



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

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



**Rapport**

**R87:1977**

**Rörssystem-BPA i  
två- och trevånings  
bostadshus —  
utveckling och  
dimensionering**

**Eskil Olsson**

**Ingemar Wolff**

**Byggforskningen**

R87:1977

RÖRSYSTEM-BPA I TVÅ- OCH TREVÅNINGSS BOSTADSHUS -  
UTVECKLING OCH DIMENSIONERING

Eskil Olsson, Ingemar Wolff

Denna rapport hänförs sig till forskningsanslag 720554-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till BPA Bygg-  
produktion AB, Stockholm

Nyckelord:

rationalisering  
vatteninstallationer  
flerfamiljshus  
rörssystem-BPA  
projektering  
dimensionering

UDK 696.11

R87:1977

ISBN 91-540-2788-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977



## FÖRORD

Rörssystem-BPA är resultatet av ett utvecklingsprojekt med syfte att rationalisera kall- och varmvatteninstallationer. Rationaliseringen är baserad på flexibla konstruktionsenheter med standardiserade dimensioner, redovisade på förenklade installationsritningar. Projektet har delats upp i en forsknings- och en tillämpningsdel och har krävt omfattande material- och komponentprovningar. Dessa har utförts i samarbete med statens institut för byggnadsforskning va-laboratorium i Studsvik, som redovisat provningarna i följande handlingar:

Strömningsförsök i tillvattensystem - Rörssystem-BPA  
Slutrapport från uppdragsforskning på Rörssystem-BPA  
i 3-våningshus. Reg nr 10-1802:16. December 1971.

Rörssystem-BPA. Arbetshandling. Rapport 2.  
Reg nr 10-1802:16. 15.12 1972 och 30.5 1973.

Tryckflödesdiagram i tillvattensystem - Rörssystem-BPA.  
Rapport 2. Reg nr SIB 74-53 2. 1974-11-26. (Bilaga 3  
i denna rapport)

Rörssystem-BPA, en teknisk ekonomisk analys. Arbetshandling.  
Reg nr SIB 75-53 1. 1975-03-14. Tillhörande bilagor:

Hydraulisk utredning beträffande Rörssystem-BPA,  
Bengt Åberg, Delrapport 1, 1973-10-18. (Bilaga 1  
i denna rapport)

Kontroll av tappningskapaciteten i Anderstorps  
projekt. (Bilaga 2 i denna rapport)  
Vatteninnehållet i Rörssystem-BPA.

Tillämpningsdelen redovisas i två kataloger, Rörssystem-BPA. Trevåningshus och Rörssystem-BPA. Tvåvåningshus. De har utarbetats på BPAs utvecklingskontor med ingenjör Ingemar Wolff som projektledare och ingenjörerna Ingemar Vanerell och Bernt Kvist som medhjälpare. Dataprogrammet för rördimensioneringen har utarbetats av civilingenjör Christer Hällman vid BPAs datakontor.

Denna rapport redovisar huvuddragen i utvecklingsarbetet och ger exempel på de dimensioneringsregler och projekteringshjälpmedel, som blivit utvecklingsarbetets resultat. Den har redigerats av arkitekt Alf Nilsson.

BPA BYGGPRODUKTION AB. UTVECKLINGSKONTORET

Hardy Bengtsson

Börje Lundberg



## INNEHÅLL

|   |    |
|---|----|
| Sammanfattning .....  | 7  |
| Bakgrund och syfte .....  | 15 |
| Tekniska elementa .....   | 20 |
| Trapphusblocket .....   | 25 |
| Modulindelning .....  | 31 |
| Flödesregulatorer .....   | 33 |
| Koppeldelar .....   | 35 |
| Dimensionering .....  | 45 |
| Rörssystem-BPA idag .....   | 53 |
| ... och i morgon .....  | 61 |
| <br>  |    |
| Bilaga 1. Hydraulisk utredning beträffande<br>Rörssystem-BPA av Bengt Åberg .....   | 65 |
| <br>  |    |
| Bilaga 2. Kontroll av tappningskapacitet i<br>Anderstorpsprojektet .....  | 79 |
| <br>  |    |
| Bilaga 3. Underlag för dimensionering. Utdrag<br>ur rapport 2, Tryckflödesdiagram i tillvatten-<br>system, Rörssystem-BPA ..... | 83 |





## SAMMANFATTNING

### Referat

Rörsystem-BPA är en standardiserad dimensioneringsmetod för tillvattensystem med klena, utbytbara rör. Utvecklingsarbetet baserades på kombinationen tomrör + mjuka ledningsrör, och systemet karakteriseras bl a av att vattnet fördelas i särskilda fördelare, inte genom avgreningar från stamledningar. Men dimensioneringsreglerna kan också tillämpas på konventionella system uppbyggda av styva rör förlagda synligt eller i slitsar. Systemet förutsätter att alla tapparmaturer förses med flödesregulatorer, som oavsett trycket i ledningarna maximerar flödet i armaturerna till normflöde.

Konstruktivt är systemet uppdelat i grundkonstruktion och koppeldelar. De senare omfattar armaturer och ledningar på våningsplanen. Grundkonstruktionen är de fördelare och ledningar inom trapphusblocket, som förbinder koppeldelarna med det konventionella nätet. Koppeldelarna kan utföras på valfritt sätt inom standardiserade ramar. För grundkonstruktionen redovisas dimensioneringstabeller, vari hänsyn tas till trycket före grundkonstruktionen (200-700 kPa) och de dimensioneringsförutsättningar, som ges av standardramarna för koppeldelarna. Dimensioneringen har gjorts så att den totala rörkostnaden minimeras, vilket bl a medfört att de långa ledningarna i grundkonstruktionen ofta är klenare än de korta ledningarna i koppeldelarna (omvänd dimensionering).

Rapporten redovisar hur systemet utvecklats och tillämpas i två- och trevånings flerbostadshus. Den studerade enheten är trapphusblocket. Arbetet pågår att bredda systemet till att också avse höghus och enbostadshus i en till tre våningar. Utvecklingsarbetet har bl a gjort det nödvändigt att mäta tryck och flöde i alla rördelar och komponenter, som kan användas vid tillämpningen. Resultatet redovisas som tryck-flödesdiagram i en bilaga.

Rörsystem-BPA synes ge en vattenbesparande effekt. Utvecklingsarbetet har visat att det går att utnyttja höga tryck för att sänka anläggningskostnaderna. Det är därför angeläget att utveckla armaturer, rördelar och komponenter, som kräver små tryckfall. En sänkning av normflödena, särskilt för badkarsarmaturer, skulle vara ekonomiskt fördelaktig. Fördelarna av högt tryck, varav följer höga vattenhastigheter, begränsar möjligheterna att använda kopparrör.

### Bakgrund och syfte

Rörsystem-BPA är en utveckling av tomrörsmetoden. I väggar och bjälklag byggs tomrör och lådor, vari träs mjuka rör av järn, koppar eller plast. Tomrörsmetoden har tre fördelar. Installationsarbetena behöver inte samordnas med råbygget. Ledningarna är lätta att inspektera och byta ut. Eventuellt läckvatten avleds genom tomrören från byggnadskroppen till dränvattensystemet.



Mjuka ledningsrör är en förutsättning för tomrörsmetoden. De måste vara avsevärt klenare än tomrören. Det finns många skäl att hålla dessa så små som möjligt och att eftersträva minsta möjliga dimension på innerrören. Det är svårt att koppla grenledningar inuti tomrören. Det blir därför nödvändigt att arbeta med en stigare för varje våning, vilket kan utnyttjas vid dimensioneringen. Man bör undvika att transportera onödigt stora vattenc mängder men hålla vattenhastigheten hög. Tappvattenc mängderna bör inte överskrida normvärdena. Det tillgängliga trycket bör utnyttjas så effektivt som möjligt.

Rörsystem-BPA utvecklades för att möta dessa förutsättningar. Men resultatet måste bli sådant, att systemet omedelbart skulle kunna bli konkurrenskraftigt. Det måste följa föreskrifterna i VA-byggnorm, kunna byggas upp av komponenter som finns i handeln, ge möjlighet att välja det utförande, som är fördelaktigast i det enskilda projektet och kunna användas vid alla vanliga planlösningar. Det borde dessutom ge rationaliserings-effekter i projekteringen och byggandets olika led.

Mot bakgrunden av sådana överväganden valde vi att först utveckla systemet till en metod för standardiserad dimensionering av tillvattensystem i två- och trevånings flerbostadshus med de variationsmöjligheter, som nättryck och planlösning kräver. Därför behövs kännedom om tryckfallet i alla rördelar och komponenter, som kan komma att användas. Sådana uppgifter fanns inte tillgängliga och har därför tagits fram inom utredningens ram. De redovisas i bilaga 3 som tryck-flödesdiagram.

### Förutsättningar

Tekniska och matematiska förutsättningar för utvecklingsarbetet är främst Bernoullis ekvation och kontinuitets-ekvationen, VA-byggnorms föreskrifter om normflöden, sannolika flöden och högsta tillåtna hastighet i kopparrör samt det tryck som uppges av vattenverket. Detta brukar variera mellan 200 och 700 kPa, men det faktiska trycket överstiger ofta det uppgivna, ibland med 150 kPa.

Den svenska produktionen av flerbostadshus var under slutet av 60-talet, när utvecklingsarbetet startade, mycket enhetlig. Flertalet lägenheter hade 2-4 rum och kök och låg i två- och trevånings lamellhus med trapphus, som försörjde två eller tre lägenheter per plan. Utformningen av större och mindre lägenheter dominerades av de konventioner och regler, som utvecklats för de medelstora lägenheterna. Det var därför självklart att välja trapphusblocket i två- och trevånings flerbostadshus som utgångspunkt för utvecklingsarbetet.

I lägenheterna i dessa block förekom sammanlagt fyra olika våtrum: kök, badrum, duschrum och toaletterum. Däri förekom alltid följande tapparmaturer:

|              |   |
|--------------|---|
| i kök        | disklådsblandare  |
| i badrum     | badkarsblandare, tvättställsblandare, spolventil för wc |
| i duschrum   | duschblandare, tvättställsblandare, spolventil för wc   |
| i toalettrum | tvättställsblandare, spolventil för wc                  |

Dessutom kunde det finnas bidé i badrummet eller duschrummet. Det fanns nästan alltid uttag för tvättmaskin i varje lägenhet, i regel i badrummet eller duschrummet. Utrymme för diskmaskin brukade finnas i köket, men installationen var inte alltid förberedd.

Trapphusblocket var ofrånkomligt som enhet men inte lägenheten. Det var naturligt att lägga stigarna i de rumsgupper, som våtrummen bildade, oavsett om dessa tillhörde en eller flera lägenheter. Skillnaden mellan våtrum i olika projekt var inom var och en av de fyra typerna så små, att det för våra syften var rimligt att bara räkna med ett fall vardera för bad, duschrum, toalettrum och kök. Däremot kunde våtrummen grupperas på en mängd olika sätt, och till grund för dimensioneringen av stigarna har därför lagts 30 olika kombinationer av ett till fyra våtrum.

Strävan har varit att bygga systemet så, att det inte begränsar möjligheten att välja de material och den montageordning, som bedöms vara lämpligast i det enskilda projektet. Men normer, standard och praxis samt utbudet av material och komponenter ger vissa begränsningar, t ex av flöden och armaturernas höjd över golv.

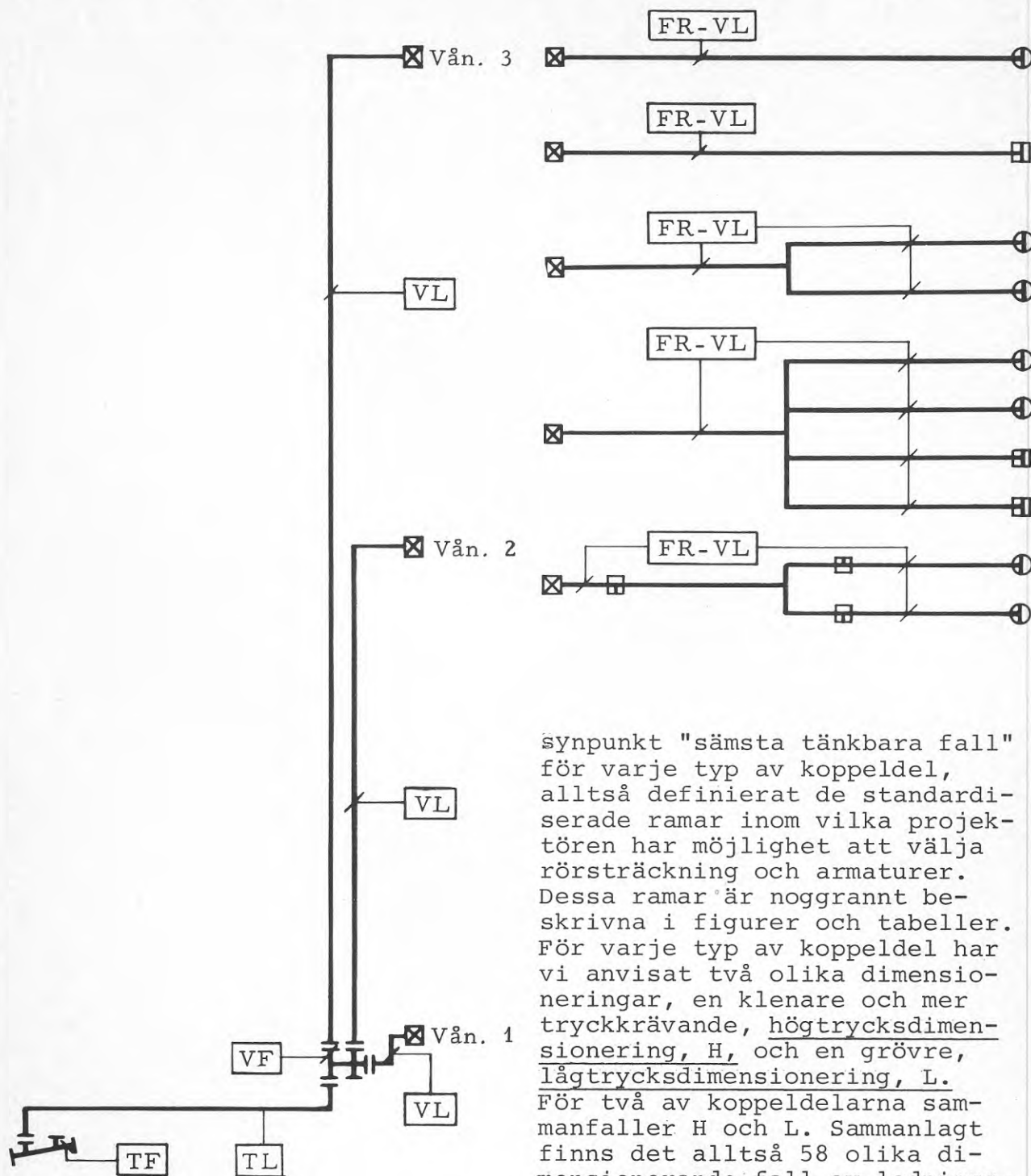
### Utformning och dimensionering

Centralt i trapphusblocket placeras en trapphusfördelare TF, normalt i en låda ingjuten i bottenvåningens golv. Trapphusfördelaren ansluts till det konventionella nätet. Från trapphusfördelaren dras trapphusledningar TL i tomrör i plattan till en eller flera våningsfördelare VF i lådor i väggarna omedelbart över golvet. Våningsfördelarna fördelar vattnet på våningsledningar VL, en för varje våning, som dras i tomrör i väggarna och mynnar i våningarna i en våningsanslutning  $\boxtimes$ . Det är alltså våningsledningarna som är stigare i systemet. TF + TL + VF + VL fram till våningsanslutningen kallas grundkonstruktionens del 1. Grundkonstruktionens del 2 utgörs av högst 2 m långa horisontella förlängningar av våningsledningarna FR-VL, som kan leda till en enstaka tapparmatur eller en eller flera anslutningar av ledningar till våtrummen i våningen. Armaturer och ledningar i våningsplanet efter dessa anslutningar kallas koppedel, och i dimensioneringsarbetet har vi som nämnts studerat 30 olika koppeldelar omfattande olika kombinationer av våtrum.

Uppdelningen i grundkonstruktion och koppedel gör det möjligt att dimensionera systemet i två steg. I första steget har vi beskrivit ett ur dimensionerings-

## Grundkonstruktionens del 1

## Grundkonstruktionens del 2, exempel.



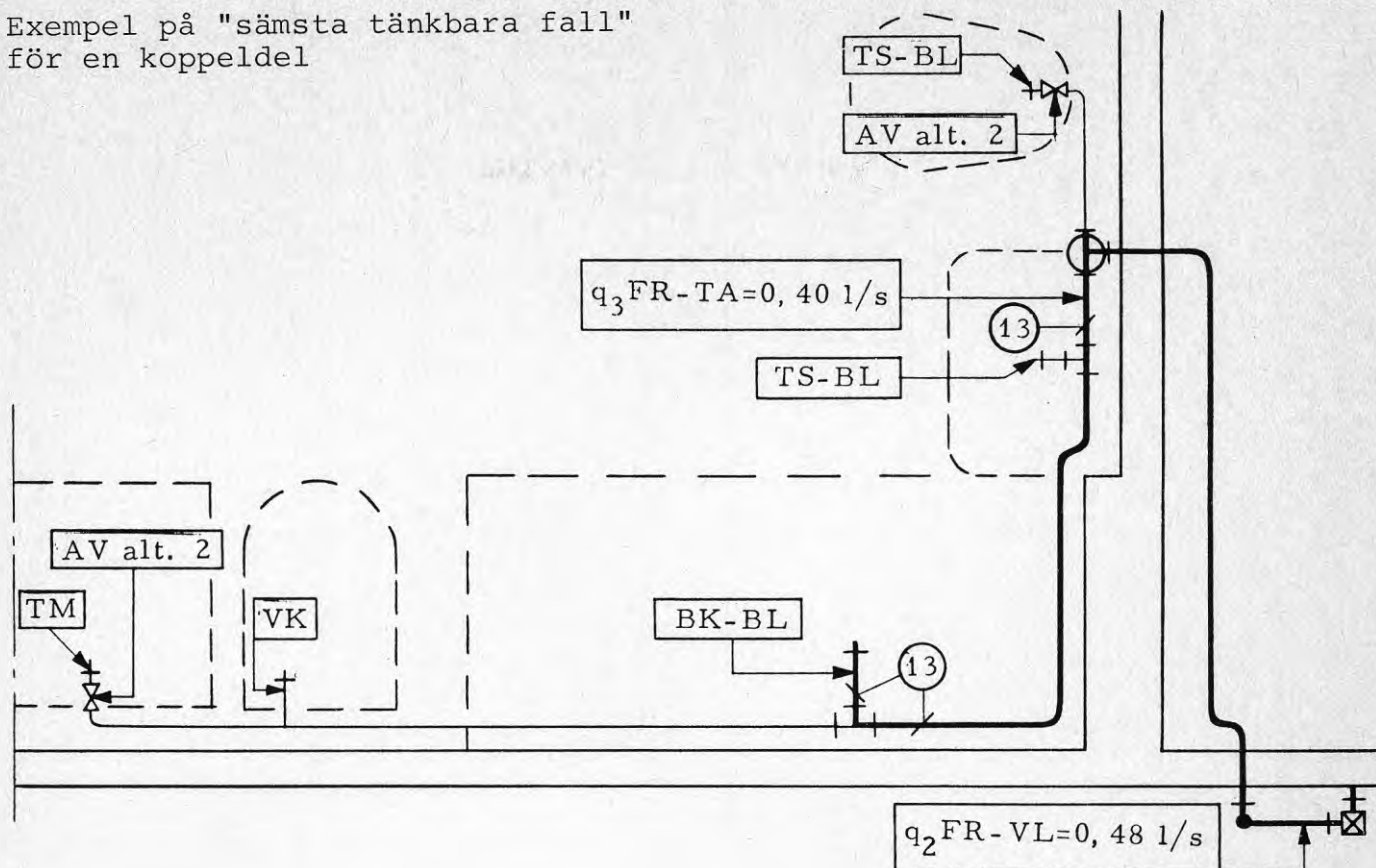
synpunkt "sämsta tänkbara fall" för varje typ av koppeldel, alltså definierat de standardiserade ramar inom vilka projektören har möjlighet att välja rörsträckning och armaturer. Dessa ramar är noggrant beskrivna i figurer och tabeller. För varje typ av koppeldel har vi anvisat två olika dimensioneringar, en klenare och mer tryckkrävande, högtrycksdimensionering, H, och en grövre, lågtrycksdimensionering, L. För två av koppeldelarna sammanfaller H och L. Sammanlagt finns det alltså 58 olika dimensionerande fall av ledningsarrangemang på våningsplanet. För vart och ett av dessa kan

anspråken på tryck och flöde i FR-VL beräknas utifrån VA-byggnorms anvisningar om normflöden och sannolika flöden och tryck-flödesdiagrammen för ingående delar.

Armaturerna skall enligt VA-byggnorm inte ha högre tryckfall än 50 kPa och dimensioneringen har utgått från denna anvisning. Skulle man vilja välja armaturer med högre tryckfall måste skillnaden kompenseras. Hur detta går till beskrivs i rapporten.



Exempel på "sämsta tänkbara fall"  
för en koppeldel



I andra steget dimensioneras grundkonstruktionen. Förutsättningarna är då de i första steget framräknade anspråken på tryck och flöde i FR-VL, vertikala rörlängder (följer av standard för våningshöjder m m), horisontella rörlängder (TL 0-12 m i tvåmetersintervallet, FR-VL 2 m) samt tryck-flödesdiagrammen för ingående rör och fördelare. Rören i grundkonstruktionen förutsätts ha innerdimensionerna 8, 10, 13, 16 eller 20 mm. Vi söker mest ekonomiska kombination av rör i trapphusledningen och tre våningsledningar (i tvåvåningshus två våningsledningar) för varje intervall om 10 kPa mellan 200 och 700 kPa i arbetstryck före trapphusfördelaren. Beräkningarna, som är mycket omfattande, har gjorts i dator.

Resultatet redovisas i 58 tabeller för vardera två- och trevåningshus, en för varje koppeldel med hög- och lågtrycksdimensionering. I datorn omfattar varje tabell 50 rader (50 intervall mellan 200 och 700 kPa) men vid utskriften har datorn bara redovisat de rader, vari det inträffat förändringar. På varje rad redovisas dimension för våningsledningarna samt 6 olika längder på trapphusledningen.

Vid höga tryck kan grundkonstruktionens ledningar bli så klana, att vattenhastigheten överstiger vad VA-byggnorm tillåter för kopparrör. Gränsen härför markeras i tabellerna.

Exempel på rördimensioneringstabeller redovisas på s 50 - 51.

Ett resultat av dimensioneringen bör särskilt framhållas. Det är ofta fördelaktigt att ha relativt grova rör i koppeldelen för att kunna få klenare dimensioner i grundkonstruktionen. De senare rören är i regel längre än de förra. Denna "omvända dimensionering" skiljer Rörssystem-BPA från konventionella system.

### Flödesregulatorer

Dimensioneringen har gjorts med den förutsättningen, att alla blandare förses med flödesregulator. Skälen härtill är följande:

Det är inte möjligt att tillfredsställande balansera skillnaderna i lägeshöjd mellan olika våningar med strömningsmotstånden i ledningarna. Stegen mellan tillgängliga rördimensioner är för stora. Trycket i det kommunala nätet varierar över dygnet med betydligt större belopp än vad skillnaden i lägeshöjd ger. Dimensionerande flöde i ledningar till mer än en tapparmatur är ett sammanlagrat flöde, större än normflödena för de enskilda armaturerna. När man tappar endast en armatur, vilket är det klart dominerande fallet, kommer denna att ge ett flöde som är större än normflödet.

Ett reglerdon i eller omedelbart före armaturen neutraliserar dessa orsaker till onödigt stora flöden. Det finns nu i marknaden flödesregulatorer, som enligt provningar på va-laboratoriet ger normflöden vid alla tryck mellan 20 och 700 kPa. Principen går alltså att realisera och har bedömts vara enklaste sättet att styra flödena.

Flödesregulatorn har dessutom andra positiva effekter på systemen och vattenförbrukningen. Eftersom de förhindrar onödigt stora uttag ger de en vattenbesparing och därmed också minskat behov av energi för varmvatten. Enbart denna besparing gör att flödesregulatorn betalar sig på två å tre år. Styrningen av flödena minskar också risken för kortslutning och kraftiga svängningar pga störttappning liksom den minskar risken för överströmning genom tapparmaturerna mellan kall- och varmvattenledningarna. Flödesregulatorn har över huvud taget en allmänt stabiliserande effekt på systemet.

Regulatorerna neutraliserar naturligtvis också övertryck, som kan uppkomma av andra skäl. Detta har utnyttjats för att begränsa antalet dimensionerande rörlängder och rördimensioner i koppeldelarna.

### Rörssystem-BPA idag

En fullständig beskrivning av systemet finns i två kataloger, en för tre- och en för tvåvåningshus. De skiljer sig inbördes endast ifråga om rör- och dimensioneringstabellerna för grundkonstruktionen.

Parallellt med utvecklingen av systemet har BPA också utarbetat metoder för att förenkla redovisning och rit-



ningsarbete. Konstruktörens dominerande arbetsuppgift blir därför att välja vilka koppeldelar, som är mest ekonomiska i hans projekt.

Utvecklingen av Rörssystem-BPA har utgått från förutsättningen tomrör + mjuka innerrör, men resultatet är inte bundet till detta utförande. Rören kan vara hårda och förläggas i slits eller vara utbytbara på annat sätt. I sin generella form förutsätter systemet att man använder två speciella fördelare, men i tvåvåningshus bytes våningsfördelaren lämpligen mot T-rör. I hus med källare kan trapphusfördelare och trapphusledning hängas i källarvåningens tak och fördelaren bytas mot T-rör, under vissa villkor som anges i katalogen.

Rörssystem-BPA är alltså i allt väsentligt ett system för dimensionering och projektering. Det är med andra ord ett öppet system, inte bundet till användningen av särskilda material och komponenter. De båda fördelarna kan köpas separat. Eftersom alla blandare förutsätts ha flödesregulatorer kan man också använda rör och komponenter med mindre strömningsmotstånd, än vad dimensioneringstabellerna anger.

Arbete pågår att bredda systemet till att också omfatta höghus och enbostadshus i en till tre våningar. I rapporten finns redovisat hur man korrigerar dimensioneringen för andra våningshöjder än 2,7 m. Systemet kan alltså också användas vid ombyggnad. I de fall att ledningarna läggs i schaktväggar kan systemet sannolikt tillämpas helt oförändrat. Väljer man att lägga ledningarna synligt finns det ingen anledning att arbeta med våningsfördelare och separata våningsledningar. Men rördimensioneringstabellerna kan användas som hjälpmedel också för beräkning av konventionella stamledningar med T-rörsanslutningar i de olika planen.

#### Att utnyttja trycket

Utredningsarbetet har klart visat betydelsen av höga arbetstryck och låga tryckfall i armaturer och komponenter. Det har också visat, att normflödet för badkarsarmaturer är mycket tryckkrävande och följaktligen drar höga investeringskostnader. Riksdagens beslut om varmvattenmätning i varje lägenhet ger anledning förmoda, att lägenheten kommer att bli en systemenhet med en egen anslutningspunkt till stamledningssystemet. Också denna borde kunna förse med ett reglerdon, som förhindrar kortslutning av andra lägenhetsuttag. Då kan det vara fördelaktigt att ersätta normflödena med en anvisning om tryck och flöde i lägenhetsuttaget. Detta skulle avsevärt reducera antalet rördimensioneringstabeller i Rörssystem-BPA samt möjliggöra en bättre hushållning med trycket.

Konsekvenserna av att hushålla med trycket är bättre styrda system, som gör det lättare att undvika onödig vatten- och energiförbrukning.

tryckfall, kPa, per meter rör

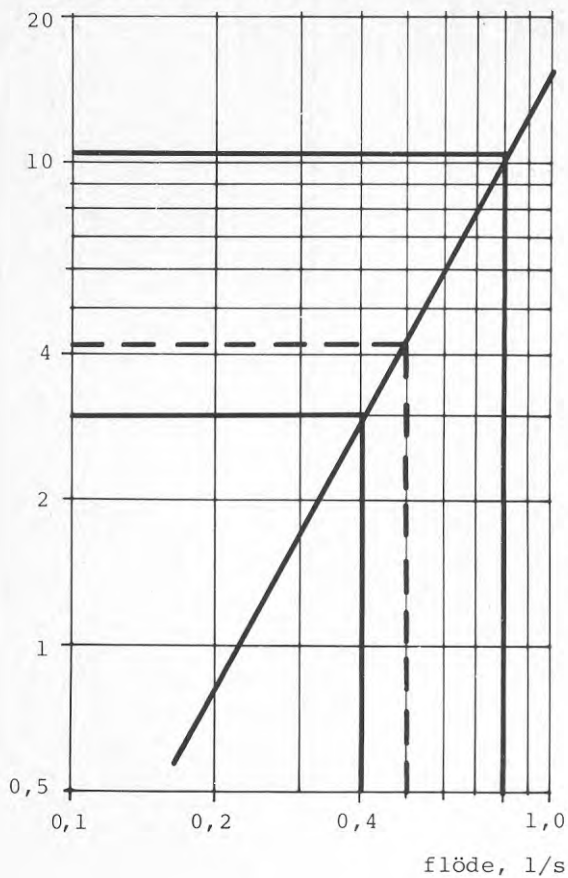
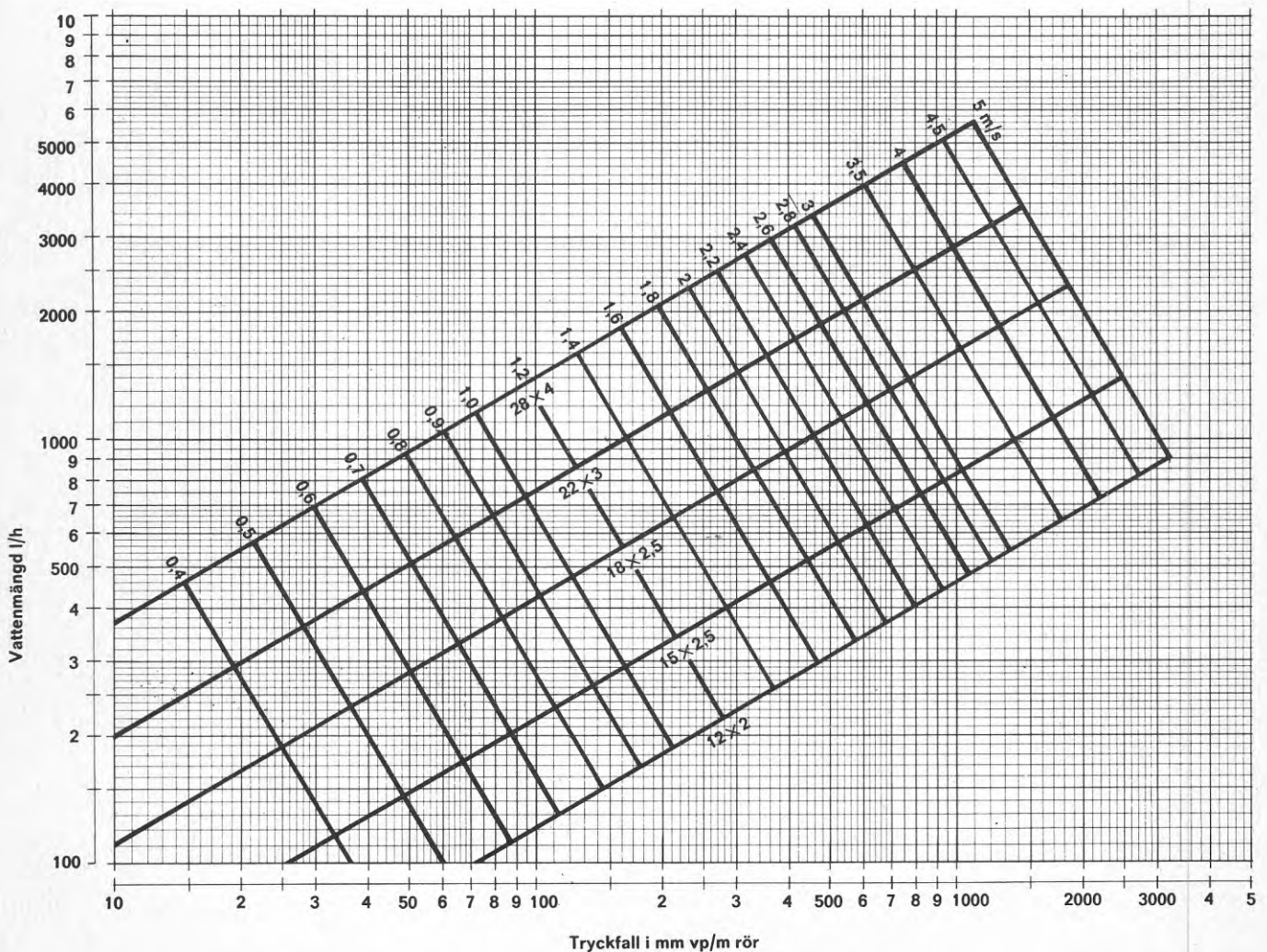


FIG 1. Dimensioneringsdiagram för ett rakt kopparrör med in-nerdimensionen  $\varnothing 16$  mm (enl bi-laga 3).

Diagrammet visar tryckfallet per meter rör vid olika flöden. För flödet 0,8 l/s är tryckfallet större än 10 kPa. Om flödet delas på två rör med 0,4 l/s i varje blir tryckfallet ungefär 3 kPa.

Om flödena motiveras av att ledningen skall försörja två armaturer, som skall ge vardera 0,4 l/s blir det sammanlagrade dimensionerande flödet i det fall att ett rör försörjer båda armaturerna inte 0,8 utan 0,51 l/s, enligt reglerna i VA-byggnorm. Motsvarande tryckfall är något större än 4 kPa per meter rör.

FIG 2. Tryckfall och vattenmängd vid olika strömningshastigheter och rördimensioner i rör av Wirsbo-PEX vid vattentemperaturen  $+10^{\circ}\text{C}$ .





## BAKGRUND OCH SYFTE

Rörsystem-BPA är ett tillvattensystem för bostadshus. Det är en utveckling av tomrörsmetoden, som BPA började använda under 60-talet och som innebär att rör för tillvatten- och värme installeras med samma metod, som länge använts för elledningar. I väggar och bjälklag byggs tomrör och lådor, vari träs mjuka rör av järn, koppar eller plast som kopplas samman i lådorna.

Tomrörsmetoden har tre väsentliga fördelar jämfört med konventionella system. Installationsarbetena behöver inte samordnas med råbygget. Ledningarna är lätta att inspektera och byta ut. Eventuellt läckvatten avleds genom tomrören från byggnadskroppen till dränvattensystemet.

Mjuka ledningsrör är en förutsättning för tomrörsmetoden. För att innerrören skall kunna träs måste de vara klenare än tomrören. I ett tomrör med innerdiametern 80 mm kan man dra två innerrör som högst är 28 mm utvändigt. Det finns många skäl att hålla tomrören så små som möjligt - utrymme, brandsäkerhet, ljudisolering, materialåtgång, hanteringskostnader mm. Eftersom tjocka rör dessutom är svåra att böja är det naturligt att eftersträva minsta möjliga dimension och godstjocklek på innerrören.

Erfarenheter från utförda installationer har visat, att innerrör av koppar inte bör ha större dimension än 22xl. Det är svårt att koppla grenledningar inuti tomrören. Därför blir det nödvändigt att arbeta med två stigare i trevåningshus, ett förhållande som kan utnyttjas. Två parallellkopplade rör ger lägre tryckförluster än ett med samma flöde (FIG 1).

Minsta möjliga dimension på innerrören förutsätter, att man undviker att transportera onödigt stora vattenmängder och att vattnets hastighet hålls hög. Tappvattenmängderna bör inte överskrida normvärdena. Det tillgängliga trycket bör utnyttjas så effektivt som möjligt. (FIG 2).

Rörsystem-BPA ger möjlighet att utnyttja dessa konsekvenser av tomrörsmetoden. Det ger, rätt tillämpat, mindre vattenförbrukning och därigenom lägre energiåtgång för varmvattenförsörjningen. I det avslutande kapitlet kommer vi att peka på några möjliga utvecklingsprojekt med detta syfte. Men så länge det inte finns en påtaglig vattenbrist är det två andra faktorer som avgör om systemet skall komma till användning. Den ena är, att systemet måste kunna användas i den löpande nyproduktionen. Utvecklingsarbetet har därför måst ta hänsyn till följande förutsättningar:

- Systemet bör följa föreskrifterna i gällande VA-byggnorm
- Det måste kunna byggas upp av rör och komponenter som finns i handeln och kunna anslutas till befintliga ar-maturer

- Det skall ge möjlighet att välja de material och komponenter, som är förmånligast i det enskilda projektet
- Det skall kunna användas vid alla vanliga planlösningar

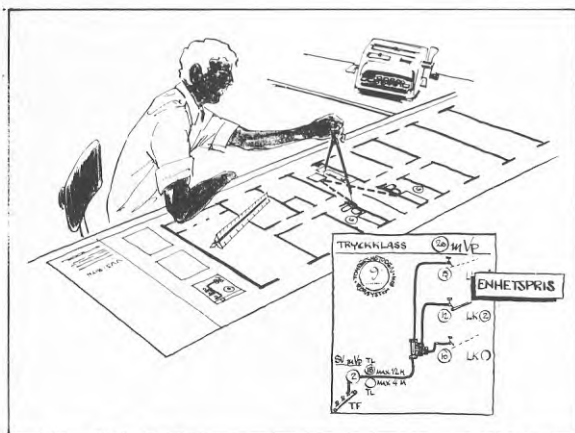
Den andra faktorn är, att systemet skall vara ekonomiskt konkurrenskraftigt. Ett generellt system är alltid en form av standard. En standardiserad konstruktion ger alltid, jämfört med en specialkonstruktion, ett visst materialöverskott. Kostnaderna härför måste kompenseras med rationaliseringseffekter i andra led i byggandet. Denna målsättning illustreras enklast med följande utdrag ur en broschyr från BPA.



3. Planeringen börjar med att arkitekten ur produktkatalogen väljer ut en våtenhet som passar in i hans planlösning. Våtenheten har ett referensnummer som ger övriga tekniska data betr. rördimensioner och tryckförhållanden.



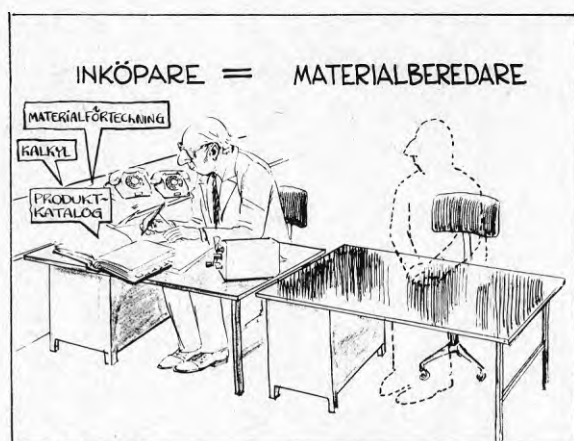
4. När arkitekt ritningarna kommer till VVS-konstruktören slår denne upp det av arkitekten angivna referensnumret i sin standardtabell och noterar på symbolritningarna för Rörssystem-BPA de data som finns i standardtabellen beträffande rördimensioner, koppelbeteckningar och nummer, instrypningsvärden och tryckklasser. Några ritningar för tillvattnet inom våningsplanernas vertikala delar utöver symbolritningarna behöver inte göras.



5. Från VVS-konstruktören kommer de färdiga entreprenadhandlingarna till kalkylatorn, som slår upp sin prislista med enhetspriser (material + arbete) för de olika våtenheterna. Endast trapphusledningarna, som har variabla längdmått, behöver en separat mätning och prissättning.



6. Vid entreprenadritningarnas behandling hos Byggnadsnämnden behöver granskaren endast kontrollera de angivna referensnumren från produktkatalogen.



7. Eftersom systemets komponenter är standardiserade och finns specificerade i produktkatalogen behövs ingen materialberedning.

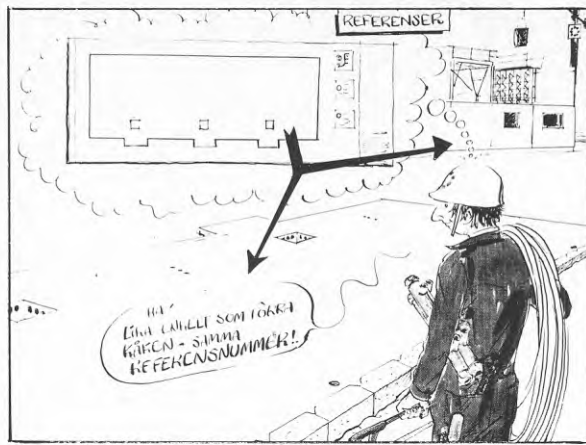


8. Lagerhållningen förenklas genom det minskade sortimentet.



9. På arbetsplatsen betyder typgodkända och standardiserade materialpaket förenklade materialbeställningar och kontroller.





10. Vid installationsarbetet lär sig montören snabbt materialtyper och dimensioner för de olika referensnumren och han behöver därför inte några ritningar ute på montageplatsen.

Uppreppningsmomentet och den förenklade materialhållningen gör att spilltiderna minskar.



11. Vid slutbesiktningen sker kontrollen av vårumskopplen på samma sätt som för övriga typgodkända sanitetsapparater och armaturer.

Rationaliseringseffekterna återgår alla på att projektören arbetar med få varianter. Men vi har tidigare framhållit, att både han och entreprenören måste ha möjlighet att välja material och komponenter efter de förutsättningar, som gäller för det enskilda objektet. De måste själva kunna välja sin egen variantbegränsning.

Gränsen mellan systemstandard och objektanpassat val av material och montageteknik dras lämpligen vid en standardiserad dimensionering. En förutsättning är att de alternativa komponenter och rördelar som man har att välja mellan i det enskilda projektet, inte är inbördes alltför olika ifråga om sådana egenskaper, som har betydelse för dimensioneringen. Denna förutsättning antas föreligga men kommer att prövas och diskuteras senare i rapporten.

Emellertid innebär en standarddimensionering ofrånkomligen, att man missar vissa besparingsmöjligheter, som skulle kunna fångas upp vid en omsorgsfull projektering av det enskilda objektet. Om dessa möjliga besparingar är större än motsvarande projekteringskostnader kommer den allmänna standarden inte att tillämpas.

En generell standarddimensionering ger med tiden en anpassning av den följande produktionen - allmän variantbegränsning, ekonomiserade rutiner o d - vilket gör den

mer konkurrenskraftig. I ett introduktionsskede har dessa effekter ännu inte utbildats. Vi förutsätter, att Rörssystem-BPA skall bli använt inte på grund av påbud och subventioner utan därför att byggherrar, projektörer och entreprenörer efter ett omsorgsfullt val finner systemet överlägset konkurrerande alternativ. Detta innebär att standarddimensioneringen måste kunna anpassas till förutsättningarna i de enskilda objekten.

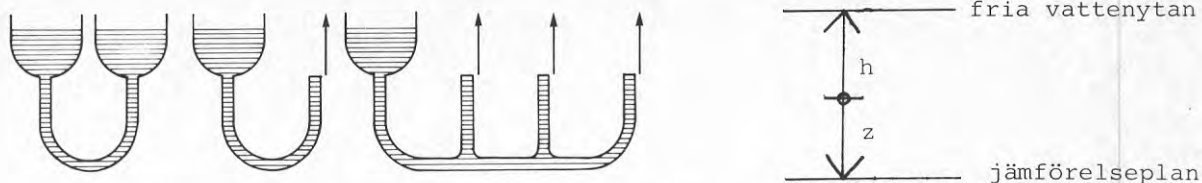
Skillnaderna i förutsättningar är givetvis mindre inom sådana delar av bostadsproduktionen, där det finns en stor produktion av inbördes ensartade enheter. BPA har därför valt att först utveckla systemet för två- och trevånings flerbostadshus. Enheten är det enskilda trapphusblocket. Men även efter denna begränsning kvarstår två andra former av variation i förutsättningarna, nämligen trycket i det kommunala nätet och trapphusblockens planlösningar.

Det har därför bedömts lämpligt, att först utveckla Rörssystem-BPA till en metod för standardiserad dimensionering av tillvattensystem i två- och trevånings flerbostadshus med de variationsmöjligheter, som nättryck och planlösning kräver.

Standarddimensionering kräver kännedom om tryckfallet i alla rördelar och komponenter, som kan komma att användas. De uppgifter, som fanns tillgängliga var inte tillräckliga. En stor del av utvecklingsarbetet har därför måst ägnas åt att prova rör och komponenter för att få fram erforderliga data.

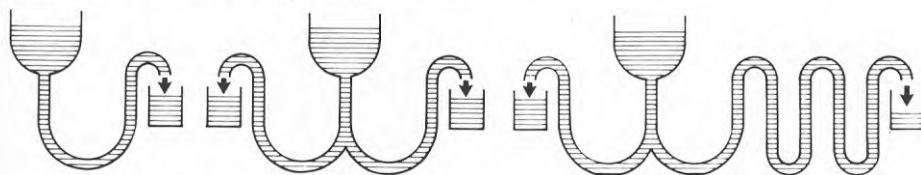
Denna rapport beskriver hur utvecklingsarbetet bedrivits.

## TEKNISKA ELEMENTA

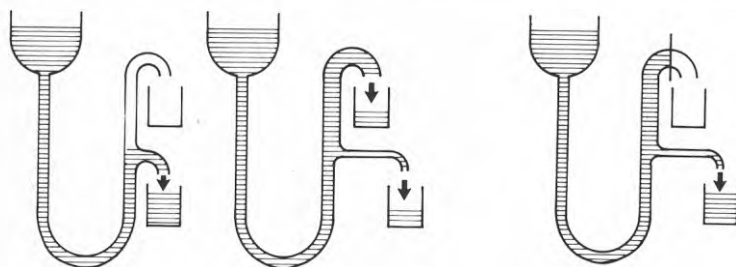


I två eller flera kommunicerande kärl med stillastående vatten står vattenytan lika högt. Vattentrycket är i varje punkt under ytan direkt proportionellt mot vertikala avståndet från punkten till den fria vattenytans plan. Detta gäller även om det bara finns ett öppet kärl och oavsett hur ledningssystemet under kärlet ser ut.

Trycket i en punkt är tillräckligt för att lyfta vattnet i punkten upp till den fria vattenytans plan. Avståndet från punkten till vattenytan kallas tryckhöjd  $h$ . Om man inför ett tänkt jämförelseplan under systemet kan varje punkt i systemet bestämmas med en lägeshöjd  $z$ , som är punktens höjd över jämförelseplanet. Summan av tryckhöjd och lägeshöjd är avståndet mellan jämförelseplanet och den fria vattenytan:



Finns det en öppning i rörsystemet lägre än den fria vattenytan strömmar vatten ut genom öppningen. Flödet,  $d$  v s mängden vatten per tidsenhet, bestäms i första hand av trycket och öppningens och ledningens tvärsnittsytta och närmar sig asymptotiskt noll när vattenytan och därmed trycket sjunker  $p$  g a avtappningen. Töms kärlet genom två identiska rör är flödet lika stort i båda. Om däremot det högra röret har större strömningsmotstånd än det vänstra -  $p$  g a större längd, fler böjar, klenare dimension eller strävare inneryta som ger högre friktion - blir trycket i den högra öppningen lägre även om båda är på samma höjd. Flödet i den högra öppningen blir mindre än i den vänstra.



Om det finns två öppningar över varandra på samma rör och öppningarna är ungefär lika stora som rørets tvärsnitt får den övre öppningen inget vatten. Genom att minska strömningsmotståndet i ledningen till den övre öppningen och öka motståndet till den nedre kan man balansera flödena, så att de exempelvis blir lika stora i båda öppningarna. Stänger man den ena öppningen ökar flödet i den andra vid oförändrat tryck.



Sambanden mellan tryck, flöde, strömningsmotstånd och hastighet beskrevs av Bernoulli redan på 1700-talet och är matematiskt relativt enkla.

Flödet  $q$  i ett snitt genom ett rör är produkten av vattnets hastighet  $v$  och rörets tvärsnittsarea  $A$ :

$$q = v \cdot A$$

Hastigheten beror på vattnets rörelseenergi. Också denna kan liksom trycket och läget uttryckas i en höjd, hastighetshöjd, som är den höjd rörelseenergin ensam för-  
mår lyfta vattnet. Hastighetshöjden är kvadraten av hastigheten dividerad med dubbla tyngdkraftsaccelerationen  $g$ :

$$\text{hastighetshöjden} = \frac{v^2}{2g}$$

Det sammanlagda strömningsmotståndet  $\Sigma h_f$  mellan två snitt i en ledning är en energiförlust och kan på motsvarande sätt uttryckas som en höjd.

Därmed har vi nämnt alla de termer, som ingår i Bernoullis ekvation. Termernas sort är meter, och ekvationen säger följande: Summan av hastighetshöjd, tryckhöjd och lägeshöjd i ett snitt 1 i en ledning är lika med motsvarande summa i ett snitt 2 nedströms i samma ledning ökad med summan av strömningsförlusterna mellan snitten.  
Bernoullis ekvation:

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + z_2 + \Sigma h_f; \text{ eller}$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \Sigma h_f;$$

där

$v_1$  = vattenhastigheten i snitt 1, m/s

$v_2$  = vattenhastigheten i snitt 2, m/s

$p_1$  = vattentrycket i snitt 1, kPa (kN/m<sup>2</sup>)

$p_2$  = vattentrycket i snitt 2, kPa

$\rho$  = den strömmande vätskans densitet, ton/m<sup>3</sup>

$g$  = tyngdkraftens acceleration 9,81 m/s<sup>2</sup>

$h_1 = p_1/\rho g$  = tryckhöjden i snitt 1, m

$h_2 = p_2/\rho g$  = tryckhöjden i snitt 2, m

$z_1$  = lägeshöjden i snitt 1, m

$z_2$  = lägeshöjden i snitt 2, m

$\Sigma h_f$  = summan av strömningsförlusterna mellan snitt 1 och snitt 2, m

Termerna illustreras i FIG 3.

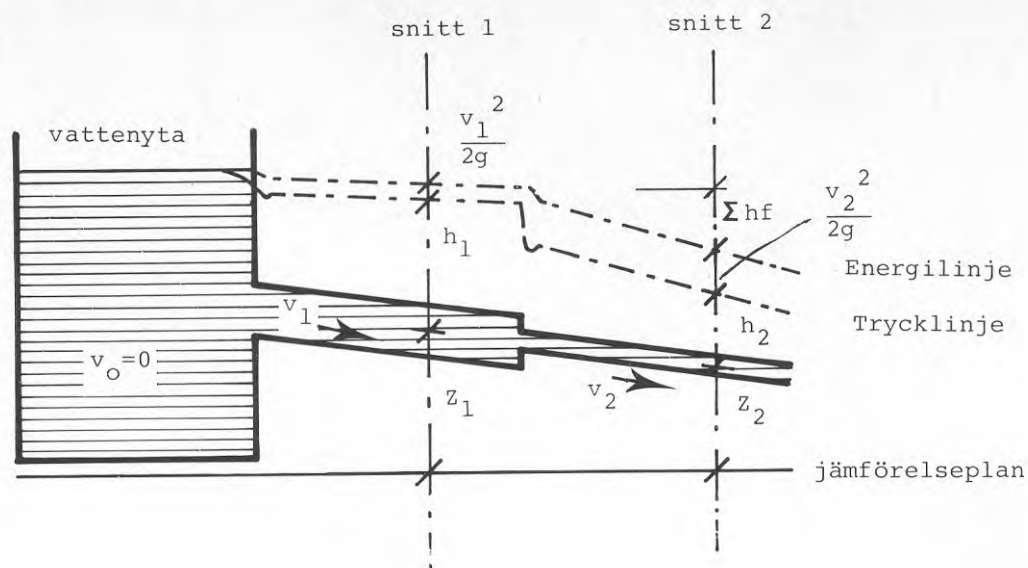


FIG 3. Illustration av termerna i Bernoullis ekvation

Figuren visar också två andra begrepp. Trycklinjen är geometriska orten för summan av lägeshöjd och tryckhöjd. Energilinj är geometriska orten för summan av lägeshöjd, tryckhöjd och hastighetshöjd. Ingen av linjerna kan ligga högre än fria vattenytan. Skillnaden mellan energilinjens och vattenytans plan är summan av alla tryckförluster efter kärlet. Från snitt 1 till snitt 2 har energilinjens nivå minskat med  $\Sigma hf$ .

Bernoullis ekvation gäller också för varje enskild rördel och komponent i systemet. Känner man flödet genom enheten samt tryck och hastighet omedelbart före och efter kan strömningsmotståndet, tryckfallet, över enheten beräknas. I raka rör är hastigheten konstant och tryckfallet varierar med flödet. Det behövs större tryck för att driva fram ett större flöde. Sambandet brukar redovisas i ett tryck-flödesdiagram, med logaritmiska skalor på båda axlarna (FIG 4).

Tryckfallet i raka rör kan beräknas ur allmänna friktionsformeln (se bilaga 1, formel 6). Förlusterna i andra komponenter måste i allmänhet bestämmas experimentellt. De resulterande tryckfallsdiagrammen kan bli mer komplicerade än för raka rör, vilket komplicerar beräkningarna av rörsystem (se vidare bilaga 1, kommentarerna till formel 9, 10 och 11).

Bernoullis ekvation är den ena av de grundläggande samband, som behövs för att beräkna rörsystem. Det andra är kontinuitetsekvationen. För varje knutpunkt i rörsystemet måste gälla att lika mycket vatten rinner till som från knutpunkten:

$$\Sigma q = 0$$

där vattenföringen  $q$  i en ledning räknas positiv om vattnet rinner till knutpunkten och negativ om vattnet rinner från knutpunkten.



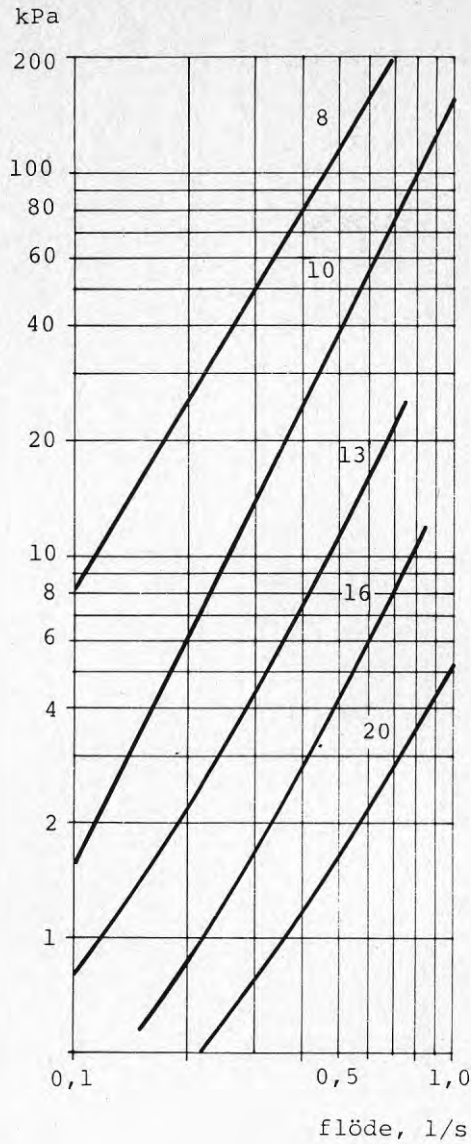


FIG 4. Tryckfall i kopparrör av olika dimensioner (enligt bilaga 3)

| Vattenledning  | Typ av förläggning | Största godtagna hastighet i m/s vid temperatur °C |      |      |     | Anmärkning  |
|--|--------------------|--|------|------|-----|---|
|  |                    | 10°  | 50°  | 70°  | 90° |   |
| Fördelningsledning   | Utbytbar           | 4,0  | 3,0  | 2,5  | 2,0 |   |
|  | Ej utbytbar        | 2  | 1,5  | 1,3  | 1,0 |   |
| Kopplingsledning   | Utbytbar           | 16,0   | 12,0 | 10,0 | 8,0 | Hastigheten medför korrosionsrisk och accepteras därför endast för kopplingsledning |
|  | Ej utbytbar        | 4,0  | 3,0  | 2,5  | 2,0 |   |
| Ledning med kontinuerlig strömning<br>t ex cirkulationsledning | —                  | 2,0  | 1,5  | 1,3  | 1,0 | Som dimensionerande värde väljs 0,3—0,8 m/s   |

TAB 1. Största godtagna hastighet i vattenledning av koppar. VA-byggnorm tabell 226 b

Vid tillämpning av tabellen beaktas att kallvattenledning som regel kan dimensioneras för temperaturen 10°C och varmvattenledning för 50°C. Vid dimensionering bör medeltemperaturen vara utslagsgivande och inte enstaka toppar.

Tillvattensystemet i ett hus fungerar enligt de lagar, som här kortfattat beskrivits. Dess uppgift är att förse de människor, som bor och arbetar i huset, konsumenterna, med det vatten de behöver och som de tar ut vid tappställena. Vilka flöden som skall anses erforderliga i olika tappställen och med vilken säkerhet konsumenten skall erhålla vatten i rätt mängd kan inte bestämmas med objektiva metoder. VA-byggnorm innehåller därför anvisningar om normflöden och sannolika flöden.

Normflödet är det flöde, som skall erhållas vid det enskilda tappstället. Badkarsarmatur skall ge 0,4 l/s av vardera varmt och kallt vatten, dusch- och diskblådsarmatur 0,2 + 0,2, tvättställsarmatur 0,1 + 0,1. (Se vidare VA-byggnorm tabell 209). Sannolika flöden är de som skall vara dimensionerande för ledningar till två eller flera tappställen. Det är ju föga sannolikt att alla tappställen används samtidigt. VA-byggnorm (tabell 212) anvisar hur normflöden skall sammanlagras till sannolikt, dimensionerande flöde.

VA-byggnorm innehåller bl a också anvisningar om största godtagna hastighet i vattenledning av koppar. Eftersom denna tabell är väsentlig för den fortsatta framställningen återges den i sin helhet (TAB 1).

Flerbostadshus i Sverige tar nästan undantagslöst sitt vatten från de kommunala näten. Husets tillvattensystem måste alltså dimensioneras med hänsyn till det tryck som va-verket garanterar i anslutningspunkten. Detta värde brukar ligga mellan 20 och 70 m Vp (200-700 kPa). Det tryck va-verket anger väljs givetvis så, att det nästan alltid kan hållas. I verkligheten varierar det kraftigt. Det samlade vattenuttaget i bostadsområden har en stark dygnsvariation med en mindre topp på morgonen och en större på kvällen, medan vattentorn och pumpar är dimensionerade så att pumparna skall kunna arbeta större delen av dygnet och variationerna tas i vattentornet. Resultatet härav blir att det av va-verket garanterade värdet kan överskridas med 100-150 kPa under lågbelastningstid.

## TRAPPHUSBLOCKET

Den svenska produktionen av flerbostadshus (andra än radhus) var under slutet av 60-talet, när utvecklingsarbetet startade, mycket enhetlig. Flertalet lägenheter hade 2-4 rum och kök och låg i två- eller trevånings lamellhus med trapphus, som försörjde två eller tre lägenheter per plan. Större eller mindre lägenheter gavs en utformning, som dominerades av de konventioner och mönster som utvecklats för de medelstora lägenheterna, och antalet lägenheter i loftgångshus och terrasshus uppgick sammanlagt bara till en bråkdel av dem som byggdes i lamellhus med trapphus. Bostadshus innehöll knappast någonting annat än bostäder. Normer, standard, lå-neregler och praxis liksom utbudet av inredningar och apparater befäste denna starka enhetlighet.

Det var därför självklart att välja trapphusblocket i två- och trevånings flerbostadshus utan lokaler som utgångspunkt för utvecklingsarbetet.

Lägenheterna i sådana block innehöll alla ett kök och ett badrum eller duschrum. Vissa trerummare och alla större lägenheter hade dessutom ett toaletttrum, som ibland också innehöll en duschplats. Våtrummen var av ljudisolerings-skäl och för att koncentrera ledningarna till ett fåtal stammar och schakt samlade i grupper, ofta kring trapphuset. Det var regel att lägenheterna var parvis spegelvända så att kök eller bad kom att ligga rygg i rygg. Planlösningarna var praktiskt taget identiska i alla våningar. Också trapphusblocken i samma hus, ibland i hela bostadsområden, var i regel inbördes identiska. Gavelblocken innehöll dock ofta lägenheter med flera rum.

I lägenheterna förekom alltså sammanlagt fyra olika våtrum: kök, badrum, duschrum och toaletttrum. I dessa rum förekom alltid följande tapparmaturer

|               |   |
|---------------|---|
| i kök         | disklådsblandare  |
| i badrum      | badkarsblandare, tvättställsblandare, spolventil för wc |
| i duschrum    | duschblandare, tvättställsblandare, spolventil för wc   |
| i toaletttrum | tvättställsblandare, spolventil för wc                  |

Dessutom kunde det finnas bidé i badrummet eller duschrummet. Det fanns nästan alltid uttag för tvättmaskin i varje lägenhet, i regel i badrummet eller duschrummet. Utrymme för diskmaskin brukade finnas i köket men installationen var inte alltid förberedd.

På nästa sida visas några exempel på sådana trapphusblock (FIG 5) hämtade ur Arkitekturs temanummer om flerfamiljshus 1968. I numret redovisades också två loftgångshus, som inte finns med i figuren. Däremot har vi tagit med de två höghus som fanns (projekt 6 och punkt-huset i projekt 5).



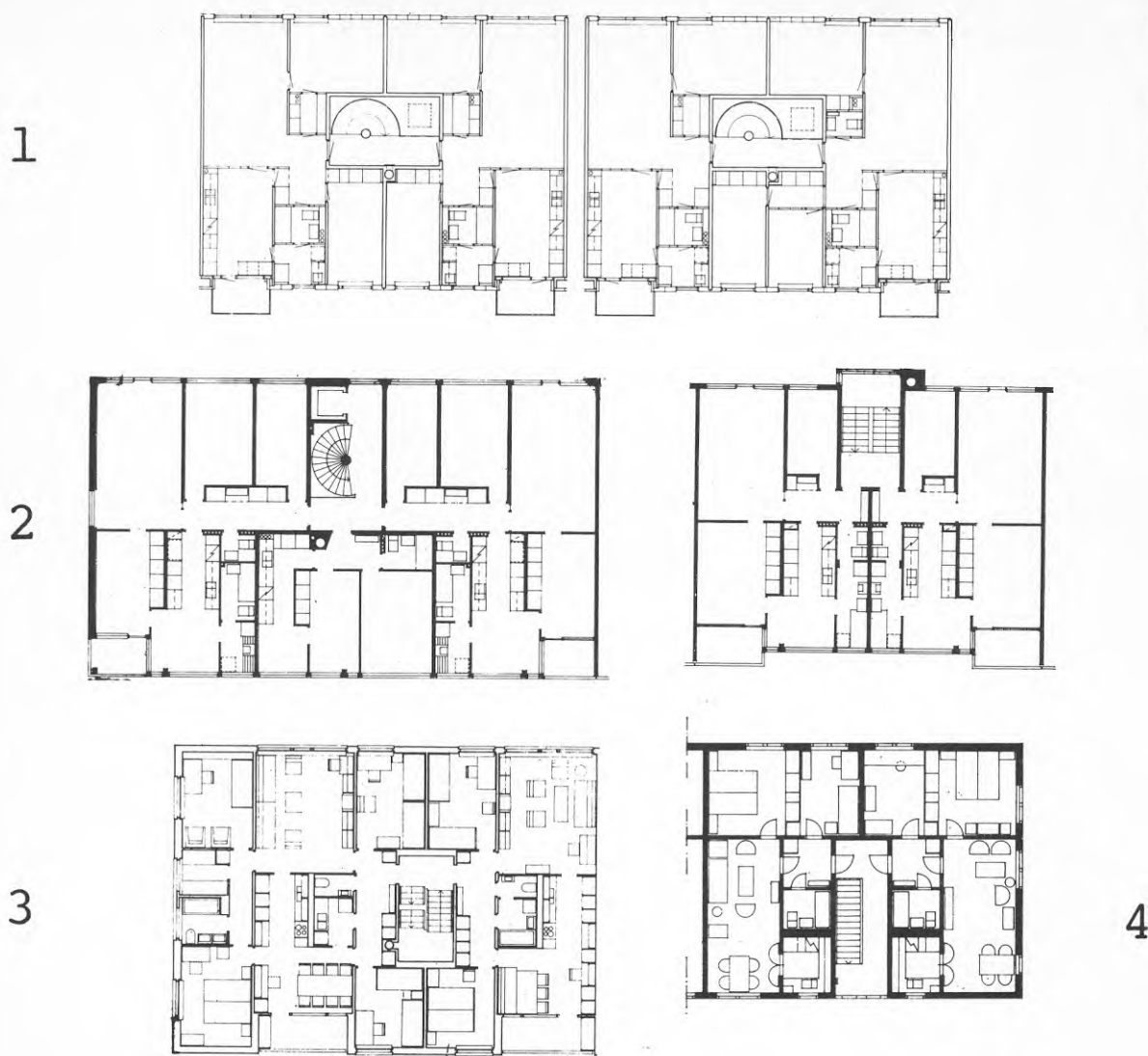
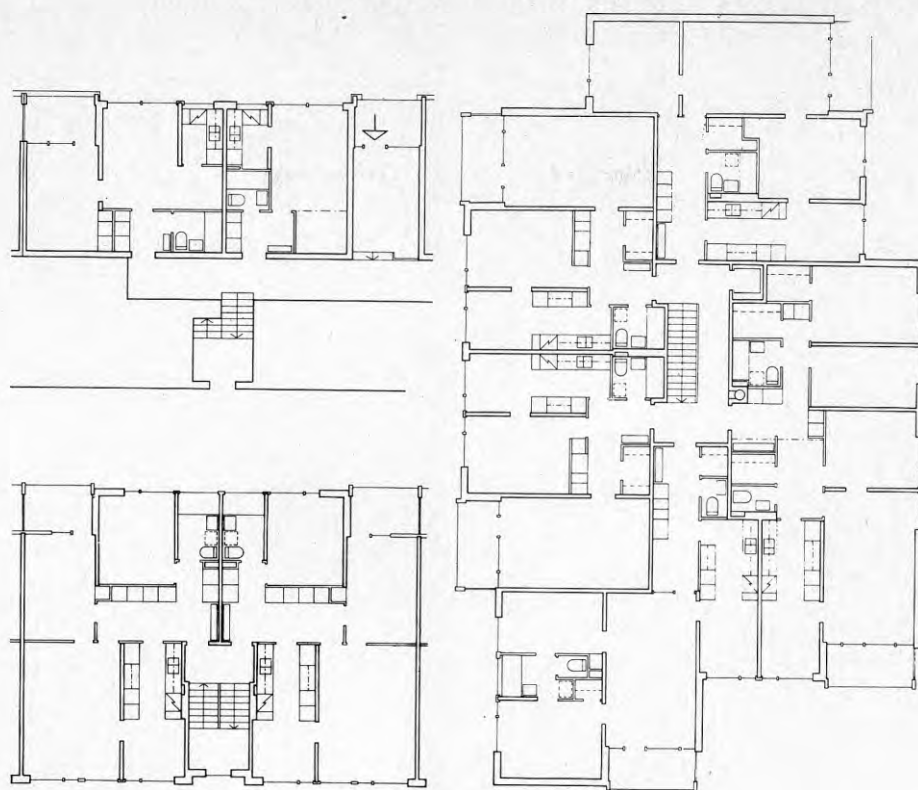


FIG 5. Trapphusblock byggda under 1960-talet. Skala 1:300. Källa Arkitektur 7, 1968.

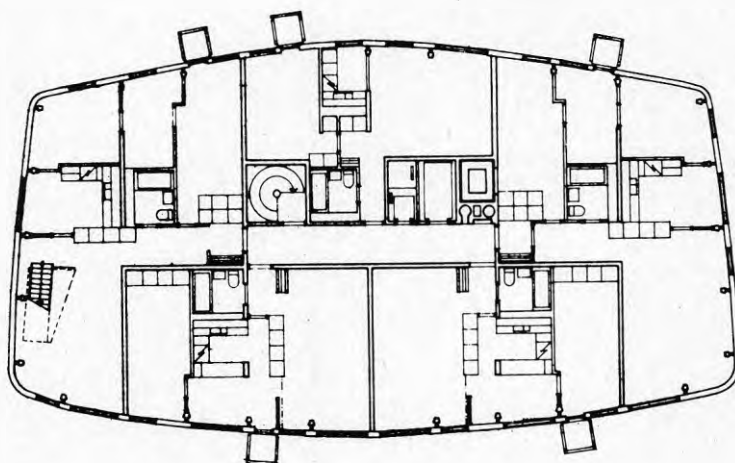
1. Norra Tynnered i Västra Frölunda. Byggherre Stiftelsen Göteborgs Bostadsföretag. Arkitekt P A Ekholm Arkitektkontor.
2. Södra Tynnered i Västra Frölunda - Göteborgs stads Bostads AB - WAAB White Arkitektkontor.
3. Skön - HSB i Sundsvall - HSBs riksförbund, Tekniska kontoret.
4. Studentbostäder i Kungshamra - Stiftelsen Stockholms Studentbostäder - ELLT.
5. Sättraområdet i Gävle - AB Gavlegårdarna - Höjer-Ljungqvist Arkitektkontor.
6. Kiruna - HSB i Kiruna - Ralph Erskine.

Blocket var ofrånkomligt som enhet om man ville standardisera installationer, men inte lägenheten. Det var då ännu inte aktuellt att införa individuell vattenmätning för de enskilda lägenheterna. Däremot var det naturligt att lägga stigarna i de rumsgupper, som våtrummen bildade. De fall, som därvid är tänkbara, kan inledningsvis ordnas efter summan av normflödena i de till stigarens anslutna tappställena. Denna summa blir minst om stigaren bara matar ett kök eller ett toaletterum per plan, 0,20 l/s per plan. Störst blir den om samma stigare matar badrum, duschrum och kök i två lägenheter. Denna lösning bedömdes dock så osannolik att den uteläts. Bland de fall som behandlats får den ledning,

5



6



som matar 2 badrum + 2 duschrum störst värde på summan av normflöden 2,0 l/s per plan. Mellan dessa två ytterlighetsfall finns ett antal möjliga kombinationer av 1 eller 2 vardera av kök, badrum, duschrum och toaletterum.

Av skäl som tidigare redovisats var det lämpligt att dela upp den konventionella stamledningen i en ledning för varje våning.

Det är givetvis ekonomiskt fördelaktigt att dra varm- och kallvattenledningar till samma plan i samma tomrör. BPA har tillämpat denna lösning i bostadsområdet Anders-  
torp i Skellefteå. VA-laboratoriet har utfört vissa mät-

GENERELL PRINCIPRITNING FÖR RÖRSYSTEM BPA  
GRUNDKONSTRUKTIONENS DEL 1 FÖR 2- OCH 3-VÅNINGSHUS

RITN. NR. GP:01  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

Grundkonstruktionens del 1 är sammansatt av trapphusfördelare **TF**, trapphusledning **TL**, våningsfördelare **VF**, våningsledningar **VL** samt våningsanslutningar **⊗**.

Nedan visas i princip kall- och varmvatteninstallationer för grundkonstruktionens del 1.

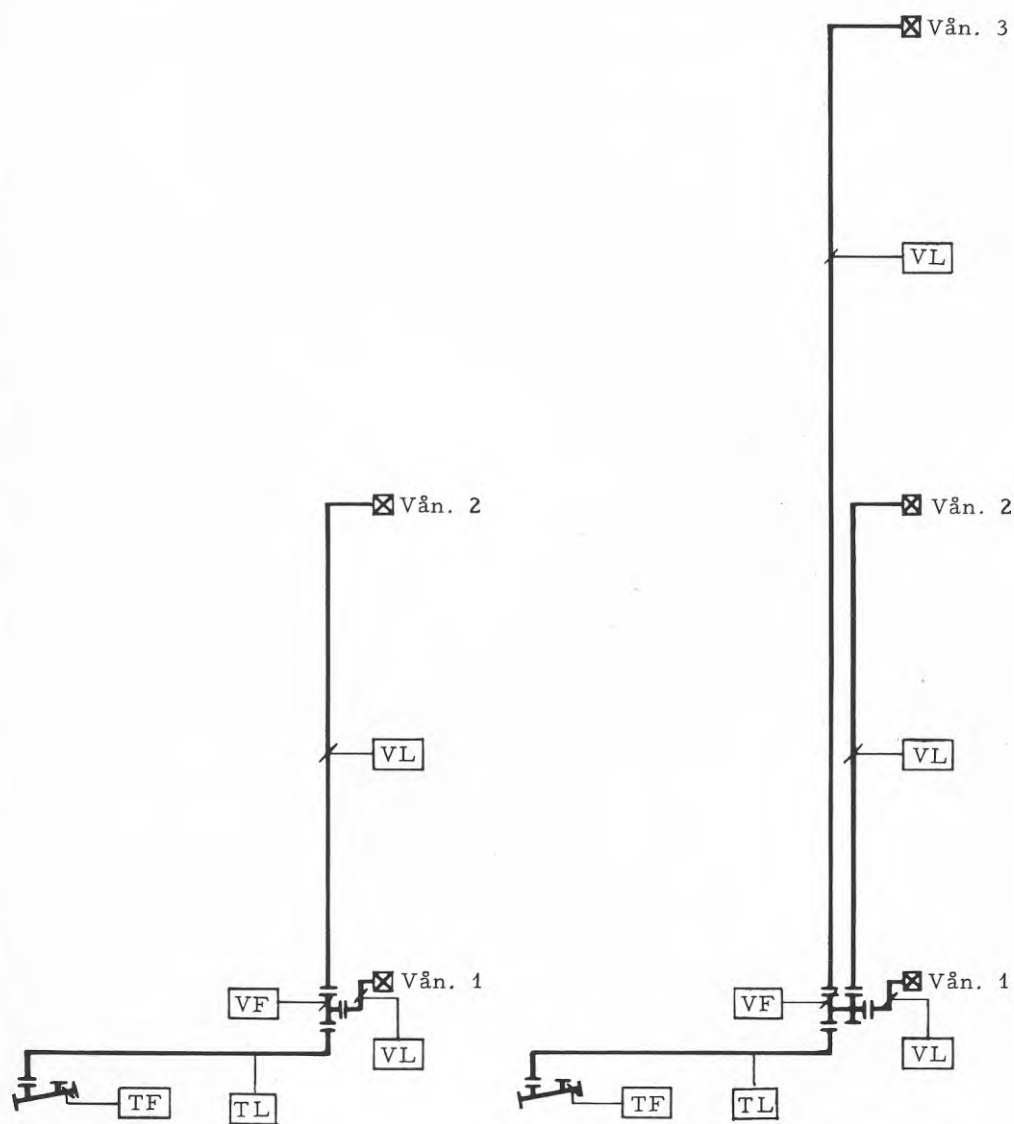


Fig. 1. GRUNDKONSTRUKTIONENS DEL 1  
Gällande 2-våningshus

Fig. 2. GRUNDKONSTRUKTIONENS DEL 1  
Gällande 3-våningshus

FIG 6. Grundkonstruktionens del 1.



ningar i detta område (bilaga 2). De visade bl a, att effekterna på vattentemperaturerna var mycket liten. Ledningarna för kall- och varmvatten kan alltså dras i samma tomrör, under förutsättning att

- vattenrören har lågt värmeledningstal ( $< 0,4 \text{ kcal/m}^2, \text{ } ^\circ\text{C}$ , dvs rören måste vara av plast),
- tomrören är väl tätade i ändarna så att luftcirkulation kring vattenrören försvåras; samt
- varmvattenledningen inte har cirkulation.

Därmed finns underlaget till en första ansats till lösning av systemets huvuddrag. Enheten är trapphusblocket. Inkommande kall- och varmvatten fördelas i en knutpunkt, som kallas trapphusfördelare TF, på ett antal trapphusledningar TL. Trapphusfördelaren placeras normalt i bjälklaget under bottenvåningen, och trapphusledningarna dras i tomrör fram till lådor, som normalt sitter i väggarna omedelbart över detta bjälklag. I dessa lådor placeras våningsfördelare VF, som fördelar vattnet på våningsledningar VL, en för varje våning. Kalla och varma våningsledningar kan dras i samma tomrör. Den punkt, där våningsledningen mynnar i våningen kallas våningsanslutning  $\boxtimes$ .  $TF + TL + VF + VL$  fram till våningsanslutningen kallas grundkonstruktionens del 1 (FIG 6).

Våningsfördelarna bör placeras i de punkter, som är mest fördelaktiga med hänsyn till planlösningen, dvs så att den totala kostnaden för tomrör, innerrör och fördelare minimeras. Därvid är det fördelaktigt att ha en viss frihet, så att våningsledningarna inte nödvändigtvis måste mynna omedelbart intill någon av de armaturer den skall försörja. Våningsledningarna kan därför förses med förlängningsrör FR-VL, som utgör grundkonstruktionens del 2. Denna kan utföras på ett antal olika sätt (FIG 7). Skälen härtill framgår av följande avsnitt.

Våningshöjden i flervåningshus är standardiserad till 2,7 m, vilket bestämmer längderna på vertikala rör i grundkonstruktionen. Längderna på horisontella rör beror däremot av planlösningen. I detta avseende måste alltså systemet vara flexibelt. Frågan är: inom vilka gränser?

Trapphusblockets utsträckning i horisontalplanet är relativt begränsad - de båda höghusen i FIG 5 torde ha en avsevärt större blockyta än vad som är normalt i lamellhus. Projektören kan alltid förutsättas eftersträva kortast möjliga rördragning. Trapphusfördelaren placeras alltid nära blockets mittaxel. Vi har därför antagit, att horisontella rörlängden från trapphusfördelaren till mest avlägsna tappställe inte skall behöva bli större än 18 m. Därav kan upp till 12 m tas i trapphusledningen och 2 m i våningsledningarnas förlängningsrör. Återstående 4 m tas i koppeldelarna, se s 35 ff.

De problem, som nu först måste angripas, är hur våningsledningarna skall förbindas med armaturerna och hur systemet skall balanseras tryckmässigt.

GENERELL PRINCIPRITNING FÖR RÖRSYSTEM BPA  
GRUNDKONSTRUKTIONENS DEL 2

RITN.NR. GP:06  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

Grundkonstruktionens del 2, som ansluts till del 1 i våningsanslutningarna har två konstruktionstyper.

Typ 1 består av enbart våningsledningarnas förlängningsrör **FR-VL** fram till tapparmaturerna inom ett separat kök eller ett separat toaletterum, se fig. 3.

Typ 2 består av enbart våningsledningarnas förlängningsrör **FR-VL** fram till koppelanslutningar  $\oplus$  och armaturanslutningar  $\boxplus$ , se fig. 4-15.

Nedan visas i princip kall- och varmvatteninstallationer för grundkonstruktionens del 2.

Disklåsbländare **DB-BL** . Tvättställsbländare **TS-BL** . Diskmaskin **DM** .  
Vattenklosett **VK** .

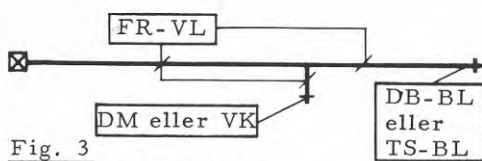


Fig. 3

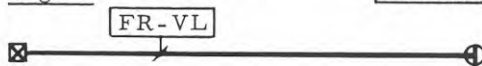


Fig. 4

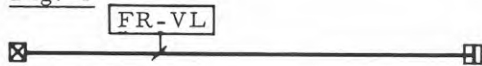


Fig. 5

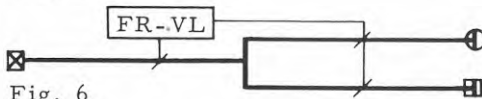


Fig. 6

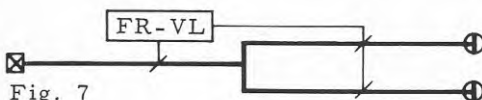


Fig. 7

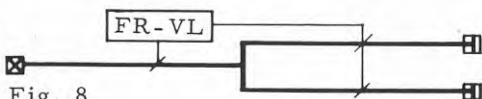


Fig. 8

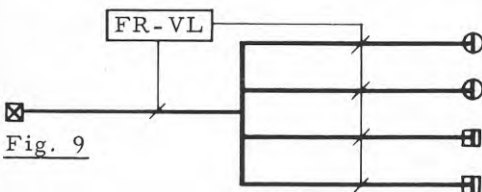


Fig. 9

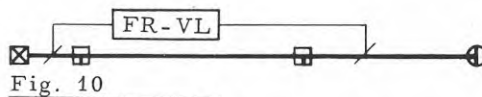


Fig. 10

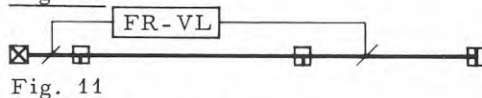


Fig. 11

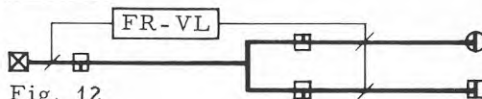


Fig. 12

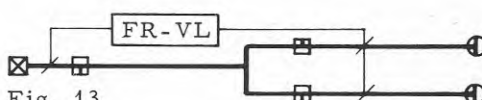


Fig. 13

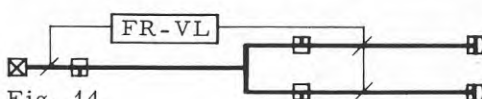


Fig. 14

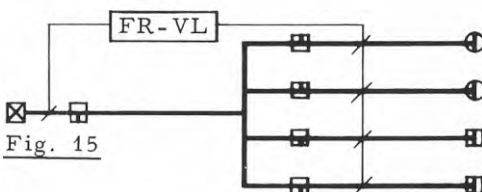


Fig. 15

FIG 7. Grundkonstruktionens del 2.

## MODULINDELNING

Bilaga 1 är en hydraulisk utredning, som gjorts av Bengt Åberg. Den beskriver först Bernoullis ekvation och kontinuitetsekvationen samt redovisar hur strömningssmotstånd beräknas. Därefter diskuterar Åberg två olika sätt att beräkna Rörssystem-BPA, med ekvationssystem och med modulindelning.

Diskussionen avser hus med  $n \times 3$  våningar, sektionerade i höjddled i enheter om tre våningar. I denna rapport är vi bara intresserade av fallet  $n = 1$ . Detta påverkar dock inte slutsatserna.

Vid beräkning med ekvationssystem betraktas trapphusledning, våningsfördelare, våningsledningar och kopplingsledningar som en enhet (FIG 8).

Man kan då ställa upp följande ekvationssystem:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Bernoulli för snitt 1 och snitt 2.3} \\ \text{Bernoulli för snitt 1 och snitt 2.2} \\ \text{Bernoulli för snitt 1 och snitt 2.1} \\ \text{kontinuitetsekvation för VF,} \end{array} \right.$$

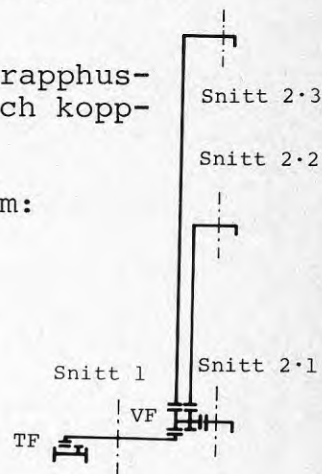


FIG 8. Rörssystem-BPA beräknat med ekvationssystem.

där snitt 1 ligger i trapphusledningen före våningsfördelare VF och de övriga snitten i de tre våningsledningarna efter VF.

Ekvationssystemet medger högst fyra obekanta. Om ledningarnas dimensioner är kända kan man ta reda på flödena i de olika snitten vid olika tappningskombinationer. Beräkningarna är omfattande eftersom strömningssmotstånden varierar med flödena, men ekvationssystemet har en och endast en lösning.

Om man däremot vill använda ekvationssystemet för att beräkna vilka rördiametrar som erfordras för att rörssystemet skall ge vissa bestämda flöden i de olika våningsplanen är ekvationssystemet lösbart endast om det finns högst fyra obekanta rördimensioner. I regel finns det i verkligheten minst sju: trapphusledningen, tre våningsledningar och tre eller flera kopplingsledningar. En annan svårighet är att de i marknaden förekommande rördimensionerna inte skulle motsvara de beräknade. Enda möjligheten att med denna metod beräkna rörssystemet är att arbeta med successiv passning: man gissar alla rördimensionerna och beräknar vilka flöden systemet då ger vid olika kombinationer av tappning på våningsplanen. Om flödena inte är tillfredsställande väljes andra dimensioner på ett eller flera rör varefter beräkningarna görs om o s v. Detta är mycket omständligt.



Vi har därför valt att i stället betrakta Rörssystem-BPA i två- och trevåningshus som bestående av två<sup>1</sup> slags moduler, koppeldel och grundkonstruktion (FIG 9). Grundkonstruktionen har beskrivits i föregående avsnitt. Koppeldelen är ledningar och tapparmaturer på våningsplanet (efter våningsledningens förlängningsrör FR-VL). Då kan systemet dimensioneras genom en beräkning i två steg.



FIG 9. Modulindelning av Rörssystem-BPA i trevåningshus

I detta avsnitt skall vi bara behandla det fallet, att beräkningarna avser bestämda objekt, för vilka vi känner tillvattensystemets utformning och erforderliga data för de ingående komponenterna.

I första steget beräknas koppeldelen. Flödena i ledningar till separata tapparmaturer skall vara normflöden, och flödena i ledningar till flera tapparmaturer skall vara sannolika flöden enligt VA-byggnorm. Tryckfallen i rör och komponenter förutsätts vara kända. Vi kan då för varje beskriven koppeldel bestämma erforderligt tryck i den punkt, där koppeldelen ansluter till grundkonstruktionen. Varje koppeldel kan alltså representeras av anspråken på tryck och flöde i denna punkt och kan tänkas vara ersatt av en tapparmatur med dessa data.

Andra steget blir att dimensionera grundkonstruktionen så att följande villkor blir uppfyllda:

- koppeldelarna skall försörjas med de flöden och tryck, som räknats fram i första steget;
- tryckfallet i systemet får inte bli större än vad tillgängligt arbetstryck före trapphusfördelaren medger;
- vattenhastigheten får inte överskrida vad VA-byggnorm tillåter (gäller endast kopparrör); samt
- den totala rörkostnaden skall minimeras.

Detta är möjligt att lösa för kända objekt. När man skall göra en standarddimensionering måste också andra förhållanden beaktas.

<sup>1</sup>

Åberg väljer tre slags moduler, koppeldelen, våningsledningarna och trapphusledningarna. Se vidare FIG 20 och bilaga 1.

## FLÖDESREGULATORER

Eftersom de tre våningsplanen nästan alltid är identiska finns det starka skäl att göra koppeldelarna lika. Flödena i de olika planen bör vara inbördes lika, eller i varje fall inte skilja sig mer från normflödena än vad VA-byggnorm medger. Följaktligen bör våningsledningarna dimensioneras för att kompensera skillnaderna i lägeshöjd. Strömningsförlusten i första våningens ledning bör vara ungefär 60 kPa större än i tredje våningens.<sup>1</sup>

Såväl beräkningar som redovisas i bilaga 1 som fullskaleprov som gjorts av va-laboratoriet visar emellertid, att det inte är möjligt att tillfredsställande balansera flödena i de olika våningarna på ett generellt sätt. Man måste alltså söka andra metoder att kompensera skillnaderna i lägeshöjd.

Därvid finns anledning att beakta också två andra förhållanden. Det ena är att trycket i de kommunala näten varierar över dygnet med större belopp än de 60 kPa som skillnaden i lägeshöjd ger. Det andra är att våningsledningarna måste ge det tryck och flöde, som räknats fram i första steget. I de fall koppeldelen innehåller mer än en tapparmatur är dessa anspråk större än vad som motsvarar normflödet i de enskilda armaturerna. När man tappar endast en av armaturerna inom koppeldelen kommer den därför att ge ett flöde, som är större än normflödet.

Ett reglerdon i eller omedelbart före armaturen neutraliserar alla dessa tre orsaker till onödigt stora flöden. Det finns nu i marknaden flödesregulatorer, som enligt provningar på va-laboratoriet ger normflöden vid alla tryck mellan 20 och 700 kPa. Principen går alltså att realisera och har bedömts vara enklaste sättet att styra flödena.

Flödesregulatorn har dessutom andra positiva effekter. Eftersom den förhindrar onödigt stora uttag ger den en vattenbesparing och därmed minskat behov av energi för varmvatten. Enbart denna besparing gör att flödesregulatorn betalar sig på två å tre år. Styrningen av flödena minskar risken för kortslutning och kraftiga svängningar pga av störttappning liksom den minskar risken för överströmning genom tapparmaturerna mellan kall- och varmvattenledningarna. Flödesregulatorn har över huvud taget en allmänt stabiliserande effekt på systemet. Den fortsatta framställningen förutsätter därför, att alla blandare förses med flödesregulatorer.

Regulatorerna neutraliserar också övertryck, som kan uppkomma av andra skäl. Detta kan bl a utnyttjas för att begränsa antalet dimensionerande rörlängder i koppeldelarna.

<sup>1</sup> I bilaga 1 föreslås, att denna skillnad kompenseras genom att våningsfördelaren läggs i tredje våningen. Detta avser emellertid förhållandena i höghus. I trevåningshus skulle en sådan lösning kräva eljest onödiga fördelningsledningar i trapphuset, vilket gör den klart oekonomisk.

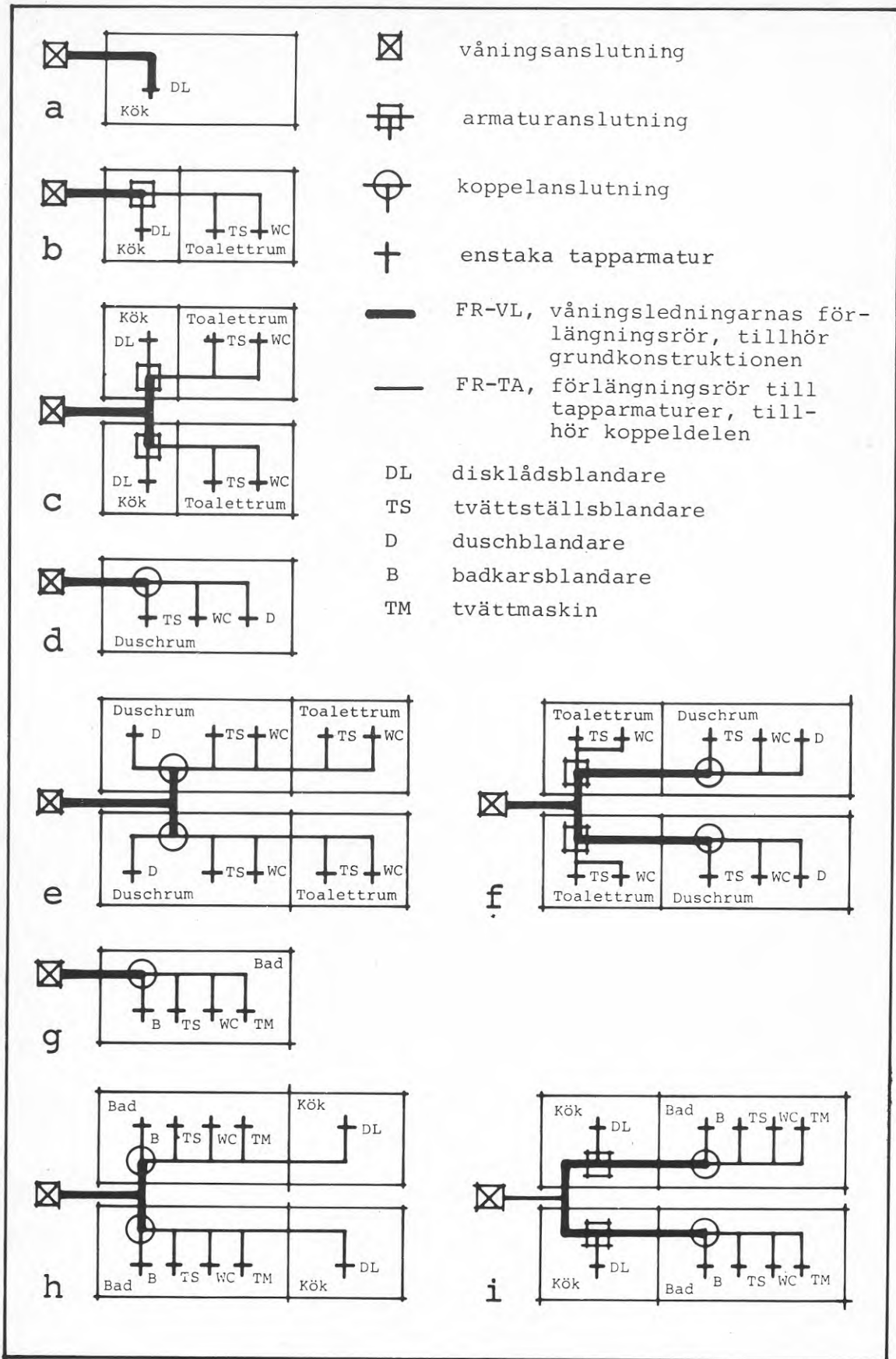


FIG 10. Exempel på ledningsdragningar i våningsplan.



## KOPPELDELAR

FIG 6 visar Rörsystem BPA från trapphusfördelaren upp till våningsanslutningen  $\boxtimes$ . Därifrån fortsätter en eller flera ledningar till tappställena. Intill 2 m från våningsanslutningen kan dessa ledningar betraktas som förlängningsrör till våningsledningarna (FR-VL, FIG 7), om så är lämpligt i det enskilda tillämpningsfallet.

Armaturer och ledningar på våningsplanet, efter anslutningarna till grundkonstruktionen, kallas koppeldelen. De kan utformas på många olika sätt beroende på förutsättningarna. Några exempel visas i FIG 10. De på s 25 nämnda våtrummen och tapparmaturerna kan naturligtvis grupperas på många andra sätt, och mot varje planmönster av den typ som visas i FIG 10 svarar i princip ett oändligt antal inbördes något olika utföranden. Skillnaderna kan exempelvis avse

- våningsanslutningens läge i horisontalplanet i förhållande till våtrum och armaturer;
- ledningsdragningen i våningen, antal och typer av kopplingsdetaljer, ledningens längd, dimension och material;
- (för kopparrör) typ av förläggning - utbytbar eller ej utbytbar (TAB 1);
- armaturernas tryckfall;
- avstängningsventilernas placering.

Rörsystem-BPA innebär inte någon standardisering av dessa delar. Tvärtom är vi angelägna att inte onödigtvis begränsa möjligheterna att välja planlösning, material, komponenter eller arbetsteknik på det sätt, som är förmanligast i det enskilda projektet. Vi söker bara våningsledningens dimension och måste därför räkna fram anspråken på tryck och flöde i den punkt, där grundkonstruktionen och koppeldelen möts. Därvid måste man beakta följande förutsättningar och problem.

För det första ger normer, standard och praxis samt utbudet av material, komponenter och apparater vissa begränsningar, t ex av flöden och armaturernas höjd över golv. Vid dimensioneringen kan man bortse från disk- och tvättmaskiner; de fungerar även om de får vänta några sekunder på vatten.

För det andra vill vi ansluta till den beskrivning av bostadsproduktionen under sextiotalet, som finns i avsnittet om trapphusblocket. Man hade inte anledning att räkna med mer än fyra olika våtrum, och armatur- och apparatutrustningen i dessa var starkt enhetlig. Därtill

## TAB 2. DIMENSIONERANDE VÅTRUMSKOMBINATIONER

|       |  |       |  |
|-------|--|-------|--|
| 3A1:1 | BADRUM   | 3B1:1 | DUSCHRUM   |
| 3A1:2 | BADRUM OCH DUSCHRUM<br>Duschrummet ansl. utom<br>badrumskopplet            | 3B1:2 | DUSCHRUM OCH KÖK<br>Köket ansl. inom el<br>utom kopplet                          |
| 3A1:3 | BADRUM OCH KÖK<br>Köket ansl. inom el.<br>utom kopplet                     | 3B1:3 | DUSCHRUM OCH TOALETTRUM<br>Toaletterummet ansl. inom<br>el. utom kopplet         |
| 3A1:4 | BADRUM OCH TOALETTRUM<br>Toaletterummet ansl.<br>inom el. utom kopplet     | 3B1:4 | DUSCHRUM, KÖK OCH TOA-<br>LETTRUM<br>Kök och Toaletterum<br>ansl. inom kopplet   |
| 3A1:5 | BADRUM, KÖK OCH TOALETTRUM<br>Kök och Toaletterum ansl.<br>inom kopplet    | 3B1:5 | DUSCHRUM, KÖK OCH TOA-<br>LETTRUM<br>Toaletterummet ansl.<br>utom kopplet        |
| 3A1:6 | BADRUM, KÖK OCH TOALETTRUM<br>Toaletterummet ansl. utom<br>kopplet         | 3B1:6 | DUSCHRUM, KÖK OCH TOA-<br>LETTRUM<br>Köket ansl. utom kopplet                    |
| 3A1:7 | BADRUM, KÖK OCH TOALETTRUM<br>Köket ansl. utom kopplet                     | 3B2:1 | 2 DUSCHRUM   |
| 3A1:8 | BADRUM OCH 2 KÖK<br>1 eller 2 Kök ansl. utom<br>kopplet                    | 3B2:2 | 2 DUSCHRUM OCH 2 KÖK<br>Köken ansl. inom el<br>utom kopplen                      |
| 3A1:9 | BADRUM OCH 2 TOALETTRUM<br>1 eller 2 Toaletterum<br>ansl. utom kopplet     | 3B2:3 | 2 DUSCHRUM OCH 2 TOA-<br>LETTRUM<br>Toaletterummen ansl.<br>inom el utom kopplen |
| 3A2:1 | 2 BADRUM   | 3C1:1 | KÖK  |
| 3A2:2 | 2 BADRUM OCH 2 DUSCHRUM<br>Duschrummen ansl. utom<br>badrumskopplen        | 3C1:2 | KÖK OCH TOALETTRUM   |
| 3A2:3 | 2 BADRUM OCH 2 KÖK<br>Köken ansl. inom el.<br>utom kopplen                 | 3C2:1 | 2 KÖK  |
| 3A2:4 | 2 BADRUM OCH 2 TOALETTRUM<br>Toaletterummen ansl. inom<br>el. utom kopplen | 3C2:2 | 2 KÖK OCH 2 TOALETTRUM   |
| 3A2:5 | 2 BADRUM OCH KÖK<br>Köket ansl. inom el.<br>utom kopplet                   | 3D1:1 | TOALETTRUM   |
| 3A2:6 | 2 BADRUM OCH TOALETTRUM<br>Toaletterummet ansl. inom<br>el. utom kopplet   | 3D2:1 | 2 TOALETTRUM   |

kan läggas, att också våtrummens storlek var tämligen enhetlig. Även om exempelvis badrummen hade något varierande planmått var skillnaderna dock inte större, än att den totala ledningslängden i badrummen var av ungefär samma storleksordning.

Det är därför för våra syften högst rimligt att bortse från de små variationerna inom våtrummen och bara räkna med ett fall vardera för bad, duschrum, toaletterum och kök.

För det tredje måste vi bestämma vilken ledningslängd i våtrummen, som skall vara dimensionerande. En självklar utgångspunkt är då VA-byggnorms föreskrift, att "vattenuttag skall ha betryggande kapacitet". Detta kan i Sverige inte tolkas på annat sätt än att konsumenten skall få vatten, i mängder motsvarande normflödet (eller åtminstone 70% därav), utan någon som helst väntetid. Kravet på att undvika överdimensionering är däremot mycket svagt utsagt.

Detta betyder, att dimensioneringsfallen måste få karaktären av "sämsta tänkbara fall". Eftersom projektören förutsätts kunna välja material och montageteknik måste dimensioneringen baseras på de material och kopplingsdetaljer, som ger det högsta tryckfallet. Vi har sålunda räknat med rör av koppar och kopplingar av metall. Genom analyser av utförda installationer har vi sökt komma underfund med vilka ledningslängder och hur många böjar det högst kan bli fråga om. Resultatet av dessa bedömningar har redovisats på ritningar, dels planer (exempel FIG 11), dels sektioner längs ledningarna (exempel FIG 12).

Dimensioneringen avser dessa "sämsta fall". Vid tillämpning på faktiska projekt bör alla normalt förekommande lösningar av samma fall bli något överdimensionerade, eftersom alla förutsatta strömningsmotstånd inte skall behöva förekomma samtidigt.

För det fjärde: hur många våtrum skall varje par av våningsledningar förutsättas försörja och hur skall de förutsättas vara grupperade? Här har vi funnit anledning att räkna på trettio kombinationer. De förtecknas i TAB 2. Valet av kombinationer kräver några kommentarer.

Vid installationen är det ganska vanligt, att rör i badrum och duschrum dras synliga. En rørslinga längs väggarna matar alla tapparmaturer inom det enskilda våtrummet. En sådan slinga med tillhörande anslutningar och armaturer brukar kallas koppel, och det förekommer att den levereras prefabricerad. Den brukar vara tillverkad av hårda förkromade kopparrör.

En ledning som endast matar en tapparmatur, t ex varmvattenledningen i ett toaletterum, saknar T-rör och kallas inte koppel. Ledningar till disklådsblandare i kök brukar dras osynliga i rörutsparingar bakom skåpens sparklådor och det är då lämpligt att låta våningsled-



REFERENSRITNING: RÖRSYSTEM BPA  
VÄTENHET: BADRUM

REF. NR. 3A1:1-H  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

DIMENSIONERANDE LEDNINGSDRAGNING, STANDARDDIMENSIONER OCH RÖR-  
DELSKOMPONENTER

Rördelar beteckn. med tvärstreck avser metallrördelar, övriga är kopparrördelar.  
Horisontella rörlängder: Från vån. ledn. ansl. pkt. ☒ till kopplets ansl. pkt. ⊕ c-c  
max. 2000 mm. Från kopplets ansl. pkt. ⊕ till badkarsblandare [BK-BL] c-c max.  
2000 mm. Beträffande övriga, ej dimensionerande H-mått och dim. se rörstandard-  
tabell 1-H.

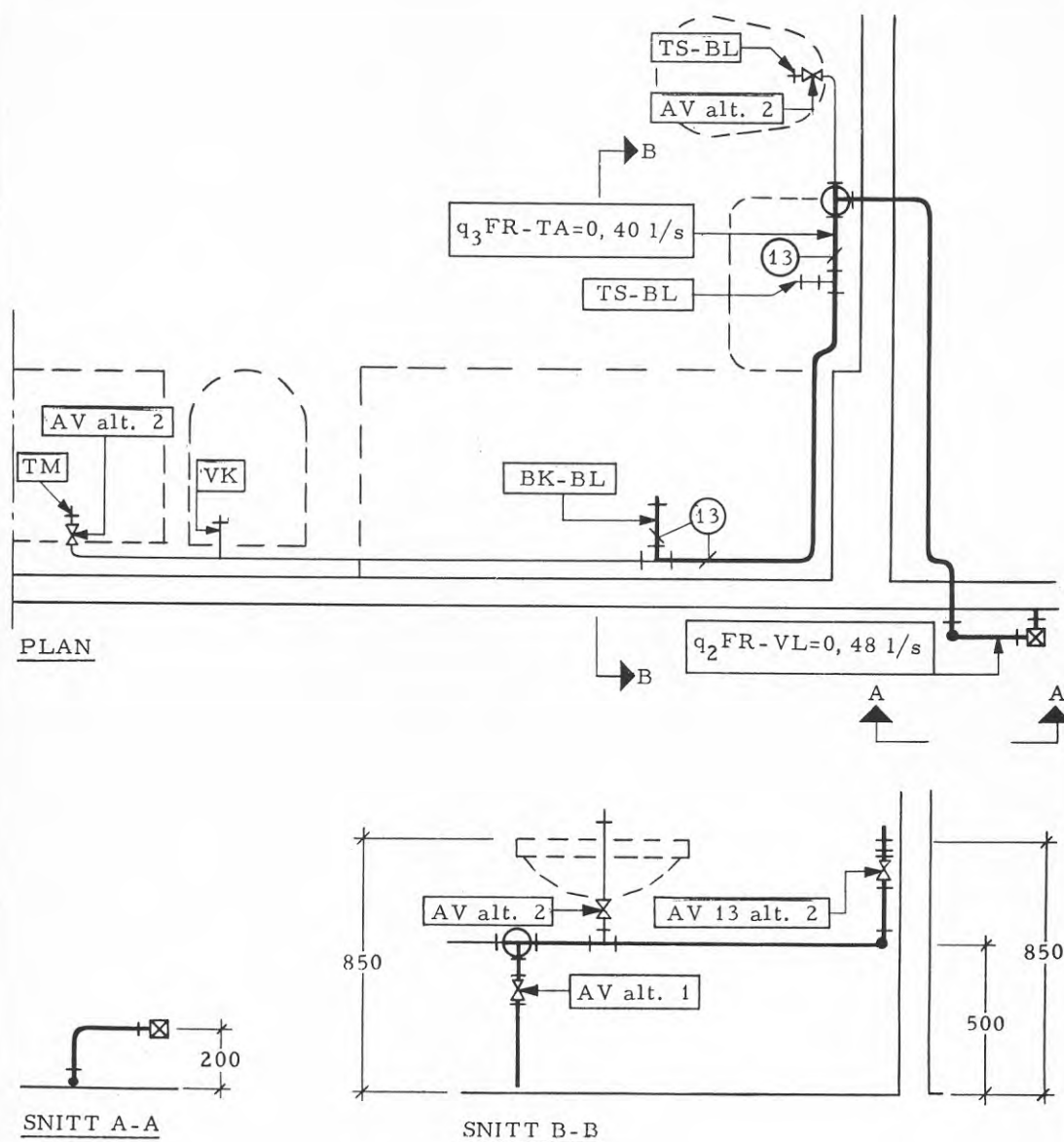


FIG 11. Exempel på "sämsta fall". Koppeldel med ett badrum per plan och våningsledning.

GENERELL MÅTTREDOVISNING FÖR RÖRSYSTEM BPA  
MAX. RÖRLÄNGDER FÖR FÖRLÄNGNINGSRÖR FR-VL OCH  
FR-TA VID FRILIGGANDE HORIZONTELLA MONTAGE

RITN.NR. M:02  
Blad 1 (4)  
Datum Jan. 1975

### MÅTTREDOVISNING FÖR BAD- OCH DUSCHRUMSKOPPEL

Max. horisontell rörlängd H-mått och max. vertikal rörlängd V-mått för våningsledningarnas förlängningsrör FR-VL resp. tapparmaturernas förlängningsrör FR-TA.

H-mått för FR-VL gäller från våningsanslutningen ☒ till koppelanslutningen ⊕.

FR-VL:s referenspunkt är ☒.

H-mått för FR-TA gäller från resp. tapparmatur till koppelanslutningen ⊕.

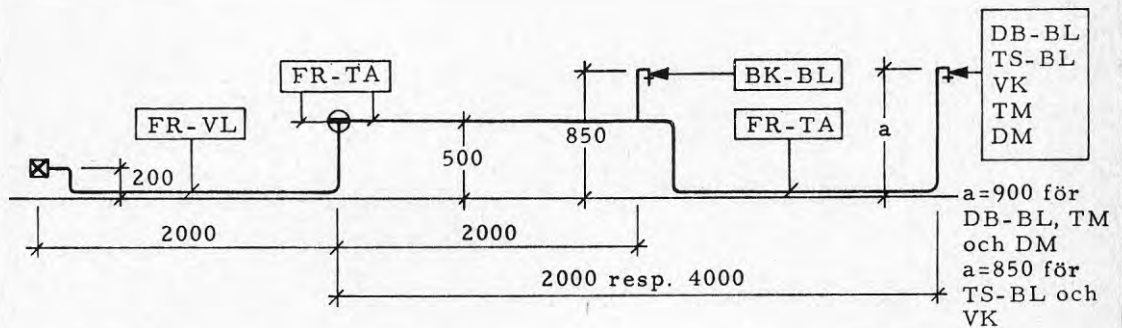
FR-TA:s referenspunkt är ⊕.

V-mått för FR-VL gäller från våningsanslutningen ☒ en gång till och från golv upp till koppelanslutningen ⊕.

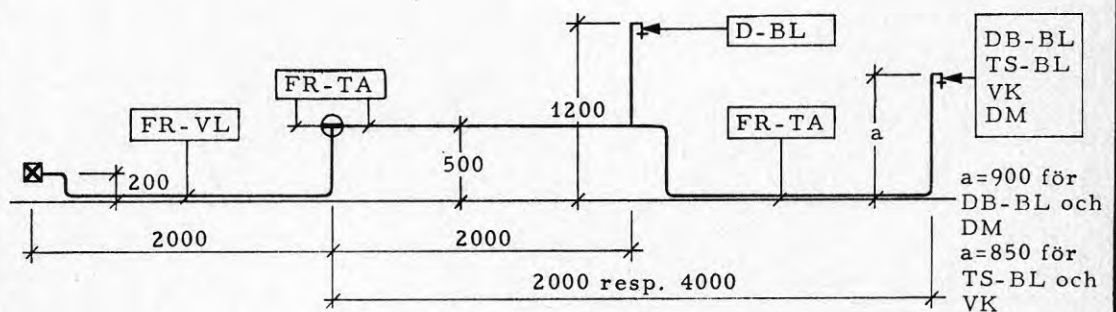
V-mått för FR-TA från badkars- eller duschblandare gäller från resp. tapparmatur en gång mot golv till samma höjd som koppelanslutningen ⊕.

V-mått för FR-TA från disklåds-, tvättställs- och bidéblandare, vattenklosett, tvätt- och diskmaskin gäller från resp. tapparmatur en gång till och från golv upp till koppelanslutningen ⊕.

Tapparmaturer: Badkarsblandare BK-BL, duschblandare D-BL, disklådsblandare DB-BL, tvättställs- och bidéblandare TS-BL, vattenklosett VK, tvättmaskin TM och diskmaskin DM.



H- och V-mått för FR-VL mellan vånings- och koppelanslutning och för FR-TA inom badrum samt för FR-TA från kök och toaletterum anslutna inom badrumskopplet.



H- och V-mått för FR-VL mellan vånings- och koppelanslutning och för FR-TA inom duschrum samt för FR-TA från kök och toaletterum anslutna inom duschrumskopplet.

Mått i mm

FIG 12. Vertikalsnitt längs badrums- och duschrumskopplet.

ningarnas rör fortsätta fram till armaturen.

Vi har därför reserverat begreppet koppel för rör och armaturer inom bad- och duschrum. Den punkt, där koppel ansluter till våningsledningen, kallas koppelanslutning och markeras på ritningarna med ett T-rör i en cirkel  $\oplus$ .

Som framgår av FIG 10, exempel b,d,f och i, förekommer det också att samma par av våningsledningar försörjer flera blandare, som inte ingår i koppel. Avgreningspunkterna på FR-VL för rören till dessa blandare måste användas som referenspunkter för de mätregler, som erfordras för att bestämma dimensioneringsvillkoren, och de bör alltså ha ett namn och en symbol. Vi kallar dem armaturanslutningar, och de markeras på ritningen med ett T-rör i en kvadrat  $\boxplus$ .

Det har visat sig vara fördelaktigt att fästa olika villkor vid dessa båda anslutningar när man bygger upp systemet.

Huvudregeln är, att koppelanslutning matar flera tapparmaturer i ett och samma våtrum, medan armaturanslutning matar två eller flera tapparmaturer, varav den ena är belägen i ett våtrum med endast en kall- och varmvattenarmatur. För att kunna standardisera koppelns dimensionering har vi lagt den restriktionen på systemet, att våningsledningens förlängningsrör inte får passera en koppelanslutning (FIG 10 d,e,g,h,) men väl en eller flera armaturanslutningar (FIG 10 f,i).

Från huvudregeln att koppel inte får gå genom vägg, har vi dock gjort det undantaget, att toaletterum och/eller kök i samma lägenhet må anslutas inom bad- eller duschrumskoppel. Däremot får inte duschrum anslutas inom badrumskoppel eller badrum inom duschrumskoppel. Inte heller får våtrum i en lägenhet anslutas inom koppel i en annan. Däremot får tapparmaturer i olika lägenheter kopplas på samma armaturanslutning.

Därmed har vi i huvudsak redogjort för den ena gruppen av förutsättningar vid valet av våtrumskombinationer. Den andra gruppen förutsättningar är vilka kombinationer av våtrum, som är möjliga och sannolika. Det torde vara mycket sällsynt, att samma lägenhet har både bad, duschrum och toaletterum. Inte heller torde det finnas många fall där mer än fyra våtrum ligger så nära varandra i planen, att de med fördel kopplas till samma våningsledning. I de fall fyra våtrum kopplas samman torde det nästan alltid vara fråga om våtrum i två lägenheter, som ligger rygg i rygg.

Däremot går det naturligtvis inte att förutsätta att våtrummen, exempelvis kök, badrum och toaletterum, alltid ligger i samma ordning från våningsanslutningen räknat. Strävan att fånga upp alla möjliga varianter inom systemet är orsaken till att vi också räknat på fall, då kök eller toaletterum ansluts inom koppel.



Med dessa förutsättningar torde det vara möjligt att punkt för punkt tänka sig in i hur de planlösningar ser ut, som motsvarar våtrumskombinationerna i TAB 2.

Därmed återstår två frågor innan anspråken på tryck och flöde i våningsledningarna kan bestämmas. För det femte: Vilka dimensioner skall ledningarna inom våtrummen förutsättas ha? Vi utgick då först från praxis,  $\varnothing$  13 mm i badrum och  $\varnothing$  10 mm i duschrum, och alla de i TAB 2 förtecknade kombinationerna är dimensionerade med den förutsättningen. Detta dimensioneringsfall kallas H, högtrycksdimensionering. Emellertid ger så klena dimensioner tryckfall, som är större än vad som kan godtas i områden med lågt tryck i det kommunala nätet. Vi prövade därför vad det skulle innebära, om badkarsledning- en gavs dimension  $\varnothing$  16 mm och duschledningen  $\varnothing$  13 mm. Det ger ungefär 30 kPa lägre tryckfall i ledningarna på våningsplanet, vilket kan utnyttjas antingen för att kompensera lågt tryck i det kommunala nätet eller till att minska dimensionerna i vånings- och trapphusledning- arna. Detta dimensioneringsfall kallas L, lågtrycksdi- mensionering. Alla våtrumskombinationerna i TAB 2 är dimensionerade för både H och L, men i två fall (3Cl:1 Kök och 3Dl:1 Toaletterum) blir H och L identiska.

De dimensioneringsvillkor, som blir resultatet av över- vägandena om "sämsta tänkbara fall" inom våtrummen (FIG 11 och 12) och de två dimensioneringsfallen H och L har sammanställts i ett antal rörstandardtabeller. Två exempel visas i TAB 3 och 4.

För det sjätte slutligen måste man bestämma tryckfallet i armaturerna. VA-byggnorm föreskriver, att armaturen skall ge normflöde vid ett tryckfall lägre än 50 kPa. Emellertid har det under senare år marknadsförts arma- turer, som kräver långt större tryckfall. Därtill kom- mer tryckfallet i flödesregulatorn.

Dimensioneringen har gjorts med den förutsättningen, att tryckfallet i armatur + flödesregulator är högst 50 kPa. Detta är möjligt att åstadkomma med de arma- turer, som finns i marknaden.

Om man i ett projekt önskar använda armaturer med högre tryckfall ( $50+a$  kPa) påverkas dimensioneringen på samma sätt som om trycket före trapphus fördelaren vore  $a$  kPa lägre. Hur denna korrigerings sker kommer att beskrivas i nästa avsnitt.

RÖRSTANDARDTABELL: RÖRSYSTEM BPA  
H-MÅTT OCH DIMENSIONER FÖR SEPARATA BADRUMS-  
KOPPEL

TABELL 1-H  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

Tabellen gäller under förutsättning:

att trapphus- och våningsledningarna dimensioneras efter H-märkt rördimensioneringstabell.

att badrummet innehåller max. följande enheter: 1 st badkar, 1 st tvättmaskin, 1 st tvättställ, 1 st bidé och 1 st vattenklosett.

| Tapparmatur för sanitära apparater och maskiner |             | Max. horisontella rörlängder H-mått och min. innerdimensioner för separata och/eller gemensamma förlägningsrör FR-TA |                     |
|---|-------------|--|---------------------|
|   |             | H-mått i mm  | D <sub>i</sub> i mm |
| Badkar  | BK-BL       | 2000   | 13                  |
| Tvättmaskin                                     | TM          | 4000   | 13                  |
| Tvättmaskin                                     | TM          | 2000   | 10                  |
| Tvättställ o. bidé<br>Vattenklosett             | TS-BL<br>VK | 4000   | 10                  |
| Tvättställ o. bidé<br>Vattenklosett             | TS-BL<br>VK | 2000   | 8                   |

#### ANMÄRKNINGAR OCH FÖRKLARINGAR

1. Vid sammankoppling av förlägningsrör med olika dimensioner skall det gemensamma förlägningsröret alltid ha samma dim. som det grävsta separata förlägningsröret.
2. Vid sammankoppling av förlägningsrör med lika dimensioner sker ingen dimensionsförändring.
3. Angivna H-mått är horisontella rörlängdsmått. Måtten gäller c-c kopplets anslutningspunkt  $\ominus$  och resp. tapparmatur.
4. Armaturhöjder från golv enl. VVS-AMA.

OBS! Tabellen gäller även för ett separat förlägningsrör för KV eller VV anslutet före kopplets anslutningspunkt  $\ominus$ . Även i detta fall gäller H-mått enligt punkt 3.

TAB 3. Exempel på rörstandardtabell.

RÖRSTANDARDTABELL: RÖRSYSTEM BPA  
H-MÅTT OCH DIMENSIONER FÖR SEPARATA BADRUMS-  
KOPPEL

TABELL 1-L  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

Tabellen gäller under förutsättning:

att trapphus- och våningsledningarna dimensioneras efter L- eller H-märkt rör-dimensioneringstabell.

att badrummet innehåller max. följande enheter: 1 st badkar, 1 st tvättmaskin, 1 st tvättställ, 1 st bidé och 1 st vattenklosett.

| Tapparmatur för sanitära apparater och maskiner |             | Max. horisontella rörlängder H-mått och min. innerdimensioner för separata och/eller gemensamma förlängningsrör FR-TA |                     |
|---|-------------|---|---------------------|
|   |             | H-mått i mm   | D <sub>i</sub> i mm |
| Badkar  | BK-BL       | 2000  | 16                  |
| Tvättmaskin                                     | TM          | 4000  | 13                  |
| Tvättställ o. bidé<br>Vattenklosett             | TS-BL<br>VK | 4000  | 10                  |

#### ANMÄRKNINGAR OCH FÖRKLARINGAR

1. Vid sammankoppling av förlängningsrör med olika dimensioner skall det gemensamma förlängningsröret alltid ha samma dim. som det grävsta separata förlängningsröret.
2. Vid sammankoppling av förlängningsrör med lika dimensioner sker ingen dimensionsförändring.
3. Angivna H-mått är horisontella rörlängdsmått. Måtten gäller c-c kopplets anslutningspunkt  $\oplus$  och resp. tapparmatur.
4. Armatürhöjder från golv enl. VVS-AMA.

OBS! Tabellen gäller även för ett separat förlängningsrör för KV eller VV anslutet före kopplets anslutningspunkt  $\oplus$ . Även i detta fall gäller H-mått enligt punkt 3.

TAB 4. Exempel på rörstandardtabell.



GENERELL MÅTTREDOVISNING FÖR RÖRSYSTEM BPA  
 DIMENSIONERANDE VERTIKALA MÅTT FÖR RÖR-  
 OCH RÖRDELSKOMPONENTER

RITN. NR. M:01  
 Blad 1  
 Datum Jan. 1975

DIMENSIONERANDE PLACERING AV: Trapphusfördelare TF, våningsfördelare  
 VF och våningsledningarnas VL anslutningspunkter ☒  
 MAX. VERTIKAL RÖRLÄNGD V-mått FÖR TRAPPHUSLEDNING TL = 400 mm.

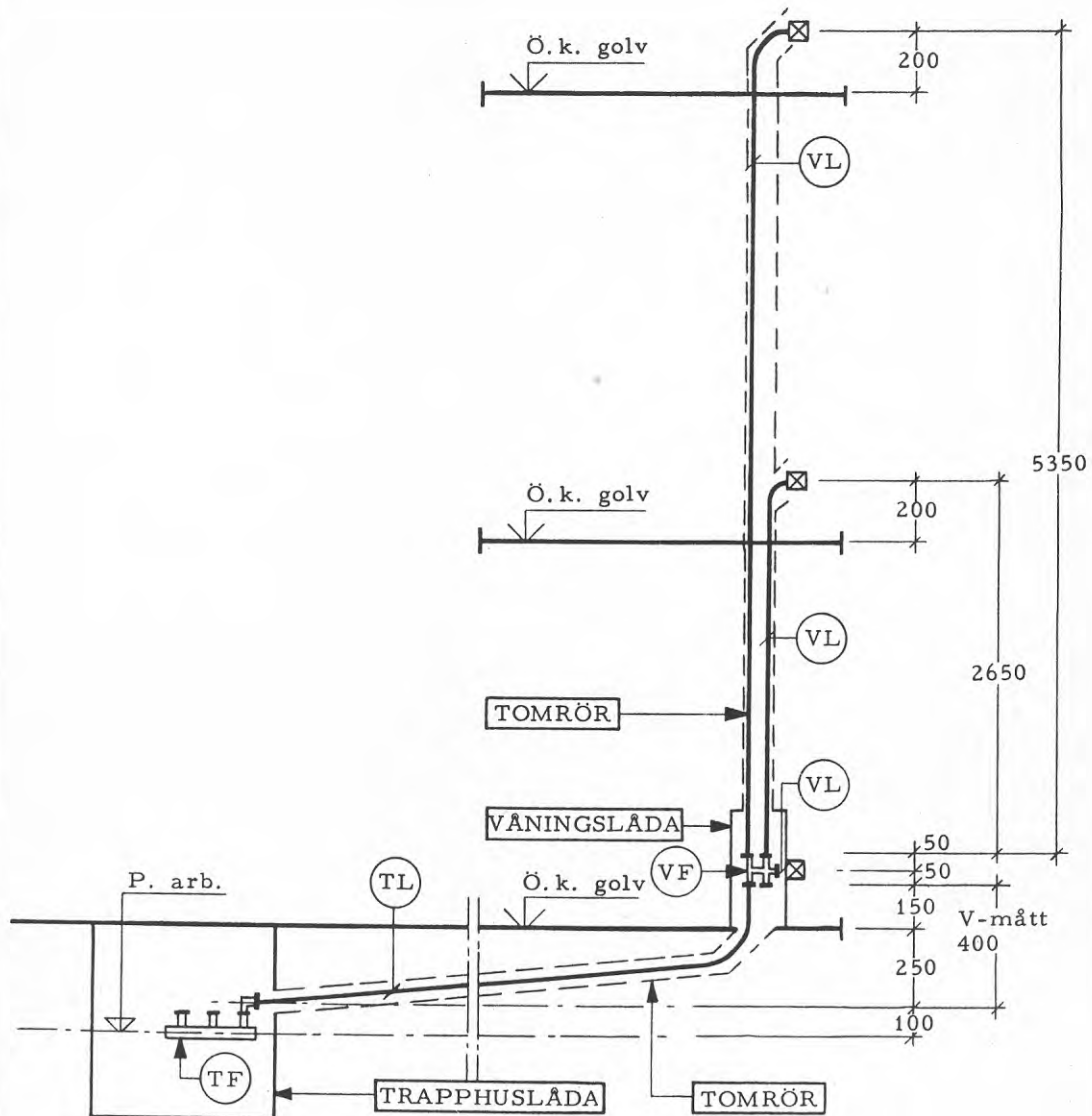


FIG 13. Mätregler för vertikalmått i grundkonstruktionens del 1.

## DIMENSIONERING

Den hittills förda diskussionen har lett till följande bild av Rörsystem-BPA.

Enheten är trapphusblocket i två- eller trevånings bostadshus. Tillvattnet fördelas i en trapphusfördelare i en trapphuslåda i blockets bottenplatta till en eller flera trapphusledning i tomrör i bottenplattan. Varje trapphusledning slutar i en våningsfördelare, som sitter i en låda i en vägg och som fördelar vattnet på våningsledningar, en per våningsplan. Våningsledningarna dras i tomrör i väggarna och försörjer olika kombinationer av bad, duschrum, toaletterum eller kök. Sammanlagt har mät- och dimensioneringsregler ställts upp för 30 sådana våtrumskombinationer (TAB 2). För varje våtrum har bestämts ett "sämsta fall" för ledningsdragning och armaturer, vilket läggs till grund för dimensioneringen. För varje fall finns två alternativ på rördimensioneringen, H respektive L. Tapparmaturerna inklusive flödesregulatorer förutsätts kräva tryckfall om högst 50 kPa.

Våningshöjden i systemet har standardiserats till högst 2,7 m. Mätregler för vertikalmått i grundkonstruktionens del 1 redovisas i FIG 13. Våningsledningarnas förlängningsrör FR-VL får vara högst 2 m långa (horisontellt mått).

Trapphusledningens längd kan variera. Vi har bedömt det osannolikt, att längden skall behöva bli större än 12 m. Dimensioneringen har utförts för varannan meter, alltså 2, 4, 6, 8, 10 och 12 m.

Trapphusfördelaren (FIG 14) och våningsfördelarna, varav det finns två typer (FIG 15), är specialprodukter utformade för Rörsystem-BPA. I tvåvåningshus ersätts våningsfördelaren lämpligen av ett metall-T-rör med kopplingar.

För att systemet skall kunna dimensioneras krävs uppgifter om tryckfallet i delarna. De uppgifter, som tillverkarna tillhandahåller, har visat sig otillräckliga. Kravet att projektören och entreprenören själva skall kunna välja komponenter och material medför, att förekommande detaljer måste provas. VA-laboratoriet i Studsvik har därför på BPAs uppdrag genomfört ca 3000 provningar av delar, som kan komma i fråga. Därvid har det givetvis framkommit, att alternativa delar av olika fabrikat har olika tryckfall. Men det har visat sig, att det också finns skillnader mellan olika exemplar av komponenter från samma tillverkare. Att finna ut hur stor variation det då kan bli fråga om kräver mycket omfattande provningar på ett slumpmässigt urval ur den löpande produktionen. Detta faller utanför ramen för denna utredning och problemet bör lämpligen lösas genom att tillverkaren redovisar sin produkts egenskaper och prestanda samt att produkten är underkastad planverkets typgodkännandekontroll.

KOMPONENTRITNING FÖR RÖRSYSTEMEN BPA  
TRAPPHUSFÖRDELARE

RITN.NR. K:01  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

TRAPPHUSFÖRDELARE FÖR KALL- OCH VARMTVATTEN

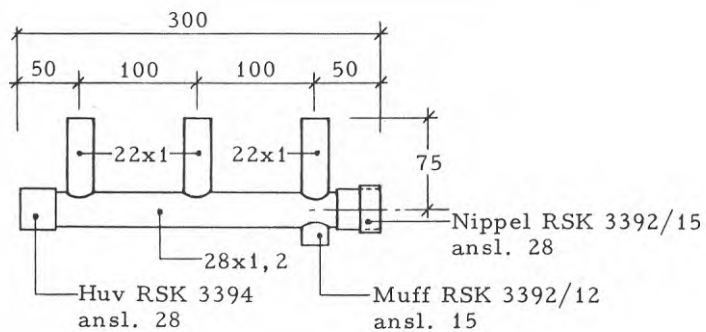
TYP 26/20

MATERIAL: Kopparrör SMS 1890

Typ 26/20. Huvudrör 28x1, 2. Avstick 22x1.

Fördelarna tillverkas med 2-8 avstick.

Tillverkare: VVS-produkter, Gävle



TYP 26/20

|         |              |   |         |
|---------|--------------|---|---------|
| 26/20-2 | längd 200 mm | 2 | avstick |
| 26/20-3 | " 300 mm     | 3 | "       |
| 26/20-4 | " 400 mm     | 4 | "       |
| 26/20-5 | " 500 mm     | 5 | "       |
| 26/20-6 | " 600 mm     | 6 | "       |
| 26/20-7 | " 700 mm     | 7 | "       |
| 26/20-8 | " 800 mm     | 8 | "       |

FIG 14. Trapphusfördelare.



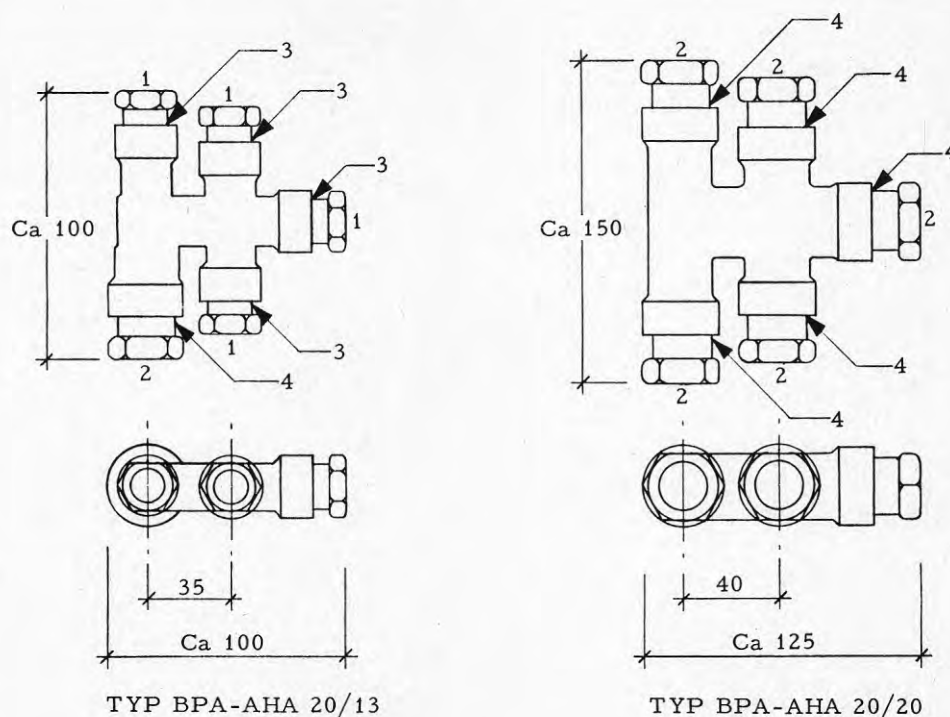
KOMPONENTRITNING FÖR RÖRSYSTEM BPA  
VÄNINGSFÖRDELARE

RITN.NR. K:02  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

VÄNINGSFÖRDELARE FÖR KALL- OCH VARMVATTEN  
TYP BPA-AHA 20/13 OCH 20/20

Fördelarna är som standard försedda med Kombikoppling.  
I de fall Kombikoppling ej är användbar kan fördelarna förses med olika typer  
av kopplingar med utvändigt gängad nippel.

Försäljs genom VVS-produkter, Gävle



1= Anslutning mot rör dy 10, 12, 15 mm  
2= " " " dy 15, 18, 22 mm. (Vid mindre dim. än dy 15 används  
lämplig bussning och separat koppling).

3= 1/2" invändig rörgänga

4= 3/4" invändig rörgänga

FIG 15. Våningsfördelare.

Problemet att ställa upp ett beräkningsunderlag för Rörssystem-BPA har därför lösts så, att vi för varje komponent och rördimension valt en tryck-flödeskurva, som rimligen inte behöver överskridas. Provningarna och resultaten redovisas i bilaga 3.

Som framgår av bilagan och följande tabeller har vi vid provningarna och beräkningarna gjort en viss variantbe- gränsning genom att endast räkna på fem olika rördimen- sioner: 20, 16, 13, 10 och 8 mm (innerdimension).

Trycket i de kommunala systemen varierar. Dimensione- ringen har därför måst göras för alla tryck mellan 200 och 700 kPa före trapphusfördelare.

Antalet varianter är alltså mycket stort. Beräkningarna har därför gjorts i dator enligt ett program upprättat av BPAs datakontor. Resultatet redovisas i 58 tabeller för vardera tre- och tvåvåningshus. Exempel redovisas i TAB 6 och 7.

Tabellerna redovisar dimensioner på trapphusledning och våningsledningar med förlängningsrör för den första av våtrumskombinationerna i TAB 2, ett ensamt badrum per våningsplan i trevåningshus. TAB 6 avser högtrycksdimen- sionering, TAB 7 lågtrycksdimensionering.

Beräkningarna har gjorts för varje våtrumskombination för sig. Datorn har först räknat på fallet att trapphus- ledningen är 6 m lång. Följande förutsättningar är kända:

- anspråken på tryck och flöde där grundkonstruktionen ansluts till koppeldelarna på våningsplanen; koppel- delarna förutsätts vara lika i alla plan
- vertikala rörlängder i grundkonstruktionen (FIG 13)
- horisontella rörlängder: TL 6 m, FR-VL 2 m.
- tryck-flödesförhållandet för alla ingående rördelar och fördelare (referensdiagrammen i bilaga 3).

Fyra ledningar skall dimensioneras, TL och 3 VL. De kan var för sig ha vilken som helst av de fem nämnda inner- dimensionerna. Det finns alltså sammanlagt  $5^4 = 625$  al- ternativ. Vi söker de alternativ som vid tillgängligt tryck före trapphusfördelaren (Parb) ger lägsta rörkost- naden.

Datorn har då beräknat Parb för alla alternativen samt ordnat dem efter stigande värde på Parb. Bland de alter- nativ, som kräver högst 200 kPa, väljs det som har läg- sta rörkostnaden. Motsvarande rördimensioner får gälla för intervallet 200-210 kPa. Därefter väljer datorn på nytt bland alla alternativ, som kräver högst 210 kPa, det som har lägsta rörkostnaden. Detta alternativ får gälla för intervallet 210-220 kPa. På så sätt fortsät- ter datorn tills den i minnet har en tabell med 50 rader, en för varje intervall om 10 kPa mellan 200 och 700 kPa. Denna tabell har värden i kolumnerna TL 4-6 samt Vå-

ning 1,2 och 3. Utgående från dimensionerna på våningsledningarna har datorn beräknat dimensionerna på trapphusledningar av andra längder och de återstående kolumnerna i tabellen kan fyllas i. Vid utskriften redovisar datorn endast de rader där det inträffar förändringar.

Vid låga tryck kan det bli nödvändigt att dubblera trapphusledningen. Det markeras med D i tabellen. Om en dubbel trapphusledning är mer än 6 m lång skall varmvattnet cirkuleras. Principen visas i FIG 16.

Dimensioneringstabellerna förutsätter, att tryckfallet i armaturerna med tillhörande flödesregulatorer är högst 50 kPa. Skulle tryckfallet i armaturen vara högre räknar man som om Parb vore motsvarande lägre. Om Parb är 300 kPa och tryckfallet i någon armatur+flödesregulator är 130 kPa använder man den rad i dimensioneringstabellen som svarar mot  $Parb = 300 - (130 - 50) = 220$  kPa.

Dimensioneringstabellerna förutsätter också att våningshöjden är 2,7 m. Om våningshöjden är större kan man kompensera tryckbehovet för den ökade skillnaden i lägeshöjd på samma sätt som när tapparmaturerna har för högt tryckfall. Om våningshöjden exempelvis är 3,2 m ökar skillnaden i lägeshöjd mellan trapphusfördelaren och översta våningen i ett trevåningshus 1 m, vilket motsvarar 10 kPa. Därtill skall läggas friktionsförlusten i en meter rör. Om rörets dimension är 16 mm och flödet 0,6 m/s blir förlusten 6 kPa (bilaga 3). Är Parb 300 kPa använder man den rad i tabellen som svarar mot Parb 280 kPa.

Ett resultat av dimensioneringen bör särskilt framhållas. Det är ofta fördelaktigt att ha relativt grova rör i koppeldelen för att kunna få klenare dimensioner i grundkonstruktionen. De senare rören är i regel längre än de förra. Denna "omvända rördimensionering" skiljer Rör-system BPA från konventionella system.



RÖRDIMENSIONERINGSTABELL: RÖRSYSTEM BPA  
VÄTENHET: BADRUM

REF.NR. 3A1:1-H  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

| ARBETSTRYCKOMRÅDEN OCH LEDNINGSDIMENSIONER   |  |       |       |       |        |         |   |    |    |
|--|--|-------|-------|-------|--------|---------|---|----|----|
| Arbets-<br>tryck P<br>i trapp-<br>husför-<br>delarna<br>TF:s in-<br>lopp, exkl.<br>armatur | Trapphusledning TL   |       |       |       |        |         | Våningsledning<br>VL o. förläng-<br>ningsrör FR-<br>VL fram till<br>koppelanslut-<br>ning ⊕ |    |    |
|  | Begränsningsmarkeringar:<br>Varmvattenledningar i koppar ———<br>Kallvattenledningar i koppar - - - - - |       |       |       |        |         | Längder i meter<br>Minsta innerdiameter $D_i$ i mm  |    |    |
| P arb  | Meter / $D_i$ D-dubbel ledning   |       |       |       |        |         | Våning  |    |    |
| kPa  | 0-2  | > 2-4 | > 4-6 | > 6-8 | > 8-10 | > 10-12 | 1   | 2  | 3  |
| > 210  | 20D  | X     | X     | X     | X      | X       | 16  | 16 | 20 |
| > 220  | 20   | 20    | 20D   | 20D   | X      | X       | 16  | 16 | 20 |
| > 230  | 16   | 20    | 20    | 20    | 20D    | 20D     | 16  | 16 | 20 |
| > 240  | 16   | 20    | 20    | 20    | 20     | 20      | 16  | 16 | 20 |
| > 270  | 16   | 20    | 20    | 20    | 20     | 20      | 13  | 16 | 16 |
| > 280  | 16   | 16    | 20    | 20    | 20     | 20      | 13  | 16 | 16 |
| > 300  | 16   | 16    | 16    | 20    | 20     | 20      | 13  | 16 | 16 |
| > 310  | 16   | 16    | 16    | 16    | 20     | 20      | 13  | 16 | 16 |
| > 320  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 20      | 13  | 16 | 16 |
| > 380  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 20      | 13  | 13 | 16 |
| > 430  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 20      | 13  | 13 | 13 |
| > 440  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 16      | 13  | 13 | 13 |
| > 460  | 13   | 13    | 16    | 16    | 16     | 16      | 13  | 13 | 13 |
| > 500  | 13   | 13    | 13    | 16    | 16     | 16      | 13  | 13 | 13 |
| > 530  | 13   | 13    | 13    | 13    | 16     | 16      | 13  | 13 | 13 |
| > 570  | 10   | 13    | 13    | 13    | 13     | 16      | 13  | 13 | 13 |
| < 700  | 10   | 13    | 13    | 13    | 13     | 16      | 13  | 13 | 13 |
|  |  |       |       |       |        |         |   |    |    |
|  |  |       |       |       |        |         |   |    |    |

SUMMAN AV ANSLUTNA NORMFLÖDEN  $Q = 1,80 \text{ l/s}$  i TL

TAB 6. Exempel på rördimensioneringstabell.  
Högtryckdimensionering.

RÖRDIMENSIONERINGSTABELL: RÖRSYSTEM BPA  
VÄTENHET: BADRUM

REF.NR. 3A1:1-L  
Blad 1  
Datum Jan. 1975

| ARBETSTRYCKOMRÅDEN OCH LEDNINGSDIMENSIONER   |  |       |       |       |        |        |   |    |    |
|--|--|-------|-------|-------|--------|--------|---|----|----|
| Arbets-<br>tryck P<br>i trapp-<br>husför-<br>delarna<br>TF:s in-<br>lopp, exkl.<br>armatur | Trapphusledning TL   |       |       |       |        |        | Våningsledning<br>VL o. förläng-<br>ningsrör FR-<br>VL fram till<br>koppelanslut-<br>ning ⊕ |    |    |
|  | Begränsningsmarkeringar:<br>Varmvattenledningar i koppar ———<br>Kallvattenledningar i koppar - - - - - |       |       |       |        |        | Längder i meter<br>Minsta innerdiameter $D_i$ i mm  |    |    |
| P arb  | Meter / $D_i$ D=dubbel ledning   |       |       |       |        |        | Våning  |    |    |
| kPa  | 0-2  | > 2-4 | > 4-6 | > 6-8 | > 8-10 | >10-12 | 1   | 2  | 3  |
| > 200  | 16   | 20    | 20    | 20    | 20     | 20     | 16  | 16 | 20 |
| > 210  | 16   | 16    | 20    | 20    | 20     | 20     | 16  | 16 | 20 |
| > 250  | 16   | 16    | 20    | 20    | 20     | 20     | 13  | 16 | 16 |
| > 260  | 16   | 16    | 16    | 20    | 20     | 20     | 13  | 16 | 16 |
| > 280  | 16   | 16    | 16    | 16    | 20     | 20     | 13  | 16 | 16 |
| > 290  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 20     | 13  | 16 | 16 |
| > 400  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 20     | 13  | 13 | 13 |
| > 410  | 13   | 16    | 16    | 16    | 16     | 16     | 13  | 13 | 13 |
| > 430  | 13   | 13    | 16    | 16    | 16     | 16     | 13  | 13 | 13 |
| > 460  | 13   | 13    | 13    | 16    | 16     | 16     | 13  | 13 | 13 |
| > 500  | 13   | 13    | 13    | 13    | 16     | 16     | 13  | 13 | 13 |
| > 530  | 10   | 13    | 13    | 13    | 16     | 16     | 13  | 13 | 13 |
| > 540  | 10   | 13    | 13    | 13    | 13     | 16     | 13  | 13 | 13 |
| < 700  | 10   | 13    | 13    | 13    | 13     | 16     | 13  | 13 | 13 |
|  |  |       |       |       |        |        |   |    |    |
|  |  |       |       |       |        |        |   |    |    |
|  |  |       |       |       |        |        |   |    |    |
|  |  |       |       |       |        |        |   |    |    |
|  |  |       |       |       |        |        |   |    |    |
|  |  |       |       |       |        |        |   |    |    |

SUMMAN AV ANSLUTNA NORMFLÖDEN  $Q = 1,80 \text{ l/s}$  i TL

TAB 7. Exempel på rördimensioneringstabell.  
Lågtrycksdimensionering.

PRINCIPRITNING FÖR DUBBELMATNING AV TAPPVARM-  
VATTEN MED CIRKULATION  
RÖRSYSTEM BPA

RITN.NR. P:01  
Blad 1 (2)  
Datum Jan. 1975

ALT. 1

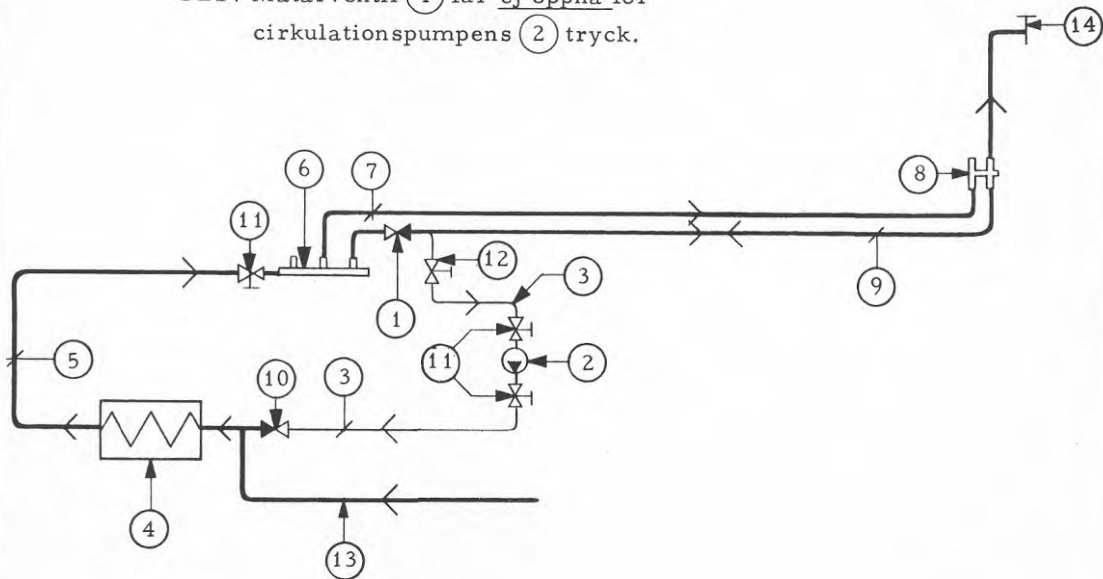
DUBBEL TRAPPHUSLEDNING MED CIRKULATION OCH AVTAPPNING ÖVER  
GEMENSAM TRAPPHUSFÖRDELARE

FUNKTION: Matarventil (1) öppnar vid öppet tappställe (14).

Matarventil (1) stänger vid stängt tappställe (14).

Vid stängt tappställe (14) sker cirkulation över cirkulationspump (2),  
cirkulationsledning (3) varmvattenberedare (4), matarledning (5),  
trapphusfördelare (6), trapphusledning (7), våningsfördelare (8),  
trapphusledning (9), cirkulationsledning (3) och cirkulationspump (2).

OBS! Matarventil (1) får ej öppna för  
cirkulationspumpens (2) tryck.



- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. Matarventil med öppningstryck över cirkulationspumpens. Beträffande tryckfall över matarventil se: REFERENS- OCH DIMENSIONERINGSDIAGRAM FÖR MATARVENTIL. | 7. Trapphusledning.              |
| 2. Cirkulationspump.  | 8. Våningsfördelare.             |
| 3. Cirkulationsledning.   | 9. Trapphusledning.              |
| 4. Varmvattenberedare.  | 10. Matarventil.                 |
| 5. Matarledning för tappvarmvatten.   | 11. Avstängningsventiler.        |
| 6. Trapphusfördelare.   | 12. Regleringsventil.            |
|   | 13. Matarledning för kallvatten. |
|   | 14. Tappställe.                  |

FIG 16. Princip för varmvattencirkulation i dubbla trapphusledningen.



## RÖRSYSTEM-BPA I DAG

En fullständig beskrivning av Rörssystem-BPA finns i två kataloger med detta namn, en för trevånings- och en för tvåvåningshus. De skiljer sig inbördes endast i fråga om dimensioneringsuppgifter för grundkonstruktionen. Detta återspeglar det förhållandet, att systemet i alla andra avseenden är lika i tre- och tvåvåningshus. Katalogernas innehåll förtecknas i TAB 8.

Parallellt med det utvecklingsarbete, som beskrivits i denna rapport, har BPA också utarbetat metoder för att förenkla redovisning och ritningsarbete. Katalogen, som förutsätts bli typgodkänd, innehåller alla uppgifter om dimensioner och detaljer. Konstruktören har alltså endast att kontrollera, att installationerna i hans projekt ryms inom de ramar katalogen anger (se exempelvis FIG 11 och 12) och att därefter markera installationernas läge på en arkitektritning. Därvid behöver han inte redovisa varm- och kallvatteninstallationerna var för sig, eftersom de är identiska. För att underlätta redovisningen har BPA förtryckt dekaler (exempel FIG 17), som klistras på ritningen och där konstruktören fyller i tillämpliga uppgifter om grundkonstruktionen. Exempel på färdiga installationsritningar visas i FIG 18 och 19.

Dessa exempel illustrerar också vad som blir konstruktörens huvuduppgift, nämligen att bestämma vilka av våtrumskombinationerna (TAB 2), som är lämpligast i hans projekt. I FIG 18 har konstruktören valt sex våningsfördelare, varav tre matar var sitt badrum och tre var sitt kök per plan. I FIG 19 har han i stället valt fyra våningsfördelare, varav två matar badrum + kök, en matar ett kök och en ett badrum, allt per plan. Konstruktören har alltså att bedöma, vilken av dessa lösningar som är billigast, och för detta erfordras, utöver kostnadsuppgifter för ingående material och arbete, inte något annat underlag än det som finns i katalogen och på ritningarna. Det standardiserade utförandet gör det också lätt att ta fram å-priser för installationernas olika delar.

Utvecklingen av Rörssystem-BPA har visserligen utgått från förutsättningen tomrör + mjuka innerrör. Men det föreliggande resultatet är inte bundet till detta utförande. Rören kan vara hårda och förläggas i slits eller vara utbytbara på annat sätt. I sin generella form förutsätter systemet att man använder två speciella komponenter, våningsfördelare och trapphusfördelare, men i tvåvåningshus bytes våningsfördelaren lämpligen mot T-rör. I hus med källare kan trapphusfördelare och trapphusledning hängas i källarvåningens tak och fördelaren bytas mot T-rör, under vissa villkor som anges i katalogen.

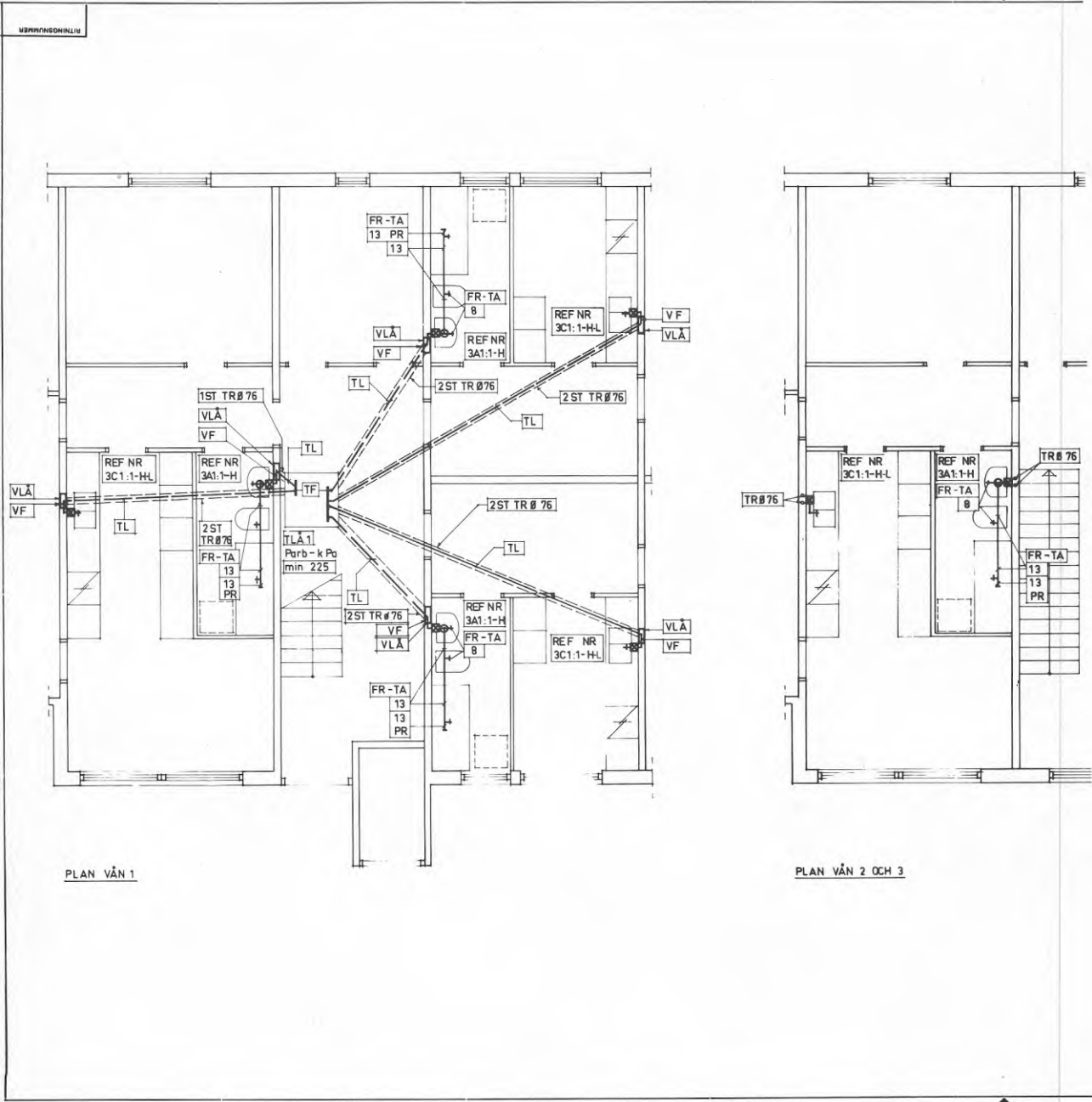
Rörssystem-BPA är alltså i allt väsentligt ett system för dimensionering och projektering. Det är med andra ord ett öppet system, inte bundet till användningen av

TAB 8. Innehåll i katalogen över Rörssystem-BPA

1. PROJEKTREDOVISNING  
Inledning - målsättning  
Projekt- och systembeskrivning  
Tillämpning - konstruktion  
Kommentarer - rekommendationer
2. BETECKNINGAR OCH MÅTTGRUPPER SAMT  
SYSTEM- OCH DIMENSIONERINGSSYMBOLER  
Här finns bl alla dekaler (exempel FIG 17)
3. GENERELLA PRINCIPRITNINGAR OCH GENERELL MÅTTREDO-  
VISNING  
Bl a FIG 12 och 13
4. PRINCIPRITNINGAR FÖR VARMVATTENCIRKULATION  
REFERENSDIAGRAM FÖR MATARVENTILER
5. RITNINGAR FÖR TRAPPHUS- OCH VÅNINGSFÖRDELARE
6. TRYCKFALLS- OCH REFERENSDIAGRAM FÖR AVSTÄNGNINGS-  
VENTILER
7. RÖRDIMENSIONERINGSTABELLER FÖR TRAPPHUS- OCH VÅ-  
NINGSLEDNINGAR  
Rördimensioneringstabeller (exempel TAB 6 och 7)  
för alla våtrumskombinationer i TAB 2
8. RÖRSTANDARDTABELLER FÖR VÅTENHETER  
Standarddimensioner för rörledningar inom badrum  
(TAB 3 och 4)  
Standarddimensioner för rörledningar inom duschrum  
Standarddimensioner för rörledningar vid hopkopp-  
ling av kök och/eller toaletttrum samt när kök och/  
eller toaletttrum är anslutna inom/eller utom bad  
och/eller duschrumskipplet  
Standarddimensioner för rörledningar inom badrum  
när kök och/eller toaletttrum är anslutna inom bad-  
rumskipplet  
Standarddimensioner för rörledning inom duschrum  
när kök och/eller toaletttrum är anslutna inom  
duschrumskipplet
9. REFERENSRITNINGAR  
Ritningar för "sämsta fall" av alla våtrumskombina-  
tioner enligt TAB 2, bl a FIG 11.
10. EXEMPEL PÅ KONSTRUKTIONSTILLÄMPNING  
Tillämpningsexempel för alla våtrumskombinationer  
enligt TAB 2
11. INSTALLATIONS-RITNINGAR  
Exempel, bl a FIG 18 och 19

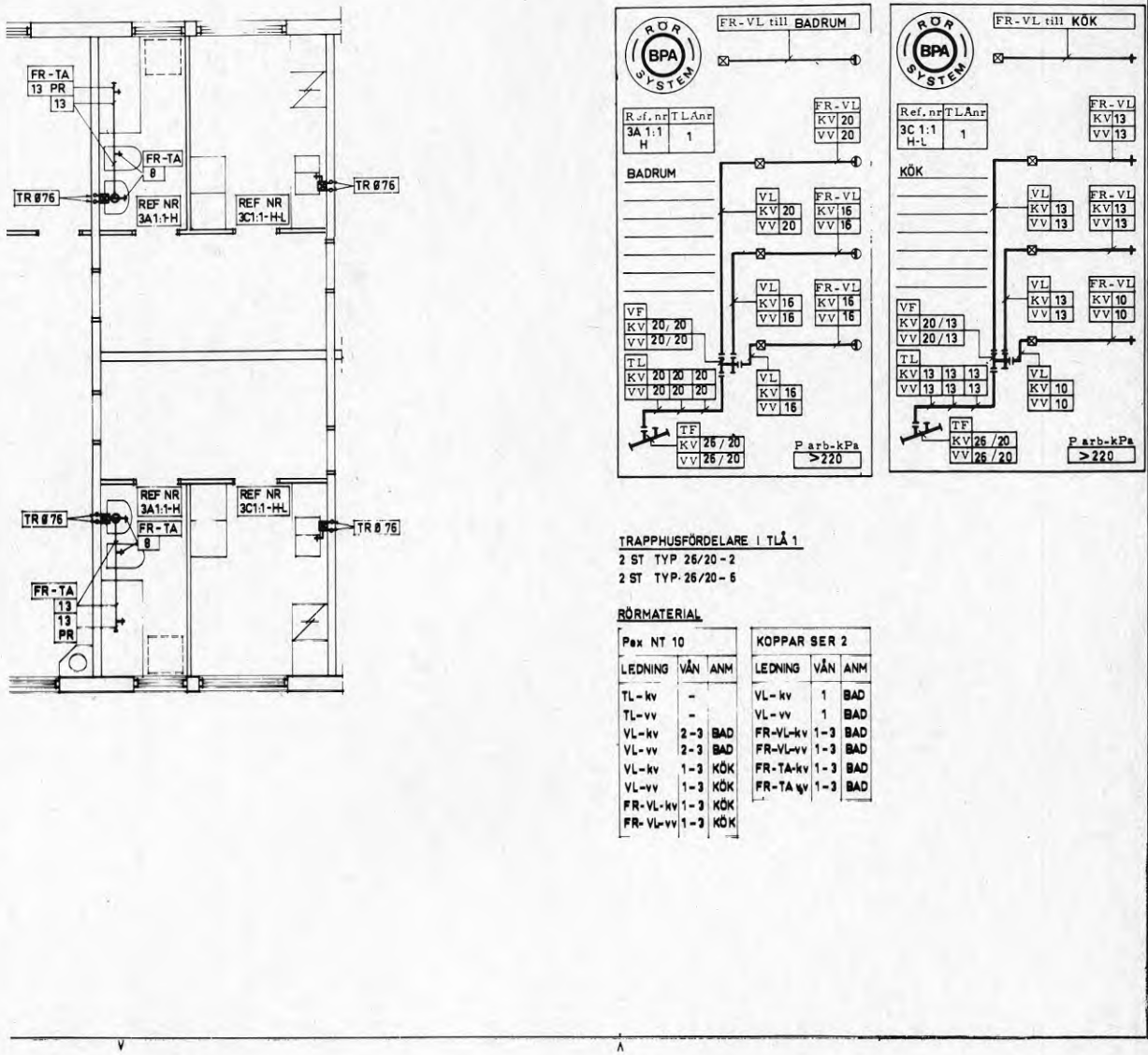






PLAN VÅN 1

PLAN VÅN 2 OCH 3

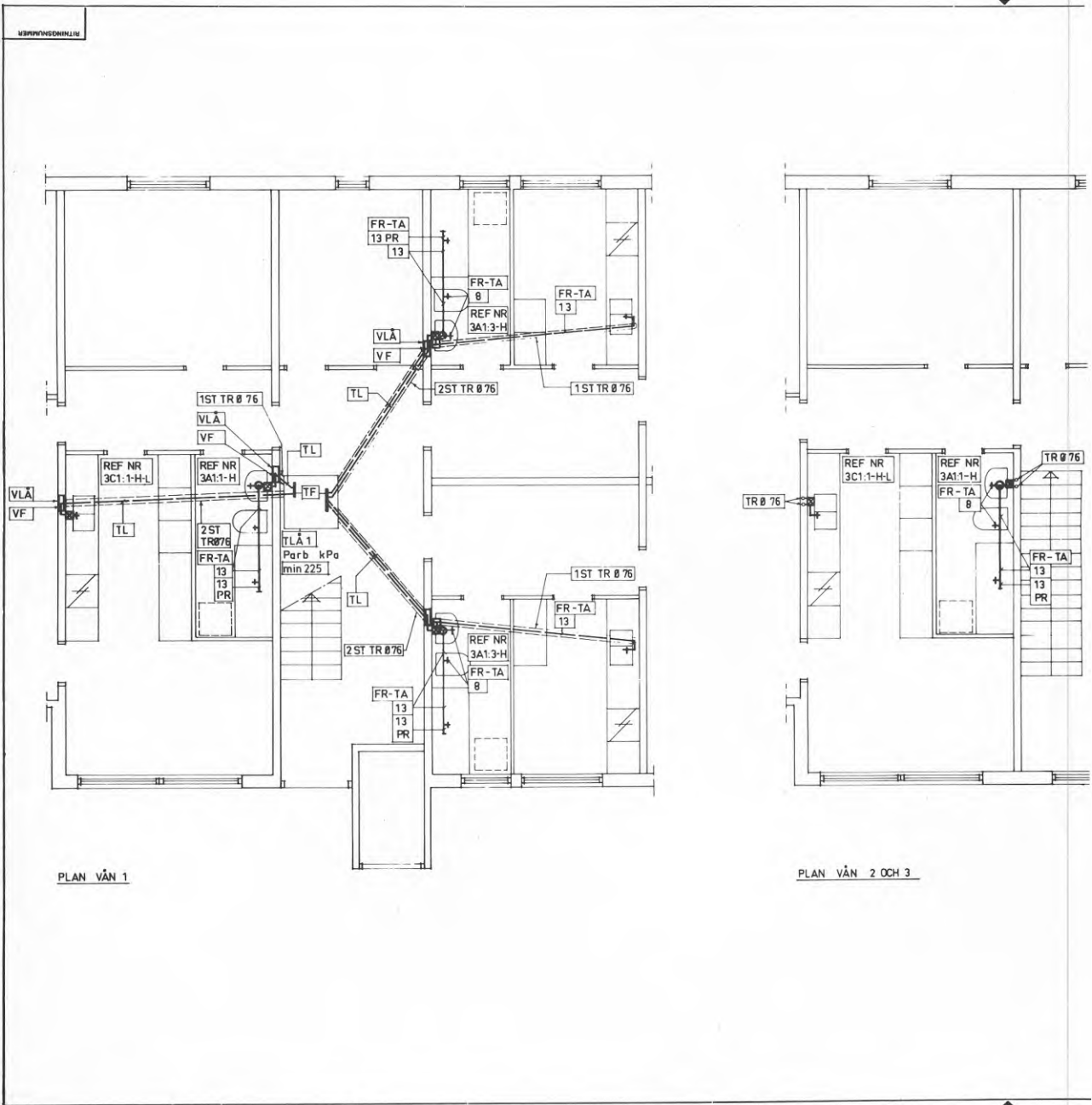


TRAPPHUSFÖRDELARE I TLÅ 1  
 2 ST TYP 26/20 - 2  
 2 ST TYP 26/20 - 6

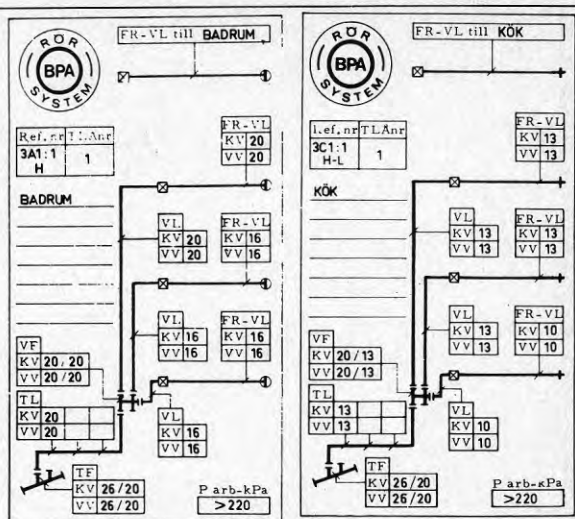
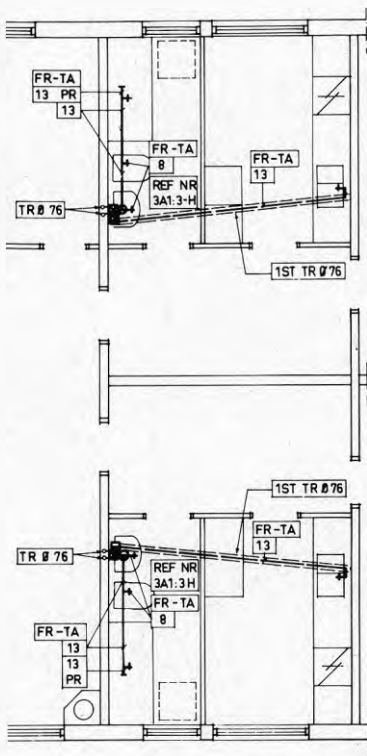
**RÖRMATERIAL**

| Pax NT 10 |     |     | KOPPAR SER 2 |     |     |
|-----------|-----|-----|--------------|-----|-----|
| LEDNING   | VÅN | ANM | LEDNING      | VÅN | ANM |
| TL-kv     | -   |     | VL-kv        | 1   | BAD |
| TL-vv     | -   |     | VL-vv        | 1   | BAD |
| VL-kv     | 2-3 | BAD | FR-VL-kv     | 1-3 | BAD |
| VL-vv     | 2-3 | BAD | FR-VL-vv     | 1-3 | BAD |
| VL-kv     | 1-3 | KÖK | FR-TA-kv     | 1-3 | BAD |
| VL-vv     | 1-3 | KÖK | FR-TA-vv     | 1-3 | BAD |
| FR-VL-kv  | 1-3 | KÖK |              |     |     |
| FR-VL-vv  | 1-3 | KÖK |              |     |     |

FIG 18. Exempel på installationsritningar.







**TRAPPHUSFÖRDELARE I TLÅ 1**  
 2 ST TYP 26/20-2  
 2 ST TYP 26/20-4

**RÖRMATERIAL**

| Pex NT 10 |     |     | KOPPAR SER 2 |     |     |
|-----------|-----|-----|--------------|-----|-----|
| LEDNING   | VÅN | ANM | LEDNING      | VÅN | ANM |
| TL-kv     | -   |     | VL-kv        | 1   | BAD |
| TL-vv     | -   |     | VL-vv        | 1   | BAD |
| VL-kv     | 2-3 | BAD | FR-VL-kv     | 1-3 | BAD |
| VL-vv     | 2-3 | BAD | FR-VL-vv     | 1-3 | BAD |
| VL-kv     | 1-3 | KÖK | FR-TA-kv     | 1-3 | BAD |
| VL-vv     | 1-3 | KÖK | FR-TA-vv     | 1-3 | BAD |
| FR-VL-kv  | 1-3 | KÖK |              |     |     |
| FR-VL-vv  | 1-3 | KÖK |              |     |     |
| FR-TA-kv  | 1-3 | KÖK |              |     |     |
| FR-TA-vv  | 1-3 | KÖK |              |     |     |

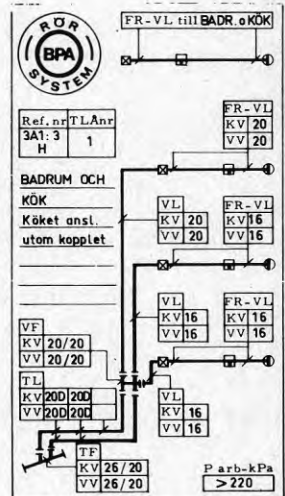


FIG 19. Exempel på installationsritningar. Skala 1:100.

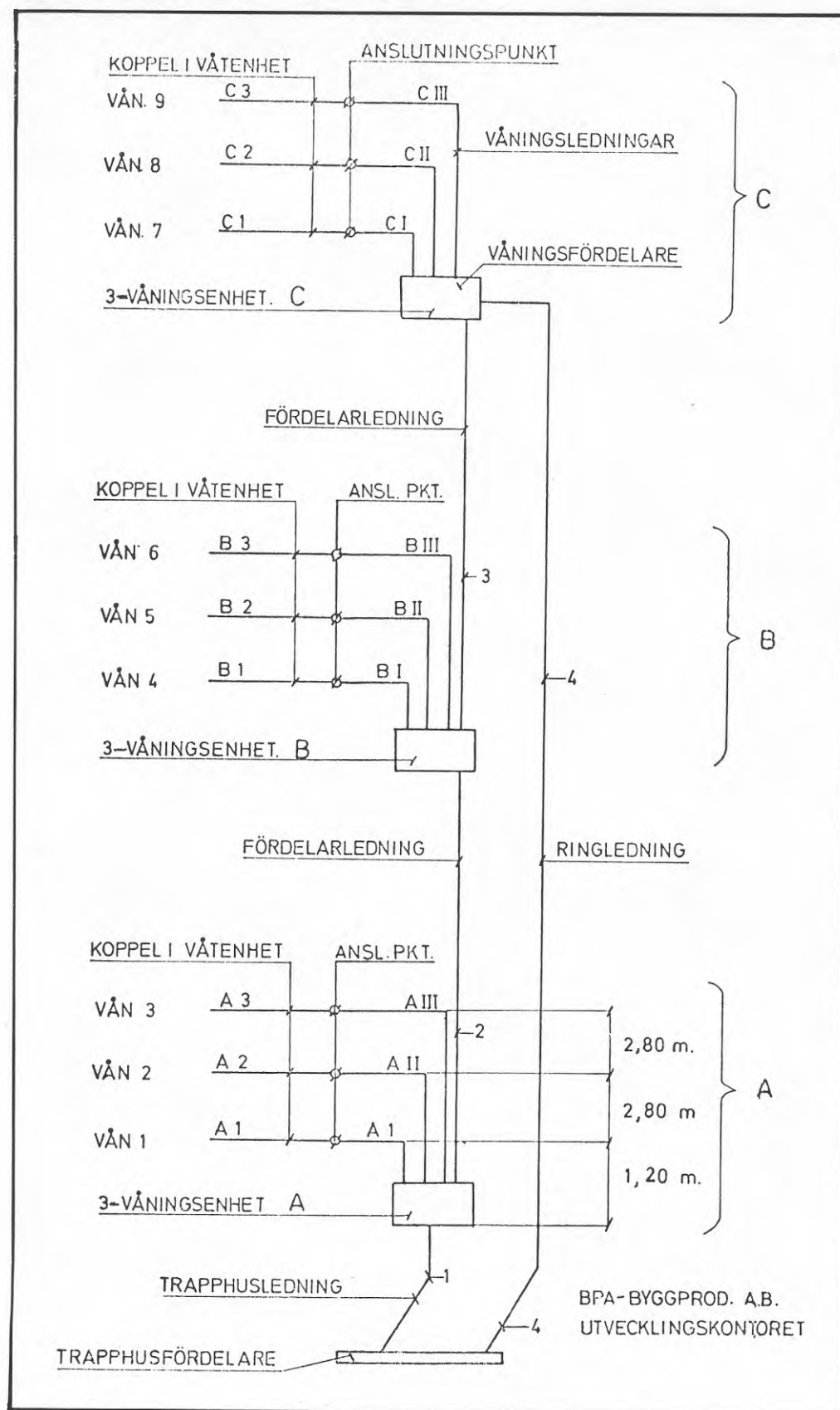


FIG 20. Princip för Rörssystem-BPA i höghus.  
Ur bilaga 1.

... OCH I MORGON

Rörsystem-BPA utvecklades med de förutsättningar, som gällde för bostadsbyggandet under 60-talet. Vad som här redovisats är en förenklad dimensioneringsmetod för två- och trevånings lamell- och punkthus, men som framgår av bilaga 1 är detta bara det enklaste specialfallet av en bredare ansats, som avser flerbostadshus med godtyckligt antal våningar. Principen skulle då vara, att trapphusblocket indelades i vertikalled i enheter om tre eller två våningar och att varje sådan enhet matades av egna våningsfördelare (FIG 20). Dimensioneringen efter våningsfördelarna skulle ske enligt de regler, som redovisats i denna rapport, och det som återstår att utveckla är dimensioneringsregler för de fördelar- och ringledningarna, som skulle sammanbinda trapphus- och våningsfördelarna. Principen har beskrivits i bilaga 1 och provats i en 12-våningars fullskalemodell vid va-laboratoriet. Provingarna utfördes vid Parb före trapphusfördelaren om 500 kPa. Resultatet visar att man trots det låga arbetstrycket och en klen dimensionering får en god fördelning mellan de olika våningsplanerna tack vare dubbelmatningen i fördelar- och ringledningar.

Inom BPA pågår en anpassning av systemet till enbostadshus i en till tre våningar.

Om det framtida bostadsbyggandet förutspås för närvarande, att ökade resurser kommer att ägnas ombyggnad och att en växande del av nyproduktionen av flerbostadshus kommer att bli ersättnings- och kompletteringshus i anslutning till befintlig bebyggelse. De stora sammanhängande exploateringarna kommer att bli färre. Det är möjligt att vissa våtrum, t ex bastu, blir vanliga i lägenheterna, att man vill ha vatten på de större balkongerna eller att det uppträder andra, nu ovanliga eller okända anspråk på vatten. Möjligen kommer lägenhetsfördelningen i nya hus att bli annorlunda, och kanske har man om några år löst problemet med stora spännvidder i bostadshus, vilket skulle göra det mindre angeläget att göra våningsplanerna lika.

I nya och ombyggda bostadshus skall varmvattenkonsumtionen mätas per lägenhet. Allt vatten till lägenheten måste alltså tas in i en punkt. Det vore då rationellt, med hänsyn till kraven på flexibilitet och variation, att ersätta de nuvarande normflödena med en föreskrift om tryck och flöde i anslutningspunkten. Detta stämmer utmärkt väl med Rörsystem-BPA - hela koppeldelen ersätts med ett fastlagt anspråk på tryck och flöde i en anslutningspunkt per lägenhet.

En anpassning av Rörsystem-BPA till sådana förutsättningar bör också ta hänsyn till andra förhållanden, bl a några som framkommit under utredningsarbetet.

Rördimensioneringstabellerna (TAB 6 och 7) visar tydligt värdet av högt arbetstryck före trapphusfördelaren.



TAB 9. Erforderligt P arb före trapphusfördelaren för att grundkonstruktionen i trevåningshus skall kunna utföras med rör klenare än  $\varnothing$  20 mm vid lågtrycksdimensionering och TL = 12 m.

| Våtrumskombination                | P arb |
|-----------------------------------|-------|
| 1 badrum                          | 410   |
| 1 badrum + 1 duschrum             | 490   |
| 1 badrum + 1 kök                  | 460   |
| 1 badrum + 1 toalettrum           | 460   |
| 1 badrum + 1 kök + 1 toalettrum   | 500   |
| 1 badrum + 2 kök                  | 530   |
| 1 badrum + 2 toalettrum           | 510   |
| 2 badrum                          | 520   |
| 2 badrum + 2 duschrum             | 650   |
| 2 badrum + 2 kök                  | 590   |
| 2 badrum + 2 toalettrum           | 590   |
| 2 badrum + 1 kök                  | 570   |
| 2 badrum + 1 toalettrum           | 570   |
| 1 duschrum                        | 210   |
| 1 duschrum + 1 kök                | 240   |
| 1 duschrum + 1 toalettrum         | 240   |
| 1 duschrum + 1 kök + 1 toalettrum | 260   |
| 2 duschrum                        | 300   |
| 2 duschrum + 2 kök                | 350   |
| 2 duschrum + 2 toalettrum         | 350   |
| 1 kök                             | 200   |
| 1 kök + 1 toalettrum              | 310   |
| 2 kök                             | 210   |
| 2 kök + 2 toalettrum              | 300   |
| 1 toalettrum                      | 200   |
| 2 toalettrum                      | 200   |

Samma effekt skulle uppnås, om tryckfallet i koppeldelen kunde begränsas. En jämförelse mellan TAB 6 och 7 visar vad den grövre dimensionen på koppeldelen i lågtrycksalternativet betyder. Men även detta har beräknats med de kopplingar och böjar, som ger störst strömningssmotstånd. En konsekvent jakt på alla onödiga strömningssmotstånd, t ex engångsmotstånd i tapparmaturer och rördelar, skulle möjliggöra en ytterligare minskning av dimensionerna i vånings- och trapphusledningarna.

Dessa effekter skulle givetvis bli ännu tydligare, om normflödena kunde minskas. TAB 9 är ett utdrag ur rördimensioneringstabellerna för alla de våtrumskombinationer, som förtecknas i TAB 2. Den visar Parb för den rad i tabellerna, där det inte längre erfordras rör med dimensionen  $\varnothing$  20 mm. En jämförelse mellan badrumskombinationerna och duschrumscombinationerna i TAB 9 visar, att badkarsarmaturerna driver upp tryckanspråken med 200 kPa eller mer. Möjligheten att halvera normflödet för badkar bör prövas. (Utförda prov med diskblådsblandare, som får 0,2 l/s i vardera varm- och kallvattenledningen, visar att resulterande flödet i pipen är 0,32 l/s. I ett väldimensionerat system med flödesregulatorer bör ungefär hälften av vattnet komma ur vardera ledningen och temperaturen på tappvattnet blir ungefär 35° C. Det tar ungefär 8 minuter att fylla ett badkar.)

Men därutöver kan man fråga sig, om inte normflödena kunde sänkas generellt. I en framtid förutsätter vi att alla tapparmaturer förses med inbyggd flödesreglering, och maximiflödet borde då åtminstone kunna begränsas till 70 % av normflödet, vilket gällande VA-byggnorm redan medger.

Dessa åtgärder borde kombineras med ytterligare en. Vi har förutsatt, att varje lägenhet får ett eget uttag på stamledningssystemet. Också detta uttag bör kunna förses med ett reglerdon, som förhindrar kortslutning av andra lägenheters uttag. Då borde det vara möjligt att kraftigt reducera normflödet per lägenhet.

Sammantagna bör dessa åtgärder ge lägre vattenförbrukning. Eftersom nästan allt vatten, som används i hushållen, har en större eller mindre inblandning av varmvatten bör de också ge en avsevärd energibesparing.

Det finns anledning att också peka på en annan möjlig konsekvens, som dock tills vidare bara torde kunna utnyttjas i elvärmda hus. Flödena skulle bli så små, att det borde bli fördelaktigt att värma varmvattnet antingen i armaturen eller i en beredare i varje lägenhet. Då skulle det inte erfordras central varmvattenberedning och stamledning för varmvatten, och man skulle få en lösning på det tekniska problemet att mäta varmvattenkonsumtionen - man mätte el-förbrukningen i stället.

Vad skulle då den utveckling, som här skisserats, betyda för Rörssystem-BPA? Det är sannolikt, att våtrumskombina-

tionerna i TAB 2 skulle ersättas av ett eller några få par av normvärden på tryck och flöde i lägenheternas anslutningspunkter.

I nybyggda bostadshus torde några förändringar av grundkonstruktionens uppbyggnad inte erfordras, men däremot kan kraven på tryck och flöde i lägenhetsanslutningarna ändras och därmed ge andra dimensioneringsförutsättningar, och om arbetstrycket före trapphusfördelaren garanterades bli högre skulle antalet rader i rördimensioneringstabellerna minska i motsvarande mån.

Vid ombyggnad kan skillnaderna mellan olika tillämpningsfall vara större. Hur Rörssystem-BPA anpassas till större våningshöjder har visats i dimensioneringsavsnittet. I de äldsta husen, där väggarna smalnar av uppåt, kan man bli tvungen att göra svaga s-böjar på våningsledningarna när dessa passerar bjälklagen, men den därav följande ökningen av strömningsmotståndet kan försummas. I de fall ett nybyggt tillvattensystem läggs i befintliga eller nya schakt, t ex installationsväggar, torde Rörssystem-BPA kunna tillämpas oförändrat. Om man däremot väljer att lägga nya tillvattenledningar synliga utanpå väggarna finns det ingen anledning att använda våningsfördelare och separata våningsledningar. Det är naturligare att installera en konventionell stamledning med T-rörsanslutningar i de olika planen. Men även i detta fall kan dimensioneringstabellerna användas som beräkningshjälpmedel. En beskrivning av hur detta går till är under arbete inom BPA.



Bilaga 1

HYDRAULISK UTREDNING BETRÄFFANDE RÖRSYSTEM-BPA

Delrapport 1  
1973-10-18

Bengt Åberg  
Tekn lic

## Inledning

På uppdrag av BPA Byggproduktion AB har en hydraulisk utredning utförts beträffande en ny typ av rörinstallation för källre och varmt tappvatten inom byggnader. Utredningen har bedrivits i nära samråd med Utvecklingskontoret vid BPA (ingenjör Ingemar Wolff) och Statens Institut för Byggnadsforskning (ingenjör Eskil Olsson). Utredningskostnaderna har bestridits av BPA inom ramen för ett forskningsanslag från Statens Råd för Byggnadsforskning. I anslutning till utredningen har laborieförsök utförts vid Statens Institut för Byggnadsforskning VA-laboratorium i Studsvik.

Det nya installationssystemet - Rörsystem BPA - beskrivs i korthet i en samlingspärm "Typgodkännande, Tomrörinstallationer, Rörsystem - BPA" från Utvecklingskontoret, BPA Byggproduktion AB, den 8 december 1969. I korthet utgöres systemet av klena rör av koppar e dyl som mellan olika anslutningspunkter drages fram i ursparingar i byggnadskroppen (tomrör) på ett sätt som mycket påminner om tekniken vid elektriska installationer. För att rören skall ha den böjlighet som erfordras vid monteringen är dimensionen maximerad till för exempelvis koppar 22 x 1 mm.

## Systembeskrivning

Rörsystem - BPA kan i princip användas i alla slag av byggnader. Den föreliggande utredningen anknöter dock främst till användningen i flerfamiljshus för bostadsändamål.

Ett viktigt mål i utvecklingen av Rörsystem - BPA har varit att ge det en utformning som lätt medger standardisering och prefabrikation med möjligast få variationer av de ingående komponenterna. Ett modultänkande har därför legat nära till hands. Som en följd härav var det också önskvärt att om möjligt finna en dimensioneringsmetod som är enkel och schematisk och som utan invecklade beräkningar leder till ett acceptabelt resultat.

En tänkt uppbyggnad av Rörsystem - BPA i bostadshus med 3, 6, 9 och 12 våningars höjd visas i fig 1. Fig 2 visar ett 9-våningshus mer i detalj med en serviceledning e dyl för ledningar i husets bottenplatta eller källarbjälklag till varje trapphus. Där finns en trapphusfördelare från vilken horisontala trapphusledningar och ringledningar utgår till de punkter i våningsplanen där kök, badrum etc är belägna. Trapphusledningen mynnar i en våningsfördelare från vilken utgår dels ver-

FIG 1 PRINCIPSKISS ÖVER FLÖDESRIKTNINGAR I VÅNINGSENHETER

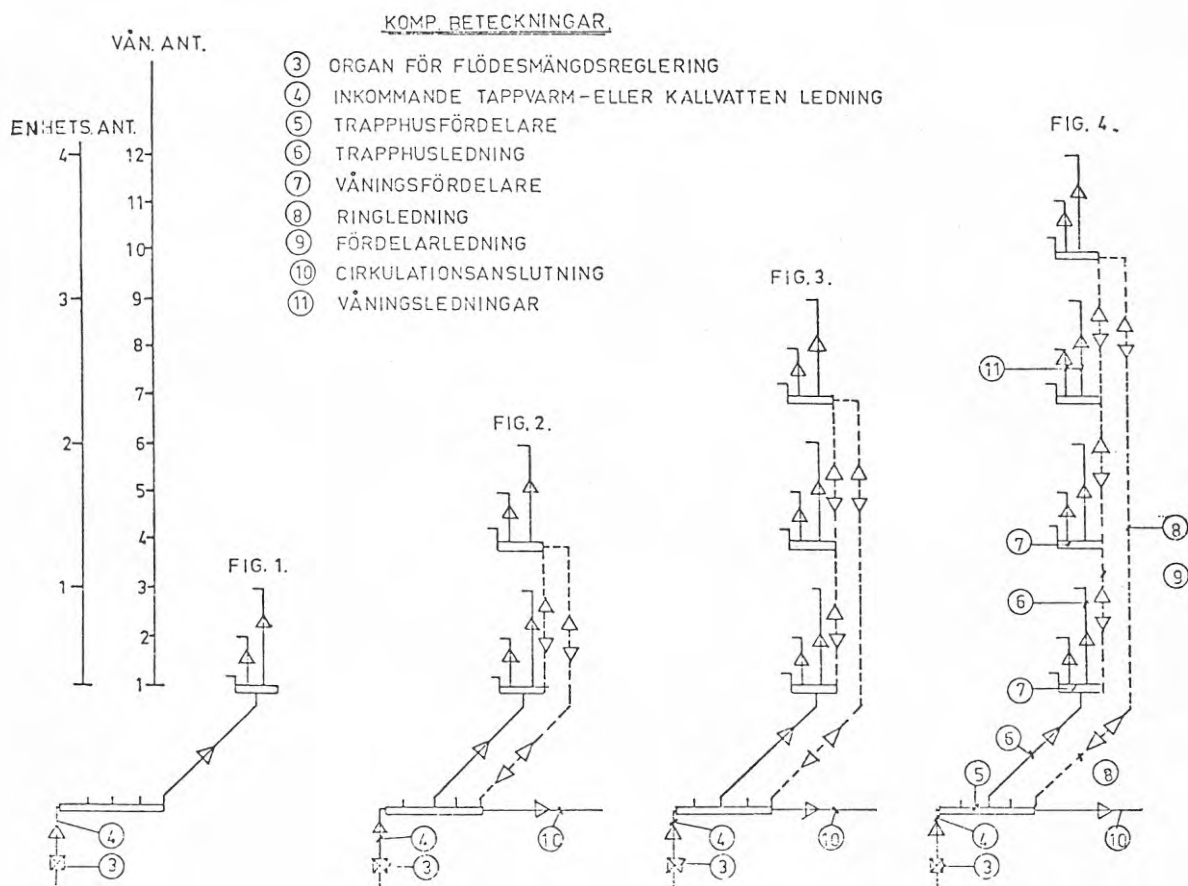
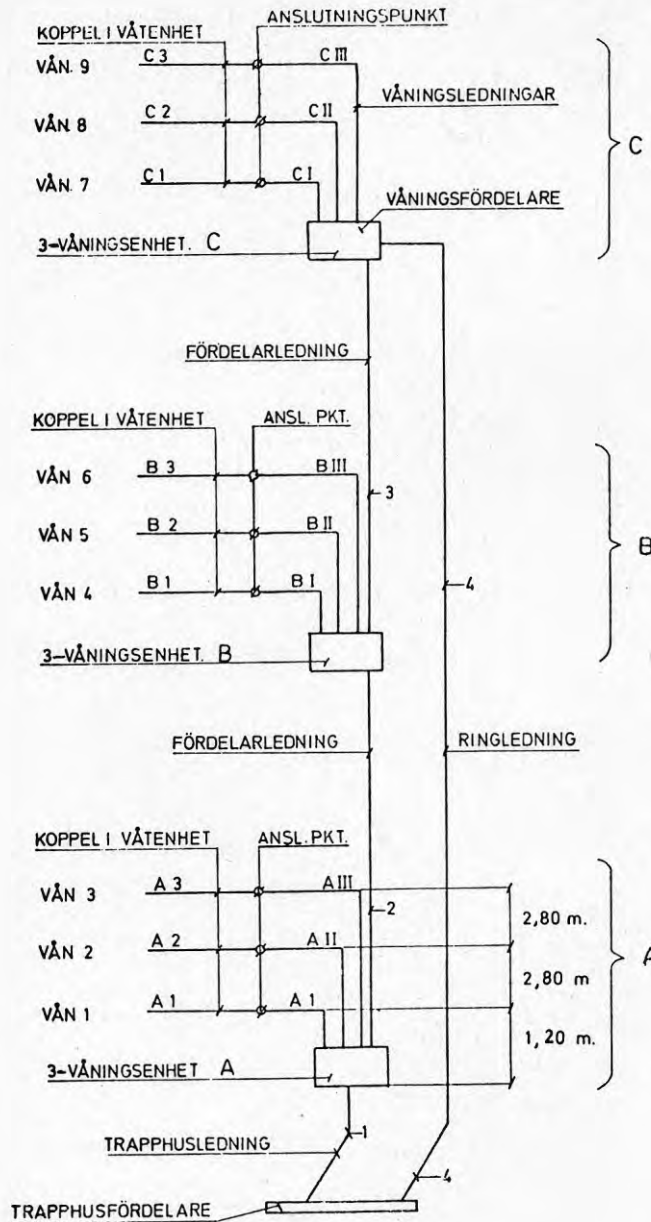


FIG 2



tikala våningsledningar till anslutningspunkterna i våningarna 1, 2 och 3, dels en vertikal fördelarledning till en våningsfördelare i våning 4. Från denna våningsfördelare utgår våningsledningar till anslutningspunkterna i våningarna 4, 5 och 6 samt en fördelarledning till nästa våningsfördelare i våning 7 osv. Till den översta våningsfördelaren ansluter även ringledningen som kommer direkt från trapphusfördelaren. Från anslutningspunkten i varje våningsplan leder koppelledningar till respektive tappställe.

Ringledningen som endast finns i hus med mer än tre våningar har två syften. Dels minskar den tryckfallet till den översta våningsfördelaren dels fungerar den i varmvattenfallet som cirkulationsledning genom ett speciellt ventilarrangemang som ej är visat i fig 1 och 2.

Som underlag för utredningen har legat villkoret att rörsystem - EPA skall uppfylla bestämmelserna i "VA-byggnorm" utgiven av Statens Planverk år 1970 jämte "Kommentarer till VA-byggnorm" av år 1972.

#### Beräkning av rörledningar

Varje beräkning av ett rörsystem bygger på två grundläggande ekvationssamband, nämligen Bernoullis ekvation och kontinuitetsekvationen.

Bernoullis ekvation utsäger att i varje par av godtyckligt valda rörtvårsnitt 1 och 2 inom rörsystemet måste gälla att

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \sum h_f \quad (1)$$

där

- $v_1$  = vattenhastigheten i snitt 1, m/s
- $v_2$  = vattenhastigheten i snitt 2, m/s
- $p_1$  = vattentrycket i snitt 1, kN/m<sup>2</sup>
- $p_2$  = vattentrycket i snitt 2, kN/m<sup>2</sup>
- $z_1$  = lägeshöjden för snitt 1, m
- $\rho$  = den strömmande vätskans densitet, ton/m<sup>3</sup>
- $g$  = tyngdkraftens acceleration, 9.81 m/s<sup>2</sup>
- $\sum h_f$  = summan av strömningsförlusterna mellan snitt 1 och snitt 2, m

För vattenhastigheterna gäller sambanden

$$v_1 = \frac{q_1}{A_1} = \frac{q_1}{\frac{\pi}{4} d_1^2} \quad \text{och} \quad v_2 = \frac{q_2}{A_2} = \frac{q_2}{\frac{\pi}{4} d_2^2} \quad (2)$$

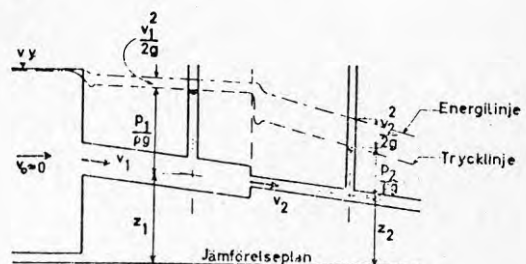
där

- $q_1$  = vattenföringen i snitt 1, m<sup>3</sup>/s
- $q_2$  = vattenföringen i snitt 2, m<sup>3</sup>/s
- $A_1$  = rörets tvärsnittsarea i snitt 1, m<sup>2</sup>
- $A_2$  = rörets tvärsnittsarea i snitt 2, m<sup>2</sup>
- $d_1$  = rörets diameter i snitt 1, m
- $d_2$  = rörets diameter i snitt 2, m

De ovan angivna sorterna ansluter till SI - systemet.

Enligt ekv (1) är summan av hastighetshöjd,  $v_1^2/2g$ , tryckhöjd,  $p_1/\rho g$ , och lägeshöjd,  $z_1$ , i snitt 1 lika med motsvarande summa i snitt 2 ökad med summan av strömningsförlusterna mellan snitt 1 och snitt 2,  $\sum h_f$ . Summan av lägeshöjd och tryckhöjd, dvs  $p/\rho g + z$ , utvisar trycklinjens nivå och summan av lägeshöjd, tryckhöjd och hastighetshöjd, dvs  $v^2/2g + p/\rho g + z$ , utvisar energilinjens nivå, fig 3. Jämförelseplanets nivå kan väljas godtyckligt.

