



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

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



INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr 80-0231/Plac

*See*

## Uppföljning av metod för förenklad kvalitetskontroll av PEH-rör

Lars-Eric Janson  
Ingemar Björklund

K  
AWO

Byggeforskningsrådet

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation  
Hälsingegatan 49  
113 31 Stockholm, Sweden  
Tel 08-34 01 70  
Telex 125 63. Telefax 08-32 48 59

*See*

R3:1980

UPPFÖLJNING AV METOD FÖR FÖRENKLAD  
KVALITETSKONTROLL AV PEH-RÖR

Lars-Eric Janson  
Ingemar Björklund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780231-3  
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB, Stockholm.

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

R3:1980

ISBN 91-540-3160-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 960658



INNEHÅLL		sid.
	SAMMANFATTNING	5
1	BAKGRUND	9
2	AVSIKT MED UNDERSÖKNINGEN	10
2.1	Allmänt	10
2.2	Okulärbesiktning av rörets ytstruktur	10
2.3	Ringprov i vattenbad	10
2.4	Bestämning av smältindex	11
2.5	Densitetsbestämning	11
2.6	Bestämning av inbyggd spänning	12
2.7	Stavprovning	12
2.8	FMIR/IR-undersökning	12
3	PROVNINGSMETOD	13
3.1	Omfattning	13
3.2	Okulärbesiktning	13
3.2.1	Metod	13
3.2.2	Krav	13
3.3	Ringprov i vattenbad	14
3.3.1	Metod	14
3.3.2	Krav	14
3.4	Bestämning av smältindex	14
3.4.1	Metod	14
3.4.2	Krav	14
3.5	Densitetsbestämning	14
3.5.1	Metod	14
3.5.2	Krav	15
3.6	Bestämning av inbyggd spänning	15
3.6.1	Metod	15
3.6.2	Krav	15
3.7	Stavprovning	16
3.7.1	Metod	16
3.7.2	Krav	16
3.8	FMIR/IR-undersökning	16
3.8.1	Metod	16
3.8.2	Krav	16
3.9	Rörtryckprovning	17
3.9.1	Metod	17
3.9.2	Krav	17
4	RESULTAT	18
4.1	Resultatsammanställning	18
4.2	Provningsomfattning	18
4.2.1	Råvarufabrikat	18
4.2.2	Rörtillverkare	18
4.2.3	Kategoriindelning	19
4.3	Kravtillämpning	19
4.4	Okulärbesiktning	20
4.5	Ringprov i vattenbad	21
4.6	Bestämning av smältindex	23
4.7	Densitetsbestämning	24
4.8	Inbyggd spänning	25
4.9	Stavprovning	25
4.10	FMIR/IR-provning	26

	sid.	
5	DISKUSSION AV ERHÅLLNA RESULTAT	28
5.1	PEH-råvarans inflytande	28
5.2	Tolkning av provningsresultaten	28
5.3	Sammanfattning av provningsresultaten	29
6	FÖRSLAG TILL PROVNINGSMETOD	31
6.1	Allmänt	31
6.2	Kvalitetskontroll	31
6.2.1	Omfattning	31
6.2.2	Okulärbesiktning	31
6.2.3	Ringprov i vattenbad	31
6.2.4	Stavprovning	32
6.2.5	Smältindexbestämning	32
6.2.6	Krav för godkännande	32
6.3	Produktionskontrollmetod	32
6.3.1	Omfattning	32
6.3.2	Okulärbesiktning	33
6.3.3	Ringprov i vattenbad	33
6.3.4	Smältindexbestämning	33
6.3.5	Krav för godkännande	33
	LITTERATURREFERENSER	34
	FIGURER	35
	TABELLER	40
	BILAGA 1 Sammanställning av provnings	82
	BILAGA 1 Sammanställning av erhållna provningsresultat	103
	BILAGA 2 Uppmätta densitetsfördelningar genom rörväggar	125
	BILAGA 3 Bestämning av ytoxideration på mikrotomsnitt från rörväggen	
	BILAGA 4 Yttrande över "Uppföljning av metod för förenklad kvalitets- kontroll av PEH-rör" (Yttrandet har begärts av Byggforsknings- rådet och VBB)	128

## SAMMANFATTNING

I föreliggande forskningsrapport redovisas en metod för förenklad kvalitetskontroll av PEH-rör, baserad på provningar av 60 olika rör av såväl god som dålig kvalitet. Genom okulärbesiktning, ringprovning i vattenbad, stavprovning samt bestämning av oxidationsgrad, densitet och smältviskositet hos rörmaterialiet liksom uppmätning av de inbyggda spänningarnas storlek har rörens egenskaper kartlagts. Resultaten av provningarna visar att det med hjälp av vissa av de ovannämnda provningarna är möjligt att bestämma rörens kvalitet. Genom att tillämpa den framtagna provningsmetoden kan rören hållfasthet snabbt fastställas utan att tids- och kostnadskrävande tryckprovningar av rör behöver tillgripas.

### Bakgrund

I en tidigare BFR rapport "Utvecklad metod för kvalitetskontroll av PEH-rör", R32:1976 har en metod för förenklad kvalitetskontroll av stora PEH-rör presenterats. Provningsmetoden har under åren 1976-1978 tillämpats av VBB på 60 olika PEH-rör av såväl god som dålig kvalitet, tillverkade av 9 olika råvaror. I syfte att få metoden väl underbyggd har detta forskningsprojekt omfattat kompletterande provningar av de ovannämnda rören, så att ett fullständigt provningsunderlag erhållits, samt en utvärdering av provningsmetoden mot bakgrund av det nya provningsunderlaget.

### Avsikt

Avsikten med undersökningen har varit att fastlägga om hållfasthetsegenskaperna hos PEH-rör kan bestämmas på annat sätt än genom tryckprovning av rör. Syftet har också varit att om möjligt utforma en provningsmetod som är generellt tillämpbar på PEH-rör, tillverkade av olika råvaror.

### Metod

Undersökningen har omfattat ett studium av ett flertal materialparametrar. Härvid har nedanstående provningar utförts på flertalet av rören:

1. Okulärbesiktning av rörväggens insida.
2. Kontroll av uppkomst av eventuell beläggning på insidan av rören efter lagring i 80-gradigt vatten (ringprov i vattenbad).
3. Bestämning av smältindex  $MI_5$  på material uttaget i tunna skikt närmast rörväggens in- och utsida.
4. Uppmätning av densitetsfördelningen genom rörväggen.

5. Bestämning av inbyggd spänning i rören.
6. Provning av dragstavar, uttagna vid insidan av röret.
7. Bestämning av förekomst av eventuell ytoxida-  
tion vid rörväggens insida (FMIR/IR-provning).

Genom att fastlägga vilka parametrar som bäst avspeglar rörets hållfasthetsegenskaper har en metod för förenklad kvalitetskontroll av PEH-rör kunnat skapas.

### Resultat

En sammanställning av resultaten från de olika provningarna har redovisats i Tabell 1. Härav framgår att ett icke oxiderat rör (godkänd FMIR/IR-provning) nästan alltid har en god hållfasthet. Däremot har ett oxiderat rör vanligen dåliga hållfasthetsegenskaper, men kan ibland även uppvisa godkända hållfasthetsvärden.

Okulärbesiktningen, ringprovningen, smältindex- och densitetsmätningen samt FMIR/IR-provningen syftar alla till att avgöra om ett PEH-rör är oxierat eller ej. Okulärbesiktningen, smältindex- och densitetsmätningen avslöjar var för sig flertalet, men ej alla oxiderade rör. Ytoxida-  
tion hos rören fastställs säkrare genom ringprovning eller FMIR/IR-undersökning.

Som framgår av Tabell S 1 är stavprovningen den enda av de utförda provningarna som entydigt beskriver rörens hållfasthet (fullständig korrelation med resultaten från rörtryckprovningen). Det är emellertid viktigt att stavarna uttages på rätt ställe vid rörväggens insida, eftersom rörets hållfasthet är lokalt betingat om röret är delvis oxiderat.

Mot bakgrund av provningsresultaten kan uppställas en provningsmetod för förenklad kvalitetskontroll, tillämpbar på PEH-rör av samtliga undersökta råvaror. I provningsmetoden ingår följande undersökningar:

1. Okulärbesiktning
2. Ringprov i vattenbad
3. Stavprovning
- (4. Smältindexbestämning)

Det är vidare möjligt att med hjälp av parametrarna, okulärbesiktning, ringprov och smältindexbe-

stämning skapa en snabb och enkel produktionskontrollmetod för PEH-rör. Eftersom provningen ger tillförlitliga resultat och lätt kan genomföras erhålls, vid täta kontroller av rörproduktionen, en garanti för en jämn rörkvalitet.

TABELL S 1 Sammanställning av provningsresultat inom olika rörkategorier

Kategoriindelning:

- I : Rör med konstaterat bra hållfasthet  
 II : Rör med sannolikt bra hållfasthet  
 III: Rör med okända hållfasthetsegenskaper  
 IV : Rör med sannolikt dålig hållfasthet  
 V : Rör med konstaterat dålig hållfasthet

	Kategori I			Kategori II			Kategori III			Kategori IV			Kategori V		
	+	-	X	+	-	X	+	-	X	+	-	X	+	-	X
Okulärbesiktning	8	0	1	1	5	0	8	1	1	8	11	4	2	10	0
Ringprov	9	0	0	1	5	0	2	5	3	1	20	2	1	10	1
MI <sub>5</sub>	7	2	0	1	5	0	7	3	0	4	19	0	1	11	0
Densitetsfördelning	9	0	0	2	4	0	9	1	0	7	15	1	5	7	0
Inbyggd spänning	5	3	1	1	4	1	3	1	6	4	3	16	2	8	2
Stavprovning	9	0	0	6	0	0	7	3	0	0	23	0	0	12	0
FMIR/IR-provning	5	0	4	0	3	3	3	1	6	1	6	16	0	5	7
Rörtryckprovning	9	0	0	6	0	0	0	0	10	0	23	0	0	12	0

- + Godkänd provning  
 - Underkänd provning  
 X Ej utförd provning



## 1. BAKGRUND

I tidigare BFR-rapporter "Förenklade provningsmetoder för kvalitetskontroll av PEH-rör" /1/ och "Utvecklad metod för kvalitetskontroll av PEH-rör" /2/ har ett förenklat provningsförfarande för PEH-rör presenterats. I /2/ har den förstnämnda provningsmetoden tillämpats på fyra olika PEH-rör av såväl god som dålig kvalitet och härvid visat sig kunna särskilja kvalitativt bra rör från dåliga. Då sistnämnda undersökning utförts på ett begränsat provningsunderlag och dessutom rören varit tillverkade av samma PEH-råvara har det bedömts värdefullt att få provningsmetoden fastlagd på basis av ett större material. VBB har under åren 1976-1978 tillämpat den ovannämnda provningsmetoden helt eller delvis på ett relativt omfattande material, ca 60 olika PEH-rör.

Den i /2/ presenterade metoden har i huvudsak omfattat nedanstående provningar:

1. Okulärbesiktning av rörets ytstruktur
2. Bestämning av smältviskositeten hos materialet närmast rörväggens in- och utsida
3. Bestämning av densitetsfördelningen genom rörväggen
4. Uppmätning av inbyggd spänning i röret
5. Bestämning av materialhållfastheten medelst stavprovning

Då det vid stavprovningen visat sig att stavarna efter provningen i 80-gradigt vatten ibland fått en gråblå beläggning på den sida som utgör rörväggens insida /2/, har det bedömts intressant att fastställa om uppkomsten av beläggningen har något samband med rörens hållfasthet. För att närmare undersöka detta har ringar uttagits ur rören och lagrats i 80-gradigt vatten under ett dygn, varvid uppkomst av eventuell beläggning studerats. I /2/ har vidare konstaterats att PEH-rören haft dålig hållfasthet i de fall rörväggens insida varit oxiderad. Då oxidation hos PEH-material kan fastställas med FMIR- eller IR-undersökningar, kan man med hjälp av dessa provningar undersöka den i /2/ föreslagna metodens förmåga att avslöja oxiderade rör. Det har därför bedömts intressant att komplettera det ovanstående provningsförfarandet med nedanstående undersökningar:

6. Ringprov i vattenbad
7. FMIR/IR-undersökning

I syfte att få metoden väl underbyggd har föreliggande forskningsprojekt omfattat kompletterande provningar av de ovannämnda 60 PEH-rören. En utvärdering av provningsmetoden med utnyttjande av det nya provningsunderlaget har därefter skett.



## 2. AVSIKT MED UNDERSÖKNINGEN

### 2.1 Allmänt

Den allmänna avsikten med provningarna har varit följande:

1. Att undersöka om metoden kan användas som ett alternativ till hydraulisk tryckprovning av PEH-rör.
2. Att undersöka om de i kapitel 3 angivna kraven på de olika provningsparametrarna är lämpliga eller bör korrigeras.
3. Att undersöka om metoden kan förenklas ytterligare genom borttagande av en eller flera provningsparametrar.
4. Att undersöka om metoden är tillämpbar på rör, tillverkade av olika typer av PEH-råvaror.

Avsikten med de enskilda provningarna har närmare beskrivits i mom. 2.2-2.8 nedan.

### 2.2 Okulärbesiktning av rörets ytstruktur

Vid studier av innerytans utseende hos PEH-rör kan ibland observeras vissa skillnader mellan olika rör. Normalt är innerytan relativt slät med en matt glans. I vissa fall kan dock en blank insida med stark glans uppträda i rören liksom en insida vars struktur liknar ett apelsinskals. I syfte att studera om innerytans struktur uppvisar något samband med rörets hållfasthetsegenskaper har en okulärbesiktning utförts av de rör som provats.

### 2.3 Ringprov i vattenbad

Avsikten med provet är att fastställa om en beläggning uppkommer på insidan av rörväggen inom något område längs rörets periferi på ett ringtvärsnitt från röret som lagrats i 80-gradigt vatten. En dylik beläggning (vanligen gråblå, ibland sotsvart) uppkommer ibland på rören, ofta samtidigt som rören visat sig vara oxiderade. I syfte att fastlägga om det föreligger något samband mellan uppkomsten av beläggning på rörets insida och rörets hållfasthetsegenskaper har de olika rören studerats med avseende på detta.

## 2.4 Bestämning av smältindex

Smältindexmätningen används för att grovt bestämma materialets medelmolekylvikt. Genom att bestämma smältindexvärdet,  $MI_5$ , på material uttaget från rörväggen in- respektive utsida och jämföra dessa är det möjligt att fastlägga om molekystrukturen hos materialet ändrats vid tillverkningen av röret. Det är exempelvis tänkbart, att den mekaniska bearbetningen kan medföra en sönderdelning av kedjemolekylerna. Dessutom kan närvaron av syre i luften inuti röret under dess tillverkning medföra en oxidation av materialet, innebärande grenbildningar på molekylerna och eventuell sammanbindning med andra molekyler (förnätning). Om materialets molekystruktur förändrats vid tillverkningen, kan detta upptäckas genom studier av smältviskositeten hos materialet. Har en ren sönderdelning av kedjemolekylerna skett, innebärande att kortare molekyler utan grenbildningar uppkommit, återspeglas detta i en ökning av  $MI_5$ -värdet. Har däremot grenbildningar eller förnätning skett i materialet, exempelvis till följd av oxidation, kan trots att kedjemolekylerna sönderdelats i mindre enheter ett minskat  $MI_5$ -värde erhållas. Dessutom kan en sönderdelning och förnätning av molekylerna ofta även upptäckas genom ett studium av materialsträngarnas utseende vid  $MI_5$ -mätningen. I de fall en materialomvandling skett erhålls ofta smältbrott på materialsträngarna vid provningen. Om sönderdelning och förnätning av molekylerna samtidigt skett i sådan utsträckning att  $MI_5$ -värdet är oförändrat finns möjlighet att materialomvandlingen ändå kan upptäckas genom uppkomst av smältbrott på materialsträngarna. Genom att studera  $MI_5$ -värdet vid in- och utsidan av rörväggen samt materialsträngarnas utseende kan därigenom avgöras om en nedbrytning av materialet skett i röret. Undersökningen är av intresse eftersom en nedbrytning av materialet ofta innebär kraftigt försämrade hållfasthetsegenskaper.

## 2.5 Densitetsbesämning

Avsikten med att uppmäta densitetsfördelningen genom rörväggen är att på ett enkelt sätt bestämma kristalliniteten hos PEH-materialet. Densiteten hos materialet kan anses utgöra ett mått på materialets kristallinitet och på grund av rörets avsvalningsförlopp kommer kristalliniteten att variera genom rörväggen. För ett normalt PEH-rör är densitetsfördelningen genom rörväggen approximativt konform med temperaturfördelningen genom rörväggen under rörets kylningsetapp vid tillverkningen. I PEH-rör kan ibland en kraftigt stegrad densitet uppmätas omedelbart intill rörväggens insida. Densitetsökningen kan inte förklaras av temperaturförhållandena i rörväggen under och närmast efter rörets tillverkning. Den ökade densiteten

vid insidan av rörväggen antas utgöra ett tecken på att en materialomvandling skett inom detta område. Genom att bestämma densitetsfördelningen genom rörväggen kan således bedömas, om kristalliniteten hos materialet är normal genom rörväggen.

## 2.6 Bestämning av inbyggd spänning

I alla termoplaströr finns spänningar som härrör från kylningsetappen vid tillverkningen. Dessa spänningar kallas vanligen inbyggda spänningar och storleken på desamma beror på tillverkningstekniken. De inbyggda spänningarna i rören kommer på grund av relaxationen att minska med tiden, vilket innebär att den inbyggda spänningen är störst strax efter rörets tillverkning. Den inbyggda spänningen skall adderas till de spänningar som röret utsätts för under drift, vilket medför att ett rör med hög inbyggd spänning får en sämre långtidshållfasthet än ett rör med låg inbyggd spänning. Rörets hållfasthetsegenskaper är emellertid inte enbart beroende av den inbyggda spänningens storlek. En hög inbyggd spänning kan exempelvis kompenseras av en god materialhållfasthet.

## 2.7 Stavprovning

I syfte att bestämma PEH-materialets hållfasthetsegenskaper har provningar utförts av dragstavar, vilka uttagits vid insidan av rörväggen. Vid tidigare utförda provningar, /2/, har samband mellan brotttider vid stavprovning och ett uppfyllande av kraven vid provtryckning i +80°C enligt SMS 2015 kunnat konstateras. Korta brotttider vid stavprovningen indikerar, att materialets hållfasthetsegenskaper är nedsatta, exempelvis till följd av materialomvandling typ oxidation vid rörväggens insida. I sådana fall kan förutom själva brottet ofta ett flertal sprickor (begynnande sprödbrott) även observeras i stavarna. I dessa fall har sprickorna så gott som undantagslöst startat från den stavyta, som utgör rörväggens insida. Provningsen visar, att innerskiktet i rörväggen i dessa fall haft en klart försämrad sprödbrottsresistens. Genom stavprovningen är det således möjligt att prova rörets hållfasthet i ett sådant område på röret där hållfastheten kan vara nedsatt.

## 2.8 FMIR/IR-undersökning

Avsikten med provningen har varit att bestämma huruvida rörens insidor varit oxiderade eller ej. Härigenom kan sedan bedömas i vilken utsträckning en oxiderad inneryta medför en låg hållfasthet hos röret.

### 3. PROVNINGSMETOD

#### 3.1 Omfattning

Den tillämpade provningsmetoden har omfattat följande undersökningar:

1. Okulärbesiktning
2. Ringprov i vattenbad
3. Bestämning av smältindex
4. Densitetsbestämning
5. Bestämning av inbyggd spänning
6. Stavprovning
7. FMIR/IR-undersökning

Provningarna har utförts på det sätt som angivits i mom 3.2-3.8 nedan.

#### 3.2 Okulärbesiktning

##### 3.2.1 Metod

Rörväggens insida inspekteras i god belysning längs hela rörets periferi. Insidans struktur och glans liksom förekomsten av långsgående repor och andra ytfel skall noggrant observeras. Vid inspektionen skall speciellt beaktas:

- om ytstrykturen är jämn och likformig med matt lyster runt hela rörets periferi
- om långsgående repor eller andra ytdefekter förekommer
- om rörets insida är blank
- om ytstrukturen varierar inom olika områden runt rörets periferi
- om insidan har fettglans
- om insidan har en struktur vilken påminner om ett apelsinskals.

##### 3.2.2 Krav

Insidan skall vara fri från långsgående repor och andra ytfel samt uppvisa en jämn, matt ytstruktur runt hela rörets omkrets. Rör tillverkade av en rå-

vara med MI 190/5 överstigande 0.5 g/10 min kan dock få uppvisa en blank insida. Som exempel på olika ytstruktur se Fig 1.

### 3.3 Ringprov i vattenbad

#### 3.3.1 Metod

En ca 5 cm bred ring kapas från rörprovet och läggs i ett vattenbad med temperaturen + 80°C. Ringen får vid behov delas i segment. Efter 1 dygn tas ringen upp ur vattenbadet och får självtorka i rumstemperatur.

#### 3.3.2 Krav

Ringens skall efter provning vara fri från beläggning. Provet är underkänt om en beläggning (vanligen grå-blå, ibland sotsvart) helt eller delvis uppkommer på ringens insida. Exempel på beläggning, se Fig 2.

### 3.4 Bestämning av smältindex

#### 3.4.1 Metod

Smältindexbestämningar skall utföras på material uttaget från rörprovet  $\leq 1$  mm närmast rörväggens in- och utsida. Mätningarna utförs enligt ISO/R 292, metod C, MI 190/5.

Har provningen enligt mom 3.2 visat, att rörprovets insida har områden med olika ytstruktur, skall smältindexbestämningar utföras på material uttaget från varje sådant område.

Har provningen enligt mom 3.3 visat, att en beläggning delvis uppkommit på rörväggens insida, skall smältindexbestämning utföras dels på material från området med beläggning, dels på material som uttagits från området utan beläggning.

#### 3.4.2 Krav

Skillnaden mellan största och minsta MI-värde uppmätt vid in- respektive utsidan hos röret skall understiga 25 % av det minsta uppmätta MI-värdet. Materialsträngarna som erhålls vid provningen får ej heller uppvisa smältbrott, se Fig 3.

### 3.5 Densitetsbestämning

#### 3.5.1 Metod

Densitetsfördelningen i rörväggen bestäms genom uppmätning av densiteten i olika punkter genom rörväg-



gen. Bestämningarna utförs på bitar, ca 4 mm i fyrkant, uttagna ur rörväggen. Närmast rörväggens in- och utsida utförs densitetsmätningarna på  $\leq 2$  mm tjocka bitar, se Fig 4. Densitetsbestämningarna görs enligt ASTM D 1505-68T. Mätningen utförs vid det ställe i rörväggen, där material uttagits för smältindexbestämningen enligt mom 3.4.

Har provningen enligt mom 3.2 visat, att rörprovets insida har områden med olika ytstruktur, skall densitetsbestämningar utföras på material uttaget från varje sådant område.

Har provningen enligt mom 3.3 visat, att en beläggning delvis uppkommit på rörväggens insida, skall densitetsbestämning utföras dels på material från området med beläggningen, dels på material från området utan beläggning.

### 3.5.2 Krav

Densiteten närmast rörväggens insida får ej överskrida det värde som erhålls, om densitetsprofilen approximeras till en rät linje, uppritad på basis av densiteten hos de tre närmast belägna provkropparna med hjälp av minsta kvadratmetoden, se Fig 5.

## 3.6 Bestämning av inbyggd spänning

### 3.6.1 Metod

Rörprovet kapas så att dess längd blir lika med rörets ytterdiameter. Rörprovet uppsnittas vid temperaturen  $+ 20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  och periferiminskningen uppmäts 3 minuter efter uppsnittningen.

### 3.6.2 Krav

Den inbyggda spänningens storlek skall, beräknad enligt nedanstående formel, understiga 3 MPa (30 kp/cm<sup>2</sup>).

$$\sigma = \frac{a}{\pi \cdot D_m - a} \cdot \frac{s}{D_m} \cdot E_k$$

där  $E_k$  = rörmaterialets tidsberoende E-modul (för beräkning av den inbyggda spänningens storlek används  $E_k = 900$  MPa då periferiminskningen uppmäts 3 minuter efter rörprovets uppsnittning)

a = uppmätt periferiminskning

s = rörets godstjocklek

$$D_m = \text{rörets medeldiameter} = \frac{D + d}{2}$$

D = rörets ytterdiameter

d = rörets innerdiameter

### 3.7 Stavprovning

#### 3.7.1 Metod

Ur rörväggen utfräses 5 provstavar, vars dimensioner framgår av Fig 6. Stavarna uttas i rörets längdriktning omedelbart intill rörväggens insida. Det yt-skikt på staven som utgör rörväggens insida får ej bearbetas utan skall vara helt intakt. Stavarna placeras i ett vattenbad med temperaturen  $+ 80 \pm 0,5^\circ\text{C}$  och belastas med en konstant axialkraft (se Fig 7) motsvarande en spänning i stavarna på  $5,4 \pm 0,1$  MPa ( $55 \text{ kp/cm}^2$ ). Tiden till brott eller till dess 50 % förlängning erhållits i stavarna uppmäts. Stavarna konditioneras i 30 minuter, innan belastningen påförs.

Har resultaten vid provningarna enligt mom 3.2 eller 3.3 varit sådana, att smältindexbestämningar utförts på material uttaget från olika partier av rörväggens insida, skall stavarna uttas från varje sådant område.

#### 3.7.2 Krav

Brott eller 50 % förlängning får ej uppkomma i någon av stavarna förrän tidigast efter 150 timmar.

### 3.8 FMIR/IR-undersökning

#### 3.8.1 Metod

Oxidationsgraden hos polyetenmaterialet bestäms genom att tunna skikt uttas ur röret och belyses med infrarött ljus, varefter absorptionsspektrat fastställs. Mätningarna kan antingen utföras med direkt strålning genom materialet, IR-provning, eller med reflekterad strålning, FMIR-provning (Frustrated Multiple Internal Reflectance).

#### 3.8.2 Krav

Absorptionsspektrat får ej visa förekomst av karbonylgrupper (absorptionsmaximum vid ca  $1720 \text{ cm}^{-1}$ ). Absorbansen för ett 1 mm tjockt filmskikt vid frekvensen  $1720 \text{ cm}^{-1}$  får ej överstiga värdet 0,5.



### 3.9 Rörtryckprovning

#### 3.9.1 Metod

Rörtryckprovningen har normalt utförts enligt SMS 2015, tryckprov A eller B. I några fall har dock provning skett enligt DIN 8075.

#### 3.9.2 Krav

Vid provningen skall kraven enligt SMS 2015 och DIN 8075 uppfyllas, dvs minsta brottid får ej understiga nedanstående tider:

<u>Ringspänning</u> (MPa)	<u>Minsta brottid</u> (timmar)
4,12 (42 kp/cm <sup>2</sup> )	44
3,92 (40 " )	55
2,94 (30 " )	170

## 4. RESULTAT

### 4.1 Resultatsammanställning

Resultaten av de i kapitel 3 beskrivna provningarna har sammanställts i bilagorna 1-3 för de 60 PEH-rör som provats. I bilaga 1 har resultaten från samtliga provningar redovisats i detalj bortsett från densitetsfördelningarna genom rörväggen, vilka återfinns i bilaga 2. I bilaga 3 har detaljerade resultat från de av Unifos utförda IR-mätningarna redovisats.

Huvuddelen av provningarna bortsett från FMIR/IR- och rörtryckprovningarna har utförts av VBB. Enstaka övriga provningar har dock även utförts av Statens Provninganstalt samt några rör- och råvarutillverkare. I några fall har provning genomförts parallellt hos såväl VBB som hos olika rör- och råvarutillverkare. Provningresultaten har i samtliga dessa fall visat god överensstämmelse.

FMIR/IR-mätningarna har huvudsakligen genomförts av Unifos. Några mätningar har även utförts av Hoechst AG i Tyskland.

Resultaten från rörtryckprovningarna har erhållits vid provningar hos Statens Provninganstalt samt hos några rörtillverkare.

De i bilagorna 1 och 2 angivna resultaten har i det följande närmare analyserats för att dels belysa om de i kapitel 3 angivna kraven kan anses lämpliga, dels bedöma de olika provningsparametrarnas relevans.

### 4.2 Provningssamfattning

#### 4.2.1 Råvarufabrikat

De rör som provats har varit tillverkade av sammanlagt 9 olika PEH-råvaror, vilka givits beteckningarna A-I. Ungefärliga smältindexvärden för de olika råvarorna framgår av Tabell 1. Dessutom bör observeras att de undersökta råvarorna omfattar representanter för såväl råvarutyp 1 som 2 enligt DIN 8075.

Som exempel på vanliga råvaror av råvarutyp 1 kan nämnas Hostalen GM 5010 samt Unifos DGDJ 2467, medan ett exempel på råvarutyp 2 är Hostalen GM 5010 T2.

#### 4.2.2 Rörtillverkare

Av de 60 rör som undersökts är ursprungstillverkaren känd för 58 av rören. Sammanlagt finns 11 rörtillverkare representerade i provningsmaterialet. Av de provade rören är sex speciellt tillverkade för provning medan de övriga är marknadsmässigt saluförda rör.

### 4.2.3 Kategoriindelning

För att enklast åskådliggöra och utvärdera provningsresultaten har rören indelats i fem olika kategorier enligt följande:

- Kategori I: Rör med konstaterat bra hållfasthet (minst två godkända tryckprovningar).
- Kategori II: Rör med troligen bra hållfasthet (en godkänd tryckprovning).
- Kategori III: Rör med okända hållfasthetsegenskaper.
- Kategori IV: Rör med sannolikt dålig hållfasthet (en underkänd tryckprovning eller ett eller flera haverier som ej kan förklaras av andra faktorer).
- Kategori V: Rör med konstaterat dålig hållfasthet (minst två underkända tryckprovningsresultat).

Vidare har i vissa resultatsammanställningar kategorierna I och II sammanslagits till kategorin "bra" rör. På motsvarande sätt har kategorierna IV och V fått bilda gruppen "dåliga" rör.

Fördelningen av provade rör inom de olika kategorierna framgår av Tabell 2. Sammanlagt har 15 rör inom kategorin "bra" rör och 35 rör inom kategorin "dåliga" rör provats, medan rörgruppen med okända hållfasthetsegenskaper totalt omfattar 10 rör. Som framgår av tabellen är det endast rör av fyra olika råvaror, vilka provats vid mer än ett tillfälle.

### 4.3 Kravtillämpning

Genom att tillämpa de krav som angivits i kapitel 3 på de resultat som redovisats i bilaga 1 och 2 har de i Tabell 3-7 redovisade resultatsammanställningarna upprättats. Som framgår av tabellerna har för kategorierna I och II enbart godkända resultat endast erhållits för 5 rör medan såväl god- som underkända resultat noterats för 10 av rören. Vidare kan observeras att endast en provningsparameter, nämligen stavprovning, genomgående uppvisat godkända värden.

För rören i kategorierna IV och V har i 16 fall alla provningar givit underkända värden medan för övriga 19 rör blandat god- och underkända resultat erhållits. Notabelt är att för samtliga 35 rör stavprovningen givit underkända värden. De övriga provningarna har samtliga givit såväl god- som underkända resultat.

Av tabellerna 3-7 kan man således dra resultaten att stavprovningen är den enda provningsparameter som fullständigt korrelerar med resultaten från rörtryckprovningen. Dessutom framgår att inget av de provade rören av kategori IV och V uppnått godkända resultat vid samtliga provningar (minst två provningar har alltid varit underkända). Dvs inget av de "dåliga" rören skulle således ha godkänts om den i kapitel 3 föreslagna provningsmetoden tillämpats. Där emot skulle, med samma tillämpning av metoden, för flera av rören ur gruppen "bra" rör tryckprovningar behövt tillgripas för att fastställa rörkvaliteten. Sammanfattningsvis kan således konstateras att metoden såsom angiven i /2/ tycks vara strängare än rörtryckprovningen. Detta framgår även av sammanställningar över god- och underkända provningsresultat inom de olika rörkategorierna, vilka redovisats i Tabellerna 8 och 9. För rör av kategori I har till övervägande del godkända provningsresultat erhållits vid samtliga provningar, medan för rören av kategori II ett betydande antal underkända resultat har erhållits. Inom rörkategorierna IV och V har till övervägande del underkända resultat uppmätts för i stort sett alla provningsparametrar.

I mom 4.4-4.10 nedan har resultaten från olika provningar mer i detalj diskuterats.

#### 4.4 Okulärbesiktning

Av de provade rören inom kategorierna "bra" respektive "dåliga" rör har totalt 45 rör okulärbesiktigats varvid 19 godkända och 26 underkända resultat noterats. För de god- respektive underkända rören har i Tabellerna 10 och 11 redovisats utfallet vid övriga provningar.

Som framgår av ovannämnda tabeller har 9 av 14 okulärbesiktigade rör inom gruppen "bra" rör godkänts vid besiktningen. Inom gruppen "dåliga" rör är motsvarande siffror 10 av 31 rör. Dvs om enbart okulärbesiktningen använts för bedömning av rörens kvalitet skulle 5 "bra" rör ha underkänts och 10 "dåliga" godkänts, vilket motsvarar en felprocent på 33%.

En jämförelse av resultaten i tabellerna 10 och 11 visar en mycket god korrelation mellan okulärbesiktningen å ena sidan och ringprov, MI<sub>5</sub>, densitetsfördelning samt FMIR/IR-provning å den andra för kategorin "bra" rör. Motsvarande goda korrelation mellan ovannämnda parametrar föreligger också för de rör som underkänts vid okulärbesiktningen. För de "dåliga" rör som godkänts vid okulärbesiktningen är förhållandet snarast det motsatta.

Mot bakgrund av att parametrarna okulärbesiktning, ringprov, smältindex  $MI_5$ , densitetsfördelning och FMIR/IR-provning samtliga avspeglar om materialomvandling typ oxidation ägt rum vid rörväggens insida kan de erhållna resultaten förklaras på följande sätt:

- De "bra" rör som godkänts vid okulärbesiktningen är sannolikt ej oxiderade, vilket förklarar den goda korrelationen mellan de ovan nämnda provningarna.
- Samtliga såväl "bra" som "dåliga" rör som underkänts vid okulärbesiktningen är sannolikt oxiderade.
- De "dåliga" rör som godkänts vid okulärbesiktningen är trots allt oxiderade i större eller mindre utsträckning.

Av ovanstående kan följande slutsatser dras vad gäller okulärbesiktningen:

- a. Ett oxiderat rör kan ha sådana hållfasthetsegenskaper att det uppfyller tryckprovningsskravet i SMS 2015.
- b. I de flesta fall har ett oxiderat rör dåliga hållfasthetsegenskaper.
- c. Ett rör kan vara oxiderat utan att ytstrukturen på rörets insida förändras.
- d. Har emellertid okulärbesiktningen visat att rörets ytstruktur avviker från den normala är röret oxiderat.

#### 4.5 Ringprov i vattenbad

Totalt har 47 rör inom kategorierna "bra" respektive "dåliga" rör provats varvid 12 godkända och 35 underkända resultat erhållits. Fördelningen av resultaten från övriga provningar av ovannämnda rör har redovisats i Tabellerna 12 och 13.

Av tabellerna framgår att om ringprovet enbart tillämpats för bestämning av rörens kvalitet skulle 5 "bra" rör ha underkänts och 2 "dåliga" rör godkänts, vilket motsvarar en felprocent på ca 15%.

Vid såväl ringprovningen som okulärbesiktningen är det viktigt att hela rörets periferi undersöks. Av bilaga 1 framgår att rören i många fall kan vara oxiderade endast inom vissa områden och för övrigt ha normala hållfasthetsegenskaper, se t ex rör nr 34 och 52. Som anges i bilaga 1 har i flera fall



okulärbesiktning eller ringprovning inte kunnat utföras runt hela rörets periferi på grund av materialbrist. I de flesta fall har detta inte haft så stor betydelse eftersom övriga provningar normalt utförts på material från samma del av rörväggen som okulärbesiktningens respektive ringprovats. I vissa fall när en del av provningarna ej utförts av VBB kan emellertid ovannämnda förhållande vara av betydelse. Detta gäller rör 1 och 2 där delar av provningen ej utförts av VBB. Det bör vidare observeras att rör nr 2 och 42, vilka likaledes endast undersökts på ett begränsat periferiavsnitt, utgör de två "dåliga" rör, vilka erhållit godkända resultat vid ringprovningen. Några säkrare slutsatser kan därför ej dras huruvida oxiderade rör alltid avslöjas vid ringprovning eller ej.

Liksom fallet var vid okulärbesiktningen har för kategorin "bra" rör god korrelation erhållits med parametrarna okulärbesiktning,  $MI_5$ , densitetsmätning samt FMIR/IR-provning. Samma förhållande gäller även i viss utsträckning för de rör som underkänts vid ringprovningen. För de "dåliga" rör vilka godkänts vid ringprovning föreligger emellertid ingen direkt korrelation mellan ringprovningen och tidigare nämnda parametrar. Ovannämnda samband mellan ringprovning och övriga parametrar kan förklaras på samma sätt som för motsvarande samband mellan okulärbesiktningen och de övriga parametrarna, dvs:

- De "bra" rör som godkänts vid ringprovningen är sannolikt ej oxiderade.
- Samtliga såväl "bra" som "dåliga" rör som underkänts vid ringprovningen är sannolikt oxiderade.
- De "dåliga" rör som godkänts vid ringprovningen kan eventuellt vara oxiderade i större eller mindre utsträckning. Några säkra slutsatser beträffande detta kan dock ej dras från provningsresultaten.

Mot bakgrund av ovanstående kan följande slutsatser dras från resultaten av ringprovningarna:

- a. Ett oxiderat rör avslöjas normalt vid ringprovningen.
- b. Av de utförda undersökningarna kan ej fastslås om oxiderade rör alltid avslöjas vid ett ringprov.

- c. Ringprovning är en bättre metod att upptäcka oxiderade områden i rören än okulärbesiktning.
- d. I samtliga fall när rören underkänts vid okulärbesiktningen har även rören underkänts vid ringprovningen. Har rören således underkänts vid okulärbesiktningen är ringprovningen onödig att utföra.

#### 4.6 Bestämning av smältindex

Smältindexbestämningar har utförts på samtliga 50 rör inom grupperna "bra" och "dåliga" rör, varvid 13 godkända och 37 underkända resultat erhållits, se Tabellerna 14 och 15. Om enbart smältindexvärdet använts för bedömning av rörkvaliteten skulle 7 "bra" rör ha underkänts och 5 "dåliga" rör godkänts, vilket motsvarar en felprocent på 24%.

På samma sätt som erhållits vid okulärbesiktningen och ringprovningen föreligger en god korrelation mellan parametrarna okulärbesiktning, ringprov, smältindexbestämning, densitetsfördelning samt FMIR/IR-provning för kategorin "bra" rör vilka godkänts vid smältindexprovningen. Relativt god korrelation mellan ovannämnda parametrar föreligger även för samtliga rör som erhållit underkända smältindexvärden. För de "dåliga" rör som godkänts vid smältindexprovningen har emellertid någon korrelation av ovannämnda typ ej erhållits.

Som framgått av mom 3.4 kan det vid insidan uppmätta MI-värdet hos rören antingen över- eller understiga MI-värdet vid rörväggens utsida i de fall rören underkänts vid smältindexprovningen. I Tabellerna 16 och 17 har provningsresultaten redovisats för de rör som uppvisat låga respektive höga MI<sub>5</sub>-värden vid smältindexprovningen. En jämförelse med tabell 14 visar att samtliga "bra" rör samt flertalet "dåliga" rör som underkänts vid smältindexprovningen haft låga MI<sub>5</sub>-värden vid rörväggens insida.

Om man dessutom undersöker hur många av de vid smältindexprovningen underkända rören som uppvisat smältbrott finner man antalet 29 av 37 rör. För 3 av de underkända rören saknas dessutom information om eventuella smältbrott, vilket gör att andelen rör som uppvisar smältbrott således uppgår till 78-86%. Vidare bör observeras att för de 5 av de ovannämnda 37 rören där smältbrott ej observerats har i samtliga fall lägre MI<sub>5</sub>-värden uppmätts vid rörväggens insida än vid utsidan. I inget fall har sålunda kombinationen högt MI<sub>5</sub>-värde utan smältbrott noterats.



Av Tabell 18 framgår provningsresultaten för de rör som uppvisat smältbrott. En jämförelse med Tabell 15 visar att korrelationen mellan resultaten från MI<sub>5</sub>-provningen å ena sidan och resultaten från okulärbesiktning, ringprov, densitetsfördelning och FMIR/IR-provning å den andra är bättre för de rör som uppvisat smältbrott än för samtliga rör som underkänts vid smältindexprovningen.

I syfte att kontrollera om de i mom 3.4.2 angivna kraven på MI<sub>5</sub>-värdena vid rörväggens in- och utsida är rimliga har i Figur 8 uppmätta MI<sub>5</sub>-värden inprickats. Som framgår av Figur 8 är de angivna gränserna för det område inom vilket MI<sub>5</sub>-värdet tillåts variera relativt väl valda. Visserligen skulle, om kravet infördes att MI<sub>5</sub>-värdet vid insidan av rörväggen ej får överstiga MI<sub>5</sub>-värdet vid rörets utsida, ytterligare 3 "dåliga" rör avslöjas vid MI<sub>5</sub>-provningen. Samtidigt skulle emellertid ytterligare ett "bra" rör underkännas. Då antalet observationer är alltför begränsade finns emellertid inget underlag för att bedöma om sistnämnda kravskärpning är motiverad.

Mot bakgrund av de ovan diskuterade resultaten kan följande slutsatser dras beträffande smältindexprovningen:

- a. Ett rör kan vara oxiderat utan att detta avslöjas vid smältindexprovningen.
- b. De rör som underkänts vid MI-provningen är sannolikt oxiderade.
- c. Rör som uppvisar klart högre MI<sub>5</sub>-värden vid rörväggens insida än vid utsidan är oxiderade och har sannolikt dåliga hållfasthetsegenskaper.

#### 4.7 Densitetsbestämning

Av 49 provade rör inom kategorierna "bra" och "dåliga" rör har 23 godkända och 26 underkända resultat erhållits vid uppmätning av densitetsfördelningen genom rörväggen, se Tabellerna 19 och 20. Om rörens kvalitet enbart skulle bedömas på basis av resultaten från uppmätningarna av densitetsfördelningen genom rörväggen skulle 4 "bra" rör underkänts och 12 "dåliga" rör godkänts, vilket ger en felprocent på 33%.

Liksom fallet varit för de tidigare diskuterade parametrarna har en god korrelation erhållits mellan resultaten från densitetsmätningarna och resultaten från okulärbesiktningen, ringprovningen, MI<sub>5</sub>-provningen samt FMIR/IR-mätningarna för de "bra" rör som godkänts vid densitetsmätningarna. Samma förhållande gäller också alla rör som uppvisat en underkänd

densitetsfördelning. Däremot föreligger en dålig korrelation mellan ovannämnda parametrar i de fall där godkända densitetsfördelningar uppmätts för kategorin "dåliga" rör.

Observeras bör också att i samtliga fall höga  $MI_5$ -värden uppmätts vid rörväggens insida har även densitetsfördelningen uppvisat underkända värden.

Av ovanstående kan följande slutsatser dras:

- a. De rör för vilka underkända densitetsfördelningar uppmätts är sannolikt oxiderade.
- b. Ett rör kan vara oxiderat utan att detta avspeglas i en onormal densitetsprofil.
- c. För rör som uppvisar höga  $MI_5$ -värden vid rörväggens insida är sannolikt densitetsfördelningen genom rörväggen onormal.

#### 4.8 Inbyggd spänning

Uppmätning av inbyggd spänning har utförts på sammanlagt 30 rör inom grupperna "bra" och "dåliga" rör, varvid 12 godkända och 18 underkända resultat noterats, se Tabellerna 21 och 22. Som framgår av tabellerna är korrelationen mellan resultaten från uppmätningen av inbyggd spänning och de övriga provningsresultaten mindre god. Skulle rörens kvalitet bedömas enbart på basis av den inbyggda spänningens storlek skulle 7 "bra" rör underkännas och 6 "dåliga" rör godkännas, vilket ger en felprocent på 43%.

Av resultatet kan följande slutsatser dras:

- a. Den inbyggda spänningens storlek i rören har inget samband med eventuell oxidation i rören.
- b. Den inbyggda spänningen ger ingen upplysning om huruvida ett rör har goda hållfasthetsegenskaper eller ej.
- c. Rörmaterialets hållfasthetsegenskaper har sannolikt större inverkan på rörens kvalitet än den inbyggda spänningens storlek.

#### 4.9 Stavprovning

Vid stavprovningar som utförts för samtliga rör har en fullständig korrelation erhållits mellan stavprovningsresultat och rörkvalitet, se Tabellerna 23 och 24. Stavprovningen är således den enda provning som givit helt överensstämmande resultat med rörtryckprovningen. Det bör dock observeras att det är viktigt att stavarna uttas på rätt ställe i röret, om röret skulle vara delvis oxiderat. Som tidigare framgått har starkt skiftande hållfasthetsegenskaper i flera fall uppmätts för rör av ovannämnda rörtyp. Stavprovningen måste därför alltid kombineras med okulärbesiktning och ringprovning.

I syfte att kontrollera om det i mom 3.7.2 angivna kravet på minsta brottid vid stavprovning, 150 timmar, bör ändras har i Tabellerna 25-28 de uppmätta brottiderna angivits.

Från rören av kategori I har totalt 49 stavar provats. Av dessa har 3 stavar uppvisat kortare brottid än 150 timmar. Utav sistnämnda stavar utgör en stav ett gränsfall (brottid 148 timmar). De bägge andra stavarna kommer från samma rör (nr 5), från vilket även ytterligare 6 stavar uttagits. Dessa uppvisar goda hållfasthetsvärden (4 stavar överstigande 400 h och 2 stavar överstigande 180 h), varför röret trots allt måste anses vara av god kvalitet.

Av de 31 stavar som uttagits från rör av kategori II har endast en stav erhållit kortare brottid än 150 timmar. Även här är det fråga om ett gränsfall (148 timmar).

För stavarna från rör av kategori IV har väsentligt kortare brottider än 150 timmar uppmätts. Minimibrottiderna för stavarna understiger 70 timmar för 21 av de 23 rören. Stavarna för de två andra rören uppvisar minimibrottider understigande 120 timmar. Totalt för 117 provade stavar har brottider överstigande 150 timmar endast uppmätts för 6 stavar.

För stavarna från rör av kategori V har minimibrottider mellan 8 och 98 timmar uppmätts. Minimibrottider understigande 50 timmar har erhållits för 9 av 12 rör. Av 85 provade stavar har brottider överstigande 150 timmar uppmätts för endast 8 stavar. Härvid bör emellertid observeras att 5 av dessa stavar härrör från ett delvis oxiderat rör (nr 2), vilket sannolikt är orsaken till den stora spridning i brottider som erhållits för stavarna från detta rör.

Mot bakgrund av ovanstående framgår att det således föreligger stora skillnader i uppmätta brottider för stavar från rör av kategorierna "bra" respektive "dåliga" rör. Några större förändringar av kravet på minsta tillåtna brottid synes ej motiverade. Eventuellt skulle dock en sänkning av brottidskravet till 140 timmar kunna övervägas.

#### 4.10 FMIR/IR-provning

FMIR/IR-provningar har utförts på totalt 20 rör inom grupperna "bra" och "dåliga" rör, varvid 6 godkända och 14 underkända resultat erhållits, se Tabellerna 29 och 30. Om enbart FMIR/IR-provningen tillämpats för bedömning av rörkvaliteten har 3 "bra" rör underkänts och ett "dåligt" rör godkänts, vilket motsvarar en felprocent på 20 %.

Som framgår av Tabell 30 föreligger en god korrelation mellan resultaten från FMIR/IR-provningen och resultaten från okulärbesiktning, ringprovning, MI5-bestämning samt densitetsmätningarna i de fall FMIR/IR-provningarna givit underkända resultat. Motsvarande goda korrelation mellan ovannämnda resultat finns även för kategorin "bra" rör vilka ej befunnits oxiderade, se Tabell 29. För det "dåliga" rör, vilket genom FMIR/IR-provningen visat sig vara ej oxiderat är förhållandet snarast det motsatta.

Av de erhållna resultaten kan följande slutsats dras:

- a. Om än ovanligt kan ett PEH-rör ha dåliga hållfasthetsegenskaper utan att vara oxiderat.

## 5. DISKUSSION AV ERHÅLLNA RESULTAT

### 5.1 PEH-råvarans inflytande

För de i punkt 4 redovisade resultaten har ej närmare diskuterats huruvida de utförda provningarna är tillämpliga på rör av samtliga PEH-råvaror. Som tidigare nämnts har rör av sammanlagt 9 olika råvaror undersökts, se Tabell 2. Hur provningsresultaten fördelat sig för rören av de olika råvarorna framgår av Tabellerna 31-39. Ur tabellerna kan utläsas att de parametrar som indikerar om rören varit oxiderade, dvs okulärbesiktning, ringprovning, MI<sub>5</sub>-bestämning, densitetsmätning samt FMIR/IR-provning oftast uppvisar samstämmiga resultat för rören av samtliga råvaror.

Vidare framgår av Tabellerna 31, 34 och 39 att oxiderade rör av såväl råvara A, D som I har uppvisat goda hållfasthetsegenskaper. Det finns således inga indikationer att de tidigare dragna slutsatserna från provningsresultaten inte skulle vara giltiga för samtliga undersökta råvaror.

### 5.2 Tolkning av provningsresultaten

Mot bakgrund av de resultat som framkommit vid provningarna kan fastslås att oxidation i PEH-rör vanligen medför en dålig materialhållfasthet. I vissa fall kan dock rörens hållfasthet ändå vara god trots att rören varit oxiderade. Dessutom har i ett fall konstaterats en dålig hållfasthet hos ett icke oxiderat rör. Sammanfattningsvis kan således fastslås att även om oxidativ nedbrytning av PEH-materialet vid rörväggens insida är den i särklass vanligaste orsaken till en försämrad materialhållfasthet finns även andra faktorer som kan påverka rörens hållfasthet.

Med hjälp av en provningsmetod som enbart bygger på att undersöka om rören är oxiderade kan rörens hållfasthet aldrig med säkerhet fastställas. Av de tillämpliga provningsmetoderna bygger som tidigare nämnts okulärbesiktning, ringprovning, MI<sub>5</sub>-bestämning, densitetsmätning samt FMIR/IR-provning samtliga på att fastställa om rören oxiderats eller ej. Eventuell oxidation av PEH-materialet fastställs naturligtvis bäst med FMIR/IR-provning, men avancerad provningsutrustning krävs för denna typ av undersökning. De övriga av de ovannämnda undersökningarna har den fördelen att de samtliga kan utföras snabbt och med enkel utrustning. Metoderna har dock den nackdelen att de var för sig inte entydigt avslöjar oxidation hos rören. Av de ovannämnda provningsmetoderna tycks ringprovningen vara den metod som säkrast avslöjar eventuell oxidation hos rören. Genom att kombinera



två eller flera av ovanstående provningsmetoder, varvid kravet uppställs att samtliga provningar måste uppvisa godkänt resultat för att röret icke skall anses underkänt, kan en bättre korrelation erhållas, se Tabell 40 och 41. Skulle exempelvis godkända resultat krävas vid såväl ringprov som smältindexmätning skulle inget "dåligt" rör ha godkänts. En dylik provning hade emellertid samtidigt inneburit att 7 "bra" rör underkänts. Exemplet visar att ovannämnda typ av provning är mindre lämpad för att avgöra ett rörs hållfasthetsegenskaper. Däremot kan ett dylikt provningsförfarande, på grund av sin enkelhet och snabbhet, ha stor betydelse som en produktionskontrollmetod. Eftersom oxiderade rör normalt har nedsatta hållfasthetsegenskaper bör varje tillverkare sträva efter att styra sin tillverkningsprocess så att oxidation i rören undviks. Då det dessutom är ytterst sällsynt att ett icke oxiderat rör har en otillräcklig hållfasthet kan ett provningsförfarande av ovannämnd typ verksamt bidra till att oxiderade rör snabbt upptäcks. De rör som klarar provningen har med stor sannolikhet en god hållfasthet. Såväl oxiderade som icke oxiderade rörs hållfasthet måste sedan fastställas genom stavprovning eller rörtryckprovning, dock kan provningsomfattningen för de sistnämnda rören vara väsentligt lägre än för de förstnämnda.

Man kan naturligtvis också ifrågasätta om oxiderade rör överhuvudtaget skall accepteras eftersom det inte är klarlagt huruvida de funna hållfasthetsegenskaperna hos ett oxiderat rörprov från ledningen kan anses representativt för hela den oxiderade ledningen. Observera t ex att rör 45 och 46, som bägge befunnits vara oxiderade, kommer från samma rörtillverkning. Emellertid har för dessa rör högst skiftande hållfasthetsegenskaper uppmätts.

