



Forskning och
Utveckling

FOU 1998:32

MILJÖANPASSNING/ÅTERANVÄNDNING AV POLYURETANISOLERADE FJÄRRVÄRMERÖR

En förstudie

Morgan Fröling, CTH Kemisk miljövetenskap



FLÄRRVÄRMERÖR AV POLYURETANISOLERADE MILJÖANPASSNING\ÅTERANVÄNDNING

En förstudie

Medan förstudie om klimat och miljövård

MILJÖANPASSNING/ÅTERANVÄNDNING AV POLYURETANISOLERADE FJÄRRVÄRMERÖR

En förstudie

Morgan Fröling, CTH Kemisk miljövetenskap

*I Rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt.
Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB
tagit ställning till slutsatserna och resultaten.*

Innehållsförteckning

Sammanfattning	ii
Summary	iii
Inledning	1
1 Varför miljöanpassning av fjärrvärmerör?	2
2 Hur kan man miljöanpassa fjärrvärmerör?	3
3 Återvinning av fjärrvärmerör	4
4 Nuläge vad gäller återvinning av fjärrvärmerör	6
5 Återbruk av produkt	10
6 Energiutvinning	10
7 Materialåtervinning	12
8 Rör av asbestcement	17
9 Diskussion och slutsats	18
10 Liten ordlista	20
11 Referenser	21

Bilagor:

Bilaga 1	Byggbranschen i Sverige - kontakt med BFR	25
Bilaga 2	Omhändertagande av spill, Power Pipe AB	27
Bilaga 3 a, b	Återvinning av fjärrvärmerör och polyuretan från fjärrvärmerör hos Lögstör Rör A/S	28

Sammanfattning

Fjärrvärmebranschen i Sverige har gott miljörykte. För att behålla detta goda miljörykte måste man kontinuerligt arbeta för att förbättra branschens miljöprestanda. Denna rapport berör möjligheter till miljöanpassning / återvinning av fjärrvärmerör. Ett långsiktigt mål är att alla systemlösningar, inklusive val av material, skall vara förenliga med målet "ett långsiktigt uthålligt samhälle". För återvinning har Riksdagen anvisat prioriteringsordningen: 1) Återbruk av produkt 2) Materialåtervinning 3) Energiutvinning.

För fjärrvärmerör med ytterhölje av polyeten, mediarör av stål och direktskummad polyuretanisolering finns goda möjligheter för materialåtervinning av polyeten och stål. Vad gäller polyuretanskum finns i nuläget endast begränsade möjligheter för återvinning, men området är i snabb utveckling.

Produktionsspill och läggningsspill av fjärrvärmerör bör materialåtervinnas. Vad gäller rör som tagits ur drift bör dessa sannolikt endast tas omhand, om rörgraven ändå grävs upp, och särskilt om isoleringen innehåller freoner. Man bör inte gräva upp rören med materialåtervinning som enda motiv. Detta bör dock bli föremål för vidare studier. Det bör också byggas upp en beredskap i branschen för att möta framtida krav från samhället vad gäller hantering av uttjänta produkter.

En anläggning för materialåtervinning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör har under 1998 tagits i drift i Danmark. En liknande hantering bör byggas upp i Sverige. Studier av om det är möjligt att ytterligare minimera spill vid läggning, och på bästa sätt omhänderta sådant spill som ändå uppkommer, bör göras.

I framtiden kan nya material komma att användas för fjärrvärmerör, bland annat därför att de material som används idag kommer från icke förnyelsebara resurser.

Inom byggbranschen har man tagit ett gemensamt grepp om miljöfrågorna genom inrättandet av Byggsektorns Kretsloppsråd. Det bör övervägas att ta ett liknande initiativ inom fjärrvärmeområdet, för att kunna möta framtida miljökrav.

För att på ett bra sätt kunna bedöma olika miljöåtgärder skulle det vara av värde att genomföra LCA-studier av fjärrvärmerör. Det skulle ge bättre underlag vid beslut om framtida inriktning av fjärrvärmebranschens miljöarbete.

Rör med ytterhölje av asbestcement (ACE-kulvert) bör betraktas som miljöfarligt avfall och all hantering av dessa omges med särskilda säkerhetsåtgärder.

Nyckel-ord: fjärrvärme, fjärrvärmerör, polyeten, polyuretan, stål, freon, återbruk, återvinning, återanvändning, asbestcement.

Summary

District heating in Sweden has a good environmental reputation. In order to maintain this good reputation, it is necessary to work continuously to improve the environmental performance of district heating. This report deals with possibilities for environmental adaptation / recycling of district heating pipes. A long term goal is that all system solutions, including choice of materials, should be consistent with the goal "a sustainable society". The Swedish Parliament has indicated the following order of priority for recycling: 1) Reuse of a product 2) Materials recycling and 3) Energy extraction.

For district heating pipes with a casing of polyethylene, an inner pipe of steel and an insulation of polyurethane foam, good opportunities exist for recycling of polyethylene and steel. At present the opportunities for recycling of polyurethane are limited, but the development is rapid within this field.

Waste from production and from laying of district heating pipes should be subject to materials recycling. Pipes taken out of operation should probably only be taken care of if the pipeline trench is to be dug up anyway, and especially if the insulation contains freons. The tubes should not be dug up only for materials recycling reasons. However, this should be the subject of further studies. A readiness should also be built up in order to meet future demands from society concerning handling of used products.

A plant for materials recycling of polyurethane insulated pipes has been put into operation in Denmark. A similar plant ought to be set up in Sweden. Recommendations should be worked out about how to minimise waste and how to take care of the waste that still arises.

In the future new materials may be used in district heating pipes, since, among other reasons, the materials used today originate from non-renewable resources.

Pipes with a casing made of asbestos cement should be considered as environmentally hazardous waste and handled according to special safety measures.

In the building industry a joint effort has been taken to address environmental issues, by the "Byggsektorns Kretsloppsråd". Similar effort within the district heating industry ought to be considered, to be able to meet future environmental demands.

Life cycle assessment (LCA) of district heating pipes ought to be carried out, in order to be able to judge different suggestions in the environmental area in a good way. LCA-studies would give a better basis for decisions on the future direction of the environmental work of the district heating industry.

Pipes made of asbestos cement should be considered as hazardous waste, and all handling should be restricted.

Key-words: District heating, district heating pipes, polyethylene, polyurethane, steel, freon, reuse, recirculation, asbestos cement pipes.

Inledning

Denna förstudie inom området miljöanpassning / återvinning har huvudsakligen ägnats åt plastmantlade rör med direktskummad polyuretanisolering, då denna rörtyp är den vanligast förekommande i Sverige. För dessa rör har huvudintresset fokuserats på det isolerande polyuretanskummet. De två andra huvudkomponenterna - polyetenröret och stålröret - tillhör materialgrupper inom vilka återanvändning redan är i tekniskt bruk för vissa tillämpningar.

En litteraturstudie inom området återvinning av polyuretan har gjorts och sammanfattas i denna förstudie. Dokumentation från de senaste årens konferenser inom polyuretanområdet har varit en viktig informationskälla. Särskilt givande kontakter erhöles vid deltagande i Polyurethanes World Congress '97 i Amsterdam.

Diskussioner har förts med handläggare vid Byggforskningsrådet (BFR) för att undersöka vilken forskning inom byggområdet som är tillämpbar på fjärrvärmesektorn. En litteratursökning har gjorts i BFRs databas BYGGDOC. Kontakt har även tagits med miljöavdelningen vid ICI Polyurethanes vad gäller återvinning av PUR, och diskussioner har förts med några branschföreträdare för att ge en nulägesbild av området.

Chalmers tekniska högskola
Kemisk Miljövetenskap
Morgan Fröling

1 Varför miljöanpassning av fjärrvärmerör?

Åtskilliga mil fjärrvärmerör finns redan i Sverige, och ytterligare utbyggnad av fjärrvärmesystemen kommer sannolikt att ske i samband med avvecklingen av kärnkraften. Fjärrvärmebranschen har ett i grunden gott **miljörykte** [1]. För att fjärrvärme som system ska kunna behålla ett gott miljörykte krävs aktivt miljötänkande beträffande alla delar av fjärrvärmesystemet. Goda marknadspositioner håller inte i sig om man inte kontinuerligt arbetar för förbättring, tar sig an nya problemområden och löser dessa [2,3].

Producentansvar har införts i Sverige i och med att Riksdagen antog Kretsloppspropositionen [61]. Lagen är utformad så att regeringen har bemyndigande att införa producentansvar för avfall från varor där det är motiverat från miljö- och resurshushållningssynpunkt. [4,5,6]. En successiv utökning av producentansvaret är att förvänta i framtiden. Riksdagens Kretsloppsdelegation arbetar aktivt för utökat producentansvar samt "avgiftning av kretslopp" [63, 64, 65].

Kraven på miljöanpassad hantering ökar från kunder som en följd av ökad miljömedvetenhet. I till exempel Tyskland har man mycket strängare krav på avfallshantering än i Sverige [7,8,69,70]. Detta leder till krav från tyska kunder på miljöanpassade produkter och hantering. Man kan dessutom förvänta sig att de tyska kraven med tiden sprids till fler länder.

Allt fler företag använder **miljöcertifiering** som ett led i sin interna ledningsstruktur och sin miljöanpassning av verksamheten. Certifiering enligt ISO 14001 eller registrering enligt EMAS ställer krav på en organiserad, ständig förbättring av företagets eget miljöarbete men också krav på leverantörer [9].

Förenta nationerna har satt upp målet "**ett långsiktigt uthålligt samhälle**", vilket Sveriges riksdag anslutit sig till. Även företag måste ta del i samhällets utveckling mot ett långsiktigt uthålligt system. [10,11,12,13]. De företag, som inte anpassar sin affärsidé till ett uthålligt samhälle, kommer på sikt slås ut från marknaden.

Inom **varje del av en verksamhet** är målet att miljöanpassa just denna del så bra som möjligt. Hittills har det funnits så överväldigande miljöproblem, att intresset nästan enbart fokuserats på dessa stora problem. Nu börjar dock insikten växa om att även miljöaspekter, som inte är så överväldigande måste tas med i beräkningen samt att planering måste göras och åtgärder vidtas för att få hela samhället anpassat till de ekologiska kretsloppen och långsiktigt uthålliga materialflöden [2,10,11]. Ett sådant delområde område för fjärrvärmebranschen är rören för värmedistribution.

I denna rapport diskuteras möjligheter till miljöanpassning och återvinning för huvudsakligen fjärrvärmerör med polyetenmantel och direktskummad polyuretanisolering. Detta är den vanligaste rörtypen för fjärrvärmedistribution i Sverige [56].

2 Hur kan man miljöanpassa fjärrvärmerör?

Det finns två möjliga, men funktionellt olika vägar att miljöanpassa en produkt:

- återvinning av produkten
- förändring av produkten

Vad gäller återvinning av fjärrvärmerör finns det teknik som redan används, men även teknik under utveckling. Olika metoder för återvinning är det som huvudsakligen behandlas i denna studie.

Förändring av produkten kan dels innebära helt nya tekniska lösningar för distribution av fjärrvärme, och dels förändring av material mot sådana som bättre passar in i kretslopp och ett långsiktigt uthålligt samhälle. En viktig fråga är att så långt det är möjligt övergå till förnyelsebara material [2,4,5,11]. Vid framställning av polyuretan kan man redan idag för vissa tillämpningar använda sig av polyoler som har biologiskt/förnyelsebart ursprung [14,15]. Denna typ av förändring av produkten är dock en utveckling på längre sikt, och diskuteras inte vidare i denna rapport. Förändringsprocessen behöver dock inledas.

Återvinning kan betyda olika saker

När man talar om "återvinning" kan man syfta på minst tre olika hanteringar, varför en viss språkförbistring råder. Med återvinning kan man syfta på:

- Återanvändning och återbruk av en produkt - produkten används igen på samma sätt som förra gången.
- Materialåtervinning från en produkt - materialet i produkten omhändertas för att användas till nya produkter, oftast efter materialseparation.
- Energiutvinning - energiinnehållet i produkten tillvaratas i stället för att produkten deponeras (formellt är det tveksamt om detta verkligen är återvinning).

Statsmakten har för avfallshantering i Sverige uttalat prioriteringen att man i första hand skall återanvända produkter, i andra hand återvinna material och i tredje hand utvinna energi. Direkt deponering bör undvikas och skall successivt minskas [4,5,6,11]. Detta är samma ordningsföljd som man får vid de flesta livscykelanalysstudier (LCA), produktion från jungfrulig råvara är mer miljö- och resursbelastande än från återvunnet material [16,17,18].

3 Återvinning av fjärrvärmerör

För fjärrvärmerör kan man särskilja fyra områden där återvinning kan ske, men som funktionellt är något olika. Det är olika svårt att återvinna material beroende på vilket område som berörs. I ökande svårighetsgrad är områdena:

- Produktionsspill
- Felaktiga produkter
- Spill vidläggning
- Använda fjärrvärmerör

Här beskrivs kortfattat skillnaden mellan dessa fyra områden. Vilka möjligheter man har med de olika material som återtas, diskuteras i avsnittet om materialåtervinning.

Produktionsspill

Produktionsspill är oftast det material som är lättast att återvinna. Det uppkommer vanligen på ett samlat sätt, är i regel rena fraktioner och det finns tillgänglig personal som på ett enkelt sätt kan utbildas för att ombesörja insamlandet. Man vet exakt vilket utgångsmaterial som använts, till exempel vilken stålkalité eller vilken polyol. Detta underlättar och är ibland en förutsättning för det fortsatta arbetet [19,7].

Felaktiga produkter

Färdiga produkter, som på något sätt blivit felaktiga och därför inte kan säljas, uppkommer också på ett samlat sätt. Däremot måste man separera de sammanfogade materialen innan materialåtervinning kan ske.

Spill vidläggning

Vidläggning uppkommer spill, när man kapar rören för att infoga avstick och krökar. Oftast kan den avkapade biten användas för den vidare läggningen av rör efter avsticket eller kröken. Genom god planering kan spillet minimeras. Alltför korta och skadade bitar är dock svåra att använda på detta sätt och blir spill. Ibland kan det också bli längre stycken över. Dessa kan i princip sparas och användas senare, vid andra rördragningar. Dock är hanterings- och lagerhållningskostnaderna ibland så höga, att man inte utnyttjar denna möjlighet utan istället behandlar rördelen som avfall. Totalt rör det sig om någon eller några procent av den totala ledningslängden som blir spill [20]. Vid insamling av spill uppkommer också det sorteringsproblem, som alltid finns i samband med avfall. Många gånger följer allsköns skräp med det insamlade materialet, vilket försvårar återvinningshanteringen [7].

Använda rör

Det egentliga avfallsproblemet uppkommer när fjärrvärmeröret är uttjänt. I nuläget har detta problem knappast hanterats, eftersom merparten av alla fjärrvärmerör som dragits ännu inte hunnit bli uttjänta. De system som hittills tjänat ut har man i allmänhet inte betraktat som avfall som måste tas omhand. De har fått ligga kvar där de ligger.

Gamla rör kan dels vara besvärliga att gräva upp och dels vara svåra att ta hand om beroende på osäkerhet beträffande typ av material.

Två huvudgrupper av gamla rör, som åtminstone tankemässigt bör behandlas olika är:

- rör med CFC-innehållande isolering
- rör utan CFC-innehållande isolering

CFC i gamla fjärrvärmerör, som ligger kvar i marken, kommer till slut att läcka ut till atmosfären, och därmed så småningom bidra till nedbrytningen av ozonskiktet. Enligt Svanström [21] finns det c:a 2000 ton CFC11 i gamla fjärrvärmerör i Sverige. Som jämförelse kan nämnas att det 1996 fanns ungefär 4000 ton CFC11 i polyuretan-isoleringen i gamla kylskåp och frysar i Sverige. Denna freonmängd försöker man ta omhand. Den industrialiserade världen har i Montreal protokollet från 1987, med tilläggsprotokollen från 1990 och 1992, förbundit sig att genomföra en kraftigare minskning av sina utsläpp av ozonskiktsnedbrytande ämnen än utvecklingsländerna. Detta grundar sig i att utvecklingsländerna har mindre ekonomiska resurser och därför bör ges längre tid på sig för avvecklingen av dessa ämnen.

Att aktivt gräva upp alla uttjänta rör, eller att ersätta alla CFC-innehållande rör med nya enbart på grund av CFC-innehållet, skapar dock förmodligen större miljöproblem än man löser. Om rörgravarna ändå öppnas, till exempel för ny rördragning, bör dock CFC-innehållande rör som inte längre används tas omhand [21].

Om det finns någon miljövinst med att ta omhand uttjänta, icke-CFC-innehållande rör, måste bli föremål för fördjupat studium innan man klart kan säga detta.

4 Nuläge vad gäller återvinning av fjärrvärmerör

Denna diskussion behandlar fjärrvärmerör med polyetenmantel och direktskummad polyuretanisolering, vilken är den i särklass vanligaste rörtypen för fjärrvärmedistribution i Sverige [56].

4.1 Återbruk av produkt

Rörbitar, som erhålls vid läggning, återanvänds av ekonomiska skäl redan idag. Den avkapade delen av ett rör, som erhålls när man till exempel skall ha ett avstick eller en krök på röret, flyttas helt enkelt och man använder denna del som fortsättning direkt efter avsticket eller kröken. Delar som blir för små eller, av någon annan orsak inte passar in, blir dock spill. Vid Göteborg Energi kan spillet uppskattas till någon eller några procent av den totala kulvertlängden [20].

Möjligen kan man ytterligare tänka igenom hur läggning skall ske för att ytterligare minska spill samt förändra sådan interndebitering, som leder till att man hellre slänger en överbliven rördel än lagrar den till en kommande rörläggning.

4.2 Power Pipe AB, Sverige

I Sverige har Power Pipe AB påbörjat försök med att erbjuda sina kunder att återta spill från läggning av fjärrvärmerör. Intresset från kunderna är ännu inte överväldigande. Power Pipe menar dock att det är nödvändigt att börja bygga upp denna rutiner inom företaget för att kunna möta kommande marknadskrav. Man har ännu inte färdiga strukturer för hur man ska ta tillvara de olika materialen, men en del idéer om hur det skulle kunna gå till. En svårighet är att det material man återtar inte är rent spill från rör, utan ofta uppblandat med annat avfall. [7, se även bilaga 2]

4.3 Återvinning av fjärrvärmerör vid Lögstör A/S i Danmark

I Danmark har en tillverkare av fjärrvärmerör, Lögstör A/S, våren 1998 startat en anläggning för materialåtervinning av fjärrvärmerör. I anläggningen skalas röret, och polyeten och polyuretan separeras och omhändertas. Felaktiga och skadade rör behandlas. Man kan endast ta om hand nyproducerade rör från sin egen produktion, då den återvinningsmetod som används för polyuretanskummet kräver att polyuretanet har känd formulering. Vad gäller gamla rör är den enda använda metoden att bränna dem i avfallsförbränningsanläggning. Detta är dock ingen generellt använd metod, då inte så många rör tagits upp hittills.

Lögstör deponerade fram till slutet av år 1996 totalt några 100 ton avfall per år. Från år 1998 är det förbjudet att deponera brännbart avfall i Danmark.

Lögstör använder en kemisk metod, glykolys, för återvinning av polyuretanisoleringen. Man återfår en polyol som används i produktionen av nya rör. Metoden är utvecklad av BASF. [25, se även bilaga 3a och 3b].

4.4 Byggbranschen

Byggbranschen i Sverige har påbörjat ett miljöanpassningsarbete, som bland annat innebär försök med rivningsmaterial, som återanvänds till nya byggnader. Miljöanpassningsarbetet är bland annat motiverat av redan fattade riksdagsbeslut om nationella målsättningar för avfallshantering, men också av att man vill vara väl förberedd för stegrade krav i framtiden (se vidare nästa avsnitt, om producentansvar).

Maskinentreprenörerna [22] lyfter fram att regeringens arbetsgrupp i förarbetena till Miljöbalken i sitt slutbetänkande har betonat ansvaret för produkter från "vaggan till graven". Detta innefattar även hur en vara eller produkt ska kunna omhändertas, när den inte längre används. Man diskuterar också att de mål och regler som finns utomlands, bland annat i Tyskland, och som sannolikt kommer påverka den svenska inställningen och skärpa kraven på hanteringen i framtiden.

Problemområden som framkommit i Holland, Tyskland och Danmark i samband med återvinning av rivningsavfall och som måste lösas är [8]:

- kvalitetsnormer för återvunnet byggmaterial
- produktansvar för andrahands byggvaror

Mycket av arbetet inom miljöanpassning inom byggbranschen bedrivs genom Byggsektorns Kretsloppsråd, som beskrivs i avsnittet om producentansvar.

