

Projekt nr. 2014 – 03

Titel: Undersøgelse af diffusionsspærrens effekt samt
ældningstid for præisolerede fjernvarmerør i serie 2

Udført af: Teknologisk Institut

Diffusionsspærre og ældningstid

Undersøgelse af diffusionsspærrens effekt samt fastlæggelse
af ældningstid for præisolerede fjernvarmerør i serie 2

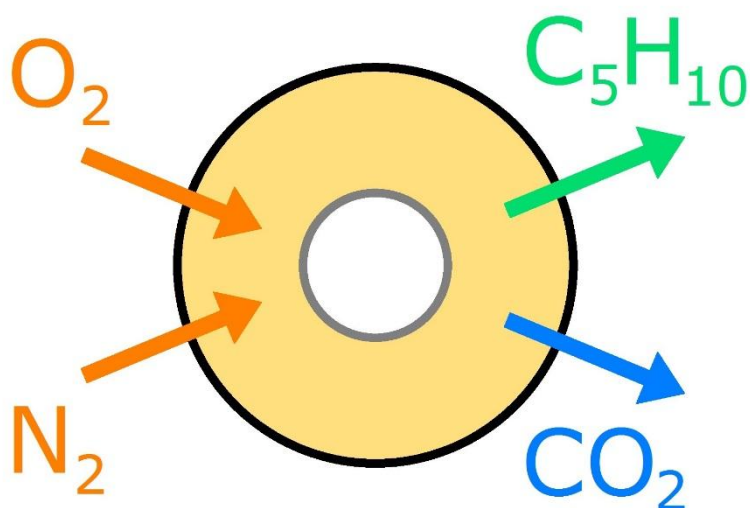
August 2015



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Undersøgelse af diffusionsspærrens effekt samt fastlæggelse af ældningstid for præisolerede fjernvarmerør i serie 2

Dansk Fjernvarmes F&U-konto nr. 2014-03



Udført af:

Teknologisk Institut, Energi og Klima, Installation og Kalibrering, Aarhus

Illustrationer og fotos: Niels Winther, Teknologisk Institut



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Forord

Dette projekt er gennemført af to årsager og har derfor to formål: På Dansk Fjernvarmes temadage om præisolerede fjernvarmerør har forskellene mellem resultaterne for uældede og ældede rør gennem flere år ikke afspejlet en entydig effekt af diffusionsspærrens virkning, hvilket – og det er den anden årsag – kunne skyldes, at ældningstiden på 13 uger (Dansk Fjernvarmes F&U 2007-02) for fleksible rørs vedkommende og 150 døgn (DS/EN 253) for lige rørs vedkommende er for kort, da ældningstiderne er baseret på rør i serie 1, dvs. med mindst isolering.

Da isoleringsvolumen i serie 2 er større end i serie 1, er den mængde cellegas, typisk cyclopentan, som ældningen forcerer udvekslingen af, tilsvarende større, hvorfor det må antages, at ældningstiden også er længere.

Til præørskontrollerne har der de seneste år udelukkende været udtaget, ældet og testet rør i serie 2, hvorfor det var naturligt dels at undersøge diffusionsspærrens effekt, såfremt rørene blev fuldt ældede, dels at finde den tid, hvormed man kan tale om fuld ældning. Fra 2015 er der udtaget fleksible rør i serie 3, hvorfor resultaterne ikke umiddelbart kan overføres fra serie 2. Ældningen har til formål at bestemme isoleringens varmekonduktivitet svarende til 30 års levetid, hvilket sker ved accelereret ældning ved forhøjet temperatur.

På den baggrund har Dansk Fjernvarmes F&U-fond støttet dette projekts gennemførelse.

Teknologisk Institut
Aarhus, den 31. august 2015

Niels Winther
Civilingeniør

Dansk Fjernvarmes Distributionsgruppe bestod i 2014 af:

Torben Hald, HOFOR A/S
Jørgen Eigaard Hansen, VEKS I/S
Karsten Randrup, Verdo Varmer A/S
Astrid Birnbaum, Dansk Fjernvarme
Jakob Storm Rasmussen, Fjernvarme Fyn
Keld Sørensen, Gauerslund Fjernvarme A.m.b.a.
Nils-Aage Gregersen, Aalborg Forsyning, Varmer
Torkild Kjærsgaard, Skanderborg-Hørning Fjernvarme

Indholdsfortegnelse

Forord.....	2
1. Sammendrag.....	4
2. Baggrund.....	5
2.1 Cellegasdiffusion	5
2.2 Forsegling.....	6
2.3 Isoleringsvolumen.....	10
2.4 Ældning.....	11
2.5 Valg af rør.....	12
3. Resultater	14
3.1 Fleksible twinrør	14
3.2 Lige enkeltrør.....	15
3.3 Lige twinrør.....	15
4. Konklusion.....	17
5. Litteratur.....	18
6. Bilag.....	19
Bilagsoversigt.....	19
6.1 Bilag 1: Målskemaer for fleksible twinrør.....	20
6.2 Bilag 2: Målskemaer for lige enkeltrør	23
6.3 Bilag 3: Målskema for lige twinrør.....	26
6.4 Bilag 4: Standarder for præisolerede fjernvarmerør	29

1. Sammendrag

Projektet har haft som formål at vise diffusionsspærrens effekt og fastlægge ældningstiden for præ-isolerede fjernvarmerør i serie 2. Målingerne har været udført på tre fleksible twinrør 2×20/110, tre lige enkeltrør 60,3/140 og tre lige twinrør 2×60,3/225. For hver rørtype var der ét rør med diffusionsspærre, mens to andre var uden. Rørene var udtaget fra Dansk Fjernvarmes præørskontrol 2014.

Mængden af isolering og dermed cellegasser til diffusion er større i rør i serie 2 end i rør i serie 1, hvorpå de hidtidige ældningstider har været baseret. Det var ventet, at ældningstiden ville være tilsvarende større, hvilket den også var for to tredjedele af rørene. Det var ikke forventet, at rør med diffusionsspærre ville undergå nævneværdig ældning, men det skete for alle tre rørtyper i større eller mindre grad. Rørene med diffusionsspærre blev dog færdigældet hurtigere end rørene uden diffusionsspærre.

Ud fra resultaterne af de udførte målinger kan det ikke konkluderes, at rørene med diffusionsspærre ikke ældes overhovedet, og opmærksomheden retter sig derfor mod forseglingen af enderne. Afledt heraf har Teknologisk Institut efterfølgende udviklet en forbedret metode til endeforsegling.

Selve fugen i forseglingen er meget tynd og udgør en ikke-metallisk del af den samlede forsegling på røret. Den kan derfor ikke betragtes som en diffusionsspærre. Betydningen af fugens diffusionsåbenhed er ikke nærmere undersøgt.

De øgede ældningstider for rør i serie 2 gælder kun for disse dimensioner. Ved ældning af rør i serie 3 vil det sandsynligvis kræve ældningstider, der ligger ud over de tider, der er fundet ifm. projektet.

2. Baggrund

Projektet er gennemført af to årsager og har derfor to formål: På Dansk Fjernvarmes temadage om præisolerede fjernvarmerør har forskellene mellem resultaterne for uældede og ældede rør gennem flere år ikke afspejlet en entydig effekt af diffusionsspærrens virkning, hvilket – og det er den anden årsag – kunne skyldes, at ældningstiden på 13 uger (Dansk Fjernvarmes F&U 2007-02) for fleksible rørs vedkommende og 150 døgn (DS/EN 253) for lige rørs vedkommende er for kort, da ældningstiderne er baseret på rør i serie 1, dvs. med mindst isolering.

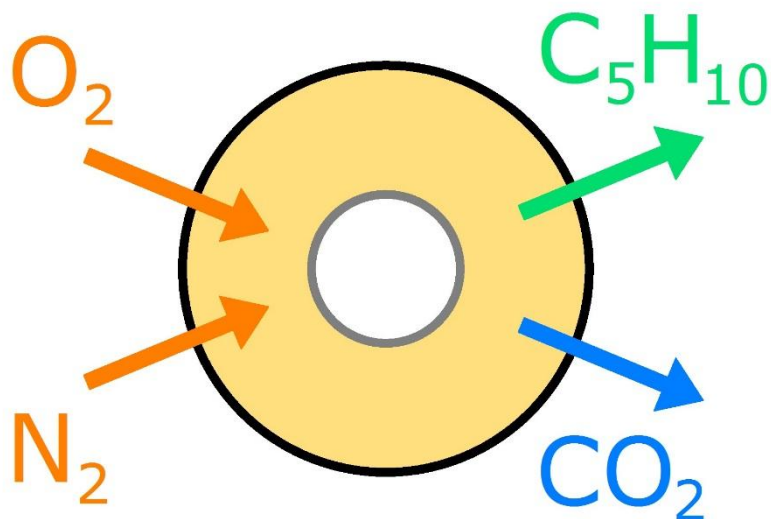
Da isoleringsvolumen i serie 2 er større end i serie 1, er den mængde cellegas, typisk cyclopentan, som ældningen forcerer udvekslingen af, tilsvarende større, hvorfor det må antages, at ældningstiden også er længere.

Til præørskontrollerne har der de seneste år udelukkende været udtaget, ældet og testet rør i serie 2, hvorfor det var naturligt dels at undersøge diffusionsspærrens effekt, såfremt rørene blev fuldt ældede, dels at finde den tid, hvormed man kan tale om fuld ældning. Ældningen har til formål at bestemme isoleringens varmekonduktivitet svarende til 30 års levetid, hvilket sker ved accelereret ældning ved forhøjet temperatur.

2.1 Cellegasdiffusion

Da varmekonduktiviteten og dermed isoleringsevnen er stærkt afhængig af cellegassen i PUR'en, er det af stor betydning for de termiske langtidsegenskaber, at cellegassen forbliver heri.

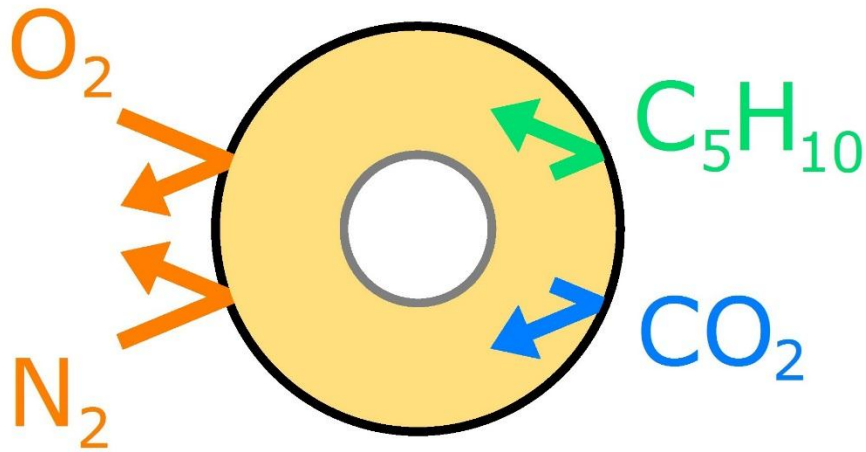
På grund af forskelle i partialtrykket mellem cellegasserne og den omgivende atmosfæriske luft vil der naturligt ske en cellegasudveksling over tid, hvor gasserne i PUR'en med relativ lav varmekonduktivitet, dvs. kuldioxid (CO_2) og cyclopentan (C_5H_{10}), bliver udvekslet med atmosfærisk luft (primært O_2 og N_2), der har en relativt højere varmekonduktivitet, se figur 1.



Figur 1: Cellegasudvekslingen i PUR uden diffusionsspærre

Da cyclopentan – modsat fx freon – er et relativt flygtigt molekyle, kan der lægges en diffusionspærre ind mellem isoleringen og kapperøret, alternativt kan den indbygges i kapperøret, som det ses i visse fleksible rør.

Ideen med en diffusionspærre er således at forhindre cellegasudvekslingen, hvilket illustreres i figur 2.



Figur 2: Diffusionsspærrens effekt mod cellegasudvekslingen i PUR

2.2 Forsegling

Ofte er diffusionspærren metallisk, når den ligger mellem isoleringen og kapperøret, fx en tynd alufolie. Inden den forcerede ældning forsynes enderne af rørene derfor med en plastbelagt alufolie, der limes gastæt til medie- og kapperør, hvorved diffusionen vil ske gennem kapperøret, dvs. radiale på røret, hvis røret ikke har en diffusionspærre. Rør med gastæt diffusionspærre vil derfor teoretisk undergå ingen eller begrænset ældning.

Forseglingen af enderne er således af afgørende betydning for at vurdere diffusionen gennem rørkappen. Der foreligger ikke umiddelbart nærmere normsatte vejledninger i, hvorledes forseglingen i praksis skal udføres, og det beror derfor på både erfaring og på en håndværksmæssig korrekt udførelse, hvis en diffusionspærre skal virke efter hensigten.



Billede 1: Limning inden montering af metallisk diffusionspærre



Billede 2: Metallisk diffusionspærre limet på enden af røret

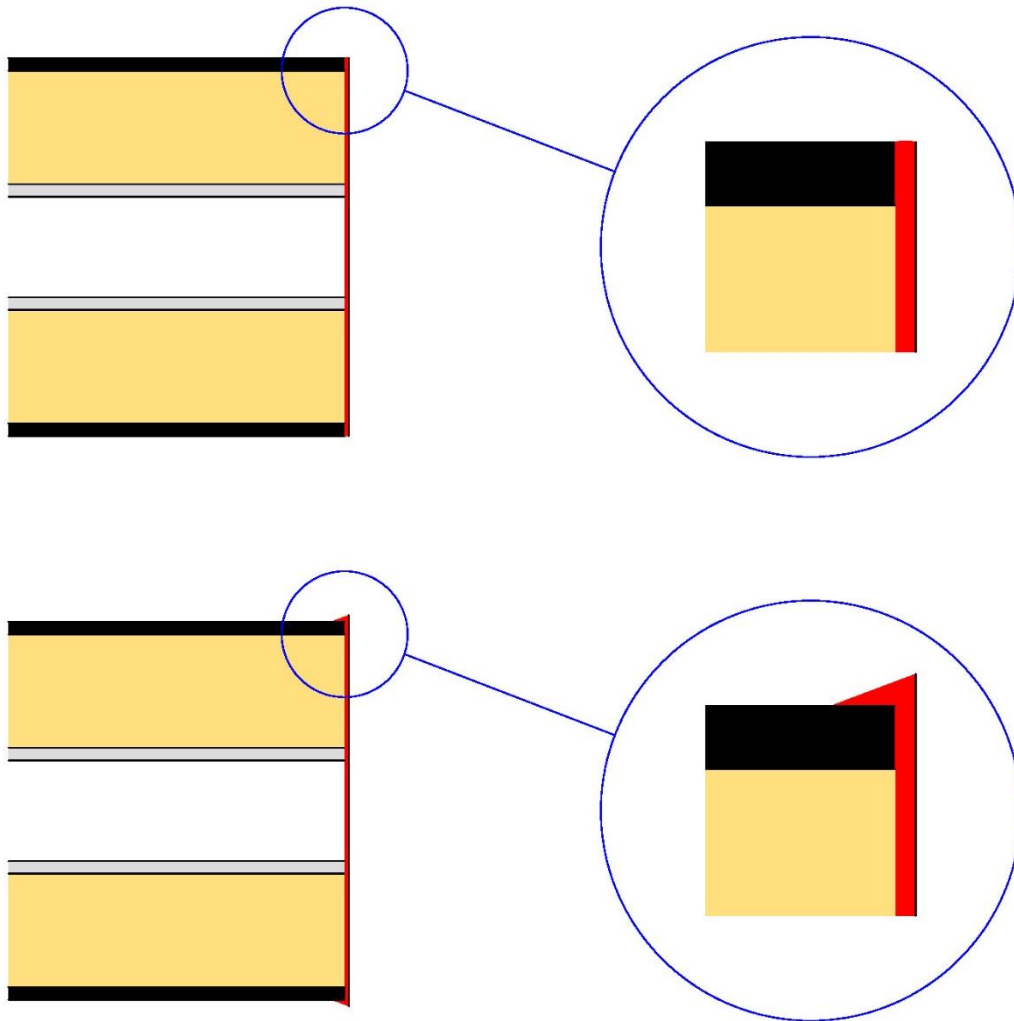
Forsegling har hidtil været udført efter en metode beskrevet af Henning D. Smidt, hvor diffusionspærren monteres i en fugemasse på enden af røret. Fugemassen var oprindeligt angivet som Sikaflex 11 FC, men for år tilbage viste den sig ikke at være velegnet, da den har en maksimal arbejdstemperatur på 80 °C, hvilket godt nok er 10 °C højere end ældningstemperaturen for fleksible rør, men omvendt 10 °C lavere end ældningstemperaturen for lige rør.

De seneste år har der været anvendt Loctite 5399 som fugemasse. Den har en maksimal anvendelsestemperatur på 300 °C, hvilket betyder, at den har et rigeligt overskud af blødgørere, så den bliver ved med at bevare sin vedhæftning og elasticitet i løbet af hele ældningsperioden. Endvidere er farven rød, så det visuelt er nemt at se, om forseglingen er udført korrekt.

Endeforseglingen bestod, jf. metoden beskrevet af Henning D. Smidt, af en cirkulær diffusionsspærre svarende til rørets diameter, hvilket giver en ydre fuge langs rørets cirkumferens med vedhæftning dels til isoleringen, dels til enden af kapperøret. Da kapperøret kun har en tykkelse på få millimeter, har den ydre vedhæftning været relativt spinkel. For at kunne fuge ordentligt mod PE udføres altid en flammebehandling (coronabehandling) for at fjerne overfladespændingen inden, men det siger sig selv, at den skal udføres med stor forsigtighed for ikke at smelte eller antænde isoleringen. Behandlingen af selve enden på kapperøret, dvs. snitfladen på dette, bliver derfor ikke nødvendigvis afspændt tilstrækkeligt før fugning.

Teknologisk Institut har løbende haft fokus på bl.a. forseglingens vedhæftning langs kapperøret, og den hidtidige og til dette projekt anvendte metode har derfor været genstand for en efterfølgende videreudvikling, der har medført, at folien nu monteres, så den rager ca. 1 cm ud over kapperøret. Herefter presses folien med en trykplade mod enden af røret, og den overskydende fuge glittes mod kapperøret svarende til en ca. 30° skrå affasning, hvorved der sikres en meget solid forankring, da det uden problemer er muligt at fjerne overfladespændingen ved at flammebehandle kapperøret væk fra snitfladen i stedet for at gøre det mod denne.

Figur 3 viser forskellen mellem de to forseglingsmetoder, og på billede 3 og 4 ses metoderne anvendt i praksis.



*Figur 3: Afslutning af endeforsegling.
Den hidtidige metode øverst og den nyudviklede metode nederst.*

På Dansk Fjernvarmes temadage om præisolerede fjernvarmerør i december 2014 blev Logstor og Teknologisk Institut opfordret til at mødes og nærmere gennemgå emnet om endeforsegling, dvs. diskutere og sammenligne de metoder, som begge parter anvender, hvilket skete primo juli 2015.

Mødet var yderst konstruktivt, og der var enighed om, at den forbedrede metode er mekanisk meget solid, da det er næsten umuligt at fjerne forseglingen, og den er således et væsentligt skridt mod at lave en holdbar og effektiv forsegling af enderne på præisolerede fjernvarmerør inden ældning.

Den tynde fuge, der nødvendigvis opstår mellem diffusionsspærren og røret, vil i princippet udgøre en læk i den samlede forsegling, da den ikke er metallisk. Om denne læk har en betydning for, om der sker en diffusion svarende til ingen eller en defekt aksial diffusionsspærre, er ikke nærmere belyst.



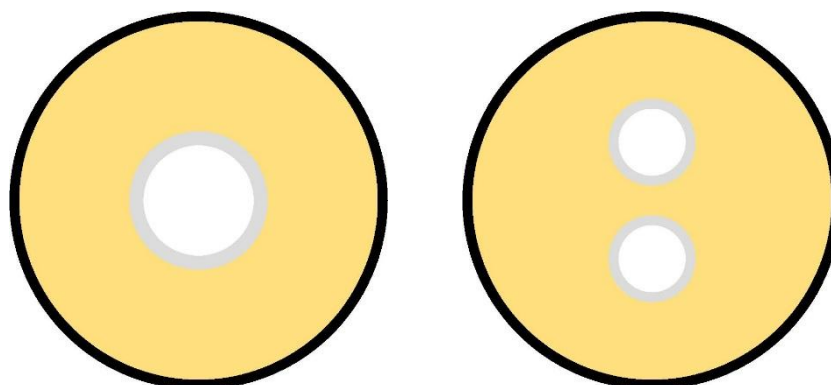
Billede 3a og 3b: Den hidtidige og til projektet anvendte forsegling direkte på snitfladen af kapperøret. Se også figur 3.



Billede 4: Den videreudviklede, skråt affasede fuge langs kapperøret. Folien ses i fugens venstre side. Se også figur 3.

2.3 Isoleringsvolumen

For at sammenligne de forskellige isoleringsklasser, dvs. serie 1, 2 og 3, betragtes en tynd isoleringsskive med isoleringsarealet angivet i cm² svarende til isoleringsvoluminet pr. længdeenhed, fx cm³/m.



Figur 4: Isoleringsarealet A_i i enkelt- og twinrør

Da ældningen sigter mod at fremskrive varmekonduktiviteten og dermed isoleringsevnen, er det målet, at cellegasudvekslingen er fuldt tilendebragt. Idet mængden af cellegasser er større i en højere isoleringsklasse på grund af det større isoleringsareal, er en sammenligning mellem disse arealer vist i tabel 1. I fleksible twinrør er der ca. 55 % mere isolering i serie 2 (Ø110) i forhold til serie 1 (Ø90) ved medierør Ø20, i lige enkeltrørs er der ca. 36 % mere isolering i serie 2 (Ø140), DN 50 i forhold til serie 1 (Ø125), og i lige twinrør er der ca. 283 % mere isolering i serie 2 (Ø225), 2×DN 50 i forhold til lige enkeltrør i serie 1 (Ø125), hvilket som udgangspunkt i alle tilfælde betinger en længere ældningstid end de under afsnit 2.4 anførte.

Isoleringsarealet A_i kan beregnes som:

$$\text{For enkelt-rør: } A_i = \frac{\pi}{4} \cdot ((D_c - 2 \cdot T_c)^2 - D_s^2)$$

$$\text{For twinrør: } A_i = \frac{\pi}{4} \cdot ((D_c - 2 \cdot T_c)^2 - 2 \cdot D_s^2)$$

hvor D_c er kapperørets yderdiameter [mm]

T_c er kapperørets tykkelse [mm]

D_s er medierørets yderdiameter [mm]

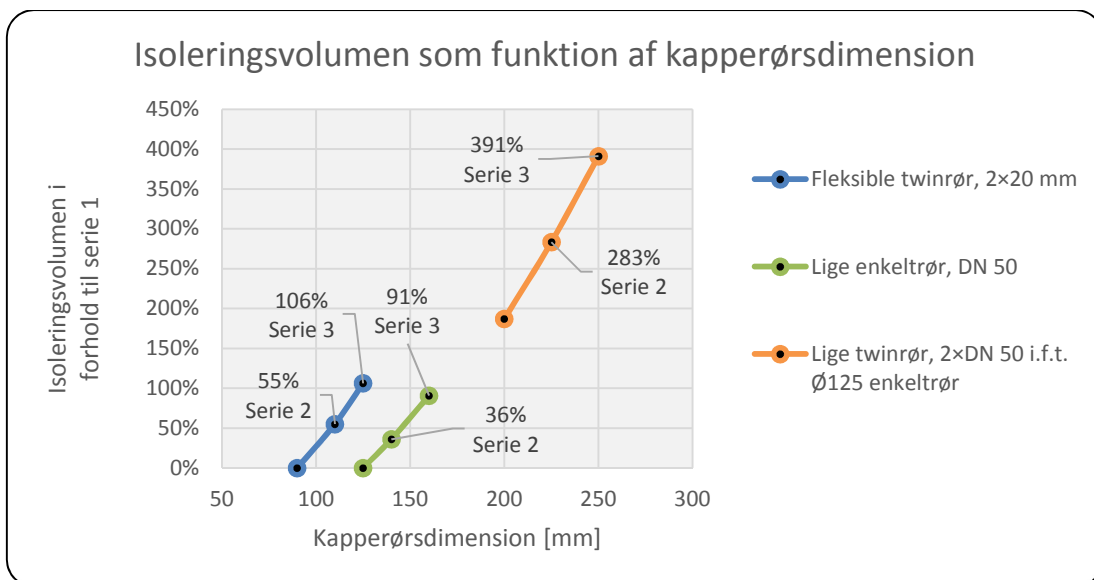
Med medierør som Ø20 i fleksible rør og DN50 i lige rør fås da samlet:

Serie	Fleksible twinrør*					Lige enkeltrør					Lige twinrør i.f.t. Ø125 enkeltrør				
	D_c	T_c	D_s	A	Diff.*	D_c	T_c	D_s	A	Diff.	D_c	T_c	D_s	A	Diff.
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[%]
1	90	2,3	26,4	50,5	0	125	3,0	60,3	82,7	0	200	3,2	60,3	237,3	187
2	110	2,5	20,0	80,3	55*	140	3,0	60,3	112,5	36	225	3,4	60,3	316,8	283
3	125	2,5	20,0	106,8	106*	160	3,0	60,3	157,7	91	250	3,6	60,3	405,9	391

*I forhold til et gennemsnit af enkeltrør i serie 1 anvendt til Dansk Fjernvarmes F&U 2007-02

Tabel 1: Sammenligning mellem isoleringsklasse, rørtype og isoleringsareal

I figur 5 ses en grafisk afbildning af tabel 1.



Figur 5: Grafisk afbildning af tabel 1

2.4 Ældning

Efter forseglingen ældes rørene. Jf. DS/EN 253 ældes lige rør ved 90 °C i 150 døgn, og fleksible rør ældes ved 70 °C i 13 uger, jf. Dansk Fjernvarmes F&U 2007-02. Ældningen foretages i varmekasser, der kan rumme rørstykker på 3 m lige rør og ruller af fleksible rør.

Når den første ældning på 150 døgn hhv. 13 uger er gennemført, måles rørenes varmekonduktivitet, hvorefter ældningen fortsættes, varmekonduktiviteten måles igen osv. Sådan fortsættes indtil ændringen i varmekonduktiviteten mellem to på hinanden følgende målinger med mellemliggende ældning er mindre end 0,0001 W/(m·K). Hver måling er et gennemsnit af en tripelbestemmelse.



Billede 5: Ældning af lige rør



Billede 6: Ældning af fleksible rør

Projektet har som formål at finde den tid, hvor ældningen kan siges at være fuldt gennemført, dvs. hvor cellegasdiffusionen er så godt som fuldstændig, og om der kan ses en signifikant forskel på, om rørene har været fremstillet med eller uden diffusionsspærre. Ud fra forskellen i isoleringsvolumenerne mellem serie 1 og serie 2, jf. tabel 2, blev den øgede ældningstid sat som et trinvist antal ekstra perioder a to uger for de fleksible twinrør og 30 døgn for de lige rør.

Projektets gentagne målinger med mellemliggende ældning viser en tendens til, at rørene med diffusionsspærre opnår hurtigere færdigældning end rørene uden, se afsnit 3.

I tabel 2 ses en samlet oversigt over ældningstiderne for de enkelte rørtyper.

Ældnings- periode	Fleksible twinrør			Lige enkeltrør			Lige twinrør		
	Ældningstid	Sum	Diff.	Ældningstid	Sum	Diff.	Ældningstid	Sum	Diff.
[-]	[uger]		[%]	[døgn]		[%]	[døgn]		[%]
1	13	13	0	150	150	0	150	150	0
2	2	15	15	30	180	20	30	180	20
3	2	17	31	30	210	40	30	210	40
4	2	19	46	30	240	60	30	240	60
5	2	21	62	30	270	80	30	270	80

Tabel 2: Projektets ældningstider

2.5 Valg af rør

Rørene anvendt til dette projekt kom fra Dansk Fjernvarmes præørskontrol 2014, hvor der indgik følgende rør med isolering af PUR:

	2×20/110	60,3/140	2×60,3/225
Brugg	✓	✓	✓
Isoplus	✓	✓	✓
Logstor	✓	✓	✓
Powerpipe	✗	✓	✓
Setpipe	✓	✓	✓
Starpip Nordic	✓	✗	✗

Tabel 3: Rør, der indgik i præørskontrollen 2014

Af disse 15 forskellige rør blev ni rør valgt til projektet ud fra følgende kriterier:

- Tre rør af hver type.
- Med og uden diffusionsspærre.
- Rørkappen på de lige rør fra Isoplus krympede svarende til præørskontrollen 2012 og 2013 aksialt under den første ældning på 150 døgn ved 90 °C og blev derfor ikke vurderet egnede til at indgå i den videre ældning, da en gastæt forsegling ikke kunne garanteres.
- Det fleksible rør fra Logstor havde ikke metallisk diffusionsspærre.
- Det lige enkeltrør fra Setpipe blev fravalgt til fordel for Powerpipe, hvis lige twinrør til gengæld ikke udelukkende havde isolering af PUR, men en særlig nanoisolering omkring medierørene, hvorfor det lige twinrør fra Setpipe blev valgt i stedet for dette.
- Det fleksible rør fra Setpipe ankom så sent, at det ikke kunne nå at indgå i det videre ældningsprogram.

Samlet blev prøvningsprogrammet derfor som følger:

	2×20/110	60,3/140	2×60,3/225
Brugg	✓	✓	✓
Isoplus	✓*	✗	✗
Logstor	✗	✓*	✓*
Powerpipe	✗	✓	✗
Setpipe	✗	✗	✓
Starpip Nordic	✓	✗	✗

*Tabel 4: Rør, som indgik i dette projekt. De med * markerede rør har metallisk diffusionsspærre, og de med sort markerede rør blev fravalgt, jf. ovenstående kriterier.*

3. Resultater

Som beskrevet i afsnit 2.4 blev rørene først målt som nye, hvorefter de blev ældet den tid, der hidtil har været anvendt, dvs. fleksible rør i 13 uger ved 70 °C og lige rør i 150 døgn ved 90 °C. Disse to måleresultater stammer begge fra rørenes anvendelse i prærørskontrollen 2014.

Herefter blev rørene målt igen, ældet igen osv. indtil ændringen i varmekonduktiviteten mellem to på hinanden følgende målinger var mindre end 0,0001 W/(m·K), idet hver måling er et gennemsnit af en tripelbestemmelse.

Under ældningen stiger varmekonduktiviteten mest i starten af perioden, hvorefter den aftager. Den flader således ud, hvis man afbilder varmekonduktiviteten som funktion af tiden.

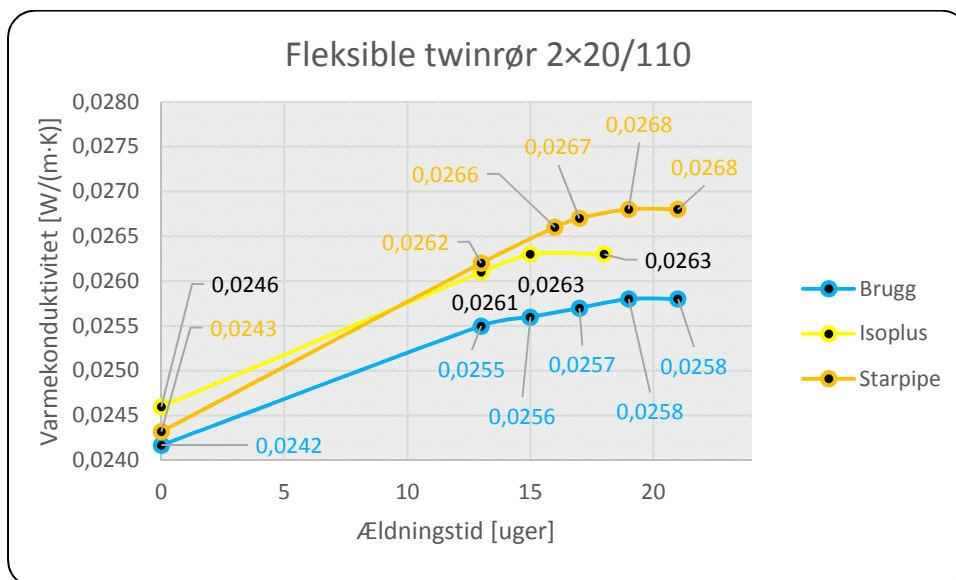
3.1 Fleksible twinrør

Som angivet i afsnit 2.3 er isoleringsvoluminet i et fleksibelt twinrør 2×20/110, dvs. serie 2, 55 % større end de enkeltrør i serie 1, der blev anvendt til bestemmelse af ældningstiden på 13 uger i Dansk Fjernvarmes F&U 2007-02.

Udgangspunktet for ældningen har derfor været en ældningstid på 1,55×13 uger, ~20 uger.

De tre fleksible rør, der indgik i projektet, var produceret af Brugg, Isoplus og Strapipe. Røret fra Isoplus havde metallisk diffusionsspærre. Røret fra Strapipe havde korrugeret kapperør af PEH.

De enkelte måleresultater som funktion af ældningstiden er afbildet i figur 6.



Figur 6: Grafisk afbildning af måleresultaterne for de fleksible twinrør

Ældningen af røret med diffusionsspærre er hurtigst gennemført, og ældningstiden er da 15 uger. Rørene uden diffusionsspærre er færdigældede efter 19 uger.

I alle tilfælde gælder ovenstående for de til projektet anvendte dimensioner, dvs. fleksible twinrør 2×20/110, serie 2.

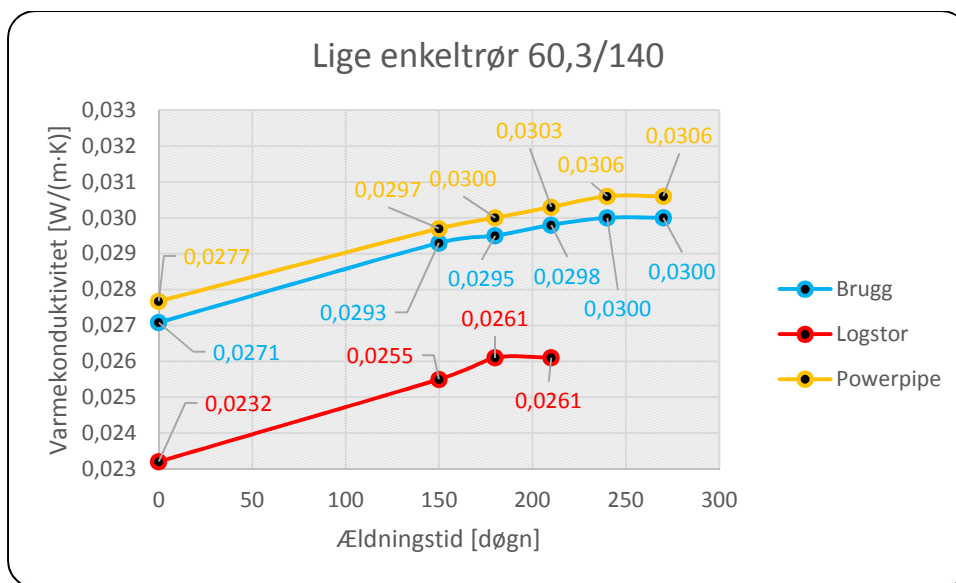
3.2 Lige enkeltrør

Som angivet i afsnit 2.3 er isoleringsvolumen i et lige enkeltrør 60,3/140, dvs. serie 2, 36 % større end et enkeltrør i serie 1, der i DS/EN 253 angives til en ældningstid på 150 døgn.

Udgangspunktet for ældningen har derfor været en ældningstid på $1,36 \times 150$ døgn, ~ 204 døgn.

De tre fleksible rør, der indgik i projektet, var produceret af Brugg, Logstor og Powerpipe. Røret fra Logstor havde metallisk diffusionsspærre.

De enkelte måleresultater som funktion af ældningstiden er afbildet i figur 7.



Figur 7: Grafisk afbildning af måleresultaterne for de lige enkeltrør

Ældningen af røret med diffusionsspærre er hurtigst gennemført, og ældningstiden er da 180 døgn. Rørene uden diffusionsspærre er færdigældede efter 240 døgn.

I alle tilfælde gælder ovenstående for de til projektet anvendte dimensioner, dvs. lige enkeltrør 60,3/140, serie 2.

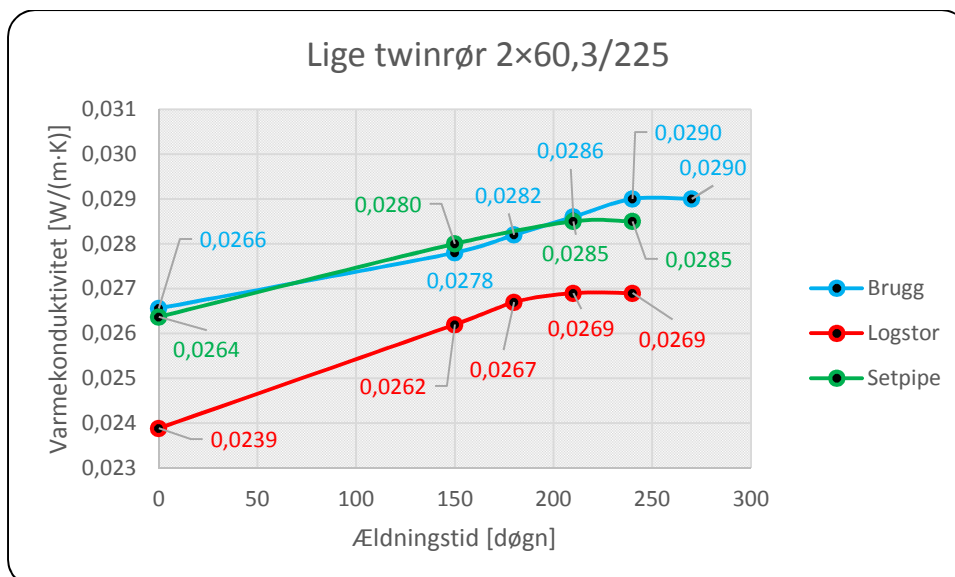
3.3 Lige twinrør

Som angivet i afsnit 2.3 er isoleringsvolumen i et lige twinrør 2×60,3/225, dvs. serie 2, 283 % større end et enkeltrør i serie 1, der i DS/EN 253 angives til en ældningstid på 150 døgn.

Udgangspunktet for ældningen har derfor været en ældningstid på $2,83 \times 150$ døgn, ~ 425 døgn.

De tre lige twinrør, der indgik i projektet, var produceret af Brugg, Logstor og Setpipe. Røret fra Logstor havde metallisk diffusionsspærre.

De enkelte måleresultater som funktion af ældningstiden er afbildet i figur 8.



Figur 8: Grafisk afbildning af måleresultaterne for de lige twinrør

Ældningen af rør med og uden diffusionsspærre tager stort set lige lang tid. To af rørene – et med og et uden diffusionsspærre – blev færdigældet på 210 døgn, mens et rør uden diffusionsspærre tog 240 døgn om at blive færdigældet.

I alle tilfælde gælder ovenstående for de til projektet anvendte dimensioner, dvs. lige twinrør 2×60,3/225, serie 2.

Der var umiddelbart ventet en mere markant forskel på ældningstiden af lige twinrør DN 50 i serie 2 med og uden diffusionsspærre. Den manglende forskel kan skyldes en utæt forsegling, men skummet var dog ikke synligt mørkfarvet, da forseglingen efter sidste prøvning blev fjernet. Et mørkfarvet skum tyder på oxidation og dermed defekt diffusionsspærre.

4. Konklusion

Projektets to formål – at vise diffusionsspærrens effekt og fastlægge ældningstiden for præisolerede fjernvarmerør i serie 2 – har været udført på ni forskellige rør udtaget fra Dansk Fjernvarmes præ-rørskontrol 2014.

Rørene var tre fleksible twinrør 2×20/110, tre lige enkeltrør 60,3/140 og tre lige twinrør 2×60,3/225. For hver rørtype var der ét rør med diffusionsspærre, mens to andre var uden.

Da rør i serie 2 har et større isoleringsvolumen end rør i serie 1, hvorpå de hidtidige ældningstider var baseret, var det forventet, at ældningstiden ville være tilsvarende større, hvilket den også omtrent var for de fleksible twinrør og de lige enkeltrør, men for de lige twinrør var den knap halvdelen af det forventede.

Omvendt var det ikke forventet, at rør med diffusionsspærre ville undergå nævneværdig ældning, hvilket skete for alle tre rørtyper i større eller mindre grad. Rørene med diffusionsspærre blev dog færdigældet hurtigere end rørene uden diffusionsspærre, hvilket giver en indikation af, at diffusionsspærren har en vis effekt.

Ud fra resultaterne af de udførte målinger kan det ikke konkluderes, at rør med diffusionsspærre ikke ældes overhovedet.

Opmærksomheden retter sig derfor mod forseglingen af enderne. Den blev udført med en metallisk folie, som blev limet til enderne på rørene med en robust fugemasse, der uden problemer kan holde til den forhøjede temperatur i hele ældningsperioden.

Selve metoden med forseglingen af enderne blev udført som beskrevet af Henning D. Smidt, men den er sårbar, da folien limes til snitfladen på kapperøret. Afledt heraf er der efterfølgende udviklet en forbedret metode, som for første gang anvendes på rørene til præ-rørskontrollen 2015.

I stedet for at afslutte folien mod snitfladen af kapperøret, gøres folien en smule bredere, og fugen affases ved glitning et stykke hen ad kapperøret; herved der opnås en særdeles stærk afslutning, der langt bedre kan klare de mekaniske påvirkninger, som opstår under ældning ved høj temperatur, håndtering m.m.

Selve fugen, der dog er meget tynd, udgør en ikke-metallisk del af den samlede forsegling på røret og kan derfor ikke betragtes som en diffusionsspærre. Betydningen af fugens diffusionsåbenhed er ikke nærmere undersøgt.

De øgede ældningstider svarer for fleksible twinrør og lige enkeltrør, begge i serie 2, nogenlunde til det forventede, og gælder kun for disse dimensioner. Ved ældning af rør i serie 3 vil det kræve ældningstid, der ligger ud over de tider, der er fundet ifm. projektet.

5. Litteratur

Celleplasts langtidsisoleringsevne, 1996

Dansk Fjernvarmes F&U 2007-02, 2008

DS/EN 15632-1:2009. Præisolerede fleksible rørsystemer – Del 1: Klassifikation, generelle krav og prøvningsmetoder

DS/EN 15698-1:2009. Fjernvarmerør – Præisolerede dobbelte fjernvarmesystemer til direkte nedgravning i jord – Del 1: Dobbelt rørsystem af stålmedierør, isolering af polyurethancelleplast og kapperør af polyethylen

DS/EN 253:2013. Præisolerede fjernvarmerør til direkte nedgravning i jord – Rørsystem af stålmedierør, isolering af polyurethancelleplast og kapperør af polyethylen

6. Bilag

Bilagsoversigt

Bilag 1: Målskemaer for fleksible twinrør

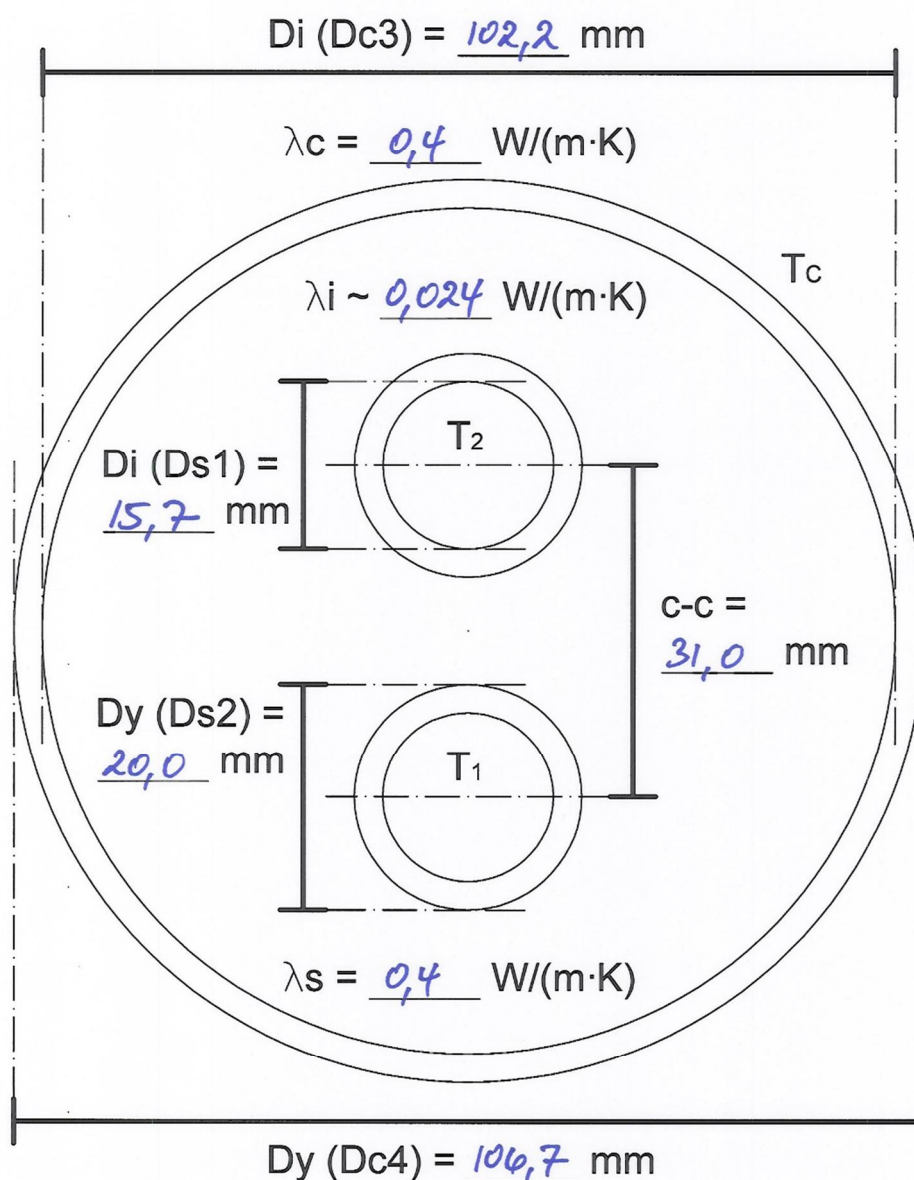
Bilag 2: Målskemaer for lige enkeltrør

Bilag 3: Målskemaer for lige twinrør

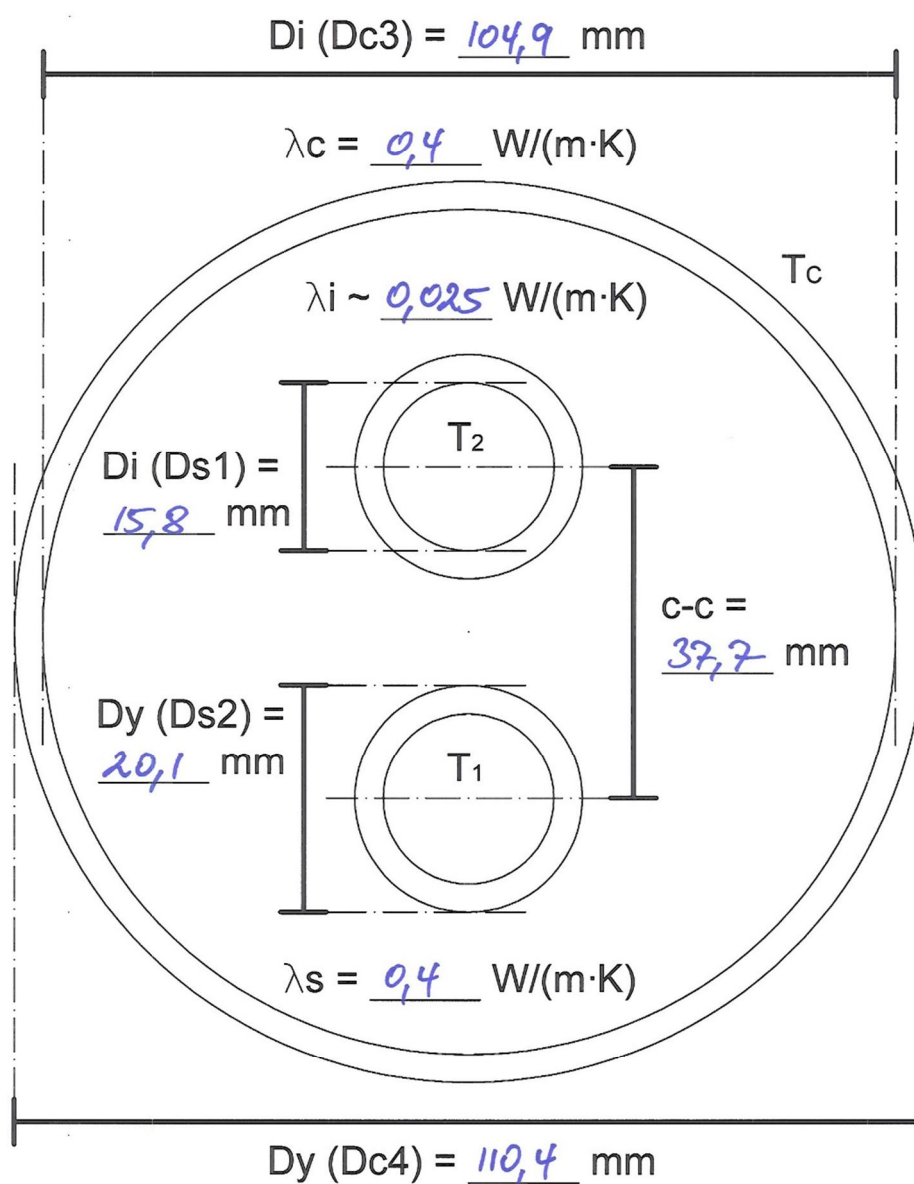
Bilag 4: Standarder for præisolerede rør

6.1 Bilag 1: Målskemaer for fleksible twinrør

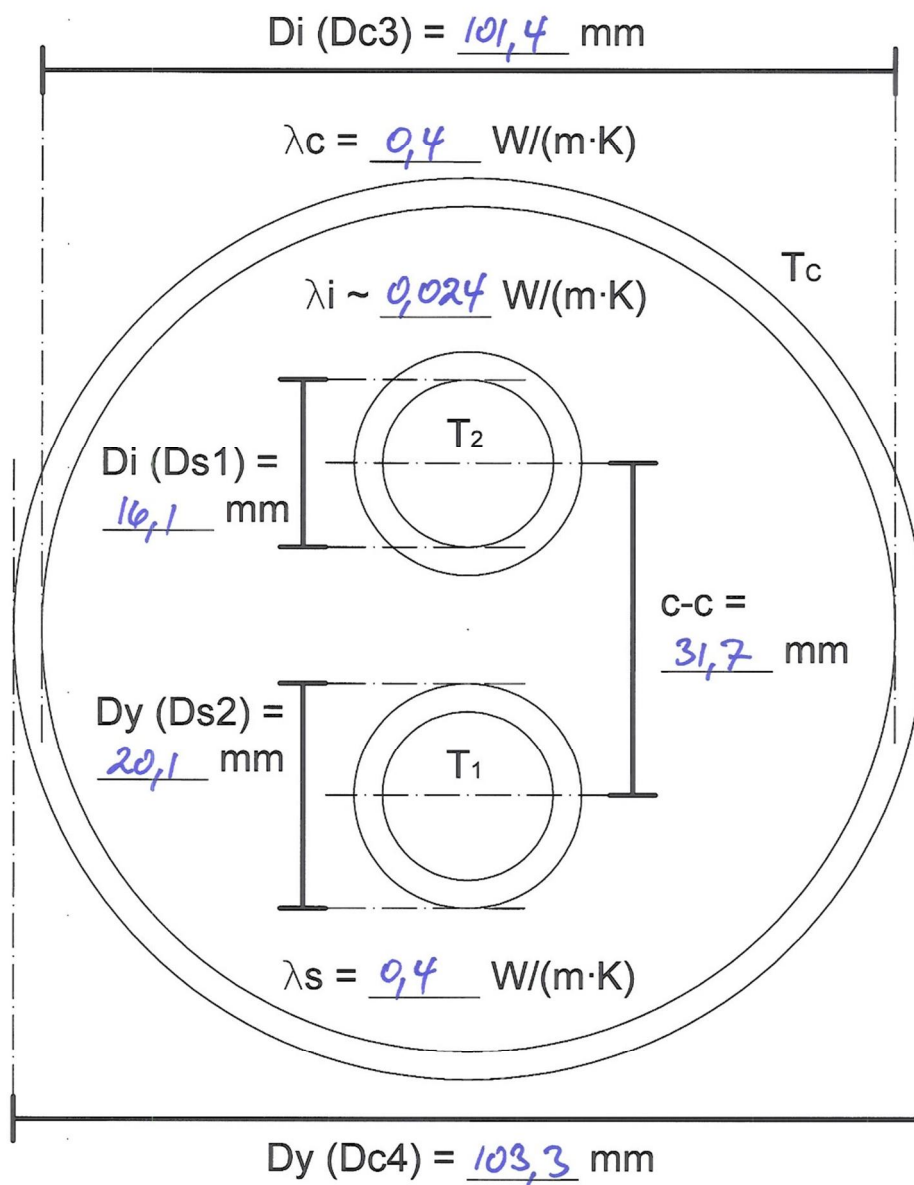
Producent: BRÜGG
 Dimension: 2x20/111
 Type: FLEKSIBELT TWINRØR
 Længde: 21,4 m
 Dato: / 20 14



Producent: ISOPLŪS
 Dimension: 2x20/110
 Type: FLEKSIBELT TWINDØR
 Længde: 25,1 m
 Dato: / 2014

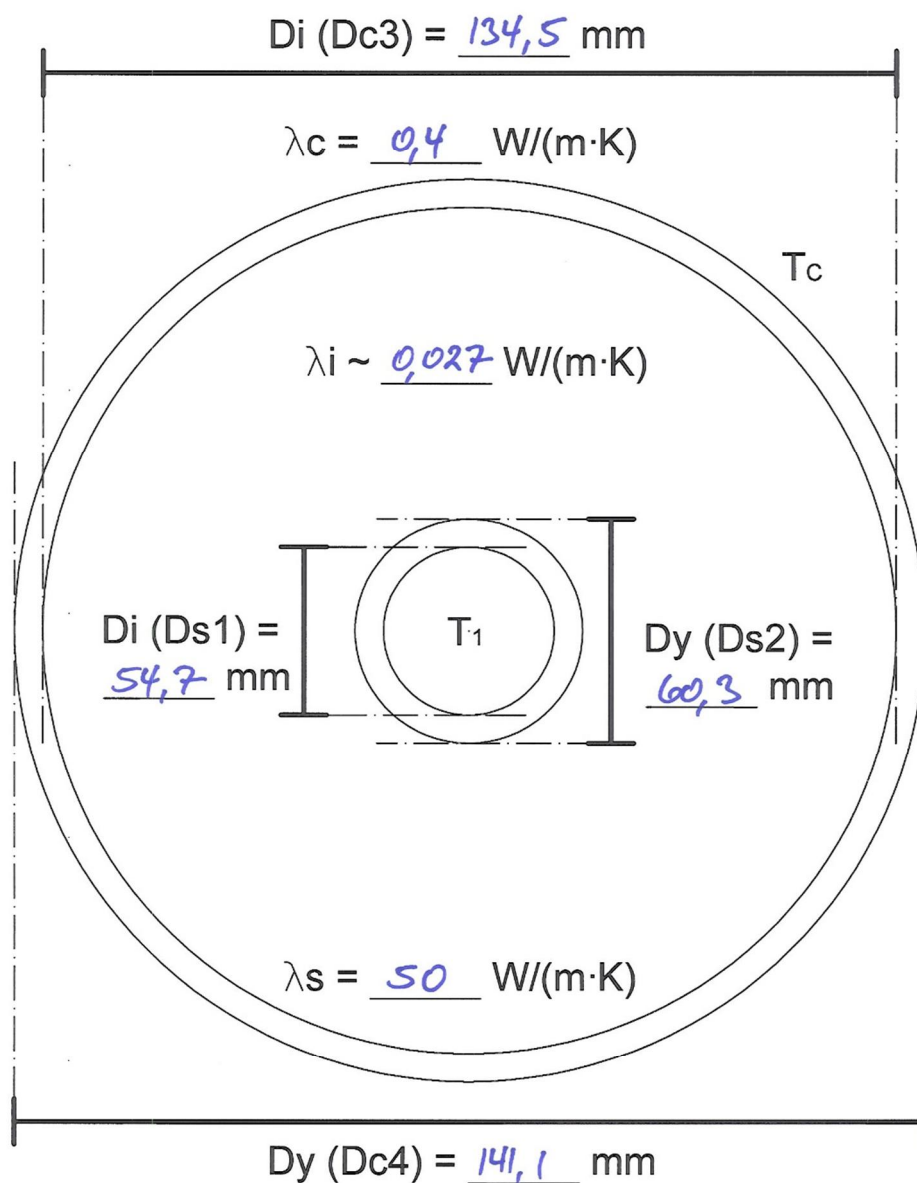


Producent: STARPIPE
 Dimension: 2x20 / 110
 Type: FLEKSIBELT TWINRØR
 Længde: 23,4 m
 Dato: 1 2014

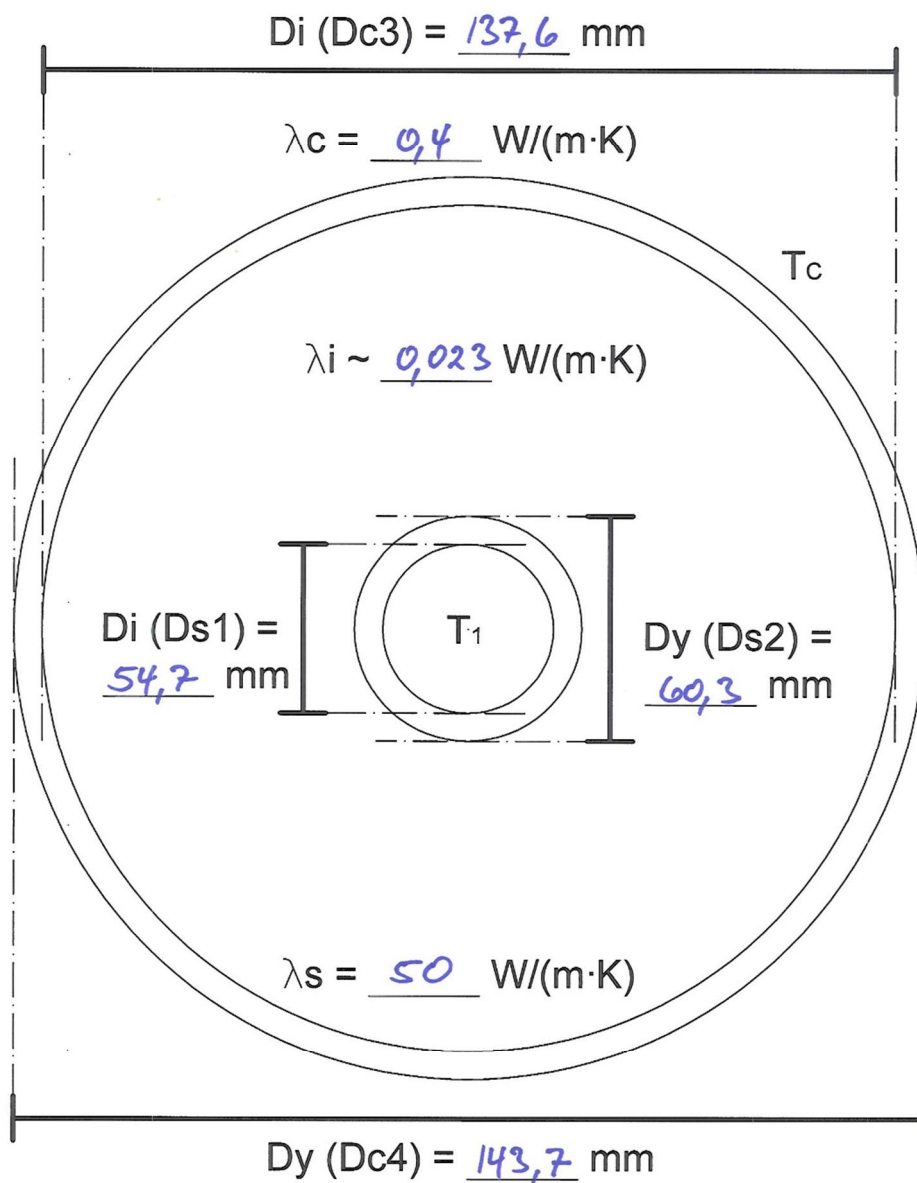


6.2 Bilag 2: Målskemaer for lige enkeltrør

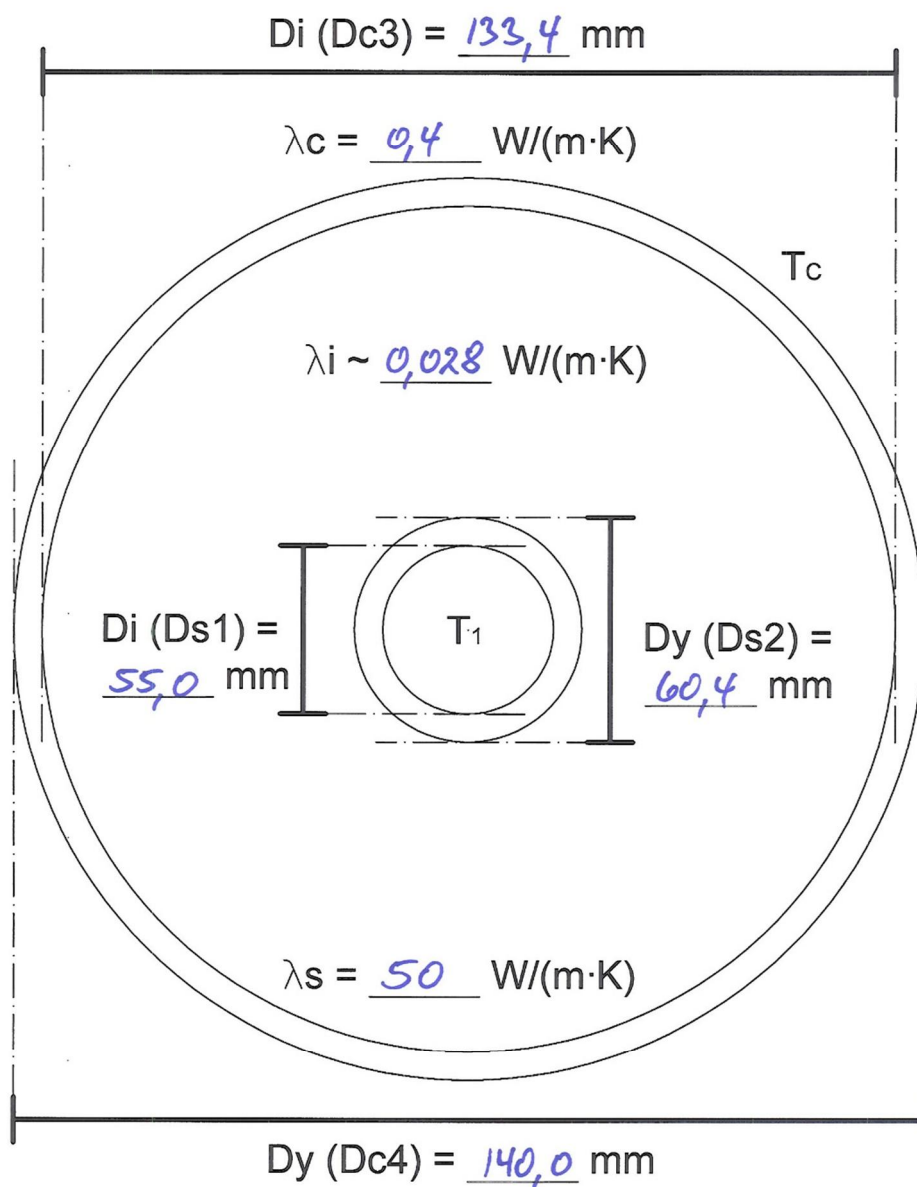
Producent: BRÜGG
Dimension: 60,3 / 140
Type: LIGE ENKELTRØR
Længde: 3,014 m
Dato: / 2014



Producent: LOGSTOR
Dimension: 60,3 / 140
Type: LIGE ENKELTRØR
Længde: 3,007 m
Dato: / 20

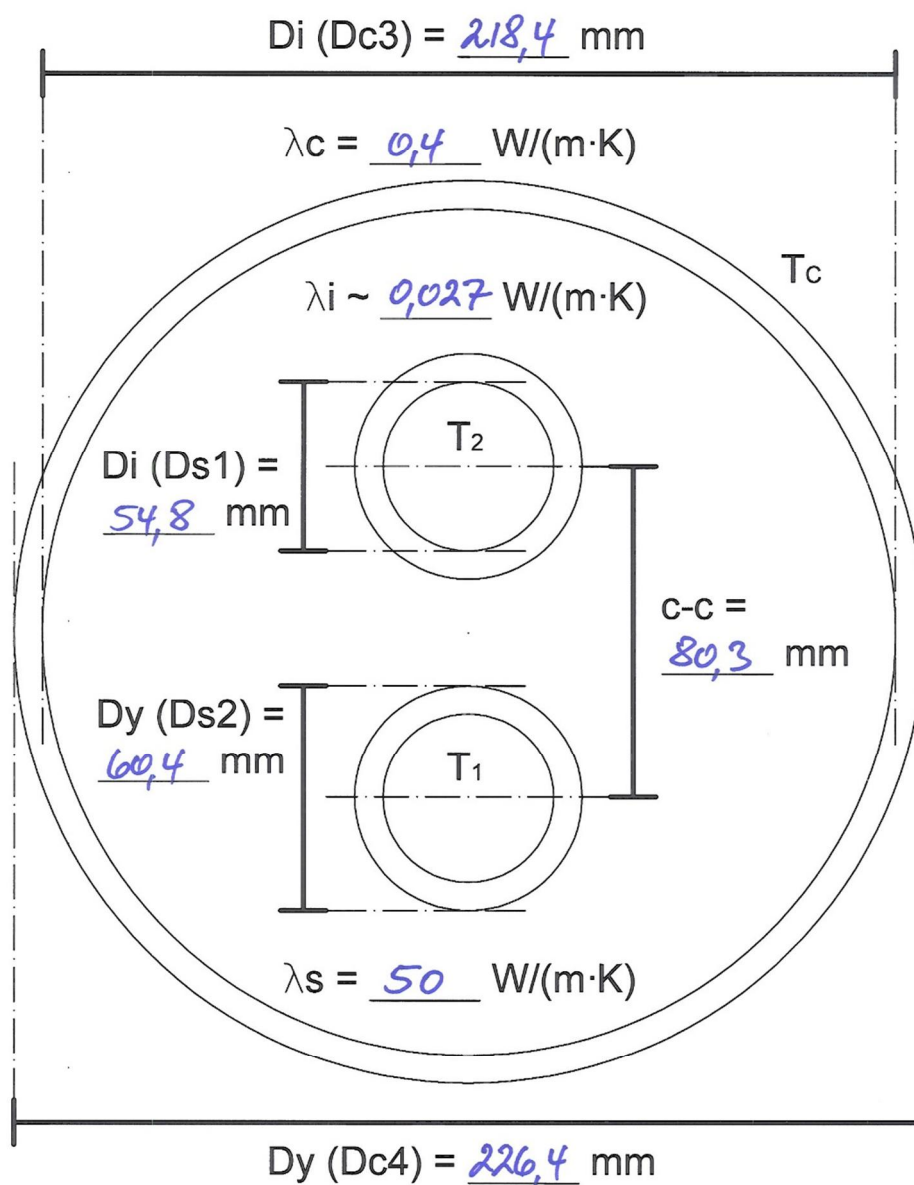


Producent: POWERPIPE
Dimension: 60,3 / 140
Type: LIGE ENKELTRØR
Længde: 3,023 m
Dato: / 20

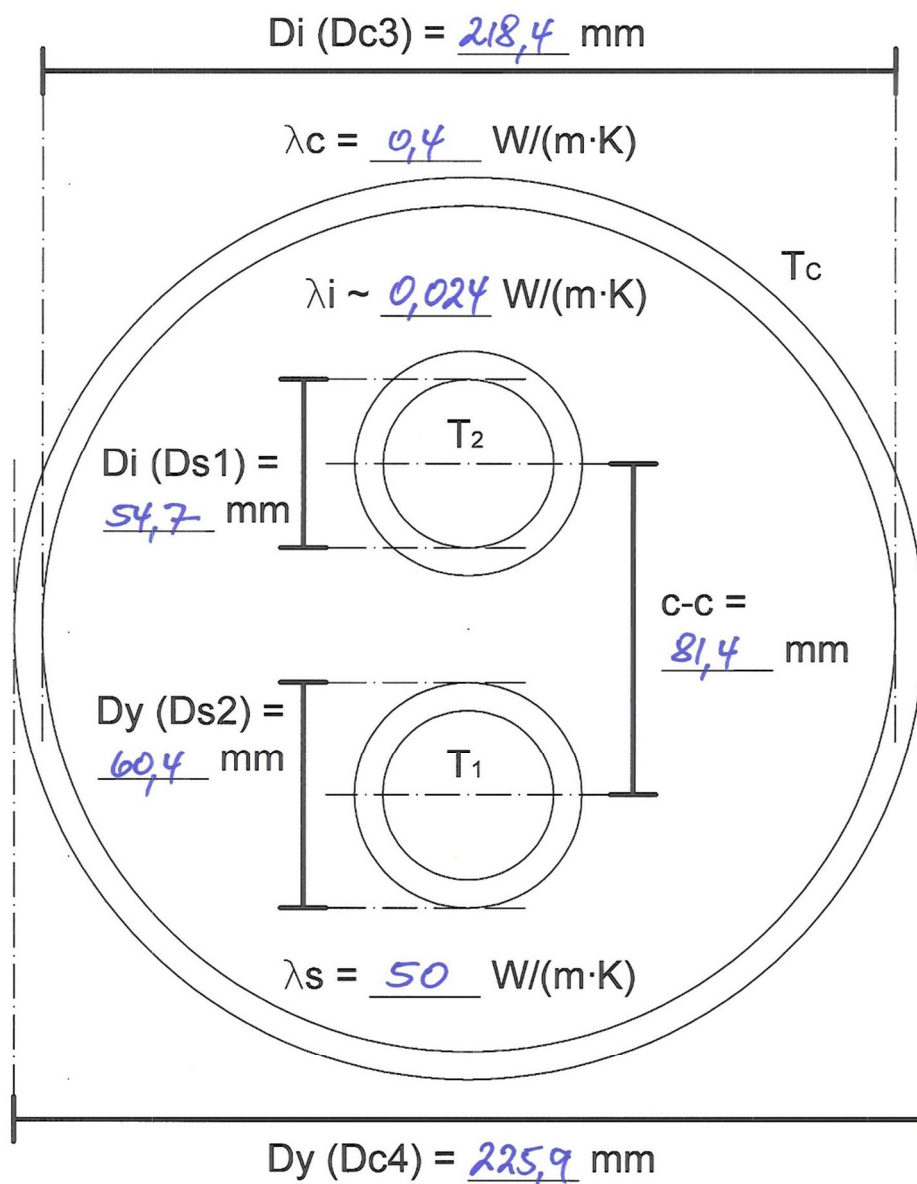


6.3 Bilag 3: Målskema for lige twinrør

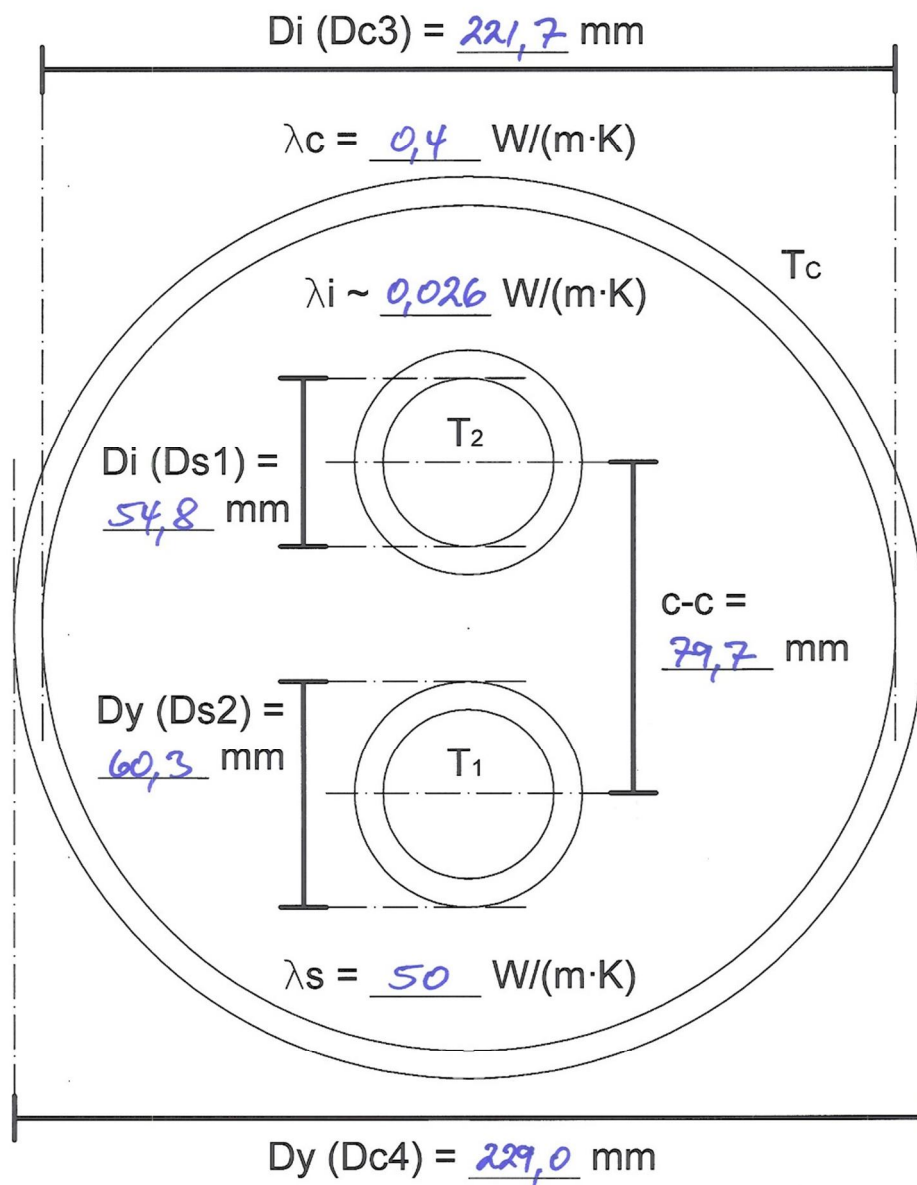
Producent: BRÜGG
 Dimension: 2 × 60,3 / 225
 Type: LIGE TWINRØR
 Længde: 3,012 m
 Dato: / 2014



Producent: LOGSTOR
 Dimension: 2x60,3 / 225
 Type: LIGE TWINRØR
 Længde: 3,010 m
 Dato: 1 2014



Producent: SETPipe
 Dimension: 2x50,3 / 225
 Type: LIGE TWINRØR
 Længde: 3,006 m
 Dato: 1 2014

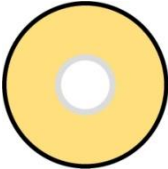
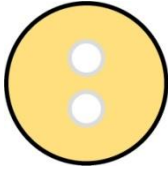


6.4 Bilag 4: Standarder for præisolerede fjernvarmerør

De standarder, der knytter sig til prøvning af varmekonduktivitet i præisolerede fjernvarmerør, er følgende:

- EN 253+A1:2013 – rør med stålmedierør
- EN ISO 8497:1997 – termisk rørisolering
- EN 12667:2001 – byggematerialers termiske ydeevne
- EN 15632-1:2009+A1:2015 – fleksible rør
- EN 15698-1:2009 – lige twinrør med stålmedierør

En samlet oversigt fremgår af tabel 5.

Type	Parameter	Lige rør	Fleksible rør	Note*
	λ_i	EN 253	EN 12667	
	λ_{SPS}	-	EN 15632-1	
	U	-	EN 15632-1	
	λ_i	EN 253*	EN 12667	Baseret på λ_i fra enkeltrør
	λ_{TPS}	-	EN 15632-1	
	U	EN 15698	-	
	U_{TPS}	-	EN 15632-1	

Tabel 5: Oversigt over tilknyttede standarder ved måling af varmekonduktivitet i præisolerede fjernvarmerør.