### 5.3 Sammanfattning av provningsresultaten

Resultaten från de genomförda provningarna kan sammanfattas enligt följande:

- a. Den använda provningsmetoden har visat sig tillämplig på samtliga undersökta PEH-rör (sammanlagt 9 olika råvaror).
- b. Stavprovningen är den enda av de utförda provningarna som entydigt beskriver rörens hållfasthet (fullständig korrelation med resultaten från rörtryckprovningen).
- c. Det är viktigt att stavarna uttas på rätt ställe vid rörväggens insida, eftersom rörets hållfasthet är lokalt betingad om röret är delvis oxiderat.

- d. Ett icke oxiderat rör tycks så gott som undantagslöst ha god hållfasthet.
- e. Ett oxiderat rör har vanligen dåliga hållfasthetsegenskaper, men kan ibland även uppvisa godkända hållfasthetsvärden.
- f. Okulärbesiktningen, ringprovningen, MI<sub>5</sub>-bestämningen, densitetsmätningen och FMIR/IR-provningen syftar alla till att avgöra om ett PEH-rör är oxiderat eller ej.
- g. Flertalet, men dock ej alla, oxiderade PEH-rör kan avslöjas genom okulärbesiktning.
- h. Ringprovning är överlägsen okulärbesiktningen vad gäller att upptäcka oxidation hos PEH-rör. Ringprovningen är sannolikt den bästa metoden vad gäller att finna oxiderade områden på rören. Det är dock icke fastlagt om oxidation hos rören alltid avslöjas med metoden.
- i. Flertalet, men dock ej alla, oxiderade PEH-rör avslöjas även med MI<sub>5</sub>-bestämning.
- j. Samma förhållande gäller även vid bestämning av densitetsfördelningen.
- k. Med FMIR/IR-provning kan definitivt bestämmas om röret varit oxiderat eller ej. Vid FMIR/IR-provningen, liksom vid MI<sub>5</sub>- och densitetsprovningarna, är det dock viktigt att materialet uttas på "rätt" ställe vid rörväggens insida om röret är delvis oxiderat.
- l. Genom uppmätning av den inbyggda spänningen i röret erhålls inga upplysningar om huruvida röret har goda hållfasthetsegenskaper eller ej.



## 6 FÖRSLAG TILL PROVNINGSMETOD

### 6.1 Allmänt

Som tidigare angivits i punkt 2.1 har avsikten med detta forskningsprojekt varit att undersöka om den i /2/ beskrivna provningsmetoden är generellt tillämpbar som en provningsmetod för stora PEH-rör och om metoden kan förbättras i olika avseenden.

Mot bakgrund av det omfattande provningsunderlag som nu föreligger kan fastslås att den tidigare angivna provningsmetoden med smärre modifieringar allmängiltigt kan användas som en kvalitetskontrollmetod för PEH-rör. Vidare bör observeras att den i /2/ beskrivna metoden också kan anpassas så att man med hjälp av densamma kan erhålla en snabb och säker produktionskontroll av PEH-rör.

Förslag till utformning av de olika provningsmetoderna lämnas i mom 6.2-6.3 nedan.

### 6.2 Kvalitetskontrollmetod

#### 6.2.1 Omfattning

En metod för kvalitetskontroll av stora PEH-rör, vilken bygger på stavprovning bör omfatta följande undersökningar:

1. Okulärbesiktning
2. Ringprov i vattenbad
3. Stavprovning
4. Smältindexbestämning

Ovanstående provningar är avsedda att användas som ett alternativ till rörtryckprovning.

#### 6.2.2 Okulärbesiktning

Provningen utförs som beskrivits i mom 3.2. Avsikten med provningen är att man genom densamma skall få en möjlighet att direkt avgöra om rören kan ha en delvis oxiderad insida och därmed lokalt betingade hållfasthetsegenskaper.

#### 6.2.3 Ringprov i vattenbad

Provningen utförs i enlighet med mom 3.3. Ringprovningen utgör det säkraste sättet att fastställa om ytoxideration förekommer i röret, men har den nackdelen att det dröjer ett dygn innan provningsresultatet föreligger. Det bör i detta sammanhang påpekas att ingen provning har genomförts för att undersöka om provningstiden 24 timmar kan anses optimal. Det är inte osannolikt att beläggnings på rören kan upptäckas redan efter väsentligt

kortare tid. I vad mån provningstiderna vid ringprovningen kan nedbringas bör lämpligen studeras genom ytterligare provningar.

#### 6.2.4 Stavprovning

Stavprovningen utförs som beskrivits i mom 3.7.1. Om okulärbesiktningen och/eller ringprovningen visat att det förekommer områden på rörväggens insida med olika ytstrukturer eller beläggning skall stavar uttagas från varje sådant område. Minsta brottid vid stavprovningen får ej understiga 150 timmar.

#### 6.2.5 Smältindexbestämning

Om okulärbesiktningen och/eller ringprovningen visat att det finns områden på rörets insida med olika ytstruktur eller beläggning bör smältindexmätningar, se mom 3.4, utföras på material från varje sådant område. Smältindexmätningen är ej helt nödvändig att utföra, men eftersom provningen kan genomföras snabbt och enkelt och resultatet visar i vilken utsträckning PEH-materialet förändrats vid tillverkningen, kan provningen anses berättigad. Som ett alternativ till MI<sub>5</sub>-bestämning kan givetvis FMIR/IR-mätningar utföras.

#### 6.2.6 Krav för godkännande

Enda kravet vid ovannämnda provningsförfarande är att samtliga stavar, uttagna ur röret på det sätt som ovan anges, skall uppvisa brottider överstigande 150 timmar. Provningarna enligt mom 6.2.2 och 6.2.3 ovan är således endast till för att lokalisera eventuella svaghetszoner i röret. Smältindexprovningen är närmast till för att fastställa i vilken utsträckning materialomvandling skett i röret.

### 6.3 Produktionskontrollmetod

#### 6.3.1 Omfattning

En produktionskontrollmetod bör i första hand vara snabb och enkel, vilket möjliggör täta kontroller av rörproduktionen och därmed en garanti för jämn rörkvalitet. Ett krav är givetvis att metoden på ett tillförlitligt sätt speglar rörens kvalitet. Mot bakgrund av de resultat som framkommit skulle en lämplig produktionskontrollmetod kunna omfatta följande undersökningar:

1. Okulärbesiktning
2. Ringprov i vattenbad
3. Smältindexbestämning

Ovannämnda provningar förutsätts utförda med täta mellanrum (en eventuellt flera gånger per extruder och skift) för kontroll av att en jämn rörkvalitet

erhålls. Med längre provningsintervaller utförs en kontroll av rörens hållfasthet antingen genom ett förfarande i enlighet med mom 6.2 eller med hjälp av rörtryckprovning.

#### 6.3.2 Okulärbesiktning

Se mom 6.2.2.

#### 6.3.3 Ringprov i vattenbad

Se mom 6.2.3.

#### 6.3.4 Smältindexbestämning

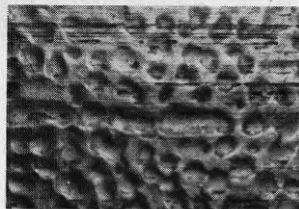
Smältindexbestämningen utförs som beskrivits i mom 3.4. Om okulärbesiktningen och/eller ringprovningen visat att det finns områden på rörets insida med olika ytstruktur eller beläggning skall smältindexmätningar utföras på varje sådant område.

#### 6.3.5 Krav för godkännande

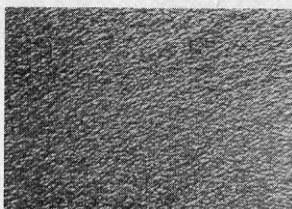
För att rören skall anses godkända skall samtliga ovan nämnda provningar uppfylla de krav som angivits i kapitel 3. Om någon av de ovanstående provningarna uppvisat ett underkänt resultat skall stavprovning enligt mom 6.2.4 eller rörtryckprovning utföras. De erhållna resultaten från sistnämnda provningar blir sedan avgörande för huruvida röret skall anses godkänt eller ej.

REFERENSER

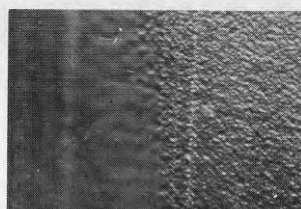
1. Janson L-E och Björklund I. 1975. Förenklade provningsmetoder för kvalitetskontroll av PEH-rör.  
- Byggforskningens rapport R 36:1975.
2. Janson L-E och Björklund I. 1976. Utvecklad metod för kvalitetskontroll av PEH-rör.  
- Byggforskningens rapport R 32:1976.



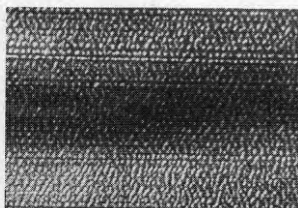
Rör nr 6  
Förstoring: 1,6 ggr  
Fläckig yta



Rör nr 8  
Förstoring: 1,7 ggr  
Normal ytstruktur



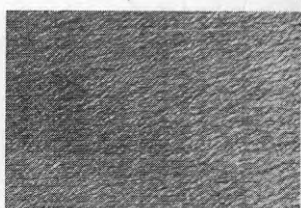
Rör nr 9  
Förstoring: 1,6 ggr  
T.v. blank, slät yta  
T.h. normal ytstruktur



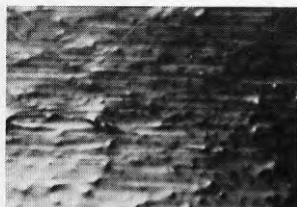
Rör nr 20  
Förstoring: 1,4 ggr  
Glansig yta med apelsinsalsstruktur



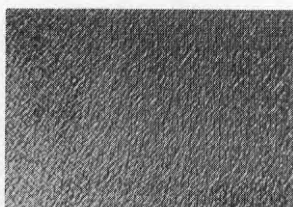
Rör nr 36  
Förstoring: 1,5 ggr  
Blank, slät yta med gropar



Rör nr 48  
Förstoring: 1,5 ggr  
Normal ytstruktur



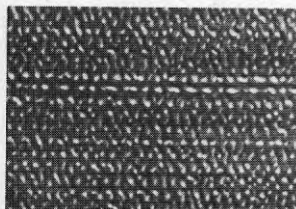
Rör nr 50  
Förstoring: 1,7 ggr  
Blank yta med prickformiga ojämnheter



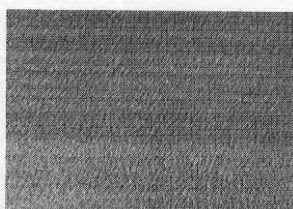
Rör nr 51  
Förstoring: 1,8 ggr  
Normal ytstruktur



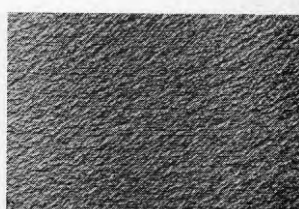
Rör nr 53  
Förstoring: 1,8 ggr  
Blank, slät yta



Rör nr 54  
Förstoring: 1,7 ggr  
Glansig yta med apelsinsalsstruktur



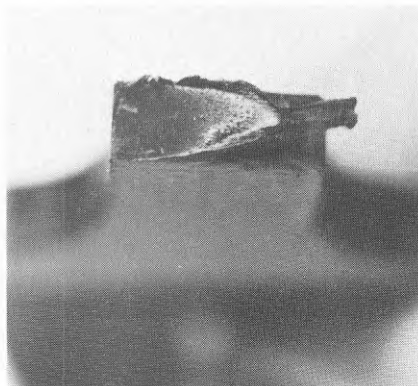
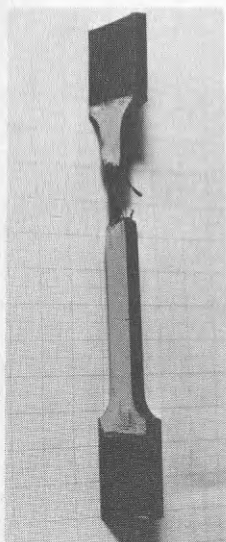
Rör nr 55  
Förstoring: 1,5 ggr  
Normal ytstruktur



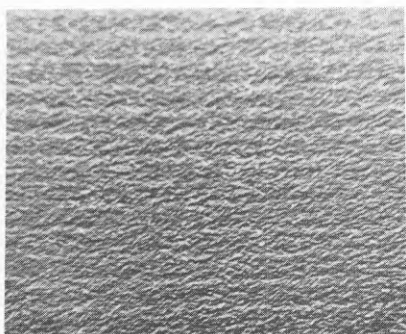
Rör nr 60  
Förstoring: 1,6 ggr  
Normal ytstruktur

Fig. 1 Exempel på olika ytstrukturer hos PEH-rör

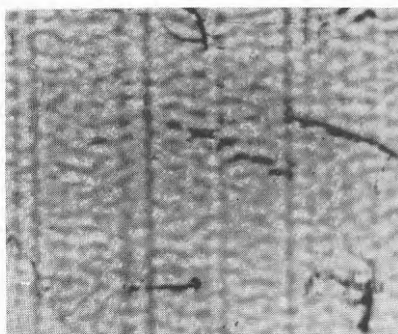




Gråfärgade ytor på provstavar efter provning i 80-gradigt vatten



Innerytan hos rör nr 2 i 3,6 ggr förstoring. Efter 8 dygns lagring i 80-gradigt vatten har ingen beläggning uppkommit på densamma



Innerytan hos rör nr 3 i 3,6 ggr förstoring. Efter ringprovningen har en gråblå beläggning uppkommit på innerytan. Under belägningen kan ytans apelsinskalsliknande struktur skönjas.

Fig. 2 Exempel på uppkomst av beläggning på PEH-rör efter lagring i 80-gradigt vatten

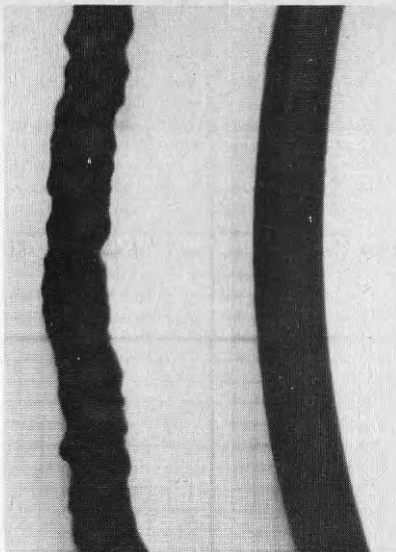


Fig. 3 Materialsträngar från smältindexmätningar på PEH-rör.  
T.v. smältbrott (materialet uttaget vid rörväggens insida).  
T.h. normal materialsträng (materialet uttaget vid rörväggens utsida).

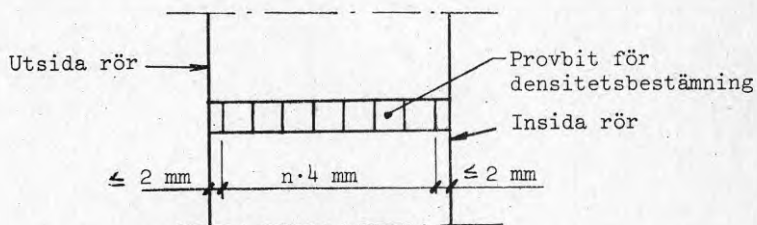


Fig. 4 Provbitar för densitetsbestämning

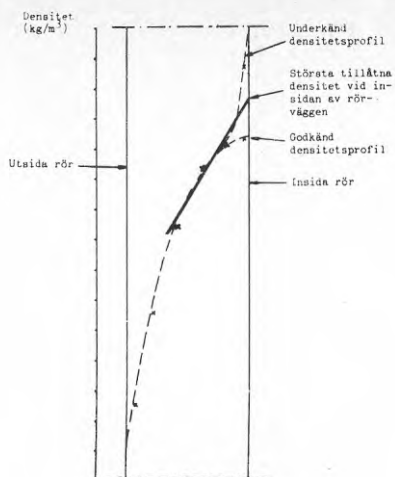
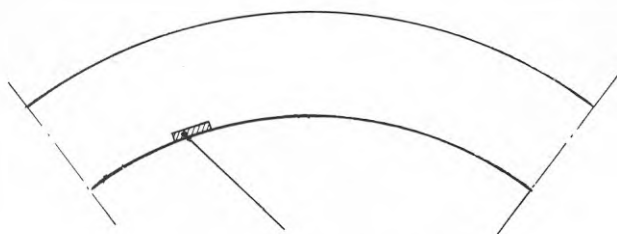


Fig. 5 Krav på densitetsprofilens utseende



Provstavs läge i rörväggen

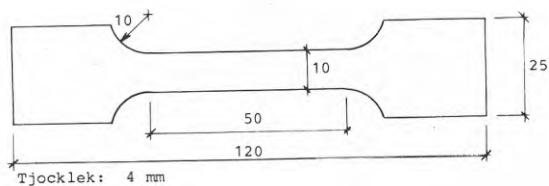


Fig. 6 Provstavsutformning

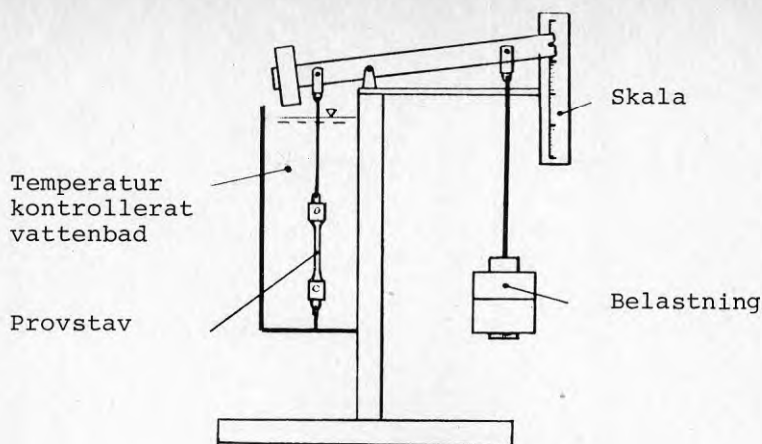


Fig. 7 Apparatur för stavprovning

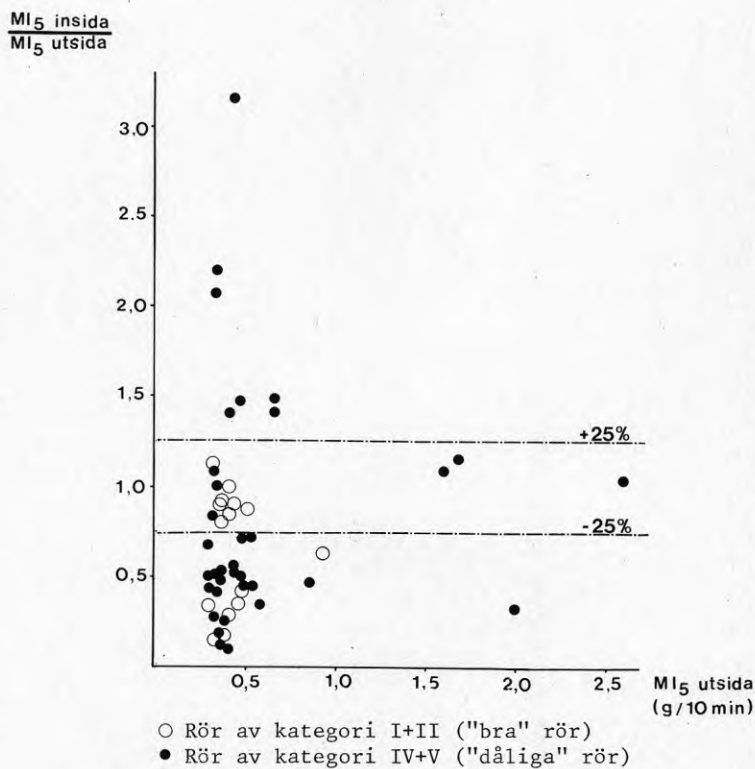


Fig. 8 Uppmätta  $MI_5$ -värden vid in- och utsidan hos PEH-rör av god och dålig kvalitet

TABELL 1 Sammanställning över provade  
PEH-rörs smältindexvärden

Råvara	Ungefärligt MI <sub>5</sub> -värde (g/10 min)
A	0,3
B	1,6
C	1,7
D	0,3
E	0,7
F	0,3
G	1,9
H	2,5
I	0,4



TABELL 2 Sammanställning över antal provade PEH-rör av olika kategorier

Råvara	Antal rör som undersökts			Totalt
	Kategori I+II	Kategori III	Kategori IV+V	
A	6	3	22	31
B	-	-	1	1
C	-	-	1	1
D	4	5	1	10
E	1	-	2	3
F	-	-	1	1
G	-	-	1	1
H	-	-	1	1
I	2	1	1	4
Okänd	2	1	4	7
				Σ
				60

TABELL 3 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN PROVNINGAR  
AV RÖR AV KATEGORI I

Rör nr	Dimension	Typ av ledning	Råvara	Okulärbesiktning	Ringprov	MI <sub>5</sub>	Densitetsfördeln.	Inbyggd spänning	Stavprovning	FMIR/IR	Rörtryckprovning
1	200 x 18,2	Ej använd	A	+	+ <sup>1)</sup>	+	+	+	+	+	+
4	400 x 36,4	"-	A	+	+ <sup>1)</sup>	+	+	+	+	+	+
5	800 x 24,9	"-	A	+	+ <sup>1)</sup>	+	+	+	(+)	+	+
8	355 x 32,3	"-	A	+	+	+	+	-	+	+	+
44	800 x 30,8	"-	I	+	+ <sup>1)</sup>	+	+	X	+	X	+
51	500 x 48	"-	A?	+	+ <sup>1)</sup>	+	+	-	+	X	+
55	225 x 12,8	"-	D	+	+ <sup>1)</sup>	+	+	-	+	+	+
56	200 x 18,2	"-	D	+	+ <sup>1)</sup>	-	+	+	+	X	+
57	200 x 18,2	"-	E	/	+ <sup>1)</sup>	-	+	+	+	X	+

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

X Ej utförd provning

/ Ingen slutsats kan dras från provningen

1) Provning endast utförd på del av ringtvärsnittet

TABELL 4 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN PROVNINGAR  
AV RÖR AV KATEGORI II

Rör nr	Dimension	Typ av ledning	Råvara	Okulärbesiktning	Ringprov	MI <sub>5</sub>	Densitetsfördeln.	Inbyggd spänning	Stavprovning	FMIR/IR	Rörtryckprovning
28	225 x 20,5	Ej använd	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	-	+	-	+
32	355 x 32,3	"-	D	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	+	-	+
38	255 x 12,8	"-	D	+	+	+	+	+	+	X	+
46	225 x 20,5	Tryck- vattenledn	I	-	-	- <sup>2)</sup>	+	X	+	X	+ <sup>4)</sup>
58	355 x 32,3	"- 5)	o- känd	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	+	X	IH <sup>3)</sup>
59	500 x 40	"- 5)	o- känd	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	+	-	IH <sup>3)</sup>

- + Godkänd provning  
- Underkänd provning  
X Ej utförd provning

IH Inget haveri

- 1) Provning endast utförd på del av ringtvärsnittet
- 2) Smältbrott
- 3) Ledningen har varit i drift i över 10 år utan haveri
- 4) Tryckprovning utförd på ett annat rör från samma rörleverans
- 5) Provningen utförd på ett ej använt rör från samma rörleverans

TABELL 5 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN PROVNINGAR  
AV RÖR AV KATEGORI III

Rör nr	Dimension	Typ av ledning	Råvara	Okulärbesiktning	Ringprov	MI <sub>5</sub>	Densitetsfördeln.	Inbyggd spänning	Stavprovning	FMIR/IR	Rörtryckprovning
14	1 000 x 24,4	Ej använd	A +	- <sup>1)</sup>	+	+	X	+	X		
24	400 x 15,4	"-	D +	X	-	+	X	+	X		
25	400 x 15,4	"-	D +	X	+	+	+	+	X		
26	400 x 15,4	"-	D +	+ <sup>1)</sup>	+	+	X	+	+		
27	225 x 20,5	"-	<sup>o-</sup> känd X	X	- <sup>2)</sup>	+	+	-	X		
29	225 x 20,5	"-	D +	+	+	+	-	+	+		
31	225 x 12,8	"-	A +	-	+	+	+	-	+		
34	800 x 23,3	"-	D -	-	- <sup>2)</sup>	-	X	-	-		
40	630 x 24,2	"-	I +	-	+	+	X	+	X		
60	1 000 x	"-	A + <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	+	+	X	+	X		

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

X Ej utförd provning

1) Provning endast utförd på del av ringtvärsnittet

2) Smältbrott

TABELL 6 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN PROVNINGAR  
AV RÖR AV KATEGORI IV

Rör nr	Dimension	Typ av ledning	Råvara	Okulärbesiktning	Ringprov	MI <sub>5</sub>	Densitetsfördeln.	Inbyggd spänning	Stavprovning	FMIR/IR	Rörtryckprovning
11	1 000 x 24,4	Tryckavlopp industri	A	+ <sup>1)</sup>	X	+	-	X	-	X	H
12	1 000 x 24,4	"-	A	+	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	H
13	1 000 x 24,4	"-	A	+	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	-	H
16	900 x 30	"-	C	/	- <sup>1)</sup>	+	+	X	-	X	H
18	500 x 18	Tryckavlopp	A	+	- <sup>1)</sup>	-	+	X	-	X	H
19	500 x 18	"-	A	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	X	X	-	X	H
20	500 x 18	"-	A	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	-	X	H
21	500 x 18	"-	A	+ <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	+	+	X	-	X	H
23	500 x 18	"-	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	H <sup>3)</sup>
30	225 x 12,8	Ej använd	A	X	X	- <sup>2)</sup>	+	+	-	X	-
33	355 x 32,3	"-	D	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-
35	710 x 27,3	Tryckavlopp	A?	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	H
36	180 x 16,4	Tryckluft- ledning	o- känd	/	- <sup>1)</sup>	-	+	+	-	+	H
37	200 x 7,7	Tryckavlopp grundvatten	o- känd	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	-	H



Rör nr	Dimension	Typ av ledning	Råvara	Okulärbesiktning	Ringprov	MI <sub>5</sub>	Densitetsfördeln.	Inbyggd spänning	Stavprovning	FMIR/IR	Rörtryckprovning
39	475 x 40	Tryck- vattenledn	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	X	-	-	H
41	1 000 x 24,4	Tryckavlopp industri	E	+ <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	H
42	1 000 x 24,4	"-	E	+ <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	H
43	1 000 x 24,4	"-	A	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>3)</sup>	-	X	-	X	H
45	225 x 20,5	Tryck- vattenledn	I	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	H
48	1 000 x 31	Själv- fallsledn	A	+	- <sup>1)</sup>	+	+	+	-	X	H <sup>4)</sup>
50	315 x 12,7	Tryckavlopp industri	G	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	-	-	-	-	H
52	475 x 18,3	Tryckavlopp känd <sup>o-</sup>	-	-	-	- <sup>2)</sup>	+	+	-	-	H <sup>4)</sup>
53	400 x 33	"-	H	/	- <sup>1)</sup>	-	-	X	-	X	H <sup>4)</sup>

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

X Ej utförd provning

/ Ingen slutsats kan dras från provningen

H Haveri

1) Provning endast utförd på del av ringtvärsnittet

2) Smältbrott

3) Uppgift om eventuellt smältbrott saknas

4) Provningen utförd på ett ej använt rör från samma rörleverans

TABELL 7 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT FRÅN PROVNINGAR  
AV RÖR AV KATEGORI V

Rör nr	Dimension	Typ av ledning	Råvara	Okulärbesiktning	Ringprov	MI <sub>5</sub>	Densitetsfördeln.	Inbyggd spänning	Stavprovning	FMIR/IR	Rörtryckprovning
2	400 x 36,4	Ej använd	A	+ <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup>	- <sup>3)</sup>	+	-	-	-	-
3	200 x 18,2	"-	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-
6	800 x 30,8	"-	B	-	-	+	-	+	-	-	-
7	400 x 22,7	"-	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-
9	355 x 32,3	Tryck- vattenledn	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	-
10	315 x 28,7	"-	A	-	-	- <sup>2)</sup>	-	+	-	-	-
15	355 x 32,3	"-	A	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	+	-	-	X	-
17	315 x 28,7	Ej använd	A	+	X	- <sup>3)</sup>	+	-	-	X	-
22	500 x 18	Tryckavlopp	A	- <sup>1)</sup>	-	- <sup>2)</sup>	-	X	-	X	-
47	200 x 18,2	Tryckavlopp o- industri	känd	-	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	+	-	-	X	-
49	200 x 18,2	Ej använd	F	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	-	+	-	-	X	-
54	500 x 37	Tryck- vattenledn	A	- <sup>1)</sup>	-	- <sup>2)</sup>	-	-	-	X	-

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

X Ej utförd provning

1) Provning endast utförd på del av ringtvärsnittet

2) Smältbrott

3) Uppgift om eventuellt smältbrott saknas

TABELL 8 Fördelning av provningsresultat inom de olika rörkategorierna

	Kategori I			Kategori II			Kategori III			Kategori IV			Kategori V		
	+	-	X	+	-	X	+	-	X	+	-	X	+	-	X
Okulärbesiktning	8	0	1	1	5	0	8	1	1	8	11	4	2	10	0
Ringprov	9	0	0	1	5	0	2	5	3	1	20	2	1	10	1
MI <sub>5</sub>	7	2	0	1	5	0	7	3	0	4	19	0	1	11	0
Densitetsfördelning	9	0	0	2	4	0	9	1	0	7	15	1	5	7	0
Tubygdsp	5	3	1	1	4	1	3	1	6	4	3	16	2	8	2
Stavprovning	9	0	0	6	0	0	7	3	0	0	23	0	0	12	0
FMR/IR	5	0	4	0	3	3	3	1	6	1	6	16	0	5	7
Rörtryckprovning	9	0	0	6	0	0	0	0	10	0	23	0	0	12	0

- + Godkänd provning  
 - Underkänd provning  
 X Ej utförd provning

TABELL 9      Fördelning av provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	9	5	1	10	21	4
Ringprov i vattenbad	10	5	0	2	30	3
MI <sub>5</sub>	8	7	0	5	30	0
Densitets- fördelning	11	4	0	12	22	1
Inbyggd spänning	6	7	2	6	11	18
Stav- provning	15	0	0	0	35	0
FMIR/IR- undersökning	5	3	7	1	11	23
Rörtryck- provning (eller haveri)	15	0	0	0	35	0

- + Godkänd provning  
 - Underkänd provning

TABELL 10 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som godkänts vid okulärbesiktningen.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	9			10		
Ringprov i vattenbad	9	0	0	2	6	2
MI <sub>5</sub>	8	1	0	3	7	0
Densitets- fördelning	9	0	0	5	5	0
Inbyggd spänning	5	3	1	1	2	7
Stav- provning	9	0	0	0	10	0
FMIR/IR- undersökning	5	0	4	0	2	8
Rörtryck- provning (eller haveri)	9	0	0	0	10	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning



TABELL 11      Provningsresultat inom kategorierna  
bra respektive dåliga rör för rör  
som underkänts vid okulärbesiktningen.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	/	5	/	/	21	/
Ringprov i vattenbad	0	5	0	0	21	0
MI <sub>5</sub>	0	5	0	1	20	0
Densitets- fördelning	1	4	0	4	16	1
Inbyggd spänning	0	4	1	3	9	9
Stav- provning	5	0	0	0	21	0
FMIR/IR- undersökning	0	3	2	0	9	12
Rörtryck- provning (eller haveri)	5	0	0	0	21	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 12 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som godkänts vid ringprovningen.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	9	0	1	2	0	0
Ringprov i vattenbad	10	/		2	/	
MI <sub>5</sub>	8	2	0	0	2	0
Densitets- fördelning	10	0	0	1	1	0
Inbyggd spänning	6	3	1	0	1	1
Stav- provning	10	0	0	0	2	0
FMIR/IR- undersökning	5	0	5	0	1	1
Rörtryck- provning (eller haveri)	10	0	0	0	2	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 13 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som underkänts vid ringprovningen.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	0	5	0	6	21	3
Ringprov i vattenbad	/	5	/	/	30	/
MI <sub>5</sub>	0	5	0	4	26	0
Densitets- fördelning	1	4	0	9	20	1
Inbyggd spänning	0	4	1	5	9	16
Stav- provning	5	0	0	0	30	0
FMIR/IR- undersökning	0	3	2	1	10	19
Rörtryck- provning (eller haveri)	5	0	0	0	30	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 14 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som godkänts vid smältindexprovningen.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	8	0	0	3	1	1
Ringprov i vattenbad	8	0	0	0	4	1
MI <sub>5</sub>	8	/		5	/	
Densitets- fördelning	8	0	0	3	2	0
Inbyggd spänning	4	3	1	2	0	3
Stav- provning	8	0	0	0	5	0
FMIR/IR- undersökning	5	0	3	0	1	4
Rörtryck- provning (eller haveri)	8	0	0	0	5	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 15 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som underkänts vid smältindexprovningen.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	1	5	1	7	20	3
Ringprov i vattenbad	2	5	0	2	26	2
MI <sub>5</sub>	/	7	/	/	30	/
Densitets- fördelning	3	4	0	9	20	1
Inbyggd spänning	2	4	1	3	11	15
Stav- provning	7	0	0	0	30	0
FMIR/IR- undersökning	0	3	4	1	10	19
Rörtryck- provning (eller haveri)	7	0	0	0	30	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 16 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som vid smältindexundersökningen uppvisat låga  $MI_5$ -värden vid rörväggens insida

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	1	5	1	3	17	2
Ringprov i vattenbad	2	5	0	1	19	2
$MI_5$	/	7	/	/	22	/
Densitets- fördelning	3	4	0	9	12	1
Inbyggd spänning	2	4	1	3	11	7
Stav- provning	7	0	0	0	22	0
FMIR/IR- undersökning	0	3	4	1	8	13
Rörtryck- provning (eller haveri)	7	0	0	0	22	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning



TABELL 17 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som vid smältindexundersökningen uppvisat höga  $MI_5$ -värden vid rörväggens insida

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				4	3	1
Ringprov i vattenbad				1	7	0
$MI_5$					8	
Densitets- fördelning				0	8	0
Inbyggd spänning				0	0	8
Stav- provning				0	8	0
FMIR/IR- undersökning				0	2	6
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	8	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 18 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som vid smältindexprovningen uppvisat smältbrott

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	0	5	0	4	18	2
Ringprov i vattenbad	0	5	0	1	22	1
MI <sub>5</sub>	/	5	/	/	24	/
Densitets- fördelning	1	4	0	4	19	1
Inbyggd spänning	0	4	1	3	8	13
Stav- provning	5	0	0	0	24	0
FMIR/IR- undersökning	0	3	2	0	9	15
Rörtryck- provning (eller haveri)	5	0	0	0	24	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 19 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som uppvisat godkänd densitetsfördelning.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	9	1	1	4	5	3
Ringprov i vattenbad	10	1	0	1	9	2
MI <sub>5</sub>	8	3	0	3	9	0
Densitets- fördelning	11	/		12	/	
Inbyggd spänning	5	3	2	4	5	3
Stav- provning	11	0	0	0	12	0
FMIR/IR- undersökning	5	0	6	1	2	9
Rörtryck- provning (eller haveri)	11	0	0	0	12	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 20

Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som uppvisat underkänd densitetsfördelning.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	0	4	0	5	16	1
Ringprov i vattenbad	0	4	0	1	20	1
MI <sub>5</sub>	0	4	0	2	20	0
Densitets- fördelning	/	4	/	/	22	/
Inbyggd spänning	0	4	0	2	6	14
Stav- provning	4	0	0	0	22	0
FMIR/IR- undersökning	0	3	1	0	9	13
Rörtryck- provning (eller haveri)	4	0	0	0	22	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 21 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som uppvisat godkänt värde på inbyggd spänning.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	5	0	1	1	3	2
Ringprov i vattenbad	6	0	0	0	5	1
MI <sub>5</sub>	4	2	0	2	4	0
Densitets- fördelning	6	0	0	4	2	0
Inbyggd spänning	6			6		
Stav- provning	6	0	0	0	6	0
FMIR/IR- undersökning	3	3	0	1	3	2
Rörtryck- provning (eller haveri)	6	0	0	0	6	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 22 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som uppvisat underkänt värde på inbyggd spänning.

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	3	4	0	2	9	0
Ringprov i vattenbad	3	4	0	1	9	1
MI <sub>5</sub>	3	4	0	0	11	0
Densitets- fördelning	3	4	0	5	6	0
Inbyggd spänning	/	7	/	/	11	/
Stav- provning	7	0	0	0	11	0
FMIR/IR- undersökning	2	3	2	0	5	6
Rörtryck- provning (eller haveri)	7	0	0	0	11	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning



TABELL 23 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som godkänts vid stavprovningen

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	9	5	1			
Ringprov i vattenbad	10	5	0			
MI <sub>5</sub>	8	7	0			
Densitets- fördelning	11	4	0			
Inbyggd spänning	6	7	2			
Stav- provning	15	/		0	/	
FMIR/IR- undersökning	5	3	7			
Rörtryck- provning (eller haveri)	15	0	0			

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 24 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som underkänts vid stavprovningen

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				10	21	4
Ringprov i vattenbad				2	30	3
MI <sub>5</sub>				5	30	0
Densitets- fördelning				7	16	12
Inbyggd spänning				12	22	1
Stav- provning	/	0	/	/	35	/
FMIR/IR- undersökning				1	11	23
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	35	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 25 Brottider vid stavprovning.  
för rör av kategori I

Rör nr	Brottid (h)	Antal provade stavar
1	148-807	11
4	173-641	6
5	110-495	8
8	251-930	3
44	555-779	3
51	536-716	3
55	440-734	5
56	163-334	5
57	162-803	5

TABELL 26 Brottider vid stavprovning  
för rör av kategori II

Rör nr	Brottid (h)	Antal provade stavar
28	>140-343	5
32	148->600	6
38	>200	5
46	946->1228	3
58	195-308	6
59	157-370	6

TABELL 27 Brottider vid stavprovning  
för rör av kategori IV

Rör nr	Brottid (h)	Antal provade stavar
11	23- 56	8
12	21- 35	10
13	15- 81	10
16	70	1
18	115-145	3
19	23- 54	5
20	20- 31	5
21	50- 79	4
23	43- 55	3
30	32- 96	5
33	67- >600	6
35	28-113	7
36	41	2
37	23- 56	3
39	7- 98	6
41	21- 28	5
42	31- 48	5
43	17- 30	6
45	47- 54	4
48	117-198	5
50	17- 24	4
52	34- 47	4
53	17- 41	6

TABELL 28 Brottider vid stavprovning  
för rör av kategori V

Rör nr	Brottid (h)	Antal provade stavar
2	65-587	16
3	40-169	13
6	12- 23	6
7	32- 64	6
9	26- 32	3
10	8- 73	11
15	29- 33	3
17	31- 85	6
22	80-191	3
47	36- 69	8
49	98-563	5
54	47- 128	5



TABELL 29 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som godkänts vid FMIR/IR-undersökningen

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	5	0	0	0	0	1
Ringprov i vattenbad	5	0	0	0	1	0
MI <sub>5</sub>	5	0	0	0	1	0
Densitets- fördelning	5	0	0	1	0	0
Inbyggd spänning	3	2	0	1	0	0
Stav- provning	5	0	0	0	1	0
FMIR/IR- undersökning	5	/		1	/	
Rörtryck- provning (eller haveri)	5	0	0	0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 30 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör som underkänts vid FMIR/IR-undersökningen

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	0	3	0	2	9	0
Ringprov i vattenbad	0	3	0	1	10	0
MI <sub>5</sub>	0	3	0	1	10	0
Densitets- fördelning	0	3	0	2	9	0
Inbyggd spänning	0	3	0	3	5	3
Stav- provning	3	0	0	0	11	0
FMIR/IR- undersökning	/	3	/	/	11	/
Rörtryck- provning (eller haveri)	3	0	0	0	11	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 31 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör tillverkade av råvara A

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	5	1	0	8	13	1
Ringprov i vattenbad	5	1	0	1	18	3
MI <sub>5</sub>	5	1	0	3	19	0
Densitets- fördelning	5	1	0	7	14	1
Inbyggd spänning	3	3	0	3	7	12
Stav- provning	6	0	0	0	22	0
FMIR/IR- undersökning	4	1	1	0	6	16
Rörtryck- provning (eller haveri)	6	0	0	0	22	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 32 Provningsresultat inom kategorierna  
bra respektive dåliga rör för rör  
tillverkade av råvara B

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				0	1	0
Ringprov i vattenbad				0	1	0
MI <sub>5</sub>				1	0	0
Densitets- fördelning				0	1	0
Inbyggd spänning				0	1	0
Stav- provning				0	1	0
FMIR/IR- undersökning				0	1	0
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 33 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör tillverkade av råvara C

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				0	0	1
Ringprov i vattenbad				0	1	0
MI <sub>5</sub>				1	0	0
Densitets- fördelning				1	0	0
Inbyggd spänning				0	0	1
Stav- provning				0	1	0
FMIR/IR- undersökning				0	0	1
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 34 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör tillverkade av råvara D

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	3	1	0	0	1	0
Ringprov i vattenbad	3	1	0	0	1	0
MI <sub>5</sub>	2	2	0	0	1	0
Densitets- fördelning	3	1	0	0	1	0
Inbyggd spänning	2	2	0	0	1	0
Stav- provning	4	0	0	0	1	0
FMIR/IR- undersökning	1	1	2	0	1	0
Rörtryck- provning (eller haveri)	4	0	0	0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning



TABELL 35 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör tillverkade av råvara E

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	0	0	1	2	0	0
Ringprov i vattenbad	1	0	0	1	1	0
MI <sub>5</sub>	0	1	0	0	2	0
Densitets- fördelning	1	0	0	0	2	0
Inbyggd spänning	1	0	0	0	0	2
Stav- provning	1	0	0	0	2	0
FMIR/IR- undersökning	0	0	1	0	0	2
Rörtryck- provning (eller haveri)	1	0	0	0	2	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 36 Provningresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör tillverkade av råvara F

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				0	1	0
Ringprov i vattenbad				0	1	0
MI <sub>5</sub>				0	1	0
Densitets- fördelning				1	0	0
Inbyggd spänning				0	1	0
Stav- provning				0	1	0
FMIR/IR- undersökning				0	0	1
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 37

Provningsresultat inom kategorierna  
bra respektive dåliga rör för rör  
tillverkade av råvara G

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				0	1	0
Ringprov i vattenbad				0	1	0
MI <sub>5</sub>				0	1	0
Densitets- fördelning				0	1	0
Inbyggd spänning				0	1	0
Stav- provning				0	1	0
FMIR/IR- undersökning				0	1	0
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 38 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör för rör tillverkade av råvara H

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning				0	0	1
Ringprov i vattenbad				0	1	0
MI <sub>5</sub>				0	1	0
Densitets- fördelning				0	1	0
Inbyggd spänning				0	0	1
Stav- provning				0	1	0
FMIR/IR- undersökning				0	0	1
Rörtryck- provning (eller haveri)				0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 39

Provningsresultat inom kategorierna  
bra respektive dåliga rör för rör  
tillverkade av råvara I

	Bra rör (Rörkategori I + II )			Dåliga rör (Rörkategori IV + V )		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulär- besiktning	1	1	0	0	1	0
Ringprov i vattenbad	1	1	0	0	1	0
MI <sub>5</sub>	1	1	0	0	1	0
Densitets- fördelning	2	0	0	0	1	0
Inbyggd spänning	1	0	1	0	0	1
Stav- provning	2	0	0	0	1	0
FMIR/IR- undersökning	0	0	2	0	0	1
Rörtryck- provning (eller haveri)	2	0	0	0	1	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

TABELL 40 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör vid kombination av två provningsparametrar

	Bra rör (Rörkategori I + II)			Dåliga rör (Rörkategori IV + V)		
	+	-	Ej under- sökta	+	-	Ej under- sökta
Okulärbesiktning + ringprov	9	5	1	2	30	3
Okulärbesiktning + MI <sub>5</sub>	8	6	1	3	31	1
Okulärbesiktning + densitetsfördelning	9	5	1	5	27	3
Ringprov + MI <sub>5</sub>	8	7	0	0	34	1
Ringprov + densitetsfördelning	10	5	0	1	32	2
MI <sub>5</sub> + densitetsfördelning	8	7	0	3	32	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning



TABELL 41 Provningsresultat inom kategorierna bra respektive dåliga rör vid kombination av tre eller flera provningsparametrar

	Bra rör (Rörkategori I + II)			Dåliga rör (Rörkategori IV + V)		
	+	-	Ej under- sökt	+	-	Ej under- sökt
Okulärbesiktning + ringprov + MI <sub>5</sub>	8	7	0	0	34	1
Okulärbesiktning + MI <sub>5</sub> + densi- tetsfördelning	8	7	0	2	32	1
Okulärbesiktning + ringprov + densi- tetsfördelning	9	5	1	1	32	2
Ringprov + MI <sub>5</sub> + densitetsför- delning	8	7	0	0	35	0
Okulärbesiktning + ringprov + MI <sub>5</sub> + densitetsför- delning	8	7	0	0	35	0

+ Godkänd provning

- Underkänd provning

Bilaga 1:1SAMMANSTÄLLNING AV  
ERHÅLLNA PROVNINGSRESULTAT

De i bilagan angivna hänvisningssiffrorna avser följande:

- 1) Endast del av ringtvärsnittet undersökt.
- 2) Smältbrott.
- 3) Uppgift om eventuellt smältbrott saknas.

Provningresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
1	200 x 18,2	Ej använd. (Tillverkad för provningsändamål)	A	Matt yta med normal struktur	Ingen berläggning	Innsida: 0,40 Utsida: 0,40	Normal	>2,2	148, 151, 161, 177, 198, 204, 244, 303, 542, 683, 807	Ej oxiderad insida	$\sigma = 4\text{MPa}$ 48 - 216 (16 prover) $\sigma = 2\text{MPa}$ 874-6700 (11 prover)	
2	400 x 36,4	Ej använd. (Tillverkad för provningsändamål)	A	Matt yta med normal struktur	Ingen berläggning	Innsida: 0,243 Utsida: 0,42	Normal	3,5	65-587 (16 stavar)	Delvis oxiderad insida	$\sigma = 4\text{MPa}$ 32 - 63 (16 prover) $\sigma = 2\text{MPa}$ 114-319 (12 prover)	
3	200 x 18,2	Ej använd	A	Glansig yta med apelsin-skalsstruktur	Gråblå berläggning	Innsida: 0,142 Utsida: 0,33	Önormal	>2,9	40-169 (13 stavar)	Oxiderad insida	$\sigma = 4\text{MPa}$ 30 - 60 (4 prover)	
4	400 x 36,4	Ej använd	A	Matt yta med normal struktur	Ingen berläggning	Innsida: 0,35 Utsida: 0,31	Normal	>2,1	173, 203, 266, 371, 497, 641	Ej oxiderad insida	$\sigma = 4\text{MPa}$ 80 - 140 (10 prover)	Bilaga 1:2

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningsresultat							Anm.		
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)		FMIR/IR	Brott-tider vid tryckprov. vid +80°C (h)
5	800 x 24,9	Ej använd	A	Matt yta med normal struktur	Ingen be-läggning	Insida: 0,33 Utsida: 0,36	Normal	>2,0	110, 132, 183, 188, 418, 467, 470, 495	Ej oxide-rad in-sida	$\sigma = 4$ MPa >74, >88, 160 $\sigma = 3$ MPa 276, 280, 353	
6	800 x 30,8	Ej använd (Special-tillverkad för provning)	B	Matt fläckig yta	Gråblå be-läggning	Insida: 1,7 Utsida: 1,57	Onormal	2,5	12, 14, 15, <23, <23, <23	Oxiderad insida	$\sigma = 4$ MPa 7, 15 $\sigma = 3$ MPa 18, 26	
7	400 x 22,7	Ej använd	A	Glansig yta med apelsin-skalsstruktur	Gråblå be-läggning	Insida: 0,172 Utsida: 0,35	Onormal	4,7	32, 47, 53, 59, 64, 64	Oxiderad insida	$\sigma = 4,2$ MPa 9, 12, 12 $\sigma = 3,0$ MPa 45, 49, 83 $\sigma = 2,0$ MPa 87, 115, 130	

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningresultat								Anm.	
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI 5 (g/10 min)	Densitetsdelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR		Brott-tider vid förtryckprov. vid +80°C (h)
8	355 x 32,3	Ej använd	A	Matt yta med normalt struktur	Ingen beläggning	Innsida: 0,29 Utsida: 0,36	Normal.	>3,8	251, 621, 930	Ej oxiderad insida	$\sigma = 4,2$ MPa >44, 79, 93, 99, 122, 154	
9	355 x 32,3	Tryckvattenledning	A	Längsgående partier med blankt yta, följande matt yta med normalt struktur	Gråblå beläggning på såväl rörväggen in som utsida. Kraftig gråvit beläggning i de längsgående blanka ytpartierna	Innsida: 1,342 i blankt ytparti. 0,33 för yta med normalt struktur Utsida: 0,43	Onormal (blankt ytparti). Normal (matt ytparti)	-	26, 32, 32	-	$\sigma = 4,2$ MPa 6,5	Haverier ca 1 års drift
10	315 x 28,7	Tryckvattenledning	A	Delvis glansig yta med antydan till apelsinskalsstruktur delvis matt yta med normalt struktur	Delvis gråblå, delvis sotsvart beläggning	Innsida: 0,212 (blankt parti) 0,32 (matt parti) Utsida: 0,47	Onormal (blankt parti) Normal (matt parti)	2,8	Blank insida 8,24, 24, 26, 28, 32, 38, 40, 45, 57, 73 Matt insida 25, 25, 33, 50, 63, 37, 252, 307.	Oxiderad insida	$\sigma = 4,2$ MPa 11, 40, 55	Haverier ca 1 års drift. Samma ledning som nr 17

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningresultat								Anm.	
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMR/IR		Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)
11	1000x24,4	Tryckavlopp industri	A	Matt yta med normal struktur	-	Innsida: 0,35 Utsida: 0,32	Onormal	-	23, 29, 39, 40, 43, 45, 50, 56	-	-	Haverier ca 4 års drift
12	1000x24,4	Tryckavlopp industri	A	Matt yta med normal struktur	Svagt gråbrun beläggning	Innsida: 0,46-2 0,66-2 Utsida: 0,32	Onormal	-	21, 22, 27, 28, 29, 30, 30, 31, 35, 35	-	-	Provet uttaget 16 m från haveristället på rör nr 11
13	1000x24,4	Tryckavlopp industri	A	Matt yta med normal struktur	Gråbrun beläggning	Innsida: 0,72-2 Utsida: 0,33	Onormal	-	15, 25, 26, 26, 26, 27, 27, 28, 35, 81	Oxiderad insida	-	Haverier ca 4,5 års drift. Provet uttaget 59 m från haveristället
14	1000x24,4	Ej använd	A	Matt yta med normal struktur	Svag gråblå beläggning på vissa områden av insidan	Innsida: 0,28 Utsida: 0,34	Normal	-	372, ~800, 831, >1103, 1935	Ej oxiderad insida	-	



Provningsresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulärbesiktning	Ringprov i vattenbad	MI 5 (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
15	355 x 32,3	Tryckvattenledning	A	Glansig yta med normal ytstruktur	Svagt gråblå beläggning	Inside: 0,232 Utsida: 0,45	Normal	>2,9	29, 32, 33	-	$\sigma = 4,2$ MPa 12, 18, 39 >68 $\sigma = 3,0$ MPa 28, 79, 209	Haverier efter ca 1,5 års drift.
16	900 x 30	Tryckavlopp industri	C	Slät blank yta	Svagt gråblå beläggning på såväl in- som utsida	Inside: 1,89 Utsida: 1,64	Normal	-	70	-	-	Haverier efter ca 2 års drift
17	315 x 28,7	Ej använd	A	Matt yta med normal struktur	-	Inside: 0,343 Utsida: 0,47	Normal	3,05	31, 36, 51, 51, 69, 85	-	$\sigma = 4,2$ MPa 26 $\sigma = 3,0$ MPa 84	Samma ledning som nr 10
18	500 x 18	Tryckavlopp	A	Matt yta med normal struktur.	Svagt grå beläggning på såväl in- som utsida	Inside: 0,20 Utsida: 0,29	Normal	-	115, 119, 145	-	-	Haverier efter ca 2,5 års drift. Rör 18-23 kommer från samma ledning

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningresultat										Anm.	
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)			
19	500 x 18	Tryckavlopp	A	Glansig yta med apelsin-skals- <sup>1)</sup> struktur	Gråsvart <sup>1)</sup> beläggning	Inside: 0,162 Utsida: 0,31	-	-	-	23, 27, 31, 31, 54	-	-	-	Haveri efter ca 4 års drift. Se anm. rör 18
20	500 x 18	Tryckavlopp	A	Starkt glansig yta med apelsin-skals- <sup>1)</sup> struktur	Sotsvart <sup>1)</sup> beläggning	Inside: 0,152 Utsida: 0,29	Onormal	~3,0	-	20, 23, 23, 27, 31	-	-	-	Haveri efter ca 4,5 års drift. Se anm. rör 18
21	500 x 18	Tryckavlopp	A	Matt yta med normal struktur <sup>1)</sup>	Svagt grå <sup>1)</sup> beläggning	Inside: 0,26 Utsida: 0,31	Normal	-	-	50, 55, 62, 79	-	-	-	Haveri efter ca 5 års drift. Se anm. rör 18

