



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Kortlægning af gamle CFC-holdige fjernvarmerør

Miljøprojekt nr. 1826, 2016

Titel:

Kortlægning af gamle CFC-holdige fjernvarmerør

Redaktion:

Niels Winther
Mathias Sehested Høeg Kemner,
Thomas Mark Venås
Jakob Stoktoft Oddershede

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

Foto:

Niels Winther

Illustration:

Niels Winther

År:

2016

Kort:

Niels Winther

ISBN nr.

978-87-93435-28-5

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord.....	4
Konklusion og sammenfatning	5
Summary and Conclusion.....	6
1. Ledningsoplysninger	7
1.1 Estimering af volumen freonholdig rørisolering	7
1.2 Ledningsrenoveringer.....	10
1.3 Freonrør i Sverige og Tyskland	11
2. Freonanalyser	12
2.1 Freons nedbrydning af ozon.....	12
2.2 Estimat over tilbageværende freonmængde i ældre fjernvarmerør	13
2.3 Interview med genbrugsvirksomheder	16
3. Metodeusikkerhed.....	17
Referencer	18
Bilag 1: Spørgeskema fra Dansk Fjernvarme	19
Bilag 2: Fjernvarmerør med Freon® i Sverige	20
Bilag 3: Fjernvarmerør med Freon® i Tyskland.....	22
Bilag 4: Rør til freonanalyse	23
Bilag 5: Freonanalyser.....	24

Forord

Formålet med denne delprojektrapport er at estimere mængden af Freon® i ældre fjernvarmerør i Danmark og at klarlægge, hvorledes rørene skrottes, når de graves op og skiftes. Resultatet danner grundlag for de efterfølgende scenarievurderinger i LCA- og SØK-rapporterne, hvor de miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser forbundet med forskellige behandlingsscenarier beskrives. Samlet er rapporterne en del af projektet om bedre ressourceudnyttelse i Danmark.

Denne rapport beskriver:

- Mængden af nedgravede præisolerede fjernvarmerør med Freon®
- Mængden af tilbageværende Freon® i præisolerede fjernvarmerør
- Status for planer for opgravning af rør
- Faktuelle behandlingsteknologier

Freon® er et ozonnedbrydende molekyle. Siden 1960'erne blev Freon® anvendt som bl.a. opskumningsmiddel ved fremstilling af polyurethanskum (PUR), der anvendes som isolering i fjernvarmerør. Kortlægningen har haft til formål at give et estimat på, hvor stor en mængde ældre fjernvarmerør med Freon®, der stadig ligger i jorden i Danmark, mængden af Freon®, der er tilbage i isoleringen i disse fjernvarmerør, hvor stor en mængde fjernvarmerør med Freon®, der årligt skrottes, og hvilke teknologier, der anvendes ved skrotningen.

Tre store og tre mindre danske fjernvarmewærker har leveret udtræk af deres ledningsdatabaser for at kvantificere mængden af ældre præisolerede fjernvarmerør lagt før 1. januar 1995, hvor Freon® blev forbudt.

Ledningsoplysningerne gav information om dimensioner og længder af tilbageværende freonrør, som enten er i drift eller er taget ud af drift, men stadig ligger i jorden. Ud fra dimension og længde er isoleringsvoluminet beregnet, og dette er skaleret op på landsplan ud fra forholdet mellem antal tilsluttede afregningsmålere i Danmark i forhold til de seks byer.

Sideløbende blev der udført kvantitative freonanalyser på stykker af ældre præisolerede rør for at vise, om der overhovedet er Freon® tilbage i rørene og i bekræftende fald hvor meget.

De værker, der har leveret ledningsoplysninger, er blev spurgt dels om deres renoveringspolitik i forhold til udskiftning af rør med freonisolering, dels om hvilke skrotningsfirmaer, de anvender, så disse efterfølgende har kunne interviewes om de anvendte skrotningsmetoder for ældre præisolerede fjernvarmerør med Freon®.

Konklusion og sammenfatning

På baggrund af ledningsoplysninger leveret af tre store og tre mindre danske fjernvarmeværker samt freonanalyser udført på rørstykker af ældre præisolerede fjernvarmerør har Teknologisk Institut estimeret mængden af tilbageværende præisolerede fjernvarmerør med freonisolering nedgravet i Danmark, mængden af tilbageværende Freon® i rørenes isolering og den rørdimension - vægtet efter isoleringsvolumen - som der er flest kilometer af.

Det har til projektet ikke været muligt at fremstille et nyt freonrør som reference for, hvad freonindholdet kan have været oprindeligt, hvilket også kunne blive vanskeligt, da fremstillingsrecepter og -metoder ikke nødvendigvis er bevarede. På baggrund af ledningsoplysningerne har Teknologisk Institut estimeret den tilbageværende mængde præisolerede fjernvarmerør i Danmark lagt før den 1. januar 1995 til ca. 26.000 km svarende til ca. 13.000 km tracé og en freonmængde på ca. 4.000 tons. Dette tal er anvendt til den efterfølgende LCA- og SØK-del. Denne mængde stemmer rimeligt godt overens med resultatet i rapporten *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark* (Miljøstyrelsen, 2006), som angiver ca. 4.550 tons beregnet ud fra de anvendte freonmængder under produktionen og under hensyn til eksport af rør.

De to meget forskellige metoder, der er anvendt i den tidligere undersøgelse og i den nuværende, vil naturligt give en forskel i resultaterne, men den højere freonmængde estimeret i 2006 i forhold til den mængde, der er estimeret nu, viser rimelig god overensstemmelse ud fra den kendsgerning, at freonmængden kun vil blive mindre med årene – dels ved diffusion fra isoleringen, dels ved at ældre rør er blevet skrottet i de forløbende år. Diffusionen vurderes at være meget langsom; rapporten *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark* (Miljøstyrelsen, 2006) anfører en diffusionstid på op til 300 år.

De fjernvarmeværker, der leverede ledningsoplysninger, blev efterfølgende spurgt om deres aktuelle og fremtidige renoveringsplaner med hensyn til udskiftningen af freonrør. Samlet set er det relativt meget få mængder freonrør, der udskiftes i Danmark, hvilket kan skyldes de stadig gode termiske egenskaber, som disse rør har. Der er overordnet ikke på landsplan en renoveringsplan for udskiftning af ældre fjernvarmerør med Freon®, da udskiftningerne som regel sker ad hoc ud fra andre kriterier end at udfase ældre rør grundet deres indhold af Freon®.

Sluttaftagere, hvor ældre præisolerede fjernvarmerør ender til skrotning, blev interviewet om, hvilke metoder de anvender, idet der naturligvis er fokus på, om skrotningen medfører frigivelse af Freon® fra isoleringen, da rørene først klippes i mindre stykker og derefter knuses, så stålet kan genanvendes. I begge tilfælde sker der en knusning af isoleringsskummet og dermed frigivelse af Freon® fra de mange små, lukkede celler, som isoleringsskummet består af. Ingen af genbrugsvirksomhederne tager højde for, at skummet kan være freonholdigt, og opsamler således ikke de gasser, der frigives ved klipning eller knusning af isoleringen.

Summary and Conclusion

On the basis of information on the district heating network provided by three large and three small Danish district heating plants and Freon® analyses carried out on pipe sections from old pre-insulated district heating pipes, Danish Technological Institute has estimated the quantity of the remaining pre-insulated district heating pipes with Freon® insulation buried in Denmark, the quantity of the remaining Freon® in the pipe insulation and the most commonly used pipe dimension – giving weight to the insulation volume.

It has not been possible to manufacture a new Freon® insulated pipe for the project as a reference for the original Freon® content. However, this might be a difficult task as the recipes and the methods are not necessarily kept. Based on the information on the district heating network Danish Technological Institute has estimated that the remaining quantity of pre-insulated district heating pipes in Denmark buried before 1 January 1995 is approximately 26,000 km corresponding to 13,000 trench and a quantity of approximately 4,000 tons Freon®. This figure is used in the succeeding sub-reports on LCA and the socio-economic consequences. The quantity is fairly consistent with the result of the report *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark [Survey of the CFC and HCFC waste in Denmark]* (Danish Environmental Protection Agency, 2006). This report states that the remaining quantity of Freon® is approximately 4,550 tons calculated on the basis of the quantities of Freon® used during the production processes and taking the export of pipes into consideration.

The results of the two very different methods used in the previous and in the present survey will of course differ, but the higher quantity of Freon® estimated in 2006 is in reasonably good agreement with the quantity estimated now, considering that the quantity of Freon® will gradually be reduced over the years, partly due to diffusion from the insulation, partly due to old pipes being scrapped. The diffusion is assessed to be quite slow; the report *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark [Survey of the CFC and HCFC waste in Denmark]* (Danish Environmental Protection Agency, 2006) states a diffusion period of up to 300 years.

The district heating plants providing the information on the pipes were subsequently asked about their present and future renovation plans with regard to replacement of the Freon® pipes. In total a relatively small number of Freon® pipes are replaced in Denmark which may be due to the good thermal properties of the pipes.

The recycling companies receiving the old pre-insulated district heating pipes for scrapping were asked about their scrapping methods as it is important to know whether the scrapping induces release of Freon® from the insulation. None of the recycling companies take into account that the foam may contain Freon® and they do not collect the gasses that are released when the insulation is cut or crushed.

1. Ledningsoplysninger

1.1 Estimering af volumen freonholdig rørisolering

At estimere en fuldstændig freonholdig isoleringsmængde i danske fjernvarmerør vil kræve adgang til ledningsdata fra samtlige danske fjernvarmeværker opført før 1. januar 1995, hvilket vil være en både yderst tidskrævende og i flere tilfælde fysisk umulig opgave, da flere varmeværker ikke har lægningsår registreret for deres ledninger.

Opgaven har derfor først og fremmest været at finde en metode, som med relativt enkle midler kunne estimere et freonholdigt isoleringsvolumen.

Den valgte metode i dette projekt blev at indhente ledningsoplysninger fra tre store og tre mindre fjernvarmeværker. Værkerne har leveret udtræk fra deres ledningsdatabaser i et format, som var kompatibelt med Excel, idet længder og isoleringsvolumen da kunne beregnes og summeres direkte.

Gennem Teknologisk Instituts kontakter til danske fjernvarmeværker blev ledningsoplysningerne indhentet fra Odense, Aalborg og Aarhus som de tre store byer samt Kalundborg, Ringsted og Viborg som de tre mindre byer. Disse seks byer vurderes at være repræsentative på landsplan, da de har alle dimensioner, fabrikater og aldre af præisolerede freonrør.

Ledningsoplysningerne blev gennemgået, sorteret og rensset for mangler og fejlregistreringer som et led i den nødvendige kvalitetssikring. Oplysningerne gav adgang til data om ledningslængder og –dimensioner på de lagte freonrør. Ud fra dimensionen kan isoleringsvolumen beregnes som m^3/m , og ganges denne med længden, fås det samlede isoleringsvolumen i m^3 .

Ud fra Dansk Fjernvarmes *Benchmarking statistik 2012/2013* (Dansk Fjernvarme, 2013) kan det samlede antal tilsluttede afregningsmålere for ovenstående byer opgøres til 162.692 stk. og på landsplan til ca. 650.000 stk.

Det er forholdet mellem disse tilsluttede afregningsmålere, der er anvendt til at skalere ledningslængderne for freonrørerne i de seks byer op på landsplan.

I tabel 1 ses ledningslængder, isoleringsmængder og antal tilsluttede afregningsmålere for de seks byer.

Tabel 1: Ledningsoplysninger fra de seks byer

By	km ledninger	m^3 freonisolering	Antal målere
Kalundborg	233	3.462	5001
Odense	1.945	39.036	33.951
Ringsted (ledninger i drift)	127	2.585	2954
Ringsted (ledninger ude af drift)	8	145	-
Viborg	263	3.200	8653
Aalborg	1.491	26.324	60.523
Aarhus (ledninger i drift)	2.267	33.112	51.610
Aarhus (ledninger ude af drift)	84	981	-
Sum	6.419	108.845	162.692

Ikke alle byer registrerer ledninger ude af drift, men for to byers vedkommende fremgik de af ledningsoplysningerne og er således medregnet.

Forholdet mellem antal tilsluttede afregningsmålere på landsplan og de byer, der har leveret ledningsoplysninger, giver den opskaleringsfaktor, som det samlede fundne isoleringsvolumen fra de seks byer ganges med, og hermed kan et isoleringsvolumen på landsplan estimeres:

$$\frac{650.000}{162.692} \cdot 108.845 \text{ m}^3 = 434.866 \text{ m}^3$$

Dette tal anvendes i det efterfølgende afsnit til at estimere den samlede tilbageværende freonmængde.

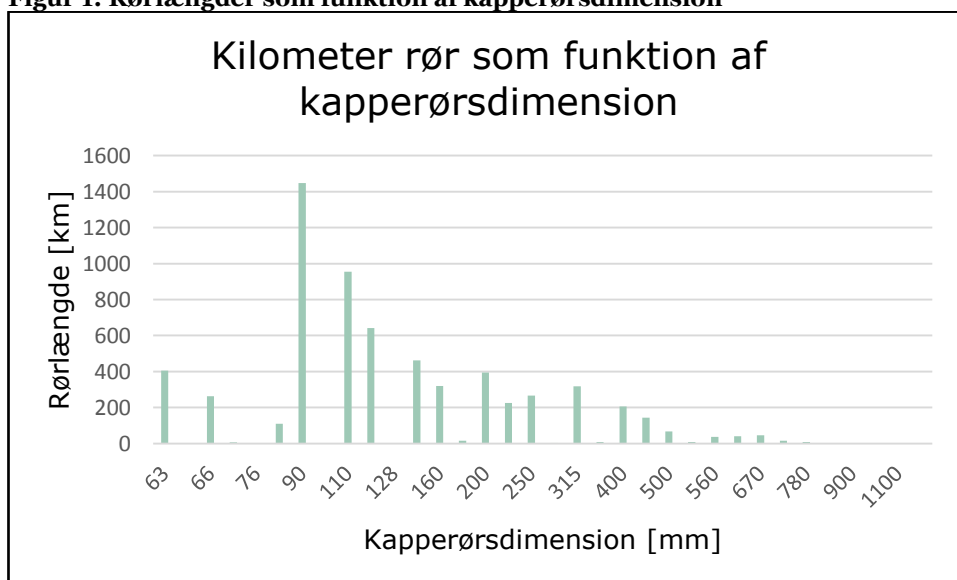
Tilsvarende kan den samlede længde af fjernvarmerør med Freon® tilbage i Danmark estimeres til:

$$\frac{650.000}{162.692} \cdot 6.419 \text{ km} = 25.646 \text{ km} \sim 26.000 \text{ km}$$

svarende til ca. 13.000 km tracé, idet 1 m tracé svarer til 2 m rør (frem og retur).

Ledningsoplysningerne for de seks byer viser, at der er flest kilometer rør a Ø90 mm. På grafen i figur 1 ses for de seks byer samlet antal kilometer rør som funktion af rørdimension:

Figur 1: Rørlængder som funktion af kapperørdsdimension



Af hensyn til LCA- og SØK-beregningerne er der ud fra de modtagne ledningsoplysninger beregnet et *standardrør*, hvilket vil sige, at isoleringsvolumen vægtes højere end blot rørdimension og længde. Det er en gængs metode anvendt inden for fjernvarmebranchen. At anvende et *standardrør* i de videre analyser giver den fordel, at beregningerne forenkles væsentligt i forhold til, hvis der regnes på hver enkelt rørdimension.

For hver enkelt rørdimension er denne kvadreret og ganget med den samlede længde, som rørdimensionen repræsenterer, og disse er summeret i tælleren; i nævneren er den samlede ledningslængde for alle rørdimensioner summeret, og til sidst tages kvadratroden af brøken:

$$D_{standard} = \sqrt{\frac{\sum D^2 \cdot L}{\sum L}} = \sqrt{\frac{274.941.973 \cdot 10^3 \text{ m}^3}{6.419 \cdot 10^3 \text{ m}}} \sim 207 \text{ mm}$$

Nærmeste handelsdimensioner er ø200 mm og ø225 mm. Som *standardrør* er valgt ø200 mm, idet denne dimension ligger tættest på den beregnede dimension.

I tabel 2 fremgår de samlede rørlængder fordelt på rørdimensioner for de seks byer. Såfremt en rørlængde er under 0,1 km, vises den ikke i skemaet, men er dog anvendt til de bagvedliggende beregninger, hvorfor kolonnen $D^2 \cdot L$ godt kan indeholde mindre tal uden længdeangivelse for enkelte rørdimensioner.

Tabel 2: Ledningsdimensioner og -længder oplyst af de seks byer

Kapperørs- dimension	Kalund- borg	Odense	Ringsted	Viborg	Aalborg	Aarhus	Sum	$D^2 \cdot L$
[mm]				[km]				[10 ³ m ³]
63		177,3	0,2	1,8	226,7		405,9	1.611.198
65								365
66			1,4	19,0	30,1	211,3	261,9	1.140.917
75			3,0	0,9	2,5		6,4	36.183
76								537
77			2,1	1,6	8,6	97,7	110,1	652.748
90	43,7	597,9	20,6	52,7	255,0	478,2	1448,2	11.730.086
93			1,7				1,7	14.507
110	60,6	290,8	15,8	37,1	230,1	320,7	955,1	11.556.790
125	25,7	139,8	14,5	42,4	129,8	290,2	642,3	10.035.970
128								529
140	24,3	121,5	10,9	22,6	92,6	190,0	461,9	9.052.904
160	12,2	77,0	11,3	17,8	87,7	113,1	319,1	8.169.606
180			2,7	1,5		11,2	15,3	497.145
200	15,4	86,8	6,9	26,4	99,4	159,7	394,7	15.788.233
225	15,7	56,9	9,0	12,8	58,9	72,5	225,8	11.432.332
250	11,0	62,1	10,6	10,8	51,3	121,3	267,1	16.692.327
280			3,3			0,3	3,6	290.089
315	11,6	73,0	8,0	8,8	67,9	148,3	317,6	31.511.916
355			3,9		4,8	0,1	8,9	1.125.253
400	6,2	86,8	1,6	6,0	47,7	57,5	205,8	32.930.833
450	2,2	63,1	3,2	1,3	21,6	51,9	143,2	29.008.077
500	0,5	23,3	1,6		27,4	14,4	67,2	16.805.746
520	0,5				7,2		7,6	2.064.256
560	3,8	15,5	1,9		10,3	5,4	36,9	11.562.619

630		26,9			7,8	4,9	39,5	15.700.269
670		46,2					46,2	20.748.118
710					14,4	1,4	15,8	7.959.788
780					8,2		8,2	4.994.324
800		0,4				0,8	1,2	766.257
900					0,8		0,8	668.080
1000					0,1		0,1	140.795
1100								36.856
1200					0,2		0,2	216.316
Sum	233	1.945	134	263	1.491	2.351	6.419	274.941.973

1.2 Ledningsrenoveringer

For at kunne vurdere mængden af ældre freonrør, som skrotes, er de fjernvarmeverker, der har leveret ledningsoplysninger, blevet spurgt om deres omtrentlige årlige ledningsudskiftning. To værker svarede tilbage.

Odense har stort set ingen systematisk rørudskiftning, og Kalundborg har siden påbegyndelsen af ledningsudskiftningen startede i 2012 i gennemsnit årligt udskiftet ca. 8 km.

Ovenstående bekræftes af udmeldinger fra branchen generelt, at freonrør sjældent udskiftes, medmindre der er tale om ledningsomlægninger, brud, dimensionstilpasning m.m.

De rør, hvor der virkelig kan være en økonomisk gevinst i at udskifte dem for at opnå et lavere varmetab, er rørene lagt efter, at Freon® blev forbudt og indtil anvendelsen af cyclopentan. Disse rør blev fremstillet med CO₂ og har en generelt høj varmeledningsevne, da molekylet er langt mere diffust end Freon®.

Der er således ikke nødvendigvis et incitament til at udskifte velisolerende og velfungerende rør, hvilket generelt bekræftes af branchen. Dog kan de mekaniske samlinger, dvs. mufferne, udført i de år være af dårlig kvalitet, hvilket i nogle tilfælde betyder, at det er mest rentabelt at udskifte hele ledningsstrækninger i stedet for at renovere mufferne, hvilket overordnet kan fremme udskiftningen. Der er som sådan ikke på landsplan en renoveringsplan for udskiftning af ældre fjernvarmerør med Freon®, da udskiftningerne som regel sker ad hoc ud fra andre kriterier end at udfase ældre rør grundet deres indhold af Freon®.

Levetiden for fjernvarmerør med Freon® vurderes at være relativ lang, måske 50-100 år, såfremt der ikke er faktorer, som indikerer en forceret udskiftning, fx dårlige muffe, for lille ledningsdimension m.m. Isoleringsmæssigt, dvs. termisk er rørene umiddelbart velfungerende, hvilket i sig selv ikke nødvendigvis berettiger til at udskifte dem.

Generelt opgraves i Danmark ca. 50 % af ledningerne ved renoveringer, mens resten bliver liggende i det gamle tracé i jorden. Der er dog store variationer afhængig af lokale pladsforhold, men også af de lokale renoveringspolitikker, som de enkelte forsyningsselskaber har. I større byer med knebne pladsforhold, hvor mange ledningsejere må kæmpe om pladsen, opgraves de ældre rør som hovedregel, mens der i områder med bedre pladsforhold oftere kan ses renoveringer, hvor de ældre rør bliver liggende, og de nye rør lægges i et andet tracé.

I bilag 1 ses et spørgeskema fra Dansk Fjernvarme til afklaring af den gennemsnitlige renoveringspris m.m. Det er over 60 % dyrere at fjerne de ældre rør ved renovering end at lægge nye rør i et nyt tracé, og anlægstiden forøges med 2-10 uger, hvis de ældre rør skal fjernes.

1.3 Freonrør i Sverige og Tyskland

I forbindelse med projektet har forholdene i Sverige og Tyskland været undersøgt med henblik på at finde ud af, hvilke mængder freonrør vores nabolande har, og om de har en skrotningspolitik.

Den svenske fjernvarmeforening, Svensk Fjärrvärme, og den tyske fjernvarmeforening, AGFW, er derfor blevet spurgt, om de har statistikker for freonholdige rør. Spørgsmålene blev stillet pr. e-mail ultimo januar 2014 og var som følger:

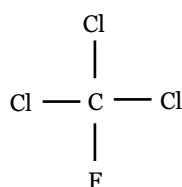
- Er det et område, I har eller har haft fokus på?
- Hvis ja, har I så lovgivning omkring skrotning af ældre freonrør?
- Hvorledes skrotter I ældre fjernvarmerør med Freon®? Fx metode med opsamling af Freon®, godkendte skrotningsvirksomheder m.m.
- Har I en opgørelse over, hvor mange kilometer freonrør, der stadig ligger i jorden?

Svarene fremgår af bilag 2 og 3. Svensk Fjärrvärme svarer med henvisning til rapporten *Accumulated CFC-11 in polyurethane foam insulation: an estimate of the total amount in district heating installations in Sweden* (Int. J. Environment and Pollution, Vol. 6, Nos. 2/3, 1996), at de anslår en længde på ca. 10.000 km freonrør og 2.000 tons Freon®. AGFW har ikke en statistik, men anslår 100.000 km rør freonrør uden et estimat på mængden af Freon®. Ingen af de udenlandske foreninger svarer på spørgsmålet vedr. skrotningsprocedure.

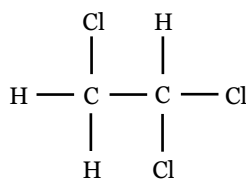
2. Freonanalyser

2.1 Freons nedbrydning af ozon

Freon® tilhører gruppen af CFC-gasser (chlor-flur-carbon) og er et registreret varemærke under DuPont™. Afhængigt af opbygningen af de enkelte freonmolekyler navngives disse efter et særligt system, der er nærmere beskrevet i fx *Environmental Chemistry* (W. H. Freeman & Co, 2005). I dette projekt er foretaget analyser for freon på 21 ældre fjernvarmerør jf. bilag 5. Freonanalyserne af de indkomne ældre fjernvarmerør viste kun et indhold af Freon®-11 og Freon®-150. Tidligere undersøgelser har yderligere detekteret Freon®-12 og Freon®-113 i PUR jf. *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark* (Miljøstyrelsen, 2006). Da det er chlor-molekylet, der fraspaltes af solens UV-stråling, er alle varianter af Freon® ozonnedbrydende.



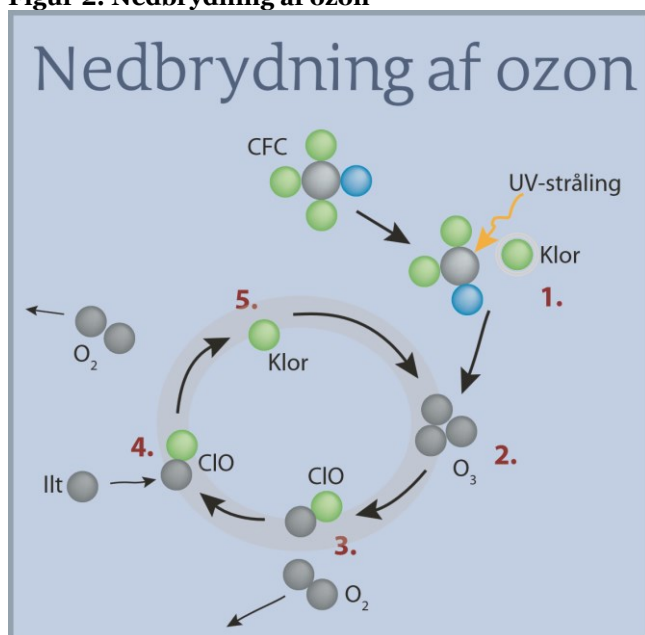
Trichlorfluormethan,
 CFCl_3 (Freon®-11)



1,2-dichloroethan
 $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ (Freon®-150)

Freon® blev bl.a. anvendt under fremstillingen af isoleringsskummet polyurethan (PUR), ofte i blandinger af de forskellige typer for at opnå den ønskede cellestruktur, styrke, densitet m.v. i skummet. Der sker en naturlig, men meget langsom diffusion af Freon® fra cellerne i PUR. Når PUR knuses, frigives Freon® direkte til omgivelserne. På sigt ender Freon® i stratosfæren/ozonlaget, der ligger i ~12-50 km højde over Jorden, og hvor nedbrydningen af ozon begynder under påvirkning af UV-stråling fra solen som vist i figur 2.

Figur 2: Nedbrydning af ozon



Gengivet med tilladelse fra Aktuell Naturvidenskab

Nedbrydningsprocessen sker på følgende måde:

1. UV-stråling spalter et chloratom (Cl) fra et CFC-molekyle
2. Chloratomet (Cl) reagerer med et ozonmolekyle (O_3)
3. Dette resulterer i et oxygenmolekyle (O_2) og et chlormonooxidmolekyle (ClO)
4. Chlormonooxidmolekylet (ClO) reagerer med et oxygenatom (O) og danner et oxygenmolekyle (O_2) og et frit chloratom (Cl)
5. Chloratomet (Cl) er nu frit til at nedbryde endnu et ozonmolekyle (O_3)

Trin 2 til 5 kan gentage sig mange gange med det samme chloratom. Freon® er således en stærk klimagas.

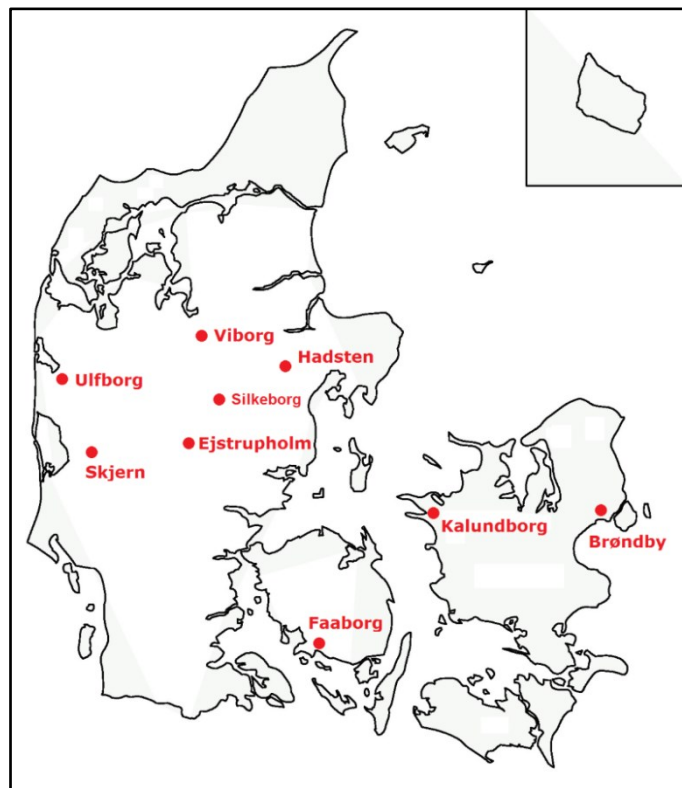
I rapporten *Udgør fjernvarmenettet en trussel mod grundvandet?* (Vand & Jord nr. 3, 2004) behandles risikoen for grundvandsforurening af udsivende Freon® fra jordlagte fjernvarmerør. Konklusionen er dog ikke entydig, idet der efterlyses yderligere undersøgelser af fænomenet. Da Freon® som gasart er naturligt opadstigende, er det sandsynligt, at langt den største afgasning efter passage af jorddækning og/eller befæstelse vil ende i atmosfæren.

2.2 Estimater over tilbageværende freonmængde i ældre fjernvarmerør

Som et led i dette projekt blev der udført kvantitative freonanalyser på stykker af ældre præisolerede rør for at vise, om der overhovedet er Freon® tilbage i rørene og i bekræftende fald hvor meget.

Gennem Dansk Fjernvarme blev der givet adgang til at rette henvendelse direkte til deltagerne fra Dansk Fjernvarmes temadage om præisolerede rør, der blev afholdt i december 2013. Deltagerne, der for en stor dels vedkommende repræsenterede et bredt udsnit af danske fjernvarmeværker, blev efterfølgende pr. e-mail spurgt, om de kunne levere nogle længder præisolerede fjernvarmerør produceret før Freon® blev udfaset som opskumningsmiddel.

På trods af årstiden – vinteren 2013-2014 – hvor adgangen til ældre fjernvarmerør kan være vanskelig, da planlagte re-



Figur 3: Byer som leverede ældre freonrør til projektet

noveringer ikke sker midt i fyringssæsonen, lykkedes det alligevel at skaffe et udvalg af rørstykker med dimension, produktionsår og producent med en rimelig jævn geografisk fordeling over hele Danmark. De indkomne rørstykker er specificeret i tabel 3, og prøvningsrapporten over freonanalyserne fremgår af bilag 5.

Nogle af rørene var udskåret med og uden muffe, mens andre blev leveret som både frem- og returrør. I alt blev der udtaget 21 prøver til analyse.

Fra rørene blev der udskåret stykker på 10 cm længde, som efterfølgende blev sendt til freonanalyse. Analysen foretages med en ekstraktion af prøverne med dimethylformamid (DMF) og efterfølgende gaschromatografisk analyse. Denne metode er velegnet til at måle for indhold af alle freonforbindelser og lette kulbrinter.

Jf. tabel 3 viste analyserne et freonindhold på 3-27 % w/w. Hovedparten af indholdet stammer fra Freon®-11, men Freon®-150 er også påvist i enkelte af prøverne.

Tabel 3: Oversigt over de ældre rør anvendt til freonanalyserne

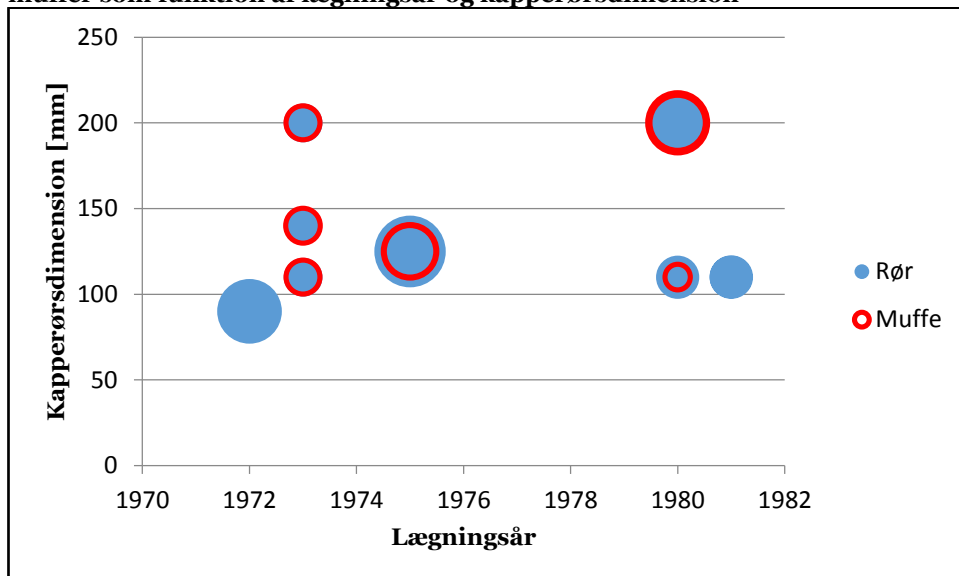
Nr.	By	Lægnings- år	Producent	Dimen- sion	Kappe- rør	Placering	Freon®-11 w/w %	Freon®-150 w/w %
1	Brøndby	1978	I. C. Møller	273/400	PEH	Rør	5,9	-
2	Ejstrupholm	Før 1975	-	114,3/200	PVC	Rør	7,9	0,28
3	Ejstrupholm	Før 1975	-	114,3/200	PVC	Muffe	6,1	0,11
4	Faaborg	1970-1975	Logstor	48,3/110	PVC	Rør	7,9	0,20
5	Faaborg	1970-1975	Logstor	48,3/110	PVC	Muffe	6,1	0,13
6	Faaborg	1970-1975	Logstor	76,1/140	PVC	Rør	7,5	0,26
7	Faaborg	1970-1975	Logstor	76,1/140	PVC	Muffe	6,3	0,15
8	Hadsten	~1980	I. C. Møller	48,3/110	PEH	Rør	9,8	-
9	Hadsten	~1980	I. C. Møller	48,3/110	PEH	Muffe	3,4	-
10	Kalundborg	1981	I. C. Møller	42,4/110	PEH	Rør, frem	10	-
11	Kalundborg	1981	I. C. Møller	42,4/110	PEH	Rør, retur	9,5	-
12	Skjern	~1975	Isolrør	60,3/125	PEH	Rør, frem	9,8	-
13	Skjern	~1975	Isolrør	60,3/125	PEH	Rør, retur	27	-
14	Skjern	~1975	Isolrør	60,3/125	PEH	Muffe, frem	14	-
15	Skjern	~1975	Isolrør	60,3/125	PEH	Muffe, retur	15	-
16	Viborg	1980	Dürotan	114,3/200	PEH	Rør, frem	15	-
17	Viborg	1980	Dürotan	114,3/200	PEH	Rør, retur	16	-
18	Viborg	1980	Dürotan	114,3/200	PEH	Muffe, frem	16	-
19	Viborg	1980	Dürotan	114,3/200	PEH	Muffe, retur	19	-
20	Ulfborg	1970-1973	Logstor	33,7/90	PVC	Rør	22	0,28
21	Silkeborg	1992	-	200/315	PEH	Rør	-	-

En samlet grafisk fremstilling af de målte koncentrationer som funktion af kendt lægningsår og kapperørersdimension fremgår af figur 4. Afbilledes de målte koncentrationer som funktion af kendt lægningsår og kapperørersdimension, fås ikke et entydigt billede af, at koncentrationen er afhængig af lægningsår, dvs. produktionsår, eller rørstørrelse.

Der er målt større koncentrationer af Freon® i rør fra starten af 1970'erne end i rør med omtrent tilsvarende dimension fra begyndelsen af 1980'erne, hvilket kan skyldes, at de fra nye har haft et større indhold i forhold til senere producerede rør.

Koncentrationerne i mufferne er generelt en smule mindre end i rørene, hvilket som oftest skyldes, at opskumning af muffer ikke sker på helt samme måde som ved fremstilling af rør på fabrik.

Figur 4: Freonkoncentrationen (størrelsen på cirklerne) i henholdsvis rør og muffer som funktion af lægningsår og kapperørdimension



Der blev endvidere foretaget en supplerende måling af varmekonduktiviteten på rørene fra Skjern (DN50/125 mm, ca. 1975), og resultatet var for både frem- og returrøret på 0,026 W/(m·K), hvilket stort set svarer til, hvad nye rør (fra visse producenter) leveres med. Dette er en tydelig indikation af, at freonindholdet i rørene stadig har en isolerende effekt og bekræfter freonmolekylets langsomme diffusionshastighed.

Det har ikke været muligt at få fremstillet et nyt freonholdigt rør som reference; skumleverandørerne må ganske enkelt ikke gøre det (jf. Logstor). Logstor blev bedt om at undersøge, hvad startkoncentrationen af Freon® i ældre rør har været, men deres arkiver har ikke kunne give svaret.

Antages der i henhold til resultaterne fra freonanalyserne et gennemsnitligt freonindhold på 13 % w/w og en skumdensitet på 70 kg/m³ fås et freonindhold på

$$0,13 \cdot 70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 9,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

hvilket – sammen med resultatet fra volumenberegningen i afsnit 1 – giver en samlet mængde Freon® på

$$9,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 434.866 \text{ m}^3 = 3.957.280 \text{ kg}$$

eller ca. 4.000 tons.

2.3 Interview med genbrugsvirksomheder

I forhold til den store mængde Freon®, der er bundet i isoleringen i ældre freonrør, rejser spørgsmålet sig naturligt, hvordan denne opsamles og ikke mindst, hvad der sker med Freon® i forbindelse med skrotning af rørene.

De fjernvarmeværker, der leverede ældre rør til analyse, blev bedt om at oplyse, hvilken genbrugsvirksomhed (produkt-handler) de normalt anvender til at aftage deres ældre rør.

Et udvalg af disse genbrugsvirksomheder blev efterfølgende interviewet om, hvorledes de skrotter ældre fjernvarmerør. Ingen af virksomhederne foretager selv skrotning af fjernvarmerør, men sender dem videre til større genbrugsvirksomheder, således at slutaftagerne i alle tilfælde er enten H. J. Hansen eller Stena Recycling.

Disse to virksomheder blev derfor interviewet om, hvorvidt de foretager opsamling af Freon® i forbindelse med skrotning af ældre fjernvarmerør. Ingen af de to virksomheder har udstyr hertil. Skrotningen foretages typisk ved først at neddele rørene ved fx klipning til mindre stykker med efterfølgende shreddning (knusning) for udsortering af stålet.

Ved klipning frigives der Freon® fra den skum, der bliver knust i snitfladerne, og på sigt vil frigivelsen også ske længere indefra i skummet, da den aksiale diffusionsvej blive kortere ved flere åbne snitflader end ved et langt rør med to frie ender.

Ved knusning (shredding) frigives der Freon® fra alt det skum, der knuses, hvilket ofte vil sige stort set hele skumvoluminet. Knusning er derfor den metode, der ubetinget frigiver mest Freon®.

Uanset om der anvendes klipning eller knusning, bør dette ske under kontrollerede forhold, hvis Freon® ønskes opsamlet. Dette kan ske fx i et gastæt kammer eller lokale, hvorfra den frigivne Freon® kan suges ud, komprimeres og sendes til efterfølgende destruktion. Dette vil naturligt fordyre skrotningen, hvilket dog skal ses i forhold til den miljøbelastning, som skrotning af freonrør uden gasopsamling medfører.

Interviewene blev gennemført af Teknologisk Institut i slutningen af vinteren 2014 og efterfølgende af Deloitte i efteråret 2014 og viste følgende skrotningsprocedurer for de to virksomheder:

Tabel 4: Aktuelle og fremtidige skrotningsmetoder hos H. J. Hansen og Stena Recycling

H. J. Hansen, → 2015	Klipning til mindre stykker	→	Shredning	→	Udsortering af stål og plast samt deponi af PUR
H. J. Hansen, 2015 →	Klipning til mindre stykker	→	Shredning	→	Udsortering af stål og plast samt deponi af PUR
Stena Recycling, → 2015	Klipning til mindre stykker	→	Shredning	→	Udsortering af stål og deponi af resten
Stena Recycling, 2015 →	Klipning til mindre stykker	→	Shredning	→	Udsortering af stål og plast samt forbrænding af PUR

Som det ses, sker der i alle tilfælde en knusning af skummet ved både klipning og efterfølgende shreddning uden opsamling af Freon®.

3. Metodeusikkerhed

Den anvendte metode til at estimere en samlet freonmængde i danske fjernvarmerør baseret på freonanalyser og ledningsoplysninger er naturligvis behæftet med en vis usikkerhed bestående af primært tre faktorer:

- Det statistiske grundlag for freonanalyserne er begrænset
- Ledningsoplysningerne er baseret på seks værker
- Mængdeberegningen er baseret på antal tilsluttede målere

Det fremkomne resultat på ca. 4.000 tons Freon® stemmer dog udmærket med resultatet i rapporten *Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark* (Miljøstyrelsen, 2006), hvor der anslås en tilbageværende freonmængde på ca. 4.550 tons.

De to meget forskellige metoder, der er anvendt i de to undersøgelser, vil naturligt give en forskel i resultaterne, men den højere freonmængde estimeret i 2006 i forhold til den mængde, der er estimeret nu, viser rimelig god overensstemmelse ud fra den kendsgerning, at freonmængden kun vil blive mindre med årene – dels ved diffusion fra isoleringen, dels ved at ældre rør er blevet skrottet i de forløbende år.

De to metoder er forskellige derved, at metoden anvendt i 2006 var baseret på den totale anvendte freonmængde ved fremstilling af fjernvarmerør under hensyn til efterfølgende freondiffusion over tid og eksporterede rør, men metoden anvendt i denne rapport tager udgangspunkt i målinger af det nuværende freonindhold.

De næsten samstemmende resultater bekræfter således, at trods meget forskellige estimeringsmetoder, kommer begge undersøgelser stort set frem til samme resultat, idet de begge naturligvis vil være behæftet med en vis usikkerhed, men de giver dog en indikation af, hvilke mængder Freon® der ligger i isoleringen i fjernvarmerør produceret før 1. januar 1995.

Den i afsnit 1.1 fundne mængde freonholdige fjernvarmerør for Kalundborg, Odense, Ringsted, Viborg, Aalborg og Aarhus på 6.419 km kan skales op på landsplan svarende til antal tilsluttede målere som

$$\frac{650.000}{162.692} \cdot 6.419 \text{ km} = 25.646 \text{ km} \sim 26.000 \text{ km}$$

hvorved der for Danmark fås et forhold mellem mængde og længde på:

$$\frac{4.000 \text{ ton}}{26.000 \text{ km}} \sim 154 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$$

For indholdet af Freon® i fjernvarmerør i Sverige fås følgende, jf. afsnit 1.3:

$$\frac{2.000 \text{ ton}}{10.000 \text{ km}} \sim 200 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$$

Der er således en vis overensstemmelse mellem resultaterne fra Danmark og Sverige.

Referencer

- Dansk Fjernvarme (2013): Benchmarking statistik 2012/2013
- Int. J. Environment and Pollution, Vol. 6, Nos. 2/3 (1996): Accumulated CFC-11 in polyurethane foam insulation: an estimate of the total amount in district heating installations in Sweden
- Vand & Jord nr. 3 (2004): Udgør fjernvarmenettet en trussel mod grundvandet?
- Miljøstyrelsen (2005): Baggrundsdokument for miljøvejledning for fjernvarmerør
- Miljøstyrelsen (2006): Kortlægning af CFC- og HCFC-affald i Danmark
- Norden (2011): ODS waste treatment in the Nordic Countries
- Region Midtjylland (2013): Undersøgelse af frigivelse af Freon® ved fjernvarmerør
- W. H. Freeman & Co (2005): Environmental Chemistry

Bilag 1: Spørgeskema fra Dansk Fjernvarme

Nr.	Spørgsmål		
Spørgsmål vedr. anlægsøkonomi			
		Ø90 (DN 25/90)	DN100
	Hvad er den gns. totale omkostning til udskiftning af fjernvarmerør inkl. opgravning og bortskaffelse af ældre rør?	6500	Forudsætning: at nye rør etableres i andet tracé end de eksisterende rør
	Hvad er den gns. totale omkostning til udskiftning af fjernvarmerør, hvis de gamle rør bliver liggende i jorden?	4000	Gennemsnitlig etableringspris i DK
	Hvor store er indtægterne (om nogen) ved salg af opgravede ældre fjernvarmerør?	0	Som regel er det entreprenøren, der har indtægten ved bortskaffelsen
Spørgsmål vedr. udskiftning af fjernvarmerør			
	Hvor stor er den årlige udskiftningsrate p.t. for de ældre freonholdige fjernvarmerør (dvs. udskiftning pga. brud mv.)?	0-0,3%	
	Hvor stor en andel af de udskiftede, udtjente rør graver i normalt op og bortskaffer (i stedet for blot at lade dem ligge i jorden)?	50%	
	Hvor lang kalendertid tager det typisk at anlægge nye rørledninger på trafikerede strækninger?	5-25 uger	
	Hvor meget forsøges kaldendertiden typisk for anlægsarbejderne ved at de udskiftede rør graves op i stedet for at lade dem ligge i jorden?	2-10 uger	
	Hvor lang vurderer I, at den gennemsnitlige restlevetid er for jeres freonholdige rør?	rørene har en levetid på mellem 50-100 år	
	Når I lægger nye rør: Hvor stor en andel lægges da i samme tracé som de eksisterende rør?	50%	
Spørgsmål vedr. fordeling af varmeforsyningsledninger			
		Indre by/city	Land
	Hvor stor en andel af jeres samlede varmeforsyningsledninger er beliggende i hhv. indre by/city eller land?	80%	20%

Niels Winther

Fra: Thomas Lummi <thomas.lummi@svenskfjarrvarme.se>
Sendt: 3. februar 2014 13:36
Til: Anna Land, Niels Winther
Emne: SV: Dansk projekt om ældre fjernvarmerør med freon
Vedhæftede filer: MagganCFC11.pdf

Hej Niels!

Jag har ett dokument som jag hoppas kan svara på några av dina frågor.

Med vänlig hälsning

.....
Thomas Lummi
Områdesansvarig Distributionsteknik
Svensk Fjärrvärme AB
101 53 STOCKHOLM
Besöksadress: Olof Palmes gata 31
Tel: 08-677 27 18
Fax: 08-677 25 55
thomas.lummi@svenskfjarrvarme.se

Distributionsdagarna 2014 - med leveranssäkerhet i fokus

Plötsliga och oförutsedda händelser kan inträffa under en leverans, och i konkurrens med andra uppvärmningsalternativ ställs förmågan att kunna kommunicera en störning till sin spets. Konferensen kommer att innehålla föredrag om hur störningar yttrat sig, samt hur de hanterats av energiföretagen. Pågående projekt som, bl a underhållshandboken och relingemetoden, kommer presenteras. Välkommen till Malmö 28 - 29 januari och två fullspäckade dagar med nätverkande och intressanta och givande föredrag. Till program och anmälan >>

Svensk Fjärrvärme är branschorganisationen för fjärrvärme, fjärrkyla och kraftvärme, med cirka 140 medlemsföretag på mer än 250 orter. De svarar tillsammans för mer än hälften av all uppvärmning av bostäder och lokaler i Sverige. Fjärrvärme och fjärrkyla erbjuder effektiva och miljöförbättrande energilösningar som ger kunden enkel, trygg och bekväm värme och kyla. Besök oss på www.svenskfjarrvarme.se och följ oss på www.facebook.com/svenskfjarrvarme

 **Spar ett träd. Skriv inte ut detta e-mail om det inte är nödvändigt.**

Niels Winther

Fra: Thomas Lummi <thomas.lummi@svenskfjarrvarme.se>
Sendt: 3. februar 2014 13:40
Til: Anna Land, Niels Winther
Emne: SV: Dansk projekt om ældre fjernvarmerør med freon

Hej igen!

Hittade ett mejl från min företrädare Jan Eriksson, som jag fick i januari 2013. Det gällde freoners förmåga att stanna kvar i marken.

"Jag har kollat med bl.a Ulf Jarfelt på Chalmers eftersom han varit mycket involverad i PUR-isolering, tester och mätningar i över 20 år. Enligt honom är det riktigt att freoner diffunderar ut genom manteln på fjärrvärmerör men det går mycket långsammare än de drivgaser (cyklopentan) som används idag, uppskattningsvis 100 ggr långsammare men denna faktor är osäker. Rapporten har jag fått av Ulf och visar hur stora mängder freoner man uppskattar finns i gamla fv-rör i Sverige.

Enligt Ulf kan jorden inte hålla freoner utan de försvinner troligtvis upp i atmosfären ganska omgående vilket gör det svårt att momentant mäta freoner i jorden. Man skulle dock kunna gräva ned ett "adsorbentrör" bredvid ett gammalt fv-rör och på så sätt mäta halter efter en viss tid. Det finns gamla freonblåsta teströr nedgrävda i Göteborg som Chalmers gjort diverse mätningar på tidigare och som man ev. skulle kunna göra nya mätningar på. Enligt Ulf vill man (Göteborg Energi?) göra sig av med rören.

Utifrån denna enkla "gallup-undersökning" kan konstateras att vi inte har några spår av freoner i jorden eftersom vi inte har gjort några mätningar.

En viktig sak att tänka på är att när gamla fv-rör skrotas borde de tas om hand så att inte freonerna försvinner upp i luften."

Med vänlig hälsning

.....
Thomas Lummi
Områdesansvarig Distributionsteknik
Svensk Fjärrvärme AB
101 53 STOCKHOLM
Besöksadress: Olof Palmes gata 31
Tel: 08-677 27 18
Fax: 08-677 25 55
thomas.lummi@svenskfjarrvarme.se

Distributionsdagarna 2014 - med leveranssäkerhet i fokus

Plötsliga och oförutsedda händelser kan inträffa under en leverans, och i konkurrens med andra uppvärmningsalternativ ställs förmågan att kunna kommunicera en störning till sin spets. Konferensen kommer att innehålla föredrag om hur störningar yttrat sig, samt hur de hanterats av energiföretagen. Pågående projekt som, bl.a underhållshandboken och relingmetoden, kommer presenteras. Välkommen till Malmö 28 - 29 januari och två fullspäckade dagar med nätverkande och intressanta och givande föredrag. Till program och anmälan >>

Svensk Fjärrvärme är branschorganisationen för fjärrvärme, fjärrkyla och kraftvärme, med cirka 140 medlemsföretag på mer än 250 orter. De svarar tillsammans för mer än hälften av all uppvärmning av bostäder och lokaler i Sverige. Fjärrvärme och fjärrkyla erbjuder effektiva och miljöförbättrande energilösningar som ger kunden enkel, trygg och bekväm värme och kyla. Besök oss på www.svenskfjarrvarme.se och följ oss på www.facebook.com/svenskfjarrvarme

 **Spar ett träd. Skriv inte ut detta e-mail om det inte är nödvändigt.**

Bilag 3: Fjernvarmerør med Freon® i Tyskland

Niels Winther

Fra: Weidlich, Dr.-Ing. Ingo <i.weidlich@agfw.de>
Sendt: 30. januar 2014 15:01
Til: Niels Winther
Emne: AW: Danish project about pipes with freon insulation

Dear Niels Winther,

We do not have statistics for Freon pipes. Since we represent the larger utilities, we even don't know the total length of dh-pipe route in Germany, because smaller dh-networks are not member of AGFW. The total length is estimated to be 100.000 km. The figure was derived from sales-information of the pipe producers.

Best regards,

Ingo

AGFW e. V.

i. A. *Dr.-Ing. Ingo Weidlich*
Forschung und Entwicklung

AGFW | Der Energieeffizienzverband
für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Stresemannallee 30
60596 Frankfurt/Main
Tel.: +49 69 6304-345
Fax: +49 69 6304-391
i.weidlich@agfw.de
<http://www.agfw.de>



Sitz des Verbandes: Frankfurt am Main | Vereinsregistergericht Frankfurt am Main VR 6146 | Präsident des Verbandes:
Udo Wichert | Geschäftsführer: Werner R. Lutsch

Bilag 4: Rør til freonanalyse

By	Lægningsår	Producent	Medierør	Kapperør	Placering	Drifts-temperatur	Optaget fra	Optaget
Brøndby	1978	I. C. Møller	DN250	400 PEH	-	Moderat	Nygårds Plads 29	December 2013
Ejstrupholm	Før 1975	-	DN100	200 PVC	-	-	Lindevænget	Efteråret 2013
					-			
Faaborg	1970-1975	Løgstør Rør	DN40	110 PVC	Frem	Moderat	Hans Rasmussens have	Sommeren 2013
					Frem, muffe			
			DN65	140 PVC	Retur			
					Retur, muffe			
Hadsten	~1980	I. C. Møller	DN40	110 PEH	-	Moderat	Kirkevej 17-19	November 2013
					Muffe			
Kalundborg	1981	I. C. Møller	DN32	110 PEH	Frem	Høj	Strandstræde	Januar 2014
					Retur	Moderat		
Skjern	~1975	Isolrør	DN50	125 PEH	Frem	Moderat	Vestervænget 24	December 2013
					Frem, muffe			
					Retur			
					Retur, muffe			
Ulfborg	1970-1973	Løgstør Rør	DN25	90 PVC	-	Moderat	-	November 2013
Viborg	1980	Dürotan	DN100	200 PEH	Frem	Høj/moderat	Mimersvej	Sommeren 2013
					Frem, muffe	Høj/moderat		
					Retur	Moderat		
					Retur, muffe	Moderat		

Bilag 5: Freonanalyser



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Teknologisk Institut
Installation og Kalibrering
Att.: Niels Winther
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
DK-8000 Aarhus C
Telefon 72 20 20 00
Telefax 72 20 10 19

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Analysereport nr. 591504

Opgave: Freonanalyser på 21 fjernvarmerør.

Prøvetagning ved: Rekvirenten

Prøvemodtagelse: 20. februar 2014

Analyseperiode: 20. februar – 26. marts 2014

Bemærkninger: Resultaterne af analysen samt redegørelse for anvendt(e) metode(r) vedrører kun de(t) analyserede emne(r) eller de(n) til analyse udtagne delprøve(r).

Analysen er udført i henhold til Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver. Analyserapporten må kun gengives i uddrag, hvis Kemisk og Mikrobiologisk Laboratorium skriftligt har godkendt uddraget.

Kemisk og Mikrobiologisk Laboratorium, Aarhus

Paul Lyck Hansen
Seniorkonsulent

Eva Jacobsen
Laborant

Prøvemærkning

Laboratoriet	Rekvirenten		
591504-1	Brøndby	273/400 mm	u. muffe
591504-2	Ejstrupholm	114,3/200 mm	u. muffe
591504-3	Ejstrupholm	114,3/200 mm	m. muffe
591504-4	Faaborg	48,3/110 mm	u. muffe
591504-5	Faaborg	48,3/110 mm	m. muffe
591504-6	Faaborg	76,1/140 mm	u. muffe
591504-7	Faaborg	76,1/140 mm	m. muffe
591504-8	Hadsten	48,3/110 mm	u. muffe
591504-9	Hadsten	48,3/110 mm	m. muffe
591504-10	Kalundborg	42,4/110 mm	u. muffe, frem
591504-11	Kalundborg	42,4/110 mm	u. muffe, retur
591504-12	Skjern	60,3/125 mm	u. muffe, frem
591504-13	Skjern	60,3/125 mm	u. muffe, retur
591504-14	Skjern	60,3/125 mm	m. muffe, frem
591504-15	Skjern	60,3/125 mm	m. muffe, retur
591504-16	Viborg	114,3/200 mm	u. muffe, frem
591504-17	Viborg	114,3/200 mm	u. muffe, retur
591504-18	Viborg	114,3/200 mm	m. muffe, frem
591504-19	Viborg	114,3/200 mm	m. muffe, retur
591504-20	Ulfborg	33,7/90 mm	u. muffe
591504-21	Silkeborg	219/315 mm	

Analysemetode*GC/MS-screening*

Den indledende GC/MS-screening blev foretaget ved en headspace-undersøgelse baseret på prøvetagning med solid phase micro extraction (SPME). Det påviste indhold blev identificeret ved en sammenligning med NIST MS-biblioteket.

Kvantitativ GC/FID-analyse

Prøverne er ekstraheret med dimethylformamid (DMF) tilsat intern standard og derefter analyseret gaschromatografisk ved GC/FID. Målingen er foretaget som triplikatbestemmelse.

Resultater i w/w-%

Prøvemærkning	Freon-11	Freon-150	Cyclopentan
591504-1	5,9	-	-
591504-2	7,9	0,28	-
591504-3	6,1	0,11	-
591504-4	7,9	0,20	-
591504-5	6,1	0,13	-
591504-6	7,5	0,26	-
591504-7	6,3	0,15	-
591504-8	9,8	-	-
591504-9	3,4	-	-
591504-10	10	-	-
591504-11	9,5	-	-
591504-12	9,8	-	-
591504-13	27	-	-
591504-14	14	-	-
591504-15	15	-	-
591504-16	15	-	-
591504-17	16	-	-
591504-18	16	-	-
591504-19	19	-	-
591504-20	22	0,28	-
591504-21	-	-	3,6
Detektionsgrænse	0,05	0,01	0,01

"-" betyder under detektionsgrænsen.

Bemærkning

Prøve 591504-9 var meget fugtig ved modtagelse. Der blev derfor udført en bestemmelse for tørstofindhold af prøven for at korrigere resultatet af de udførte analyser for vandindhold.

De kvalitative analyser udført ved SPME-GC/MS viser indhold af freon-21 i prøverne 591504-9 til 591504-19. Det er ikke muligt at adskille freon-21 og freon-11 gaschromatografisk ved den anvendte GC/FID-metode, og resultatet for disse to prøver skal betragtes som en sum af både freon-11 og -21.

Kortlægning af gamle CFC-holdige fjernvarmerør

Formålet med denne rapport har været at estimere mængden af Freon® i ældre fjernvarmerør i Danmark og at klarlægge, hvorledes rørene skrottes, når de graves op og skiftes. Resultatet danner grundlag for efterfølgende scenarievurderinger i en livscyklusvurdering og samfundsøkonomisk vurdering af behandling af gamle CFC-holdige fjernvarmerør.

På baggrund af ledningsoplysninger samt freonanalyser udført på rørstykker af ældre præisolerede fjernvarmerør har Teknologisk Institut estimeret mængden af tilbageværende præisolerede fjernvarmerør med freonisolering nedgravet i Danmark til ca. 26.000 km svarende til ca. 13.000 km tracé og en freonmængde på ca. 4.000 tons.

De fjernvarmeværker, der leverede ledningsoplysninger, blev efterfølgende spurgt om deres aktuelle og fremtidige renoveringsplaner med hensyn til udskiftningen af freonrør. Samlet set er det relativt meget få mængder freonrør, der udskiftes i Danmark, hvilket kan skyldes de stadig gode termiske egenskaber, som disse rør har. Der er overordnet ikke på landsplan en renoveringsplan for udskiftning af ældre fjernvarmerør med Freon®, da udskiftningerne som regel sker ad hoc ud fra andre kriterier end at udfase ældre rør grundet deres indhold af Freon®.

Sluttaftagere af skrottede fjernvarmerør blev interviewet om, hvilke metoder de anvender, idet der naturligvis er fokus på, om skrotningen medfører frigivelse af Freon® fra isoleringen, da rørene først klippes i mindre stykker og derefter knuses, så stålet kan genanvendes. I begge tilfælde sker der en knusning af isoleringsskummet og dermed frigivelse af Freon® fra de mange små, lukkede celler, som isoleringsskummet består af. Ingen af genbrugsvirksomhederne tager højde for, at skummet kan være freonholdigt, og opsamler således ikke de gasser, der frigives med klipning eller knusning af isoleringen.



**Miljø- og
Fødevarerministeriet**
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
DK - 1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk