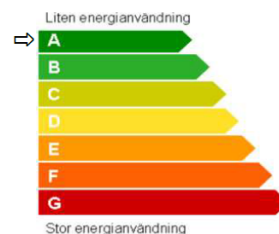


Beräkningen har gett följande resultat:

Totalt levererad/köpt elenergi ¹ ;	11808 kWh/år
Energianvändning ² ;	5583 kWh/år
Byggnadens primärenergital^{2,3};	41 kWh/m² per år
Kravnivå enligt BBR 26 (BFS 2018:4);	90 kWh/m ² per år
Energiklass enligt BED 10 (BFS 2018:11);	A
Specifik energianvändning enligt BBR 24;	27 kWh/m ² per år
Dim. eleffektbehov för uppvärmning⁴;	2,1 kW
Installerad märkeffekt⁵;	4,5 kW
Kravnivå enligt BBR 26 (BFS 2018:4);	6,8 kW



- 1) Avser endast den beräknade byggnadens energianvändning, inte hela fastighetens energianvändning.
- 2) Exklusive hushållsel, men inklusive driftel för fläktar, pumpar, etc.
- 3) För beräkning av färdigställd byggnad är detta också värdet för energideklarering av dess energianvändning enligt BED 10 (BFS 2018:11). Beräkningen har skett med marginal för variationer i tillverkningsprocess och variationer i "normalt brukande". Vid en energimedveten användning bör verklig energianvändning kunna bli 10-20 % lägre än beräknat. Vid ett energislösande beteende kan verklig energianvändning istället bli 10-20 % högre, eller mer.
- 4) Beräknat eleffektbehov för uppvärmning och varmvatten vid DVUT, exklusive eleffekt till fläktar och cirkulationspumpar för värmefördelning.
- 5) Summan av installerade eleffekter för uppvärmning och varmvatten, exklusive eleffekt till fläktar och cirkulationspumpar för värmefördelning.

Verifiering av beräkningsprogram för energieffektiva småhus

Svein Ruud

RISE Rapport 2019:68

Verifiering av beräkningsprogram för energieffektiva småhus

Svein Ruud

Abstract

Verification of calculation programs for energy efficient single-family houses

In this study, the energy performance of 11 different single-family houses has been determined by calculation using two different energy calculation programs, through energy-declarations made by an independent energy expert and finally through a stepwise normalization of measured values according to instructions in the regulation BEN published by the National Board of Housing, Building and Planning (Boverket). Comparison has been made with current energy requirements and the energy requirements that applied when the buildings were constructed. Comparison has also been made with the energy calculations performed during the design phase. The 11 houses were selected in consultation with four different house manufacturers who have provided support in the form of drawings and calculation data. The houses have a geographical spread from the north to the south of Sweden and have different heating and ventilation systems. All houses have been visited and documented on site. All houses seem to meet the energy requirements that applied when they were built, but some have difficulty meeting the energy requirements that apply today. This mainly applies to the houses with district heating. On average, calculated values are lower than measured and normalized values, especially when compared to the energy declarations. However, it is assessed that the energy declarations made from a questionnaire and without having visited the houses have a lot of deficiencies, among other things, in most cases no real estate energy is reported, which in several cases affects the calculation of the primary energy incorrectly. But also, the detailed normalization is uncertain because available measurement data have major shortcomings. The fact that several houses indicate the use of wood for wood-burning stoves is a contributing factor to the calculations being lower. Regardless, it is recommended that in an energy calculation, there is always some margin to the requirement level regarding energy performance. This is because during a normalization it is difficult to account for all behavioral deviations from the "normal", and that there are also uncertainties about most inputs to an energy calculation. However, if using proper safety margins, energy calculations on a completed house can be just as good as a normalization of measured data when determining its energy performance.

There is a need to further improve Boverket's regulation BEN, both when it comes to calculations and normalization of measured energy consumption. This is especially important regarding how to handle electricity from solar cells.

Key words: verification, calculation programs, energy efficient, single-family houses

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2019:68

ISBN: 978-91-88907-95-0

Borås 2019

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	4
Sammanfattning	5
1 Introduktion	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Mål	8
1.3 Genomförande	8
1.4 Projektgrupp	9
2 Beskrivning av studerade småhus	10
2.1 Urvalskriterier	10
2.2 Övergripande beskrivning	10
2.3 Detaljerad beskrivning och indata till energiberäkningar.....	11
2.3.1 Beskrivning av Hus 1	11
2.3.2 Beskrivning av Hus 2	12
2.3.3 Beskrivning av Hus 3	13
2.3.4 Beskrivning av Hus 4	14
2.3.5 Beskrivning av Hus 5.....	15
2.3.6 Beskrivning av Hus 6	16
2.3.7 Beskrivning av Hus 7.....	17
2.3.8 Beskrivning av Hus 8	18
2.3.9 Beskrivning av Hus 9	19
2.3.10 Beskrivning av Hus 10.....	20
2.3.11 Beskrivning av Hus 11	21
2.4 Övrigt	21
3 Resultat	22
3.1 Energiberäkningar	22
3.1.1 Beräkningar i projekteringskedet	22
3.1.2 Beräkningar på färdigställda byggnader	23
3.2 Mätning och normalisering	25
3.2.1 Normalisering genom energideklarationer.....	25
3.2.2 Detaljerad stegvis normalisering	26
3.2.3 Inverkan av Boverkets normalårskorrigerings.....	39
3.3 Analys av resultaten.....	40
3.3.1 Jämförelse av specifik energianvändning.....	40
3.3.2 Jämförelse av primärenergital	41

3.3.3	Jämförelse mot kravnivåerna	42
3.3.4	Jämförelse beräkningar vs mätningar	43
3.4	Känslighetsanalys	44
3.4.1	Energiberäkningars känslighet för indata	44
3.4.2	Mätningars känslighet för kvalitet på mätdata	45
4	Slutsatser	46
5	Behov av ytterligare arbete	47
6	Referenser	48
	Bilaga 1 – Checklista vid husinventering	49
	Bilaga 2 - Energideklarationsenkät	50
	Bilaga 3 – Inverkan av Boverkets förslag till ändrade energikrav 2020	55

Förord

Jag vill tacka Trä- och Möbelföretagen (TMF) och särskilt Anders Rosenkilde för förtroendet att genomföra den här studien. Jag vill också tacka Staten Energimyndighet som gett medel till att genomföra den här studien samt de trähustillverkande företag A-Hus, Eksjöhus, Fiskarhedenvillan och Älvsbyhus som hjälp till med att leta upp lämpliga husobjekt samt bidragit med allt nödvändigt underlag i form av ritningar, beräkningar m.m. Jag vill också tacka Jasenka Hot och Elin Carlsson på WSP som genomfört energiberäkningar i VIP Energy samt Åsa Heller på Densia som genomfört energideklarationer för de aktuella husen. Sist men inte minst vill jag tacka alla trevliga husägare som ställt sin tid och sina hus till förfogande så att denna studie kunnat genomföras.

Sammanfattning

I denna studie har energiprestandan för 11 olika småhus bestämt dels genom beräkning med två olika energiberäkningsprogram, dels genom att samma hus har energideklarerats av en oberoende energiexpert och slutligen har energiprestandan bestämts genom en stegvis normalisering av uppmätta värden enligt anvisningar i Boverkets förordning BEN. Jämförelse har gjorts mot nuvarande energikrav och de energikrav som gällde när byggnaderna uppfördes. Jämförelse har också gjorts med de i projekteringskedet genomförda energiberäkningarna.

De 11 husen valdes ut i samråd med fyra olika hustillverkare som har bistått med underlag i form av ritningar och beräkningsunderlag. Husen har en geografisk spridning från Skåne till Norrland och har olika installationstekniska lösningar. Samtliga hus har besökts och dokumenterat på plats.

Samtliga hus bedöms uppfyller de energikrav som gällde när de uppfördes men några har svårt att klara de energikrav som gäller i dag. Framst gäller detta fjärrvärmda hus. I genomsnitt ligger beräknade värden lägre än uppmätta och normaliserade värden, framför allt gäller detta jämfört med energideklarationerna. Det bedöms dock att energideklarationerna som är gjorda utifrån en enkät och utan att man besökt husen har en hel del brister, bland annat redovisas i de flesta fall ingen fastighetsenergi vilket flera fall påverkar beräkningen av primärenergitalet på ett felaktigt sätt. Men även den detaljerade normaliseringen är osäker beroende på att tillgängliga mätdata har stora brister. Att flera hus anger användning av ved till braskamin är en bidragande orsak till att beräkningarna hamnat lägre.

Oavsett så rekommenderas att man i energiberäkningar har viss marginal till kravnivån avseende energiprestanda. Detta då det är svårt att vid en normalisering ta hänsyn till alla beteendemässiga avvikelser från det "normala", samt att det även finns osäkerheter kring de flesta indata till en energiberäkning såsom U-värden och köldbryggor, lufttätethet, temperaturverkningsgrad med mera.

Med användning av en viss säkerhetsmarginal bedöms en energiberäkning på ett färdigställt småhus kunna vara en väl så säker metod för att bestämma dess energiprestanda som en normalisering av uppmätta värden.

På grund av de osäkerheter som är behäftade med båda sätten att bestämma energiprestanda kan man inte förvänta sig att alltid kommer till samma resultat.

Det finns behov av att förbättra Boverkets förordning BEN både när det beräkningar och normalisering av uppmätt energianvändning. Framför allt gäller detta hur man ska hantera el från solceller.

Boverkets remissförslag till ändrade energikrav i BBR2020 innebär att det blir svårare att klara energikraven med frånluftsvärmepumpar, framför allt för mindre enplans småhus. Däremot blir det avsevärt mycket lättare att klara kraven med fjärrvärme och FTX-ventilation.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Energikraven i Boverkets byggregler BBR [1, 2] är sedan 2006 till stora delar en följd av att EU:s direktiv för byggnaders energiprestanda (2002/91/EG) [3] och (2010/31/EU) [4] har implementerats i svenska lagar, förordningar och föreskrifter.

Mellan 1 juli 2007 och 14 december 2016 har det i ett Allmänt råd i Boverkets byggregler (BBR) avsnitt 9 Energihushållning stått att energikraven ”bör verifieras dels genom beräkning av byggnadens förväntade energianvändning ... vid projekteringen, dels genom mätning av specifik energianvändning i den färdiga byggnaden.” Något egentligt krav på använt beräkningsprogram eller metodik och dess träffsäkerhet har inte funnits med motiveringen att det är mätningen i den färdiga byggnaden som är den slutliga bestämningen av byggnadens energiprestanda. Sedan 15 december 2016 gäller visserligen att verifiering av en byggnads uppfyllande av kraven bör göras genom mätning i den färdiga byggnaden samt att normalisering till normalt brukande ett normalår då ska genomföras enligt kapitel 3 i Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN) [5]. Verifiering av att en byggnad uppfyller energikraven kan dock enligt BBR numera även göras genom beräkning enligt kapitel 2 i BEN.

Oavsett om man enligt Boverkets byggregler BBR väljer verifiering via beräkning eller via mätning så är det viktigt att båda alternativen blir så rätt och så lika som möjligt. För småhusindustrin är det vidare ur konkurrenssynpunkt viktigt att verifieringen av energiprestanda görs så lika och enhetligt som möjligt, och oberoende av vilket verifieringsalternativ som väljs.

Av dessa anledningar finns ett behov av att närmare studera hur träffsäkra de vanligast använda programmen för beräkning av energianvändning i småhus är. Vidare finns ett behov av att studera hur väl den i BEN angivna normaliseringen av uppmätt energianvändning till ett normalt brukande under ett normalår fungerar i praktiken för ett småhus eftersom det är mot det normaliserade värdet som en energiberäkning ska jämföras.

Det vanligaste beräkningsprogrammet för småhus är TMF Energi [6] som utvecklats av RISE (f.d. SP) på uppdrag av TMF Trä- och Möbelföretagen. Det är ett relativt enkelt Excel-baserat beräkningsprogram anpassat till behovet hos TMF:s småhustillverkande medlemmar. Programmet har funnits sedan 2007 och har utvecklats och anpassats utifrån förändringar i Boverkets byggregler och användarnas behov. Endast de mest vanligt förekommande installationstekniska lösningarna kan beräknas i detta program. Ungefär två gånger per år hålls en användarutbildning som även tar upp förändringar i byggregler och program. Hittills har fler än 200 personer utbildats. Programmet används av de flesta av TMF:s ca 80 trähustillverkande medlemmar och av flera konsultföretag som anlitas av dem. Användaren är vanligen högskoleingenjör eller 4-årig tekniker.

Ett annat vanligt beräkningsprogrammet för småhus och andra typer av byggnader är VIP Energy [7] (tidigare VIP+) som utvecklats av företaget Strusoft. VIP Energy är ett

dynamiskt och mer avancerat beräkningsprogram än TMF Energi, framför allt när det gäller klimatskalet och passiv solvärme. Programmet kan läsa in ritningar i form av dwg-filer och har även inbyggd beräkning av areor, U-värden och U_m -värde. VIP Energy kan även hantera flera zoner och kylbehov. Utdata kan vidare presenteras timvis. VIP Energy har anpassats för redovisning enligt BBR, men har även funktioner för beräkning av indikatorer för bl.a. SGBC Miljöbyggnad (PPD-index, sommarklimat & vinterklimat, solvärmelast och redovisning av operativ temperatur m.m.).

En energiberäkningstävling [8] som Sveby initierade år 2011 avseende flerbostadshus visade på en stor spridning mellan olika beräkningsprogram men även mellan olika användare av samma beräkningsprogram. Det kunde inte heller påvisas att mer avancerade program var mer träffsäkra än ett enklare program. Resultaten visade att det viktigaste var en kunnig och erfaren användare av beräkningsprogrammet. Någon motsvarande utvärdering av energiberäkning för småhus har ännu inte gjorts. Återkopplingen från flera småhustillverkare som använder TMF-programmet indikerar att programmet utifrån projekterade värden och bygghandlingar ger en bra uppskattning av verklig energianvändning. Dessa erfarenheter är dock baserade på tidigare versioner av programmet innan BEN började tillämpas och utan de krav på träffsäkerhet som bör gälla vid en beräkning av en färdigställd byggnad inför ett slutbesked.

En stor osäkerhet vid verifiering av energianvändning enligt BEN genom mätning är om mängden varmvatten inte har mätts upp utan måste uppskattas med hjälp av schablonvärden. En ytterligare osäkerhet vid användningen av BEN är om byggnadens energianvändning enligt BBR inte har mätts separat utan måste uppskattas genom subtraktion av schablonvärden för hushållsel och eventuella andra elförbrukare som inte ingår i systemgränsen. Exempelvis är schablonen för hushållsel, 30 kWh/m² år, hämtad från Sveby och baserad på normal användning i flerbostadshus. Det är möjligt att denna skiljer sig väsentligt från den normala användningen i småhus, vilket skulle innebära att en förenklad korrektion enligt BEN ger en större osäkerhet i det normaliserade värdet än för flerbostadshuset. Slutligen, den normalårskorrigeringsmetoden energi-index som vid en energideklaration automatiskt görs i Boverkets databas Gripen kan tillföra ytterligare fel. Energi-index är en teoretiskt sett mer avancerad metod med potential att ge en mer korrekt normalårskorrigeringsmetod. Men i praktiken kan det bli tvärtom. Detta då man i Boverkets korrektion använder generella schabloniserade indata som kan avvika avsevärt från det aktuella husets verkliga förutsättningar. I en Sveby-studie om normalårskorrigeringsmetoden energi-index konstateras att SMHI:s energi-index har sämre träffsäkerhet än SMHI:s graddagar för samtliga studerade byggnadsmodeller.

Den 9 juli 2019 skicka Boverket ut en remiss med förslag till ändring av energikraven i Boverkets Byggregler (BBR). Boverket föreslår att primärenergifaktorer ändras till viktningfaktorer för energibärarna el, fjärrvärme, fjärrkyla, biobränsle, olja och gas. Primärenergital behålls som mått på byggnadens energiprestanda.

1.2 Mål

Målet med projektet är att öka kunskapen om hur träffsäkra några av de i Sverige vanligast använda programmen för beräkning av energianvändning i småhus (TMF Energi och VIP Energy) är när det gäller att fastställa energianvändningen i småhus vid normal användning under ett normalår. Ytterligare ett mål är att öka kunskapen om vilka osäkerheter som finns när man genom en energideklaration fastställer energianvändningen genom mätning och normalisering enligt BEN.

1.3 Genomförande

Projektet genomfördes i flera steg. Inledningsvis identifierades och valdes i samråd med deltagande småhustillverkare 11 lämpliga småhus att studera. Det var relativt nybyggda småhus (1–3 år) från fyra olika tillverkare, med olika installationstekniska lösningar och med geografisk spridning över landet.

För samtliga småhus inhämtades projekterings- och beräkningsunderlag. Därefter gjorde RISE en besiktning på plats för samtliga objekt. Detta innefattade en verifiering genom mätning/kontroll av alla väsentliga indata till energiberäkningen. Exempel på uppmätta indata är lufttäthet, luftflöden och eleffekter. Vidare kontrollerades att bygnadsdelar, installationsteknik och andra indata i allt väsentligt stämde med relationshandlingar. Särskild vikt lades hur beräkningen av U_m -värdet har gjorts och vilken osäkerhet som är behäftad med denna beräkning. I flera fall gjordes nya beräkningar av U_m -värdet baserat på relationshandlingar-/ritningar och vad som därutöver kunnat identifieras vid besiktningstillfället. Detta då bestämningen av U_m -värdet har en väsentlig betydelse för byggnadens beräknade energiprestanda. För samtliga objekt gjordes sedan en uppdaterad beräkning för färdigställd byggnad enligt BBR och BEN, dels i TMF Energi och dels i VIP Energy.

Genom Gar-Bo, ett försäkringsbolag inom byggrelaterade försäkringar, har vi låtit deras underleverantör Densia och deras ackrediterade energiexperter energideklarera samtliga i projektet studerade småhus för att fastställa deras energianvändning baserat på uppmätt energianvändning och normalisering till normalt brukande ett normalår enligt BEN2. Detta gjordes genom att de boende fick fylla i en standardiserad enkät. Enkäten till de boende skickades ut inför RISE besiktning på plats och gicks igenom med de boende vid besiktningstillfället. Detta för att direkt reda ut eventuella frågetecken eller otydligheter. Enkäterna skickades sedan in till Densia via Gar-Bo. Utifrån enkätunderlaget gjorde sedan Densias energiexperter en normalisering till normalt brukande enligt BEN2. Normalisering till ett normalår gjordes slutligen genom registrering av normaliserad värden i Boverkets databas Gripen.

Därefter gjorde RISE en mer detaljerad stegvis normalisering enligt BEN2, delvis baserat på samma indata som Densia haft tillgång till men också utifrån vad som kunnat observera vid besiktning på plats och i vissa fall ytterligare mätdata.

I det sista steget gjordes en jämförelse mellan de beräknade och de normaliserade energianvändningarna. Som ett referensvärde redovisas även den verkliga uppmätta energianvändningen före normalisering. Beräknade energiprestanda för färdigställda byggnader jämfördes sedan med den beräknade energiprestandan baserad på projekterade värden och bygghandlingar. För att identifiera känslighet för olika indata gjordes därutöver flera beräkningar där uppmätta/verifierade indata varierades och i vissa fall byts ut mot projekterade data.

En del i analysarbetet har också varit att identifiera olika orsaker till skillnader mellan beräknade och normaliserade värden, samt vilka indata som är mest kritiska för att fastställandet av energianvändningen vid normalt brukande ett normalår ska bli så säker som möjligt.

Slutligen har för de 11 studerade husen en jämförelse gjorts mellan nuvarande energikrav i BBR25-27 och Boverkets remissförslag till ändrade energikrav 2020. Resultaten från denna jämförelse redovisas separat bilaga 3.

1.4 Projektgrupp

Projektgruppen utgår från Innovationsklustret BeSmå och består av TMF, RISE och WSP, samt ett antal av TMF:s trähustillverkande företag.

TMF organiserar en majoritet av Sveriges småhustillverkare (ca 80 företag) vilka står för ca 80 % av den svenska småhusproduktionen.

RISE, Research Institutes of Sweden, består av f.d. SP, Innventia, Swedish ICT och stora delar av Swerea. RISE 2200 anställda finns på 30 platser i Sverige och även utomlands. Inom RISE division Samhällsbyggnad finns stor kompetens inom såväl byggnadsfysik som installationsteknik.

WSP är ett analys- och teknikkonsultföretag med 3 700 anställda i Sverige och 40 000 medarbetare globalt med bland annat spetskompetens inom energiberäkningar och energisamordning. WSP driver på uppdrag av TMF sekretariatet för BeSmå.

Densia är en fastighetskonsult som specialiserat sig på besiktningar, värderingar och rådgivning kring alla typer av fastigheter och lokaler. Densia är ackrediterade av Swedac (Ackr.nr: 8114) för utförande av energideklarationer.

2 Beskrivning av studerade småhus

2.1 Urvalskriterier

Bland de studerade småhusen var målsättningen att det förutom en spridning i geografi och tekniska lösningar, också skulle vara hus från olika hustillverkare. De studerade objekten har dock begränsats till hus tillverkade av husfabrikanter i TMF:s teknikergrupp. Listor med på förslag till husobjekt att studera erhöles från fyra olika hustillverkare. Av totalt 40 förslag valdes slutligen 11 objekt ut enligt ovanstående kriterier och där kontaktade husägarna gick med på att deras hus deltog i studien. Det blev då fyra hus från en tillverkare, tre hus från en annan hustillverkare och slutligen två hus vardera från ytterligare två tillverkare.

2.2 Övergripande beskrivning

I tabell 1 ges en övergripande beskrivning av de utvalda husens egenskaper, vilka är väsentliga för att bestämma deras energiprestanda.

Tabell 1 Använd formatmall "Tabelltext" till tabellen.

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nybyggnadsår	2015	2017	2017	2016	2017	2015	2017	2017	2017	2014	2017
Klimatzon ¹	I	I	I	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
F _{geo} (-) ²	1,4	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
Hustyp (-plan) ³	1	2	2	1½	2	1½	1½	1	1	1½	1
A _{temp} (m ²) ⁴	173,3	155,6	156,5	209,6	207,5	130,0	164,0	143,9	140,2	194,4	121,4
A _{om} (m ²) ⁵	544,4	341,4	357,7	486,5	437,0	322,3	357,0	408,0	430,8	387,4	355,9
U _m (W/m ² K) ⁶	0,211	0,258	0,263	0,245	0,247	0,223	0,213	0,211	0,200	0,132	0,206
q ₅₀ (l/s/m ²) ⁷	u.s.	0,24	0,38	u.s.	u.s.	u.s.	0,22	0,24	0,25	0,09	0,39
Vent.system ⁸	FTX	FX	FTX	FTX	FTX	FX	FX	FX	FX	FTX	FX
Värmesystem ⁹	BVP (inv)	FVP (inv)	FJV	FJV	BVP	FVP +FJV	FVP (inv)	FVP (inv)	FVP (inv)	BVP	FVP (inv)
Värmeddistr. ¹⁰	G	G+R	G+R	G	G	R	G+R	G	G	R	R
Elgolvvärme (m ²) ¹¹	-	7,7	8,5	-	-	-	3,9	-	-	21,4	-

- 1) Indelning i olika klimatzoner med olika energikrav enligt tidigare BBR 22-24
- 2) Geografisk justeringsfaktor vid beräkning av energiprestanda enligt BBR 25-26
- 3) Husens utformning i uttryckt i antalet våningsplan
- 4) Arean av samtliga våningsplan avsedda att värmas till mer än 10 °C enligt BBR
- 5) Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmda delar enligt BBR
- 6) Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för klimatskalet enligt BBR
- 7) Genomsnittliga luftläckaget vid 50 Pa tryckskillnad enligt Standard EN 13829, metod B
- 8) FX = Frånluft med återvinning, FTX = Från- och tilluft med värmeåtervinning
- 9) FVP = Frånluftsvärmepump, BVP = Bergvärmepump, FJV = Fjärrvärme, inv = Inverter
- 10) R = Radiatorer, G = vattenburen golvvärme
- 11) Golvyta med komfortgolvvärme (direktverkande el)

2.3 Detaljerad beskrivning och indata till energiberäkningar

I detta avsnitt görs en mer detaljerad beskrivning av varje studerat husobjekt baserat på uppgifter från hustillverkare och dennes underleverantörer. Angiven eleffekt till cirkulationspumpar avser maximal effekt vid aktuell injustering och pumpstyrning.

2.3.1 Beskrivning av Hus 1

Tabell 2 Detaljerade data för hus 1.

Nybyggnadsår	2015
Klimatort	Vännäs
Klimatzon	I
F_{geo} (-)	1,4
Hustyp	1-plan
$A_{temp} = A_{bottenplatta}$ (m ²)	173,3
A_{om} (m ²)	544,4 ¹
U_m (W/m ² K)	0,211 ²
Fönster (m ²) ³	33,8 (ELIT XCEED ALU 1.0) ³
q_{50} (l/s/m ²)	u.s. ⁴
Vent.system	FTX (Östberg Heru 100S EC 2A) ⁵
q_{FTX} (l/s)	61 (OVK 2015-12-18) ⁶
$P_{FTX, fläktar}$ (W)	79 (enligt tillverkarens datablad vid 61 l/s) ⁷
$\eta_{FTX, tilluft}$ (%)	85,6 (enligt tillverkarens datablad vid 61 l/s)
Värmesystem	Bergvärmepump (Nibe F1255-16) ⁸
Värmedistr.	Vattenburen golvvärme (Thermotech)
Styrsystem	Individuell styrning i alla rum utom i 2 badrum och entre/tambur.
$P_{cirkulationspump}$ (W)	ca 60 W (uppskattat vid full effekt, plus ca 20 W till fristående garage).
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	156 (Franke Futurum Tube FTU 3807-P XS 70H) ⁹

- 1) Korrigerat värde. Hustillverkarens angivna värde 448,4 m² avsåg klimatskalets utsida.
- 2) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 0,185 W/m² K enligt ovan baserades på felaktigt beräknad A_{om} .
- 3) Inklusive karm (inläst från relationsritningar + litet fönster installerat av husägaren)
- 4) Husen från denna hustillverkare provtrycks normalt inte. I beräkningarna har ett antaget värde på 0,6 l/s/m² använts.
- 5) Ursprungligen projekterat för F-ventilation
- 6) ca 50 l/s enligt RISE effektmätning 2019-01-29.
- 7) 55 W uppmätt, inklusive rotormotor, av RISE 2019-01-29.
- 8) Värmer via en kulvert även ett äldre fristående garage på 65 m².
- 9) Enligt ekodesigndeklaration (vid max hastighet, inte intensivläge).

2.3.2 Beskrivning av Hus 2

Tabell 3 Detaljerade data för hus 2.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Krokom
Klimatzon	I
F_{geo} (-)	1,5
Hustyp	2-plan
A_{temp} (m ²)	155,6
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	77,8
A_{om} (m ²)	341,4 ¹
U_m (W/m ² K)	0,258 ²
Fönster (m ²) ³	29,1 (ELIT XCEED ALU 1.0)
q_{50} (l/s/m ²)	0,24 (Täthetsmätning 2017-06-19) ⁴
Vent.system	FX (NIBE F730) + spaltventiler
q_{FX} (l/s)	57 (OVK 2017-06-26)
$P_{FX, fläktar}$ (W)	45 ⁵
Värmesystem	Frånluftsvärmepump (NIBE F730)
Värmeddistr.	Golvvärme nedre plan och radiatorer övre plan (vattenburet)
Styrsystem	Central givare nedre plan och termostatventiler övre plan
$P_{cirkulationspump}$ (W)	63 ⁶
$E_{golvvärme}$ (m ²)	7,7 (termostatreglerat ⁷)
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	115 (Franke Futurum Tender 725) ⁸

- 1) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 328,4 m² avvek från beräkning enligt Svebys area-PM och saknade mellanbjälklagets yta mot ute.
- 2) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 0,269 W/m² K enligt ovan baserades på en något felaktigt beräknad A_{om} .
- 3) Inklusive karm (inläst från relationsritningar)
- 4) Korrigerat värde. Detta då provtryckningskonsultens angivna värde 0,248 l/s/m² enligt ovan baserades på en av hustillverkaren något felaktigt beräknad A_{om} .
- 5) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata och storlek på hus.
- 6) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata, storlek på hus och systemlösning.
- 7) Inställd på att hålla +25 °C yttemperatur på klinkergolvet (PENTAIR NRG-DM).
- 8) Enligt ekodesigndeklaration (vid max hastighet, inte intensivläge).

2.3.3 Beskrivning av Hus 3

Tabell 4 Detaljerade data för hus 3.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Östersund
Klimatzon	I
F_{geo} (-)	1,4
Hustyp	2-plan
A_{temp} (m ²)	156,5
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	76,7
A_{om} (m ²)	357,7 ¹
U_m (W/m ² K)	0,263 ²
Fönster (m ²) ³	31,1 (ELIT XCEED ALU 1.0)
q_{50} (l/s/m ²)	0,38 (Täthetsmätning 2017-05-05) ⁴
Vent.system	FTX (FläktWoods RDAF Mini)
q_{FTX} (l/s)	56 (OVK 2017-06-14)
$P_{FTX, fläktar}$ (W)	73 (Uppmätt inkl. rotormotor av RISE 2019-01-16)
$\eta_{FTX, tilluft}$ (%)	84 (enligt tillverkarens datablad vid 56 l/s)
Värmesystem	Fjärrvärmecentral (Metro Therm)
Värmeddistr.	Golvvärme nedre plan och radiatorer övre plan (vattenburet)
Styrsystem	Rumsgivare nedre plan och termostatventiler övre plan ⁵
$P_{cirkulationspumpar}$ (W)	73 (UPM3 Auto 15-70/130 + Wilo Shuntump) ⁶
$E_{golvvärme}$ (m ²)	8,5 (termostatreglerat ⁷)
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	168 (Thermex Decor 786) ⁸

- 1) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 340,9 m² avvek från beräkning enligt Svebys area-PM och saknade mellanbjälklagets yta mot ute.
- 2) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 0,276 W/m² K enligt ovan baserades på en något felaktigt beräknad A_{om} .
- 3) Inklusiv karm (inläst från relationsritningar)
- 4) Korrigerat värde. Detta då provtryckningskonsultens angivna värde 0,39 l/s/m² enligt ovan baserades på en av hustillverkarens något felaktigt beräknad A_{om} .
- 5) Uponor rumsgivare och Heimeier termostatventiler
- 6) Max 52 W uppskattat för inbyggd UPM3 plus 21W uppmätt på extra shuntump
- 7) Inställd på att hålla +23,5 °C ytemperatur på klinkergolvet (EBECO).
- 8) Enligt ekodesigndeklaration (vid max hastighet, inte intensivläge).

2.3.4 Beskrivning av Hus 4

Tabell 5 Detaljerade data för hus 4.

Nybyggnadsår	2016
Klimatort	Borlänge
Klimatzon	II
F_{geo} (-)	1,2
Hustyp	1½-plan
A_{temp} (m ²)	209,6
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	119,7
A_{om} (m ²)	486,5 ¹
U_m (W/m ² K)	0,245 ²
Fönster (m ²) ³	39,5 (ELIT XCEED ALU 1.0) ³
q_{50} (l/s/m ²)	u.s. ⁴
Vent.system	FTX (Östberg HERU 130 S EC 2)
q_{FTX} (l/s)	74 (OVK 2016-11-08)
$P_{FTX, fläktar}$ (W)	82 (Uppmätt inkl. rotormotor av RISE 2019-01-09)
$\eta_{FTX, tilluft}$ (%)	86,1 (enligt tillverkarens datablad vid 56 l/s)
Värmesystem	Fjärrvärmecentral (Metro Therm)
Värmeddistr.	Golvvärme på nedre och övre plan (vattenburet)
Styrsystem	Rumsgivare på båda plan ⁵
$P_{cirkulationspumpar}$ (W)	27 (Grundfos UPM Auto 15-70 130) ⁶
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	121 (IKEA OMNEJD) ⁷

- 1) Korrigerat värde. Hustillverkarens angivna värde 546,6 m² avsåg klimatskalets utsida
- 2) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 0,218 W/m² K enligt ovan baserades på felaktigt beräknad A_{om} .
- 3) Inklusiv karm (inläst från relationsritningar).
- 4) Husen från denna hustillverkare provtrycks normalt inte. I beräkningarna har ett antaget värde på 0,6 l/s/m² använts.
- 5) LK Rumsreglering ICS.2
- 6) Max effekt (hastighet 2) 33 W varav ca 6 W uppskattas gå till kulvert/golvvärme garage)
- 7) Enligt ekodesigndeklaration (vid max hastighet, inte intensivläge).

2.3.5 Beskrivning av Hus 5

Tabell 6 Detaljerade data för hus 5.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Kil
Klimatzon	II
F_{geo} (-)	1,1
Hustyp	2-plans souterränghus
A_{temp} (m ²)	207,5
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	103,2
A_{om} (m ²)	437,0 ¹
U_m (W/m ² K)	0,247 ²
Fönster (m ²) ³	37,3 (ELIT XCEED ALU 1,0)
q_{50} (l/s/m ²)	u.s. ⁴
Vent.system	FTX (SALDA RIRS 700HE EKO 3.0)
q_{FTX} (l/s)	82 (OVK 2017-01-20)
$P_{FTX, fläktar}$ (W)	95 (enligt datablad, exklusive rotormotor på 6 W) ⁵
$\eta_{FTX, tilluft}$ (%)	87 (enligt tillverkarens datablad vid 82 l/s)
Värmesystem	Bergvärmepump (Thermia Diplomat Optimum 8)
Värmeddistr.	Golvvärme på nedre och övre plan (vattenburet)
Styrsystem	Endast utetemperaturstyrd framledning ⁶
$P_{cirkulationspump}$ (W)	70 (Grundfos UPM2 25-75 180, full fart)
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	157 (Thermex HARWICH) ⁷

- 1) Korrigerat värde. Hustillverkarens angivna värde 486,7 m² avsåg klimatskalets utsida.
- 2) Korrigerat värde. Detta då hustillverkarens angivna värde 0,222 W/m² K enligt ovan baserades på felaktigt beräknad A_{om} .
- 3) Inklusiv karm (inläst från relationsritningar)
- 4) Husen från denna hustillverkare provtrycks normalt inte. I beräkningarna har ett antaget värde på 0,6 l/s/m² använts.
- 5) Aggregatet var fast inkopplat, så det gick inte att mäta på med plugg-in elmätare.
- 6) Fördelningsventiler justeras vid behov manuellt.
- 7) Enligt ekodesigndeklaration (max hastighet, inte intensivläge).

2.3.6 Beskrivning av Hus 6

Tabell 7 Detaljerade data för hus 6.

Nybyggnadsår	2015
Klimatort	Eskilstuna
Klimatzon	III
F_{geo} (-)	1,0
Hustyp	1½-plan ¹
A_{temp} (m ²)	130 ¹
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	81,6 (lätt kryppgrund)
A_{om} (m ²)	322,3 ¹
U_m (W/m ² K)	0,25 ²
Fönster (m ²) ³	17,6 (Polarfönster 3-glas Energiglas 0,86) ³
q_{50} (l/s/m ²)	u.s. ⁴
Vent.system	FX (NIBE F370) + intag bakom radiatorer (nere)/uteluftsventiler (uppe)
q_{FX} (l/s)	45,5 ⁵
$P_{FX, fläktar}$ (W)	45 ⁶
Värmesystem	Frånluftsvärmepump (NIBE F730) + Fjärrvärmemodul (spetsvärme)
Värmeddistr.	Radiatorer på övre och nedre plan (vattenburet)
Styrsystem	Utetemperaturstyrd framledning + termostatventiler (Heimeier)
$P_{cirkulationspump}$ (W)	20 ⁷
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	167 (Bosch DWB06W652) ⁸
$Q_{Avfuktare}$ (kWh/år)	326 ⁹ (placerad i kryppgrund utanför klimatskalet)

- 1) Huset projekterades och levererades som ett enplans hus med möjlighet att senare inreda den andra våningen. De boende inredde dock nästan direkt den andra våningen med egna hantverkare och kompletterade även med ett mindre takfönster. För att kunna jämföra mot mätta värden är angivna värden därför med andra våningen inredd.
- 2) Beräknat med U -värden angivna av hustillverkaren, samt 20 % påslag för köldbryggor.
- 3) Inklusive karm (inläst från relationsritningar).
- 4) I beräkningarna har ett antaget värde på 0,8 l/s/m² använts för att ta höjd för att de boende inrett övre våningen med egna hantverkare.
- 5) Antagit minvärde enligt BBR för 130 m² då OVK avser oinredd vind och A_{temp} 81,6 m².
- 6) Ej uppmätt. Uppskattat utifrån antaget flöde, avläst fläkthastighet och fläktkurvor.
- 7) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata, storlek på hus och systemlösning.
- 8) Enligt ekodesigndeklaration (max hastighet).
- 9) Uppskattning från hustillverkaren (4 kWh/m² bottenplatta)

2.3.7 Beskrivning av Hus 7

Tabell 8 Detaljerade data för hus 7.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Strängnäs
Klimatzon	III
F_{geo} (-)	1,0
Hustyp	1½-plan
A_{temp} (m ²)	164,0 ¹
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	90,9
A_{om} (m ²)	357,0
U_m (W/m ² K)	0,213
Fönster (m ²) ³	20,6 (Trarydfönster Optimal 1.0) ²
q_{50} (l/s/m ²)	0,22 (Täthetsmätning 2017-07-05)
Vent.system	FX (NIBE F730) + spaltventiler
q_{FX} (l/s)	56 (OVK 2019-09-25)
$P_{FX, fläktar}$ (W)	42 ³
Värmesystem	Frånluftsvärmepump (NIBE F730)
Värmeddistr.	Golvvärme nedre plan och radiatorer övre plan (vattenburet)
Styrsystem	Rumsgivare nedre plan och termostatventiler övre plan ⁴
$P_{cirkulationspump}$ (W)	63 ⁵
$E_{golvvärme}$ (m ²)	4,0 (termostatreglerat ⁶)
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	111 (Siemens LI64MC520/04) ⁷

- 1) Beräknad innanför oisolerade stödbensväggar, d.v.s. INTE enligt Svebys area-PM. Beräkning av min-flöde enligt avsnitt 6 i BBR blir annars helt felaktigt!
- 2) Inklusiv karm (inläst från relationsritningar)
- 3) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata och storlek på hus.
- 4) Uponor styrsystem nedre plan och ett-rörsystem med TA-ventiler på övre plan.
- 5) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata, storlek på hus och systemlösning.
- 6) Inställd på att hålla +28 °C ytemperatur på klinkergolvet (EBECO).
- 7) Enligt produktblad: Maximal kapacitet enligt EN 61591.

2.3.8 Beskrivning av Hus 8

Tabell 9 Detaljerade data för hus 8.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Habo
Klimatzon	III
F_{geo} (-)	1,0
Hustyp	1-plan
$A_{temp} = A_{bottenplatta}$ (m ²)	143,8
A_{om} (m ²)	408,0
U_m (W/m ² K)	0,211
Fönster (m ²) ³	22,9 (ELIT XCEED ALU 1.0) ¹
q_{50} (l/s/m ²)	0,24 (Täthetsmätning 2017-06-27)
Vent.system	FX (NIBE F730) + spaltventiler
q_{FX} (l/s)	51 (Uppmätt av RISE 2018-11-22) ²
$P_{FX, fläktar}$ (W)	42 ³
Värmesystem	Frånluftsvärmepump (NIBE F730)
Värmeddistr.	Golvvärme (vattenburet)
Styrssystem	Rumsgivare (Uponor)
$P_{cirkulationspump}$ (W)	63 ⁴
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	173 (Thermex Toulouse) ⁵

- 1) Inklusive karm (inläst från relationsritningar)
- 2) Uppgifter om OVK eller Injusteringsprotokoll saknas.
- 3) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata och storlek på hus.
- 4) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata, storlek på hus och systemlösning.
- 5) Maximalt flöde enligt produktblad.

2.3.9 Beskrivning av Hus 9

Tabell 10 Detaljerade data för hus 9.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Kungsbacka
Klimatzon	IV
F_{geo} (-)	0,9
Hustyp	1-plan
$A_{temp} = A_{bottenplatta}$ (m ²)	140,2
A_{om} (m ²)	430,8
U_m (W/m ² K)	0,20
Fönster (m ²) ³	26,9 (Trarydfönster Optimal 1.0) ¹
q_{50} (l/s/m ²)	0,25 (Täthetsmätning 2017-04-20)
Vent.system	FX (NIBE F750) + spaltventiler
q_{FX} (l/s)	56 (Injusteringsprotokoll 2017- 08-14)
$P_{FX, fläktar}$ (W)	42 ²
Värmesystem	Frånluftsvärmepump (NIBE F750)
Värmedistr.	Golvvärme (vattenburet)
Styrssystem	Rumsgivare (Uponor)
$P_{cirkulationspump}$ (W)	45 ²
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	167 (Siemens LC86KA670/02) ³

- 1) Inklusive karm (inläst från relationsritningar)
- 2) Uppskattat utifrån totalt uppmätt eleffekt med avstängd kompressor och kapacitetsdiagram för Nibe F750.
- 3) Enligt produktblad: Maximal kapacitet (inte intensivläge) enligt EN 61591.

2.3.10 Beskrivning av Hus 10

Tabell 11 Detaljerade data för hus 10.

Nybyggnadsår	2014
Klimatort	Halmstad
Klimatzon	IV
F_{geo} (-)	0,9
Hustyp	1½-plan
A_{temp} (m ²)	194,4
$A_{bottenplatta}$ (m ²)	109,9
A_{om} (m ²)	415,1
U_m (W/m ² K)	0,123 ¹
Fönster (m ²) ³	21,4 (WIEGAND DW-plus 0,8) ²
q_{50} (l/s/m ²)	0,08 (Täthetsmätning 2015-06-03)
Vent.system	FTX (PAUL Novus F 300)
q_{FTX} (l/s)	64 (OVK 2014-06-11)
$P_{FTX, fläktar}$ (W)	66 (Uppmätt av RISE 2018-11-23)
$\eta_{FTX, tilluft}$ (%)	93 (enligt tillverkarens datablad vid 64 l/s) ³
Värmesystem	Bergvärmepump (Thermia Diplomat Optimum 4)
Värmeddistr.	Radiatorer på nedre och övre plan (vattenburet)
Styrsystem	Termostatventiler
$P_{cirkulationspump}$ (W)	Ca 10+7 (Wilo Stratos: PARA25/1-7 t6 TH + PICO 25/1-4-130) ⁴
$E_{golvvärme}$ (m ²)	21,4 (i entré och två större badrum, termostatreglerat ⁵)
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	119 (Siemens iQ 300) ⁶
$Q_{solceller}$ (kWh/år)	5000 ⁷

- 1) Certifierat passivhus enligt Passivhusinstitutet i Darmstadt, Tyskland.
- 2) Inklusive karm (inläst från relationsritningar)
- 3) Förvärmning av uteluften via borrhålet med en Paul MVHR Brine Defroster där vätskeflödet drivs av värmepumpens brinepump.
- 4) Seriekopplade cirkulationspumpar, hydraulisk ”frikoppling” via mellanlagringstank. 7 W avläst på sekundära cirkulationspumpen, 10 W uppskattat medelvärde (on/off).
- 5) Lågt ställda termostater (KIMA), ofta avstängda enligt husägaren.
- 6) Enligt ekodesigndeklaration (max hastighet, inte intensivläge).
- 7) 38 m² solceller placerade högt upp på taket i nära optimalt syd-västläge. Uppmätt produktion 2016 var 5163 kWh.

2.3.11 Beskrivning av Hus 11

Tabell 12 Detaljerade data för hus 11.

Nybyggnadsår	2017
Klimatort	Klippan
Klimatzon	III
F_{geo} (-)	0,9
Hustyp	1-plan
$A_{temp} = A_{bottenplatta}$ (m ²)	121,4 (lätt krypgrund)
A_{om} (m ²)	355,9
U_m (W/m ² K)	0,206
Fönster (m ²) ³	17,2 (Polarfönster 3-glas Energiglas 0,86) ¹
q_{50} (l/s/m ²)	0,39 (Täthetsmätning 2018-11-20)
Vent.system	FX (NIBE F750) + uteluftsintag bakom radiatorer
q_{FX} (l/s)	50 (OVK 2017-06-28)
$P_{FX, fläktar}$ (W)	58 ²
Värmesystem	Frånluftsvärmepump (NIBE F750)
Värmeddistr.	Radiatorer (vattenburet)
Styrssystem	Utegivare + centralt placerad innegivare + termostatventiler
$P_{cirkulationspump}$ (W)	18 ⁴
$q_{spisfläkt}$ (l/s)	167 (Bosch DWB06W652) ⁵
$Q_{Avfuktare}$ (kWh/år)	486 ⁵ (placerad i krypgrund utanför klimatskalet)

- 1) Inklusive karm (inläst från relationsritningar).
- 2) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån flöde, avläst fläkthastighet och fläktkurvor.
- 3) Inte uppmätt. Uppskattat utifrån produktdata, storlek på hus och systemlösning.
- 4) Enligt ekodesigndeklaration (max hastighet).
- 5) Uppskattning från hustillverkaren (4 kWh/m² bottenplatta)

2.4 Övrigt

Inga av de studerade husen visade sig ha tappvarmvattenarmaturer som uppfyller energiklass A, även om de flesta hade armaturer med någon typ av vattenbesparande funktion och i något fall Energiklass B. Enligt BEN2 ska därför såväl i beräkningar som vid normalisering av uppmätta värden schablonvärdet 20 kWh/m² och år för användning av tappvarmvatten tillämpas på samtliga hus.

Samtliga hus har ”5+” i ”Antal rum och kök” motsvarande ca 3,5 personer i bostaden.

3 Resultat

I detta avsnitt redovisas resultaten av energiberäkningar utförda i projekteringskede respektive på färdigställda byggnader, samt i det senare fallet även med två olika energiberäkningsprogram. Därutöver redovisas resultaten av ett fastställande av husens energianvändning genom mätning och normalisering, dels på ett mer detaljerat sätt genom besiktning och datainsamling på plats, dels genom ett mer förenklad förfarande genom energideklarationer baserade på enkäter till de boende och utan besiktning på plats. Inverkan av den normalårskorrigeringsmetoden energi-index som automatiskt görs i Boverkets databas Gripen redovisas också. Därefter görs en jämförelse mellan resultaten av de olika sätten att fastställa husens energianvändning. Slutligen görs en analys av energiberäkningars känslighet för indata respektive normaliseringens känslighet för kvalitet på mätdata.

3.1 Energiberäkningar

För samtliga studerade hus redovisas i det följande tre olika energiberäkningar. Först den av husfabrikanterna utförda energiberäkningen i projekteringskedet. Därefter beräkningar med två olika program, TMF Energi och VIP Energy, avseende de färdigställda husen.

3.1.1 Beräkningar i projekteringskedet

I detta avsnitt redovisas resultaten från husfabrikanternas utförda energiberäkning i projekteringskedet, vilket program och version som användes samt vilken version av BBR och tillhörande kravnivå för energiprestanda som då gällde.

Tabell 23 Sammanställning av husfabrikanternas energiberäkningar i projekteringskedet.

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nybyggnadsår	2015	2017	2017	2016	2017	2015	2017	2017	2017	2014	2017
Klimatzon	I	I	I	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
Hustyp (-plan)	1	2	2	1½	2	1½	1½	1	1	1½	1
A _{temp} (m ²)	173,3	155,6	156,5	209,6	207,5	130,0	164,0	143,9	140,2	194,4	121,4
Vent.system	FTX	FX	FTX	FTX	FTX	FX	FX	FX	FX	FTX	FX
Värmesystem	BVP (inv)	FVP (inv)	FJV	FJV	BVP	FVP +FJV	FVP (inv)	FVP (inv)	FVP (inv)	BVP	FVP (inv)
Beräkn.program	TMF v 3.4	TMF v 5.3	TMF v 5.3	TMF v 4.1	TMF v 4.3	TMF v 3.4	TMF v 5.3	TMF v 5.3	TMF v 6.1	PHPP v 1.0	TMF v 6.1
E _{spec} (kWh/m ² år) ¹	(41) ²	61,4	108,9	93,5	23,6	(62) ³	34,3	37,2	31,5	18	38,8
Kravnivå	95	95	130	110	75	90	55	55	50	55	50
BBR-version	20	22	22	21	21	20	22	22	24	19	24

- 1) I flera av beräkningarna har mycket lägre flöden angivits för spisfläktarna än vad som gäller för de som installerats och i flera fall har A-klassade tappvattenarmaturer angivits vilket inte heller stämmer med vad som installerats.
- 2) Vid beräkningen i projekteringskedet antogs att det skulle vara frånluftsventilation.
- 3) Beräkningen i projekteringskedet avsåg ett enplans hus på 81,6 m² och oinredd vind.

3.1.2 Beräkningar på färdigställda byggnader

Vid beräkningen av energiprestanda för de färdigställda husen har så långt som möjligt samma indata använt av båda beräkningsprogrammet. Detta med det undantaget att VIP Energy kräver mer detaljerade indata, främst avseende fönstertyornas storlek, orientering och transmission av solenergi (g-värde).

3.1.2.1 Beräkningar med TMF Energi

Energiberäkningarna har utförts med senaste versionen av TMF Energi, version 8.11, som är anpassad för BBR26 och BEN2. Vid beräkningen har indata enligt avsnitt 2.3 använts, samt för värmepumpar indata givna av tillverkarna. I de flesta fall (Nibe) har tillverkaren tagit fram indata specifikt för beräkning i TMF Energi. I ett fall (Thermia) har en bergvärmepumps prestanda i en indatapunkt fått uppskattas genom interpolering av data givna för andra driftpunkter och kompressorstorlekar. För fjärrvärmecentraler har ett relativt lågt schablonvärde på 50 W för värmeavgivning vid stand-by antagits. Resultatet av beräkningarna sammanfattas i tabell 14 nedan.

Tabell 34 Energiberäkningar färdigställda byggnader med TMF Energi enligt BBR26 och BEN2.

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nybyggnadsår	2015	2017	2017	2016	2017	2015	2017	2017	2017	2014	2017
Klimatzon	I	I	I	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
F _{geo} (-)	1,4	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
Hustyp (-plan)	1	2	2	1½	2	1½	1½	1	1	1½	1
A _{temp} (m ²)	173,3	155,6	156,5	209,6	207,5	130,0	164,0	143,9	140,2	194,4	121,4
Vent.system	FTX	FX	FTX	FTX	FTX	FX	FX	FX	FX	FTX	FX
Värmesystem	BVP (inv)	FVP (inv)	FJV	FJV	BVP	FVP +FJV	FVP (inv)	FVP (inv)	FVP (inv)	BVP	FVP (inv)
E _{spec} (kWh/m ² år)	33,7	60,5	111,3	94,5	26,9	73,3	37,5	36,4	31,1	32,1 ¹	42,5
Krav nybyggn.år	95	95	130	110	75	90	55	55	50	55	50
EP _{pet} (kWh/m ² år)	44,4	71,6	96,2	85,4	40,9	94,2	59,9	58,2	53,2	55,5 ¹	72,8
Kravnivå BBR26	90	90	90	90	90	90	90	890	90	90	90
Energiklass ²	A	C	D	C	A	D	B	B	B	B ¹	C

- 1) Schablonen i TMF Energi för beräkning av el-golvvärmens energianvändning ger uppenbarligen alldeles för höga värden för stora golvytor. För en beräkning utan el-golvvärme (som i princip inte används i Hus 10) fås istället att E_{spec} = 12,6 kWh/m² år, att EP_{pet} = 20,8 kWh/m² år och att huset har energiklass A, vilket stämmer mycket bättre med den verkliga uppmätta och normaliserade energianvändningen.
- 2) Enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4) om energideklaration för byggnader, BED 10 [9].

Vid en beräkning av de färdigställda byggnaderna klarar samtliga hus med god marginal kravet på specifik energianvändning som gällde när de uppfördes. Däremot klarar två av husen inte nuvarande krav på primärenergital enligt BBR26. I båda fallen gäller detta fjärrvärmda hus.

3.1.2.2 Beräkningar med VIP Energy

Förutom indata enligt avsnitt 2.3 så har WSP tagit del av relationsritningar och konstruktionsritningar, samt tekniska underlag från underleverantörer av värme- och ventilationssystem, fönster och dörrar. Energiberäkningar har gjorts med VIP Energy version 4.1.1. Brukardata som personvärme, tappvarmvatten, inomhustemperatur och hushållsenergi har ställts upp enligt rekommendationer i BEN2. För distributions- och reglerförluster har 1 kWh/m² år antagits samt 4 kWh/m² år för vädringsförluster. Golvvärmens är beräknad med enligt schabloner och rekommendationer från SVEBY. Resultatet av WSP:s energiberäkningar för de färdigställda husen sammanfattas i tabell 16 nedan.

Tabell 46 Energiberäkningar färdigställda byggnader med VIP Energy enligt BBR26 och BEN2.

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nybyggnadsår	2015	2017	2017	2016	2017	2015	2017	2017	2017	2014	2017
Klimatzon	I	I	I	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
F _{geo} (-)	1,4	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
Hustyp (-plan)	1	2	2	1½	2	1½	1½	1	1	1½	1
A _{temp} (m ²)	173,3	155,6	156,5	209,6	207,5	130,0	164,0	143,9	140,2	194,4	121,4
Vent.system	FTX	FX	FTX	FTX	FTX	FX	FX	FX	FX	FTX	FX
Värmesystem	BVP (inv)	FVP (inv)	FJV	FJV	BVP	FVP +FJV	FVP (inv)	FVP (inv)	FVP (inv)	BVP	FVP (inv)
E _{spec} (kWh/m ² år)	29,3	59,4	110,6	86,8	23,5	56,8	35,6	41,1	34,7	16,9 ¹	34,5
+ 10 % påslag ²	31,1	63,5	118,5	93,0	25,1	60,7	37,9	44,0	37,1	-	36,9
Krav nybyggn.år	95	95	130	110	75	90	55	55	50	55	50
EP _{pet} (kWh/m ² år)	39,0	71,6	95,3	79,0	35,7	75,8	57,3	65,7	59,8	35,4 ¹	59,5
+ 10 % påslag ²	41,9	78,0	100,8	84,2	38,2	81,1	61,1	70,4	64,1	-	63,9
Kravnivå BBR26	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Energiklass ³	A	C	D	C	A	C	B	C	B	A	B

- 1) Beräknad med en ännu inte officiell beta-version av VIP Energy som kan hantera solel.
- 2) VIP Energy redovisar även ett värde med 10 % säkerhetsmarginal av värmebehovet.
- 3) Enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4) om energideklaration för byggnader, BED 10 [9]

Även vid energiberäkningarna med VIP Energy klarar samtliga hus med god marginal kravet på specifik energianvändning som gällde när de uppfördes. Däremot är det nu bara ett av de fjärrvärmda husen inte klarar nuvarande krav på primärenergital enligt BBR26. Endast hus med både bergvärmepump och FTX-ventilation får energiklass A.

3.2 Mätning och normalisering

Fastställande av husens energianvändning genom mätning och normalisering enligt Kapitel 3 i BEN 2 har skett på två olika detaljnivåer. Dels genom att de boende har fyllt i en standardiserad enkät (Bilaga 1) utifrån vilken en certifierad energiexpert från Densia har energideklarerat husen utan besiktning på plats och dels genom att RISE har besökt husen och samlat in en större mängd indata. I båda fallen har normalårskorrigerad av normaliserad energianvändning har sedan gjorts via Boverkets databas Gripen.

3.2.1 Normalisering genom energideklarationer

Tabell 17 Sammanställning resultat från energideklarationer (kWh/m² år).

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nybyggnadsår	2015	2017	2017	2016	2017	2015	2017	2017	2017	2014	2017
Klimatzon	I	I	I	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
F _{geo} (-)	1,4	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
A _{temp} (m ²)	173	155	157	209	207	130	164	144	140	184 ⁴	121
Vent.system	FTX	FX	FTX	FTX	FTX	FX	FX	FX	FX	FTX	FX
Värmesystem	BVP (inv)	FVP (inv)	FJV	FJV	BVP	FVP +FJV	FVP (inv)	FVP (inv)	FVP (inv)	BVP	FVP (inv)
FJV _{värme} (1A)	-	-	70,1	56,9	-	44,6	-	-	-	-	-
FJV _{varmvatten} (1B)	-	-	19,7	19,6	-	-	-	-	-	-	-
VED _{värme} (4A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EL _{golvvärme} (8)	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	8,7	-
EL _{VP, värme} (10/11)	30,1	41,9	-	-	37,2	13,1	29,3	41,0	30,7	10,3	28,9
EL _{VP, varmvatten} (14)	8,1	11,6	-	-	8,2	11,5	11,6	11,8	11,4	8,1	11,6
EL _{fastighet} (17)	-	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-
EL _{hushåll} (18)	30,0	-	29,9	30,1	-	-	-	-	-	-	-
Summa (1 - 17) ¹	38,1	53,5	97,5	76,6	45,4	69,2	40,9	52,8	42,1	27,2	40,5
E _{specifik} ²	40,1	55,0	100,9	80,8	48,8	74,7	43,7	55,9	45,4	28,3	44,6
Krav nybyggn.år	95	95	130	110	75	90	55	55	50	55	50
EP _{pet} ³	49,5	64,9	82,6	70,6	72,1	90,2	69,8	89,5	78,8	48,8	77,3
Kravnivå BBR26	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Energiklass	B	B	C	C	C	D ⁵	C	C	C	B	C

- 1) Vid normalt brukande enligt BEN1-2 men före normalårskorrigerad.
- 2) Enligt definition i BBR24 och efter normalårskorrigerad enligt BEN1.
- 3) Enligt definition i BBR26 och efter normalårskorrigerad enligt BEN2.
- 4) Husägaren har i enkäten felaktigt angivit BOA istället för A_{temp} på 194,4 m².
- 5) Med EP_{pet} avrundat nedåt till heltal klarar man precis energiklass C.

Eftersom angivna energimängder i energideklarationerna är angivna i jämna 100-tal kWh/år och A_{temp} i enkäten har angetts i hela m^2 blir det vissa avrundningsfel vid omräkning till enheten kWh/ m^2 år. Detta är orsaken till viss avvikelse från schablonvärdena 30 kWh/ m^2 år för hushållsel och 20 kWh/ m^2 år för användningen av tappvarmvatten.

Enligt energideklarationerna klarar samtliga hus utom Hus 8 med god marginal kravet på specifik energianvändning som gällde när de uppfördes. Däremot klarar Hus 8 det nuvarande kravet på maximalt primärenergital enligt BBR24 om än med mycket liten marginal. När det gäller primärenergital är det istället Hus 6 som ligger strax över kravnivån. Övriga hus klarar även nuvarande krav på primärenergi med god marginal.

I en energideklaration redovisas tyvärr inte verkligt uppmätta värden och hur energiexperten kommit fram till de normaliserade värdena. Det är dock uppenbart utifrån resultaten i avsnitt 3.2.2 att det finns en hel del brister i de genomförda energideklarationerna. Exempelvis har det endast i ett av husen angetts någon fastighetsenergi och i flera fall har i enkäterna inrapporterad användning av ved inte redovisats. Framför allt påverkar detta beräkningen av det nya sättet att redovisa energiprestanda i form av ett primärenergital om fel mängd värmeenergi divideras med den geografiska justeringsfaktorn och/eller om värmeenergin multipliceras med fel primärenergifaktor. Men även det gamla sättet att presentera energiprestanda i form av specifik energianvändning påverkas om fel mängd värmeenergi normalårskorrigeras. En ytterligare felkälla är om den boende vid ifyllande av enkäten inte förstår skillnaden på BOA och A_{temp} vilket var fallet för Hus 10. Identifierade brister i de genomförda energideklarationerna har i flera fall lett till att den deklarerade energiprestandan blivit mer eller mindre felaktig. I vissa fall för hög och i andra fall för låg (se jämförelser i avsnitt 3.3).

3.2.2 Detaljerad stegvis normalisering

I detta avsnitt redovisas för respektive hus en detaljerad stegvis normalisering av uppmätt energianvändning till normalt brukande för respektive hus enligt Kapitel 3 i BEN 2. Normaliseringen utgår i stort från samma underlag som Densia haft tillgång till, men i vissa fall kompletterat med uppgifter och mätningar från besiktningstillfället. I de fall uppmätning av delmängder saknats har schablonvärden och beräkningar enligt BEN2 använts. I fall när anvisningar saknas i BEN2 har antaganden fått göras. I fallet frånluftsvärmepump har en avvikelse från den i BEN2 angivna schablonen för COP vid produktion av tappvarmvatten gjorts, detta då schablonvärdet 1,7 inte bedöms vara relevant för moderna frånluftsvärmepumpar. Här har istället samma schablonvärde som för en bergvärmepump använts, d.v.s. 2,5. Då RISE inte har rapporterat in sina värden i Boverkets databas Gripen har normalårskorrigeringen av värmeenergin gjorts med samma procentsats som framkommit vid utvärdering av energideklarationerna i avsnitt 3.2.1. I många fall är de redovisade ”uppmätta” energimängderna inte verkligen mätta värden utan utifrån olika schabloner och erfarenhet uppskattade delmängder av en större energimängd, vanligtvis fastighetens totala energianvändning per månad uppmätt med elnätbolagets debiteringsmätare och i förekommande fall även fjärrvärmebolagets debiteringsmätare. I många fall finns även en separat undermätare installerad för att mäta elen till värmepump, fläktar och eventuell el-golvvärme. Denna mätare är dock sällan avläst per månad, vilket gör att dess vid husbesöken avlästa energimängd ändå ger en stor osäkerhet vid utvärderingen.

3.2.2.1 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 1"

Två vuxna personer bor i huset. "Byggnadens energianvändning" för 2018 har mätts upp separat till 5206 kWh och hushållselen till 5804 kWh. Därutöver har det angetts att man använder ca 1½ m³ ved motsvarande ca 2220 kWh i en braskamin. Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt mätning och observationer vid husbesöket. Kallvattenanvändningen har angetts till 100 m³/år. FTX-aggregatet beräknas dra ca 700 kWh/år och cirkulationspumpen till golvvärmesystemet ca 400 kWh/år.

Enligt BEN2 är normal användning av tappvarmvatten för ett hus på 173,3 m² med bergvärmepump $20 \times 173,3/2,5 = 1386$ kWh/år. En kallvattenanvändning på 100 m³/år uppskattas ge verklig energianvändning för tappvarmvatten på $0,35 \times 100 \times 55/2,5 = 770$ kWh/år. Husets uppmätta energianvändning ska därför höjas med $1386 - 770 = 616$ kWh/år.

Enligt BEN 2 är normal användning av hushållsel för ett hus på 173,3 m² är $30 \times 173,3 = 5199$ kWh/år vilket är 605 kWh lägre än uppmätt. Om uppvärmningssäsongen antas vara ca 8 månader innebär det 282 kWh/år större internlast än vid normalt brukande. Men å andra sidan bor bara 2 personer i huset istället för det normala 3,5 personer. Minskad internlast från personvärme kan då uppskattas till $1,5 \times 80 \times 8,76 \times (14/24) \times (8/12) = 409$ kWh/år. Den ökade interlasten från hushållsel kompenseras till största delen av det förlorade värmetilskottet från personer och ingen korrektion för internlasten behöver därför göras.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerad av värmemängden för Hus 1 göras med +6,5 %. Hela denna ökning antas belasta värmepumpen på marginalen vilket med ett antagande om ett COP på 2,5 även vid värmning ger en ökning av köpt elenergi på $(5206 - 770 - 400 - 700 + 0,75 \times 2220/2,5) \times 0,065 = 260$ kWh/år.

3.2.2.2 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 2"

Två vuxna och två barn bor i huset. "Byggnadens energianvändning" inklusive el-golvvärme har under perioden slutet juni 2017 till 19 januari 2019 via en separat undermätare uppmätts till 10 182 kWh. Med antagandet att den första höstperioden varit något varmare än årsmedlet för 2018 fås då en uppskattad energianvändning för 2018 på ca 7000 kWh/år, inklusive 7,7 m² el-golvvärme i ett badrum som beräknas förbruka $75 \times 7,7 = 578$ kWh/år. Detta är mycket lägre än fastighetens totalt uppmätta energianvändning för perioden november 2017 till oktober 2018 (13 848 kWh) minus schablonen för hushållsel (4668 kWh) för ett hus på 155,6 m², vilket blir 9180 kWh, men i detta ingår då även varmhållning av ett fristående förråd på 22 m² med direktverkande elradiatorer. Fastighetens totala elanvändning sommartid indikerar å andra sidan att användningen av hushållsel istället skulle vara lägre än normalt. Det är därför svårt att finna något entydigt underlag som stöder att uppmätt värmemängd ska korrigeras upp eller ner beroende på internlasterna eller vilken energimätare man bör utgå ifrån. Ett medelvärde av 7000 och 9180 blir då ca 8000 kWh/år med en maximal osäkerhet på ca 1000 kWh/år.

Enligt BEN2 är normal användning av tappvarmvatten för ett hus på 156,5 m² med frekvensstyrd frånluftsvärmepump (vilken antas ha ett COP på 2,5) $20 \times 155,6/2,5 = 1245$ kWh/år. Enligt BEN2 kan en kallvattenanvändning på 163 m³/år uppskattas ge en verklig energianvändning för tappvarmvatten på $0,35 \times 163 \times 55/2,5 = 1255$ kWh/år. Någon korrektion till normalt brukande av varmvatten behöver därför inte göras.

Frånluftsfläkten beräknas dra ca 400 kWh/år och cirkulationspumpar till radiatorer och golvvärmesystemet ca 450 kWh/år. Kvarvarande energimängd för uppvärmning via värmepumpen blir då $8000 - 1245 - 400 - 450 - 578 = 5327$ kWh/år.

Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, men avläsningen av värmepumpens innetemperaturgivare indikerar att man under uppvärmningssäsongen snarare legat kring 22°C. Enligt BEN2 ska uppmätt energimängd för uppvärmning då sänkas med 5 %. Hela denna sänkning antas belasta värmepumpen på marginalen vilket med ett antagande om ett COP på 2,5 även vid värmning ger en minskning av köpt elenergi på $-(5327 + 578/2,5) \times 0,05 = -278$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 2 göras med +3,6 %. Hela denna ökning antas belasta värmepumpen på marginalen vilket med ett antagande om ett COP på 2,5 även vid värmning ger en ökning av köpt elenergi på $(5327 - 278 + 578/2,5) \times 0,036 = 190$ kWh/år.

3.2.2.3 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 3"

Två vuxna och ett litet barn bor i huset. Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt observationer vid husbesöket. Uppmätt fjärrvärmeanvändning för 2018 är 12 200 kWh och därtill har angetts en användning av ca 2,5 m³ ved motsvarande ca 3700 kWh. 8,5 m² el-golvvärme på ett badrum beräknas förbruka 75 x 8,5 = 638 kWh/år. FTX-aggregatets fläktar beräknas dra ca 640 kWh/år och cirkulationspumpar till radiatorer och golvvärmesystemet ca 480 kWh/år.

Enligt BEN 2 är normal användning av hushållsel för ett hus på 156,5 m² är 30 x 156,5 = 4695 kWh/år. Fastighetens totala elanvändning för 2018 är 6059 kWh, vilket inkluderar el till fläktar, cirkulationspumpar och el-golvvärme enligt ovan samt varmhållning till +3°C av ett garage/förråd på 42 m² med direktverkande elradiatorer. Detta liksom den låga elförbrukningen sommartid indikerar att verklig användning av hushållsel är mycket lägre än normalt och att en korrektion för ca 1000 kWh lägre internlast per år bör göras enligt $1000 \times 0,7 \times (8/12) \approx 600$ kWh/år. Detta med ett antagande om en uppvärmningssäsong på 8 månader.

Uppgift om kallvattenförbrukning saknas varför schablonvärdet för tappvarmvatten får användas, d.v.s. $20 \times 156,5 = 3130$ kWh. Korrigerat till normalt brukande fås då att fjärrvärme för rumsuppvärmning blir $12\,200 - 600 - 3130 = 8470$ kWh.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 3 göras med +4,7 %. Hela denna ökning antas belasta fjärrvärmecentralen vilket ger en ökning av köpt fjärrvärme på $(8470 + 638 + 0,75 \times 3700) \times 0,047 = 559$ kWh/år.

3.2.2.4 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 4"

Två vuxna och ett barn bor i huset. Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt observationer vid husbesöket. Uppmätt fjärrvärmeanvändning 2018 är 17 594 kWh och därtill har angetts att det vintertid eldas med ved några gånger per vecka i en braskamin vilket uppskattas motsvarande ett energiinnehåll på ca 1600 kWh/år. FTX-aggregatets fläktar beräknas dra ca 700 kWh/år och cirkulationspumpen till golvvärmesystemet ca 200 kWh/år. Uppmätt användning av kallvatten har angetts till 150 m³/år.

Enligt BEN2 är normal användning av tappvarmvatten för ett hus på 209,6 m² med fjärrvärme $20 \times 209,6 = 4192$ kWh/år. En uppmätt kallvattenanvändning på 150 m³/år uppskattas ge verklig energianvändning för tappvarmvatten på $0,35 \times 150 \times 55 = 2888$ kWh/år. Husets uppmätta energianvändning för fjärrvärme ska därför höjas med $4192 - 2888 = 1304$ kWh/år för normalisering med avseende på användning av tappvarmvatten.

Enligt BEN 2 är normal användning av hushållsel för ett hus på 209,6 m² är $30 \times 209,6 = 6288$ kWh/år. Fastighetens totalt uppmätta elanvändning för 2018 var dock endast 5455 kWh inklusive ca 900 kWh för drift av fläktar och cirkulationspump, vilket ger en användning av hushållsel på 4555 kWh/år. Detta stöds även av den inrapporterade elanvändningen under sommarmånaderna vilken låg på ca 400 kWh/månad inklusive el till fläktar. Uppmätt fjärrvärmeanvändning för uppvärmning ska därför enligt BEN2 korrigeras ned enligt $-(6288 - 4555) \times 0,7 \times 8/12 = -809$ kWh/år. Detta med ett antagande om en uppvärmningssäsong på 8 månader.

Normaliserad energianvändning för uppvärmning med fjärrvärme blir då enligt ovanstående $17\,594 - 4192 + 1304 - 809 = 13\,889$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerad av värmemängden för Hus 4 göras med +7,5 %. Hela denna ökning antas belasta fjärrvärmecentralen vilket ger en ökning av köpt fjärrvärme på $(13\,889 + 0,75 \times 1600) \times 0,075 = 1132$ kWh/år.

3.2.2.5 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 5"

Två vuxna och ett barn bor i huset. Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt observationer vid husbesöket. Fastighetens totalt uppmätta elanvändning (innan installation av braskamin) var 8607 kWh/år. FTX-aggregatets fläktar beräknas dra ca 800 kWh/år och cirkulationspumpen till golvvärmesystemet ca 400 kWh/år.

På grund av mycket torr sommar och nyanlagd gräsmatta är kallvattenanvändningen inte användbar för bedömning av hur mycket varmvatten som används. Enligt BEN 2 får då en normal elanvändning med en bergvärmepump antas enligt $20 \times 207,5 / 2,5 = 1660$ kWh/år.

Separat el-undermätare avseende "byggnadens energianvändning" saknades men totalt uppmätt elanvändning sommartid indikerar en användning av hushållsel på ca 3000 kWh/år. Detta innebär att uppmätt el-energianvändning för uppvärmning blir $8607 - 1660 - 400 - 800 - 3000 = 2747$ kWh/år. Den avsevärt lägre användningen av hushållsel än den normala för ett hus på 207,5 m² vilken är $207,5 \times 30 = 6225$ kWh/år innebär enligt BEN2 att uppmätt elenergi för uppvärmning ska reduceras ytterligare enligt $(6225 - 3000) \times 0,7 / 2,5 \times 8 / 12 = 602$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 5 göras med +9,0 %. Hela denna ökning antas belasta värmepumpen på marginalen vilket med ett antagande om ett COP på 2,5 även vid värmning ger en ökning av köpt elenergi på $(2747 - 602) \times 0,09 = 193$ kWh/år.

3.2.2.6 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 6"

Två vuxna och två barn bor i huset. Förbrukningen av fjärrvärme är för perioden november 2017 till oktober 2018 uppmätt till 7100 kWh/år och fastighetens totala elanvändning är för samma period 9170 kWh/år. En separat elmätare för frånluftsvärmepumpen har under ca 45 månader mätt upp 13 439 kWh. Detta innebär att själva värmepumpen inklusive frånluftsfläkt och cirkulationspump i genomsnitt använt ca 3600 kWh/år. Av detta beräknas frånluftsfläkten dra ca 380 kWh/år och cirkulationspumpen till radiatorerna ca 120 kWh/år.

Användningen av kallvatten är 137 m³ vilket enligt BEN2 ger att användningen av tappvarmvatten kan uppskattas till $0,35 \times 137 = 48$ m³ vilket är väldigt nära den normala användningen som baklänges kan beräknas till $20 \times 130 / 55 = 47$ m³. Ingen normalisering för avvikande användning av tappvarmvatten behöver därför göras.

Värmepumpens andel av köpt energi för värme respektive tappvarmvatten i förhållande till fjärrvärme antas vara samma som andelen av totalt köpt energi för värme och tappvarmvatten, d.v.s. ca 1/3. Med antagande om ett COP på 2,5 för frånluftsvärmepumpen fås då att den står för ca 50 % av tappvarmvattenproduktionen vilket ger en elanvändning på $10 \times 130 / 2,5 = 520$ kWh/år. Fjärrvärmens andel av köpt energi för tappvarmvatten blir då 1300 kWh/år. Köpt energi till uppvärmning blir då $3100 - 520 = 2580$ kWh/år el och $7100 - 1300 = 5800$ kWh/år fjärrvärme.

Uppmätt total elanvändning under sommaren indikerar att användningen av hushållsel är ca 4000 kWh/år vilket också är väldigt nära det normala för den här storleken av hus enligt BEN2, d.v.s. $30 \times 130 = 3900$ kWh/år. Detta innebär att inte heller någon korrektion för avvikande internlast behöver göras.

I huset kryppgrund finns en avfuktare som vars elanvändning av hustillverkaren uppskattas 430 kWh/år. Denna el ska ingå i fastighetselen och bedöms inte vara kopplad på den separat elmätaren. Skillnaden mellan totalt uppmätt elanvändning minus hushållsel, värmepumpsel och avfuktare, $9170 - 3900 - 3600 - 430 = 1240$ kWh/år, kan åtminstone delvis förklaras med att ett sämre isolerat garageförråd på ca 10 m² värms upp till ca +10°C med direktverkande el.

Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, men avläsningen av värmepumpens innetemperaturgivare indikerar att man under uppvärmningssäsongen snarare legat kring 22 - 23°C. Enligt BEN2 ska uppmätt energimängd för uppvärmning då sänkas med ca 7 %. Denna sänkning antas påverka värmepumpens och fjärrvärmens del av uppvärmningsenergin med samma procentsats. För frånluftsvärmepumpen fås då en minskning av köpt elenergi på $-2580 \times 0,07 = -181$ kWh/år och för fjärrvärmens fås en minskning av köpt elenergi på $-5800 \times 0,07 = -406$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerad värmemängden för Hus 6 göras med +9,4 %. Med ett antagande om ett COP på 2,5 även vid värmning fås då en ökning av köpt elenergi på $(2580 - 181) \times 0,094 = 226$ kWh/år, samt en ökning av köpt fjärrvärme på $(5800 - 406) \times 0,094 = 507$ kWh/år.

3.2.2.7 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 7"

Två vuxna och två barn bor i huset. Fastighetens totala elanvändning under perioden 2017-12-01 – 2018-11-30 är 8018 kWh/år. En separat elmätare för "byggnadens energianvändning" (värmepump och 4 m² el-golvvärme) har under ca 13,5 månader mätt upp 6234 kWh. Detta innebär att själva värmepumpen inklusive frånluftsfläkt, cirkulationspump samt el-golvvärme i genomsnitt använt ca 5500 kWh/år. Av detta beräknas frånluftsfläkten dra ca 380 kWh/år, cirkulationspumpar till radiatorer och golvvärmesystem ca 400 kWh/år och el-golvvärme $4 \times 75 = 300$ kWh/år.

Uppmätning av kallvattenanvändning saknas. Det får därför antas att huset har en normal användning av tappvarmvatten och köpt el för detta kan då beräknas enligt följande $20 \times 164/2,5 = 1320$ kWh/år. Kvarvarande köpt el för uppvärmning med värmepumpen blir då $5500 - 1320 - 380 - 400 - 300 = 3100$ kWh/år.

Utifrån total elanvändning och undermätarens uppmätta värde kan hushållselen beräknas till ca 2500 kWh/år. Detta är avsevärt mycket lägre än normalvärdet för detta hus som är $30 \times 164 = 4920$ kWh/år. Detta bekräftas också av den låga elanvändningen under sommarmånaderna. Detta innebär att korrektion enligt BEN2 måste göras för avvikande internlast. Minskad elanvändning för uppvärmning kan vid en normalisering beräknas till $-(4920 - 2500) \times 0,7/2,5 \times 8/12 = -452$ kWh/år.

Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt observationer vid husbesöket, varför ingen korrektion behövs för detta.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 7 göras med +9,6 %. Med ett antagande om att ökningen endast belastar värmepumpen fås då en ökning av köpt elenergi på $(3100 - 452 + 300) \times 0,096 = 283$ kWh/år.

3.2.2.8 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 8"

Två vuxna och två barn bor i huset. Huvudmätaren för el betjänade ett flertal byggnader på fastigheten varför den inte var användbar för utvärdering av det aktuella husets energiprestanda. Däremot finns en separat elmätare för "byggnadens energianvändning" (frånluftsvärmepumpen) som under ca 14 månader mätt upp 8028 kWh. Detta innebär att själva värmepumpen inklusive frånluftsfläkt och cirkulationspump i genomsnitt använt ca 6900 kWh/år. Av detta beräknas frånluftsfläkten dra ca 320 kWh/år och cirkulationspumpen till golvvärmesystemet ca 300 kWh/år. Därutöver finns enligt nedan egen brunn vilket kräver en vattenpump som beräknas dra ca 100 kWh/år. Denna är sannolikt inte kopplad på undermätaren. Braskamin finns men har inte använts då ytttemperaturen blir farligt hög för de små barnen.

Uppmätning av kallvattenanvändning saknas då huset har egen brunn. Därför skulle det kunna antas att huset har en normal användning av tappvarmvatten och köpt el för detta kan då beräknas enligt följande $20 \times 143,9/2,5 = 1151$ kWh/år. Dock finns i huset ett bubbelbad som misstänks ha bidragit till att uppmätt energianvändning har blivit högre än beräknat. Detta då en förälder varit hemma och föräldraledig under större delen av mätperioden och bubbelbadet sannolikt använts en hel del. Det saknas dock enligt ovan kallvattenmätning för att kunna verifiera detta. Lågt räknat kan man dock anta att "nettoförbrukningen" ökat till 25 kWh/m² år. Köpt el blir då istället beräknas $25 \times 143,9/2,5 = 1439$ kWh/år. Vid en normalisering ska då husets uppmätta energianvändning minskas med 288 kWh/år till 6612 kWh/år. Kvarvarande köpt el för uppvärmning med värmepumpen blir då $6612 - 1151 - 320 - 300 = 4841$ kWh/år.

Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt observationer vid husbesöket, varför ingen korrektion behövs för detta.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 8 göras med +7,7 % vilket ger en ökning av köpt elenergi på $4841 \times 0,077 = 373$ kWh/år.

3.2.2.9 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 9"

Två vuxna personer bor i huset. Fastighetens totala energianvändning under perioden oktober 2017 till september 2018 (innan luft-luftvärmepump installerades i garaget) var 7917 kWh. En undermätare på värmepumpen har från 1 september 2017 till 26 november 2018 mätt upp 5128 kWh el. Detta uppskattas motsvara en årsförbrukning på ca 4400 kWh. Av detta beräknas frånluftsfläkten dra ca 370 kWh/år och cirkulationspumpen till golvvärmesystemet ca 300 kWh/år. Mellanskillnaden mellan total elanvändning och undermätaren är ca 3500 kWh/år, men i detta ingår även viss varmhållning i ett dubbelgarage på ca 37 m². Elanvändningen sommartid indikerar att hushållselen är minst 3000 kWh/år. Om det antas att användningen av hushållsel då är ca 3200 kWh/år så är det ca 1000 kWh/år lägre än den normala användningen för ett hus av denna storlek $30 \times 140,2 = 4206$ kWh/år. Vidare kan minskad internlast från personvärme uppskattas till $1,5 \times 80 \times 8,76 \times (14/24) \times (8/12) = 409$ kWh/år. Uppmätt elenergi för uppvärmning ska då sänkas med $-1409 \times 0,7/2,5 \times 8/12 = -263$ kWh/år för att korrigera för avvikelsen i internlast.

I huset finns även en braskamin. Enligt uppgift från de boende används ca en 40 liters säck med björkved från Plantagen per vecka under vinterhalvåret. Enligt Plantagens hemsida så innehåller deras 40 liters säck 15 kg björkved med ett energiinnehåll på ca 64 kWh. Om man antar 26 säckar per år så fås ca 1 m³ björkved med ett energiinnehåll på cirka 1664 kWh/år.

Enligt BEN2 är normal användning av tappvarmvatten för ett hus på 140,2 m² med frånluftsvärmepump $20 \times 140,2/2,5 = 1122$ kWh/år. En uppmätt kallvattenanvändning på 87 m³/år ger uppskattad energianvändning för tappvarmvatten på $0,35 \times 87 \times 55/2,5 = 670$ kWh/år. Värmepumpens uppmätta elanvändning ska därför höjas med $1122 - 670 = 452$ kWh/år för normalisering med avseende på användning av tappvarmvatten.

Inomhustemperatur på 22 - 23°C har angetts i enkäten, vilket vid husbesöket också stämde med de loggade värdena från värmepumpens innetemperaturgivare. Detta innebär att uppmätt energi för uppvärmning enligt BEN2 ska sänkas med ca 7 % för att korrigeras till normalt brukande; $-(4400 + 452 - 1122 - 263 + 0,75 \times 1664/2,5) \times 0,07 = -278$ kWh/år vilket ger att värmepumpens elanvändning för uppvärmning (innan normalårskorrigerings) blir $4400 + 452 - 1122 - 263 - 278 = 3189$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 9 göras med +10,7 % vilket ger en ökning av köpt elenergi till värmepumpen för värming på $(3189 + 0,75 \times 1664/2,5) \times 0,107 = 394$ kWh/år.

3.2.2.10 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 10"

Två vuxna och två barn bor i huset. Normal inomhustemperatur på 20 - 21°C har angetts i enkäten, vilket också verkar stämma enligt observationer vid husbesöket, varför ingen korrektion behövs för detta. Huset har 38 m² solceller som under 2016 producerade 5163 kWh el. Utifrån månadsvis uppmätning av såld och köpt el kan man räkna fram ett årligt energibehov på 5863 kWh inklusive hushållsel och före avdrag för nyttiggjord solex innanför systemgränsen "byggnadens energianvändning" enligt BBR. Utifrån mätningarna kan man också räkna fram att då reduktion av totalt köpt el p.g.a. solcellerna är 1322 kWh/år så är totalt köpt elenergi inklusive hushållsel 4541 kWh/år. Energitillbehovet under sommarmånaderna är ca 350 kWh/månad. Av detta kan ca 50 kWh/månad antas gå till drift av FTX-aggregatets fläktar och ytterligare ca 50 kWh/månad antas gå till varmvattenproduktion. Återstår då ca 250 kWh/mån för hushållsel vilket ger 3000 kWh/år, vilket mycket lägre än schablonen i BEN, $30 \times 184 = 5520$ kWh/år, och som skulle ge orimliga resultat om den användes i det följande.

Om vi antar att ca 2/3-delar av reduktionen för solex hamnar på hushållselen så blir köpt el för hushållsel $3000 - 880 = 2120$ kWh. Återstår då ca $4541 - 2120 = 2421$ kWh köpt energi innanför Boverkets systemgräns för "Energianvändning" (inklusive en reduktion på för solex på 442 kWh). Enligt angiven kallvattenförbrukning blir dock enligt BEN elanvändningen för tappvarmvattenproduktion endast $97 \times 0,35 \times 55/2,5 = 746$ kWh/år jämfört med normal elanvändning enligt BEN $20 \times 184 / 2,5 = 1472$ kWh/år. Elanvändningen för produktion av tappvarmvatten ska då ökas med $1472 - 746 = 726$ kWh/år, men med ett antagande om att 15 % av detta också skulle täckas av solceller fås då en ökning av köpt elenergi innanför systemgränsen på 616 kWh/år. Totalt köpt energi innanför systemgränsen blir då $2421 + 616 = 3037$ kWh/år. Med antagandet om att solexen reducerar köpt el för produktion av tappvarmvatten med 15 % fås då $1472 \times 0,85 = 1251$ kWh/år köpt el för detta ändamål. Återstår då $3037 - 1251 = 1786$ kWh/år för uppvärmning och fastighetsel. Enligt tidigare antas fläktarna dra 50 kWh/mån vilket ger 600 kWh/år, vilket med ca 25 % reduktion för solex ger 450 kWh köpt el. Med litet värmebehov och kort uppvärmningssäsong kan det årliga energibehovet för cirkulationspumpen uppskattas till 50 kWh. Återstår då endast $1786 - 450 - 50 = 1286$ kWh el för att täcka värmebehovet med värmepump och el-golvvärme.

I det aktuella huset finns en separat elmätare för el-golvvärmens som för 2016 visar en elanvändning på 128 kWh, vilket är avsevärt mycket lägre än olika schabloner som används i beräkningar och energideklarationer. Återstående köpt el till värmepump för värmning blir då $1286 - 128 = 1158$ kWh/år.

Den låga internlasten från hushållsel innebär dock att denna energimängd Enligt BEN2 ska korrigeras ned enligt följande $-(5520 - 3000) \times 0,7/2,5 \times 6/12 = -353$ kWh/år. Detta med antagandet om en värmesäsong på bara 6 månader. Med antagandet att bidrag från solex reducerar denna energimängd med 10 % fås då att köpt el till värmepump för värmning vid normalt brukande blir $1158 - 0,9 \times 353 = 840$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 10 göras med +5,7 % vilket ger en ökning av köpt elenergi till värmepumpen för värmning på $(840 + 128/2,5) \times 0,057 = 51$ kWh/år.

3.2.2.11 Detaljerad stegvis normalisering för "Hus 11"

Två vuxna och två barn bor i huset. Fastighetens totala elanvändning för perioden 2017-11-01 till 2018-10-31 var 9749 kWh. Separat elmätare på värmepumpen finns som visar 8289 kWh uppmätt under perioden 2017-06-28 till 2018-11-19. Inflyttning skedde dock först 2017-08-09. Från mitten av december 2017 till mitten av januari 2018 hade man ett kompressorstopp med en uppskattad överförbrukning på ca 1200 kWh. Detta innebär att fastighetens totala elanvändning ska justeras ned till 8549 kWh/år och att undermätaren mätta värde för samma period kan uppskattas till ca 5300 kWh/år. Av detta beräknas frånluftsfläkten dra ca 500 kWh/år och cirkulationspumpen till golvvärmesystemet ca 120 kWh/år. Det finns även en avfuktare i kryppgrunden med en av hustillverkaren uppskattad årsförbrukning på 486 kWh. Elanvändningen sommardag indikerar att avfuktaren ingår i undermätaren.

Ovanstående innebär att hushållselen kan uppskattas till $8549 - 5300 = 3249$ kWh/år vilket är något lägre än det normala för detta hus, $121,4 \times 30 = 3642$ kWh/år. Enligt BEN2 ska då uppmätt energi för värming med värmepumpen sänkas något enligt följande; $-(3642 - 3249) \times 0,7/2,5 \times 8/12 = -73$ kWh/år.

Angiven kallvattenanvändning är 116 m³ vilket enligt BEN2 ger en uppskattad elanvändning för tappvarmvatten på $116 \times 0,35 \times 55/2,5 = 893$ kWh/år vilket är något lägre än det normala $20 \times 121,4/2,5 = 971$ kWh/år. Uppmätt energianvändning för tappvarmvatten ska då höjas med 78 kWh/år.

Inomhustemperatur på 22 - 23°C har angetts i enkäten, vilket vid husbesöket också stämde med de loggade värdena från värmepumpens innetemperaturgivare. Detta innebär att uppmätt energi för uppvärmning enligt BEN2 ska sänkas med ca 7 % för att korrigeras till normalt brukande enligt följande $-(5300 - 500 - 120 - 73 + 78 - 971 - 486) \times 0,07 = -226$ kWh/år. Detta ger sammantaget att värmepumpens elanvändning för uppvärmning (innan normalårskorrigerings) blir $5300 - 500 - 120 - 73 + 78 - 971 - 486 - 226 = 3002$ kWh/år.

Enligt energideklarationen ska normalårskorrigerings av värmemängden för Hus 11 göras med +14,3 % vilket ger en ökning av köpt elenergi till värmepumpen för värming på $3002 \times 0,143 = 429$ kWh/år.

3.2.2.12 Sammanställning av resultat för detaljerad normalisering

I tabell 18 nedan sammanfattas resultaten från den detaljerade normaliseringen. För att lättare jämföra olika stora hus och även de olika bidragen till de samlade värdena för energiprestanda har samtliga värden räknats om till enheten kWh/m² år.

Tabell 18 Sammanställning resultat detaljerad normalisering (kWh/m² år).

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nybyggnadsår	2015	2017	2017	2016	2017	2015	2017	2017	2017	2014	2017
Klimatzon	I	I	I	II	II	III	III	III	IV	IV	IV
F _{geo} (-)	1,4	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
A _{temp} (m ²)	173,3	155,6	156,5	209,6	207,5	130,0	164,0	143,9	140,2	194,4	121,4
Vent.system	FTX	FX	FTX	FTX	FTX	FX	FX	FX	FX	FTX	FX
Värmesystem	BVP (inv)	FVP (inv)	FJV	FJV	BVP	FVP +FJV	FVP (inv)	FVP (inv)	FVP (inv)	BVP	FVP (inv)
FJV _{värme} (1A)	-	-	54,1	66,3	-	41,5	-	-	-	-	-
FJV _{varmvatten} (1B)	-	-	20,0	20,0	-	10,0	-	-	-	-	-
VED _{värme} (4A)	12,8	-	23,6	7,6	-	-	-	-	11,9	-	-
EL _{golvvärme} (8)	-	3,7	4,1	-	-	-	1,8	-	-	0,7	-
EL _{VP, värme} (10/11)	19,2	32,4	-	-	10,3	18,5	16,1	33,6	22,7	4,3	24,7
EL _{VP, varmvatten} (14)	8,0	8,0	-	-	8,0	4,0	8,0	8,0	8,0	6,4	8,0
EL _{fastighet} (17)	6,3	5,5	7,2	4,3	5,8	7,2	4,8	5,0	4,8	2,6	9,1
EL _{hushåll} (18)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	22,0	30,0
Summa (1-17) ¹	46,4	49,6	109,0	98,2	24,1	81,1	30,7	46,6	47,4	14,0	41,8
E _{specifik} ²	47,9	50,8	112,6	103,6	25,1	86,7	32,4	49,2	50,2	14,2	45,4
Krav nybyggn.år	95	95	130	110	75	90	55	55	50	55	50
EP _{pet} ³	55,8	61,4	94,2	93,0	38,4	105,5	51,8	78,8	78,6	23,7	77,6
Kravnivå BBR26	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Energiklass	B	B	C	D	A	D	B	C	C	A	C

1) Vid normalt brukande enligt BEN1-2 men före normalårskorrigerig.

2) Enligt definition i BBR24 och efter normalårskorrigerig enligt BEN1.

3) Enligt definition i BBR26 och efter normalårskorrigerig enligt BEN2.

Vid den mer detaljerade normaliseringen klarar samtliga hus utom Hus 9 de energikrav som gällde när de uppfördes. Däremot klarar inga av de fjärrvärmade husen dagens energikrav enligt BBR26. Samtliga hus med värmepump av något slag, även Hus 9, klarar dagens krav. Två hus med FTX-ventilation och bergvärmepump får energiklass A och det tredje huset med samma installationstekniska lösning hamnar strax över gränsen. Två hus med frånluftsvärmepump hamnar långt under kravnivåerna, tre hamnar närmare kravnivåerna och ett över. I Hus 8 misstänks ett bubbelbadkar orsaka den höga energianvändningen och att Hus 9 inte kravet vid uppförandet beror på angiven mängd ved.

3.2.3 Inverkan av Boverkets normalårskorrigerings

Efter normalisering till normalt brukande görs alltid en normalårskorrigerings av energimängden för uppvärmning. Denna korrigerings görs vid en energideklaration automatiskt enligt SMHI-metoden energi-index när en energiexpert rapporterar in sina värden till Boverkets databas Gripen. Normalårskorrigeringsen är alltså inget som energiexperten gör. I tabell 19a-b nedan redovisas inverkan av normalårskorrigeringsen för samtliga studerade hus, dels baserat på resultaten från den detaljerade stegvisa normaliseringen dels från den förenklade energideklarationen (ED).

Tabell 19a Inverkan av normalårskorrigerings på energideklarerade värden (kWh/m² år).

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
E _{specifik, okorrigerat}	38,1	53,5	97,5	76,6	45,4	69,2	40,9	52,8	42,1	27,2	40,5
EP _{pet, okorrigerat}	46,4	62,5	79,0	66,3	66,7	84,0	67,0	86,3	75,5	47,8	73,2
Korrektion (%) ¹	+6,5	+3,6	+4,7	+7,5	+9,0	+9,4	+9,6	+7,7	+10,7	+5,7	+14,3
EP _{specifik, korrigerat}	40,1	55,0	100,9	80,8	48,8	74,7	43,7	55,9	45,4	28,3	44,6
EP _{pet, korrigerat}	49,5	64,9	82,6	70,6	72,1	90,2	69,8	89,5	78,8	48,8	77,3

1) Korrigerings av uppvärmningsens del av den totala energianvändningsen.

Tabell 19b Inverkan av normalårskorrigerings på detaljerat normaliserade värden (kWh/m² år).

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
E _{specifik, okorrigerat}	46,4	43,5	109,0	98,2	24,1	81,1	30,7	46,6	47,4	14,0	41,8
EP _{pet, okorrigerat}	53,4	59,5	91,7	88,5	36,8	98,8	49,1	74,6	74,1	23,3	71,9
Korrektion (%) ¹	+6,5	+3,6	+4,7	+7,5	+9,0	+9,4	+9,6	+7,7	+10,7	+5,7	+14,3
E _{specifik, korrigerat}	47,9	50,8	112,6	103,6	25,1	86,7	32,4	49,2	50,2	14,2	45,4
EP _{pet, korrigerat}	55,8	61,4	94,2	93,0	38,4	105,5	51,8	78,8	78,6	23,7	77,6

1) Korrigerings av uppvärmningsens del av den totala energianvändningsen.

Normalårskorrigeringsen ökar i samtliga fall den uppmätta energianvändningsen och kan i vissa fall vara skillnaden mellan att klara energikraven eller inte. I flera fall har också fördelningen mellan uppvärmningsenergi och övrig energi (vilket skiljer en del mellan energideklarationerna och den mer detaljerade normaliseringen) stor betydelse för den samlade energiprestandan. Speciellt gäller detta primärenergitalet. Sveby har gjort en utredning kring normalårskorrigerings [10]. Enligt nedersta avsnittet i sammanfattningen på sid 2 Energi-index är en osäker metod för normalårskorrigerings och att en traditionell graddagskorrektion fungerar bättre. Energi-index är en teoretiskt sett mer avancerad metod med potential att ge en mer korrekt normalårskorrigerings. Men i praktisk användning (Boverkets databas Gripen) kan det bli tvärtom. Detta då man i Boverkets korrektion använder generella schabloniserade data för ett referenshus som kan avvika avsevärt från det aktuella huset. Hur stor inverkan detta eventuellt kan ha haft på de aktuella husen är svårt att bedöma. Dock vet vi att de senaste åren i genomsnitt har varit varmare än perioden 1981 - 2010 som SMHI:s normalår är baserat på, så det är fullt rimligt att korrektionen i samtliga fall har inneburit en ökning av den uppmätta värmemängden. Om den hade blivit större eller mindre vid användning av en graddagskorrektion eller en förfinad variant av energi-index skulle kräva ett separat projekt och kommer inte att närmare studeras i föreliggande projekt. Man bör dock vara medveten om att det finns en viss osäkerhet i den korrektion som gjorts.

3.3 Analys av resultaten

3.3.1 Jämförelse av specifik energianvändning

I detta avsnitt görs i tabell 20 och i diagram 1 för samtliga studerade hus en jämförelse mellan beräknade och uppmätta energiprestanda i form av specifik energianvändning.

Tabell 20 Beräknad och uppmätt specifik energianvändning E_{specifik} (kWh/m² år).

Hus	Energiberäkningar				Energimätning ¹		Kravnivå i BBR vid projektering
	Projekterad byggnad	Färdigställd byggnad			Densia	RISE	
		TMF Energi	VIP Energy	VIP Energy +10% ²			
1	(41) ³	33,7	29,3	31,1	40,1	47,9 ↑	95
2	61,4	60,5	59,4	63,5	55,0	50,8 ↓	95
3	108,9	111,3	110,6	118,5	100,9 ↓	112,6	130
4	93,5	94,5	86,8	93,0	80,8 ↓	103,6 ↑	110
5	23,6	26,9	23,5	25,1	48,8 ↑	25,1	75
6	(62) ⁴	73,3	56,8 ↓	60,7 ↓	74,7 ↓	86,7 ↑	90
7	34,3	37,5	35,6	37,9	43,7 ↑	32,4 ↓	55
8	37,2	36,4	41,1	44,0	55,9 ↑	49,2 ↑	55
9	31,5	31,1	34,7	37,1	45,4	50,2 ↑	50
10	18,0	32,1 ↑	16,9	(ej beräknat)	28,3 ↑	14,4	55
11	38,8	42,5	34,5 ↓	36,9 ↓	44,6	45,4	50

- 1) Normaliserade och normalårskorrigerade värden enligt BEN1-2.
- 2) 10% påslag på värmedelen.
- 3) Beräkningen i projekteringskedet avsåg F-ventilation.
- 4) Beräkningen i projekteringskedet avsåg 1 plan med oinredd vind.

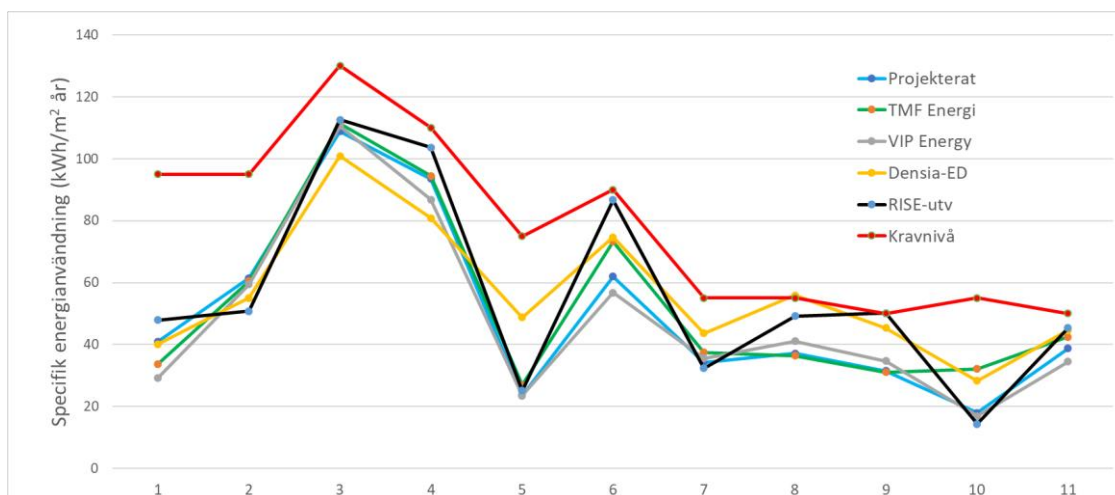


Diagram 1 Beräknad och uppmätt specifik energianvändning E_{specifik} (kWh/m² år).

Hus 2 är klart bättre än beräknat och Hus 7 är något bättre än beräknat. Hus 3, 5, 10 och 11 är ungefär som beräknat. Hus 1, 4 och 6 är sämre än beräknat. Hus 8 och 9 har mycket högre energianvändning än beräknat. VIP Energy räknar för lågt på Hus 6 och 11. TMF Energi räknar för högt på el-golvvärmerna i Hus 10 (men ganska rätt på solelen).

3.3.2 Jämförelse av primärenergital

I detta avsnitt görs i tabell 21 och i diagram 2 för samtliga studerade hus en jämförelse mellan beräknade och uppmätta energiprestanda i form av primärenergital. Här finns inga projekterade värden med då krav på primärenergital inte fanns när byggnaderna projekterades. Dagens energikrav på primärenergital är 90 kWh/m² för samtliga hus.

Tabell 21 Beräknade och uppmätta primärenergital E_{specifik} (kWh/m² år).

Hus	Energiberäkningar färdigställd byggnad			Energimätning ¹		Kravnivå i BBR 25-27
	TMF Energi	VIP Energy	VIP Energy +10% ²	Densia	RISE	
1	44,4	39,0	41,9	49,5	55,8 ↑	90
2	71,6	71,6	78,0	64,9	61,4 ↓	90
3	96,2	95,3	100,8 ↑	82,6 ↓	94,2	90
4	85,4	79,0	84,2	70,6 ↓	93,0 ↑	90
5	40,9	35,7	38,2	72,1 ↑	38,4	90
6	94,2	75,8 ↓	81,1 ↓	90,2 ↓	105,5 ↑	90
7	59,9	57,3	61,1	69,8 ↑	51,8 ↓	90
8	58,2	65,7	70,4	89,5 ↑	78,8 ↑	90
9	53,2	59,8	64,1	78,8	78,6 ↑	90
10	55,5 ↑	35,4 ↑	(ej beräknat)	48,8 ↑	23,7	90
11	72,8	59,5 ↓	63,9 ↓	77,3	77,6	90

1) Normaliserade och normalårskorrigerade värden enligt BEN1-2.

2) 10% påslag på värmedelen.

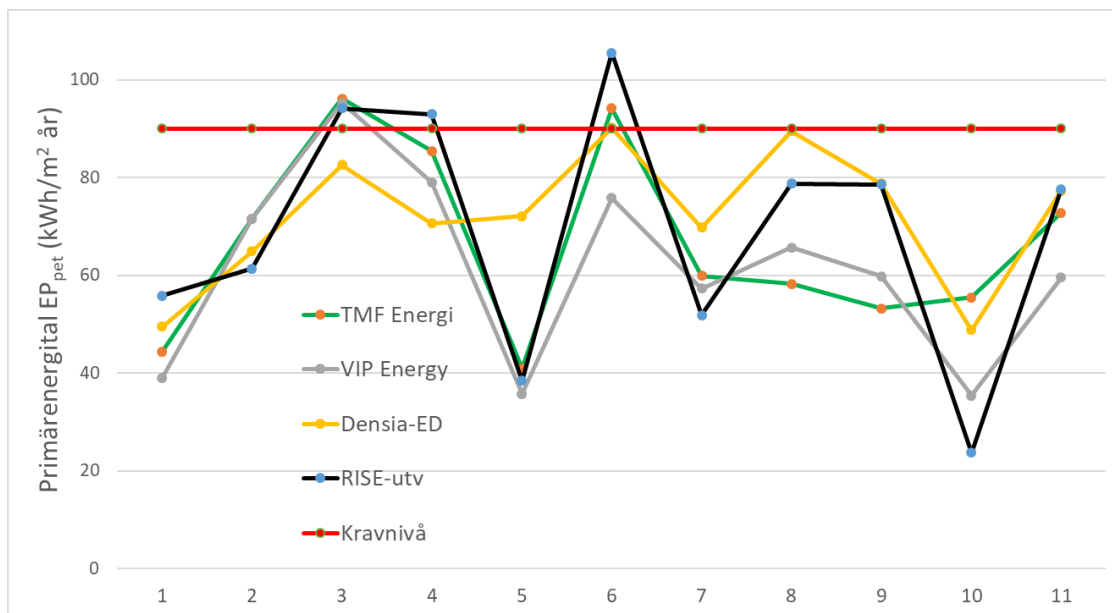


Diagram 2 Beräknade och uppmätta primärenergital EP_{pet} (kWh/m² år).

Spridningen mellan beräkningar och mätningar ökar nu i flera fall beroende på olika fördelning mellan uppvärmningsenergi och övrig energi. Densias energideklarationer avviker därför nu ännu mer i flera fall. De tre husen med fjärrvärme får nu svårt att klara energikravet enligt beräkningar och/eller enligt mätningar. VIP Energy räknar fel på primärenergitalet för Hus 10. Densias energideklarationer avviker i flera fall väl mycket från den mer detaljerade normaliseringen som RISE har gjort.

3.3.3 Jämförelse mot kravnivåerna

I tabell 22a nedan redovisas hur beräknade och uppmätta värden för respektive hus och i medeltal procentuellt förhåller sig till kravet på specifik energianvändning som gällde vid uppförandet.

Tabell 22a Procent under kravnivån för specifik energianvändning.

Hus	Projekterat	TMF Energi	VIP Energy	VIP +10 %	Densia-ED	RISE-utv.
1	-56,8	-64,5	-69,2	-67,3	-57,8	-49,6
2	-35,4	-36,3	-37,5	-33,2	-42,1	-46,5
3	-16,2	-14,4	-14,9	-8,8	-22,4	-13,4
4	-15,0	-14,1	-21,1	-15,5	-26,5	-5,8
5	-68,5	-64,1	-68,7	-66,5	-34,9	-66,5
6	-31,1	-18,6	-36,9	-32,6	-17,0	-3,7
7	-37,6	-31,8	-35,3	-31,1	-20,5	-41,3
8	-32,4	-33,8	-25,3	-20,0	+1,6	-10,5
9	-37,0	-37,8	-30,6	-25,8	-9,2	+0,4
10	-67,3	-41,6	-69,3	- ¹	-48,5	-73,8
11	-22,4	-15,0	-31,0	-26,2	-10,8	-9,2
Medel	-38,2	-33,8	-40,0	-32,7	-26,2	-29,1

I tabell 22b nedan redovisas hur beräknade och uppmätta värden för respektive hus och i medeltal procentuellt förhåller sig till kravet på primärenergital som gäller idag (BBR25-27).

Tabell 22b Procent under kravnivån för primärenergital.

Hus	TMF Energi	VIP Energy	VIP +10 %	Densia-ED	RISE-utv.
1	-50,7	-56,7	-53,4	-45,0	-38,0
2	-20,4	-20,4	-13,3	-27,9	-31,8
3	+6,9	+5,9	+12,0	-8,2	+4,7
4	-5,1	-12,2	-6,4	-21,6	+3,3
5	-54,6	-60,3	-57,6	-19,9	-57,3
6	+4,7	-15,8	-9,9	+0,2	+17,2
7	-33,4	-36,3	-32,1	-22,4	-42,8
8	-35,3	-27,0	-21,8	-0,6	-12,4
9	-40,9	-33,6	-28,8	-12,4	-17,7
10	-38,3	-60,7	- ¹	-45,8	-73,7
11	-19,1	-33,9	-29,0	-14,1	-13,8
Medel	-26,0	-31,9	-24,0	-19,8	-23,4

I medeltal ligger av RISE uppmätt och normaliserad energianvändning för de 11 studerade småhusen 29 % under kravet på specifik energianvändning vid uppförandet och 23 % under dagens krav på primärenergital enligt BBR25-27.

Införandet av BEN1-2 och krav på primärenergital i BBR25-27 tycks ha inneburit en generell skärpning av energikraven, vilket framför allt påverkar fjärrvärmade hus.

3.3.4 Jämförelse beräkningar vs mätningar

I tabell 23a jämförs samtliga beräkningar samt Densias energideklarerade värden avseende specifik energianvändning mot den av RISE genomförda stegvisa normaliseringen vilken antas ligga närmast det verkliga utfallet.

Tabell 23a I procentuellt förhållande till stegvis normaliserad specifik energianvändning.

Hus	Projekterat	TMF Energi	VIP Energy	VIP +10 %	Densia-ED
1	-14,4	-29,6	-38,8	-35,1	-16,3
2	20,9	19,1	16,9	25,0	8,3
3	-3,3	-1,2	-1,8	5,2	-10,4
4	-9,7	-8,8	-16,2	-10,2	-22,0
5	-6,0	7,2	-6,4	0,0	94,4
6	-28,5	-15,5	-34,5	-30,0	-13,8
7	5,9	15,7	9,9	17,0	34,9
8	-24,4	-26,0	-16,5	-10,6	13,6
9	-37,3	-38,0	-30,9	-26,1	-9,6
10	(25,0)	(122,9)	(17,4)	-	(96,5)
11	-14,5	-6,4	-24,0	-18,7	-1,8
Medel	-11,1	-8,3	-14,2	-8,3	7,7

I tabell 22b jämförs samtliga beräkningar samt Densias energideklarerade värden avseende primärenergital mot den av RISE genomförda stegvisa normaliseringen vilken antas ligga närmast det verkliga utfallet.

Tabell 23b I procentuellt förhållande till stegvis normaliserade primärenergital.

Hus	TMF Energi	VIP Energy	VIP +10 %	Densia-ED
1	-20,4	-30,1	-24,9	-11,3
2	+16,6	+16,6	+27,0	+5,7
3	+2,1	+1,2	+7,0	-12,3
4	-8,2	-15,1	-9,5	-24,1
5	+6,5	-7,0	-0,5	+87,8
6	-10,7	-28,2	-23,1	-14,5
7	+15,6	+10,6	+18,0	+34,7
8	-26,1	-16,6	-10,7	+13,6
9	-32,3	-23,9	-18,4	+0,3
10	(+134,2)	(+49,4)	-	(+105,9)
11	-6,2	-23,3	-17,7	-0,4
Medel	-6,3	-11,6	-5,3	7,9

Om man bortser från Hus 10 så hamnar både VIP Energy med 10 % säkerhetsmarginal och TMF Energi relativt nära det verkliga utfallet. Båda beräkningsprogrammen ligger i genomsnitt ca 8 % under det verkliga utfallet för specifik energianvändning. VIP Energy med 10 % säkerhetsmarginal och TMF Energi hamnar vidare i genomsnitt 5 % respektive 6 % under det verkliga utfallet för primärenergital. Skillnaderna mot det verkliga utfallet kan till stor del förklaras med att man i flera fall angivit vedeldning i braskaminer med låg schablonmässig verkningsgrad.

3.4 Känslighetsanalys

3.4.1 Energiberäkningars känslighet för indata

Oavsett hur avancerat beräkningsprogram man använder så är det beroende av korrekta indata för att kunna räkna så rätt som möjligt. Osäkerheter i indata kommer alltid att finnas. Därför bör beräknad energiprestanda alltid ha en viss marginal till gällande kravnivå. I nedanstående tabell redovisas känsligheten för Hus 2 och Hus 3 för några olika indata. Detta då de har olika installationstekniska lösningar, det ena med frånluftsvärmepump och det andra med fjärrvärme och FTX-ventilation. I övrigt är husen ganska lika.

Tabell 24 Exempel på energiprestandans känslighet för indata (kWh/m² år)

	Hus 2 (FVP)		Hus 3 (FJV+FTX)	
	E _{specifik}	EP _{pet}	E _{specifik}	EP _{pet}
Indata enligt 2.3.1-2	60,5	71,6	111,3	96,2
U _m -värde +10 %	65,5	77,1	120,2	102,7
η _{FTX, tilluft} (70 %)	-	-	120,3	102,7
Fastighetsel +50 %	62,8	75,5	113,2	98,9
Låg passiv solinstrålning ¹	62,3	73,6	117,9	100,9
q ₅₀ (0,8 l/s/m ²)	61,5	72,7	123,5	105,0
Hög vindutsatthet ¹	60,7	71,8	116,0	99,6
q ₅₀ (0,8 l/s/m ²) + hög vindutsatthet	62,7	74,0	133,5	112,3

1) I samtliga beräkningar med TMF Energi i avsnitt 3.1.2 har "normal" passiv solinstrålning och "måttlig" vindavskärmning använts som indata, vilket också är det allra vanligaste vid användning av detta program.

Som framgår av ovanstående så är huset med frånluftsvärmepump mindre känsligt för osäkerheter i indata och dessutom har det god marginal upp till kravnivåerna. Men om flera indata ger ett fel åt samma håll så kan det bli problem att klara energikraven även för detta huset. Omvänt så är huset med fjärrvärme och FTX-ventilation mycket känsligare för osäkerheter i indata och dessutom ligger det redan från början över kravnivån för primärenergital för ett nybyggt hus enligt nuvarande BBR.

Felaktig bedömning av passiv solinstrålning har också stor betydelse liksom fel indata avseende behovet av fastighetsel, det senare speciellt när kravet är primärenergital där all fastighetsel ska multipliceras med primärenergifaktorn 1,6.

Som framgår av ovanstående så är energiberäkningen mycket känslig för att korrekt U_m-värde används i beräkningen. Att inte räkna köldbryggor på ett korrekt sätt utan använda sig av schablonvärden kan därför mycket väl vara en förklaring till vissa avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden.

För huset med FTX-ventilation framgår det också att det är mycket viktigt att prestanda för värmeåtervinningen verkligen blir så bra i praktiken som man räknat med.

Sammanlagringseffekten av fel i indata avseende både lufttäthet och vindutsatthet är större än summan av de enskilda felen i indata.

3.4.2 Mätningars känslighet för kvalitet på mätdata

Även vid ett besök i ett hus är det svårt att fastställa allt som skulle behövas för att bestämma en byggnads energiprestanda. Förutom månadsvisa värden på elanvändning och i förekommande fall fjärrvärme så fås bara en ögonblicksbild av husets status vid besökstillfället. Eventuellt kan vissa momentana mätningar av temperatur, eleffekt och luftflöden göras. Med enkäter kan man fånga upp en del av beteendet men inte allt. Nedan listas ett antal punkter med orsaker till att kvalitet på eller brist på mätdata och information gör en uppmätning och normalisering enligt BEN mycket svår att utföra med ett säkerställt resultat

- Fastighetens elmätare mäter på mer än huset (andra byggnader, el-bil).
- Värmepumpen eller fjärrvärmecentralen betjänar mer än huset.
- Värmepumpen är placerad i ett fristående garage.
- Undermätare ”värmesystem” saknas eller är ej avläst.
- Fler undermätare skulle behövas.
- Vad mäts med och när startades undermätaren?
- Schablonen för el-golvvärme stämmer inte.
- Energibalansen mellan olika energimätare stämmer inte.
- Inomhustemperaturen är okänd.
- Vädringsbeteende är okänt.
- De boende har varit på en lång vintersemester.
- Schablonen för hushållsel stämmer inte med verkligheten.
- Kallvattenmätning saknas eller är otillförlitlig.
- Schablonen för tappvarmvatten stämmer inte.
- Schablonen för värmepumpen stämmer inte.
- Värmepumpens kompressor har varit trasig under mätperioden.
- De boende har ändrat luftflöden och andra inställningar.
- Huset är utrustat med solceller (och eventuellt ett el-batteri).
- Använd mängd biobränsle är okänd/osäker och därmed dess energiinnehåll.

Exempelvis kan nämnas att i denna studie så indikerar fastighetens elmätare för Hus 2 en mycket högre energianvändning än undermätaren. Men undermätaren är inte avläst under samma period och huvudmätaren inkluderar en viss eluppvärmning av ett fristående förråd. Att då välja att utgå från ett medelvärde innebär i det här fallet en maximal ”mätosäkerhet” avseende specifik energianvändning på $\pm 6 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$, vilket är större än någon av de enskilda mätosäkerheterna för energiberäkningen av Hus 2 som redovisades i föregående avsnitt.

För flera av husen i studien innebär de boendes inrapporterade användning av ved till deras braskamin en stor osäkerhet i analysen av energiprestandan. Sannolikt uppstår ofta övertemperaturer med överdriven vädring som följd i ett nybyggt och välisolerat hus. Hur ska man normalisera för detta? Vedeldning har också låg verkningsgrad vilket försämrar uppmätt energiprestanda jämfört med om man inte eldade. I flera fall har braskaminen installerat efter färdigställandet av huset eller tillkommit i ett sent skede, varför det inte funnits med i beräkningen vid projekteringen. I beräkningen av de färdigställda husen har vi inte heller räknat med vedeldning.

4 Slutsatser

Med tanke på att de flesta beräkningarna i projekteringsskedet gjordes innan Boverkets förordning om normalt brukande (BEN1-2) fanns är det ändå god överensstämmelse mellan beräkningar avseende specifik energianvändning gjorda med TMF Energi i projekteringsskedet och beräkningar gjorda på de färdigställda byggnaderna med den senaste versionen av TMF Energi enligt BEN2.

TMF Energi liksom VIP Energy, när den senare tillämpar 10 % säkerhetsmarginal på värmedelen, ligger i genomsnitt väldigt nära det ”verkliga” utfallet på energiprestanda. Skillnaderna mot det verkliga utfallet kan till stor del förklaras med att man i flera fall angivit vedeldning i braskaminer med låg schablonmässig verkningsgrad. Spridningen för flera av de enskilda husen är dock relativt stor varför man bör lägga sig något under kravnivån i en energiberäkning. Det finns framför allt anledning att med VIP Energy räkna med 10 % säkerhetsmarginal på uppvärmningsenergin, annars är risken stor att det uppmätta utfallet blir högre än beräknat.

Det går inte att säga att VIP Energy (med 10 % säkerhetsmarginal) eller TMF Energi generellt underskattar energianvändningen i hus med frånluftsvärmepumpar eller bergvärmepumpar. Av fem småhus med frånluftsvärmepumpar hamnar beräknad energiprestanda i två fall under och i tre fall över uppmätt och normaliserad prestanda.

Det kan vara väl så stora osäkerheter vid en bestämning av energiprestanda för en byggnad baserat på mätningar som vid en beräkning av en färdigställd byggnad. Orsaken är att man många gånger får förlita sig på en elmätare för hela fastigheten som förutom hushållsel även kan betjäna andra byggnader på fastigheten, motorvärmare, med mera. Bara schablonen för hushållsel innebär i sig en stor källa till osäkerhet. I de fall en undermätare finns är denna sällan avläst ens på årsbasis vilket innebär ytterligare en felkälla även om den i ibland kan ge bättre information än huvudmätaren. En korrekt utvärdering av primärenergitalet enligt BBR26 skulle kräva fler än en undermätare, speciellt gäller detta om huset dessutom är utrustat med solceller. Men även med flera undermätare återstår osäkerheter kring hur de boendes beteende kan ha påverkat energianvändningen, exempelvis värdringsbeteende.

Energideklarationer gjorda via enkäter och utan besök i byggnaden bedöms inte ge en bättre bestämning av en byggnads energiprestanda än en beräkning. I många fall bedöms den snarare kunna bli sämre.

Om skillnaderna mellan beräknad och uppmätt energiprestanda beror på felaktiga indata för klimatskal och/eller installationer i beräkningarna eller om det beror på att man vid normaliseringen inte lyckats fånga in alla avvikelser från det ”normala” är svårt att avgöra. Sannolikt är det en kombination av båda. Att beräknade värden i genomsnitt ligger något lägre än uppmätt energiprestanda innebär i alla fall att man bör ha viss marginal till kravnivåerna i sina beräkningar.

Införandet av BBR25-26, BEN1-2, geografiska justeringsfaktorer och primärenergital tycks ha inneburit en generell skärpning av energikraven och framför allt är det för fjärrvärmda hus som det blivit svårare att klara energikraven. Boverkets remissförslag till ändrade energikrav 2020 innebär istället att det blir lättare att klara energikraven med fjärrvärme och svårare att klara energikraven med frånluftsvärmepumpar.

Både beräkningsprogram och energideklarationer har svårt att hantera stora golvytor med el-golvvärme på ett korrekt sätt (energimängden kan kraftigt överskattas).

Det finns stora brister i BEN och i Boverkets energideklarationsunderlag om hur el från solceller ska hanteras.

5 Behov av ytterligare arbete

Det finns behov av att ytterligare studera och analysera skillnader mellan beräknad och uppmätt energianvändning. Detta skulle dock krävas långtidsmätningar på ett antal hus där olika energiflöden mäts upp separat. Eventuellt skulle mätdata från studien ”kontrollstation 2015” kunna utnyttjad för detta.

Allt fler nybyggda småhus utrustas med kombinationen värmepump och solceller. Det saknas idag anvisningar i bland annat BEN om hur el från solceller ska behandlas, detta såväl när det gäller energiberäkningar som utvärdering av uppmätt energianvändning. Det vore bra med en studie där man noga mätte upp el-energiflöden i ett antal hus med värmepumpar och solceller. Dels för att få ett bättre underlag till energiberäkningar dels för att kunna ta fram schabloner att använda vid energideklarationer av befintliga hus med solceller och där tillräcklig mängd undermätare saknas.

Det skulle behövas ett antal studier för att närmare studera hur de olika schabloner och korrektionsformler som anges i BEN fungerar i praktiken och eventuellt kan förbättras. Det är bland annat uppenbart att angivna schabloner för frånluftsvärmepumpars COP är föråldrade och inte kan användas på de produkter som installeras i nya hus. Hur man ska hantera eldning av ved i braskaminer är något man också borde titta närmare på, då detta kan innebära en icke försumbar försämring av uppmätt energiprestanda.

Då framför allt fjärrvärmda hus med FTX-ventilation tycks ha svårt att klara dagens energikrav och då uppmätt energianvändning tenderar att hamna högre än beräknat skulle det vara av intresse att i fält studera vilken verkningsgrad installerade FTX-aggregat verkligen har. Detta då den genomförda känslighetsanalysen visar att en försämrade verkningsgrad jämfört med vad som beräknats kan ha en lika stor betydelse som fel i beräknat U_m -värde.

6 Referenser

1. Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BBR24, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2016:13.
2. Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BBR26, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2018:4.
3. Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002 om byggnaders energiprestanda
4. Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning)
5. Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN2, BFS 2016:12 med ändringar till och med BFS 2017:6.
6. <https://www.tmf.se/bransch/teknik--forskning/tmf-energi/>
7. <https://strusoft.com/products/vip-energy>
8. Levin, P., Snygg, J., Resultat från energiberäkningstävling för ett flerbostadshus, Sveby-programmet, Projektrapport 2011-10-03.
9. Boverkets föreskrifter och allmänna råd om energideklaration för byggnader, BED 10, BFS 2007:4 med ändringar till och med BFS 2018:11.
10. Isaksson, P., Carling, P., Normalisering av byggnadens energianvändning - sammanfattad version, Sveby-programmet, Projektrapport 2013-12-20

Bilaga 1 – Checklista vid husinventering

För varje hus som studerats i projektet gjordes en inventering på plats av RISE. Vid denna inventering användes nedanstående checklista. Därutöver dokumenterades varje objekt genom att olika delar av intresse fotograferades. Av sekretesskäl redovisas i rapporten inga av dessa bilder.

Checklista vid husbesök		Hus _____ Datum _____
Total elanvändning, minst 12 månader:	_____	Inflyttning: _____
Total fjärrvärmeanvändning, minst 12 månader:	_____	
Udermätare för värmesystem? _____	Års-/månadsvärden? _____	
Rätt värmepump? _____	Max installerad eleffekt: _____ kW	
Inställningar värmepump:	_____	
Övrigt värmepump:	_____	
OVK-/injusteringsprotokoll: _____	Injusterat totalflöde: _____ l/s	
Typ av fläktar: _____	Eleffekt fläkt(ar)? _____ W	
Radiatorer: _____	Golvvärme: _____	
Termostatventiler: _____	Rumsgivare: _____	
Extra cirkulationspump(ar)? _____		
<u>Elgolvvärme?</u> _____	Fuktvakt på vind? _____	
Energieffektiva blandare? _____	(fotografera) Kallvatten: _____	
Avfuktare? _____	Robotgräsklippare? _____	
Infravärmare? _____	Motorvärmare? _____	
Uppvämt garage/förråd? _____	Annan elförbrukare? _____	
Centralsugare? _____	Spisfläkt: _____ (fotografera)	
Övriga vitvaror: _____	(fotografera)	
Stämmer A-ritningarna? _____	Dokumentera fönstertyp: _____ (fotografera)	
Oinredd vind? _____	Braskamin? _____	
Övrigt: _____	_____	

Bilaga 2 - Energideklarationsenkät

DENSIA AB
ENERGIDEKLARATION SMÅHUS
ENKÄT TILL FASTIGHETSÄGAREN

Fastighetsbeteckning (kommun + benämning)
[Redacted]
.....

Ägare
[Redacted]
.....
[Redacted]
.....
[Redacted]
.....

Adress
[Redacted]
.....

Postnummer [Redacted] **Postort** [Redacted]

E-postadress
[Redacted]
.....

Telefonnummer [Redacted] **Mobiltelefonnummer** [Redacted]

DENSIA AB

Byggnadstyp, välj friliggande, mellanliggande eller gavelhus (en byggnad som bara delar vägg med grannhus genom carport eller garage anses som friliggande).

Nybyggnadsår

I genomsnitt, hur många bor i huset? (Det går bra att skriva t.ex 3,5, om någon bor där på deltid)

Håller ni normal inomhustemperatur? Runt 20-21 °C?

Varmvatten produceras av :

Varmvattenberedare som körs på el

Pelletspanna

Frånluftsvärmepump

Luft-vatten värmepump

Berg-, jord- eller sjövärmepump

Fjärrvärme

Annat, vad:

Vattenförbrukning

m³/år

DENSIA AB

Ventilation

Typ av ventilationssystem, välj mellan

.... **S** – Självdrag (inget fläktsystem i byggnaden förutom ev. köksfläkt och/eller typ pax fläkt i badrum)

.... **F** – Mekaniskt frånluftssystem (Mekaniskt frånluftssystem (takfläkt dvs. ett luftsug i badrum, WC och tvättstuga)

.... **FX** – Frånluftssystem med värmeåtervinning (t.ex. frånluftsvärmepump)

.... **FT** Mekaniskt från- och tilluftssystem (fläkt blåser in friskluft och tar ut luft i badrum, WC, tvättstuga)

.... **FTX** – Mekaniskt från- och tilluftssystem med värmeåtervinning t.ex. plattvärmeväxlare eller frånluftsvärmepump utökad med tilluftsfäkt.

Radon

Har radon mätts i huset (ja/nej) om ja bifoga protokoll.

Uppvärmd area (boarea + biarea, exkl. ev. garage), A_{temp} (titta i din energiberäkning för huset där A_{temp} står):

..... m²

Används hela huset som bostad (ja/nej) ?

Om nej, vilken annan verksamhet bedrivs i huset:

.....

Och hur stor del av huset (i %) nyttjas för denna:

..... %

DENSIA AB

Vilka energislag nyttjas i byggnaden?

- Fjärrvärme Luft/vatten värmepump
- Ved (braskamin, panna) Luft/luft värmepump
- Pellets
- Berg, sjö- eller jordvärmepump
- Frånluftsvärmepump

Finns elgolvvärme så ange på hur stor yta: m²

Ange energiförbrukningen i kWh och/eller förbrukad mängd bränsle (lämna med fakturor som visar förbrukning):

kWh m³ (ved, pellets etc.)

Separat elförbrukning för värmekälla (om inbyggd eller separat elmätare finns): kWh

Finns andra elmätare installerade (vad/kWh):

kWh

För vilken 12-månaders period gäller förbrukningen:

Ange elförbrukning:

Juni: kWh

Juli: kWh

Augusti: kWh

DENSIA AB

Finns det:

... spa-bad med värme °C nyttjas hela året?

... pool med värme °C vilka månader?

... luftkonditionering

... elbil, typ, mil/år

Andra stora maskiner:

Andra uppvärmda byggnader (ex. separat garage, förråd, Attefallshus etc.). Ange storlek, inomhustemperatur och värmekälla (ex. element):

<input type="text"/>	<input type="text"/> m ²	<input type="text"/> °C	värmekälla: <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/> m ²	<input type="text"/> °C	värmekälla: <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/> m ²	<input type="text"/> °C	värmekälla: <input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/> m ²	<input type="text"/> °C	värmekälla: <input type="text"/>

Finns solfångare? Ja... Nej...

Om ja, hur många: m²

Finns solceller? Ja... Nej...

Om ja, hur många: m²

Bilaga 3 – Inverkan av Boverkets förslag till ändrade energikrav 2020

Den 9 juli 2019 skicka Boverket ut en remiss med förslag till ändring av energikraven i Boverkets Byggregler (BBR). Boverket föreslår att primärenergifaktorer ändras till viktningsfaktorer för energibärarna el, fjärrvärme, fjärrkyla, biobränsle, olja och gas. Primärenergital behålls som mått på byggnadens energiprestanda. Viktningsfaktorerna har tagits fram enligt ett kostnadsoptimalt angreppssätt och ger möjlighet att ta hänsyn till teknikneutralitet och till andel förnybar energi i energibäraren. Förslaget grundas på en föreslagen ändring i plan- och byggförordningen. Viktningsfaktorer föreslås enligt tabell 25.

Tabell 25 Förslagna viktningsfaktorer

Energibärare	Viktningsfaktor
El	1,8
Fjärrvärme	0,7
Fjärrkyla	0,6
Biobränsle	0,6
Olja	1,8
Gas	1,8

Ingen förändring i formeln för beräkning av primärenergitalet föreslås förutom att de tidigare primärenergifaktorerna byts ut mot viktningsfaktorer enligt ovan. För småhus föreslås heller ingen ändring av högsta tillåtna primärenergital, d.v.s. det är fortfarande $90 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år som gäller. Dock innebär viktningsfaktorerna en skärpning för elvärmade hus och en lättnad för fjärrvärmade hus jämfört med tidigare BBR25-27.

Vidare föreslås kravet för klimatskärmens högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficient för småhus skäras från $0,40$ till $0,30 \text{ W/m}^2 A_{\text{om}}$ och K. Inget av de i detta projekt studerade husen överskred enligt beräkningar denna skärpta kravnivå.

I tabell 26 och diagram 3 görs för de i detta projekt studerade husen en jämförelse mellan primärenergital beräknade med TMF Energi enligt BBR25-27 och primärenergital beräknade med en modifierad version av TMF anpassad till Boverkets remissförslag. I tabell 27 och diagram 4 görs sedan för samma hus en jämförelse mellan uppmätta och normaliserade primärenergital enligt BBR25-27 och uppmätta och normaliserade primärenergital enligt Boverkets remissförslag.

Som framgår av tabell 26 och diagram 3 är det med en energiberäkning enligt nuvarande BBR27 svårast att klara energikraven med de fjärrvärmade husen. Däremot klarar samtliga hus energikravet beräknat enligt remissförslaget. Dock hamnar hus 6 med frånluftsvärmepump och fjärrvärmespets väl nära kravnivån. Därutöver är det endast två hus med frånluftsvärmepump som hamnar över $80 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$, ett 2-plans hus i Jämtland och ett mindre 1-plans hus i Skåne. Intressant att notera är att om hus 11 beräkningsmässigt flyttas till Kiruna så klarar det energikravet enligt BBR27 med $EP_{\text{pet}} = 84,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$ men inte energikravet enligt remissförslaget med $EP_{\text{pet}} = 95,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.

Tabell 26 Jämförelse mellan BBR25-27 och Boverkets remissförslag 2019-07-09 avseende energiberäkningar enligt BEN2, kapitel 2.

Hus	Värme- och vent.	EP _{pet} , BBR25-27 (kWh/m ² A _{temp} år)	EP _{pet} , remissförslag (kWh/ m ² A _{temp})
1	BVP+FTX	44,4	50,0
2	FVP/FX	71,6	80,5
3	FJV+FTX	96,5	77,5
4	FJV+FTX	85,4	62,6
5	BVP+FTX	40,9	46,0
6	FJV+FVP/FX	94,2	89,6
7	FVP/FX	59,9	67,4
8	FVP/FX	58,2	65,4
9	FVP/FX	53,2	59,9
10	BVP+FTX	55,5/20,8 (med/utan elgolvvärme)	62,5/23,4 (med/utan elgolvvärme)
11	FVP/FX	72,8	81,9

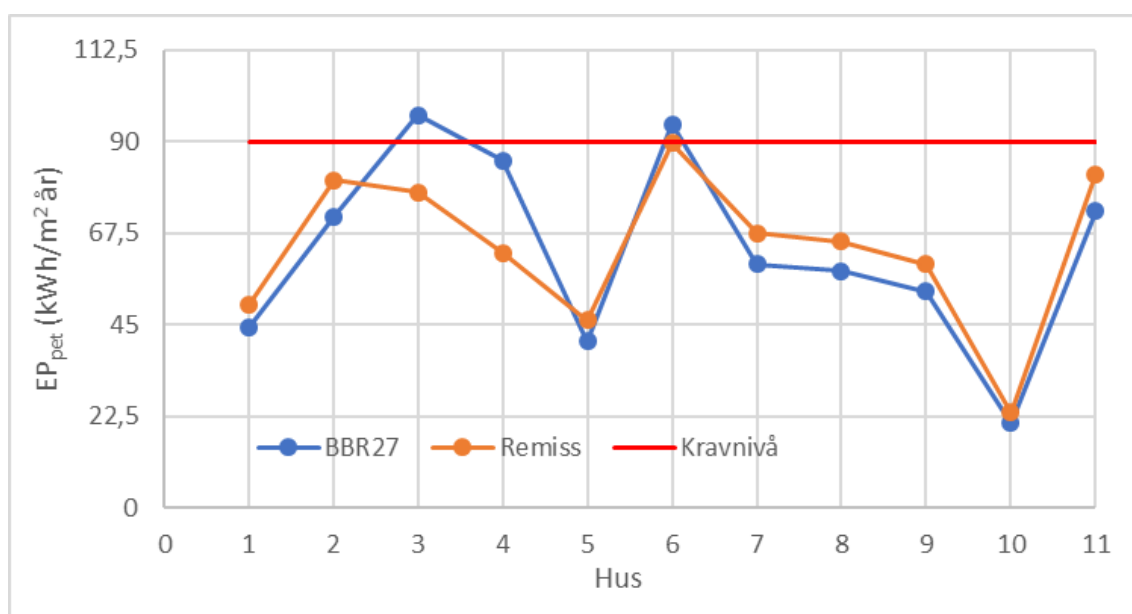


Diagram 3 Jämförelse beräknad energiprestanda enligt BBR27 jämfört med remissförslaget.

Som framgår av tabell 27 och diagram 4 klara inget av de fjärrvärmda husen nuvarande energikrav i BBR27 enligt uppmätt och normaliserad energianvändning. Övriga hus, med någon typ av värmepump, klarar med god till mycket god marginal nuvarande energikrav i BBR27 enligt uppmätt och normaliserad energianvändning. Däremot klarar nu samtliga hus utom hus 6, det med kombinationen fjärrvärme och frånluftsvärmepump, energikravet i Boverkets remissförslag. Övriga två fjärrvärmda hus med FTX-ventilation hamnar nu istället med god marginal under kravnivån. Nu är det istället två hus med frånluftsvärmepump, hus 8 och 11, som hamnar nära kravnivån. Att hus 9 enligt remissförslaget inte ökar lika mycket som hus 8 och 11 beror på den stora andelen ved som nu viktas ned från 1,0 till 0,6 i beräkningen av inlevererad värmemängd. Hus 8 har vi sedan tidigare konstaterat att det använder mycket mer energi än beräknat. En förklaring kan vara onormal vädring och/eller extremt hög användning av tappvarmvatten. Det senare kan bero på att man installerat ett bubbelbad och att en förälder varit föräldraledig med ett mindre barn under mätperioden. Resultatet för hus 11 påverkas mycket av en hög normalårskorrigeringsfaktor.

Tabell 27 Jämförelse mellan BBR25-27 och Boverkets remissförslag 2019-07-09 avseende uppmätt och normaliserad energianvändning enligt BEN2.

Hus	Värme- och vent.	EP _{pet} , BBR25-27 (kWh/m ² A _{temp} år)	EP _{pet} , remissförslag (kWh/ m ² A _{temp})
1	BVP+FTX	55,8	57,8
2	FVP/FX	61,4	69,1
3	FJV+FTX	94,2	71,2
4	FJV+FTX	93,0	67,4
5	BVP+FTX	38,4	43,2
6	FJV+FVP/FX	105,5	95,3
7	FVP/FX	51,8	58,3
8	FVP/FX	78,8	88,6
9	FVP/FX	78,6	82,0
10	BVP+FTX	23,7	26,6
11	FVP/FX	77,6	87,4

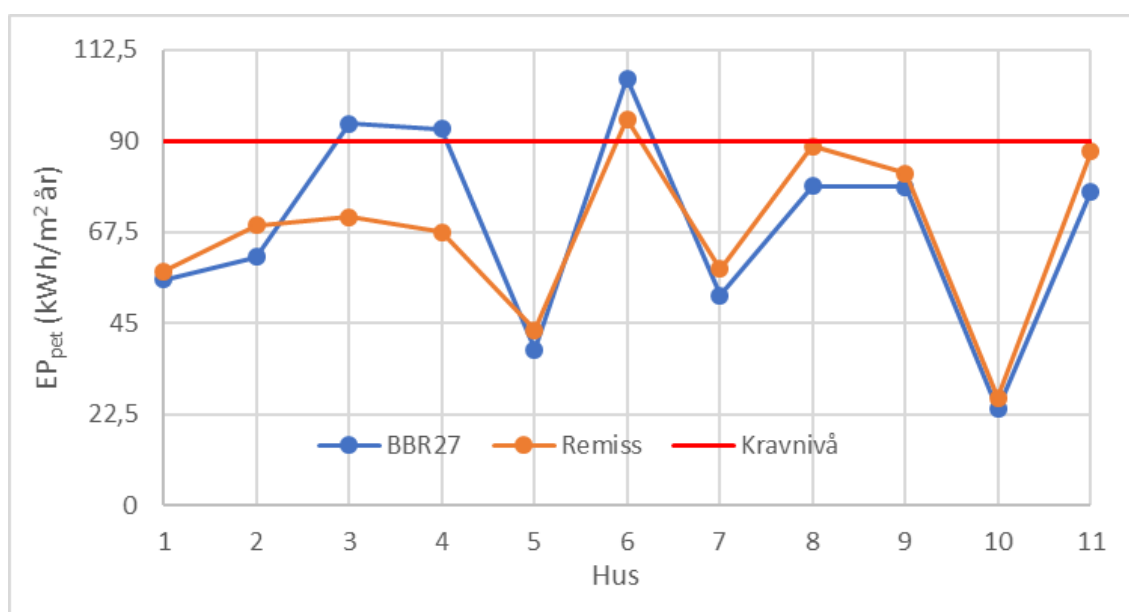


Diagram 4 Jämförelse uppmätt energiprestanda enligt BBR27 jämfört med remissförslaget.

Boverkets remissförslag till ändrade energikrav i BBR2020 kan sammanfattas som att det blir svårare att klara energikraven med frånluftsvärmepumpar, framför allt för mindre enplans småhus. Däremot blir det avsevärt mycket lättare att klara kraven med fjärrvärme och FTX-ventilation. Det kommer dock även fortsättningsvis att vara svårt att klara energikraven med en enklare frånluftsvärmepump och fjärrvärmespets.

Även om det endast till viss del har påverkat uppmätt och normaliserad energiprestanda för husen i denna studie så kan man också dra slutsatsen att remissförslaget också innebär att det blir mycket lättare att klara energikraven med biobränsle, något som tidigare varit svårt att klara beroende på energikravens utformning.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Energi och cirkulär
ekonomi
RISE Rapport 2019:68
ISBN: