



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

R102:1988

**Anläggnings- och driftsresultat
från GRUDIS-anläggning i
Vedevåg**

Sören Persson

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Ser*

R/BA

Byggforskningsrådet

R102:1988

TEMLER

ANLÄGGNINGS- OCH DRIFTSRESULTAT
FRÅN GRUDIS-ANLÄGGNING I VEDEVÄG

Sören Persson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860118-8
från Statens råd för bygnadsforskning till Studsvik
Energy, Nyköping.

REFERAT

Den första experimentanläggningen med GRUDIS-teknik byggdes i Hammarstrand. Denna följdes av ytterligare en experimentanläggning i Vedevägs tätort i Lindesbergs kommun.

Rapporten innehåller en detaljerad redovisning av kulvertnätet avseende kulvertmaterial, investeringskostnader, erfarenheter av rörläggning och markarbeten samt drifterfarenheter.

Resultaten visar att plastkulverten är mycket konkurrenskraftig i klenare dimensioner (Ø40 och Ø50 mm). Där ligger kostnaden drygt 40% lägre än för stålrörskulvert medan de grövre dimensionerna Ø63 och Ø75 mm ligger ca 25% lägre än för stålrörskulvert.

I Byggforskningsrådets 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.

R102:1988

ISBN 91-540-4968-7
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Svenskt Tryck Stockholm 1988

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	4
2	BESKRIVNING AV EXPERIMENTANLÄGGNINGEN	8
2.1	Systembeskrivning	8
2.2	Kulvertnät	9
3	KULVERTSYSTEMETS UPPBYGGNAD	14
3.1	Hålrörselement	14
3.2	Mediarör	16
3.3	Dimensioner	17
3.4	Rördetaljer och mediarörkopplingar	20
3.5	Mantelrörskarvning/isolering vid rördetaljer	21
3.6	Väggenomföringar	21
3.7	Materialkostnader	21
4	ERFARENHETER AV RÖRLÄGGNING	23
4.1	Skarvning av flexibel hålrörskulvert	23
4.2	Genomdragning av PEX-mediarör	27
4.3	Nedlyftning av kulvert på ledningsbädd	29
4.4	Montage av rördetalj/media- rörkoppling	30
4.5	Montage av mantelrörskarv/ isolering vid rördetalj	33
4.6	Rörläggningstider	34
4.7	Slutsatser - rörläggning	36
5	ERFARENHETER AV MARKARBETEN	37
5.1	Förutsättningar	37
5.2	Jordschakt	38
5.3	Dränering och ledningsbädd	39
5.4	Kring- och återfyllning	39
5.5	Kostnadssammanställning	40
5.6	Slutsatser - markarbeten	41

6	KOSTNADSJÄMFÖRELSE	43
7	SLUTSATSER - SAMMANFATTNING	46
	7.1 Material	46
	7.2 Rörläggning	46
	7.3 Mararbeten	47
8	DRIFTERFARENHETER	49
	REFERENSER	50

1 BAKGRUND

Målsättningen med GRUDIS-projektet (GRUppcentral DIStribution) är att utveckla ett nytt kostnads-effektivt och driftsäkert värmedistributionssystem för områden där konventionell distributions-teknik inte är konkurrenskraftig. Det innebär att arbetet koncentrerats på att utveckla distributionssystem för områden med relativt låga värmetätheter, typ:

- mindre tätorter
- befintliga småhusområden
- nybyggnadsområden (småhus och flerbostadshus)

Insatserna inriktas på utveckling av kulvertteknik för klena rördimensioner. Det gäller framför allt rördimensioner \leq DN 100. För konventionell kulvertteknik (stålrörssystem) i detta dimensionsområde uppgår markarbets- och rörlägningskostnaden till ca 60-75% av den totala kulvertkostnaden. Det innebär att själva förlägningskostnaden utgör merparten av den totala anläggningskostnaden i detta dimensionsområde.

En grundläggande inventering har visat att flexibla kulvertsystem 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 mediator av plast har den största utvecklingspotentialen.

Det innebär att forsknings- och utvecklingsresurserna inom projektet har koncentrerats 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 den prefabricerade 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 såsom träd, berg och byggnader 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 strömningssljud, medför också att man generellt kan dimensionera ett plastsystem för högre flödes-hastigheter än konventionella stål- och koppar-rörssystem.

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

Förutom framtagning av nya systemkoncept har arbetet med flexibla plastkulvertsystem framför allt inriktats på utarbetande av kravspecifikationer och förslag till typprovningsprogram av ingående material och komponenter (se ref 1, 2, 3, 10). Vidare har rekommendationer till förläggning av flexibla system utarbetats (se ref 4).

På materialområdet har vi inom projektet utvecklat metoder att utvärdera långtidsegenskaper för mediarör av plast. Vidare har de problem, som uppkommit till följd av syrediffusionen som sker genom mediaröret (inläckage av syre genom rörväggen), studerats ingående (se ref 5, 6, 7).

Olika typer av isolermaterial har testats och utvärderats (se ref 2). På komponentsidan har arbetet främst koncentrerats på provning av olika kulvertkoncept i laboratorie- och fältmiljö. Det gäller kulvertuppbyggnad, mediarör- och mantelrörskarvar samt problematiken med avgreningar för plastmediarör (se ref 3, 8).

På systemsidan har olika kopplingsprinciper tagits fram, som är anpassade till plaströrssystemens egenskaper. Målsättningen har bl a varit att förenkla abonnentcentraltekniken och dra ner distributionstemperaturerna (se ref 9, 10).

Enligt målsättningen med GRUDIS-projektet ska forsknings- och utvecklingsarbetet avslutas med

byggande av ett antal experimentanläggningar. Den första byggdes i Hammarstrands tätort, Ragunda kommun i Jämtland under hösten/vintern 1985/86.

Den andra anläggningen byggdes i Vedevägs tätort i Lindesbergs kommun under hösten 1986. Anläggningen byggdes av Studsvik Energy på totalentreprenad åt Lindesbergs Energiverk. Leverantör av kulvertnätet var Wirsbo Aquawarm AB.

I det följande kommer en detaljerad redovisning av det kulvertsystem som finns installerat i Vedeväg. Det gäller kulvertmaterial, erfarenheter från rörläggning och markarbeten, ekonomi samt driftserfarenheter.

Alla redovisade kostnader i rapporten baseras på 1986 års prisnivå.

2 BESKRIVNING AV EXPERIMENTANLÄGGNINGEN

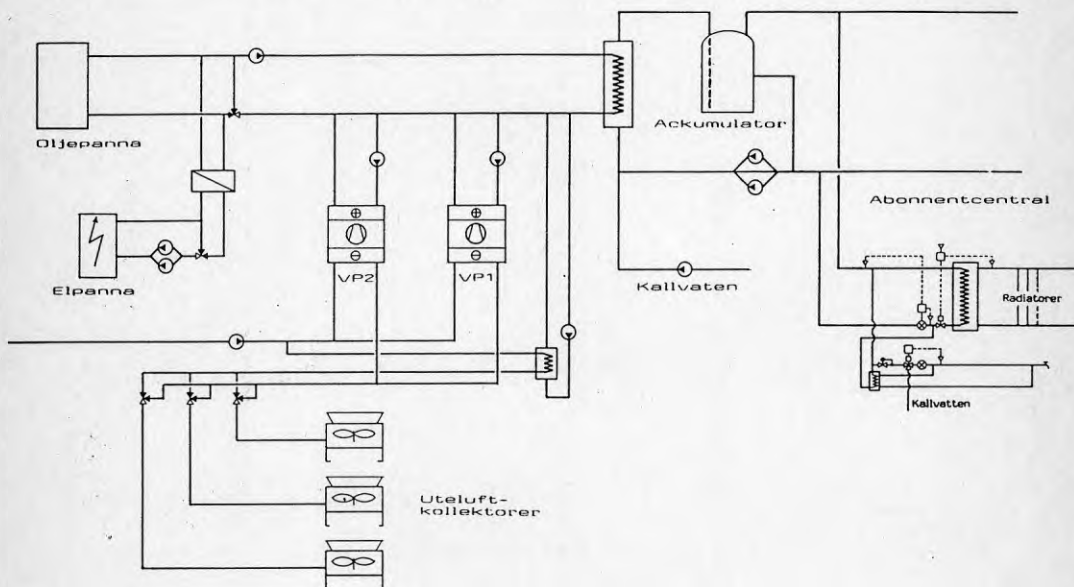
2.1 Systembeskrivning

GRUDIS-anläggningen i Vede vågs tätort, Lindesbergs kommun, är en direkt fortsättning och vidareutveckling av det system som byggdes i Hammarstrand (se ref 11). Anläggningen i Vede våg försörjer nio abonnenter omfattande 12 flerbostadshus, skola och ålderdomshem med en total ansluten effekt på 1 250 kW.

Distributionsnätet, som utgör experimentdelen i anläggningen, är i likhet med Hammarstrand-systemet byggt enligt GRUDIS-tekniken, dvs kulvert med mediarör av plast.

Systemlösningen är anpassad till plastkulverttekniken, vilket innebär att tappvarmvatten utnyttjas som distributionsmedium. Distributionen sker i tvårörssystem med värmeväxling mot fastigheternas radiatorsystem och direktkoppling mellan kulvertnätet och fastigheternas tappvarmvattensystem.

Värmeproduktionen baseras på två uteluftvärmepumpar (ca 400 kW) med olja som spetslast. Värmeväxling sker mellan GRUDIS-distributionskrets och produktionskretsen. Kallvatten tillsetts i produktionsanläggningen i samma mängd som avtappas som hetvarmvatten i abonnentcentralerna. GRUDIS-systemet innebär således förenklingar i abonnentcentralen samtidigt som man får vissa merinvesteringar i produktionsanläggningen. Merinvesteringar i produktionsanläggningen utgörs av värmeväxlare, tryckstegringspump samt distributionspumpar.



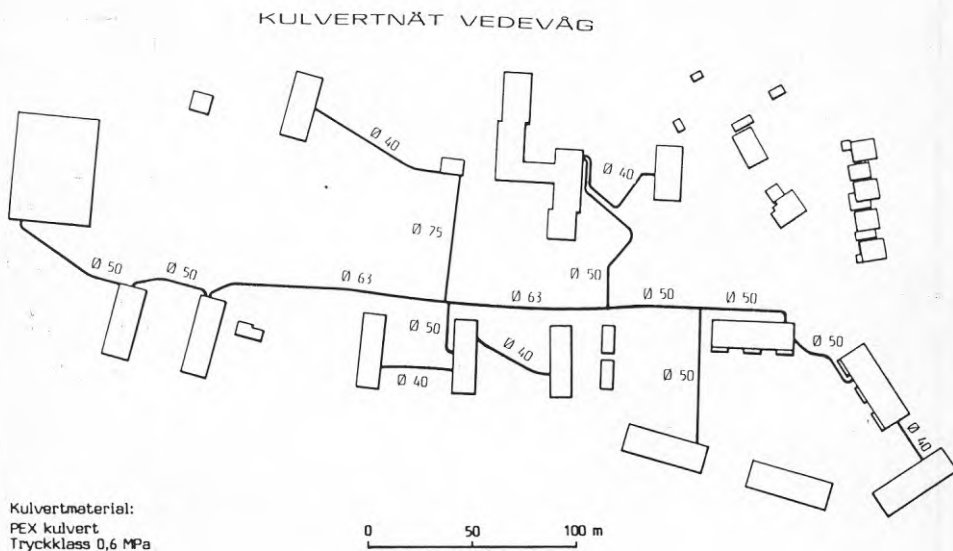
Figur 1

Principschema Vedevägs-anläggningen.

2.2 Kulvertnät

2.2.1 Allmänt

Den totala längden på kulvertsystemet i Vedeväg är ca 900 m. Ambitionen har varit att eftersträva ett skräddarsytt, skarvfritt system. 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.



Figur 2

Kulvertnät i Vedeåvåg.

2.2.2 Dimensioneringskriterier

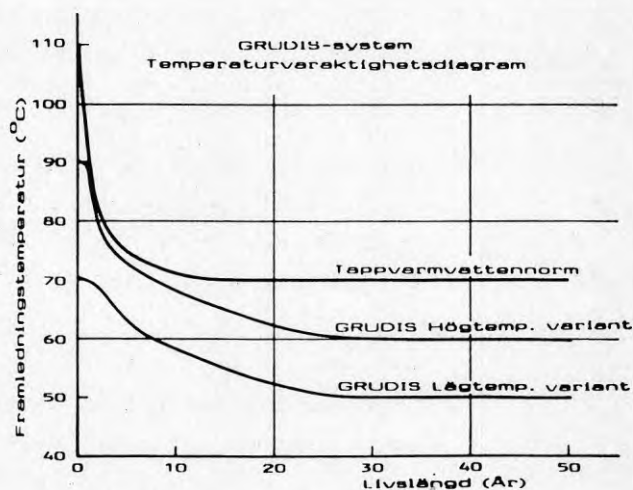
Eftersom den flexibla kulverten har mediärör av plast gäller andra dimensioneringskriterier än för konventionella mediärörsmaterial.

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

Till skillnad mot konventionella kulvertsystem 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 tappvarmvattensystem, finns en varaktighetskurva framtagen (se Figur 3), som beskriver de krav på maxtemperatur och temperaturvaraktighet som materialet ska klara för att önskad livslängd ska erhållas.



Figur 3

Temperaturbelastningskurvor för GRUDIS-system.

Polymera material som klarar denna tappvarmvattennorm 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 rörkvaliteter och belastningsrekommendationer som idag finns för plast-rör för värmedistribution.

GRUDIS - högtemperatur: dimensionering efter 90^o och 6 bar. Lämplig att utnyttja i befintlig bebyggelse med värmesystem dimensionerade efter 80-60^oC.

GRUDIS - lågtemperatur: dimensionering efter 70^oC och 10-6 bar. Lämplig som lågtemperatursystem i ny bebyggelse med värmesystem dimensionerat för 55-45^oC.

