



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

R24:1985

Effektivare värmedistributions- system för gruppcentraler

Redovisning av etapp 1 och 2

Sören Persson

R
AND

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Acctnr	
Plac	Ser

Byggeforskningsrådet

R24:1985

EFFEKTIVARE VÄRMEDISTRIBUTIONSSYSTEM
FÖR GRUPPCENTRALER

Redovisning av etapp 1 och 2

Sören Persson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811849-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energiteknik AB, Nyköping.

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

R24:1985

ISBN 91-540-4317-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Målsättning och angreppsätt	11
1.3 Arbetssätt	13
2. MATERIAL	14
2.1 Inventering av plastmaterial i värmedistributionssystem	15
2.2 Metoder för accelererad provning av värmerör av plast	17
2.3 Inventering av metoder att sänka syre och vattenpermeabiliteten hos plaströr	18
2.4 Utvärdering av syretätade plast- rör samt undersökning av vatten- permeabiliteten hos plaströr	19
3. KULVERTTEKNIK	21
3.1 Flexibla kulvertar - kulvert- teknik	22
3.1.1 En "ideal" flexibel kul- vert	23
3.2 Mantelrörskarvar och rörkopp- lingar	28
3.3 Schaktkostnad vid individuell och samförlagd värmekulvert	31
3.4 Förläggning av flexibla kul- vertar	33
4. SYSTEM	39
4.1 Syrepermeabilitet i kulvertar	39
4.2 Jämförelser mellan skarvfri- och konventionell kulvertför- läggning	40
4.3 Lågtemperaturbaserad central värme- distribution i bef. bebyggelse. Potential och möjligheter	42
4.4 Studier av GRUDIS-system	44

5.	SLUTSATSER	48
5.1	Teknik	48
5.2	Ekonomi	51
	REFERENSFÖRTECKNING	52

SAMMANFATTNING

Bakgrunden till GRUDIS-projektet är att konkurrens-situationen för de centrala distributionssystemen försämrats de senaste åren.

Det beror dels på en ökad konkurrenskraft från de individuella systemen där alternativ med lägre värmekostnader än oljeeldning börjar introduceras, dels medför det ökande energisparandet att värmetätheten i potentiella fjärrvärmeområden sjunker.

Vidare sker fjärrvärmeutbyggnaden i områden med successivt lägre värmetäthet. De mest lönsamma områdena har byggts ut först. Vill man fortsätta utbyggnaden tvingas man exploatera områdena med avsevärt lägre värmetäthet. Det innebär att distributionskostnaden (investerings- och värmeförlustkostnaden) står för en relativt sett ökande del av den totala värmeproduktionskostnaden.

I ett längre tidsperspektiv är det emellertid angeläget att hushålla bättre med energin genom att utnyttja spillvärme, inhemska bränslen och stora värmepumpar. Samtliga dessa system fordrar ett ledningsbundet värmedistributionssystem. GRUDIS-projektet (GRuppcentraler och DIstri-bution) syftar till att fylla behovet av ett effektivt värmedistributionssystem med lägre installations- och driftkostnader än de system som används idag.

Projektet som skall pågå i en treårsperiod arbetar med en målsättning enligt följande:

- UTVECKLA - initiera utvecklingen av komponenter och system.
- STUDERA - komponenter och system i laboratorie- och fältförsök.
- VÄRDERA - teknik och ekonomi.
- DEMONSTRERA - fullständiga lösningar för en ekonomisk anslutning av gruppcentraler.

En genomgång av möjligheterna visar att det främst är med nya material i kombination med enklare förläggningsteknik och bättre systemlösningar som kostnadsbesparingar kan göras.

Det innebär att befintliga systemutformningar kombineras med nya komponenter och nya systemlösningar.

Beroende på de hanteringsmässiga fördelar som man har med elkablar och kallvattenledningar av plast, borde flexibla kulvertar i detta material ge förutsättningar för en billigare förläggningsteknik. Plastsystemet ger också möjlighet till kostnadsbesparande systemlösningar och lägre värmeförluster.

Eftersom vi inom projektet valt att arbeta med plastsystem gäller det att ta tillvara materialets komponent- och systemmässiga fördelar samt att lösa de problem som tidigare förknippats med dessa system. Arbetet har bedrivits omkring två viktiga problemområden dels utveckling av ett nytt kulvertsystem dels framtagning av systemlösningar anpassade till detta kulvertsystem.

Projektet har tidsmässigt indelats i tre etapper:

1. Inventering (1982-83)
2. Laboratorieprov (1983-84)
3. Fältprov och demonstration (1984-85)

Denna rapport är en sammanfattande redovisning av det arbete som genomförts under de två första etapperna.

Arbetet har genomförts som avslutade delprojekt inom följande områden:

Material	(M-projekt)
Kulvertteknik	(K-projekt)
System	(S-projekt)

Den övergripande målsättningen inom material-
området är att ta fram tekniskt tillförlitliga
och ekonomiskt optimala material för konstruktion
av en "ideal" flexibel kulvert.

När man tidigare utnyttjat plastsystem för värme-
distribution har man framför allt erhållit två
typer av problem:

- mediarörsbrott i kulvert
- korrosionsproblem i radiatorsystem till
följd av syrepermeabiliteten i plaströr.

Därför har arbetet på materialsidan främst in-
riktats på att säkra livslängden på de material
som ingår i kulvertsystemen samt komma till
rätta med syrepermeabiliteten i plaströr.

Arbetet har resulterat i rekommendationer be-
träffande typprovning och tillverkningskontroll
av mediarörsmaterial. Rörmaterial av tvärbunden

polyeten (PEX) och polybuten (PB) har testats och visats sig kunna klara kraven. Provning av isolermaterialens lastupptagningsförmåga har inletts och resultaten tyder på att materialen måste vidareutvecklas.

Plastbarriärer har visat sig vara mycket effektiva som syrespärrar. Bäst är ett skikt av Poly Vinyl Alcohol (PVAL) som ger 1000 gånger lägre permeabilitet än rena PEX-rör.

Den huvudsakliga målsättningen inom kulvertområdet är att ge rekommendationer för hur en "ideal" flexibel kulvert med tillhörande mantelrörsskarvar och mediarörskopplingar bör se ut och hur den bör förläggas.

Specifikationer för en "ideal" flexibel kulvert med avseende på vattenupptagning, lastupptagningsförmåga, värmeförluster och böjmotstånd har utarbetats. Vidare har rekommendationer för typprovning av flexibla kulvertar, mediarörskopplingar och mantelrörsskarvar tagits fram.

Provning av ett antal kommersiella kulvertar indikerar att 2 - 3 av dessa kan utnyttjas i en demonstrationsanläggning. Tre kopplingar har testats med gott resultat. Två av dessa kan rekommenderas vid byggande av demonstrationsanläggning. Den tredje kopplingen är av plast. Den är mycket billig och har hittills visat sig ha lika goda egenskaper som metallkopplingar. Ytterligare prov erfordras dock för en säker bedömning.

Mantelrörsskarvarna bör utgöras av färdiggjutna skålar av hård PUR, som har tillräcklig hållfasthet för att fixera mediarörskopplingarna. Kopplingarna ska vara så säkra att inspektions-

och servicebrunnar endast ska användas vid avgreningar kombinerade med ventiler.

När det gäller förläggningsmetoder rekommenderas en minskning av det vedertagna läggningsdjupet och det fria utrymmet i kulvertgraven.

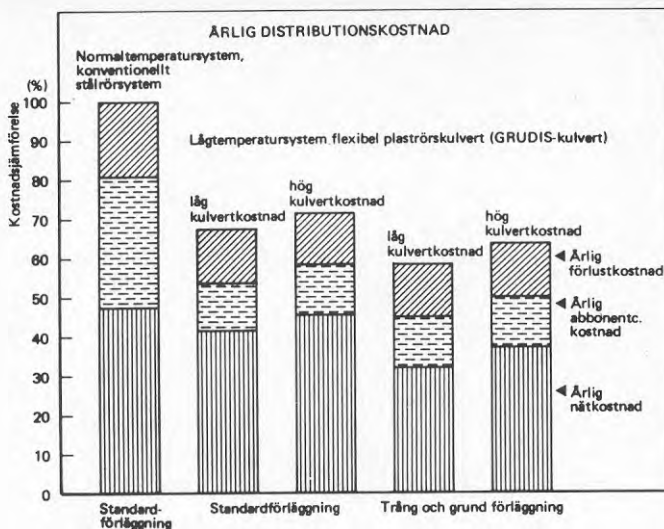
Målsättningen med systemstudierna är att ta fram kompletta systemlösningar för GRUDIS-systemen samt att studera och lösa problemen med framförallt syrepermeabilitet i kulvertsystemen.

Den s k GRUDIS-kopplingen (direktkoppling på tappvarmvattensidan) medför att de negativa konsekvenserna med syrediffusion i plaströr kan elimineras. Denna koppling ger möjlighet till lägre drifttemperaturer och därmed lägre värmeförluster.

Vidare att det i princip finns komponenter för byggande av demonstrationsanläggning. Vissa brister finns dock vad gäller storlekssortimentet för vissa komponenter.

Om man tar tillvara den flexibla kulvertens egenskaper och utnyttjar den s k GRUDIS-kopplingen samt arbetar med lägre driftstemperaturer än vad som är konventionellt kan stora kostnadsbesparingar erhållas.

