
Rapport SGC 028

STORA GASLEDNINGAR AV PE
Teknisk och ekonomisk studie

Lars-Erik Andersson
Åke Carlsson

Sydkraft Konsult AB

Oktober 1992



Rapport SGC 028

STORA GASLEDNINGAR AV PE
Teknisk och ekonomisk studie

Lars-Erik Andersson
Åke Carlsson
Sydkraft Konsult AB

Oktober 1992



SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat och dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Jörgen Thunell

Stora gasledning av PE

Teknisk och ekonomisk studie

Lars-Erik Andersson

Åke Carlson

Oktober 1992

SYDKRAFT KONSULT
GASTEKNIK

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

0	SAMMANFATTNING
1	BAKGRUND OCH SYFTE
2	MATERIAL OCH DIMENSIONER
3	SVETSMETODER OCH SVETSUTRUSTNING
4	ENTREPRENADFÖRUTSÄTTNINGAR
5	ÖVERFÖRINGSKAPACITET
6	DRIFT, UNDERHÅLL OCH REPARATIONER
7	SVENSKA OCH UTLÄNDSKA ERFARENHETER AV STÖRRE PE- LEDNINGAR
8	EKONOMI
9	SLUTSATSER
	APPENDIX
	KONTAKTADE FÖRETAG

0

SAMMANFATTNING

Endast enstaka ganska korta gasledningar \geq PE 250 har byggts i landet. I denna studie har förutsättningar för att använda rör av PE \geq 250 undersökts.

Studien visar att det utan tekniska hinder går att utföra ledningar \geq PE 250.

Leverans av rör upp till dimension PE 400 kan ske från tillverkare i Danmark, medan rördelssortimentet är begränsat i dimensioner \geq PE 250.

Ledningar av PE 250 är ekonomiskt konkurrenskraftiga gentemot ställedningar DN 200. För en tätortsförlagd ledning PE 315, som jämförs med en ställedning DN 250, avgör andelen insatta rördelar och ledningssträckans längd kostnadsskillnaden. Om förläggningen sker i åker- eller skogsmark blir kostnaden lägre för en ställedning.

Arbetsförfarandet vid ledningsbygge är avsevärt enklare för PE-ledningar än för ställedningar, vilket har medfört att ledningsägarna är mycket positiva till PE-ledningar. Detta gäller i synnerhet för förläggning i gator, där hindren är många och dokumentationen bristfällig.

1 BAKGRUND OCH SYFTE

Denna studie har utförts på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center, SGC.

PE-ledningar för gasdistribution i Sverige har med något undantag begränsats till dimensioner ≤ 225 mm. För andra medier används PE-rör med större dimensioner.

Vid distribution av gas är det en fördel, att så långt möjligt använda ett och samma material i distributionsnäten. Materialet skall vara ekonomiskt, lättillgängligt, hanterbart och säkert. Dessa förutsättningar uppfylles av PE-rör i hittills använda dimensioner.

Av distributionstekniska och kapacitetsmässiga skäl föreligger emellertid önskemål att gasledningar på ett ekonomiskt sätt skall kunna utföras av PE-material även i större dimensioner. I denna studie har undersökts förutsättningarna att använda PE-rör med dimensioner ≥ 250 mm i 4 bars distributionssystem.

Som alternativ till distribution av gas i PE-ledningar har stålledningar använts, varför en stor del av studien går ut på att jämföra gasledningar av PE-material med ledningar av stål.

Syftet med studien är således att den skall ge svar på frågan om PE-ledningar med större dimension än 225 mm ur teknisk och ekonomisk synvinkel är lämpliga för distribution av gas.

2 MATERIAL OCH DIMENSIONER

I Sverige finns idag ingen tillverkning av gasrör i PE-material. Rören importerar i regel från Danmark, där man tillverkar rör t o m PE 315 och har DS-godkännande t o m PE 400. Rördelar för elektrosvetsning tillverkas bl a i Tyskland, England och Schweiz, medan rördelar för stumsvetsning tillverkas av rörfabrikerna.

De största gasrören, som installerats i Sverige, har dimensionen PE 280. Vid en jämförelse med utländska installationer finner man följande:

- I Frankrike har installerats t o m PE 200
- I Holland har till övervägande del PVC använts. Av de PE-ledningar som installerats har största dimensionen varit PE 250. Utförd längd av PE 250 är emellertid kort.
- I England har British Gas installerat t o m dimension PE 500. Under 1991 installerades
60 km av dimensionerna PE 355 till PE 500,
230 km av dimension PE 315 och
450 km av dimension PE 250.

British Gas testar rör t o m dimension PE 800. De rörspecifikationer som man har gäller t o m PE 500, men man arbetar på specifikationer t o m PE 1000.

Dessutom har man börjat använda tredje generationens PE-rör benämnt PE 100 tillverkat av råmaterialet PEH. Man har ca 150 km ledning i drift och planerar för ytterligare ca 350 km. Dimensionerna omfattar PE 63 till PE 315 och i den planerade utbyggnaden ingår även PE 500.

Vad gäller rördelar och ventiler råder i Sverige samma förhållande som för gasrören, d v s de finns tillgängliga i lager t o m dimension DN 200. Större dimensioner beställs från fabrik.

I England finns rördelar t o m dimension PE 450.

3 SVETSMETODER OCH SVETSUTRUSTNING

Sammanfogning av rörledningar i PE för gasdistribution sker enligt två beprövade metoder.

- 3.1 - Stumsvetsning
- 3.2 - Elektrosvetsning

Metoderna beskrivs kortfattat nedan:

3.1 Stumsvetsmetoden

För sammanfogning enligt stumsvetsmetoden är grundprincipen att rörändarna uppvärms och smälts samman under tryck. Svetsmaskiner av olika fabrikat finns på marknaden. Samtliga arbetar enligt en gemensam princip, vilken innebär att rörändarna uppvärms med hjälp av en svetspegel, vars temperatur är $205 \pm 10^\circ\text{C}$. När svetstemperaturen har uppnåtts, avlägsnas svetspegeln, och rörändarna pressas mot varandra med ett svetstryck om $0,15 \text{ N/mm}^2$ under den svets- och kyltid, som gäller för aktuell dimension.

Stumsvetsmetoden är lämplig att använda, då gasledningar utföres över längre sträckor utan besvärande hinder.

De vanligast förekommande svetsmaskinerna ger alla ett gott resultat. Rådande förutsättningar, t ex rördiameter och längden på rörskänklar, kan påverka valet av maskintyp.

3.2 Elektrosvetsmetoden

Sammanfogning enligt elektrosvetsmetoden sker genom att elektromuffar appliceras på väl rengjorda rörändar. Med hjälp av en svetsmaskin, som vanligtvis drivs av en portabel elektrisk generator, värmer elspiralen i elektromuffen dess inneryta och motsvarande del av rörets mantelyta under så lång tid, att materialet i dessa smälter samman. Varje mufffabrikat och dimension har unika värden, vilket innebär att svetsaren måste vara väl förtrogen med såväl utrustning som material, för att fel ej skall uppstå. Erfarenheten av utrustning och muffar som anpassats till varandra är idag mycket god.

Muff- och svetsmaskinstillverkare bedriver ett kontinuerligt utvecklingsarbete för att förenkla svetsmetoderna. Att urskilja ett maskinfabrikat som är bättre än ett annat eller den bästa kombinationen av muff- och maskintyp låter sig inte göras. Som i många andra sammanhang gäller att den ekonomiska utvärderingen faller avgörandet.

Varje användare har skaffat kunskap och erfarenhet inom genomförda projekt, och man kan på goda grunder anta att detta tillsammans med pågående utveckling av svetsmaskiner och elektromuffar i framtiden gör svetsarbetet allt mer automatiserat och svetskontrollen integrerad i svetsprocessen.

Muffsvetsning förekommer vanligen i ledningsavsnitt med korsande hinder, böjar, avgreningar och ventiler samt som sammanfogningsmetod för rörledningar med liten diameter.

Det finns inga tecken på att utvecklingen går mot någon annan sammanfogningsmetod än de ovan beskrivna. Nackdelen med stumsvetsmetoden är den relativt långa svets- och avkylningstiden och med elektrosvetsmetoden inköpspriset på muffar. Denna uppvägs emellertid av den låga felfrekvensen i sammanfogningen.

4 ENTREPRENADFÖRUTSÄTTNINGAR

För att få information om lämplig läggningsteknik för stora PE-ledningar har diskussion skett med några svenska entreprenörer, som har lång erfarenhet av svetsning och läggning av PE-ledningar för såväl naturgas som vatten. Dessutom har diskussion förts med Varberg Energi samt med Stockholm Energi, vilka är de gasdistributörer inom landet som har störst erfarenhet av bygge av PE-ledningar med stor diameter. Varberg Energi byggde ca 1800 m PE 250 när gasnätet etablerades under 1987 och 1988. Varberg Energi deltog med egen personal i entreprenörens organisation samt skaffade och utvecklade på så sätt teknisk kompetens för hantering, svetsning och nedläggning av stora PE-rör. För ledningsarbetena tog Varberg Energi fram en svetsvagn med en storlek och kapacitet, som var avpassad även för PE-rör > 250 mm.

Samtliga entreprenörer ser inte några speciella svårigheter i arbeten med stora PE-ledningar. Etablerade arbetsmetoder för hantering och sammanfogning av PE-rör är praktiskt taget desamma för små och stora rör, oavsett om inneslutet medium är vatten eller naturgas. De olika maskinernas storlek och antal kommer dock att öka vid ökad rördiameter. De större rören ställer krav på en ökad maskinell hantering för transporter och lyftarbeten. Inte minst erfordras en maskinell insats i arbetet med rörledningens nedlyftning i rörgraven i motsats till nedlyftning av klenare dimensioner, vilken sker manuellt.

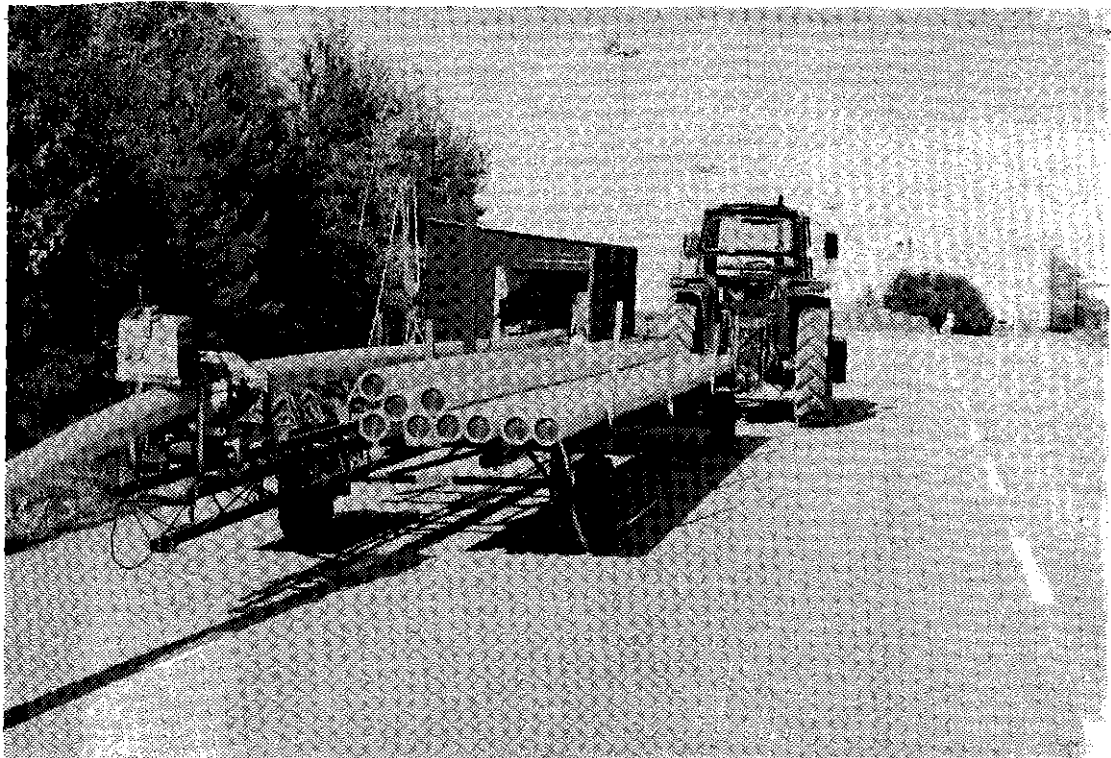
Sammanfogning även av större rör sker till övervägande del med stumsvetsmetoden. I de fall ledningen passerar korsande hinder, som ej kan brytas, användes elektrosvetsning.

Vid en jämförelse mellan fogning med stumsvets och elektrosvets finner man att stumsvetsning tidsmässigt påverkas mer, eftersom det stora rörets materialmassa innebär att förvärmning, svetsning, avsvälning och kylning tar längre tid. För elektrosvets är det enbart tiden för svetsning som påverkas av dimensionen.

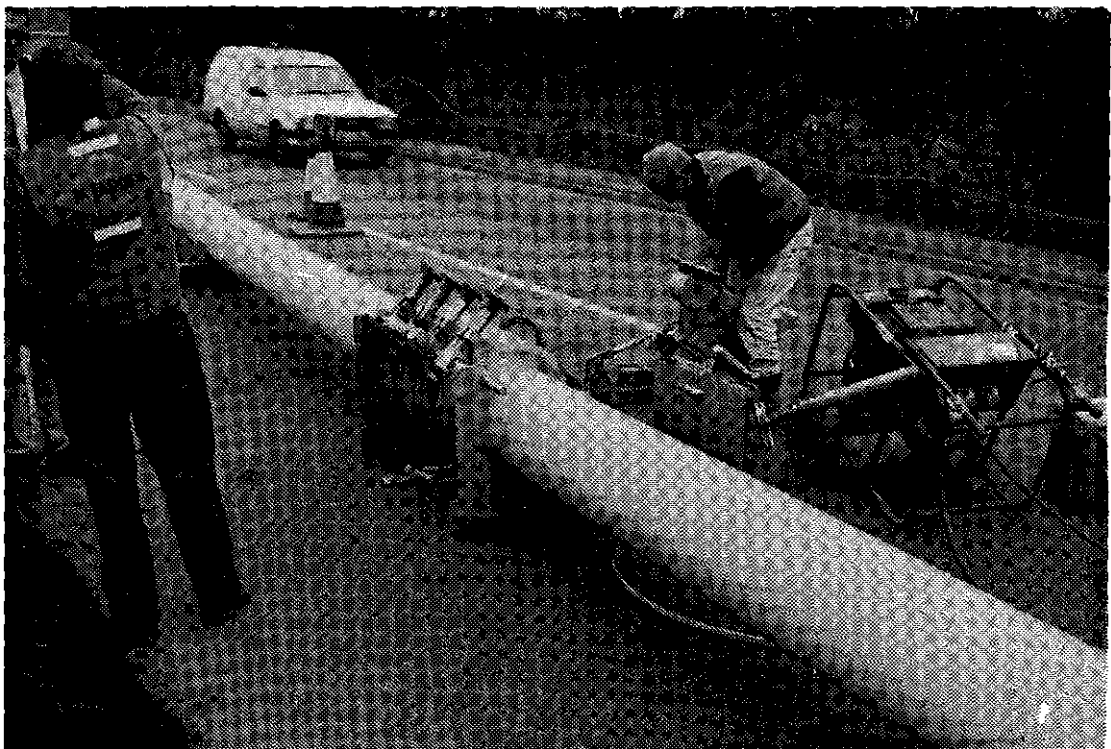
Beroende av lokala förutsättningar och ledningens totallängd väljer berörd entreprenör att utföra sammanfogningen enligt en av följande metoder:

Rören svetsas samman med hjälp av en svetsvagn, som antingen står stilla, varvid sammanfogade rör dras ut på stödrullar på marken eller förflyttas fog för fog utmed rörgraven. Se figur 4.1.

Alternativt svetsas rören samman med hjälp av flyttbara svetsstationer och stödrullar som placeras på marken på vilka de sammanfogade rören dras ut fog för fog. Se figur 4.2.



Figur 4.1 Svetsvagn



Figur 4.2 Svetsstation

En svetsvagn är utformad som en väderskyddad arbetsplats med erforderliga hjälpmedel och 2 st stumsvetsmaskiner. På den långa svets- och kyltiden, som sammanfogningen av stora rör kräver, användes maskinerna till att svetsa varannan skarv. På så sätt reduceras spilltiden till ett minimum. Svetsvagnen innehåller också ett rörupplag från vilket rören flyttas till sammanfogningsbordet med hjälp av ett lyftdon.

Om metoden med stödrullar användes, placeras dessa utefter rörgravslinjen i sådant antal att den sammanfogade ledningslängder kan skjutas ut från svetsmaskinen efter genomförd svetsning. Även i detta fall bör 2 st svetsmaskiner användas för att arbetet skall ske rationellt. Dessa placeras på ett avstånd om ca 70 m från varandra, vilket ungefär motsvarar framdrivningskapaciteten per maskin och arbetsdag med 10 m rörlängder.

En av de intervjuade entreprenörerna har utfört en vattenledning med rör av PEH-material i diameter $D_y=300$ och $D_y=400$ med en sammanlagd längd av ca 3500 m. I detta fall användes ovan beskrivna rullmetod. Ansvarig på entreprenadfirman bedömde att viktökningen på gasrör vid ökad dimension ej nämnvärt förändrar arbetsförfarandet. Arbetstekniskt är det således fullt möjligt att utföra gasledningar av PE-material med större diameter än vad som hittills varit vanligt.

PE-rör med stor diameter har större böjstyvhet än rör i de vanligast förekommande storlekarna. Som tidigare nämnts medför detta ett behov av hjälpmedel för nedlyftning av rörledningen i rörgraven. Beroende av i vilken jordart rörgraven schaktas, kan rörgravssektionen komma att avvika från den vedertagna, eftersom den styvare ledningen medför ökad risk för beröring av rörgravskant med åtföljande rasrisk. Nedrasade massor kan medföra ett merarbete i form av upprensning runt gasledningen. Denna risk kan reduceras med flackare släntlutning. Av särskild vikt är att rätt maskin väljes för nedlyftning av rörledningen, samt att arbetet utföres med omdöme och noggrannhet. Merkostnaden för den ökade rörgravssektionen kan betraktas som marginell och kommer ej att påverka valet av rörmaterial.

Krav på ledningsbädd, kringfyllning och resterande fyllning finns i NGDN 90, avsnitten 6.2.5.4, 6.2.5.5 och 6.2.5.6 och där görs ingen åtskillnad för ledningar med olika dimensioner.

Rör i de stora dimensionerna är tjockväggiga och styva och har därmed möjlighet att ta upp väsentligt större punktlaster än vad rör i mindre dimensioner kan göra.

Följaktligen kan man ifrågasätta huruvida uppställda krav är för stränga, när en gasledning utföres i stor dimension. En jämförelse med kraven för motsvarande vatten- och avloppsledningar tyder på detta. Nedanstående tabell utgör en sammanställning av utförandeföreskrifter i Mark AMA 83, "Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten" och utgör föreskrifter för utförande av markarbeten.

AMA-kod	Rubrik	Material-grupp	Max kornstrl
C2.21	Ledningsbädd för rörledning	2 el 3a	20 mm
C2.41	Kringfyllning för rörledning	2,3a el 3b	20 mm 1)
C2.5	Resterande fyllning	2,3a el 3b	300 mm 2)

1) Enstaka partiklar med största kornstorlek 60 mm får förekomma.

2) Stenar med största stenstorlek 300 mm får ingå jämnt fördelade i fyllningen. I fyllning som packas får största stenstorlek uppgå till högst 2/3 av lagertjockleken efter packning.

I publikation VAV M15, 1984, anges att fyllningsmaterial från materialgrupp 2, 3a och 3b får användas och att detta får innehålla korn med en största kornstorlek av 20 mm. Enstaka icke skarpkantiga partiklar får dock förekomma med storlek upp till 10 % av ledningens diameter, dock maximalt 60 mm.

I referens 2 bedöms med ledning av gjorda beräkningar och överväganden "kringsfyllning med maximal kornstorlek 20 mm kunna användas för rördimension 63 x 5,8 och större, utan att de lokala böjpkänningarna ligger över tillåtna värden".

Nedan följer ordagrant rapportens rekommendation för kringfyllning och resterande fyllning:

Mot bakgrund av de praktiska erfarenheter som vunnits från VA-ledningar av plast och från de hittills utförda gasledningarna av PE samt med ledning av de beräkningsmässiga övervägandena som redovisats ovan lämnas följande rekommendation:

Kringfyllning Kringfyllning utförs av material ur grupp 2 eller 3a enligt Mark AMA 83. Största kornstorlek får för krossat material vara högst 8 mm. För rördimension 32x3,0 får kringfyllning ej utföras med krossat material och största kornstorlek vara högst 8 mm. Kringfyllning skall utföras till minst 100 mm eller 300 mm ovan rörhjässan beroende på vilken typ av maskor som används till resterande fyllning. Kringfyllning packas enligt packningsklass 2 i Mark AMA 83 i trafikytor.

Resterande fyllning Resterande fyllning utförs normalt med schaktmassor. Om kringfyllning utförts till minst 100 mm ovan rörhjässan får resterande fyllning innehålla enstaka stenar med max kantlängd 100 mm om dessa förekommer jämnt fördelade i fyllningen. Om kringfyllning utförts till 300 mm får enstaka stenar med max kantlängd 300 mm förekomma jämnt fördelade i fyllningen. Packning av resterande fyllning utförs enligt packningsklass 2 i Mark AMA 83 i trafikytor.

Även konsekvenserna av en ojämn ledningsbädd behandlas i rapporten. Denna fastslår att 2 % böjtöjning kan accepteras för en gasledning, vilket innebär att en lokal intryckning av upp till 7 % av rördiametern kan tillåtas. Slutsatsen blir, att en ledningsgrav, som utföres enligt Mark AMA, med en ledningsbädd av friktionsjord kan innehålla partiklar med maximal kornstorlek om 20 mm.

Fördelen med att ett material får innehålla större korn är, att mängden tillfört material till arbetsplatsen reduceras, eftersom befintliga schaktmassor i högre grad kan användas till kring- och återfyllning. Samtidigt reduceras även den bortforslade materialmängden, varför arbetsmomenten därmed är färre och ledningsbygget blir billigare.

Eftersom böjstyvheten för stora rör är markant större än för små, bör kraven på ledningsbädd kringfyllning och resterande fyllning ytterligare diskuteras, så att grövre fraktioner kan tillåtas.

Fotnot. Enligt uppgift pågår numera diskussion om en förändring av NGDN i denna riktning.

5 ÖVERFÖRINGSKAPACITET

Vid en jämförelse av överföringskapaciteten mellan ledningar av PE (polyeten) och stål kan man konstatera att dimensionsmässigt finns inga rör som har samma innerdiameter (D_i) utan man får göra jämförelser mellan de rör, vars D_i är närliggande.

De dimensioner som jämförts är följande:

PE		Stål	
250x22,7	$D_i=204,6$	219,1x4,8	$D_i=209,5$
315x28,6	$D_i=257,8$	273,0x5,0	$D_i=263,0$
355x32,3	$D_i=290,4$	323,9x5,6	$D_i=312,7$

Kapacitetsmässigt är ovanstående dimensioner jämförbara. PE-rören har t o m något högre överföringskapacitet trots att D_i är något mindre. Detta beror på PE-rörens något lägre friktionskoefficient.

I bilaga 1 visas överföringskapaciteten för dimensionerna ovan med förutsättningen att hela tillgängliga tryckfallet, dvs från 3,9 bar till 1,0 bar övertryck utnyttjas.

Då British Gas använder tredje generationens rörmaterial benämnt PE 100 kan maxtrycket i röret ökas från 4 bar till 7 bar, med bibehållen rörklass dvs SDR 11, (SDR 11 är ett tal man får genom att dividera ytterdiametern D_y med väggtjockleken).

Ökningen av maxtrycket från 4 till 7 bar innebär att kapaciteten ökar med ca 3 ggr vad gäller den sträcka som en viss gasmängd kan transporteras. Att ytterligare höja trycket över 7 bar ger enligt British Gas inga stora besparingar, eftersom andra kostnader såsom extra skydd vid korsningar, ökad övervakning m m balanserar ut vinsten man får genom den ökade kapaciteten.

Ett annat sätt att öka kapaciteten ytterligare är att vid bibehållen ytterdiameter minska väggtjockleken. British Gas har tankar på att introducera en rörklass benämnd SDR 13.5, vilket skulle reducera materialmängden med ca 25 %. Kostnadsbesparingen för rörmateriallet bedöms av British Gas ligga på ca 10 % jämfört med SDR 11.

6 DRIFT, UNDERHÅLL OCH REPARATIONER

För upprätthållande av en hög säkerhet mot skador och driftavbrott skall ett ledningsnät regelbundet tillses och underhållas. Förebyggande och avhjälpande underhåll skall utföras av utbildad personal.

Förebyggande underhåll omfattar t ex läcksökning samt kontroll av ventiler. Båda dessa inspektioner sker ett år efter driftsättning och därefter vart fjärde år. I samband med läcksökning kontrolleras även eventuell spårkabels funktion. Materialet i ledningsnätet påverkar inte inspektionsintervallen.

För ställedningar tillkommer kontroll av det katodiska skyddet de första två åren efter driftsättning samt därefter vartannat år.

Avhjälpande underhåll innebär att skador, som upptäcks i samband med den fortlöpande tillsynen repareras. Denna reparation bör utföras vid lämpligt tillfälle för att minska olägenheterna för de kunder som påverkas av avbrott i gasleveransen.

För att utföra en reparation i ett nödläge skall distributören ha en beredskapsplan, som är upprättad i samråd med räddningstjänsten. Vanligaste orsaken till att ett nödläge uppstår är att ledningen utsätts för yttre åverkan, t ex att den skadas vid grävning. Vad gäller reparation av ställedningar har vanligtvis distributören avtal med något företag som utför reparationen. Reparation av PE-rör ≤ 225 utförs av distributören, som har de verktyg och resurser som krävs för att utföra erforderliga arbeten. Stockholm Energi AB har dock utrustning för reparation t o m PE 250. För PE-ledning > 225 kan det för övriga distributörer bli aktuellt att teckna avtal enligt ovan.

Vid en jämförelse mellan de åtgärder som krävs vid drift, underhåll och reparation av en PE- resp ställedning finner man bl a följande skillnader:

- En PE-ledning kan "klämmas" på ömse sidor om skadestället, vilket minskar omfattningen av den del av nätet som tas ur drift. Detta gäller främst vid ringmatning av gasnätet. Man kan emellertid konstatera att PE-ledningar > 225 mm kräver stora klämverktyg med tanke på den kraft som åtgår för klämningen.

- En PE-ledning är enklare att reparera på grund av att det är lättare att skära bort den skadade delen och lättare att svetsa in en oskadad del med hjälp av elektromuffar.
- Den utrustning, som erfordras vid reparation av en PE-ledning, är inte så omfattande som vid reparation av en stålledning.
- Tiden för reparation av en PE-ledning är kortare.
- En stålledning är uppskattningsvis 3 gånger dyrare att reparera än en PE-ledning.
- Kontroll av det katodiska skyddet har visat att kostnaden för att åtgärda de skador, som man funnit på ca 30 km distributionsledningar av stål hittills uppgår till ca 8 kr/m ledning och är under de första 5 åren. Intensivmätningar av det katodiska skyddet har avslöjat ett antal skador, som har reparerats, varför det fortsättningsvis bör bli lägre kostnader för underhållet av korrosionsskyddet.
- Om man skall göra en anslutning till en ledning som är i drift, är det enklare att göra denna anslutning till en PE-ledning än till en stålledning.

Skillnaden mellan PE-rör ≤ 225 och PE-rör > 225 för drift, underhåll och reparation inskränker sig endast till utrustningens omfattning. Som tidigare nämnts har distributören de verktyg som krävs för de mindre dimensionerna, medan det för de större kan bli aktuellt att teckna avtal med ett företag eller en distributör, som utför reparationerna. En annan möjlighet är att distributörerna bildar en pool, som har erforderlig utrustning och kapacitet att genomföra reparationer på stora ledningar.

Enligt referens 4 uppgår kostnader för drift och underhåll av ett PE-nät till 0,75% av anläggningskostnaden per år. Motsvarande kostnad för ett 16 bar-system är 1 till 1,5% av anläggningskostnaden per år. Med detta som grund kan man anta att drift- och underhållskostnaderna för ett 4 bar-system med stålledningar uppgår till ca 1% av anläggningskostnaden per år.

7 SVENSKA OCH UTLÄNDSKA ERFARENHETER AV STÖRRE PE-LEDNINGAR

Svenska erfarenheter av installation av PE-rör > 225 mm är begränsade. Sydgas har installerat ca 0,5 km och Varberg Energi har installerat ca 1,8 km PE 250 och har enbart positiva erfarenheter att förmedla.

Malmö Energi utförde inför naturgasintroduktionen 80 m PE 280 som "relining" av befintlig gasledning. Arbetet innebar tekniska svårigheter p g a rörens styvhet och benägenhet att inta bågform i obelastat tillstånd.

Stockholm Energi utförde år 1990 ca 3,5 km gasledning PE 250 med huvudsaklig förläggning i stadsgator. Rörlängden var 10 m och sammanfogningen skedde till största delen med stumsvetsmetoden. För vinkeländringar i horisontal- och vertikalled användes sektionssvetsade rörböjar, som vanligtvis sammanfogades till rören med elektrosvetsning.

Den verkliga ledningssträckningen avvek i stor utsträckning från den projekterade p g a påträffade hinder i marken. De nödvändiga justeringarna kunde beroende på materialvalet enkelt genomföras. Stockholm Energi kunde konstatera att arbetsförfarandet var betydligt enklare och snabbare än för motsvarande arbete med en ställedning, vilket samtidigt medverkade till att kostnaden blev lägre. Stockholm Energi har således positiv erfarenhet av arbete med akutell dimension och rekommenderar PE-ledningar, där hinder av olika slag gör det svårt att komma fram.

Renovering av befintlig gasledning av gjutjärn är ett annat område som Stockholm Energi har erfarenhet av. Relining av ca 400 m har utförts med rör av PE 260, som i förväg hade sammanfogats med stumsvetsmetoden. Även i detta fall var erfarenheterna enbart positiva.

Utländska erfarenheter har inhämtats från British Gas (BG) vid ett besök vid deras Engineering Research Station i Newcastle i december 1991.

BG har byggt gasledningar av PE sedan 1969 och installerar årligen ca 800 mil distributionsledningar och ca 700 mil servisledningar. Av dessa ledningar är ca 75 mil av PE 250 och upp till PE 500. Totalt installerad ledningslängd är ca 25000 mil.

BG har mycket goda drifterfarenheter av PE-rör oberoende av dimension. Man känner bara till något enstaka skadefall, bortsett från de skador som förorsakades av yttre påverkan, t ex av gräv-maskin. BG har också funnit att de nyare PE-råvarorna är mycket motståndskraftiga mot brott. Man kan ha brottanvisningar med djup upp till ca 20% av godstjockleken utan att rörets hållfasthet påverkas.

BG anser att PE-rör är att föredra framför stålrör både från teknisk och ekonomisk synpunkt. Stålrör installeras endast i undantagsfall p g a säkerhetskrav t ex vid förläggning nära någon byggnad.

Av de distributionsledningar som byggts i Holland består ca 1000 mil av PE-ledningar huvudsakligen av dim PE 63 till PE 200. Max dim är PE 315. Näten är till stor del byggda i slutet på 60-talet och början på 70-talet.

Skadefrekvensen är mycket låg och de fåtal skador som förekommit har varit orsakade av grävning-
arbete. Ingen dimensionsrelaterad skada har före-
kommit. Stålleddningar i distributionsnät har inte byggts i Holland de senaste 20 åren.

8

EKONOMI

Tidigare erfarenhet har visat att kostnaden för en distributionsledning har varit högre för en PE-ledning än för en stålledning i dimensioner > DN 200. Tillgången till rör och rördelar i PE-material har dessutom utgjort en begränsning i användandet av dimensioner med motsvarande överföringskapacitet. För att utröna kostnadernas betydelse för materialvalet uppställs följande kostnadspåverkande parametrar:

- 8.1 Dimensionerande tryck
- 8.2 Rördimensioner
- 8.3 Rörlängder
- 8.4 Antal hinder och deras karaktär
- 8.5 Antal avgreningar
- 8.6 Antal vinkeländringar
- 8.7 Katodiskt skydd

Markarbeten samt transport, hantering och nedläggning av rören är likartade för en distributionsledning i stål alternativt PE och har i det följande lämnats utan beaktande.

Beställarens kostnader såsom projektering och kontroll bedöms vara likvärdiga och ingår ej såvida annat ej sägs i de redovisade kostnaderna för respektive parameter.

De i efterföljande beräkningar ingående materialpriserna har lämnats av leverantörer på den svenska marknaden. Priserna för sammanfogning av rören har inhämtats av entreprenörer, som har stor erfarenhet av gasledningsarbeten med såväl stål- som PE-ledningar.

8.1 Dimensionerande tryck

NGDN 90, Naturgasdistributionsnormer, gäller för distributionssystem med ett drifttryck om högst 4 bar. Eftersom de svenska gasdistributörerna till övervägande del bygger distributionsnäten med 4 bars dimensionerande tryck, håller vi oss i fortsättningen till detta för de ekonomiska bedömningarna.

Tabell 8.1 redovisar hur godstjockleken förändras med dimensionen för PE-rör med ett dimensionerande tryck om 4 bar.

Tabell 8.1 Godstjocklekens beroende av rördiametern vid PE-rör

Dimension mm	Godstjocklek mm
63	5.8
90	8.2
125	11.4
160	14.6
200	18.2
225	20.5
250	22.9
315	28.6
355	32.3

Med 4 bars dimensionerande tryck påverkas godstjockleken för stålrör endast marginellt. Rörens hanterbarhet påverkar i långt högre grad valet av godstjocklek. De måste vara så styva att i ett ledningsbygge ingående arbetsmoment är lätta att genomföra. Som exempel bör godstjockleken för DN 200 minst vara 4,8 mm, för DN 250 5,0 mm och för DN 300 5,6 mm.

8.2 Rördimensioner

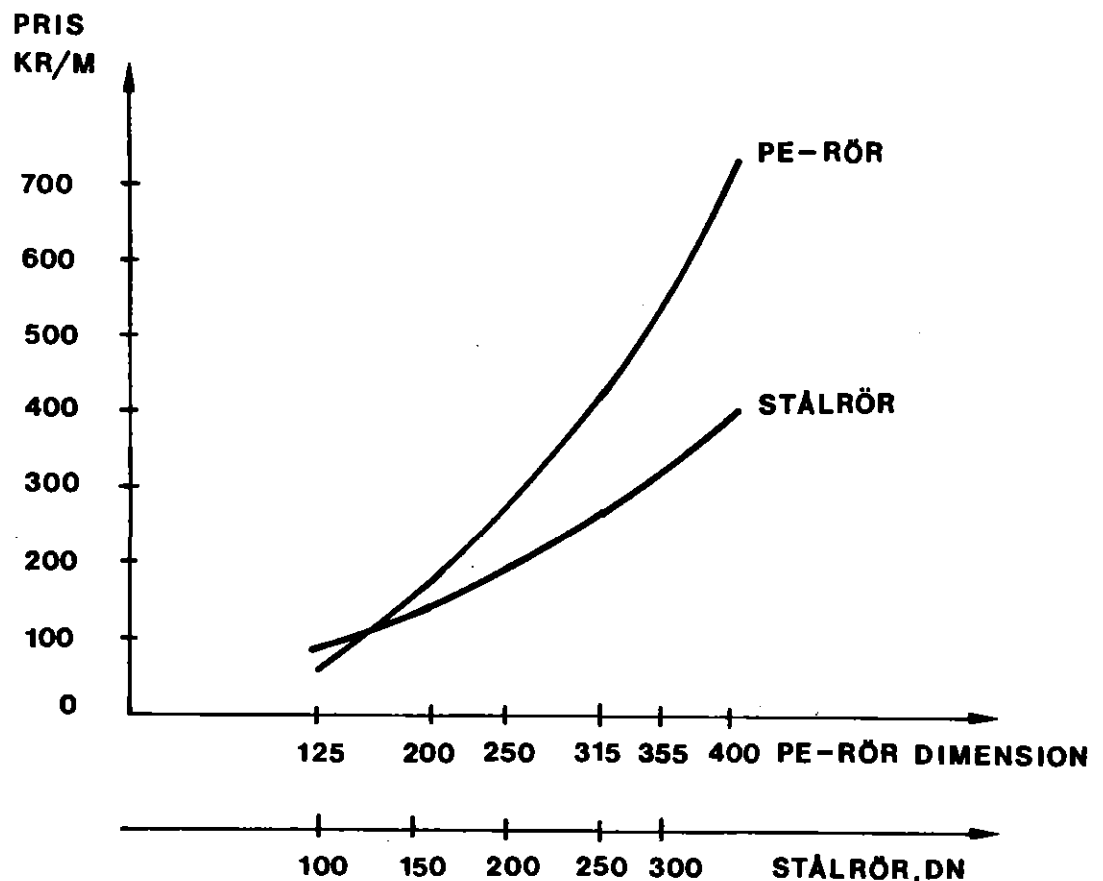
Mängden i rören ingående PE- respektive stålmaterial ökar snabbt med stigande diameter, vilket framgår av tabell 8.2.

Tabell 8.2 Rörviktens beroende av rördiametern

Dimension mm	Vikt kg/m	Dimension DN	Vikt kg/m
63	1,0	50	6,2
90	2,1	80	9,3
125	4,1	100	13,5
160	6,5	125	16,6
200	10,3	150	20,1
225	13,2		
250	16,2	200	26,4
315	25,6	250	33,0
355	32,6	300	43,8

Priset per kg PE-rör respektive per kg stålrör skiljer ej nämnvärt från dimension till dimension. Detta innebär, att priset per m PE-rör ökar kraftigt för större dimensioner. För stålrör är ökningen av godstjocklek vid ökad dimension marginell, varför viktökningen till större delen härrör från den ökade mantelytan. Eftersom priset per kg är väsentligt lägre för stål än för PE, medför detta att viktökningen för ökade stålrörskonventioner ger en planare priscurva.

Figur 8.1 illustrerar PE-rörens respektive stålrörens pris per meter för olika dimensioner.



FIGUR 8.1 RÖRKOSTNAD SOM FUNKTION AV DIMENSIONEN

Den tredje generationen PE-material, benämnd PE 100, som har ca 25% högre brotthållfasthet, kan komma att ändra förutsättningarna, eftersom i rören ingående materialmängd kan reduceras. Enligt en rörtillverkare kan priset för rör till ett 4-bars system komma att minska ca 15% under förutsättning, att väggtjockleken tillåts minska.

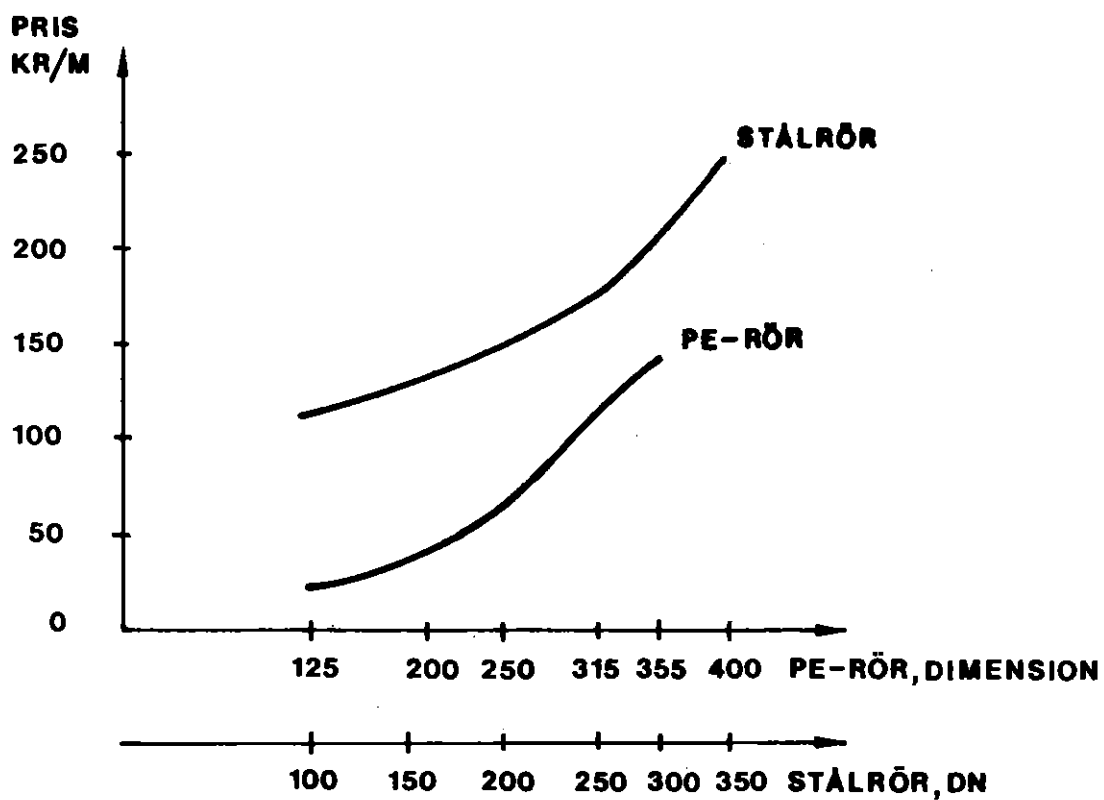
8.3 Rörens längd

Längden av de i en gasledning ingående rören påverkar ledningens m-pris. Korta rör ger ett ökat antal fogar och därmed högre anläggningskostnad. Standardlängden för PE-rör är 10 m medan stålrörens längd vanligtvis varierar från leverans till leverans. Transporttekniska och hanteringsmässiga skäl begränsar rörlängden till 18 m men tekniskt kan längre rör tillverkas.

Kostnaden för en rörsvetsskarv framgår av tabell 8.3. I diagram 8.2 har kostnaden för rörsvetsskarvar slagits ut per meter ledning, varvid antagits 14 m rörlängder för såväl PE-rör som för stålrör.

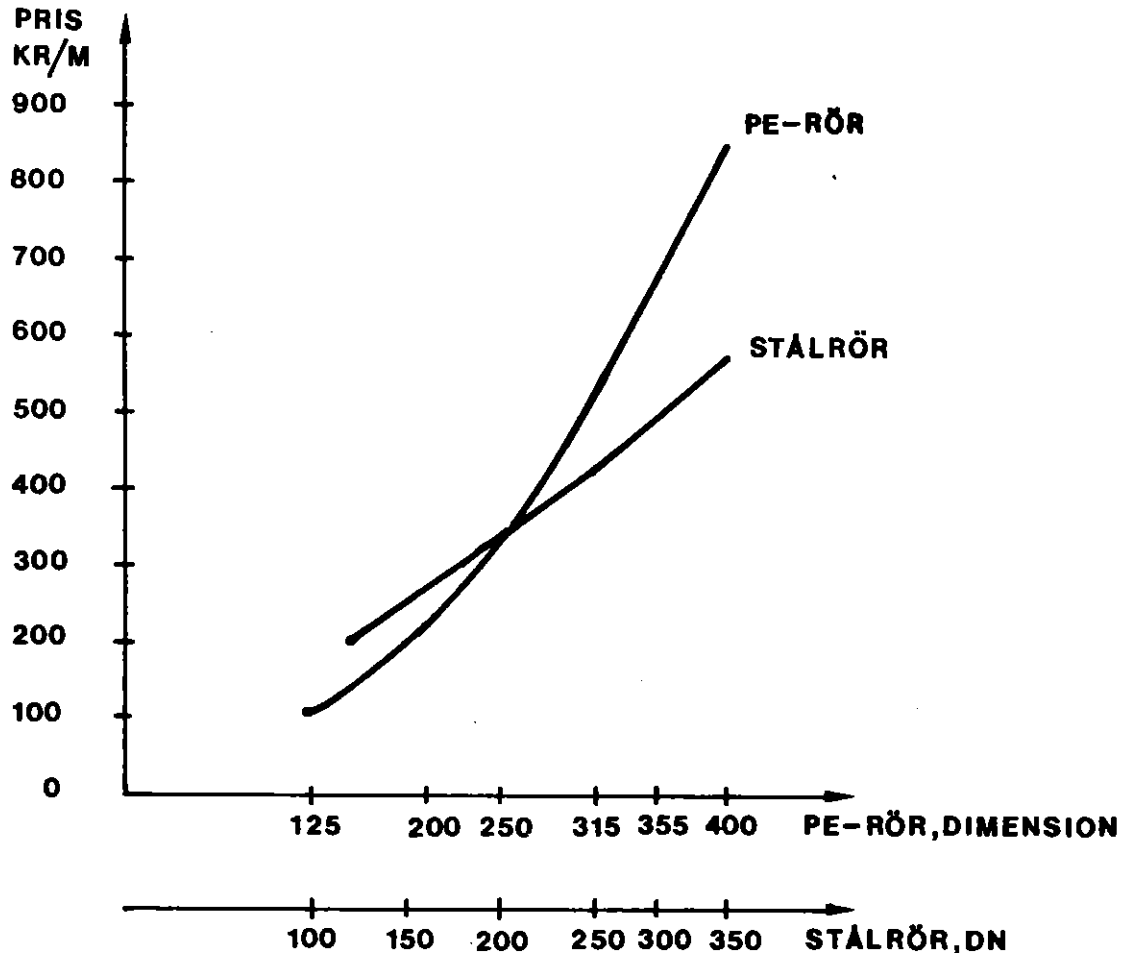
Tabell 8.3 Kostnad för rörsvetsskarvar

PE-rör, stumsvets		Stålrör, normal smältfog		
Dimension	Kostnad kr/skarv	DN	Dimension	Kostnad kr/skarv
200 x 18,2	550	150	168,3 x 4,8	2000
225 x 20,5	660			
250 x 22,7	900	200	219,1 x 4,8	2100
315 x 28,6	1600	250	273,0 x 5,0	2370
355 x 32,3	1900	300	323,9 x 5,6	2950
400 x 36,4	2000	350	355,6 x 5,6	3350



FIGUR 8.2 KOSTNAD FÖR SAMMANFOGNING UTSLAGEN PER METER LEDNING

I figur 8.3 har värdena från diagram 8.1 och 8.2 slagits samman så att visad kostnad gäller rörledningskostnad inklusive svets skarvskostnad.



FIGUR 8.3 RÖRLEDNINGSKOSTNAD INKLUSIVE SVETS-SKARVSKOSTNAD

8.4 Hinder och deras karaktär

Vid all gasledningsförläggning finns hinder i marken. De vanligast förekommande i tätort är VA-ledningar med tillhörande brunnar, fjärrvärmeledningar samt el- och telekablar. På landsbygden förekommer el- och telekablar samt i jordbruksmark dränerings- och dagvattenledningar.

Väg- och gatukorsningar utgör en annan typ av hinder liksom öppna diken och vattendrag. Samtliga hinder påverkar arbetsförfarandet och därmed kostnaden. En del kablar och ledningar kan tillfälligt brytas under läggningsmomentet och därmed förbilliga passagen av hindret. Där detta ej är möjligt utföres i stället en sk tie in, vilket innebär att sammanfogningen på ena eller båda sidorna hindret sker i efterhand.

Vid bedömning av antalet tie ins antas att kända obrytbara kablar medför 1 st tie in och övriga hinder 2 st tie ins.

Kostnaden per tie in uppgår till för en PE-ledning

PE	250	1280 kr/st
PE	315	1670 kr/st

och för en ställedning

DN	200	4100 kr/st
DN	250	4400 kr/st

8.5 Avgreningar

Antalet avgreningar och servisanslutningar är en direkt följd av karaktären på aktuell ledningssträcka. I områden med tät bebyggelse kan antalet insatta rördelar och därmed antalet fogar vara stort. Arbetstekniskt är det väsentligt enklare att utföra en avgrening eller att ansluta en servis till en PE-ledning än till en ställedning. Inom en snar framtid är även anslutning av dimension PE 32 och PE 63 till en trycksatt ledning av PE 250 och PE 315 möjlig att utföra med hjälp av en sk anborringssadel.

Kostnaden för ett installerat T-rör uppgår till för PE-rör

PE	250	4400 kr/st
PE	315	6500 kr/st

samt för motsvarande stålrör

DN	200	6960 kr/st
DN	250	7980 kr/st

Även raka elsvetsavstick med dimension PE 63 och PE 90 är under framtagande. I de fall avgreningarna kan utföras i dessa dimensioner kan kostnaden för PE-ledningar reduceras till ca 800 kr/st för respektive PE 250 och PE 315.

8.6 Vinkeländringar

Gasledningsförläggning medför ofta att avvikelser från den teoretiska linjen måste ske. Eftersom både stålrör och stora PE-rör är styva, måste varje vinkeländring ske med hjälp av böjar, som fogas in i ledningen. Kostnaden för vinkeländringen består dels av materialkostnaden dels av arbetskostnaden för infogningen.

Till PE-ledningar finns två typer av böjar, formsprutade respektive sektionssvetsade böjar. De formsprutade tillverkas för närvarande ej i större dimension än PE 315.

Kostnaden för en 45° vinkeländring uppgår till för en PE-ledning

PE	250	2640 kr/st
PE	315	4000 kr/st

och för motsvarande stålleddning

DN	200	4800 kr/st
DN	250	5050 kr/st

8.7 Katodiskt skydd

Gasledningar av stål skall förses med korrosionsskydd. Detta består av en PE-coating, som kompletteras med ett katodiskt skydd. Utformningen av det aktiva korrosionsskyddet beror bl a på stålleddningens längd och godstjocklek, markförhållanden samt yttre påverkan. Skyddet erhålles antingen med hjälp av påtryckt likström eller anslutna offeranoder. Utförandekostnaden för ordinära ledningslängder ligger i intervallet 25-60 kr/m ledning. I följande beräkningar har investeringen antagits vara 30 kr/m.

8.8 Kostnadsutfall

I det följande fastställs investeringens storlek för en ledning av PE respektive stål. Beräkningar har gjorts för såväl tätortsförläggning som landsbygdsförläggning.

8.81 Ledning i tätort

Ledningslängden har antagits vara 10 km och utlagd så att den till stor del passerar genom tät bebyggelse. Rörlängden för såväl PE-rören som för stålrören har antagits vara 14 m. Hinder i marken samt vinkeländringar antages medföra 70 st böjar och 70 st sk tie ins. Dessutom förutsätts att ledningen förses med 100 st avgreningar. Den antagna längden innebär, att gasledningen kan svetsas och läggas med effektiva arbetsmetoder. Ingående kostnader är redovisade under punkterna 8.2-8.7.

En ledning av stål i dimension DN 200 motsvaras i överföringskapacitet av PE 250. Med redovisade förutsättningar kommer m-priset för PE-ledningen att uppgå till 407 kr medan ställedningen inkl katodiskt skydd kommer att uppgå till 502 kr enligt tabell 8.4 och 8.5.

Tabell 8.4 Ledning av PE 250 inom tätort

Ledning	10.000	x	335	=	3.350.000
Tie ins	70	x	1.280	=	89.600
Avgreningar	100	x	4.400	=	440.000
Böjar	70	x	2.650	=	<u>185.500</u>
					4.065.100

Detta ger ett m-pris av 407 kr.

Om avgreningarna ersätts med elsvetsavstick reduceras kostnaden med ca 360.000 kr, vilket innebär att m-priset blir 397 kr.

Tabell 8.5 Ledning av stål DN 200 inom tätort

Ledning	10.000	x	340	=	3.400.000
Tie ins	70	x	4.100	=	287.000
Avgreningar	100	x	6.960	=	696.000
Böjar	70	x	4.800	=	336.000
Katod. skydd	10.000	x	30	=	<u>300.000</u>
					5.019.000

Detta ger ett m-pris av 502 kr.

Motsvarande jämförelse för en ledning av stål i dimension DN 250 och en ledning av PE 315, vilka inbördes har en jämförbar överföringskapacitet, ger en delvis annan bild. För PE-ledningen kommer m-priset att uppgå till 649 kr och för ställedningen till 596 kr enligt tabell 8.6 och 8.7.

Tabell 8.6 Ledning av PE 315 inom tätort

Ledning	10.000 x	544 =	5.440.000
Tie ins	70 x	1.670 =	116.900
Avgreningar	100 x	6.500 =	650.000
Böjar	70 x	4.000 =	<u>280.000</u>
			6.486.900

Detta ger ett m-pris av 649 kr.

Om avgreningarna ersätts med elsvetsavstick reduceras kostnaden med ca 570 000 kr, vilket medför att m-priset i stället blir 638 kr.

Tabell 8.7 Ledning av stål DN 250 inom tätort

Ledning	10.000 x	420 =	4.200.000
Tie ins	70 x	4.400 =	308.000
Avgreningar	100 x	7.980 =	798.000
Böjar	70 x	5.050 =	353.500
Katod. skydd	10.000 x	30 =	<u>300.000</u>
			5.959.500

Detta ger ett m-pris av 596 kr.

8.82 Ledningar på landsbygd

Ledningar i de studerade dimensionerna har ofta karaktär av överföringsledningar. Lokaliseringen kommer därmed vanligtvis att vara i åker- eller skogsmark. Antalet hinder, avgreningar och vinkeländringar är därvid av mindre omfattning och detta påverkar kostnadsjämförelsen. Följande förutsättningar antas gälla för landsbygdsförläggning:

- * Ledningslängden är 10 km
- * Hinder i marken samt vinkeländringar antages medföra 20 st böjar och 20 st tie ins
- * Antalet avgreningar antages vara 5 st

I övrigt är förutsättningarna desamma som vid förläggning i tätort.

Med dessa förutsättningar kommer priset per meter ledning att uppgå till 345 kr för en ledning av PE 250 och till 391 kr för en ställedning DN 200 enligt tabell 8.8 och 8.9.

Tabell 8.8 Ledning av PE 250 på landsbygd

Ledning	10.000 x	335 =	3.350.000
Tie ins	20 x	1.280 =	25.600
Avgreningar	5 x	4.400 =	22.000
Böjar	20 x	2.650 =	<u>53.000</u>
			3.450.600

Detta ger ett m-pris av 345 kr.

Tabell 8.9 Ledning av stål DN 200 på landsbygd

Ledning	10.000 x	340 =	3.400.000
Tie ins	20 x	4.100 =	82.000
Avgreningar	5 x	6.960 =	34.800
Böjar	20 x	4.800 =	96.000
Katod. skydd	10.000 x	30 =	<u>300.000</u>
			3.912.800

Detta ger ett m-pris av 391 kr.

Vid jämförelse mellan en ledning av PE 315 och en ställedning DN 250, som förlägges på landsbygd, kommer priset per meter ledning att uppgå till 559 kr för den första och till 473 kr för den senare enligt tabell 8.10 och 8.11.

Tabell 8.10 Ledning av PE 315 på landsbygd

Ledning	10.000 x	544 =	5.440.000
Tie ins	20 x	1.690 =	33.400
Avgreningar	5 x	6.500 =	32.500
Böjar	20 x	4.000 =	<u>80.000</u>
			5.585.900

Detta ger ett m-pris av 559 kr.

Tabell 8.11 Ledning av stål DN 250 på landsbygd

Ledning	10.000 x	420 =	4.200.000
Tie ins	20 x	4.400 =	88.000
Avgreningar	5 x	7.980 =	39.900
Böjar	20 x	5.050 =	101.000
Katod. skydd	10.000 x	30 =	<u>300.000</u>
			4.728.900

Detta ger ett m-pris av 473 kr.

8.83 Ledningar på landsbygd med 18 m rör

Som framgår av kapitel 8.3 kan rör erhållas i längder upp till 18 m. Enligt avsnitt 8.82 är skillnaden i ledningskaraktär stor mellan en tätorts- och en landsbygdsledning. I syfte att erhålla så låg ledningskostnad som möjligt kan det därför vara optimalt att välja rör med 18 m längd.

Med tidigare givna förutsättningar och 18 m rörlängd för både PE-rör och stålrör kommer priset per meter ledning att uppgå till 331 kr för en ledning av PE 250 och till 358 kr för en ställedning DN 200 enligt tabell 8.12 och 8.13

Tabell 8.12 Ledning av PE 250 på landsbygd

Ledning	10.000 x	321 =	3.210.000
Tie ins	20 x	1.280 =	25.600
Avgreningar	5 x	4.400 =	22.000
Böjar	20 x	2.650 =	<u>53.000</u>
			3.310.600

Detta ger ett m-pris av 331 kr.

Tabell 8.13 Ledning av stål DN 200 på landsbygd

Ledning	10.000 x	307 =	3.070.000
Tie ins	20 x	4.100 =	82.000
Avgreningar	5 x	6.960 =	34.800
Böjar	20 x	4.800 =	96.000
Katod. skydd	10.000 x	30 =	<u>300.000</u>
			3.582.800

Detta ger ett m-pris av 358 kr.

Motsvarande värden enligt tabell 8.14 och 8.15 för en ledning av PE 315 och en ställedning DN 250 är respektive 534 kr/m och 435 kr/m.

Tabell 8.14 Ledning av PE 315 på landsbygd

Ledning	10.000 x	519 =	5.190.000
Tie ins	20 x	1.690 =	33.400
Avgreningar	5 x	6.500 =	32.500
Böjar	20 x	4.000 =	<u>80.000</u>
			5.335.900

Detta ger ett m-pris av 534 kr.

Tabell 8.15 Ledning av stål DN 250 på landsbygd

Ledning	10.000 x	382 =	3.820.000
Tie ins	20 x	4.400 =	88.000
Avgreningar	5 x	7.980 =	39.900
Böjar	20 x	5.050 =	101.000
Katod. skydd	10.000 x	30 =	<u>300.000</u>
			4.348.900

Detta ger ett m-pris av 435 kr.

8.84 Sammanställning

I tabell 8.16 har sammanställts ovan framräknade meterkostnader

Tabell 8.16 Ledningskostnad inklusive skarvar, avgreningar m m

Lokalisering	Dimension	14 m rör	18 m rör
		kr/m	kr/m
Tätort	PE 250	407	
	DN 200	502	
Tätort	PE 315	649	
	DN 250	596	
Landsbygd	PE 250	345	331
	DN 200	391	358
Landsbygd	PE 315	559	534
	DN 250	473	435

9

SLUTSATSER

Studien visar att det utan tekniska hinder går att utföra gasledningar \geq PE 250.

Ekonomi i användning av stora PE-rör är ej entydig. Ledningar av PE 250 är klart konkurrenskraftiga gentemot stålledningar DN 200, oavsett om ledningen förlägges inom tätort eller på landsbygd. Ledningar av PE 315 är dyrare än stålledningar DN 250. I tätbebyggelse uppgår merkostnaden till ca 9% för redovisat exempel. Skillnaden motiverar en grundlig projektering före beslut om ledningstyp, så att rätt material väljes.

Tillverkning av stora PE-rör sker i bl a Storbritannien och kan även ske i Danmark i dimension upp till PE 400 med gällande dansk standard.

De ledande tillverkarna av rördelar saluför för närvarande ett begränsat sortiment i dimensioner \geq PE 250. Detta förhållande håller successivt på att förändras allt eftersom marknaden efterfrågar stora rördelar.

Erfarenheterna i bl a Sverige och Storbritannien av stora PE-rör är goda. Kvalitet och hanterbarhet uppfyller ställda krav. British Gas använder praktiskt taget endast PE-rör för gasdistribution, vilket visar att även svenska gasdistributörer i framtiden kan komma att öka användningen av stora PE-rör.

För de studerade dimensionerna är sammanfogningen av stålledningar avsevärt dyrare än för PE-ledningar. En hög andel avgreningar, serviser, böjar och hinder kan således komma att avgöra valet av material för en gasledning.

Antalet avgreningar, serviser, böjar och hinder är en direkt följd av den valda ledningssträckan. För gasledningar utförda i PE kan detta medföra en lägre investering i dimensioner t o m Dy 315. Denna slutsats förstärks, om den aktuella ledningssträckan är så kort, att entreprenörens fasta kostnader får stor påverkan på priset per m ledning, och att den sk upparbetningseffekten blir liten eller helt uteblir i arbetet med stålledningen.

För motsvarande ledning med få avgreningar kommer investeringen emellertid att bli lägre för en ställedning.

För en ställedning med en ledningslängd, som överstiger ca 10 km, och som läggs i åker- eller skogsmark, kan effektivare arbetsmetoder väljas. I detta fall ersättes de förtillverkade böjarna med rör, som kallbockas på platsen. Antalet svetsfogar kan då reduceras. Sammanfogningen av rören sker med ökad framdrivningshastighet och därmed läggningskapacitet. Eftersom övriga resurser måste anpassas till svetsmetoden, kommer entreprenörens totala kostnader att reduceras, vilket i sin tur medför lägre rörlig kostnad.

När gasdistributören väljer system och ledningsmaterial måste en analys av samtliga förutsättningar ske. Flexibiliteten i ett 4-bars system bör t ex vägas mot ett koncessionspliktigt 16-bars system, vilket kan medföra en lägre investering men högre drifts- och underhållskostnader.

Systemoptimering finns redovisad i referens 4, varför det ej finns skäl, att i denna rapport ytterligare belysa frågan.

För att man skall uppnå samma kostnadsnivå för en ledning av PE 315 som för stål DN 250 måste priset på PE-rör reduceras med ca 20%. Ledningsägaren kan emellertid väga in andra fakta, som medför, att en PE-ledning är totaltekniskt intressant. Om tredje generationens PE-material kan ersätta det nuvarande, ökas överföringskapaciteten p g a minskad godstjocklek och därav ökad innerdiameter. Skulle dessutom rörtillverkarens prognos om en prisreduktion om ca 15% infrias vid övergång till det nya materialet, uppgår differensen till 20 kr/m. Denna investeringsskillnad ger ledningsägaren fördelar i form av bl a enklare och billigare reparationer vid eventuella skador samt enklare anslutningar i efterhand jämfört med en motsvarande ledning av stål. Som en positiv faktor tillkommer dessutom avsaknaden av den årliga kostnaden för det katodiska skyddet.

APPENDIX

För faktainsamling har följande företag kontaktats:

BPA Bygg Region Syd

SIAB

Sydkraft Service AB

AB Svenska Wavin

Uponor AB

ELEF

Durapipe

Euronord WTM

GPA Plast AB

HVK-pipe

Fosselius & Alpen Syd

Lagerstedt & Krantz AB

Protum Gas AB

British Gas

Coopra - Rotterdam

Malmö Energi AB

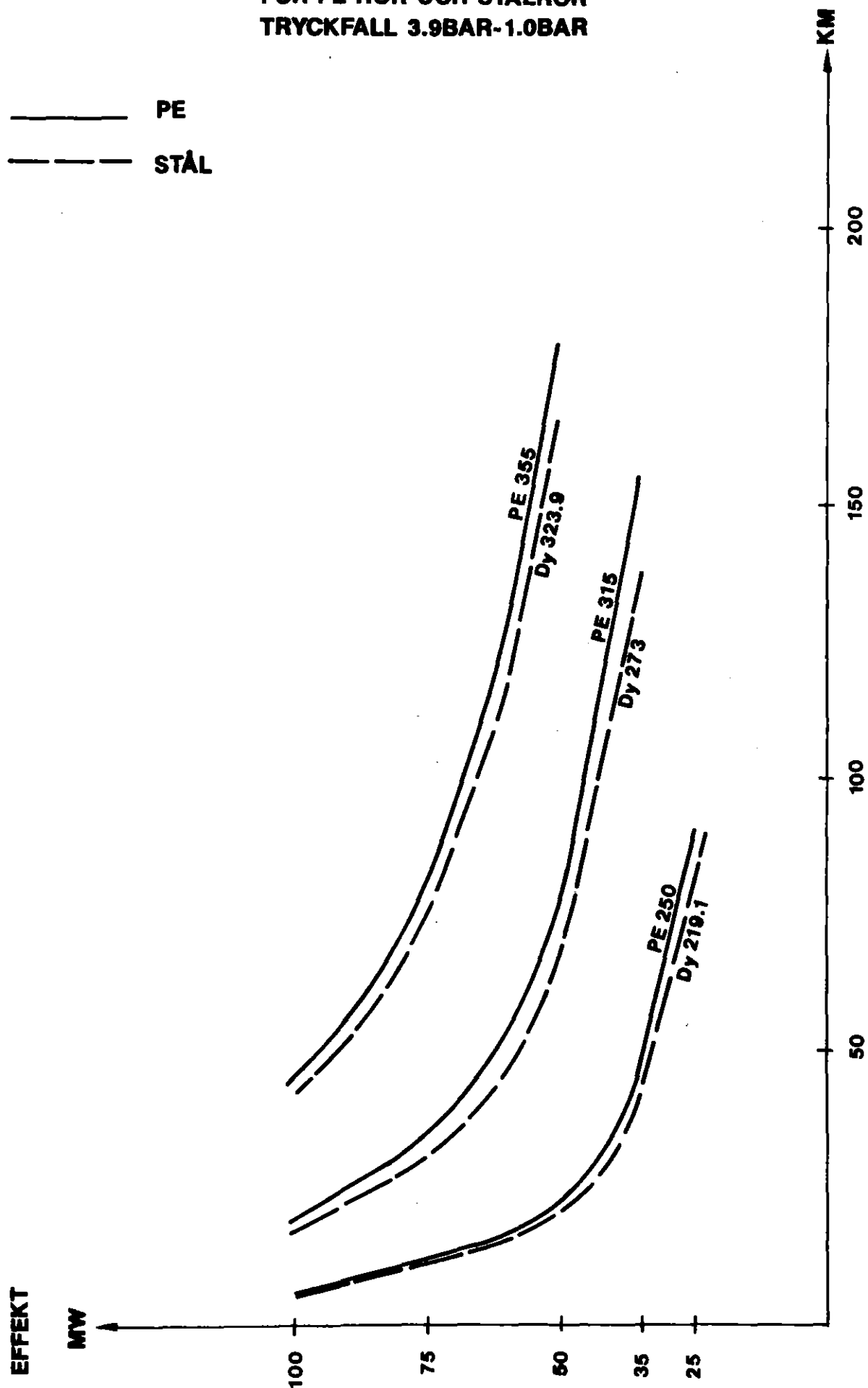
Stockholm Energi AB

Varberg Energi AB

REFERENSER

- 1 Ifwarsson M, Tränkner T, Studsvik Energy.
Stora gasledningar av polyeten (>225 mm)
En litteraturstudie.
- 2 Molin, J, VBB
Krav på material vid kringfyllnad av PE-
gasledningar
Svenskt Gastekniskt Center AB, Rapport nr 004,
April 1991
- 3 L. Ewing, J Kiely, British Gas.
Extending the limits of high density polyethylene
pipe.
- 4 Grundén S, Tumab
Systemoptimering val avser ledningstryck
Svenskt Gastekniskt Center AB, Rapport nr 001,
April 1991

ÖVERFÖRINGSKAPACITETER FÖR PE-RÖR OCH STÅLRÖR TRYCKFALL 3.9BAR-1.0BAR



92-10-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Sep 92	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB920212	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Driftekniska Inst. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Asa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

92-10-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson	150



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ
Telefon: 040-700 40
Telefax: 040-30 50 82