

Den gode installation af varmepumper

Version 2021



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Den gode installation af varmepumper

Version 2021



Udarbejdet for:

Energistyrelsen

Udarbejdet af:

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Teknologisk Institut

Gregersensvej 1

2630 Taastrup

www.byggeriogenergi.dk



**Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger**

Juni 2021

Forfattere: Rasmus Borup, Svend Vinther Pedersen, Jakob Thomsen og Pia Rasmussen



Forord

Denne rapport er udarbejdet for og finansieret af Energistyrelsen, som ønskede et opdateret billede af den generelle kvalitet af varmepumpeinstallationer i danske enfamiliehuse. Analysen er udført i perioden fra januar til juni 2021 og omfatter kvalitative data fra 28 installationer og kvantitative data fra 25 installationer.

Rapporten er udarbejdet af varmepumpeeksperter fra Teknologisk Institut i regi af Videncenter for Energibesparelser i Bygninger. Opgaven er udført med følgende bemanding:

- Varmepumpebesøg, Øst: Rasmus Borup og Jakob Thomsen
- Varmepumpebesøg, Vest: Svend Vinther Pedersen
- Løbende afrapportering og dialog med Energistyrelsen: Jakob Thomsen og Rasmus Borup
- Kvalitetssikring: Pia Rasmussen (Videncenter for Energibesparelser) og Claus Schön Poulsen (Center for Køle- og Varmepumpeteknik).

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger takker varmepumpeværter, installatører og producenter, som har bidraget med data og ikke mindst tid til undersøgelsens resultater.



Sammenfatning

Formålet med denne analyse er dels at undersøge kvaliteten af et antal varmepumpeinstallationer i danske enfamiliehuse, herunder en delmængde udført af VE-godkendte installatører, og dels at vurdere den mulige effekt af at tilføje energimæssige elementer i det serviceeftersyn, som er lovpligtigt for sådanne installationer, jf. Arbejdstilsynets regler. Analysen bygger på en grundig teknisk gennemgang af installationerne gennemført af Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter.

Analysen viser, at kvaliteten af varmepumpeinstallationer er væsentligt forbedret sammenlignet med den tidligere undersøgelse fra 2017, *Den gode installation af varmepumper*. 75 % af de undersøgte installationer opnår en tilstrækkelig høj score til at blive karakteriseret som en god installation. Analysen viser også, at en stor del af fejlene er relateret til indregulering af varmefordelingsanlægget. Den type fejl er almindelige i varmeanlæg og kan ikke siges at være et problem særligt for varmepumpeinstallationer.

Samtidig viser analysen, at VE-godkendelsesordningen bidrager til at hæve kvaliteten af varmepumpeinstallationer. Installationer udført af en aktør med VE-godkendelse scorer generelt højere end de øvrige. Det gælder både målt energieffektivitet og de øvrige vurderingsparametre. Alle undersøgte installationer udført af en aktør med VE-godkendelse kan karakteriseres som gode installationer. VE-uddannelsen synes især at modvirke de værste installationsfejl. Af de 28 undersøgte installationer er 10 udført af en aktør med VE-godkendelse.

Analysen viser også, at en tilføjelse af energimæssige elementer i det lovpligtige periodiske eftersyn af varmepumper vil kunne skabe yderligere energibesparelser. **I de undersøgte installationer vil energimæssige eftersyn i gennemsnit kunne spare ca. 10 %.** I installationer udført af en installatør med VE-godkendelse er potentialet gennemsnitligt ca. 3 %, mens det i de øvrige er ca. 13 %. Det er derfor sandsynligt, at øget udbredelse af VE-godkendelsesordningen kan reducere behovet for energimæssige eftersyn. Hvis der indføres krav om energimæssigt eftersyn, ønsker de adspurgte installatører en enkel og brugervenlig app-løsning. Registrering af varmepumpers udbredelse, elforbrug og effektivitet kunne samtidig give et bedre datagrundlag for den grønne omstilling.

Den beregnede gennemsnitlige årvirkningsgrad for alle undersøgte installationer er 2,9-3,2¹. I installationer kun med gulvarme er gennemsnittet 3,1-3,4. I installationer med radiatorer alene eller i kombination med gulvarme er gennemsnittet 2,7-3,0.

Installationer udført af en udførende med VE-godkendelse har højere årvirkningsgrader end gennemsnittet, og disse virkningsgrader er af samme størrelsesorden som i Energistyrelsens Teknologikatalog. Beregningerne bygger dog på korte måleperioder og har derfor større usikkerhed, end når der måles gennem et helt år. Og installationerne er ikke udvalgt, så de præcis matcher beskrivelserne i Teknologikataloget. Beregningerne kan derfor ikke betragtes som en egentlig validering af Teknologikataloget.

¹Det beregnede gennemsnit er angivet som et interval, da det afspejler den usikkerhed, som analysen indeholder.



Indholdsfortegnelse

Forord	3
Sammenfatning.....	4
Indholdsfortegnelse.....	5
1. Indledning	7
1.1. Baggrund.....	7
1.2. Formål.....	7
1.3. Metode	8
1.4. Målgruppe.....	8
1.5. Definitioner af varmepumpers energieffektivitet	9
2. Udvalgelse af installationer til gennemgang.....	10
2.1. Udvalgelseskriterier og proces for udvalgelse.....	10
2.2. Proces og erfaringer fra kommunikationen med varmepumpeværterne.....	12
2.3. Indsamling af data.....	12
2.3.1. Stamdata.....	12
3. Læring og resultater fra Den gode installation af varmepumper fra 2017	14
4. Erfaringer fra vurderingsbesøg af installationer i 2021.....	15
4.1. Samlet vurdering af installationer	17
4.2. Målinger af varmepumpernes effektivitet før energioptimering	18
4.3. Optimering af varmepumper med energielementer til serviceeftersyn	21
4.4. Gennemgang af vurderingsparametre	24
4.4.1. Vurderingsparametre med høj vægtning.....	24
4.4.2. Vurderingsparametre med middel vægtning.....	27
4.4.3. Vurderingsparametre med lav vægtning.....	29
5. Casebeskrivelser.....	31
5.1. Case #34 – En god luft til vand-varmepumpeinstallation.....	31
5.2. Case #16 – En god luft til vand-varmepumpeinstallation.....	34
5.3. Case #29 – Luft til vand-varmepumpe i 1-planshus på 113 m ² fra 1958.....	35
5.4. Case #14 – Varmepumpe med udfordringer	36



5.5.	Case #18 – Varmepumpe med udfordringer	38
6.	Uddannelse og VE-godkendelsesordningen.....	39
6.1.	Erfaringer fra VE-godkendelsesordningen	40
7.	Diskussion og perspektivering	41
8.	Konklusion.....	47
9.	Referencer	49
10.	Bilag 1	50
11.	Bilag 2.....	51
12.	Bilag 3.....	60
13.	Bilag 4.....	61



1. Indledning

1.1. Baggrund

I 2017 afrapporterede Teknologisk Institut og Insero et måleprogram gennemført på en række varmepumper. Konklusionen var, at en meget stor del af de installerede varmepumper havde fejl i installationerne og ikke leverede den forventede energieffektivitet (Poulsen et al., 2017). Analysen viste, at der var en klar overvægt af anlæg, som enten var indstillet eller indreguleret forkert, eller som havde andre helt grundlæggende fejl, som typisk var sket i forbindelse med installationen af de pågældende varmepumper. Til trods for de fejl, som kunne konstateres på anlæggene, var husejerne tilfredse med deres varmepumpeanlæg.

Med Klimaaftalen af 22. juni 2020 blev parterne bag aftalen enige om at fremme udrulningen af eldrevne varmepumper og fjernvarme til udfasning af olie- og gasfyr (*Klimaaf tale for Energi Og Industri Mv ., 2020*). Samtidig blev det besluttet at igangsætte en række understøttende tiltag målrettet forbrugersikkerhed og sikker implementering. De understøttende tiltag omfatter blandt andet en undersøgelse af mulige kvalitetskrav med henblik på at sikre korrekt installation og en undersøgelse af, hvorvidt VE-godkendelsesordningen skal gøres obligatorisk for installation af varmepumper (*Klimaaf tale for Energi Og Industri Mv ., 2020*). Godkendelse efter VE-godkendelsesordningen blev et krav fra 1. april 2021, for at boligejere kan opnå tilskud til en varmepumpe fra Bygningspuljen og Skrotningsordningen (*Bekendtgørelse Om Tilskud Til Energibesparelser Og Energieffektiviseringer i Bygninger Til Helårsbeboelse, 2020*), og ordningen har siden oplevet stor fremgang i antallet af VE-godkendte installatører. Nærværende analyse er tiltænkt at indgå som en del af vidensgrundlaget for en vurdering af omfanget af understøttende tiltag besluttet i den opfølgende aftale på Klimaaftalen for energi og industri af 30. oktober 2020.

Med gennemførelse af denne analyse ønskes det undersøgt, dels om situationen er blevet forbedret med hensyn til kvaliteten af installationer, siden målingerne blev foretaget tilbage i 2015-16, og dels om der kan konstateres forskel mellem anlæg, som er installeret af en VE-godkendt montør eller installatørvirksomhed og anlæg, der er installeret af en installatør, som ikke har taget denne uddannelse på installationstidspunktet. Slutteligt ønskes det belyst, om varmepumpers effektivitet kan forbedres ved at tilføje energielementer i det regelmæssige eftersyn jf. Arbejdstilsynets bekendtgørelse Nr. 100 (*Arbejdstilsynets Bekendtgørelse Nr. 100, 2007*) efter det koncept, som Teknologisk Institut har udarbejdet for Energistyrelsen ultimo 2020. Derfor ønskes energieffektiviteten målt henholdsvis før og efter et sådant eftersyn.

1.2. Formål

Denne analyse har til hensigt at undersøge kvaliteten af installationer med individuelle eldrevne varmepumper udført i perioden 2015-2021. Dette gøres ved:



1. At skabe et overblik over kvaliteten af varmepumpeinstallationer i danske enfamiliehuse ud fra minimum 24 stikprøver med forskellige kombinationer af varmepumpetyper og varmeafgiver-systemer.
2. At belyse, om installationer udført af VE-godkendte varmepumpeinstallatører har højere kvalitet end installationer, der er udført af installatører, som ikke har fået uddannelsen under VE-godkendelsesordningen.
3. At undersøge potentialet i at udvide det eksisterende obligatoriske serviceeftersyn for varmepumper med et energieftersyn ifølge det koncept, som Teknologisk Institut har udarbejdet for Energistyrelsen.
4. At tilvejebringe målte data for varmepumpers virkningsgrad (SPF) under drift i repræsentative boliger.

Konklusionen fra *Den gode installation af varmepumper* fra 2017 (herfra benævnt med DGIVP2017), (Poulsen et al., 2017) var, at årsagen til lavere årsvirkningsgrader primært skyldes fejl i installationerne af varmepumper. Derfor er fokus for denne analyse også på kvaliteten af installationerne og ikke en vurdering af kvaliteten af de installerede varmepumper som opvarmningsprodukter.

1.3. Metode

Analysen, som ligger til grund for denne rapport, tager udgangspunkt i besøg på varmepumpeinstallationer installeret i enfamiliehuse, hvor der opsamles data om installationskvaliteten. Som udgangspunkt er der gennemført i alt tre dataopsamlinger på hver af de udvalgte installationer, som tilstræbes at udgøre et repræsentativt udsnit af danske enfamiliehuse med varmepumpeinstallationer. Udvælgelseskriterierne for installationerne er uddybet i afsnit 2.1.

Registreringsskemaet for besøg 1 er vedlagt i Bilag 1, mens beskrivelsen for energielementerne for det energimæssige serviceeftersyn til brug for besøg 2 er vedlagt i Bilag 2.

1.4. Målgruppe

Denne analyse er udarbejdet for Energistyrelsen som en opdatering af den tidligere analyse om kvaliteten af varmepumper, men rapporten henvender sig til en bred skare af interessenter, der alle har en tilknytning til markedet for varmepumper, og som har en interesse i at højne kvaliteten i varmepumpeinstallationer. Målgruppen omfatter således blandt andet installatører, producenter, rådgivere og brancheorganisationer samt myndigheder såsom Energistyrelsen, Bolig- og Planstyrelsen samt forskellige undervisningsinstitutioner.

Rapporten er skrevet med udgangspunkt i en grundlæggende forståelse for funktionaliteten af varmepumper og centralvarmeanlæg i enfamiliehuse. Rapporten henvender sig derfor primært til teknikere



og vil kun i begrænset omfang beskrive varmepumpeteknologien. For yderligere information om varmepumper henvises til Videncenter for Energibesparelser i Bygningers sider om varmepumper ([link](#)) eller til Den lille blå om Varmepumper ([link](#)).

1.5. Definitioner af varmepumpers energieffektivitet

En varmepumpe er et opvarmningsanlæg, som under de rette betingelser kan opnå høj energieffektivitet, samtidig med at varmen kan skabes ved brug af strøm, som frem mod 2030 bliver 100 % CO₂-neutral. Forholdet mellem den producerede varme og den forbrugte elektricitet indikerer, hvor effektiv varmepumpen er. Der er dog flere måder at opgøre effektiviteten af varmepumper på, og de normale betegnelser er samlet herunder med tilhørende forklarende tekst:

- **COP (Coefficient Of Performance)** bruges som betegnelse for effektiviteten i et bestemt driftspunkt. COP er et udtryk for, hvor meget varmeeffekt der produceres i forhold til, hvor meget elektrisk effekt der forbruges. COP varierer hen over året som følge af forskellige driftsbetingelser såsom udetemperatur, afrimning, vindforhold og solindfald.
- **Energivirkningsgrad** bruges som udtryk for den målte producerede varmeenergi divideret med den forbrugte elektriske energi. Energivirkningsgraden benyttes i denne rapport som et udtryk for energieffektiviteten af en varmepumpe i en afgrænset tidsperiode.
- **SCOP (Seasonal Coefficient of Performance)** er energieffektiviteten beregnet efter en europæisk standardiseret målemetode (DS/EN 14825), som skal repræsentere varmepumpens drift over et helt år. Ud fra SCOP beregnes energiklassen (A+++ , A++ , A+ , osv.), som benyttes på energimærket for varmepumper, og som kan bruges til at sammenligne varmepumpers energieffektivitet. SCOP er dog kun baseret på rumopvarmning og indeholder således ikke opvarmning af varmt brugsvand. I standardafprøvningen af varmepumper er SCOP fundet ved driftsbetingelser, som ikke nødvendigvis forekommer, når en varmepumpe er installeret i et hus.
- **SPF (Seasonal Performance Factor)** bruges som en betegnelse for den samlede årlige effektivitet for en konkret varmepumpeinstallation. Det vil sige den samlede årlige varmeproduktion fra varmepumpen divideret med varmepumpens årlige elforbrug. En SPF-værdi for varmepumper indeholder således normalvis både rum- og brugsvandsopvarmning, idet en installeret varmepumpe ofte vil producere begge dele. Derudover vil SPF-værdien også inkludere brug af varmepumpens elpatron, såfremt det har været nødvendigt.

I denne rapport benyttes SPF som et udtryk for den samlede årvirkningsgrad for den installerede varmepumpe hos varmepumpeværterne baseret på målerdata. SPF-værdien inkluderer både rumopvarmning og varmt brugsvand. Der er i forbindelse med besøgene hos varmepumpeværterne foretaget målinger af varmepumpens energivirkningsgrader i perioderne mellem 1. og 2. besøg (periode 1) og mellem 2. og 3. besøg (periode 2). Disse energivirkningsgrader er efterfølgende – ved hjælp af graddage og udetemperaturer for den nærmeste vejstation – blevet omregnet til en beregnet SPF-værdi for et helt år for at kunne vurdere varmepumpens drift baseret på periode 1 og på periode 2. Forskellen mellem



den beregnede SPF-værdi for periode 1 og periode 2 udgør effekten af energimæssige tiltag foretaget ved serviceeftersynet af varmepumpen på 2. besøg.

2. Udvalgelse af installationer til gennemgang

2.1. Udvalgelseskriterier og proces for udvælgelse

Teknologisk Institut har i alt besøgt 28 varmepumper i forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport. Ejere af varmepumperne, som indgår i denne rapport, benævnes som varmepumpeværter. Alle besøgte varmepumpeinstallationer har fået foretaget en ekspertvurdering af kvaliteten af varmepumpeinstallationen, som vurderer kvalitetsparametre som dimensionering, rørføring, korrekt isolering m.m., mens de varmepumper, som har tilstrækkeligt pålidelige energimålere, også vurderes ud fra målinger af varmepumpens energieffektivitet.

Baggrunden for ikke at inkludere alle varmepumper i den målbare vurdering af energieffektiviteten (årsvirkningsgraden) er, at de fleste varmepumper installeres uden eksterne energimålere på varmeafgiversiden, og nogle varmepumper indeholder ikke interne energimålere, eller de interne energimålere er slukkede. De installationer, som enten har eksterne energimålere eller tilstrækkeligt præcise interne energimålere, benævnes 'målbare installationer', mens de installationer, hvor det ikke er muligt at indhente tal for energieffektiviteten, benævnes 'ikke-målbare installationer'.

Det er i forbindelse med igangsættelse af analysen aftalt, at minimum 24 installationer skal være målbare installationer. Af de 24 målbare installationer er det aftalt, at det tilstræbes, at i alt otte varmepumper tilsluttet gulvarmesystem, otte tilsluttet radiatorsystem og otte tilsluttet både gulvarme og radiatorer skal indgå i analysen. Analysen skal både omfatte luft til vand- og jordvarmepumper samt flere forskellige produkttyper/brands. Det tilstræbes, at luft til vand-varmepumper udgør 2/3 af undersøgelsen, mens jordvarmepumper udgør 1/3, og ca. 50 % af de undersøgte anlæg tilstræbes at være etableret af en VE-godkendt installatør. Det tilstræbte antal og den endelige fordeling af analysens målbare installationer fordeler sig som angivet i Tabel 1.



	Tilstræbte antal	Antal i analysen
<i>Samlet antal installationer</i>		28
<i>Kriterie 1 – Målbare installationer</i>		
Antal målbare installationer	24	25
<i>Kriterie 2 – Installation af VE-godkendte</i>		
Antal VE-godkendte installationer	12	10
Antal ikke-VE-godkendte installationer	12	18
<i>Kriterie 3 – Centralvarmesystem</i>		
Installationer med gulvarme	8	8
Installationer med radiator	8	6
Installationer med kombineret gulvarme og radiator	8	14
<i>Kriterie 4 – Varmepumpe typer</i>		
Luft til vand-installationer	16	24
Jordvarmeinstallationer	8	4

Tabel 1 – Tilstræbte antal installationer og fordelingen af installationer i analysen.

Som det fremgår af Tabel 1, indgår der 28 installationer i analysen, hvoraf 10 installatører var VE-godkendte forud for installationen, mens 18 installatører ikke havde taget uddannelsen til at opnå VE-godkendelsen. Da mange installatører først er blevet VE-godkendte, efter det blev annonceret, at dette vil blive et krav, for at boligejere kan få tilskud fra Bygningspuljen, har det ikke været muligt både at finde et bredt udsnit af installatører og samtidig have en 50/50-fordeling mellem installationer udført af VE-godkendte og ikke-VE-godkendte installatører. Analysen viser, at en stor del af de ikke VE-godkendte installatører efterfølgende har valgt at opnå kvalifikationer, som har fået dem VE-godkendt på et senere tidspunkt end installationstidspunktet. Kravet om VE-godkendelse for at opnå tilskud fra Bygningspuljen og Skrotningsordningen har haft en effekt for udbredelsen af VE-godkendelsesordning.

Ambitionen om en ligelig fordeling mellem VE-godkendte og ikke-VE-godkendte installationer har også betydet, at luft til vand-varmepumper fylder mere i analysen end jordvarmepumper, fordi der de seneste år er blevet installeret væsentligt flere luft til vand-varmepumper end jordvarmepumper. De deltagende varmepumpeværter vurderes at udgøre et bredt udsnit af de varmepumpeinstallationer, som findes i danske enfamiliehuse, og imødekommer således ambitionen for fordelingen.

Udover ovenstående kriterier for udvælgelse af varmepumpeværter til analysen har der også været fokus på, at analysen skal indeholde både monoblok- og splitanlæg, så begge varmepumpe typer er repræsenteret i analysen. Samtidig er der også fundet varmepumpeinstallationer med flere forskellige producenter for at få et udsnit af produkter med i analysen.



2.2. Proces og erfaringer fra kommunikationen med varmepumpeværterne

En væsentlig del af analysen har været at finde varmepumpeværter med installationer, som er villige til at stille deres varmepumpeinstallation til rådighed for analysen. I et forsøg på at indsamle tilfældigt udvalgte installationer er varmepumpeværterne for denne analyse fundet igennem forskellige kilder. Varmepumpeværterne er blandt andet fundet igennem Facebook-opslag på grupper for varmepumper, igennem Facebook-opslag på SparEnergi.dk og via kontakt til tilskudsmodtagere fra Energistyrelsens Bygningspuljen. Ved at bruge disse kilder til at finde varmepumpeværter vurderes det, at der er fundet et tilfældigt udsnit af bestanden af varmepumpeinstallationer.

2.3. Indsamling af data

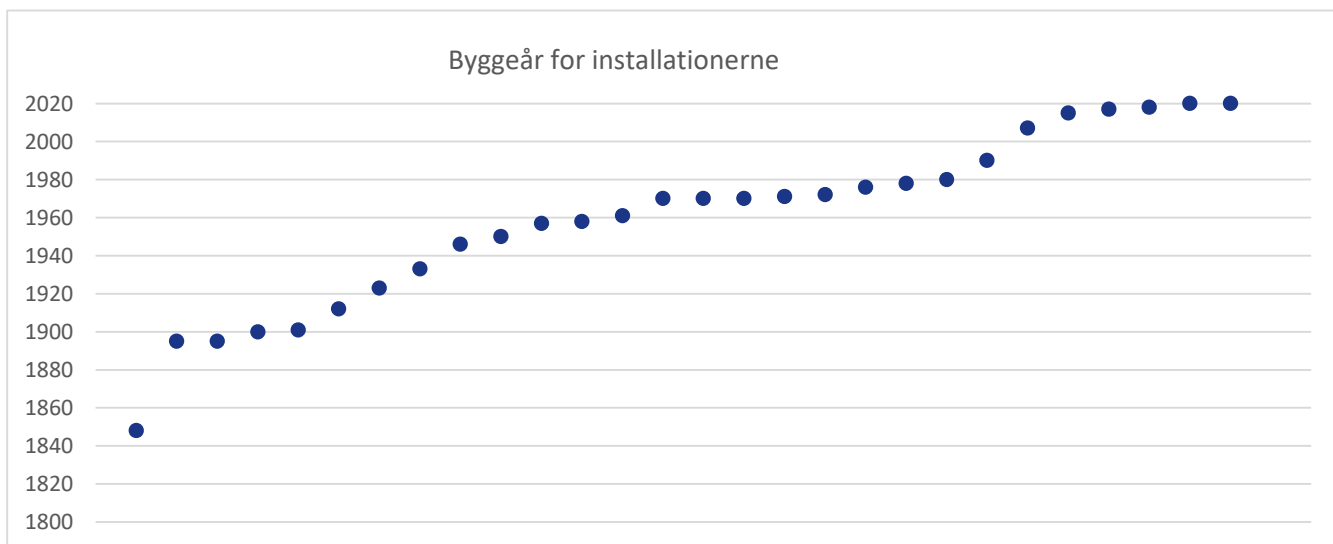
Der er indsamlet en række tekniske data om installationerne ved besøg hos varmepumpeværterne, hvor varmepumpeinstallationen og centralvarmeanlægget er blevet gennemgået af en varmepumpeekspert. Indsamling af varmepumpens elforbrug er primært foretaget ved bimålere, som ifølge Bygningsreglementet er lovpligtige for varmepumper med et forbrug på over 3.000 kWh, og er blevet suppleret ved brug af varmepumpens interne elmåler.

Måling af varmeproduktionen er primært blevet foretaget ved brug af varmepumpernes interne energimålere suppleret med enkelte installationer med eksterne afregningsgodkendte målere for at verificere præcisionen af de interne målere. Det er lykkedes at finde et udsnit af installationer, hvor der allerede er sat eksternt energimåler på. Disse varmepumpeinstallationer med både interne og eksterne energimålere har kunnet udgøre et eksternt tjek af varmepumpens interne energimålere og dermed give indsigt i analysens måleusikkerheder. Måleusikkerheden er beskrevet i afsnit 4.2.

I de tilfælde, hvor det er blevet vurderet nødvendigt, er der benyttet termografibilleder til at vurdere kvaliteten af den isolering, som er blevet monteret på varmepumpeinstallationerne. Termografibilleder kan på kolde dage vise varmeoverførslen fra rørene i varmepumpeinstallationen. Denne metode er benyttet for at undgå destruktive indgreb i varmepumpeinstallationens isolering.

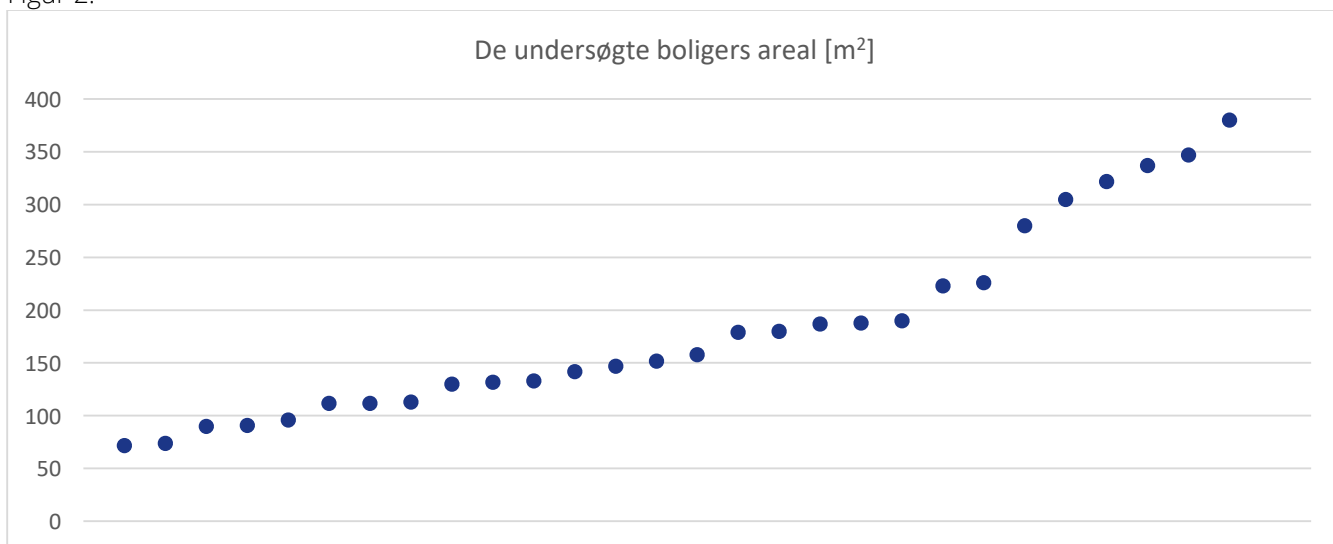
2.3.1. Stamdata

I tillæg til energidata opsamlet hos varmepumpeværterne er der blevet opsamlet stamdata om husene igennem dialog med varmepumpeværter og offentligt tilgængelige data som energimærkerapporter og BBR-data. Husene, der indgår i analysen, spænder over forskellige størrelser og byggeår, og der indgår huse fra alle fem regioner i Danmark. Der er således huse fra perioden fra 1848 til 2020 som vist i Figur 1.



Figur 1 – Fordeling af byggeår for de 28 boliger i analysen.

Derudover er der også fundet huse af forskellige størrelser, som spænder fra 72 til 380 m² som vist i Figur 2.

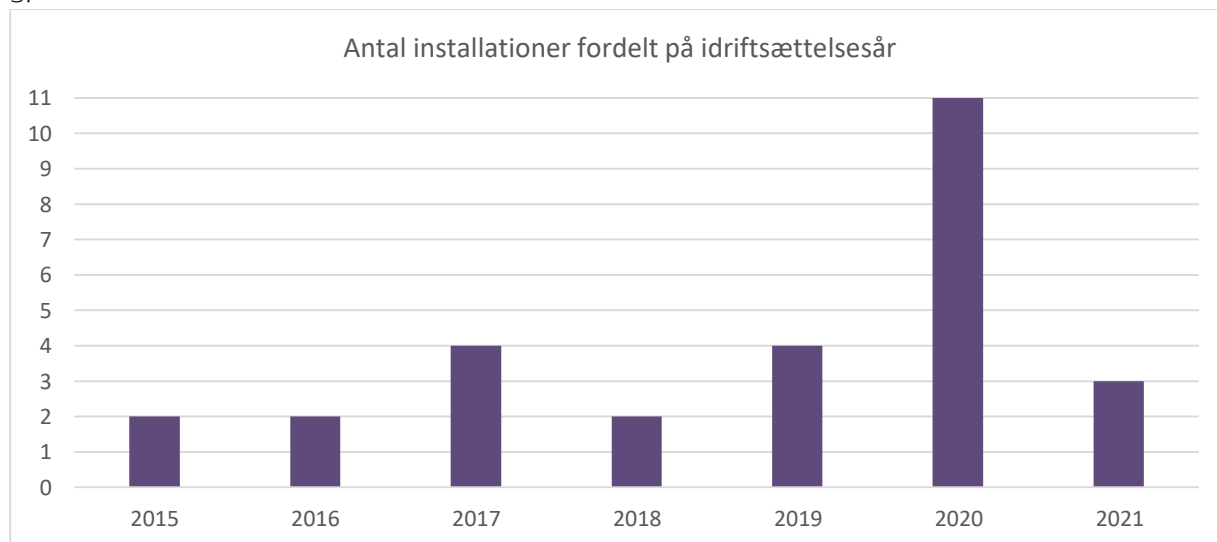


Figur 2 - Fordeling af boligareal for de 28 boliger i analysen.

Med ovenstående fordeling af huse i analysen vurderes det, at husene udgør et bredt udsnit af danske huse i forhold til husenes størrelse og alder.



Varmepumperne er installeret i perioden fra 2015 til 2021, og de fordeler sig på årene som vist i Figur 3.



Figur 3 - Installationsår for varmepumpeinstallationer i analysen.

3. Læring og resultater fra Den gode installation af varmepumper fra 2017

I DGIVP2017 var konklusionen, at en meget stor del af de installerede varmepumper ikke leverede en tilstrækkelig høj energieffektivitet. En stor andel af varmepumperne var enten indstillet forkert eller havde andre helt grundlæggende fejl, som typisk var sket i forbindelse med installationen. Husejerne var dog stadig glade for deres varmepumper.

Det blev i 2017 konstateret, at kun omkring 16 % af de undersøgte installationer kørte optimalt i forhold til de kriterier, som blev sat op for en god installation. De resterende 84 % af varmepumpeinstallationerne havde en eller anden form for uhensigtsmæssig drift, og særligt var varmepumpens varmekurve sat forkert i mange tilfælde. Der var en række væsentlige og gennemgående fejl, som kunne konstateres på de besigtigede anlæg, hvor de vigtigste for installationens kvalitet er gengivet nedenfor:

- Mangelfuld indregulering af varmepumpens varmekurve, så den passer til hus og varmeafgiversystem (DGIVP2017, afsnit 4.1).
- Anvendelse af brugsvandscirkulation uden styring (DGIVP2017, afsnit 4.2).
- Installatørene havde ikke i tilstrækkelig grad forholdt sig til boligens varmeafgiversystem og sikret tilstrækkeligt højt flow, hvilket muliggør drift med lavere fremløbstemperatur, som har en positiv indvirkning på varmepumpens energieffektivitet (DGIVP2017, afsnit 4.3).



- Anvendelse af shunt til gulvarme, som medførte for høje fremløbstemperaturer (DGIVP2017, afsnit 4.4).
- Mangelfuld isolering af rørføringer udendørs (DGIVP2017, afsnit 4.6).

DGIVP2017 var baseret på dataopsamling med eksterne varmemålere gennem minimum ét år. Tidsrammen for nærværende analyse var væsentligt kortere. Den er derfor baseret på målinger af minimum 14 dages varighed. Der er målt med eksterne elmålere (bimålere) og interne varmemålere, så vidt muligt opdelt på rumvarme og varmt brugsvand. Det betyder, at usikkerheden fsva. dataopsamling er højere end i DGIVP2017. Derimod er den teknisk-faglige vurdering af anlæggene mere detaljeret i nærværende analyse sammenlignet med DGIVP2017.

4. Erfaringer fra vurderingsbesøg af installationer i 2021

Alle varmepumpeinstallationerne i analysen er blevet besøgt af Teknologisk Instituts varmepumpeksperter, som har foretaget vurderinger af og indsamlet data om hver installation. Konklusionerne fra besøgene vil blive præsenteret i dette kapitel sammen med de erfaringer, som er opnået om fejl i varmepumpeinstallationer.

Som tidligere beskrevet ønskes det i analysen undersøgt, om der er forskel mellem installationer, der er foretaget af installatører, som forud for installationen har modtaget undervisningen i VE-godkendelsesordningen for varmepumper, og installatører, som ikke har modtaget VE-uddannelsens undervisning. Erfaringerne om VE-godkendelsesordningen vil også blive behandlet særskilt i kapitel 6.

Vurdering af installationer

Som beskrevet i afsnit 2.1 er alle installationer blevet vurderet ud fra en række vurderingsparametre, som påvirker den samlede kvalitet af installationen. Kriteriet for udvælgelsen af vurderingsparametrene er, at de har en indvirkning på kvaliteten af varmepumpeinstallationen. Det er dog ikke alle parametre, som har lige stor indvirkning, og derfor er hvert parameter blevet vægtet på en 1-3 skala, hvor 3 har højeste indvirkning på varmepumpens installationskvalitet, mens 1 har den laveste indvirkning. Skalaen for vurderingsparametrene for installationen er defineret fra 1 til 5. De udvalgte vurderingsparametre er angivet i Tabel 2.



Parameter	Indhold	Vægtning
<i>Dimensionering af varmepumpen ift. varmeydelse</i>	En vurdering af, om varmepumpens varmeeffekt passer til husets varmebehov i alle årets timer.	3
<i>Placering af varmepumpen med hensyn til støj</i>	En vurdering af, om varmepumpen er placeret hensigtsmæssigt i henhold til støjkrav til naboer og eget hus (gælder kun luft til vand-varmepumper).	2
<i>Placering af varmepumpeinstallationen med hensyn til afstand mellem indedel og udedel</i>	En vurdering af, om varmepumpens udedel er placeret hensigtsmæssigt for at undgå en lang rørføring mellem inde- og udedel (gælder kun luft til vand-varmepumper).	1
<i>Installation af rørføring/rørstørrelser</i>	En vurdering af, om rørføringen er udført optimalt, og om der er brugt tilstrækkeligt store rørdimensioner til at opnå passende flow.	2
<i>Installation - Isolering</i>	En vurdering af, om isolering er udført i overensstemmelse med reglerne i Bygningsreglementet.	2
<i>Installation af afløb/dræn på udedel</i>	En vurdering af håndteringen af vand fra afrimning til afløb eller dræn (gælder kun luft til vand-varmepumper).	1
<i>Installation af bimåler</i>	En vurdering af, om der er installeret en bimåler, som Bygningsreglementet foreskriver.	1
<i>Indregulering af varmeanlæg og varmekurve</i>	En vurdering af, om varmepumpens varmekurve er indstillet ved lavest mulige fremløbstemperatur med det givne centralvarmeanlæg og varmetab fra bygningen.	3
<i>Indregulering af brugsvand</i>	En vurdering af, om varmepumpens brugsvandstemperaturer er indstillet energieffektivt med respekt for værtens behov.	2
<i>Kundetilfredshed med driften af varmepumpen</i>	En vurdering af tilfredsheden med varmepumpeinstallationen baseret på dialog med varmepumpeværten.	3

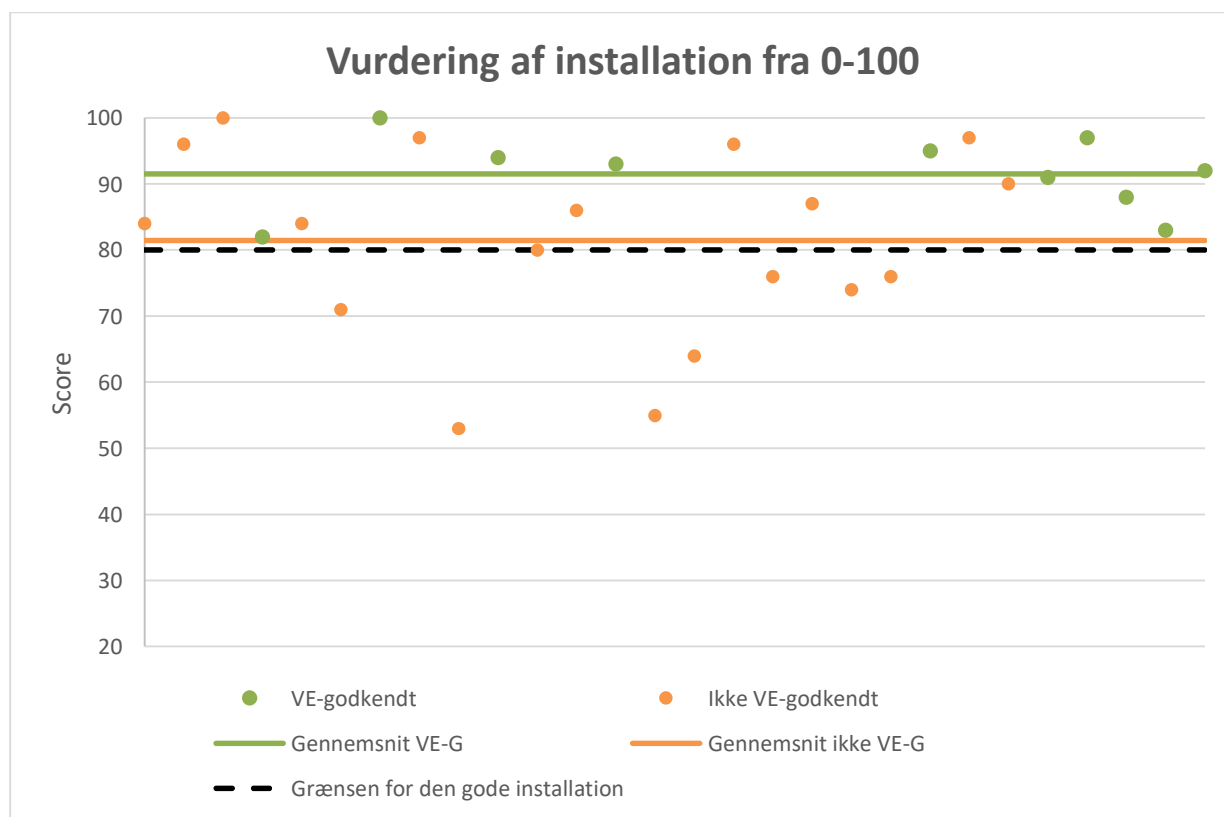
Tabel 2 – De udvalgte vurderingsparametre for kvaliteten af varmepumpeinstallationer og deres vægtning.

Vurderingen af hver installation for hvert parameter er vedlagt i Bilag 3. Nogle parametre er ikke relevante for jordvarmeinstallationerne, og for disse parametre har jordvarmepumperne modtaget 5 i karakter. Denne metodik er benyttet for at undgå at skulle behandle jordvarme- og luft til vand-varmepumper forskelligt i undersøgelsen. Som det fremgår af afsnit 2.1, er der et begrænset antal jordvarmepumper, og deres vægt på analysens konklusioner er således begrænsede.



4.1. Samlet vurdering af installationer

Baseret på vurderingen af hver installation på de 10 vurderingsparametre er der med udgangspunkt i vægtningen af hvert parameter udregnet en samlet score for installationen. Ved en score på 5 på alle vurderingsparametre kan en installation maksimalt opnå en score på 100, mens en installation med 4 i alle parametre opnår en score på 80. Det er vurderet, at ud fra de forudsætninger, som er opsat for vurdering af hvert parameter, så vil en samlet score på 80 eller derover udgøre en god installation. Den samlede score for alle installationer er vist i Figur 4.



Figur 4 – Ekspertvurdering af varmepumpeinstallationer baseret på vurderingsparametre og vægtning. Ved lavest mulig score (1) i alle kategorier opnår en installation en score på 20. Derfor starter y-aksen fra 20 og går til højest mulig score (100).

Som det fremgår af Figur 4, ligger gennemsnittet for både VE-godkendte og ikke-VE-godkendte installationer over 80, som er grænseværdien for, hvornår en varmepumpeinstallation betragtes som en god installation. Faktisk er 75 % af alle installationerne karakteriseret som gode installationer, og alle installationer, der er foretaget af VE-godkendte installatører, har opnået en score på 80 eller derover.



Derudover viser Figur 4 også, at gennemsnittet for de VE-godkendte installationer er højere end for ikke-VE-godkendte installationer, hvilket indikerer, at VE-uddannelsen har en positiv indvirkning på installationskvaliteten. Til gengæld kan man se, at både VE-godkendte og ikke-VE-godkendte installationer opnår topkarakterer, men at de ikke-VE-godkendte installationer spreder sig mere ud end de VE-godkendte, som mere konsekvent ligger i toppen. Da ingen VE-godkendte installationer opnår en score på 80 eller derunder, så tyder denne analyse derudover på, at VE-uddannelsen er med til at modvirke store fejl på installationer. Der er dog kun tale om 10 installationer, som redegjort for i Tabel 1, og konklusionerne skal derfor ses i lyset af, at der er tale om et begrænset antal installationer.

4.2. Målinger af varmepumpernes effektivitet før energioptimering

Som beskrevet i afsnit 1.5 er der ad to omgange foretaget måling af hver varmepumpeinstallations energivirkningsgrad i en periode på minimum 14 dage. Energivirkningsgraden er defineret som forholdet mellem den producerede varmeenergi og den forbrugte elektriske energi i perioden, jf. afsnit 1.5. Den første periode ligger mellem besøg 1 og 2, og disse målinger er et udtryk for varmepumpebestandens energieffektivitet, inden Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter har foretaget nogen form for optimering. Det er disse målinger, som behandles i nærværende afsnit.

Med udgangspunkt i målinger af energivirkningsgraderne fra periode 1 er der beregnet en årvirkningsgrad for installationen (herfra benævnt beregnet SPF, jf. afsnit 1.5). SPF-værdien er beregnet under antagelse om, at produktionen af varmt brugsvand er konstant over hele året med en korrektion for rumvarmeforbruget i forhold til graddagedata (Teknologisk Institut, 2021). De målte energivirkningsgrader for hver installation er med udgangspunkt i gennemsnitstemperaturen i måleperioden blevet omregnet til SPF ved hjælp af erfaringstal for udetemperaturens påvirkning på virkningsgrader, vejrdata fra vejrstationen tættest på installationen og graddagedata (se mere i Bilag 4). Metodikken for de beregnede SPF-værdier er blevet sammenlignet med de varmepumpeinstallationer, hvor der – fra installationstidspunktet og til besøg 1 – har været troværdige og flere års data om SPF-værdien for varmepumpen til rådighed. På den måde er beregningsmetodikken blevet valideret for et udsnit af de målbare installationer, hvor flere års driftsdata har været tilgængelige.

På grund af de kortere måleperioder og brug af interne målere er det vurderet, at de beregnede SPF-værdier kan afvige med $\pm 5\%$ i forhold til resultater baseret på målinger gennem et helt år og med eksterne målere. Som beskrevet i afsnit 2.3 er der udført en mindre undersøgelse af afvigelserne mellem måledata opsamlet af varmepumpernes interne energimålere og de eksterne energimålere.

Resultaterne af de beregnede SPF-værdier baseret på målinger før energioptimering er opsummeret i Tabel 3. For at undgå at ekstreme observationer påvirker resultaterne uforholdsmæssigt meget, er de to højeste og de to laveste SPF-værdier ikke medtaget. SPF-værdierne er angivet i et interval for at tage højde for den usikkerhed, som eksisterer i målingerne og beregningerne.

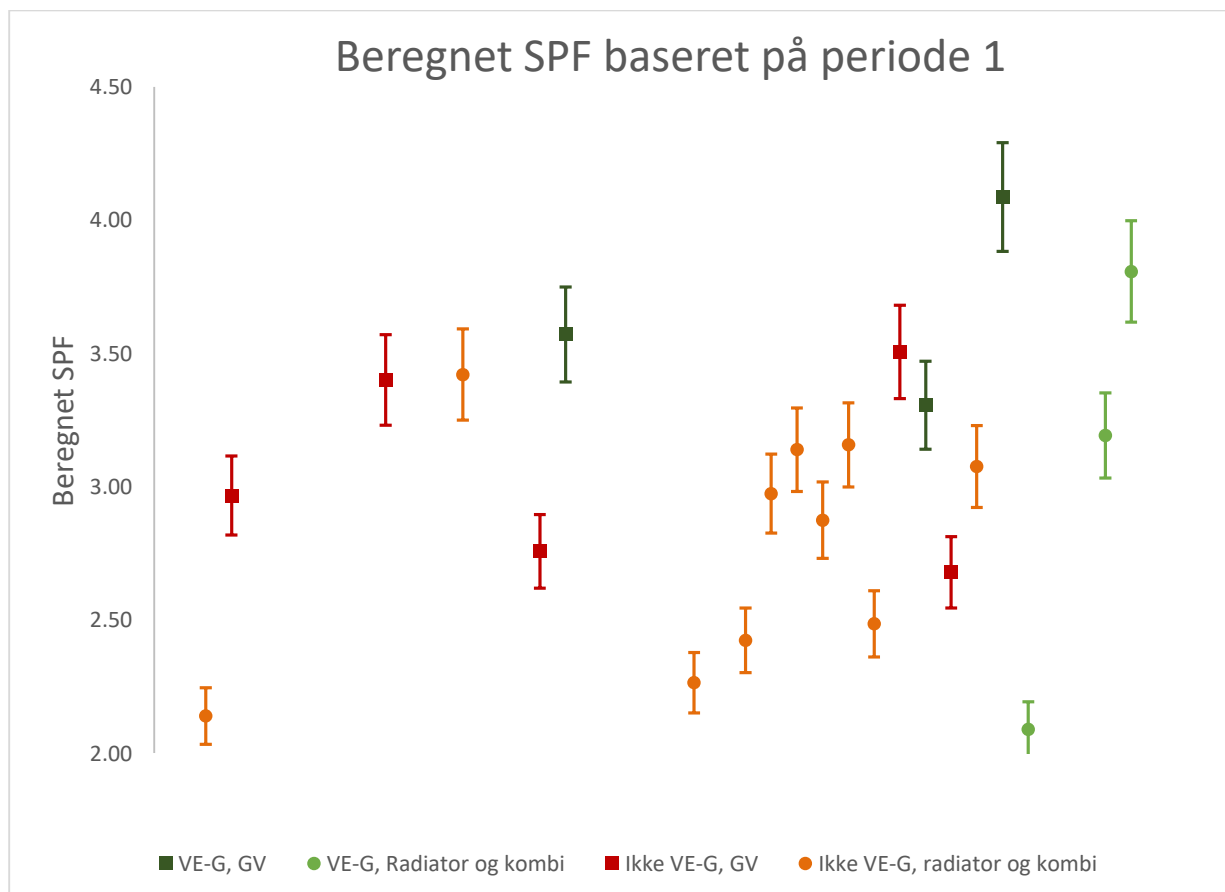


	Total	VE-godkendte	Ikke-VE-godkendte
Antal installationer	21	6	15
Beregnet SPF	2,9-3,2	3,2-3,5	2,7-3,0
Andel ren gulvarme	38,1 %	50,0 %	33,3 %

Tabel 3 – Beregnede SPF-værdier for periode 1 for alle installationer og fordelt på VE- og ikke-VE-godkendte installationer.

Som det fremgår af Tabel 3, opnår de målbare varmepumper i periode 1 i gennemsnit en beregnet SPF på 2,9-3,2. Herudover viser tabellen også, at der er opnået højere SPF-værdier hos de VE-godkendte installationer sammenlignet med de ikke-VE-godkendte installationer. De VE-godkendte opnår gennemsnitligt SPF-værdier på 3,2-3,5, mens de ikke-VE-godkendte opnår 2,7-3,0.

Nederst i tabellen ses andelen af installationer kun med gulvarme. Disse installationer vil som udgangspunkt opnå bedre virkningsgrader end installationer, hvor radiatorer indgår, fordi fremløbstemperaturen er lavere. Andelen af gulvarmeinstallationer for de VE-godkendte og de ikke-VE-godkendte er ikke helt ens, hvorfor en mindre del af de VE-godkendtes bedre SPF-værdi kan tilskrives, at der indgår flere installationer med ren gulvarme. Faktorer som klimaskærmens beskaffenhed og andelen af brugsvandsproduktion i den samlede varmeproduktion vil også have en betydelig indvirkning på SPF-værdien for den enkelte installation. I denne analyse er der dog fokuseret på at vise karakteristika for centralvarmesystemet og uddannelsesniveaue af installatøren grundet formålsbeskrivelsen i afsnit 1.2. Hvorvidt en SPF-værdi er lav eller høj for den enkelte installation kræver en vurdering, som også medtager klimaskærmens beskaffenhed og andelen af varmt brugsvand.



Figur 5 – Beregnede SPF-værdier baseret på 1. måleperiode. De grønne angiver de VE-godkendte installationer, mens de røde er ikke-VE-godkendte. De firkantede markører er gulvarmeinstallationer, og de runde prikker er radiator- og kombinationsanlæg.

Figur 5 viser fordelingen af de beregnede SPF-værdier, som varmepumpeinstallationerne har opnået. Som beskrevet ovenfor er SPF-værdierne behæftet med en vis usikkerhed, og dette er baggrunden for, at de vises i et spænd på $\pm 5\%$ for hver installation. Figur 5 viser, at SPF-værdierne fordeler sig på hele spektret fra 2 til over 4, men størstedelen af varmepumperne ligger i spændet mellem 2,5-3,5. Derudover kan man se, at størstedelen af de VE-godkendte installationer opnår SPF-værdier på over 3 og i flere tilfælde også over 3,5, men der er dog én VE-godkendt installation, som ikke klarer sig så godt med en SPF-værdi på omkring 2.

Varmepumper er mere energieffektive, jo lavere fremløbstemperaturen er, og en af konklusionerne fra DGIVP2017 var, at effektiviteten af varmepumpen stiger med 1-3 %, for hver grad fremløbstemperaturen kan sænkes. Opvarmning med gulvarme kan foregå med en lavere fremløbstemperatur på grund



af et stort varmefladeareal sammenlignet med centralvarmeanlæg baseret på radiatorer. Tabel 4 viser de beregnede SPF-værdier fordelt på henholdsvis gulvarmeanlæg og radiator- og kombinationsanlæg.

	Gulvarme	Radiator- og kombinationsanlæg
Antal installationer	8	13
Beregnet SPF	3,1-3,4	2,7-3,0
Beregnet SPF for VE-godkendte	3,5-3,8	2,9-3,2

Tabel 4 – Beregnede SPF-værdier baseret på periode 1 fordelt på gulvarmeanlæg og radiator- og kombinationsanlæg.

Som det fremgår af Tabel 4, har gulvarmeinstallationer højere SPF-værdi end anlæg med radiatorer. Forskellen er dog ikke så stor, som man umiddelbart kunne forvente, henset til at gulvarme typisk har væsentligt lavere fremløbstemperatur end radiator- og kombinationsanlæg. Afvigelsen fra det forventede kan skyldes, at flere af de undersøgte installationer med gulvarme producerer en stor andel varmt brugsvand – i flere tilfælde 30-40 % af den samlede varmeproduktion, hvilket ikke er unormalt i nye huse med lavt rumvarmebehov. Det betyder, at varmepumpen i en større del af tiden skal producere brugsvand ved ca. 55-60 grader °C frem for gulvarme ved ca. 35 °C, og det afspejler sig i SPF-værdien. Det samlede energiforbrug for den type installationer er væsentligt lavere end for ældre huse, fordi bygningerne er velisolerede. Det er derfor heller ikke problematisk, at SPF-værdien er lavere i de installationer.

4.3. Optimering af varmepumper med energielementer til serviceeftersyn

Teknologisk Institut udarbejdede i efteråret 2020 forslag til elementer i et energimæssigt serviceeftersyn af varmepumper. Arbejdet var finansieret af Energistyrelsen. Forslaget blev udarbejdet som en mulig tilføjelse til det eksisterende eftersyn af varmepumper, der primært udføres på grund af sikkerhedshensyn. Forslaget er vedlagt i Bilag 2.

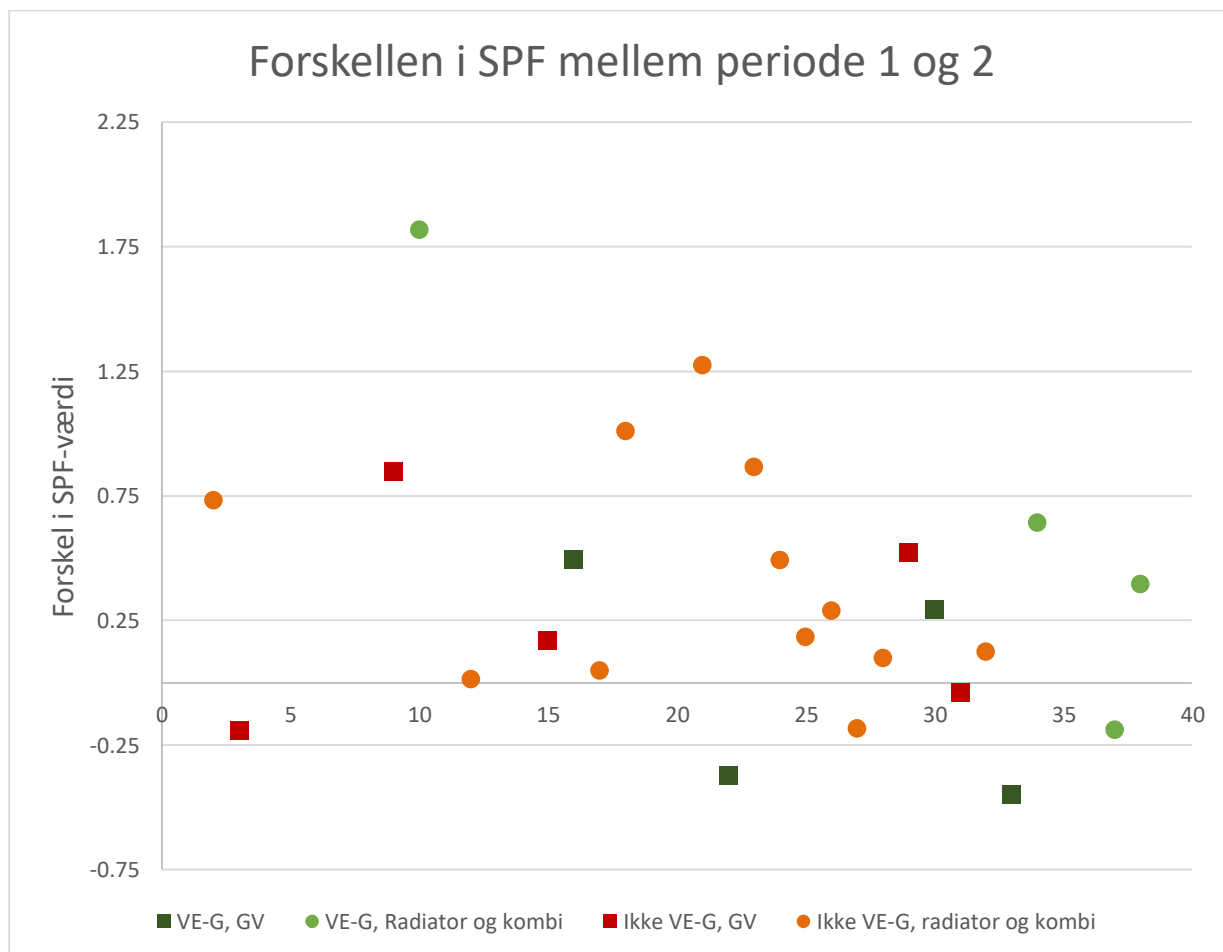
Forslagets mulige effekt blev undersøgt ved det 2. besøg hos varmepumpeværterne. Forskellen i de beregnede SPF-værdier baseret på periode 1 og periode 2 viser således effekten af energioptimering i forbindelse med serviceeftersyn af varmepumper. SPF-værdierne er beregnet efter samme metode som beskrevet ovenfor (se evt. Bilag 4), og ligesom med målingerne før energioptimering, er de to højeste og de to laveste værdier udeladt fra analysen med henblik på at undgå, at ekstreme observationer påvirker resultaterne uforholdsmæssigt meget. Resultaterne af de beregnede SPF-værdier baseret på målinger efter energioptimering er opsummeret i Tabel 5.



	Total	VE-godkendte	Ikke-VE-godkendte
Antal installationer	21	7	14
Beregnet SPF	3,2-3,5	3,3-3,6	3,1-3,4
Andel gulvarme	38 %	57 %	36 %

Tabel 5 - Beregnede SPF-værdier baseret på periode 2 for alle installationer og fordelt på VE- og ikke-VE-godkendte installationer.

Tabel 5 viser de beregnede SPF-værdier baseret på periode 2. Der er gennemsnitligt opnået en energiforbedring på ca. 10 % ved en sammenligning af Tabel 3 og Tabel 5. For nogle installationer har det været muligt at opnå store forbedringer, mens det på andre installationer ikke var muligt at foretage tiltag, som forbedrede driften af varmepumpen. For de tre største forbedringer i SPF-værdierne er der opnået forbedringer fra 0,87 til 1,28. Det er dog værd at bemærke, at det kun har været muligt at forbedre SPF-værdien for de VE-godkendte med ca. 3 %, mens der for de ikke-VE-godkendte er sket en forbedring på ca. 13 %. Potentialet for det energimæssige eftersyn af varmepumperne vil således falde løbende, såfremt den øgede udbredelse af VE-godkendelsesordningen vil bidrage til at hæve den generelle effektivitet af varmepumpeinstallationerne. Forskellen i SPF-værdien for hver installation baseret på henholdsvis periode 1 og periode 2 er vist i Figur 6.



Figur 6 – Forskel i SPF-værdi baseret på periode 1 og periode 2. En positiv forskel er, at SPF-værdien er blevet højere i periode 2 end i periode 1.

Figur 6 viser, at langt størstedelen af installationerne har opnået højere SPF-værdi i periode 2 sammenlignet med periode 1. Den ændring i SPF, som kan tilskrives højere udetemperatur i periode 2, er fra-regnet. Enkelte installationer opnår dårligere SPF-værdi, men det kan med stor sandsynlighed tilskrives måleusikkerhed eller ændret brugsmønster – typisk større forbrug af varmt brugsvand.

Som det ses, har det i flere tilfælde været muligt at øge SPF-værdien med 0,5 til 1 efter driftsoptimering ifm. et energimæssigt eftersyn, som beskrevet i Bilag 2. Det kan resultere i betydelige årlige besparelser for varmepumpeejerne, samtidig med at varmepumpens levetid forlænges. Tabel 6 viser forbedringerne fordelt på gulvarme-, radiator- og kombinationsanlæg.



	Gulvarme	Radiator- og kombinationsanlæg
Antal installationer	8	13
Beregnet SPF	3,3-3,6	3,1-3,4
Forskel	+0,2	+0,4

Tabel 6 - Beregnede SPF-værdier baseret på periode 2 fordelt på gulvarmeanlæg og radiator- og kombinationsanlæg.

Tabel 6 viser, at SPF-værdierne er blevet forbedret for både gulvarmeanlæg og radiator- og kombinationsanlæg, hvis SPF-værdierne sammenlignes med Tabel 4, og at forbedringen er i samme størrelsesorden for begge kategorier.

Teknologisk Institut har i forbindelse med 2. besøg hos nogle af varmepumpeværterne haft varmepumpeinstallatører med ude på installationen for at afprøve de energimæssige elementer af serviceeftersynet af varmepumper. Tilbagemeldingerne fra de deltagende installatører i analysen har generelt set været positive, og flere af installatørerne er af den opfattelse, at disse elementer burde indgå i et serviceeftersyn af varmepumper, selvom lovgivningen i 2021 ikke foreskriver det. Opfordringen fra de deltagende installatører er dog, at de administrative forpligtelser forbundet med en tilføjelse af energielementer til serviceeftersyn af varmepumper bør holdes på et minimum. I den forbindelse nævnte flere installatører muligheden for at registrere data i en app for at undgå håndtering og arkivering af fysiske dokumenter ved kundebesøg.

En registrering af data fra de energimæssige eftersyn vil også kunne give løbende data om energieffektiviteten af installerede varmepumper, fordi installatørerne under gennemgangen vil indtaste både varmeproduktion og elforbrug. Med sådanne data vil man løbende indsamle data om varmepumpernes indvirkning på elforsyningen og øge installatørernes fokus på installationens virkningsgrad. Herudover vil en digital registrering af varmepumper også medvirke til at kortlægge antallet af installerede varmepumper, hvilket kan bruges til at følge udviklingen i den grønne omstilling af varmesektoren.

4.4. Gennemgang af vurderingsparametre

I de følgende afsnit vil de enkelte vurderingsparametre blive uddybet med konklusioner og erfaringer fra besøgene. Vurderingsparametrene inddeles efter vægtning, hvor baggrunden for vægtningen og de observerede fejl i installationerne vil blive beskrevet.

4.4.1. Vurderingsparametre med høj vægtning

Dimensionering af varmepumpen ift. varmeydelse, Indregulering af varmeanlæg og varmekurve samt Kundetilfredshed med driften af varmepumpen hos varmepumpeværten er med udgangspunkt i erfaringerne fra DGIVP2017 og andre analyser på området udvalgt som de højest vægtede parametre. *Dimensionering* er vigtig, fordi en for lille varmepumpe giver stort forbrug af el til den supplerende elpatron, mens en



for stor varmepumpe kan medføre mange korte driftsperioder, som kan sænke energieffektiviteten og varmepumpens levetid. *Indregulering* af varmekurven er væsentlig, fordi en høj varmekurve og en dårlig indregulering af centralvarmesystemet medfører, at varmepumpen skal levere en høj fremløbstemperatur for at varme huset op, hvilket reducerer energieffektiviteten (se evt. DGIVP2017, afsnit 4.1 og 4.3). *Kundetilfredshed* er inkluderet som en højt vægtet parameter, fordi den giver en overordnet vurdering af installationens kvalitet. Resultaterne for de højt vægtede vurderingsparametre er oplistet i Tabel 7.

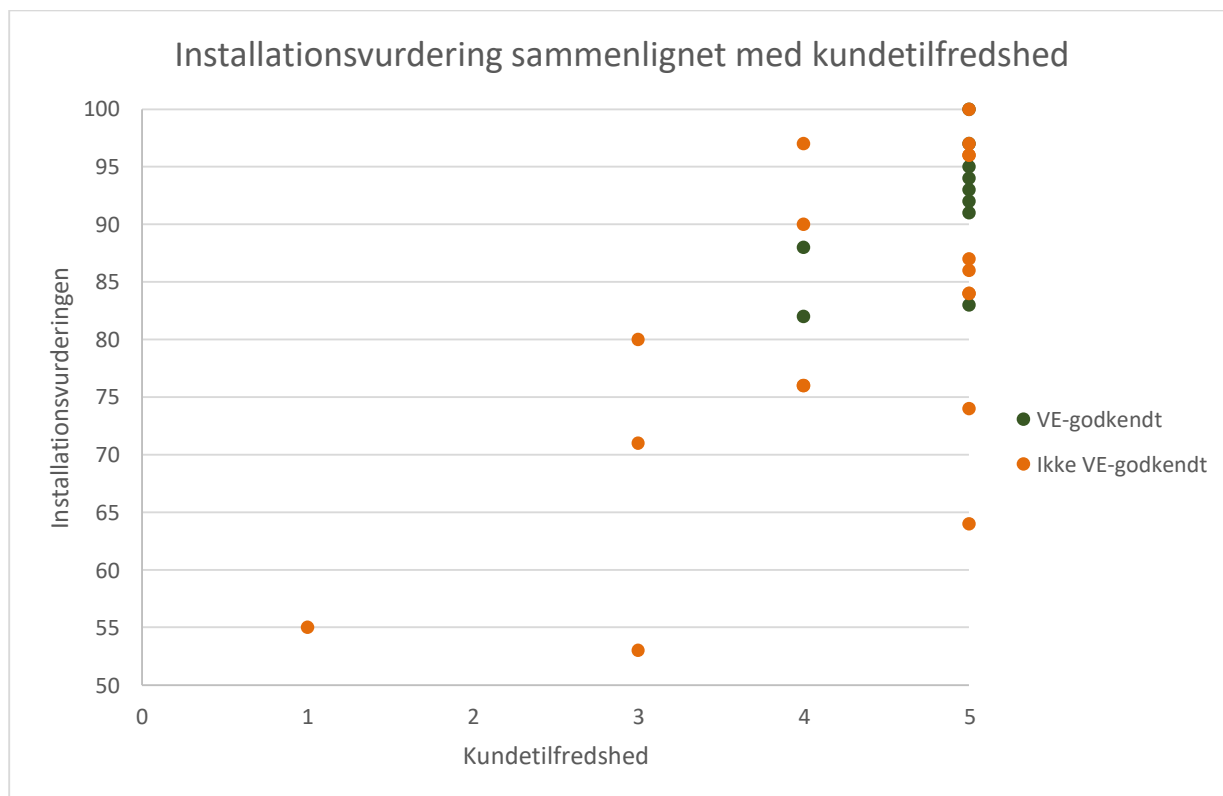
	Dimensionering af varmepumpen ift. varmeydelse	Indregulering af varmeanlæg og varmekurve	Kundetilfredshed med driften af varmepumpen
<i>Alle installationer</i>			
Gennemsnitsscore	4,5	4,0	4,4
Procent med topkarakter	68 %	36 %	64 %
Procent med 3 eller dårligere	14 %	25 %	14 %
<i>VE-godkendt</i>			
Gennemsnitsscore	4,8	4,2	4,8
Procent med topkarakter	80 %	40 %	80 %
Procent med 3 eller dårligere	0 %	20 %	0 %
<i>Ikke-VE-godkendt</i>			
Gennemsnitsscore	4,3	3,9	4,2
Procent med topkarakter	61 %	33 %	56 %
Procent med 3 eller dårligere	22 %	28 %	22 %

Tabel 7 – Resultater for vurderingsparametre med den højeste vægtning.

Tabel 7 viser, at størstedelen af installationerne klarer sig godt på de højest vægtede parametre med et gennemsnit fra 4,0 til 4,5. Derudover viser gennemsnitsværdierne også, at installationerne, der er foretaget af VE-godkendte installatører, klarer sig bedre end de ikke-VE-godkendte installationer.

For vurderingsparametrene *Dimensionering af varmepumpen ift. varmeydelse* og *Kundetilfredshed med driften af varmepumpen* scorer de fleste installationer højt med en gennemsnitsscore på henholdsvis 4,5 og 4,4 ud af 5. Samtidig kan man se, at alle VE-godkendte installationer scorer 4 eller derover, hvilket indikerer, at der ikke er nogle store fejl eller mangler på de installationer, der er foretaget af VE-godkendte installatører.

For at undersøge om der er en sammenhæng mellem vurderingen af varmepumpekvaliteten og den oplevede kundetilfredshed, er de to værdier vist i Figur 7.



Figur 7 – Installationsvurdering sammenlignet med kundetilfredshed. Prikkerne længst til højre er de installationer, som har opnået den højeste kundetilfredshed, mens de højest placerede prikker er de installationer, som har opnået den højeste vurdering i gennemgangen af installationen.

Figur 7 viser, at der er en sammenhæng mellem den vægtede installationsvurdering og den oplevede tilfredshed hos varmepumpeværterne. Størstedelen af de installationer, som scorer højest i installationsvurderingen, er placeret længst til højre på x-aksen med høj kundetilfredshed. Sammenhængen i Figur 7 viser således, at der kan være forretningsmæssige gevinster for installatørerne i at sikre varmepumpeinstallationer af høj kvalitet og høj energieffektivitet, idet det leder til høj kundetilfredshed og dermed bedre grundlag for at tiltrække nye kunder.

Den største udfordring i relation til de højest vægtede parametre er *Indregulering af varmeanlæg og varmekurve*, som også var en af de store udfordringer i DGIVP2017. Fejlene kan både opstå ved, at varmekurven er indstillet til en for høj varmekurve, eller at radiator og/eller gulvarme er forkert indreguleret. Begge typer af fejl er oplevet på besøgene hos varmepumpeværterne. De fejl, som er observeret, har blandt andet været:

- Cirkulationspumpe, som står på auto-styring, hvilket erfaringsmæssigt nedsætter flowet.
- Gulvarmekredse uden telestater til styring.



- Overophedning af boligen på grund af for høj varmekurve.

Et eksempel fra en af de besøgte installationer: Gulvarmekredsen var ikke indreguleret, og boligejeren bad efter besøget en VVS'er om at gøre det. Men VVS'eren gik videre og hævede også fremløbstemperaturen² – uanset, at bedre indregulering af gulvvarmen normalt gør det muligt at sænke samme temperatur.

Man kan få det indtryk, at fremløbstemperaturen i nogle tilfælde indstilles højere end nødvendigt, fordi installatører vælger en overdreven sikkerhedsmargin i forhold til at undgå opkald fra en boligejer, som fryser. Men det sker altså på bekostning af energieffektivitet. Teknologisk Institut vurderer, at den type fejl i et vist omfang vil kunne hindres ved at indføre et energimæssigt element i forbindelse med de serviceeftersyn, som p.t. sker af rent sikkerhedsmæssige grunde, jf. Arbejdstilsynets regler.

4.4.2. Vurderingsparametre med middel vægtning

Placering af varmepumpen med hensyn til støj, Installation af rørføring/rørstørrelser, Installation – Isolering samt Indregulering af brugsvand er med udgangspunkt i erfaringerne fra DGIVP2017 og andre analyser på området udvalgt som de middelvægtede vurderingsparametre for kvaliteten af varmepumpeinstallationen. *Placering* af varmepumpen er inkluderet med middel vægtning, da en uhensigtsmæssig placering kan medføre naboklager eller gener for varmepumpeværterne selv. *Rørføring/rørstørrelser* er inkluderet, da små rørdimensioner giver anledning til reduceret flow i systemet, hvilket medfører højere fremløbstemperaturer og dermed sænket energieffektivitet (se evt. DGIVP2017, afsnit 4.1 og 4.3). *Isolering* er medtaget under middel vægtning, da det er vigtigt at tab ved varmetransport minimeres (se DGIVP2017, afsnit 4.6). *Indregulering af brugsvand* er inkluderet, da mangelfuld indregulering sænker energieffektiviteten for både brugsvands- og rumvarmeproduktion. Resultaterne for de middelvægtede vurderingsparametre er oplistet i Tabel 8.

² VVS'eren hævede fremløbstemperaturen ved at stille varmekurven højere.



	Placering af varmepumpen med hensyn til støj	Installation af rørføring/rørstørrelser	Installation – Isolering	Indregulering af brugsvand
Alle installationer				
Gennemsnitsscore	4,5	4,4	4,2	4,2
Procent med topkarakter	68 %	61 %	39 %	50 %
Procent med 3 eller dårligere	14 %	14 %	18 %	21 %
VE-godkendt				
Gennemsnitsscore	4,9	4,9	4,2	4,6
Procent med topkarakter	90 %	90 %	40 %	60 %
Procent med 3 eller dårligere	0 %	0 %	20 %	0 %
Ikke-VE-godkendt				
Gennemsnitsscore	4,3	4,2	4,2	3,9
Procent med topkarakter	56 %	44 %	39 %	44 %
Procent med 3 eller dårligere	22 %	22 %	17 %	33 %

Tabel 8 – Resultater for vurderingsparametre med middel vægtning.

Tabel 8 viser, at de fleste installationer overordnet klarer sig godt på de middelvægtede parametre med en score på 4,2-4,5. Derudover kan det også ses, at ligesom med de højest vægtede vurderingsparametre scorer de VE-godkendte installationer generelt bedre end de ikke-VE-godkendte. Det er dog ikke gældende for *Installation – Isolering*, hvor der ikke er en betydelig forskel på de to kategorier af installationer.

Tabel 8 viser også, at der er en udfordring med indregulering af brugsvand i ikke-VE-godkendte installationer. Et par erfaringer fra besøgene hos varmepumpeværterne viser, at der benyttes brugsvandscirkulation uden styring på det varme brugsvand, og at temperaturen på det varme brugsvand ofte er indstillet for højt. Brugsvandscirkulation medfører generelt et betydeligt varmetab i rørene og fra varmtvandsbeholderen og skal derfor styres. Varmetabet relateret til brugsvandscirkulation afgives inden for klimaskærmen og spildes dermed ikke, men da det produceres ved en lavere energieffektivitet grundet de høje temperaturer, skal styring anvendes for ikke at påvirke varmepumpens samlede energieffektivitet (se evt. DGIVP2017, afsnit 4.2). En styringsstrategi kan være at tænde cirkulationspumpen til brugsvandscirkulationen i to minutter pr. kvarter i de timer på døgnet, hvor det varme brugsvand hurtigt skal frem til tæppestedet. Hvis styring af brugsvandscirkulation foretages af et eksternt tænd/sluk-ur, er det vigtigt at sikre sig, at dette går rigtigt.



En anden observation fra besøgene er, at der er flere steder, hvor rørføringen ikke er blevet tilstrækkeligt isoleret efter DS452, som Bygningsreglementet foreskriver. I nogle tilfælde er der tale om præisolerede kølerør, men hvor det præisolerede lag ikke er tilstrækkelig tykt til at leve op til DS452. Herudover har der også været mange eksempler fra besøgene, hvor de udvendige rør er isoleret grundigt, men hvor isoleringsmaterialet ikke har haft den korrekte tykkelse og UV-bestandighed, hvilket med tiden vil sænke isoleringsevnen. Slutteligt er der også set en række tilfælde, hvor rørføringen inden for klimaskærmen ikke er blevet isoleret efter DS452. Den manglende isolering inden for klimaskærmen vil medføre et tab af varme, men i modsætning til den udendørs isolering vil varmen blive overført til det rum, hvor varmepumpen er placeret. Manglende isolering af indvendige rør har dog stadig trukket ned i vurderingen, selvom manglende isolering af rør inden for klimaskærmen ikke er lige så betydningsfuld som ved de udendørs rør. En udfordring ved mangelfuld isolering af rør i varmepumpeinstallationen er, at hvis ikke isolering er indtænkt fra starten af, så placeres rørene ofte for tæt på hinanden, hvilket betyder, at det ikke er muligt at efterisolere rørene på grund af pladsmangel.

En udfordring, som også er oplevet ved flere varmepumpeværter, er, at der er blevet brugt rør med for små lysninger, hvilket har givet anledning til fejl ved afrimning. Det er vigtigt at anvende de korrekte rørstørrelser mellem varmepumpe og centralvarmeinstallation for at minimere tryktab og dermed skabe de rette betingelser for et passende og lydøst vandflow. For monoblok luft til vand-varmepumper er korrekt størrelse rørføring betydningsfuld for at sikre en hurtig og effektiv afrimning af udedelen. Flere varmepumpeværter berettede om, at der ved installation af deres varmepumpe var blevet anvendt for tynde rør, som gav anledning til afrimningsfejl på varmepumpen. For at afhjælpe problemet var rør med større dimension installeret efterfølgende.

Støj fra luft til vand-varmepumpernes udedele blev bemærket af et begrænset udsnit af varmepumpeværterne, men der tegner sig ikke et billede af, at støj udgør et generelt problem for luft til vand-varmepumper.

4.4.3. Vurderingsparametre med lav vægtning

Placering af varmepumpeinstallationen med hensyn til afstand mellem indedel og udedel, Installation af bimåler og Installation af afløb/dræn for udedel er – baseret på tidligere analyser – vurderet som vurderingsparametre med lav vægtning. Afstanden mellem inde- og udedel har en betydning for varmepumpens energiforbrug, fordi varme skal udveksles mellem inde- og udedel, men varmetabet er begrænset, så længe den lovpligtige isolering er benyttet. Installation af bimåler er inkluderet i analysen, idet bimåleren er lovpligtig og giver husejeren mulighed for at følge energiforbruget. Installation af afløb eller dræn er inkluderet, da manglende afledning af afrimningsvand kan medføre tilisninger i udedelen og et øget energiforbrug (se evt. DGIVP2017, afsnit 4.7). Resultaterne for de lavt vægtede vurderingsparametre er oplistet i Tabel 9.



	Placering af varmepumpeinstallationen med hensyn til afstand mellem inddel og uddel	Installation af bimåler	Installation af afløb/dræn på uddel
<i>Alle installationer</i>			
Gennemsnitsscore	4,6	3,6	3,6
Procent med topkarakter	79 %	71 %	57 %
Procent med 3 eller dårligere	14 %	29 %	36 %
<i>VE-godkendt</i>			
Gennemsnitsscore	4,6	4,5	3,8
Procent med topkarakter	80 %	90 %	70 %
Procent med 3 eller dårligere	20 %	10 %	30 %
<i>Ikke-VE-godkendt</i>			
Gennemsnitsscore	4,6	3,1	3,4
Procent med topkarakter	78 %	61 %	50 %
Procent med 3 eller dårligere	11 %	39 %	39 %

Tabel 9 – Resultater for vurderingsparametre med lav vægtning.

Varmepumperne opnår generelt en lavere score på de lavest vægtede parametre sammenlignet med de andre vurderingsparametre. Ved installation af bimåler og dræn/afløb fra luft til vand-varmepumper er der gennemsnitligt i begge tilfælde opnået en score på 3,6.

En af erfaringerne fra installationsbesøgene er, at flere af varmepumpeværterne har undladt at få installeret en bimåler til at måle varmepumpens forbrug, fordi varmepumpens interne måler er vurderet tilstrækkelig nøjagtig, og derfor er den eksterne blevet sparet væk. Dette er dog ikke i overensstemmelse med Teknologisk Instituts fortolkning af Bygningsreglementet, og det har derfor resulteret i en lavere score. En manglende bimåler fører ikke direkte til en dårlig energieffektivitet af varmepumpeinstallationen, men uden en bimåler har varmepumpeværten begrænsede muligheder for at følge energiforbruget.

Ud over bimålerne, som spares væk, er der også flere steder observeret mangelfuld afledning af afryningsvand fra luft til vand-varmepumpens uddel. I flere tilfælde er det observeret, at vandet er blevet ledt ud til fliser eller et blomsterbed foran varmepumpen, hvilket kan udgøre en risiko for faldskader i vinterperioder og på sigt skader på omkringliggende bygninger og konstruktioner.



5. Casebeskrivelser

For at videreformidle nogle af de erfaringer, som besøgene hos varmepumpeværterne har givet, er der udformet nogle casebeskrivelser med både rigtigt gode installationer og med installationer, hvor der er identificeret fejl. De første to cases viser de gode installationer, hvor varmepumpen er blevet installeret korrekt i forhold til husets udformning og andre lokale forhold. De sidste tre er eksempler på installationer, hvor der er identificeret uhensigtsmæssigheder eller mangler i forbindelse med installationen. Disse casebeskrivelser er taget med, idet de kan bidrage med viden om, hvor det kan gå galt i nogle installationer. For de installationer, hvor der er identificeret udfordringer med installationerne, er billeder af installationerne udeladt for at undgå at udstille enkelte producenter eller installatører.

De 21 installationer, som har dannet grundlag for casebeskrivelserne i DGIVP2017, blev udvalgt ud fra deres målinger med henblik på at finde kandidater, hvor der var en mulighed for at identificere simple midler at hæve energieffektiviteten med. Dette er også baggrunden for, at det primært er installationer med udfordringer, som er inkluderet i beskrivelserne i DGIVP2017. Nærværende analyse har til hensigt at belyse bestanden af varmepumper i 2021, og derfor er der inkluderet både gode og mindre gode installationer i casebeskrivelserne. Casebeskrivelserne kan således ikke sammenlignes 1:1, da de er udformet ud fra forskellige formål.

5.1. Case #34 – En god luft til vand-varmepumpeinstallation

Case #34 repræsenterer et eksempel på en luft til vand-varmepumpeinstallation, hvor varmepumpen er godt installeret, og hvor der ikke er identificeret store udfordringer med installationen og den efterfølgende drift af varmepumpen.

Stamdata om installationen

Husets alder og antal beboere	1957 med to voksne og to børn
Husets størrelse og isolering	188 efterisolerede kvm. med relativt nye vinduer/døre
Centralvarmesystem	Radiator kombineret med gulvarme
Varmepumpetype	Luft til vand-varmepumpe med inverterstyring

Varmepumpen er placeret på et solidt fundament, så den vender væk fra naboer og fra vinduer ind til rum, hvor familien overnatter. Det var ved besøget tydeligt, at installatøren havde været omhyggelig med at fastgøre udedelen til terrænet via gummifødder, som står oven på sten med kontakt til et kapilarbrydende lag. Det sikrer, at ekstra kondensvand kan afledes, samt at støj forårsaget af vibrationer fra varmepumpens roterende komponenter minimeres. Yderligere er varmepumpens kondensdræn ført sikkert ned i et nyetableret afløb.

Der er tale om en nylig installation, som blev idriftsat midt i januar 2021. Ved besøget i marts måned var dimensioneringen blevet testet grundigt i februar, som var en kold periode i 2021. Familien havde ikke



oplevet, at der var for koldt i huset efter deres skift til varmepumpe. I varmepumpens styring var bivalentpunktet sat til $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, som Bygningsreglementet foreskriver. Det betyder, at varmepumpen kun kan anvende elektrisk supplement i form af en elpatron, hvis den ikke kan opfylde bygningens varmebehov ved udetemperaturer lavere end $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Varmepumpen er en split-type med kølemiddel strømmende mellem indedel og udedel. En typisk fejl i disse installationer er, at de præisolerede kølerør ikke bliver yderligere isoleret. I denne installation har installatøren dog tilføjet isolering for at sænke varmetabet fra rørene og hæve energieffektiviteten. En endelig afgørelse om, hvorvidt installationen til fulde lever op til DS452, vil dog afhænge af tekniske data om isoleringen, som ikke var mulige at indhente på besøget uden at beskadige isoleringen.

Indenfor er de præisolerede kølerør ført langs loftet i bæringer med gummi hen til indedelen, som er installeret med en buffertank. Rør mellem varmepumpe og centralvarmesystem er ført i korrekt tykkelse og med god respektafstand, så det var muligt at isolere rørene grundigt og tilgå dem, hvis behovet opstår. I eltavlen er installeret en typegodkendt bimåler, som gør det muligt at notere sig varmepumpens energiforbrug løbende. Et krav fra Bygningsreglementet, som også er overholdt.

Installatøren havde oplært kunden i brug af anlægget, og her var behovet for varmt brugsvand også afstemt. Det fremgik af varmepumpens indstillinger, at de er blevet ændret fra fabriksindstillingerne med henblik på indregulering for at øge energieffektiviteten.



Konklusioner fra inspektion af varmepumpeinstallationen

Alt i alt en rigtig god varmepumpeinstallation, som betjener et eksisterende hus i stedet for den tidligere oliekedel, og som huser en familie, som er meget tilfreds med det nye opvarmningsanlæg. Det var tydeligt under interviewet med varmepumpeværten, at der har været et godt samarbejde mellem varmepumpeværten og installatøren. Derudover har installatøren også fremstået kompetent over for varmepumpeværten og i installationsarbejdet. Det eneste at bemærke er, at varmekurven godt kunne være sat til en lidt lavere værdi, jf. brugermanual og det faktum, at huset var forholdsvis velisoleret.



<i>Optimeringsområde</i>	<i>Efterfølgende tiltag</i>
Høj varmekurve på anlægget	Varmekurven blev indstillet fra 0,8 til 0,7, hvilket nedjusterede fremløbstemperaturen med 2 °C.

5.2. Case #16 – En god luft til vand-varmepumpeinstallation

Case #16 repræsenterer et eksempel på en luft til vand-varmepumpeinstallation, hvor varmepumpen er godt installeret, og hvor der ikke opleves de store udfordringer med installationen og den efterfølgende drift af varmepumpen.

Stamdata om installationen

Husets alder og antal beboere	2006 med to voksne og to børn
Husets størrelse	179 kvm
Centralvarmesystem	Gulvarme i hele huset
Varmepumpe type	Luft til vand-varmepumpe med inverterstyring

Varmepumpen er placeret hensigtsmæssigt på bagsiden af bygningen og med afkast mod åbne marker, så ingen naboer bliver generet. Varmepumpen er placeret på fliser, og der er lavet afløb til faskine. Etilslutning og rørføring er lavet pænt og med korte rørtræk mellem indedel og udedel.

Varmepumpen er installeret i december 2019, hvor et gasfyr blev erstattet. Ejeren har god varme i huset og ingen problemer med stabilitet af temperaturen. Ved første besøg var varmepumpen rigtig godt indreguleret i forhold til gulvarmeanlæg og brugsvandsproduktion.

Varmepumpen er af monoblok-typen med vand mellem indedel og udedel. Rørene er ført i tilstrækkeligt store dimensioner, og isoleringen er pænt udført. Derudover har varmepumpeværten haft en god oplevelse med firmaet, der stod for installationen – lige fra det indledende besøg til installation, indregulering og service.



Konklusioner fra inspektion af varmepumpeinstallationen

Som beskrevet ovenfor var varmepumpeinstallationen ved første besøg allerede godt indreguleret og der blev på besøget ikke fundet mulighed for at finde optimeringsforslag til at forbedre energieffektiviteten.

5.3. Case #29 – Luft til vand-varmepumpe i 1-planshus på 113 m² fra 1958

Case #29 repræsenterer et eksempel på en luft til vand-varmepumpeinstallation, som ejeren er tilfreds med i forhold til varmepumpens evne til at varme huset op, men hvor der er nogle udfordringer med installationen og den efterfølgende drift af varmepumpen.

Stamdata om installationen

Husets alder og antal beboere	1958 med to voksne
Husets størrelse	113 m ² i ét plan
Centralvarmesystem	Gulvarme i hele huset
Varmepumpe type	Luft til vand-varmepumpe med on/off-styring

Konklusioner fra inspektion af varmepumpeinstallationen



Varmepumpeinstallationen blev på andet besøg gennemgået sammen med en installatør, som samtidig skulle udføre serviceeftersynet af varmepumpen. Inspektionen af varmepumpeinstallationen identificerede en række opmærksomhedspunkter:

<i>Optimeringsområde</i>	<i>Efterfølgende tiltag</i>
Manglende vand på anlægget	Varmepumpeinstallatøren påfyldte under besøget yderligere vand på centralvarmesystemet for at kunne opnå et tilstrækkeligt flow.
Høj varmekurve på varmepumpen	Varmekurven blev sænket med 7 grader for at øge energieffektiviteten.
Autoindstilling på cirkulationspumpen	Cirkulationspumpen blev indstillet til maksimalt flow for at øge energieffektiviteten.
Mindre læk af kølemiddel pga. utæt flairsamling på væskerøret	Varmepumpeværten afventer konklusionerne fra service-rapporten, men det er planlagt, at en udbedring af kølerøret skal foretages, når varmesæsonen er overstået.
Manglende isolering af både indre og ydre rør	Varmepumpeværten blev gjort opmærksom på, at der manglede isolering af rørene, og at isolering vil kunne bidrage til at øge energieffektiviteten af varmepumpeanlægget.

5.4. Case #14 – Varmepumpe med udfordringer

Case #14 præsenterer et eksempel på en jordvarmepumpeinstallation med brinevæske i en luftopvarmet veksler, som ejeren ikke er fuldt ud tilfreds med i forhold til støj fra varmepumpens udedel og overophedning af huset på grund af varmepumpens manglende indregulering.

Stamdata om installationen

Husets alder og antal beboere	2018 med to voksne og to børn
Husets størrelse og isolering	380 kvm bygget i beton isoleret efter BR18
Centralvarmesystem	Gulvarme
Varmepumpetype	Jordvarmepumpe med luftveksler i stedet for jordslange med on/off-styring

Udedelen er en simpel komponent, som veksler omgivelsernes varme med brinevæsken ved hjælp af en ventilator. Denne opsætning er ikke den typiske for varmepumpeinstallationer med luft som varmeoptager. I de fleste tilfælde vil man vælge en luft til vand-varmepumpe fremfor den systemløsning, der er brugt i Case #14.

Udedelen er placeret uden gummifødder direkte oven på fliser, og der er således ikke foretaget støj-dæmpende foranstaltninger. Der er heller ikke etableret kondensdræn for afrimningsvand, hvilket er et



krav i Bygningsreglementet at håndtere for varmepumper. Husejer er dog opmærksom på dette og var på tidspunktet for første besøg i gang med at få etableret dræn.

Indenfor var jordvarmepumpen placeret i et teknikrum, hvor rørtræk m.m. lever op til krav om isolering og tilgængelighed. Der er tilsluttet en buffertank, som kan være med til at øge energieffektiviteten, men der er til gengæld ikke sat telestater på husets gulvarmekredse, og hver gulvarmekreds er etableret med shunt. Uden telestater lever installationen ikke op til Bygningsreglementet, som kræver, at komforttemperaturen kan reguleres individuelt i hvert rum. De manglende telestater betyder også, at varmetilførslen til rummene ikke afbrydes, når et eller flere rum får tilført ekstra varme – fx ved solpåvirkning, påvirkning fra madlavning eller fra mennesker ved festlige lejligheder. Resultatet er et for varmt hus og dermed varmespild.

En gulvarmeshunt skal kun monteres i boliger, der kører med flere temperaturniveauer i centralvarmeinstallationen – eksempelvis hvis der både er radiatorer og gulvarme. I disse huse må man "shunte" temperaturen til gulvarmen ned til et lavere niveau ved at blande koldere vand fra gulvarmens returrør i fremløbsrøret. Hvis en shunt monteres i et hus med ren gulvarme, vil varmepumpen skulle køre med en højere fremløbstemperatur end ellers, da blanding af frem- og returrørsvand ikke vil kunne undgås. I Case #14 var flowet i gulvarmekredsene ikke afbalanceret i forhold til hinanden. Der var kun flow i de korteste gulvarmekredse, hvilket er en typisk fejl, som også blev afdækket hos flere andre varmepumpeværter.

Natsænkningen på varmepumpen var indstillet via rumtemperaturen 6 K lavere om natten end om dagen. Det flytter den ønskede fremløbstemperatur 18 °C ned, hvilket har betydet, at varmepumpen har været stort set slukket hele natten. Om morgenen er det termisk tunge hus afkølet, og varmepumpen må køre på fuld kraft i lang tid for at reetablere varmekomforten. Dette betød, at husejer frøs om morgenen, og at huset blev for varmt om aftenen grundet den termiske masse i huset.

Konklusioner fra inspektion af varmepumpeinstallationen

Den manglende indregulering af centralvarmeanlægget og natsænkningen blev adresseret med henblik på at hæve energieffektiviteten af varmepumpeinstallationen.



<i>Optimeringsområde</i>	<i>Efterfølgende tiltag</i>
Shunt på gulvarmekredse i et hus med ren gulvarme	Det blev anbefalet at afmontere shunts på alle gulvarmekredse for på den måde at kunne køre med en lavere fremløbstemperatur og dermed øge varmepumpens virkningsgrad.
Gulvarmekredse ikke indreguleret og ingen telestater monteret	Det blev anbefalet at indregulere gulvarmekredsene og montere telestater, som kan lukke ned for gulvarmekredse, når komforttemperatur opnås, så varmemeforbruget minimeres, og overophedning undgås. Det kan muliggøre en sænkning af fremløbstemperaturen, fordi mere gulvareal udnyttes til rumopvarmning.
For kraftig natsænkning	Natsænkning kobles fra for at få en mere stabil drift af varmepumpen og for at undgå for lav varmekomfort om morgenen og for høj varmekomfort om aftenen.

Varmepumpeværternes hidtidige løsning på problemet har været at fyre med en gaspejs om morgenen og etablere et temperaturstyret loftsvindue for at køle af om aftenen i stedet for at få indreguleret varmepumpen. Hvis natsænkning skal udnyttes, kræves der en korrekt forskydning af natsænkningstidspunkterne for at korrigere for husets termiske masse. Varmepumpeværten fortalte på et af besøgene, at de forgæves har søgt råd og vejledning vedrørende drift af deres centralvarmeinstallation. Virksomheden, som installerede varmepumpen i 2018, eksisterer dog ikke længere.

5.5. Case #18 – Varmepumpe med udfordringer

Case #18 repræsenterer et eksempel på en luft til vand-varmepumpeinstallation, hvor varmepumpen er pænt installeret, men hvor der er efterfølgende udfordringer med installationen og med den efterfølgende drift af varmepumpen.

Stamdata om installationen

Husets alder og antal beboere	1976 med to voksne
Husets størrelse	130 kvm
Centralvarmesystem	Radiatorer i hele huset
Varmepumpetype	Luft til vand-varmepumpe med inverterstyring

Varmepumpen er solidt placeret, men der er kort afstand til nabogrunden, så det kan give udfordringer efterfølgende. Dog er naboens hus placeret et stykke væk fra skellet. Det var ved gennemgangen tydeligt at se, hvordan installatøren havde været omhyggelig med at fastgøre udedelen til terrænet via gummi-fødder, som stod oven på fliserne, og der var lavet fint afløb af kondensvand til kloak (tagnedløb).



Det er en ny installation, som blev idriftsat midt i november 2020. Ved første besøg havde der været problemer med at holde en tilstrækkelig høj temperatur i stuen. Det blev ligeledes konstateret, at der ikke var flow på den ene radiator.

Varmepumpen er en split-type med kølemiddel strømmende mellem indedel og udedel. Den visuelle gennemgang af installationen tyder på, at isoleringen ikke er tilfredsstillende udført efter DS452, hvad angår tykkelse og UV-bestandighed.

Ved andet besøg blev det konstateret, at anlægget ikke var indreguleret efter producentens anvisninger og kørte efter default fabriksindstillinger. Indstillingerne blev efterfølgende rettet til det, som leverandøren anviser i forhold til det pågældende hus.

Konklusioner fra inspektion af varmepumpeinstallationen

Varmepumpeinstallationen blev på tredje besøg gennemgået sammen med en installatør. Inspektionen af varmepumpeinstallationen identificerede en række opmærksomhedspunkter:

<i>Optimeringsområde</i>	<i>Efterfølgende tiltag</i>
Indstilling af bivalent temperatur	Stod til +2 °C og blev rettet ned til -7 °C efter DS 469.
Høj varmekurve på varmepumpen	Varmekurven blev sænket fra kurve 1,0 til 0,75 for at øge energieffektiviteten. Denne ændring nedjusterede fremløbs-temperaturen med 5 K.

6. Uddannelse og VE-godkendelsesordningen

VE-godkendelsesordningen er en mærkningsordning, der viser, at virksomheder har dokumenterede kompetencer til at installere VE-anlæg korrekt, så kunden kan få det største udbytte af sin VE-installation. Ordningen administreres af Energistyrelsen og er en del af implementeringen af VE-direktivet. VE-godkendelsesordningen omfatter installation af små vedvarende energianlæg som varmepumper, solceller, solvarme samt biomassekedler og -ovne.

Virksomheder, som ønsker at blive VE-godkendt, skal have et kvalitetsstyringssystem, som er godkendt af en kontrolinstans for VE-montørvirksomheder og VE-installatørvirksomheder. Et kvalitetsstyringssystem er nedskrevet dokumentation for virksomhedens arbejdsproces og dokumentation for, hvordan virksomheden vil udføre arbejdet.

På baggrund af konklusionerne fra DGIVP2017 og evalueringen af VE-godkendelsesordningen (Lauritzen Consulting, 2016) blev der i 2018 igangsat en opdatering af varmepumpekurserne under VE-godkendelsesordningen samt en indsats for at få flere installatører godkendt inden for ordningen.



6.1. Erfaringer fra VE-godkendelsesordningen

Som en del af analysen er det blevet undersøgt, hvorvidt der er en forskel på de installationer, som er blevet udført af installatører, som har gennemgået undervisningen i relation til VE-godkendelsesordningen, og af de installatører, som ikke har modtaget undervisningen. Eftersom udbredelsen af VE-godkendelsesordningen tidligere har været begrænset, er der også et begrænset udsnit af installationer, som er udført af installatører, som har taget uddannelsen for VE-godkendelse for varmepumper (se Tabel 1). Flere installatører er dog efterfølgende blevet uddannet, jf. afsnit 2.1.

Generelt set viser en tværgående sammenligning af de VE-godkendte installationer og de ikke-VE-godkendte installationer, at de VE-godkendte installationer klarer sig bedre end de ikke-VE-godkendte installationer på de analyser, som er foretaget i nærværende rapport. Det gælder både på vurderingscore, hvor de VE-godkendte installationer i gennemsnit scorer 91 ud af 100, mens de ikke-VE-godkendte opnår en gennemsnitsscore på 81,5 ud af 100. I SPF-værdier opnår de VE-godkendte installationer en gennemsnitlig SPF-værdi på 3,2-3,5, mens de ikke-VE-godkendte gennemsnitligt opnår 2,7-3,0 (dog med en større andel gulvvarmeinstallationer i de VE-godkendte).

VE-uddannelsen lægger i høj grad vægt på beregninger i relation til dimensionering og indregulering samt på brug af korrekte komponenter og rørstørrelser for at opnå et tilstrækkeligt flow på centralvarmesystemet. En gennemgang af, på hvilke parametre de VE-godkendte installationer klarer sig bedre end de ikke-VE-godkendte, viser også, at de VE-godkendte klarer sig bedre på de to højt vægtede parametre: *Dimensionering af varmepumpen ift. varmeydelse* og *Indregulering af varmeanlæg og varmekurve*. Det samme gør sig gældende for de middelvægtede parametre *Installation af rørføring/rørstørrelser* og *Indregulering af brugsvand*, hvor de VE-godkendte installationer i gennemsnit opnår en score, som er 0,7 højere end gennemsnittet for de ikke-VE-godkendte installationer.

Ovenstående resultater indikerer således, at de emner, der lægges vægt på i VE-uddannelsen, også er nogle af områder, hvor kvaliteten er bedre på VE-godkendte installationer sammenlignet med de ikke-VE-godkendte installationer. Det er i fortolkningen af konklusionerne om de VE-godkendte installationer og de ikke-VE-godkendte installationer værd at bemærke, som det blev beskrevet i afsnit 2.1 med Tabel 1, at der er tale om et relativt begrænset udsnit af VE-godkendte installationer. Analysen af installationerne tyder dog på, at uddannelsen i VE-godkendelsesordningen er med til at hæve kvaliteten af varmepumpeinstallationer.



7. Diskussion og perspektivering

Nærværende analyse tager udgangspunkt i en grundig ekspertgennemgang af Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter med henblik på at skabe ny viden om kvaliteten af installationen af varmepumper. Den seneste analyse på området er Den gode varmepumpeinstallation fra 2017, hvor der blev afrapporteret på et måleprogram for varmepumper og foretaget en vurdering af installationskvaliteten af varmepumper i private husstande. De to analyser adskiller sig ved, at nærværende analyse lægger vægt på en grundig teknisk gennemgang af varmepumpeinstallationen og to målinger over minimum en 14-dages periode, mens analysen fra 2017 lægger vægt på afrapportering af et måleprogram på ét år med enkelte casebeskrivelser. Analyserne er således ikke direkte sammenlignelige, idet fremgangsmåden og datagrundlaget har været forskellige. Hovedvægten for denne analyse har således været på en grundig teknisk gennemgang af alle installationer med henblik på at tilvejebringe et opdateret vidensgrundlag om kvaliteten af varmepumpeinstallationer i 2021, jf. formålsbeskrivelsen i afsnit 1.2. Nærværende analyse viser dog tydeligt, at kvaliteten af varmepumpeinstallationer er forbedret sammenlignet med konklusionerne fra den tidligere analyse fra 2017.

Den tekniske gennemgang af varmepumpeinstallationerne tager sit udgangspunkt i 10 vurderingsparametre, som er oplistet i Tabel 2. Vurderingsparametrene og deres vægtning er udvalgt af Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter med udgangspunkt i tidligere analyser om individuelle varmepumper. De enkelte vurderinger er foretaget med udgangspunkt i, at en score på 4 eller 5 gives til installationer, som på tilfredsstillende vis opfylder kriterierne for den enkelte vurderingsparameter, mens 1-3 gives til installationer, som ikke i tilstrækkelig grad opfylder kriterierne for vurderingsparameteren. Med udgangspunkt i denne metodik blev det besluttet, at en installation, som opnår en vurderingsscore på minimum 80 point, svarende til 4 i alle kategorier, vil blive karakteriseret som en god installation. Hvis man valgte at fastsætte en anden grænseværdi for den gode installation på fx 85 point, ville det forskyde resultaterne. Det vurderes dog ikke at betyde tilstrækkeligt til at ændre ved analysens overordnede konklusion om, at varmepumpeinstallationerne, der er eftersat i 2021, er af højere kvalitet end de installationer, som indgik i 2017-analysen, og at de installationer udført af en VE-godkendt aktør er af højere kvalitet end de øvrige.

Den primære udfordring i forhold til konsistens af metodikken for den tekniske vurdering er jordvarmepumperne, idet nogle af vurderingsparametrene ikke er relevante for jordvarmepumper, mens de kan være væsentlige for luft til vand-varmepumper. Det gælder for *Placering af varmepumpen med hensyn til støj*, *Placering af varmepumpeinstallationen med hensyn til afstand mellem indedel og udedel* og *Installation af afløb/dræn på udedel*. Da det ikke er relevant at vurdere disse parametre for jordvarmepumper, har jordvarmepumperne i disse vurderinger fået højeste score 5. Denne metodik er valgt for at kunne samle vurderingen af luft til vand- og jordvarmepumper i ét vurderingsparadigme, og eftersom disse parametre har vægtning 1 og 2, så er de mindre betydningsfulde i den samlede vurdering. Alternativt ville der skulle fastlægges to forskellige grænseværdier for luft til vand- og jordvarmepumper, hvilket er vurderet at skabe unødigt kompleksitet i analysens konklusioner.



En række af de fejl, som er blevet konstateret i DGIVP2017 og i denne analyse, er adresseret i Bygningsreglementet eller anden lovgivning og er således lovpligtige at efterleve. Til trods for det, så er det ikke alle vurderingsparametre, som til fulde bliver efterlevet, som beskrevet tidligere i nærværende analyse. For at skabe et overblik over, hvilke vurderingsparametre, der udspringer af lovgivning eller andre forhold, er Tabel 10 udarbejdet. Tabel 10 indeholder alle vurderingsparametre undtagen kundetilfredshed. Hver parameter vises med en angivelse af, hvorvidt den enkelte vurderingsparameter er relateret til følgende fire forhold: Kolonne 2: Om det er et lovkrav. Kolonne 3: Teknologisk Instituts vurdering af omfanget af uddannelsesbehovet for at kunne efterleve kravene. Kolonne 4: hvorvidt parameteren er indeholdt i uddannelsen for VE-godkendelsesordningen. Kolonne 5: samt om det energimæssige serviceeftersyn af varmepumper vil imødekomme eventuelle udfordringer med tilpasninger eller information.

Vægtning – Parameter	Lovkrav [Ja (primær kilde)/Nej]	Uddannelsesbehov for efterlevelse [Høj/Middel/Lav]	Inkluderet i VE-godkendelsesordningen [Inkluderet/Delvist inkluderet /ikke inkluderet]	Output af energimæssigt serviceeftersyn [Information/tilpasning]
<i>3 - Dimensionering af varmepumpen ift. varmeydelse</i>	Ja (BR18 → DS 469)	Høj	Inkluderet	Information
<i>2 - Placering af varmepumpen med hensyn til støj</i>	Ja (Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984)	Høj	Inkluderet	Information/tilpasning
<i>1 - Placering af varmepumpeinstallationen med hensyn til afstand mellem indedel og udedel</i>	Nej (fremgår af installationsvejledning)	Middel	Inkluderet	Information
<i>2 - Installation af rørføring/rørstørrelser</i>	Nej (fremgår af installationsvejledning)	Høj	Inkluderet	Information
<i>2 - Installation - Isolering</i>	Ja (BR18 → DS 452)	Høj	Inkluderet	Information
<i>1 - Installation af afløb/dræn på udedel</i>	Ja (BR18 §69)	Middel	Inkluderet	Information
<i>1 - Installation af bimåler</i>	Ja (BR18 § 327)	Lav	Inkluderet	Information
<i>3 - Indregulering af varmeanlæg og varmekurve</i>	Ja (BR18 → DS 469)	Høj	Inkluderet	Tilpasning
<i>2 - Indregulering af brugsvand</i>	Ja (BR18 → DS 439)	Middel	Delvist inkluderet	Tilpasning



Tabel 10 – Analysens vurderingsparametre i relation til lovgivning, uddannelsesbehov, VE-godkendelsesordning og energimæssigt eftersyn.

Tabel 10 viser, at en stor del af de vurderingsparametrene, som er væsentlige for kvaliteten af en varmepumpeinstallation, er lovpligtige at følge, men det kræver også oplæring for at kunne imødekomme de krav, som indgår i vurderingsparametrene. Derudover viser Tabel 10, at uddannelsen for VE-godkendelsesordningen for varmepumper enten helt eller delvist har inkluderet størstedelen af de forhold, som gør sig gældende for vurderingsparametrene. Slutteligt viser kolonnen *Output af Energimæssigt serviceeftersyn*, at det energimæssige eftersyn kan medvirke til tilpasning af indreguleringen af varmepumpen og varmesystemet, indregulering af brugsvandet og til dels støj, da varmepumpen kan sættes i silent-mode (hvilket dog kan forringe energieffektiviteten af varmepumpedriften). For de resterende vurderingsparametre vil det energimæssige eftersyn dog primært kunne give varmepumpeværten information om fejl og mangler i installationen og det vil således kræve ekstraarbejder at udbedre eventuelle fejl og mangler. Tabel 10 viser således, at VE-godkendelsesordningen dækker alle vurderingsparametre, som er vurderet til at have en højt uddannelsesbehov, og at ordningen dermed er medvirkende til at overholde lovkravene, som er udarbejdet for at sikre varmepumpeinstallationer af høj kvalitet og høj energieffektivitet.

Udlægningen af konklusionerne fra DGIVP2017 blev efter udgivelsen, at kun 16 % af installationerne i analysen kunne betegnes som gode installationer ud fra de kriterier, som blev lagt til grund for vurderingen. Nærværende analyse konstaterer ud fra en teknisk gennemgang af 28 installationer, at 75 % af installationerne opnår en vurderingsscore på 80 eller derover og kan således karakteriseres som gode installationer. Som beskrevet ovenfor er der dog forskelle i datagrundlag og fremgangsmåde i de to analyser, og derfor kan de 16 % og 75 % ikke sammenlignes 1:1. Nærværende analyse viser til gengæld med tydelighed, at installationerne er forbedret siden seneste gennemgang i analysen fra 2017, og analysen om VE-uddannelsen tyder på, at denne uddannelse er med til at hæve kvaliteten af varmepumpeinstallationer (læs mere i kapitel 6). DGIVP2017 konkluderede, at lavere energieffektivitet primært skyldes fejl i installationen og ikke i varmepumpen som opvarmningsprodukt. Der er i nærværende analyse ikke fundet belæg for at bestride denne konklusion.

I nærværende undersøgelse fremgår det af resultaterne vedrørende de målbare installationers effektivitet, jf. Tabel 4 og Tabel 6, at gennemsnittet for installationerne ligger på mellem 2,9 og 3,2, inden der blev foretaget optimeringstiltag. I denne forbindelse er det værd at bemærke, at i populationen af varmepumper er størstedelen luft til vand-varmepumper, jf. Tabel 1. Efter optimeringstiltagene blev gennemført via metoden med energielementerne, steg SPF-værdierne til 3,2-3,5 i gennemsnit. Der eksisterer et begrænset antal af lignende studier af varmepumperes effektivitet i virkelige huse. Baggrunden for det begrænsede antal sammenlignelige studier er, at det er relativt omkostningstungt at udføre disse studier. Det tyske institut Fraunhofer har dog for nylig udført et lignende studie med omkring 300 varmepumper. Fraunhofer-studiet viser, at varmepumperne i det tyske studie opnår målte SPF-værdier i spændet fra 2,5 til 3,8 og et gennemsnit på 3,1 for luft til vand-varmepumper, mens jordvarmepumper



opnår 3,3 til 4,7 og et gennemsnit på 4,1 (Miara, 2021). Effektiviteten af installationerne i nærværende analyse er i samme størrelsesorden som de tilsvarende målinger foretaget af Fraunhofer.

Som beskrevet i afsnit 4.2 vil den enkelte varmepumpeinstallations SPF-værdi også påvirkes af klimaskærmens beskaffenhed og af andelen af varmt brugsvand i varmeproduktionen fra varmepumpen. Disse faktorer vil skulle tages med i betragtningen, såfremt værdierne i denne analyse sammenlignes med for eksempel værdier fra Energistyrelsens Teknologikatalog (Energistyrelsen, 2021)³. Værdierne fra Energistyrelsens Teknologikatalog for luft til vand-varmepumper er præsenteret i Tabel 11. Luft til vand-varmepumperne er valgt som sammenligningsgrundlag, da størstedelen af analysen er luft til vand-varmepumper.

	Gulvarme	Radiator- og kombinationsanlæg
<i>Teknologikataloget</i> SPF-værdier i Teknologikataloget 2021 for luft til vand-varmepumper [Nyt/Eksisterende hus]	3,75 / 4,05	2,95 / 3,15
<i>Installationer før optimering</i> SPF-værdier for alle målbare installationer	3,1-3,4	2,7-3,0
SPF-værdier for installationer af VE-godkendte	3,5-3,8	2,9-3,2
<i>Installationer efter optimering</i> SPF-værdier efter energiopti- mering for alle installationer	3,3-3,6	3,1-3,4
SPF-værdier for installationer af VE-godkendte	3,6-4,0	2,8-3,1*

Tabel 11 – Analyseresultater sammenlignet med Energistyrelsens Teknologikatalog for luft til vand-varmepumper. SPF-værdierne for Teknologikataloget er angivet for både nye og eksisterende huse. SPF-værdierne for varmepumpeinstallationerne i denne analyse er fra forskellige byggeår og med forskellige varme- og brugsvandsbehov, som ikke direkte svarer til Teknologikataloget.

*Fjernelsen af de to bedste og to dårligste SPF-værdier påvirker resultaterne i forhold til sammenligning mellem SPF-værdierne for de to perioder, da det ikke er de samme installationer, som frasorteres. Det er for eksempel grunden til, at SPF-værdien er lidt lavere for de VE-godkendte installationer med radiator- og kombinationsanlæg efter optimering sammenlignet med før optimering.

³ En direkte sammenligning med værdierne i Teknologikataloget vil kræve, at varmepumpeinstallationerne skal udvælges, så de matcher beskrivelsen i Teknologikataloget i forhold til de definerede karakteristika for klimaskærmens beskaffenhed og varmtvandsforbruget for henholdsvis eksisterende og nyt byggeri.



Tabel 11 viser resultaterne for denne analyse sammenlignet med værdierne i Energistyrelsens Teknologikatalog. En direkte sammenligning med værdierne i Teknologikataloget vil dog kræve, at varmepumpeinstallationerne skal udvælges, så de matcher beskrivelsen i Teknologikataloget i forhold til de definerede karakteristika for henholdsvis eksisterende og nyt byggeri. Tabellen viser, at hvis alle installationer i denne analyse tages med i betragtningen, så opnås der SPF-værdier, som er lidt lavere end i Teknologikataloget. Til gengæld kan man se, at de VE-godkendte installationer opnår SPF-værdier, som svarer til værdierne for Teknologikataloget. Idet de fleste installationer i fremtiden forventes at være VE-godkendte installationer på grund af den store stigning i antallet af medlemmer i VE-godkendelsesordningen, så indikerer analysen, at SPF-værdierne på kommende installationer vil svare til dem i Teknologikataloget. Herudover kan indførelse af et løbende energimæssigt eftersyn af varmepumper også bidrage til at hæve energieffektiviteten, selvom effekten i denne analyse har været begrænset for de VE-godkendte installationer.

En mere præcis validering af SPF-værdierne i Teknologikataloget vil kræve et mere tidskrævende og omkostningstungt setup med i nærheden af 50-100 varmepumper, som udstyres med ekstern varmemaalere, og som udvælges til at afspejle de karakteristika, som er defineret i Teknologikataloget. Varmemaalere er dog dyre og tidskrævende at installere, fordi montering af målerne kræver, at frem- og returløbsrøret skæres over på den eksisterende varmepumpeinstallation. Det har ikke været tidsmæssigt og økonomisk muligt inden for rammerne af nærværende analyse.

Den største udfordring i relation til de højest vægtede vurderingsparametre er *Indregulering af varmeanlæg og varmekurve*, som også var en af de store udfordringer i DGIVP2017. Fejlene kan både opstå ved, at varmekurven er indstillet til en for høj varmekurve, eller at radiator og/eller gulvarme er forkert indreguleret. Derudover er der også udfordringer med *Indregulering af brugsvand og Installation – Isolering*. Den manglende indregulering af varmekurven og det varme brugsvand vurderes til i en vis grad at ville blive imødekommet løbende ved at indføre et energimæssigt eftersyn af varmepumper i forbindelse med serviceeftersyn. Den mangelfulde isolering af rørføring vil dog kræve, at udvendige og/eller indvendige rør isoleres efter DS452, hvilket vil kræve både arbejds løn og materialeomkostninger. Derudover kan det være vanskeligt at eftermontere isolering på grund af pladsmangel (se eventuelt 4.4.2). Den manglende isolering på varmepumpeinstallationer kan således i mindre grad imødekommes ved indførelse af et energimæssigt eftersyn af varmepumpeinstallationer. Det er relevant at bemærke, at flere af de udfordringer, som er beskrevet i forhold til varmepumpeinstallationerne, ikke er fejl på selve varmepumpeinstallationen, men relaterer sig til manglende tilpasning af centralvarmesystemet. Manglende indregulering af centralvarmesystemer er ikke et isoleret problem til varmepumpeinstallationer, men kan for eksempel også sænke den kondenserende effekt på et kondenserende gasfyr eller afkølingen på en fjernvarmeinstallation.

Teknologisk Institut har igennem dialog med varmepumpeværterne og ved gennemgang af diverse grupper om varmepumper på Facebook oplevet, at der blandt varmepumpeejerne er en stor efterspørgsel efter viden om deres varmepumpeinstallationer og centralvarmeanlæg, samt hvad man kan



gøre for at optimere driften. Deltagerne på diverse Facebook-grupper for varmepumper leverer gode råd og vejledning til hinanden af varierende kvalitet om forskellige udfordringer, som ud fra Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter vurdering i nogle tilfælde vil hæve kvaliteten og i andre tilfælde vil virke kontraproduktivt for varmepumpens drift. Der er mange faggrupper og tekniske dimensioner involveret i varmepumpeinstallationer, og det giver høj kompleksitet for installatørerne, men også for slutbrugerne. Der opleves således en efterspørgsel fra varmepumpeejere efter at få yderligere information om optimering af driften af varmepumpen.



8. Konklusion

Formål 1 har været at undersøge kvaliteten af minimum 24 varmepumpeinstallationer. Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter har gennemgået 28 varmepumpeinstallationer og vurderet hver installation på 10 parametre. 75 % af de undersøgte installationer har opnået en vægtet vurderingsscore på minimum 80 ud af 100 point og kan karakteriseres som gode varmepumpeinstallationer. Det er således Teknologisk Instituts vurdering, at kvaliteten af varmepumpeinstallationerne analyseret primo 2021 er bedre end, hvad der blev fundet ved den tidligere undersøgelse, Den gode installation af varmepumper 2017 (DGIVP2017).

Formål 2 har været at belyse, om varmepumpeinstallationer udført af VE-godkendte installatører er bedre end andre installationer. Teknologisk Instituts varmepumpeeksperters gennemgang viser, at alle installationer af VE-godkendte installatører opnår en score på over 80 point, hvilket betyder, at alle installationer af VE-godkendte i denne analyse kan karakteriseres som gode installationer. Gennemsnitligt opnår installationer af VE-godkendte installatører en vægtet vurderingsscore på 91, mens de øvrige installationer opnår en vægtet gennemsnitsscore på 81,5. Særligt i forhold til dimensionering og indregulering, som fylder meget i VE-uddannelsen, klarer de installationerne af VE-godkendte sig bedre end de øvrige. Derudover viser SPF-værdierne baseret på periode 1, at installationerne foretaget af VE-godkendte installatører opnår en gennemsnitlig SPF-værdi på 3,2-3,5, mens de øvrige opnår 2,7-3,0 (dog også med en højere andel af gulvarmeinstallationer). Denne analyse viser således med udgangspunkt i et begrænset udsnit af installationer, at kvaliteten og den målte energieffektivitet er højere for de installationer, som er udført af VE-godkendte installatører sammenlignet med installationer, der er udført af ikke-VE-godkendte installatører.

Formål 3 har været at undersøge potentialet i at udvide det eksisterende obligatoriske serviceeftersyn for varmepumper med et energieftersyn ifølge det koncept, som Teknologisk Institut har udarbejdet for Energistyrelsen. Konklusionen på denne delanalyse er, at der gennemsnitligt er observeret en 10 % forbedring i SPF-værdierne, efter der er foretaget optimeringstiltag, sammenlignet med SPF-værdierne, inden der er foretaget optimeringstiltag. Det energimæssige eftersyn er også blevet afprøvet af installatører og efterfølgende gennemgået i samarbejde med Teknologisk Instituts varmepumpeeksperter. Responsen fra de involverede varmepumpeinstallatører har generelt været positiv, så længe de administrative byrder forbundet med det energimæssige eftersyn holdes på et minimum og digitaliseres.

Formål 4 har været at tilvejebringe SPF-værdier for et repræsentativt udsnit af husstande. SPF-værdierne er beregnet for 25 installationer, hvor fire er jordvarmepumper, og resten er luft til vand-varmepumper. Der er huse fra perioden 1848-2020, som spænder over husstørrelser fra 72-380 m². Derudover er der inkluderet installationer fra alle fem regioner i Danmark, og varmepumperne er blevet installeret i perioden fra 2015-2021.



Gennemsnitligt for alle installationer er der beregnet SPF-værdier på mellem 2,9 og 3,2. Det ses dog, at de VE-godkendte installationer opnår højere SPF-værdier end de ikke-VE-godkendte som beskrevet ovenfor. For de installationer, som kun opvarmes med gulvarme, er SPF-værdien beregnet til gennemsnitligt at være i størrelsesordenen fra 3,1 til 3,4. Baggrunden for, at SPF-værdierne ikke er højere for gulvarmeinstallationerne, vurderes at være, at flere af installationerne har en stor andel af brugsvandsproduktion, eftersom der er tale om nye huse med et lavt rumvarmeforbrug. De installationer, som indeholder både gulvarme og radiatorer i centralvarmesystemet, har opnået en beregnet SPF-værdi på mellem 2,7 og 3,0.

De beregnede SPF-værdier er lidt lavere end værdierne i Teknologikataloget, hvis der sammenlignes med alle installationer, men for de installationer af VE-godkendte installatører svarer de beregnede SPF-værdier i denne analyse til Teknologikatalogets værdier. Med en stor stigning i antallet af VE-godkendte virksomheder på grund af tilskudspuljerne, forventes de fleste fremtidige installationer at blive foretaget af VE-godkendte installatører, hvorfor denne analyse indikerer, at SPF-værdierne i Teknologikataloget er retvisende. En direkte sammenligning med værdierne i Teknologikataloget med henblik på at validere SPF-værdierne i Teknologikataloget vil dog kræve, at varmepumpeinstallationerne skal udvælges, så de matcher beskrivelsen i Teknologikataloget i forhold til de definerede karakteristika for henholdsvis eksisterende og nyt byggeri.



9. Referencer

- Arbejdstilsynets bekendtgørelse Nr. 100*, (2007) (testimony of Arbejdstilsynet).
<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2007/100>
- Energistyrelsen. (2021). *Teknologikatalog for individuelle opvarmningsanlæg*. Energistyrelsens Teknologikataloger. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger>
- Klimaaf tale for energi og industri mv ., 1* (2020) (testimony of Finansministeriet).
<https://fm.dk/media/18085/klimaaf tale-for-energi-og-industri-mv-2020.pdf>
- Bekendtgørelse om tilskud til energibesparelser og energieffektiviseringer i bygninger til helårsbeboelse*, (2020) (testimony of Klima- Energi- og Forsyningsministeriet).
<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/1467>
- Opfølgende aftale ifm. Klimaaf tale for energi og industri mv*, (2020) (testimony of Klima- Energi- og Forsyningsministeriet). [https://kefm.dk/Media/2/3/Aftaletekst om tilskudspuljer og understøttende tiltag - varme.pdf](https://kefm.dk/Media/2/3/Aftaletekst%20om%20tilskudspuljer%20og%20understøttende%20tiltag%20-%20varme.pdf)
- Lauritzen Consulting. (2016). *Evaluering af VE-godkendelses ordningen* (Issue December).
<https://www.ft.dk/samling/20161/almdele/efk/bilag/170/1731809.pdf>
- Miara, M. (2021). *How well do heat pumps really work in existing buildings?* Fraunhofer ISE.
<https://blog.innovation4e.de/en/2021/03/03/how-well-do-heat-pumps-really-work-in-existing-buildings/>
- Poulsen, S., Jensen, S. Ø., Borup, R., & Larsen, E. O. (2017). *Den gode installation af varmepumper*.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Varme/den_gode_varmepumpeinstallation.pdf
- Teknologisk Institut. (2021). *Teknologisk Instituts graddagesystem*.
<https://www.teknologisk.dk/ydelser/graddage/pressemeddelelse/492>



10. Bilag 1

Logblad for registrering på 1. besøg

Stamdata

Dato for besøg og initialer _____

Adresse _____

Husk at fotodokumentere hele installationen.

Aflæsning

Termostater:

Termostat/temperaturindstilling, stue: _____, køkken: _____, badeværelse(r): _____, værelser: _____

Varmepumpe:

Optaget el, VP: _____, Optaget el, backup: _____

Afgivet varme, rumvarme: _____, Afgivet varme varmt brugsvand: _____

Sætpunkter for varmt brugsvand: _____, Indstilling på varmekurve [bund/top] (evt. billeder): _____

Vejrkompenisering: _____ [ja/nej], indetemperaturindstilling: _____

Rumvarme stoptemperatur: _____

Buffertank: _____ [ja/nej + størrelse] _____ Bufferkobling: _____ [parallel/serie]

Eltavle og vandmåler:

Bimålerstand: _____, elmålerstand: _____, vandmålerstand: _____

Andet

Kunde generelt set glad for sin varmepumpeinstallation? _____



11. Bilag 2

Energielementer til energimæssigt serviceeftersyn af varmepumper

Serviceskema for energielementer til luft til vand-varmepumper og væske til vand-varmepumper

Dato ** _____ Udført af _____

_____ [navn og virksomhed]

Kunde _____

_____ [navn og adresse]

*** Hvis serviceeftersynet udføres udenfor fyringssæsonen (1. oktober til 1. maj), bør det indledningsvist undersøges, om varmepumpen kan forceres til at producere rumvarme. Hvis ikke dette er muligt, udskydes serviceeftersynet til fyringssæson.*

<p>Aflæs bimålerstand, hvis monteret⁴, og afgivet varme i varmepumpens styring (fordelt på rumvarme og varmt brugsvand).</p> <p><i>Hvis der er en varmemåler installeret, anvendes denne værdi for afgivet varme.</i></p>	<p>Bimålerstand: _____ [kWh]</p> <p>Afgivet varme: _____ [kWh/h]</p> <p>Afgivet varme, vbv⁵: _____ [kWh/h]</p>
--	---

⁴ Lovkrav ved forbrug over 3000 kWh årligt jf. gældende bygningsreglement.

⁵ Varmt brugsvand



<p>Hvis varmepumpen ikke er monteret med separat bimåler/varmemåler, forsøges det at indhente energimængderne fra varmepumpens egen styring. Varmepumper giver i mange tilfælde også et udtryk for andelen af elforbrug til elvarmelegemet, som skal noteres, hvis det fremgår:</p> <p>Notér også varmepumpens indetemperaturindstilling. Denne forskyder varmekurven op/ned.</p>	<p>Totalt elforbrug: _____ [kWh]</p> <p>Elvarmeandel: _____ [kWh/h]</p> <p>Indetemperaturindstilling: _____ [°C]</p>
<p>Beregn varmepumpens samlede effektivitetsfaktor ved at dividere samlet afgivet varme inkl. vbv og totalt elforbrug.</p> <p>Vurdér, om effektivitetsfaktoren er o.k. sammenholdt med vejrforholdene siden seneste serviceeftersyn.</p> <p><i>Hvis nej: Hvis ikke vejrforholdene kan forklare en dårligere opnået årseffektivitet, skal det undersøges, hvad der så ligger til grund for det øgede elforbrug. Inddrag evt. boligejeren for information om ændringer i forbrug eller justering af indstillinger, som kan have relation til varmepumpens elforbrug.</i></p>	<p>Effektivitetsfaktor: _____ [-]</p> <p>[ja/nej]</p>
<p>Er varmekurven sat til et optimalt niveau vurderet ud fra husets klimaskærm (evt. energimærke) og varmesystem – herunder observerede indstillinger på termostater og rumfølere?</p> <p><i>Hvis nej: Indstil varmekurven ned til et passende niveau. Oplær boligejeren i, hvordan den stilles op igen (maks. 1</i></p>	<p>[ja/nej]</p> <p>Ændring:</p>



<p>grad pr. dag), og informér om rumtemperaturindstillingens indvirkning på varmekurve og dermed energiforbrug. Notér ændringen!</p>	<hr/> <hr/> <hr/>
<p>Er "rumvarme stoptemperaturen" sat til et optimalt niveau vurderet ud fra husets klimaskærm (evt. energimærke) og varmesystem.</p> <p><i>Hvis nej: Indstil "rumvarme stoptemperaturen" til et mere passende niveau vurderet ud fra husets klimaskærm og varmesystem. Afstem, om rumvarmen ønskes helt stoppet om sommeren, eller om der skal være rumvarme til f.eks. gulvarme i badeværelse. Sidstnævnte udføres mest energieffektivt med en buffertank i systemet. Notér ændringen!</i></p>	<p>[ja/nej]</p> <p>Ændring:</p> <hr/>
<p>Notér sætpunkt-temperaturen for det varme brugsvand og vurdér, om det stemmer med ejerens behov for varmt vand.</p> <p>Stemmer behovet?</p> <p><i>Hvis nej: Indstil sætpunkt-temperaturen for det varme brugsvand til et passende niveau vurderet ud fra boligejerens behov for varmt vand. Medtag i betragtningen, hvor mange personer der bor i husstanden, og om der er badekar. Notér ændringen!</i></p>	<p>Sætpunkt: _____ [°C]</p> <p>[ja/nej]</p> <p>Ændring:</p> <hr/> <hr/>
<p>Antal loggede fejl i varmepumpens styring siden sidste serviceeftersyn.</p>	<p>Antal fejl: _____</p>



Kort beskrivelse af loggede fejl og årsag.	Beskrivelse af fejl: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Er årsagen til ovenstående antal loggede fejl i varmepumpens styring fundet og udbedret? Beskriv kort årsag og udbedring:	[ja/nej] Beskrivelse af årsag og udbedring: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Er eksisterende isolering af de kolde og varme komponenter på varmepumpen og rør stadig intakt?	[ja/nej]



<p><i>Hvis nej: Sørg for at få efterisoleret de steder, hvor isoleringen ikke er i orden, dvs. ikke lever op til kravene i DS452.</i></p>	
<p>Er varmepumpens skueglas rent, dvs. ingen bobler under drift?</p> <p><i>Hvis nej: Hvis der observeres bobler i skueglasset, mens varmepumpen er i drift, kan det være et udtryk for, at den mangler kølemiddel og kører ineffektivt. Varmepumpen lækagesøges, lækagen udbedres, og kølemiddel efterfyldes af en certificeret kølemontør, indtil boblerne er væk. Mængde påfyldt kølemiddel skal noteres i serviceskemaet.</i></p>	[ja/nej]
<p>Er kabinettet til varmepumpens kølekomponenter fri for oliepletter i bunden under rørsamlinger?</p> <p><i>Hvis nej: Hvis der er oliepletter i kabinettets bund under rørsamlinger, kan det være tegn på lækage, og varmepumpen bør lækagesøges af en certificeret kølemontør. Hvis der mangler kølemiddel, findes årsagen til lækagen, og mængden af påfyldt kølemiddel noteres i serviceskemaet. Fjern oliepletterne, når lækagen er fundet og udbedret, så disse ikke giver anledning til en ny lækagesøgning ved næste serviceeftersyn. Al håndtering af kølemiddel skal udføres af certificeret kølemontør.</i></p>	[ja/nej]
<p>Notér manometertrykket i centralvarmekredsen.</p> <p><i>Hvis det er lavere end 1 bar overtryk, påfyld korrekt mængde væske.</i></p>	Manometertryk: _____ [bar]



Notér den målte fremløbstemperatur tættest på varmepumpen.	Fremløbstemperatur: _____ [°C]
Notér den målte returtemperatur tættest på varmepumpen.	Returtemperatur: _____ [°C]
Beregn og notér forskellen på frem- og returløbstemperatur. <i>Hvis større end 10 °C: Hvis forskellen mellem frem- og returløbstemperaturen er større end 10 °C, når varmepumpen er i on-tilstand, er der et problem relateret til flowet i centralvarmekredsen, som vil nedsætte varmepumpens energieffektivitet. Find årsagen til flowproblemet. Kontrollér, at cirkulationspumperne virker, at alle vandrør i centralvarmesystemet er fri for luft, og at snavsfiltere er rene, samt kontrollér forindstillinger samt åbningsgrad på termostater og telerstater.</i>	Forskel: _____ [°C]
Notér temperaturen i boligens varmeste rum. <i>Hvis den er over 24 °C: Informér boligejeren om, at det er temperaturen i boligens varmeste rum, som sætter energieffektiviteten for al rumvarmen produceret af varmepumpen. En højere rumtemperatur giver en dårligere energieffektivitet.</i>	Varmeste rumtemperatur: _____ [°C]
Registrér indstilling på termostat/rumføler i alle opvarmede rum.	Rum: _____



	Termostatindstillinger: _____ [1-5 / °C]
Beregn gennemsnittet af termostat/rumfølernes indstilling i huset.	Gennemsnit: _____ [1-5 / °C]
Registrér udetemperatur, vindretning og vindhastighed på dagen for serviceeftersynet:	Udetemperatur: _____ [°C] Vindhastighed: _____ [m/s] Vindretning: _____ [N,NØ,Ø,SØ,S,SV,V,NV]
Er udetemperaturføleren monteret således, at den ikke påvirkes af sol og vind? <i>Hvis nej: Informér boligejeren om, at udetemperaturføleren er placeret uhensigtsmæssigt og kan forstyrre varmepumpens drift og dermed energieffektivitet. Find det bedste sted til udetemperaturføleren (i skygge og mod nord), og giv. evt.</i>	[ja/nej]



<i>et tilbud på at få udetemperaturføleren flyttet til et mere optimalt sted.</i>	
---	--

Særlige forhold for luft til vand-varmepumper

<p>Kan luften uhindret passere igennem udedelens finner?</p> <p><i>Hvis nej: Rengør udedelens finner forsigtigt med en støvsuger eller en blød børste.</i></p>	[ja/nej]
<p>Hvis der er vand mellem inde- og udedel: Er snavsfilter før varmepumpe fri for skidt og snavs?</p> <p><i>Hvis nej: Udskift eller rens snavssamlerne. Udluft og påfyld centralvarmevand, hvis det er nødvendigt, vurderet ud fra anlæggets vandtryk.</i></p>	[ja/nej]

Særlige forhold for væske til vand-varmepumper

<p>Notér trykket i jordslangen før cirkulationspumpen ved stilstand.</p> <p><i>Hvis trykket er under 150 kPa absolut tryk, kan der opstå problemer med luftlommer i væskeflowet, hvorved flowet og dermed energieffektiviteten reduceres. Vurdér, om der er opstået en lækage. Under alle omstændigheder skal jordvarmebekendtgørelsen følges og anlægget tilføres korrekt brinevæske, indtil trykket er tilbage på normalt niveau.</i></p>	[bar]
Mål og notér temperaturen på væsken, som kommer fra jordslangen.	[°C]
Er temperaturen i jordslangen i overensstemmelse med figuren nedenfor?	[ja/nej]



<p>Normalområde for temperatur fra jordslange</p> <table border="1"><thead><tr><th>Month</th><th>Temperature [°C]</th></tr></thead><tbody><tr><td>Januar</td><td>0</td></tr><tr><td>februar</td><td>0</td></tr><tr><td>marts</td><td>0</td></tr><tr><td>april</td><td>2</td></tr><tr><td>maj</td><td>6</td></tr><tr><td>juni</td><td>10</td></tr><tr><td>Juli</td><td>12</td></tr><tr><td>august</td><td>13</td></tr><tr><td>september</td><td>11</td></tr><tr><td>oktober</td><td>7</td></tr><tr><td>november</td><td>2</td></tr><tr><td>december</td><td>0</td></tr></tbody></table>	Month	Temperature [°C]	Januar	0	februar	0	marts	0	april	2	maj	6	juni	10	Juli	12	august	13	september	11	oktober	7	november	2	december	0	
Month	Temperature [°C]																										
Januar	0																										
februar	0																										
marts	0																										
april	2																										
maj	6																										
juni	10																										
Juli	12																										
august	13																										
september	11																										
oktober	7																										
november	2																										
december	0																										
<p>Hvis temperaturen er varmere end i figur 1, og anlægget i øvrigt kører normalt, noteres temperaturen, og energisynet fortsættes. Hvis temperaturen er lavere end i figur 1, er der enten opstået et problem relateret til jordslangen, eller denne er underdimensioneret. Boligejeren inddrages, og det aftales, hvordan problemet håndteres, jf. jordvarmebekendtgørelsen.</p>																											
<p>Mål og notér temperaturen til jordslangen.</p>	[°C]																										
<p>Beregn temperaturforskellen mellem udløb og indløb på jordslangen.</p> <p>Hvis denne er større end 5 °C, kan der være et problem relateret til jordslangen eller veksleren, som optager varmen fra jorden. Det vil sige, at flowet i jordslangen ikke er korrekt, eller der kan være opstået belægninger i veksleren.</p>	[°C]																										



12. Bilag 3

Vurdering af installationer

ID	Installation - VE-G/ ikke VE-G	Dimensionering - VP størrelse	Placering - Støj	Afstand inddel til uddel	Rørføring/stør- relser	Installation - Iso- lering	Afløb/dræn ude- del	Installation - Bimåling	Varmean- læg/Kurve	Indregulering - Brugsvand	Er kunden til- freds -
2	Ikke VE-godkendt	4	5	5	4	4	5	0	5	3	5
3	Ikke VE-godkendt	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5
9	Ikke VE-godkendt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	VE-Godkendt	5	4	3	5	4	1	5	4	4	4
12	Ikke VE-godkendt	5	4	4	3	4	5	0	5	4	5
15	Ikke VE-godkendt	5	3	5	5	5	0	0	2	5	3
16	VE-Godkendt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	Ikke VE-godkendt	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
18	Ikke VE-godkendt	1	2	5	4	3	3	5	2	2	3
19	VE-Godkendt	5	5	5	5	3	5	5	5	4	5
20	Ikke VE-godkendt	3	4	5	4	5	4	5	4	5	3
21	Ikke VE-godkendt	5	5	5	5	5	1	5	3	3	5
22	VE-Godkendt	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5
23	Ikke VE-godkendt	3	4	5	4	3	1	5	2	2	1
24	Ikke VE-godkendt	4	4	3	3	3	1	0	3	2	5
25	Ikke VE-godkendt	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5
26	Ikke VE-godkendt	3	5	1	4	4	3	5	4	4	4
27	Ikke VE-godkendt	5	3	5	5	4	5	0	5	4	5
28	Ikke VE-godkendt	4	3	5	3	4	4	0	4	3	5
29	Ikke VE-godkendt	5	5	5	2	4	0	0	4	5	4
30	VE-Godkendt	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5
31	Ikke VE-godkendt	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
32	Ikke VE-godkendt	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4
33	VE-Godkendt	5	5	5	5	3	5	0	5	5	5
34	VE-Godkendt	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
35	VE-Godkendt	4	5	5	5	5	5	5	3	5	4
37	VE-Godkendt	4	5	5	4	4	1	5	3	5	5
38	VE-Godkendt	5	5	3	5	4	1	5	5	5	5



13. Bilag 4

Omregning af energivirkningsgrad til SPF-værdi

Dette bilag har til hensigt at beskrive beregningerne af årsvirkningsgrad (SPF) for varmepumper i Den gode installation af varmepumper, 2021. Beregningerne tager udgangspunkt i en måling af varmeproduktion og elforbrug over en periode på minimum 14 dage af en række varmepumper installeret i en-familiehuse, hvorefter der ud fra energivirkningsgraden for måleperioden beregnes en SPF-faktor for varmepumpeinstallation. Der er i forbindelse med besøgene hos varmepumpeværterne foretaget målinger af varmepumpens energivirkningsgrader i perioderne mellem 1. og 2. besøg (periode 1) og mellem 2. og 3. besøg (periode 2). Efterfølgende er der ved hjælp af metodikken beregnet en SPF-værdi baseret på henholdsvis periode 1 og periode 2.

Trin 1: Beregning af varmeproduktion til varmt brugsvand

For de installationer, hvor det har været muligt, er der indsamlet data i varmepumpens styring om, hvor stor andel det varme brugsvand har udgjort af varmepumpens samlede varmeproduktion. For de installationer, hvor varmepumperne ikke har kunnet vise varmeproduktion fordelt på rumvarme og brugsvand, er andelen estimeret ud fra et forventet forbrug per person i husstanden på 860 kWh (som benyttes som erfaringstal i uddannelsen til VE-godkendelsesordningen for varmepumper) og den samlede varmeproduktion. På denne baggrund er det graddageuafhængige forbrug (GUF) blevet bestemt:

$$GUF = VB_{andel} * graddage_{\text{år}}$$

- $VB_{andel} [\%] = \text{andel brugsvand af samlet produktion}$
- $graddage_{\text{år}} [-] = \text{graddage pr. normalår} = 2598$

Trin 2: Beregning af forbrug per måned

For hver måned i året er der udregnet et samlet varmetaforbrug baseret på fordelingen af graddage for hver måned og GUF.

$$Varmeandel_{\text{måned}} = \frac{Graddage_{\text{måned}} + \frac{GUF}{12}}{GUF + graddage_{\text{år}}}$$

$Varmeandel_{\text{måned}} [\%] = \text{Andel af varmeproduktion i måneden}$

$Graddage_{\text{måned}} [-] = \text{graddage for måneden}$

Trin 3: Beregning af årsvirkningsgraden per måned

Energivirkningsgraden (her benævnt som η) er beregnet for hver måned for den pågældende installation ud fra følgende formel:



$$\eta_{\text{måned}} = \eta_{\text{periode 1}} * (K_{\text{varm side}} + K_{\text{kold side}} + 1)^{(T_{\text{måned}} - T_{\text{periode 1}})}$$

- $K_{\text{kold side}}$ = korrektionsfaktor for temperaturændring på kolde side = 2 % for radiator og 2% for gulvvarme
- $K_{\text{varm side}}$ = korrektionsfaktor for ændring i temperatur på varme side på 2 % for radiator og 1 % for gulvvarme
- $T_{\text{måned}}$ = gennemsnitstemperatur i måneden baseret på graddage
- $T_{\text{periode 1}}$ = gennemsnitstemperatur for måleperiode 1 for tætteste DMI vejrstation på installationen
- $\eta_{\text{periode 1}}$ = den målte energivirkningsgrad for måleperiode 1

Det bemærkes, at med ovenstående beregningsmetodik vil energivirkningsgraden for hver måned beregne årvirkningsgraden ud fra et forbrug med både brugsvand og rumopvarmning. Det vil derfor være mere korrekt at beregne energivirkningsgraden for sommermånederne udelukkende ud fra brugsvand, da der ikke er noget rumvarmebehov i disse måneder. Andelen af forbruget i sommermånederne svarer dog kun til et par procent af det samlede forbrug og vurderes således kun at udgøre en mindre afvigelse.

Trin 4: Beregning af SPF

Den samlede årvirkningsgrad (SPF) er udregnet:

$$SPF = \sum_{\text{januar}}^{\text{december}} \eta_{\text{måned}} * \text{Varmeandel}_{\text{måned}}$$

Den samlede SPF-værdi er beregnet ved at summere produktet af den beregnede energivirkningsgrad for hver måned og andelen af forbruget ift. den samlede varmeproduktion.



TEKNOLOGISK
INSTITUT