



LUNDS  
UNIVERSITET

# Energideklarationen i två vågor

En byggnadsspecifik jämförelse av energiprestanda  
konstaterar ett decennium av reducerad energianvändning i  
svenska flerbostadshus

Carolina Holmberg  
Jenny von Platten

Examensarbete på Civilingenjörsnivå  
Avdelningen för Energihushållning  
Institutionen för Energivetenskaper  
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



# Energideklarationen i två vågor

En byggnadsspecifik jämförelse av energiprestanda  
konstaterar ett decennium av reducerad energianvändning i  
svenska flerbostadshus

Carolina Holmberg & Jenny von Platten

Examensarbete i energivetenskaper  
Lunds Tekniska Högskola  
2019

# Förord

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energihushållning, Inst. för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid Research Institutes of Sweden (RISE) i Göteborg.Handledare på RISE: Mikael Mangold, forskare; handledare på LU-LTH: Kerstin Sernhed, biträdande universitetslektor; examinator på LU-LTH: Per-Olof Johansson Kallioniemi, universitetslektor.

Denna studie är en del av projektet *NBI, Nationell Byggnadsspecifik Information - metodologi och applikationer* som leds av Kristina Mjörnell, adjungerad professor i byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola och affärsområdeschef för enheten *Hållbara städer och samhällen* på RISE. Medverkande i projektet är även Mikael Mangold och Tim Johansson. Mangold disputerade 2016 med avhandlingen *Challenges of renovating the Gothenburg multi-family building stock* och bröt med det arbetet ny mark genom att koppla information om investeringar, energikostnader och de boende från flera olika register till specifika byggnader. Även Johansson utvecklade metoder för hantering och visualisering av byggnadsspecifik information till sin avhandling *Performance Visualization of Urban Systems* 2017. Projektet *NBI* är en uppföljning av Mangold och Johanssons arbete med syfte att skala upp deras tidigare arbete med byggnadsspecifik information till en databas på nationell nivå. Information från energideklarationerna är en viktig del i databasen och metodutveckling för att kunna jämföra första och andra vågens energideklarationer är en av projektets många komponenter.

Projektet sträcker sig från 2018 till 2021 och planeras mynna ut i en leverans till Boverket inför nästkommande nationella strategi för energieffektiviserande renovering som väntas sammanställas till regeringen 2020.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-19/5430-SE

ISSN 0282-1990

© 2019 Carolina Holmberg & Jenny von Platten samt Energivetenskaper

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

[www.energy.lth.se](http://www.energy.lth.se)

# Tackord

Vi vill tacka alla som på något sätt varit en del i detta examensarbete. Tack till Mikael Mangold, vår handledare på RISE, som genom hela processen aldrig varit längre än ett telefonsamtal bort. Din expertis på området och ditt engagemang för vårt arbete har varit ovärderligt.

Vi vill även rikta ett stort tack till Kerstin Sernhed, vår handledare vid LTH, som under hela hösten väglett oss med kontinuerliga samtal och värdefulla kommentarer om arbetet.

Ett särskilt omnämnande går även till Claes Sandels och Özum Durgun, båda forskare på RISE. Med sin inkluderande personlighet har Claes introducerat oss till RISE såväl som till främmande statistikprogram, och Özum har frivilligt hjälpt oss med geografisk presentation av våra resultat i GIS. Tack!

Med erfarenhet, domänkunskap och vilja att hjälpa till vill vi slutligen tacka Kristina Mjörnell, forskare på RISE, som alltid funnits som stöd.

Ett sista tack går till alla kollegor på RISE som vid lunchbordet och kaffemaskinen varit välkomnande, nyfikna och beredda att hjälpa till med sin egen expertis. Ni har alla förgyllt vår vardag.

## Executive Summary

In this study, the Energy Performance Certificate (EPC) has for the first time been used to analyse the development of energy performance in Swedish multi-family buildings over the past decade. As the first EPCs in Sweden were conducted in 2007, following the implementation of the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), they are now reaching their time of validity of 10 years. Consequently, extensive work is now being put into the update of these EPCs. By matching the first and the second EPC for specific buildings this study aims to (i) evaluate whether the EPCs are appropriate as material when studying the development of the energy performance of buildings, (ii) analyse the development of energy performance in different parts of the Swedish multi-family building stock over the past decade and (iii) investigate how the development of energy performance can be explained and understood based on characteristics of the building stock and information from the EPC.

In order to be able to answer the research questions, a method for matching the first and second EPC for the same building was developed. Several measures were taken to ensure that the matched EPCs corresponded to the same building. The fact that this match could be conducted without significant loss of data indicates that the EPCs could constitute important material for research on energy performance development.

To the knowledge of the authors, no previous studies have utilised EPCs to evaluate the development of energy performance over time in neither Sweden nor any other member states in the EU. For that reason, this application of the EPC was compared to the method currently used by the Swedish Energy Agency to compile the national energy statistics, which is surveys. It was concluded that there are several benefits in using the EPC as statistical material compared to surveys, among which (i) the possibility to study building-specific development in energy performance and (ii) the growing availability of EPC data were considered to be of particular importance. More so, the results of this study were compared to the corresponding results from the Swedish Energy Agency in order to evaluate the reliability of and accuracy of the EPC data. It was found that the rate of energy efficiency was higher in this study than in the statistics from the Swedish Energy Agency, which can partly be explained by a systematic error caused by altered regulations in the EPC. Another explanation is the fact that renovated buildings were overrepresented in this study. It could thus be concluded that the EPCs can successfully be used for analysing development of energy performance if systematic errors and statistical representation of data are considered and potentially corrected for.

The change in energy performance was calculated for all of the analysed buildings as well as in cross sections based on ownership, year of construction, renovation extent and income of the residents. The overall results showed that energy efficiency has occurred in all areas of the analysed building stock. On average, the energy performance has improved with 20 kWh/m<sup>2</sup> which has taken the analysed building stock from an initial energy performance of 125 kWh/m<sup>2</sup> to a current energy performance of 145 kWh/m<sup>2</sup>. This corresponds to an annual energy efficiency rate of 1,7 %.

The greatest improvements in energy performance were found in the parts of the analysed building stock where the initial energy performance was the lowest. Through the application of ANOVA-tests it was possible to demonstrate differences in the energy performance improvements between the different groups of ownership, year of construction, renovation extent and income of the residents. The improvement in energy performance was particularly big in multi-family buildings from the period 1945 – 1960 (folkhemmet) and 1960-1975 (miljonprogrammet), which to a large extent are owned by municipal housing companies (allmännyttan). The study also showed a positive correlation between renovation extent and energy efficiency, but it was also found that non-renovated buildings had experienced significant improvements in energy performance. This indicates that renovation not necessarily is a prerequisite for improved energy efficiency in the building stock. Multi-family buildings with lower income residents had lower energy performance today as well as 10 years ago, despite a higher rate of energy efficiency over the past decade compared to buildings with higher income residents.

A multivariate regression analysis with improvement in energy performance as dependent variable and measures for energy efficiency as independent variables showed that installation of measures such as heat pumps, heat-recovery in ventilation and solar cells significantly improves the energy performance. It should however be noted that energy performance is calculated from the amount of purchased energy and not the final energy usage. This means that improved energy efficiency does not necessarily mean that the energy required to sustain the building has decreased.

# Sammanfattning

I denna studie har data från energideklarationer för första gången nyttjats till att studera hur energiprestandan inom det svenska flerbostadshusbeståndet har utvecklats under det senaste decenniet. De första energideklarationerna genomfördes år 2007 i samband med implementeringen av EU-direktivet för byggnaders energiprestanda och till följd av en giltighetstid på 10 år pågår sedan 2017 ett omfattande arbete med omdeklarering av hela beståndet. Detta gör att det kan sägas finnas två “vågor” av energideklarationer, där den första vågen kom 2007–2008, och den andra vågen kom 2017–2018. Genom att matcha den första och den andra deklARATIONEN för samma byggnad och analysera skillnader i byggnadens energianvändning och energisystem ämnar studien att besvara (i) huruvida det är lämpligt att använda energideklarationer till att studera förändring i specifik energianvändning, (ii) hur skillnaden i specifik energianvändning över det senaste decenniet varierar mellan olika delar av flerbostadshusbeståndet samt (iii) hur dessa förändringar i energiprestanda kan förklaras.

Som ett första steg i att besvara studiens frågeställningar utvecklades en metod för matchning av de energideklarationer från första och andra vågen som avser samma byggnad, då detta inte är möjligt att direkt utläsa från det dataregister som Boverket tillhandahåller. Ett flertal åtgärder vidtogs för att säkerställa att de energideklarationer som matchades ihop representerade samma byggnad, bland annat genom kontroll av överensstämmande byggnadsarea. Att energideklarationerna kunde matchas ihop utan något större databortfall indikerar att metoden är både möjlig och lämplig.

Studier där energideklarationer används i syfte att visa på skillnader i energiprestanda mellan olika tidpunkter har till författarnas kännedom inte tidigare gjorts, varken i Sverige eller i något annat EU-land. Därför granskades lämpligheten av denna tillämpning utifrån flera perspektiv. Dels jämfördes den observerade skillnaden i specifik energianvändning mot Energimyndighetens officiella statistik som baseras på årliga urvalsundersökningar, och dels undersöktes hur förändringar i praxis för beräkning av energiprestanda i energideklarationen påverkade den observerade skillnaden. Det framgick att energieffektiviseringstakten i denna studie var något högre än vad som anges i Energimyndighetens statistik. Detta kan delvis förklaras av att det i studiens resultat ingår ett systematiskt fel till följd av uppdaterade föreskrifter i regelverket för energideklarationerna, som är möjligt att korrigera för vid behov. Dessutom var renoverade byggnader överrepresenterade i det dataunderlag som studien grundades på. Mot denna bakgrund är slutsatsen att det är lämpligt att nyttja energideklarationer till att visa på förändring i specifik energianvändning om hänsyn ges till systematiska fel och representativitet av data. I studien konstaterades det även att två av de stora forskningsfördelarna med att använda energideklarationen som underlag istället för urvalsundersökningar är att (i) det går att analysera den byggnadsspecifika utvecklingen av energiprestanda och (ii) det statistiska underlaget är, och kommer att fortsätta bli, större.

Kartläggningen av hur förändringen av specifik energianvändning varierar mellan olika delar av flerbostadshusbeståndet baserades på fyra olika tvärsnitt, där byggnaderna kategoriserades utifrån fastighetsägare, byggnadsår, renoveringsomfattning samt de boendes årsinkomster. De övergripande

resultaten visar att energieffektivisering har skett i alla delar av beståndet. I snitt har den specifika energianvändningen minskat med 20 kWh/m<sup>2</sup> mellan de två vågorna av energideklarationer, vilket innebär att det analyserade beståndet gått från att ha en genomsnittlig specifik energianvändning på 145 kWh/m<sup>2</sup> till 125 kWh/m<sup>2</sup>. Detta motsvarar en årlig energieffektiviseringstakt om 1,7 %.

Störst minskning har skett där den specifika energianvändningen initialt var som högst. Detta har lett till en utjämning av skillnader i energiprestanda för beståndet som helhet. Med ANOVA-tester var det möjligt att påvisa skillnader i hur mycket den specifika energianvändningen minskat mellan olika ägar-, byggnadsårs-, renoverings- och inkomst kategorier. Framförallt har energianvändningen minskat mycket i de flerbostadshus som byggdes under folkhemmet och miljonprogrammet, och som till stor del ägs av allmännyttan. Studien visade även att det finns ett positivt samband mellan renoveringsomfattning och energieffektivisering, men att betydande energieffektivisering även har skett i det bestånd som inte har renoverats. Detta indikerar att renovering som en förutsättning för energieffektivisering i bostadsbeståndet inte är en självklarhet. Flerbostadshus där de boende har lägre inkomster var för tio år sedan och är fortfarande de områden som håller lägst energiprestanda trots att de har haft en högre energieffektiviseringstakt än flerbostadshus där de boende har högre inkomster.

En multivariat regressionsanalys med skillnad i specifik energianvändning som beroende variabel och energieffektiviserande åtgärder som oberoende variabler visade att installation av värmepumpar, FTX-system och solceller är exempel på åtgärder som minskar den specifika energianvändningen. Viktigt att notera är att en minskning i specifik energianvändning avser köpt energi, och att det inte nödvändigtvis innebär att flerbostadshusets behov av energi har minskat.



# Definitioner och förkortningar

Energiprestanda: Ett mått på hur en byggnad presterar energimässigt. Uttrycktes i energideklarationen som specifik energianvändning fram till den 31 december 2018. Uttrycks som primärenergital från den 1 januari 2019.

Specifik energianvändning: Levererad energi till byggnaden för uppvärmning, varmvatten och fastighetsel fördelat på byggnadens uppvärmda area. En lägre specifik energianvändning innebär en högre energiprestanda.

Primärenergital: Ett mått på vilka energiresurser som behöver tillföras energisystemet för att uppfylla byggnadens energibehov.

$A_{temp}$ : Den invändiga area som värms till mer än 10 °C i byggnaden.

$\Delta E$ : Differensen mellan specifik energianvändning i våg två och specifik energianvändning i våg ett.

EED: Energieffektiviseringsdirektivet

EPBD: Direktivet om byggnaders energiprestanda

BOA: Boarea

LOA: Lokalarea

SBN: Svensk byggnorm

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledande kapitel</b> .....	1
1.1 Energideklarationens nya roll i forskarvärlden .....	2
1.2 Syfte och frågeställningar .....	3
1.3 Avgränsningar .....	4
1.4 Disposition .....	5
<b>2. Uppföljningen av energieffektivisering i Sveriges bostadsbestånd</b> .....	6
2.1 Den officiella energistatistiken för svenska flerbostadshus .....	6
2.1.1 Energianvändning och uppvärmningssätt .....	6
2.1.2 Energianvändning för olika typer av byggnader.....	7
2.1.3 Minskad energianvändning i bostadssektorn .....	9
2.2 Systemet med energideklarationer .....	9
2.2.1 Energideklarationen vill sätta ett värde på energieffektivitet.....	10
2.2.2 Data som inkluderas i en energideklaration .....	10
2.2.3. Boverket uppdaterar kontinuerligt föreskrifterna .....	11
2.3 Renovering och energieffektivisering.....	12
2.3.1 Behov och hinder för renovering av flerbostadshus .....	13
2.3.2 Sociala utmaningar och möjligheter vid renovering.....	15
2.3.3 Nationell strategi för energieffektiviserande renovering.....	15
<b>3. Förväntad variation av energieffektivisering mellan beståndets olika delar</b> .....	18
3.1 Byggnadsspecifik skillnad i specifik energianvändning ( $\Delta E$ ) .....	18
3.2 Olika tvärsnitt av flerbostadshusbeståndet.....	18
3.2.1 Olika ägare har olika incitament och förutsättningar.....	19
3.2.2 Nybyggnadsåret kan tala om behovet av och möjligheten för energieffektivisering .....	21
3.2.3 Graden av renovering väntas påverka graden av energieffektivisering.....	23
3.2.4 Låginkomsttagare väntas bo i beståndets mest energikrävande delar .....	24
3.3 Faktorer som påverkar förändringen av den specifika energianvändningen .....	25
3.3.1 Hög energianvändning motiverar energieffektivisering .....	25
3.3.2 Förändringar i byggnadens energisystem.....	26
3.3.3 Skillnad i bostadsyta per person kan påverka energibehovet .....	28

3.4	Statistiska metoder .....	28
3.4.1	Att påvisa statistiska skillnader mellan grupper .....	29
3.4.2	Att undersöka statistiska samband i data.....	29
<b>4.</b>	<b>Att använda energideklarationer till att studera utvecklingen av bostadsbeståndets energianvändning .....</b>	<b>31</b>
4.1	Val av olika tvärsnitt av flerbostadshusbeståndet.....	31
4.1.1	Någon är byggnadens beslutsfattare.....	31
4.1.2	Utgångsläget påverkar potentialen för energieffektivisering.....	31
4.1.3	Energieffektivisering sker ofta i samband med renovering .....	32
4.1.4	Människan som en del av byggnadens energianvändning.....	32
4.2	Att bygga en databas med parvisa energideklarationer .....	32
4.2.1	Den tilldelade datan .....	33
4.2.2	Val av aggregationsnivå vid jämförelse av energideklarationer .....	34
4.2.3	Jämförbarhet mellan första och andra vågens energideklarationer.....	36
4.2.4	Sammanslagning av data från olika register.....	39
4.2.5	Bestämning av renoveringskategori.....	39
4.3	Beskrivning av dataunderlaget och dess representativitet .....	41
4.3.1	Dataunderlagets geografiska spridning .....	43
4.3.2	Korrelationer mellan studiens ingående variabler .....	44
4.3.3	Att fånga upp systematiska fel.....	44
<b>5.</b>	<b>Ett decennium av reducerad energianvändning.....</b>	<b>46</b>
5.1	Övergripande resultat .....	46
5.1.1	Studiens resultat i förhållande till Energimyndighetens statistik.....	48
5.1.2	Analys av den beroende variabeln $\Delta E$ .....	48
5.1.3	Analys av de byggnader som har ökat sin specifika energianvändning.....	50
5.2	Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika ägandekategorier .....	51
5.2.1	Analys av ägandeformens påverkan på energieffektiviseringen .....	54
5.3	Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika byggperioder .....	55
5.3.1	Analys av byggperiodens påverkan på energieffektiviseringen .....	58
5.4	Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika renoveringskategorier.....	59
5.4.1	Energieffektiviserande åtgärder inom respektive renoveringskategori .....	62
5.4.2	Analys av renoveringsomfattningens påverkan på energieffektivisering .....	62

5.5 Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika inkomstkvarter	64
5.5.1 Analys av hur de boendes inkomst påverkar energieffektiviseringen	66
5.6 Så förklaras hälften av den observerade energieffektiviseringen	67
5.6.1 Analys av multivariat regressionsmodell	69
<b>6. En utvärdering av energideklarationens nya roll</b>	<b>70</b>
6.1 En ny metod för att studera utvecklingen av bostadsbeståndets energianvändning	70
6.1.1 Att jämföra en byggnad med sig själv	70
6.1.2 Energideklarationen som statistiskt underlag	71
6.2 Bidrag till den nationella strategin för energieffektiviserande renovering	72
6.2.1 Energieffektiviseringstakten tycks öka men är för låg	72
6.2.2 Energieffektivisering sker som mest där behoven är som störst	73
6.2.3 En utmaning att renovera när låg energiprestanda sammanfaller med låg inkomst	74
6.2.4 Ny kunskap om sambandet mellan renovering och energieffektivisering	75
6.3 Systemgränser och energieffektivisering	76
<b>7. Slutsatser</b>	<b>78</b>
7.1 Här ser vi behov av framtida forskning	81
Referenser	82
Appendix I	85
Appendix II	88

# 1. Inledande kapitel

I början av 2000-talet uppmärksammade Kohler och Hassler (2002) att byggindustrin i Europa skulle komma att behöva ändra fokus från nybyggnation till underhåll och upprustning av det befintliga och åldrande beståndet. För att lyckas med detta krävdes mer kunskap om byggnadsbeståndet - något som vid tidpunkten saknades i och med att arkitekter och ingenjörer historiskt sett hade inriktat sig på innovation och nya lösningar snarare än underhåll och utveckling av redan etablerad teknik (Kohler & Hassler 2002). Fram tills dess hade byggnadsbeståndets energianvändning uppskattats på ett bottom-up manér där energianvändningen hos karakteristiska byggnader från olika byggperioder genom extrapolering fått representera hela den delen av beståndet. Den totala energianvändningen räknades fram genom att multiplicera de karakteristiska byggnadernas specifika energianvändning (per m<sup>2</sup>) med arean av den del av beståndet och validerades genom top-down analyser utifrån kunskap om sektorns totala energianvändning. Med hjälp av detta material gjordes sedan prognoser för hur energianvändningen i sektorn skulle komma att utvecklas, under antagandet att energianvändningen i både nya och gamla byggnader skulle minska trots att kunskap och prognoser för renoveringstakten saknades. Detta gjorde att dessa prognoser allt som oftast misslyckades med att förklara utvecklingen av byggnadsbeståndets energianvändning. I sin artikel *The building stock as a research object* konstaterade Kohler och Hassler (2002) att en världsomspännande brist på statistik var det som i största mån begränsade det växande behovet av forskning som riktade in sig på systematiska, multidisciplinära och heltäckande analyser av byggnadsbeståndet.

Mycket har hänt sedan 2002. Tack vare systemet med energideklarationer finns nu byggnadsspecifik information om faktisk och specifik energianvändning men även information om byggnadstekniska komponenter som exempelvis uppvärmningssystem och ventilationssystem för stora delar av byggnadsbeståndet inom EU. Detta har ändrat premisserna för analyser av det europeiska byggnadsbeståndet i allmänhet och det svenska beståndet i synnerhet. Medan energiprestandan i energideklarationerna för resten av EU baseras på schablonmässiga beräkningar av energianvändning är Sverige unikt med att basera energiprestandan på mängden fakturerad energi från energibolagen och har således ett bättre underlag för analys. Genom att sammankoppla informationen från energideklarationerna med information från andra myndigheter om exempelvis bostädernas ägandeform och indikatorer på de boendes socioekonomiska status har nya typer av multidisciplinära analyser kunnat genomföras. Ett exempel är Broberg och Egüez (2018) som i sin artikel *Blame it on the owner - Ownership and energy performance of multi-dwelling buildings* undersöker hur energiprestanda i flerbostadshus skiljer sig mellan olika ägandeformer (Broberg & Egüez 2018). Dessa typer av studier är effektiva när det kommer till att med hög upplösning kartlägga verkligheten och på så sätt ge underlag som bidrar till mer informerat beslutsfattande.

Energideklarationerna används idag som forskningsunderlag av flera forskargrupper i Sverige. Analyser av flerbostadshusbeståndet med hjälp av energideklarationer har bland annat gjorts med syfte att undersöka renoveringspotential (Brown et al. 2013), att studera kopplingen mellan ägande och

energiprestanda (Broberg & Egüez 2018) och att analysera sambandet mellan en byggnads karakteristik och dess energiprestanda (Hjortling et al. 2017). Vidare har Mikael Mangold et al. (2015) analyserat datakvalitet i svenska energideklarationer (Mangold et al. 2015), och även arbetat multidisciplinärt med energideklarationerna genom att studera hur olika ägares investeringar i renovering relaterar till energiprestanda och de boendes socioekonomiska status i Göteborg (Mangold et al. 2018). På nationell nivå har Tim Johansson et al. (2017) arbetat med att sammanföra information från energideklarationer och andra register för att visualisera och analysera energiprestanda och renoveringsbehov (Johansson et al. 2017).

## 1.1 Energideklarationens nya roll i forskarvärlden

Tillämpningen av energideklarationer i Sverige regleras av ett antal författningar: *lag (2006:985) om energideklaration för byggnader*, *förordning (2006:1592) om energideklaration för byggnader* samt ett antal föreskrifter och allmänna råd beslutade av Boverket. I lagen om energideklaration för byggnader fastställs bland annat att den som äger en byggnad har en skyldighet att se till att det finns en energideklaration upprättad för byggnaden om/när byggnaden upplåts med nyttjanderätt eller innan en försäljning. I lagtexten framgår även att deklARATIONEN måste utföras av en oberoende energiexpert och att giltighetstiden för en energideklaration är 10 år. Då lagen om energideklaration krävde att ägare av flerbostadshus skulle ha upprättat en energideklaration senast den 31 december 2008 när dessa energideklarationer nu sitt utgångsdatum. Detta innebär att många flerbostadshus är i takt med att energideklareras för andra gången. Därav har två "vågor" av energideklarationer registrerats i Sverige, där den andra vågen precis har börjat rulla in och kommer att fortsätta växa under 2019.

Vid tidpunkten för denna studie har alltså en del men inte alla flerbostadshus energideklareras för andra gången, vilket öppnar för möjligheten att för denna delmängd jämföra informationen från den förnyade energideklarationen med informationen från den äldre och att utifrån detta analysera förändringar i specifik energianvändning. Då energideklarationerna till författarnas kännedom aldrig tidigare applicerats för detta ändamål i något EU-land saknas praxis på hur en sådan jämförelse ska gå till och det krävs således utveckling av ny metodik. Utformningen av en sådan metodik innebär ett helt nytt angreppssätt för att studera utvecklingen av bostadssektorns energianvändning och möjliggör byggnadsspecifika analyser med många potentiella fördelar ur forskningssynpunkt. En analys av utvecklingen i energiprestanda bland svenska flerbostadshus är även intressant då det framförallt är i flerbostadshusbeståndet som mål för energieffektivisering och mål för samhällsutveckling möts. Vidare har Boverket och Energimyndigheten uttryckt en vilja om att inför kommande uppdatering av den nationella strategin för energieffektiviserande renovering fokusera på flerbostadshus (Boverket & Energimyndigheten 2016), vilket innebär att en avgränsning till enbart flerbostadshus gör resultatet från denna studie till ett användbart underlag inför nästkommande renoveringsstrategi.

För att ge en övergripande bild av hur energiprestandan utvecklats i olika delar av flerbostadshusbeståndet kommer denna studie att göra tvärsnitt baserat på ägandekategori, byggepok, grad av renovering samt inkomst hos de boende. Denna uppdelning har valts eftersom att

fastighetsägaren är den som tar beslut om renoveringar och energieffektivisering, byggepoken indikerar byggnadens ålder och skick, graden av renovering påverkar hur hög grad av energieffektivisering som kan förväntas och inkomst hos de boende ger kunskap om korrelationen mellan energiprestanda och socioekonomisk status. Dessa uppdelningar väntas tillsammans ge en heltäckande bild av flerbostadshusbeståndet som speglar de behov och utmaningar som finns gällande energieffektiviserande renovering.

Utöver lagen och förordningen som har beslutats av regeringen respektive riksdagen har Boverket beslutat om tre föreskrifter och allmänna råd som ingår i regelverket. Dessa är: BFS 2007:4 om energideklaration för byggnader (BED); BFS 2007:5 för certifiering av energiexpert (CEX) samt BFS 2016:12 om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN). Dessa föreskrifter har uppdaterats ett flertal gånger sedan de implementerats, vilket innebär att energideklarationens parametrar och beräkningsmetoder till viss del har förändrats mellan den första och den andra vågens energideklarationer. Vid en jämförelse av energideklarationer från de två vågorna blir det således viktigt att ta hänsyn till denna typ av problematik.

## 1.2 Syfte och frågeställningar

Det huvudsakliga syftet med denna studie är att utveckla och applicera ett nytt användningsområde för energideklarationer: en parvis jämförelse av informationen från första och andra vågens deklarationer för att kartlägga det senaste decenniets utveckling av energiprestanda hos byggnader i det svenska flerbostadshusbeståndet. Genom att sammanföra den byggnadsspecifika informationen från energideklarationerna med annan karaktäristisk information såsom byggnadens ägare, byggnadsår, investeringar i renovering och de boendes inkomster ämnar studien att belysa beståndet och energieffektiviseringstakten utifrån flera olika perspektiv. Utifrån dessa perspektiv, som på olika sätt indikerar förutsättningar för och konsekvenser av en reducerad specifik energianvändning, kan variationer i energieffektiviseringstakt för olika delar av beståndet kartläggas. I förlängningen kan kunskap om det senaste decenniets förändringar i energiprestanda bidra till ett mer informerat beslutsfattande på myndighetsnivå och således till en mer hållbar utveckling av flerbostadshusbeståndet. Specifikt har denna studie för avsikt att utgöra en del av underlaget till Boverkets nästa uppdatering av Sveriges renoveringsstrategi, som ska fokusera på just energieffektivisering.

Utifrån studiens syfte har följande frågeställningar formulerats:

- Kan energideklarationer användas till att tillförlitligt utreda förändring i specifik energianvändning inom det svenska flerbostadshusbeståndet?
- Hur har den specifika energianvändningen förändrats, och hur varierar förändringar i specifik energianvändning med
  - byggnadens ägare?
  - byggnadens byggnadsår?
  - investeringar i renovering?
  - de boendes inkomster?
- Hur kan information från energideklarationerna förklara eventuella förändringar i specifik energianvändning?

### 1.3 Avgränsningar

*Utveckling av energiprestanda* avser i denna studie *förändring i specifik energianvändning*. Detta då byggnaders energiprestanda fram till den 1 januari 2019 uttrycks som specifik energianvändning i energideklarationen. Den specifika energianvändningen definieras som köpt energi för uppvärmning, varmvatten och fastighetsel fördelat på byggnadens uppvärmda area.

För att kunna undersöka en skillnad i specifik energianvändning avgränsar sig detta arbete till de byggnader som vid tidpunkten för studiens genomförande hade hunnit utföra en andra omgång av energideklarering. Då utdrag för forskning från Boverkets databas Gripen endast görs vid halv- och helårsskiften är studiens underlag begränsat till de byggnader som innan den 30 juni 2018 hade registrerat sin andra energideklaration.

Arbetet är även begränsat till att studera energianvändningen vid tidpunkterna för de två energideklareringarna (ca 2008 samt 2018) och kan därför endast uttala sig om dessa två tillstånd, inte tillstånden däremellan. Endast svenska flerbostadshus kommer att inkluderas i analysen.

Slutligen kommer arbetet ej att utvärdera energideklarationen i roll av styrmedel. I detta arbetets kontext är energideklarationen enbart en informationsbärare.



## 1.4 Disposition

Denna studie består av sju kapitel som var och ett fyller sin egen funktion. Detta inledande kapitel följs av relevant bakgrundsinformation i kapitel 2. Därefter presenteras teori för de ingående variablerna och de statistiska metoder som kommer att användas i kapitel 3. Metodutveckling för att nå jämförbarhet mellan första och andra vågens energideklarationer beskrivs i kapitel 4, följt av en sammanställning av resultaten i kapitel 5. I kapitel 6 diskuteras resultaten och sätts i ett större sammanhang, för att sedan kondenseras till slutsatser som besvarar studiens frågeställningar i kapitel 7.

## 2. Uppföljningen av energieffektivisering i Sveriges bostadsbestånd

Detta kapitel inleds med en presentation av den officiella energistatistiken för svenska flerbostadshus, som visar hur energianvändningen varierar mellan olika delar av beståndet enligt de undersökningar som årligen beställs av energimyndigheten. Dels presenteras den metod som tidigare har använts för att ta fram energistatistik i sektorn, och dels kan den statistik som Energimyndigheten tillhandahåller vara användbar för validering studiens resultat. Därefter följer en genomgång av hur systemet med energideklarationer fungerar och vilken data som energideklarationerna tillhandahåller. I kapitlets avslutande del beskrivs sambandet mellan energieffektivisering, renovering och de sociala utmaningar som följer av upprustningen av flerbostadshusbeståndet. Bland annat presenteras bakgrunden till och syftet med den nationella strategin för energieffektiviserande renovering.

### 2.1 Den officiella energistatistiken för svenska flerbostadshus

Energimyndigheten ansvarar för att tillhandahålla officiell statistik på energiområdet. För bostads- och servicesektorn genomförs varje år sedan 1976 undersökningar för tillförsel och användning av energi i småhus, flerbostadshus och lokaler, som syftar till att ge information om bland annat uppvärmningssätt och energianvändning till uppvärmning och varmvatten.

Den senaste undersökningen på området "Tillförsel och användning av energi för bostads- och servicesektorn" är en enkätundersökning som avser 2016 års energianvändning för uppvärmning och varmvatten. De resultat som gäller energianvändning i Sveriges flerbostadshus baseras på ett slumpmässigt urval. Av totalt ca 144 000 flerbostadshus år 2016 gjordes ett urval på ca 7 000 st, och enkäter skickades till berörda byggnadsägare. Svarsandelen var ca 64 procent, och resultaten presenteras i energimyndighetens rapport ES 2017:04 (Energimyndigheten 2017b).

#### 2.1.1 Energianvändning och uppvärmningssätt

I Tabell 2.1 presenteras temperaturkorrigerade värden för energianvändning per kvadratmeter i flerbostadshus år 2016, fördelat efter uppvärmningssätt. Till skillnad från Boverket, som använder begreppet  $A_{temp}$ , använder Energimyndigheten istället BOA + LOA som begrepp för area<sup>1</sup>. BOA + LOA inkluderar endast den area inom byggnaden som utgörs av bostäder och lokaler, medan begreppet  $A_{temp}$  inkluderar den area inom byggnaden som är uppvärmt till minst 10 °C, alltså även de utrymmen som utgörs av till exempel trapphus.

Den genomsnittliga temperaturkorrigerade energianvändningen för flerbostadshus var år 2016  $140,2 \pm 2,0$  kWh per kvadratmeter (Energimyndigheten 2017b). Den redovisade felmarginalen utgör ett 95-procentigt konfidensintervall, och tolkas som att den genomsnittliga energianvändningen med 95 %

---

<sup>1</sup> Mailkonversation Lars Nilsson, statistikansvarig Energimyndigheten, den 20 november 2018.

säkerhet har ett värde mellan 138,2 och 142,2 kWh per kvadratmeter under antagandet att variabeln är normalfördelad.

Högst energianvändning har de byggnader som värms med oljeeldning med ca 157 kWh/m<sup>2</sup>. Värt att notera är dock att denna grupp utgör en mycket liten del av underlaget (0 % när procentenheter avrundas till heltal). De flerbostadshus som värms med fjärrvärme eller gas har en energianvändning på ca 142 - 143 kWh/m<sup>2</sup>, dock med stora osäkerheter för ett 95-procentigt konfidensintervall. I kategorin *Elvärme* inkluderas även luft-luft-, luft-vatten- och frånluftsvärmepumpar, vilket antagligen förklarar den relativt låga energianvändningen på ca 117 kWh/m<sup>2</sup>. Lägst energianvändning hade de byggnader som värms med *berg-, jord- eller sjövärmepump* med 92 kWh/m<sup>2</sup>. Att energianvändningen hos byggnader med värmepumpar är markant lägre förklaras av att det endast är den köpta mängden energi som redovisas i statistiken. Den energi som värmepumparna tar från luften, marken eller annat medium redovisas alltså inte (Energimyndigheten 2017b).

Tabell 2.1: Temperaturkorrigerad energianvändning per kvadratmeter i flerbostadshus år 2016, fördelad efter uppvärmningssätt (Energimyndigheten 2017b, Tabell 3.6 & Tabell 2.4).

