



GODKENDELSE AF TILSKUDSBERETTIGEDE ANLÆG, MÅLING, DATAINDSAMLING OG FORMIDLING

August 2011

Svend V. Pedersen, Teknologisk Institut

Emil Jacobsen, Teknologisk Institut

Indholdsfortegnelse

Forord	3
Konklusion.....	4
Definitioner.....	6
Evaluering af måledata	6
Systemgrænser og beregning af SPF.....	6
Varmepumpeeffektivitet set i forhold til varierende kriterier.....	8
Årseffektivitet	9
Datagrundlaget	9
Varmeoptagersystemer og varmeafgiversystemer	10
Validering af normeffektivitet	14
Fremløbstemperaturer.....	20
Jordslangetemperaturer.....	22
Referencer:.....	23

Forord

Nærværende rapport beskriver de målinger, der er gennemført, og de resultater, der er fremkommet i forbindelse med det måleprogram på varmepumper, som er gennemført som en evaluering af den udviklede og anvendte beregningsmodel til bestemmelse af normeffektivitet for varmepumper. Gennemførelsen af projektet er sket i et konsortium bestående af Teknologisk Institut (projektleder), Viegand og Maagøe samt Europakonsulenterne. Projektet har den officielle titel ”Godkendelse af tilskudsberettigede anlæg, måling, dataindsamling og formidling” og er gennemført i perioden 1. april 2009 til 31. september 2011.

Rapporten indeholder desuden resultaterne af de ekstra målinger, som undervejs er igangsat for yderligere at dokumentere konklusionerne, bl.a. er der undervejs gennemgået en række installationer, som der enten ikke var kontakt til via internettet, eller som viste urealistiske virkningsgrader (f.eks. en COP < 1). Der blev også monteret ekstra følere på en række installationer til underbyggelse af modellens forudsætninger omkring temperatursæt på kold og varm side.

Oprindeligt var der lagt op til, at i alt 300 varmepumper skulle indgå i måleprogrammet, men af flere årsager (f.eks. andre tilskudsordninger o.l.) lykkedes det kun at få i alt 170 varmepumper med i måleprogrammet. Det vurderes, at der overordnet set er tale om et fornuftigt statistisk grundlag, hvorpå konklusioner kan drages. Det skal dog nævnes, at der kun er tale om relativt få (i alt 12) luft/vand-varmepumper, og kun en enkelt af disse er tilsluttet gulvvarmeanlæg, hvilket naturligt gør, at evalueringen af modellen for luft/vand-varmepumpen er noget mere usikker.

Alle varmepumperne, der indgår i måleprogrammet, var ved måleprogrammets start på Energistyrelsens liste over energimærkede varmepumper, og dermed er de listet og rangeret ift. normeffekt. Varmepumperne, der blev analyserede i måleprogrammet, er alle nyinstallerede varmepumper fra 2009 til 2011.

Konklusion

Resultaterne af de gennemførte målinger viser en afvigelse mellem måleværdier og beregnede værdier, som vurderes at ligge inde for en acceptabel størrelse (mellem 0 og 15 % afhængig af anlægstype og afgiversystem). Det vurderes ligeledes, at der er en række ganske naturlige forklaringer på de registrerede afvigelser (forsøgt forklaret i det følgende), som leder frem til en samlet konklusion:

På baggrund af de gennemførte målinger vurderes det, at den udviklede og anvendte beregningsmetode til bestemmelse af normeffektivitet for luft/vand og væske/vand-varmepumper er korrekt, og at der på denne baggrund ikke bør foretages justeringer af modellen.

I det følgende belyses de vigtigste hovedelementer for baggrunden for denne konklusion.

Den i måleprogrammet målte årsvirkningsgrad (SPF – Seasonal Performance Factor) for varmepumperne varierer en del. På nogle anlæg er der målt en væsentligt højere SPF end den oplyste Normeffektivitet, og i nogle tilfælde er den målte SPF lavere end den oplyste. For væske/vand-varmepumper er der for blandede anlæg en god overensstemmelse mellem den målte SPF og den oplyste Normeffektivitet for radiatorsystemer.

	V/V Radiator Norm	V/V Radiator Målt SPF	V/V Rad/Gulv Norm	V/V Rad/Gulv Målt SPF	V/V Gulv Norm	V/V Gulv Målt SPF
Højeste værdi	3,33	3,8	3,34	5,5	4,25	5,5
Laveste værdi	2,74	2,15	2,61	1,63	3,6	1,96
Gennemsnitsværdi	3,06	2,72	3,03	3,04	3,8	3,27
Afvigelse fra Norm-værdi til målt SPF-værdi	-11,1		0,3		-13,9	

Tabel 1: Sammenligning af Normeffektivitet med målt SPF for væske/vand-varmepumper. Samt spredning.

	L/V Radiator Norm	L/V Radiator Målt SPF	L/V Rad/Gulv Norm	L/V Rad/Gulv Målt SPF	L/V Gulv Norm	L/V Gulv Målt SPF
Højeste værdi	2,63	2,2	2,73	3,13		
Laveste værdi	2,33	2,04	2,23	1,61		
Gennemsnitsværdi	2,47	2,14	2,56	2,34	3,3	2,87
Afvigelse fra Norm-værdi til målt SPF-værdi	-13,4		-8,6		-13,0	

Tabel 2: Sammenligning af Normeffektivitet med målt SPF for luft/vand-varmepumper. Samt spredning.

Datagrundlaget i analysen strækker sig over en måleperiode fra april 2010 til august 2011 altså i alt 16 måneder. Anlæggene er tilsluttet løbende i måleperioden, og der er blevet foretaget en del fejlrretninger i perioden fra oktober 2010 til januar 2011.

De afvigelser, som er listet op nedenfor, er alle faktorer, der er svære at værdisætte i forhold til, hvor stor indflydelse de har på det samlede resultat. Det vurderes dog, at de fleste trækker i den samme retning, forstået således at de for hovedpartens vedkommende gør varmepumpen ”ringere”, end den burde være jf. beregningsmodellen. Undtaget er dog ”fremløbstemperaturen” for radiatorer, som er lavere end i beregningsmodellen. Samlet vurderes det, at de nævnte faktorer sagtens kan medføre en afvigelse på 15 % eller mere – altså at faktorerne kan rumme hele den målte afvigelse.

- **Første års måling:** Måling af en varmepumpes effektivitet ved feltmåling vil det første år ofte være lavere. Dette skyldes, at jorden omkring jordslangen skal normalisere sig. Desuden gælder for nybyggede huse samt for huse, hvor der er foretaget etablering af gulvslanger i beton, at der vil være et ekstra varmebehov til udtørring af bygningen det første år. Erfaringer viser, at varmebehovet kan være markant større.
- **Brugsvandsandelen:** I normeffektivitetsberegningen forudsættes det, at brugsvandsandelen er 20 %. Den beregnede brugsvandsandel er 25 % for de målte anlæg. Beregningen er foretaget med det oplyste antal beboere som grundlag.
- **Udetemperaturer:** Måleperioden har været præget af, at december 2010 havde 37,6 % flere graddage end det normale referenceår. Dette betyder, at varmepumpernes energiproduktion er øget med 1,5 % i den koldeste driftstilstand set i forhold til normalåret.
- **Fremløbstemperatur for gulvvarme:** For gulvvarmeinstallationer er det i normeffektivitetsberegningen forudsat, at fremløbstemperaturen er maks. 35 C. Målingerne viser, at fremløbstemperaturen i de koldeste perioder er nærmere 39 C. Dette påvirker effektiviteten negativt.
- **Fremløbstemperatur for radiatoranlæg:** For installationer med radiator er fremløbstemperaturen ikke så høj som antaget, og den maksimale fremløbstemperatur er nærmere 50 C end de 55 C. Dette påvirker effektiviteten positivt.
- **Elpatrondrift:** Varmepumper dimensioneres typisk til at dække 98-99 % af husets samlede varmebehov. De sidste 1-2 % dækkes af suppleringsvarme fra et elvarmelegeme. Dette er ikke medtaget i beregningsmodellen for normeffektivitet.
- **Cirkulationspumper:** COP-værdien, der blev anvendt i beregningen af normeffektivitet, indregner kun pumpeenergi til dækning af de interne tryktab. Dette er dog normalt - set i forhold til andre varmeproducerende anlæg. Ved denne feltmåling af SPF3 indgår pumpearbejdet 100 % på både varmeafgiversiden og varmeoptagersiden.
- **Datagrundlag:** Der indgår i målingen meget få luft/vand-varmepumper. (i alt 12 stk.).

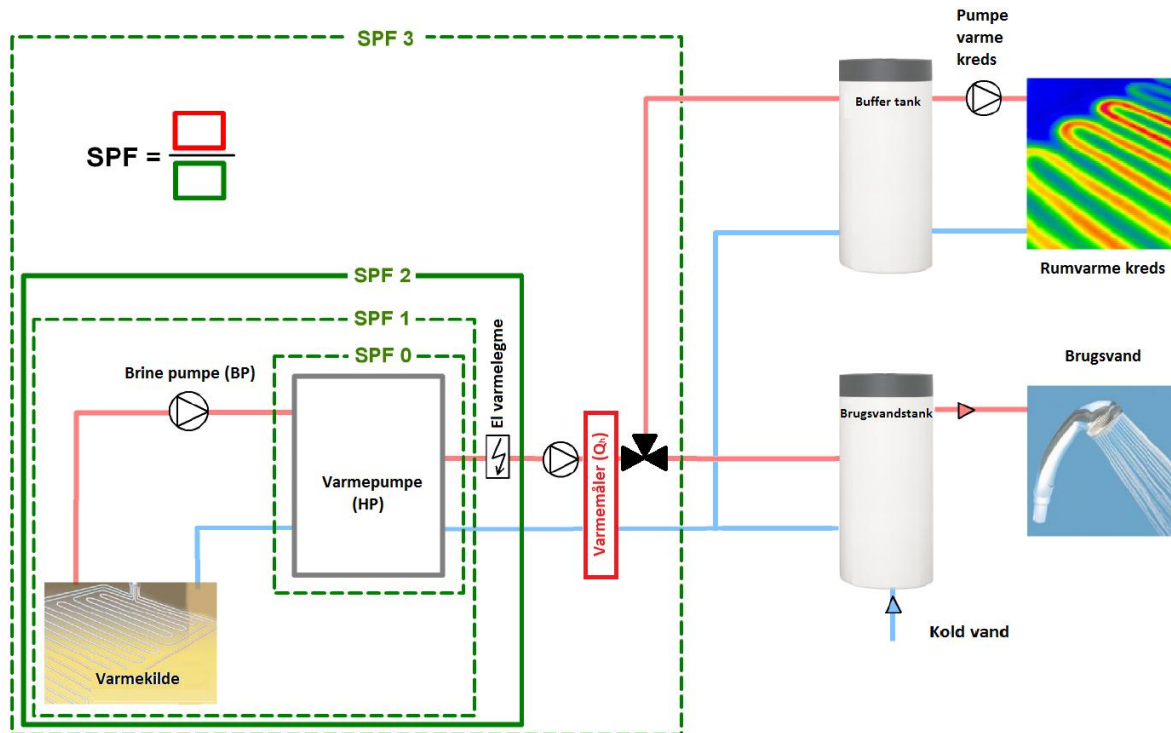
Definitioner

COP	Coefficient of Performance, effektfaktor	[-]
SPF	Seasonal Performance Factor	[-]

Evaluering af måledata

Systemgrænser og beregning af SPF

Når man måler effektiviteten af varmepumper under virkelige forhold, defineres effektiviteten som Seasonal Performance Factor (SPF). Denne effektivitet er defineret som forholdet mellem den producerede mængde varme set i forhold til den forbrugte mængde elektrisk energi. Der kan benyttes forskellige systemgrænser (jf. Figur 1) for, hvad man måler af forbrugt energi og afgiven energi. Valget af systemgrænse afhænger af, hvor mange del-systemer man ønsker at evaluere, eller om man ønsker at sammenligne med andre energisystemer, som f.eks. oliekedler eller gaskedler.



Figur 1: Forskellige systemgrænser ift. beregning af SPF.

SPF	Seasonal performance factor
$Q_{\text{heat,HP}}$	Varme til rumvarme produceret af varmepumpen
$Q_{\text{DHW,HP}}$	Varme til brugsvand produceret af varmepumpen
$Q_{\text{back-up}}$	Varme produceret af elvarmelegeme
$W_{\text{comp+cont}}$	Energi forbrugt af kompressor og styring
W_{BP}	Energi forbrugt på optagersiden af brinepumpe/ventilator
$W_{\text{back-up}}$	Energi brugt af elvarmelegeme
W_{SP}	Energi brugt af pumper/ventilatorer på afgiverside.

SPF₀ omfatter kun kompressor og styring. SPF₁ inkluderer den energi, der benyttes til at drive pumper eller ventilatorer på optagersiden. SPF₂ omfatter også suppleringsvarme fra elvarmelegeme, og SPF₃ har også inkluderet energiforbrugt til at drive ventilatorer og pumper på varmeafgiversiden. Dog medtages pumper, placeret efter buffertank eller i gulvvarmekredse med blandesløjfe, ikke, og pumper til brugsvandscirkulation medtages heller ikke.

Tabel 3 giver et overblik over forskellene mellem definerede systemgrænser ved evaluering af måledata og eksisterende standarder.

Komponent	SPF ₀	SPF ₁	SPF ₂	SPF ₃	EN 14511	Pr EN 14825*	Lot 10
Kompressor	x	x	x	x	x	x	x
Brinepumpe/Ventilator på varmeoptager	-	x	x	x	x***	x***	x***
Elvarmelegeme (Back-up heater)	-	-	x	x	-	x	x
Pumpe/ventilator varmeafgiverside	-	x**	x**	x	Interne tab	Interne tab	Interne tab

*Referer til SCOP

**Gælder kun for ikke-kanalmonterede systemer.

***Den energi, der medtages for pumper og ventilatorer, omfatter kun interne tab i varmepumpen. Tab i jordslange eller kanalsystem er ikke medtaget.

Tabel 3: Skematisk oversigt over forskellige systemgrænser ved beregning og evaluering af varmepumper.

I denne rapport er det SPF_3 , der er bestemt. Dette fordi, at det er den effektivitet, som forbrugeren oplever og forholder sig til. Ved sammenligning af effektiviteten med andre varmeproducerende anlæg som f.eks. oliefyr og gasfyr ville SPF_2 være den rette effektivitet at sammenligne med, da pumpeenergien til drift af varmeafgiversiden ikke medtages i effektivitetsberegningen for oliefyr og gasfyr. En bestemmelse af SPF_2 vil dog kræve at pumpernes elforbrug måles separat.

Sammenlignes de beregnede årseffektiviteter for varmepumper udført efter proceduren i PrEN 14825, eller Lot 10 eller Energistyrelsens Normeffektivitet er de alle baseret på målinger for den pågældende varmepumpe efter EN 14511. Dette medfører at energiforbruget til pumper ikke medtages fuldt ud, da kun de interne tryktab for enheden medtages i målingen. Målinger i et tilsvarende tysk måleprogram fra Fraunhofer ref.[1], viser et fald i effektivitet fra SPF_0 til SPF_3 på -10,5 %.

Varmepumpeeffektivitet set i forhold til varierende kriterier

Når man ser på varmepumpens effektivitet over en sæson (SPF), er det vigtigt at se på, hvordan driftskonditionerne har været for det pågældende år (sæson). For at lave en god evaluering af varmepumpers effektivitet skal man se på, hvordan de kører over flere år, da vejrforholdene og dermed opvarmningsbehovet varierer fra år til år.

Når man ser på SPF, er det også vigtigt at forholde sig til, hvad der er varmekilden (jord eller luft), samt om varmeafgiversystemet er et radiatorsystem, et gulvvarmesystem, eller en blanding (f.eks. et 1½ plans hus med gulvvarme i stueplan og radiatorer på 1. sal).

For at illustrere, hvad der påvirker effektiviteten, SPF, for varmepumperne, er dataene inddeelt i følgende 2 hovedkategorier:

- 1) ”væske/vand” for jordvarmepumper
- 2) ”luft/vand” for luftvarmepumper.

Derudover er disse kategorier underinddelt i 3 kategorier for varmeafgiver:

- a) radiatorvarme
- b) gulv- og radiatorvarme
- c) gulvvarme.

Hver kategori er beregnet i tidsintervallerne: måned og år.

I dette projekt er det vigtigt at påpege, at der er tale om nyinstallerede varmepumper. For nyinstallerede varmepumper gælder det, at jordslanger skal sætte sig det første år, og at systemet skal indkøres, hvilket fører til en lavere målt effektivitet. Der er i en del tilfælde også tale om installationer i nybyggeri. For denne type installationer gælder, at husene typisk skal udtørre det første år, hvilket leder til et markant større varmeforbrug.

Årseffektivitet

Datagrundlaget

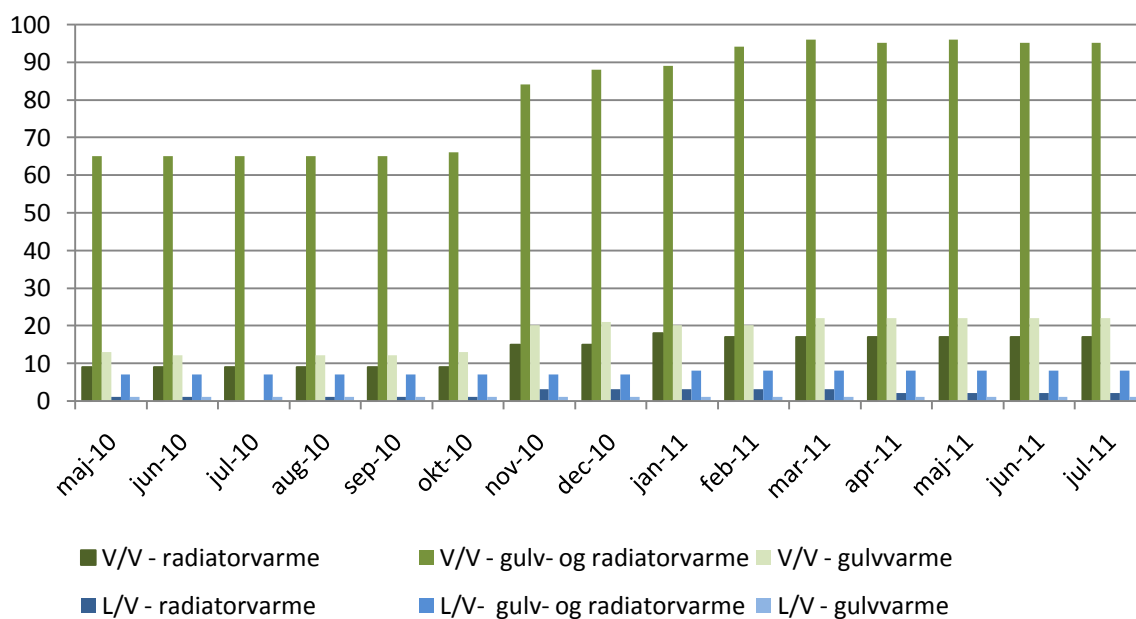
Datagrundlaget for den følgende analyse udgøres af 170 varmepumpeinstallationer. Ud af de i alt 170 varmepumpeinstallationer, der måles på, er 20 af forskellige årsager blevet sorteret fra (jævnfør Tabel 4

Tabel 4) af hensyn til pålideligheden af data og analysen deraf. Analysen af effektiviteten er derfor baseret på 150 varmepumpeinstallationer.

Årsag	Antal
Manglende COP	8
Manglende anlægsinfo	0
COP < 1,5*	8
COP > 5,5*	4
I alt	20

*Der er desuden tydelig fejl på drift eller i data.

Tabel 4: Frasortering af data.

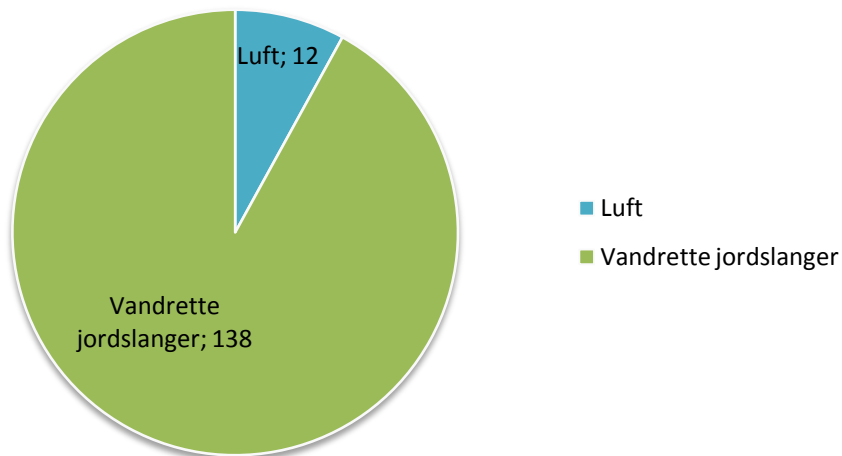


Figur 2: Datagrundlag for 170 varmepumper, gennem måleperioden.

Tilslutningen af målere til måleprogrammet er foregået løbende henover måleperioden, og der er fra oktober '10 til januar '11 foretaget fejlretning og kontrol på en del installationer. Dette medfører, at datagrundlaget (jf. Figur 2) er stigende gennem måleperioden. Dette medfører også, at datagrundlaget over tid er blevet bedre.

Varmeoptagersystemer og varmeafgiversystemer

Klassificeringen af varmepumperne i forhold til varmekilden er vist i Figur 3:

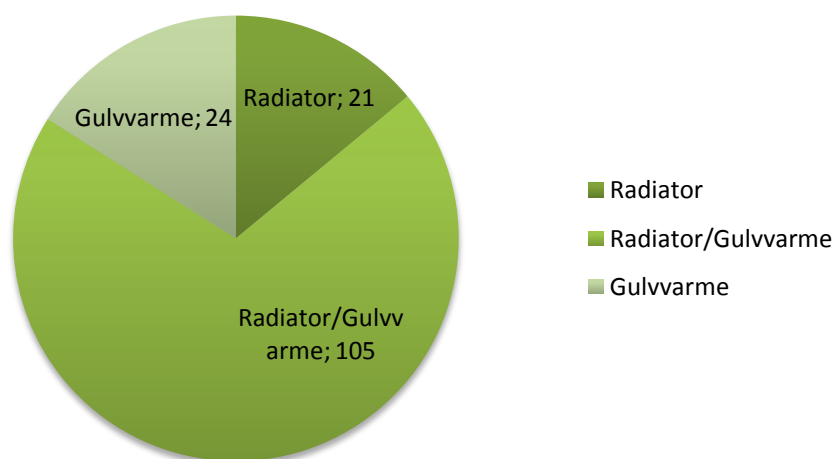


Figur 3: Inddeling efter varmekilder.

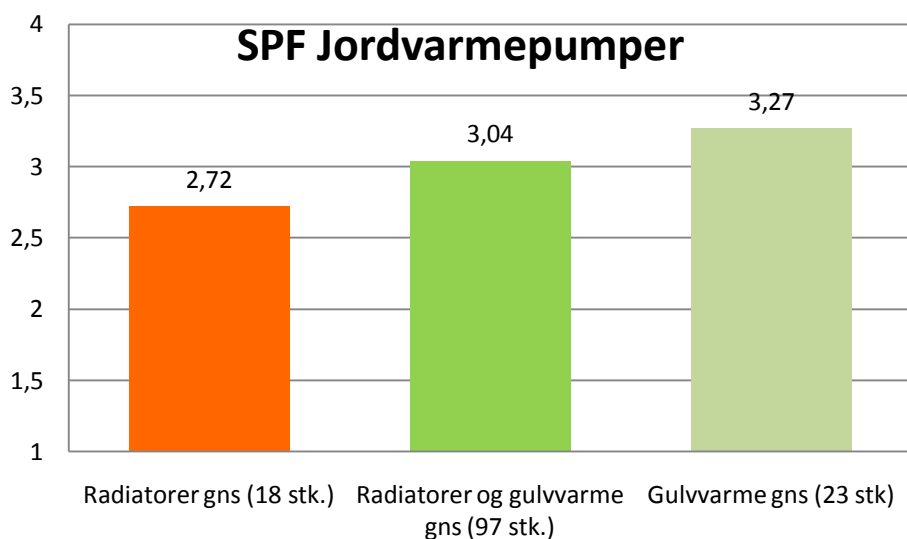
I den pågældende måleperiode er der ikke målt på anlæg med lodrette jordslanger. Så vidt vides, har kun 1 af de målte anlæg kombineret jordslange og luftabsorber som varmeoptager.

Af de målte anlæg er 9 af anlæggene varmepumper kombineret med solfanger. I disse tilfælde måles der kun på det, varmepumperne leverer af varme og deres forbrug. Der indgår ikke målinger på solfangerne, og der er heller ikke lavet overordnede systemmålinger på det samlede system.

Klassificering af varmepumperne i forhold til varmeafgiversystemet fremgår af Figur 4.

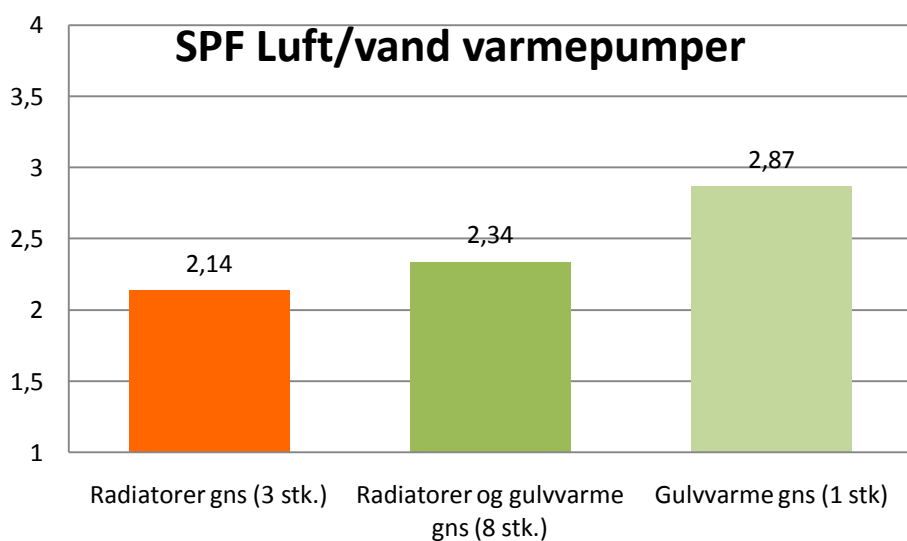


Figur 4: Inddeling efter varmeafgiver.



Figur 5: SPF for jordvarmepumper for den samlede måleperiode.

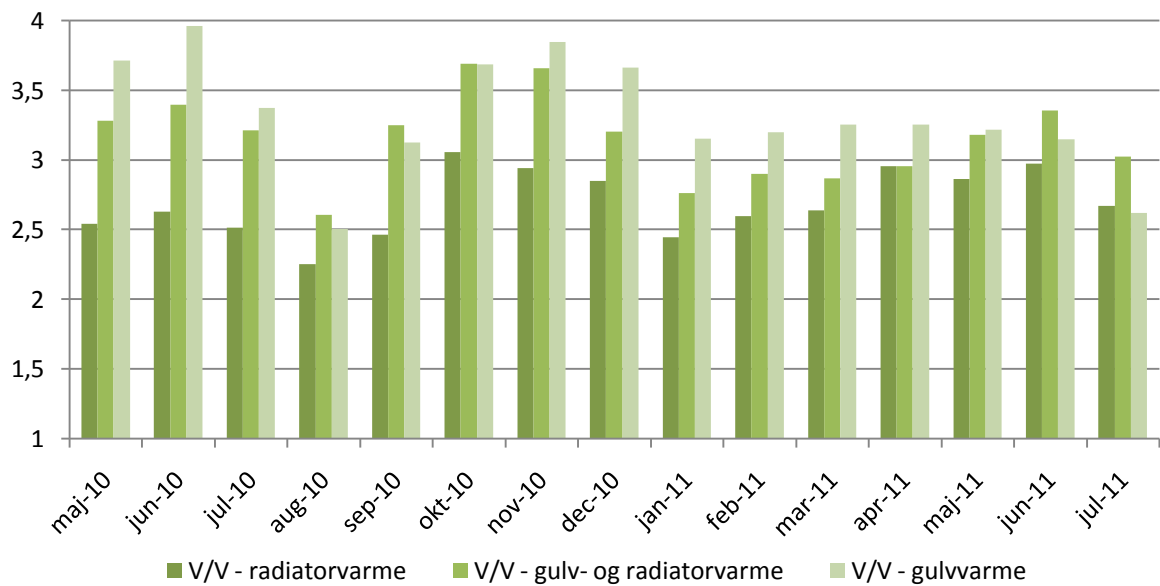
Den målte SPF for jordvarmepumper over den samlede måleperiode fra april 2010 til og med juli 2011 er vist i Figur 5. Den målte SPF viser den samlede varmemængde over måleperioden set i forhold til den forbrugte energimængde. Det ses tydeligt, at varmeafgiversystemet har en stor indflydelse på anlæggenes virkningsgrad.



Figur 6: SPF for luft/vand-varmepumper for den samlede måleperiode.

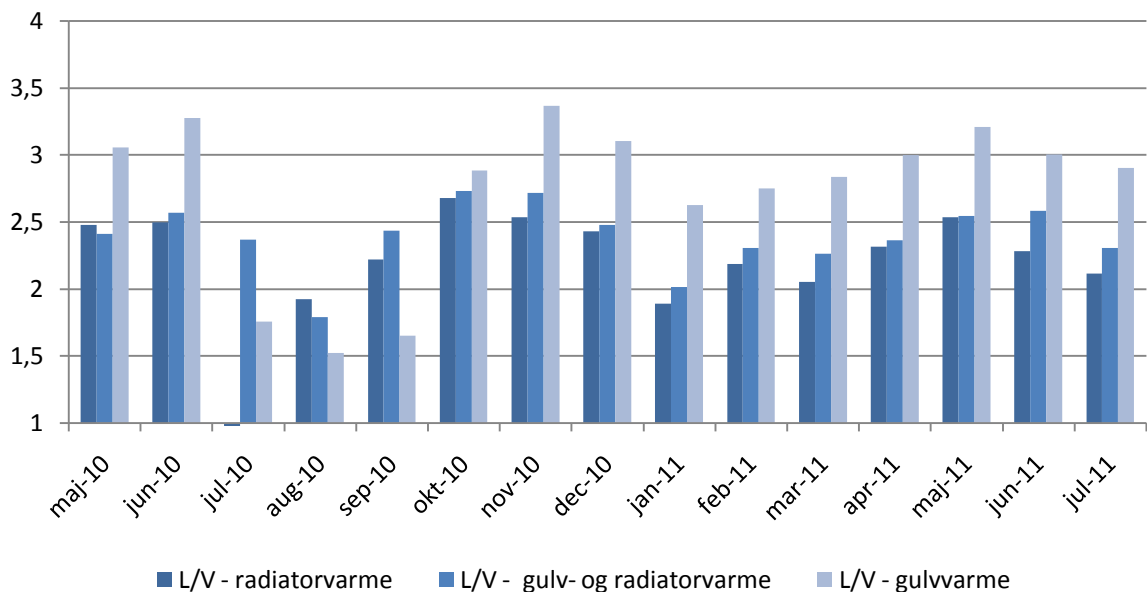
Den målte SPF for luftvandvarmepumper over den samlede måleperiode fra april 2010 til og med juli 2011 er vist i Figur 6. Generelt må datagrundlaget for luft/vand-varmepumper siges at være spinkelt, da der kun indgår 12 installationer.

Den månedlige SPF for jordvarmepumperne viser, at effektiviteten falder i sommermånedene, hvor brugsvandsandelen stiger. Når varmesæsonen starter, stiger effektiviteten igen for så at falde en smule i de koldeste vinter måneder (Figur 7).



Figur 7: Månedlig SPF for jordvarmepumper.

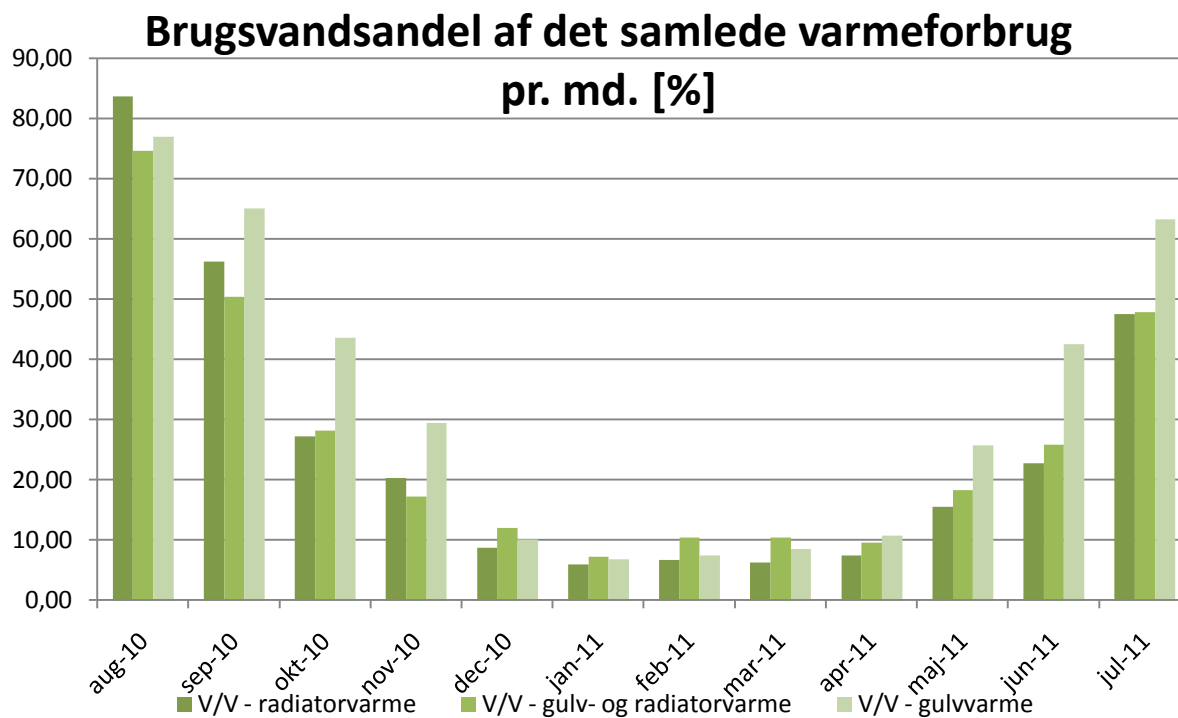
For luft/vand-varmepumper falder den månedlige SPF i sommermånederne. Den stiger igen i efteråret, men falder så igen i de koldeste vintermåneder, for så at stige i foråret (Figur 8).



Figur 8: Månedlig SPF for luft/vand-varmepumper.

Brugsvandsfordelingen i de enkelte måneder har indflydelse på fremløbstemperaturniveauet for varmepumpen. Som det ses af søjlediagrammet, Figur 9

Figur 9, er brugsvandsandelen høj om sommeren og lav om vinteren. Dette er f.eks. årsagen til, at den månedlige SPF fra Figur 7 og Figur 8 falder i sommerperioden.



Figur 9: Brugsvandsfordeling fordelt på måneder.

Validering af normeffektivitet

Energistyrelsens normeffektivitet er et udtryk for en teoretisk midlet og beregnet årseffektivitet for en varmepumpe. Nærmere bestemt forholdet mellem den energi varmepumpen producerer og forbruger i form af varme og el gennem et helt kalenderår eller sæson. En højere normeffektivitet indikerer med andre ord større varme- og brugsvandsproduktion pr. forbrugt mængde el.

Normeffektiviteten for varmepumper på Energistyrelsens liste over effektive varmepumper er bestemt ud fra testdata og ud fra en beregningsmodel med meteorologiske data for det Danske reference år (DRY) fra Københavnsområdet som input. Der foretages bestemmelse af normeffektivitet for både radiatordrift og for gulvvarmedrift for hver varmepumpe på Energistyrelsens liste, som skal betragtes som retningsgivende og kan benyttes til sammenligning af forskellige varmepumper.

Beregningsmodellen for normeffektiviteten bygger på 12 vægtede driftstilstande og er defineret som:

$$\text{COP}_{\text{norm}} = (\sum Q_{\text{varme}} \times w_i) / (\sum E_{\text{el}} \times w_i)$$

hvoraf Q_{varme} er anlæggets varmeydelse, E_{el} er totalt tilført energi og w_i er en vægtningsfaktor for den specifikke driftstilstand, som for en luft/vand-varmepumpe m. hhv. gulvarme eller radiatorvarme fremgår af Tabel 5 og

Tabel 6.

Luft/vand-varmepumper – gulvvarmesystem og brugsvand				
Udendørstemperatur (indløb)	Fremløbstemperatur (varmepumpe)			
	35°C (gulvvarme)		55°C (brugsvand)	
	i	w_i	i	w_i
-7 °C	1	0,14	5	0,01
2 °C	2	0,38	6	0,06
7 °C	3	0,28	7	0,06
15 °C	4	0,00	8	0,07

Tabel 5: Luft/vand-varmepumpe med gulvvarme. Vægtningfaktorer ved forskellige driftsbetingelser.

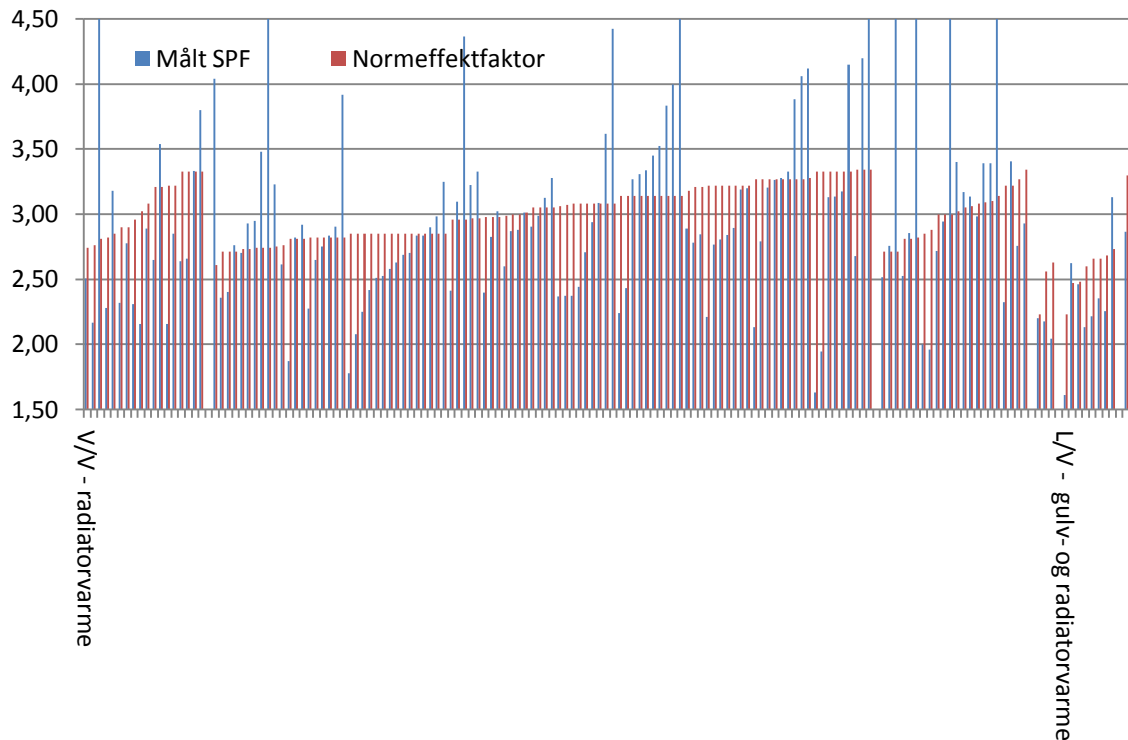
Luft/vand-varmepumper – radiatorsystem og brugsvand				
Udendørstemperatur (indløb)	Fremløbstemperatur (varmepumpe)			
	35°C (gulvvarme)		55°C (brugsvand)	
	i	w _i	i	w _i
-7 °C	1	0,00	5	0,15
2 °C	2	0,19	6	0,25
7 °C	3	0,28	7	0,06
15 °C	4	0,00	8	0,07

Tabel 6: Luft/vand-varmepumpe med radiatorsystem. Vægtningstfaktorer ved forskellige driftsbetingelser.

I beregningen af normeffekt faktoren forudsættes det, at:

- 1) Brugsvandsproduktionen antages at udgøre i alt 20 % af den samlede energilevering over året.
- 2) De vægtede driftsbetingelser spænder over et interval af temperaturer både over og under den angivne værdi, jf. Tabel 5 og Tabel 6.
- 3) Udetemperaturen og jordslangetemperaturen følges ad, således at følgende er gældende:
 $T_{ude} = -7 \text{ °C}$ svarer til en jordslangetemperatur på -5 °C
 $T_{ude} = +2 \text{ °C}$ svarer til en jordslangetemperatur på 0 °C
 $T_{ude} = +7 \text{ °C}$ svarer til en jordslangetemperatur på $+5 \text{ °C}$
 $T_{ude} = +15 \text{ °C}$ svarer til en jordslangetemperatur på $+10 \text{ °C}$
- 4) For radiatorvarme er følgende forudsætninger gjort:
 Fremløbstemperaturen til radiatorsystemet varierer mellem 45 °C og 55 °C afhængig af udetemperaturen.
 Ved -7 °C ude: 100 % af rumvarmen leveres ved 55 °C
 Ved $+2 \text{ °C}$ ude: 50 % af rumvarmen leveres ved 55 °C og 50 % leveres ved 45 °C
 Ved $+7 \text{ °C}$ ude: 100 % af rumvarmen leveres ved 45 °C
 Ved $+15 \text{ °C}$ ude: 100 % af rumvarmen leveres ved 45 °C
 Fremløbstemperaturen ved produktion af varmt brugsvand er altid 55 °C (hele året)
- 5) For gulvvarme er følgende forudsætninger gjort:
 Fremløbstemperaturen til gulvvarmesystemet er altid 35 °C (hele året)
 Fremløbstemperaturen ved produktion af varmt brugsvand er altid 55 °C (hele året)

Sammenholdes de forskellige målte SPF-værdier fra måleprogrammet med Energistyrelsens liste for normeffektivitet, erfares det af Figur 10, at de enkelte varmepumpe modeller ligger både over og under normen. Dette med stor individuel spredning på de enkelte varmepumpe modeller.



Figur 10: Målt SPF sammenholdt med Energistyrelsens normeffektfaktor.

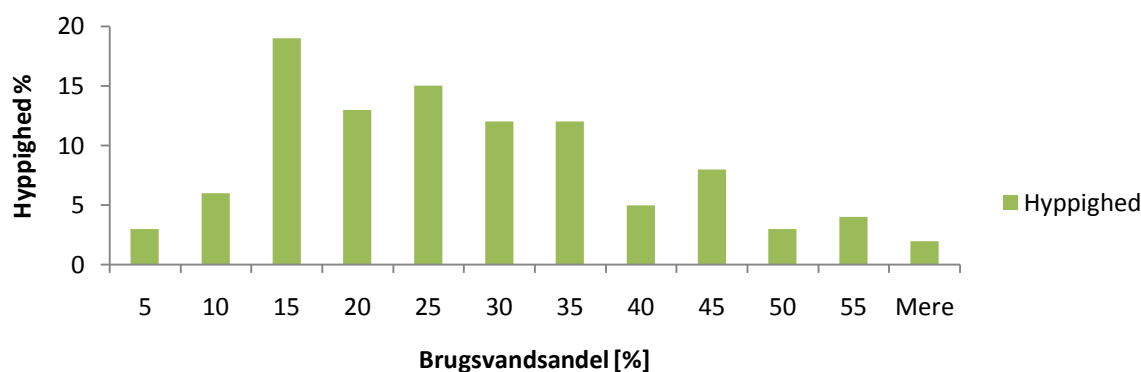
Mulige årsager til afvigelser

Årsagerne til, at målte værdier afviger fra normen, kan være mange og være begrundet i f.eks. et atypisk vejrlig i måleperioden eller antagelser, der ikke repræsenterer den virkelige driftssituation.

I det følgende vil de forskellige antagelser fra beregningsmodellen blive gennemgået og sammenlignet med målinger fra måleprogrammet. Eventuelle afvigelser og deres indvirkning på normeffektiviteten vil ligeledes blive diskuteret.

Brugsvandsfordeling

Det forudsættes i beregningen for normeffektiviteten, at brugsvandsandelen udgør 20 %. Ved beregning af brugsvandsbehovet ud fra antal beboere set i forhold til den målte varmemængde viser det sig, at brugsvandsproduktionen udgør en varierende andel af energileveringen ca. 5-55 % med et middel på 25 % (jf. Figur 11). Varmepumper med en høj andel af brugsvandsproduktion vil relativt set arbejde længere ved højere fremløbstemperaturer med en lavere effektivitet til følge, og dermed lavere SPF. Producerer en varmepumpe slet ikke brugsvand, vil den resulterende SPF ligge ca. 0,1 – 0,3 højere. Afvigelser fra forudsætningen om en brugsvandsandel på 20 % har med andre ord en relativt beskedne indflydelse på det endelige resultat.



Figur 11: Histogram over den målte brugsvandsandel i procent af den samlede energiproduktion på et år. Gennemsnitligt udgør brugsvandsandelen 25 % af energiproduktionen, mens den største hyppighed udgøres af intervallet 10-15 %.

Udelufttemperaturer

Vejret har direkte indflydelse på en varmepumpes drift og i sidste ende SPF. I perioder med lave temperaturer under varmepumpens bivalenspunkt¹ vil en varmepumpe f.eks. ikke blot skulle levere mere varme til bygningen, men også skulle arbejde ved et højere trykforhold med lav effektivitet. Dette endda med et tilskud i form af elvarme fra en elpatron. Hvis der er en enkelt parameter, der kan mindske effektiviteten af en varmepumpe, så er det lange perioder med lave udelufttemperaturer. Det er derfor nærliggende at sammenligne normeffektivitetens vægtningsfaktorer med de tilsvarende og faktiske beregnede vægtningsfaktorer i et helt årsudsnit af måleperioden: Dette med hensyntagen til udelufttemperaturer for samme årsudsnit.

Varmepumper – gulvvarmesystem og brugsvand						
Udetemperatur / brinetemperatur (indløb)	Fremløbstemperatur (varmepumpe)					
	35°C (gulvvarme)			55°C (brugsvand)		
	i	w _i (norm)	w _i (måleperiode)	i	w _i (norm)	w _i (måleperiode)
-7 °C / (-5 °C)	1	0,14	0,16	5	0,01	0,02
2 °C / (0 °C)	2	0,38	0,40	6	0,06	0,05
7 °C / (5 °C)	3	0,28	0,22	7	0,06	0,06
15 °C / (10 °C)	4	0,00	0,02	8	0,07	0,07

Tabel 7: Sammenligning af normeffektivitetens vægtningsfaktorer og måleperiodens faktiske vægtningsfaktorer.

¹ Den udetemperatur, hvor varmepumpens elpatron starter suppleringsvarme for at modsvare stigende varmetab fra huset, der ligger over varmepumpens kapacitet. Typisk -2°C.

Varmepumper – radiatorsystem og brugsvand						
Udetemperatur / brinetemperatur (indløb)	Fremløbstemperatur (varmepumpe)					
	45°C			55°C		
	i	w _i (norm)	w _i (måleperiode)	i	w _i (norm)	w _i (måleperiode)
-7 °C / (-5 °C)	1	0,00	0,00	5	0,15	0,18
2 °C / (0 °C)	2	0,19	0,20	6	0,25	0,25
7 °C / (5 °C)	3	0,28	0,22	7	0,06	0,06
15 °C / (10 °C)	4	0,00	0,02	8	0,07	0,07

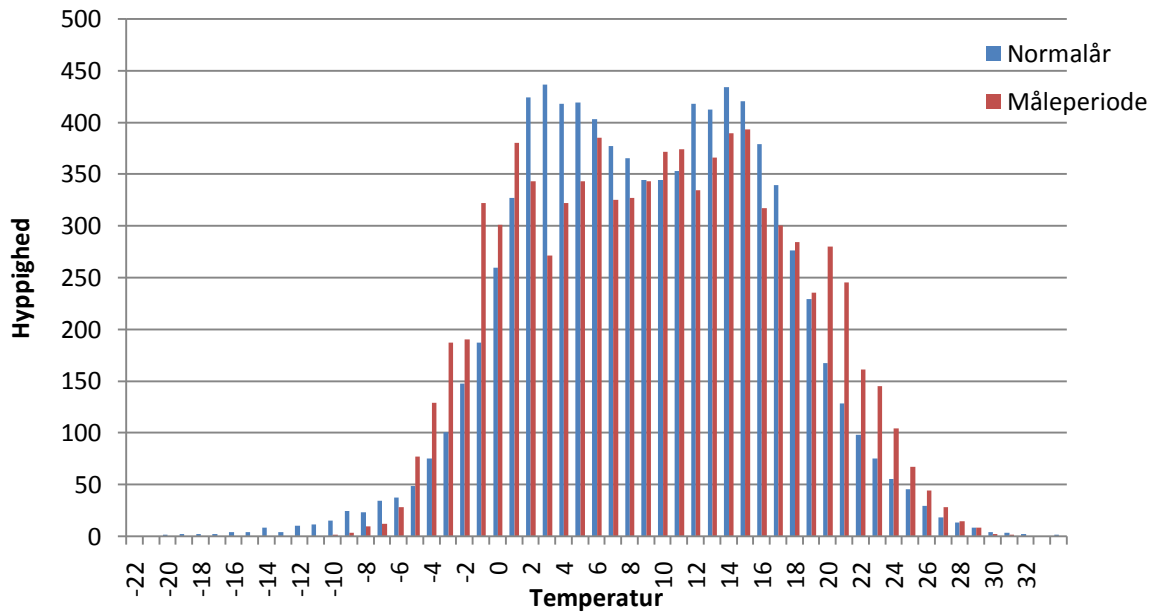
Tabel 8: Sammenligning af normeffektivitetens vægtningsfaktorer og måleperiodens faktiske vægtningsfaktorer.

Ved sammenligning af normeffektivitetens vægtningsfaktorer med de faktiske beregnede vægtningsfaktorer (Tabel 7

Tabel 7 og (Tabel 8) ses det, at specielt vægtningsfaktorerne for de temperaturintervaller, der dækker drift i årets koldeste måneder, er højere end antaget. Dette forhold skyldes naturlige variationer i vejrliget, jf. Tabel 9 og Figur 12, der specielt i december 2010 var koldt.

	Normalår		2010/2011 ændring ift.:
	2010/2011	1941/1980	Normalår
September	20	36	-44,4 %
Oktober	235	219	7,3 %
November	382	349	9,5 %
December	626	455	37,6 %
Januar	512	525	-2,5 %
Februar	472	480	-1,7 %
Marts	421	460	-8,5 %
April	136	302	-54,9 %
Maj	49	79	-37,9 %
Juni	0	1	-
I alt pr 30/6 '11	2853	2906	-1,8 %

Tabel 9: Graddage i måleperioden set i forhold til normalåret i Danmark.



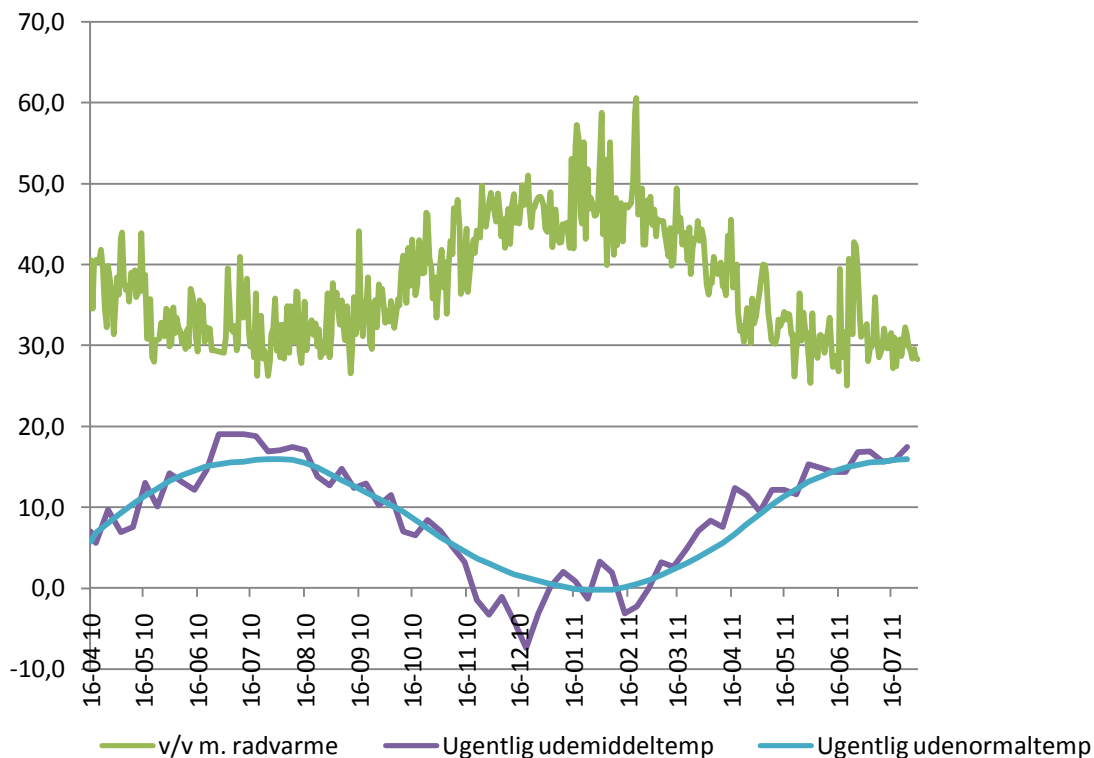
Figur 12: Histogram: Fordeling af temperaturer i et normalår (blå) og i måleperioden (rød) apr. '10 - mar. '10 (8760 timer).

Vægtningstaktorerne for de forskellige driftspunkter i beregningsmodellen for normeffektivitet er baseret på DRY data² fra København, og bør alt andet lige med rimelighed repræsentere et gennemsnitsår og klimatiske arbejdsvilkår for en varmepumpe. Afviger de faktiske klimatiske arbejdsvilkår i måleperioden signifikant fra gennemsnittet, vil det resultere i en række vægtningstaktorer, der for de forskellige temperaturintervaller er lavere eller højere. I tilfældet for årsudsnittet for måleperioden apr. '10 – mar. '11 har de faktiske vægtningstaktorer for driftspunkterne været højere for de 2 laveste temperaturintervaller. Dette er ikke et udtryk for, at beregningsmodellens vægtningstaktorer er forkerte, men snarere et udtryk for at forholdene varierer fra år til år, og at en længere måleperiode vil være at foretrække.

² DRY: Design Reference Year. Klimadata fra DMI, der repræsenterer årsvariationer for et gennemsnitsår på basis af flere på hinanden følgende års temperaturmålinger.

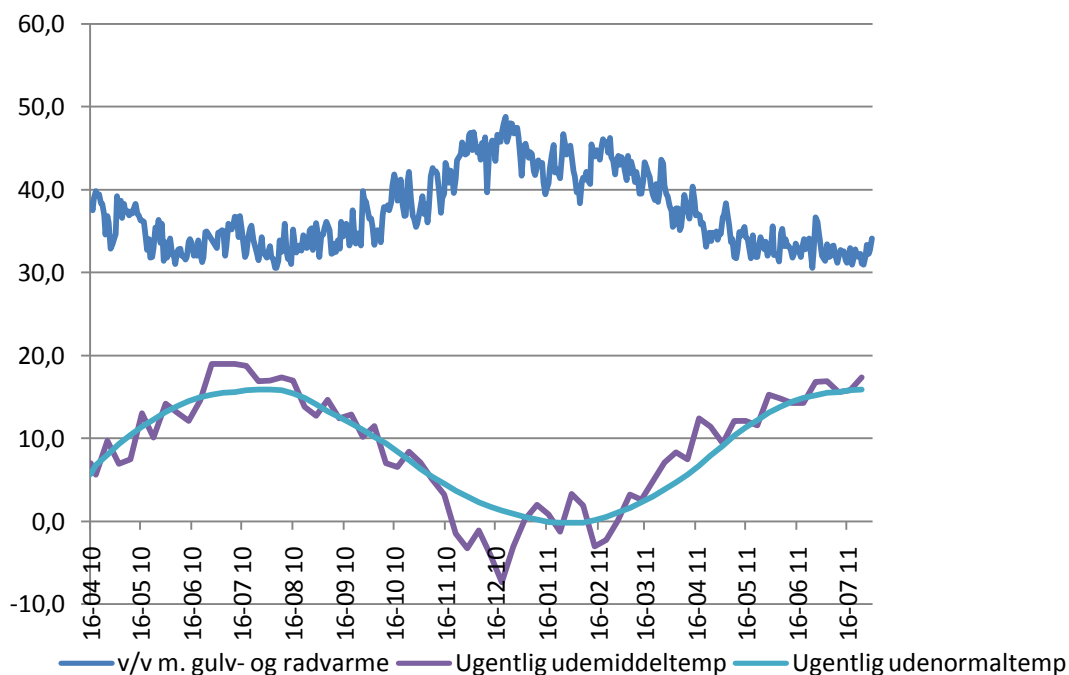
Fremløbstemperaturer

Der er målt fremløbstemperaturer til centralvarmeanlæggene på timebasis på 25 udvalgte anlæg, men fremløbstemperaturen er desuden opsamlet en gang i døgnet på alle anlæg. Billedet er det samme for de to målemetoder, når dataene på anlæggende sammenlignes.



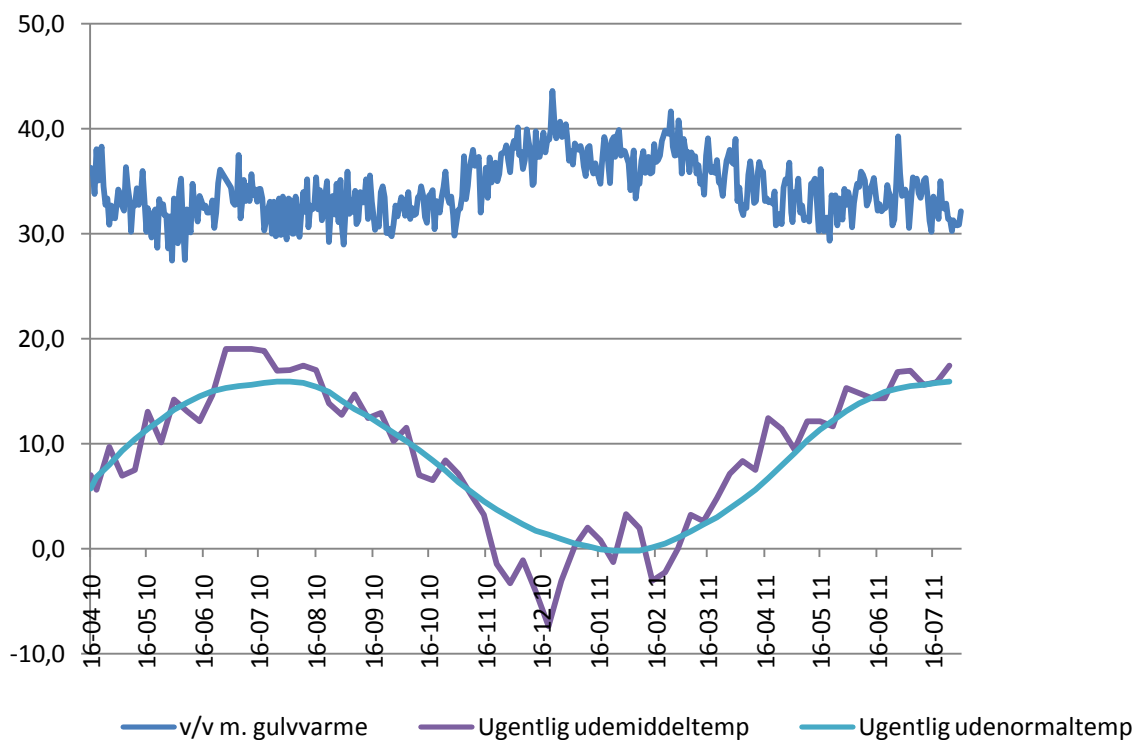
Figur 13: Fremløbstemperaturer ved varierende udetemperaturer for væske/vand-varmepumper m. radiatorer. (Målinger fra 14 anlæg).

Målingerne, Figur 13, viser, at fremløbstemperaturen for radiatoranlæg har et lavere niveau, end det der er forudsat af vægtningsfaktorerne ved bestemmelse af normeffektfaktor. Dette på trods af at den ugentlige middeltemperatur i perioder har ligget væsentligt lavere end normalen. Da den faktiske fremløbstemperatur har ligget lavere end antaget, burde den målte SPF for væske/vand-varmepumper med radiatorer ligge højere, end det er tilfældet, hvis man ser på fremløbstemperatur isoleret set. Udetemperaturen har dog været lavere end normalt, hvorfor man ikke endeligt kan konkludere på den målte SPF ift. normeffektiviteten.



Figur 14: Fremløbstemperaturer ved varierende udetemperaturer for væske/vand-varmepumper m. gulv- og radiatorvarme. (Målinger fra 105 anlæg.)

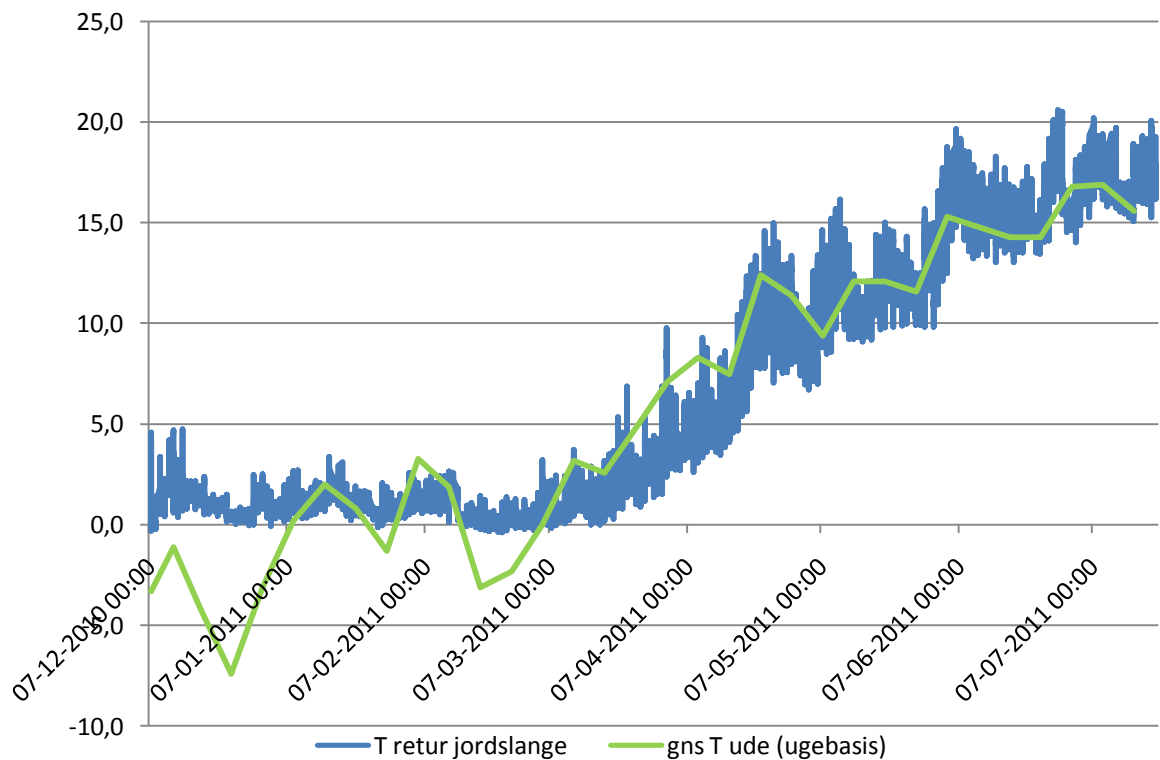
For anlæg med både radiatorer og gulvvarme er fremløbstemperaturene, Figur 14, en smule lavere end for anlæg, hvor der kun er installeret radiatorer.



Figur 15: Fremløbstemperaturer ved varierende udetemperaturer for væske/vand-varmepumper m. gulvvarme. (Målinger fra 21 anlæg.)

For gulvvarmesystemer er fremløbstemperaturen ved beregning af normeffekt faktoren vurderet for lavt set i forhold til det målte. Ved de laveste udetemperaturer er fremløbstemperaturen nærmere 40°C end 35°C, som er benyttet i beregningsmodellen for normeffekt faktor. Reelt vil dette betyde, at den målte SPF vil ligge lavere end normen den sammenlignes med, isoleret set.

Jordslangetemperaturer



Figur 16: Jordslangetemperatur i måleprogrammets vinterperiode.

Der er i måleperioden målt temperaturer på jordslanger. Der foreligger pt. dog ikke målinger for et helt år. Det kan alligevel med rimelighed antages, at de benyttede temperaturer for jordslangen i udregning af normeffekt faktoren på væske/vand-varmepumper ikke er så lave ved lave udetemperaturer som oprindeligt antaget. Den laveste beregnede gennemsnitlige jordslangetemperatur ligger på ca. 0°C, hvilket er højere end de -5°C, der forudsættes af normen. Når den reelle jordslangetemperatur er højere end den der forudsættes i normen burde den målte SPF være højere.

Referencer:

Ref [1]: Fraunhofer ISE: Heat Pump Efficiency. Analysis and evaluation of heat pump efficiency in Real-life conditions.