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningsresultat								Anm.	
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsförändring	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. °C vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR		Brott-tider vid rör-tryckprov. vid +80°C (h)
22	500 x 18	Tryckavlopp	A	Delvis starkt glansig yta med apelsinskalesstruktur delvis matt yta med normal struktur <sup>1)</sup>	Delvis svart, delvis gråblå beläggning på blankt ytparti. F ö ingen beläggning <sup>1)</sup>	Inside: 0,092 (Blank insida) 0,32 (Matt parti) Utsida: 0,31	Onormal (Blank parti). Normal (Matt parti)	-	80, 90, 191	-	$\sigma = 4,2$ MPa 15, 39 Brotten har i bägge fall startat i längsgående repor på rörvägens insida	Haveri efter ca 5,5 års drift. Se amm. rör 18
23	500 x 18	Ej använd	A	Del av insidan har fettglans och apelsinskalesstruktur. F ö matt yta med normal struktur	Gråblå beläggning på den blanka ytan. F ö ingen beläggning	Inside: 0,132 Utsida: 0,29	Onormal (Blank parti). Normal (Matt parti)	-	43, 53, 55	-	-	Se amm. rör 18



Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningsresultat								Anm.	
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI 5 (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR		Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)
28	225 x 20,5	Ej använd	A	Blank insida med antydan till apelsinskalesstruktur	Gråblå beläggning. På ett ställe sotsvart beläggning	Inside: 0,122 Utsida: 0,40	Onormal	>3,1	>140, 157, 213, 315, 343	Oxiderad insida	$\sigma = 4,2$ MPa 360	
29	225 x 20,5	Ej använd	D	Matt yta med malstruktur	Ingen beläggning.	Inside: 0,41 Utsida: 0,43	Normal	>3,2	>142, 210, 358, >400, >400	Ej oxiderad insida	-	
30	225 x 12,8	Ej använd	A	-	-	Inside: 0,232 Utsida: 0,43	Normal	>2,7	32, 38, 45, 46, 96	-	$\sigma = 4,2$ MPa 34, 443	
31	225 x 12,8	Ej använd	A	Matt yta med malstruktur	Svagtgråblå beläggning	Inside: 0,30 Utsida: 0,34	Normal	>2,5	88, 88, 97, 98, 107, 108, 134, 207, 229	Ej oxiderad insida	-	Prov från samma ledning som rör 30



Provningsresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
32	355 x 32,3	Ej använd	D	Blank slät insida med antydan till apelsinskalsstruktur samt ytor ojämnheter rörande från rör-tillverkningen	Kraftig gråblå be-läggning <sup>1)</sup>	Insida: 0,072 Utsida: 0,37	Onormal	~4,0	148, 163, 291, 296, 378, > 600	Oxiderad insida	$\sigma = 4,2$ MPa >44	
33	355 x 32,3	Ej använd	D	Blank slät insida med ytojämnheter rörande från rör-tillverkningen	Gråblå be-läggning <sup>1)</sup>	Insida: 0,072 Utsida: 0,35	Onormal	~4,4	67, 84, 134, 163, 594, > 600	Oxiderad insida	$\sigma = 4,2$ MPa 26	



Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningresultat							Anm.	
			Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsförändring	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)		FMIR/IR
34	800 x 23,3	Ej använd	D	Längsgående partier med siät, blank yta för övrigt matt yta med normal struktur	Kraftig gråblå beläggning på blanka yt-partier. För övrigt mycket svag eller ingen beläggning	Inside: 0,162 (blank yta) 0,36 (matt yta) Utsida: 0,45	Onormal (blank yta)	-	Blank yta 14, 16, 30, 34, 37 Matt yta 392, 689, 774, 800, 842	Blank yta Oxiderad insida Matt yta Ej oxiderad insida	Haveri i svetsfog vid ledning - installationen
35	710 x 27,3	Tryckavloppsledn	A?	Glansig yta med apelsin-skalsstruktur	Delvis grå delvis svart beläggning	Inside: 0,102	Onormal	-	28, 51, 52, 52, 99, 102, 113	-	Haveri efter ca 3 års drift
36	180 x 16,4	Tryckluftledning	Okänd	Siät, blank yta med groper härrörande från rör-tillverkningen	Delvis gråvit beläggning	Inside: 0,40 Utsida: 0,84	Normal	> 1,9	41, 41	Ej oxiderad insida	Haveri efter ca 4 års drift

Provningresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsförändring (MPa)	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR mätningar	Brott-tider vid rör-tryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
37	200 x 7,7	Tryckavlopp, grundvatten	Okänd	Korrugerad glansig insida med apelsinskaistruktur	Sotsvart beläggning inom vissa områden <sup>1)</sup>	Innsida: 0,242 Utsida: 0,52	Onormal	-	23, 37, 56	Oxiderad insida	-	Haverier ca 4,5 års drift
38	225 x 12,8	Ej använd	D	Matt yta med normal struktur	Ingen beläggning	Innsida: 0,34 Utsida: 0,40	Normal	> 2,6	> 200 (5 stavar)	-	$\sigma = 4,2$ MPa > 47	
39	475 x 40	Tryckvattenledning	A	Ett ca 2 dm brett långsgående parti i röret med blank slät yta. För övrigt normal ystruktur med svag glans	Gråblå beläggning på den blanka släta ytan. För övrigt svagt grå beläggning	Innsida: Blank slät yta 0,662 Svagt glansig yta 0,32 Utsida: 0,45	Onormal (Blankt parti) Normal (För övrigt)	-	Blank yta 7, 8, 98 Svagt glansig yta 61, 64, 95	Blank yta Oxiderad insida Svagt glansig yta Ej oxiderad insida	-	Haverier ca 20 h drift

Provningresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMR/IR mätningar	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
40	630 x 24,2	Ej använd	I	Matt yta med något grov ytstruktur	Svagt gråblå beläggning på såväl rörväggens in- som ut-sida)	Inside: 0,39 Utsida: 0,43	Normal	-	277, 279, 650	-	-	
41	1000 x 24,4	Tryckavlopp industri	E	Matt yta med normal struktur	Delvis gråblå delvis sotsvart beläggning	Inside: 0,952 Utsida: 0,64	Onormal	-	21, 22, 23, 26, 28	-	-	Haverier ca 5,5 års drift
42	1000 x 24,4	Tryckavlopp industri	E	Matt yta med normal struktur	Ingen beläggning	Inside: 0,902 Utsida: 0,64	Onormal	-	31, 33, 36, 38, 48	-	-	Haverier ca 7,5 års drift
43	1000 x 24,4	Tryckavlopp industri	A	Något glansig yta med normal struktur	Svagt grå beläggning	Inside: 0,563 Utsida: 0,40	Onormal	-	17, 23, 24, 26, 26, 30	-	-	Haverier ca 4,5 års drift

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Provningsresultat							Anm.			
			Råvarufabrikat	Okulärbesiktning	Ringprov i vattenbad	MI 5 (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C (h)		FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	
44	800 x 30,8	Ej använt	I	Normal yta med grov ytstruktur	Ingen beläggning	Inside: 0,39 Utsida: 0,43	Normal	-	555, 651, 779	-	$\sigma = 4,2 \text{ MPa}$ > 57 $\sigma = 3,0 \text{ MPa}$ > 223		
45	225 x 20,5	Tryckvattenledning	I	Matt kraftigt korrugerad yta	Gråblå beläggning inom smala längsgående områden. För övrigt ingen beläggning!	Inside: 0,382 Utsida: 0,52	Onormal	-	47, 49, 50, 54	-	Haveri vid tätetsprovet ningen av ledningen. Rör 45 och 46 kommer från samma rörleverans		
46	225 x 20,5	Tryckvattenledning	I	Slät blank yta med viss glans	Kraftig gråblå beläggning	Inside: 0,202 Utsida: 0,47	Normal	-	946, > 1228 (3 stavar)	-	Tryckprovning av ett annat rör från samma rörleverans har givit brotten > 97 h vid $\sigma = 4,2 \text{ MPa}$ . Se anm. rör 45	Bilaga 1:15	

Provningresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsförändring (MPa)	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMR/IR mätningar	Brott-tider vid röretryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
47	200 x 18,2	Tryckavlopp industri	Okänd	Slät, blank yta med antydan till apelsin-skalsstruktur	Delvis grå-blå delvis sotsvart tydan till beläggning <sup>1)</sup> Viss beläggning även på utsidan	Inside: 0,20 <sup>2)</sup> Utsida: 0,56	Normal	> 3,0	36, 37, 37, 44, 49, 49, 59, 69	-	$\sigma = 3,0$ MPa 24, 28	Haveri efter ca 5 års drift
48	1000 x 31	Självfällsledning (Ej använd)	A	Matt yta med normal struktur	Svagt grå beläggning på såväl in- som utsida <sup>1)</sup>	Inside: 0,34 Utsida: 0,34	Normal	~ 2,0	117, 130, 167, 175, 198	-	-	Haveri efter ca 2 års drift. Provningarna är utförda på ett ej använt rör från samma tillverkning
49	200 x 18,2	Ej använd	F	Slät, blank <sup>1)</sup> insida	Ingen beläggning <sup>1)</sup>	Inside: 0,05 Utsida: 0,35	Normal	4,0	98, 110, 129, 526, 563	-	$\sigma = 3,0$ MPa 130,150, 150,190, 207 $\sigma = 2,0$ MPa 314,410, 490,655, 740	

Bilaga 1:16



## Provningresultat

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brottstider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brottstider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
50	315 x 12,7	Tryckavlopp industri	G	Blank insida med prickförning i områdena ojämheter. Antydning till apelsinskalstruktur	Delvis gråblå beläggning	Inside: 0,672 Utsida: 1,95	Onormal	~3,0	17, 19, 23, 24	Oxiderad insida	-	Haverier efter ca 2 års drift
51	500 x 48	Ej använd	A ?	Matt yta med normal struktur	Ingen beläggning	Inside: 0,32 Utsida: 0,35	Normal	>3,1	536, 607, 716	-	$\sigma = 4,2$ MPa >44, >66, 116, 136	
52	475 x 18,3	Ej använd	Okänd	Matt yta med normal struktur bortsett från en ca 25 cm bred långsgående zon med apelsinskalstruktur och fettglans	Gråblå beläggning på den blanka ytan. Föregående ingen beläggning	Inside: 0,32 (matt yta) 0,192 (blank yta) Utsida: 0,35	Normal (för såväl matt som blank yta)	~1,5	Matt yta 149, 215, 217, 303 Blank yta 34, 35, 39, 47	Matt yta Ej oxiderad insida Blank yta Oxiderad insida	-	8 haverier efter 4-8 års drift på tryckavloppsledning. Provningarna utförda på ett ej använt rör från samma tillverkning Bilaga 1:17



Provningresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Ann.
53	400 x 33	Ej använd	H	Blank slät yta <sup>1)</sup>	Gråblå be-läggning	Insida: 2,61 Utsida: 2,53	Onormal	-	17, 18, 19, 20, 25, 41	-	-	Ett flertal haverier efter ca 2 års drift på en tryckavloppsledning till en industri. Provingarna utförda på ett ej använt rör från samma tillverkning
54	500 x 37	Tryckvattenledning	A	Yta med apelsinskalesstrukturer och stark glans	Gråblå be-läggning	Insida: 0,042 Utsida: 0,38	Onormal	~3,5	47, 77, 86, 90, 128	-	$\sigma = 4,2$ MPa 32, 41	Haverier efter 1,5 - 2,5 års drift

## Provningsresultat

Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI 5 (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid $+80^{\circ}\text{C}$ (h)	Anm.
55	225 x 12,8	Ej använd	D	Matt yta med normal struktur	Ingen belyggningsläggnings	Inside: 0,44 Utsida: 0,50	Normal	3,8	440, 486, 526, 708, 734	Ej oxiderad insida	$\sigma = 4,8\text{MPa}$ 81 $\sigma = 5,0\text{MPa}$ 77, 103	
56	200 x 18,2	Ej använd	D	Matt yta med normal struktur	Ingen belyggningsläggnings	Inside: 0,16 Utsida: 0,45	Normal	2,1	163, 202, 207, 286, 334	-	$\sigma = 5,0\text{MPa}$ 34, 48, 68 $\sigma = 4,0\text{MPa}$ >101, >189, >217 $\sigma = 2,5\text{MPa}$ 2035	
57	200 x 18,2	Ej använd	E	Blank slät insida	Ingen belyggningsläggnings	Inside: 0,58 Utsida: 0,91	Normal	2,4	162, 178, 290, 409, 803	-	$\sigma = 5,0\text{MPa}$ 78, 80, 80, 83, 86 $\sigma = 4,0\text{MPa}$ 109, 113, 118, 146, 153	Bilaga 1:19

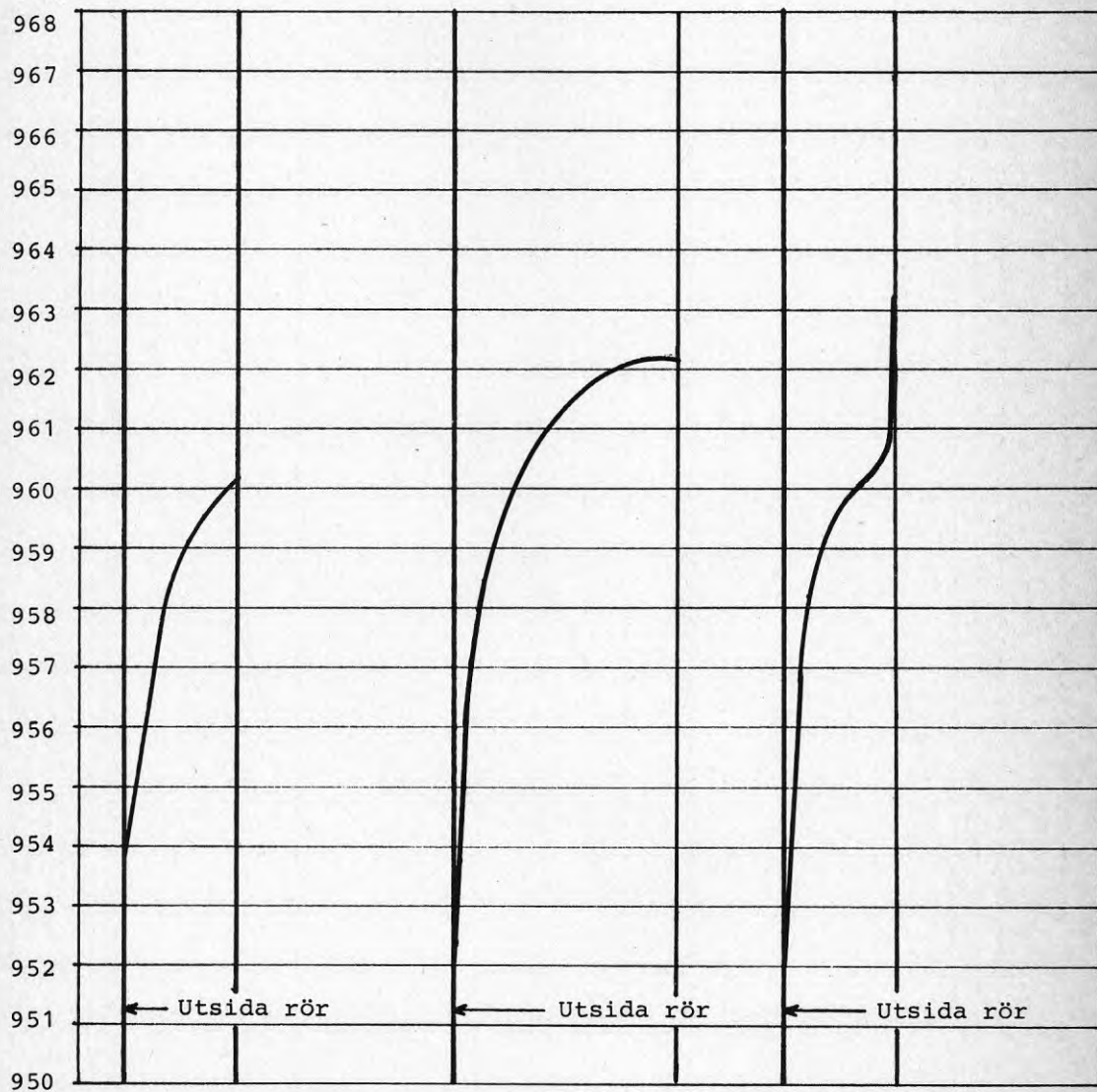
Provningresultat												
Rör nr	Dimension (mm)	Typ av ledning	Råvarufabrikat	Okulär besiktning	Ringprov i vattenbad	MI <sub>5</sub> (g/10 min)	Densitetsfördelning	Inbyggd spänning (MPa)	Brott-tider vid stavprov. vid +80°C och $\sigma = 5.5$ MPa (h)	FMIR/IR	Brott-tider vid rörtryckprov. vid +80°C (h)	Anm.
58	355 x 32,3	Ej använd	Okänd	Glansig yta med antydning till apelsin-skalesstruktur	Gråblå be-läggning	Inside: 0,102 Utsida: 0,29	Onormal	>4,1	195, 200, 204, 258, 270, 308	-	-	Ledningen har varit i drift i över 10 år utan haveri (tryckvat-tenledning). Provning har utförts på ett ej an-vänt rör från samma tillverkning
59	500 x 40	Ej använd	Okänd	Glansig yta med antydning till apelsin-skalesstruktur	Gråblå be-läggning. I vissa om-råden svart be-läggning	Inside: 0,052 Utsida: 0,32	Onormal	>2,8	157, 167, 248, 300, 304, 370	Oxiderad insida	-	Ledningen har varit i drift i över 10 år utan haveri (tryckvat-tenledning). Provning har utförts på ett ej an-vänt rör från samma tillverkning

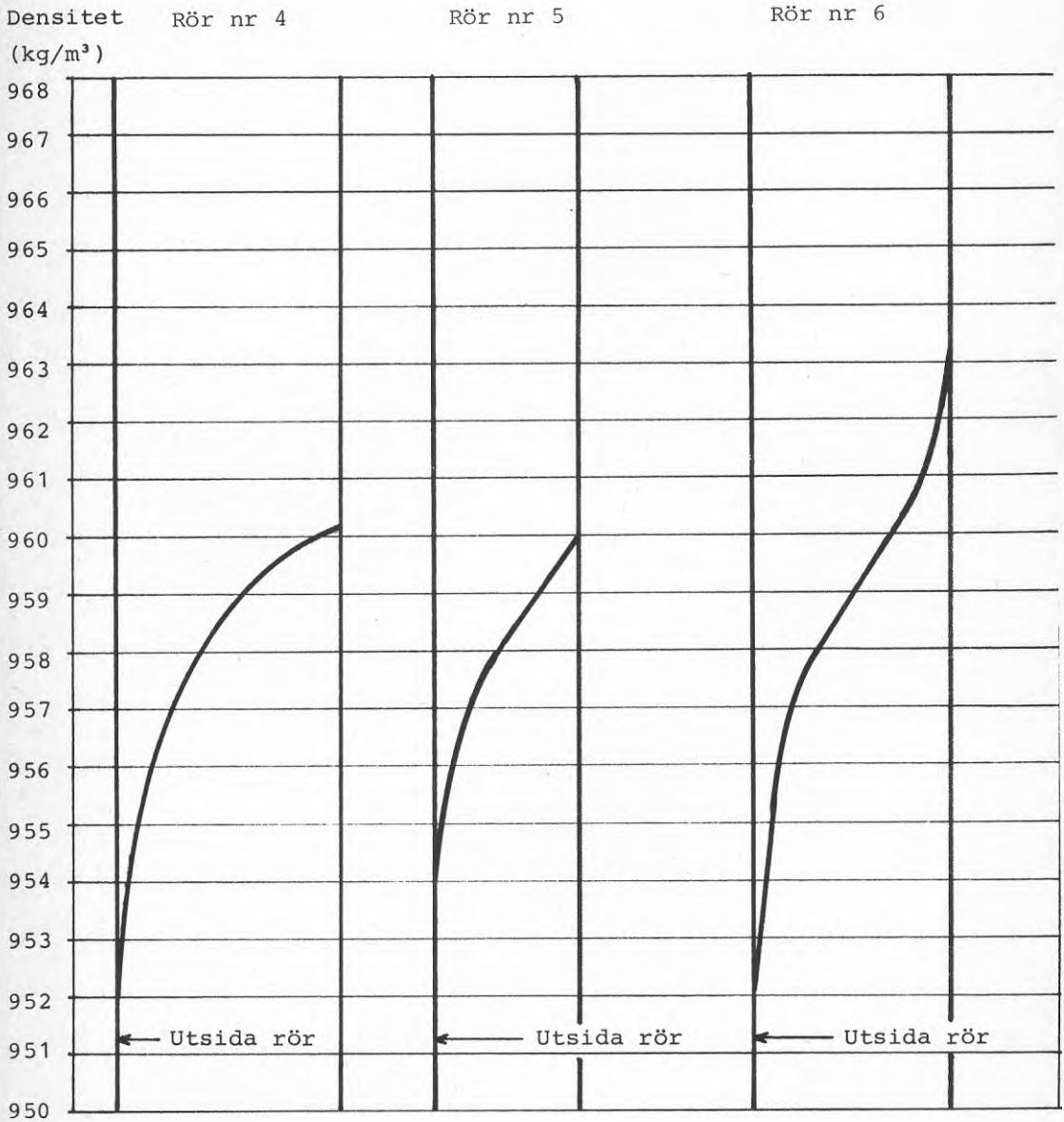


UPPMÄTTA DENSITETSFÖRDELNINGAR GENOM RÖRVÄGGENDensitet Rör nr 1  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 2

Rör nr 3







Densitet Rör nr 7  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 8

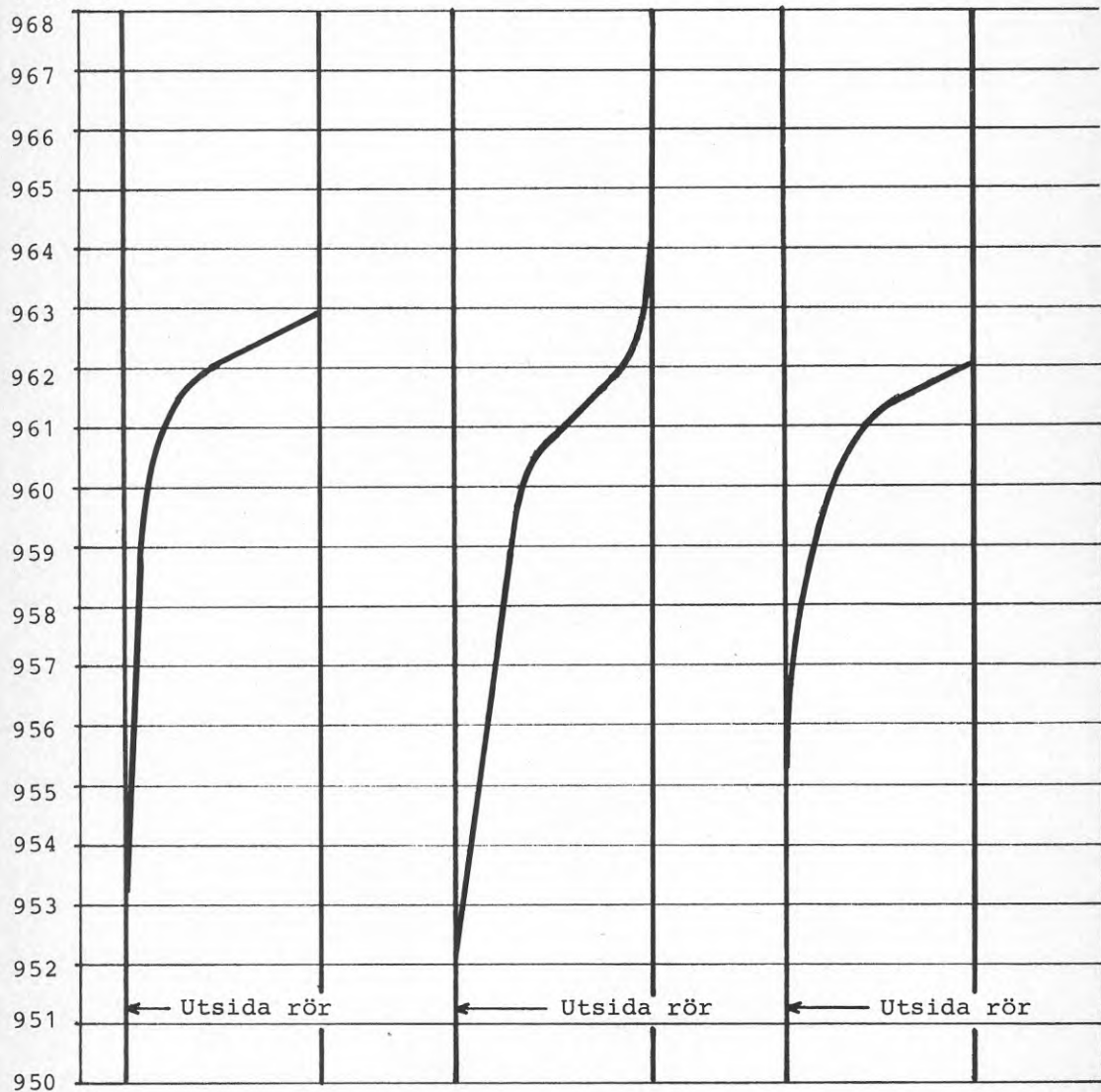
Rör nr 9  
blankt  
parti



Densitet Rör nr 9,  
(kg/m<sup>3</sup>) matt parti

Rör nr 10,  
blankt parti

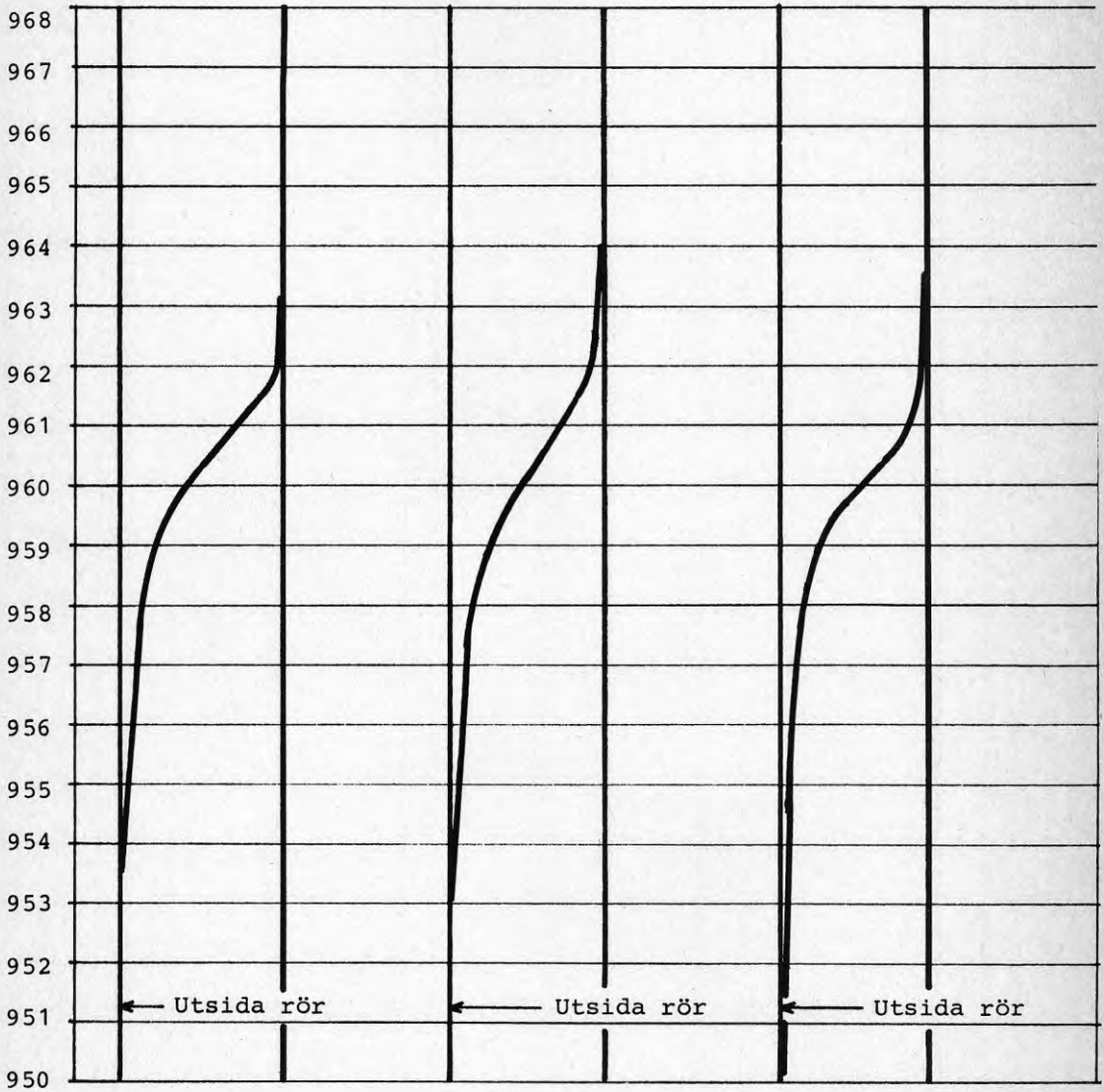
Rör nr 10,  
matt parti



Densitet Rör nr 11  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 12

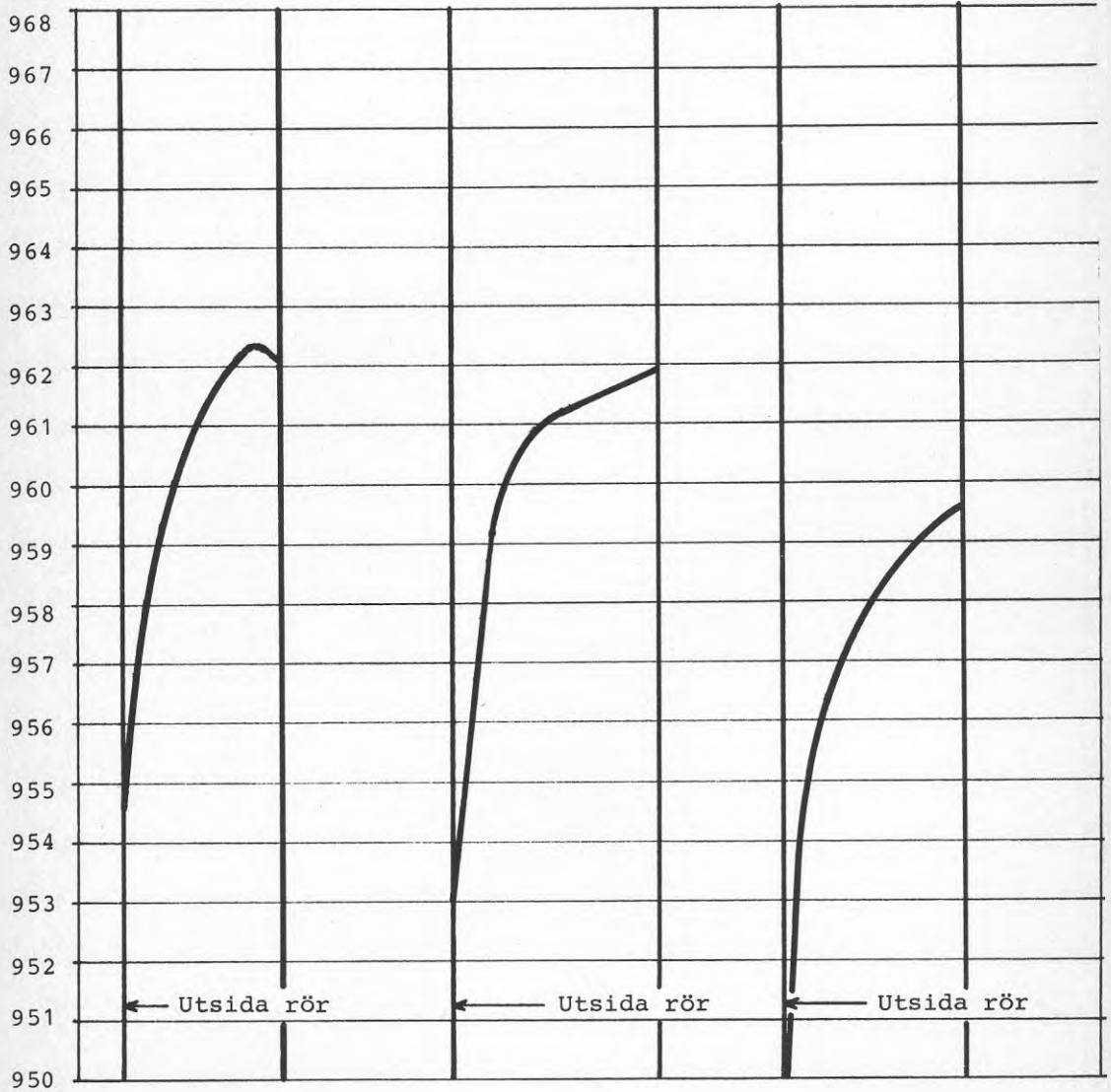
Rör nr 13



Densitet Rör nr 14  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 15

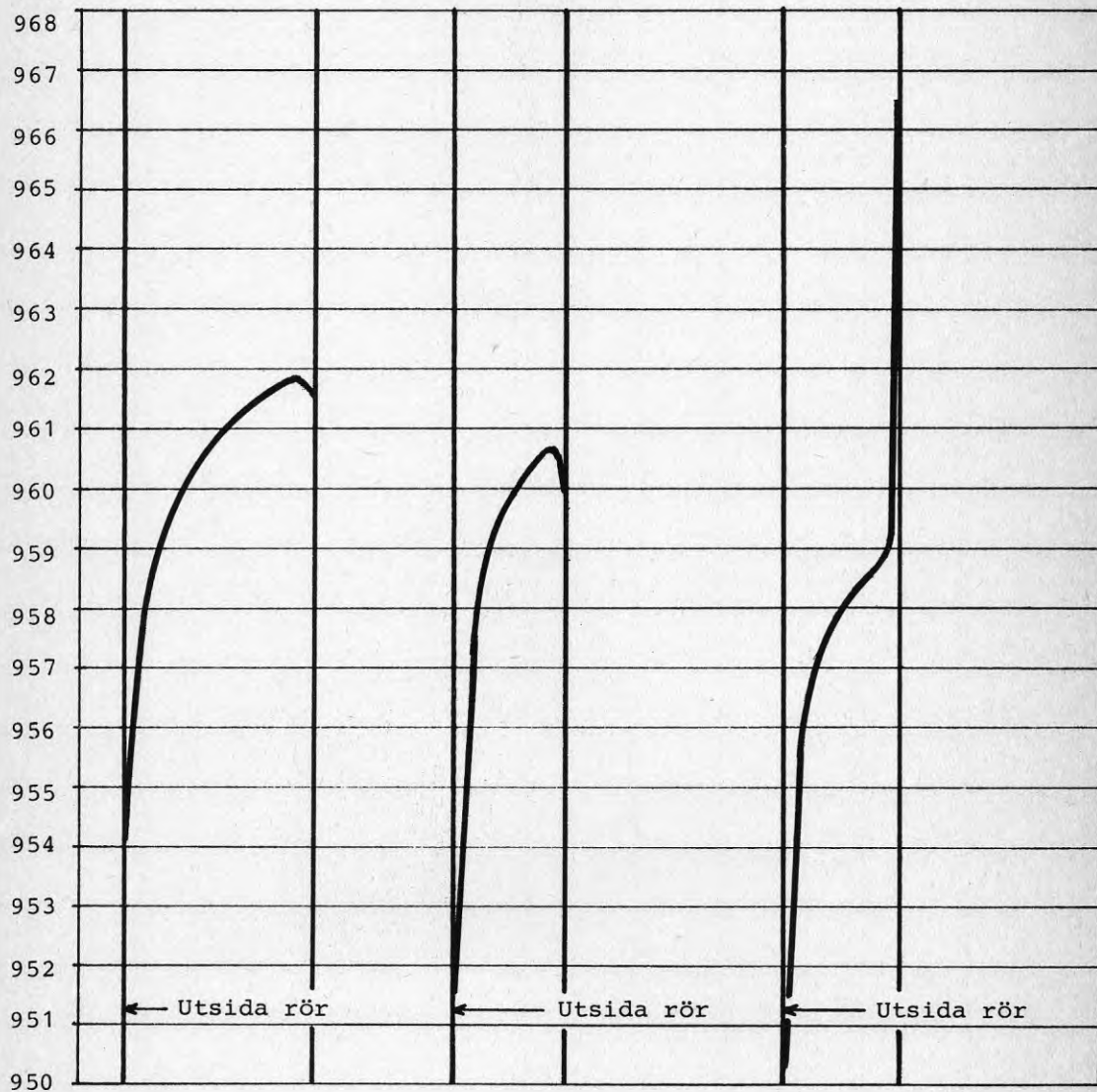
Rör nr 16

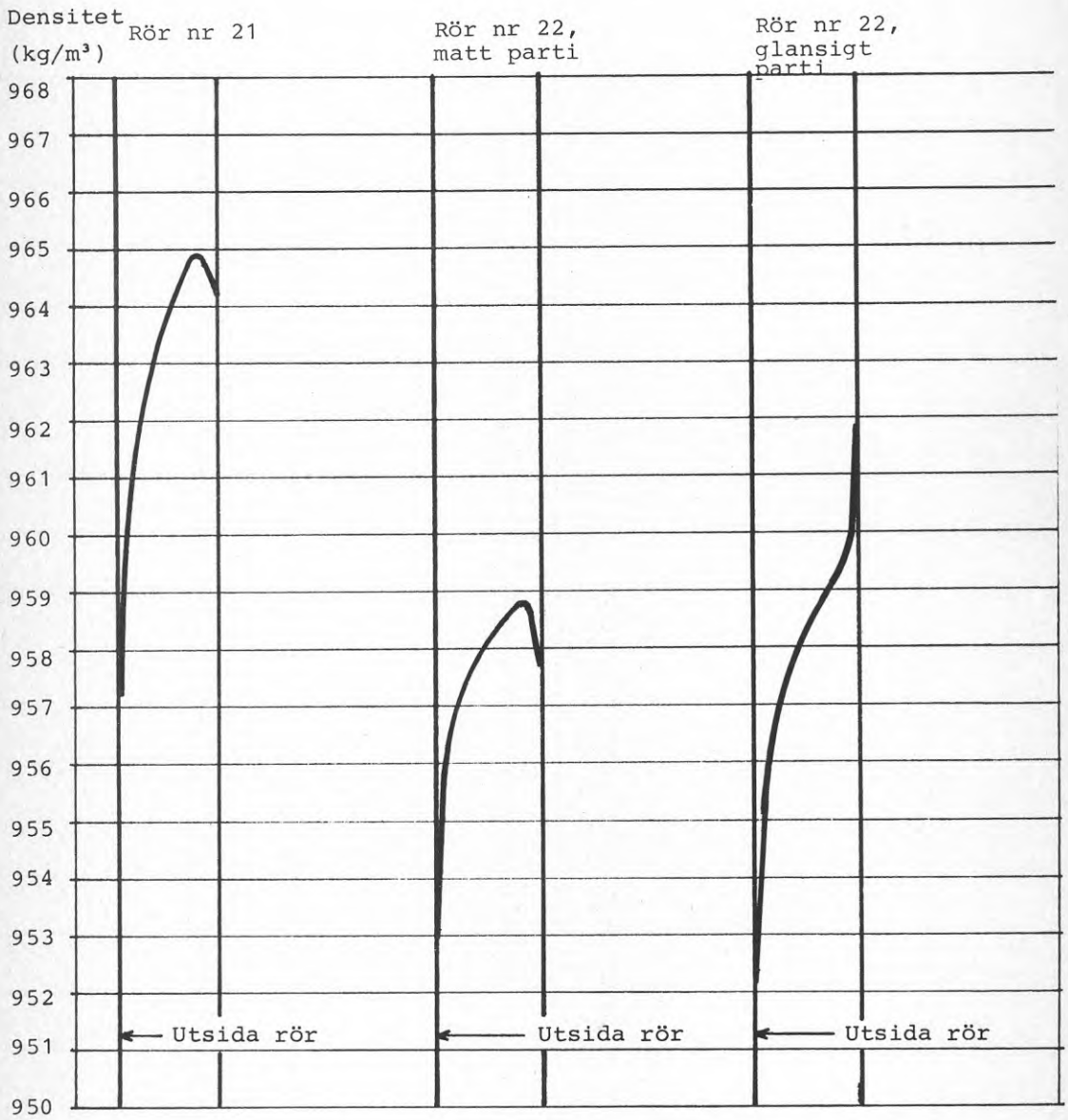


Densitet Rör nr 17  
(kg/m<sup>3</sup>)

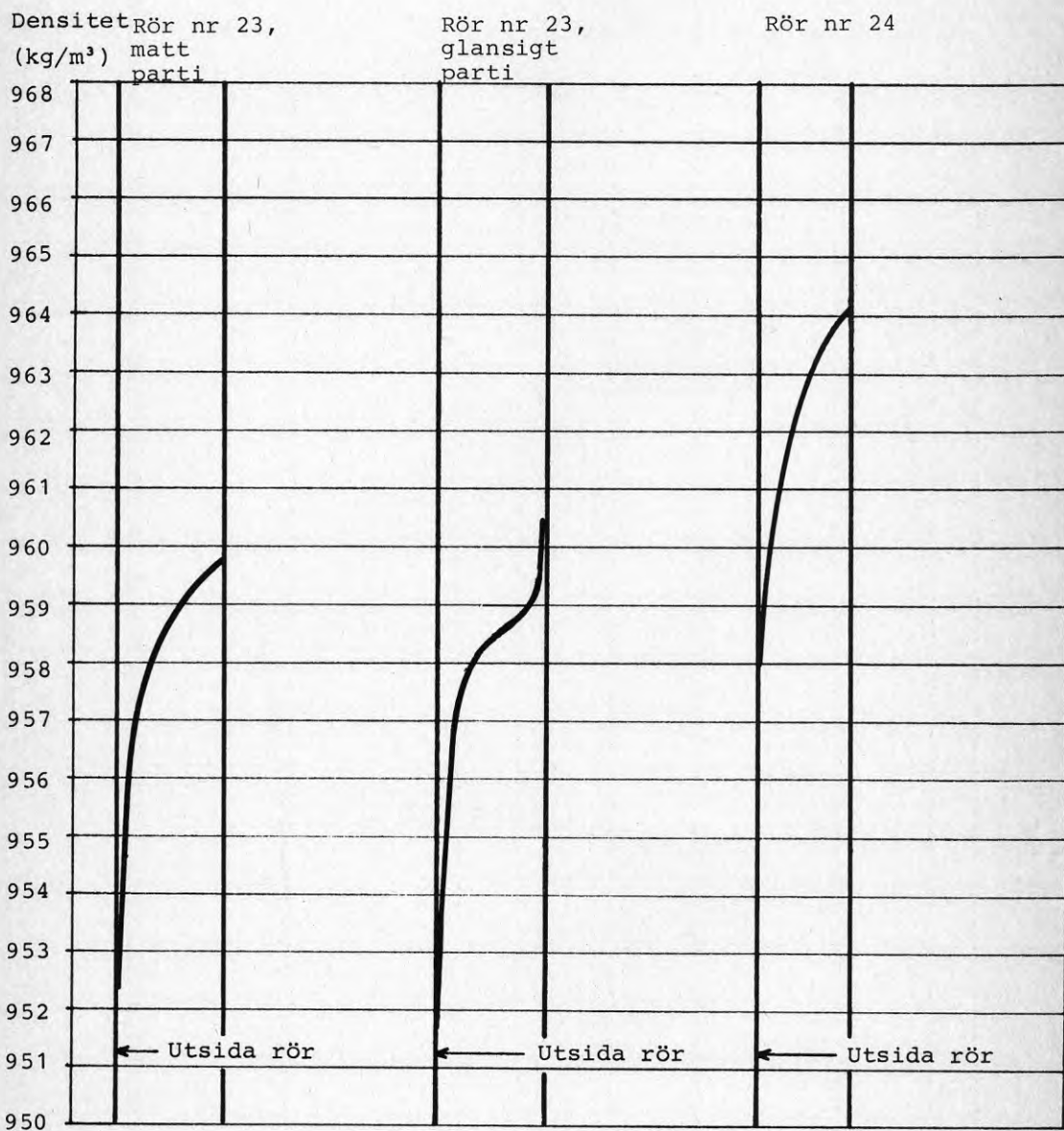
Rör nr 18

Rör nr 20







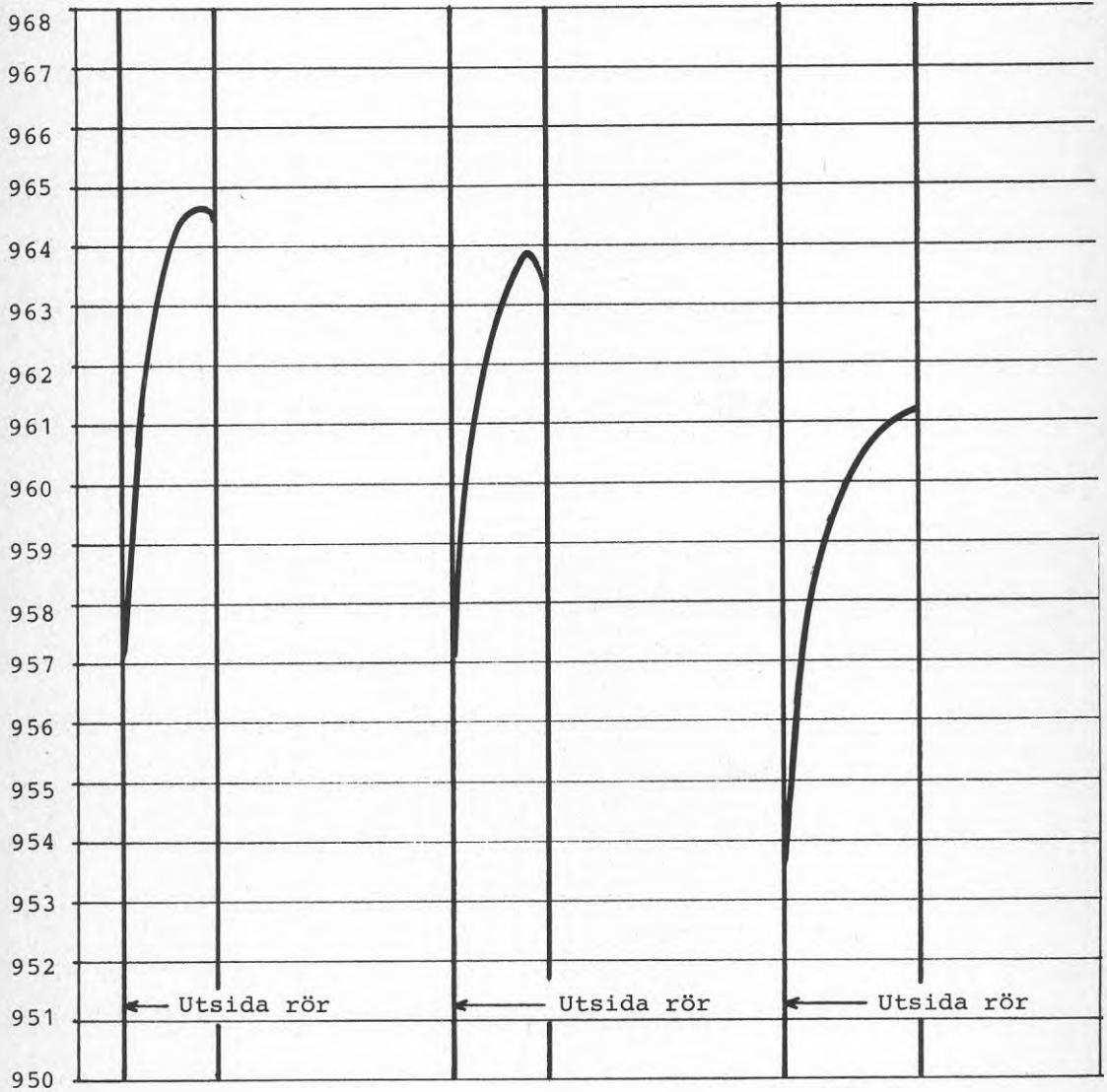


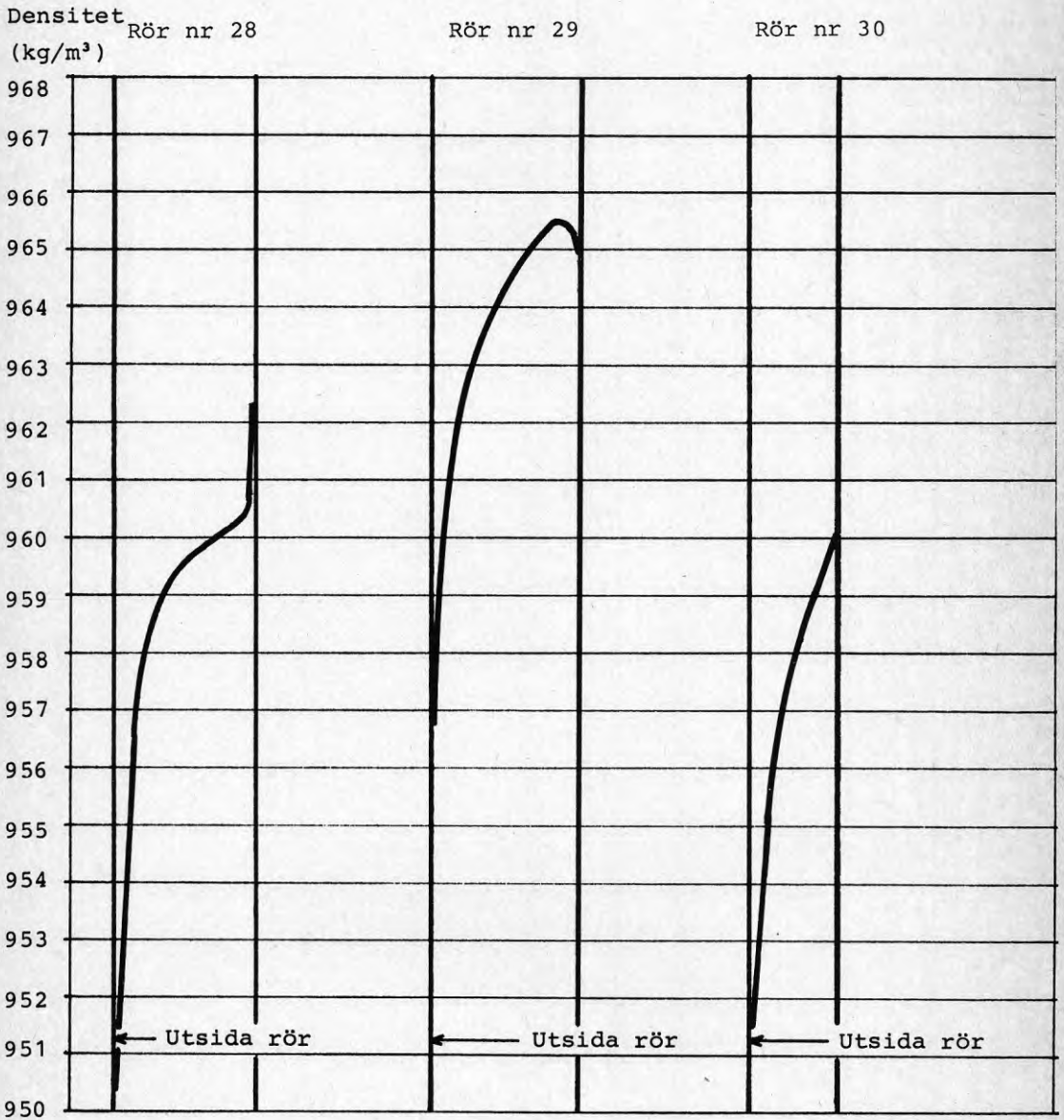
Densitet  
(kg/m<sup>3</sup>)

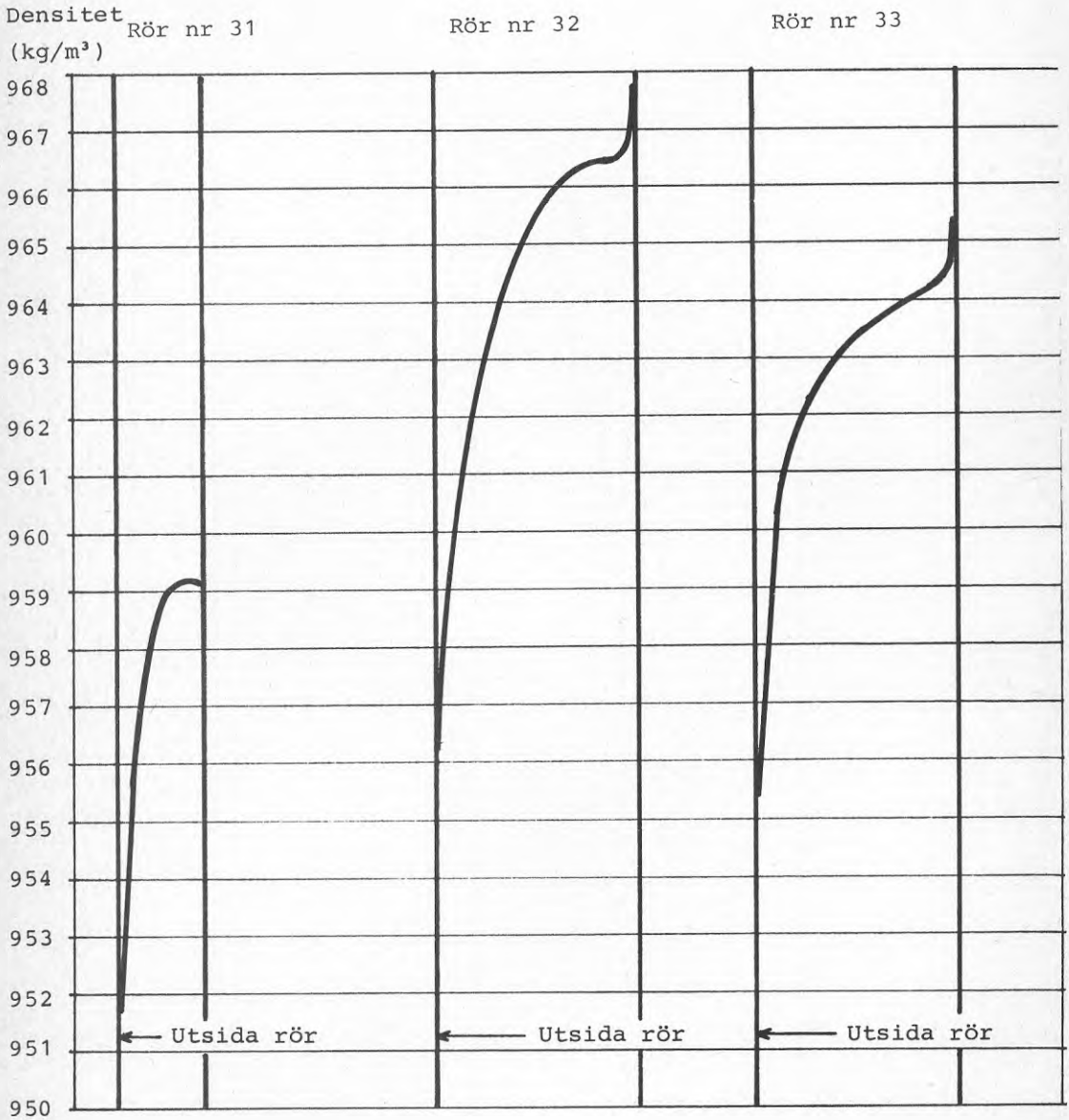
Rör nr 25

Rör nr 26

Rör nr 27



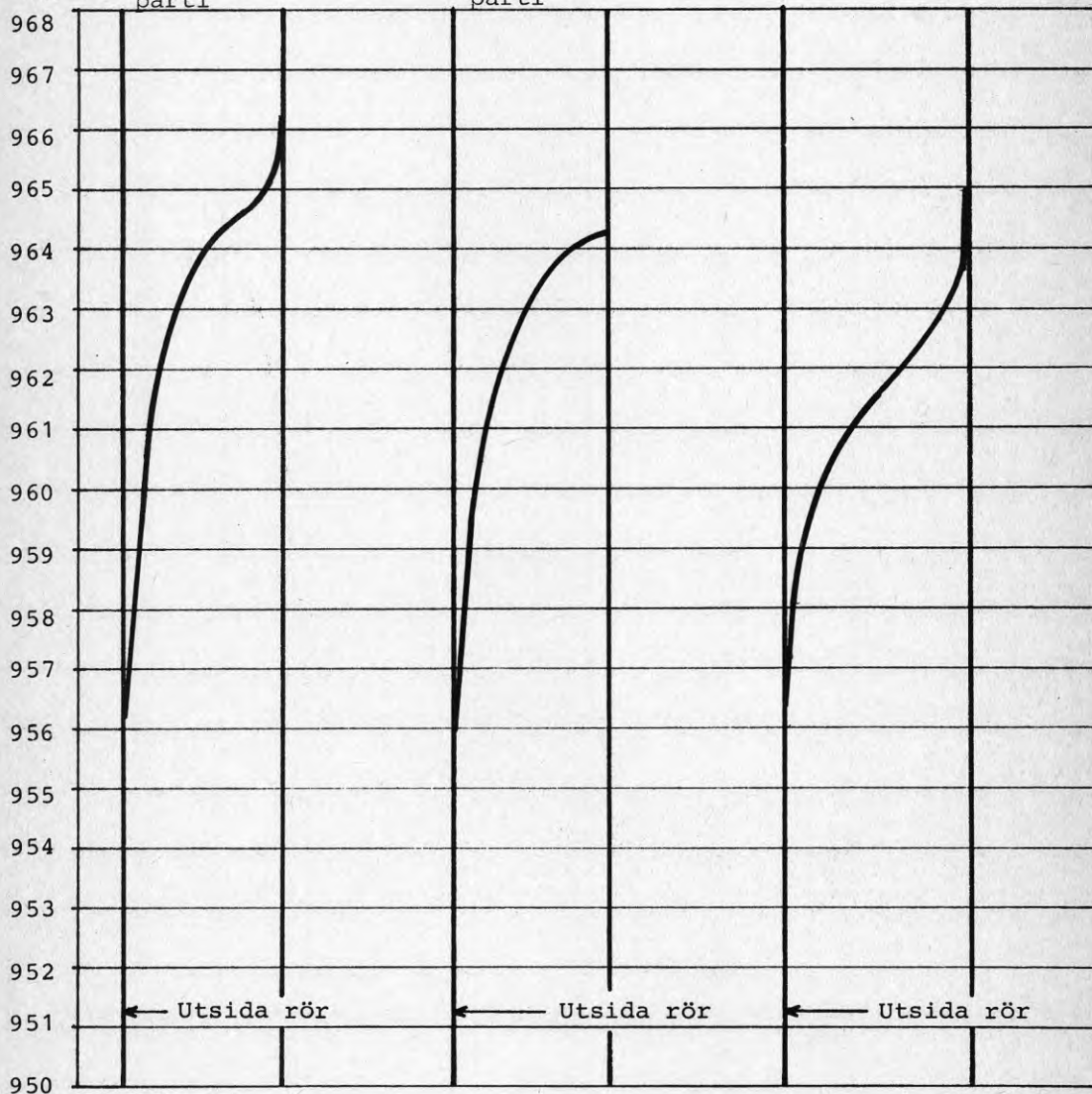


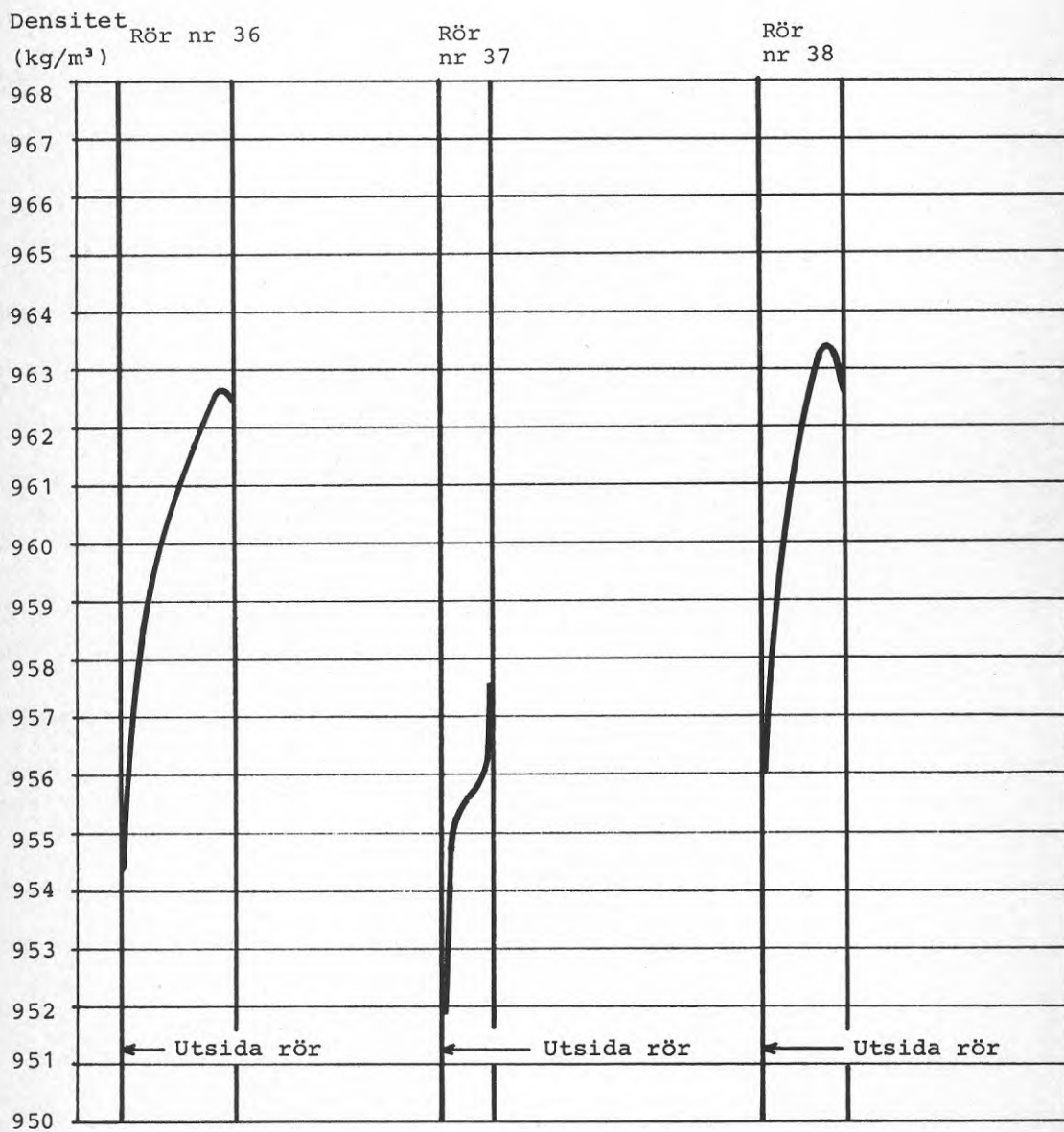


Densitet Rör nr 34,  
(kg/m<sup>3</sup>) blankt  
parti

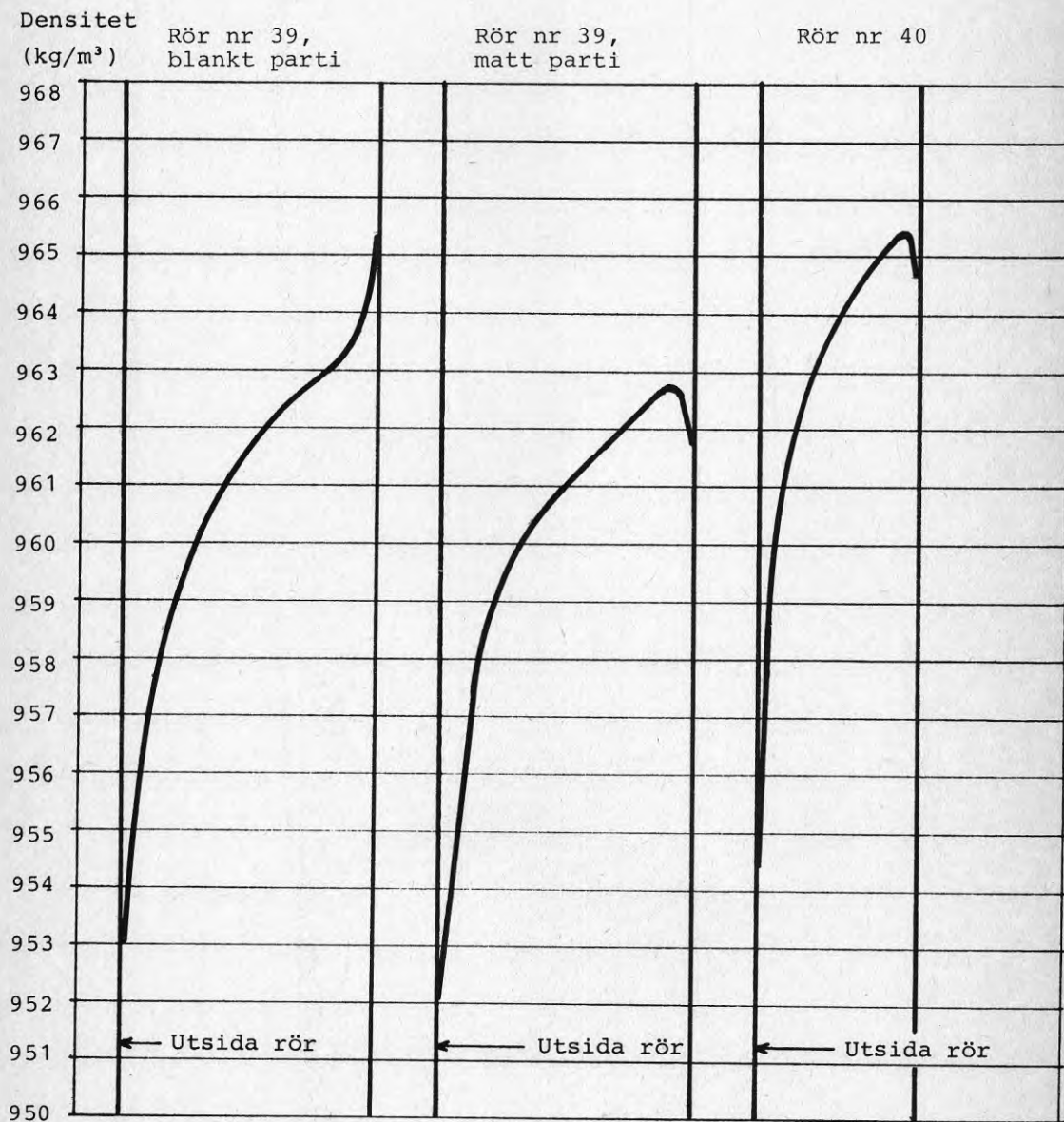
Rör nr 34,  
matt  
parti

Rör nr 35







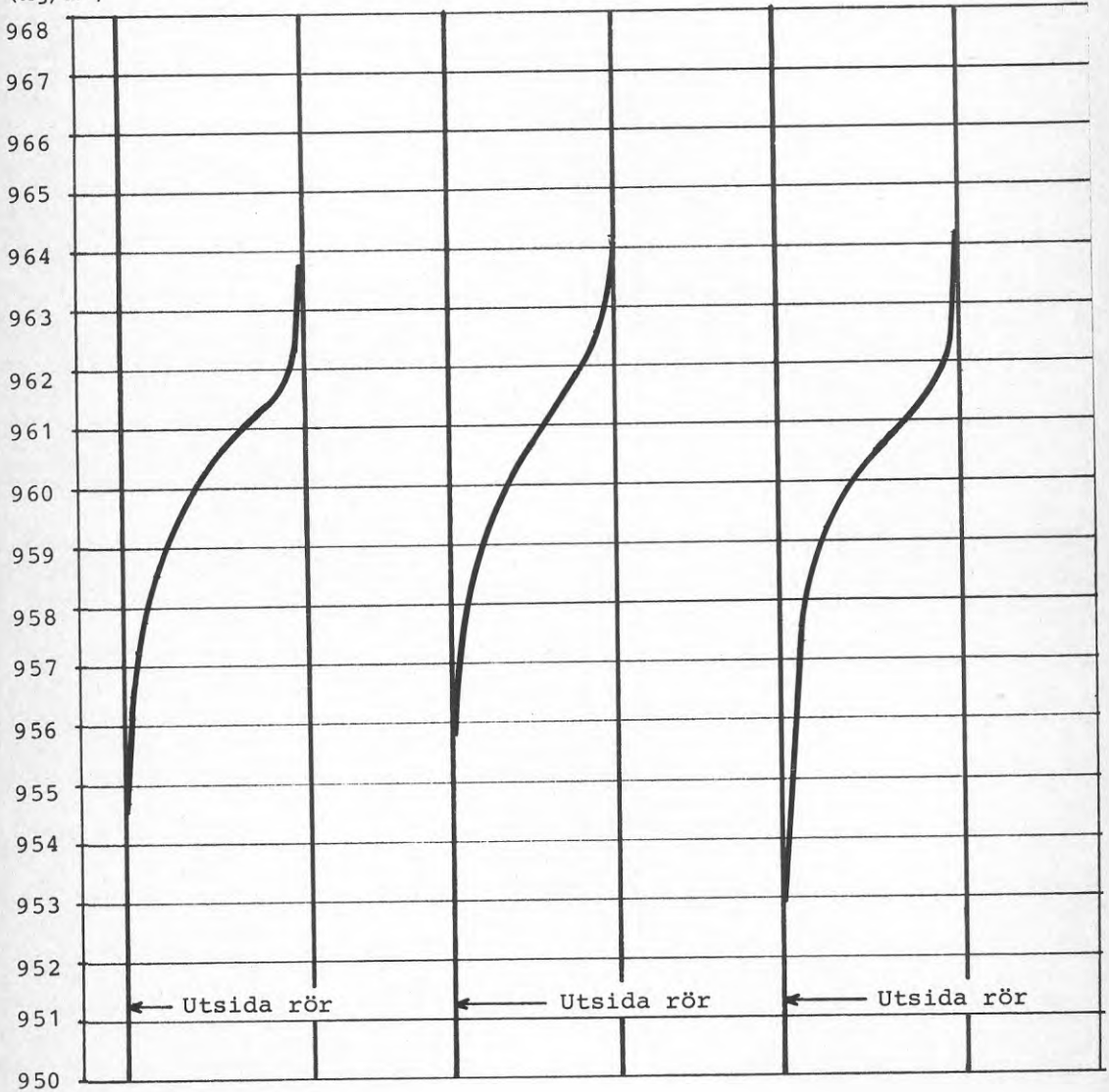


Densitet  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 41

Rör nr 42

Rör nr 43

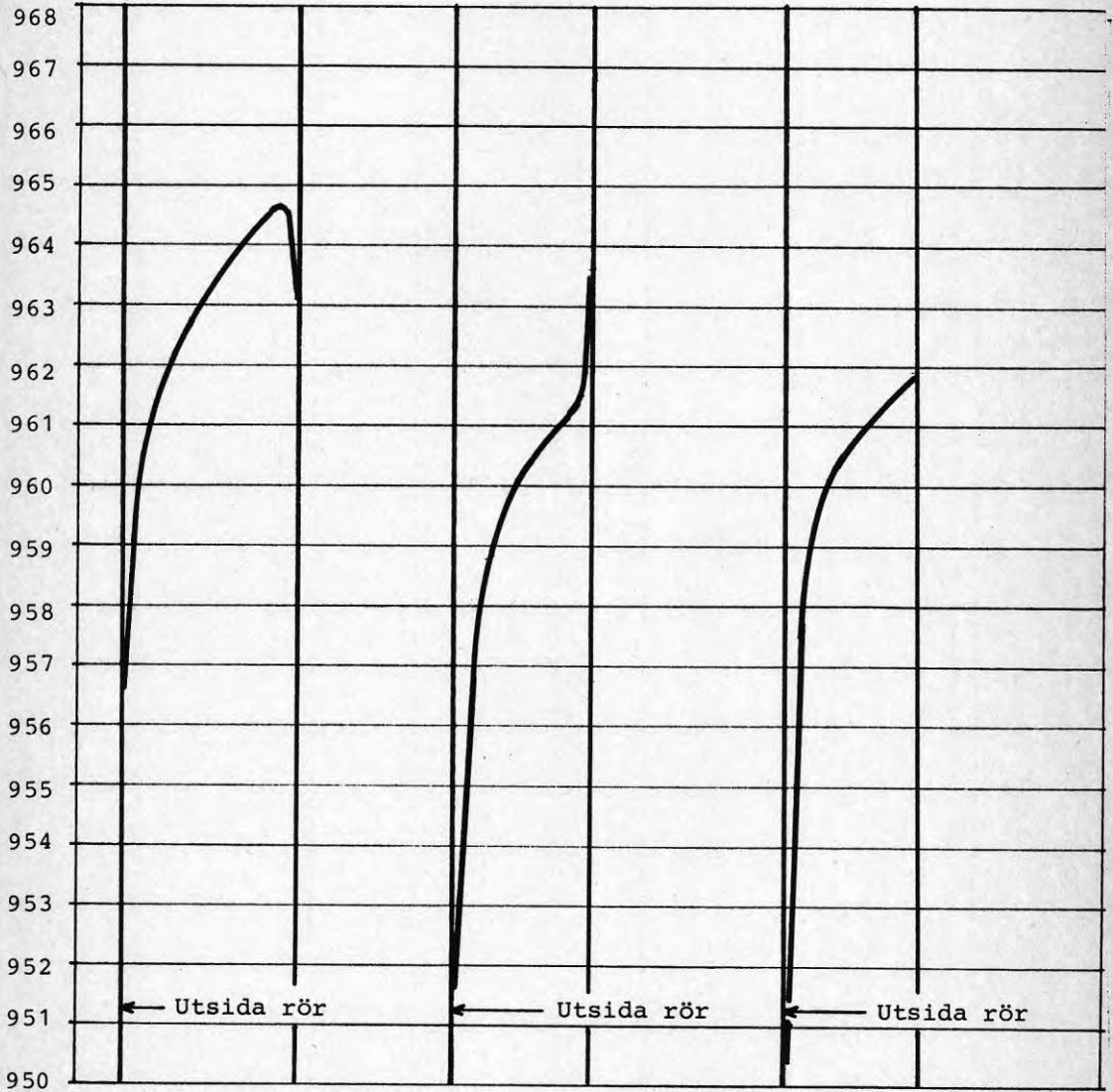


Densitet  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 44

Rör nr 45

Rör nr 46

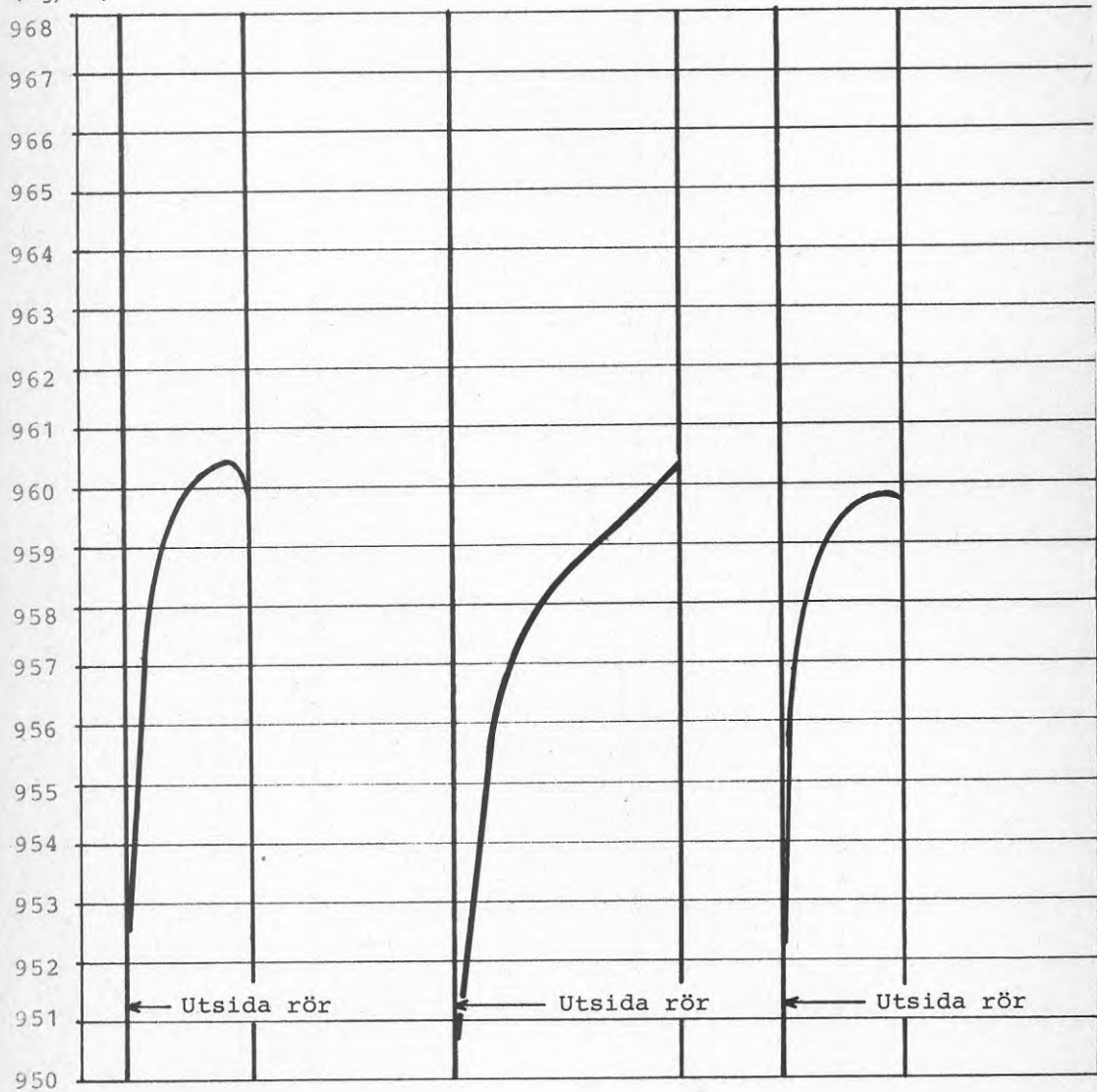


Densitet  
(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 47

Rör nr 48

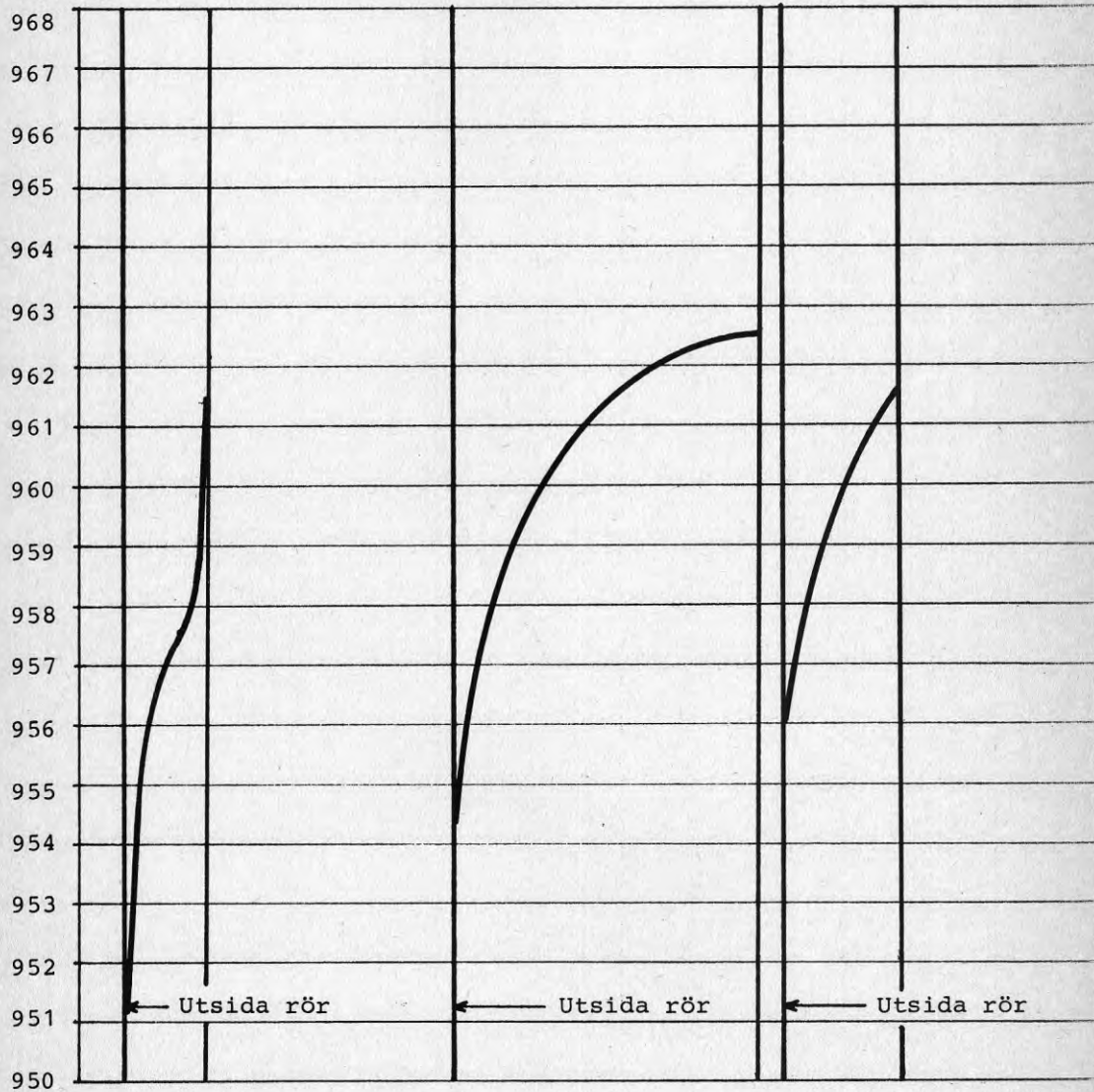
Rör nr 49



Densitet  
(kg/m<sup>3</sup>) Rör  
nr 50

Rör nr 51

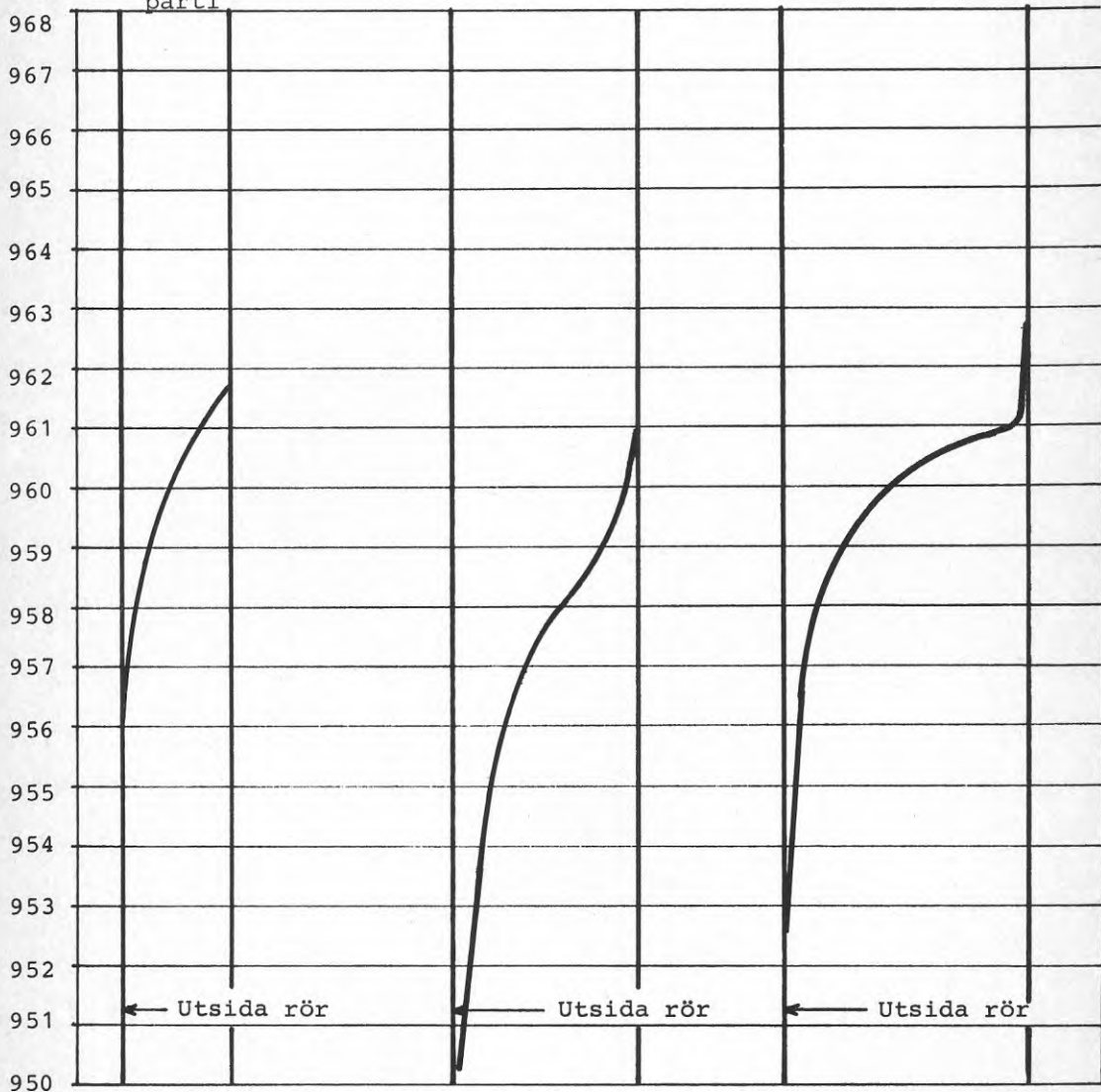
Rör nr 52,  
matt parti



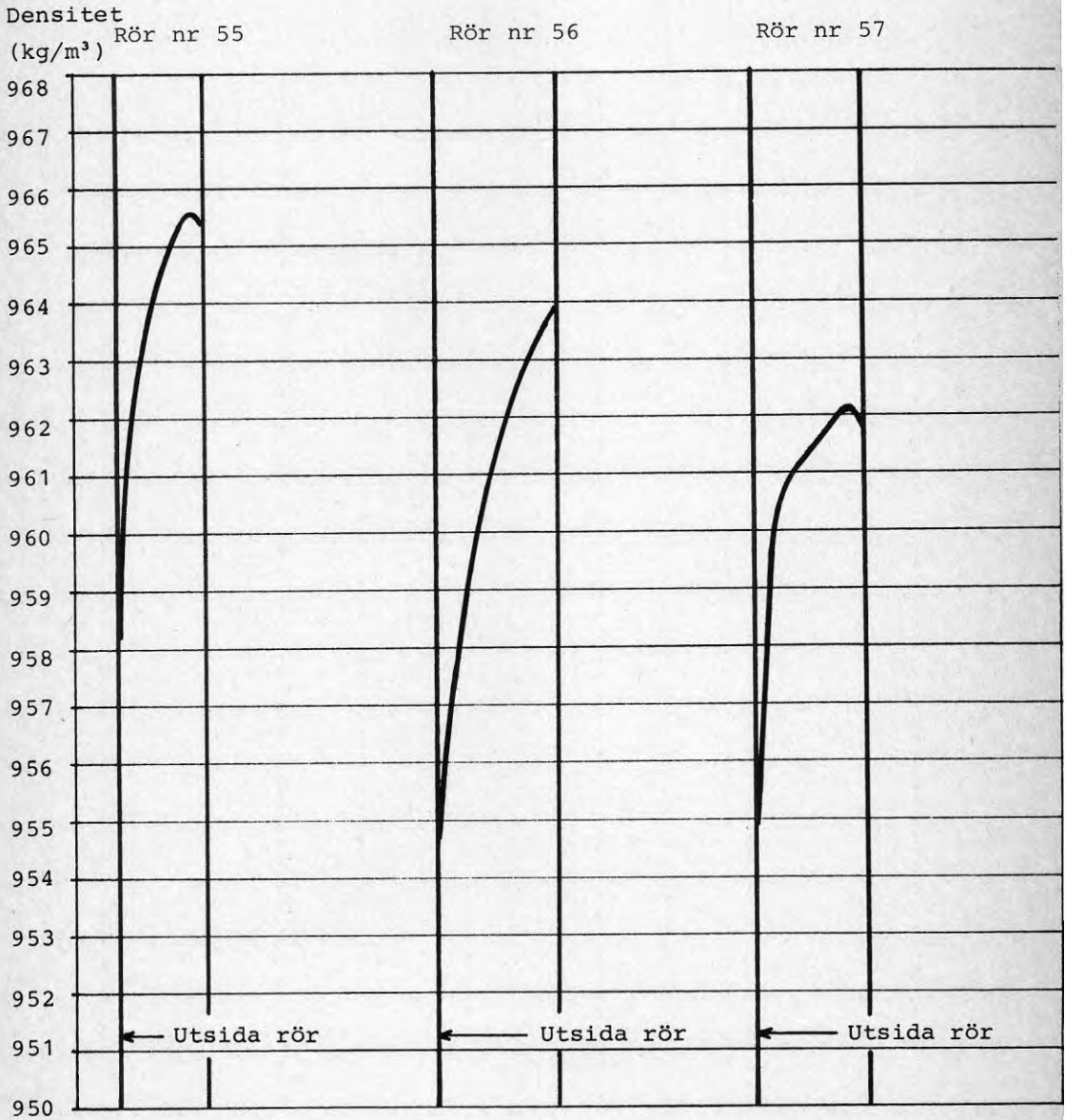
Densitet Rör nr 52,  
(kg/m<sup>3</sup>) glansigt  
parti

Rör nr 53

Rör nr 54







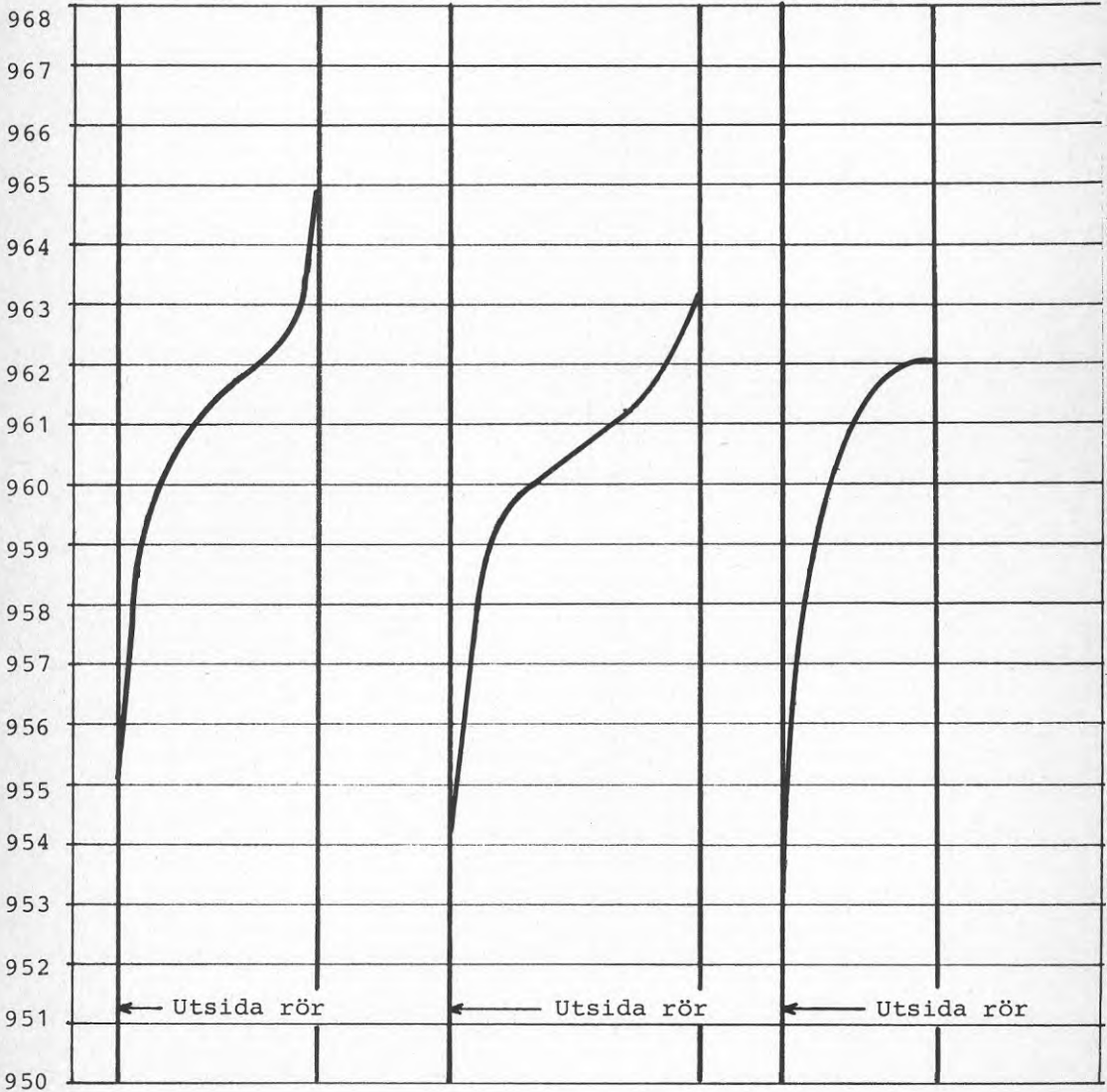
Densitet

(kg/m<sup>3</sup>)

Rör nr 58

Rör nr 59

Rör nr 60



BESTÄMNING AV YTOXIDATION PÅ MIKROTOMSNITT FRÅN RÖRVÄGGENS INSIDA.  
PROVNINGARNA ÄR UTFÖRDA AV UNIFOS KEMI AB.

Prov nr	Rördim. mm	Anmärkning	Snitt		Abs.vid <sub>-1</sub> 1720 cm för 1 mm film
			nr	Skiktdjup mm	
10	315x29	Tryckvattenrör <u>blank</u> insida	1	0 -0,12	5,2
			1	0 -0,13	5,1
			1	0 -0,07	>15
			2	0,07-0,18	2,7
			3	0,18-0,22	1,1
13	1000x24	Tryckavlopp industri skrovlig insida	1	0 -0,16	1,5
			1	0 -0,09	3,4
			2	0,09-0,16	2,6
			3	0,16-0,19	1,9
			4	0,19-0,25	1,5
5	0,25-0,29	1,2			
14	1000x24	Ej använd, matt insida	1	0 -0,13	<0,5
			1	0 -0,09	<0,5
26	400x15	Ej använd, matt insida	1	0 -0,09	<0,5
			1	0 -0,07	<0,5
28	225x21	Ej använd, <u>blank</u> insida	1	0 -0,07	>15
			2	0,07-0,13	1,4
			3	0,13-0,24	0,5
			1	0 -0,14	4,9
29	225x21	Ej använd, matt insida	1	0 -0,12	<0,5
			1	0 -0,09	<0,5
31	225x13	Ej använd, matt insida	1	0 -0,11	<0,5
			1	0,07	<0,5
32	335x32	Ej använd, <u>blank</u> insida med veck och andra defekter på ytan	1	0 -0,046	29
			1	0 -0,042	31
			2	0,042-0,11	12
			3	0,11-0,16	6
			4	0,16-0,20	2,1
			5	0,20-0,26	1,4
6	0,26-0,29	0,9			
33	355x32	Ej använd, <u>blank</u> insida och andra defekter på ytan	1	0 -0,046	33
			2	0,046-0,08	8
			3	0,08-0,15	4,1
			4	0,15-0,20	1,0
			1	0 -0,15	~4
34-I	800x23	Ej använd, <u>blank</u> insida	1	0 -0,05	21
			2	0,05-0,21	2,5
			1	0 -0,09	11
			2	0,09-0,20	1,3
			3	0,20-0,24	0,9
			1	0 -0,10	7,9

Prov nr	Rördim. mm	Anmärkning	Snitt		Abs.vid <sub>-1</sub> 1720 cm för 1 mm film	
			nr	Skiktdjup mm		
34-II	800x23	Ej använd, samma rör som 34-I men snitt uttagna i matt zon av rörvägg	1	0	-0,09	0,4
			1	0	-0,07	0,4
36	180x16	Luftledning, <u>blank</u> insida	1	0	-0,12	< 0,5
			1	0	-0,08	< 0,5
			1	0	-0,06	0,6
37	200x8	Grundvattenrör, <u>blank</u> , ojämn insida (svår att analysera p.g.a. den ojämna insidan).	1	0	-0,09	~ 7
			1	0	-0,05	~ 12
39-I	475x40	Tryckvattenrör <u>blank</u> insida. Svår att anal.p.g.a. stor sprödhet på matr.från rörets insida.	1	0	-0,2	~ 2
			1	0	-0,2	~ 2
39-II	475x40	Tryckvattenrör. samma som ovan- stående (39-I) men snitten uttag- na i matt zon av rörväggen.	1	0	-0-08	0,20
			1	0	-0,10	0,20
50	315x12	Tryckavlopp industri <u>blank</u> insida och andra ytdefekter	1	0	-0,07	15
			2	0,07-0,16	1,2	
			3	0,16-0,23	1,0	
			4	0,23-0,26	0,8	
			5	0,26-0,31	0,7	
52	475x18	Ej använd, matt insida	1	0	-0,09	< 0,5
			1	0	-0,08	< 0,5
52	475x18	Enligt ovanstående men prov snittat från <u>blank</u> zon av rörväggen	1	0	-0-06	22
			1	0	-0,14	6,2
			2	0,14-0,23	0,8	
			1	0	-0,13	6,8
			2	0,13-0,23	0,8	
			3	0,23-0,32	0,4	
55	225x13	Ej använd, matt insida	1	0	-0,04	< 0,5
			1	0	-0,10	< 0,5

Prov nr	Rördim. mm	Anmärkning	Snitt		Abs.vid <sub>-1</sub> 1720 cm <sup>-1</sup> för 1 mm film
			nr	Skikt djup mm	
59	500x40	Ej använd, <u>blank</u> insida	1	0 -0,056	25
			1	0 -0,075	15
			2	0,075-0,13	10
			3	0,13-0,18	2,1
			4	0,18-0,23	1,1
			5	0,23-0,27	0,6

Yttrande över

"UPPFÖLJNING AV METOD FÖR FÖRENKLAD KVALITETSKONTROLL AV PEH-RÖR. Janson L-E och Björklund I".

### Kontroll av PEH-rör

Kvalitetskontroll av PEH-rör baseras såväl i svensk standard som i övriga skandinaviska och internationella standarder på provning av hela rör vid +20°C och +80°C. Provningarna - vilka kan sägas utgöra accelererade funktionsprovningar - bedöms efter kriterier som formulerats utgående dels från kraven på rörets långtidsfunktion dels från egenskaperna hos den PEH-kvalitet som var dominerande för rörproduktion vid mitten av 1960-talet.

För stora rör, diameter >500 mm, blir dock de standardiserade tryckprovningarna av hela rör både tekniskt svårhanterliga och kostnadskrävande. Det är av denna anledning angeläget att alternativa provningsmetoder tas fram som innebär förenklingar vid provning av dessa rör.

Kvalitén, särskilt långtidshållfastheten, hos ett PEH-rör är i avgörande grad beroende på följande faktorer:

- 1) PEH-råvaran
- 2) Rörmaterialets tillverkningsbetingade mikrostruktur
- 3) Eventuell termooxidativ nedbrytning

Vid en tryckprovning nås automatiskt en sammanvägd värdering av dessa faktorer - röret brister på det svagaste stället.

En alternativ metod måste på annat sätt än genom provning av hela rör nå denna sammanvägning av rörets egenskaper.

### Föreslagna förenklade metoder

I rapporten redovisas mätningar på 60 större PEH-rör enligt en "förenklad" metod. Resultaten av mätningarna ställs mot resultaten från tryckprovningar av hela rör och mot konstaterade haverier. För det stavprovningsförfarande som tillämpats redovisas full överensstämmelse med utförda tryckprovningar och konstaterade haverier.

På grundval av genomförda undersökningar formuleras i rapporten en kvalitetskontrollmetod och en produktionskontrollmetod.



Den föreslagna kvalitetskontrollmetoden synes kunna komma till användning i de fall då rörprovning på grund av materialbrist eller av andra skäl inte kan komma ifråga (exvis skadeutredningar). En förutsättning är dock att metodens tillämpbarhet för materialkvaliteten ifråga klarlagts.

Produktionskontrollmetoden kan tillämpas i de fall då rörtillverkaren har verifierat att bedömningarna och kriterierna är tillämpbara för aktuell materialkvalitet och produktionsmetod.

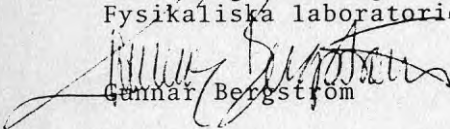
#### Allmän tillämpning

Med hänsyn till metodernas inriktning på den termooxidativa nedbrytningen vill vi nu inte rekommendera att metoderna tillämpas som ersättning för nuvarande provning av hela rör enligt svensk standard SMS 2015. Detta särskilt som osäkerhet ännu råder om huruvida alla aktuella PEH-material kan bedömas efter samma fasta kriterier.

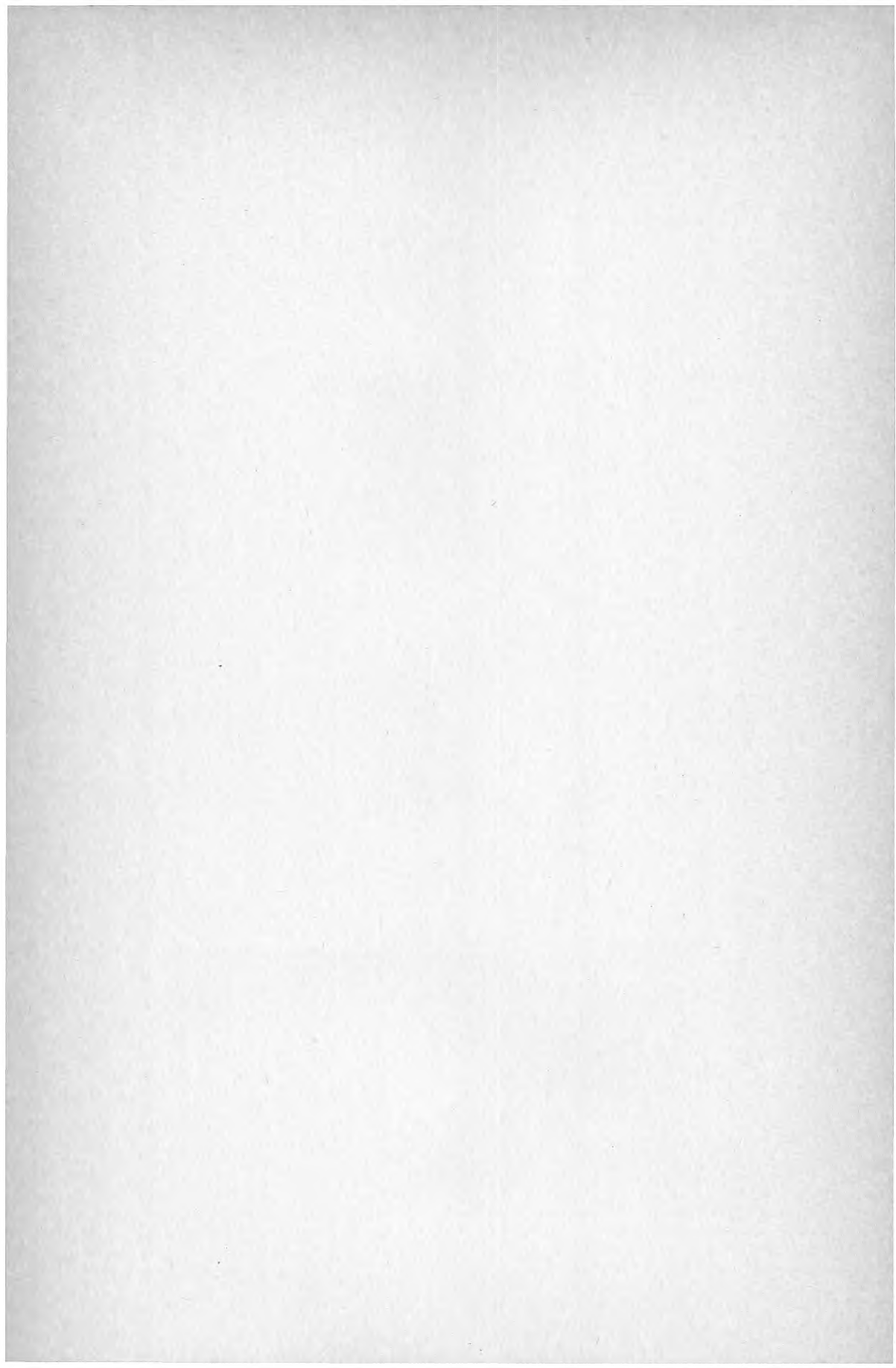
Rapporten får i dagens situation ses som ett grundläggande bidrag i utvecklingen av enkla och allmän- giltiga metoder för kontroll av stora PEH-rör.

Föreliggande yttrande har utarbetats efter samråd med A Holmström, Statens Provningsanstalt, Borås.

Göteborg 1979-06-01  
STATENS PROVNINGSANSTALT  
Avdelning Göteborg  
Fysikaliska laboratoriet

  
Gunnar Bergström







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780231-3  
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB, Stockholm**

**R 3: 1980**

**ISBN 91-540-3160-5**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art. nr: 6700103**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 35 kr exkl moms**