Ett datorprogram har utvecklats för beräkning av årlig distributionskostnad (kapital- och värmeförlustkostnad) för olika bostadsområden. Nedanstående figurer visar resultatet för ett småhusområde omfattande ca 40 hus.



Figur

Årlig distributionskostnad för det undersökta småhusområdet. Jämförelse mellan ett konventionellt stålrorssystem (120 - 70°C) och olika variationer av ett GRUDIS-system.

Som framgår av figuren kan värmedistributionskostnaden reduceras med ca 30 - 40 % i förhållande till ett konventionellt system. Hur stor besparingen blir i andra områden varierar beroende på nätets utformning, (längd, förgreningsgrad, böjar etc) och systemlösning samt vilken temperaturnivå som systemet kräver.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

En av de grundläggande målsättningarna inom den svenska energipolitiken är att minska oljeanvändningen genom att utnyttja "inhemska helst förnybara energikällor". Dessutom finns målsättningen att utnyttja spillvärme och en begränsad mängd kol.

Förutsättningen för ett effektivt utnyttjande av fasta bränslen på miljömässigt acceptabla villkor är ofta att värmeproduktion sker i en central anläggning. Där finns möjligheter till låga arbetskrafts- och hanteringskostnader samt ekonomiskt utrymme för att begränsa miljöutsläppen.

För att utnyttja industriell spillvärme och vissa värmekällor för värmepumpar samt solvärme på ett effektivt sätt kan det i vissa tillämpningar vara motiverat med en central produktionsanläggning och/eller en central lagringsanläggning.

Det innebär att det finns behov av effektiva och väl utformade värmedistributionssystem som uppfyller de krav som produktion- och abonnentanläggningar ställer.

En stor del av fastighetsbeståndet försörjs redan idag av fjärrvärme och gruppcentraler. Men för att den nuvarande målsättningen inom energipolitiken ska kunna förverkligas måste sannolikt en större del av bebyggelsen försörjas via centrala distributionssystem.

Problemet är att konkurrenssituationen för de centrala distributionssystemen har försämrats de senaste åren. Det beror dels på en ökad konkurrenskraft från de individuella systemen där alternativ

med lägre värmekostnader än oljeeldning börjar introduceras, dels medför det ökande energisparandet att värmeförlusterna i potentiella fjärrvärmeområden sjunker.

Vidare sker fjärrvärmeutbyggnaden i områden med successivt lägre värmeförlust. De mest lönsamma områdena har byggts ut först. Vill man fortsätta utbyggnaden tvingas man exploatera områdena med avsevärt lägre värmeförlust. Det innebär att distributionskostnaden (investerings- och värmeförlustkostnaden) står för en relativt sett ökande del av den totala värmeproduktionskostnaden.

Det har därför uppstått ett behov att ta fram effektivare värmedistributionssystem.

Intressanta marknadsområden för dessa nya värmedistributionssystem är framförallt ny och befintlig bebyggelse inom tätbebyggda områden som inte redan har centraliserad värmeförsörjning. Det gäller framförallt randområden till större tätorter (småhusområden), och s k bostadsöar samt bebyggelse i mindre tätorter.

Eftersom omsättningstiden inom bostadsbeståndet är mycket låg bör stor uppmärksamhet ägnas åt möjligheterna att ansluta befintlig bebyggelse. Det ställer krav på att systemet måste anpassas till de befintliga uppvärmningssystemen med avseende på temperatur, tryck och vattenkvalitet.

Ett annat intressant marknadsområde kan vara att ersätta äldre uttjänta distributionsnät för gruppcentraler.

1.2 Målsättning och angreppsätt

Problemet med att få en ekonomisk motiverad anslutning till ett centralt värmeförsörjnings-system är som tidigare sagts störst i områden med låg värmetäthet och som därmed kräver klena rördimensioner. De stora ledningarna i städernas centrala delar har både tillräckligt värmeunderlag och acceptabla värmeförluster för att bli lönsamma. Det är därför naturligt att koncentrera insatserna till de klena systemdelarna. Vägledande för valet av tekniska lösningar ska vara att eftersträva låga systemkostnader, dvs både låga investerings- och värmeförlustkostnader.

Efter att ha studerat de olika komponenter och systemlösningar som används idag står det klart att man måste tillgripa radikala lösningar för att påtagligt sänka kostnaderna. Utgående från de hanteringsmässiga fördelar som man har med elkablar och kallvattenledningar av plast, borde ett nytt material i kulverten ge en potential för billigare läggning och installation samt ge möjlighet till lägre värmeförlustkostnader. Totalplastsystemen har klara fördelar genom sin korrosionsbeständighet, hanterbarhet, produktionsvänlighet och potentiellt låga priser.

Målsättningen med GRUDIS-projektet är därför att reducera kostnaden för värmedistribution främst i områden med låg värmetäthet genom att utnyttja nya material och systemlösningar samt enklare förläggningsteknik och lägre distributions-temperaturer.

Det innebär att befintliga systemutformningar kombineras med nya komponenter och systemlösningar.

Eftersom vi valt att arbeta med plastsystem gäller det att ta tillvara materialets komponent- och systemmässiga fördelar samt lösa de problem som tidigare förknippats med dessa system. Arbetet har bedrivits omkring två viktiga problemområden dels utveckling av ett nytt kulvertsystem dels framtagning av systemlösningar anpassade till detta kulvertsystem.

Nytt kulvertsystem

En viktig del i projektet har varit att initiera utveckling av komponenter möjliga att utnyttja i ett GRUDIS-system. Detta arbete har bestått av:

- inventering av befintliga material och komponenter
- laboratorie- och fältprovning av intressanta material och komponenter
- utarbetande av specifikationer som vägledning för fabrikanter vid tillverkning av nya komponenter

Därutöver har rekommendationer för typprovning och tillverkning av komponenter i kulvertsystem utarbetats.

Nya systemlösningar

Inom detta område gäller det att utveckla systemlösningar som är anpassade till totalplastsystemens egenskaper och förutsättningar. Därför måste man bl a studera möjligheten att försörja befintlig bebyggelse med centrala värmedistributionssystem till lägre drifttemperaturer än vad som är normalt. Vidare att eftersträva systemlösningar som undviker negativa konsekvenser av plastens syrediffunderande egenskaper.

1.3 Arbetssätt

Projektet har tidsmässigt indelats i tre etapper:

1. Inventering (1982-83)
2. Laboratorieprov (1983-84)
3. Fältprov och demonstration (1984-85)

Arbetet bedrivs som avslutade delprojekt inom följande områden:

Material	M-projekt
Kulvertteknik	K-projekt
System	S-projekt

Nedan följer en redovisning av de delprojekt som genomförts under etapp 1 och 2. Vissa av dessa projekt har slutrapporterats medan andra endast redovisades i form av delrapporter. De sistnämnda kommer att slutrapporteras efter etapp 3. Var rapporterna finns tillgängliga framgår av referensförteckningen på sid 52.

2. MATERIAL

Den övergripande målsättningen inom materialområdet är att ta fram tekniskt tillförlitliga och ekonomiskt optimala material för konstruktion av en "ideal" flexibel kulvert.

När man tidigare utnyttjat plastsystem för värmedistribution har man framförallt erhållit två typer av problem:

- mediarörsbrott i kulvert
- korrosionsproblem i radiatorsystem till följd av syrepermeabiliteten i plaströr.

Därför har arbetet på materialsidan främst inriktats på att säkra livslängden på de material som ingår i kulvertsystemen samt komma till rätta med syrepermeabiliteten i plaströr.

När det gäller att lösa syrepermeabilitetsproblematiken har vi arbetat med flera alternativa metoder. Studier har genomförts både inom material- och systemområdet.

För det första har vi undersökt hur omfattande korrosionsproblemen egentligen är till följd av syrediffusionen. Korrosionsproblemen har nämligen varit olika stora vid olika anläggningar. Det beror sannolikt på varierande vattenkemi och olika temperaturnivåer i systemen.

I Studien "Syrepermeabilitet i kulvertar" (se sid 39.) har vi kunnat verifiera att det kan uppstå funktionsstörningar om man blandar plaströr och kolstålsradiatorer. Det är därför olämpligt med en sådan kombination. Om man vill undvika dessa problem kan man i princip gå tillväga på två sätt, dels begränsa syrediffusionen, dels göra systemet okänsligt för syresatt vatten.

Inom projektet har vi studerat båda alternativen. Inom materialområdet har vi studerat möjligheten att via en barriär i mediaröret begränsa syrediffusionen.

Etapp 1

Arbetet inom materialområdet under etapp 1 inriktades på att inventera och undersöka vilka material som utifrån känd kunskap kunde anses lämpliga som komponenter i en flexibel kulvert. Under etapp 1 studerades också olika metoder för livslängdsberäkningar av värmerör av plast. Vissa inledande provningar gjordes av tvärbunden polyeten (PEX). Denna etapp innefattade även en inventering av metoder att sänka syre- och vattenpermeabiliteten i plaströr.

Etapp 2

Under etapp 2 genomfördes omfattande provningar och livslängdsberäkningar av de mest intressanta plastmaterialen. Dessutom utarbetades rekommendationer för typprovning och tillverkningskontroll för mediarör. När det gäller metoder att sänka syrepermeabiliteten hos plaströr har mätningar genomförts för några intressanta barriärskikt. Vattenpermeabiliteten har också mätts i ett antal flexibla kulvertar.

