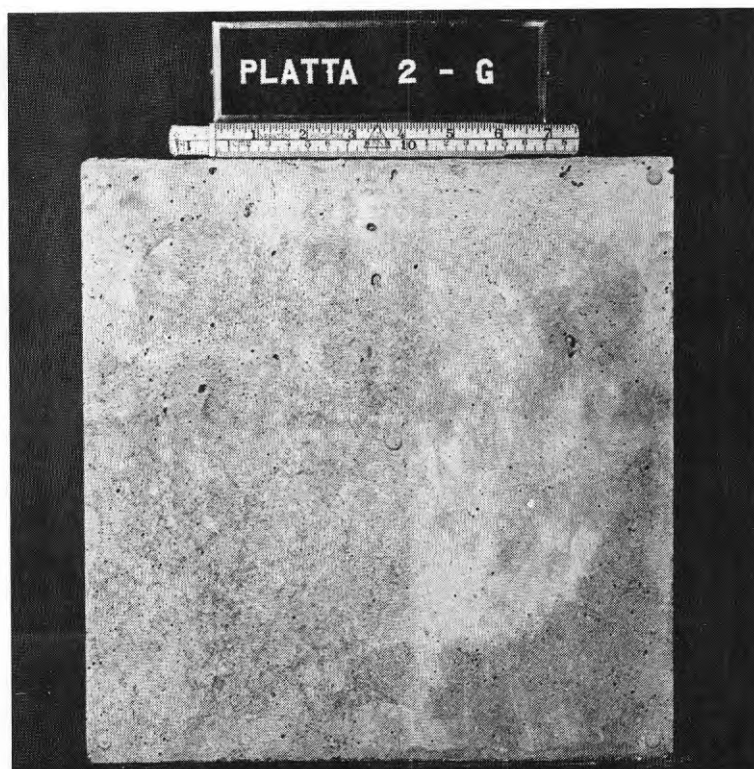


FIG. 41. Yta gjuten mot plåt.

Formen behandlad med formsläppningsmedel av typ 22 (variabelnr).

Högra halvan av formen behandlad 2 dygn före gjutning.

Vänstra halvan av formen behandlad strax före gjutning.

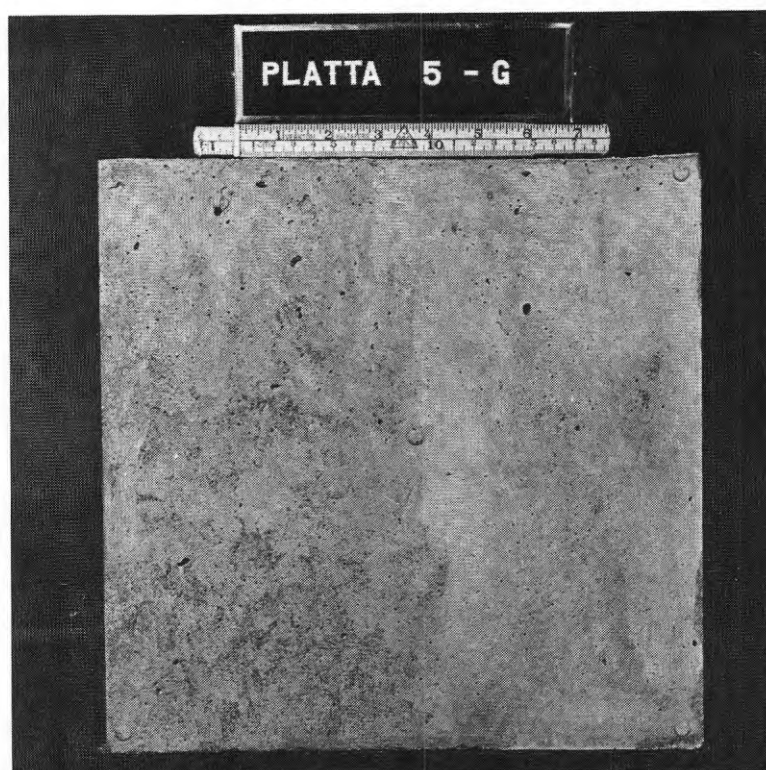


FIG. 42. Yta gjuten mot plåt.

Formen behandlad med formsläppningsmedel av typ 22 (variabelnr).

Högra halvan av formen behandlad 2 dygn före gjutning.

Vänstra halvan av formen behandlad strax före gjutning.

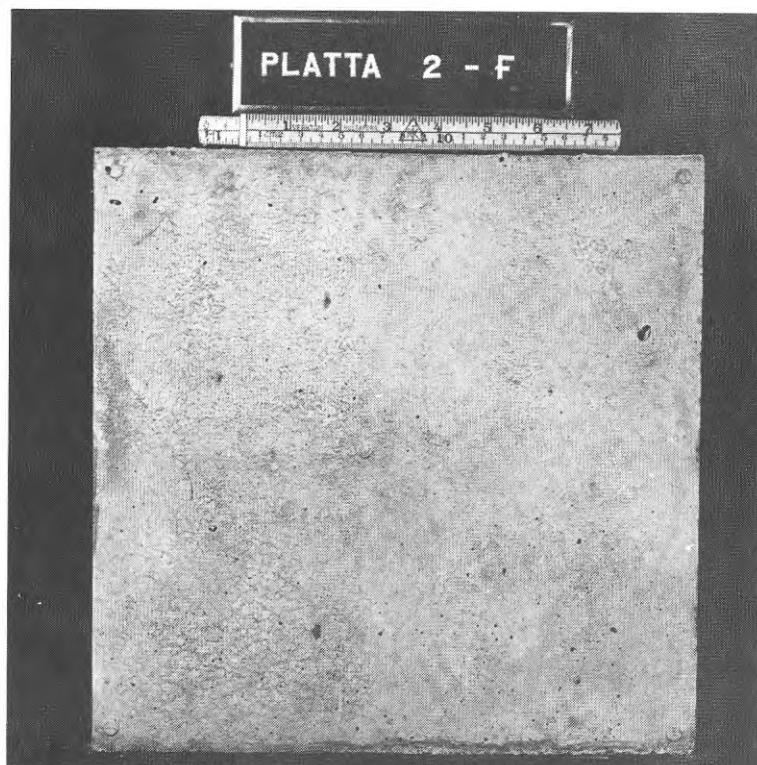


FIG. 43. Yta gjuten mot plåt.

Formen behandlad med formsläppningsmedel av typ 21.

Högra halvan av formen behandlad 2 dygn före gjutning.

Vänstra halvan av formen behandlad strax före gjutning.

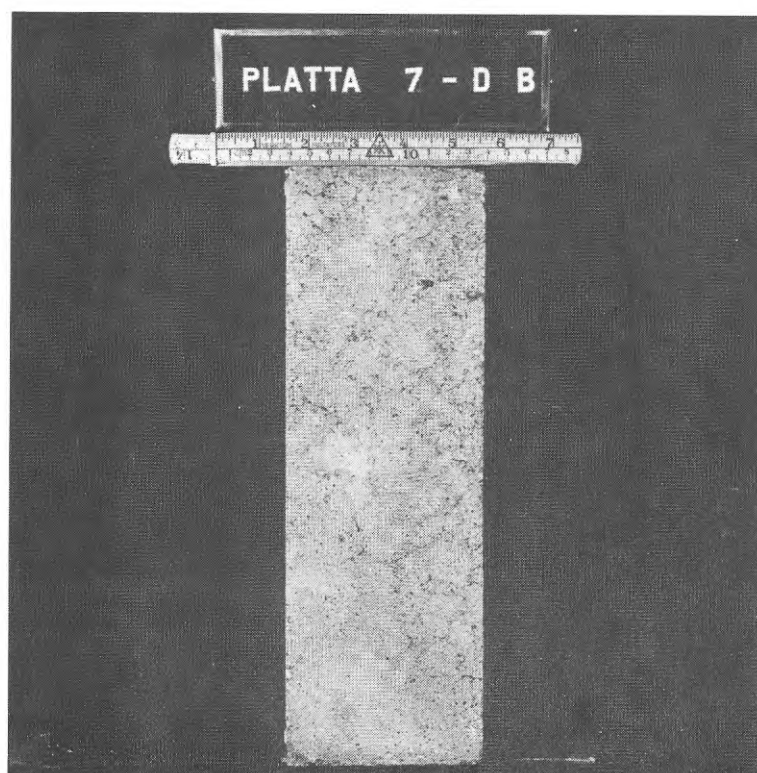


FIG. 44. Yta gjuten mot plywood.

Formen behandlad med formsläppningsmedel av typ 19. För stor påförd mängd.

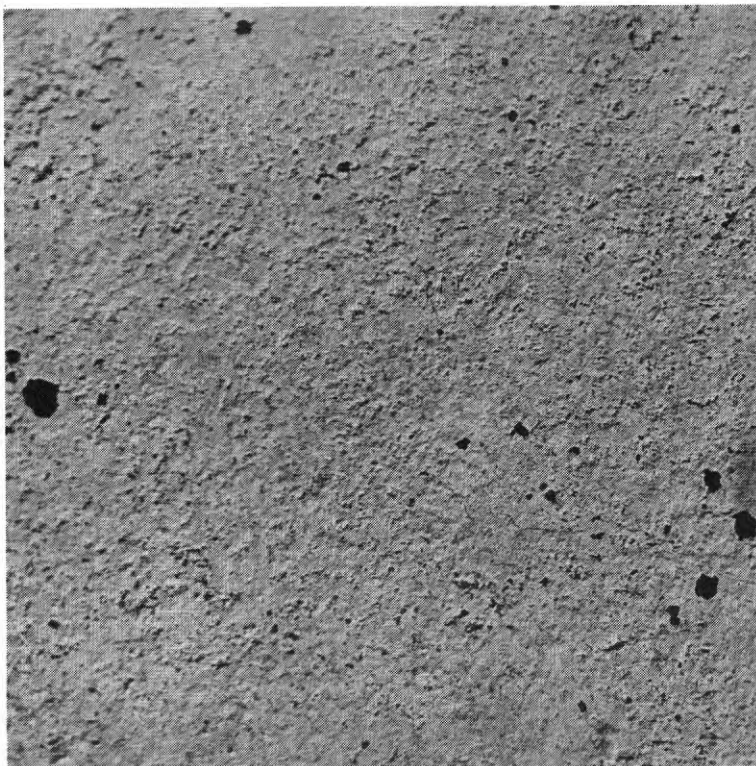


FIG. 45. Yta gjuten mot plåt.

Formen behandlad med medel nr 22 2 dygn före gjutning.

Bildförstoring 6 ggr.



FIG. 46. Yta gjuten mot plåt.

Formen behandlad med medel nr 22 strax före gjutning.

Bildförstoring 6 ggr.

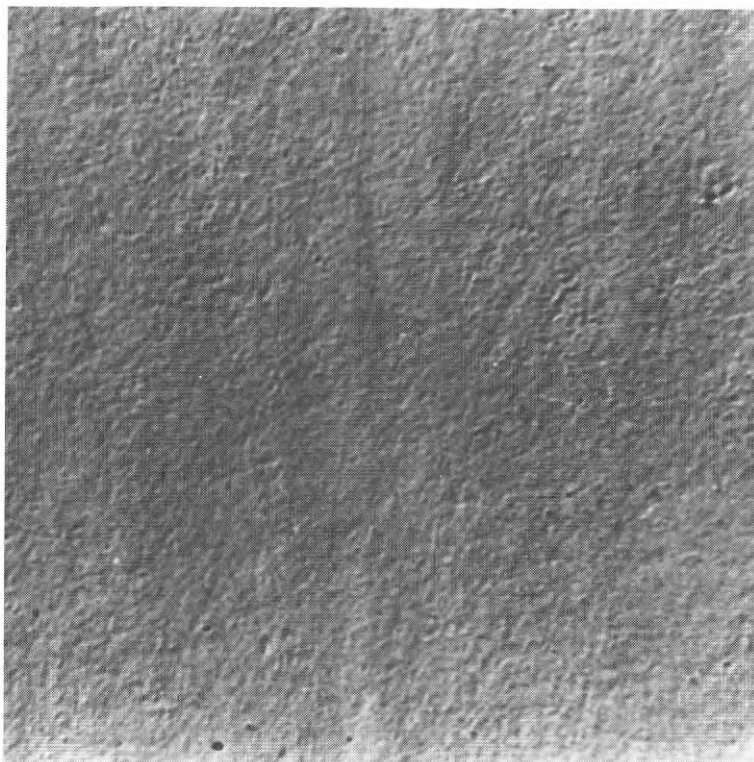


FIG. 47. Yta gjuten mot obehandlad plywood.
Formen obehandlad.
Bildförstoring 6 ggr.

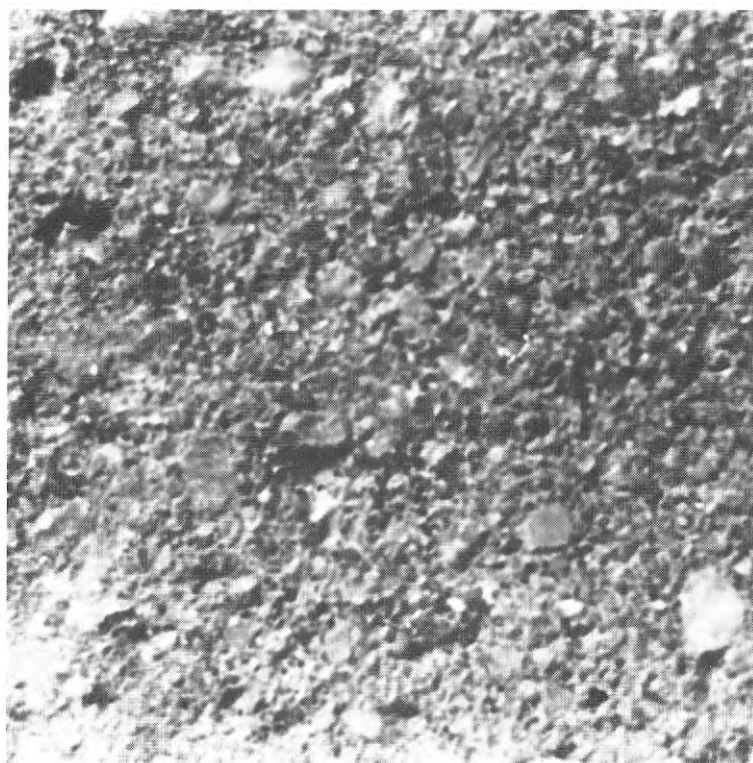


FIG. 48. Yta gjuten mot obehandlad plywood.
Formen behandlad med medel nr 16 strax före
gjutning. Stor påförd mängd.
Bildförstoring 6 ggr.

TABELL 3. Porighet hos betongytor

Formsläppningsmedel typ	Träsidan			Plåtsidan		
	Porrer >15	Porrer 15-5	Porrer < 5	Porrer >15	Porrer 15-5	Porrer < 5
16	5,6	21	2,6	0	49	3,0
17	5,6	28	3,0	10,0	51	4,1
18	1,1	37	3,1	6,7	59	3,0
19	5,6	20	2,3	11,1	53	3,5
20	4,4	26	2,8	6,7	26	2,5
21	1,1	22	2,5	0	11	1,1
22	3,3	23	2,4	3,3	28	2,5
Obehandlad	0	31	3,3	6,7	43	3,6

Porrer > 15 mm = medelantal per m²

Porrer 15-5 mm = medelantal per m²

Porrer < 5 mm = medelvärde vid bedömning 1-5. (Se avsnitt 8.7.1)

Mera påtagliga skillnader förekom för betongytor gjutna mot plåtform. Medel nr 21 visade sig här stå i en klass för sig och även nr 20 och 22 visade sig ge bra resultat. Övriga typer gav resultat likvärdiga med den obehandlade ytan. Observera den dåliga överensstämmelsen mellan resultaten betr färgjämnhet och porighet, dvs de medel som ger mindre porighet ger ofta större färgskillnader.

8.8 Bearbetning (fig 49-58)

De olika sätten att stavvibrera betongen har inte givit några signifikanta skillnader i medelfärg, men tendensen är i samtliga fall att betongytans färg blir något ljusare vid en mera intensiv bearbetning. Den ljusare färgen har, i samband med form av ohyvlat trä, inte framkommit förrän efter 90 dygn (fig 49 och 51) medan färgskillnaden vid plåtform funnits redan vid 10 dygns ålder.

Färgspridningen vid ytor mot trä påverkas inte nämnvärt av vibreringens intensitet, medan ytor mot plåtform troligen kan förbättras något vid ökad stavvibrering.

Bearbetning på vibrobord (fig 53-56) ger i stort sett samma färg på betongen oavsett hur lång tid bearbetningen sker. I likhet med för stavvibreringen finns även här en svag tendens att en mera intensiv bearbetning ger en något ljusare färg.

En jämförelse mellan stavvibrering och bordsvibrering visar (enl fig 57 och 58) inga signifikanta skillnader mellan de båda bearbetningssätten varken beträffande träform eller plåtform.

Observera att ovanstående betr bearbetning gäller en betong med liten separation.

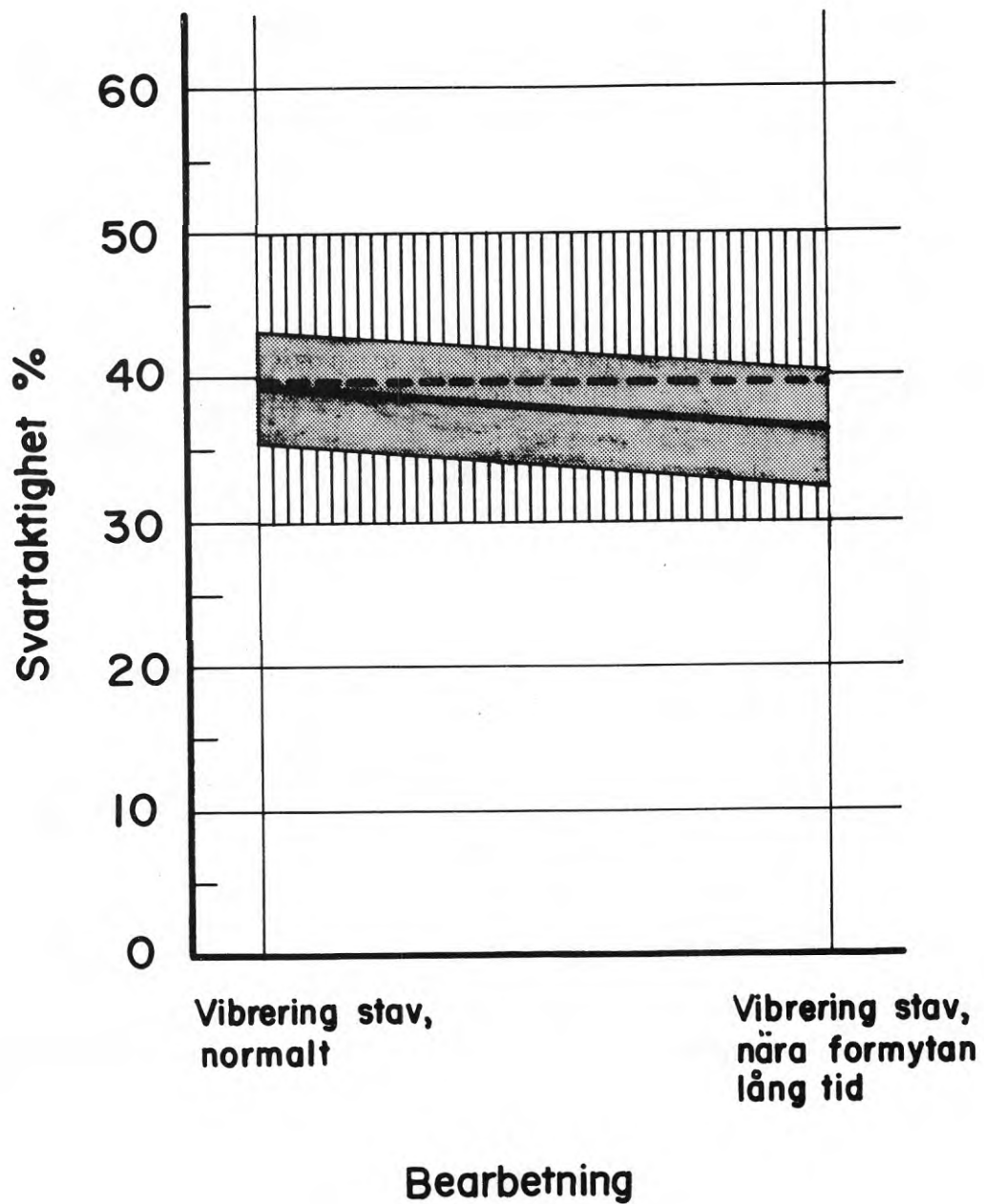


FIG.49. Variationer i betongens svartaktighet vid olika bearbetning.

Ohyvlat trä

Cement: Hällekis Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

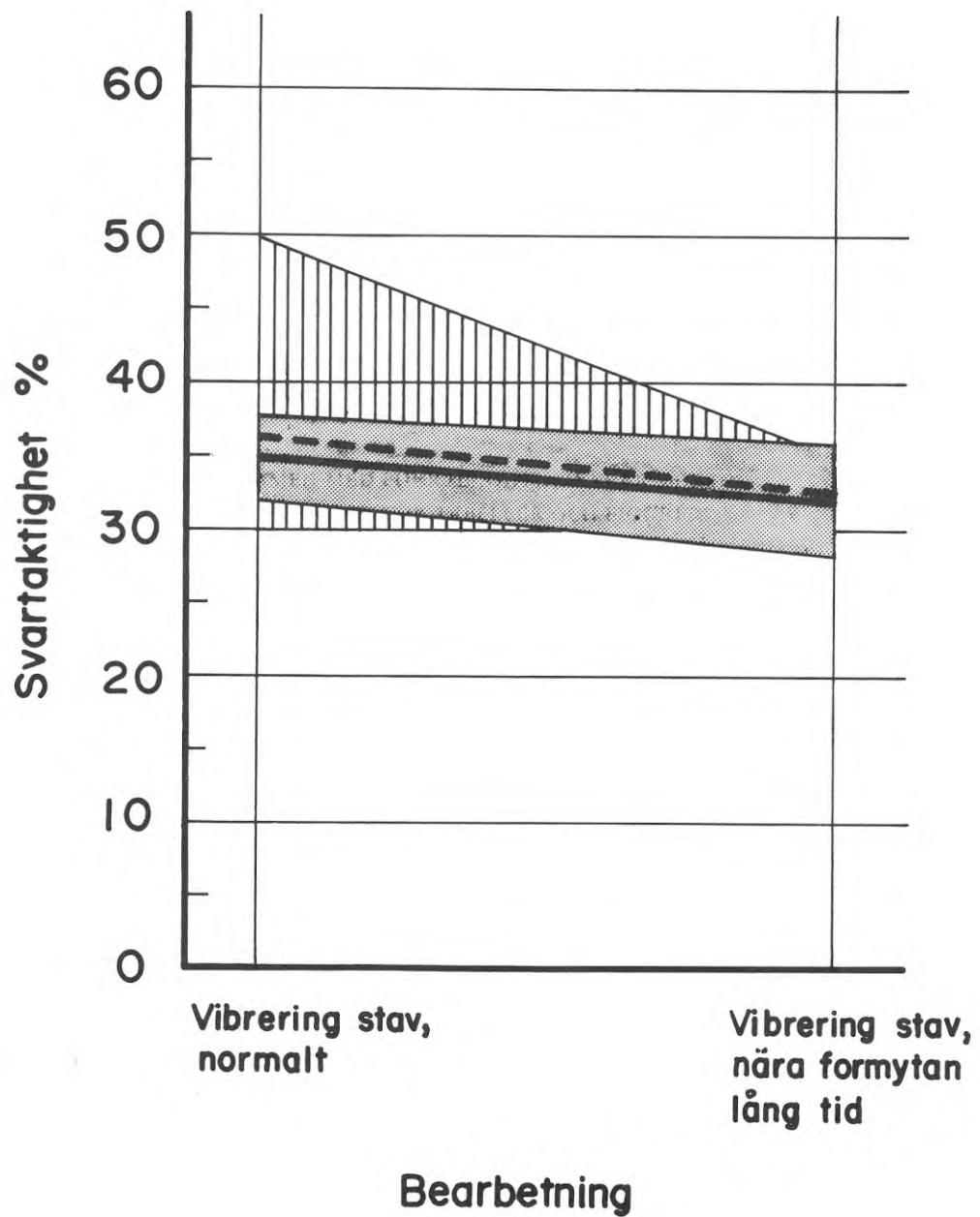


FIG. 50. Bearbetning.

