

# Rapport

# R29:1982

## Byggkontroll — instrument och hjälpmedel

Bernt Alvedahl m fl

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *See*

R  
9-100

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation  
Hälsingegatan 49  
113 31 Stockholm, Sweden  
08-34 01 70      Telex 125 63

Byggeforskningsrådet

R29:1982

# BYGGKONTROLL



## instrument hjälpmedel

Bernt Alvedahl  
Görgen Asp  
Kåre Bågevik  
Erik Larsson  
Lars-Erik Nygren  
Jan Paulusson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800808-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Tyréns företagsgrupp AB, Stockholm.



I Bygghforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R29:1982

ISBN 91-540-3660-7  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

## INNEHÅLL

INLEDNING .....	5
DEL 1      HUSBYGGNAD .....	7
DEL 2      BYGG-GEODESI .....	163
DEL 3      RÖRELSER I HUS OCH MARK .....	201
DEL 4      GEOTEKNISKA MÄTNINGAR .....	219





## INLEDNING

Detta är inte en lärobok i mätningsteknik, snarare en information om vad som kan mätas med vilka instrument. Avsikten är att ge en allmän översikt av ämnesområdet. Skriften vänder sig i första hand till arbetsledaren och kontrollanten på byggplatsen. Men också projektören och, kanske i synnerhet, beskrivaren har anledning att sätta sig in i provningsförfarandena på bygget. Byggkontrollen skall börja redan på projekteringsstadiet. Projektören skall i handlingarna ange när och hur och i vilken omfattning provning/mätning skall ske och vilka krav som gäller.

Vissa av de provningar som tagits med kräver omfattande instrumentutrustning och specialkunskaper. Detta gäller t ex ljud och vibrationer, värmefotografering, täthetsprovning. Att de ändå tagits med beror på att det ansetts att kontrollanten och arbetsledaren bör vara orienterade om mätmetoderna även om de inte själva gör mätningen. Detta inte minst för att de skall kunna förstå och bedöma resultatet av mätningen.

Byggnadstekniken har förändrats under de senaste decennierna. Om förändringen alltid varit till det bättre - det kan diskuteras. Men en genomgripande förändring är det som ägt rum på mycket kort tid. Det gäller både arbetsteknik och material.

Det var kanske främst det s k miljonbyggnadsprogrammet som satte fart på utvecklingen. På 10 år skulle en miljon bostäder byggas. Det var knappast genomförbart utan förändrad teknik. Ett av skälen var bristen på yrkesarbetare - främst murare. Ett annat skäl var svårigheten att hålla en kontinuerlig produktion, att bygga vintertid var ofta ett problem med den gamla tekniken.

Det gamla murade huset med sadeltak hade många fördelar. Vi ser det inte minst nu i ljuset av de täthetskrav som den nya energinormen ställer. Den goda värmeekonomi som de låga k-värdena skulle ge äventyras många gånger av det luftläckage - tjuvdrag - som vi har i våra glas- och plåt och trä- och betongelementlådor med utfackningspartier och ofta okontrollerad mekanisk ventilation.

Vad som kännetecknar utvecklingen under 50- och 60-talen är främst den högre förtillverkningsgraden - prefabtekniken. De som var med på den tiden minns hur de första prefabhusen såg ut då det gäller toleranser - både tillverkningstoleranser och monterings-toleranser. Nu har betongelementmarknaden sanerats, men vi har istället fått andra förtillverkade byggnads- och installationskomponenter som skall passa in i byggnaden.

Betydelsen av toleranser och av möjligheten att mäta och kontrollera mått och måttavvikelser har ökat.

Den nya energinormen kräver kontroll och mätning av värmeisolering och lufttäthet. Radon och formaldehyd, infraljud och vibrationer är andra exempel på företeelser som aktualiserats och som kräver ökade mätningssatser. Flera skulle kunna nämnas.

Allt detta gör att det ställs helt andra krav på byggkontrollen och på byggkontrollanten och den ansvarige arbetsledaren idag än för ett par decennier sedan. När det gäller att mäta olika egenskaper är kraven idag så stora att det knappast finns någon som behärskar dem alla. Det blir uppgifter för specialister inom de olika ämnesområdena.

Stockholm i juni 1981

Bernt Alvedahl

PS. Vi beklagar dålig kvalitet på en del av bildmaterialet. Dessa bilder kommer från äldre tidskrifter och broschyrer. Vi har tyvärr inte lyckats få bättre original för reproduktion.

## BYGGKONTROLL - INSTRUMENT OCH HJÄLPMEDEL

DEL 1 - Bernt Alvedahl, Görgen Asp, Jan Paulusson

## HUSBYGGNAD

- TOLERANSER
- FUNKTIONSKONTROLL
- MATERIALKONTROLL

<u>Innehåll:</u>	<u>Sid</u>
Allmänt om kontroll .....	8
Svensk standard för provning .....	11
Toleranser .....	15
Värmeisolering .....	29
Lufttäthet .....	41
Fukt .....	55
Akustik och ljudisolering .....	71
Vibrationer och infraljud .....	79
Strålning och gasavgivning .....	89
Belysning .....	95
Stålkontroll .....	101
Betongkontroll .....	110
Bitumenmaterial .....	127
Glas .....	130
Plast .....	132
Förzinkat stål .....	134
Färgskikt .....	136
Puts och murverk .....	140
Plattsättningsbruk .....	150
Pålning .....	153
Diverse instrument .....	159



ALLMÄNT OM KONTROLL

<u>Syfte</u>	Övervakning av att planerade och beslutade åtgärder leder till avsett resultat.
<u>Krav</u>	Kvalitetskrav på material och varor. Kvalitetskrav på arbetsutförande. Funktionskrav på färdig konstruktion.
<u>Utövare</u>	Myndighet (byggnadsinspektör) Beställare (kontrollant) Entreprenör (ansvarig arbetsledare)
<u>Omfattning</u>	Tillverkningskontroll Byggplatskontroll
<u>Typ</u>	Förebyggande kontroll Konstaterande kontroll
<u>Viktiga bestämmelser</u>	SBN StBK - N1, N3 BBK 79, BfB - B1, B5, B6, B11 HusAMA + RA MarkAMA + RA samt Svensk Standard (SS, SIS)
<u>Metoder</u>	Kontroll hos komponenttillverkare Kontroll/Provning på platsen. Uttagning av prover för vidare befördran provningsanstalt
<u>Provning på platsen</u>	"Enkel". Görs av kontrollanten själv. "Komplicerad". Kräver omfattande instrumentutrustning, görs av specialister.
<u>Vad skall mätas?</u>	Tabellen på sidan 10 uppftar ett urval av egenskaper som kan mätas.
En angelägenhetsgradering då det gäller mätning och provning kan t ex se ut på följande sätt:	
<u>Skall mätas/provas</u>	Obligatoriska myndighetskrav, t ex betongprovning
<u>Måste mätas/provas</u>	Ofrånkomligt för att visa att myndighetskrav (och beställarkrav uppfylls.
<u>Bör/skall mätas/provas</u>	för att dokumentera kvalitet, funktion, beständighet o d (t ex beställarkrav). Bör anges i beskrivningen.

Var finns kraven specificerade?

Vilka bestämmelser från t ex Byggstandardiseringen, Statens Provningsanstalt gäller för provningens utförande?

Provnings- och mätdata kan erhållas på olika sätt.

Införda dokumentation

Fortlöpande provning (kontrollråden, typgodkännandekontroll, tillverkarens interna provning, som kan vara kontinuerlig eller göras på uppmaning).

Gör det själv

Provning/mätning på byggplatsen som kan göras med relativt enkla metoder/hjälpmiddel. Denna kontroll kan också utsträckas till tillverkare av komponenter.

Se till att det blir gjort

Vissa provningar kräver omfattande utrustning, kanske rent av laboratorieutrustning. Andra kan göras på platsen men kräver specialkunskaper och specialutrustning.

Vad måste man veta?

Hur bedömer jag mätresultatet med hänsyn till osäkerhet i metod och i instrument, avläsningsnoggrannhet etc?

Man måste ha klart för sig vad det är man mäter! Därför måste man också veta:

Vad som är relevanta data  
Hur mät-/provningemetoden fungerar  
Hur instrumenten fungerar

När och var bör provning ske för att vara till störst nytta? Skilj mellan förebyggande och konstaterande kontroll. All kontroll bör vara förebyggande.

Vilka är de praktiska, ekonomiska och juridiska konsekvenserna av provning respektive utebliven provning?

## Allmän litteratur

I slutet av varje avsnitt finns litteraturhänvisningar.

På sid 11 - 14 finns en förteckning över aktuell svensk standard.

För övrigt hänvisas till Handboken Bygg.

### BYGGKONTROLL - INSTRUMENT OCH HJÄLPMEDEL - ETT URVAL

Egenskap Funktion	Vad skall mätas?	Instrument Hjälpmedel	Se sid	Arm
Läge i plan Läge i höjd Dimensioner Toleranser	Avstånd, vinklar Nivå, nivåskillnad Längd, bredd, höjd, djup, tjocklek	Måttband, teodolit, fältdagor Avvägningsinstrument, laser Måttband, talmeter, mikrometer skjutmått, täcksiktmetare glastjockleksmätare, zinksiktmetare	15-18 och del 2 129-130 133-138	
Form (toleranser)	Planhet, buktighet, rakhet, lutning, nivåskillnad, fog- språng, ytjämnhet, gropar, porer	Rätskiva, lod, vattenpass, mätblock (mätstol) bladmått + linjal, stålkula, "en hink vatten", "ögonmått", dubbar	10-23	
Deformationer	Nedböjning, sprickor Sättningar	Indikatorlocka, töjningsmätare, kikare, bladmått, sprickmikroskop	10-23 och del 3	
Hållfasthet	Hållfasthetstillväxt	Studsätare, tid/temperatur- registrerande instrument	93-105	Betong
Hållfasthet	Ythållfasthet	Tejp, Hinderssons apparat	139-148	Puts
Packningsgrad, bärighet Sättningar, ras, skred	Rörelser, hållfasthet, rörelser kompression	Inklinometer, geosond sättningsmätare, extensiometer	Del 3 och 4	Mark, fyllning
Materialsammansättning - kvalitet	Ballast: Gradering, fukt- halt, humus, slam, bergart, konsistens, lufthalt. Armering, täcksikt	Siktsats, våg, värmeskåp eller fukt- haltsmätare, mätglas + NaOH, saltsyra, sättkon e d, lufthaltsmätare Täcksiktmetare	109-124 139-152	Betong, bruk
	Plasttyp	Öppen låga	131-132	Plast
	Mjukpunkt, brytpunkt m m	Kula och ring m m	125-128	Asfalt
	Svetsar	Röntgen, ultraljudinstrument	99-108	Stål
Fuktinnehåll	Relativ fuktighet	Fuktmätare: psykrometer, hygrometer, el-indikator	55-70	Trä, betong luft m m
Vattentätthet	Flöde		145	Murverk
Kapillaritet	Kapillär stighöjd	Kapillarimeter	Del 4	Mark, fyllning
Värmeisolering	Transmission (flöde) Konvektion	Flödesmätare (termoelement), infra- termometer, kontakttermometer, luft- termometer, värmekamera	29-40	
Lufttäthet Ångtäthet	Flöde	Fläkt, manometer, flödesmätare (t ex gasmätare, strypfläns, svävkropps- mätare, pitotrör, anemometer med stos) barometer, rökpistol, vindmätare, vakuumlåda	41-54	
Belysning	Luxstyrka, luminans	Luxmätare med luminanstillsats	93-98	
Strålning	Radondöttrar	$\alpha$ -mätare, $\gamma$ -mätare (inkl detektor och filter), indikerande film	89-92	
Ljud och vibrationer	Ljudnivå, vibrationsnivå Frekvenssammansättning Efterklangstid	Ljudnivåmätare, vibrationsmätare skrivare, bandspelare, accelerometer, högtalare, förstärkare, hammarapparat	71-88	
Pållast	Sjunkning		153-158	



## ALFABETISKT REGISTER

Sida

(Abonnemangsklass 8200 (tidigare 69)) 1(30)

Standardiseringskommissionen  
i Sverige

1980-11-15

STANDARD SALJS AV SIS - STANDARDISERINGSKOMMISSIONEN I SVERIGE BOX 3295 103 66 STOCKHOLM TELEFON 08 - 23 04 00 TELEX 17453 SIS S

Byggstandard för provning m m.  
Utdrag ur svensk standard i urval för arkitekter och konstruktörer (SAK 81).

I respektive kapitel finns ytterligare ett antal nya standarder som inte fanns utgivna vid registrets upprättande.

**Akustik**

Byggakustik. Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement - Internationell standards giltighet som svensk standard. SS 02 52 54

**Betong**

Betongprovning. SS 13 72 80  
 - Armerad betong - Armerings läge. SS 13 21 13  
 - Ballast - Fuktkvot. SS 13 21 11  
 - Ballast - Halten fina partiklar (slamhalt) i sand och fingrus. SS 13 21 14  
 - Ballast - Korndensitet. SS 13 21 12  
 - Ballast - Kornfördelning. SS 13 21 16  
 - Ballast - Krossytegrad. SS 13 21 10  
 - Ballast - Organiska föroreningar (humus) i sand och fingrus. SS 13 21 15  
 - Ballast - Skrymdensitet. SS 13 71 13  
 - Betongmassa - Densitet. SS 13 71 10  
 - Betongmassa - Konsistens. SS 13 71 09  
 - Betongmassa - Konsistensklasser. SS 13 71 11  
 - Betongmassa - Lufthalt enligt tryckmetoden. SS 13 71 15  
 - Betongmassa - Lufthalt enligt volymetrisk metod. SS 13 71 14  
 - Betongmassa - Tillstyvande. SS 13 71 12  
 - Betongmassa - Vattenseparation. SS 13 72 12  
 - Härdnad betong - Böjdraghållfasthet. SS 13 72 11  
 - Härdnad betong - Cylinderhållfasthet. SS 13 72 17  
 - Härdnad betong - Densitet. SS 13 72 16  
 - Härdnad betong - Frostbeständighet. SS 13 72 18  
 - Härdnad betong - Hållfasthetsändring genom vakuumbehandling. SS 13 72 15  
 - Härdnad betong - Krympning. SS 13 72 10  
 - Härdnad betong - Kubhållfasthet. SS 13 72 51  
 - Härdnad betong - Ljudhastighet. SS 13 72 23  
 - Härdnad betong - Objekt-kubhållfasthet och R-faktorer. SS 13 72 09  
 - Härdnad betong - Provningsålder. SS 13 72 13  
 - Härdnad betong - Spräckhållfasthet. SS 13 72 53  
 - Härdnad betong - Tryckhållfasthet hos utborrade cylindrar (objekthållfasthet). SS 13 72 52  
 - Härdnad betong - Tryckhållfasthet, skattad med ledning av studsvärden och ljudhastighetsvärden. SS 13 11 10  
 - Härdnad betong - Tryckprovningssmaskiner. SS 13 72 14  
 - Härdnad betong - Vattentäthet. SS 13 72 50  
 - Härdnad betong - Ythårdhet (studsvärde) och skattad tryckhållfasthet. SS 13 72 21  
 - Härdnad sprutbetong - Tjocklek hos sprutbetongskikt. SS 13 72 20  
 - Härdnad sprutbetong - Tryckhållfasthet hos sprutade provkroppar. SS 13 75 33  
 - Härdnat injekteringsbruk - Tryckhållfasthet. SS 13 75 30  
 - Injekteringsbruk - Flytförmåga. SS 13 75 31  
 - Injekteringsbruk - Vattenseparation och volymändring. SIS 81 24 01  
 Bjälklagelement av betong. Grundläggande mått. SIS 81 24 02  
 Bjälklagelement av betong med plan översida och undersida. Mått och form. SIS 81 24 03  
 Bjälklagelement av betong med TT-format tvärsnitt. Mått och form. SS 95 10 18  
 Lantbruksbyggnader. Spaltgolvs-element av betong. SIS 81 21 99  
 Sammanhållare för sandwichelement av betong. SIS 81 21 01  
 Sandwichelement av betong. Mått. SIS 81 82 10  
 Släta beklädnadselement av armerad betong. Mått.

**Betongytor**

- Betongytor.
- Bestämning av ytjämnhet. SIS 81 20 05
- Kontroll av ytavvikelser. SIS 81 20 06
- Tillåtna ytavvikelser. SIS 81 20 02
- Ytjämnhet. SIS 81 20 04
- Färgskala för klassificering av betongytor. SIS 81 20 03

**Byggakustik**

- Byggakustik. Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement - Internationell standards giltighet som svensk standard. SS 02 52 54

**Byggmätning**

- Byggmätning.
- Fixpunkter. SIS 02 12 10
- Linjalvattenpass, 0,3 - 2 meter. SS 64 11 21
- Mätstockar 0,5 - 3 meter. SS 64 11 14
- Signalkäppar. SS 02 12 11
- Terminologi. SIS 02 11 01
- Byggtoleranser. Krav och redovisning. SS 05 02 16

**Byggtoleranser**

- Byggtoleranser.
- Samspel mellan toleranser. SIS 05 02 13

- Samspel mellan toleranser. Formler. Anvisningar. SIS 05 02 14
- Terminologi. SIS 05 02 15
- Toleranssystem. SIS 05 02 12
- Toleransvidder. SIS 05 02 11

**Geotekniska provningsmetoder**

- Geotekniska provningsmetoder.
- Bestämning av kapillaritet med undertryckskapillarimeter. SIS 02 71 12
- Bestämning av permeabilitet. SIS 02 71 11
- Jords uppbyggnad. Beteckningar, benämningar och definitioner. SIS 02 71 13
- Konflytgräns. SIS 02 71 20
- Konsistensgränser. Beteckningar och förklaringar. SIS 02 71 18
- Korndensitet och kompaktensitet. SIS 02 71 15
- Kornfördelning, sedimentering - Hydrometermetoden. SS 02 71 24
- Kornfördelning - Siktning. SS 02 71 23
- Krypgräns. SIS 02 71 22
- Packningsegenskaper. Beteckningar och beräkningssätt. SIS 02 71 08
- Packningsegenskaper. Fältbestämning av densitet. SIS 02 71 10
- Packningsegenskaper. Laboratoriepackning. SIS 02 71 09
- Plasticitetsgräns. SIS 02 71 21
- Portal och porositet. SIS 02 71 17
- Skrymdensitet. SIS 02 71 14

- Stötflytgräns. SIS 02 71 19
- Vattenkvot och vattenmättnadsgrad. SIS 02 71 16

**Inmätning**

- Utsättning och inmätning.
- Inmätning av primärpunkter i plan. SIS 02 12 52
  - Primär-, sekundär- och detaljpunkter i höjd. SIS 02 12 55
  - Terminologi. SIS 02 12 51
  - Utsättning av detaljpunkter i plan. SIS 02 12 54
  - Utsättning eller inmätning av sekundärpunkter i plan. SIS 02 12 53

**Isolering**

- Värmeisolering.
- Bestämning av byggnaders lufttäthet. SS 02 15 51
  - Bestämning av värmemotstånd eller värmekonduktivitet (värmeledningsförmåga) med värmeflödesmätarapparater (Svensk-Engelsk). SS 02 42 11

**Kontroll**

- Kontroll och provning. Terminologi. SIS 02 01 01

**Ljudisolering**

- Bestämning av ljudisolering i byggnader. Fältmätning. SIS 02 52 52
- Byggakustik. Mätning av ljudisolering i byggnader och hos byggnadselement - Internationell standards giltighet som svensk standard. SS 02 52 54
- Ljudisolerande dörrar 25 dB, 30 dB och 35 dB. SIS 81 73 06
- Metod för värdering av ljudisolering mellan rum i byggnader. SIS 02 52 53

**Längdmätdon**

- Toleranser för längdmätdon. SIS 64 11 01

**Måttkontroll**

- Måttkontroll på byggplatsen. SIS 02 11 70

**Mätband**

- Mätband av stål, 1-5 meter. SIS 64 11 13
- Mätband av stål, 10-100 meter. SS 64 11 12
- Polygonmätband, 50 och 100 m. SIS 64 11 15

**Mätdon**

- Toleranser för längdmätdon. SIS 64 11 01

**Mätinstrument**

- Avvägningsstänger 0,5 - 4 m. SIS 64 12 55

**Mätning**

- Byggmätning. Signalkäppar. SS 02 12 11

**Mätstockar**

- Byggmätning. Mätstockar 0,5 - 3 meter. SS 64 11 14

**Mätutrustning**

- Måttbestämning av byggvaror. Isolervaror. Mätutrustning SIS 02 11 16

**Termografering**

Värmeisolering - Termografering av byggnader. SIS 02 42 10

**Toleranser**

Byggritningar. Toleranser. Symboler, beteckningar, skriv- och ritsätt. SIS 03 22 32

**Byggtoleranser.**

— Samspel mellan toleranser. SIS 05 02 13

— Samspel mellan toleranser. Formler. Anvisningar. SIS 05 02 14

— Terminologi. SIS 05 02 15

— Toleranssystem. SIS 05 02 12

— Toleransvidder. SIS 05 02 11

Toleranser för längdmätdon. SIS 64 11 01

Toleranser. Grundläggande terminologi. SIS 05 05 01

**Utsättning**

Utsättning och inmätning.

— Inmätning av primärpunkter i plan. SIS 02 12 52

— Primär-, sekundär- och detaljpunkter i höjd. SIS 02 12 55

— Terminologi. SIS 02 12 51

— Utsättning av detaljpunkter i plan. SIS 02 12 54

— Utsättning eller inmätning av sekundärpunkter i plan. SIS 02 12 53

**Värmeisolering**

Värmeisolering.

— Bestämning av byggnaders lufttäthet. SS 02 15 51

— Bestämning av värmemotstånd eller värmekonduktivitet (värmeledningsförmåga) med värmeflödesmätarapparater (Svensk-Engelsk). SIS 02 42 11

Värmeisolering - Termografering av byggnader. SIS 02 42 10

**Ytjämnhet**

Betongytor.

— Bestämning av ytjämnhet. SIS 81 20 05

— Ytjämnhet. SIS 81 20 04

## TOLERANSER

Beträffande mätning av toleranser citerar vi direkt ur Anders Norrbelius m fl "Kunna Toleranser", utgiven 1974 av BSAB.

### "Måttkontroll

Toleranser som föreskrivs skall på något sätt kontrolleras. För att kunna bedöma lämpliga kontrollinsatser är det viktigt att känna till motiven för måttkontroll, vilka slags måttkontroller som förekommer och olika parters måttkontroll. Vidare är det väsentligt att känna till metoder och mätton för måttkontroll.

### Motiv för måttkontroll

Måttkontroll används för att undersöka huruvida toleranskraven uppfylls.

Resultatet av en måttkontroll är antingen ett godkännande eller ett underkännande. Underkännande innebär inte alltid kassation. Man kan nämligen åtgärda produkten så att ett underkännande, vid förnyad kontroll, kan bli ett godkännande. Detta är vanligt inom byggnadsindustrin.

### Konstaterande och förebyggande måttkontroll

Måttkontroll kan vara

- konstaterande eller
- förebyggande.

Konstaterande måttkontroll som normalt utförs först sedan arbetet slutförts tar främst sikte på att undersöka huruvida kvalitetskraven på färdiga konstruktioner uppfyllts. Hit räknas även besiktning.

Förebyggande måttkontroll som sker under arbetets gång tar främst sikte på att genom tidiga måttkontroller styra in produktionen så att kvalitetskraven på färdiga konstruktioner uppfylls.

### Myndigheternas måttkontroll

Myndigheternas måttkontroll regleras av normernas och bestämmelsernas krav.

Myndigheternas måttkontroll utövas av

- Statens planverk
- Länsstyrelsen
- Byggnadsnämnden.



De som i praktiken verkställer myndigheternas måttkontroll är byggnadsinspektörerna, eller motsvarande tjänstemän inom kommunen, och de ansvariga arbetsledarna (för varje bygge där byggnadslov erfordras utses i regel en ansvarig arbetsledare, vilken ofta är anställd av entreprenören).

Myndigheternas måttkontroll är både konstaterande och förebyggande.

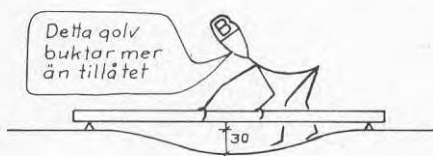
#### Beställarens måttkontroll

Beställarens måttkontroll regleras av honom själv och AB om bygghandlingarna upprättas i anslutning till denna. I AB anges bl a att beställaren utövar den kontroll över entreprenaden som han finner lämplig.

Beställaren anlitar i regel en kontrollant som praktiskt utövar kontrollen.

Kontrollantens arbetsuppgifter är bl a:

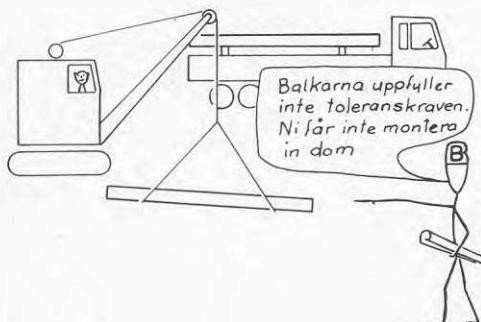
1. Att kontrollera toleranskraven på material och varor som skall monteras in i konstruktionen. Detta är en form av förebyggande kontroll.
2. Att kontrollera toleranskraven på färdiga konstruktioner. Detta är en form av konstaterande kontroll.



#### Entreprenörens måttkontroll

Entreprenörens måttkontroll regleras av honom själv och AB. Enligt AB är entreprenören skyldig att åtgärda de fel och brister som uppstår. Kontrollen utövas av entreprenörens arbetsledning eller kontrollavdelning.

Entreprenörens kontroll är i regel förebyggande.



### Metoder för måttkontroll

Detta avsnitt ger metoder för måttkontroll av byggplatsavvikelser. (Metoder för måttkontroll av tillverkningsavvikelser finns i Svensk Standard, t ex för betongelement i SIS 02 11 10 - 021115. För kontroll av utsättningsavvikelser, se SIS 02 12 51 - 55.) Metoderna presenteras i den ordning de förekommer i AMAs toleranstabeller.

Kontroll av

lägesavvikelser

- läge i sida
- läge i höjd

avvikelse i avstånd mellan närbelägna komponenter

- avstånd i sida
- avstånd i höjd

fogavvikelser

- fogbredd
- fogsprång

upplagslängd

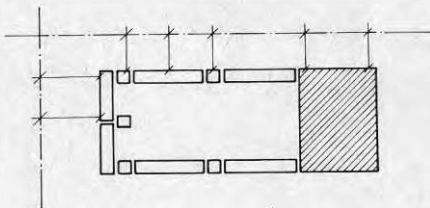
riktningsavvikelser

- lutning i förhållande till vertikalplanet
- lutning i förhållande till horisontalplanet

formavvikelser

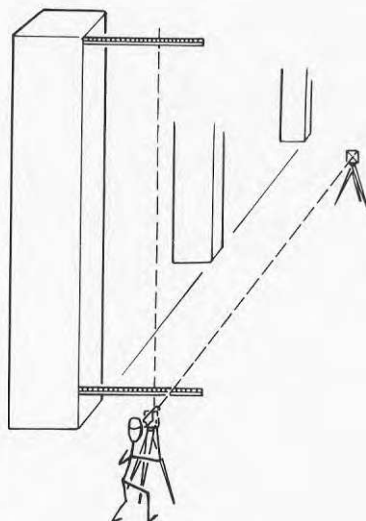
- krokighet och buktighet

Läge i sida mäts i regel från ett sekundärsystem i plan t ex baslinjesystemet.

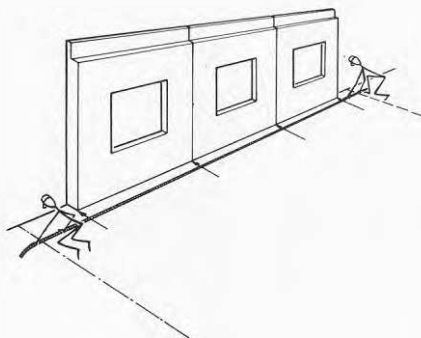


Om sekundärsystemet utförts enligt SIS 02 12 53 har man tillfredsställande noggrannhet vid lägeskontrollen.

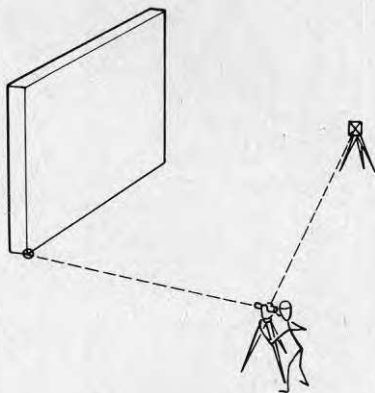
1. Mätning kan ske med teodolit och mätsticka från en sekundärlinje. Teodoliten centreras då över en intilliggande sekundärlinje, som i dess ändpunkt signaleras med t ex tvångscentereringsstängsl, se figur nedan.



2. Mätning kan ske med mätband om sekundärlinjen är markerad intill komponenten.



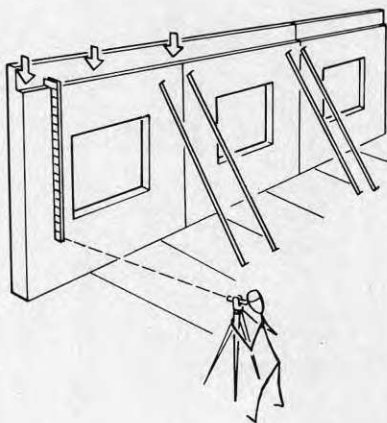
3. Mätning kan ske polärt, vilket innebär att man från en känd punkt och en känd riktning mäter en längd och en vinkel till komponenten. Mätning sker med teodolit och mätband eller elektromagnetiska längdmättningsinstrument. Vanligtvis koordinatberäknas sedan den inmätta punkten och läget anges med en x- och y-koordinat.



Läge i höjd mäts i regel från ett sekundärsystem i höjd.

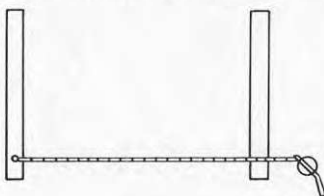
Om sekundärsystemet utförts enligt SIS 02 12 55 har man tillfredsställande noggrannhet vid lägeskontrollen.

Mätning kan ske med avvägningsinstrument och avvägningsstång eller med laserinstrument för höjdkontroll.

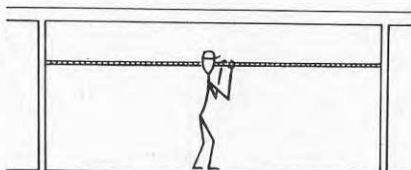


Avstånd i sida mäts mellan komponenternas verkliga ytor (och ej mellan komponenternas centrumlinjer).

1. Mätning kan ske med mätband.

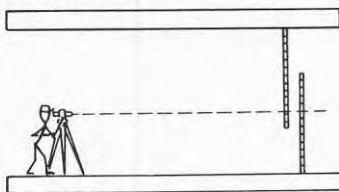


2. Mätning kan vid avstånd upp till 4 m ske med teleskopiskt skjutmått.

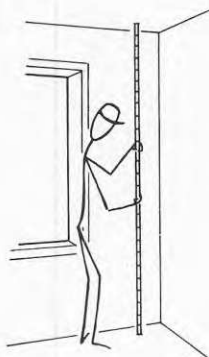


Avstånd i höjd mäts mellan komponenternas verkliga ytor (och ej mellan komponenternas centrumlinjer).

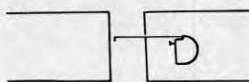
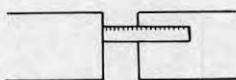
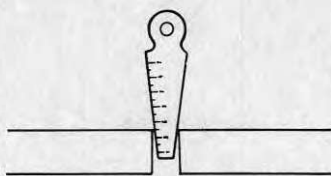
1. Mätning kan ske med avvägningsinstrument och avvägningsstång.



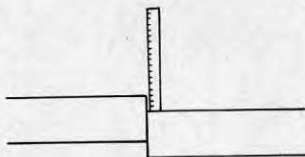
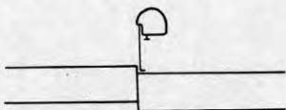
2. Mätning kan ske med teleskopiskt skjutmått.



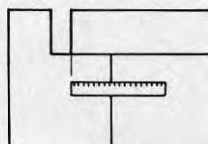
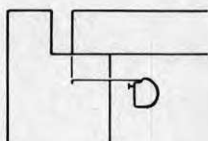
Fogbredd kan mätas med mätsticka, mätstock (tumstock) eller kort mätband.



Fogsprång kan mätas med bladmått, mätstock (tumstock) eller kort mätband.



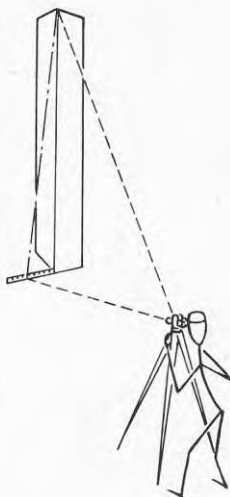
Upplagslängd kan mätas med mätstock (tumstock) eller kort mätband.



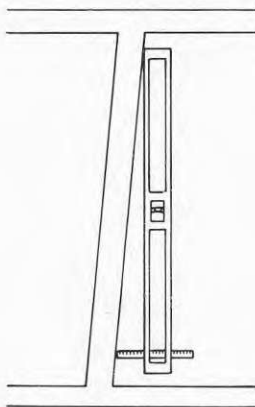


Lutning i förhållande till vertikalkplanet kan erhållas på flera sätt.

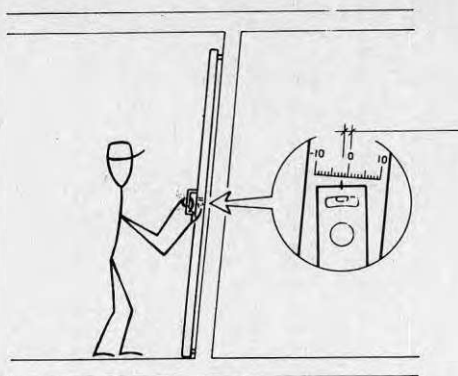
1. Genom beräkning av skillnaden mellan läge i sida för två nivåer, t ex med lodsnöre och mätsticka/tumstock.
2. Mätning kan ske med teodolit och mätsticka.



3. Mätning kan ske med långpass.

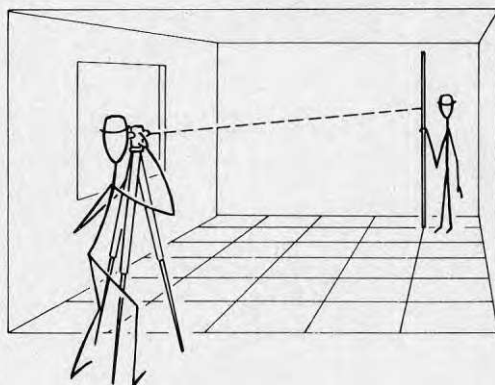


#### 4. Mätning kan ske med lutningsmätare.

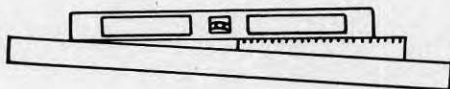


Lutning i förhållande till horisontalplanet kan erhållas på flera sätt.

1. Genom beräkning av skillnaden mellan läge i höjd för två punkter vid t ex rutavvägning.



2. Mätning kan ske med långpass och mätkil.



Krokighet och buktighet kan erhållas på flera sätt.

1. Genom beräkning av skillnaden mellan läge för tre punkter, se metod 2, sid 14.
2. Mätning kan ske med rätskiva.



### Mätdon för måttkontroll

Vid måttkontroll måste man ha en uppfattning om mätmetodens fel. I AMA anges att denna får uppgå till 20 % av den tolerans som skall kontrolleras.

Detta kräver kännedom om de vanligaste mätdonen för måttkontroll, nämligen

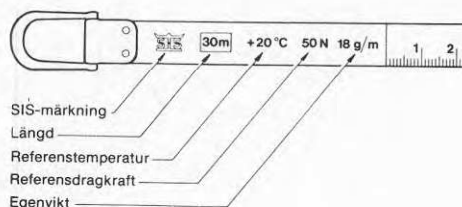
- mätband
- teodolit
- avvägningsinstrument
- elektromagnetiska längdmättningsinstrument
- laserinstrument för höjdkontroll.

Oavsett mätutrustningens klassindelning kan ett fullgott mätresultat endast erhållas om man:

- använder instrument på rätt sätt
- utför en regelbunden instrumentkontroll och vid behov själv kan justera vissa instrumentfel
- tillämpar mättningsförfarandet som eliminerar små restfel efter justering
- behandlar instrumentet omsorgsfullt
- rengör instrumentet, helst dagligen
- ser till att ordentlig belysning finns vid mätton och mätobjekt.

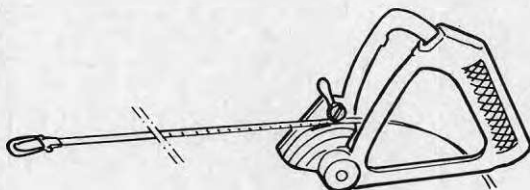
Mätband med kända data avseende gradering, referens-temperatur, referensdragkraft och egenvikt skall användas.

För SIS-märkta mätband, enligt SIS 64 11 12 och 64 11 13, är dessa data kända.



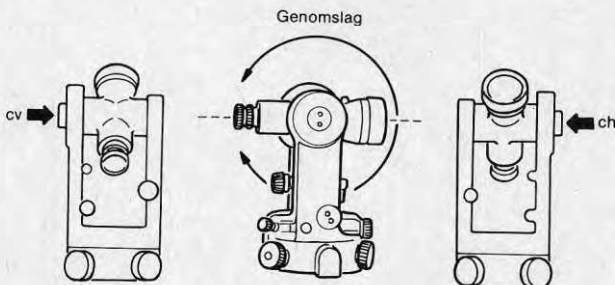
Vid mätning skall korrektioner för gradering, temperatur, dragkraft, nedböjning och lutning göras.

Använd bandsträckare vid mätning. Se till att bandet är rent. Mät helst med bandet understött och horisontalt. Efter användning bör bandet rullas ihop och läggas i skuggan.



Teodolit kan med avseende på noggrannhet indelas i "minutteodolit" och "sekundteodolit". Normalt används minutteodolit. Ställs högre krav är det lämpligt att använda sekundteodolit.

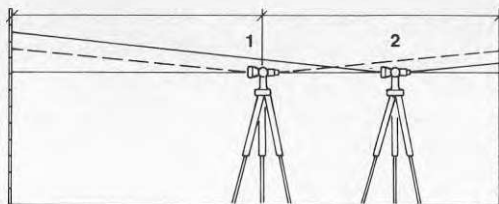
Se till att centrera instrument noggrant över mätpunkten. Utför vinkelmätning i en hel sats. Det innebär att första mätningen sker med vertikalcirkeln till vänster (cv) och den andra mätningen, efter s k genomslag, med vertikalcirkeln till höger (ch), se nedan.



Avvägningsinstrument kan med avseende på noggrannhet indelas i s k "bygginstrument" och "finavvägningsinstrument". I SIS 64 12 10 och 64 12 11 anges hur man ska gå till väga vid undersökning och bedömning av ett avvägningsinstruments prestationer.

Undvik kollimationsfel (parallellitetsavvikelse mellan vattenpassets axel och kikartubens axel) genom kontinuerlig kontroll. Det kan ske genom att man på byggplatsen skaffar två fixar på ett avstånd av ca 60 m och vid lämpliga tillfällen kontrollerar instrumentet i läge 2 mot fixarna. Se figur nedan.

Instrumentuppställning i läge 1 eliminerar kollimationsfelet.



Elektromagnetiska längdmättningsinstrument kan användas för kontrollmätningar. Instrumentet sänder en elektromagnetisk impuls till ett över mätpunkten placerat prisma. Därifrån reflekteras den tillbaka till instrumentet. Med ledning av impulsens hastighet och den tid impulsen tar för att gå fram och åter, beräknar instrumentet automatiskt avståndet till mätningpunkten.

Laserinstrument för höjdkontroll kan användas för höjdkontroll av stora ytor. En typ fungerar så att den strax under och över instrumentets referensplan ger ett blinkande sken. Exakt i referensplanet är blinkarna så snabba, att de uppfattas som ett fast sken. En man klarar mätningen."

Så långt "Kunna Toleranser". Det har framförts kritik såväl mot det gällande toleranssystemet som sådant som mot den ovan citerade framställningen. Det pågår också arbete med översyn av toleranskapitlet. Den citerade skriften är den bästa författaren har kunnat finna för närvarande.

#### Gällande standard

För toleranser gäller bl a följande svenska standard:

##### Måttkontroll

Måttkontroll på byggplatsen SIS 02 11 70

##### Toleranser

Byggritningar. Toleranser. Symboler, beteckningar, skriv- och ritsätt SIS 03 22 32

##### Byggtoleranser

- Samspel mellan toleranser SIS 05 02 13  
 - Samspel mellan toleranser. Formler. Anvisningar SIS 05 02 14  
 - Terminologi SIS 05 02 15  
 - Toleranssystem SIS 05 02 12  
 - Toleransvidder SIS 05 02 01

Toleranser för längdmätton SIS 64 11 01

Toleranser. Grundläggande terminologi SIS 05 05 01

## Toleranskrav för betonggolv enligt RA78

Mått	Mätlängd (m)	Tolerans (mm)		
		Klass 1	Klass 2	Klass 3
Buktighet	0,25	+/- 0,8	+/- 1,2	+/- 2
	1,0	+/- 1,2	+/- 2	+/- 3
	2,0	+/- 2	+/- 3	+/- 5
Lutning*	L	D	E	F

\* Bakfall får inte förkomma mot brunn eller ränna.

Som komplement citerar vi ur ett par katalogblad över instrument för mätning av ytplanhet och lutning.

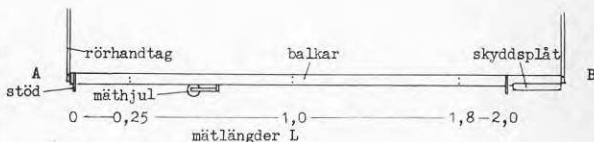
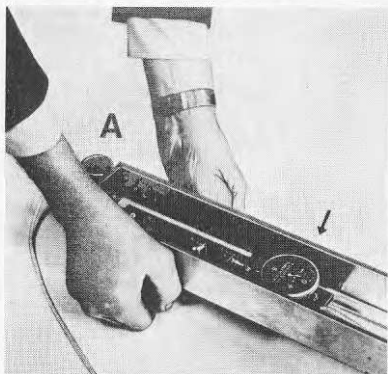
"Mätning av Ytplanhet enligt HusAMA 72.

Toleranskontroll av Buktighet och Krokighet utföres med rätskiva. Bestämmelserna, som avser såväl tillverknings- som byggplatskontroll, är väsentligt utvidgade och detaljerade: de gäller väggar och skärmar, pelare, balkar, bjälklag och tak, golv och undergolv. HusAMA anger att "vid mätning placeras rätskivan i ogynnsammaste läget på ytan". Särskilt vid små toleranser är detta med måttstock eller tolk osäkert och tidsödande.

Rätskivan "FD 72" är lätt att transportera och hantera. Dess stöd är flyttbara för mätlängder upp till 2,0 m. Ytplanheten registreras längs en rät linje mellan stöden genom vertikalrörelsen hos ett mätjul, som rullar längs denna linje: rörelsen överföres till en mätklocka, vars tavla är utförd som en urtavla med 1 tim = 1 mm, vilket gör den tydligt läsbar på 1/10 mm när på mer än 3 m håll. Klockans mätområde är +/- 14 mm, och aktuella ca 150 toleransmått är endast i tre fall större än 12 mm."



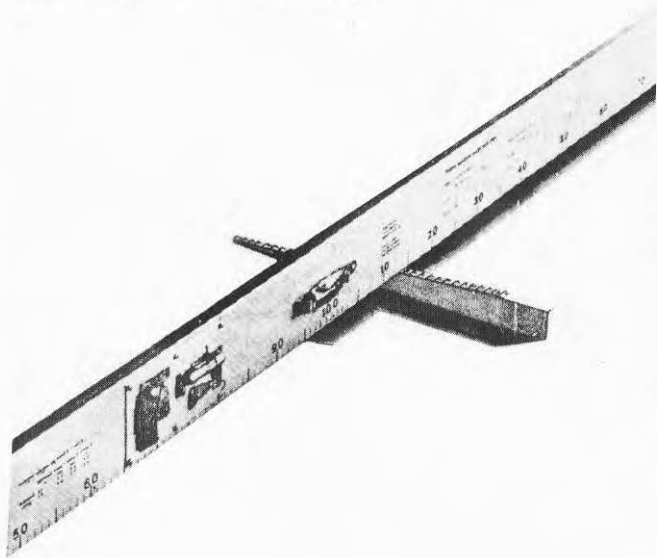




### "Nylunds våglinjal och mätkil"

är en tvådelad våglinjal (rätskiva), två meter lång och försedd med måttkala och två distansdubbar. I våglinjalen finns hål borrade för placering av distansdubbarna på mätlängder som HusAMA föreskriver. Distansdubbarnas höjd är 20 mm.

Våglinjalen är dessutom försedd med två vattenpass för horisontell och vertikal mätning.



### LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Kunna toleranser, kunna seminarium, Norrbelius, BSAB 1974

## VÄRMEISOLERING

### ALLMÄNT

Byggnader värmeisoleras för att det skall bli möjligt att hålla ett hyggligt klimat utan alltför stora värmeförluster. Värmeisoleringen har även till uppgift att hålla upp ytttemperaturen på ytterväggens insida, så att där inte uppstår kallras och kondens. Värmeisolering skall alltså behandlas ur två aspekter: Energihushållning och hygien.

Om en värmeisolering skall kunna fungera på avsett sätt är det viktigt att den monteras utan håligheter, fickor, springor och luftspalter och att konstruktionen utformas på sådant sätt att fuktansamlingar inte kan uppstå.

Så länge det finns en temperaturskillnad fortgår en värmetransport från högre till lägre temperatur. Värme transporteras på tre olika sätt, nämligen:

- Ledning genom ett material, vilket är det helt dominerande transportsättet genom fasta, kompakta material som t ex metaller, stenmaterial.
- Konvektion i en isolering, vilket innebär att luft upptar värme på en plats för att transportera och avge den på en annan plats.



Luften värms upp, blir lättare och stiger.  
Luften kyls av, blir tyngre och sjunker.

### VÄRMEÖVERFÖRING GENOM EGENKONVEKTION I POR.

- Strålning, från den varmare till den kallare sidan i t ex en materialpor.

För att kunna beräkna värmetransporten och beskriva olika materials isolerande förmåga används begreppen

- värmekonduktivitet (värmeledningsförmåga) som uttrycks i  $W/m^{\circ}C$  och betecknas med  $\lambda$  (lambda), som innefattar ledning, konvektion och strålning.
- värmeisolans (värmemotstånd) som uttrycks i  $m^2 \times ^{\circ}C/W$ , betecknas med  $m$  och definieras

$$m_n = \frac{d_n}{\lambda_n},$$

- där  $d_n$  är materialtjocklek (m),

värmeomgångskoefficient ("k-värde") som uttrycks i  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ , betecknas med  $k$  och definieras  $k = 1/\Sigma m$ .

#### KONTROLLMETODER

För kontroll av färdiga väggar finns i princip två huvudmetoder att välja på. De är strålningsmätning och värmeflödesmätning. Strålningsmätningen ger i de flesta tillämpningar endast en kvalitativ kontroll medan värmeflödesmätning ger en kvantitativ information.

Gemensamt för båda är att det krävs välutbildad personal och välkalibrerad utrustning för att erhålla pålitliga värden eftersom det finns stora möjligheter att få felaktiga resultat. Om man vill åstadkomma en fullständig redovisning av en väggs kondition så bör bägge metoderna användas.

#### Strålningsmätning

Värmekamera, värmebildskamera.

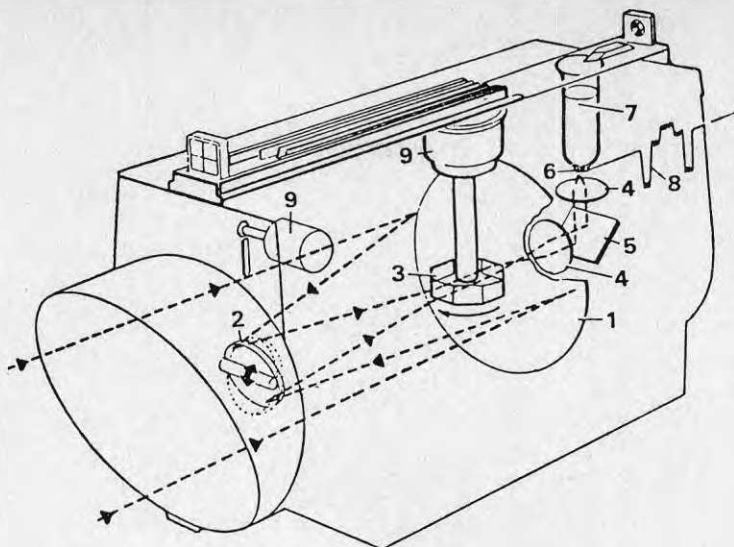
Värmekameran registrerar temperaturskillnader på en yta. Därigenom kan den användas för att lokalisera köldbryggor, isoleringsbrister och läckage.

Principen för värmekameran är att den reagerar för den infraröda strålning (värmestrålning) som utsänds av alla föremål. Denna strålning ökar vid högre temperatur. Mätprincipen grundar sig på sambandet mellan den avgivna värmestrålningen från föremålet och dess ytemperatur.

Förutsättningar: Undertryck (för att spåra läckage), stationära förhållanden, skugga. Observera risken för nedkylning vid skapande av undertryck. Termografering ger inte möjlighet till kvantitativ bedömning.

Fördel med värmekamera: Möjlighet till bilddokumentation. Möjlighet till snabb panorering vid läckagesökning. Ger en god överblick av arbetsutförandet.

Svensk standard för termografering finns i SIS 02 42 10.



#### UPPBYGGNAD OCH FUNKTION HOS EN VÄRMEKAMERA.

1 Sfärisk spegel, 2 Oscillerande planspegel, 3 Roterande kvartsglasprisma, 4 Germaniumlins, 5 Planspegel, 6 Infraröd-detektor (indiumantimonid, In Sb), 7 Flytande kväve, 8 Bildsignal, 9 Motorer

En värmebildskamera består av en kameraenhet (FIGUR ovan) och en bildenhet. Kameraenheten innehåller ett optiskt avsökningssystem och ett detektorelement, som reagerar för strålning inom ett visst våglängdsområde. Som bildenhet används ett modifierat oscilloskop på vars bildskärm den momentana temperaturfördelningen hos det betraktade föremålets yta återges enligt en kontinuerlig gråtonsskala från svart till vitt.

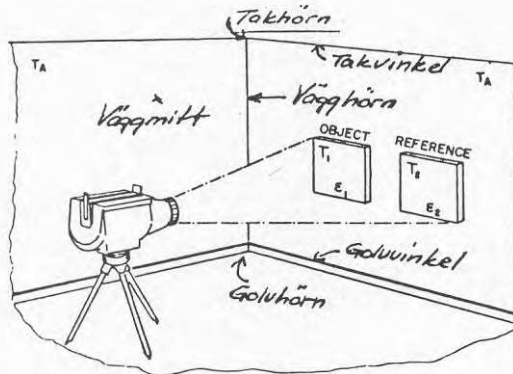
För dokumentering och utvärdering av mätresultat av-fotograferas bildskärmen. Därvid erhålls ett termogram (gråtonsbild).

Ljusstyrkan i varje punkt på termogrammet är bestämd dels av yttemperaturen på objektets yta, dels av ytans emissionstal. För en yta med konstant emissionstal för hela ytan gäller att ju högre yttemperaturen är desto högre är ljusintensiteten.

Med hjälp av en s k isotermfunktion hos kameran kan ytpartier hos mätobjektet med samma yttemperatur fram-tas och dessa framstår som intensivt vita områden på termogrammet. Två isotermer, som flyttas godtyckligt och oberoende av varandra, kan läggas in i samma termogram (isotermbild). Isotermfunktionen används för att bestämma skillnader i yttemperatur mellan valda ytpunkter. Normalt inställs det ena isotermvärdet på väggpartiets "normala" yttemperatur medan det andra

isotermvärdet motsvarar yttemperaturen hos den kallaste ytpunkten i termogrammet eller där misstänkt byggfel föreligger.

IR-kameran registrerar endast relativa temperaturskillnader inom bildfältet. Önskar man bestämma absolut temperaturfördelning för den undersökta ytan erfordras dels kännedom om sann yttemperatur i en referenspunkt inom mätytan, dels emissionstalet för referensytan och hela mätobjektet, dels kamerans sk temperaturfunktion.



#### BESTÄMNING AV YTTEMPERATUR VID TERMOGRAFERING

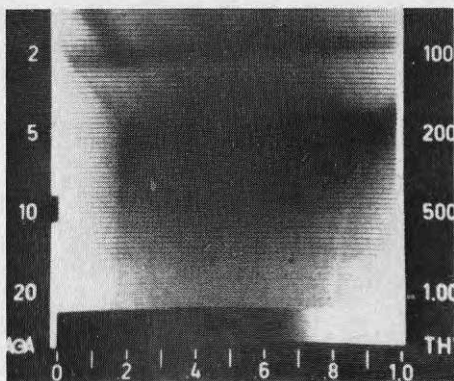
Värmebildskameran kan avbilda yttemperaturer inom området  $-30^{\circ}\text{C}$  till  $2.000^{\circ}\text{C}$  med en högsta upplösning av  $0,2^{\circ}\text{C}$  (nära rumstemperatur). En bildvinkel på  $25^{\circ} \times 25^{\circ}$  motsvarar ca  $1 \times 1$  m mätfält vid 2,5 m avstånd mellan kamera och mätobjekt. Bildvinkeln kan varieras.

På efterföljande sidor ges exempel på termogram tagna vid under vintersäsongen 1970-71 utförda fältmätningar. Under respektive termogram anges kortfattat byggfelstyp. I de fall man ej kunnat verifiera byggfelet genom att riva väggen och okulärbesiktiga den, har detta i texten angetts med förmodat byggfel.

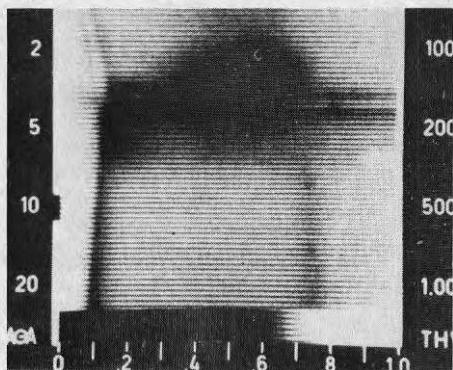
Se även SIS 02 42 10.

Vid tolkning av termogram jämför man med

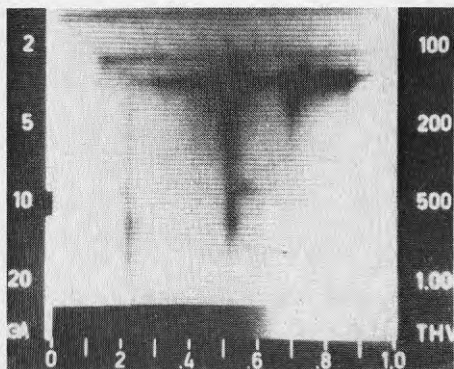
- typtermogram med inbyggda fel
- dito med riktigt utförd isolering och täthet.



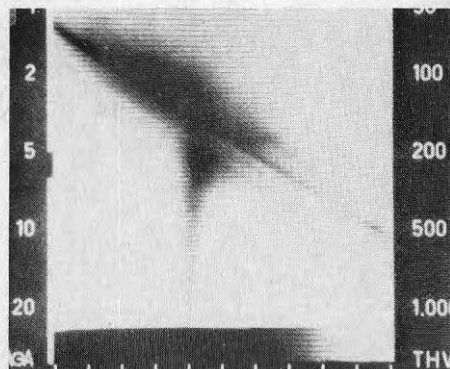
a. Nedkyllt ytparti vid takfot. Byggfelet är orsakat av luftläckage. Uppmätt lufthastighet vid taklist 1,0 - 1,2 m/s.



b. Nedkyllt ytparti vid takfot och takhörn. Förmodat byggfel är bristfälligt utförande av isolering i detta parti kombinerat med luftrörelser i isoleringsmaterialet.

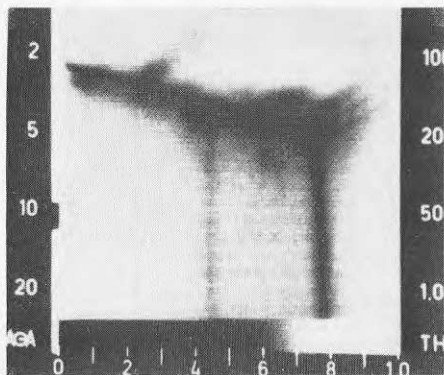


c. Nedkyllt ytparti vid takfotsanslutning. Felet beror på luftläckage. Uppmätt lufthastighet vid taklist ca 2 m/s (punktvis).

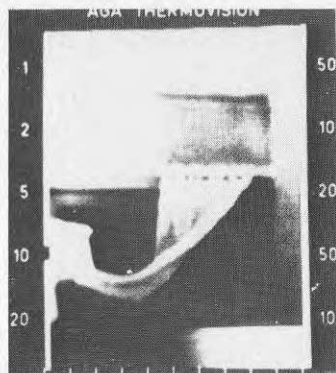


d. Nedkyllt ytparti vid takfot där regel ansluter. Felet beror på luftläckage. Uppmätt lufthastighet vid taklist ca 2,5 m/s.





e. Nedkylt ytparti vid takhörn och takfot. Felet beror på luftläckage vid takfotsanslutningen. Uppmätt luft-hastighet vid taklist 0,3 - 0,4 m/s.



