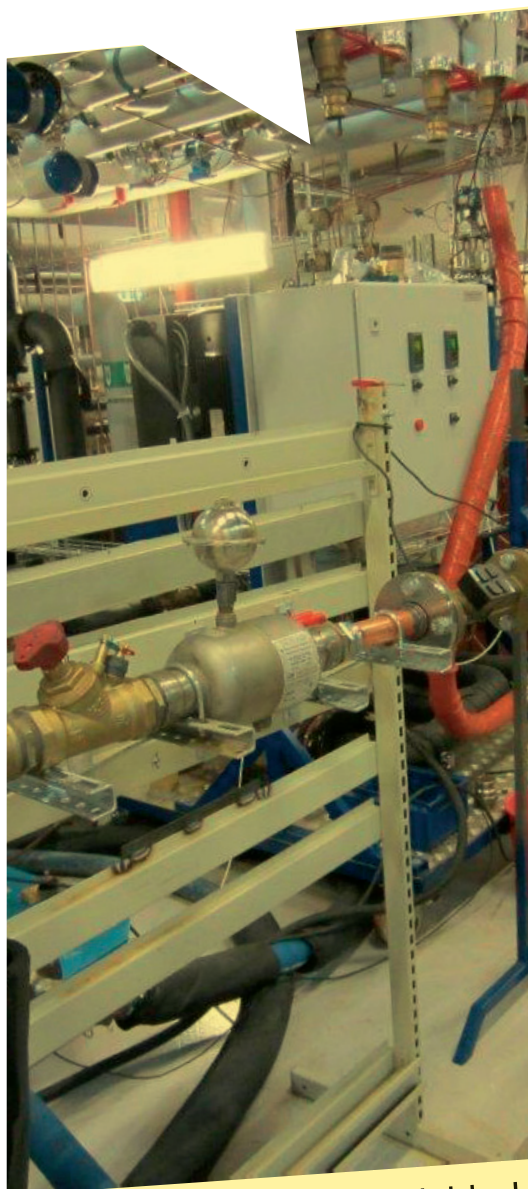


RAKSTRÄCKOR FÖR STÖRRE ULTRALJUDSMÄTARE



RAPPORT 2013:12



DN 40-mätare, här med dubbel

rovrigg DN40.

40

rigg FV4
amling

Mått CME200 6



RAKSTRÄCKOR FÖR STÖRRE ULTRALJUDSMÄTARE

PETER WAHLGREN

DANIEL NILSSON

THOMAS FRANZÉN

ISBN 978-91-7381-110-1

© 2013 Svensk Fjärrvärme AB

FÖRORD

Ultraljudsmätare är den vanligaste typen av flödesmätare i dagens fjärrvärmeinstallationer. I ett tidigare Fjärrsynsprojekt visade det sig att ultraljudsmätare av mindre storlek får problem med noggrannheten i mätning då störningar förekommer i anslutning till mätaren. Här utreds hur större ultraljudsmätare påverkas under liknande förutsättningar.

Energibranschen ser positivt på att om det är möjligt korta raksträckorna i anslutning till mätarna och samtidigt upprätthålla mätnoggrannheten. Utvecklingen går framåt och tillverkare anger idag olika krav på hur långa raksträckorna behöver vara. Vissa tillverkare säger att det inte alls behövs några raksträckor, medan andra fabrikat menar att det behövs eftersom det förekommer störningar före mätaren.

Tester har utförts på fem olika typer av ultraljudsflödesmätare av storlek DN40 samt fyra mätare av storlek DN80. Olika störningar har placerats framför flödesmätarna för att undersöka behovet av raksträckor.

Arbetet har utförts av Peter Wahlgren, Daniel Nilsson och Thomas Franzén på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Till projektet har en referensgrupp varit knuten. Gruppen har bestått av Holger Feurstein Lunds Energi, Marie Skogström One Nordic och Torsten Olsson Göteborg Energi.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras av Svensk Fjärrvärme och Energimyndigheten. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapa resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Bo Johansson
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes tekniskråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

SP genomförde under 2011 ett projekt inom Fjärrsyns forskningsprogram där ultraljudsmätare av mindre storlek (DN20-25) testades med störningar placerade i direkt anslutning till mätarna. Resultatet visade att 3 av 5 mätare inte klarade att hålla sig inom $\pm 2\%$ (klass 2 enligt EN1434) genom hela provprogrammet. Felvisningen skedde då en värmeväxlare var placerad framför mätaren. Resultatet från det projektet väckte funderingar kring om större mätare har samma problem vilket har lett fram till att detta fortsättningsprojekt har kunnat genomföras som ett Fjärrsynsprojekt.

Till projektet har mätare av fem olika fabrikat valts ut. Flertalet av tillverkarna anger i sina manualer och installationsanvisningar att inga raksträckor behövs i anslutning till mätaren. Testerna har genomförts genom att jämföra ultraljudsmätarens uppmätta flöde med en referensmätare med hög mät noggrannhet.

Totalt har nio stycken mätare testats, fem stycken av storlek DN40 och fyra av storlek DN80. Mätarna har utsatts för fem olika störningar samt även testats utan störning, då en raksträcka på $10 \times \text{DN}$ var monterad framför mätaren. Alla mätare uppfyllde kraven enligt EN1434 då en raksträcka var monterad framför mätaren. Dock hade flertalet av mätarna en felvisning större än $\pm 2\%$ då de utsattes för störningar. Den störning som generellt gav störst felvisning var 50 % stängd ventil, men även vid störningarna 25 % stängd ventil, 90° böj, skruvflöde och värmeväxlare visade flera av mätarna fel större än 2 %. Möjliga orsaker till felvisningen är kavitation samt att störningarna kan generera förändrade hastighetsprofiler vilket leder till felmätning.

SUMMARY

In 2011 SP undertook a project where ultrasonic meters of smaller sizes (DN20-25) were tested with disturbances located in direct proximity to the meters. The results showed that 3 of the 5 meters failed to stay within $\pm 2\%$ (class 2 according to EN 1434) throughout the test program. The errors occurred when a heat exchanger was the disturbance. The results from that project aroused concerns about whether also larger meters have the same problem and have now led to this follow-up project regarding larger ultrasonic meters.

Meters of five different brands were selected for the project. Most of the manufacturers state in their manuals and installation instructions that no straights are needed in connection to the meter. The tests were conducted by comparing the ultrasonic meters with a reference meter with high accuracy.

A total of 9 ultrasonic meters were tested, 5 of the size DN40 and 4 of DN80 size. The meters have been subjected to five different disturbances, and an undisturbed test when a straight of $10 \cdot DN$ was mounted in front of the meter. All meters meet the requirements of EN1434 when a straight section was mounted in front of the meter. However, several of the meters show errors larger than $\pm 2\%$ when subjected to disturbances. The disturbance that generally gave the largest problem was 50% closed valve, but also the disturbances 25% closed valve, 90° bend, screw flow and heat exchanger caused several of the meters to show errors larger than 2%.

Possible causes for the error display are cavitation and that the disturbances can generate changes in the velocity profile, leading to measurement errors.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	9
2	UPPDRAG	10
3	PROVOBJEKT	11
3.1	TILLVERKARNAS REKOMMENDATIONER	11
3.2	BILDER PÅ PROVOBJEKTEN	13
4	PROVMETOD	18
4.1	DN40	19
4.1.1	Provrigg	19
4.1.2	Mätförhållanden	20
4.1.3	Mätosäkerhet	20
4.2	DN80	21
4.2.1	Provrigg	21
4.2.2	Mätförhållanden	22
4.2.3	Mätosäkerhet	22
4.3	STÖRNINGAR	22
5	PROVRESULTAT	25
5.1	DN40	25
5.1.1	Armaterc	25
5.1.2	Hydrometer	26
5.1.3	Itron	26
5.1.4	Kamstrup	27
5.1.5	Landis+Gyr	27
5.2	DN80	28
5.2.1	Armaterc	28
5.2.2	Itron	28
5.2.3	Kamstrup	29
5.2.4	Landis+Gyr	29
6	DISKUSSION	30
6.1	MÄTARNAS OLIKA KONSTRUKTION	30
6.2	KAVITATION	31
6.3	STÖRNINGARNAS PÅVERKAN	32
7	VIDARE ARBETE	33
	BILAGA 1	34

1 INLEDNING

Flödesmätare av ultraljudstyp har tidigare krävt raksträckor före och efter mätaren för att mäta rätt. Utvecklingen har gått framåt och idag anger tillverkare av flödesmätare av ultraljudstyp att allt kortare raksträckor krävs. Vissa tillverkare anger dessutom att inga raksträckor alls behövs, andra uppger att raksträckor behövs om störningar föreligger före mätaren.

I fjärrvärmecentraler installeras idag oftast ultraljudsmätare. Med dagens utveckling mot kompaktare centraler finns flera exempel på centraler utan raksträckor före värmemätaren. Energibranschen är positivt inställd till om det vore möjligt att minska raksträckorna men ändå upprätthålla mätnoggrannheten. Detta gäller särskilt vid fjärrkylaapplikationer där mätare av större storlek ofta används och en minskning av raksträckor skulle möjliggöra kompaktare installationer.

Ett tidigare fjärrsynsprojekt har visat att ultraljudsmätare av mindre storlek uppvisar problem att mäta rätt då en värmeväxlare placeras i anslutning till mätaren. Detta projekt följer som en naturlig fortsättning för att se hur större storlekar av ultraljudsmätare påverkas under liknande förutsättningar.

2 UPPDRAG

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har inom forskningsprogrammet Fjärrsyn under februari-april 2013 genomfört provningar på 5 olika typer av flödesmätare av ultraljudstyp av storlek DN40 samt 4 stycken mätare av storlek DN80. Olika störningar har placerats framför flödesmätarna för att undersöka behovet av raksträckor.

Provningen utfördes på enheterna för Energiteknik och Mätteknik på SP i Borås.

3 PROVOBJEKT

Tester har genomförts på 5 stycken mätare av storlek DN40 och på 4 mätare av storlek DN80, se Tabell 1 och Tabell 2.

Tabell 1. Provobjekt DN40.

Modell DN40	q_i	q_p	q_s	pulser/dm ³
Armaterc, Pollustat E AT7500 C	0,1	10	20	0,1
Hydrometer BR473	0,1	10	20	10
Itron US Echo II	0,1	10	20	10
Kamstrup Ultraflow	0,1	10	20	15
Landis+Gyr, T550 Ultraheat	0,1	10	20	*

Tabell 2. Provobjekt DN80.

Modell DN80	q_i	q_p	q_s	pulser/dm ³
Armaterc, Pollustat E AT7500 C	0,4	40	80	0,1
Itron US BR473	0,4	40	80	1/0,3
Kamstrup Ultraflow 54	0,4	40	80	5
Landis+Gyr, T550 Ultraheat	0,4	40	80	*

*Landis+Gyrs pulssignal har ej varit kompatibel med vårt mätsystem och vi har därför läst av dess display manuellt under testerna.

q_p (m³/h) är mätarens nominella flöde, även kallat permanent flöde, q_s är mätarens maximala flödeskapacitet och q_i är det minsta flöde som mätaren klarar.

Alla mätare är av klass 2 vilket innebär att de uppfyller kravet i standard EN1434 som innebär att de ska hålla en noggrannhet på ± 2 % vid q_p .

3.1 Tillverkarnas rekommendationer

De rekommendationer som tillverkarna (återförsäljarna) anger i sina installations- och användarmanualer samt i övriga tekniska underlag har sammanställts i Tabell 3. Det som lyfts fram är de delar som är av vikt för projektet och avser mätarens installation och positionering, tryck samt krav på raksträckor.

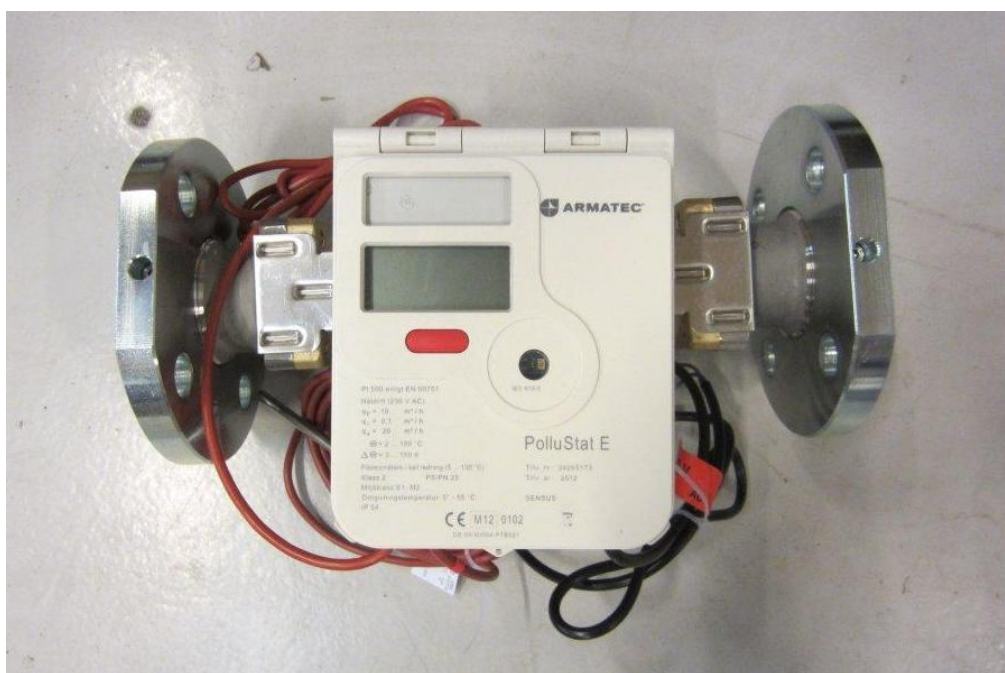
Tabell 3. Rekommendationer/krav på raksträckor, placering och drifttryck för de olika provobjekten.

	Raksträckor	Placering	Drifttryck
Armaterc	Krävs ej upp t.o.m. DN40. 3*DN fr.o.m. DN50 (5*DN rekommenderas vid stora störningar). Skall inte placeras direkt efter ventil eller före pump.	Horisontellt eller vertikalt. Bör placeras i lågpunkt.	Minst 0,1 bar (ingen kavitation uppkommer) ¹ Max 250 mbar tryckfall.
Hydrometer	Ej nödvändigt	Horisontellt eller vertikalt. Ej så att luft kan samlas.	Minst 1 bar.
Itron		Horisontellt eller vertikalt, ej upp och ned.	
Kamstrup	Krävs endast vid "risk för kraftig flödesturbulens". Hänvisar till CEN CR 13582. Bör ej placeras efter ventil eller dubbelbøj i två plan.	Lodrätt, vågrätt eller på tvären. Kan vridas +/- 45°.	Minst 1,5 bar vid q_p och minst 2,5 bar vid q_s (4,5 bar för DN80). Gäller upp till ca 80°C. Ej lägre tryck än omgivande tryck.
Landis+Gyr	Ej nödvändigt. Endast om mätaren monteras i en retur delad av flera system.	Horisontellt eller vertikalt.	Minst 1 bar vid q_p och ca 3 bar vid q_s (gäller till ca 80°C).

¹ Sofia Lindh, Armaterc, personlig kommunikation 2013-04-04.

3.2 Bilder på provobjekten

Nedan följer bilder på de totalt nio provobjekten.



Figur 1. Provobjekt Armatec DN40.



Figur 2. Provobjekt Hydrometer DN40.



Figur 3. Provobjekt Itron DN40.



Figur 4. Provobjekt Kamstrup DN40.



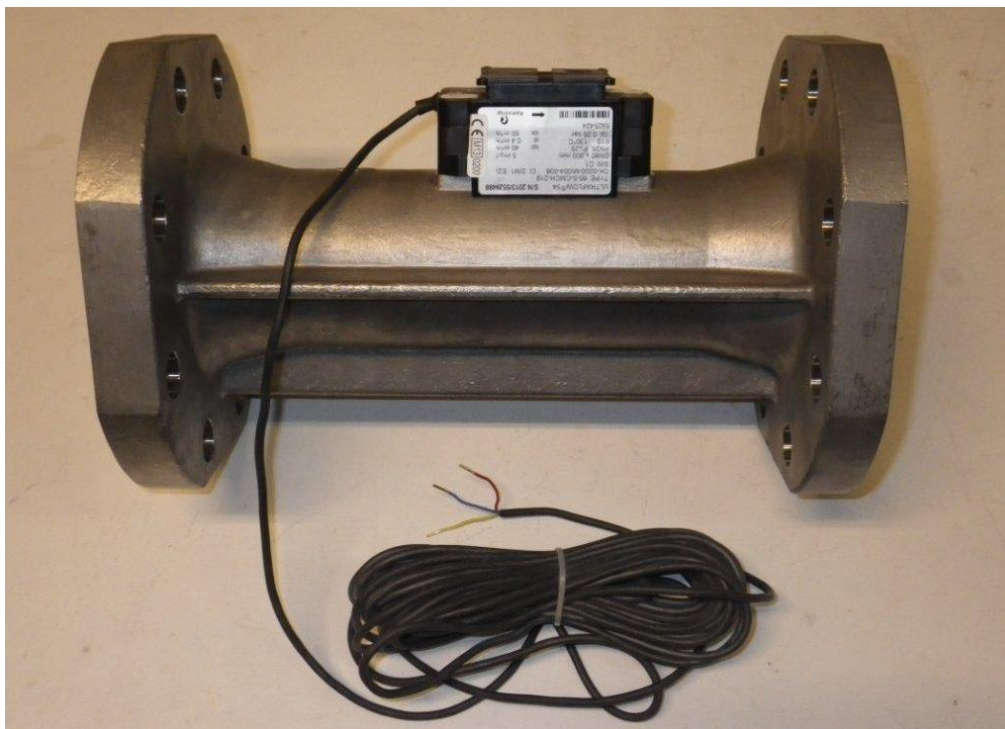
Figur 5. Provobjekt Landis+Gyr DN40.



Figur 6. Provobjekt Armatec DN80.



Figur 7. Provobjekt Itron DN80.



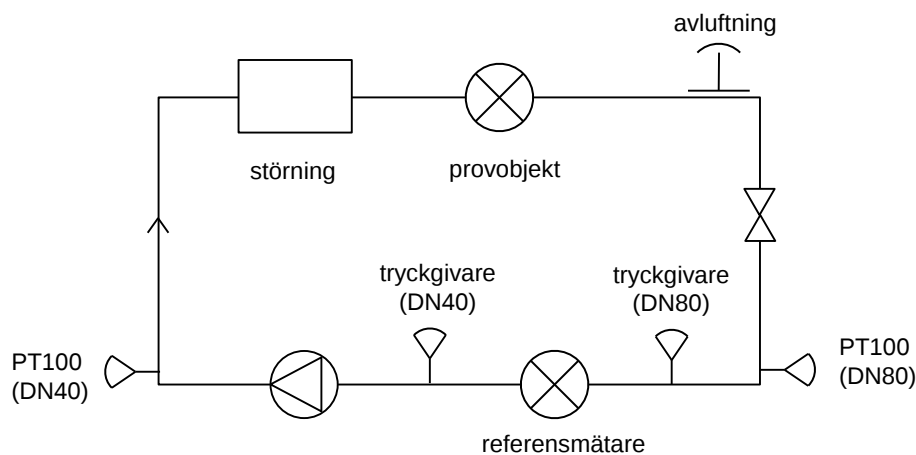
Figur 8. Provobjekt Kamstrup DN80.



Figur 9. Provobjekt Landis+Gyr DN80.

4 PROVMETOD

Varje ultraljudsmätare har testats i sex olika konfigurationer där störningen placerats i direkt anslutning före mätaren. Efter mätaren har en raksträcka på 5*DN varit installerad under alla tester. Ultraljudsmätarna har jämförts med en referensmätare med hög mätnoggrannhet som har varit placerad ostört i mätslingan. Figur 10 visar ett schematiskt flödesschema över uppkopplingarna (se nedan för bilder på de faktiska riggarna och kopplingarna för DN40 respektive DN80).



Figur 10. Flödesschema för provuppkopplingarna. Placeringen av tryck- och temperaturgivarna skiljer sig av praktiska skäl mellan DN40- och DN80-mätningarna.

Varje kombination av störning och mätare har testats vid tre olika flöden:

- $q_p/4$
- q_p
- $2 \cdot q_p$ (q_s)

Provningen av mätarna har skett parallellt i två olika labb på SP i Borås. DN40-mätarna har testats i SP Energitekniks labb och mätarna av storlek DN80 har testats i SP Mättekniks labb, som har tillgång till utrustning som klarar de höga flöden som mätare av denna storlek kräver.

Där det funnits möjlighet har tre mätningar gjorts på varje unik uppsättning av mätare, störning och flöde. Utifrån dessa mätningar har sedan en medelvärdesberäkning gjorts. Mättiden har styrts och anpassats efter mätarens pulstal, detta för att se till att en låg mätosäkerhet upprätthålls genom alla tester.

Systemtrycket (mätt "sist" i mätslingan, se Figur 10) har valts för att motsvara normala förhållanden och för att undvika kavitation. I de fall tillverkarna angett ett lägsta tryck i sina rekommendationer har detta följts, vilket innebär att trycket i några fall skiljer sig mellan fabrikaten. Trycket har loggats eller noterats och redovisas i anslutning till resultaten. I DN40-fallet gjordes även extra mätningar vid det högsta flödet, där risken för kavitation är som störst; känsligheten för kavitation före mätarna

testades genom att medvetet välja ett lågt tryck. Dessa mätningar redovisas inte som huvudresultat, men tas upp i diskussionsavsnittet.

Alla mätningar har gjorts med flygande start och stopp. Värden har loggats på både referensen och provobjektet för flöde och temperatur i kretsen. Flöde och temperatur har intagit stabila värden och en noggrann injustering av systemets statiska tryck har gjorts innan mätningen påbörjats. Före varje mätning har det även skett noggrann avluftning av systemet.

Mätarna har installerats enligt de anvisningar som finns beskrivna i manualer och installationsanvisningar.

Landis+Gyr's pulssignal har inte kunnat loggas av våra mätsystem vilket har lett till att vi har läst av dess display manuellt och jämfört avlästa värden med vår referensmätarens loggade volym. Kort beskrivning av avläsningsmetod för DN40 Landis+Gyr:

- Vid ändring av andra decimalen på mätarens display noteras aktuell volym.
- Loggning startas av referensmätare. Detta uppskattas ske inom 3 sekunder.
- Efter att mättiden är uppnådd noteras volymen på displayen då den andra decimalen ändras.
- Loggning av referensmätaren avslutas inom 3 sekunder från att volymen avlästs på mätarens display.

Avläsningsmetod för Landis+Gyr DN80 skiljer något åt från DN40 p.g.a. skillnader i mätutrustningens uppbyggnad. Mätmetoden har inneburit att momentant flöde har avlästs minst 20 gånger per provpunkt, för att sedan jämföras med loggat flöde från riggen.

4.1 DN40

Mätarna av DN40-storlek har testats i SP:s laboratorium för Energiteknik - System- och installationsteknik. Mätarna har provats med flygande start och stopp i en slinga mot en referensmätare av typ Micro Motion CMF200.

4.1.1 Provrigg

Provriggen (Figur 11) är uppbyggd i en slinga med en pump, referensmätare av massflödestyp, PT100-givare, störning och provobjekt. I riggen finns flertalet avluftsventiler som noggrant luftats inför varje test. Utrustningen som använts specificeras i Tabell 4.

Referensmätaren som använts vid DN40-mätningarna är av massflödestyp med modellbeteckning Micro Motion CMF200. Mätaren ger 100 pulser/kg och har en mätosäkerhet på $\pm 0,1$ %.



Figur 11. Provrigg för DN 40-mätare, här med dubbel böj (skruvflöde) monterad.

Tabell 4. Utrustning, provrigg DN40.

Utrustning i rigg för DN40	Inventarienummer
Fjärrvärmecentralprovrigg FV4	
Logger för mätdatainsamling	202723
Provrigg VV2	
Referens Massflödesmätare Micro Motion CMF200	602837

4.1.2 Mätförhållanden

Alla mätningar har skett i rumstemperatur. Vattentemperaturen har varit cirka 50 grader (uppmätta värden redovisas i Bilaga 1).

4.1.3 Mätosäkerhet

Tabell 5 visar den mätosäkerhet som kan härledas till mätmetodens maximala fel för respektive mätare. Felet uppstår till följd av brist på synkronisering mellan mätprogrammets logger vid start och stopp, och tidpunkten när mätarens puls skickas. Detta gör att en för stor volym loggas vid start och en för liten då mätning avslutas.

Tabell 5. Mätosäkerhet för mätmetod, DN40.

Mätare	Mätosäkerhet för mätmetod [%]
Armaterc	0,2 (0,3 vid 20 m ³ /h)
Hydrometer	0,2
Itron	0,2
Kamstrup	0,2
Landis+Gyr	0,3

Landis+Gyrs mätning har skett genom avläsning av display och enligt den procedur som finns beskriven ovan. Vid test av Armatercs mätare vid ett flöde på 20 m³/h användes samma metod som för Landis+Gyr. Anledningen till detta var att det genomfördes ett omprov för Armaterc vid ett högre statiskt tryck än initialt. Detta test sammanföll med DN80-testet av Armaterc och då vi endast hade tillgång till ett pulskort, genomfördes testet genom avläsning av display.

4.2 DN80

DN80-mätarna har testats på SP Mätteknik. Mätarna har provats med flygande start och stopp mot mätslinga med en nominell volym av 3500 liter eller mot referensmätare Endress & Hauser DN 100. Resultaten presenteras som medelvärde av minst tre mätningar.

4.2.1 Provrigg

Provriggen för DN 80-mätningarna visas i Figur 12, och utrustning specificeras i Tabell 6.



Figur 12. Provrigg för DN80-mätare, här med dubbel böj (skruvflöde) monterad.

Tabell 6. Utrustning, provrigg DN80.

Mätutrustning DN80	Inventarienummer
Bopp & Reuther mätslinga	600385
Referensmätare Endress & Hauser DN100	600023

4.2.2 Mätförhållanden

Provnigen genomfördes i rumstemperatur, $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Det cirkulerande mediet var vatten med en temperatur på ca 50°C .

4.2.3 Mätosäkerhet

Mätosäkerheten för metod och referensmätaren Endress & Hauser är sammantaget 0,2%.

4.3 Störningar

De störningar som har anslutits till mätarna är:

- Raksträcka 10*DN
- 90° böj
- Två stycken 90° böjar i olika plan (skruvflöde)
- 25 % stängd ventil

- 50 % stängd ventil
- Värmeväxlare

Störningarna för DN40 visas i Figur 13-Figur 18. DN80-störningarna ser ut på motsvarande sätt.



Figur 13. Raksträcka, DN40.



Figur 14. 90° böj, DN40.



Figur 15. Två stycken 90° böjar i olika plan (skruvflöde), DN40.



Figur 16. 25 % stängd ventil, DN40.



Figur 17. 50 % stängd ventil, DN40.



Figur 18. Värmeväxlare Alfa Laval CB76, DN40.

5 PROVRESULTAT

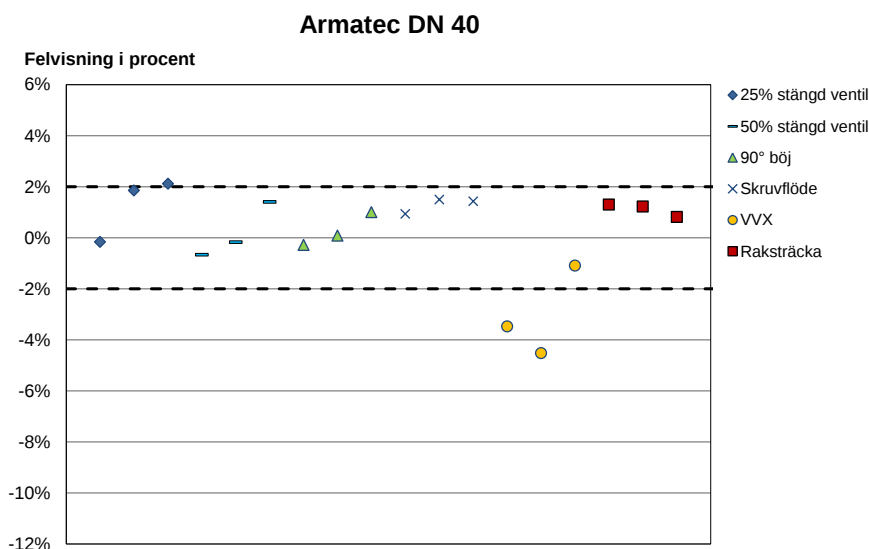
Alla mätare uppfyllde kraven enligt EN1434 då en raksträcka var monterad framför mätaren. Dock hade flertalet av mätarna en felvisning större än $\pm 2\%$ då de utsattes för störningar. Den störning som generellt gav störst felvisning var 50 % stängd ventil men även vid störningarna 25 % stängd ventil, 90° böj, skruvflöde och värmeväxlare visade flera av mätarna fel större än 2 %.

I Figur 18-26 nedan redovisas felvisningen i de olika provpunkterna för de nio provobjekten. Diagrammen visar felvisningen för mätarna vid tre flöden, stigande från vänster till höger, för varje störning, d.v.s. totalt 18 provpunkter. Systemtrycket anges i figurtexterna. Streckade linjer visar $\pm 2\%$ (klass 2 enligt EN1434). Felstaplar visar max- och minvärde för resultaten i de fall tre mätningar gjorts.

Detaljerade resultat, inklusive flöde, tryck, temperatur och variationsvidd, redovisas i tabellform i Bilaga 1.

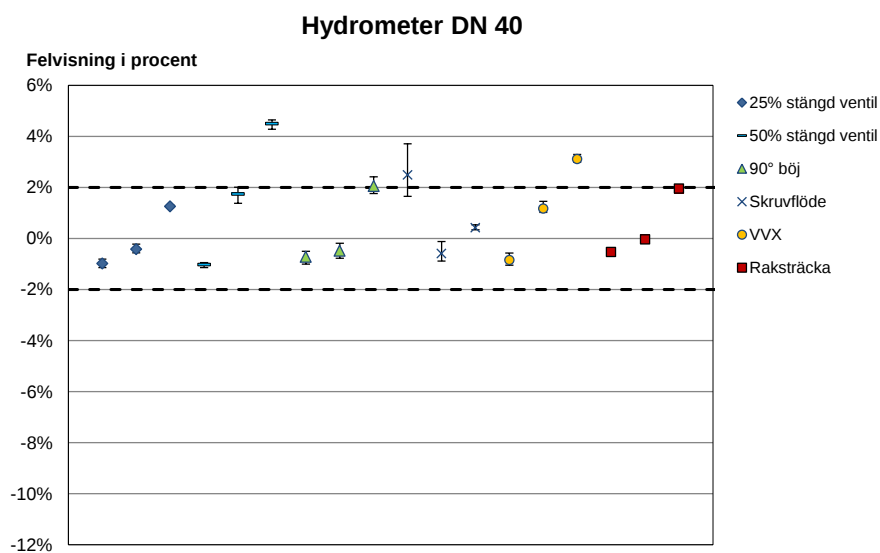
5.1 DN40

5.1.1 Armatec



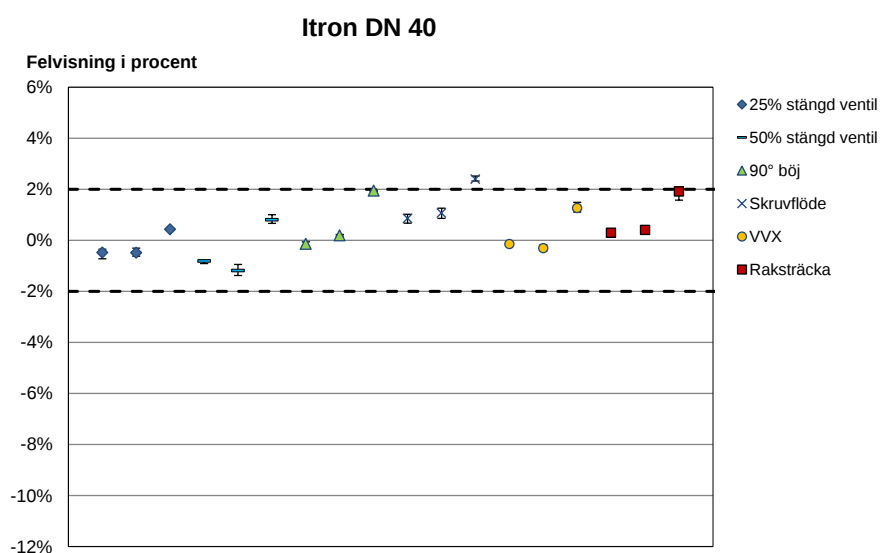
Figur 19. Mätresultat för Armatec, DN40. Felvisning vid 2,5 m³/h och 1 bar, 10 m³/h och 1 bar samt 20 m³/h och 3 bar för respektive störning.

5.1.2 Hydrometer



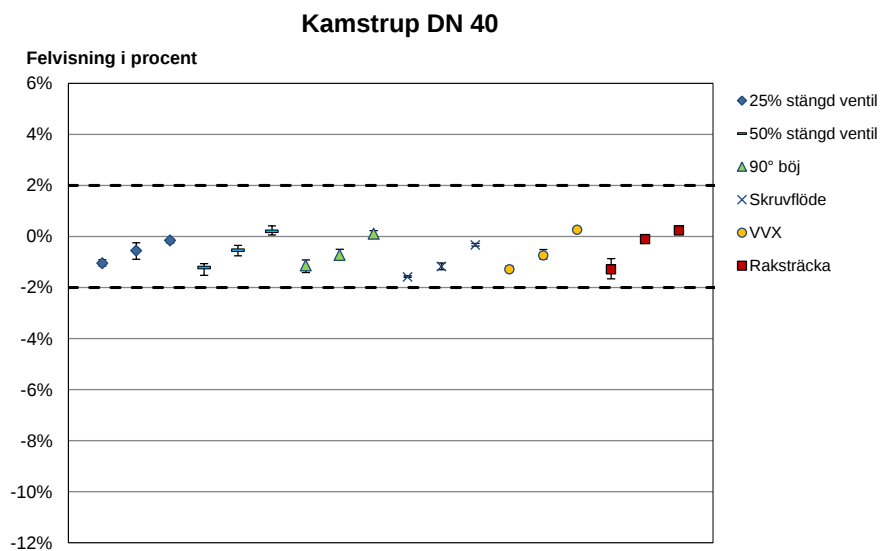
Figur 20. Mätresultat för Hydrometer, DN40. Felvisning vid 2,5 m³/h och 1 bar, 10 m³/h och 1 bar samt 20 m³/h och 3 bar för respektive störning, medelvärden av tre mätningar.

5.1.3 Itron



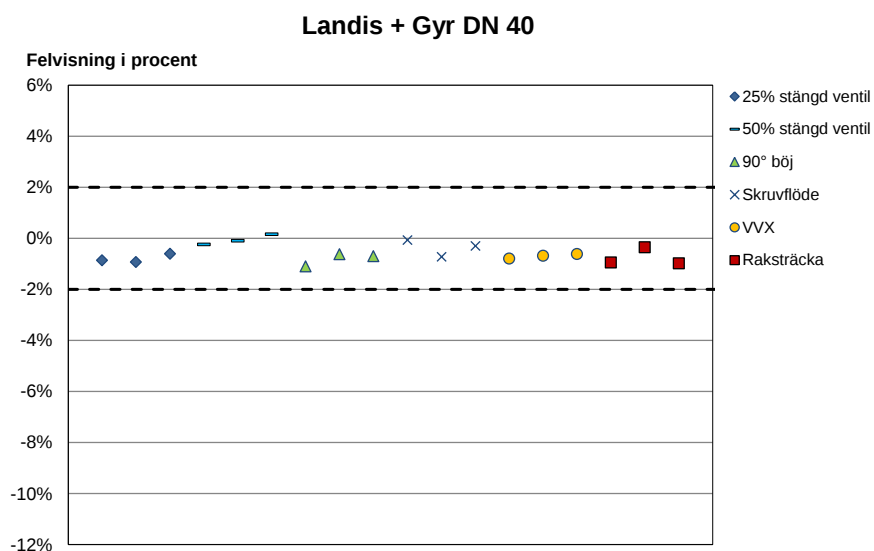
Figur 21. Mätresultat för Hydrometer, DN40. Felvisning vid 2,5 m³/h och 1 bar, 10 m³/h och 1 bar samt 20 m³/h och 3 bar för respektive störning, medelvärden av tre mätningar.

5.1.4 Kamstrup



Figur 22. Mätresultat för Kamstrup, DN40. Felvisning vid 2,5 m³/h och 1,5 bar; 10 m³/h och 1,5 bar samt 20 m³/h och 3 bar för respektive störning, medelvärden av tre mätningar.

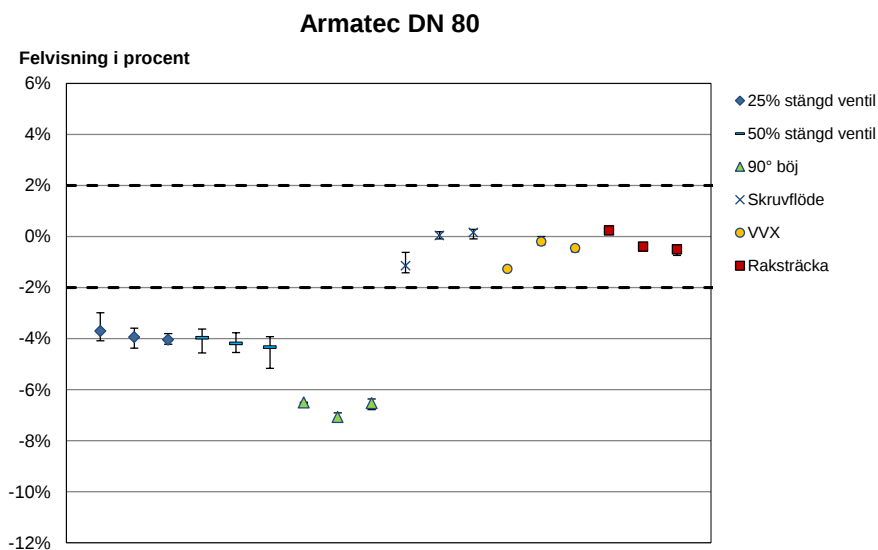
5.1.5 Landis+Gyr



Figur 23. Mätresultat för Landis+Gyr, DN40. Felvisning vid 2,5 m³/h och 1 bar, 10 m³/h och 1 bar samt 20 m³/h och 3 bar för respektive störning.

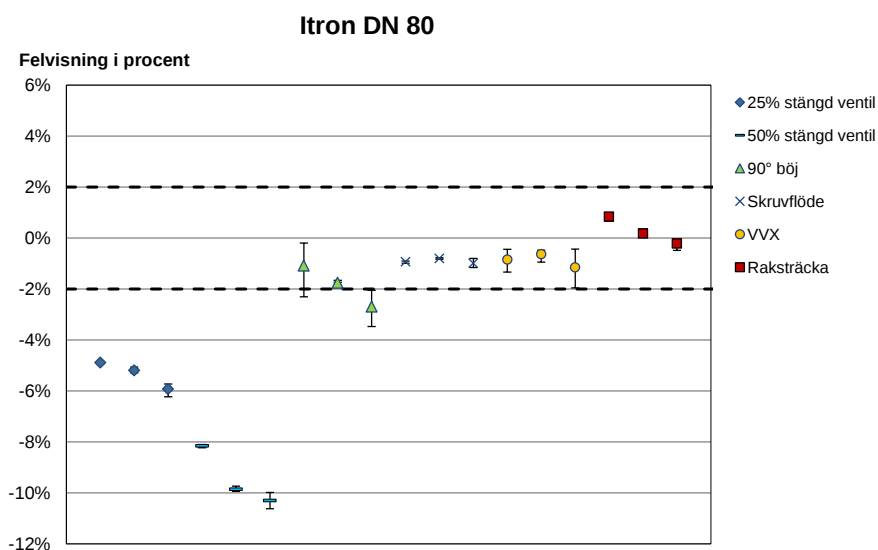
5.2 DN80

5.2.1 Armatec



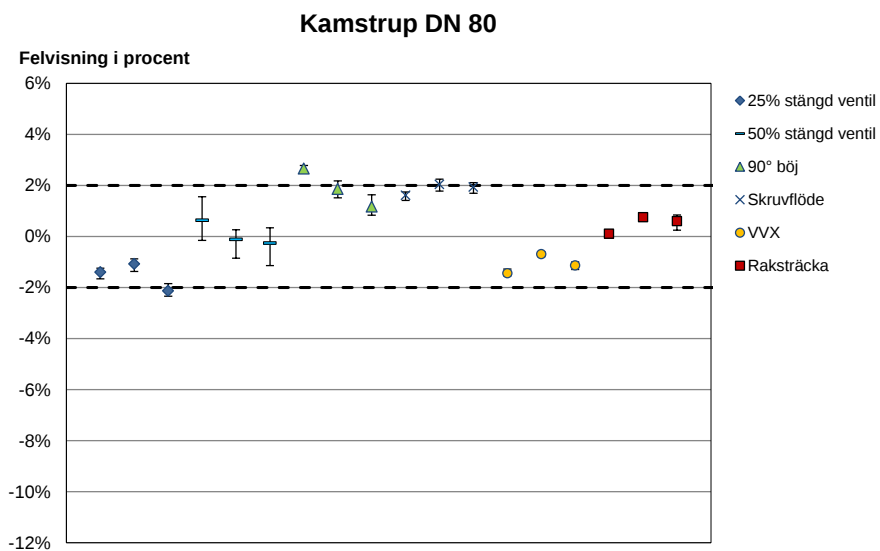
Figur 24. Mätresultat för Armatec, DN80. Felvisning vid 10 m³/h, 40 m³/h och 80 m³/h för respektive störning (tryck 2-2,5 bar, medelvärden av tre mätningar).

5.2.2 Itron



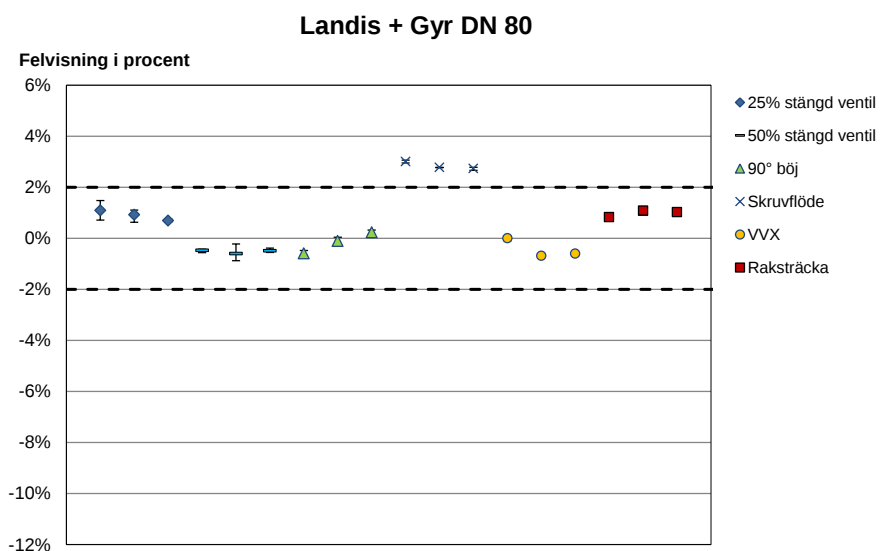
Figur 25. Mätresultat för Itron, DN80. Felvisning vid 10 m³/h, 40 m³/h och 80 m³/h för respektive störning (tryck 2-2,5 bar, medelvärden av tre mätningar).

5.2.3 Kamstrup



Figur 26. Mätresultat för Kamstrup, DN80. Felvisning vid 10 m³/h, 40 m³/h och 80 m³/h för respektive störning (tryck 2-2,5 bar, medelvärden av tre mätningar).

5.2.4 Landis+Gyr



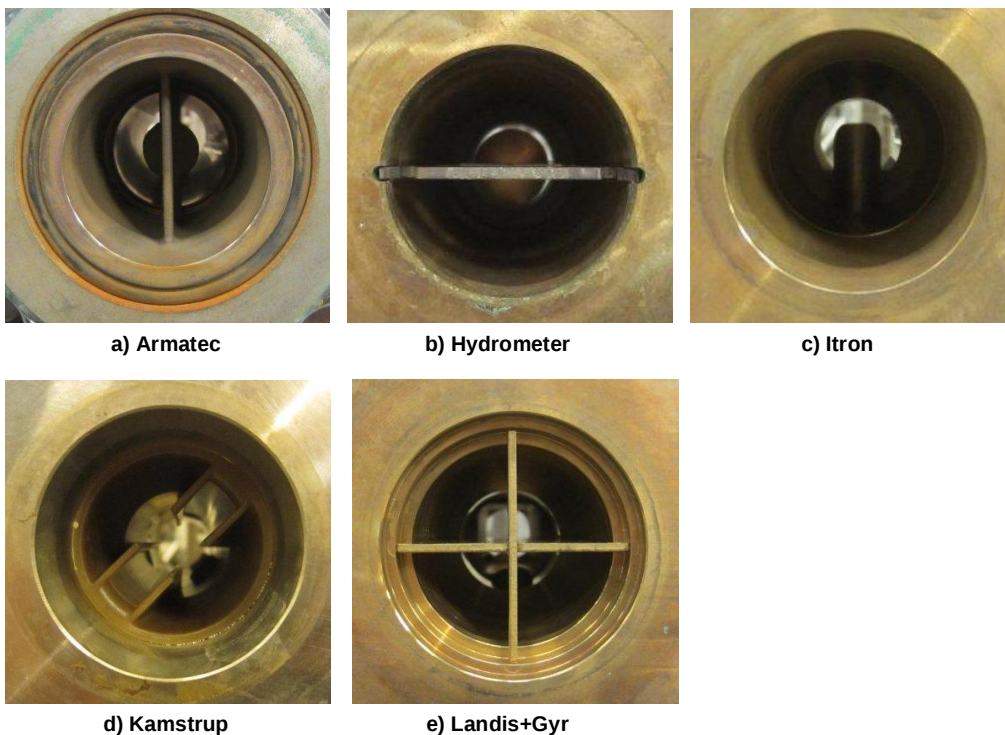
Figur 27. Mätresultat för Landis+Gyr, DN80. Felvisning vid 10 m³/h, 40 m³/h och 80 m³/h för respektive störning (tryck 2-2,5 bar, medelvärden av tre mätningar).

6 DISKUSSION

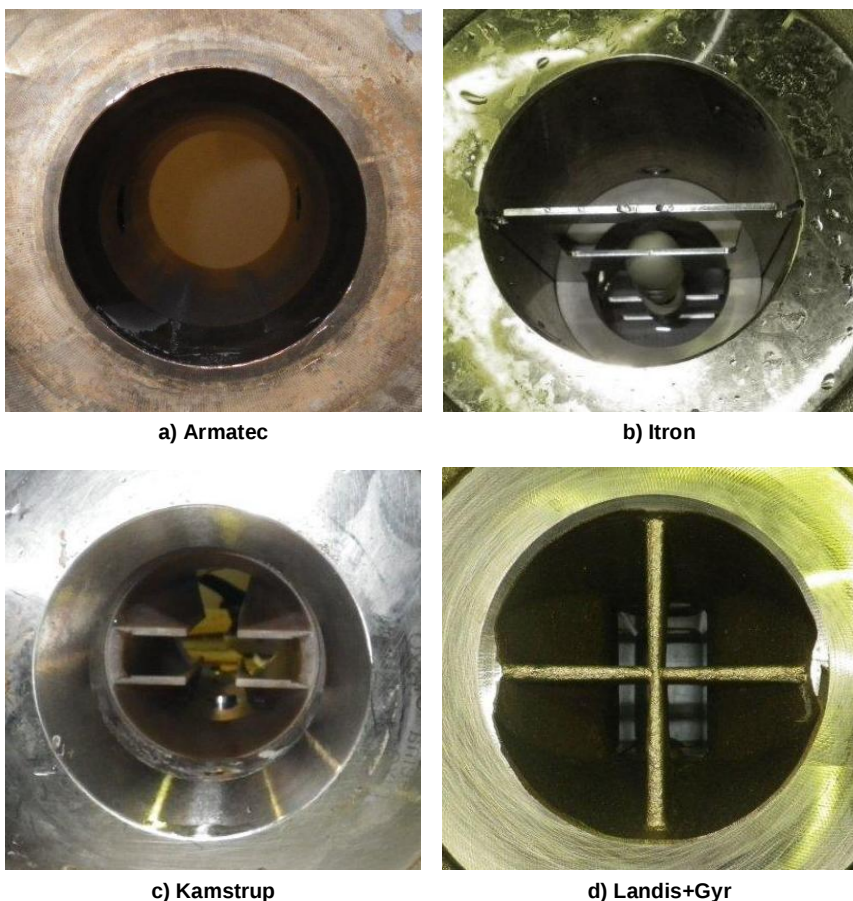
Flera av mätarna har visat mer än 2 % fel när de utsatts för olika typer av störningar. Resultatet av detta test av större ultraljudsmätare är dock inte lika tydligt som då mindre mätare provades och värmeväxlaren var den störning som tydligt gav upphov till problem för flera mätare. Här är spridningen mellan vilka störningar och flöden som ger upphov till problem större, och det är svårare att dra generella slutsatser. I detta avsnitt tas dock några faktorer upp, som kan ha haft inverkan på mätresultaten och skillnaderna mellan mätarna.

6.1 Mätarnas olika konstruktion

Mätarna har flödesriktare monterade i inloppet, och dessa skiljer sig markant åt mellan tillverkarna, se Figur 28 (DN40) och Figur 29 (DN80). Detta kan naturligtvis påverka hur känsliga mätarna är för olika typer av störningar och förändringar i hastighetsprofilen.



Figur 28. Konstruktion av flödesriktare (inlopp) i provobjekten, DN40.



Figur 29. Konstruktion av flödesriktare (inlopp) i provobjekten, DN80.

6.2 Kavitation

För att undvika kavitation, att vattnet lokalt övergår i gasform, måste systemtrycket vara tillräckligt högt. Detta motverkar att vattnets tryck når ner till dess ångbildningskurva där kavitation uppstår. Flera av tillverkarna anger rekommenderade lägsta drifttryck (se avsnitt 3.1) av denna anledning.

För lågt drifttryck leder till att kavitation kan uppkomma vid stora strypningar, vilket främst är fallet vid 25 % stängd och 50 % stängd ventil. Även om relativt höga tryck använts vid mätningarna kan alltså kavitation vara en möjlig förklaring till att några mätare haft problem vid dessa störningar, och ännu högre tryck skulle kunna ha gett bättre resultat. Att endast ett par av mätarna har visat klart större mätfel vid dessa störningar indikerar dock att olika mätare har olika stor känslighet för detta fenomen.

För att bekräfta och närmare undersöka mätarnas känslighet för kavitation gjordes samtliga DN40-mätningar med flödet $20 \text{ m}^3/\text{h}$ vid både 3 bar (vilket redovisats ovan) och 1 bar (1,5 bar för Kamstrup, eftersom detta angavs av tillverkaren). Samtliga mätare hade problem vid det lägre trycket och störningen 50 % stängd ventil, och gav

då antingen felkod eller stora mätfel, se Tabell 7. Vid övriga störningar är skillnaderna inte lika stora, vilket visar att det är lågt tryck och högt flöde i kombination med högt tryckfall, och därmed utvecklad kavitation precis före mätarna, som ger upphov till problem. Samtliga mätresultat finns redovisade i bilaga 1.

Tabell 7. Mätresultat vid 20 m³/h, 50 % stängd ventil och två olika drifttryck.

Tryck	Armaterc DN40	Hydrometer DN40	Ittron DN40	Kamstrup DN40	Landis+Gyr DN40
1 bar*	(felkod)	-68,59	-24,84	-66,94	(felkod)
3 bar	1,41	4,50	0,81	0,21	0,16

*Kamstrup 1,5 bar

6.3 Störningarnas påverkan

Det är generellt sett inte en viss störning som ger problem, utan olika mätare har problem med olika störningar. Störningar av ”böjtyp” väntas inte ge något direkt tryckfall som i sin tur kan härleda felvisningen till kavitation, utan den troligaste orsaken till mätarnas problem i detta fall är att störningarna genererar en förändrad hastighetsprofil vilket gör att mätarna mäter fel.

Vad gäller ventilerna med stängningsgrad 25 och 50 % så kan dessa, beroende på trycket, ge upphov till kavitation. Men de kan också, som i fallet med böjarna, skapa en förändrad hastighetsprofil som stör mätarna. Värmeväxlaren skapar problem för en del av mätarna vilket gissningsvis även det kan härledas till en förändrad hastighetsprofil.

Att inte alla mätare visar samma problem för samma störning kan ha ett samband med hur effektivt mätarnas inbyggda flödesriktare fungerar och att de fungerar olika bra till olika störningar.

7 VIDARE ARBETE

Resultatet från detta projekt kan förhoppningsvis bidra till förbättrad mätnoggrannhet vid värmemätning, antingen genom vidareutveckling av mätarna i sig, så att de klarar av störningar bättre, eller genom att man vid installation av mätarna tar hänsyn till risken för störningar. Ett möjligt fortsättningsprojekt vore att se hur långa raksträckor som behövs vid olika störningar för att mätarna ska klara kraven. I ett sådant projekt skulle man kunna variera raksträckans längd i kombination med olika störningar, vilket skulle leda till kunskap om hur lång raksträcka som krävs för att ta bort störningens påverkan på mätningen.

Det vore även intressant att vrida störningarna så att flödesprofilens ändring sker i olika plan på inloppet och utifrån detta se om felvisningen ändras beroende på läge. Dessutom skulle tester med variation av statiskt tryck för respektive störning ge ett tydligt svar på tryckets påverkan på felvisningen.

BILAGA 1 – RESULTATTABELLER

Tabell 8. Resultat Armatec DN40. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	2,31	1	49,7	-0,16	-
	9,99	1	50,0	1,85	-
	20,14	1	51,5	4,41	-
	20,10	3	51,0	2,12	-
50% stängd ventil	2,46	1	49,7	-0,66	-
	10,03	1	49,8	-0,17	-
	15,06*	1	50,0	3,50	-
	20,07	3	53,0	1,41	-
90° böj	2,47	1	49,7	-0,28	-
	10,19	1	49,9	0,09	-
	20,11	1	50,2	2,45	-
	20,04	3	50,1	1,00	-
Skruvflöde	2,35	1	49,7	0,94	-
	9,95	1	49,8	1,50	-
	19,99	1	50,7	1,92	-
	20,04	3	52,1	1,43	-
VVX	2,43	1	49,7	-3,48	-
	10,00	1	50,1	-4,52	-
	20,13	1	52,1	0,20	-
	20,03	3	51,6	-1,09	-
Raksträcka	2,50	1	49,7	1,30	-
	9,82	1	49,8	1,22	-
	20,14	1	50,3	1,23	-
	20,07	3	51,6	0,82	-

*Mätningen gjordes vid 15 m³/h eftersom mätaren gav felkod (0002, ”luft i flödesmätare”) vid flöden högre än ca 16 m³/h.

Tabell 9. Resultat Hydrometer DN40. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	2,50	1	49,9	-0,98	0,33
	10,18	1	50,0	-0,42	0,34
	20,13	1	50,7	1,22	0,26
	20,05	3	50,6	1,26	0,09
50% stängd ventil	2,57	1	50,1	-1,02	0,20
	10,06	1	50,0	1,74	0,64
	19,67	1	51,6	-68,59	62,72
	20,02	3	52,9	4,50	0,37
90° böj	2,48	1	49,4	-0,72	0,50
	10,06	1	49,9	-0,47	0,58
	20,18	1	50,7	2,23	0,39
	20,01	3	50,6	2,06	0,66
Skruvflöde	2,55	1	50,0	2,50	2,06
	10,07	1	49,8	-0,58	0,76
	20,07	1	50,7	0,40	0,26
	20,08	3	50,6	0,43	0,19
VVX	2,51	1	50,1	-0,85	0,48
	10,07	1	49,8	1,17	0,43
	20,08	1	50,9	4,14	0,22
	20,02	3	51,2	3,12	0,31
Raksträcka	2,53	1	50,0	-0,53	0,11
	10,09	1	49,9	-0,03	0,08
	20,06	1	50,6	1,74	0,40
	20,01	3	50,2	1,95	0,13

Tabell 10. Resultat Itron DN40. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	2,52	1	50,1	-0,48	0,38
	10,07	1	49,9	-0,49	0,31
	20,05	1	53,4	0,48	0,21
	20,07	3	53,3	0,43	0,07
50% stängd ventil	2,51	1	49,6	-0,81	0,15
	10,05	1	49,9	-1,19	0,43
	20,03	1	52,6	-24,84	21,93
	20,03	3	55,1	0,81	0,34
90° böj	2,52	1	49,9	-0,13	0,16
	10,04	1	50,0	0,20	0,07
	20,08	1	51,0	1,67	0,61
	20,02	3	51,1	1,95	0,06
Skruvflöde	2,49	1	49,6	0,87	0,35
	10,06	1	49,9	1,08	0,40
	20,00	1	51,1	2,46	0,41
	20,04	3	51,3	2,40	0,20
VVX	2,52	1	49,7	-0,14	0,13
	10,07	1	50,0	-0,31	0,23
	20,09	1	51,1	1,33	0,45
	19,99	3	51,5	1,26	0,38
Raksträcka	2,47	1	49,7	0,30	0,20
	10,07	1	49,9	0,41	0,25
	20,06	1	50,8	1,86	0,15
	20,07	3	50,5	1,91	0,50

Tabell 11. Resultat Kamstrup DN40. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	2,53	1,5	50,1	-1,05	0,25
	10,06	1,5	49,9	-0,56	0,64
	20,07	1,5	50,5	-0,20	0,06
	20,00	3	50,3	-0,15	0,17
50% stängd ventil	2,47	1,5	49,8	-1,22	0,45
	10,09	1,5	50,1	-0,53	0,41
	20,09	1,5	51,5	-66,94	33,95
	20,04	3	53,9	0,21	0,36
90° böj	2,48	1,5	49,5	-1,13	0,50
	10,12	1,5	49,8	-0,73	0,39
	20,08	1,5	50,7	0,14	0,27
	20,06	3	50,5	0,11	0,24
Skruvflöde	2,49	1,5	50,2	-1,57	0,05
	10,06	1,5	49,9	-1,17	0,26
	20,00	1,5	50,6	-0,35	0,35
	20,02	3	50,4	-0,32	0,10
VVX	2,54	1,5	50,0	-1,29	0,19
	10,05	1,5	49,9	-0,74	0,37
	20,01	1,5	50,6	0,30	0,10
	20,01	3	50,5	0,27	0,13
Raksträcka	2,35	1,5	49,7	-1,29	0,79
	10,10	1,5	50,0	-0,10	0,31
	20,04	1,5	50,4	0,28	0,24
	19,99	3	50,1	0,24	0,25

Tabell 12. Resultat Landis+Gyr DN40. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	2,38	1	50,0	-0,86	-
	10,06	1	50,4	-0,93	-
	20,09	1	52,4	-0,96	-
	20,11	3	51,3	-0,61	-
50% stängd ventil	2,43	1	49,6	-0,24	-
	10,07	1	49,9	-0,10	-
	15,03*	1	50,0	-45,39	-
	19,97	3	53,4	0,16	-
90° böj	2,55	1	49,7	-1,10	-
	10,01	1	49,9	-0,62	-
	20,10	1	50,6	-1,13	-
	20,12	3	50,5	-0,70	-
Skruvflöde	2,52	1	50,2	-0,07	-
	10,07	1	49,9	-0,72	-
	20,05	1	51,3	-0,47	-
	20,05	3	50,9	-0,30	-
VVX	2,55	1	50,0	-0,79	-
	9,99	1	49,8	-0,68	-
	20,09	1	50,5	-1,23	-
	20,09	3	52,9	-0,62	-
Raksträcka	2,46	1	49,6	-0,94	-
	9,99	1	49,9	-0,35	-
	20,05	1	51,0	-0,90	-
	20,01	3	50,8	-0,98	-

*Mätningen gjordes vid 15 m³/h eftersom mätaren gav felkod (F0, ”Inget flöde; luft i mätrör/rör, avlufta”) vid flöden högre än ca 16 m³/h. Även vid 15 m³/h var mätvärdet instabilt.

Tabell 13. Resultat Armatec DN80. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	10,11	2,2	56	-3,70	1,10
	40,08	2,2	56	-3,94	0,78
	79,73	2,6	56	-4,04	0,43
50% stängd ventil	10,06	2,1	53	-3,97	0,94
	39,92	2,3	53	-4,19	0,77
	79,89	2,5	53	-4,33	1,25
90° böj	9,91	2,0	56	-6,50	0,03
	39,95	2,2	56	-7,07	0,26
	80,15	2,6	56	-6,53	0,42
Skruvflöde	10,00	2,1	56	-1,14	0,80
	40,15	2,4	56	0,04	0,28
	79,99	2,4	56	0,16	0,37
VVX	10,33	2,2	56	-1,27	0,08
	40,09	2,3	56	-0,20	0,32
	79,57	2,6	56	-0,45	0,21
Raksträcka	10,02	1,9	55	0,24	0,18
	39,76	2,1	55	-0,39	0,07
	79,80	2,3	55	-0,50	0,35

Tabell 14. Resultat Kamstrup DN80. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	10,08	2,1	56	-1,40	0,42
	40,06	2,2	56	-1,07	0,50
	79,98	2,5	56	-2,13	0,50
50% stängd ventil	10,09	2,1	57	0,64	1,71
	42,11	2,1	57	-0,11	1,12
	79,52	2,1	57	-0,26	1,48
90° böj	9,93	2,1	56	2,66	0,26
	39,83	2,2	56	1,86	0,66
	79,75	2,5	56	1,17	0,80
Skruvflöde	9,86	2,2	55	1,62	0,34
	40,30	2,3	55	2,04	0,47
	80,01	2,4	55	1,94	0,41
VVX	10,08	2,1	55	-1,44	0,27
	39,87	2,3	56	-0,69	0,20
	79,68	2,6	56	-1,13	0,30
Raksträcka	10,15	1,9	56	0,11	0,24
	40,54	2,0	55	0,76	0,20
	80,19	2,1	55	0,60	0,59

Tabell 15. Resultat Itron DN80. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	10,09	2,2	54	-4,89	0,10
	39,77	2,2	53	-5,19	0,23
	80,09	2,3	55	-5,92	0,51
50% stängd ventil	9,88	2,1	56	-8,15	0,13
	39,78	2,2	57	-9,86	0,21
	79,15	2,0	57	-10,30	0,63
90° böj	11,04	2,1	56	-1,08	2,11
	39,87	2,4	56	-1,75	0,21
	79,64	2,5	56	-2,69	1,42
Skruvflöde	9,74	2,3	53	-0,93	0,08
	39,87	2,1	53	-0,80	0,06
	79,74	2,3	52	-0,99	0,35
VVX	10,13	2,1	56	-0,84	0,89
	40,33	2,3	56	-0,63	0,47
	79,92	2,5	56	-1,15	1,52
Raksträcka	10,00	2,1	56	0,84	0,18
	40,27	2,2	56	0,18	0,05
	80,20	2,4	56	-0,21	0,45

Tabell 16. Resultat Landis+Gyr DN80. Medelvärden av tre mätningar. VV = variationsvidd.

Störning	Flöde [m³/h]	Tryck [bar]	Temp. [°C]	Felvisning [%]	VV [%]
25% stängd ventil	10,25	2,1	56	1,10	0,76
	39,83	2,1	56	0,93	0,48
	80,03	2,3	56	0,70	0,12
50% stängd ventil	9,96	2,1	55	-0,47	0,14
	40,02	2,1	55	-0,60	0,65
	79,78	2,1	55	-0,49	0,12
90° böj	9,50	2,3	53	-0,59	0,18
	39,98	2,3	53	-0,10	0,27
	79,92	2,4	53	0,24	0,18
Skruvflöde	10,07	2,1	56	3,01	0,11
	40,03	2,2	56	2,78	0,03
	80,06	2,2	56	2,74	0,11
VVX	9,78	2,2	55	0,01	0,18
	39,88	2,1	55	-0,68	0,13
	80,16	2,6	55	-0,60	0,12
Raksträcka	10,25	2,1	55	0,83	0,08
	40,12	2,1	55	1,09	0,07
	80,00	2,2	54	1,03	0,02

RAKSTRÄCKOR FÖR STÖRRE ULTRALJUDSMÄTARE

Ultraljudsmätare är den vanligaste typen av flödesmätare i dagens fjärrvärmeinstallationer. Här har nio mätare av fem olika fabrikat valts ut och testats. Vissa tillverkare anger att inga raksträckor behövs i anslutning till mätaren.

Testerna har genomförts genom att jämföra ultraljudsmätarens uppmätta flöde med en referensmätare med hög mätnoggrannhet. Mätarna har utsatts för fem olika störningar, men också testats utan störning med en raksträcka på 10*DN monterad framför mätaren.

Alla mätare uppfyllde kraven då en raksträcka var monterad framför mätaren, men flertalet hade en felvisning större än ± 2 procent när de utsattes för störningar. Det som gav störst felvisning var när en ventil var stängd till 50 procent, men flera av mätarna visade fel större än 2 procent också vid 90° rörböj, skruvflöde och värmeväxlare i anslutning till flödesmätningen. Möjliga orsaker till felvisningen är kavitation och att störningarna kan generera förändrade hastighetsprofiler vilket leder till felmätning.

Rapporten vänder sig till ett brett spektra av yrkesverksamma personer inom fjärrvärmebranschen, som kundcentralansvariga hos fjärrvärmeleverantörerna men också konsulter och beställare på fastighetssidan.