Plåt

Cement: Hällekis Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

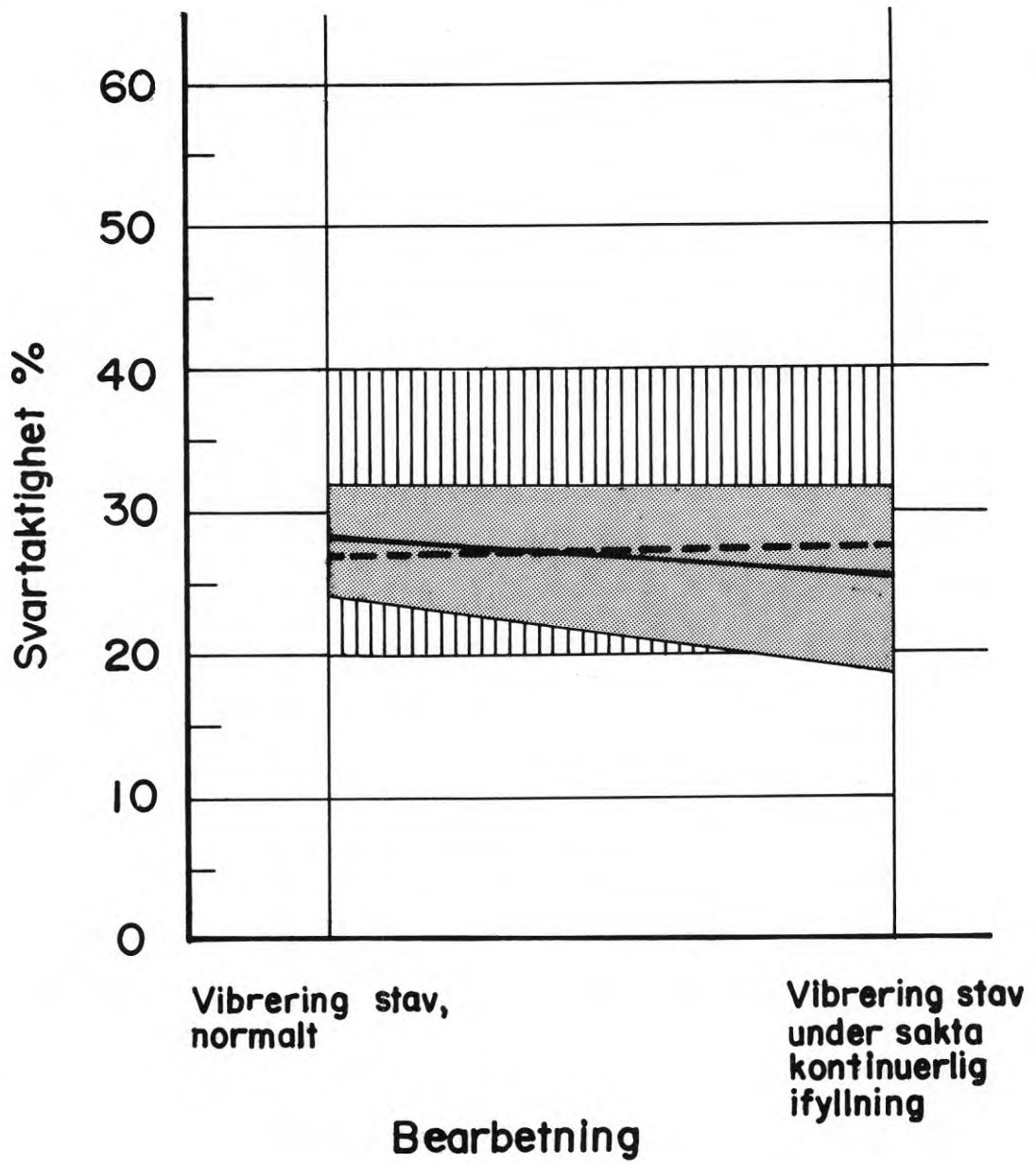


FIG. 51. Bearbetning.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

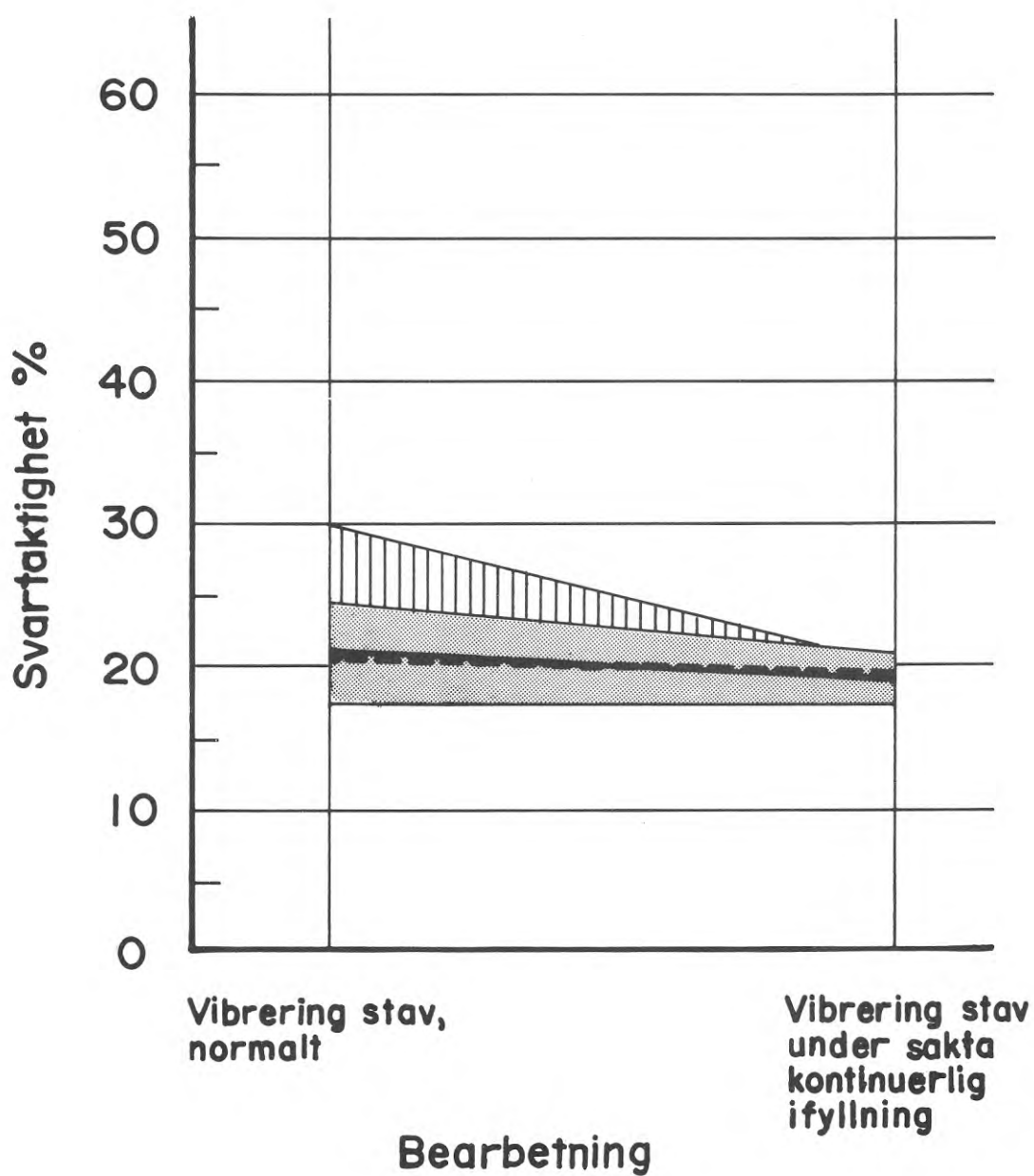


FIG. 52. Bearbetning.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

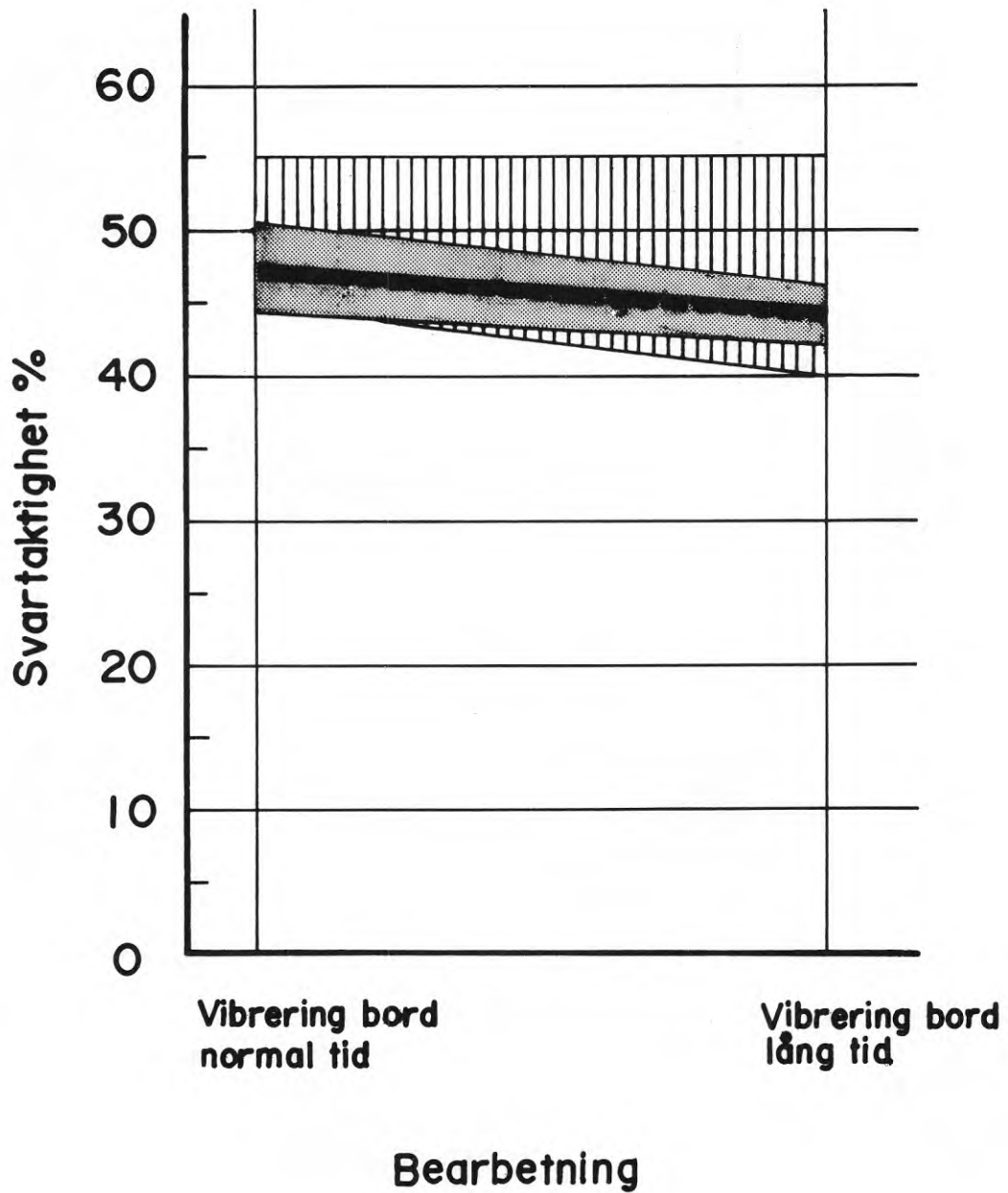


FIG. 53. Bearbetning.

Ohyvlat trä

Cement: Gullhögen Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Signifikant skillnad.

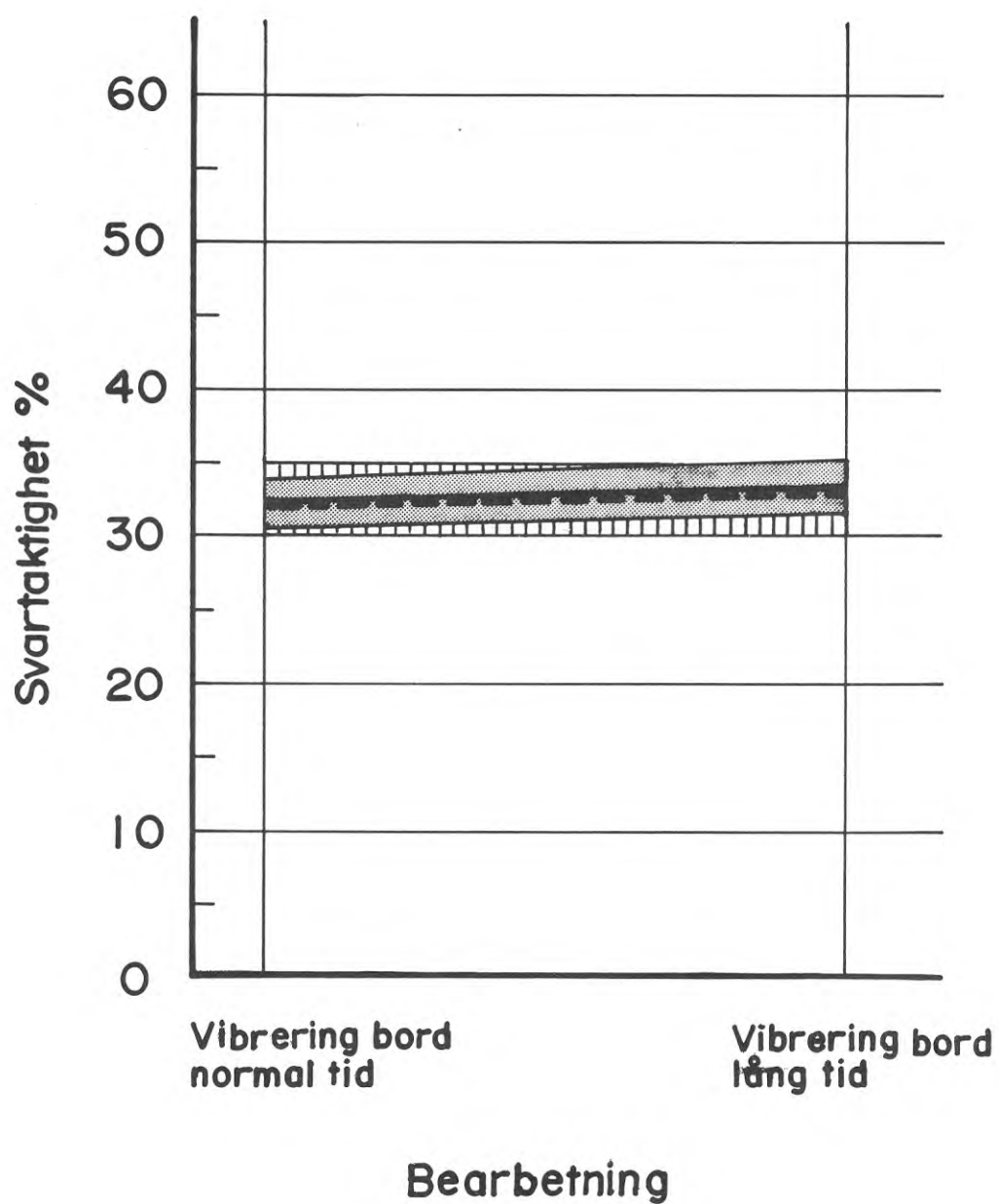


FIG. 54. Bearbetning.

Plåt

Cement: Gullhögen Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

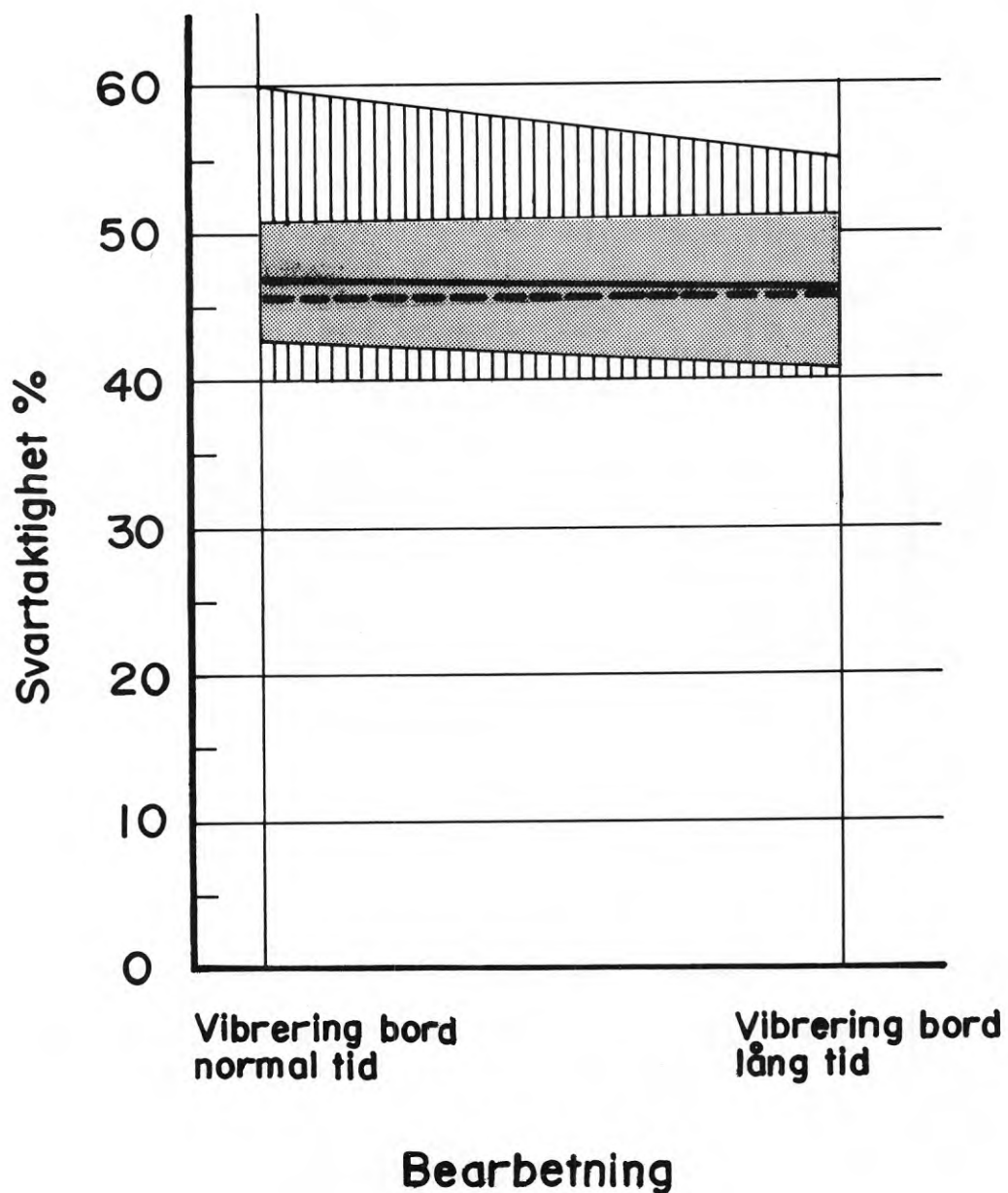


FIG. 55. Bearbetning.

Ohyvlat trä

Cement: Hällekis Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

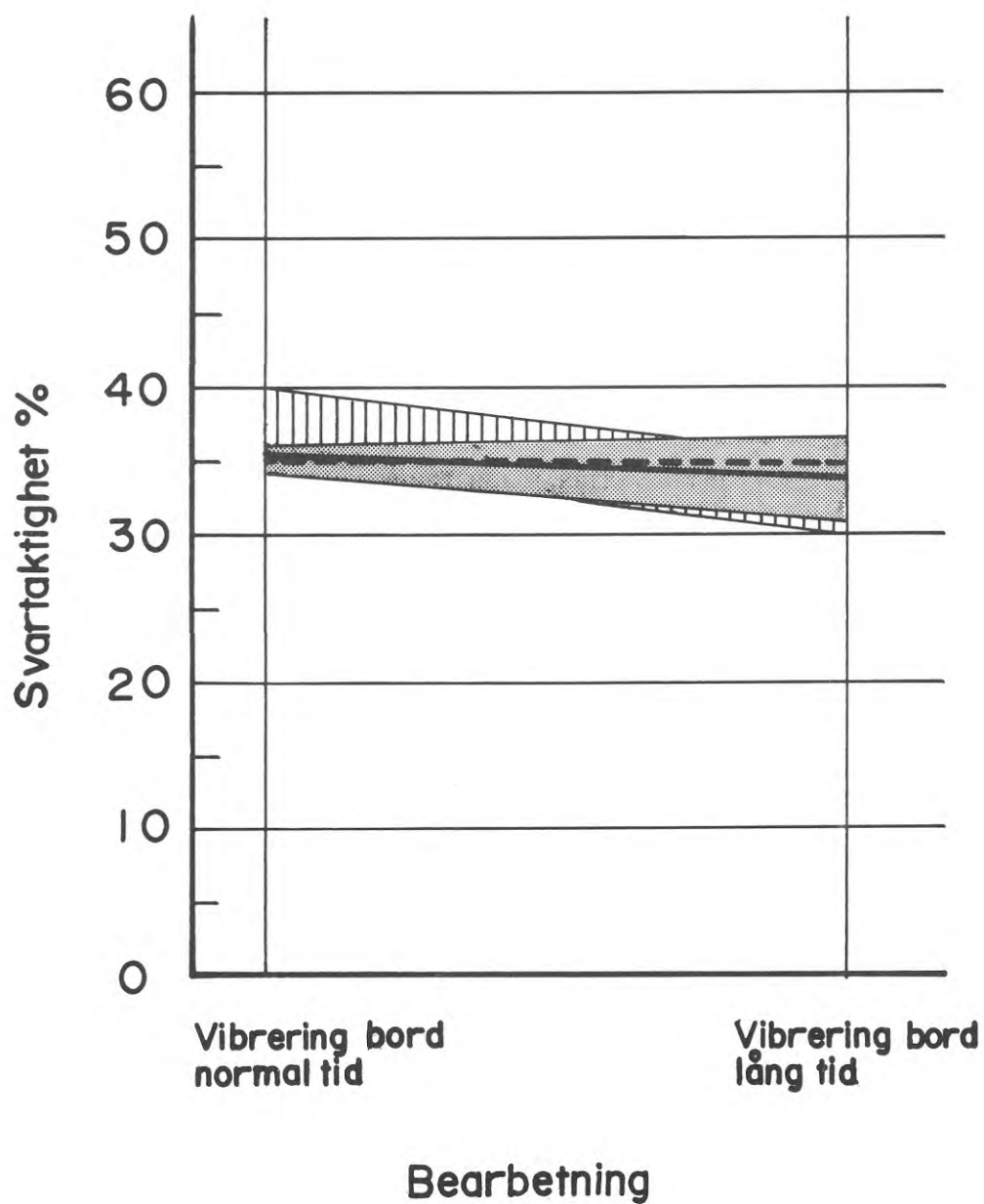


FIG. 56. Bearbetning.

