

Til
DFF F&U-KONTO

Dokumenttype
Aftale nr.: 2014-04

Dato
Juli 2015

VÆRKTØJER TIL RENOVERINGSPLANLÆGNING

13.000	17.000	20.000	24.000	27.000
1.800	2.200	2.600	3.000	3.400
1.800	2.200	2.600	3.000	3.400
6	6	6	6	6
10.090	13.460	13.460	15.140	16.820

VÆRKTØJER TIL RENOVERINGSPLANLÆGNING

Revision 00
Dato 2015-07-29
Udarbejdet af KEH/KLF
Kontrolleret af RKB/KEH
Godkendt af KEH
Beskrivelse Dansk Fjernvarmes F&U Konto: Værktøjer til renoveringsplanlægning
Samarbejde Projektet er udført i samarbejde med Teknologisk Institut og Dansk Fjernvarmes Distributionsgruppe

Ref. 1100013141

Document ID 452352-6

INDHOLD

1.	Indledning	1
2.	Kortlægning af eksisterende net	1
3.	Lednings- og muffetyper, historisk udvikling	6
3.1	Indledning	6
3.2	Udvikling af præørsystemer med medierør af stål	6
3.2.1	Glidende systemer	7
3.2.2	Faste systemer	7
3.3	Muffetyper fra Logstor	8
3.4	Uddrag af rapport: Kappesamlinger på præisolerede fjernvarmerør	10
4.	Test af eksisterende rør	10
4.1	Termiske forhåndsvurderinger	10
4.2	Termiske renoveringer	11
4.3	Varmekonduktivitet	12
4.4	Plan isolering	13
4.5	Cirkulær isolering	13
4.6	Isolering med kompleks geometri	14
4.7	Simulering med FEM	14
4.8	Simulering med multipol	15
4.9	Termiske målinger	16
5.	Økonomimodel	19
5.1	Beskrivelse	20
5.2	Input	20
5.2.1	Generelle forudsætninger	20
5.2.2	Eksisterende ledninger	21
5.2.3	Anlægsudgifter for hhv. reparationer, nye rør og mufferenovering	21
5.2.4	Indgreb	21
5.3	Resultater	22
6.	Eksempel på anvendelse af den økonomiske model	23
6.1	Valg af basisforudsætninger	23
6.2	Udførelse af beregninger	23
7.	Vurdering af restlevetid	25
7.1	Indledning	25
7.2	Vurdering af foreliggende oplysninger	25
7.2.1	Reduktion af isoleringsevne	25
7.2.2	Reduktion af forskydningsstyrke mellem stålrør og isolering	26
7.2.3	Trykstyrke	26
7.2.4	PE type, nedbrydning af stabilisatorer i PE-kappe	26
7.2.5	Udmattelse af stålrør pga. temperaturvariationer	26
7.2.6	Indvendig korrosion af stålrør	27
7.2.7	Udvendig korrosion af stålrør / utætte muffesamlinger	27
8.	Renoveringsplan	28

8.1	Indledning	28
8.2	Kortlægning	28
8.3	Sammenfattende vurdering	29
8.4	Strategi	30
8.5	Handlingsplan	31

Bilag: Regneark med den økonomiske model, dateret 2015-07-29

1. INDLEDNING

Dette projekt har til formål at udarbejde værktøjer og beskrivelser, der kan anvendes til en effektivisering af planlægning af renoveringsarbejder på fjernvarmeledninger. Ved analyse af eksisterende ledninger skal der fokuseres på selskabsøkonomi, energiøkonomi og forsyningssikkerhed. Desuden vil der være fokus på metoder til vurdering af tilstanden af eksisterende præisolerede rør.

Ved forventelige krav om effektivisering i fjernvarmesektoren vil det være væsentligt at råde over et renoveringsværktøj, der kan optimere kommende investeringer og medvirke til at optimere udformningen af fjernvarmesystemerne i forbindelse med renoveringsarbejder.

Anvendelse af projektet skal give mulighed for, at renoveringsovervejelser kan foregå på baggrund af økonomiske analyser og test af eksisterende rør. Det skal sikre, at der tages beslutninger vedrørende renoveringsarbejder, som vil give økonomiske og energimæssige besparelser i fjernvarmesystemet ud fra opstillede forudsætninger vedr. udviklingen i energipriser samt andre omkostninger.

Ud fra beskrivelser i projektet vil der kunne arbejdes med forebyggende vedligeholdelse, som skal sikre forsyningssikkerhed i nettene med henblik på reduktion i akutte reparationer, som ofte vil give fordyrende reparationer og u hensigtsmæssige arbejdsforhold.

Projektet er udarbejdet ved et samarbejde mellem Dansk Fjernvarmes Distributionsgruppe, Teknologisk Institut og Rambøll Energi, med sidst nævnte firma som projektansvarlig. Projektet er støttet af Dansk Fjernvarmes F&U Konto i 2014 og 2015.

2. KORTLÆGNING AF EKSISTERENDE NET

Forud for igangsætning af planlægning af renoveringsopgaver på et givet fjernvarmenet vil det være formålstjenligt at samle en række data, som kan give et overblik over nettes udstrækning, opbygning, driftsforhold og tilstand. En række af disse data kan hentes fra værkets GIS-system. I tabel 1 nedenfor er der opstillet en række oplysninger med bemærkninger om, hvad de pågældende oplysninger kan anvendes til.

Punkt	Oplysninger vedr. ledningsnettet	Bemærkninger
1	Et oversigtskort over ledningsnettet med dimensioner.	Dette er basisoplysninger.
2	En tabel med ledningslængder og dimensioner.	Tabellen kan eksempelvis benyttes til at lave et overslag over den teoretiske værdi for ledningsnettets varmetab.
3	Ledningers alder. Dette kan indføres i ovennævnte tabel.	Ledningers alder giver et foreløbigt overblik over nettets tilstand. Alderen i sig selv er dog ikke tilstrækkelig til at vurdere, om dele af nettet bør renoveres. I forbindelse med opnåelse af energisparepoint har Energistyrelsen indført en aldersgrænse på 40 år, således at der ikke opnås energisparepoint ved udskiftning af ledninger, der er ældre end 40 år. Disse ledninger betragtes som udtjente. Men dette behøver ikke at være tilfældet, idet det afhænger af ledningens konstruktion, vedligeholdelsestilstand, temperaturforhold mv.

4	Ledningstyper på hoved- og stikledninger samt fabrikater, hvor det er muligt. Dette kan ligeledes indføres i ovennævnte tabel. Ledningstype kan desuden angives som fast, glidende, flex, stål, plast, Cu, kappe af PVC eller PE mv.	Hvis der optræder typer af ledninger med særlige problemer, kan tabellen benyttes til at få et overblik over renoveringsbehov for disse ledninger. Jo bedre oplysninger, der findes for ledningerne, jo lettere vil det være at lægge en renoveringsstrategi.
5	Med eller uden alarmsystem. Dette kan indføres i ovennævnte tabel. På et kort kan angives aktuelle stående alarmer.	I forbindelse med renoveringsovervejelser er det vigtigt at fokusere på de strækninger, der ikke har alarmsystem eller måske strækninger, hvor der står mange alarmer, som der ikke er reageret på.
6	Termografiundersøgelser.	Resultatet af termografiundersøgelser er et vigtigt forhold ved vurdering af ledninger uden alarmsystem
7	Muffetyper på de præisolerede rør kan angives på et oversigtskort eller angives i tabelform i forhold til ledningernes alder, fabrikat mv.	Ud fra erfaringer kan der lægges en strategi for udskiftning af muffetyper, som der har været problemer med. Det skal overvejes nøje, om det kan betale sig, at udføre en total mufferenovering eller det bedre kan betale sig, at udføre totalrenovering af ledningen. Hvis mufteafstanden er lille vil det være forholdsvis dyrt at foretage en total mufferenovering. Hvis der kun er problemer med enkelte muffe og ledningen ellers er i god stand vil det naturligvis være relevant at vedligeholde de udvalgte muffe, som eksempelvis er fundet ved alarmsystem eller ved termografi.
8	Zoner med skumpuder.	Skumpuder vil hæve temperaturen på kappen og tilhørende muffe. Det kan give en forøget ældning på mufferne i disse zoner.
9	Jordbunds- og grundvandsforhold.	Det er relevant at registrere på et oversigtskort, hvor der er høj grundvandspejl. Ligeledes er det relevant at markere, hvor der er risiko for særlig forurenede jord. I områder med højt grundvandstand vil utætte muffe medføre en hurtig korrosion på medierør af stål.
10	Belægningstyper: Asfalt, fortov, græs mv.	Af hensyn til anlægsoverslag kan det være relevant at registrere belægningstyper.
11	Trafikforhold, vanskelige krydsninger (let eller vanskeligt at lave akutte reparationer).	Det kan være meget relevant at registrere de områder, hvor udførelse af reparationer vil være meget kompliceret pga. trafikforhold eller pga. vanskelige krydsninger. Her kan det være relevant at udføre renovering som en forebyggende, planlagt foranstaltning, for at undgå akutte reparationer – som måske vil optræde på meget uheldsmæssige tidspunkter.
12	Oversigt over brønde og afspærringsventiler samt tilstanden af disse.	Det er vigtigt, at afspærringsventiler er funktionsdygtige og tætte. Ved ledningsudskiftninger kan det være tidskrævende, hvis der ikke kan svejdes pga. sivede vand fra en utæt ventil.

13	Temperaturforhold, sommer og vinter samt temperaturvariationer.	Temperaturforhold er vigtige for vurdering af varmetabet, men også for vurdering af levetid. Høj temperatur giver forøget ældning af plastmaterialer. Dette kan være et vigtigt spørgsmål ved vise typer af stikledninger. På traditionelle præisolerede rør vil temperaturer under 100 grader °C normalt ikke give forøget risiko for ældning. Store temperaturvariationer f.eks. mellem nat og dag kan give udmattelsespåvirkning og kan påvirke muffesamlinger, hvis rørene flytter sig i jorden.
14	Vandtab i nettet.	Vandtab kan normalt kun oplyses for et samlet net. Ved direkte kundenlæg kan noget af vandtabet ligge i forbrugernes anlæg. Oplysninger om vandtab er dog en god indikator for nettets tilstand. Vurdering af tabets størrelse skal ses i sammenhæng med nettets alder. Et nyt net bør naturligvis ikke have et vandtab. Meget overordnet kan følgende anføres som en gennemsnitsbetragtning: Tab under 0,1 m ³ /km pr. døgn vil for mange net være en tilfredsstillende situation. Et tab mellem 0,1 til 0,25 m ³ /km pr. døgn vil betyde, at der skal arbejdes på at nedbringe tabet. Ved tab over 0,25 m ³ /km pr. døgn bør der overvejes en renoveringsplan for mere systematisk renovering. Det skal dog anføres, at en enkelt stor utæthed i nettet eller flere utætheder på kundernes anlæg kan forstyrre dette billede, hvorfor nøgletallene skal tages med et vist forbehold.
15	Kvalitet af fjernvarmevandet.	Lever vandkvaliteten op til vejledende standarder. Dette bør løbende undersøges ved udtag af vandprøver. Det er specielt ilt i vandet, der vil give korrosion i stålrørene. Det er dog sjældent at dette opleves som et problem.
16	Vurdering af varmetab.	Det anbefales, der udføres en teoretisk beregning af varmetabet ud fra listen under punkt 2. Dette teoretiske tal sammenlignes med det målte varmetab. Hvis der er stor divergens, tyder det på, at dele af nettet ikke er i tilfredsstillende tilstand. Ved vurdering af varmetab vil det også være naturligt at se på omkostninger, energiforbrug og emission ved varmetabet. Det skal her noteres, at varmetabet repræsenterer en ekstra produktion, hvorfor det er den marginale pris, dvs. den dyreste produktion, der indgår her. Varmetabet indgår i den økonomiske model, der er beskrevet i kapitel 5.