Uppvärmningssätt	Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> )	Del av beståndet (%)
Enbart Fjärrvärme	142,9 ± 2,0	80
Fjärrvärme i kombination*	142,5 ± 10,1	11
Enbart Oljeeldning	156,5 ± 11,4	0
Enbart Gas	142,2 ± 16,6	1
Elvärme**	116,7 ± 6,4	3
Berg- jord- eller sjövärmepump	92,2 ± 8,6	1
Övrigt	129,5 ± 25,4	1
Samtliga	140,2 ± 2,0	100

\* De vanligaste kombinationerna är fjärrvärme med luft-luft- eller luft-vattenvärmepump.

\*\* Till denna kategori räknas även luft-luft- eller luft-vattenvärmepumpar.

Tabell 2.1 visar även att det dominerande uppvärmningssättet för flerbostadshus i Sverige är fjärrvärme. 80 procent av den uppvärmda arean värms upp med enbart fjärrvärme och 11 procent värms upp av fjärrvärme i kombination med något annat uppvärmningssätt, typiskt luft-vatten- eller frånluftsvärmepump (Energimyndigheten 2017b).

### 2.1.2 Energianvändning för olika typer av byggnader

I Tabell 2.2 och 2.3 presenteras den temperaturkorrigerade energianvändningen per kvadratmeter i flerbostadshus år 2009 respektive år 2016 samt andel uppvärmd area 2016 fördelat på byggår respektive ägarkategori. Att energianvändningen för år 2009 presenteras, snarare än energianvändningen år 2007 eller 2008, beror på att temperaturkorrigerad data saknar i den statistik som är äldre än 2009.

I Tabell 2.2 framgår det tydligt att äldre byggnader använder mer energi till uppvärmning jämfört med nyare byggnader. Det förklaras till stor del av att byggreglerna kontinuerligt har uppdaterats med högre krav på specifik energianvändning (Thuvander et al. 2017). En jämförelse mellan energianvändningen år 2009 och energianvändningen år 2016 visar på en minskning från ca 153 kWh/m<sup>2</sup> till ca 140 kWh/m<sup>2</sup>. Minskningen är relativt jämn för byggnader som är byggda fram till år 1980, där statistiken visar att den specifika energianvändningen har minskat med ca 10–12 kWh/m<sup>2</sup>. Även de byggnader som har ett byggår från 1980 och framåt visar dock på en minskning i specifik energianvändning (Tabell 2.2).

Tabell 2.2: Temperaturkorrigerad energianvändning per kvadratmeter i flerbostadshus år 2009 och år 2016, fördelad efter byggår (Energimyndigheten 2017b, Tabell 3.6 & Tabell 2.4, Energimyndigheten 2017d, Tabell 2.9).

<b>Byggår</b>	<b>Energianvändning 2009 (kWh/m<sup>2</sup>)*</b>	<b>Energianvändning 2016 (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Del av beståndet 2016 (%)</b>
< 1940	162	152,0 ± 6,0	14
1941 - 1960	164	153,1 ± 3,9	23
1961 - 1970	155	143,1 ± 3,7	24
1971 - 1980	158	146,7 ± 5,1	13
1981 - 1990	127	125,6 ± 6,0	9
1991 - 2000	128	119,0 ± 8,7	6
2001 - 2010	119	111,6 ± 5,7	6
2011 - 2015	-	93,7 ± 9,0	4
Samtliga	153	140,2 ± 2,0	100

\*I Energimyndighetens statistik från år 2009 presenteras inget konfidensintervall.

Tabell 2.3 visar att bostadsrättsföreningar är den ägarkategori som har lägst specifik energianvändning med ca 137 kWh/m<sup>2</sup>. Därefter följer allmännyttan, alltså de kommunala bostadsföretagen, med ca 141 kWh/m<sup>2</sup>, och högst specifik energianvändning har flerbostadshus i ägarkategorin privata hyresvärdar med ca 144 kWh/m<sup>2</sup>. En jämförelse mellan energianvändningen år 2009 och år 2016 för respektive kategori visar att det är de allmännyttiga flerbostadshusen som har minskat sin energianvändning mest, följt av privata hyresbostäder. Bostadsrättsföreningarna har minskat sin energianvändning minst.

Tabell 2.3. Temperaturkorrigerad energianvändning per kvadratmeter i flerbostadshus år 2009 och år 2016, fördelad efter ägarkategori (Energimyndigheten 2017b, Tabell 3.6 & Tabell 2.4, Energimyndigheten 2017d, Tabell 2.7)

Ägarkategori	Energianvändning 2009 (kWh/m <sup>2</sup> ) *	Energianvändning 2016 (kWh/m <sup>2</sup> )	Del av beståndet 2016 (%)
Aktiebolag	156	143,8 ± 3,9	32
Bostadsrättsförening	146	137,0 ± 3,3	42
Allmännyttan	156	141,0 ± 2,7	26

\*I statistiken från år 2009 presenteras inget konfidensintervall.

### 2.1.3 Minskad energianvändning i bostadssektorn

Den generella trenden är att energianvändningen inom sektorn minskar (Energimyndigheten 2017a). Under 20-årsperioden fram till och med år 2015 minskade den specifika energianvändningen i sektorn med totalt 14 % (Energimyndigheten 2017c). Att den uppmätta energianvändningen har minskat beror till viss del på att el och fjärrvärme har ersatt olja som uppvärmningskälla samt att antalet värmepumpar har ökat. Övergången från olja till el och fjärrvärme innebär en minskad energianvändning eftersom att omvandlingsförluster förflyttas från bostadssektorn till el- och fjärrvärmeproducenterna. Installation av värmepump innebär en minskad energianvändning då det endast är den energi som krävs för att driva pumpen som registreras, inte den energimängd som levereras från värmepumpen till byggnaden. Det har även skett förbättringar i byggnadernas klimatskal via tilläggsisolering, fönsterbyten och andra energibesparande åtgärder i äldre hus, som har bidragit till minskad energianvändning (Energimyndigheten 2017a).

## 2.2 Systemet med energideklarationer

Lagen om energideklaration i byggnader grundar sig i EU-direktivet EPBD, som kräver att medlemsländerna inför system för energicertifiering av byggnader (Boverket 2016b). System för energicertifiering har därför implementerats i alla EU:s medlemsländer. De tidigaste började införa systemet redan 2005 (Österrike och Bulgarien) medan andra väntade ända tills kommissionens deadline för implementering 2013 (bland annat Grekland, Tyskland, Ungern och Polen). I Sverige fanns ett fungerande system samt en fungerande databas för energideklarationer på plats 2007 vilket gjorde Sverige till ett av de första länderna inom EU med ett fullt implementerat system. Kostnaderna för systemet är dock höga i Sverige jämfört med snittet i unionen (Arcipowska et al. 2014). En möjlig förklaring till detta är att i Sverige baseras data i energideklarationerna på den mängd köpt energi som anges på energiräkningen, till skillnad från i andra EU-länder där den specifika energianvändningen i energideklarationerna baseras på teoretiska beräkningar. Det är ett av argumenten till att datakvaliteten i svenska energideklarationer har bedömts som relativt tillförlitlig (Hjortling et al. 2017).

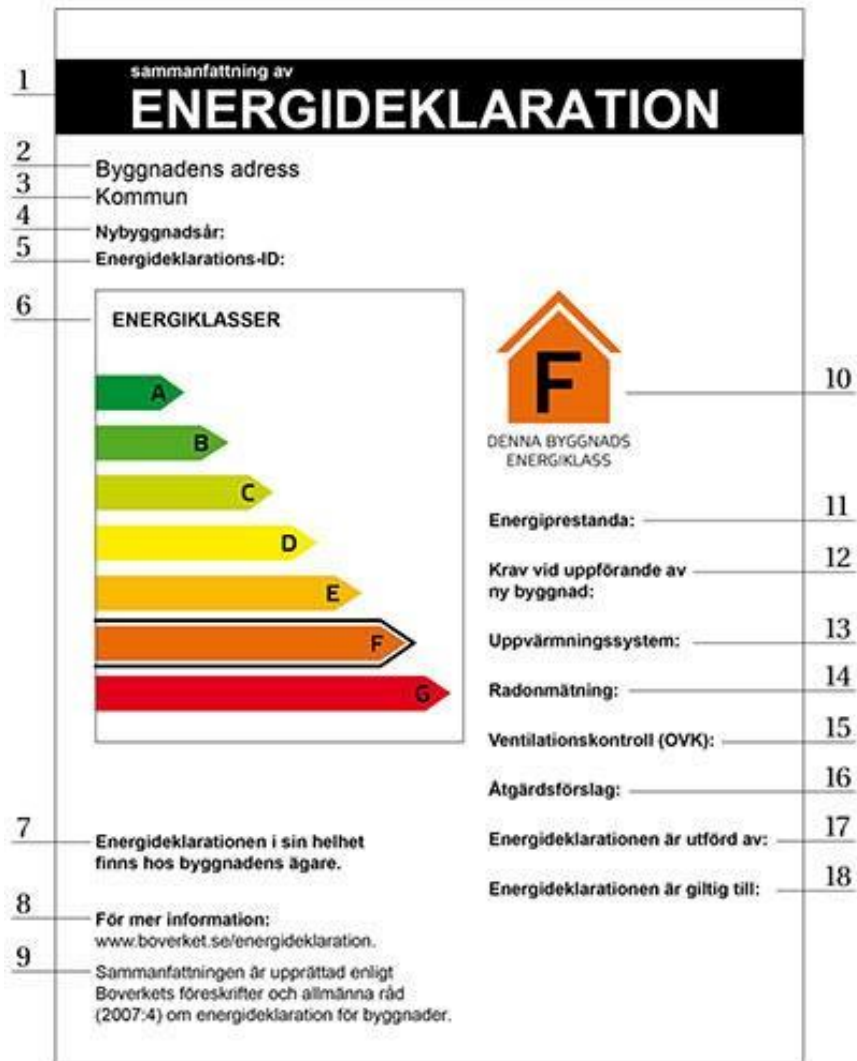
### 2.2.1 Energideklarationen vill sätta ett värde på energieffektivitet

Med information som källa till motivation syftar systemet med energideklarationer till att främja en effektiv energianvändning och en god inomhusmiljö i byggnader. Den information som finns på deklarationen riktar sig dels till fastighetsägaren som får sin byggnad energiklassad utifrån dess energiprestanda tillsammans med konkreta förslag på anpassade energieffektiviserande åtgärder, och dels till intressenter som önskar information om en byggnads energianvändning inför beslut om eventuella investeringar (Boverket 2017).

Kunskap om en byggnads energibehov och därmed energikostnad i kombination med lönsamma energieffektiviseringsåtgärder kan i sig förväntas ge incitament till fastighetsägaren att energieffektivisera. Dessutom kan energiprestanda förväntas ha en viss påverkan på en byggnads värde. Ett huvudsakligt bidrag från systemet med energideklarationer är att det har möjliggjort för jämförelse av energiprestanda mellan olika byggnader. Då en byggnad med ett lågt energibehov innebär lägre driftkostnader kan värdet förväntas vara högre jämfört med värdet av en motsvarande byggnad med ett högt energibehov. Med anledning av detta kan synliggörandet av byggnaders energibehov förväntas ge ytterligare incitament till energieffektiviserande åtgärder (Broberg & Egüez 2018).

### 2.2.2 Data som inkluderas i en energideklaration

Energideklarationen innehåller ett stort antal variabler som tillsammans beskriver byggnadens energisystem. Utöver informationen om byggnadens energiprestanda i form av specifik energianvändning och energiklass finns information om den faktiska energianvändningen för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel, både summerat och uppdelat på respektive energibärare som tillför energi till byggnaden. Dessutom finns information om total uppvärmd area ( $A_{temp}$ ), antal lägenheter, andel bostadsyta, byggnadens värme- och ventilationssystem, byggnadsår samt åtgärdsförslag för en minskad energianvändning. Den totala energianvändningen presenteras både med och utan temperaturkorrigering, och det är även möjligt att utläsa hur stor andel av denna som används för beredning av tappvarmvatten. I Figur 2.1 illustreras energideklarationens sammanfattning, som ofta finns placerade i byggnadernas entréer.



Figur 2.1: Utformningen av energideklarationens sammanfattning mellan den 1 januari 2014 och den 31 december 2018.

### 2.2.3. Boverket uppdaterar kontinuerligt föreskrifterna

Boverkets föreskrifter och allmänna råd om energideklaration för byggnader (BED) har i oktober 2018 uppdaterats tio gånger sedan de först formulerades år 2007. I BED 1, som är den första versionen av föreskriften, definieras Byggnaders energianvändning som “*Den energi som vid normalt brukande under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar eller dylikt) och övrig fastighetsel [kWh/år]*”. Energiprestandan definieras i sin tur som byggnadens specifika energianvändning, alltså energianvändningen fördelat på kvadratmeter uppvärmd area ( $A_{temp}$ ). Energianvändning ska i första hand bestämmas utifrån mätdata på faktisk levererad mängd energi, och i andra hand utifrån beräkningar baserade på byggnadens energitekniska egenskaper.

De närmast följande uppdateringarna innehåller mindre förändringar i formuleringar, men i BED 6 som trädde i kraft år 2014 sker större förändringar. Med denna uppdatering införs systemet för klassificering av byggnader på skalan A - G, i enlighet med energimärkningsförordningen. Klassificeringen innebär att varje byggnad som energideklarerats tilldelas en energiklass på skalan A - G, där A står för en låg energianvändning och G står för en hög energianvändning, vilket underlättar för jämförandet mellan byggnader.

Den 1 januari 2019 trädde den senaste versionen BED 10 i kraft. En viktig förändring som kommer med denna uppdatering är att innebörden av begreppet energiprestanda ändras från specifik energianvändning till primärenergital. Till skillnad från specifik energianvändning tar primärenergital hänsyn till vilken energibärare som används och till byggnadens geografiska placering, med syftet att underlätta för jämförelser mellan byggnader över hela landet. Specifik energianvändning kommer att registreras som tilläggsinformation i energideklarationen från och med detta datum.

Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställandet av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN) infördes år 2016 mot bakgrunden att EU-kommissionen ansåg att det fanns brister i hur Sverige hanterade energiprestandadirektivets krav på metod för fastställande av energiprestanda vid normalt brukande. Att hänsyn skall tas till normalt brukande vid bestämning av en byggnads energiprestanda var uttryckt, men det saknades regler för hur det normala brukandet skulle beaktas (Boverket 2016). I BEN regleras därför bland annat med vilka metoder som en byggnads energianvändning ska korrigeras till normalt brukande utifrån uppmätt energianvändning.

Boverkets föreskrifter och allmänna råd för certifiering av energiexpert (CEX) innehåller bland annat information om behörighet vid certifiering (Normal och Kvalificerad) samt krav på sakkunskap och erfarenhet av praktiskt arbete för de olika behörigheterna. Uppdateringarna av CEX innehåller bland annat krav på högre utbildningsnivå för kandiderande energiexperter och mer strikta ramar för det teoretiska prov som ligger till grund för erhållandet av certifiering (CEX 1, CEX konsoliderad).

## 2.3 Renovering och energieffektivisering

I studien *Renoveringsbarometern* undersöktes bland annat vilka skäl som låg bakom beslutet att renovera flerbostadshus. Bland de 76 bostadsföretag som svarade sa nästan 70 % att det i "hög grad" eller "mycket hög grad" var ett akut tekniskt behov eller en föråldrad komponent som var den viktigaste orsaken till renoveringen. På andra plats hamnade höga driftkostnader, följt av hög energianvändning och höga kostnader för underhåll. När företagen sedan fick ange vilka faktorer som prioriteras vid en renovering hamnade kostnader högst, tätt följt av energieffektivisering där strax över 95 % svarade att de alltid eller ofta prioriterar kostnader medan motsvarande siffra för energieffektivisering var strax över 90 % (Thuvander et al. 2016).

Det är alltså framförallt tekniska och kostnadsrelaterade orsaker som är avgörande faktorer för renoveringar av flerbostadshus. Energieffektivisering tycks sällan vara den främsta orsaken, men

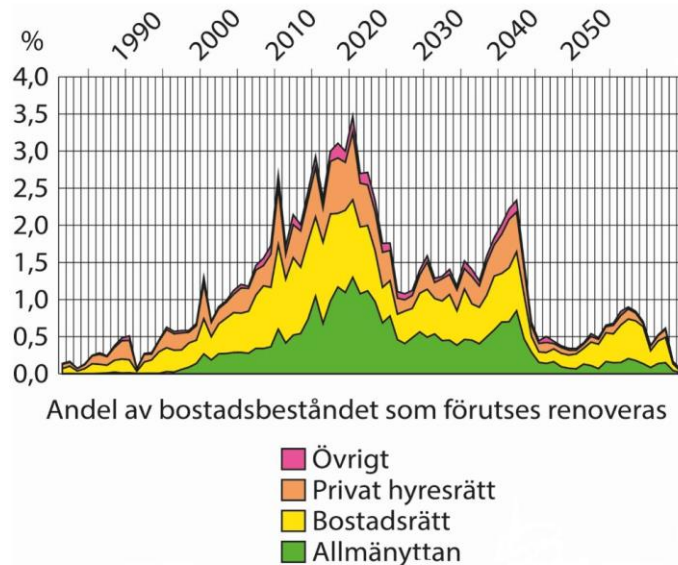


prioriteras däremot högt när det väl beslutats om en renovering. I Sveriges första nationella strategi för energieffektiviserande renovering (renoveringsstrategi) år 2014 utgicks det från att energieffektiviserande åtgärder kan genomföras lönsamt i samband med renovering och det konstaterades således att ett ökat antal renoveringar var en förutsättning för att påskynda energieffektiviseringen av bostadsbeståndet. Det poängterades även att en renovering inte nödvändigtvis behöver öka en byggnads energieffektivitet vilket resulterade i att Energimyndigheten och Boverket rekommenderade insatser, såsom informativa styrmedel, för att öka förekomsten av energieffektiviserande åtgärder i samband med renovering (Boverket & Energimyndigheten 2013). Det faktum att resultaten från *Renoveringsbarometern* visar att den bakomliggande orsaken till en renovering inte alltid är en låg energieffektivitet men att energieffektivisering allt som oftast prioriteras vid renoveringen stöder myndigheternas slutsats att ett ökat antal renoveringar är en förutsättning för ökad energieffektivitet i bostadsbeståndet, och att informativa styrmedel kan främja sammanslagningen av två behov i ett renoveringstillfälle. På så sätt kan bostadsbeståndet energieffektiviseras till en lägre samhällsekonomisk kostnad.

Det finns flera anledningar att tro att en renovering även leder till energieffektivisering: det är mer ekonomiskt att energieffektivisera i samband med renovering än att göra det helt fristående; fastighetsägare tycks prioritera energieffektivisering högt vid renovering; de teknik- och materialutbyten som en renovering innebär kan i sig väntas bidra till energieffektivisering. Trots detta var det dock svårt att se en statistisk skillnad i energiprestanda mellan renoverade och icke-renoverade byggnader vid sammanställningen av den senaste renoveringsstrategin. En möjlig förklaring ansågs vara att en renovering även kan innebära till- och ombyggnad som i vissa fall kan bidra till en ökad specifik energianvändning i byggnaden, samtidigt som löpande underhåll kan minska en byggnads energianvändning utan att någon renovering registreras (Boverket & Energimyndigheten 2016). Dessa kontraintuitiva processer gör det således svårt att se några tydliga mönster kring renovering och energieffektivisering i statistiken.

### 2.3.1 Behov och hinder för renovering av flerbostadshus

Bland svenska flerbostadshus tillkom nästan hälften av den uppvärmda ytan mellan 1941 och 1970 (Boverket & Energimyndigheten 2016). Bostadsbyggandet ökade stadigt under efterkrigstiden och kulminerade under miljonprogrammet mellan 1965 och 1974 då över en miljon bostäder byggdes (Hall & Vidén 2006). En byggnads förväntade tekniska livslängd varierar beroende på hur den byggts, brukats och underhållits, men antas ofta vara runt 50 år. Därefter är byggnaden troligtvis i behov av renovering. I en studie av Johansson och Mangold (2016) gjordes en prognos av det förväntade renoveringsbehovet utifrån enskilda byggnaders förväntade livslängd som presenteras i Figur 2.2 nedan. Som väntat visar prognosen en ökande renoveringstakt från 1990 fram till 2020, motsvarande 50 år efter initieringen och avslutet av den ovannämnda intensiva byggperioden.



Figur 2.2: Prognostiserat renoveringsbehov (Johansson & Mangold 2016).

För att få en mer detaljerad bild av hur omfattande renoveringsbehovet faktiskt är gjorde marknadsundersöknings- och analysföretaget *Industriefakta* år 2011 en uppskattning av renoveringsbehovet i flerbostadshusbeståndet. Resultaten visade att cirka 75 % av flerbostadshusen som byggdes under det som kallas rekordåren (1961–1975) är i behov av renovering, varav drygt hälften av dessa i princip behövde totalrenoveras inom de närmsta fem åren (Boverket & Energimyndigheten 2016).

Det faktum att underhåll av mindre omfattande karaktär ofta inte registreras försvårar uppgiften att skapa en korrekt överblick av vilket skick bostadsbeståndet befinner sig i. Dock kan de investeringar som registrerats i Fastighetstaxeringsregistret ge en uppfattning av var underhåll sker och i vilken omfattning. Från Fastighetstaxeringsregistret framgår det tydligt att äldre flerbostadshus har en större andel renoverad yta än nyare flerbostadshus. Det framgår även att renovering av mindre omfattning (<20 % av nyproduktionskostnad) dominerar som renoveringsform oavsett nybyggnadsår, och att förekomsten av totalrenoveringar generellt är låg (Boverket & Energimyndigheten 2016).

Trots en relativt tydlig bild av renoveringsbehovet i flerbostadshusbeståndet visar flera utredningar att det finns ett eftersatt renoveringsbehov i sektorn. En orsak till detta kan vara strukturella hinder för renovering av flerbostadshus. Boverket och Energimyndigheten (2016) gjorde inför den förra renoveringsstrategin en kartläggning av möjliga sådana hinder och konstaterade att det största hindret är svårigheten att nå lönsamhet i renoveringsinvesteringar. Denna problematik förstärks av två parallella utmaningar. Den första är att det råder bristande konkurrens bland konstruktionsföretag vilket driver upp priserna och på så sätt gör det svårare att nå lönsamhet. Den andra är att det vid sidan av ett stort renoveringsbehov även finns ett stort behov av att bygga nya bostäder. Detta gör att arbetskraft blir en bristvara vilket återigen driver upp priserna för att renovera (Boverket & Energimyndigheten 2016). Utöver dessa prishöjande processer bör även de generellt sett låga

energipriserna betraktas som en orsak till varför det är svårt att nå lönsamhet vid renovering i allmänhet och energieffektivisering i synnerhet.

Slutligen har även bristande tillgång på finansiering och kunskap hos fastighetsägare bedömts vara betydande hinder för renovering, om än i mindre omfattning än lönsamhetsproblematiken (Boverket & Energimyndigheten 2016).

### 2.3.2 Sociala utmaningar och möjligheter vid renovering

Stora delar av flerbostadshusbeståndet, som till stor del utgörs av flerbostadshus från miljonprogrammet, behöver renoveras. Det råder inga tvivel om att betydande energibesparingar kan åstadkommas genom att inkludera energieffektiviserande åtgärder vid dessa renoveringar. Den stora frågan ligger istället i hur renoveringar och energibesparingar kan genomföras inom ramen för vad som anses vara socialt hållbart. För att en fastighetsägare ska ha incitament att genomföra standardhöjande eller energieffektiviserande åtgärder bör dessa vara lönsamma. En del av investeringen kan återbetalas i form av sänkta driftkostnader men i mer omfattande renoveringar, som nu stora delar av miljonprogrammet är i behov av, räcker sänkta energikostnader inte till för att finansiera renoveringarna. Istället måste fastighetsägaren höja priset på bostads- eller hyresrätterna i byggnaden. Med en utbredd ekonomisk segregering i många av de stadsdelar som tillkom under miljonprogrammet och där hyresrätter dominerar ryms dock ibland inte en hyresökning inom ramen för de boendes betalningsförmåga (Bergensträhle & Palmstierna 2016). I värsta fall bidrar hyresökningen till en gentrifierande process av området då de boende inte har råd att bo kvar, så kallad "*renovräkning*"<sup>2</sup> (Thörn et al. 2016). Detta ökar i sin tur den redan befintliga segregeringen.

### 2.3.3 Nationell strategi för energieffektiviserande renovering

Kravet om att varje medlemsland ska ha en långsiktig strategi för energieffektiviserande renovering (renoveringsstrategi) grundar sig i ambitionen att främja ett genomgripande energieffektivt byggnadsbestånd inom EU. Energieffektivisering av byggnadsbeståndet är viktigt för unionens energi- och klimatmål då 40 % av unionens slutliga energianvändning går till uppvärmning och kylning av byggnader och 36 % av unionens växthusgasutsläpp härstammar från byggnaders energianvändning (EPBD<sup>3</sup>). Med en så stor andel av unionens energianvändning är energieffektivisering av byggnadsbeståndet även en viktig komponent för att öka försörjningstrygghet och energiberoende då varje energibesparing om 1 % inom unionen antas leda till en reduktion av gasimporten med 2,6 %. Unionens ambitioner i fråga om energieffektivitet på ett kostnadseffektivt sätt kan enligt kommissionen mötas om en genomsnittlig renoveringstakt på 3 % per år upprätthålls (EPBD). Utöver att uppnå EU:s 2020-mål har Sverige i den blocköverskridande energiöverenskommelsen beslutat om att ha 50 % effektivare energianvändning år 2030 jämfört med år 2005 (Regeringskansliet 2016).

---

<sup>2</sup> Renovräkning kallas processen när en renovering bidrar till en hyresökning som av ekonomiska skäl tvingar personer att flytta (Thörn et al. 2016).

<sup>3</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda (*Energy Performance of Buildings Directive*).

Utöver att spela en viktig roll i energi- och klimatmål spelar byggnadsbeståndet även en betydande roll i människors vardag och hälsa. I EPBD trycker kommissionen på vikten av att renovera för att undvika kalldrag och fukt, och hänvisar till Världshälsoorganisationens riktlinjer från 2009 som säger att människor både bor bekvämare och mår bättre i byggnader med bättre energiprestanda. Den typ av renovering som föreslås är en fullständig och enhetlig isolering som säkerställer att luften i byggnaden aldrig når tillräckligt låga temperaturer för att kondensering ska kunna ske (EPBD).

Kravet om en nationell renoveringsstrategi, som tidigare låg i Artikel 4 i EED, återfinns numera någorlunda omformulerat i Artikel 2a i EPBD. Från att tidigare ha fokuserat på övergripande beskrivningar av byggnadsbeståndet och kostnadseffektiva metoder och styrmedel för renovering finns i de uppdaterade kraven utöver detta en starkare anknytning till byggnadssociala aspekter. Bland annat uppmanas medlemsländer att ta fram relevanta nationella åtgärder för att motverka energifattigdom samt att uppskatta potentiella effekter av energieffektivisering i frågor som rör hälsa, säkerhet och luftkvalitet. Vidare ställs krav på medlemsländer att ha tydliga riktlinjer och mätbara åtgärder för de delar av byggnadsbeståndet med lägst energiprestanda och där problem på grund av delade incitament uppstår.

Sedan EED trädde i kraft år 2012 har Sverige enligt kraven sammanställt två nationella strategier för energieffektiviserande renovering: den första år 2014 och den senaste år 2017. Med tre år mellan varje strategi pågår nu arbetet med att ta fram underlag till nästkommande strategi som ska sammanställas år 2020, där Energimyndigheten och Boverket föreslagit att fokus ska vara på just flerbostadshus (Boverket & Energimyndigheten 2016).

En ökande befolkning ställer dock krav på antalet bostäder, och medan nyproduktion kan erbjuda uppehälle till en del är det minst lika viktigt att se till att de befintliga bostäderna underhålls och inte förfaller. I Sveriges första renoveringsstrategi berördes inte de sociala utmaningar och möjligheter som är kopplade till renovering av framförallt flerbostadshus från miljonprogrammet. I den andra strategin får dessa perspektiv däremot ett markant lyft. Det beror framförallt på att det år 2016 infördes ett stöd på närmare en miljard kronor för kombinerad renovering och energieffektivisering i socioekonomiskt utsatta områden, förankrat i förordning (2016:837) om stöd för renovering och energieffektivisering i vissa bostadsområden. Stödet har som syfte att ge incitament till fastighetsägare i dessa områden att energieffektivisera och renovera samtidigt som stödet ser till att hyresökningen inte blir för stor.

I strategin från 2017 beskrivs det att energieffektivisering av miljonprogrammet "bara [är] en del av den utmaning som social, ekonomisk och ekologisk hållbar utveckling innebär" (Boverket & Energimyndigheten 2016). Då miljonprogrammet utgör en betydande del av bostadsbeståndets behov av renovering och energieffektivisering blir det svårt att prata om dessa renoveringar utan att ta hänsyn till de sociala utmaningar som föreligger. En nationell strategi för energieffektiviserande renovering bör därför ta avstamp i en samsyn av sociala och tekniska behov. I och med stödet för energieffektiviserande renovering i vissa bostadsområden som infördes 2016 framgår det att en samsyn mellan dessa behov finns. Med en kunskapsgrund i fallstudier saknas dock kvantitativt

underlag för hur behoven av energieffektivisering relaterar till socioekonomiska indikatorer, och hur utvecklingen av denna relation sett ut över tid. Genom att inkludera inkomst som en parameter i denna studie hoppas vi kunna ge nytt underlag om relationen mellan energiprestanda och socioekonomisk status till nästkommande renoveringsstrategi för att öka kunskapen om var och om särskilt stöd behöver riktas.

### 3. Förväntad variation av energieffektivisering mellan beståndets olika delar

I detta avsnitt definieras först den variabel som arbetet ämnar studera, nämligen byggnadsspecifik skillnad i specifik energianvändning ( $\Delta E$ ). Detta är studiens beroende variabel som väntas bero av ett antal oberoende variabler som även de presenteras nedan. Detta avsnitt ämnar bidra till förståelse för hur respektive oberoende variabel relaterar till den beroende variabeln, för att utifrån detta formulera hypoteser för hur  $\Delta E$  väntas variera.

#### 3.1 Byggnadsspecifik skillnad i specifik energianvändning ( $\Delta E$ )

En byggnads specifika energianvändning är det som fram till år 2019 i energideklarationen benämns som energiprestanda. Det är den energi som vid normalt brukande och under ett normalår behövs för att uppfylla byggnadens verksamhetsanpassade behov för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel. Till fastighetselen inkluderas den energi som behövs för fast belysning i allmänna utrymmen, pumpar, fläktar, styr- och reglerutrustning. Däremot inkluderas inte hushållsenergi, alltså den energi som används för hushållsmaskiner och annan elektronik, i byggnadens energianvändning. Energianvändningen fördelas på byggnadens uppvärmda area ( $A_{temp}$ ), och enheten för specifik energianvändning är således kWh/ m<sup>2</sup>, år (Boverket 2017).

En byggnads specifika energianvändning beror till stor del på byggnadens uppvärmningssystem och klimatskal, där bland annat isoleringsgrad och solljusinsläpp påverkar behovet av tillförd energi. Vid en energideklarering baseras den specifika energianvändning på mängden köpt energi under ett år.

Skillnad i specifik energianvändning ( $\Delta E$ ) definieras helt enkelt som differensen i specifik energianvändning mellan två energideklarationer som avser samma byggnad. I detta arbete har vi definierat  $\Delta E$  enligt ekvation 3.1:

$$\Delta E = E_{V2} - E_{V1} \quad \text{Eq. (3.1)}$$

Denna definition innebär att en minskad specifik energianvändning, med andra ord en förbättrad energiprestanda, ger ett negativt värde på  $\Delta E$  och vice versa.

#### 3.2 Olika tvärsnitt av flerbostadshusbeståndet

I detta avsnitt beskrivs uppdelningen av beståndet utifrån ägandekategori, nybyggnadsår, investering i ombyggnation samt de boendes inkomstnivåer i närmare detalj. Valet av dessa tvärsnitt motiveras i avsnitt 4.1. Dels definieras de olika grupperingarna inom respektive tvärsnitt, och dels presenteras den teoretiska kopplingen till  $\Delta E$  tillsammans med hypoteser för hur  $\Delta E$  väntas variera inom respektive tvärsnitt av bostadsbeståndet.

### 3.2.1 Olika ägare har olika incitament och förutsättningar

Beroende på vem som äger en fastighet finns olika incitament för investeringar i underhåll, upprustning och energieffektivisering. Utöver det skiljer sig mekanismer för beslutsfattande och tillgång till subventioner och kapital mellan olika ägandekategorier. Fastighetsägare av flerbostadshus kan delas in i kategorierna bostadsrätt, allmännyttan, enskild firma, övriga aktiebolag och övrigt. Nedan beskrivs karaktistiken för de olika ägandekategorierna. Syftet är att ge underlag för förståelse av de olika incitamentsstrukturerna som råder i respektive kategori.

#### *Varmhyra och kallhyra*

Ett antal generella slutsatser kan dras för incitamentsstrukturer på den svenska flerbostadshusmarknaden. I svenska flerbostadshus dominerar sedan länge så kallad varmhyra som betalningsmodell för uppvärmning. Varmhyra innebär att kostnader för uppvärmning och varmvatten ingår i den fasta hyran vilket gör att hyresgäster betalar samma summa för sin värmeförbrukning varje månad oavsett faktisk förbrukning. Det finns således ingen återkoppling mellan värmeförbrukning och värmekostnad och därav saknas ekonomiskt incitament för hyresgästen att anamma ett värmebesparande beteende såsom minskad vädring, kortare duschar eller lägre inomhustemperatur. Fastighetsägaren ser till att värmekostnaderna täcks upp genom att inkludera en schablonmässigt beräknad värmekostnad i den fasta hyran där till exempel boarea används som fördelningsbas (Boverket 2013).