Plåt

Cement: Hällekis Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

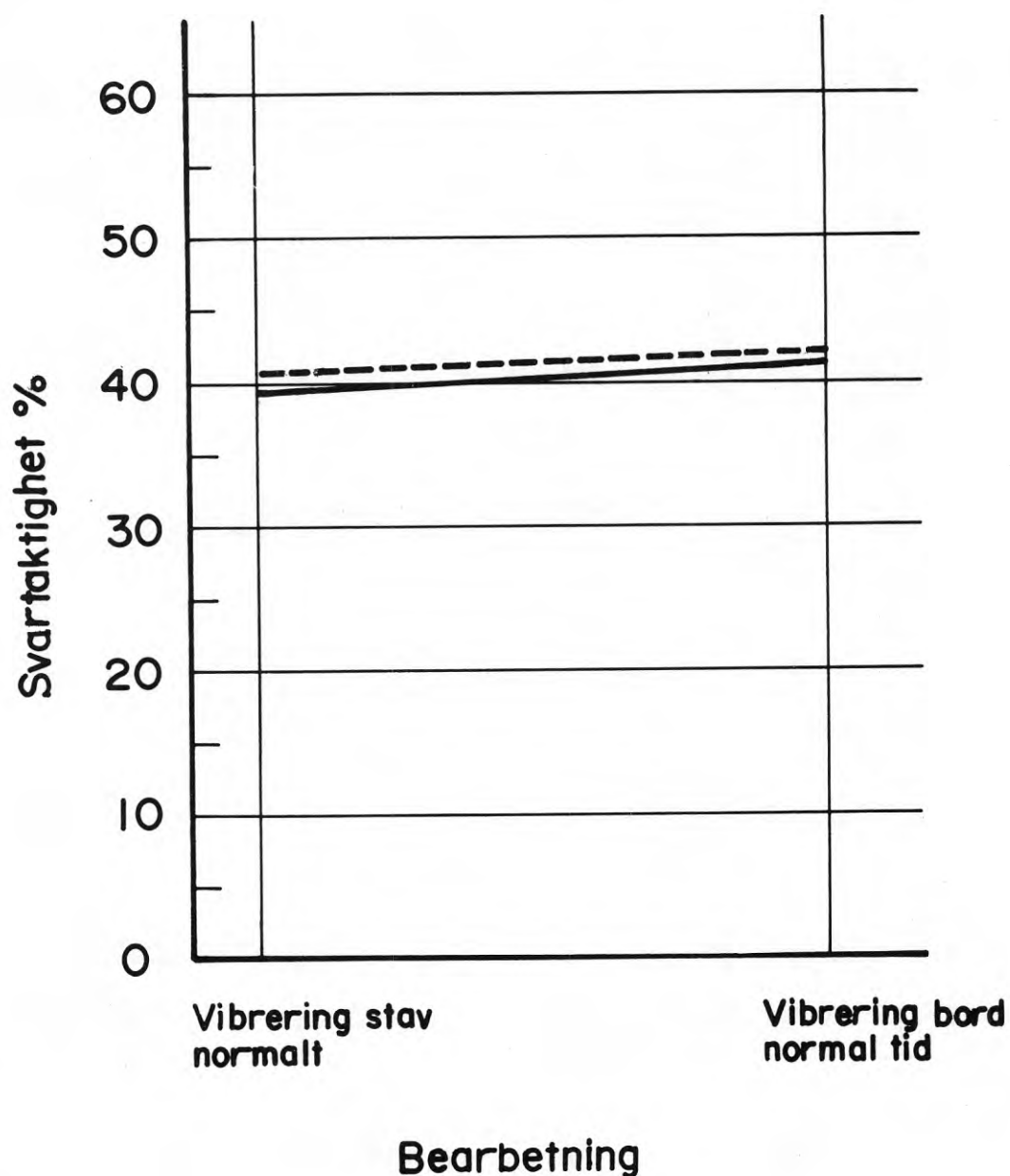


FIG. 57. Bearbetning.

Ohyvlat trä

Vibrering stav: H-plattans värden från satserna 1-8

Vibrering bord. värden från samtliga jämförbara bordsvibrerade plattor från satserna 1-8

Inte signifikant skillnad.

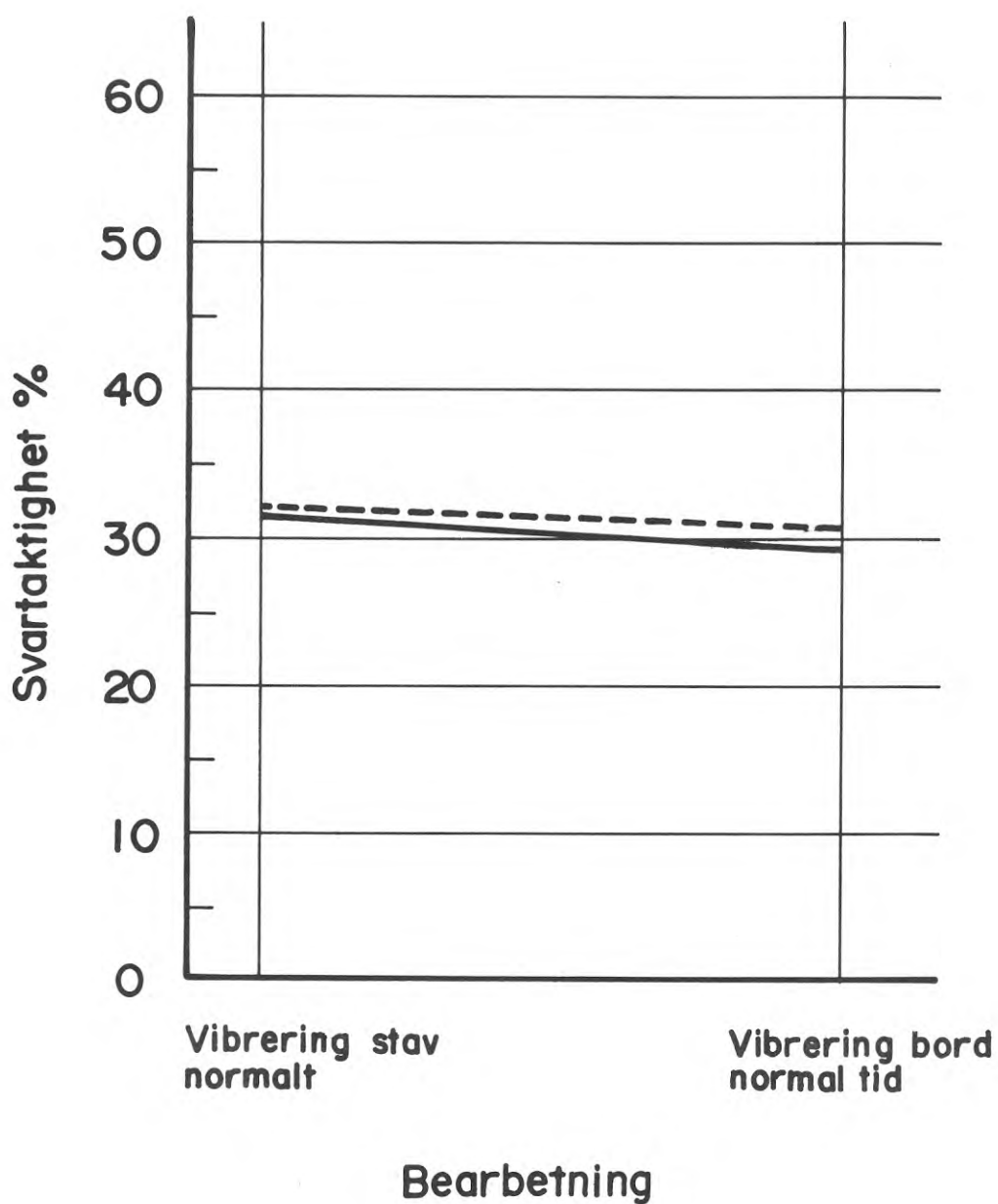


FIG. 58. Bearbetning.

Plåt

Vibrering stav: H-plattans värden från satserna 1-8

Vibrering bord: värden från samtliga jämförbara bordsvibrerade plattor från satserna 1-8

Inte signifikant skillnad.

8.9 Gjutuppehåll

Ett alltför långt gjutuppehåll kan ge störande färgskillnader inte bara i gjutskarven utan också mellan den vid olika tidpunkter gjutna betongen. Normala förfarandet vid gjutning av de stavvibrerade plattorna var att de påfylldes och vibrerades i två omgångar. Tidsuppehållet mellan de två skikten var då omkring 5 min. Detta korta uppehåll gav inte på något sätt utslag i avvikande gjutskarv eller andra färgskillnader.

Vid en ökning av gjutuppehållet till 1/2 tim kunde man vid gjutning mot träform endast i något enstaka fall upptäcka mindre färgskillnader (se exempel i fig 59). Ytor gjutna mot plåtform uppvisade inte i något fall synliga skillnader i färg. Att observera i sammanhanget är att sats nr 12 hade ett vattencementtal på 0,70 och en låg finmaterialhalt, således en betong med förutsättningar att kunna separera.

Om gjutuppehållet ytterligare förlängdes till 2 tim, erhöll samtliga träformsgjutna betongytor synliga färgskillnader, inte bara i skarven, utan också mellan delytorna som helhet (se fig 60). Dessa skillnader varierade mellan 1 och 7 % svartaktighet (medelvärde 3,5 %). Betr ytor gjutna mot plåt fanns synliga skillnader endast på hälften av plattorna, och dessa skillnader var dessutom inte särskilt störande (fig 61).

Ett vanligt utseende på gjutskarven, som också framgår av fig 60, var att skarvens nedre hälft var ljusare och övre hälften mörkare än omkringliggande betong.

Den något mörkare färg som övre betonghalvan får vid gjutuppehåll kan delvis bero på att övre formhalvan, under ifyllning och vibrering, på vissa delar blir belagd med ett tunt cementslamskikt som ger en mörkare färg. Fig 62 visar en förstoring av cementslamstänk på plåtformen och som efteråt har fått en markant mörkare färg.

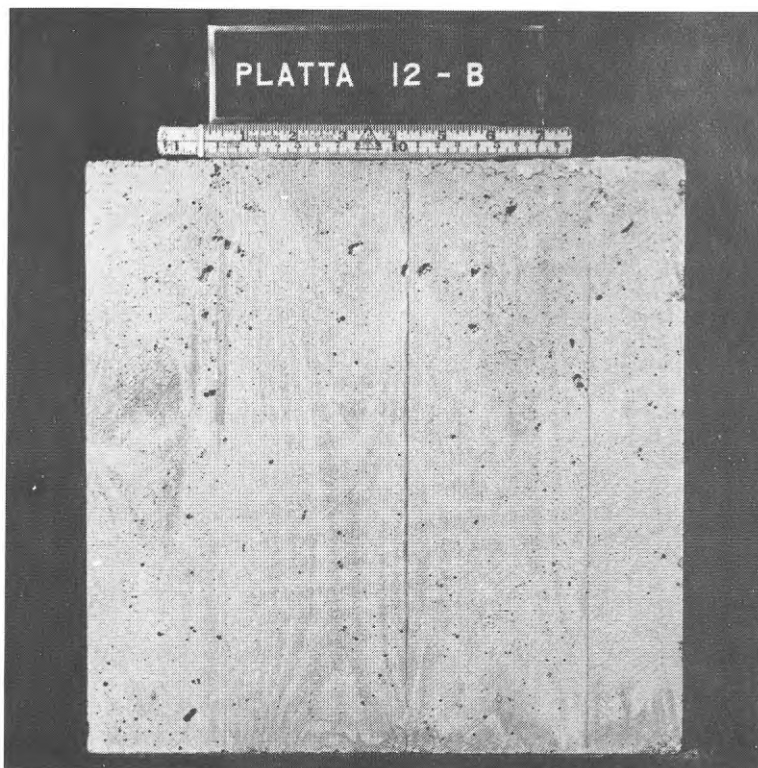


FIG. 59. Yta gjuten mot ohyvlat trä.
Undre och övre halvan är gjutna med 1/2 timmes
tidsmellanrum.

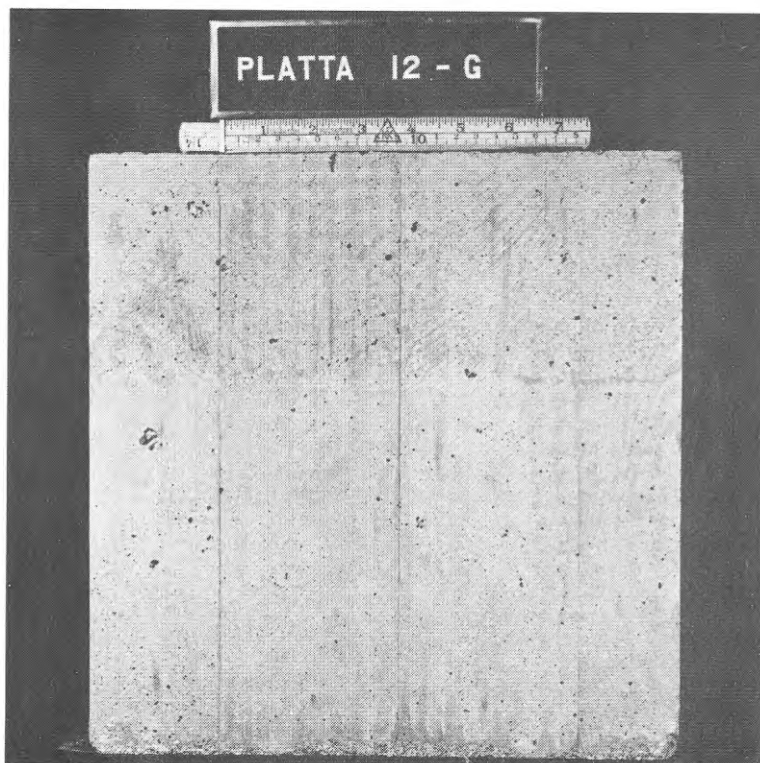


FIG. 60. Yta gjuten mot ohyvlat trä.
Undre och övre halvan är gjutna med 2 timmars
tidsmellanrum.

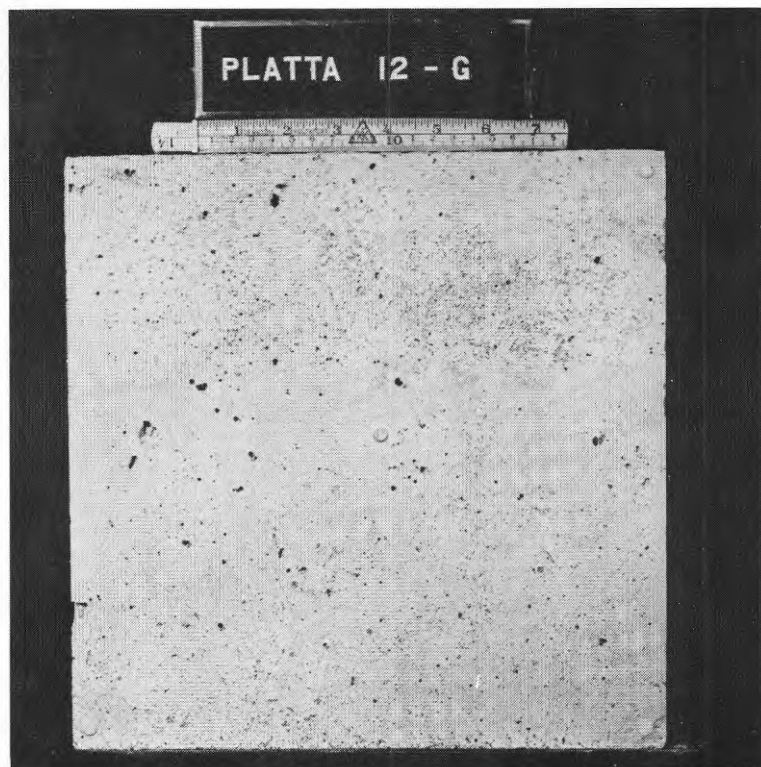


FIG. 61. Yta gjuten mot plåt.
Undre och övre halvan är gjutna med 2 timmars
tidsmellanrum.



FIG. 62. Yta gjuten mot plåt.
Cementslamstänk från tidigare gjutning.
Bildförstoring 6 ggr.

8.10 Glättning

Glättning av betongytorna vid olika tider efter gjutning gav ingen enhetlig tendens betr yternas medelfärg. Däremot framgick tydligt att färgspridningen inom plattorna minskade med ökad tid mellan gjutning och glättning. Fig 63 visar en jämnfärgad platta som har ytbehandlats 1 1/2 tim efter gjutning. Betongytan enl fig 64, som har glättats redan efter 15 min, uppvisar däremot en del färgskillnader.

Orsaken till färgskillnader vid tidig glättning är att en del fritt vatten då finns kvar på betongytan och gör att det upparbetade cementslammet kan få ett mycket varierande vatteninnehåll. Den mörka ytan på fig 64 beror på att plattans hela yta först avdragits och glättats, varefter en intilliggande platta också glättats. Efter några minuter har man tyckt att den förstnämnda plattan inte var riktigt bra utan tagit ytterligare några drag med glättningsverktyget, men då endast dragit den ljusfärgade ytan som därigenom fått ett ytterligare höjt vatteninnehåll.

8.11 Avformningstid (fig 65)

Någon påtaglig skillnad i betongens färg mellan plattor som är avformade efter 1 resp 28 dygn förekom inte. En svag tendens pekar på att färgspridningen skulle vara något mindre efter 28 dygn i formarna. Vad som däremot inte framgår av fig 65 är att på de sent avformade betongytorna satt en hel del små träflisor från formen kvar, vilket från större avstånd betraktat gav ytan en ljusare och gulaktig nyans.

8.12 Härdning (fig 66-86)

Vid förvaring av provplattor i vatten erhålls, på grund av att cementen får en fullständigare hydratisering, en signifikant ljusare färg än vid förvaring i 50 % relativ

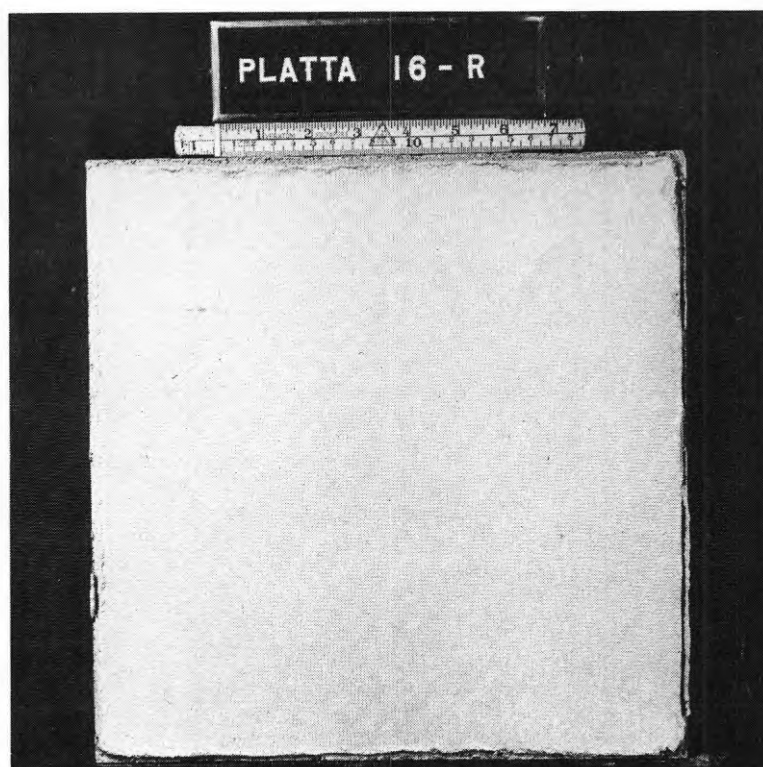


FIG. 63. Stålglättad yta.
Glättad 1 1/2 timme efter gjutning.
Cement: Stora Vika Std.

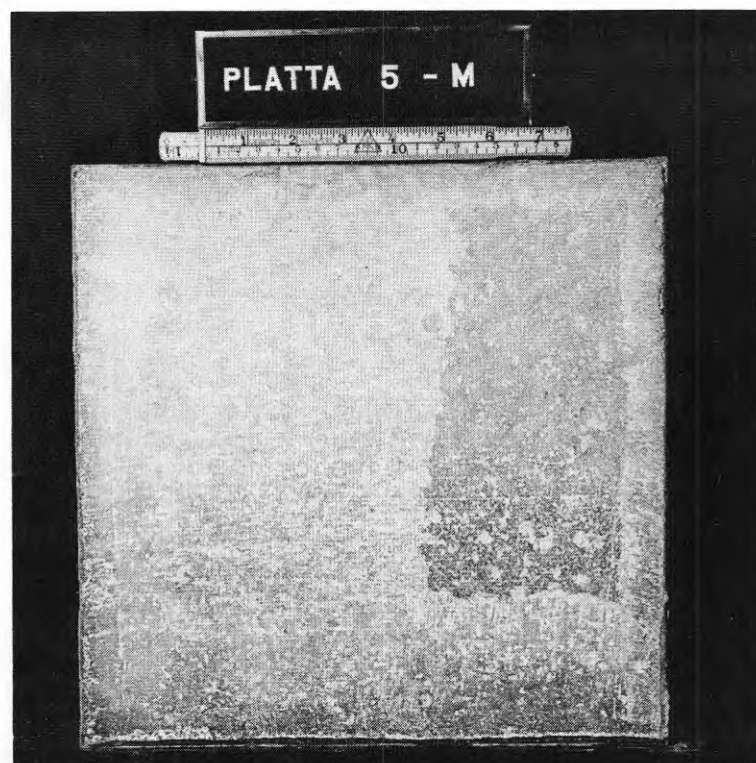


FIG. 64. Stålglättad yta.
Glättad 1/4 timme efter gjutning.
Cement: Gullhögen Std.

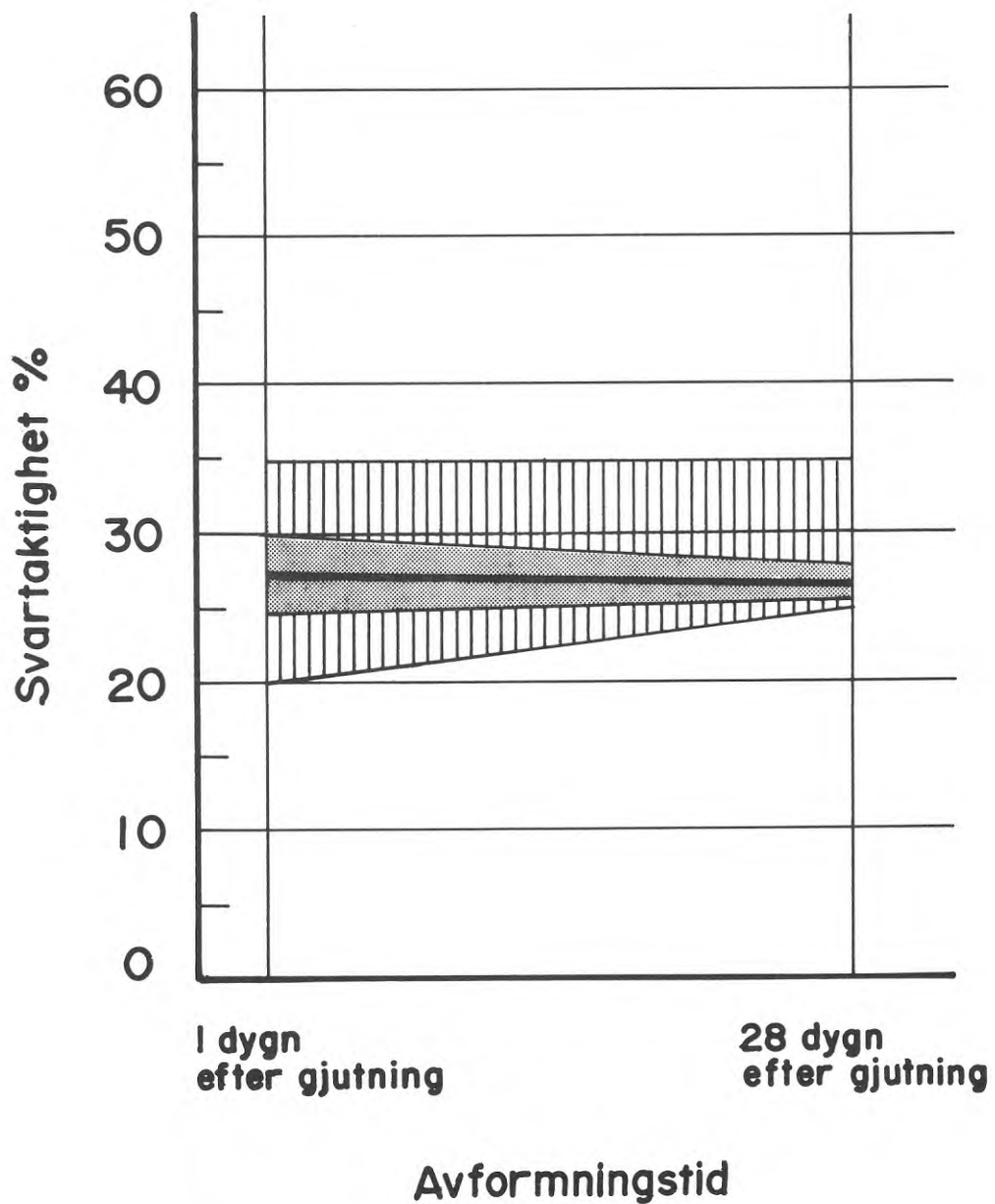


FIG.65. Variationer i betongens svartaktighet vid olika avformningstider.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Härdning: +20°C, 50 % r.f.

Inte signifikant skillnad.

fuktighet (fig 66-69). Detta gäller oberoende av formtyp och bearbetningsätt.

Betongytorna gjutna mot plåt har genom vattenförvaringen fått en påtagligt bättre färgjämnhet (fig 67 och 69). Detta kan tyda på att en betongyta gjuten mot plåt, vid en torrare förvaring får en på olika delar av ytan oregelbunden hydratisering av cementen. Detta i sin tur är beroende av en ojämnt fördelad vattenhalt. Effekten förstärks då man som i detta fall också har låg finmaterialhalt och därmed en lättseparerad betong.

Anledningen till att ovannämnda fenomen inte uppträder på betongytor gjutna mot ohyvlat trä kan vara, att - även om betongen från början har en oregelbunden vattenhalt - formen genom sin vattenuppsugning jämnar ut denna och därmed också ger en jämnare hydratisering.

Härdning i vattendimma bör ge en nästan lika fullständig hydratisering som härdning i vatten. Av fig 70 och 71 framgår också att de provkroppar som förvarats i vattendimma endast har fått en obetydligt mörkare färg, som dock inte skiljer sig signifikant från vattenförvaringen. Jämförelsen gäller även här Stora Vika cement.

Förvaring i dimma borde således normalt ge en ljusare färg än normalhärdningen. Detta stämmer också enl fig 72 och 73, där betong med Gullhögcement och med tillsats av 1,5 % CaCl_2 har stavvibrerats. Vid vibrering av samma betong på vibrobord får man inte längre det ovan nämnda sambandet (fig 74 och 75).

Spridningen på betongens färg, och då speciellt beträde enskilda värdena inom plattornas yta, är påtagligt större vid förvaringen i vattendimma. Orsakerna härtill är dels en något varierande grad av hydratation genom att dimman oftast samlar sig till vattenrännilar som hela tiden följer samma vägar längs betongytan, men det som kanske ger den största variationen är den kalk-

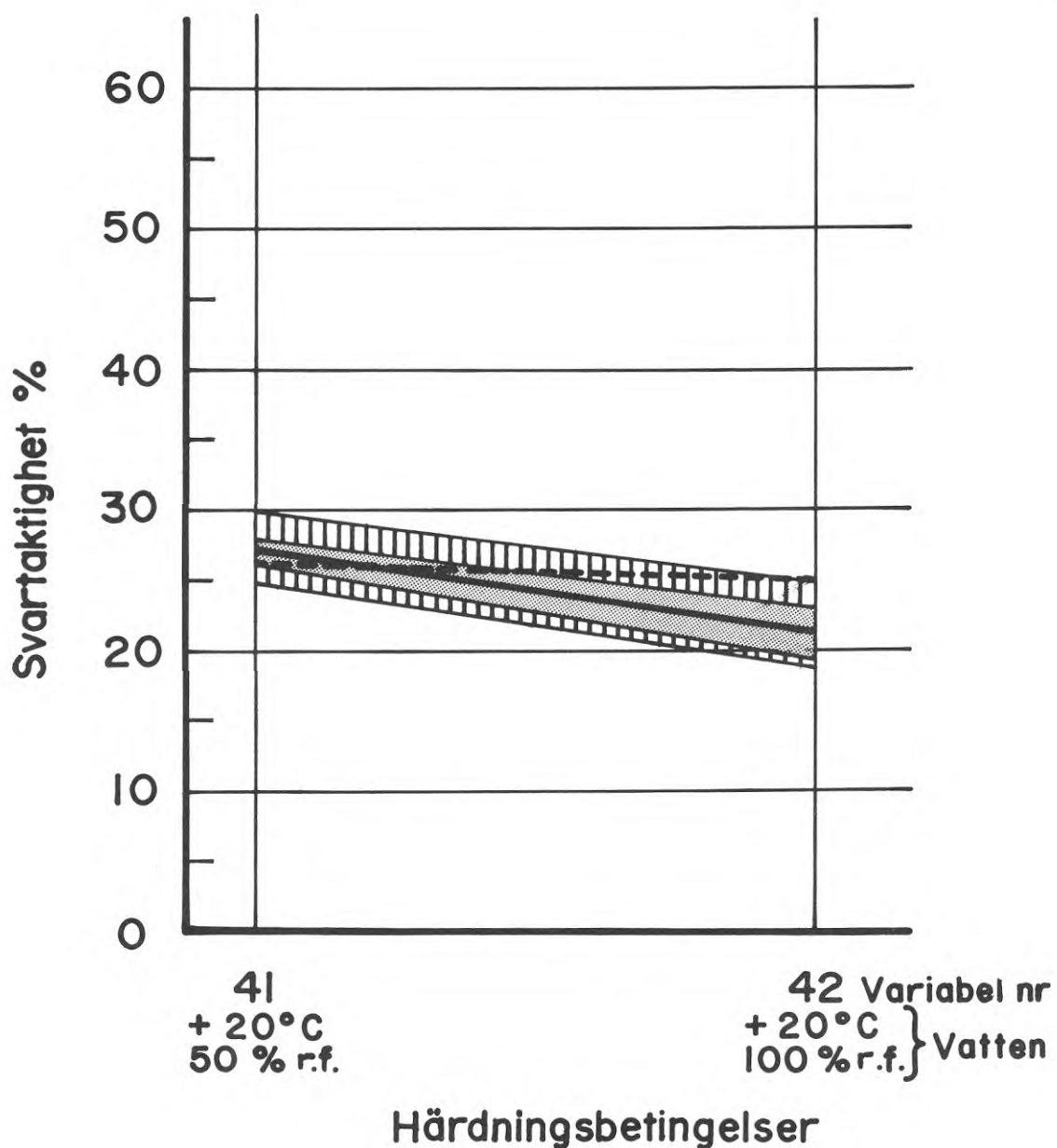


FIG. 66. Härdningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: låg

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Signifikant skillnad.

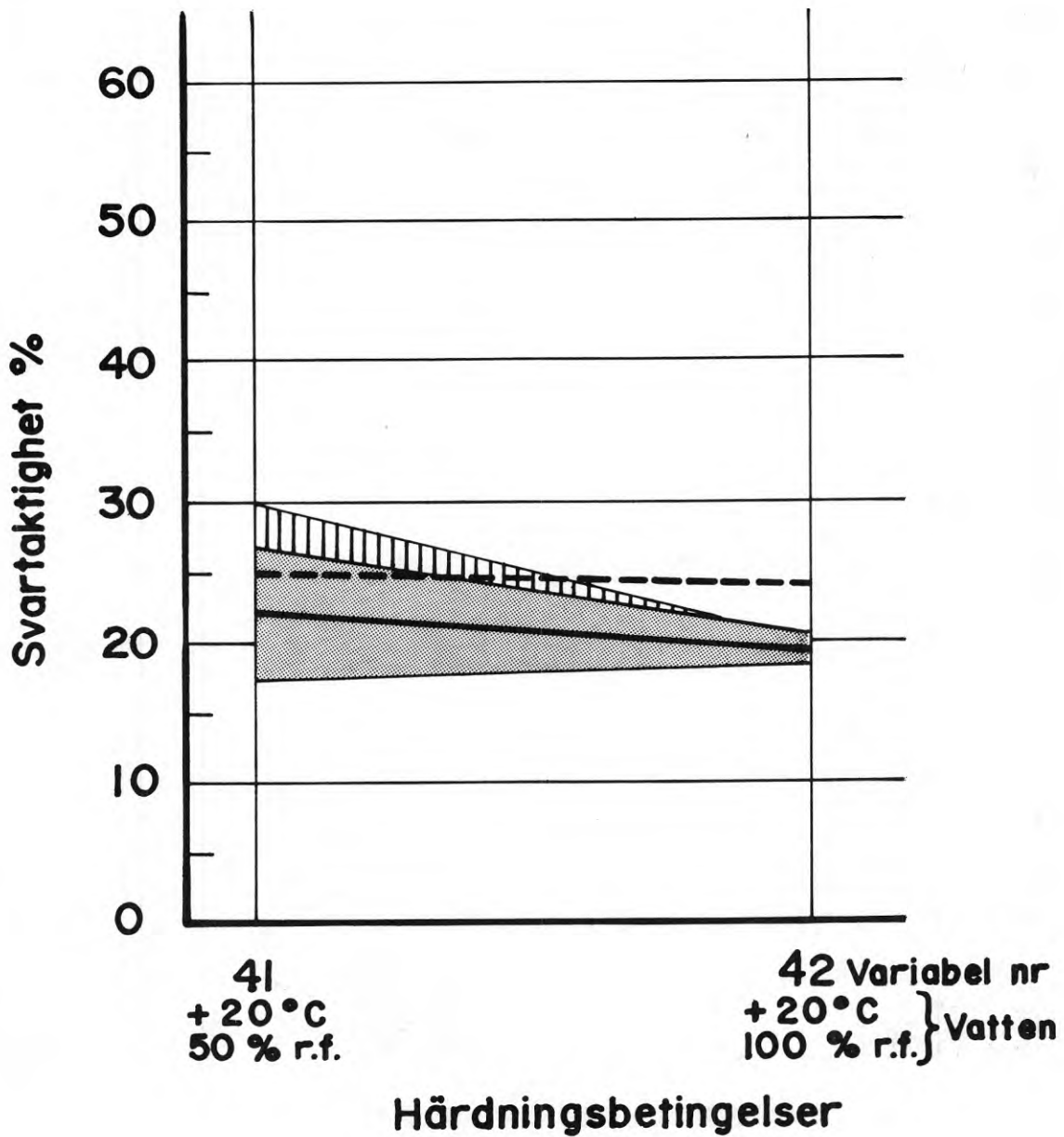


FIG. 67. Härtningsbetingelser.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: låg

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Signifikant skillnad.

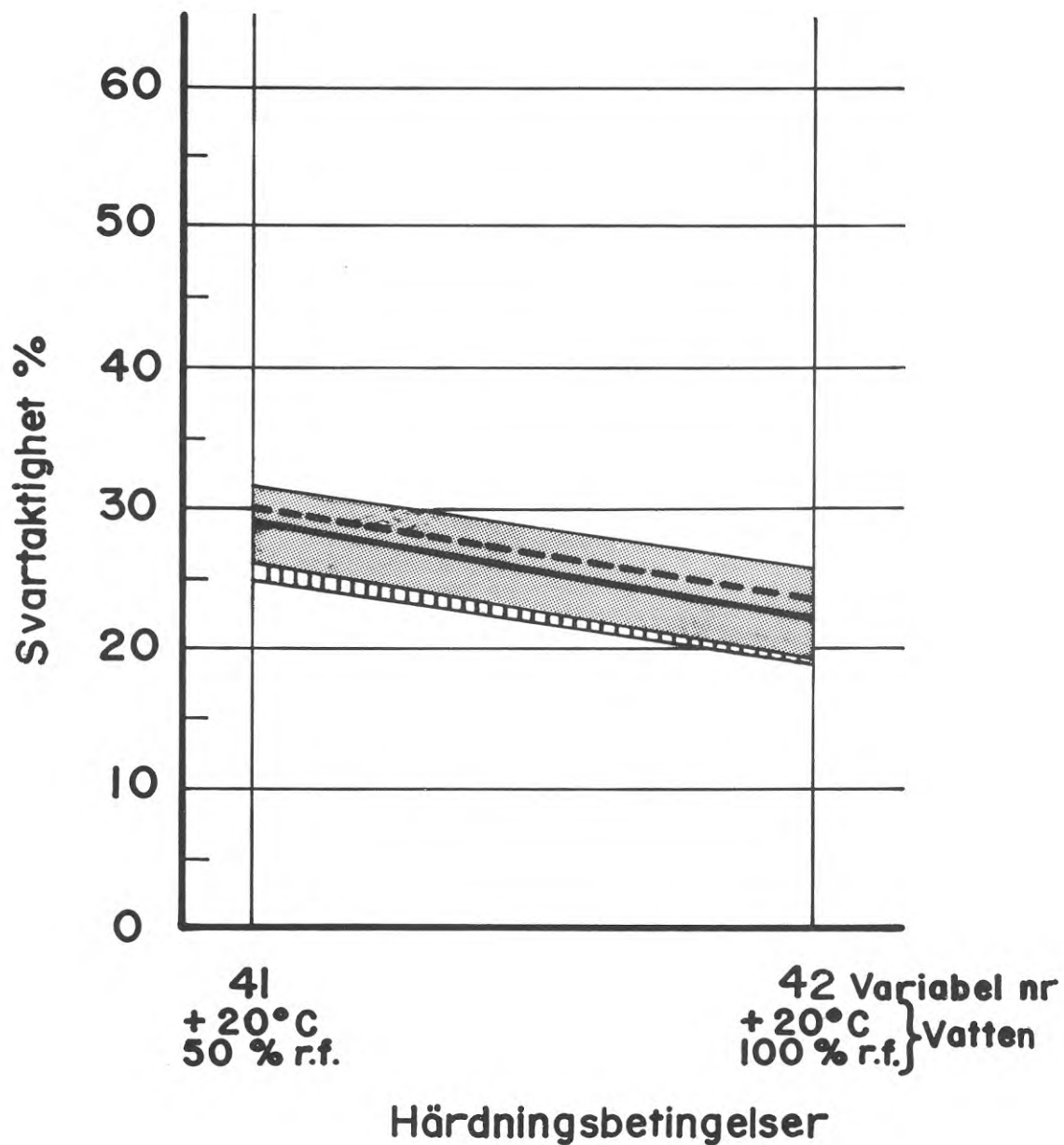


FIG. 68. Härdningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: låg

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Signifikant skillnad.

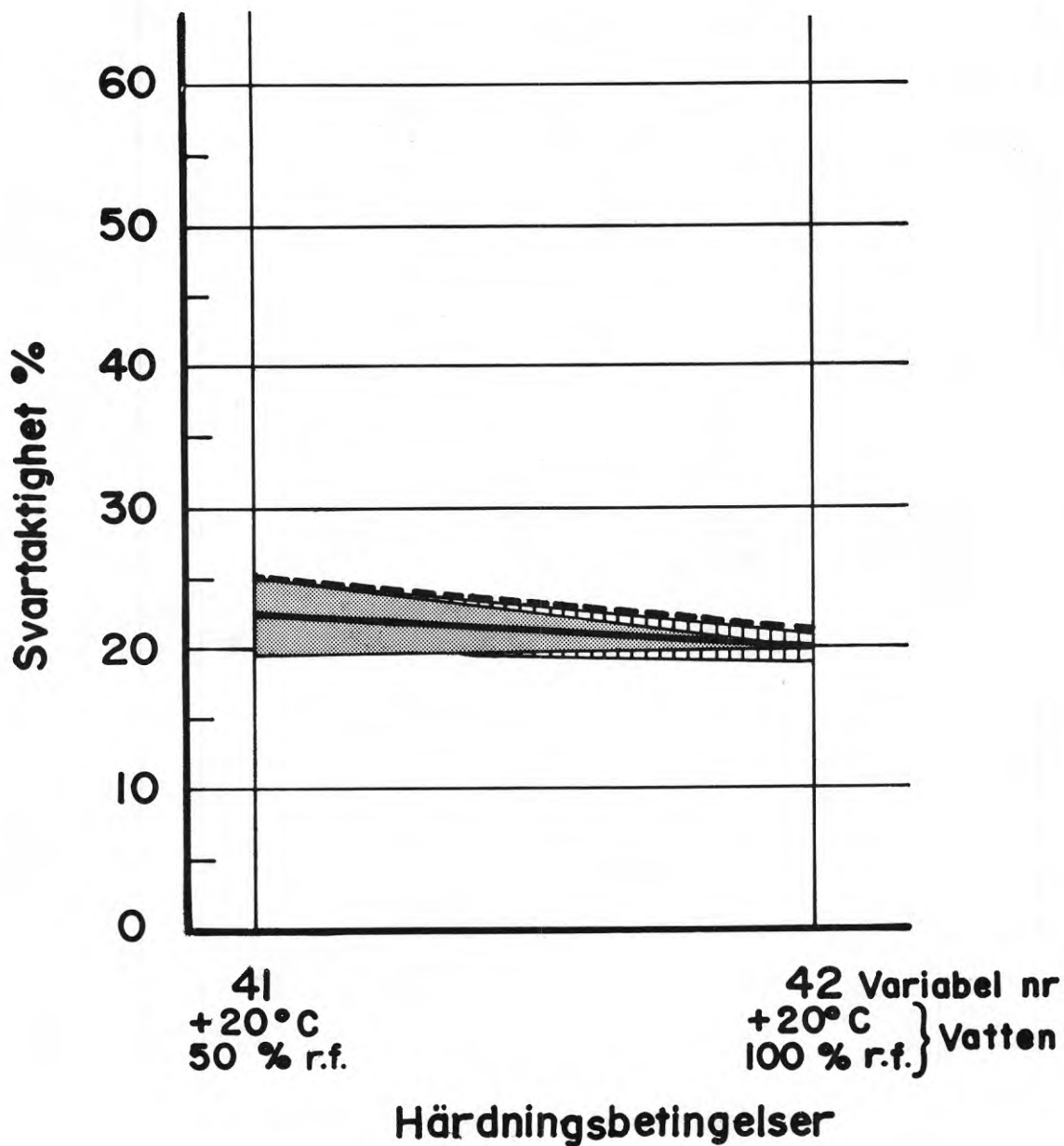


FIG. 69. Härdningsbetingelser.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: låg

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Signifikant skillnad.

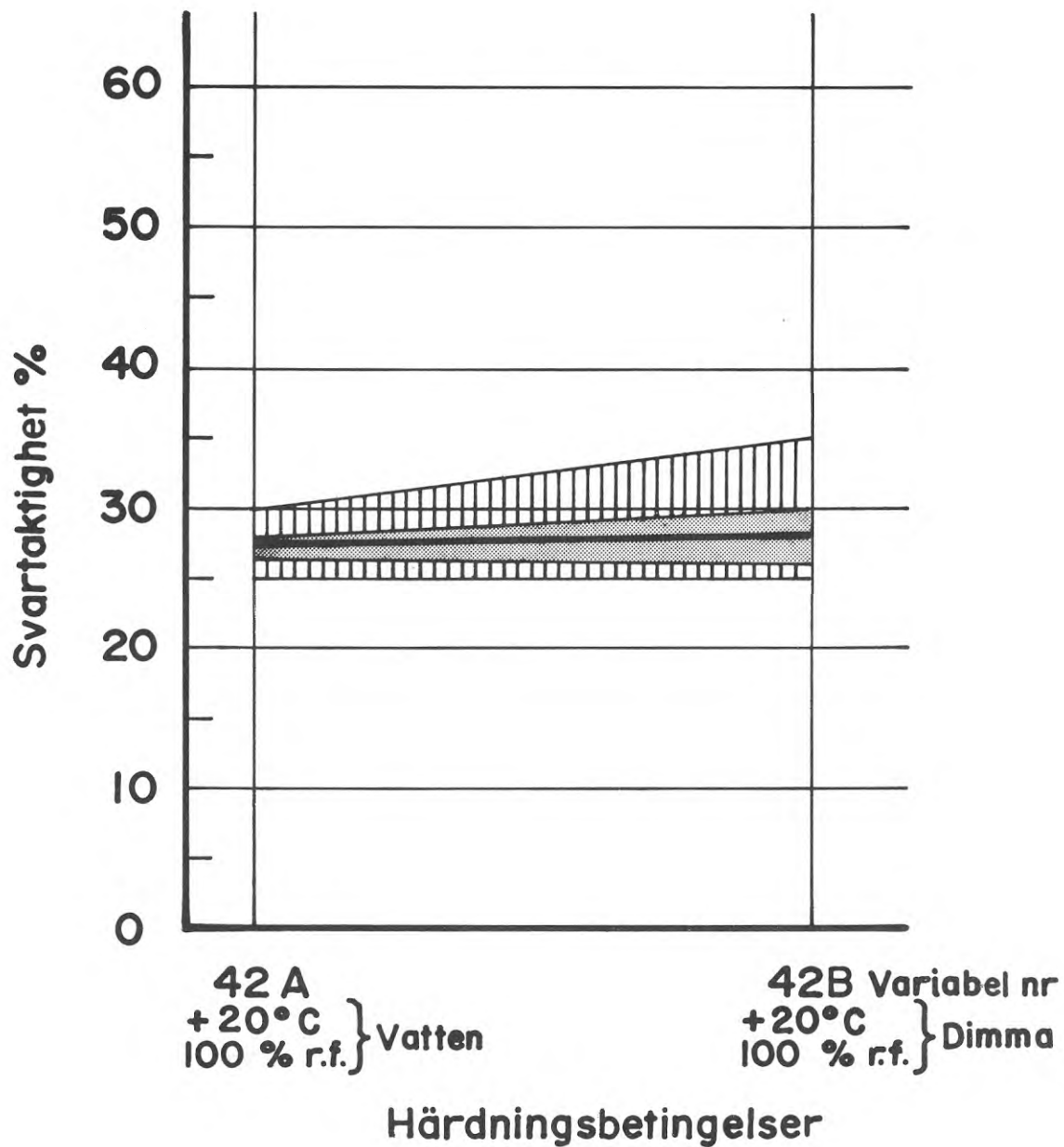


FIG. 70 Härtningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: låg

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Inte signifikant skillnad.

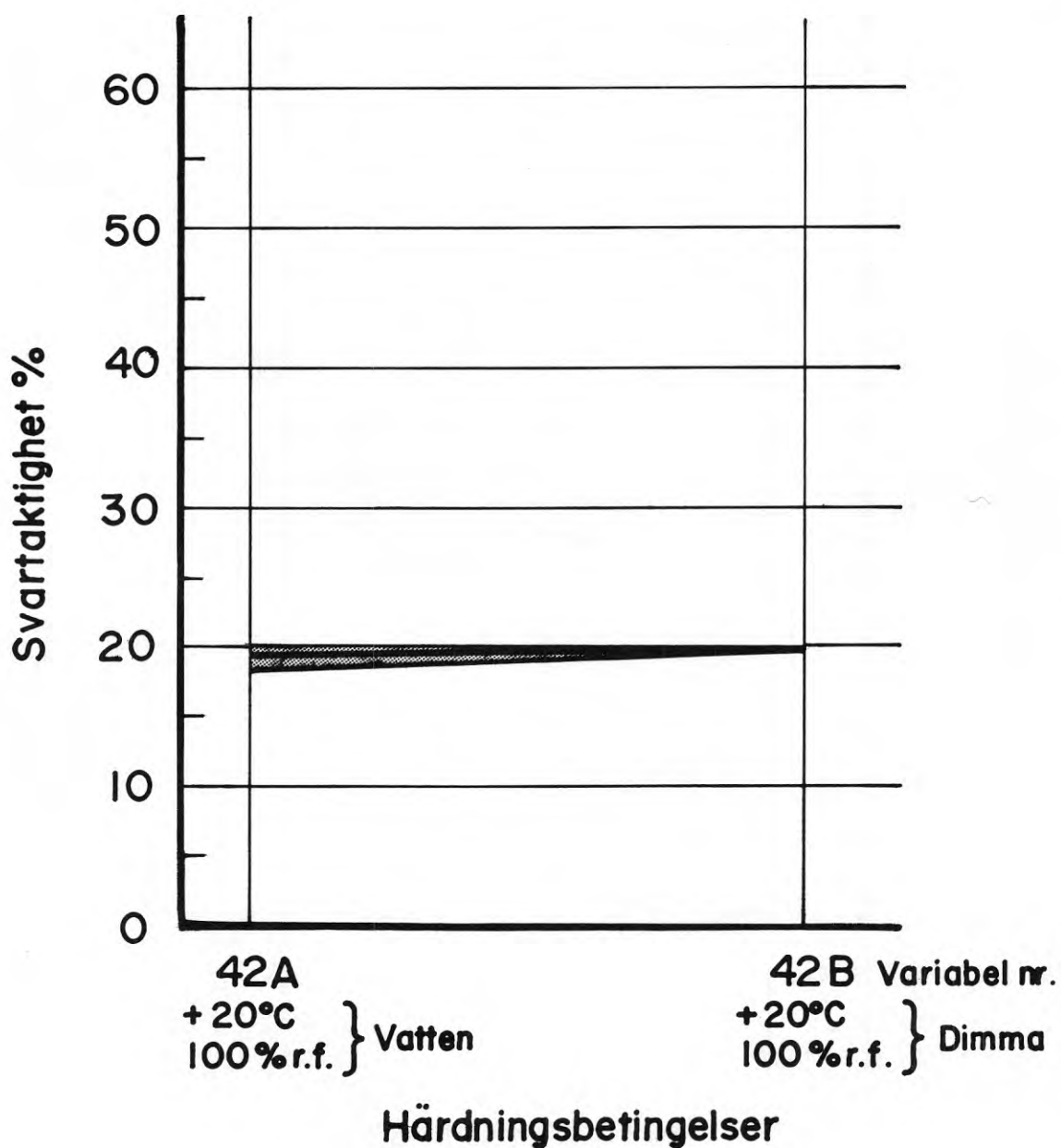


FIG. 71. Härtningsbetingelser.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: låg

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Inte signifikant skillnad.

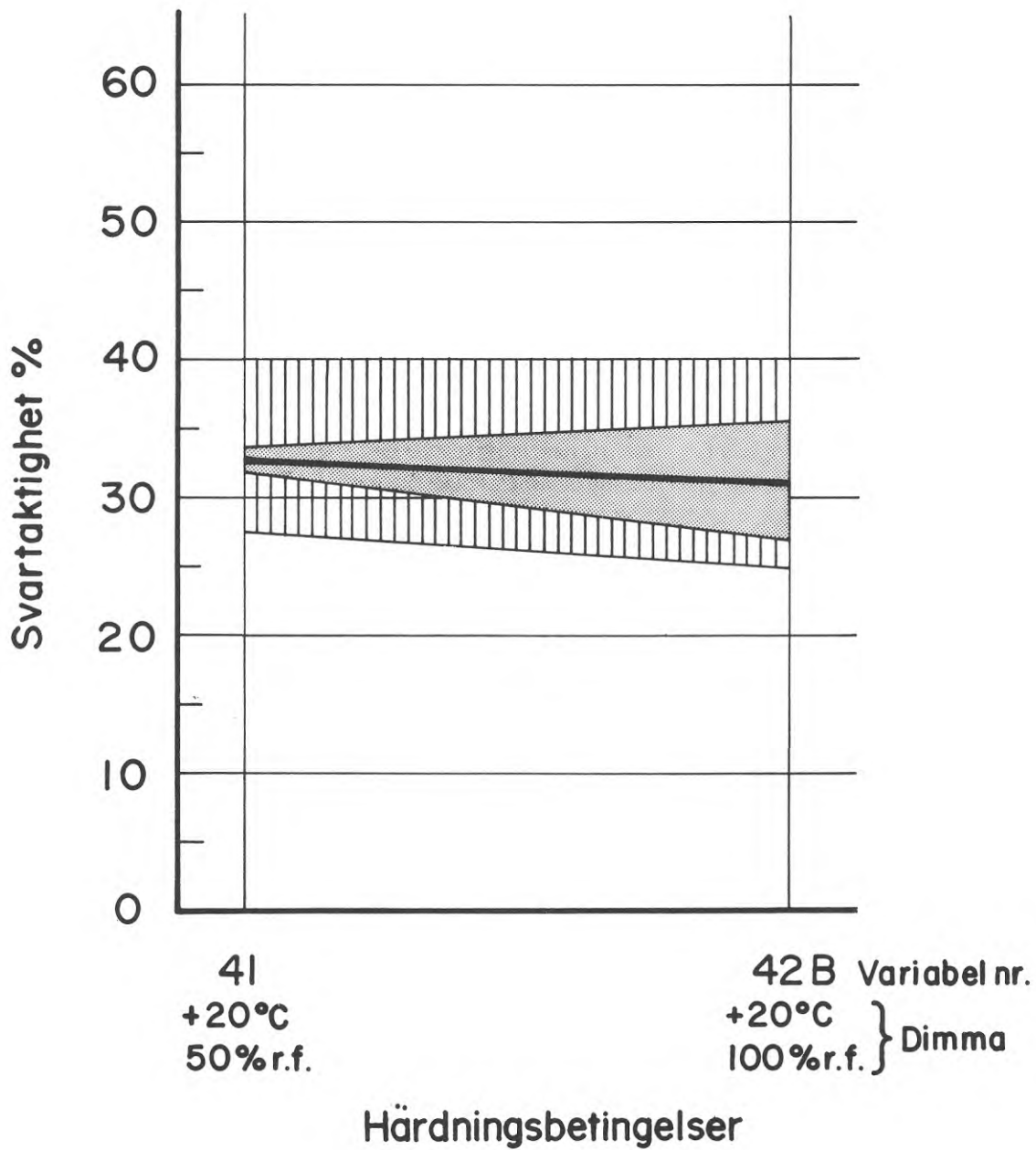


FIG. 72. Härdningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Gullhögen Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: låg

Kalciumklorid: 1,5 %

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Inte signifikant skillnad.

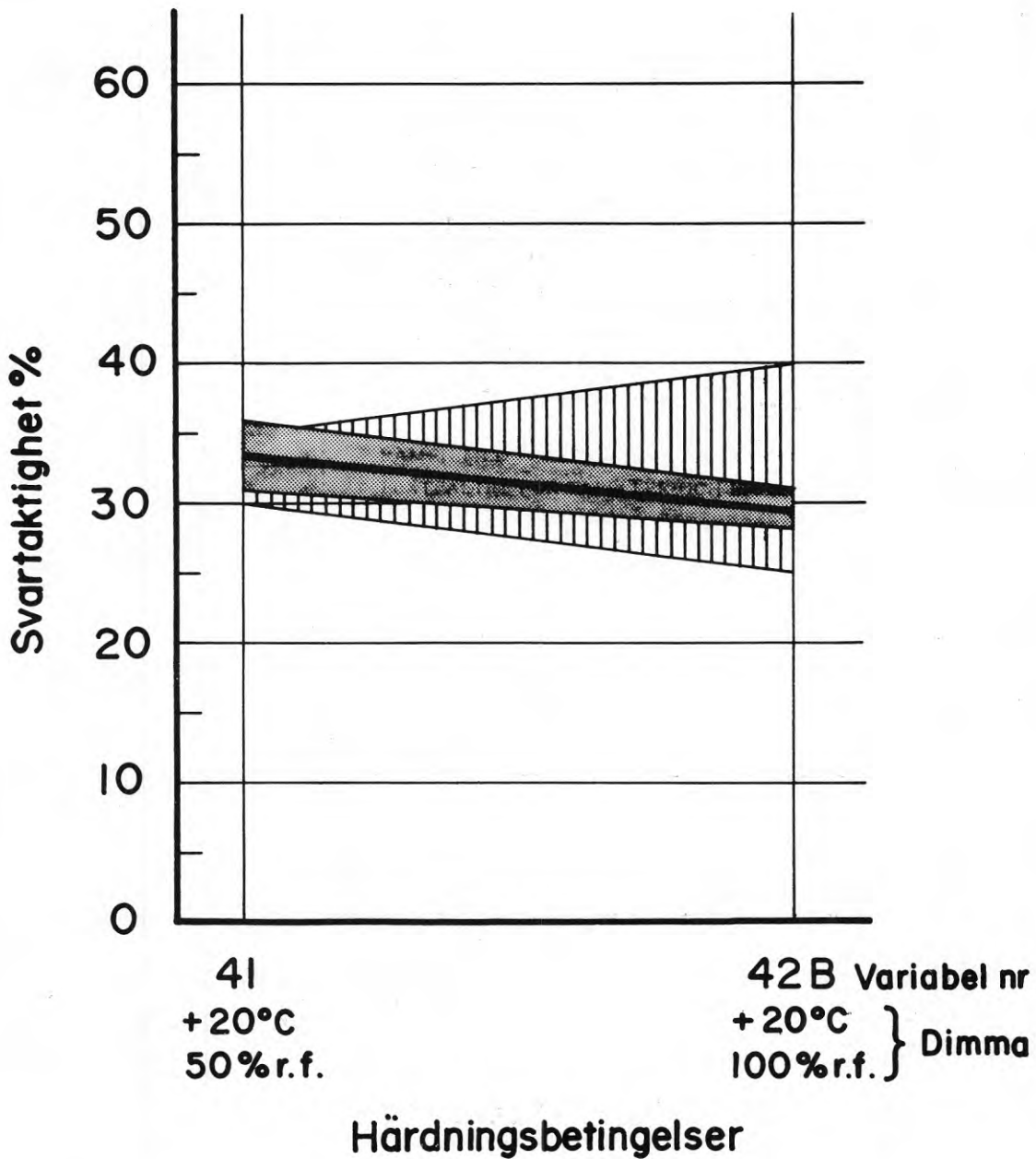


FIG. 73. Härtningsbetingelser.

Plåt

Cement: Gullhögen Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: låg

Kalciumklorid: 1,5 %

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Signifikant skillnad.

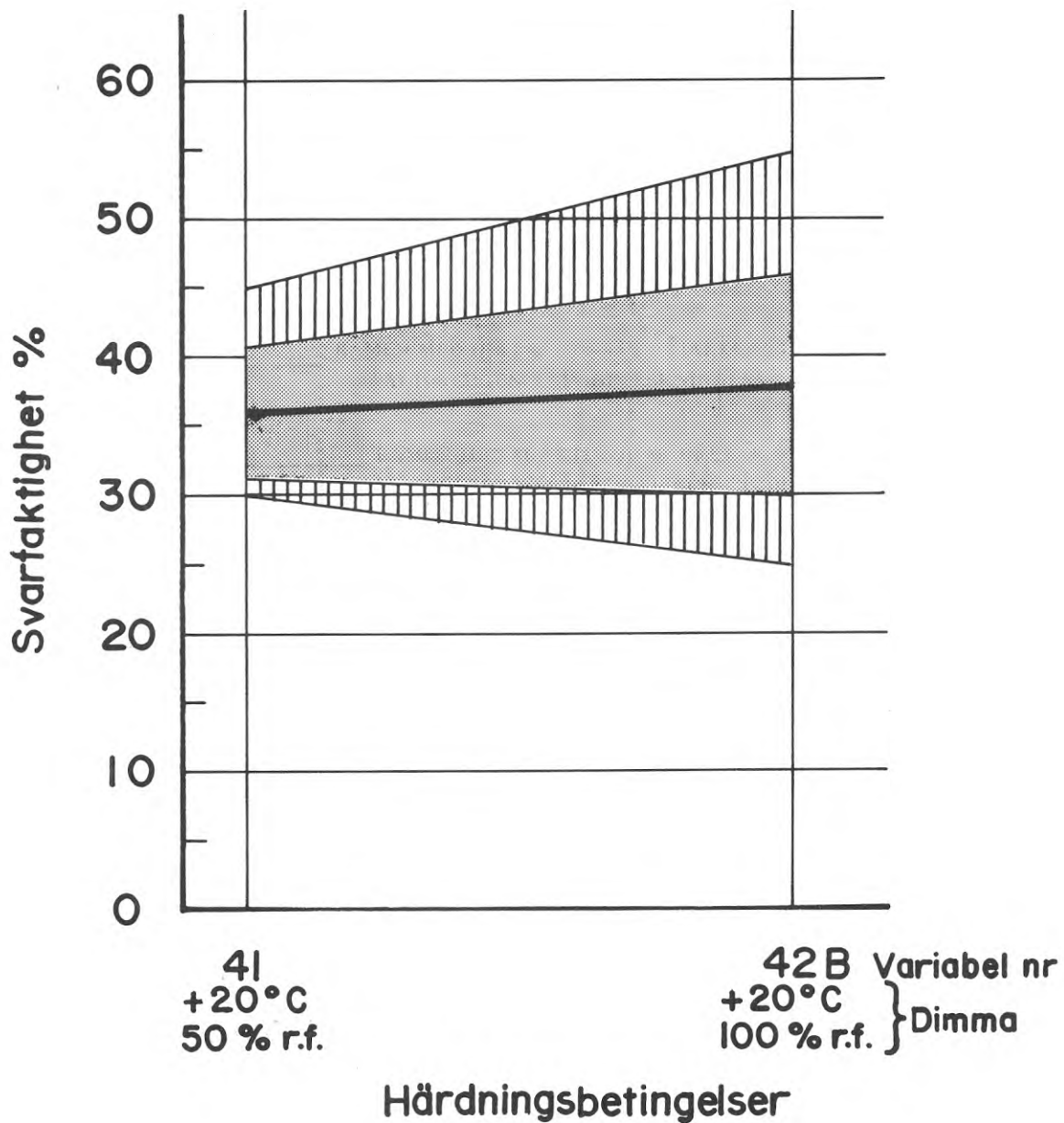


FIG. 74. Härtningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Gullhögen Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: låg

Kalciumklorid: 1,5 %

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Inte signifikant skillnad.

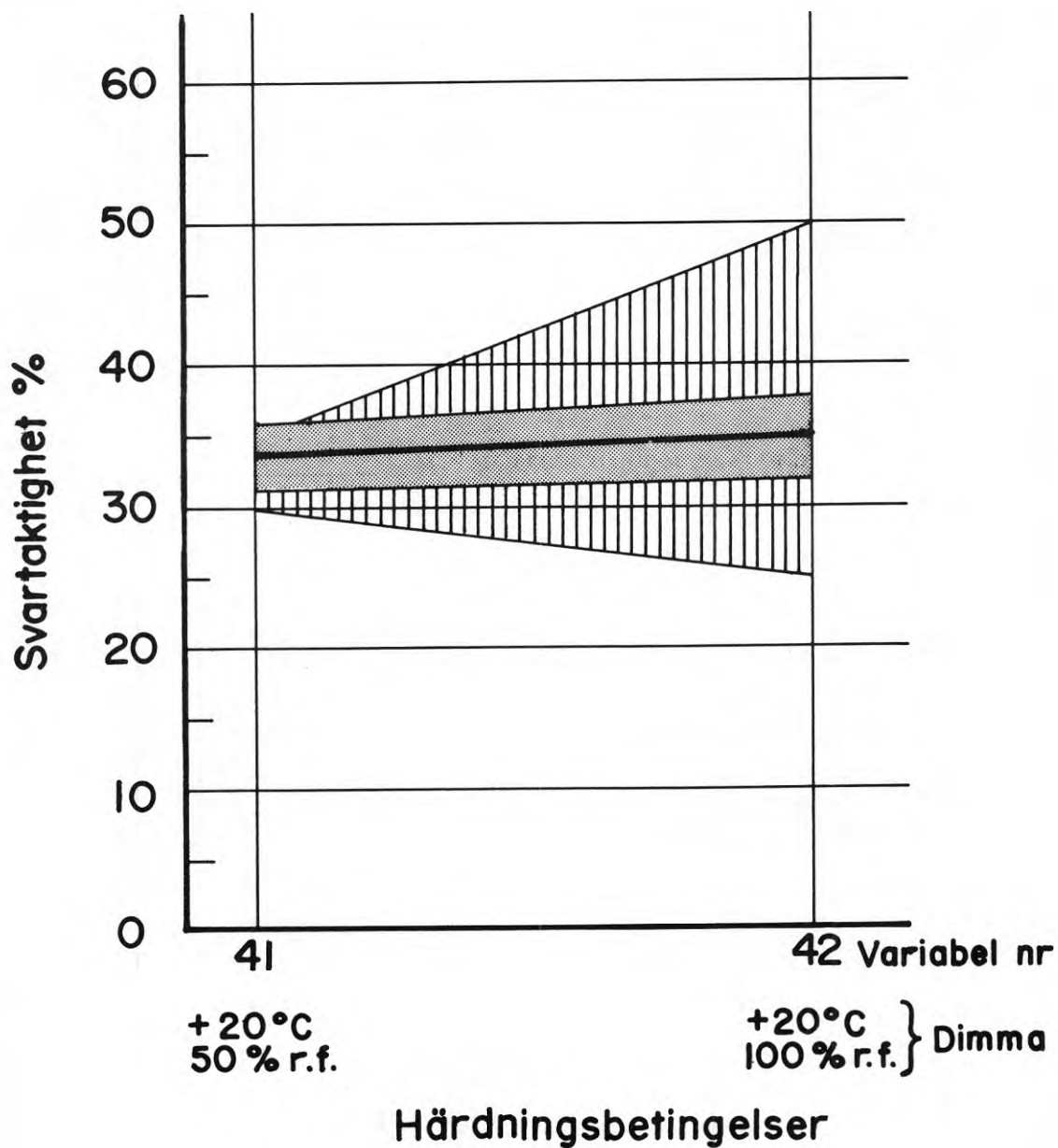


FIG. 75. Härtningsbetingelser.

Plåt

Cement: Gullhögen Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: låg

Kalciumklorid: 1,5 %

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Inte signifikant skillnad.

utfällning som oftast uppkommer när fritt vatten rinner över en betongyta (fig 76). Denna utfällning blir ännu mera påtaglig när man har tillsatt kalciumklorid i betongen (fig 77 och 78).

Ånghärdad betong, i detta fall vid en temperatur av omkring $+70^{\circ}\text{C}$, ger en signifikant ljusare färg än en normalhärdad betong. (Fig 79-82 samt fig 83 och 84). Skillnaderna är något större när betongen har bearbetats med vibrostav. En tendens finns att den ånghärdade betongen har en något större spridning.

De två övriga härdningssätten, uttorkning i ugn och förvaring utomhus, är jämförda med normal förvaring i fig 85 och 86. $+50^{\circ}\text{C}$ i ugn innebär en snabbare uttorkning än vid $+20^{\circ}\text{C}$. Den härigenom försämrade hydratiseringsgraden har orsakat en något mörkare färg. Skillnaden är dock ej signifikant. Utomhusförvaringen har givit signifikant mörkare färg än normalförvaringen endast för betong gjuten mot ohyvat trä.

9 REKOMMENDATIONER BASERADE PÅ FÖRSÖKSRESULTATEN OCH PÅ TIDIGARE ERFARENHETER

Ett betongarbete beskrivet i tidsföljd

Cementsort

Vid val av cementsort bör hänsyn tas till önskemålet om vilken nyans man vill ha på den färdiga konstruktionen. Olika cementsorter ger ljusare resp mörkare slutfärg. Cementsorternas inbördes färgordning framgår av tabell i avsnitt 5.2. Den cementsort man från början väljer måste sedan användas för hela betongarbetet. Färgskillnaderna mellan betong med olika cementsort är i de flesta fall så stor, att man inte utan risk för synliga följder kan byta cementsort under pågående betongarbeten (se exempel i fig 87). Den mindre färgskillnad, som på grund av produktionsmässiga ändringar

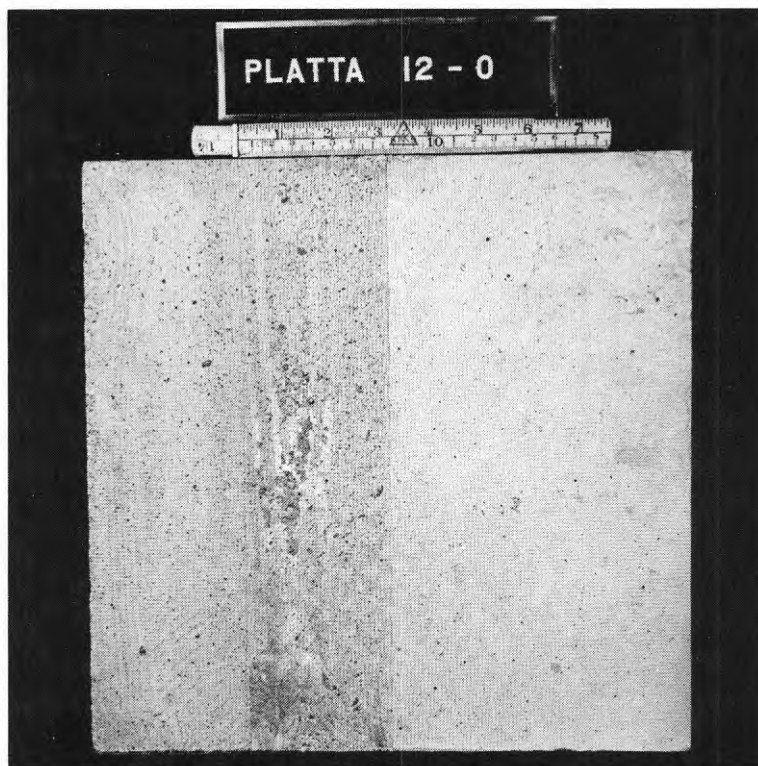


FIG.76. Variationer i betongytans utseende.
Yta till höger gjuten mot plåt.
Betong utan CaCl_2 .
Härdning i vattendimma.

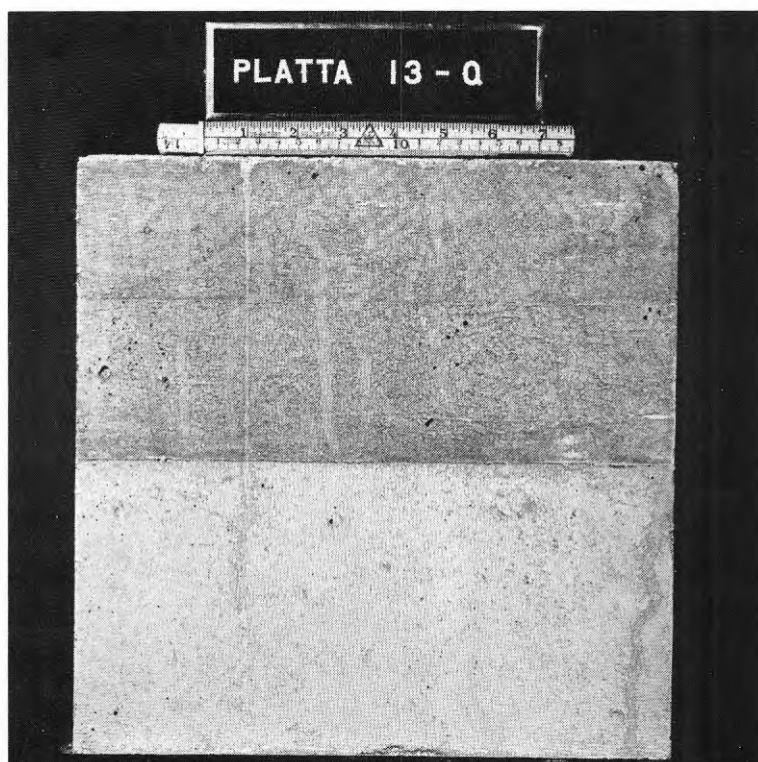


FIG. 77. Övre yta gjuten mot ohyvlat trä.
Undre yta gjuten mot plåt.
Betong med 1,5 % CaCl_2 .
Härdning i vattendimma.



FIG. 78. Yta gjuten mot ohyvlat trä.
Betong med 1,5 % CaCl_2 .
Härdning i vattendimma.

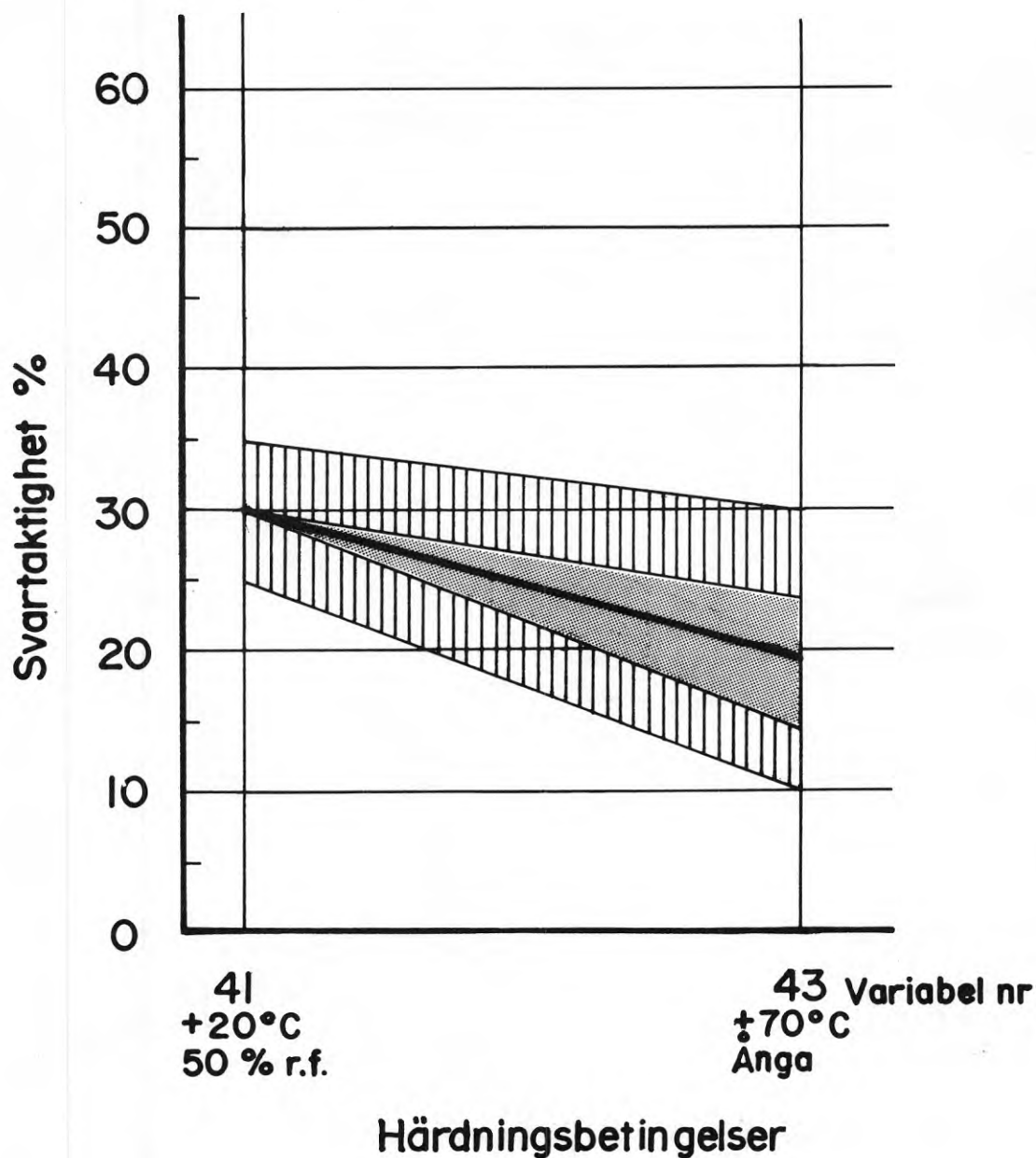


FIG.79. Variationer i betongens svartaktighet vid olika härtningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Signifikant skillnad.

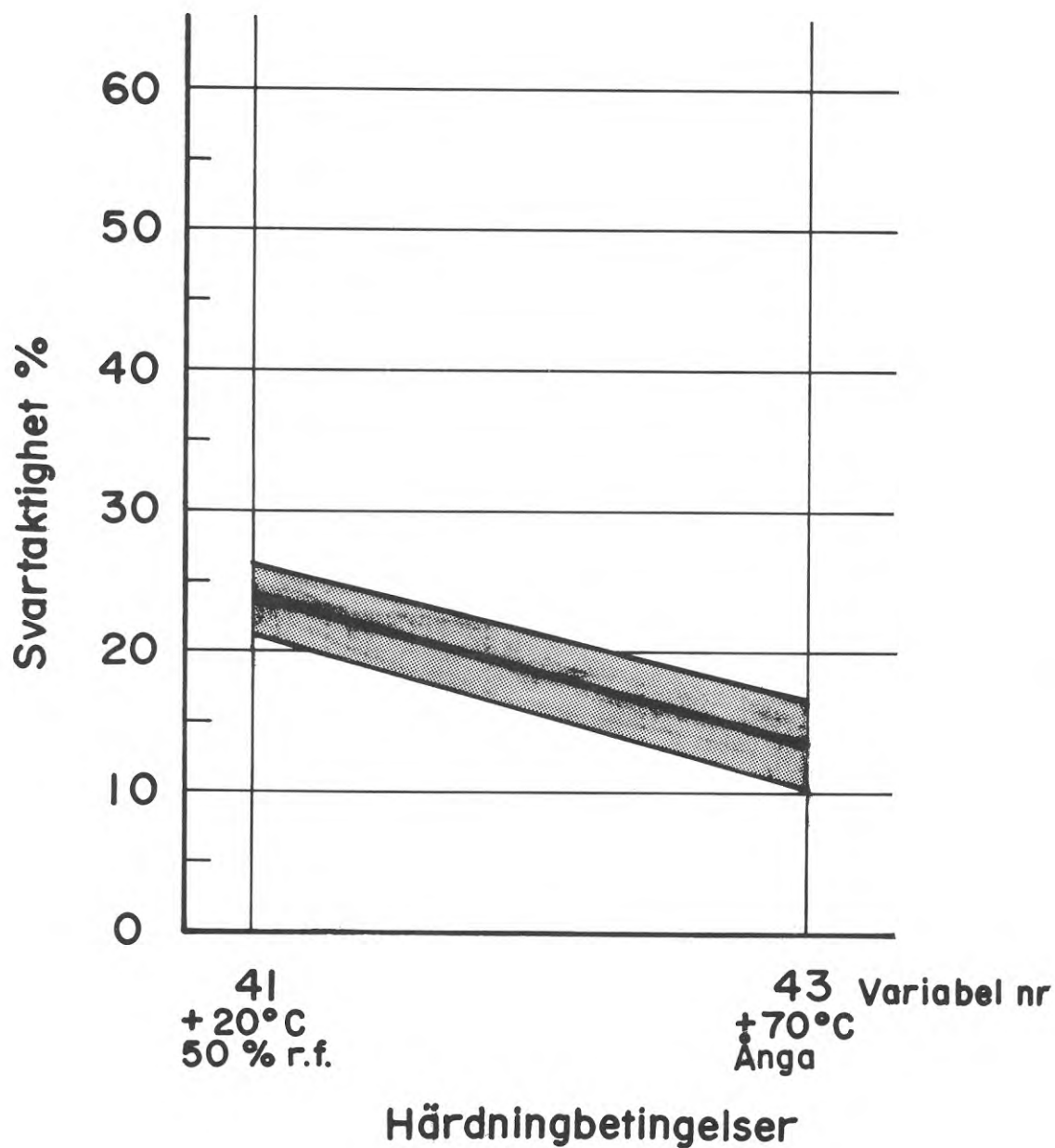


FIG. 80. Härddningsbetingelser.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Signifikant skillnad.

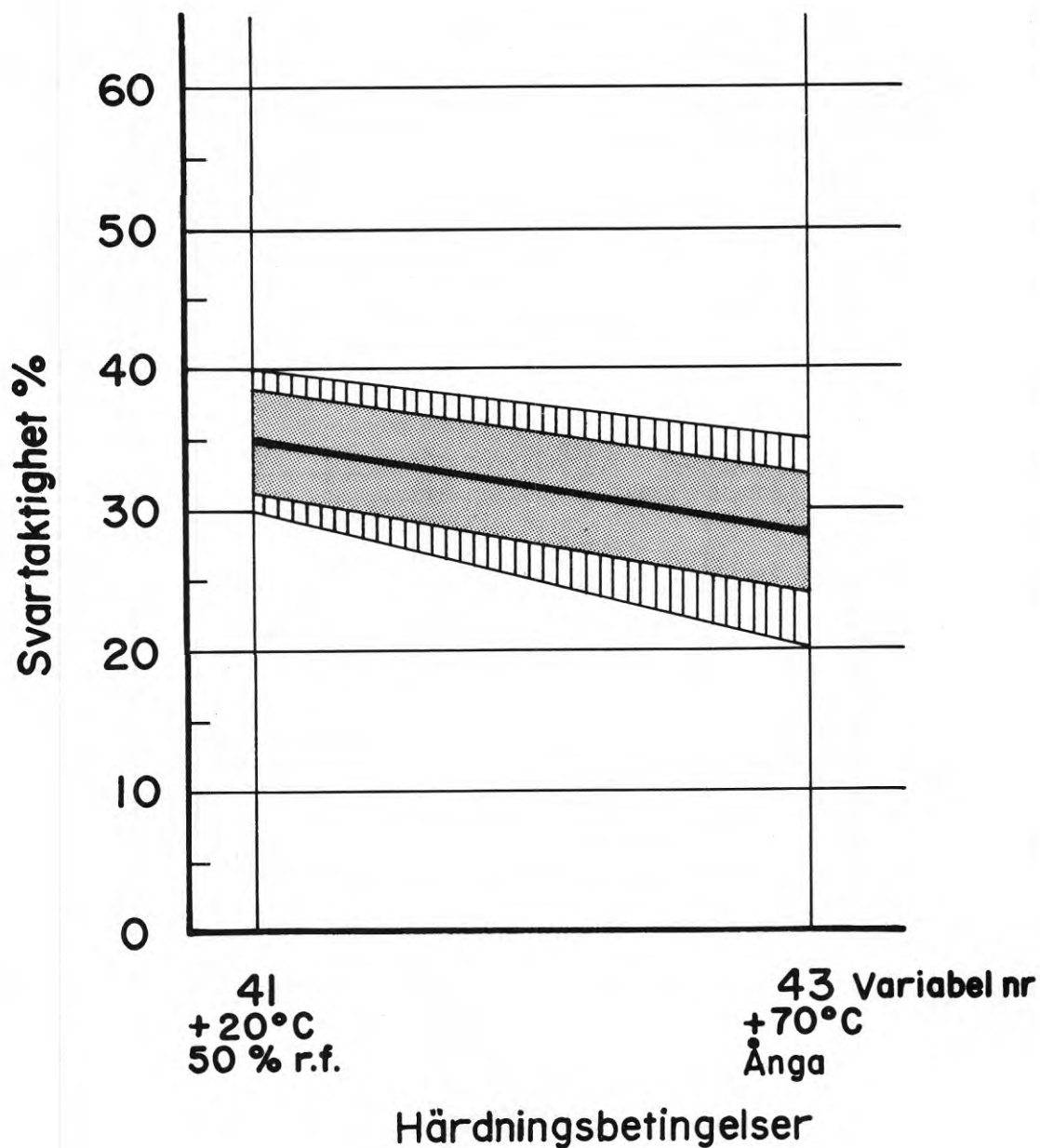


FIG. 81. Härtningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Signifikant skillnad.

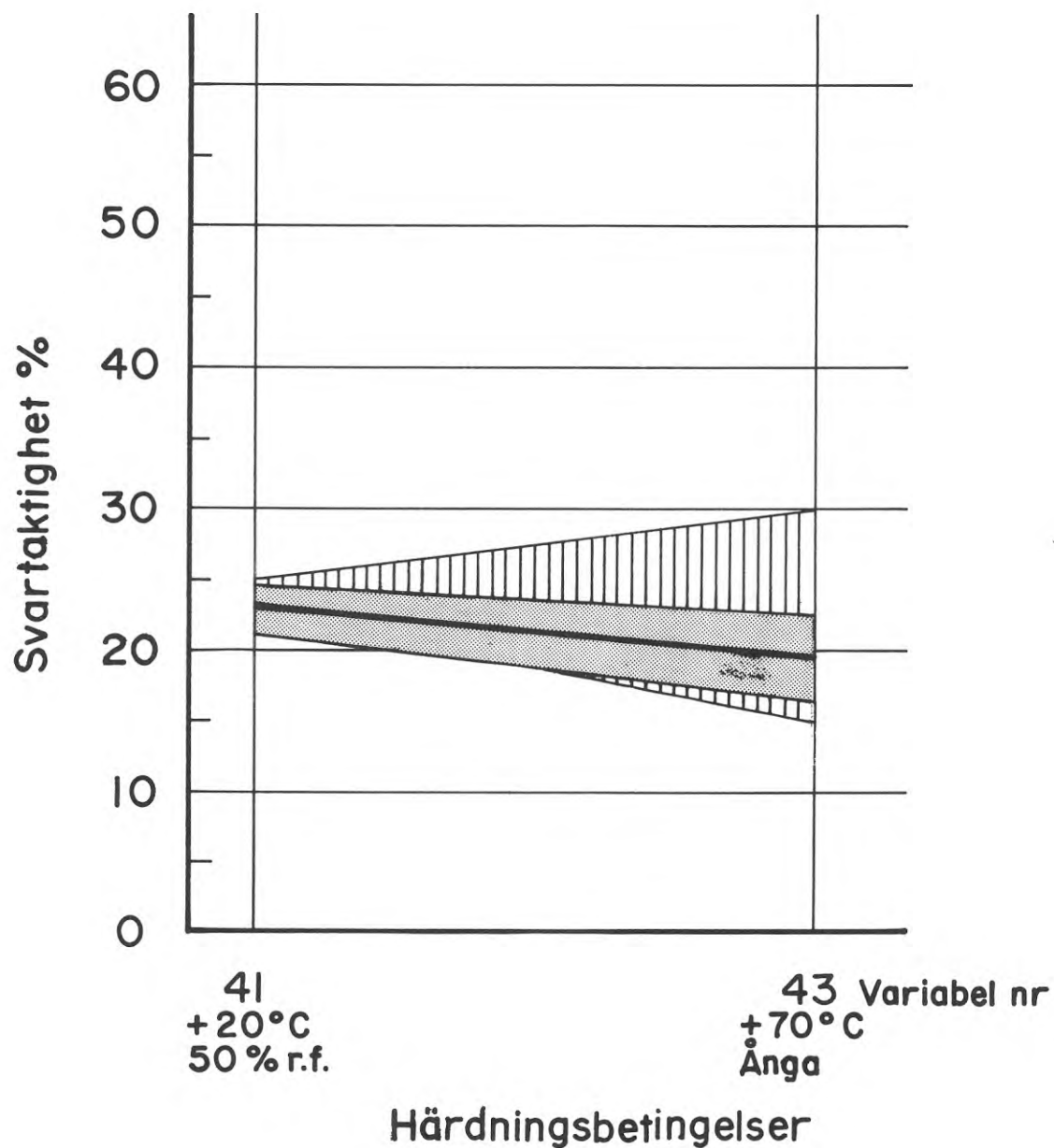


FIG. 82. Härtningsbetingelser.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,55

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering bord, normal tid

Signifikant skillnad

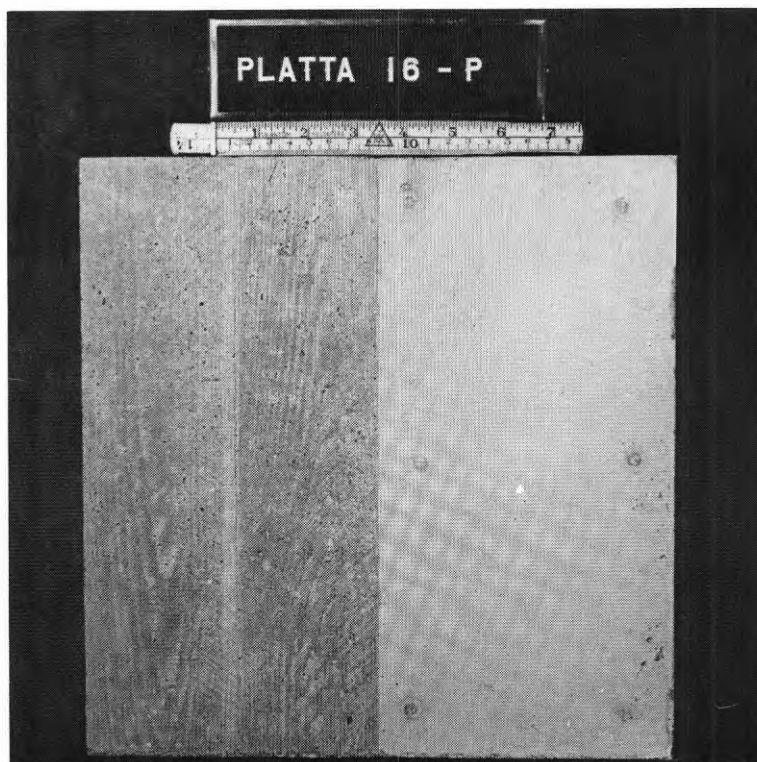


FIG. 83. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
Yta till höger gjuten mot plåt.
Härdning i $+20^{\circ}\text{C}$ och 50 % r.f.

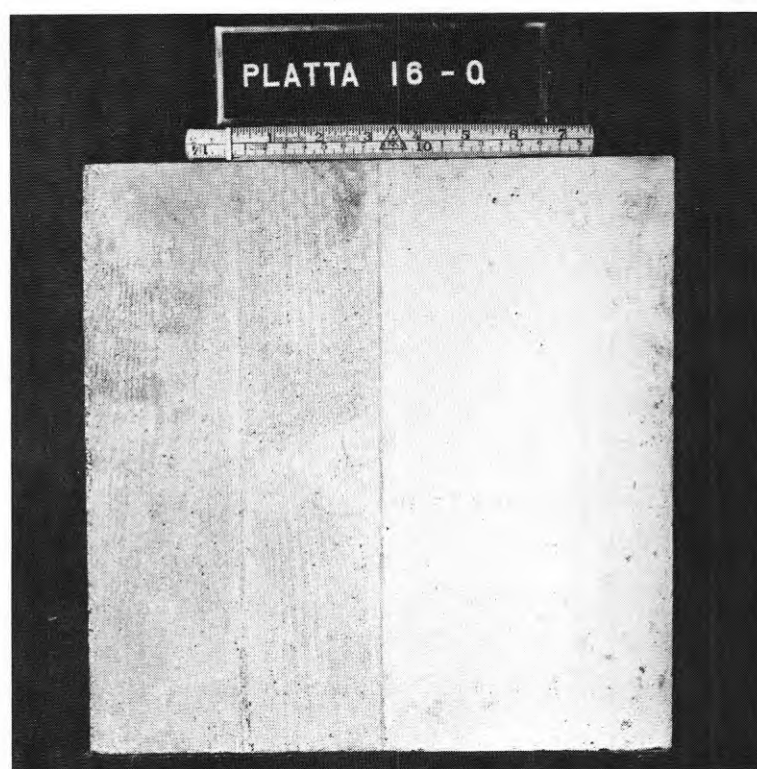


FIG. 84. Yta till vänster gjuten mot ohyvlat trä.
Yta till höger gjuten mot plåt.
Härdning i $+70^{\circ}\text{C}$ och 100 % r.f.

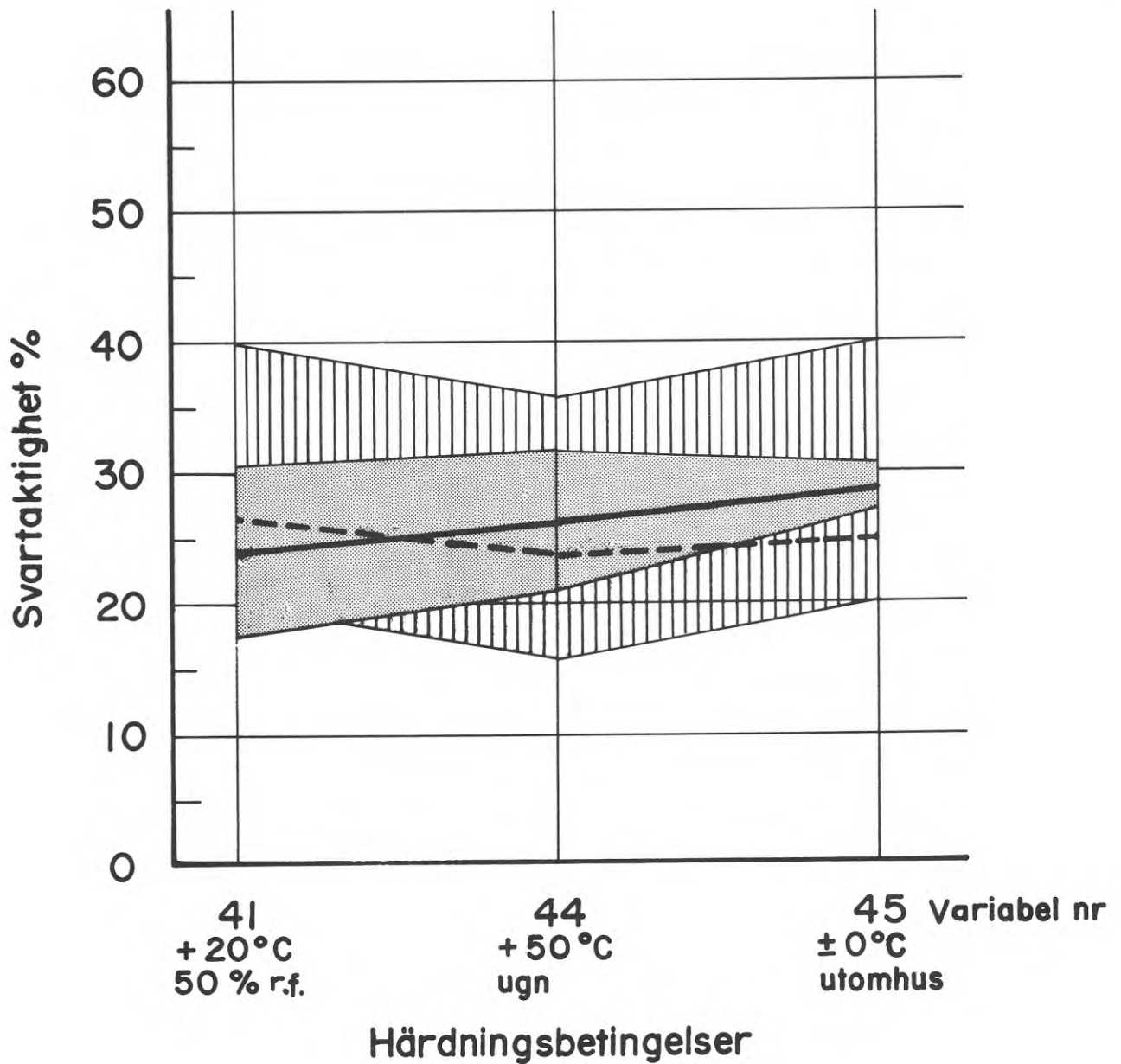


FIG. 85. Härtningsbetingelser.

Ohyvlat trä

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Signifikant skillnad endast mellan variabel

41 och 45.

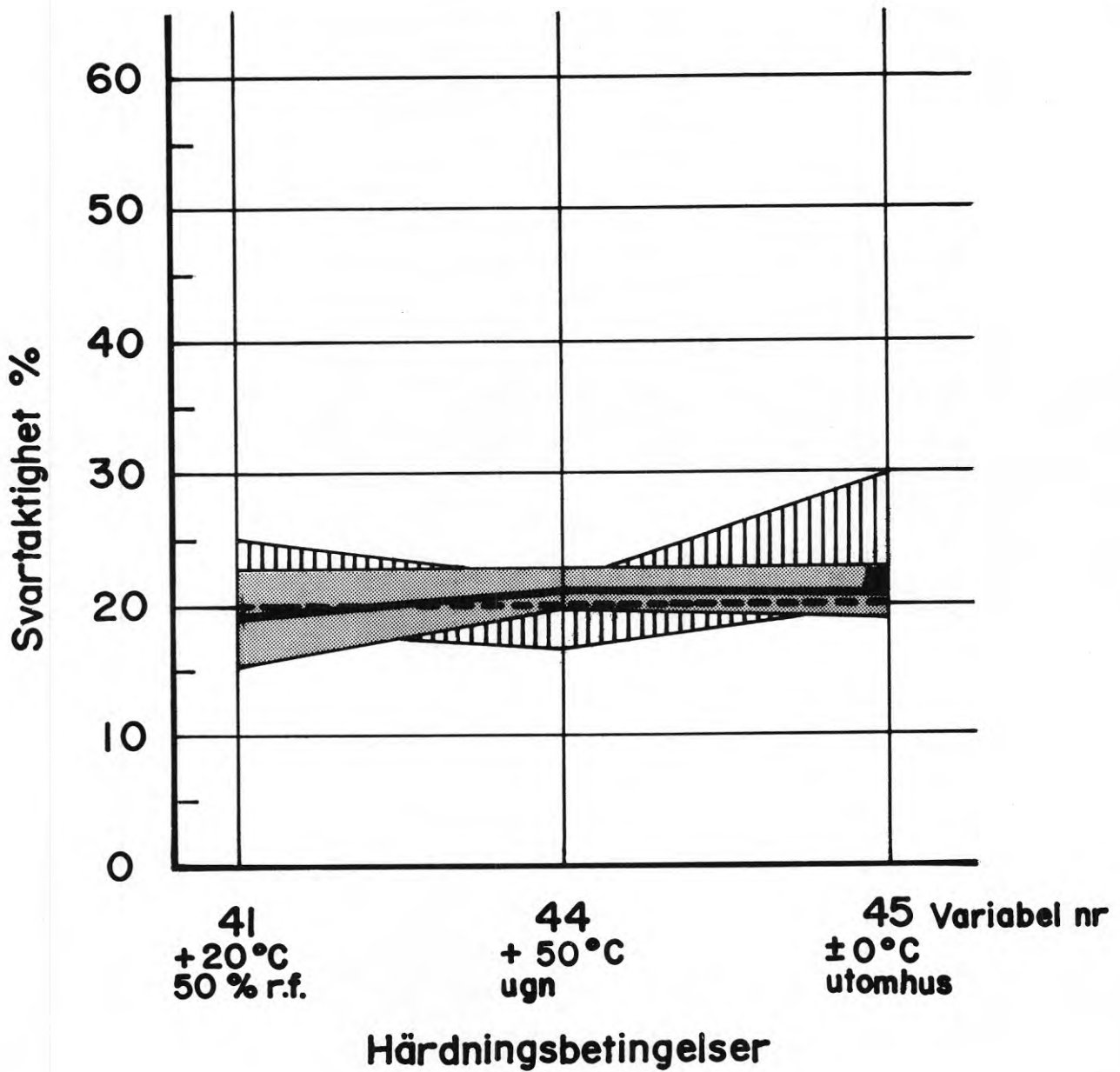


FIG. 86. Härtningsbetingelser.

Plåt

Cement: Stora Vika Std

Vct: 0,70

Finmaterialhalt: hög

Bearbetning: vibrering stav, normalt

Inga signifikanta skillnader.



FIG. 87. Exempel på konstruktion där man i två intilliggande gjutetapper har använt två olika cementsorter.

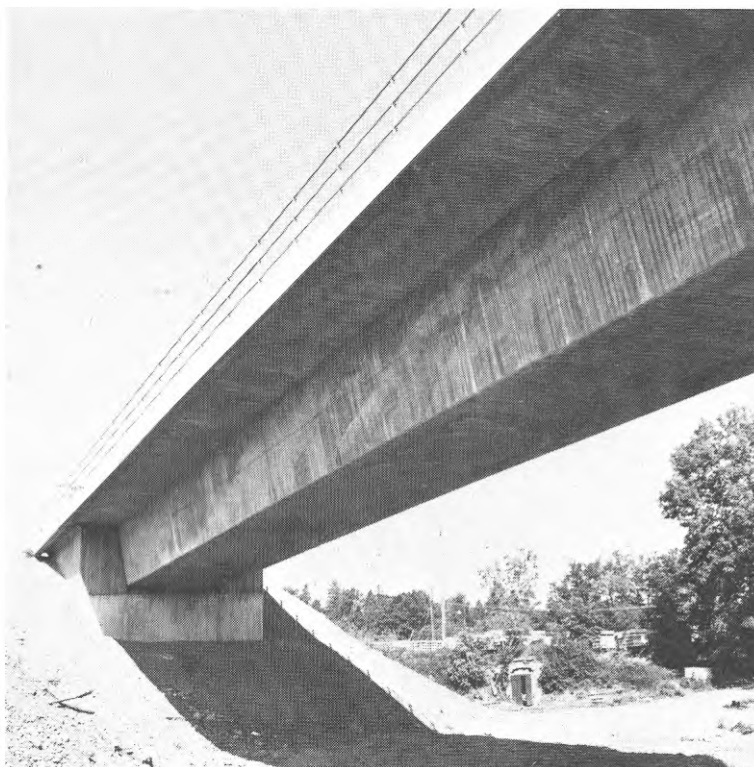


FIG. 88. På grund av varierande betongsammansättning har här gjutfronten tydligt avtecknat sig.

i ett cements sammansättning kan uppkomma, är i regel så obetydlig i sammanhanget, att man kan bortse från den. Skulle man i speciella fall ha mycket höga krav på färgjämnhet kan man istället välja vitcement.

Ballast

De i betong ingående grövre fraktionerna har, beträffande sin egenfärg, ingen påverkan på den färdiga betongytans färg. Materialfärgen hos de finare fraktionerna, som tillsammans med cementen bildar betongens synliga yta, kan däremot påverka slutfärgen. Denna påverkan är dock inte större än att man i utsatta lägen kan byta ballastleverantör utan att några större färgskillnader uppkommer. Vid val av ballast bör man också vara uppmärksam på föroreningar som kan orsaka rostbildning eller andra missfärgningar.

Sammansättning

Praktisk erfarenhet visar att betongens sammansättning är en av de "tung" faktorerna i färgsammanhang. Vad man eftersträvar är en betongmassa, som är stabil och icke-vattenseparerande genom alla behandlingsmoment. Betongens stabilitet måste vara ett absolut krav, eftersom en betongmassas segregation är en av de vanligaste orsakerna till färgvariationer.

För att undvika segregation bör man i första hand styra tre faktorer, nämligen:

Betongens finmaterialandel, som måste vara tillräckligt stor

Betongens konsistens, som inte får vara lösare än trögflytande

Betongens stenhalt, som inte får vara alltför hög.

I vissa länder finns det rekommendationer om att finmaterialdelen (cement + filler $< 0,2$ mm) skall utgöra minst $300-400 \text{ kg/m}^3$.

Ballastens gradering påverkar i sig själv inte nämnvärt betongens färg men kan däremot indirekt genom ändrat vct orsaka färgändringar.

En strävan skall således också vara att hålla ett så jämnt vattencementtal som möjligt. De variationer i vct som vid normal betongtillverkning förekommer inom samma betongkvalitet är i regel acceptabla med tanke på färgskillnader, men vad som däremot inte är acceptabelt är de mycket stora färgskillnader som uppkommer genom de stora vct-variationer som i sin tur orsakas av separation under betongens hantering och bearbetning.

Tillsatsmedel

Vissa tillsatsmedel kan, enbart genom sin egenfärg, även påverka betongens helhetsfärg. (Se fig 89). Luftporbildande medel kan också förbättra en betong med segregationstendenser och härigenom minska färgojämheten. Vattenreducerande tillsatsmedel kan ha samma gynnsamma effekt men kan, just genom vattenreduceringen, även obetydligt ändra helhetsfärgen.

En tillsats av kalciumklorid ger i stort betongen en ljusare färg men orsakar samtidigt en större färgojämhet. (Se vidare betr CaCl_2 under avsnittet om härdning).

Form och formsläppningsmedel

En av grundförutsättningarna för en form är att den skall vara tät i skarvarna. Uppfylls inte detta krav, får man mycket störande färgskillnader på grund av att vatten och cementslam läcker ut i skarvarna (fig 90).

Om man väljer att använda täta och icke vattenabsorberande formmaterial, har man - om man samtidigt uppfyller övriga förutsättningar - störst möjlighet att få en jämnfärgad betong. Men om man inte har tillräcklig kontroll över de faktorer som påverkar betongens färg,

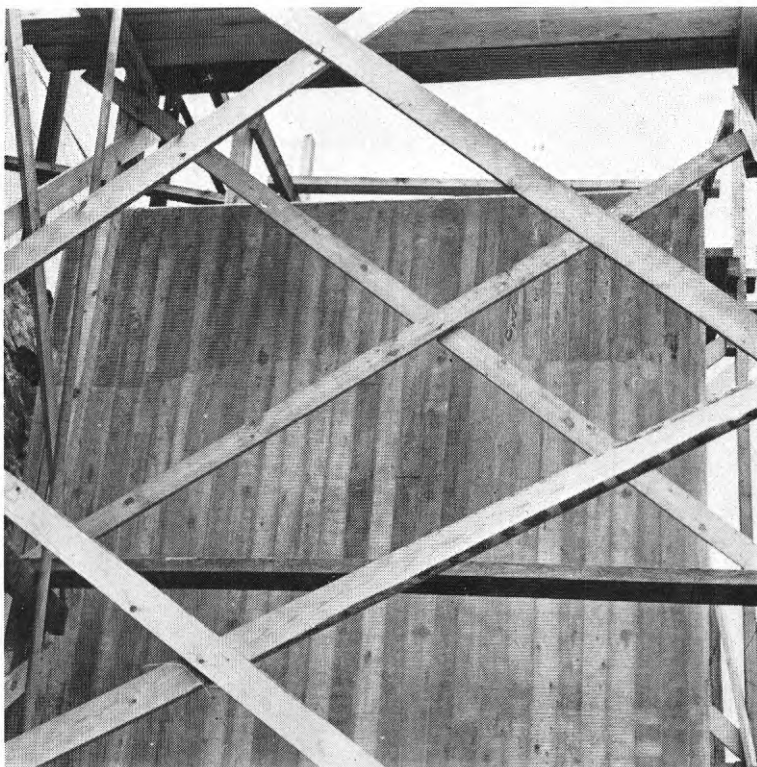


FIG. 89. Genom tillsats av ett luftporbildande medel har det övre betongskiktet fått en mörkare och mera brunaktig färg.

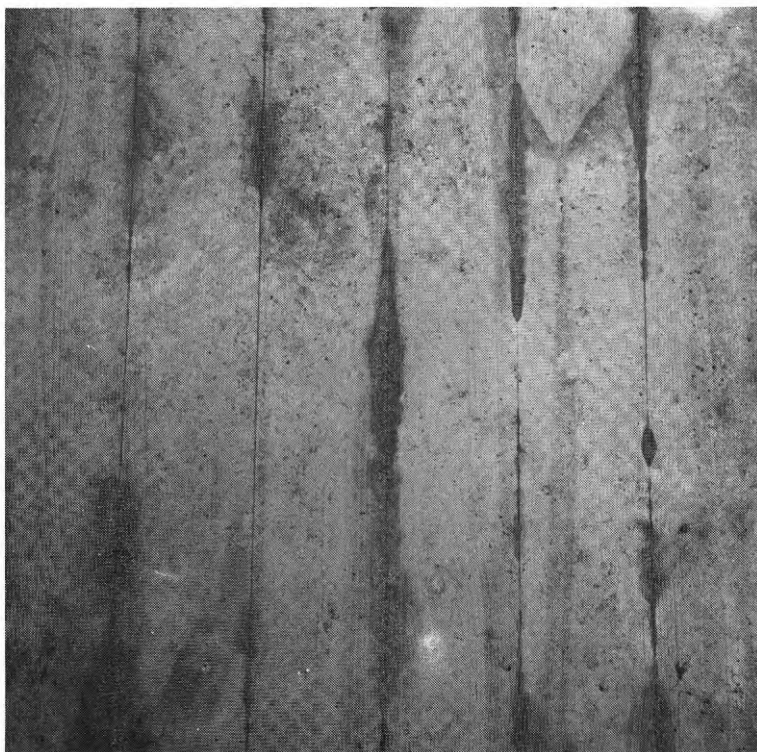


FIG. 90. Betongyta gjuten mot träform som haft otillräcklig täthet mellan bräderna.

har man vid denna typ av formmaterial också de största möjligheterna att få störande färgskillnader på betongytorna. En betong som segregerar under hantering och bearbetning och som därigenom får en varierande vattenhalt i ytskiktet mot formen bibehåller, vid icke absorberande form, dessa olika vattenhalter, som sedan ger upphov till olikfärgning. Vid absorberande formmaterial erhålls i nämnda fall en viss utjämning av vattenhalten och därmed en minskning av färgskillnaderna.

Användning av icke absorberande form innebär också större risker vid användning av formsläppningsmedel. En ojämn eller för tjock påstrykning av en del formsläppningsmedel innebär oftast påtagliga variationer i betongens färg. Varmvalsad plåt (svartplåt) får vid tillverkningen en mer eller mindre märkbar vågighet vinkelrät mot valsningsriktningen. Vid användning av sådan plåt i en horisontell form får man, på grund av nämnda ojämnheter, ofta vissa koncentrationer av det påförda formsläppningsmedlet. Även medlets egen ytspänning kan medverka till dessa koncentrationer. Denna ojämna tjocklek ger upphov till ojämnheter i betongytans färg. Varmvalsad plåt kan också ha olikheter i ytstrukturen. Även vid en, som man tycker, jämn och tunn påföring, kan mera formsläppningsmedel fastna på de ställen där plåtytan har en mera "ruggad" struktur. Betr lämpligt formsläppningsmedel för plåt se avsnitt 8.7.

Vid användning av sugande form, t ex ohyvlat trä, har man i avsevärt mindre grad ovannämnda problem i samband med formsläppningsmedel. Dels får man genom formens absorption en viss utjämning av ett ojämnt påfört medel och dels döljs ofta mindre, av formsläppningsmedlet orsakade, färgojämnheter av det mönster som bildas på betongytan av formträets ådring. Resultaten av föreliggande undersökning visade bl a att det, vid användning av form av ohyvlat trä, inte hade någon avgörande betydelse för betongens färg vilket formsläppningsmedel som användes.

De kanske mest iögonfallande färgvariationer som uppträder på betongkonstruktioner är sådana som orsakats av olikheter i formvirke. En av dessa olikheter gäller träets fukthalt vid gjutningen. Fig 91 och 92 visar betongkonstruktioner där man troligen använt formvirke med varierande fukthalt. Dessa variationer uppkommer ofta på byggnadsplatsen genom att virket t ex förvaras i olika staplar, där någon stapel är täckt medan en annan utsätts för regn och fukt.

Betongen gjuten mot en form av fuktigt virke, och som således absorberar en mindre del av vattnet i betongen, får en ljusare färg. Enligt uppgifter i litteraturen förstärks ofta denna ljusare färg ytterligare genom att kalkutfällningar mestadels uppkommer på denna typ av betongytor. (Fig 92).

Färgskillnader som också är beroende av formens olika sugning uppkommer i de fall, då man kombinerar nytt formvirke med tidigare använt. (Fig 93). Även om man i detta fall har förvarat formmaterialen under samma väderleksförhållanden, får det tidigare använda virket, genom att det till viss del är mättat med cementslam och formsläppningsmedel, en mindre absorberande förmåga och ger därför en ljusare färg.

Ytterligare en typ av färgskillnader som är beroende av formvirkets lagring framgår av fig 94. Betongens mörka delytor har gjutits mot trä som utsätts för solbelysning. Dessa skillnader i virket uppkommer i huvudsak under den tid bräderna ligger i torkstaplar vid sågverket, men kan delvis också uppkomma under en längre förvaring på byggnadsplatsen. Solbelysning av bräder orsakar också färgskillnad hos virket. Detta innebär, att en entreprenör vid inköp av formvirke (eller på byggnadsplatsen) kan göra en viss grovsortering för att undvika de mest missfärgande bräderna. Han kan också beställa nyklivet virke, som då har en sida som är helt opåverkad av sol och väder.



FIG. 91. Färgskillnader orsakade av bräder med olika fukthalt.



FIG. 92. Färgskillnader som orsakats av olikheter i formvirke.



FIG. 93. Betong gjuten mot dels tidigare använda formluckor och dels mot nya utfyllnadsbräder mellan formluckorna.



FIG. 94. Färgskillnader som orsakats av att vissa delar av formverket utsatts för långvarig solbelysning.

Betr formvirke kvarstår dock en del mera svårpåverkade faktorer. Betongens färg är beroende av formens vattenuppsugande förmåga och denna förmåga i sin tur är beroende av bl a virkets hårdhet. Virkets hårdhet kan variera från kärnved till ytved, från trädets rotända till toppända och om trädet har växt i södra eller norra Sverige. Samma variationer kan förekomma betr vissa ämnen i träet (sockerarter, fenoler, garvsyra) som påverkar cementets hydratisering och därmed betongens färg.

Betydelsen av samtliga nämnda faktorer, som från formvirkets sida kan påverka betongens färg, kan minskas om man har möjlighet att före gjutning helt vattenmätta formen. Ett alternativ är att endast använda tidigare använt virke.

Genom att använda vattenmättat formvirke har man också möjligheter att undvika ett annat färgskillnadsproblem, nämligen det som orsakas av varierande formtryck. Betongen blir nämligen ofta mörkare nedtill på en konstruktion på grund av att formvirket, genom det högre formtrycket, absorberar mera vatten och därmed minskar vct.

Vattenmättningen av formvirket får inte ske så lång tid före gjutning att virket angrips av rötsvamp, vilket påverkar cementets hydratation och därigenom orsakar färgvariationer.

Med tanke på formens uppbyggnad måste man, förutom att den skall vara tät, även ställa krav på stabiliteten. Om ett gjutuppehåll är så långt att det undre betongskiktet börjat styvna till, kan en icke stabil form lätt ge efter när nästa skikt vibreras. Även en mycket liten luftspalt mellan formen och första betongskiktet kan orsaka helt andra fukt- eller uttorkningsförhållanden jämfört med den övre betongytan som ligger helt mot formen. Dessa, av formen orsakade, olika härdningsbetingelser uppkommer även i de fall en horisontell gjutning delas upp på flera gjutetapper. Vid gjutning av

den nya etappen uppstår lätt sättningar i formställningen, varvid luftspalt uppstår mellan den tidigare gjutna betongen och den närmast gjutskarven belägna formen.

Formens stabilitet kan även vara av betydelse när betongen utsätts för en intensiv bearbetning. Vid alltför stora avstånd mellan avstyvningarna på en plattform kan formens amplitud bli så olika mellan och vid avstyvningarna att man får en viss omlagring av de finare och grövre partiklarna i betongen, vilket i sin tur kan ge olikheter i betongytans färg. Skillnader i formens amplitud kan ibland också orsaka en "vandring" och därmed koncentration av ett formsläppningsmedel till vissa ställen på formytan och orsaka mörka fläckar på betongen.

Bearbetning

Har man uppfyllt det tidigare ställda kravet på icke separerande betong, har man vid bearbetningen av betongen i formen endast att tänka på att betongmassan får en jämn och tillräcklig komprimering. Mindre olikheter härvidlag ger knappast några störande färgvariationer. En fullgod komprimering ger också en större säkerhet mot kalkutfällningar, eftersom dessa minskar vid minskad porositet i betongen. Man bör i princip undvika höga skikthöjder och därmed längre gjutuppehåll. Vid långa gjutuppehåll kan den då delvis hårdnade betongen genom återvibrering orsaka en något ökad kalkutfällning.

Många typer av färgvariationer ökar vid gjutning vid låga temperaturer ($< 15^{\circ}\text{C}$). Vid gjutning i kall väderlek bör betongen därför vara varm och formarna väl isolerade eller uppvärmda. En mycket varm betong ($> 50^{\circ}\text{C}$) i kombination med plattform kan å andra sidan också öka färgskillnaderna. Förklaringen till detta kan vara att formsläppningsmedlet, som får lägre viskositet vid högre temperatur, lättare "vandrar" vid olika amplitud och/eller tränger lättare in i betongytan. Inträngning-

en i betongytan kan då bli olika stor, beroende på olikheter i betongens porositet.

Betongens ytbehandling bör ske så likartat som möjligt över hela ytan. Tiden mellan gjutning och ytbehandling får ur färgjämnhetssynpunkt inte vara så kort att man vid bearbetningen får upp fritt vatten på ytan.

Avformning

Tiden mellan gjutning och avformning har i sig själv ingen påverkan på betongens färg. Gjutetapper med olika avformningstider får däremot ofta olika fukt- och värmeförhållanden och därmed olikheter i färg. För att bibehålla full anliggning mot betongytan bör en träform under hela tiden fram till avformning hållas fuktig. Om en träform tillåts torka ut efter gjutningen innebär det att formvirket krymper och därmed släpper från betongytan på vissa ställen. Betongens fukthalt och värmehärdning kan bli helt olika om formen ligger mot ytan eller om det finns en luftspalt mellan form och betong. De härigenom uppkomna färgskillnaderna kan bli ännu större om regn eller härdningsvatten får rinna längs betongytan på de ställen där formen har släppt. Uttorkning av en brädform med regler innebär också att virket under reglarna torkar saktare och detta kan ibland genom färgskillnader orsaka att reglarna tydligt avtecknar sig på betongytan.

Om man således inte har möjlighet att hålla en träform fuktig även efter gjutningen bör man eftersträva att avforma så tidigt som möjligt. Detta gäller i princip alla typer av formar, ju fortare avformning sker desto större möjlighet finns att få jämna härdningsbetingelser över hela betongytan.

Härdning

Efter att betongen har avformats finns en hel del på betongfärgen verkande faktorer att ta hänsyn till. En

del av dessa är dessutom svåra att påverka. För det första måste betongen skyddas mot att regnvatten står kvar på eller rinner oregelbundet längs ytorna. Detta ger annars mycket skiftande kalkutfällningar. Vid betongkonstruktionens vattenhärdning är korta och intensiva begjutningar att föredra framför kontinuerlig bevattning.

Skydd måste också anordnas så att inte vissa delar av betongytan utsätts för intensiv solbelysning och därigenom får en annan uttorkningshastighet än skuggytorna. Även olika påverkan av vind kan ge skillnader i betongens uttorkning.

Vid anordning av skydd för betongen genom intäckning med diffusionstätt material, t ex plastfolie, får denna folie inte anbringas så att den delvis ligger an mot betongytan. Vatten som avdunstar från betongytan kondenseras på foliens insida och återförs till betongytan endast där folien ligger emot. Detta ger betongytan en varierande fukthalt och därmed även varierande färg. Effekten är ännu mera påtaglig vid användning av kalciumklorid i betongen.

Genom hittills nämnda åtgärder beträffande härdningsbetingelser kan man undvika färgskillnader inom den på en gång gjutna etappen. Vad man också eftersträvar, och som är svårare att uppnå, är att få samma färg på två intilliggande, vid olika tidpunkt gjutna etapper. Problemet i detta fall är att väderleksförhållandena kan vara helt olika vid de två gjutningstillfällena. För att vid en utomhuskonstruktion få samma härdningsbetingelser för olika gjutetapper måste varje gjutetapp täckas in på ett sådant sätt att man genom olika arrangemang kan upprätthålla en konstant temperatur och fukthalt.

Det som orsakar färgskillnader mellan två gjutetapper som härdats olika är oftast kalkutfällningar. Dessa kalkutfällningar är, förutom det tidigare nämnda be-

roendet av nederbörd och kondens, även temperaturberoende på så sätt att utfällningen är störst i området $+5 - 0^{\circ}\text{C}$. Då detta temperaturområde också ofta är förknippat med nederbörd och kondensfenomen (dimma, rimfrost) får man vid dessa årstider (höst-vinter) således av flera skäl större benägenhet till kalkutfällningar. Hög luftfuktighet (helst 80-90 %) ger mindre kalkutfällning, eftersom avdunstningar av kalkvatten från betongytan då är mindre.

Av fig 95 och 96 framgår ett annat färgskillnadsproblem, nämligen vid lagningar och utfyllnad av hål. Eftersom lagningsbruket har en helt avvikande betongsammansättning och får helt andra härdningsförhållanden än den omkringliggande betongen, blir också färgen avvikande. Några allmängiltiga rekommendationer för lagningsbrukets sammansättning går ej att ge, eftersom förhållandena är så olika från fall till fall. Det bästa resultatet får man om man i bruket använder en blandning av grått och vitt cement och genom praktiska prov kommer fram till den i det aktuella fallet bästa sammansättningen.

9.1 Sammanfattning av de mest påverkande faktorerna

Många olika faktorer påverkar, mer eller mindre, en betongytas slutliga färgutseende. Hur många och vilka av dessa faktorer man kan ta hänsyn till vid ett betongarbete är en avvägning mellan ekonomiska och estetiska värderingar.

För att någorlunda kunna göra dessa värderingar har, förutom de i undersökningen redovisade resultaten, nedanstående försök till utsortering av de mest inverkan påverkande faktorerna gjorts.

1. Den sort och typ av cement som vid ett betongarbets början används i betongen måste därefter bibehållas under gjutning av den konstruktion inom vilken man vill ha samma färg på betongytan.

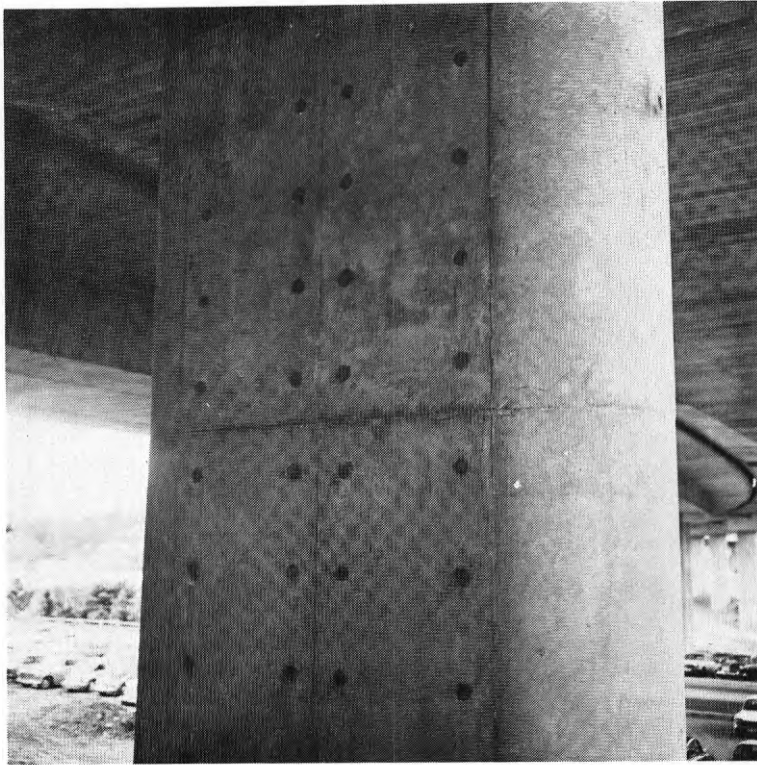


FIG. 95. Ilagning av hål efter formstag.

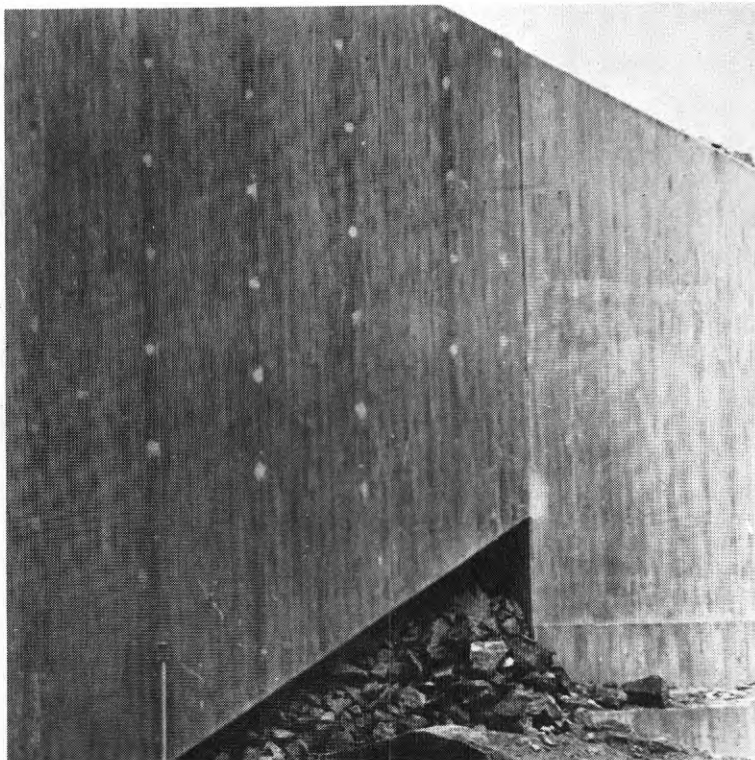


FIG. 96. Ilagning av hål efter formstag.

2. Använd en väl homogeniserad betong som inte separerar under transport, hantering och gjutning.
3. Vid form av ohyvlat eller hyvlat trä måste virket vara enhetligt ifråga om fukthalt och hårdhet och får inte ha varit utsatt för solbelysning. Tidigare använt virke får inte blandas med nytt.
4. Vid form av plåt eller annat material med slät och diffusionstät yta måste rätt formsläppningsmedel påföras som ett tunt och jämnt lager.
5. Under tiden mellan gjutning och avformning måste formen behandlas på ett sådant sätt, att den på hela sin yta ligger an mot betongen.
6. Vid betongens vattenhärdning efter avformning får mot betongytan ej förekomma stillastående eller rinnande vatten.
7. Den omkring betongkonstruktionen befintliga luften måste ha så jämna och konstanta värden som möjligt betr både temperatur och fuktighet, inte enbart inom en gjutetapp utan också mellan gjutetapper.

9.2 Sammanfattning av olika faktorerers färgpåverkan

I tabell 4 har gjorts en uppställning som visar åt vilket håll (ljusare - mörkare) olika faktorer påverkar betongytans färg. De här uppräknade faktorerna, som inte är oberoende av varandra, kan hänföras till någon eller några av följande huvudgrupper betr påverkningssätt.

1. Kalkutfällningar
2. Cementets hydratiseringsgrad
3. Vattencementtal
4. Förhindrande av reaktion
5. Delmaterials egenfärg
6. Släppning mellan form och betong

TABELL 4. Olika faktorerers färgpåverkan

LJUSARE ←	Betongens färg	→ MÖRKARE
St. Vika, Slite Köping, Hällekis	Standardcement	Limhamn, Degerhamn, Gullhögen
Högt	Vattencementtal	Lågt
Mindre	Finmaterial < 0,25 mm	Mera
Plåt, plywood	Tillsats av CaCl ₂	
	Formmaterial	Hyvlat och ohyvlat trä
Hög	Träforms fukthalt	Låg
Större	Formvirkets hårdhet	Mindre
	Solbelyst virke	
Tunnare	Påföring av formbestr.medel	Tjockare
	Vattenläckn. genom formen	
Lägre	Formtryck	Högre
	Större sten nära ytan	
Lång	Vibreringstid	Kort
	Återvibrering av betong	
Låg	Betongens uttorkn.hastighet	Hög
Fullständig	Cementets hydratisering	Ofullständig
Större	Betongens kapillärporositet	Mindre
	Cementslamskikt borta	
Mindre	Betongytans råhet	Större
	Kalkutfällningar	
	Ånghärdning	
	Härdningstemp. +5 - 0 °C	
100 % och < 70 %	Härtningsfuktighet	80-90 %

Uppställningen innebär inte någon gradering av de påverkande faktorerna

10 ÅTGÄRDER VID UPPKOMNA MISSFÄRGNINGAR

Estetiskt störande missfärgningar går i vissa fall att tona ned, men resultatet är då beroende av om dessa missfärgningar är ytliga eller mera djupgående.

Enbart en ordentlig borstning och tvättning med vatten kan ibland ge resultat, eftersom vissa missfärgningar är av typen damm och smuts. Upprepade vattentvättningar kan också minska kontrasterna mellan vissa olikfärgade ytavsnitt.

En ojämn utfällning av kalk kan behandlas med 6 %-ig ättiksyralösning eller saltsyralösning (Blake, 1967). Betongytan måste före tvättningen vara vattenmättad och måste också efteråt spolås. Vid denna typ av behandling finns risk för att det yttersta av ytans cementslamskikt försvinner.

Färgskillnader i form av ljusa eller mörka fläckar kan ibland tonas ned genom behandling med 10 %-ig natriumhydroxidlösning. Betongytan skall före behandlingen vara torr och får dessutom inte vara alltför gammal. Lösningen spolås bort efter 1-2 dygn (Greening och Landgren, 1966).

En minskning av uppkomna färgskillnader kan också erhållas genom behandling med en 20-30 %-ig lösning av diammoniumcitrat. Den från början torra betongytan borstas med lösningen under 5 min, varefter mera vatten tillförs och behandlingen fortsätter ytterligare 15 min och avslutas med en kraftig vattenspolning. En därefter upprepad vattenbegjutning kan förbättra resultatet (Greening och Landgren, 1966).

Om man är beredd att ändra betongytans karaktär för att undvika störande färgskillnader kan man t ex borsta ytan med en starkare saltsyralösning. Allt täckande

cementslamskikt avlägsnas därvid och ballastmaterialet blir frilagt. Betongytans tidigare färgskillnader tonas ned genom att det istället blir ballastkornens egenfärg som dominerar. Liknande effekter kan också uppnås genom sandblästring av en betongyta.

11 LITTERATUR

Kinnear, R G, 1964, Concrete Surface Blemishes. (Cement and Concrete Association). Technical Report. London.

Zachrisson, K-E, 1964, Kalkutfällningar på betongytor. (Svenska Cementföreningen.) Cement och Betong 1962:4, 1964:3. Malmö.

Trüb, U, 1964, Om rå facadebeton - nyt fra forskningen. (Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor.) Beton-Teknik 1964:4. København.

C.I.B. Commission W 29, 1966, The production of concrete of uniform colour and free from surface blemishes. (International Council for Building Research Studies and Documentation.) Report No 5. Rotterdam.

Greening, N R - Landgren, R, 1966, Surface Discoloration of Concrete Flatwork. (Portland Cement Association.) Journal of the PCA 1966:3.

Blake, L S, 1967, Recommendations for the production of high quality concrete surfaces. (Cement and Concrete Association.) London.

Murphy, W E, 1967, The influence of concrete mix proportions and type of form face on the appearance of concrete. (Cement and Concrete Association.) Technical Report. London.

Samuelsson, P, 1968, Betongytor - utseende och utförande. (Svenska Cementföreningen.) Cement och Betong 1968:1. Malmö.

Rapp, G, 1969, Technik des Sichtbetons. (Beton-Verlag GmbH.) Düsseldorf.

Heidelberg, R A, 1969, Wolkenbildung im Sichtbeton. (Beton-Verlag GmbH.) Beton 19-69. Düsseldorf.

Neubarth, E, 1969, Ein Beitrag zur Entstehung von Ausblühungen und anderen Kalkausscheidungen auf Betonflächen. (Beton-Verlag GmbH.) Beton 11-69. Düsseldorf.

Neubarth, E, 1970. Einflüsse auf die Oberflächenbeschaffenheit von Sichtbeton. (Beton-Verlag GmbH.) Beton 4-70, 5-70. Düsseldorf.

Wilson, J G, 1970, Specification clauses covering the production of high quality finishes to in situ concrete. (Cement and Concrete Association.) London.

CAPTIONS

- FIG. 1 Graphic model showing correlation between basic colour, hue, shade and amount of black.
- FIG. 2 Shade card.
 A y25g = yellow with a 25 % admixture of green
 B y08g = yellow with an 8 % admixture of green
 C y08g = yellow with an 8 % admixture of red.
 05 denotes 5 % colour.
 10-60 = black in terms of per cent.
- FIG. 3 Grading curves for aggregates used.
- FIG. 4 Variations in the amount of black in concrete with the use of different brands of cement.
 Unplaned wood.
 Water-cement ratio: 0.40
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
 Significant differences.
- FIG. 5 Appearance of concrete with steel trowelled surface. Mean amount of black = 11 %.
- FIG. 6 Appearance of surface of concrete cast in formwork of unplaned wood.
 Mean amount of black = 27 %.
- FIG. 7 Appearance of surface of concrete cast in formwork of unplaned wood.
 Mean amount of black = 42 %.
- FIG. 8 Variations in appearance of concrete. The surface on the left is the product of casting on a form of unplaned wood.
 Amount of black = 25-40 %.
 The surface on the right was cast in a sheet metal form.
 Mean amount of black = 22 %.

- FIG. 9 Variations in the appearance of the surface of concrete. The surface on the left is the product of a plywood form.
Mean amount of black = 17 %.
The surface on the right is the product of casting in a form of unplanned wood.
Amount of black = 20-35 %.
- FIG.10 Variations in the appearance of concrete. The surface on the left is the product of casting in a form of unplanned wood.
Amount of black = 33-40 %.
The surface on the right is the product of casting in a sheet metal form.
Mean amount of black = 22 %.
- FIG.11 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different brands of cement.
Sheet.
Water-cement ratio: 0.40
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time.
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
Significant differences.
- FIG.12 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different brands of cement.
Unplanned wood.
Water-cement ratio: 0.55
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time.
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
Significant differences.
- FIG.13 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different brands of cement.
Sheet.
Water-cement ratio: 0.55
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
Significant differences.

FIG.14 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different brands of cement.
 Unplaned wood.
 Water-cement ratio: 0.70
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
 Significant difference between Stora Vika cement and the other two brands.

FIG.15 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different brands of cement.
 Sheet
 Water-cement ratio: 0.70
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
 Significant differences.

FIG.16 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different water-cement ratios.
 Unplaned wood.
 Cement: Stora Vika ordinary Portland
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
 Water-cement ratio: 0.40-0.55. Significant difference
 Water-cement ratio: 0.55-0.70 Significant difference
 Water-cement ratio: 0.40-0.70 No significant difference.

FIG.17 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different water-cement ratios.
 Sheet
 Cement: Stora Vika, ordinary Portland
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
 No significant differences.

- FIG.18 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different water-cement ratios.
 Unplaned wood.
 Cement: Gullhögen ordinary Portland
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
 Water-cement ratio: 0.40-0.55. Significant difference
 Water-cement ratio: 0.55-0.70. No significant difference
 Water-cement ratio: 0.40-0.70. Significant difference.
- FIG.19 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different water-cement ratios.
 Sheet
 Cement: Gullhögen ordinary Portland
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
 Significant differences.
- FIG.20 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different water-cement ratios.
 Unplaned wood.
 Cement: Hälleki ordinary Portland
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
 Water-cement ratio: 0.40-0.55. Significant difference
 Water-cement ratio: 0.55-0.70. Significant difference
 Water-cement ratio: 0.40-0.70. No significant difference.
- FIG.21 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different water-cement ratios.
 Sheet
 Cement: Hälleki ordinary Portland
 Content of fines: high
 Treatment: vibrating table, normal time
 Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
 Water-cement ratio: 0.40-0.55. No significant difference
 Water-cement ratio: 0.55-0.70. Significant difference
 Water-cement ratio: 0.40-0.70. Significant difference

- FIG.22 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different contents of fines.
Unplaned wood.
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.55
Treatment: vibrating table, normal time
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
Significant difference.
- FIG.23 Variations in the amount of black present in the colour of concrete with different contents of fines.
Sheet
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.55
Treatment: vibrating table, normal time
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
No significant difference.
- FIG.24 Variations in the amount of black present in the colour of concrete containing an admixture of calcium shloride.
Unplaned wood
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
Significant difference.
- FIG.25 Variations in the amount of black present in the colour of concrete containing an admixture of calcium chloride.
Sheet
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
Significant difference.
- FIG.26 Variations in the appearance of a concrete surface. The surface on the left is the product of casting in a form of unplaned wood. The surface on the right is the product of casting in a form of sheet metal. Concrete with a 1.5 % admixture of CaCl_2 . The slab was cured at + 20°C and 50 % relative humidity.
The plank on the left is completely saturated with water.

- FIG.27 Variations in the appearance of a concrete surface. The surface on the left is the product of casting in a form of unplanned wood. The surface on the right is the product of casting in a sheet metal form. Concrete with a 1.5 % admixture of CaCl_2 . The slab was cured at + 20°C and 100 % relative humidity (upright in fine spray of water).
- FIG.28 Variations in the appearance of a concrete surface. The surface on the left is the product of casting in a form of unplanned wood. The surface on the right is the product of casting in a sheet metal form. Concrete with a 1.5 % admixture of CaCl_2 . The slab was cured outdoors as $\pm 0^\circ\text{C}$.
- FIG.29 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different types of formwork.
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Values from batches 1, 4 and 7.
Planned wood and plywood are represented by only two values per batch.
- FIG.30 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different types of formwork.
Cement: Gullhögen ordinary Portland
Values from batches 2, 5 and 8.
Planned wood and plywood are represented by only two values per batch.
- FIG.31 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different types of formwork.
Cement: Hälleki's ordinary Portland
Values from batches 3, 6 and 9.
Planned wood and plywood are represented by only two values per batch.
The slab was hardened at + 20°C and 50 % relative humidity.
- FIG.32 Variations in the colour of a concrete surface. The surface on the left is the product of casting in a form of planned wood. The surface on the right is the product of casting in a form of plastic-coated plywood. The slab was cured at + 20°C and 50 % relative humidity.

FIG.33 Variations in the appearance of a concrete surface. The surface on the left is the product of casting in a sheet metal form. The surface on the right is the product of casting in a form of unplanned wood. The slab was cured at + 20°C and 50 % relative humidity.

FIG.34 Variations in the appearance of a concrete surface. The surface on the left is the product of casting in a form of unplanned wood. The surface on the right is the product of casting in a sheet metal form.

FIG.35 The appearance of the surface of concrete at the short edge of a slab. The slab was cured at + 20°C and 50 % relative humidity.

FIG.36 The appearance of the surface of concrete when cast in a form of unplanned wood. The slab was cured at + 20°C and 50 % relative humidity.

FIG.37 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different forms of release agent.
Unplanned wood.
Values from batches 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8. All values have been corrected for the sake of internal comparison since each batch includes only one concrete surface exposed to the same release agent. No release agent differs significantly from an untreated surface.

FIG.38 Variations in the amount of black present in the colour of concrete when using different release agents.
Sheet
Values from batches 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8. All values have been corrected for the sake of internal comparison since each batch contains only one concrete surface exposed to the same release agent. Only release agents Nos. 18 and 22 differ significantly from an untreated surface.

- FIG.39 Appearance of the surface of concrete when cast in a sheet metal form.
The form was treated with release agent of type 21 one day prior to casting.
- FIG.40 Appearance of the surface of concrete when cast in a sheet metal form.
The form was not treated with release agent.
- FIG.41 Appearance of the surface of concrete when cast in a sheet metal form.
The form was treated with release agent of type 22 (variable No.)
The right-hand half of the form was treated two days prior to casting, while the left-hand half was treated immediately prior to casting.
- FIG.43 Appearance of the surface of concrete when cast in a sheet metal form.
The form was treated with release agent of type 21.
The right-hand half of the form was treated 2 days prior to casting, while the left-hand half was treated immediately prior to casting.
- FIG.44 Appearance of the surface of concrete when cast in a plywood form.
The form was treated with release agent of type 19 of which an excessive amount was applied.
- FIG.45 Appearance of the surface of concrete cast in a sheet metal form.
The form was treated with agent No. 22 two days prior to casting.
Photograph enlarged to size 6 times that of the original.
- FIG.46 Appearance of the surface of concrete cast in a sheet metal form.
The form was treated with agent No. 22 immediately prior to casting.
Photograph enlarged to size 6 times that of the original.

FIG.47 Appearance of the surface of concrete when cast in a form of unprocessed plywood. The form was not treated with release agent. Photograph enlarged to size 6 times that of the original.

FIG.48 Appearance of surface of concrete when cast in a form of unprocessed plywood. The form was treated with agent No. 16 immediately prior to casting. A large amount of release agent was applied. Photograph enlarged to size 6 times that of original.

FIG.49 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Unplaned wood
Cement: Hälleki ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
No significant difference.

FIG.50 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Sheet
Cement: Hälleki ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
No significant difference.

FIG.51 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Unplaned wood.
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
No significant difference.

- FIG.52 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Sheet.
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
No significant difference.
- FIG.53 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Unplaned wood.
Cement: Gullhögen ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
Significant difference.
- FIG.54 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Sheet
Cement: Gullhögen ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
No significant difference.
- FIG.55 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Unplaned wood.
Cement: Hälleki's ordinary Portland.
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity
No significant difference.
- FIG.56 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Sheet
Cement: Hälleki's ordinary Portland.
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Curing: + 20°C, 50 % relative humidity.
No significant difference.

- FIG.57 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Unplaned wood.
Internal vibrator: Values referring to slab H from batches 1-8.
Vibrating table. Values of all comparable slabs from batches 1-8 treated using a vibrating table.
Nosignificant difference.
- FIG.58 Variations in the amount of black present in the colour of concrete treated in different ways.
Sheet
Internal vibrator: Values referring to slab H from batches 1-8.
Vibrating table: Values of all comparable slabs from batches 1-8 treated using the vibrating table.
No significant difference.
- FIG.59 Appearance of the surface of concrete cast in a form of unplaned wood.
Half an hour elapsed between the casting of the upper and lower halves.
- FIG.60 Appearance of the surface of concrete cast in a form of unplaned wood.
2 hours elapsed between the casting of the lower and upper halves.
- FIG.61 Appearance of the surface of concrete cast in a sheet metal form.
2 hours elapsed between the casting of the lower and upper halves.
- FIG.62 Appearance of the surface of concrete cast in a sheet metal form.
Splashes of grout from earlier concreting phases.
Photograph enlarged to size 6 times that of original.
- FIG.63 Appearance of the surface of concrete cast against a surface with steel trowelled finish.
Steel trowelled 1 1/2 hours after casting.
Cement: Stora Vika ordinary Portland.

- FIG.64 Appearance of the surface of concrete cast against a surface with steel trowelled finish. Steel trowelled 1/4 hour after casting. Cement: Gullhögen ordinary Portland.
- FIG.65 Variations in the amount of black present in the colour of concrete stripped of formwork after different lengths of time. Unplaned wood. Cement: Stora Vika ordinary Portland. Water-cement ratio: 0.55 Content of fines: high Treatment: internal vibrator, normal Curing: + 20°C, 50 % relative humidity No significant difference.
- FIG.66 Variations in the amount of black present in concrete under different curing conditions. Unplaned wood. Cement: Stora Vika ordinary Portland Water-cement ratio: 0.55 Content of fines: low Treatment: internal vibrator, normal Significant difference.
- FIG.67 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions. Sheet Cement: Stora Vika ordinary Portland. Water-cement ratio: 0.55 Content of fines: low Treatment: internal vibrator, normal Significant difference.
- FIG.68 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions. Unplaned wood. Cement: Stora Vika ordinary Portland Water-cement ratio: 0.55 Content of fines: low Treatment: vibrating table, normal time. Significant difference.

FIG.69 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.

Sheet

Cement: Stora Vika ordinary Portland

Water-cement ratio: 0.55

Content of fines: low

Treatment: vibrating table, normal time

Significant difference.

FIG.70 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.

Unplaned wood

Cement: Stora Vika ordinary Portland

Water-cement ratio: 0.70

Content of fines: low

Treatment: vibrating table, normal time

No significant difference.

FIG.71 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.

Sheet

Cement: Stora Vika ordinary Portland

Water-cement ratio: 0.70

Content of fines: low

Treatment: vibrating table, normal time

No significant difference.

FIG.72 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.

Unplaned wood.

Cement: Gullhögen ordinary Portland

Water-cement ratio: 0.70

Content of fines: low

Calcium chloride: 1.5 %

Treatment: internal vibrator, normal

No significant difference.

FIG.73 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.

Sheet

Cement: Gullhögen ordinary Portland

Water-cement ratio: 0.70

Content of fines: low

Calcium shloride: 1.5 %

Treatment: internal vibrator, normal

Significant difference.

- FIG.74 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Unplaned wood.
Cement: Gullhögen ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: low
Calcium chloride: 1.5 %
Treatment: vibrating table, normal time
No significant difference.
- FIG.75 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Sheet
Cement: Gullhögen ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: low
Calcium chloride: 1.5 %
Treatment: vibrating table, normal time
No significant difference.
- FIG.76 Variations in the appearance of concrete. The surface on the left is the product of casting in a form of unplaned wood, while the surface on the right is the product of casting in a sheet metal form.
Concrete not containing CaCl_2 . Water curing.
- FIG.77 Variations in the appearance of concrete. The upper surface is the product of casting in a form of unplaned wood, while the lower surface is the product of casting in a sheet metal form.
Concrete containing a 1.5 % admixture of CaCl_2 .
Water curing.
- FIG.78 Variations in the appearance of concrete. This surface is the product of casting in a form of unplaned wood. Concrete containing a 1.5 % admixture of CaCl_2 .
Water curing.

- FIG.79 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Unplaned wood.
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.55
Content of fines: high
Treatment: internal vibrator, normal time.
Significant difference.
- FIG.80 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Sheet
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.55
Content of fines: high
Treatment: internal vibrator, normal time.
Significant difference.
- FIG.81 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Unplaned wood.
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.55
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time.
Significant difference.
- FIG.82 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Sheet
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.55
Content of fines: high
Treatment: vibrating table, normal time
Significant difference.
- FIG.83 Variations in the appearance of concrete. The surface on the left is the product of casting in a form of unplaned wood, while the surface on the right is the product of a sheet metal form.
Curing at + 20°C and 50 % relative humidity.

- FIG.84 Variations in the appearance of concrete. The surface on the left is the product of casting in a form of unplanned wood, while the surface on the right is the product of a sheet metal form.
Curing at + 70°C and 100 % relative humidity.
- FIG.85 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Unplanned wood
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Treatment: internal vibrator, normal
Significant difference only between variables 41 and 45.
- FIG.86 Variations in the amount of black present in the colour of concrete under different curing conditions.
Sheet
Cement: Stora Vika ordinary Portland
Water-cement ratio: 0.70
Content of fines: high
Treatment: internal vibrator, normal
No significant differences.
- FIG.87 Examples of structures where two different brands of cement have been used in two adjacent phases of concreting.
- FIG.88 Example of concreting which fails to meet the aesthetic requirements.
The formwork has left a clear print in the surface of the concrete here due to variations in the composition of the material.
- FIG.89 Example of concreting which fails to meet the aesthetic requirements.
The upper layer of concrete has darker more brownish colour due to an admixture of air entraining agent.

- FIG.90 Example of concreting which fails to meet the aesthetic requirements.
The boards making up the wooden form were not sufficiently close together.
- FIG.91 Example of concreting which fails to meet the aesthetic requirements.
The differences in colour were caused by boards of varying moisture content.
- FIG.92 Example of concreting which fails to meet the aesthetic requirements.
The differences in colour were caused by differences in the timber used for the formwork.
- FIG.93 Concrete cast in forms consisting of previously used shuttering supplemented by new boards to fill gaps.
- FIG.94 Example of concreting which fails to meet the aesthetic requirements.
Differences in colour were caused by the exposure of certain parts of the shuttering to solar radiation over a long period.
- FIG.95 Filling of holes left by form ties.
- FIG.96 Filling of holes left by form ties.

R13:1973

Denna rapport avser anslag C 710 från Statens råd för byggnadsforskning till Cement- och Betonginstitutet, Stockholm.

Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Grupp: produktion

Pris: 24 kronor