FIG 3



Om vi för tryckhöjden  $p/\rho g$  inför beteckningen  $h$  kan vi skriva ekv (1) under formen

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + z_2 + \sum h_f \quad \text{där} \quad (3)$$

$h_1$  = tryckhöjden i snitt 1, m

$h_2$  = tryckhöjden i snitt 2, m

Trycklinjens nivå ges nu av summan  $h + z$ . Mellan snitten 1 och 2 har energinivån minskat med  $\sum h_f$ . Trycknivån har ändrats med

$$\Delta(h + z) = (h_1 + z_1) - (h_2 + z_2) = \sum h_f - \left[ \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right] \quad (4)$$

För att få ändringen i trycknivå måste således strömningsförlusten minskas med skillnaden i hastighetshöjd för snitten 1 och 2.

Kontinuitetsekvationen utsäger att för varje knutpunkt i rörsystemet (dvs trapphusfördelare, våningsfördelare etc) måste gälla att lika mycket vatten rinner till som från knutpunkten. Således skall i varje knutpunkt gälla att

$$\sum q = 0 \quad (5)$$

där vattenföringen  $q$  i en ledning räknas positiv om vattnet rinner i riktning till knutpunkten och negativ om vattnet rinner i riktning från knutpunkten.

Strömningsförlusterna  $h_f$  kan delas upp i två grupper, nämligen dels strömningsförluster i raka rör och dels strömningsförluster i singulära ledningskomponenter, såsom t ex trapphusfördelare, våningsfördelare, rörkrökar, vinklar och tappventiler. Strömningsförlusten i ett rakt rör kan beräknas ur allmänna friktionsformeln

$$h_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{där} \quad (6)$$

$h_f$  = strömningsförlusten, m

$f$  = friktionskoefficienten, dimensionslös

$L$  = rörets längd, m

$d$  = rörets diameter, m

$v$  = vattenhastigheten, m/s

$g$  = tyngdkraftens acceleration, 9.81 m/s<sup>2</sup>

Friktionskoefficienten  $f$  kan beräknas ur Colebrooks formel

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{k/d}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad \text{där} \quad (7)$$

$k$  = rörväggens ekvivalenta sandrårhet, m

$Re$  = Reynolds tal, dimensionslös

Ekvivalenta sandrårheten finns experimentellt bestämt för många rörmaterial. Exempelvis anger VA-normen  $k = 0.0015 \cdot 10^{-3}$  m för kopparrör utan avsättningar och  $k = 0.15 \cdot 10^{-3}$  m för kopparrör med avsättningar.

Reynolds tal beräknas ur ekvationen

$$Re = \frac{v_1 d}{\nu} \quad \text{där} \quad (8)$$

$\nu$  = vattnets kinematiska viskositet, m<sup>2</sup>/s

Värdet på  $\nu$  beror av vattnets temperatur  $t$ . Följande värden gäller

| $t$   | 0    | 5    | 10   | 15   | 20   | $> 25$ | $^{\circ}\text{C}$ |
|-------|------|------|------|------|------|--------|--------------------|
| $\nu$ | 1.78 | 1.52 | 1.31 | 1.15 | 1.01 | 0.90   | m/s <sup>2</sup>   |

Strömningsförlusten i en singulär ledningskomponent brukar tecknas

$$h_f = k_1 \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{eller} \quad (9)$$

$$h_f = k_2 \cdot \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \quad (10)$$

där  $k_1$  och  $k_2$  är koefficienter som vanligen måste bestämmas experimentellt.  $v$ ,  $v_1$  och  $v_2$  är några för komponenten representativa vattenhastigheter, t.ex hastigheten i inloppet eller utloppet etc.

Trycknivåns förändring över komponenten kan beräknas genom att man sätter in t ex ekv (10) i ekv (4). Man får då

$$\Delta(h + z) = (k_2 - 1) \cdot \left[ \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right] \quad (11)$$

dvs även trycknivåns förändring kan skrivas som en koefficient  $k_3 = k_2 - 1$  multiplicerad med skillnaden i hastighetshöjd på ömse sidor om komponenten.

Tyvär är koefficienterna  $k_1$ ,  $k_2$  och  $k_3$  ofta inte konstanta för varierande värde på vattenföringen genom komponenten. Det är därför ofta nödvändigt att vid beräkningar ha tillgång till diagram över  $h_f$  eller  $\Delta(h + z)$  som uppgjorts på basis av experimentell provning av komponenten. Detta förhållande komplicerar även datorberäkningar enär man eventuellt måste programmera in ett ekvationssamband för  $h_f$  eller  $\Delta(h + z)$  i datorn.

#### Beräkning av rörsystem BPA

#### Beräkning med ekvationssystem

Ett komplicerat rörsystem, t ex som fig 1 eller 2 visar, kan alltid beräknas med hjälp av Bernoullis ekvation och kontinuitetsekvationen, dvs ekv (1) och (5). Beräkningsarbetet blir dock omfattande och bör lämpligen utföras med hjälp av en dator. En annan nackdel är att beräkningarna blir svåröverskådliga och då främst om beräkningen gäller dimensionering av rörsystemets olika delar för att det skall ge vissa bestämda vattenföringar till olika våningsplan. Beräkningsmetoden lämpar sig bättre för att vid fastställda rördimensioner kontrollera vilka vattenföringar som erhålles till olika våningsplan.

Som exempel betrakar vi ett hus med 6, 9 eller 12 våningar enligt de tre figurerna längst till höger i fig 1. Vi antar att samtliga rördimensioner etc är kända. Tryckhöjden  $h_1$  i den inkommande ledningen antas känd (punkt 4 i fig 1). Uppgiften är att beräkna vat-



tenföringarna  $q_a, q_b, q_c$  etc till de olika våningsplanen vid någon godtyckligt vald tappningskombination. Om tappning därvid sker i  $n$  våningar har vi således först och främst  $n$  obekanta vattenföringar  $q_a, q_b, q_c$  etc att beräkna. Vidare känner vi inte hur dessa tappade vattenföringar fördelar sig på de olika trapphus-, fördelar- och ringledningarna. Om huset innehåller totalt  $m$  våningsplan har vi tydligen här ytterligare  $(\frac{m}{3} + 1)$  obekanta vattenföringar att beräkna, dvs totalt  $(n + \frac{m}{3} + 1)$  obekanta. Följaktligen behöver vi kunna ställa upp ett ekvationssystem som består av sammanlagt  $(n + \frac{m}{3} + 1)$  av varandra oberoende ekvationer för att kunna lösa problemet.

Med hjälp av Bernoullis ekvation, ekv (1) eller (3), kan vi ställa upp  $(n + 1)$  ekvationer. Exempelvis väljer vi i samtliga dessa ekvationer den inkommande ledningen före trapphusfördelaren (punkt 4 i fig 1) som snitt 1. Vi känner där

$$v_1 = \frac{q_{\text{total}}}{\frac{11}{4} \cdot d_1^2} \quad h_1 = \frac{p_1}{\rho g} \quad \text{och} \quad z_1$$

$q_{\text{total}}$  betecknar här den sammanlagda vattenföringen  $q_a + q_b + q_c + \dots$  till alla våningsplanen.

Som snitt 2 väljer vi i de olika ekvationerna ett snitt omedelbart före tappventilen i respektive våningsplan där tappning förekommer, fig 4. Exempelvis är då i våningsplan a

$$v_a = \frac{q_a}{\frac{11}{4} d_2^2}$$

$h_2 = \frac{p_2}{\rho g}$  kan beräknas på basis av känt tryckfall över tappventilen, jfr fig 4. Även lägeshöjden  $z_2$  är känd.

Sammanlagda strömningsförlusten  $\sum h_f$  beräknas med utgångspunkt från aktuella rördimensioner etc på sätt som tidigare i princip beskrivits. I de första  $n$  ekvationerna följer vi vid beräkningen av  $\sum h_f$  t ex konsekvent en strömningsväg från snitt 1 via trapphusledningen och fördelarledningarna till respektive våningsledning och snitt 2. I den  $(n + 1)$ -sta ekvationen väljer vi i stället från snitt 1 en strömningsväg via ringledningen och vidare till snitt 2 i något av våningsplanen där tappning sker.

En komplikation i beräkningen är att strömningsriktningarna i fördelarledningarna inte alltid är självklara på förhand. Antingen är vattenströmmen i samtliga fördelarledningar riktad nerifrån och uppåt eller också är vattenströmmen i de högt upp i huset belägna fördelarledningarna riktad uppifrån och nedåt. Det första fallet inträffar när tappningen är stor i husets övre våningar och mindre i de nedre våningarna. Det andra fallet inträffar när det omvända förhållandet råder, dvs tappningen är stor nere i huset och mindre högre upp.

Vid beräkningens början är det nödvändigt att gissa strömningsriktningar i fördelarledningarna. Strömningsförlusterna  $h_f$  skall nämligen i ekv (1) och (3) sättas

in med plustecken när man på sin väg från snitt 1 till snitt 2 förflyttar sig i samma riktning som vattenströmmen i respektive fördelarledning och med minustecken när man på samma väg förflyttar sig mot vattenströmmen. Om man har gissat fel strömningsriktning i fördelarledningarna visar sig detta automatiskt därigenom att ekvationssystemet ej har någon lösning. Man får då göra om beräkningen med nya gissade strömningsriktningar.

Genom att tillämpa kontinuitetsekvationen, ekv (5), på trapphusfördelare och våningsfördelare kan man ställa upp resterande  $m/3$  ekvationer. Antalet våningsfördelare är som framgår av fig 1 och 2 lika med  $m/3$  varför det vid första anblicken synes som om det, inklusive trapphusfördelaren, skulle gå att ställa upp  $(\frac{m}{3} + 1)$  ekvationer. En närmare undersökning visar dock att dessa ej blir oberoende av varandra. En av ekvationerna kan alltid härledas ur de övriga och måste därför slopas.

Sammanfattningsvis står vi således ett ekvationssystem som i princip har följande uppbyggnad, jfr ekv (3) och (5) samt fig 1 och 4.

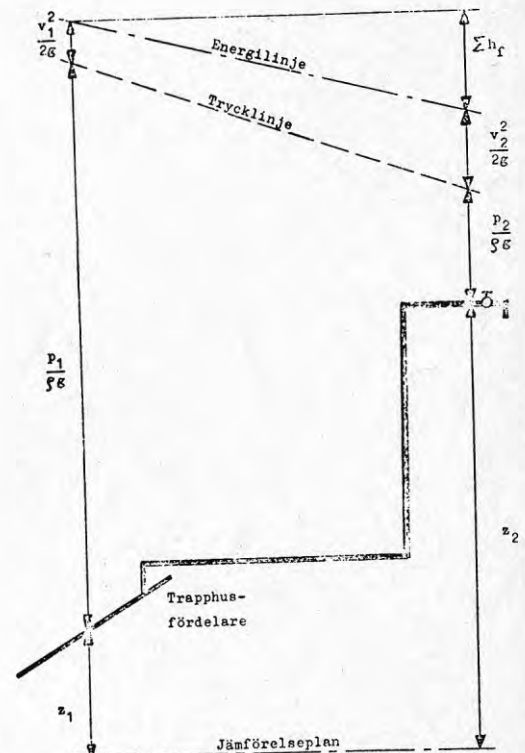
$(n + 1)$  ekvationer:

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + z_2 + \sum h_f \quad (12)$$

$\frac{m}{3}$  ekvationer:

$$\sum q = 0$$

FIG 4



Om vi i stället önskar använda ekvationssystemet för att beräkna vilka rördiametrar som erfordras för att rörsystemet skall ge vissa bestämda vattenföringar  $q_a$ ,  $q_b$ ,  $q_c$  etc i de olika våningsplanen har vi som förut totalt  $(n + \frac{m}{3} + 1)$  ekvationer. Eftersom vi inte känner vattenföringarna i trapphusfördelar- och ringledningarna har vi redan här  $(\frac{m}{3} + 1)$  obekanta. Således kan vi bara ansätta  $n$  rördiametrar som obekanta medan alla övriga rördiametrar måste väljas redan före beräkningen. I princip har vi alltså möjlighet att beräkna endast en rördiameter för varje våningsplan där tappning sker. Detta är helt otillräckligt för att vi på direkt väg skall kunna dimensionera hela rörsystemet med hjälp av ekvationssystemet. Detta innehåller nämligen  $n$  koppel och  $n$  våningsledningar (eller förlängningsrör), som är berörda av tappning, plus  $(\frac{m}{3} + 1)$  trapphus-, fördelar- och ringledningar, dvs totalt  $(2n + \frac{m}{3} + 1)$  ledningar vilkas diametrar vi skulle önska beräkna.

En annan svårighet är att det i marknaden förekommande sortimentet av rördiametrar inte skulle passa exakt med de beräknade rördiametrarna. En anpassning av rördiametrarna skulle således behöva göras och därefter troligen en ny beräkning av vilka vattenföringar som det anpassade rörsystemet ger.

Om man önskar dimensionera rörsystemet på basis av ett fullständigt ekvationssystem enligt ovan torde enda möjligheten vara att arbeta med successiv passning. Man börjar med att gissa diametrarna hos samtliga i systemet ingående rör varefter man med ekvationssystemet beräknar vilka vattenföringar som rörsystemet ger vid olika kombinationer av tappning på våningsplanen. Om vattenföringarna inte är tillfredsställande väljes helt eller delvis nya rördiametrar varefter vattenföringsberäkningarna upprepas osv. Beräkningsmetoden har befunnits omständlig och framför allt gjort dimensioneringsuppgiften svåröverskådlig.

Generellt torde man således kunna säga att metoden med ett fullständigt ekvationssystem i princip lämpar sig väl för kontroll av vilka vattenföringar som ett givet rörsystem ger men att metoden lämpar sig mindre väl för dimensionering av ett rörsystem som skall ge vissa på förhand bestämda vattenföringar.

#### Beräkning med modulindelning

För dimensionering av rörsystem - BPA synes i stället en beräkningsmetod med anknytning till modultänkande vara att föredra. Man torde vinna att beräkningsarbetet blir mindre och dimensioneringen mer överskådlig och systematisk än vid beräkning med ett fullständigt ekvationssystem. Anpassningen till marknadsförda rördimensioner blir lättare liksom anknytningen till den standardiseringssträvan och det modultänkande som ligger bakom uppbyggnaden av rörsystem - BPA. I bästa fall kan beräkningsarbetet förenklas till att mera bli ett kvalificerat val bland standardiserade komponenter och moduler, som sedan kombineras till ett helt rörsystem.

Man kan lämpligen betrakta rörsystem - BPA som bestående av tre slags moduler, jfr fig 2.

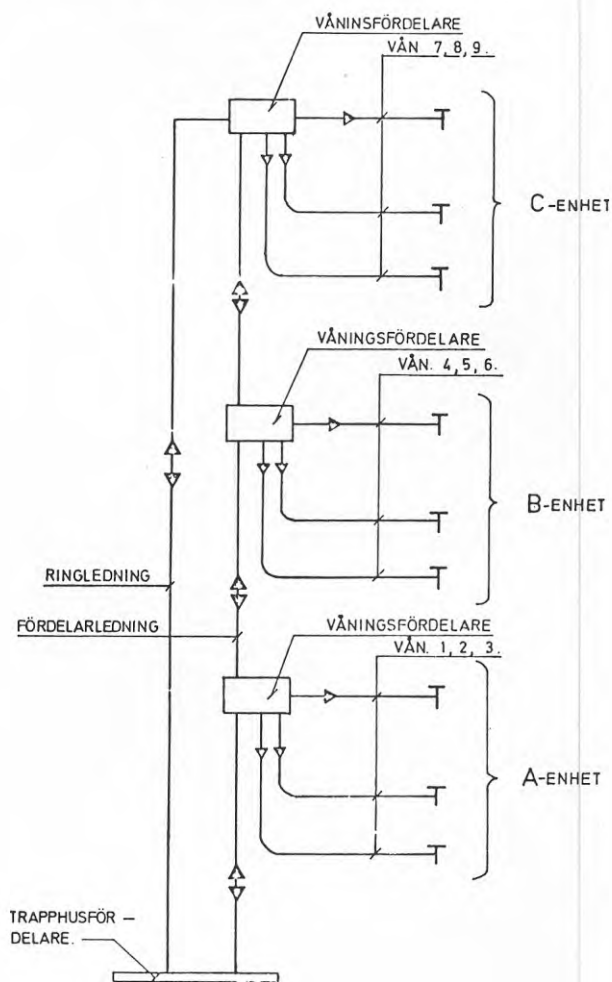
- Koppel i våtenhet
- Våningsledning och våningsfördelare
- Trapphus-, fördelar- och ringledningar inklusive trapphusfördelaren

Koppel i våtenhet ansluter i ena änden till en tappventil, blandare e dyl och i andra änden i anslutningspunkten till våningsledningen. I de våningar där våningsfördelarna är placerade finns eventuellt ett förlängningsrör mellan koppellet och våningsfördelaren. Detta förlängningsrör kommer här för enkelhets skull att betraktas som våningsledning i modul- och dimensioneringssammanhang.

När man valt tappventil, blandare e dyl förutsätts dess samband mellan vattenföring och tryckfall vara känt. Man kan då för en viss vattenföring bestämma den erforderliga trycknivån i slutet av kopplingsledningen. För varje typ av våtenhet kan man konstruera ett antal standardiserade koppel som har olika rördiametrar och därför olika strömningsförlust. Till

FIG 5

#### OMVÄND PLACERING AV VÅNINGSLÅDA OCH FÖRDELARE.



frågan om hur många och vilka koppelvarianter som behövs återkommer vi senare. Antalet varianter bör dock vara så litet som möjligt. Vid konstruktionen av koppel beaktar man givetvis förekommande sortiment av rördiametrar och i förekommande fall, VA-normens bestämmelser om största godtagna vattenhastighet.

Nästa steg är att dimensionera våningsledningarna. Dimensioneringsvillkoret kan då vara antingen att strömningsförlusten ej får vara för stor eller, för kopparrör, att vattenhastigheten ej får överstiga VA-normens största godtagna hastighet. Ett önskemål är att avslämma våningsledningarna inbördes på sådant sätt att strömningsförlusterna i dem om möjligt helt eller delvis kompenseras skillnaderna i lägeshöjd hos tappställena i husets olika våningar. Därigenom skulle antalet koppelvarianter minska. I första hand skulle avstämningen avse de tre våningsledningar som är anslutna till samma våningsfördelare.

Avstämningen mellan våningsledningarna kan ske genom att dels våningsledningarna ges olika dimension och dels rörsystemets uppbyggnad ändras så att våningsfördelarna flyttas från våning 1 till våning 3, från våning 4 till våning 6 osv och våningsledningarna därigenom dras uppifrån och ner till respektive våning, fig 5, i stället för nerifrån och upp, fig 2. Förläggningsavståndet mellan våningsfördelarna till våningarna 3, 6 etc har fördelar ur hydraulisk synpunkt, vilket skall visas i det följande, men medför att längderna hos fördelarledning och ringledning vardera ökar med två våningshöjder samt att eventuellt en särskild våningslåda måste insättas i våning 1 för att möjliggöra montage av trapphus- och ringledningarna. Kostnadsökningen för dessa åtgärder får vägas mot bl a möjligheten att eventuellt använda färre antal varianter av koppel.

Vi skall först betrakta fallet med tre våningsledningar som utfår från en gemensam våningsfördelare i den undre av de tre våningsplanen, fig 6a. Vi antar att alla tre våningarna är försedda med identiskt samma tappventil, blandare e dyl. Kopplarna kan i det generella fallet ha olika dimensioner i alla tre våningsplanen. Vi antar att strömningsförlusten i kopplarna är  $h_{K1}$ ,  $h_{K2}$  och  $h_{K3}$  för respektive våningsplan 1 - 3 vid maximal vattenföring. Om våningshöjden är  $\Delta z$  (t ex 2.8 m i bostadshus) blir de tre våningsledningarnas längder  $l_1$ ,  $l_2 = l_1 + \Delta z$  respektive  $l_3 = l_1 + 2 \cdot \Delta z$ . Sammanlagda strömningsförlusten i våningsfördelare, våningsledning och koppel är för respektive våningsplan

$$h_{f1} = h_{VF1} + h_{VL1} + h_{K1} \quad (13)$$

$$h_{f2} = h_{VF2} + h_{VL2} + h_{K2} \quad (14)$$

$$h_{f3} = h_{VF3} + h_{VL3} + h_{K3} \quad (15)$$

där

$h_{VF}$  = strömningsförlusten i våningsfördelaren, m vp

$h_{VL}$  = strömningsförlusten i våningsledningen, m vp

$h_K$  = strömningsförlusten i kopplet, m vp

Det vore nu önskvärt att dimensioneringen gjordes så

att summan av strömningsförlust och lägeshöjd blev lika för alla tre våningsplanen, dvs

$$h_{f1} + z_1 = h_{f2} + (z_1 + \Delta z) = h_{f3} + (z_1 + 2 \cdot \Delta z) \quad (16)$$

där

$$z_1 = \text{lägeshöjden för tappventilen e dyl i våning 1}$$

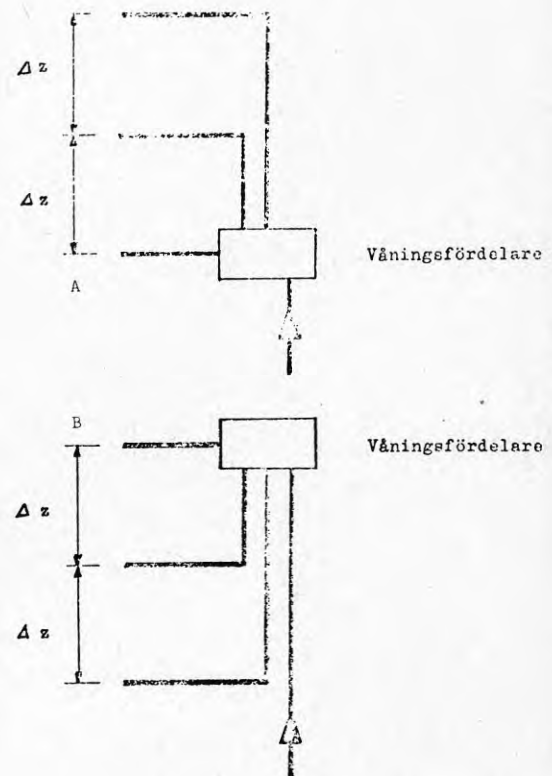
Vi kan förenkla ekv (16) till

$$h_{f1} = h_{f2} + \Delta z = h_{f3} + 2 \cdot \Delta z \quad (17)$$

Strömningsförlusten bör således vara störst i våning 1 och därefter minska med  $\Delta z$  i våning 2 och därefter med ytterligare  $\Delta z$  i våning 3. Minskningen kan åstadkommas genom val av antingen successivt grövre koppel eller grövre våningsledning för våningsplanen 2 och 3 jämfört med våningsplan 1. Båda förfaringsätten motverkar önskemålet om största möjliga standardisering. Vidare sätter i tillämpliga fall VA-normens bestämmelser om största godtagna vattenhastighet en gräns för hur kläna rör och därmed stor strömningsförlust som kan åstadkommas i våningsledningarna 1 och 2.

Om vi som exempel tar en varmvattenledning för lägenhet i enkel anslutning så är det sammanlagda flödet för en lägenhet enligt VA-normen  $q = 0.514$  l/s. För kopparrör är största godtagna vattenhastigheten  $v = 3.0$  m/s vilket ger en minsta tillåten rördiameter av  $d = 14.8$  mm, dvs i praktiken  $d = 16$  mm. Om våningsledning 2 är  $l_2 = \Delta z = 2.8$  m lång blir den beräknade strömningsförlusten i våningsfördelaren och denna vå-

FIG 6





ningsledning sammanlagt  $h_{f2} = h_{VF2} + h_{VL2} = 0.46 + 1.26 = 1.72$  m. Om samma koppeldimension skulle komma till användning i alla våningsplanen 1 - 3 skulle således våningsledningarna 1 och 3 behöva dimensioneras så att strömningsförlusten i våningsfördelare plus våningsledning blir för våning 1 ( $1.7 + 2.8$ ) = 4.5 m och för våning 3 ( $1.7 - 2.8$ ) = -1.1 m. En sådan dimensionering är kanske möjlig att genomföra beträffande våning 1 ifall våningsledning (förlängningsrör) finnes i denna våning och den är så förlagd att den enligt VA-normen kan betraktas som utbytbar kopplingsledning med därtill hörande högre värde på största godtagna vattenhastighet.

Våningsledning 3 skulle ha en negativ strömningsförlust vilket uppenbarligen är omöjligt att åstadkomma. Om vi antar ledningslängden  $l_3 = 2 \cdot \Delta z = 5.6$  m och rördiametern  $d = 20$  mm blir den beräknade strömningsförlusten i våningsfördelaren och våningsledning 3 sammanlagt  $h_{f3} = h_{VF3} + h_{VL3} = 0 + 0.95 = 0.95$  m. Detta är endast 0.77 m mindre än för våningsledning 2 och medför därför en obalans av 2.0 m mellan våningarna 2 och 3. Om förlängningsrör saknas i våning 1 blir obalansen mellan våningarna 1 och 3 ungefär 6.0 m. Om samma koppeldimension används i våningarna 1 och 3 och vi t ex antar att  $h_K = 7.1$  m skulle vi i våning 1 kunna tappa maximalt ungefär

$$\sqrt{\frac{7.1 + 6.0}{7.1}} = 1.36$$

gångar så mycket vatten som i våning 3.

Om våningsfördelaren är förlagd till våning 1 går det således inte att få balans mellan de tre våningsplanen enbart genom att välja lämpliga dimensioner för våningsledningarna. Om förlängningsrör finnes mellan våningsledningar och koppel kan förlängningsrören kanske ges olika dimensioner i olika våningsplan och därigenom kompensera obalansen. Detta innebär emellertid ett avsteg från önskvärd standardisering.

Vi ska diskutera rörsystemet i fig 6b, dvs våningsfördelaren förlagd i våning 3 och våningsledningarna dragna uppifrån och ner. Den principiella vinsten med detta system är att våning 1 som har den längsta våningsledningen också har den minsta lägeshöjden för tappstället. Våning 3 som har den kortaste våningsledningen har i stället den största lägeshöjden för tappstället. Följden blir att olikheter i strömningsförlust i de tre våningsledningarna helt eller delvis kan balanseras mot skillnaderna i lägeshöjd. Ekv (17) gäller fortfarande men det är nu lättare att åstadkomma en stor strömningsförlust  $h_{f1}$  i jämförelse med  $h_{f2}$  och  $h_{f3}$  eftersom våningsledning 1 är längre än våningsledningarna 2 och 3. Fullständig balans mellan våningsplanen skulle kunna uppnås om våningsledningarna 1 och 2 kunde ges sådan diameter att  $I = 1.0$ . Detta är emellertid för kopparrör oftast omöjligt med hänsyn till VA-normens bestämmelser om största godtagen vattenhastighet.

Som exempel betraktar vi fortfarande fallet med en varmvattenledning av koppar för lägenhet i enkel anslutning. Om båda våningsledningarna 1 och 2 utföres med diametern

$d = 16$  mm och vattenföringen är  $q = 0.514$  l/s blir strömningsförlusten i våningsledning 1  $h_{VL1} = 3.4$  m och i våningsledning 2  $h_{VL2} = 1.7$  m. För att balansera skillnaderna o lägeshöjd hade det varit önskvärt med  $h_{VL2} = 2.8$  m resp  $h_{VL3} = 5.6$  m. Obalansen mellan våningarna 1 och 2 är således, liksom obalansen mellan våningarna 2 och 3, lika med  $2.8 - 1.7 = 1.1$  m och mellan våningarna 1 och 3 lika med  $5.6 - 3.4 = 2.2$  m. Som jämförelse hade vi för fallet med våningsfördelaren placerad i våning 1, och om vi antar att inget förlängningsrör finns i denna våning, en obalans som uppgick till 4.5 m mellan våningarna 1 och 2 samt ca 6.0 m mellan våningarna 1 och 3. Placeringen av våningsfördelaren i våning 3 i stället för i våning 1 är således avsevärt gynnsammare och torde vara en förutsättning för användandet av identiskt lika koppeldimension i alla tre våningsplanen. Dessutom blev det möjligt att använda samma rördimension,  $d = 16$  mm, för båda våningsledningarna 1 och 2 i stället för  $d = 16$  mm i våningsledning 2 och  $d = 20$  mm i våningsledning 3 i fallet med våningsfördelaren placerad i våning 1. Detta medför ökad standardisering och minskad materialåtgång.

När vi valt tappventil, blandare etc samt koppeldimension och vidare dimensionerat våningsledningarna är det lätt att beräkna erforderlig tryckhöjd i våningsfördelaren. Om våningsfördelaren är placerad i våning 1 och på samma nivå som tappstället där uppgår den erforderliga tryckhöjden till ettdera av värdena (jfr ekv 13 - 15 och 17)

$$h_{f1} \quad h_{f2} + \Delta z \quad \text{eller} \quad h_{f3} + \Delta z$$

beroende på hur man vill fördela obalansen mellan våningsplanen. Om våningsfördelaren är placerad i våning 3 blir den erforderliga tryckhöjden i våningsfördelaren i stället ettdera av värdena

$$h_{f1} - 2 \cdot \Delta z \quad h_{f2} - \Delta z \quad \text{eller} \quad h_{f3}$$

eller närmare bestämt i de flesta fallen troligen  $h_{f3}$  eftersom strömningsförlusten i våningsledningarna i allmänhet torde vara mindre än skillnaden i lägeshöjd (dvs vinsten i "statiskt tryck") för våningarna 1 och 2 i jämförelse med våning 3.

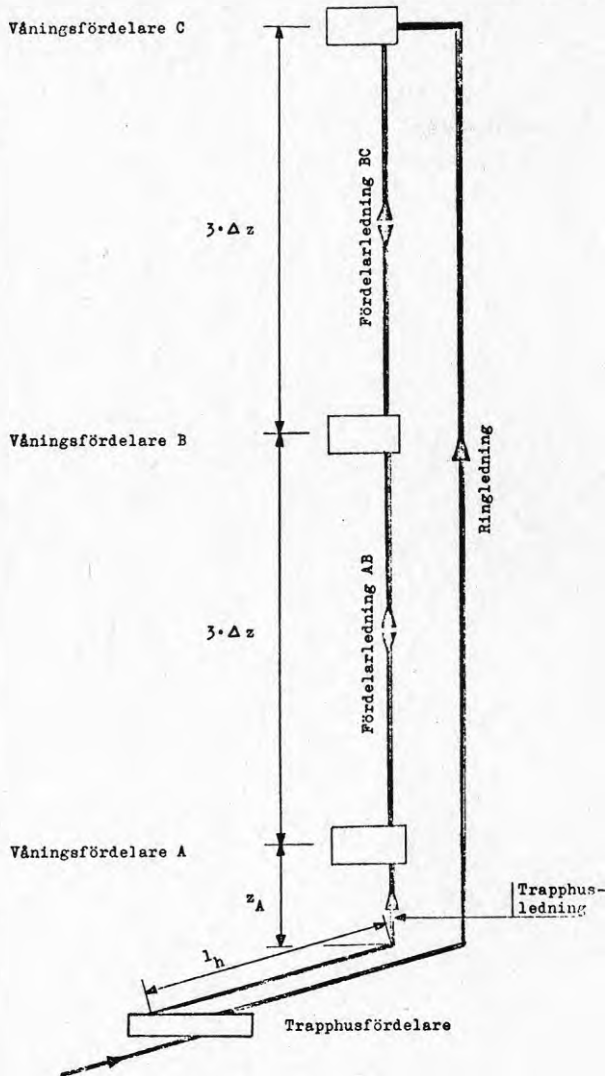
Antagandet ovan att våningsfördelaren ligger på samma nivå som tappstället är en förenkling som gjorts här. I det allmänna fallet måste därför de angivna tryckhöjderna i våningsfördelaren justeras med skillnaden i lägeshöjd mellan tappstället och våningsfördelaren.

Vi står nu inför uppgiften att om möjligt dimensionera trapphus-, fördelar- och ringledningarna så att vissa av tappventil, koppel och våningsledningar bestämda trycknivåer  $h_A$ ,  $h_B$ ,  $h_C$  etc förefinnes i våningsfördelarna A, B, C etc, jfr fig 7.

Skillnaden i lägeshöjd mellan trapphusfördelaren och våningsfördelaren A betecknar vi med  $\Delta z_A$ . Skillnaden i lägeshöjd mellan våningsfördelarna inbördes är  $3 \cdot \Delta z$ , där  $\Delta z$  liksom tidigare är lika med våningshöjden (t ex  $\Delta z = 2.8$  m).



FIG 7



Den horisontala delen av trapphus- och ringledningarna (dvs delen som är förlagd i husets bottenplatta eller källarbjälklag) har längden  $l_h$ . Trapphusledningens totala längd blir då

$$l_T = l_h + \Delta z_A \quad (18)$$

Om antalet våningar i huset liksom tidigare betecknas med  $m$  blir ringledningens totala längd

$$l_R = l_h + \Delta z_A + (m - 3) \cdot \Delta z \quad (19)$$

Samtliga fördelarledningar har vardera längden

$$l_F = 3 \cdot \Delta z \quad (20)$$

Om tryckhöjden före trapphusfördelaren är  $h_o$  och tryckhöjderna i våningsfördelarna är  $h_A$ ,  $h_B$ ,  $h_C$  etc skall strömningsförlusterna i trapphus-, ring- och fördelarledningarna ha följande värden

$$\text{Trapphusledningen: } h_{fT} = h_o - h_A - \Delta z_A \quad (21)$$

$$\text{Ringledningen: } h_{fR} = h_o - h_o - \Delta z_A - (m - 3) \cdot \Delta z \quad (22)$$

$$h_{fAB} = h_A - h_B - 3 \cdot \Delta z \quad (23)$$

$$\text{Fördelarledningarna: } \begin{cases} h_{fBC} = h_B - h_C - 3 \cdot \Delta z \\ \text{etc} \end{cases} \quad (24)$$

Här betecknar  $h_o$  tryckhöjden i den översta av våningsfördelarna A, B, C etc.

Strömningsförlusterna  $h_{fT}$  och  $h_{fR}$  i trapphusledningen respektive ringledningen består av dels förlusten i trapphusfördelaren dels friktionsförlusten i själva trapphusledningen respektive ringledningen. Utom när trapphusledningen är mycket kort torde förlusten i trapphusfördelaren vara förhållandevis liten jämfört med friktionsförlusten i trapphusledningen. Ringledningen torde alltid vara så lång att friktionsförlusten i den är stor jämfört med förlusten i trapphusfördelaren. Likaså torde i allmänhet friktionsförlusten i fördelarledningarna vara större än förlusterna i våningsfördelarna och trapphusfördelaren och approximativt teckna energilinjelutningarna  $I$  för trapphusledningen, ringledningen och fördelarledningarna som kvoten mellan de totala förlusterna och ledningslängderna, dvs (jfr ekv 18 - 24)

$$I_T = \frac{h_{fT}}{l_T} = \frac{h_o - h_A - \Delta z_A}{l_h + \Delta z_A} \quad (25)$$

$$I_R = \frac{h_{fR}}{l_R} = \frac{h_o - h_o - \Delta z_A - (m - 3) \cdot \Delta z}{l_h + \Delta z_A + (m - 3) \cdot \Delta z} \quad (26)$$

$$I_{AB} = \frac{h_{fAB}}{l_{AB}} = \frac{h_A - h_B}{3 \cdot \Delta z} - 1 \quad (27)$$

$$I_{BC} = \frac{h_{fBC}}{l_{BC}} = \frac{h_B - h_C}{3 \cdot \Delta z} - 1 \quad (28)$$

etc

Vi skall nu först resonera om fallet att vi önskar använda samma koppel- och våningsledningsdimensioner i samtliga våningsplan. Då måste tryckhöjderna i våningsfördelarna vara lika, dvs

$$h_A = h_B = h_C = \dots = h_o \quad (29)$$

Av ekv (27) och (28) framgår då att energilinjens lutning skall vara  $I = -1$  i samtliga fördelarledningar. Vattnet i fördelarledningarna skall således rinna i riktning uppifrån och ner.

Om den nedersta våningsfördelaren är placerad i våning 1 blir energilinjens lutning  $I_T$  i trapphusledningen mycket stor. Dels blir nämligen i ekv (25) täljaren  $(h_o - h_A - \Delta z_A)$  stor, dels blir nämnaren  $(l_h + \Delta z_A)$  liten ifall trapphusledningens horisontala del är kort. För att man med VA-normens största godtagna vattenhastighet skall kunna uppnå tillräckligt stort värde på  $I_T$  måste man då göra trapphusledningen ytterst klen. Trapphusledningen kommer då huvudsakligen att tjänstgöra som cirkulationsledning. Värdet på  $I_T$  blir mindre ifall den nedersta våningsfördelaren placeras

i våning 3 varigenom värdet på  $\Delta z_A$  i både täljaren och nämnaren i ekv (25) ökar med beloppet  $2 \cdot \Delta z$  jämfört med när våningsfördelaren placeras i våning 1. En annan möjlighet att begränsa vattenhastigheten i trapphusledningen kan vara att förse trapphusledningen med ett reglerdon för begränsning av vattenföringen.

Det som sagts ovan visar att vad vi skulle kunna kalla ett "omvänt rörsystem" erfordras om man vill uppnå bästa möjliga balans mellan husets olika våningsplan och därvid inte vill variera koppel- och våningsledningarnas dimension. Det "omvända rörsystemet" karakteriseras av att större delen av husets vattenförbrukning ledes genom ringledningen upp till husets översta våning och att vattnet därifrån ledes vidare neråt i huset genom fördelar- och våningsledningarna. Endast en mindre del av husets vattenförbrukning ledes genom trapphusledningen.

#### Exempel 1

Uppgiften är att dimensionera ett rörsystem - BPA för ett sexvåningshus med lägenheter i enkel anslutning. Dimensioneringen avser varmvatten och rörmaterialet är koppar. Om möjligt skall endast en variant av koppel och våningsledningar användas i alla våningsplanen. Kopplet inklusive tappventil antas fordra  $h_K = 7.1$  m tryckhöjd vid vattenföringen  $0.4$  l/s (badkarsblandare). Våningshöjden är  $\Delta z = 2.8$  m. Den horisontala delen av trapphusledning och ringledning har längden  $l_h = 3.0$  m.

Vi väljer ett "omvänt rörsystem" med våningsfördelarna placerade i våningarna 3 och 6. Trapphusledningens vertikala del antages ha längden

$$\Delta z_A = 1.2 + 2 \cdot 2.8 = 6.8 \text{ m}$$

Trapphusledningens totala längd blir då

$$l_T = 3.0 + 6.8 = 9.8 \text{ m}$$

Ringledningens totala längd blir

$$l_R = 3.0 + 1.2 + 5 \cdot 2.8 = 18.2 \text{ m}$$

Fördelarledningen mellan våningsfördelarna 3 och 6 har längden

$$l_{AB} = 3 \cdot 2.8 = 8.4 \text{ m}$$

Enligt VA-normen är summa normflöde för en lägenhet  $q = 0.8$  l/s. Våningsledningen får dock dimensioneras för det sammanlagrade flödet  $q = 0.514$  l/s. För tre lägenheter är det sammanlagrade flödet  $q = 0.670$  l/s, som således är det dimensionerande maximiflödet för vardera våningsfördelaren. För alla sex lägenheterna är det sammanlagrade maximiflödet  $q = 0.823$  l/s.

Vi har ovan antagit att koppel och tappventil tillsammans fordrar tryckhöjden  $h_K = 7.1$  m i anslutningspunkten till våningsledningen. Av de tidigare beräkningarna har framgått att för diametern  $d = 16$  mm hos våningsledningarna 1 och 2 är strömningsförlusten  $h_{f1} = 3.4$  m

respektive  $h_{f2} = 1.7$  m. Om förlängningsrör saknas i våning 3 blir den erforderliga tryckhöjden i våningsfördelaren 3 lika med det största av följande tre värden

$$h_{f1} - 2 \cdot \Delta z = 7.1 + 3.4 - 2 \cdot 2.8 = 4.9 \text{ m}$$

$$h_{f2} - \Delta z = 7.1 + 1.7 - 2.8 = 6.0 \text{ m}$$

$$h_{f3} = 7.1 \text{ m}$$

Motsvarande gäller för våningsfördelaren 6 och vi har således att den erforderliga tryckhöjden för båda våningsfördelarna är  $h_A = h_B = 7.1$  m.

Denna tryckhöjd förutsätter maximal vattenföring  $q = 0.514$  l/s till våning 3 respektive 6. Återstående del av våningsfördelarens totala vattenföring  $q = 0.670 - 0.514 = 0.156$  l/s tappas i våningarna 1 och 2 respektive 4 och 5.

Om tryckhöjden i t ex våningsfördelaren 3 är  $h_A = 7.1$  m finns enligt ovan ett överskott i tryckhöjd för våningarna 1 och 2. Detta överskott uppgår till  $(7.1 - 4.9) = 2.2$  m för våning 1 och  $(7.1 - 6.0) = 1.1$  m för våning 2. Vid helt öppna tappventiler (i någon kombination som förutsatts när normerna för sammanlagring av flödena uppställts) kan således våningarna 1 och 2 öka sitt vattenuttag över avsedda  $q = 0.514$  l/s för en lägenhet och  $q = 0.604$  l/s för två lägenheter sammanlagrade. Om vi antar att strömningsförlusterna i tappventil och ledningar är ungefär proportionella mot kvadraten på vattenföringen får vi exempelvis för våning 1 ett möjligt vattenuttag av

$$q = 0.514 \sqrt{\frac{7.1 + 3.4 + 2.2}{7.1 + 3.4}} = 0.514 \cdot 1.10 = 0.565 \text{ l/s}$$

Detta innebär för våning 1 en ökning av vattenföringen med 10 %. För våning 2 blir motsvarande ökning 6 %.

Ovanstående resonemang visar att det vid dimensioneringen av trapphus-, fördelar- och ringledningarna kan vara befogat att räkna med något högre vattenuttag ur våningsfördelarna än som direkt framkommer ur VA-normens bestämmelser. Därigenom kompenseras eventuell obalans mellan de tre våningar som är anslutna till våningsfördelaren så att den sämst belägna våningen kan ta ut sin avsedda vattenföring samtidigt med att den bäst belägna våningen får något mer än den avsetts få. I vårt beräkningsexempel här synes en lämplig ökning vara 10 %.

Vi får då följande dimensionerande vattenföringar vid beräkningen av trapphus-, fördelar- och ringledningarna.

| Antal våningsfördelare sammanlagrade | Vattenföring l/s |
|--------------------------------------|------------------|
| 1                                    | 0.74             |
| 2                                    | 0.90             |

Den totala vattenföringen  $q = 0.90$  l/s kan vara fördelad på många sätt på de två våningsfördelarna. Vid dimensioneringen av trapphus-, fördelar- och ringled-

ningarna är det lämpligt att beakta följande två ytterlighetsfall beträffande fördelningen.

| Våningsfördelaren<br>i våning | Vattenföringar, l/s |              |
|-------------------------------|---------------------|--------------|
|                               | Alternativ 1        | Alternativ 2 |
| 3                             | 0.74                | 0.16         |
| 6                             | 0.16                | 0.74         |

I båda alternativen får en våningsfördelare maximal sammanlagrad vattenföring för tre lägenheter och den andra våningsfördelaren vad som resterar upp till den maximala sammanlagrade vattenföringen för sex lägenheter.

Den fortsatta beräkningsgången blir något avhängig av vilken tryckhöjd som finns tillgänglig före trapphusfördelaren. Om denna tryckhöjd är mer än tillräcklig med hänsyn till strömningsförlusterna i trapphus-, fördelar- och ringledningarna är det ekonomiskt att vid dimensioneringen av dessa åtminstone för ledningar av koppar försöka så långt möjligt utnyttja VA-normens bestämmelser om största godtagna vattenhastighet. Därigenom erhålles nämligen klenast möjliga rördimensioner. Om däremot den tillgängliga tryckhöjden före trapphusfördelaren är otillräcklig för en sådan dimensionering kan det bli aktuellt att dimensionera med hänsyn i första hand tagen till strömningsförlusterna. Det sistnämnda fallet ger grövre ledningsdimensioner än det förstnämnda och torde åtminstone för ledningar av koppar vara mer sällan förekommande än detta. Vi utgår därför i vårt fortsatta beräkningsexempel från att dimensioneringen kan göras med sikte på största godtagna vattenhastigheten.

Problemet blir då att beräkna lämpliga rördiametrar för trapphus-, fördelar- och ringledning samt erforderlig tryckhöjd före trapphusfördelaren.

Vi har tidigare beräknat den erforderliga tryckhöjden i våningsfördelarna till  $h_A = h_B = 7.1$  m. Detta svarar enligt ekv (27) mot en energilinjelutning av  $l_{AB} = -1$  i fördelarledningen som går mellan de båda våningsfördelarna. Med hjälp av ett diagram som för olika vattenföringar  $q$  och vattenhastigheten  $v$ , fig 8, kan vi preliminärt välja fördelarledningens diameter, t ex  $d = 13$  mm (15 x 1). Vattenföringen i fördelarledningen blir då ungefär  $q_F = 0.47$  l/s och vattenhastigheten  $v_F = 3.5$  m/s.

Beträffande vattenföringens fördelning på de båda våningsfördelarna skall vi nu först betrakta Alternativ 1 ovan, dvs  $q_{VF3} = 0.74$  l/s för våningsfördelare 3 och  $q_{VF6} = 0.16$  l/s för våningsfördelare 6. Om fördelarledningen har diametern  $d = 13$  mm och vattenföringen  $q_F = 0.47$  l/s måste trapphusledningen ge vattenföringen

$$q_T = 0.74 - 0.47 = 0.27 \text{ l/s}$$

och ringledningen vattenföringen

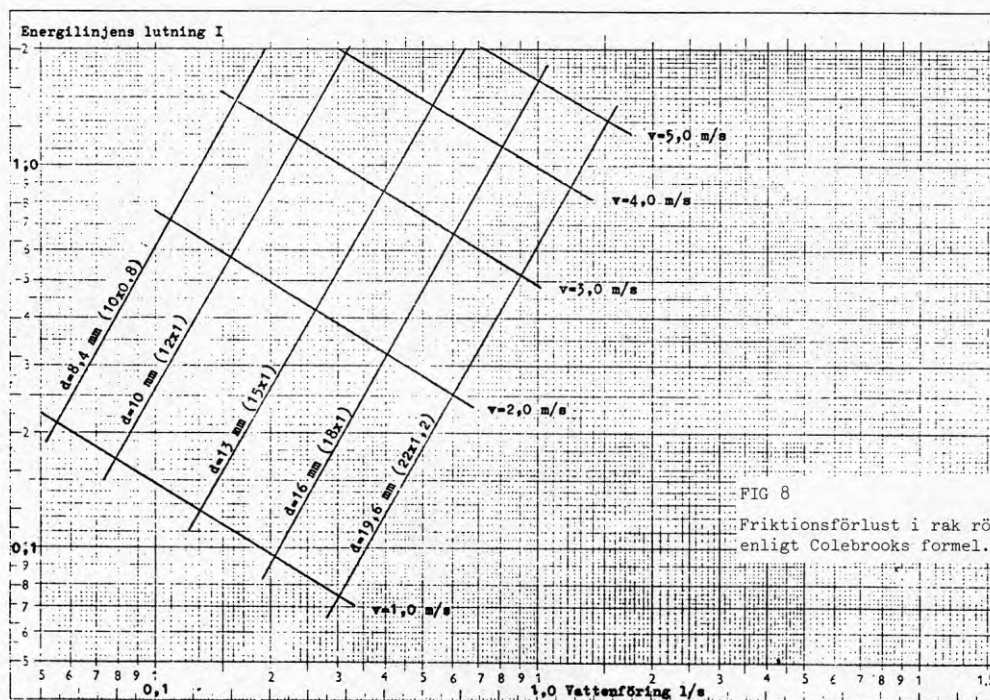
$$q_R = 0.16 + 0.47 = 0.63 \text{ l/s}$$

Om vi gissar att tryckhöjden före trapphusfördelaren är t ex  $h_0 = 28$  m blir enligt ekv (25) och (26) energilinjelutningarna för trapphus- och ringledningarna

$$I_T = \frac{28 - 7.1 - 6.8}{3.0 + 6.8} = \frac{14.1}{9.8} = 1.44$$

$$I_R = \frac{28 - 7.1 - 6.8 - 3 \cdot 2.8}{3.0 + 6.8 + 3 \cdot 2.8} = \frac{5.5}{18.2} = 0.30$$

Med hjälp av fig 8 kan vi nu välja trapphusledningens diameter till  $d = 10$  mm (12 x 1) och ringledningens diameter till  $d = 20$  mm (22 x 1). Vattenhastigheterna blir då för trapphusledningen  $v_T = 3.4$  m/s och för ringledningen  $v_R = 2.0$  m/s.





Således har vi preliminärt kommit fram till följande ledningsdimensioner

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| Trapphusledning | $d = 10 \text{ mm}$ (12 x 1) |
| Fördelarledning | $d = 13 \text{ mm}$ (15 x 1) |
| Ringledning     | $d = 20 \text{ mm}$ (22 x 1) |

Det återstår nu att mer exakt beräkna tryckhöjden  $h_o$  före trapphusfördelaren samt att behandla Alternativ II med vattenuttagen  $q_{VF3} = 0.16 \text{ l/s}$  i våningsfördelare 3 och  $q_{VF6} = 0.74 \text{ l/s}$  i våningsfördelare 6. En beräkning på basis av uppmätta strömningsförluster som redovisas i rapporten "Strömningsförsök i tillvattensystem - Rörssystem BPA, Slutrapport från uppdragsforskning på Rörssystem BPA i 3-våningshus" från Statens institut för byggnadsforskning, December 1971, har givit följande vattenföringar, vattenhastigheter och tryckhöjder.

Alternativ I:  $q_{VF3} = 0.74 \text{ l/s}$ ,  $q_{VF6} = 0.16 \text{ l/s}$

|                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| $q_T = 0.28 \text{ l/s}$ | $q_R = 0.62 \text{ l/s}$ | $q_F = -0.46 \text{ l/s}$ |
| $v_T = 3.6 \text{ m/s}$  | $v_R = 2.0 \text{ m/s}$  | $v_F = -3.5 \text{ m/s}$  |
| $h_o = 27.8 \text{ m}$   | $h_A = 8.6 \text{ m}$    | $h_B = 7.1 \text{ m}$     |

Alternativ II:  $q_{VF3} = 0.16 \text{ l/s}$ ,  $q_{VF6} = 0.74 \text{ l/s}$

|                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| $q_T = 0.17 \text{ l/s}$ | $q_R = 0.73 \text{ l/s}$ | $q_F = 0.01 \text{ l/s}$ |
| $v_T = 2.2 \text{ m/s}$  | $v_R = 2.3 \text{ m/s}$  | $v_F = 0.1 \text{ m/s}$  |
| $h_o = 28.8 \text{ m}$   | $h_A = 15.5 \text{ m}$   | $h_B = 7.1 \text{ m}$    |

Vi ser av ovanstående värden att Alternativ II kräver något högre trycknivå  $h_o$  före trapphusfördelaren än Alternativ I. Om vi sammanfattningsvis och för att få ett avrundat värde väljer  $h_o = 29 \text{ m}$ , blir i Alternativ I  $h_A = 9.8 \text{ m}$  i stället för avsedda  $h_A = 7.1 \text{ m}$ . Detta medför att man ur våningsfördelaren 3 maximalt kan ta ut något mer vatten än de  $0.740 \text{ l/s}$  som avsetts. Samtidigt sjunker  $h_A$  till ett något mindre värde än  $9.8 \text{ m}$  på grund av de ökade strömningsförlusterna i trapphus-, fördelar- och ringledningarna. Jämvikt torde uppnås vid ett vattenuttag ur våningsfördelaren 3 som är ca 10 % större än avsedda  $0.740 \text{ l/s}$ .

Ovanstående beräkningar visar att det med användandet av ett "omvänt rörssystem" går att uppnå god balans mellan de olika våningsplanen och detta trots att endast en variant av koppel och våningsledningar förutsatts komma till användning.

Bland nackdelarna med ett "omvänt rörssystem" har vi tidigare nämnt att längden av trapphus- och ringledningarna vardera ökar med två våningshöjder vilket ökar anläggningskostnaderna. Vidare blir trapphusledningen mycket liten för att strömningsförlusten i den skall få erforderlig storlek. Detta medför att vattenhastigheten i trapphusledningen blir hög och för kopparrör lätt överstiger den enligt VA-normen största godtagna vattenhastigheten. Speciellt är detta fallet om trapphusledningen är kort. Problemet torde

då ej kunna klaras på annat sätt än att ett reglerdon som maximerar vattenföringen insättes i trapphusledningen. En annan nackdel med en liten trapphusledning är att den vid brott på ringledningen e dyl endast dåligt förmår att ensam försörja de sex våningsplanen med vatten.

Det fanns i och för sig möjlighet att i Exempel 1 ovan välja fördelarledningens diameter till  $d = 10 \text{ mm}$  (12 x 1) i stället för de  $d = 13 \text{ mm}$  (15 x 1). Trapphusledningen skulle då ha blivit något grövre, nämligen  $d = 13 \text{ mm}$  (15 x 1) i stället för  $d = 10 \text{ mm}$  (12 x 1). Ringledningen skulle få diametern  $d = 16 \text{ mm}$  (18 x 1) i stället för  $d = 20 \text{ mm}$  (22 x 1). Beräkningar visar dock att ett sådant rörssystem kräver betydligt större tryckhöjd före trapphusfördelaren, nämligen ungefär  $h_o = 35 \text{ m}$  mot  $h_o = 29 \text{ m}$  i exempel 1. Vidare visade sig obalansen mellan våningsplanen bli avsevärt större.

Den principiellt viktigaste punkten i ett sådant dimensioneringsförfarande som visats i exempel 1 är att man vid maximal tappning i den lägst belägna av de två våningsfördelarna skall ha en energilutning av minst  $I = -1$  i fördelarledningen mellan våningsfördelarna.

Därigenom kan tryckhöjden i den övre våningsfördelaren inte bli mindre än tryckhöjden i den övre våningsfördelaren. Maximal tappning i de undre våningarna kan således ej medföra sämre tappningsmöjligheter i de övre våningsplanen.

En nackdel med det i Exempel 1 behandlade rörssystemet är att tryckhöjden i kopplets anslutningspunkt till våningsledningen för de lägre våningsplanen vattenuttaget i alla sex våningsplanen och även med fördelningen av detta vattenuttag på de två våningsfördelarna. Om det totala vattenuttaget är noll fås en tryckhöjd i våning 1 som är lika med  $29 - 1.2 = 27.8 \text{ m}$ . Om vattenuttaget överensstämmer med Alternativ I i Exempel 1 blir tryckhöjden i våning 1 enligt de tidigare beräkningarna  $9.3 \text{ m}$ . Tryckhöjden före kopplet kan således variera med upp till en faktor 3 vilket möjligen kan medföra icke önskade fluktuationer i vattenföringen genom en tappventil i våning 1 om vattenuttaget till de andra fem våningarna snabbt förändras. Fluktuationerna skulle exempelvis kunna medföra obehag genom ändrat blandningsförhållande mellan varmt och kallt vatten i t ex en dusch. Rörssystemet enligt Exempel 1 torde i detta avseende vara mer känsligt än ett traditionellt rörssystem varför frågeställningen bör noga penetreras.

Vi skall nu övergå till att diskutera ett rörssystem med delvis annat funktionssätt än det som behandlats i Exempel 1. Vi skall nämligen söka skapa så litet inbördes beroende som möjligt mellan vattenuttagen i olika våningsplan för att därigenom söka undvika de oönska lägenheter som påtalats i närmast föregående stycke. Den bärande principen i tankegången är nu att ge fördelarledningen mellan de två våningsfördelarna 3 och 6 en mycket stor diameter så att strömningsförlusten



i fördelarledningen alltid är mycket liten. Detta innebär att tryckhöjden i våningsfördelaren 3 alltid är i det närmaste 3 · Δz större än tryckhöjden i våningsfördelaren 6 och detta oberoende av vattenföringens storlek och riktning i fördelarledningen. Förutsättningen blir nu givetvis att vi har olika koppel i våningsgruppen 1 - 3 och våningsgruppen 4 - 6. Strömningsförluster i kopplarna bör om möjligt skilja sig så att

$$h_{K\ 1-3} = h_{K\ 4-6} + 3 \cdot \Delta z \quad (30)$$

Villkoret för dimensioneringen av trapphus- och ringledningarna blir nu att strömningsförlusterna skall vara i det närmaste lika stora i dessa båda ledningar. Beräkningsgången framgår av följande exempel.

#### Exempel 2

Uppgiften är att dimensionera trapphus-, fördelar- och ringledningarna i Exempel 1 men nu enligt de principer som genomgåtts närmast ovan. Vi måste även beräkna den erforderliga tryckhöjden  $h_o$  före trapphusfördelaren. Våningsfördelarna antas fortfarande vara placerade i våningarna 3 och 6. Våningsledningarna har de dimensioner som beräknats i Exempel 1. Koppel plus tappventil fordrar i våningarna 4 - 6 tryckhöjden  $h_{K\ 4-6} = 7.1$  m i anslutningspunkten till våningsledningarna och i våningarna 1 - 3 tryckhöjden, ekv (30)

$$h_{K\ 1-3} = 7.1 + 3 \cdot 2.8 = 15.5 \text{ m}$$

Den totala vattenföringen till båda våningsfördelarna är fortfarande  $q = 0.90$  l/s som kan fördela sig med  $q_{VF3} = 0.74$  l/s och  $q_{VF6} = 0.16$  l/s eller tvärs om. Tydligt blir vattenföringen genom fördelarledningen grovt uppskattat av storleksordningen

$$\frac{1}{2} \cdot 0.90 = 0.45 \text{ l/s}$$

I fig 8 ser vi att med denna vattenföring krävs rördiametern  $d = 20$  mm (22 x 1) för att strömningsförlusten skall bli liten.

Om vi gissar att tryckhöjden före trapphusfördelaren är  $h_o = 28$  m får vi enligt ekv (25) och (26) följande energilinjelutningar för trapphus- och ringledningarna

$$I_T = \frac{28 - 15.5 - 6.8}{3.0 + 6.8} = \frac{5.7}{9.8} = 0.58$$

$$I_R = \frac{28 - 7.1 - 6.8 - 3 \cdot 2.8}{3.0 + 6.8 + 3 \cdot 2.8} = \frac{5.5}{18.2} = 0.30$$

Eftersom den sammanlagda vattenföringen i trapphus- och ringledningarna skall vara  $q = 0.90$  l/s och vi så långt som möjligt vill utnyttja VA-normens största godtagna vattenhastighet  $v = 3.0$  m/s finner vi med hjälp av fig 8 följande preliminära ledningsdiametrar

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| Trapphusledning | $d = 16$ mm (18 x 1) |
| Ringledning     | $d = 16$ mm (18 x 1) |

En mer exakt beräkning på basis av de strömningsförluster som redovisas i den i Exempel 1 omnämnda rap-

porten har givit till resultat följande vattenföringar, vattenhastigheter och tryckhöjder.

Alternativ I:  $q_{VF3} = 0.74$  l/s,  $q_{VF6} = 0.16$  l/s

$$q_T = 0.53 \text{ l/s} \quad q_R = 0.38 \text{ l/s} \quad q_F = -0.21 \text{ l/s}$$

$$v_T = 2.6 \text{ m/s} \quad v_R = 1.9 \text{ m/s} \quad v_F = -0.7 \text{ m/s}$$

$$h_o = 27.7 \text{ m} \quad h_A = 15.5 \text{ m} \quad h_B = 7.3 \text{ m}$$

Alternativ II:  $q_{VF3} = 0.16$  l/s,  $q_{VF6} = 0.74$  l/s

$$q_T = 0.50 \text{ l/s} \quad q_R = 0.40 \text{ l/s} \quad q_F = 0.34 \text{ l/s}$$

$$v_T = 2.5 \text{ m/s} \quad v_R = 2.0 \text{ m/s} \quad v_F = 1.1 \text{ m/s}$$

$$h_o = 27.1 \text{ m} \quad h_A = 15.5 \text{ m} \quad h_B = 7.1 \text{ m}$$

En jämförelse mellan rörsystemen i Exempel 1 och Exempel 2 visar att i Exempel 2 är tryckhöjden  $h_A$  i våningsfördelare 3 avsevärt mer stabil och oberoende av hur vattenuttaget fördelar sig på de två våningsfördelarna. Om vi väljer tryckhöjden  $h_o = 28$  m före trapphusfördelaren blir vid totala vattenuttaget noll tryckhöjden i anslutningspunkten mellan våningsledning och koppel i våning 1 lika med  $28 - 1.2 = 26.8$  m medan samma tryckhöjd i alternativ I och II ovan uppgår till 18.0 m respektive 18.6 m. Tryckhöjden före koppel varierar således som mest med en faktor 1.5 vilket är avsevärt bättre än i Exempel 1 där faktorn var 3.

I Exempel 2 överstiger vattenhastigheterna aldrig tillåtna  $v = 3.0$  m/s vilket i viss utsträckning var fallet i Exempel 1. Vidare är den erforderliga trycknivån före trapphusfördelaren  $h_o = 28$  m i Exempel 2 i stället för  $h_o = 29$  m i Exempel 1.

Sammanfattningsvis kan man säga att rörsystemet i Exempel 2 uppvisar en bättre funktion än rörsystemet i Exempel 1. Priset för detta är införandet av två koppelvarianter i stället för en enda koppelvariant och därtill något högre materialkostnad på grund av grövre ledningsdimensioner.

Funktionen hos rörsystemet i Exempel 2 torde ej i avsevärd grad försämrats om fördelarledningens diameter minskas från  $d = 20$  mm (22 x 1) till  $d = 16$  mm (18 x 1). Därigenom skulle samtliga ledningar, dvs såväl våningsledningarna som trapphus-, ring- och fördelarledningarna, få samma dimensioner, vilket kan vara en fördel ur standardiseringssynpunkt.

#### Sammanfattning

Det ovan redovisade utredningsarbetet visar beträffande tre och sexvåningshus att

- 1) Rörsystem - BPA kan beräknas med hjälp av ett ekvationssystem baserat på Bernoullis ekvation och kontinuitetsekvationen. En sådan beräkning blir dock omständlig och svåröverskådlig. Vid dimensionering av rörsystemet måste man gissa rördiametrar och därefter beräkna möjliga vattenuttag, sedan

- justera rördiametrarna och ånyo beräkna vattenuttagen osv till dess man uppnått godtagbart resultat.
- 2) En beräkningsmetod som mer ansluter sig till ett modultänkande är att föredra enär beräkningsarbetet blir mindre arbetskrävande och mer överskådligt. Beräkningarna bör uppdelas i följande moduler
- a) Koppel i våtenhet
  - b) Våningsledning och våningsfördelare
  - c) Trapphus-, fördelar- och ringledningar inklusive trapphusfördelare
- 3) För sexvåningshus bör koppel finnas i två dimensionsvarianter vilkas strömningsförluster skiljer sig med  $3 \cdot \Delta z$  är våningshöjden i huset (jfr punkt 5 nedan)
- 4) Våningsfördelarna bör placeras i våningarna 3 och 6 och våningsledningarna därigenom dras uppifrån och neråt. Då kan tillfredsställande balans uppnås mellan de tre våningsplan som ansluter till gemensam våningsfördelare även om samma koppeldimension används i alla tre våningsplanen. I trevåningshus behövs således endast en typ av standardkoppel.
- 5) Det är möjligt att dimensionera trapphus-, fördelar- och ringledningarna i sexvåningshus så att tillfredsställande balans uppnås mellan alla sex våningsplanen även om endast en typ av standardkoppel används. En dimensionering som förutsätter att två koppeltyper användes ger dock ett rörsystem med bättre funktion beträffande inbördes inverkan av tappning i olika våningsplan (dvs systemets känslighet).

## Bilaga 2

KONTROLL AV TAPPNINGSKAPACITET I ANDERSTORPSPROJEKTET



## Fältförsök

Anderstorp är ett bostadsområde i Skellefteå, bestående av 2-vånings radhus. VA-installationen utgörs av, bl a rör-system BPA för såväl varmt som kallt vatten. Rörmaterialet är PEX-rör från Wirsbo Bruk. Kopplingarna är klämkopplingar fabrikat AHA. I ett särskilt provhus är vissa ledningar för varmt och kallt vatten förlagda i samma tomrör.

