



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

R71:1990

**GRUDIS-teknikens
tillämpningar**

En konkurrensstudie

**Sören Persson
Jarl Nilsson**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135478

Byggforskningsrådet

R71:1990

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTORINEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

GRUDIS-TEKNIKENS TILLAMPNINGAR

En konkurrensstudie

Sören Persson
Jarl Nilsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 890537-9
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energy, System och distribution, Nyköping.

REFERAT

I studien redovisas de viktigaste erfarenheterna från tre experimentanläggningar byggda med GRUDIS-teknik.

Vidare har en konkurrensstudie för GRUDIS-tekniken genomförts gentemot konventionell kulvertteknik med avseende på specifika kulvertkostnader och totala investeringskostnader för olika typområden. Konkurrensstudien visar att flexibel plaströrskulvert är konkurrenskraftig med kopparrörskulvert i hela dimensionsregistret. När det gäller stålrörskulvert går brytpunkten för nybyggnads- och befintliga områden vid rördimension \emptyset 75 mm respektive \emptyset 90 mm.

Konkurrensstudien tillämpad på typområden visar att GRUDIS-tekniken ger lägre investeringar för villa- och radhusområden men att den får svårare att konkurrera i ett effekttätare flerbostadshusområde.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R71:1990

ISBN 91-540-5229-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Målsättning	5
1.3	Avgränsningar	5
1.4	Målgrupp	6
2	GRUDIS-tekniken	7
2.1	FoU-projektet	7
2.2	Fortsatt forskning inom GRUDIS- tekniken	11
2.3	Kulvertteknik	11
2.4	Systemteknik	16
2.5	Dimensioneringskriterier och konstruktionssätt	17
3	Erfarenheter från experiment- anläggningarna	21
3.1	Hammarstrand	21
3.2	Vedevåg	25
3.3	Söderbärke	29
4	Konkurrensstudie	35
4.1	Förutsättningar	35
4.2	Typområden	35
4.3	Värmedistributionsalternativ	37
4.3.1	Kulvertsystem	37
4.3.2	Systemförutsättningar	37
4.3.4	Förläggningsteknik	38
4.3.5	Dimensionering	38
4.4	Specifika kulvertkostnader	39
4.4.1	Material- och rörlägnings- kostnader	39
4.4.2	Rörlägningskostnader	40
4.4.3	Avgreningskostnader	42
4.4.4	Markarbetskostnader	43
4.4.5	Totala specifika kulvertkostnader	46

4.5	Kostnadsjämförelse för typområden	48
4.5.1	Villaområden	48
4.5.2	Rad- och flerbostadsområde	50
4.5.3	Kulvertkostnader typområden	52
5	Slutsatser	55
	Referenser	57

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En av huvudmålsättningarna med den statliga energipolitiken är att inom den närmaste 20-årsperioden avveckla kärnkraften. Det innebär att det kommer att finnas ett behov att ersätta och att effektivisera elanvändningen samt att producera ny elkraft.

Inom bostadssektorn finns möjligheter att ersätta elvärme med andra energislag samtidigt som man skapar utrymme för ny kraftproduktion (kraftvärme).

Man kan ersätta eluppvärmning i befintliga bostäder samt ta fram alternativ till eluppvärmning i ny bebyggelse. Båda dessa åtgärder minskar elanvändningen.

För att skapa möjligheter till ny rationell kraftproduktion måste den potentiella värmesänkan i bebyggelsen bindas samman och utnyttjas i en kombinerad kraftvärmeanläggning. För detta ändamål krävs ett kostnadseffektivt värmedistributions-system, framför allt för områden med låg värmeförlust.

Studsvik har under 80-talet tillsammans med Bygghöjningsrådet drivit utvecklingen av en ny värmedistributionsteknik baserad på utnyttjande av flexibel kulvertteknik med mediator av plast. Tekniken kallas GRUDIS och står för GRUppcentral DIStribution.

Erfarenheter från FoU-projektet GRUDIS (1982-86) samt från byggandet av experimentanläggningar (1985-89) visar att tekniken i vissa tillämpningar kan uppfylla kraven på rationell och konkurrenskraftig distributionsteknik.

1.2 Målsättning

Syftet med nedanstående studie är dels att redogöra för de viktigaste erfarenheterna från byggandet av experiment- och referensanläggningar, dels att bedöma GRUDIS-teknikens konkurrenskraft i jämförelse med konventionella distributionssystem. Vidare att utifrån detta definiera de mest intressanta tillämpningarna för tekniken.

1.3 Avgränsningar

Generellt finns GRUDIS-teknikens marknadspotential i områden med relativt låg värmetäthet, i randområdet mellan konventionell fjärrvärme och individuell uppvärmning. GRUDIS-tekniken är således inte en teknik för energitung bebyggelse där konventionell fjärrvärmeteknik är konkurrenskraftig.

Vi har inte inom ramen för studien studerat GRUDIS-teknikens konkurrenskraft gentemot individuell uppvärmning. Orsaken till detta är naturligtvis att GRUDIS-tekniken är en distributions-teknik som i sin tur kan kombineras med flera energiproduktionsformer.

Studien kommer istället att visa i vilka tillämpningar tekniken passar bäst och därefter får man från fall till fall bedöma konkurrenskraften gentemot individuell uppvärmning.

1.4 Målgrupp

Erfarenheterna från FoU-projektet GRUDIS- och experimentanläggningarna har redovisats i ett stort antal rapporter (se referenslista). Syftet med denna rapport är att nå ut till en bredare grupp beslutsfattare och tekniker inom bostadsbolag, konsultfirmor, entreprenadföretag samt energiverk.

2 GRUDIS-tekniken

2.1 FoU-projektet

Målsättningen med det brett upplagda FoUD-projektet GRUDIS var att utveckla ett nytt kostnads-effektivt och driftsäkert värmedistributionssystem för områden där konventionell distributionsteknik inte är konkurrenskraftig. Det innebar att arbetet koncentrerades på att utveckla distributionssystem för områden med relativt låga värmetätheter, typ

- mindre tätorter
- befintliga småhusområden
- nybyggnadsområden (en- och tvåplans grupphusbebyggelse, fristående småhus).

Insatserna inom projektet inriktades därför på utveckling av kulvertteknik för små rördimensioner. Det gällde framför allt rördimensioner <DN 100. För konventionell kulvertteknik (stålrörssystem) uppgår markarbets- och rörlägningskostnaden i detta dimensionsområde till ca 60-75% av den totala kulvertkostnaden. Det innebär att själva förlägningskostnaden utgör merparten av den totala anläggningskostnaden.

En grundläggande hypotes i GRUDIS-projektet var att flexibla kulverts-system kan reducera dessa förlägningskostnader avsevärt. För att erhålla ett flexibelt och kostnadseffektivt system i hela det aktuella dimensionsområdet har det visat sig att kulvertteknik med mediarör av plast har den största utvecklingspotentialen. Det innebär att forsknings- och utvecklingsresurserna inom projektet koncentrerades på att ta till vara

plastmaterialets fördelar och begränsa dess nackdelar.

Motivet för att inrikta arbetet på kulvertsystem med mediarör av plast är framför allt plaströrens flexibilitet i hela det intressanta dimensionsområdet.

Flexibiliteten innebär att kulverten kan levereras i långa längder på rulle eller trumma, vilket i sin tur medför att mycket få skarvar behöver genomföras i fält, vilket effektiviserar rörlägningsarbetet. Tekniken innebär också att schaktgravarna kan göras smalare eftersom inget skarvningsarbete behöver genomföras i rörgraven.

Böjbarheten medför också att det är möjligt att undvika hinder i mark såsom berg, ledningar, stenblock m m utan att använda prefabricerade rördetaljer. En annan viktig egenskap, som bidrar till en smidig hantering och rörläggning, är materialets låga vikt.

Eftersom plasten är korrosionsbeständig uppstår inga skador vid inläckage av vatten mot mediaröret. Denna egenskap innebär också att tappvarmvatten (syresatt vatten) kan distribueras i systemet.

Eftersom plasten är ett viskoelastiskt material kan inre spänningar till följd av temperaturförändringar upptas i själva materialet, vilket är en bidragande orsak till att inga expansionsupptagande anordningar krävs i ett plastsystem. Låg rörfriktion och liten känslighet för erosions-skador, samt liten förmåga att överföra strömningsljud, medför också att man generellt kan

dimensionera ett plastsystem för högre flödes hastigheter än konventionella stål- och kopparrörssystem.

Nackdelarna med plastmediarören är att de generellt tål lägre tryck och temperaturer än konkurrerande metallsystem samt att syre normalt diffunderar genom mediatorerna, vilket medför att distributionsmediet kontinuerligt syresätts.

Den grundläggande FoU-delen av forskningsprojektet genomfördes på Studsvik under perioden 1983-86. FoU-projektet drevs inom tre kunskaps- och problemområden; material-, kulvert- och systemteknik. Nedan följer en kortfattad redovisning av projektresultaten inom dessa tre kunskapsområden.

På **materialområdet** har Studsvik utvecklat metoder att utvärdera långtidsegenskaper för mediatorer av plast. Vidare har långtidsegenskaperna för syrespärrade mediatorer och isolermaterial studerats ingående.

Detta arbete har dels resulterat i förslag till typprovning för mediatorer, syrespärrade mediatorer och isolermaterial, dels rekommendationer för val av rörmaterial, syrespärrteknik och isolermaterial för tillverkning av flexibel plaströrskulvert.

För en utförligare redovisning av projektresultaten, se referens nr 1-5 samt 15-16.

På det **kulverttekniska** området har arbetet främst koncentrerats till provning av olika kulvertkoncept i laboratorie- och fältmiljö. Det gäller kulvertens principiella uppbyggnad, mediator- och

mantelrörskarvar samt problematiken med förläggning av flexibla kulvertar.

Arbetet har dels lett fram till förslag till funktionsprovning av flexibel kulvert (helt kulvertsystem) och kulvertkomponenter (mediarör- och mantelrörskarvar), dels resulterat i rekommendationer till tillverkare vad avser kulvertkonstruktion, typ av skarvteknik för media- och mantelrörskarvar samt projekteringsföreskrifter för förläggning av flexibel kulvert (mark- och rörlägningsarbeten).

För en detaljerad redovisning av projektresultaten, se referens nr 6-11 samt 15-16.

Målsättningen med det **systemtekniska** arbetet har dels varit att identifiera systemtekniska problem vid utnyttjande av plaströrskulvert, dels utveckla systemlösningar anpassade till plaströrstekniken.

Arbetet har koncentrerats på att klarlägga de problem, som uppkommit till följd av den syrediffusion som sker genom mediarörväggen. Därefter har systemprinciper utvecklats för att undvika problem med syrediffusion.

Arbetet har dels lett fram till förslag till gränsvärden för maximal tillåten syreinläckning vid syrespärrade mediarör, dels till nya systemlösningar för olika applikationer anpassade för utnyttjande av plaströrskulvert.

För utförligare redovisning, se referens 11-16.

2.2 Fortsatt forskning inom GRUDIS-teknik

Den grundläggande FoU-delen av GRUDIS-projektet genomfördes som tidigare nämnts 1982-86. För tillfället bedrivs fortsatt forskning inom GRUDIS-projektet inom områdena materialteknik (diffusionsproblematiken och långtidsegenskaper hos isolermaterial) och systemteknik (friktionsnedsättande tillsatser för att öka effektöverföringen för givna rördimensioner).

Båda dessa fortsättningsprojekt finansieras av Byggeforskningsrådet.

2.3 Kulvertteknik

När det gäller funktionskrav för en s k GRUDIS-kulvert läggs naturligtvis stor vikt vid kulvertens flexibla egenskaper. Flexibiliteten ger möjlighet till kostnadsbesparingar för rörläggning och markarbeten.

Definitionen av en flexibel kulvert är således att den ska kunna läggas i icke rätlinjiga ledningssträckningar utan att speciella förtillverkade avvinklingar behöver användas.

Värmedistributionsledningar är normalt uppbyggda av mediarör (värmebärarrör), isolering och mantelrör. För att uppnå en flexibel konstruktion kan man arbeta med olika material och olika design.

När det gäller val av mediarörmaterial är de två viktigaste parametrarna livslängdsegenskaper och flexibilitet. Det finns idag två mediarörmaterial som klarar både GRUDIS-teknikens livslängdskrav på 50 år och kravet på flexibilitet. Det är dels tvärbunden polyeten (PEX), dels polybuten (PB).

Materialen är i stort sett likvärdiga vad gäller tryck- och temperaturlåghet samt flexibilitet. Den avgörande skillnaden mellan materialen är att polybuten är svetsbar medan PEX måste skarvas med mekaniska kopplingar.

Det finns flera olika tänkbara **isolermaterial** i kombination med olika konstruktionssätt som kan uppfylla kravet på flexibilitet. För det första finns böjbara mjuka material som ger små böjmotstånd (PE- och PEX-skum samt mineralull). För det andra kan styva material som PUR-skum och polystyrenskum göras böjbara genom speciella ledformade konstruktioner. I klena dimensioner är det också möjligt att arbeta med styva isolermaterial men ändå uppnå flexibilitet. Detta gäller bl a direktapplikerat PUR-skum i kulvertar med mediarör av plast. Speciella krav ställs emellertid vid utrullning och montage av dessa kulvertar.

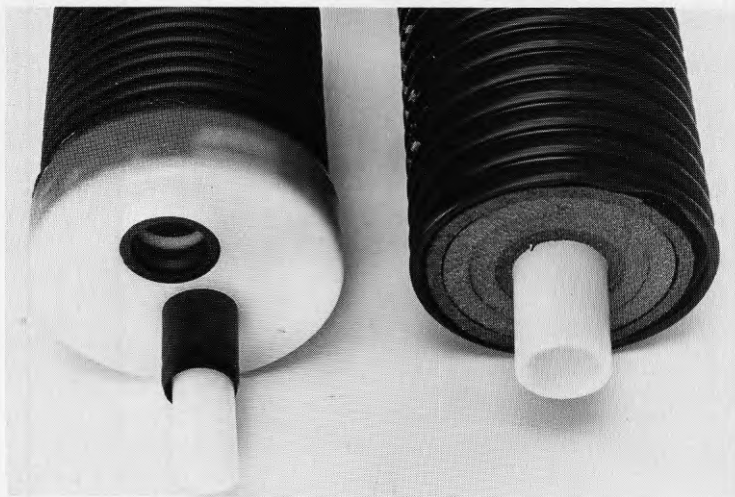
Mantelröret på dagens konventionella kulvertkonstruktioner består normalt sett av släta tjockväggiga polyetenrör (PEH). För att uppnå ett flexibelt ytterrör måste manteln antingen göras mycket tunn eller ges en korrugerad utformning.

Tjockväggiga släta polyetenrör kan emellertid användas i klenare dimensioner och ändå uppnå acceptabel flexibilitet.

Kulverten kan antingen konstrueras som enkel- eller dubbelrörskulvert. Enkelrörskulvert innebär att det endast finns ett mediarör i varje kulvert-rör. Med dubbelrörskulvert förstås en konstruktion med två mediarör (fram- och returledning) i samma kulvert-rör.

Dubbelrörskulverten ger möjlighet till betydande besparingar, både när det gäller investering och driftkostnader. Konstruktionen innebär lägre förläggingskostnader på grund av färre kulvertskarvar och möjlighet till smalare schaktgravar. Dessutom kan materialkostnaden minskas för isolermaterial och mantelrör samtidigt som lägre värmeförluster kan uppnås.

En flexibel kulvert kan dels konstrueras som en helt integrerad kulvert, dels som en hålrörskulvert. Med integrerad kulvert avses en konstruktion med mantel, isolering och mediarör levererade i en enhet. Hålrörskulverten är uppbyggd av ett isolerelement med mantelrör, isolering och styrrör. Mediaröret levereras separat och installeras när kulverten (isolerelementen) är lagda.



Figur 1

Flexibel hålrörskulvert i dubbelrörsutförande och flexibel integrerad kulvert i enkelrörsutförande.

Eftersom plastmaterial är korrosionsbeständigt innebär detta att mediaröret inte är känsligt för

vatteninläckning utifrån. Det är därför möjligt att tänka sig helt öppna kulvertkonstruktioner utan ytterhölje. Detta konstruktionssätt ställer emellertid höga krav på isolermaterialet. Det måste klara en upprepad fuktig miljö, uppvisa hög lastupptagningsförmåga och vara motståndskraftigt mot yttre åverkan, framför allt i samband med transport och förläggning. Denna lösning kan vara både tekniskt och ekonomiskt intressant men när dessa ovanstående krav ska kombineras med andra viktiga egenskaper såsom låg värmekonduktivitet och hög flexibilitet finns det idag inget tillgängligt material som kan rekommenderas.

När det gäller skarvning av plaströrskulvert gäller som tidigare sagts olika förutsättningar för PEX och polybuten.

Polybuten kan svetsas med spegel- eller muffsvetsning. För PEX finns mekaniska kopplingar av klämringstyp.

Nedan följer en redovisning av de flexibla plaströrskulvertar som idag finns tillgängliga på marknaden.

Tabell 1

Flexibla kulvertar för värme- och tappvarmvattendistribution.

Fabrikat	Typ	Dimensions- område mm	Media- rör	Isolering	Mantelrör	Ev syre- spärr	Böjradie
Aqua-PEX	Hålrörskulvert	110-25	PEX	Mineralull	Korrugerad PEH	EVAL	2.0
Ecoflex	Integrerad	90-25	PEX	PEX-skum	Korrugerad PEH	EVAL	1-1.25
Lägstör-PEX	Integrerad	20-18	PEX	PUR-skum	Slät PEH	EVAL	1
Lägstör-PB	Integrerad	40-25*	PB	PUR-skum	Slät PEH	-	1
Flexalen	Hålrörskulvert	80-20	PB	PUR-skum	Korrugerad PE	-	1
Stjärnrör	Integrerad	32-20	PB	PUR-skum	Korrugerad PEM	-	0.3
Brugg	Integrerad	40-20	PEX	PUR-skum	Slät PEL	AL	

* Dimensionen 50-110 levereras inte som flexibel kulvert utan som raka rör i 12 m längder.

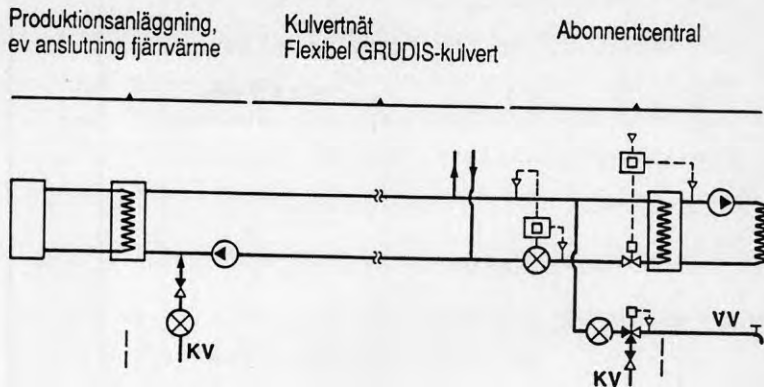
2.4 Systemteknik

Problemet med utnyttjande av plaströr för värmedistribution är framför allt den syrediffusion som sker genom rörväggen till värmebäraren. Denna diffusion leder till syresättning av vattnet med åtföljande korrosionsproblem på kolstålskomponenter.

Inom GRUDIS-projektet har Studsvik arbetet efter två utvecklingslinjer för att lösa diffusionsproblematiken, dels genom att driva på utvecklingen av en fungerande **syrediffusionsspärr**, som appliceras på mediaröret, dels genom att ta fram en systemlösning anpassad till utnyttjande av plastmediarör utan syrespärr.

Utnyttjandet av en **syrediffusionsspärr** innebär att plaströret kan utnyttjas på systemmässigt samma sätt som ett rör av stål eller koppar. En anpassning av systemlösningen till utnyttjande av plastmediarör innebär att distributionskretsen till viss del konstrueras i korrosionsbeständigt material samt att de systemdelar som innehåller kolstålskomponenter (pann- och radiatorkretsar) avskiljs från kretsen med hjälp av värmeväxlare.

Eftersom man på det sättet bygger en distributionskrets som är okänslig för syresatt vatten har det varit självklart att studera möjligheten att utnyttja tappvarmvatten som värmebärare i systemet. Denna sk GRUDIS-koppling innebär att fastigheternas tappvarmvattensystem direktkopplas till kulvertnätet medan värmeväxling sker mot radiatorkretsen (se Figur 3).



Figur 2

GRUDIS-koppling, högtemperatursystem (max 90°C).

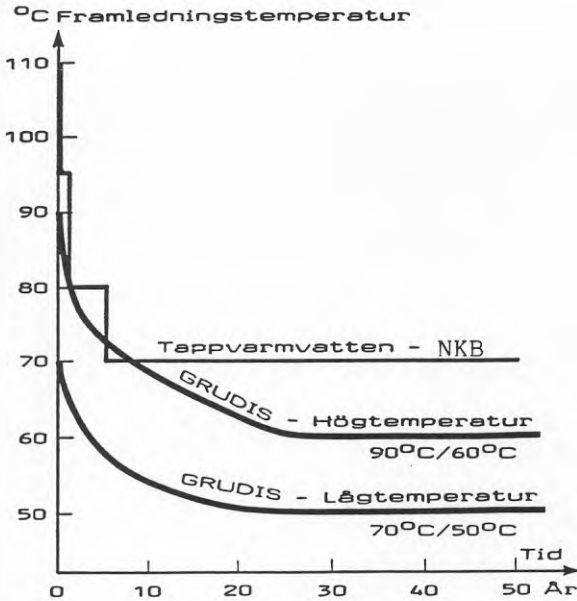
Denna s k GRUDIS-koppling har använts i flera av experimentanläggningarna.

2.5 Dimensioneringskriterier och konstruktionssätt

För de aktuella plastmediarörmaterialen gäller betydligt hårdare begränsningar avseende tryck- och temperaturnivåer än vad som gäller för stål och koppar. Det hänger samman med plastmaterialets annorlunda hållfasthetsegenskaper.

Till skillnad mot konventionella kulvertssystem med stål- och kopparrörskulvert har plaströrskulverten ingen klart definierad dimensioneringspunkt vad avser tryck och temperatur. Istället gäller samband mellan dessa storheter och även mellan varaktigheterna, framför allt temperaturvaraktigheten. Man måste därför vid projektering av GRUDIS-system optimera ingående polymera materials användning på ett annorlunda sätt än vad som är brukligt i konventionella system.

För plastmaterial, som ingår i tappvarmvatten-system, finns en varaktighetskurva framtagen (se Figur 3), som beskriver de krav på maxtemperatur och temperaturvaraktighet som materialet ska klara för att en 50-årig livslängd ska erhållas.



Figur 3

Temperaturbelastningskurva för GRUDIS-system.

Polymera material som klarar denna tappvarmvattennorm (NKB) är således enligt Figur 3 även lämpliga för GRUDIS-system. Av figuren framgår nämligen att GRUDIS-systemens temperaturbelastningar ligger under tappvarmvattennormens krav.

De belastningskurvor, som finns redovisade i Figur 3, bygger på de rökvaliteter och belast-

ningsrekommendationer som idag finns för plaströr för värmedistribution. När det gäller de syrespärrade mediarören finns endast begränsad dokumentation vad avser långtidsegenskaper. Detta medför att syrespärrade rör inte går att applicera på ovanstående resonemang. Fortsatt forskning kommer att ge mer information om långtidsegenskaperna.

GRUDIS-högtemperatur: dimensionering efter max 90°C och 6 bar. Lämpligt att utnyttja i befintlig bebyggelse med värmesystem dimensionerade efter 80-60°C.

GRUDIS-lågtemperatur: dimensionering efter max 70°C och 10-6 bar. Lämpligt som lågtemperatursystem i ny bebyggelse med värmesystem dimensionerat för 55-45°C.

Eftersom tappvarmvatten distribueras i kulvertnätet innebär detta att alla material som kommer i kontakt med mediat måste vara korrosionsbeständigt och av tappvarmvattenkvalitet. Det gäller mediarör, rördetaljer i form av T-rör, ventiler och mediarörkopplingar.

Plast är ett viskoelastiskt material, vilket innebär att det kan uppta inre spänningar. Detta tillsammans med materialets flexibla egenskaper gör att inga expansionsupptagande anordningar behöver installeras. En viss fixering kan dock behöva göras vid anslutningar i fastigheter, speciellt vid grövre dimensioner. Systemet kan alltså läggas helt rakt utan expansionselmenet eller förvärmning.

Den flexibla kulverten medger läggning med böjradier ner till 1-2 m beroende på fabrikat. Leveranslängden beror också av kulverttyp och fabrikat. Principiellt gäller att integrerade kulvertar kan levereras i mycket långa längder i klena dimensioner. I grövre dimensioner begränsar kulvertens mantelrördimensioner leveranslängderna. När det gäller hålrörskulvert gäller inte denna begränsning för mediarörslängder. De kan levereras även i grova dimensioner i längder upp till 200 m.

Om den s k GRUDIS-kopplingen utnyttjas behöver inga luftningsanordningar installeras.

3 Erfarenheter från experimentbyggnadsanläggningarna

En sista fristående etapp av GRUDIS-projektet avsåg byggande av experimentanläggningar. Målsättningen med dessa anläggningar var:

- att demonstrera GRUDIS-tekniken i praktiskt utförande i olika systemtekniska applikationer inom olika tillämpningsområden
- att utvärdera teknisk funktion och ekonomiskt utfall i förhållande till resultaten inom FoU-projektet
- initiera utveckling av material, komponenter och systemlösningar.

Den första anläggningen byggdes i Hammarstrands tätort i Ragunda kommun, Jämtland, under hösten/vintern 1985/86. Hammarstrands-anläggningen följdes av en ny anläggning i Vedevågs tätort, Lindesbergs kommun, Västmanland, under hösten/vinter 1986/87.

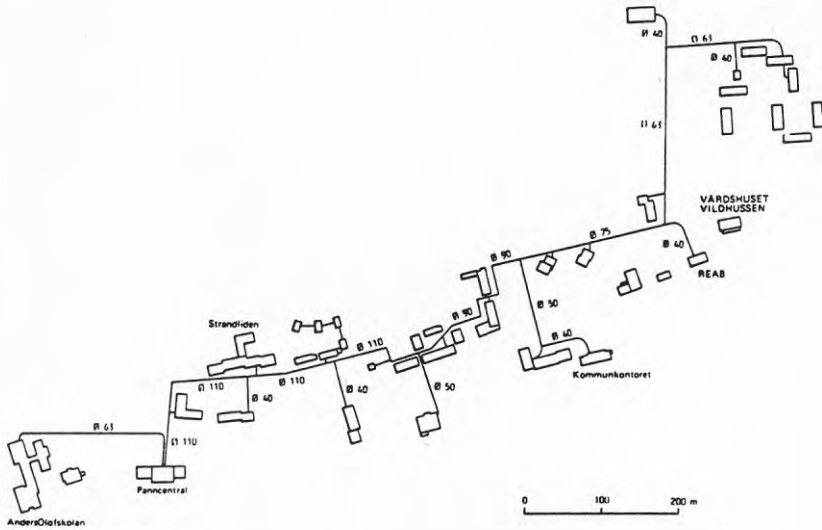
Ytterligare anläggningar har därefter byggts i Söderbärke tätort i Dalarna (1988) och i Kils tätort i Värmland (1989).

3.1 Hammarstrand

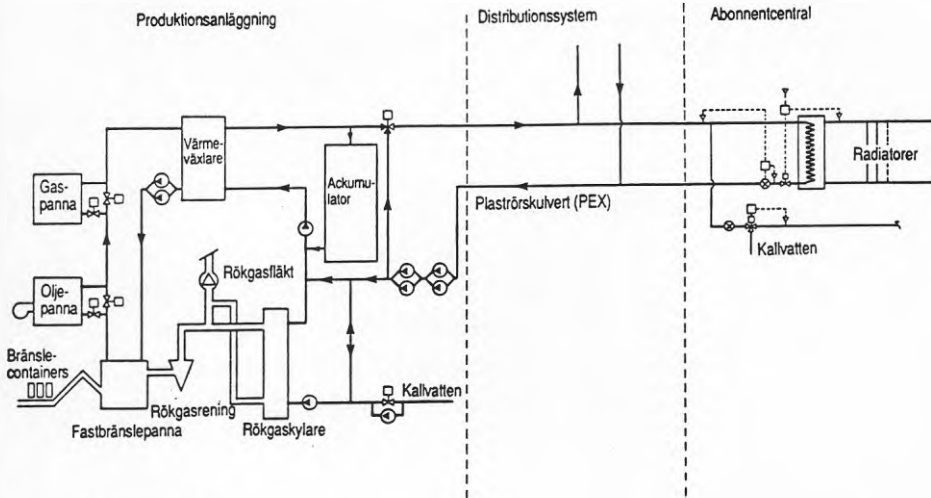
Distributionssystemet i Hammarstrand är utformat enligt GRUDIS-tekniken med utnyttjande av helplastkulvert. Systemlösningen har utformats enligt den i avsnitt 2.4 beskrivna GRUDIS-kopplingen med central beredning och distribution av tappvarmvatten i kulvertsystemet.

GRUDIS-systemet i Hammarstrand försörjer 20 abonnenter med ett sammanlagt effektbehov på

2.4 MW. Värmeproduktionen sker i en fastbränsle-eldad anläggning med rökgaskylare.



Figur 4
Distributionsnät Hammarstrand.

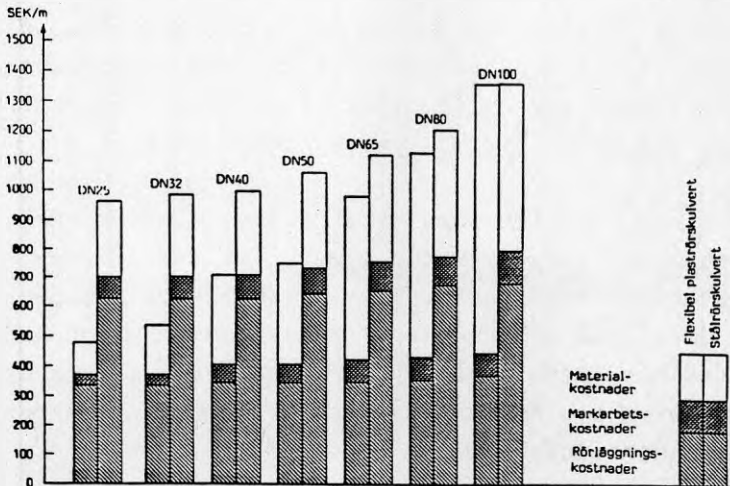


Figur 5
Principlösning Hammarstrand.

Den totala längden på kulvertnätet uppgår till 2 200 m. Ungefär 60% av nätet utgörs av en integrerad flexibel kulvert med mediarör av PEX, isolering av PEX-skum samt korrugerad mantel av PEH.

För den resterande delen, stamledningen genom samhället, utnyttjades en konventionell hålrörskulvert med isolering av PUR-skum, mantelrör av PEH och styrrör av PVC. Efter hopfogning av hålrörskulverten drogs mediaröret (PEX) i skarvfria längder genom kulverten.

Erfarenheterna från Hammarstrands-anläggningen visar generellt på stora konkurrensfördelar för den flexibla kulverten. Där har en kostnadsreduktion på mellan 25-40% kunnat uppnås i dimensionsregistret DN 25-50 i jämförelse med konventionell teknik. För de grövre dimensionerna har däremot de förläggningstekniska fördelarna ätit upp av mycket höga materialpriser (se Figur 6).



Figur 6

Kulvertkostnader för GRUDIS-kulvert samt kostnadsjämförelse med stålrörskulvert, Hammarstrand (1985 års priser).

GRUDIS-systemet försörjer de centrala delarna av Hammarstrands tätort. Distributionsnätet har endast i begränsad utsträckning tagit hänsyn till en framtida utbyggnad av tätorten. Systemet är i princip inte dimensionerat för en ökad belastning. Plaströrssystem bör heller inte överdimensioneras beroende på de starkt ökande kulvertkostnaderna vid grövre dimensioner (se Figur 6). Då blir systemet inte konkurrenskraftigt.

GRUDIS-systemet är av detta skäl inte att betrakta som ett fjärrvärmenät, som per definition ska ta hänsyn till framtida belastningsökningar, utan snarare ett blockcentralsystem som försörjer en på förhand definierad bebyggelsegrupp.

Det innebär att anläggningen i Hammarstrand principiellt kan betraktas som en tveksam tillämpning av GRUDIS-tekniken. Anläggningen är dessutom effektmässigt för stor för att passa GRUDIS-tekniken.

Eftersom stamledningen är byggd med konventionell icke flexibel hålrörskulvert var det i projekteringsfasen inte möjligt att fullfölja ambitionerna med ett skarvfritt kulvertsystem i mark.

Det har istället resulterat i ett relativt stort antal avgreningspunkter i mark (16 st). Avgreningarna består av prefabricerade T-rör i koppar med pålödda mediarörkopplingar i avzinkningshärdig mässing. Installationen av dessa T-rör i mark drog avsevärt ner den annars höga framdrivningstakten i rörlägningsarbetet.

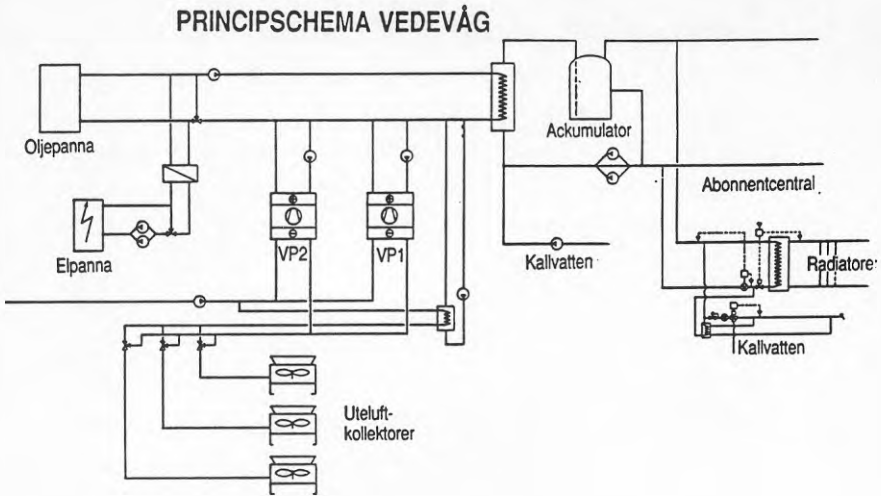
Förutom dessa negativa anläggningstekniska erfarenheter av avgreningar i mark har det under driftfasen uppträtt en skada på ett T-rör i mark. Det är den enda skada som uppstått och den består i ett montagefel i lödfog mellan rördetalj och mediarörkoppling.

Utöver detta problem har man inte haft några skador på kulvertnätet. Dessa anläggnings- och drifttekniska erfarenheter pekar tydligt på behovet att skapa ett skarvfritt system i mark dels för rationellare anläggningsarbete, dels för att reducera antalet tekniska svagställen i mark. För mer detaljerad beskrivning av experimentanläggningen, se ref 17, 18 och 26.

3.2 Vedevåg

Anläggningen i Vedevåg är en direkt fortsättning och vidareutveckling av det system som byggdes i Hammarstrand. Anläggningen försörjer 9 abonnenter omfattande 12 flerbostadshus, skola och ålderdomshem. Värmeproduktionen baseras på uteluftvärmepumpar och den totala anslutna effekten är 1.2 MW.

Systemlösningen är i likhet med Hammarstrandsanläggningen utformad enligt GRUDIS-kopplingsprincip (se Figur 7).



Figur 7

Principschema för Vedeångs-anläggningen.

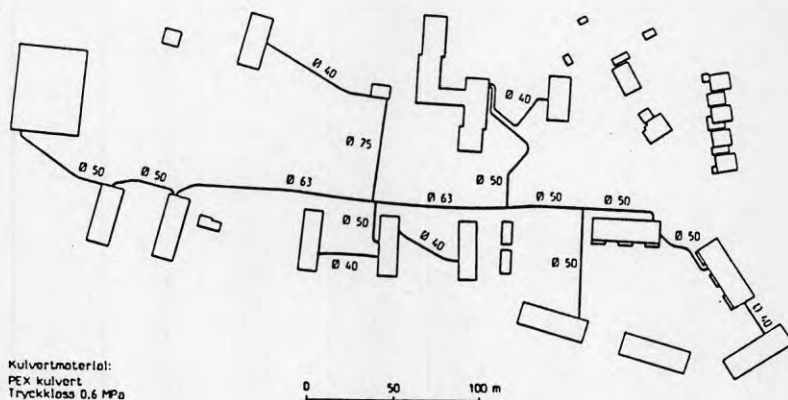
Kulverten i Vedeångs-anläggningen är en flexibel hålrörskulvert med mantel, isolering och styrrör. Hålrören levererades i 12 m längder och plastmediarören levererades i skräddarsydda längder. Hålrören är försedda med ändtätningar och styrrören/hålrören skarvas enkelt samman med en speciell typ av snäppringskoppling som sitter på styrrören.

Mantelrörsskarven tätas därefter med ett vanligt krympförband. Därefter dras de skarvfria skräddarsydda mediatorerna in i den färdigskarvade hålrörsektionen, vilket medför att antalet mediatorkopplingar begränsas till ett minimum.

Den här flexibla hålrörskulverten är således en kombination av de två kulverttyper som används i Hammarstrand. Där utnyttjade man dels en flexibel integrerad kulvert i dimensioner $\leq \varnothing 63$ och en styv

hålrörskulvert i dimensionerna $\varnothing 75$, $\varnothing 90$ och $\varnothing 110$ mm. Den här flexibla hålrörskulverten kan förena målsättningen med flexibilitet och skarvfria/skräddarsydda längder på ett bättre sätt än systemet i Hammarstrand.

Den totala längden på kulvertssystemet i Vedeväg är ca 900 m. Kulvertsystemet består av flexibel kulvert i hela dimensionsområdet ($\varnothing 40$ - $\varnothing 75$ mm), vilket är en förbättring i förhållande till Hammarstrands-anläggningen. De klenare dimensionerna $\varnothing 40$ - $\varnothing 50$ mm har levererats som twinkulvert och dimensionerna $\varnothing 63$ - $\varnothing 75$ mm som enkelrörskulvert (se Figur 8).



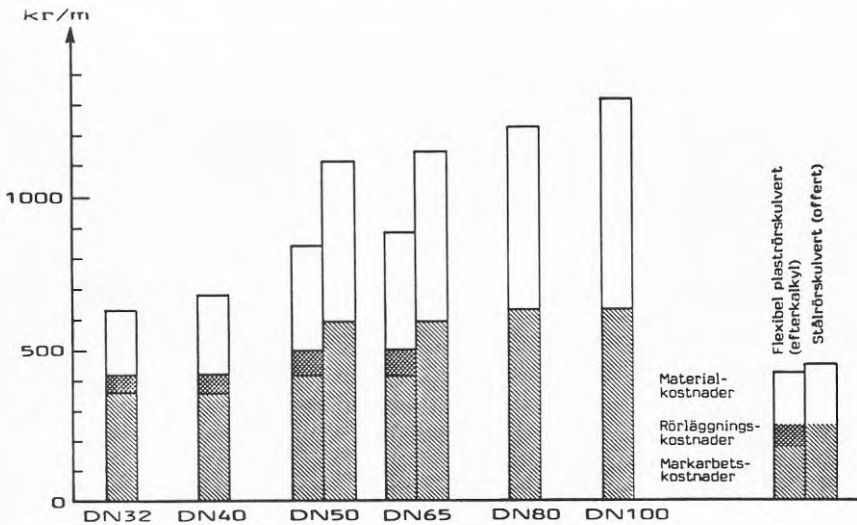
Figur 8

Kulvert nät i Vedeväg.

Man kan betrakta Vedevägs-anläggningen som block-centralteknik för försörjning av ett väl definierat bebyggelseområde. Området kommer endast att expandera i begränsad omfattning. Det innebär att den yttre ramen för tillämpning av GRUDIS-tekniken är uppfylld. Detta tillsammans med den lägre anslutna effekten (1.2 MW) jämfört med anlägg-

ningen i Hammarstrand och produktionsanläggningens centrala placering gör att dimensionsfördelningen blir gynnsam för utnyttjande av GRUDIS-teknik.

Eftersom hela det utnyttjade dimensionsområdet kunnat installeras med flexibel kulvert har stora fördelar kunnat uppnås. Det har varit möjligt att projektera ett så gott som skarvfritt system i mark. Endast tre avgreningspunkter har installerats. Detta har lett till ett mycket rationellt förläggningsarbete med kostnadsbesparingar som följd. Kulvertnätet uppvisar ca 30-40% lägre kostnader än konventionell teknik (se Figur 9).



Figur 9

Kulvertkostnader för GRUDIS-kulvert samt kostnadsjämförelse med stålrörskulvert, Vedeväg (1986 års priser).

Drifterfarenheterna av kulvertnätet har generellt varit mycket goda. En skada har dock upptäckts efter det tredje driftsåret. I likhet med skadan i Hammarstrands-anläggningen rörde det sig om ett montagefel på ett T-rör i mark. En por i svetsfogen mellan T-rör och mediarörkopplingen har lett

till korrosion på en klämringskoppling. Detta resulterade i sin tur i kopplingsbrott. T-rör och två isolerelement har bytts vid reparation av skadan.

I Vedestågs-anläggningen finns endast tre T-rör i mark. Trots detta mycket begränsade antal har således ett montagefel uppstått. Tillsammans med erfarenheterna från Hammarstrands-anläggningen visar detta tydligt på behovet av att skapa ett helt skarvfritt system i mark.

Det är dock viktigt att konstatera att det inte i något av dessa två skadefall rört sig om en ursprunglig skada på kopplingen mellan plast och metall utan i svets- eller lödfogen mellan två metalliska material där skarvning sedan länge utgör etablerad teknik.

Systemlösningen i Vedestågs-anläggningen är identisk med den som byggdes i Hammarstrand. Utvärderingen av anläggningen har visat att systemlösningen fungerat bra men att förenklingar av abonnentcentralen vid VVC-system i fastigheterna sannolikt är nödvändigt för att uppnå konkurrenskraft. Likaså är mätningen av tappvarmvattnet i Vedestågs-anläggningen inte helt invändningsfri eftersom framledningstemperaturen varierar (se Figur 7).

För en mer utförlig redovisning av Vedestågs-anläggningen, se referens 19-22.

3.3 Söderbärke

GRUDIS-anläggningen i Söderbärke tätort, Smedjebackens kommun, är en vidareutveckling av den systemteknik, som byggdes i Vedeståg. Anläggningen

i Söderbärke försörjer 4 större flerfamiljshus, 15 enplans flerfamiljshus, 32 pensionärslägenheter i markbostäder, ålderdomshem samt servicelokaler. Totalt har 7 större och 16 mindre abonnentcentraler installerats och den totala anslutna effekten uppgår till ca 1 MW.

Anläggningen i Söderbärke omfattar en komplett blockcentral inkluderande panncentral, kulvertnät, abonnentcentraler samt konvertering av direktelvärmda markbostäder (vattenburet värmesystem inomhus).

Värmeproduktionen kommer att baseras på en gasolpanna på 1 MW med olja som reservlast. I ett inledningsskede utnyttjas även olja som baslast.

Distributionssystemet i Söderbärke-anläggningen består av tre avgränsade experimentbyggnadsdelar:

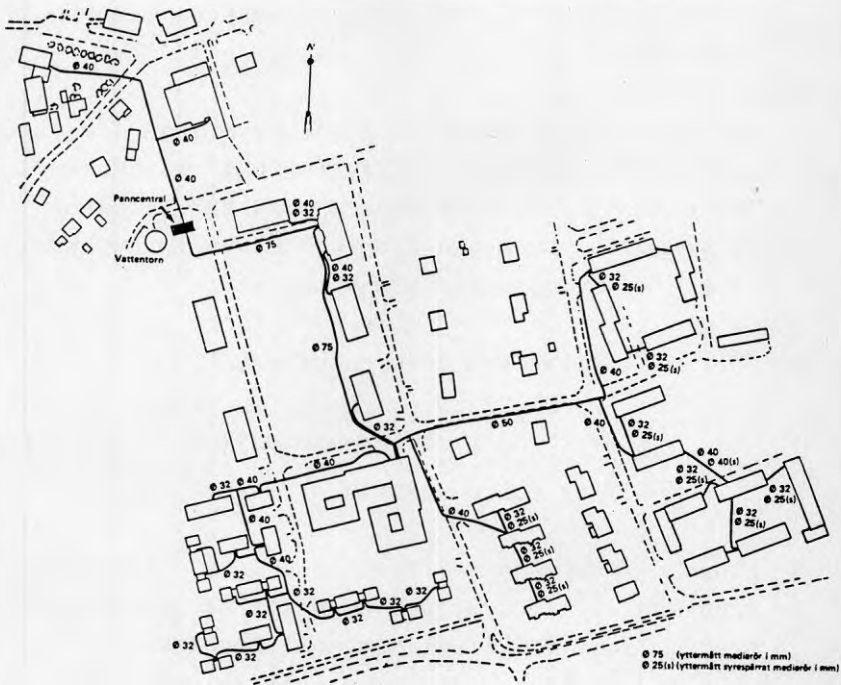
- GRUDIS-högtemperatursystem (90°C), som är en vidareutveckling av de anläggningar som byggts tidigare
- GRUDIS-syrespärrat system (75-80°C) för utbyte/renovering av uttjänta sekundärsystem
- GRUDIS-lågtemperatursystem (65°C) i kombination med konvertering av direktelvärmda markbostäder till vattenburna värmesystem.

Kulvertsystemet är av samma konstruktion som i Vedeå, dvs flexibel hålrörskulvert.

Den sammanlagda längden på kulvertnätet i Söderbärke är 1 650 m. Ambitionen har som i tidigare anläggningar varit att eftersträva ett skraddarsytt och därmed skarvfritt system.

Kulvertsystemet består av en flexibel kulvert i hela dimensionsområdet $\varnothing 25$ - $\varnothing 75$ mm, vilket är en utökning i förhållande till Hammarstrands- och Vedevägs-anläggningarna. Dimensionerna upp t o m $\varnothing 50$ mm har levererats som twinkulvert.

Dimensionerna $\varnothing 40$, $\varnothing 32$ och $\varnothing 25$ mm har både levererats med och utan syrespärrat mediarör.



Figur 10

Kulvertnät i Söderbärke.

Två nya tillämpningar av GRUDIS-tekniken har installerats. Förutom högtemperatursystemet (max 90°C), som utgör huvudnätet i anläggningen, har också kulverten i tre mindre sekundärområden bytts från asbetscementkulvert till plaströrkulvert.

Systemlösningen bygger på utnyttjande av flexibel plaströrskulvert med konventionell 4-rörsteknik där mediarören för värmedistribution är syrespärrade och där mediarören för varmvatten och VVC är ospärrade.

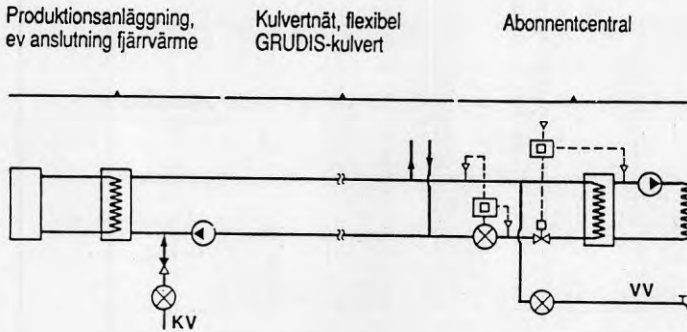
Den här anläggningsdelen ligger som sekundärsystem till GRUDIS-högtemperatursystem och omfattar utbyte av ca 290 m uttjänt 4-rörs asbestcement-rörskulvert. Denna anläggningsdel är en ny applikation av GRUDIS-tekniken genom att:

- mediarören är syrespärrade
- att tekniken är anpassad till de förutsättningar med avseende på distributions-temperaturen som finns i dagens befintliga bostadsbestånd (75-80°C).

Denna tillämpning av flexibel plaströrskulvert är anpassad dels för utbyte av uttjänta gruppcentral-system, dels för installation i framför allt nybyggda områden med konventionella radiator-system.

Förutom detta har ett **GRUDIS-lågtemperatursystem (65°C) i kombination med konvertering av direktelvärmade markbostäder** installerats. Systemlösningen för denna anläggningsdel bygger även i detta fall på utnyttjande av tappvarmvatten som distributionsmedium men temperatur- och trycknivåerna är

lägre för att underlätta direktkopplingar till fastigheternas värme- och tappvattensystem och därmed en förenklad abonnentcentralteknik (se Figur 11).



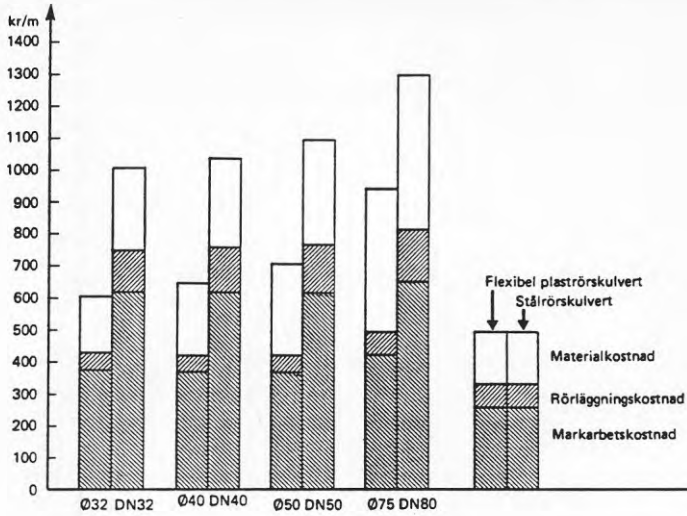
Figur 11

GRUDIS lågtemperatursystem.

Denna systemdel ligger som en separat cirkulationskrets direkt ansluten till det övriga GRUDIS-nätet men med lägre temperatur- och trycknivåer.

Systemdelen omfattar byggande av 570 m flexibel plaströrskulvert och installation av 16 prefabricerade småhuscentraler för försörjning av 33 pensionärslägenheter.

Erfarenheterna från kulvertanläggningen i Söderbärke visar i likhet med Vedevågs-anläggningen på en kostnadsbesparing på ca 35% jämfört med ett konventionellt system.



Figur 12

Kulvertkostnader för GRUDIS-kulvert samt kostnadsjämförelse med stålrörskulvert, Söderbärke (1987 års priser).

Utnyttjande av flexibel kulvert både för omläggning av äldre sekundärsystem och för konvertering av direktelvärmade hus har varit mycket rationellt.

Likaså har systemlösningen för lägre temperatur (65°C) med GRUDIS-teknik fungerat utan störningar.

För en utförligare redovisning av erfarenheterna från anläggningen, se referens 23-24.

4 Konkurrensstudie

4.1 Förutsättningar

Som avslutande del i denna rapport ska GRUDIS-teknikens konkurrenskraft bedömas gentemot konventionell distributionsteknik.

En kostnadsjämförelse mellan olika kulvertsystem kommer därför att göras för ett antal typområden med olika värmetäthet.

Vi vill på det sättet hitta brytpunkter för GRUDIS-teknikens konkurrenskraft med hänsyn till områdenas effektbelastning.

4.2 Typområden

Typområdena representerar olika bebyggelsetyper och tre områden har studerats; villa-, radhus- och flerbostadsområden (se Figur 20-23). För dessa områden har installationskostnaden för de olika distributionssystemet beräknats i en nyexpolateringssituation såväl som för befintlig bebyggelse. Områdena är att betrakta som **schablonområden**. De är stereotypt uppbyggda för att lättare kunna dra allmängiltiga slutsatser om tillämpningar.

Effektberäkningar för byggnadsytan i områdena har schablonmässigt satts till 50 W/m^2 . Varmvattenförbrukningen följer SBNS anvisningar. För karaktäristik av områdena, se Tabell 9.

Tabell 2

Typområden.

Typområde	Områdes- storlek m ²	Antal lgh	m ² /lgh	Exploa- terings- tal	w/m ² lgh	Områdets totala effekt kW	Antal hus- kroppar	kW/ hus- kropp
Villaområde	100 000	30	150	0.12	50	600	80	7.5
Radshusområde	100 000	160	150	0.24	50	1 200	40	30
Flerbostads- husområde	100 000	480	100	0.48	50	2 400	40	60

4.3 Värmedistributionsalternativ

4.3.1 Kulvertsystem

För att bedöma GRUDIS-teknikens konkurrenskraft kommer två konventionella kulvertsystem att kostnadsberäknas för de olika typområdena. Det gäller dels ett stålkulvertrörsystem, dels ett kopparkulvertsystem.

Stålkulvertsystemet är av konventionell typ i enkelutförande (ett mediator per kulvertrör). Isoleringen utgörs av PUR-skum med serie II-standard.

Kopparkulvertsystem är av typ Aqua-Warm med sinusbockade mediator, isolering av mineralull och yttermantel av korrugerad PEH. Vid jämförelsen utnyttjas dubbelrörskulvert upp till $\varnothing 54$ mm, däröver enkelrörskulvert.

GRUDIS-kulvert är en flexibel kulvert med mediator av tvärbunden polyeten (PEX). Kostnadsberäkningen grundades på en hålrörskulvert av typ Aqua-PEX, samma kulverttyp som finns beskriven i avsnitt 3.2.

4.3.2 Systemförutsättningar

När det gäller de konventionella kulvertsystemen förutsätts primär fjärrvärmeanslutning av området med abonnentcentral i varje byggnad. I abonnentcentralen sker värmewäxling mot byggnadens värme- och tappvarmvattensystem.

Eftersom ett GRUDIS-system p g a temperatur- och tryckbegränsningar inte kan anslutas direkt till fjärrvärme förutsätts sekundär anslutning av

området. Detta innebär att GRUDIS-alternativet kommer att belastas med en extra kostnad för en undercentral i området. Undercentralen innehåller värmväxlare, distributionspumpar och reglerutrustning. GRUDIS-nätet ansluts till varje byggnad med en abonnentcentral. Systemlösning framgår av Figur 2, avsnitt 2.4.

Abbonentcentralerna i huskropparna förutsätts kosta lika mycket oberoende av alternativ. Det är dock sannolikt att GRUDIS-centralen blir något billigare beroende på enklare utförande.

4.3.4 Förläggningsteknik

För de konventionella kulvertsystemen tillämpas sk träd förläggning, dvs stamledning i gata med avgrening i mark och servisledning till byggnad.

Ledningsnätet i GRUDIS-alternativet är utformat enligt kamförläggningstekniken. Det innebär att man "syr" ihop abonnenterna och avgreningen sker inomhus i inspekterbart utrymme. Detta för att effektivisera förläggningsarbetet och minska antalet svagställen i mark.

På grund av de olika förläggningsteknikerna kommer ledningsnätets längd att variera något mellan de två näten.

4.3.5 Dimensionering

Dimensioneringen av ledningsnätet utgår från ett Δt 30°C. Det innebär en framledningstemperatur på ca 90°C, vilket för konventionell fjärrvärme är lågt. Ambitionen har dock under den senaste 15-årsperioden varit att pressa ner

framledningstemperaturerna i primärnäten varför förutsättningen är realistisk framför allt i ny bebyggelse.

4.4 Specifika kostnader

Nedanstående kostnadsredovisning i tabell- och figurform är uppdelad på material-, rörlägnings- och markarbetskostnader för rokrörsläggning. En separat redovisning görs för avgreningskostnader. Projekterings- och administrationskostnader ingår inte i redovisningen.

4.4.1 Materialkostnader

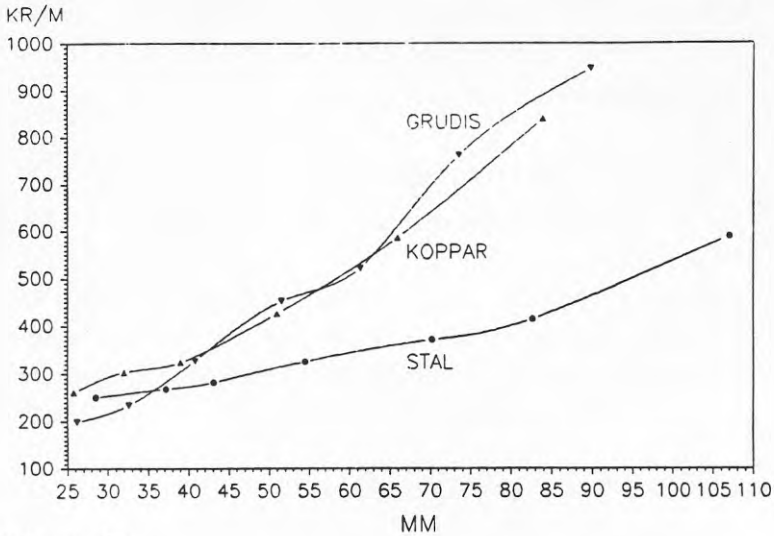
Kostnaderna för kulvertmaterial grundar sig på normalpriser från materialleverantörer. Priserna innehåller vare sig rabatter eller pålägg utan utgör listpriser med prisnivå 1990-01-01. I materialpriserna för stålrörskulvert ingår även kostnad för skarvmontage.

Tabell 3

Kostnader för kulvertmaterial för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert (SEK/m).

Stålrörskulvert		Kopparrörskulvert		GRUDIS-kulvert	
dim mm*	SEK/m	dim mm*	SEK/m	dim mm*	SEK/m
28	250	25	260	26	199
37	268	32	303	32	234
43	282	39	324	40	328
54	326	51	427	51	454
70	372	66	588	61	524
82	416	84	838	73	762
107	590			90	946

* Invändig rördiameter.



Figur 13

Kostnaden för kulvertmaterial för stålrör-, kopparrör- och GRUDIS-kulvert (SEK/m) efter invändig rördiameter (mm).

Materialkostnaderna för GRUDIS-kulverten följer i stort sett kostnaden för kopparrörskulverten i hela dimensionsregistret. GRUDIS-kulverten uppvisar lägre kostnader än stålrörkulvert upp till dimension DN32 (37.2 mm). Därefter är den flexibla plastörrskulverten dyrare. Kostnadsdifferensen mellan stålrör- och GRUDIS-/kopparrörskulvert är betydande för de grövre dimensionerna.

4.4.2 Rörläggningskostnader

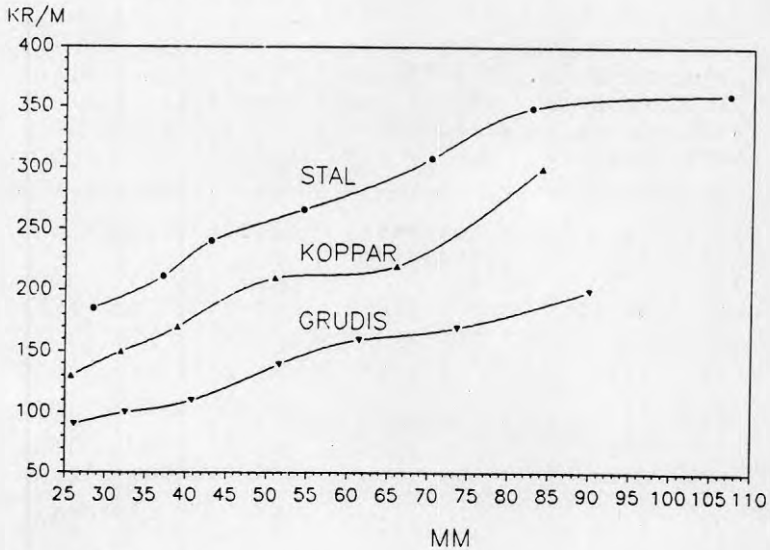
Rörläggningskostnaderna (rårör) grundar sig på offerter från rörentreprenörer för medelstora objekt, typ schablonområdena (se Figur 20-23). De representerar inte kostnader för omfattande installationer eller årsupphandlingar för stora värmeverk. De är inte heller representativa för mindre objekt.

Tabell 4

Rörläggningskostnader för stålrör-, kopparrör- och GRUDIS-kulvert (SEK/m).

Stålrörskulvert dim mm*	SEK/m	Kopparrörskulvert dim mm*	SEK/m	GRUDIS-kulvert dim mm*	SEK/m
28	185	25	130	26	90
37	211	32	150	32	100
43	240	39	170	40	110
54	266	51	210	51	140
70	308	66	220	61	160
82	349	84	300	73	170
107	360			90	200

* Invändig rördiameter.



Figur 14

Rörläggningskostnader för stålrör-, kopparrör- och GRUDIS-kulvert (SEK/m) efter invändig rördiameter (mm).

Rörläggningskostnaden för GRUDIS-kulverten ligger generellt 100-150 SEK/m lägre än för stålrörs-kulvert i dimensionsregistret DN25-100. Gentemot kopparrör är differensen 50-75 SEK/m. Orsaken till de låga kostnaderna är ett enkelt monteringsförfarande samt ett skarvfritt mediarör, vilket leder till ett snabbt och enkelt rörmontage.

4.4.3 Avgreningskostnader

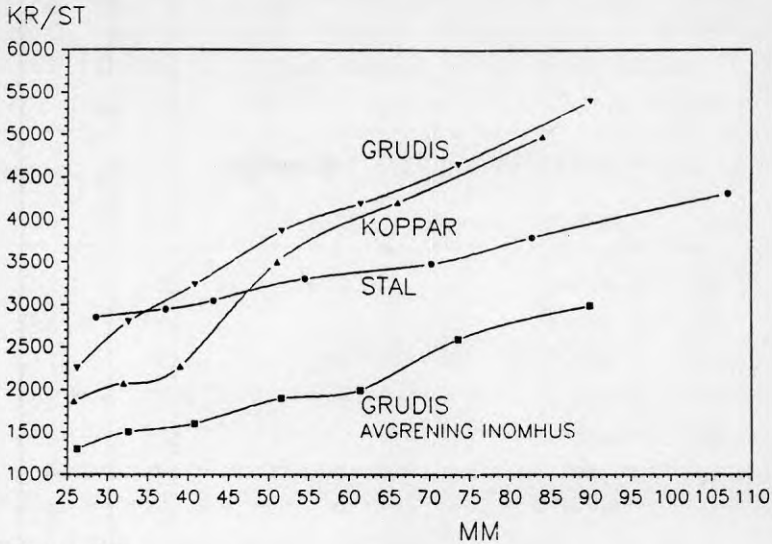
Kostnader för avgreningar särredovisas för att schablonmässigt kunna kostnadsberäkna kulvertnäten för typområdena. Avgreningskostnaden omfattar kompletta material- och rörläggningskostnader. För GRUDIS-kulverten redovisas två avgreningsalternativ, dels T-rör i mark, dels avgrening inomhus (kamförläggning).

Tabell 5

Avgreningskostnader för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert (SEK/m). Servisavgrening från stamledning (stamledning angiven som invändig rördiameter).

Stålrörs-kulvert		Kopparrörs-kulvert		GRUDIS-kulvert		
dim mm*	SEK/st	dim mm*	SEK/st	dim mm*	mark SEK/st	inomhus SEK/st
28	2852	25	1865	26	2256	1300
37	2948	32	2073	32	2800	1500
43	3052	39	2273	40	3240	1600
54	3316	51	3510	51	3875	1900
70	3494	66	4210	61	4200	2000
82	3800	84	4980	73	4656	2600
107	4310			90	5400	3000

* Invändig rördiameter.



Figur 15

Avgreningskostnader för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert (SEK/st) efter invändig rördiameter (mm).

Avgreningskostnaderna i mark för GRUDIS-kulverten ligger högre än för både stål- och kopparrörkulvert. Orsaken till detta är de relativt sett högre kostnaderna för de mediarörkopplingar som förutom T-röret ska monteras. Avgreningskostnaden inomhus ger betydligt lägre kostnader men då tillkommer extra kostnader för att gå ut och in med kulverten till varje hus.

4.4.4 Markarbetskostnader

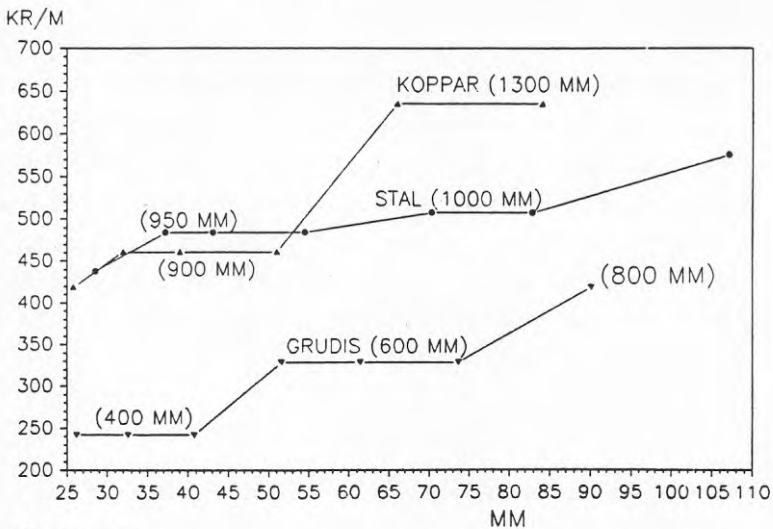
Markarbetskostnaderna grundar sig på å-priser för tvärsnitt i enlighet med de respektive kulvertsystemens projekteringsanvisningar. För **nyexploateringsområdet** utgår vi från schaktning i bergfri naturmark. För det **befintliga området** är förutsättningarna schaktning i bergfri mark med ytskikt av asfalt (50%) och gräsytta (50%).

Tabell 6

Markarbetskostnader (nyexploateringsområde) för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert (SEK/m).

Stålrörskulvert		Kopparrörskulvert		GRUDIS-kulvert	
dim mm*	SEK/m	dim mm*	SEK/m	dim mm*	SEK/m
28	438	25	419	26	242
37	484	32	461	32	242
43	484	39	461	40	242
54	484	51	461	51	329
70	507	66	635	61	329
82	507	84	635	73	329
107	575			90	419

* Invändig rördiameter.



Figur 16

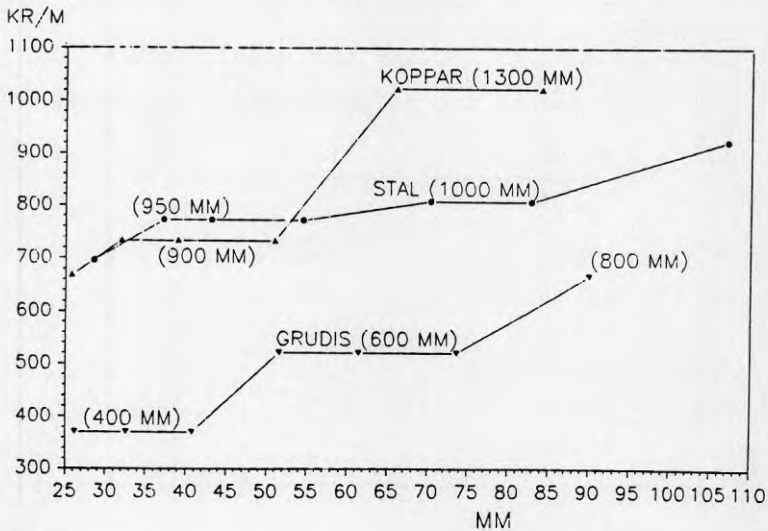
Markarbetskostnader (nyexploateringsområde) för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert (SEK/m).

Tabell 7

Markarbetskostnader (befintligt område) för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert (SEK/m).

Stålrörskulvert		Kopparrörskulvert		GRUDIS-kulvert	
dim mm*	SEK/m	dim mm*	SEK/m	dim mm*	SEK/m
28	695	25	668	26	371
37	772	32	733	32	371
43	772	39	733	40	371
54	772	51	733	51	522
70	808	66	1023	61	522
82	808	84	1023	73	522
107	923			90	668

* Invändig rördiameter.



Figur 17

Markarbetskostnader (befintligt område) för stålrörs-, kopparrörs- och GRUDIS-kulvert.

Markarbetskostnaderna utgör GRUDIS-kulvertens stora kostnadsfördel. Eftersom något rörmontage inte behöver ske i rörgraven kan schaktvolymerna och entreprenadtiderna reduceras kraftigt jämfört med stålrörs- och kopparrörskulvert. Kostnadsfördelarna blir mer accentuerade i det befintliga området då återställningsytan för ytskikten reduceras kraftigt med GRUDIS-kulvertens smala schaktgravar.

4.4.5 Totala specifika kulvertkostnader

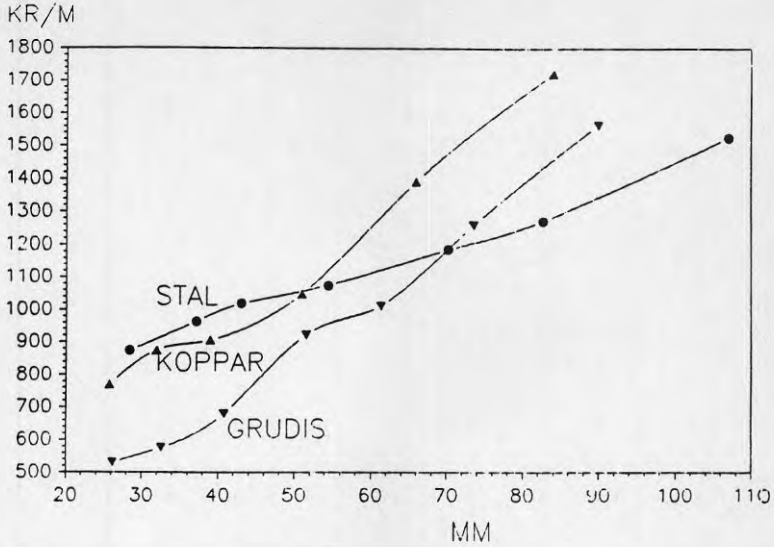
De totala specifika kulvertkostnaderna innefattar material-, rörlägnings- och markarbetskostnader för rårörsläggning av kulvertledning.

Tabell 8

Totala specifika kulvertkostnader för **nyexploateringsområde** (SEK/m).

Stålrörskulvert dim mm*	SEK/m	Kopparrörskulvert dim mm*	SEK/m	GRUDIS-kulvert dim mm*	SEK/m
28	873	25	769	26	531
37	963	32	874	32	576
43	1019	39	905	40	680
54	1076	51	1048	51	923
70	1187	66	1393	61	1013
82	1272	84	1723	73	1261
107	1525			90	1565

* Invändig rördiameter.



Figur 18

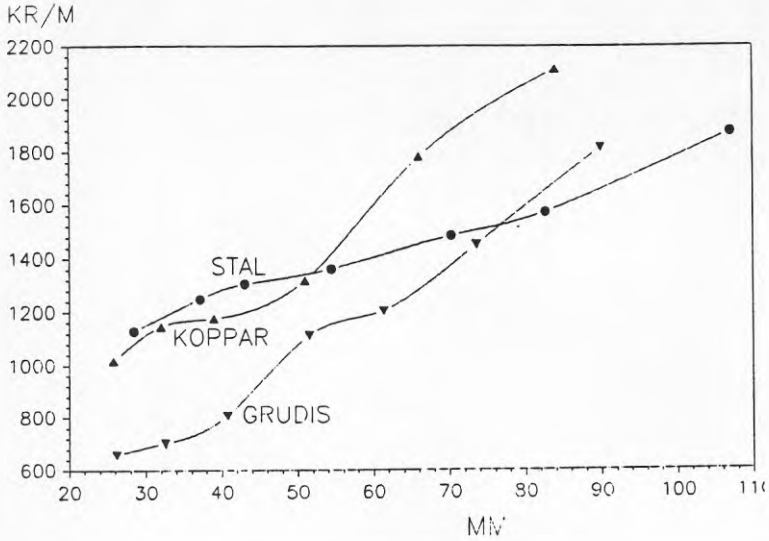
Totala specifika kulvertkostnader för **nyexploateringsområde**.

Tabell 9

Totala specifika kulvertkostnader för **befintligt område** (SEK/m).

Stålrörskulvert dim mm*	SEK/m	Kopparrörskulvert dim mm*	SEK/m	GRUDIS-kulvert dim mm*	SEK/m
28	1130	25	1018	26	660
37	1251	32	1146	32	705
43	1307	39	1177	40	809
54	1364	51	1320	51	1116
70	1488	66	1781	61	1206
82	1573	84	2111	73	1454
107	1873			90	1814

* Invändig rördiameter.



Figur 19

Totala specifika kulvertkostnader för befintligt område (SEK/m).

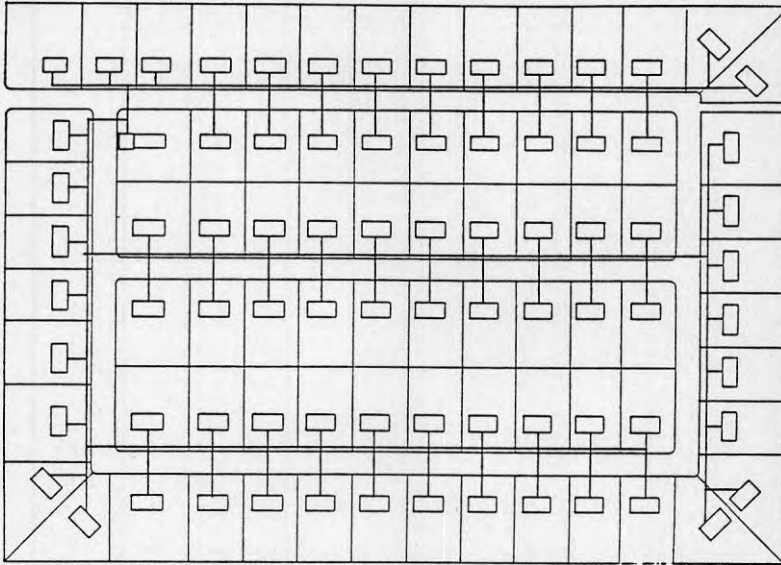
Resultatet av kostnadssammanställningen visar att GRUDIS-kulverten är konkurrenskraftig med stål-rörskulverten upp till dimension $\varnothing 75$ mm för nyexploateringsområden. För befintlig bebyggelse ökar GRUDIS-kulvertens konkurrenskraft och brytpunkten gentemot stål-rörskulvert går då vid $\varnothing 90$ mm. Orsaken till detta är markarbetskostnadernas relativt sett ökade andel i befintliga områden och GRUDIS-kulvertens goda konkurrenskraft vad gäller markarbeten.

4.5 Kostnadsjämförelse för typområden

4.5.1 Villaområden

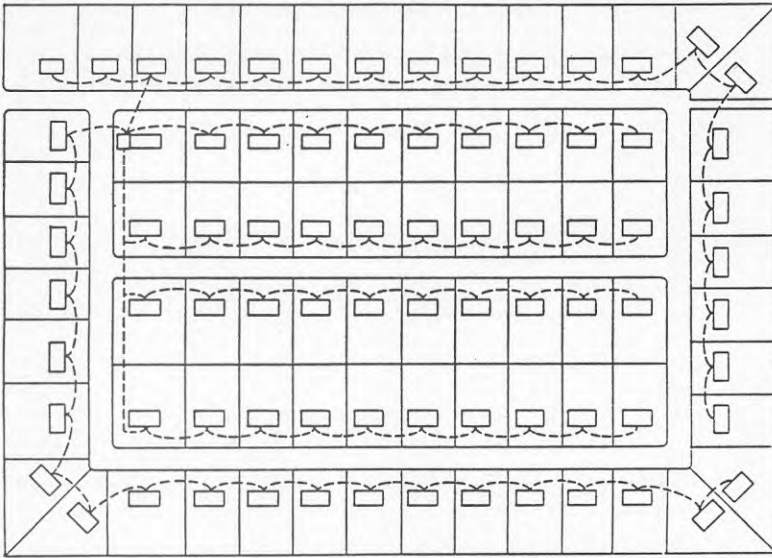
Villaområdet består av 80 hus med en total ansluten effekt av 600 kW. Området har dimensionerats efter ett Δt 30°C och kulvertläge i plan för

respektive system framgår av Figur 20 och 21. Vid en jämförelse mellan de olika kulvertalternativen blir ledningsnätet för det konventionella alternativet (trädförläggning) ca 3% kortare än för GRUDIS-alternativet (kamförläggning).



Figur 20

Typområde villabebyggelse med konventionellt kulvertsystem.



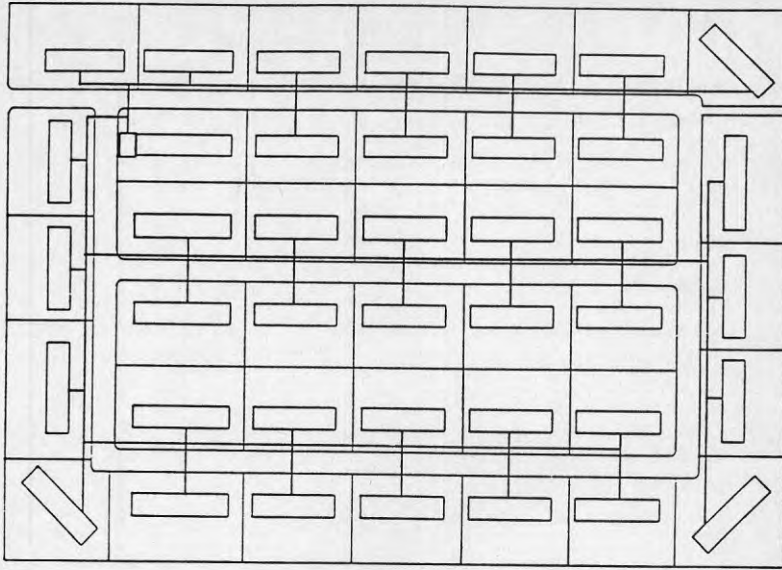
Figur 21

Typområde, villabebyggelse med GRUDIS-kulvertsystem.

4.5.2 Rad- och flerbostadsområde

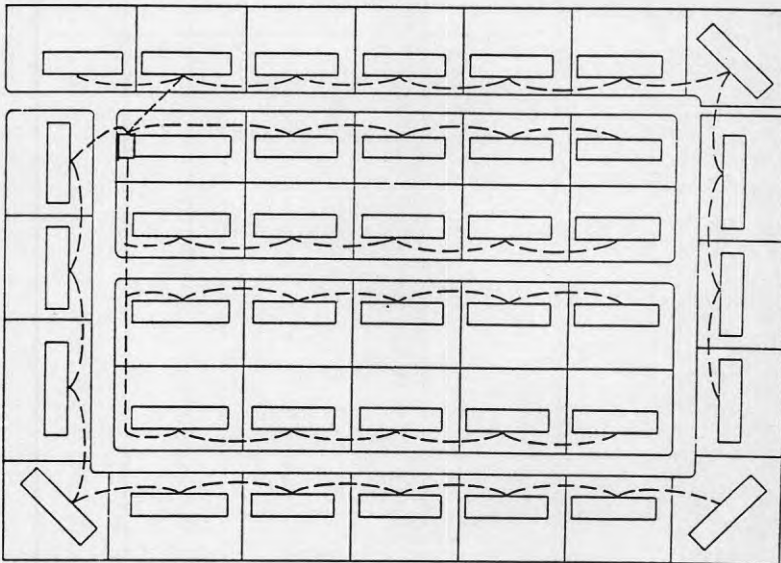
Båda dessa områden består av 40 huskroppar med en ansluten effekt av 1.2 MW (radhus) respektive 2.4 MW (flerbostadshus). Kulvertläge i plan framgår av Figur 22 och 23.

Kulvertnätet i GRUDIS-alternativet (kamförläggning blir i detta fall betydligt längre än konventionell förläggning).



Figur 22

Typområde, rad- och flerbostadshusbebyggelse med konventionellt kulvertsystem.



Figur 23

Typområde, rad- och flerbostadshusbebyggelse med GRUDIS-kulvertsystem.

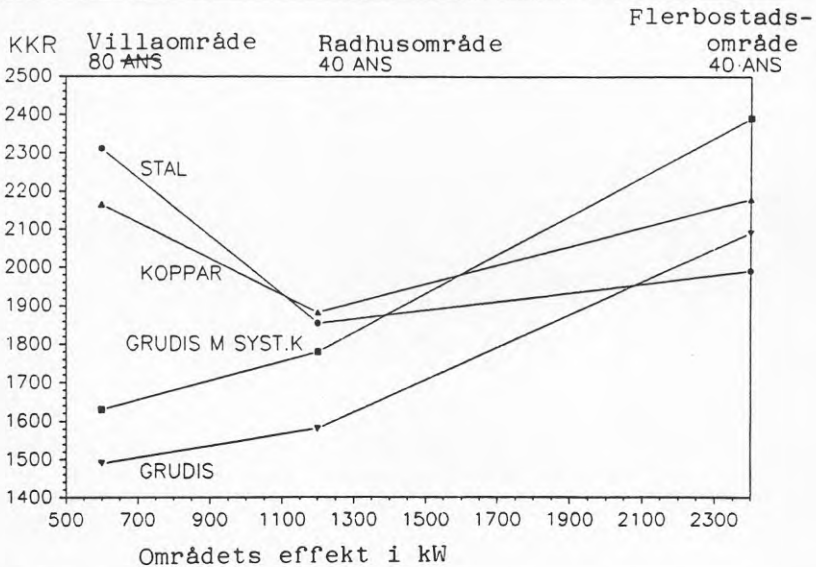
4.5.3 Kulvertkostnader typområde

Nedanstående jämförelse av kulvertkostnader för typområdena utgår ifrån de i avsnitt 4.4 redovisade specifika kostnaderna samt en dimensionering efter Δt 30°C.

Tabell 10

Investeringskostnader kulvertnät för stål-, koppar- och GRUDIS-kulvert i typområdena, exploateringsområde (kSEK).

Effekt (kW) Typområde	Stål- kulvert	Koppar- kulvert	GRUIDS-kulvert	
			exkl under- central	inkl under- central
600 villaområde	2311	2165	1490	1630
1200 radhusområde	1856	1883	1081	1781
2400 flerbostadshusområde	1991	2179	2091	2391



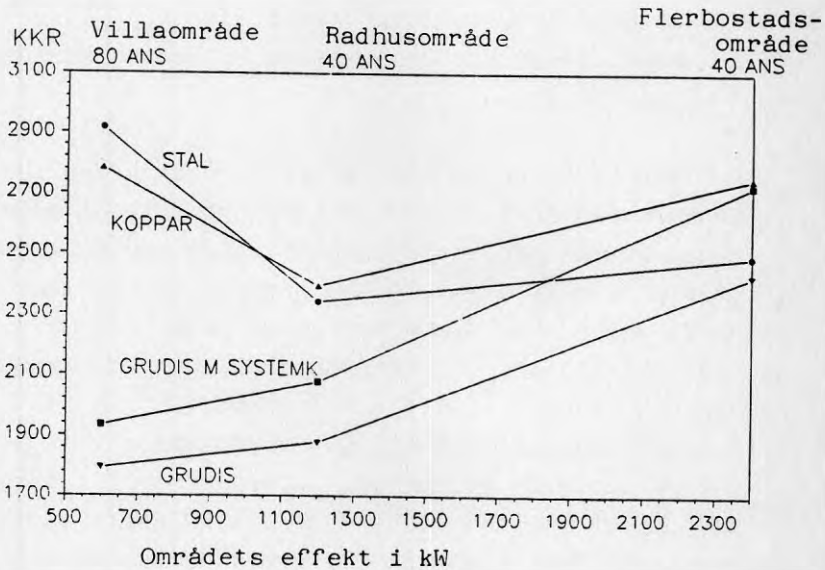
Figur 24

Investeringskostnader kulvertnät för stål-, koppar- och GRUDIS-kulvert i typområdena, exploateringsområde (kSEK).

Tabell 11

Investeringskostnader stål-, koppar- och GRUDIS-kulvert nät för typområdena, befintligt område (kSEK).

Effekt (kW) Typområde	Stål- kulvert	Koppar- kulvert	GRUDIS-kulvert	
			exkl under- central	inkl under- central
600 villaområden	2916	2784	1793	1933
1200 radhusområden	2341	2393	1877	2077
2400 flerbostadshusområden	2490	2750	2425	2725



Figur 25

Investeringskostnader för stål-, koppar- och GRUDIS-kulvert nät för typområden, befintligt område.

För GRUDIS-kulverten redovisas två alternativ, med och utan undercentral. Orsaken till detta är att GRUDIS-kulverten inte kan anslutas direkt till ett fjärrvärmesystem utan måste anslutas sekundärt. Detta leder till extrakostnader för en undercentral i området. Om stål- och kopparkulvertnäten också ansluts sekundärt finns inga systemskiljande åtgärder och då kan kostnaden för kulvertnäten jämföras direkt.

Konkurrensstudien tillämpad på typområden visar att GRUDIS-tekniken ger lägre investeringar för villa- och radhusområden men att den får svårare att konkurrera i ett effekttätare flerbostadshusområde.

Studien visar också att GRUDIS-kulverten kan konkurrera i befintliga områden upp till en effekt av ca 2.4 MW och i nybyggnadsområden upp till en effekt av ca 2.0 MW. Om man däremot räknar in GRUDIS-teknikens extra systemkostnader för en undercentral om de konventionella kulvertsystemen ansluts primärt till fjärrvärme och GRUDIS-systemet ansluts sekundärt, går brytpunkten vid ca 1.8 MW ansluten effekt per undercentral för det befintliga området och vid ca 1.4 MW ansluten effekt per undercentral för nybyggnadsområdet.

GRUDIS-nätet i typområdena är uppdelat på 3-4 fördelningsledningar. Med ovan angivna effekt skulle GRUDIS-nätet vara konkurrenskraftigt upp till en effekt av 500-700 kW/fördelningsledning (utan undercentralkostnader) och ca 400-500 kW/-fördelningsledning (med undercentralkostnader). Ovanstående gäller vid ett Δt 30°C.

5 Slutsatser

Erfarenheterna från experimentanläggningarna visar att GRUDIS-tekniken med flexibel plastkulvert passar bäst i avgränsade blockcentral- eller sekundärområden där dimensioneringen av kulvert-nätet sker utifrån en klart definierad bebyggelse-grupp och en därmed given effektbelastning. För s k fjärrvärmeområden i expanderande tätorter, där kulvertnäten måste ta hänsyn till framtida utbyggnader och anslutningar, passar GRUDIS-tekniken generellt sett sämre.

Erfarenheterna visar att kostnadsreduktioner på upp till 30-40% kan uppnås för GRUDIS-kulvert jämfört med konventionell teknik i dimensionsområdet $\varnothing 25$ - $\varnothing 75$ mm (Vedevåg och Söderbärke). För kulvertnät med en stor andel grova dimensioner ($\geq \varnothing 90$ mm) sjunker konkurrenskraften (Hammarstrand).

Vid utnyttjande av GRUDIS-tekniken inom nybyggnadsområden, där värmesystemen dimensioneras efter 55-45°C, kan en förenklad systemlösning utnyttjas. Den medger direktkoppling till tappvarmvattensystemet utan blandningsventiler och reglerutrustning, vilket leder till mätningstekniskt enklare anslutningar och mer ekonomiska centraler.

GRUDIS-system för befintlig bostadsbebyggelse måste dimensioneras för en framledningstemperatur på ca 85-90°C. Dessa s k högtemperatursystemlösningar är idag inte fullt utvecklade för GRUDIS-tekniken utan kräver förenklingar av mättekniken och för fastigheter med VVC-system.

Konkurrensstudien visar att flexibel plaströrskulvert är konkurrenskraftig med kopparrörskulvert i hela dimensionsregistret. När det gäller stålrörskulvert går brytpunkten för nybyggnads- och befintliga områden vid rördimension $\varnothing 75$ mm respektive $\varnothing 90$ mm.

Konkurrensstudien tillämpad på typområden visar att GRUDIS-tekniken ger lägre investeringar för villa- och radhusområden men att den får svårare att konkurrera i ett effekttätare flerbostadsområde.

Studien visar också att GRUDIS-kulverten kan konkurrera i befintliga områden upp till en effekt av ca 2.4 MW och i nybyggnadsområden upp till en effekt av ca 2.0 MW. Om man däremot räknar in GRUDIS-teknikens extra systemkostnader för en undercentral om de konventionella kulvertsystemen ansluts primärt till fjärrvärme och GRUDIS-systemet ansluts sekundärt går brytpunkten vid ca 1.8 MW ansluten effekt per undercentral för det befintliga området och vid ca 1.4 MW ansluten effekt per undercentral för nybyggnadsområdet.

GRUDIS-nätet i typområdena är uppdelat på 3-4 fördelningsledningar. Med ovan angivna effekt skulle GRUDIS-nätet vara konkurrenskraftigt upp till en effekt av 500-700 kW/fördelningsledning (utan undercentralkostnader) och ca 400-500 kW/fördelningsledning (med undercentralkostnader). Ovanstående gäller vid ett Δt 30°C.

Referenser

- 1 BERGLUND G, IFWARSON M
Inventering av plastmaterial i värmedistributionssystem.
Byggforskningsrådet, R154:1984.
- 2 IFWARSON M
Metoder för accelererad provning av värmerör av plast.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1984.
Delrapport EI-84/123.
- 3 BERGLUND G
Inventering av metoder att sänka syre- och vattenpermeabiliteten hos plaströr.
Byggforskningsrådet, R155:1984.
- 4 BERGLUND G
Utvärdering av syretätade plaströr samt undersökning av vattenpermeabiliteten hos plaströr.
Studsvik Energiteknik AB, 1984. Delrapport EI-84/109.
- 5 IFWARSON M
Långtidsegenskaper hos syretätade plaströr och isolering för GRUDIS-kulvertar.
Byggforskningsrådet, R19:1987.
- 6 LJUNGOVIST J
Flexibla kulvertar - kulvertuppbyggnad.
Studsvik Energiteknik AB, 1984.
EI-84/117.
- 7 INGRE P
Schaktkostnad vid individuell och samför-lagd värmekulvert. Ekonomiska utredningar.
Statens råd för byggnadsforskning.
Rapport R156:1984, Stockholm 1984.
- 8 CRONHOLM L-Å
Jämförelser mellan skarvfri och konventionell kulvertförläggning.
Statens råd för byggnadsforskning.
Rapport R153:1984.
- 9 RUNDSTRÖM T
Förläggning av flexibla värmekulvertar. Några sätt att reducera läggingskostnaden.
BFR 811849-4. Studsvik Energiteknik AB.
Studsvik Reprot EI-85/2.

- 10 ODDVING B
Mantelrörskarvar och medierörkopplingar.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1986.
Arbetsrapport ED-86/28.
- 11 LJUNGOVIST J
GRUDIS-kulvert fältprov.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1986.
Arbetsrapport ED-86/27.
- 12 MOLANDER A
Syrepermeabilitet i kulvertar.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1985.
Delrapport EI-85/3.
- 13 BLOMQVIST P A
Lågtemperaturbaserad central värmedistribution i befintlig bebyggelse.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1985.
Studsvik 85/5.
- 14 BLOMQVIST P A
Studier av ett GRUDIS-system.
Studsvik Energiteknik AB. Arbetsrapport
EI-84/111.
- 15 BLOMQVIST P A m fl
GRUDIS-gruppcentraldistribution.
Handbok för system- och komponentutformning. T2:1987. Statens råd för byggforskning, Stockholm 1987.
- 16 PERSSON S
Effektivare värmedistributionssystem för gruppcentraler. Redovisning etapp 1 och 2.
R24:1985. Statens råd för byggforskning, Stockholm 1985.
- 17 PERSSON S
GRUDIS - flexibel kulvert. Erfarenheter från experimentanläggning i Hammarstrand.
Studsvik Energiteknik AB. Arbetsrapport
ED-87/37.
- 18 IFWARSON M
GRUDIS - Hammarstrand-material.
Studsvik Energy. Studsvik report
EX-87/75.

- 19 PERSSON S
GRUDIS - flexibel kulvert. Erfarenheter
från experimentanläggning i Vede våg.
Studsvik Energiteknik AB. Arbetsrapport
ED-87/78.
- 20 IFWARSON M
GRUDIS - Vede våg-material.
Studsvik Energy. Studsvik report
EX-88/39.
- 21 LJUNGOVIST J
Utvärdering av värmeförluster från
kulvert i Vede våg.
Studsvik Energy. Arbetsrapport ED-87/49.
- 22 WALLETTUN H
Utvärdering av GRUDIS-anläggning i
Vede våg.
Studsvik Energy. Arbetsrapport ED-88/19.
- 23 PERSSON S
GRUDIS-anläggning i Söderbärke. Konver-
tering av direktelvärmda markbostäder.
Studsvik Energy. Arbetsrapport ED-88/20.
- 24 PERSSON S
GRUDIS-anläggning i Söderbärke. Förlägg-
ning av flexibel markkulvert.
Studsvik Energy. Arbetsrapport ED-88/19.
- 25 PERSSON S
Experimentanläggning för GRUDIS-system.
Studsvik Energy. Arbetsrapport ED-88/18.
- 26 LARSSON K
GRUDIS-system med fastbränsleanläggning
och rökgaskylare i Hammarstrand.
Energiplanerarna, november 1989.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 890537-9
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik
Energy, System och distribution, Nyköping.**

R71:1990

ISBN 91-540-5229-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801071

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirka pris: 44 kr exkl moms