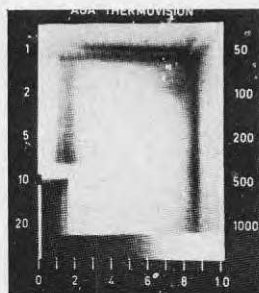
f. Väl markerad nedkyld rektangulär yta ovanför fönster vid vägghörn. Förmodat byggfel är att delar av isole- ringen saknas.

Regelvägg nr 1 - Konstruktion med inbyggda fel.

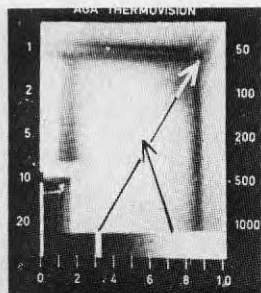
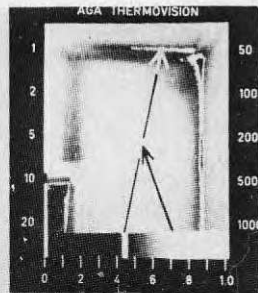
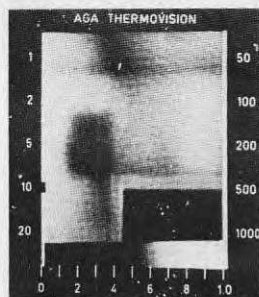
120 mm mineralull

Temperaturskillnad (inne - ute)  $t_i - t_u = 26^{\circ}\text{C}$ .

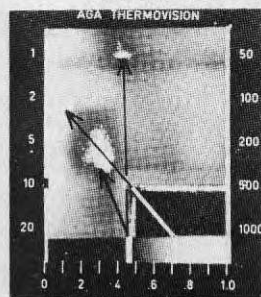
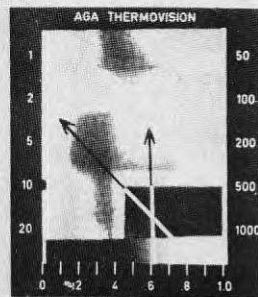
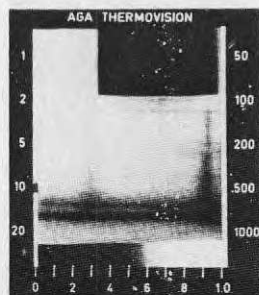
Tryckskillnad (inne - ute)  $P_i - P_u = 0 \text{ N/m}^2$ .



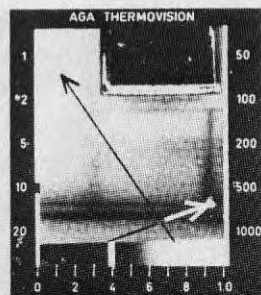
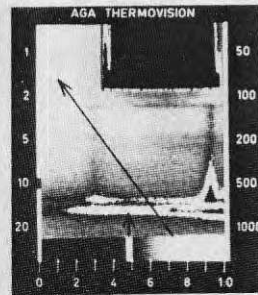
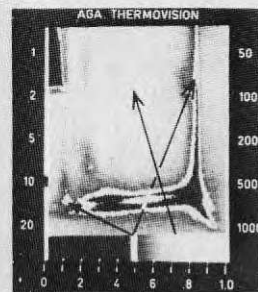
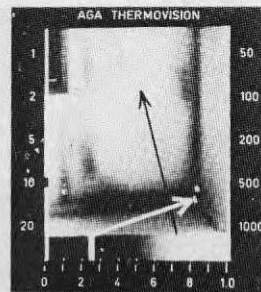
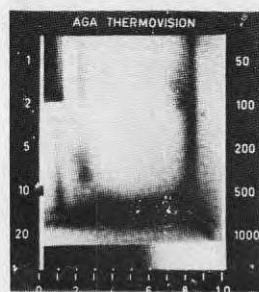
A1

A2  $\Delta t = 6.8^{\circ}\text{C}$ A3  $\Delta t = 4.4^{\circ}\text{C}$ 

B1

B2  $\Delta t = 4.0^{\circ}\text{C}$ B3  $\Delta t = 1.6^{\circ}\text{C}$ 

C1

C2  $\Delta t = 5.6^{\circ}\text{C}$ C3  $\Delta t = 3.6^{\circ}\text{C}$ 

## Infratermometer, strålningspyrometer

Infratermometern känner av temperaturen på samma sätt som en värmekamera. Genom en sökare kan man lokalisera mätobjektet och mäta medeltemperaturen över bildfältet, vilken redovisas antingen analogt (med visare) eller digitalt (med siffror). Beroende på fabrikat och utförande på några instrument kan man även välja mellan två mätvinklar.

En exklusivare variant mäter temperaturen längs en linje i sökaren och mätresultatet framträder som en kurva i bildfältet. Detta instrument kan även utrustas för bilddokumentation.

## Värmeflödesmätning

Värmeflödesmätare (termoelement och skrivare).

Värmeflödesmätaren mäter värmeflödet genom en konstruktion, t ex en yttervägg.

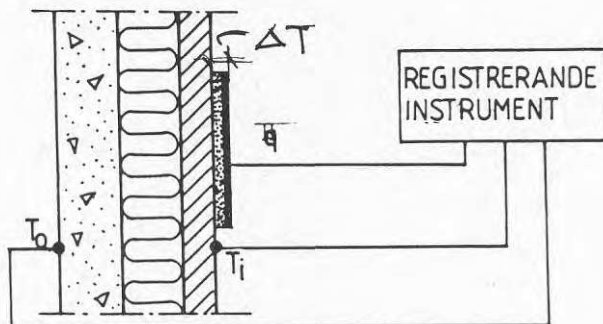
Den konventionella värmeflödesmätaren bygger på att temperaturfallet över en skiva material står i proportion till värmeflödet vinkelrätt mot och igenom denna. Instrumentets skiva är på båda sidor försedd med seriekopplade termoelement. Genom att mäta temperaturskillnaden  $\Delta T$  mellan skivans ytor vid känt värmeflöde per ytenhet  $qW/m^2$  och beräkna förhållandet mellan dessa, får man fram en kalibreringskonstant  $c$ .

$$c = \frac{q}{T} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

När en värmeflödesmätning skall göras placeras mätaren normalt på den yta genom vilken man vill mäta värmeflödet, se FIGUR nedan. Temperaturskillnaden över skivan mäts och värmeflödet kan beräknas enligt ekv

$$q = c \cdot T = \frac{1}{M} (T_i - T_o),$$

där  $M$  är värmegenomgångsmotståndet och övriga storheter enligt figuren.



VÄRMEFLÖDESMÄTARE PÅ EN YTTERVÄGG

Genom att mäta yttemperaturerna på väggens ut- och insida kan väggens värmemotstånd beräknas enligt ekv

$$m = \frac{T_1 - T_0}{q} \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Sambandet mellan yttemperatur, värmefflöde och värmemotstånd har ovan beskrivits med mycket enkla uttryck som förbiser viktiga faktorer i värmefflodets funktion. Förenklingen har gjorts för att enkelt kunna bearbeta resultaten från värmeffloidesmätningarna. De väsentligaste felkällorna är följande:

För det första har man antagit att värmetransporten i systemet endast sker genom ledning och bortser därför från hur strålning och konvektion kan inverka. Värmetransporten mellan väggens ytor och omgivningen sker dock huvudsakligen genom strålning och konvektion, vilka påverkas t ex av ytans reflekterande egenskaper och geometri.

För det andra har värmefflodet antagits endimensionellt, dvs att det inte förekommer någon tvärströmning i vägg eller mätare. I och med att mätaren placeras på ytan av en vägg uppstår det en lokal ändring av övergångsmotståndet mellan väggyta och omgivning som leder till tvärströmning i väggen intill mätaren.

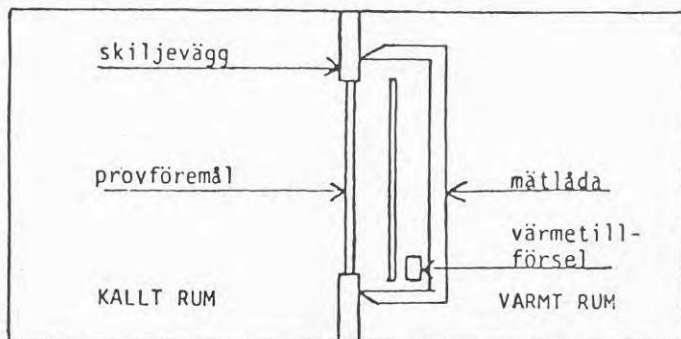
För det tredje har värmefflodet antagits stationärt, dvs att temperaturen i varje punkt i vägg och mätare är konstant i tiden. Detta gäller naturligtvis inte vid fältmätningar där inne- och utetemperaturer svänger, vilket medför att temperaturfördelningen varierar i tiden för både vägg och mätare. Även vid laboratoriemätningar kan det vara svårt att hålla en så pass konstant omgivningstemperatur att det inte påverkar mätresultatet nämnvärt.

Till detta kommer sedan bristen på noggrannhet hos de mätinstrument som används vid mätningarna. Det är därför naturligt att man frågar sig om en värmeffloidesmätning går att utföra och om man kan få fram meningsfulla resultat. Svaret är att det finns olika sätt att kringgå de fysikaliska felkällorna och att det med grundlig kunskap om dessa går att minska deras betydelse tills mätresultatet uppnår acceptabel noggrannhet.

#### "Hot-Box" metoden

Utrustningen består av en väl isolerad låda som har öppningen placerad mot varma sidan av den konstruktion som skall provas. Genom att tillföra effekt till insidan av lådan i den mån att den håller en temperatur som är identisk med den varma omgivningens temperatur, uppnås ett tillstånd där all effekt som tillförs lådans insida strömmar ut genom den konstruktion som skall provas. Med denna metod kan man få ett kvanti-

tativt mått på värmetransmissionen genom den del av konstruktionen som täcks av den varma lådan. Däremot uppnås ringa information om hur värmeförlusterna fördelas i konstruktionens plan. Dessutom är den inte lämplig för mätningar i fält på grund av lådans stora format mm. En annan variant är den s k Calibrated Hot Box, där värmeförlusterna genom fem av lådans sidor kan beräknas med hjälp av temperaturskillnaderna över dessa, vilket gör att värmeförlusterna ut genom den sjätte sidan, som utgörs av provobjektet, kan beräknas genom att ställa upp värmebalans för lådan.



PRINCIPSKISS ÖVER PROVNINGSUTRUSTNING I TVÄRSNITT.

Ibland förekommer uttrycket "guarded hot box". Därmed avses en variant av metoden, där man utanför den egentliga mätlådan har en skyddslåda i vilken man håller samma temperatur som i den inre lådan. Någon principiell skillnad föreligger inte, eftersom man i de fall skyddslåda saknas i stället håller konstant temperatur i det större rum där mätlådan står. "Guarded hot box"-metoden har sitt främsta användningsområde vid fältmätningar eller, då man inte har tillgång till klimatkammare, laboratorium.

#### YTTEMPERATURMÄTNING

##### Kontakttermometer

Kontakttermometern mäter yttemperaturer. Det finns flera typer såsom resistiva, kemiska (NTC) och med termoelement. De flesta yttertermometrar bör användas med försiktighet eftersom deras noggrannhet är relativt dålig i det i byggsammanhang aktuella temperaturområdet.

##### K-värdesmätare

K-värdesmätaren består av en mätkropp med kontaktter-

nometer samt ett visarinstrument och den är avsedd att användas för direktmätning av k-värden. Instrumentet kalibreras mot vertikala väggar med kända k-värden.

En mätning tillgår så att man mäter ytter- och inner-temperaturerna. Temperaturskillnaden ställs in på en vridpotentiometer på instrumentet, därefter sätts mätsonden mot den väggyta som man är intresserad av. Det som mäts är temperaturskillnaden mellan rummet och väggytan. K-värdet avläses direkt på visarinstrumentet.

Osäkerheten i metoden är betydande. Avgörande för mät-noggrannheten är:

- Hur noggrant k-värdet bestämts på den vägg som man kalibrerat mot.
- Hur väl man kan bestämma väggtemperaturen och rums-temperaturen.
- Hur väl de förhållanden som påverkar värmemotståndet stämmer med motsvarande förhållanden i det objekt som mätaren kalibrerats mot.
- Hur stabil temperaturgradienten genom väggen är.

Mest kritisk blir bestämningen av väggtemperaturen vid låga k-värden ( $k = 0.2 - 0.4$ ). Det gäller att mäta väggens temperatur rätt utan att påverka temperaturen i mätpunkten. Vid tjocka väggar ändras temperaturfördelningen långsamt.

Man bör liksom vid all yttemperaturmätning och värme-flödesmätning undvika att mäta på väggar som relativt nyligen stått i solljus.

Bortsett från detta så är metoden att momentant mäta k-värden ändå mycket osäker eftersom temperaturen i rummet och vid väggen ofta varierar.

Det finns alltså anledning att varna för ett okritiskt användande av metoden.



## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Värmeisolering

Termografering av byggnader,  
I.Paljak, B.Pettersson, Byggforskningen, 1972

Metod för bestämning av byggnaders lufttäthet,  
P.I.Sandberg, Statens Provningsanstalt, 1977.

Termografering. Kontroll av byggnaders värmeisoler-  
ing och täthet. B.Axén, B.Pettersson, Bygg-  
forskningen, 1979.

Värmeflödesmätningar, Gudni Johannesson, LTH,  
1979.

Hot Box, Olov Hildingson, Åke Blomsterberg, Sta-  
tens Provningsanstalt 1981

Termografering av byggnader - utvärdering av  
termogram, Statens Provningsanstalt 1971.

Fältprovning i samband med byggnaders energiför-  
brukning, Statens Provningsanstalt 1978.

Bestämning av värmemotstånd, Utveckling av hot  
box-metod, Hans Brolin, Statens Provningsanstalt  
1977.

K-värde i fält, Ingemar Samuelson, Statens Prov-  
ningsanstalt, rapport 1981:11.

Svensk Standard

SIS 01 61 50

SIS 02 42 10

SS 02 15 50

SS 02 42 11

SS 02 42 12

Anm

En ny svensk standard är under utarbetande be-  
träffande "hot box"-metoden (juni 1981).

## LUFTTÄTHET

### ALLMÄNT

Ventilationsförlusterna representerar en stor del av en byggnads samlade värmeförlust. De kan reduceras avsevärt genom en bättre kontrollerad ventilation. Den ofrivilliga ventilationen beror till stor del på otätheter i väggar, fönster, dörrar och karminfästningar. Med en stor ofrivillig ventilation kan man aldrig komma till rätta med ventilationsförlusterna. SBN ställer därför krav på byggnadens täthet.

Den ofrivilliga ventilationen är svår att definiera och därmed också svår att bestämma. En metod är mätning med spårgas. Det innebär att en viss mängd spårgas släpps ut i det rum (byggnad) där ventilationsgraden skall bestämmas. Spårgasen blandas med luften och gaskoncentrationen mäts. Denna utgör ett mått på ventilationsgraden och därmed luftläckningen vid rådande tryck- och temperaturförhållanden. Resultatet är alltså beroende av klimatförhållandena vid mätningstillfället.

En annan metod att mäta täthet är tryckmätning. Det innebär att tätheten hos en byggnadsdel mäts genom att man åstadkommer en tryckskillnad över byggnadsdelen och mäter den luftmängd som passerar igenom vid en bestämd tryckskillnad. Vid fältmätning sätts hela hus eller lägenheter under övertryck eller undertryck, som registreras på en differentialtryckmätare. Samtidigt registreras det luftflöde till eller från byggnaden som behövs för att upprätthålla tryckdifferensen.

Resultatet från en sådan mätning är ett antal bestämningar av luftflöde vid varierande tryck. Värdena kan förenas till en kurva, som anger sambandet mellan läckage och tryckskillnad vid övertrycks- respektive undertrycksmätning.

### MÄTNING AV LUFTTÄTHET

#### Översikt av mätmetoder

##### 1. Spårgasmetoden

Instrument	Gasanalysator
Princip	Antalet luftväxlingar per tidsenhet i en lokal (byggnad) bestäms genom uppmätning av variation hos spårgasens koncentration med tiden.
Användningsområde	Färdig byggnad (definierade volymer).

## Fördelar

Mätningen ger värden på byggnadens ventilationsgrad vid aktuella betingelser. Kontinuerliga mätningar under ett helt år kan ge värde på årliga ventilationsförluster i byggnaden.

## Nackdelar

Metoden är tidskrävande och kompetent mätpersonal är nödvändig. Ger ingen uppgift om läckagepunkter. Mätningen är ett resultat av samverkan mellan byggnadens otätheter och den vädersituation som råder vid mättillfället. Luftrörelser i konstruktionen kan ej verifieras. Ej lämplig som rutinmetod vid kvalitetskontroll av byggnadens lufttäthet. Långsam vid täta hus. Relativt komplicerad mätapparat.

2. Tryckmetoden

Instrument	Varvtalsreglerad fläkt med mätrör för mätning av luftflöde. Mikromanometer för mätning av tryck.
Princip	Bestämning av luftflödet, $Q$ , vid ett tryckfall av 50 Pa över konstruktionen. Antalet luftomsättningar bestäms ur sambandet $n = \frac{Q}{V}$ där $V$ är byggnadens volym.
Användningsområde	Färdig byggnad (definierade volymer).

## Fördelar

Enkel apparatur vid mindre volymer (<700 m<sup>3</sup>). Metoden är snabb och entydig och ger ett värde på byggnadens lufttäthet vid påfört tryck. Mätningen är normalt oberoende av väderlek vid mättillfället. Metoden är lämplig att använda vid t ex kvalitetskontroll av byggnaders lufttäthet, jämförelser mellan byggnader samt normkrav.

## Nackdelar

Mätningen ger ej uppgift om verklig luftläckning vid driftsförhållanden. Mätningen anger ej var luftläckage förekommer om inte metoden kombineras med termografering. Luftrörelser i konstruktionen kan ej upptäckas. Vid stora volymer krävs skrymmande apparatur om ej byggnadens ordinarie fläktar kan användas.

### 3. Lufthastighetsmätning

Instrument	Lufthastighetsmätare typ varmtrådsanemometer.
Princip	Varmtrådsanemometern använder luftens avkylning av en uppvärmd tråd som uttryck för hastigheten. Mätning sker vid konstruktionens yta där ev luftrörelser indikerar luftläckning genom konstruktionen.
Användningsområde	Fogar, elementskarvar m m.

#### Fördelar

Mätningen ger värden på lufthastighet vid läckageställe. Genomgående otätheter hos konstruktionen kan upptäckas. Instrumentet är lätt att hantera. Läckageställen kan lokaliseras. Relativt billigt instrument.

#### Nackdelar

Tidsödande att lokalisera luftläckage i en hel byggnad. Mätningen ger ej uppgift om läckagemängder. Luftrörelser i konstruktionen kan ej upptäckas. Viss tryckdifferens över konstruktionen krävs (5-10 Pa). Kan vara svårt att bedöma förbättringsåtgärd med enbart denna mätning som grund. Låg reproducerbarhet. Kompetent och erfaren personal krävs för att bedöma resultatet.

### 4. Rök

Instrument	Rökgaspistol
Princip	Genom att iaktta rörelser hos rökpuffar avgöra lufthastigheten. Vid läckagesökning i byggnader iakttas visuell rökens rörelser vid konstruktionens yta. Eventuella rökrörelser indikerar luftläckning genom konstruktionen.
Användningsområde	Fogar, elementskarvar m m.

#### Fördelar

Genomgående otätheter hos konstruktionen kan upptäckas. En bild av luftrörelserna vid läckagestället erhålls. Rökgasen ger information om luftens strömningsriktning och ungefärliga hastighet i rummet. Kan ge information om läckagevägar.

## Nackdelar

Tidskrävande att lokalisera felställen. Ger ej värden på luftläckagemängder. Beroende av tryckfall över konstruktionen. Rökgasen kan vara besvärande. Erfarenhet krävs för att bedöma resultatet.

5. Såpbubblemetoden

"Instrument"	Plastlåda, dammsugare, såpvatten.
Princip	Byggnaden (rummet) sätts under undertryck. Såpvattnet stryks på konstruktionens yta varvid ev bubblor indikerar läckageställen.
Användningsområde	Elementskarvar, fogar m m.
Fördelar	

Genomgående otätheter hos konstruktionen kan upptäckas. Ger indikation på läckageställen. God åskådlighet.

## Nackdelar

Tidskrävande att lokalisera läckageställen. Kräver tryckfall över konstruktionen. Föga lämplig att använda i färdiga byggnader. Erfarenhet krävs för att bedöma resultatet.

Beskrivning av tryckmetoden

(Rum eller hel byggnad)

Den provningstrustning som behövs vid tryckmätningssmetoden är:

Fläkt med lämplig kapacitet. I vissa fall kan byggnadens ordinarie fläktinstallation användas.

Flödesmätare för mätning av luftflödet genom fläkten.

Tryckmätare (mikromanometer) för mätning av tryckskillnader.

Varvtalet på fläkten skall kunna inställas steglöst.

Fläkt och flödesmätare skall kunna vändas så att mätning kan utföras i båda flödesriktningarna genom väggen.

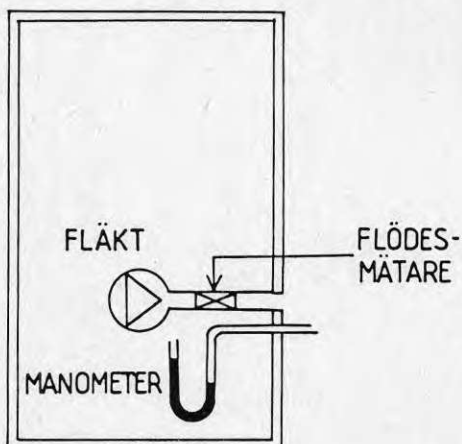
Enligt gällande bestämmelser skall före provningen alla öppningar som är avsedda för ventilation eller andra ändamål tillslutas. Det innebär att tallriks-

ventiler skall stängas, köksfläkt tätas (normalt med tejp och plastfolie), springventiler vid fönster tätas med tejp, torkskåp som är direktanslutna till evakueringskanal tätas vid utlopp, öppen spis tätas i eldstadsöppningen eller rökgång och brevinkast tätas.

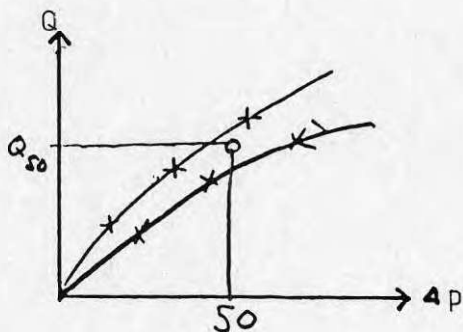
Till den volym som skall provas räknas alla utrymmen som är avsedda att uppvärmas till mer än  $+10^{\circ}\text{C}$ . Dock undantas sådana utrymmen som har separat ventilation, t ex pannrum och garage. Dörrar till sådana utrymmen hålls stängda, men dörrar inom den provade volymen hålls öppna.

Utomhustemperatur och vindhastighet uppmäts. Provnings bör ej göras om vindhastigheten mätt i huvudhöjd in till huset är större än 3 m/s. Om utetemperaturer är lägre än  $-10^{\circ}\text{C}$  måste luftflödena korrigeras med hänsyn till temperaturen.

Utrustningen monteras i princip enligt FIGUR.



TRYCK/UNDERTRYCK MÄTNING AV HEL BYGGNAD + MÄTNING FÖNSTER



$$\text{Ötätthetsfaktor } n_{50} = \frac{Q_{50}}{\text{byggn.voly m}} \\ (\text{m}^3/\text{m}^3 \text{ h eller oms/h})$$

$$\text{Specifikt läckage } q_{50} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h } 50 \text{ Pa}}$$

LÄCKAGEKURVA



Ett ytterdörrblad eller en fönsterbåge utbyts mot en spånskiva e d som fästs i dörr- respektive fönsterkarm och tätas noggrant med t ex tejp.

I spånskivan anordnas genomföring av fläktens mätrör och en smal slang. Den smala slangen ansluts till tryckmätaren (mikromanometern) som mäter tryckskillnaden över ytterväggen.

Provningsen börjar med att fläktens varvtal regleras så att ett invändigt övertryck på minst 55 Pa bildas. När tryckskillnaden stabiliserat sig avläses luftflödet. Därefter minskas varvtalet och avläsningar görs vid ungefär var 5:e Pa ner till ca 10 Pa, varpå luftströmmen vänds och avläsningar görs vid motsvarande invändiga undertryck.

Resultatet av provningen redovisas i diagram med samhörande värden på tryckskillnad och flöde/luftomsättning vid respektive över- och undertryck, se FIGUR sid 45.

Vid beräkningen av byggnadens volym används innermått. Avdrag görs ej för innerväggar, snickerier o d. Tilllägg görs ej för t ex normal takkupa eller öppningar i bjälklag för trappa.

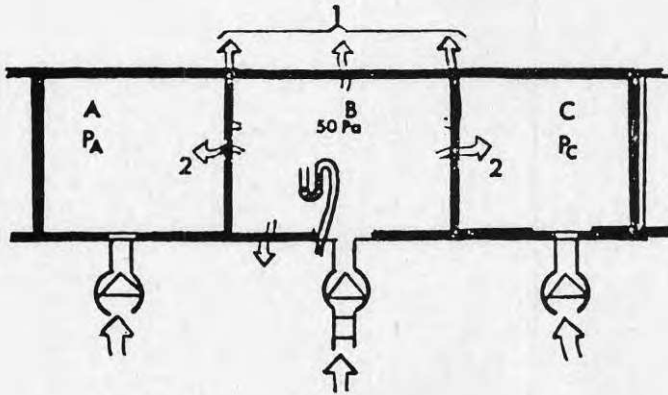
Som mått på tätheten anges normalt medelvärden av luftflödena vid över- och undertryck vid 50 Pa avlästa ur kurvan. Om kurvan är ojämn i området runt 50 Pa godtas även att luftflödet beräknas som medelvärde av luftflödena vid 45, 50 och 55 Pa vid såväl över- som undertryck (sex värden).

Det bör kanske påpekas att otäthetsfaktorn  $n_{50}$  är ett konstruerat tal som givetvis inte är representativt för normalfallet och ett "vanligt" hus utsätts normalt inte för enhetligt över- respektive undertryck i alla delar samtidigt.

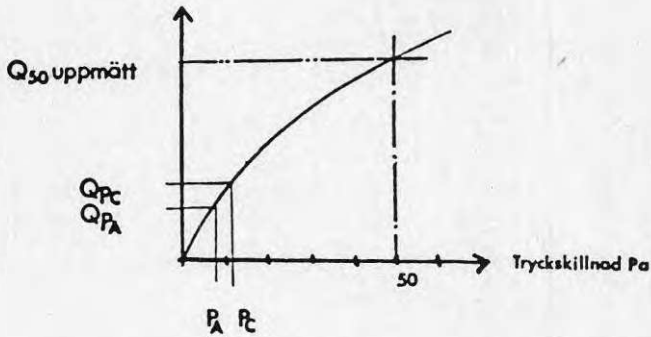
Radhus, sammanbyggda hus:

Vid täthetsprovning av radhus måste man korrigera för sidoläckage enligt FIGUR nedan.

Först provas B som om det var ett friliggande hus. Därvid fås kurvan  $Q_{\text{uppmätt}}$ . Sedan undersöks vilken tryckförändring  $P_A$  resp  $P_C$  som fås i lägenhet A respektive C, då trycket i B åter höjs till 50 Pa.



Läckage  $m^3/h$



$$Q_{50 \text{ korr}} = Q_{50 \text{ uppmätt}} - Q_{PA} - Q_{PB} + \text{Restf.}$$

## Fönster, dörrar, väggpartier

Tätetsprovning av fönster eller enskild väggdel tillgår på i princip samma sätt som beskrivits ovan med den skillnaden att man här endast sätter den utvalda ytan under tryck med hjälp av en uppbyggd låda.

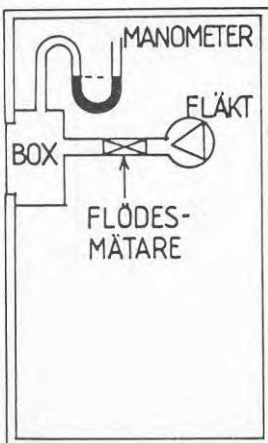
Fältutrustningen består av tre huvuddelar; provboxen, mätutrustningen och en fläkt med variabelt flöde. Fönsterboxen måste vara utförd så att den lätt kan anpassas till olika fönsterstorlekar. Provboxen består av en basenhet, som innehåller erforderliga kopplingsanordningar för luftslang och mätslang. Basenheten kompletteras enkelt med ett regelverk till önskad fönsterstorlek. Den kläs sedan med plastfolie och kllas fast i fönstret. Tätning mellan ram och vägg sker med tejp.

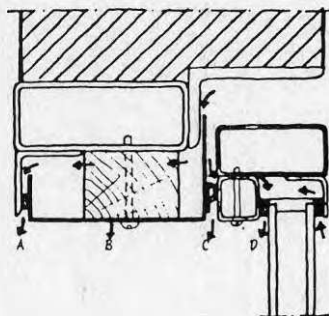
Flödesmätaren kan bestå av två svävkroppsmätare med olika mätområden. Med enkla snabbkopplingar kan lämpligt mätområde väljas. Tryckskillnaden mäts med en urrörsmåmeter som ansluts till boxen och till uteluf-ten. Fläkten kan vara enklast tänkbara t ex en damm- sugare, som varvtalsregleras med en tyristor.

Vid provning av ett fönster i en väggkonstruktion är inte enbart läckning genom fönstret av intresse. Läckning kan förekomma även genom fogen mellan karm och vägg eller genom väggpartiet som sådant. För att leta fram de olika läckvägarna delas mätningarna upp i delar. Med hjälp av tejp delas fönstret i olika partier. Därefter görs flera mätserier och mellan varje mätserie avlägsnas förtejpningen bit och bit. Resultatet blir då en serie läckkurvor och skillnaden mellan de olika läckkurvorna visar läckningen genom respektive parti.

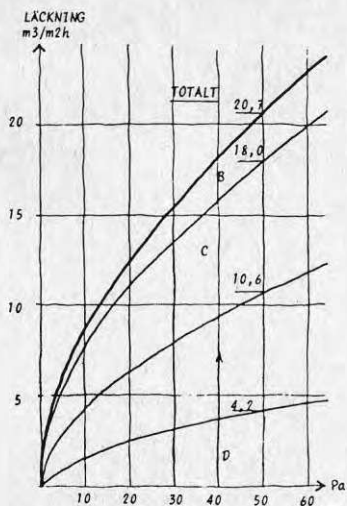
Av diagrammet nedan framgår tillvägagångssättet i detalj.

Grundvärdet ger läckningen genom t ex fönsterbågen och nästa värde ger läckning mellan fönsterbåge och karm etc (se FIGUR). Detaljeringen kan drivas mycket långt och bestäms i det enskilda faalet av bl a läckningens storlek och antalet läckvägar. Se nedanstående FIGURER.

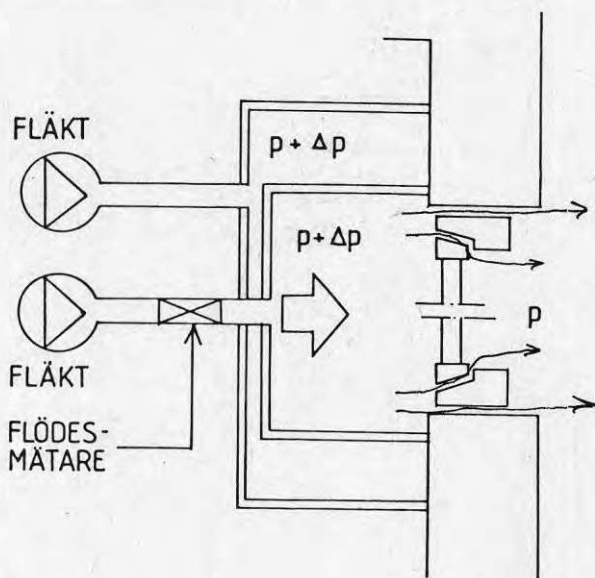




DETALJ AV ANSLUTNING  
BÅGE-KARM FÖR ETT  
PROVAT FÖNSTER. MÖJ-  
LIGA LÄCKNINGAR HAR  
MARKERATS.



LÄCKAGEKURVOR FÖR DET PRO-  
VADE FÖNSTRET. LÄCKNINGEN  
MELLAN KARM OCH BÅGE,  
LÄCKVÄG C, ÄR  $18 - 10,6 =$   
 $7,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ .



DUBBEL BOX, S K GUARDED BOX

#### Guarded box:

En vanlig felkälla vid fältmätningarna är svårigheten att få helt tätt mellan ram och vägg. Är läckningen den vägen stor blir mätningarna helt missvisande. När förhållandena är sådana att man inte är helt säker på att det inte finns några sådana läckningsvägar kan man använda en dubbelväggig box, en s k guarded pressure box, analogt med guarded hot box. Man åstadkommer samma tryck i den yttre som i den inre lådan och förhindrar därigenom läckning genom den inre lådans anslutning mot väggen. I många fall kan man tillämpa principen så att rummet ersätter den yttre lådan. Det innebär att man använder rummet eller delar av rummet som tryckkammare. Med en extra fläkt sätts rummet under över- eller undertryck. Genom att hålla samma tryck i rummet som i fönsterboxen elimineras eventuell läckning mellan box och rum. All läckning i fönsterboxen måste då ske genom fönsterkonstruktionen och genom att mäta erforderligt flöde till fönsterboxen för att bibehålla trycket erhålls ett mycket tillförlitligt värde på fönstrets läckning.

I en skiktad vägg räcker det ofta inte med guarded box, eftersom där finns läckagevägar som i sidled sträcker sig ut och förbi den yttre boxen.

#### Täthetsprovning av skyddsrum

Enligt Tekniska bestämmelser för skyddsrum (TB 78) skall skyddsrummets gastäthet och ventilationssystemets funktion provas vid slutbesiktningen.

#### Gastäthet

Gastätheten bedöms vara godtagbar om ett övertryck av minst 60 Pa erhålls i förhållande till uteluften då varje fläkt ger en luftmängd av 125 m<sup>3</sup>/h och så många övertrycksventiler är öppna som svarar mot använt antal fläktar.

Provningsmetoden beskrivs i TB 78, bilaga E.

#### Ventilationssystem

Provtryckning skall utföras i enlighet med VVS AMA.

## LUFTFLÖDESMÄTARE

- Anemometer - mäter strömningshastighet och tempera-  
(varmtråds- tur  
anemometer)  
- t ex Wallac eller Swema med kalibrerade  
stosar för olika flöden mäter luftflö-  
den
- Vinghjuls- - mäter flöden i ventilationsdon  
anemometer
- Pitotrör - används för mätning av tryckfall i ka-  
(Prandtlrör) naler vid bl a flödesmätning  
med vätske-  
manometer
- Svävkropps- - mäter flöden. Principen bygger på jäm-  
mätare vikt mellan svävkroppens tyngd och  
luftmotståndet i en uppåtriktad luft-  
ström. (Röret vidgar sig uppåt.)
- Strypfläns- - mäter tryckfall ur vilket luftflöde kan  
rör beräknas.
- Gasmätare - mäter flöden.

Mätområden samt ungefärlig mätnoggrannhet framgår av nedanstående TABELL. I tabellen är inte medtaget flödesmätning med kalibrerad fläkt. Denna metod förutsätter nämligen att fläktens varvtal är noga bestämt. Mätning av täthet sker ofta på byggplatser, där uttaget av byggström kan variera starkt. Detta kan vålla spänningsvariationer och därmed variationer i varvtal hos mätfläkten. Metoden har därför bedömts vara något för osäker för de aktuella mätuppgifterna.

Mätnoggrannheten vid täthetsprovning påverkas av yttre förhållanden. Vind och utetemperatur påverkar resultatet. Exempelvis medför ökad vindstyrka en minskad noggrannhet vid täthetsprovning av småhus. Vid provning av höga hus blir termiken en lika väsentlig störning som emellertid är stabil och kan registreras och därmed är lättare att komma tillrätta med.

Se även Byggforskningens informationsblad B4:1977.



TABELL. MÄTOMRÅDEN OCH MÄTFEL FÖR OLIKA FÄLTMÄSSIGA  
LUFTFLÖDESMÄTARE

	Flöde m <sup>3</sup> /h	"Fel"
1 Gasmätare	10 <sup>-1</sup> - 3	+/- 2 %
2 Svävkroppsmätare	0,5 - 43	+/- 2 % av max.kapacitet
3 Stos + varmtråds- anemometer	27 - 1500	+/- 7 %
4 Strypfläns	(hela omr) 30 - 10 000	*)

\*) Noggrannheten är starkt beroende av utförande och kalibrering  
(+/- 2 % är fullt tänkbart; +/- 5 % mera vanligt)

#### VINDMÄTARE

Vindmätare finns av många typer, de flesta med vinghjul.

#### LUFTTRYCKSMÄTARE

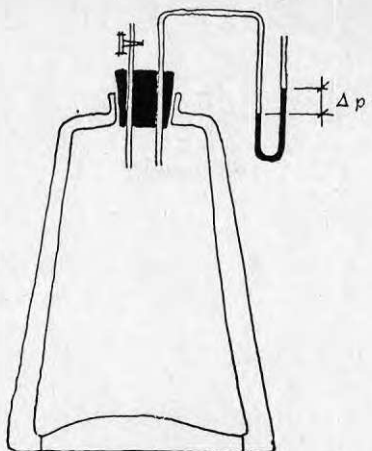
Lufttryck mäts med barometer och tryckskillnad med barometer eller manometer.

Mikro-  
manometer - används för mätning av små tryckskillnader, t ex i samband med täthetsprovningar i hus

Precisions-  
barometer - En enkel sådan består av en manometer kopplad till en termos används för bestämning av t ex tryckfall över en vägg vid täthetsprovningar, se FIGUR.

För tryckmätning har hittills uteslutande använts mikromanometrar. Till en början anslöts dessa mikromanometrar till ytterluften med hjälp av långa slangar, för att på detta sätt få referenstryck för mätningen.

Vid höga hus och vid stora temperaturskillnader ute/inne uppstår stora tryckskillnader mellan de övre och de nedre våningarna i huset (termik). Härvid måste övervägas var tryckprovningen skall ske för att bli representativ. För höga hus måste man bedöma tryckbildens över hela husets höjd och göra ett stort antal tryckmätningar för att få en riktig bild av tryckprofilen.



PRINCIPSKISS AV TERMOSFLASKA FÖR MÄTNING AV TRYCKDIFFERENSER I OCH KRING HUS. ARBETSNAMN: PRECISIONSBAROMETER.

Om man vid mätning av tryckfallet över ytterväggen öppnar fönstret, förändras trycket inomhus och påverkar mätresultatet. Ett enkelt sätt att undvika detta är att göra mätningen med hjälp av en precisionsbarometer enligt figuren ovan. Den består av en termosflaska ansluten till en u-rörsmåmeter. I denna kan man "konservera" det rådande inomhustrycket och sedan jämföra det med utomhustrycket genom att t ex öppna fönstret.

Denna barometer har fått sin hittills största användning vid kartläggning av tryckprofiler över fasader i högre hus och inuti byggnader.

#### ÖVRIGA INSTRUMENT

Rökgas-                    - t ex Gastec, påvisar luftrörelser  
utrustning

## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Lufttäthet

Mätningar och mätmetoder för lufttäthet,  
J. Kronvall, Byggforskningen 1979

Byggnaders lufttäthet, Lindh, Lindsoug, Nylund,  
Byggforskningen 1979

Fältprovningar i samband med byggnaders energi-  
förbrukning, Statens Provningsanstalt 1978

K-värde i fält, Ingemar Samuelson, Statens Prov-  
ningsanstalt 1981

Statens Provningsanstalt, meddelande 1977:1.

Tekniska bestämmelser för skyddsrum, Civilför-  
svarsstyrelsen.

Svensk standard

SS 02 15 51

## FUKT

### ALLMÄNT

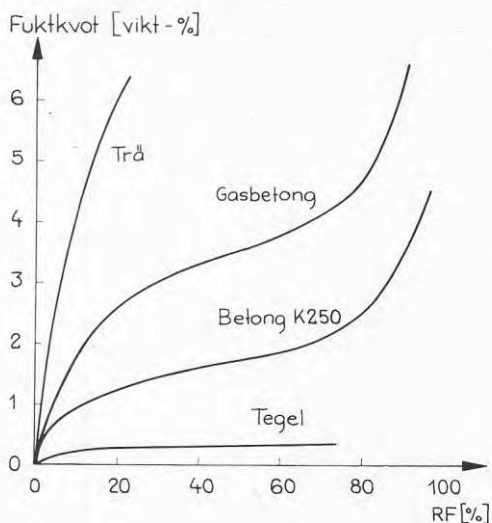
I luft finns alltid vattenånga. Mängden brukar man i byggnadstekniska sammanhang ange med vattenångans partialtryck, dvs trycket av enbart den vattenånga som finns i luften uttryckt i Pa, eller - bättre - med ånghalten, dvs luftens vattenånghalt i kg/m<sup>3</sup>.

Ofta anges mängden vattenånga som relativ ånghalt (RÅ, %) eller relativ fuktighet (RF, %), vilket innebär att den angivits i relation till mängden vattenånga i fuktmättad luft vid rådande temperatur. 70 % RÅ innebär att vattenångans partialtryck är 70 % av mättnadstrycket vid en viss temperatur, vilket är samma sak som att ånghalten är 70 % av ånghalten i fuktmättad luft vid samma temperatur.

Mättnadstrycket ökar med ökande temperatur. Om luft nedkyls sjunker alltså mättnadstrycket och vid en viss temperatur, dagpunkten, blir mättnadstrycket och partialtrycket lika stora. Vattenånga börjar då fällas ut i form av vätska, den kondenserar. Den relativa ånghalten, RÅ, är då enligt definitionen 100 %.

I alla porösa byggnadsmaterial som t ex betong, tegel och trä förekommer vatten. Vattnet kan vara bundet på olika sätt. Man talar om kemiskt bundet vatten, om fysikaliskt bundet vatten eller kristallvatten och om byggfukt. Det sätt på vilket vattnet är bundet till materialet har stor betydelse för hur det påverkar materialets egenskaper i olika avseenden. Ur praktisk synpunkt är det mera givande att tala om förångningsbart och icke förångningsbart vatten. Det icke förångningsbara vattnet är bundet till materialet kemiskt eller som kristallvatten. Det är inbyggt i materialets struktur. Det förångningsbara vattnet är det vatten som finns i materialets porssystem. Det är detta vatten som utgör materialets fuktinnehåll och som är intressant när man talar om fukt i byggnadsmaterial.

Förhållandet mellan förångningsbart och icke förångningsbart vatten varierar mycket mellan olika material. I t ex betong är det beroende av bl a cementmängden. Ju högre betongkvalitet desto mindre del av vatteninnehållet är förångningsbart. I HusAMA 72 används begreppet "fukthalt" som mått på betongens fuktinnehåll. Med fukthalt menas kvoten av massa förångningsbart vatten och total volym. I de flesta byggnadstekniska sammanhang är emellertid fuktkvoten som sådan av mindre intresse. Mera intressant är den relativa fuktigheten (RF), se FIGUR. Olika betongkvaliteter med olika fukthalt kan ha samma relativa fuktighet. I RA 78 anges därför relativ fuktighet i stället för fukthalt.



#### Exempel 1

Fuktkvoten 3 % i de olika materialen i fig 1 betyder

- ~ 100 % RF i tegel
- ~ 90 % RF i betong K250
- ~ 30 % RF i gasbetong
- ~ 10 % RF i trä

d v s helt olika fuktighet vid samma fuktkvot!

Vid relativa fuktigheten 50 % är fuktkvoten

- < 0,5 % i tegel
- ~ 2 % i betong
- ~ 3,5 % i gasbetong
- ~ 10 % i trä

d v s fuktkvoten är helt olika då materialen är lika fuktiga!

#### SAMBAND MELLAN FUKTKVOT OCH RF FÖR NÅGRA VANLIGA BYGGNADSMATERIAL VID UPPFUKTNING, S K JÄMVIKTSKURVOR.

De flesta egenskaper hos porösa material är mer eller mindre starkt beroende av materialets fukttinnehåll. Vid provning uppmätta värden visar att hållfastheten beror både av genomsnittligt fukttinnehåll och av fuktfördelningen.

Fuktrörelserna är direkt förknippade med fukthalten, de flesta beständighetsproblem likaså och materialens värmeisolerande förmåga minskar med ökad fukthalt.

Problemen med materialens fukttinnehåll ökar dessutom när olika material med olika täthet byggs samman i konstruktionsdelar som avskiljer varma och kalla utrymmen.

Ett poröst material som befinner sig i luft med en viss relativ fuktighet och en viss temperatur intar efter en tid ett tillstånd av jämvikt med den omgivande luften. Det innebär att relativa fuktigheten i materialets porer blir densamma som i den omgivande luften. Om materialet från början har varit fuktigare än den omgivande luften sker en avdunstning från ytan och ytterligare fukt matas fram inifrån till dess att systemet är i jämvikt. Detta har stor praktisk betydelse t ex vid mätning av fukt i betonggolv före mattläggning.

## MÄTMETODER FÖR FUKT I LUFT

Det finns många slags apparater för mätning av relativ fuktighet och daggpunkt. Alla mätmetoder bygger på det förhållandet att materialets egenskaper i olika avseenden förändras med ändrad fukthalt. Det är denna förändring som mäts av instrumentet.

### Psykrometer

En psykometrisk mätning består av två temperaturmätningar, lufttemperaturen och den "våta" temperaturen, dvs den lägre temperatur som uppkommer vid avdunstning av vatten i icke fuktigt luft på grund av att värme krävs för ångbildningen. Den vanligaste konstruktionen av en psykrometer är två termometrar, där den ena är torr och den andra är fuktig t ex genom att den lindas med fuktig bomull. Luften får sedan strömma förbi båda termometrarna med hög hastighet ( $v > 2$  m/s). Luftfuktigheten kan sedan avläsas i tabeller eller diagram med hjälp av de båda temperaturerna, noggrannhet  $\pm 1$  % RF. Psykrometern kan göras elektrisk och därmed medge kontinuerlig registrering genom att temperaturmätningen görs med termistorer eller termoelement, se t ex Monteith & Owen (1958).

### Dagghygrometer

Daggpunkthygrometrar kan fungera på olika sätt. En metod är att utnyttja en spegel vars temperatur kan ändras. Med hjälp av en ljusstråle och en fotocell undersöks om spegeln är belagd med imma, om inte, sänks spegelns temperatur tills detta inträffar. Denna temperatur är daggpunkten.

### Hårhygrometer

Den enkla hårhygrometern utnyttjar längdändringen hos ett hårstrå vid en ändring i omgivande lufts relativa fuktighet. Denna längdändring överförs till ett visarutslag som motsvarar luftens RF, noggrannhet  $\pm 5$  % RF.

Termohygrografen, som består av en hårhygrometer och en termometer för temperaturmätning, kan användas för långtidsregistrering. Den mäter, som namnet anger, både temperatur och relativ fuktighet. Båda värdena registreras på en pappersremsa som sitter på en roterande cylinder. Remsan är graderad i timmar.

En hårhygrometer blir ofta en relativt stor apparat som knappast kan utnyttjas för mätning av RF inuti ett material. Monfore-givaren, som utnyttjar längdändringen hos polyestertrådar är däremot mycket lämplig för sådana mätningar. Polyestertråden är förbunden med en tunn metalltråd, genom vilken en ström leds. Längdändringen i polyestertråden ger en längdändring i metalltråden, vilket medför en resistansändring, som genom



kalibrering fås att motsvara ändring i RF. Noggrannheten kan uppgå till  $\pm 2\%$  RF. Se Monfore (1963).

### Hygrosensor

Fukthaltsändringar i ett material ändrar de elektriska egenskaperna. Detta utnyttjas för att mäta RF genom att resistans- eller kapacitansändringar i tunna filmer eller salter av hygroskopiska material registreras. Ett mycket användbart och tillförlitligt instrument för detta slags fuktmätning är hygrosensorn. Genom kalibrering i kända klimat omvandlas mätvärdet till relativ fuktighet. Noggrannheten kan bli så bra som  $\pm 0,5 - 1\%$  RF.

Vissa hygrosensorer är temperaturkänsliga och kräver en samtidig temperaturmätning. Ibland finns därför en inbyggd temperaturmätningmöjlighet i hygrosensorn.

## MÄTMETODER FÖR FUKT I MATERIAL

### Absolutbestämningsmetoder

Dessa metoder är förstörande. Mätningen utförs genom att efter vägning torka provet på något sätt och därefter ånyo väga det.

Själva provtagningen kan vara svår att utföra, dels då det gäller provtagning på avsett djup i materialet, dels då det gäller att få ett för materialet representativt prov. Innehåller det uttagna provet t ex en sten för mycket eller för litet för att vara representativt, kan ett stort fel begås. För att undvika detta krävs relativt stora prov.

Torkningen av provet kan utföras på flera sätt. Avsikten är att torka bort det fysikaliskt bundna vattnet.

Sätten att skapa ett torrt klimat (en låg RF) kring provet är två: En sänkning av partialtrycket eller en höjning av temperaturen. Det senare medför att en låg RF fås på grund av höjning av mättnadsångtrycket, men gör också att uttorkningen går snabbare. Torkning med torkmedel, som sker i exsickator, kan göras snabbare genom att man åstadkommer vakuum i exsickatorn.

Uppvärmning i ugn till  $+105^{\circ}\text{C}$  är det enklaste och vanligaste torkförfarandet, främst på grund av den korta torktiden. Den förhöjda temperaturen kan emellertid i vissa fall påverka materialet, t ex cementhydratiserar snabbare, gips bryts ned. Man kan istället välja antingen torkning med torkmedel eller torkning vid lägre temperatur, ofta  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Varierar temperaturen under uttorkningen, t ex  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  förändras RF  $\pm 0,7\%$  RF, vilket medför att fuktnivån påverkas något. En viss inverkan fås också om RF i rumsluften varierar.

### Kemiska metoder

Kemiska förfaranden vid fukttinnehållsbestämning grundar sig på att det fuktiga provet blandas med speciella kemikalier, som reagerar endast med vattnet i materialet. Ur reaktionsprodukten eller kemikalieförbrukningen kan provets fukttinnehåll bestämmas.

En ofta använd metod är kalciumkarbid-metoden. Metoden lämpar sig bäst för kornformiga, icke porösa material, t ex ballast. Många andra material måste krossas till mjöl, varvid en del fukt kan avdunsta. En viss mängd fuktigt material vägs upp ( $m + u \cdot m$ ). Mängden avgörs genom ungefärlig uppskattning av fukttinnehållet. Provet läggs i en gastät flaska tillsammans med några stålkulor och en glasampull innehållande kalciumkarbid. Flaskan tillsluts och omskakas. Stålkulorna krossar glasampullen och kalciumkarbid kan reagera med vattnet i provet, varvid acetylen gas bildas.

Gasen ger upphov till ett övertryck i flaskan, vilket kan avläsas. Detta gastryck är direkt proportionellt mot mängden vatten i flaskan. Med hjälp av en tabell kan "fukthalten i %" avläsas. Därvid är

$$\text{"fukthalten i \%"} = \frac{u \cdot m}{m + u \cdot m} \times 100 = \frac{u}{1 + u} \cdot 100$$

vilket skiljer sig från den vanliga fuktkvoten  $u$  med en faktor  $1/(1+u)$  vilket har stor betydelse för stora värden på  $u$ . Dvs metoden ger fukthalten i % av den våta materialvikten. Normalt anges förhållandet till materialets torrsvikt. Svårigheterna vid provtagningen är desamma som gäller för absolutbestämningsmetoder.

Vid mätning med karbidmetoden tillkommer ytterligare felkällor. Krossningen av provet till mjöl medför risk för uttorkning av provet innan det hunnit vägas upp, placerats i stålflaskan och denna tillslutits. Väntetiden, dvs den tid under vilken man låter kalciumkarbiden reagera med fukten, inverkar på hur mycket som hinner reagera och därmed på mängden acetylen gas och i slutänden fuktmätningens resultat.

### Resistiva elektriska metoder

Mätning av fukt med resistansmetoder grundar sig på att resistansen i ett material är beroende av fukttinnehållet. Ett ökat fukttinnehåll ger en bättre ledningsförmåga och därmed en mindre resistans. Resistansen mäts mellan två elektroder och med en kalibreringskurva för aktuellt material kan resistansen översättas till fuktkvot. Resistansen är förutom av fukttinnehåll även beroende av temperatur, saltinnehåll, material och elektrodarrangemang.

Resistansens beroende av temperaturen är lätt att korrigera för.

Resistansens beroende av saltinnehåll är svårare att korrigera för, eftersom saltinnehåll oftast är okänt. I praktiska mätningar kan man ibland bortse från saltinnehållet. Det förutsätter dock att saltkoncentrationen är konstant i materialet. Risken för saltanrikning eller urlakning måste alltid beaktas.

Materialet påverkar resistansen bl a genom att porvattnet binds på olika sätt och får olika saltkoncentration i olika typer av material.

Helt missvisande resultat kan erhållas med resistansmetod om området mellan elektroderna har ojämn fuktfördelning. Är det exempelvis torrt intill en elektrod medan materialet i övrigt är fuktigt blir utslaget efter den torra delen.

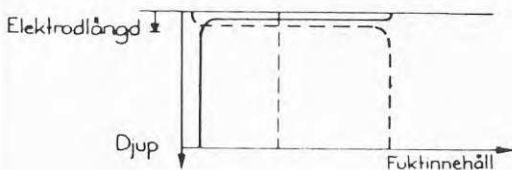
För fältmätningar finns i handeln en del olika resistansmätare med varierande noggrannhet. För mätning i trä och liknande material slås två elektroder in i materialet till visst bestämt djup och på ett visst bestämt avstånd mellan. Resistansen mäts mellan elektroderna och fuktkvoten ges direkt på en skala.

Problem med inslagna elektroder är främst kontaktmotstånd mellan elektrod och material.

För mätning av fuktkvot i betong finns en mätare (Pro-timeter Concretemaster) baserad på likström. Vid mätning borras två hål 25-35 mm djupa i betongen med 15 cm mellanrum. Hålen fylls med en vätska för att få elektrisk kontakt. Resistansen mäts mellan elektroderna som placeras i vätskan. Skalan är graderad i fuktkvot.

Problem med ovanstående metoder är främst att elektroderna är ganska ytliga och en ojämn fuktfördelning ger helt felaktiga värden. Samma utslag kan tänkas för de båda fallen i nedanstående FIGUR.

Att säga någonting om fukttillståndet i ett betonggolv är alltså nästan omöjligt med denna metod. Ett annat problem är att armeringsjärnen kan påverka resultatet.



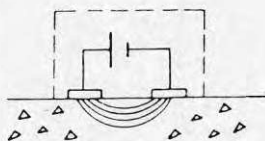
MÖJLIGA FUKTFÖRDELNINGAR SOM GER SAMMA RESULTAT VID MÄTNING MED ISLAGNA ELEKTRODER.

### Kapacitiva elektriska metoder

Fuktmätning med kapacitiva metoder bygger på den stora skillnaden mellan dielektricitetskonstanten för vatten ( $\sim 80$ ) och för fasta material ( $\sim 5$ ). Med materialet som dielektrikum kan kapacitansen hos olika kondensatorutformningar mätas och sedan översättas till en fuktkvot.

Gemensamt för de kapacitiva metoderna är att de kräver en komplicerad och därmed dyr utrustning, varför de inte har något större praktiskt intresse för betong-golv.

I marknaden finns emellertid billiga apparater för indikering av fuktighet i ytan. En sådan är "Aucon" som ger ett fält enligt nedanstående FIGUR (jfr resistansmetod med inslagna elektroder).



#### MÄTPRINCIP FÖR ENKEL FUKTINDIKATOR BASERAD PÅ KAPACITANSFÖRÄNDRING.

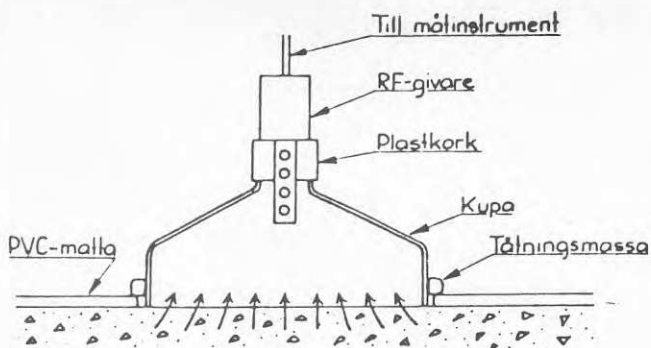
Det måste betonas att dessa endast indikerar fukttinnehållet och då bara i ytan. Apparaterna kan emellertid vara värdefulla vid val av provtagningsplatser om en skada har inträffat.

### Hygrometriska metoder

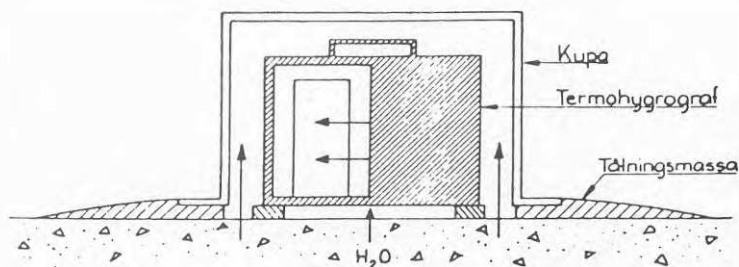
Innesluts ett fuktigt material i en behållare, inställer sig så småningom jämvikt mellan fukten i materialet och vattenångan i luften i behållaren. Genom att mäta den instängda luftens relativa fuktighet eller dagpunkt (se "Mätmetoder för fukt i luft" ovan), erhåller man ett mått på materialets fukttillstånd, när detta befinner sig i det hygroskopiska området, dvs  $RF < 98 \%$ . Med kännedom om materialets fukthistoria och jämviktsfuktkurva kan därefter, om så önskas, fuktkvoten bestämmas.

#### Mätning i "kupa"

Ett sätt att bestämma fukttillstånd i ett material, t ex betonggolv, är att placera en kupa på materialets yta, se exempel i nedanstående FIGUR.



LITEN "KUPA" INNEHÅLLANDE INSTICKSGIVARE.



STOR KUPA INNEHÅLLANDE TERMOHYGROGRAF SOM REGISTRERAR TEMPERATUR OCH RELATIV FUKTIGHET

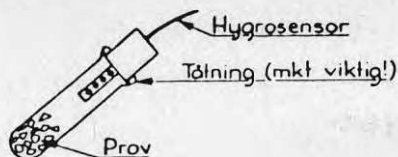
Kupan innehåller någon form av mätinstrument för RF, t ex termohygrograf eller insticksgivare. Kupan skall vara så liten som möjligt och ytan runt kupan skall tätas noggrant. Observera att om man avläser instrumentet omedelbart efter appliceringen är det värde som erhålls relativa fuktigheten i ytan och ingenting annat. Står kupan kvar tillräckligt länge för att fukten skall omfördelas i konstruktionen, kan man emellertid erhålla ett värde som motsvarar totalt fuktinnehåll. Detta kräver dock längre mättider, för betongplattor, kanske veckor, beroende på omständigheterna.

Hänsyn måste tas till temperaturförhållandena under mättiden. Temperaturvariationer och speciellt temperaturskillnader mellan mätinstrument och materialyta har stor inverkan på mätresultatet. Speciellt om kupan är stor måste temperaturen på materialytan mätas.

#### Mätning på uttaget prov

Vid uttagning av ett prov ur ett material ger en mätning av RF i t ex ett provrör innehållande provet ett utmärkt resultat även om provbiten inte är representativ, vilket ofta är fallet i kompositmaterial som betong. Förfarandet åskådliggörs i nedanstående FIGUR.





#### MÄTNING AV RF PÅ UTTAGET PROV.

Mätvärdet avläses först då jämvikt inställt sig i provröret, vilket kan ta upp till ett dygn.

Metoden har laboratoriemässigt använts av avdelningarna för Byggnadsmateriallära och Byggnadskonstruktionslära vid LTH under en följd av år, se t ex Adamson & Gaffner (1977).

#### Kärnfysikaliska metoder

Vid dessa metoder användes främst gamma- eller neutronstrålning. Metoderna är snabba men kräver en omfattande kalibrering och är dyra.

Gamma-strålningen växelverkar med materialets elektroner, varvid strålningen absorberas eller sprids i materialet. Strålningskällan placeras på ena sidan av materialet. På den andra sidan registreras strålningens intensitetsminskning. Intensitetsminskningen är beroende av materialets densitet som i sin tur är beroende av fukttinnehållet.

Neutroner växelverkar i huvudsak med väteatomer och ger en direkt mätning av vatteninnehållet per volymenhet. Här registreras alltså även kemiskt undet vatten.

Två olika sondtyper finns i marknaden som använder neutronstrålning, en ytsond med avkänningsdjup 15 - 35 cm och en hålsond med en avkänningszon med diametern 15 cm.

Gammastrålningsmätningar under laborieförhållanden, men också i fält, har sedan länge gjorts vid Danmarks Tekniska Högskola, se Nielsen (1972).

#### PRAKTISKA METODER FÖR MÄTNING AV FUKT I BETONG

Det finns en mängd mer eller mindre sofistikerade metoder för att mäta fukt, mer eller mindre noggranna och tillförlitliga. En del kräver dyra och komplicerade anordningar och är knappast aktuella annat än i laboratoriesammanhang. En del metoder är behäftade med svagheter som kräver den yttersta noggrannhet vid tillämpningen för att resultatet skall bli bra. Det gäller i synnerhet bestämning av fukttillstånd i fasta



material. Fukt i luft är lätt att mäta med de instrument som finns på marknaden. Beträffande fukt i material har bl a Lars-Olof Nilsson vid Lunds Tekniska Högskola gjort ett omfattande utvecklingsarbete i samband med undersökningar av fukt i betongplatta på mark. Mycket i detta kapitel är baserat på Nilssons m fl arbete vid LTH.

I det följande beskrivs några enkla och samtidigt tillförlitliga mätmetoder, bl a de som anges i RA 78 Hus "Provrörsmetoden" och "Borrhålsmetoden".

#### Mätning på uttaget prov ("provrörsmetoden")

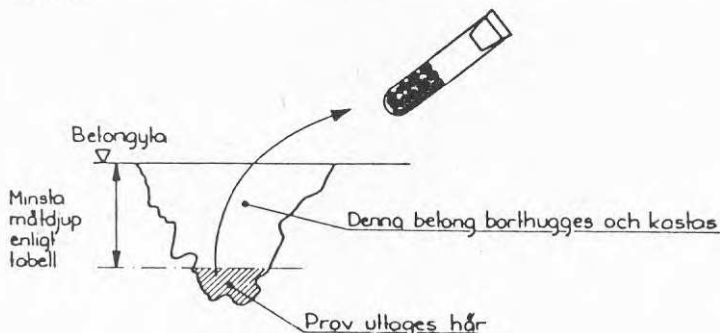
Det enklaste, snabbaste och mest tillförlitliga sättet att mäta RF är att mäta på ett uttaget prov. Metoden får ses som det huvudsakliga alternativet då det gäller en ny mätmetod och är införd som sådan i RA 78 till HusAMA.

#### Provtagning

Provbitar uthuggs ur golvet från ett djup som är större än minsta mätdjup enligt tabellen nedan.

Golvkonstruktion	Minsta mätdjup (i % av platt- tjocklek)
Mellanbjälklag	20
Platta på mark, underliggande värmeisolering eller ångspärr	40

Provbitarna, som skall vara flisor och inte "mjöl", placeras i ett provrör e d som förseglas med gummi-kork. Provröret fylls till minst hälften med provbitar. Förfarandet visas principiellt i nedanstående FIGUR.



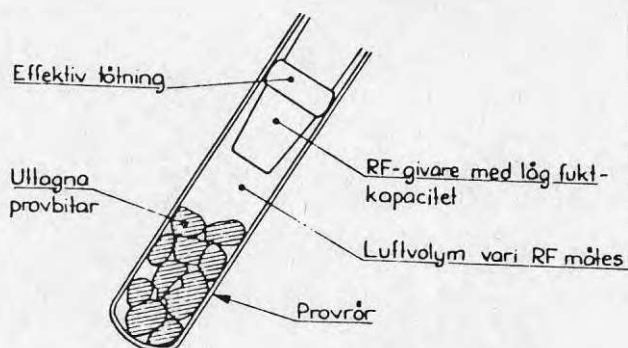
PRINCIPIELLT PROVTAGNINGSFÖRFARANDE

Provtagning på ett djup under lämpligt mätdjup, ger ett något för högt fukttillstånd men innebär en viss säkerhetsmarginal vid en slarvig provtagning.

### Mätning

Mätningen utförs genom att en RF-mätare innesluts i provröret tillsammans med provbitarna med noggrann försegling. Mätvärdet avläses följande dag eller då jämvikt uppnåtts. Med lämpligt förfarande kan erforderlig mättid nedbringas till ca en halv timme om ett 1-4 % RF för lågt mätresultat kan accepteras. Mätningen skall ske i en lokal med små temperaturvariationer.

Mätförfarandet åskådliggörs principiellt i FIGUR.



### PRINCIPIELLT MÄTFÖRFARANDE

Metoden ställer vissa krav på mätutrustningen. I övrigt avgörs noggrannheten huvudsakligen av kalibreringen. Metoden har följande för- och nackdelar.

#### Fördelar:

- Mätning på tillräckligt djup ger fuktbelastningen direkt, eventuellt med viss säkerhetsfaktor.
- Provet hinner inte torka då "krossning till mjöl" ej erfordras.
- Inget krav på att provet skall vara representativt för golvbetongen.
- Mätning behöver inte göras på platsen och inte heller omedelbart.

#### Nackdelar:

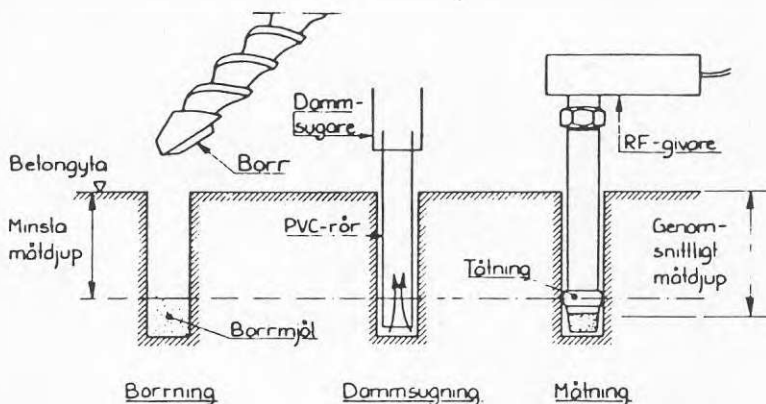
- Provtagningen är nästan lika besvärlig som för karbidmetoden. Risk för slarv med mätdjup

- Erforderlig mättid ganska lång; som regel minst en halv timme. För lågt värde fås annars.
- Utrustningen är relativt dyr och fordrar en viss omsorg och regelbunden kalibrering.

### Mätning i borrhål

Mätning av RF i borrhål fordrar längre mättid för att ge ett noggrant resultat. Den svåra provtagningen elimineras dock, men borrhålsutrustning erfordras.

Ett hål borras i betongen till ett sådant djup att mätningen kan ske på minsta mätdjup enligt ovanstående tabell, jfr nedanstående FIGUR. Borrhålet sugs omsorgsfullt rent från bormjöl. En RF-givare med tätning möjlighet nära änden placeras i borrhålet och tätning sker.



### PRINCIPIELLT FÖRFARANDE VID MÄTNING I BORRHÅL

Hålet skall borras så djupt att tätningen kan utföras på ett djup som motsvarar minsta mätdjup enligt ovan. Det verkliga mätdjupet blir därvid något större. Mätvärdet avläses följande dag eller tidigare om sämre noggrannhet kan accepteras.

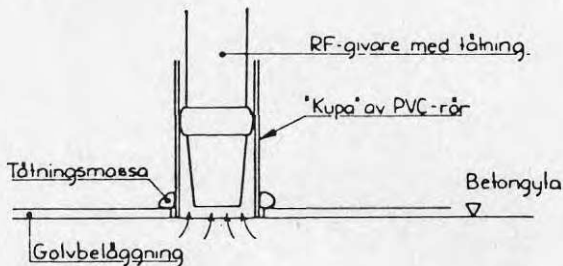
Fördelarna med borrhålsmätning är att den svåra provtagningen elimineras och att mätvärdet som regel är för högt, vilket gör att om mätningen avbryts för tidigt fås ett resultat på "säkra sidan".

Nackdelarna är dels den långa tiden som krävs för att få fukt- och temperaturjämvikt, dels att slagborrmaskin och dammsugare erfordras.

### Speciella mätningar

I vissa situationer kan man mäta relativa fuktigheten på enklare sätt.

"Kupmätning" har sin bästa tillämpning vid mätning i samband med skadefall med täta golvbeläggningar. Fukt i golvet har då redan omfördelats och mätning av fuktillståndet i betongen kan göras på ett "icke-förstörande" sätt genom att skära bort en liten bit av golvbeläggningsen, skrapa bort eventuell fuktspärr och placera en "kupa" på betongytan samt täta omsorgsfullt mellan kupa och golvbeläggning. Exempel på enkel "kupa" visas i FIGUREN.



#### ENKEL UTFORMNING AV "KUPMÄTNING".

Kupmätning kan också göras på ett golv som torkat, men ytan måste då förseglas med t ex en polyetenfolie för att kvarvarande fukt skall omfördelas. För detta krävs som regel 2 - 4 veckor. Själva användningstiden för "kupa" och mätutrustning behöver emellertid bara vara ett dygn eller mindre.

Mätning i ingjutningsgods är att föredra om upprepade mätningar i samma punkter skall göras. Ingjutningsarbetet kan vara besvärligt, men vid varje mättillfälle fås en betydande förenkling jämfört med borrhålsmätning eller provtagning.

## Hur mäter Ni fukt i betonggolv?

VAISALA har mätinstrumentet som kan hjälpa Er att mäta relativ fuktighet och temperatur med hög noggrannhet i golv, väggar, bjälklag m m.

Mätningen är enkel:

1. Borra ett hål med  $\varnothing$  18 mm.
2. Avlägsna allt borrhjöl.
3. Plugga igen halet eller sätt ned mätproben.
4. Vänta ca 12 timmar och anslut därefter mätinstrumentet.
5. Avläs värdet.



HM 14 B

Varje givare är individuellt kalibrerad med kalibreringskurva för högsta noggrannhet.

Till instrumentet finns mätprober för bestämning av relativ fuktighet och temperatur i rum, på ytor m m. Inbyggda, laddningsbara batterier med 60 tim drifttid. Aluminiumväska finns till utrustningen.

Ring gärna så berättar vi mer. Bättre utrustningar är vi bra på.

Box 3365 · S-162 03 Vällingby · Telefon 08-739 00 45

**AKTIV**   
**ELEKTRONIK AB**



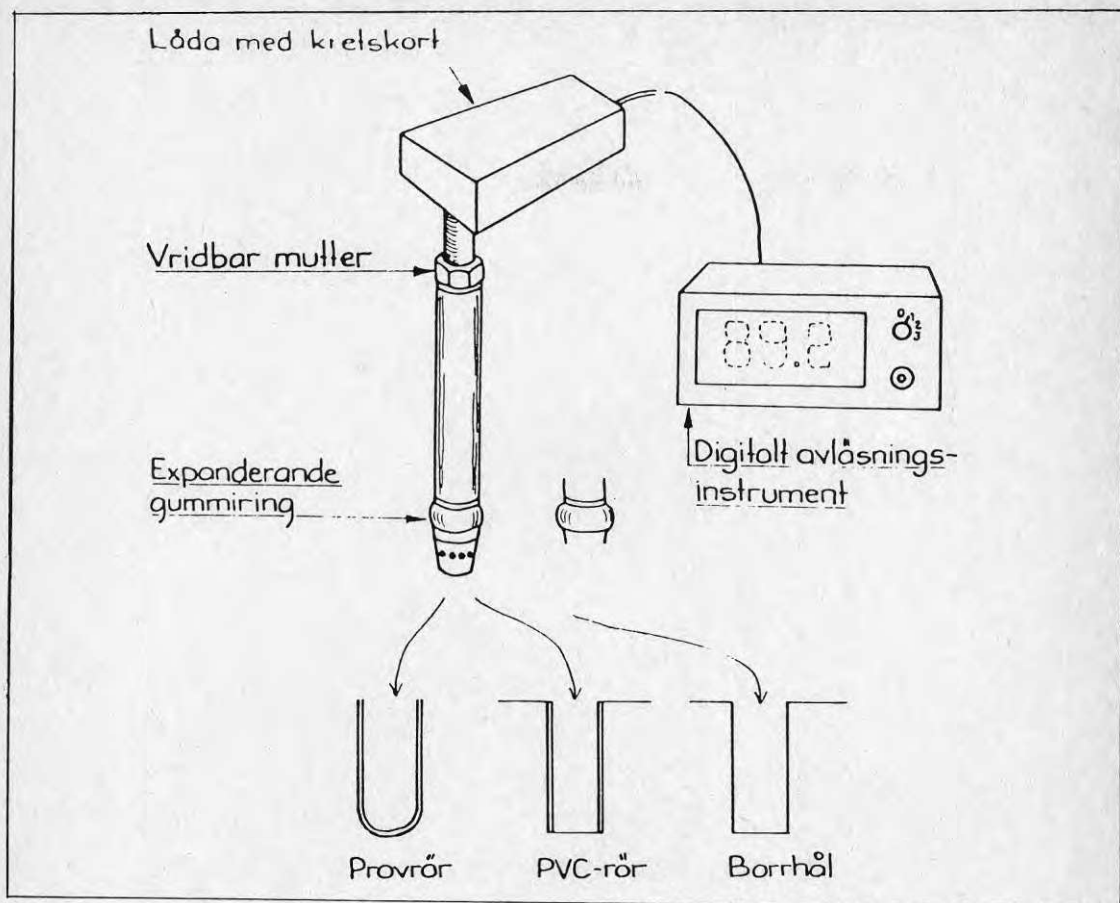
## FUKTMÄTARE

Duribolagets fuktmätningssinstrument för betong/träggolv.

- Ett portabelt batteridrivet digitalinstrument.
  - Mätropp med löstagbar expandande hylsa (20—26 mm) för noggrann mätning av RF/temperatur i betong/träggolv.
  - Stora lättavlästa siffror med direktavläsning, inga extra kalibreringskurvor.
  - Kalibreringskammare för snabb kontroll av eget instrument.
  - Inbyggd laddning med överladdningsskydd.
  - Mätning under 12 timmar på en laddning.
  - Lättskött vid mätning.
  - Förpackad i praktisk skyddsväska.
- Duri Fuktmätare är resultatet av många års utvecklingsarbete. Testad i samarbete med Tekniska Högskolan i Lund.

**DURI**  
DURIBOLAGET IMPORT-EXPORT AB

BOX 30 · 124 21 BANDHAGEN · TELEFON 08-749 15 50



UTFORMNING AV MÄTPROV FÖR MÄTNING I PROVRÖR, INGJUTNA PVC-RÖR OCH BORRHÅL.



### Fukt i trä

För mätning av fukt i trä finns flera instrument som i allmänhet bygger på elresistensprincipen. Två elektroder slås eller trycks med i träet och en ström kopplas på. Vissa visarinstrument ger ett mått på fuktigheten. Andra, enklare instrument indikerar endast att fuktigheten ligger över respektive under en viss procent (vanligen 15 och/eller 25 %), dvs om träet är målningstorrt.



### LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

#### Fukt

FUKTMÄTNING, Lars-Olof Nilsson,  
LTH, 1979

BYGGNADSTEKNISKA FUKTPROBLEM,  
Adamson m fl, Byggforskningen, 1970

AKUSTIK

## ALLMÄNT

Det vi uppfattar som ljud är mycket små tryckförändringar i luften. Dessa tryckförändringar varierar mellan över- och undertryck i förhållande till det rådande statistiska lufttrycket. Den momentana tryckdifferensen kallas ljudtryck (N/m<sup>2</sup>). Örat förmår att uppfatta ljudtryck ned till storleksordningen 20 Pa, vilket är litet i jämförelse med atmosfärtrycket, som är omkring 0,1 MPa.

Ljud uppstår då ett elastiskt föremål försätts i svängning genom någon yttre kraft och sprids till omgivningen genom vågrörelser (tryck- och täthetsförändringar) i elastiska medier såsom gaser, vätskor och fasta kroppar. I luft utbreder sig ljud med en hastighet av ca 340 m/s vid rumstemperatur. Sambandet mellan ljudets våglängd och svängningsfrekvens kan skrivas:

$$\lambda \cdot f = 340$$

$\lambda$  = våglängd (m)  
 $f$  = frekvens (Hz)

Fysikaliskt kan ljud uppdelas i infraljud, hörbart ljud och ultraljud. Med infraljud avser man ljud med frekvenser under 20 Hz och med ultraljud med frekvenser över 20.000 Hz. De hörbara ljuden ligger mellan dessa frekvensgränser.

Hörselintrycket varierar både med ljudets frekvens och styrka. Vid svaga ljud avtar vår känslighet kraftigt med lägre frekvenser. Vid starka ljud är känsligheten ungefär densamma för låga och höga frekvenser.

Den isoleringsstandard som en byggnad får beror i mycket hög grad på arbetsutförandet. Hål i ljudavskiljande ytor inverkar mycket menligt på ljudisoleringen. Detta gäller även för små hål såsom bristfälligt tätade hål för formstag eller formbult, dåligt fyllda hål, fogar i murade väggar, utelämnad tätning mellan golv och tröskel. Ventilationstrummor kan ge upphov till ljudöverföringar genom bortglömd isolering och dåligt tätade väggomföringar. Stumma kontakter genom skiktade konstruktioner uppkommer ofta genom slarv vid utförandet och ger sig till känna vid ljudmätningar. En noggrann genomgång av byggnadstekniska ljudisoleringsdetaljer finns i boken "Kunna ljudisolering" där Kjell Björkman behandlar respektive AMA och kommenterar de olika kapitlen ur ljudteknisk synpunkt.

## LJUDISOLERINGSBEGREPP

När det gäller ljudmätningar är två begrepp fundamentala:

- Ljudtrycksnivå
- Ljudnivå

### Ljudtrycksnivån

är ett fysikaliskt mått på ljudets styrka och definieras av uttrycket

$$L_p = 20 \cdot 10 \log \frac{P}{P_0}$$

$L_p$  = ljudtrycksnivå i dB

$P$  = ljudtrycket i Pa

$P_0$  = referenstrycket 20 u Pa

Att ange ljudtrycksnivån som en logaritmisk funktion av ljudtrycket motiveras dels av det stora dynamiska området för mänsklig ljudförnimmelse, dels av att hörselintrycket utgör en logaritmisk funktion av ljudtrycket. En ökning av ljudtrycksnivån med exempelvis 5 dB upplevs som lika stor vare sig nivån ökar från 60 till 65 dB eller från 80 till 85 dB. En förändring inträffar dock vid nivåer understigande ca 30 dB. Här blir örat okänsligare för nivåvariationer.

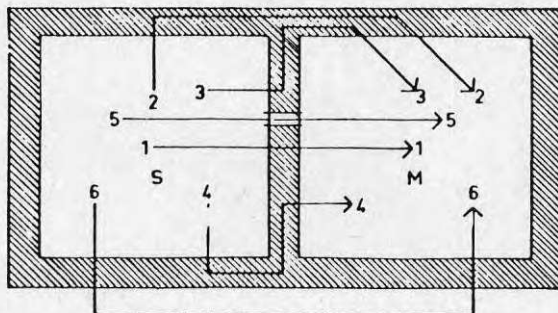
Ljudvägorna är sammansatta av olika ljudkomponenter. Då man mäter ljudtrycksnivån ger alla ljudkomponenter var sitt bidrag oavsett frekvens. Även ljud med sådan frekvens att vi inte kan uppfatta det, registreras vid mätningen, vilket man speciellt får se upp med om kontrollmätningar utförs då byggnadsarbete fortfarande pågår i närheten.

Våra hörselorgan är känsligare för högfrekventa ljud än för lågfrekventa. Det innebär att ljudtrycket för ett lågfrekvent ljud måste vara högre än för ett högfrekvent för att upplevas som lika starkt. I byggnader och ventilationsanläggningar förekommer ofta mycket lågfrekventa ljud.

För att i någon mån anpassa mätvärdena till örats känslighet mäts ljudtrycksnivån med s k vägningsfilter som inom vissa frekvensområden dämpar eller förstärker ljudtrycket. Det finns 4 st normerade filter betecknade A, B, C och D. Resultatet från en mätning med vägningsfilter kallas ljudnivå. Att ett mätvärde avser ljudnivån visas genom att beteckningen för använt filter skrivs tillsammans med sorten, t ex dB(A) för en mätning som utförts med A-filtret. A-filtret är för närvarande det mest använda filtret. Den vägning som sker med A-filtret motsvarar örats känslighet i de olika frekvensområdena. Ett ljud som registreras linjärt, dvs utan filter, betecknas dB(lin) eller enbart dB. 8 - 10 dB(A) ökning av ljudnivån uppfattas av de flesta människor som en fördubbling av ljudstyrkan.

Med ljudisolering avses att ett ljud som alstras i ett visst utrymme på något sätt förhindras att nå angränsande utrymmen.

I nedanstående FIGUR visas hur ljudtrycksnivån av luftljud,  $L_s$  - alstrad i utrymmet S - på olika sätt överförs till angränsande utrymmen. Om uppmätt ljudtrycksnivå i mottagarrummet blir  $L_M$ , så har den ursprungliga ljudtrycksnivån  $L_s$  sjunkit skillnaden  $L_s - L_M$  på sin väg till rum M. Man kan säga att ljudisolereringen mellan rummen är  $D = L_s - L_M$ .



Ljudd störningar eller buller delas upp i luftljud, trumljud, stegljud och stomljud.

Luftljud är det ljud som överförs via luften t ex från radio- och TV-apparater, skrikande barn, skällande hundar och liknande.

Trumljud uppstår t ex vid gång på bjälklag och är det ljud som uppträder i den lokal där ljudet initierades. Jämför med stegljud nedan.

Stegljud är i första hand det ljud som uppkommer vid gång på bjälklag och i trappor och som sedan uppträder som luftljud i andra utrymmen.

Stomljud uppstår genom initiering i byggnadsstommen, t ex av vibrationer, slag och stötar. Stomljud sprider sig långa vägar genom byggnadsstommar med ringa dämpning, vilket medför att störningen kan uppträda i utrymmen belägna långt från bullerkällan.

I SBN 1980, kapitel 34, förekommer även begreppen

- luftljudsisolering  $I_a$
- stegljudsnivå  $I_i$
- efterklangstid  $T^i$

$I_a$  och  $I_i$  definieras utförligt i Ss 025253, se BILAGA.

Ljudabsorptionen i ett rum inverkar på ljudnivån. För att olika mätningar skall bli jämförbara och för att mätningresultat skall kunna relateras till gällande krav måste korrigering göras för absorptionen i rummet. Därför mäts efterklangstiden.

Efterklangstid är den tid det tar för ljudet i efterklangsfältet att minska med 60 dB efter det att ljudkällan avbrutits. Den anges normalt för oktavbandens mittfrekvens från 125 t o m 4.000 Hz. Om endast ett värde lämnas är det vanligen för 500 Hz. I SBN ange krav på längsta efterklangstid för olika typer av lokaler.

Följande samband gäller  $T = 0,163 V/A$ .

$T$  = efterklangstiden i sekunder

$V$  = rumsvolym i m<sup>3</sup>

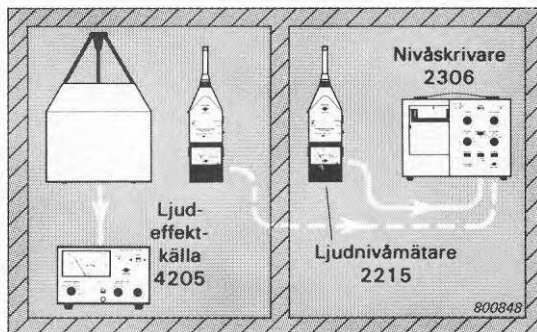
$A$  = rumsabsorptionen i m<sup>2</sup>

#### MÄTMETODER

Metoder för mätning av luftljudsiolering och stegljudsnivå finns standardiserade i SIS 025252. Utvärderingen skall utföras enligt Ss 025253. Metod för mätning av ljudnivån finns angiven i Statens provningsanstalts cirkulär 40.

I princip tillgår mätningarna på följande sätt. För att erhålla rumsisolering mot luftljud mäter man först ljudtrycksnivån i det rum där ljudet alstras (sändarrummet) och därefter i det rum till vilket man vill mäta isoleringen (mottagarrummet). Skillnaden i ljudtrycksnivå korrigeras därefter genom att man mäter efterklangstiden i mottagarrummet med hjälp av pistol (papperspåse) och en bandspelare. Ljudet är ett inspelat brus som återges via en högtalare. Samma avsnitt av inspelningen spelas upp vid båda mätningarna.

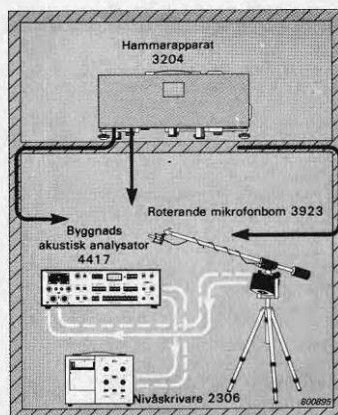
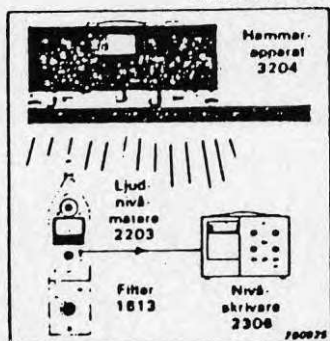
Utrustning: Ljudnivåmätare  
Bandspelare med ett normerat ljudband  
Förstärkare  
Högtalare  
Skrivare  
Ollonpistol (eller en uppblåst papperspåse)



MÄTNING AV RUMSISOLERING MOT LUFTLJUD (SIS 025252-54, SP-cirkulär 40).

Vid mätning av stegljudsnivån alstras ljudet (stötljudet) av en standardiserad hammarapparat. Ljudet registreras i rummet under (eller intill) det aktuella bjälklaget. Korrigering för efterklangstid och rumsvolym utförs på samma sätt som för luftljud.

Utrustning: Hammarapparat (stegljudsapparat)  
Ljudnivåmätare  
Bandspelare  
Skrivare  
Pistol e d.



MÄTNING AV STEGLJUDSNIVÅ  
(SIS 025252-54, SP-cirkulär 40)

#### MÄTNING AV BULLER/LJUDNIVÅ

Denna mätning görs med ljudnivåmätare och filter. Registrering görs i dB(A). Det finns enkla bullermätare med inbyggt filter som enbart registrerar dB(A).

Vid bedömning av risk för bullerskador och bullerstörningar mäts ljudnivån under en viss period och den s k ekvivalenta ljudnivån beräknas.

För att direkt registrera den ekvivalenta ljudnivån över en lämplig period (trafik-, maskinbuller) finns s k bullerdosimetrar, som direkt anger ekvivalent ljudnivå,  $L_{E,q}$ . Det finns såväl bärbara som stationära dosimetrar.

#### MÄTNING AV INFRA- OCH ULTRALJUD

Mätning av infra- och ultraljud kan inte utföras med bullermätare i standardutförande utan kräver specialutrustning i form av filter, mikrofoner o d. Vid sammankoppling måste stor uppmärksamhet iaktas så att instrumentkombinationen i sin helhet omfattar det önskade frekvensområdet.





# BULLERMÄTNINGSPROTOKOLL

med oktavbandsanalys

Mätutrustning: **2215 / 2306**  
Kalibrering: **4230**

Företag: **BOKAB**  
Avd., Lokal: **F**

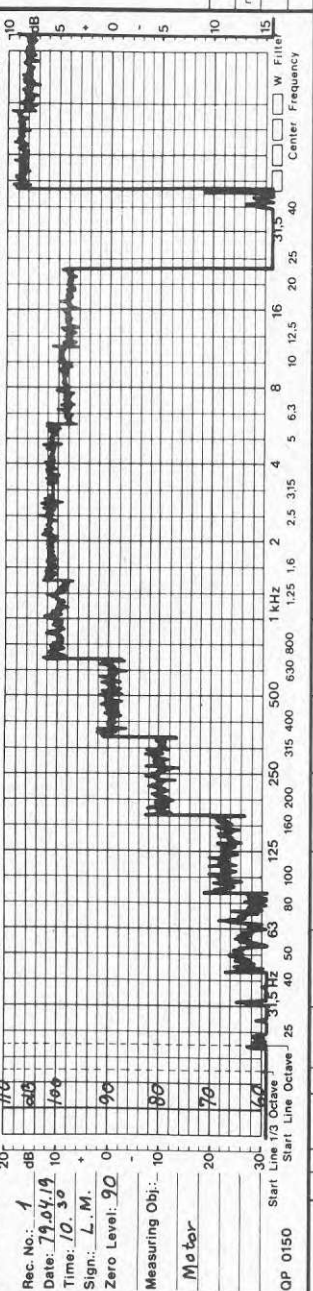
Instrument karaktäristik **Se Agistr. fact sheets**

Mät. datum: **79.04.09 kl. 10<sup>00</sup>**  
Mätt av: **J. W.**

Ann.

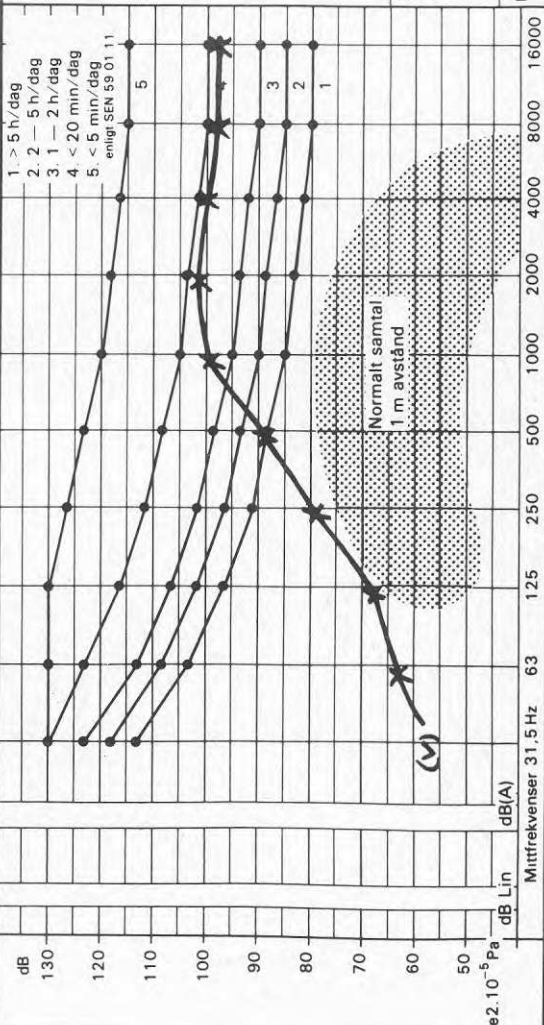
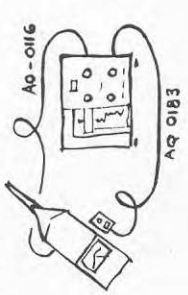
Brutöl & Kjärr  
 Recording Mode: AC Log  DC Log  DC Lin  W Filter  W Frequency  Center Frequency

Range: **50** (dB)    Wt. Speed: **100** mm/s    Paper Speed: **1** mm/s



Rec. No.: **1**  
 Date: **79.04.19**  
 Time: **10.30**  
 Sign.: **L. M.**  
 Zero Level: **90**  
 Measuring Obj.: **10**  
 Måttör: **10**

Lokalens dim: l =  
 Skiss över matplatsen



EKvivalent kontinuerlig ljudnivå (L<sub>eq</sub>)  
 beräkn./mätt. med mätutrustning.

Utvärdering    dat. **79.04** / jgn. **W**



# SOUND MEASUREMENT REPORT

Measuring object *Braskamin "Värmet" Mod. III*

Date *3/8 80*

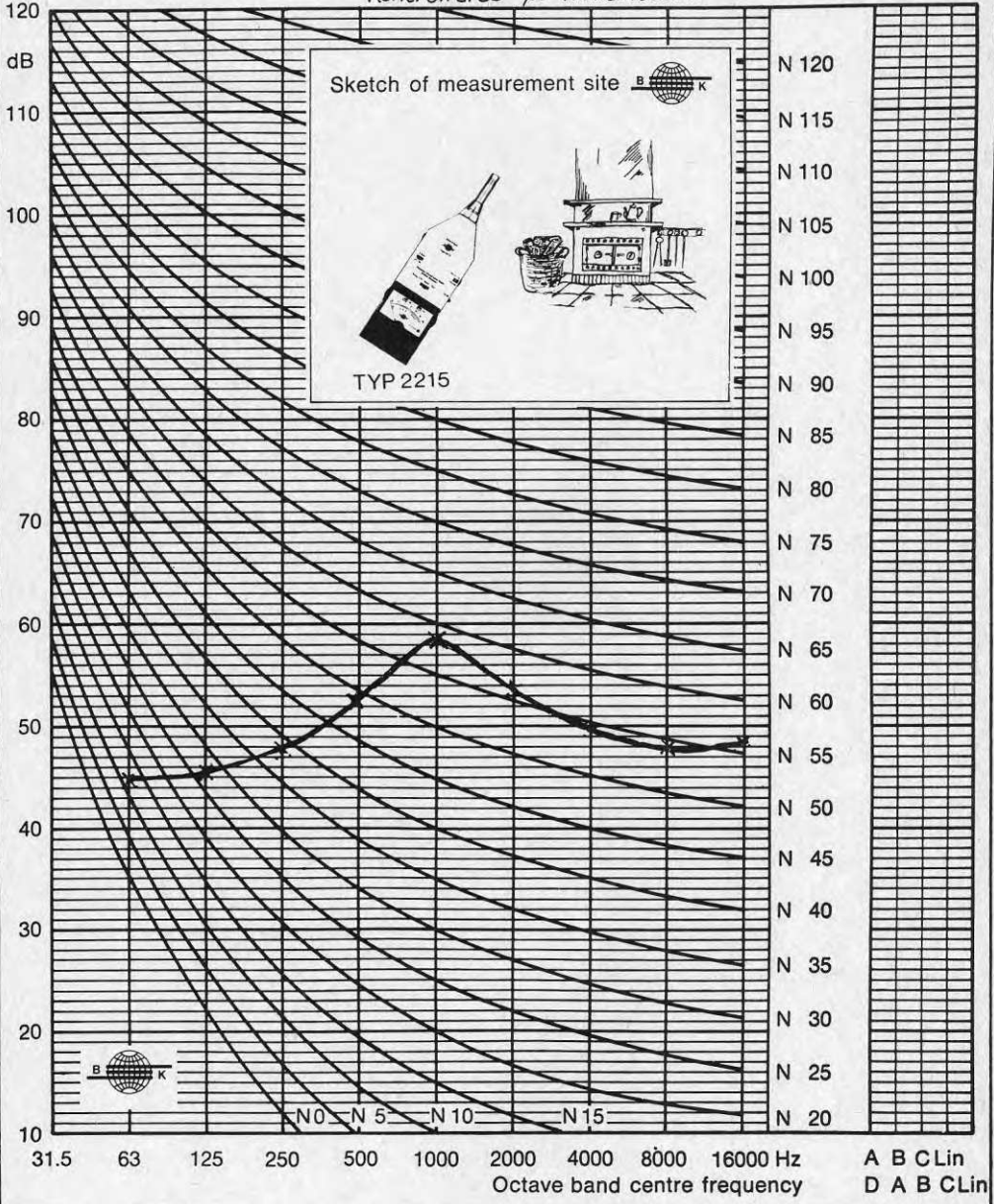
Time *13 40*

No. *II*

Page *1*

Sign. *P-0-B*

Octave band level *Anmärkning: Obalans som funktion av varvtalet bör kontrolleras på fläktmotorn*



## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Akustik (hörbart ljud, infraljud, ultraljud)

"VIBRATIONSMÄTNING MED ACCELEROMETER"  
BÖRGE RAVN, SVENSKA AB BRUEL & KJAER  
Särtryck ur AUTOMATION GIVARE SPECIAL -16

AKUSTIK: Grunder, tillämpning.  
Stefan Einarsson, Ingemanssons Ing.byrå AB

BULLER OCH BULLERBEKÄMPNING  
ARBETARSKYDDSSTYRELSEN 1977

AKUSTISK PLANERING  
STATENS NÄMND FÖR BYGGNADSFORSKNING 1959

KUNNA LJUDISOLERING, KUNNA SEMINARIUM  
Kjell Björkman, 1974

AKUSTIK OCH BULLER, Ingenjörsläroverket 1974,  
Johnny Andersson

INFRALJUD OCH ULTRALJUD I ARBETSLIVET,  
ARBETARSKYDDSSTYRELSEN, 1978

## VIBRATIONER - INFRALJUD

### ALLMÄNT

Vibrationsstörningarna i samhället tenderar att öka. Mycket starka vibrationer från exempelvis sprängning, pålning eller spötning ger upphov till skador på byggnader; sprickor bildas, puts lossnar osv. Starka vibrationer påverkar människor med bl a irritation, trötthet samt minskning av koncentrationsförmåga, sidseende och korttidsminne. I bostadshus bör vibrationer normalt inte kunna uppfattas av de boende. Starka lågfrekventa vibrationer som ej uppfattas kan vara störande genom biverkningar såsom slående dörrar, svängande lampor, illamående i stil med bil- eller sjösjuka.

Vibrationer sprids i byggnader via stommen som stömljud och i luften som infraljud. Med infraljud avses svängningar inom frekvensområdet 2-20 Hz, dvs närmast under människans hörseltröskel. Infraljudet kan komma direkt från störningskällan eller alstras ur stommen.

### MÄTNING AV INFRALJUD

Infraljudet kan mätas med en vanlig ljudtrycksnivåmätare (se akustikkapitlet) som förses med ett speciellt tillsatsfilter för att registrera de låga frekvenserna.

### VIBRATIONSMÄTNINGAR

Vibrationsmätning och -kontroll är aktuella i många sammanhang. Vid uppläggning av vibrationsmätning bör man beakta vad mätresultatet skall användas till. Detta bör finnas med vid bedömningen då man väljer

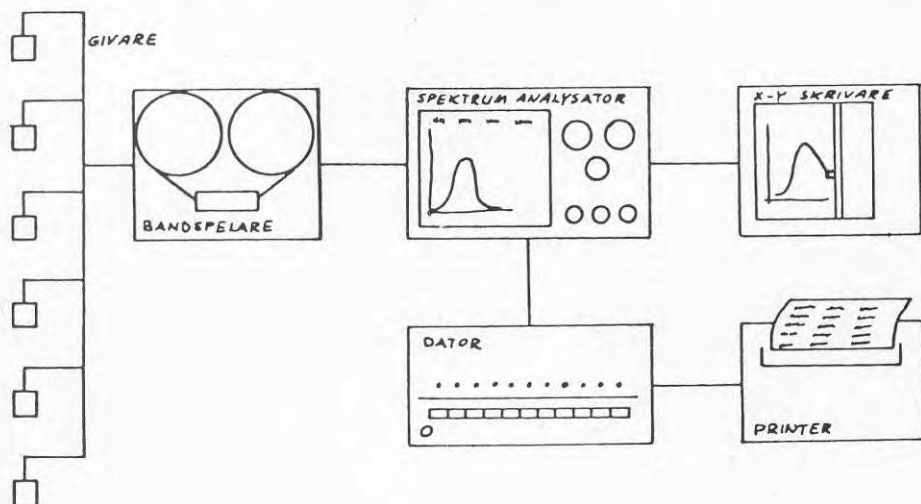
- representativ störning (rätt storkälla, representativt driftfall, tillräcklig varaktighet för statistisk signifikans etc)
- representativa mätpunkter (inklusive korrekt monteringsätt och lämpligt underlag för givare)
- lämpligt mätsystem (givare, förstärkare, registreringsutrustning).

Analys och bearbetning anpassas i första hand till den funktion mätningen primärt har. Exempel på mätändamål utgör

- kontroll av efterlevnad av vibrationsnorm eller rekommendation

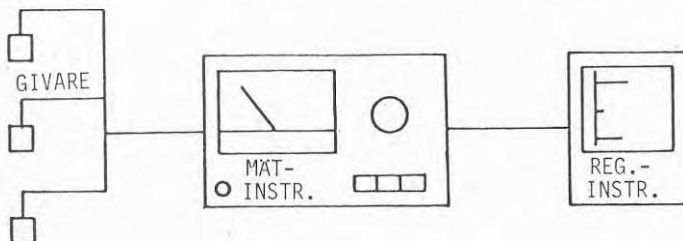
- underlag för miljökontroll (miljötålighetskrav)
- kontroll av tillståndet hos rörliga (oftast roterande) maskinkomponenter (tillståndskontroll)
- underlag för lösning av vibrationsproblem och åtgärder mot vibrationsstörningar.

Gäller det att lösa ett vibrationsproblem får bredden på analysmöjligheterna en dominerande roll. Här vet man ofta ej på förhand exakt på vilket sätt erforderlig information kan kramas ur mätmaterialiet. Stort frekvensomfång, inspelning och lagring på band är i detta fall nödvändiga krav och man behöver en avancerad mät- och analysutrustning, se FIGUR nedan.



#### AVANCERAD MÄT- OCH ANALYSUTRUSTNING

Då syftet med mätningen är att göra upprepade kontroller av efterlevnad av normer eller att genomföra tillståndskontroller är det väsentligt med låg mätkostnad per mättillfälle, enkel och rationell hantering och snabb resultatpresentation. Man kan klara sig med en förenklad mätutrustning, se FIGUR nedan.



#### FÖRENKLAD MÄTUTRUSTNING



Oftast är direktvisande instrument lämpliga för dessa ändamål. Korrekt val av mätställe är givetvis också viktigt. Enbart valet av mätpunkt kan påverka mätvärdet med +/- 50 % även om det "felaktiga" kommer från en rimligt vald mätpunkt.

En enkel mätning kan göras i en eller flera punkter och man kan mäta i flera riktningar i varje mätpunkt. Metod och omfattning väljs med hänsyn till omständigheterna i det speciella mätfallet samt de eventuella bestämmelser som gäller och det verkliga kunnande som finns. Det är knappast meningsfullt att i rutinfall utföra mätningar som ger väsentligt mer och noggrannare information än vad man kan nyttiggöra sig på åtgärdssidan. Det är dock alltid viktigt att man mäter rätt oavsett om det är en enkel eller en avancerad mätning.

Fördelen med att inte mäta noggrannare än vad situationen kräver är främst ekonomisk - mindre arbetsinsats, lägre utrustningskostnad. Ett annat skäl är personellt, avancerad utrustning kräver mer kvalificerad personal, vilken är dyr och svår att finna.

Som exempel på områden där man idag med framgång tillämpar förenklade mätningar kan nämnas vibrationer från sprängning, pålning, spontning.

#### VIBRATIONSMÄTNINGAR VID SPRÄNGNING

Vid sprängning inom tätbebyggt område eller i närheten av känsliga utrustningar eller byggnader måste eller bör man mäta den uppkommande vibrationen. Tidigare mätningar och undersökningar har resulterat i ett kunskapsmaterial som möjliggör en säker bedömning av vilka vibrationsnivåer som kan tillåtas. Dessutom känner man ganska väl sambandet mellan en sprängladdnings storlek och den generade vibrationen. I vissa fall kan det dock erfordras en provskjutning för att fastställa sambandet i det aktuella fallet.

Under arbetets gång sker en kontinuerlig mätning och registrering av vibrationerna i en eller flera punkter efter behov. Man mäter och registrerar enbart det maximala värdet från varje salva, eftersom det är tillräckligt. Mätutrustningen blir därigenom både enkel, billig och tillförlitlig.

Mätningen görs väsentligen för att förhindra att tillåtna gränsvärden överskrids samt för att reglera ansvarsfrågan om så trots allt sker och skada uppkommer. Rätt använd kan emellertid mätningen även användas för att arbeta närmare de satta gränsvärdena och därigenom optimera sprängningen och minska kostnaden.



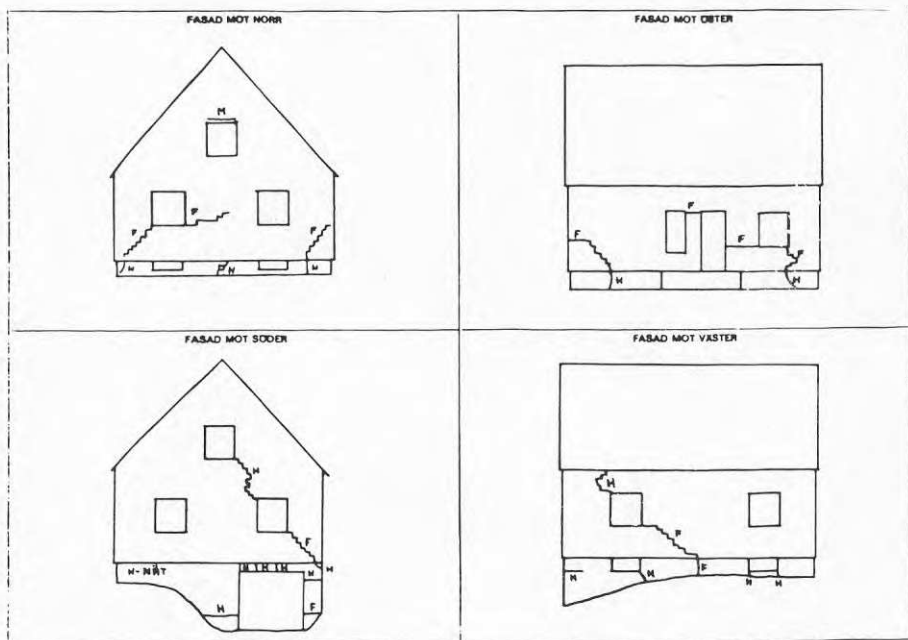
## VIBRATIONSMÄTNINGAR VID PÅLNING OCH SPONTSLAGNING

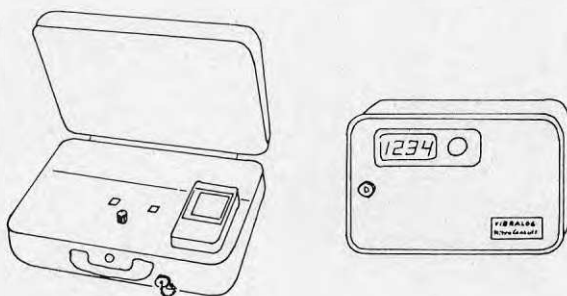
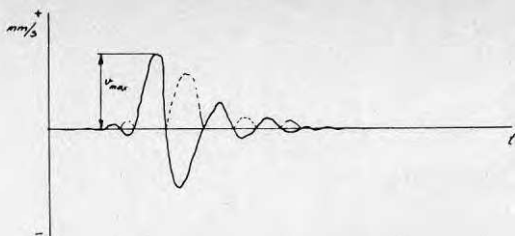
Påslagning och spontslagning är exempel på aktiviteter som alstrar markrörelser - vibrationer som kan vålla skada på t ex närliggande byggnader. För att bedöma hur vibrationerna påverkar omgivningen behöver man känna till deras karaktär, varaktighet och styrka.

Mätning och registrering görs med i princip samma mätutrustning som vid registrering av vibrationer från sprängningsarbeten.

### Skadebesiktningar

Inför förestående sprängnings- och pålningsarbeten etc skall besiktning och registrering av befintliga sprickor göras i byggnader som kan antas bli utsatta för vibrationer. Efter arbetenas slutförande görs ny besiktning. Markering av sprickor kan göras som visas i FIGUR.

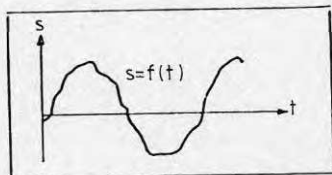




FÖRENKLAD MÄTUTRUSTNING FÖR REGISTRERING AV TOPPVÄRDE

#### MÄTNINGSMETODER OCH -INSTRUMENT

Mekaniska vibrationer är i allmänhet rörelser i förhållande till ett statiskt 0-läge. Vibrationerna kan beskrivas genom mätning av förflyttningen ( $s$ ), dvs mätpunktens förflyttning från 0-läget, hastigheten ( $v$ ) eller accelerationen ( $a$ ) i mätpunkten. Dessa tre storheter är matematiskt sammankopplade, varför det utifrån en uppmätt storhet är möjligt att härleda och därmed mäta de två andra. I FIGUREN nedan visas t ex förflyttningen ( $s$ ) för en mätpunkt som funktion av tiden ( $t$ ).

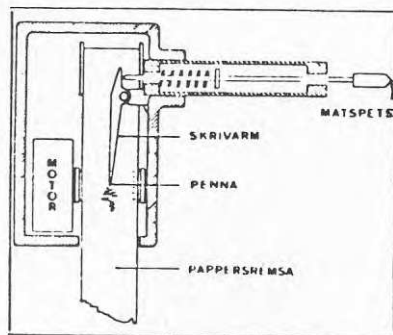


TIDSFÖRLOPP, VIBRATION

Ur denna funktion kan hastigheten ( $v$ ) härledas genom derivering en gång - och accelerationen ( $a$ ) genom derivering två gånger - med avseende på tiden ( $t$ ).

$$v = \frac{ds}{dt}, \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

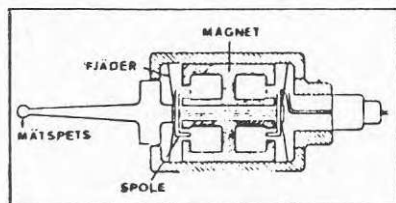
Omvänt kan, om accelerationen mäts, hastighet och förflyttning erhållas genom en respektive två gånger integration. I vibrationsmätteknikens början mättes nästan alltid den mest "handgripliga" storheten - t ex förflyttningen direkt med hjälp av en vibrograf, se FIGUR nedan.



VIBROGRAF

Denna typ av mätning fordrade att hela vibrografen hölls fixerad i ett fast koordinatsystem i förhållande till mätpunktens rörelse. På grund av mekaniken var frekvensområdet mycket begränsat.

I och med att den elektriska mättekniken utvecklades kom elektrodynamiska (elektromagnetisk) givare till användning. Dessa givare, där vibrationen i princip överförs till en spole, som rör sig i ett magnetfält, lämnar en spänning som är proportionell mot vibrationshastigheten. Se FIGUR.



ELEKTRODYNAMISK GIVARE

Denna givaretyp är vanligtvis relativt stor, med ett frekvensområde upp till typiska 1.000 Hz och lämnar ofta så stor utsignal att den kan mätas utan hjälp av elektronik.

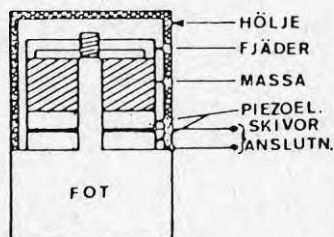
### Accelerometer

Under det senaste decenniet har utvecklingen gått mot ökad användning av accelerometrar vid vibrationsmätningar. De främsta orsakerna härtill är:

- Accelerometern kan vanligtvis göras mindre än övriga givartyper - härigenom undviks oönskad massabelastning i mätpunkten.
- Accelerometerns frekvens- och dynamikområde är mycket stort.
- Accelerometerns utsignal kan enkelt avledas till hastighet och förflyttning genom elektrisk integration.
- Långtidsstabiliteten är mycket stor. Givaren saknar rörliga delar i vanlig bemärkelse.

En accelerometer är en elektromekanisk givare, som lämnar en elektrisk signal, proportionell mot den acceleration givaren utsätts för. Ett exempel på uppbyggnaden visas i FIGUR nedan.

Dessa givare kan arbeta med piezoelektriska spänningar, resistansändringar (trådtöjningsgivare och halvledare, s k piezoresistiva accelerometrar) eller med magnetoelastiska förändringar. Accelerometrar med piezoelektriska givare har blivit mycket vanliga då de kan göras mycket robusta med relativt god temperaturstabilitet inom stora temperaturområden och med acceptabel tvärkänslighet. Givarna kan göras mycket små (delar av gram) och belastar normalt inte mätobjektet (gäller dock ej tunn plåt).



PIEZOELEKTRISK GIVARE (ACCELEROMETER)

Piezoresistiva givare kan användas för såväl hög- som lågfrekvensmätningar. Dessa har hög egenresonans, klarar höga g-nivåer samt har stor känslighet och miljö-tålighet.

Accelerometrarnas användningsområde är mycket stort. Frekvensområdet nedåt begränsas ofta av temperaturkänsligheten. Uppåt begränsas frekvensområdet av infästningsresonansen. Känsligheten varierar med storleken. Numera kan känsliga accelerometrar erhållas även för mätning av mycket låga frekvenser.

Genom att koppla ihop givarna med olika typer av analysatorer och registrerande instrument kan man samla

på sig ett stort material för bearbetning. Genom utvecklingen av minidatorer och analysystem har möjligheterna att analysera vibrationsförlopp ökat mycket snabbt på senare tid. Erfarenheter och kunskaper om olika analysteknikers tillämpbarhet och möjligheter är dock fortfarande begränsade.

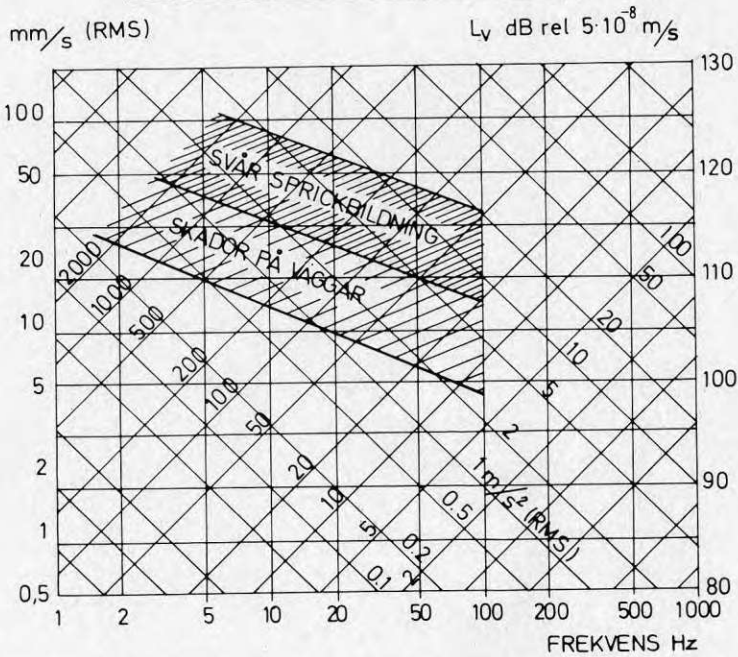
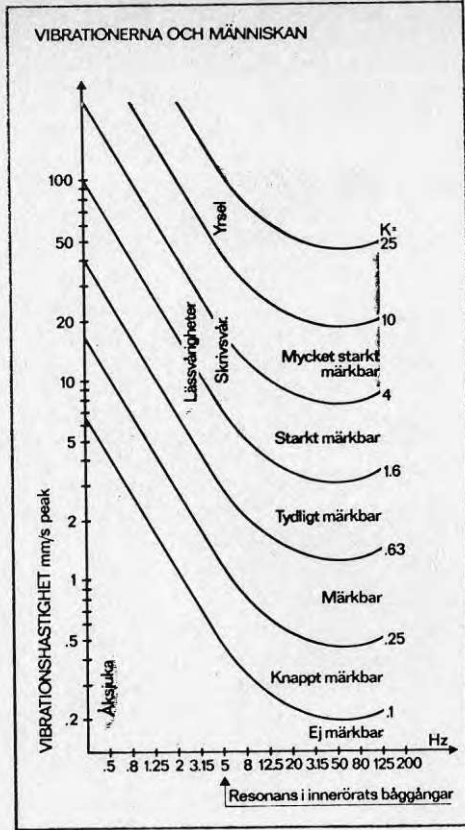
#### SAMMANFATTNING

Att mäta vibrationer är inte så lätt som man kan tro. Det vill säga, det är lätt att hyra utrustning och det är lätt att mäta och få ett värde, men det är också lätt att få in felaktigheter vid kalibrering och val av mätpunkter. För att kunna avgöra om de erhållna värdena är korrekta och representativa krävs både kunskaper och erfarenhet på samma sätt som det krävs för att ur mätvärdena kunna ge en riktig beskrivning av den registrerade händelsen.

Gradering av skaderisk i normal bostadsbebyggelse i förhållande till svängningshastigheten v med hänsyn till bebyggelsens grundförhållanden (Efter Nitro Consult AB)

Våg- hastig- het, c m/s	1000 - 1500	2000 - 3000	4500 - 6000	Resultat i normal bostads- bebygg- else	Nivå vid c = 4500 - 6000 m/s
	Sand, grus lera under grundvat- tennivå	Morän, skiffer mjuk kalk- sten	Granit, gnejs, hård kalksten kvartsitisk sandsten, diabas		
Sväng- nings- hastig- het v mm/s	18	35	70	Ingen märkbar sprick- bildning	0,03
	30	55	100	Finspric- kor och putsfall (tröskel- värde)	0,06
	40	80	150	Sprick- bildning	0,12
	60	115	225	Svår sprick- bildning	0,25

Med "nivå" i den högra kolumnen avses laddningsnivån  $Q/R^{3/2}$   
 där Q = samverkande laddning  
 R = avstånd i meter



VIBRATIONSKRITERIER I BYGGNADER VID KONTINUERLIGA VIBRATIONER ENLIGT BUILDING RESEARCH STATION (1955). MURADE VÄGGAR



## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Vibrationer

IVA Rapport 145 "VIBRATIONSMÄTNINGSMETODER OCH  
MÖJLIGHETER"

"VIBRATIONSMÄTNING MED ACCELEROMETER", Börge M  
Ravn, Särtryck ur "Automation special 76"

"MÄTMETODIK VID VIBRATIONSMÄTNINGAR", SIFU-komp  
av Bo Wadmark

## STRÅLNING OCH GASAVGIVNING

### RADON

Under 70-talet ansåg man sig kunna fastställa ett samband mellan radon och lungcancer. Därigenom uppmärksammades problemen med joniserande strålning från byggnadsmaterial och specificerade gränsvärden på maximal tillåten gammastrålning och maximalt tillåten radondotterhalt infördes i SBN.

Alla stenbaserade byggnadsmaterial innehåller större eller mindre halter av radioaktiva ämnen. Det byggnadsmaterial som i Sverige främst orsakat de omdebatterade strålningsproblemen är den alunskifferbaserade gasbetongen som användes mellan åren 1929-1974.

Men även fyllnadsmaterial och marken i sig avger radon, i olyckliga fall också till grundvatten som används till hushållsvatten. Idag vet man att radonhalten i marken i många fall är mångdubbelt större än i blå lättbetong.

Radioaktivt byggnadsmaterial, fyllnadsmaterial eller byggmark kan var för sig eller i samverkan ge höga stråldoser. Radondotterhalten kan under vissa betingelser bli oacceptabelt hög, vilket också medför risk för höga stråldoser.

Radioaktiva ämnen karakteriseras av att de stegvis sönderfaller till nya ämnen under avgivande av joniserande strålning - bl a alfa- och gammastrålning. Sönderfallsprocessen slutar först då ett stabilt, icke radioaktivt ämne bildats.

Ett av de ämnen som nybildas i sönderfallsprocessen är en gas, kallad radon.

Radonet sprids ut i rummen genom diffusion eller konvektion och fortsätter där att sönderfalla till fasta ämnen s k "radondöttrar" som avger alfastrålning. Alfastrålningen har mycket kort räckvidd i luft (ett par cm) och mycket liten genomträngningsförmåga. Den tar sig inte igenom människans hud. Det som gör radondöttrarna så farliga är att de kan följa med inandningsluften ner i lungorna och där avge strålning till de oskyddade lungvävnaderna.

Radondotterhalt mäts i Bq/m<sup>3</sup> (Bq = Becquerel) och strålning i µR/h (R = röntgen, h = timme).

### Mätning av gammastrålning

Man kan genom att mäta gammastrålningen avgöra om ett material har hög radioaktivitet. Man kan dock inte genom gammamätning med säkerhet bestämma radondotterhalten.

### Scintillometer

För att mäta gammastrålningen används handburna scintillometerinstrument som väger 2-3 kilo. Instrumenten är uppbyggda kring en kristall av NaI (TI) (tallium-aktiverad natriumjodid). Kristallen har en förmåga att scintillera, dvs utsända ljusblixtar när den träffas av gammastrålningen. Ljusblixtarna registreras i fotomultiplikator som omvandlar signalerna till mätbara pulser vars styrka kan avläsas på ett visarinstrument. Ju intensivare gammastrålning som träffar kristallen desto större utslag. Den uppmätta gammastrålningen anges vanligen i enheten uR/h (mikroröntgen per timme).

Scintillometern är ett känsligt instrument som är avpassat för att mäta gammastrålning i de strålnivåer som förekommer i naturen. Den är robust och slagttålig men behöver årlig översyn för bl a kalibrering.

Med scintillometern kan gammastrålningen mätas kontinuerligt eller punktvis i ett rutnätssystem.

### Gammaspektrometer

För att bestämma uran- (radium-), torium- och kaliumhalterna kan gammaspektrometrar användas. Dessa kan skilja på karakteristisk gammastrålning från uran (radium) respektive torium och kalium. Gammaspektrometern är ett bärbart instrument och mätningarna kan utföras direkt i fält.

Vidare finns för mätning av gammastrålning gammastrålningsdosimetern som utplaceras för exponering under t ex en månad och då ger ett medelvärde av gammaaktiviteten vid mätpunkten.

Ett lågt mätvärde behöver inte alltid betyda att radioaktivt material saknas, bara att den allmänna gammastrålningsaktiviteten vid mätpunkten var låg.

### Mätning av radon- och radondotterhalt

För mätning av radon- och radondotterhalt skiljer man mellan långtidsregistrerande och momentana metoder. Vid de långtidsregistrerande mätningarna används bl a för alfastrålning känslig spårfilm eller halvledardetektorer; vid de momentana pumpmetoderna bl a scintillationsdetektorer eller jonisationskammare. Mätning av radondotterhalten skall kombineras med mätning eller bedömning av luftomsättningen.

## LÅNGTIDSREGISTRERANDE METODER

### Alfakänslig spårfilm

Mätningar med alfakänslig spårfilm innebär att filmen träffas av alfastrålning från radon eller radondöttrar, varvid det uppstår ett spår i filmskiktet. Genom att, efter etsning av filmen, i mikroskop räkna antalet spår per ytenhet fås ett mått på den radon plus radondotterkoncentrationen som filmen varit exponerad för. Skyddas filmen med olika filter kan radondöttrarna hindras från att nå filmen; filmen mäter då enbart radonhalten. Vid mätning i hus hängs filmen upp, vanligen på ett par ställen i byggnaden. Vid mätning av radonhalten i jordluft grävs filmen ner på önskad nivå i marken eller placeras i ett borrhål. Mättiden är minst några veckor.

Fördelen med filmmetoden är att filmen mäter radonhalten under relativt lång tid, varvid mätresultaten blir mindre känsliga för sådana meteorologiska korttidseffekter som skillnader i lufttryck, vindkänslighet och nederbörd, vilka har stor inverkan på radonavgången.

Filmerna kan även användas för att mäta radonavgången från markytan eller från marken i en grävd grop. Därvid placeras den i en behållare som är ställd på marken och får hänga i denna under 3 - 4 veckor.

### Halvledardetektor

Mätningar med halvledardetektorer bygger på registrering av alfapartiklar som träffar ett metallskikt av t ex litiumdriftad kisel. Vid mätning i mark grävs detektorn, som är tubformad med en längd på 35 cm och en bottendiameter på 5 cm, ner i marken eller placeras i en låda på marken. Mättiden varierar från några timmar till flera dagar.

Fördelen med metoden är att den kan mäta över såväl kortare som längre tid. Avläsningarna kan ske direkt på instrumentet. Samma instrument kan användas gång på gång.

### TLD-instrument

Termoluminiscensdosimeter (TLD) mäter radonhalten i luften, det kan vara rumsluft eller jordluft. Normal mättid är 2-4 veckor.

Mätaren är genom sin konstruktion selektiv med avseende på radon. Mätkammaren omges av ett filter, som utestänger de partikelbundna radondöttrarna i rummet, medan det gasformiga radonet lätt tränger genom filtret i kammaren.

Radondöttrarna, som bildas av det i mätkammaren inneslutna radonet, samlas med hjälp av ett elektriskt

fält upp på en folie. Intill folien finns en tablett av termoluminiscent material, som registrerar alfastrålningen från de uppsamlade radondöttrarna. Radonmätaren innehåller ytterligare en TLD-tablett för mätning av bakgrunds-(gamma-)strålningen, så placerad att den inte påverkas av alfastrålning.

Mätvärdet erhålls genom avläsning av TLD-tabletterna i en därför avsedd utrustning och utgörs av skillnaden i registrerad stråldos i de båda tabletterna, vilken är ett mått på den exponering av radondöttrar, som den förstnämnda TLD-tabletten erhållit.

#### MOMENTANA METODER

##### Emanometer

Mätning med scintillationsdetektorer (emanometer) bygger på att när alfapartiklar från radon och radondöttrar träffar ett fluorescerande ämne uppstår ljusblixtar (scintillationer), vilka via ett fotomultiplikatorrör omvandlas till mätbara elektriska pulser.

Vid mätning i mark borrar sonder ner i marken genom vilka jordluften sugs upp och in genom en kammare vars insida är täckt av zinksulfid. Alfapartiklar från sönderfallet av radon och radondöttrar i den passerande jordluften ger upphov till scintillationer, varvid ett mått på radonhalten i jordluften erhålls. Resultatet kan efter någon minut avläsas på ett visarinstrument.

##### Jonisationskammare

På samma sätt kan luft sugas in i en jonisationskammare och radonhalten i luften bestämmas. Jonisationskammaren består av en sluten behållare med två elektroder över vilka det ligger en spänning. När en alfapartikel kommer in i kammaren bildas joner som ger upphov till en mätbar ström.

Fördelen med de momentana pumpmetoderna är att de har stor kapacitet och därför är förhållandevis billiga. Vid markradonmätningar kan per dag 30 - 50 punkter mätas, vilket gör att mätningen kan utföras med en sådan täthet mellan mätpunkterna att ett representativt värde erhålls.

##### Mätning på uttaget prov

Radonmätning på provtaget material sker på laboratorium med jonisationskammare eller scintillationsdetektorer. På detta sätt kan prov på både luft (uppsamlad i t ex evakuerad gasolbehållare) och fasta material undersökas av t ex Statens Strålskyddsinstitut.

### Nya instrument

Utvecklingen på instrumentsidan går f n mycket snabbt. Flera nya instrument är under utprovning bl a på Statens Provningsanstalt, och kan så småningom göra mätningarna enklare.

För alla mätningar gäller att en av SSI eller SPA godkänd mätmetod bör användas. Detta medför i sin tur att en godkänd metodbeskrivning måste finnas. Generellt gäller också att ett årsmedelvärde skall beräknas på grundval av mätresultaten.

### FORMALDEHYD

Formaldehyd är en gas som är svagt allergiframkallande och kan ge besvär i ögon och på slemhinnor hos människor och djur. Det finns misstankar om att den är cancerframkallande. Formaldehyd ingår bl a i olika typer av lim och impregneringsmedel och används bl a som bindemedel i många byggnadsmaterial m m. I debatten har särskilt spånskivor och plywood utpekats, i vissa fall felaktigt. Formaldehyd ingår också i karbamid-skum.

Formaldehydhalten (uttrycket fri formaldehyd förekommer också) i skivor bestäms med perforatormetoden på laboratorium. Halten formaldehyd anges i procent av skivans vikt i torrt tillstånd. Krav finns i SBN 1980.

Avspaltning av formaldehyd från material till luft kan bestämmas på laboratorium med exsickator- och klockmetoden. Kammar- eller klimatkammarmetoden är sannolikt den bästa metoden. Den används av bl a SPA. Standardförslag är under utarbetande (juni 1981).

Formaldehyd i luft kan också mätas med kromotropsyrametoden. Det finns även direktvisande ampuller genom vilka en viss luftmängd pumpas. Ett reagens i ampullen ger med formaldehyden en färgad produkt. Utslaget anses dock ej helt tillförlitligt. Halten formaldehyd i luft anges i volymandelar som ppm (volymdelar per million) eller mg/m<sup>3</sup>. 1 ppm formaldehyd motsvarar 1,25 mg formaldehyd per m<sup>3</sup> luft. Beträffande gränsvärden, se Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr 100.



## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Statens Provningsanstalt har gett ut ett flertal rapporter som behandlar radon och radonmätning, med bl a Ingemar Samuelsson som författare.

Statens Provningsanstalt har även gett ut instruktioner för mätning av radondotterhalt med spärfilm, filtermetod och TLD-mätare.

Jordbruksdepartementet, Radonutredningen. Prel förslag till åtgärder mot strålningsrisker i byggnader.

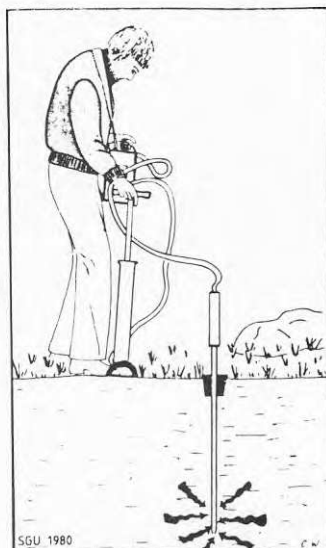
Hesselbom Åke, Israelsson Sven, Tovedal Hans,  
Radon i mark, BFR R47:1981.

Statens Provningsanstalt. Formaldehyd från byggnadsmaterial, SP-Rapp 1980:16.

BYGGINFO, Hygienproblem i våra bostäder

Tidn BYGGMÄSTAREN 3:79  
"Formaldehyd avspaltas ej från fiberskivor"  
Kerstin Lundqvist

Strålning i byggnader, Statens Planverk, rapport 54, 1981.



SGU 1980  
Mätning av radon i jordluft

## BELYSNING

### ALLMÄNT

Människans kontakt med yttervärlden är till 90 % beroende av synen. Det är därför av största betydelse att de krav på belysning som finns i bygghandlingarna verkligen blir uppfyllda.

### GRUNDBEGREPP

Ljusflöde är strålningsenergi och mäts i lumen (lm).

Ljusstyrka är ljusflöde per rymdvinkelenhet ( $A/r^2$ ) och mäts i candela (cd).

Belysningsstyrka är det infallande ljusflödet per ytenhet. Enheten för belysningsstyrka är lux (lx), 1 lx = 1 m/m<sup>2</sup>.

Luminans (ljusstäthet) anger hur starkt en yta lyser i riktning mot betraktaren. Luminans mäts i cd/m<sup>2</sup>.

### MÄTMETODER

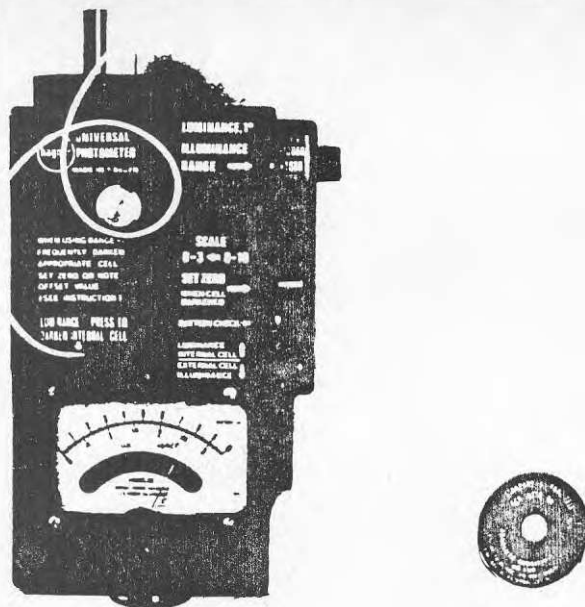
#### Mätning av belysningsstyrka

När man gör en mätning av ljus på en arbetsplats är det ofta belysningsstyrkan man mäter. Man tar reda på hur stor mängd ljus som faller in på en viss yta. Belysningsstyrkan mäts i lux och instrumentet som används vid mätningen kallas luxmeter. Den finns i många olika utföranden. En vanlig typ är universalljusmätaren som också går att använda när man vill mäta luminanser.

En luxmeter måste uppfylla en rad olika villkor för att den skall ge riktiga värden. Det finns luxmetrar som inte uppfyller dessa villkor.

Alla ljusenheter - lux, candela osv - bygger på ögats känslighetskurva. Luxmetern måste därför värdera ljuset på samma sätt som det normala ögat.

Luxmetern måste visa rätt, oberoende av ljusets infallsriktning. Detta är möjligt tack vare en speciell tillsats. Den har ofta en vit plastkalott som sitter ovanpå givaren (se FIGUR nedan). Om tillsatsen saknas kan det vid mätning inomhus uppstå mätfel på 10 - 20 procent. Vid mätning med mycket snett ljusinfall, t ex på vägar och bangårdar kan mätfelet bli mycket stort.



UNIVERSALLJUSMÄTARE ANVÄND SOM LUXMETER. VID MÄTNING PLACERAS GIVAREN (LÄNGST NER TILL HÖGER PÅ BILDEN) I DET NORMALA ARBETSPLANET, DVS I ALLMÄNHET HORISONTellt MED DEN SIDA UPPÅT SOM SYNS PÅ BILDEN.

Instrumentet måste vara kalibrerat. Vissa instrument blir mindre känsliga framför allt vid högre belysningsstyrkor efter en tids användning. Därför bör man regelbundet kontrollera att instrumentet visar rätt. Luxmeters skall:

- värdera ljuset på samma sätt som det normala ögat
- vara korrigerad för snett infallande ljus
- vara kalibrerad när mätningen börjar.

Vid mätningar av allmänbelysningen inomhus mäter man i ett vågrätt arbetsplan. För sittande arbetsuppgifter brukar det vara 0,7 m över golvet och för stående ca 0,85 m. Luxmeters givare måste i detta fall ligga horisontellt. Belysningsstyrkan mäts i ett antal jämnt fördelade punkter både under och mellan armaturerna. Allmänbelysningen bör vara jämnt fördelad i lokalen och stå i ett visst förhållande till arbetsplatsbelysningen. Denna senare anpassas efter arbetets art och individuella behov.

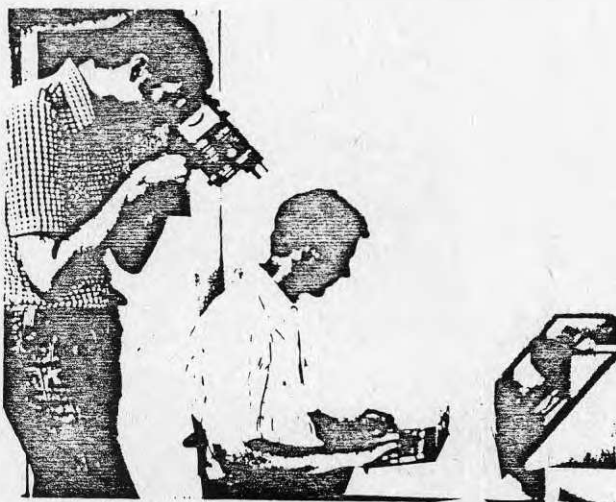
Av säkerhets- och trivselskäl bör allmänbelysningsstyrkan i bordshöjd i en arbetslokal inte någonstans vara lägre än 200 lux. I arbetslokaler där man saknar dagsljus eller där dagsljuset inte räcker till ens mitt på dagen bör den inte understiga 500 lux.

Belysningsstyrkan påverkas av flera olika faktorer. Vid mätningen bör man helst kontrollera att:

- belysningsanläggningen arbetar under normala förhållanden - minst en halv timmes brinntid och under normala temperaturförhållanden,
- elnätets spänning är densamma som råder under arbetstid,
- dagsljusets inverkan och variationer tas med i bilden.

#### Mätning av luminans

Luminansen mäts med en luminansmeter. Universalljusmätaren är avsedd för mätning av både belysningsstyrka och luminans. Vid mätning av luminans hanteras instrumentet som framgår av FIGUREN nedan.



VID MÄTNING AV LUMINANS MÄTS DET LJUS SOM NÅR ÖGONEN. VID DENNA MÄTNING REGISTRERAR UNIVERSALLJUSMÄTAREN DET LJUS SOM REFLEKTERAS FRÅN TANGENTBORDET MOT PERSONENS ÖGON.

Med hjälp av det optiska sökarsystemet kan instrumentet riktas mot det föremål vars luminans skall mätas. Instrumentet mäter enbart det ljus som kommer från den lilla cirkeln (mätfältet) i bildfältets mitt.

En luminansmeter mäter alltid ett medelvärde av luminanserna i mätfältet. Medelluminansen kan direkt avläsas på instrumentets skala i candela per kvadratmeter ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

Luminansen är till skillnad från belysningsstyrkan oberoende av avståndet. Därför spelar det inte någon

roll hur långt instrumentet befinner sig från mätobjektet. Om mätobjektet har varierande luminans över ytan måste mätningen ske med eftertanke så att ett realistiskt medelvärde erhålls.

#### Mätning av reflexionsfaktor

En ytas reflexionsförmåga är avgörande för dess luminans. Den är därför av stor betydelse vid bedömning av belysningsförhållanden. Vi vet att ett mörkt arbetsmaterial fordrar högre belysningsstyrka än ett ljust för att man skall kunna se bra utan att behöva anstränga ögonen. Luminansfördelningen vid en arbetsplats kan bli besvärande om reflexionsförmågan varierar kraftigt mellan olika ytor.



REFLEXIONSFÖRMÅGAN HOS OLIKA YTOR ÄR VIKTIG FÖR BELYSNINGEN. MÖRKA ARBETSPLATSYTOR FORDRAR I REGEL ATT FLERA ELLER STARKARE LJUSKÄLLOR INSTALLERAS. RISKEN FÖR BLÄNDNING ÖKAR.

Ett vitt papper reflekterar 80-90 % av det infallande ljuset. Dess reflexionsfaktor är 0,8 - 0,9. Man kan också skriva att den är 80-90 %. Reflexionsfaktorn talar alltså om hur mycket av det infallande ljuset som reflekteras från en viss yta. Reflexionsfaktorn kan variera mellan 0 och 1. Vid 0 reflekteras inget ljus alls medan vid 1 allt ljus reflekteras.

Enklaste sättet att bestämma reflexionsfaktorn är att med hjälp av synen direkt jämföra luminanserna på den yta som skall bestämmas och på andra ytor med kända reflexionsfaktorer. Arbetarskyddsnämnden har framställt en testskiva som bygger på denna princip. Metoden är enkel och lätthanterlig och ger i praktiskt arbete tillräckligt noggranna värden.

Har man tillgång till universalljusbätare kan reflexionsfaktorn (rf) bestämmas genom mätning. Observera att mätningen skall göras i medljus och aldrig i motljus. På den yta vara reflexionsfaktor skall bestämmas mäts dels luminansen (L), dels belysningsstyrkan (E). Reflexionsfaktorn beräknas sedan med hjälp av följande formel:

$$\text{reflexionsfaktorn} = \frac{L(\text{cd/m}^2) \times \pi}{E(\text{lux})}$$

Denna metod ger ett approximativt värde och fungerar bäst vid diffust reflekterande material. Ju mer speglande materialet är desto större fel kan uppstå.

Exempel: Luminansen = 100 cd/m<sup>2</sup>  
Belysningsstyrkan = 523 lux

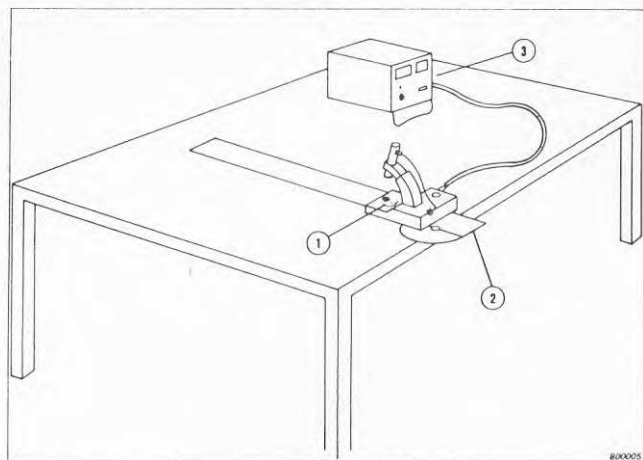
$$\text{rf} = \frac{100 \times 3,14}{523} = 0,6$$

#### Luminans-kontrastmätare

Ett nytt instrument för mätning av ljusförhållanden på arbetsplatsen är luminans-kontrastmätaren. Utrustningen bygger på mätning av kontrasten mellan två ytor, en ljus och en mörk, med noggrant bestämda ljusreflekterande egenskaper. Utrustningen består av tre delar enligt nedanstående figur:

1. Kontraststandard (mörk och ljus yta enligt ovan)
2. Mätgigg med luminansmätare
3. Mätförstärkare med inbyggd kalkylator





## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

### Belysning

BRA BELYSNING PÅ JOBBET  
Arbetarskyddsfonden 1980

Bättre arbetsmiljö - belysning  
Brevskolan 1979

En orientering om ljusbedömning medelst mätning  
av kontrastgivningsförmåga, Brüel & Kjaer  
Sverige AB

## STÅLKONTROLL

Oförstörande provning av material och svetsning vid stålbyggnadskonstruktioner.

### ALLMÄNT

Stålkontroll kan uppdelas i grundkontroll och tilläggskontroll. Grundkontrollens omfattning framgår i detalj av stålbyggnadsnormerna. Tilläggskontrollen regleras av en kontrollplan upprättad av konstruktören.

I stålbyggnadssammanhang utförs en stor del av kontrollen under tillverkningen på järnverk och i verkstäder. Vi skall nedan presentera några kontrollmetoder som kan användas på byggarbetsplatsen:

- o Radiografisk provning
- o Ultraljudsprovning
- o Sprickindikering med magnetpulver- och penetrantmetoden.

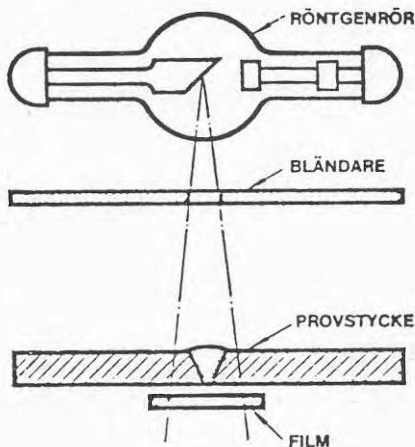
Oförstörande provning av material och svetsning skall betraktas som ett värdefullt och ibland nödvändigt hjälpmedel vid kontroll av svetsade stålbyggnadskonstruktioner. Material- och svetskontrollen omfattar mycket mer än oförstörande provning, t ex avsyning och identifiering av material, kontroll av fogs svetsmetodik och tillsatsmaterial, avsyning av svetsutförandet med avseende på svetsråge och roovulst, svetsgodsets övergång till grundmaterialet. En speciell kontrollåtgärd är mätning av a-mått hos kälsvetsar. En liksidig kälsvets kontrolleras med a-måttolk enligt FIGUR, där tolken har tre anliggningsytor mot svetsen och de båda



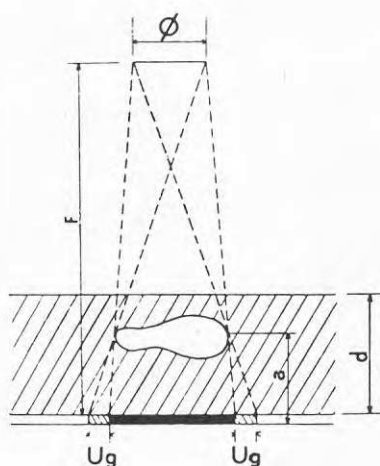
a-MÅTTOLK FÖR  
KONTROLLMÄTNING AV  
a-MÅTT VID RÄTVINK-  
LIGA LIKSIDIGA KÄL-  
SVETSAR.

vinkelräta plåtyorna. Observera att svetsens eventuellt konvexa del skall frånräknas. Uppskattas vanligtvis med ögonmått. Oliksidig eller icke rät kälsvets (se StBK-N2 figur 3:131b) kontrolleras genom mätning av benlängderna och a-mått beräknas. Speciellt intyg finns för mätning av benlängd.

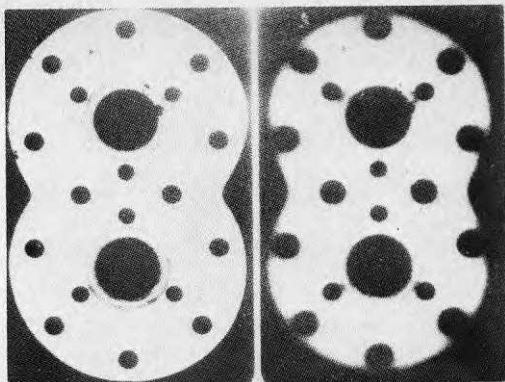
(Efter Karl-Erik Gredborn, Tekniska Röntgencentralen)  
Radiografisk provning



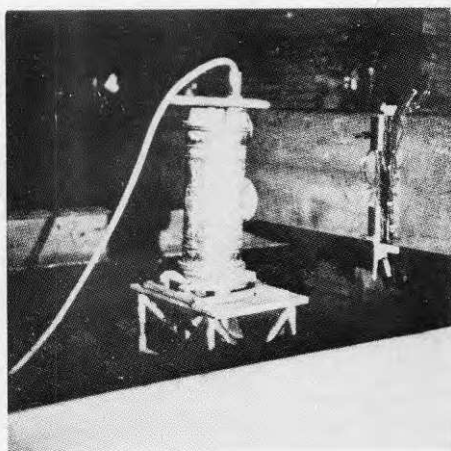
Röntgenstrålarna alstras i ett röntgenrör genom att elektroder accelereras med hjälp av en högspänning mellan anod och katod, varvid röntgenstrålarna genereras vid uppbromsningen av elektroden i den snedställda anoden. Röntgenstrålarna absorberas direkt beroende på det genomstrålade materialets täthet. I skuggan av håligheter svärtas filmen således kraftigare. I skuggan av lokalt tjockare gods blir filmen ljusare.



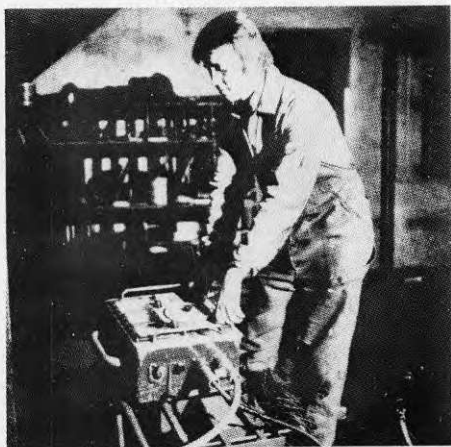
Eftersom det är en yta på anoden som bestrålas med elektroner, blir det en projicerad yta från vilken strålningen utgår. Denna ger upphov till geometrisk oskärpa på filmen ( $U_g$ ) vid avtecknandet av en defekt. Röntgenapparaten skall alltså ha liten projicerad brännfläck. Man kan kompensera med långt avstånd mellan röntgenapparat och film. Dock avtar strålningen med kvadraten på avståndet med ty åtföljande längre exponeringstid.



Reflekterad diffus röntgenstrålning ger oskarpa konturer. Därför skall man maska det undersökta objektets kanter och hål om sådana finns (t ex flänskant vid radiografering av tvärskarv i balk), använda film med blyskärmar och bakom filmen ha en s k bakplåt av tenn. Bilden visar resultatet vid rätt och fel radiograferingsteknik.

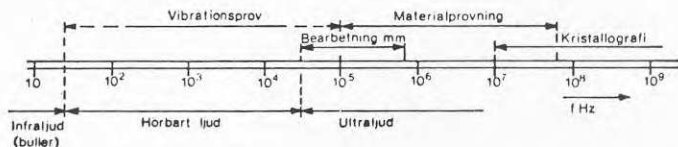


Bilderna visar en transportabel röntgenapparat där röntgenrör och transformator är hopbyggda till en enhet, s k entanksapparat. På balken syns fasttejpade blybokstäver för märkning av filmen och klämmor som håller fast röntgenfilmen på baksidan av flänsen. Till apparaten hör manöverbord för inställning av högspänning, glödström i katod (mängd elektroner) och exponeringstid.

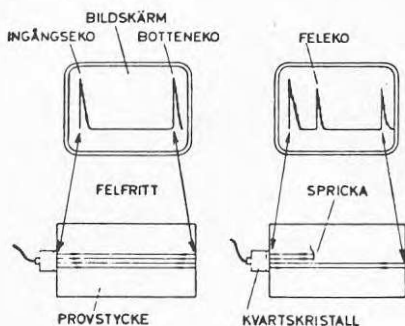


## Ultraljudprovning

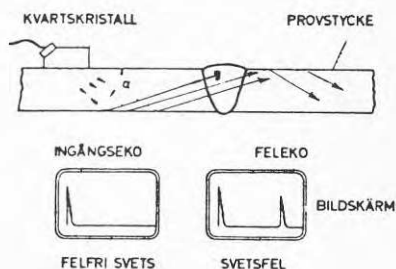
Vid ultraljudprovning utnyttjas en mekanisk vågrörelse som, med hänsyn till frekvensen, kallas ultraljud. Vågrörelsen alstras av en piezoelektrisk kristall i vilken gittret volymändras i takt med en pålagd periodiskt varierande elektrisk spänning. Kristallen är 100 gånger per sekund sändare och lika många gånger mottagare. Utsänd ljudenergi i materialet reflekteras som eko av begränsningsyta eller defekter, t ex sprickor.



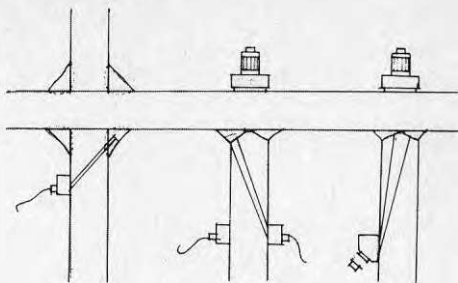
Bilden visar det ljudspektrum som används vid materialprovning.



Används rak sökare går ljudet rätt in i materialet och reflekteras av bottenytan eller eventuell defekt. På ultraljudapparatus bildskärm visas ljudvägen efter den horisontala axeln och ljudenergimängd på den vertikala axeln.



Vid ultraljudprovning av svets skarvar används vinkelsökare. Ljudvågorna reflekteras av provobjektets begränsningsytor i princip enligt lagarna för synligt ljus. Eventuell defekt reflekterar tillbaka en del av energin.



Bilden visar hur vissa svetsar kan undersökas med rad- respektive vinkelsökare.



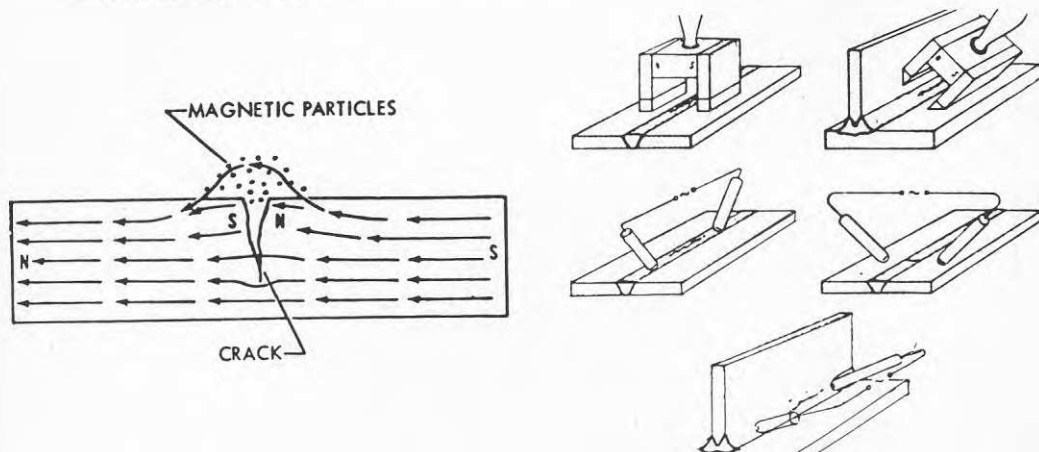
Bilden visar undersökning av fläns med rak sökare. På bildskärmen syns multibotteneko från ljudenergi som reflekterats flera gånger mellan flänsens parallella ytor.

#### Sprickindikering med magnetpulvermetoden

Vid ferromagnetiskt material kan sprickor i ytan eller nära ytan indikeras genom magnetisering. Om materialtvärsnittet är mättat tvingar en spricka ut magnetfältet utanför materialet. Om järnpulver, vanligtvis i lacknafta, påføres, fasthålls järnpartiklarna i läckfältet över sprickan. Man får en bred indikation vilket gör att man med blotta ögat kan se en smal spricka, se FIGUR.

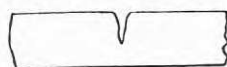


Magnetiseringen kan åstadkommas med okmagneter (permanenta eller okmagneter) som visas överst i FIGUR nedan eller genom strömgenomflyttning av objektet, de tre nedersta figurerna. Magnetfältet bildas i det senare fallet runt strömledaren i materialet. Sprickorna skall vid bølge metoderna vara orienterade vinkelrätt mot magnetfältet.



### Sprickindikering med penetrant

Vid icke ferromagnetiskt material, t ex de flesta rostfria stål, användes penetrantmetoden. Indikeringsvätskan påföres och tränger in i eventuella sprickor (dessa måste vara rena, dvs ej fyllda med olja eller vatten), se FIGUR.



Ytan rengöres



Indikerande vätska påföres



Overskottet borttages

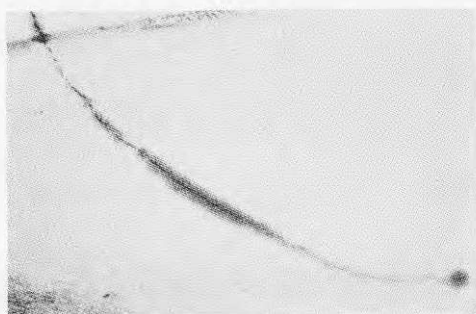


Framkallare anbringas

Indikeringsvätska på ytan torkas bort, varefter framkallaren påföres, vanligtvis genom sprayning, FIGUR nedan. Sedan framkallarens flyktiga beståndsdel avgått, kvarligger ett poröst vitt pulver som suger upp den röda indikeringsvätskan ur ev sprickor.



En bred röd lätt synlig indikation erhålles för en smal spricka, FIGUR.



## SAMMANSTÄLLNING AV KONTROLLÅTGÄRDER

Kontrollen har till syfte att säkerställa att konstruktionen överensstämmer med konstruktionsredovisningen och att den utförs enligt gällande bestämmelser.

Kontroll indelas i grundkontroll och tilläggskontroll.

Grundkontroll

Grundkontrollen består av generella icke objektbundna kontrollåtgärder enligt följande:

Kontrollobjekt och -åtgärd	Kontroll enl avsnitt	Fordringar enligt
Material	N1/S1 64:32	N1 kap 23-26 N2 7:21 N1/S1 64:322
Tillsatsmaterial	N2 7:21	N2 2:2
Fästelement för skruv- och nitförband	N3 6:21	N3 2:2-5
Allmän måttkontroll	N1/S1 64:34	
Balklivs utböjning	N1/S1 64:33	N1/S1 64:33
Riktning och bockning	N1/S1 64:35	N1/S1 62:2-3
Termiskt skuren yta	N2 7:21	N2 1:5
Sågad och klippt yta	N1/S1 64:35	N1/S1 3:31
Anliggning	N1/S1 64:32	N1/S1 64:32 N2 5:15
Svetsares kompetens	N2 7:21	N2 kap 8
Svetsarbete	N2 7:21	N2 kap 6 N2 1:4
Svetsförband	N2 7:21	N2 1:4 N2 6:2
Skruv- och nitförband	N3 6:2	N3 5:1-4
Rostskydd	N4 4:2	N4 kap 3

Tilläggskontroll

Tilläggskontrollen består av för aktuell konstruktion specificerade kontrollåtgärder.

Kontrollobjekt och -åtgärd	Kontroll enl avsnitt	Fordringar enligt
<u>Material</u>		
Yta	N1/S1 64:45	N1/S1 62:2, 62:33, 63:24 N2 7:323
Frihet från sprickor, klyvningar m m	N1/S1 64:42	N1/S1 64:42
Termiskt skuren yta (spricksökning)	N2 7:333	
<u>Måttkontroll</u>		
Rakhet	N1/S1 64:44	N1/S1 64:44
Tvårsnittetsarea	N1/S1 64:43	N1/S1 64:43
<u>Svetskontroll</u>		
Fogberedning	N2 7:33	N2 5:211
Yta, form, homogenitet och täthet (oförstörande provning)	N2 7:32	N2 1:4, 7:34
Inträngning av kälsvets med reducerat a-mått	N2 7:31	N2 6:227, 7:35
Speciella prov	N2 7:3	N2 4:24
<u>Skruv- och nitförband</u>		
Förspänningskraft	N3 6:31	N3 6:311
Åtdragning	N3 6:31	N3 5:432
Ytbeskaffenhet	N3 6:31	N3 5:3
Rostskydd	N5 4:3	N4 kap 3

## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Stål

KUNNA BYGGKONTROLL, KUNNA SEMINARIUM  
1974

Stålbyggnadsnorm, StBK-N1, N2, N3, N4

Kommentarer till stålbyggnadsnorm, StBK-K3

BETONGKONTROLL

Betongkontroll utförs så skilda kontrollnivåer under tillverkningen. Provning och provningsmetoder behandlas utförligt i Bestämmelser för betongkonstruktioner, B5 och BBK 69, band 2 samt i Svensk Standard.

Vi skall i detta kapitel endast behandla den provning som får utföras på arbetsplatsen. I nedanstående sammanställning har även vissa provningar, som ej krävs enligt B5, medtagits.

## SAMMANSTÄLLNING AV PROVNINGAR SOM FÖREKOMMER VID BETONGKONTROLL PÅ ARBETSPLATSEN

## Kontroll av ballast vid platsblandning

Siktkurva	- siktsats, våg
Humushalt	- glas med NaOH
Slamhalt	- graderat mätglas
Fuktkvot	- el-torkutrustning spritortrustning karbidmätare infrarödmätare

## Kontroll av betongmassan

Temperatur	- termometer
Konsistens	- sättkon - vebemätare
Lufthalt	- lufthaltsmätare
Tillstyvande	- utrustning för mätning av penetrationsmotstånd

## Kontroll av hårdnad betong

Hållfasthet och hållfasthets- tillväxt	- studs­mätare eller pendelhammare - ultraljudsapparat
Ythållfasthet	- dragprovare (- ståls­pik)
Armering	- armeringssökare (metall­detektor)

## Kontroll av vakuumbehandlad betong

	- Trevac-meter (se Svenska Fabr.- betongfören. rekommendation)
--	---

SAMMANSTÄLLNING ÖVER STANDARDISERADE PROVNINGS-  
METODER FÖR BETONGMATERIAL OCH BETONG

Delmaterial till betong

Bestämning av halten organiska föroreningar (humus) i sand och fingrus.

Se SS 13 21 10.

Bestämning av halten fina partiklar (slamhalt) i sand och fingrus.

Se SS 13 21 11.

Siktning av ballast

Se SS 13 21 12.

Bestämning av fuktkvot i ballast

Se SS 13 21 13.

Bestämning av specifik vikt för ballast

Se SS 13 21 14.

Bestämning av volymvikt för ballast

Se SS 13 21 15.

Bestämning av krossytegrad för stenmaterial

Se SS 13 21 16.

Betongmassa

Bestämning av betongmassas konsistens

Se SS 13 17 10.

Bestämning av betongmassas lufthalt

Se SS 13 71 11.

Bestämning av betongmassas vattenseparation

Se SS 13 71 12.

Bestämning av betongmassas volymvikt och cementhalt

Se SS 13 71 13.

Bestämning av betongmassas penetrationsmotstånd  
(tillstyvnande)

Se SS 13 71 14.



Hårdnad betong

Bestämning av hårdnad betongs tryckhållfasthet

Se SS 13 72 10.

Bestämning av hårdnad betongs böjdraghållfasthet

Se SS 13 72 12.

Bestämning av hårdnad betongs vattentäthet

Se SS 13 72 14.

Bestämning av hårdnad betongs krympning

Se SS 13 72 15.

Bestämning av hårdnad betongs frostbeständighet

Se SS 13 72 16.

Hållfasthetsändring genom vakuumbehandling

Se SS 13 72 18.

Tryckhållfasthet hos sprutade provkroppar

Se SS 13 72 20.

Armeringsläge

Se SS 13 72 80.

Inverkan av mekaniska angrepp (Avmätningshållfasthet)

Se SS 22 72 06.

Bruk och betong för trycköverförande fog

Tryckhållfasthet

Se SS 13 75 10.

Homogenitet i fog

Se SS 13 75 11.

Injekteringsbetong

Se SS 13 75 30

SS 13 75 31

SS 13 75 33

Ytterligare standarder under remissbehandling juni 1981.

- (SS 13 72 07 Hårdnad betong, omräkningsfaktorer)
- (SS 13 72 08 Provkroppar)
- (SS 13 72 25 Frostresistens)
- (SS 13 71 xx Bestämning av betongmassas utbredningsmått)

#### UTRUSTNINGSFÖRSLAG FÖR BETONGKONTROLL PÅ EN STOR ARBETSPLATS

Vid större arbetsplatser bör arbetsledning och kontrollant ha tillgång till rätt provningsutrustning, t ex följande:

Verktyg	Densitetsmätutrustning
Glasutrustning	Sprickmikroskop
Kärl av plåt	Konsisensmätutrustning
Backar	Lufthaltsmätare
Transportredskap till föregående	Vibrationsbord
Laborariepenssats	Kubformar
Provningsformulär	Instickstermometer
Svenska normer, bestämmelser o standard	Proctornål
Tidtagarutrustning	Härdningskar
Vågutrustning	Termostat till föregående
Tempereringsutrustning	Kubtång
Bindetidsprovare	Planhetsmätare
Provdelare	Mätbygel
Siktfraktionsutrustning	Kubpress
Fukthaltsmätare	Profometer
El.torvskåp (+105°C)	Rätskiva och mätstol
Stålspackel mmd träskافت	Studsmätare eller pendelhammare

#### KONTROLL AV HÄRDNAD BETONG

##### Hållfasthet

När det gäller metoder för hållfasthetsprovning i färdig betong kan man skilja på förstörande och icke förstörande provning. Vid förstörande provning tar man provkroppar ur konstruktionen och provtrycker dessa till brott. Provkropparna består oftast av borrhärnor men kan även vara utsågade bitar.

Vid icke förstörande provning finns flera olika metoder. Vanligast är mätning med en sk studsmätare, men även pendelhammare och intrycksmätare används. Gemensamt för dessa metoder är att man direkt mäter betongens hårdhet, elasticitet, ur vilken sedan en indirekt

uppskattning av hållfastheten kan göras. Elasticitetsmodulen är proportionell mot kvadratroten ur tryckhållfastheten, men stora variationer förekommer på grund av inverkan av cementhalt, ballast etc. Provresultaten kan alltså bli mycket osäkra, om man inte kalibrerar med hjälp av förstörande provning. Kalibreringen skall då göras mot samma betongkvalitet som den som skall provas. Den icke förstörande provningen används som komplement till den förstörande provningen.

Provning med studsmätare används i första hand för kartläggning av grova och systematiska fel och då man snabbt och enkelt vill ha en grov uppfattning av betongens hållfasthet. Metoden bygger på att en vikt slås mot betongen och en viss energimängd som lagrats i en fjäder. En viss del av den frigjorda energin ger en intryckning i betongen medan resten ger en återstuds av vikten. Återstudsens längd, som avläses direkt på mätaren, beror på betongens mekaniska egenskaper och är därför ett indirekt mått på tryckhållfastheten. För att inte konstruktionsdelens deformation skall påverka provningsresultaten bör den vara minst 150 mm tjock. Till mätaren finns ett diagram eller en tabell för direkt omvandling av återstudsens längd till ungefärlig tryckhållfasthet.

Vid användning av tabell eller diagram som medföljer apparaten skall man vara medveten om de stora variationer som kan förekomma i sambandet mellan hållfasthet och studsvärde. Sålunda kan aluminatcement ge studsvärden som är 100 % högre än för motsvarande betong av portlandcement. En karbonatiserad yta kan ge mer än 50 % för höga värden och en våt yta 20 % för låga värden.

#### Ythållfasthet

Ythållfastheten hos betonggolv kan provas genom att man limmar fast en metallplatta på betongytan och där efter mäter vilken kraft som erfordras för att dra loss den (samt observerar var brottet sker - i betongen eller mellan lim och betong). Observera dock att limmets inträngning i betongen kan påverka resultatet.

En lika enkel som ovetenskaplig metod att bilda sig en uppfattning om betongens ythållfasthet är att repa den med en stålspek. Det kräver erfarenhet av bedömaremen är ofta tillräckligt för praktisk bedömning av hållfastheten.

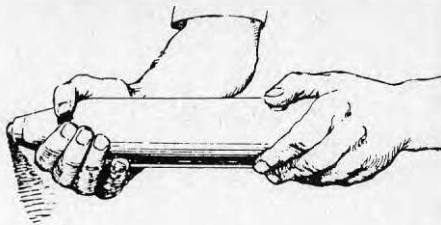
Bild sidan 116

### Studsmätare

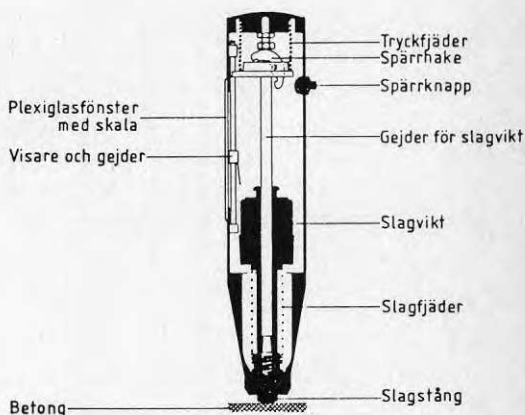
Studsmätare finns av olika fabrikat, av vilka Schmidt modell N är vanligast.

För provning med studsmätare gäller följande:

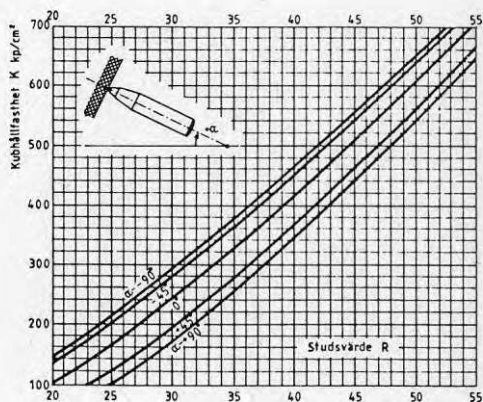
- 1 För varje mätställe behövs en provyta av en handflatas storlek. Ytan bör vara slät och homogen.
- 2 Ojämnheter och cementanrikningar i ytan slipas av. Om konstruktionen är äldre än sex månader bör ytan slipas ned ca 5 mm för att inte den hårda karbonatiserade ytan skall ge missvisande resultat.
- 3 För varje mätställe bör minst tio slag göras med någon cm:s mellanrum. För varje slag avläses och antecknas studsvärdet. Om enstaka värden hoppar ett tiotal enheter uppåt eller nedåt har slaget sannolikt träffat en sten eller en porös fläck på ytan.
- 4 Beräkna studsvärdets medelvärde, varvid avvikande värden enligt ovan inte medräknas.
- 5 Bestäm betongens tryckhållfasthet, antingen med ledning av särskild kalibrering eller approximativt med hjälp av till apparaten hörande tabell eller diagram (exempel se FIGUR).



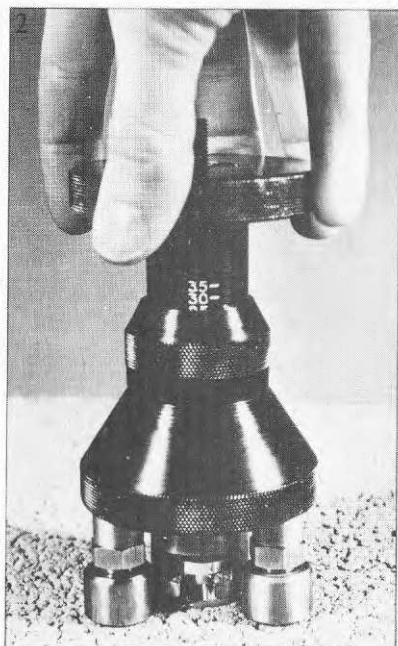
BETONGPROVNING MED STUDSMÄTARE



GENOMSKÄRNING AV STUDSMÄTARE SCHMIDT MODELL N



EXEMPEL PÅ DIAGRAM FÖR ÖVERSÄTTNING AV STUDSVÄRDE TILL KUBHÅLLFASTHET



### Armering - täcksikt

När det gäller metoder för bestämning av armeringsmängd och läge i en befintlig konstruktion brukar man antingen bilda fram armeringen eller använda sig av metalldetektor. En kombination av metoderna är ofta lämplig. Metalldetektorn är ett elektromagnetiskt instrument, vars användning i praktiken är begränsad till armering som ligger maximalt ca 120 mm från betongytan. För djupare liggande armering kan man använda sig av kärnborrning eller röntgen.

Metalldetektorer finns i olika utföranden. De som är utformade med mätsond och visarinstrument kallas i byggnadssammanhang täcksiktetsmätare. En enklare variant som i stället för visarinstrument endast har en kontrollampa, oftast placerad direkt på sonden, kallas ledningssökare. Om armeringen ej ligger för tätt kan en ledningssökare lokalisera armeringsstängernas lägen.

Med en täcksiktetsmätare kan täcksiktet enkelt bestämmas om stångens diameter och kvalitet är känd. Genom att mäta med och utan mellanlägg mellan betongytan och sonden kan man få en uppfattning om både diameter och täcksikt för en okänd armeringsstång. Instrumentets utslag påverkas huvudsakligen av armeringens diameter och avståndet mellan sond och armering. Olika typer av kammar på armeringen påverkar också resultatet liksom olika stålqualiteter.

Den noggrannhet med vilken täcksiktet kan bestämmas avtar snabbt med ökande tjocklek hos täckande betongskikt. För att få säkra resultat bör mätaren då och då kalibreras eller kontrolleras med kända stänger och kända avstånd mellan stång och sond. Då armeringen ligger tätt eller i flera lager kan intilliggande stänger influera på mätningen. I boken "Förstärkning av betongkonstruktioner" utgiven av J&W:s tekniska sekretariat finns en utförlig genomgång av metoder och instrument för undersökning av befintlig betong. Boken ger dessutom anvisningar om hur utvärderingen av erhållna mätvärden skall utföras.

Vidhäftningskontroll är ibland aktuell t ex i samband med överbetong. För detta finns metoder utvecklade som är väl användbara på arbetsplatser, både för vertikala och horisontella ytor, se FIGUR.

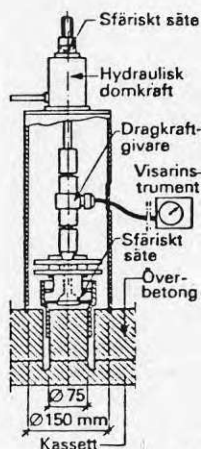


Fig Exempel på utrustning med dragklo för provning av vidhäftningshållfasthet vid tjocka beläggningar Bellander (1976)

En cylinder kringborrad med kärnborr. Borrjupet väljs så att snittet går ned en bit i underliggande betong. Borrkärnans axel läggs så vinkelrätt som möjligt mot det vidhäftande skiktet. Med en dragdomkraft överförs via dragklon en dragkraft på den kringborrade cylindern. Det är viktigt att dragkraften från domkraften via dragklon mekaniskt fördelas jämnt ut efter mantelytan hos den friborrade betongcylindern och att lastangreppet centreras. Cylinderns diameter bör väljas till 3 à 4 gånger största stenstorleken.

Ett vidhäftningsbrott bör redovisas både med siffervärde och beskrivning av brottytans utseende.

#### KONTROLL AV VAKUUMBEHANDLAD BETONG

Genom vakuumbehandling av betong kan hållfastheten förbättras hos den hårdnade betongen. Arbetstekniskt innebär metoden fördelar genom att betongen på grund av sitt snabbare tillstyvnande kan efterbehandlas tidigare. Härigenom kan betongytan också beträdas tidigare, vilket ger en del praktiska fördelar.

Samtidigt finns en utvecklingstendens att de i olika sammanhang använda betongkvaliteterna blir mera högvärdiga, vilket innebär ökade cementhalter och därmed ökade svårigheter att uppnå önskade effekter med vakuumbehandling. Ju större mängd finmaterial desto sämre effekt.



Hög cementhalt, luftinblandning och tjocka betongskikt inverkar menligt på resultatet av vakuumbehandlingen.

I en undersökning som CBI gjort på uppdrag av statens vägverk har bl a följande kunnat konstateras

- att cementhalten påverkar sugbarheten och därför ej bör överstiga 350 kg/m<sup>3</sup> om god sugbarhet eftersträvas,
- att styvare konsistens ger bättre sugbarhet,
- att tvättad ballast förbättrar sugbarheten,
- att sugeffekten blir bättre ju snabbare sugningen kan starta samt
- att högt vakuum ger bästa sugeffekten och att längre sugtid inte kan kompensera större skillnader i undertryck.

Vid vakuumbehandlad betong kan därför sugbarheten behöva kontrolleras ibland. Detta utförs med en s k Trevacmeter, som består av

- tät gjutform av plast
- filterduk
- tryckskiva med fästbyglar
- vakuumpump (ejekter) med sugledning
- vakuum-mätare
- mätglas med anslutning till sugledning.

Sugbarheten provas genom mätning av den på 20 minuter utsugna vattenmängden vid vakuumbehandling av betong gjuten i en tät 15 cm kubform. Vakuumtrycket kontrolleras med vakuummätaren och bör uppgå till minst 80 %. Det från betongen utsugna vattnet uppsamlas i mätglaset. Med ledning av den uppmätta vattenmängden bedöms sugbarheten enligt tabellen nedan.

Sugbarhet	Hållfasthetsklass	
	K300 - K400	> K400
God	> 120 ml	> 110 ml
Godtagbar	> 90 ml	> 80 ml
Dålig	< 90 ml	< 80 ml

#### KONTROLL FÖR FORMRIVNING

Väggform och annan stödjande form rivs normalt dagen efter gjutning om konstruktionsdelen ej är utsatt för annan last än egenvikt. Bärande form, t ex bjälklags-

form kan ej rivras så snabbt eftersom betongkonstruktionen utsätts både för moment- och tvärkraft när den skall bära sin egenvikt in till upplagen. Formrivningstiden för dessa varierar normalt mellan 3-7 dygn. En för tidigt riven bjälklagsform kan medföra ökad nedböjning och sprickbildning.

Det finns måna anledningar till att man ibland önskar en snabb rivning även av bärande form. Undersökningar som genomförts av Paul Samuelsson (Cementa) har visat att det med fullgod säkerhet går att riva formen för normala bostadsbjälklag när betongen uppnått 10 MPa i tryckhållfasthet.

Hur snabbt betongen uppnår 10 MPa beror i huvudsak på aktuell betongkvalitet och aktuell betongtemperatur. Vi skall här beskriva 5 olika metoder som kan användas på arbetsplatsen för att kontrollera hållfasthetstillväxten.

#### TT-funktionen

Ett vanligt sätt är att mäta temperaturen i betongen. Detta är en gammal metod som inte längre rekommenderas. Vi tar ändå med den, eftersom den trots allt fortfarande förekommer.

Med hjälp av den s k TT-funktionen

$$TT = \text{tid} (\text{temp} + 10)$$

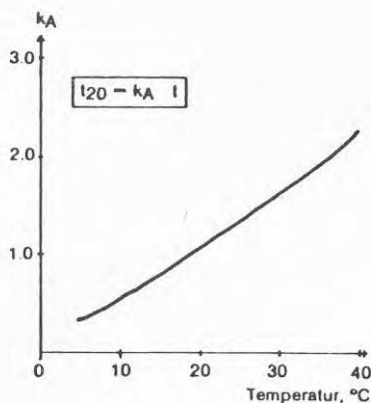
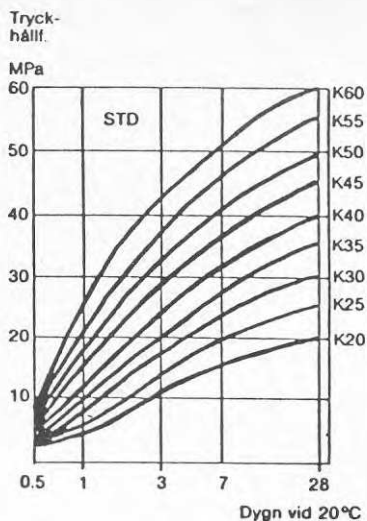
och tendenskurvor (FIGUR nedan till vänster) kan hållfastheten uppskattas. Det har dock framkommit att TT-funktionen kan ge upphov till relativt osäkra resultat. Ett tillförlitligare och i viss mån enklare sätt är att utnyttja följande uttryck:

$$t_{20} = k_A t_v$$

där värdet på faktorn  $k_A$  beror av den aktuella temperaturen och fås ur (FIGUR nedan till höger).

$t_v$  är den verkliga åldern och  $t_{20}$  är den s k ekvivalenta åldern vid 20°C, dvs den äldre betongen skulle ha uppnått om den hela tiden hade härdats vid 20°C. Genom att bestämma den ekvivalenta åldern,  $t_{20}$ , kan sedan hållfastheten uppskattas ur figuren till vänster.

Normalt är inte temperaturen i betongen konstant. Detta ger att man måste mäta temperaturen med jämna intervaller. Bästa resultat erhålls genom kontinuerlig temperaturmätning (skrivare). Varierande temperatur medför dock att den ekvivalenta åldern måste beräknas i steg. Idag finns dock utrustning som kontinuerligt mäter temperaturen och automatiskt framräknar den ekvivalenta åldern, s k maturity-meter. Denna utrustning är dock inte baserad på exakt samma kurva som i figuren ovan, men ger trots allt mycket bra resultat.



TENDENSKURVOR FÖR BETONG  
MED STANDARDCEMENT FÖR  
UPPSKATTNING AV HÅLLFASTHET

FAKTOR  $k_A$  SOM BESKRIVER  
TEMPERATURENS INVERKAN  
PÅ HÄRDNANDET

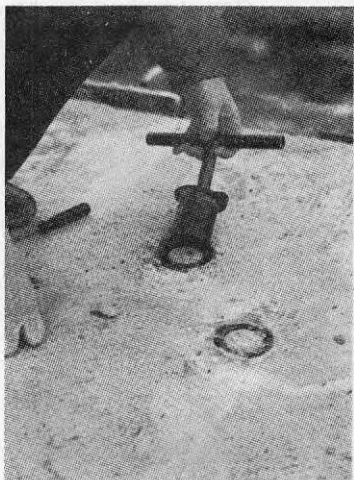
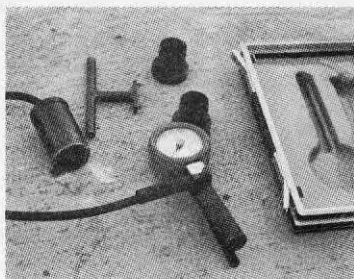
Uppskattning av betongens hållfasthet genom mätning av temperaturen har dock en viktig begränsning som bör påpekas. Om betongsammansättningen av någon anledning skulle ändras kommer detta inte att upptäckas då det är temperaturen som mäts och inte hållfastheten.

### TNS-provet

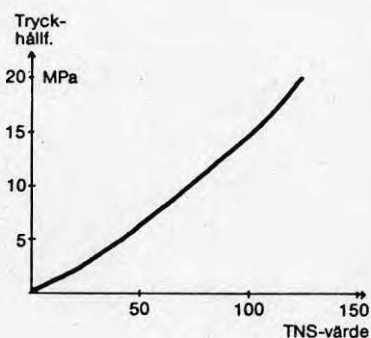
En metod som däremot mäter hållfastheten i betongen är det norska s k TNS-provet. I den färskas betongen placeras plastcylindrar, se nedanstående FIGUR. Vid provningstillfället borttas dessa cylindrar och kvar i betongen finns en kärna som sitter fast i betongen. Med hjälp av instrument bestående av handpump och manometer kan en horisontell kraft överföras till kärnans topp. Denna böjs av och utslaget på manometern är ett mått på hållfastheten, vilken erhålls ur FIGUR nedan till höger. Denna metod har flera fördelar, bl a

- enkelt att utföra
- utrustningen är robust och tål att hanteras på en arbetsplats
- mäter hållfastheten i konstruktionen
- kräver ingen elförsörjning

Efter utförd provning erhålls ett antal hål i betongen, men praktiska erfarenheter har visat att dessa mycket enkelt kan igengjutas.



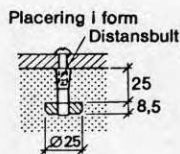
TNS-MÄTNING. OVAN VISAS  
UTRUSTNINGEN, NEDAN SYNS  
INGJUTNA PLASTHYLSOR



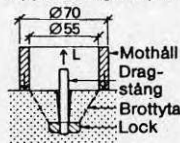
KURVA FÖR UPPSKATNING AV  
TRYCKHÅLLFASTHET VID TNS-  
PROVNING

### LOK-provet

En metod som i viss mån liknar TNS-privet är det danska LOK-provet, se vidstående FIGUR. Här bestäms betongens hållfasthet genom att små ingjutna metallbrickor dras ut. Utdragskraften är ett mått på hållfastheten. Metoden är något tillförlitligare än TNS-provet, men själva provningsförfarandet är mera komplicerat att genomföra och utrustningen betydligt dyrare att inköpa.



Uppställning vid provning



LOK-prov

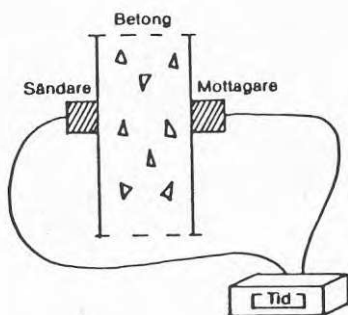
För skattning av hållfastheten måste kalibrering ske mot aktuell betongkvalitet.

## Ultraljudmätning

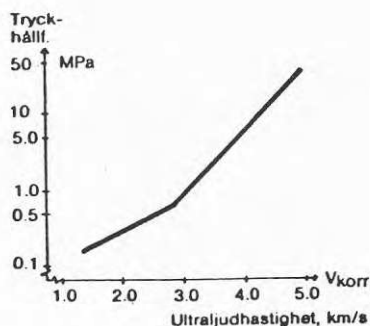
En metod som ofta nämns i betongsammanhang är ultraljudmätning. En ljudpuls sänds genom betongen och pulsens hastighet (ultraljudshastigheten) är ett mått på betongens hållfasthet, se nedanstående FIGUR. Denna metod har dock visat sig vara alltför osäker vid höga hållfastheter. Däremot torde den vara mera lämpad för låga hållfastheter, dvs för betong i tidig ålder. Bäst resultatet får man om ultraljudshastigheten kalibreras mot den aktuella betongsammansättningen genom provning på kuver som därefter provtrycks. Om någon kalibrering inte görs måste den uppmätta ultraljudshastigheten,  $v_0$ , korrigeras med hänsyn till betongens lufthalt,  $A_0$ , och maximala stenstorleken,  $d_{\max}$ . För detta kan följande uttryck utnyttjas

$$v_{\text{korrr}} = v_0 + 0,05 (A_0 - 2) + 0,42 \ln \left( \frac{32}{d_{\max}} \right)$$

Tryckhållfastheten kan därefter uppskattas med hjälp av FIGUR nedan till höger.



ULTRALJUDMÄTNING



KURVA FÖR UPPSKATTNING AV TRYCKHÅLLFASTHET VID ULTRALJUDMÄTNING

Bestämning av hållfastheten genom ultraljudmätning lämpar sig bäst för hållfastheter upp till 10 MPa. Enkla och bärbara utrustningar finns att köpa. Vissa praktiska problem kan dock föreligga då ultraljudmätning förutsätter att två motstående betongytor finns tillgängliga. Att mäta tvärs igenom form och betong finns inga praktiska erfarenheter av idag och torde ge högst osäkra resultat.

## Formrivningsprov

Till sist bör det s k formrivningsprovet nämnas. Denna metod innebär att kuver placeras på bjälklaget och under eventuell intäckning. Man strävar efter att ge ku-

berna en temperatur och fukthårdning som så långt möjligt är liknar konstruktionens. Stora skillnader kan trots detta erhållas, speciellt i samband med grova konstruktioner. Olika temperaturförlopp kan ge upphov till betydande avvikelser i hållfasthet mellan formringsprov och konstruktion. För provning av kuberna krävs att en tryckpress finns tillgänglig, vilket inte alltid är fallet. Ibland kan dock betongstationens tryckpress utnyttjas.

#### Karbonatisering av betong

När det gäller att bedöma skador på betonkonstruktioner är man ofta intresserad av att känna till armeringens kondition. På senare år har detta problem blivit aktuellt, i synnerhet i samband med skador på betongbalkonger.

Normal betong har förmåga att skydda ingjutet stål mot korrosion. Men betong som är i kontakt med luft åldras med tiden till följd av att koldioxid,  $\text{CO}_2$ , tränger in i materialet.

Koldioxiden reagerar med betongens kalciumhydroxid,  $\text{CA}(\text{OH})_2$ , varvid betongens pH-värde sjunker och dess korrosionsskyddande förmåga upphävs. Karbonatiseringens front framtränger snabbare och når större djup när betongens permeabilitet är hög (hög porositet, högt vct, låg cementhalt). Karbonatiseringsdjupet är större i betong i torr miljö än i fuktig. Inom torra områden på balkongplattor såsom innerdel och undersida, dvs regnskyddade områden är karbonatiseringsdjupet oftast större än i ytterkanterna. Karbonatiseringen fördröjs eller hindras på balkongplattors översida om en beläggning finns som försvårar inträngning av  $\text{CO}_2$ .

All betong har ett karbonatiserat ytskikt. Skiktets tjocklek växer med tiden. När karbonatiseringsfronten nått armeringen eller annat ingjutet stål börjar detta efterhand att korrodera. Korrosionsprodukterna har större volym än det ursprungliga stålet, vilket medför att betongtäcksiktet så småningom spricker och sprängs loss.

Sprickor större än 0,2 - 0,3 mm medför att genomsläpplighet för vatten och luft ökar. Korrosionshastigheten hos armeringen ökar därför.

#### Mätning av karbonatiseringsdjup

Karbonatiseringsdjupet kan mätas med fenolftaleinlösning. Vid besprutning av färska betongbrottytor med denna lösning färgas icke karbonatiserad betong rödviolett medan karbonatiserad betong inte reagerar.



### Utrustning

Hammare  
Mejsel  
Borste  
Gummiblåsa  
Fenolftaleinlösning  
15 g fenolftalein löses i 1 liter ren 96 - 99 %-ig  
etylalkohol  
Sprayflaska  
Skjutmått e d

### Utförande

Med hammare och mejsel görs i betongen en krater med några mm djup. Dammet blåses bort med en gummiblåsa e d varefter fenolftaleinlösningen sprayas över brottytan.

Om ingen färgning erhålls görs ett djupare ingrepp. Detta upprepas tills betongen längst in från ytan färgas rödviolett av fenolftaleinet. Djupet från ursprunglig yta till färgomslaget mäts.

Armeringsstängernas läge kan kartläggas med täckskiktsmätare. Karbonatiseringsdjupet bör mätas över armeringsstängerna.

### Omfattning

Det bör observeras att det ofta är avsevärda skillnader i karbonatiseringsdjup mellan olika delar av konstruktionen, t ex balkongers över-, undersida och kanter. Karbonatiseringsdjupet varierar också på samma yta, varför flera mätningar bör utföras.

Vid mycket tät betong erhålls små karbonatiseringsdjup även efter 20-30 år. Det kan då vara tillräckligt med kanske ett par mätpunkter per yta.

Vid sämre betongkvaliteter, dvs otätare betong, erhålls ofta mycket varierande värden från några mm upp till många 10-tals mm eller mer. I dessa fall bör flera mätpunkter per yta tas om en säker bedömning skall erhållas.

### Sprickmikroskop

För mätning av sprickor i t ex betongkonstruktioner kan man använda sprickmikroskop eller spricklupp.

Luppen är ett enkelt instrument som vanligen har ett synfält av ca 20 mm. En inbyggd skala graderad i tiondels millimeter gör att sprickbredden kan avläsas direkt.



## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Betong

KUNNA BYGGKONTROLL, KUNNA SEMINARIER  
1974

Förstärkning av betongkonstruktioner  
Handbok utarbetad av J&W:s tekniska sekretariat  
T23:1978. Statens råd för byggnadsforskning.

HÖGVÄRDIG BETONG FÖR VAKUUMBEHANDLING. Arne  
Johansson, CBI. BYGGNADSKONST 1-2/1981

REKOMMENDATION FÖR UTFÖRANDE AV VAKUUMBEHANDLADE  
BETONGGOLV, SVENSKA FABRIKBETONGFÖRENINGEN

BETONGHANDBOK, 1980

"Svensk standard för betongprovning", BST

RA 78, Hus, sid 39 - 43

Bestämmelser för betongkonstruktioner, B5

D:o BBK 79, band 2

Besiktning av betongbalkonger, Lars Johansson,  
Nils Petersons, Cement- och betonginstitutet,  
1980.

## BITUMENMATERIAL

### ALLMÄNT

Bitumen är ett gemensamt namn för de beståndsdelar i asfalt och tjära som är lösliga i koldisulfid. Asfalt erhålls vid destillering av råolja, oljeasfalt, eller finns färdigbildat i naturen, naturasfalt. Tjära är ett svart eller brunt trögflygande ämne som framställs genom torrdestillering av trä, stenkol o d.

Man skiljer mellan två typer av oljeasfalt, nämligen destillerad asfalt och oxiderad asfalt. Destillerad asfalt erhålls genom destillation av råolja. Dess huvudsakliga användningsområden är vägbeläggningar (behandlas i vägbyggnad) och till grund- och membranisoleringar. Oxiderad asfalt framställs genom att destillerad asfalt genomblåses med luft. Denna process ger en asfalt som är hårdare och mer gummiliknande än destillerad asfalt. Oxiderad asfalt används främst till framställning och klistering av takpapp samt till grund- och membranisolering.

Stenkolstjära fås genom torrdestillation av stenkol. Inom byggnadstekniken används stenkolstjära för underhåll av tjärtakpapp. Tidigare framställdes även tjärpapp.

Genom torrdestillation av trä framställs trätjära. Den är mindre beständig än stenkolstjära och har huvudsakligen använts som impregneringsmedel för trä.

### PROVNINGSMETODER

För att bedöma bitumenmaterials egenskaper finns ett antal identifieringsmetoder av vilka de viktigaste beskrivs nedan.

#### Viskositet

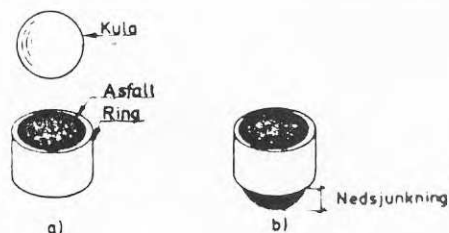
Ett vanligt sätt att ange ett bituminöst ämnes viskositet är att uttrycka den i absoluta viskositetsenheter, t ex centistok (cst), som är den dynamiska viskositeten (pois) dividerat med ämnets densitet. Viskositeten kan bestämmas t ex genom standardviskometer, varvid man mäter uttrinngstiden för en vätska ur ett kärl med ett hål i botten.

#### Penetration

Bestämning av penetration används för att få ett värde på ämnets mjukhet, oftast vid 25°C. Man mäter nedsjunkningen hos en standardnål under fem sekunder vid 100 g last. Värdet på mjukheten mäts i penetrationsgrader, varvid varje tiondels millimeters nedsjunkning är en penetrationsgrad.

### Mjukpunkt

Mjukpunkten anger den temperatur vid vilken asfalten uppnår en viss mjukhet. Det vanligaste sättet att bestämma denna temperatur är med kula och ringmetoden (K o R). Vid denna metod fyller man en ring med asfalt enligt FIGUR a) nedan och placerar en kula ovanpå asfalten. Därefter uppvärmer man asfalten i vatten med en hastighet av  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Den temperatur vid vilken asfaltens nedsjunkning (FIGUR b) uppnår ett visst värde anger mjukpunkten enligt kula och ring.



### KULA OCH RING-METODEN

### Brytpunkt

Brytpunkten anger den temperatur vid vilken materialet blir hårt och sprött. Asfalt eller tjära gjuts i ett tunt skikt på ett metallbleck. Provet nedkyls långsamt och blecket böjs vid olika temperaturer. Den temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) vid vilken skiktet spricker anger materialets brytpunkt. Avståndet mellan mjukpunkt och brytpunkt är för destillerad asfalt  $60-70^{\circ}\text{C}$  och för oxiderad asfalt  $75-100^{\circ}\text{C}$ .

### Densitet

Densiteten för vanlig oljeasfalt ligger mellan 980 och 1070  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Naturasfalt har normalt högre densitet beroende på ingående stenmaterial. TABELLEN nedan ger densiteten för några bituminösa material.

	Dens ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
Oxiderad asfalt	900 - 1070
Destillerad asfalt	1010 - 1030
Naturasfalt	1040 - 1400
Stenkolstjära	1140 - 1225

A = Asfalt (destillerad)

OA = Oxiderad asfalt

T = Tjära

Siffrorna efter OA anger mjukpunkt enligt KoR.

Siffrorna efter A och T anger temperatur vid 500 cst viskositet.

Material	Penetration vid 25°C, penetra- grader	Mjukhet °C(KoR)	Brytpunkt högst °C	Temp vid 500 cst viskositet (°C)
OA 65-75	40-50	65-75	-15	-
OA 110-120	5-10	110-120	+ 1	-
A 115	320	32-35	-20	115
A 140	60	49-53	- 8	140
T 50	-	-	-	48-53

Normalt insänds prover ur bitumenmaterialet till officiell provningsanstalt för provning.

Asfaltprodukter för tätskikt redovisas i HusAMA 1972 i följande tabell:

Asfalt- sort	Mjuk- punkt (KoR)°C	Brytpkt enligt Fraas* högst °C	Tänjbarhet enl Dow* vid 25°C minst mm	Temp vid klist- ring °C	Högsta tillåtna temp vid uppvärmen
OA 95-105	95-105	- 5	20	180-220	250
OA 80-90	80-90	-10	40	180-220	250
A 135	46-49	-10	1 000	160-180	250
A 140	49-53	- 8	1 000	160-180	250

Varmasfalt till asfaltisolering och klistring av tätskikt skall ha mjukpunkt och brytpunkt avpassade till tätskiktets lutnings- och temperaturförhållanden.

\* Normalt används asfalt med mjukpunkt lägst 80°C och brytpunkt högst -10°C

Gjutasfalt underkastas fortlöpande provning enligt DIN 1996, se HusAMA 72.

## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

### Bitumenmaterial

Byggnadstekniska anvisningar, Statens Vägverk

Provningsmetoder för material till bituminösa vägbeläggningar, Statens Vägintitut



GLAS

## ALLMÄNT

Glas förekommer inom byggnadsverksamheten i många olika former.

Planglas omfattar bl a fönsterglas, skivor för fasadbeklädnad och för invändig beklädnad, glas för speglar och butiksrutor.

Beroende på de bild- och ljusförmedlande egenskaperna hos glas talar man om

genomsynliga (transparenta) glas, som släpper igenom ljus och bild (t ex fönsterglas),

ogenomsynliga glas, som eventuellt släpper igenom ljus men inte bild, t ex råglas,

genomskinliga (transparenta) glas, som släpper igenom ljus och är genom- eller ogenomsynliga,

ogenomskinliga (opaka) glas, som inte släpper igenom ljus.

Med uttrycket klarglas brukar avses ofärgade genomsynliga planglas.

Opalglas avser ogenomsynligt glas.

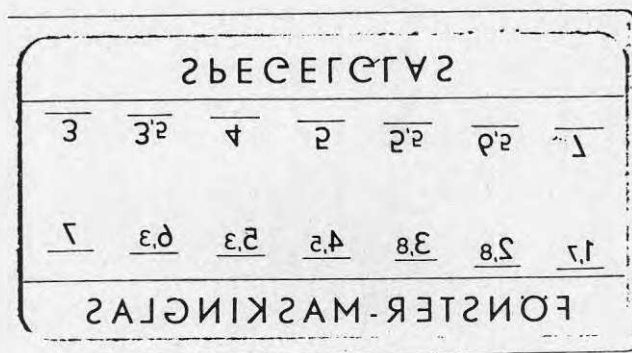
Opakglas är genomskinliga, genomfärgade glas.

Trådglas är glas med ingjutna metalltrådar i form av rut- eller sexkantnät eller parallella trådar.

## KONTROLL AV GLASTJOCKLEK

Ett enkelt instrument för att kontrollera glastjockleken hos färdiga fönster och glaspartier består av en styv plastskiva som är 50 x 100 mm. På skivan finns linjer markerade. Mätningen går så till att skivan placeras i viss vinkel mot glaset. Man iakttar reflexlinjerna i glaset och gör en direkt avläsning.

Svensk standard SIS 22 44 01 - 07.



## GLASTJOCKLEKSMÄTAREN REFLEX

1. Sätt kortet i 45° vinkel vågrätt mot glaset.
2. Iakttag reflexlinjerna i glaset.
3. Avläs där lång- och kort reflexlinje sammanfaller. Minsta glastjockl. står ovan kort linje.

Patents pending

**J. R. CUMBERLAND**  
Optical Consultant

FIGUR av plastsskivan

## PLAST

Plast förekommer i en mängd olika sammansättningar som utseendemässigt kan vara mycket lika varandra. Om det är svårt att okulärt avgöra om en plast är av föreskrivna typ, kan man med hjälp av nedanstående brandegenskapsdiagram försöka bestämma sammansättningen genom antändning med en tändsticka, cigarettändare eller liknande. Brännare med tryck på lågan såsom blåslampa, gasolbrännare m m kan ge fel uppfattning om materialets lättantändlighet.

Produkter ej modifierade	Lättantändlighet	Rökmängd och färg	Droppbildning	Brandlukt	Brandljud	Diverse
PVC mjukgjord				Syrlig Stickande		Ko haltiga restprodukter
PVC ej mjukgjord				Syrlig Stickande		Ko haltiga restprodukter
PS Polystyren				Lukt av ringblomma	Blåsbildning som knapper	Svart rykande brand
ABS Akrylbutadienstyren				Lukt av ringblomma		Svart rykande brand
PA Polyamid				Selleri Brinnande hår		Uppträder trådigt ungefär som bränt socker
PMMA Polymetylmetakrylat				Appellukt	Smattrande Sprakande	
CA Cellulosaacetat				Vinägerlukt	Sprakande Smattrande	
Polyolefiner (Polyeten, Polypropylen)				Stearinlukt		
Armerad polyester				Lukt av ringblomma		Glasfiber som restprodukt
PU Mjuk polyuretan				Bittermandellukt		Uppträder som bränt socker
PU Hård polyuretan				Bittermandellukt	Sprakande smattrande	Uppträder som bränt socker
PS Expanderad polystyren				Lukt av ringblomma	Drar ihop sig innan lågan	
FF Fenolformaldehydarts				Fenol Karbolsyra		Forkoinar utan låga
Aminoplaster						Mycket svårantändbart



BRANDEGENSKAPSDIAGRAM FÖR PLAST (Ur Plast i bygge)

Användningsområden

De vanligaste byggplasterna är polyvinylklorid (PVC) och polyeten (PE). Några användningsområden:

PVC

Halvhårda golv  
Textila golv  
Takmaterial, kupoler  
Ytbeklädnader:  
interiör (tapeter,  
laminat)  
exteriör (fasad m m)  
Byggnadsprofiler  
(foder, lister m m)  
Isoleringsmaterial  
(värme-cellplaster)  
Inomhusavloppsrör  
Dräneringsrör, hus  
Hängrännor och stuprör  
Industrirör

PE

Byggnadsfolier  
(fuktspärrar m m)  
Inomhusavloppsrör  
Dräneringsrör, hus  
Industrirör

## ANLÄGGNINGSSEKTORN

Markavloppsrör  
Kabelskyddsrör  
Tryckrör

## ANLÄGGNINGSSEKTORN

Markavloppsrör  
Dräneringsrör:  
Vägar och flygplatser  
Lantbruk  
Kabelskyddsrör  
Tryckrör

Som värmeisoleringsmaterial förekommer cellplaster av polyuretan, polystyren och karbamidharts.

## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Plast

Perstorpsboken

FÖRZINKAT STÅL

Zinkskiktets tjocklek kan kontrolleras med magnetisk metod

Elcometer  
Delta-Scope  
Limitector

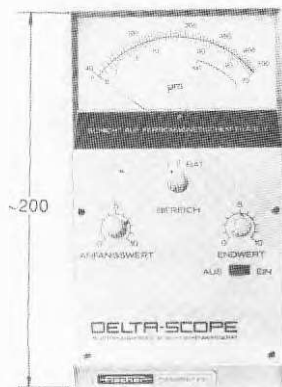
eller med gravimetrisk metod eller med mikroskop.

För bestämningen av beläggnings vikt per area eller dess tjocklek gäller bl a följande standarder:

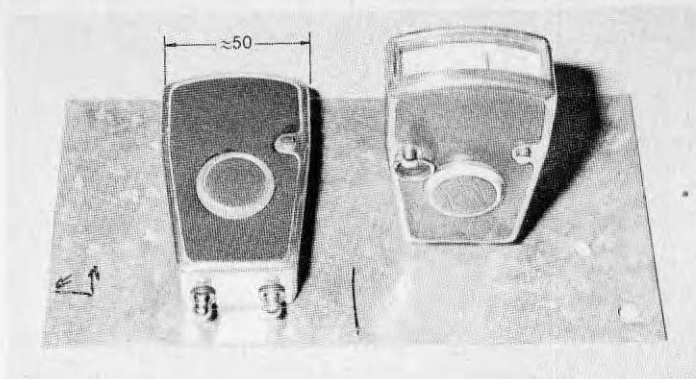
- |             |   |
|-------------|---|
| SMS 2952    | Bestämning av skiktthjocklek. Terminologi och allmänna riktlinjer.                                    |
| SS-ISO 1460 | Varmförzinkat järn och stål - gravimetrisk bestämning av zinkvikt per area.                           |
| SMS 2953    | Bestämning av skiktthjocklek på tvärsnitt med mikroskop.  |
| SMS 2971    | Omagnetiska beläggningar på magnetisk basmetall. Bestämning av skiktthjocklek med magnetiska metoder. |

För styckvis varmförzinkade föremål används oftast mätning med magnetiska metoder, vilka är snabba och lätta att utföra och inte förstör materialet.

Ofta används instrument av typ Elco-meter, se FIGUR nedan, eller, om noggrannare resultat önskas, instrument av typen Delta-Scope, se vidstående FIGUR. Det bör emellertid observeras att magnetiska metoder kan ge osäkra resultat. I händelse av tvist bör därför bestämning av beläggnings vikt per area ske enligt den gravimetriska metoden eller genom mätning på tvärsnitt i mikroskop.



DELTA-SCOPE SKIKT-  
TJOCKLEKSMÄTARE.  
KABEL MED MÄTSOND  
TILLKOMMER (Hans  
Mossfeldt AB)



ELCOMETER SKIKTJOCKLEKSMÄTARE.  
(Dim, ca 90 x 50 x 25 mm, AB Kafab)

I datablad anges zinkskiktets tjocklek ofta enligt SIS eller ASTM, t ex

Z 275 enl SIS 14 11 51

eller

G90 enligt ASTM

innebär 20  $\mu\text{m}$  enkelsidig beläggning (mätt med trepunktstest).

#### LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

##### Förzinkat stål

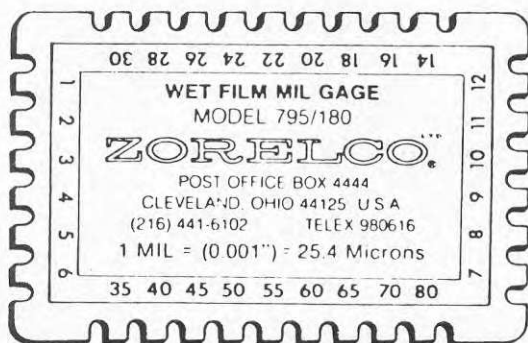
Varmförzinkning, Nordisk Förzinkningsförening



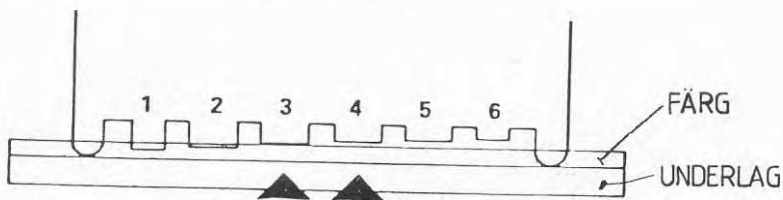
## FÄRGSKIKT

Krav på normala färgskikt är att de skall täcka och sitta fast. I vissa fall krävs täthet och när det gäller rostskydd och brandskydd även viss skikt tjocklek.

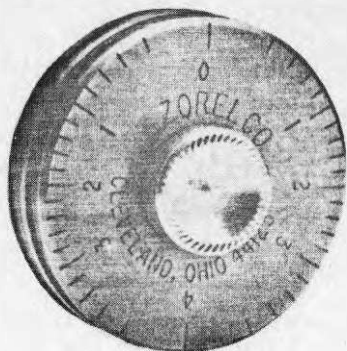
Det finns ett flertal olika apparater och instrument med vilka man kan kontrollera skikt tjocklek vid målning. En enkel våtskiktsmätare består av en metallskiva som är tandad runt om som ett frimärke. Ställs skivan på högkant på ett plant underlag så slutar tänderna på olika avstånd från underlaget. För att mäta tjockleken på ett färskt färgskikt ställer man skivan vinkelrätt mot ytan och pressar in den i färgen. Färgskiktets tjocklek ligger mellan de mått som anges för den sista tanden som fått färgavtryck och den första rena tanden.



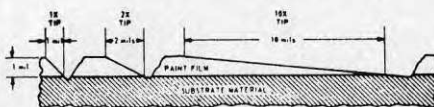
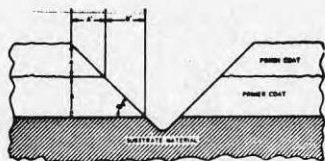
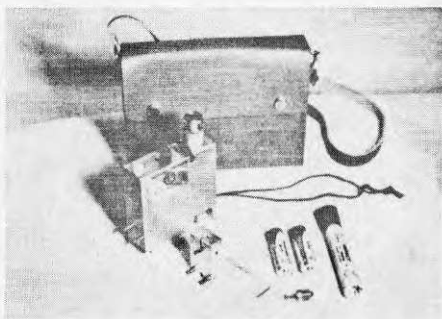
MODEL 795/180



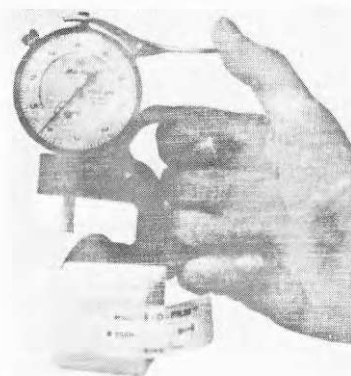
En annan variant av våtskiktsmätare består av tre cirkulära skivor som sitter ihop på en gemensam axel. Den mellersta skivan sitter excentriskt på axeln och har mindre radie än de båda yttre skivorna. Skivorna rullas över färgskiktet och tjockleken avläses mot den punkt som den inre skivan börjar ta åt sig färg. Skallor finns ingraverade på de yttre skivorna. Instrumentet har ett begränsat mätområde och finns därför i olika utföranden som passar olika färger.



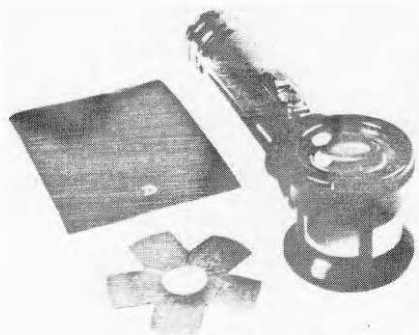
För kontroll av torr färg finns ett optiskt mikroskopliknande instrument med en inbyggd skala. Med ett vinkelformat verktyg skrapas vinkelrätt mot en utskuren rits en skåra genom färgskiktet så att kontakt nås med underlaget. Sedan avläses skiktjockleken med mikroskopet genom att man räknar antal delstreck från t ex skårans vänstra övre kant till färgmaterialets avgränsning där underlagets vänstra kant framträder. I mikroskopet kan man även lätt urskilja gränserna för de olika färgskikten. Genom att välja olika skrapverktyg kan skårans kantlutning varieras från 1:1 till 1:10. Avståndet mellan två delstreck å mikroskopets skala motsvarar olika mått vid olika kantlutning. Instrumentet har därför ett stort mätområde från 0,002 +/- 0,006 till 1,27 +/- 0,02 mm.



För kontroll av ytors renhet efter blästring finns en speciell relieftejp framtagen. Tejpen pressas mot den yta som skall kontrolleras och manglas över med ett speciellt instrument - tejpen får då ett bestående reliefavtryck av provytan, vilket sedan mäts av med en mätklocka. Tejpen finns i lika tjocklekar med olika mätområden som passar från fina ytstrukturer till grova.



Rengöringsgraden kan också kontrolleras okulärt. Till hjälp kan man använda ett jämförelseverktyg som består av en skiva med referensytor samt en förstoringsslupp med 5 ggr förstoring och inbyggd lampa. Referensskivan monteras under luppen som ställs på den blästrade stålytan. Rengöringsgraden bestäms genom att stålytan jämförs med referensytorna.



SIS 055900 behandlar rostgrad och noggrannhetsgrad (renhet efter förbehandling).

SIS 185111 behandlar rostskyddsgrad (rostutbredning på målade ytor).

Färg på stål kan kontrolleras både beträffande skikt-tjocklek och täthet med olika elektriska instrument. I princip bedöms skikt-tjocklek med hjälp av magnetiska fält. Mätning av täthet bygger på vattnets ledande förmåga. Ett färgskikt som avdelar en elektrisk krets blöts - om vattnet tränger ned till stålmaterialet sluts strömkretsen och man får ett instrumentutslag.

Observera att då man använder magnetiska mätmetoder för att mäta färgskikt på förzinkat material mäter man färgskikt + zinkskikt.

## PUS och MURVERK

### ALLMÄNT

Detta kapitel utgör i huvudsak ett sammandrag av kap 12 i "Bruk, murning, putsning" av Dührkop, Saretok, Snick, Svendsen.

Det är tyvärr ett faktum att man på de flesta arbetsplatser, där murning och putsning förekommer, inte anser det vara nödvändigt att kontrollera material och arbetsutförande. Bruk och murstenar götas i det skick de levereras. På sin höjd besiktigar man murstenarna för att konstatera att de har det vanliga utseendet. Reklamationer förekommer endast då mycket stora avvikelser från tidigare erhållna prov upptäcks. I motsats till det som gäller för framställning och leverans av betongmassa anses regelbunden byggprovning inte vara något självklart, då det gäller murning och putsning. Förklaringen ligger kanske i många seklers yrkestraditioner som muraryrkets utövare gärna stöder sig på, men flera nytillkomna fakta, inte minst den växande betydelsen som noggrant beräknade murverkskonstruktioner fått, gör det nödvändigt att även på detta traditionsbundna område införa noggrannare kontroll.

I det följande behandlas kontrollantens viktigaste uppgifter på arbetsplatsen där murning eller putsning förekommer samt den utrustning som därvid används.

### KONTROLL AV MATERIAL

#### Brukets delmaterial

Bindemedlens kvalitet kontrolleras i alla avseenden efter gällande normer och denna kontroll skall utföras vid provningsanstalt. Fordringar på bindemedel finns även i SS 13 41 10. Arbetsplatsen berörs vid en sådan kontroll endast då bindemedlet vid användningen på något sätt visar sig vara onormalt. Uppgiften blir då att ta ut och sända in ett prov på bindemedlet till provning. Hur provtagningen skall ske föreskrivs i regel i normen. Är så inte fallet eller finns normen inte tillgänglig, bör provningsanstalten kontaktas.

Av andra uppgifter som kan lösas på arbetsplatsen kan följande nämnas:

KALK förvaras ibland på arbetsplatsen. I sådana fall måste lagringsbetingelserna och lagringstiden hållas under kontroll. Märker man att kalken känns grynnig kan man befara att den innehåller sprängande korn. I ett sådant fall siktar man ifrån dessa korn från ett prov kalk och skickar dem till provningsanstalt för undersökning. På arbetsplatsen kan man - om man så vill - putsa liggytan av en tegelsten med bruk som innehåller

många sådana korn, varefter man fuktar putsen varje gång den blivit torr. Är kalkkornen sprängande kommer putsen att spricka, men detta kan ta kortare eller längre tid, allt efter bränningsgraden av kalkkornen. Metoden är således osäker. Levereras bruket färdigblandat, kan samma tillvägagångssätt tillämpas, men eftersom koncentrationen av de sprängande kornen sannolikt är mindre, kan sprängande korn endast i särskilt grova fall upptäckas.

HYDRAULISKA BINDEMEDEL såsom cement, murcement, hydraulisk kalk och gips samt torrbruk kräver i än högre grad än kalk att lagringsförhållandena och lagringstiden hålls under kontroll. Om stenliknande klumpar hittas i bindemedlet, kan man utgå ifrån att de uppkommit till följd av olämplig lagring. Klumparna behöver inte alltid vara stora. Vill man kontrollera om ett bindemedel innehåller s k stenar, siktar man lämpligen ett prov av bindemedlet genom en sikt med 1 mm maskvidd och observerar om något stannar kvar på sikten. Är så fallet, bör man överväga om materialet skall kasseras eller om det efter närmare undersökning vid provningsanstalt får användas.

SANDENS KORNFÖRDELNINGSKURVA upprättas genom siktning av ett torkat genomsnittsprov av sanden. Den mängd sand som skall siktas bör väga mellan 1/2 och 1 kg, allt efter sandtyp. Genomsnittsprovet tas i allmänhet ut som ett stickprov. Därvid bör ihågkommas att sand i en brant slänt innehåller fler grövre korn vid foten än i toppen, och därför är det lämpligast att på flera ställen, något över sandhögens fot, gräva sig in i högen och sätta ihop ett genomsnittsprov av flera små prov. För siktning används en sats siktar med kvadratiska maskor med 0,125, 0,25, 0,50, 1, 2 och 4 mm maskvidd. Vidare krävs en våg med en vägningsnoggrannhet av 1 g.

En uppfattning om ler- och humushalten i sanden kan man få genom att skaka ett prov av sanden med 3 %-ig natriumhydroxidlösning, varefter provet lämnas för sedimentering. Lerhalten bedöms efter höjden av det lerskikt som lägger sig ovanpå sanden sedan burken fått stå över en natt. Humushalten bedöms efter färgen hos vätskeskiktet över sanden, se SS 13 21 11. Lermängden anges i % av sandens totala volym. Man kan räkna med att lerhalten uttryckt i viktprocent ligger mellan hela och halva detta värde. Vad vätskans färg beträffar, måste ihågkommas, att den kan ha förorsakats av ämnen som inte är skadliga för bruk. I tvivelaktiga fall får hållfasthetsprov göras på provningsanstalt. Att alla dessa material förvaras på föreskrivet och ändamålsenligt sätt måste även kontrolleras.

BRUK. I SS 13 41 11 behandlas bruk med avseende på fysikaliska egenskaper, beredning, konsistens, volymbeständighet, siktrest, tillstyvnande, vattenseparation, lufthalt, tryckhållfasthet, skrymdensitet och kemisk analys.



Blandningsförhållandet hos på arbetsplatsen framställda bruk kontrolleras därigenom att man bestämmer de använda materialmängderna.

Sker blandningen efter vikt, måste vågarna med hjälp av lämpliga vikter kontrolleras med jämna mellanrum. Mängden torr sand i 1 kg fuktig sand måste bestämmas. I detta syfte vägs ett genomsnittsprov på ca 1 kg fuktig sand och vikten noteras. Därefter överförs sanden utan förluster i en stekpanna och blandas med rödsprit som antänds. Sedan elden slocknat, kan man se om sanden är torr. Är den inte det, upprepas torkningen med rödsprit, dock först sedan man förvissat sig om att lågan helt slocknat och under iakttagande av försiktighet vid förnyad antändning (spritångor över den varma sanden). Sanden kan också torkas i torkskåp vid  $105^{\circ}\text{C}$ , men det tar längre tid. Vikten av den torra sanden noteras och mängden torr sand per kg fuktig sand beräknas.

Sker blandningen genom noggrann volymmätning måste vikten av bindemedel och torr sand i på föreskrivet sätt fyllda mätkärl kontrolleras. Finns en så stor våg på arbetsplatsen att med sand fyllda mätkärl kan vägas är kontrollen enkel. Kärlet fylls med sand respektive bindemedel på exakt samma sätt som vid bruksframställning och vägs. Kärllinnehållets vikt (skillnaden mellan vikterna av det fyllda och tomma kärlet),  $p$  kg noteras.

Då det gäller sand uttages därefter ett prov för bestämning av fukthalten. Får man därvid vikterna  $p_f$  och  $p_t$  för fuktig respektive torr sand, innehåller mätkärlet  $P = p \cdot p_t / p_f$  kg torr sand.

Finns ingen stor våg att tillgå, bestäms mätkärlens volym därigenom att de fylls med vatten med hjälp av litermått. Vikten av torr sand respektive bindemedel som ryms i mätkärlen bestäms sedan med hjälp av materialens volymvikter. Dessa bestäms i mindre kärl, som kan vägas. De skall fyllas på samma sätt som de stora. Kärlets höjd- och tvärmått bör inte skilja sig mycket från varandra. Då det gäller sand, uttages sedan ett prov för torkning. Varje liter fuktig sand innehåller då  $V_t = V_f \cdot p_t / p_f$  kg torr sand.

( $V_f$  betecknar den fuktiga sandens volymvikt.)

Sker blandningen efter volym utan kontrollvägning måste endast mätkärlens volymer kontrolleras.

Alla mätkärl måste hållas rena och vara utan bucklor. Vågarna måste kontrolleras med jämna mellanrum.

Levereras bruket färdigblandat till arbetsplatsen måste blandningsförhållandet kontrolleras på provningsanstalten. I detta syfte insänds ett genomsnittsprov på ca 5 kg, som uttas i brukslaven och överförs till en plastpåse, hink eller burk, som kan tillslutas tätt. Är bindemedlet hydrauliskt är det att föredra att provet snarast möjligt insänds till laboratoriet tillsam-

mans med ett prov på sand. Detta sistnämnda gäller även för luftkalkbruk; dock behöver man i detta fall inte ha någon brådska med insändningen av provet. Det finns speciella apparater för bestämning av kalkhalten i K-bruk. Sådana kan användas såväl på bruksfabriker som på arbetsplatser. De enklaste ger resultat som endast kan betraktas som orienterande, medan de bästa har fullt tillfredsställande noggrannhet.



Någon enkel apparatur för bestämning av sammansättningen hos KC-, MC och M-bruk finns inte. Sammansättningen måste därför bestämmas genom kemisk analys, som är en ganska dyrbar metod.

#### BESTÄMNING AV HÅLLFASTHETEN.

Skall bruket kontrolleras med hjälp av en billigare hållfasthetsbestämning görs detta enligt SS 13 41 11.

LUFTHALTEN bestämmer man genom att skaka ett bruksprov med vatten och mäta den volymminskning som sker då luft drivs ut. Lufthalten bestäms i ett 500 ml mätglas av plast utan pip, med 5 ml

eller noggrannare skalindelning samt försett med gummirop. Ett genomsnittspröv bruk uttas, och mätglaset fylls till ungefär 200-ml-märket med bruk. För att undvika att bruk vid påfyllningen hamnar på mätcylinderns väggar, använder man lämpligen en plåttratt med så vid stjälk som cylindern tillåter och så lång att den når till ca 200-ml-strecket. Bruket fylls på så sätt att inga stora slutna hålrum uppstår. Kan detta uppnås endast genom skakning bör försiktighet iakttas.

Brukets exakta volym (B) avläses och noteras. Därefter tillsätts ca 0,5 ml isopropylalkohol (eller 25 droppar oktylalkohol) och vatten till 500-ml-märket. Alternativt kan man istället för isopropylalkohol + vatten använda sig av en blandning av rödsprit och vatten (60 volymdelar sprit + 40 volymdelar vatten). Vätskan hålls på försiktigt, så att den inte blandar sig med bruket. Mätglaset tillsluts nu med propp, och innehållet skakas energiskt under en minut. Ca fem minuter senare avläses vätskenivån. Proppen sätts i igen, omskakningen och avläsningen upprepas. Erhålls samma resultat (V) vid två efter varandra följande avläsningar, beräknas lufthalten i volymprocent ur följande samband:

$$L = \frac{500 - V}{B} \cdot 100$$

Se även SS 13 41 11.

VATTENHALTEN bestäms på samma sätt som hos sand. De värden som erhålls är dock inte helt exakta.



VATTENSEPARATIONEN, dvs brukets förmåga att stå i baljan utan att separera kontrolleras så att man låter ett bruksprov stå i en cylindrisk behållare och mäter den vattenmängd som separerat under en viss tid. Behållaren skall stå på ett fast, icke vibrerande underlag. (Beträffande detaljer se Bindemedelsnormer.) Se även SS 13 41 11.

BLANDNINGSMASKINERNA kontrolleras med jämna mellanrum, varvid blandningens effektivitet särskilt bör uppmärksammas. Vingarna i aktivatorerna förslits snabbt och måste bytas förhållandevis ofta.

### Mursten

Tegel och kalksandsten finns standardiserade i SIS 22 01 11 som behandlar både fordringar och provning. För murblock av gasbetong finns provningsmetoder standardiserade i SIS 13 73 05 - 13 73 10.

Murstenarnas behandling på arbetsplatsen måste kontrolleras både beträffande materialets behandling vid lossning och förflyttning och dess skyddande mot vattenupptagning.

Murstenarnas UTSEENDE kontrolleras genom jämförelse med de prov som inlämnats i samband med beställningen, om köpet skett med hänvisning till ett sådant prov. I annat fall sker jämförelse med ett genomsnittsprov av ett tillfredsställande parti uttaget i början av leve-

MÅTT OCH FORM kontrolleras genom mätning av ett antal stenar som tas ut på normerat eller i förväg överenskommet sätt.

VATTENHALTEN bestäms som viktförlust hos minst fem slumpvis uttagna prov (hela stenar eller delar av stenar) genom torkning vid 105°C. Vattenhalten anges i procent av torrvikten (fuktkvot).

MINUTSUGNINGEN bestäms som viktöning hos vid 105°C till konstant vikt torkad sten, vars liggyta under 1 minut fått vara i kontakt med vatten. Liggytan hålls 1 cm (i Sverige f n 3 mm) under vattenytan, torkas efter upptagningen ur vattnet. Hos storformatiga murstenar görs bestämningen på utsågade bitar ungefär i tegelstensformat.

Visar det sig att murstenarna är svåra att mura med därför att de liksom "flyter" på bruket, kan anledningen vara att murstenen är våtare än man förutsatt. Detta kan kontrolleras genom bestämning av vattenhalten eller - om något torrskåp inte är tillgängligt - genom bestämning av minutsugningen, dock utan föregående torkning.

VOLYMKVikten för mursten i torrt tillstånd bestäms som förhållandet mellan stenens torrsvikt och volym. Genom fortlöpande kontroll av volymvikten kan avvikelser från normföreskrifter upptäckas. Dessutom tyder volymviktsvariationer på möjliga kvalitetsvariationer i andra avseenden (t ex hållfasthet eller frostbeständighet). Förekommer det hål eller ursparingar i en mursten kan man bestämma antingen brutto- eller nettovolymvikten. I förra fallet (som är det vanliga) bestäms volymen genom mätning utan hänsyn till hål, i det senare fallet genom skillnaden mellan vikten i luft och vatten. Före en sådan vägning skall stenarna ha legat i vatten tills de blivit vattenmättade. Istället kan stenarna doppas i en lösning av silikonplast i ett organiskt lösningsmedel, varigenom försökstiden avsevärt kan förkortas. Denna metod kan rekommenderas för användning med material som sväller i vatten.

TRYCKHÅLLFASTHETEN bestäms vid provningsanstalten. På arbetsplatsen uttas ett genomsnittsprov på i respektive norm angivet sätt. Detta förpackas omsorgsfullt för undvikande av skador under transporten. För eventuell senare provning bör ett genomsnittsprov bevaras. Sedan byggnaden blivit färdig, läggs provet undan på ett icke trafikerat ställe i huset, t ex på vinden.

#### KONTROLL AV ARBETSUTFÖRANDE

De krav som ställs på arbetsutförandet kan ibland framgå av arbetsbeskrivningen men täcks ofta av begreppet "gott hantverk". Vid kontrollen ses till att murning sker i önskat förband, att väggarna muras i lod, skiften är vågräta och att fogtjockleken inte uppvisar otillåtna variationer.

Särskild uppmärksamhet måste fästas vid fogfyllningen,

och murningstekniken måste vara sådan att fogarna blir fyllda i och med att stenan kommit på plats. Efterfyllning av fogar uppifrån eller från sidan bör inte räknas som normal led vid fogfyllning. Fogfyllningen hos färdigt murverk kan kontrolleras med kitt och glasplatta, se nedan.

Nyuppfört murverk måste skyddas mot fukt och frost, vilket måste kontrolleras.

Armeringsstål och inmurningsgods av stål måste befrias från löst sittande rost. Efter inmurningen måste allt stål vara väl inbäddat i bruk. Används magert bruk, måste stålet vara doppat i cementvälling eller på annat sätt rostskyddat innan det muras in.

Vid putsning kontrolleras att arbetet utförs på föreskrivet sätt, bl a att underlaget är rätt förberett, att bruket appliceras på rätt sätt, att ytorna är plana och i lod, att alla putsskikt har rätt tjocklek och framförallt att bruket under hårdnandet sköts på föreskrivet sätt.

#### KONTROLL AV BEFINTLIG PRODUKT

##### Murverk

Om fogarna på något ställe verkar vara undermåliga kan detta på ett mycket bekvämt sätt kontrolleras med hjälp av kitt och glasplatta.



*Kontroll av väggens täthet med hjälp av kitt och glasplatta.*

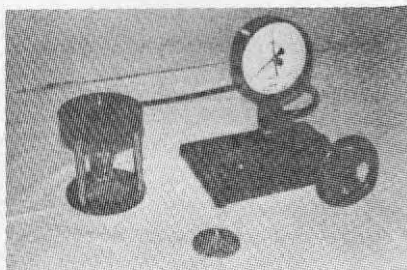
Av en handfull styvt, plastiskt linoljekitt formar man en U-formad sträng på fasaden kring den misstänkta delen av fogen så att en ca 1 1/2 cm bred vicka bildas mellan glasplatta och vägg. Denna ficka fylls med vatten, varefter man iakttar vattennivåns sjunkning. Av denna kan man dra vissa slutsatser om vatteninträngningen inom det av kittsträngen inneslutna området. Genom att upprepa försöket

över andra misstänkta fogar, över fogar som ser hela ut eller genom att täta en ev skadad fog före försöket med kitt, kan man få en uppfattning om huruvida fogfyllningen varit tillfredsställande, eller om vatten i onormalt stora mängder kan passera genom fogarna. I vissa fall kan man genom en sådan undersökning direkt påvisa att aktuella fuktfläckar på insidan framkallats av en bestämd otäthet i fasaden.

Putsens VIDHÄFTNING kontrolleras med Hindersons apparat eller motsvarande instrument för applicering av dragkraft vinkelrätt mot ytan. Provet tillgår så att



en aluminiumplatta limmas mot underlaget med ett högvisköst polyester- eller epoxilim. Runt plattan urborras ett spår ned i underlaget med en kärnborr. Med hjälp av en dragdomkraft överförs via den pålimmade plattan en dragkraft på den urborrade cylindern. Metoden är väl användbar i praktiken för både horisontella och vertikala ytor.



Apparat för bestämning av vidhäftningshållfasthet hos tunna beläggningar. Hinderson (1958)

Ett vidhäftningsbortt bör redovisas både med siffervärde och beskrivning av brottytans utseende.

YTHÅLLFASTHETEN bestäms med Hindersons apparat eller motsvarande instrument på i princip samma sätt som vid bestämning av vidhäftning eller draghållfasthet. Spåret kring den mot putsen limmade aluminiumplattan skall dock inte nå fram till underlaget utan görs endast 2-3 mm djupt.

Kontroll av att en putsad yta är fri från lösa sandkorn utförs enligt följande: En 0,5 mm tjock tejp av plast med en bredd av 38 mm och en vidhäftning mot stål av minst 120 N (12 kp)/25 mm bredd trycks fast med fingerspetsarna mot putsen (den får inte gnidas fast) på en längd av 200 mm, varefter den omedelbart dras loss från putsen. Antalet sandkorn över 0,2 mm som klibbat fast vid tejpen får inte vara större än 20.

#### SAMMANSTÄLLNING AV OLIKA PROV SOM KAN ANVÄNDAS VID KONTROLL AV MURNING OCH PUTSNING PÅ ARBETSPLATS

Kontroll av ballast och bindemedel

siktkurva	- siktsats, våg
humushalt	- glas med 3 % NaOH
slamhalt	- graderat mätglas
fuktkvot	- torkutrustning
	karbidmätare
	infrarödmätare



## Kontroll av bruk

vågkontroll	- kalibreringsviktsats
volymkontroll	- graderat mätkärl
kalkhalt i K-bruk	- apparatur för bestämning av kalkhalt
lufthalt	- graderat 500 ml mätkärl
vattenhalt	- torkutrustning och våg
vattenseparation	- graderat mätkärl
konsistens	- momätare för bruk

## Kontroll av sten:

mått, form	- måttband och våg
volymvikt	
minutsug	- stort kärl, våg, klocka

SAMMANSTÄLLNING ÖVER STANDARDISERADE  
PROVNINGSMETODER FÖR PUTS OCH MURNINGDelmaterial till puts och murbruk

Bestämning av halten organiska föroreningar (humus) i sand och fingrus  
Se SS 13 21 10

Bestämning av halten fina partiklar (slamhalt) i sand och fingrus  
Se SS 13 21 11

Siktning av ballast  
Se SS 13 21 12

Bestämning av fuktkvot i ballast  
Se SS 13 21 13

Bestämning av specifik vikt för ballast  
Se SS 13 21 14

Bestämning av volymvikt för ballast  
Se SS 13 21 15

Bindemedel för bruk - provning  
Se SIS 13 41 11

Bruk

Bindemedel för bruk - provning  
Se SIS 13 41 11

Sten

Mursten - Generella fordringar, Provning  
 - Se SIS 22 01 11

## Lättbetongprodukter - Porbetong, Provning

Torr densitet	se SIS 13 73 05
Fuktkvot	se SIS 13 73 06
Tryckhållfasthet	se SIS 13 73 07
Böjdraghållfasthet	se SIS 13 73 08
Elasticitetsmodul vid tryck	se SIS 13 73 09
Krypning och uttorkning	se SIS 13 73 10

Hårdnat bruk

Tryckhållfasthet  
 se SS 13 75 10

Ljusbeständighet  
 se SIS 65 00 13

Samverkan med andra material  
 Se SP-BM-5/67-2 (statens provningsanstalt)

Vidhäftning

Tänjbarhet

Fuktgenomsläpplighet

Genomsläpplighet för vatten under tryck

Se "Rapport från ER-nämnden nr 3:68" som innehåller  
 provningsmetoder utarbetade vid Chalmers.

## LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

Puts och murverk

Bruk, murning, putsning, Dürkop, Saretok, Sneck,  
 Svendsen

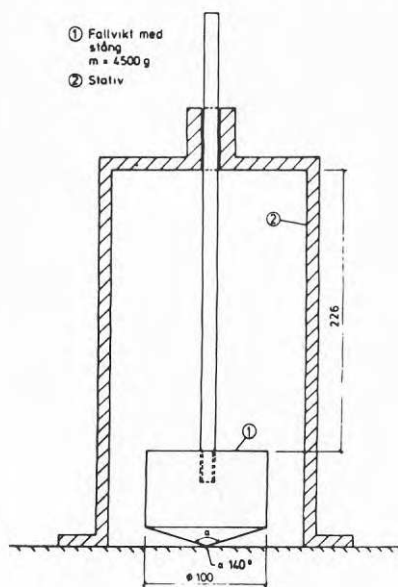
SS 13 21 11  
 SS 13 41 10  
 SS 13 41 11  
 SS 13 73 05 - 10

## PLATTSÄTTNINGSBROK

I HusAMA föreskrivs att ett plattsättningsbruk skall bestå av grus och cement med volymförhållandet 4:1. Konsistensen skall vara styv.

Av praktiska skäl används i praktiken bruk med jordfuktig konsistens. De vct som härvid erhålls,  $< 0,45$ , är så låga att en god tryckhållfasthet,  $> 25 \text{ MPa}$ , kan erhållas. Ett bruk med lågt vct blir torrt och går lätt och snabbt att lägga ut. Emellertid blandas ibland bruket med så litet vatten att fullständig hydratisering av cementet inte kan ske. Ett alltför torrt bruk blir också svårt att komprimera, varför skrymdensiteten ofta blir låg. Dessa bägge faktorer inverkar naturligtvis menligt på tryckhållfastheten.

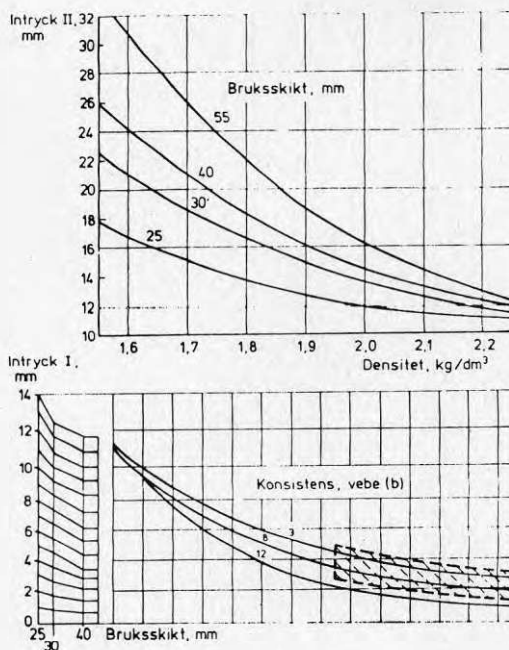
Kvalitetskontroll av plattsättningsbruk måste ske i flera steg. I ett första steg kontrolleras cementhalt och blandningstid. Detta behandlas inte här. I nästa steg kontrolleras det färska och utlagda brukets skrymdensitet och konsistens. För detta har Cement- och betonginstitutet utvecklat en provningsutrustning bestående av en fallvikt med stativ enligt FIGUR nedan.



Mätning och utvärdering går till på följande sätt:

- Stativet placeras med fallvikten i upplyft läge direkt på bruksytan.
- Fallvikten sätts försiktigt ner i bruket och nedsjunkningen avläses. Mätvärdet som erhålls, "Intryck I", noteras.

- c) Fallvikten lyfts upp till det högsta läget utan att stativet flyttas, och därefter släpps den ner mot bruket. Nedsjunkningen avläses och mätvärdet, "Intryck II" noteras.
- d) Mätningen upprepas enligt a) t o m c) på sex olika mätpunkter minst 15 cm från varandra så att sex mätvärden av "Intryck I" och "Intryck II" finns noterade.
- e) Medelvärdet för mätvärden "Intryck I" och "Intryck II" räknas ut var för sig.
- f) Brukets skiktjocklek mäts upp.
- g) Medelvärdet av "Intryck II" och bruksskiktets tjocklek används som ingångsvärden i utvärderingsdiagrammets övre del. Uppskattad densitet avläsas.
- h) Ur det undre diagrammet utvärderas brukets konsistens med medelvärdet av "Intryck I" som första parametern, bruksskiktet som andra och uppskattad densitet som tredje.



Densiteten anges i kg/dm<sup>3</sup>, konsistensen anges i vebe (b). Brukets 28-dygns tryckhållfasthet bör överstiga 25MPa om mätpunkten vid konsistensbestämningen hamnar inom streckat område, dvs densiteten överstiger 1,95 kg/dm<sup>3</sup> och konsistensen är lösare än 11 vebe(b).

#### LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

##### Plattsättningsbruk

Provningsmetod för plattsättningsbruk,  
Ulf Ahlsén, Göran Klevbo, CBI, 1979

## PÅLNING

Alltfler byggnadsverk grundläggs på pålar. De representerar stora värden och skall normalt ha en avsevärd livslängd. Därför reses också allt större krav på pålgrundläggningens kvalitet och ekonomi.

Tillåten pållast bestäms med hänsyn till risken för brott i påle och jord samt risken för skadliga sättningar. SBN 1980, 23:3 behandlar pålning. En metod för provbelastning beskrivs i IVA:s pålkommissions rapport nr 59 "Anvisningar för provpålning med efterföljande provbelastning".

Omfattningen av pålningskontrollen bestäms från fall till fall. Ofta mäter man sjunkning, återfjädring och stötvåg. Ur dessa mätvärden kan man sedan beräkna mantelfriktion, spetslast och samband mellan last och deformation. Tillsammans med data från den geotekniska undersökningen kan sedan kriterier för stoppslagning bestämmas.

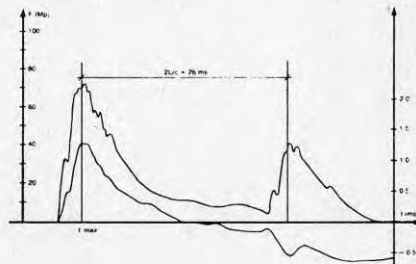
## MÄTUTRUSTNING

### Case-metoden

Ingångsvärden är kraft och partikelhastighet vid pålens överända. Kraften beräknas från töjningen, som mäts med trådtöjningsgivare, monterade på aluminiumblock. Hastigheten beräknas genom integration av accelerationen, som mäts med accelerometrar.



MONTERING AV  
ACCELEROMETER



TYPISKA KRAFT- OCH HASTIGHETS-  
KURVOR. PÅLE 235 x 235  
mm, LÅNGD 46 m. HEJARE  
BANUT.

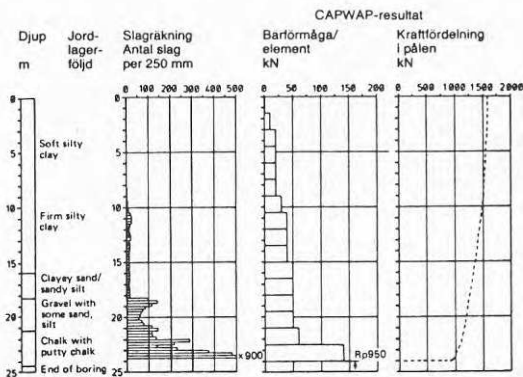
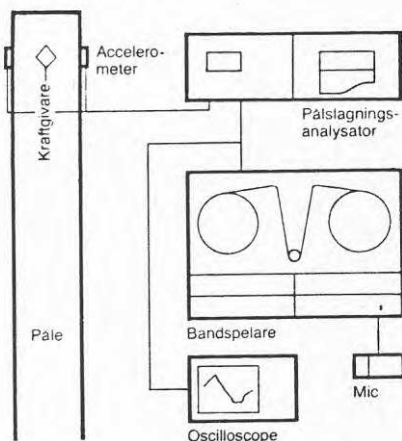
De båda typerna av givare monteras ca 1 m från pålskallen med hjälp av bultar och expanderhylsor.



I avancerade mätutrustningar ingår också ett oscilloskop för att studera signalerna visuellt, samt en mätbandspelare, som möjliggör mer ingående analys vid senare tillfälle.

Utrustningen är inte större än att den kan placeras i en kombibil vid transport och mätning.

Det finns mätsystem som är baserade på datorbehandling för utvärderingen.



### Enklare metod

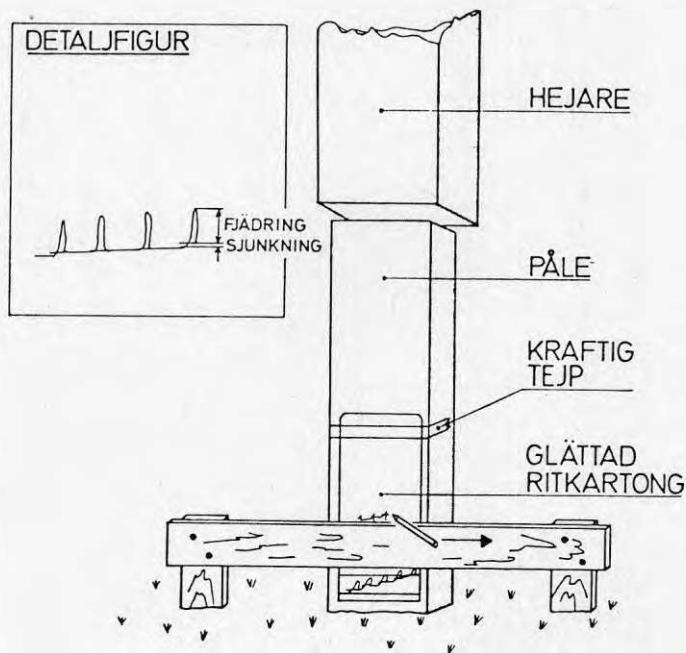
Fortfarande är dock den enkla metoden med papper och penna gångbar och i många fall fullt tillräcklig. Metoden beskrivs i Handboken Bygg, 324:333 på följande sätt:

"I slutstadiet av pålslagningen (i vissa fall under hela slagningen) följer man pålens sjunkning genom att rita ett streck på pålen för vart 10:e slag med

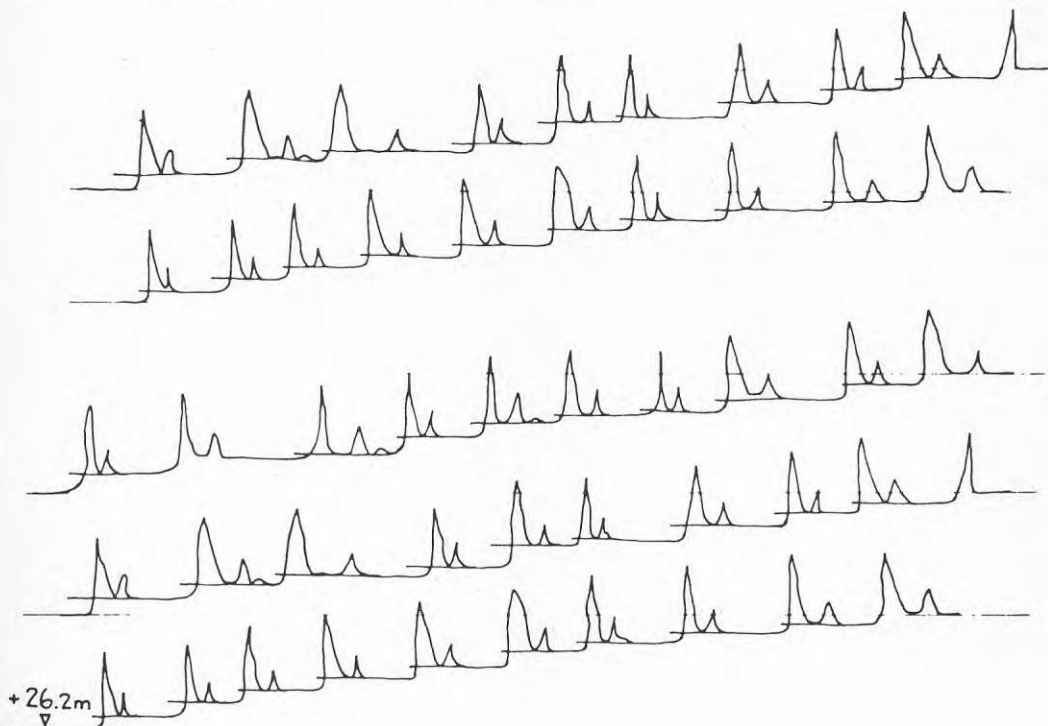
en mätbock som referensnivå. När pålens sjunkning närmar sig den föreskrivna stoppslagsjunkningen fästs en pappskiva med hård glättad yta på pålen med exempelvis maskeringstape eller kraftiga gummiband. Under den fortsatta slagningen förs en penna med spetsen mot pappskivan långsamt i sidled med en fram- och återgående rörelse så att pålens och jordens fjädring och pålens sjunkning avbildas på pappskivan för varje slag. Under stoppslagningen tillses också att fallhöjden blir den anbefallda. Maskinistens och kontrollantens arbete underlättas om man förser hejaren med markering för varje decimeter från anslagsytan. Automatisk registrering av hejarens anslagshastighet är dock önskvärd."

Nedanstående är hämtat från IVA:s rapport 59:

"Tolkning av fjädringsdiagrammet underlättas, om pennen efter varje slag hastigt förs tillbaka över sist gjorda markering. (Se FIGUR nedan och DIAGRAM på nästa sida). Diagrammet signeras av den som utfört detsamma och förses med övriga data enligt exemplet på nästa sida. Erhållna diagram biläggs handlingarna i original eller direktkopia.



PRINCIPFIGUR FÖR FJÄDRINGSMÄTNING

FJÄDRINGSMÄTNINGARBETSPLATS BROBYGGET PÅLE NR 3DETALJ MITTSTÖDPÅLSPETSENS DJUP 26.3 MHEJARENS MASSA 3 TONFALLHÖJD 0.5 M

medeltal per serie om 10 slag

FJÄDRING MM / SLAG	11,0	11,0	11,0	11,5	11,0
SJUNKNING MM / SLAG	1,9	2,0	2,1	1,9	2,0

ORT SLAGSTA DATUM 1978-11-23Pål Mätare

EXEMPEL PÅ REDOVISNING AV FJÄDRINGSMÄTNING

I vissa fall är direkt fjädringsmätning inte möjlig att göra (exempelvis vid slagning med knekt som studsar under stoppslagningen). I sådana fall medges att fjädringen beräknat på annat sätt."

#### LITTERATURSAMMANSTÄLLNING

##### Pålning

IVA:s Pålkommission, Rapport nr 59



## DIVERSE INSTRUMENT

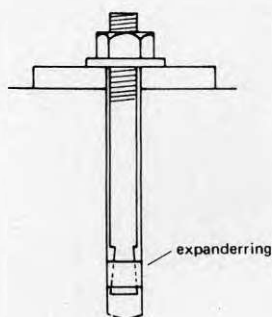
### ENDOSKOP

Endoskop är ett instrument för okulärbesiktning av hålrum. Det arbetar med fiberoptik och kan förses med kamera. I princip är det samma instrument som används inom medicinen.

Instrumentet kan med fördel användas vid kontroll av isolering i regelkonstruktioner och andra svåråtkomliga utrymmen.

### EXPANDERANDE FÄSTDON

I SBN:s godkännanderegler 1977:1 "Expanderande fästdon" finns föreskrifter om byggplatsprovning av expanderar som används i säkerhetsklass 2. Säkerhetsklasserna finns definierade i ovannämnda publikation.

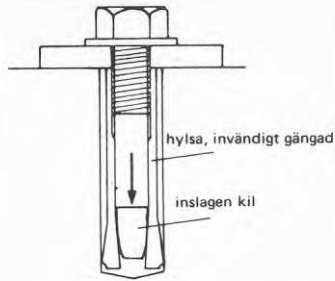


Exempel Typ A. Yttre dragkraft ökar expansionen.

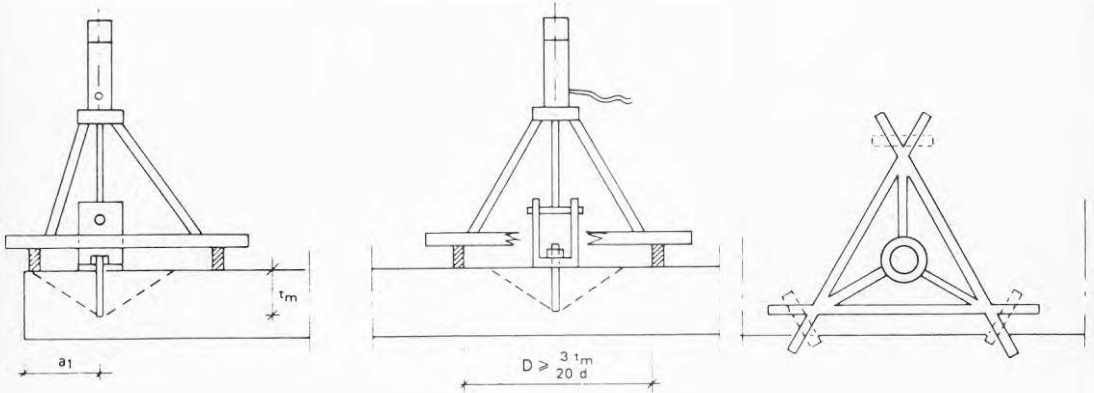
Med ovanstående typ av expander behöver endast föreskrivet åtdragningsmoment kontrolleras, vilket görs med momentannyckel. Om ingen moment har föreskrivits gäller det moment som angivits i typgodkännandebeviset.

Nedanstående typ av expander kontrolleras genom provbelastning med en utdragslast av storleken 2 ggr tillåten last.





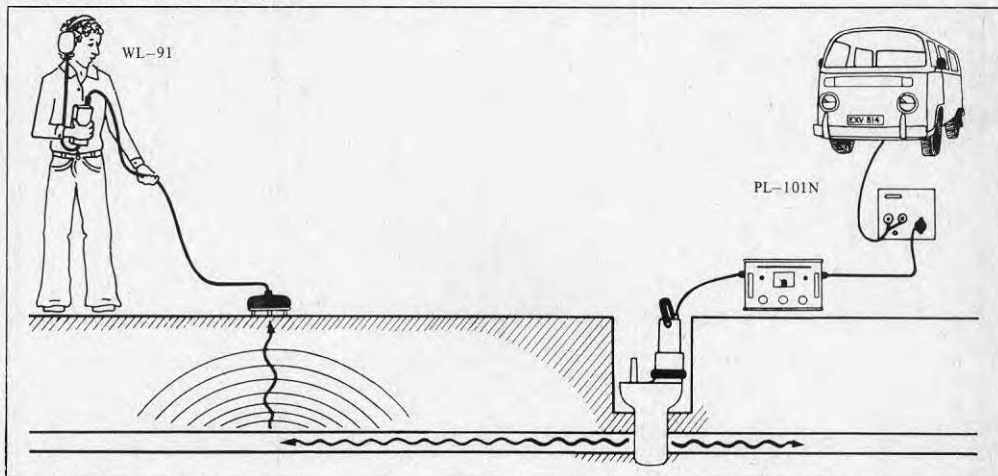
Provningsanordningen består av en dragande domkraft med mätklocka monterad på en trebensställning som placeras över expandern. Till expandern fästs en bit U-profil vars skänklar är anknutna till domkraften. Se nedanstående figur.



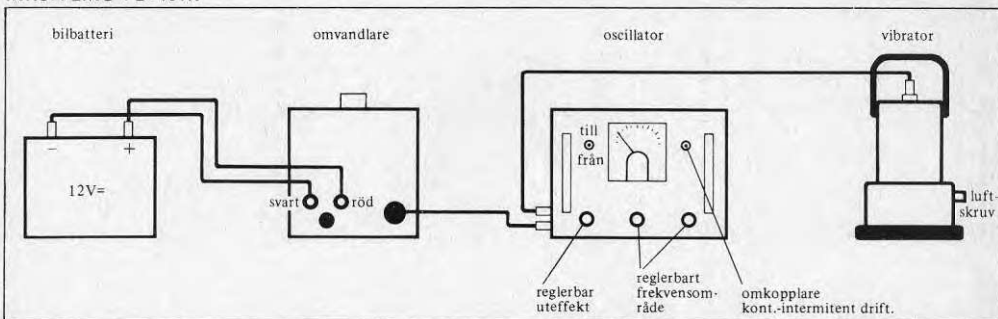
## LÄCKSÖKNING

Akustiskt instrument för lokalisering av eller läcksökning på vattenledningsrör av plast, eternit, metall.

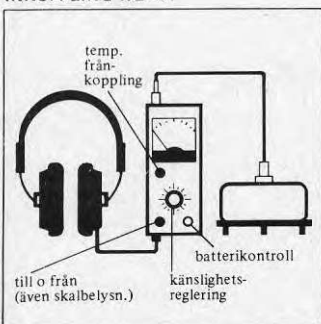
## PRINCIPSKISS VID LOKALISERING



## INKOPPLING PL-101N



## INKOPPLING WL-91



PL-101N levereras i två "fästmässiga" trälådor med dim. 440 x 285 x 240 mm  
400 x 285 x 210 mm

WL-91 levereras i metallväska av aluminium med dim. 460 x 270 x 140 mm



BYGGKONTROLL - INSTRUMENT OCH HJÄLPMEDEL

DEL 2 - Erik Larsson, Lars-Erik Nygren

BYGG - GEODESI

<u>Innehåll:</u>	<u>Sid</u>
Inledning .....	164
De vanligaste instrumenten och hjälpmedlen ...	165
Sex mätmetoder i teorin .....	183
Fyra mätmetoder i praktiken .....	186
Markeringar och kontroll .....	190
Utdrag ur byggforskningens informationsblad ..	191

ALLMÄNT

Kontrollanter liksom arbetsledare som arbetar med husbyggnad bör klara de mätningstekniska arbetsuppgifter som måste utföras ofta och med kort varsel. De bör dessutom känna till vilka problem de inte kan lösa med de hjälpmedel och metoder som de behärskar.

Detta kapital skall ta upp väsentliga fakta om den mätningstrustning som vanligtvis finns på byggarbetsplatser, de metoder som oftast används samt kortfattat redogöra för de resurser som står till buds för lösning av ovanligare mätproblem.

Vid byggstarten finns vanligtvis ett referenssystem i plan (jfr "byggnadstäckande sekundärsystem" sid 194) markerat genom byggnadsnämnden eller annan myndighets försorg. Som utgångspunkt för nivåbestämning har samma myndighet anvisat lämpligt belägen nivåpunkt (fixpunkt).

Utsättning och kontrollmätning skall i största möjliga utsträckning ske från de ursprungliga markeringarna/punkterna. Om dessa punkter inte kan användas utan nya måste läggas ut skall inmätning och beräkning av dessa markeringar dokumenteras väl, så att fortsatt kontrollmätning kan utföras med samma noggrannhet.

Den som ansvarar för en sådan ny markering av referenssystemet bör först övertyga sig om att hans hjälpmedel och mätmetoder har den för ändamålet erforderliga noggrannheten.

Då arbetsfixar skall nivåbestämmas skall det ske genom att man mäter in dem i ett slutet tåg som utjämnas. Även sådana mätningar dokumenteras för framtida kontrollmätning.

Utdraget ur byggforskningens informationsblad sid 191-199 vänder sig i första hand till kategorin mätnings-tekniker och behandlar hela mätproblematiken på en större byggarbetsplats.

En genomläsning av det avsnittet kan klargöra innebörden i de termer och begrepp som ofta används av mätningstekniker.

## DE VANLIGASTE INSTRUMENTEN OCH HJÄLPMEDLEN

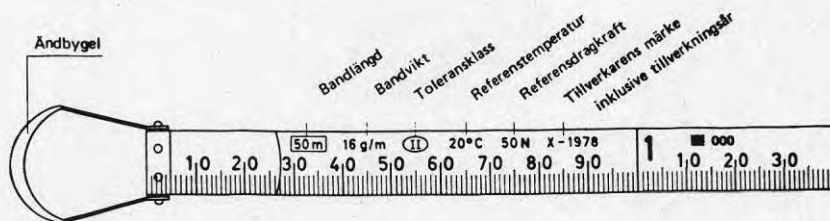
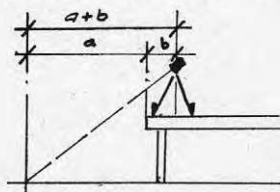
### MÄTBAND

Bör vara SIS-märkta med uppgifter om längd, egenvikt, klass, referenstemperatur och referensdragkraft, se FIGUR "SIS-märkt mätband". Inom ett avstånd av 50 m har ett mätband klass 2 högre "bruksnoggrannhet" än en elektrooptisk distansmätare (EDM-instrument), se TABELL sid 166.

**Bruksnoggrannhet:** Avser den noggrannhet som erhålls om man korrigerar den mätta längden för nedböjning, töjning, temperatur och lutning, se FIGURER sid 166 och 167.

Ju längre avstånd man mäter, ju viktigare är det att man korrigerar den mätta längden. Se exempel sid 168.

Metoder att bandmätta bestäms inte endast av bruksnoggrannheten utan ibland gör nivåskillnader och skymmande hörn att man kan uppnå högre noggrannhet med EDM-instrument. Tvingas man mäta avstånd i etapper med lutande längd blir METOD-NOGGRANNHETEN svår att uppskatta.





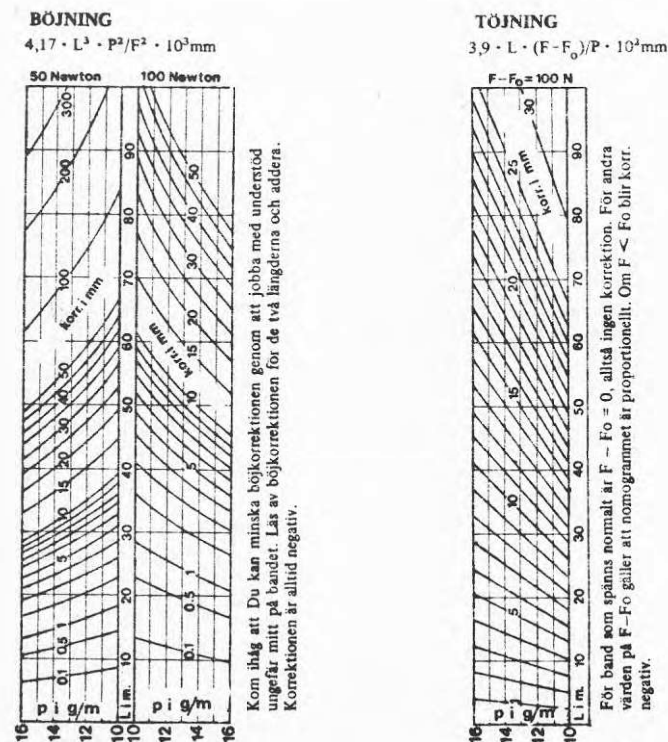
## LÄNGDMÄTARE OCH DERAS NOGGRANNHET

Typ av längdmätare	Svensk standard	Noggrannhetsklass mm		
		Klass 1	Klass 2	Klass 3
Mätstock				
0,5 - 3 m	SS641114	0,3+0,2L		
Måttband av stål				
1 - 5 m	SS641113	0,25+0,05L	0,5+0,1L	
Måttband av stål				
10 - 100 m	SS641112	0,1+0,1L	0,2+0,2L	0,6+0,4L
Polygonmätband				
50, 100 m	SS641115	0,1+0,1L	0,2+0,2L	0,6+0,4L
EDM-instrument		2+0,01L	10+0,01L	
Teodolit och				
mätstång		2L		
Reduktionstakymeter		0,5L		
Teodolit och				
invarbas		0,2L		
Basreduktionstakymeter		0,6L		

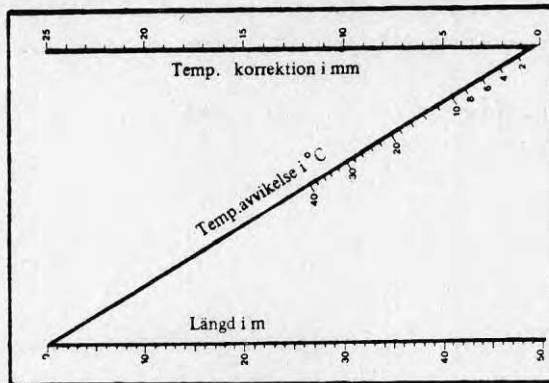
## Anmärkning:

Vid angivelse av noggrannhetsklass avser L mätavstånd i meter. Angiven noggrannhet avser noggrannhet enligt svensk standard. Där sådan saknas avses fabrikanternas angivna noggrannhet. I standarden SS641112, Måttband av stål, 10-100 m, finns en strängare noggrannhetsklass betecknad 0.

## DIAGRAM FÖR KORRIGERING VID BANDMÄTNING:

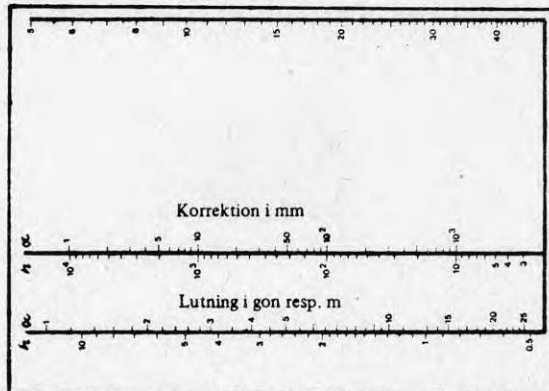


TEMPERATUR  $0,011 \cdot L(T - T_0)$  mm



Längden ska minskas om temperaturen är lägre än normaltemperaturen. De två yttre skalorna kan ändras med samma skalfaktor.

LUTNING  $L \ell \cdot (1 - \cos \alpha) \cdot 10^3$  mm,  $h^2 \cdot 10^3 / 2L \ell$  mm



Lutning kan ges i höjdskillnad  $h$  eller i lutningsvinkel  $\alpha$ . Korrektionen avläses på motsvarande skala. Korrektionen är alltid negativ.

Om den lutande längden mellan två markeringar skall överföras till horisontell längd är metoden att avväga de två ändpunkterna och använda nedanstående formel för längdkorrektion en enkel och praktisk metod.

$$\text{Längdkorrektion i mm} = L_L - h^2 \cdot 10^3 / 2 \cdot L_L$$

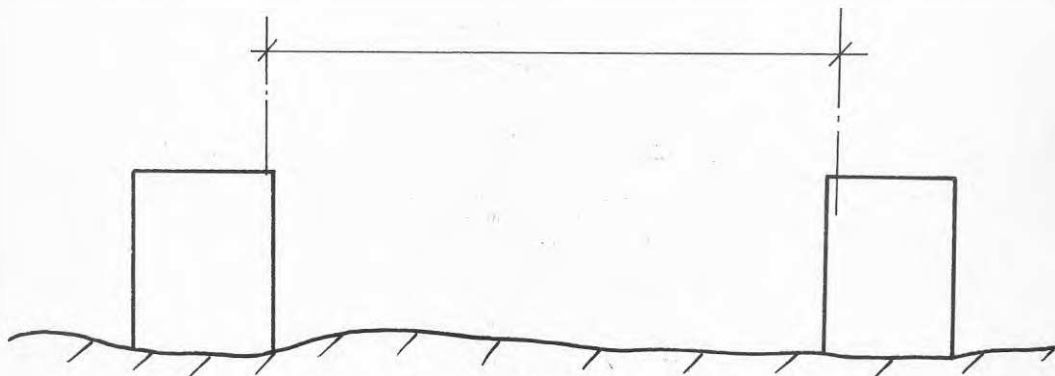
$L_L$  = lutande längd i meter

$h$  = höjdskillnad i meter

EXEMPEL PÅ KORRIGERINGENS BETYDELSE  
VID BANDMÄTNING

En utsättare markerar avståndet 30 m från en grundplint till en annan. Han använder ingen bandsträckare och korrigerar inte för nedböjning och temperatur.

Mätbandet är märkt: 16 g/m 20°C 50 N.



LÄNGDKORRIGERING

$$\text{Temp } -10^{\circ}\text{C} \quad 0,011 \times 30 \times (-10-20) = -10 \text{ mm}$$

(se FIGUR överst sid 167)

$$\text{Dragkraft } 20\text{N} \quad 3,9 \times 30 \times (20-50)/1600 = -2 \text{ mm}$$

(se DIAGRAM "Töjning" sid 166)

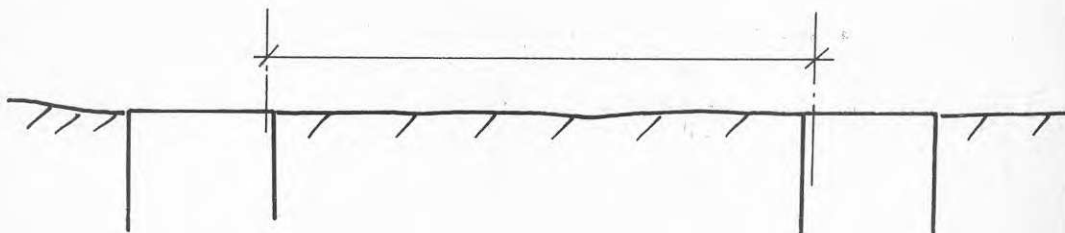
$$\text{Nedböjning} \quad -4,7 \times 30^3 \times 16^2/50^2 \times 10^3 = -11 \text{ mm}$$

(se DIAGRAM "Böjning" sid 166)

---


$$-23 \text{ mm}$$

I ett senare skede måste han kontrollera avståndet med samma mätband, men han använder en bandsträckare för 100 N. Eftersom han inte korrigerar får han en avvikelse på 30 mm.



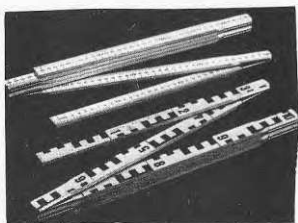
## LÄNGDKORRIGERING

Temp 10°C (se FIGUR överst sid 167)	0,011 x 30 x (30-20)	=	3 mm
Dragkraft 100N (se DIAGRAM "Töjning" sid 166)	3,9 x 30 x (100-50)/1600	=	4 mm
Nedböjning	Bandet stöder på utfyllnad		-
			<hr/> 7 mm

Avvikelsen mellan mätning ett och två är 30 mm, då de två korrektionerna har olika tecken och därför ligger på var sin sida om det sanna värdet 30,0 meter.

OBSERVERA att dragkraften orsakar jämförelsevis liten korrektion.

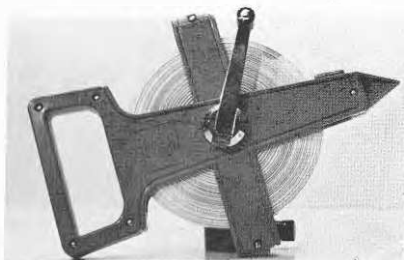
## NÅGRA LÄNGDMÄTARE OCH DERAS NOGGRANNHET



Mätstock 0,5 - 3 m  
Svensk standard SS 64 11 14

Noggrannhet i mm:  
(L = avstånd i m)

Klass 1: 0,3+0,2 L



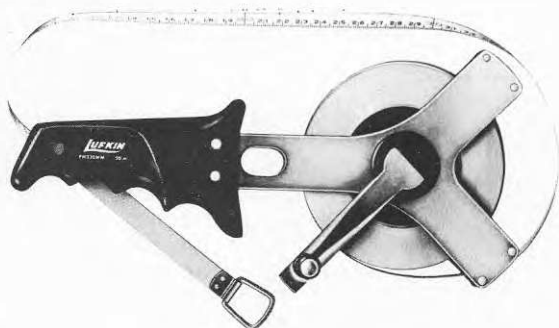
Mätband i Stilon  
Svensk standard SS 64 11 12

Klass 0: 0,1+0,05 L

Klass 1: 0,1+0,1 L

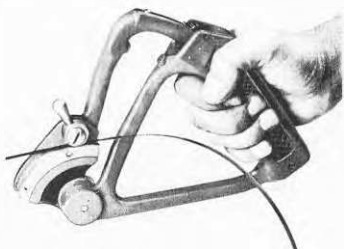
Klass 2: 0,3+0,2 L

Klass 3: 0,6+0,4 L



Som ovan

Mätband i plastmaljerat stål  
Svensk standard SS 64 11 12



Bandsträckare för 50-100 N.



Slungtermometer



### ELEKTRONISKA LÄNGDMÄTARE (EDM-INSTRUMENT)

Typ	Tillverkare	År	Kategori <sup>1)</sup>	Mättid i sek.	Noggrannhet <sup>2)</sup> i mm	Räckvidd <sup>3)</sup> i km	Vikt i kg
Eldi 2	Zeiss O	74	K	5	5 2	0.7	4.2
Geodim 12	AGA	74	K	10	5 10	1.2	2.8
Geodim 710	AGA	74	I	10	5 1	3.2	25
3805 A	HP	74	A	21	7 10	1.1	8
DI3S	WILD	76	Ks	10	5 5	1.1	6.4
Autoranger	K o E	76	K		5 6	1.1	2.4
Geodim 10	AGA	77	K	10	5 10	1.0	2.5
Geodim 12A	AGA	77	K	10	5 5	1.3	2.5
Geodim 14	AGA	77	K	10	5 10	4	2.5
3820 A	HP	77	I	6	5 5	2	10.7
DM 501	Kern	77	Ks	15	5 5	1.1	1.6
TC 1	WILD	77	I	8	5 5	0.4	-
EDT2000	ZeissJ	77	I	10	5 10	0.4	11
Eldi 1	Zeiss O	77	A	5	5 2	1.7	8
Eldi 3	Zeiss O	77	K	5	5 2	0.4	3.8
Elta 2	Zeiss O	78	I	5	5 2	1.1	12
Elta 4	Zeiss O	78	I	5	5 2	0.9	6.5

- 1) A = Rent avståndsinstrument  
K = Komb.instrument för montering på teodolit  
Ks = Passar endast teodolit av samma märke  
I = Ett integrerat instrument för längd och vinkel
- 2) Första siffran anger grundfel. Andra siffran anger ytterligare fel per km mätsträcka
- 3) Avser räckvidd med 1 prisma

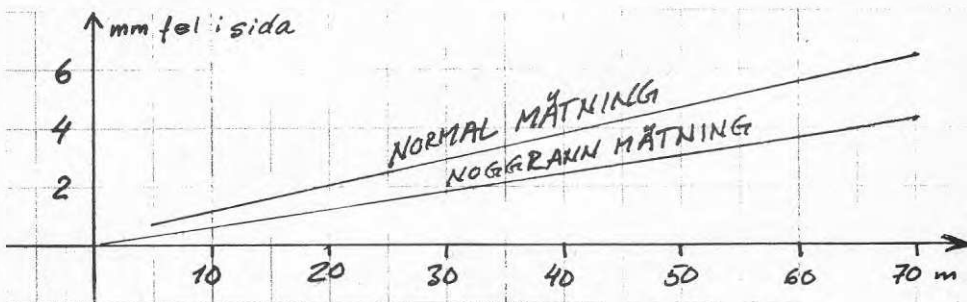
**Utvecklingen** En snabb utveckling av denna typ av mätare kan förutses.

## TEODOLIT

Den typ av teodolit som lämpar sig bäst vid husbyggnad är "standardteodoliten", t ex WILD T16, ZEISS JENA O2.OA m fl. Se förteckning sid 177.

Vinkelavläsning görs direkt utan inställning av mikrometerskala, varvid två decimaler erhålls (den tredje kan skattas).

Om instruktionsbokens råd angående skötsel och kontroll följs ger standardteodoliten vid normal mätning inte större fel i sida än 1 mm/10 m avstånd. Vid noggrann mätning (se "genomslag" minskas sidfelet till 0.6 mm/10 m. Se diagram.



Systemet stativ-teodolit är konstruerat så att man enkelt kan placera teodoliten rakt över en punkt som är markerad i det plan som stativets fötter stöder mot.

Det vanligaste är att man centrerar med hjälp av det inbyggda optiska lodet och grovhorisonterar med ett dosvattenpass på teodolitens underdel. En del teodoliter är dock försedda med sk centrerstång, på vilken finns ett dosvattenpass. Vid noggrann mätning måste man avlägsna stången och finjustera centreringen med optiskt lod eller snörlod.

Är nivåskillnaden mellan punktmarkering och stödplan > 0,5 m, bör centreringen utföras med snörlod.

Vid stora temperaturskillnader mellan förvarings- och instrumentuppställningsplats bör både instrument och stativ bli "tempererade" innan något mätning utförs.

## RUTINKONTROLLER:

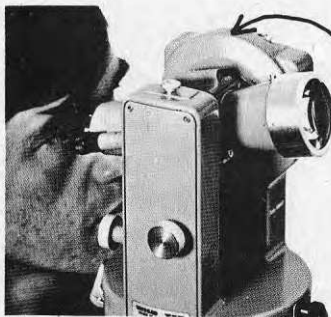
- Skall några skruvar dras åt i stativet?
- Är horisontalvattenpasset väljusterat?  
Kontrolleras genom att man jämför dess inställning i fyra kvadranter.
- Är optiska lodet väljusterat?  
Kontrolleras genom att man efter horisontering jämför trådkorsets läge i fyra kvadranter.

FORDRAS JUSTERING: Se instruktionsboken.



## GENOMSLAG

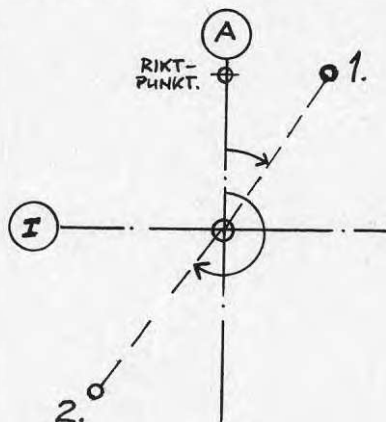
Mätning i två cirkellägen (cirkel vänster och cirkel höger).



Vertikalcirkeln sitter till vänster i cirkel vänster och vice versa.

Vertikalcirkeln sitter till vänster i cirkelläge vänster och vice versa.

- a) Vid inmätning avläses och antecknas mätriktningarna mot såväl bakåtobjektet (riktpunkten) som detaljpunkterna. Därefter vrids kikartuben ett halvt varv i både horisontal och vertikal led, så att man efter fininställning åter kan avläsa och anteckna "motstående" vinklar för samtliga punkter. Brytvinklarna erhålls efter reducering enligt nedanstående protokoll.

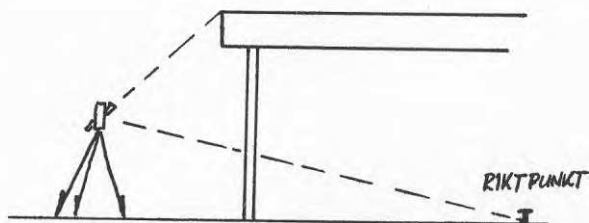


## Vinkelmätning

Station / Objekt	Avläsning		Medeltal	Reducerat medeltal	Station medeltal
	Cirkel V	Cirkel H			
RIKTPUNKT	0,002	200,004	0,003	0	,
NYPKT. 1	33,009	233,011	33,010	33,007	,
-n- 2	241,923	41,925	241,924	241,921	,
					,

- b) Vid utsättning av horisontell riktning bör man vid stora lutningsvinklar och noggrannare mätning (t ex överföring av baslinjer) korrigera horisonteringsfelet genom att mäta med "genomslag". Efter den första markeringen vrider man kikartuben ett halvt varv i både horisontal och vertikal led samt markerar ny utsättning av riktningen. Den korrigerade riktningen markeras mitt emellan de två mätta riktningarna.

Även vid utsättning på långa avstånd kan man förbättra noggrannheten genom att mäta med "genomslag" enligt ovanstående metod.

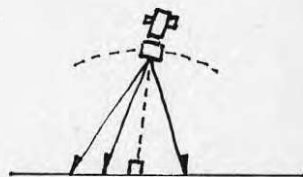


## UPPSTÄLLNING AV TEODOLIT

I Placera en stativfot på lämpligt avstånd från punkten. Lyft de andra två fötterna och vrid horisontellt tills punktmarkeringen syns mitt i det optiska lodet. Fäll in de två benen så att alla tre fötterna stöder mot underlaget. Trampa fast fötterna. Observera att om underlaget är mjukt får man inte trampa ner fötterna så djupt att det uppstår spänningar i stativet.

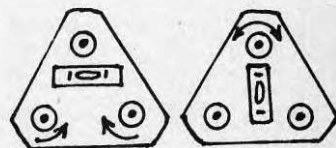


II Justera med "fotskruvarna" så att optiska lodets hårkors pekar mitt i punktmarkeringen.



III Grovhorisontera genom att justera stativbenens längd så att "dosvattenpassets" blåsa spelar in i mitten.

IV Vrid överdelen så att "horisontalvattenpasset" hamnar parallellt med två fotskruvar. Skruva dessa lika mycket men åt varsitt håll så att blåsan spelar in. Vrid överdelen ett kvarts varv och spela in blåsan med den tredje fotskruven. Vrid tillbaka överdelen och finjustera med de två första fotskruvarna.

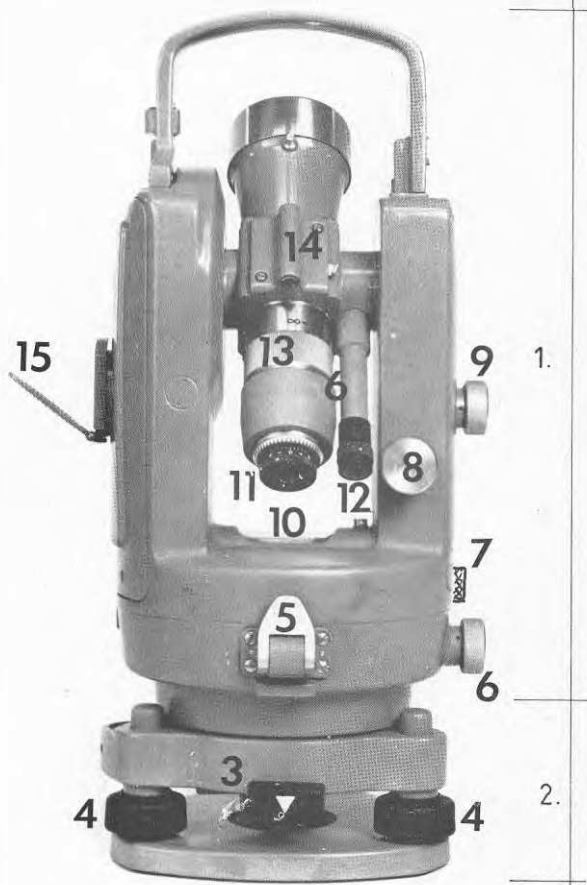


V Lossa instrumentet från stativplattan och skjut det utan att vrida det så att optiska lodets hårkors hamnar mitt över punktmarkeringen. Lås fast teodoliten mot stativplattan utan att rubba den.

VI Finhorisontera med fotskruvarna enligt IV och kontrollera i optiska lodet att centreringen inte har ändrats. Om så är fallet; börja om fr o m V.

## BENÄMNINGAR PÅ TEODOLITENS REGLAGE OCH DELAR:

- 1 Överdel
- 2 Underdel (= trefot)
- 3 Låsskruv för underdel
- 4 Fotskruvar
- 5 Cirkelklämma
- 6 Låsskruv i sida
- 7 Finskruv i sida
- 8 -"- i höjd
- 9 Låsskruv i höjd
- 10 Horisontalvattenpass
- 11 Okular
- 12 Mikroskop för skalavläsning
- 13 Fokuseringsring
- 14 Grovsikte
- 15 Spegel för skalbelysning
- 16 Optiska lodets okular sitter på detta instruments överdel, mitt emot cirkelklämman
- 17 Dosvattenpasset sitter på detta instruments underdel



## NÅGRA VINKELMÄTARE OCH DERAS NOGGRANNHET:

	Standard-teodolit	Precisions-teodolit
<i>Noggrannhetsbehov</i>		
Praktisk noggrannhet vid 50 m avstånd	3-5 mm	1-2 mm
Avläsningssätt	direkt	mikrometer
Pris (1977)	Tkr 10-15	Tkr 15-20
<i>Systemproblem</i>		
Om en användare blandar olika fabrikat, så kan det bli passningsproblem mellan teodolit, stativ, tvångscenteringsutrustning och elektrooptiska långdmatrare. Se upp!		
<i>Exempel på teodoliter</i>		
Wild	TO, TIA, T16	T2, T3
Kern	DK1, K1-A	DKM2A
	DKM1	DKM3
Zeiss Oberkochen	TH42	TH2
Zeiss Jena	O20A	O10A
MOM	TED1-D4	TE B1
Fennel	TATHA	
SOKKISHA	T60D	TM1A
<i>Övriga tekniska data</i>		
Förstoring	20-30 ggr	24-45 ggr
Objektivdiameter	30-45 mm	40-60 mm
Ljusstyrka (diam/förstoring)	1,4-1,6	1,4-1,6
Synfält på 1 km	25-35 m	20-30 m
Rättvänd eller omvänd bild	varierar	varierar
Optiskt lod	normalt	normalt
Horisontalvattenpassets känslighet (per 2 mm)	3-5 mgon	1-2 mgon
Kollimationsvattenpassets känslighet (per 2 mm)	1 mgon	0,1 mgon
Cirklarnas avläsningsnoggrannhet	0,5-1 mgon	0,05-0,1 mgon

## NÅGRA VINKELMÄTARE OCH DERAS NOGGRANNHET

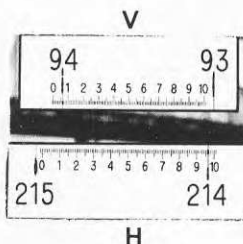


Standardteodolit

Noggrannhet

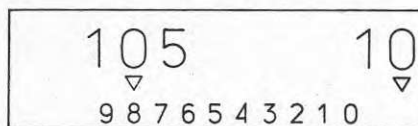
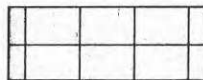
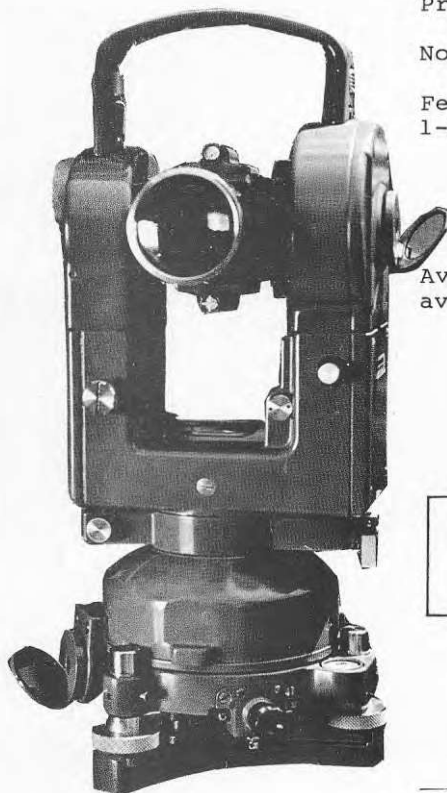
Fel i sida vid normal mätning  
3-5 mm på 50 m avstånd

Avläsning: Direkt

V-cirkel 94,065°  
H-cirkel 214,964°

Precisionsteodolit

Noggrannhet

Fel i sida vid normal mätning  
1-2 mm på 50 m avståndAvläsning: Efter fininställning  
av koincidensstrecken

MIKROMETERSKALA.

105.82249

## OPTISKT LODINSTRUMENT

Skötsel och kontroll enligt instruktionsbok.

Används ofta till att loda upp systemlinjepunkter, våning för våning genom ursparingar i bjälklag/valv.

Uppställning: Som för teodolit, Steg I - IV.

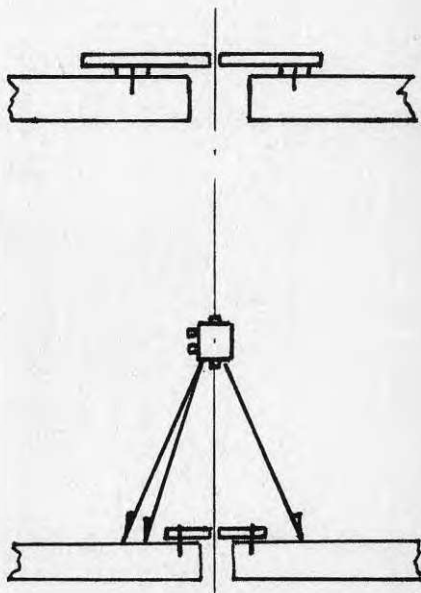
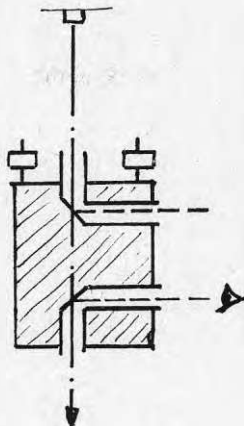
Vid upplodningen läggs en skiva med ett litet hål över ett par fasta utlägg intill ursparingen. Skivan fixeras då hålet ligger mitt i överdelens hårskors.

Då nivåskillnaden är stor bör lodningen ske i fyra lägen. Instrumentet vrids ungefär ett kvarts varv mellan lodningarna. Upplodningarna markeras på skivans undersida (eller på en transparent skiva). Lodlinjen går genom tyngdpunkten i den fyrhörning som markerats.

MINST TRE helst fyra systemlinjepunkter bör lodas upp, så att kontrollmätning av vridning och skevning kan utföras.

Optiska lodningsinstrument

Noggrannhet: Vid 10 m höjdskillnad kan milimeternoggrannhet uppnås med lodning i fyra lägen.



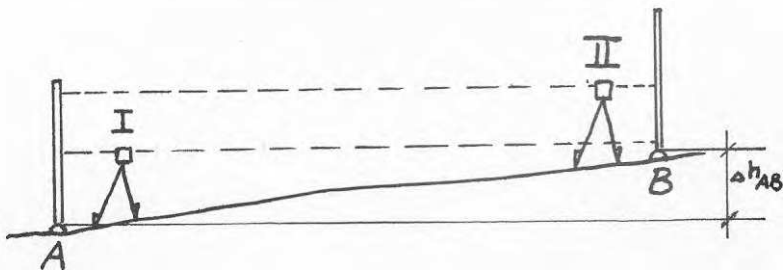


### AVVÄGNINGSINSTRUMENT:

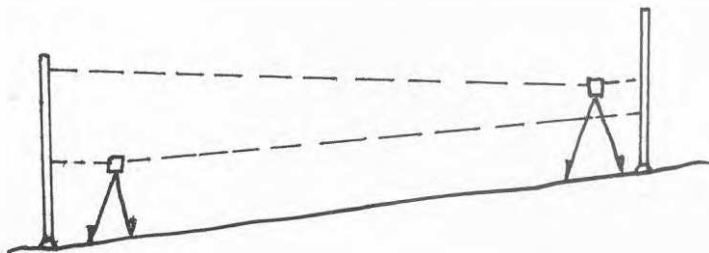
Vid husbyggnad används nästan uteslutande s k standardinstrument med automatisk finhorisontering (kompensatorinstrument) och kort "närgräns"-avstånd. Undantag: T ex sättningskontroller som alltid utförs med precisionsavvägningsinstrument.

Bruksnoggrannheten: för standardinstrument med avläsning på millimetergraderad stång är 1 mm.

Skötsel och kontroll: Följ instruktionsbokens råd. Tänk på att även stativet måste "tempereras" och justeras vid glapp. Dosvattenpasset med vars hjälp man grovhorisonterar måste regelbundet kontrolleras. Avviker blåsans läge mycket vid vridning ett kvarts varv, är risken stor att den automatiska finhorisonteringen ej fungerar. Hårkorsets justering kan kontrolleras enligt nedanstående figur.



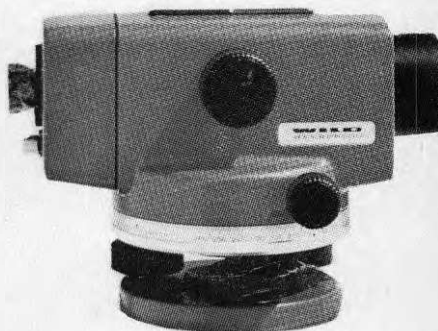
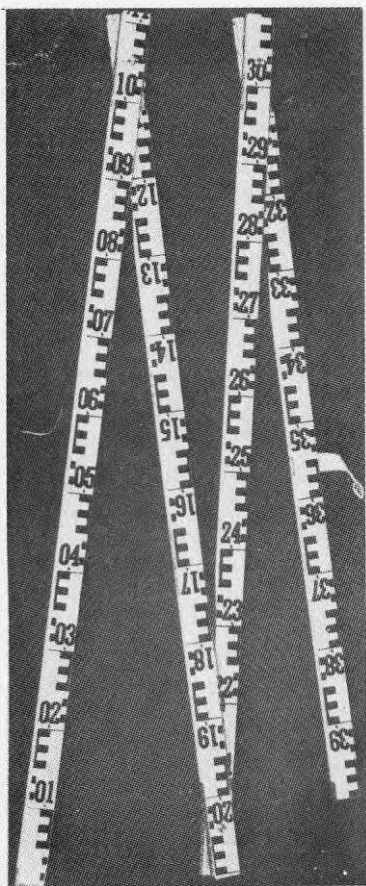
Erhålls samma höjdskillnad A - B vid uppställning I som vid uppställning II är hårkorset korrekt. Skulle hårkorset sitta t ex för högt blir avläsningen på långt håll för stor. Strålgången blir som på figuren.



AVVÄGNINGSINSTRUMENT AV STANDARDTYP OCH CENTIMETER-GRADERAD AVVÄGNINGSSTÅNG AV TRÄ MED MILLIMETERSKALA PÅ BAKSIDAN:



Standardinstrument  
Förstoring: 20 ggr  
Närgräns: 0,75 m

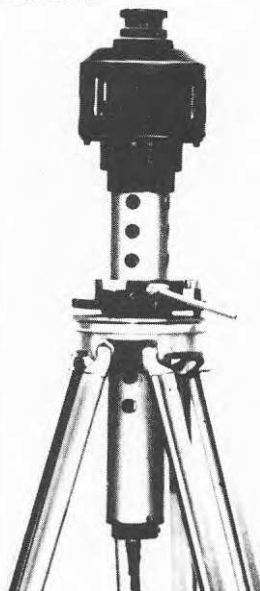


#### INSTRUMENTTYPER

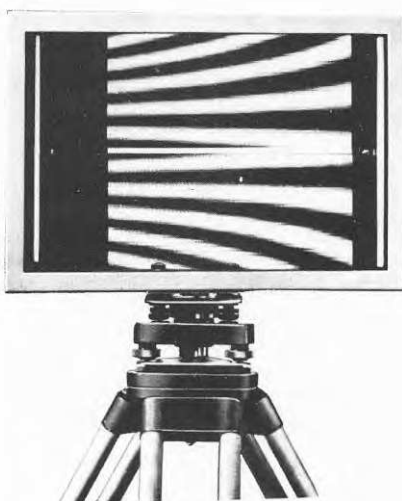
	Standard- instrument	Precisionsinstrument (eller standard med planplattmikrometer)
<i>Noggrannhet</i>		
Praktisk noggrannhet		
Mätfel vid 1 km dubbelavvägning	5 mm	1 - 2 mm
<i>Exempel på teodoliter</i>		
Wild	NKOS, NKO1	NAKO, NAK1
Kern	GKO, GKO A	GK1A, GK23
Zeiss O		Ni 1, Ni 2
Zeiss J	Ni 050	Ni 007
MOM	Ni E1	Ni B3
Sokkisha	G3	B2
Fuji	Al 31	Al 21

Laserinstrument för höjdmätning används mest vid markarbeten på relativt plana arbetsplatser. Från ett referensplan bestående av synligt laserljus kan flera personer samtidigt göra sina höjdmätningar inom arbetsområdet. Vid husbyggnation förekommer laserinstrument enbart som referensplan vid gjutning av valv eller andra större betongytor.

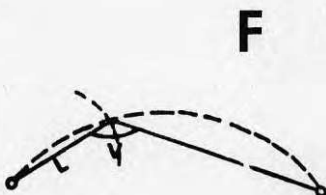
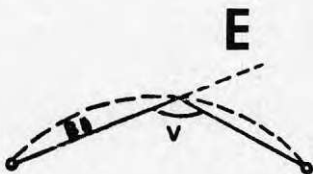
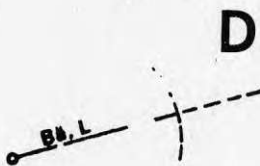
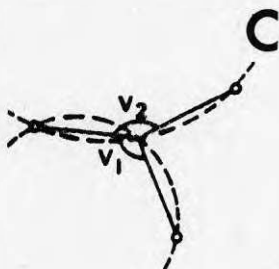
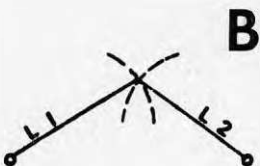
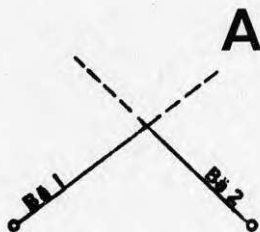
Vid mätning på längre avstånd (> 30 meter) från instrumentuppställningen bör referensplanet kontrolleras med avvägningsinstrument.



Moiréinstrument används uteslutande vid markarbeten där "centimeternoggrannhet" är tillfredsställande.



## SEX MÄTMETODER I TEORIN



Varje inmätning eller ut-sättning består av mätning av två data i form av längd, bäring eller vinkel. Den punkt som skall mätas in eller sättas ut ligger i skärningspunkten mellan geometriska orter. Vid exempelvis en polär inmätning kan punkten lägesbestämmas genom beräkning av skärningen mellan en rät linje (för bäringen) och en cirkel (för längden).

Eftersom det - enligt ovan - finns tre slag av storheter (längd, bäring eller vinkel) och det går åt två data för en mätning, kan vi tydligen bara mäta på följande sex sätt:

- A. AVSKÄRNING = 2 bäringar  
Matematisk lösning = skärning mellan två räta linjer
- B. INBINDNING = 2 avstånd  
Matematisk lösning = skärning mellan två cirklar
- C. INSKÄRNING = 2 vinklar  
Matematisk lösning = skärning mellan två cirklar
- D. POLÄR MÄTNING = 1 bäring, 1 avstånd  
Matematisk lösning = skärning mellan en rät linje och en cirkel
- E. SIDOSKÄRNING = 1 bäring, 1 vinkel  
Matematisk lösning = skärning mellan en rät linje och en cirkel
- F. SKÄRBINDNING = 1 avstånd, 1 vinkel  
Matematisk lösning = skärning mellan två cirklar

### ÖVERBESTÄMNING

För att bestämma ett avstånd behöver man bara mäta det en gång. Har man mätt två gånger har man gjort en ÖVERBESTÄMNING.

Då en punkt skall lägesbestämmas måste den mätas in med någon av våra fyra metoder för att sedan koordinatberäknas. Vill man överbestämma läget måste man mäta två gånger för två beräkningsfall med olika mätvärden. Det bör helst ske genom att man mäter från olika utgångspunkter. T ex två polära inmätningar från två olika punktmarkeringar, eller en polär inmätning och en ortogonal inmätning från systemlinjemarkeringar.

Medelvärdena för x och y (eller a och b) kan redovisas som UTJÄMNAD värden efter överbestämning.

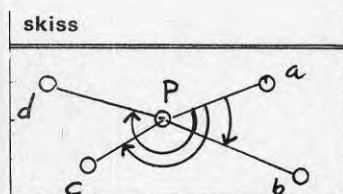
Avvikelser mellan beräkningsfall 1 och fall 2 kan orsakas av flera faktorer. Systemlinjernas/utgångspunkternas inbördes lägen kan avvika från de teoretiska värdena. Den ena eller eventuellt båda mätningarna kan ha utförts fel. Metodnoggrannheten för någon av mätningarna är kanske inte bättre än avvikelserna antyder.

**NYA UTGÅNGSPUNKTER FÖR UTSÄTTNING OCH KONTROLL MÅSTE ALLTID ÖVERBESTÄMMAS.**

FRI UPPSTÄLLNING är ett sätt att snabbt åstadkomma en sådan överbestämd utgångspunkt. Inmätning och beräkning av fri uppställning måste dokumenteras för framtida kontroller.

Den tillförlitligaste och vanligaste metoden är i detta fall INSKÄRNING: En teodolit ställs upp där mätningensarbetet skall utföras. Riktningensvinkeln till fyra primärpunkter avläses och antecknas. Därpå beräknas fyra olika fall a-b-c, b-c-d, c-d-a och d-a-b.

Den nya utgångspunkten P är nu överbestämd tre gånger. Avvikelserna kan utläsas ur dokumentationen.



#### fri uppställning, indata

	punktnr.	cirkell. v
a	3	28.8763
b	2	82.1996
c	8	179.7314
d	4	335.1765

#### fri uppställning, resultat

fall	X	Y	$\Delta x$	$\Delta y$
abc	7379.719	8148.354	-	+1
bcd	.720	.352	+1	-1
cda	.719	.351	-	-2
dab	.718	.355	-1	+2
medelv.	7379.719	8148.353	$\pm 1$	$\pm 2$
ev.red.				

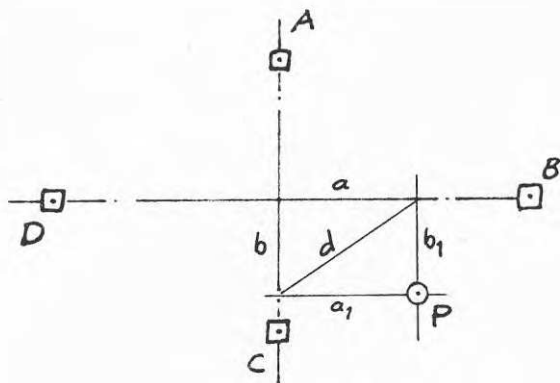
Om resultatet från ett av de fyra beräkningsfallen avviker mycket från de tre övriga, är den troliga orsaken att man för det avvikande fallet befinner sig på den "farliga cirkeln". Det avvikande fallet stryks och nytt medelvärde beräknas ur de tre övriga fallen.

#### NOGGRANNHETSKRAV:

Vid större maximal avvikelse än 10 mm bör inmätningen göras om eller kontroll ske av primärpunkternas lägen ifall den nya mätningen inte ger tillfredsställande resultat.

## FYRA MÄTMETODER I PRAKTIKEN

1. Ortogonal mätning: Den vanligaste metoden för utsättning och kontrollmätning på plana ytor och inom korta avstånd från markerade baslinjer.



## MÄTFÖRFARANDE:

Vid utsättning markeras längderna  $a$  och  $b$  på respektive baslinje. Från de markerade baslinjepunkterna mäts sidorna  $a_1$  och  $b_1$  som i sin skärningspunkt markerar punkten P. Sträckorna  $a$ ,  $b$ ,  $a_1$  och  $b_1$  mäts med mätband eller mätstock.

METODNOGGRANNHETEN kan inom små plana ytor sättas lika med bruksnoggrannheten för det mätband man använder. Vid längre avstånd tillkommer ett metodfel på

$d \times 10^{-4}$  m där  $d$  = diagonal längden i meter.

OBSERVERA ATT INGEN HÄNSYN TAGITS TILL FEL I SYSTEMLINJEMARKERINGEN.

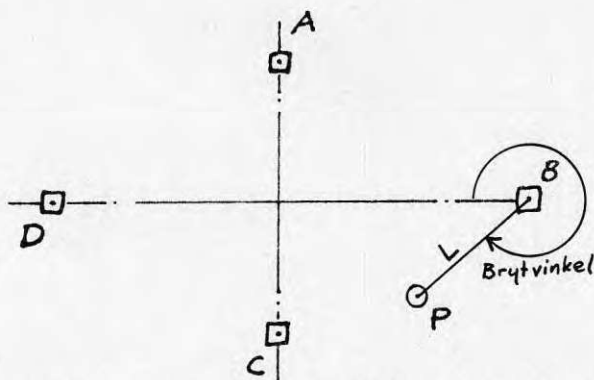
Metoden förutsätter att en korrekt utförd och varaktig markering av systemlinjer redan gjorts, så som fallet oftast är på färdiggjutna valv och monterade bjälklag.

På grunder med stora nivåskillnader och under valvbyggnadsskedet kan andra mätmetoder vara lämpligare och snabbare.



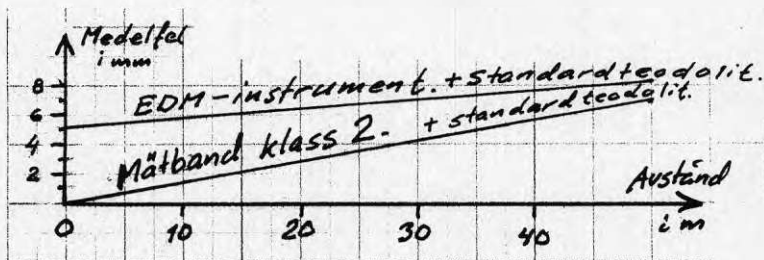
2. Polär mätning: Utförs med teodolit och längdmätare. Lämplig metod där varaktiga markeringar av linjer inte kan göras, eller då många detaljpunkter med stor spridning skall sättas ut.

OBSERVERA att endast en bandsträckning per punkt erfordras vid polärmätning.



Brytvinkeln i B mäts med teodolit och avståndet B - P mäts med mätband eller EDM-instrument.

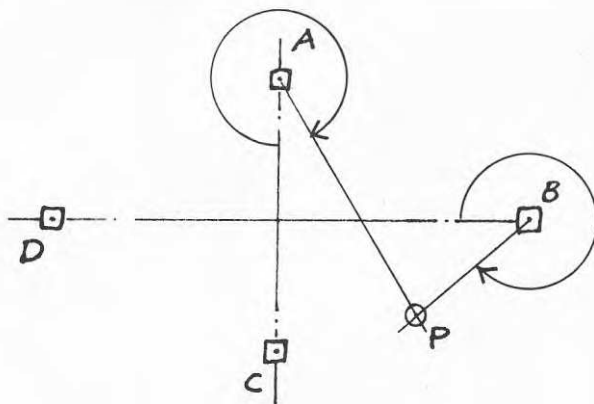
#### METODNOGGRANNHET:



Eftersom sidfelet vid enkel mätning med standardteodolit är av samma storleksordning som bruksnoggrannheten för mätband klass 1, kan polär mätning utföras med större noggrannhet än t ex ortogonal mätning.

Polär inmätning är alltså en bra metod för lägeskontroll, då många punkter skall kontrolleras på en stor yta. Att omvandla mätvärden till koordinater eller ritningsmått är ganska tidskrävande om beräkningen skall utföras manuellt, men i gengäld är mätmetoden snabb och smidig. Annat arbete på mätplatsen hindras inte i samma utsträckning som vid ortogonal mätning. Beräkningarna kan för övrigt göras snabbt och billigt på programmerbara kalkylatorer. Detsamma gäller den omvandling till polära mått som fordras vid POLÄR UTSÄTTNING.

Avskärning: Lämplig metod vid stora nivåskillnader och långa avstånd eller då bandmätning är olämplig.



Brytvinklarna i A och B mäts med teodolit.

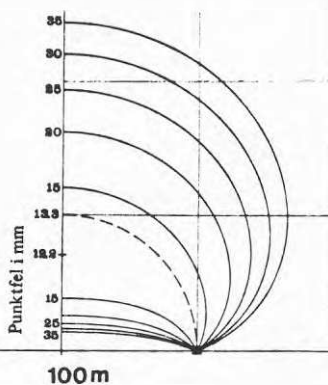
METODNOGGRANNHET:

## 2. AVSKÄRNING

$$b_v = 6 \text{ mgon}$$

Vid ändring av:

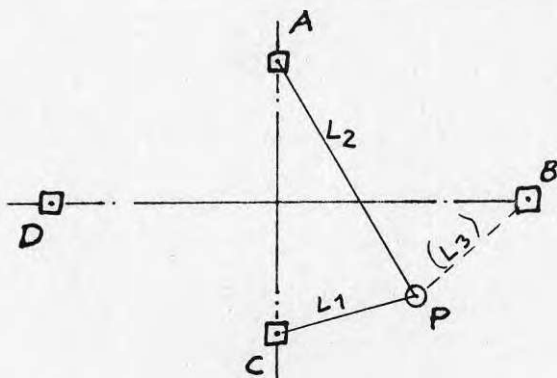
- $b_v$  eller skala ändras punktfelet proportionellt.



avser enkel mätning med standardteodolit,  
 $b_v$  = bruksnoggrannhet vid vinkelmätning.

Avskärningsmetoden fordrar beräkning efter inmätning och före utsättning.

Inbindning: Lämplig metod då teodolit saknas.



$L_1$  och  $L_2$  mäts med lämplig längdmätare. Som kontroll kan t ex avståndet B - P mätas.

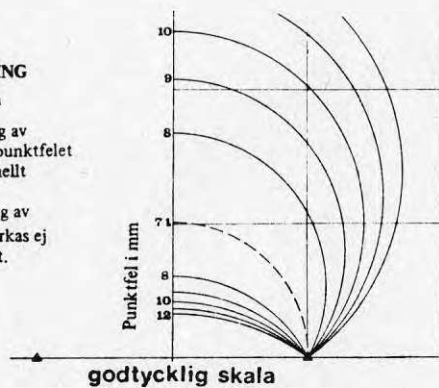
METODNOGGRANNHET:

#### 1. INBINDNING

$$b_a = 5 \text{ mm}$$

Vid ändring av  $b_a$  ändras punktfelet proportionellt

Vid ändring av skala påverkas ej punktfelet.



Inbindningsmetoder fordrar beräkning efter inmätning och före utsättning.

MARKERINGAR OCH KONTROLL

Utgångspunkter för utsättning och kontroll bör markeras så distinkta och varaktiga som möjligt. Punktmarkeringarna kan vara kragdubb, PK-spik, stålspek eller borrarhål i betong, berg eller metallplatta. Systemlinjer markeras ofta med spik i träpåle eller galge. Då systemlinjerna förs upp på färdiggjutna ytor för fortsatt detaljutsättning, bör man tänka på att markeringarna också skall kunna användas för kontroll av utsättningen. Markeringen, som ofta sker med märkpena eller s k snörslagare, bör därför skyddas med klarlack som finns på sprayflaska.

Då detaljpunkter och systemlinjer sätts ut från en INSKUREN punkt kan deras inbördes läge ha hög noggrannhet även om det byggnadstäckande sekundärsystemet inte skulle uppfylla noggrannhetskraven. Systemet måste därför kontrolleras enligt beskrivningen på sid 184 - 185.

## NYA METODER FÖR UTSÄTTNING OCH LÄGESKONTROLL I PLAN

### UTDRAG UR BYGGFORSKNINGENS INFORMATIONSBLAD B5:1977

#### Mätnoggrannhet

Dagens byggnadsverksamhet har, genom önskemål om såväl kortare byggtider som mer flexibla konstruktioner, utvecklats mot en allt högre grad av industrialisering. Detta i sin tur ställer nya krav på mätningstekniken.

De pressade byggtiderna kräver en snabbare och mer flexibel utsättning.

De höjda arbetskostnaderna kräver säkrare utsättning. Att rätta fel kostar för mycket pengar.

Ett ökat byggande med förtillverkade komponenter kräver snävare toleranser.

#### Integrerad bygg-geodesi

För att komma till rätta med de höjda kraven på mätningstekniken krävs en genomgripande förändring av såväl sättet att presentera mätdata i projekthandlingarna som sättet att utföra mätningens verksamheten på byggnadsplatsen.

De senaste årens utveckling av datorer och fältinstrument har gett oss möjlighet att genomföra dessa förändringar. Bygg-geodesins båda delar, mätprojektering och byggutsättning har kunnat integreras.

#### Målsättning

Mätprojekteringen inleds med planering och genomförande av all måttsättning. Denna s k funktionsmåttsättning utförs normalt av arkitekter, konstruktörer, geoprojektörer och processprojektörer gemensamt. Genom måttsättningen skall läget av varje byggnad liksom läget av byggnadens alla komponenter entydigt definieras.

#### Koordinatsystem

I mätprojekteringen nästa fas skall de angivna funktionsmåttens omräknas till lämpliga koordinater, vilka i sin tur skall utgöra underlag för kommande utsättningsberäkningar.

För att denna utsättning skall bli så enkel och säker som möjligt är det ofta lämpligt att omräkna funktionsmåttens till flera än ett koordinatsystem.

Tomter, vägar, brunnar och liknande koordinatberäknas ofta lämpligast i ett överordnat, vanligen kommunalt, xy-system.

Alla detaljer inom större byggnadskroppar koordinatberäknas lämpligen i lokala, byggnadstäckande ab-system.

Enskilda, ofta förekommande byggnadskomponenter kan ges en modellbeskrivning i ett komponenttäckande st-system. En sådan komponentmodell kan sedan utnyttjas vid koordinatberäkning av komponenten i överordnat ab- eller xy-system.

### Koordinattolkning

Med hjälp av måttsättningsritningarna skall nu samtliga byggnaders och komponenters lägen omräknas till koordinater i de valda koordinatsystemen.

Denna beräkning görs normalt genom matematisk tolkning. Där noggrannhetskraven är låga kan tolkningen dock genomföras grafiskt.

Den matematiska tolkningen kan genomföras manuellt eller med hjälp av datateknik.

Den grafiska tolkningen kan ävenledes utföras manuellt (med skalstock) men utförs vanligen med hjälp av automatisk linjeföljare (koordinatometer).

### Koordinater i databank

Som resultat av tolkningsarbetet erhålls koordinater för samtliga önskade punkter i förekommande koordinatsystem. Dessa koordinater redovisas i listor och i form av utsättningsritningar.

### Mätssystem

Utsättningsarbetet och kontrollen på arbetsplatsen kan ske med hjälp av utgångspunkter med olika betydelse.

Byggnaders och vägars lägen bestäms vanligen utifrån det byggplatstäckande primärsystemet.

Pålar, skruvförband från de byggnadstäckande sekundärsystemen.

Övriga byggnadskomponenter lägesbestäms från utlagda detaljlinjer och detaljpunkter.

### Byggutsättning och kontroll

En väl genomförd mätprojektering lägger grunden för möjligheterna att bedriva en effektiv utsättning och kontroll. Som hjälpmedel finns nu också väl utvecklade

fältdatorer för beräkning samt mätinstrument för längd- och vinkelmätning.

Utsättningstekniken kan variera, men ofta utgör tekniken att sätta ut eller kontrollera från fri uppställningsplats grunden för detta arbete.

#### Den nya teknikens nytta

En integrerad bygg-geodesi kan utnyttjas för varje typ av byggnad eller anläggning och ger en rad fördelar.

Snabbare byggutsättning genom att samtliga koordinater är beräknade i förväg och genom att fältdatorn utnyttjas för samtliga beräkningar.

Flexiblare byggutsättning genom möjligheten att hela tiden kunna välja lämpligaste mätmetod.

Säkrare byggutsättning genom att koordinaterna ligger skyddade i databank.

Noggrannare byggutsättning genom att fältdatorer och mätinstrument ger oss möjlighet till effektivare mätmetoder.

#### VAL AV MÄTSYSTEM

Under produktionsskedet skall nu utgångspunkter för montering av varje komponent sättas ut, kontrolleras och markeras.

Den utsättningstolerans som härvid accepteras beskrivs i svensk standard med nummer 02 12 51 - 02 12 55. De i denna standard angivna toleranserna hänför sig till en av flera förekommande mätsystem. Följande exempel visar att en tolerans ofta är ett mångtydigt begrepp.

- Utsättningstoleransen för en pelares läge i förhållande till överordnade, kanske kommunala, punkter kan ges en relativt vid gräns, exempelvis 5 - 15 cm (anslutningstolerans).
- Utsättningstoleransen för samma pelares läge i förhållande till pelare i en annan byggnad är något snävare, kanske 3 - 6 cm (primärtolerans).
- Utsättningstoleransen för samma pelares läge i förhållande till den egna byggnadens hörnpunkter är än snävare, kanske 1 - 3 cm (sekundärtolerans).
- Utsättningstoleransen för pelarens läge i förhållande till närmast belägna pelare är snävast, kanske 5 - 10 mm (detaljtolerans).

Ovan angivna exempel visar att all utsättning och kontroll måste bedrivas med hänsyn tagen till angivna toleranser och till de mätsystem i förhållande till vil-



ka toleranserna angetts.

Följande typer av mätsystem måste normalt användas på en byggnadsplats för att mätningsspersonalen skall kunna uppfylla ställda toleranskrav.

- Överordnat anslutande system
- Byggplatstäckande primärsystem
- Byggnadstäckande sekundärsystem
- Detaljssystem för montering och kontroll av komponenter

#### Överordnat system

Normalt utnyttjas de kommunala polygonpunkterna eller stompunkterna för att mäta in och placera den nya anläggningen tillräckligt rätt i det kommunala koordinatsystemet.

Relativt ofta förekommer stora spänningar mellan kommunala punkter även om dessa ligger nära varandra. Detta kan bero på olika inmätningssår, olika triangelpunkter som utgångspunkter, besvärliga utjämnningar av stora nät e d. Av detta skäl är det oftast olämpligt att direkt utnyttja de kommunala polygonpunkterna för byggutsättning. För att byggeriets toleranskrav skall kunna uppfyllas krävs en lokalt relativt stor noggrannhet mellan utgångspunkterna, oftast större än den som kommunen kan bjuda på.

Av ovanstående skäl utnyttjas normalt endast en utgångspunkt och en utgångsriktning från det överordnade anslutande koordinatsystemet. Denna utgångspunkt och utgångsriktning skall enligt anvisningar i SIS-standard 02 12 52 utväljas i samråd med kommunens personal.

#### Sekundärsystem

Varje enskild byggnadskropp inom anläggningen bör förses med ett byggnadstäckande sekundärsystem. Sekundärsystemet utnyttjas som utgångssystem för utsättning av samtliga detaljpunkter och detaljlinjer i respektive byggnad.

Samma förhållande gäller här som vid inpassning av primärpunkterna till överordnat system. Man önskar således ett mätsystem som ger bästa möjliga interna noggrannhet inom byggnaden och en så god inpassning som möjligt av sekundärsystemet i primärsystemet.

#### Detaljssystem

Detaljpunkter och detaljlinjer är utgångspunkter (-linjer) för komponentmontering och komponentkontroll. Som utgångspunkter för utsättning av detalj-

punkter och detaljlinjer används punkter i respektive sekundärsystem.

Eftersom detaljpunkter och detaljlinjer i många fall skall utnyttjas för kontroll av komponenternas slutliga läge är det viktigt att detaljpunkter och detaljlinjer placeras strategiskt, dvs så att markeringarna ej täcks av de monterade komponenterna.

Detaljpunkters och detaljlinjers läge bestäms vanligen genom en polär eller ortogonal utsättning från lämplig utgångspunkt. Om toleranskraven är särskilt höga kan det dock visa sig nödvändigt att sätta ut punkterna i två etapper. Efter en första utsättning görs en inmätning av den utsatta punkten och efter kontroll av inmätta värden görs en slutgiltig justering.

## KONTROLL AV MÄTSYSTEM

### Primärsystem

- a) Kontroll av skillnaden mellan inmätta och beräknade värden

De avstånd och vinklar som erhållits vid inmätning av primärpunkter får enligt SIS avvika från de avstånd och vinklar som beräknats ur dessa punkters utjämnade koordinater med högst följande värden:

Avstånd:  $0.75 \times \sqrt{L}$  mm  
Vinklar:  $0.05 \sqrt{L}$  gon

L är avståndet i meter mellan berörda primärpunkter. Vid vinkelmätning avses avståndet längs det kortare vinkelbenet.

- b) Kontroll av skillnaden mellan kontrollmätta och beräknade värden

De avstånd och vinklar som erhållits vid kontrollmätning av primärpunkter får avvika från de avstånd och vinklar som beräknats ur dessa punkters utjämnade koordinater med högst följande värden:

Avstånd:  $2 \times \sqrt{L}$  mm  
Vinklar:  $0.15/\sqrt{L}$  gon

L är avståndet i meter mellan berörda primärpunkter. Vid vinkelmätning avses det kortare avståndet.

### Primärsystem

Det byggplatstäckande primärsystemet används för i första hand två mätningssuppgifter:

- Utsättning av databankens x, y-punkter, alltså

punkter av typ vägar, belysningsstolpar, rörgravar, hushörn och liknande.

- Utsättning av punkter och linjer i de olika byggnadskropparnas sekundärsystem.

Punkterna i primärsystemet bör väljas strategiskt och med stor omsorg.

Även om det känns praktiskt att sprida primärpunkterna inne på byggnadsområdet med lämpliga och korta utsättningsavstånd till byggets olika delar, så har denna metod visat sig svår att genomföra. Punkterna kan normalt ej skyddas mot åverkan. Det har därför blivit allt vanligare att utsättning i första hand bedrivs från s k fria uppställningsplatser. Primärpunkterna används då endast som bakåttobjekt, alltså som punkter mot vilka mätning sker. Kraven på primärpunkterna blir då följande:

- Punkterna bör ligga skyddade utanför den egentliga byggnadsplatser.
- Avståndet från instrument till primärpunkt bör dock ej överstiga ca 200 m.
- Primärpunkterna placeras väl fixerade och synliga. I det fall som punkterna utgörs av berg- eller markpunkter måste dessa vanligen signaleras med fast förankrade 2 - 4 m höga master. Eftersom sådana master lätt utsätts för åverkan är det dock mer praktiskt att om möjligt markera primärpunkterna på omgivande byggnader eller liknande.
- Antalet primärpunkter bör vara så stort att man från varje tänkbar instrumentuppställningsplats inom byggnadsområdet kan se minst fyra primärpunkter. Detta eftersom instrumentuppställningsplatsens läge normalt bestäms genom s k överbestämd inskärning.
- Punkterna bör markeras på sätt som föreskrivs i SIS-standard för mätpunkters markering, dvs med rör försedda med ID-krage och standardiserad 16 mm invändig diameter. På byggnadsverk eller liknande markeras primärpunkterna med pk-spik eller liknande samt signaleras på sätt som gör punkterna lättfunna från instrumentuppställningsplatsen.

Primärpunkterna inmäts vanligen med sekundteodolit och ett EDM-instrument. Eftersom punkterna ofta utgörs av punkter på omgivande bebyggelse är det ej alltid möjligt att mäta in primärpunkterna i form av polygontåg eller polygonnät. I sådana fall rekommenderas att varje primärpunkt inmäts med minst en överbestämning, helst två eller flera.

### Sekundärsystem

- a) Sekundärsystemets anpassning till primärsystemet

Kontrollmätt avstånd mellan primärpunkt och sekundärpunkt får avvika från givet eller beräknat avstånd med högst  $2 \times L$  mm, där L är avståndet i meter.

- b) Punkter i samma sekundärsystem

Kontrollmätt avstånd mellan två sekundärpunkter inom samma sekundärsystem får avvika från givet eller beräknat avstånd med högst  $2 \times L$  mm, där L är avståndet i meter. Om L är mindre än 9 meter får avvikelser dock högst uppgå till 6 mm.

Kontrollmätt vinkel mellan två linjer i samma sekundärsystem får avvika från givet eller beräknad vinkel med högst  $0.15/L$  gon, där L är det kortaste vinkelbetsnets längd uttryckt i meter.

### Detaljssystem

Kontrollmätt avstånd mellan en sekundärpunkt och en detaljpunkt eller mellan två detaljpunkter får avvika från motsvarande föreskrivet avstånd med högst  $K \times L$  mm, där L är det föreskrivna avståndet i meter och K är en konstant enligt nedanstående tabell.

Klass	K	Exempel på användningsområde
1	2	Hus, byggnader, broar o d
2	5	Markarbeten med normala krav. Exempel: Gator, ledningsgravar o d
3	10	Markarbeten utan särskilda noggrannhetskrav, t ex grovschakter, slänter o d

Om L är mindre än 4 m får dock avvikelser uppgå till  $K \times 2$  mm.

### METODER FÖR KONTROLL OCH UTSÄTTNING

De lägesbestämda komponenterna och de markerade och signalerade primär- och sekundärpunkterna ger oss nu allt erforderligt underlag för beräkning av utsättningsdata.

Beroende på tillgången till mätinstrument och datorer, ställda toleranskrav, siktförhållanden på arbetsplatsen osv bör olika mätmetoder tillämpas.

Varje inmätning eller utsättning består av mätning med hjälp av två data av de tre möjliga typerna; bäring, längd eller vinkel. En punkt som skall mätas in eller sättas ut ligger i skärningspunkten mellan de två datatypernas s k geometriska orter. Vid exempelvis en polär mätning kan punkten lägesbestämmas genom beräkning av skärningen mellan en rät linje (bäringens geometriska ort) och en cirkel (längdens geometriska ort).

Eftersom det - enligt ovan - finns tre datatyper (bäring, längd, vinkel) och det går åt två data för en mätning, kan vi tydligen bara mäta på följande sex sätt:

- a) Avskärning = två bäringar
- b) Inbindning = två avstånd
- c) Inskärning = två vinklar
- d) Polär mätning = en bäring, ett avstånd
- e) Sidokärning = en bäring, en vinkel
- f) Skärbindning = ett avstånd, en vinkel

Observera att den redovisade osäkerheten endast avser den rena mätmetoden, alltså osäkerheten i teodolitens vinkelavläsning, i längdmätarens normala funktioner osv. Fel beroende på felaktig centrering, felaktig inriktning mot bakåtojekt, dåligt justerat instrument osv tillkommer.

#### Ortogonal mätning

Den ortogonala mätningen består i princip av två polära mätningar. En polär mätning längs utgångslinjen samt en polär mätning i rät vinkel mot utgångslinjen. Metoden är teoretiskt enkel men visar sig i praktiken ofta både svår, tidsödande och onoggrann.

#### Mätning från fri uppställningsplats

Denna mätmetod har visat sig mycket enkel och snabb att använda, samt ger en mycket hög noggrannhet för alla typer av mätningar.

Mätinstrumentet uppställs helt fritt i närheten av de punkter som skall mätas in eller sättas ut. Instrumentuppställningsplatsen koordinatberäknas genom överbestämd inmätning, vanligtvis överbestämd inskärning (riktningsmätning mot 4 st yttre signaler). Från den på detta sätt beräknade uppställningsplatsen görs sedan exempelvis polär inmätning eller utsättning av punkterna ifråga. Följande skäl talar för lämpligheten av att utnyttja denna mätmetod.

- a) Den fria uppställningsplatsen bestäms genom mätning mot fixerade signaler och inte mot lösa signalkäppar. Små fel i bakåtojekten alltså.

- b) Inmätning av den fria uppställningsplatsen, alltså mätning på de långa avstånden, sker genom ren vinkelmätning. Vinkelmätning är den noggrannaste av mätmetoder.
- c) Det är själva instrumentet man mäter in och lägesbestämmer och alltså inte en punkt nere på marken. Man undviker instrumentets centreringsfel.
- d) Punkten överbestäms. Detta ger både kvalitetskontroll och utjämnad bättre mätkvalitet.
- e) Den avslutande polära utsättningen kan göras inom 30-metersbandets räckvidd. Det är bara inom denna mätlängd som det går att längdmäta riktigt noga.

## DATABANK

### Databehandlad byggutsättning

Det är idag möjligt att genomföra alla beräkningar för byggmätningar med hjälp av datateknik och med byggnadsplatsens samtliga mätpunkter och detaljpunkter lagrade i databank.

Lämpligt är då att lagra följande datafiler i banken.

- En fil för primärpunkter och sekundärpunkter beskrivna med punktnummer samt koordinater i byggnadsplatsens system.
- En eller flera filer för anläggningens alla xy- och ab-punkter beskrivna med punktbezeichnung, koordinater och eventuell s-axelbäring (-riktning). För filer med ab-punkter föregås förteckningen av ab-systemens transformationskonstanter.
- Eventuell fil med beskrivning av de komponentmodeller för vilka utgångspunkter har lagrats. Data består av komponentmodellbezeichnung samt s- och t-koordinater för modellens detaljpunkter.



## SVENSK STANDARD FÖR BYGGMÄTNING

SIS 02 11 01	1	Byggmätning. Terminologi. (N) <i>Measurement in building. Terminology.</i>	1977-04-15
SIS 02 11 02	1	Måttbestämning av byggvaror. Generella metoder. (K) <i>Measurement of building products. General methods.</i>	1977-04-15
SIS 02 11 70	1	Måttkontroll på byggsplatsen. (F) <i>Checking building site measurements.</i>	1976-09-15
SIS 02 12 10	1	Byggmätning. Fixpunkter. (G) <i>Building constructions. Surveying. Control points, bench marks.</i>	1977-09-15
SS 02 12 11	1	Byggmätning. Signalkäppar. (D) <i>Building construction - Surveying - Range rods.</i>	1979-09-15
SIS 02 12 51	1	Utsättning och inmätning. Terminologi. (D) <i>Setting out and measuring. Terminology.</i>	1973-05-20
SIS 02 12 52	1	Utsättning och inmätning. Inmätning av primärpunkter i plan. (D) <i>Setting out and measuring. Measuring primary points on plane.</i>	1973-05-20
SIS 02 12 53	1	Utsättning och inmätning. Utsättning eller inmätning av sekundärpunkter i plan. (C) <i>Setting out and measuring. Setting out or measuring secondary points on plane.</i>	1973-05-20
SIS 02 12 54	1	Utsättning och inmätning. Utsättning av detaljpunkter i plan. (C) <i>Setting out detail points on plane.</i>	1973-05-20
SIS 02 12 55	1	Utsättning och inmätning. Primär-, sekundär- och detaljpunkter i höjd. (C) <i>Measuring and setting out, primary secondary and detail points on level.</i>	1973-05-20
SIS 05 02 11	1	Byggtoleranser. Toleransvidder. (C) <i>Tolerances for building. Series of tolerance widths.</i>	1971-05-15
SIS 05 02 12	1	Byggtoleranser. Toleranssystem. (K) <i>Tolerances for building. Tolerance system.</i>	1974-05-15
SIS 05 02 15 E	1	Byggtoleranser. Terminologi. (J) <i>Tolerances for building. Terminology.</i>	1974-05-15
SIS 64 11 01	1	Toleranser för längdmätdon. (D) <i>Tolerances for distance measuring instruments.</i>	1976-09-15
SS 64 11 12	2	Mätband av stål, 10-100 meter. (G) <i>Steel measuring tapes, 10-100 m.</i>	1979-02-15
SIS 64 11 13	1	Mätband av stål, 1-5 meter. (E) <i>Steel measuring tapes, 1-5 m.</i>	1973-03-31
SS 64 11 14	2	Byggmätning - Mätstockar 0,5 - 3 meter. (E) <i>Measurement in building - Folding rules 0,5 - 3 metres.</i>	1980-01-01
SIS 64 11 15	1	Polygonmätband, 50 och 100 m. (E) <i>Steel tapes for traversing, 50 and 100 m.</i>	1975-11-15
SS 64 11 20	2	Rätvinkelhakar. (D) <i>Carpenters' squares.</i>	1981-04-01
SS 64 11 21	1	Byggmätning - Linjalvattenpass, 0,3 - 2 meter. (F) <i>Measurement in building - Ruler with spirit level vial, 0,3 - 2 metres.</i>	1980-01-01
SIS 64 12 10	1	Geodetiska kikarinstrument. Bestämning av geometriska egenskaper hos kikare. (F) <i>Geodetic telescope instruments. Determination of geometrical qualities of the telescope.</i>	1973-06-30
SIS 64 12 11	1	Geodetiska kikarinstrument. Avvägningsinstrument. Provning av funktion och mätnoggrannhet. (L) <i>Geodetic telescope instruments. Levels. Testing of function and accuracy.</i>	1973-06-30
SS 64 12 12	1	Geodetiska kikarinstrument. Stativ. (F) <i>Geodetic telescope instruments - Tripods.</i>	1979-02-15
SIS 64 12 15	1	Rörlibeller. (E) <i>Cylindrical level vials.</i>	1977-11-15
SS 64 12 16	1	Doslibeller. (E) <i>Circular level vials.</i>	1978-02-15
SIS 64 12 55	2	Avvägningsstänger 0,5 - 4 m. (E) <i>Levelling rods 0,5 - 4 m.</i>	1975-04-15
SIS 64 12 60	1	Avvägningsstänger. Bestämning av längd, glapp och graderingsnoggrannhet. (H) <i>Levelling rods. Determination of length, play and graduation accuracy.</i>	1975-07-01
SS 02 12 12	1	Byggmätning - Mätpunkt på vägg - Fixplatta och konsol. (D) <i>Building survey - Permanent point on wall - Plate and bracket.</i>	1981-04-01



BYGGKONTROLL - INSTRUMENT OCH HJÄLPMEDEL

## DEL 3 - Kåre Bågevik

## MÄTMETODER FÖR MÄTNING AV RÖRELSER I HUS OCH MARK

<u>Innehåll:</u>	<u>Sid</u>
Allmänt.....	202
Horisontalrörelsemätning av jordförelser ....	203
Sättningsmätningar .....	208
Lutningsändringsmätning i byggnader och jord .....	211
Aktivitetsförändringar i byggnader och jord .....	213
Mätning av rörelser i byggnader .....	215

ALLMÄNT

Kontrollanordningars användande har blivit en accepterad realitet vid arbete i jord och berg. Däremot har kontrollanordningarnas användande i byggnader varit av liten omfattning. Det är först på senare tid som instrumentanvändningen i byggnader ökat. Denna ökning är lokaliserad framförallt till de mer exploaterade Stockholms- och Göteborgsregionerna, där man på grund av bristen på bra byggmark även bebyggt lerområden där i många fall allvarliga skador inträffat.

Andra skadefaktorer än t ex grundvattensänkningar som kan kräva kontroller och kontrollsystem är otillräcklig stabilitet, uppfyllnader, grundläggning på dåligt packad fyllning eller annan bristfällig grundläggning. Instrumenten (kontrollanordningarna) som kommer till användning är uppdelade i två klasser beroende på hur komplicerat mätningen och/eller handhavandet är. Första gruppen kan väl sägas vara den som kan appliceras och mätas av personal som inte är specialutbildad. Andra gruppen är specialundersökningar som fordrar specialutbildad personal både för upprättandet av kontrollanordningen och sedan även för mätningen. I denna grupp inräknas även laboratoriekontroller och undersökningar även om icke specialutbildad personal på fältet utför själva provtagningen.

I de följande styckena kommer jag att räkna upp ett flertal kontrollanordningar, vilka kan användas till att mäta olika parametrar i hus och jord.

I denna uppställning kommer det att finnas enkla kontrollanordningar samt de som fordrar specialutbildad personal och har sofistikerad instrumentutrustning.

## HORISONTALRÖRELSEMÄTNING AV JORDFÖRELSE

Horisontalrörelsemätning i och på jord är särskilt betydelsefullt vid grund- och markarbeten, t ex vid schakter - vid sättningskänsliga och skredbenägna områden - i byggnader där ensidiga uppfyllnader orsakar rörelser, kombinerade med vertikalsättningar.

Värdet av mätningar ökar om de horisontella rörelserna är mätta på olika djup under markytan samt på markytan. Horisontalrörelsemätningar förekommer inte bara i samband med nybyggnationer utan även i äldre bebyggelseområden där mark- och grundförhållandena är sådana att horisontalrörelser uppkommit.

### RÖRELSEMÄTNING MED METALLTRÅD/BAND ELLER STÅNG

De vanligaste mätningarna med stålmåttband ger en noggrannhet av ca 5 mm på 30 m. När korrektioner för bandsjunkning, sträckning, temperatur och marklutning är utförda kan man nå en noggrannhet på ca +/- 1 mm/30 m.

Vid mätning av horisontalrörelser med band, bör referenspunkten som mätningen utgår från, vara belägen utanför det förmodade rörelseområdet. Ett annat användningsområde för stål- eller invarband är att höja noggrannheten genom anslutning av extensiometer med mätklocka och fästa stationära band- och instrumenthållare i de objekt som skall mätas.

Ett exempel på mätning med stålstång finns i de mätningar som utförts i Gamla Stan, Stockholm, med längd ca 62 m och försedd med 14 mätpunkter.

Ett exempel på precisionsinstrument för distansmätning med invarwires är Distometer ISETH. Instrument registrerar längdvariationer med hjälp av invarwires. Längden på wiren kan varieras mellan 1 - 50 m.

Mätnoggrannheten är +/- 0.02 mm vid mätsträckor upp till 20 m. Över 20 m är mätnoggrannheten +/-  $1 \times 10^{-6}$  x använd wirenlängd. Instrumentet används bl a av KTH, Stockholm, och LKAB, Kiruna.

### RÖRELSEMÄTNING MED TEODOLIT

Ytmätning av horisontella jordrörelser kan utföras genom triangelmätningar med teodolit med en noggrannhet av +/- 0.4 mm på en 100 m siktsträcka.

Tillförlitligheten i mätningen beror bl a på triangelstågets utformning, stabiliteten hos de fasta punkterna samt noggrannheten i instrumentuppställning och avläsning. Det är ofta svårt att etablera fasta referenspunkter på grund av rörelser i den omgivande marken.

Vid korta bas- och referenslinjer (längd ca 30 m) kan rörelser i byggnader registreras med en noggrannhet av  $\pm 0.6$  mm i vertikalplanet.

I samband med rörelsemätningar i Gamla Stan, Stockholm, har vinkelmätning med precisionsteodolit, typ DKM 3, utförts mot Skeppsbro-kvarteren.

Vid dessa mätningar eftersträvades ett medelfel understigande 1 mm. Enligt uppgift är ett medelfel av 0.15 mgon i vinkel att vänta av van mätningpersonal under normala förhållanden. 0.15 mgon motsvarar 1.2 mm på 500 m avstånd.

De utrustningar som uppräknats under 2.1 och 2.2 kan användas av personal som är stationerade på en viss arbetsplats. De mätutrustningar som följer fordrar utbildad personal för upprättandet och mätning.

#### ELEKTRO-OPTISKA AVSTÅNDSMÄTNINGSINSTRUMENT

Elektro-optiska avståndsinstrument används framförallt för att mäta långa avstånd över terrängavsnitt, exempelvis vatten och kuperad terräng. Som ett exempel på de elektro-optiska instrumenten kan nämnas Mekometer 3000.

Mekometer 3000 har bl a använts vid rörelsemätningar i Gamla Stan i Stockholm. Instrumenten uppställdes på en fast punkt på Skeppsholmen och riktades mot mätprismor uppsatta på byggnader vid Skeppsbron.

De första Mekometermätningarna utfördes i november 1975, senare har mätningarna genomförts halvårsvis. Mätningarna under det första året visade att rörelser förekommit i samtliga punkter. För att skapa noggrannhet vid mätningar krävs att;

- atmosfärskillnader längs mätsträckan uppmäts (svårt)
- längdmätningbas med = mätsträckan och av hög klass, kan ordnad
- frekvenskalibrering av instrument utförs i samband med mätningarna
- prismornas läge från mättillfälle till mättillfälle inte får rubbas.

#### LASERAVSTÅNDSINSTRUMENT

Utvecklingen av laseravståndsinstrument ligger framför allt vid mätning av kortare sträckor. Eftersom laserljuset sänds ut med liten spridning (100 m/2-5 mm) kan instrumentet förutom till längdmätning användas för

vinkelmätningar eller att ange horisontella plan.

Ett laserinstrument som bl a lantmåteriverket använder är Geodimeter 8 som har en mätnoggrannhet (efter korrektioner) på +/- 8 mm. Forskningens framtida inriktning torde framför allt vara utveckling av laserinstrument för de kortare mätsträckorna (korthållsinstrument).

#### INKLINOMETER

Inklinometrar används för rörelsemätning vid schakter eller uppfyllnader (vägbankar) samt i skredfarliga områden. Inklinometrarna består i huvudsak av en pendel med olika typer av givaranordningar inneslutna i ett vattentätt hölje.

Inklinometern sänks ned i vertikala plaströr som förts ned till fast botten. På i förväg bestämda nivåer avläser man rörets lutning och eventuella förändringar som skett mellan mättillfällena. Avläsningarna utförs i två riktningar, vinkelrätt belägna från varandra. Jordrörelser kan således registreras på varierande nivåer i jordskiktet.

Flera faktorer påverkar resultatet från inklinometermätningarna:

- Brister i kalibrering
- Instrumentet intar olika höjdlägen vid mättillfällena
- Glapp i stångsystem (långtidseffekt)
- Känslighet för temperaturskillnader och fukt
- Marksättningar orsakar deformation av mätröret.

Det finns många olika typer av inklinometrar med varierande utförande av givarenheterna. Ett urval av inklinometermodeller är följande:

	Mätnoggrannhet
1. Trådtöjningsgivare	+ 6 mm/20 m
2. Wheatstone bryggtyper	25 mm/ 3 m
3. Vibrerande sträng	7 mm/ 6 m
4. Servoaccelerometrar	6 mm/30 m
5. Fotografisk inklinometer	+25 mm/25 m

Utveckling av nya metoder och instrument pågår bl a på KTH i Stockholm.

I Sverige är det främst SGI som utför inklinometermätningar men även KTH i Stockholm har den möjligheten. Den inklinometertyp SGI och KTH använder är av typen trådtöjningsgivare.

## GEOSOND

Ett instrument som från början användes vid bergtek-niska mätningar (horisontella borrhål) har funnit ett annat användningsområde i Gamla Stan i Stockholm. Geo-sonden, som detta instrument kallas, har använts som komplement till de mätningar som utförs med inklino-meter, typ SGI. Rörets formförändring mäts här med en sond som nedförs i röret och som består av två diame-tralt förlagda metallstänger. Rörelser registreras som längdskillnad mellan stängerna och avläses med mät-klocka. Nackdelen med metoden är:

- Stor diameter (90 mm) på mätröret.
- Förslitning i stångsystem, vilket gör att långtidsfel kan uppträda
- Otyplig vid mätning av långa rör.

## Slangtöjningsmätare (pipestrainmeter)

Instrumentet består av ett flertal trådtöjningsgivare, vilka är parvis monterade på en PVC-slang. Slangen nedförs i ett borrhål och varje trådtöjningsgivare är ansluten till apparatur på markytan. Töjning på de olika nivåerna orsakade av horisontalrörelser regi-streras med hjälp av en mätbrygga.

Trådtöjningsgivarna är limmade parvis symmetriskt och axiellt på slangen, så att kopplingen av töjningsgi-varna blir temperaturkompenserad. Töjningsgivarna för-ses med fuktisolering mot inträngande grundvatten.

Töjning eller krympning hos töjningsgivarna indikerar deformation av slangen och är uttryckt som en varia-tion av det elektriska motståndet. Dessa variationer avläses med hjälp av mätbryggan. Nackdelen med denna typ av mätning är att 0-punktsdriften hos töjnings-givarna kan förvränga resultaten vid långtidsmätning-ar.

## RÖRELSEMÄTNING GENOM STEREOFOTOGRAFERING

Konventionella rörelsemätningar som t ex nivåmätning, horisontal- och vertikalrörelsemätning ger i många fall fullt nöjaktiga resultat, men har även flera nackdelar.

Svårigheterna vid konventionell mätning är störst när man har ett stort antal mätpunkter eller att ytan är kraftigt lutande eller otillgänglig.

Stereofotografering (stereomätningsteknik) som används inom många vetenskapsområden erbjuder här vissa förde-lar, men har ej ännu använts i någon större omfattning inom det geotekniska området.

I samband med presentation av mätdata har en ny metod som ligger på datorbearbetning av mätresultaten tagits fram. Fördelarna med denna mätmetod är framför allt att:

- Stereotekniken kan användas - med bra resultat av ingenjörer eller tekniker med några få timmars utbildning och träning i fotogrammetri.
- Mätningar av ett stort antal mätpunkter kan göras på en gång.
- Fotograferingen även kan användas i dokumentations-syfte.

Det som begränsar metodens tillförlitlighet är att finna fasta uppställningspunkter som ej ändrar läge mellan mättillfällena.



## SÄTTNINGSMÄTNINGAR

### PRECISIONSSÄTTNINGSMÄTNING

Precisionssättningsmätning av byggnader utförs vanligt med två metoder:

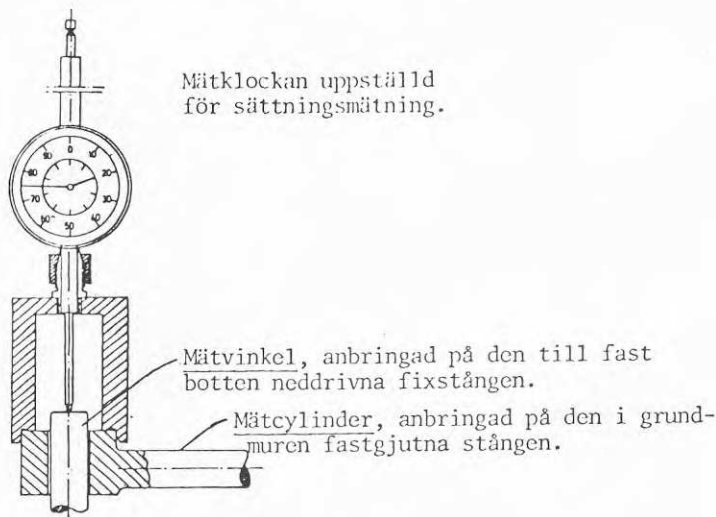
- a) Precisionsavvägningsinstrument
- b) Indikatorclocka

Precisionsavvägningar utförs mot rostfria dubbar, som anbringas dels vid byggnadernas socklar, dels som yt-avvägningsspunkter på mark, gata e d. Noggrannheten vid dessa mätningar ligger mellan  $+1 - 0.5$  mm.

Atmosfärbetingelser såsom omväxlande soligt och molnigt väder samt blåst inverkar på mätresultaten. Mycket beror även på personen som avläser instrumentet.

Sättningsmätning med indikatorclocka, se FIGUR nedan, utförs genom direkt mätning av sättningsarna via en till fast botten driven asfalterad stålstång och på mätobjektet fastsatt mätpunkt. Metoden ger snabb information om sättningsförloppet och har stor precision. I sammanhang med tidsbrist och då mätperioderna blir korta har indikatorclockan stora fördelar.

I områden, där horisontala jordrörelser kan förekomma, bör indikatorclockan ej användas under längre mätperioder. Korrektioner måste utföras för temperatur-effekter enligt tabeller.



### PRECISIONSSÄTTNINGSMÄTARE MÄTDON

## SLANGSÄTTNINGSMÄTARE - BERGDAHL/BORROS

Ett annat instrument som kan nämnas är SGI:s slang-sättningsmätare, som framför allt används för att mäta sättningar under t ex vägbankar eller andra uppfyllnader. I korta drag fungerar mätaren enligt följande:

En flexibel slang placeras på marken eller i en grund urgrävning innan fyllningen utläggs. Den vertikala sättningen av denna stationära slang mäts sedan i förhållande till en referenspunkt med hjälp av en luftfylld ballong. Korrektioner för temperatur och lufttryck måste utföras.

## BÄLGSÄTTNINGSMÄTARE, TYP WAGER, SGI

Metoden avser att mäta vertikalarörelser i jord med hjälp av en i jorden nedförd bälgslang. Metoden baseras på att bälgslangen, som är elastisk, genom vidhäftningen mot jorden följer dennas rörelser. Slangen är invändigt försedd med ett antal mässingshylsor fördelade på visst avstånd från varandra. Med hjälp av ett måttband med fastsatt kontaktorgan kan mässingshylsorna lokaliseras och avståndet mellan dem mätas. Bälgsättningsmätaren har en mätnoggrannhet av + 2 mm.

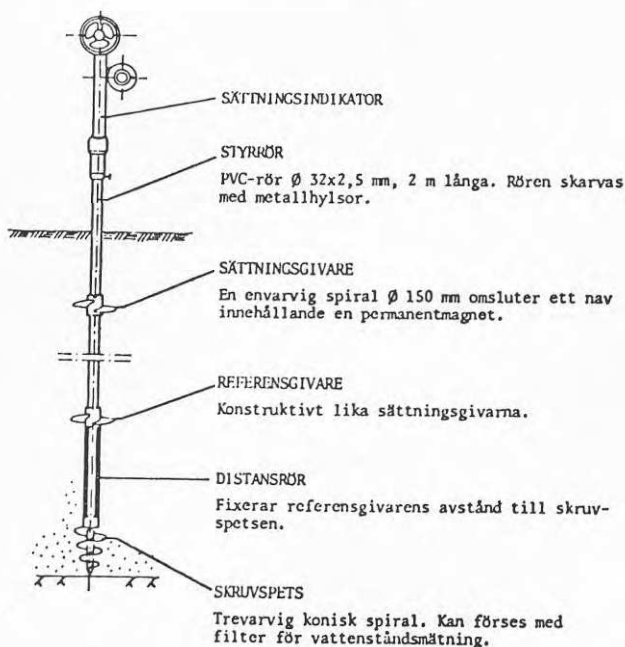
Vid stora jordrörelser kan slangen bli så deformerad att mätdonet ej kommer ned. CTH i Göteborg har vidareutvecklat denna typ av sättningsmätare.

## SÄTTNINGSMÄTARE, TYP KENT ALLARD, KTH

Sättningsmätarens utförande enligt FIGUR nedan.

Mätningen tillgår på följande sätt:

Indikatorerna ansluts till styrrörstoppen. Känselkroppen säks ned till referensgivarens nivå. Då signal erhålls från summern avläses måttbandet. Känselkroppen hissar upp och de övriga givarnas lägen avläses på samma sätt. Sättningsgivarnas lägen i förhållande till referensgivaren kan därmed fastställas. Vid jämförelse med efterföljande mätningar kan storleken av eventuell sättning beräknas. Sättningsindikatorn har bl a använts vid kalkpelarförsök i Huddinge samt forskningsuppdrag i Enskede. Ett smalare mätdon (inklinometer) är under utveckling på KTH för att kunna användas i styrröret. Styrröret kan även förses med filterspets och användas som grundvattenrör.



SÄTTNINGSMÄTARE TYP KENT ALLARD (KTH)

LUTNINGSÄNDRINGSMÄTNING I BYGGNADER OCH JORD

## LUTNINGSÄNDRINGSMÄTARE, TYP KENT ALLARD, KTH

Mätaren består i korta drag av följande enheter:

I ett rektangulärt aluminiumrör är en 500 mm lång pendel upphängd. En detektor för att avkänna pendelns position i svängplanet är monterad under pendeln och manövreras med en mikrometerskruv. När detektorn befinner sig mitt under pendeln, erhålls en signal från en summer.

Lutningen hos mätobjektet får ej överstiga +25 mm/m som är lutningsindikatorns mätområde.

Mätnoggrannheten styrs av den monterade mikrometerskruven. Varje delstreck på mikrometerskalan motsvarar en lutningsförändring på 0.02 mm/m. Appliceringen av mätaren kan både vara stationär (t ex rasvarnare i byggnader, spont) eller mobil för att följa upp förändringar i ett stort antal punkter. Lutningsindikatorn anbringas med magnetfäste på mätobjektet. Vid omagnetiska mätobjekt limmas 2 brickor fast på mätobjektet. Brickorna skall vara behandlade så att de inte rostar.

## KONTAKTPENDEL TYP SGI

Kontaktpendeln har utvecklats med tanke på långtidsmätningar i jord. Pendeln är upphängd i kullager och intar ett vertikalt läge. En mikrometerskruv kan vridas med hjälp av en tunn axel och kugghjul. När skruven vidrör en elektrisk kontakt på pendeln, sluts strömkretsen och en signal ljuder vid markytan. Själva kontaktpendeln är fylld med olja för att förhindra korrosion och för att dämpa pendelns rörelse.

Utöver kontaktpendelns normala användningsområde att mäta lutningsförändring kan instrumentet användas för att automatiskt ge larm vid accelererande (ökande) jordrörelser. Inställning av kontaktpendeln sker genom att pendelns kontaktgap förhandsinställs på ett givet värde. Vid tidpunkt då lutningen når motsvarande värde sluts kretsen och signalen ljuder.

Om jorden i en sluttning kryper med en viss hastighet, kan kontakten förhandsinställas i avsikt att täcka rörelser under en viss period. Om jordrörelserna accelererar, ljuder signalen innan den förmodade tidsperioden är slut.

En precisionspendel är framtagen som har en känslighet av ca  $0.002^{\circ}$  vid mätområdet  $0-1^{\circ}$ .

## LUTNINGSÄNDRINGSGIVARE (KANADA)

I Kanada finns utvecklat ett skredvarningssystem, där givarenheten består av libeller orienterade i tre riktningar. Libellerna genomlyses och fotoceller reagerar när bubblan flyttat sig tillräckligt långt. Utslag erhålls för en lutningsändring av 1° (känsligheten kan varieras). Fotocellerna ger sedan impuls till en ljudgivare.

I stället för libeller kan med fördel kvicksilverströmbrytare användas, vilka är både billigare och tillförlitligare.

## SKREDVARNINGSSYSTEM I JORD

För att komplettera det som tidigare skrivits om lutningsändringsmätare som skredvarnare kan här nämnas två andra system för skredvarning.

En skjuvyta (glidyta) i lera kan lokaliserar med en sk shear-stripindikator, som i princip består av en rad med elektriska motstånd som är parallellkopplade. Motstånden, som är skilda 15 cm från varandra, är monterade på en bakelitremsa. Remsan placeras i ett borrhål, som sedan injekteras. Den elektriska kretsen bryts då skjuvrörelsen överstiger 1 - 3 mm. Nivån för glidytan kan sedan mätas med hjälp av de kvarvarande motstånden.

Skredvarningssystem har installerats i Göta Älv-dalen av Statens Järnvägar och SGI. Varningssystemet är uppbyggt av en tunn wire med brottgräns av max 0.5 kN, vilken är placerad i ett zigzag-mönster på ett djup av 1.0 m. Järnvägstrafiken stoppas automatiskt vid brott på wiren.

## AKTIVITETSFÖRÄNDRINGAR I BYGGNADER OCH JORD

### PORTRYCKSMÄTNING SOM INDIKATOR PÅ AKTIVITETSFÖRÄNDRING I JORD

Långtidsstabilitet hos en sluttning i lera beror till stor del på por- och sprickvattentryck som uppkommer längs med potentiella glidytor.

Vid mätning i impermeabel jord som lera fordras s k slutna mätsystem för att tidsfördröjningen vid mätningen skall bli av acceptabel storlek. På marknaden finns ett flertal mätsystem, som grovt kan indelas i följande grupper:

- a) Slutna hydrauliska mätsystem
- b) Pneumatiska mätsystem
- c) Elektriska mätsystem

De olika mätsystemen har sinsemellan fördelar som nackdelar. Till exempel kan man med de hydrauliska mätsystemen på grund av kavitation ej mäta lägre trycknivåer än ca 7 m under markytan.

Fördelar med de pneumatiska mätsystemen är att mätutrustningen är relativt oöm samtidigt som mätsystemet lämpar sig för fjärravläsning. En nackdel med de flesta pneumatiska systemen är att tryckavläsningen fordrar en viss volymändring som medför en störning av portrycket, vilken kräver en kortare eller längre tid för att utjämnas.

En fördel med de elektriska systemen är att mätvärdena kan erhållas med mycket liten tidsfördröjning. Dock har de elektriska systemen nackdelar såsom nollpunktsdrift m m, vilket kan komplicera användningen.

#### Långtidseffekter

- nollpunktsförskjutning till följd av krypdeformationer i tryckmembran
- korrosion av metalliska delar, åtföljd av gasbildning
- igensättning av filter, t ex genom korrosion

I allmänhet kan man säga att den vanligaste felkällan är förekomst av gas i mätsystemet. Det är därför viktigt att man från början tillser att mätsystemet är mättat med avluftat vatten. Man skall också i möjligaste mån undvika att använda någon metall i portrycksspets och filter för att förebygga möjligheten att gaser bildas på elektrolytisk väg.

Vad gäller problemet med nollpunktsförskjutning i tryckgivarna har tillverkarna försökt komma tillrätta med detta genom att förse spetsarna (svängande sträng)

med en anordning som möjliggör kalibrering av tryckgivaren in situ. Vid ett av mätsystemen elimineras automatiskt inverkan av en eventuell nollpunktsförskjutning i mätsystemet.

LJUDMÄTNING (KNÄPPMÄTNING) I BYGGNADER SOM  
INDIKATOR PÅ ACCELERERANDE RÖRELSER  
(AKTIVITETSFÖRÄNDRING)

Ljudmätning eller knäppmätning har använts i många år inom bergtekniken för att få en varning innan ett ras utlöses. Metoden har veterligen ej tidigare applicerats i byggnader, där rörelser eller rasrisk föreligger.

Metoden bygger på avlyssning av aktiviteten (knäpp) i berget med hjälp av mikrofoner. Vid tidpunkten strax före ett ras ökar aktiviteten (knäppningarna) i berget för att omedelbart före raset avta. Om det är möjligt att använda denna metod i skadade byggnader, där rörelser eller rasrisk föreligger, är obekant. Praktiska försök med metoden är ej kända. Metodens användbarhet bör undersökas och eventuellt utvecklas för mätning i rashotade byggnader.



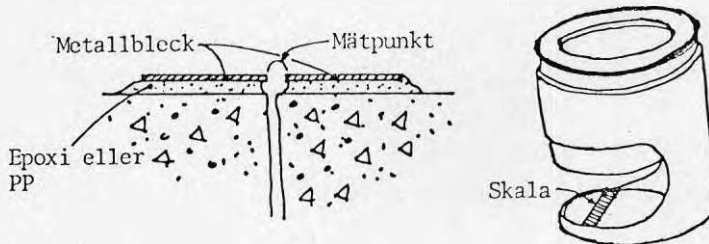
## MÄTNING AV RÖRELSER I BYGGNADER

### GIPSKLACKAR

Kontrollen över sprickrörelser brukar vanligen ske med hjälp av övergipsning av sprickor. Den fortsatta sprickrörelsen studeras därefter med sprickviddsmallar och sprickmikroskop. Metoden är enkel. Nackdelen är att gipset ibland lossnar på ena eller båda sidorna om sprickan. Erfarenhetsmässigt är metoden användbar vid större rörelser i en bestämd riktning.

### SPRICKLUPP ELLER SPRICKMIKROSKOP

Detta instrument används för att mäta uppsprickningar i gipsklackar, ofta anbringas metallbleck på vardera sidan om sprickan för att skapa en väl definierad mät-punkt och därmed större mätnoggrannhet.

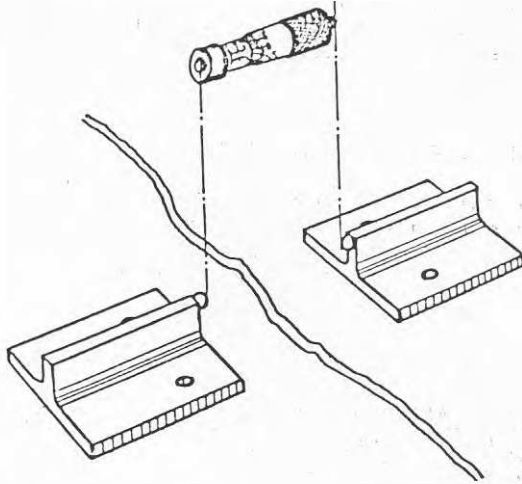


### SPRICKMÄTNINGSPUNKT MED ENKEL SPRICKLUPP

De mera avancerade sprickmikroskoperna, som ofta används vid laboratorieförsök, har inbyggd belysning samt möjlighet att ändra förstoring.

## MIKROMETERSKRUV

Med mikrometerskruv kan sprickrörelser i storleksordningen  $1/100$  mm avläsas. Mätanordning enligt FIGUR nedan. Skjutmått kan även användas. Metoden har bl a använts vid kontroller i samband med restaurering av Uppsala domkyrka.

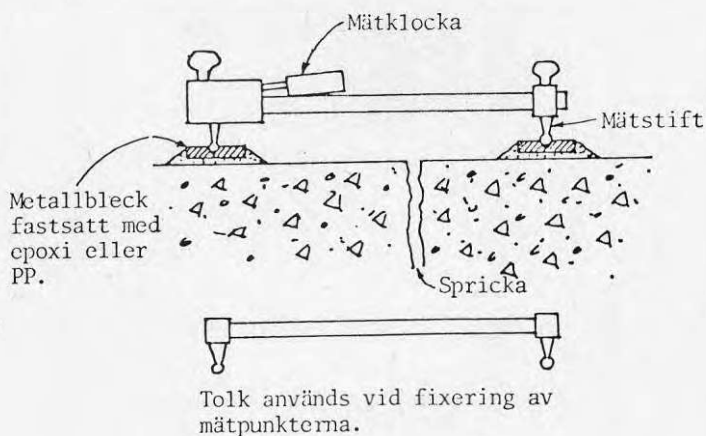


MÄTANORDNING FÖR RÖRELSEMÄTNING MED MIKROMETERSKRUV

## EXTENSIOMETER

Extensiometern består av en arm försedd med mätstift i vardera änden. Det ena stiftet är rörligt och är över en utväxling kopplad till en mätklocka. Avståndet mellan mätstiften kan variera mellan 10-50 cm. Kalibreringen av extensiometern utförs med hjälp av en invarstång med känd referenslängd. Mätpunkterna på det objekt som skall sprickmätas förses med fastlimmade metallblock. I vardera plattan är borrarat ett koniskt hål för att passa extensiometerns cirkulära mätstift, se FIGUR nedan. Korrektioner för temperatureffekter måste utföras.

Den avbildade extensiometern används i bl a kontrollsystemet för Huddinge centrum söder om Stockholm.



## EXEMPEL PÅ EN EXTENSIOMETER



## Del 4 - Kåre Bågevik

## GEOTEKNISKA MÄTNINGAR

<u>Innehåll:</u>	<u>Sid</u>
Inledning .....	220
Kapillaritet .....	221
Permeabilitet .....	226
Packningskontroll .....	229
Litteratur .....	240

## INLEDNING

I brukarledet, dvs i första hand bland praktiskt verk-samma byggkontrollanter och arbetsledare är behovet av information och utbildning beträffande mätmetoder och mätinstrument stort.

Detta kompendium är avsett att vara en översiktlig be-skrivning av mätmetoder och hjälpmedel, dels sådana som kan användas av kontrollanter och arbetsledare på byggplatser, dels mera komplicerade metoder som finns på olika håll hos institutionerna och konsulter.

Avsikten med undersökningen är att bestämma de egen-skaper hos jordmaterialen som kan vara av betydelse med hänsyn till konstruktionens utformning och arbe-tets utförande. Eftersom resultaten skall ligga till grund för såväl planerings- och konstruktionsarbeten som även vid valet av lämplig arbetsmetod, bör erforderliga undersökningar göras på ett tidigt stadium.

Jordarternas egenskaper bestäms av en rad betydelse-fulla faktorer; kornfördelning, lerhalt, packnings-grad, vattenhalten och lufthalten. Eftersom dessa fak-torer vanligen varierar från fall till fall, kan de erforderliga undersökningarna, även när det gäller likartade objekt, bli mycket omfattande. Man bör vara medveten om att trots all noggrannhet är det praktiskt taget omöjligt att få full kännedom om de verkliga förhållandena.

Packningskontroll är kanske det viktigaste området där både enklare fältutrustning och komplicerade laborato-rietrustningar används. Den personal som utför kon-trollerna måste också vara kvalificerad och inte minst motiverad för utförandet av kontrollen.

Här kan man främst då nämna byggandet av jorddammar, där undersökningar och kontroller är synnerligen vik-tiga, inte endast under byggnadsskedet utan även under låg tid efter färdigställandet. Den historiska utveck-ling inom dammbyggnadskonsten har alltför tydligt vi-sat att brister i detta avseende kan medföra allvar-liga konsekvenser.

KAPILLARITET

## DEFINITIONER

Med kapillaritet avses den egenskap som medför att vatten i kapillärrör eller i poröst jordskelett genom inverkan av ytspänningen kan stiga eller hållas kvar ovanför en angränsande fri vattenyta eller grundvattenyta, dvs ovanför den nivå där vattentrycket är lika med atmosfärtrycket.

Kapillärhöjd är ett mått på kapillariteten och avser skillnaden mellan nivån för en fri vattenyta eller grundvattenyta och den nivå till vilken vatten kapillärt stiger, eller där det hålls kvar och som står i kapillär förbindelse med fritt vatten eller grundvatten. Istället för kapillär höjd används ofta uttrycket kapillaritet.

I jord förekommer fyra olika kapillära höjder, nämligen:

Övre kapillär höjd vid stigning

motsvarar den högsta nivå till vilken vatten kapillärt kan stiga vid stigande kapillär gräns vatten/luft.

Undre kapillär höjd vid stigning

motsvarar den högsta nivå som vid stigande kapillär gräns vatten/luft har maximal vattenmättningsgrad.

Övre kapillär höjd vid dränering

motsvarar den högsta nivå som vid sjunkande kapillär gräns vatten/luft står i förbindelse med en fri vattenyta eller grundvattenyta.

Undre kapillär höjd vid dränering

motsvarar den högsta nivå som vid sjunkande kapillär gräns vatten/luft har maximal vattenmättningsgrad.

## FAKTORER SOM INVERKAR PÅ KAPILLARITETEN

Skiktning:

I jordlager som innehåller skikt med olika kapillär höjd kan stor skillnad råda mellan jordlagrets kapillära höjd vid stigning och dränering. Vid stigande grundvattennivå bestäms den kapillära av skikten med den minsta kapillärhöjden, medan vid en sjunkande grundvattennivå den kapillära höjden bestäms av skikten med den största kapillära höjden.

Kornstorlek:

I motsats till permeabiliteten ökar kapillära stighöjden med minskad kornstorlek, TABELL nästa sida.



ÖVERSLAGSVÄRDEN PÅ DEN UNDRE KAPILLÄRA  
HÖJDEN VID DRÄNERING FÖR OLIKA JORDARTER.

Jordart	Kapillär höjd, m	
	Lös lagring	Fast lagring
Grovsand	0,03 - 0,12	0,04 - 0,15
Mellansand	0,10 - 0,35	0,12 - 0,50
Finsand	0,3 - 2,0	0,4 - 3,5
Grovsilt	1,5 - 5	2,5 - 8
Mellansilt- finsand	4 - 10	6 - 12
Lera	> 8	> 10

Packningsgrad eller lagringstäthet:

Kapillariteten ökar i motsats till permeabiliteten när packningsgraden eller lagringstätheten ökar, dvs när portalet minskar.

Som exempel kan nämnas att en minskning av portalet för sand från 0,8 till 0,4 medför en fördubbling av den kapillära höjden. Kapillariteten bestäms vanligen för att tjäna som underlag vid klassificering av jord. På grund av packningsgradens eller lagringstäthetens stora inverkan på kapillariteten är det av vikt att jorden packas på något fastställt sätt.

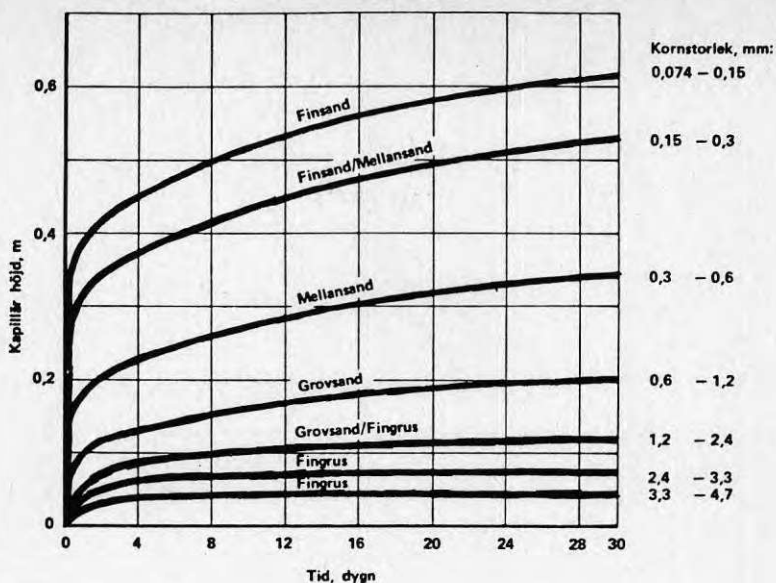
Temperatur:

Temperaturen inverkar på såväl vätskans densitet som dess ytspänning.

Ytspänningen minskar sålunda med ökad temperatur, varför också den kapillära höjden minskar när temperaturen ökar. Man brukar i allmänhet inte ta hänsyn till inverkan av temperaturen.

Tid:

Vid bestämning av den kapillära höjden vid stigning har tidsfaktorn stor inverkan (FIGUR nästa sida). Utförda observationer av vattnets kapillära stigning i en jordpelare i kontakt med fritt vatten visar att det kan ta avsevärd tid (flera veckor eller månader) innan ett stationärt tillstånd uppnås.



ÖVRE KAPILLÄR HÖJD VID STIGNING SOM FUNKTION AV TIDEN FÖR OLIKA JORDFRAKTIONER

#### METODER ATT BESTÄMMA KAPILLÄR STIGHÖJD

Den övre kapillära höjden vid stigning för grovkornig jord kan bestämmas med försök i rörkapillarimeter. Man mäter då den maximala höjd till vilken vatten kapillärt stiger i en från början torr jordpelare.

Kapillariteten kan även bestämmas indirekt genom beräkning med någon lämplig formel och med kännedom om t ex kornfördelning och portal.

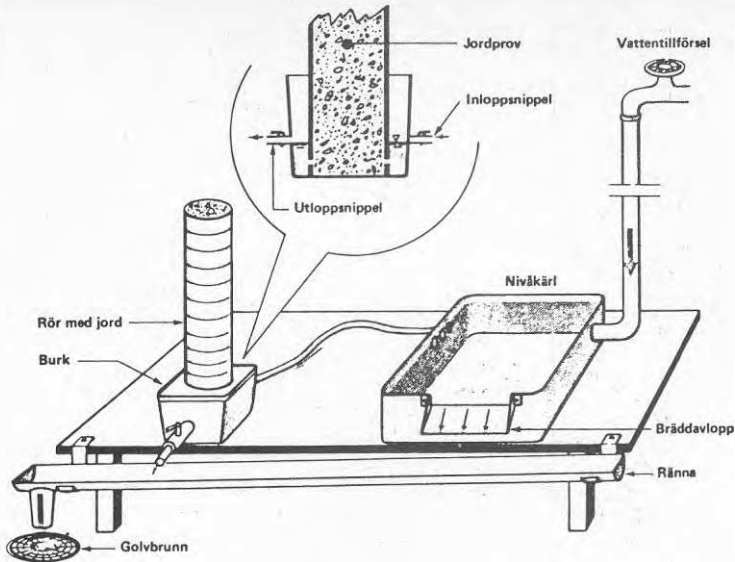
#### Utrustning för bestämning av kapillär stighöjd

##### Rörkapillarimeter:

Rörkapillarimeter (FIGUR nästa sida) med vattenhaltsbestämning används för att bestämma den övre eller undre kapillära höjden vid stigning för grus och sand, bl a för jord till dränerande och kapillärbrytande lager under golv. Bestämning utförs i fuktig luft (t ex fuktrum).

Utvärdering av försöket sker ur diagram, där övre och undre kapillära höjden vid stigning kan utläsas.

Packningsgraden inverkar på försöket. Flera olika försök bör utföras för att få ett rättvisande värde.



RÖRKAPILLARIMETER MED VATTENHALTSBESTÄMMNING FÖR  
UNDERSÖKNING AV GRUS OCH SAND. Sv Riksbyggen)

Undertryckskapillarimeter m/50 och RS/52:

Kapillarimeter m/50 och RS/52 används för bestämning av den undre kapillära höjden vid dränering för sand och grovsilt.

Den kapillära höjden får uppgå till max 2,5 m. Bestämningen utförs på den del av jorden vars kornstorlek är <2 mm. Anvisningar för utförande är utgivna av statens vägverk.

Rörkapillarimeter för direkt observation:

Den övre kapillära höjden vid stigning kan bestämmas genom försök i ett rör av genomsynligt material vars längd måste vara större än den kapillära höjden hos jorden. Metoden torde inte vara aktuell för material finare än sand.

Den kapillära höjden noteras efter 5, 10, 20, 30, 60 minuter och därefter en gång per timme, en gång per dygn och slutligen en gång i veckan.

Indirekta metoder:

Flera formler har föreslagits för beräkning av den övre kapillära höjden vid stigning hos jord. De torde emellertid inte kunna användas för mer än överslagsmässiga beräkningar.

Siktmetoden:

Det kanske enklaste sättet att erhålla ett material som fyller kraven på ett kapillärbrytande dräneringslager är att sikta ursprungsmaterialet med en sikt med maskvidd  $\leq 2$  mm.

Enligt MarkAMA får högst 5 % av materialet vara mindre än 2 mm.

## PRAKTISK TILLÄMPNING

Kännedom om jords kapillaritet har betydelse i samband med

- o tjälfrågor (frostaktivitet)
- o bestämning av dräneringsdjup
- o dimensionering av kapillärbrytande skikt
- o bedömning av jordtryck

Exempel: Ett utfyllnadsmaterial eller ett kringfyllnadsmaterial drabbas av misstanken att ha för hög kapillaritet, beklagligt ofta sedan det är placerat och huset ifråga är färdigställt. En okomplicerad kapillaritetsbestämning i t ex rörkapillarimeter skulle ha kunnat avvärja åtminstone en grov felbedömning.

I MarkAMA står följande under pkt C7.122:

"Kapillärbrytande dräneringslager med dränvattenledning under golv på jord

Dräneringslager utförs av grus, singel, makadam eller lättklinker till 150 mm tjocklek under hela golvytan. Högst 5 % av materialet får vara mindre än 2 mm. Största kornstorlek 32 mm.

Dräneringslager läggs ut utan avbrott och ansluts till dränvattenledningarna.

Vid byggnad med grundmur eller hög kantförstyvning utförs förbindelse genom denna med 75 mm rör c högst 3 m så att dräneringslager i varje avskilt utrymme står i förbindelse med dränvattenledning."

PERMEABILITET

## DEFINITIONER

Med permeabilitet avses genomträngligheten i ett poröst material av en vätska eller en gas. Inom geotekniken anser man normalt permeabiliteten i jord med avseende på vatten.

Under förutsättning att sorten m/s används för permeabilitet kan detta begrepp för praktiskt bruk med fördel ersättas av begreppet tätvärde.

Detta värde är uppbyggt på samma sätt som det välkända pH-värdet. Det är särskilt användbart inom dammbyggnadstekniken, där man i första hand eftersträvar fyllningar med låg permeabilitet, vilket innebär högt tätvärde.

## FAKTORER SOM INVERKAR PÅ PERMEABILITETEN

Temperaturer:

I naturlig jord varierar temperaturen så obetydligt att dennas inverkan på permeabiliteten är försumbar.

Skiktning:

I naturligt lagrad jord är vanligtvis permeabiliteten större i horisontalled än i vertikalled.

Vattenhalt vid packning:

Den lägsta permeabiliteten erhålls vanligen inte hos jord som packats vid optimal vattenhalt (således vid minsta porositet) utan lägsta värde uppnås vid en något högre vattenhalt. Vid vattenhalt nära vattenmättnad blir packningsgraden och permeabiliteten i det närmaste oberoende av packningsarbetet, eftersom jorden snarare ältas än packas. Detta förhållande tillämpas praktiskt vid s k våtpackning inom jorddamstekniken.

Kornstorlek och korngradering:

Permeabiliteten bestäms av de gångsystem som bildas av hålrummen mellan kornen. Den ökar med ökande kornstorlek och ju mer ensgraderad jorden är. Se TABELL nästa sida.

Packningsgrad:

Permeabiliteten minskar när packningsgraden ökar.

ÖVERSLAGSVÄRDEN PÅ PERMEABILITET OCH  
TÄTVÄRDE FÖR OLIKA JORDARTER

Jordart	Permeabilitet m/s	Tätvärde
Moräner (välgraderad jord)		
Grusig morän	$10^{-5}$ - $10^{-7}$	5 - 7
Sandig morän	$10^{-6}$ - $10^{-8}$	6 - 8
Siltig morän	$10^{-7}$ - $10^{-9}$	7 - 9
Lerig morän	$10^{-8}$ - $10^{-10}$	8 - 10
Moränlera	$10^{-9}$ - $10^{-11}$	9 - 11
Sediment (ensgraderad jord)		
Fingrus	$10^{-1}$ - $10^{-3}$	1 - 3
Grovsand	$10^{-2}$ - $10^{-4}$	2 - 4
Mellansand	$10^{-3}$ - $10^{-5}$	3 - 5
Finsand	$10^{-4}$ - $10^{-6}$	4 - 6
Grovsilt	$10^{-5}$ - $10^{-7}$	5 - 7
Mellansilt-finsilt	$10^{-7}$ - $10^{-9}$	7 - 9
Lera	$< 10^{-9}$	$> 9$

METODER FÖR PERMEABILITETSBESTÄMNINGAR

Bestämning av permeabilitet med rörpermeameter:

Rörpermeametrar används för grov bestämning av permeabiliteten och resultaten tjänar som underlag för klassificering och kontroll av jord.

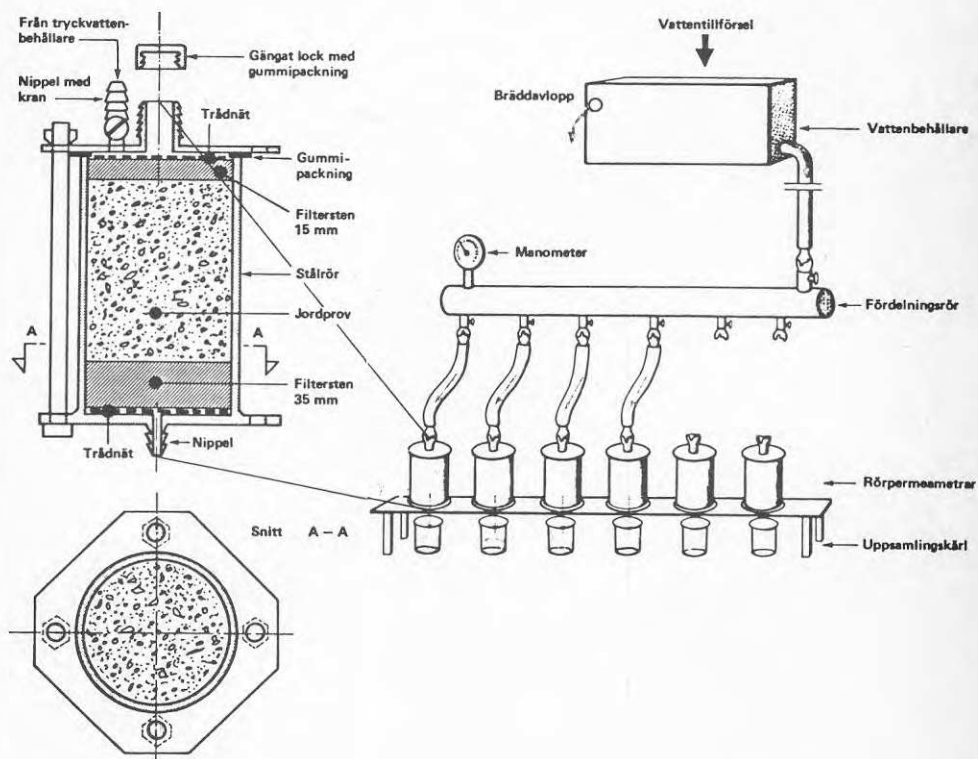
Rörpermeametrar (FIGUR nästa sida) förekommer såväl i fältlaboratorier som vid rutinmässiga försök i stationära geotekniska laboratorier. Andra exempel på utrustningar är nippelpermeameter och ödometer, vilka ger ett noggrannare resultat. För bergprover och ostört cementerade jordprov (dvs där kornen är fast hopkittade) används ingjutningspermeameter av gjutplast. Permeabiliteten kan även bestämmas i mer avancerade försök, t ex vid triaxialförsök och konsolideringsförsök på geotekniska laboratorier.

PRAKTISK TILLÄMPNING

Kännedom om jords permeabilitet har betydelse i samband med

- o tjälfrågor (frostaktivitet)
- o konstruktion av jorddammar och jordfilter
- o bedömning av grundvattensänkning och infiltration
- o beräkning av grundvattenbrunnar

Både permeabilitet och kapillaritet har betydelse i de fall där tjälfrågor är aktuella, t ex vid byggandet av vägar, gator, järnvägar, flygfält, industriområden, hus utan källare samt vid ledningsdragningar.



RÖRPERMEAMETER PÅ FÄLTLABORATORIUM



## PACKNINGSKONTROLL

### ALLMÄNT OM PACKNING OCH PACKNINGSKONTROLL

Jordpackning används numera allmänt för bl a jorddammar, vägar, flygfält, byggnadsgrunder och fyllningar i ledningsgravar. Syftet med packningen är framför allt att förhindra framtida sättningar.

Kontroll av packningsresultat är viktigt ur sättnings-synpunkt. Ett speciellt område där packningskontrollen är synnerligen viktig är vid uppbyggnaden av stora jorddammar. Packningskontrollen från den enklaste avvägning till sofistikerade undersökningsinstrument såsom pressiometer, skruvplatta och dynamiska försök.

Valet av provningsmetod bestäms i första hand av det använda fyllningsmaterialets vattenhalt, stenhalt och kornfördelning. I viss mån påverkas valet även av arbetsplatsens storlek. På mindre platser saknas ofta stationärt jordlaboratorium, vilket medför att provningarna eller kontrollerna måste förenklas så långt det är möjligt. Där packningsförfarandet medger bör i sådana fall provningen utföras med vattenvolymeter, vilket kan anses vara en jämförelsevis enkel metod.

Till torrpackade fyllningar, exempelvis morän, används normalt vattenvolymeter, isotopmätare eller sandvolymeter

Fyllningar som packats med en vattenhalt vid eller något över den optimala provas vanligen med fotogenpyknometer eller isotopmätare.

Den optimala vattenhalten och motsvarande maximala volymvikt för ett jordmaterial bestäms genom laboratorieprov, s k instampnings- eller Proctor-prov.

Laboratoriepackningen används för undersökning av jordens packningsegenskaper och för bestämning av referensvärden som fordras för fortlöpande packningskontroll på arbetsplatser.

Laboratoriemetoderna bygger på vissa förfaranden vid vilka packningseffekten ungefär skall motsvarar den som kan uppnås i fält med packningsmaskiner. Vid bestämning av lagringstäthet hos naturligt lagrat material fordras även här laboratoriepackning.

Packningsresultatet beror förutom på jordart, vattenhalt och stenhalt även på lagertjocklek, packningsredskap och underlagets egenskaper. Packningsmaskiner verkar genom statiskt tryck, knådning, stötverkan eller vibrering. Stötverkan och vibrering ger dynamiska påkänningar med stor djup- och packningsverkan i friktionsmaterial.

Efter laboratorieundersökning av jordens packningsegenskaper kan man bestämma motsvarande jords packningsgrad eller lagringstäthet i fält genom att jäm-

föra värdena på torrdensitet. Denna metod kallas resultatkontroll. Den förekommer allmänt vid större jordarbeten med väldefinierade material, såsom jorddammar och flygfält. Metodiken används också för bestämning av lagringstätheten i naturliga jordlager. Behovet är stort av enklare, snabba och tillförlitligare metoder för dessa ändamål.

När man inte kan genomföra tillfredsställande bestämmningar av packningsgrad tillgrips en annan metod med utförande kontroll. Denna bygger på att arbetsförfarandet specificeras på erfarenhetsunderlag samt att genomförandet av arbetet sker under kontroll i överensstämmelse med anvisningar eller arbetsbeskrivningar.

Fältbestämning av densiteten utförs dels på ytliga prover för packningskontroll eller för undersökning av lagringstäthet, dels på prover från större djup i samband med jordlagerundersökningar.

Den enklaste formen av bestämning av densiteten på en packad fyllning tillgår på så sätt att en grop grävs i jorden. Gropen fylls med ett mätmaterial av känd densitet, t ex sand eller vatten. Mängden använt mätmaterial anger gropvolymen. Sedan den uppgrävda jordmängden vägts, kan man beräkna provets densitet i fält.

## METODER OCH INSTRUMENTUTRUSTNINGAR

### Avvägning

Den enklaste kontrollen kan tillgå på så sätt att fyllningens överyta avvägs i bestämda punkter före och under packningens gång. Packningen fortsätter tills sättningen avtagit eller antagit ett förutbestämt värde.

### Sonderingar

Packningskontrollen i detta fall utförs genom vikt-, tryck-, slag- eller hejarsondering. Sonderingar ger endast en ungefärlig uppfattning om lagringstätheten och kan endast användas för grova erfarenhetsmässiga bedömningar av t ex risken för sättningar. Trycksondering används bl a för kontroll vid uppfyllnaderna för Stålverk 80 i Luleå. Inom denna metod för packningskontroll kan finnas ett stort behov att genom fält- och laboratorieförsök försöka få fram enhetliga och rättvisande normer.

Vid trycksondering pressas sondspetsen ned i marken med jämn hastighet, varvid nedpressningsmotståndet registreras. Vid mekanisk registrering erhålls det totala nedpressningsmotståndet på en skrivare. Stångfriktionen registreras med jämna intervall genom att borrh-

stålet lyfts 5 - 10 cm utan att spetsen följer med, och pressas tillbaka till utgångsläget. Vid elektrisk registrering erhålls spets- och friktionsmotstånd kontinuerligt på två separata diagram.

För att trycksondering skall vara praktiskt användbar i packad friktionsjord krävs en nedtryckningskraft på minst 2 ton. Detta innebär att utrustningen är monterad på ett fordon typ traktor eller bandvagn. Totalvikten blir då 4 - 6 ton och kräver en större lastbil eller tåg vid transport. Är utrustningen monterad på en hjultraktor kan kortare förflyttningar göras utan transportenhet.

Vid hejarsondering drivs sonderingsstål med en spets ned i jorden mekaniskt eller manuellt med hjälp av en fritt fallande vikt med konstant fallhöjd. Erfarenhetsvärden visar att resultatet kan användas för översiktlig bedömning av en jord fasthet.

Vid sondering registreras antal slag per 10 cm nedträngning. Vid tyngre utrustningar registreras antal slag för 20 eller 30 cm nedträngning.

Utrustningen erbjuder inte några möjligheter att särskilja spetsmotstånd och friktionsmotstånd mot borrhålet.

Några riktvärden för bedömning av lagringstäthet finns inte. Sonderingsmotståndet kan dock relateras till andra mer tidsödande och kostsamma kontrollinstrument och därmed reducera dessa mätningar.

Vid viktsondering bestäms en jords relativa lagringstäthet. En skruvformad spets nedbringas i jorden genom belastning och eventuell vridning. Den minsta last och det eventuella arbete (vridning i antal halvvarv/20 cm) som erfordras för att sonden skall sjunka i jorden utgör ett mått på jordens relativa lagringstäthet. Sonderingsmetoden ger endast relationsvärden och kan därför ej utnyttjas för utvärdering av en jords last- och deformationsegenskaper. Vid omfattande kontrollarbeten kan sonderingsresultatet dock utnyttjas för reducering av mätprogram för mera tidsödande och kostsamma kontrollinstrument.

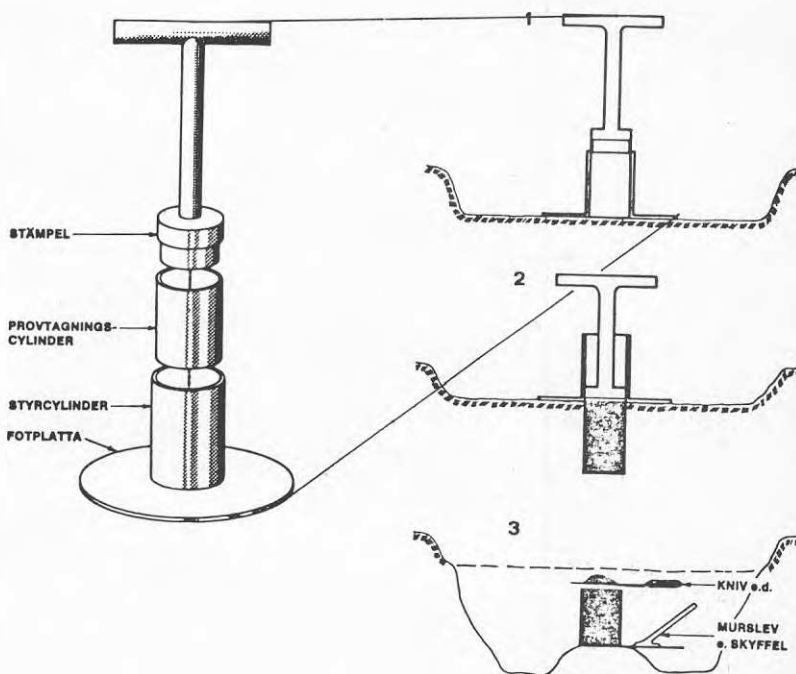
Enligt Svensk Byggnorm -80 dras gränsen mellan löst lagrad och fast lagrad sand vid 15 halvvarv/0,2 cm.

Bestämning av densitet genom användandet av cylindervolymeter, fotogenpyknometer, vattenvolymeter och sandvolymeter

#### Cylindervolymeter:

Metoden med provtagningscylinder kan endast användas i jord som är helt eller nästan helt fri från sten och grus. Den är därför mest ägnad för provtagning i finkorniga jordarter. Förfarandet innebär att ett ostört

jordprov stansas ut för densitetsbestämning på laboratorium. Den ojämförligt vanligaste typen av provtagningscylinder ingår i kolvborren. Denna är emellertid i första hand utformad med tanke på provtagning på djupet och används därför sällan för packningskontroll i fyllningar. För packningskontroll i fyllningar och bestämning av lagringstätheten i naturligt lagrad jord kan man använda en s k ytprovtagare, som är en typ av cylindervolymer, se FIGUR nedan.



CYLINDERVOLYMER TILL VÄNSTER OCH PRINCIPEN FÖR PROVTAGNING MED CYLINDERVOLYMER TILL HÖGER.

#### Fotogenpyknometer:

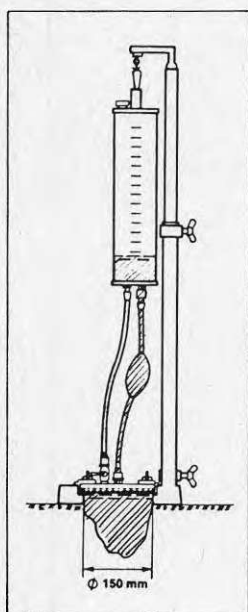
Pyknometermetoden används framför allt i jord med en vattenhalt omkring eller över den optimala och där jorden häftar väl samman (t ex finjordrik morän). Metoden bygger på att ett jordprov i form av en klump sänks ned i ett volymbestämt kärl som sedan fylls med fotogen av känd densitet. Genom vägningar före och efter fotogenpåfyllningen kan provets densitet bestämmas, FIGUR nästa sida.



FOTOGENPYKNOMETER

Vattenvolymeter:

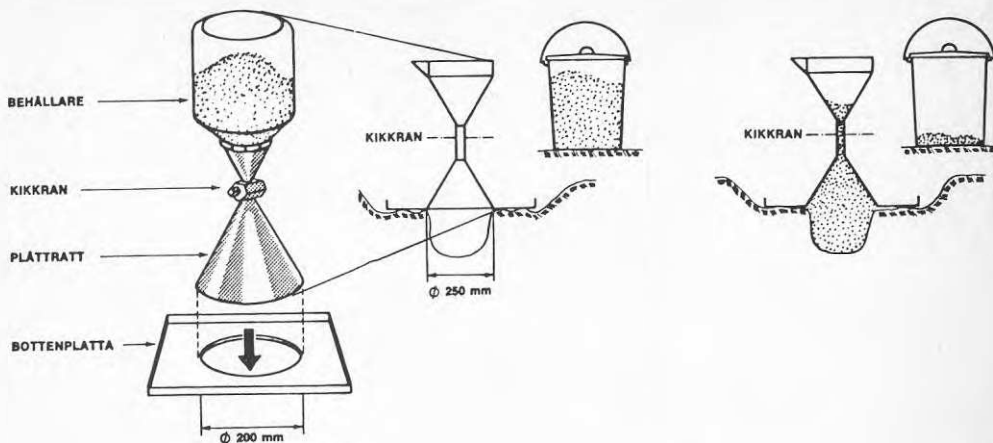
Metoden används huvudsakligen vid provning i naturligt lagrad jord och i fyllning med vattenhalter under eller vid den optimala. Den bygger på att provgropsvolymen bestäms med en vattenfylld gummiblåsa. Se FIGUR.



VATTENVOLYMETER

Sandvolymeter:

Sandvolymeter är användbar vid provning i fyllningar med vattenhalt under den optimala. Metoden bygger på att provtagningsgropen återfylls med torr, jämnkornig sand av känd densitet, FIGUR nästa sida.



SANDVOLYMETER TILL VÄNSTER OCH PRINCIPEN VID MÄTNING MED SANDVOLYMETER TILL HÖGER.

Pyknometermetoden i jord med god sammanhållning ger rättvisande resultat, varför denna metod ibland fått ligga till grund vid utvärdering av resultat från andra provningsmetoder. Vid torrpäckade fyllningar har vattenvolymetern visat sig ge jämna och, såvitt man kunnat bedöma, rättvisande resultat.

### Isotopmetoden

Isotopmetoden används vid densitetsbestämningar i såväl torrpäckad som våtpäckad fyllning med måttlig stenhalt. Under mätningen utsänder en strålningskälla gammastrålning, vars intensitet på visst avstånd mäts med ett Geiger-Müller-rör. Ju större densitet fyllningen har desto mindre blir den strålning som detektorn mottar.

Typerna med foderrör eller sond används för densitetsbestämningar på 10 - 15 cm djup, medan typen utan sond endast ger värden för ytskikt.

Eftersom isotopmätaren arbetar med gammastrålning, måste apparaten handhas av särskilt utbildad personal. Säkerhetsbestämmelser måste iakttagas. Felaktig hantering medför risk för strålningsskador.

Förutsättningarna för isotopmetoden kan sägas vara goda när det gäller jorrdammsarbeten, där oftast stora jordmassor med enhetliga egenskaper och relativt konstant vattenhalt skall packas. På sådan stor arbetsplats finns också förutsättningar för säker förvaring och skötsel av apparaturen. Det finns två huvudtyper av isotopmätare. Vid den ena typen förs strålningskällan genom ett foderrör ner i jorden och den andra kan användas med eller utan sond.



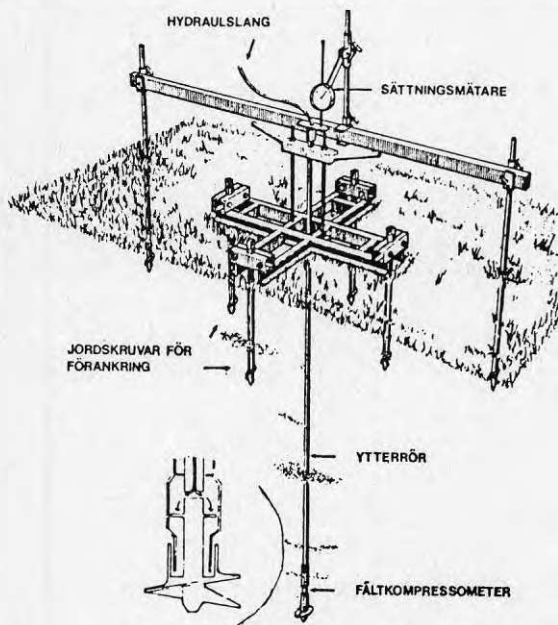
## Pressometer

Pressometern består av en belastnings- och registreringsenhet förbunden med en sond via en koaxialslang. Vid mätning trycksätts sonden (mätcellen), vilken är nedförd till önskad nivå. Den påförda spänningen orsakar en tidsberoende deformation i jorden. Genom att stegvis öka denna spänning kan jordens last- och deformationsegenskaper studeras och brottbärighets- och deformationsmoduler utvärderas.

## Skruvplatta (fältkompressometer)

Skruvplattan, FIGUR nedan, är framtagen av Norges Geotekniska Institut (NGI). Plattan är utformad som en skruv som skruvas ned till bestämda nivåer där belastningsförsök utförs.

Vid skruvplatteförsöket belastas jorden av den cirkulära skruven, varvid deformationen (sättningen) registreras. Belastningen sker stegvis om sättningen registreras, varefter en last- och deformationskurva kan konstrueras, ur vilken brottbärighets- och deformationsmoduler utvärderas.



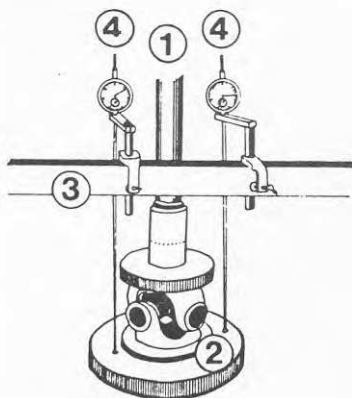
## SKRUVPLATTA (FÄLTKOMPRESSOMETER)

Den skruvformade plattan påverkas av en hydraulisk domkraft kopplad till ett yttre rörsystem. Detta rörsystem är sammankopplat med en balkkonstruktion på markytan, som förankras med jordskruvar för att ta upp krafterna under belastningsförsöket.



### Statisk plattbelastning (0-300 mm)

Vid denna metod, se FIGUR nedan, belastas jorden av en cirkulär platta (0-300) varvid deformationen (sättningen) mäts. Belastningen påförs stegvis så att en last-deformationskurva kan konstrueras. Ur denna kurva kan sedan brottbärighets- och deformationsmodulerna utvärderas.



1. Oljedonkraft med manometer för bestämning av oljetrycket (påförd last)
2. Belastningsplatta (stämpel) med leder för undvikande av moment vid belastning.
3. Referensbalk
4. Indikatorklockor eller annan mätutrustning.

#### BELASTNINGSPLATTA OCH INDIKATORKLOCKOR VID STATISK PLATTBELASTNING

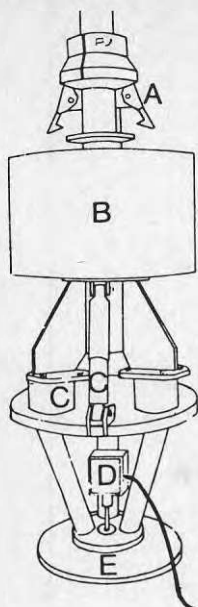
Denna kontrollmetod har framtagits, utvecklats och utnyttjats främst i samband med byggande av väg- och flygfältsbanor. Metoden används i Sverige främst av statens vägverk och statens trafik- och väginstitut för kontroll i samband med vägbyggnad.

#### Fallvikt

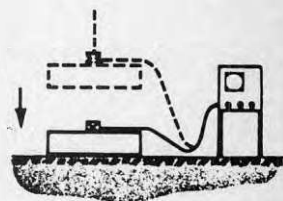
Vid fallviktsmätning, se FIGUR nästa sida, belastas den packade ytan med en dynamisk kraft, varvid den totala deformationen registreras. Den dynamiska kraften erhålls med hjälp av en fallande vikt och förs till undergrunden via ett fjädersystem och en cirkulär platta. Belastningen kan varieras genom ändring av fallhöjd.

Instrumentet är framtaget för bedömning av vägars förmåga att uppta trafiklast. Den dynamiska modulen som erhålls vid fallviktsmätning är inte direkt jämförbar med en statisk modul.

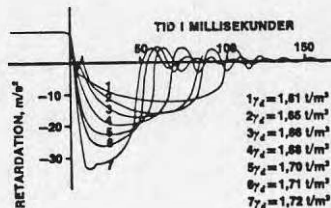
Något generellt förhållande mellan moduler kan enligt litteraturen inte påvisas. Utrustningen används i Sverige av vägverket och VTI för kontroll av bärlager och beläggning för vägar.



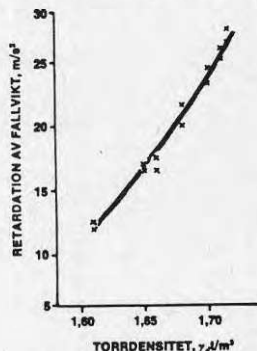
- A. Lyftkrokar som frigörs automatiskt vid inställd fallhöjd.
- B. Fritt fallande vikt, 150 kg.
- C. Dämpningssystem, gummibufferar och stötdämpare.
- D. Deformationsmätare i form av seismometer.
- E. Belastningsplatta.
- F. Strömbrytare.
- G. Batteriindikatorer.
- H. Nollställning av instrument före mätning.
- I. Inställning av lämpligt mätområde.



RETARDATION-TIDKURVOR FÖR FALLVIKTSFÖRSÖK PÅ SAND



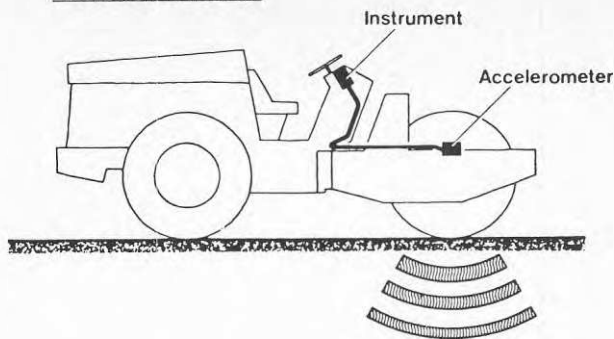
RETARDATION AV FALLVIKTEN SOM FUNKTION AV TORRDENSITET FÖR SAND (TOPPYÅRDEN)



TVÅ EXEMPEL PÅ FALLVIKTSMÄTNING. ÖVERST UTRUSTNING VILKEN ANVÄNDS AV VÄGVERKET OCH VTI. UNDERST VISAS REDOVISNING AV MÄTVÄRDEN OCH UTVÄRDERING VID ANNAN TYP AV FALLVIKTSFÖRSÖK.

### Compactometern

Då en vibrationsvält, FIGUR nästa sida, rör sig på ett underlag med varierande gensvar på den vibrerande valsens dynamiska påverkan erhålls med compactometern mätvärden som indikerar undergrundens fysikaliskt-dynamiskt varierande egenskaper. Vid ökad fasthet och därmed ökad elasticitetsmodul har underlaget registrerar mätaren successivt högre värden.

Instrumentbeskrivning

SKISS VISANDE PLACERING AV ACCELEROMETER OCH INSTRUMENT PÅ EN VIBRATIONSVÄLT.

I motsats till punktvis kontroll får man med compactometern en övergripande bild av undergrundens homogenitet. Då instrumentet är relativt nytt finns ännu inte tillräckligt underlag för att med utgångspunkt från de erhållna relativvärdena bestämma exempelvis elasticitetsmodul och bärlighet.

Mätaren får sina impulser från en accelerometer som är fast monterad på den vibrerande valsens lagerhus. Givaren (accelerometern) registrerar kontinuerligt valsens vibrationer.

Vibrationsvälten bearbetar markytan med snabba återkommande stötkrafter. Stötförloppen utvecklas på olika sätt beroende på underlagets dynamiska egenskaper. Compactometern registrerar de förändrade egenskaperna. Högre värden indikerar ökad packningsgrad.

Resultaten måste jämföras med något annat instrument om den packade jordens deformations- och brottbärlighetsegenskaper söks.

Utrustningen har hittills endast utnyttjats vid ett begränsat antal packningsarbeten. Mätaren torde kunna monteras på de flesta vibratinsvältar när den börjar serieproduceras.

Utdrag ur MarkAMA och SBN-80 gällande provning av packning och fyllning

MarkAMA, sid 39

"Provning av fyllning och packning

Allt packningsarbete utförs under övervakning av arbetsledare med sakkunskap om och erfarenhet av förekommande typ av packningsarbete.

Vid packningsarbete tillses kontinuerligt att fyll-

ningsmaterial uppfyller föreskrivna fordringar, att största lagertjocklek som gäller för använd packningsmaskin inte överskrids, att varje del av ytan blir packad med minst det föreskrivna antalet övertarter, samt att erforderlig mängd vatten tillförs fyllningen (övervakning av utförande).

Vid fyllning och packning enligt klass 1 skall resultatprovning utföras genom bestämning av packningsgrad enligt Geotekniska laboratorieanvisningar."

RA 78 Mark sid 78

"Provning av fyllning och packning

Ange vid resultatprovning metod och omfattning av den provning som skall utföras av entreprenör under aktuell underordnad kod och rubrik.

Skärpt provning bör föreskrivas för fyllning som utförs under ogynnsamma förutsättningar, t ex vid riklig nederbörd eller kylig väderlek.

Vid kvalificerade packningsarbeten bör i allmänhet övervakning av utförande även ske genom särskild packningskontrollant utsedd av beställaren.

Resultatprovning sker normalt genom densitetsbestämning enligt metoder beskrivna i SIS 02 71 10, av vilka bestämning med hjälp av vatten-, sand- eller cylindervolymmeter är de vanligaste metoderna."

SBN 80 23:412 2:a och 3:e stycket

"Packningsresultatet skall kontrolleras fortlöpande. Omfattningen av kontrollen avpassas efter risken för ojämna sättningar. Den görs sålunda mer omfattande om fyllningen har stor varierande mäktighet och är utsatt för hög last än om motsatta förhållanden råder. Skärpt kontroll tillämpas också för en fyllning som utförs under ogynnsamma förutsättningar, t ex vid risk för tjälning. För en fyllning med en total tjocklek av högst 1 m och som utförs vid en tidpunkt när risk för tjälning inte föreligger eller om fyllningen endast kommer att utsättas för liten last, t ex av ett småhus, är det tillräckligt med utförandekontroll.

Metoder redovisade i Byggforskningens informationsblad B2:1971 "Svenska geotekniska föreningens laboratorieanvisningar" godtas för en fortlöpande kontroll av packningsresultatet. Den packade fyllningens torrdensitet undersöks i ett efter förhållandena avpassat antal punkter i varje utlagt lager av fyllningen. Det i fält uppnådda packningsresultatet anses tillfredsställande om packningsgraden är minst 90 %."

## LITTERATURFÖRTECKNING

1. Bygghforskningens rapport B7:1972, Permeabilitet och kapillaritet, SGF:s laboratorieanvisningar.
2. Bygghforskningens rapport B2:1971, Packningsegenskaper, SGF:s laboratorieanvisningar.
3. Geoteknik, Göte Lindskog m fl, 4:e upplagan.
4. Bygghforskningens rapport R102:1979, Kontroll av packad friktionsjord, Per Hellman, Bengt O. Pramberg, Gunnar Svensson
5. Rörcapillarimetern, Åke Holmberg, Väg- och Vattenbyggaren 9 1980 sid 57
6. MarkAMA 72 med RA 78
7. SBN-80

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
800808-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Tyréns företagsgrupp AB, Stockholm.**

**R29: 1982**

**ISBN 91-540-3660-7**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700529**

**Abonnemangsgrupp:  
S. Byggplatsens verksamhet**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 50 kr exkl moms**