17	Oversigt over brud- og reparationsomfang.	Der er ved en tidligere undersøgelse oplyst et gennemsnitstal på 0,1 reparation eller brud pr. km pr. år. Hvis tallet ligger under denne værdi for et gennemsnitsnet, så er situationen tilfredsstillende. Hvis værdien ligger over dette tal, er der måske behov for at intensivere vedligeholdelsesarbejdet. Der er igen tale om et nøgletal, der skal tages med et vist forbehold i forhold til nettes alder og tilstand. Det er desuden vigtigt at se på typen af reparationer. Hvis der er tale om muffeudskiftninger efter alarmfejl, kan et større tal være udtryk for dels, at mufferne er ved at være udtjente, men også at disse udskiftes, når der optræder alarm, hvilket må betragtes som en positiv indsats. Antal brud pr. km pr. år indgår i den økonomiske model i kapitel 5.
18	Beskrivelse af reparationsmetoder ved reparationer på nettet.	Det er vigtigt at fokusere på kvaliteten ved reparationer, så den samme fejl ikke dukker op igen om få år. Ved muffeudskiftninger skal der vælges en muffetype. Her vil valget typisk stå mellem en svejsemuffe eller en af de andre muffetyper på markedet. Ved udskiftning af ledninger skal der tages stilling til type af ledning, den tilhørende isoleringstype samt valg vedr. alarmsystem.
19	Udgifter til reparationer.	I forbindelse med vurdering af nettets tilstand, herunder overvejelser vedr. en eventuel renovering af nettet, er det vigtigt at have en oversigt over omkostninger til vedligeholdelse. Denne post indgår også i den økonomiske model i kapitel 5.
20	Kapacitetsforhold i nettet.	Ved overvejelser om renovering er det vigtigt at kende nettets kapacitetsforhold. Er der behov for at opdimensionere eller neddimensionere aktuelle strækninger. Forhold vedr. fremløbstemperatur og afkøling vil også spille ind i disse vurderinger. Hvis der køres lavtemperatur eller det på sigt planlægges at sænke fremløbstemperaturen vil det være relevant at overveje, om fremløbstemperaturen skal hæves kortvarigt ved vinterspidslast, således at ledninger dimensioneres med en forbedret afkøling i spidslastsituationen fremfor at dimensionere med en lavere afkøling og dermed få større ledningsdimensioner. Ved ledninger med en for stor dimension vil der opstå et forøget temperaturtab pga. et langsomt flow i ledningen. Dette kan ligeledes indgå i disse overvejelser. Hvis en renovering kan medføre, at temperaturen kan sænkes af værk, vil der være store fordele ved en sådan renovering.

21	Forsyningssikkerhed.	I forbindelse med vurdering af kapacitetsforhold er det også relevant at se på forsyningssikkerhed. Det kan være en strategi at udpege de vigtigste ledninger i nettet sammen med de vigtigste kunder og lave en klassificering af ledninger ift. forsyningssikkerhed. Kritiske kunder kan være hospitaler, plejehjem mv. Det giver eksempelvis anledning til overvejelser, hvis en kritisk kunde leveres via en ældre ledning, som ligger et sted, hvor det er vanskeligt at udføre reparationer. Her kan en forebyggende renovering måske være en relevant løsning. Det kan også være relevant at overveje fordele ved at skifte kritiske ledninger i sommerperioden, hvor forsyningen ikke er så kritisk eller måske kan klares via en ringforbindelse eller via et mobilt kedelanlæg.
22	Koordinering med andre arbejder. Krav i den nye vejlov, § 74 vedr. pligt til koordinering med andre graveaktører.	Renovering kan også komme på tale i områder, hvor der planlægges andre arbejder – eksempelvis udskiftning af belægning i en gågade eller udførelse af separat kloakering i forsyningsområdet. Der henvises også til Lov om offentlige veje m.v. af 27/12/2014, hvor det i § 74 anføres, at der er pligt til at koordinere gravearbejder i offentlige veje med andre graveaktører. Det anføres desuden i stk. 3 til § 74, at der kan blive tale om at betale meromkostninger til andre graveaktører / vejmyndigheder, som følge af manglende koordinering. Dette peger i retning af, at det skal tilstræbes, at udføre planlagt renovering frem for akutte reparationer, hvor en koordinering vil være vanskelig at udføre pga. tidspres.
23	Udbudsforhold.	Hvis der ønskes udbud på renoveringsarbejder kræver dette i sig selv en planlægning, således at udbud kan udføres i god tid inden arbejdets udførelse. Ved udførelse af akutte reparationer må arbejderne typisk udføres efter en rammeaftale.
24	Økonomiske rammer – budget.	Hvis der ønskes opsat økonomiske rammer for renovering – måske over en årrække - vil dette kræve en planlægning af renoveringsindsatsen. En givet økonomisk ramme vil kræve, at der udføres en prioritering af indsatsen. Til dette brug kan den økonomiske model anvendes sammen med en række andre oplysninger, som værket ligger inde med jf. oversigten i nærværende tabel.

25	Risiko for at skade omgivelser ved et havari.	Omgivelser kan være mennesker, bygninger, produktionsanlæg og miljø. Hvis ledninger er placeret, hvor der optræder særlige risikofaktorer, er det naturligvis vigtigt at holde disse ledninger under opsyn og vurdere, om tilstanden er tilfredsstillende. Havari i sådanne områder kan medføre forøgede omkostninger, hvis værket gøres ansvarlig for følgeskader på omgivelser. Det klassiske uheld vil være trafikanter, der kører ned i huller, der opstår ved underminering af vejbelægningen, som følge af stor vandudstrømning.
26	Bogholderimæssig værdifastsættelse af nettet	For at få en løbende vurdering af ledningsnettets værdi har nogle værker opstillet en model for værdifastlæggelse af ledningsnettet. Ved en sådan model vil der typisk indgå en afskrivningstid for nettet – f.eks. 30 eller 40 år. Når afskrivningen er udtømt, sættes værdien til 0. Ved at beregne værdien hvert år og tage hensyn til eventuelle nyanlæg, kan metoden bruges til at få et overblik over nettets værdimæssige udvikling. Ved samtidig at beregne den gennemsnitlige alder af nettet, kan dette også inddrages i den årlige oversigt over nettets værdi. Denne metode kan være et godt supplement til den tekniske vurdering.

Tabel 1 Oversigt over oplysninger / vurderinger, der kan benyttes ved vurdering af nettes udstrækning, opbygning, driftsforhold og tilstand. Desuden er medtaget forhold der spiller ind ved planlægning af renoveringsindsatsen.

Oplysninger og vurderinger i tabel 1 vil give et overordnet indtryk af nettets forhold. Disse oplysninger kan anvendes til at fastlægge en strategi for renovering. Ved beslutning om renovering af konkrete strækninger, men også ved valg af strategi kan der supplerende udføres økonomiske vurderinger via det regneark, der er beskrevet i kapitel 5.

3. LEDNINGS- OG MUFFETYPER, HISTORISK UDVIKLING

3.1 Indledning

I dette afsnit gives en kort beskrivelse af udviklingen af de præisolerede rør med medierør af stål, for at give et indtryk af hvorfor udviklingen er gået i retning af de faste rørsystemer, som primært bruges i dag.

Der findes andre typer af præisolerede rør, herunder de fleksible rør, som mest bruges til stikledninger. For ældre fleksible rør har der været tale om fleksible stålrør, PEX-rør og rør med medierør af kobber (Aquawarm). Der har i den senere tid været meget fokus på PEX-rørene pga. diffusion af vand fra medierøret ud i isoleringen. Disse rørtypen beskrives ikke nærmere i denne rapport.

3.2 Udvikling af prærørsystemer med medierør af stål

Baggrunden for udviklingen af de præisolerede fjernvarmerør i 1960'erne var dels erfaringerne med ofte meget dårligt udførte betonkanaler, og dels ønsket om hurtigere og billigere udførelse af specielt mindre ledninger.

Ideen med at præfabrikere medierør med isolering og beskyttelseskonstruktion (kappe) var ny og spændende, og der blev fra starten ikke fokuseret på, at dette nye produkt kunne fungere anderledes end de kendte konstruktioner, og at det skulle stilles helt specielle krav til materialerne.

Man forsøgte derfor med de første systemer at imitere ekspansionsforholdene i det kendte systemer med betonkanaler. Beklageligvis medførte dette problemer ved de første præerørssystemer, og dette startede en lang række tiltag, der sammenlagt har ført til præisolerede systemer, der i dag både er prisgunstige og har en høj pålidelighed.

Nogle år efter de første glidende systemer kom de første faststøbte systemer på markedet, og de to systemer blev udviklet parallelt i takt med at materialerne blev udviklede og brugerne fik bedre forståelse for systemernes funktionsmåde.

Udviklingen har i det store hele været til gunst for de faste systemer, som udelukkende benyttes i dag. Det kan ikke udelukkes, at et anderledes forløb kunne have været til gunst for de glidende systemer, hvis de i tide kunne have haft fordelene af de bedre materialer og specielt de mere robuste samlinger, man har i dag. Men konklusionen vil sikkert i alle tilfælde være, at de faste systemer er mere enkle og robuste jf. opremsningen af fordele og ulemper nedenfor.

3.2.1 Glidende systemer

Medierør: Stål

Glidemiddel: Fedt, bitumen- eller silikonebaseret.

Isolering: PU

Kappe: PVC eller PEH

Ekspansion: Aksialkompensatorer eller ekspansionselementer med hulrum eller blødt skum. Fikspunkter.

Fordele ved glidende systemer:

- Ekspansionsforholdene er let forståelige og overskuelige.
- Projektering er nem at udføre.
- Begrænsede krav til PU-skummets mekaniske egenskaber.
- Kan anvendes ved lokal renovering af betonkanaler.

Ulemper ved glidende systemer:

- Stor skadefrekvens på ekspansionselementer, specielt elementer med hulrum.
- Uhensigtsmæssigt materialevalg. PVC viste sig hurtigt uegnet til kapper.
- Valg af glidemiddel kritisk. For de fleste af glidemidlerne må man betvivle en levetid på 30 år. Der er mange eksempler på, at de bitumenbaserede glidemidler "brænder fast", hvorefter rørene helt eller delvis fungerer som et fast system.
- Stor følsomhed overfor store og hurtige temperaturændringer.
- Glidemidlets viskositet afhænger af temperaturen, specielt de bitumenbaserede. Dette medfører en "pumpevirkning", idet kræfterne på isolering og kappe er størst ved opvarmning. Der har været tilfælde, hvor isoleringen er skubbet endda meget store afstande i forhold til medierøret.
- Kræver meget robuste og stive samlinger i modsætning til de første samlingstyper, der var meget fleksible ved tætning med rullinger eller bitumen.
- Kræver mange specialkomponenter, herunder fikspunkter.
- Mangel på kvalitetsspecifikationer og produktstandarder.

3.2.2 Faste systemer

Medierør: Stål

Isolering: PU

Kappe: PEH

Ekspansion: Ingen på fastholdte strækninger, udvendige skumpuder, gruspuder eller udvendige hulrum via eksempelvis stål- eller betonskaller eller lignende ved retningsændringer.

Fordele og ulemper er nedenfor beskrevet under forudsætning af, at man bruger et koldforlagt eller varmemeforspændt system. Der findes mellemløsning f.eks. systemer med engangskompensatorer, som kan komme på tale under specielle anlægsforhold.

Fordele ved faste systemer:

- Det færdigt udførte system er enkelt og robust med få specialkomponenter.
- På de friktionsfikserede strækninger, som normalt udgør størstedelen, bevæger rørene sig ikke, og giver dermed mindre belastning på samlingerne.
- Fylder mindre bl.a. fordi fikspunkter kan udelades.
- De mindste dimensioner kan koldforlægges, hvilket giver stor fleksibilitet under udførelsen.
- Kvalitetskrav og beregningsmetoder er beskrevet i først danske og senere europæiske standarder, og der er sket en løbende produktudvikling i takt med udarbejdelsen af standarderne.
- Der er et udbud af faste systemer fra flere leverandører. Lige rør (og i nogen udstrækning også komponenter) af forskellige fabrikater kan anvendes sammen.
- Udføres i dag med alarmsystem og ved nogle leverandører med diffusionsspærre
- Har givet basis for udvikling af twin-rør

Ulemper ved faste systemer

- Spændings- og ekspansionsforholdene er vanskeligere at overskue og kan ikke bestemmes præcist.
- Afgreninger (T-stykker) kræver forstrækning på grund af de store aksialspændinger.
- Forskydningsstyrken mellem stålrør og PU-isolering efter ældning er en alt afgørende parameter.
- De høje aksialspændinger medfører restriktioner ved parallelgravning.
- Mufferne skal fæstnes på ledningen, således at muffen sidder fast overfor langsgående bevægelser af medierøret i jorden.

3.3 Muffetyper fra Logstor

Ved henvendelse til Logstor vedrørende anvendelse af forskellige muffetyper gennem den periode, hvor der er anvendt præisolerede fjernvarmerør, har Logstor angivet en oversigt, som er anført i det følgende. Ud over muffetyper er der også anført andre produkttyper fra Logstor (tidligere Løgstør Rør) samt typer fra Tarco og I.C. Møller, når de kom ind i Logstors produktprogram ved fusioner med de pågældende firmaer.

Oversigten har til formål at give et indtryk af, hvad der kan ligge af muffetyper ved danske fjernvarmenet.

1960 -66

Skydemuffer af PVC som til trykvandedninger. Tættes ved O-ringe, som klemmes, når muffen trækkes hen over PVC kappen.

1966- 68

PVC-krympemuffer af kappemateriale. Ø max 250.

1968-71

Nyt produkt (Raychem) via Mölnlycke (Sverige) . Kaldes TERMOFIT. Har både rørformede og åbne med vulster og samleskinne af GFP (glasfiber forstærket plast) eller 18-8 st. Kun lige samlinger.

1970-71

Bituthene folie, som er helt belagt med bitumen. Bruges bl.a. til udvendig tætning af underjordiske betonkonstruktioner, som kældre og brønde. Bituthenen lægges på og lunes, hvorefter muffer krympes direkte over/på folien. Folien blev således anvendt som en ekstra tætning under en krympemuffe.

1972

Gummiringen i krympemuffesamling erstattes af nykonstrueret 3-kant gummiring, som er udviklet sammen med Daoplast (PVC rør producent) og Schöning og Arvé (gummiproducent). Gummi skal komprimeres for at forblive tæt.

Tætningsbånd type TERROSTAT anvendes til reparationsopgaver og som ekstra tætning.

1974

Bløde rør i ruller (PEX22 i 60 PE) samles med Raychem krympeslange eller GFP delte muffer med terrostatbånd (gummibaseret tætningsbånd). GFP muffer er lige eller vinkel (90 grader).

1976 -77

Kilemuffe i ABS-plast (lysegrå) til alle typer rør sideløbende med krympemuffer til alle rør op til Ø250.

1978

Isoleringsskåle støbes med labyrinttætning i længden.

1979

Raychem ændrer mastic til en stivere og jordstabil type (fra type 11 til 87). Aktivering med flamme til op til 90 grader °C.

1980

Kilemuffe ikke god på PE-kapper. PE krympemuffer uden krydsbinding ikke gode og ustabile i krymp.

1981

Dobbet-tætning vinder stærkt frem. Nitto krympefolie 1230 indføres i stedet for Bituthene.

1982

Kapper både af PVC og PE. Til dobbelttætning bruges Nitto NW1220L (specielt Løgstør-produkt) og manchetter Nitto 1150. 50% krymp.

1984

Nye betegnelser (A2 – B2 – B2X – C2L o.s.v.) PVC helt ude som kapper.

1986

Kilemuffer ude. Svejsemuffer i PE med svejsebånd Raychem Jointek 1000 er standard.

1995

LR-Plast (ex Raychem Glostrup) introducerer krydsbundne og ekspanderende elementer til muffer og manchetter. Særlige muffer til bøjninger og reduktioner samt reparation især til industri og levnedsmiddel.

1999

Tarco produktprogram med muffer til udskumning indpasses sammen med krympe-/ svejsemuffe med svejsebånd. Jointec 1000 udgår.

2005

ABB I.C. Møller program implementeres. Stålmuffer – svejsemuffer som plader.

2010 ca.

Programmet revideres – især svejsemuffer. Ny svejsemaskine (Weldmaster) og ny elektronik giver nye muligheder, som bl.a. Plate-Joint, hvor store muffer leveres som plader og er lettere at transportere.

Aktivering omfatter nu udover rengøring og forvarmning også afvaskning med sprit / affedter. Fedtstifter må ikke bruges ved markering for ikke at hindre hæftning af mastic.

3.4 Uddrag af rapport: Kappesamlinger på præisolerede fjernvarmerør

I 1989 blev der udgivet en rapport vedrørende kappesamlinger på præisolerede rør. Rapporten blev udarbejdet af B. Højlund Rasmussen, Rådgivende Ing. A/S (i dag en del af Rambøll) og Jysk Teknologisk (i dag Teknologisk Institut i Aarhus). Formålet med rapporten var at bidrage til udviklingen af kappesamlinger på præisolerede rør. I rapporten er der i kapitel 3 et afsnit med betegnelsen: Prærør og kappesamlinger. Dette kapitel indeholder følgende afsnit:

- 3.1 Beskrivelse af de forskellige typer af præisolerede fjernvarmerør
- 3.2 Kappesamlingers virkemåde ved de glidende rørsystem
- 3.3 Kappesamlingers virkemåde ved det faststøbte rørsystem
- 3.4 Kappesamlingsmetoder

I afsnit 3.4 er der angivet en beskrivelse af følgende kappesamlingsmetoder:

- Flangemuffer af stål (kile- og boltemuffer). Findes i et meget stort antal. Dette var den typiske samling fra I.C. Møller.
- Skydemuffer med manchetter, der krympes ned ved de to ender
- Krympesvøb. Åbent svøb, der blev lagt omkring røret, låst og krympet ned. Blev udført med for ringe mekanisk stabilitet, anvendtes i en relativ kort periode. Blev i en periode anvendt til reparationer pga. den åbne form.
- Krympemuffe. Lukket muffe, der skydes ind over samlingen og krympes ned.
- Ekstrudersvejest muffe. Kompliceret at udføre. Men kan stadig være relevant ved reparationer.
- Elektrosvejest muffe. Findes i mange udformninger og blev det udbredte princip.

Der har været gode erfaringer med ovenstående muffer, bortset fra krympesvøbet. Udviklingen har dog ført til, at der i dag primært anvendes svejsemuffer og krympemuffer.

Der er gennem tiden udført mange muffereparationer pga. utætte muffer. Disse reparationer skyldes i mange tilfælde for dårlig udførelse og for dårlige arbejdsforhold under udførelsen samt manglende uddannelse af muffemontørerne. Ved ældre muffer vil der endvidere være tale om ældning af de anvendte tætningsmaterialer.

4. TEST AF EKSISTERENDE RØR

4.1 Termiske forhåndsvurderinger

Inden en renovering påbegyndes, kan det være nyttigt at vurdere effekten af renoveringen ud fra betydningen af den opnåede besparelse i det reducerede energitab fra ledningerne.

Erfaringerne viser, at rør produceret med Freon® generelt stadig isolerer udmærket, 1. Efter Freon® blev forbudt som opskumningsmiddel fra 1. januar 1995 anvendtes i en kort årrække CO₂ til opskumning; disse rør har en generelt ringe isoleringsevne, da CO₂ er en meget flygtig gas i forhold til Freon®. Ingen af ovennævnte rør blev produceret som twinrør eller med diffusionspærre.

Nogle år senere blev CO₂ erstattet af cyclopentan C₅H₁₀, og denne gas anvendes stadig i produktionen af isoleringsskummet, hård polyuretan, PUR. Cyclopentan har udmærkede isoleringsegenskaber, og er mindre flygtig end CO₂, men mere flygtig end Freon®, der vurderes at have en halveringstid på 300 år, 2.

Når isoleringsevnen af et ældre PUR er ønskelig at fastlægge, er der to metoder, der kan anvendes: En destruktiv, præcis og en ikke destruktiv, mindre præcis. Den destruktive metode består i at opgrave et rørstykke for efterfølgende bestemmelse af energitabet i henhold til DS/EN 235 i laboratoriet. Denne metode kræver naturligvis afspærring og tømning af den pågældende ledningsstreng, hvilket i de fleste tilfælde ikke er hensigtsmæssig, men såfremt der i anden anledning alligevel er afspærret og opgravet, kan det være en udmærket mulighed.

Den ikke destruktive metode baserer sig på at bore et lille hul i kapperøret og gennem dette indføre en sonde i PUR'en. Sonden er tilsluttet et måleapparat og afgiver først en varmepuls, hvorefter den registrerer den tid, som afkølingen tager. Ud fra disse parametre kan isoleringens varmeledningsevne beregnes.

Metoden er nærmere beskrevet i Dansk Fjernvarmes F&U-projekt 2011-01. Ulempen ved metoden er, at den kræver aflukning af vandet, så der ikke tilføres målingen en varmeflux fra medierøret. Den fastsatte varmekonduktivitet relaterer sig heller ikke direkte til en middelisoleringstemperatur på 50 °C, som er den temperatur, hvor isoleringen i fjernvarmerør deklareres, dvs. λ₅₀.

Er der mistanke om, at isoleringen er våd fra indtrængende vand gennem utætte muffesamlinger eller som vanddampdiffusion gennem medierør af PEX, er en nærmere undersøgelse af forholdene særdeles relevant, idet en fugtig isolering giver et kraftigt øget energitab. Fugtig isolering kan ikke udtørres på rør i drift.

Der er umiddelbart to metoder til bestemmelse af, om isoleringen er fugtig: En destruktiv og en ikke destruktiv. Den destruktive metode består i dels at opgrave et rørstykke for efterfølgende bestemmelse af fugtindholdet ved gentagen skiftevis vejning og udtørring over en periode indtil vægten er konstant, dels at måle energitabet i henhold til DS/EN 253 i laboratoriet.

Denne metode kræver naturligvis afspærring og tømning af den pågældende ledningsstreng, hvilket i de fleste tilfælde ikke er hensigtsmæssig, men såfremt der i anden anledning alligevel er afspærret og opgravet, kan det være en udmærket mulighed.

Den ikke destruktive metode kan anvendes til at fastslå, om der er fugt i isoleringen med enten mikrobølger eller en ionkilde. Metoden ventes udviklet yderligere inden for de næste par år, og vil da være en relativ nem og økonomisk metode til at afgøre, om et rør har fugtig isolering og i givet fald hvor meget.

4.2 Termiske renoveringer

Ved termiske renoveringer forstås udskiftning af ældre fjernvarmerør med stort energitab til nye præisolerede fjernvarmerør med lavt energitab.

¹ Kortlægning af gamle fjernvarmerør med Freon®, Miljøstyrelsen, 2015

² Kortlægning af CFC- og HCFC affald i Danmark, Miljøstyrelsen, 2006

De første fjernvarmeledninger blev lagt i betonkanaler, der ofte blev støbt på stedet. Energitalet fra betonkanaler er relativt stort, og da risikoen for ydre korrosion er høj, er der god grund til at erstatte kanalerne med præisolerede fjernvarmerør.

Historisk set blev præisolerede fjernvarmerør altid lagt som to parvise enkeltrør indtil omkring 2002, hvor twinrøret så småt kom på markedet. Fordelen ved twinrør er dels en enklere lægning med kun ét rør, dels at energitabet er lavere end ved to enkeltrør. Ulempen er, at der sker en vis termisk kortslutning mellem frem og retur, så temperaturen på returløbet stiger, mens temperaturen på fremløbet falder.

Ved to enkeltrør vil der fra begge rør ske et energitab til omgivelserne, mens energitabet i et twinrør både sker til omgivelserne fra primært fremløbsrøret og – ikke mindst – internt mellem de to medierør, da afstanden mellem medierørene er relativ lille.

Samlet set er det dog bedre at beholde energien inde i det præisolerede fjernvarmerør frem for at lade den gå tabt i jorden.

Et helt afgørende punkt i forbindelse med termiske renoveringer er isoleringstykkelsen på de præisolerede fjernvarmerør. De første rør på markedet var isoleret med et relativt tyndt lag PUR og er, hvad man i dag kalder for serie 0. Senere blev det muligt at købe rør med ekstra isolering, ofte kaldet plus eller serie 1.

Herefter kom serie 2, 3 og 4, idet hvert højere serienummer har et endnu tykkere isoleringslag omkring medierøret. Som med fx mineraluld er det tydeligvis vanskeligt at fremstille PUR med markant bedre isolering, hvorfor den gængse vej til at reducere varmetabet er at anvende mere af det, dvs. i tykkere lag.

4.3 Varmekonduktivitet

Et materiales evne til at lede varme angives ved dets varmekonduktivitet, varmeledningsevne eller varmeledningstal og udtrykkes ved lambdaværdien λ målt i $W/(m \cdot K)$.

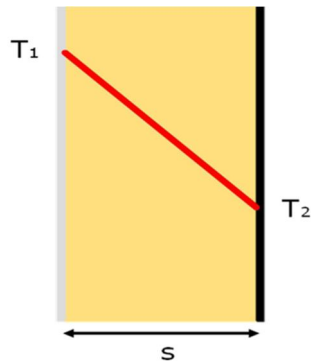
Varmekonduktivitet angiver det antal joule, der pr. sekund passerer gennem 1 m^2 af materialet med en tykkelse på 1 m , når der er en temperaturforskel mellem fladerne på 1 K . En høj værdi for λ angiver således en dårlig varmeisoleringsevne.

Stillestående gas/luftarter er fremragende isolatorer og giver god isolering, altså lave værdier af λ , mens metaller er fremragende varmeledere med høje værdier af λ . Varmekonduktiviteten stiger generelt med stigende temperatur.

4.4 Plan isolering

Ved plan, homogen isolering og moderate temperaturer opstår der en teoretisk set lineær temperaturgradient gennem materialet, som angivet på næste figur:

$$\Phi = \frac{\lambda}{s} \cdot A \cdot \Delta T$$



Temperaturgradient gennem plan isolering

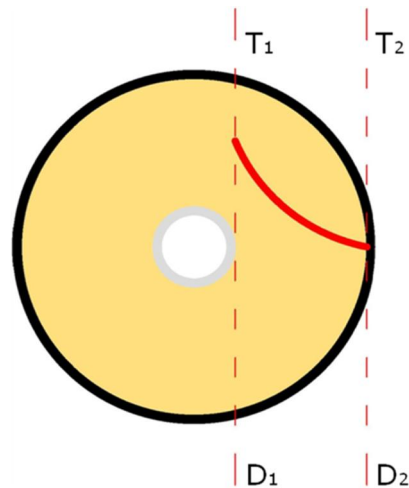
Varmetabet (Φ) er derfor en lineær funktion af isoleringens varmekonduktivitet (λ), tykkelse (s) og areal (A) samt temperaturforskellen (ΔT) mellem de to sider.

4.5 Cirkulær isolering

Ved cirkulær isolering opstår der ved moderate temperaturer en teoretisk set eksponentielt aftagende temperaturgradient radiale fra centrum som angivet på nedenstående figur:

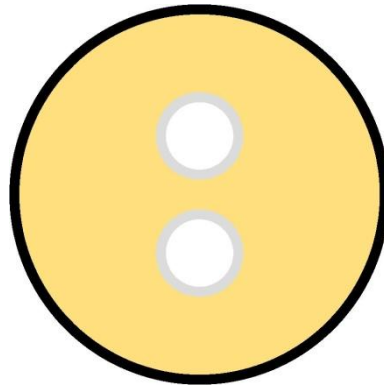
$$\Phi = \frac{\lambda}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \Delta T$$

$$\Leftrightarrow \Phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \Delta T}{\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}$$



Temperaturgradient gennem cirkulær isolering

4.6 Isolering med kompleks geometri



I rør med mere end et medierør bliver temperaturfordelingen og dermed varmetabet en kompleks funktion af geometrien og kan ikke løses eksakt med direkte formeludtryk.

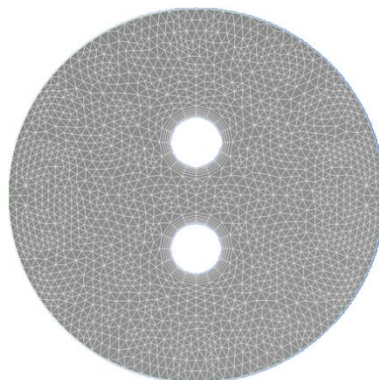
Der er udviklet forskellige numeriske og tilnærmede metoder til beregning af sådanne geometrier, og fælles for de fleste af dem er, at de er baseret på iteration: FEM og multipol, der kort omtales i det følgende.

4.7 Simulering med FEM

Finite Element Method (FEM) itererer over tværsnittet indtil der er balance mellem de påførte grænseværdier, dvs. kendte værdier for temperaturerne i medierørene, kapperørets overfladetemperatur samt varmekonduktiviteten for medierør og kapperør; eneste ubekendte parameter er varmekonduktiviteten af isoleringen.

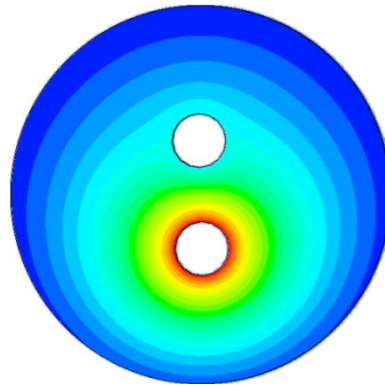
Tværsnittet opdeles i et stort antal små (*finit ~ endelig*), oftest trekantede elementer, mellem hvilke iterationen udføres indtil balance (*konvergens*) mellem grænseværdier og den ubekendte opnås.

Et eksempel på opdelingen i små elementer ses på nedenstående figur:



Opdeling af tværsnit i små elementer

Efter iterationen er færdig og såfremt den konvergerer, fremkommer det ønskede resultat for isoleringens varmekonduktivitet. Endvidere er det muligt grafisk at afbilde temperaturfordelingen i tværsnittet, som vist på nedenstående figur:



Grafisk fremstilling af temperaturfordelingen over tværsnittet i et twinrør

Som det ses, er temperaturgradienterne asymmetrisk fordelt over tværsnittet med særligt tætte isotermer omkring det varme fremløbsrør i bunden.

FEM kan endvidere simulere med temperaturafhængig varmekonduktivitet og beregne middeltemperatur.

4.8 Simulering med multipol

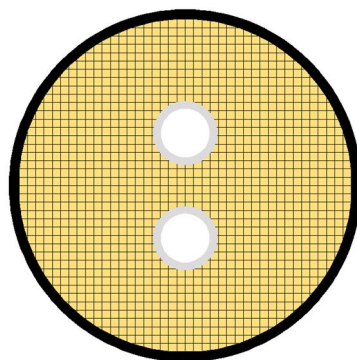
Multipol er baseret på analogien mellem elektromagnetisme og varmemestrøm i homogene materialer. I varmemestrømsteorien er 'kilde potentialer' = 'flux kilder', og der er dobbelt så mange kilder, som der er medierør i systemet. Det skyldes, at den ene halvdel af kilderne er placeret i et geometrisk forhold til hinanden, som medierørene vil være, og den anden halvdel vil være placeret som spejlet i et imaginært halvplan. Kilderne i det imaginære plan har modsat fluxfortegn i forhold til spejlkilden. Det iterative loop justerer kildernes styrke, så randbetingelserne bliver opfyldt. Randbetingelserne vil være medierørenes temperatur i en bestemt afstand fra kilden samt den omgivende temperatur. Når loopet konvergerer, kan varmetabet for rørene aflæses som kildernes styrke.

Til Dansk Fjernvarmes F&U 2012-04 (del I) og 2013-02 (del II) blev der udviklet en invers multipol, som beregner varmekonduktivitet ud fra kendte randbetingelser og varmetab.

Til beregning af middelisoleringstemperaturen opdeles tværsnittet i et antal små, kvadratiske elementer, temperaturen beregnes i knudepunkter, og der foretages iteration indtil, der er opnået konvergens mellem grænseværdier og den ubekendte.

Erfaring har vist, at opdeling i en matrix på 40×40 elementer giver resultater, som afviger mindre end 1 % end ved opdeling i en matrix på 200×200 . Gevinsten er til gengæld en markant hurtigere iterationsproces.

Et eksempel på opdelingen i små elementer ses på nedenstående:



*Opdeling i 40×40 matrix
ved multipol*

Invers multipol beregner endvidere middeltemperaturen og den konvektion, som sker omkring rørkappen ved prøvning i luft. Overgangskoefficienten er her fastlagt som Zhukauskas relation anført i "Introduction to heattransfer" af Frank P. Incropera og David P. de Witt.

4.9 Termiske målinger

Der findes forskellige metoder til at bestemme en lednings aktuelle varmekonduktivitet. Som udgangspunkt er den eneste præcise metode at udtage et stykke af røret og efterfølgende bestemme varmekonduktiviteten i laboratoriet, men det er også muligt med mindre destruktive metoder i marken at fastlægge en vejledende værdi.

I henhold til DS/EN 253, der igen henviser til DS/EN ISO 8497, bestemmes varmekonduktiviteten i PUR på et ikke mindre end 1 m langt rørstykke, hvis der anvendes beskyttede ender under prøvningen eller på et ikke under 2 m langt rørstykke, hvis der anvendes kalibrerede eller beregnede ender under prøvningen.

Teknologisk Institut anvender rørstykker på 3 m og beregnede ender under prøvningerne, hvilket vil sige, at energitabet fra de beskyttende endeklodser er kendt. Der tilføres en ligeledes kendt energimængde til medierøret, hvis temperatur måles på indersiden, og sammen med kapperørstemperaturen, der måles på ydersiden, kan varmekonduktiviteten af isoleringen beregnes på basis af rørets radiale varmetab, dvs. vinkelret på røraksen.

Ved enkeltrør er beregningen konventionel og følger DS/EN 253, idet formlerne er baseret på J. B. J. Fouriers varmeledningsteorem fra 1824. Ved twinrør er en simulering med fx Finite Element Method (FEM) eller Multipol (MP) nødvendig, idet beregningen ikke kan foretages direkte på grund af rørets komplekse geometri, men ellers er prøvningsmetoden for twinrør analog i forhold til enkeltrør bortset fra, at det er muligt at anvende differentierede temperaturer i de to medierør.

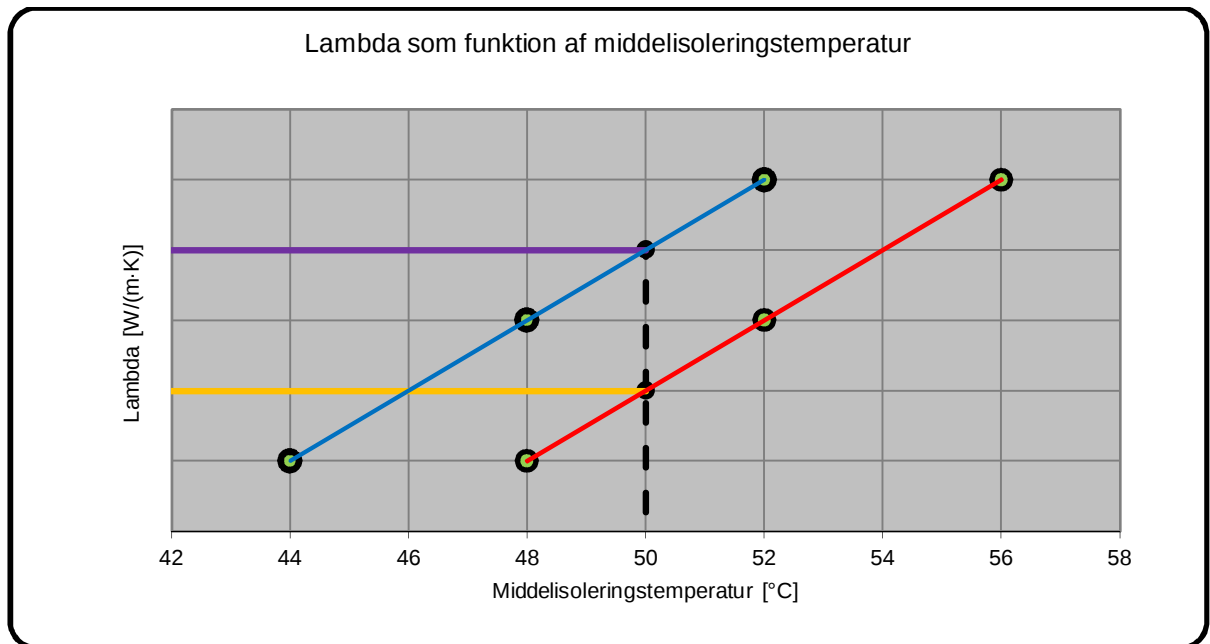
FEM må nok anses for at være den mest præcise simuleringsmetode, men det kræver specialprogrammer og ikke mindst erfaring at anvende dem. MP kan med passende makroer køres i Excel, hvilket er en stor fordel for anvendeligheden i forhold til FEM.

I Dansk Fjernvarmes F&U 2012-04 (del I) og 2013-02 (del II) blev der udviklet en forbedret MP, idet det særligt er middelisoleringstemperaturen, der skal bestemmes præcist. Hvis den er simuleret forkert, vil det give et forkert resultat for varmekonduktiviteten, der defineres ved en middelisoleringstemperatur på 50 °C og betegnes λ_{50} .

Middelisoleringstemperaturen defineres i henhold til DS/EN 253 til at ligge midt i isoleringen, da den beregnes som $\frac{T_2 + T_3}{2}$ altså gennemsnittet af temperaturene på inder- og ydersiden af isole-

ringsskiven. Temperaturgradienten er dog ikke lineær gennem isoleringen, og middelisoleringstemperaturen ligger derfor ikke i midten.

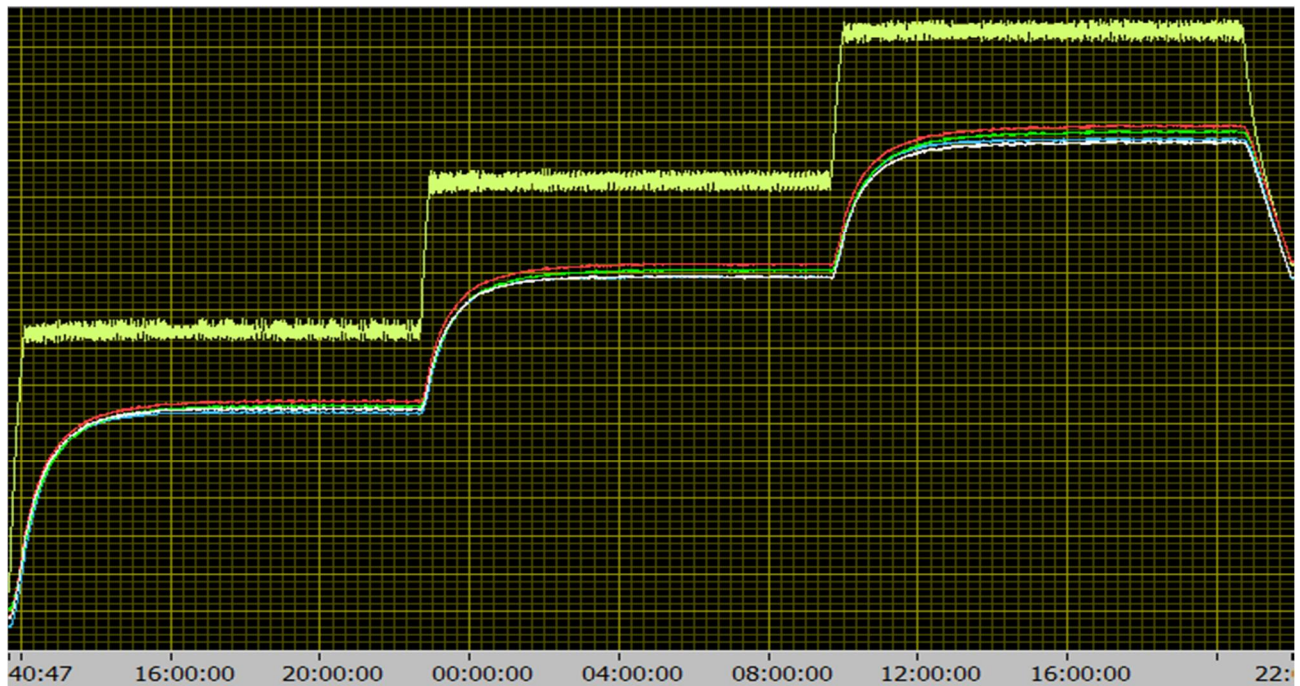
På nedenstående figur ses det, at såfremt middelisoleringstemperaturen er beregnet for lav (blå kurve), giver det en værdi for varmekonduktiviteten, som er for høj (lilla linje), mens det for en middelisoleringstemperatur, der er beregnet for høj (rød kurve), giver en værdi for varmekonduktiviteten, som er for lav (orange linje).



Middeltemperatures betydning for λ_{50}

Det er således helt afgørende, at middeltemperaturen beregnes eller simuleres korrekt, da det har stor indflydelse på den deklarerede værdi for varmekonduktiviteten.

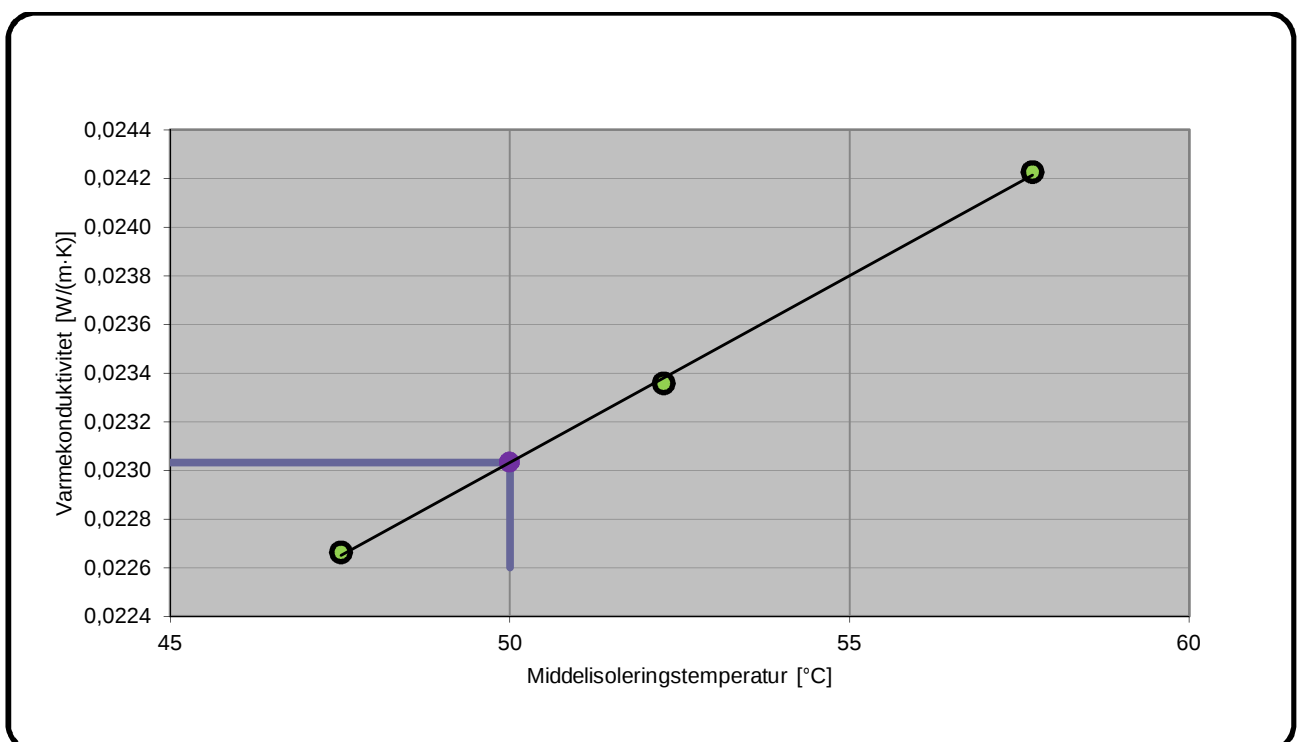
Ved prøvning af lige enkeltrør holdes en medierørstemperatur på 80 ± 10 °C svarende til ~70-80-90 °C i tre måleserier, og resultatet er da tre værdier for varmekonduktiviteten, der er temperaturafhængig. Hver måleserie består af en tilpas lang stabil periode, der som oftest er på mindst 6 timer.



En måling af varmekonduktiviteten består af tre stabile temperaturperioder på oftest 6 timer

Værdierne afbildes som funktion af den middeltemperatur, der er i isoleringen, og ved 50 °C middelisoleringstemperatur deklarerer varmekonduktiviteten som λ_{50} . Ved prøvning af lige twin-rør er der i standarderne p.t. ikke specificeret differentierede medierørstemperaturer, hvorfor der som hovedregel anvendes samme medierørstemperaturer som ved enkeltrør.

Der laves lineær regression mellem de tre sammenhørende værdier af middelisoleringstemperatur og varmekonduktivitet, og efterfølgende interpoleres værdien for λ_{50} .



Hver medierørstemperatur resulterer i en varmekonduktivitet for den pågældende middelisoleringstemperatur

Ved prøvning af fleksible præisolerede rør er temperaturkravet anderledes, idet middelisoleringstemperaturen skal ligge på 50 ± 12 °C.

Fordelen ved at bestemme varmekonduktiviteten i laboratoriet er, at det sker under kontrollerede forhold, hvor omgivelsestemperaturen er tilpas og rimelig konstant, og der kan sikres en passende stabil prøvningsperiode. Ulempen er, at der skal udskæres et rørstykke for at kunne gennemføre bestemmelsen af varmekonduktiviteten, hvilket i mange tilfælde ikke er optimalt, da det medfører afbrydelse af forsyningen og efterfølgende to nye muffer på den tilbageværende rørs-trækning.

En knap så destruktiv metode er at bestemme varmekonduktiviteten på stedet med en sonde. Der bores et lille hul i kapperøret og en særlig sonde føres et stykke ind i isoleringen. Sonden afgiver først en varmepuls, hvorefter den registrerer temperaturen som funktion af tiden under relaxationen. Ud fra de målte værdier, beregnes varmekonduktiviteten.

Metoden har to ulemper: Der må ikke være varme på medierøret under målingen, da det vil forstyrre sondens egen varmepuls, hvilket betyder, at ledningen skal være afkølet og i termisk ro, inden metoden kan anvendes, og dels bestemmer metoden ikke nødvendigvis middelisoleringstemperaturen ved 50 °C. Hvis der udtages et stykke af isoleringen, som efterfølgende anbringes i en stabil temperatur på 50 °C, kan metoden formodentlig anvendes, men vil da være lettere destruktiv, da hullet i kapperøret efter udtagningen af isoleringsstykket skal lappes efterfølgende. Sondemetoden er nærmere beskrevet i Dansk Fjernvarmes F&U 2011-01.

Termografi kan i et vist omfang benyttes til at afgøre, om overfladetemperaturen på kapperøret er højere end normalt, hvilket giver en vis indikation for isoleringens tilstand, dvs. om den er fugtig eller generelt har høj varmekonduktivitet. Metoden kan dog ikke fastlægge varmekonduktiviteten med præcision.

Samlet må det konkluderes, at nøjagtig bestemmelse af isoleringsevnen for ældre præisolerede fjernvarmerør kun kan ske i laboratoriet. Mindre vejledende målinger kan foretages på stedet, og de kan så efterfølgende eventuelt underbygges af laboratoriemålinger.

Hvis der gennemføres løbende renoveringer, kan det vælges at udtage stikprøver til test i laboratoriet i forbindelse med renoveringsarbejderne, hvor rørene alligevel tages op. Denne viden kan bruges som erfaringsgrundlag ved de fortsatte renoveringer, idet der løbende opnås viden om de rør, der tages op. Her er det klart, at hvis det konstateres, at rørene er i en god isoleringstilstand vil det give anledning til overvejelse om den fortsatte renoveringsstrategi.

5. ØKONOMIMODEL

Hovedformålet med dette projekt er at udarbejde et regneark, som kan anvendes til en økonomisk vurdering af en renoveringsopgave. Regnearket er tilgængeligt fra Dansk Fjernvarmes hjemmeside vedr. F&U. I selve regnearket er der anført en vejledning i brug af programmet.

Dansk Fjernvarmes Distributionsgruppe eller Rambøll Energi har intet ansvar i forbindelse med anvendelse af regnearket. Eventuelle spørgsmål til regnearket kan rettes til Dansk Fjernvarmes Distributionsgruppe.

I det følgende gives en kort introduktion til programmet.

Programmet består af en række programdele, hvor de fleste dele af programmet er låst og ikke tilgængelig. I den tilgængelige del består programmet af 3 faneblade, som følger:

1. Beskrivelse
2. Input
3. Resultater

5.1 Beskrivelse

Beskrivelsen giver en kort introduktion til brug af programmet. Der henvises til teksten i programmet.

Helt overordnet er programmet opbygget som følger:

- A) Der beskrives en eksisterende ledning med rørtype, temperaturer, antal reparationer mv.
- B) For videre strategi for denne ledning kan undersøges følgende muligheder:
 - Rør-udskiftning
 - Mufferenovering*
 - Ingen indgreb

*Muffeudskiftning er ikke medtaget for stik, da det ikke vurderes at være relevant.

Ved den økonomiske beregning kan der sammenlignes følgende 3 muligheder:

- Rør-udskiftning kontra ingen indgreb
- Rør-udskiftning kontra mufferenovering (ikke for stik)
- Mufferenovering kontra ingen indgreb (ikke for stik)

For hver mulighed beregnes økonomi, således at de to alternativer kan sammenlignes. Der beregnes desuden antal brud, varmetab og spædevand for de to alternativer.

Ved rørudskiftning kan der ikke i programmet skiftes dimension ift. den eksisterende dimension. Denne mulighed er fravalgt for at undgå, at programmet skulle blive for komplekst.

Der regnes i faste priser og der regnes over 30 år – dog med en scrapværdi (restværdi) efter de 30 år på nye prærrør, idet det forudsættes, at disse har en levetid på 50 år.

Ved beregning af varmetab både for eksisterende rør og for nye rør er benyttet regnearket fra Dansk Fjernvarme. Ved valg af rørtyper for eksisterende rør indgår der derfor, de samme typer, som indgår i programmet fra Dansk Fjernvarme.

Ved beregninger kan det vælges at regne på en dimension af gangen. Der kan også regnes på flere dimensioner på en gang, men det forudsætter at andre angivne oplysninger – f.eks. brudfrekvens – er ens for de dimensioner, der regnes på.

Programmet er ment som en hjælp til valg af renoveringsstrategi. Det er klart, at beregningerne ikke kan stå alene og resultaterne skal også ses i forhold til de usikkerheder, der vil optræde på de angivne input.

5.2 Input

Der angives input som anført i afsnittene nedenfor.

5.2.1 Generelle forudsætninger

- Kalkulationsrente: Denne svarer ved selskabsøkonomi til nominel rente minus inflationen. Ved en rente på 5 % og en inflation på 2 % vil kalkulationsrenten være 3 %. Da renten i dag er meget lav kan kalkulationsrenten godt være nul eller måske negativ. Det er i programmet

muligt at regne med en negativ kalkulationsrente. Renten er i programmet fast i hele beregningsperioden.

- Produktionspris for energi. Denne pris kan oplyses for i dag, om 10 år, om 20 år og om 30 år. Ved skiftende priser beregner programmet en lineær ændring mellem de oplyste priser. Da priserne benyttes ved beregning af udgifter til varmetab er det den gennemsnitlige marginale pris der skal indsættes for et helt år. Det betyder, at det eksempelvis er spidslastprisen, der skal indgå i de perioder, der køres med spidslast. Det er således altid den dyreste produktion, der skal indgå ved beregning af den gennemsnitlige pris for et år. Da der regnes over 30 år er det klart, at der er en usikkerhed på ansættelse af produktionsprisen frem i tiden.
- Spædevandspris: Der oplyses prisen ved produktion / indkøb af spædevand. Programmet beregner selv et tillæg for opvarmning af vandet. Det forudsættes, at vandet skal opvarmes fra jordtemperaturen til fremløbstemperaturen.
- Driftstemperaturer. Der oplyses den gennemsnitlige fremløbs- og returløbstemperatur på årsbasis. Denne værdi kan også angives med ændrede værdier over beregningsperioden. Jordtemperaturen er ansat til 8 grad. C, hvilket svarer til gennemsnittet i Danmark.

5.2.2 Eksisterende ledninger

Der kan vælges følgende typer af eksisterende rør:

- Betonkanal
- Prærør før 1991
- Prærør fra 1991 til 1996
- Prærør efter 1996

Der kan supplerende vælges mellem isoleringsklasser, serie 1, 2 og 3.

Der kan vælges dimensioner fra DN 20 til DN 250.

5.2.3 Anlægsudgifter for hhv. reparationer, nye rør og mufferenovering

Her angives følgende oplysninger for de respektive dimensioner:

- Reparationsudgift ved brud (der må vurderes et bedst muligt gennemsnit)
- Anlægsudgifter for nye ledninger opdelt på prærør og twinrør. Anlægsudgifterne skal passe med den type rør, der længere ned i programmet vælges for nye rør ved rørudskiftning.
- Anlægsudgifter ved mufferenovering pr. muffepar. Desuden angives en vurdering af muffeafstanden. Hvis der ønskes en vurdering, hvor kun en andel af mufferne skiftes, kan dette gøres ved at sætte en større afstand mellem mufferne i programmet. Hvis kun 50 % ønskes skiftet sættes afstanden til det dobbelte af de faktiske afstande, ved 25 % det firdobbelte osv.

Det er vigtigt, at der vælges anlægsudgifter, som svarer til erfaringspriser i det pågældende forsyningsområde. Der er i programmet angivet nogle priseksempler, men disse kan ikke bruges som generelle værdier. I mange områder vil priserne være på et lavere niveau. Der er også i programmet angivet de samme anlægsudgifter for prærør og twinrør. Dette er gjort af praktiske grunde. Der ligger ikke i denne opgave, at komme med repræsentative anlægspriser – formålet har alene været at udvikle beregningsprogrammet. De angivne priseksempler er medtaget for at give en lettere forståelse af input til programmet.

5.2.4 Indgreb

Under indgreb vælges det tiltag, der ønskes undersøgt.

For stik kan alene vælges rør-udskiftning samt den rørtype, der ønskes skiftet til. Her kan vælges følgende rørtyper: Twin AluPex 16, 20 og 25 med serie 2 isolering samt Twin CuFlex 15, 18 og 22 med serie 2 isolering. Disse er valgt som et repræsentativt udsnit af mulige stikledninger.

For gadeledninger kan vælges imellem rørudskiftning og mufferenovering. Der kan vælges mellem præør (enkeltrør) eller twinrør og med isoleringsklasser serie 1, 2 og 3.

For alternativ til sammenligning kan vælges følgende:

For stik kan i programmet vælges ingen indgreb eller mufferenovering, men programmet regner i begge tilfælde med ingen indgreb, idet mufferenovering vurderes at være urelevant for stikledninger. Hvis der vælges mufferenovering til stik giver programmet en advarsel om, at kun hoved- og /eller gadenet regnes mufferenoveret i beregningen.

For gadeledninger kan vælges ingen indgreb eller mufferenovering.

Under indgreb kan angives en række supplerende oplysninger og korrektioner, som angivet i det følgende:

- Antal år til indgreb. Dvs. det vælges, at indgrebet først skal finde sted om nogle år
- Levetid for strækning, der er mufferenoveret (her foreslås 30 år)
- Levetid for nyanlæg (her foreslås 50 år)
- Det kan vælges, at indlægge en prisudvikling for brudreparationer, hvis det forventes at disse bliver dyrere i forhold til i dag
- Det kan vælges at give en priskorrektion til de angivne priser for mufferenovering og rørudskiftning via en procentangivelse. Dette er en facilitet, som gør det let at udføre en følsomhedsberegning på en aktuel beregning

Til slut i dette område i regnearket kan der angives nogle forventede driftstal i form af forventet brudfrekvens, forringelse af varmetabet ift. de beregningsværdier, der indgår i regnearket samt forventet vandtab i m³/km/døgn for den pågældende strækning. Disse værdier kan angives i følgende 3 tilfælde: "uden indgreb", "ved mufferenovering" samt "ved rørudskiftning". Værdierne kan angives svarende til i dag, om 10 år, om 20 år og om 30 år.

5.3 Resultater

Når input er angivet udfører programmet beregninger umiddelbart. Der skal altså ikke gøres noget for at aktivere beregningen.

Under fanebladet "Res" er resultaterne angivet. Her angives følgende resultater for hver af de undersøgte alternativer for hvert år i de 30 år, der regnes på:

- Anlægsudgifter
- Udgifter til reparationer
- Udgifter til varmetab
- Udgifter til spædevand
- Udgifter i alt år for år
- Diskonterede udgifter år for år. Her er kalkulationsrenten indregnet.

Endelig er der angivet to kolonner, hvor de to alternativer sammenlignes, dels i de faktuelle udgifter og dels som diskonterede værdier og endelig som en akkumuleret værdi. Når den akkumulerede værdi bliver positiv er det undersøgte indgreb tilbagebetalt. Denne tilbagebetalingsværdi er anført nederst under kolonnerne. Her er desuden anført nuværdien (de samlede diskonterede omkostninger) for de to projekter over de 30 år inkl. scrapværdien for nye præør. Det alternativ, der har den laveste nuværdi over de 30 år, er i forhold til denne beregningsmetode, det mest økonomiske alternativ.

Efter de økonomiske tal er anført 4 kolonner, der for de to alternativer angiver:

- Antal m udskiftede rør pr. år
- Antal brud pr. år

- Varmetab pr. år
- Spædevandsforbrug pr. år.

6. EKSEMPEL PÅ ANVENDELSE AF DEN ØKONOMISKE MODEL

I dette afsnit gennemregnes nogle eksempler ved anvendelse af den økonomiske model.

6.1 Valg af basisforudsætninger

Som basis for alle beregninger anvendes følgende forudsætninger:

Kalkulationsrente: 3 % (nominel rente minus inflation)

Spædevandspris: 75 kr./m³, konstant i perioden

Fremløbstemperatur, årsgennemsnit: 80 °C, konstant i perioden

Returløbstemperatur, årsgennemsnit: 40 °C, konstant i perioden

Reparationsudgift ved brud for hhv. DN 25, DN 80 og DN 250: 13.000, 34.000 og 81.000 kr.

Antal år til indgreb: 0 år

Prisudvikling på brudreparation, mufferenovering og rør-udskiftning: 0 %

Forhold uden indgreb:

Brudfrekvens: 1 brud/km/år, konstant i perioden

Varmeisoleringsforringelse: 10 %, konstant i perioden

Vandtab: 1 m³/km/døgn, konstant i perioden

Forhold efter mufferenovering:

Brudfrekvens: 0,1 brud/km/år, konstant i perioden

Varmeisoleringsforringelse: 5 %, konstant i perioden

Vandtab: 0,1 m³/km/døgn, konstant i perioden

Forhold efter rør-udskiftning:

Brudfrekvens: 0,05 brud/km/år, konstant i perioden

Varmeisoleringsforringelse: 0 %, konstant i perioden

Vandtab: 0,05 m³/km/døgn, konstant i perioden

Det bemærkes, at der i alle tilfælde er valgt, at værdierne er konstante i beregningsperioden på 30 år. Dette er valgt for at gøre beregningseksemplerne så enkle som muligt.

6.2 Udførelse af beregninger

De gennemførte beregninger er sammenfattet i tabellen nedenfor. Den anførte produktionspris forudsættes at være konstant i beregningsperioden på 30 år. Det skal bemærkes, at der regnes i faste priser. En konstant pris betyder, at prisen følger inflationen. Ved alle beregninger sammenlignes ingen indgreb med mufferenovering eller rørudskiftning. Der regnes på en strækning på 100 m i alle tilfælde.

Eksisterende ledning	Indgreb	Anlægs-udgift Kr.	Produktionspris Kr./Mwh	Nuværdi, med indgreb 1000 Kr.	Nuværdi, uden indgreb 1000 Kr.	Tilbagebetalings-tid, år
DN 25 - stik Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, Twin CuFlex 18, Serie 2	175.000	600	238	420	13
DN 25 - stik Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, Twin CuFlex 18, Serie 2	175.000	500	224	364	15
DN 25 - stik Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning Twin CuFlex 18, Serie 2	175.000	400	209	308	18
DN 80 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Mufferenovering, muffleafstand: 6 m	20.180 pr. mufflepar.	600	750	580	Over 30 år
DN 80 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, twin, serie 3	420.000	600	492	580	28 år
DN 80 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, twin, serie 3	420.000	500	470	504	30 år
DN 80 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, twin, serie 3	420.000	400	447	429	Over 30 år
DN 80 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, twin, serie 3	294.000 (red. m. 30 %)	400	342	429	25 år
DN 250 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Mufferenovering, muffleafstand: 12 m	34.310 pr. mufflepar	600	878	854	Over 30 år
DN 250 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, enkelt rør, serie 3	700.000	600	901	854	Over 30 år
DN 250 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, enkelt rør, serie 3	490.000 (red. m. 30 %)	600	726	854	26 år
DN 250 Prærør, 1991 - 96, serie 1	Rørudskiftning, enkelt rør, serie 3	490.000 (red. m. 30 %)	500	675	749	30 år

Tabel 2 Oversigt over beregninger. Alle beløb er ekskl. moms.

Ud fra de udførte beregningseksempler kan følgende bemærkes:

- For stik DN 25 er der en fornuftig økonomi ved at foretage en rørudskiftning
- For DN 80 er mufferenovering ikke rentabel. Det bemærkes, at nuværdien for mufferenovering er væsentlig dyrere end nuværdien ved rørudskiftning. Rørudskiftning er rentabel indenfor 30 år, hvis produktionsprisen ligger på 500 kr./MWh eller derover. Der er forudsat en konstant pris i de 30 år, dvs. produktionsprisen følger inflationen. Hvis anlægsudgiften til renove-

ring reduceres med 30 %, så er rørudskiftning rentabel ned til en produktionspris på 400 kr./MWh. På grund af den store forskel mellem mufferenovering og rørudskiftning vil strategien for denne størrelse ledning pege på rørudskiftning. Mufferenovering vil kun være relevant, hvis der kun skal udskiftes en mindre andel af mufferne eller hvis mufferenoveringen kan strækkes over en længere årrække.

- For DN 250 har mufferenovering en lavere nuværdi end rørudskiftning ved den høje produktionspris. Men hverken mufferenovering eller rørudskiftning er dog rentabel. Hvis anlægsudgifterne for renovering reduceres med 30 % bliver rørudskiftning rentabel indenfor 30 år ved en produktionspris på 600 kr./MWh og ligeså ved en produktionspris på 500 kr./MWh som netop balancerer ved de 30 år.

7. VURDERING AF RESTLEVETID

7.1 Indledning

I rapporten: Vurdering af restlevetid af præisolerede rør, udarbejdet af Rambøll og Teknologisk Institut, april 2004 er anført, at præisolerede fjernvarmeledninger med medierør af stål, isoleret med PUR-skum og med kapperør af PE har en meget lang levetid, hvis muffesystemerne vedligeholdes, således at det øvrige system holdes tørt. Med lang levetid menes, at der ud fra ældning af materialerne ikke kan beregnes en udtømning af levetiden, hvis temperaturniveauet ligger under 100 °C.

I det følgende angives en oversigt over de vurderinger, der kan udføres ifm. vurdering af restlevetiden. Teksten stammer primært fra ovennævnte rapport.

Ved vurdering af restlevetiden kan følgende faktorer indgå:

1. Reduktion af isoleringsevne
2. Reduktion af forskydningsstyrke mellem stålrør og isolering
3. Trykstyrke
4. PE type, nedbrydning af stabilisatorer i PE-kappe
5. Udmattelse af stålrør pga. temperaturvariationer
6. Indvendig korrosion af stålrør
7. Udvendig korrosion af stålrør
8. Utætte muffesamlinger

De enkelte punkter er uddybet i afsnittet nedenfor.

7.2 Vurdering af foreliggende oplysninger

7.2.1 Reduktion af isoleringsevne

Ved vurdering af isoleringsforholdene kan følgende faktorer indgå i vurderingen:

1. Varmetab af nuværende ledning
2. Varmetab af renoveret ledning
3. Anlægs- og driftsudgifter
4. Sparet energi

Ved vurdering af disse forhold henvises til den økonomiske model samt beregningseksempler angivet i kapitel 6.

7.2.2 Reduktion af forskydningsstyrke mellem stålrør og isolering

Der er kun rapporteret ganske få skader forårsaget af forskydningsbrud i PUR-skummet. Denne type skader vil normalt kun optræde på friktionslængden op til en retningsændring med bevægelsesmulighed. Hvis der er mistanke om, at en skade skyldes forskydningsbrud, bør man udskifte rørene på friktionslængden. Derimod er der kun grund til generel udskiftning, hvis rørene i øvrigt er af ringe kvalitet og har mange skader.

7.2.3 Trykstyrke

Skader på grund af for ringe trykstyrke vil normalt kun optræde ved bøjninger og retningsændringer. Lokal udskiftning af bøjningskomponenter vil normalt være tilstrækkeligt.

7.2.4 PE type, nedbrydning af stabilisatorer i PE-kappe

Ovennævnte undersøgelse om levetid blev udvidet med en supplerende undersøgelse med titlen: Nedbrydning af stabilisatorer i PEH-kapperør, december 2006, udført af Teknologisk Institut og Rambøll. Ud fra de gennemførte prøver blev det konkluderet, at der generelt ikke forventes at være problemer med den termiske stabilitet. Problemet kan dog formentlig optræde lokalt enten pga. nedsat stabilitet i materialet hidrørende fra rørenes fabrikation eller pga. lokal forhøjet varmepåvirkning.

Hvis det ved en prøveudtagning mod forventning skulle vise sig, at levetiden af kapperne er meget lille, bør man indledningsvis kortlægge, hvilke dele af ledningsnettet dette gælder for (udførelsesår, fabrikat etc.).

For ledningsstrækninger med begrænsede bevægelser må det forventes, at disse ledninger fortsat vil kunne fungere, idet kappen trods en ringe styrke må forventes at være tæt. Imidlertid vil kappen meget let kunne beskadiges f.eks. i forbindelse med gravearbejder, og man bør derfor overveje at påbegynde en renovering startende med de mest kritiske hovedledninger. Med erfaringerne fra de første renoveringer vil man derefter kunne endeligt fastlægge renoveringens omfang, herunder om en totalrenovering er nødvendig.

Specielt, hvis der er anvendt skumpuder ved retningsændringer, må det forventes at ældningen her er accelereret på grund af den forhøjede temperatur i forhold til de strækninger, hvor rørene ligger direkte i jorden. I Tyskland er der set eksempler på, at kappen er revnet ved bøjninger med skumpuder, men her køres der typisk også med en noget højere temperatur end der er praksis for i Danmark i distributionsnet.

7.2.5 Udmattelse af stålrør pga. temperaturvariationer

De kritiske steder er bøjninger, T-stykker og små knæk, idet man tidligere har udført ledningerne med knæk op til 15°. Desuden er det på returledningerne på forbrugernes stikledninger, hvor de største udmattelsespåvirkninger er konstateret.

Jf. de to IEA projekter 1996:N6 og 1999:T4, hvor der er målt temperaturvariationer på en række værker, er konklusionen, at normal drift fra værkets side ikke giver problemer, hvis ledningerne er installeret korrekt. Derimod kan brugeranlæg, som pendler meget, give problemer.

Ved skader på bøjninger, T-stykker og små knæk vil den første mistanke umiddelbart gælde samlingerne, men hvis man næsten udelukkende har problemer med disse komponenter, kan der være tale om udmattelse. Dette kan normalt ikke afgøres uden en nærmere undersøgelse, idet både en udmattelsesrevne og en utæt samling medfører nedbrydning af PUR-skummet og ud-

vendig korrosion på stålrøret. Evt. revner kan måske ses ved at afrense stålet, og her skal man typisk se på siden af bøjningerne og på siden af T-stykker.

Da udmattelsesbrud kun kan forekomme på en begrænset del af nettet, vil de kun give anledning til begrænsede udskiftninger. Hvis skaden optræder på en bøjning, kan det overvejes, at den nye bøjning installeres mere fleksibelt, f.eks. at ekspansionen muliggøres ved et hulrum. Dette vil dog kun være relevant ved større ledningsdimensioner. Hvis den gamle bøjning har $R = 1,5 D$, vil det være tilstrækkeligt at erstatte den med en bøjning med $R = 2,5 D$.

T-stykker med udmattelsesbrud bør udskiftes med forstærkede T-stykker. Et T-stykke efter DIN2615, Række 4 vil i praksis være tilstrækkelig stærk uanset placeringen i nettet, og yderligere udredning vil derfor ikke være nødvendig.

Små knæk, der er større end de vinkler, der er anført i DS/EN13941, tabel C.4, bør fordeles over flere rørlængder, eller bedre, erstattes med buerør. Vinkelknæk op til 15° bør ubetinget erstattes f.eks. med buerør.

I nogle tilfælde, hvor der har været mistanke om udmattelse på grund af store temperaturvariationer, har metallurgernes dom været SCC (Stress Crack Corrosion, spændingskorrosion). Der er formentlig tale om en kombineret påvirkning, hvor fjernvarmevands elektrokemiske påvirkning på de begyndende udmattelsesrevner har medført revner, der ligner SCC. Da der ikke er taget højde for dette forhold i de gældende beregningsregler er hensynet til de elektrokemiske forhold den væsentligste grund til, at der advares imod yderligere reduktion af totalsikkerheden for udmattelse jf. gældende regler, før disse forhold er yderligere undersøgt.

7.2.6 Indvendig korrosion af stålrør

Risikoen for indvendig korrosion vurderes på grundlag af

- Hvorledes er vandkvaliteten
- Har der været problemer

Hvis der ikke har været problemer og Dansk Fjernvarmes vejledning vedr. vandbehandling er fulgt, vil indvendig korrosion ikke være den afgørende faktor for rørenes levetid.

Som anført ovenfor er der imidlertid mistanke om, at vandkvaliteten kan have indflydelse på rørenes udmattelsesstyrke. Dette vil i givet fald give særlige påvirkninger i de områder, hvor der optræder store spændinger og store spændingsvariationer i stålet.

7.2.7 Udvendig korrosion af stålrør / utætte muffesamlinger

Disse to forhold er de mest velkendte problemer i forbindelse med levetid af præisolerede rør, og der er gennemført en række undersøgelser og udviklingsprojekter, specielt for at forbedre levetiden af muffesamlingerne. Hvis der skal opnås en høj levetid af rørene, er det en forudsætning, at mufferne skiftes, når de bliver utætte. Derfor er det vigtigt at følge op med alarmsystem, termografi og overvågning af vandtabet.

På det danske fjernvarmenet findes mange muffesamlinger, som vil have en begrænset levetid. Der er ved nogle værker udført systematisk muffleudskiftning på muffe, som havde en alder på 15 til 25 år. Inden en sådan systematisk udskiftning sættes i værk, må det overvejes, om det i stedet kan betale sig at udskifte det samlede system. Dette vil formentlig være tilfældet ved mindre dimensioner med korte rørlængder mellem mufferne. I en sådan overvejelse bør der også indgå hensynet til at få nye ledninger med en forbedret isoleringstykkel. Ved større dimensio-

ner vil en delvis muffeudskiftning ofte være rentabel, hvis ledningsnettet i øvrigt er i en god stand og der er god afstand mellem mufferne. Vedrørende konkrete overvejelser for økonomien ved mufferenovering henvises til anvendelse af den økonomiske model.

8. RENOVERINGSPLAN

8.1 Indledning

En renoveringsplan består af en oversigt vedrørende nettes udstrækning, opbygning, driftsforhold og tilstand, som beskrevet i kapitel 2. På baggrund af dette udføres en sammenfattende vurdering af nettets tilstand. Herefter udarbejdes en strategi og en handlingsplan.

Der foreslås således en indholdsfortegnelse som følger:

Indledning
Kortlægning
Sammenfattende vurdering
Strategi
Handlingsplan

I det følgende gennemgås de enkelte punkter i indholdsfortegnelsen.

8.2 Kortlægning

Ud fra beskrivelsen i kapitel 2 foreslås, at der for det aktuelle net samles de data, som der er til rådighed. Ud fra kapitel 2 er nedenfor angivet en oversigt alene med overskrifter fra kapitel 2:

1. Oversigtskort med dimensioner
2. Tabel med ledningslængder og dimensioner
3. Ledningers alder
4. Ledningstyper
5. Med eller uden alarmsystem
6. Resultat af termografiundersøgelser
7. Muffetyper
8. Zoner med skumpuder
9. Jordbunds- og grundvandsforhold
10. Belægningstyper
11. Trafikforhold, vanskelig udførelse
12. Oversigt over brønde/afspærringshaner
13. Temperaturforhold, sommer/vinter
14. Vandtab
15. Kvalitet af fjernvarmevand
16. Vurdering af varmetab
17. Oversigt over brud- og reparationsomfang
18. Beskrivelse af reparationsmetoder
19. Udgifter til reparationer
20. Kapacitetsforhold i nettet
21. Forsyningssikkerhed
22. Koordinering med andre arbejder
23. Udbudsforhold
24. Økonomiske rammer, budget
25. Risiko for at skade omgivelser ved et havari
26. Bogholderimæssig værdifastsættelse af ledningsnettet

Der er her anført mange punkter og disse kan medtages i den udstrækning, der foreligger relevante oplysninger. Det kan være en god model at samle disse oplysninger i en GIS-model, således at oplysningerne løbende vil være til rådighed og let kan indgå i renoveringsplanlægningen.

8.3 Sammenfattende vurdering

Den sammenfattende vurdering vil afhænge af det konkrete net. Men den sammenfattende vurdering kan eksempelvis indeholde følgende punkter:

- Hvilke dele af nettet har en alder der er større end 40 år og en alder mellem 30 og 40 år.
- Er der ledningstyper med dårlige erfaringer
- Er der muffetyper, hvor der skønnes behov for udskiftning
- Hvilke ledninger er udført uden alarmsystem
- Hvad er resultatet af den seneste termografiundersøgelse
- Optræder der ældre vigtige ledninger, uden alarmsystem i områder, hvor det er vanskeligt at udføre reparationer
- Er vandtabet kritisk
- Er varmetabet over det forventede
- Er der mange reparationer
- Optræder der særlig kritiske kunder eller særligt kritiske strækninger, som kræver en høj forsyningssikkerhed
- Er temperaturforhold normale, dvs. under 100 grad. C

Ud fra denne vurdering kan det konkluderes, om der skønnes behov for følgende tiltag:

- Uændret vedligeholdelsesindsats
- Forøgelse af vedligeholdelsesindsatsen

Forøgelse af vedligeholdelsesindsatsen kan foregå ved følgende metoder:

- A) Afhjælpende vedligeholdelse: Forøge undersøgelsesindsatsen for at finde utætheder og følge op med reparation. Dette kan typisk nedsætte vandtabet i nettet. Dette vil typisk være en nødvendig indsats, hvis vandtabet ligger på et for højt niveau.
- B) Forebyggende vedligeholdelse: Det konkluderes, at der er behov for at udføre renovering. Der kan i den forbindelse peges på særlige forhold, der nødvendiggør renovering.

8.4 Strategi

Ved fastlæggelse af en strategi vil det være en fordel at opdele nettet i de forskellige rørtyper. Nedenfor er i tabel 3 vist et eksempel på en opdeling af et ledningsnet. Der er desuden angivet mulige strategier for de pågældende typer. Tabellen kan alene betragtes som et eksempel, idet dette naturligvis skal vurderes individuelt for hvert fjernvarmenet.

Rør-type nr.	Rørtype	Mulig forslag til strategi
1	Generelt	Der følges hurtigt op på opstående utætheder og alarmer for at begrænse vandtabet og mulige følgeskader.
2	Ældre betonkanaler i dårlig stand	Planlægges renoveret
3	Præisolerede rør i jord uden alarmsystem, der er ældre end 30 år, som ligger i områder, hvor reparationer er relativt let at udføre.	Der fokuseres på termografi. Det skal endvidere følges op på muffetilstanden. Hvis den er dårlig, kan renovering komme på tale for de ledninger i den dårligste tilstand.
4	Præisolerede rør i jord uden alarmsystem, der er ældre end 30 år, som ligger i områder, hvor reparationer er vanskelige at udføre og hvor forsyningssikkerheden er vigtig	Der fokuseres på termografi og renovering kan overvejes, specielt hvis muffer er i dårlig tilstand
5	Præisolerede rør i jord uden alarmsystem, der er yngre end 30 år.	Her fokuseres på termografi. Ved renovering af muffer vurderes deres tilstand. Hvis der ikke er et stort behov for renovering af muffer kan denne strategi fortsættes.
6	Præisolerede rør i jord med alarmsystem, der er udført uden svejsemuffer	Der følges op på alarmer. Skift til svejsemuffer kan overvejes.
7	Præisolerede rør i jord med alarmsystem der er udført med svejsemuffer	Der følges op på alarmer.
8	Betonkanaler udført i tæt kvalitet med enkelt isolerede rør	Ved denne rørtype bør betonkanal og rør kunne holde i mange år. Her kan renovering kun komme på tale ifm. økonomiske overvejelser. Ved større ledninger vil det typisk ikke være økonomisk at renovere disse rørtyper. Strækningerne kan overvåges via termografi og inspektion i brønde.

Tabel 3 Eksempel på opdeling i rørtyper og forslag til strategi

8.5 Handlingsplan

Ud fra den valgte strategi skal det opstilles en handlingsplan, som kan gå f.eks. 3 år frem i tiden. Handlingsplanen skal dog være fleksibel overfor nye oplysninger, der opstår omkring nettet. Handlingsplanen vil være et godt værktøj til at fastlægge et budget for renoveringsindsatsen.

Ved udførelse af handlingsplanen er det vigtigt at følge op på driftsstatistik. Hvis behovet for udbedringer er stigende tyder det på, at vedligeholdelsesindsatsen ligger på et for lavt niveau.

Hvis der afsættes et givet budget til vedligeholdelse og renovering skal der foretages en prioritering for renoveringsindsatsen, idet der skal udvælges de konkrete strækninger til renovering.

Handlingsplanen kan opsættes i et skema, hvor der samtidig beregnes et anlægsoverslag. Der er vist et eksempel i tabel 4 nedenfor, hvor der er lavet en plan over 3 år frem i tiden, benævnt år 1 til år 3. De 8 rørtyper svarer til tabel 3 ovenfor.

Rør-type nr.	Handlingsplan	Vurderet investering i år 1 Mio. kr.	Vurderet investering i år 2 Mio. kr.	Vurderet investering i år 3 Mio. kr.
1	Generel opfølgning på utætheder og alarmer, som ikke er med i punkterne neden for.	xx	xx	xx
2	Der renoveres xx m	xx	xx	xx
3	Der renoveres xx m. Der prioriteres ud fra den vurderede tilstand af nettet samt ved brug af den økonomiske model.	xx	xx	xx
4	Her vægtes renovering højt. Der planlægges med renovering af xx m	xx	xx	xx
5	Muffer renoveres, når der findes varmesteder via termografi. Det skønnes, at xx antal muffer skal skiftes.	xx	xx	xx
6	Muffer renovers, når der opstår alarm. Der skønnes, at xx antal muffer skal skiftes. Der skiftes eventuelt til svejsemuffer eller anden egnet muffe.	xx	xx	xx
7	Muffer renovers, når der opstår alarm. Der skønnes, at xx antal muffer skal skiftes.	xx	xx	xx
8	Der afsættes beløb til termografi og inspektion for utætheder i brønde.	xx	xx	xx
	Samlet budget	xx	xx	xx

Tabel 4 Eksempel på et skema for en handlingsplan