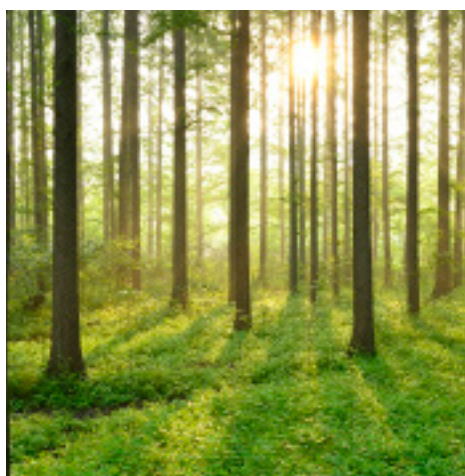


TERMISKA ENERGIMÄTARE MED KORTA INTEGRERINGSTIDER

RAPPORT 2018:530



 FUTUREHEAT

FJÄRRSYN/FUTUREHEAT



Termiska energimätare med korta integreringstider

BJÖRN FOLKESON, DANIEL MÅNSSON, THOMAS FRANZÉN

ISBN 978-91-7673-530-5 | © Energiforsk oktober 2018

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Projektet *Provnings av fast response meters* har undersökt ett antal seriekopplade värmemätare med olika svarstid. Syftet är att få en bättre kunskap om mätarna och hur noggrant de kan mäta samt att ta reda på vilka krav som är lämpliga för framtida termiska energimätare, så kallade Future Thermal Meters –fast response meters. Detta är viktigt i en framtid med en större andel volatil tappvarmvattenanvändning hos många kunder, men också vid introduktion av batteridrivna mätare då drifttid är beroende av mätfrekvensen.

Projektet har letts av Daniel Månsson, RISE tillsammans med Björn Folkeson och Thomas Franzén från Göteborg Energi. En fokusgrupp som bestått av Holger Feurstein (ordförande) Kraftringen; Daniel Nyqvist, Norrenergi; Joakim Holm, Tekniska Verken i Linköping; Cecilia Ibáñez-Sörenson, Vattenfall R&D; Tommy Persson, E.ON Energilösningar AB; Maria Karlsson, Skövde Värmeverk AB; Thomas Franzén, Göteborg Energi; Per Örvind, Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö AB; Stefan Hjärtstam, Borås Energi och Miljö AB; Patric Jönnervik, Jönköping Energi; Mathias Bjurman, Grundledningen HB har följt och kvalitetssäkrat projektet.

Projektet ingår i programmet Futureheat vars långsiktiga mål är att bidra till visionen om ett hållbart uppvärmningssystem med framgångsrika företag som utnyttjar nya tekniska möjligheter och där de samhällsinvesteringar som gjorts i fjärrvärme- och fjärrkyla tas till vara på bästa sätt.

Programmet leds av en styrgrupp bestående av Charlotte Tengborg (ordförande), E.ON Lokala Energilösningar AB, Lars Larsson, AB Borlänge Energi; Magnus Ohlsson, Öresundskraft AB; Fabian Levihn, Stockholm exergi; Niklas Lindmark, Gävle Energi AB; Jonas Cognell, Göteborg Energi AB; Lena Olsson Ingvarsson, Mölndal Energi AB; Anna Hindersson, Vattenfall Värme AB; Anders Moritz, Tekniska verken i Linköping AB; Staffan Stymne, Norrenergi; Holger Feurstein, Kraftringen; Joacim Cederwall, Jönköping Energi AB; Maria Karlsson, Skövde Värmeverk AB; Sven Åke Andersson, Södertörns Fjärrvärme AB; Henrik Näsström, Mälarenergi AB och Fredrik Martinsson (adj.) Energiforsk.

Suppleanter har bestått av Peter Rosenkvist, Gävle Energi; Johan Brossberg, AB Borlänge Energi; Mats Svarc, Mälarenergi AB; Johan Jansson, Södertörns Fjärrvärme AB och AnnBritt Hansson, Tekniska verken i Linköping AB.



Fredrik Martinsson, programansvarig FutureHeat

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Hur ofta en termisk energimätare beräknar energileveransen påverkar mätresultatet vid snabba förlopp. I den provning som utförts mätte den långsammare energimätartypen ca 1 % lägre flöde än de snabbare motsvarigheterna.

Under en provning utförd av RISE i Borås simulerades ett dygns varmvattenanvändning i ett typiskt småhus. Energin för att förse det simulerade hushållet med varmvattnet levererades av en fjärrvärmecentral, och levererad mängd värme mättes med energimätare av tre olika konfigurationer för integreringstid. Integreringstiden beskriver hur ofta mätaren läser av temperaturer och multiplicerar med det flöde som passerat sedan föregående avläsning för att beräkna vilken energimängd som passerat mätaren. De olika mätarna var konfigurerade att integrera en gång per 32, 8 och 2 sekunder. Hypotesen var att en snabbare mätning (med kortare integreringstid) skulle ge en mer rättvisande bild av levererad mängd energi än en långsammare mätning (med längre integreringstid). Utöver de undersökta energimätarna mättes även levererad mängd energi av provningsutrustningens flödes- och temperaturmätare.

Jämförelse mellan mätare med olika integreringstider visar att de mätare med längst integreringstid, 32 sekunder, rapporterade ca 1 % lägre energiförbrukning än de mätare med kortare integreringstid, 8 respektive 2 sekunder. Ingen betydande skillnad kunde utrönas mellan de två snabbaste mätarna. För att verifiera att skillnaden i resultatet mellan mätarkonfigurationerna verkligen kunde härröras till integreringstiden genomfördes en provning vid konstant flöde. Under denna provning noterades ingen betydande skillnad mellan de olika mätarkonfigurationerna, vilket bekräftade resultatet.

Summary

How often a thermal energy meter calculates the amount of delivered energy affects the measurement results during dynamic use of domestic hot water. During the lab measurements performed, the slower energy meter type measured about 1% lower flow than the faster counterparts.

During a test conducted by RISE in Borås, typical domestic hot water use representative of a day in a single-family house was simulated. The energy to provide the simulated household with domestic hot water was delivered by a district heating substation, and the delivered amount of heat was measured with energy meters of three different configurations of integration time. The integration time describes how often the energy meter reads the temperatures and multiplies with the flow that has passed since the previous reading to calculate the amount of energy that has passed the meter. The different meters were configured to integrate every 32, 8 and 2 seconds. The hypothesis was that a faster measurement (with shorter integration time) would provide a more accurate picture of the amount of energy delivered than a slower measurement (with longer integration time). In addition to the energy meters studied, the amount of energy supplied was also measured using the test equipment's flow and temperature meters.

Comparison between meters with different integration times shows that the meter that integrated the most infrequent (every 32 seconds) reported about 1% lower energy consumption than those integrating more often (every 8 and 2 seconds). No significant difference could be observed between the two fastest meters. To verify that the difference in the result between the meter configurations could be attributed to the integration time, a constant flow test was performed. During this test no significant difference was noted between the different meter configurations, confirming the result.

Innehåll

1	Inledning och bakgrund	7
2	Metod och genomförande	9
2.1	Tappcykel för varmvattenförbrukning	9
2.2	Provobjekten	11
2.3	Provningsuppställning	11
2.4	Provningens genomförande	14
3	Resultat	16
4	Diskussion	19
4.1	Val av tappcykel	19
4.2	Val av flödesnivåer	19
4.3	Varmvattenförbrukningens storlek	19
4.4	Avvikelse från provningsutrustningens mätning	20
4.5	Antal energimätare i provningen	20
5	Slutsats och förslag för vidare studier	22
6	Referenser	24

1 Inledning och bakgrund

Fjärrvärme står för över hälften av den energi som går till uppvärmning och varmvattenproduktion i Sveriges hushåll och lokalbyggnader (Energimyndigheten 2017). I varje fjärrvärmecentral sitter en energimätare vars syfte är att mäta den mängd fjärrvärme som levereras till fastigheten. Detta görs genom att mäta det flöde som passerar genom energimätarens flödesmätare samt genom att mäta temperaturen på fjärrvärmens tilllopps- och returledning. En stor variation av energimätare finns på marknaden och på senare tid har fler mätare med kort integreringstid dykt upp som alternativ.

Integreringstiden beskriver hur ofta mätaren läser av temperaturer och multiplicerar med det flöde som passerat sedan föregående avläsning för att beräkna vilken energimängd som passerat mätaren. Fler faktorer påverkar hur snabbt en energimätare kan fånga upp skillnader i energiförbrukning, exempelvis den tidskonstant som beskriver hur snabbt energimätarens temperaturgivare anpassar sig till vätskans temperatur. Medan integrationstiden för en konventionell energimätare kan vara tiotals sekunder är tidskonstanten för energimätarens temperaturgivare oftast betydligt kortare. Integrationstiden är därför av större intresse än övriga parametrar för att avgöra hur noggrant en energimätare kan mäta vid snabba förlopp.

En energimätare med kortare integreringstid kräver mer energi för drift, speciellt om de också avläses ofta. Detta har tills nyligen medfört att endast energimätare med längre integrationstid (runt 30 sekunder) varit praktiskt tillämpbara för batteridrift medan energimätare med korta integreringstider (under 5 sekunder) krävt nätanslutning. Nu finns dock batteriförsedda energimätare med korta integreringstider på marknaden vars batteri enligt tillverkarna ska hålla under hela tidsperioden mätaren är utplacerad. Även om nätanslutna energimätare hittills är vanligare i Sverige jämfört med övriga Europa möjliggör batteridrift en större flexibilitet vid installationen vilket kan minska installationskostnaden.

Även om en snabbare energimätare, det vill säga en energimätare med kortare integreringstid, vid konstant värmelast inte generellt kan sägas vara noggrannare än en energimätare som integrerar mindre ofta finns det skäl att tro att en snabbare mätare är mer effektiv i att fånga upp snabba förlopp och därmed ge en mer rättvisande bild av den verkliga energiförbrukningen. Hur stor påverkan integreringstiden har på den rapporterade energiförbrukningen vid ett verklighetsnära förbrukningsmönster är dock inte utrett.

Provningsen som avhandlas i denna rapport ämnade att undersöka ett antal seriekopplade energimätare med olika integreringstider. I laboratorium genomfördes en provning med en definierad tappcykel som var tänkt att simulera ett tänkt användande av tappvatten i ett hushåll. Förutom att ge ett mått på hur stor inverkan integreringstiden kan ha för den rapporterade energimängden var ett syfte med provningen att bidra med underlag för att fastslå lämpliga krav för framtida termiska energimätare. Ett ytterligare mål var att fastställa om en snabbare mätare ger en bättre bild av effektbehovet hos en konsument, vilket i förlängningen kan ha betydelse för beslut om fjärrvärmesaxor som delvis baseras

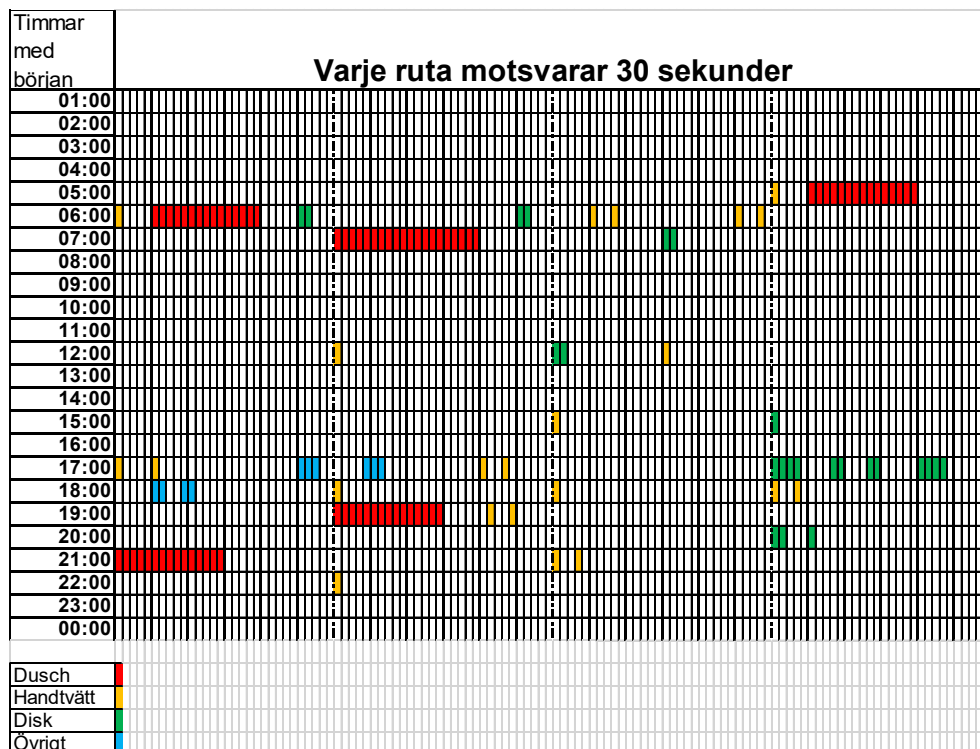
på maximalt effektuttag under en viss period. En mer rättvisande mätning av effektbehovet kan också leda till en bättre styrning av värmeleveransen, vilket på sikt kan leda till effektivare utnyttjande av produktionsanläggningar, minskat användande av topplastanläggningar och därmed minskat slitage på fjärrvärmesystemet. En mer rättvisande energimätning kan således ha fördelar både för energiproducenten och värmekonsumenten samt bidra till att uppnå gällande energi- och klimatmål.

2 Metod och genomförande

2.1 TAPPCYKEL FÖR VARMVATTENFÖRBRUKNING

I syfte att simulera varmvattenförbrukning i ett genomsnittligt småhus användes en tappcykel framtagen av medlemmarna i Energiföretagen Sveriges mätargrupp. Tappcykeln beskrev vilket varmvattenflöde som tappas under hur lång tid. Andra tappcykler identifierades som möjliga alternativ, exempelvis tappcykeln som används för provning av fjärrvärmecentraler enligt Energiföretagen Sveriges tekniska bestämmelser F:103-7 och tappcykeln som används för provning av liknande produkter enligt den brittiska provmetoden UK HIU Test Regime utgiven av BESA (Energiföretagen Sverige 2009, BESA 2016). Dessa tappcykler ansågs dock vara framtagna för att undersöka varmvattenregleringens funktion snarare än i syfte att efterlikna ett verkligt konsumtionsmönster, och eftersom båda dessa tappcykler omfattade en tidsperiod kortare än en timme ansågs ingen av dem lämplig för att efterlikna ett hushålls förbrukning av varmvatten under ett dygn.

Tappcykeln från Energiföretagen Sveriges mätargrupp togs fram för att representera en normal familj i ett normalstort hus under en genomsnittlig dag, dock utan avvikande mönster för helgdagar och veckodagar. Tappcykeln representerade en förenklad bild av verkligheten i avseendet att tappningarna skedde en åt gången och inte samtidigt. Tappcykeln var 24 timmar lång och innehöll tappningar som var som minst 30 sekunder och som mest 10 minuter långa. Ingen analys gjordes angående relevansen av tappningarnas längd. Se Figur 1.



Figur 1. Tappcykeln som användes under provningen.

Tappningarna var indelade i fyra kategorier: "Dusch", "Handtvätt", "Disk" och "Övrigt". För att bestämma till vilken nivå dessa nivåer skulle sättas för att vara representativa för dessa fyra användningsområden togs data över normflöden från gällande konsoliderad version av Boverkets byggregler (Boverket 2018). Ett antagande gjordes för flödet "Övrigt" som sattes till 50 % av normflödet vid tvättställ, vilket antogs representera avsköljning av ett köksföremål eller liknande. Se Tabell 1.

Tabell 1. Normflöden från BBR (Boverket 2018) samt beskrivning av vilka flöden i tappcykeln som associerades med respektive normflöde.

Tappställe (Boverket 2018)	Normflöde, l/s	Användningskategori i tappcykel
Badkar	0,3 l/s	-
Övriga tappställen	0,2 l/s	"Dusch", "Disk"
Tvättställ och bidé	0,1 l/s	"Handtvätt"
-	0,05 l/s	"Övrigt"

Varmvattnet antogs hålla 55 °C, i mitten av spannet 50 – 60 °C inom vilket en fjärrvärmecentrals varmvattentemperatur bör stabiliseras inom för att bli godkända vid provning under varierande varmvattenlast enligt Energiföretagen Sveriges tekniska bestämmelser F:103-7 (Energiföretagen Sverige 2009).

Normflödet ansågs beskriva det största flöde som kan råda vid ett genomsnittligt tappställe för det aktuella användningsområdet. Det ansågs dock inte rimligt att anta att varmvatten används vid 55 °C i den mängd som normflödet anger. Antagandet gjordes att användaren fortfarande använder varmvatten i en mängd som motsvarar normflödet, men vid en temperatur av 40 °C vilket innebär att varmt och kallt vatten blandas i araturen vid tappstället för att uppnå normflöde vid 40 °C. Under provningen representerades detta i form av att varmvatten fortfarande producerades vid 55 grader men respektive flöde korrigerades till att motsvara den mängd som krävs för att producera varmvatten vid 40 °C och beräknades enligt nedan, där temperaturen på inkommande kallvatten sattes till 10 °C:

$$\text{Andel varmvatten} = \frac{\text{Temperatur vid tappstället} - \text{Temperatur kallvatten}}{\text{Temperatur varmvatten} - \text{Temperatur kallvatten}}$$

Se Tabell 2 för de varmvattenflöden som användes för varje användningskategori.

Tabell 2. Varmvattenflöde som krävs för att producera vatten vid 40° C enligt normflöde.

Användningskategori	Normflöde, l/s	Motsvarande flöde 55-gradigt varmvatten för att producera 40-gradigt varmvatten vid tappstället enligt normflöde, l/s
Disk	0,2 l/s	0,133 l/s
Dusch	0,1 l/s	0,067 l/s
Handtvätt	0,2 l/s	0,133 l/s
Övrigt	0,05 l/s	0,033 l/s

Med korrigerade varmvattenflöden enligt Tabell 2 i tappcykeln erhöles en varmvattenförbrukning av 466 liter 55-gradigt varmvatten för det dygn tappcykeln omfattade.

2.2 PROVOBJEKTEN

Nio flödesmätare med tillhörande temperatursensorer och integreringsverk utgjorde uppdragets provobjekt. Flödesmätarna var alla av ultraljudstyp av fabrikat Kamstrup MULTICAL 603 med ULTRAFLOW 54. Mätarna var av nominellt flöde Q_p 0,42 l/s och hade gängad anslutning G3/4B. Flödesmätarnas bygglängd var 110 mm. Temperatursensorerna var av typ Pt500. De nio mätarna hade tre olika konfigurationer av integreringstid. Tre mätare vardera hade konfigurationen "Normal", "Fast" respektive "Mains". Dessa hade integreringstider på 32, 8 respektive 2 sekunder där "Mains" mätte oftast och "Normal" mest sällan. Se Tabell 3.

Tabell 3. Konfiguration och integreringstid för provobjekten.

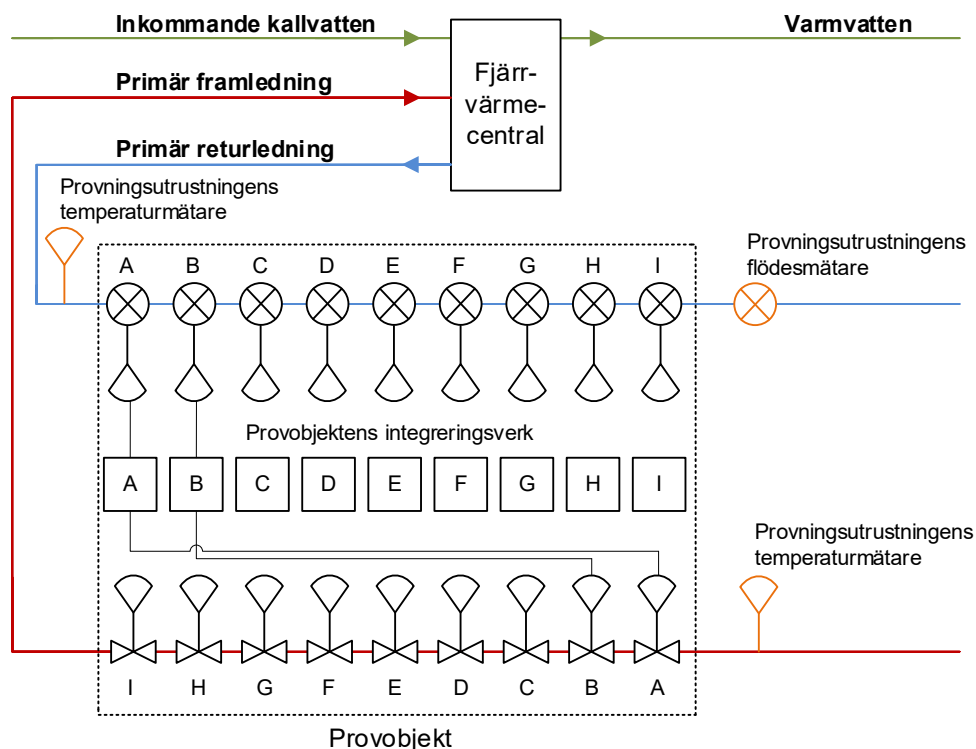
Flödesmätarens beteckning	Konfiguration	Integreringstid
A, D, G	Normal	32 sekunder
B, E, H	Fast	8 sekunder
C, F, I	Mains	2 sekunder

2.3 PROVNINGSUPPSTÄLLNING

Provningsen genomfördes i laboratorium på RISE i Borås vid enheten för Energi och cirkulär ekonomi i april-maj 2018. Provningsutrustningen FV4 användes, vilken är ansluten både till fjärrvärmenätet och till en elpanna. Fjärrvärme användes för att förvärma vattnet i provningsutrustningens primärkrets och elpannan användes för att hålla temperaturen stabil under provningen.

En fjärrvärmecentral monterades till provningsutrustningen. I denna värmeväxlades inkommande kallvatten mot primärkretsen för att producera varmvatten av 55 °C. Temperaturen av inkommande kallvatten hölls till 10 °C och 4 bar. Primärkretsen var 80 °C vid långvarig tappning och höll statiskt tryck av 5 bar. Differenstrycket över primärkretsen hölls till 1 bar.

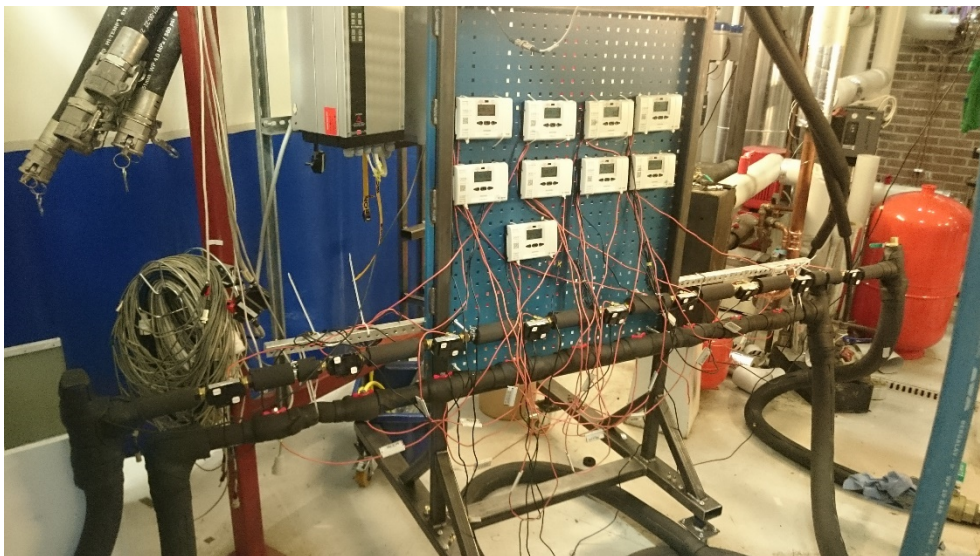
I returledningen för provningsutrustningens primärkrets, efter fjärrvärmecentralen i flödesriktningen, kopplades energimätarna i serie så att alla mätare utsattes för samma flödesförändringar. Tillverkarens rekommendationer uppfylldes angående att ha att raksträcka motsvarande 10 gånger DN-storlek före varje mätare. Sensorerna för primär returtemperatur var integrerade i flödesmätarna och mättes alltså på samma ställe som flödet. I tillloppsledningen för provningsutrustningens primärkrets installerades energimätarnas framledningstemperatursensorer i serie, monterade i kopplingar levererade av Kamstrup. Avståndet mellan temperatursensorerna för primär framledning var lika stort som de för den primära returtemperaturen, vilket innebar att samma vattenvolym fanns mellan varje mätares primära fram- och returtemperaturgivare. Vidare installerades flödesmätarna i ordning så att en mätare med konfiguration "Normal" med integreringstid 32 sekunder följdes av en med konfiguration "Fast" med integreringstid 8 sekunder och därefter "Mains" med integreringstid 2 sekunder, för att sedan börja om vid "Normal". Se För skiss över provningsuppställningen, se Figur 2.



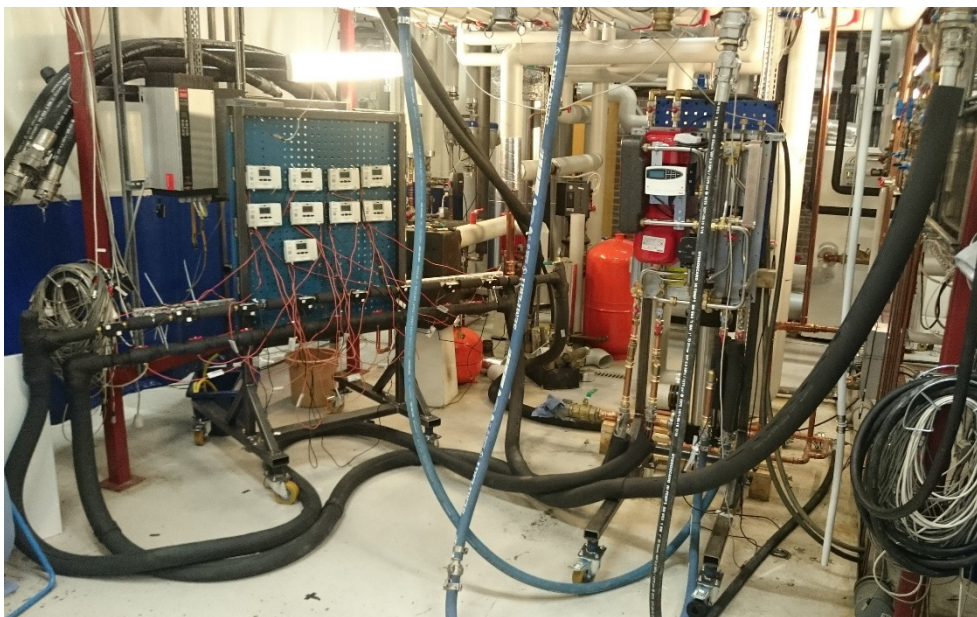
Figur 2. Principskiss över provningsuppställningen. För tydlighet är kopplingen mellan temperaturmätare, flödesmätare och integreringsverk endast utritad för två av de nio provningsobjekten.

Provningsutrustningen inkluderade parallellkopplade styrventiler för varmvatten vars öppning eller stängning kontrollerades av magnetventiler. Med hjälp av styrventilerna ställdes respektive tappflöde i tappcykeln in, och magnetventilernas öppning och stängning programmerades för att motsvara tappcykelns sekvens. Efter magnetventilerna manövrerats registrerade flödesmätarna minst 90 % av det maximala flödet för den aktuella flödesnivån inom 2 sekunder. Tidskonstanten för provningsutrustningens temperaturmätning var $\leq 1,5$ s och motsvarade 63% av slutvärdet för en momentan temperaturändring från 10 till 90 °C. Temperaturen på varmvatten respektive inkommande kallvatten mättes nära fjärrvärmecentralens utgående respektive ingående varm- och kallvattenanslutning. Varmvattenflödet mättes av provningsutrustningens flödesmätare.

Primärkretsens framlednings- och returtemperatur mättes även av provningsutrustningens temperaturgivare av typ Pt100 som monterades strax innan provobjektens temperaturgivare i primärkretsens flödesriktning. Provningsutrustningens flödesgivare för primärkretsens installerades efter provobjekten. Temperaturmätarna samt alla ledningar mellan temperaturmätare och flödesmätare isolerades så långt det var praktiskt möjligt. Provningsutrustningens flödes- och temperaturgivare mätte med samplingshastighet 1 s och data från dessa givare användes för att beräkna energimängd. Provningsutrustningens flödesmätare var kalibrerade för de flöden som användes under provningen.



Figur 3. Provningsuppställningen av flödesmätare.



Figur 4. Översikt av provningsuppställningen inklusive fjärrvärmecentralen (till höger om bildens mitt).

2.4 PROVNINGENS GENOMFÖRANDE

Under konstant tappvattenflöde av 0,133 l/s ställdes provningsutrustningen och fjärrvärmecentralen in tills temperaturerna var stabila och låg inom $\pm 0,5$ °C från inställningsvärdena som summeras i Tabell 2.

Tabell 4. Inställningsparametrar under provning.

Inställningsparameter	Värde
Primär framledningstemperatur	80 °C
Varmvattentemperatur	55 °C
Kallvattentemperatur	10 °C
Statiskt tryck primärkrets	5 bar
Differenstryck primärkrets	1 bar
Kallvattentryck	4 bar
Varmvattenflöde dusch	0,133 l/s
Varmvattenflöde handtvätt	0,067 l/s
Varmvattenflöde disk	0,133 l/s
Varmvattenflöde övrigt	0,033 l/s

När stabilt förhållande uppnåtts startades provningen där den förprogrammerade tappcykeln styrde varmvattenuttaget under 24 timmar. Efter injustering avlästes provobjektens displayer för energimängd. Därefter startades tappcykeln. Efter tappcykeln avlästes provobjektens displayer igen och energimängden beräknades genom att beräkna differensen mellan avläsningarna. Denna jämfördes mot provningsutrustningens mätning av energimängd.

I syfte att undersöka om provobjektens mätning skiljde sig åt mot provningsutrustningens mätning även under en konstant tappning genomfördes

även en provning vid ett konstant flöde av 0,133 l/s i ca 90 minuter. Injustering, avläsning och beräkning av energimängd skedde på samma sätt under denna provning som för provningen med tappcykel.

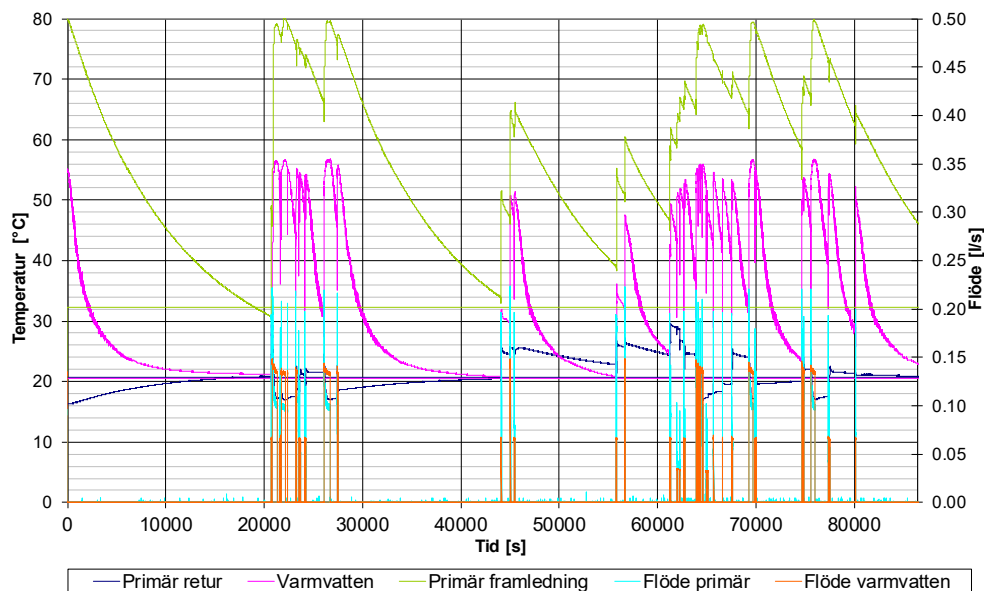
3 Resultat

Provningsen med tappcykeln utfördes den 9 april 2018. Den teoretiska mängd varmvatten som erhöles med tappcykeln är 0,47 m³ men under provningen mättes mängden varmvatten till 0,49 m³, alltså något högre. Skillnaden antogs bero på mindre avvikelser från börvärdet vid injusteringen av tappflödena och bedömdes inte påverka slutresultatet nämnvärt.

Varmvattentemperaturen nådde upp till inställningsvärdet vid de längre tappningarna, men under de perioder då bara kortare tappningar utfördes hann temperaturen inte öka till 55 °C. Motsvarande gällde för den primära framledningstemperaturen som nådde upp till inställningsvärdet 80 °C endast vid de längre tappningarna. Detta berodde på att den rörsträcka som anslöt fjärrvärmecentralen med provningsutrustningens värmekälla kylde av mellan tappningarna. När tappningarna startade nåddes därför fjärrvärmecentralen av en viss mängd vatten av lägre temperatur. Det är sannolikt att en liknande situation kan uppstå i en verklig installation då fjärrvärmecentralens servisledning oftast varmhålls till en temperatur ett antal grader under fjärrvärmenätets rådande framledningstemperatur i syfte att begränsa energiförbrukningen och fjärrvärmens returtemperatur.

Den primära returtemperaturen varierade mellan 16 och 30 °C under provningen.

För en översikt av de flöden och temperaturer som uppmätts med provningsutrustningens utrustning se Figur 5.



Figur 5. Översikt av registrerade temperaturer och flöden under tappcykeln mätt med provningsutrustningens utrustning.

Efter provningen jämfördes den energimängd som mättes av provningsutrustningen med den som mättes av provobjekten för att se om några

skillnader kunde identifieras mellan mätartyperna. Resultatet redovisas i Tabell 5 där "Referens" betecknar provningsutrustningens energimätning.

Tabell 5. Resultat från provning med tappcykel.

Mätare	Mätt energi [kWh]	Differens från referens [kWh]	Differens från referens [%]	Medel per mätartyp [%]
A (32 s)	25,4	-0,7	-2,8%	-3,1%
D (32 s)	25,2	-0,9	-3,6%	
G (32 s)	25,4	-0,7	-2,8%	
B (8 s)	25,5	-0,6	-2,4%	-2,0%
E (8 s)	25,5	-0,6	-2,4%	
H (8 s)	25,8	-0,3	-1,3%	
C (2 s)	25,5	-0,6	-2,4%	-2,2%
F (2 s)	25,5	-0,6	-2,4%	
I (2 s)	25,7	-0,4	-1,6%	
Referens	26,1	-	-	-

Ur Tabell 5 utläses att alla tre mätartyper mäter lägre än provningsutrustningens energimätning. Mätarna av konfiguration för 32 sekunders integreringstid utmärker sig eftersom de i snitt mäter 3,1 % lägre än provningsutrustningens energimätning, medan mätarna av konfiguration för 8 och 2 sekunders integreringstid mäter i snitt 2,0 resp. 2,2 % lägre än provningsutrustningens energimätning.

I syfte att ta reda på om skillnaderna mellan mätartyperna bara var märkbar under dynamiska förlopp och inte under konstant tappning genomfördes en provning vid konstant tappning. Resultatet av denna provning redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Resultat från provning vid konstant tappflöde.

Mätare	Mätt energi [kWh]	Differens från referens [kWh]	Differens från referens [%]	Medel per mätartyp [%]
A (32 s)	36,3	-0,8	-2,0%	-2,0%
D (32 s)	36,3	-0,8	-2,0%	
G (32 s)	36,3	-0,8	-2,0%	
B (8 s)	36,3	-0,8	-2,0%	-1,9%
E (8 s)	36,3	-0,8	-2,0%	
H (8 s)	36,4	-0,7	-1,8%	
C (2 s)	36,3	-0,8	-2,0%	-2,1%
F (2 s)	36,2	-0,9	-2,3%	
I (2 s)	36,3	-0,8	-2,0%	
Referens	37,1	-	-	-

Ur Tabell 6 utläses att ingen betydande skillnad uppmättes mellan mätartyperna vid provning under en konstant tappning. Skillnaden mellan mätartyperna var mindre än 0,2 % och i snitt visade energimätarna ca 2 % lägre energimängd än provningsutrustningens energimätning.

För att verifiera att skillnaden mellan energimätarna och provningsutrustningens energimätning inte berodde på felmätning utfördes en ytterligare provning. Under denna tappades ett konstant flöde kallvatten. En andra flödesmätare, provningsutrustningens flödesmätare för varmvatten, kopplades i serie med provningsutrustningens primärflödesmätare och energimätarna. Jämfört med provningsutrustningens primärflödesmätare visade energimätarna mellan 1,5 och 1,8 % lägre flöde, i snitt 1,6 %. Jämfört med provningsutrustningens flödesmätare för varmvatten visade energimätarna mellan 1,7 och 2,0 % lägre flöde, i snitt 1,8 %. Eftersom provningsutrustningens båda flödesmätare visade liknande resultat ansågs det sannolikt att energimätarna i medel mätte ca 2 % lägre flöde än det verkliga.

4 Diskussion

4.1 VAL AV TAPPCYKEL

Den tappcykel som användes i projektet var framtagen av medlemmarna i Energiföretagen Sveriges mätargrupp med syfte att representera ett normalt förbrukningsmönster under ett dygn. Det fanns även andra valmöjligheter, däribland den tappcykel som beskrivs i Energiföretagen Sveriges tekniska bestämmelser F:103-7 (Energiföretagen Sverige 2009) som används vid provning av fjärrvärmecentraler. Tappcykeln som beskrivs i F:103-7 är dock framtagen i syfte att prova fjärrvärmecentralens reglerförmåga vid varierande varmvattenflöde snarare än att efterlikna ett genomsnittligt konsumtionsmönster, varför tappcykeln framtagen av Energiföretagen Sveriges mätargrupp ansågs mest lämplig.

4.2 VAL AV FLÖDESNIVÅER

Valet av flödesnivåer baserades på Boverkets byggregler, BBR (Boverket 2018). De två högsta flödesnivåerna, 0,1 och 0,2 l/s, överensstämde dessutom med de flödesnivåer som föreskrevs vid dynamisk provning av varmvattenfunktionen i F:103:7 (Energiföretagen Sverige 2009). Detta innebar att de flödesnivåer som valts hade förankring i gängse normer, med undantag för den lägsta flödesnivån, användningskategori "Övrigt", som sattes till 0,05 l/s utan annan hänvisning än att detta motsvarade hälften av det lägsta normflöde som föreskrivs i BBR (Boverket 2018). Här kunde det lägsta flöde som används i de tekniska bestämmelserna F:103-7 vid kontroll av regleregenskaper vid lågt varmvattenflöde, 0,02 l/s, i stället använts (Energiföretagen Sverige 2009). Eftersom det inte var klarlagt varför den låga flödesnivån i F:103-7 var satt till just 0,02 l/s ansågs det dock mer befogat att i stället använda 0,05 l/s, halva det lägsta normflöde som föreskrivs i BBR, för att undvika att ta data från flera källor.

4.3 VARMVATTENFÖRBRUKNINGENS STORLEK

Förbrukningen av varmvatten enligt tappcykeln var 466 liter per dygn vilket motsvarar 170 m³/år. För att få en uppfattning om denna förbrukning var i linje med vad som kan anses vara rimligt jämfördes förbrukningen med schablon. Svebys schablon för varmvattenanvändning i rapporten *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder* är 20 kWh/m² A_{temp}*år och enligt samma källa kräver varmvattenproduktion enligt schablon 55 kWh/m³ varmvatten (Sveby 2009). I SCB:s Energistatistik för småhus 2006 anges att ett genomsnittligt småhus har en uppvärmd area av i genomsnitt 125 m² (SCB 2009). Detta ger att varmvattenförbrukningen enligt schablon är 45 m³/år. I jämförelse är alltså tappcykelns varmvattenförbrukning 3,7 gånger högre än schablon. Det ska dock påpekas att Svebys schablon inte tar antal personer i hushållet i åtanke i annan bemärkelse än att ett större hus normalt sett bebos av fler personer. En annan faktor är att tappcykeln representerar ett dygn med verksamhet i huset och inte tar höjd för skillnader i användningsmönster mellan exempelvis vardagar, helger eller semester utan antas vara konstant varje dag över året. Varmvattenförbrukningen

som tappcykeln representerar ansågs därför tillräckligt representativ för en typisk dag i huset där alla boende är hemma och aktivitet pågår.

Varmvattenförbrukningens storlek ansågs vara av mindre betydelse eftersom provningens syfte var att identifiera skillnader mellan olika typer av energimätare under den typ av dynamiska förlopp som karaktäriserar tappningar av varmvatten i småhus. Troligtvis uppkommer diskrepansen mellan de olika mätartyperna vid mätning av korta förlopp, det vill säga i början och slutet av varje tappning, vilket innebär att en tappcykel med större antal tappningar i högre grad synliggör integreringstidens betydelse för mätningen. Tappningarnas längd, vilket påverkar den totala varmvattenförbrukningen, ansågs därför vara av mindre betydelse än antalet tappningar.

Om man antar att tappcykeln modifierats för att återspegla en förbrukning helt i linje med schablonen kunde detta gjorts på tre sätt: minska antal tappningar, tappningarnas längd eller tappningarnas flödesnivåer. Att minska flödet skulle lett till orimligt små flöden som inte skulle varit representativa för normal användning. Att minska tappningarnas längd eller antal skulle varit mer relevant eftersom det kan antas att mätningens noggrannhet över dygnet är en funktion av hur många tappningar som görs och hur långa dessa är. Detta förhållande omfattades dock inte av den innevarande studien.

4.4 AVVIKELSE FRÅN PROVNINGSUSTRUSTNINGENS MÄTNING

Under provningen vid tappcykeln mätte energimätarna mellan 1,3 och 3,6 % och i snitt 2,4 % lägre energimängd än provningsutrustningens mätutrustning. Under provningen vid konstant tappflöde mätte energimätarna mellan 1,8 och 2,3 % lägre energimängd än provningsutrustningens mätutrustning. Med stöd av provningen där provningsutrustningens båda flödesmätare kopplades i serie med energimätarna kunde det konstateras att skillnaden i energimängd berodde på skillnader i flödesmätningen, där energimätarna mätte ca 2 % lägre flöde än provningsutrustningens flödesmätare även vid konstant flöde.

Syftet med provningarna var dock inte att utreda hur exakt provobjekten mäter energimängd vid konstant flöde i förhållande till provningsutrustningens mätning. Syftet var i stället att undersöka om mätarnas integreringstid hade inverkan på energimätningen under dynamiska förlopp, och i detta syfte var det av mindre vikt hur exakta mätarna var i förhållande till provningsutrustningen.

4.5 ANTAL ENERGIMÄTARE I PROVNINGEN

Även om flera energimätare av varje konfiguration användes under provningen kan det inte uteslutas att någon eller några av flödesmätarna visade felaktiga värden på grund av exempelvis skador under transport, skador under installation eller av andra orsaker. Även om energimätarna inte visade tecken på några skador vare sig vid leverans eller efter installation hade ett större antal energimätare givit ett bättre underlag, men på grund av praktiska skäl fick antalet begränsas till tre av varje konfiguration. Även om energimätaren som visade störst skillnad mot provningsutrustningen (energimätare D, 32 s) skulle uteslutas ur dataunderlaget tillsammans med de två energimätarna som visade minst skillnad mot

provningsutrustningen (energimätare H och I, 8 resp. 2 s) skulle resultatet blivit att den långsammaste mätartypen i medeltal mätte 0,4 % lägre flöde än de två snabbare konfigurationerna. Slutsatsen att en snabbare energimätare mäter bättre än en långsammare vid dynamiska förlopp står därmed fast, även om det inte går att med säkerhet säga att skillnaden skulle varit av samma omfattning om ett större antal energimätare provats.

5 Slutsats och förslag för vidare studier

Eftersom ingen betydande skillnad mellan mätartyperna kunde fastställas under konstant tappning i jämförelse med provningsutrustningens energimätning kunde den skillnad som uppmättes mellan mätartyperna under tappcykeln härröras till mätarnas olika integreringstider. Mätarnas integreringstid påverkade alltså mätresultatet vid dynamiska förlopp men inte under konstanta förhållanden.

Energimätarna med konfiguration för 32 sekunders integreringstid visade under provningen med tappcykel 1,0 % lägre än mätarna med konfiguration för 8 sekunders integreringstid och 0,9 % lägre än mätarna med konfiguration för 2 sekunders integreringstid. Eftersom ingen betydande skillnad kunde konstateras mellan dessa mätarkonfigurationer under provningen med konstant tappning gick det att anta att mätarna av konfiguration för 32 sekunders integreringstid mätte sämre under dynamiska förlopp. Eftersom ingen betydande skillnad kunde konstateras mellan de två snabbaste konfigurationerna kunde det antas att 2 gentemot 8 sekunders integreringstid inte innebar någon förbättrad mätning som hade praktisk betydelse i den typ av tillämpning som denna provning undersökte. Däremot var skillnaden mellan 32 och 8 sekunders integreringstid betydande.

Även om en snabbare energimätare är bättre på att mäta dynamiska förlopp vid varmvattenanvändning bör energimängden som inte mäts av en långsammare energimätare ställas i proportion till den totala energileveransen till hushållet. Provningens syfte var att undersöka skillnader i energimätning i de fall då endast varmvatten används, men i de flesta installationer försörjer fjärrvärmecentralen hushållet även med värme. Eftersom energimängden till hushållets värmesystem levereras under betydligt långsammare förlopp än för varmvattenförsörjningen är det sannolikt att mätarens integreringstid inte har någon större påverkan på mätningen av energi för rumsuppvärmning. Det är alltså inte troligt att den skillnad av 1 % som konstaterades under provningen mellan en snabb och en långsam energimätare kan återspeglas i den totala fjärrvärmeförbrukningen i en verklig installation på årsbasis. Däremot ökar skillnaden mellan en snabb och en långsam energimätare i betydelse ju fler varmvattentappningar som utförs, och i fastigheter med lågt värmebehov eller utanför uppvärmningssäsongen blir skillnaden mellan en snabb och en långsam energimätare tydligare. Detta bekräftas i Energiföretagen Sveriges tekniska branschkrav och råd om mätarhantering, där energimätare med under 5 sekunders integreringstid rekommenderas i de fall energimängden till varmvattnet inte mäts separat (Energiföretagen Sverige 2008). Kunskapen är däremot låg angående omfattningen av integreringstidens betydelse för energimätningen i de fall samtidig värme- och varmvattenanvändning råder. Denna fråga lämnas som för vidare studier.

Mot bakgrund av provningens resultat kan det antas att en flödesmätare med kortare integreringstid är bättre lämpad för mätning av momentan effekt. En snabbare mätare kan anses ge bättre underlag för debitering baserad på effekt, och om snabb mätning installeras hos större del av värmekunderna kan det föreligga skäl att sänka effektkostnaden om taxan i mindre utsträckning behöver ta höjd för felmätning under snabba förlopp.

Även de två energimätare med snabbast integreringstid mätte ca 2 % lägre energimängd än provningsutrustningen under tappcykeln, och samtliga energimätare visade ca 2 % lägre flöde än provningsutrustningens flödesmätning även vid konstant flöde. Om motsvarande skillnad skulle vara gällande även i en verklig installation skulle det innebära att en del av den värme som levereras till konsument inte mäts av energimätaren. Det kan inte uteslutas att energimätarna skulle visa lägre även i en verklig installation, men i en verklig installation kan flera faktorer påverka mätningen. Rekommendationen är därför att rådgöra med leverantören av energimätaren för att skapa bästa möjliga förutsättningar för att mäta korrekt i varje tillämpning.

Även om det är svårt att dra slutsatser om hur stor del av verklighetens värmeleveranser som sker under dynamiska förlopp går det att konstatera att även en liten skillnad i mätning under dessa förlopp kan resultera i att en betydande energimängd inte mäts under energimätarens livslängd, även om detta endast kan antas gälla för den del av energileveransen som är relaterad till varmvattenproduktion. Hur stor integreringstidens inverkan har på energimätningen hos en verklig fjärrvärmekonsument och under en längre tid är en fråga som lämnas för vidare studier.

6 Referenser

BESA 2009. UK HIU Test Regime – Technical Specification Rev-007. The Building Engineering Services Association.

Boverket 2018. Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, konsoliderad version BBR BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2018:4.

Energiföretagen Sverige 2008. Värmemätare - Tekniska branschkrav och råd om mätarhantering. Tekniska bestämmelser F:104.

Energiföretagen Sverige 2009. F:103-7 Certifiering av fjärrvärmecentraler.

Energimyndigheten 2017. Energiläget 2017. Statens energimyndighet.

SCB 2009. Energistatistik för småhus 2006. Statens energimyndighet och SCB.

Sveby 2009. Brukarindata för energiberäkningar i bostäder. Svebyprogrammet, projektrapport 2009-04-14

TERMISKA ENERGIMÄTARE MED KORTA INTEGRERINGSTIDER

Här visar forskningen att en snabbare energimätning ger en bättre bild av effektbehovet. Det gör det möjligt att styra värmeleveransen bättre och att minska användningen av anläggningar för topplast vilket bidrar till att uppnå gällande miljö- och klimatmål.

I varje fjärrvärmecentral sitter en energimätare som mäter den mängd fjärrvärme som levereras till fastigheten. En stor variation av energimätare finns på marknaden och på senare tid har fler mätare med kort integreringstid dykt upp som alternativ.

Resultaten visar att en "snabb" energimätare med kort integreringstid mäter mer korrekt än en "långsam" motsvarighet under snabba förlopp. Det innebär att en snabbare mätare ger bättre förutsättningar för en korrekt energimätning, vilket skapar bättre underlag för en rättvis fjärrvärmes taxa baserad på effekt.

Förutom att i förlängningen sänka kostnaderna för värmekunden kan alltså en snabbare energimätning ge en bättre bild av effektbehovet, vilket gör det möjligt att styra värmeleveransen bättre och att minska användningen av topplastanläggningar.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk