

Nu kan de store fjernvarmemålere kalibreres - akkrediteret og on-site

Berøringsløs, optisk LDV-måling betyder, at store flowmålere kan kalibreres på stedet.



LDV-MÅLING

Af Matthew Adams Rasmussen,
John Frederiksen og Andy Drysdale,
Teknologisk Institut, Flow Laboratoriet

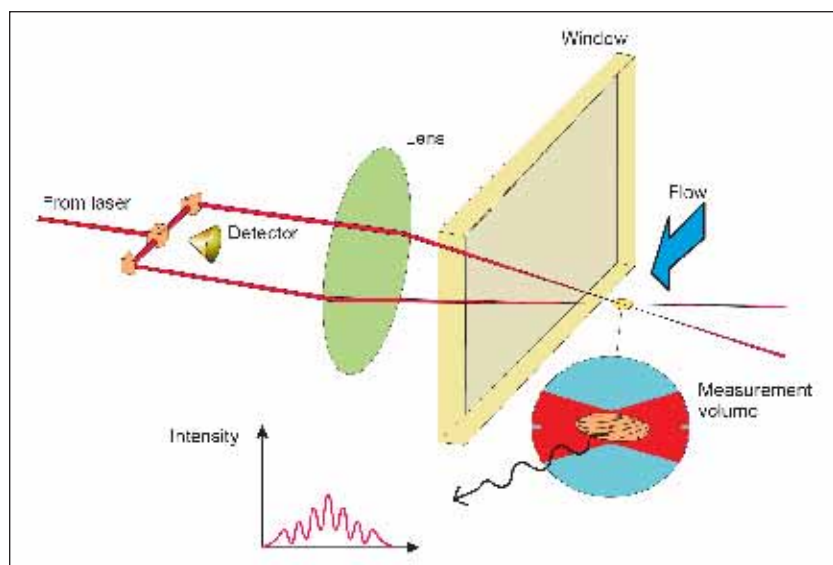
Et nyt værktøj til akkrediteret feltkalibrering af store flowmålere har set dagens lys

Hidtil har kalibrering af store flowmålere (> DN 200) været forbundet med megen besvær, idet målerne skulle nedtages og sendes til udlandet. Nu er det muligt at kalibrere målere op til DN 1000 on-site med en berøringsløs optisk måleteknik "Laser Doppler Velocimetri" eller LDV. Denne DANAK-akkrediterede service tilbydes af Teknologisk Institut, som de eneste i verden. Artiklen omhandler LDV-teknikken, illustreret med et praktisk eksempel på en on-site kalibrering af en DN 1000 måler. Efterfølgende gennemgås eksempler på anvendelser af LDV til bedre forståelse af strømningsmæssige forhold i rørsystemer.

Store flowmålere er vanskelige at kalibrere

I Danmark skønnes der at være ca. 1000 flowmålere større end DN 200. Størstedelen af fjernvarmen, der produceres og sælges, faktureres i henhold til disse målere. Med en årlig dansk fjernvarmeproduktion på ca. 90 PJ, er målerfejl en vigtig faktor med hensyn til retfærdig afregning og korrekt grundlag for styring og planlægning af varmeproduktion.

Det er et almindeligt problem for værkerne, at store flowmålere er vanskelige og til tider næsten umulige at kalibrere, når de først er installerede



Figur 1. LDV måleprincippet

og i drift. Nøjagtige målinger fra store fjernvarmemålere er vigtige, og regelmæssig kalibrering af målerne er den eneste måde, hvorpå oplysninger kan indhentes om målerens usikkerhed.

Som løsning på dette problem har Teknologisk Institut udviklet en ny teknik baseret på Laser-Doppler Velocimetri (LDV). Instituttets Flow Laboratorium er nu akkrediteret af DANAK til on-site kalibrering af fjernvarmemålere fra DN100 til DN1000 med en måleusikkerhed på $\pm 0,9\%$.

Udover måling af volumenflow kan LDV-måleteknikken også bruges til at kortlægge strømningsmæssige forhold i rør og omkring målere, ventiler og pumper mv.

Hvad er LDV?

Vha. interferens mellem 2 krydsende laserstråler udfører LDV-udstyret hastighedsmålinger i enkelte punkter hen over en rørdiameter. Hver gang en partikel krydser interferensområdet tilbagekastes lysblink mod en detektor, som detekterer en ændret frekvens, som er proportional med hastigheden. Ved at måle hastigheder hen over flere diametre genereres et 3D flow profil, som kan omregnes til et volumenflow. LDV-måleprincippet illustreres i figur 1.

Vinduer giver optisk adgang

Optisk adgang er nødvendig for at måle ind i fjernvarmevandet, og specielle vinduer er blevet udviklet til dette formål. Laboratorie- og on-site



Figur 2. Vindue til laboriemåling.

målinger foregår under forskellige temperatur- og trykforhold, hvilket har betydet flere vinduesdesign. Figur 2 og 3 viser vinduer for henholdsvis laborie- og on-site målinger.

Akkrediteret on-site kalibrering af flowmålere med LDV

LDV måler hastigheden af fjernvarmevandet i enkelte punkter. For at beregne den totale hastighed er det nødvendigt at integrere over flere punkter for at beregne en gennemsnitshastighed. I metoden udviklet af Teknologisk Institut benyttes en beregningsmodel, som hedder "lige arealer". Rørets tværsnit inddeles i koncentriske ringe med lige store arealer. Der foretages målinger i hver ring, og gennemsnitshastigheden beregnes. Hastigheden omregnes til volumenflow ved hjælp af standardi-

serede beregningsteknikker, og resultatet har en total usikkerhed bedre end $\pm 0,9\%$.

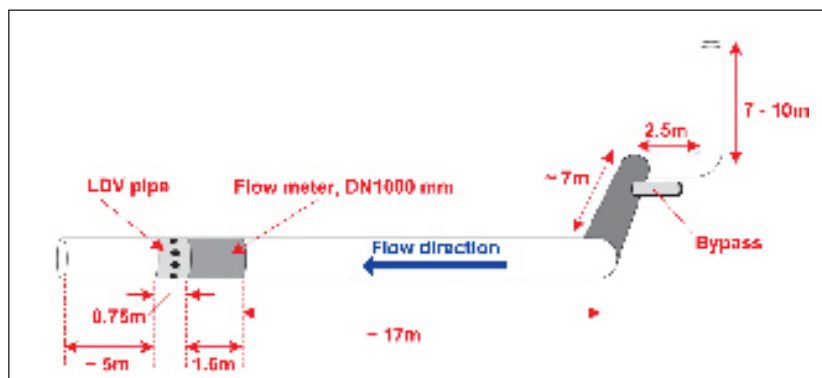
Eksempel på on-site kalibrering af en DN 1000 flowmåler

En af de første on-site kalibreringer blev udført på en DN1000 flowmåler med volumenflow på 400, 1500, 2900 og 4700 m³/h.

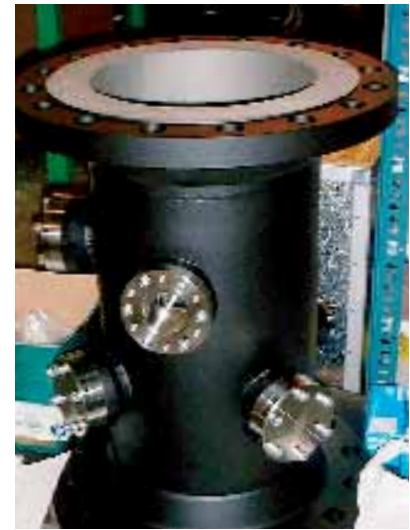
Figur 4 viser en skitse af installationen.

Resultatet af on-site kalibreringen var en målefejl på 0,10%, 0,8%, 0,02% og 0,83% for de ovennævnte flowhastigheder med en total usikkerhed på $\pm 0,90\%$. Resultatet af denne kalibrering, den første i verden af sin art på denne dimension, var derfor yderst tilfredsstillende.

For at illustrere strømningsforhold kan udarbejdes 3-D profilplots.



Figur 4. On-site LDV-kalibrering af DN1000 flowmåler - installation.



Figur 3. Vinduer til on-site måling.

LDV - også til bedre forståelse af flowforhold og flowforstyrrelser on-site og i lab

Flowforstyrrelser kan opstå på grund af enhver hindring, der kommer i vejen for fjernvarmevandet, f.eks. rørsamlinger, dobbelte rørbøjninger, åbne ventiler, pumper osv. En form for forstyrrelse, som ofte nævnes i forbindelse med måling af fjernvarme er "swirl". Swirl er et udtryk for, hvor meget flowet roterer om sin akse i forhold til den gennemsnitlige flowretning. Swirl i fjernvarmevand har interesse, idet det kan påvirke målinger fra forskellige måletyper i forskellig grad.

LDV er velegnet til at måle swirl, idet hastighedskomponenten vinkelret på den aksiale retning af flowet let kan måles ved at dreje lasersonden 90°. I forbindelse med on-site målinger foretages derfor altid en checkmåling for at undersøge, om der evt. er swirl tilstede. Som eksempel viser figur 5 et såkaldt kontur-plot af swirlen, som blev målt under kalibrering af DN 1000 måleren ved 400 m³/h. Figuren viser et snit igennem røret. De stiplede linjer angiver de akser, der måles over, og den faste blå linje med pile viser fjernvarmevandets hastighedskomponent vinkelret på flowretningen. Pilene viser, hvordan flowet roterer mod uret om sin akse. I dette eksempel svarer swirlen til

(fortsættes næste side)

(fortsat fra forrige side)

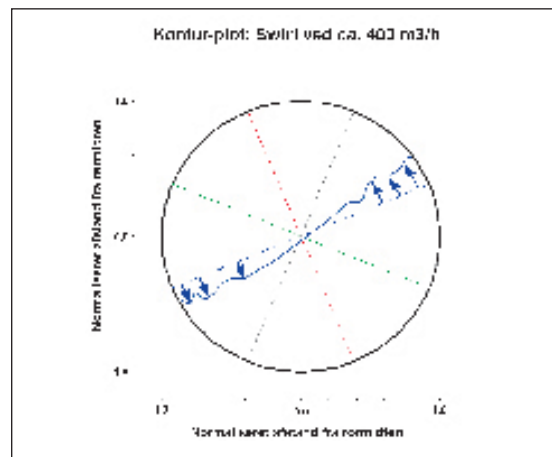
maks. 10 % af det totale flow.

På Teknologisk Instituts Flow Lab-oratorium er LDV blevet brugt til at måle swirl under forskellige forhold, og resultaterne er blevet sammenlignet med resultaterne fra Laboratoriets akkrediterede prøvestand. Der er blevet målt på et rørsystem bestående af to 90° rørbøjninger i 2 plan, da dette er en rørkombination velkendt for at danne swirl.

Laboratiormålinger på dobbeltbøjningen i 2 plan viste swirl på op til 20 % af det totale flow. For målinger ved 54 m³/h lå LDV måle metodens afvigelse fra referencemåleren på -0,79 % for en dobbeltbøjning i 2 plan med måleusikkerheder på 1,39 %

LDV i den nærmeste fremtid

Anvendelse af LDV-teknikken til on-site kalibrering af fjernvarmemålere forventes at have interesse for alle



Figur 5 Et kontur-plot af swirlen ved 400 m³/h under kalibrering af DN 1000

fjernvarmeverker med store målere. Anvendelsen af LDV-teknikken til on-site kalibrering af store målere er netop blevet præsenteret på den internationale Flow Konference "Flomeko" (juni i år). I løbet af efteråret vil Teknologisk Institut invitere værkerne til Flow laboratoriet i Århus, hvor der vil være lejlighed til at se en demonstration af LDV-teknikken, drøfte anvendelsesmulighederne

samt høre erfaringer fra et værk, som allerede har fået foretaget en on-site kalibrering.

For yderligere information

Teknologisk Institut, Flowlaboratoriet
John Frederiksen
Tlf: 7220 1235

john.frederiksen@teknologisk.dk