Den horisontellt förlagda matarledningen är uppdelad i två parallella rör, som i ändarna förbindes till att utgöra en ringledning (se principfigur). Den VA-tekniska standarden för övrigt är köksblandare med perlator fabrikat FKM, badkarsblandare och tvättställsblandare av samma fabrikat. Dessutom finns WC-stol typ Gustavsberg.

## Förutsättningar

Förutsättningarna var att kontrollera flödesfördelningarna i rörledningen, och att mäta upp maxflöden från bad och köksblandare, dels separat och dels vid olika tappningskombinationer. Vidare att samtidigt bedöma erforderligt arbetstryck vid husets anslutningspunkt till gatan. Arbetstrycket är det tryck som erfordras vid separat eller vid kombinerad tappning.

Eftersom varm- och kallvattenledningarna är förlagda i samma tomrör, var det också av intresse att undersöka huruvida en sammanläggning av varm- och kallvattenledning förorsakar kondens, eller att temperaturen på respektive vatten påverkas. Det skall dock redan nu sägas att endast i de fall då det inte förekommer cirkulationsledning för varmvatten, så är såväl varmvattenledning som kallvattenledning förlagda i samma tomrör. Inspektionen av kondensutfall kunde endast kontrolleras vid trapphuslådorna, men å andra sidan så förekom de svåraste belastningarna, som borde ge kondensutfall, strax i närheten av lådan, dvs i trapphusledningarna.

## Kontrollmätning av flödet

Mätobjektet utgörs av två trappuppgångar vilket möjliggjorde mätningar på tre skilda ställen i vertikal led, närmast anslutningspunkten, mitt i huset och längst bort från anslutningspunkter. Den maxime rörlängden uppgick till ca 30 m.

Dimensioner och kopplingsätt framgår av figur nr 1, och i samma kopplingschema finns angivet mätställena. Arbetstrycket vid ankomsten till provobjektet var 55-60 m Vp. Detta innebar att mycket stora vattenflöden togs ut eller kunde tas ut ifrån tappställena, 1 l/s och därutöver var möjligt att ta ut vid badkarsventilerna.

Eftersom dessa tryck inte var realistiska och ej heller hade legat till grund för dimensioneringen fanns det ingen anledning att närmare gå in på studier av flödefördelningen vid sådana tryck.

På anmodan från BPA, ändrades arbetstrycket så att det kom att ligga omkring 40 m Vp som i ett tidigare sammanhang hade uppgivits från vattenverkshåll.

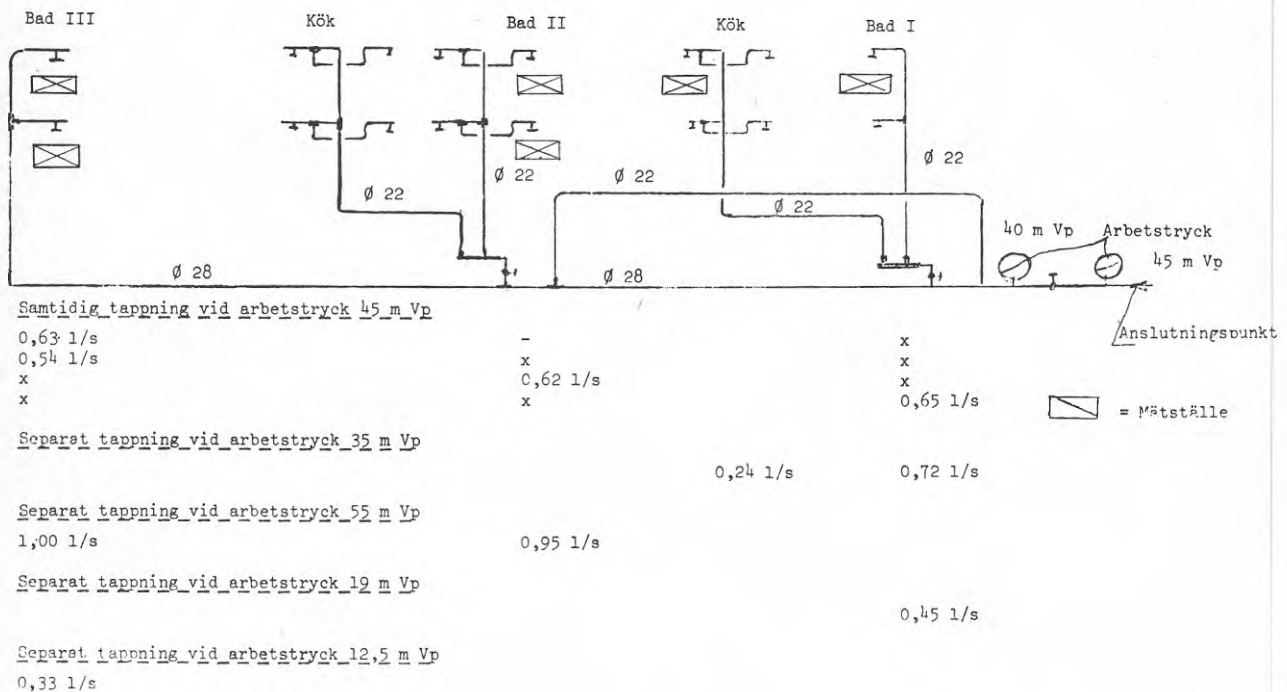
## Flödesfördelningen vertikalt i tre snitt, tappstället närmast anslutningspunkten, längst bort och i mitten.

I figur nr 1, har värdena införts för respektive stamdel, så att man får en bild av flödesfördelningen i ledningssystemet.

Vid samtidig tappning i badkarsblandare närmast anslutningspunkter och längst bort, visade det sig att flödet längst bort blev 0,63 l/s. Uppmätning på samma ställe men då samtidig tappning skedde i alla tre snitten, visade det sig att man nu längst bort fick ett flöde på 0,54 l/s, dvs en 12 %-ig minskning av flödet jämfört med samtidig tappning från två stamheter. Mot-

FIG 1

## Flödesfördelning till våtrumsstammar vid tappning i kv-ledning.



svarande mätning överflyttad till mitten, gav ett flöde på 0,62 och närmast anslutningspunkten 0,65, dvs en spridning från 0,54 till 0,65, vilket är drygt 12 %.

Ser man till den sammanlagrade maximalt uttagna vattenmängden för dessa tre stamenheter så uppgår den till 1,81 l/s. Enligt kalkyl skulle det för samtliga stamenheter finnas ett sannolikt flöde borta vid anslutningspunkten av 0,82 l/s, alltså mer än en fördubbling av flödet kan tas ut.

#### Detaljstudie i respektive våterhet.

I bad III längst bort från anslutningspunkten och på andra och första våningsplanet, uppmättes separata flöden på närmare 1 l/s i första våningen. Genom att sänka arbetstrycket ytterligare ned till 20 m, erhöles ett flöde av 0,66 l/s och vid ytterligare sänkning ned till 12 m arbetstryck gav ett flöde av 0,33 l/s.

Motsvarande mätningar utförda i mitten bad II och kök, fig 2, gav för varmvattensidan 0,95 l/s och kök 0,29 l/s med ett resttryck för köksblandaren på 20 m Vp. Motsvarande resttryck för bad var 5 m Vp. Samtidig tappning på första och andra planet i mitten, gav ett flöde på 0,6 l/s i vardera plan.

#### Mätning närmast anslutningspunkten i bad I respektive kök.

Vid 35 m Vp erhöles ett flöde av 0,72 l/s i badrummet, och i köket vid ett arbetstryck av 37 m Vp 0,24 l/s. Fortfarande är det perlatorn i köket som reducerar övertrycken och därmed begränsar flödet. Att det finns en skillnad på 0,24 till 0,29 härrör från igensättningar i perlatorerna.

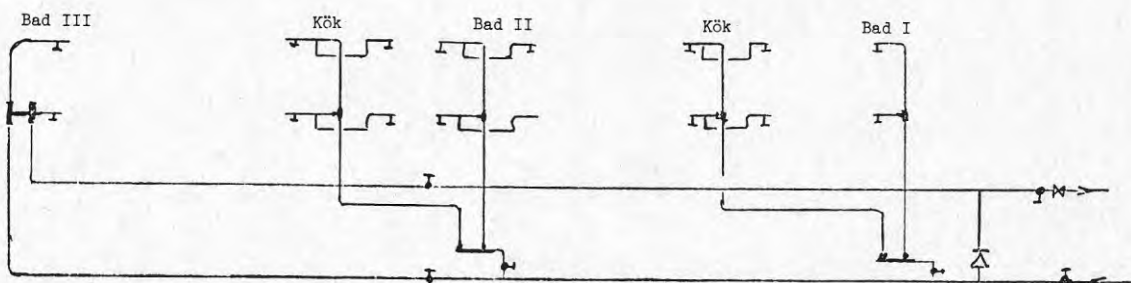
#### Sammanfattning

Efter slutförda mätningar gjordes en inreglering av arbetstrycket så att man erhöles ett enligt normvärdet lämpligt flöde i badkarsblandare. Det visade sig att om man inreglerade arbetstrycket till 19 m, erhöles man 0,45 l/s i badrummen. Skillnaden mellan badrum närmast beläget anslutningspunkten och det längst bort, låg ungefär vid 10 %, dvs att man erhöles ungefär 0,4 l/s i det längst bort belägna badrummet.

Sammanfattningsvis kan sägas att trots de grova dimensionerna som här föreligger enligt principskiss så blir fördelningen mellan de vertikala stammarna relativt god och endast en spridning mellan 10 och 15 %. Fördelningen i vertikal led mellan första och andra planet är betydligt mindre, och rör sig endast om några få procent. Med utgångspunkt från angivet arbetstryck i anslutningspunkten borde ledningsdimensionerna ha tagits ned betydligt för att uppnå flödet enligt VA-byggnorm. I gengäld har man nu som de praktiska försöken visat, fått reducera trycket i anslutningspunkten, dvs sänka det med halva angivna trycket.

Temperaturmätning vid varm- respektive kallvattentappning var 58°C och 10,5°C, dvs sammanläggning av Vv och Kv-ledning påverkar inte det upptappade vattnets temperatur.

FIG 2 Flödesfördelning till våtrumsstammar vid tappning i Vv-ledning



Separat tappning vid arbetstryck 55 m Vp

0,95 l/s

0,29 l/s



## Bilaga 3

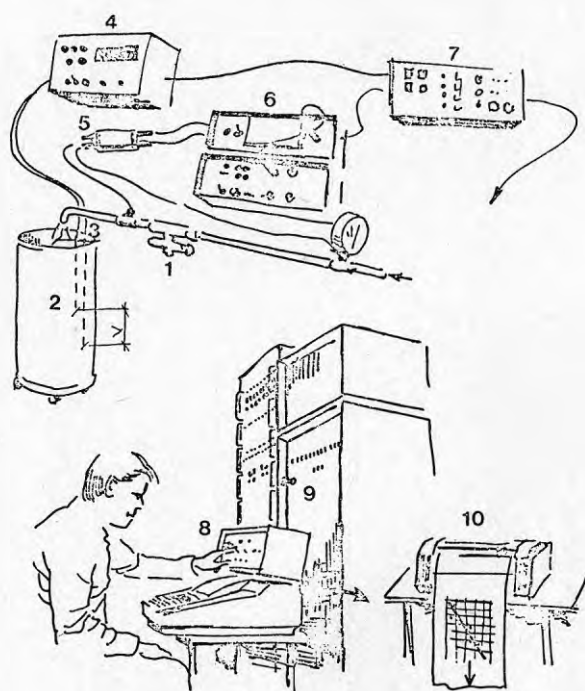
## UNDERLAG FÖR DIMENSIONERING

Utdrag ur

Rapport 2, Tryck-flödesdiagram i  
tillvattensystem, Rörssystem-BPA

Reg nr SIB 74-53 2

Datum 1974-11-26



1. Mätkomponent (ex h-fördelare).
2. Mätkärl, mätsonder (volymmättn.)
3. Mätuttag.
4. Digitalräknare.
5. Tryckmätare (Pressure transducer typ SE 42)
6. Digitalvoltmeter typ data technology.
7. Datakollektor (lagring av mätvärden).
8. Dataterminal typ silent 700 ASR
9. Data Compulog Controll.
10. Plotter (skrivare) resultat i diagramform.

Figur 1

Mätning och bearbetning av komponenter.



| A       | B      | DI      |
|---------|--------|---------|
| 1.7185  | 7.0129 | 6.4000  |
| 1.6409  | 5.8777 | 3.0000  |
| 1.6217  | 5.5885 | 3.4000  |
| 1.9844  | 5.0305 | 10.0000 |
| 1.6002  | 3.4218 | 13.0000 |
| 1.7965  | 2.7007 | 16.0000 |
| 1.5334  | 1.6035 | 20.0000 |
| 1.7712  | .5988  | 25.0000 |
| 1.7766  | .5816  | 32.0000 |
| 10.0000 | .2439  | -1.4710 |

6.

SE: PBDN

7.

T-RÖR AHA

KANAL

RÖR 7 LÅNGD 15 CM DIAM 20.0 MM

RÖR 5 LÅNGD 45 CM DIAM 13.0 MM

TABELL.

| FLÖDE | TRYCK | RÖR-<br>TRYCK | REST-<br>TRYCK1 |
|-------|-------|---------------|-----------------|
| .2349 | 3.65  | 1.43          | 2.21            |
| .3266 | 7.06  | 2.43          | 4.63            |
| .3904 | 10.48 | 3.23          | 7.24            |
| .4543 | 13.89 | 4.12          | 9.77            |
| .5096 | 17.55 | 4.95          | 12.60           |
| .7082 | 32.18 | 8.37          | 23.81           |

9.

HH

1.

CHANGE

0.

REGR.LINJE:  $\text{LOG}_{10} Q = 2.167 \cdot \text{LOG}_{10} \Delta P + 1.723$ 

KORR.KOEFF = .9988 STANDARDFEL = 3.95%

10.

NY RAM

1.

NYA PARAM

1.

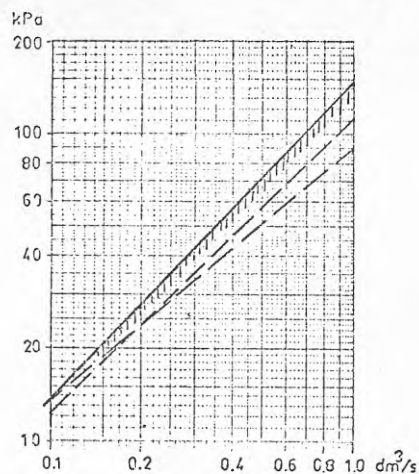
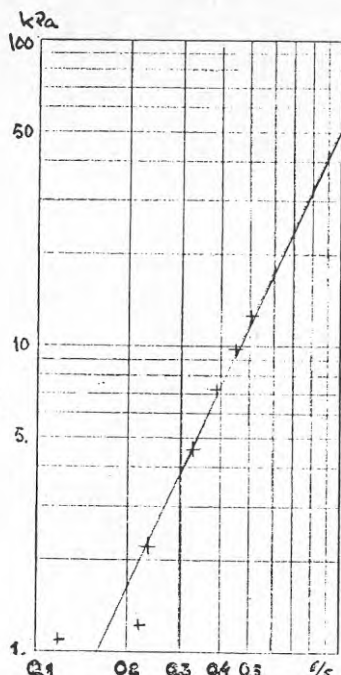
S.XMIN, YMIN, IP, NPX, NPY

6.25, 0.1, 1.0,

1, 1, 2,

Figur 2

Redovisningsexempel på datorns behandling av inmatade värden från bandkassett.



Figur 3

Val av referenskurva.

Figuren visar som exempel tre olika fabriks tryck-flödeskurvor för likartad komponent. Vid val av referenskurva väljs det högsta värdet, dvs den sektionerade kurvan.

Denna delrapport 2 är ett komplement och/eller bilaga till en huvudrapport som behandlar det uppdrag som BPA Byggproduktion AB har lagt ut på SIB:s VA-laboratorium i Studsvik.

Syftet med undersökningen har varit att ta fram underlag för dimensionering, att försöka utkristallisera lämpligt standardiserat rörsystem.

Tillämpningen av systemet skall kunna ske med stora variationsmöjligheter beträffande apparat- och vätenhets kombinationer utan större dimensioneringsförändringar.

Denna delrapport 2 är en konklusion av ett huvudmaterial där man studerat tryck/flödesförhållandena i ett stort antal olika komponenter för systemet. Det största tryckfallet inom mätserien har blivit utslagsgivande för den nivå som skall gälla som referenskurva för respektive komponenttyp.

De olika komponenterna som normalt kan ingå i systemet, räknat från trapphusfördelare upp till tappventil, finns redovisade i denna rapport. Varje komponent har försetts med ett tryck/flödesdiagram (referensdiagram). Med referensdiagram förstås att alla värden (enligt redovisning från fabrikant) som ligger under referenskurvan, är tillämpbara i systemet.

x)

Med denna förutsättning som bakgrund, har från rapport 3 plockats ut och sammanställts referensdiagram för respektive komponenttyp. Avläsningen på diagrammen följer gängse praxis.

Vid val av rätt komponent, rekommenderas att studera komponenter som har samma funktion men vars konstruktion är sådan att tryck/flödesdiagrammen kan ha olika karaktär. Det gäller därför för den som går in i detta material, att inte enbart studera en komponenttyp utan att göra jämförelser med en annan var funktion är densamma. Som exempel kan nämnas vinkel fogmetod mekanisk koppling jämfört med vinkel fogmetod lödning.

Det redovisade materialet är uppmätt på komponenter anslutna till kopparrör med angivna innerdiametrar (di). I några enstaka fall har försök gjorts med komponenter anslutna till plaströr (PEX-rör) med samma (di) som för kopparrör. I dessa fall har det visat sig att tryckfallen genomsnittligt legat lägre än för anslutning till kopparrör. Detta får dock inte tolkas som att man generellt kan säga att tryckfallen över plaströrkopplingar ligger lägre eller är lika med de här redovisade värdena.

Generellt gäller att från fabrikant redovisat tryckfall över komponent inte bör överstiga referenskurvan om komponenten skall användas i rörsystem BPA. För vissa plast-rörsmaterial är dock innerdiametern något större som exempelvis PEL 16.2 jämfört med kopparrör 16.0. I sådana fall torde man kunna ta hänsyn till helheten och inte delarna.

#### Val av referensvärden

Ett mycket stort undersökningsmaterial ligger till grund för val av referensvärdena. Ca 3000 mätningar har utförts på 500 komponenter. Utplockningen från detta huvudmaterial från rapport 3, är gjord i samråd med BPA, och de mest frekventa komponenterna som kan förväntas förekomma i systemet har redovisats i ett hundratal diagramblad.

Själva undersökningen har tillgått så att man i en speciell provrigg, se figur 1, har testat materialet med avseende på tryck/flöde. De erhållna värdena har sedan matats in i en dator som vidare bearbetat materialet (15 000 beräkningar), och tagit fram regressionslinjer, regressionskoefficienter och standardavvikelser. Tillvägagångssättet redovisas som ett exempel för komponenten T-rör och mekanisk koppling, se figur 2. De vid försöken genomförda flödena har visat sig kräva ett visst tryckfall över komponenten jämte de anslutningsrör som förekommit i själva provriggen. Värdena samlas upp i en bandkassett, se figur 1, som i sin tur matar över värdena i en dator, vilken då tar hänsyn till de angivna tryck och flödena. Datorn räknar ifrån de tryckfall som uppstår i anslutningsrören på ömse sidor om komponenten. Den anger slutligen komponentens tryckfall, se tabelluppställning figur 2. Vidare räknar datorn ut spridningsvärdet - standardavvikelser från regressionslinjen enligt ekvation.

$$S_{err} = \sqrt{\frac{(1-r^2) \cdot S_{TD}^2}{N-1}}$$

Datorn anger regressionskoefficienten, dvs lutningsvinkeln. Kurvans xy-värden ritas ut i ett log-log-diagram av datorns plotterhet. Om spridningen är av sådan art att man för-

x) ej publicerad

väntar sig att tryckfallskurvan inte är rät utan böjer av tas hänsyn till detta. Normalt inträffar detta vid de små flödena där turbulensen varierar mycket. Under sådana förhållanden har den räta linjen dragits ut ifrån de högre tryckfallen som basvärde, se figur 2.

Mer än ett fabrikat av respektive komponent har provats. Vid jämförelse av kurvorna finner man en avvikelse dels tryckfalls-mässigt och dels att kurvornas lutningsvinkel är olika, se figur 3. Av figuren framgår (enligt streckad linje) hur valet av referenskurvor framtagits.

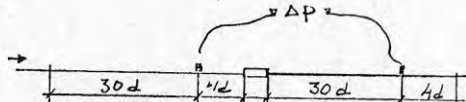
En del studier i grundmaterialet (rapport 3), visar att det finns en spridning inom fabrikatet (fabrikationstoleranser) likaväl som det finns en spridning mellan fabrikatet (konstruktionsolikheter). Av testade lika komponenter inom samma fabrikat har det högsta värdet lagts till grund för tryckfallsunderlaget.

Det stora antal körningar som erfordras för att få ett statistiskt material, har dock inte kunnat genomföras. Enstaka stickprov har gjorts och från de stickprov som genomförts har det konstaterats att referenskurvan har legat tillräckligt högt för att man skall vara på den säkra sidan. Undantag härifrån kan dock finnas, dvs då det slinker igenom komponenter från fabriken som ej avsynats på sådant sätt att alla grader och ojämnheter har eliminerats. Konsekvensen av en sådan enstaka komponents fel bedöms dock inte få följdverkningar, som skulle störa den totala dimensioneringen, läs närmare härom i rapport 1.

#### Mätmetod

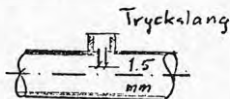
#### Tryckfall

Tryckfallet över komponenter har mätts enligt nedanstående figur.



De anslutande rören har varit raka och valda så att minsta möjliga förändring av genomloppsarean uppstått vid anslutning till provenheten.

Tryckkuttagen var belägna på en rak rörsträcka av minst 4 gånger rörets innerdiameter (d) före provenheten och minst 30 d efter provenheten. Före första tryckkuttaget, var en rak rörsträcka om minst 30 d och efter det andra tryckkuttaget en rak rörsträcka om minst 4 d. I de fall längdmåttet 4 d varit mindre än 150 mm har längden 150 mm valts. Tryckkuttagen på de anslutande rören har utförts enligt figur.

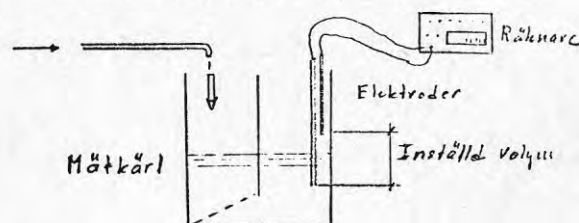


På PEX-rören har tryckkuttagen utförts genom att plexiglasskossar anbringats runt rören och limmats med Araldit till dessa. Därefter har tryckkuttag borrats upp enligt ovanstående principskiss. Det mätta tryckfallet har därefter korrigerats för tryckfallet i de anslutande rören.

Registreringen av tryckfallet har skett med elektroniska differenstryckmätare av fabrikat SE, anslutna till digitalvoltage.

#### Flöde

Flödet genom provenheten har mätts genom att registrera tiden för en bestämd volym vatten enligt nedanstående figur.



I ett speciellt mätkärl var två elektroder nedsänkta. Dessa ställs in så att en bestämd volym vatten ryms mellan den övre och den nedre elektroden. Elektrodena var anslutna till en elektronisk räknare anordnad så att när vattnet når den undre elektroden startas räknaren, och när vattnet når den övre

elektroden stoppas räknaren. På detta sätt erhålles en mycket exakt tid (på 100 dels sekund när) för en bestämd volym och ur dessa värden beräknas flödet.

#### Tryckfallsberäkning

1. För de 15 olika rörtyper som förekommer i samband med tryckfallsmätningar matas 2 punkter,  $(X_{i1}, Y_{i1})$ ,  $(X_{i2}, Y_{i2})$ ,  $i = 1, 15$ , på dess log-log-kurva in i programmet. Dessa punkter används för att beräkna koefficienterna till funktionen

$$Y = k_i \cdot X + l_i \quad ; \quad i = 1, 15$$

$$k_i = \frac{\log(Y_{i2}) - \log(Y_{i1})}{\log(X_{i2}) - \log(X_{i1})}$$

$$l_i = \frac{\log(Y_{i1}) \cdot \log(X_{i2}) - \log(Y_{i2}) \cdot \log(X_{i1})}{\log(X_{i2}) - \log(X_{i1})}$$

2. Koefficienterna för volt-metern, A och B samt mätkärl, V, matas in.
3. Spänning,  $MV_j$ , och tid,  $T_{1j}$ ;  $j = 1, N$ ;  $N =$  antalet mät-punkter, matas in.

4. Totala tryckfallet beräknas

$$T_j = MV_j \cdot A + B; \quad j = 1, N$$

5. Flödet beräknas

$$F_j = \frac{V}{T_{1j}}; \quad j = 1, N$$

6. Aktuella rörtyper,  $R_1$  och  $R_2$  samt längder  $M_1$  och  $M_2$ , matas in

7. Tryckfallen i rören beräknas

$$T_{R1j} = \left( \log(F_j) \cdot k_{R1} + l_{R1} \right) \cdot M_1$$

$$T_{R2j} = \left( \log(F_j) \cdot k_{R2} + l_{R2} \right) \cdot M_2$$

$$T_{Rj} = T_{R1j} + T_{R2j} \quad j = 1, N$$

8. Resterande tryck beräknas

$$T_{Dj} = T_j - T_{Rj}; \quad j = 1, N$$

9. Medelvärden, standardavvikelser, korr.koefficient och standardfel beräknas

$$\bar{T}_D = \frac{\sum_{j=1}^N T_{Dj}}{N} \quad S_{TD} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N T_{Dj}^2 - N \cdot \bar{T}_D^2}{N-1}}$$

$$\bar{F} = \frac{\sum_{j=1}^N F_j}{N} \quad S_F = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N F_j^2 - N \cdot \bar{F}^2}{N-1}}$$

$$r = \frac{\sum_{j=1}^N T_{Dj} \cdot F_j - N \cdot \bar{T}_D \cdot \bar{F}}{(N-1) \cdot S_{TD} \cdot S_F}$$

$$S_{err} = \sqrt{\frac{(1-r^2) \cdot S_{TD}^2}{N-1}}$$

$$\text{Felprocent} = (e^{S_{err}} - 1) \cdot 100$$

10. k och l i  $\log(Y) = \log(X) \cdot k + l$  beräknas

$$k = r \cdot \frac{S_{TD}}{S_F} \quad l = \bar{T}_D - \bar{F} \cdot k$$

11. Två punkter på log-log-kurvan beräknas

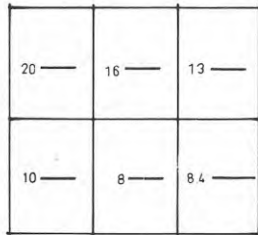
$$X_1 = F_1 \quad X_2 = F_N$$

$$Y_1 = e^{(k \cdot \log(X_1) + l)} \quad Y_2 = e^{(k \cdot \log(X_2) + l)}$$

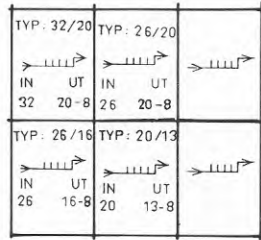
Register över diagram

På sidorna 88 - 120 återges 186 diagram, i regel 6 per sida. Här markeras diagrammens innehåll sida för sida.

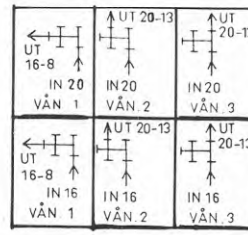
Alla rördimensioner anges i mm och avser innerdiametern.



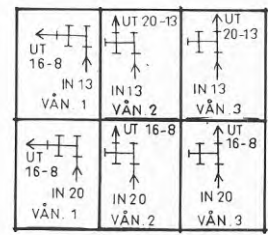
88  
Raka Cu-rör



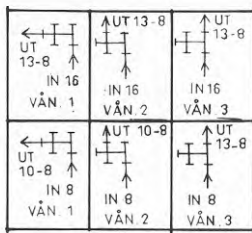
89  
Trapphusfördelare



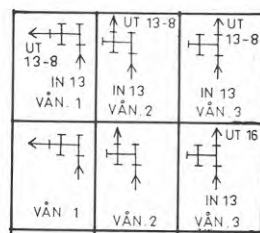
90  
Våningsfördelare  
20/20



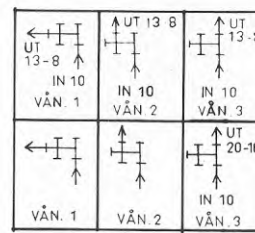
91  
Våningsfördelare  
20/20                      20/13



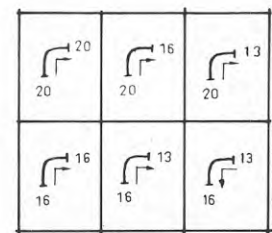
92  
Våningsfördelare  
20/13



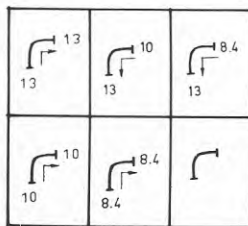
93  
Våningsfördelare  
20/13



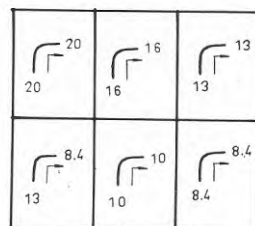
94  
Våningsfördelare  
20/13



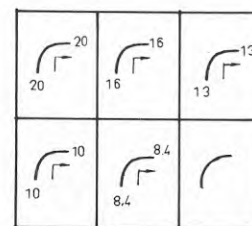
95  
Vinklar  
mek. koppl.



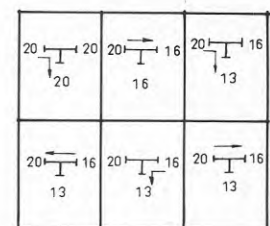
96  
Vinklar  
mek. koppl.



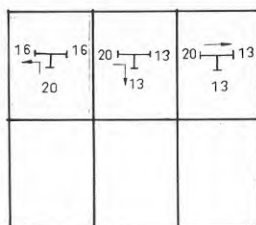
97  
Vinklar  
lödning



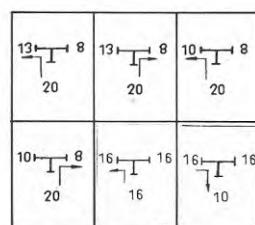
98  
Knärör  
lödning



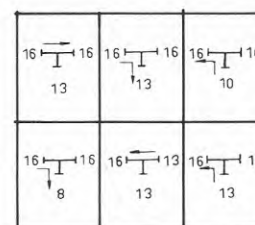
99  
T-rör  
mek. koppl.



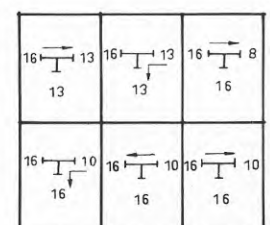
100  
T-rör  
mek. koppl.



101  
T-rör  
mek. koppl

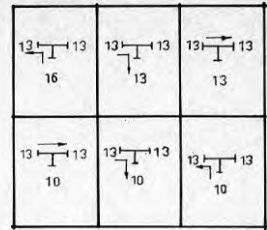


102  
T-rör  
mek. koppl

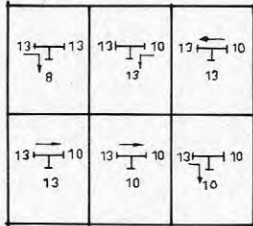


103  
T-rör  
mek. koppl.

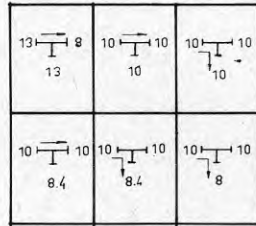




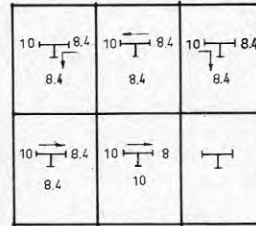
104  
T-rör  
mek. koppl.



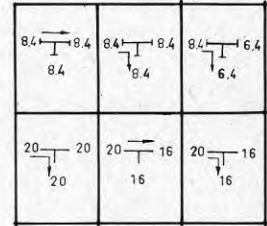
105  
T-rör  
mek. koppl.



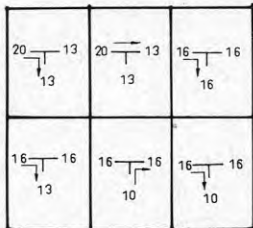
106  
T-rör  
mek. koppl.



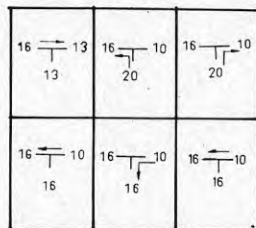
107  
T-rör  
mek. koppl.



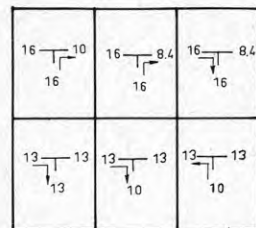
108  
T-rör  
mek. koppl.lödning



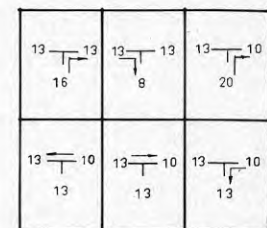
109  
T-rör  
lödning



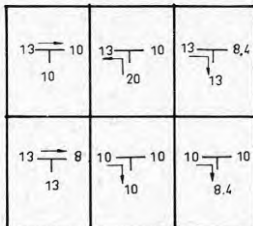
110  
T-rör  
lödning



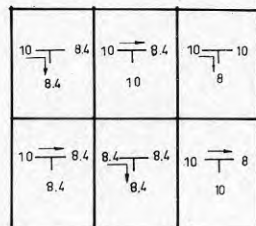
111  
T-rör  
lödning



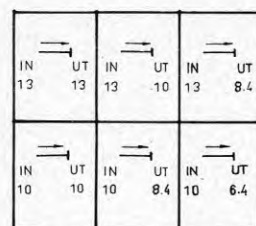
112  
T-rör  
lödning



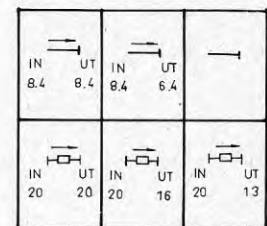
113  
T-rör  
lödning



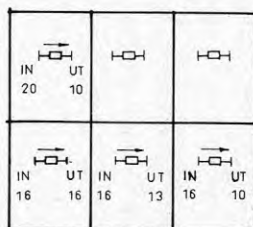
114  
T-rör  
lödning



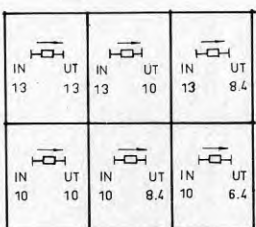
115  
Halvkoppling  
mek. koppl.



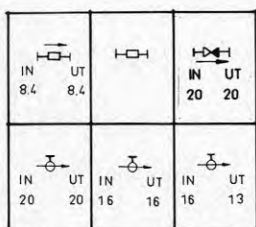
116  
Halvkoppling  
Mellankoppling



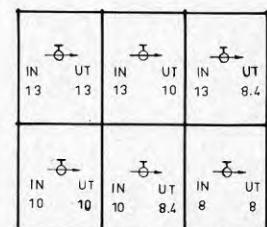
117  
Mellankoppling  
mek. koppl.



118  
Mellankoppling  
mek. koppl.



119  
Mellankoppling  
Matarventil  
Avstängningsventil



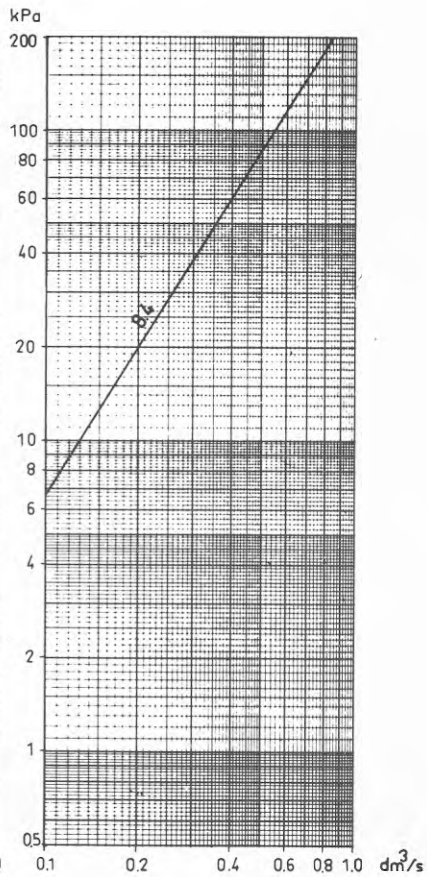
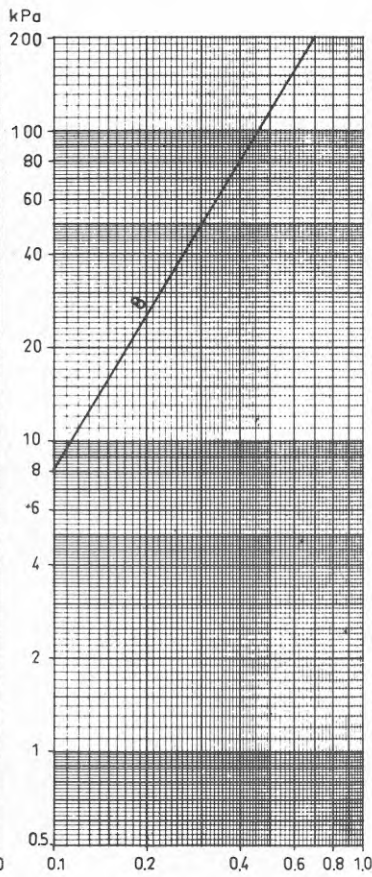
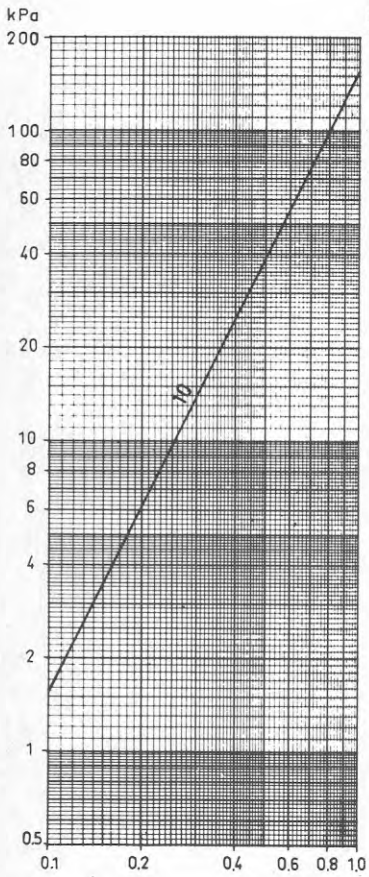
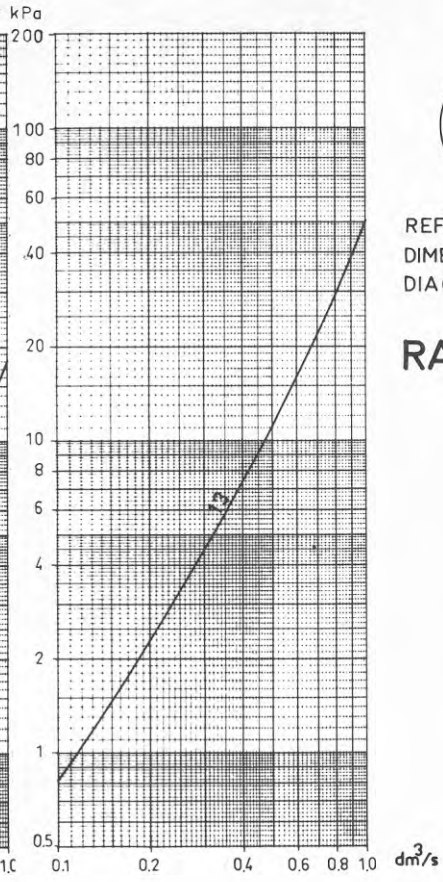
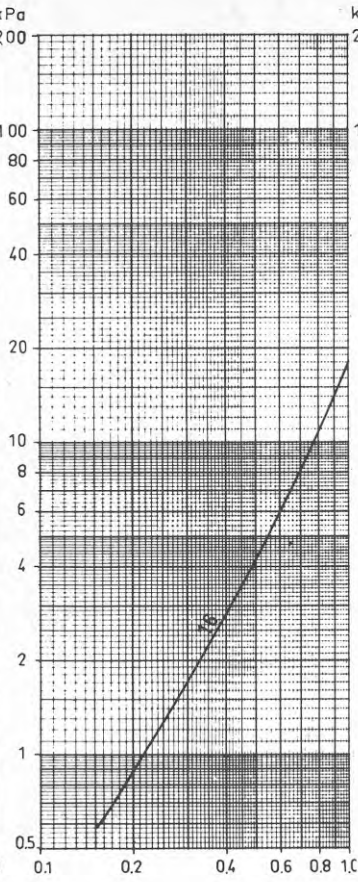
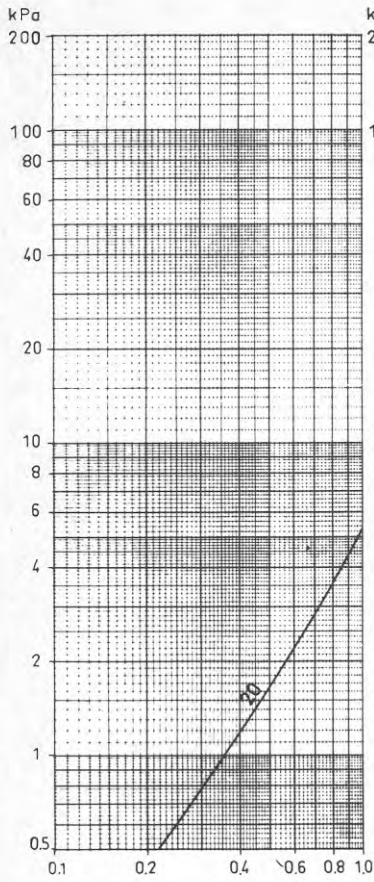
120  
Avstängningsventil





REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

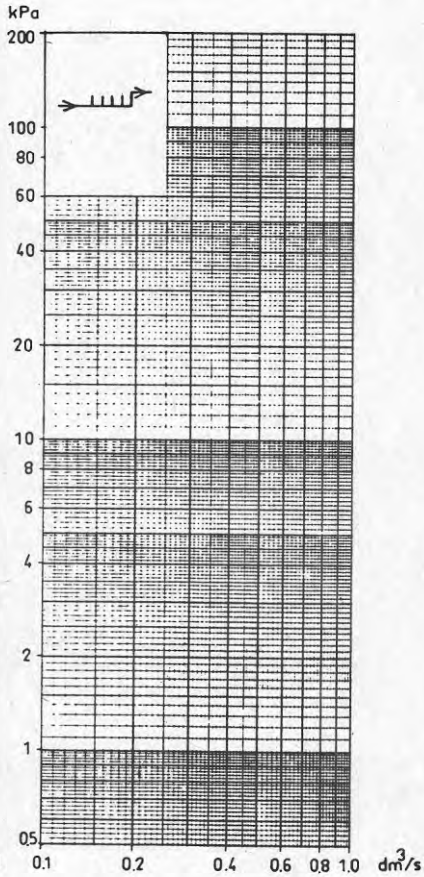
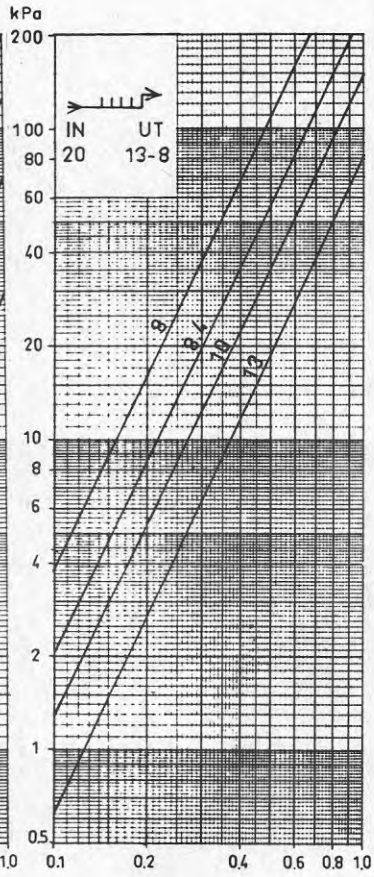
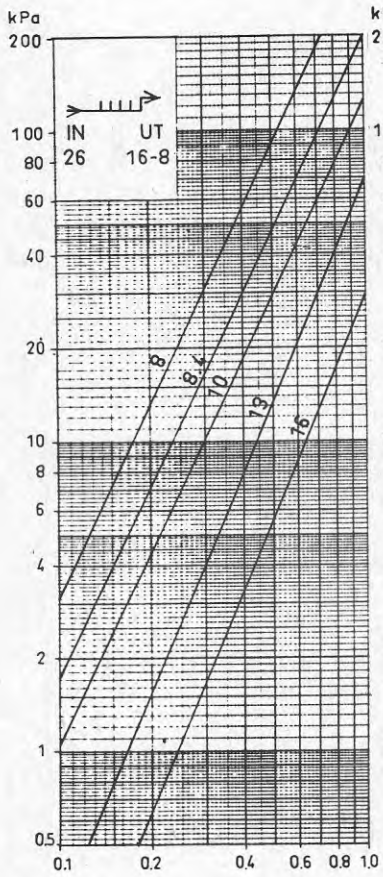
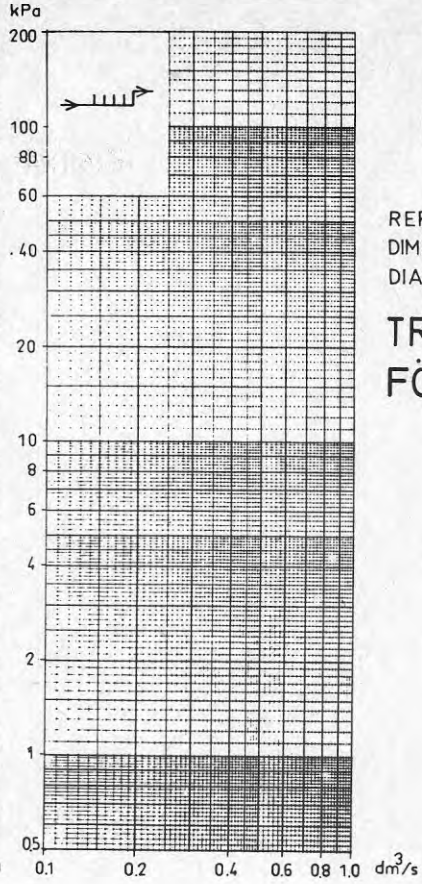
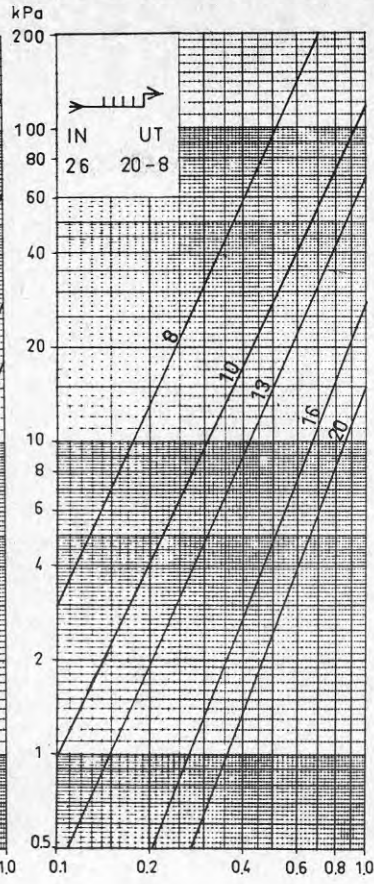
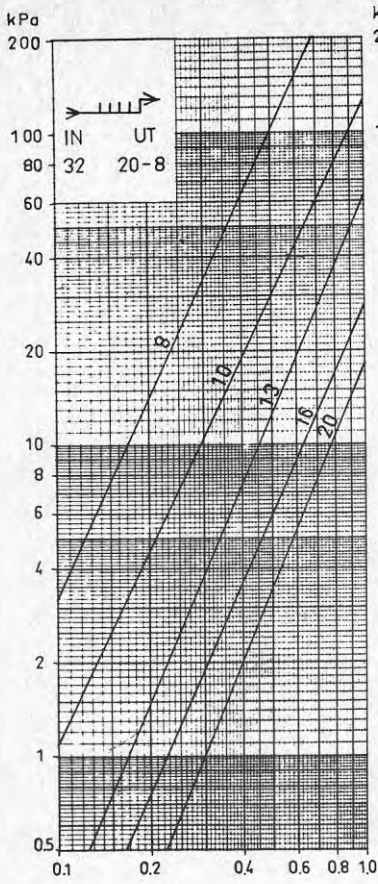
# RAKA Cu-RÖR





REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# TRAPPHUS- FÖRDELARE



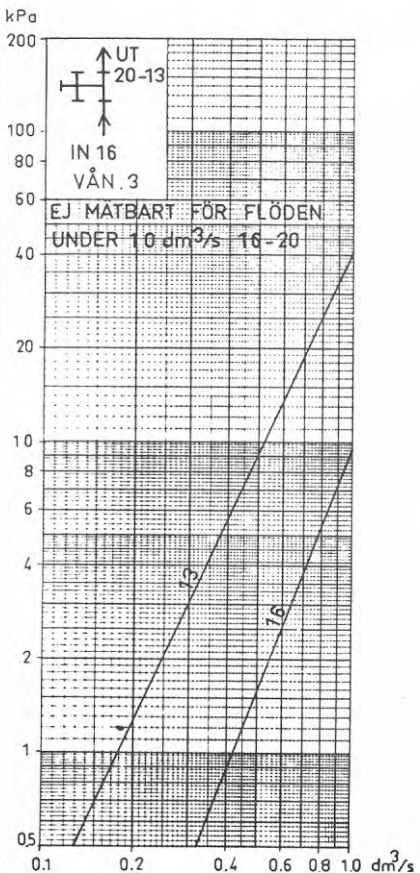
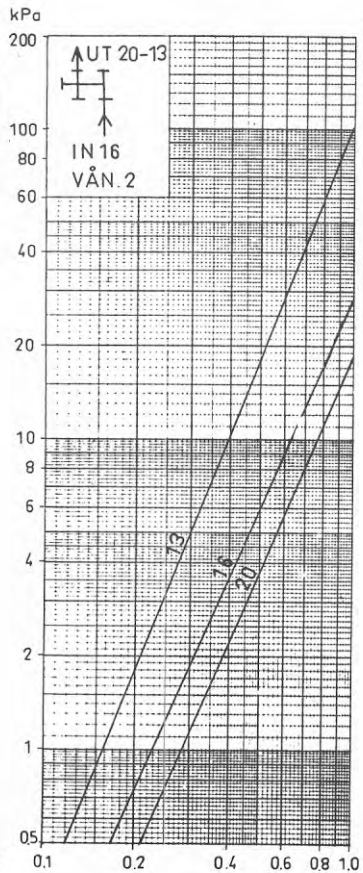
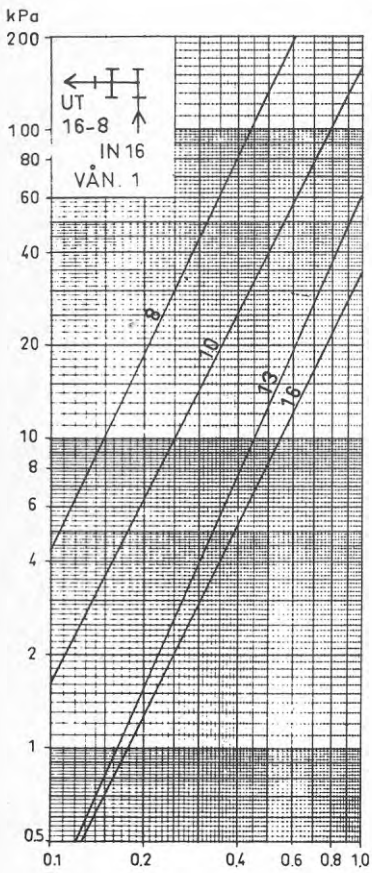
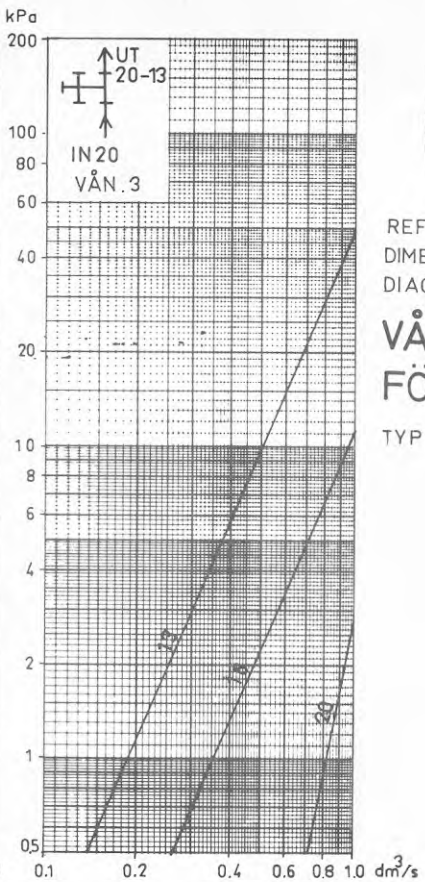
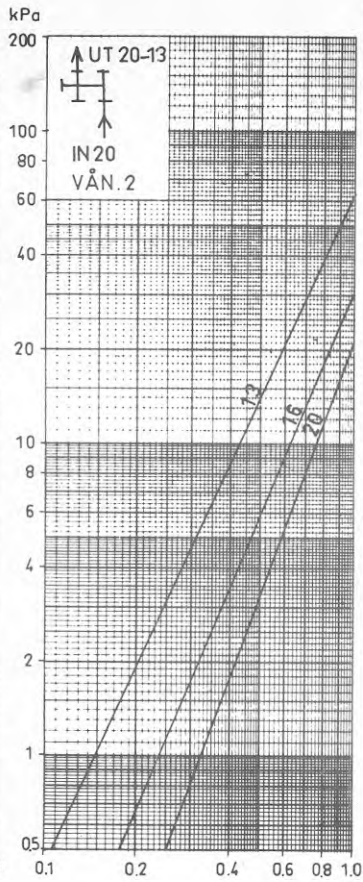
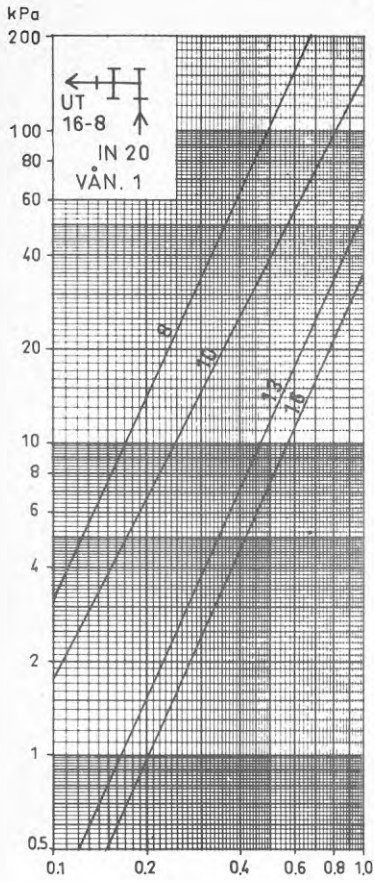




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# VÅNINGS- FÖRDELARE

TYP : 20/20

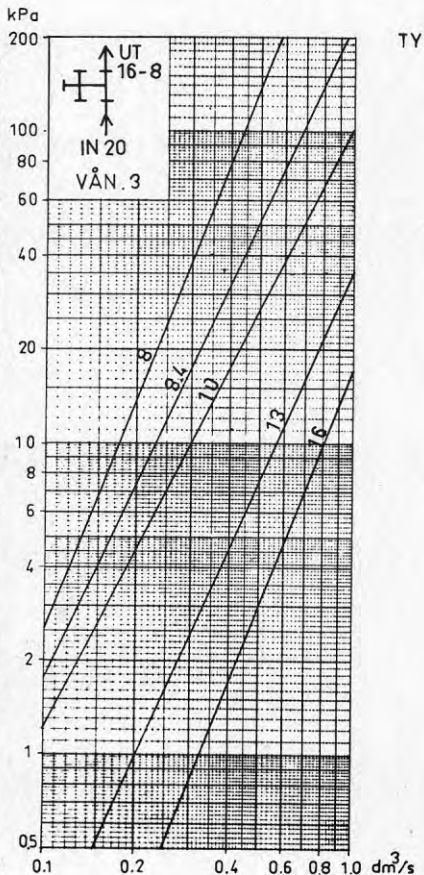
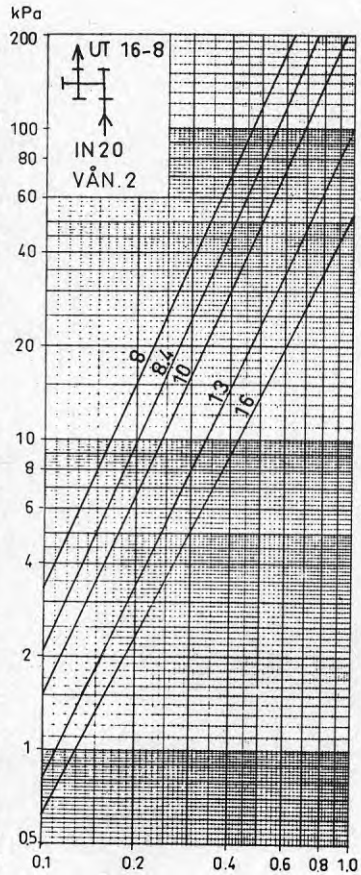
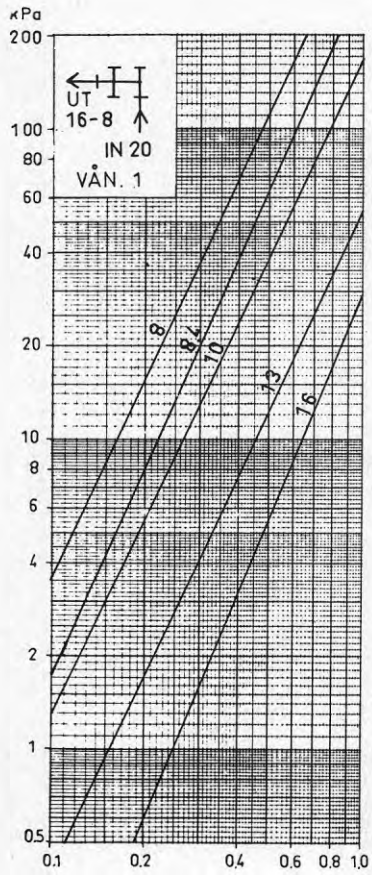
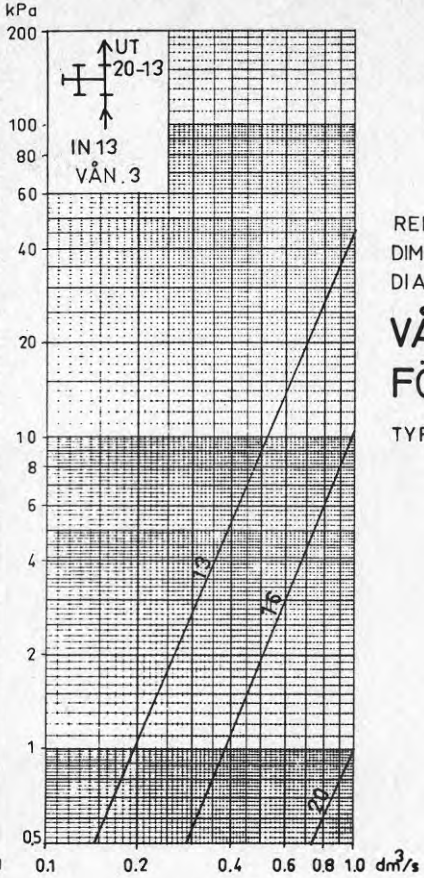
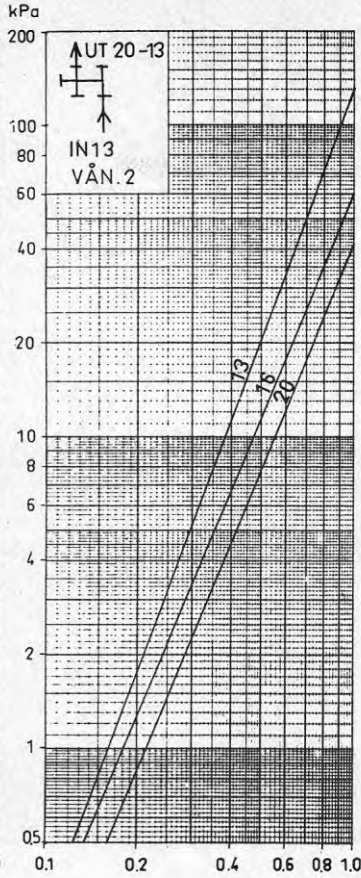
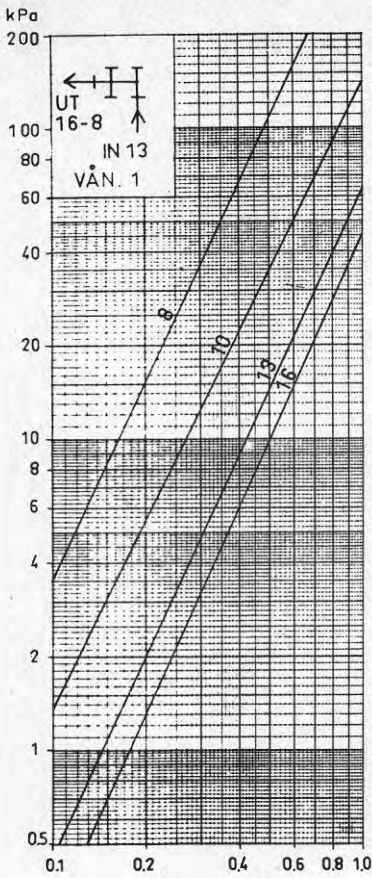




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# VÅNINGS- FÖRDELARE

TYP : 20/20



TYP : 20/13

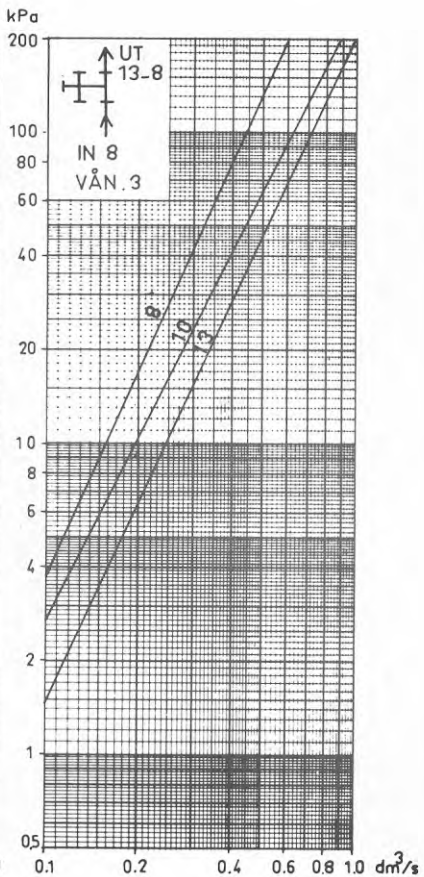
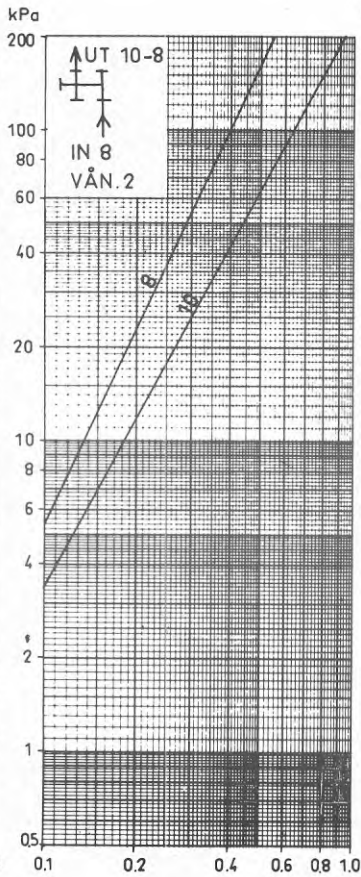
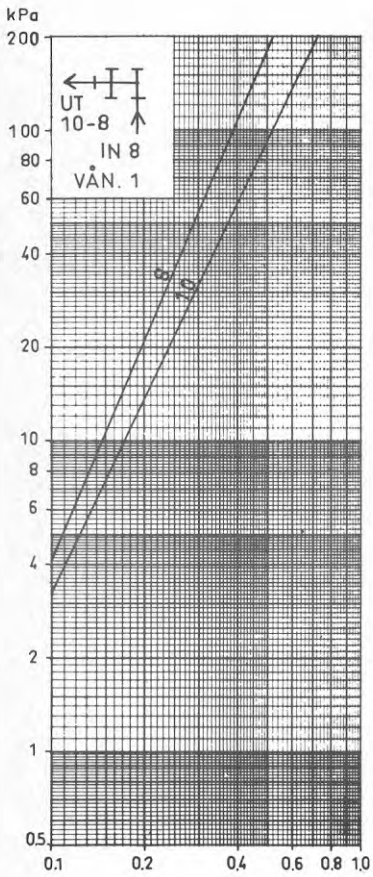
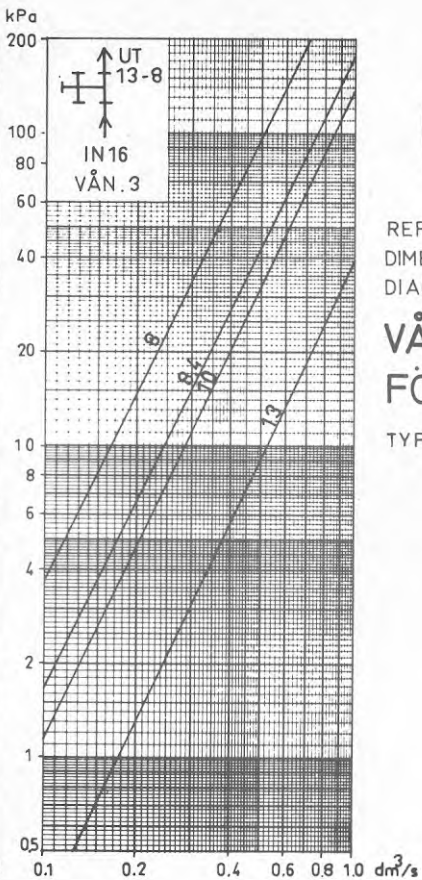
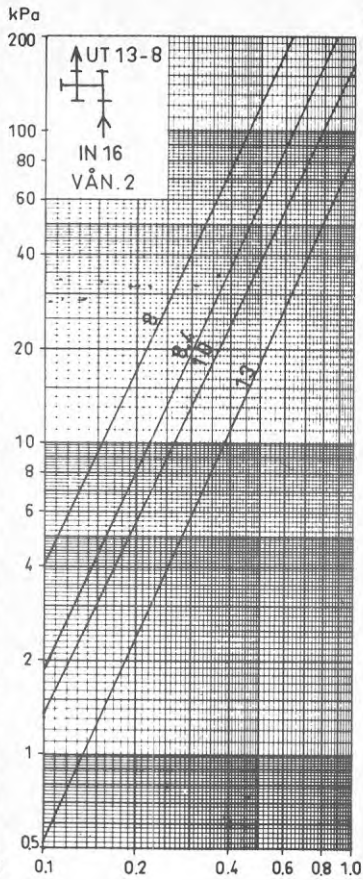
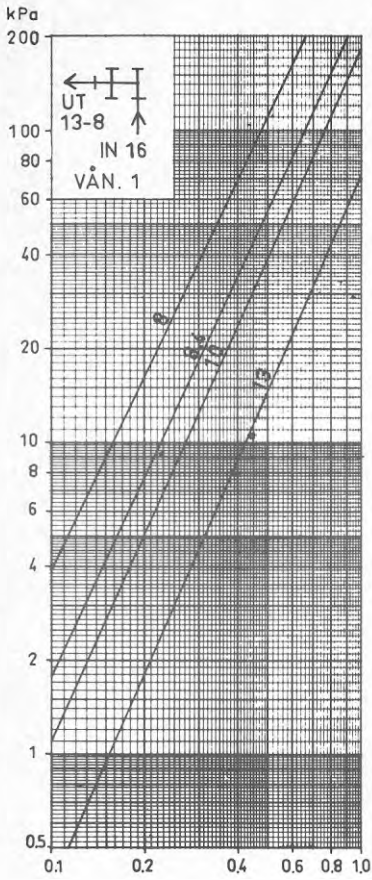




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# VÅNINGS- FÖRDELARE

TYP: 20/13

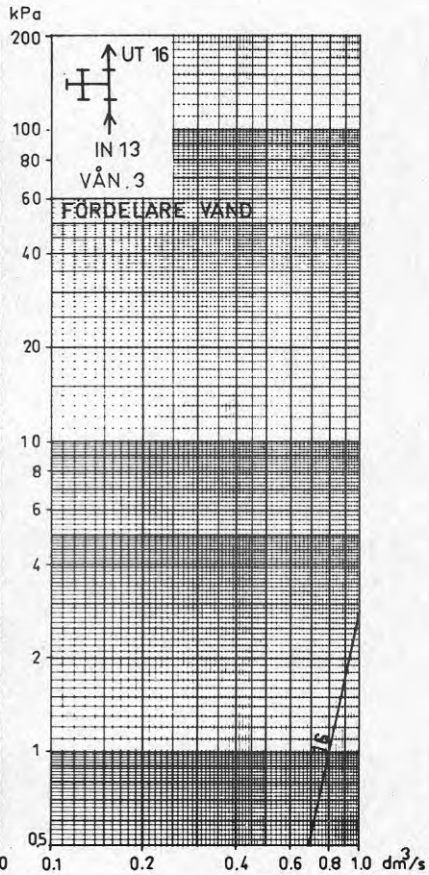
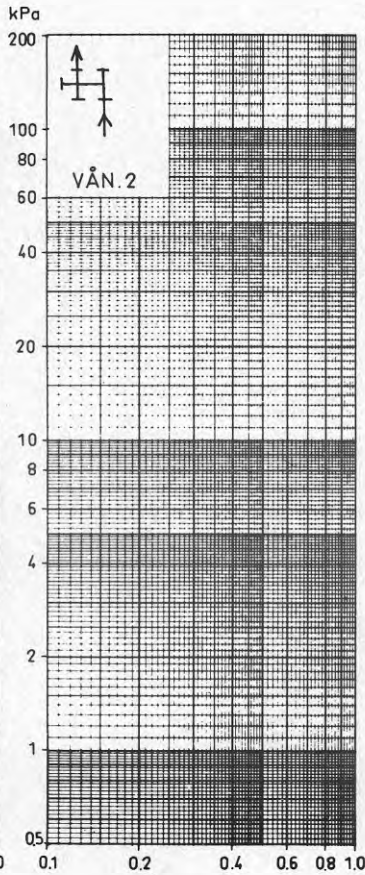
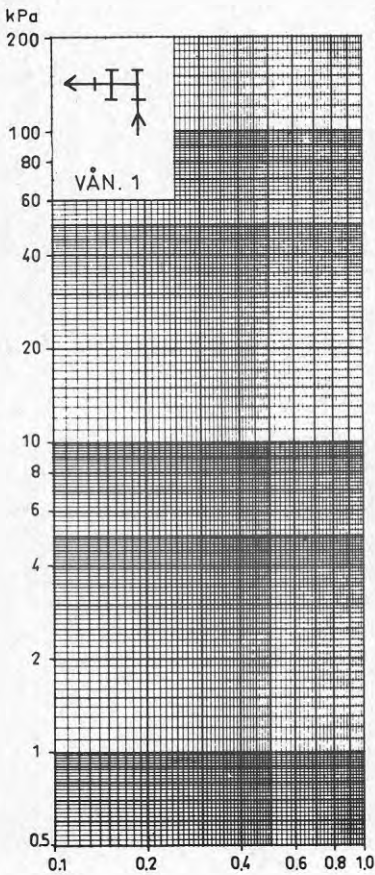
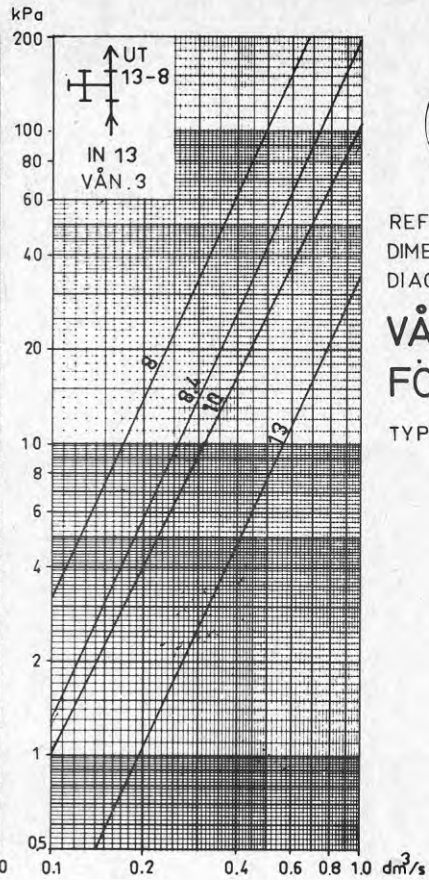
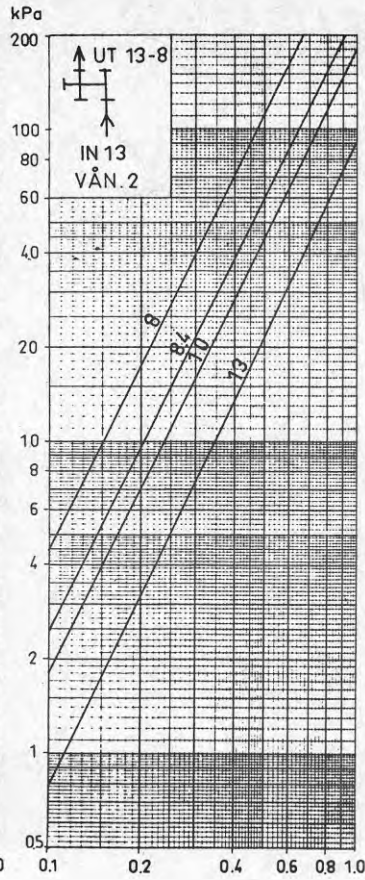
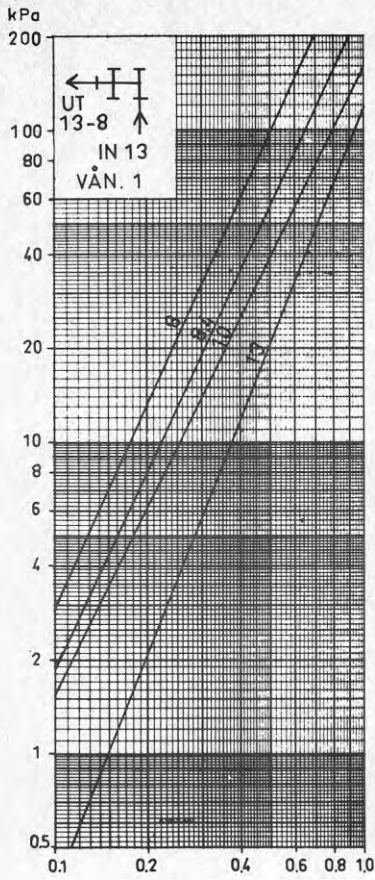




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# VÅNINGS- FÖRDELARE

TYP: 20/13



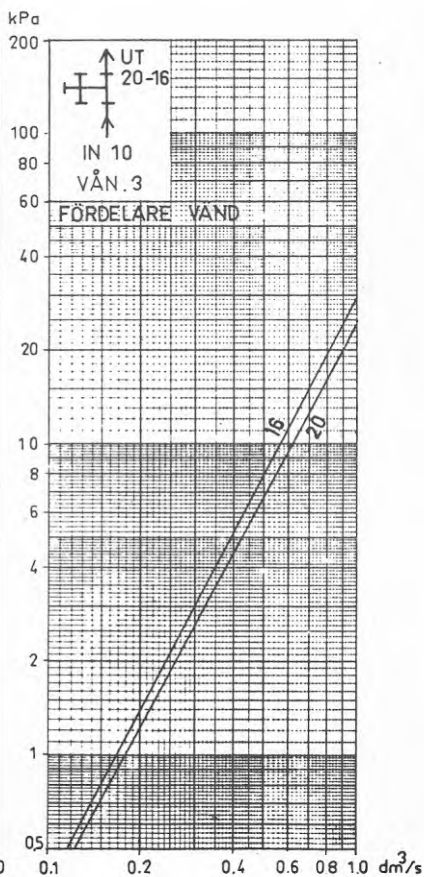
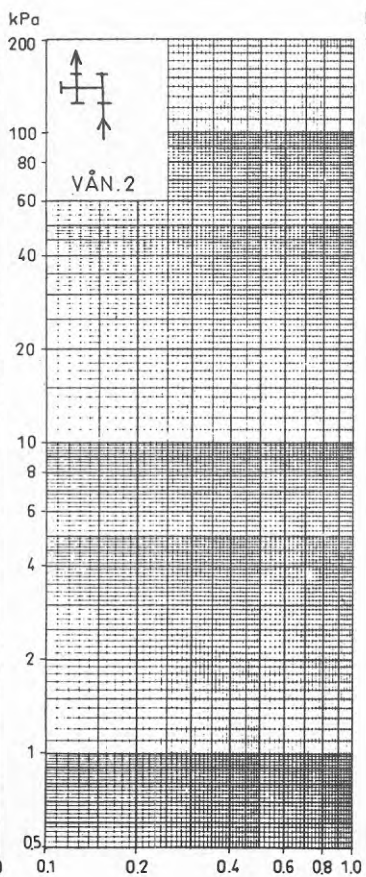
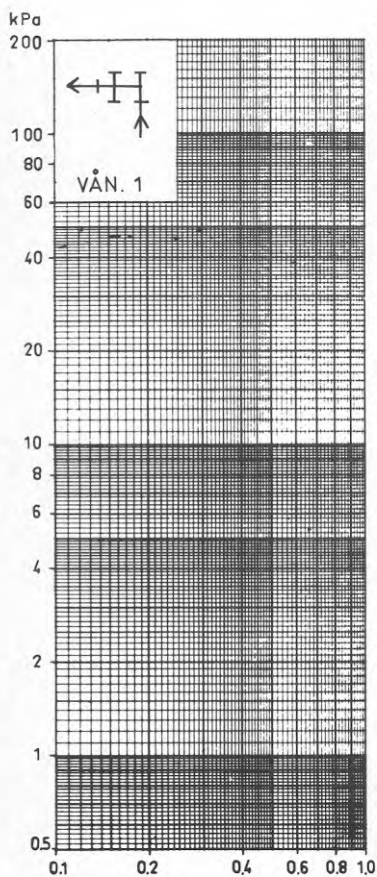
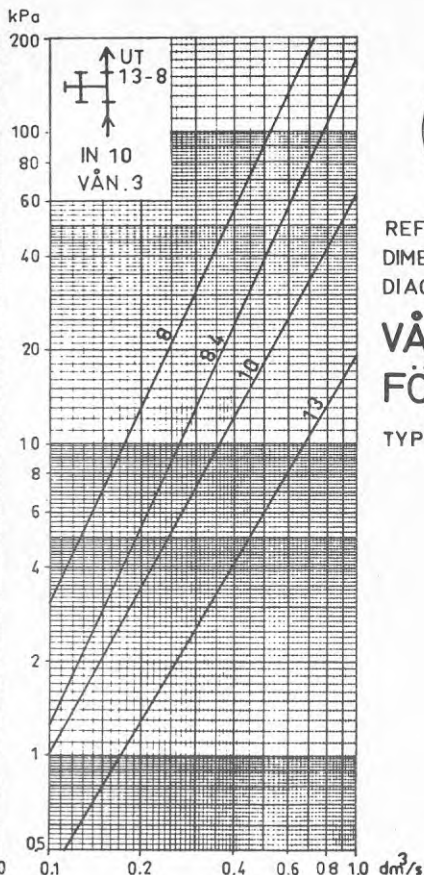
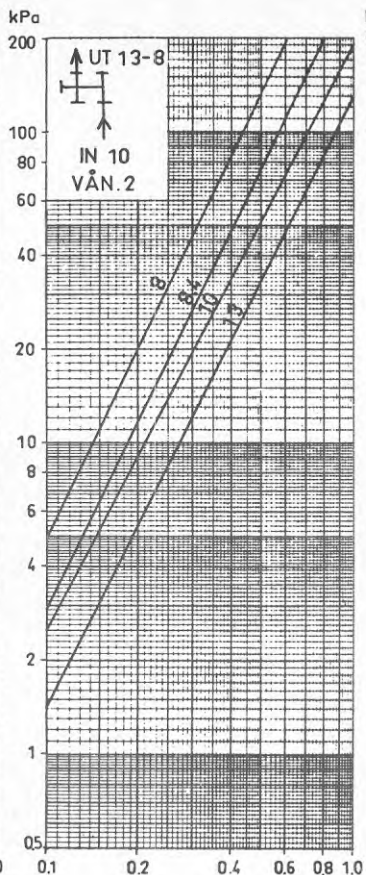
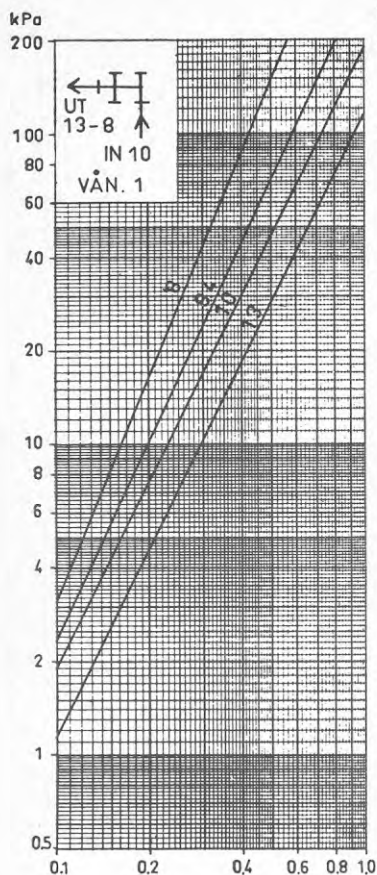




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# VÅNINGS- FÖRDELARE

TYP: 20/13



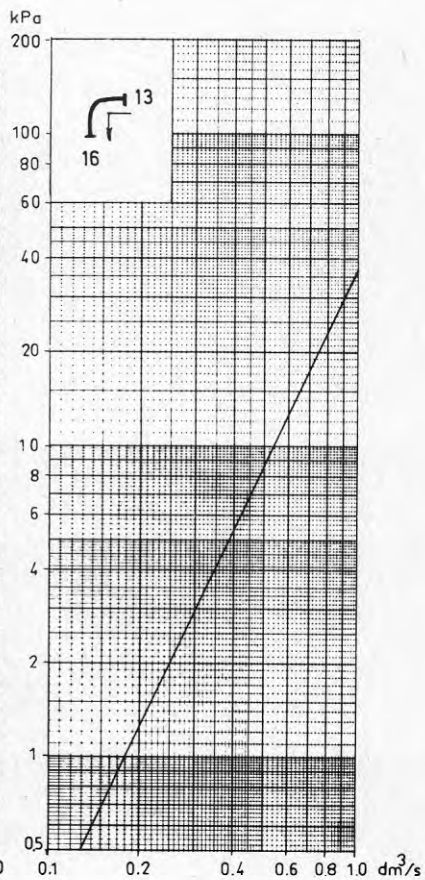
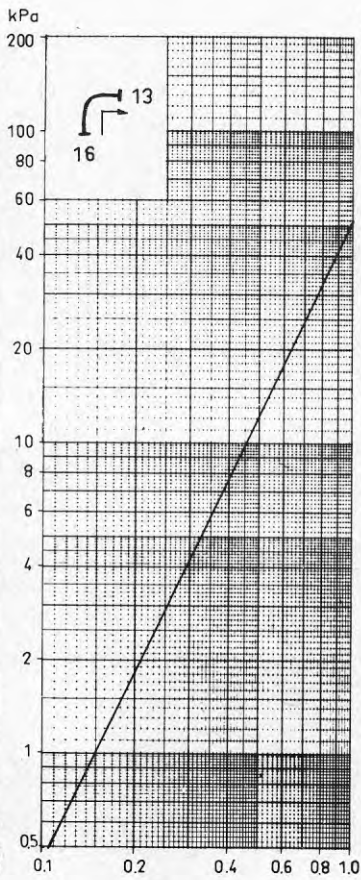
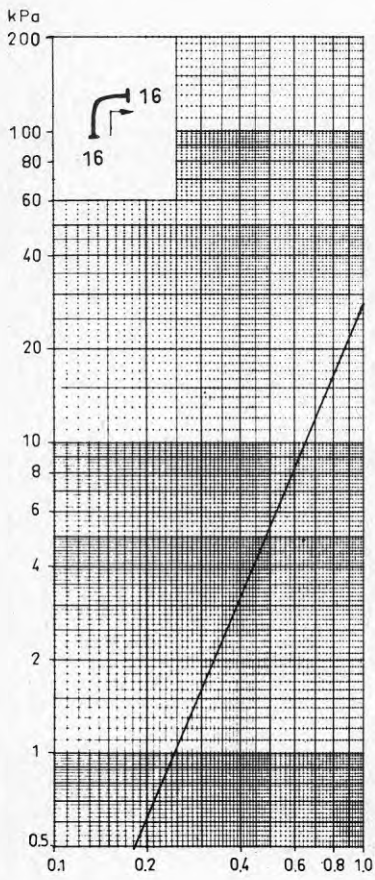
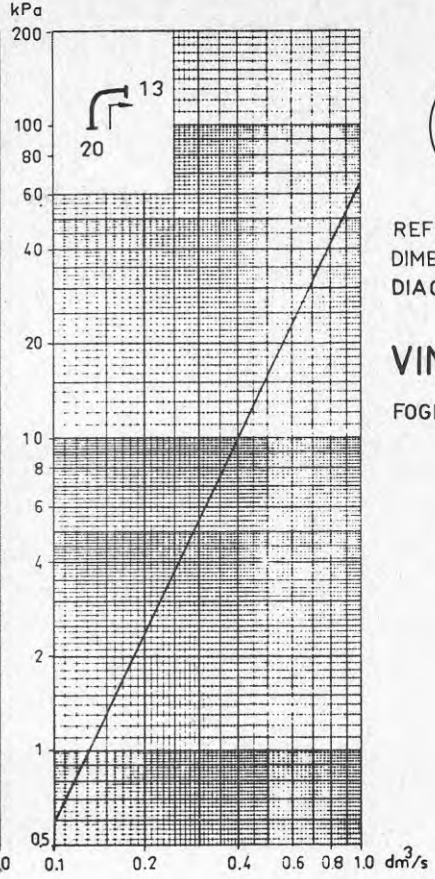
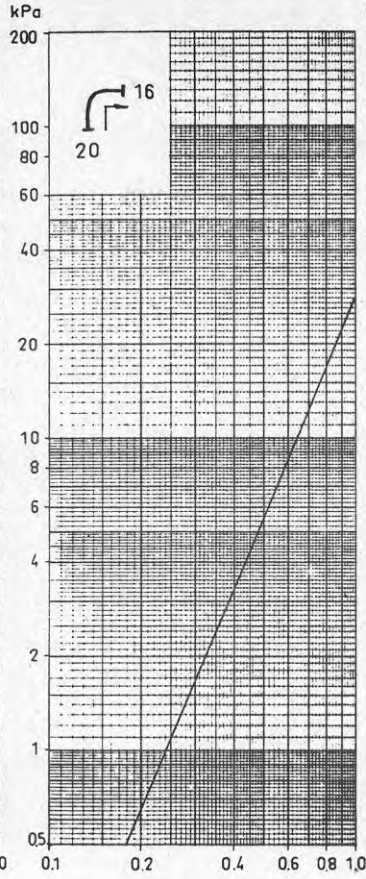
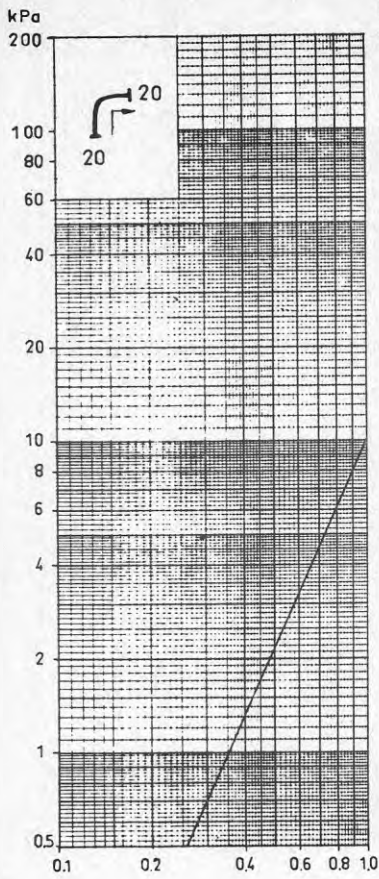




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

### VINKLAR

FOGMETOD : MEK. KOPPL.

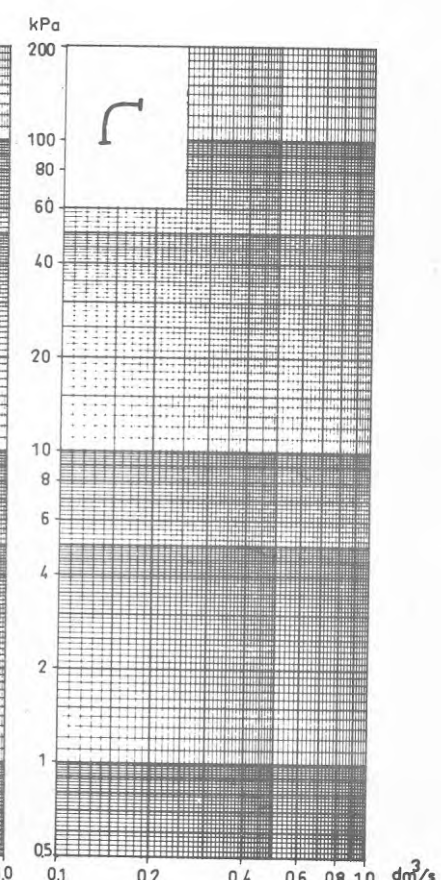
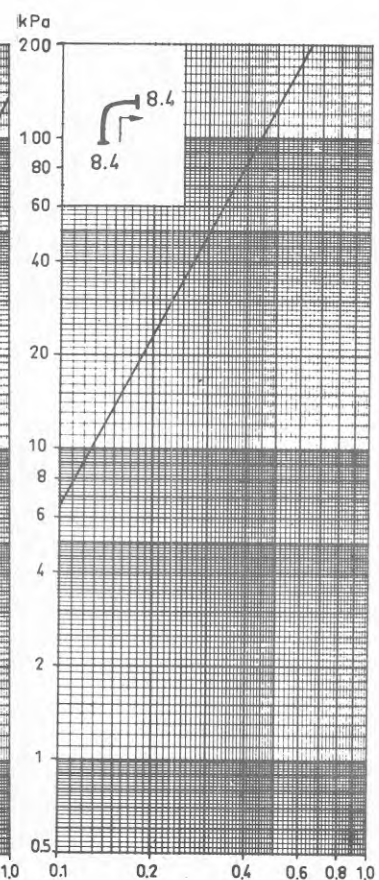
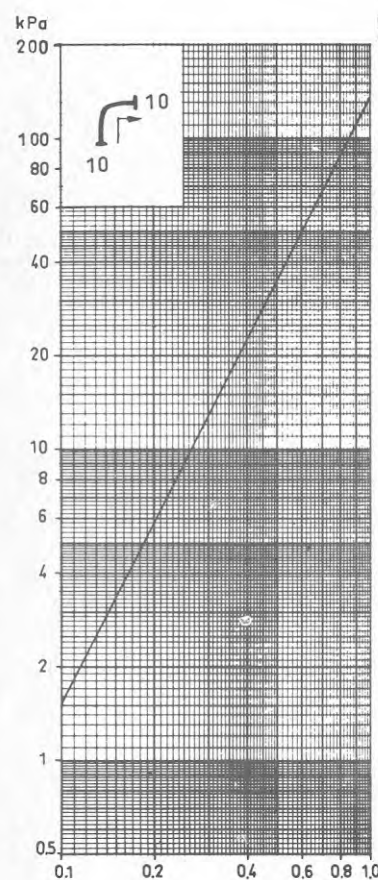
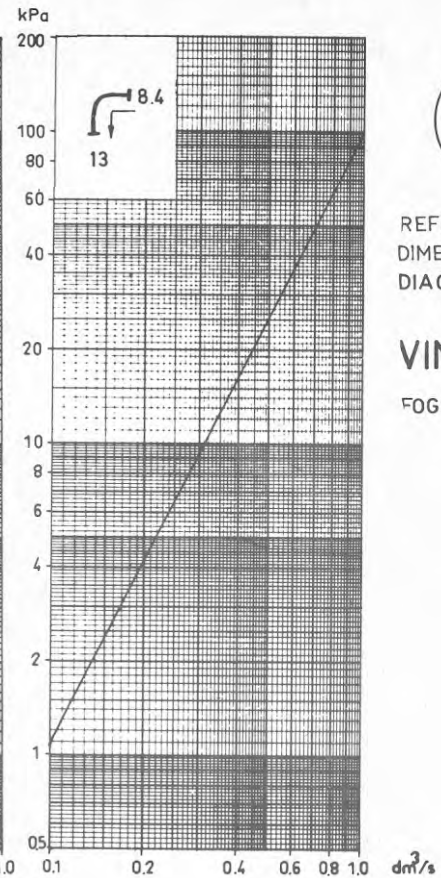
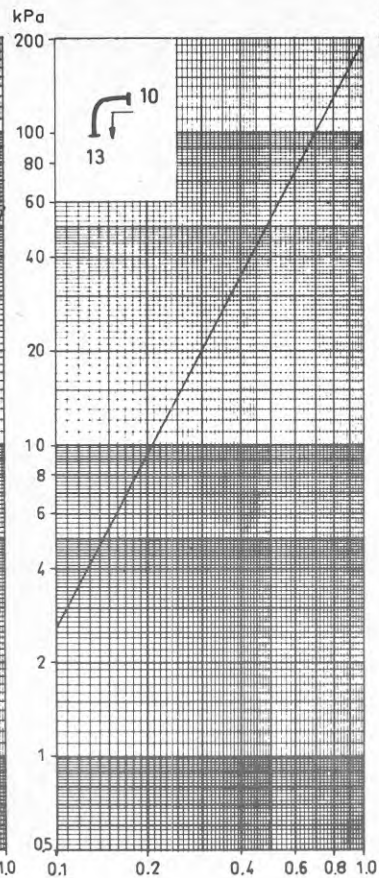
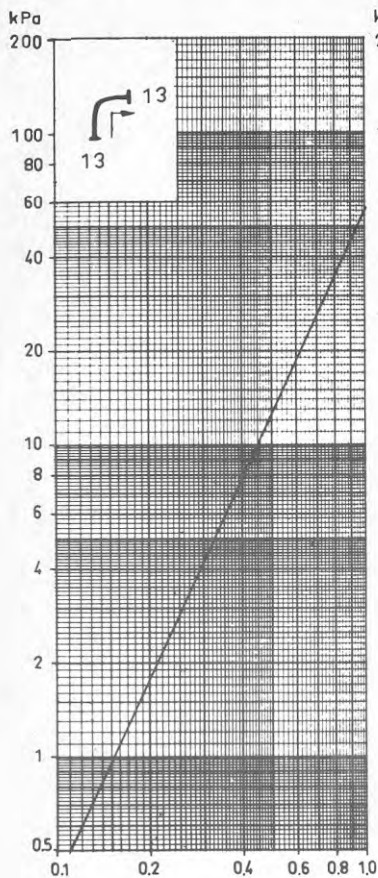




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# VINKLAR

FOGMETOD : MEK. KOPPL.



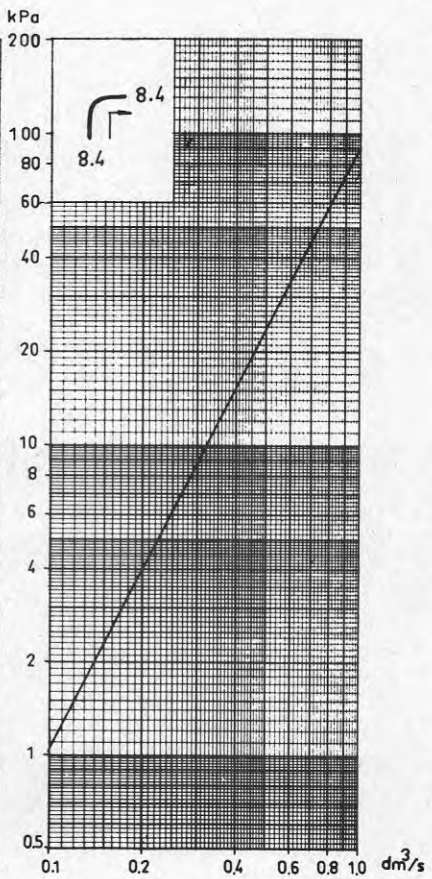
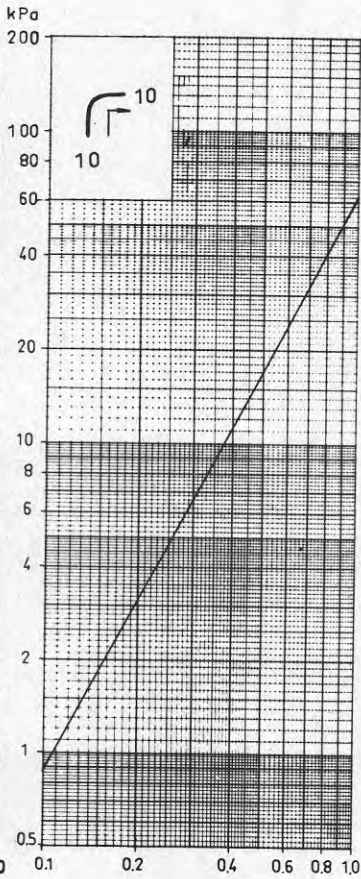
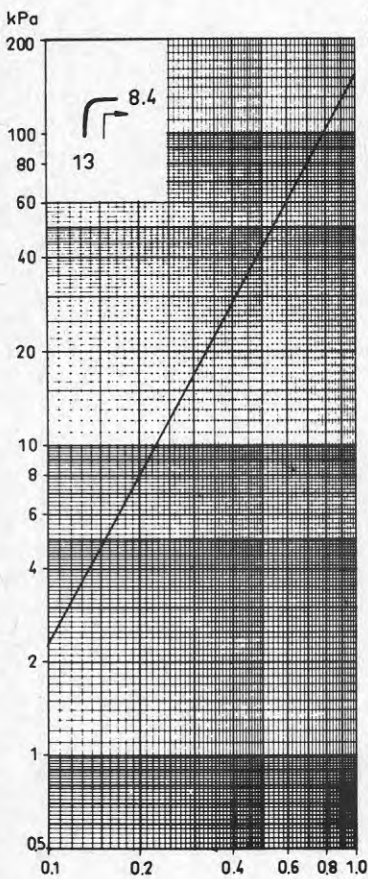
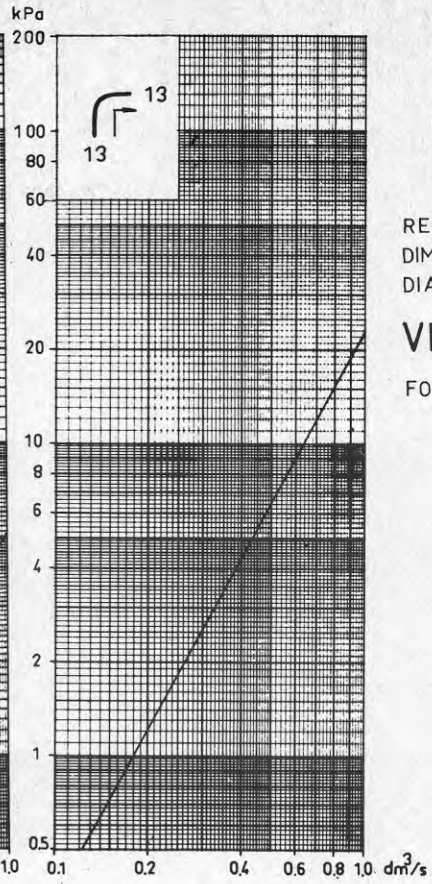
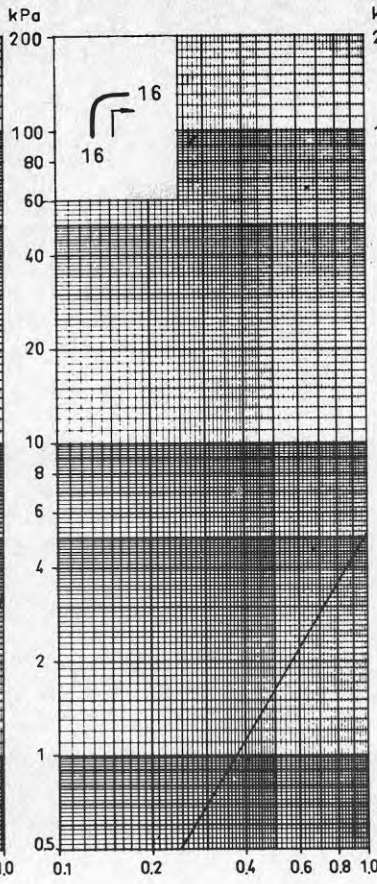
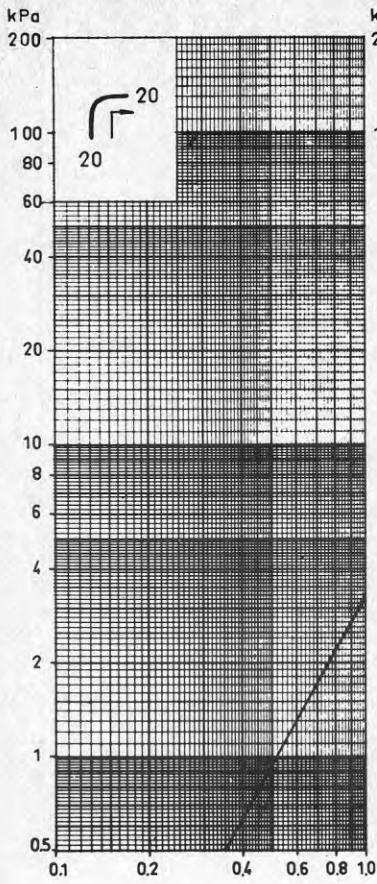




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

**VINKLAR:**

FOGMETOD: LÖDNING



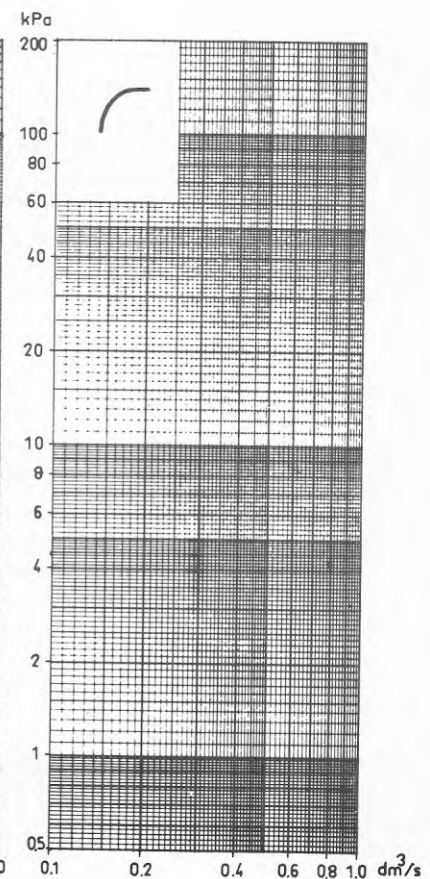
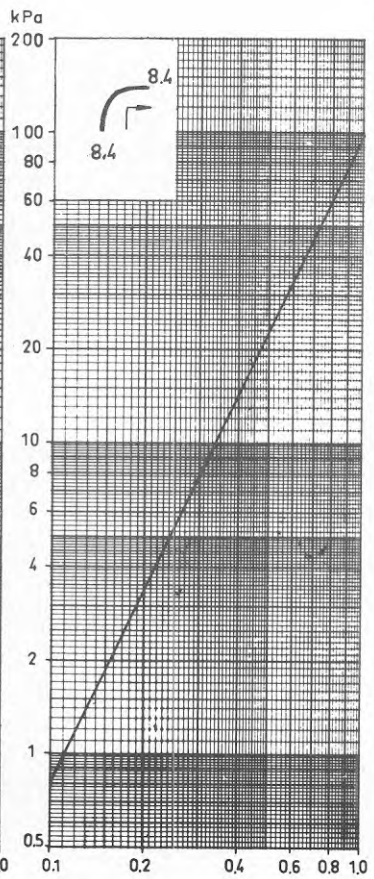
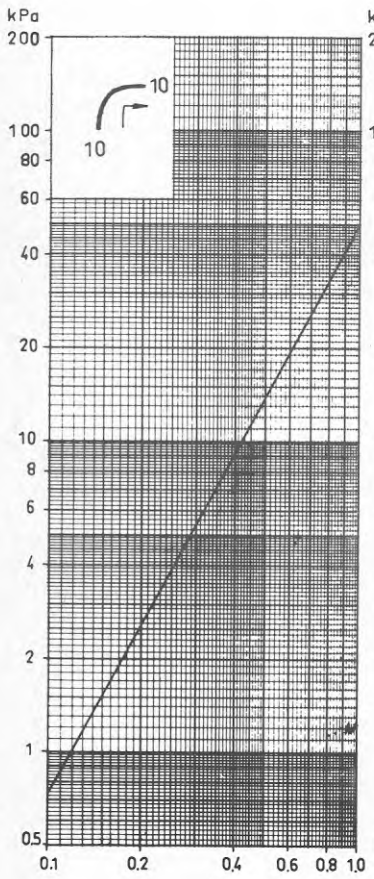
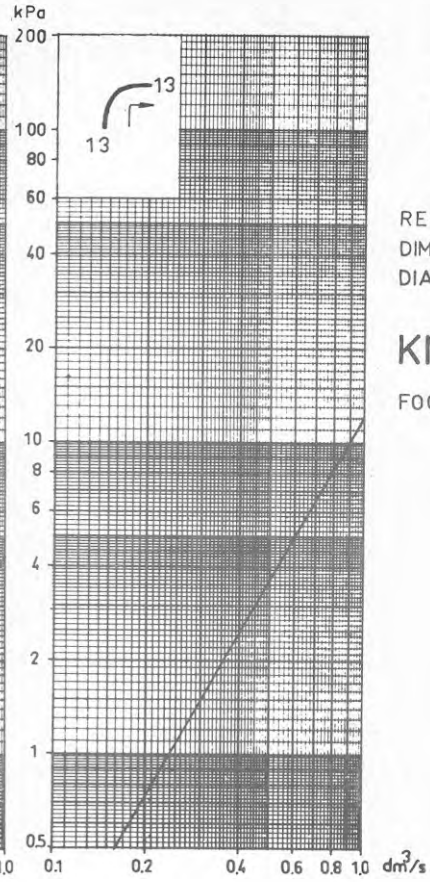
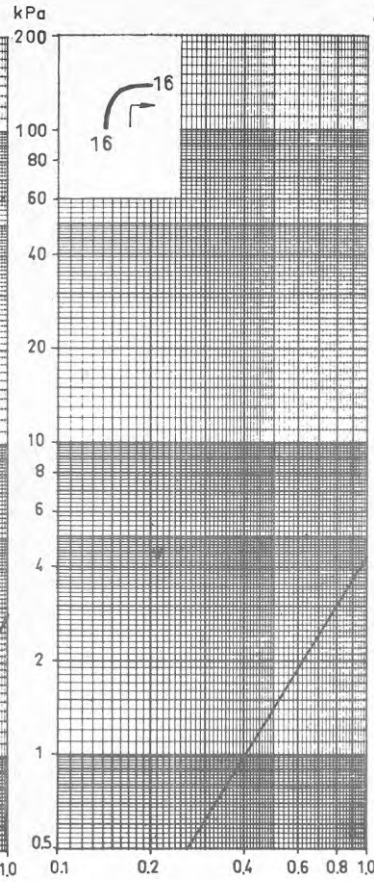
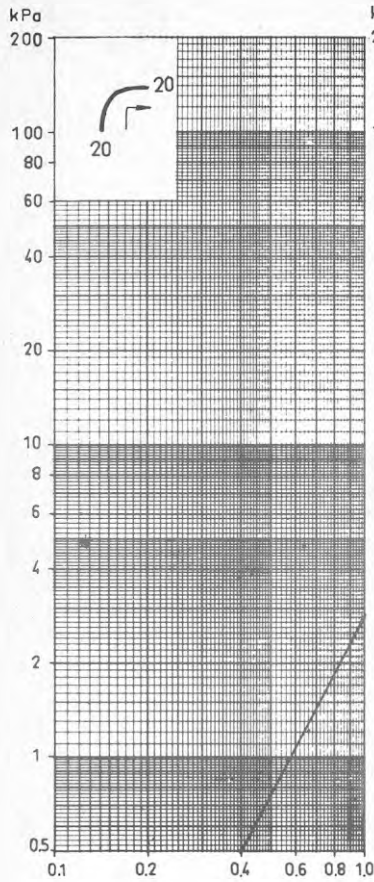




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

**KNÄRÖR**

FOGMETOD: LÖDNING

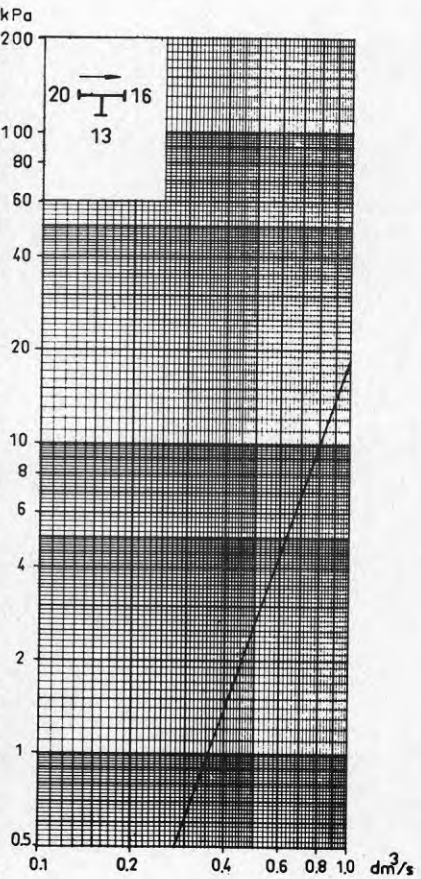
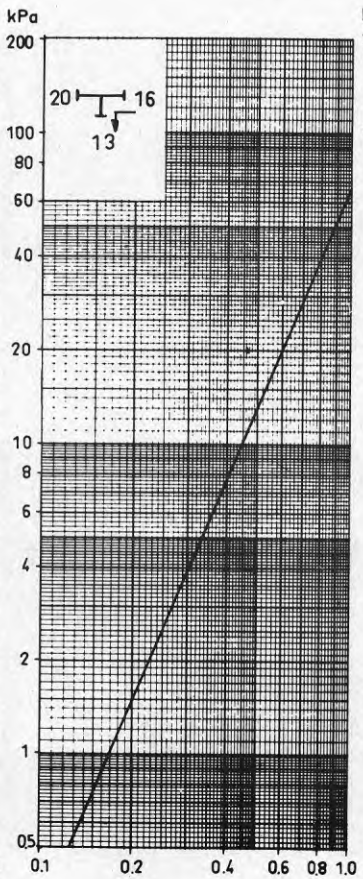
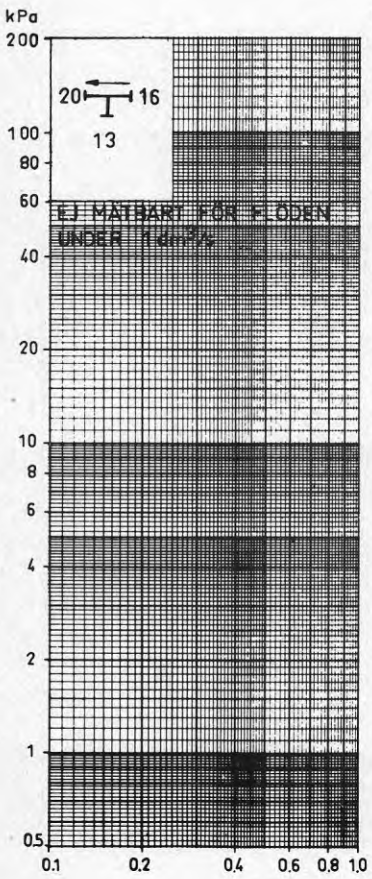
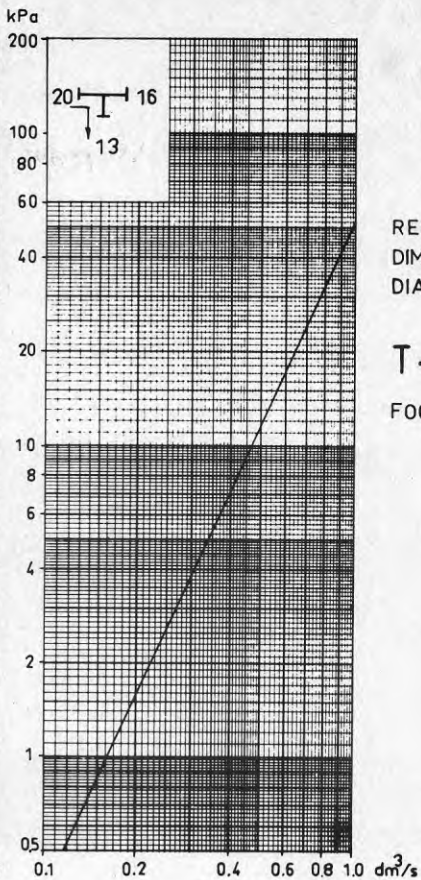
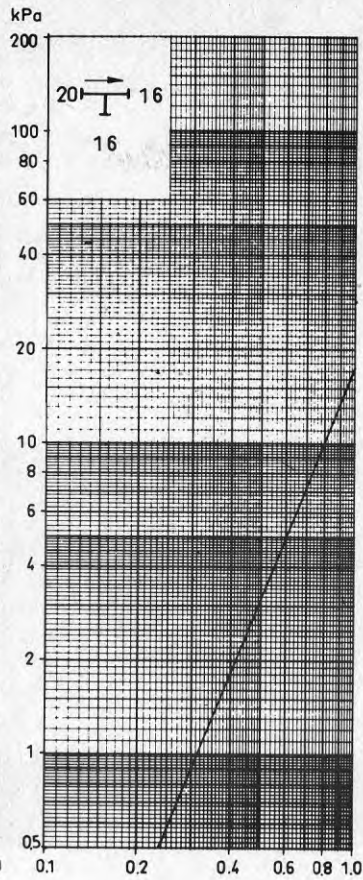
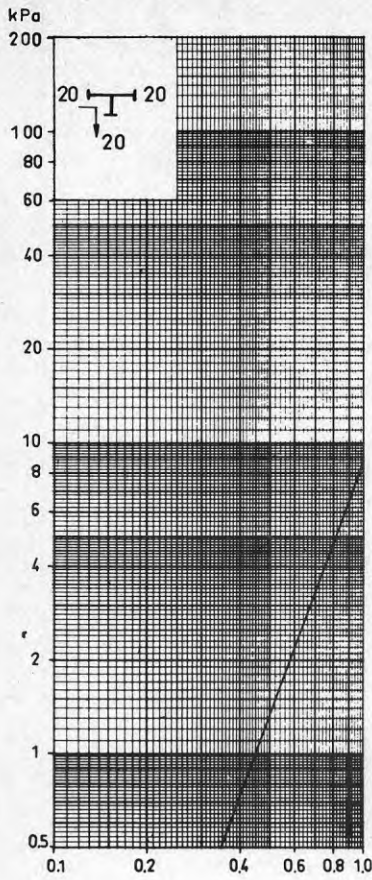




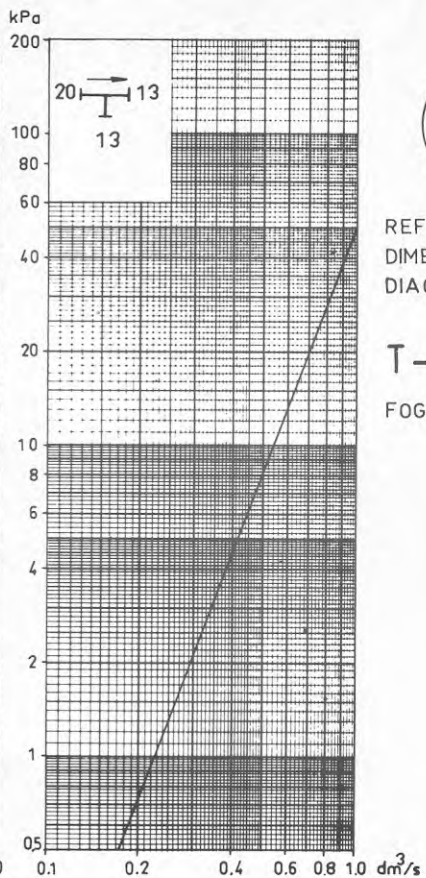
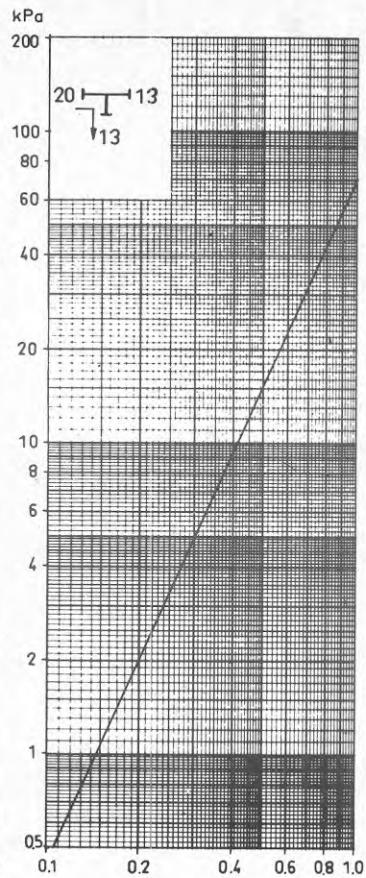
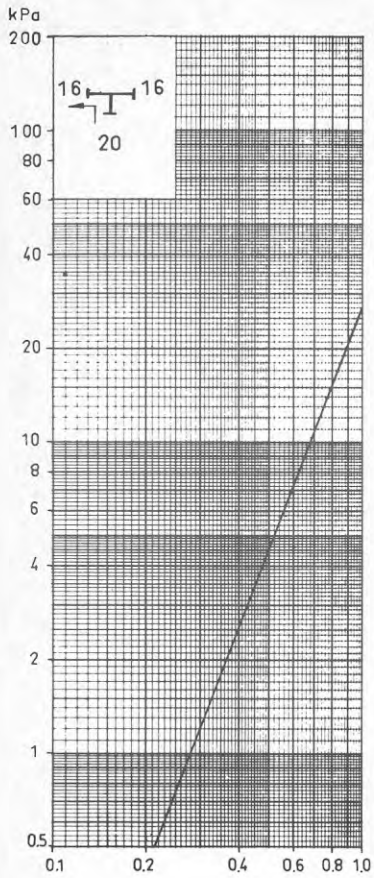
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.







REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

**T-RÖR**

FOGMETOD: MEK. KOPPL.

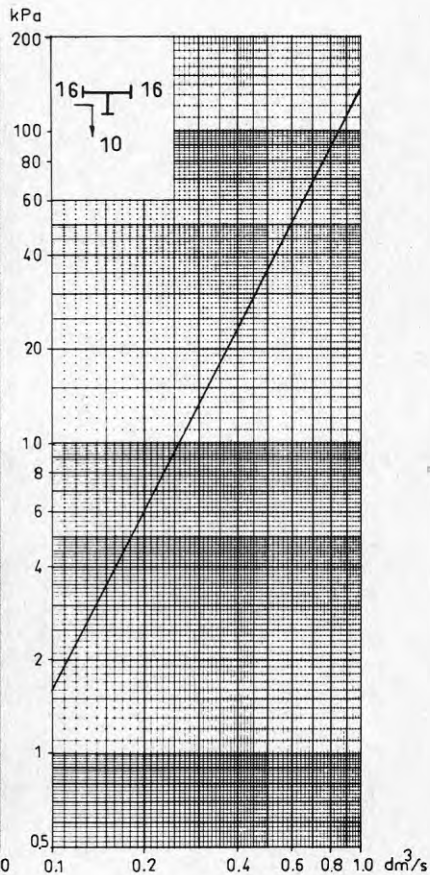
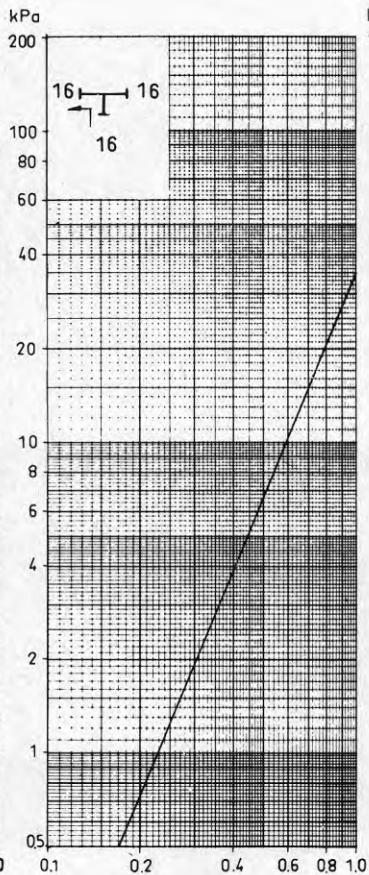
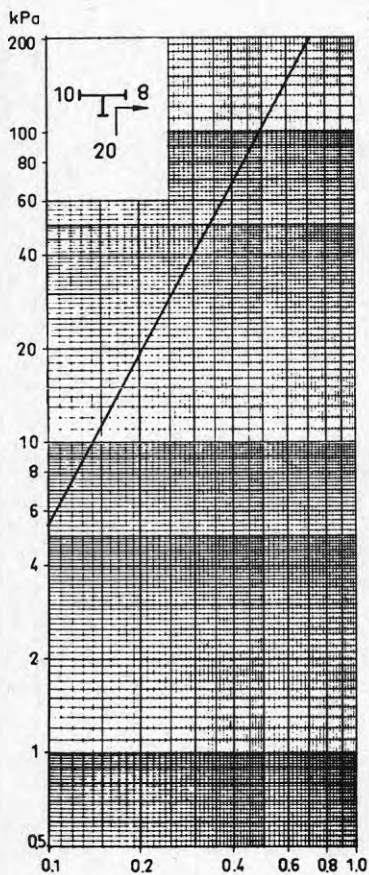
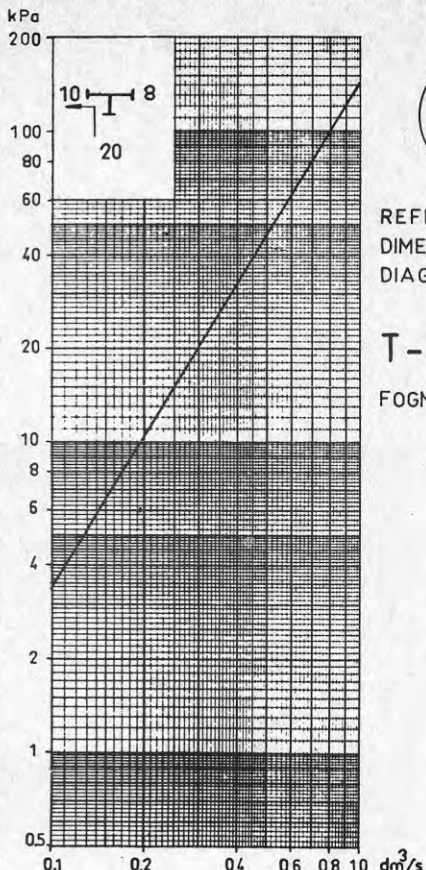
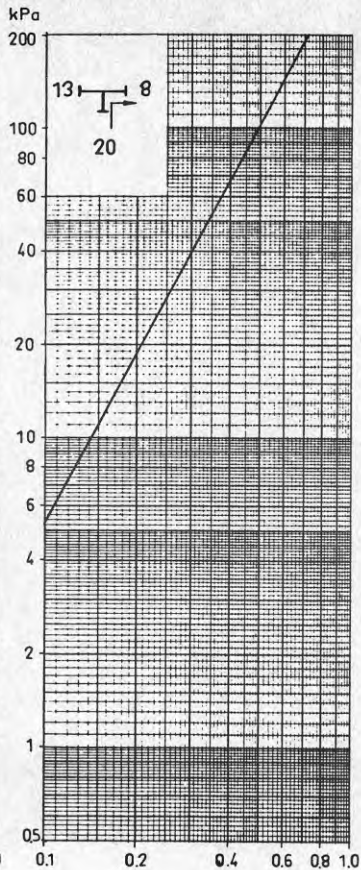
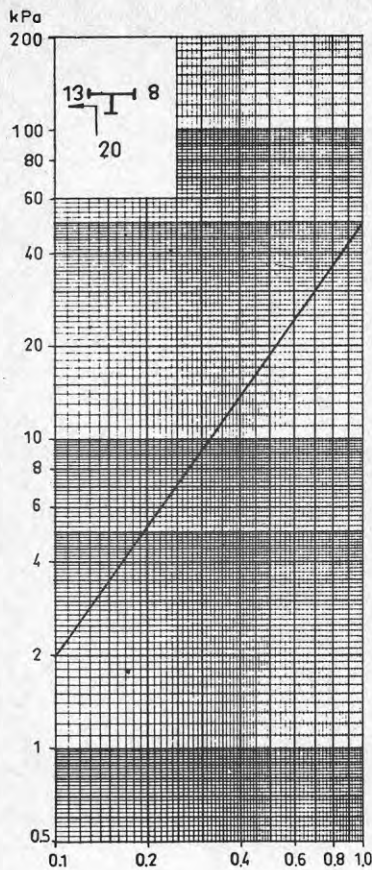




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.

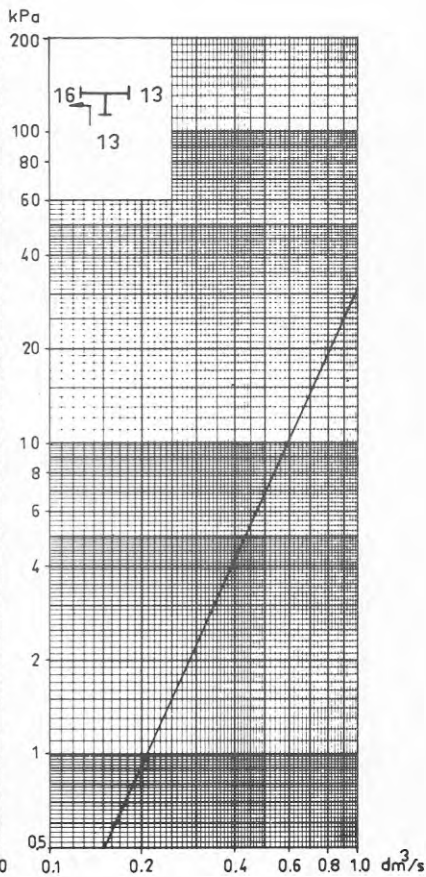
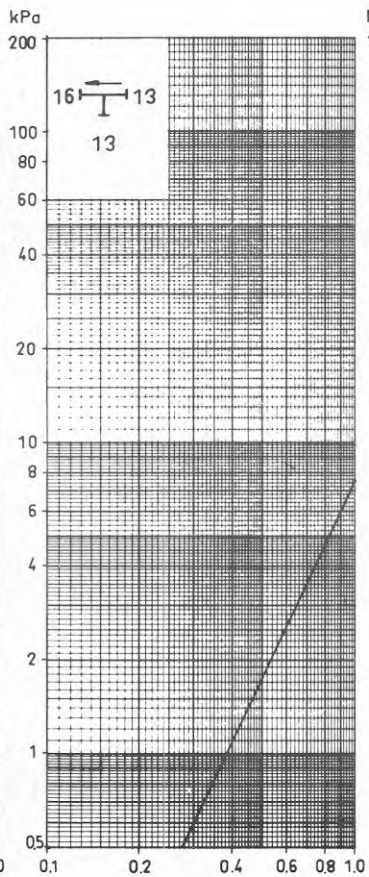
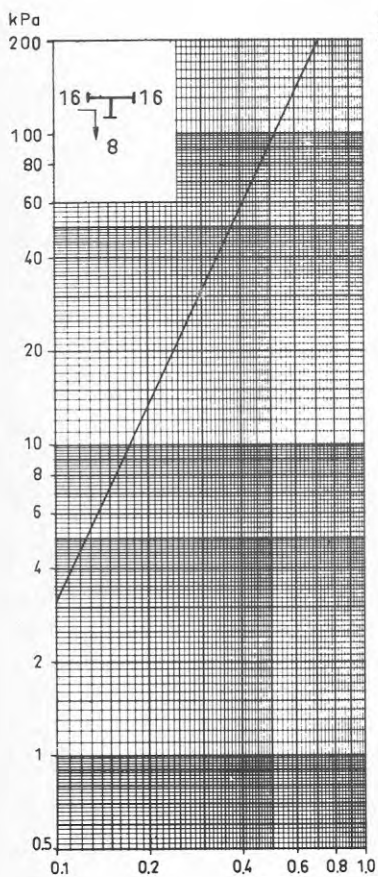
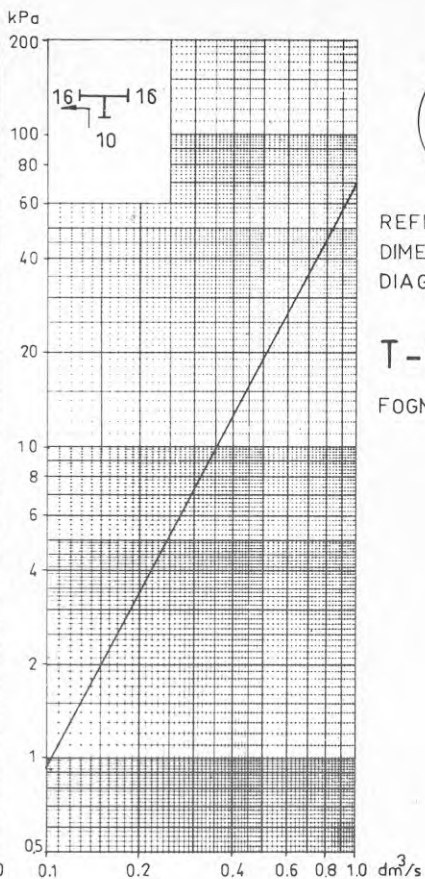
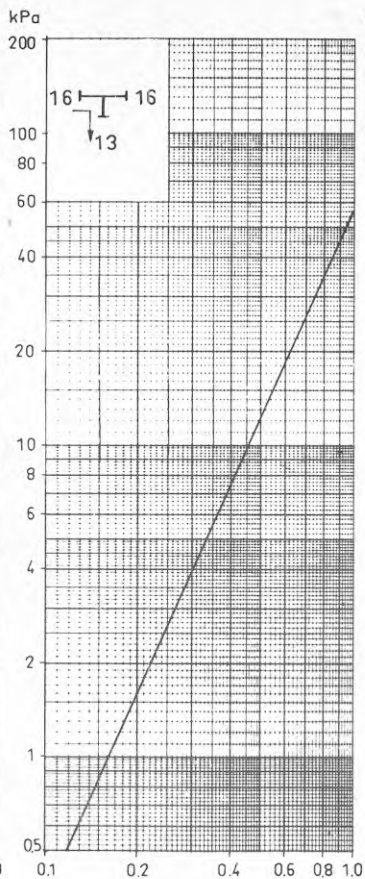
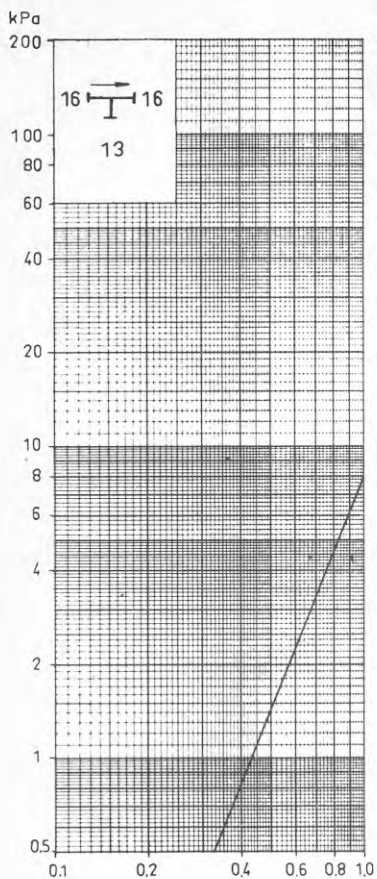




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

### T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.



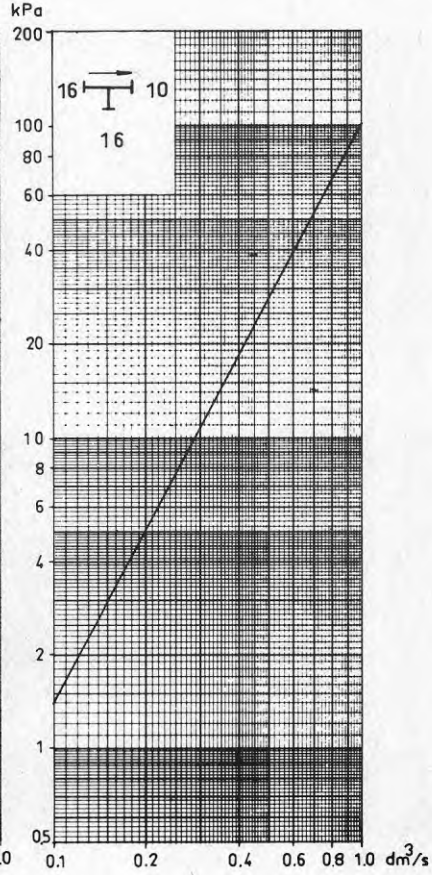
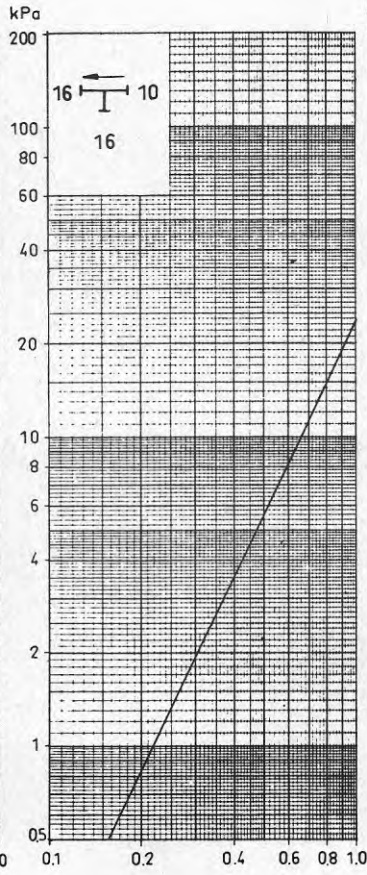
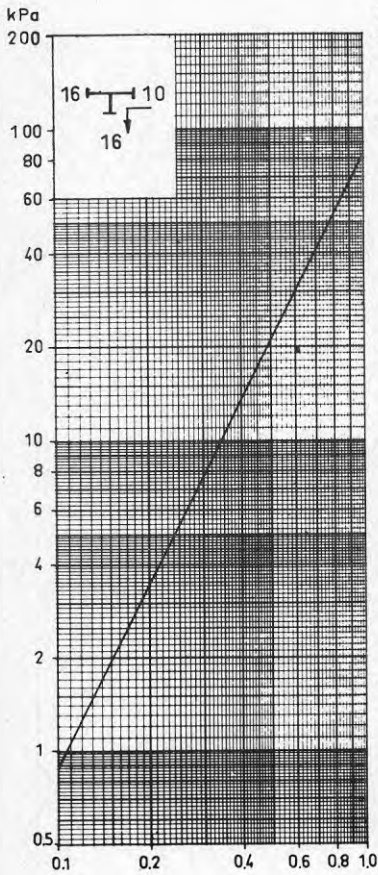
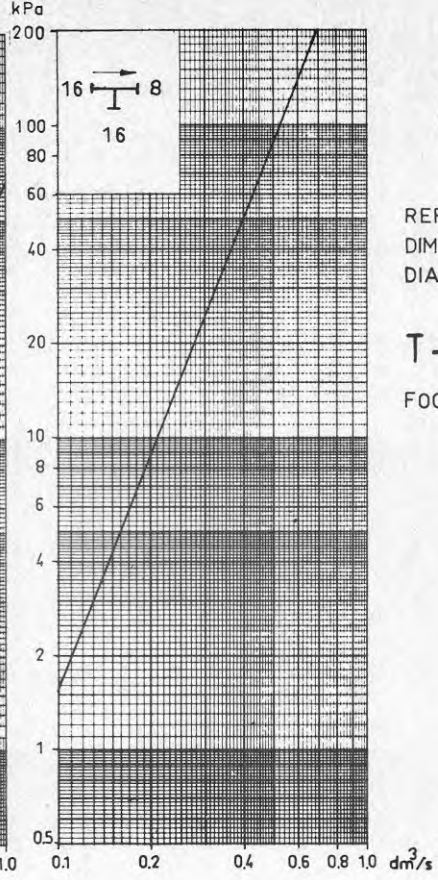
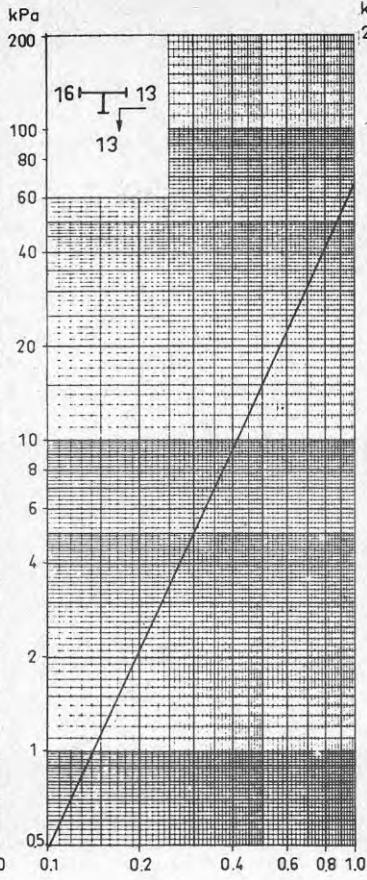
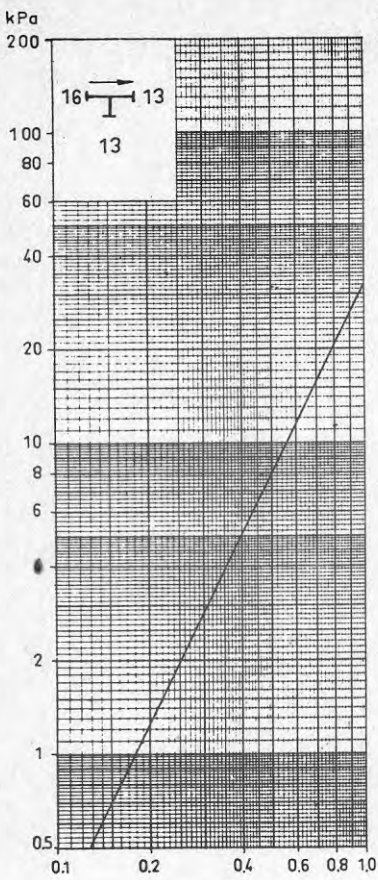




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGNETOD: MEK. KOPPL.



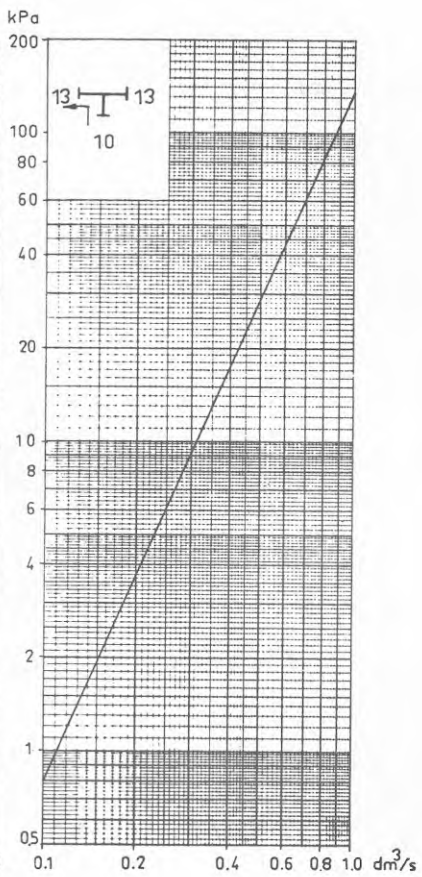
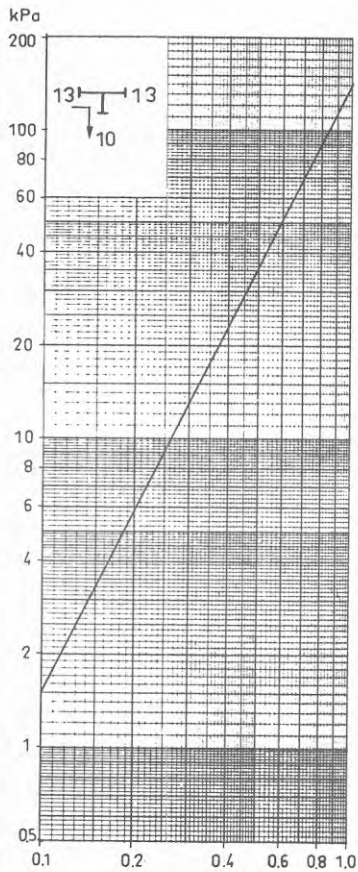
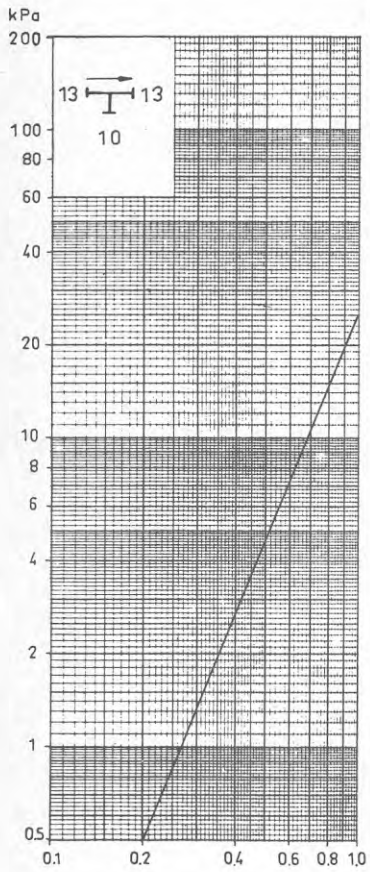
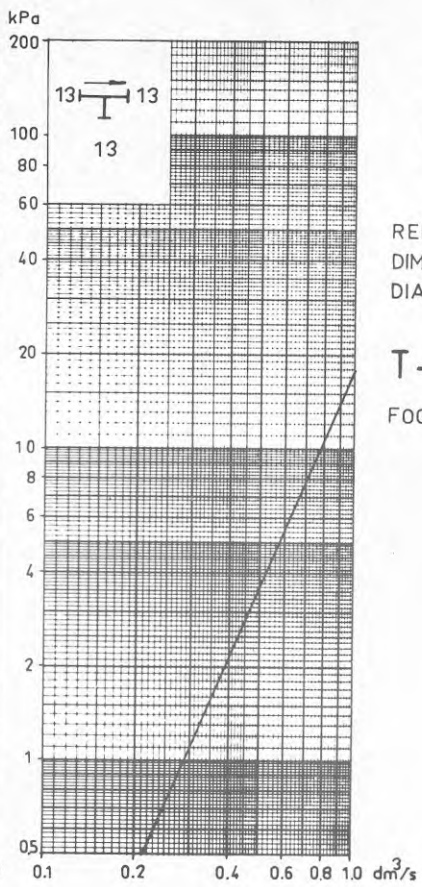
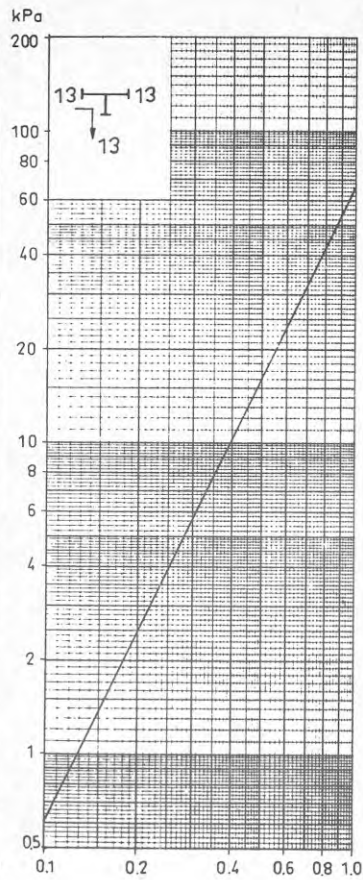
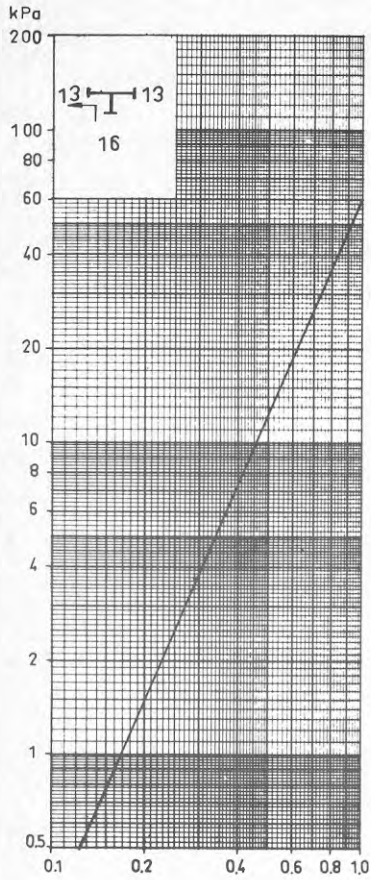




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.

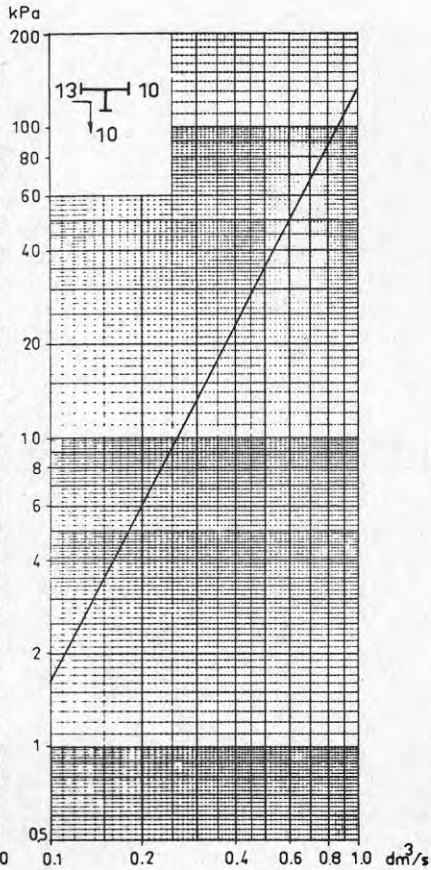
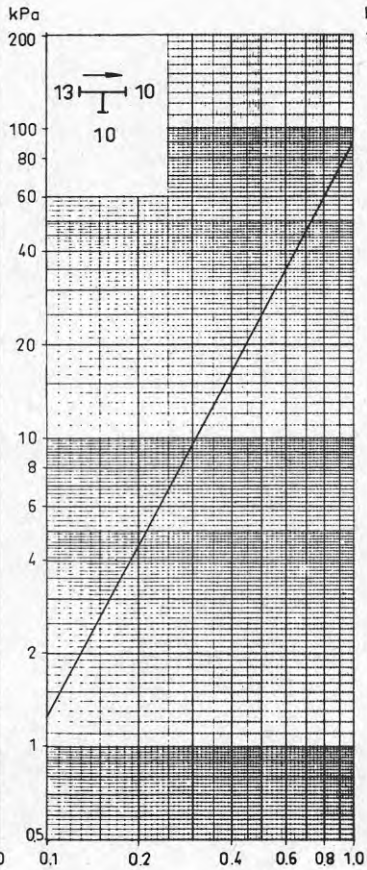
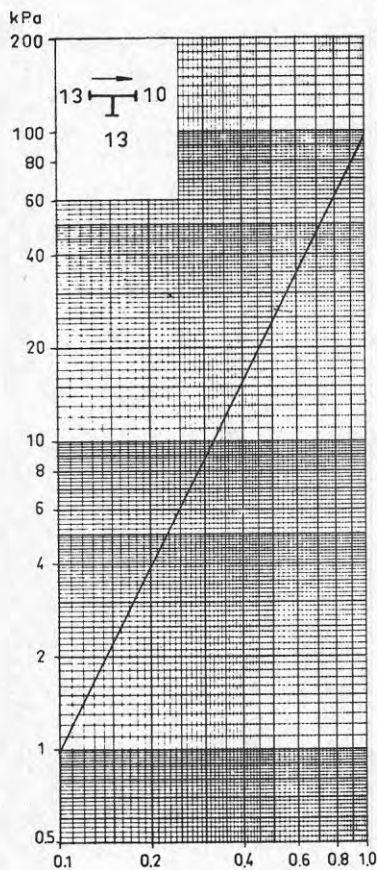
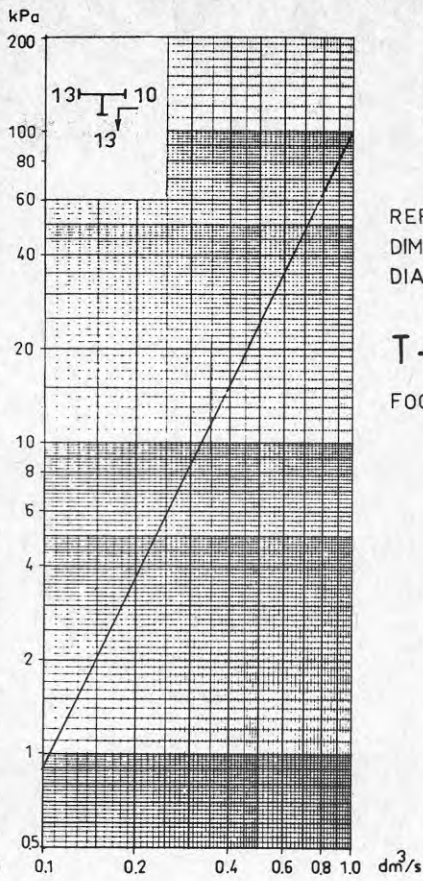
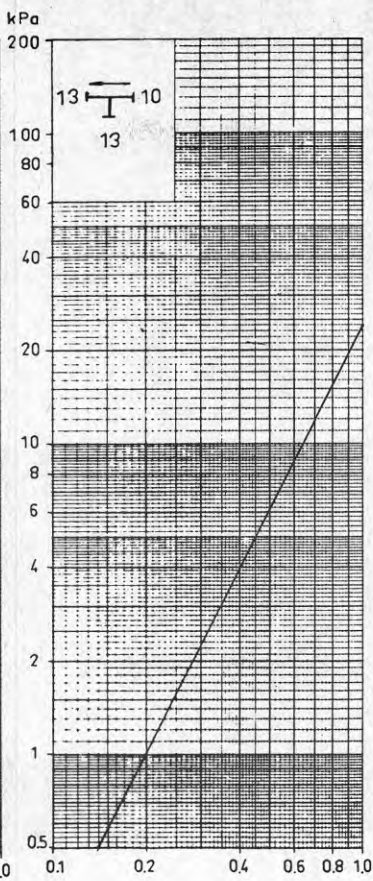
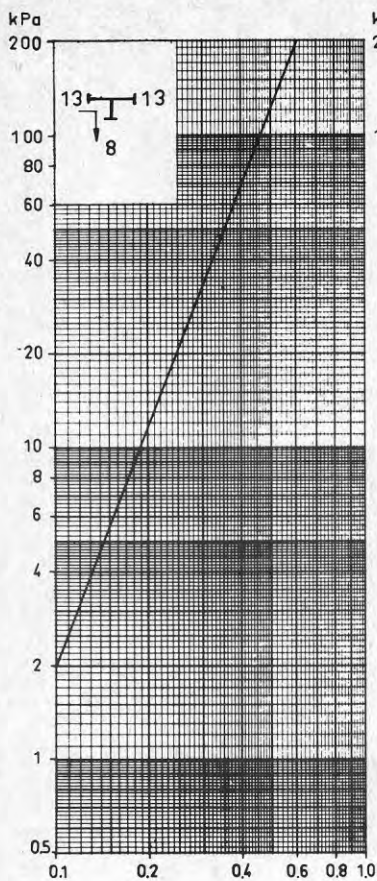




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.



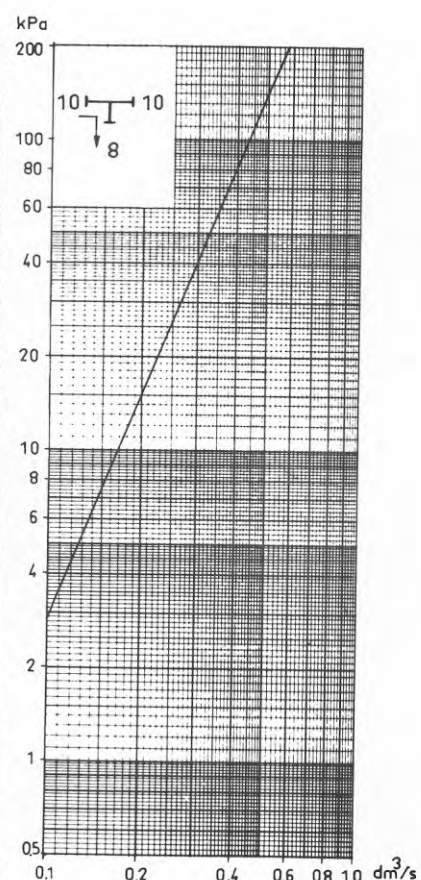
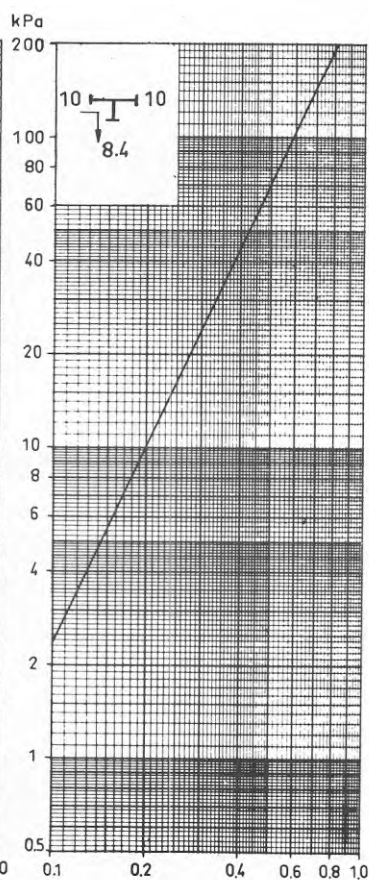
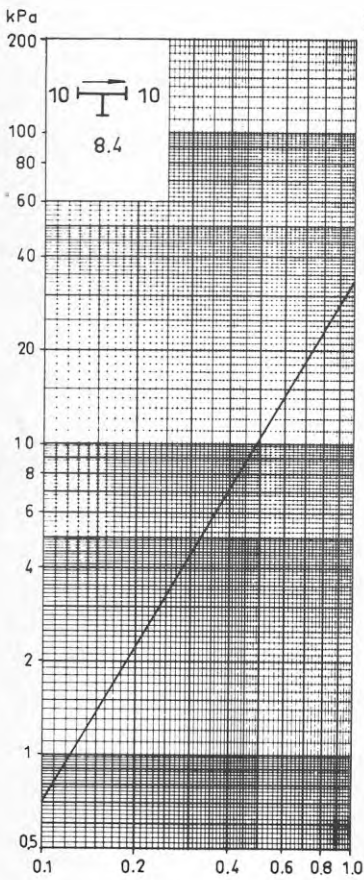
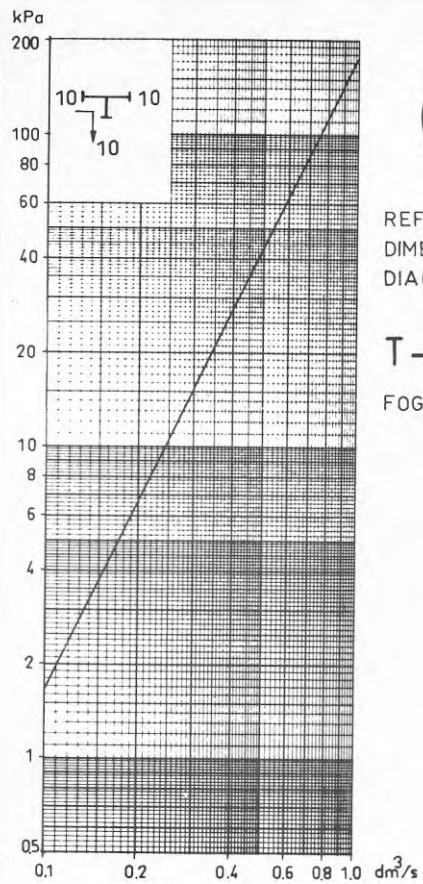
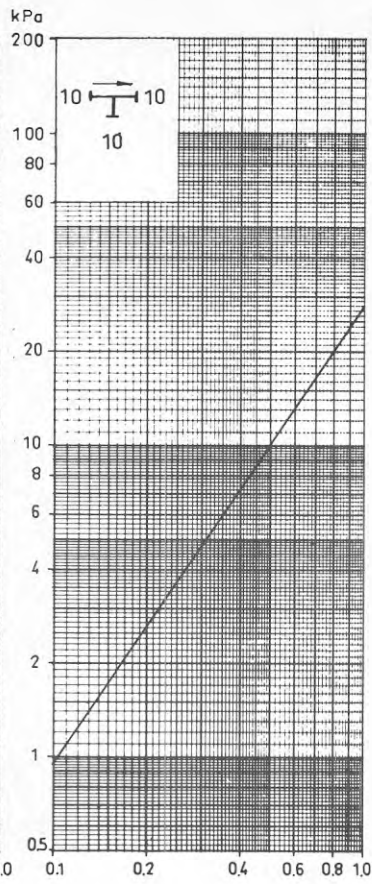
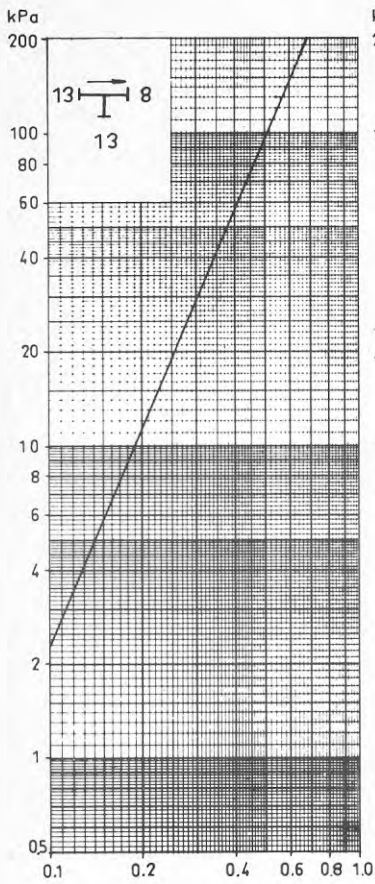




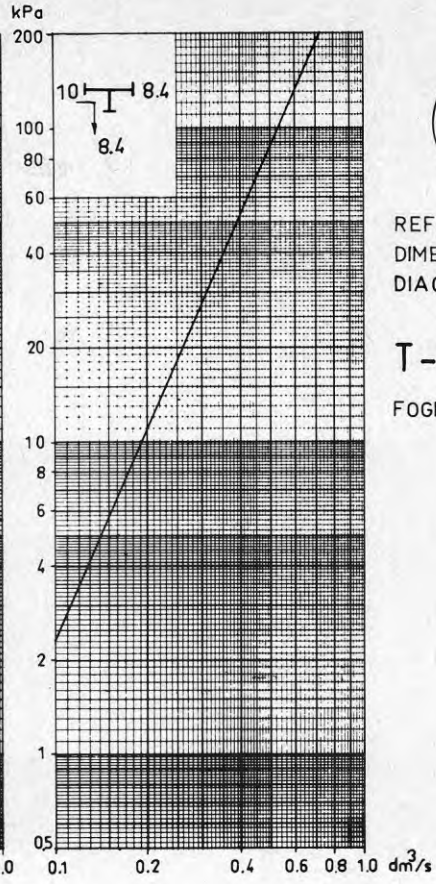
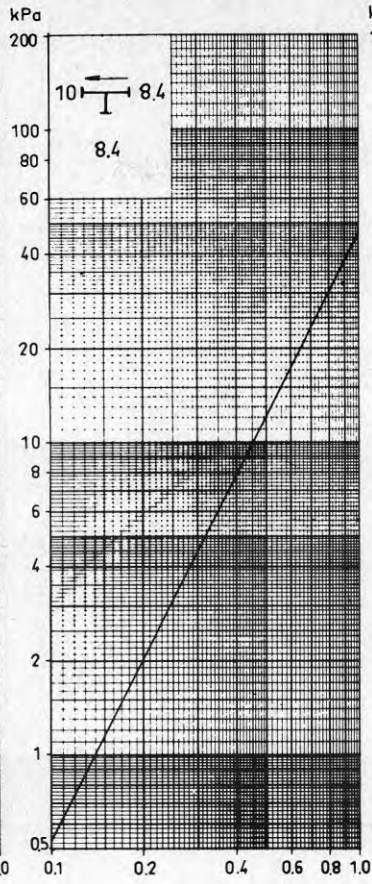
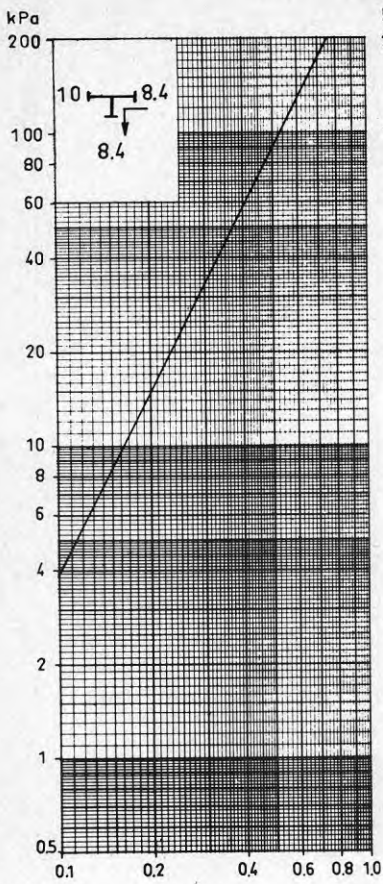
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.



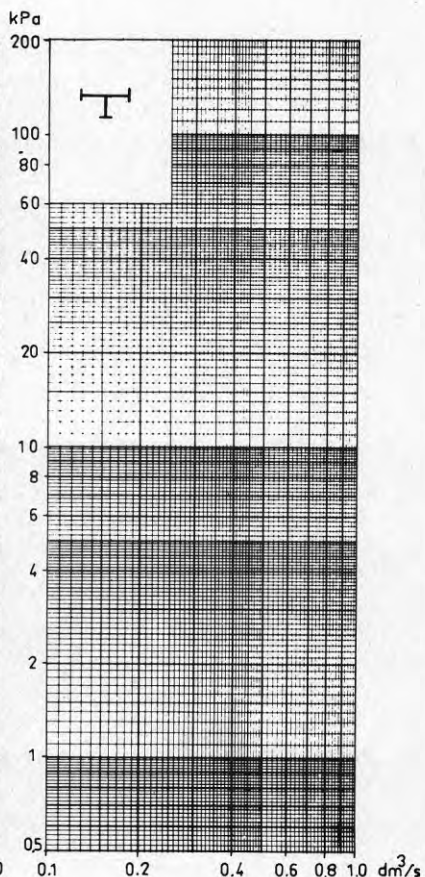
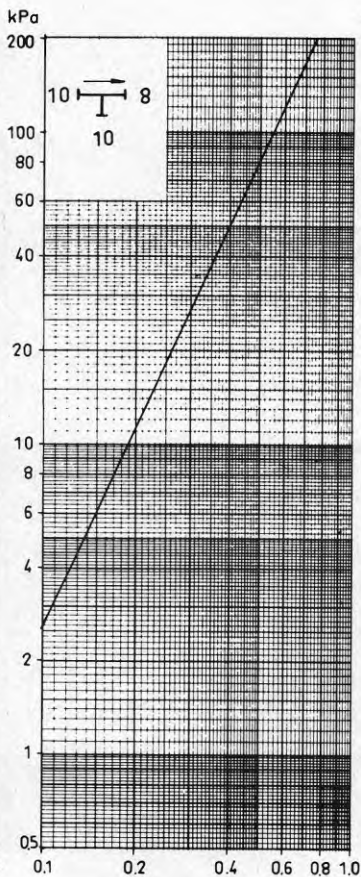
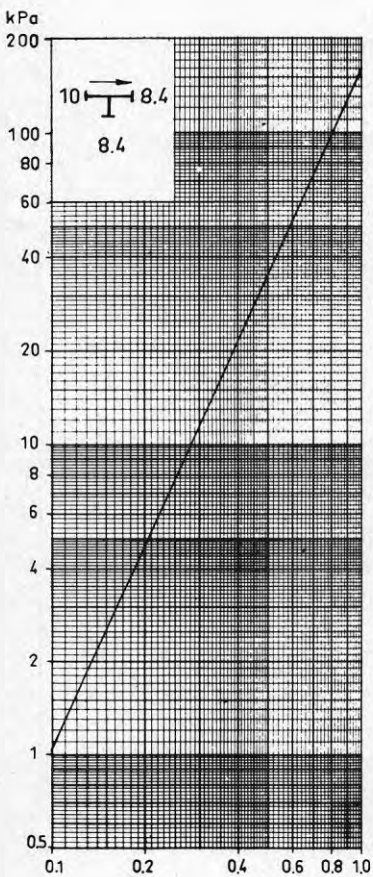


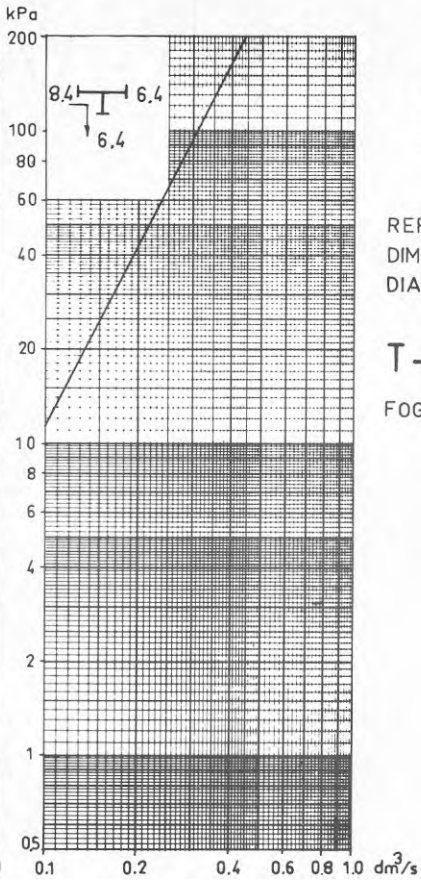
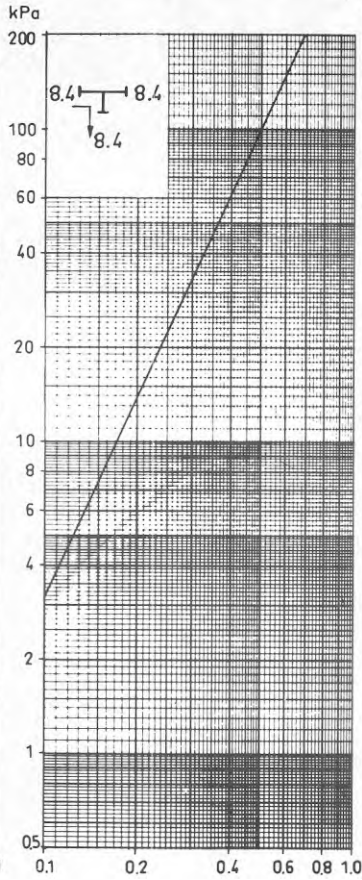
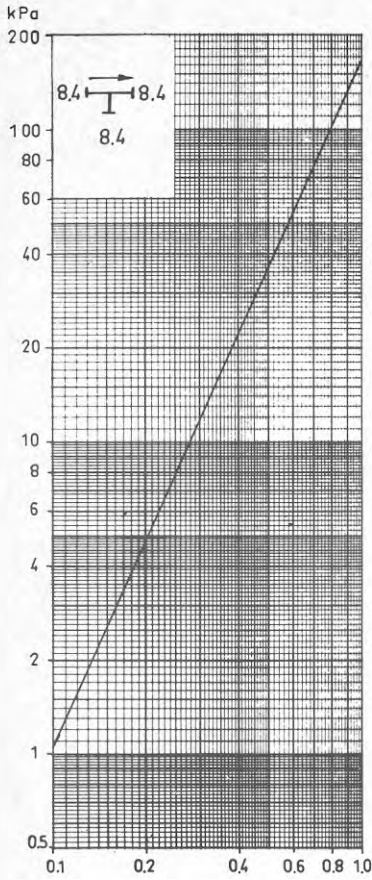


REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

## T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.

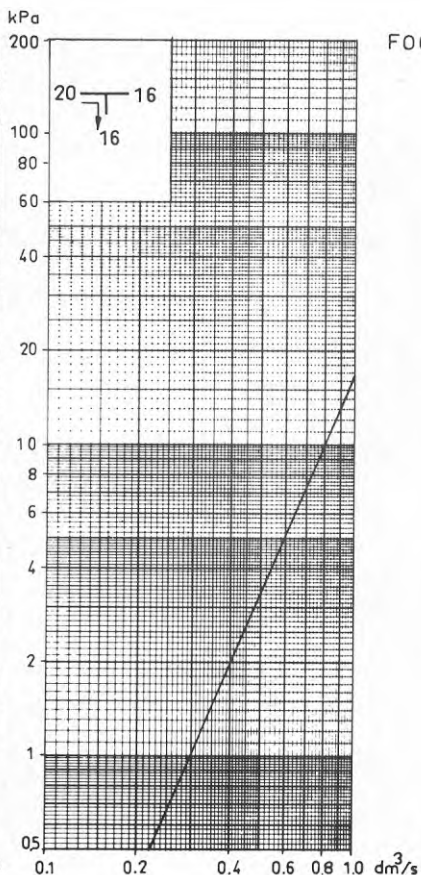
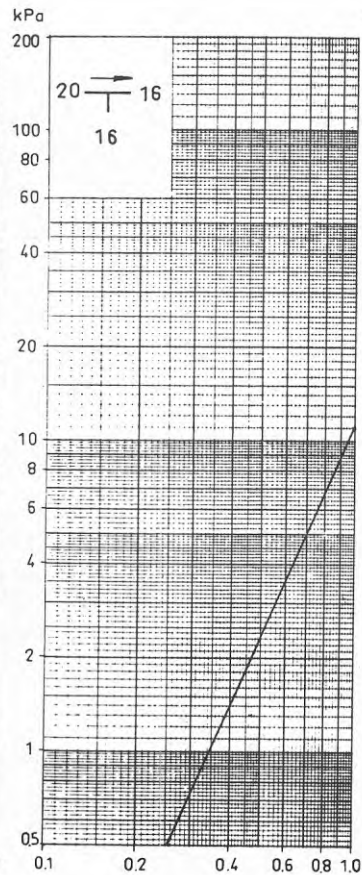
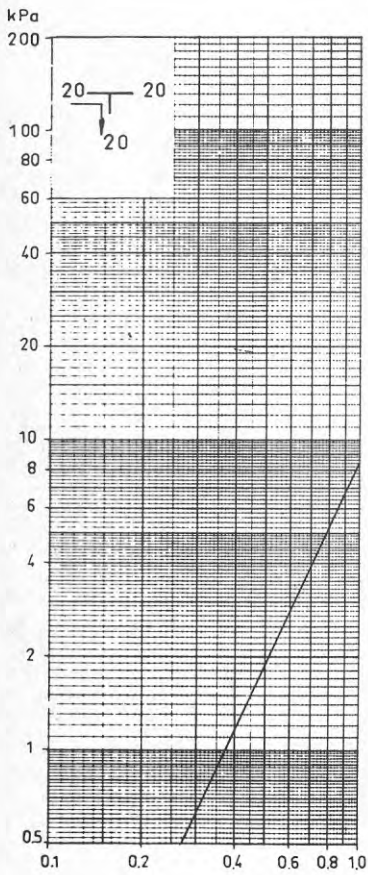




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: MEK. KOPPL.



FOGMETOD: LÖDNING

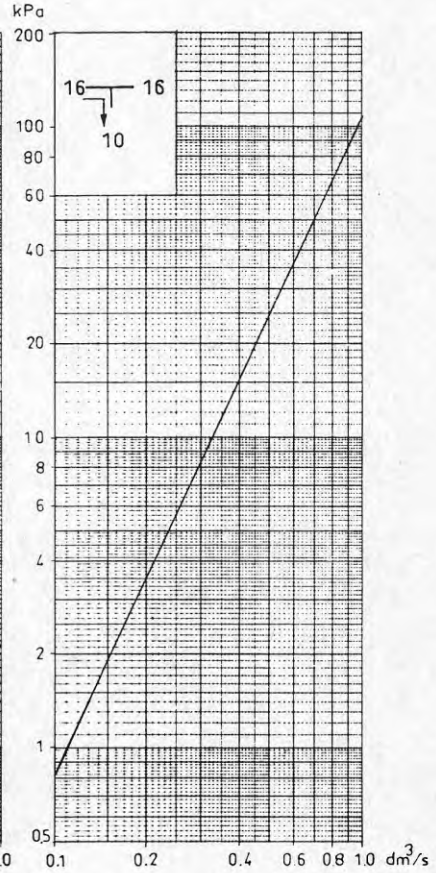
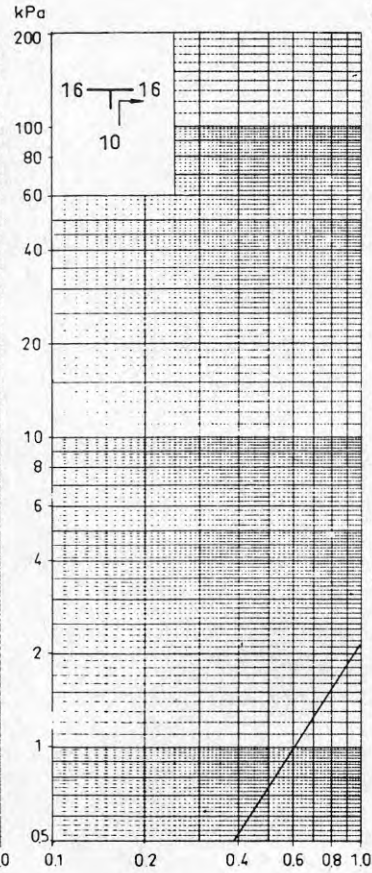
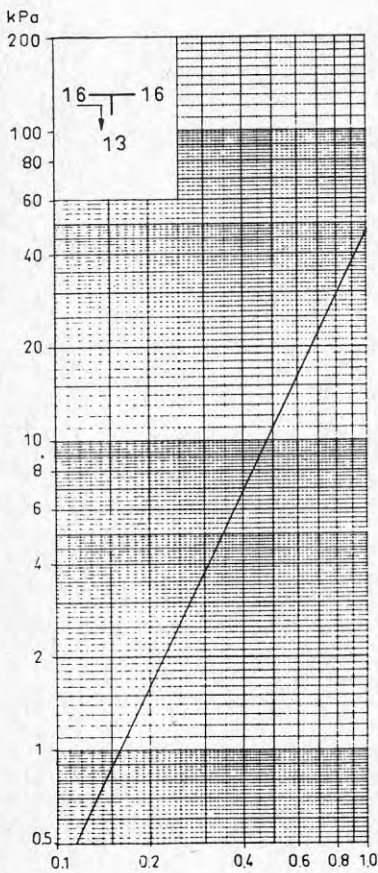
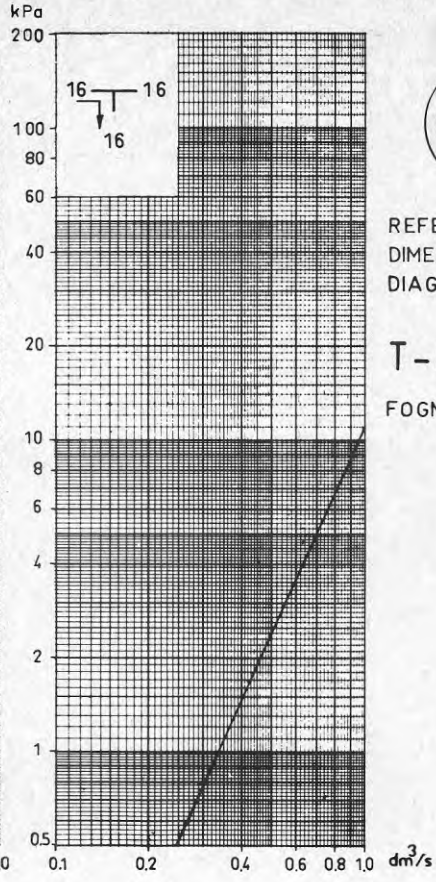
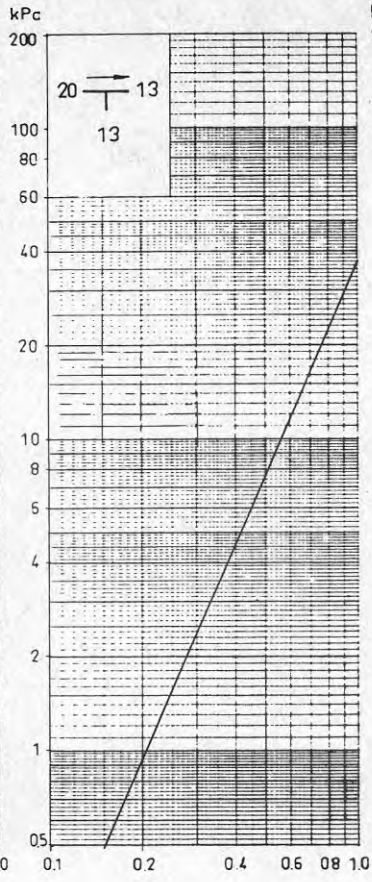
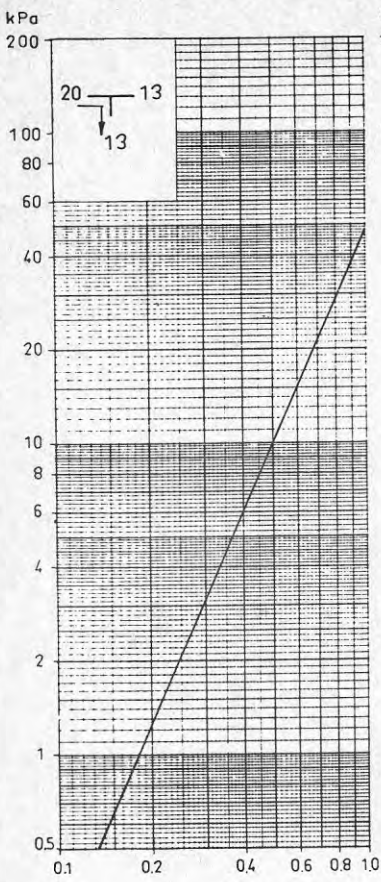




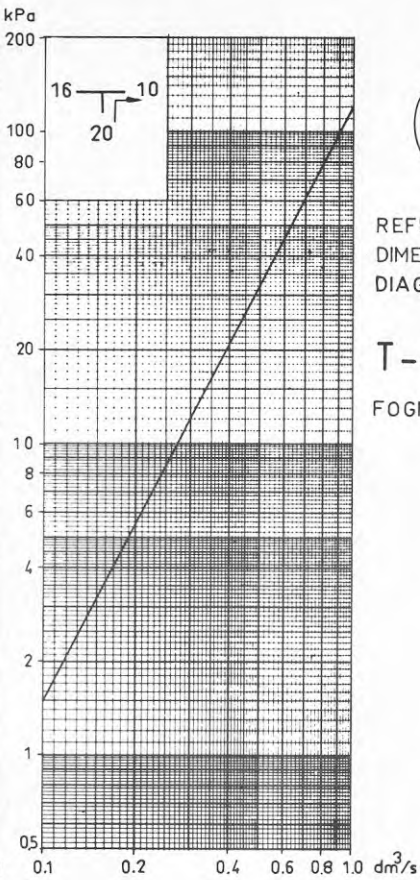
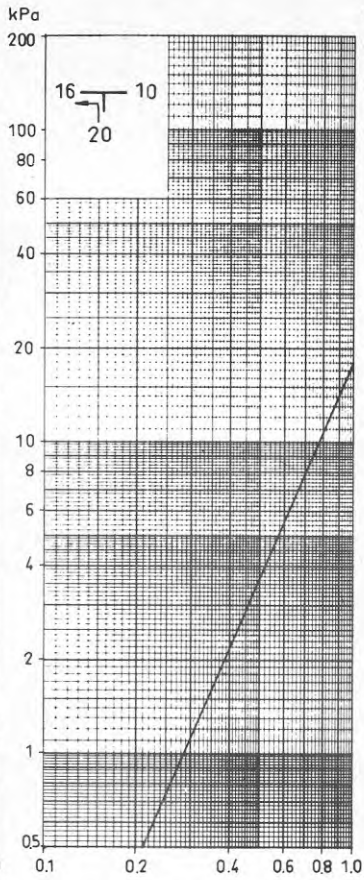
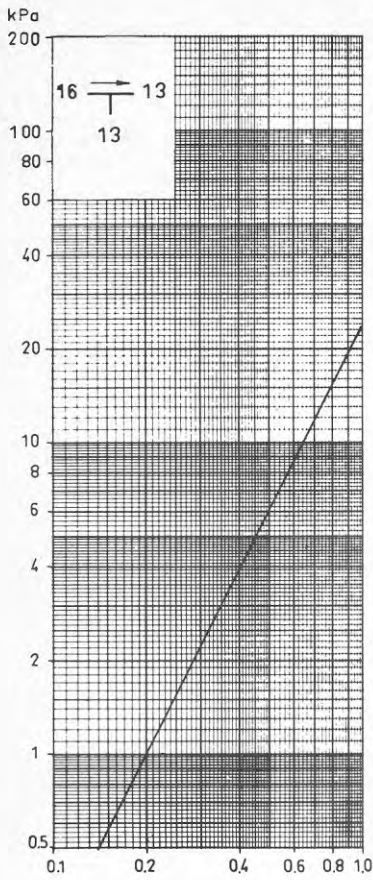
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: LÖDNING



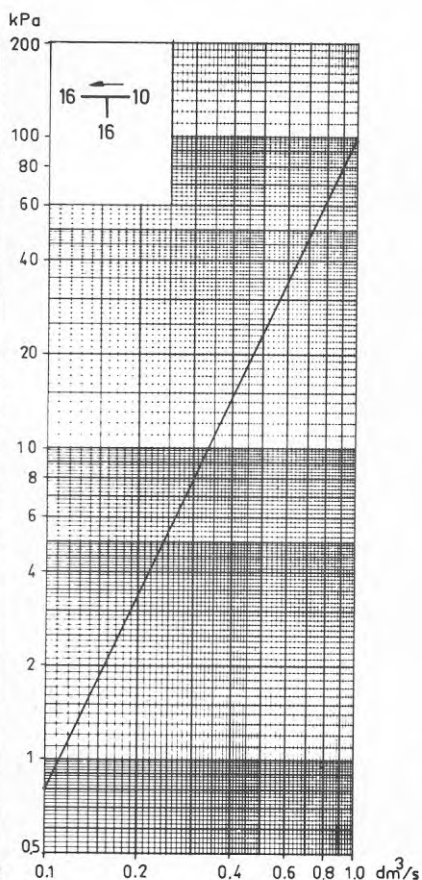
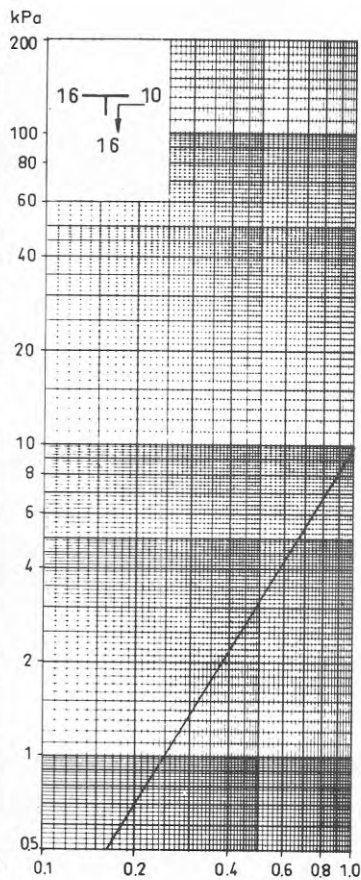
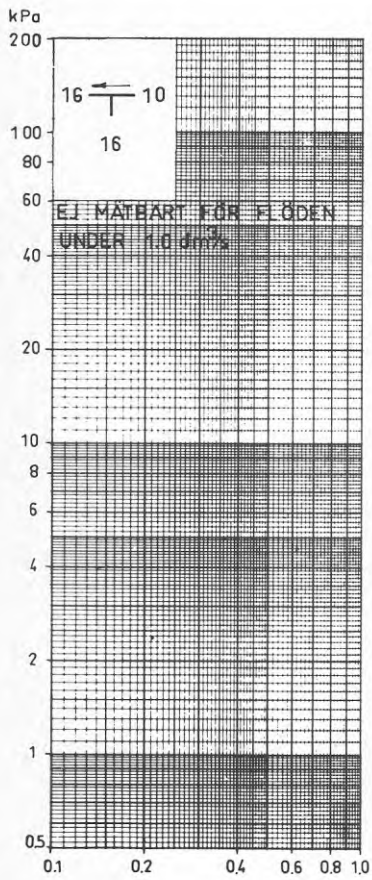




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

T-RÖR

FOGMETOD: LÖDNING

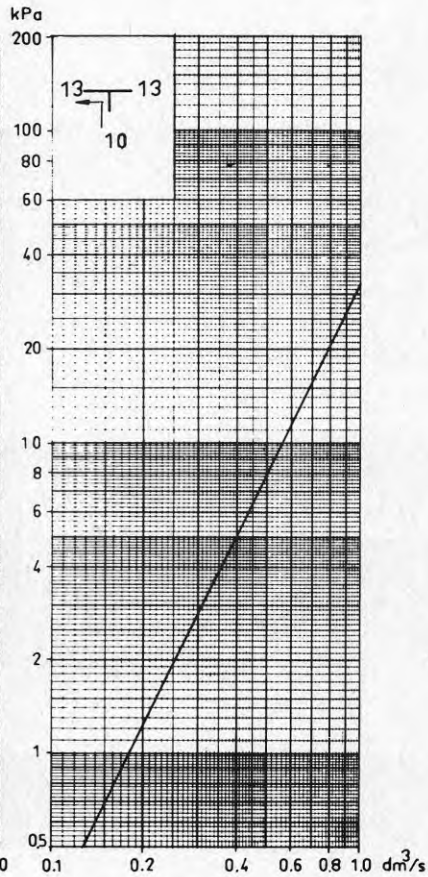
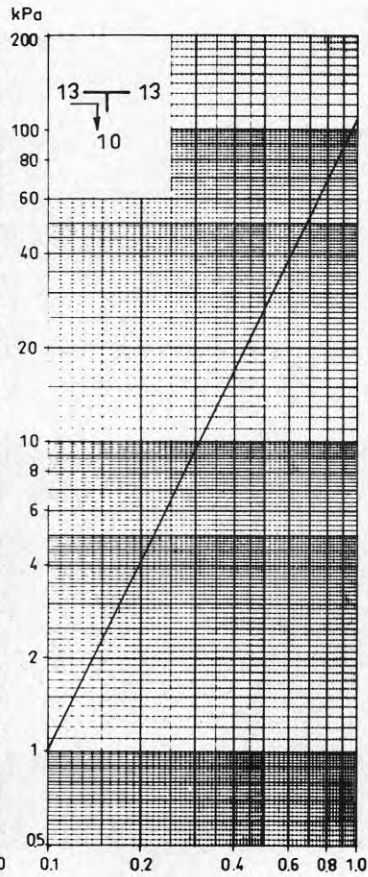
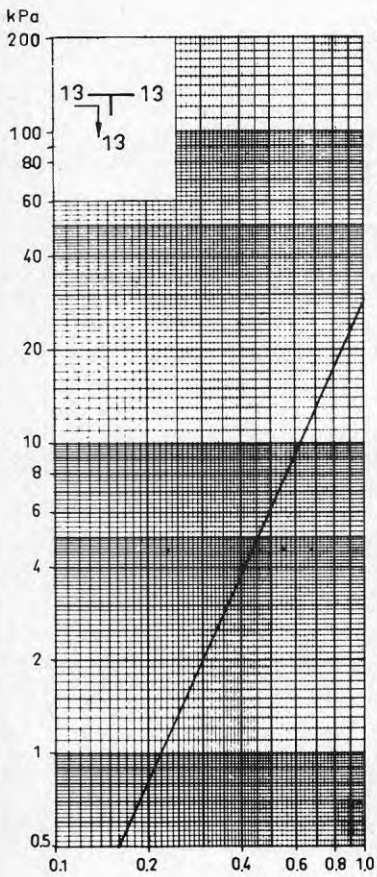
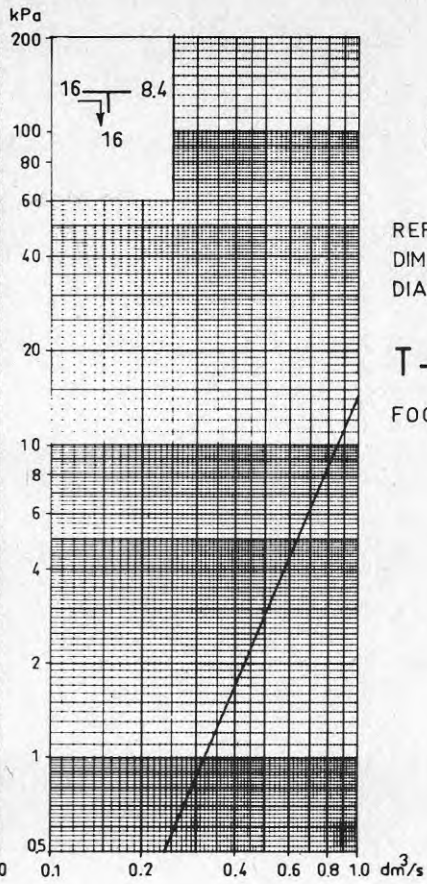
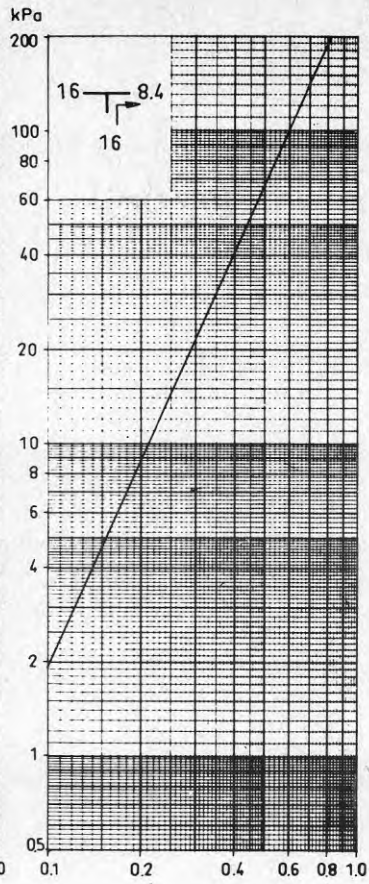
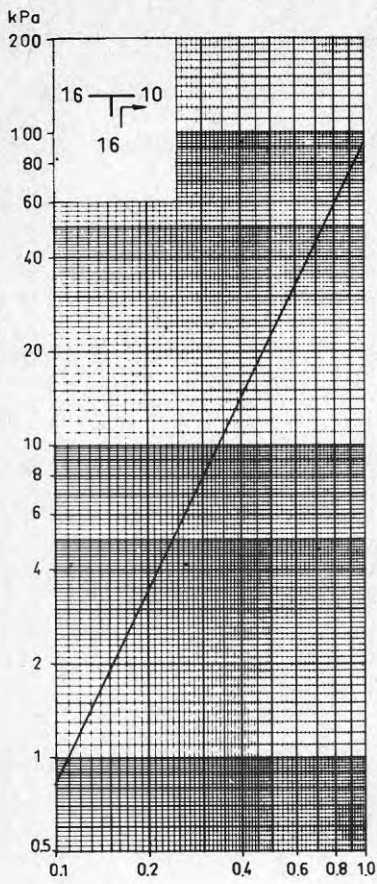




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

**T-RÖR**

FOGMETOD: LÖDNING



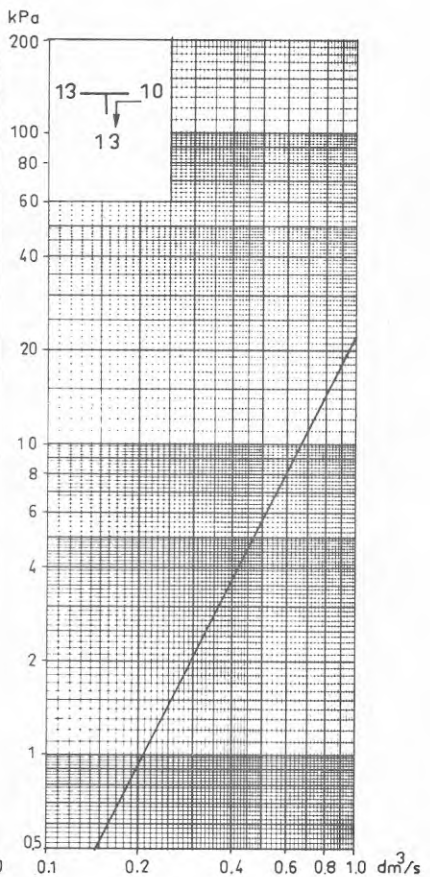
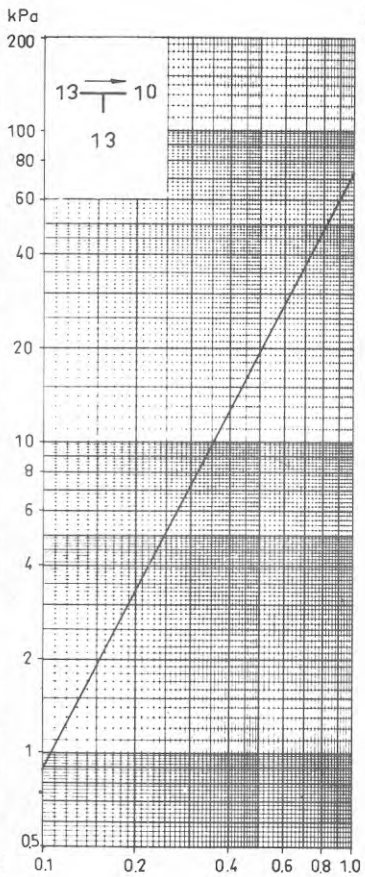
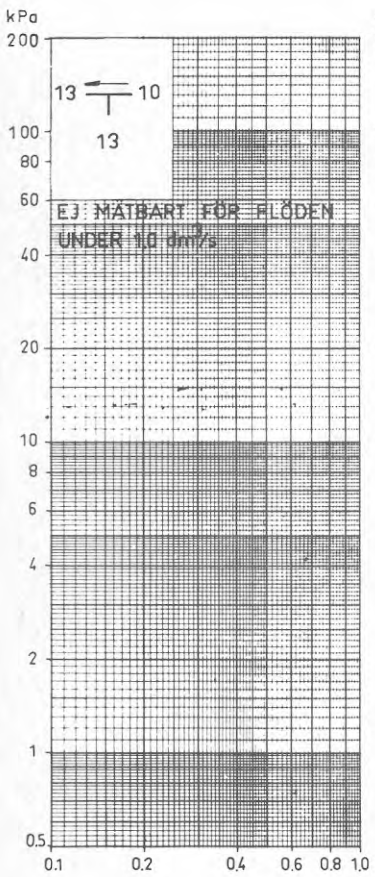
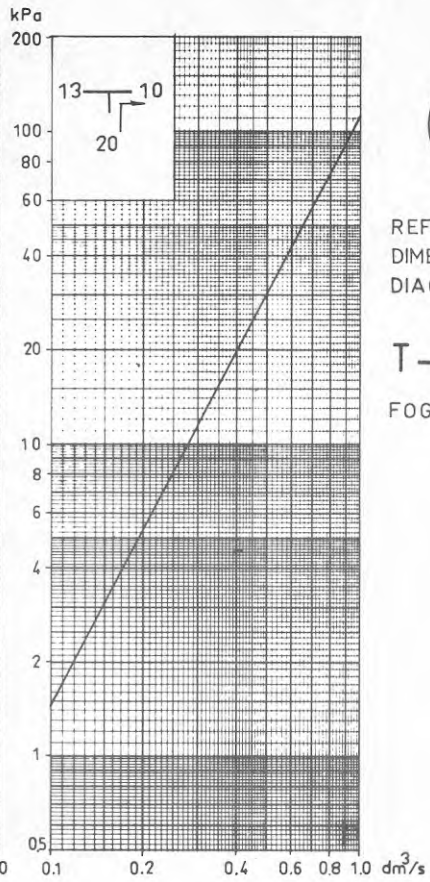
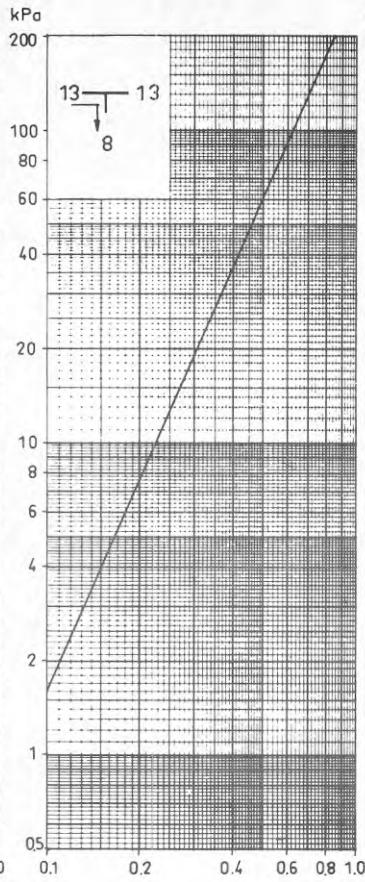
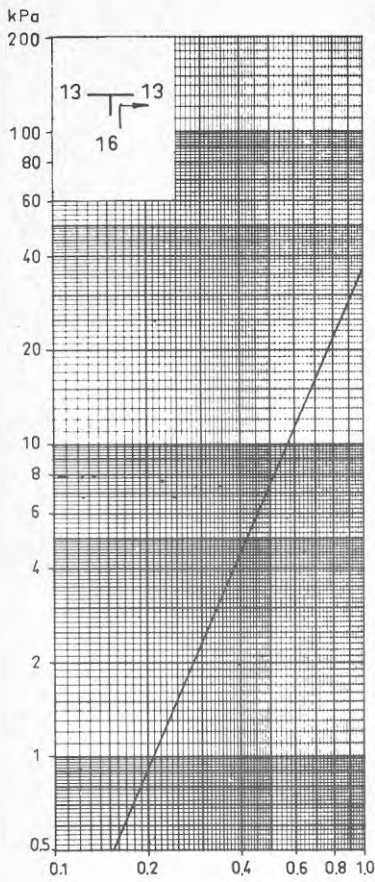




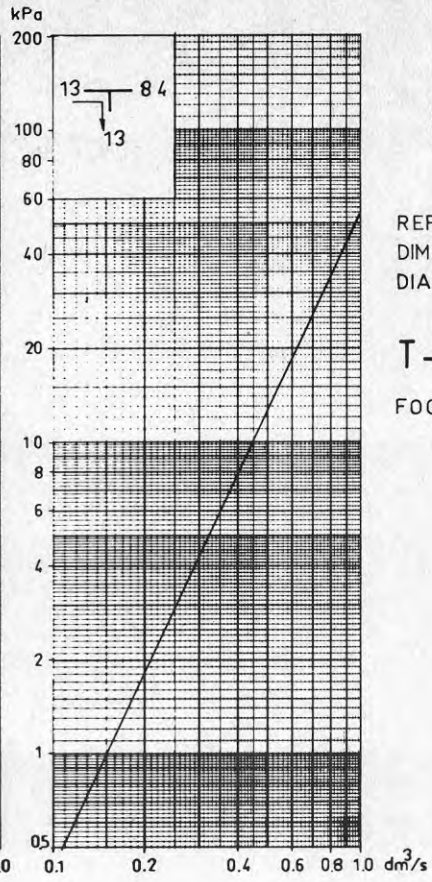
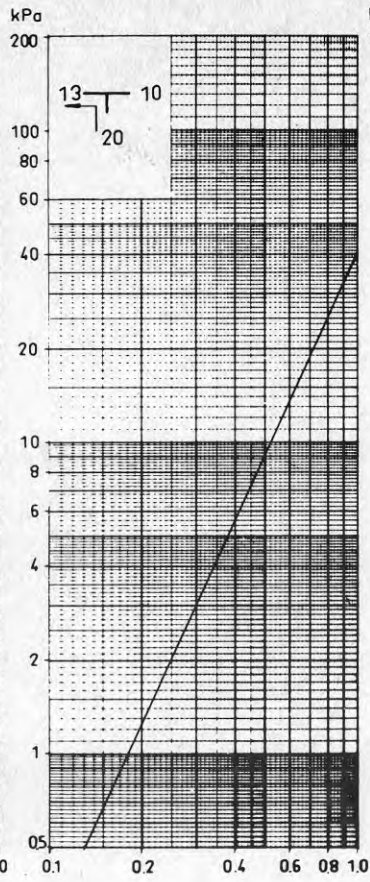
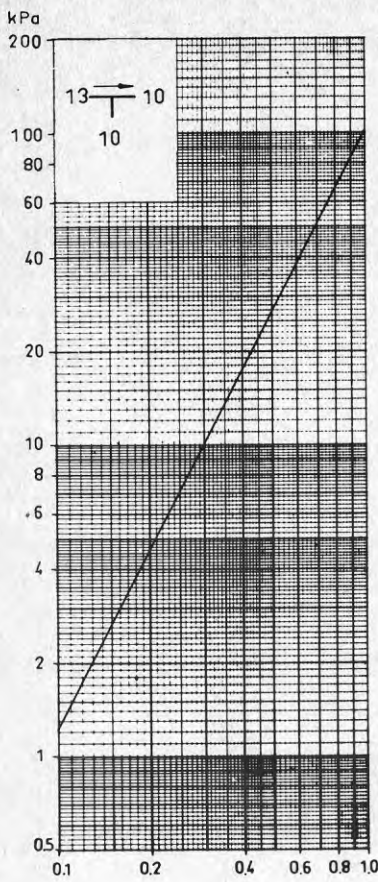
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: LÖDNING



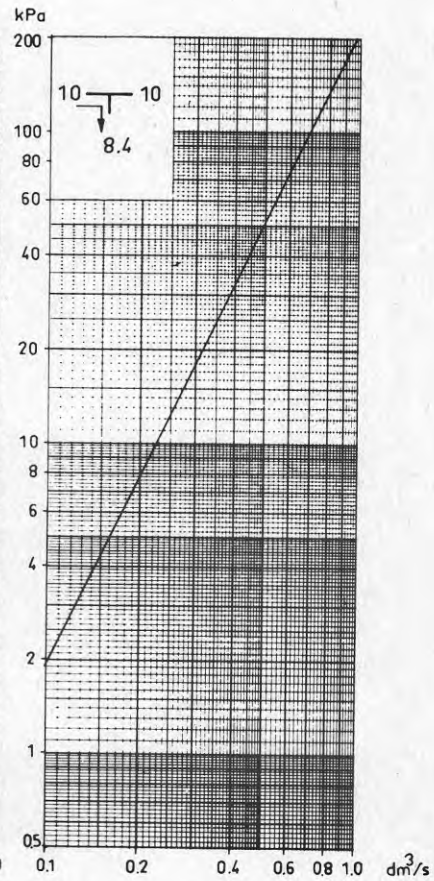
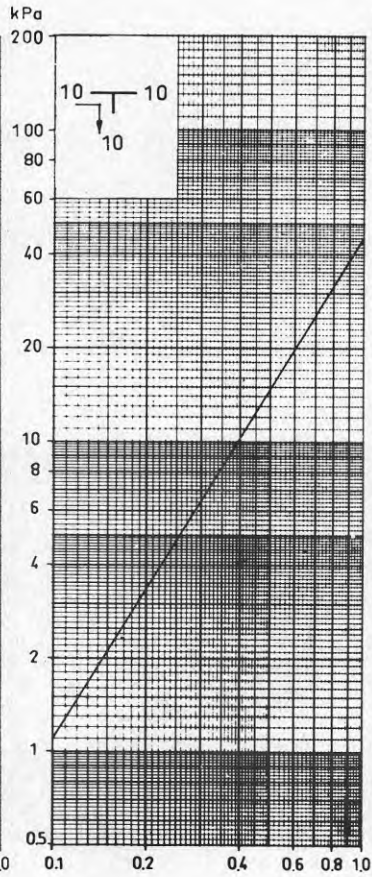
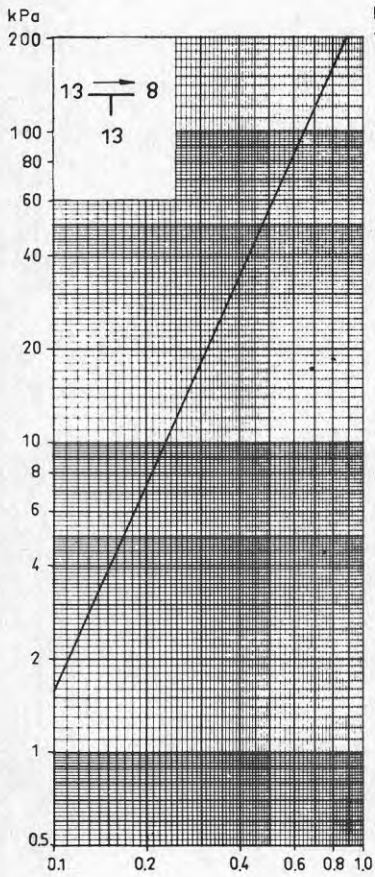


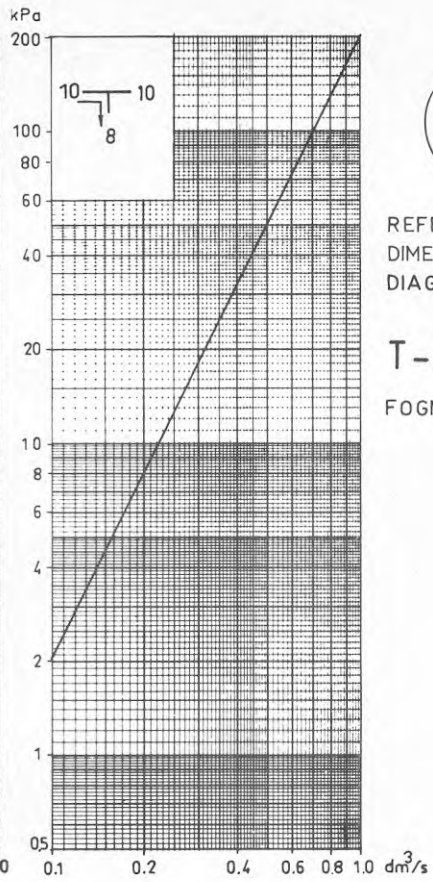
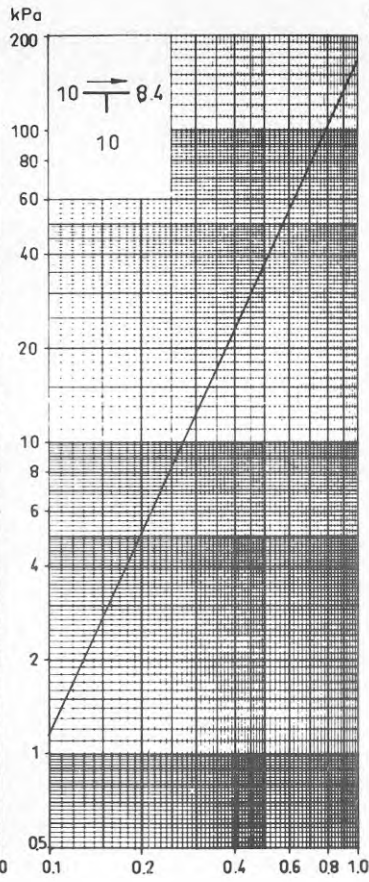
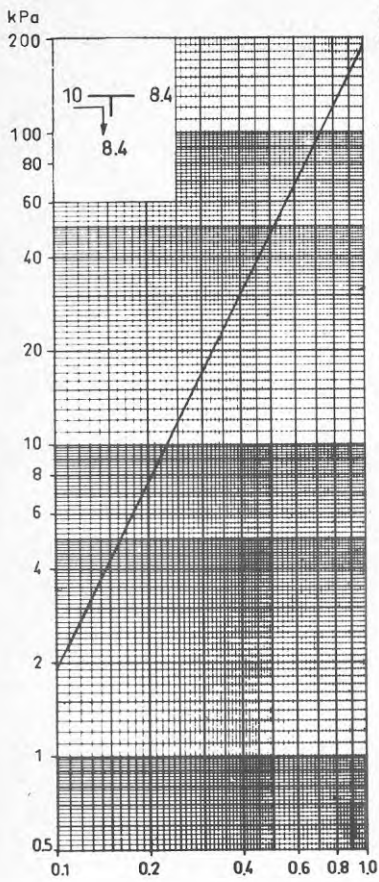


REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: LÖDNING

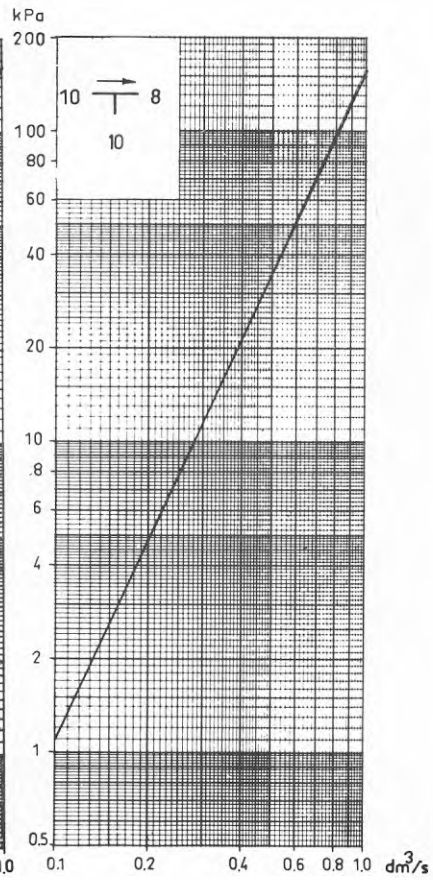
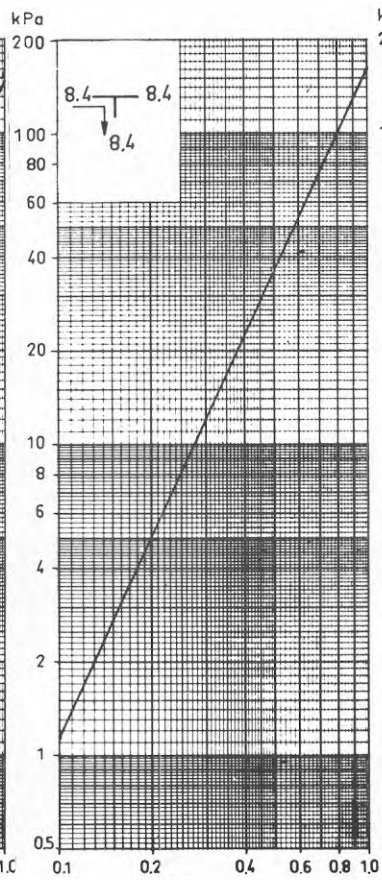
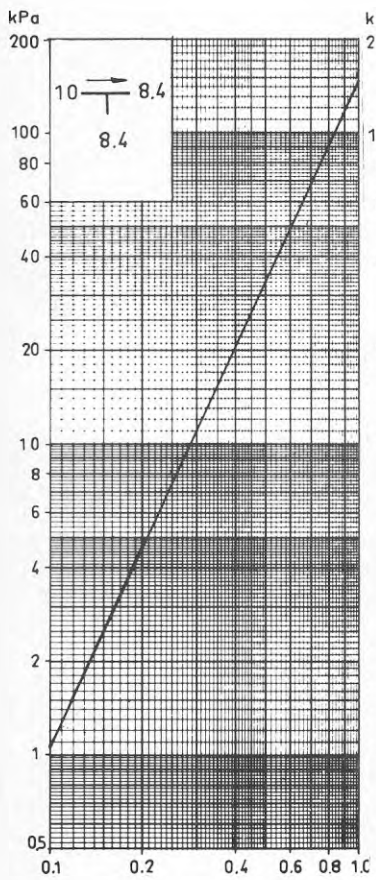




REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# T-RÖR

FOGMETOD: LÖDNING

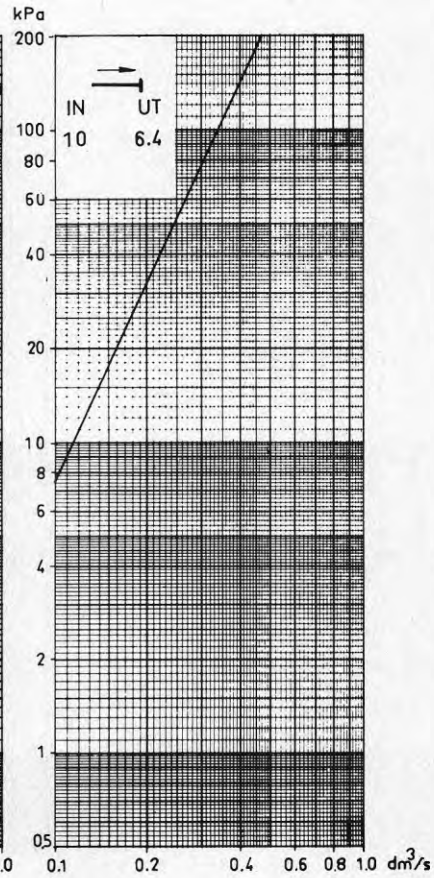
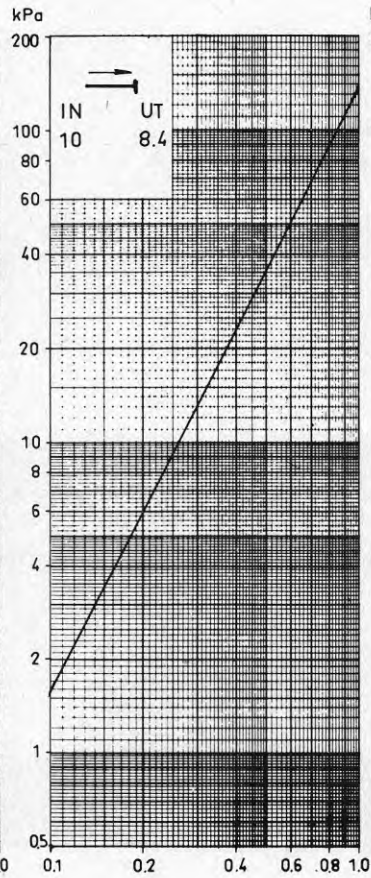
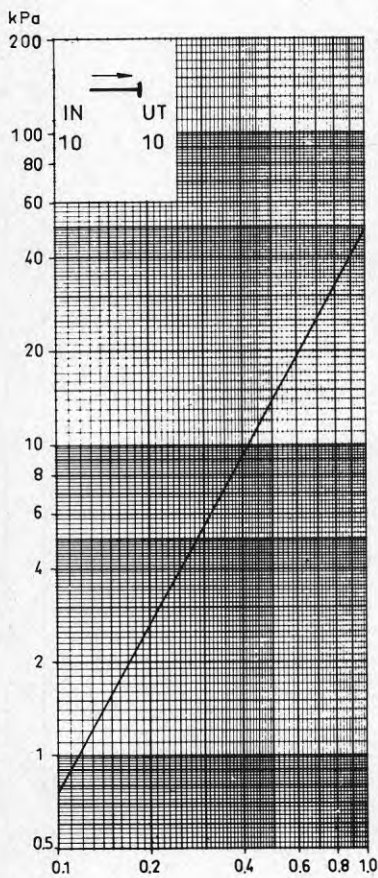
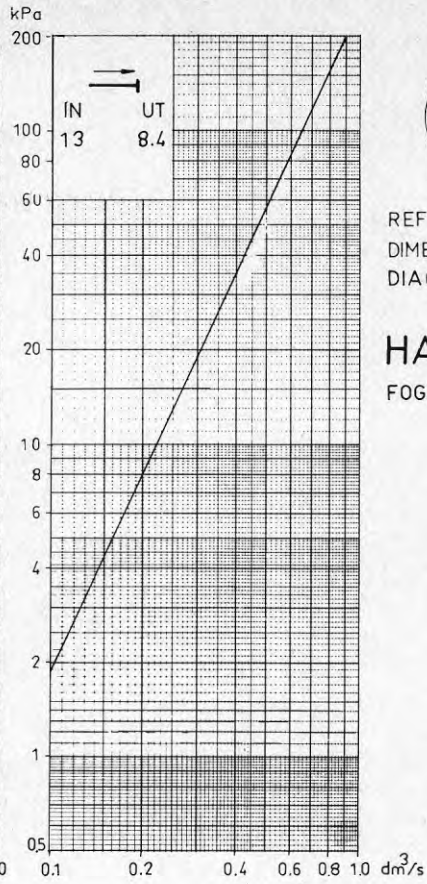
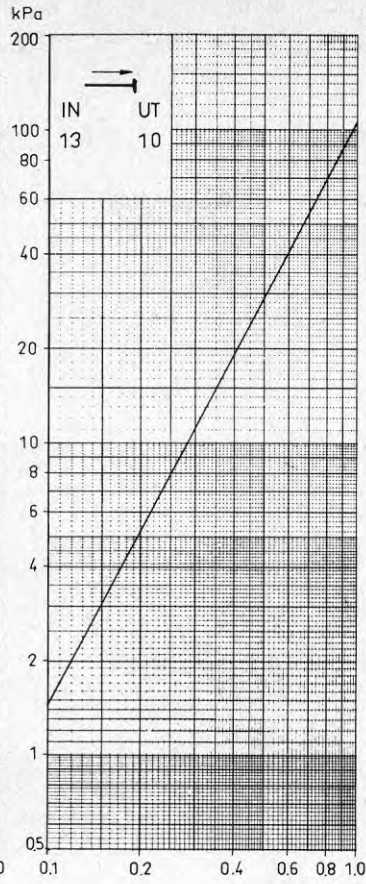
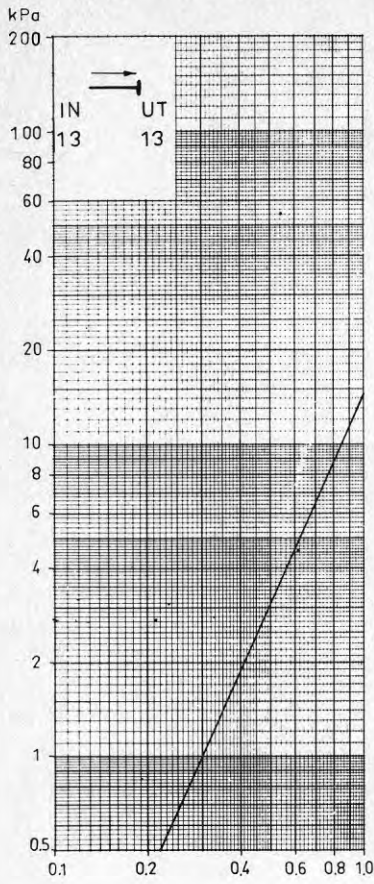




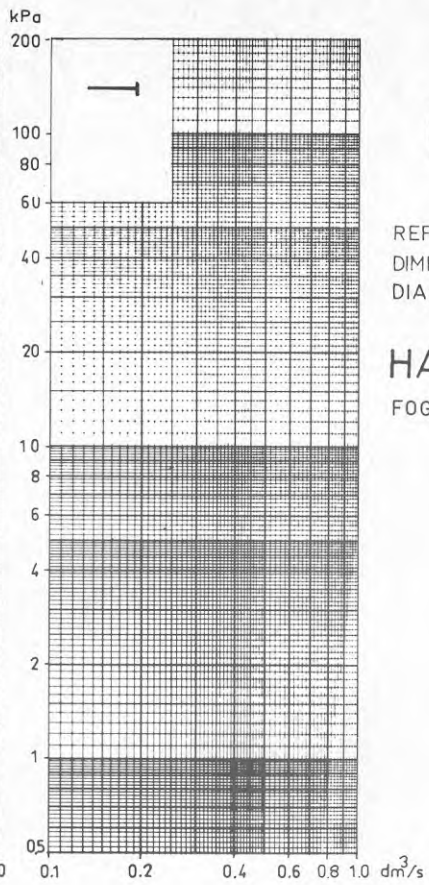
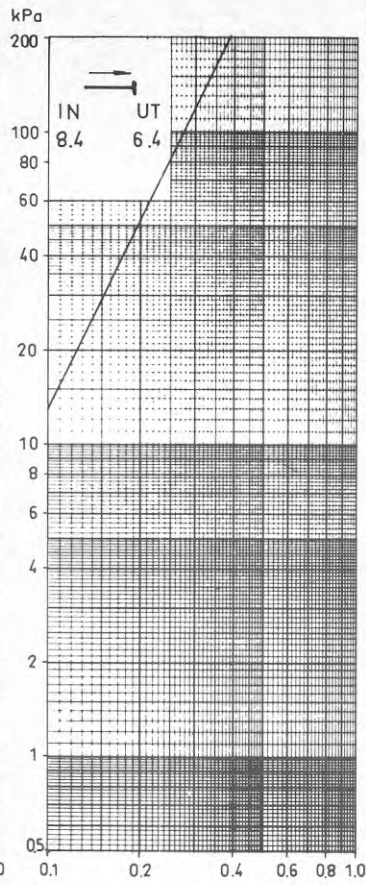
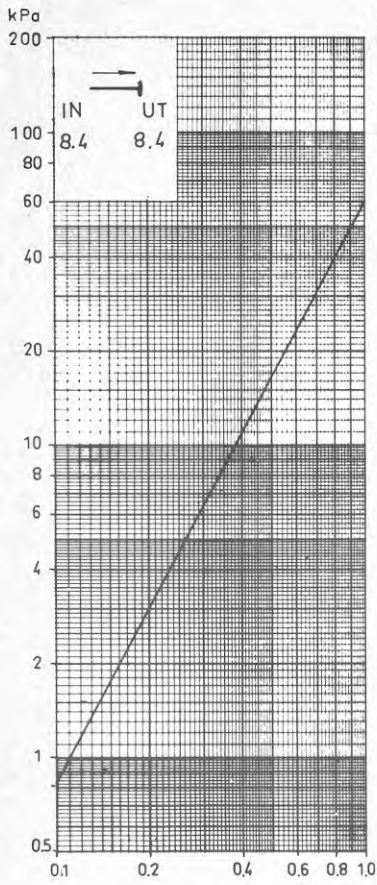


REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

**HALVKOPPL.**  
FOGMETOD: MEK.KOPPL.

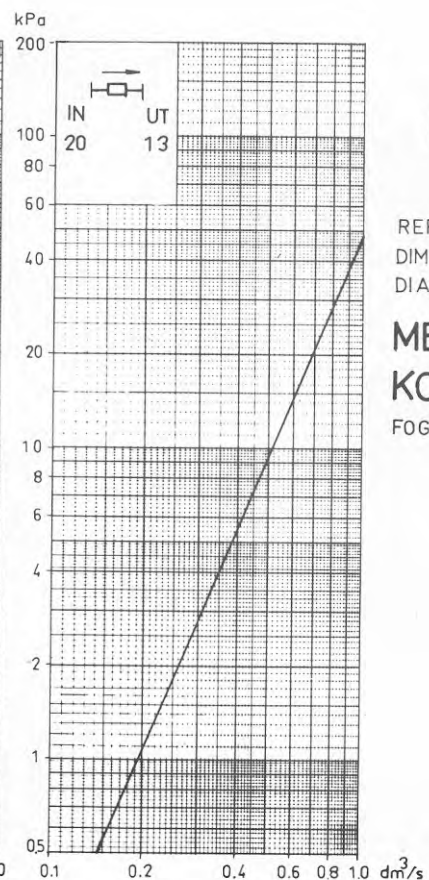
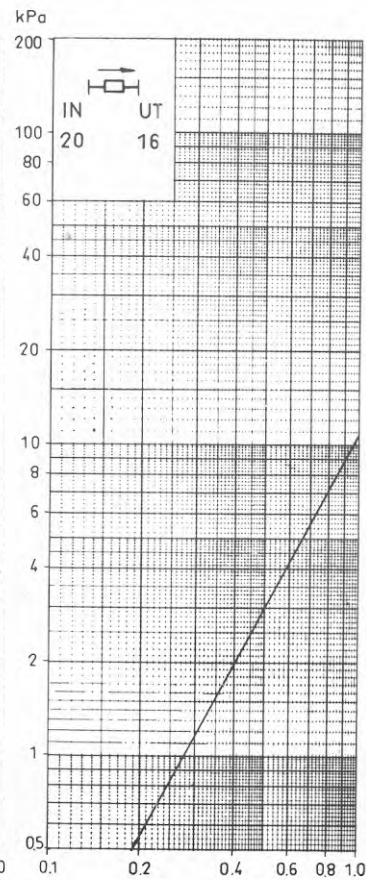
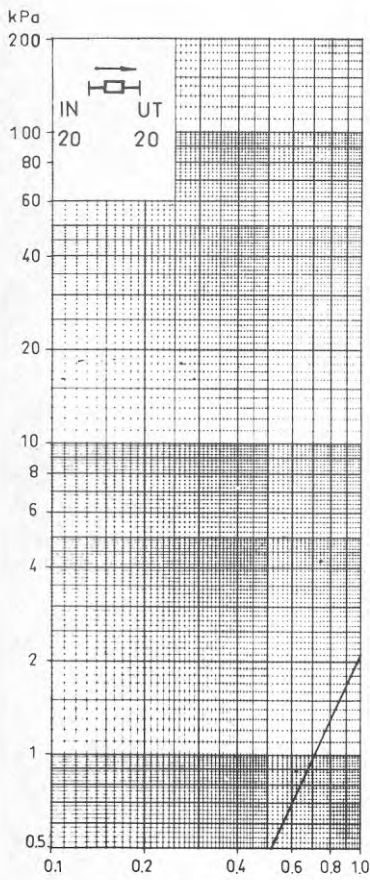






REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

**HALVKOPPL.**  
FOGMETOD: MEK. KOPPL.



REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

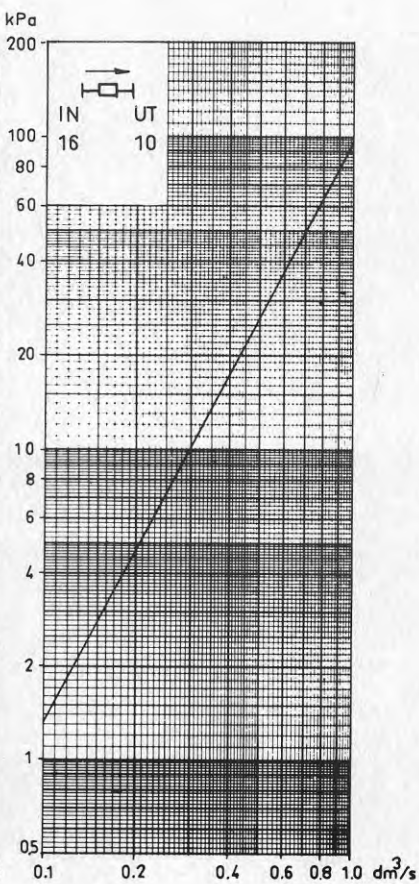
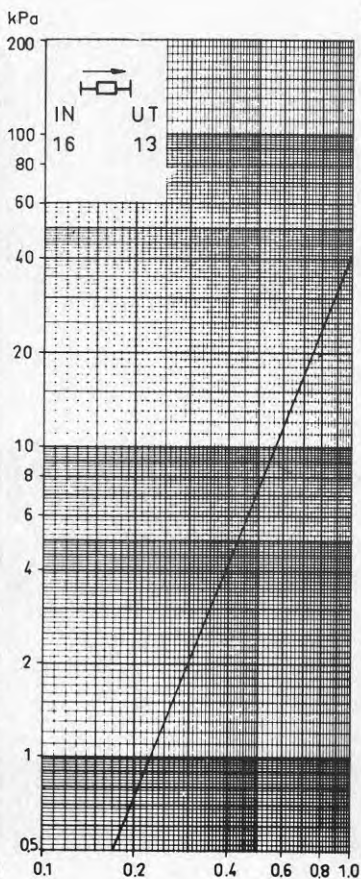
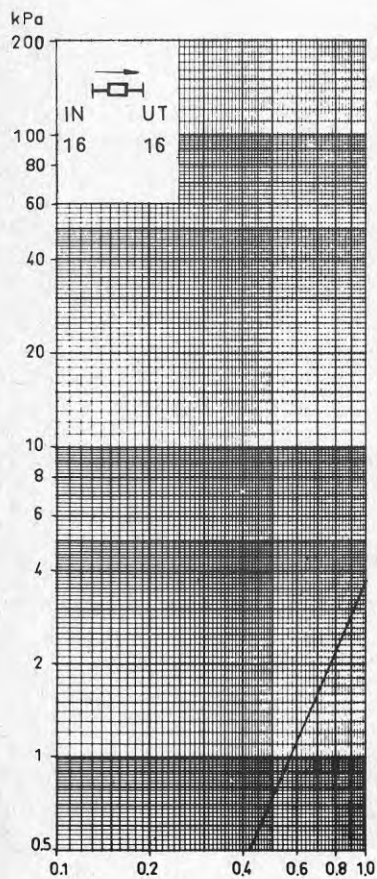
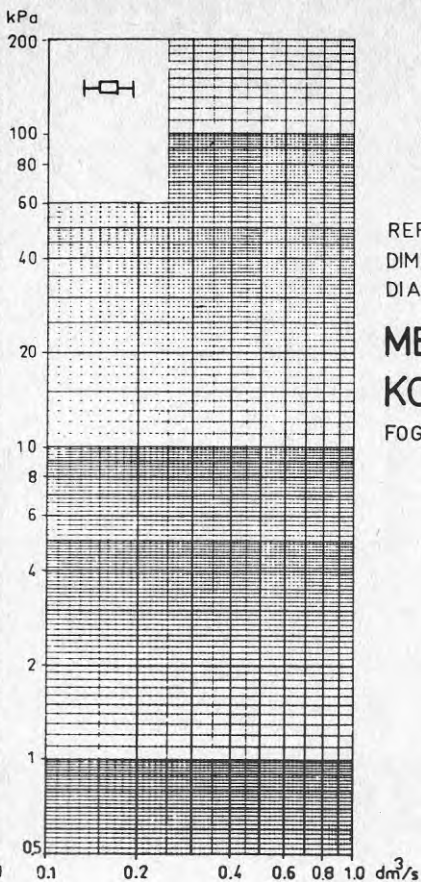
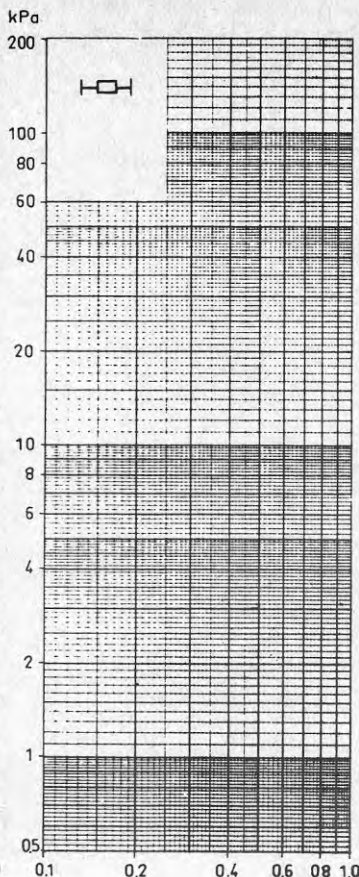
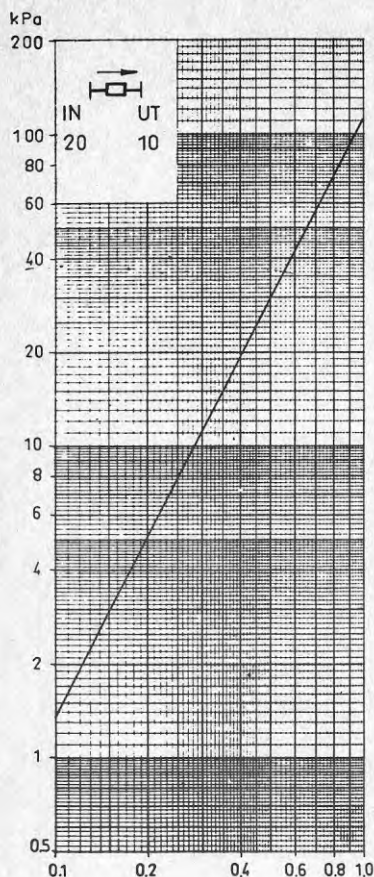
**MELLAN-  
KOPPLING**  
FOGMETOD: MEK. KOPPL.



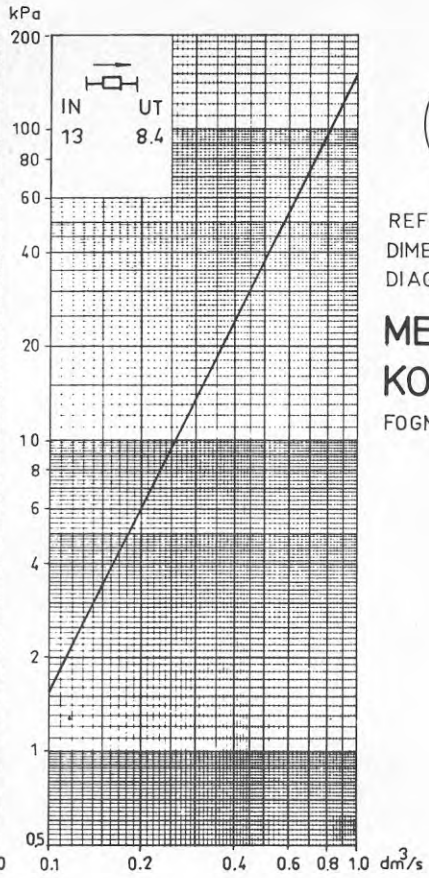
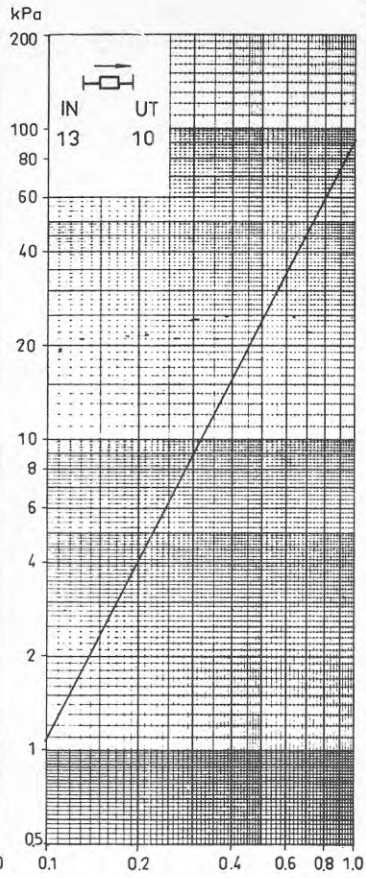
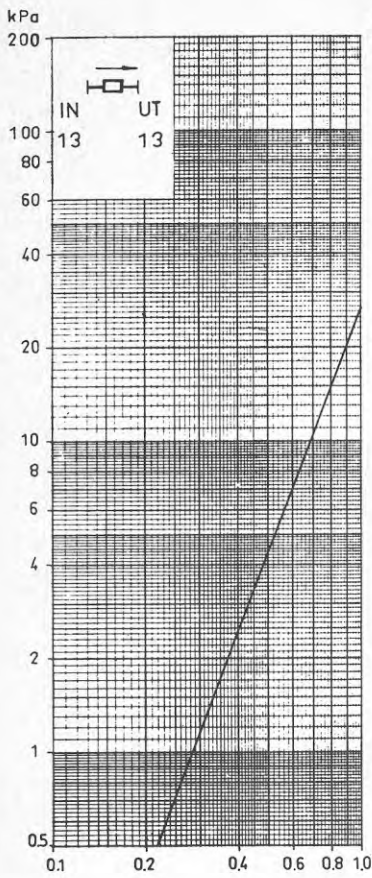
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

# MELLAN- KOPPLING

FOGMETOD: MEK.KOPPL.



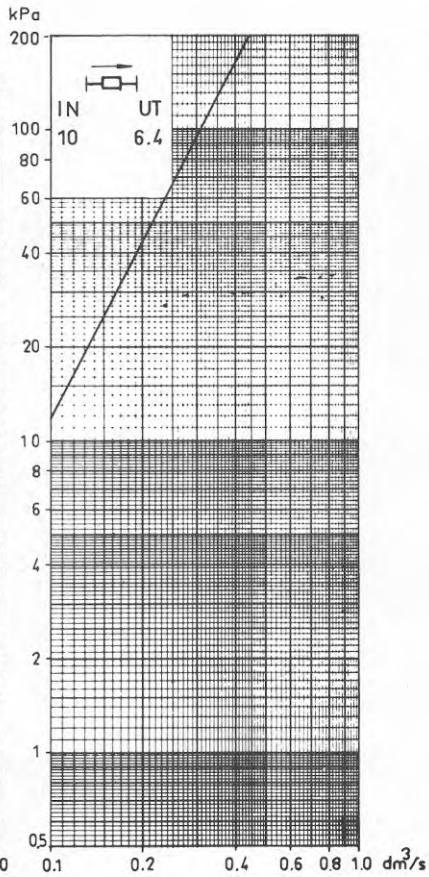
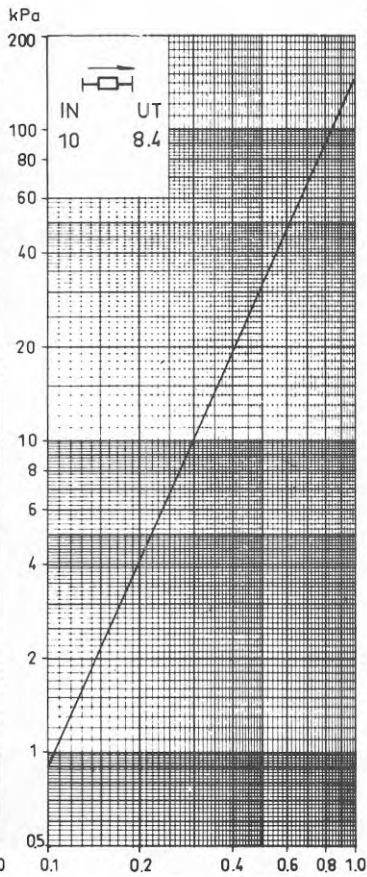
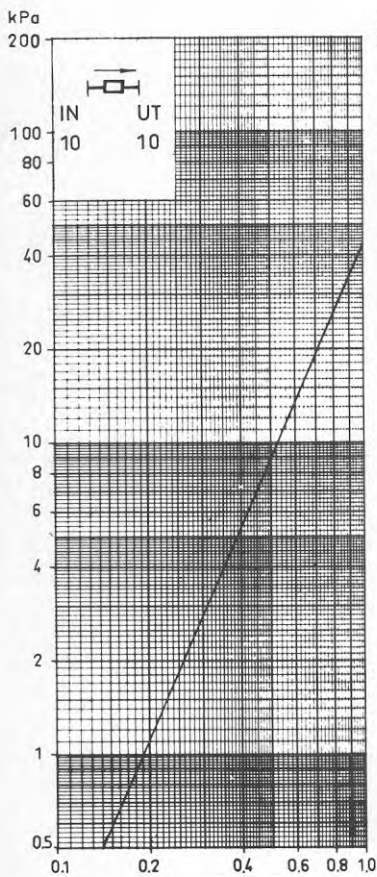




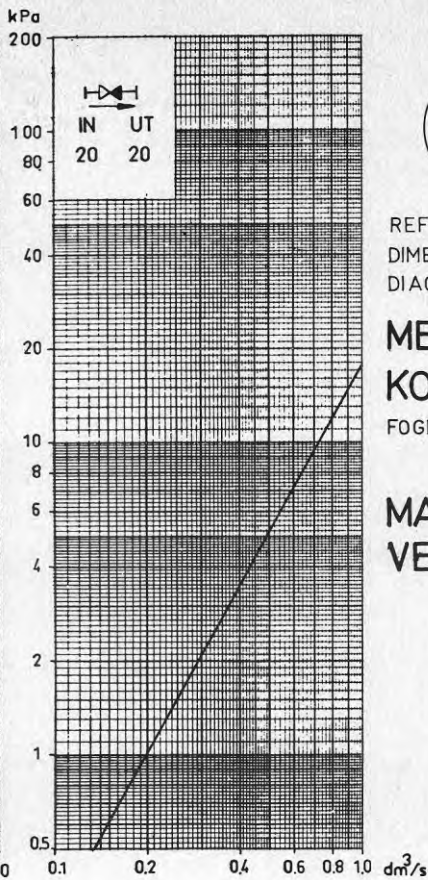
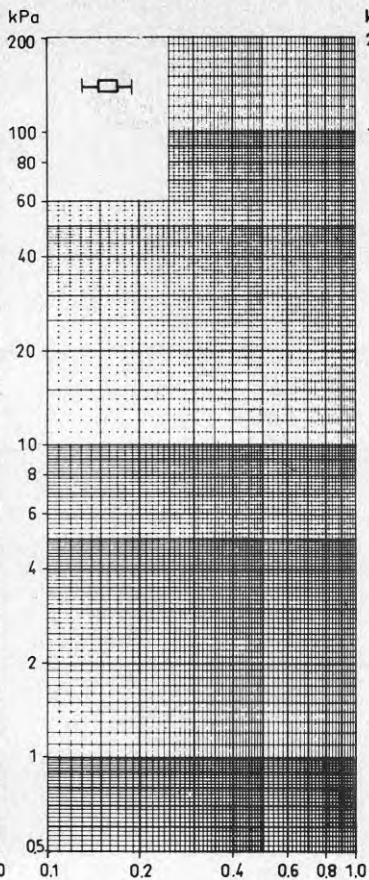
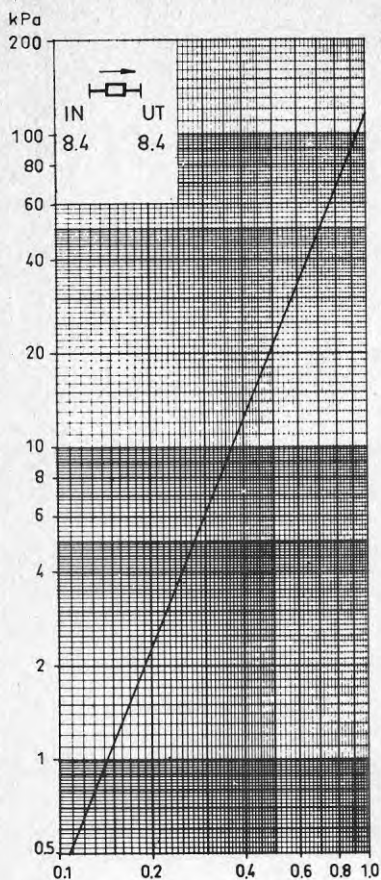
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

## MELLAN- KOPPLING

FOGMETOD: MEK.KOPPL.





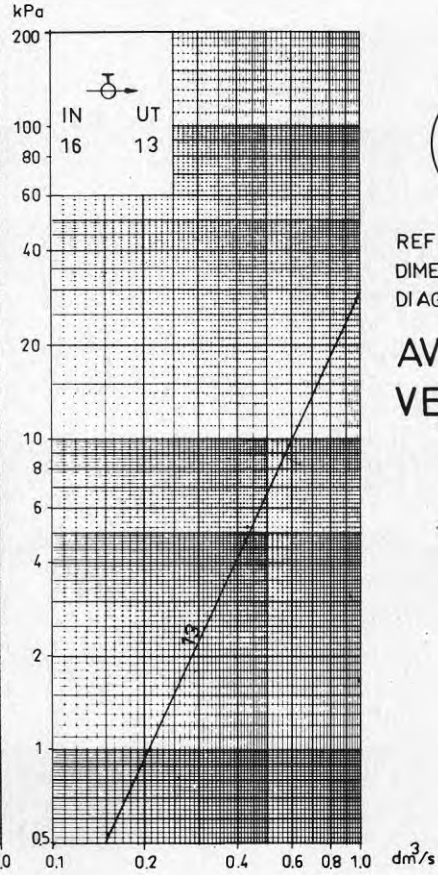
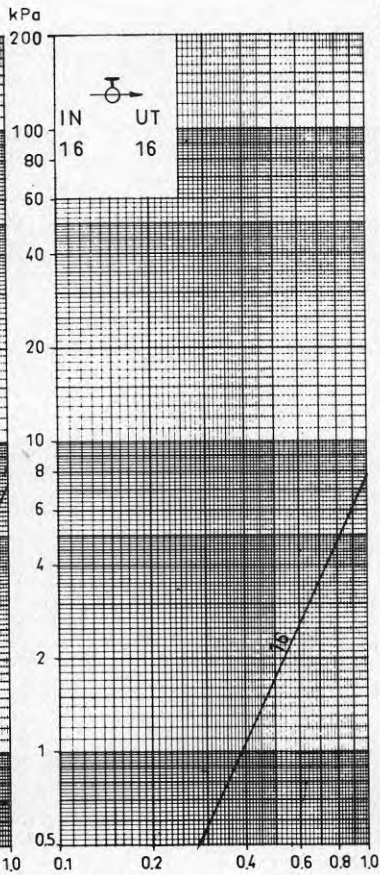
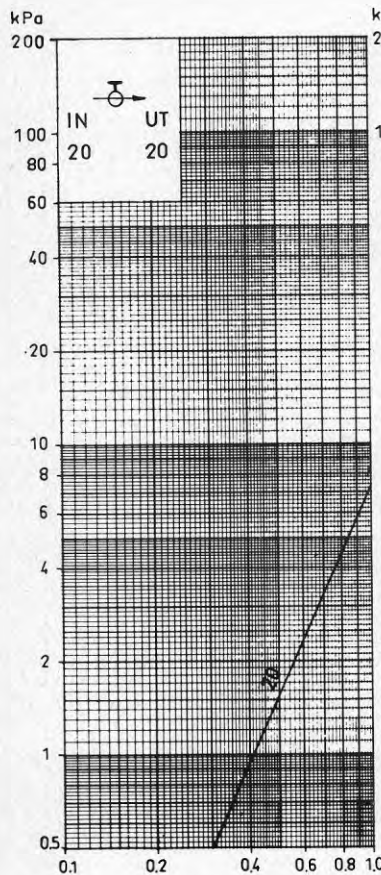


REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

### MELLAN- KOPPLING

FOGOMETOD: MEK. KOPPL.

### MATAR- VENTIL



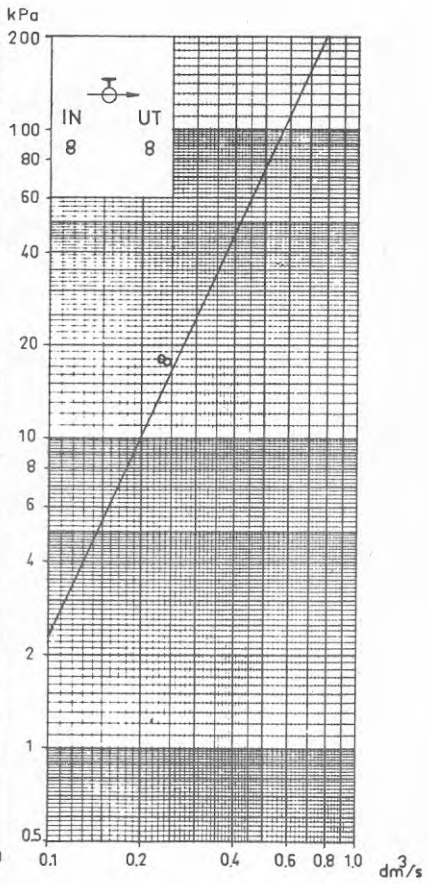
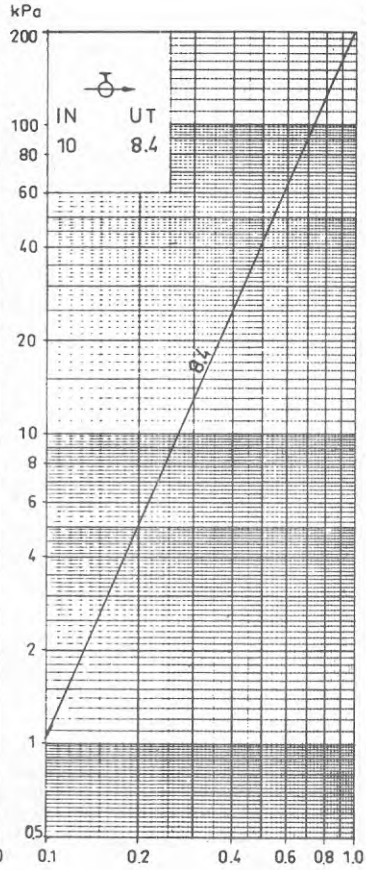
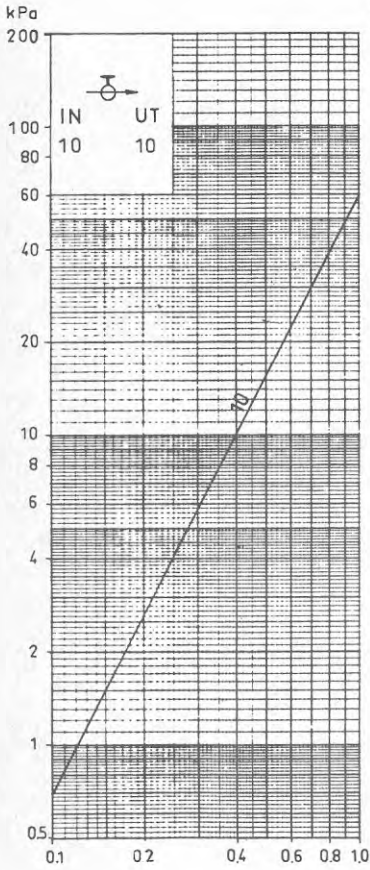
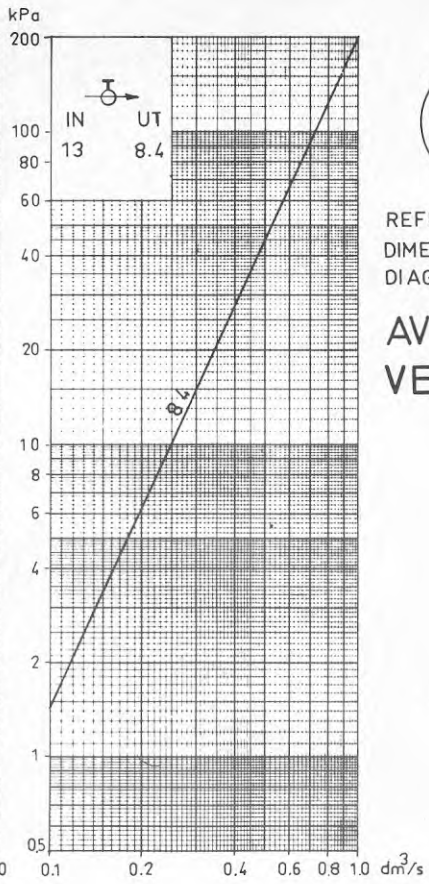
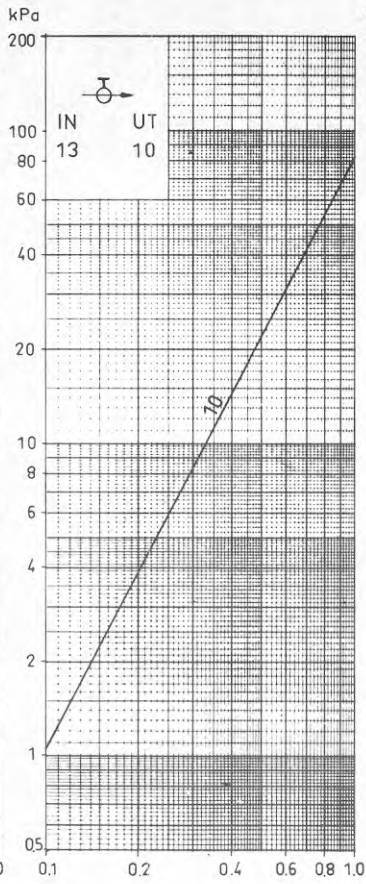
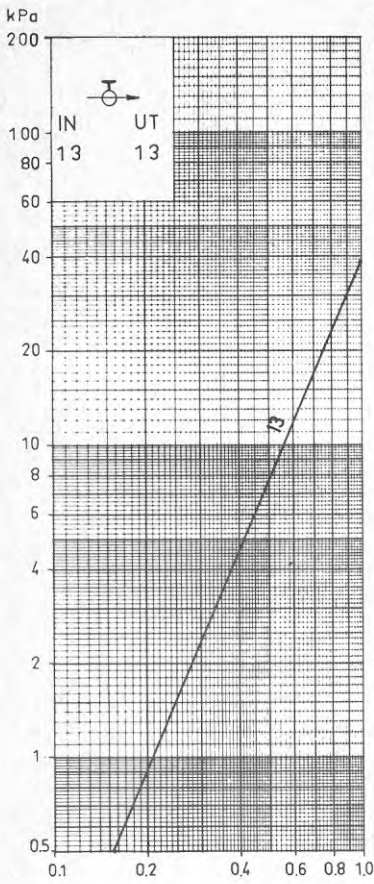
REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

### AVSTÄNGN.- VENTIL



REFERENS- OCH  
DIMENSIONERINGS-  
DIAGRAM

AVSTÄNGN.-  
VENTIL



TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

**R87: 1977**

**ISBN: 91-540-2788-8**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600687  
Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm**

**Cirka pris 33 kr + moms**