Nedan följer en redovisning av delprojekten inom materialområdet.

2.1 Inventering av plastmaterial i värmedistributionssystem¹⁾

Målsättningen inom delprojektet har varit att undersöka vilka material som är lämpliga som mediarör och isolering i en flexibel kulvert, samt i vilka dimensioner de intressanta rören

finns att tillgå och prisuppgifter på dessa rör- och isolermaterial.

De mest lovande mediarörmaterialen för flexibla kulvertar är tvärbunden polyeten (PEX) och polybuten (PB). Den allmänna kunskapsnivån är tillräckligt hög för att kunna acceptera dessa material inom ett GRUDIS-system med måttliga temperaturer. Mer sofistikerade material kommer antagligen att bli för dyra. Vissa material kan dock vara intressanta som komponenter i systemet.

Det finns ett stort antal tillverkare av både PEX- och PB-rör. Dessa tillverkar dock främst klena dimensioner. Endast ett fåtal tillverkare marknadsför ett brett dimensionssortiment.

Den tekniska utvecklingen går mot en ytterligare förbättrad temperaturstabilisering både för PEX och PB. Prisuppgifterna varierar starkt mellan tillverkarna av PEX och PB. Priser på mellan 30 - 70 och 36 - 93 SEK/kg (1983 års priser) har erhållits för PEX respektive PB.

I en flexibel GRUDIS-kulvert kommer naturligtvis flexibla isoleringsmaterial att vara de mest intressanta. De bästa materialen för dessa är PE- och PEX-skum. Vid små dimensioner på mediaröret, \varnothing 10 - 25 mm ytterdiameter, bör också styv PUR kunna användas till en flexibel kulvert. Bestämmande för dess användbarhet blir naturligtvis hur pass flexibel kulverten måste vara. Om den kan rullas i stora diametrar ca 2 - 3 m är antagligen styv PUR tillräckligt flexibel. Bestämmande för flexibiliteten blir också mantelns utformning. En nackdel med PUR är att den antagligen fordrar en mantel för att skydda isoleringen. Både PE och PEX-skum kan tillverkas med ett

skyddande skinn, varför dessa material bör vara möjliga att använda utan någon mantel.

Vid större dimensioner på mediaröret > 60 - 70 mm kan det tänkas att styvheten på mediaröret gör att man inte kan rulla kulverten. En kulvert med isolering typ isolerlådor kan därför bli aktuell, varvid styvt polystyrenskum är intressant. En stor nackdel med detta material är emellertid dess låga övre användningstemperatur. Naturligtvis så kan även styv PUR användas till denna kulverttyp.

En prisindikation på PE- och PEX-skum är ca 1500 - 2000 SEK/m³. Motsvarande kostnad för PUR-skum är 720 SEK/m³. (1983 års priser.)

2.2 Metoder för accelererad provning av värmerör av plast²⁾

Projektets syfte har varit att ta fram provmetoder för att säkra livslängden hos värmerör av plast. Vidare har projektet syftat till att få fram tillverkningskontrollmetoder för att säkra kvaliteten hos nyproducerade värmerör av plast.

Arbetet har huvudsakligen inriktats på tryckprovning av olika PEX-kvaliteter vid förhöjd temperatur. Jämförelse med resultat för PB och polyeten (PE) har också genomförts. Olika metoder för tillverkningskontroll har studerats omfattande tryckprovning, dragprovning och termiska analyser.

Arbetet har lett fram till rekommendationer för typprovning och tillverkningskontroll för värmerör av plast i en GRUDIS-kulvert. Innan slutliga typpodkännande regler och tillverkningskontrollmetoder kan tas fram behövs ytterligare kunskap

om tryck och temperaturbelastningar i olika GRUDIS-system. Innan dessa data finns framme bör endast plaströr med tappvarmvattengodkännande användas för GRUDIS-tillämpningar. Dessa plaströr kommer med all sannolikhet att klara alla driftsfall för ett GRUDIS-system. De material som idag blir aktuella som värmerör till GRUDIS-system är PB och PEX. I de fall man redan idag dimensionerar värmedistribution efter betydligt lägre temperaturer och/eller tryck jämfört med tappvarmvatteninstallationer kan även andra plaströrsmaterial komma att användas. Användningen av dessa rörmaterial bör dock föregås av en sakkunnig bedömning av materialets långtidsegenskaper.

När det gäller långtidsegenskaperna hos de olika isolermaterialen för en GRUDIS-kulvert är dessa mycket dåligt dokumenterade. En undersökning av långtidsegenskaperna samt att utforma provningsmetoder för vissa isolermaterial behöver startas. Dessutom behöver krav för dessa isolermaterial tas fram.

2.3 Inventering av metoder att sänka syre och vattenpermeabiliteten hos plaströr ³⁾

Under etapp 1 behandlas olika metoder att förhindra syre- och vattenpermeabiliteten hos plaströr. Den säkraste metoden att sänka syre- och vattenpermeabiliteten är att anbringa en metallfolie på röret. Mekanisk och termisk påverkan bedöms dock kunna bli problematiska för sådana rör, varför experimentella undersökningar behövs.

En plastfoliebarriär kan också anbringas. Dessa foliers permeabilitet ökar dock i allmänhet mycket med stigande temperatur. Syrepermeabiliteten vid högre temperaturer hos dessa rör bör därför bestämmas experimentellt för att utröna

om en tillräcklig sänkning kan erhållas. Rör med plast- såväl som metallfoliebarriär finns på marknaden idag.

Två andra metoder, metallförångning och termisk sprutning, redovisas också. De tekniska möjligheterna att använda dessa metoder bör undersökas.

I rapporten redovisas även beräkningar på hur stor fuktuppbyggnad som teoretiskt sett skulle kunna ske i isoleringen hos en PEH-mantlad plast-rörskulvert. Av beräkningarna framgår att fuktuppbyggnaden i isoleringen går snabbt, varför experimentella undersökningar bör göras för att verifiera de teoretiska beräkningarna.

2.4 Utvärdering av syretätade plaströr samt undersökning av vattenpermeabiliteten hos plaströr⁴⁾

I delprojektet redovisas resultaten från etapp 2 avseende syrepermeabilitetsmätningar för olika syretätade plaströr. Syrepermeabiliteten hos plastfoliebarriärer har mätts i en vattenbaserad krets. Hos dessa rör uppvisar PVAL-barriärer (Poly Vinyl ALcohol) och EVAL-barriärer (Ethylene Vinyl ALcohol) de bästa resultaten.

Rör med PVAL ger > 1000 ggr respektive > 1300 ggr lägre syrepermeabilitet än omantlad PEX vid 53°C respektive 80°C. EVAL rör ger > 300 ggr respektive > 260 ggr lägre syrepermeabilitet än PEX vid 54°C respektive 71°C.

Syrepermeabiliteten har också mätts på rör med saranbeläggning. Här var sänkningen av syrepermeabiliteten betydligt mindre relativt PEX.

Två olika rör med barriärer av aluminiumfolie var helt täta.

Alternativa mätmetoder för syrepermeabiliteten har också undersökts. Någon bättre och snabbare metod än mätning i vattenfas med hjälp av TA-cell har inte erhållits.

En undersökning har gjorts av vattenpermeabiliteten och därigenom fuktupbyggnad i isoleringen hos kompletta plaströrskulvertar har gjorts. Proven har genomförts vid ca 95°C. Det sämsta resultatet var 2.1 volyms procent H₂O efter 6 600 h exponering, vilket får anses som en betydande mängd.

3. KULVERTTEKNIK

Den huvudsakliga målsättningen inom kulvertområdet är att ge rekommendationer för hur en "ideal" flexibel kulvert med tillhörande mantelrörsskarvar och mediarörskopplingar bör se ut. Med flexibla kulvertar avses här integrerade kulvertar (mediarör, isolering och mantelrör) helt i plast, som kan levereras i långa längder på rulle/trumma och som kan hanteras av en man efter utrullning på mark. Vid konstruktion av en sådan kulvert är det viktigt att ta tillvara totalplastsystemens positiva egenskaper i form av flexibilitet, hanterbarhet, korrosionsbeständighet och låga kostnader.

Etapp 1

Under etapp 1 gjordes en inventering av intressanta flexibla kulvertar, mantelrörskarvar och mediarörskopplingar som kan ingå i ett GRUDIS-system. För dessa komponenter har provnings- och utvärderingsmetoder utarbetats. Vidare studerades schaktkostnader för värmekulvert vid individuell förläggning samt vid samförläggning med andra distributionsledningar.

Etapp 2

Under etapp 2 har en provserie genomförts för ett antal flexibla kulvertar, skarvar och kopplingar. Vidare har specifikationer för en "ideal" flexibel kulvert utarbetats. De ska förhoppningsvis ligga till grund för tillverkning. Dessutom har ytterligare sätt att reducera läggningskostnaden studerats.

3.1 Flexibla kulvertar - kulvertteknik⁵⁾

Detta projekt behandlar flexibla kulvertar med målsättningen att ge en kartläggning av existerande material och utgående från existerande provmetoder föreslå ett program för typprovning av flexibla kulvertar. Vidare ge en beskrivning av hur en "ideal" flexibel kulvert bör vara uppbyggd samt att ge en grov uppskattning av priset per meter för denna kulvert i olika dimensioner.

De fabrikat som redovisas i rapporten består både av isolerlådor och preisolerade kulvertar. Dessutom redovisas i vilka längder kulvertarna levereras samt leveranssätt (på rulle eller som rokrör).

I rapporten redovisas också provprogram som ligger till grund för leveranskontroll av stål/-PUR/PE-kulvertar i en rad västeuropeiska länder samt vilka institutioner som ger ut dem.

Svenska Värmeverksföreningens tekniska leveransbestämmelser för konventionella stål/PUR/PE-kulvertar redovisas i de avsnitt som bedöms vara användbara för typprov av flexibla kulvertar. Såsom relevanta prov ingående i ett typprov av flexibla kulvertar har bedömts vara:

- Vattenupptagning (vol-%)
- Värmeförlust (W/m,k)
- Böjmotstånd (N)
- Lastupptagningsförmåga (% ovalisering).

Utifrån denna bedömning görs ett förslag till typprovprogram för flexibla kulvertar innehållande de ovan uppräknade provmomenten.

Det föreslagna provprogrammets användbarhet kontrolleras på de i inventeringen upptagna

kulvertarna. De olika delproven beskrivs och resultaten redovisas i en sammanställning. I denna sammanställning görs jämförelser dels med en konventionell stål/PUR/PE-kulvert och dels med en tänkt "ideal" flexibel kulvert.

Resultat av denna jämförelse blir att endast 1 av 16 provade kulvertar faller inom ramen för en "ideal" flexibel kulvert. Det krav som de flesta av de provade kulvertarna inte uppfyllt är en högsta tillåten värmeförlust på, 0.04 W/m,k, vid en medeltemperatur i isoleringen på 50°C mätt mellan mediarörets ytteryta och mantelrörets inneryta. Tio av tolv provade kulvertar uppfyller kravet på maximalt 10 vol-% vattenupptagning efter 20 timmar i vatten med temperaturen 80°C.

3.1.1 En "ideal" flexibel kulvert

För den konventionella stål/PUR/PE-kulverten med en dimensionerande framledningstemperatur på 120°C finns idag en väl etablerad teknik. Man har bl a flera isolerklasser för att kunna nå en god ekonomisk balans mellan investerings- och driftskostnad.

Den flexibla kulverten är ännu så ny på marknaden att den mest använts i speciella sammanhang såsom interna distributionssystem i industriområden och dylikt.

Definitionsmässigt är en kulvert flexibel så snart det är möjligt att göra avvinklingar utan att använda speciella prefabricerade kulvertdelar. För att en kulvert skall anses flexibel krävs dessutom att böjstyvheten inte är alltför stor. Är den å andra sidan för mjuk finns risk för att kulverten kommer att deformeras av trafiklast.

Den flexibla kulverten kan tillverkas på flera olika sätt. Den bästa flexibiliteten erhålls emellertid om mediaröret är tillverkat av plast, som enligt materialstudierna bör utgöras av PEX eller PB.

Isolermaterialet bör vara av ett mjukt och formbart material, exempelvis mineralull eller PE-skum. Vissa fabrikat har valt ett halvstyvt PUR-skum som isolering. Detta material har mycket goda isoleregenskaper, men kräver å andra sidan en viss försiktighet vad gäller hanteringen. Om en kulvert med halvstyvt PUR-skum utsätts för upprepade böjningar och sträckningar, eller hårda slag, finns risk för att PUR-skummet spricker. En viss elasticitet hos isolermaterialet är således viktigt.

Mantelröret tillverkas i stort sett alltid av korrugerad PE. Några kulverttillverkare har emellertid valt andra alternativ. Den bästa flexibiliteten ger dock korrugerad PE.

Inledningsvis nämndes att det finns flera olika isolerklasser för den konventionella stål/PUR/PE kulverten. Detta för att erhålla en ekonomisk optimal balans mellan investerings- och driftskostnader.

I Sverige har man numera i de flesta fall valt kulvertar av isolerklass 2 vid projektering av kulvertnät. För att få en uppfattning om hur isolertjockleken växlar mellan alternativa isolermaterial har en kulvert med isolering av PUR-skum och isolerklass 2 utgjort referensobjekt. Vid val av alternativa isolermaterial har kravet varit att värmeförlusterna inte får överstiga referensfallet. En dimensionsserie för en "referenskulvert" får då följande utseende:

Tabell 1

Stål/PUR/PE-kulvert isolerclass 2 (referens)

DN ¹⁾	DY ²⁾	dy ³⁾	dis ⁴⁾	Pris	
	mm	mm	mm	kr/m	
20	110	26.9	39	53	
25	110	33.7	35	55	
32	125	42.4	38	65	
40	125	48.3	35	87	
50	140	60.3	36	82	
65	160	76.1	38	100	
80	180	88.9	41	115	
100	225	114.3	50	163	

Enligt resonemanget tidigare får då en dimensionsserie för en PE-isolerad kulvert följande utseende:

Tabell 2

PEX (PB)/PE/PE-kulvert motsvarande isolerclass 2

DN	DY	dy	dis	Pris	
				Hög	Låg
	mm	mm	mm	kr/m	kr/m
20	163	25	65.5	81	36
25	163	32	62.0	88	39
32	163	40	58.0	92	42
40	195	50	68.0	130	62
50	195	63	61.5	134	71
60	195	75	55.5	148	81
70	235	90	67.0	208	117
90	280	110	79.0	299	166

1) Mediarörets innerdiameter

2) Kulvertens ytterdiameter

3) Mediarörets ytterdiameter

4) Isoleringstjocklek

Sammanfattar man det förda resonemanget erhålls följande parametrar för en flexibel kulvert som bedömts som primära:

- Lastupptagningsförmåga
- Böjmotstånd
- Elasticitet
- Värmeförluster

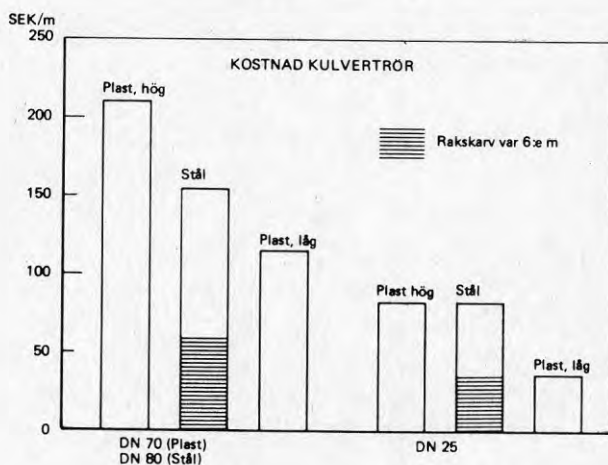
Parametrarna lastupptagningsförmåga och böjningsmotstånd kan inte isoleras från varandra. Det är upp till tillverkaren att avgöra om en viss flexibel kulvert skall ha en lastupptagande mantel och en mycket mjuk isolering eller om lastupptagningsförmågan ska ligga i isoleringen. Mantelröret har då ett mycket litet böjmotstånd.

Som tidigare nämnts har parametern elasticitet hos isoleringen betydelse om inte speciella restriktioner i hanteringen vid utrullning av kulverten skall iakttagas.

Sist men inte minst har kulvertens värmeförluster analyserats. I tabellen för PEX (PB)/PE/PE-kulverten har isolertjockleken valts så att kulvertens värmeförlust inte skall överstiga värmeförlusten för en stål/PUR/PE-kulvert vid samma drifts- och omgivningsförhållanden. PE-skummets isolerförmåga är också beroende av densiteten vilken i sin tur påverkar kulvertens flexibilitet och lastupptagningsförmåga. Man inser att val av isolering måste bli en kompromiss mellan flera primära faktorer som alla har betydelse för den flexibla kulverten. En sammanställning av parametrarna hos en "ideal" flexibel kulvert där även isoleringens vattenupptagningsförmåga tagits med får följande utseende:

Vatten- upptagning vol %	Värme- förlust W/m,K	Böjmot- stånd N	Lastupptagnings- förmåga vid 1 m % ovalisering
≤ 10.0	≤ 0.040	≤ 500	≤ 6.0

Priserna för de olika dimensionerna av den PE-isolerade kulverten är uppskattade. Den visar att plastkulverten har förutsättningar att pris-
mässigt konkurrera med den konventionella kul-
verten upp till en dimension DN60-DN80.



Figur 1

Kostnadsjämförelse mellan plast (GRUDIS) - och stålculvertar

3.2 Mantelrörskarvar och rörkopplingar⁶⁾

I etapp 1 gjordes en inventering av på marknaden förekommande typer av mantelrörsskarvar och mediarörskopplingar för fjärrvärmekulvertar avsedda för sekundärnät med en största diameter på mediarören ca 90 mm (invändigt). Vidare föreslogs provmetoder för skarvar och kopplingar. I etapp 2 genomfördes prov av dessa komponenter.

Inventeringen innefattar även en enkät, utsänd till olika kulverttillverkare avseende drift- erfarenheter, kostnader etc.

Det stora flertalet kulverttillverkare svarar även för konstruktion och utförande av mantelrörskarvar med tillhörande isolering. Denna består vid de flesta kulverttyper av på platsen anbringat PUR-skum runt mediaröret samt en utanpåliggande PE-muff.

Skarvarna hos en GRUDIS-kulvert kommer inte att skumisoleras på plats utan istället användes färdiggjutna skålar av hård PUR, som har tillräcklig hållfasthet för att fixera mediarörskopplingarna på plats. Kulvertisoleringen skyddas mot inträngande fukt genom tätande ändhuvar.

Kulvertarna i en GRUDIS-anläggning är flexibla med mediarör av plast, huvudsakligen PEX, varför rörkopplingar lämpade för detta material i första hand undersökts. Det finns ett stort antal olika kopplingsfabrikat avsedda för både metallrör (koppar) och plaströr. De är samtliga av s k klämring- eller kompressionstyp, vilket innebär - använda på PEX-rör - att rörväggen kläms fast mellan en invändig stödhylsa och en utvändig klämring. Förbandet ger såväl axiell dragstyrka som täthet. Material i de olika delarna är oftast avzinkningshärdig mässing. Även plastkopplingar har börjat komma i marknaden.

Provresultat med en sådan koppling redovisas i rapporten.

Av enkätsvaren framgår att läckande skarvar är ett stort problem vid kulvertar. Det är uppenbart att skadefrekvensen måste nedbringas och helt säkra skarvtyper - både för mantel - och mediarör måste tas fram för GRUDIS-kulverten. Detta medför att ett ingående provningsprogram måste genomföras, innan en viss typ av skarv eller koppling kan fastställas som standard.

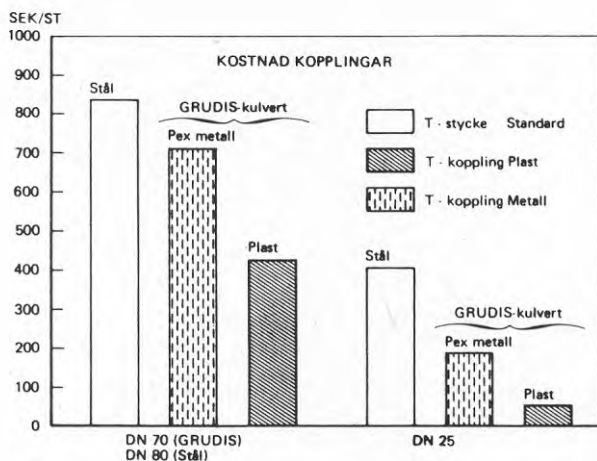
Vad gäller mantelrörskarvar bör dessa provas dels i realistiska fältprov dels medelst laboratorieprov i s k sandlåda, där skarvarna kan utsättas för olika slags mekaniska påkänningar, t ex fram - och återgående rörelse och/eller varierande tryck från den omgivande sanden genom pulserande vertikallast. I etapp 2 har prov av det sistnämnda slaget med enbart fram- och återgående rörelse genomförts, som visar att hård PUR-isolering motstår de krafter, som kommer via kopplingen kommer från PEX-röret.

Beträffande mediarörskopplingarna bör dessa undergå en mera omfattande provning, speciellt sådana som är nya på marknaden och kanske av okonventionellt material (plast). Inspektions- och servicebrunnar avses av kostnadsskäl användas endast i undantagsfall, varför målsättningen är att få fram en kulvertskarv, som tål att läggas direkt i marken och överfyllas och som därefter inte skall behöva inspekteras.

För tidigare ej provade kopplingar föreslås ett provprogram bestående av temperaturcyklingsprov, tryckcyklingsprov böj- och vridprov samt utdragnings- och täthetsprov.

För sådana kopplingar, som redan har en vidsträckt användning i tappvattensystem och som är väl utprovade, kan ett förenklat provförfarande tillämpas, t ex enbart temperatur- och tryckcyklingsprov på ett par större dimensioner.

I etapp 2 har tre olika kopplingar (varav en plastkoppling) undergått temperatur- och tryckcyklingsprov samt drag- och täthetsprov. Resultatet antyder att åtminstone två av dessa kopplingar kan rekommenderas i ett GRUDIS-system, men ytterligare materialtester erfordras.



Figur 2

Kostnadsjämförelse mellan en konventionell stålörskoppling och kopplingar till en plaströrskulvert

3.3 Schaktkostnad vid individuell och samförlagd värmekulvert ⁷⁾

Syftet med projektet har varit att studera kostnader för markarbeten ^{*)} vid förläggning av värmedistributionsledning och belysa de ekonomiska konsekvenserna vid samförläggning av värmekulvert

och andra distributionsledningar. I utredningen har ledningsdimensioner aktuella för ett område med ett maximalt effektbehov av ca 5 MW studerats.

Ett sätt att reducera investeringsvolymen för ett värmedistributionssystem är att samordna förläggning med andra ledningsbundna system. Samförläggning torde dock nästan uteslutande bli aktuell i nyproduktion av bostadsområden där samtliga ledningsbundna system skall läggas vid ett områdes exploatering.

Den marginella kostnaden för markarbeten vid samförläggning av värmekulvert har beräknas som totala kostnaden för markarbeten vid samförläggning minskat med kostnader för markarbeten vid förläggning av enbart VA-ledningar.

Två principiellt skilda typsektioner har studerats, konventionell förläggning och grund förläggning. Vid konventionell förläggning har frostfritt djup varit dimensionerande. Läggningsdjupet vid grund förläggning, då vattenledningen måste isoleras eller värmas upp, har dimensionerats med hänsyn till trafiklast.

*) Med markarbete avses schaktning av ledningsgrav, grundläggning för ledning eller kulvert, kring- och återfyllning sam återställning av markytan.

Tabell 3

Marginell kostnad för markarbeten vid samförläggning av värmekulvert. (1983 års priser)

Typ av schakt	Marginalkostnad kr/m
Grundförläggning	
- Jordschakt, under hård gjord yta	172
- Jordschakt, parkmark	69
- Bergschakt	191
Konventionell förläggning	
- Jordschakt, hårdgjord yta	0
- Jordschakt, parkmark	29
- Bergschakt	28

Om man gör en marginalkostnadsbetraktelse för värmekulvert vid samförläggning med VA i samma ledningsgrav erhålls den lägsta kostnaden vid konventionell förläggning. Ökningen av kostnaden för markarbeten föranledd av värmekulverten är 0 - 29 kr/m ledningsgrav. Anledningen till att marginalkostnaden vid förläggning under hårdgjord yta är 0 kr är att i detta fall kostnader för kringfyllning (fyllning runt värmekulverten) och resterande fyllning är lika stor på grund av kravet på packning.

Vid förläggning i parkmark är det endast kostnaden för kringfyllning som ökar vid samförläggning då kulvertgravens utseende inte påverkas.

Då värmekulvert samförläggs med VA-ledning vid grund förläggning ökar ledningsgravens bredd och marginalkostnaden stiger till mellan 69 och 191 kr/m.

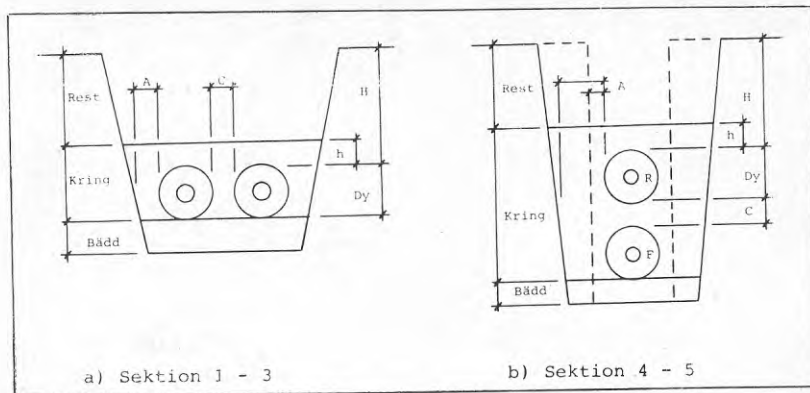
Dessa kostnader skall ses i relation till markarbetskostnaden vid förläggning av enbart värme-kulvert som varierar mellan 194 och 450 kr/m.

Då samförläggning i gemensam ledningsgrav kan tillämpas kan kostnaderna för markarbeten vid förläggning av värmedistributionsledning reduceras med mellan 85 - 100 % vid konventionell förläggning med VA-ledningarna på frostfritt djup. Vid grund förläggning blir reduktionen 26 - 64 %.

3.4 Förläggning av flexibla kulvertar 8)

Det ovan redovisade delprojektet genomfördes under etapp 1 och innehöll inledande undersökningar av markarbetskostnader vid läggning av värmekulvert. I detta delprojekt redovisas ytterligare tekniska och ekonomiska bedömningar av några olika förläggningsprinciper som kan resulterar i minskade totala rörläggning- och markarbetskostnader.

För en teknisk och ekonomisk bedömning av alternativa förläggningssätt har några olika typsektioner av kulvertgravar studerats. Som referensfall har satts en konventionell sektion med täckning 0.6 m.



Figur 3

Typsektioner för värmekulvertar

Tabell 4

Karaktäristiska mått (mm) för sektionerna

Sektion	H	Bädd	h	C	A
1. Konventionell	600	100	150	140	140
2. Trång	600	100	150	70	75
3. Trång + grund	350	75	75	70	75
4. Okonventionell	350 ^{c)}	75	75	75	60 - 118 ^{a)}
5. Kedjegrävd	350	50	75	50	18 - 27 ^{b)}

- a. Schaktbredd 0.4 m för manteldiameter 163 - 280 mm
- b. Schaktbredd 0.2/0.25 m för manteldiametrar 163/195 mm
- c. H = 450 för mantel 280 mm

Påtagliga kostnadsreduktioner kan bara uppnås genom att minska det vedertagna läggningsdjupet och det fria utrymme i kulvertgraven. Som följd därav bör en förläggning väljas vid sidan av kör- och gångbanor eller i park- och tomtmark. Härvid minskar risken för trafiklastskador på kulverten och tjälskador i form av ojämnheten i marken. Tills vidare kan dessa rekommendationer ges angående förläggningssätt:

Tabell 5

Rekommenderade förläggningssätt

Dimension	Förläggning i respektive under	Rörgrav	Täckning	Kringfyllning
DN 20 - 90	Parkmark	Sektion 3, 4	0.35 m	Sand 0 - 8
DN 20 - 60	Parkmark	Sektion 5	0.35 m	Sand, mo
DN 20 - 60	Trafik yta	(Sektion 3, 4)	0.5 m	Sand 0 - 8
DN 70 - 90	Trafik yta	(Sektion 1, 2)	0.5 m	Sand 0 - 8

Trafik yta = ytor med upprepad lätt trafik och enstaka tyngre fordon

För att undvika ojämnheter i markytan bör värme-kulverten ej läggas grunt eller okonventionellt i tjälfarlig, snö och vegetationsfri mark norr om en linje Mora - Umeå. En grund förläggning minskar tillgänglig avstängningstid för värme-distributionen med högst 40 % under längre köld-perioder.

Vad gäller trafiklast kan den flexibla kulverten läggas grunt i park- eller tomtmark. Trånga kedjegrävda rörgravar bedöms vara gynn-

samma ut trafiklastsynpunkt. Denna teknik är dock bara ekonomisk attraktiv i stenfri mark och vid relativt långa kulvertlängder.

För att kunna reducera läggningsdjupet under ytor med tung trafik bör man överväga singel som kringfyllnadsmaterial om ett extra skydd kan läggas bredvid manteln.

Vid korsning av vägar eller gator bör kulvert-rören läggas på större djup med täckningen ca 1 m.

Den flexibla kulvertens egenskaper vid temperaturvariationer i nätet bör ej föranleda krav på särskild packning av kringfyllningen. Inga krav på läggning i sinusböjar behöver heller ställas, återfyllning bör ske utan förvärmning av media-rören. Kopplingar bör om möjligt omges av styv isolering med god tryckhållfasthet, så att media-rören blir förenade till manteln/marken i kopplingspunkterna. Härvid blir punktkrafterna på kopplingarna kända.

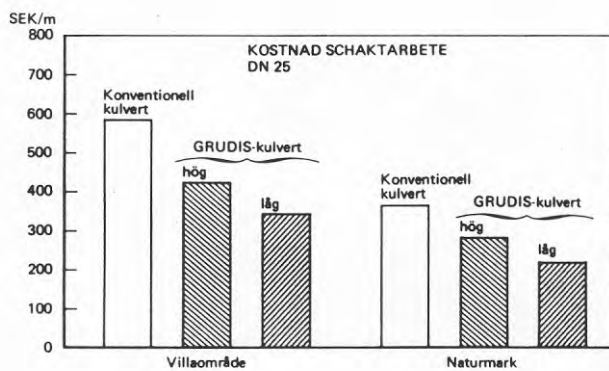
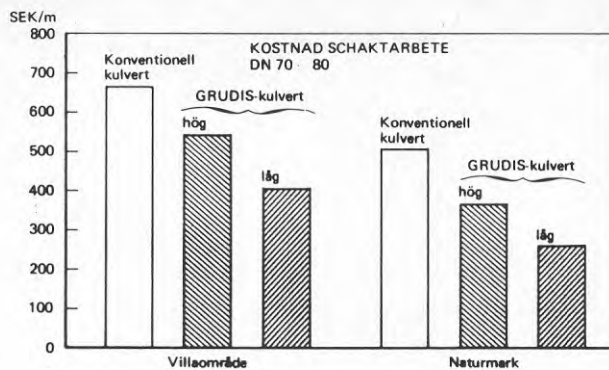
Om man jämför rörläggning och markarbetskostnader (exkl skarvkostnader för T-stycken i avgreningspunkter) för flexibla kulvertar och ett konventionellt stålrörssystem finns möjlighet till följande kostnadsbesparingar:

Tabell 6

Besparingspotential, SEK/m

Dimension	DN 20-32	DN 40-60	DN 90
Rörläggning	24	31	25
Mantelskarvning	21 - 35	20 - 30	20 - 30
Förvärmning	17	19	20
Markarbete	92 - 163	89 - 192	85 - 227
Summa	155 - 240	160 - 270	150 - 220

Besparingar i de kostnader som här studerats blir 100 - 270 SEK/m eller 30 - 35 % och är beroende av dimension, områdestyp och vald kulvertsektion.



Figur 4

Markarbetskostnader för konventionell stålrörs-kulvert och grudiskulvert

4. SYSTEM

Målsättningen med systemstudierna är att ta fram kompletta systemlösningar för GRUDIS-systemen samt att studera och lösa problemen med framför allt syrepermeabilitet i kulvertsystemen.

Etapp 1

Under etapp 1 genomfördes en studie om möjligheterna att introducera lågtempererade centrala värmedistributionssystem i områden med befintlig bebyggelse. Dessutom inleddes försök att bestämma korrosionshastigheten i värmesystem av stål i kombination med plaströr. Vidare genomfördes en studie avseende möjlighet till skarvfri förläggning av flexibla kulvertar.

Etapp 2

En datoriserad simuleringsmodell anpassad till GRUDIS-system togs fram under etapp 2. Den används för tekniska och ekonomiska bedömningar av GRUDIS-system tillämpade på olika bebyggelseområden. Dessutom slutfördes korrosionsmätningarna i värmesystem med plaströr.

4.1 Syrepermeabilitet i kulvertar⁹⁾

Genom att använda plaströr och plastkomponenter i ett värmedistributionssystem anses kostnaderna för gruppcentraler kunna sänkas. Ett frågetecken är dock plastmaterialens genomsläpplighet för syre (syrepermeabilitet), vilket kan medföra problem ur korrosionssynpunkt.

Delprojektet "Syrepermeabilitet i kulvertar" har haft som målsättning att bestämma hur stora mängder plaströr som kan tillåtas i ett värmesystem med tanke på de korrosionsangrepp som kan uppstå på kolstål i systemen. För att studera

detta har försök utförts i mindre värmesystem uppbyggda på laboratorium. Korrosionshastigheten i systemen

har bestämts med olika längder plaströr och vid olika temperaturer. Försökstiden har varit en månad. Försök avsedda att pågå under ett år har även startats. Vidare har fyra olika verkliga värmesystem undersökts med avseende på vattenkemi och korrosionsangrepp.

Utfört arbete visar att korrosionshastigheten som väntat ökar då ökande mängder plaströr används. Korrosionshastigheten är dock låg under normala förhållanden och då korrosionsinhibitorer ej använts. De problem som kan uppstå i samband med användning av plaströr i värmesystem utgörs främst av de korrosionsprodukter som bildas. Korrosionsprodukterna kan orsaka driftstörningar, och renspolning av systemen kan bli nödvändiga, vilket medför ökade driftskostnader. Att ange den mängd plaströr som i ett system orsakar sådana driftstörningar torde knappast vara möjligt.

För att under längre tid studera uppkomsten av eventuell gropfrätning eller andra lokala korrosionsangrepp som vid inlopp i radiatorer har ytterligare försök påbörjats.

4.2 Jämförelser mellan skarvfri- och konventionell kulvertförläggning¹⁰⁾

Målsättningen med studien är att bedöma för- och nackdelar med skarvfri förläggning. Underliggande delprojekt är "Mantelrörskarvar och mediarörkopplingar" som berör själva skarvkopplingen medan detta projekt behandlar förläggningssätt samt översiktligt även kostnadsaspekterna kring skarv och skarvningen.

Bakgrunden till studien är att skarvarna i ett kulvertsystem avses vara ett svagställe med såväl in- som utläckning av vatten. Tillgängligheten i systemet ökar därför om svagstället (skarven) kan förbättras (teknisk utveckling) eller elimineras. Teoretiskt kan ett system utföras så att skarvar införes enbart vid avnämarestället och uttagspunkten. Praktiskt får dock skarvfri förläggningsteknik anses få begränsad användning. I normala fall torde antalet anslutningar vara maximerade till 3 - 4 abonnenter i ett villaområde. Förläggningssättet (ledningsdragningen) måste anpassas efter områdets specifika förutsättningar och man får istället försöka minimera antalet skarvar i mark. Förutsättningarna för att få ett mindre antal skarvar i ett distributionssystem är härvid större med ett system med flexibla kulvertar av plast på grund av att kulverten levereras i större längder t o m i rullar vilket gör att längden av varje rörsegment kan anpassas efter behovet. Hanterings- och transportbarheten begränsar dock de maximala längder som kan levereras. De kulvertlängder som levereras idag är 100 - 125 m.

En av förutsättningarna för att genomföra studien har även varit att studera tillämpligheten av de olika förläggningssätten i befintliga bostadsområden. Två områden, ett småhusområde och ett flerbostadshusområde, har därvid valts som så kallade GRUDIS-områden. I dessa områden har två typer av flexibla kulvertsystem, plast och kopparrörskulvertar jämförts.

Genomförda beräkningar visar att PEX-systemen kan vara konkurrenskraftiga med andra system av flexibla kulvertar. Jämförelsen i rapporten avser dock enbart materialkostnad för kulvert och skarvar samt arbetskostnad för skarvning.

