

Flowcenter *Danmark*

Lagdeling i fjernvarmerør -betydning for både flow- og energimåling



Temadag 6. oktober 2011
John Frederiksen, Jan Nielsen
Teknologisk Institut

- Hvad er lagdeling
- Hvordan opstår den
 - Blanding med forskellig temperatur
 - Varmetab
- Problemer for flowmålingen
 - Tværgående strømninger
 - Forstyrret flowprofil

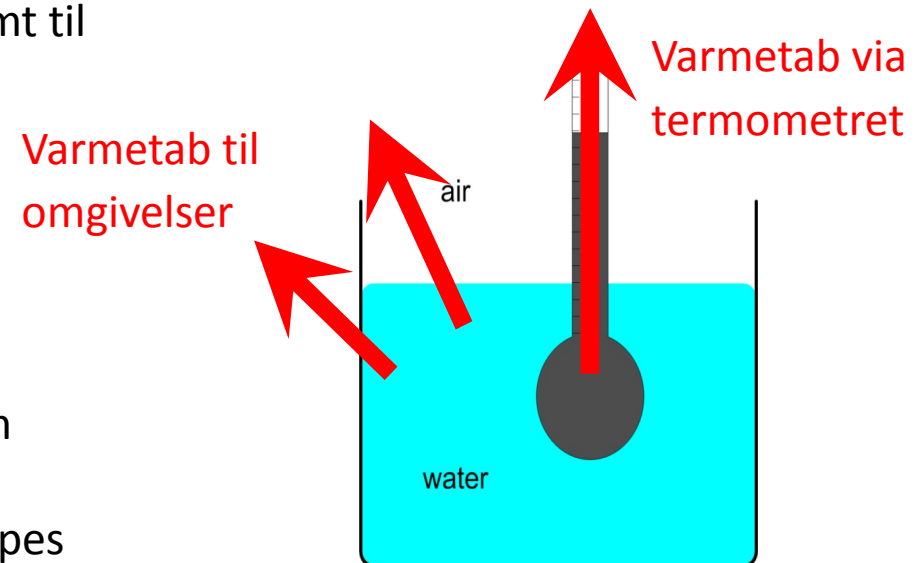
Temperaturmålingen – fejlkilder og problemstillinger

Problemet med temperaturmålingen er:

Termometeret måler temperaturen af termometeret!

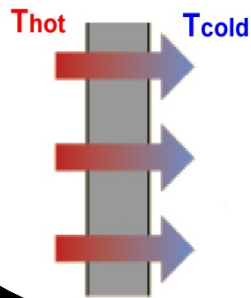
Der kræves termisk ligevægt:

- Der udveksles af varmeenergi fra et varmt til et koldt objekt.
- Varmetransporten pågår indtil termisk ligevægt er opnået, dvs. objekterne har samme temperatur
- Hvis der er en temperaturforskel mellem objekter med termisk kontakt kan varmetransporten sløves, men ikke stoppes

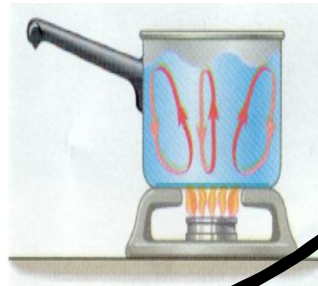


Tre varmetransportformer

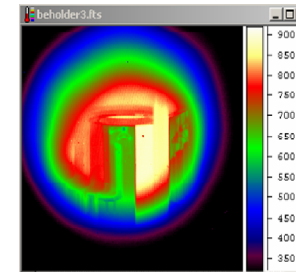
- Varmeledning



- Konvektion



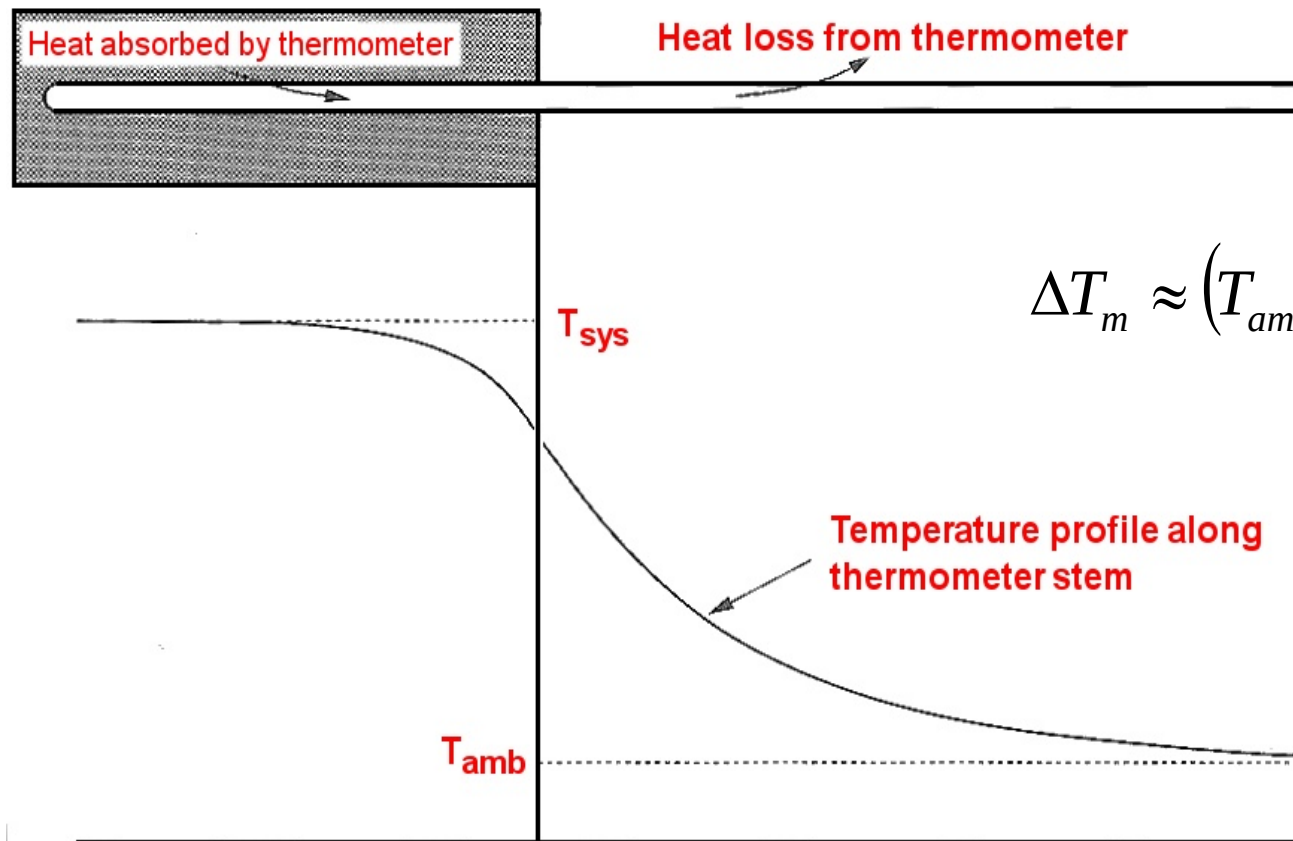
- Stråling



For at optimere en temperaturmåling, to ting er påkrævet:

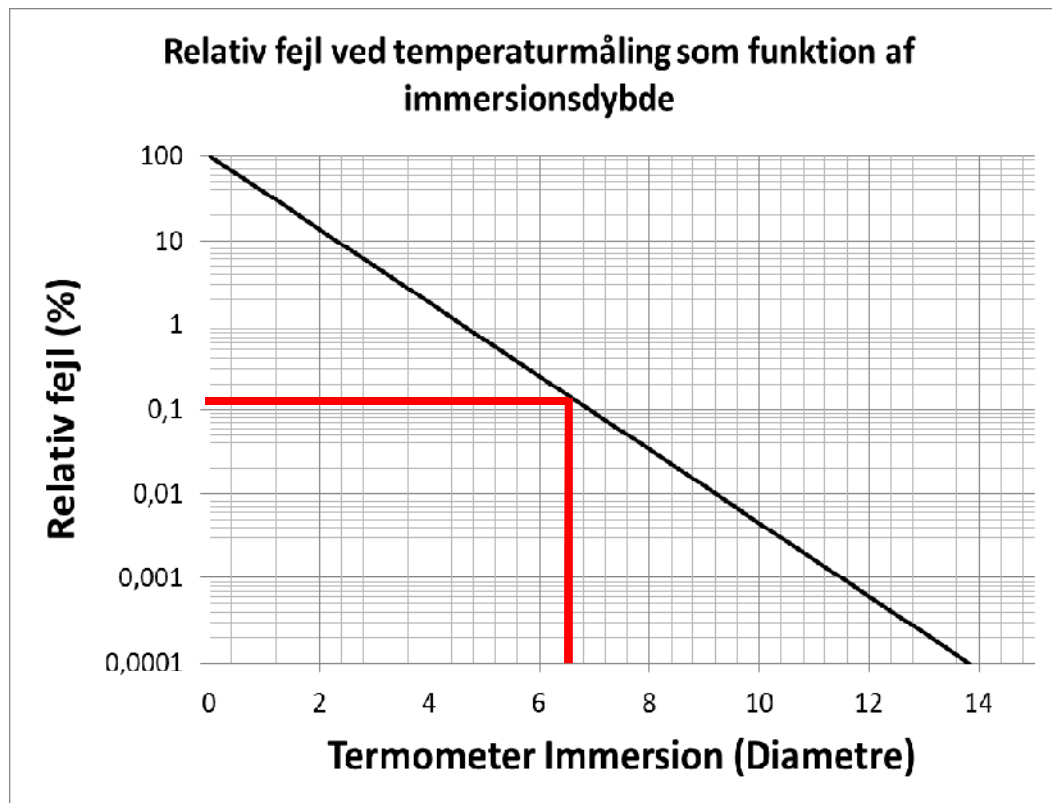
- En meget stor varmeudveksling mellem medium og termometer
- En meget lille varmeudveksling mellem termometer og omgivelser.

Varmedledning og immersionsdybde



$$\Delta T_m \approx (T_{amb} - T_{sys}) \exp\left(\frac{-L}{D}\right)$$

Varmeledning og immersionsdybde



Eksempel EN1434-4-2009:

Krav: ved 90 °C og omg.

temperatur 23 °C skal

immersionsfejl være mindre end

0,1 K (0,14 %):

6,6 diameter over sensorelement

= **ca. 4 cm** for en 6 mm føler med tykfilmselement

Og man arbejder på at komme

højere op i temperatur....

Kalibrering/prøvning af temperatursensorerne

Fejlkilder:

- Stabilitet af bad
- Uniformitet af bad
- Afdampning af vand
- Referenceudstyr



Krav:

Usikkerhed $< 1/5$ af
MPE for energimåleren

Man arbejder i CEN/TC 176/WG 2 N 337 på at udarbejde en ny procedure for test af sensorerne ifm. typeprøvning:

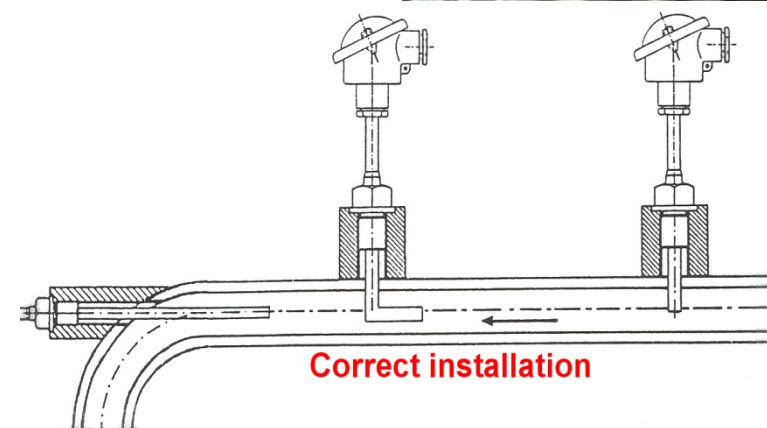
- Krav til isolering af bad
- Krav til usikkerhed
- Krav til flowhastighed af bad
- Udvidelse til temperaturer $> 100\text{ °C}$

Hovedproblemet er nok installationen:

- Rørdiameter?
- Montering af sensorer?
- Dykrør?
- Afhængighed af flowhastighed?
- Temperaturlagdeling?

Mangler information om praktiske installationseffekter:

- Hvad er den reelle usikkerhed på målingen?



Mens vi venter på de forkromede løsninger:

Reducer målefejl:

- Optimer varmetransporten til temperatursensoren
- Reducer de termiske tab ved varmeledning
- Placer sensoren repræsentativt!
- Få styr over temperaturlagdelingen
 - Undgå den helt 😊
 - Placer temperaturfølere hensigtsmæssigt
 - Mål temperaturprofil – og tag højde for det i usikkerhedsbudgettet.

Hvad kan der gøres?

- Opblanding
 - Stort flow
- Flowrettere
- Isolering
- Måling