Den problematik som bristen på incitament för värmebesparande beteende genererar kallas för användningsproblem och innebär helt enkelt att problemet uppstår på användarsidan. Användningsproblem anses dock vara ett mindre hinder för att nå energieffektiviseringar i bostadsbeståndet än investeringsproblem (Boverket 2013). Investeringsproblem uppstår som en konsekvens av de delade incitament som föreligger mellan fastighetsägare och hyresgäster vid kallhyra (när värmekostnaden debiteras på lägenhetsnivå efter varje lägenhets faktiska förbrukning). En ojämn fördelning av kostnader och nyttor gör i dessa fall att fastighetsägaren, som ansvarar för investeringskostnaden för en energieffektiviserande åtgärd, inte får ta del av den besparing som reducerad energianvändning innebär då det är hyresgästerna som står för den löpande värmekostnaden. Det lågfrekventa användandet av kallhyra i Sverige gör dock att investeringsproblem inte anses vara ett hinder för energieffektivisering av bostadsbeståndet (Boverket 2013). Slutsatsen blir således att lejonparten svenska fastighetsägare nästan alltid borde ha incitament att investera i energieffektiviserande åtgärder om dessa är lönsamma. Som tidigare nämnt finns dock betydande svårigheter i att nå lönsamhet, och i de fall där en åtgärd hade varit lönsam kan andra hinder såsom brist på kunskap eller finansiering stå i vägen för investeringen (Boverket och Energimyndigheten 2016).

#### *Bostadsrätt*

För lägenheter med upplåtelseformen bostadsrätt är fastighetsägaren en bostadsrättsförening (BRF). Det är enbart medlemmar i BRF:en som får upplåta föreningens bostadsrätter vilket innebär att fastighetsägaren även är lägenhetsinnehavare. Det gör att medlemmarna i BRF:en står för

investeringen i en energieffektiviserande åtgärd samtidigt som de drar direkt nytta av de reducerade driftkostnaderna. Det finns således tydliga incitament för en BRF att investera i driftoptimering förutsatt att investeringskapital finns och att investeringarna är lönsamma på sikt. BRF:er leds dock inte av professionella fastighetsägare vilket påverkar den organisatoriska förmågan såväl som kunskapen om potentiella åtgärder. Av denna anledning kan BRF:er väntas genomföra en lägre grad av ekonomiskt lönsamma åtgärder jämfört med en mer professionell fastighetsägare, allt annat lika (Broberg & Egüez 2018).

### *Hyresrätter*

Svenska hyresrätter kan delas in i de två huvudkategorierna privatägda och kommunalägda hyresrätter. Dessa två kategorier skiljer sig vad gäller drivkrafter och mål, men den ovan nämnda användningsproblematiken förekommer i båda fallen då samma konflikt med delade incitament mellan fastighetsägare och hyresgäst föreligger.

Privata hyresbostäder ägs av privata hyresvärdar. Dessa drivs ofta av ekonomiska incitament och kan därför till hög grad väntas investera i lönsamma åtgärder för att minimera driftskostnaden. Utöver detta finns även ofta en ambition om att maximera fastighetsvärdet ur ett långsiktigt perspektiv, samt att genomföra standardhöjande åtgärder som ökar bruksvärdet och således hyran för lägenheterna (Mangold et al. 2018). Hur upprustning, standardhöjningar och hyressättning får gå till regleras i hyreslagen (Jordabalk (1970:994) 12 kap).

Många privata hyresvärdar är medlemmar i branschorganisationen Fastighetsägarna (Fastighetsägarna 2018). Med ambitioner om ett långsiktigt hållbart samhälle erbjuder Fastighetsägarna stöd till sina medlemmar i frågor som rör energi och miljö, och de privata hyresvärdarna kan således väntas vara progressiva i sina mål för energianvändning.

När den privata hyresvärden är ett företag äger företaget ofta flera fastigheter och faller då under ägarkategorin övriga aktiebolag. Dessa fastigheter kan väntas drivas mer professionellt än om den privata hyresvärden driver en enskild firma, då dessa är privatpersoner som ofta enbart äger en eller ett fåtal fastigheter (Mangold et al. 2018). Båda kategorierna av privata fastighetsägare kan dock väntas ha ett mer välfungerande beslutsorgan och en mer professionell beslutsfattarförmåga än en bostadsrättsförening och hypotesen blir således att de privata fastighetsägarna har minskat sin energianvändning mer än bostadsrättsföreningarna.

De kommunala bostadsbolagen runtom i hela Sverige bildar tillsammans det som kallas *allmännyttan*. Allmännyttan är en kommunal hyresvärd som till skillnad från privata hyresvärdar har andra uttalade incitament än rent ekonomiska. Allmännyttans övergripande syfte är att "tillhandahålla hållbara och prisvärda bostäder för alla" och se till att hyresgästerna har boinflytande (Allmännyttan 2018). I *lag (2010:879) om allmännyttiga kommunala bostadsaktiebolag* är det bestämt att allmännyttan ska kombinera affärsmässighet med samhällsansvar, samtidigt som näringsverksamheten i enlighet med kommunallagen måste drivas utan vinstsyfte och med målet att "tillhandahålla allmännyttiga



anläggningar eller tjänster åt medlemmarna.” Enligt Självkostnadsprincipen i kommunallagen får allmännyttan inte heller ta ut högre avgifter än motsvarande kostnad för att tillhandahålla den berörda tjänsten eller nyttigheten.

Med uttalade miljömål är renovering och energibesparing, inom ramen för vad som kan anses vara socialt hållbart, viktiga delar i allmännyttans verksamhet. Det gör att allmännyttan kan väntas ha upprustat sitt bestånd i relativt stor omfattning. Det bör även nämnas att allmännyttan som kommunal fastighetsägare generellt har ett större ekonomiskt utrymme att gå back i vissa projekt då dessa förluster kan kompenseras av andra profitabla projekt. Detta gör allmännyttan till den fastighetsägare som antas ha genomfört flest antal totalrenoveringar. Allmännyttans omfattning gör även att verksamheten kan antas drivas mer professionellt än en bostadsrättsförening med en högre grad av energieffektivisering som följd.

Hypotesen för de olika ägandekategorierna är således att övriga aktiebolag och allmännyttan ska ha reducerat sin energianvändning mest, följt av enskild firma, bostadsrätterna och sist kategorin övrigt som till största del utgörs av föreningar och stiftelser.

### 3.2.2 Nybyggnadsåret kan tala om behovet av och möjligheten för energieffektivisering

Flerbostadshusen har delats in i fyra kategorier baserat på byggnadsår: äldre bestånd (innan 1945); folkhemmet (1945 - 1960); miljonprogrammet (1960 - 1975) samt yngre bestånd (efter 1975). Indelningen syftar till att separera övergripande skillnader i byggnadskonstruktion då dessa tidsepoker från ett bygghistoriskt perspektiv skiljer sig från varandra avseende arkitektur och teknik. Uppdelningen korrelerar väl med omfattande uppdateringar av byggregler beslutade av Boverket och dess föregångare Byggnadsstyrelsen och Planverket, som kontinuerligt skärpt kraven på energiprestanda vid nybyggnation. Den första byggnadsstadgan BABS 46 publicerades av dåvarande Byggnadsstyrelsen år 1946. Med en strävan om mer enhetliga byggnadsregler över hela landet gjordes en större uppdatering till BABS 60 år 1960. I samband med oljekriserna publicerade planverket SBN 75, som till stor del ersatte BABS. Denna uppdatering innebar hårdare energikrav för byggnader, och energihushållning tillägnades för första gången ett eget kapitel i stadgarna (Boverket 2016b). Liknande kategorisering av flerbostadshusbeståndet har använts i tidigare forskning på området energianvändning och renovering, bland annat av Thuvander et al. 2015 och Mangold 2016.

Till kategorin “äldre bestånd” hör de flerbostadshus som byggdes tidigare än 1945. Dessa byggnader har en relativt hög energianvändning (Energimyndigheten 2017b) till följd av framförallt sämre isolering jämfört med de flerbostadshus som byggs idag. Den höga åldern på byggnaderna indikerar att de har renoverats en eller ett flertal gånger redan innan tidpunkten för den första energideklarationen. Enligt en tidigare studie på byggnader i Göteborgs stad har 81 % av alla byggnader uppförda innan 1930 respektive 71 % av alla byggnader uppförda innan 1945 genomgått renoveringar som resulterat i ett uppdaterat värdeår (Thuvander et al. 2015). Med det sagt kan många

av dessa byggnader vara i behov av ytterligare renoveringar (Thuvander et al. 2017), men hypotesen är att den specifika energianvändningen har minskat relativt lite.

Till kategorin “folkhemmet” hör de flerbostadshus som är byggda mellan 1945 - 1959. Enligt en studie utförd av Thuvander & Femenias 2014 är stora delar av detta bestånd i behov av renovering för att åtgärda bland annat slitage och hög energianvändning. Bebyggelsen anses vara värdefull ur kulturell synvinkel, och kunskapen om hur byggnader från folkhemstiden ska renoveras hållbart är bristfällig i jämförelse med exempelvis byggnader från miljonprogramstiden (Thuvander et al. 2017). Trots detta innebär det omfattande renoveringsbehovet att en relativt stor minskning i specifik energianvändning väntas för detta bestånd.

Under tidsepoken miljonprogrammet, mellan 1960 - 1974, går byggandet av flerbostadshus från ett traditionellt hantverk med hög yrkesskicklighet till att bli mer industrialiserat (Thuvander et al. 2017). Dessa byggnader är i slutet av sin tekniska livslängd, och i regel har de till skillnad från det äldre beståndet inte omfattats av några större renoveringar innan den första vågens energideklarationer (Thuvander et al. 2017). Detta i kombination med att debatten om renovering av flerbostadshus har fokuserat mycket på miljonprogramshusen det senaste decenniet medför en större förväntad minskning i specifik energianvändning mellan första och andra vågens energideklarationer för denna kategori relativt de tre övriga ålderskategorierna.

Flerbostadshus byggda år 1975 eller senare, och framförallt de som är byggda efter 1980 har en betydligt lägre specifik energianvändning jämfört med äldre byggnader (Energimyndigheten 2017b, Thuvander et al. 2017). Det beror till stor del på att den svenska byggnormen uppdaterades med bland annat skärpta krav på isolering i SBN 75 (Thuvander et al. 2017). Kombinationen av att dessa byggnader ännu inte har nått sin tekniska livslängd och att energibesparingspotentialen är relativt låg gör att dessa byggnader förväntas att ha en låg förändring i specifik energianvändning mellan första och andra vågens energideklarationer. I Tabell 3.1 sammanfattas indelningen av nybyggnadsår och hypotesen för skillnaden i specifik energianvändning för respektive byggperiod.

Tabell 3.1: Kategoriseringen av nybyggnadsår samt hypotesen för  $\Delta E$ .

<b>Kontinuerligt intervall (år)</b>	<b>Kategorisk variabel</b>	<b>Hypotes för <math>\Delta E</math></b>
< 1945	Äldre bestånd	Relativt liten minskning
1945 - 1959	Folkhemmet	Relativt stor minskning
1960 - 1974	Miljonprogrammet	Stor minskning
> 1974	Yngre bestånd	Liten minskning

### 3.2.3 Graden av renovering väntas påverka graden av energieffektivisering

Fastighetsägare har möjlighet att få skattereduktioner för renovering om ingreppet anmäls till Skatteverket. Beroende på hur stor investeringen i byggnaden är i förhållande till dess nyproduktionskostnad ändras byggnadens värdeår. En byggnads värdeår är till en början samma som byggnadens nybyggnadsår, men i och med att byggnaden upprustas förändras värdeåret för att ge en uppfattning om byggnadens generella skick och förväntade livslängd. En ombyggnads/renoveringskostnad mellan 0–20 % ändrar inte värdeåret, en kostnad mellan 20–70 % ändrar värdeåret enligt Ekvation 3.2 (Mangold et al. 2018) och en kostnad som överstiger 70 % av nyproduktionskostnaden flyttar värdeåret ändra fram till ombyggnadsåret.

$$\frac{\text{Värdeår} - \text{Nybyggnadsår}}{\text{Ombyggnadsår} - \text{Nybyggnadsår}} = \frac{\text{Renoveringskostnad}}{\text{Nyproduktionskostnad}} \quad \text{Eq. (3.2)}$$

Då både nybyggnadsår, ombyggnadsår och värdeår finns att tillgå i fastighetsregistret går det att använda Ekvation 3.2 för att komma fram till vilken av de tre renoveringskategorierna en byggnad ska placeras i. En beräkning av ekvationens vänstra led kommer ge en kvot på 0 om värdeåret är detsamma som nybyggnadsåret, en kvot mellan 0 och 1 om värdeåret är mellan nybyggnadsåret och ombyggnadsåret, och en kvot på 1 om värdeåret är detsamma som ombyggnadsåret (Mangold et al. 2018). På så sätt kan dessa kvoter användas för att identifiera vilka byggnader som renoverats för upp till och med 20 % av nyproduktionskostnaden (kvot = 0), vilka som renoverats för mellan 20 och 70 % av nyproduktionskostnaden ( $0 < \text{kvot} < 1$ ) och vilka som renoverats för över 70 % av nyproduktionskostnaden (kvot = 1) (Skatteverket 2018).

Då det i detta arbete är förändringen i energianvändning över det senaste decenniet som studeras är det framförallt intressant att kategorisera de byggnader som har genomgått en renovering under denna period. Detta på grund av att effekten av renoveringen enbart går att utvärdera för dessa byggnader. Av den anledningen ställs kravet att en byggnads ombyggnadsår måste ligga mellan datumen för de två energideklarationerna för att det ska kunna användas för kategorisering. De byggnader som saknar ombyggnadsår eller har ett ombyggnadsår som ligger innan datumet för den första energideklarationen tilldelas renoveringskategori 0. Kraven för kategoriseringen kan ses i Tabell 3.2 nedan.

I Renoveringskategori 0 hamnar de byggnader som inte har ett registrerat ombyggnadsår mellan datumen för de två energideklarationerna och mot denna bakgrund är en mindre skillnad i specifik energianvändning mellan våg ett och våg två förväntad. Detta styrks av det faktum att energieffektivisering ofta görs i samband med annan renovering (Thuvander et al. 2016). För de byggnader som kategoriseras i Renoveringskategori 1–3, vilka alla har ett registrerat ombyggnadsår, är hypotesen att en större investering i renovering även innebär en högre grad av energieffektivisering. Störst minskning i specifik energianvändning är alltså förväntad i Renoveringskategori 3, följt av Renoveringskategori 2 och Renoveringskategori 1.

Tabell 3.2: En förklaring av hur renoveringskostnad, värdeår och ombyggnadsår används för att placera byggnader i renoveringskategorier.

Renoverings-kategori	Renoverings-kostnad	Ombyggnadsår	Värdeår	Hypotes för $\Delta E$
0	-	Saknas / Registrerat innan den första energideklarationen	-	Liten minskning i
1	< 20 % av nyproduktionskostnad	Mellan den första och andra energideklarationen	Samma som nybyggnadsår	Relativt liten minskning
2	20 - 70 % av nyproduktionskostnad	Mellan den första och andra energideklarationen	Mellan nybyggnadsår och ombyggnadsår	Relativt stor minskning
3	> 70 % av nyproduktionskostnad	Mellan den första och andra energideklarationen	Samma som ombyggnadsår	Stor minskning

### 3.2.4 Låginkomsttagare väntas bo i beståndets mest energikrävande delar

Som tidigare nämnts väntas inkomst inte ha en direkt koppling till  $\Delta E$ . I sammanhanget blir inkomst snarare en variabel som knyter samman flera av de andra variablerna och ger en bild av vilka som bor i bostadsbeståndets olika delar.

En hypotes är att den specifika energianvändningen är högre i de lägre inkomstkvartilerna än i de högre. En teori som styrker detta är att låginkomsttagare i stor utsträckning väntas bo i allmännyttiga lägenheter vilka i sin tur till stor del utgörs av miljonprogramshus med stort renoveringsbehov. En annan teori är att låginkomsttagare ofta bor trängre än höginkomsttagare, vilket leder till en högre tappvarmvatten-användning per kvadratmeter och således en högre specifik energianvändning. Om detta samband mellan inkomst och specifik energianvändning finns kan hypotesen för kopplingen mellan specifik energianvändning och  $\Delta E$  appliceras även på inkomst. Hypotesen skulle således bli att en lägre inkomst, alltså en högre specifik energianvändning, korrelerar med ett större negativt värde på  $\Delta E$ . Samtidigt finns andra strömmar, som exempelvis hyresgästernas maktposition gentemot fastighetsägaren när det kommer till beslut om renoveringar och ombyggnationer, som komplicerar relationen mellan inkomst och  $\Delta E$  och således gör det svårt att ställa upp hypoteser.

För att kunna studera skillnader mellan olika inkomstgrupper kommer fyra lika stora delar, alltså fyra kvartiler, att skapas utifrån hela flerbostadshusbeståndet. Denna indelning har valts då SCB ofta använder inkomstkvartil 1–4 om inkomst i bostadssammanhang (SCB 2017). Anledningen till att en inkomstuppdelning utifrån flerbostadshusbeståndet väljs, till skillnad från en inkomstuppdelning baserat på hela Sverige, är för att skapa kvartiler som är representativa för just detta segment av

beståndet. Det bör nämnas att i en kvartiluppdelning baserad på flerbostadshusbeståndet ligger inkomstnivåerna generellt lägre än om en kvartiluppdelning skulle gjorts utifrån hela bostadsbeståndet i och med att många höginkomsttagare bor i småhus (SCB 2017).

Kategoriseringen av variabeln inkomst baseras på en kvartiluppdelning av medianvärdet av de boendes årsinkomst för alla flerbostadshus med en energideklaration från första vågens genomförande (ca 130 000). Kvartilernas intervall presenteras i Tabell 3.3 nedan tillsammans med hypotesen för  $\Delta E$  i respektive kvartil.

Tabell 3.3: Kategoriseringen av den kontinuerliga variabeln årsinkomst.

Kontinuerligt intervall (SEK)	Kategorisk variabel	Hypotes för $\Delta E$
< 168 000	Kvartil 1 (Låg)	Relativt stor minskning
168 000 - 207 000	Kvartil 2	Relativt stor minskning
207 000 - 250 000	Kvartil 3	Relativt liten minskning
> 250 000	Kvartil 4 (Hög)	Relativt liten minskning

### 3.3 Faktorer som påverkar förändringen av den specifika energianvändningen

De olika uppdelningarna av beståndet gör det möjligt att se *var* förändringar i energiprestanda har skett, men förklarar nödvändigtvis inte *varför* de skett. I detta avsnitt identifieras, baserat på tillgängliga data i energideklarationen, ett antal variabler som tillsammans skulle kunna förklara en del av det senaste decenniets förändring i specifik energianvändning. Dessa variabler kommer att ingå i en multivariat regression tillsammans med de olika uppdelningarna av bostadsbeståndet för att undersöka hur stor del av  $\Delta E$  som kan samförklaras av beståndets karakteristik och de andra faktorer som introduceras i detta avsnitt.

#### 3.3.1 Hög energianvändning motiverar energieffektivisering

I studien *Renoveringsbarometern* konstaterades det att en hög energianvändning ibland var en motivering för fastighetsägare att renovera flerbostadshus (Thuvander et al. 2016). Att ta med variabeln **specifik energianvändning** kan på så sätt förklara varför fastighetsägaren sett ett behov av energieffektivisering. Hypotesen är då att ju högre specifik energianvändning en byggnad hade för 10 år sedan, desto mer bör den specifika energianvändningen ha minskat under det senaste decenniet.

Som nämnt blir denna variabel ett mått på behovet av energieffektivisering, men indirekt blir den även ett mått på lönsamheten av energieffektivisering. Det finns flera anledningar att anta att marginalnyttan

av energieffektivisering ökar med högre specifik energianvändning och vice versa. Ju högre den specifika energianvändningen är, desto lägre är sannolikheten att relativt enkla och lönsamma energieffektiviseringsåtgärder redan har genomförts. När de lågt hängande frukterna, såsom byte av lampor och fönster, går att plocka är marginalkostnaden för energieffektivisering relativt låg. Men i takt med att dessa plockas kommer marginalkostnaden för energieffektivisering att öka. Detta gör att ägare av byggnader med hög specifik energianvändning inte bara har större behov av att energieffektivisera, utan de kan också nå högre lönsamhet än ägare av byggnader med relativt låg specifik energianvändning.

Nybyggnadsår är sedan tidigare känt att vara den parameter med störst inverkan på en byggnads specifika energianvändning (Hjortling et al. 2017). Inför regressionen bör det därför undersökas till vilken grad nybyggnadsår och specifik energianvändning förklarar varandra.

### 3.3.2 Förändringar i byggnadens energisystem

Som komplement till renoveringar kan energieffektivisering även förklaras utifrån andra **specifika åtgärder** som kan utläsas från energideklarationerna. Baserat på tillgängliga data från energideklarationerna kunde enskilda energieffektiviseringsåtgärder identifieras. Då datasetet innehöll information om mängden köpt energi fördelat för olika värmepumpar, solenergilösningar och ventilationssystem är det möjligt att undersöka hur denna fördelning skiljer sig mellan den första och den andra deklARATIONEN. Genom parvisa jämförelser av energideklarationer är det möjligt att urskilja de kategorier som inte hade något registrerat värde för köpt energi i exempelvis kategorin “Solvärme” i den första deklARATIONEN, men däremot har det i den andra deklARATIONEN. Vi kan inte separera åtgärder som exempelvis tilläggsisolering eller byte av fönster, utan enbart åtgärder som rör byte eller installation av olika energibärare eller tekniska system för uppvärmning.

De åtgärder som går att utläsa från energideklARATIONEN och som väntas ha en påverkan på den specifika energianvändningen är byte från olja för uppvärmning, installation av värmepump (mark-, luftluft-, luftvatten- och frånluftsvärmepump), installation av solenergi (solvärme och/eller solceller) samt installation av FTX-ventilationssystem.

I detta avsnitt beskrivs dessa energieffektiviserande åtgärder mer ingående. Hypotesen är att alla dessa åtgärder bidrar till en minskning i specifik energianvändning, och alltså ett negativt  $\Delta E$ . För alla dessa åtgärder gäller att de kan reducera mängden köpt energi utan att förändra byggnadens faktiska energibehov. Det innebär att en byggnad som värms upp med en värmepump har en lägre specifik energianvändning jämfört med en byggnad som värms upp med exempelvis direktverkande el eller fjärrvärme, trots ett identiskt klimatskal och värmebehov.

Inför regressionen blir det viktigt att undersöka om det föreligger kollinearitet mellan enskilda specifika åtgärder, som exempelvis installation av solceller, och renoveringskategorier. Eventuellt kan en viss åtgärd vara av en sådan omfattning att den registreras som en ombyggnad och på så sätt placeras

fastigheten i en av renoveringskategorierna 1–3. Risken blir således att en särskild renoveringskategori i praktiken motsvarar en av de specifika åtgärderna, eller vice versa.

#### *Byte från olja*

En stor del av att energianvändningen som tillräknas bostadssektorn minskat under 2000-talet är för att fjärrvärme och el har ersatt olja som alternativ för uppvärmning och på så sätt flyttat förlusterna från byggnaden till el- och fjärrvärmeproducenterna. Mot denna bakgrund är det av intresse att undersöka hur stor påverkan av att byta från olja till något annat har varit för reduceringen av byggnaders specifika energianvändning.

#### *Installation av värmepump*

Strax innan den andra vågen av energideklarationer (2016) uppgick antalet värmepumpar i flerbostadshusen till ca 32 400 st, och har kontinuerligt ökat från motsvarande siffra på ca 24 700 st vid tidpunkten för den första vågens energideklarationer (2009) (Energimyndigheten 2017b). En värmepump överför energi från byggnadens omgivning (mark, luft eller vatten) till byggnadens värmesystem med hjälp av en eldriven kompressor. Värmefaktorn, alltså effektiviteten, definieras som den mängd värmeenergi som pumpen avger i förhållande till mängden el som krävs för att driva pumpen. Då värmepumpens effekt korrelerar med utomhustemperaturen används årsvärmefaktorn som ett effektivitetsmått när värmepumpar jämförs, och detta värde varierar mellan norr och söder för samma värmepump. Beroende på typ av värmepump, byggnad och lokalisering är värdet på årsvärmefaktorn typiskt någonstans mellan 2–5 (Energimyndigheten 2014a, Energimyndigheten 2014b, Energimyndigheten 2014c). En årsvärmefaktor av storlek X innebär att motsvarande byggnad uppvärmd med direktverkande el istället för värmepump hade behövt X gånger så mycket el för att möta sitt uppvärmningsbehov.

Den observerade energieffektiviseringen förklaras av att endast den tillförda mängden energi tas i beaktning vid beräkning av en byggnads specifika energianvändning. Den energi som värmepumparna tar från luften, marken eller annat medium redovisas inte (Energimyndigheten 2017a).

#### *Ventilationssystem med värmeåtervinning*

Den enklaste typen av ventilationssystem, som är vanlig i äldre byggnader, är självdragsventilation som baseras på temperaturskillnader mellan inomhus- och utomhusluften. För en mer kontrollerad ventilation kan olika typer av mekaniska luftsystem installeras, antingen ett mekaniskt frånluftssystem (F-ventilation) eller ett mekaniskt från- och tilluftssystem (FT-system). Med dessa system är det även möjligt att återvinna värmen från den luft som lämnar byggnaden med hjälp av värmeväxlare eller frånluftsvärmepump, vilket kan medföra stora energibesparingar för byggnadens uppvärmning. Mekaniska ventilationssystem med värmeåtervinning benämns som FX- respektive FTX-system (Boverket 2014).

I ett FX-system förs ventilationsluften till en frånluftsvärmepump som återvinner värmen i inomhusluften. Den återvunna värmen går vanligtvis till uppvärmning av det vatten som cirkulerar i

byggnadens radiator- eller golvvärmesystem. I ett FX-system tillförs den friska luften byggnaden på samma sätt som vid ett självdragssystem, via ventiler i ytterväggar eller fönster (Boverket 2014).

FTX är vanligt förekommande i nya byggnader, och för äldre byggnader med rätt förutsättningar kan en installation av FTX-system medföra stora energibesparingar. Installationen innebär att byggnaden utrustas med två kanalsystem som hanterar varm frånluft respektive kall tilluft, och som båda passerar ett värmeåtervinningsaggregat för värmeväxling. En FTX-installation förutsätter därför att det finns plats för att dra dessa kanaler samt utrymme för ventilationsaggregatet någonstans i byggnaden. Det är också viktigt att byggnaden har ett tätt klimatskal för att FTX-systemet ska fungera optimalt, vilket innebär att det i äldre byggnader kan krävas omfattande ombyggnader innan installation av FTX är möjligt (Åslund 2013).

#### *Installation av solceller och solvärme*

Egenproducerad el från solceller används ofta till byggnadens fastighetsel, vilket minskar behovet av köpt el och medför en direkt påverkan på byggnadens specifika energianvändning. En solvärmeanläggning används ofta för uppvärmning av varmvatten, och en typisk dimensionering är att solvärmen bidrar till att täcka energibehovet för varmvatten under sommarhalvåret.

### 3.3.3 Skillnad i bostadsyta per person kan påverka energibehovet

En byggnad är inte bara ett tekniskt system utan utgör tillsammans med de som bor i byggnaden ett sociotekniskt system. Trots att den specifika energianvändningen ska korrigeras för normalt brukande av byggnaden är sannolikheten fortfarande stor att det finns en koppling mellan trångboddhet i en byggnad och byggnadens energianvändning. Fler människor innebär ett förändrat värmebehov och framförallt en ökad tappvarmvattenanvändning. Detta gör att en ökad eller minskad trångboddhet i en byggnad under det senaste decenniet kan ha bidragit till den eventuella förändringen i specifik energianvändning. En variabel som beskriver skillnaden i hur trångbodd en byggnad är nu jämfört med för tio år sedan kan således öka förklaringsgraden för  $\Delta E$  i en regression. En sådan variabel kan genereras genom att dividera antalet boende i respektive byggnad vid första vågens energideklaration med motsvarande byggnadsarea, och göra samma sak för andra vågens energideklaration. Differensen mellan dessa två kvoter blir således skillnaden i trångboddhet.

## 3.4 Statistiska metoder

I detta avsnitt presenteras de statistiska metoder som används för att besvara frågeställningarna. Dels beskrivs metodernas applikationsområden och dels beskrivs de kriterier som data måste uppfylla för att resultaten ska bli tillförlitliga.



### 3.4.1 Att påvisa statistiska skillnader mellan grupper

Tillförlitligheten för resultatet av  $\Delta E$  stärks av att först och främst kontrollera att den observerade förändringen i specifik energianvändning mellan våg ett och våg två är statistiskt signifikant. På samma sätt behövs statistiska tester och analyser för att undersöka om  $\Delta E$  skiljer sig mellan olika grupper.

För att påvisa skillnad mellan två grupper kan ett statistiskt test göras för att undersöka huruvida gruppernas medelvärden kan sägas vara olika eller ej. Detta görs i form av ett hypotestest där hypotesen är att skillnaden mellan gruppernas medelvärden är 0, en så kallad nollhypotes. Om skillnaden mellan gruppernas medelvärden i ett 95 % konfidensintervall inte överskrider 0 kan nollhypotesen förkastas och en statistiskt signifikant skillnad mellan grupperna har påvisats. När denna metod används mellan två grupper kallas det för ett t-test (James et al. 2014).

För att påvisa skillnader mellan fler än två grupper kan ANOVA (Analysis of Variance) användas. ANOVA genomför test som konceptuellt motsvarar multipla t-test mellan grupperna men är något mer restriktiv i sin förkastning av nollhypotesen än t-testet. Risken att ANOVA påvisar en falsk skillnad mellan grupper är således lägre än vid t-test. ANOVA är en lämplig metod under antagandena att (i) alla observationer är oberoende av varandra, (ii) att urval med färre än 20 observationer är normalfördelade och (iii) att variansen inom de urval som ska jämföras inte skiljer sig för mycket från varandra, särskilt i de fall då de olika urvalsgrupperna är av väldigt olika storlek (SPSS 2018).

För att ge en så realistisk bild av beståndet som möjligt kommer viktade medelvärden av specifik energianvändning att användas med uppvärmd area som viktningsbas. Syftet med detta är att återspegla förhållandet att en stor byggnad med en hög specifik energianvändning påverkar beståndets medelvärde mer än en liten byggnad med en hög specifik energianvändning.

### 3.4.2 Att undersöka statistiska samband i data

För att utvärdera vilka faktorer som bidragit till en förändrad energianvändning hos svenska flerbostadshus, samt storleken på dessa faktorerers påverkan, kan en multivariat regressionsanalys (MRA) genomföras. En MRA visar hur ett flertal utvalda oberoende variabler påverkar en utvald beroende variabel (James et al. 2014).

Med en multivariat regressionsanalys kan statistiska samband mellan en beroende variabel och två eller flera oberoende variabler undersökas. Målet är att anpassa en funktion till den observerade datan, där de oberoende variabelernas relativa påverkan på den beroende variabeln beskrivs på formeln

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad \text{Eq. (4.1)}$$

där  $Y$  är den beroende variabeln,  $B_0$  är en konstant,  $B_x$  är koefficienten för den oberoende variabeln  $X_x$  och  $\varepsilon$  är error-parametern (James et al. 2014). Hur hög förklaringsgrad regressionsmodellen har, alltså hur stor andel av data som kan förklaras av regressionsmodellen, kallas för  $R^2$ -värde och kan

variera mellan 0 och 1, där 0 innebär att ingen data kan förklaras av modellen och 1 innebär att all data kan förklaras av modellen (James et al. 2014).

Multivariat regressionsanalys är ett lämpligt analysverktyg när (i) det finns ett linjärt samband mellan den beroende variabeln och respektive oberoende variabel, (ii) inga av de oberoende variablerna uppvisar en korrelationsfaktor på över 0,8 sinsemellan (multikollinearitet) och (iii) regressionens residualer är normalfördelade. I de fall då sambandet mellan den beroende variabeln och en oberoende variabel inte är linjärt kan den oberoende variabeln istället delas upp i kategoriska indikatorvariabler, även kallat "dummy-variabler". För att undersöka huruvida det föreligger multikollinearitet mellan oberoende variabler eller inte kan dessa studeras i en korrelationsmatris eller så kan indikatorn Variance Inflation Factor (VIF) beräknas, som då ska anta värden under 10 om multikollinearitet saknas. Fördelningen av regressionens residualer kan studeras i ett histogram (Statistics Solutions 2018).

I detta arbete kommer en stegvis regression att genomföras. Det innebär att attribut kommer att adderas stegvis till regressionen och således skapa ett multipelt antal regressionsmodeller där varje ny modell är en tillbyggnad på den föregående.

## 4. Att använda energideklarationer till att studera utvecklingen av bostadsbeståndets energianvändning

I detta avsnitt motiveras först valet av tvärsnitt att studera i flerbostadshusbeståndet. Därefter beskrivs den metod som har utvecklats för att matcha den första och den andra vågens energideklarationer och säkerställa att dessa är jämförbara, följt av en beskrivning av representativiteten hos data för att ge en god överblick av urvalet. All databehandling har skett i programvaran R, ett open-sourceprogram för statistiska analyser.

### 4.1 Val av olika tvärsnitt av flerbostadshusbeståndet

För en överblick av hur energianvändningen i flerbostadshusbeståndet har förändrats över det senaste decenniet delades beståndet upp utefter olika typer av karaktärsdrag som tillsammans gav en tydlig bild av beståndets olika delar. Hur dessa karaktärsdrag valdes baserades på faktorer som relevans och teoretisk koppling till energieffektivisering. Då denna studie ämnar analysera förändringen av specifik energianvändning över tid ligger resultatens tyngd i beskrivningen av bostadsbeståndets *utveckling*. De karaktärsdrag som valdes för differentiering av flerbostadshusbeståndet valdes därför utifrån deras förmåga att fånga upp faktorer som kan ha spelat roll i att driva fram en förändring i specifik energianvändning. Nedan följer motiveringar bakom valen av uppdelning av beståndet i denna studie.

#### 4.1.1 Någon är byggnadens beslutsfattare

Att genomföra en renovering eller en energieffektiviserande åtgärd är ett aktivt beslut. En del i att förklara förändringen i specifik energianvändning var därför att identifiera vem som väljer att göra ett ingrepp i sin fastighet och varför denne ser ett sådant behov. Med andra ord: vem har incitament att energieffektivisera och varför? Då det är fastighetsägaren som har störst makt över investeringar i renovering, underhåll och energieffektivisering var en uppdelning av beståndet baserat på **ägandekategori** central för att förklara skillnader i energiprestanda sprungna från investeringar och åtgärder. De övergripande målen för fastighetsdrift skiljer sig mellan olika fastighetsägare och det antogs därav att deras agerande skulle skilja sig därefter.

#### 4.1.2 Utgångsläget påverkar potentialen för energieffektivisering

En byggnads energiprestanda kan skilja sig mycket beroende på byggnadsdesign, materialval, ålder och skick. Dessa olika utgångslägen antogs påverka huruvida det funnits ett stort behov av att upprusta eller energieffektivisera en byggnad under det senaste decenniet eller inte. Då energieffektiviserande åtgärder väntas ske i samband med annan upprustning antogs att det fanns ett samband mellan en byggnads ålder, och således ackumulerade renoveringsbehov, och energieffektivisering. Vidare fanns det anledning att tro att byggnaders nybyggnadsår påverkade potentialen för energieffektivisering i och med att byggtekniker har varierat under olika tidsepoker och att byggreglerna vid nybyggnation har skärpts kontinuerligt. En uppdelning på **nybyggnadsår** ansågs således vara en viktig del i att förklara både behov av och potential för energieffektivisering.

### 4.1.3 Energieffektivisering sker ofta i samband med renovering

Det faktum att energieffektiviseringsåtgärder sällan är den drivande faktorn till att en investering i ombyggnation av en fastighet görs, men ofta ingår när upprustning väl sker, innebar att **renoveringar** ansågs vara en viktig komponent i att förklara energieffektiviseringar. Trots vetskap om att energieffektivisering ofta genomförs samtidigt som en renovering saknades det som tidigare nämnt tydliga statistiska samband mellan energieffektivisering och renovering. Att se hur energieffektiviseringen skiljer sig mellan renoveringar av olika omfattning kan öka kunskapen om hur sambandet faktiskt ser ut.

Denna uppdelning av beståndet skiljer sig från de två ovannämnda uppdelningarna ägandekategori och nybyggnadsår då den baseras på förändringar som skett snarare än statiska egenskaper hos byggnaden.

### 4.1.4 Människan som en del av byggnadens energianvändning

För en bättre förståelse för vilka sociala utmaningar som renoveringsbehov kan ge upphov till kan beståndet delas upp utifrån de boendes socioekonomiska status. Genom att studera hur socioekonomisk situation förhåller sig till skillnad i specifik energianvändning går det att visa huruvida skillnader i byggnaders energiprestanda ökar eller minskar mellan olika socioekonomiska grupper. Kunskap om denna utveckling blir relevant vid utformning av styrmedel, stöd och åtgärdsförslag inför nästkommande renoveringsstrategi. Förståelse för vilka som bor i framförallt den del av bostadsbeståndet med lägst energiprestanda är viktig vid utformning av riktade åtgärder för att minimera risken att upprustning av bostadsbeståndet bidrar till en ökad segregering i och med att hyror riskerar att höjas och människor tvingas flytta. I dessa områden kan exempelvis stöd liknande *förordning (2016:837) om stöd för renovering och energieffektivisering* komma att bli relevanta. Flera olika variabler kan tänkas fungera som indikatorer på socioekonomisk status, såsom utbildningsnivå eller sysselsättningsgrad, men **inkomst** ansågs vara den mest lämpade för denna studie då denna direkt återkopplar till hushållens betalningsförmåga och således möjlighet att bo kvar vid hyreshöjningar sprungna från renovering.

Med hänsyn till att inkomstnivå direkt påverkar hushållens möjligheter att köpa sin bostad är sannolikheten stor att inkomst och ägandekategori i vissa fall motsvarar samma sak. Sannolikheten väntas vara störst för hög inkomst och bostadsrätter, men kan även väntas vara hög mellan hyresrätterna i allmännyttan, som värnar om att bistå alla med en bostad, och låg inkomst.

## 4.2 Att bygga en databas med parvisa energideklarationer

Varje energideklaration som görs tilldelas ett unikt formulär-ID och registreras i Boverkets databas Gripen. Detta formulär-ID bestäms enbart utifrån den turordning som deklARATIONERNA görs i och saknar således en identifierande koppling till den byggnad eller fastighet som deklARATIONEN berör. För identifiering av vad energideklARATIONEN avser registreras även fastighets-ID, adress och koordinater i Gripen. När en andra energideklARATION görs för en byggnad som redan är försedd med en första

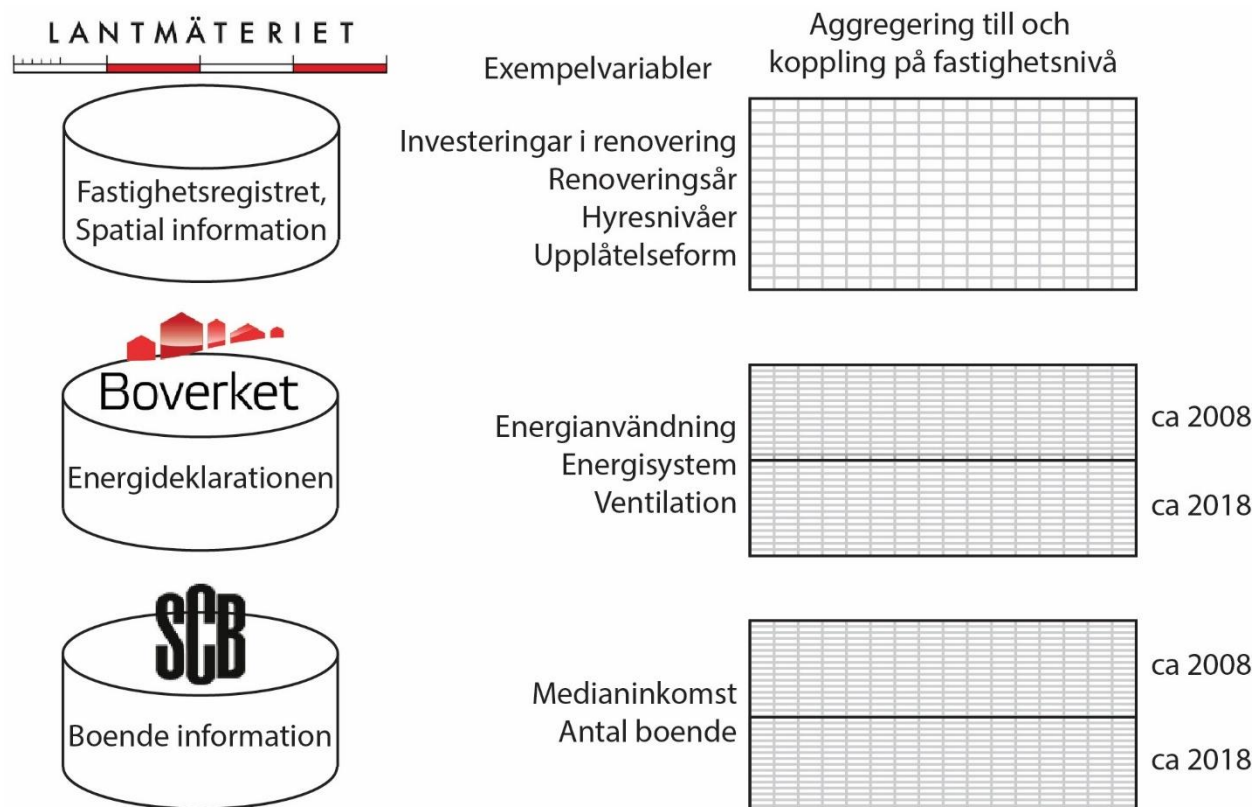
energideklaration ersätts den tidigare deklARATIONEN och plockas bort från Gripen. De energideklARATIONER som genomfördes under den första vågens utförande har därför hämtats från ett utdrag från Gripen som gjordes år 2015, innan arbetet med omdeklARATION av byggnader påbörjades. De energideklARATIONER som hittills har genomförts under den andra vågens utförande hämtades från ett utdrag ur Gripen som gjordes den 30 juni 2018.

#### 4.2.1 Den tilldelade datan

I detta stycke beskrivs det arbete som Tim Johansson gjort för att ta fram ett dataset med första och andra vågens energideklARATIONER. För matchning av energideklARATIONERs registren från år 2015 och år 2018 användes i första hand fastighetsbeteckning, läns- och kommunkod. Fastighetsbeteckningen är inte är unik på nationell nivå. Den kunde dock göras unik för varje enskild fastighet genom att kombinera med fastighetens läns- och kommunkod. Detta skapade en numerisk identifierare som var identisk i första och andra vågen och således möjliggjorde för en effektiv matchning av fastigheter. De energideklARATIONER som inte kunde matchas ihop med denna operation matchades istället med hjälp av adressen för den byggnad som energideklARATIONEN avsåg. Eventuella uppdateringar av energideklARATIONER kunde därefter identifieras av att energideklARATIONERna från 2018-utdraget var av en senare version samt att formulär-ID skiljde sig mellan utdragen från 2015 och 2018 (Johansson et al. 2017). Den databas som skapades, innehöll adresser för alla flerbostadshus som någon gång har energideklarerats, vilket är drygt 400 000 stycken. De adresser som har energideklarerats två gånger hade information från båda sina energideklARATIONER. Denna data sammanfördes även med data från Lantmäteriets fastighetsregister. Informationen från fastighetsregistret kompletterade den byggnadstekniska informationen från energideklARATIONERna med information om bland annat fastighetens ägandekategori, nybyggnadsår, ombyggnadsår och värdeår.

Till studien beställdes även data om antal folkbokförda personer och medianinkomst per fastighet från Statistiska Centralbyrån. SCB bearbetade denna data tillsammans med databasen med energideklARATIONER, och skapade unika identifierare för att möjliggöra matchning av persondata och data från energideklARATIONERna. Informationen beställdes på fastighetsnivå då persondata på byggnadsnivå utgör känslig information som inte får delas vidare.

I Figur 4.1 illustreras de register som förts samman i denna studie. Från fastighetsregistret har information om bland annat investeringar i renovering, renoveringsår och upplåtelseform hämtats. Information från energideklARATIONERna har hämtats från Boverkets databas Gripen. EnergideklARATIONERna bidrog med information om bland annat byggnadernas energianvändning, uppvärmnings- och ventilationssystem från två olika tidpunkter, ca 2008 och 2018. För att matcha energideklARATIONERna finns även boendeinformationen från SCB för både år 2008 och år 2018.

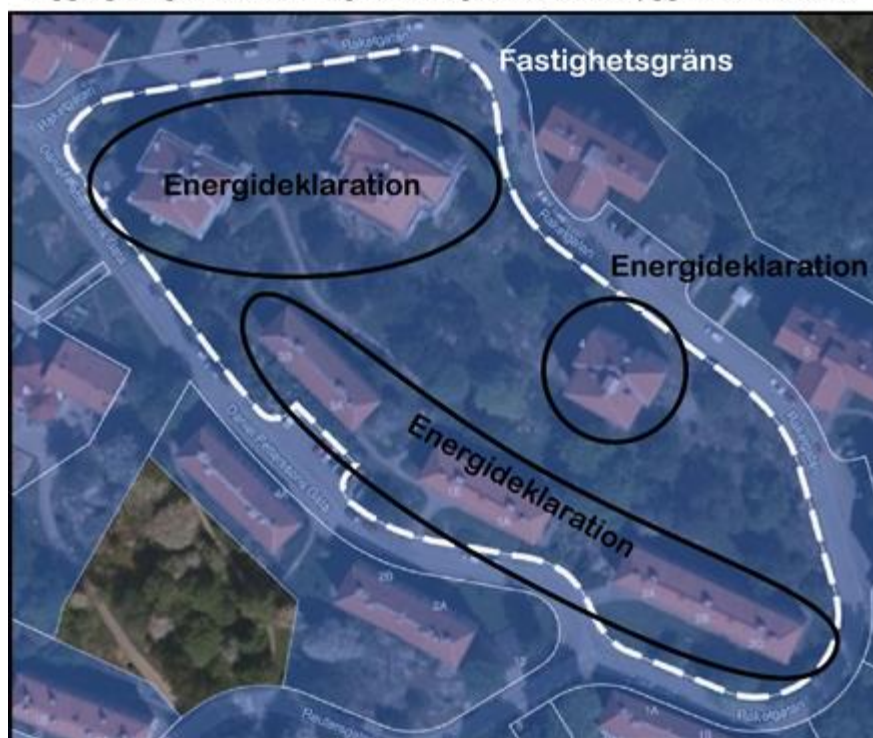


Figur 4.1: Illustration av de register som förts samman.

#### 4.2.2 Val av aggregationsnivå vid jämförelse av energideklarationer

Från det dataset som förberetts av Tim Johansson extraherades alla de adresser som hade energideklarerats två gånger vilket resulterade i ett nytt dataset med 24 325 adresser. I detta nya dataset var det dock inte möjligt att jämföra den första och andra energideklarationen för samma byggnad rakt av. Strukturen var sådan att en fastighet kunde ha flera registrerade energideklarationer. I datasetet fanns möjlighet att skapa unika identifierare för fastighetsbeteckning, energideklarationer och adresser. En energideklaration kunde i sin tur täcka in en eller flera byggnader. För varje byggnad kunde det till sist finnas en eller flera adresser registrerade, där antalet adresser ofta motsvarade antalet trappuppgångar. I Figur 4.2 illustreras ett matchningsmässigt komplicerat fall av relationer mellan fastighet, energideklaration, byggnad och adresser.

#### Aggregeringsnivåerna fastighet, energideklaration, byggnad och adress



Figur 4.2: Exempel på en fastighet där det utfärdats tre energideklarationer för sex byggnader med totalt tio adresser. Kartbilden är ursprungligen från hitta.se.

I många fall har fastighetsägare valt att göra en energideklaration per byggnad, vilket innebär att de värden som återfinns i deklARATIONEN, såsom area och värmeanvändning, var ett summerat värde för byggnadens alla adresser. Då varje adressrad i registret var kopplad till en energideklaration kunde information från samma energideklaration förekomma multipla gånger. Om en energideklaration hade gjorts för ett flerbostadshus med fem adresser så förekom informationen från denna energideklaration fem gånger. För en korrekt analys var det viktigt att ta fram ett dataset där varje unik energideklaration enbart förekommer en gång. Ett urval av unika energideklarationer gav ett dataset om 7 557 stycken i den första vågen och 7 386 stycken i den andra vågen, fördelat på 3 581 fastigheter.

Vi kunde således dra slutsatsen att för ett bestämt antal fastigheter skiljde sig antalet energideklarationer åt mellan den första och andra vågen. Detta kunde förklaras av att det för en fastighet med två byggnader gjorts en gemensam energideklaration i första vågen, men två separata i den andra; eller kanske att fastighetsgränser har dragits om eller nya byggnader färdigställts, som gjort att en och samma fastighet idag inte är jämförbar med vad den var för 10 år sedan. På så sätt kunde antalet byggnader per fastighet såväl som antalet energideklarationer per fastighet skilja sig åt i den första och andra vågen. Detta väckte frågor om vad som är relevant att jämföra: är det fastigheter, energideklarationer eller adresser?

Att jämföra på adressnivå, vilket i praktiken innebär att jämföra på trappuppgångsnivå, saknade teoretiskt stöd och hade i många fall krävt att data från energideklarationer schablonmässigt fördelades

ner från byggnads- eller fastighetsnivå till adresser vilket hade reducerat kvaliteten på data. På samma sätt saknades teoretisk grund för att jämföra på fastighetsnivå då en fastighet kan bestå av flera byggnader med vitt skiljande karakteristik. En sådan jämförelse hade krävt en aggregering av en fastighets alla energideklarationer vilket återigen skulle ha reducerat kvaliteten på data.

Data är förstås av högst kvalitet när den varken differentieras eller aggregeras utan behålls på energideklarationsnivå. Då syftet med energideklarationerna var att just byggnader skulle utvärderas och göras jämförbara med varandra antogs det att en energideklaration i de flesta fall motsvarade en byggnad. Dessutom utgör byggnaden det slutna system inom vilket det är rimligt och motiverat att tala om parametrar såsom energianvändning, värme- och ventilationssystem och nybyggnadsår. I de fall då en energideklaration omfattade flera byggnader ansågs det vara sannolikt att dessa byggnader hade liknande karakteristik. Förhoppningen var således att en jämförelse på energideklarationsnivå dels kunde bibehålla den ursprungliga datakvaliteten och dels hade en stark teoretisk förankring och således var relevant för analysen. Med hög datakvalitet och hög relevans på jämförelsen var det bara ett sista steg som behövde redas ut innan analysen kunde påbörjas: hur försäkras vi oss om att två energideklarationer verkligen är jämförbara?

#### 4.2.3 Jämförbarhet mellan första och andra vågens energideklarationer

Då det konstaterats att det på en fastighet ofta finns flera energideklarationer kan en matchning på fastighetsnivå identifiera de fastigheter som har lika många energideklarationer gjorda i första som i andra vågen. Trots att det var svårt att veta hur många byggnader varje energideklaration omfattade gjordes antagandet att en fastighet med samma antal deklarerationer nu som då har behållit den ursprungliga indelningen av byggnader vid den senare deklarereringen. Detta kunde antingen innebära att en fastighet med åtta energideklarationer och åtta byggnader både nu och då har valt att behålla en uppdelning per byggnad, eller att en fastighet som klumpat ihop sina åtta byggnader på en deklareration både nu och då fortsätter att deklarerera på en sammanslagen nivå. Oavsett implicerade ett lika antal energideklarationer på en fastighet i första och andra vågen att varje enskild energideklaration med stor sannolikhet hade en motsvarighet, en annan energideklaration som den var *jämförbar* med. Ett urval av alla fastigheter med lika antal energideklarationer i första och andra vågen resulterade i ett dataset på 6 499 parvisa energideklarationer fördelade på totalt 3 069 fastigheter. Om en fastighet hade två energideklarationer i första vågen men bara en i den andra vågen hade det antagligen krävts en aggregering av de två deklarerationerna i våg ett för att göra informationen jämförbar med energideklarationen i våg två. Denna operation hade kunnat anses vara nödvändig om kravet på lika antal energideklarationer i första och andra vågen hade orsakat ett stort bortfall av data. Då så inte var fallet (0,8 % databortfall) var det svårt att motivera inkludering av data med försämrad kvalitet på grund av aggregering.

När de fastigheter med lika många energideklarationer i första och andra vågen hade valts ut återstod att ta reda på vilken energideklaration som ska paras ihop med vilken. För att göra detta användes information från en kolumn i energideklarationen där det specificeras vilket hus på fastigheten som varje energideklaration berörde. På så sätt kunde en ny identifierare för varje hus på varje fastighet



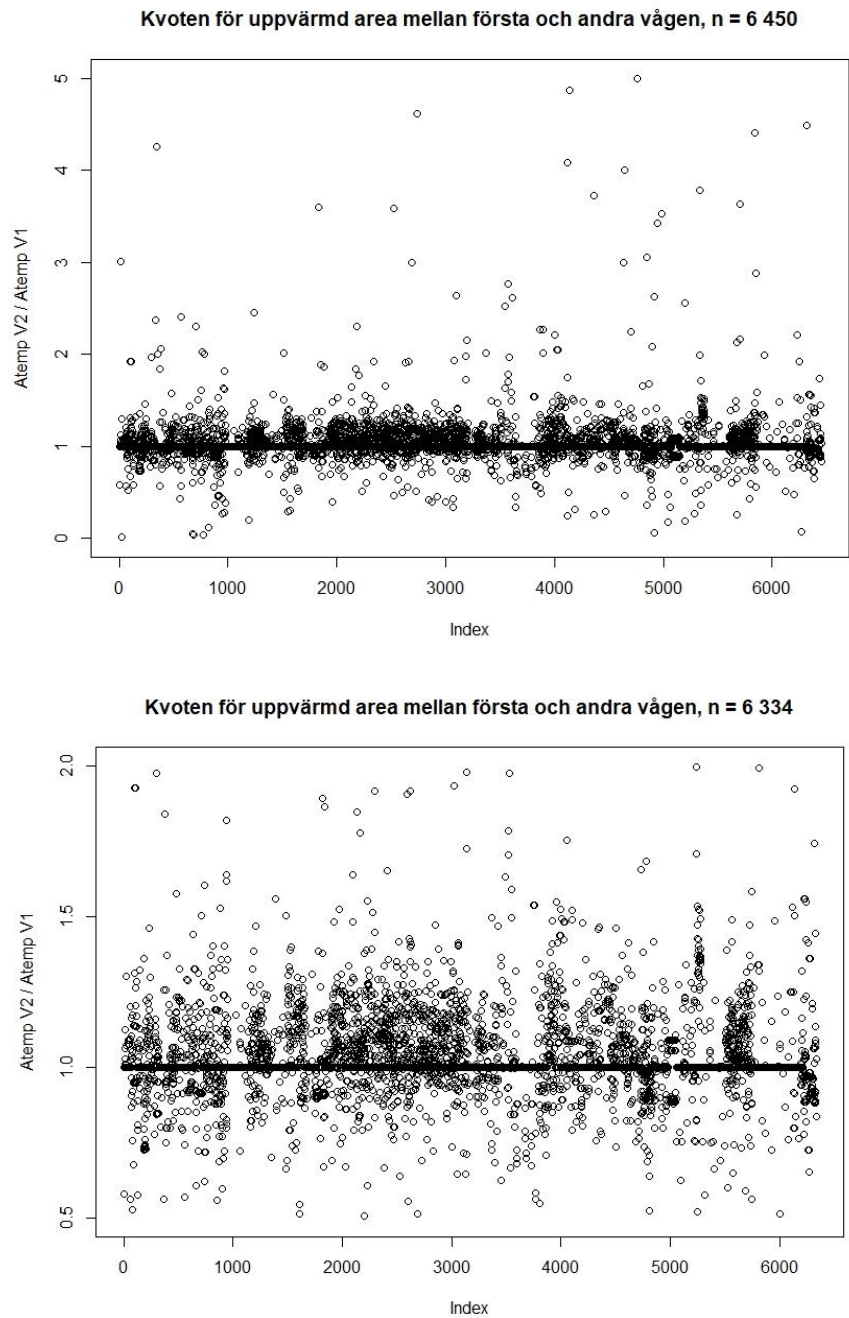
skapas, och en matchning på denna identifierare genererade ett nytt dataset med 6 450 parvisa energideklarationer vilket motsvarar ett databortfall om 0,8 %. Det marginella bortfallet av data beror på att några husnummer i första vågen inte hade en motsvarighet i andra vågen och vice versa.

För att kontrollera hur väl matchningen hade lyckats och huruvida jämförbarhet nåtts eller inte beräknades kvoten av den uppvärmda arean i den andra energideklarationen och den uppvärmda arean i den första energideklarationen. Hypotesen var att om kvoten ligger runt 1 indikerar det att det som deklarerats i första vågen är jämförbart med det som deklarerats i andra vågen. Mindre avvikelser från 1 var väntat då föreskrifterna för hur den uppvärmda arean skulle uppskattas har förändrats mellan de två deklarationsomgångarna. I våg ett beräknade många den uppvärmda arean genom en omvandling från andra mått som exempelvis boarea + lokalarea ( $BOA^4 + LOA$ ). Ur datasetet framgick det att hälften av energideklarationerna i våg ett hade omvandlat den uppvärmda arean utifrån värden på  $BOA + LOA$  medan resten hade mätt den uppvärmda arean,  $A_{temp}$ . I våg två hade praxis ändrats till att den uppvärmda arean skulle mätas, och den var således mätt i alla energideklarationer.

En analys av kvoten för  $A_{temp}$  i den första och den andra energideklarationen visade ett medelvärde på 1.03 och att 95 % låg inom intervallet  $1.03 \pm 0.25$ , se Figur 4.3(a). Att data hamnar utanför detta spann kan bero på att tillbyggnad skett eller att fastighetsgränser dragits om. En annan förklaring är variationer i praxis. Data uppvisade kluster av kvoter kring 0,5 och 2 vilket indikerar halveringar och dubbleringar av areor/byggnader på energideklarationerna. Det ter sig som att det på vissa fastigheter har gjorts unika energideklarationer för varje byggnad på fastigheten, men att varje sådan energideklaration täcker in hela fastighetens area och energianvändning. Om detta misstag begåtts i en av deklarationerna men inte den andra kan kvoten bli väldigt stor eller väldigt liten. För att undvika att jämföra en byggnad med en hel fastighet görs därför ett urval av alla parvisa energideklarationer där kvoten ligger mellan 0,5 och 2, se Figur 4.3(b). Detta resulterar i ett bortfall av data om 1,8 % och ett nytt dataset med 6 334 parvisa energideklarationer.

---

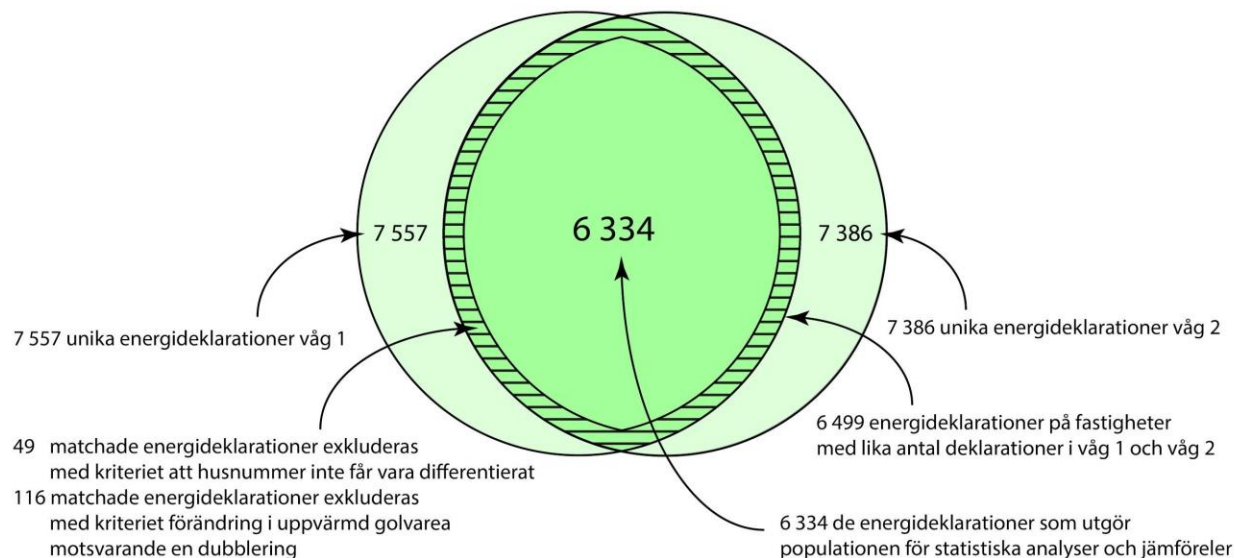
<sup>4</sup> Boarea (BOA) är den yta i en byggnad som används till boende. Övriga ytor såsom trapphus och tvättstugor är således exkluderade (SCB 2001).



Figur 4.3: Den övre figuren visar kvoten mellan den uppvärmda arean ( $A_{temp}$ ) i andra och första vågen innan urval (a) och den undre figuren visar motsvarande kvot efter urval (b).

När ovan beskrivna åtgärder var vidtagna för att säkerställa vi hade en tillräckligt stor datamängd med parvisa energideklarationer som kunde anses vara jämförbara. I Figur 4.4 illustreras hur det slutliga datasetet deducerats fram.

## Kriterier för inkludering och exkludering av enheter till de jämförande analyserna



Figur 4.4: Processen och kriterierna för att ta fram analysunderlaget.

### 4.2.4 Sammanslagning av data från olika register

För att komplettera informationen från fastighetsregistret och energideklarationerna användes data som förberetts av SCB. Den första variabel som matchades mot energideklarationerna var årlig disponibel medianinkomst per konsumtionsenhet<sup>5</sup>. För att få en så korrekt representation av inkomstnivåerna som möjligt valdes de senast tillgängliga inkomstuppgifterna från SCB vilka var från år 2016. Denna matchning gjordes under antagandet att medianinkomsten för en fastighets olika byggnader är densamma som medianinkomsten för hela fastigheten. Matchningen genomfördes på ett sätt som behöll de 6 334 parvisa energideklarationerna och adderade inkomstdata i de fall då fastigheten fann en match i SCB-datan, annars markerades värdet till NA.

Den andra variabeln som matchades mot energideklarationerna var antal boende. I och med att en matchning på fastighetsnivå gör att antalet boende på en fastighet med flera energideklarationer dubbelräknas fördelades antalet boende på respektive fastighets alla energideklarationer med uppvärmd area som fördelningsbas. För att kunna beräkna skillnaden i antal boende matchades först antalet boende år 2008 och därefter antalet boende år 2017. Precis som för inkomstdata sattes värdet på antal boende till NA i de fall då en matchning saknades.

### 4.2.5 Bestämning av renoveringskategori

Metoden för att bestämma renoveringskategori för en byggnad baserades på beräkningar enligt Ekvation 3.2 med nybyggnadsår, ombyggnadsår och värdeår som ingående variabler. Ett

<sup>5</sup> Disponibel inkomst per konsumtionsenhet är en enhet som används av SCB vid jämförelser mellan olika hushålls inkomster.

anmärkningsvärt problem i denna kategorisering var att dessa ingående variabler hämtades från fastighetsregistret och således gäller på fastighetsnivå medan de parvisa energideklarationerna i många fall gällde för en byggnad. I det utdrag som Tim Johansson har gjort från fastighetsregistret fanns enbart information om den största byggnaden på varje fastighet<sup>6</sup> vilket innebar att alla energideklarationer på en fastighet kategoriserades baserat på fastighetens största byggnad. I de fall då fastigheten hade flera byggnader och energideklarationer men ombyggnad endast skett på den största byggnaden har alltså resterande byggnader hamnat i en renoveringskategori utan att en renovering faktiskt skett. Detta riskerar att skapa ett brus i renoveringskategorierna som riskerar reducera signifikansen för kopplingen mellan renovering och energieffektivisering.

På motsvarande sätt fanns risken att en mindre byggnad som renoverats på en fastighet med fler och större icke-renoverade byggnader kategoriserades som icke-renoverad även den. Effekten av detta var således att renoverade byggnader hamnade i kategorin för icke-renoverade byggnader och bidrog till en reducerad energianvändning i denna kategori, vilket kan ge sken av att icke-renoverade byggnader har minskat sin energianvändning medan det egentligen rör sig om en felkategorisering av renoverade byggnader.

För att i så stor utsträckning som möjligt reducera risken för den felkategorisering av renoveringskategori som beskrivits ovan infördes ett krav på likvärdighet mellan informationen från fastighetsregistret och energideklarationen vid kategorisering. Energideklarationen saknar information om ombyggnadsår och värdeår men innehåller däremot information om nybyggnadsåret. För att undvika att kategorisera byggnader med ett annat nybyggnadsår än det som hämtats från fastighetsregistret, alltså byggnader som uppenbarligen inte motsvarar den byggnad som utdraget från fastighetsregistret gjorts på, ställdes kravet att nybyggnadsåret i energideklarationen inte fick skilja sig mer än två år från nybyggnadsåret från fastighetsregistret. Denna avgränsning gjordes mot bakgrund av att en analys av data visat att nybyggnadsåret ofta skiljer sig med ett år mellan fastighetsregistret och energideklarationen. Detta beror sannolikt på att information har kommit från olika håll eller matats in fel i något av systemen, och för att undvika att inte kategorisera energideklarationer som egentligen motsvarar den byggnad som registerutdraget gjorts på tilläts en skillnad på två år mellan nybyggnadsåren från de två registren.

Detta tillvägagångssätt undviker att dubbelräkna renoveringar på fastigheter där byggnadernas nybyggnadsår varierar. Det är dock vanligt att alla byggnader på en fastighet är byggda samma år och dubbelräkning av renoveringar på dessa fastigheter riskerar således att förekomma. Samtidigt var ett antagande att en fastighetsägare med ett flertal byggnader med samma byggnadsår skulle kunna komma att renovera dessa samtidigt, vilket i så fall skulle innebära att en dubbelräkning av renoveringar ibland slår rätt. Om byggnaderna på en fastighet däremot var byggda under olika årtal gick det att anta att dessa ibland behandlas olika och kräver underhåll vid olika tidpunkter, vilket stödde beslutet att inte kategorisera byggnader vars byggår i deklarationen skiljde sig med mer än två år från fastighetsregistrets utdrag.

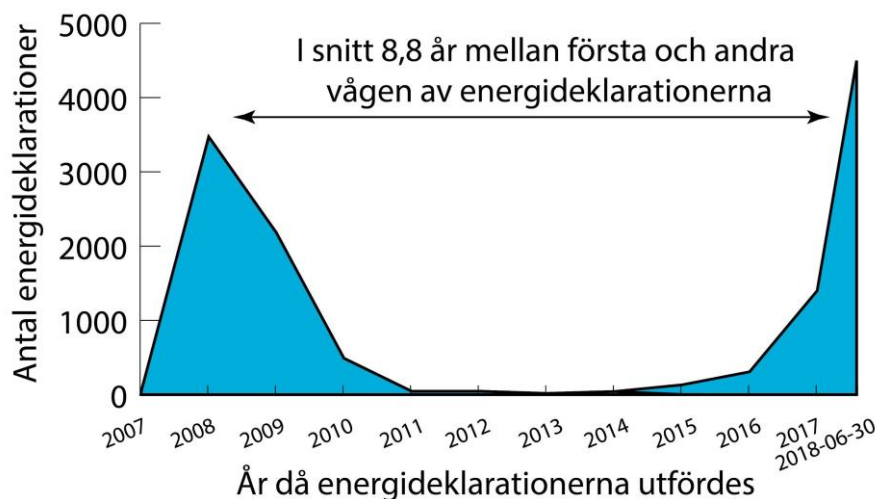
---

<sup>6</sup> Tim Johansson, GIS-konsult Gitter Consult AB, telefonsamtal den 23 november 2018.

### 4.3 Beskrivning av dataunderlaget och dess representativitet

De 6 334 parvist matchade och jämförbara energideklarationerna utgjorde 4,8 % av det totala antalet energideklarationer och 6 % av den totala uppvärmda arean i våg ett. I Figur 4.5 visas när de 6 334 parvisa energideklarationerna har genomförts, och det framgår att den första vågen peakade år 2008 och att det andra vågen peakade år 2018. I snitt var det 8,8 år mellan de parvisa energideklarationerna.

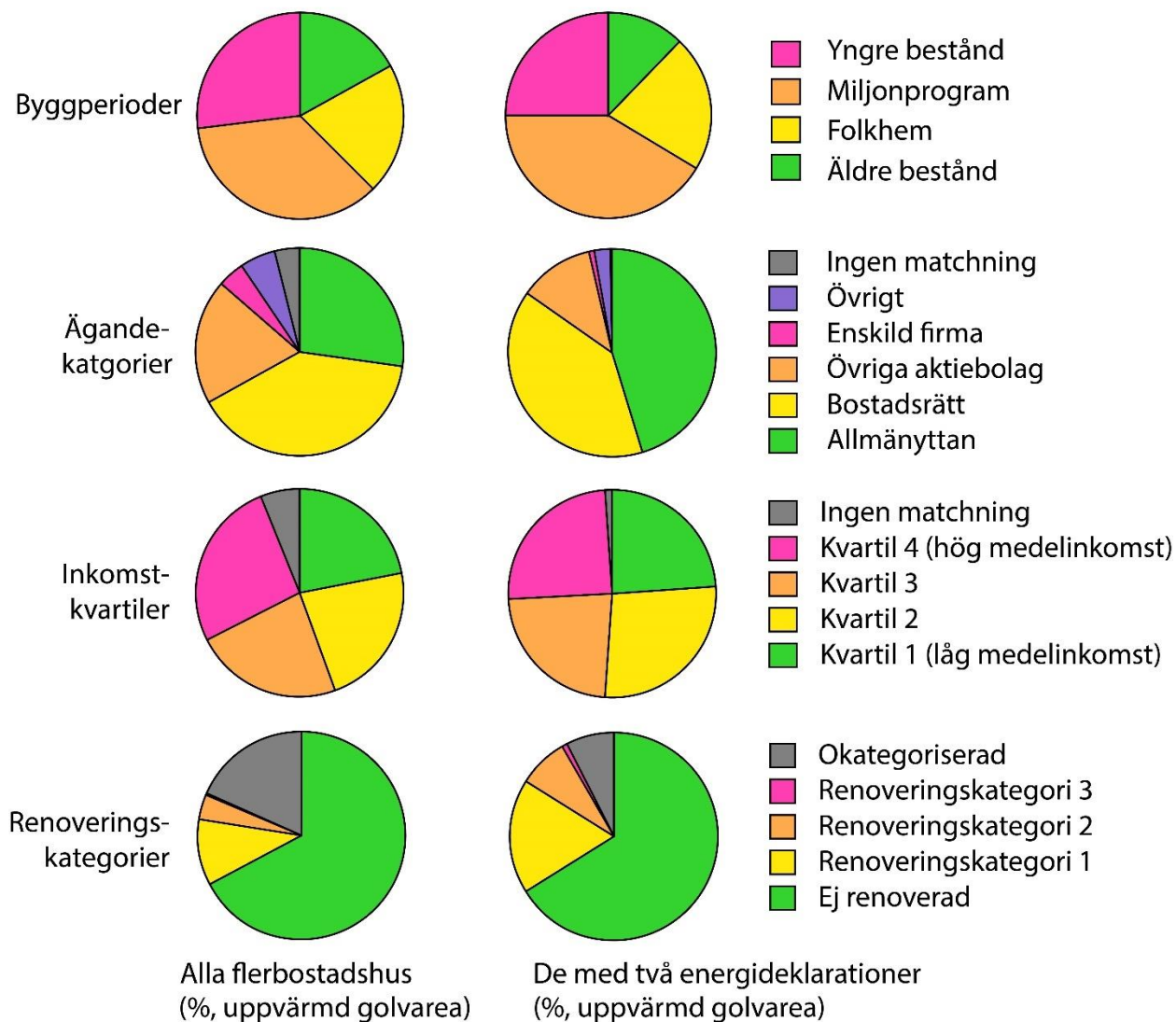
#### Utfärdande av de jämförbara energideklarationerna



Figur 4.5: Årtal för utfärdande av de 6 334 parvisa energideklarationerna.

Hur de 6 334 parvisa energideklarationerna förhåller sig till de 130 000 energideklarationerna i våg ett visas i Figur 4.6. Vad gäller ägandekategori framgår det att allmännyttan är överrepresenterad i denna studies dataunderlag medan kategorierna övrigt, övriga aktiebolag och framförallt enskild firma är underrepresenterade. Gällande byggperiod och inkomst förhåller sig data proportionerligt mot den totala datamängden. Cirkeldiagrammen som visar representativitet av renoveringar avser renoveringar som skett efter 2008 för alla flerbostadshus, och efter den första energideklarationen bland de som analyseras i detta arbete. Det framgår att det finns en överrepresentation av renoverade byggnader bland de 6 334 energideklarationerna, och att fler av dessa byggnader har blivit kategoriserade med avseende på eventuell renovering jämfört med kategoriseringen av hela flerbostadshusbeståndet. Denna överrepresentation av renoveringar leder till antagandet att den analyserade datamängden kommer att uppvisa en högre grad av energieffektivisering än beståndet i stort.

Fördelningar inom den analyserade delmängden jämfört med hela flerbostadshusbeståndet

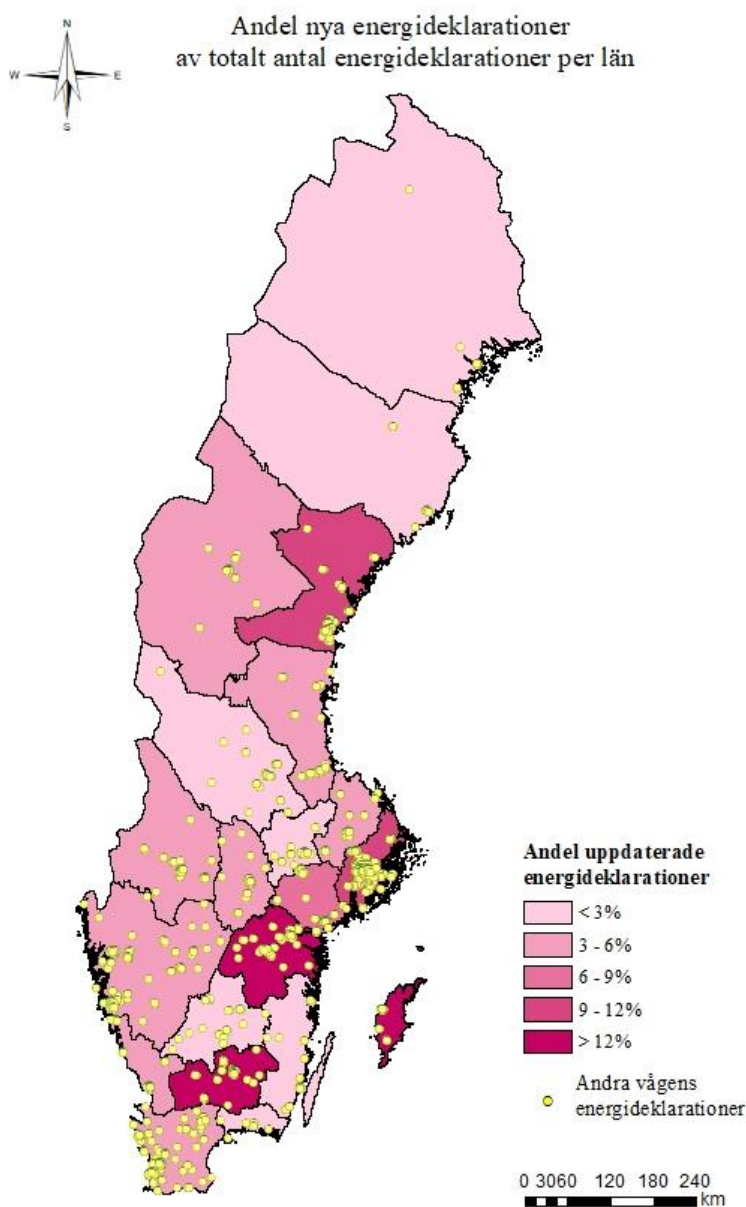


Figur 4.6: Fördelningar inom hela flerbostadshusbeståndet (baserat på de byggnader som energideklarerats minst en gång) respektive fördelningen av de byggnader som har två energideklarerat.

Ett alternativt tillvägagångssätt hade varit ett urval av parvisa energideklarerat sådant att fördelningen av byggperioder, ägandekategorier, inkomstkvartiler och renoveringskategorier förhöll sig proportionerligt gentemot hela flerbostadshusbeståndet. På så sätt hade resultaten direkt kunnat extrapoleras till hela beståndet. För detta arbete värderades dock attributet att inkludera så många parvisa energideklarerat som möjligt högre då metodutveckling som möjliggör jämförelser mellan första och andra vågens energideklarerat utgör en del av arbetets bidrag. Att utveckla en användbar metod där så mycket data som möjligt kan inkluderas anses således vara ett större bidrag till forskarvärlden än att utveckla en metod som ger representativa resultat i just denna studie.

### 4.3.1 Dataunderlagets geografiska spridning

I Figur 4.7 visas den geografiska spridningen av de parvisa energideklarationerna. Varje markering motsvarar ett energideklarationspar. Den regionala ifyllningen motsvarar hur stor andel av det totala antalet energideklarationer i våg ett som gjorts om i våg två för respektive län. Detta ger en indikation om vilka län som var under- respektive överrepresenterade i denna studies dataunderlag. Sett till andel förnyade energideklarationer ligger Kronoberg i topp, följt av Östergötland, Gotland, Stockholm och Västernorrland. I både Norrbotten och Västerbotten har mindre än 1 % av energideklarationerna förnyats.



Figur 4.7: Geografisk spridning av de 6 334 parvisa energideklarationerna samt den regionala representativiteten.

### 4.3.2 Korrelationer mellan studiens ingående variabler

Inför regressionen gjordes en korrelationsmatris över alla regressionsvariabler för att säkerställa att det inte förekom multikollinearitet. Då korrelationskoefficienten mellan oberoende variabler aldrig översteg 0,8 kunde alla påtänka variabler inkluderas i regressionen.

Bland de oberoende variablerna framgick dock en del relativt tydliga samband. Mellan inkomst och ägandekategori framgick det, i enlighet med hypotesen, att allmännyttan hade en tydlig korrelation med låg inkomst medan bostadsrätter hade en tydlig korrelation med hög inkomst. Gällande korrelationen mellan nybyggnadsår och specifik energianvändning i våg ett uppvisade framförallt det yngre beståndet en stark korrelation med låg specifik energianvändning, som förväntat. Ingen av de energieffektiviserande åtgärderna påvisade starka korrelationer med någon av renoveringskategorierna, och slutsatsen drogs då att dessa inte överlappade varandra avseendevärt.

Vidare var det möjligt att utläsa att de byggnader som i sin första energideklaration har beräknad uppvärmd area ( $A_{temp}$ ) utifrån en omvandling av BOA + LOA korrelerade starkt med en  $A_{temp}$  kvot större än ett, alltså att den area som mätts upp i den andra energideklarationen var större än den area som räknats fram i den första. De som istället hade mätt den uppvärmda arean i sin första energideklaration visade en stark positiv korrelation med att  $A_{temp}$  kvoten var ett, alltså att den uppvärmda arean skattats lika i den första och andra deklarationen. Mot denna bakgrund drogs slutsatsen att det som i tidigare studier observerats om förhållandet mellan ett  $A_{temp}$  omvandlat från BOA och ett mätt värde på  $A_{temp}$  stämde även i detta dataset.

Alla valda oberoende variabler hade en signifikant korrelation med den beroende variabeln  $\Delta E$ . I Tabell I.I i Appendix I listas alla variabler som ingår i regressionen tillsammans med antal observationer för respektive variabel.

### 4.3.3 Att fånga upp systematiska fel

Det finns flera olika sätt att definiera en byggnads area, men i energideklarationen är det uppvärmd area ( $A_{temp}$ ) som ska anges. I och med att den specifika energianvändningen beror direkt av  $A_{temp}$  kan de förändringar som skett i uppskattningen av denna area tänkas ge utslag på den beräknade specifika energianvändningen. Analyser av variabeln  $A_{temp}$  har visat på systematiska felskattningar i de fall då  $A_{temp}$  har beräknats utifrån BOA + LOA. Studier har visat att de riktlinjer som Boverket rekommenderar vid konvertering av BOA + LOA till  $A_{temp}$  generellt innebär en underskattning av  $A_{temp}$  i svenska flerbostadshus (Göransson 2007). Då en byggnads specifika energianvändning definieras som kvoten av den årliga energianvändningen och  $A_{temp}$ , innebär en feluppskattning av  $A_{temp}$  direkta följdfel vid beräkning av specifik energianvändning (Mangold et al. 2015). Detta riskerar att resultera i en falsk bild av förbättring för de byggnader som hade uppskattat  $A_{temp}$  utifrån BOA + LOA i våg ett, men använt ett uppmätt värde för  $A_{temp}$  i våg två. För att undvika att detta bidrar till en falsk ökning eller minskning av  $\Delta E$  i beståndet inkluderades en oberoende variabel för att fånga upp ett sådant systematiskt fel i regressionen.



Genom införandet av en dummy-variabel som angav huruvida  $A_{temp}$  hade omvandlats från BOA + LOA i våg ett eller inte var det möjligt att utläsa om de förändrade kraven på areaskattning hade påverkat  $\Delta E$ , och det var således möjligt att skapa en uppfattning om i vilken omfattning detta systematiska fel har påverkat  $\Delta E$ .

## 5. Ett decennium av reducerad energianvändning

I detta avsnitt presenteras studiens resultat. Varje avsnitt avslutas med en analys där författarna drar egna slutsatser kring resultaten och sätter dem i förhållande till hypoteser. Kapitlets första avsnitt presenterar studiens övergripande resultat och hur dessa förhåller sig till den officiella energistatistiken. I detta avsnitt presenteras även analyser av den del av flerbostadshusbeståndet som har ökat sin specifika energianvändning. I avsnitt 5.2 till 5.5 presenteras resultaten från de ANOVA-tester som har genomförts för analys av skillnader mellan de olika delarna av flerbostadshusbeståndet utifrån respektive tvärsnitt med tillhörande analyser. I kapitlets avslutande del, avsnitt 5.6 presenteras resultaten från regressionsanalysen med tillhörande analys.

### 5.1 Övergripande resultat

I Tabell 5.1 visas de övergripande resultaten för det analyserade beståndet. För de 6 334 parvist jämförda energideklarationerna har den specifika energianvändningen i snitt minskat med 20,2 kWh/m<sup>2</sup> under det senaste decenniet, vilket gjort att detta bestånd gått från en genomsnittlig specifik energianvändning på 145,5 kWh/m<sup>2</sup> till 125,2 kWh/m<sup>2</sup>. Detta motsvarar en energieffektiviseringstakt om 1,7 % per år<sup>7</sup> (beräknat på den genomsnittliga tiden 8,8 år mellan de parvisa energideklarationerna) och en reduktion på totalt 13,9 % av den specifika energianvändningen.

Tabell 5.1: Övergripande resultat för specifik energianvändning i det analyserade beståndet, viktat på  $A_{temp}$ .

Våg ett (kWh/m <sup>2</sup> )	$\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Våg två (kWh/m <sup>2</sup> )
145,4***	-20,2***	125,2***

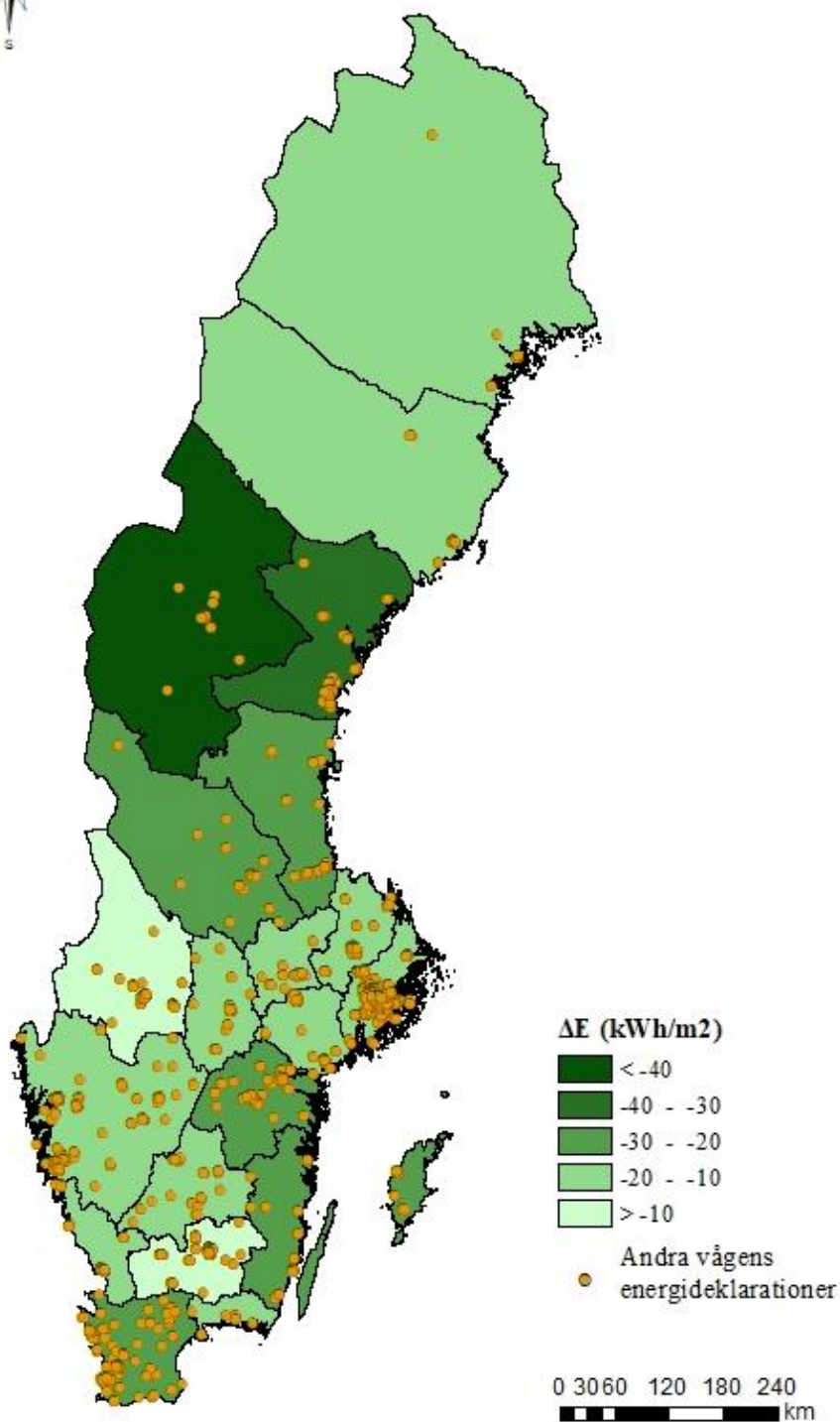
Signifikansnivåer: \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05 ' 0.1

I Figur 5.1 nedan visas hur den specifika energianvändningen i flerbostadshus har förändrats i olika län. Observera att dessa regionala medelvärden, till skillnad från resterande medelvärden, av praktiska skäl inte är viktade på uppvärmd area. Från Figur 5.1 framgår att alla län har ett  $\Delta E$  som är mindre än noll vilket således implicerar att den specifika energianvändningen har minskat i alla landets län. Störst reduktion i specifik energianvändning har skett i Jämtland, där ca 80 parvisa energideklarationer har genererat ett medelvärde om -43 kWh/m<sup>2</sup>. Näst störst reduktion har skett i Västernorrland, följt av Dalarna, Östergötland och Skåne. Minst förändring hittas i Kronoberg och Värmland, som båda har reducerat den specifika energianvändningen mindre än 10 kWh/m<sup>2</sup>.

<sup>7</sup> Specifik energianvändning våg två = Specifik energianvändning våg ett \*  $e^{8,8X}$ , där X = Årlig energieffektiviseringstakt.



### Andra vågens energideklarerationer och medelvärdet av $\Delta E$ per län



Figur 5.1: Geografisk spridning av de 6 334 matchade och studerade energideklarationsparen, samt andel förnyade energideklarerationer av totalt antal energideklarerationer per län.

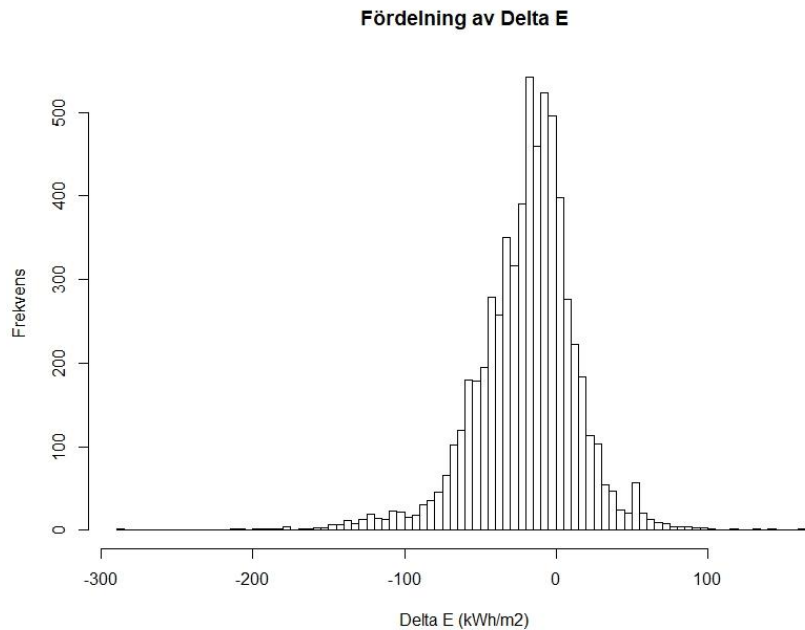
### 5.1.1 Studiens resultat i förhållande till Energimyndighetens statistik

Den observerade minskningen om ca 20 kWh/m<sup>2</sup> kan jämföras mot Energimyndighetens statistik som påvisat en minskning om 13 kWh/m<sup>2</sup> mellan 2009 och 2016. Denna period ligger inom den period på 8,8 år som analyserats i detta arbete men omfattar endast 7 år, och uppvisar en energieffektiviseringstakt på 1,2 % jämfört med ovanstående 1,7 %. Den längre tidsperioden indikerar att  $\Delta E$  bör vara något större negativ i detta arbete, vilket också bekräftas. Det finns däremot fler förklaringar till varför den specifika energianvändningen i detta arbete visar på en större och snabbare minskning än i energimyndighetens statistik. En förklaring är att det i det dataset som analyserats i detta arbete finns en överrepresentation av renoveringar. En annan förklaring är att det kan finnas andra skevheter i vilka som valt att förnya sin fastighets energideklaration(er). Det faktum att den genomsnittliga tiden mellan första och andra vågens energideklarationer är 8,8 år och inte 10 år innebär att en betydande andel av fastighetsägarna har valt att förnya energideklarationer innan de varit tvungna att göra det. En anledning bakom detta beteende kan vara att många gärna förnyar energideklarationer efter att energieffektiviserande åtgärder vidtagits för att (i) se effekten av energieffektiviseringen eller (ii) för att få en bättre energiklassning för den berörda byggnaden. Detta gör att det kan finnas en överrepresentation av "ambitiösa" fastighetsägare i det studerade datasetet som spår på den redan överrepresenterade energieffektiviseringen.

En jämförelse mellan Energimyndighetens statistik och de resultat som presenterats ovan, som baseras på den specifika energianvändningen från energideklarationerna, visar även att våra resultat ligger lägre. Detta förklaras antagligen av att Energimyndigheten och Boverket inte använder samma definition av area. Att Energimyndigheten i sin statistiska undersökning definierar area som BOA + LOA istället för  $A_{temp}$  motiverar att de generellt ligger högre i sina skattningar av energianvändning per kvadratmeter.

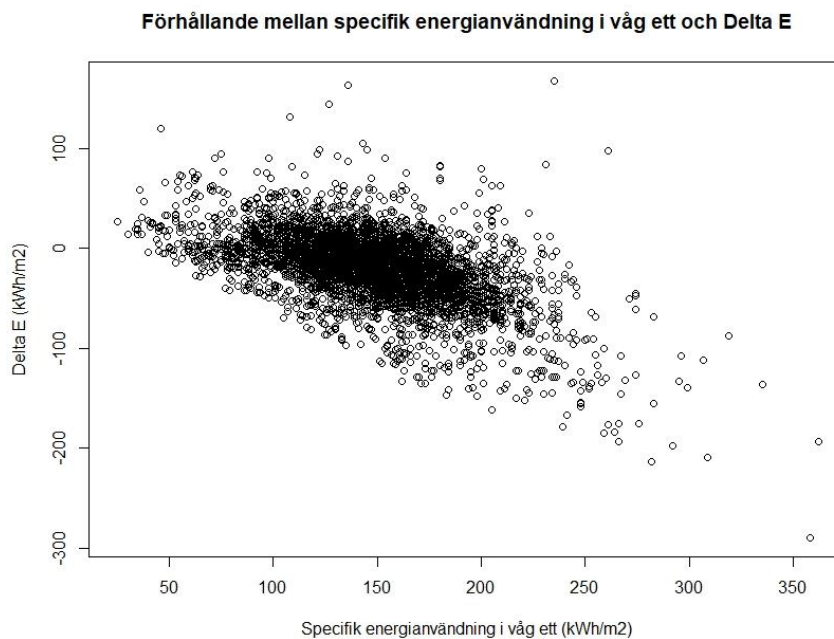
### 5.1.2 Analys av den beroende variabeln $\Delta E$

Spridningen av  $\Delta E$  visas i histogrammet i Figur 5.2 nedan.  $\Delta E$  är relativt normalfördelad kring medelvärdet -20,2 kWh/m<sup>2</sup> med en antydning till en negativ skevhet. I och med att hypotesen var att den specifika energianvändningen skulle minska, och det faktum att det finns fler naturliga förklaringar till en minskad specifik energianvändning än till en ökad, är denna skevhet förväntad. Att den beroende variabeln  $\Delta E$  inte är helt normalfördelad kan väntas ha en viss negativ påverkan på tillförlitligheten i både AVOVA- och MRA-testerna då dessa analyser bygger på att den beroende variabeln är normalfördelad.



Figur 5.2: Spridning av  $\Delta E$ .

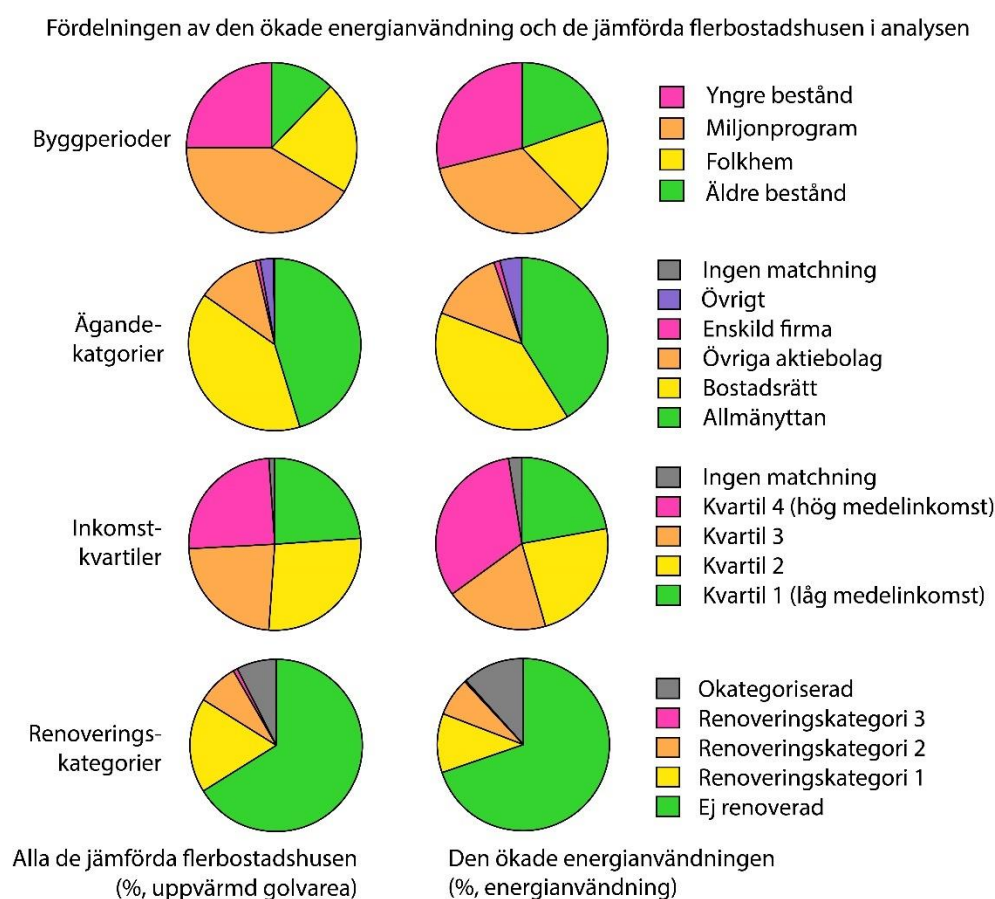
Hur  $\Delta E$  förhåller sig till den specifika energianvändningen i våg ett framgår ur Figur 5.3. Det framgår att det finns ett tydligt och starkt negativt samband mellan dessa två: ju högre den specifika energianvändningen var i våg ett, desto större negativt är värdet på  $\Delta E$ . Figuren visar även att de flesta byggnader som påvisar en ökad specifik energianvändning under det senaste decenniet, alltså ett  $\Delta E$  större än noll, hade en relativt låg specifik energianvändning i våg ett.



Figur 5.3: Förhållande mellan initial specifik energianvändning (våg ett) och  $\Delta E$ .

### 5.1.3 Analys av de byggnader som har ökat sin specifika energianvändning

En närmare analys av den del av beståndet som fått en ökad specifik energianvändning presenteras i Figur 5.4. Till vänster i figuren visas fördelningen av uppvärmd area i hela det analyserade beståndet, och till höger visas andelar av de byggnader som haft ett positivt  $\Delta E$ , alltså en ökande specifik energianvändning. Det framgår tydligt att byggnader med boende med högre inkomster (kvartil 4) är överrepresenterade bland de byggnader som ökat sin energianvändning. Det finns även en överrepresentation av byggnader från både det äldsta och det yngsta beståndet, och en väntad underrepresentation av renoveringar. Det faktum att ett betydande antal renoveringar ändå skett bland de byggnader som ökat sin specifika energianvändning skulle kunna tyda på att renoveringar ibland innefattar till- och ombyggnationer som försämrar en byggnads energiprestanda. Att det finns en överrepresentation av det äldre beståndet är inte förvånande på samma sätt som det faktum att det finns en överrepresentation av det yngre beståndet. Dock visar Figur 5.3 att ökad specifik energianvändning korrelerar med en låg initial specifik energianvändning, vilket borde vara fallet för det yngre beståndet. Det ska även påpekas att de äldsta byggnaderna i det yngre beståndet börjar närma sig sin tekniska livslängd.



Figur 5.4: Representation av de byggnader som ingår i det analyserade dataunderlaget samt de byggnader som har ökat sin specifika energianvändning.

## 5.2 Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika ägandekategorier

Hur den specifika energianvändningen utvecklats bland olika ägandekategorier under det senaste decenniet visas i Figur 5.5. Huvudresultatet visas i figurens övre del där staplar visar den specifika energianvändningen vid första respektive andra vågens energideklaration för varje ägandekategori. Under respektive stapel återfinns kompletterande information om hur fördelningen av byggperiod, inkomst och renoveringskategori ser ut för varje enskild ägandekategori.

Alla ägandekategorier har minskat sin energianvändning, och resultat från t-test bekräftar att denna minskning är signifikant i alla kategorier, se Appendix II Tabell II.I. Från Figur 5.5 går det att utläsa att  $\Delta E$  är mest negativ i de ägandekategorier som i utgångsläget hade högst specifik energianvändning, nämligen Övriga aktiebolag och Allmännyttan.

I ett ANOVA-test framgår att skillnaden i  $\Delta E$  sinsemellan ägandekategorierna endast har hög signifikans mellan Bostadsrätter och Allmännyttan, där Allmännyttan i snitt minskat energianvändningen med ca 5 kWh/m<sup>2</sup> mer än Bostadsrätterna, samt mellan Bostadsrätter och Övriga aktiebolag, där Övriga aktiebolag i snitt har minskat energianvändningen med ca 7 kWh/m<sup>2</sup> mer än Bostadsrätterna. Mellan övriga parvisa kategorier går det inte att med 95 % säkerhet (motsvarande en signifikansnivå på 0,001) säga att det föreligger en skillnad mellan kategoriernas  $\Delta E$ . I Tabell 5.2 visas skillnaderna i  $\Delta E$  mellan olika ägandekategorier och huruvida denna skillnad är signifikant eller inte.

Tabell 5.2: Parvisa skillnader i  $\Delta E$  mellan ägandekategorier (ANOVA).

Parvis jämförelse	Skillnad i $\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )
Bostadsrätt - Allmännyttan	4,8***
Enskild firma - Allmännyttan	10,4
Övriga aktiebolag - Allmännyttan	-2,4
Övrigt - Allmännyttan	6,5
Enskild firma - Bostadsrätt	0,3
Övriga aktiebolag - Bostadsrätt	-7,3***
Övrigt - Bostadsrätt	1,6
Övriga aktiebolag - Enskild firma	-7,5
Övrigt - Enskild firma	1,3
Övrigt - Övriga aktiebolag	8,9

Signifikansnivåer: \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05 ' 0.1

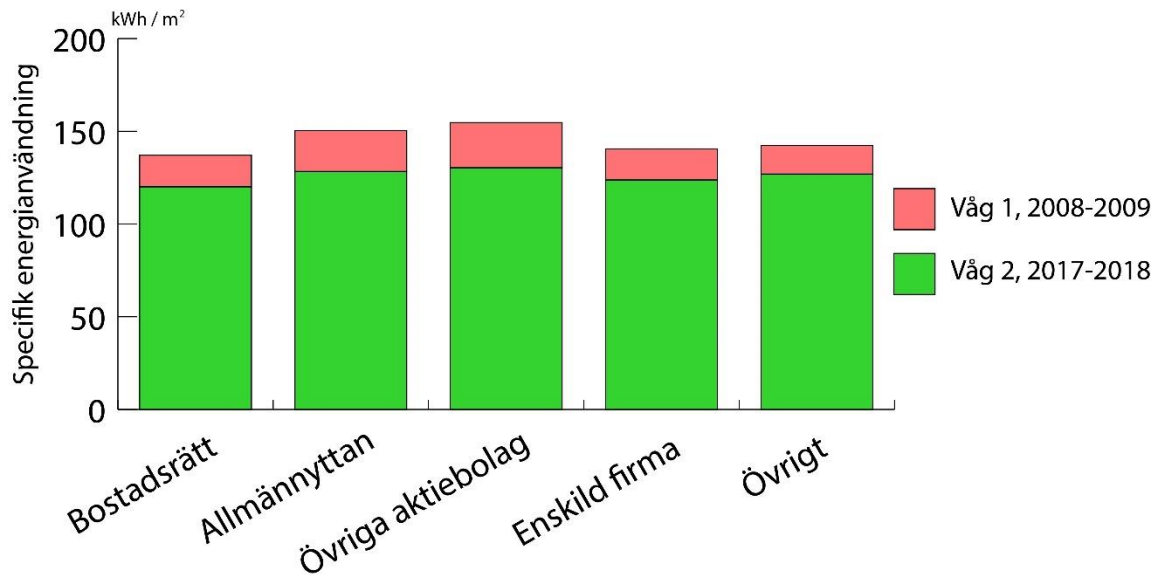
Vidare visar Figur 5.5 att en utjämning av ägandekategoriernas specifika energianvändning har skett över det senaste decenniet. I Tabell II.II i Appendix II visas de parvisa skillnaderna i energiprestanda mellan ägandekategorier i första och andra vågen. I en parvis jämförelse av alla ägandekategoriernas energianvändning visar ANOVA-test att skillnaden har minskat i varje enskilt fall, och trots att det

fanns en signifikant skillnad mellan fem parvist jämförda kategorier för tio år sedan återstår i dagsläget enbart en signifikant skillnad mellan två av dessa. De skillnader som kvarstår är mellan Allmännyttan och Bostadsrätter, där Allmännyttan har gått från att ligga ca 13 kWh/m<sup>2</sup> högre än Bostadsrätter till att ligga ca 8 kWh/m<sup>2</sup> högre, och mellan Övriga aktiebolag och Bostadsrätter, där Övriga aktiebolag har gått från att ligga omkring 14 kWh/m<sup>2</sup> högre än Bostadsrätter till ca 10 kWh/m<sup>2</sup> högre.

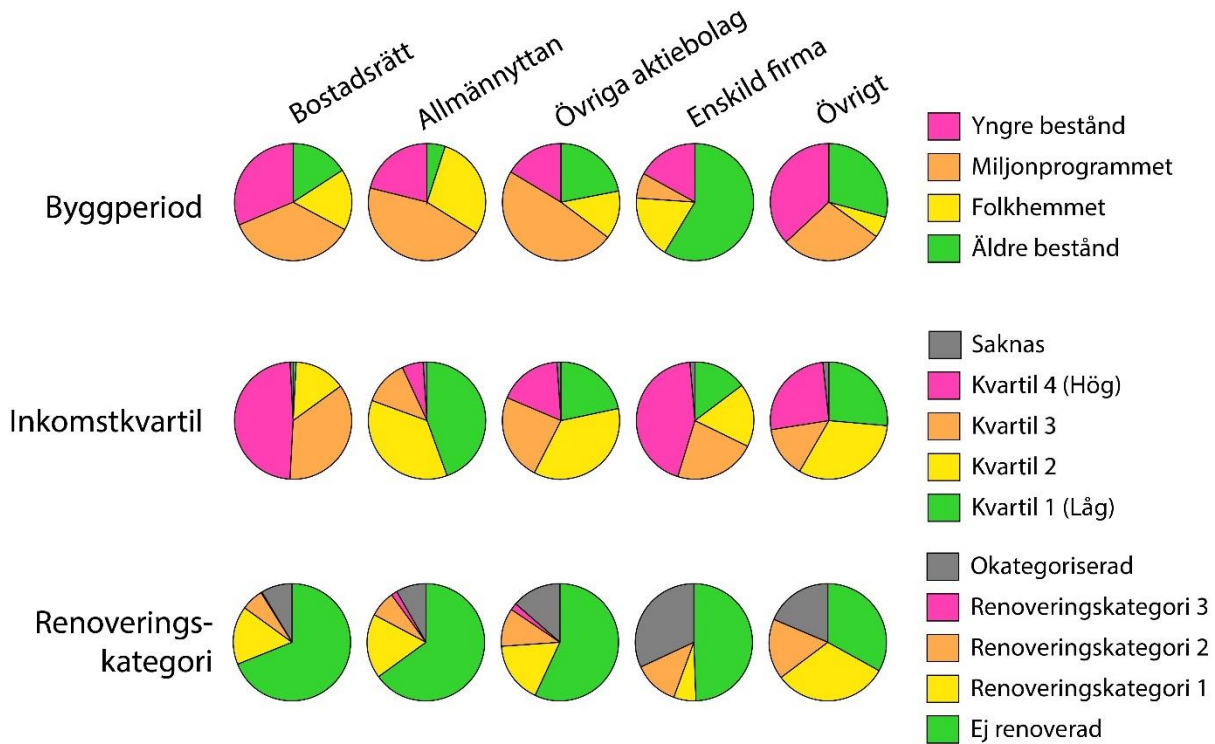
Trots att både Allmännyttan och Övriga aktiebolag har minskat sin energianvändning mer än Bostadsrätterna kvarstår alltså det försprång som Bostadsrätterna hade för tio år sedan, om än något reducerat.



### Förändring i årlig specifik energianvändning, grupperat enligt ägandekategori



### Fördelningar av flerbostadshus i byggperiod, inkomstkvartil och renoveringskategori inom ägandekategorier (% uppvärmdgolvyta)



Figur 5.5: Resultat för hur den specifika energianvändningen har förändrats från den första till den andra vågens energideklarationer inom respektive ägandekategori, följt av cirkeldiagram som illustrerar fördelningen av byggperiod, inkomstkvartiler och renoveringskategorier inom respektive ägandekategori.

Från Figur 5.5 framgår fördelningen för när byggnaderna är byggda, fördelningen av de boendes inkomst och fördelningen av renoveringsomfattning för varje ägarkategori.

De två största ägarkategorierna bostadsrätt och allmännyttan domineras av hög respektive låg inkomstnivå. Både kategorierna övriga aktiebolag och övrigt har en relativt jämnt fördelad inkomstnivå men med en lätt övervikt på inkomstkvarter 2, medan kategorin enskild firma domineras av hög inkomst.

### 5.2.1 Analys av ägandeformens påverkan på energieffektiviseringen

Mellan olika ägandekategorier var hypotesen att de privata hyresvärdarna och allmännyttan skulle ha reducerat sin energianvändning mest, följt av enskild firma och sist bostadsrätterna och övrigt, vilket även är vad resultatet indikerar. Detta stämmer även överens med energimyndighetens statistik. Alla ägandekategorier visar på en signifikant reduktion av sin specifika energianvändning, men de två minsta kategorierna, enskild firma och övrigt, visar ingen signifikant skillnad i  $\Delta E$  gentemot någon av de andra kategorierna.

$\Delta E$  är däremot signifikant mindre negativ i bostadsrätterna än i både allmännyttan och övriga aktiebolag. Huruvida detta beror på skillnad i incitament och beslutsorgan eller på skillnader i upprustningsbehov är svårt att säga. Det bör dock anmärkas att trots ett signifikant mindre negativt  $\Delta E$  hos bostadsrätterna så är bostadsrätterna den ägandekategori med lägst specifik energianvändning i första såväl som i andra vågen, där de ligger signifikant lägre än både övriga aktiebolag och allmännyttan i båda fallen. Det är således rimligt att anta att skillnaden i  $\Delta E$  i mångt och mycket kan förklaras av skillnaden i upprustningsbehov snarare än skillnader i organisatorisk förmåga och ambition mellan ägandekategorierna.

### 5.3 Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika byggperioder

I Figur 5.6 presenteras medelvärdet för den specifika energianvändningen vid den första och den andra vågens energideklarationer för respektive kategori. Cirkeldiagrammen i Figur 5.6 visar hur ägandeformer, inkomstgrupper och renoveringskategorier är fördelade inom respektive kategori för byggnadsår. Resultatet visar att störst minskning av specifik energianvändning har skett inom kategorierna folkhemmet och miljonprogrammet, vilket också var de kategorier som hade högst specifik energianvändning i den första vågens energideklarationer. Skillnaden i specifik energianvändning mellan den första och andra vågens energideklarationer visar dock på en signifikant minskning även inom kategorierna äldre bestånd och yngre bestånd, se Appendix II Tabell II.III.

Resultaten från ANOVA-test i Tabell 5.3 visar att skillnaden i  $\Delta E$  mellan de olika kategorierna är signifikant i samtliga fall förutom mellan miljonprogrammet och folkhemmet. Det är alltså inte möjligt att med säkerhet säga att det finns någon skillnad i hur mycket folkhemmet respektive miljonprogrammet har minskat sin specifika energianvändning, men däremot är det möjligt att påvisa att absolutvärdet av  $\Delta E$  är signifikant större inom kategorierna miljonprogrammet och folkhemmet jämfört med inom kategorierna äldre bestånd och yngre bestånd. ANOVA-testet visar även att byggnaderna i kategorin yngre bestånd har minskat sin specifika energianvändning signifikant mer än byggnaderna i kategorin äldre bestånd.

Tabell 5.3: Parvisa skillnader i  $\Delta E$  mellan byggperioder (ANOVA).

Parvis jämförelse	Skillnad i $\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )
Folkhemmet - Miljonprogrammet	2,0
Äldre bestånd - Miljonprogrammet	13,0***
Äldre bestånd - Folkhemmet	11,0***
Miljonprogrammet - Yngre bestånd	-8,5***
Folkhemmet - Yngre bestånd	-6,6***
Äldre bestånd - Yngre bestånd	4,5**

Signifikansnivåer: \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05 ‘ 0.1

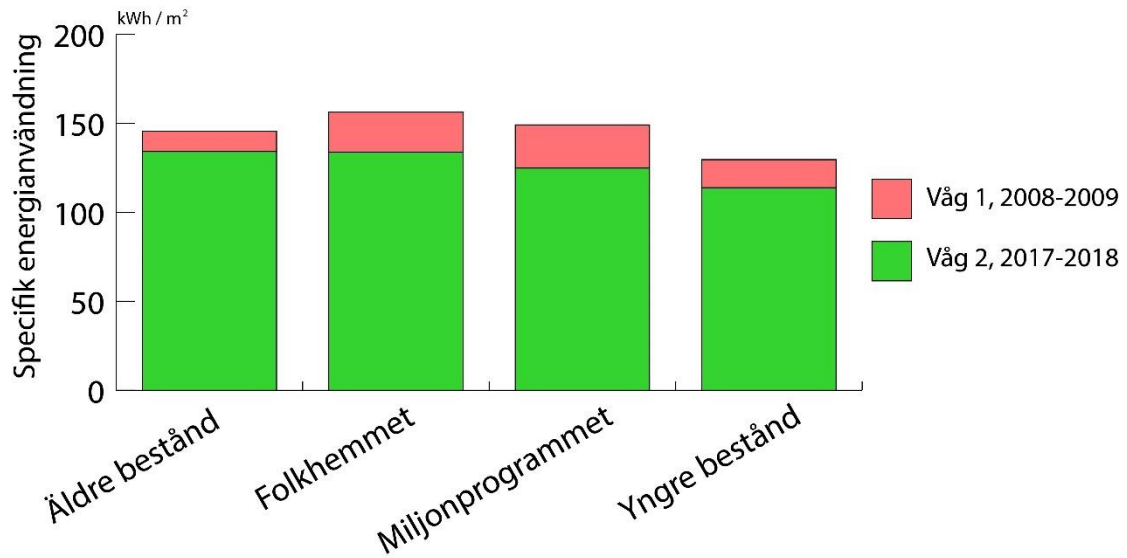
Flerbostadshusen inom kategorierna folkhemmet och miljonprogrammet, vilka har påvisat de största minskningarna i specifik energianvändning domineras av allmännyttan. En majoritet av de boende inom dessa två kategorier har en inkomst i någon av de två lägsta kvartilerna (kvartil 1 och kvartil 2), där en inkomst inom kvartil 2 dominerar i folkhemmet och en inkomst inom kvartil 1 dominerar i miljonprogrammet.

Flerbostadshusen inom kategorierna äldre bestånd och yngre bestånd har också minskat sin specifika energianvändning, men inte lika mycket som folkhemmet och miljonprogrammet. Inom dessa kategorier är bostadsrätt den dominerande ägandeformen, och majoriteten av de boende har en inkomst i någon av de två högsta kvartilerna (kvartil 3 och kvartil 4).

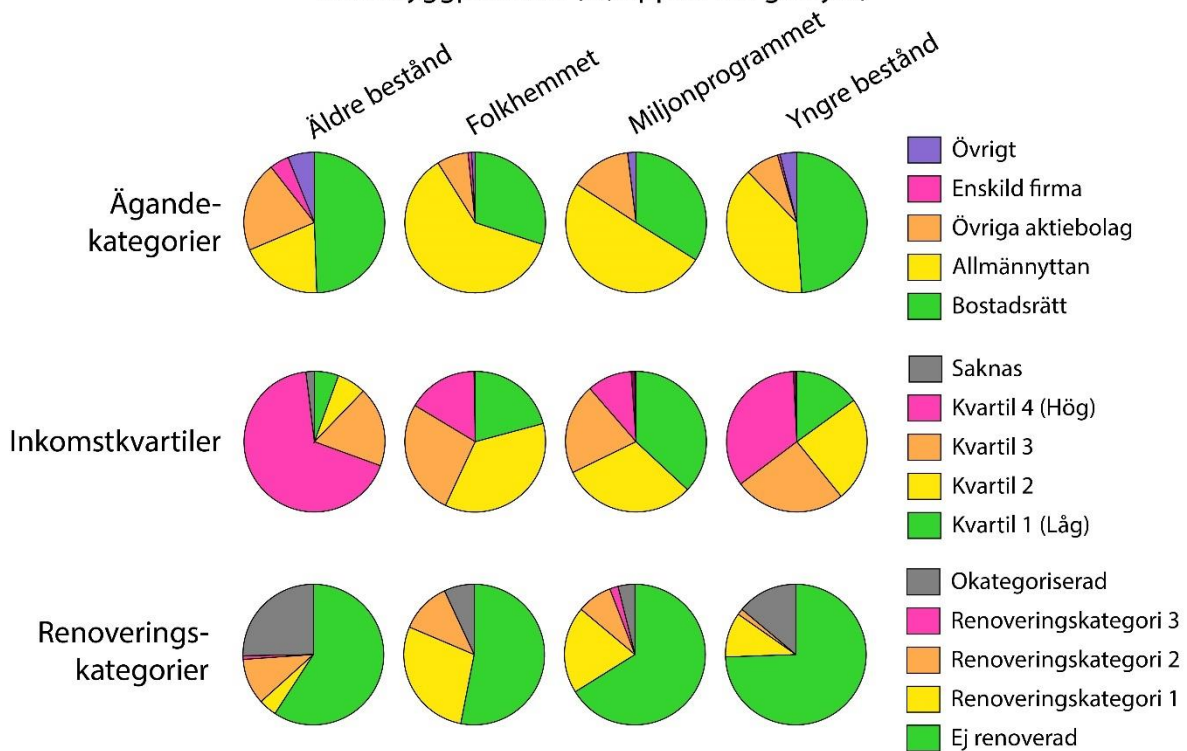
Majoriteten av flerbostadshusen inom samtliga fyra kategorier har inte renoverats mellan energideklarationernas utfärdsdatum. Folkhemmet är den kategori där störst andel byggnader har renoverats, varav en majoritet av den renoverade arean har kategoriserats inom renoveringskategori 1 (mindre renovering). Även inom miljonprogrammet och det yngre beståndet utgör renoveringskategori 1 den största delen av den renoverade arean. Av de renoveringar som genomförts i det äldre beståndet dominerar renoveringskategori 2 (medelstor renovering).

Från Figur 5.6 och Tabell II.IV i Appendix II framgår även att det föreligger signifikanta skillnader mellan lika många byggperioder i första och andra vågen. Signifikanta skillnader finns mellan alla kategorier förutom mellan det äldre beståndet och miljonprogrammet i den första vågens energideklarationer och mellan det äldre beståndet och folkhemmet i den andra vågens energideklarationer. Vidare har skillnaderna ökat i vissa fall och minskat i andra. Bland de olika byggperioderna har det således inte skett någon utjämning av skillnader.

### Förändring i specifik energianvändning, grupperat enligt byggperiod



### Fördelningar av flerbostadshus i ägandekategori, inkomstkvartil och renoveringskategori inom byggperioder (% uppvärmd golvyta)



Figur 5.6: Resultat för hur den specifika energianvändningen har förändrats från den första till den andra vågens energideklarationer inom respektive byggperiod, följt av cirkeldiagram som illustrerar fördelningen av ägandekategori, inkomstkvartiler och renoveringskategorier inom respektive byggperiod.

### 5.3.1 Analys av byggperiodens påverkan på energieffektiviseringen

Hypotesen angående hur  $\Delta E$  varierar mellan byggnader med olika byggnadsår var att den kategori som skulle ha minskat sin specifika energianvändning mest var miljonprogrammet, följt av folkhemmet och därefter det äldre beståndet. Kategorin yngre bestånd väntades ha den minsta skillnaden i specifik energianvändning mellan första och andra vågens deklarerationer. Resultatet visar att  $\Delta E$  för miljonprogrammet är större än för övriga kategorier, men att det inte finns någon signifikant skillnad mellan  $\Delta E$  för miljonprogrammet och  $\Delta E$  för folkhemmet. Resultatet visar även att  $\Delta E$  inom kategorin yngre bestånd är mer negativ jämfört med  $\Delta E$  inom kategorin äldre bestånd, vilket går emot hypotesen och energideklarationens statistik. Studiens resultat av skillnaden i  $\Delta E$  mellan dessa kategorier är dock relativt liten och uppnår inte heller högsta nivå signifikansnivån (0,1 %).

Värt att notera är att miljonprogrammets storlek är betydligt större än övriga kategorier sett till andel area. Av de 6 334 parvisa energideklarerationer som utgör underlag till resultatet hör drygt 40 % till miljonprogrammet vilket kan jämföras med folkhemmet som utgör drygt 20 % av den totala arean. Att den specifika energianvändningen har minskat lika mycket inom de två kategorierna innebär alltså att den faktiska minskningen i energianvändning är ungefär dubbelt så stor i miljonprogrammet jämfört med folkhemmet. Att  $\Delta E$  för byggnader i det yngre beståndet är större än  $\Delta E$  för byggnader i det äldre beståndet är svårare att förklara, speciellt då det äldre beståndet har en högre andel renoverad area och dessutom en majoritet av dessa i renoveringskategori 2.

## 5.4 Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika renoveringskategorier

Majoriteten av de byggnader som ligger till grund för våra resultat (65 %) har inte renoverats mellan den första och den andra energideklarationen, och tillhör därför renoveringskategori 0. Den nästa största gruppen är renoveringskategori 1 (17,1 %, mindre renovering), följt av renoveringskategori 2 (7,5 %, medelstor renovering) och renoveringskategori 3 (1 %, totalrenovering). En relativt stor del av byggnaderna (9,4 %) har inte kategoriserats då de inte uppfyllt det krav för kategorisering som beskrivits i avsnitt 4.2.5.

Resultatet presenteras i Figur 5.7 och visar att den specifika energianvändningen har minskat inom samtliga kategorier, även i renoveringskategori 0, och att minskningen i specifik energianvändning ökar med investeringskostnaden. Det går även att utläsa att en högre specifik energianvändning i våg ett korrelerar med investeringskostnad för ombyggnation. Specifik energianvändning i våg ett respektive våg två såväl som skillnaden däremellan presenteras i Tabell II.V i Appendix II där det även framgår att minskningen är signifikant inom alla kategorier.

I resultaten från ANOVA-test i Tabell 5.4 framgår det att  $\Delta E$  är signifikant mer negativ i renoveringskategori 3 jämfört med övriga kategorier. I renoveringskategori 0 är  $\Delta E$  signifikant mindre negativ jämfört med övriga kategorier. Däremot visar ANOVA-testet inte någon signifikant skillnad för  $\Delta E$  mellan renoveringskategori 1 och renoveringskategori 2.

Tabell 5.4: Parvisa skillnader i  $\Delta E$  mellan renoveringskategorier (ANOVA).

Parvis jämförelse	Skillnad i $\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )
Renoveringskategori 3 - Renoveringskategori 2	-26,1 ***
Renoveringskategori 3 - Renoveringskategori 1	-26,7 ***
Renoveringskategori 3 - Renoveringskategori 0	-32,6 ***
Renoveringskategori 2 - Renoveringskategori 1	0,7
Renoveringskategori 2 - Renoveringskategori 0	-1,5 **
Renoveringskategori 1 - Renoveringskategori 0	-5,9 ***

Signifikansnivåer: \*\*\*<sup>a</sup> 0.001 \*\*<sup>a</sup> 0.01 \*<sup>a</sup> 0.05 ‘<sup>a</sup> 0.1

I den första vågen var den specifika energianvändningen för byggnaderna inom renoveringskategori 0 signifikant lägre jämfört med övriga tre kategorier. I den andra vågen har istället byggnaderna i renoveringskategori 3 en signifikant lägre energianvändning. Hur alla renoveringskategorier förhåller sig till varandra i mån av energiprestanda i första och andra vågen kan ses i Tabell II.VI i Appendix II.

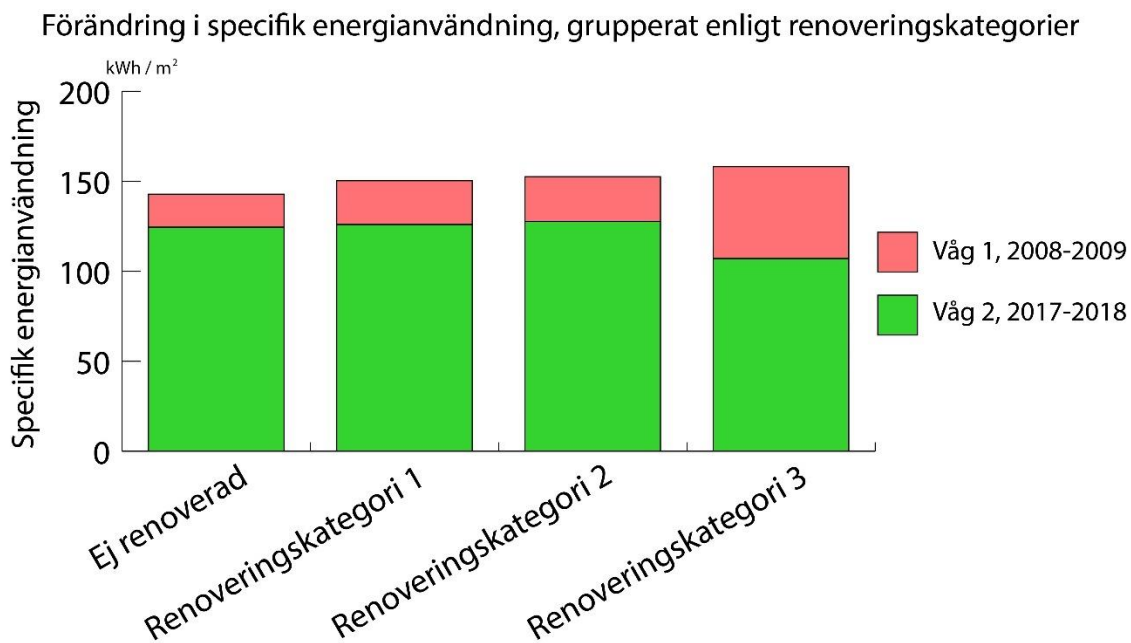
Från Figur 5.7 framgår att fördelningen bland ägande-, byggperiod- och inkomstgrupper i Renoveringskategori 0 i hög grad stämmer överens med fördelningen av alla de parvisa energideklarationer som ingår i studien, vilket är väntat då 65 % av byggnaderna tillhör renoveringskategori 0. De byggnader som har kategoriserats i renoveringskategori 1–3 är överrepresenterade av allmännyttan bland ägarkategorierna och miljonprogrammet bland byggårskategorierna. Framförallt i renoveringskategori 3, där byggnaderna till 75 % tillhör allmännyttan respektive miljonprogrammet.

En beräkning av hur stor andel av arean hos de studerade byggnaderna som renoverats under det senaste decenniet resulterar i en renoveringstakt om 3,1 % per år<sup>8</sup>.

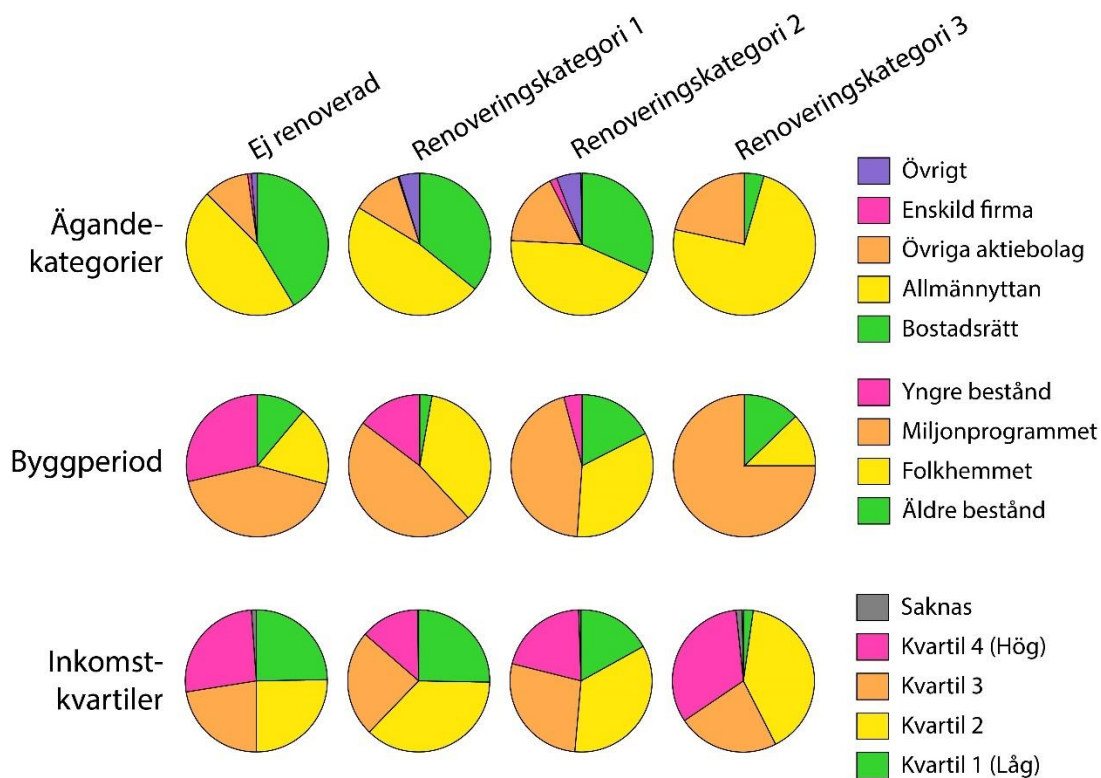
---

<sup>8</sup> Ej renoverad area våg två = Total area våg ett \*  $e^{8.8X}$ , där X = Årlig renoveringstakt.





Fördelningar av flerbostadshus i ägandekategori, byggperiod och inkomstkvartil inom renoveringskategorier (% Uppvärmingsyta)



Figur 5.7: Resultat för hur den specifika energianvändningen har förändrats från den första till den andra vågens energideklarationer inom respektive renoveringskategori, följt av cirkeldiagram som illustrerar fördelningen av ägandekategori, byggperioder och inkomstkvartiler inom respektive renoveringskategori.

#### 5.4.1 Energieffektiviserande åtgärder inom respektive renoveringskategori

Tabell 5.5 visar antal och andel byggnader (parvisa energideklarationer) som har genomfört minst en av följande energieffektiviseringsåtgärder: installerat värmepump (mark-, luftluft-, luftvatten- eller frånluftsvärmepump); installerat solvärme (solceller eller solvärme) eller installerat ett FTX-system mellan datumen för den första och den andra deklARATIONEN.

Störst andel byggnader som genomfört minst en energieffektiviserande åtgärd återfinns i renoveringskategori 3, följt av kategorierna 2, 1 och 0. I renoveringskategori 0 har 12 % av byggnaderna genomfört minst en energieffektiviserande åtgärd trots att det inte har registrerats någon information om ombyggnation i Skatteverkets register.

Tabell 5.5: Antal och andel energieffektiviserande åtgärder (som kunnat utläsas från energideklarationen) inom respektive renoveringskategori.

<b>Renoveringskategori</b>	<b>Antal (totalt)</b>	<b>Antal, minst en energieffektiviserande åtgärd</b>	<b>Andel, minst en energieffektiviserande åtgärd</b>
Renoveringskategori 0	4 350	542	12 %
Renoveringskategori 1	865	125	14 %
Renoveringskategori 2	381	112	29 %
Renoveringskategori 3	39	23	60 %

#### 5.4.2 Analys av renoveringsomfattningens påverkan på energieffektivisering

Resultaten bekräftar tidigare känd kunskap om att renovering av mindre omfattning (renoveringskategori 1–2) dominerar som renoveringsform och att totalrenoveringar (renoveringskategori 3) förekommer i liten utsträckning.

Hypotesen var att renoveringskategori 0 skulle uppvisa en liten skillnad i specifik energianvändning mellan den första och den andra vågens energideklarationer, och att absolutvärdet av  $\Delta E$  skulle öka med renoveringskostnadens omfattning. Denna hypotes bekräftades delvis av resultatet, som bland annat visar att den specifika energianvändningen i renoveringskategori 0 har minskat signifikant och att det inte finns någon signifikant skillnad för  $\Delta E$  mellan renoveringskategori 1 och renoveringskategori 2. Däremot bekräftar resultatet att renoveringskategori 1 och 2 har ett större negativt  $\Delta E$  jämfört med renoveringskategori 0, och att det är inom renoveringskategori 3 som den specifika energianvändningen har minskat mest.

Det var även förväntat att andelen byggnader som genomfört minst en energieffektiviserande åtgärd skulle öka med graden av renovering, vilket överensstämmer med resultatet. Att 12 % av byggnaderna

i renoveringskategori 0 har genomfört minst en energieffektiviserande åtgärd kan vara en del av förklaringen till att den specifika energianvändningen har minskat inom denna kategori. Att resultatet inte gav någon signifikant skillnad för  $\Delta E$  mellan renoveringskategori 1 och renoveringskategori 2 trots att andelen byggnader som genomfört energieffektiviserande åtgärder var dubbelt så stor i renoveringskategori 2 indikerar att de energieffektiviserande åtgärder som går att tyda ur energideklarationen inte ensamt förklarar eventuella skillnader i specifik energianvändning, vilket inte heller var förväntat. Det är viktigt att notera att de enda energieffektiviserande åtgärder som ingår i denna studie är installation av värmepump, installation av solvärme och installation av FTX-system. Information om förändringar i klimatskal som t ex tilläggsisoleringar och fönsterbyten eller mindre ingrepp såsom injusteringar och byte till LED-lampor i trapphus går inte att läsa ur energideklarationen, och har därför inte undersökts.

Till sist bör det påpekas att dessa resultat påvisar att även om den procentuella förekomsten av energieffektiviserande åtgärder är *högre* i samband med renovering (Tabell 5.5) så visar Tabell 5.6 att den totala energibesparingen från energieffektivisering i samband med renoveringar *lägre* än energibesparingen från fristående energieffektivisering. Att energieffektiviseringstakten i bostadsbeståndet är beroende av renoveringstakten är således inte en självklarhet. När det kommer till att energieffektivisera till så låg samhällsekonomisk kostnad som möjligt gäller dock fortfarande att energieffektivisering kan antas vara mer lönsamt i samband med renovering än fristående. Samtidigt visar resultaten att betydande energieffektivisering har gått att åstadkomma utan att omfattande renovering genomförts.

Tabell 5.6: Den totala årliga energibesparingen 2018 jämfört med 2008 inom respektive renoveringskategori.

Renoveringskategori	Total Atemp (m <sup>2</sup> )	$\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> *år)	Skillnad i energianvändning 2018 jämfört med 2008 (GWh/år)
Renoveringskategori 0	8903383	-18,4	164
Renoveringskategori 1	2395009	-24,3	58
Renoveringskategori 2	1027534	-24,9	26
Renoveringskategori 3	139746	-51,0	7

## 5.5 Så har den specifika energianvändningen förändrats inom olika inkomstkvartiler

Hur den specifika energianvändningen förändrats i de olika inkomstkvartilerna visas i Figur 5.8. Det framgår tydligt ur Figur 5.8 att absolutvärdet av  $\Delta E$  är störst i kvartil 1, för att sedan avta linjärt i takt med att inkomsten ökar. Tabell II.VII i Appendix II visar att  $\Delta E$  är signifikant i alla inkomstkvartiler och mönstret att de största minskningarna skett där energianvändningen från början var som högst återkommer även här.  $\Delta E$  i kvartil 4 är enligt ANOVA-test signifikant mindre negativ än reduktionen i resterande inkomstkvartiler, vilket kan ses i Tabell 5.7. Där framgår även att  $\Delta E$  är signifikant lägre i kvartil 3 än i kvartil 1. En signifikant skillnad i  $\Delta E$  saknas således enbart mellan kvartil 1 och 2 och mellan kvartil 2 och 3.

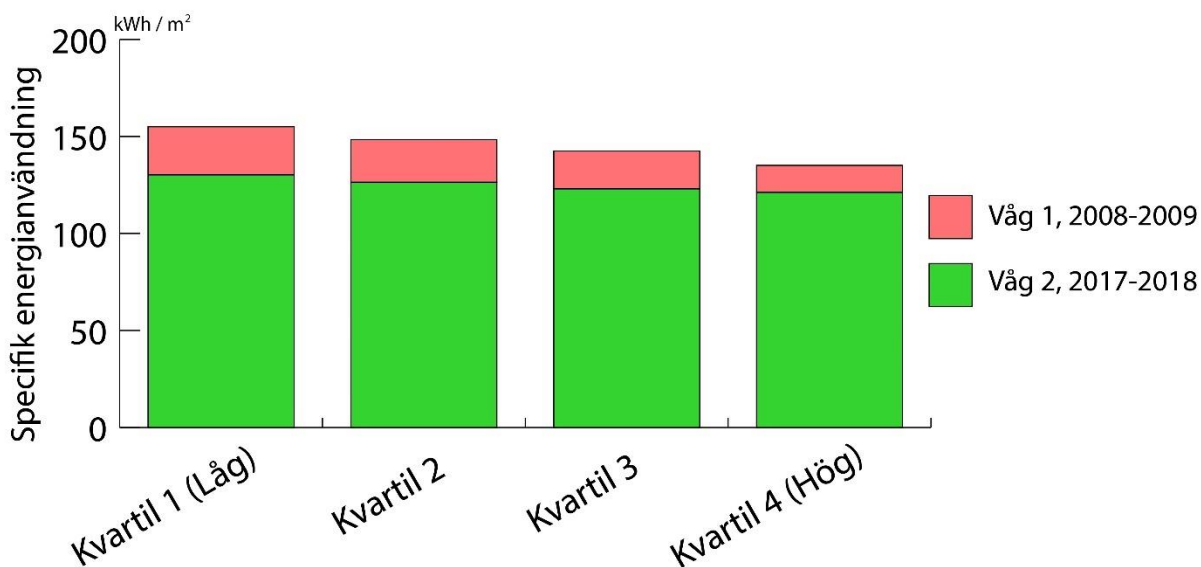
Figur 5.8 visar att den specifika energianvändningen för tio år sedan avtog med stigande inkomst, och i och med att  $\Delta E$  följer samma trend har de initiala skillnaderna mellan inkomstkvartilernas specifika energianvändning minskat. Förutom att skillnaderna mellan kvartilerna har minskat i varje enskilt fall har även skillnadens signifikans reducerats i två av fallen och helt försvunnit mellan kvartil 3 och 4. Skillnaden mellan kvartil 1 och 4 har mer än halverats, men trenden att den specifika energianvändningen är högre vid lägre inkomster är både kvarstående och signifikant. Signifikansen för de parvisa skillnaderna kan ses i Tabell II.VIII i Appendix II.

Tabell 5.7: Parvisa skillnader i  $\Delta E$  mellan inkomstkvartiler (ANOVA).

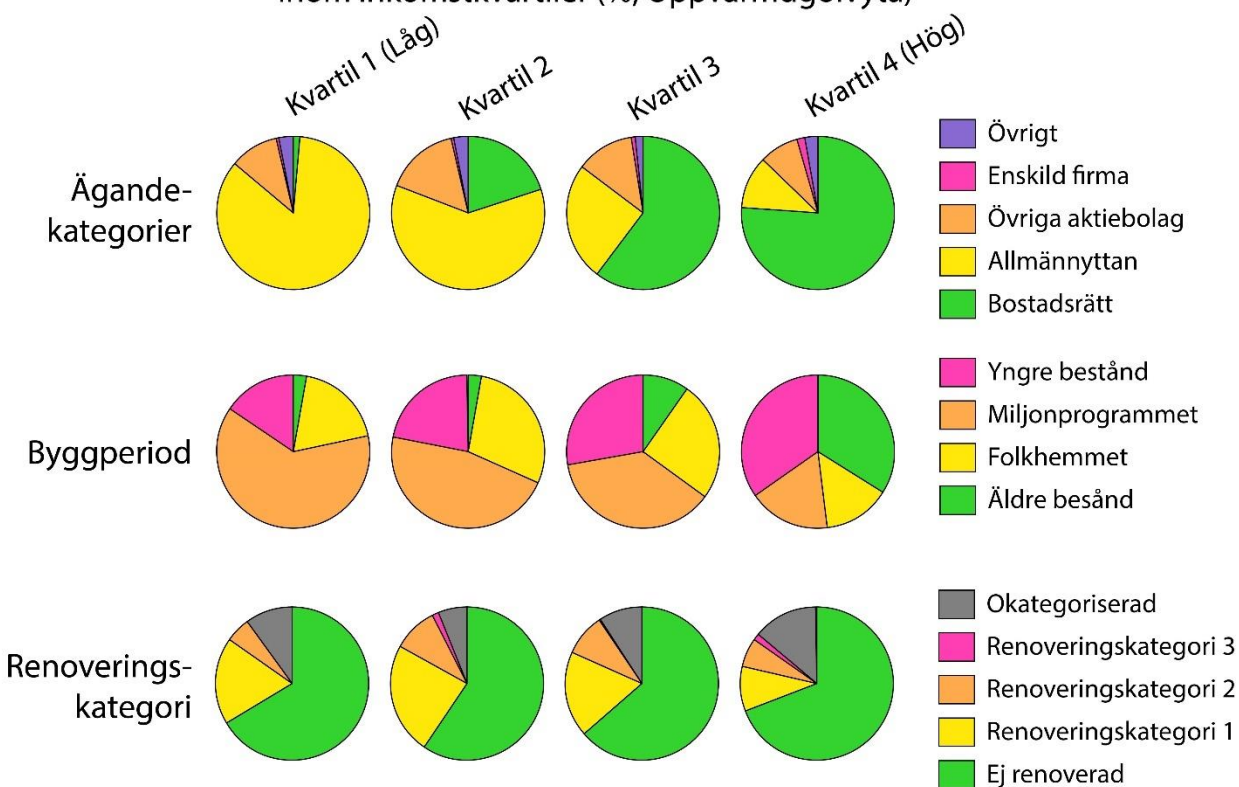
Parvis jämförelse	Skillnad i $\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )
Kvartil 1 - Kvartil 2	-2,8
Kvartil 1 - Kvartil 3	-5,2***
Kvartil 1 - Kvartil 4	-10,9***
Kvartil 2 - Kvartil 3	-2,5
Kvartil 2 - Kvartil 4	-8,1***
Kvartil 3 - Kvartil 4	-5,6***

Signifikansnivåer: \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05 ? 0.1

## Förändring i specifik energianvändning, grupperat enligt inkomstkvartiler



## Fördelningar av flerbostadshus i ägandekategori, byggperiod och renoveringskategori inom inkomstkvartiler (% Uppvärmingsyta)



Figur 5.8: Resultat för hur den specifika energianvändningen har förändrats från den första till den andra vågens energideklarationer inom respektive inkomstkvartil, följt av cirkeldiagram som illustrerar fördelningen av ägandekategori, byggperioder och renoveringskategorier inom respektive inkomstkvartiler.

Från Figur 5.8 går det att utläsa att majoriteten av inkomsttagarna i kvartil 1 och 2 bor i allmännyttiga bostäder från miljonprogrammet och folkhemmet medan majoriteten av inkomsttagarna i kvartil 3 och 4 bor i bostadsrätter från diverse byggperioder. Andelen renoveringar är högst i kvartil 2 och lägst i kvartil 4, även om andelen totalrenoveringar (renoveringskategori 3) är relativt hög i kvartil 4. Trots att det äldre beståndet utgör en stor del i kvartil 4 är den specifika energianvändningen som lägst i denna kvartil. Detta förklaras av att en lika stor del utgörs av det yngre beståndet där den specifika energianvändningen är låg.

### 5.5.1 Analys av hur de boendes inkomst påverkar energieffektiviseringen

Hypotesen att  $\Delta E$  skulle vara mer negativ i de lägre inkomstkvartilerna och vice versa bekräftas av resultaten. Det framgår att inkomst är starkt betingat med ägande och byggperiod vilket till stor del förklarar varför  $\Delta E$  skiljer sig åt mellan kvartilerna. Att allmännyttan har andra incitament än bostadsrättsföreningar är en aspekt, men framförallt gör det faktum att miljonprogrammet dominerar bostäderna i de lägre inkomstkvartilerna att energiprestandan är lägre där och behovet av energieffektivisering högre. Återigen väcks frågan om huruvida det är ägarna och deras olika incitament som påverkar  $\Delta E$  eller om det snarare är de olika behoven av upprustning och energieffektivisering som styr.

## 5.6 Så förklaras hälften av den observerade energieffektiviseringen

En regressionsanalys genomfördes med syftet att jämföra ett flertal oberoende variabelers påverkan på den beroende variabeln  $\Delta E$ . Resultatet från den stegvisa regressionsanalysen presenteras i åtta modeller (Modell 1–8) i Tabell 5.8. *Specifik energianvändning i våg ett* och  $\Delta$  m<sup>2</sup>/person är kontinuerliga variabler medan resterande variabler är kategoriska. I Tabell I.I i Appendix I presenteras spannet inom vilka de kontinuerliga variablerna varierar samt antal observationer för respektive kategorisk variabel.

I Modell 1 förklaras  $\Delta E$  utifrån den oberoende variabeln Specifik energianvändning i våg ett. Denna variabel har hög signifikans, vilket antyder en stark korrelation till  $\Delta E$ . Att koefficienten är negativ innebär att ett högre värde för specifik energianvändning i våg ett ger en större minskning i specifik energianvändning mellan de två vågorna.

I Modell 2 och 3 har variablerna  $A_{temp}$  från BOA + LOA samt skillnad i bostadsyta per person tillkommit. Dessa har inte någon signifikant påverkan på  $\Delta E$  i de tidiga modellerna, men desto fler variabler som inkluderas i regressionsmodellen, desto mer ökar variablernas signifikans. I Modell 4 - 7 tillkommer de tidigare presenterade grupper som på olika sätt delar upp bostadsbeståndet. Kategorierna inom inkomst- och ägandegrupperna har överlag låg signifikans i förklaringsmodellen för  $\Delta E$ . Desto högre signifikans visar kategorierna inom byggår- och renoveringsgrupperna.

I Modell 8 introduceras de identifierade energieffektiviserande åtgärderna. Regressionsanalysen visar att ett byte från olja som uppvärmningssätt samt installation av värmepump, FTX-system eller solceller alla är åtgärder som minskar den specifika energianvändningen. Det gäller däremot inte för installation av solvärme, som enligt regressionen inte har en signifikant påverkan på  $\Delta E$ . Den energieffektiviserande åtgärd som bidrar med störst minskning i specifik energianvändning är installation av markvärmepump.

VIF-värdet understeg 10 mellan alla oberoende variabler och regressionens residualer var normalfördelade vilket indikerar att regressionsmodellen är tillförlitlig.

Tabell 5.8: Stegvis multivariat regression för den beroende variabeln  $\Delta E$ .

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5	Modell 6	Modell 7	Modell 8
Konstant	56,08 ***	56,36 ***	56,44 ***	56,13 ***	54,78 ***	64,60 ***	65,04 ***	68,21 ***
Specifik energianv V1	-0,51 ***	-0,51 ***	-0,51 ***	-0,51 ***	-0,50 ***	-0,51 ***	-0,50 ***	-0,51 ***
A <sub>temp</sub> från BOA + LOA		-1,18 .	-1,16	-1,11	-1,38 .	-1,60 *	-2,45 **	-3,50 ***
$\Delta$ kvm/person			-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03 .	-0,05 **
Inkomstkartil 1				0	0	0	0	0
Inkomstkartil 2				0,3	1,19	-0,16	0,82	0,69
Inkomstkartil 3				-2,44 *	0,18	-2,29	-1,73	0,08
Inkomstkartil 4				2,00 .	5,27 ***	-0,11 .	0,51	1,49
Övriga aktiebolag					0	0	0	0
Bostadsrätt					-3,24 **	-1,27	-2,61 .	0,41
Allmännyttan					1,51	1,88	1,15	1,77
Juridisk person					-1,72	-4,74	-6,65 .	-5,23 .
Övrigt					6,81 *	6,61 *	5,03 .	2,24
Byggår < 1945						0	0	0
Byggår 1945 - 1960						-2,91 *	-3,14 *	-2,70 *
Byggår 1960 - 1975						-11,72 ***	-12,69 ***	-9,94 ***
Byggår > 1975						-8,20 ***	-9,51 ***	-9,19 ***
Ej renoverad							0	0
Renoveringskategori 1							-1,59	-2,32 *
Renoveringskategori 2							-6,37 ***	-4,31 **
Renoveringskategori 3							-21,09 ***	-12,09 **
Bytt från olja								-14,00 ***
Installerat markvärmepump								-60,56 ***
Installerat luftluftvärmepump								-25,31 ***
Installerat luftvattenvärmepump								-46,29 ***
Installerat frånluftsvärmepump								-24,97 ***
Installerat FTX-system								-5,36 ***
Installerat solceller								-16,23 ***
Installerat solvärme								-7,84
R-kvadrat	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,33	0,33	0,48
N	6334	6334	6202	6185	6185	6185	5518	5518

Signifikansnivåer: \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \* 0.05 ' 0.1



### 5.6.1 Analys av multivariat regressionsmodell

En analys av hur R-kvadratvärdet förändras mellan regressionsmodellerna visar att drygt 30 % av  $\Delta E$  kan förklaras av en byggnads specifika energianvändning i våg ett. Att det finns ett tydligt samband mellan dessa två variabler påvisades även i Figur 5.3. Adderandet av inkomst-, ägande-, byggårs- och renoveringsgrupperna visar på en marginell ökning i modellens förklaringsgrad. När de energieffektiviserande åtgärderna inkluderas ökar R-kvadratvärdet, och modellens förklaringsgrad uppgår till nästan 50 %.

Vid en jämförelse av hur de oberoende variablerna påverkar  $\Delta E$  är det framförallt Modell 8 som är intressant att analysera då denna inkluderar samtliga variabler som har identifierats ha en teoretisk påverkan på den skillnad i specifik energianvändning mellan våg ett och våg två.

I de fall där  $A_{temp}$  i den första energideklarationen var uppskattat utifrån BOA + LOA motsvarar det enligt regressionen en minskning i specifik energianvändning på drygt 3,5 kWh/m<sup>2</sup>. Tolkningen blir att dessa byggnader (som utgörs av ca hälften av dataunderlaget) uppvisar en "falsk förbättring" i energiprestanda motsvarande 3,5 kWh/m<sup>2</sup>. Då drygt hälften av byggnaderna hade uppskattat  $A_{temp}$  utifrån BOA + LOA i den första vågens energideklarationer (se Appendix I, Tabell I.I) innebär detta systematiska fel en falsk förbättring av ca 1,8 kWh/m<sup>2</sup> när felet slås ut på hela beståndet.

På liknande sätt är det möjligt att räkna ut hur stor påverkan de energieffektiviserande åtgärderna som presenteras i regressionen har haft på det övergripande resultatet att den specifika energianvändningen har minskat med 20,2 kWh/m<sup>2</sup>. Tolkningen är att en byggnad som har installerat en markvärmepump har minskat sin specifika energianvändning med ca 60 kWh/m<sup>2</sup>. Denna åtgärd har genomförts på 220 st byggnader av totalt 6334 st som ingick i studiens dataunderlag. En snabb överslagsräkning visar då att ca 2,1 kWh/m<sup>2</sup> av hela beståndets minskning kan förklaras av installationer av markvärmepumpar. Enligt detta resonemang bidrar alla de energieffektiviserande åtgärder som presenteras i tabellen tillsammans med 4,1 kWh/m<sup>2</sup> av den totala minskningen i specifik energianvändning (se Appendix I, Tabell I.II).

Regressionsanalysens resultat indikerar även att en skillnad i antal personer som bor i en byggnad påverkar den specifika energianvändningen. I ett scenario där trångboddheten har minskat har även den specifika energianvändningen minskat och vice versa. Att denna variabel har en signifikant påverkan på  $\Delta E$  indikerar ett misslyckande gällande korrigering av byggnadens specifika energianvändning till "normalt brukande". Byggnaden tycks alltså inte vara helt frikopplad från personerna som bor i den. Införandet av BEN år 2016, som reglerar hur en byggnads energianvändning ska korrigeras till normalt brukande utifrån uppmätt energianvändning, kan vara ett steg på vägen mot en energideklarering som är oberoende av antalet personer som bor i byggnaden.

## 6. En utvärdering av energideklarationens nya roll

I detta kapitel sätts arbetets resultat i ett större sammanhang. Först utvärderas metoden att parvist jämföra energideklarationer mot andra metoder inom energistatistik. Därefter formuleras arbetets viktigaste bidrag till nästkommande nationella strategin för energieffektiviserande renovering, och avslutningsvis lyfts diskuteras definitionen av och syftet med energieffektivisering.

### 6.1 En ny metod för att studera utvecklingen av bostadsbeståndets energianvändning

I detta avsnitt diskuterar vi energideklarationen som statistiskt underlag för att studera utvecklingen av energiprestanda i flerbostadshusbeståndet. Först diskuteras forskningsfördelarna med att kunna jämföra en byggnad med sig själv, följt av en diskussion om datakvaliteten i energideklarationen.

#### 6.1.1 Att jämföra en byggnad med sig själv

Traditionellt har analyser av bostadsbeståndets energianvändning gjorts i form utav småskaliga fallstudier eller baserat på slumpmässiga urval (Kohler et al. 2002). Med dessa metoder har det varit möjligt att observera generella trender och förändringar i bostadsbeståndets energianvändning, men med en inbyggd osäkerhetsfaktor på studiens statistiska signifikans när dessa relativt småskaliga studier extrapoleras till att förklara det nationella beståndet i sin helhet. Den metod som Energimyndigheten använder för att ta fram statistik för energianvändning i flerbostadshus idag innebär att ett urval på ca 7 000 st av totalt ca 144 000 st byggnader görs, och med en svarsfrekvens på dryga 60 % baseras alltså statistiken på ca 4 400 st byggnader vilket motsvarar ungefär 3 % av det totala beståndet. Följden av detta blir att det med hög sannolikhet inte är samma byggnader som ligger till grund för statistiken år 2009 jämfört med år 2016, eller åren däremellan. En del av den skillnad som går att utläsa när den specifika energianvändningen mellan olika år jämförs inom en viss grupp, t ex bostadsrättsföreningar, skulle därmed teoretiskt kunna bero på att det inte är samma byggnader som ligger till grund för statistiken. Dessutom är det fastighetsägaren eller förvaltaren, vilka inte nödvändigtvis har expertkunskap inom energiområdet, som fyller i undersökningsenkäten.

Till följd av att energideklarationer ska finnas för alla flerbostadshus kan urvalsmomentet, och de osäkerheter som följer därav, undvikas. En av de mest uppenbara fördelarna är att med den metod som tagits fram i denna studie jämförs energiprestanda för en byggnad idag med energiprestanda för samma byggnad 10 år tidigare. Risken för att en eventuell skillnad i energianvändning för en grupp skulle bero på att det inte är samma byggnader som jämförs, liksom i exemplet ovan, kan därmed uteslutas.

Det är dock viktigt att notera att den undersökning som Energimyndigheten gör årligen, och den metod som vi har tagit fram för analys av bostadsbeståndets utveckling till viss del tjänar olika syften. Den statistik som tas fram av Energimyndigheten ska bland annat utgöra underlag för energibalanser och nationalräkenskaper, och måste därför redovisas årligen. Energideklarationer, som i regel

genomförs var 10:e år kan snarare bidra till att analysera förändring över längre tid. Det faktum att energideklarationerna även innehåller annan byggnadsspecifik information, såsom information om uppvärmningssätt och ventilationssystem, innebär att vi genom att analysera skillnaden i specifik energianvändning i relation till andra ingrepp som gjorts i den specifika byggnaden kan utläsa effekten av specifika ingrepp. Således kan vi genom att jämföra första och andra vågens energideklarationer undersöka helt nya samband på ett sätt som inte varit möjligt tidigare.

### 6.1.2 Energideklarationen som statistiskt underlag

Som tidigare nämnts har ett av energideklarationens huvudsakliga syfte varit att underlätta för jämförelser mellan olika byggnader. Det är på flera sätt tydligt att energideklarationen inte har varit tänkt att användas i syfte att jämföra byggnader med sig själva över tid. Framförallt har två problematiska områden identifierats under arbetet med denna studie: tillgången till överskrivna energideklarationer samt regelförändringar angående hur energiprestanda ska beräknas. Med anledning av att utdrag ur Boverkets databas med energideklarationer, Gripen, endast görs vid hel- och halvårsskiftet hade vi för denna studie tillgång till de energideklarationer som genomförts innan den 1 juli 2018. Om en adress hade deklarerats två gånger vid tidpunkten för utdraget var det endast den senaste deklARATIONEN som fanns tillgänglig i databasutdraget. Den äldre versionen skrivs alltså över när en byggnad deklarerats på nytt. Att vi i denna studie hade möjlighet att jämföra energideklarationerna från våg ett och våg två beror på att NBI-projektet på RISE hade begärt ett utdrag från Gripen år 2015, alltså innan den andra vågens energideklarationer började utfärdas. För att det i framtiden ska vara möjligt för andra att göra liknande studier är det en förutsättning att alla energideklarationer för en adress/byggnad finns tillgängliga.

En fördel med att använda energideklarationer som statistiskt underlag är att de utfärdas av energiexperter, till skillnad från att använda ett underlag baserat på enkätsvar från en fastighetsägare som saknar just expertiskunskap på energiområdet. Detta bör öka chanserna för korrekt information, men med detta sagt finns en risk för bristande kvalitet av den inrapporterade datan även i energideklarationerna. Speciellt hade det varit intressant att undersöka kvaliteten av den första vågens energideklarationer närmare, då kraven på energiexperterna inte var lika strikta då som de är idag.

Det finns även en viss problematik med att använda den första och den andra vågens deklARATIONER till att beskriva energiförändringar över ett decennium. Energideklarationen måste förnyas var 10:e år, men det finns ingenting som hindrar en fastighetsägare från att energideklarerat sina byggnader oftare än så. Den genomsnittliga tiden mellan två energideklarationer i denna studies dataunderlag var 8,8 år, vilket visar att det inte är ovanligt att energideklarerat sin byggnad trots att den tidigare deklARATIONEN fortfarande är giltig. Ett alternativt tillvägagångssätt hade varit att införa ett krav på ett tidsspänn på ca 10 år mellan tidpunkterna för den första och den andra deklARATIONEN. Att vi inte har infört något sådant krav innebär att tidsspännet för de energideklARATIONSPAR som utgör studiens underlag i enstaka fall kan vara så kort som ett par år. Mot bakgrunden att en sannolik orsak till detta är att fastighetsägaren vill erhålla en bättre energiklassning efter någon typ av energieffektiviserande ingrepp ansågs det dock vara motiverat att inkludera dessa i underlaget. Ingrepp som förändrar byggnadens

energisystem såsom installation av värmepumpar eller solceller är dessutom relativt statiska, och intresset av att inkludera tillstånden före och efter ett sådant ingrepp i analysen var större än intresset av att ha ett tidsspänn på precis ett decennium mellan deklARATIONERNA.

Dataunderlaget till denna studie var begränsat till de energideklARATIONER som har registrerats i Gripen innan den 1 juli 2018. Vid framtida analyser av skillnader i energiprestanda/specifik energianvändning mellan energideklARATIONER där den ena utförts innan och den andra utförts efter den 1 januari 2019 är det viktigt att notera att innebörden av begreppet energiprestanda förändrades i samband med Boverkets uppdaterade föreskrifter och allmänna råd om energideklARATION för byggnader i BED 10. Från att ha inneburit specifik energianvändning kommer begreppet att återge byggnadens primärenergital. Till följd av att begreppet för energiprestanda ändras kommer specifik energianvändning att benämnas som just Specifik energianvändning i energideklARATIONER efter detta datum. Vid genomförande av analyser likt de som gjorts i denna studie har alltså kolumnen Energiprestanda i energideklARATIONER som genomförts innan den 1 januari 2019 sin motsvarighet i kolumnen Specifik energianvändning i energideklARATIONER som genomförts efter detta datum.

## 6.2 Bidrag till den nationella strategin för energieffektiviserande renovering

Med ett omfattande statistiskt underlag utgör arbetets resultat viktig kunskap inför nästkommande renoveringsstrategi. I detta avsnitt sammanfattas de viktigaste resultaten och deras implikationer för renoveringsstrategin.

### 6.2.1 Energieffektiviseringstakten tycks öka men är för låg

Genom att ge en heltäckande bild av hur den specifika energianvändningen sett ut, förändrats och i dagsläget ser ut i olika delar av flerbostadshusbeståndet har vi skapat ett underlag till nästkommande renoveringsstrategi. Med en observerad energieffektiviseringstakt om 1,7 % kan vi säga att utvecklingen i beståndet går åt rätt håll, men för att halvera den specifika energianvändningen mellan 2005 och 2030 krävs en årlig energieffektiviseringstakt om 2,8 %<sup>9</sup>.

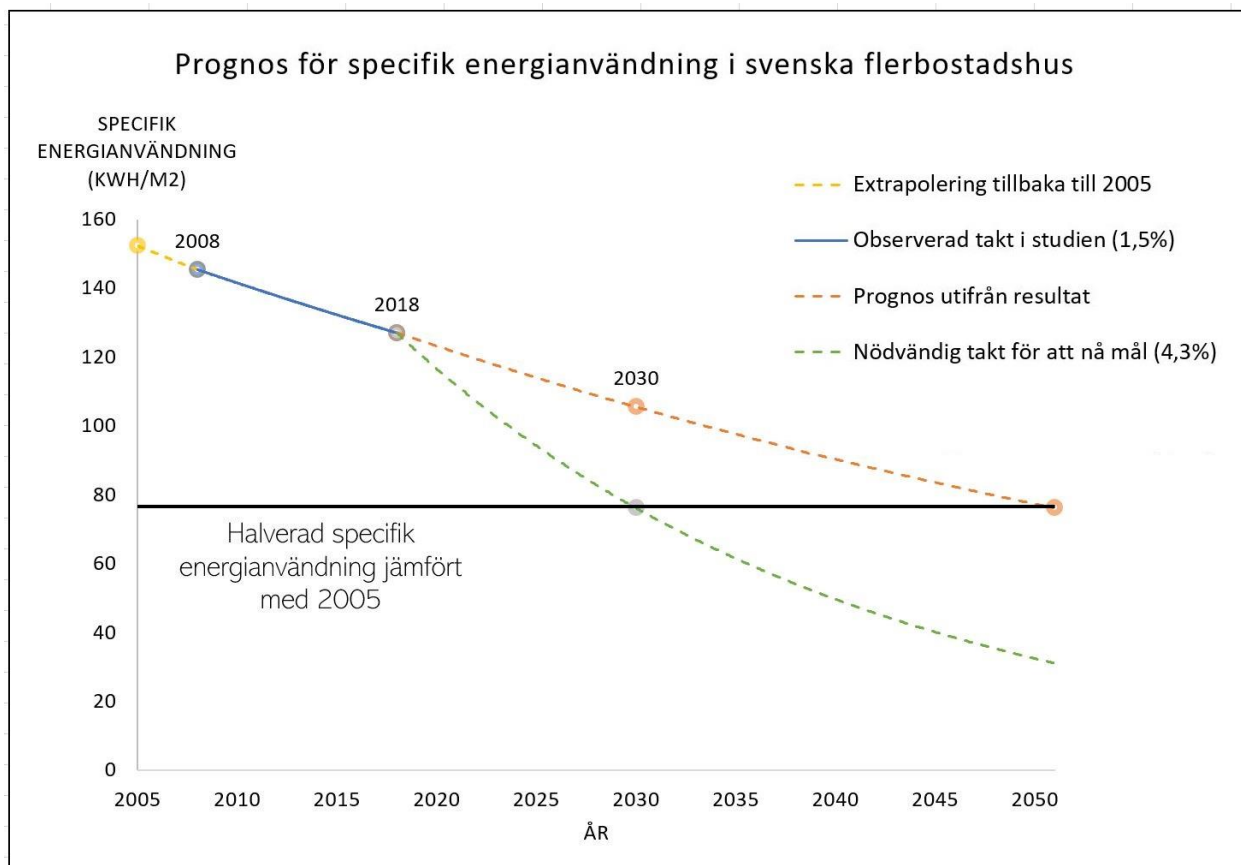
Med hänsyn till de systematiska fel som regressionen indikerade, som bidrog till att överskatta förbättringen i energiprestanda över perioden, är dessutom den beräknade energieffektiviseringstakten överskattad. Om det systematiska felet på 1,8 kWh/m<sup>2</sup> dras bort hamnar energieffektiviseringstakten istället på 1,5%. Överskattningen förstärks ytterligare av det faktum att vi har en överrepresentation av renoverade byggnader i det analyserade beståndet och att denna delmängd därför väntas ha haft en högre energieffektiviseringstakt än hela flerbostadshusbeståndet. Den verkliga energieffektiviseringstakten hamnar således ännu längre ifrån där målen kräver att den ska vara.

I Figur 6.1 nedan illustreras en prognos utifrån studiens resultat. Den heldragna linjen visar den takt av energieffektivisering som observerats i studien exklusive det systematiska felet, alltså en årlig takt

---

<sup>9</sup>  $1/2 = e^{25 * (-0,028)}$ , där 25 är antalet år mellan 2005 och 2030 och -2,8% är den takt som krävs för att nå en halvering av den specifika energianvändningen.

om 1,5%. Genom att extrapolera denna takt tillbaka till 2005 (gul streckad linje) och sedan halvera 2005 års specifika energianvändning fås ett värde på strax under 80 kWh/m<sup>2</sup>. Det är hit de nationella målen om energieffektivisering säger att vi ska ha nått till 2030. Om den takt som observerats i studien, 1,5%, bibehålls framöver nås inte detta mål förrän 2050 (orange streckad linje). För att nå målet 2030 krävs att takten ökar till 4,3% (grön streckad linje)—något som hade varit både kostsamt och utmanande för framförallt de ekonomiskt svaga hushåll som bor i de byggnader där behovet av energieffektivisering är som allra störst.



Figur 6.1: En prognos av den specifika energianvändningen i svenska flerbostadshus utifrån studiens resultat.

Den totala förbättringen i energiprestanda över den analyserade perioden är 13,9 %. Detta kan jämföras med förbättringen över 20-årsperioden mellan 1995 och 2015 som var 14 % (Energimyndigheten 2017c), vilket trots en misstänkt överskattning indikerar att energieffektiviseringstakten har ökat på senare år och således att takten accelererar snarare än retarderar.

### 6.2.2 Energieffektivisering sker som mest där behoven är som störst

I denna studie har vi visat att den specifika energianvändningen har minskat i alla delar av flerbostadshusbeståndet, med avseende på byggnadernas ägarkategori, byggnadsår, eventuella investeringar i renovering samt de boendes inkomstnivåer. Generellt har minskningen varit som störst

där den specifika energianvändningen från början var som högst. Detta har lett till en generell utjämning av skillnader i energiprestanda i hela flerbostadshusbeståndet som framförallt är påtaglig mellan olika ägandekategorier och inkomstkvartiler. Detta kan delvis förklaras av att allmännyttan, som äger en stor del av det bestånd med högst specifik energianvändning, har renoverat miljonprogramsbostäder, vilket i sin tur har jämnat ut skillnaderna i energiprestanda mellan inkomstgrupper.

Skillnaderna i energiprestanda mellan flerbostadshusbeståndets olika åldersgrupper är fortfarande stora. Lägst energiprestanda återfinns i det äldre beståndet, och att renovera dessa delar kan vara svårt då många "lättillgängliga" energieffektiviserande åtgärder i många fall redan kan ha genomförts, samt att stora delar av detta bestånd ligger inne i stadskärnor där det kan vara svårare att hitta utrymme och möjlighet att renovera. Att ta fram en lämplig åtgärdsplan för denna del av beståndet kommer att utgöra en stor utmaning inför nästkommande renoveringsstrategi.

### 6.2.3 En utmaning att renovera när låg energiprestanda sammanfaller med låg inkomst

Trots att skillnaderna har minskat bor låginkomsttagare fortfarande generellt i byggnader som har en betydligt högre specifik energianvändning än höginkomsttagare. Att denna skillnad i energiprestanda finns behöver inte vara ett problem i sig, men den avslöjar ett ekonomiskt segregerat bostadsbestånd där lägre inkomst sammanfaller med ett högre renoveringsbehov och således en lägre materiell standard. Att minska snarare än att öka denna segregation i samband med upprustning av beståndet är en stor samhällsutmaning och en svår men kritisk punkt för renoveringsstrategin att tackla. Då ett av renoveringsstrategins syften är att bistå med åtgärdsförslag för att minska den specifika energianvändningen i de delar av beståndet där denna är som högst blir det viktigt att integrera strategier för den sociala hållbarheten såväl som för energieffektiviseringen. Flera fastighetsägare har tidigare låtit hyresgäster välja i hur stor omfattning de vill ha sina lägenheter renoverade vid standardhöjande åtgärder, vilket i sin tur gjort det möjligt för hyresgästerna att påverka hur stor deras hyresökning kommer att bli. Problemet har dock varit att även det lägsta alternativet genererat en hyresökning som i vissa fall varit för hög för hyresgästen. Av den anledningen testas i dagsläget en ny strategi av Bostadsbolaget i Göteborg där hyresgäster i bostadsområdet Hammarkullen även ska erbjudas ett så kallat "nollalternativ", alltså att inga standardhöjande åtgärder genomförs och att hyran som konsekvens förblir oförändrad (Roos 2017). Denna typ av lösning kommer att vara avgörande för att lyckas energieffektivisera flerbostadshusbeståndets mest energikrävande delar utan renovräkning som följd.

Det faktum att skillnaderna i byggnaders energiprestanda mellan olika inkomstgrupper har minskat är en utveckling i rätt riktning. I detta arbete har det däremot inte funnits utrymme att undersöka i vilken utsträckning renoveringar har bidragit till hyresökningar och flyttar, och det är således inte möjligt att dra någon slutsats om huruvida fenomen som renovräkning varit prevalenta eller inte. Att skillnader i energiprestanda jämnas ut mellan inkomstgrupper är inte entydigt positivt om det sker på bekostnad av de ekonomiskt svagaste grupperna, vilket gör det svårt att lägga någon värdering i huruvida det senaste decenniets utveckling på detta område varit av positiv karaktär eller inte.

Med kunskap om att låg energiprestanda och brist på ekonomiskt utrymme för hyresökningar korrelerar med varandra på nationell nivå uppmanar vi till fortsatt stöd till fastighetsägare och hyresgäster i dessa delar av beståndet. Stöd kan erbjudas ekonomiskt, i stil med *stöd för renovering och energieffektivisering i vissa bostadsområden*, men även informativt i form av broschyrer och liknande med information om hur hyresgäster kan organisera sig i situationer där fastighetsägarens beslut riskerar missgynna de boende. Informativt stöd till fastighetsägare om kostnadseffektiva renoveringar och energieffektiviseringar kan också minska risken att onödigt höga investeringar görs. Den stora utmaningen ligger nu i att renovera till fastighetsägarnas och hyresgästernas fördel, utan att det leder till en ökad segregation.

#### 6.2.4 Ny kunskap om sambandet mellan renovering och energieffektivisering

I denna studie har en koppling mellan renovering och energieffektivisering för första gången påvisats med energideklarationen och en nationell databas för flerbostadshusbeståndet som underlag. Vi har kunnat påvisa att energieffektiviseringen varit större i byggnader som genomgått någon typ av renovering jämfört med icke-renoverade byggnader, oavsett om renoveringen varit av liten eller stor omfattning. Vidare har vi konstaterat att energieffektiviseringen inte skiljde sig mellan renoveringar av mindre och mellanstor omfattning, utan att det enbart var energieffektiviseringen i totalrenoveringarna som urskilde sig bland renoveringskategorierna. Detta ger således ny kunskap som antyder att energieffektiviseringen för renoveringsinvesteringar på upp till 70 % av en byggnads nyproduktionskostnad ofta varierar medan investeringar över 70 % i större utsträckning leder till markanta energibesparingar. Information om relationen mellan investeringskostnad och energieffektivisering kan vara användbar när det kommer till att uppskatta kostnaden av att energieffektivisera flerbostadshusbeståndet, och framförallt när det handlar om att förstå hur detta görs till minsta möjliga kostnad.

Under det senaste decenniet har den årliga renoveringstakten i det analyserade beståndet varit 3,1 %. Denna takt håller jämna steg med EU-kommissionens bedömning om att en renoveringstakt på 3 % krävs för att uppnå unionens ambitioner. Vi vet dock att det analyserade beståndet har en högre andel renoveringar än flerbostadshusbeståndet som helhet vilket direkt kan översättas till att den verkliga renoveringstakten är lägre än 3,1 %. Som det beskrivits tidigare i arbetet finns även stora osäkerheter i kategoriseringen av energideklarationer till olika renoveringsnivåer och det blir således svårt att dra fler generella slutsatser. Mot bakgrund av att det studerade beståndet har en överrepresentation av renoveringar går det dock att dra slutsatsen att renoveringstakten i det nationella flerbostadshusbeståndet tycks vara för låg sett till EU-kommissionens rekommendation.

Arbetets resultat väcker dock frågor om huruvida en hög renoveringstakt är kritisk för att uppehålla en hög energieffektiviseringstakt eller inte. Trots att renoverade byggnader uppvisat en högre grad av energieffektivisering än icke-renoverade byggnader visar resultaten att betydande energieffektivisering även skett utan renoveringar. Detta är positivt - eller? Vad som döljer sig bakom dessa resultat är två helt olika typer av energieffektivisering. En stor del av den energieffektivisering som skett i det icke-

renoverade beståndet kan med stor sannolikhet förklaras av byte till LED-lampor i trappuppgångar, installation av värmepumpar och solceller, och injustering av byggnadernas värmesystem. Alla dessa åtgärder minskar mängden köpt energi till byggnaden, men i många fall minskar de inte byggnadens faktiska energibehov. Självklart kan underhåll av byggnader skett utan att detta rapporterats till Skatteverket vilket således kan förklara en del av den observerade energieffektiviseringen bland icke-renoverade byggnader. Men som resultaten från regressionen visade kan en värmepump ha en stor påverkan på en byggnads specifika energianvändning. Vad kan vi egentligen säga om skillnaden i byggnadsbeståndets energibehov när energieffektivisering sker utan sällskap av renovering?

### 6.3 Systemgränser och energieffektivisering

Inom systemet för energideklarationer dras systemgränsen för måttet som ligger till grund för energiprestanda vid mängden köpt energi. Det är med andra ord ett mått på den mängd energi som levereras till byggnadens tekniska system. Om byggnaden har egen energiproduktion i form av exempelvis solceller kan denna tillgodoräknas och dras bort från den specifika energianvändningen, och om byggnaden har en värmepump inkluderas den energi som tillförs pumpen men inte den energi som värmepumpen avger. Att använda köpt energi som systemgräns har fördel i att det beskriver byggnadens behov av att tillföra energi, vilket kan vara intressant för fastighetsägaren från ett praktiskt och ekonomiskt perspektiv. Nackdelarna är att byggnadens faktiska energibehov inte skildras samt att olika energibärare inte särskiljs.

Att dra systemgränsen vid köpt energi står i kontrast mot en mer stram systemgräns inom byggnaden som endast omsluter nettoenergin. Nettoenergi avser den energi som avges från de tekniska installationerna i byggnaden. Med en sådan systemgräns beskrivs byggnadens energibehov, oavsett vilka energibärare eller tekniska system som tillför energin samt hur effektiva de är. Att effektiviteten hos de tekniska installationerna inte tas i beaktning när systemgränsen endast omsluter nettoenergi kan i många fall anses vara en brist, till exempel eftersom att det med en sådan systemgräns inte spelar någon roll huruvida verkningsgraden på en värmepump är hög eller låg. Systemgränsen nettoenergi har dock en fördel om det är byggnadens klimatskal som är av intresse att utvärdera, vilket det ofta är i kontexten av renovering.

Det tredje alternativet är att dra systemgränsen vid primärenergikällan och att på så sätt inkludera den totala mängd energi som krävs för att generera och leverera energi till byggnaden. Fördelen med en sådan systemgräns är att den ser till helheten, men en nackdel gällande att använda en sådan systemgräns i samband med energianvändning i byggnader skulle kunna vara att primärenergianvändningen är svår för fastighetsägaren att kontrollera. Det är inte upp till fastighetsägaren att avgöra hur den energi som tillförs byggnaden har utvunnits.

För de tre alternativa systemgränser som omsluter begreppen nettoenergi, köpt energi eller primärenergi har begreppet "energieffektivisering" inte nödvändigtvis samma innebörd. Med en systemgräns som endast omsluter nettoenergi skulle till exempel isolering av väggar eller fönster kunna



vara en energieffektiviserande åtgärd, då det minskar byggnadens energibehov. Däremot har inte ett byte till en mer effektiv värmepump någon påverkan på behovet av nettoenergi eftersom att en sådan åtgärd ligger utanför systemgränsen. Med en systemgräns som dras vid mängden köpt energi, såsom den har gjorts för energideklarationen från att systemet infördes till och med år 2018, kvalificerar dock både installation av värmepump och installation av solceller i anknytning till byggnaden som energieffektiviserande åtgärder. Dessa åtgärder kan alltså minska mängden energi som behöver tillföras byggnaden, utan att byggnadens faktiska energibehov förändras. En centraliserad solcellspark som producerar och levererar energi till ett helt område innebär däremot inte en energieffektiviserande åtgärd i samma bemärkelse, då åtgärden i detta fall är placerad utanför systemgränsen för köpt energi.

Ett problem med att definiera energieffektivisering som minskad mängd köpt energi oavsett vilken energibärare som används är att nätburna system såsom fjärrvärme, el och gas missgynnas till förmån för eldrivna värmepumpar. Då fjärrvärmens är ett miljövänligt alternativ som i princip saknar användningsområden utöver uppvärmning av byggnader är det en resurs som bör tas tillvara på. Det väcker frågan om vad det egentligen är vi vill utvärdera när vi jämför utvecklingen av energiprestanda i flerbostadshusbeståndet över tid.

Att sätta systemgränsen vid nettoenergi är ett rimligt alternativ om målet är att utvärdera byggnadens energibehov. Är målet snarare att utvärdera en skillnad i mängden tillförd energi så är systemgränsen för köpt energi en bra förutsättning för detta. Vill vi däremot undersöka hur bostadsbeståndet bidrar till ett hållbart energisystem krävs ett mått som inkluderar fler aspekter. Att innebörden av begreppet energiprestanda förändras från specifik energianvändning till primärenergital i januari 2019 indikerar att begreppet energieffektivitet hos byggnader framöver inte endast kommer att innebära en minskad mängd energianvändning, utan även ta hänsyn till hur fördelaktigt valet av energibärare är i förhållande till resten av energisystemet.

I denna studie har vi påvisat energieffektivisering genom att jämföra den specifika energianvändningen för flerbostadshus i den första och den andra vågens energideklarationer. Om vi istället hade jämfört primärenergital är det inte säkert att vi hade erhållit en energieffektivisering i samma storlek. Mot bakgrunden att det fram till år 2019 klassades som energieffektivisering att ersätta fjärrvärme med en eldriven värmepump, vilket generellt inte är fördelaktigt ur ett systemperspektiv, kan den nya definitionen i form av primärenergital skapa bättre förutsättningar för ett mer hållbart och i förlängningen även mer effektivt energisystem som tar tillvara på spillvärme och hushåller med elen.

Slutligen kan vi säga att den energieffektivisering i form av köpt energi som observerats i detta arbete inte nödvändigtvis innebär minskade energibehov för byggnaderna, och inte heller en förbättring av inomhusklimat. För att underhålla bostadsbeståndet på ett sätt som försäkras bevarandet av en stor mängd bostäder och förbättrar inomhusklimatet genom ett minskat värmeläckage, och således ett minskat energibehov, krävs upprustning i form av renoveringar. Först då integreras mål för hälsa, energi och tillgång till bostäder - vilket är en kritisk förutsättning för en hållbar utveckling av bostadsbeståndet.

## 7. Slutsatser

I denna studie har vi utvecklat en metod som parar ihop energideklarationer från första och andra vågens utförande och baserat på en jämförelse av informationen mellan dessa kartlagt hur förändringar i energiprestanda varierar mellan olika delar av det svenska flerbostadshusbeståndet. I detta kapitel besvaras studiens frågeställningar.

*Kan energideklarationer användas till att tillförlitligt utreda förändring i specifik energianvändning inom det svenska flerbostadshusbeståndet?*

Detta arbete har påvisat att det är möjligt att matcha en energideklaration från den första vågen med en energideklaration från den andra vågen och att jämföra egenskaper såsom specifik energianvändning mellan dessa. Att energideklarationerna kunde matchas ihop utan något större databortfall indikerar att metoden är både möjlig och tillförlitlig.

Vi har kunnat påvisa att förändrade föreskrifter i regelverket mellan den första och den andra vågens energideklarationer har resulterat i att den uppvärmda arean ofta underskattades i byggnadens första energideklarationen, men inte i den andra, vilket innebär att den specifika energianvändningen var överskattad i den första deklarationen. Detta systematiska fel innebär att en del av den observerade minskningen i specifik energianvändning mellan de två vågorna är resultatet av en falsk förbättring som i snitt uppskattas vara av omfattningen 1,8 kWh/m<sup>2</sup>. Vid en jämförelse av specifik energianvändningen mellan två energideklarationer som utförts vid olika tidpunkter bör denna inbyggda felkälla tas i beaktning och i bästa fall korrigeras för.

Vi ser flera fördelar med att kunna utvärdera förändringar i specifik energianvändning på en byggnadsspecifik nivå. Att vi undersöker skillnaden i specifik energianvändning baserat på två energideklarationer som genomförts vid olika tidpunkter men avser samma byggnad innebär att det statistiska underlaget av byggnader som ligger till grund för undersökningen över tid är oförändrat. Ytterligare fördelar är möjligheten att utläsa effekter av specifika energieffektiviseringsåtgärder samt den extra dimension som uppnås när den byggnadsspecifika informationen avseende energianvändning kan sammankopplas med information om de som bor i byggnaden. Detta i kombination med att studiens resultat stämmer väl överens med den befintliga nationella energistatistiken gör att det finns goda anledningar att bedöma energideklarationen som ett tillförlitligt material för studier av förändringar i specifik energianvändning.

Sist men inte minst kan vi dra slutsatsen att det vore en stor förlust om ett så pass ekonomiskt och datamässigt omfattande system som energideklarationerna inte skulle utnyttjas i forskningssyfte. För att energideklarationerna ska kunna användas i syfte att utvärdera förändringar i energiprestanda över

tid krävs dock tillgång till de äldre deklARATIONERNA som idag skrivs över i Boverkets databas Gripen när en byggnad får en ny deklARATION.

*Hur har den specifika energianvändningen förändrats, och hur varierar förändringar i specifik energianvändning med byggnadens ägare, byggnadens byggnadsår, investeringar i renovering samt de boendes inkomster?*

Över det senaste decenniet har den specifika energianvändningen i hela det studerade beståndet i snitt minskat med 20 kWh/m<sup>2</sup> vilket motsvarar en årlig energieffektiviseringstakt om 1,7 %. Denna siffra varierar inom beståndet men alla olika delar av beståndet uppvisar en statistisk signifikant minskning i specifik energianvändning. Den generella trenden är att störst minskningar har skett där den specifika energianvändningen initialt var som högst, vilket har lett till en utjämning av skillnader i energiprestanda i beståndet som helhet. Viktigt att notera är dock den sannolika risken för ett överskattande av minskningen i specifik energianvändning. Bakgrunden till detta är upptäckten av ett systematiskt fel som överskattar absolutbeloppet av  $\Delta E$  i ca 50% av fallen, samt att det finns en överrepresentation av renoverade byggnader i studiens dataunderlag.

Flerbostadshuset som byggdes under folkhemmet och miljonprogrammet hade för tio år sedan en relativt hög specifik energianvändning men har minskat denna under det senaste decenniet. Allmännyttan, som tillsammans med fastighetsägare i kategorin övriga aktiebolag är de fastighetsägare som åstadkommit högst grad av energieffektivisering i sina respektive bestånd, äger en stor del av fastigheterna från både folkhemmet och miljonprogrammet. Allmännyttans krafttag för energieffektivisering har reducerat den specifika energianvändningen i detta bestånd så att högst specifik energianvändning numera återfinns i det äldre beståndet.

Flerbostadshus från det äldre (byggnadsår <1945) och yngre (byggnadsår >1975) beståndet upplåts till stor del som bostadsrätter. Bostadsrätterna är den ägandekategori som både i första och andra vågens energideklARATIONER uppvisar lägst specifik energianvändning, men även lägst reduktion av den specifika energianvändningen över den analyserade perioden. Detta kan delvis förklara varför minst förändring i specifik energianvändning observeras i det äldre och det yngre beståndet. Något som däremot är svårare att förklara är varför det yngre beståndet, med en initialt markant lägre specifik energianvändning än det äldre beståndet, uppvisar en större reduktion i specifik energianvändning än det äldre beståndet. En anledning kan vara att det äldre beståndet redan renoverats till den grad att marginalkostnaden för ytterligare energieffektivisering är för hög eller att åtgärder hade varit tekniskt komplicerade.

Byggnader som har renoverats (investerat i ombyggnation) uppvisar en större minskning i specifik energianvändning, som ökar med renoveringens omfattning. Antalet totalrenoveringar är få (<1 %) men har genererat en specifik energianvändning som är lägre än resterande bestånd trots att dessa byggnader initialt hade den högsta specifika energianvändningen. De icke-renoverade byggnaderna har dock tillsammans stått för en större total energibesparing än renoverade byggnader, framförallt eftersom att dessa utgjorde majoriteten (65 %) i det analyserade beståndet.

Den specifika energianvändningen har minskat som mest i de byggnader där låginkomsttagare bor, och som minst i de byggnader där höginkomsttagare bor. Trots detta bor låginkomsttagare fortfarande i de byggnader som har lägst energiprestanda, vilket även indikerar ett högre renoveringsbehov. Mot bakgrunden att renoveringar ofta innebär höjda hyror är det viktigt att även integrera strategier för den sociala hållbarheten i det svenska flerbostadshusbeståndet till renoveringsstrategin.

*Hur kan information från energideklarationerna förklara eventuella förändringar i specifik energianvändning?*

Resultaten från den multipla regressionsanalysen visar att det utgångsläge som byggnaderna hade i specifik energianvändning vid första energideklarationen påverkar hur stor förändring i specifik energianvändning som har gjorts över perioden, det vill säga till nästa energideklaration. Hela 30 % av den observerade förändringen i specifik energianvändning över det senaste decenniet kan förklaras av en byggnads specifika energianvändning för tio år sedan. Detta bekräftar arbetets tydligaste trend att störst energieffektivisering har skett där den specifika energianvändningen initialt var som högst. Precis som trenden sett ut sedan början av 2000-talet visar regressionsanalysen att installation av värmepumpar och byte från olja till andra uppvärmningssätt är åtgärder som har stor påverkan på en byggnads energianvändning, även om de endast berört en mindre del av bostadsbeståndet.

En stor energibesparing i det studerade beståndet har skett i de icke-renoverade byggnaderna. Energieffektiviseringen i dessa byggnader kan dels förklaras av åtgärder såsom värmepumpar och solceller, men även av mindre ingrepp såsom injusteringar av värme- och ventilationssystem som inte kunnat studeras i detta arbete eftersom denna typ av information inte finns med i energideklarationerna. Att stora energibesparingar har skett i icke-renoverade byggnader indikerar att en del av energieffektiviseringen kan tillskrivas installationer som minskar mängden köpt energi till byggnaden.

Studien har kunnat identifiera att installationer av värmepumpar, solenergi och FTX-system tillsammans har bidragit till en minskning på drygt 4 kWh/m<sup>2</sup> av det studerade beståndet. Dessa åtgärder minskar dock inte byggnadens energibehov såsom en renovering av till exempel tak, fönster och fasader kan göra. Av denna anledning kommer olika systemgränser för byggnaders energianvändning påvisa olika grad av energieffektivisering i bostadsbeståndet, och i detta arbete har systemgränsen varit köpt energi då denna gräns används i energideklarationen. Om systemgränsen istället hade varit nettoenergi, vilket motsvarar en byggnads faktiska energibehov, hade det varit mer självklart att se renovering som en förutsättning för energieffektivisering. Utifrån denna studies resultat är detta dock inte en självklarhet.

## 7.1 Förslag på framtida forskning

För att öka kunskapen om de sociala effekterna av renovering finns behov av studier som undersöker flyttmönster i samband med renovering. En sådan studie hade kunnat ge ökad förståelse för gentrifierande processer i samband med renovering samt bidra med kunskap om vad som karakteriserar de områden där renovering ofta leder till flyttar.

För att i framtiden kunna utnyttja energideklarationen till att studera utvecklingen av energiprestanda i bostadsbeståndet krävs studier som utvecklar metodik för att sammanföra energideklarationer som genomförts på olika sidor om årsskiftet 2018/2019. Från och med den 1a januari 2019 har föreskrifterna för energideklarationens utformning ändrats där bland annat faktorer för primärenergi har tillkommit, vilket gjort att *energiprestanda* (vilket motsvarar specifik energianvändning) bytts ut mot *primärenergital* som mått på en byggnads energianvändning. Då det finns ett värde i att dels fortsätta kunna studera utvecklingen av energiprestanda, och dels i att retroaktivt kunna omvandla tidigare energideklarationers energiprestanda till primärenergital, finns ett stort behov av studier som utvecklar metoder för omräkning mellan dessa två mått.

## Referenser

- Arcipowska, A., Anagnostopoulos, F., Mariottini, F. & Kunkel, S. (2014). Energy Performance Certificates Across the EU: A mapping of national approaches. BPIE. Tillgänglig: <http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Energy-Performance-Certificates-EPC-across-the-EU.-A-mapping-of-national-approaches-2014.pdf>
- Allmännyttan. (2018). Allmännyttan tar ansvar. Tillgänglig: <https://www.allmannyttan.se/vad-vi-gor/>
- Bergensträhle, S. & Palmstierna, P. (2016). Var tredje kan tvingas flytta: En rapport om effekterna av hyreshöjningar i samband med standardhöjande åtgärder i Göteborg. Bo-Analys 2016.
- Boverket (2010). Energi i bebyggelsen - tekniska egenskaper och beräkningar - resultat från projektet BETSI.
- Boverket (2010b). EU-direktivet om byggnaders energiprestanda: konsekvenser och behov av förändringar i det svenska regelverket.
- Boverket (2013). Analys av delade incitament för energieffektivisering – Med fokus på energiprestandaförbättrande investeringar.
- Boverket (2014). Välj ventilationssystem när du bygger eller renoverar. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/valj-ventilationssystem/>
- Boverket (2014). Atemp. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/>
- Boverket (2016). Konsekvensutredning BEN1.
- Boverket (2016b). Äldre regler om byggande.
- Boverket & Energimyndigheten (2013). Förslag till nationell strategi för energieffektiviserande renovering av byggnader.
- Boverket & Energimyndigheten (2016). Underlag till den andra nationella strategin för energieffektiviserande renovering.
- Boverket (2017). Vad är en energideklaration? Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/energideklaration/vad-ar-en-energideklaration/>
- Broberg, T. & Egüez, A. (2018). Blame it on the owner — Ownership and energy performance of multi-dwelling buildings, *Energy Economics*, , no. 72, pp. 108–119.
- Brown, N.W.O., Malmqvist, T., Bai, W. & Molinari, M. (2013). Sustainability assessment of renovation packages for increased energy efficiency for multi-family buildings in Sweden. *Building and Environment*, no. 61, pp. 140–148.
- Energimyndigheten (2014a). Luftvärmepumpar 2009–2013. Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/luftluftvarmepumpar-2009-2013/>
- Energimyndigheten (2014b). Bergvärmepumpar. Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/bergvarmepumpar/bergvarmepumpar/>
- Energimyndigheten (2014c). Luftvattenvärmepumpar. Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/luftvattenvarmepumpar/>
- Energimyndigheten (2017a). Energiläget 2017.
- Energimyndigheten (2017b). Energistatistik för flerbostadshus 2016. Rapport: ES: 2017:4

- Energimyndigheten (2017c). Energiindikatorer 2017.
- Energimyndigheten (2017d). Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2016 (Tabeller). ES 2017:06
- Fastighetsägarna (2018). Våra medlemmar. Tillgänglig: <https://www.fastighetsagarna.se/om-oss/vara-medlemmar/>
- Göransson, A. (2007). Recalculation between BOA + LOA and Atemp for Multi-Family-Dwellings, Account of Conducted Measurement Work, Profu.
- Hall, T. & Vidén, S. (2006). The Million Homes Programme: a review of the great Swedish planning project. *Planning Perspectives*, 20:3, 301–328.
- Hjortling, C., Björk, F., Berg, M. & af Klintberg, T. (2017). Energy mapping of existing building stock in Sweden - Analysis of data from Energy Performance Certificates. *Energy and Buildings*. *Energy and Buildings*, vol. 153, s. 341-355, 2017.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2014). *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R* ISBN: 978-1-4614-7138-7
- Johansson, T. & Mangold, M. (2016). Geografiska analyser gällande behov av renovering och energieffektivisering av flerbostadshus. Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå Tekniska Universitet.
- Johansson, T., Olofsson, T. & Mangold, M. (2017). Development of an energy atlas for renovation of the multifamily building stock in Sweden. *Applied Energy*, Volume 203, pp. 723-736.
- Kohler, N. & Hassler, U. (2002). The building stock as a research object. *Building Research & Information*, 30:4, 226-236, DOI: 10.1080/09613210110102238
- Mangold M. (2016). Challenges of renovating the Gothenburg multi-family building stock.
- Mangold, M., Österbring, M. & Wallbaum, H. (2015). Handling data uncertainties when using Swedish energy performance certificate data to describe energy usage in the building stock. *Energy and Buildings*, Volume 102, pp. 328-336.
- Mangold, M., Österbring, M., Overland, C., Johansson, T & Wallbaum, H. (2018). Building Ownership, Renovation Investments, and Energy Performance—A Study of Multi-Family Dwellings in Gothenburg. *Sustainability*, 10(5).
- Regeringskansliet (2016). Överenskommelse om Sveriges mål för energieffektivisering. Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/11/overenskommelse-om-sveriges-mal-for-energieffektivisering/>
- Roos, J. (2017). Målet: Inga "renovräkningar". Göteborg Direkt. Tillgänglig: <https://www.goteborgdirekt.se/nyheter/malet-inga-renovrakningar/repqis!zQw17wQ23hU5jL7wJevnoA/>
- SCB (2001). Vanliga frågor. Tillgänglig: [https://www.scb.se/Statistik/BO/BO0101/\\_dokument/Vanliga\\_fragor\\_insamling.pdf](https://www.scb.se/Statistik/BO/BO0101/_dokument/Vanliga_fragor_insamling.pdf)
- SCB (2017). Låginkomsttagare bor ofta i hyresrätt. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2017/Laginkomsttagare-bor-ofta-i-hyresratt/>
- Skatteverket (2018). Skatteverkets Allmänna Råd. ISSN 1652–1439
- SPSS (2018). ANOVA - Simple Introduction. Tillgänglig: <https://www.spss-tutorials.com/anova-what-is-it/>

- Statistics Solutions (2018). Assumptions of Multiple Linear Regression. Tillgänglig: <https://www.statisticssolutions.com/assumptions-of-multiple-linear-regression/>
- Thuvander, L., Femenias, P., Brunklaus, B. & Xygkogianni, M. (2016). Renoveringsbarometern: Omfattning och karaktär av renoveringar i bostadshus, *Bygg & Teknik*, 2, no. 16, pp. 23–28.
- Thuvander, L., Österbring, M., Mangold, M., Mata, E., Wallbaum, H., Johnsson, F. (2015). Spatial exploration of the refurbishment dynamics of urban housing stocks.
- Thuvander, L., Österbring, M., Mata, E. & Wallbaum, H. (2017). Hur mycket energi kan vi spara i våra bostadshus, *Bygg & Teknik*, 2/17
- Thörn, C., Krusell, M. & Widehammar, M. (2016). Rätt att bo kvar: En handbok i organisering mot hyreshöjningar och gentrifiering.
- Åslund, B. (2013). FTX i äldre hus en tuff utmaning. *Energi & Miljö*, nr 11/2013 sidan 32–33. Tillgänglig: <http://www.energi-miljo.se/energi-miljo/ftx-i-aldre-hus-en-tuff-utmaning>



# Appendix I

Tabell I.I: Lista över alla variabler som ingår i den multivariata regressionsanalysen.

Variabel	Intervall för kontinuerlig variabel	Antal energideklarationspar	Antal NA
<i>Beroende variabel</i>			
Skillnad i specifik energianvändning ( $\Delta E$ )	(-290) - 168	6334	0
<i>Specifik energianvändning våg ett</i>			
Specifik energianvändning våg ett	25 - 362	6334	0
<i>Variabler för systematiska fel</i>			
Omvandlat från BOA + LOA		3226	0
<i>Variabler för förändrat bruk av byggnad</i>			
Skillnad i m <sup>2</sup> /pers	(-412) - 96	6202	132
<i>Energieffektiviserande åtgärder</i>			
Bytt från olja		96	0
Installerat markvärmepump		220	0
Installerat luft-luft-värmepump		26	0
Installerat luft-vatten-värmepump		26	0
Installerat frånlufts-värmepump		285	0
Installerat FTX		294	0
Installerat solceller		45	0
Installerat solvärme		24	0

<i>Byggperiod</i>			
Äldre bestånd	< 1945	876	0
Folkhemmet	1945 - 1959	1334	0
Miljonprogrammet	1960 - 1974	2193	0
Yngre bestånd	> 1974	1931	0
<i>Ägandekategori</i>			
Övriga aktiebolag		742	0
Bostadsrätt		2307	0
Allmännyttan		3042	0
Enskild firma		106	0
Övrigt		135	0
<i>Renoveringskategori</i>			
Ej renoverad		4350	699
Renoveringskategori 1		865	699
Renoveringskategori 2		381	699
Renoveringskategori 3		39	699
<i>Inkomstkvartil</i>			
Inkomstkvartil 1	< 168 024	1465	127
Inkomstkvartil 2	169 024 - 206 527	1800	127
Inkomstkvartil 3	206 528 - 250 483	1613	127
Inkomstkvartil 4	> 250 483	1329	127

Tabell I.II: De energieffektiviserande åtgärdernas påverkan på den totala minskningen i specifik energianvändning. Hur de specifika åtgärderna har bidragit till hela beståndets minskning i specifik energianvändning har beräknats genom att multiplicera den specifika åtgärdens påverkan på  $\Delta E$  med andelen byggnader som har genomfört denna åtgärd.

	Åtgärdens påverkan på $\Delta E$	Andel av studerat bestånd (%)	Bidrag till beståndets totala minskning i $\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )
Bytt från olja	-14,00	1,5	0,21
Installerat markvärmepump	-60,56	3,4	2,08
Installerat luft-luft-värmepump	-25,31	0,4	0,10
Installerat luft-vatten-värmepump	-46,29	0,4	0,19
Installerat frånlufts-värmepump	-24,97	4,4	1,12
Installerat FTX	-5,36	4,6	0,23
Installerat solceller	-16,26	0,7	0,11
Totalt			4,06

## Appendix II

I detta appendix redovisas kompletterande tabeller till avsnitt 5 i rapporten. För alla tabeller i detta appendix gäller att \* motsvarar en signifikansnivå om 5 %, \*\* motsvarar en signifikansnivå om 1 % och \*\*\* motsvarar en signifikansnivå om 0,1 %.

### Ägandekategorier

Tabell II.I: Förändrad specifik energianvändning inom respektive ägarkategori (t-test).

Ägandekategori	Areaandel av total area	Specifik energianvändning våg ett (kWh/m <sup>2</sup> )	$\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning våg två (kWh/m <sup>2</sup> )
Bostadsrätt	39,5 %	137,1	<b>-17,1***</b>	120,0
Allmännyttan	45,3 %	150,3	<b>-22,0***</b>	128,3
Övriga aktiebolag	11,6 %	154,7	<b>-24,4***</b>	130,3
Enskild firma	0,9 %	140,5	<b>-16,8***</b>	123,7
Övrigt*	2,6 %	142,4	<b>-15,5***</b>	126,9

\* I kategorin Övrigt återfinns bla fastighetsägare som utgörs av föreningar och stiftelser.

Tabell II.II: Parvis skillnad i specifik energianvändning mellan ägarkategorier i första och andra vågens energideklarationer (ANOVA).

Parvis jämförelse	Skillnad i specifik energianvändning	
	Första vågen (kWh/m <sup>2</sup> )	Andra vågen (kWh/m <sup>2</sup> )
Bostadsrätt - Allmännyttan	-13,2***	-8,3***
Enskild firma - Allmännyttan	-9,7	0,7
Övriga aktiebolag - Allmännyttan	4,4*	2,0
Övrigt - Allmännyttan	-7,8	-1,4
Enskild firma - Bostadsrätt	3,5	3,8
Övriga aktiebolag - Bostadsrätt	17,6***	10,3***
Övrigt - Bostadsrätt	5,3	6,9

Övriga aktiebolag - Enskild firma	14,1**	6,6
Övrigt - Enskild firma	1,9	3,2
Övrigt - Övriga aktiebolag	-12,3**	-3,4

## Byggperioder

Tabell II.III. Förändrad specifik energianvändning inom respektive byggperiod (t-test).

Kategori	Areaandel av total area	Specifik energianvändning våg ett (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning våg två (kWh/m <sup>2</sup> )	Skillnad i energiprestanda (våg 2 - våg 1) (kWh/m <sup>2</sup> )
Äldre bestånd	12,4 %	145,5	134,2	-11,3***
Folkhem	21,5 %	156,2	133,8	-22,4***
Miljonprogram	41,1 %	149,1	124,8	-24,3***
Yngre bestånd	25,0 %	129,6	113,8	-15,8***

Tabell II.IV: Parvis skillnad i specifik energianvändning mellan byggperioder i första och andra vågens energideklarationer (ANOVA).

Parvis jämförelse	Skillnad i specifik energianvändning	
	Första vågen (kWh/m <sup>2</sup> )	Andra vågen (kWh/m <sup>2</sup> )
Äldre bestånd - Folkhemmet	-10,6 ***	0,4
Äldre bestånd - Miljonprogrammet	-3,6	9,4 ***
Äldre bestånd - Yngre bestånd	15,9 ***	20,3 ***
Folkhemmet - Miljonprogrammet	7,0 ***	9,0 ***
Folkhemmet - Yngre bestånd	26,5 ***	20,0 ***
Miljonprogrammet - Yngre bestånd	19,5 ***	11,0 ***

## Renoveringskategorier

Tabell II.V: Förändrad specifik energianvändning inom respektive renoveringskategori (t-test).

	Areaandel av total area	Specifik energianvändning våg ett (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning våg två (kWh/m <sup>2</sup> )	Skillnad i energiprestanda (våg 2 - våg 1) (kWh/m <sup>2</sup> )
Renoveringskategori 0	65,0 %	142,9	124,5	-18,4***
Renoveringskategori 1	17,1 %	150,3	126,0	-24,3***
Renoveringskategori 2	7,5 %	152,6	127,7	-24,9***
Renoveringskategori 3	1,0 %	158,1	107,1	-51,0***
Okategoriserade	9,4 %	-	-	-

Tabell II.VI: Parvis skillnad i specifik energianvändning mellan renoveringskategorier i första och andra vågens energideklarationer (ANOVA).

Parvis jämförelse	Skillnad i specifik energianvändning	
	Första vågen (kWh/m <sup>2</sup> )	Andra vågen (kWh/m <sup>2</sup> )
Renoveringskategori 1 - Renoveringskategori 0	7,4 ***	1,5
Renoveringskategori 2 - Renoveringskategori 0	4,7 ***	3,2
Renoveringskategori 3 - Renoveringskategori 0	15,2 *	-17,3 **
Renoveringskategori 2 - Renoveringskategori 1	2,3	1,7
Renoveringskategori 3 - Renoveringskategori 1	7,8	-18,9 **
Renoveringskategori 3 - Renoveringskategori 2	5,5	-20,6 **

## Inkomstkvartiler

Tabell II.VII: Förändrad specifik energianvändning inom respektive inkomstkvartil (t-test).

Inkomstkvartil	Andel Atemp	Specifik energianvändning våg ett (kWh/m <sup>2</sup> )	$\Delta E$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Specifik energianvändning våg två (kWh/m <sup>2</sup> )
Kvartil 1 (Låg)	24,1 %	155,0	<b>-24,8***</b>	130,2
Kvartil 2	27,3 %	148,4	<b>-22,0***</b>	126,4
Kvartil 3	22,9 %	142,5	<b>-19,5***</b>	123,0
Kvartil 4 (Hög)	24,1 %	135,1	<b>-13,9***</b>	121,2

Tabell II.VIII: Parvis skillnad i specifik energianvändning mellan inkomstkvartiler i första och andra vågens energideklarationer (ANOVA).

Parvis jämförelse	<i>Skillnad i specifik energianvändning</i>	
	Första vågen (kWh/m <sup>2</sup> )	Andra vågen (kWh/m <sup>2</sup> )
Kvartil 1 - Kvartil 2	6,6***	3,8**
Kvartil 1 - Kvartil 3	12,4***	7,2***
Kvartil 1 - Kvartil 4	19,9***	9,0***
Kvartil 2 - Kvartil 3	5,9***	3,4*
Kvartil 2 - Kvartil 4	13,3***	5,2***
Kvartil 3 - Kvartil 4	7,4***	1,8