Systemet i Vede våg är dimensionerat enligt GRUDIS-högtemperaturvariant med en maximal framledningstemperatur på 90^oC (returtemperatur 60^oC) och ett maximalt drifttryck på 5.4 bar.

2.2.3 . . . Konstruktionssätt

Eftersom tappvarmvatten distribueras i kulvert-nätet innebär detta att alla material som kommer i kontakt med mediet måste vara korrosionsbeständigt och av tappvarmvattenkvalitet. Det gäller mediarör, rördetaljer i form av T-rör, böjar och ventiler samt 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. Systemet kan alltså läggas helt rakt utan expansionselement eller förvärmning.

Den flexibla kulverten medger läggning med böjradier ner till ca 2.0 m.

Eftersom plastmediarören i denna anläggning utgörs av tvärbunden polyeten (PEX) kan rören inte svetsas ihop (PEX är inte svetsbar). Därför måste någon typ av mekanisk koppling utnyttjas. I Vede vågs-anläggningen används en kompressionskoppling med instickshylsa och klämringssvep i rostfritt stål.

Anledningen till att rostfritt stål utnyttjas istället för koppar/röd gods är att anläggningen dimensionerats för högre flödes hastigheter än vad som är brukligt i vanliga fjärrvärmenät i dessa dimensioner.

Kulvertsystemet i Vede våg är i likhet med Hammarstrands-anläggningen inte utrustat med larmsystem för läckindikering. Läckökning kan endast ske med termofotografering.

Kulverten i Vede vågs-anläggningen är en flexibel hålrörskulvert med mantel, isolering och styrrör. Hålrören levereras i 12 m längder och plastmediarören levereras 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 mediarören in i den färdigskarvade hålrörsektionen, vilket medför att antalet mediarörkopplingar 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 (se ref 11).

Rördetaljerna (i detta system behövs endast T-rör) är prefabricerade från fabrik, dvs mediarör, isolering och mantelrör i ett. Mediarörkopplingarna är monterade (svetsade) vid leverans.

3.1 Hålrörselement

Hålrören levereras i 12 m längder med mantel, isolering och styrrör i ett.

3.1.1_____Mantelrör

Manteln i den flexibla hålrörskulverten utgörs av ett korrugerat PEH-rör. Materialet utgörs således av polyeten med hög densitet (960 kg/m^3). I övrigt, se specifikationen nedan:

Tabell 1

Materialspecifikationer mantelrör.

Egenskap	Värde	Provningsnorm
Densitet	960 kg/m^3	ISO R-1183
Draghållfasthet	25 MPa	ISO R-527
Brottöjning	>500%	UNI-502
Hårdhet	60 Shore D	ISO R-868
λ	0.46 W/mK	

3.1.2_____Isolering

Kulvertisoleringen består av mineralull typ Gullfiber med en densitet på 90 kg/m^3 . λ -värdet för isoleringen med ovan givna densitet uppgår till mellan 0.035-0.040 W/mK. Med angivna isolertjocklekar, se tabell, klaras det i ref 10 uppställda funktionskravet vad avser maximala värmeförluster.

3.1.3_____Styrrör

Styrrören tillverkas på samma sätt som Akatherm avloppssystem. Rören tillverkas av PEH typ DGDS 2467 från Neste polyeten. Rören förbinds med snäppmuffar, formsprutade i PEH med lösning i acetal och o-ringstättning med gummikvalitet SBR SIS 367611.

3.1.4 Mantelrörsskarvning/isolering

I samband med att styrrören kopplas ihop läggs en PEX-skumskiva in mellan hålrörselementen för att isolera den spalt (2-5 mm) som bildas mellan hålrören. Därefter monteras en krympmatta för att tätta av isoleringen och för att ytterligare förhindra inläckage av vatten in i kulverten.

3.2 Mediarör

Mediarören i anläggningen består av tvärbunden polyeten av fabrikat Wirsbo-PEX i dimensionerna $\emptyset 40$ - $\emptyset 75$ mm.

Tabell 2

Materialegenskaper mediarör (Wirsbo-PEX).

Egenskap	Provnings- norm	Temp °C	Värde
Densitet			936 kg/m ³
Råhetstal			0.0005 mm
Längdutvidgnings- koefficient		20	1.4×10^{-4} 1/°C
		100	2.05×10^{-4} 1/°C
Draghållfasthet	DIN 53455	20	19...26 N/mm ²
		100	9...13 N/mm ²
Elasticitets- N/mm ²	DIN 53457	20	600...900
modul N/mm ²		80	300...400
Värmelednings- tal			0.38 W/km

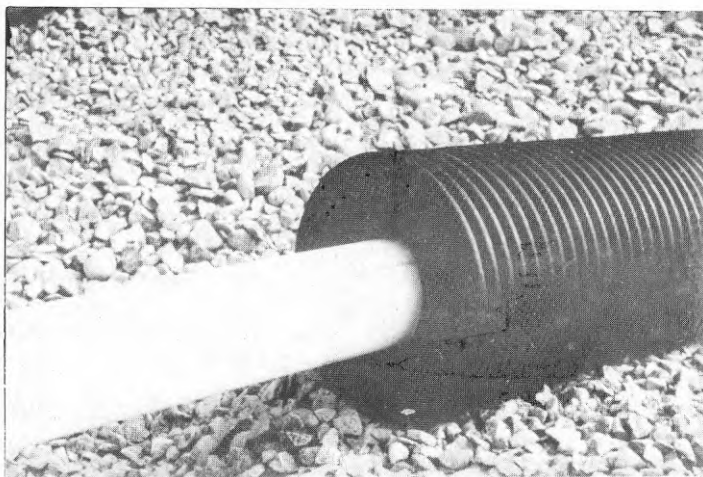
Tabell 3

Livslängdsegenskaper mediarör.

Egenskap	Provningsnorm	Belastning	Krav
Livslängd	Tappvattengodkännande, Statens Planverk	2.5 MPa väggspänning /110°C	9 600 h
Livslängd	DIN 16892	2.8 MPa väggspänning /110°C	8 000 h

3.3 Dimensioner

I Figur 4 nedan visas flexibel hålrörskulvert med mediarör av PEX. I Tabell 4 nedan följer en redovisning av de dimensioner av hålrörskulvert som finns installerade i Vede våg.



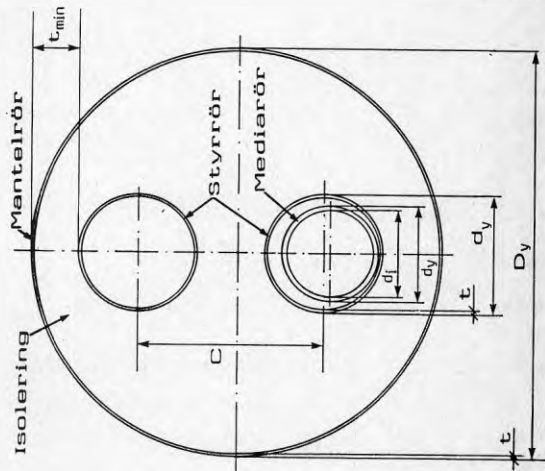
Figur 4

Flexibel hålrörskulvert.

Tabell 4

Dimensioner flexibel hållrörskulvert typ Aqua-PEX (se Figur nedan).

Beteckning	Mediarör dy/di (mm)	Styrrör dy/t/C (mm)	Isolering tmin (mm)	Mantelrör Dy/t (mm)	Min böjradie (m)	Leveranslängder Hållrör/mediarör (m)
1x75/186	75/61.2	90/2.5/	35	186/2.8	2.0	12.0/skräddarsydda
1x63/186	63/51.4	75/2.5/	42	186/2.8	2.0	12.0/skräddarsydda
2x50/225	50/40.8	63/2.3/73	27	225/3.0	2.0	12.0/skräddarsydda
2x40/186	40/32.6	50/2.0/63	25	186/2.8	2.0	12.0/skräddarsydda



3.4 Rördetaljer och mediarörkopplingar

Rördetaljerna i anläggningen utgörs av helt prefabricerade komponenter med mantel, isolering, mediarör och mediarörkopplingar i ett. De enda rördetaljer som finns i anläggningen är T-rör.

Manteln består av ett korrugerat rör (se specifikation avsnitt 3.1.1). Isoleringen består av högdensitets PUR-skum 180 kg/m^3 . Mediaröret i avgreningarna består av rostfritt stål, SS2343. Med denna stabila konstruktion utgör avgreningen vid överfyllning en fixpunkt i systemet.

Mediarörkopplingen är av kompressionstyp och i rostfritt stål. Den är svetsad mot det rostfria röret och består av instickshylsa och klämringsvep.

Rördetaljerna i Vedevågs-systemet har levererats i dimensionerna:

Tabell 5

Dimensioner T-rör mediarör (mm).

63 x 75 x 75
75 x 2x50 x 2x50
63 x 2x50 x 2x50
2x50 x 2x50 x 2x50

Mediarören och mediarörkopplingarna har tillverkats i rostfritt stål för att möjliggöra dimensionering för högre flödes hastigheter än som vore möjligt med koppar/rödgdetsdetaljer. För att förhindra korrosion i det rostfria stålet till följd av inträngande markfukt i kulverten har stålet behandlats med epoxyfärg.

3.5 Mantelrörskarvning/isolering vid rördetalj

Mantelrörskarvningen vid rördetalj är identisk med den som görs vid Aquawarm-systemet i koppar. Det innebär att en isolering bestående av mineralull appliceras runt mediaröret/mediarörkopplingen varefter en krymphylsa monteras över skarvstället.

3.6 Väggenomföringar

Material för väggenomföring utgörs av tätningring runt kulverten varefter den muras fast.

3.7 Materialkostnader

Materialkostnader för kulvertssystemet redovisas nedan:

Tabell 6

Materialkostnader kulvertssystem Vedeväg.

Typ	Dimension mediarör/mantelrör (mm) / (mm)	Kostnad (SEK/m)
<u>Hålrörskulvert</u> <u>inkl mediarör</u>		
Enkelrör	1x75/186	180
	1x63/186	160
Dubbelrör	2x50/225	224
	2x40/186	173
		(SEK/st)
Rakskarv inkl isolerskiva	1x75/186	80
	1x63/186	80
	2x50/225	100
	2x40/186	80
<u>Avgreningar (T-rör)</u> <u>inkl mediarörkopp-</u> <u>lingar och skarv-</u> <u>sats</u>		
T-rör	63 x 75 x 75	1 600
	75 x 2x50 x 63	2 250
	63 x 2x50 x 2x50	2 800
	2x50 x 2x50 x 2x50	1 800
<u>Övrigt</u>		
Tättningsring för väggenomföring	186	75
	225	90
Ändtätning för fältbruk	186	50
	225	70
<u>Mediarörkopp-</u> <u>lingar för an-</u> <u>slutning inomhus</u>	Ø75 (rostfri fläns- koppling)	250
	Ø63	100
	Ø50	75
	Ø40	75

Den totala materialkostnaden för objektet är
249 500 SEK.

4 ERFARENHETER AV RÖRLÄGGNING

Målsättningen med en flexibel kulvert är bl a att rationalisera rörlägningsarbetet genom att:

- allt rörmontage sker på markytan bredvid rörgraven
- antalet mediarörkopplingar reduceras till ett minimum
- hinder i mark som kablar/ledningar, berg och stenblock lätt kan undvikas utan komplicerade arbeten
- kulverten är lätt och hanterbar.

Projekteringen av kulvertens förläggning i plan och profil samt för markarbetena i stort utgick från dessa förutsättningar. Målsättningen med experimentanläggningen är att se i vad mån dessa fördelar kan uppnås.

Den föreslagna tekniken innebär att hålrörskulverten läggs ut efter kulvertstråket. Därefter kopplas kulvertelementen ihop till önskad längd och skarven isoleras och avtätas.

Därefter dras mediaröret in genom kulverten i avpassade längder varefter hela kulvertpaketet lyfts ner på ledningsbädden. Nästa moment är montering av T-rör, därefter sker provtryckning, sedan följer isolering och mantelrörsskarvning vid T-röret.

4.1 Skarvning av flexibel hålrörskulvert

Hålrörselementen placerades ut på ett antal platser efter kulvertstråket från lastbil direkt vid leverans. Från dessa platser bärs kulverten ut och läggs efter rörgraven för skarvning. Kulvertelementen (12 m långa) är inte tyngre än att två man lätt hanterar dessa.



Figur 5

Hantering av flexibel hålrörskulvert.

Därefter kopplas hålrörselementen ihop genom den speciella snäppringskoppling som sitter monterad på styrröret. För detta ändamål utnyttjas ett speciellt verktyg som kopplar ihop rören. Innan ihopkoppling sker monteras en isolerskiva av PEX-skum på styrröret för att isolera spalten som blir i skarven mellan hålrörselementen. Därefter avtätas skarven med krympmatta.



Figur 6

Hålrörskulvert med styrrör.



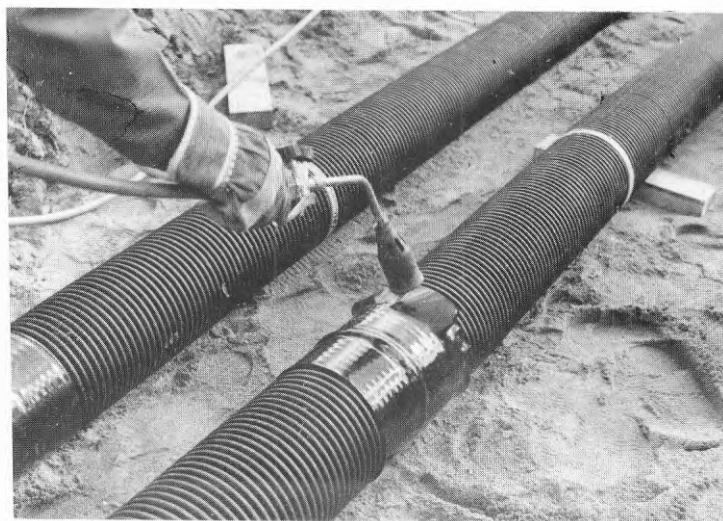
Figur 7

Isolering av skarv.



