

Kamstrups håndbog om

Temperaturfølere til varme- og kølemålere



Temperaturfølere

Indholdsfortegnelse

1	Introduktion	5
2	Modstandstemperaturfølere	6
2.1	Sammenhængen mellem temperatur og elektrisk modstand.....	6
2.2	Måleprincipper og udformninger af temperaturfølere	7
2.2.1	2-leder-temperaturmåling	7
2.2.2	4-leder-temperaturmåling	8
2.3	Anvendte typer af modstandselementer	9
2.4	Modstandstabeller	10
3	Temperaturfølere til varme- og kølemålere.....	11
3.1	2-leder-temperaturfølere.....	11
3.1.1	Kort direkte temperaturføler	12
3.1.2	Lommefølere	13
3.2	4-leder-temperaturfølere.....	14
3.2.1	ø5,8 mm lommeføler med tilslutningshoved.....	15
3.2.2	ø6 mm lommeføler med tilslutningshoved.....	16
4	Begreber inden for temperaturfølere, som bruges i forbindelse med energimåling	17
4.1	Responstid.....	17
4.2	Varmeafledningsfejl	19
4.3	Kvalificerende nedsænkingsdybde.....	20
5	Myndighedskrav til markedsførte temperaturfølere.....	21
5.1	Typegodkendelse	21
5.2	Udmåling og verifikation	23
5.3	Krav til temperaturfølerpar	24
5.4	Krav til temperaturfølerkabler	25
5.5	Mærkning af temperaturfølere og lommer.....	26
6	Installation af temperaturfølere.....	28
6.1	Symmetrisk installation	28
6.2	Indbygningslængde	29
6.3	Installation i store rør.....	30
6.4	Andre installationsforhold, som har indflydelse på temperaturmålingen.....	31
6.5	Installationer med høje flowhastigheder og/eller en høj kombination af tryk og temperatur.....	32
6.6	Plombering af temperaturfølere	32

Temperaturfølere

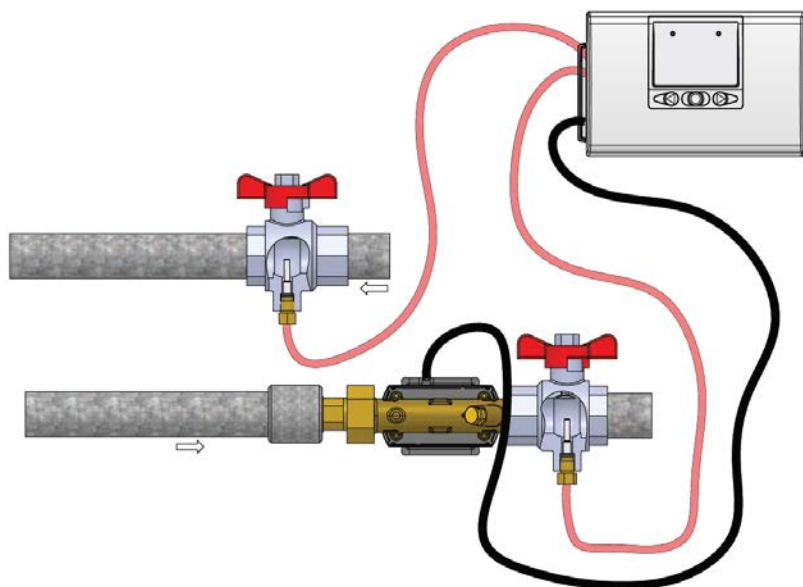
7	Tilbehør til installation af temperaturfølere	34
7.1	Kugleventil	34
7.2	Nippel	34
7.3	Tee med M10x1 gevind	35
7.4	11 mm adapter til DS 38 mm temperaturføler	35
8	Anvendelse af temperaturfølere til kølemålere	37
8.1	Korrekt måling af fremløbstemperaturen	37
8.2	Kondensproblemer	38
9	Referencer	40

1 Introduktion

For at en varme- eller kølemåler kan beregne den forbrugte mængde energi, er det nødvendigt at måle temperaturforskellen mellem fremløbsrøret og returløbsrøret. Temperaturforskellen måles ved hjælp af to temperaturfølere, og temperaturfølere er derfor en essentiel del af en varme- eller kølemåler. Der stilles derfor en række krav til temperaturfølere til varme- og kølemålere, herunder typegodkendelse, test i forbindelse med verifikation og korrekt installation.

Formålet med denne håndbog er at give en introduktion til de vigtigste emner inden for temperaturfølere til varme- og kølemålere. Håndbogen vil efter en introduktion til modstandstemperaturfølere blandt andet berøre emner som de anvendte typer af temperaturfølere, myndighedskrav til temperaturfølere, installation af temperaturfølere og de specielle forhold, som gælder for temperaturfølere til kølemålere.

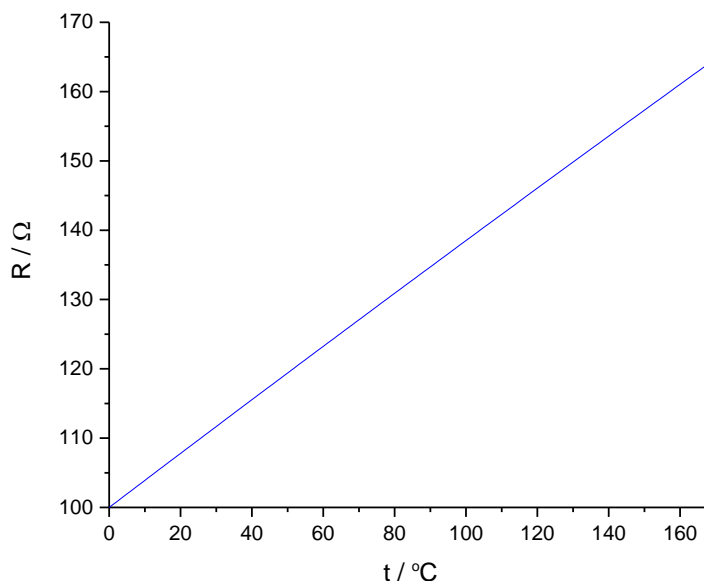
I forbindelse med standardiseringsarbejde i regi af EN1434 [1] anvendes i stigende grad begrebet "termiske energimålere" som et samlet begreb for både varme- og kølemålere. Da begreberne "varmemålere" og "kølemålere" fortsat er langt mest udbredt, bruges i denne håndbog begrebet "varme- og kølemålere" som det samlede begreb i stedet for "termiske energimålere".



2 Modstandstemperaturfølere

I dette kapitel gennemgås grundlaget for brugen af modstandstemperaturfølere, herunder sammenhængen mellem temperatur og modstand, måleprincipper og udformninger af temperaturfølere samt anvendte modstande. Kapitlet indeholder også modstandstabeller for Pt100 og Pt500 temperaturfølere.

2.1 Sammenhængen mellem temperatur og elektrisk modstand



Figur 1: Sammenhængen mellem temperaturen, t , og modstanden, R , for en Pt100 modstandstemperaturføler lavet af platin, som har en modstand på 100Ω ved 0°C .

En modstandstemperaturføler af platin udnytter, at ædelmetallet platin har en meget veldefineret sammenhæng mellem dets elektriske modstand og temperaturen. Et eksempel på dette er vist i *Figur 1*. På denne baggrund er der etableret en international standard, EN 60751 (DIN/IEC 751) [2], hvor sammenhængen mellem modstanden R_t og temperaturen t er defineret ved

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

og hvor R_0 angiver modstanden ved 0°C , mens A og B er konstanter.

Temperaturen t kan herefter bestemmes ved hjælp af følgende udtryk:

$$t = \frac{-R_0A + \sqrt{(R_0A)^2 - 4R_0B(R_0 - R_t)}}{2R_0B}$$

Den nominelle modstand er den forventede modstand ved 0°C , og de mest almindelige nominelle modstande inden for varme- og kølemålere er 100Ω , 500Ω og 1000Ω . Modstandstemperaturfølere benævnes på baggrund af den nominelle modstand, og det anvendte metal, Pt, og modstandstemperaturfølere af platin med nominelle modstande på hhv. 100Ω , 500Ω og 1000Ω benævnes derfor som hhv. Pt100, Pt500 og Pt1000.

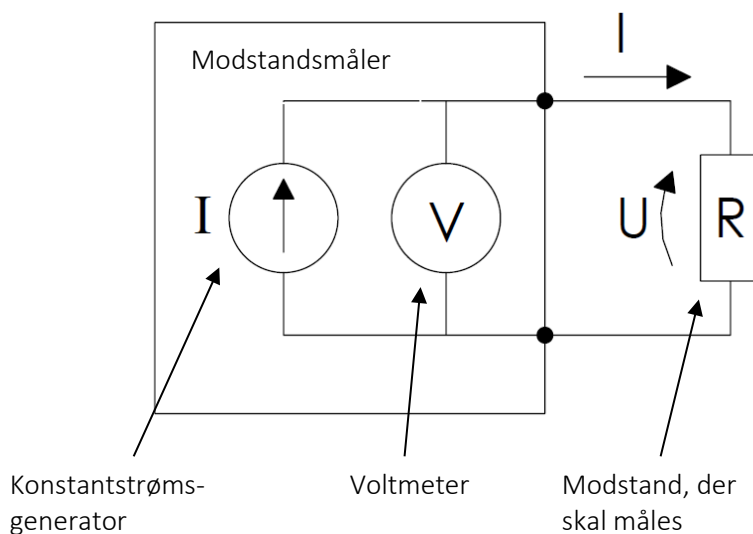
For en ideel Pt100 temperaturføler gælder, at $R_0 = 100,00 \Omega$, $A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ og $B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$, og tabeller med eksempler på sammenhængen mellem temperatur og modstand for ideelle Pt100 og Pt500 temperaturfølere kan findes i afsnit 2.4. De eksakte værdier af R_0 , A og B for den enkelte temperaturføler vil variere fra temperaturføler til temperaturføler og bestemmes derfor som en del af den legale verifikation af en temperaturføler til en varme- og kølemåler, se afsnit 5.2.

2.2 Måleprincipper og udformninger af temperaturfølere

I praksis fungerer en modstandstemperaturføler ved, at man sender en lille konstant strøm igennem modstanden og derefter måler spændingsfaldet U . Størrelsen på platinmodstanden R kan så bestemmes ved hjælp af Ohms lov:

$$R = \frac{U}{I}$$

Dette er illustreret i Figur 2.



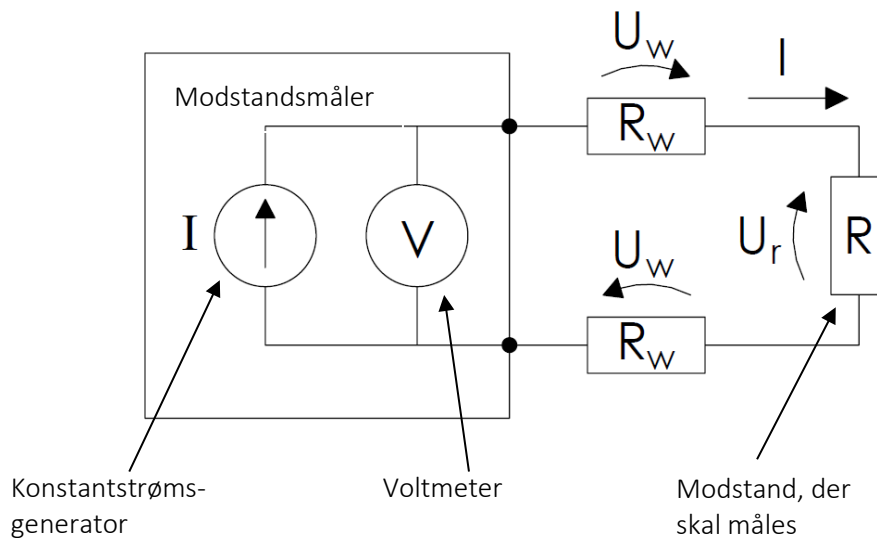
Figur 2: Måling af en modstandsværdi ved hjælp af en konstantstrømsgenerator og et voltmeter.

2.2.1 2-leder-temperaturmåling

Som vist i Figur 3, er en 2-leder-temperaturføler kendetegnet ved, at der fra platinmodstanden udgår to ledninger til strømgeneratoren og målingen af spændingsfaldet. For en 2-leder-temperaturføler gælder derfor, at ledningernes modstand også bidrager til den målte modstand, da disse er i serieforbindelse med platinmodstanden. Den målte modstand R_m er dermed

$$R_m = R + 2 \cdot R_w$$

hvor R_w er modstanden af den enkelte ledning.



Figur 3: Kablernes indflydelse på den målte modstandsværdi.

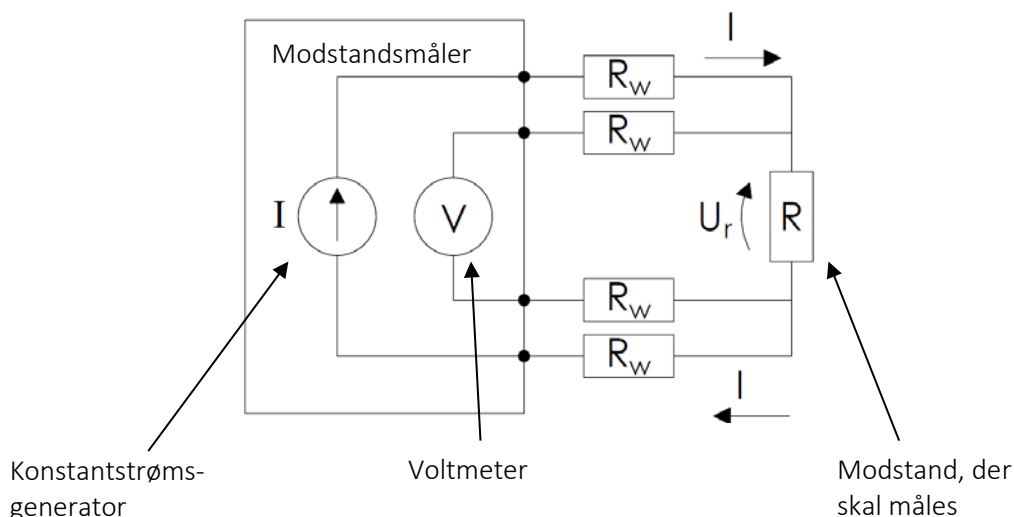
Da man ofte er interesseret i at bestemme temperaturforskellen mellem to temperaturfølere med stor nøjagtighed, kan man kompensere for ledningernes påvirkning ved at kræve, at alle ledninger er lige lange, se afsnit 5.4.

2.2.2 4-leder-temperaturmåling

En 4-leder-temperaturføler fungerer ved, at der ud fra platinmodstanden udgår 4 ledninger, hvoraf 2 ledninger er forbundet til strømgeneratoren, og 2 ledninger er forbundet til målingen af spændingsfaldet, se Figur 4. Ved hjælp af et højimpedans-voltmeter måles nu kun spændingsfaldet U_r over platinmodstanden, og da strømmen stadig er I , kan platinmodstanden R bestemmes ved:

$$R = \frac{U_r}{I}$$

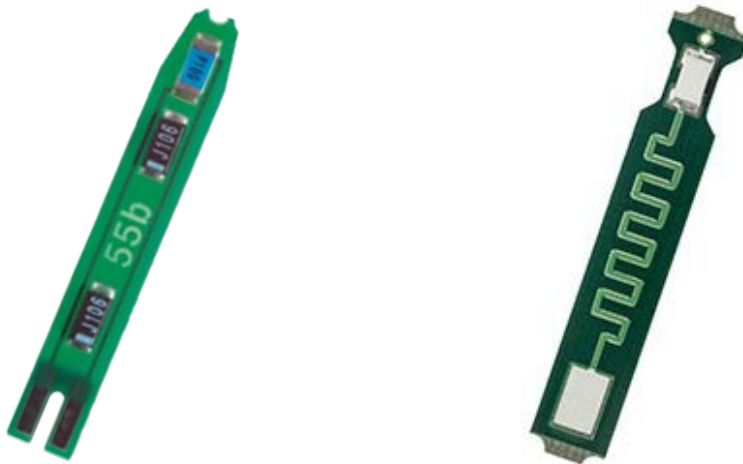
Herved opnås, at man kun måler temperaturfølerens modstand, og at temperaturmålingen er uafhængig af ledningernes modstand.



Figur 4: Måling af modstandsværdi ved hjælp af 4-leder-princippet, hvor kablerne ikke påvirker modstandsmålingen.

2.3 Anvendte typer af modstandselementer

Til temperaturfølere til varme- og kølemålere anvendes oftest tyndfilmsmodstande. Dette skyldes blandt andet, at tyndfilmsmodstande er overkommelige at producere, at de ikke fylder ret meget, og at de reagerer meget hurtigt på temperaturændringer. Den mest udbredte løsning er en tyndfilmsmodstand, som er monteret på et PCB (printed circuit board). Eksempler på denne type løsning er vist i *Figur 5*. Denne løsning har flere fordele. For det første kan den masseproduceres, hvorved omkostningerne reduceres. For det andet er der på samme PCB placeret to loddeøer, hvorved de 2 ledninger, som bruges til en 2-leder-temperaturføler, kan loddes direkte på. Dette gør det muligt at effektivisere fremstillingen af 2-leder-temperaturfølere. Tyndfilmsmodstande, som er monteret på et PCB, kan typisk anvendes op til 150 °C, hvilket er tilstrækkeligt i langt de fleste installationer.



Figur 5: Tyndfilmsmodstande, som er monteret på et PCB (printed circuit board) [3,4].

Hvis temperaturføleren skal kunne anvendes ved en højere temperatur, f.eks. 180 °C, anvendes der tyndfilmsmodstande, som er monteret på et keramisk element. Se *Figur 6*.



Figur 6: Tyndfilmsmodstande, som er monteret på et keramisk element [4,5].

2.4 Modstandstabeller

Pt100										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513
10	103,903	104,292	104,682	105,071	105,460	105,849	106,238	106,627	107,016	107,405
20	107,794	108,182	108,570	108,959	109,347	109,735	110,123	110,510	110,898	111,286
30	111,673	112,060	112,447	112,835	113,221	113,608	113,995	114,382	114,768	115,155
40	115,541	115,927	116,313	116,699	117,085	117,470	117,856	118,241	118,627	119,012
50	119,397	119,782	120,167	120,552	120,936	121,321	121,705	122,090	122,474	122,858
60	123,242	123,626	124,009	124,393	124,777	125,160	125,543	125,926	126,309	126,692
70	127,075	127,458	127,840	128,223	128,605	128,987	129,370	129,752	130,133	130,515
80	130,897	131,278	131,660	132,041	132,422	132,803	133,184	133,565	133,946	134,326
90	134,707	135,087	135,468	135,848	136,228	136,608	136,987	137,367	137,747	138,126
100	138,506	138,885	139,264	139,643	140,022	140,400	140,779	141,158	141,536	141,914
110	142,293	142,671	143,049	143,426	143,804	144,182	144,559	144,937	145,314	145,691
120	146,068	146,445	146,822	147,198	147,575	147,951	148,328	148,704	149,080	149,456
130	149,832	150,208	150,583	150,959	151,334	151,710	152,085	152,460	152,835	153,210
140	153,584	153,959	154,333	154,708	155,082	155,456	155,830	156,204	156,578	156,952
150	157,325	157,699	158,072	158,445	158,818	159,191	159,564	159,937	160,309	160,682
160	161,054	161,427	161,799	162,171	162,543	162,915	163,286	163,658	164,030	164,401
170	164,772	165,143	165,514	165,885	166,256	166,627	166,997	167,368	167,738	168,108
180	168,478	168,848	169,218	169,588	169,958	170,327	-	-	-	-

Tabel 1: Pt100, IEC 751 Amendment 2-1995-07

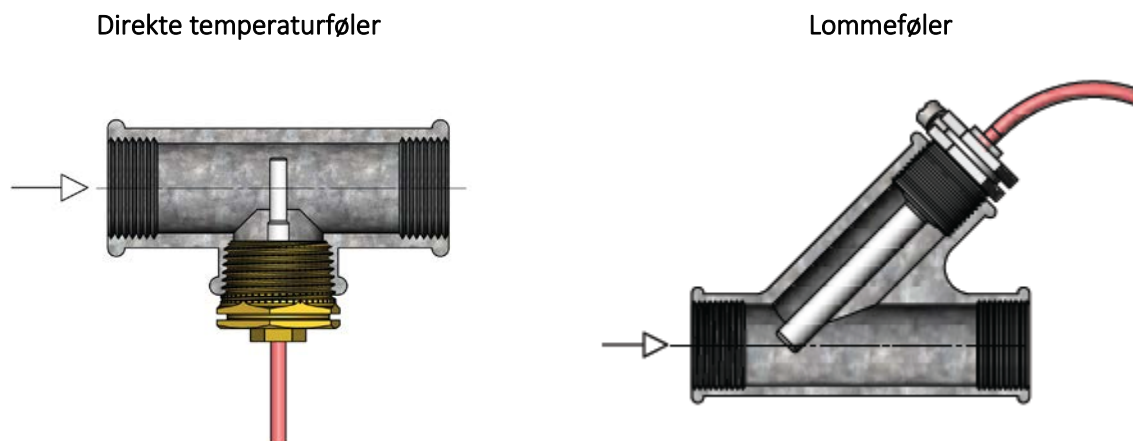
Pt500										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	500,000	501,954	503,907	505,860	507,812	509,764	511,715	513,665	515,615	517,564
10	519,513	521,461	523,408	525,355	527,302	529,247	531,192	533,137	535,081	537,025
20	538,968	540,910	542,852	544,793	546,733	548,673	550,613	552,552	554,490	556,428
30	558,365	560,301	562,237	564,173	566,107	568,042	569,975	571,908	573,841	575,773
40	577,704	579,635	581,565	583,495	585,424	587,352	589,280	591,207	593,134	595,060
50	596,986	598,911	600,835	602,759	604,682	606,605	608,527	610,448	612,369	614,290
60	616,210	618,129	620,047	621,965	623,883	625,800	627,716	629,632	631,547	633,462
70	635,376	637,289	639,202	641,114	643,026	644,937	646,848	648,758	650,667	652,576
80	654,484	656,392	658,299	660,205	662,111	664,017	665,921	667,826	669,729	671,632
90	673,535	675,437	677,338	679,239	681,139	683,038	684,937	686,836	688,734	690,631
100	692,528	694,424	696,319	698,214	700,108	702,002	703,896	705,788	707,680	709,572
110	711,463	713,353	715,243	717,132	719,021	720,909	722,796	724,683	726,569	728,455
120	730,340	732,225	734,109	735,992	737,875	739,757	741,639	743,520	745,400	747,280
130	749,160	751,038	752,917	754,794	756,671	758,548	760,424	762,299	764,174	766,048
140	767,922	769,795	771,667	773,539	775,410	777,281	779,151	781,020	782,889	784,758
150	786,626	788,493	790,360	792,226	794,091	795,956	797,820	799,684	801,547	803,410
160	805,272	807,133	808,994	810,855	812,714	814,574	816,432	818,290	820,148	822,004
170	823,861	825,716	827,571	829,426	831,280	833,133	834,986	836,838	838,690	840,541
180	842,392	844,241	846,091	847,940	849,788	851,635	-	-	-	-

Tabel 2: Pt500, IEC 751 Amendment 2-1995-07

3 Temperaturfølere til varme- og kølemålere

I dette kapitel vil de mest anvendte temperaturfølere til varme- og kølemålere blive gennemgået. I praksis anvendes en lang række forskellige temperaturfølere til varme- og kølemålere, og valget af temperaturføler afhænger typisk af den installation, hvori varme- eller kølemåleren skal installeres. Der skelnes grundlæggende mellem en direkte temperaturføler, som er i direkte kontakt med væskestrømmen, og en lommeføler, hvor en lomme, typisk af rustfast stål, er installeret i væskestrømmen, hvorefter temperaturføleren installeres i lommen.

Figur 7 viser både en direkte temperaturføler og en lommeføler. For overskuelighedens skyld er dette kapitel delt op i et afsnit om de mest anvendte 2-leder-temperaturfølere og et efterfølgende afsnit om 4-leder-temperaturfølere.



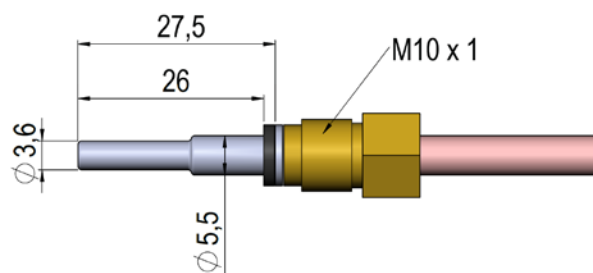
Figur 7: Illustration af en direkte temperaturføler og en lommeføler.

3.1 2-leder-temperaturfølere

Til varme- og kølemålere er 2-leder-temperaturfølere langt de mest udbredte i forhold til 4-leder-temperaturfølere. Dette skyldes den lavere pris for både en 2-leder-temperaturføler og det tilhørende 2-leder-regneværk. På grund af kravet om, at et 2-leder-temperaturfølerpar skal have lige lange kabler, se afsnit 5.4, er der også den forskel, at en 2-leder-temperaturføler typisk fabriksmonteres i regneværket, mens en 4-leder-temperaturføler oftest først monteres i regneværket i forbindelse med installationen af varme- eller kølemåleren. I det følgende afsnit vil de mest almindelige typer af 2-leder-temperaturfølere blive gennemgået.

Temperaturfølere

3.1.1 Kort direkte temperaturføler



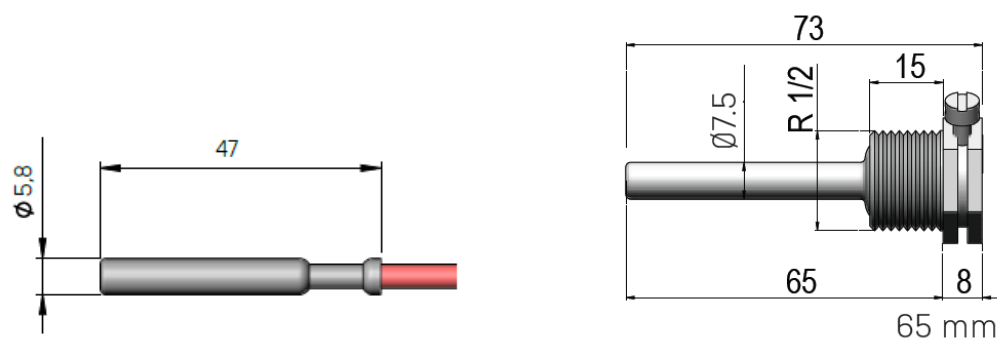
Figur 8: Kort direkte DS 27,5 mm temperaturføler.

Den kort direkte temperaturføler er konstrueret iht. den europæiske standard for varmeenergimålere EN 1434-2 [1]. Den mest almindelige variant har en indstiksdybde på 27,5 mm og kaldes på den baggrund for DS 27,5 mm, hvor DS står for "Direct Short". Tilsvarende findes en variant med en indstiksdybde på 38 mm, som kaldes for DS 38 mm. DS 27,5 mm temperaturføleren er vist i *Figur 8*. Anvendelsesmulighederne for DS 27,5 mm og DS 38 mm temperaturfølere er vist i *Tabel 3*. Den kort direkte temperaturføler er kendetegnet ved at have en meget kort responstid, se afsnit 4.1, grundet at temperaturfølerens spids har en relativ lille diameter på $\varnothing 3,6$ mm, og at den er i direkte kontakt med væskestrømmen. Dette gør, at det er den foretrukne temperaturføler til de varme- og kølemålere, som anvendes i DN 15- til DN 40-installationer. Specielt for målere, som er installeret i fjernvarmeunits, har valget af en kort direkte temperaturføler stor betydning for korrekt energimåling grundet de hurtige ændringer af temperaturen, som en fjernvarmeunit forårsager.

DN	DS 27,5 mm	DS 38 mm
15	X	
20	X	
25	X	
32		X
40		X

Tabel 3: Anvendelsesmulighederne for DS 27,5 mm og DS 38 mm temperaturfølere.

3.1.2 Lommefølere

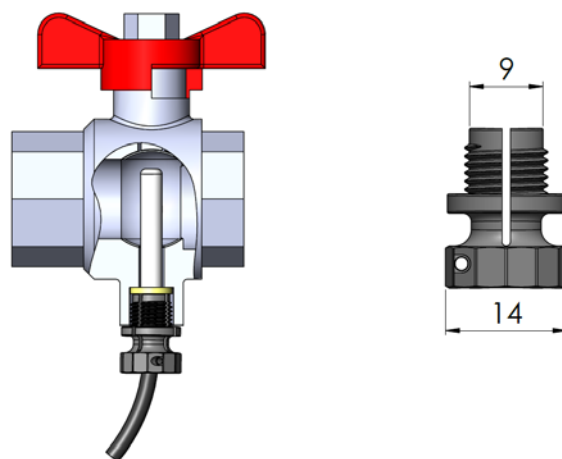


Figur 9: $\varnothing 5,8$ mm lommeføler med tilhørende 65 mm lomme.

I Figur 9 ses et eksempel på en lommeføler og en tilhørende lomme af rustfast stål. Den store fordel ved montage af en temperaturføler i en lomme er, at temperaturføleren efterfølgende kan udskiftes, uden at man behøver at lukke for vandet. Lommefølere anvendes derfor oftest sammen med større målere, f.eks. i et distributionsnet. En lommeføler monteret i en lomme har den ulempe, at den samlede masse er større, og at den derfor reagerer langsommere på temperaturændringer, hvilket kan have indflydelse på den målte mængde varmeenergi. For yderligere detaljer om dette, se afsnit 4.1 om responstid.

Den illustrerede temperaturføler i Figur 9 har en diameter på $\varnothing 5,8$ mm, og ud over denne diameter anvendes også lommefølere med diametre på $\varnothing 5,0$ mm, $\varnothing 5,2$ mm og $\varnothing 6,0$ mm til varme- og kølemålere. I denne forbindelse er det værd at bemærke, at den anvendte lomme skal have en indre diameter, som passer til diameteren på lommeføleren. I praksis afklares dette ved, at lommeføler og lomme skal være godkendt til brug sammen.

For lommefølere med en diameter på $\varnothing 5,0$ mm og $\varnothing 5,2$ mm gælder typisk, at de ved montage af en omløber kan anvendes som direkte temperaturfølere, f.eks. i en kugleventil, se Figur 10. Herved opnås en stor fleksibilitet med hensyn til installationsform, da temperaturføleren hermed både kan installeres som direkte temperaturføler og lommeføler.



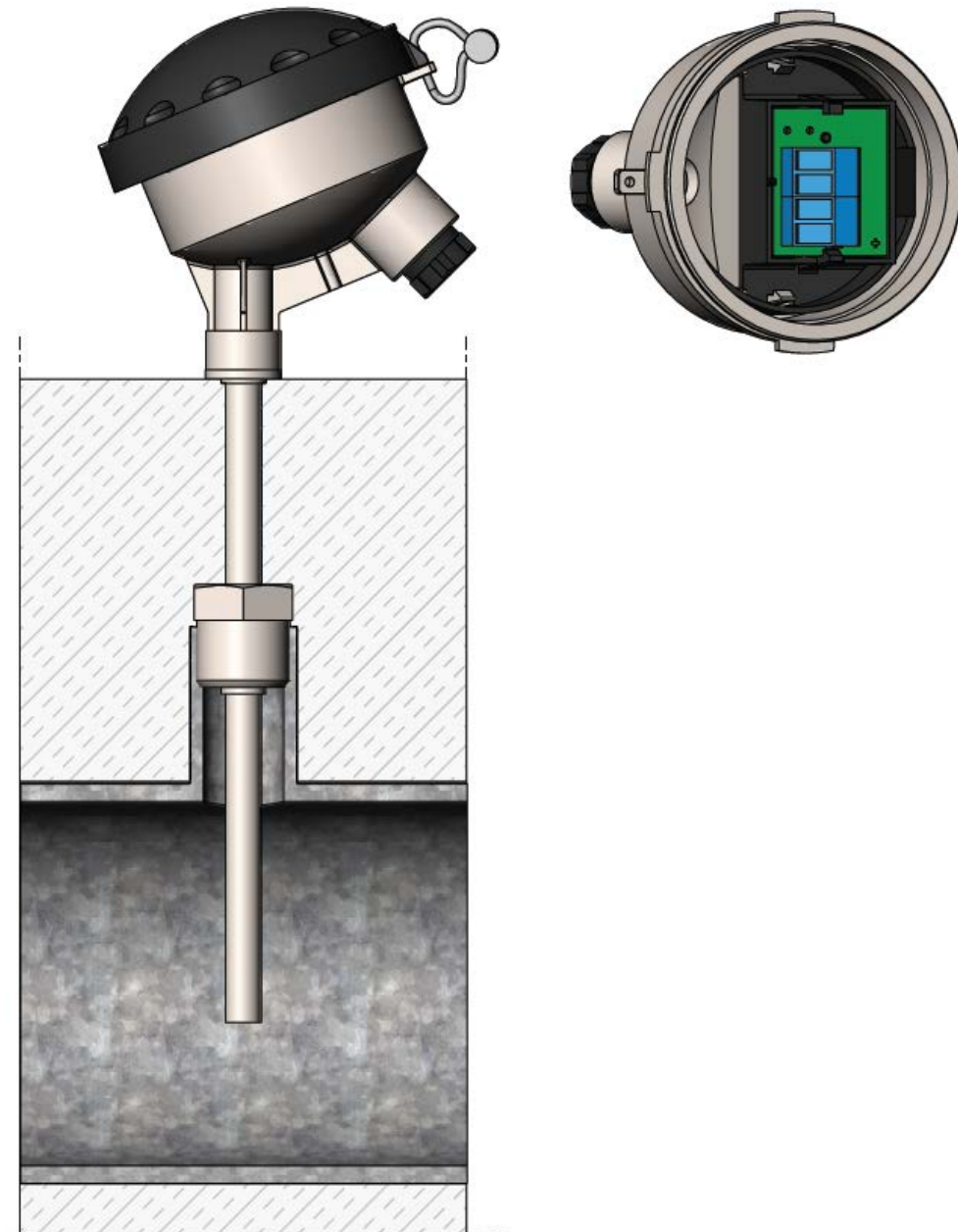
Figur 10: $\varnothing 5,2$ mm temperaturføler med kompositomløber monteret i en kugleventil.

3.2 4-leder-temperaturfølere

I modsætning til 2-leder-temperaturfølere gælder for 4-leder temperaturfølere, at kablets modstand ikke har en indflydelse på temperaturmålingen, se afsnit 2.2.2. Dette gør, at man som udgangspunkt opnår en bedre temperaturmåling ved anvendelse af 4-leder-temperaturfølere. 4-leder-temperaturfølere anvendes derfor typisk i større installationer, hvor en forbedret temperaturmåling giver større muligheder for at optimere driftsforholdene og dermed produktionsomkostningerne. Samtidig giver 4-leder-temperaturfølere også en større fleksibilitet mht. at lave en optimal kabelføring, da der for 4-leder-følere ikke er noget krav om, at kablerne skal være lige lange. Da det i større installationer er nødvendigt at kunne udskifte temperaturføleren uden at lukke for vandet, anvendes 4-leder-temperaturfølere hovedsageligt som lommefølere. I det følgende afsnit vil de mest almindelige typer af 4-leder-temperaturfølere blive gennemgået.

3.2.1 $\varnothing 5,8$ mm lommeføler med tilslutningshoved

$\varnothing 5,8$ mm lommeføler med tilslutningshoved er kendetegnet ved, at den består af en udskiftelig temperaturfølerindsats, hvor en 2-ledet $\varnothing 5,8$ mm lommeføler er loddet på. Temperaturfølerindsatsen er monteret i en rustfri stålomme med tilslutningshoved, se *Figur 11*. Tilslutningshovedet er bevidst placeret, så det typisk er uden for isoleringen af røret og dermed er nemt at tilgå. Tilslutning af 4-leder-kabel foregår ved at indføre kablet gennem PG-forskrningen og montere de 4 ledere i skrueterminalen på temperaturfølerindsatsen.

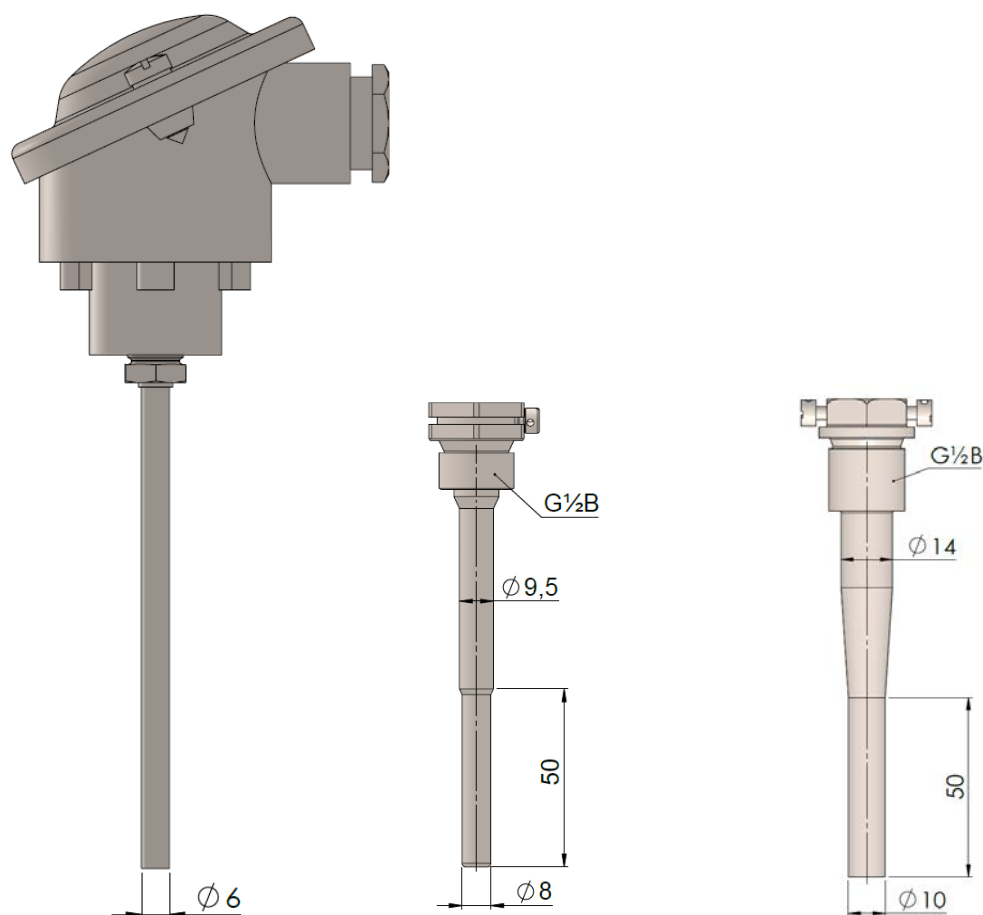


Figur 11: $\varnothing 5,8$ mm lommeføler med tilslutningshoved.

Temperaturfølere

3.2.2 $\varnothing 6$ mm lommeføler med tilslutningshoved

I modsætning til $\varnothing 5,8$ mm lommeføler med tilslutningshoved gælder for en 6 mm lommeføler med tilslutningshoved, at temperaturføler og lomme er fuldstændigt adskilte, som vist i *Figur 12*. For denne temperaturføler gælder, at både diameteren og længden er defineret i standarden EN1434-2 [1]. Selve tilslutningshovedet findes i flere udformninger, og en af de mest almindelige udformninger er det viste tilslutningshoved i *Figur 12*, som er i aluminium og af typen DIN Form B. Denne temperaturføler kan også leveres med en tyndfilmsmodstand, som er monteret med et keramisk element, hvilket betyder, at den kan bruges ved temperaturer helt op til 180 grader, se afsnit 2.3. Til flowhastigheder op til 3 m/s anvendes en rustfri svejset stålomme, som har en diameter på $\varnothing 8$ mm i spidsen. Ved flowhastigheder over 3 m/s anvendes en rustfri stålomme, som har en diameter på $\varnothing 10$ mm i spidsen, se *Figur 12*, og som er drejet ud af et stykke. Yderligere information om valg af lommer ved høje flowhastigheder og/eller høje temperaturer kan findes i afsnit 6.5.



Figur 12: $\varnothing 6$ mm lommeføler med tilslutningshoved og tilhørende lommer.

4 Begreber inden for temperaturfølere, som bruges i forbindelse med energimåling

I dette kapitel gennemgås de vigtigste begreber inden for temperaturfølere, som bruges i forbindelse med energimåling, herunder begreberne responstid, varmeafledningsfejl og kvalificerende nedsænkingsdybde.

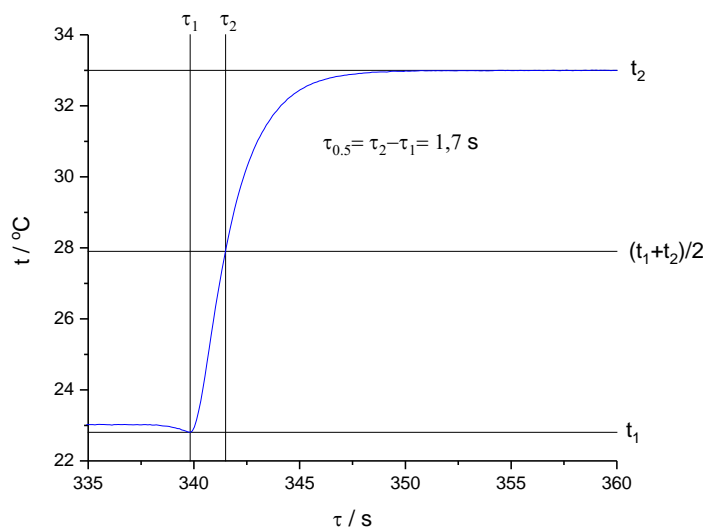
4.1 Responstid

En temperaturfølers responstid er et mål for, hvor hurtigt en temperaturføler reagerer på en given temperaturændring. Specielt for varmemålere monteret i fjernvarmeunits med brugsvandsveksler er det vigtigt med en kort responstid, da man i dette tilfælde oplever hyppige og kortvarige temperaturændringer. Såfremt man i denne anvendelsessituation benytter en temperaturføler med lang responstid, vil man opleve, at varmemåleren registrerer et forbrug, som er lavere end det reelle forbrug.

Responstiden $\tau_{0,5}$ er defineret som den tid, det tager for temperaturføleren at registrere halvdelen af en given temperaturændring. I *Figur 13* er vist et eksempel på, hvordan en kort direkte temperaturføler reagerer på en temperaturændring fra $t_1=23$ °C til $t_2=33$ °C. Temperaturændringen starter ved tiden τ_1 , og ved tiden τ_2 er halvdelen af temperaturændringen registreret. Responstiden $\tau_{0,5}$ kan så bestemmes ved at beregne

$$\tau_{0,5} = \tau_2 - \tau_1$$

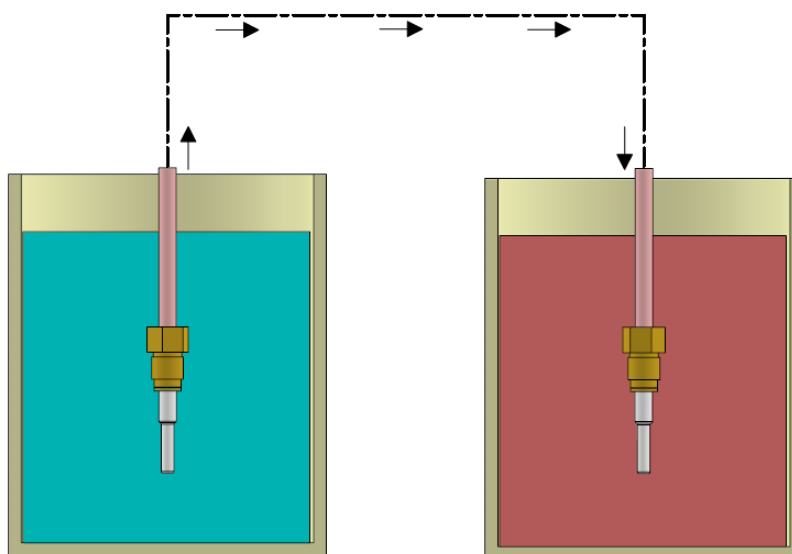
I eksemplet i *Figur 13* er responstiden $\tau_{0,5}$ for den pågældende kort direkte temperaturføler bestemt til at være 1,7 s.



Figur 13: Måling af responstiden for en kort direkte temperaturføler.

Temperaturfølere

I praksis foretages målingen af responstiden ved at placere temperaturføleren i et koldt termostatisk bad, som typisk har den samme temperatur som omgivelserne, f.eks. 23 °C, og så hurtigt flytte temperaturføleren over i et varmere termostatisk bad, som f.eks. har en temperatur på 33 °C. Herved oplever temperaturføleren en temperaturændring på 10 K. Dette er illustreret i *Figur 14*.



Figur 14: Illustration af opstilling til måling af responstid for en temperaturføler, hvor temperaturføleren flyttes fra et termostatisk bad og til et andet termostatisk bad. Temperaturforskellen mellem de to bade er typisk 10 K.

Som udgangspunkt antages, at responstiden er den samme for alle temperaturændringer. Såfremt der er en betydelig varmeafledningsfejl, se afsnit 0, vil responstiden være påvirket af omgivelsestemperaturen på en sådan måde, at man ved temperaturændringer, som medfører en temperaturstigning til en temperatur, som er betydeligt højere end omgivelsestemperaturen, vil observere en forøget responstid. Tilsvarende vil man ved et temperaturfald fra en relativt høj temperatur til omkring omgivelsestemperaturen observere en forkortet responstid.

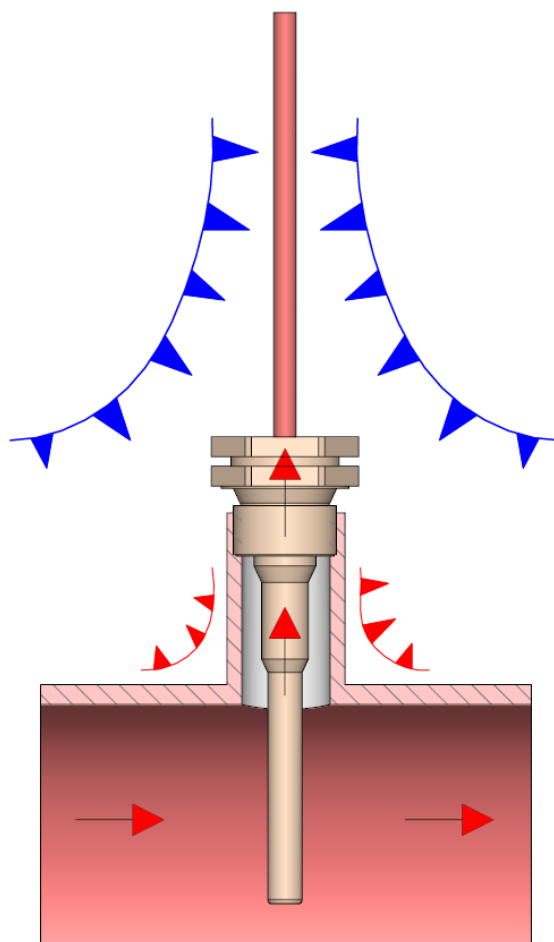
En temperaturfølers responstid afhænger af dens konstruktion. Der gælder generelt, at direkte temperaturfølere typisk har en kort responstid, da de er i direkte kontakt med væsken, mens responstiden er længere for en lommeføler. I *Tabel 4* vises de typiske responstider for en række af de temperaturfølere, som anvendes til varme- og kølemålere.

	Responstid
Kort direkte DS 27,5 mm temperaturføler	2 s
Ø5,2 mm direkte temperaturføler med påmonteret omløber	3 s
Ø5,8 mm lommeføler monteret i en 65 mm lomme	8 s
Ø6 mm lommeføler med tilslutningshoved monteret i en 85 mm standard lomme	12 s
Ø6 mm lommeføler med tilslutningshoved monteret i en 120 mm forstærket lomme	16 s

Tabel 4: Typiske responstider for både direkte temperaturfølere og lommefølere monteret i lommer.

4.2 Varmeafledningsfejl

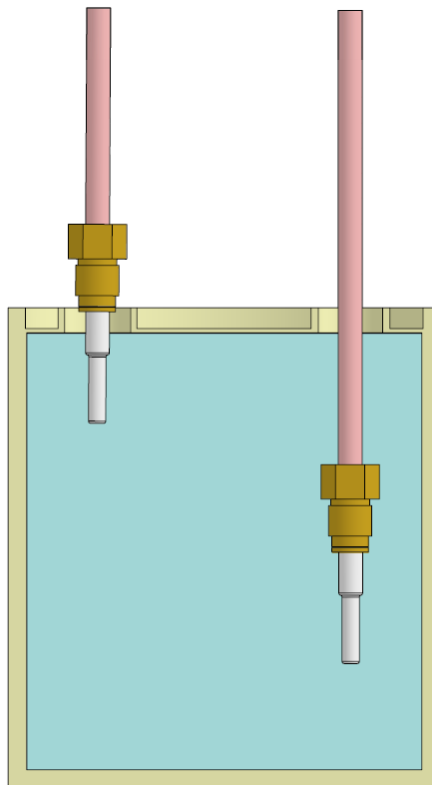
Ideelt set ønsker man i forbindelse med varme- og kølemålere at måle den temperatur, som vandet har i henholdsvis fremløbsrøret og returløbsrøret. På varmemålere vil temperaturerne i både fremløb og returløb være højere end omgivelsestemperaturen. Som vist i *Figur 15* kan denne temperaturforskel medføre en varmeafledning til omgivelserne, hvilket også kaldes en varmeafledningsfejl, da varmeafledningen til omgivelserne medfører, at temperaturføleren ikke måler den korrekte temperatur inde i røret. Som udgangspunkt forsøger man at konstruere temperaturføleren på en sådan måde, at varmeafledningsfejlen minimeres. Men pga. dens større masse vil en lommeføler typisk have en større varmeafledningsfejl end en direkte temperaturføler. Generelt gælder der desuden, at en lang temperaturføler har en mindre varmeafledningsfejl end en tilsvarende temperaturføler, som er kortere, da en større andel af temperaturføleren er nedsænket i væsken, se afsnit 4.3. Den største varmeafledningsfejl ser man derfor ved anvendelse af lommefølere i korte lommer med en længde på 35-50 mm, og disse lommer kan derfor typisk kun godkendes til brug i et temperaturområde, som er lavere end de maksimalt 150 grader, som temperaturfølere normalt godkendes til.



Figur 15: Illustration af varmeafledningsfejl i forbindelse med temperaturmåling på grund af varmeafledning til omgivelserne.

4.3 Kvalificerende nedsænkingsdybde

Kvalificerende nedsænkingsdybde, på engelsk *qualifying immersion depth*, er et mål for, hvor mange millimeter temperaturføleren skal være nedsænket for, at varmeafledningen fra temperaturføleren højst medfører en varmeafledningsfejl på 0,1 K ved 85 °C. Størrelsen på varmeafledningsfejlen bestemmes ved først at nedsænke to temperaturfølere i et termostatisk bad, så de indledningsvis er fuldstændigt omsluttet af vand og måler den samme temperatur. Herefter fjernes den ene temperaturføler delvist fra badet, mens den anden temperaturføler fortsat er fuldstændigt omsluttet af vand, se *Figur 16*. På grund af varmeafledningsfejlen for den delvist nedsænkede temperaturføler, måler de to temperaturfølere nu to forskellige temperaturer, og varmeafledningsfejlen findes ved at bestemme temperaturforskellen mellem de to temperaturfølere. Den kvalificerende nedsænkingsdybde for en given temperaturføler afhænger af temperaturfølerens konstruktion. For eksempel vil en kort direkte DS 27,5 mm temperaturføler med en yderste diameter på $\varnothing 3,6$ mm have en mindre kvalificerende nedsænkingsdybde end en lommemøler med en diameter på $\varnothing 5,8$ mm. Som yderligere beskrevet i afsnit 3.1.1 indeholder EN1434-standarden en række konstruktionskrav til en kort direkte temperaturføler, herunder at den kvalificerende nedsænkingsdybde højst må være 20 mm.



Figur 16: Den kvalificerende nedsænkingsdybde bestemmes ved at sammenligne målingerne for to temperaturfølere, som henholdsvis er helt og delvist nedsænket.

Forskellen på de to temperaturfølere må højst være 0,1 K.

5 Myndighedskrav til markedsførte temperaturfølere





Der gælder en lang række myndighedskrav til temperaturfølere, som markedsføres til varme- og kølemålere. Dette skyldes, at varme- og kølemålere anvendes til afregning mellem to parter. I dette kapitel gennemgås de vigtigste myndighedskrav, herunder typegodkendelse, udmåling og verifikation, samt krav til temperaturfølerpar, kabler og mærkning.

5.1 Typegodkendelse

I de fleste EU-lande og EØS-lande er det et lovkrav, at temperaturfølere til varmemålere har en typegodkendelse, før de må anvendes til legal afregning. Denne typegodkendelse udstedes på baggrund af EU-direktivet Measuring Instruments Directive (MID), 2014/32/EU, som på EU-niveau fastlægger reglerne for måleudstyr, som skal bruges til legal afregning. I forhold til tidligere, hvor de enkelte lande udstedte en national godkendelse, er det i dag kun nødvendigt at modtage en MID-godkendelse, hvorefter temperaturfølerne kan bruges til legal afregning i alle EU-lande samt EØS-lande. I hvert af de deltagende lande er der udpeget et bemyndiget organ, som har tilladelse til at udstede MID-godkendelser. For temperaturfølere gælder, at hovedparten af MID-godkendelserne er udstedt af enten FORCE Certification i Danmark, PTB i Tyskland eller BEV i Østrig.

For at opnå en typegodkendelse kræves det blandt andet, at temperaturfølerne er i overensstemmelse med den harmoniserede udgave af EN1434-standarden. Dette eftervises ved at gennemgå en række typetests, som også er udformet på baggrund af EN1434-4-standarden [1]. Eksempler på typetests er bestemmelse af responstiden og den kvalificerende nedsænkingsdybde, se afsnit 4.1 og afsnit 4.3.

Kølemålere er ikke en del af MID-direktivet, og der gælder derfor ikke fælleseuropæiske regler for kølemålere til brug ved afregning. En række lande har derfor indført nationale typegodkendelser på dette område, herunder Danmark, Tyskland, Østrig og Schweiz. Kravene til at opnå en national kølegodkendelse varierer fra land til land, men et gennemgående træk er, at temperaturfølerne til kølemålere skal være i overensstemmelse med EN1434-standarden. EN1434-standarden indeholder på nogle områder nogle udvidede krav til temperaturfølere, som skal bruges til kølemålere. For eksempel skal temperaturfølere til brug på kølemålere gennemgå et udvidet typetestprogram, hvor der testes for, om temperaturfølerne i tilstrækkelig grad kan klare de specielle udfordringer omkring kondens, der kan opstå i kølemålerinstallationer.

	
<h2 style="margin: 0;">EU-Type Examination Certificate</h2> <h3 style="margin: 0;">Measuring Instrument Directive</h3>	
<p>Certificate number: DK-0200-MI004-036 Issued by FORCE Certification A/S, Denmark EU-notified body number 0200</p>	
<p>In accordance with The Danish Safety Technology Authority's statutory order no. 1382 of November 25, 2016 with later amendments which implements the Directive 2014/32/EU of the European Parliament and Council of February 26, 2014 on measuring instruments (MID) and later amendments.</p>	
<p>Issued to:</p>	<p>Kamstrup A/S Industrivej 28, Stilling DK-8660 Skanderborg</p>
<p>Type of instrument:</p>	<p>Temperature sensor pair</p>
<p>Type designation:</p>	<p>Pt500 DS-cable, Pt500 PL-cable with pockets, Pt500 PL with pockets (with connection head)</p>
<p>Valid until:</p>	<p>2025-05-26</p>
<p>Number of pages:</p>	<p>9, including appendix</p>
<p>Date of issue:</p>	<p>2019-06-21</p>
<p>Version:</p>	<p>2 This new version of DK-0200-MI004-036 is issued due to addition of new pocket variants. The previous certificate is withdrawn.</p>
<p>Approved by</p>	<p>Processed by</p>
<p> Michael Møller Nielsen Certification Manager</p>	<p> Lars Poder Examiner</p>
<p><small>The conformity markings may only be affixed to the above type approved equipment. The manufacturer's Declaration of Conformity may only be issued and the notified body identification number may only be affixed on the instrument when the production/product assessment module (D or F) of the Directive is fully complied with and controlled by a written inspection agreement with a notified body. This EU-type examination certificate may not be reproduced except in full, without written permission by FORCE Certification A/S.</small></p>	
<p>FORCE Certification references: TASK No. 119-29031.01 and 0200-MID-06816</p>	
<p><small>FORCE Certification A/S · Park Allé 345 · 2605 Brøndby · Denmark · Tel +45 43 25 01 77 · Fax +45 43 25 00 10 · info@forcecertification.com · www.forcecertification.com 1161-1-2-en-en</small></p>	
<p>Page 1 of 9</p>	

Figur 17: Et eksempel på en MID-godkendelse på temperaturfølere udstedt af FORCE Certification.

5.2 Udmåling og verifikation

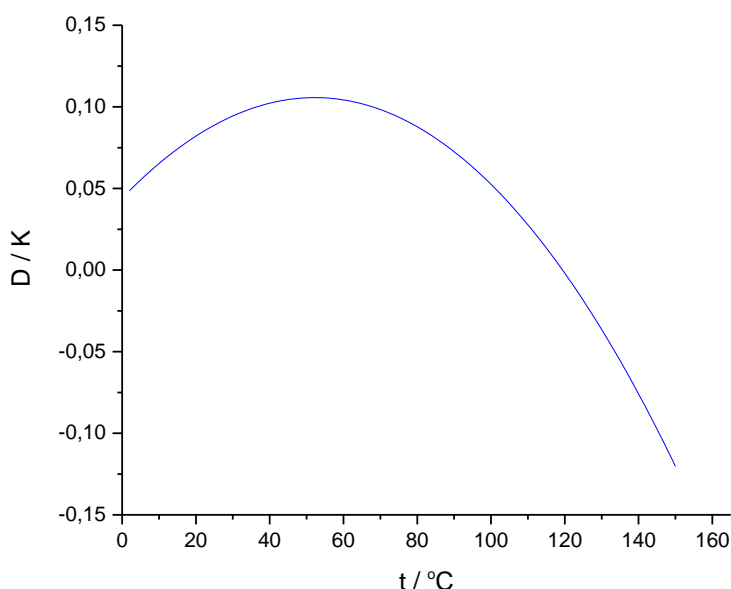
En temperaturføler skal udmåles ved tre forskellige testtemperaturer, før R_0 , A og B (se afsnit 2.1) kan bestemmes. Kravene til de tre testtemperaturer er beskrevet i EN1434, og såfremt en temperaturføler skal anvendes til temperaturområdet 2...150 °C, testes den typisk ved 10 °C, 75 °C og 140 °C i specielle termostatiske bade, som er udviklet til formålet. I hvert termostatisk bad sidder et referencetermometer, som måler temperaturen t_i i badet, hvorefter den testede temperaturfølers modstandsværdi R_i måles. Ved måling i tre forskellige bade opnås dermed de tre modstandsværdier R_1, R_2, R_3 og de tre tilhørende temperaturer t_1, t_2, t_3 . R_0 , A og B kan herefter bestemmes ved at løse de følgende 3 ligninger med 3 ubekendte:

$$R_1 = R_0 \cdot (1 + A \cdot t_1 + B \cdot t_1^2)$$

$$R_2 = R_0 \cdot (1 + A \cdot t_2 + B \cdot t_2^2)$$

$$R_3 = R_0 \cdot (1 + A \cdot t_3 + B \cdot t_3^2)$$

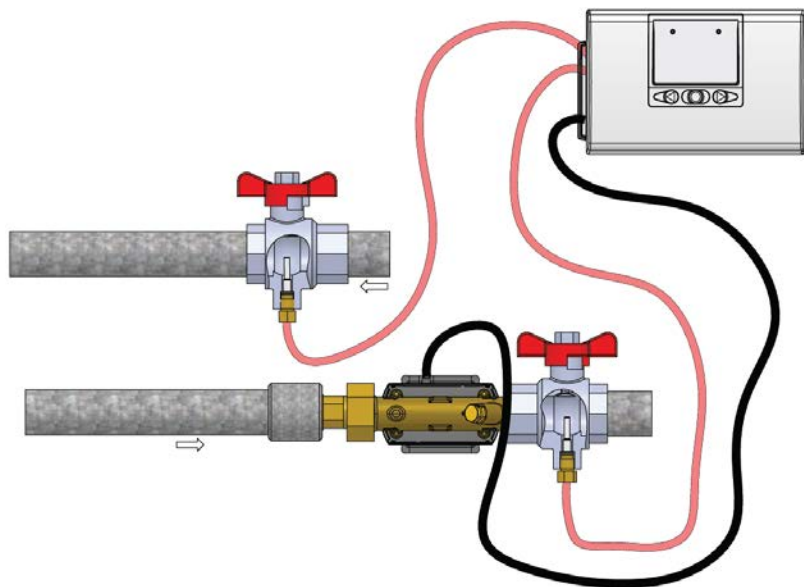
En temperaturføler til varme- eller kølemåling, må, som beskrevet i EN1434-5 [1], ikke afvige mere end 2 K fra en ideel temperaturføler. Når R_0 , A og B er bestemt for en given temperaturføler, er det næste skridt i verifikationen at gennemføre en kontrolberegning, som sikrer, at temperaturføleren overholder dette krav. Et eksempel på en sådan kontrolberegning er vist i Figur 18.



Figur 18: Eksempel på en kontrolberegning af en Pt500 temperaturføler, hvor afvigelsen D fra en perfekt Pt500 temperaturføler bestemmes for samtlige temperaturer t i temperaturområdet 2-150 °C.

Herefter kontrolleres, som beskrevet i EN1434, at temperaturføleren har en tilstrækkelig isolationsmodstand. Dette gøres for at sikre, at der ikke er en elektrisk overgang inde i temperaturføleren.

5.3 Krav til temperaturfølerpar



Figur 19: En typisk varme- eller kølemålerinstallation, hvor to temperaturfølere installeres i henholdsvis fremløbet og returløbet.

Som det fremgår af Figur 19, kræver en korrekt energiberegning, at man måler temperaturforskellen mellem fremløbstemperaturen og returløbstemperaturen. Der stilles derfor meget strenge krav til, hvor meget de to temperaturfølere i et givent temperaturfølerpar må afvige fra hinanden. Afvigelsen i procent af temperaturforskellen, E_t , er defineret i EN1434-standarden og må højst være:

$$E_t = \pm \left(0,5 + 3 \frac{\Delta\theta_{min}}{\Delta\theta} \right)$$

hvor $\Delta\theta$ er den pågældende temperaturforskel, og $\Delta\theta_{min}$ er den mindste godkendte temperaturforskel.

Det er fastlagt i MID-direktivet, at $\Delta\theta_{min}$ som minimum skal være 3 K, hvilket betyder, at $\Delta\theta_{min}$ oftest er 3 K.

I Tabel 5 fremgår den største tilladte afvigelse mellem de to temperaturfølere for en række udvalgte temperaturforskelle ved $\Delta\theta_{min} = 3$ K.

Temperaturforskel $\Delta\theta$	Største tilladte afvigelse %	Største tilladte afvigelse K
3 K	3,5 %	0,105 K
6 K	2,0 %	0,120 K
9 K	1,5 %	0,135 K
15 K	1,1 %	0,165 K
30 K	0,8 %	0,24 K
60 K	0,65 %	0,39 K

Tabel 5: Den største tilladte afvigelse mellem de to temperaturfølere for en række temperaturforskelle.

I forbindelse med parringen af et givent temperaturfølerpar foretages en række beregninger, som sikrer, at ethvert temperaturfølerpar overholder de fastsatte grænser i EN1434-standarden for afvigelsen mellem de to temperaturfølere. For Kamstrups Pt500 temperaturfølere gælder, at den største afvigelse mellem de to temperaturfølere i procent typisk er:

$$E_t = \pm \left(0,4 + \frac{4}{\Delta\theta} \right)$$

Dette giver følgende største typiske afvigelse for Kamstrups Pt500 temperaturfølere:

Temperaturforskel $\Delta\theta$	Største typiske afvigelse %	Største typiske afvigelse K
3 K	1,7 %	0,052 K
6 K	1,1 %	0,064 K
9 K	0,84 %	0,076 K
15 K	0,67 %	0,10 K
30 K	0,53 %	0,16 K
60 K	0,47 %	0,28 K

Tabel 6: Største typiske afvigelse mellem to Kamstrup Pt500 temperaturfølere for en række temperaturforskelle.

5.4 Krav til temperaturfølerkabler

Som det fremgår af afsnit 2.2.1 gælder for 2-leder-temperaturfølere, at kablets modstand har en indflydelse på den målte temperatur. I EN1434-standarden er der derfor beskrevet en række krav til følerkabler, som anvendes til 2-leder-temperaturfølere for at sikre en så korrekt energiberegning som muligt. For det første skal kablerne være lige lange, da forskellige kabellængder vil medføre en fejl i beregningen af temperaturforskellen. I forlængelse af dette er det også beskrevet i EN1434, at følerkablernes længde efterfølgende ikke må ændres.

Temperaturfølerkablernes modstand ændrer sig med temperaturen, og dette kan medføre en alvorlig fejl i målingen af temperaturforskellen, såfremt nogle bestemte betingelser er til stede i form af lange kabler og et lille tværsnit af kablet. Med kablets tværsnit menes i praksis arealet af kobberledningerne. I EN1434 er der derfor indført følgende krav til den maksimale kabellængde for en given kombination af kablets tværsnit og den nominelle modstand, hvilket er vist i Tabel 7.

Kablets tværsnit	Maksimal kabellængde for Pt100	Maksimal kabellængde for Pt500
0,22 mm ² / 0,25 mm ²	2,5 m	12,5 m
0,50 mm ²	5,0 m	25,0 m
0,75 mm ²	7,5 m	37,5 m
1,50 mm ²	15,0 m	75,0 m

Tabel 7: Krav i EN1434-standarden til temperaturfølerkabler, der skal anvendes til 2-leder-temperaturfølere.

For 4-leder-temperaturfølere gælder derimod ikke, at kabler behøves at være lige lange, da kablernes modstand ikke har en indflydelse på temperaturmålingen. Tilsvarende er der heller ikke de samme krav mht. en maksimal kabellængde for en given kombination af kablets tværsnit og nominelle modstand. Den maksimale kabellængde

Temperaturfølere

afhænger derimod af det anvendte regneværk (bl.a. af EMC-mæssige årsager). For regneværkerne MULTICAL® 603 og MULTICAL® 803 gælder, at de er godkendte til brug med op til 100 m 4-leder-kabel, f.eks. af typen 4 x 0,25 mm².

5.5 Mærkning af temperaturfølere og lommer

Da temperaturfølerne og de tilhørende lommer skal bruges til legal afregning, er der en række krav til korrekt mærkning. Afhængig af godkendelsen vil der være forskellige krav til mærkning, og den korrekte mærkning vil derfor altid afhænge af den eksakte godkendelse. De efterfølgende eksempler på mærkning af temperaturfølere og lommer skal derfor blot ses som eksempler, som forklarer de mest anvendte betegnelser inden for mærkning af temperaturfølere og lommer.

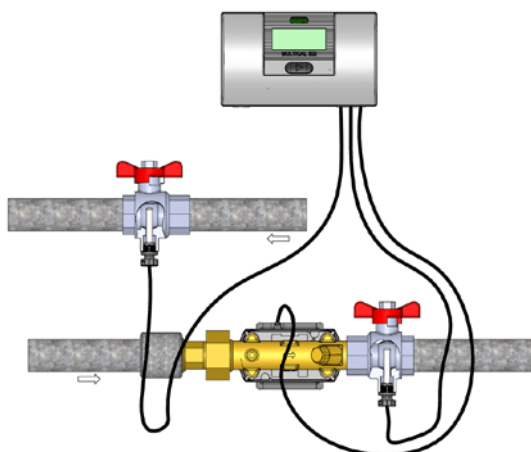
<p>Godkendelse</p> <p>Maksimalt tilladt tryktrin</p> <p>Nominel modstand</p> <p>Nominel diameter</p> <p>Verifikationsår</p> <p>Verifikationstype</p>	<p>Eksempel på mærkning af kort direkte temperaturføler</p> <div data-bbox="450 383 1062 542" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>DK-0200 Type: 65-00-0F0-XXX MI004-036 S/N: PN25 θ: 2°C...150°C kamstrup Pt500 $\Delta\theta$: 3K...140K DK-8660</p> </div> <p>Eksempel på mærkning af lommeføler</p> <div data-bbox="450 768 1062 927" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>DK-0200 Type: 65-00-0A0-XXX MI004-036 S/N: Pt 500 θ: 2°C...150°C kamstrup D:ø5.8 $\Delta\theta$: 3K...140K DK-8660</p> </div> <p>Eksempel på MID-Modul D verifikationsmærke</p> <div data-bbox="533 1211 983 1352" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>CE M19 0200</p> </div>	<p>Typenummer</p> <p>Serienummer</p> <p>Fabrikantlogo og postadresse</p> <p>Tilladt temperaturområde</p> <p>Tilladt differens-temperaturområde</p> <p>Registreringsnummer på det notificerede organ, som har godkendt verifikationsstedet</p>
<p>Maksimalt tilladt tryktrin</p> <p>Maksimal anvendelsestemperatur</p> <p>Typenummer</p>	<p>Eksempel på mærkning af følerlomme</p> <div data-bbox="544 1536 970 2013" style="text-align: center;"> <p>Kamstrup DK-8660</p> <p>PN25 Max. 150°C</p> <p>Typ 6557-324</p> <p>Ø 5,8 mm 65 mm</p> </div>	<p>Postadresse</p> <p>Nominel indre diameter</p> <p>Længde på lommen</p>

6 Installation af temperaturfølere

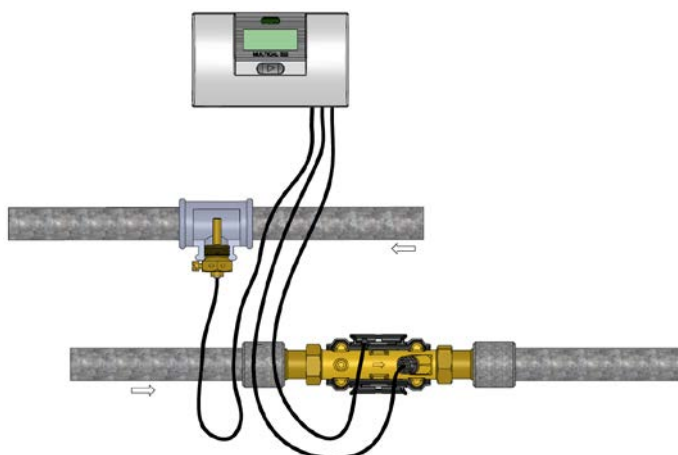
I dette kapitel gennemgås de vigtigste forhold om installation af temperaturfølere, primært med fokus på de installationsforhold, som sikrer en korrekt temperaturmåling.

6.1 Symmetrisk installation

Symmetrisk installation



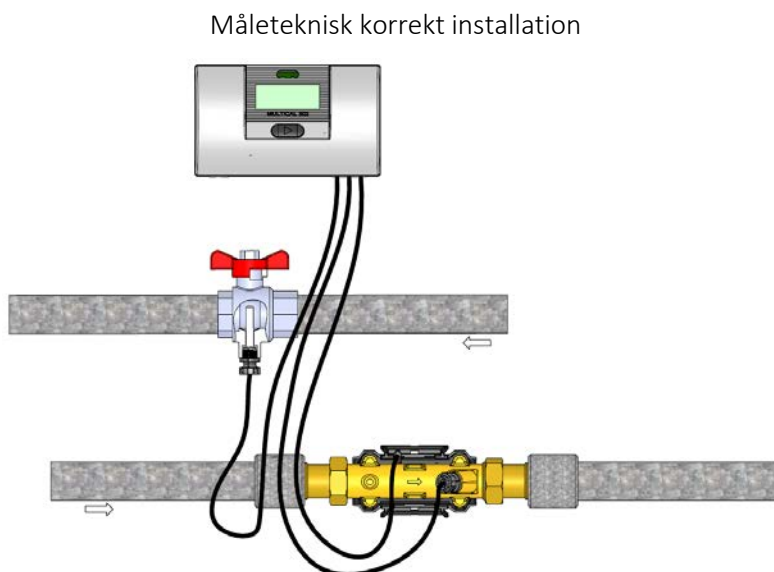
Asymmetrisk installation



Figur 20: Eksempler på henholdsvis en symmetrisk installation og en asymmetrisk installation.

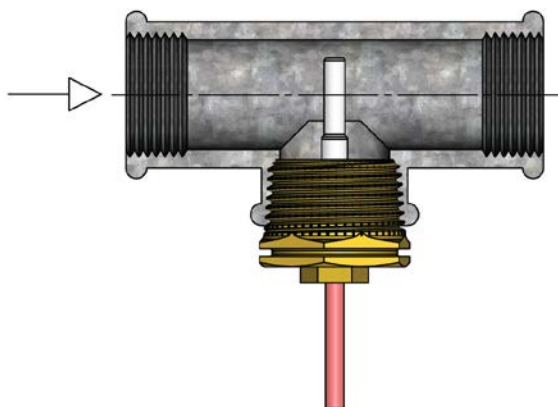
Ved installation af temperaturfølere er det meget vigtigt, at temperaturfølerne installeres på samme måde i både fremløbet og returløbet. Dette kaldes for en symmetrisk installation, og i Figur 20 ses et eksempel på dette, hvor $\varnothing 5,2$ mm temperaturfølere med påmonteret kompositumløber er installeret i to kugleventiler. Et eksempel på en asymmetrisk installation er derimod, at den ene temperaturføler er installeret som en direkte temperaturføler, f.eks. i flowsensoren, mens den anden temperaturføler er installeret i en lomme. Ved en symmetrisk installation sikrer man, at der ikke er forskel på måleegenskaberne for de to temperaturfølere, og at der derfor beregnes en korrekt temperaturforskel. Kigger man på den asymmetriske installation, vil en sådan installation introducere to forskellige fejl, som hver især påvirker måleegenskaberne. For det første vil responstiden for en given temperaturføler forøges markant, hvis den installeres i en lomme i stedet for som direkte temperaturføler, så ved asymmetrisk installation vil der være en betydelig forskel på responstiden for de to temperaturfølere, hvilket vil give anledning til fejl i bestemmelse af temperaturforskellen. For det andet vil en temperaturføler installeret i en lomme have en markant forøget varmeledningsfejl i forhold til en direkte temperaturføler. Dette vil medføre en påvirkning af den temperatur, som temperaturføleren måler. Såfremt begge temperaturfølere er installeret i en lomme, vil fejlen på begge temperaturfølere være sammenlignelig og inden for de fastsatte grænser for korrekt måling af temperaturforskellen. Men installeres den ene temperaturføler i en lomme og den anden temperaturføler som en direkte temperaturføler, vil der være en betydelig varmeafledningsfejl på den ene temperaturføler og en begrænset varmeafledningsfejl på den direkte temperaturføler, og dette vil typisk medføre, at afvigelsen på den målte temperaturforskel bliver større end de fastsatte grænser, se afsnit 5.3.

En meget anvendt installationsform er at montere den ene temperaturføler i flowsensoren og den anden temperaturføler i enten en kugleventil eller en nippel. Da begge temperaturfølere er monteret som direkte temperaturfølere, anses denne installationsform også som værende en måleteknisk korrekt installation, se *Figur 21*.



Figur 21: Et eksempel på en måleteknisk korrekt installation.

6.2 Indbygningslængde

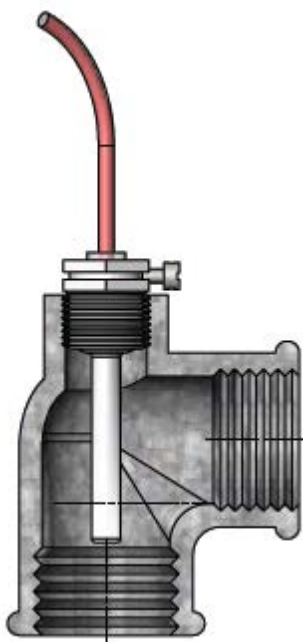


Figur 22: Et eksempel på en korrekt indbygning af en kort direkte temperaturføler.

Med udgangspunkt i afsnittet om kvalificerende nedsænkingsdybde er det vigtigt, at temperaturføleren placeres korrekt i røret for at opnå den bedst mulige måling. Ved installation af en DS 27,5 mm temperaturføler i små rør som DN15 og DN20, skal man være opmærksom på, at temperaturføleren skal så langt ind i røret som muligt, sådan at man overholder kravet til den kvalificerende nedsænkingsdybde, hvilket fremgår af godkendelsen. Et eksempel på dette er vist i *Figur 22*.

Temperaturfølere

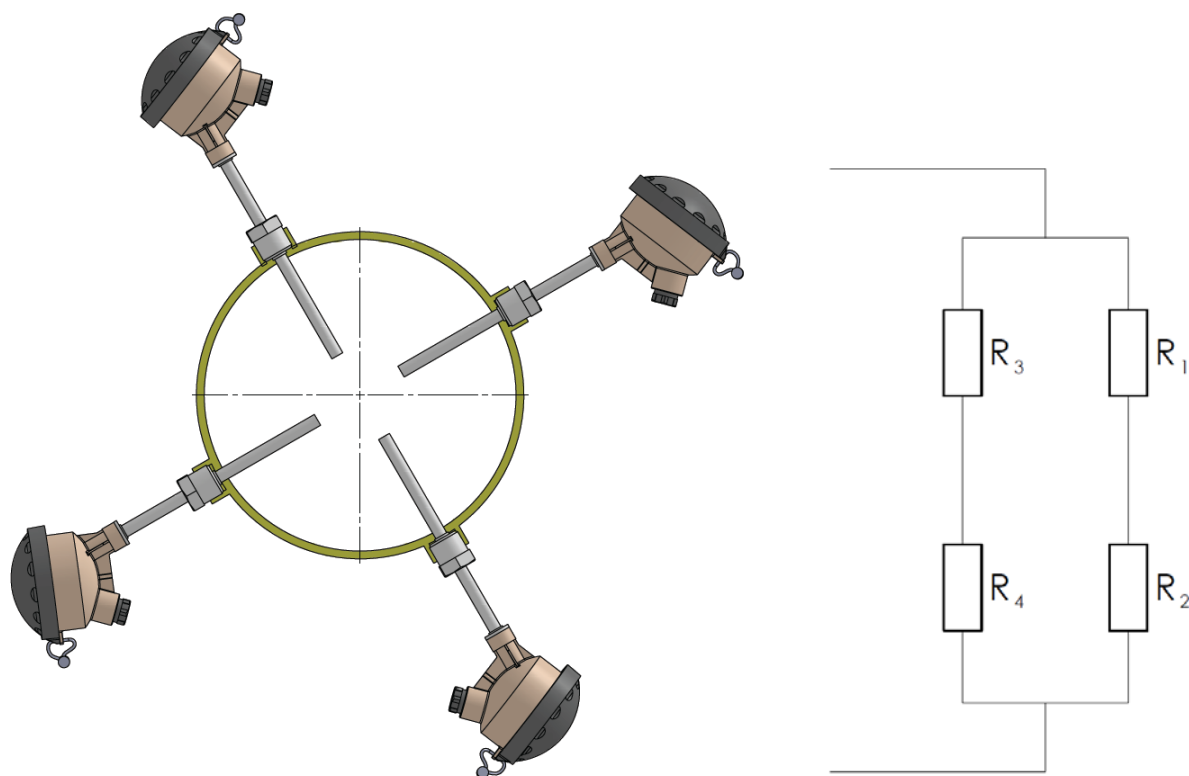
Ved større rørdimensioner vil der være større risiko for lagdeling inde i røret, og her anbefales det, at man så vidt muligt placerer temperaturføleren i midten af røret. Ved installation i f.eks. 90° bøjning skal man være opmærksom på, at temperaturføleren skal forholdsvis langt ind i røret, før man kan være sikker på, at temperaturføleren måler den korrekte temperatur. Et eksempel på korrekt installation i en 90° bøjning er vist i *Figur 23*.



Figur 23: Et eksempel på en korrekt indbygning af lommeføler i en 90° bøjning.

6.3 Installation i store rør

Normalt anvendes kun én temperaturføler i hvert rør, og dette gøres under antagelse af, at temperaturen i røret er relativ homogen. I store rør, f.eks. over DN100, kan der opstå lagdeling inde i røret. Lagdelingen skyldes, at varmt vand søger opad, og lagdeling bliver mere kritisk ved høje temperaturer og lave flowhastigheder. Ved lagdeling er temperaturen i røret ikke længere homogen, og dermed er en enkelt temperaturføler ikke nødvendigvis repræsentativ for gennemsnitstemperaturen i røret. I sådanne tilfælde kan temperaturmålingen forbedres ved som vist i *Figur 24* at anvende fire temperaturfølere, som er forbundet i en kombination af serie- og parallelforbindelse. Kombinationen af serie- og parallelforbindelse medfører, at de fire temperaturfølere tilsammen har den samme nominelle modstand, som hvis man kun havde brugt en enkelt af de fire temperaturfølere. Såfremt de fire temperaturfølere placeres som vist i *Figur 24*, vil de pga. lagdelingen måle fire forskellige temperaturer, som pga. kombinationen af serie- og parallelforbindelse vil resultere i en mere repræsentativ gennemsnitstemperatur.



Figur 24: Et eksempel på en installation, hvor der opnås en mere repræsentativ gennemsnitstemperatur ved at anvende fire forskellige temperaturfølere, som er forbundet ved en kombination af serie- og parallelforbindelse.

6.4 Andre installationsforhold, som har indflydelse på temperaturmålingen

En mere korrekt temperaturmåling opnås ved at begrænse varmeafledningen til omgivelserne, da varmeafledningen vil medføre en fejl på temperaturmålingen. Varmeafledningen til omgivelserne kan begrænses ved at isolere temperaturfølerne. Såfremt man vælger at lave en isolering af temperaturfølerne, skal man være opmærksom på, at begge temperaturfølere bliver tilsvarende isoleret, da isoleringen af en enkelt temperaturføler omvendt kan være med til at indføre en fejl på målingen af temperaturforskellen. For lommefølere gælder, at responstiden kan reduceres ved at anvende varmeledende pasta i lommen. Da varmeledende pasta medfører en betydelig reduktion i responstiden, er det ligeledes vigtigt, at der anvendes samme mængde varmeledende pasta i begge lommer. Over tid har de fleste varmeledende pastaer en tendens til at tørre ud, og derfor kan brugen af varmeledende pasta medføre, at temperaturføleren på et senere tidspunkt ikke kan tages ud af lommen igen pga. den størknede varmeledende pasta. Man skal samtidig være opmærksom på, at brugen af varmeledende pasta på grund af dets store påvirkning af temperaturmålingen kan være reguleret af national lovgivning. Der er f.eks. set eksempler på, at det i visse lande ikke er tilladt at bruge varmeledende pasta.

6.5 Installationer med høje flowhastigheder og/eller en høj kombination af tryk og temperatur

For lommer til temperaturfølere gælder, at svejsede lommer kun må anvendes ved flowhastigheder op til 3 m/s. Ved højere flowhastigheder er der set eksempler på, at svejsede lommer knækker, sandsynligvis på grund af, at lommen bliver udsat for dens karakteristiske resonansfrekvens. Ved højere flowhastigheder end 3 m/s anbefales derfor en forstærket lomme, som er drejet ud af et stykke, se afsnit 0. I *Tabel 8* er for udvalgte rørdiametre angivet det flow, som svarer til en flowhastighed på 3 m/s, og såfremt et højere flow anvendes end tallet i tabellen, anbefales det at bruge en forstærket lomme, som er drejet ud af et stykke. Tilsvarende anbefales det også at bruge forstærkede lommer, som er drejet ud af et stykke, til installationer med en høj kombination af tryk og temperatur, f.eks. PN40-installationer, og hvor en knækket lomme vil medføre stor fare for personskaade.

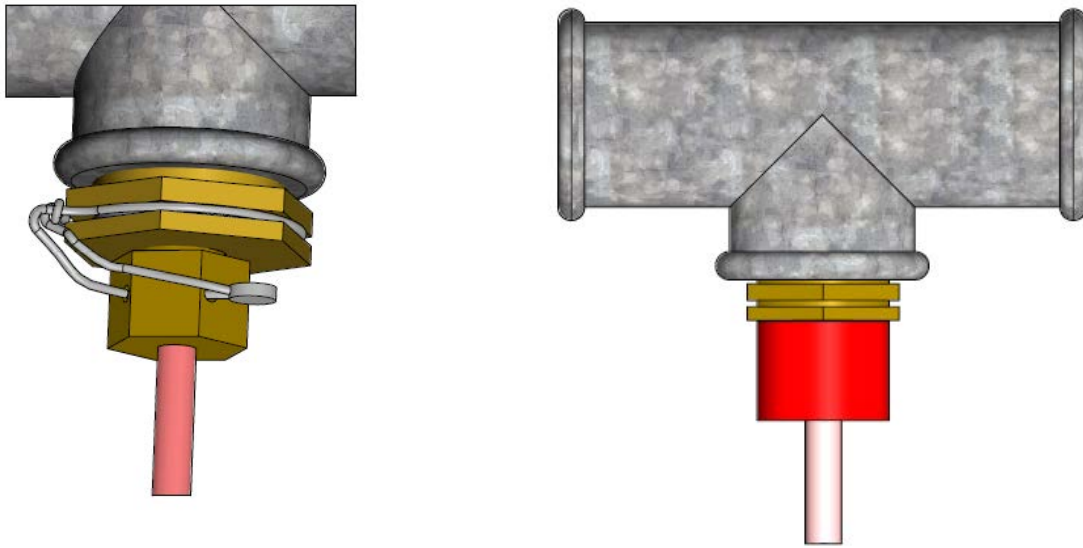
Nominal rørdiameter [DN]	Flow [m ³ /h]	Flow [L/h]
50	21	21195
65	36	35820
80	54	54259
100	85	84780
125	132	132469
150	191	190755
200	339	339120
250	530	529875
300	763	763020

Tabel 8: Flow for udvalgte rørdiametre, som svarer til en flowhastighed på 3 m/s.

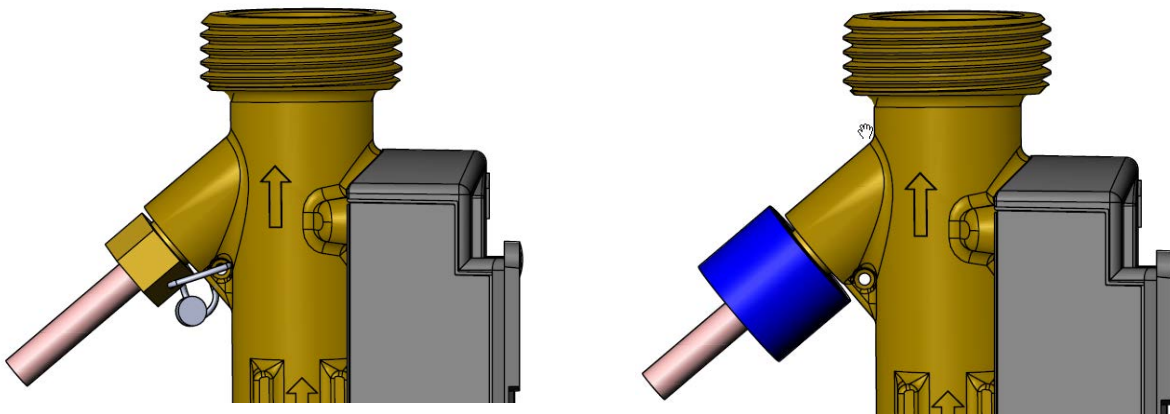
6.6 Plombering af temperaturfølere

Som beskrevet i afsnit 6.2, afhænger en korrekt temperaturmåling af, at temperaturføleren opnår en tilfredsstillende indbygningslængde. For at sikre, at der efter korrekt installation ikke foretages en efterfølgende ændring af installationen, foretages ofte en plombering af installationen. Dette foretages som oftest ved hjælp af en tråd, som afslutningsvist plomberes, kaldet en plombetråd. Til kort direkte temperaturfølere kan også anvendes såkaldte plomberingsskaller, som omslutter messingomløberen. Plomberingsskallerne findes både i en rød udgave, som bruges ved plombering af en temperaturføler, som er monteret i fremløbet, og i en blå udgave, som bruges ved plombering af en temperaturføler, som er monteret i returløbet. En række eksempler på plombering både med plombetråd og plomberingsskaller er vist i *Figur 25*.

Eksempler på plombering af kort direkte temperaturføler monteret i en nippel



Eksempler på plombering af kort direkte temperaturføler monteret i en flowsensor



Eksempler på plombering af lommeføler

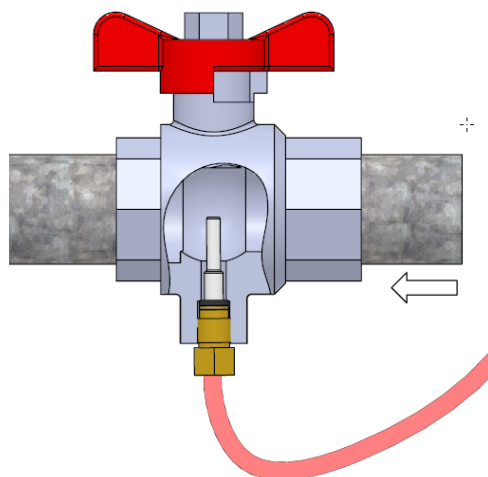


Figur 25: En række eksempler på plombering af temperaturfølere, enten med plombetråd eller plomberingskaller.

7 Tilbehør til installation af temperaturfølere

I dette kapitel beskrives nogle af de mest anvendte typer tilbehør til installation af kort direkte temperaturfølere, herunder kugleventiler, nipler, tee og 11 mm adapter til DS 38 mm temperaturføler.

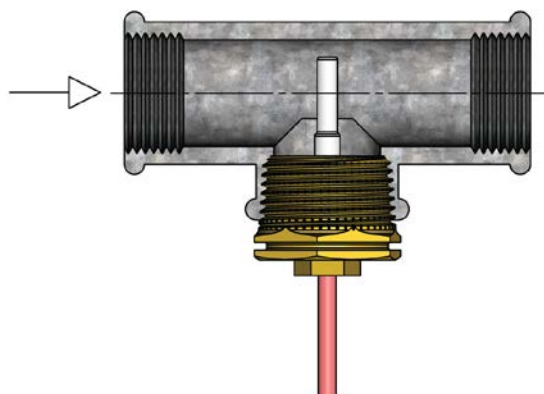
7.1 Kugleventil



Figur 26: Kort direkte DS 27,5 mm temperaturføler monteret i en kugleventil.

Ved at installere en kugleventil med M10x1 indsats til en temperaturføler er det muligt at installere en kort direkte temperaturføler uden at skulle tømme installationen for vand. Kugleventilen fungerer ved, at man drejer håndtaget, hvorved en kugleformet ventil midlertidigt blokerer for vandgennemstrømningen, mens installationen foretages. Installation af temperaturfølere i en kugleventil har ydermere den fordel, at temperaturføleren så vidt muligt placeres helt optimalt inde i væskestrømmen.

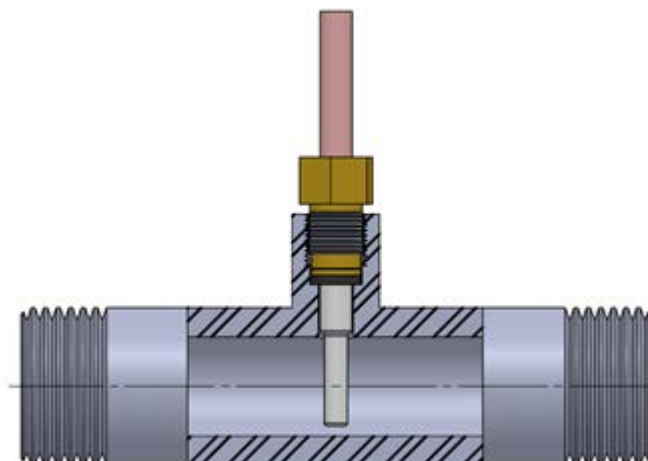
7.2 Nippel



Figur 27: Kort direkte DS 27,5 mm temperaturføler monteret med nippel i et T-stykke.

En meget anvendt løsning til installation af kort direkte temperaturfølere er at bruge en nippel af messing med f.eks. R½ eller R¾ gevind, som installeres i et tilsvarende T-stykke. Til nipler med konisk gevind anvendes pakgarn eller teflontape til at opnå den nødvendige tætning, mens nipler med lige gevind typisk anvender en kobberpakning.

7.3 Tee med M10x1 gevind

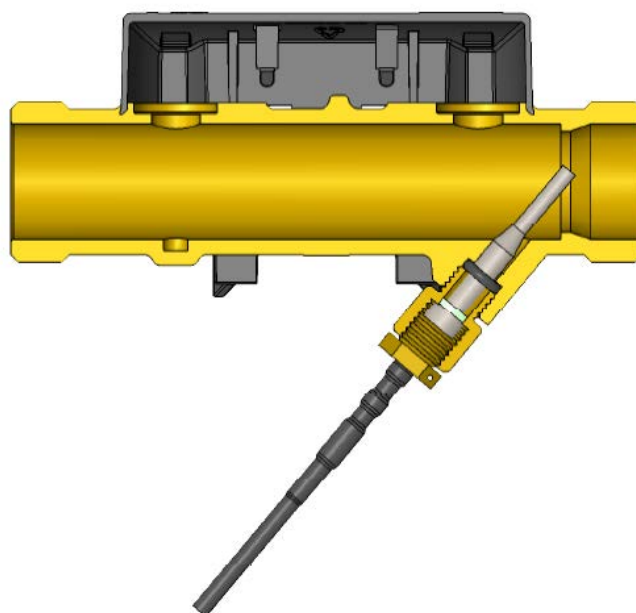


Figur 28: Kort direkte DS 27,5 mm temperaturføler monteret i tee med M10x1 gevind.

Installation af en kort direkte temperaturføler i en tee med M10x1 gevind anvendes typisk, hvis man ønsker at flytte placeringen af flowsensoren, så den f.eks. fremadrettet er placeret i fremløbet i stedet for i returløbet. I dette tilfælde er en tee med M10x1 gevind et godt og praktisk valg til at etablere et nyt sted til installation af den temperaturføler, som ikke er monteret i flowsensoren.

7.4 11 mm adapter til DS 38 mm temperaturføler

Som det fremgår af *Tabel 3*, kan en DS 27,5 mm temperaturføler bruges i DN15 til DN25 installationer og en DS 38 mm temperaturføler bruges i DN32 og DN40 installationer. Ved at montere en 11 mm adapter på en DS 38 mm temperaturføler kan en DS 38 mm temperaturføler også anvendes i mindre installationer fra DN15 til DN25, se *Tabel 9*. Dette kan være specielt relevant i ældre installationer, hvor efterfølgende ombygninger/efterisoleringer har gjort, at fremløbsrøret er DN40 og returløbsrøret er DN25.



Figur 29: Kort direkte DS 38 mm temperaturføler monteret med 11 mm adapter i en flowsensor.

Temperaturfølere

DN	DS 27,5 mm	DS 38 mm	DS 38 mm med 11 mm adapter
15	X		X
20	X		X
25	X		X
32		X	
40		X	

Tabel 9: Oversigt over anvendelsen af kort direkte temperaturfølere, både med og uden 11 mm adapter.

8 Anvendelse af temperaturfølere til kølemålere

Grundlæggende anvender man de samme temperaturfølere til både varme- og kølemålere. I dette kapitel kigger vi på nogle af de specielle forhold, som man bør være opmærksom på ved anvendelse af temperaturfølere til kølemålere.

8.1 Korrekt måling af fremløbstemperaturen

Inden for fjernkøling opleves ofte, at kunden garanteres en given fremløbstemperatur på f.eks. 6 °C. Da det er temperaturforskellen mellem fremløbet og returløbet, som anvendes til beregning af energiforbruget, er de to temperaturfølere i et temperaturfølerpar som udgangspunkt produceret med henblik på at opnå en korrekt måling af temperaturforskellen, se afsnit 0.

Absoluttemperaturen, dvs. den temperatur, som den enkelte temperaturføler måler, og som anvendes til at fastlægge, om man overholder kravet på de 6 °C for fremløbstemperaturen, er derimod angivet i EN1434-standarden til at måtte afvige med op til 2 K. Såfremt denne afvigelse på temperaturføleren medfører, at den reelle temperatur på det leverede fjernkølevand i praksis er over 6 °C, selvom kølemåleren viser 6 °C, modtager kunden ikke det lovede produkt. Og omvendt er det sådan, at hvis den reelle temperatur på det leverede fjernkølevand er under 6 °C, selvom måleren viser 6 °C, anvendes der unødvendige ressourcer på at levere fjernkølevand, som er koldere end de påkrævede 6 °C. Såfremt man garanterer kunden en given fremløbstemperatur på f.eks. 6 °C, bør man derfor sikre sig, at afvigelsen på den målte fremløbstemperatur er så lille som muligt.

Afvigelsen på absoluttemperaturen skyldes flere forskellige faktorer. For det første vil den anvendte platinmodstand i temperaturføleren have en afvigelse i forhold til en perfekt platinmodstand, som er defineret i EN 60751. Typisk anvendes en klasse B platinmodstand, som er specificeret til at have følgende afvigelse:

$$\pm (0,3 + 0,005 \times T) \text{ K}$$

hvor T er temperaturen.

	Klasse B
Krav til maksimal afvigelse	$\pm (0,3 + 0,005 \times T) \text{ K}$
Afvigelse ved $T=0 \text{ °C}$	$\pm 0,3 \text{ K}$
Afvigelse ved $T=20 \text{ °C}$	$\pm 0,4 \text{ K}$

Tabel 10: Beregning af tilladt afvigelse for en klasse B temperaturføler i henhold til EN 60 751.

Som det fremgår af Tabel 10, vil den maksimale afvigelse for platinelementet være op til $\pm 0,4 \text{ K}$ ved anvendelse i forbindelse med fjernkøling. Ud over platinelementet har selve regneværket også en usikkerhed på temperaturmålingen, og den vil typisk være $\pm 0,2 \text{ K}$.

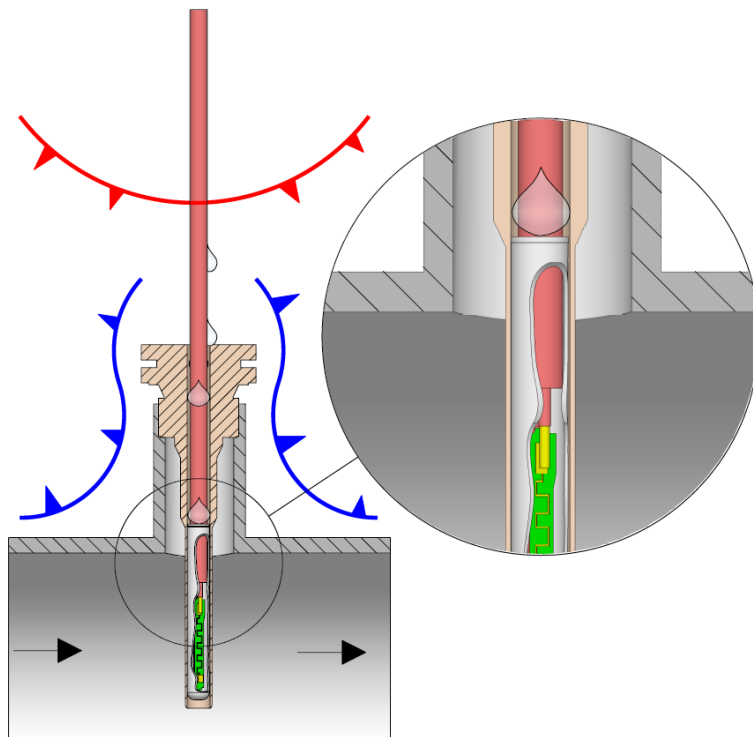
Den sidste faktor, som kan påvirke målingen af absoluttemperaturen, er kablet på temperaturføleren. Dette skyldes, at kablet har en modstand, og denne modstand forøger den samlede modstand for hele temperaturføleren. For en Pt500 temperaturføler gælder, at den målte absoluttemperatur forøges med maks. 0,08 K per løbende meter kabel ved anvendelse af et 0,25 mm² kabel. Dvs. at temperaturen på en Pt500 temperaturføler med 5 m kabel vil blive forøget med 0,4 K. For 4-leder-temperaturfølere gælder, at kablet ikke forøger den målte modstand, se afsnit 2.2.2. Denne forskel medvirker til, at man i højere grad anvender 4-leder-følere i forbindelse med kølemålere. For Pt100 temperaturfølere gælder, at kablet derimod forøger den målte absoluttemperatur med 0,4 K per løbende meter kabel ved anvendelse af et 0,25 mm² kabel, og det kan derfor ikke anbefales at anvende Pt100 temperaturfølere i forbindelse med kølemåling.

Lægger man ovenstående faktorer sammen, får man, at der for 2-leder Pt500 temperaturfølere med 5 m kabel gælder, at afvigelsen på absoluttemperaturen typisk vil ligge mellem +1,0 K og -0,2 K, mens den for 4-leder Pt500 temperaturfølere typisk vil ligge mellem -0,6 K og + 0,6 K.

Temperaturfølere

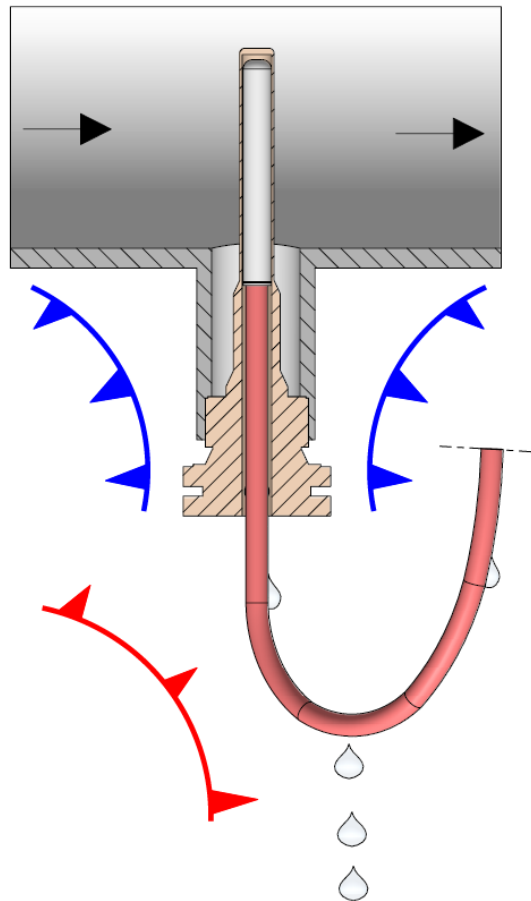
For regneværkerne MULTICAL® 403, MULTICAL® 603 og MULTICAL® 803 gælder, at de kan leveres med en offsetjusteringsfunktion, som giver mulighed for at lave en justering af absoluttemperaturen i regneværket på op til $\pm 0,99$ K. Da ovenstående afvigelser i absoluttemperaturen bestemmes i forbindelse med kalibreringen af temperaturføleren, vil anvendelse af offsetjusteringsfunktionen medføre, at man kan reducere afvigelsen på absoluttemperaturen til typisk mindre end $\pm 0,1$ K. Da både frem- og returløbstemperaturen justeres med samme værdi, påvirker offsetjusteringen ikke beregningen af den forbrugte mængde energi.

8.2 Kondensproblemer



Figur 30: Indtrængning af kondens i en lommeføler.

Når varm luft med relativ høj luftfugtighed kommer i kontakt med en kold overflade, nedkøles luften, og den fugt, der er i den varme luft, danner kondens på den kolde overflade. I forbindelse med fjernkøling, hvor der typisk cirkulerer vand i fjernkølerørene, som er f.eks. 5-15 °C og dermed betydeligt koldere end omgivelserne, er det derfor velkendt inden for kølemålere, at der kan opstå problemer på grund af kondens. Dette gælder også for temperaturfølere, hvor indtrængen af vand i temperaturføleren kan medføre, at temperaturføleren bliver defekt. Denne problemstilling er illustreret i *Figur 30*.



Figur 31: Korrekt installation af en temperaturføler til brug ved kølemåling, hvorved tyngdekraften modvirker indtrængning af kondens.

Kondensproblemerne kan minimeres ved at montere temperaturfølerne nedefra, hvorved tyngdekraften sørger for, at det vand, som f.eks. dannes inde en lomme, kan løbe væk. Denne løsning på problemerne med kondens er illustreret i Figur 31.

9 Referencer

- [1] <https://webshop.ds.dk/Default.aspx?ID=120&q=Varmem%C3%A5lere>
- [2] <https://standards.globalspec.com/std/1199183/en-60751>
- [3] <https://www.jumo.de/products/temperature/temperature-sensors/thin-layer/906122/platinum-chip-temperature-sensors-of-smd-design-type-on-epoxy-pcb-according-to-din-en-60751-pcse---pcsm-design-type-906122.html?parentId=2917>
- [4] https://www.heraeus.com/en/hne/sensor_products/sensors.aspx
- [5] <https://www.jumo.de/products/temperature/temperature-sensors/thin-layer/906121/platinum-chip-temperature-sensors-with-connection-wires-according-to-din-en-60751-pca-design-type-906121.html?parentId=2917>