Isoleringsmaterial

Visst intresse har inom byggbranschen ägnats återvinning av isoleringsmaterial. Detta intresse har dock huvudsakligen inriktats mot mineralull, då det är ett vanligt isoleringsmaterial i de byggnader som är aktuella att riva.

I Holland byggde företaget Isover en försöksanläggning för återvinning av glasull som togs i drift 1993. Organiska ämnen avlägsnades genom att isoleringsmaterialet pyrolyserades vid 500°C och det oorganiska restmaterialet användes i tillverkningen [8].

I Sverige har Rockwool AB tagit fram ett system för återvinning av isoleringsspill. Den återvunna isoleringen kallas Rewool [23]. Även Gullfiber har ett återvinningssystem tillsammans med Sellbergs, där man i Stockholmsområdet erbjuder byggtreprenörer att ta hand om byggspill [24].

4.5 Producentansvar

Producentansvar innebär förenklat att den som yrkesmässigt tillverkar, importerar eller säljer en vara - producenten - är skyldig att se till att varan, när den är uttjänt, tas om hand på miljöriktigt sätt. Producentansvar har införts i Sverige i och med att Riksdagen antog Kretsloppspropositionen. Lagen är utformad så att regeringen har bemyndigande att införa producentansvar för avfall från varor där det är motiverat från miljö- och resurshushållningssynpunkt. I nuläget gäller producentansvar för förpackningar av glas, metall, kartong samt även för tidningspapper och bildäck. [4,5,6,61]. Arbetet med producentansvar är inte bara aktuellt i Sverige, utan pågår sedan flera år även i Tyskland [69,70].

En successiv utökning av producentansvaret är att förvänta i framtiden. Riksdagens Kretsloppsdelegation arbetar aktivt för ett utökat producentansvar. I detta arbete har i raskt takt publicerats en rad idérapporter, bland annat översiktsrapporten "Strategi för kretsloppsanpassade material och varor" [64] och "Producentansvar för varor - förslag och idé" [65].

Exakt hur producentansvar ska gälla inom respektive område och vilket ansvar som faller på vilken aktör är fortfarande under diskussion, och lösningarna kan komma att se olika ut för olika områden. Vem som egentligen är producent i fallet när många aktörer är inblandade, är en av de frågor som inte har några generella svar.

Vid diskussion med kansliet för Kretsloppsdelegationen var man mycket försiktig med uttalanden som kan tolkas som löften om den framtida juridiska situationen [63]. I fallet med fjärrvärmerör säger man dock att det inte kan tas som självklart att det endast är den som producerar eller importerar själva röret som kommer att få ansvar, även om det primära målet är att påverka tillverkningen. Den som gräver ned röret i marken, och alltså skapar tjänsten "att transportera varmt vatten", skulle kunna komma att få del i ansvaret. Man betonar dock att hur det i verkligheten kommer att bli är en helt öppen fråga.

Man hänvisade också till att man inom byggsektorn generellt brottas med liknande problem, varför byggbranschen tagit ett eget initiativ för att föregripa bland annat lagar om producentansvar. Man rekommenderade kontakt med Byggsektorns Kretsloppsråd.

Byggsektorns Kretsloppsråd

Osäkerheten i hur lagar om producentansvar ska komma att se ut i komplexa situationer gjorde att byggbranschen 1994 tog ett gemensamt initiativ för miljöanpassning, genom skapandet av Byggsektorns Kretsloppsråd. Kärnidén är "frivilligt miljöansvar istället för producentansvar" [63,66]. Följande information är en kort översikt. En något utförligare beskrivning av arbetet finns tillgänglig via internet på Kretsloppsrådets hemsida [67].

Kretsloppsrådet menar att begreppet producentansvar är svårt att tillämpa i bygg- och fastighetssektorn. Sektorn är uppbyggd av ett stort antal aktörer - byggherrar, fastighetsägare, arkitekter, konsulter, byggtreprenörer, installatörer och andra specialentreprenörer samt byggmaterialtillverkare, leverantörer och distributörer - som alla på olika sätt medverkar i tillkomsten av ett byggnadsverk. I senare skeden påverkas byggnadsverket också av förvaltare, brukare och rivningsentreprenörer.

Man menar det kan vara svårt att peka ut en enskild producent bland sektorns alla aktörer därför att:

- byggnadsverk har lång livslängd, oftast så lång att den ursprungliga producenten (byggherren, materialtillverkaren eller vem det än må vara) kanske inte längre finns kvar när byggnadsverket ska rivas.
- byggnadsverk är uppbyggda av en stor mängd olika produkter som delvis byts ut under byggnadens livslängd.
- det är många intressenter, såväl inom som utanför byggsektorn, som delar ansvaret för skapande, drift, nyttjande och rivning av byggnadsverk.

Hösten 1995 lade Byggsektorns Kretsloppsråd fram en handlingsplan för ett frivilligt miljöansvar för byggvaror [67], som bygger på aktiv samverkan och ett målinriktat åtagande från företag och organisationer inom hela bygg- och fastighetssektorn. Avsikten är att den ska representera en miniminivå av åtgärder för bygg- och fastighetssektorn. Man menar att miljöhänsyn idag är ett konkurrensmedel, och att de enskilda aktörerna inom sektorn ofta sätter tuffare miljömål i sina miljöpolicies och affärsidéer.

5 Återbruk av produkt

De två områden där återbruk av produkt huvudsakligen kan komma till användning - och redan idag tillämpas - är dels de kapade rörbitar som erhålls vid läggningen och dels återbruk av själva stålröret vid felproduktion. Då detta, åtminstone för större dimensioner, är ekonomisk lönsamt, sker det redan idag [7,20].

6 Energiutvinning

Energiutvinning ur avfall sker vanligen genom förbränning. Avfallsförbränning var ursprungligen en metod för volymsreduktion av det avfall som skulle deponeras. Metoden har utvecklats så att tillvaratagandet av energiinnehållet nu är av stor betydelse.

Avfallsförbränning av järn och stål är miljömässigt en mycket sämre hantering än återvinning av metallen. För plastmaterial har förbränning använts då det inte funnits system för att ta hand om materialet. Staten har anvisat materialåtervinning som huvudmetod för återvinning, medan förbränning med energiutnyttjande kan användas när materialet är så uppblandat med annat material att materialåtervinning är mycket svår genomförbar.

Vid förbränning av polymerer bildas vissa mängder av de monomerer, som polymererna är uppbyggda av, och följer med avgaserna från förbränningen. Förbränningen blir ofullständigare ju längre från optimala förbränningsförhållanden man befinner sig. Vid alltför låg temperatur är förbränningen alltid ofullständig. Vid mycket hög temperatur förbränns alla organiska ämnen fullständigt, men då bildas å andra sidan mera kväveoxider.

Det finns även en risk för nybildning av komplexa molekyler vid förbränning. Mest uppmärksammat är bildningen av olika polyklorerade dibensodioxiner (PCDD) och bensofuraner (PCDF) vid förbränning i närvaro av klor. Förbränning av till exempel polyeten tillsammans med hushållsavfall ger därför större risk för bildning av PCDD än om polyeten förbränns separat under optimala förhållanden [27].

Förbränning av komplexa polymerer ger ökad risk för utsläpp av mer komplicerade molekyler, som till exempel PCDD, vid avfallsförbränning. De europeiska branschorganisationerna APME, Exiba och ISOPA har studerat samförbränning av PUR-isolering och isolering av extruderad polystyren från byggsektorn tillsammans med annat hushållsavfall, då misstänksamheten mot avfallsförbränning är mycket stor i delar av Europa [28,29].

En omfattande studie har presenterats, som tyder på att samförbränning av polyuretanavfall och hushållsavfall inte ger värre utsläpp än förbränning av enbart hushållssopor [30]. I denna studie har man också undersökt motsvarande samförbränning av extruderad polystyren.

Mängden freon i PUR-avfall minskades med mer än 99%, när PUR-avfallet förbrändes. Reduktionen varierade något med vilken sorts freon det var frågan om samt med förbränningstemperaturen.

Vid förbränning bryts de freoner ner, som använts som blåsgaser i PUR-skummet. Förbränningsprodukterna från freonerna är fluor och fluorväte, respektive klor och klorväte. Fluor kommer huvudsakligen att återfinnas som fluorvätesyra i avgaserna från pannan. Fluorvätesyra är en giftig och korrosiv gas. Man bedömer dock att den avgasrening, som fanns på de förbränningsanläggningar där försöken gjordes, klarade detta utan problem.

Då det redan finns mycket klor i hushållsavfall, medförde inte tillförseln av PUR med klorhaltiga blåsgaser att klormängden i det förbrända avfallet ökade i någon större utsträckning. Bildning av PCDD och PCDF visade inte någon signifikant ökning.

Brom från bromerade flamskyddsmedel i de PUR-skum och skum av extruderad polystyren som förbrändes, bidrog till ett starkt ökat bromflöde i förbränningsanläggningen. Merparten av tillförd brom återfanns i avgaserna. Man fann ingen påtaglig ökning av bromhalten i aska, slagg eller flygaska. Detta tyder på att de bromerade flamskyddsmedlen frigörs från isolerskummet när de introduceras i avfallsugnen och förbränns i gasfas. Polybromerade dibensodioxiner (PBDD) och polybromerade dibensofuraner (PBDF) återfanns i avgaserna, men nära detektionsgränserna. PUR för isolering av fjärrvärmerör innehåller normalt inte bromerade flamskyddsmedel på det sätt som PUR-skum i byggnadsisolering gör, då brandrisken är relativt liten för fjärrvärmerör nedgrävda i mark.

En nyutvecklad metod, framtagen av Bremer Steelworks i Tyskland för omhändertagande av blandat plastavfall, är att använda avfallet som reduktionsmedel vid stålframställning. Plastavfallet kan ersätta upp mot 30% av den kol eller olja, som annars används som reduktionsmedel [31].

The European Isocyanate Producers Association (ISOPA) framhåller i ett informationsblad att förbränning av olika polyuretanavfall är en miljömässigt god affär [28], eftersom man efter att ha utnyttjat oljeråvaran som produkt under en viss tid, på detta sätt även kan utnyttja energiinnehållet. Framförallt framhåller ISOPA förbränningens förträfflighet, när kemisk eller fysisk återvinning inte är "praktiskt" ur teknisk eller ekonomisk synpunkt.

En studie av ICI Polyurethanes, där man använt LCA-perspektiv, visar att materialåtervinning av polyuretan, om det är möjligt, miljömässigt är att föredra framför förbränning tillsammans med hushållsavfall [18]. Løgstør Rør A/S i Danmark har byggt en fullskaleanläggning för glykolys av PUR, och kommer inte längre att förbränna PUR-avfall [25, bilaga 3].

7 Materialåtervinning

Det finns idag industriellt tillgängliga återvinningssystem för polyeten och stål, även om de i nuläget inte kan användas för allt tillgängligt restmaterial. Vad gäller PUR finns system i drift för att ta omhand CFC i PUR-isolering från kylskåp, men idag finns i Sverige inga system i drift för materialåtervinning av själva polyuretanskummet.

7.1 Polyeten från mantelrör

Kunskapen om materialåtervinning ur plastavfall är begränsad i Sverige. Idag återvinns endast c:a 10% av allt plastavfall i Sverige, varav det mesta är produktionsspill. Produktionsspill uppkommer ofta som rena, homogena flöden och kan därför många gånger lätt återföras direkt till produktionen [19,17]. Så sker idag till exempel med produktionsspill av polyeten vid Power Pipes produktion [7].

De mer uppblandade flöden man får vid materialåtervinning från använda produkter eller spill vid läggning är svårare att hantera. Den exakta kvalitén hos denna insamlade polyeten är oftast inte känd, vilket gör det svårt att göra produkter med höga kvalitetskrav. Ofta sänds sådant material till förbränning under energiutvinning, men en möjlighet är att återanvända materialet i produkter med lägre kvalitetskrav än den ursprungliga [32,7].

Återvinning av plaster i allmänhet och polyeten i synnerhet är dock inte omöjlig. Återvinning av polyeten från hushållsavfall diskuterades redan 1988 vid konferensen *Plastics Recycling '88* i Köpenhamn [33]. En genomgång av flera utländska företag, verksamma inom området plaståtervinning, finns i en rapport från REFORSK [32]. Där konstateras att det finns avsättning för återvunnen polyeten, men även för blandplaster av vilka man kan göra "grövre" produkter. Hur plaståtervinning hanteras i USA respektive i Italien, med branschstruktur och användningsområden, finns beskrivet i rapporter från Sveriges tekniska attachéer [34,35].

Fungerande återvinning av plaströr av polyvinylklorid (PVC), polyeten och polypropen finns i Holland, Tyskland och Danmark, och svenska tillverkare börjar nu följa efter. De svenska rörtillverkarna Davinyl, Mabo och Wawin startade under 1996 försök med ett gemensamt återvinningssystem för plaströr, i samarbete med rörgrossistföreningen [36].

Materialåtervinning av polyeten från mantelrör för fjärrvärmerör är därför knappast omöjlig, men det måste för närvarande ske för användning i andra produkter än mantelrör för fjärrvärmerör. Återvunnet material får inte användas för nya mantelrör, då den europeiska standarden för rör i underjordiska hetvattensystem, EN253, av kvalitetsskäl kräver att sådana rör tillverkas av nyframställd polyeten. Man kan dock tillåta en inblandning av eget, rent produktionsspill av polyeten på maximal 15% [57]. Den europeiska standarden är när denna rapport skrivs, föremål för revision, men det finns nu inga planer att ändra just denna del av standarden [58]. En förändring av

denna standard i riktning mot att ställa kvalitetskrav på funktionen hos den färdiga produkten i stället för på vilket material som används skulle kunna öppna vägen för ökad materialrecirkulation.

7.2 Stålrör

För skrot har det länge funnits en återvinningshantering, eftersom det finns ett ekonomiskt incitament att återvinna skrot [37,38]. Skrotbaserad metallproduktion belastar normalt miljön betydligt mindre än produktion från primär råvara [16]. En översikt av möjligheter till återvinning av metaller ges av Kaplan och Ness i artikeln "Recycling of metals" [39].

7.3 Koppartråd / larmtråd

Koppar är en metall som, i de flesta tillämpningar har en lång brukstid. Därför finns mycket koppar i bruk i industrisamhället. Detta riskerar i framtiden att bli ett allvarligt miljöproblem, om inte koppar tas om hand och återvinns [40].

I fjärrvärmerör med larmtråd av koppar, bör denna alltså tas omhand för återvinning, även om tråden är en mycket liten andel av den totala mängden material. För rent kopparskrot finns en relativt utbyggd återvinningshantering [39].

7.4 Polyuretan

Produktionsspill av PUR har tidigare gått till deponi om inte kommunens avfallshandling varit inriktad på söfbränning. På senare tid har allt mer avfall av polyuretanskum sänts till förbränning, dels för att det tar stor plats i deponier och dels för att utnyttja energiinnehållet. Ett mål är att övergå till materialåtervinning. BASF har utvecklat metoder för återvinning av PUR via glykolys, och startat en återvinningsanläggning i USA under hösten 1997 [62]. I Danmark har Lögstör A/S under våren 1998 tagit i drift en fullskaleanläggning för glykolys av PUR från fjärrvärmerör [7,25, bilaga 3].

Materialåtervinning av polyuretan är att föredra både enligt de målsättningar riksdagen har satt upp [4,5,11] och enligt en LCA-studie från miljöavdelningen hos ICI Polyurethanes [18]. ICIs studie tyder på att materialåtervinning i closed-loop är den från miljösynpunkt bästa lösningen. Här står återvinning i closed-loop i motsats till återvinning i open-loop, vilket innebär att materialet återvinns till en annan produkt med lägre kvalitetskrav hos materialet (även kallat "down-cycling"). ICI framhåller vikten av att redan på design- och produktionsstadiet ta hänsyn till återvinningsmöjligheten.

Möjliga metoder för återvinning av polyuretan

Idag finns det flera tillgängliga återvinningsmetoder för polyuretanmaterial och ytterligare några metoder är under utveckling. Av de metoder, som är i bruk idag, är några knutna till speciella tillämpningar.

Tillgängliga metoder för materialåtervinning av polyuretan anges nedan [41,42,43]. De två första är inte användbara för återvinning av styv polyuretanisolering, men beskrivs för att ge en överblick av området återvinning av polyuretanprodukter. Den första metoden, återbindning, kan dock vara intressant för framtiden då flexibla distributions-system för fjärrvärme är under stark utveckling.

- Återbindning (Rebonding)
- Pressgjutning (Compression moulding)
- Limpressning (Adhesiv pressing)
- Pulverisering (Regrind/Powdering)
- Kemolys
- Råvaruåtervinning ("Feedstock recovery"; under utveckling).

Tabell 1 Hur olika polyuretanmaterial återvanns, återanvändes eller förbrändes i Västeuropa. Beräknade värden för år 1995 [43].

Återvinningsmetod	ton per år	
Återbindning av flexibel polyuretan	25 000 60 000	(i Västeuropa) (transp till USA för återvinning)
Pressade boardskivor	4 000	
Glykolys	2 000	
Pulverisering	1 000	
Energiutnyttjande vid kommunal avfallsförbränning	8 000	
Annat energiutnyttjande	1 000	
Summa	100 000	

Återbindning [41,44,45]

Återbindning (Rebonding) är en metod som används för flexibelt polyuretanskum. Man klipper upp restskummet till mindre delar och tillför ny polyuretan, som binder ihop allt till en ny, flexibel produkt, som vanligen har något högre densitet än man kan uppnå vid produktion från färsk råvara. Omkring 25'000 ton av denna sorts flexibla polyuretanprodukter tillverkas årligen i Europa, och ytterligare 60'000 ton flexibelt polyuretanavfall skeppas årligen till USA. I USA finns en stor marknad för underlägg till heltäckningsmattor där produkter av återbunden polyuretan har överlägsna prestanda.

Pressgjutning [41,46]

Pressgjutning (Compression moulding) har använts inom bilindustrin. Då metoden enbart hanterar konstruktionsplast av polyuretan (reaction injection moulded polyurethanes, RIM) är den inte intressant för fjärrvärmerör. Metoden beskrivs för att ge en överblick av området återvinning av polyuretan-produkter.

De delar som tillverkats av RIM kan även tillverkas genom pressgjutning av nermalad återvunnen RIM med bibehållen kvalitet. De nya produkterna kan tillverkas till 100% av återvunnet material. Pressgjutna bildelar tillverkas dock inte längre, huvudsakligen av ekonomiska skäl.

Limpresning [41,42,47]

Limpresning fungerar ungefär som återbindning, men kan användas även för återvinning av styv polyuretanplast. Det material som skall återvinnas granuleras eller mals till pulver och blandas med en isocyanat (MDI) eller något polyuretansystem som bindemedel. Under förhöjt tryck (20-200 bar) och temperatur (upp till 200°C) formas sedan boardskivor eller någon mer komplicerad form i ett gjutblock.

Produkten används till exempel i köksinredningar och i segelbåtar, eftersom materialet påverkas mycket lite av vatten.

För återvinning av PUR från fjärrvärmerör skulle denna metod innebära att det återvunna materialet skulle avsättas för annan användning, med lägre materialkrav. Den innebär alltså en form av "down-cycling".

Pulverisering [41,42, 48,49]

Metoden pulverisering (regrind/powdering) syftar till att skapa finfördelat pulver av det polyuretanmaterial man vill återvinna. De enskilda partiklarna har en storlek av 0,05-0,2 mm. Detta pulveriserade material används som fyllmedel i nya polyuretanprodukter. Man har använt 10-15% pulveriserad återvunnen polyuretan i till exempel mjuka dynor i bilstolar och RIM-delar till bilar. Vid finmalning av polyuretan måste man ta hänsyn till risken för pulverexplosioner.

Det kan vara problem med kompatibiliteten mellan det iblandade pulvret och den nytillverkade polyuretanen, varför metoden inte alltid är så lättanvänd. Om dessa problem kan lösas är pulverisering en möjlighet att ta hand om både produktionsspill och polyuretan i avfall, och genom återföring ersätta en del av den färska råvaran.

Det är tveksamt om inblandning av pulveriserad återvunnen polyuretan i PUR-isolering skulle kunna ske utan försämring av isoleringsförmågan. Återvunnen, nermalad PUR från fjärrvärmerör skulle därför användas i andra tillämpningar, med lägre materialkrav. Den innebär alltså åter en form av "down-cycling".

Kemolys [41,50,51,52,53]

Kemolys (Chemolysis) innebär i detta fall att polymeriseringsprocessen drivs baklänges. Aktuella kemiska metoder är hydrolys, aminolys och glykolys. Hydrolys anger att det är en reaktion mellan ett ämne och vatten. Man använder sig i detta fall av en reaktion vid förhöjd temperatur och tryck. Vid hydrolysen får man tillbaka polyolen och de tidigare använda diisocyanaterna bildar diaminer.

Aminolys innebär att polyuretanen får reagera med aminer under förhöjt tryck och temperatur. Denna metod befinner sig på försöksstadiet.

Glykolys är den mest studerade metoden. Vid glykolys får polyuretanen reagera med dioler vid en temperatur runt 200°C. Man återfår då polyolen, som är den viktsmässigt största delen av ett polyuretanskum. Isocyanatdelen återvinns inte med denna process. Den återvunna polyolen kan sedan användas för ny produktion av PUR. Den inkommande polyuretanen bör vara av känd sammansättning om man ska få en definierad polyol. Processen lämpar sig bättre för produktionsspill än blandat post-konsumentavfall.

Försök med glykolys har en tid pågått i försöksskala, och det finns nu kommersiella anläggningar i drift i USA och Europa [62, 25, bilaga 3].

Råvarutvinning [54,31]

Råvaruutvinning, "feedstock recovery", är en metod under utveckling. Genom pyrolys, behandling med syrgas eller hydrering överförs polymererna till kolväten från vilka nya polymerer kan byggas upp med hjälp av traditionella syntesmetoder.

Den stora möjligheten ligger i att man kan behandla blandade polymera avfall. Ett långsiktigt mål är att helt slippa separation av de olika plasttyperna. I nuläget verkar det som om den för polyuretanavfall mest lämpade processen är framställning av syntesgas genom upphettning och tillförsel av syrgas.

8 Rör av asbestcement

Fram till det att riskerna med asbest uppmärksammades, byggdes distributionssystem för fjärrvärme isolerade med mineralull och ett skyddande rör av asbestcement, ACE-kulvert [59]. Ungefär 10% av Sveriges totala distributionsnät för fjärrvärme utgörs av ACE-kulvert, varav merparten byggdes före 1975 [56].

En preliminär bedömning är att dessa kulvertsystem av hälsoskäl inte bör röras alls, om det inte är helt nödvändigt. Om dessa kulvertar av någon orsak ändå behöver grävas upp, skall detta ske med största försiktighet och under iakttagande av Arbets- och miljöskyddsstyrelsens regler för asbestarbete [55]. Det omhändertagna materialet behandlas som annat asbestavfall, dvs deponeras under betryggande former. Försök till återvinning av materialet bör inte ske.

Asbestcementrör är farligt avfall och skall överlämnas till renhållningsansvarig i kommunen. Det asbesthaltiga materialet måste plastas in före transport. Denna hantering bör helst skötas av saneringsbolag. Materialet slutomhändertas genom deponering i avgränsade områden på deponiplatser, vilka utmärks med varningstext på kartor för att undvika att man i framtiden utför gräv- eller schaktarbeten i dessa områden [60].

Det finns i Sverige även betongkulvert för fjärrvärmedistribution där asbest inte inblandats i materialet [56,59]. Denna kulverttyp är vid hantering inte behäftad med de hälsoproblem som finns för ACE-kulvert.

9 Diskussion och slutsats

Målet "ett långsiktigt uthålligt samhälle" kommer att kräva en omfattande omställning av den materialhantering, som kan vara aktuell för olika produkter och tjänster. I första hand skall naturligtvis de mest miljöpåverkande faktorerna åtgärdas, men på sikt måste all icke uthållig resurshantering åtgärdas.

Inom överskådlig tid kommer drivkrafterna för miljöanpassning sannolikt inte att avmattas. Utveckling av miljöledningssystem inom företag, kundkrav och politiska beslut om producentansvar kommer att vara drivkrafter mot miljöanpassning. För att behålla sina positioner på marknaden måste företag förbereda sig för framtiden, samtidigt som de möter dagens krav.

För att fjärrvärmebranschen ska kunna behålla sitt goda miljörykte måste branschens aktiva miljöarbete fortsätta, och successivt ta sig an fler och fler områden. Miljöanpassning av fjärrvärmerör är ett sådant område.

Byggbranschen har tagit ett branschgemensamt initiativ för miljöanpassning och omhändertagande av restprodukter. Byggbranschen tog detta initiativ för att undvika ett lagreglerat producentansvar, vilket man tror skulle bli alltför oflexibelt för att kunna fungera på ett bra sätt inom den komplexa byggsektorn. Byggbranschen utmärks bland annat av att det går mycket lång tid från investeringen och produktionen av en byggnad till dess det är aktuellt med rivning och resthantering.

Investeringar i fjärrvärmerör är på likartat sätt långsiktiga investeringar, även om färre aktörer är inblandade än inom byggbranschen. Sannolikt vore det bra om fjärrvärmebranschen tog ett liknade initiativ, som byggbranschen redan tagit, vad gäller miljöansvar för fjärrvärmerör.

Prioriteringsordningen för omhändertagande av restprodukter är

- 1) Återbruk av produkten
- 2) Materialåtervinning
- 3) Energiutvinning
- 4) Deponering om inget annat är möjligt

Vad gäller PUR-isolerade fjärrvärmerör är direkt återbruk av uttjänta rör knappast möjlig. Däremot bör man fortsätta att studera läggningsskeden för att se om det är möjligt att ytterligare minska läggningsspill och öka utnyttjandet av uppkomna spillbitar.

Det finns goda möjligheter för materialåtervinning av både stålrör och polyetenrör. För polyuretanisoleringen finns många möjligheter till materialåtervinning, men få helt färdiga tekniska lösningar.

I Danmark använder sig Lögstör av en utrustning som på ett enkelt sätt avlägsnar och separerar polyetenröret och PUR-isoleringen från stålröret i fjärrvärmerör.

Polyetenmaterialet sänds till ett återvinningsföretag, stålroret återanvänds och PUR-materialet materialåtervinns delvis genom glykolys till ny polyol, vilken återförs i Lögstörns tillverkningsprocess. Lögstörn menar att hanteringen är lönsam, när alla komponenter tas omhand. Nackdelen med processen är framför allt att endast PUR med välkänd formulering kan återvinnas på detta sätt, varför endast rör från Lögstörns egen produktion tas emot.

En liknande hantering bör byggas upp i Sverige, men utvidgas så att den kan hantera feltillverkade rör, läggningsspill och omhändertagande av gamla rör. Vilken process som skall användas för omhändertagande av den återtagna polyuretanisoleringen bör dock bli föremål för vidare studier, så att om möjligt olika sorters polyuretan kan hanteras.

Vad gäller polyetenröret kan det ifrågasättas om normen i EN253 att maximalt 15% rent eget produktionsspill får användas i nyproduktionen verkligen är rimlig. Idag omöjliggör kvalitetskraven i EN253 helt utnyttjande av återvunnen polyeten. Det borde undersökas, om inte normen skulle ställa kvalitetskrav på egenskaper hos röret snarare än enbart specifikation av material. Om kvalitetskraven kan uppfyllas med återvunnen polyeten, vore återanvändning sannolikt att föredra från miljösynpunkt.

För att på ett bra sätt kunna bedöma olika miljöåtgärder skulle det vara av värde att genomföra LCA-studier av fjärrvärmerör - studium av miljöbelastning från ingående material, tillverkning av rör, läggning, användning och olika resthanteringsscenarier. Detta skulle ge bättre underlag vid beslut om framtida inriktning av fjärrvärmebranschens miljöarbete.

Hanteringen av gamla fjärrvärmerör bör studeras. Sannolikt är det inte relevant att gräva upp och ta omhand gamla fjärrvärmerör enbart med motivet att materialåtervinna dem. Om rörgraven ändå grävs upp, t ex för att lägga nya rör, och man på ett enkelt sätt kan komma åt den gamla installationen, kan det dock vara av intresse. Miljökonsekvenser av detta bör utredas vidare.

Frågan om freoner i gamla fjärrvärmerör förtjänar speciell uppmärksamhet. Om gamla rör med freoninnehållande isolering tas omhand, bör PUR-isoleringen hanteras så att så ringa mängd freon som möjligt frigörs. Sannolikt är det då bäst att bränna PUR-skummet.

På lite längre sikt är även frågan om övergång från fossila till förnybara råvaror aktuell. Utvecklingen av polyoler baserade på förnybara råvaror bör följas.

Kulvert av asbestcement, ACE-kulvert, bör hanteras med stor varsamhet. En preliminär bedömning är att dessa kulvertsystem av hälsoskäl inte bör röras alls, om det inte är helt nödvändigt. Om dessa kulvertar av någon orsak ändå behöver grävas upp, skall detta ske med största försiktighet. Försök till återvinning av materialet bör inte ske.

10 Liten ordlista

Asbest	Ett silikatmineral varav det finns flera varianter. Inandning av asbestdamm kan ge upphov till sjukdomen asbestos.
Aminolys	En kemisk process där en bindningar bryts upp, liknade vad som sker i som hydrolys (se detta ord), men med andra kemiska ämnen (amin).
CFC	Förkortning av Chloro-Fluoro-Carbons, dvs kemiska ämnen innehållande enbart klor, fluor och kol. Dessa ämnen kallas även freoner (se detta).
Cyklopentan	Ett ringformat kolväte som innehåller fem kolatomer, idag ofta använt som blåsmedel för polyuretan.
Diol	Ett ämne som innehåller två hydroxyl-grupper. Ämnen som innehåller fler hydroxyl-grupper kallas polyoler.
Down-cycling	En beteckning på materialåtervinning där materialet inte återanvänds till samma produkt, utan används i en produkt med lägre materialkrav än den tidigare.
Freoner	Du Ponts handelsnamn på CFC, en grupp mycket stabila molekyler. Bidrar till nedbrytning av det stratosfäriska ozonskiktet som skyddar jorden mot UV-strålning samt ger även bidrag till växthuseffekten, och utgör därför ett allvarligt miljöproblem.
Glykolys	En kemisk process där bindningar bryts upp, liknade vad som sker i som hydrolys (se detta ord), men med andra kemiska ämnen (i detta fall en glykol).
Hydrolys	En kemisk process där bindningar bryts i samband med reaktion med vatten. Därigenom kan en polymerkedja splittras upp.
Isocyanat	En isocyanat är en molekyl som innehåller NCO - grupper. Det är via dessa grupper som bindningar till polyolen kan uppkomma och skapa polyuretan-polymeren.
Monomer	De enheter som en polymer är uppbyggd av.
Polyeten	En polymer uppbyggd av monomeren eten.
Polymer	En molekyl, oftast mycket stor, uppbyggd av många upprepade likadana enheter (monomerer).
Polyol	En polyol är en molekyl som innehåller flera hydroxylgrupper (-OH). Det är via dessa grupper som bindningar till isocyanater kan uppkomma och skapa polyuretanpolymeren. Det finns många olika typer av polyoler. Vid produktion av polyuretan kan man variera slutprodukten egenskaper genom val av polyol.
Polyuretan	En polymer uppbyggd av två olika repeterande enheter, isocyanat och polyol.
PVC	En polymer uppbyggd av monomeren vinylklorid.
Pyrolys	Upphettnings utan närvaro av syre, varvid större molekyler sönderdelas till mindre molekyler.

11 Referenser

- [1] Dietl, Thomas (1996). Framgång som värmer - Fjärrvärmeföreningen får Stora Energipriset 1996. Dagens Industri 1996-11-10.
- [2] Robèrt, Karl-Henrik (1995). Den Naturliga Utmaningen. Ekerlids Förlag, Stockholm 1995.
- [3] Sundbom Ridderstråle, Ulrika (1996). Life Cycle Assessment in Marketing - A Survey of the Present Situation. Rapport nr 1996:12, Teknisk Miljöplanering, Chalmers tekniska högskola.
- [4] Regeringens proposition 1992/93:180 om riktlinjer för en kretsloppsanpassad samhällsutveckling.
- [5] Mitt i kretsloppet, om Naturvårdsverkets arbete med kretslopp och producentansvar (1995). Naturvårdsverkets förlag, Stockholm.
- [6] Ett Miljöanpassat Samhälle - Naturvårdsverkets aktionsprogram (1993). Naturvårdsverket rapport 4234.
- [7] Johansson, Göran; Power Pipe AB, Göteborg (1997). Personlig kommunikation. Se bilaga 2.
- [8] Sigfrid, Lotta (1993). Bygg- och rivningsavfall i Holland, Tyskland och Danmark. Rapport från Institutionen för Byggnadsekonomi, Tekniska Högskolan i Lund - Lunds Universitet.
- [9] Bergström, Mattias (1995). En studie av EMAS och hur det införs på ett produktionsinriktat företag. Examensarbete vid Kemisk Miljövetenskap, Chalmers tekniska högskola.
- [10] Agenda 21 - en sammanfattning. UNCED-biblioteket Volym III (1993). Miljö- och naturresursdepartementet, Regeringens offsetcentral.
- [11] Regeringens proposition 1993/94:111. Med sikte på en hållbar utveckling. Genomförande av besluten vid FN:s konferens om miljö och utveckling - UNCED.
- [12] Jobin, Bengt (1990). Industrins syn på avfallshanteringen. Industri och kommuner i samverkan för att lösa framtidens avfallsproblem? i: Jonas Norrman (red) Avfallshantering i förändring, Allmänna förlaget, Stockholm 1990.
- [13] Holmberg, John (1995). Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability. Doktorsavhandling, Institutionen för Fysisk Resursteori, Chalmers tekniska högskola.
- [14] Dahlke, B., Larbig, H., Ruediger, P. and H.D. Scherzer (1997). Natural Fibre Reinforced Foams Based on Renewable Resources for Automotive Interior Applications. Polyurethanes World Congress 1997, Amsterdam.
- [15] Chang, L-C., Li, Y., Hsieh, F-H. and B. Turner (1997). Properties of Water-Blown Polyurethane Foams Containing Defatted Soy Flour. Polyurethanes World Congress 1997, Amsterdam.
- [16] Goldstein, Berit (1996). Materialflöden i samhället: redovisning till regeringen del 2. Naturvårdsverket rapport 4504.
- [17] Plaster. Materialflöden i samhället: redovisning till regeringen del 2 (1996). Naturvårdsverket rapport 4505.

- [18] Kotaij, Shpresa (1996). The Value of Life-Cycle Assessment in Environmental Management: Chemically Recyclable Polyurethane Foam. Artikel från ICI Polyurethanes International Environmental Affairs presenterad vid SETAC LCA Case Study Symposium, december 1996.
- [19] Nordberg, Sten (1994). Resursutvinning ur plastavfall. Avfallsforskningsrådet - AFR:51.
- [20] Ahlgren, Jan; Göteborg Energi (1997). Personlig kommunikation.
- [21] Svanström, Magdalena (1996). Accumulated CFC-11 in polyurethane foam insulation: an estimate of the total amount in district heating installation in Sweden. *Int. J. Environment and Pollution*, Vol 6, Nos 2/3.
- [22] Maskinentreprenörerna, Stockholm (1994). Regler och teknik. Återvinning och hantering av bygg- och rivningsavfall.
- [23] Jibréus, M (1996). Rockwool först med lokal återvinning. *Aktuell isolering*, nr 3, mars 1996.
- [24] Allt lättare för byggarna att bli av med isolerspill (1997). *Gullfiber isolerat*, nr 1, 1997.
- [25] Amby, Leif; Lögstör Rör A/S (1997). Personlig kommunikation. Se bilaga 3.
- [26] Referens nummer 26 finns ej med i rapporten.
- [27] Peterson, Göran (1997). *Kemisk Miljövetenskap*, 3:e upplagan. Kursbok utgiven vid Kemisk Miljövetenskap, Chalmers tekniska högskola.
- [28] Recycling Polyurethanes (1997). Informationsbroschyr utgiven av ISOPA. [8-97-COMBUS-0032-REP].
- [29] Energy Recovery. Fact Sheet (mars 1997). Faktablad utgivet av ISOPA. [03-97-REC.-0026-FACT SHEET].
- [30] Vehlow, J. and F.E. Mark (1995). Co-combustion of Building Insulation Foams with Municipal Solid Waste. Rapport från APME, Exiba och ISOPA.
- [31] Feedstock Recycling. Fact Sheet (december 1996). Faktablad utgivet av ISOPA. [12-96-REC.-0018-FACT SHEET].
- [32] Olofsson, G., Spång, Y., och N. Holmberg (1989). Utsortering av industri- och byggplast genom källsortering. Stiftelsen REFORSK FoU-rapport nr 42.
- [33] *Plastics Recycling '88* (1988). Köpenhamn.
- [34] Bengtsson, Peggy (1992). Återvinning av plast i USA. Utlandsrapport från Sveriges tekniska attachéer 9208.
- [35] Leideman, Christina (1994). Återvinning av plast i Italien: branschstruktur och användningsområden. Utlandsrapport från Sveriges tekniska attachéer 9403.
- [36] Åström, E (1996). Återvinningsvågen böljar vidare: Gamla plaströr blir som nya. *Byggindustrin*, nr 31.
- [37] Stålbyggnadsinstitutets nyheter (1996). Stål - 100 procent återvinningsbart.
- [38] Ullman, E (1992). Skrot - en oumbärlig råvara. *Teknik & Standard*, nr 2, 1992.
- [39] Kaplan, R. and H. Ness (1987). Recycling of Metals (review article no 13). *Conservation & Recycling* 10, nr 1, sid 1-13.
- [40] Azar, C., Holmberg, J. and K. Lindgren (1995). Socio-ecological indicators for sustainability, i [13].
- [41] Bastian, C (1993). Polyurethanes Recycling in Perspective. Polyurethanes World Congress 1993, Vancouver.

- [42] Wiegand, E., Rasshofer, W., Herrmann, M., Nakamura, M. and G.F. Baumann (1993). Recycling of polyurethanes Put into Practice. Polyurethanes World Congress 1993, Vancouver.
- [43] Options in Practice. Fact Sheet (mars 1997). Faktablad utgivet av ISOPA. [03-97-REC.-0028-FACT SHEET].
- [44] Quinlan, J (1994). Recycling Polyurethanes in the '90s. 35th Annual Polyurethane Technical/Marketing Conference, october 9-12 1994, Boston, Massachusetts.
- [45] Rebonded Flexible Foam. Fact Sheet (august 1997). Faktablad utgivet av ISOPA. [03-97-REC.-0025-FACT SHEET].
- [46] Compression Moulding. Fact Sheet (mars 1997). Faktablad utgivet av ISOPA. [11-96-REC.-0015-FACT SHEET].
- [47] Adhesiv Pressing and Particle Bonding. Fact Sheet. (augusti 1997) Faktablad utgivet av ISOPA. [08-97-REC.-0022-FACT SHEET].
- [48] Mitchell, C., Patel, S., Venkatasanthanam, S. and F. Shutov (1996). Pulverized Polyurethane Foam Waste as a Reinforcing Agent for PUR Foams. Proceedings of the Polyurethanes EXPO'96, Las Vegas, Nevada.
- [49] Regrind/Powdering. Fact Sheet (augusti 1997). Faktablad utgivet av ISOPA. [08-97-REC.-0027-FACT SHEET].
- [50] Shin, S.H., Tae, B.S. and J.H. Chun (1996). Recycling by Glycolysis and It's Effects on Foam Properties. Proceedings of the Polyurethanes EXPO'96, Las Vegas, Nevada.
- [51] Naber, B., Neiss, V. and M. Gassan (1996). The Application of Polyurethane- and Polyisocyanurate-Glycolysates. Proceedings of the Polyurethanes EXPO'96, Las Vegas, Nevada.
- [52] Kerscher, J., Schwager, H., Rasshofer, W. and R. Pfefferkorn (1996). Chemical Recycling of an All-Polyurethane Instrumental Panel - Industrial Realisation. Utech'96: The International Polyurethane Industry Conference and Exhibition, The Hague, The Netherlands.
- [53] Chemolysis. Fact Sheet (mars 1997). Faktablad utgivet av ISOPA. [03-97-REC.-0023-FACT SHEET].
- [54] Hicks, D.A., Soderberg, D.J., Winter, J.D. and H. Cantero (1996). Impact of Rigid Polyurethane Post Consumer Waste on the Texaco Gasification Process. Utech'96: The International Polyurethane Industry Conference and Exhibition, The Hague, The Netherlands.
- [55] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1984:6. Asbest.
- [56] Fjärrvärmeföreningen (1997). Kulvertskadestatistik 1995 och 1996. Sammanfattning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska energiföretag. FVF1997:18.
- [57] Standard EN253. Preinsulated bonded pipe systems for underground hot water networks - Pipe assembly of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.
- [58] Draft revision of EN253. 1997-10-08.
- [59] Fredriksen, Svend och Sven Werner (1993). Fjärrvärme - teori, teknik och funktion. Studentlitteratur, Lund, Sverige.
- [60] Renhållningsverket i Göteborg, Sverige. (1997). Muntliga uppgifter.

- [61] Naturvårdsverket (1996). På väg mot producentansvar? Naturvårdsverkets rapport 4519.
- [62] You, K.K., Durocher, D.T., Kierkus, P.Ch. och T.L. Fishback (1997). Chemical Recycling of Polyurethanes and Applications for the Recyclates. Polyurethanes World Congress 1997. Amsterdam, The Netherlands.
- [63] Anderson, Charlotta, Kansliet för Riksdagens Kretsloppsdelegation, 08-4051000 (1998). Muntliga uppgifter.
- [64] Kretsloppsdelegationen (1997). Strategi för kretsloppsanpassade material och varor.
- [65] Kretsloppsdelegationen (1998). Producentansvar för varor - förslag och idé.
- [66] Witalis, Karin, Kansliet för Byggsektorns Kretsloppsråd (1998). Muntliga uppgifter.
- [67] Material från hemsidan för Byggsektorns Kretsloppsråd (1998-10-15): <<http://www.kretsloppsradet.com>>.
- [68] Jönsson, Åsa (1998). Life Cycle Assessment of Building products, Case Studies and Methodology. Doktorsavhandling, Avdelningen för Teknisk Miljöplanering, Chalmers Tekniska Högskola.
- [69] Carlsson, Helene (1996). Tur och retur - kretslopp och producentansvar i Tyskland. Utlandsrapport från Sveriges tekniska attachéer Tyskland 9601.
- [70] Mattsson, Susanne (1993). Det tyska kretsloppssamhället. Utlandsrapport från Sveriges tekniska attachéer Tyskland 9305.

Byggbranschen i Sverige - kontakt med BFR

Byggbranschen i Sverige arbetar med återvinning av byggnadsmaterial. För att undersöka om det finns något som kunde beröra området fjärrvärmerör togs på förslag av Gunnar Nilsson kontakt med Conny Rolén vid Byggeforskningsrådet (BFR).

Enligt Conny Rolén pågår det en hel del arbete runt miljövärdering av byggnader. Han arbetade dock för nuvarande inte med något projekt, som behandlade återvinning av olika material så konkret som det var frågan om här.

Enligt Birgitta Hässler, som arbetar hos BFR med projekt runt Miljö och Material handlar pågående projekt huvudsakligen om bedömning av återvinningsmöjligheter hos befintliga byggnader/rivningsobjekt. Detta arbete leds av Göran Svensson vid Centrum för Produktrelaterad Miljöanalys. Birgitta Hässler kände inte till något arbete specifikt om materialen polyeten, PUR eller stål. Arbetet som bedrivs just nu är i huvudsak inriktat på en mer övergripande nivå. BFR bedriver inte heller för nuvarande något forskningsarbete runt underjordiska installationer. Visst arbete inom området återanvändning och återbruk av byggmaterial har dock utförts tidigare av Lotta Sigfrid vid SYSAV. Lotta Sigfrid har slutat på SYSAV, men det finns en Reforsk rapport, FoU 112, om detta arbete.

Vid sökning i Chalmers biblioteksdatabas hittades en rapport rörande återvinning av byggmaterial i Holland, Tyskland och Danmark [8] av Lotta Sigfrid samt en innehållsmässigt närliggande rapport från branschorganisationen Maskin-entreprenörerna [22]. Kort sammanfattning av dessa båda rapporter ges nedan.

Sigfrid: Rivningsavfall i Holland, Tyskland och Danmark [8]

Holland, Tyskland och Danmark är länder där man anses ha kommit långt vad gäller återvinning av byggmaterial, mycket beroende på tidigt begränsade utrymmen för deponering och motstånd mot avfallsförbränning. Huvudintresset har riktats mot de volymsmässigt största områdena, till exempel mineraliska massor, och speciellt miljöstörande komponenter.

Vad gäller stål och järn diskuteras inte detta så mycket då det redan finns ett ekonomiskt incitament att lämna detta till skrotåtervinning.

Vad gäller plaster är inriktningen av diskussionen dominerad av problemet med PVC-innehållande produkter, andra plastmaterial diskuteras nästan inte alls.

Vad gäller Holland pågår arbete med återvinning av glas- och mineralullsavfall till ny isolering. Andra isoleringstyper diskuteras inte.

Problemområden som framkommit i samband med återvinning av rivningsavfall och som måste lösas är:

- kvalitetsnormer för återvunnet byggmaterial
- produktansvar för andrahands byggvaror

Maskinentreprenörerna: Återvinning och hantering av bygg- och rivningsavfall [22]

I denna rapport behandlas framförallt lagar och regler, som kan påverka de entreprenörer som genomför rivning. Man framhåller att de mål och regler som finns utomlands, bland annat i Tyskland, sannolikt kommer påverka den svenska inställningen och skärpa kraven på hanteringen i framtiden. I nuläget framhålls behovet av att sortera ut brännbart respektive miljöstörande avfall i separata fraktioner från övrigt byggavfall.

Man framhåller också att regeringens arbetsgrupp för förarbetena till Miljöbalken i sitt slutbetänkande har betonat ansvaret för produkter "från vaggan till graven", och att detta innefattar hur en vara eller produkt ska kunna omhändertas, när den inte längre används.

Omhändertagande av spill från läggande av fjärrvärmekulvert Samtal med Göran Johansson, PowerPipe AB oktober 1997

PowerPipe AB erbjuder idag sina kunder att ta hand om det spill, som uppkommer då de lägger rör köpta från företaget. Detta sker ännu i liten skala, där motiven främst är att man själv försöker lära sig hantering av restmaterial samtidigt som man vill börja bygga upp en medvetenhet hos kunderna. I dagsläget är detta ingen lönsam affär för PowerPipe, utan ett sätt att förbereda sig för framtiden. Ett intresse från kunderna är nödvändigt för att systemet skall fungera.

I nuläget finns intresset framför allt hos vissa svenska och tyska kunder. För tyska kunder är möjligheten att sända tillbaka spill viktig, då Tyskland har hårda restriktioner vad gäller både deponering och förbränning av avfall. PowerPipe erbjuder sig att ta emot spill vidläggning mot en kostnad motsvarande 1% av ordervärdet plus transportkostnaden.

Ett problem är att man inte enbart får in spill från rörläggningen, utan en mängd avfall som fanns i närheten. Man får även in spillbitar från andra rör, som inte levererats av PowerPipe, vilket gör det svårt att veta exakt vilka material det är frågan.

Återvinningshanteringen sker manuellt och är tidskrävande.

PE-höljet skalas bort. Om man får rimligt stora mängder av god kvalitet, mals materialet ner och används i produkter med lägre krav på råmaterialet. Om man endast får små mängder, går materialet till förbränning.

PUR-isoleringen går i nuläget till förbränning. Möjliga framtida användningsområden kan vara till exempel inblandning i material som används som flytblock till bryggor eller att blåsa in granulerad PUR i mineralullsiserade rör för bättre isolering.

Stålröret går, om det är en liten dimension, till skrot. Om det är en något grövre dimension, kan det ibland tas om hand och användas i PowerPipes tillverkning av rörböjar. Ett problem är dock att man inte alltid vet exakt vilket stål som använts i rörstumpen, och exakt kännedom om materialet är ett kvalitetskrav, som många kunder ställer.

Av produktionsspillet hos PowerPipe mals polyeten ner och går direkt tillbaka till extrudern, PUR-spill går till förbränning och spillbitar av stålrör används i andra delar av produktionen.

Återvinning av fjärrvärmerör och polyuretan från fjärrvärmerör

a) Samtal med Leif Amby, Lögstör Rör A/S november 1997

Kontakt har tagits med Leif Amby, som är utvecklingschef vid Lögstör Rör A/S. Lögstör kommer under våren 1998 att köra igång en anläggning för återvinning av en del av polyuretanpolymeren.

Lögstör deponerade fram till slutet av år 1996 total några 100 ton avfall per år. Från år 1998 kommer det att bli förbjudet att deponera brännbart avfall i Danmark.

Lögstör kommer att använda sig av en kemisk metod, glykolys, för återvinning av polyolen från polyuretan. Isocyanatdelen kan inte återvinnas. Man har gjort lyckade försök i pilot plant-skala. Det finns redan fullskaleanläggningar för flexibelt skum i bl a Tyskland, Österrike och Italien, de flesta med anknytning till skobranschen. Lögstör kommer sannolikt att ha den första fullskaleanläggningen för styvt polyuretanskum.

Det har tidigare varit problem med glykolysprocessen, bl a har aminerna orsakat miljöproblem. Detta tror man sig ha löst för den nya anläggningen, som baseras på ett patent från BASF. Vid återvinningen mals skummet ner och får reagera med en diol vid förhöjd temperatur. Anläggningen kommer att bli mycket automatiserad, dvs man stoppar in ett rör i anläggningen och ut kommer bl a polyolen. Polyolen kommer att användas vid tillverkning av nya fjärrvärmerör. Lyckade försök har genomförts.

I första hand skall Lögstör ta hand om sitt eget material. Anläggningen kommer dock att ha stor kapacitet och man kan tänka sig att även behandla polyuretan från andra tillverkare, t ex från Tyskland, där man ju har mycket stränga bestämmelser beträffande avfall.

b) Studiebesök vid Lögstör Rör AS maj 1998

Den 25 maj 1998 inbjöd Lögstör till visning av sin nystartade anläggning för omhändertagande av fjärrvärmerör. Lögstör har under lång tid tagit tillvara stålröret i rör som blivit felproducerade, skadade eller av andra orsaker återsända. Med den nya anläggningen kan man även ta tillvara materialet i polyetenhöljet och polyuretanskummet. De "nya" delarna i anläggningen är en automatiserad skalningsanläggning för de inkomna fjärrvärmerören samt en glykolysanläggning för omhändertagande av PUR-skummet.

Skalningsanläggningen är i princip helt automatiserad. Rören som skall återvinnas matas in och en roterande kniv skalar av polyeten och PUR från stålröret. Stålröret kan återanvändas direkt. Polyeten och polyuretan sönderdelas sedan ytterligare och separeras i en cyklon. Polyetenfraktionen innehåller även metall från larmtråden, varför denna fraktion går vidare till en metallavskiljare. Vid metallavskiljningen uppstår en del restavfall. Det omhändertagna polyetenet säljs som råvara till andra användare ("down-cycling"). Polyuretanfraktionen omhändertas hos Lögstör i deras glykolysanläggning. En viss andel restavfall uppstår även här, då det är nog att det polyuretan som förs till glykolysreaktorn är så fri som möjligt från sand och metallrester. En mindre del av det återvunna polyuretanet går förlorat vid reningen.

Cyklopentan avgår vid sönderdelning av polyuretanskummet. I vissa processteg kan halterna ibland bli mycket höga. Man har därför utrustning som automatiskt stoppar anläggningen vid höga cyklopentanhalter.

Glykolysprocessen sker i en batchprocess vid 200°C under 8 timmar i en lösning av dietylenglykol. Vissa andra kemikalier tillsätts också. Processen är framtagen och patenterad av BASF. Resultatet blir en polyol, som kan användas direkt i Lögstörs produktion. Förutsättningen är dock att det polyuretanskum man återvinner är producerat hos Lögstör med känd formulering - processen (framförallt tillsatskemikalierna) är helt utformad för detta polyuretanskum.

Lögstör har testat att använda 10, 20 respektive 30% inblandning av återvunnen polyol i nya produkter. Från Lögstörs sida menar man att det i princip blir ett bättre isolerskum ju mer återvinningspolyol man använder, då den återvunna polyolen har bättre temperaturstabilitet men i övrigt samma egenskaper som Lögstörs ordinarie isolerskum. Huruvida detta skulle vara sant i ett längre tidsperspektiv, när alltmer polyol skulle återvinnas från skum producerat av tidigare återvunnen polyol borde dock studeras.

Böjar, ventiler och T-stycken kan idag inte återvinnas i Lögstörs anläggning.

Total projekterings- och byggtid har varit ungefär tre år hos Lögstör, då oräknat utvecklingsarbetet hos BASF vad gäller glykolysprocessen. Själva anläggningen började byggas i november 1997 och var klar i mars 1998. Anläggningen har körts sedan april 1998 och hittills fungerat enligt planerna.

Det nya med den av BASF utvecklade processen är att man lyckats styra aminbildningen på ett tillfredställande sätt. Aminbildningen har varit ett stort problem i tidigare glykolysprocesser för polyuretanskum. Nivån av fria aminer hamnar nu under 0,1-0,2%, vilket anses vara acceptabelt.

Återvinningsanläggningen minskar det fasta avfall Lögstör har behov att göra sig av med ungefär 90%. Anläggningen har inte enbart byggts av miljöskäl, utan även av ekonomiska skäl och på grund av ökande problem att göra sig av med fast avfall. Lögstör menar att när de nu kan avyttra eller själv använda alla de tre materialströmmarna, stål, polyeten och polyuretan så är anläggningen en lönsam investering. Anläggningen har kostat ungefär 10 miljoner danska kronor. Kapaciteten utnyttjas för närvarande ungefär till hälften.

För nuvarande är det inte aktuellt att ta emot rör från andra tillverkare för att utnyttja hela anläggningens kapacitet, då den polyol som man erhåller inte går att använda när det inte är Lögstörs eget polyuretanskum som återvinns. Glykolysprocessen är helt anpassad till den formulering som Lögstör använder sig av.

RAPPORTFÖRTECKNING

Samtliga rapporter kan beställas hos Energikontorets Förlagsservice.
Telefon: 08 - 677 26 00, Telefax: 08 - 677 26 05

Nr	Titel	Författare	Publicerad
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Ökat värmeunderlag i fjärrvärmecentraler	Harald Andersson	
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem - en litteraturstudie	Peter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulverttröar "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Wallentun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Wallentun	aug-98
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98

Förteckning över tidigare publicerade rapporter från Värmeforsk Hetvattenteknik som kan beställas hos Energikontorets Förlagsservice.

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
DISTRIBUTIONSTEKNIK			
540	Expansionskuddar för direktförlagda fjärrvärmeledningar - med huvudinriktning på mineralullsprodukter	Sture Andersson Bjarni Jensson	jun-95
525	Rundgångars ekonomiska betydelse för fjärrvärmenäten Investerings-, drift- och underhållskostnader	Peter Herbert	feb-95
463	Sänkt drifttemperatur i fjärrvärmenät - fältmätningar och bestämningar av fysikaliska egenskaper för cellbetong	Jan Molin Ronny Nilsson	dec-92
450	Utveckling av metoder för kvalitetssäkring av mantelrörsskarvar	Lars-Åke Cronholm Rolf Westin	jul-92
446	Bärförmåga hos CFC-fri kulvertisolering vid drifttemperatur Del 1: Provningsmetod för bestämning av axiell skjuvhållfasthet hos kulvertrör Del 2: Krypning vid radiell tryckbelastning	Ulf Jarfelt Gunnar Bergström Jonas Karlsson	jul-92
445	Direktläggning av fjärrvärmerör	Jan Fallsvik Alf Lindmark Eva Pettersson	jul-92
429	Freonfria isolermaterial för fjärrvärmekulvertar. Vacuumpulverisolering och CO ₂ -blåst polyuretanskum	Bert Oddving Heimo Zinko	maj-92
412	Läcksökning i fjärrvärmekulvertar	Heinz Thurner	dec-91
364	Underhållsstrategi för distributionsnät. Förstudie	Lennart Strömwall Leif Lemmeke	mar-90
340	Corona-behandlingens betydelse för mantelrör till fjärrvärmeledningar samt metod och krav för kvalitetskontroll	Lars-Eric Jansson	maj-89
335	Anvisningar för schaktning och andra arbeten i närheten av direktskummande PUR-kulvertar	Håkan Carlsson Jan Molin	apr-89
318	Sänkt drifttemperatur i fjärrvärmenät - konsekvenser i distributionsnät	Jan Molin Ronny Nilsson Helge Bergström	okt-88
315	Skumkvalitet vid låga omgivningstemperaturer och varierande mediarörtemperaturer	Johan Ljungqvist	okt-88
286	Larmsystem - Kompatibilitet	Christer Bodin John Ljungqvist Tor Rundström	dec-87
260	Skumkvalitet vid låga omgivningstemperaturer	Lars Blomqvist John Ljungqvist	mar-87

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
259	Kvalitetsprovning av PUR-skumisolering	John Ljungqvist Rolf Westin	mar-87
258	Spänningsanalys av fjärrvärmeledningar Del 3. Dimensionerings- anvisningar och dimensioneringsprogram för T-stycken	Sture Andersson Håkan Carlsson Jan Molin	mar-87
257	Skador på mantelrörskarvar	John Ljungqvist Bert Oddving Rolf Westin	mar-87
256	Markförlagda fjärrvärmeledningars temperaturhöjande effekt för intelligande ledningar	Håkan Carlsson Jan Molin	mar-87
249	Metod för röntgenradiografering av isolerskikt i kulvertrör för fjärrvärmeledningar	Stig Dahn	feb-87
237	Underhållsplanering av fjärrvärmenät	Thomas Asp Anders Eriksson Håkan Danielsson Stig Hård Bertil Wiktorén	aug-86
226	Skumutfyllnad i kulvertskarvar	Lars Blomqvist John Ljungqvist	maj-86
201	Friktionsfixerade fjärrvärmeledningar. Fältmätningar i Lund. Del 2	Dan Olofsson Jan Molin Kurt Bergendorff	aug-85

FJÄRRVÄRMECENTRALTEKNIK

556	VÄRMEVÄXLARRENOVERING - Materialpåverkan vid kemisk rengöring av värmeväxlare	Lars-Åke Cronholm	dec-95
546	Försmutningsförlopp i plattvärmeväxlare för fjärrvärmeabonnentcentraler	Janusz Wollerstrand Svend Frederiksen	aug-95
545	Funktions- och kvalitetsprovning av abonnentcentraler i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Peter Gummérus	aug-95
505	Prestandabestämning och förbättring av abonnentcentraler < 50 kW	Lena Råberger Peter Gummérus Håkan Walletun	apr-94
413	Skadinverntering, Abonnentcentraler	Bo Östlund	dec-91
411	Inverkan på returtemperaturen vid ackumulering av tappvarmvatten i abonnentcentraler	Sture Sikström	dec-91
365	Dynamisk provning av värmeväxlare med hjälp av processidentifiering	Håkan Walletun Bengt-Göran Bergdahl Bert Oddving	mar-90
360	Laboratorieprovning av villaabonnentcentraler	Johan Winberg	dec-89
355	Fjärranalys av undercentraler	Joakim Marklund	okt-89

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
321	Undercentralers reglering	Michael Thiede	okt-88
302	Diagnostikutrustning för 2-stegskopplade abonnentcentraler	Ulf Jansson	apr-88
272	Avkylning av fjärrvärmevatten i befintliga abonnentcentraler	Annika Winberg Sven Werner	aug-87
267	Undercentraler - Litteraturstudie av tidigare arbeten	Raija Leppänen	maj-87
255	Inkoppling av varmvattenberedare vid installation av värmepump	Göran Dahlén	mar-87

MÄTTEKNIK

547	Jämförelsemätningar av flödeshastighet mellan ultraljudsmätare av Clamp-On typ och debiteringsmätare i fjärrvärmeabonnentcentraler	Jerker Delsing Bernt Svensson	aug-95
-----	--	----------------------------------	--------

SYSTEMTEKNIK

534	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås	Lars Lindgren Urban Eklund	feb-95
527	Friktionsnedsättande tillsatserns inverkan på miljön - Del 1	Henrik Bjurström Staffan Grönholm Bengt-Åke Nystrand	feb-95
512	Friktionsnedsättning i fjärrvärmenät genom tillsats av tensider- En teknisk och ekonomisk bedömning	Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	jul-94
481	Tryckväxlare - en anordning för effektivisering av fjärrvärmesystem	Bror-Arne Gustafson	sep-93
363	Leveranssäkerhet i fjärrvärmesystem	Sture Andersson Carl Mattsson	dec-89
320	Leveranssäkerhet vid värmedistribution	Lennart Josefsson Hans Åkesson	okt-88
298	Inventering av datorprogram för simulering och optimering av fjärrvärmesystem	Hans Gransell Anders Östergren	mar-88

RAPPORTER FRÅN ANDRA FORSKNINGS-GRUPPER

483	Korrosion hos emaljerade ytor i varmvattensystem	Britt-Marie Svensson	sep-95
380	Korrosionsstudier av emaljerade varmvattenberedare	Britt-Marie Svensson	nov-90
343	Färgämne för läckageindikering i fjärrvärmesystem	Torsten Bauer Björn Carlsson Folke Persson	jul-89
294	Akkumulatorsystem för driftutjämning	Bertil Köhler	mar-88
221	Säkerhet vid elpannedrift	Bertil Köhler	apr-86

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 08 - 677 26 00, Telefax 08 - 677 26 05