



Verifiering av prestanda och demonstration av nya kombinerade värme- och ventilationssystem



Verifiering av prestanda och demonstration av nya kombinerade värme- och ventilationssystem

för energieffektiva småhus i ett nordiskt klimat

Agneta Persson, Anthesis

Hanna Westling, Anthesis



Energimyndighetens projektnummer: P2019- 40248-6

E2B2



Förord

E2B2s vision är en resurs- och energieffektiv byggd miljö.

Bebyggelsesektorn svarar för cirka en tredjedel av Sveriges totala energianvändning och en effektivare energianvändning är en viktig del av utvecklingen av energisystemet. Hållbarhet, effektivitet och robusthet i bebyggelsen behöver stärkas och utvecklas. Lösningarna behöver samspela för att fungera och utnyttjas. Forskning, utveckling, innovation och kommersialisering spelar en avgörande roll.

I E2B2 arbetar forskare och andra aktörer tillsammans för att utveckla samhällets byggande och boende och effektivisera energianvändningen. Syftet med E2B2 är att ta fram ny kunskap, teknik, tjänster och metoder som bidrar till en hållbar energi- och resursanvändning i bebyggelsen.

E2B2 är ett forsknings- och innovationsprogram från Energimyndigheten där IQ Samhällsbyggnad är koordinator. Programmet startade 2013 och en andra programperiod pågår mellan 2018 och 2024. Projektet som beskrivs i den här rapporten har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten.

Stockholm, 14 augusti 2023

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Energimyndigheten tar ställning till framförda slutsatser, resultat eller eventuella åsikter.



Sammanfattning

Effektivare energianvändning i småhus är en viktig förutsättning för att Sverige ska kunna ställa om till ett hållbart energisystem. I det här projektet har prestanda utvärderats för fyra nyutvecklade kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus i ett nordiskt klimat. Projektet visar att alla fyra systemen levererar en energiprestanda som är väsentligt bättre än vad som krävs enligt Boverkets byggregler. Samtidigt levererar de kombinerade systemen mervärden som bättre inomhusklimat, bättre hälsa och välbefinnande, minskat effektbehov, enkel installation, litet utrymmesbehov m.m. i förhållande till de system som idag är standard i svenska småhus.

De fyra nya kombinerade systemen har utvecklats av fyra tillverkare av värme- och ventilationsutrustning i samverkan med fem småhustillverkare inom ramen för ett gemensamt utvecklingsprojekt som har drivits inom behovsägarnätverket BeSmås verksamhet. Denna industriella utvecklingsprocess har drivits på av skärpta energikrav i byggreglerna och önskemål från marknaden om bättre boendekomfort. Processen har syftat till att utveckla och marknadsintroducera nya mer energieffektiva kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus till lägre kostnad och bättre inomhusklimat.

Detta projekt har varit det sista steget i utvecklingsprocessen. Här har energiprestanda utvärderats för de nya kombinerade värme och ventilationssystem som Flexit, H. Östberg AB, Metro Therm och Panasonic har utvecklat. Projektet har också bidragit till att skapa demonstrationshus för de nya kombisystemen, produkterna har testats i hus byggda av småhustillverkarna Derome, Fiskarheden-villan, Huspartner och Trivselhus. Två av de fyra nya kombinerade värme- och ventilationssystemen har nu introducerats på marknaden, det är de produkter som har utvecklats av Flexit och Panasonic. De andra två tillverkarna, Metro Therm och H Östberg har valt att avvakta med marknadsintroduktionen av sina nyutvecklade produkter.

Genom detta gemensamma utvecklingsprojekt för kombinerade värme- och ventilationssystem kan nya småhus enkelt bli ännu mer energieffektiva samtidigt som inomhusklimatet förbättras.

Nyckelord: Kombinerat värme- och ventilationssystem, energieffektiv, inneklimat, hälsa och välbefinnande, småhus.



Summary

A more efficient energy end use is a prerequisite for the Swedish transition to a sustainable energy system. In this project the energy performance of four recently developed combined heating and ventilation systems for energy-efficient single-family houses in a Nordic climate have been verified through monitoring and calculations. The results show that the energy performance of all of the four new systems by far exceed what is required by the current Swedish building code. And the combined systems have multiple benefits, they simultaneously deliver i.a. better indoor air quality, better health and well-being, decreased peak-power demand, easy to install, minimal space requirement, in comparison to systems commonly used today.

The four new combined systems have been developed by four manufacturers of heating and ventilation equipment together with five manufacturers of single-family houses. The joint development has been carried out within the framework of the purchaser network BeSmå. This industrial development process has been driven by stricter energy requirements in building regulations and market requests for a better indoor air climate. The development process has aimed at developing and market introduction of new more energy-efficient combined heating and ventilation systems for energy-efficient single-family houses, at the same time reducing energy cost and improve indoor air climate.

This project shows that the energy performance of these new combined heat and ventilation systems, developed by Flexit, H. Östberg AB, Metro Therm, and Panasonic, by far exceed the mandatory requirements of the national building codes (BBR29). Another contribution from this project is that the four new combi systems are demonstrated in real houses, built by the single-family house manufacturers Derome, Fiskarhedenvillan, Huspartner and Trivselhus. Two of the four new combined systems have now been introduced to the market; the products developed by Flexit and Panasonic. The other two manufacturers, Metro Therm and H. Östberg has chosen to wait with the market introduction of their newly developed products.

Thanks to this joint development project, new single-family houses can easily achieve a better energy performance and simultaneously achieve an improved indoor air quality.

Key words: Combined heating and ventilation system, energy efficiency, indoor climate, health and well-being, single-family houses.



INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	8
1.1	BAKGRUND	8
1.2	SYFTE OCH MÅL	9
1.3	OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR	9
2	GENOMFÖRANDE	10
2.1	AP1 IDENTIFIERING OCH VAL AV TESTHUS	10
2.2	AP2 INSTALLATION, INJUSTERING OCH UTFORMNING AV MÄTPLAN	11
2.3	AP 3 ANALYS OCH UTVÄRDERING	12
2.4	AP 4 IDENTIFIERING AV EVENTUELLA FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER	12
2.5	AP 5 RESULTATSPRIDNING	12
2.6	AP 6 PROJEKTLEDNING	13
3	RESULTAT	14
3.1	DEMONSTRATION	14
3.1.1	TESTHUS 1 - HERU THERMIQ OCH FISKARHEDENVILLAN	14
3.1.2	TESTHUS 2 MED FLEXIT ECONORDIC WH4 OCH HUSPARTNER	15
3.1.3	TESTHUS 3 MED PANASONIC AQUAREA OCH A-HUS	17
3.1.4	TESTHUS 4 MED METRO THERMS METRO MULTI 160 OCH TRIVSELHUS	19
3.2	VERIFIERING AV ENERGIPRESTANDA	21
3.2.1	BERÄKNINGAR I TMF ENERGI OCH VIP ENERGY	21
3.2.2	GENOMFÖRDA MÄTNINGAR	22
3.2.3	ENERGIPRESTANDA TESTHUS 1 HERU THERMIQ OCH FISKARHEDENVILLAN	23
3.2.4	ENERGIPRESTANDA TESTHUS 2 FLEXIT ECONORDIC WH4 OCH HUSPARTNER	25
3.2.5	ENERGIPRESTANDA TESTHUS 3 PANASONIC AQUAREA OCH DEROME	26
3.2.6	ENERGIPRESTANDA TESTHUS 4 METRO THERMS METRO MULTI 160 OCH TRIVSELHUS28	
3.2.7	SUMMERING ENERGIPRESTANDA	29
3.3	IDENTIFIERADE TEKNISKA PROBLEM MED INSTALLATIONERNA	29
3.4	AKTÖRERNAS ERFARENHETER	30
3.5	BRUKARNAS ERFARENHETER OCH ANVÄNDARVÄNLIGHET	31
3.6	LÄGET FÖR MARKNADSINTRODUKTION	32
3.6.1	PANASONIC	32



3.6.2	METRO THERM	32
3.6.3	FLEXIT	32
3.6.4	H ÖSTBERGS VENTILATION	33
4	DISKUSSION	34
4.1	UTMANINGAR MED MÄTNINGAR I FÄLT OCH MÄTDATAINSAMLING	34
4.2	ENERGIBERÄKNINGAR	35
4.3	VALET AV TESTHUS	36
4.4	INSTALLATIONSFASEN	37
4.5	SAMARBETE INOM PROJEKTET	37
4.6	UTMANINGAR FÖR DE KOMBINERADE VÄRME- OCH VENTILATIONSSYSTEMEN	38
5	SLUTSATSER	40
6	PUBLIKATIONSLISTA	41
7	REFERENSER	42

BILAGOR

Delrapport P106523-1, Utvärdering av kombinerat värme- och ventilationssystem HERU ThermIQ från H. Östberg, RISE

Delrapport P106523-2, Utvärdering av kombinerat värme- och ventilationssystem EcoNordic WH4 från Flexit, RISE

Delrapport P106523-3, Utvärdering av kombinerat värme- och ventilationssystem AQUAREA från Panasonic, RISE

Delrapport P106523-4, Utvärdering av kombinerat värme- och ventilationssystem Metro Multi 160 från METRO THERM, RISE



1 Inledning och bakgrund

1.1 Bakgrund

Effektivare energianvändning i småhus är en viktig förutsättning för att Sverige ska kunna ställa om till ett hållbart energisystem. Behovsägarnätverket BeSmå driver på i denna riktning bl.a. genom industriella forskningsprojekt och andra aktiviteter för att öka småhusens energiprestanda. Ett av de projekt som BeSmå har drivit avser utveckling av kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus i nordiskt klimat.

Merparten av dagens nybyggda småhus är utrustade med värmepump och frånluftsventilation. Värmedistributionen är vanligtvis vattenburen och distribueras via golvvärme på bottenvåningen och radiatorer på övervåningen. Den främsta anledningen till detta val är att det är ett sätt att uppfylla energikraven i Boverkets byggregler (BBR) till så låg investeringskostnad som möjligt. Men skärpta energikrav i byggreglerna och önskemål om bättre boendekomfort från marknaden har lett till ett behov att utveckla enkla och kostnadseffektiva kombinerade värme- och ventilationssystem som är anpassade för småhus med ett lågt energibehov. Behovsägarnätverket BeSmås industriella utvecklingsprojekt för kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus i ett nordiskt klimat har syftat till att utveckla och marknadsintroducera nya mer energieffektiva kombisystem som samtidigt ger lägre livscykelkostnader och bättre inomhusklimat.

De kombinerade värme- och ventilationssystem som nu har börjat nå ut på marknaden är resultatet av många års arbete inom BeSmå. Det första steget var en förstudie (2013), som bekräftade behovet av denna utveckling. Förstudien följdes av en teknikupphandling i två steg (2015-2016). Teknikupphandlingen genomfördes i samfinansiering mellan Energimyndigheten och de fem småhustillverkare som då ingick i nätverket BeSmå: Anebyhusgruppen, Derome, Fiskarhedenvillan Skandinaviska Eco hus och Trivselhus. Teknikupphandlingen gav mycket lovande resultat, men nådde inte hela vägen i mål. Fyra av de sex inkomna anbuderna höll mycket hög kvalitet, men inget av anbuderna klarade alla skalkraven och därmed kunde ingen vinnare av teknikupphandlingen utses. Nätverket BeSmå beslöt därför tillsammans med Energimyndigheten att ombilda teknikupphandlingen till ett gemensamt utvecklingsprojekt (2017-2018).

I det gemensamma utvecklingsprojektet deltog de fem nämnda småhustillverkarna och följande fem tillverkare av värme- och ventilationssystem: Flexit, H. Östberg AB, Metro Therm, Panasonic och SystemAir. Utvecklingsprojektet slutredovisades i december 2018 med goda resultat. De nya kombinerade värme- och ventilationssystemen har en mycket hög energiprestanda, bidrar till bättre inomhusklimat, ger ett lägre elftektbehov, har ett mycket litet utrymmesbehov, är utvecklade i enlighet med och uppfyller den kravspecifikation som har tagits fram tillsammans med de fem småhustillverkarna i BeSmås beställargrupp och är utvecklade för den nordiska marknaden för småhus med låga energi- och elftektbehov. Det fanns därmed kombinerade värme- och ventilationssystem färdiga för test och verifiering i verklig miljö och demonstration.

För närvarande är nybyggandet lågt, men under de senaste åren har det byggts cirka 10 000 småhus årligen i Sverige. Det minskade energibehov för nybyggda småhus som de nyutvecklade kombinerade värme- och ventilationssystemen kan bidra med beräknas uppgå till ca 30-50 GWh/år om alla nya svenska småhus skulle förses med dem. Ackumulerat under en tioårsperiod skulle det innebära ca 0,3-



0,5 TWh i minskad årlig energianvändning. Till det ska läggas en ännu större energieffektiviseringspotential i det befintliga småhusbeståndet om de nytvecklade värme- och ventilationssystemen introduceras även där. Småhusens totala energianvändning för uppvärmning, ventilation och varmvatten uppgår till cirka 32 TWh/år. De nya kombiutrustningarna kommer också att minska effektbehovet i småhussektorn. Någon beräkning av hur stor denna minskning skulle kunna bli har dock inte genomförts.

1.2 Syfte och mål

De småhustillverkare som aktivt har medverkat i BeSmås utvecklingsprojekt är intresserade av att implementera de nya kombinerade värme- och ventilationssystemen, men behövde först en verifiering av systemens prestanda för att kunna satsa storskaligt på dem. För andra småhustillverkare som inte har medverkat i utvecklingen behövs även demonstration, information och kunskapsspridning för att de nya produkterna ska få en bred marknadsintroduktion.

Det här projektets syfte har varit att i verklig miljö mäta energianvändningen i nya småhus som har utrustats med de nytvecklade kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus i nordiskt klimat som tagits fram inom BeSmås gemensamma utvecklingsprojekt, att beräkna energianvändningen i dessa testhus med hjälp av beräkningsprogrammen TMF Energi och VIP samt att jämföra den uppmätta och den beräknade energianvändningen. Genom att mätningen sker i verkliga hus skapas även demonstrationsprojekt.

Projektets mål har varit att skapa förutsättningar för marknadsintroduktion av mer energieffektiva helhetslösningar för värme och ventilation för småhus på den svenska marknaden. De nya värme- och ventilationssystemen kan samtidigt öka boendekomfort, minska energianvändningen och minska effektbehovet i det nyproducerade småhusbeståndet, och förhoppningsvis framöver även i befintliga småhus.

Projektets delmål har varit:

- att i fält kombinerat med beräkningar verifiera energiprestandan för de produkter som tagits fram i det tidigare genomförda gemensamma utvecklingsprojektet
- att verifiera användarvänlighet, inomhusmiljö och kostnader relaterat till den nya utrustningen genom att i fält samla in erfarenhet och kunskap om installation och injustering av kompakta värme- och ventilationsutrustning
- att skapa demonstrationstillfällen för informationsspridning

1.3 Omfattning och avgränsningar

När finansiering söktes från E2B2 omfattade projektet de fem värme- och ventilationssystem som togs fram i BeSmås gemensamma utvecklingsprojekt. I början av 2020, i samband med uppstarten av projektet, drog sig en av dessa projektparter ur projektet. Vidare har en småhustillverkare, Huspartner, tillkommit som partner i projektet. Ändringsansökan har lämnats in till och godkänts av Energimyndigheten. Efter matchning mellan utrustningstillverkare och småhustillverkare har projektet omfattat kombinerade värme- och ventilationssystem från fyra olika tillverkare, som har testats i hus från fyra olika småhusproducenter.



2 Genomförande

Projektet har genomförts under perioden november 2019 till och med juni 2023, och har bestått av sex arbetspaket (AP). Verifiering av prestanda för de kombinerade värme- och ventilationssystemen har skett genom detaljerad och noggrann mätning samt beräkning med beräkningsprogrammen TMF Energi och VIP Energy i nybyggda, bebodda småhus.

Projektägare har varit Trä- och Möbelföretagen (genom deras utvecklingsföretag Arbio). De har också medverkat i projektet tillsammans med Anebyhusgruppen, Anthesis, Derome, Fiskarhedenvillan, Flexit, H. Östberg AB, Huspartner, Metro Therm, Panasonic, RISE, Skandinaviska Eco Hus och Trivselhus. Mätningarna i byggnaderna har genomförts av RISE. Aktea Energy har genomfört energiberäkningarna med VIP Energy, och RISE har genomfört beräkningarna med TMF Energi.

2.1 AP1 Identifiering och val av testhus

Projektet inleddes med att identifiera fyra testhus där de nya kombinerade värme- och ventilationssystemen installerades. I samband med valet av testhus tillkom Huspartner som projektpartner och tillhandahöll ett av testhusen.

Vid valet av testhus gjordes försök att hitta småhus som var så likartade som möjligt, för att därmed kunna jämföra de nya systemens prestanda med varandra. Det visade sig dock vara för svårt att hitta fyra hus som befann sig i samma läge i projekterings- och byggprocessen, där husen var lika stora, hade liknande utformning, hade samma värmedistributionssystem, byggdes i geografiskt nära anslutning till varandra, där husägarna ville delta i ett utvecklingsprojekt och familjerna hade likartad sammansättning,

Vi valde därför att säkerställa att vi hade fyra demonstrationshus där vi kunde verifiera om de nya kombinerade värme- och ventilationssystemen har avsedd funktion, men där att inbördes jämförelser inte är möjlig att göra.

De fyra demonstrationshusen är:

- Hus i Avesta byggt av Fiskarhedenvillan försett med värme- och ventilationssystem från H. Östberg AB.
- Hus Kungsbacka byggt av Derome försett med värme- och ventilationssystem från Panasonic.
- Hus i Kalmar byggt av Trivselhus försett med värme- och ventilationssystem från Metro Therm.
- Hus i Karlstad byggt av Huspartner försett med värme- och ventilationssystem från Flexit.

Genom att det inte gick att finna fyra i princip likadana hus föll den ursprungliga idén att använda ett hus med traditionell frånluftsventilation och frånluftsvärmepump som referenshus. Lösningen blev alltså istället att utvärdera de fyra nya kombinerade värme- och ventilationssystemen gentemot sig själva genom att jämföra systemens verkliga uppmätta och beräknade energiprestanda med Boverkets byggreglers (BBR29) krav på högsta tillåtna energianvändning.



2.2 AP2 Installation, injustering och utformning av mätplan

De deltagande småhustillverkarnas projektörer gjorde de anpassningar av projekteringen av värme- och ventilationssystemen som var nödvändiga, och systemen installerades i de nybyggda husen. I samband med installation av de nytvecklade värme- och ventilationssystemen kontrollerades att systemen var korrekt injusterade och vid behov gjordes kompletterande injusteringar.

Målet för mätningar och utvärdering var att kunna studera de olika värme- och ventilationssystemens funktion i verklig drift och under så lika förutsättningar som möjligt. Eftersom husen färdigställdes vid olika tidpunkter genomfördes mätningarna under olika tidsperioder. Mätperioden omfattade dock minst ett år och minst en uppvärmningssäsong för samtliga system.

Under mätperioden uppmättes såväl energiprestanda som flöden och temperaturer på olika platser i systemen. Mätarna placerades så att det skulle gå att urskilja energianvändningen för olika ändamål (hushållsel, uppvärmning och tappvarmvatten). Följande mätningar genomfördes:

Elmätning

- Hushållsel (inuti huset)
- El till kombiaggregatet
 - Totalt
 - Ventilationsfläktar
 - Cirkulationspumpar
 - Kompressor
 - Ev. Elpatron

Värmemätning

- Framledningstemperatur
- Returtemperatur
- Volymflöde värmesystem

Luftflöden och temperaturer

- Tilluft
- Frånluft
- Avluft
- Uteluft

Lufttemperatur och luftfuktighet

- Sovrum
- Vardagsrum
- Kök
- Badrum

Tappvarmvatten

- Volym kallvatten till VV-beredning
- Temperatur kallvatten in (min/dygn)
- Temperatur varmvatten ut

En del av ovanstående mätare ingick redan som standard i de testade kombisystemen medan andra behövde installeras enbart för detta mätprojekts skull. Det var också ett tekniskt krav att el- och flödesmätare skulle ha antingen pulsutgång eller Modbus-utgång för att mätresultaten skulle kunna samlas in, vilket innebar att de befintliga mätarna behövde kompletteras.



Ansvar för inköp och installation av mätare och driftsättning av mätinsamlingssystemet fördelades mellan projektdeltagarna. Vätske- och luftflödesmätare (FTMU-enheter) köptes in av RISE och installerades av respektive småhustillverkarens ventilationsentreprenör. El-undermätare i kombiaggregat köptes in och installerades av respektive utrustningstillverkare. Undermätare för hushållsel och total elanvändning till kombiaggregat, samt övriga mätare, köptes in av småhustillverkarna och installerades av hustillverkarens elektriker och VVS-entreprenörer under ledning av RISE. All övrig mätutrustning köptes in av RISE, som också ansvarade för att koppla in mätinsamlingssystemet till de olika mätarna och att mätdata samlades i en databas.

2.3 AP 3 Analys och utvärdering

Under mätperioden förhandsgranskade RISE inkomna mätvärden, gjorde preliminära bedömningar av att systemen fungerade som de skulle och att mätarna levererade data. Under denna period upptäcktes några fel och problem med mätutrustningen som ledde till visst bortfall av mätvärden, och som krävde besök på plats av elektriker eller VVS-tekniker. Ett par justeringar av systemen kunde också göras där mätvärdena påvisade fel.

Efter mätperioden genomförde RISE en noggrann analys av mätresultaten och erfarenheterna återfördes både till respektive utrustningstillverkare och till samtliga småhustillverkare och andra projektdeltagare. Jämförelser gjordes för respektive system, mellan de energiberäkningar som gjorts och den prestanda som systemet uppvisade i verkligheten och i beräkningarna. Analyser och slutsatser har genomförts av Anthesis och RISE. Slutsatser drogs också kring hur husen med de nya kombisystemen står sig gentemot energikravet i Boverkets gällande byggregler.

2.4 AP 4 Identifiering av eventuella förbättringsåtgärder

Löpande under projektets gång, baserat på erfarenheter från installationerna och mätresultaten, har behov av vidareutveckling och förbättringsåtgärder identifierats. Förslagen har fortlöpande omhändertagits av respektive tillverkare av de kombinerade värme- och ventilationssystemen respektive de småhustillverkare som har medverkat i projektet.

2.5 AP 5 Resultatspridning

Ett av målen med projektet har varit att stimulera spridning av denna typ av helhetslösningar genom information- och kunskapsspridning. Inom ramen för projektet har informations- och kunskapsspridningsinsatser genomförts kontinuerligt.

Lärdomar från projektet har spritts löpande på de årliga BeSmå-dagarna 2020, 2021 och 2022, på TMFs Träbyggnadsdagar 2020, 2021, 2022 och 2023, via BeSmås och andras webinarier, genom utbildning och information till kommunala energi- och klimatrådgivare samt via artiklar i relevant fackpress. Kommunikationsinsatserna har pågått under hela projektiden, från projektets start till slut, och kommer att fortsätta efter projektiden genom att resultaten från mätningarna och tillhörande analyser kommuniceras till relevanta målgrupper via konferenser och webinarier.

Projektets primära målgrupp har bestått av tillverkare av småhus samt tillverkare av värme- och ventilations-system. Den sekundära målgruppen har bestått av privatpersoner som planerar att köpa eller bygga ett nytt småhus, kommunala energi- och klimatrådgivare och andra som kan ha inverkan på kravställande från småhusköpare.



2.6 AP 6 Projektledning

Under den närmare 3,5 år långa projekttiden har projektgruppens medlemmar haft projektmöten i helgrupp vid tio tillfällen.¹ I samband med dessa möten har gruppmedlemmarna mycket öppet delat med sig av sina erfarenheter, både sådant som har gått bra och mindre bra.

Mellan de gemensamma projektmötena har också ett stort antal möten i mindre grupper hållits, där specifika frågor har diskuterats. Ett exempel är temamöten där respektive småhusproducent och utrustningstillverkare som har samarbetat har träffat de som har genomfört energiberäkningar (Aktea och RISE) och ansvarat för mätningar (RISE) för att diskutera resultatet för just deras system.

¹ Projektgruppen har mötts i helgrupp vid följande tillfällen: 2020-03-13, 2020-05-06, 2020-08-26, 2020-11-13, 2021-03-01, 2021-10-08, 2022-03-21, 2022-11-09, 2023-02-16 samt 2023-05-24.



3 Resultat

3.1 Demonstration

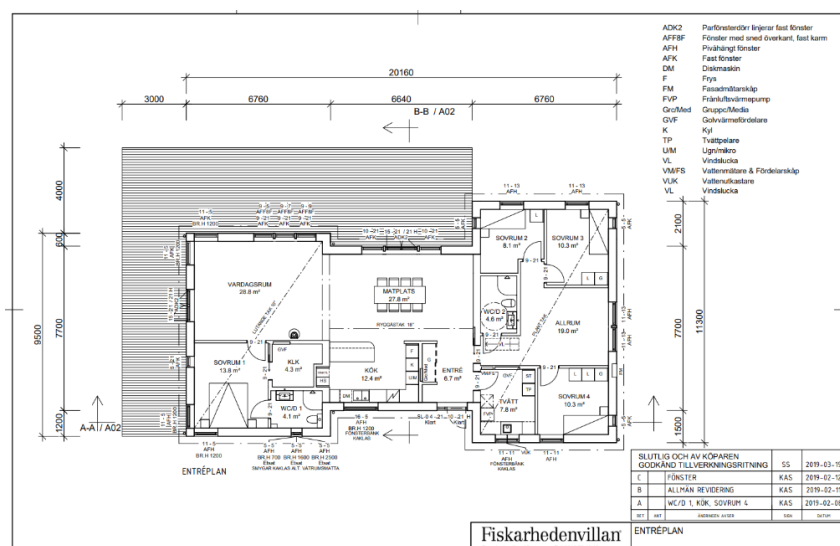
Tack vare det här projektet finns nu fyra hus där de nya kombinerade värme- och ventilationssystemen är installerade. Samtliga fyra testhus är enplanshus, och de ligger i Avesta, Kalmar, Karlstad och Kungsbacka.

Dessa fyra nya kombinerade värme- och ventilationssystem har en mycket hög energiprestanda, bidrar till bättre inneklimat, ger ett lägre eleffektbehov, har ett mycket litet utrymmesbehov, är utvecklade i enlighet med och uppfyller den kravspecifikation som har tagits fram av BeSmås beställargrupp och är utvecklade för den svenska marknaden för småhus med låga energi- och effektbehov.

3.1.1 Testhus 1 - HERU ThermIQ och Fiskarhedenvillan

Testhus 1 är ett enplans småhus på 166,9 m² A_{temp}, med golvvärme, beläget i Avesta kommun. Huset har levererats av hustillverkaren Fiskarhedenvillan. Under mätperioden har där bott två vuxna i 45-årsåldern på heltid samt tre barn/ungdomar i åldrarna 11-17 år på halvtid. I huset finns även en braskamin som använts vintertid.

Huset har utrustats med kombiaggregatet HERU ThermIQ från H. Östberg Ventilation. Systemet består av en frekvensstyrd luft/vatten-värmepump som byggts ihop med ett FTX-aggregat med en roterande värmeväxlare. Aggregatet har en utomhusplacerad värmepump av monoblock-typ som är vätskekopplad med en inomhusdel som innehåller FTX-enhet, varmvattenberedare, A-klassad cirkulationspump, elvärmare i tilluft och varmvattenberedare samt en styrenhet.



Figur 1: Planritning över testhus 1, Fiskarhedenvillans hustyp Brilljanten. Källa: Fiskarhedenvillan.



Figur 2: Inomhusdel och utomhusdel (foto taget under byggskedet) för H. Östberg ABs HERU ThermIQ. Foto: H Östberg AB och Fiskarhedenvillan.

3.1.2 Testhus 2 med Flexit EcoNordic WH4 och Huspartner

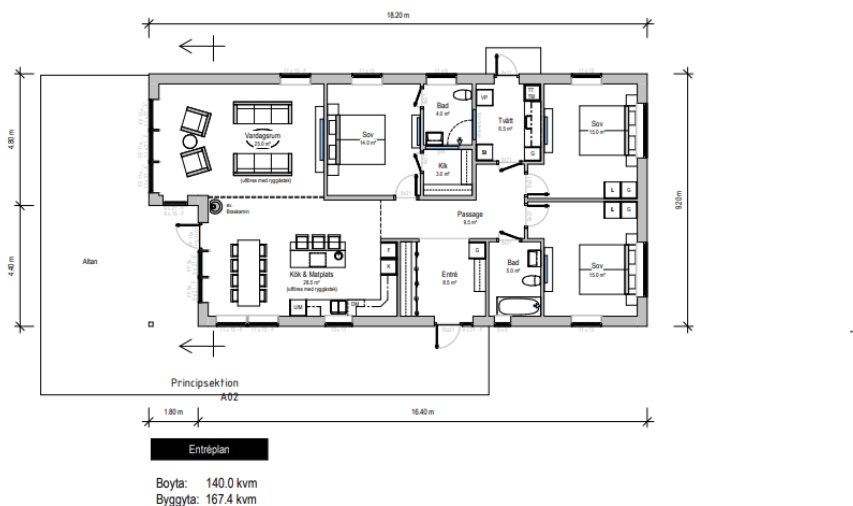
Testhus 2 är ett enplans småhus på 140 m² A_{temp}, med golvvärme, beläget i Karlstad kommun. Huset har levererats av hustillverkaren Huspartner. Under mätperioden har där bott två vuxna i 55-



årsåldern på heltid samt en tonåring på 17 år under helgerna. I huset finns även en braskamin som använts för uppvärmning vintertid.

Huset är utrustat med kombiaggregatet EcoNordic WH4 från Flexit, som består av en luft/vattenvärmepump med inverterteknik som byggts ihop med ett FTX-aggregat med en roterande värmeväxlare. Systemet består av fyra moduler som sätts ihop till en enhet inne i huset; en värmepumpsmodul, en FTX-modul, en varmvattenberedarmodul med cirkulationspump och en installationsmodul. Totalt kräver aggregatet ett utrymme inomhus motsvarande två 60x60 cm skåp som står bredvid varandra och ingen installation utomhus. Värmepumpen använder sig av det naturliga köldmediet CO₂.

Det är en lösning som har mycket goda klimategenskaper, där CO₂ har ett GWP-värde på endast 1. Det kan jämföras med t.ex. köldmediet R32 som räknas som ett klimativänligt alternativ, men har ett GWP-värde på 675.² CO₂-värmepumpar har också tekniska fördelar genom att värmepumpen får mycket hög verkningsgrad vid tappvattenproduktion. En CO₂-värmepump har en annorlunda respons på utetemperaturen, och det måste energiberäkningsprogrammet ta hänsyn till om beräkningarna ska bli rättvisande. Det ska noteras att varken TMF Energi eller VIP Energy är uppbyggt för att hantera CO₂ som köldmedel, och att programmen levererar för höga beräkningsvärden i detta fall.



Figur 3: Planritning över testhus 2, Huspartners hus. Källa: Huspartner.

² GWP Global Warming Potential,



Figur 4: Testhus 2, Huspartner, uppfört i Karlstad. Foto: Per-Åke Landfors.



Figur 5: EcoNordic WH4. Foto: Flexit.

3.1.3 Testhus 3 med Panasonic AQUAREA och A-hus³

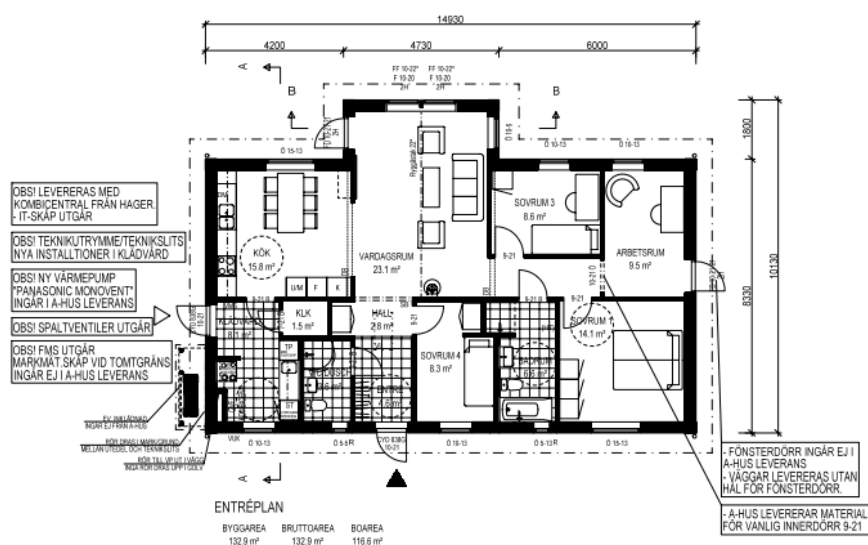
Testhus 3 är ett enplans småhus på 116,6 m² A_{temp}, med golvvärme, i Kungsbacka kommun. Huset har levererats av hustillverkaren A-hus, huset är av modell Villa Aspudden. Under mätperioden har där

³ Derome har medverkat som projektpartner. Deras testhus är levererat av koncernens företag A-hus.



bott två vuxna i 30-årsåldern, samt ett mindre barn. En av föräldrarna har befunnit sig i huset med det mindre barnet dagtid större delen av mätperioden.

Huset är försett med Panasonics kombiaggregat AQUAREA. I huset finns även en braskamin som används för trivseledning.



Figur 6: Planritning över testhus 3, A-hus småhus av modell Villa Aspudden. Källa: Derome.



Figur 7: Testhus 3, A-hus, med Panasonic AQUAREAs utomhusdel. Huset är uppfört i Kungsbacka. Foto: Derome.

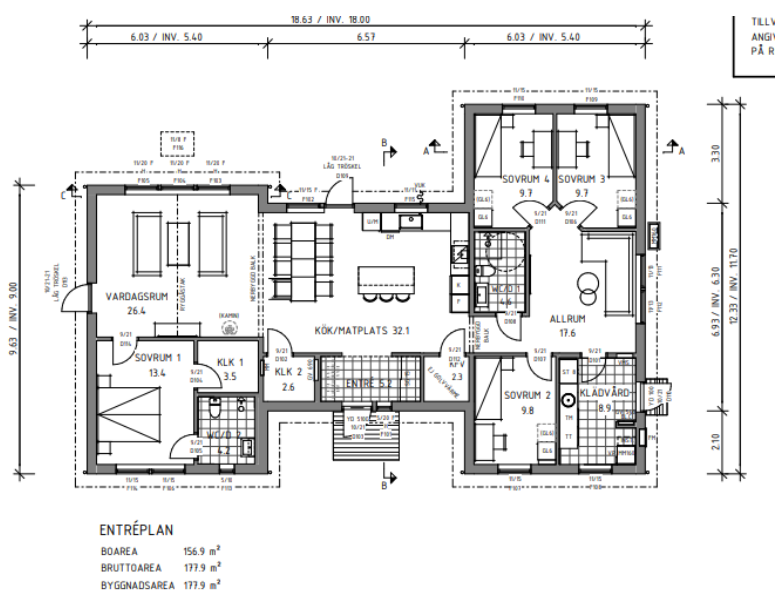


Figur 8: Panasonic AQUAREAs inomhusdel i A-hus Villa Aspudden. Foto: Derome.

3.1.4 Testhus 4 med Metro Therms Metro Multi 160 och Trivselhus

Testhus 4 är ett enplans småhus på 156,9 m² A_{temp}. Huset har golvvärme och är uppfört i Kalmar kommun. Huset har levererats av hustillverkaren Trivselhus. Under mätperioden har där bott två vuxna i 30-årsåldern, samt två barn i förskole- och lågstadieåldern.

Huset är utrustat med kombiaggregatet Metro Multi 160 från Metro Therm som består av en frekvensstyrd luft/vatten-värmepump som byggts ihop med ett FTX-aggregat med en motströms plattvärmväxlare. Kombiaggregatet har en utomhusplacerad värmepump av split-typ med köldmediet R32 som är kopplad med en inomhusdel innehållande FTX-enhet, varmvattenberedare, A-klassad cirkulationspump, två värmväxlare för samtidig uppvärmning av tilluft, vattenburen värme eller varmvatten, elpatron för stöd för värme och varmvatten samt en styrenhet. Ett bypass-spjäll används när det under sommaren inte finns behov av återvinning eller man vill använda funktionen passiv kylning. Värmepumpen kan sommartid reverseras för att kyla tilluft och/eller värmesystemet, vilket i testhuset var ett golvvärmesystem.



DETTA HUS ÄR PROJEKTERAT ENLIGT BFS 2019:2	ÖSÄLÄNNE FREDRIK SÖDERVIST	KALMAR KALMAR
ENKLARE KONSTRUKTIONSFÖRÄNDRINGAR KAN FÖREKÖPPA EFTER PROJEKTERING	 TRIVSELHUS	
SCHAKT OCH TRUPPDR KOR TÄLLKOPPA		

Figur 9: Planritning över testhus 4, Trivselhus hustyp Stella. Källa: Trivselhus.



Figur 10: Testhus 4, Trivselhus, uppfört i Kalmar. Foto: Trivselhus.



Figur 11: Metro Multi 160, inomhusdel. Foto: Metro Therm.

3.2 Verifiering av energiprestanda

Verifiering av energiprestanda har för samtliga fyra hus gjorts både med detaljerade mätningar och beräkningar. Boverkets krav på primärenergital (BBR29) för småhus är högst 90 kWh PE/m² och år för hus som är 130 m² A_{temp} eller större, högst 95 kWh PE/m² och år för hus som är 90-130 m² A_{temp} respektive högst 100 kWh PE/m² och år för hus som är 50-90 m² A_{temp}.

3.2.1 Beräkningar i TMF Energi och VIP Energy

För att ge en så god bild som möjligt valde vi att för samtliga hus använda två olika beräkningsprogram, TMF Energi och VIP Energy. Beräkningarna med TMF Energi genomfördes av RISE i början av mätperioden och energiberäkningarna med VIP Energy genomfördes av Aktea en bit in i projektet.

TMF Energi (den senaste versionen 9.4) har använts för en uppdaterad projekteringsberäkning. Klimatdata för normalårsperioden 1991 - 2020 har använts. Som indata för FTX-del och värmepumpsdel har uppgifter från respektive utrustningstillverkare använts, och som indata för klimatskalen har indata från de medverkande hustillverkarna använts. I övrigt har beräkningsprogrammets defaultvärden använts, men med angivande av A-klassade cirkulationspumpar och effektiv ventilation och att spisfläktar har ett forceringsflöde på 100 l/s i samtliga hus. Energiberäkningar med beräkningsprogrammet VIP Energy version 4.3.4 har gjorts av Aktea Energy. Här har samarbete skett



mellan Aktea och programleverantören StruSoft för att förbättra programmets efterliknande av verkligheten.

Vad gäller energiberäkningar så ska det noteras att energiberäkningsmodellerna är just modeller. De kan aldrig återspegla verkligheten perfekt, och vi stötte på utmaningar framför allt vid energiberäkningarna för Flexits system, som bygger på en värmepump med CO₂ som köldmedium. TMF Energi är dessvärre inte uppbyggt för att simulera resultat för ett kombinerat system som likt Flexits system prioriterar varmvattenproduktion framför värme, och varken TMF Energi eller den nuvarande versionen av VIP Energy är dessvärre utformade för system som använder en värmepump med CO₂ som köldmedium. I fallet med VIP Energy-beräkningarna är problemet att programmet inte har data för en sådan värmepump, och om man använder en standardvärmepump blir beräkningsresultaten uppemot 25 % sämre än verklig energiprestanda.⁴ Den beräknade energiprestandan för Flexits kombinerade värme- och ventilationssystem underskattas således betydligt i beräkningarna.

3.2.2 Genomförda mätningar

För samtliga hus har detaljerade mätningar genomförts under minst ett års tid och utvärderats under en utvald 12-månaders period. Mätning av elanvändning har skett på hela aggregat såväl som separat på delsystem såsom FTX-del, värmepump, direktel, cirkulationspump etcetera. Även mängden hushållsel har mätts separat. Energianvändning (värmeenergi) för uppvärmning och tappvarmvattenanvändning har mätts separat. För tappvarmvattnet har det även mätts hur temperaturen på inkommande kallvatten varierat under året. Därutöver har temperaturer och luftflöden in och ut ur FTX-delen mätts. Temperaturer har även mätts i ett antal representativa rum samt utetemperaturen i ett norrläge. För mätningarna har ett Intab Wisensys-system använts.

Dessvärre har vi, som tidigare nämnts, tappat vissa mätdata på grund av problem med mätinsamlings-systemet. I diagram 1 nedan visas hur uppmätt elanvändning per dygn har varierat under året för ett av testhusen. Övriga diagram från mätningarna redovisas i RISE delrapporter för respektive testhus (bilagor till denna rapport).

⁴ Gemensam bedömning från Flexit, Aktea Energy och Sune Häggbom i samband med att beräkningarna genomfördes.

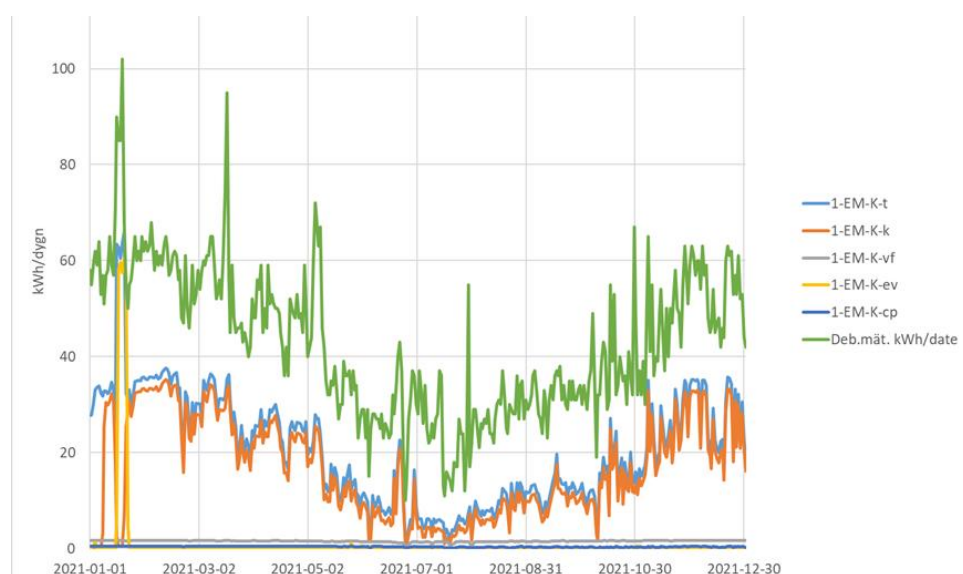


Diagram 1: Uppmätt elanvändning per dygn under ett år (2021) för Fiskarhedenvillans testhus i Avesta.

I vissa av husen finns det braskamin. Men i analysen av mätningarna har i de flesta fall ingen hänsyn tagits till den eventuella braskaminens inverkan, d.v.s. det har för samtliga hus räknats som om där inte finns någon braskamin. Detta eftersom vi dels inte har mätt mängden ved och dess kvalitet, dels eftersom eldning i braskaminer i välisolerade småhus lika väl kan öka som minska övrig energianvändning. I de fall energianvändningen ökar vid eldning i braskamin är orsaken att man på grund av de övertemperaturer som uppstår tvingas att vädra mer än normalt, speciellt gäller detta trivseleldning höst och vår. I ett av husen användes dock en så stor mängd ved för uppvärmning att vi där fick ta hänsyn till detta vid utvärderingen av uppmätt energi.

3.2.3 *Energiprestanda testhus 1 HERU ThermIQ och Fiskarhedenvillan*

I testhus 1 med H Östbergs kombiaggregat, HERU ThermIQ är primärenergianvändningen (BBR29) 59,1 kWh/m², år vid beräkning med TMF Energi respektive 43,3 kWh/m², år vid beräkning med VIP Energy. Den uppmätta primärenergianvändningen är högre än den beräknade, 72,2 kWh/m², år. De redovisade värdena har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår. Uttryckt i specifik energianvändning (BBR24) har testhus 1 en beräknad energianvändning på 34,6 kWh/m², år (TMF Energi) respektive 25,2 kWh/m², år (VIP Energy) och en uppmätt specifik energianvändning på 42,8 kWh/m², år. Även dessa värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår.

Boverkets minimikrav på primärenergianvändning i småhus större än 130 m² är högst 90 kWh/m², år. Med H. Östberg ABs kombiaggregatet bedöms detta hus uppfylla detta krav med råge, och vår bedömning är att kravet uppfylls oavsett var i landet som huset byggs.

Detaljerade uppgifter från beräkningar och mätning redovisas i Tabell 1. Notera att resultaten inte kan jämföras med beräknade och uppmätta värden för de andra testhusen eftersom alla hus har olika storlek, formfaktor, olika familjekonstellationer etc.



Tabell 1: Sammanfattning av beräknade och uppmätta värden för Testhus 1, HERU ThermIQ och Fiskarhedenvillan.

Egenskap	HERU ThermIQ			Enhet
	TMF Energi	VIP Energy	Uppmätt	
Årsmedeltemperatur, ute	6,2	6,5	5,4	°C
Luftflöde frånluft	62	50 ¹	40	l/s
Ventilationsvärmeåtervinning (η_e)	73 ² –85	73 ² –85	≈ 76 ³	%
Eftervärmning el tilluft	525	0	0	kWh/år
Framledningstemperatur vid DVUT	35	37	35 – 45	°C
Innetemperatur vintertid	21	21	≈ 21 ⁴	°C
Värmesystem (värmeenergi)	9 822	9012	16 843	kWh/år
Värmeläckage VV-beredning	886	u.s.	u.s. ⁵	kWh/år
Tappvarmvatten (värmeenergi)	3 004	3 338	$\approx 2 800$ ⁶	kWh/år
Hushållsel	5 007	5 007	$\approx 5 300$ ⁷	kWh/år
El fläktar (inkl. ev. rotormotor)	811	556	560	kWh/år
El cirkulationspump	581	180	292	kWh/år
El värmepumpsdel, exkl. Elpatron	3 825	3 474	6 101	kWh/år
Elpatron	32	0	311	kWh/år
Totalt (exkl. Hushållsel)	5 775	4 210	7 264	kWh/år
Totalt (inkl. Hushållsel)	10 331	9 217	$\approx 12 600$	kWh/år
Primärenergital EP_{pet} (BBR29)	59,1	43,2	$\approx 72,2$ ⁸	kWh/m ² år
Specifik energianvändning (BBR24)	34,6	25,2	42,8 ⁸	kWh/m ² år

1) Luftflöde reducerat till 0,15 l/(s m²) under 12 timmar per dygn.

2) Beräknad värmeåtervinning vid DVUT -15°C.

3) Medelvärde uppmätt värmeåtervinning vid utetemperaturer i intervallet -3°C till -6°C.

4) Viss variation mellan olika rum (se diagram i bilagedelen). Badrummet ligger mellan 23 – 25 °C



- 5) Inte möjligt att mäta vid kontinuerlig mätning i fält.
- 6) Kan endast uppskattas beroende på den varierande temperaturen på inkommande kallvatten.
- 7) Har beräknats utifrån mätning på debiteringsmätaren (exklusive ca 3 000 kWh till SPA-bad).
- 8) Redovisade värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår.

3.2.4 Energi-prestanda testhus 2 Flexit EcoNordic WH4 och Huspartner

I testhus 2 byggt av Huspartner utrustat med Flexits kombiaggregat EcoNordic WH4 är primärenergianvändningen (BBR29) 63,8 kWh/m², år vid beräkning med TMF Energi respektive 66,4 kWh/m², år vid beräkning med VIP Energy. Den uppmätta primärenergianvändningen är något högre än den beräknade, 70 kWh/m², år. De redovisade värdena har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår. Uttryckt i specifik energianvändning (BBR24) har testhus 2 en beräknad energianvändning på 37,5 kWh/m², år (TMF Energi) respektive 39,4 kWh/m², år (VIP Energy) och en uppmätt specifik energianvändning på 62 kWh/m², år. Även dessa värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår. **Notera som ovan nämnts att beräkningsprogrammen TMF Energi och VIP Energy återspeglar prestandan för Flexits system sämre, till Flexits nackdel, än de övriga kombinerade värme- och ventilationssystemen.**

Boverkets minimikrav på primärenergianvändning i småhus större än 130 m² är högst 90 kWh/m², år. Med Flexits kombiaggregatet bedöms detta hus uppfylla detta krav med råge, och vår bedömning är att kravet uppfylls oavsett var i landet som huset byggs.

Detaljerade uppgifter från beräkningar och mätning redovisas i Tabell 2. Notera att resultaten inte kan jämföras med beräknade och uppmätta värden för de andra testhusen eftersom husen har olika storlek, formfaktor, olika familjekonstellationer etc.

Tabell 2: Sammanfattning av beräknade och uppmätta värden för Testhus 2, Flexit EcoNordic WH4 och Huspartner.

Egenskap	EcoNordic WH4			Enhet
	TMF Energi	VIP Energy	Uppmätt	
Årsmedeltemperatur, ute	6,8	6,3	8,6	°C
Luftflöde frånluft	52	57	54 - 74 ¹	l/s
Ventilationsvärmeåtervinning (η_e)	70 ³ - 81	85	69 - 82 ²	%
Framledningstemperatur vid DVUT	35	45	≈ 35	°C
Innetemperatur vintertid	21	21	18 - 21 ⁴	°C
Värmesystem (värmeenergi)	8 613	10 418	u.s. ⁵	kWh/år
Värmeläckage VV-beredning	662	392	u.s. ⁶	kWh/år



Tappvarmvatten (värmeenergi)	2 800	2 821	≈ 1 000 ⁷	kWh/år
Hushållsel	4 200	4 200	2 768	kWh/år
El FTX-modul, inkl. eleftervärmning	1 217	585	945	kWh/år
El värmepumpsmodul	3 525	4 144	2 229 ⁸	kWh/år
VV-beredardel, inkl. elpatron och cirk.pumpar	513	789	135	kWh/år
Braskamin, brutto utifrån tillförd energi	0	0	≈ 4 500 ⁹	kWh/år
Totalt (exkl. hushållsel)	5 254	5 518	≈ 7 800	kWh/år
Totalt (inkl. hushållsel)	9 454	9 718	≈ 10 600	kWh/år
Primärenergital EP _{pet} (BBR29)	63,8	66,4	≈ 70 ¹⁰	kWh/m ² år
Specifik energianvändning (BBR24)	37,5	39,4	≈ 62 ¹⁰	kWh/m ² år

- 1) Stor variation i flöde och obalans i flöde.
- 2) Varierar kraftigt vintertid.
- 3) Beräknad värmeåtervinning vid DVUT -15°C.
- 4) 20 ± 1 °C i kök och vardagsrum. Lägre men stabilare temp. i sov- och badrum (se diagram A2 och A3).
- 5) Värmemängdsmätaren har varit felinställd (visar orimligt höga värden).
- 6) Inte möjligt att mäta vid kontinuerlig mätning i fält.
- 7) Kan endast uppskattas beroende på den varierande temperaturen på inkommande kallvatten. Mycket lågt värde!
- 8) Mycket lägre värden än beräknat. Beror på att braskaminen använts en hel del.
- 9) Brutto energiinnehåll i ca 3 m³ stjälp björkved utan hänsyn till braskaminens verkningsgrad.
- 10) Redovisade värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår.

3.2.5 Energiprestanda testhus 3 Panasonic AQUAREA och Derome

I testhus 3 med Panasonics kombiaggregat, AQUAREA i Deromes hus är primärenergianvändningen (BBR29) 52,6 kWh/m², år vid beräkning med TMF Energi respektive 35,8 kWh/m², år vid beräkning med VIP Energy. Den uppmätta primärenergianvändningen är högre än den beräknade, 71,9 kWh/m², år. De redovisade värdena har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår. Uttryckt i specifik energianvändning (BBR24) har testhus 3 en beräknad energianvändning på 27,8 kWh/m², år (TMF Energi) respektive 19,0 kWh/m², år (VIP Energy) och en uppmätt specifik energianvändning på 37,9 kWh/m², år. Även dessa värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår.

Boverkets minimikrav på primärenergianvändning i småhus med en area på 116,6 m² A_{temp} är högst 95 kWh/m², år. Med Panasonics kombiaggregat AQUAREA bedöms detta hus uppfylla detta krav med råge, och vår bedömning är att kravet uppfylls oavsett var i landet som huset byggs.

Detaljerade uppgifter från beräkningar och mätning redovisas i Tabell 3. Notera att resultaten inte kan jämföras med beräknade och uppmätta värden för de andra testhusen eftersom alla hus har olika



Tabell 3: Sammanfattning av beräknade och uppmätta värden för Testhus 3, Panasonic AQUAREA och Derome.

Egenskap	Panasonic AQUAREA			Enhet
	TMF Energi	VIP Energy	Uppmätt	
Årsmedeltemperatur, ute	8,2	7,9	8,9	°C
Luftflöde frånluft	43	42	56 ¹	l/s
Ventilationsvärmeåtervinning (η_e)	74 ² - 84	73 - 85	67 - 71 ³	%
Eftervärmning el tilluft	0	0	0	kWh/år
Framledningstemperatur vid DVUT	35	35	≈ 40	°C
Innetemperatur vintertid	21	21	22 - 24 ⁴	°C
Värmesystem (värmeenergi)	5 443	6 214	u.s. ⁵	kWh/år
Värmeläckage VV-beredning	705	u.s.	u.s. ⁶	kWh/år
Tappvarmvatten (värmeenergi)	2 332	2 349	≈ 2 800 ⁷	kWh/år
Hushållsel	3 498	3 503	≈ 2 900 ⁸	kWh/år
El fläktar (inkl. ev. rotormotor)	567	474	609	kWh/år
El cirkulationspump	366	124	402	kWh/år
El värmepumpsdel, exkl. elpatron	2 305	1 613	3 915	kWh/år
Elpatron	0	0	0	kWh/år
Totalt (exkl. hushållsel)	3 238	2 211	4 926	kWh/år
Totalt (inkl. hushållsel)	6 736	5 714	≈ 7 800	kWh/år
Primärenergital EP_{pet} (BBR29)	52,6	35,8	≈ 71 ⁹	kWh/m ² år
Specifik energianvändning (BBR24)	27,8	19,0	≈ 37 ⁹	kWh/m ² år

1) Mycket högre luftflöden än projekterat. Tilluft ca 15% lägre.

2) Beräknad värmeåtervinning vid DVUT -8°C.

3) Medelvärde uppmätt värmeåtervinning vid utetemperaturer i intervallet +7°C till -6°C.

4) Extra varmt i samtliga rum hösten 2021. Sänkning i samtliga rum vinter/vår 2021/2022.



- 5) Wisensys-systemet har tidvis tappat kontakt med värmemängdsmätaren.
- 6) Inte möjligt att mäta vid kontinuerlig mätning i fält.
- 7) Kan endast uppskattas beroende på den varierande temperaturen på inkommande kallvatten.
- 8) Har beräknats utifrån mätning på debiteringsmätaren. Viss el kan ha använts utanför klimatskalet.
- 9) Redovisade värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår.

3.2.6 Energiprestanda testhus 4 Metro Therms Metro Multi 160 och Trivselhus

I testhus 4 med Metro Therms kombiaggregat, Metro Multi 160 i ett småhus byggt av Trivselhus är primärenergianvändningen (BBR29) 52,7 kWh/m², år vid beräkning med TMF Energi respektive 42,6 kWh/m², år vid beräkning med VIP Energy. Den uppmätta primärenergianvändningen är högre än den beräknade, 55 kWh/m², år. De redovisade värdena har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår. Uttryckt i specifik energianvändning (BBR24) har testhus 1 en beräknad energianvändning på 27,8 kWh/m², år (TMF Energi) respektive 22,4 kWh/m², år (VIP Energy) och en uppmätt specifik energianvändning på 33 kWh/m², år. Även dessa värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår.

Boverkets minimikrav på primärenergianvändning i småhus större än 130 m² är högst 90 kWh/m², år. Med Metro Therms kombiaggregatet Metro Multi 160 bedöms detta hus uppfylla det kravet med råge, och vår bedömning är att kravet uppfylls oavsett var i landet som huset byggs.

Detaljerade uppgifter från beräkningar och mätning redovisas i bilagorna till denna rapport. Notera att resultaten inte kan jämföras med beräknade och uppmätta värden för de andra testhusen eftersom alla hus har olika storlek, formfaktor, olika familjekonstellationer etc.

Tabell 4: Sammanfattning av beräknade och uppmätta värden för Testhus 4, Metro Multi 160 och Trivselhus.

Egenskap	Metro Multi 160			Enhet
	TMF Energi	VIP Energy	Uppmätt	
Årsmedeltemperatur, ute	8,2	8,1	9,9	°C
Luftflöde frånluft	58	61	≈ 45 - 55 ¹	l/s
Ventilationsvärmeåtervinning (η_e)	72 ² - 83	76 - 80	67 - 71 ³	%
Eftervärmning el tilluft	0	80	0	kWh/år
Framledningstemperatur vid DVUT	35	≈ 33	≈ 35	°C
Innetemperatur vintertid	21	21	20-22 ⁴	°C
Värmesystem (värmeenergi)	8 639	6 961	u.s. ⁵	kWh/år
Värmeläckage VV-beredning	662	u.s.	u.s. ⁶	kWh/år



Tappvarmvatten (värmeenergi)	2 824	3 161	≈ 1 250 ⁷	kWh/år
Hushållsel	4 707	4 673	≈ 2 000 ⁸	kWh/år
El fläktar (inkl. ev. rotormotor)	763	537	≈ 700	kWh/år
El cirkulationspump	519	139	≈ 500	kWh/år
El värmepumpsdel, exkl. elpatron	3 071	2 695	≈ 2 900	kWh/år
Elpatron	0	68	≈ 150	kWh/år
Totalt (exkl. hushållsel)	4 353	3 519	≈ 4 200	kWh/år
Totalt (inkl. hushållsel)	9 060	8 192	≈ 6 250	kWh/år
Primärenergital EP _{pet} (BBR29)	52,7	42,6	≈ 55 ⁹	kWh/m ² år
Specifik energianvändning (BBR24)	27,8	22,4	≈ 29 ⁹	kWh/m ² år

- 1) Tilluft ca 15 % lägre.
- 2) Beräknad värmeåtervinning vid DVUT -9°C.
- 3) Medelvärde uppmätt vid frånluftflöde ca 45 l/s och utetemperaturer i intervallet +2°C till +6°C.
- 4) Varmare i badrummet. Lägre temperaturer under en period i december (se diagram i bilagedelen).
- 5) Värmemängdsmätaren var felkopplad under en stor del av mätperioden (t.o.m. 2022-11-21).
- 6) Inte möjligt att mäta vid kontinuerlig mätning i fält.
- 7) Viss osäkerhet beroende på varierande temperaturen på inkommande kallvatten. Ovanligt låg nivå!
- 8) Hushållsel innanför klimatskalet har mätts med separat elmätare. Ovanligt låg nivå!
- 9) Dessa värden har korrigerats till ett normalt brukande under ett normalår. Hänsyn har inte heller tagits till att huset är utrustat med solceller.

3.2.7 Summering energiprestanda

Sammantaget visar beräkningarna och mätningarna att alla de fyra nya kombinerade värme- och ventilationssystemen har en mycket god energiprestanda. Som redan har nämnts flera gånger kan de individuella mät- och beräkningsresultaten inte jämföras eftersom de fyra testhusen har olika storlek, utformning, antal boende med mera. Trots olikheterna bedöms alla systemen bidra till att husen med god marginal uppfyller de gällande energikraven i Boverkets byggregler, och i samtliga fall har husen bättre energiprestanda än de skulle ha haft med dagens rådande standardlösning för uppvärmning och ventilation. Förutom låg energianvändning bidrar kombisystemen även till minskat effektbehov och bättre inomhusklimat.

3.3 Identifierade tekniska problem med installationerna

Utvärderingen av de nya kombisystemen visar att systemen fungerar i princip helt problemfritt, trots att det är pilotinstallationer där man kan förvänta sig vissa barnsjukdomar. Utvärderingen visar också



att de har varit enkla att installera. Alla pilotinstallationerna har haft något problem som har krävt felsökning och åtgärder, men de har enkelt identifierats och avhjälpats.

I ett fall orsakade installationerna högre ljudnivå än förväntat, vilket ledde till felsökning på plats. Här visade det sig att det inte var något fel på systemet, det var installatören som hade glömt att montera en ljuddämpare i kanalsystemet för ventilation. När ljuddämparen väl hade installerats var problemet avhjälpat.

I ett av de andra systemen hade värmepumpen flera flödeslarm. Detta berodde på att utedelen till värmepumpen är tänkt att arbeta med ett konstant flöde för att fungera optimalt. Inne i rummen satt dock rumsgivare som ströp flödet när man har uppnått rätt inomhustemperatur, vilket innebar att systemet ibland inte fick något flöde alls. Då larmade värmepumpen för att flödet var för lågt. För att hantera detta problem, behövdes en system- eller applikationsförändring.

3.4 Aktörernas erfarenheter

Erfarenheterna har som tidigare beskrivits samlats in genom enkäter. Enkätsvaren visar att alla de inblandade aktörerna ser mycket positivt på de nya kontakter, nöjda kunder och nya produkter som introducerats på marknaden som det här utvecklingsprojektet har lett till. Men de i projektet ingående småhustillverkarna är generellt mer nöjda med sin deltagarupplevelse i projektet än utrustningstillverkarna. Småhustillverkarna betygsätter sin projektmedverkan som "utmärkt" medan utrustningstillverkarna betygsätter sin upplevelse som "något sämre än önskat". Småhustillverkarna har också gett något högre betyg för kommunikation och samverkan med andra parter än utrustningstillverkarna.

Ett område för förbättring som nämns är kommunikationen med entreprenörerna i samband med installationen av mätutrustning. Enkätsvaren indikerar också att en tydligare planering i tidigt skede hade kunnat förbättra projekteringsprocessen, installationsprocessen, dokumentation och användarhandledning samt överlämningen till de boende.

Slutligen visar enkätsvaren att småhus- och utrustningstillverkarna bedömer att marknaden ännu inte är helt mogen för de nya kombinerade lösningar som projektet har tagit fram. Detta är inte förvånande eftersom det hittills endast är få husköpare som känner till lösningen. Det kan krävas betydande informationsinsatser från småhus- och utrustningstillverkarna för att skapa uppmärksamhet kring och kännedom om de nya kombisystemen och att marknadsföra dem till slutkunderna.

Sammanfattningsvis visar enkätsvaren att småhustillverkarna, utrustningstillverkarna samt mät- och utvärderingsaktörerna generellt har haft en positiv upplevelse av detta pilotprojekt och att de gav högt betyg för kommunikation och samverkan med andra parter. Möjligheter till vidareutveckling har främst identifierats inom åtgärder för att möta de boendes förväntningar. Det som har upplevts som mest positivt i verifieringsprojektet har varit skapandet av nya kontakter och att få mer nöjda kunder, medan kommunikationen med entreprenörerna och vissa tekniska aspekter hade kunnat vara bättre. För en storskalig implementering av de nya kombinerade värme- och ventilationssystemen på marknaden kan det behövas en större informations- och kunskapsuppbyggnadsinsats.



3.5 Brukarnas erfarenheter och användarvänlighet

Förväntningarna på de nya värme- och ventilationssystemen från de boende har i hög grad uppfyllts, och de boendes erfarenheter är positiva. Enkätsvaren visar en hög grad av nöjdhet med de nya husen och värme- och ventilationssystemen.

Men de boende upplevde vissa avvikelser i förhållande till sina förväntningar. De områden som har nämnts är ljudnivåer, förväntningar på framtida servicebehov, kommunikation med leverantören samt komfortkyla. För de boende är det viktigt att leverantören är tydlig med vad som kan förväntas av systemet och tillsammans med småhustillverkaren, projektör, installatör m.fl. säkerställer att förväntningarna infrias.

När det gäller teknisk prestanda och energianvändning uppger majoriteten av de boende att deras värme- och ventilationssystem väl uppfyller deras behov och att det har en god energiprestanda. En av de boende har kommenterat att systemet fungerar bra och att det bibehåller en stabil inomhustemperatur även under varma sommardagar. En annan respondent har jämfört sin energianvändning med grannarnas, och noterade att den egna energianvändningen är betydligt lägre än grannarnas, och drar slutsatsen att hans eget system fungerar effektivt. En tredje av de boende har lämnat klagomål på systemet på grund av att värmeskyddet har löst ut vid några tillfällen.

Åsikter om ljudnivåerna från värme- och ventilationssystemen varierar bland de boende. Hur man upplever ljudet kan t.ex. påverkas av om man tidigare har bott i hus eller lägenhet med FTX-ventilation, vilket två av familjerna har gjort. Vissa av de boende upplever att systemet är tyst, särskilt när dörrarna till tvättstugan (där utrustningen är placerad) är stängda. I fallet med huset där installatören hade glömt att montera en ljuddämpare i ventilationskanalen upphörde ljudproblemen när ljuddämparen hade installerats.

De flesta av de boende har fått instruktioner och underhållsplaner för sina värme- och ventilations-system. Några av de boende har uppgett att de även fått tillgång till ytterligare support efter inflyttningen. En av de boende uttryckte önskemål om ett serviceavtal med leverantören. Generellt sett förefaller underhåll och service vara enkelt att utföra för alla de fyra nya kombisystemen, och en av de boende beskriver underhållsplanen som en "enkel process att följa". En annan av de boende nämnde att det är viktigt att få snabb respons och god kommunikation med leverantören vid serviceärenden, vilket kan indikera att kundsupporten kan vara avgörande för att upprätthålla kundnöjdheten på lång sikt.

Enkätsvaren visar att kommunikationen mellan husköpare och hustillverkare generellt har varit bra. Flera av de boende har nämnt att småhusleverantören var lyhörd och tog hänsyn till köparnas behov och förväntningar. En av de boende har explicit uttryckt sin uppskattning för att husleverantören var snabb med att återkoppla och lösa initiala problem.

Sammanfattningsvis visar enkätsvaren att de boende generellt är nöjda med de kombinerade värme- och ventilationssystemen i sina nya hus. Vissa förbättringar kan göras för att ytterligare öka kundnöjdheten, men det får snarast ses som att åtgärda "barnsjukdomar" i samband med införande av ny teknik. Fokus för förbättringar bör ligga på ljudnivåer, kommunikation och kundsupport.



3.6 Läget för marknadsintroduktion

Innan projektet avslutades, hade tre av de fyra systemen introducerats på marknaden. För det fjärde systemet finns ännu inga planer att gå vidare till försäljning.

3.6.1 Panasonic

Panasonics kombinerade värme- och ventilationssystem lanserades 2021 under namnet **Panasonic husbyggarlösning**. I produktserien finns modeller av olika storlek, som passar både nyproducerade och befintliga hus, dvs kombisystemet kan användas även vid renovering av befintliga småhus tillsammans med ett frånluftsaggregat istället för FTX-system. Vid slutet av 2022 fanns 125 enheter installerade. Prismässigt ligger utrustningen i princip lika som en fristående frånluftsvärmepump, men vid installation tillkommer kostnader för dragning av rör och tilluftskanaler.

Panasonic har utbildning i egen regi för de installatörer som arbetar med Panasonics produkter. Som förberedelse till att **Panasonic husbyggarlösning** börjar säljas i stor skala, har man lagt till ett nytt avsnitt om ventilation i utbildningen”.

Panasonic uppger att marknadsintroduktionen har gått lättare än vad de hade förväntat. De upplever att de har haft ”tur” med bra tajming med höga energipriser kort efter marknadsintroduktionen av sin energieffektiva värmelösning för småhus, och att intresset för denna produkt har varit mycket stor under de 1,5 år som produkten hittills har funnits på marknaden. De ser en ljus framtid för sitt kombisystem i nybyggda hus.

3.6.2 Metro Therm

Metro Therm lanserade sitt multifunktionella kombisystem **Metro Multi 160** med värmepump med värme, kyla, varmvatten och ventilation i november 2022 tillsammans med Trivselhus. Metro Multi 160 är framtagen för enbostadshus och passar enligt tillverkaren både för nyproduktion och renovering av befintliga småhus.

Metro Therm lanserade sitt multifunktionella kombisystem **Metro Multi 160** med värmepump med värme, kyla, varmvatten och ventilation i november 2022 tillsammans med Trivselhus. **Metro Multi 160** är framtagen för enbostadshus och passar enligt tillverkaren både för nyproduktion och renovering av befintliga småhus.

Efter testperiodens slut har Metro Therm beslutat att pausa den fortsatta kommersiella lanseringen av **Metro Multi 160**. Bakgrunden till beslutet grundar sig dels i den kraftiga inbromsningen vad gäller försäljning och nyproduktion av småhus, och dels i det faktum att introduktionen av miljövänligare köldmedium påskyndas av utvecklingen i Europa. Metro Therm planerar att vidareutveckla produkten med ett framtidsanpassat och naturligt köldmedium innan lanseringen återupptas.

3.6.3 Flexit

Flexits **EcoNordic WH4** är en klimatvärmepump med integrerad ventilation, värme och tappvarmvatten, den marknadslanserades redan 2018. I dagsläget är cirka 1 000 enheter installerade och driftsatta i Norge och Sverige.



Kombisystemet Flexit **EcoNordic WH4** cloudtjänst möjliggör driftoptimering och support på distans. Systemet är främst framtagen för nybyggnad, och har likt en frånluftsvärmepump ingen utomhusdel. Flexit bestämde sig tidigt att använda ett framtidsanpassat köldmedium i form av CO₂ som varit en del av produkten hela tiden.

Flexits primära kundgrupp är stora och små husproducenter. Flexit utbildar installatörer och service-nätverk i egen regi. Eftersom Flexit marknadsintroducerade sin produkt redan 2018 så var produktens "barnsjukdomar" redan upptäckta och korrigerade.

3.6.4 H Östbergs ventilation

H. Östberg AB har inga planer på att marknadsintroducera sitt kombisystem under det närmaste året. Orsaken till detta är de marknadsanalyser som företaget har gjort och det rådande konjunkturläget med en lägre byggtakt avseende nya småhus de kommande åren. H. Östberg AB ser även behov av krav i BBR på FTX-ventilation vid nybyggnation av småhus för att skapa starkare incitament för slutkunden att investera i denna typ av kombisystem.



4 Diskussion

Erfarenheter från tidigare forskningsprojekt visar att det är svårt och känsligt att planera och genomföra projekt med långtidsmätning i fält i nyproducerade småhus. Småhusbyggandet beror i stor utsträckning på vilka ekonomiska och praktiska möjligheter som enskilda privatpersoner har i stunden. Även om bygglovet finns och finansieringen är säkrad, kan byggherren på kort varsel välja att skjuta fram husbygget av personliga skäl.

Vårt projekt bekräftar de tidigare erfarenheterna att det är svårt att genomföra långtidsmätningar i fält i småhus, och dessa svårigheter har förstärkts av Covid-pandemin. Projektet inleddes vid starten av pandemin, vilket bl.a. hade som följd att sökandet efter testhusen försvårades, och att en av de deltagande småhustillverkarna byttes ut under projektets gång. Till följd av dessa oförutsedda händelser påbörjades mätperioden i tre husen ett år senare än vad som var planerat, och projektets tidplan behövde förlängas med sex månader p.g.a. pandemin. Vidare fördröjde konsekvenserna av pandemin identifiering av problem med insamling av mätdata, vilket har inneburit brister i den insamlade mätdata med osäkrare underlag för analyserna av mätningarna.

4.1 Utmaningar med mätningar i fält och mätdatainsamling

Projektets utdragna mätperiod (tre år) har inneburit flera utmaningar för såväl småhus- och utrustningstillverkare som för RISE. Det har under projektets gång inträffat flera fall av avbrott i datainsamlingen. När RISE genomför mätprojekt av det här slaget brukar de själv ansvara för installation av mätutrustningen. I det här fallet följdes till följd av Covid-pandemin en annan rutin, här installerades mätutrustningen av lokala elektriker och VVS-installatörer. Efter installationen av mätarna, vid den första granskningen av att data samlas in som det ska, identifierades en del problem med individuella mätare, och det var i de lägena svårt att hitta lokala hantverkare som hade tid och kompetens att göra felsökningen, vilket har bidragit till att projektet drog ut på tiden. RISE har också haft tekniska problem med datainsamlingssystemet, där flera mätare plötsligt slutade leverera data efter en systemuppdatering.

I ett av testhusen visade mätningarna att endast två av tre faser till uppvärmningssystemet levererade mätdata under sommaren 2022. Här tog det tid att reda ut om den tredje faser gick till en elpatron som inte var i drift under sommaren, dvs att det var normalt att inte uppmäta någon energi på denna under den varma årstiden, eller om det handlade om en trasig eller felkopplad elmätare.

Mätdataanalyserna har dock också bidragit till att vissa systemfel har kunnat upptäckas och åtgärdas redan under mätperioden. Ett exempel på detta är att ett av de nya systemen levererade värme på golvvärmslingorna under den varma sommaren 2022. Det visade sig bero på en läckande ventil, och eftersom det handlade om relativt små värmemängder hade problemet troligen inte upptäckts utan våra mätningar. Att läckaget skedde i golvvärmsystemet, som har lägre framledningstemperaturer än en radiatorkrets, gjorde det i stort sett omöjligt att upptäcka av de boende själva.

Det är troligt att många befintliga installerade värmesystem har liknande problem med små läckage som aldrig upptäcks eftersom de inte granskas så noga som i detta fall, och att det finns energi att spara genom att lägga mer tid på driftsättning och analyser under det första året.



För två av testhusen inföll mätperioden under vintern 2021 – 2022, d.v.s. innan elpriserna blev riktigt höga, och i de två andra testhusen inföll mätperioden under vintern 2022 – 2023 när vi hade extremt höga elpriser sett ur ett historiskt perspektiv. De höga energipriserna ser ut att ha haft en märkbar inverkan på användningen av både hushållsel och tappvarmvatten.

Vintern 2022 – 2023 var också mycket varmare än normalåret. Till synes stora skillnader mellan uppmätta och beräknade värden krympte när korrektion av uppmätta värden gjordes till ett normalt brukande under ett normalår. Två av de studerade testhusen hamnar efter korrigering till normalt brukande under ett normalår på nära samma energiprestanda som beräknat med TMF Energi. Övriga testhus fick efter korrigering till normalt brukande under ett normalår sämre uppmätt energiprestanda än beräknat enligt TMF Energi. Den uppmätta energiprestandan bedöms i dessa fall dock till stor del bero på brukarrelaterad inverkan som inte har kunnat verifieras, exempelvis mer vädring än normalt. Jämförelser mellan tillförd elenergi och avgiven värmeenergi indikerar för två av dessa hus att själva värmepumpsdelen fungerar som förväntat. För det tredje huset gör en stor användning av vedeldning att mätresultaten blir svårare att utvärdera och att en direkt jämförelse med beräknad energiprestanda inte kan göras.

I samtliga testhus uppmättes en relativt stor obalans mellan frånluft och tilluft (FTX-system), vilket har haft en negativ inverkan på uppmätt energiprestanda. Typiskt tycks man ligga på ca 15 % lägre tilluft än frånluft. Luftflödena har också varierat en hel del från de projekterade. I vissa fall högre och i vissa fall lägre. I flera fall har luftflödena fluktuerat och ändrats en hel del, vilket bedöms bero på att de boende har ändrat inställningarna, kanske för att förbättra luftkvaliteten eller för att spara energi.

4.2 Energiberäkningar

Vi valde i detta projekt att använda två olika energiberäkningsmodeller, TMF Energi och VIP Energy för att få en så god bild av de nya kombisystemens energiprestanda som möjligt. Beräkningsmodellerna är olika uppbyggda, vilket är en självklar anledning till att beräkningsresultaten blir olika för de två modellerna. Men skillnaderna mellan TMF Energi och VIP Energy i beräknad energiprestanda beror också i flera fall på olika indata.

Varför man i VIP Energy i flera fall har fått så stora avvikelser i indata jämfört med de data vi fått från hustillverkarna kan vi inte förklara. Det kan bero på inläsningsfel, att man missat att få med värmeläckaget från varmvattenberedaren och dess inverkan på elanvändningen m.m.

På grund av brister i båda beräkningsmodellerna är det svårare att få ett korrekt beräkningsresultat för Flexits konstruktion än för de andra kombiaggregaten. Fördelarna i Flexits konstruktion kommer helt enkelt inte till sin rätt i beräkningsprogrammen. Det behövs en vidareutveckling av båda beräkningsmodellerna.

Utmaningen att beräkna energianvändningen i VIP Energy för huset med Flexits system är att VIP Energy inte kan modellera för en värmepump som använder CO₂ som köldmedium. På denna punkt behöver beräkningsmodellen utvecklas eftersom det är en lösning som har mycket goda klimatgenskaper, där CO₂ har ett GWP-värde på endast 1. Det kan jämföras med t.ex. köldmediet R32 som räknas som ett klimatvänligt alternativ, men har ett GWP-värde på 675.⁵ CO₂-värmepumpar har

⁵ GWP Global Warming Potential,



också tekniska fördelar genom att värmepumpen får mycket hög verkningsgrad vid tappvattenproduktion. Problemet med energiberäkningarna i projektet var dock att VIP Energy inte har data för just denna värmepump, och om man använder en standardvärmepump blir beräkningsresultaten uppemot 25 % sämre än verklig energiprestanda.⁶ En CO₂-värmepump har en annorlunda respons på utetemperaturen, och det måste energiberäkningsprogrammet ta hänsyn till om beräkningarna ska bli rättvisande.

Tack vare vårt projekt kan en sådan utveckling påskyndas. VIP Energys betaversion är förberedd för att kunna räkna på koldioxidvärmepumpar, men StruSoft AB, som utvecklar och marknadsför beräkningsmodellen behöver ha mer uppmätta data från verkliga system i drift för att kunna förbättra sin modell. Här har Flexit och RISE kommit överens med StruSoft om att all data som samlas in under vårt mätprojekt ska delas med dem för att de ska kunna vidareutveckla VIP Energy. Därigenom kommer det framöver att vara lättare för de som vill använda Flexits kombiaggregat att göra mer korrekta energiberäkningar.

Under projektets gång har också utrustningstillverkarna lämnat data till beräkningsprogrammet TMF Energi, som används för energiberäkningar av merparten av de svenska småhustillverkarna. Det innebär att förberedelserna är gjorda för en storskalig marknadsintroduktion och möjligheterna finns att göra energiberäkningar för kombisystemen.

4.3 Valet av testhus

Valet av testhus är av avgörande betydelse för om resultaten för de olika kombinerade värme- och ventilationssystemen ska kunna jämföras. För att det ska vara möjligt att göra en sådan jämförelse erfordras att husen är lika stora och har liknande utformning, är byggda i geografiskt nära anslutning till varandra, att husägarna vill delta i ett utvecklingsprojekt och familjerna som bor i husen har likartad sammansättning.

Projektets ursprungliga idé var att sträva efter att få möjlighet att installera de nya värme- och ventilationssystemen som uppfyllde de kriterierna samt att använda ett hus med traditionell frånluftsventilation och frånluftsvärmepump som referenshus för mätningarna. Men det var inte möjligt att identifiera och rekrytera fem likadana hus till det här projektet, därmed är inte mät- och beräkningsresultaten för de testade kombinerade värme- och ventilationssystem i det här projektet jämförbara.

Däremot kan den verkligt uppmätta och den beräknade energiprestandan för de fyra nya kombinerade värme- och ventilationssystemen jämföras med de energikrav som ställs i Boverkets byggregler. Resultaten visar som tidigare nämnts att alla fyra system med mycket god marginal uppfyller de gällande kraven, i hela landet för alla småhustyper.

⁶ Gemensam bedömning från Flexit, Aktea Energy och Sune Häggbom i samband med att beräkningarna genomfördes.



4.4 Installationsfasen

I samband med installationerna har några utmaningar identifierats och hanterats. De flesta situationerna har handlat om dragningen mellan systemens inne- och utedelar, som är den del av de nya kombinationssystemen som avviker mest från installationen av traditionella system.

Ett av testhusen valdes ut sent i projektet. I det här fallet var huset förberett för frånluftsvärmepump och husets bottenplatta var redan gjuten. För installationen av kombisystemet hade det varit idealiskt att gå in i huset genom bottenplattan, men det fanns ingen förberedd genomföring för detta. Här fick man alltså tänka om, och valde istället en lösning där rördragningen skedde uppifrån, via vinden. Om kombisystemet hade valts innan projekteringen, hade bottenplattan enkelt kunnat anpassas och rörlängden minskas.

I ett av de andra testhusen gjordes rördragningen på samma sätt som i det ovan nämnda fallet uppifrån. Det innebär att rördragningen blev 18 meter längre än den specificerade maxlängden. Det innebär i sig inga tekniska problem, men krävde mer köldmediepåfyllning för att kompensera för den ökade rörlängden. Tillverkaren av det kombisystemet tog efter detta fram anvisningar för påfyllning av rätt mängd köldmedium, och dessa anvisningar ingår i systemdokumentationen.

4.5 Samarbete inom projektet

Det har varit ett gott samarbete mellan parterna i projektet, och det har haft stor betydelse för projektets genomförande. Arbetet med de kombinerade värme- och ventilationssystemen har pågått inom BeSmå under ett flertal år, och initierades av konkreta behov hos de fem småhustillverkare som var medlemmar i BeSmå-nätverket i början av 2010-talet. De småhustillverkarna var initiativtagarna till att teknikupphandlingen av kombinerade värme- och ventilationssystem genomfördes 2015-2016. Småhustillverkarnas tidiga engagemang innebär att de från början har varit positiva till utvecklingen av systemen och att de aktivt har bidragit med sina kunskaper i syfte att systemen skulle bli så bra som möjligt. Projektet har således bidragit till programmets mål om att utveckla och utvärdera innovativ installationsteknik med avseende på energieffektivitet, inneklimat, användbarhet och utrymmesminimering.

Redan under det gemensamma utvecklingsprojektet som genomfördes 2017-2018 matchades utrustningstillverkare med småhustillverkare i små grupper (vardera grupp innefattade en utrustningstillverkare och två småhusproducenter) som arbetade nära tillsammans med vidareutvecklingen av systemen. För två av de fyra testhusen har mät- och verifieringsprojektet genomförts i par mellan utrustningstillverkaren och en av dessa småhusproducenter. Där fanns redan de personliga kontakterna etablerade mellan personer på de samarbetande företagen, och parterna kände ett gemensamt stort ansvar för att få tekniken att fungera. För dessa två pilothus uppger projektdeltagarna att de är mycket nöjda med hur samarbetet har fungerat, och de har uppskattat att arbeta tillsammans för att ta fram en bra lösning. Samarbetet har också resulterat i nya system som både småhustillverkare och utrustningstillverkare är mycket nöjda med. Inga stora oväntade händelser har inträffat, och deltagarna uppger att de smärre oväntade händelser som har inträffat har lösts genom samarbete och kommunikation och att man träffades på byggsplatsen och diskuterade lösningar tillsammans.

Ett exempel på de goda samarbetsformerna under det här projektet är att i ett av de andra testhusen träffades småhustillverkarens bygglärdare och utrustningstillverkarens installationsansvariga i tidigt



skede på byggplatsen, för att tillsammans informera kunden och entreprenören om installationen och kontrollera så att installationen gick enligt planerna. I detta hus visade det sig att avståndet mellan utrustningens inne- och utedel i verkligheten blev längre än vad som hade specificerats. Utrustningstillverkaren tog därför fram en instruktion om hur mycket köldmedium som behöver fyllas på i systemet om rörlängden överstiger specifikationen.

I det fjärde pilotprojektet var utrustningstillverkaren drivande, och de hittade själv ett hus för testinstallationen. Enligt småhustillverkaren i den här konstellationen har man inte behövt göra några anpassningar alls för det nya systemet, eftersom utrustningstillverkaren har tagit helhetsansvaret. I huset bor också en av utrustningstillverkarens anställda, vilket har underlättat detta arbetsätt.

4.6 Utmaningar för de kombinerade värme- och ventilationssystemen

Alla som medverkar i ett utvecklingsprojekt ställs inför utmaningar. Och även om samarbetet har varit gott i projektet finns saker som kan förbättras. De utrustningstillverkare som har medverkat i detta projekt har lyft fram nedanstående utmaningar.

Panasonic nämner att de har haft utmaningar i tillverkningen, men säger samtidigt att det har varit utvecklande att vara delaktig och ta fram en helt ny produkt. De nämner att det har varit utvecklande för dem alla inom Panasonic att vara med och ta fram en produkt med särskilt specificerade krav för att sedan introducera produkten på marknaden. De uppger att de under processens gång har identifierat en del problem men att de har löst de problemen och därmed förbättrat en del produkttegenskaper, och de uppskattar att ha varit med i ett projekt som detta som tar fram en produkt som efterfrågas av marknaden.

I projekteringen har de upplevt utmaningar som beror på att det sitter frånluftsvärmepumpar i de flesta nybyggda småhus, och att installatörerna är vana vid att installera sådana. Därmed krävs det god kommunikation genom hela projekteringen och även vid installation när det ska installeras ett nytt system med luftvatten. För att möta denna utmaning har Panasonic arbetat fram ett utbildningsmaterial och installationsguider för sin nya husbyggarlösning med FTX.

De har också haft en del flödesproblematik, där bypassen trimmades så att huset fick ett jämnt flöde året runt. Vidare har det varit extra jobb till följd av mätstationerna, och Panasonic upplevde att det var en lite mer komplicerad installation än vanligt för installatörerna på grund av att all mätutrustningen skulle få plats på en redan kompakt yta. Men de säger också att detta var ett specialfall för mätprojektet, och att det i de framtida installationerna blir mycket enklare att göra installationerna när mätutrustningen inte behöver inkluderas.

Panasonic har tagit fram nytt utbildningsmaterial för ventilation, som är en ny del i deras produktportfölj. De har tidigare enbart arbetat med värme och kyla. Utbildningsmaterialet ska användas för att säkerställa installatörernas kunskaper, vilket är en förutsättning för att produktgarantin ska gälla.

Panasonic har inte upplevt några problem eller utmaningar med de boende i mätprojektet, och de upplever de boende som mycket nöjda med den nya värme- och ventilationslösningen.

Metro Therm blickar framåt och ser det som en stor utmaning att få köpare av nyproducerade villor att ha ett system som innefattar en utedel. Men de upplever att när köparna har förstått fördelen med



en multifunktionell värmepump som även ger komfortkyla på sommaren så minskar detta hinder markant. De upplever att deras testhus har fungerat över förväntan, och uppger att det nya kombisystemet fungerar utmärkt och att de boende i testhuset som har varit mycket tillmötesgående.

Flexit upplever att det har varit en nackdel för dem att den småhustillverkare som de har samverkat med inte har aktivt medverkat i projektet. De tycker också att det har tagit för lång tid att anpassa beräkningsprogrammen och justera beräkningsresultaten mot den verkliga mätningen till deras lösning, behovet av anpassning av beräkningsprogrammen kvarstår.

Flexit ser det också som en utmaning att den dåliga överensstämmelsen mellan beräkningsprogrammets utformning och deras produkts design kan få en avskräckande inverkan på kunderna, och att valet kan falla på någon annan tillverkarens produkt.

Vidare menar Flexit att vi borde ha förbjudit de boende i testhusen att använda sina braskaminer under mätperioden för att få en korrekt data som möjligt, vidare är de besvikna på RISE att de inte hade bättre kontroll på mätningarna och att de inte reagerade snabbare vid t.ex. avbrott.

H. Östberg AB har upplevt utmaningar med att få fram tydliga, gällande regler för denna typ av installationer, bl.a. avseende hur den installerade effekten ska begränsas/låsas. De har också upplevt svårigheter att få klarhet kring försäkringsfrågor och vem som har ansvaret vid skada, som exempelvis vattenskada.

H. Östberg AB ser det också som en utmaning att få slutkunder att välja en ny typ av värme- och ventilationslösning, och säger att en ny lösning måste säljas in kraftigt av hustillverkarna vid deras kontakter med slutkunden. Därför måste det finnas incitament för hustillverkarna att vilja sälja in denna typ av lösning.

Ur teknisk synpunkt har de haft svårigheter med att utveckla ett gemensamt styrsystem för hela enheten. I mätprojektet har de upplevt att det var en snäv tidplan vid installationen i testhuset, men uppger att de hade turen att deras testhus var i precis rätt läge projekteringsmässigt vilket underlättade mycket.



5 Slutsatser

Tack vare det här projektet finns nu fyra hus där de nya kombinerade värme- och ventilationssystemen är installerade och demonstrerade i verkligheten. Samtliga fyra hus är enplanshus, och de ligger i Avesta, Kalmar, Karlstad och Kungsbacka.

De fyra kombisystemens energiprestanda har verifierats genom mätningar och beräkningar. Slutsatsen är att samtliga fyra nya kombinerade värme- och ventilationssystem har en mycket hög energiprestanda, och att de med god marginal uppfyller energikraven för småhus i den gällande versionen för Boverkets byggregler.

Samtliga av de fyra nya kombisystemen bidrar samtidigt med det låga energibehovet till bättre inneklimat och lägre eleffektbehov. Systemen har också ett mycket litet utrymmesbehov. Alla fyra kombisystemen är utvecklade i enlighet med och uppfyller den kravspecifikation som tagits fram av BeSmås beställargrupp, och systemen är utvecklade för den nordiska marknaden för småhus med låga energi- och effektbehov. Två av de nya kombisystemen finns nu tillgängliga på marknaden.

Det finns nu ett stort behov informations- och spridningsinsatser så att dessa produkter kan spridas storskaligt på marknaden. Nästa steg i arbetet är därför rimligen ett aktivt sådant arbete.



6 Publikationslista

Systemanpassningar för småhus, Artikel i Energi & Miljö, 2020-09-20

Kombinerade värme- och ventilationssystem för småhus, Webbartikel publicerad hos Slussen Building Services 2021-04-07,
<https://slussen.biz/Home/MainOrganizationPage/12915?orgid=353&type=News>

Vinster med kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus, informationsblad för spridning

Föreläsningsserie för Energi- och miljötekniska föreningens medlemmar, Teknikutvecklingsprojekt – Kombinerade värme-v och ventilationssystem, 2022-2023



7 Referenser

Persson A et al, Gemensam teknikutveckling av kombinerade värme- och ventilationssystem för småhus med lågt energibehov, Fas 3, Slutrapport, 2018

Persson A et al, Bilaga A Kravspecifikation, 2017

Persson A et al, Nordisk jämförelse av FTX-användning i småhus, förstudie, 2017

Persson A et al, Teknikupphandling av kombinerade värme- och ventilationssystem för lågenergihus, fas 2, rapport, 2016

Persson A et al, Teknikupphandling av kombinerade värme- och ventilationssystem för energieffektiva småhus, rapport, 2015

Nykvist A, Teknikupphandling av bättre värme- och ventilationssystem för småhus, förstudie, 2014



Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.

*E2B2 är Energimyndighetens program där IQ Samhällsbyggnad är koordinators.
Läs mer på www.E2B2.se.*