Figur 8

Koppling av hålrörselementen.



Figur 9

Mantelrörsskarvning med krympmatta.

Erfarenheterna från montaget av den flexibla hålrörskulverten är genomgående goda. Kopplingen av styrrören är enkel och tar kort tid, detsamma gäller för montage av krypmatta. Metoden visade sig också rationell vid korsande ledningar i mark mitt på sträcka. Då skarvades alla hålrören på markytan på vardera sidan av ledningen. Därefter lyftes kulverten ner på ledningsbädden där den sista skarven monterades. Skarvmontage kunde lätt ske i rörgrav med bottenbredd 400 mm.

4.2 Genomdragning av PEX-mediärör

Mediärören levererades på rulle i skraddarsydd längder till anläggningen. Rullen med mediäröret placerades på en vinda i ena änden av kulverten, därefter monterades en dragkona på mediäröret. Mediäröret spelades sedan igenom hålrörskulverten med hjälp av en vinsch, som står uppställd i andra änden av hålrörskulverten. På detta sätt drogs som mest en mediärörslängd på 130 m igenom hålrörskulverten. Med tanke på hur smidigt genomdragningen gick kan troligtvis avsevärt längre längder (250 m) dras igenom kulverten.



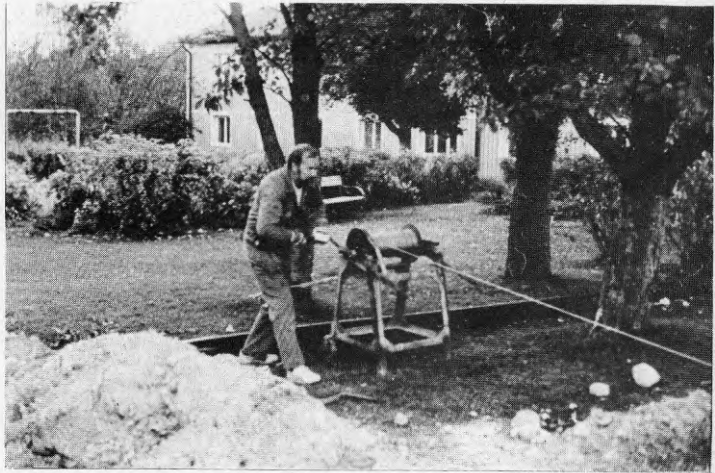
Figur 10

Vinda med PEX-medarör.



Figur 11

Genomdragning av mediarör.



Figur 12

Vinsch för genomdragning av mediarör.

När det finns korsande ledningar mitt på sträckan fick genomdragningen av PEX-röret ske med hålrörskulverten liggande i rörgraven. Detta medförde inga problem.

4.3 Nedlyftning av kulvert på ledningsbädd

När kulverten var komplett med mediarör sänktes den successivt ner på den färdiga ledningsbädden. Detta moment gick snabbt och medförde inga risker för skada på kulverten.



Figur 13

Hålrörskulvert nedsänkt på ledningsbädden.

4.4 Montage av rördetalj/mediarörkoppling

Vid montage av rördetalj/mediarörkoppling lyftes T-röret först ner på ledningsbädden. Det är inte tyngre än att en man kan hantera det.

Därefter kapas mediaröret med ett skärverktyg till önskad längd. Innerkanten av mediaröret fasas sedan av med en kniv.

Vid nästa moment trycks mediaröret på insticks-hylsan och därefter monteras klämringssvepet, som håller fast mediaröret. Själva montaget på instickshylsan var vid några tillfällen litet omständigt men underlättades om mediaröränden värmdes något.



Figur 14

Kapning av mediarör.



Figur 15

Fasning av mediarör.



Figur 16

Mediarörkoppling.



Figur 17

Montage av mediarör i mediarörkoppling.



Figur 18

Montage av T-rör.

4.5 Montage av mantelrörskarv/isolering vid rördetalj

Detta montage är helt identiskt med det skarv- och isoleringsarbete som görs för en vanlig aquawarm-kulvert vid T-rör. Isoleringen monteras över mediaröret/mediarörkopplingen och skarvhylsan skjuts över skarvstället varefter en krympmatta värms på över skarvhylsan. Detta är således konventionell teknik och medförde inga oväntade problem vid montage.

4.6 Rörläggningstider

Kulvertnätet omfattar, som tidigare sagts, ca 900 m uppdelat på 16 sträckor. Effektiv rörläggningstid för två rörläggare uppgick till ca 50 tim per man. Den faktiska tiden, under vilket arbetet pågick, uppgick till ca 115 timmar per man, dvs knappt tre veckor. Det innebar att drygt halva tiden åtgick till väntetid, arbetsplatstid och etablering.

Kostnadsberäkningen utgår från en mantidskostnad för rörläggare på 210 SEK/h inklusive resor och traktamente.

Tabell 7

Rörläggningstider och kostnader för montage av flexibel hålrörskulvert.

Dimension (mm)	Sträcka (m)	Antal sträckor	Mantid				Totalt kostnad (SEK)	Totalkostnad (SEK/m)
			Total metodtid (min)	Metodtid* Specifik metodtid (min/m)	Total tid** Metodtid x 2.43 (min)	Specifik tid (min/m)		
Ø75	65	1	600	9.2	1 460	5 110	78.4	
Ø63	188	2	1 280	6.8	3 110	10 885	57.7	
Ø50	402	8	2 470	6.1	5 990	20 965	52.1	
Ø40	<u>231</u> 876	5	1 080	4.7	2 620	<u>9 170</u> 46 130	39.5	

* Effektiv rörläggningstid

** Total rörläggningstid inklusive väntetid, arbetsplatstid, provtryckning, etablering och avetablering.

Tabellen visar att den effektiva tiden för läggning av flexibel hålrörskulvert är mycket kort. Hela systemet lades på drygt en vecka effektiv tid. Det innebär att själva kulvertsystemet sannolikt är näst intill optimalt ur rörläggningssynpunkt. Det är istället svårigheten att koordinera och få tillräckligt hög framdrivningstakt på markarbetena som styr effektiviteten på rörläggningen. Som framgår av kapitel 5 har ändå ambitionen med markarbetena varit att hålla en hög framdrivningshastighet genom att utnyttja två grävmaskiner och 2-3 grovarbetare.

4.7 Slutsatser - rörläggning

- Den flexibla kulverten är effektiv ur rörläggningssynpunkt. Det huvudsakliga problemet med rörläggningen var istället att markarbetena inte höll jämna steg med rörmontaget.
- En möjlig effektivisering av kulvertsystemet är att dels arbeta med två-rörskulvert även för grövre dimensioner (>Ø50 mm), dels att arbeta med helt integrerade rullbara kulvertar i dimensionen <Ø40 mm.
- För detta objekt levererades skraddarsydd och märkta mediarör. Detta visade sig vara mycket effektivt och bör eftersträvas som en service från kulvertleverantören även vid helt kommersiella anläggningar i fortsättningen.
- Hanteringen av kulverten vid montage klarades av två man nästan utan maskinell hjälp av traktor eller lastare. Den enda hjälp som krävdes var framtransport av grövre mediarör till rörgrav.

5 ERFARENHETER AV MARKARBETEN

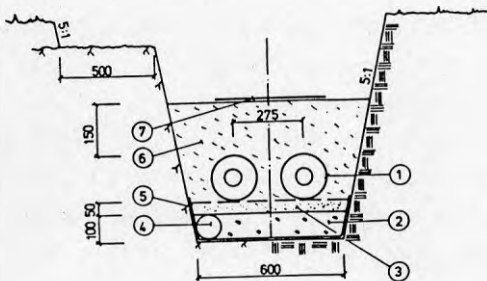
5.1 Förutsättningar

Förutsättningarna för projektering av markarbeten var att inget rörmontage förutom vid avgränsningar behövde ske i rörgraven. Man tar därmed till vara plaströrskulvertens möjlighet att minska markarbetenas omfattning genom att projektera för avsevärt smalare än för konventionell fjärrvärme (30-50%), se typsektioner Figur 19.

- ANGIVNA KODER OCH TABELLER HÄNVISAR TILL MARK-AMA 83.
- 1 FJÄRRVÄRMEKULVERT TYP WIRSO
 - 2 LEDNINGSBÄDD FÖR VÄRMEKULVERTLEDNING C2.213 AV SAMEROSS 0-18. PACKNING ENLIGT TABELL C/4 KL. 2.
 - 3 AVJÄMNINGSLAGER AV SAND 0-8 MM.
 - 4 DRÄNERINGSLEDNING TYP LUBONYL DSA 117/100. FÖRLÄGONINGSSTRÄCKOR ANGES PÅ PLAN OCH PROFILRITNINGAR.
 - 5 MATERIALEKSTÄNKANDE LAGER AV GEOTEXTIL FÖR LEDNINGSGRAV I JORD. C3.5511 AV FIBERDUK TYP TERRAM 1600 ELLER LIKVÄRDIG. FÖRLÄGONINGSSTRÄCKOR OMFATTNING ENLIGT REGLERBARA MÄNGDER.
 - 6 KRINGFYLLNING FÖR VÄRMEKULVERTLEDNING C2.413 AV SAND 0-8.
 - 7 MARKERINGSNETT TYP NETLON, BREDD 0,4 M, LJUSELA.

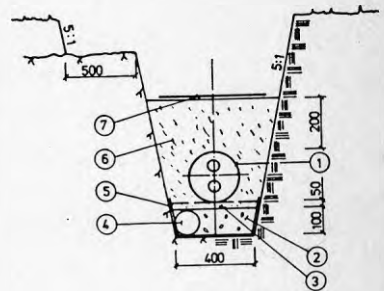
GRAV I BERG

GRAV I JORD



ENKELKULVERT

DIM. 2ST 1x63/186 g 2 ST 1x75/186



TWINKULVERT

DIM. 2x40/186 g 2x 50/225

Figur 19

Typsektioner för flexibel hålrörskulvert.

När det gäller övriga kvalitetskrav på markarbetena så som dränering, packning, materialkrav ledningsbädd och kringfyllning, gäller samma krav som för konventionell fjärrvärme (se Figur

19). Det finns två typsektioner, dels en för twinkulvert (bottenbredd 400 mm), dels en för enkelkulvert (bottenbredd 600 mm).

Projekteringen föregicks av en geoteknisk undersökning.

För att få en hög framdrivningshastighet för markarbetena föreskrevs i förfrågningsunderlaget att två grävmaskiner skulle utnyttjas. Den maskinella och personella arbetskraften uppgick således till en lätt runtomsvängande hjulgrävare för schaktning och en traktorgrävare för ledningsbädd, kringfyllning och återfyllning. Trots att två grävmaskiner utnyttjades kunde markarbetena inte hålla jämna steg med rörläggningen. I genomsnitt skulle det ha krävts dubbelt så hög framdrivningshastighet för att ligga i fas med rörläggningen (ca 100 m/dag).

5.2 Jordschakt

Liksom i Hammarstrandsanläggningen schaktades rörgravarna med mindre släntlutning än vad som förutsatts i projekteringen. Detta medförde inga problem med nerrasade schaktmassor tack vare att kringfyllning skedde samma dag som rörläggning. Schaktgravarna breddades vid rördetaljerna till ca 1 m så att kopplingsarbetena skulle gå rationellt.

Vid flera tillfällen kunde markentreprenören undvika kostsamma sprängnings- och besiktningsarbeten tack vare kulvertens flexibilitet. Med marginella justeringar i plan och profil kunde 15-20% kostnadsfördyringar undvikas.



Figur 20

Schaktning av trång rörgrav.

5.3 Dränering och ledningsbädd

Dräneringsledning lades där det var nödvändigt och ansågs tekniskt möjligt. Ledningsbädden utgjordes av material samkross 0-18 mm med avjämningslager 0-8 mm, därefter packning enligt packningsklass C/4 kl 2 (Mark AMA). För att kunna packa ledningsbädden krävdes en extra smal vibroplatta.

5.4 Kring- och återfyllning

Kringfyllning och understoppning skedde omedelbart efter rörläggning för att minska riskerna för problem med nerrasande massor. Kringfyllning genomfördes enligt entreprenadhandlingarna till en nivå 150 mm över kulvertens hjässa med sand 0-8 mm (icke skarpkantigt material). Resterande

fyllning gjordes i regel i anslutning till kringfyllningen.

5.5 Kostnadssammanställning

Markarbetena genomfördes i sin helhet på ca 20 dagar, dvs 4 veckor. Det innebär en genomsnittlig framdrivningshastighet på ca 50 m/dag återställd schaktgrav.

En detaljerad uppföljning av markarbetskostnaderna har gjorts för hela objektet. Det innebär att en efterkalkyl har gjorts för att få fram totalkostnaderna för objektet respektive de specifika kostnaderna för respektive typsektion.

Tabell 8

Markarbetskostnader för flexibel hålrörskulvert i Vedeväg.

Typ av arbete	Tvärsektion	Tvärsektion
	(twinkulvert) 400 mm (SEK/m)	(enkelkulvert) 600 mm (SEK/m)
Schaktning	48	58
Ledningsbädd och dränering	43	46
Kringfyllning	36	44
Resterande fyll- ning	16	19
Netlon (maske- ringsband)	7	7
Återställning	51	61
Övrigt (håltag- ning, brunnar, broar, spräng- ning)	132	152
Extra arbeten	<u>25</u>	<u>29</u>
Total specifik kostnad SEK/m	358	416

5.6 Slutsatser - markarbeten

Följande erfarenheter kan dras från markentreprenaden för flexibel hålrörskulvert i Vedeväg:

- Tekniken med trånga schaktgravar och snabb återfyllning gav avsevärda rationalitetsvinster. Arbetena har mer karaktären av helbeläggning än läggning av fjärrvärmerör.
- Trots utnyttjandet av två grävmaskiner kunde inte jämna steg hållas med rörläggningen. Optimat är sannolikt att planera för något större framförhåll-

ning med markarbetena än i denna anläggning.

- Maskinparken en lätt runtomsvängande hjulgrävare för schaktning och en traktorgrävare för kring- och återfyllning.
- Stora kostnadsvinster kunde göras genom den flexibla kulvertens möjligheter att undvika hinder i mark. Merkostnader på ca 15-20% kunde undvikas genom att gå förbi bergshinder i mark.

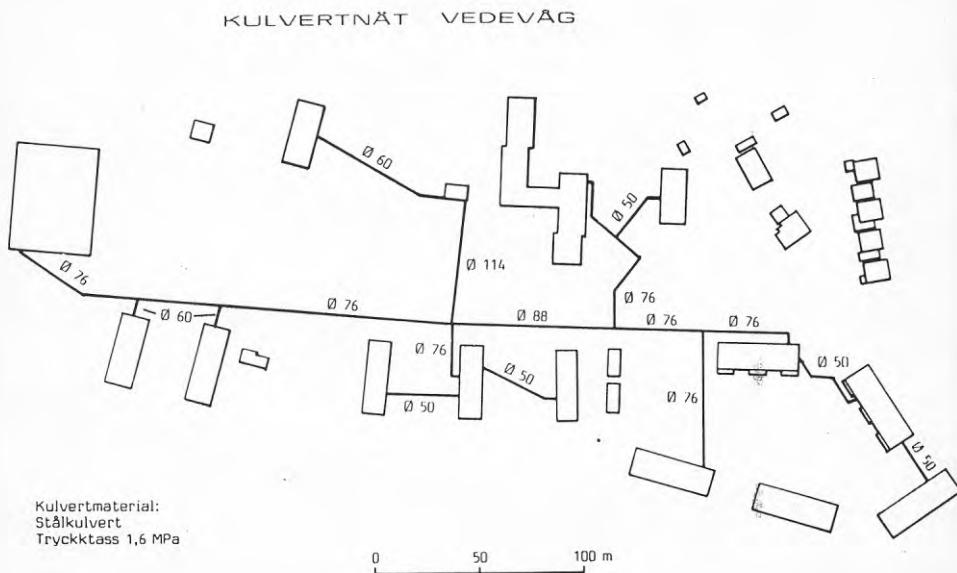
6 KOSTNADSJÄMFÖRELSE

Nedanstående kostnadssammanställning är en jämförelse mellan kostnaden för det flexibla plastkulvertnätet i Vede våg baserad på efterkalkyler och för ett konventionellt stålkulvertnät baserat på anbud.

Stålkulvertnät har dimensionerats efter konventionella kriterier med maximala tryckfall på $R = 0.010$ mmvp/m motsvarande flödes hastigheter på maximalt 1.2 m/s (se Figur 22). Plaströrskulverten har dimensionerats efter i stort samma maximala tryckfall men där den maximala trycknivån 6 bar inte får överskridas. De lägre tryckfallen i plastkulverten samt den något tuffare dimensioneringen innebär klenare kulvertdimensioner för den flexibla plastkulverten jämfört med stålkulverten. Jämförelsen grundar sig således på distribuerad effekt snarare än rördimension.

Kostnadskalkylen för stålrörskulverten grundar sig på anbud från de entreprenörer som byggde anläggningen i Vede våg. Anbudet vad avser markarbeten och rörläggning vilar därför på mycket realistiska förutsättningar.

Totalkostnaden, exklusive projektering och administration, för respektive system uppgår till 623 000 SEK för det flexibla plastkulvertsystemet och 999 000 SEK för stålkulvertnätet. Plastkulvertnätet reducerar således investeringskostnaden med ca 40% jämfört med stålrörssystemet.



Figur 21

Stålkulvertnätet, Vedeå.

Kostnadssammanställningen visar liksom för Hammarstrands-anläggningen (se ref 11) att den flexibla plastkulverten är mycket konkurrenskraftig i klenare dimensioner där man arbetar med twinkulvert $\varnothing 40$ och $\varnothing 50$ mm. Där ligger kostnaden drygt 40% lägre än för stålkulvert medan de grövre dimensionerna $\varnothing 63$ - $\varnothing 75$ mm ligger ca 25% lägre än för stålrörskulvert.

När man studerar enskilda kostnadskomponenter är materialkostnaden lägre för plastkulverten i klenare twinrördimensioner jämfört med stålkulvert medan enkelrördimensionerna $\varnothing 63$ - $\varnothing 75$ mm ligger ungefär på samma kostnad som stålrörskulvert. Detta talar för ett utökat dimensionsområde för twinkulverten.

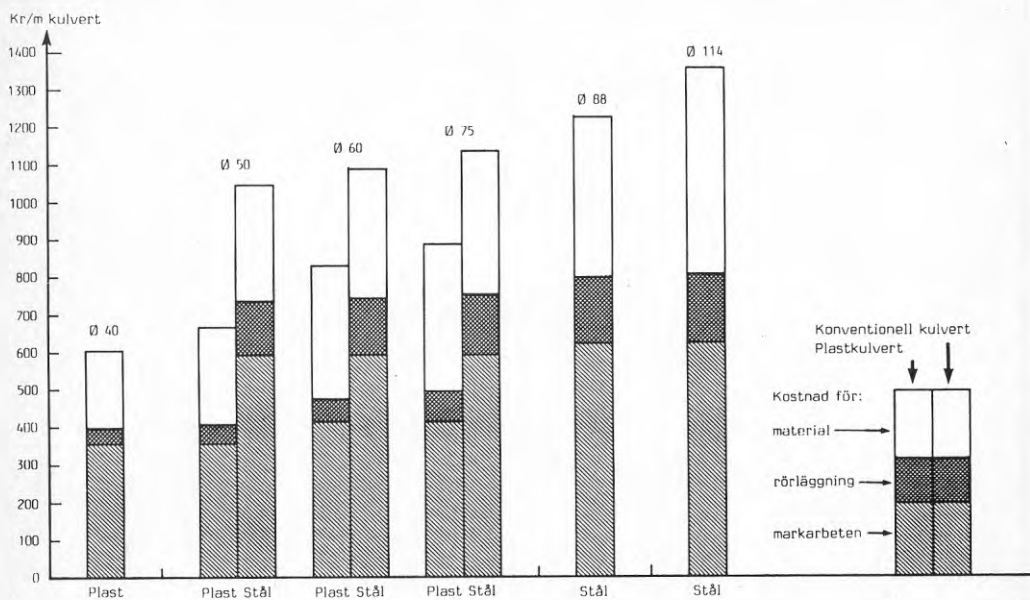
Tabell 9

Ledningsbyggnadskostnader. Kostnadsjämförelse mellan flexibel hålrörskulvert och konventionell stålrörskulvert (1986 års priser), SEK/m.

<u>Flexibel hålrörskulvert</u>	Ø40	Ø50	Ø63	Ø75
Materialkostnad	208	259	355	395
Rörläggningkostnad	40	52	57	78
Markarbetskostnad	<u>358</u>	<u>358</u>	<u>416</u>	<u>416</u>
Totalt SEK/m	606	669	828	889
Längd	231	402	188	65
Kostnad KSEK	140	269	156	58 = 623

<u>Stålrörskulvert</u>	Ø50	Ø60	Ø76	Ø88	Ø114
Materialkostnad	315	345	382	433	545
Rörläggningkostnad	142	153	161	170	180
Markarbetskostnad	<u>591</u>	<u>591</u>	<u>591</u>	<u>626</u>	<u>626</u>
Totalt SEK/m	1050	1089	1134	1229	1351
Längd	145	351	235	90	65
Kostnad KSEK	152	382	266	111	88 = 999

Kostnaden för rörläggning kan reduceras betydligt med flexibel plastkulvert jämfört med konventionell kulvert. Enligt efterkalkyl plastkulvert och anbud på rörläggning stålkulvert kan en kostnadsbesparing på mellan 50-80% uppnås. För markarbeten uppgår kostnadsreduktionen till mellan 35-40%.



Figur 22

Kostnadsjämförelse mellan flexibel hålrörskulvert (efterkalkyl) och stålrörskulvert (anbudspris) för Vedevågsanläggningen.

7 SLUTSATSER - SAMMANFATTNING

Sammanfattningsvis kan följande slutsatser dras vad avser det flexibla kulvertnätet i Vede våg.

7.1 Material

Den flexibla hålrörskulverten uppfyller de specifikationer vad gäller funktionskrav som tagits fram inom GRUDIS-projektet. Det gäller lastupptagningsförmåga, isolerstandard och minsta böjradie (se ref 10). När det gäller rekommenderade material har GRUDIS-projektet rekommenderat PEX-skum istället för mineralull.

De levererade rördetaljerna (T-rör) har inte tidigare provats inom ramen för GRUDIS-projektet. Nyheten med dessa T-rör är att de har mediarör och mediarörkopplingar av rostfritt stål. I övrigt är T-rören identiska med Aquawarms beprövade T-rör. Konstruktionen med rostfritt stål och korrosionsbehandling har tagits fram av leverantör och projektör gemensamt och bedömts klara funktionskraven.

Materialkostnaden för de klenare twinrörkulvertarna $\emptyset 50$ - $\emptyset 40$ mm är mycket konkurrenskraftiga med konventionella material (stål och koppar), medan enkeldimensionerna $\emptyset 75$ - $\emptyset 63$ mm i stort sett uppvisar liknande kostnader som konventionell stålkulvert.

7.2 Rörläggning

Den flexibla kulverten är effektiv ur rörläggningssynpunkt. Det huvudsakliga problemet med rörläggningen var istället att markarbetena inte höll jämna steg med rörmontaget.

En möjlig effektivisering av kulvertssystemet är att dels arbeta med tvårörskulvert även för

grövre dimensioner ($>\varnothing 50$ mm), dels att arbeta med helt integrerade rullbara kulvertar i dimensionen $<\varnothing 40$ mm.

För detta objekt levererades skräddarsydda och märkta mediarör. Detta visade sig vara mycket effektivt och bör eftersträvas som en service från kulvertleverantören även vid helt kommersiellt anläggningar i fortsättningen.

Hanteringen av kulverten vid montage klarades av två man nästan utan maskinell hjälp av traktor eller lastare. Den enda hjälp som krävdes var framtransport av grövre mediarör till rörgrav.

Rörläggningskostnaden kunde i en jämförelse med stålrörskulvert sänkas med mellan 50-80%. Största rationalitetsvinsten kunde göras för twinkulverten.

7.3 Markarbeten

Tekniken med trånga schaktgravar och snabb återfyllning gav avsevärda rationalitetsvinster. Arbetena har mer karaktären av kabelbeläggning än läggning av fjärrvärmerör.

Trots utnyttjandet av två grävmaskiner kunde inte jämna steg hållas med rörläggningen. Optimat är sannolikt att planera för något större framförhållning med markarbetena än i denna anläggning.

Maskinparken utgjordes av en lätt runtomsvängande hjulgrävare för schaktning och en traktorgrävare för kring- och återfyllning.

Stora kostnadsvinster kunde göras genom den flexibla kulvertens möjligheter att undvika

hinder i mark. Merkostnader på ca 15-20% kunde undvikas genom att gå förbi bergshinder i mark.

Kostnadsreduktionen för markarbeten jämfört med konventionell stålkulvert uppgår till mellan 35-40%.

8 DRIFTERFARENHETER

Kulvertnätet i Vedeåg har varit i drift i knappt ett år.

Inga material- eller funktionsproblem har kunnat konstateras.

REFERENSER

- 1 IFWARSON, M
Metoder för accelererad provning av värmerör av plast.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1984.
GRUDIS M2 - BFR - etapp 2. Delrapport EI-84/123.
- 2 IFWARSON, M
Undersökning av långtidsegenskaper hos syretätade plaströr och isolering för GRUDIS-kulvertar.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1986.
GRUDIS - M - Material - BFR. Delrapport EX-86/31.
- 3 ODDVING, B
GRUDIS - Mantelrörskarvar och mediarörkopplingar.
Studsvik Energiteknik AB 1986. Slutrapport ED-86/28.
- 4 RUNDSTRÖM, T
Förläggning av flexibla värmekulvertar. Några sätt att reducera lägningskostnaden.
BFR 811849-4. Studsvik Energiteknik AB.
Studsvik Report EI-85/2.
- 5 MOLANDER, A
Syrepermeabilitet i kulvertar.
Studsvik Energiteknik AB, Sweden 1985.
Delrapport EI-85/3.
- 6 BERGLUND, G
Utvärdering av syretätade plaströr samt undersökning av vattenpermeabilitet hos plaströr.
Studsvik Energiteknik AB, 1984. GRUDIS M3 Fas II. Delrapport EI-84/109.
- 7 BERGLUND, G
Inventering av metoder att sänka syre- och vattenpermeabiliteten hos plaströr.
Bygghörsningsrådet, R155:1984.
- 8 LJUNGOVIST, J
GRUDIS-kulvert. Fältprov.
Studsvik Energiteknik AB, 1986. Slutrapport ED-86/27.
- 9 BLOMGOVIST, P-A
Studier av ett GRUDIS-system.
Studsvik Energiteknik AB. Arbetsrapport EI-84/111.

- 10 BLOMQVIST, P-A m fl
GRUDIS-Gruppcentraldistribution.
Handbok för system- och komponentut-
formning.
T2:1987. Statens råd för byggforskning,
Stockholm 1987.
- 11 PERSSON, S
GRUDIS - Flexibel kulvert. Erfarenheter
från experimentanläggning i Hammar-
strand.
Studsvik Energy, 1987. ED-87/37.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860118-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik Energy,
Nyköping**

R102: 1988

ISBN 91-540-4968-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708102

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 36 kr exkl moms