Till dessa kostnader kommer förutom schaktning, grundläggning, återfyllnad och återställning av mark även kostnader för hantering av kulvert. Dessa kostnadsposter behandlas i andra delrapporter inom GRUDIS-projektet. Allmänt kan dock sägas att prefabriserad PEX-kulvert ger möjligheter till smalare kulvertgrav med åtföljande kostnadsminskningar. Detta torde ytterligare förstärka kulvertens konkurrenskraft. De konkurrensmässigt mest intressanta områdestypen för plast-systemen torde vara i så kallade närvarmeområden, dvs i områden med flerbostadshus där man centralicerar värmesystemet från enskilda pannor och blockcentraler till en central pannerhet. Man kan där utnyttja plast-kulvertens fördelar med långa leveranslängder då avstånden mellan husen jämfört med villaområden är relativt långa. Man får då ett system som innehåller få skarvställen. I högre exploaterade områden med tätt återkommande skarvställen minskar betydelsen av långa leveranslängder.

4.3 Lågtemperaturbaserad central värmedistribution i bef. bebyggelse. Potential och möjligheter ¹¹⁾

Projektet studerar möjligheterna för introduktion av lågtempererade centrala distributionssystem i områden med befintlig bebyggelse.

För att sådan bebyggelse skall vara anslutningsbar till lågtemperatursystem måste man ta i anspråk dels den generella överdimensionering av radiatorsystem som bedöms finnas i äldre objekt, dels de energibesparingsåtgärder som utförts pga den kraftiga oljeprishöjningen som skett under de senaste 10 åren. Ytterligare åtgärder för energibesparing kan krävas för vissa abonnenter inom ett potentiellt GRUDIS-område, för att området som helhet skall kunna erhålla ett optimalt system.

Ur temperatursynpunkt, och därmed ur värmeförlustsynpunkt, är direktsystem att föredra. Denna typ av system ger lägre framledningstemperatur i distributionsnätet och därmed lägre värmeförluster. På grund av valda material- eller systemlösningar kan det dock vara nödvändigt med abonnentcentraler innehållande värmeväxlare mellan primär- och sekundärsidorna. Härav följer behov av högre distributionstemperaturer, men detta förhållande behöver inte äventyra introduktionen av lågtemperatursystem. En viss ökad kostnad för värmeytorna jämfört med konventionell fjärrvärme måste dock accepteras - nivån bör bestämmas genom en totaloptimering mellan kostnaderna för värmeytorna och kostnaderna för att hålla en högre temperaturnivå i fjärrvärmenätet.

Att generellt fastlägga lågtemperatursystemets dimensionerande temperaturnivåer låter sig inte göras då varje uppvärmningsobjekt i realiteten är unikt och således måste studeras från fall till fall. Nätets temperaturnivå bestäms av den ur temperaturnivå "sämsta" värmesänkan inom anslutningsområdet. Uppskattningsvis bör dock ett system dimensionerat för 80°C framledningstemperatur och 55°C returtemperatur kunna fungera i många fall. Motsvarande temperaturer i sekundärsystemet kan då vara 60°C respektive 45°C med tappvarmvattentemperaturer i området 45 - 50°C. Om direktsystem genomförs i ett helt GRUDIS-område kan primärtemperaturerna sänkas ytterligare, med en nedre gräns bestämd av tappvarmvattentemperaturerna.

För att vidarebearbeta dessa resultat och komma fram till ett reellt genombrott för lågtemperatursystem fordras ytterligare praktiska och teoretiska studier. Nya material och nya systemlösningar måste utprovas i reella tester samtidigt

som verktyg för genomgripande systemstudier måste utvecklas. Med datateknikens hjälp är det fullt möjligt att göra de totaloptimeringsberäkningar som erfordras och arbetet med att konstruera en modell härför bör prioriteras.

4.4 Studier av ett GRUDIS-system¹²⁾

Målsättningen med delprojektet har varit att utveckla en datoriserad beräkningsmodell för simulering av värmedistributionssystem för att kunna beräkna hur temperaturnivåer och kopplingsprinciper påverkar värmeförluster och total ekonomi. Detta för att kunna göra en ekonomisk utvärdering av olika värmedistributionssystem.

Beräkningarna ska för varje individuellt distributionsnät leda fram till ett optimalt val av systemkoppling och temperaturnivåer för dimensionering och drift.

För att kunna utvärdera skillnader mellan olika värmedistributionsalternativ har en fallstudie genomförts för ett småhusområde i Nyköpings tätort. Det omfattar 36 hus byggda under perioden 1964 - 68.

Värmedistributionskostnaden har jämförts för ett konventionellt normaltemperatursystem (stål-kulvert) och två lågtemperatursystem. Av de två sistnämnda är det ena en kopparrörskulvert och det andra en plaströrskulvert (GRUDIS-kulvert). Plaströrskulverten är en "ideal" flexibel kulvert och har baserats på de specifikationer och rekommendationer som finns angivna i avsnitt 3.1 och 3.4.

Stålrörskulvert

Serie II isolerad stålrörskulvert med PUR-isolering och PE-mantel. Standardförläggning 0.6 m täckning och röravstånd 0.2 m.

Kopparrörskulvert

Kopparrörskulvert med mineralullsisolering och korrugerad PE-mantel. Extra isolerad där sådan erbjuds. Standardförläggning som ovan.

GRUDIS-kulvert

Plaströrskulvert med flexibel PE-isolering och korrugerad PE-mantel. Standardförläggning med 0.6 m täckning och röravstånd 0.14 m.

Dessutom har ytterligare ett enklare förläggningssätt enligt avsnitt 3.4 kostnadsberäknats för den flexibla GRUDIS-kulverten. Täckningen är i det fallet 0.35 m och röravstånd 0.07 m.

Några möjligheter till samförläggning av värme-kulvert tillsammans med andra distributionssystem finns inte eftersom det rör sig om befintlig bebyggelse.

För att studera vilket alternativ som är gynnsammast har 6 olika systemkopplingar studerats för de olika kulvertsystemen:

Tabell 7

Kopplingsprinciper

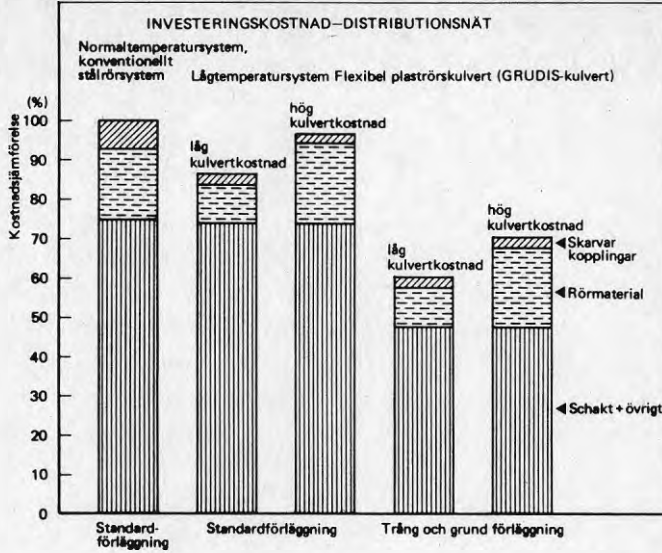
Kopplingsprincip	Ant vvx	Dimensioneringstemperaturer	
		Normaltemp.- system	Lågtemp.- system
Parallellkopplade vvx för värme och tappvatten	2	120/70-60/80 (75/25-5/55)	80/50-45/60 (55/25-5/45)
Gemensam vvx för värme och tappvatten. (Syresatt radiatorvatten.)	1	120/70-32/80	80/50-24/60
Totalt direktkopplat system. (Syresatt vatten i distributionsledningar och radiatorkrets.)	0	120/70-60/80	60/45-45/60
Direktkopplat radiatorsystem, vvx för tappvattenproduktion.	1	120/70-60/80 (75/25-5/55)	60/45-45/60 (55/25-5/45)
Direktkopplat tappvattensystem, vvx för radiatorkrets. (Syresatt vatten i distr.-ledningar.)	1	120/70-60/80	80/50-45/60
2-stegskopplade vvx för värme och tappvatten	3	120/70-60/80 (75/25-5/55)	80/50-45/60 (55/25-5/45)

() = Tappvattenväxlarens dimensioneringstemperatur.

I normaltemperatursystemet har samma framledningstemperatur utnyttjas för alla kopplingsalternativ. Framledningstemperaturen i de båda lågtemperatursystemen har anpassats till de krav som respektive koppling ställer.

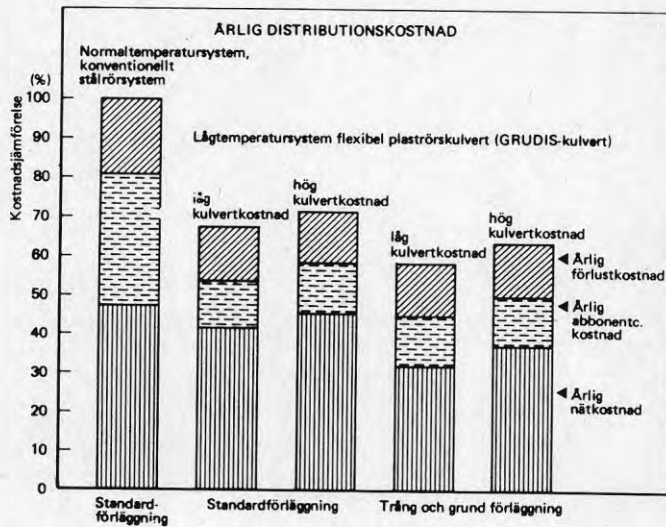
För de båda lågtemperatursystemen erhålls det bästa värmeförlust- och temperaturförhållandet för alternativet med direktkoppling på tappvarmvattensidan. (S k GRUDIS-koppling)

Simuleringen visar att distributionskostnaden för ett GRUDIS-system (inkl abonnentcentral) kan reduceras med 35 - 38 % jämfört med ett konventionellt stålrörssystem. Kostnadsminskningen avser dels lägre kapitalkostnader (distributionsnät och abonnentcentraler) dels minskade värmeförlustkostnader till följd av lägre driftstemperaturer.



Figur 5

Investeringskostnader för distributionsnät. Jämförelse mellan ett konventionellt stålrörssystem och varianter av ett GRUDIS-system



Figur 6

Årlig distributionskostnad. Jämförelse mellan ett konventionellt stålrörssystem och varianter av ett GRUDIS-system.

5. SLUTSATSER

5.1 Teknik

De två inledande etapperna i projektet har gett kunskaper om hur ett effektivt värmedistributions-system bör vara uppbyggt.

En förutsättning för att drastiskt sänka investeringskostnaden för distributionssystemet är att utnyttja de fördelar som ges med en flexibel kulvert. Nedan följer viktiga slutsatser från projektet om hur en flexibel kulvert bör vara konstruerad och hur systemlösningar bör se ut.

På materialområdet har arbetet hittills gett följande resultat:

- Provmeter för att säkra livslängden hos värmerör av plast (mediarör) har utarbetats. De material som idag kan rekommenderas som mediarör är tvärbunden polyeten (PEX) och polybuten (PB).
- Vidare har inledande provningar av metoder att begränsa syrediffusionen i plaströr gett lovande resultat för syrebarriärer av PolyVinyl Alcohol (PVAL) och Ethylene Vinyl Alcohol (EVAL).
- Dessutom har rekommendationer för typprovning och tillverkningskontroll av mediarör utarbetats.

Återstående insatser under etapp 3 utgörs av:

- Undersökning av långtidsegenskaperna hos vissa isolermaterial samt att utforma provningsmetoder och krav för dessa material.
- Säkra långtidsegenskaperna för syrebarriärer av plast och aluminium i mediarör.

Arbetet inom kulvertområdet har gett följande resultat:

- Specifikationer för en "ideal" flexibel kulvert med avseende på vattenupptagning, lastupptagningsförmåga, väme förluster och böjmotstånd har utarbetats.
- Vidare har rekommendationer för typprovning av flexibla kulvertar tagits fram.
- Efter provning av på marknaden förekommande flexibla kulvertar kan 2 - 3 möjligen utnyttjas som komponenter i en demonstrationsanläggning. Det finns dock vissa begränsningar i produkt-sortimentet.
- Rekommendationer för typprovning av mediarörskopplingar och mantelrörskarvar har utarbetats.
- Ett antal kommersiella kopplingar har testats med gott resultat. Två av dessa kopplingar kan rekommenderas vid byggande av demonstrationsanläggning. Den tredje kopplingen som är av plast har visat sig ha lika goda egenskaper som metallkopplingar, men ytterligare prov erfordras för en säker bedömning.
- Mantelrörskarvarna bör utgöras av färdig-gjutna skålar av hård PUR, som har tillräcklig hållfasthet för att fixera mediarörskopplingarna. Kulvertisoleringen skyddas mot inträngande fukt genom tätande ändhuvar.
- Kopplingarna ska vara så säkra att inspektions- och servicebrunnar endast ska användas vid avgreningar kombinerade med ventiler.
- När det gäller förläggningsmetoder rekommenderas en minskning av det veder-tagna läggningsdjupet (täckning) och det fria utrymmet (gravbredd) i kulvert-graven.
- Kulverten bör förläggas vid sidan av kör- och gångbana eller i park- och tomtmark. Härmed minskar risken för trafiklastskador på kulverten och olägenheter som tjälskador i form av ojämnheter på marken.

- Trånga kedjegrävda rörgravar bedöms vara gynnsamma både ur ekonomisk och trafiklastsynpunkt. Denna teknik är dock bara ekonomisk attraktiv i stenfri mark och vid relativt långa kulvertlängder.
- Samförläggning av värmekulvert med annan distributionsledning kan ge stora kostnadsbesparingar. Tekniken är dock endast möjlig vid nybyggnation eller vid renoveringar av något befintligt ledningssystem.

Aterstående arbetsuppgifter under etapp 3 är:

- Fältprov för att verifiera om egenskaperna hos flexibla kulvertar klarar de föreslagna förläggningsmetoderna och i hur stor utsträckning kostnaderna kan reduceras.
- Fortsatt testning av mediarörskopplingar och mantelrörskarvar med avseende på böjning och trafiklast.

Inom systemområdet är det efter de två inledande etapperna möjligt att dra följande slutsatser:

- Utfört arbete visar att korrosionshastigheten i radiatorsystem av kolstål ökar då ökande mängder plaströr används i systemet.
- Korrosionshastigheten är dock låg under normala förhållanden. Korrosionsprodukter kan orsaka driftstörningar och renspolning av systemen kan bli nödvändiga, vilket medför ökande driftkostnader.
- Den s k GRUDIS-kopplingen (direktkoppling på tappvarmvattensidan) medför att de negativa konsekvenserna med syrediffusion i plaströr kan elimineras.
- Att det i princip finns komponenter för byggande av demonstrationsanläggning. Vissa brister vad gäller storlekssortimentet för vissa komponenter finns dock.

Aterstående arbete inom systemområdet under etapp 3:

- Framtagning av fler typområden samt datorsimulering av dessa för att kunna ge rekommendationer angående systemval.

- Uppställande av kravspecifikationer för ingående komponenter.
- Resultatsammanställning i handboksformat för användning vid projektering av GRUDIS-system.

5.2 Ekonomi

Om man tar tillvara den flexibla kulvertens egenskaper och utnyttjar den s k GRUDIS-kopplingen samt arbetar med lägre driftstemperaturer än vad som är konventionellt kan stora kostnadsbesparingar erhållas.

Enligt den genomförda fallstudien för ett småhusområde (se avsnitt 4.4) kan kostnadsminskningar på ca 31 - 40 % erhållas för ett GRUDIS-system i jämförelse med ett konventionellt stålrörssystem (120^o - 70^oC). Det motsvarar en inbesparing på ca 3 - 5öre per distribuerad kWh.

Den relativa minskningen av investeringskostnaden för distributionsnätet kan i bästa fall uppgå till 35 %. Den största minskningen avser markarbetskostnader och en mindre del minskade skarvkostnader. Abonentcentralkostnaden kan minskas med ca 60 % om man utnyttjar direktkoppling på tappvarmvattensidan. Vidare kan värmeförlustkostnaden potentiellt minskas med 30 %.

Den potentiella minskningen av distributionskostnaden fördelat på dessa kostnadsposter blir:

Distributionsnät	6 - 15 %
Abonentcentral	20 %
Värmeförluster	<u>5 %</u>
	31 - 40 %

REFERENSFÖRTECKNING

1. BERGLUND G, IFWARSSON M
Inventering av plastmaterial i värme-
distributionssystem
Rapport R154:1984
Byggeforskningsrådet
2. IFWARSSON M
Metoder för accelererad provning av
värmerör av plast
Arbetsrapport EI-84/123
Studsvik Energiteknik AB 1984
3. BERGLUND G
Inventering av metoder att sänka syre-
och vattenpermeabiliteten hos plaströr
Rapport R155:1984
Byggeforskningsrådet
4. BERGLUND G
Utvärdering av syretätande plaströr
samt undersökning av
vattenpermeabiliteten hos plaströr
Arbetsrapport EI-84/109
Studsvik Energiteknik AB
5. LJUNGQVIST J
Flexibla kulvertar - kulvertuppbyggnad
Arbetsrapport EI-84/117
Studsvik Energiteknik AB
6. ODDVING B
Mantelrörskarvar och mediarörkopplingar
för fjärrvärmekulvertar
Arbetsrapport EI-84/122
Studsvik Energiteknik AB
7. INGRE P
Schaktkostnad vid individuell och
samförlagd värmekulvert
Rapport R156:1984
Byggeforskningsrådet
8. RUNDSTRÖM T
Förläggning av flexibla kulvertar
Arbetsrapport EI-84/110
Studsvik Energiteknik AB
9. MOLANDER A
Syrepermeabilitet i kulvertar
Arbetsrapport EI-84/139
Studsvik Energiteknik AB

10. CRONHOLM L-Å
Jämförelser mellan skarvfri och
konventionell kulvertförläggning
Rapport R153:1984
11. BLOMQVIST P-A
Lågtemperaturbaserad central
värmedistribution i bef. bebyggelse.
Potential och möjligheter.
Arbetsrapport EI-83/120
Studsvik Energiteknik AB
- 12: BLOMQVIST P-A
Studier av ett Grudissystem
Arbetsrapport EI-84/111
Studsvik Energiteknik AB

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811849-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energiteknik AB, Nyköping.**

R24: 1985

ISBN 91-540-4317-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705024

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms