

Avdelningen för Installationsteknik

Examensarbete TVIT—20/5077

Lund 2020

En jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning för lokalbyggnader och flerbostadshus

Måns Löfgren



LUNDS
UNIVERSITET

En jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning för lokalbyggnader och flerbostadshus

Måns Löfgren

Kandidatarbete

Avdelningen för Installationsteknik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Måns Löfgren

ISRN LUTVDG/TVIT—20/5077 – SE (41)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

Nyproducerade byggnader idag får oftast en energiberäkning gjord i projekteringsfasen för att fastställa att byggnaden klarar de krav som ställs. Nyproducerade byggnader ska även sedan 2006 energideklarerars för att visa att byggnaden endast kräver så mycket energi som den projekterades för. I detta ingår att redovisa hur mycket energi byggnaden har använt per år.

Energiberäkningarna för 19 byggnader har jämförts i detta kandidatarbete med det uppmätta värdet enligt energideklarationen.

Resultatet visar att för 6 av 19 studerade byggnader skiljer sig det energideklarerade värdet mindre än 20% från det beräknade värdet. Av de resterande 13 är det 11 byggnader som har mer än 20% större energianvändning än beräknat.

För 14 av de studerade byggnaderna översteg den deklarerade energianvändning de ställda energikraven.

Den exakta orsaken till varför denna skillnad uppstår är inte fastslagen i arbetet men brukarbeteendet antas spela en roll.

- Titel:** En jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning
- Författare:** Måns Löfgren
- Handledare:** Birgitta Nordquist vid Avdelningen för Installations- och klimatiseringslära, Institutionen för bygg- och miljöteknologi
- Examinator:** Petter Wallentén vid Avdelningen för Byggnadsfysik, Institutionen för bygg- och miljöteknologi
- Bakgrund:** Eftersom det är krav på att göra energiberäkningar inför uppförandet av byggnader är det intressant att jämföra de gjorda energiberäkningarna med den uppmätta energianvändningen enligt energideklarationerna som görs för byggnaderna.
- Syfte:** Sammanställa och jämföra beräknad energianvändning i projekteringsskedet med värden enligt energideklarationen för olika byggnader.
- Metod:** Beräknad energianvändning har erhållits från ett företag som arbetar till stor del med att göra energiberäkningar för byggnader. Energideklarationer till arbetet har hämtats från Boverkets hemsida

genom att söka på fastighetsbeteckningen i deras sökfunktion. En jämförelse utfördes sedan mellan beräknad energianvändningen och uppmätt värde enligt energideklarationen för samma byggnad.

Slutsatser: Majoriteten av de undersökta byggnaderna hade mer än 20% större uppmätt energianvändning än den beräknade energianvändningen.

Nyckelord: Energideklaration, energiberäkning, jämförelse, brukarbeteende

Abstract

Newly produced buildings in Sweden are required to calculate the predicted energy usage of the building and this is preferably done in the early stages of the planning stage. New buildings are also since 2006 in Sweden required to have an energy performance declaration done to show that the building requires no more energy to function than it was planned to.

The predicted energy usage of 19 buildings were compared to their respective energy performance declaration.

The result show that in 6 out of 19 buildings the measured energy usage were within 20% of the predicted. For 11 of the remaining 13 studied buildings, the measured energy usage is more than 20% larger than the predicted energy usage.

For 14 of the studied buildings the energy use in the declaration is larger than the set requirements.

The exact reason for the discrepancy is not determined in this paper but the behavior of the occupants is assumed to play one part.

Background: According to the Swedish building regulations an energy calculation has to be made for newly produced buildings. Therefore, it is of interest to compare energy calculations with measured energy use according to the energydeclaration that is made for the same building.

Objective: To compile and compare energy use calculated in the planning stage of the building to the energy use according to the energy declaration for different buildings

Method: Calculated energy use has been supplied by a company that does a lot of work doing energy calculations for newly produced buildings. Energy declarations for this thesis has been collected from the website of Boverket by searching for the property designation in their search function.
A comparison was made between the calculated energy use and measured value according to the energy declaration for the same building.

Conclusion: The majority of the studied buildings had more than 20% larger measured energy use than the calculated energy use.

Förord

Detta arbete är ett kandidatarbete på 15 hp som ingår i min utbildning inom väg- och vattenbyggnad på LTH i Lund.

Jag skulle vilja tacka Karin, Martin och Jonas som ständigt har idéer och intressanta tankar att dela med sig av och som skapar en väldigt trevlig arbetsplats!

Jag skulle även vilja tacka min handledare Birgitta som ständigt hjälpt till när jag behövt det.

Lund i maj 2020

Måns Löfgren

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord.....	v
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Mål.....	1
1.4 Problem.....	1
1.5 Avgränsning	1
2 Litteraturstudie	3
3 Teorikapitel.....	5
3.1 Krav på energianvändning.....	5
3.1.1 Boverkets byggregler (BBR).....	5
3.1.2 Miljöbyggnad.....	7
3.1.3 Forum för Energieffektiva Byggnader (Passivhus)	7
3.1.4 Miljöbyggprogram Syd.....	8
3.1.5 Projektspecifika krav	8
3.2 Energiberäkning	8
3.3 Energideklaration	11
4 Metod.....	13
4.1 Tillgång till energiberäkningar och energideklarationer	13
4.2 Beräknad energianvändning	14
4.3 BEN 2	15
4.4 Normalårskorrigerig	15
5 Resultat	17
6 Diskussion och slutsatser.....	23
6.1 Felkällor till energiberäkningen.....	23
6.2 Felkällor till energideklarationen.....	24
6.3 Allmänna felkällor.....	25
6.4 Diskussion	25
6.5 Slutsatser.....	26
7 Referenser.....	29

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det är idag enligt Boverkets byggregler krav på att göra en energiberäkning för att beräkna byggnadens förväntade energianvändning.

För nyproducerade byggnader ska sedan 2006 en energideklaration utföras. Energideklarationen har som syfte att verifiera byggnadens energianvändning och visa att byggnaden endast använder den mängd energi som den projekterats för.

Den beräknade energianvändningen och det uppmätta värdet bör rimligtvis vara någorlunda lika för att det ska finnas en nytta med energiberäkningen.

1.2 Syfte

Arbetet är en egengranskning av företaget som står bakom de flesta energiberäkningar som ingår i detta arbete. Egengranskningen syftar till att ta reda på om det finns en skillnad mellan beräknad och uppmätt energianvändning för ett flertal olika byggnader. Det är även av intresse att studera hur resultatet av detta arbete jämförs med andra liknande studiers resultat.

1.3 Mål

Sammanställa några olika byggnaders beräknade energianvändning samt jämföra denna med energideklarationen för respektive byggnad för att se hur dessa sammanfaller eller skiljer sig åt.

1.4 Problem

Det är av intresse att kontrollera om de energiberäkningar som görs stämmer överens med de uppmätta värden som tas fram i ett senare skede för samma byggnad. Vid dåligt överensstämmande värden kan det vara nyttigt att ta reda på vad det är som orsakar skillnaden och om man skulle kunna förbättra beräkningsmodellen.

1.5 Avgränsning

Det är endast ett företag som har delat med sig av energiberäkningar, det betyder att det är endast projekt som de har varit involverade i som använts i detta arbete.

De projekt som valdes ut var de som upplevdes ha fungerat bra i byggskedet och de hade alla en area större än 1000 m².

2 Litteraturstudie

Bagge & Johansson, (2009) studerade energianvändningen för nio olika flerbostadshus som samtliga hade samma krav på energianvändning, 105 kWh/(m², år). Tre byggnader använde mer än 190 kWh/(m², år), fem byggnader mellan 110 och 140 kWh/(m², år), endast en klarade kravet och hade en energianvändning på 100 kWh/(m², år).

Bagge och Johansson skriver att en mer detaljerad analys av energianvändningen krävs annars kan en felaktig bild av energianvändningen ges.

En studie av sju lågenergiskolor utfördes av (Simanic, et al., 2019). Skolorna, uppförda på 2000-talet hade krav på 75% av myndighetskraven för att få kallas lågenergibygnader. Den uppmätta energianvändningen i dessa skolor skiljer sig från den beräknade energianvändningen mellan 44% lägre användning upp till 28% mer.

Författarna skriver att brukarrelaterade parametrar påverkar energianvändningen i skolorna kraftigt och är en bidragande faktor till att den uppmätta energianvändningen skiljer sig från den beräknade. Inomhustemperaturen är identifierad som en signifikant faktor.

Malmö stad beslutade år 2004 att Flagghuset skulle byggas som en fortsättning efter Bo01 med ett hållbarhetstänk i grunden. Kraven för Flagghuset var 120 kWh/(m² BRA, år). Energianvändningen mättes under 2009-2010 till en genomsnittlig energianvändning på 141 kWh/(m² BRA, år). En fördjupad energiuppföljning utfördes av (Karlsson & Nordquist, 2014) där brister i drift och underhåll ansågs vara undermålig. Inga brister i klimatskalet kunde bestämmas under studien. Med installationerna däremot upptäcktes saker som borde hanterats i projekteringen samt en hel del som borde åtgärdas i driften.

Carlsson (2012) har i sitt examensarbete studerat fem olika byggnaders beräknade energianvändning och jämfört dem med den uppmätta användningen.

Samtliga fem byggnader har en större uppmätt energianvändning än vad som var beräknat. Carlsson föreslår en branschöverskridande databas där både de beräknade värdena och de uppföljande uppmätta värdena redovisas. Med hjälp av en sådan databas skulle osäkerheterna kring den beräknade energianvändningen bli tydligare och det skulle bli enklare att göra en uppföljning kring byggnadens energianvändning.

Jansson & Gustafsson (2017) undersökte skillnaden mellan beräknad och uppmätt energianvändning för två olika projekt.

Den beräknade energianvändningen för det första projektet var 45 kWh/(m², år) och den uppmätta låg runt 80 kWh/(m², år).

För det andra projektet var den beräknade energianvändningen 50 kWh/(m², år) och den uppmätta energianvändningen ungefär 80 kWh/(m², år) samt 105 kWh/(m², år).

I båda projekten har en reviderad energiberäkning gjorts och trots detta stämmer inte de beräknade och de projekterade värdena överens för något av projekten.

I en rapport som finansierats av LÅGAN undersöktes 21 byggnader där de kom fram till att hälften av byggnaderna hade en energianvändning högre än vad som var beräknat. Författarna jämför här sitt resultat med tidigare studier som haft en högre andel byggnader med sämre energianvändning än vad som projekterats (Kurkinen, et al., 2014).

3 Teorikapitel

3.1 Krav på energianvändning

För att ge en bakgrund till varför det idag krävs en energiberäkning för samtliga nybyggnationer presenteras här några av kraven som har ställts i projekten som i denna studie jämförs.

En bra början är Sveriges miljöarbete (och inte med direkta krav på byggnader) som i stort består av Generationsmålet som enligt Riksdagens definition lyder:

"Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser."

För att underlätta arbetet mot Generationsmålet finns det 16 miljökvalitetsmål där ett mål är att uppnå God bebyggd miljö. Målen har i sin tur preciseringar för att förtydliga och underlätta arbetet mot målen. En av de tio preciseringar som finns mot God bebyggd miljö är:

Hushållning med energi och naturresurser

Användningen av energi, mark, vatten och andra naturresurser sker på ett effektivt, resursbesparande och miljöanpassat sätt för att på sikt minska och att främst förnybara energikällor används.

För att arbeta mot målen finns det flera olika myndigheter i Sverige som agerar på olika nivåer. Nedan kommer en beskrivning av de olika kraven som ställts på de studerade byggnaderna samt var kraven kommer från.

3.1.1 Boverkets byggregler (BBR)

BBR är en samling råd och föreskrifter som ställer minimikrav på nybyggnationer och ändring av byggnader. Avsnitt 9 i BBR är dedikerat till Energihushållning och det är i detta kapitel som krav kopplat till energianvändning finns. Förutom helhetskravet på energianvändning ställer BBR även krav på klimatskärmens genomsnittliga luftläckage samt genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_{medel}) för byggnadens omslutande byggnadsdelar.

Beroende på vilken version av BBR som byggnaden projekteras efter finns det olika krav som ska uppnås, nyare versioner av BBR har generellt hårdare krav än äldre versioner.

På grund av de datum på berörda energiberäkningar antas BBR 12 vara den version som projekterats efter. Kraven för bostäder och specifik energianvändning enligt BBR 12 är uppdelad på två zoner. Klimatzon söder kräver 110 kWh/(m² A_{temp}) och uppgår till 130 kWh/(m² A_{temp}) för klimatzon norr.

Är byggnaden ett en- eller tvåbostadshus där den huvudsakliga uppvärmningskällan är direktverkande el är kraven istället 75 kWh/(m² A_{temp}) eller 95 kWh/(m² A_{temp}) för klimatzon söder och norr respektive.

BBR 12 ställer även ett krav på högsta U-medelvärde, för de omslutande byggnadsdelarna hos bostäder, på 0,50 W/(m²·K). Kravet på högsta U-medelvärde för lokalbyggnader är 0,70 W/m²·K.

Lokaler har enligt BBR 12 krav på den specifika energianvändningen på 100 kWh/(m² A_{temp}) för klimatzon söder och 120 kWh/(m² A_{temp}) för klimatzon norr, båda kraven har möjlighet till ett tillägg om uteluftsflödet är större än 0,35 l/s·m².

Det har de senaste fem till tio åren skett en succesiv skärpning av energikraven enligt BBR och i skrivande stund (BBR 28) är kravet uttryckt som primärenergital.

Primärenergitalet (EP_{pet}) beräknas enligt följande formel:

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{f,i} \right) \cdot PE_i}{A_{temp}}$$

Där

A_{temp} = Arean av samtliga ytor avsedda att värmas till mer än 10 °C

E_{uppv} = Energi till uppvärmning, kWh/år

E_{kyl} = Energi till komfortkyla, kWh/år

E_{tvv} = Energi till tappvarmvatten, kWh/år

E_f = Fastighetsenergi, kWh/år

F_{geo} = Geografisk justeringsfaktor enligt BBR

3.1.2 Miljöbyggnad

Sweden Green Building Council (SGBC) startades på ett initiativ från 13 företag och organisationer, som tyckte att det behövdes någon som stod i framkant och visade vägen för ett hållbart byggande i Sverige. SGBC består idag av över 350 medlemmar och drivs som en ideell förening som välkomnar alla företag, organisationer och offentliga instanser som arbetar för ett hållbart samhällsbyggande. Något som SGBC har arbetat med är att ta fram Miljöbyggnad vilken är en helt frivillig miljöcertifiering som tar hänsyn till svenska förhållanden och sätt att bygga.

Miljöbyggnads bedömningskriterier för nyproduktion består idag av en redovisning av 15 olika indikatorer där var och en kan nå tre olika betygsnivåer: brons, silver och guld.

Brons ska enligt Miljöbyggnad själva motsvara de krav eller den byggpraxis som finns för nyproducerade byggnader i Sverige idag. Silver ska representera en bättre miljöprestanda än brons, guld ska kunna nås inte utan ansträngning och representerar det bästa resultat som kan uppnås med kommersiellt tillgänglig teknik. En sammanställning av indikatorbetygen ger en slutgiltig certifieringsnivå på brons, silver eller guld.

De mest relevanta indikatorerna för en byggnads energianvändning är Miljöbyggnads indikator 1 och 3:

1. **Värmeeffektbehov** – Värmeeffektbehovet beräknas för de delar som värms upp till 10°C eller mer (A_{temp}). Indikatorn beräknas på den kallaste dagen under ett normalår, som summan av värmeförlusterna som uppstår genom värmetransmission, luftläckage och ventilation. Det totala värmeeffektbehovet fördelas på omslutningsarean och har enheten $W/m^2, A_{oms}$.
3. **Energianvändning** – Byggnadens energianvändning ska beräknas i $kWh/m^2, A_{temp}$ och ska innehålla levererad energi för uppvärmning, varmvattenberedning, komfortkyla och fastighetsenergi. Beräknad energianvändning ska sedan jämföras med BBR:s energikrav.

En aggregering av de 15 olika indikatorer ger ett slutbetyg för byggnaden som ska beskriva byggnadens kvalitet som helhet.

3.1.3 Forum för Energieffektiva Byggnader (Passivhus)

Forum för Energieffektiva Byggnader (FEBY) har tagit fram ”Kravspecifikation för passivhus” på uppdrag av Styrgruppen för Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus.

Specifikationer enligt kravspecifikationen är helt frivilliga och utan verifikationskrav men vissa grundläggande krav måste uppfyllas för att få marknadsföra en byggnad som "Projekterad för Passivhus enligt FEBY". Vill man däremot marknadsföra byggnaden som "Verifierat Passivhus enligt FEBY" måste den verifieras och det måste finnas mätningar som visar att kraven är uppfyllda.

Krav på den specifika energianvändningen för de studerade byggnaderna följer version 2009. Kraven i FEBY är beroende på var i landet byggnaden upprättas, de studerade byggnaderna med krav enligt FEBY är samtliga belägna i Zon III och har alla därför samma krav på 50 kWh/(m², år).

3.1.4 Miljöbyggprogram Syd

Miljöbyggprogram syd var ett program som arbetades fram av Malmö stad och Lunds kommun i samarbete med Lunds universitet. Programmet var uppdelat i tre olika miljöklasser, A, B och C där C är lite högre än lagkraven, B är ännu lite högre och A har högst krav. Programmet är ett försök att nå miljömålet En god bebyggd miljö eftersom Malmö stad och Lunds kommun upplevde att utvecklingen behövde ta fart med hänsyn till minskad resursanvändning, klimat- och miljöpåverkan. Kraven som ställs i de undersökta projekten är Miljöklass C respektive A.

För miljöklass C är kravet på 85 kWh/m², år i klimatzon söder. För att klara av miljöklass A fick man välja mellan två alternativ: antingen Feby:s krav från 2008 på 45 kWh/m² eller 50% av kraven enligt gällande version av BBR. Förfrågningsunderlaget till byggnaden ställde ett krav på 45 kWh/m².

3.1.5 Projektspecifika krav

Ibland är det så att byggherren ställer egna krav utöver de från BBR, kanske för att de vill leda utvecklingen inom hållbart byggande, vill bygga de bästa husen i Sverige eller kanske bara vill ha en marginal för att klara BBR:s krav. De projekt i denna rapport som haft projektspecifika krav är byggnad F med ett krav på 70 kWh/(m²·år) samt byggnad I med kravet 70 kWh/(m²·år).

3.2 Energiberäkning

Att göra en energiberäkning är inte helt trivialt, det kräver en förståelse för hur en byggnad fungerar och hur de olika systemen påverkar varandra.

En energiberäkning utförs oftast idag genom att rita upp byggnaden i valfritt simuleringsprogram med väldefinierade indata. Sådan indata kan vara till exempel internvärmestillskott, isolerande egenskaper för byggnadskonstruktionen och byggnadens form, för mer detaljerad lista se tabell 1 nedan.

För att skapa en korrekt modell av en byggnad behöver man skapa en energibalans i simuleringsprogrammet, denna görs automatiskt när man lägger in all indata men går även att göra statistiskt med penna och papper.

En sådan energibalans innefattar, i stort sett men inte endast, följande:

- Transmissionsförluster som är beroende av U-värdet och arean mot utomhusklimatet
- Ventilationsförluster som är beroende av luftflöde och värmeåtervinningen i systemet.
- Luftläckage som beror på husets lufttäthet och vad för slags ventilationssystem som finns i byggnaden.
- Uppvärmningsbehovet, som räknas ut med hjälp av övriga indata.
- Personvärme tillgodoräknas i uppvärmningsbehovet.
- Hushållsel från apparater avger värme till inomhusmiljön och kan tillgodoräknas till viss del.
- Solinstrålning kan bidra med betydande värme på en klar och solig dag.

Simuleringsprogrammet redovisar uppvärmnings- och det eventuella kylbehovet, till detta adderas följande för att beräkna hela byggnadens energianvändning:

- Distributionsförluster,
- Vädringspåslag,
- Varmvattenanvändning,
- VVC-förluster samt
- Fastighetsel

En beräkning har bäst förutsättningar att vara korrekt om datormodellen beräknas timme för timme över hela året samt tar hänsyn till materialegenskaper i byggnaden så som dess värmekapacitet och värmelagringen i materialen samt solinstrålningen. Eftersom energiberäkning görs med hjälp av en datormodell som projektören bygger upp med hjälp av så noggranna indata som möjligt. Oberoende av vad det är för sorts byggnad som ska projekteras behövs det indata som är kopplad till byggnaden.

En jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning

Tabell 1 Indata till energiberäkningar och var den kan hämtas enligt (Elmroth, 2012).

Typ av indata:	Indata hämtas ur:
Geometri	
Klimatskärmens invändiga areor (vägg- och golvareor, fönsterstorlekar, dörrstorlekar etc.)	A-ritningar (planlösningar, fasadritningar)
Våningshöjd, invändig takhöjd	A-ritningar (sektionsritningar)
Fönsters väderstrecksorientering	A-ritningar (fasadritningar)
Byggnadskonstruktionsdata	
Konstruktioners U-värden	K-ritningar
Köldbryggor (t ex grundläggningens kantbalk, mellanbjälklag, ytterväggshörn, balkonginfästningar, takfot, fönsterinfästningar etc.)	K-ritningar
Byggnaders lufttäthet	Beställarkrav, täthetsprovning med tryckprovningssmetod
Byggnadens värmekapacitet	K-ritningar, bedömningar, beräkningar
Fönsterglas solenergitransmission, G-värde	A-ritningar (fönsteruppställningar) eller beskrivningar/fabrikantdata
Fönsters solskydd (t ex markiser, persienner, gardiner) och avskärmningar (t ex vegetation, balkonger, fönstersmygar)	A-ritningar, situationsplaner, information om byggnadsplatsen, fabrikantdata
Installationer	
Värmesystem	VVS-ritningar
Värmedistributionssystem	VVS-ritningar
Värmepumpar	Provningsvärden
Fastighetsenergi	Beräknas/uppskattas
Kylsystem	Beskrivning frikyla, fjärrkyla, kompressorkyla
Luftbehandlingssystem: fläkteffekter	VVS-ritningar
Ventilationssystem: luftflöde	Beställarkrav, BBR-krav
Ventilationssystem: värmeåtervinning	VVS-beskrivning, verkningsgrader, provningsvärden
Ventilationssystem: drifttider	Beställarkrav, BBR-krav
Reglersystem, temperaturer	VVS-ritningar, injusteringsprotokoll Ev. använd schablonkorrektion
Beteendeberoende faktorer	
Inomhustemperatur, såväl vid uppvärmning som vid kylning	Beställarkrav, BBR-krav
Vädringsvanor	Uppskattningar, schablonvärden
Personvärme och närvarotider	Beställarkrav/schablonvärden
Verksamhetsenergi	Beräknas/schablonvärden
Hushållsenergi	Beräknas/schablonvärden

Varmvattenanvändning	Beräknas/schablonvärden
Klimatdata	
Utetemperaturer	SMHI/timvärden
Solinstrålning	SMHI/timvärden

3.3 Energideklaration

En energideklaration är en sammanställning och dokumentation av en byggnads energianvändning. Det infördes år 2006 en lag som innebar att vissa byggnader måste ha en energideklaration. För följande byggnader är det krav att upprätta en sådan:

- Nya byggnader
- Byggnader med golvarea >250 m² som ofta besöks av allmänheten
- Byggnader som upplåts med nyttjanderätt
- Byggnader som ska säljas

Energideklarationen görs av en certifierad energiexpert och när den för en byggnad väl är gjord, gäller den sedan i tio år framåt.

Syftet med energideklarationerna är att människorna som nyttjar och förvaltar byggnaderna ska tänka till och genom olika åtgärder minska energianvändningen på sikt.

En energideklaration innehåller

- Kontaktuppgifter, ägaruppgifter och information om själva byggnaden.
- Byggnadsegenskaper som verksamhet, area, nybyggnadsår och våningsplan
- Energianvändning där ursprunget på energin är definierad och uppdelad på olika poster, till exempel fjärrvärme, eldningsolja, ved osv. andelen energi som går till varmvattenberedning ska även redovisas här.
- Övrig el till fastighetsel, hushållsel eller verksamhetsel ska även redovisas.
- Ventilationssystemet ska redovisas och till sist ska
- Förbättringsåtgärder i byggnaden redovisas.

4 Metod

4.1 Tillgång till energiberäkningar och energideklarationer

Energiberäkningarna har studerats efter en process där de valdes ut baserat på byggnadens area, där flerbostadshus och större lokalbyggnader premierades, samt hur länge byggnaderna varit i drift. Målet för energiberäkningarna var att hitta projekt som varit i drift i fem till tio år innan energideklarationen gjorts för att få en verklig bild av energianvändningen i byggnaden när driften injusterats och energianvändningen per år blivit jämnare och mer stabil. Det första året kan det gå åt mycket energi för att torka ut byggfukt. (Hagentoft & Sandin, 2017) skriver att det kräver ca 700 kWh för att förångna 1000 kg vatten och när fukten väl är förångad måste den föras bort med hjälp av ventilationen eller diffundera ut.

Ett företag som arbetar med att ta fram energiberäkningar i projekteringsstadiet gav tillgång till deras projektserver för att hitta lämpliga projekt.

För att kunna jämföra energiberäkningen mot ett uppmätt värde krävdes en energideklaration. Energideklarationer är offentliga handlingar och samtliga energideklarationer som använts i detta arbete har hämtats från Boverkets hemsida med hjälp av fastighetsbeteckningen. Det visade sig dock vara svårt att hitta byggnader där energideklarationen gjorts efter några år, många energideklarationer gjordes på värden tagna från energiberäkningen. En anledning till detta kan vara att det i BBR står som allmänt råd att man ska ha slutfört en mätning och upprättat en energideklaration inom två år från det att byggnaden tas i bruk

Från början valdes ungefär 60 energiberäkningar ut för att studeras, på grund av att vissa av dessa saknade specifik information om vilken byggnad beräkningen syftade på så begränsades antalet till ca 30 st. För att hitta en energideklaration så användes Boverkets hemsida, här begränsades antalet ytterligare till ca 25 st eftersom det inte gick att hitta en deklARATION för vissa av byggnaderna. För vissa projekt fanns det endast en energideklaration för flera byggnader medan energiberäkningen var gjord för en enskild byggnad.

Samtliga byggnader som har studerats i detta projekt har använt sig av uppmätt energianvändning i energideklarationen men det är inget krav utan energideklarationen kan upprättas på enbart teoretiska siffror också. Vissa av de energideklarationer som studerades i ett tidigt stadie av detta arbete hade enbart teoretiska värden. Eftersom det inte bidrog med något mer än energiberäkningarna beslutades att enbart gå vidare med de energideklarationer som redovisar ett uppmätt värde. Det blev därför 19 byggnader som studerades i slutändan.

I tabell 2 nedan finns samlat information och förutsättningar för de studerade byggnaderna.

Tabell 2 Förutsättningar för de studerade byggnaderna

Byggnad nummer	A _{temp} [m ²]	Byggår (Renoveringsår)	Verksamhet	Använt Simuleringsprogram
A	3 709	1959 (2015)	Kontor	IDA ICE
B	1 267	2011	Bostäder	IDA ICE
C	11 500	2009	Kontor	IDA ICE
D	4 514	2008	90% Kontor, 10 % Restaurang	BV ² 2003
E	2 189	2013	73% Bostäder, 27% Vård	IDA ICE
F	1 734	2016	Idrottshall	IDA ICE
G	2 141	2015	Bostäder	IDA ICE
H	1 652	2015	95% Bostäder, 5% Gemensamhetslokaler	IDA ICE
I	8 328	2016	Skola	VIP-Energy
J	2 899	2015	Skola	IDA ICE
K	7 706	2016	Kontor	IDA ICE
L:1	1 711	2014	93% Bostäder, 7% Kontor & förvaltning	IDA ICE
L:2	1 711	2014	89% Bostäder, 11% Kontor & förvaltning	IDA ICE
L:3	1 711	2014	92% Bostäder, 8% Livsmedelshandel	IDA ICE
L:4	1 711	2014	97%Bostäder, 3% Kontor & förvaltning	IDA ICE
L:5	1 711	2014	97% Bostäder, 3% Kontor & förvaltning	IDA ICE
L:6	1 711	2014	90% Kontor, 10 % Restaurang	IDA ICE
M	3 233	2015	Skola	IDA ICE
N	11 360	2007	78% Kontor, 12% Restaurang, 10% Butik	BV ² 2003

4.2 Beräknad energianvändning

För att beräkna en byggnads energianvändning används idag datorprogram på grund av byggnadens och installationernas komplexitet samt den stora mängd indata som krävs (Elmroth, 2012). En stor anledning till att datorer idag används är även på grund av den stora utvecklingen som har skett vilken underlättar hanteringen av stora mängder data.

Optimalt vid en energiberäkning är om beställaren kan tillgodose informationen angående användaranvändning samt annan förväntad brukarindata. Finns inte sådan indata att tillgå, måste schablonvärden eller uppskattningar från erfaren projektör användas.

4.3 BEN 2

BFS 2017:6 (BEN 2) är en författningssamling från Boverket som gavs ut 2017. BEN 2 fanns alltså inte tillgänglig vid tillfället då samtliga värden för beräknad energianvändning togs fram för de byggnader som ingår i studien.

BEN 2 innehåller schablonvärden för brukarindata till småhus, flerbostadshus och lokaler som ska användas vid beräkning av byggnadens energianvändning. Typ av indata som går att finna i BEN 2 finns listad mot slutet i Tabell 1 värden som kan hämtas för t.ex. tappvarmvatten för småhus, flerbostadshus och lokaler är 20, 25 och 2 kWh/(m²·år) respektive. Vid en installationsteknisk lösning som kan minska energianvändningen av tappvarmvatten är det dock tillåtet att korrigera ovan nämnda värden.

Schablonvärdena som redovisas i BEN 2 är relaterat till brukarnas beteende och är därför väldigt skilt beroende på vem det är som vistas i byggnaden. Anledningen till att BEN 2 har kommit till är för att normalisera beräkningen av energianvändningen så att den beräknas på ett konsekvent sätt och med ett genomsnittligt värde på brukarindata.

Innan BEN 2 gavs ut användes Sveby i stor utsträckning. Sveby är en förkortning som betyder ”Standardisera och verifiera energiprestanda för byggnader”.

Syftet med Sveby var bland annat att ta fram underlag till energiberäkningar gjorda tidigt i byggprocessen.

För många av de värden som går att finna i BEN 2 finns det liknande värden för motsvarande poster i Svebys brukarindata.

4.4 Normalårskorrigerig

Eftersom varje år är unikt med avseende på väder och temperatur, blir det inte helt rättvist att jämföra energianvändningen för olika år. Boverket har av denna anledning hänvisat till en temperaturkorrigeringsmetod som heter graddagsmetoden (Elmroth, 2012).

Graddagar räknas ut för en ort genom att summera skillnaden mellan utetemperaturens dygnsmedelvärde och 17°C. Denna summa jämförs med medelvärden av SMHI:s temperaturmätningar från åren 1981–2010 som då kallas ett normalår.

En korrektionsfaktor är förhållandet mellan det undersökta årets graddagar och normalårets graddagar.

Korrigeringen sker endast för samtliga värden som är utomhustemperaturberoende och påverkar inte de indata som är beroende på brukarbeteende.

I energideklarationerna ska det redovisas ett normalårskorrigerat värde och beroende på vad det är för klimatdata som används vid simuleringen av energiberäkningen får man ett normalårskorrigerat värde i detta fall också.

5 Resultat

För alla undersökta byggnader förutom byggnad N, ställer olika versioner av BBR krav på den total årliga energianvändningen för byggnaden. Byggnad N följde en tidigare version av BBR, som ej ställde helhetskrav på energianvändningen för byggnaden.

Förutom BBR krav, ställdes vissa projektspecifika krav på byggnaderna. Byggnad A, J och K ställde egna krav enligt Miljöbyggnad för att uppfylla certifieringskriterierna.

Byggnad E och till viss del M följer kraven ställda enligt Miljöprogram SYD 2009.

Byggnader L:1 - L:6 ställde egna krav på energianvändningen enligt Kravspecifikation för Passivhus.

Byggnader F, I och M satte egna krav för att uppfylla externa krav med marginal.

Den beräknade energianvändningen i projekteringsstadiet tillsammans med de ställda kraven samt var kraven kommer från presenteras nedan i Tabell 3.

De poster som ingår i den totala beräknade energianvändningen är uppvärmningsenergi, varmvattenanvändning, fastighetsel samt komfortkyla i de byggnader där det finns.

För en del av de energideklarationer som använts i detta arbete är det tydligt att vissa poster är schablonvärden. Att de är schablonvärden märks eftersom de är jämna värden och dividerat på A_{temp} har två av byggnaderna en varmvattenanvändning på 2kWh/m^2 .

Den totala energianvändningen som används för uppvärmning och varmvatten redovisas i energideklarationen som en post och är uppmätt vid utfärdandet av energideklarationen för samtliga av de studerade byggnaderna, varmvattenanvändningen är redovisad som en del av denna totala energianvändning.

I energideklarationerna adderas fastighetselen och den eventuella energin för komfortkyla till uppvärmningsenergin för att få fram vad BBR definierar som byggnadens energianvändning. Det är även byggnadens energianvändning som redovisas i de studerade energiberäkningarna och värdena är därför jämförbara.

En jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning

Tabell 3 Studerade byggnader med respektive krav

Byggnad nummer	Det skarpast ställda kravet [kWh/(m ² •år)]	Lagkrav	Frivilliga Krav	Beräknad energi-användning	Energi-deklarerat värde	Skillnad mellan beräknat och deklarerat värde
A	118		Miljöbyggnad Silver	89	72	-19 %
B	110	BBR 12 ² – 97% Bostad, 3% Lokal	-	86	102	+11 %
C	104	BBR 12 ² – Lokal	-	94	105	-15 %
D	100 ¹	BBR 12 ² – Lokal	-	114	152	+33 %
E	85	-	Miljöbyggprogram Syd 2009, Klass C	76	89	+15 %
F	70	-	Projektspecifikt	33	76	+130 %
G	67	-	Miljöbyggnad Silver	64	98	+41 %
H	67	-	Miljöbyggnad Silver	74	93	+16 %
I	60	-	Projektspecifikt	53	74	+40 %
J	52	-	Miljöbyggnad Silver	26	44	+68 %
K	52	-	Miljöbyggnad Guld	52	46	-11 %
L:1	50	-	Passivhus ³	43	70	+63 %
L:2	50	-	Passivhus ³	43	66	+54 %
L:3	50	-	Passivhus ³	43	63	+46 %
L:4	50	-	Passivhus ³	43	71	+66 %
L:5	50	-	Passivhus ³	43	73	+70 %
L:6	50	-	Passivhus ³	43	64	+48 %
M	44	-	Projektspecifikt / Miljöbyggprogram Syd 2009, Klass A	40	75	+87 %
N	-	-		110	142	+29 %

1) Kravet är här endast grundkravet som presenteras i BBR, vanligtvis bör det finnas ett tilläggskrav på ungefär 5-10 kWh/(m²•år) det fanns dock inget sådant presenterat i energiberäkningen.

2) Här har ett antagande gjorts att krav är ställda enligt BBR 12, baserat på datum för energiberäkning.

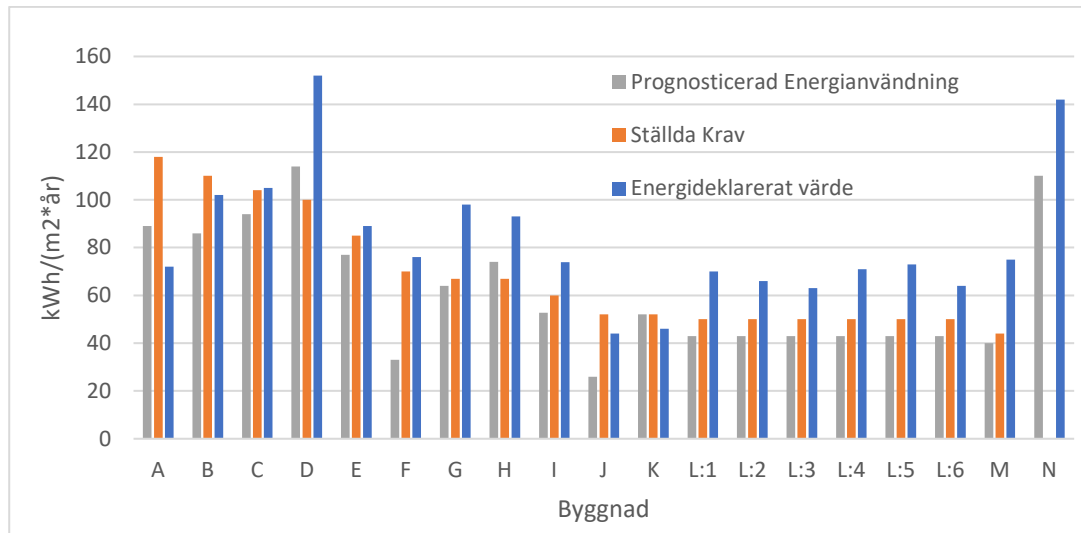
3) Passivhus syftar här till FEBY:s Kravspecifikation för Passivhus

Byggnad L:1 - L:6 är identiska punkthus belägna intill varandra där den enda skillnaden mellan byggnaderna är att de är roterade max 20°, så att söderfasaden har riktnings 180° ± 20°. Endast en energiberäkning har gjorts för dessa byggnader.

Energideklarationen för Byggnad E är en sammanslagning av sex byggnader medan energiberäkningarna har gjorts separat för de sex olika husen och har i detta arbete viktats samman för att kunna göra en jämförelse.

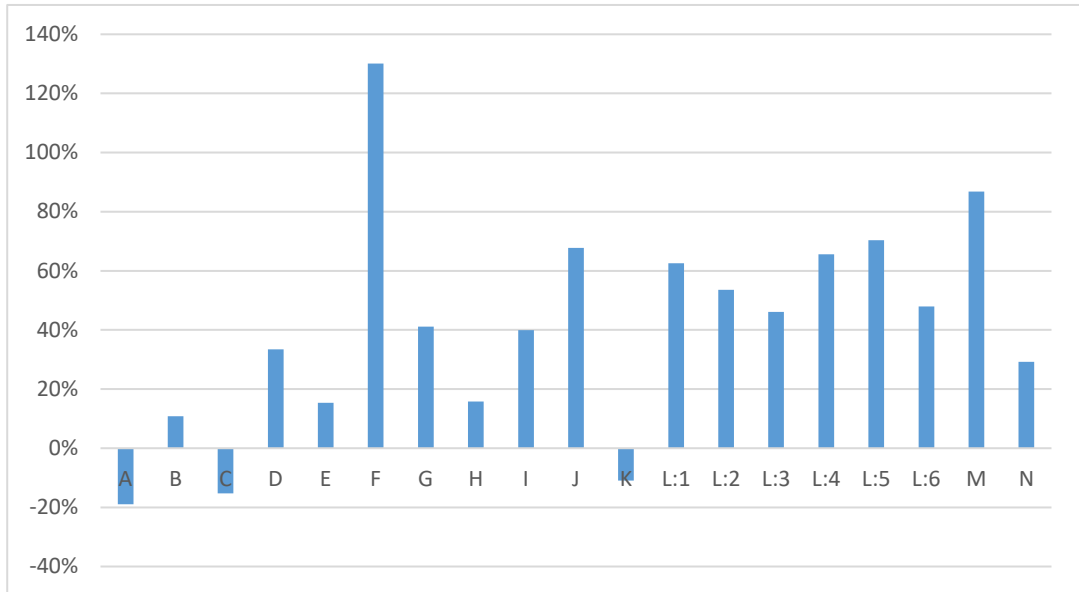
För Byggnad F skiljer sig det beräknade värdet väldigt mycket från det energideklarerade värdet. En anledning till detta kan vara att ett schablonvärde på varmvattenanvändningen har använts. Eftersom byggnaden är en idrottshall kommer antagligen denna varmvattenanvändning vara större än de 2 kWh/m² som har använts för beräkningen.

Figur 1 nedan visar skillnaden mellan det energideklarerade värdet för energianvändningen, den beräknade energianvändningen och det ställda kravet.



Figur 1 Beräknad energianvändning jämfört med ställda krav och energideklarerat värde.

Figur 2 visar $\left(\frac{\text{energideklarerat värde}}{\text{beräknad energianvändning}} - 1\right)$, för att överskådligt visa hur det energideklarerade värdet skiljer sig från det beräknade.



Figur 2 Kvot mellan energideklarerat värde och beräknad energianvändning.

Ur Figur 2 framgår att:

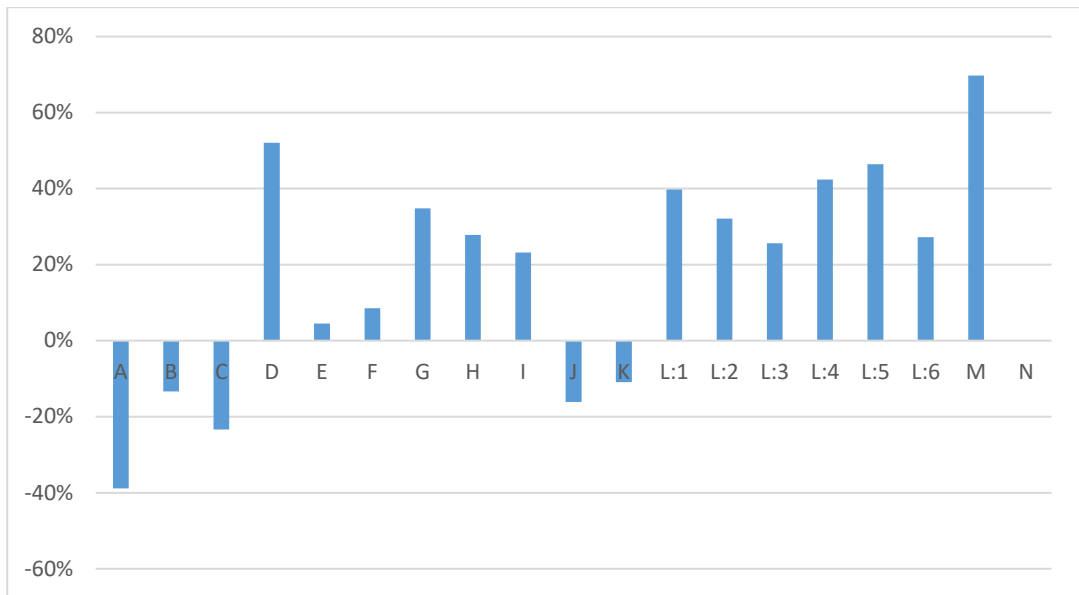
För 16 av 19 byggnader är den uppmätta energianvändningen större än den beräknade.

Av de 19 studerade byggnaderna är det sex vars uppmätta energianvändning ligger inom ett 20%- intervall från det beräknade värdet. Samtliga avviker mer än 10%.

Av samtliga byggnader är det tre som har en energianvändning lägre än det beräknade värdet.

Störst skillnad mellan beräknat värde och uppmätt värde är byggnad F som har en användning på +130% av det beräknade värdet.

I Figur 3 kan man se förhållandet mellan det energideklarerade värdet och kraven som ställts under projekteringsstadiet, beräknat som $\left(\frac{\text{energideklarerat värde}}{\text{ställt krav}} - 1\right)$.



Figur 3 Kvot mellan energideklarerat värde och ställt krav.

Ur Figur 3 framgår att:

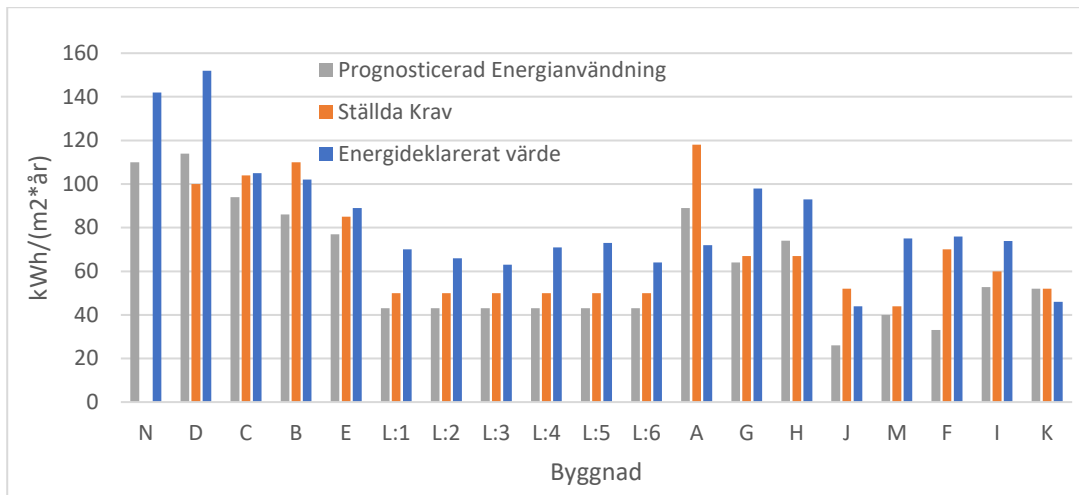
Fem byggnader möter de krav som ställdes på dem. Resterande 13 har en energideklarerad användning på upp till 70% mer än vad kravet specificerar.

Byggnad N hade inget specificerat helhetskrav på energianvändning och jämförs därför ej i figuren.

För att studera om det finns något beroende mellan de olika fastigheterna sorterades de efter bland annat efter nybyggnadsår (i ett fall användes ombyggnadsår, då energianvändningen bedöms vara i klass med en nybyggnad från detta år), area och ställda krav men inga tydliga samband har funnits.

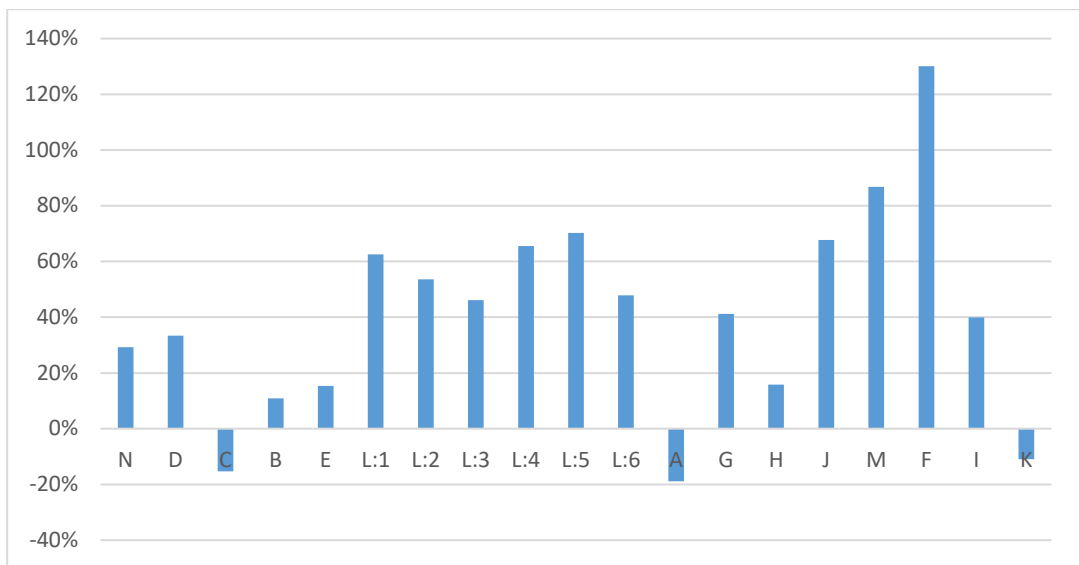
I Figur 4 har all data sorterats efter byggnadsår och en trend som man skulle kunna tänka sig är att det deklarerade värdet blir lägre varje år, urvalet är dock för litet för att dra några slutsatser. Flera av byggnaderna har också andra frivilliga krav vilket kan påverka.

En jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning



Figur 4 Beräknad energianvändning, ställda krav samt energideklarerat värde sorterade efter byggnadsår, från byggnad N byggd 2007 till byggnad K byggd 2016.

Tittar man på figur 5 nedan som också är sorterad efter byggnadsår finns ingen tydlig trend mellan hur väl de uppmätta värdena följer de beräknade värdena och det är svårt att dra en slutsats om det finns en trend i studerad data.



Figur 5 Kvot mellan energideklarerat värde och beräknad energianvändning sorterat efter byggnadsår, från byggnad N byggd 2007 till byggnad K byggd 2016.

6 Diskussion och slutsatser

Om man läser igenom Tabell 2 kan man förstå att det är många olika parametrar som ska tas hänsyn till för att skapa en pålitlig modell med ett tillförlitligt resultat.

Nedan presenteras några faktorer som kan påverka hur väl beräknad energianvändning stämmer överens med faktisk energianvändning.

Det är svårt att skapa en verklighetstrogen bild av de beteendeberoende faktorerna eftersom det kan skilja en del på den faktiska användningen jämfört med vad man projekterat för.

En jämförelse mellan byggnader L:1 – L:6 är intressant eftersom endast en energiberäkning har gjorts för dessa sex byggnader. Den beräknade energianvändningen är 43 kWh/(m²•år) och de uppmätta värdena varierar mellan 63–73 kWh/(m²•år).

Byggnaderna skiljer sig åt när det gäller verksamhet i bottenplan: en byggnad har 8% butik- och lagerlokal, medan de andra fem har 3–11% kontor och förvaltning. Denna skillnad i sig kan troligen inte förklara den stora skillnaden i energianvändning sinsemellan.

Förutsatt att driftsystemen i de olika byggnaderna är likvärdiga bör det vara brukarbeteende som skapar skillnaderna i energianvändningen. Exakt vad skillnaden beror på är osäkert eftersom denna studie inte har inkluderat kontakt med fastighetsägarna utan endast är baserad på energideklarationer.

Nedan diskuteras några problem och eventuella förbättringsmöjligheter kring både energiberäkningen och energideklarationen.

6.1 Felkällor till energiberäkningen

Luftflöden och drifttider för ventilation kan skilja från projekteringsfasen till användningen, och kan ha en stor inverkan på den slutgiltiga energianvändningen. Är det osäkert vid projektering vad det ska bedrivas för verksamhet i byggnaden får en drifttid uppskattas i ett tidigt skede. En lagerlokal kan till exempel projekteras för en arbetstid mellan 7 - 16, men när en hyresgäst kommer med i projektet planerar de kanske att arbeta dygnet runt.

Den projekterade temperaturen är inte alltid den temperatur som brukarna vill ha i byggnaden när den väl ska tas i bruk. I en bostad ska energiberäkningen göras med en inomhustemperatur på 21°C enligt BEN 2, medan en bekväm brukare idag kanske förväntar sig 23°C i en modern bostad (Larsen & Johra, 2019). En studie av Simanic et al, 2020 visade att inomhustemperaturerna under uppvärmningssäsongen har en mycket stor påverkan på byggnadens energianvändning. Detta är något man bör ta hänsyn till vid jämförelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning, dock inget som har undersökts i denna studie.

Hushålls- och verksamhetselen i byggnaderna ingår inte i energiberäkningen, men en stor del av denna el blir till värme som kan tillgodoräknas byggnadens energibehov. Räknar man med för stor internvärme kan det leda till ett mindre värmebehov än vad som egentligen behövs eller tvärtom.

Köldbryggor är en post i energianvändningen som inte alltid beräknas vilket kan leda till att effekten underskattas. Köldbryggornas påverkan har större betydelse vid lågenergibygnader och det är oklart hur stor betydelse köldbryggornas påverkan är för de undersökta byggnaderna i denna studie.

En köldbrygga kan beräknas för hand eller i datorprogram. Data för varje ingående material matas in och väggens prestanda beräknas. De olika materialens värmeledningsförmåga påverkar hur väl väggen isolerar.

Ofta räcker det med ett schablonmässigt påslag för att redovisa köldbryggorna. En vägg med stor andel regler har mer köldbryggor än motsvarande vägg med mindre andel regler vilket bör avspeglas i påslaget.

Görs en energiberäkning för ett projekt där fokus läggs på en energieffektiv byggnad kan det vara av intresse att beräkna köldbryggorna för att mer exakt bestämma energianvändningen.

Reducerad uppföljning och uppdatering kan leda till att energiberäkningen blir utdaterad och ger ett missvisande resultat som inte speglar den byggnad som faktiskt upprättas.

6.2 Felkällor till energideklarationen

Ibland kan det energideklarerade värdet vara missvisande på grund av vad det är som mäts. För byggnad F, som är en gymnastiksal, beräknades energianvändningen till 33 kWh/(m²•år). Energianvändningen i energideklarationen redovisas som 76 kWh/(m²•år). Energianvändningen skiljer sig med mer än en faktor 2, och är högst troligt beroende på att i energiberäkningen har ett schablonvärde för varmvattenanvändningen på 2 kWh/(m²•år) använts. Schablonvärdet har tagits från (Sveriges centrum för nollenergi, 2012) där ett värde används för alla lokaler, all varmvattenanvändning utöver det till vanlig hygienfunktion räknas som verksamhetsel och ska mätas separat.

Vid upprättande av energideklarationen är det troligtvis så att endast ett schablonvärde har använts för varmvattenanvändningen och för en gymnastiksal så är 2 kWh/(m²•år) inte tillräckligt.

Eftersom det i energiberäkningen är använt ett schablonvärde för varmvattenanvändningen i en byggnad hade det varit bra att ha ett faktiskt uppmätt värde för denna användning vid en jämförelse av en energiberäkning och en energideklaration. Är inte varmvattenanvändningen uppmätt i samband med energideklarationen är det inte möjligt att kompensera för detta och det kan vara så att hela jämförelsen faller denna punkt.

De olika areorna påverkar väldigt mycket och kan lätt bli fel. Ej konsekventa ritningar kan leda till missförstånd och användning av felaktiga dimensioner.

Eftersom A_{temp} är ett begrepp som inte vanligtvis används finns det risk att en annan känd area istället används. I en studerad energideklaration användes till exempel LOA istället, vilket ger en betydligt mindre area än A_{temp} eftersom endast lokalarea räknas här. En mindre area som användningen som energianvändningen fördelas på betyder att en högre energianvändning presenteras i energideklarationen.

I en energideklaration ska energianvändningen mätas för hela byggnaden och sen delas på A_{temp} som enligt BBR definieras som följande:

”Arean av samtliga våningsplan, vindsplan och källarplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte”

En energideklaration ska göras för varje separat byggnad. I fallet för byggnad L har det istället gjorts en energideklaration för sex olika byggnader vilket leder till osäkerheter kring ett garage som ligger i samma område. Ingår eventuell uppvärmningsenergi för denna byggnad i energideklarationen eller har el för till exempel belysning räknats bort?

6.3 Allmänna felkällor

Byggnad M är en skola och har en beräknad användning på 40 kWh/(m²•år) och en uppmätt användning på 75 kWh/(m²•år) vilket ger en nära fördubbling av energianvändningen relativt förväntat. En anledning till att det blev så i just det här fallet är att uppvärmnings- och ventilationssystemet som används inte var helt anpassat för byggnaden och verksamheten. Jämförbart med Flagghuset som nämns i litteraturstudien som var feldriftat.

6.4 Diskussion

Generellt för de studerade byggnaderna (13 av 19) är värdet i energideklarationen större än det ställda kravet på byggnaderna som i sin tur är större än den beräknade energianvändningen.

Nio av de 19 studerade byggnaderna har enligt energideklarationerna fördelade värden för varmvattenanvändningen, vilket skulle tyda på att det inte finns någon separat mätare för varmvattenanvändningen i dessa byggnader.

Vid tre av de 19 byggnader redovisas även komfortkylan eller fastighetselen som fördelade värden, vilket även här tyder på att ingen separat mätare för detta finns i byggnaderna.

Vid framtagandet av en energideklaration avläses mätare till energianvändningen och det är inte alltid som mätarna är klart och tydligt uppdelade mellan fastighetsel, verksamhetsel och hushållsel. En installation av fler mätare i byggnaderna hade underlättat med deklARATIONEN och kanske gett ett tydligare resultat. Installation av fler mätare hade underlättat uppföljningen av energianvändningen och med hjälp av den data som genereras skulle bättre schablonvärden kunna tas fram.

Varje post som redovisas i energideklarationen och som ingår i BBRs definition av byggnadens energianvändning, dvs uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och

byggnadens fastighetsenergi bör rimligtvis mätas separat för att få en korrekt bild av byggnadens energibehov.

En anledning till att vissa av byggnaderna inte mäter uppvärmning och varmvatten separat utan det går under samma mätare, kan vara för att vissa av byggnaderna är anslutna till fjärrvärme och att det då endast finns en huvudmätare.

En bättre mätning av de olika energiposterna i byggnader hade lett till en bättre återkoppling för energikonsulter som för brukarbeteende oftast använder schablonvärden. Dagens hus har snabbt blivit allt mer komplicerade och förlitar sig mer på interna värmelaster på att värma byggnaden eftersom isoleringsmängden i väggarna har ökat och därför har värmebehovet minskat drastiskt vilket betyder att de interna lasterna nu utgör en större andel av det totala värmebehovet.

Om de interna lasterna spelar stor roll för byggnadens energianvändning så hade det varit intressant att se en större studie på brukarbeteende och eventuella åtgärder för att påverka beteendet i syfte att minska energianvändningen i bostäder.

För att undvika problem med utdaterade handlingar bör det alltid göras en slutgiltig energiberäkning på relationshandlingar, vilket skulle innebära att byggnaden modelleras så den faktiskt ser ut och de enda ovissheterna som finns är brukarindata.

När en energideklaration utförs borde arbetet kvalitetssäkras och till exempel A_{temp} måste vara korrekt för att kunna vara jämförbar med den beräknade energianvändningen. En redovisning av mer information i energideklarationen hade underlättat granskningen av korrekt data, och hjälpt till att kvalitetssäkra arbetet för framtiden så att branschen utvecklas och använder aktuella indata.

Med information om hur byggnaden används kan en jämförelse göras mot indata till energiberäkningen för att kontrollera att brukarbeteende är som projekterat annars så kan man enkelt förbättra modellen för att ta hänsyn till eventuella skillnader.

Eftersom den beräknade energianvändningen för samtliga undersökta projekt är beräknade före BEN 2 gavs ut, är det troligt att den indata som använts skiljer sig åt från vad som skulle använts om energianvändningen beräknats idag.

Som kan utläsas ur Figur 1, Figur 2 och Figur 3 är det sällan som den uppmätta energianvändningen stämmer överens med den beräknade. Även om energiberäkningar är gjorda med en viss osäkerhet bör de stämma någorlunda väl överens med den faktiska användningen.

6.5 Slutsatser

Den slutsatsen jag drar efter att ha gjort denna studie är att det fattas bra underlag för att simulera de olika posterna som ingår i en energiberäkning.

Ett sätt att ta fram bättre underlag är att sätta in mätare i större utsträckning i nybyggen för att kunna studera de olika posterna i större och mer detaljerad utsträckning och få fram värden som man kan använda vid projektering av andra byggnader. Viktigt här är att se hur mycket varje post bidrar med till energianvändningen så att man kan skapa underlag för framtiden.

Att prioritera är de poster som ingår i definitionen av byggnadens energianvändning: uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi.

En del av de energideklARATIONER som studerats har använt schablonvärden för vissa poster som till exempel varmvattenanvändning i en idrottslokal, hade man kunnat mäta varje post separat hade energianvändning som egentligen är verksamhetsrelaterat inte räknats till fastigheten.

Majoriteten av de undersökta byggnaderna hade mer än 20% större energideklarerad energianvändning än den beräknade energianvändningen.

För 14 av byggnaderna överstiger det energideklarerade värdet de ställda energikraven.

7 Referenser

- Bagge, H. & Johansson, D., 2009. *Energy use in multi-family dwellings - Requirements and verification*. Reykjavik, Iceland, Nordic conference on construction economics and organization.
- Carlsson, J., 2012. *Osäkerhet i energisimuleringar av flerbostadshus*, Uppsala: Uppsala Universitet. Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
- Elmroth, A., 2012. *Energihushållning och värmeisolering. Byggvägledning 8. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler*. 3 red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Hagentoft, C. & Sandin, K., 2017. *Byggnadsfysik: så fungerar hus*. 1 red. Lund: Studentlitteratur AB.
- Jansson, G. & Gustafsson, S., 2017. *Avvikelser mellan projekterad och verifierad energiprestanda för nyproducerade lågenergibygnader*, Borås: Högskolan I Borås.
- Karlsson, E. & Nordquist, B., 2014. *Fördjupad energiuppföljning Flagghusen*, Malmö: u.n.WSP, avd. för Installationsteknik. LTH, Lunds Universitet
- Kurkinen, E.-L., Filipsson, P., Elfborg, S. & Ruud, S., 2014. *Skillnad mellan beräknad och verklig energianvändning - Energistyrning under byggprocessen*, Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Larsen, S. P. A. K. & Johra, H., 2019. *User engagement with smart home technology for enabling building energy flexibility*, u.o.: IOP Publishing Ltd.
- Simanic, B., Nordquist, B., Bagge, H. & Johansson, D., 2019. Predicted and measured user-related energy usage in newly built low-energy schools in Sweden. *Journal of Building Engineering*, Volym 29.
- Simanic, B., Nordquist, B., Bagge, H. & Johansson, D., 2020. Influence of User-Related Parameters on Calculated Energy Use in Low-Energy School Buildings. *Energies*, 13, 2985.
- Sveriges centrum för nollenergihus, 2012. *Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus, Lokaler*, u.o.: Sveriges centrum för nollenergihus.
- BBR, Boverkets Byggregler, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m BFS 2006:12
- BEN-2, Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2016:12 med ändringar t.o.m 2017:6