

ENERGIEFFEKTIVISERING med effekt

Kunskapsöversikt och analys av hur effektbehovet påverkas
av energieffektiviseringsåtgärder i byggnader



Energieffektivisering med effekt

Kunskapsöversikt och analys av hur effektbehovet påverkas av
energieffektiviseringsåtgärder i byggnader

December 2019

Författare till denna skrift är:
Vanja Månborg, Arvid Rensfeldt, Märten Haraldsson,
och John Johnsson, Profu

Innehåll

Förord	5
Sammanfattning	7
Inledning	11
Bakgrund	11
Syfte	12
Avgränsningar	12
Effekt	13
Vad menas med effekt?	13
Värmeeffekt – ett exempel	14
Eleffekt – ett exempel	15
Kunskapsläget om effekt	17
Produktion	18
Fjärrvärme	18
Elektricitet	18
Växthusgasutsläpp från fjärrvärme	19
Växthusgasutsläpp från elproduktion	19
Underlag och metod	23
Energieffektiviseringsåtgärder	25
Resultat av undersökta åtgärder	27
Injustering värme	27
Vattensparåtgärder	29
Tilläggsisolering yttervägg och fönsterbyte	32
Tilläggsisolering vind	35
FTX	37
Byte belysning	39
Fläktbyte	43
Övriga åtgärder	46
Installation av frånluftsvärmepump	46
Effektreglering	46
Sammanställning av resultat	48
Diskussion	54
Bilaga 1 – Centrala begrepp	59

Förord

Inom ramen för Värmemarknad Sverige har utvecklingen av värmebehovet studerats. Fyra olika scenarier har tagits fram som beskriver behovet av värme i Sverige utifrån energitermer. Inom projektet har samtidigt lyfts ett behov av ett ökat fokus på effekt. Detta gjordes bland annat inom en workshop kring framtidens värmelösning där effektfrågan kom upp i kombination med frågor om byggregler, effektiviseringsmål, digitalisering och samverkan. Orsaken till det ökade intresset för effekt är att en stor del av den energi vi idag konsumerar har producerats på ett miljövänligt och relativt billigt sätt. Under merparten av året har vi också en överkapacitet i våra distributionssystem för el och fjärrvärme. Utmaningen ligger i att skapa en hållbar produktion och leveranssäkerhet under de tider när systemen är som mest ansträngda. För att lyckas med detta kommer det krävas samverkan mellan energileverantörer och kunder. Ett första steg har tagits genom att leverantörerna i allt större utsträckning prissätter effekt för att ge kunderna ett ekonomiskt incitament att jobba med frågan. Vad som nu krävs är kunskap kring vad man som fastighetsägare kan göra för att begränsa sina effekttuttag.

För att öka kunskapen om effekteffektivisering har vi i detta arbete studerat ett stort antal åtgärder som genomförts i olika fastigheter. Detaljerad data om fastigheternas förbrukning före och efter åtgärderna har studerats för att visa på åtgärdens möjlighet att spara energi och effekt. Resultatet redovisas i en ny typ av mall som vi valt att kalla "Åtgärdskompassen". Förhoppningsvis kan denna mall komma att fyllas på med ytterligare analyserade åtgärder för att skapa en ännu mer fördjupad kunskap om effekteffektivisering i fastigheter.

Projektet Värmemarknad Sverige är ett tvärvetenskapligt forskningsprojekt som genomförs i sin tredje etapp under 2017-2019. Projektet engagerar idag närmare 50 aktörer på marknaden så som energi- och teknikleverantörer, fastighetsbolag, bransch- och intresseorganisationer samt myndigheter. Projektets mål är att skapa ökad kunskap hos aktörerna på marknaden samt att skapa ett forum för dialog mellan marknaden aktörer. Hela tiden med syfte att hjälpa aktörerna framåt mot en mer hållbar framtid. Ökad samverkan har tidigt blivit ett ledord bland medverkande organisationer.

Vi vill tacka alla medlemmar från referensgruppen som ställt upp med mätdata och särskilt tacka de medlemmar som även delfinansierat projektet (Förvaltnings AB Framtiden, Trollhättan Energi, Luleå Energi och C4 Energi).

Sammanfattning

Inom bygg- och fastighetsbranschen såväl som i samhället i stort finns det en strävan efter att minska energianvändningen, att energieffektivisera. En rad olika energieffektiviseringsåtgärder är väletablerade och kunskapen om hur dessa påverkar byggnadens energianvändning är generellt god hos aktörer inom branschen. Kunskapen om åtgärdernas koppling till effektbehov och miljömässig nytta är dock inte lika utbredd. Syftet med denna rapport är att öka kunskapen kring effektbehovet för värme och el i flerbostadshus, hur det påverkas av olika effektiviseringsåtgärder och vilken koppling effektbehovet har till de växthusgasutsläpp som energiförsörjning av ett flerbostadshus ger upphov till. Därför har vi i detta projekt analyserat ett antal verkliga fall där typiska energieffektiviseringsåtgärder genomförts för att se hur dessa har påverkat byggnadernas effektbehov. Vår förhoppning är att resultaten kan användas för vidare diskussion och studier om effekt samt att bidra till ett mer effektivt resursutnyttjande och därigenom lägre miljöpåverkan.

I analysen som ligger till grund för denna rapport har vi försökt koppla samman ett mikro- och ett makroperspektiv. För att förstå de övergripande effekterna av åtgärder som utförs i enskilda byggnader måste vi se både till hur åtgärderna påverkar byggnadernas energi- och effektbehov och hur dessa byggnader är delar av större system,

såsom el- och fjärrvärmesystem. De huvudsakliga frågeställningarna som har berörts är vilken påverkan på energianvändningen olika typer av åtgärder som vanligtvis genomförs i byggnader har, både ur energileverantörens och energianvändarnas perspektiv, samt kopplingen till mänsklig klimatpåverkan som uppkommer i samband med energianvändningen. Kunskapen om de överliggande energisystemens komplexitet säger oss att mer fokus bör läggas på åtgärder som minskar det maximala effektbehovet, men att det är svårt att dra mer detaljerade slutsatser som kan appliceras generellt.

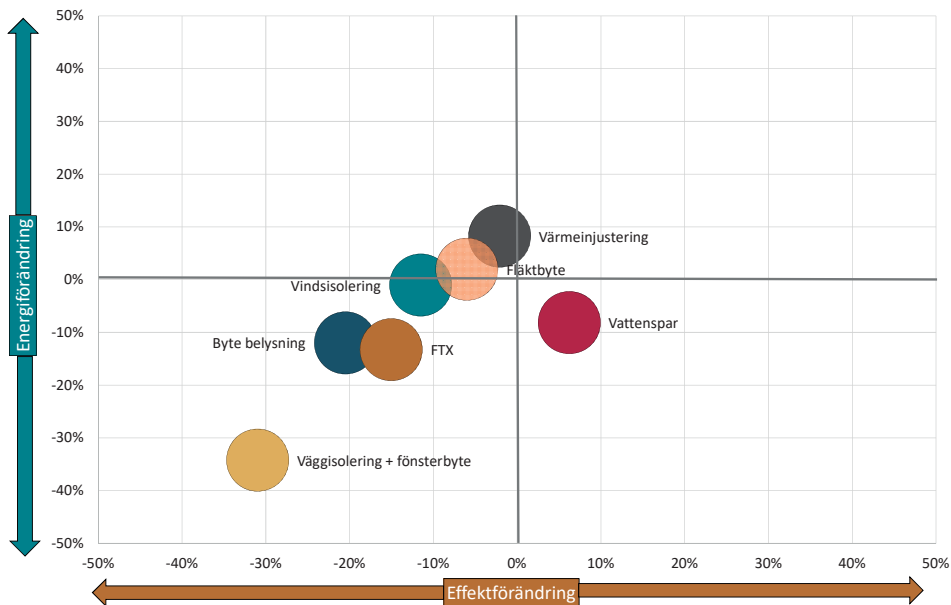
Inom denna studie har vi analyserat ett 30-tal byggnader där man har genomfört någon vanlig energieffektiviseringsåtgärd och där det har varit möjligt att få tillgång till detaljerade mätdata både före och efter åtgärdens genomförande. Vi har analyserat förändringen av både energi- och effektbehov (både el och värme). Majoriteten av de studerade åtgärderna kan delas in i sju huvudtyper; värmeinjustering, vattenspar, fläktbyte, vindsisolering, FTX, belysning, väggisolering + fönsterbyte. De genomsnittliga resultaten för dessa typåtgärder redovisas i Figur 1.

Genomsnittliga värden för respektive åtgärdstyp visar att alla åtgärdstyper påverkar effektbehovet till någon grad. Spridningen mellan enskilda utfall och

genomsnittet kan för vissa åtgärder vara relativt stor, varför det krävs en viss försiktighet med att dra allt för stora slutsatser endast utifrån denna figur.

De så kallade klimatskärmsåtgärderna (tilläggsisolering, fönsterbyte mm.) minskar energi- och effektbehovet mest, vilket inte är så oväntat då de generellt innebär de största ingreppen på byggnaden. I genomsnitt är påverkan ungefär lika stor på energi- som effektbehovet för denna typ av åtgärd. Värmeinjustering minskar effektbehovet något men i våra fall inte energibehovet. Detta utfall är det vanligaste bland de tiotal exempel vi analyserat. Det kan bero på att nyttan i form av sänkt energibehov del-

vis är dold då injustering kan förebygga en ökad energianvändning. Åtgärds-typen 'byte belysning' minskar både energi- och effektbehovet för el. Åtgärds-typen fläktbyte, som också berör el, har mycket liten inverkan på energi- och effektbehovet i de fall som analyserats. Fläktbyten verkar ofta genomföras tillsammans med andra ingrepp/åtgärder så att nettoresultatet blir mycket litet när det gäller energi och effekt. Åtgärds-typen installation av FTX har i genomsnitt ungefär lika stor påverkan på energi- och effektbehovet. Åtgärds-typen vattenspar påverkar energibehovet men har liten påverkan på effektbehovet.



Figur 1:Relationen mellan energi- och effektförändring för olika åtgärder. Cirklarna presenterar ett medelvärde av undersökta åtgärders påverkan dels på effektbehovet för värme eller el (horisontell axel), dels på energianvändningen (vertikal axel). Åtgärden 'väggisolering+fönsterbyte' innebär alltså att värme- och värmeeffektbehovet minskar med 30% i genomsnitt efter åtgärden. Åtgärden 'byte belysning' innebär att elbehovet minskar med 10% och eleffektbehovet med 20%.

Vad drar vi för slutsatser och lärdomar av detta?

- 1** Baserat på underlaget till detta projekt, tyder våra analyser på att:
 - De så kallade klimatskrämsåtgärderna (tilläggsisolering, fönsterbyte) minskar energi- och effektbehovet mest och ungefär lika mycket (i relativa tal).
 - Värmeinjustering i våra analyserade fastigheter minskar effektbehovet men inte energibehovet, dock kan en dold nytta finnas om man undviker ökad energianvändning.
 - Elåtgärder som byte av belysning minskar energi- och effektbehov medan fläktbyte verkar ofta genomföras tillsammans med andra åtgärder så att resultatet innebär ett något högre effektbehov och ingen förändring av energibehovet.
 - Installation av FTX minskar energi- och effektbehovet av värme ungefär lika mycket. Förväntat resultat beror i hög utsträckning på läget före installation.
 - Vattensparåtgärder minskar energibehovet men påverkan på effektbehovet är liten.
- 2** Många av de vanligt förekommande energibesparande åtgärderna leder idag till en minskad förbrukning av såväl energi som effekt. Något som ofta kan ses om en nytta för både fastighetsbolag och energibolag. Samtidigt är det viktigt att poängtera att ur ett miljö- och kostnadsperspektiv påverkas resultaten i hög grad av de lokala förutsättningarna.
- 3** Det faktum att man vanligtvis genomför flera olika energieffektiviseringsåtgärder samtidigt innebär att det är svårt att följa upp effekten av enskilda åtgärder. Denna utredning har visat på att det finns flera hinder som försvårar tillgängligheten av relevant data för bredare och djupare analyser, inte minst möjligheten att få ut timvärden samt den arbetsinsats som krävs av fastighetsägare för att hämta data ur relevanta databaser.
- 4** Trots svårigheten att ta fram relevant data har vi med denna studie förhoppningsvis visat att det går med ett förhållandevis begränsat underlag lyfta ett antal intressanta frågor och visa på sambandet mellan energi- och effektbehovet i byggnader.

Vi kan rikta följande uppmaningar till fastighetsbolag:

- Räkna även på effektförändringen vid planering av åtgärder, inte bara energiförändringen.
- Var tydlig med syftet för en energi-effektiviseringsåtgärd; är det förväntade resultatet att energianvändningen ska minska eller att den inte ska öka? Eller något annat (bättre inomhusmiljö osv)?
- Går det att få fram relevant mätdata för att utvärdera åtgärden? Om inte, fundera på om det är värt att investera i bättre mätutrustning för att kunna följa upp åtgärden ordentligt (i praktiken innebär detta oftast att det ska gå att få fram timvärden före och efter åtgärd).

På samma sätt kan vi rikta följande uppmaningar till energibolag:

- Diskutera även effekt varje gång ni pratar om energi med era kunder; använd exempelvis resultaten från denna rapport att relatera effekt till energi.
- Prismodellen för fjärrvärme och elnät är ett viktigt verktyg för att skapa incitament för energieffektivisering med effekt. Fundera ordentligt på hur och i vilken riktning man vill att prismodellen ska styra och lägg tid och resurser på att utforma prismodellen därefter. Ekonomiska incitament är dock inte tillräckligt, som komplement till detta krävs en tydlig och kontinuerlig kommunikation som belyser målen och tydliggör incitamenten.

Inledning

Idén till detta projekt väcktes inom Värmemarknad Sverige där projektet ville samla (och förhoppningsvis öka) kunskapen kring effekt. Frågan om effekt har lyfts av flera aktörer på värmemarknaden, inte minst energileverantörer och fastighetsägare, men få konkreta exempel om effekt har dokumenterats. Med anledning av detta identifierades ett behov av att sammanställa kunskap och erfarenheter kring energieffektivisering och effektfrågan i fastigheter, både ur ett energiproduktions- och energianvändningsperspektiv. Dessutom identifierades ett behov av att samla data om typiska energieffektiviseringsåtgärder och analysera hur både effekt- och energibehov förändrats efter en åtgärd genomförs.

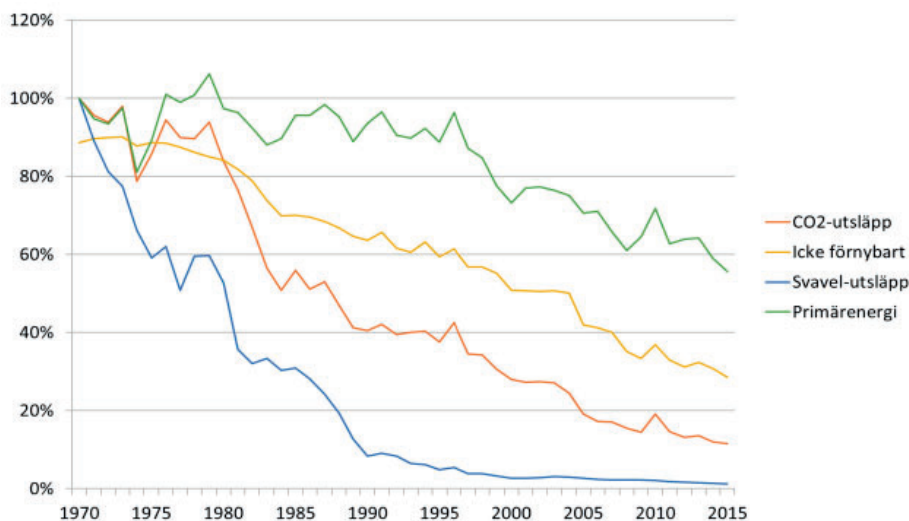
Bakgrund

Inom bygg- och fastighetsbranschen såväl som i samhället i stort finns det en strävan efter att minska energianvändningen, att energieffektivisera. Utgångspunkten är vanligtvis att minska energikostnaderna och minska den belastning som energianvändning har på vår miljö, bland annat i form av utsläpp av klimatpåverkande gaser. Exempelvis har Sverige idag en målsättning om 50 procent effektivare energianvändning 2030 jämfört med 2005. Viktigt är dock att understryka att detta mål som det nu är formulerat inte nödvändigtvis innebär en minskning av mängden använd energi i absoluta tal. Målet relaterar istället till BNP, vilket förutsatt tillräcklig ekonomisk tillväxt skulle kunna innebära att målet uppnås samtidigt som den totala användningen av energi ökar.

Bygg- och fastighetsbranschen har arbetat i många år med att minska användningen av energi och de flesta energimål har historiskt relaterats till inköpt energi räknad i enheten kilowattimmar per kvadratmeter och år. Energieffektivisering av en byggnad sker genom att en eller flera energieffektiviseringsåtgärder genomförs. Åtgärderna innebär en förändring av byggnadens konstruktion eller tekniska system (eller ändrade incitament för brukare) med avsikt att minska energianvändningen i byggnaden. Ett enkelt och väldefinierat exempel på en sådan åtgärd är att byta ut byggnadens fönster mot nya med en högre värmeisoleringsförmåga. Energieffektiviseringstakten i flerbostadshus har sedan 1970 varit ca 1% per år vilket betyder att energianvändningen redan minskat med ca 40%. I befintligt bostadsbestånd kommer energianvändningen att ha halverats under kommande årtionde om trenden fortsätter.

Parallellt med energieffektivisering i befintligt bostadsbestånd har förändringen av hur energin produceras varit betydande. Andelen förnybara bränslen i våra fjärrvärmenät och mängden el som produceras från vatten-, vind- och kärnkraft samt kraftvärme har ökat kraftigt under denna period. Utsläppen av växthusgaserna och andra föroreningar har minskat avsevärt sen 1970, se Figur 2. Denna omställning

har lett till att systemet ser helt annorlunda ut och att värdet av en sparad kWh inte är densamma idag som tidigare, varken ur ett kostnads- eller ett miljömässigt perspektiv. För att även framöver kunna genomföra framgångsrika energieffektiviseringsåtgärder måste en större vikt läggas vid vilken specifik tidpunkt som energianvändningen minskas, med andra ord måste större vikt läggas på att minska effektbehovet.



Figur 2: Index över olika hållbarhetsparametrar och hur de förändrats sen 1970 på värmemarknaden. Observera att linjen för icke-förnybart visar absoluta värden och andelen var 90% 1970. (Källa:Värmemarknad Sverige).

Syfte

Syftet med denna rapport är att öka kunskapen kring effektbehovet för värme och el i flerbostadshus, hur det påverkas av olika effektiviseringsåtgärder och vilken koppling effektbehovet har till de växthusgasutsläpp som energiförsörjning av ett flerbostadshus ger upphov till. Vår förhoppning är att resultaten kan användas för vidare diskussion och studier kring effektfrågan samt att bidra till ett mer effektivt resursutnyttjande och lägre miljöpåverkan.

Avgränsningar

Data som ligger till grund för analyserna som presenteras i denna rapport representerar flerbostadshus varför man ska vara försiktig med att tillämpa resultatet till andra typer av byggnader. Resultaten baseras på köpt energi.

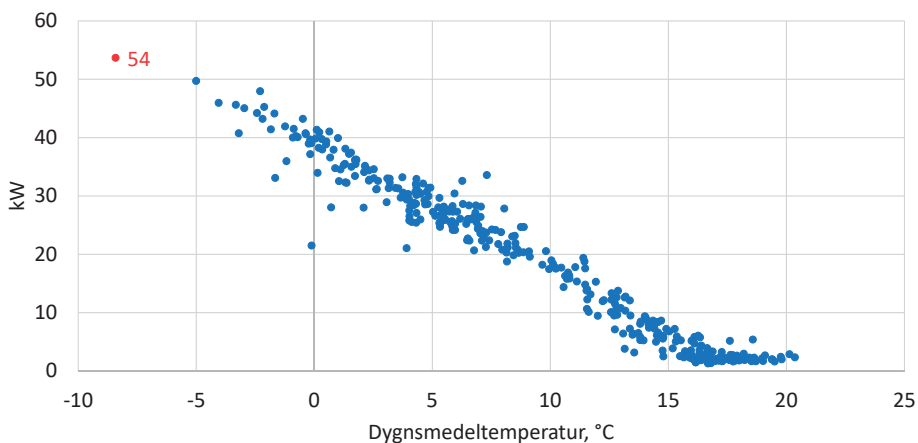
Effekt

Vad menas med effekt?

Effekt och energi är två tätt sammanlänkade begrepp där energi innebär en mängd och effekt innebär en mängd per tidsenhet. Något som kan försvåra förståelsen av effektbegreppet är att effekt kan definieras på många olika sätt. I praktiken pratar man oftast om genomsnittseffekt med olika tidsupplösning; det kan vara tim-effekt (hur mycket energi som används under en timme) eller dygnsmedel-effekt (hur mycket energi som används i genomsnitt under 24 timmar) eller någon annan upplösning (ex. månads- eller årsbasis). Teknikutveckling och digitalisering kommer möjliggöra mätning av effekt med betydligt högre upplösning i framtiden och detta kommer att leda till att nya effektmått kommer bli mer vanligt förekommande, exempelvis effektbehovet varje kvart.

Effekt och energi som begrepp är oberoende av vilken energibärare som avses. I den här rapporten diskuteras effekt utifrån de energibärare som vanligtvis levereras till flerbostadshus, nämligen fjärrvärme och el. Produktions- och distributionssystemen för fjärrvärme och el skiljer sig till stor del åt varför olika definitioner av effekt ofta behövs för respektive energibärare. Ett exempel på faktorer som styr det effektbegrepp som används är hur snabbt produktions-systemet måste svara på en förändring i användningen, ett annat är förhållandet mellan aktiv och reaktiv effekt som endast existerar i elektriska system.

Figur 3 visar *dygnsmedeleffekter* för värme och varmvatten alla dagar under ett år i ett typiskt flerbostadshus (köpt energi). Ju lägre utetemperaturen är (vågrät axel), desto mer effekt behövs för att tillgodose behovet, dvs. upprätthålla en viss önskad temperatur inomhus samt leverera tappvarmvatten.



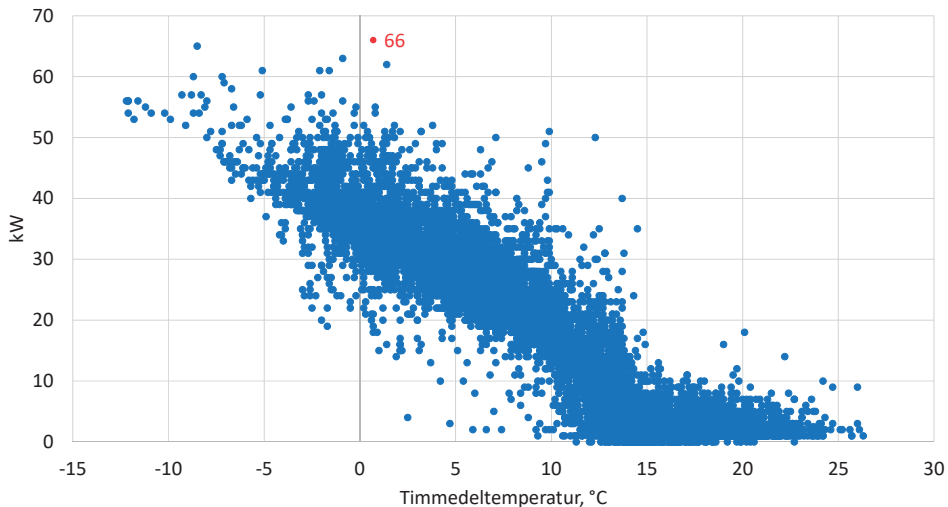
Figur 3: Dygnsmedeleffekter för ett typiskt mindre flerbostadshus i södra Sverige som värms med fjärrvärme.

Värmeeffekt – ett exempel

Exempelvis behövde detta flerbostadshus förses med i genomsnitt 54 kW värme under det dygnet då medeltemperaturen var ca -8°C (röd punkt). Att veta hur mycket effekt en fastighet kan behöva vid en viss utetemperatur är användbart dels som ett nyckeltal för att jämföra fastigheters energiprestanda, dels som ett mätvärde för att beräkna kostnaden för fjärrvärme, eftersom många prismodeller för fjärrvärme idag innehåller en priskomponent för effekt. Det finns fall där även eleffekten har betydelse för elnätskostnaden. Vidare kan man i figuren se att när utetemperaturen är över ca $+16^{\circ}\text{C}$, är effektbehovet inte längre beroende av utetemperaturen. Detta beror på att huset inte längre har ett uppvärmningsbehov utan den värmeeffekt som behövs är för produktion av varmvatten, vars behov i flerbostadshus är relativt konstant under året.

I Figur 4 visas istället timeffektbehovet för samma byggnad som i föregående figur.

Korrelationen mot utetemperaturen är fortfarande relativt stark men här finns en större variation jämfört mot dygnsmedeleffekterna från föregående figur. Variationen beror dels på att varmvattenanvändningen varierar under dygnens olika timmar, dels på grund av att värmebehovet också varierar under dygnet (exempelvis kan byggnaden få ett betydande tillskott av värme via solinstrålning under vissa timmar vilket minskar behovet av uppvärmning). På grund av denna variation framgår det att den högsta timeffekten uppstod vid ca $+1^{\circ}\text{C}$ (röd punkt). Detta värde är användbart för att exempelvis dimensionera värmeväxlarna i fjärrvärme-



Figur 4: Timeffekter för ett typiskt mindre flerbostadshus i södra Sverige som värms med fjärrvärme

centralen så att de klarar av att leverera denna effekt när behovet uppstår eller som indata till ett styrsystem som försöker begränsa det maximala effektbehovet. Husets årliga energibehov är summan av alla timeffekter i Figur 4.

Eleffekt – ett exempel

I Figur 5 visas *timeffekt*behovet för fastighetsel i ett typiskt flerbostadshus. I fastighetsel ingår vanligtvis el till ventilationsfläktar, belysning, hiss, pumpar och ibland ingår även el till gemensam tvättstuga, motorvärmare eller andra fastighetstjänster. Olika typer av aktiviteter eller installationer har olika effektbehov vid olika tidpunkter under dygnet. I detta exempel finns en gemensam tvättstuga i byggnaden.

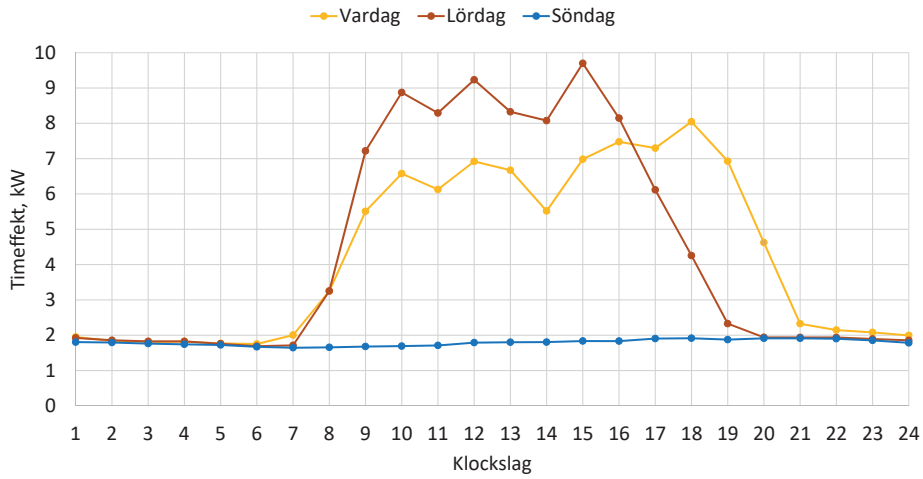
I detta flerbostadshus är det möjligt att boka tvättstugan på vardagar och lördagar mellan kl 7-22 och eleffekten under dessa timmar är hög eftersom tvättmaskiner och torktumlare används.

Effektbehovet under övriga timmar och på söndagar består av el till pumpar och fläktar, till belysning och till hiss.

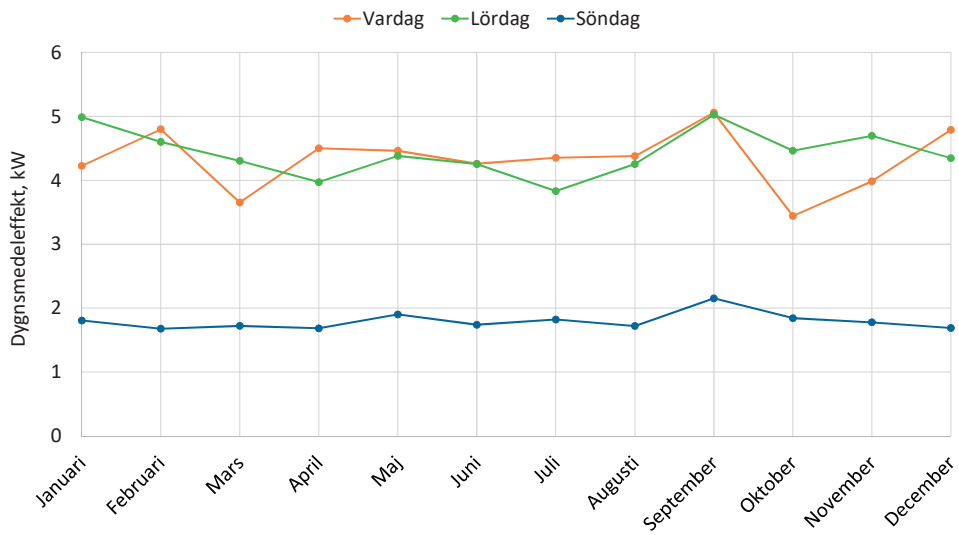
Notera att det en eller flera gånger under dygnet inträffar att effektbehovet i huset når en topp (exempelvis lördagar kl 15), dvs. under vissa tider på dygnet är det många aktiviteter och installationer som behöver effekt samtidigt. Det är användbart att veta vilket högsta eleffektbehov huset har för att till exempel dimensionera säkringar eller räkna ut kostnaden för elnät eftersom många prismodeller för elnät innehåller av en komponent för effekt.

I Figur 6 visas istället dygnsmedeleffekten för fastighetsel för varje månad i samma flerbostadshus som i föregående figur.

” I fastighetsel ingår vanligtvis el till ventilationsfläktar, belysning, hiss, pumpar och ibland ingår även el till gemensam tvättstuga, motorvärmare eller andra fastighetstjänster.



Figur 5: Eleffektbehovet per timma, räknat som medel av alla timmar under året, för fastighets-el för ett typiskt flerbostadshus i södra Sverige, uppdelat på veckodagar.



Figur 6: Medel dygnsmideleffekt över året, fördelat på vardagar, lördag och söndag från ett typiskt flerbostadshus i södra Sverige.

Av denna figur framgår en något annorlunda bild av flerbostadshuset. Elanvändningen per dygn över årets alla månader förefaller relativt konstant. I vissa flerbostadshus är eleffektbehovet lägre under sommarperioden eftersom mindre eleffekt går till utebelysning, vilket dock inte är fallet i Figur 6.

Kunskapsläget om effekt

Kunskapen om hur energibehovet påverkas av effektiviseringsåtgärder är relativt väl dokumenterad. Men det finns få rapporter eller studier som har följt upp hur effektbehovet påverkas av effektiviseringsåtgärder i flerbostadshus. Vi har i vår litteraturstudie funnit några exempel:

- I BeBo rapporten "*Ett hus, fem möjligheter*"¹ beräknas effektbehovet före och efter olika effektiviseringsåtgärder som till exempel tilläggsisolering av ytterväggar och vind, byte till bättre fönster, installation av från- och tilluftsventilation med återvinning av värme från ventilationsluften (FTX) samt installation av värmepump. Resultaten beräknas för ett fiktivt typhus och med schablonvärden för vilken effektförändring som bör uppstå till följd av en energieffektiviseringsåtgärd. Resultaten redovisas som byggnadens nettobehov, dvs inte köpt energi.
- Beloks rapport "*Effekthantering i lokaler: Påverkan på eleffekttoppar genom elbilsaddstationer och energilager*"² Rapporten gav exempel på åtgärder som kan tillämpas för att minska eleffektbehovet i lokaler.

Att dokumentationen kring effektförändring till följd av energieffektivisering är sparsam betyder inte att kunskapen saknas. Enligt Profus erfarenhet genom kontakter med fastighetsägare och energileverantörer finns det mycket kunskap hos enskilda personer som arbetar med energifrågor. Exempelvis svarade flera stora fastighetsägare i Göteborg i en intervjuserie³ att de är medvetna om olika åtgärders påverkan på värmeeffektbehovet och att de arbetar aktivt för att minska effektbehovet, inte minst genom bättre styrning av installationer i byggnaderna. Skälet de flesta uppgav var att prismodeller för fjärrvärme och elnät skapar incitament för att minska effektbehovet. En fastighetsägare nämnde att de kommer utreda hur ett 'effektmål' kan formuleras. På frågan om varför fler fastighetsägare inte har uttalade effektmål svarade en annan fastighetsägare att konceptet inte är lika vedertaget och är därför svårt att kommunicera ut både internt och externt.

¹ Källa: BeBo

² Källa: BeLok

³ Intervjuer genomförda av Profu i olika sammanhang där frågan om effekt lyftes

Produktion

För att öka förståelsen av hur effekt och energi relaterar till varandra och till miljön är det viktigt att redogöra för hur produktionen för respektive energibärare ser ut och fungerar.

Fjärrvärme

Fjärrvärmesystem är lokala system. Med detta menar vi att ett visst fjärrvärmesystem i princip inte alls påverkas av andra fjärrvärmesystem. Det innebär också att fjärrvärmesystemen skiljer sig från varandra med hänsyn till vilken sorts produktionsanläggningar respektive system har. Att produktionsanläggningarna varierar mellan olika fjärrvärmesystem beror av historiska och geografiska skäl. I orter som historiskt haft industri med möjlighet att leverera restvärme från industriprocesserna, har produktionsanläggningarna för fjärrvärme byggts för att kunna ta vara på denna restvärme. Ett typexempel på detta är Luleå där man till stor del värmer staden genom att använda restvärme från SSABs processer. På andra orter har produktionen av fjärrvärme istället baserats på möjligheten att förbränna avfall eller biobränslen.

Tätt kopplat till variationen av fjärrvärmesystem är variationen av prismodeller för fjärrvärme. Prismodellens uppbyggnad beror dels på kostnader som produktionen har, inte minst bränslekostnaden, dels på energiföretagets affärsstrategier. Olika prismodeller skapar olika incitament för effektivisering hos fjärrvärmekunder. Som nämndes tidigare innehåller många prismodeller en komponent som debiteras enligt fjärrvärmekundens effektuttag vilket skapar incitament för att minska effektbehovet.

Elektricitet

Till skillnad från fjärrvärme är elsystemet sammanlänkat, inte bara inom hela Sverige utan även över nationsgränserna i Europa. Detta innebär till viss grad att elanvändningen i Sverige påverkar produktionen i exempelvis norra Tyskland och vice versa. Under perioder när effektbehovet är högt i Sverige ökar importen av el från länder som Tyskland, Polen och Danmark. Även om elsystemet är sammanlänkat är det också segmenterat och det kan uppstå brist- och överskottssituationer på regional eller lokal nivå när lokal produktionskapacitet eller överliggande överföringskapacitet i elnätet inte räcker till. I takt med att utvecklingen går mot en ökad andel variabel produktionskapacitet blir det sannolikt så att vi blir mer beroende av internationell sammankoppling för att tillgodose vårt behov av eleffekt.

Prissättning och kostnader för elanvändning består av flertal komponenter. Variationen på hur prismodellerna för elnät är uppbyggda är relativt liten inom Sverige. En huvudsaklig kostnadspost är elnätsavgiften som kan innehålla komponenter som beror på effektbehovet. Till skillnad från kostnaden för fjärrvärme så är det ofta flera olika aktörer inblandade i produktionen, leveransen och prissättningen av elenergin samt distributionen av denna.

Växthusgasutsläpp från fjärrvärme

Värmeproduktionen i fjärrvärmesystem sker idag till största del med förnyelsebara bränslen eller genom energiåtervinning. De rena fossila bränslena har förskjutits till marginalen i produktionen och används bara under den kallaste delen av året då annan produktionskapacitet inte räcker till samt vid driftstörningar i annan produktion. Figur 7 illustrerar grovt hur bränsleanvändningen kan se ut i ett typiskt fjärrvärmesystem.

I ett sådant fjärrvärmesystem uppstår merparten av växthusgasutsläppen när effektbehovet överstiger en viss nivå (i exemplet ovan är det värdet 700). Konsekvensen av detta är att utsläppen i hög grad enbart påverkas av energieffektivisering som minskar effektbehovet under perioden december-mars. I verkliga fjärrvärmesystem har de flesta idag en ren fossil andel på mindre än 5% och ett flertal har en andel på mindre än 1%.

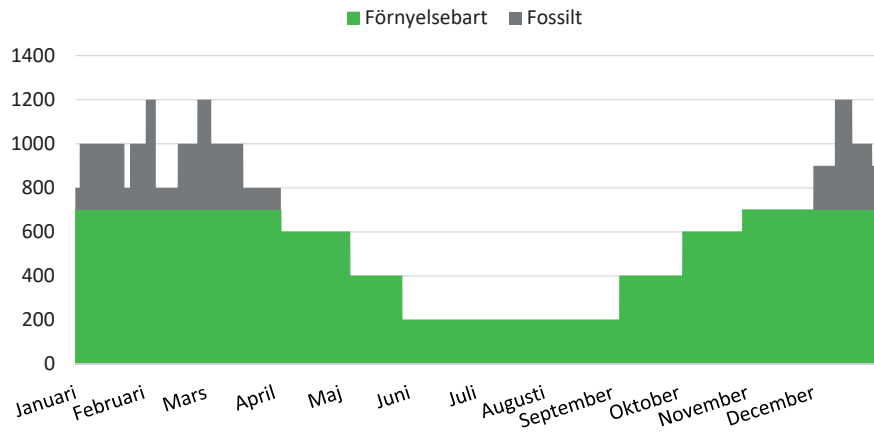
För att visualisera hur olika åtgärder kan påverka effektbehovet visas ett fiktivt exempel i Figur 8. I figuren visas två energieffektiviseringsåtgärder som minskar energianvändningen lika mycket över året.

Den gula åtgärden minskar användningen av varmvatten och minskar därmed energibehovet ungefär jämnt över året. Om vi knyter ihop detta med Figur 7, innebär det att endast energin som minskas under perioden dec-mars påverkar utsläppen av växthusgaser. Dessutom minskar åtgärden det högsta effektbehovet (vid -15°C i figuren) med endast 6% vilket frigör relativt lite kapacitet under de timmar eller dygn då hela systemet behöver mycket effekt.

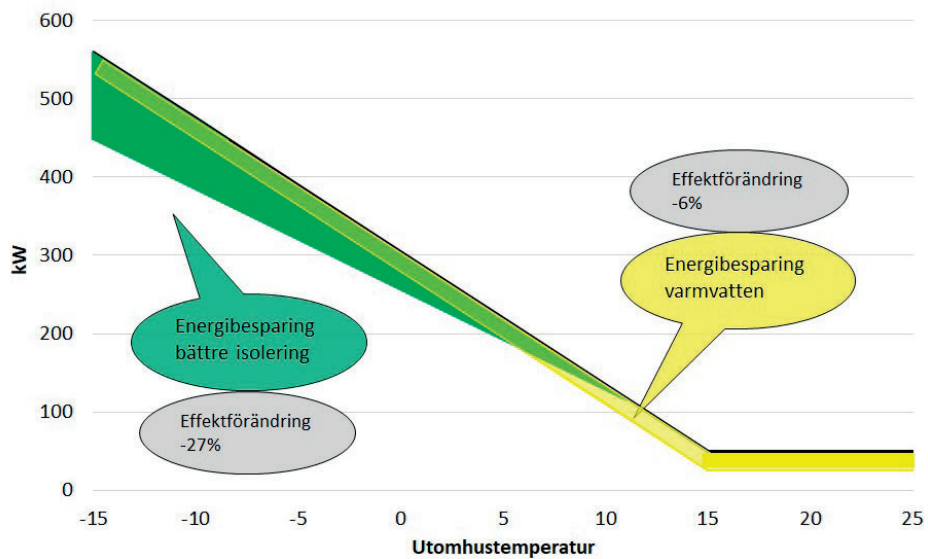
Den gröna energieffektiviseringsåtgärden förbättrar isoleringen i fastigheten och minskar främst energibehovet under perioden nov-mars (dvs. då utomhustemperaturen ligger under ca $+10^{\circ}\text{C}$). Med andra ord kan en stor del av energiminskningen ha påverkan på växthusgasutsläppen. Notera även effektminskningen. Båda åtgärderna minskar energibehovet lika mycket men den gröna åtgärden minskar det högsta effektbehovet många gånger mer än den gula åtgärden.

Effektminskningen i en enda byggnad påverkar inte fjärrvärmesystemet särskilt mycket men om ett helt fastighetsbestånd genomför den gröna åtgärden blir påverkan på fjärrvärmesystemet stor. Då skulle inte bara utsläppen av växthusgaser påverkas utan även vilken tillgänglig kapacitet systemet har. Genom att frigöra produktionskapacitet i det befintliga beståndet kan det möjliggöra anslutning av nybyggda hus utan behov av investering i nya produktionsanläggningar.

Observera att exemplen i Figur 7 och Figur 8 endast är fiktiva. På grund av variationen mellan olika fjärrvärmesystem är det svårt att dra generella slutsatser kring potentiellt minskade växthusgasutsläpp till följd av energieffektivisering. Istället måste respektive fjärrvärmesystems förutsättningar beaktas.



Figur 7: Produktionsmix i en fiktiv fjärrvärmearläggning. I förnyelsebart kan ingå olika former av restvärme eller biobränslen medan fossilt kan bestå av exempelvis naturgas.



Figur 8: Exempel på två fiktiva åtgärders påverkan på dygnsmedeleffekten i ett fiktivt flerbostadshus.

Växthusgasutsläpp från elproduktion

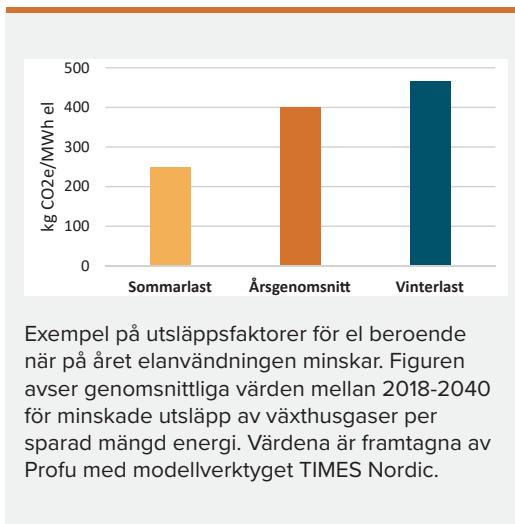
Att skapa sig en korrekt bild av de resulterande utsläppen av växthusgaser från förändrad elanvändning eller produktion är en komplex uppgift. I grund och botten beror detta på vilken typ av elproduktion som måste sättas in för att tillgodose en ökad användning eller vilken typ av elproduktion som trycks undan när en annan typ elproduktion ökar. Komplexiteten i beräkningarna beror på det nordeuropeiska elsystemets storlek som har ett väldigt stort antal sammankopplade producenter, distributörer och användare, samt att den elektriska energi som konsumeras av en viss användare inte kan spåras tillbaka till en enskild produktionskälla utan har producerats i en stor mängd produktionskällor av olika slag på olika platser. Idag finns både nationella och internationella system för ursprungsmärkning och ursprungsgarantier för el. Syftet med ursprungsmärkning är att kunden enkelt ska kunna se varifrån elen kommer, och på så sätt enklare kunna välja elavtal utifrån vilka effekter elproduktionen har haft på miljön. Alla elhandlare är skyldiga enligt lag att redovisa sin totala produktion, det vill säga om elhandlaren har valt att köpa någon specifik el, eller om de bara köper den nordiska mixen och säljer den vidare. Ursprungsgarantier är elektroniska handlingar som används för att garantera ursprunget på el vid handel med elenergi. I Sverige får elproducenter en ursprungsgaranti av staten för varje producerad MWh el som sedan kan säljas på en öppen marknad. Elhandelsföretag kan köpa sådana garantier och annullera dessa i samband med försäljning av el till slutkund. I många fall så kan slutkunden betala en premie för att garantier för förnybar el annulleras i samband med deras köp av el. Grundtanken är att merkostnaden för den förnyelsebara elen ska användas för att tillföra elsystemet resurser för att öka produktionskapaciteten av förnyelsebar el, sk konsumentstyrd elproduktion. Detta fungerar dock inte i praktiken. Idag tas garantier för förnyelsebar elproduktion ifrån ett befintligt överskott, med andra ord så finns den förnyelsebara elen redan idag oberoende av att konsumenten aktivt har valt "grön el". Många elleverantörer annullerar också ursprungsgarantier för förnybar el även för kunder som inte köper "grön el". Detta återspeglas även i prisskillnaden mellan vanlig el och "grön el" som är mycket liten.

Om man analyserar marginalelen, dvs. den produktionsenhet som skulle påverkas om användningen ökade eller minskade vid en viss tidpunkt i Sverige, så kan denna variera i princip från timme till timme beroende på en rad faktorer som t.ex. bränslepriser, väderlek och tillgång på vatten i vattenkraftsmagasin m.m.

De maximala effekttopparna i det svenska elsystemets noteras vanligtvis under årets kallaste månader då en betydande andel av elanvändningen går till uppvärmning. Det är typiskt under sådana perioder som vi importerar större mängder el från våra grannländer. Detta innebär att en åtgärd som leder till ett minskat effektbehov huvudsakligen under vintern har en större påverkan på utsläppen av växthusgaser (se faktarutan t.h.).

I ett längre perspektiv kommer elsystemet utvecklas, både i Sverige och Europa, och detta kommer öka komplexiteten av att beräkna utsläppen ännu mer (högre andel variabel produktionskapacitet och högre grad av sammankoppling mellan regioner/nationer).

Den elanvändning som berörs i denna rapport är el till fastigheten. Till skillnad från hushållsel (som är den el som förbrukas av de boende till belysning i hemmet, elektriska apparater etc.) har de boende i huset liten möjlighet att påverka användningen av fastighetsel. De flesta flerbostadshus i Sverige värms med fjärrvärme men värmepumpar förekommer också och i sådana fall räknas även elanvändning till dessa som fastighetsel.



Underlag och metod

Underlaget för projektet har i huvudsak varit värden för energianvändning på timbasis för köpt fjärrvärme eller köpt el till specifika fastigheter. Dessa data har levererats av medlemmarna i referensgruppen tillsammans med information om vilken typ av energieffektiviseringsåtgärd som genomförts. Värden som levererats har omfattat flera år där minst ett år representerar mängden köpt energi före genomförd åtgärd och minst ett år representerar mängden köpt energi efter åtgärd.

Profu har därefter analyserat mätvärdena och aggregerat timvärden till dygnsmedelvärden (för att bland annat kunna beräkna dygnsmedeleffekt), grupperat värdena efter veckodagar (måndag-söndag) samt efter vardag respektive helg. Vidare har årsvärden normalårskorrigerats enligt SMHI:s energiindex. Förändringen i energibehov har beräknats som differensen mellan normalårskorrigerad förbrukning före och efter åtgärd.

Förändringen i effektbehov för åtgärder som påverkar effekten har beräknats som differensen i timmedeleffekt mellan klockslag 22-06, före och efter åtgärd. Detta för att i största möjliga mån utesluta elanvändningen av andra installationer som främst används under dagtid, som exempelvis tvättstuga.

En svårighet med uppföljning av elåtgärder är att det sällan finns så kallad 'undermätning' av el inom fastigheten så att det är möjligt att särskilja hur mycket el som används till belysning respektive ventilation respektive hiss osv. Vi har därför följt upp elanvändningen endast på huvudabonnemanget för fastighetsel. Detta försvårar tolkningen av resultatet om elanvändningen påverkats av andra faktorer än åtgärden som vi försöker analysera. Exempelvis kan resultatet för en åtgärd på ventilationsfläktarna vara svårt att tolka om tvättutrustningen som finns i fastigheten använts annorlunda före och efter åtgärd. Vi har därför, då det varit möjligt, försökt kontrollera för förändringar i elanvändning som inte berott på åtgärden. Dels genom att studera förändringen per timma under olika delar av dygnet, dels genom att jämföra utfallet med vad vi teoretiskt förväntar oss från åtgärden.

Förändringen i effektbehov för åtgärder som påverkar värmeeffekten har beräknats som skillnaden mellan dygnsmedeleffekt vid DUT3⁴ före och efter åtgärd.

⁴ Dimensionerande utetemperatur beräknad som ett medel av tre dygn. Källa: Boverket

I de fall då det varit nödvändigt att konvertera bostadsyta till uppvärmd yta (A_{temp}) har vi använt faktorn 1,15. Dvs en bostadsyta på 100 m^2 motsvarar $115 \text{ m}^2 A_{temp}$.

Vi har valt att redovisa förändringen av totaleffekten för värme respektive el. Med andra ord, om en åtgärd endast påverkar effektbehovet för varmvatten, redovisar vi resultat som förändringen av den totala effekten som består av både varmvatten och uppvärmning. Om en åtgärd endast påverkar el till fläktar, jämför vi ändå förändringen av den totala effekten som inkluderar el till belysning, pumpar och annat. Anledningen till detta val beror främst på att det är den totala effekten som mäts och därför är det enklast att jämföra våra resultat om de anges som procent förändring av total effekt.

Nackdelen med detta förfarande är att skillnaden i effektbehov uttryckt i procent kan uppvisa större variation när det mäts på totaleffekten jämfört med om vi hade mätt skillnaden på den deffekten som respektive åtgärd egentligen påverkar. Exempelvis om en åtgärd halverar effektbehovet för varmvatten i ett flerbostadshus där effektbehovet för varmvatten motsvarar 10% av totaleffektbehovet, då blir den procentuella minskningen av totaleffektbehovet 5% ($50\% * 10\%$). Men samma åtgärd i ett annat flerbostadshus där effektbehovet för varmvatten istället är 5% av totaleffektbehovet, kommer den procentuella minskningen av totaleffektbehovet bli 2,5% ($50\% * 5\%$). Detta ger då sken av att åtgärden i det andra huset var hälften så effektiv när den i verkligheten hade samma påverkan i båda fall.

Trots denna nackdel anser vi att ett medelvärde av flera åtgärders procentuella förändring ger en tillräckligt representativ bild av åtgärdens påverkan. I de fall då vi har för få exempel av en åtgärd, kompletterar vi resultatet med en kort analys för att säkerställa att förändringen av effektbehovet kan anses representativt.

Vissa åtgärder genomförs som "paket" tillsammans med andra energiåtgärder. Ju fler åtgärder som genomförs tillsammans desto svårare är det att analysera den enskilda åtgärdens verkan. Byggnader där fler än två (kända) åtgärder utförts samtidigt har därför inte ingått i analysen.

Vidare har vi uppskattat energibehovet för varmvatten genom att summera mängden köpt energi under de dygn då medeltemperaturen varit $+15^\circ\text{C}$ eller högre. Vi har sedan skalat upp denna mängd för att representera alla dygn på ett år.

Energieffektiviseringsåtgärder

Det finns många olika energieffektiviseringsåtgärder som kan genomföras i flerbostadshus. I Tabell 1 visas de åtgärder som vi analyserat i denna rapport samt hur många exempel av respektive åtgärdstyp som vi haft möjlighet att analysera.

Tabell 1: Åtgärder som analyserats

Åtgärd	Åtgärds-kategori	Beskrivning	An-tal	Variation i syfte och utfall
Injustering värmesystem	Värme och varmvatten	Åtgärden innebär att fördelningen av värme till olika lägenheter och även till olika radiatorer i lägenheterna ses över och justeras så att varje rum får rätt mängd värme från värmesystemet. En lyckad värmeinjustering innebär att varje rum håller korrekt inomhustemperatur under perioden då det finns ett uppvärmningsbehov för byggnaden.	9	Stor
Vattenspar	Värme och varmvatten	Åtgärden innebär att befintliga vattenarmaturer och toalett ses över och kompletteras vid behov med snålspolande utrustning. I åtgärden ingår även inventering och lagning av eventuella läckor.	2	Stor
Tilläggsisoler-ing ytterväggar	Kli-matskärm	Åtgärden innebär att ny isolering ersätter eller kompletterar befintlig isolering med resultatet att den nya ytterväggens isolerande förmåga höjs.	5	Liten
Fönsterbyte	Kli-matskärm	Åtgärden innebär att befintliga fönster byts ut mot nya fönster med bättre isolerande förmåga och högre täthet.	5	Liten
Tilläggsisole-ring vind	Kli-matskärm	Åtgärden innebär att ny isolering ersätter eller kompletterar befintlig isolering med resultatet att vindens isolerande förmåga höjs.	4	Medel

Åtgärd	Åtgärds-kategori	Beskrivning	An-tal	Variation i syfte och utfall
Ventilation med värmeåtervinning (FTX)	Ventilation	<p>Åtgärden innebär att ett ventilationssystem med till- och frånluft installeras. Oftast saknas befintliga tilluftskanaler varför dessa måste monteras medan man utnyttjar befintliga frånluftskanaler. Värmen som finns i frånluften återvinns i en värmeväxlare och används till att förvärma tilluft.</p> <p>Åtgärden innebär oftast ett ökat elbehov i befintliga hus antingen för att huset saknade ventilationsfläktar före åtgärd eller för att elbehovet till FTX-aggregatet är större än elbehovet var till befintlig fläkt.</p>	3	Stor
Belysningsbyte	El	Åtgärden innebär byte av befintlig belysning till mer energieffektiv belysning. Oftast innebär åtgärden även att styrningen av belysningen optimeras.	4	Liten
Fläktbyte	El	Åtgärden innebär att befintliga ventilationsfläktar byts ut mot mer energieffektiva nya fläktar. Oftast innebär åtgärden även att styrningen av ventilationen optimeras.	2	Liten

Det är viktigt att komma ihåg att åtgärder som kan utföras i energieffektiviserings-syfte också kan utföras i andra syften. En injustering av värmesystemet kan göras för att minska energianvändningen men kan också göras för att öka komforten inomhus. Ett fläktbyte kan exempelvis göras för att minska energianvändningen men kan också göras för att uppnå högre luftflöden i byggnaden. Utan detaljerad kunskap om syftet för genomförande av åtgärden kan det därför vara problematiskt att utvärdera åtgärdens verkan endast ur ett energi-/effektperspektiv. Om syftet med åtgärden primärt varit att öka komforten i en byggnad är det kanske felaktigt att kategorisera resultatet som bra eller dåligt endast utifrån energi- eller effektförändringen.

Resultat av undersökta åtgärder

Nedan visar vi resultat för de åtgärder som vi analyserat inom projektet. Vi visar först resultatet av respektive åtgärd i detalj och grupperar sedan resultaten för liknande typer av åtgärder. Resultaten vi redovisar i detalj avser utvalda exempel som vi bedömer är representativa för respektive åtgärd. För att läsaren ska få en känsla av hur stora flerbostadshus olika exempel avser, anger vi bostadsytan för respektive exempel. Bostadsyta är den yta som bland annat hyresnivåer bestäms efter. I nästa kapitel visar vi resultatet av samtliga exempel på åtgärder.

Observera att olika åtgärder kan ha olika variation i utfall beroende på förutsättningar (se Tabell 1) och även i de fall vi har flera exempel på en åtgärd bör man vara försiktig med att generalisera resultaten nedan alltför brett. En annan osäkerhet som finns i resultaten härstammar från att förändringar kan ha genomförts i de byggnaderna vi analyserat som varken vi eller ens fastighetsägaren har dokumenterat. Exempelvis kan styrparametrar förändrats löpande och påverkat energianvändningen mellan de åren vi analyserar för en specifik åtgärd. Vår förhoppning är att vi ändå har tillräckligt många olika exempel för respektive åtgärd att åtgärdens genomsnittliga påverkan är relevant.

Injustering värme

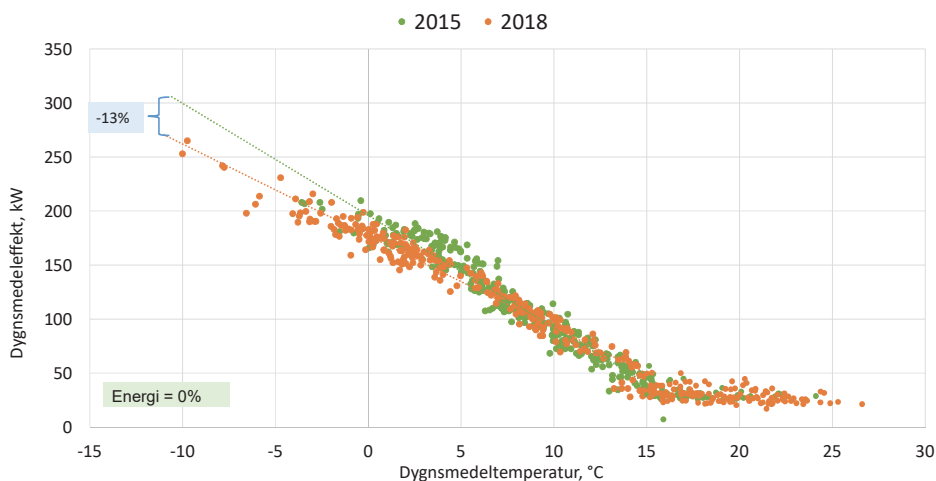
Värmeinjustering, ibland kallat värmebalansering, innebär att fördelningen av värme till olika lägenheter och även till olika radiatorer i lägenheterna ses över och justeras så att varje rum får rätt mängd värme från värmesystemet. En lyckad värmeinjustering innebär att varje rum håller korrekt inomhustemperatur under perioden då värme måste tillföras till byggnaden. Anledningen till att värmeinjustering behöver göras, speciellt i flerbostadshus, är dels för att lägenheter befinner sig olika långt från värmecentralen, dels på grund av att lägenheters förutsättningar är olika i olika delar av byggnaden. En lägenhet som befinner sig på husets gavel har fler väggar som är exponerade mot den kalla sidan jämfört med en lägenhet som är i mitten av huset. Även om lägenheterna är lika stora behöver lägenheten med fler ytterväggar mer värmeeffekt. Temperaturen och trycket på värmevattnet till radiatorerna är som högst när det når lägenheten som är närmast värmecentralen men som lägst när det når lägenheten som är längst bort från centralen (även om temperaturminskningen är relativt liten). För att inte alla dessa variationer ska ha negativ påverkan på komforten inomhus behöver en värmeinjustering genomföras.

Värmeinjustering behöver göras både i nybyggda hus och i befintliga byggnader där förändringar i värmesystemet genom året lett till att fördelningen av värme mellan lägenheter, och även inom lägenheter, inte längre är tillfredställande. Eftersom värmeinjustering är en åtgärd som är relativt tidskrävande (man måste komma åt varje radiator i hela huset för att utföra justeringen) är det sällan en

åtgärd man genomför som ett första steg vid problem eller klagomål. Istället försöker man först lösa problem i den eller de lägenheter som berörs. Ibland (eller ofta) kan inte problemet lösas på ett enkelt sätt i en lägenhet utan temperaturen på värmevattnet till radiatorerna (hädanefter kallad framledningstemperatur) måste höjas för att upprätthålla tillfredställande inomhustemperatur. Men att höja framledningstemperaturen innebär att samtliga lägenheter i huset tillförs mer värme och att energianvändningen för uppvärmning ökar. Det är först när ett antal sådana temperaturhöjningar gjorts under åren på grund av obalanser i värmesystemet som det kan bli lönsamt att genomföra en värmeinjusterings.

Kostnadsbesparingen kommer i sådana fall från möjligheten att åter kunna sänka framledningstemperaturen och därmed minska kostnaden för uppvärmning. Ytterligare en kostnadsbesparing kan göras genom minskat antal klagomål relaterade till inomhustemperatur som behöver hanteras. I Figur 9 visas dygnsmedeleffekter i ett flerbostadshus med fjärrvärme före och efter värmeinjusterings. Åtgärden genomfördes under 2016. Huset har en BOA på 5882 m².

Energibehovet är oförändrat på 137 kWh/m²·år (bostadsyta). Detta resultat kan verka kontraintuitivt eftersom injusterings ofta anses vara en energieffektiviseringsåtgärd men detta är det mest typiska resultatet bland de exempel vi tittat på. Notera att det finns en viss variation mellan resultaten i olika byggnader. Vi går igenom variationerna i avsnittet 'Sammanställning av resultat'.



Figur 9: Dygnsmedeleffekter före och efter värmeinjusterings i ett flerbostadshus med fjärrvärme.

Eftersom både förutsättningarna och syftet för värmeinjustering kan variera, är det svårt att svårt att ange vad resultatet i form av minskat energibehov bör vara. Ibland pratar man i generella termer att besparingen från värmeinjustering brukar vara 5-10% av energibehovet. Men om målet med injusteringen är endast att fördela energianvändningen mellan olika lägenheter, är det mer rimligt att energibehovet inte förändras eftersom framledningstemperaturen inte kan sänkas. Värmeinjusteringen är i sådana fall en förebyggande åtgärd, dvs man fördelar värmen i huset innan man tvingas höja framledningstemperaturen för att säkerställa god komfort i lägenheter som är mest utsatta. Besparingen blir då den mängden energi som man *undviker* tack vare injusteringen.

I Figur 9 ser vi också att effektbehovet vid -11°C (som är DUT3 i Göteborg) minskat från 310 kW (grön linje) till 270 kW (orange linje), en minskning med 40 kW eller -13%. Effektbehovet inkluderar i detta fall även effektbehovet för varmvatten, vilket inte påverkas av åtgärden. Om vi istället relaterar till *effektbehovet för uppvärmning* har det minskat från ca 280 kW till 240 kW, en minskning med -15%.

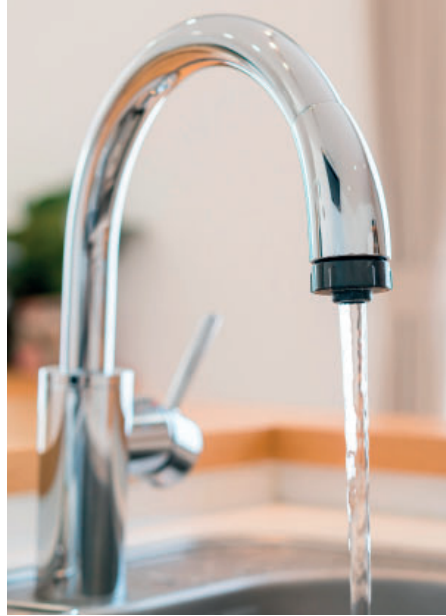
Att effektbehovet minskar så pass mycket men inte energibehovet kan bero på att fastighetsägaren i samband med värmeinjusteringen ändrar framledningstemperaturen genom att sänka den vid låga utetemperaturer och eventuellt höja vid högre temperaturer (notera exempelvis skillnaden mellan de gröna och orangea punkterna vid ca -5°C och vid $+10^{\circ}\text{C}$). Detta är inget vi har fått uppgift om men vet av tidigare erfarenheter att det är relativt vanligt att detta görs.

En effektminskning med -15% kan grovt approximeras med en -15% minskning av inomhustemperaturen. Om vi antar att framledningstemperaturen före värmeinjusteringen var inställd så pass högt att värmesystemet vid -11°C kunde hålla en inomhustemperatur på 24°C , innebär en sänkning med -15% att inomhustemperaturen nu 'endast' skulle bli ca 20°C under de (relativt få) dagarna då utetemperaturen är -11°C . Även om vi antar att framledningstemperaturen var inställd att hålla inomhustemperaturen före åtgärden till 21°C vid -11°C , kan det fortfarande vara möjligt att tillåta en -15% minskning (till 18°C i så fall) under korta tidsperioder, exempelvis ett dygn, utan att det skulle påverka inomhuskomforten märkbart. Besparingen i uppvärmningskostnader skulle däremot vara märkbar från en sådan åtgärd.

Vattensparåtgärder

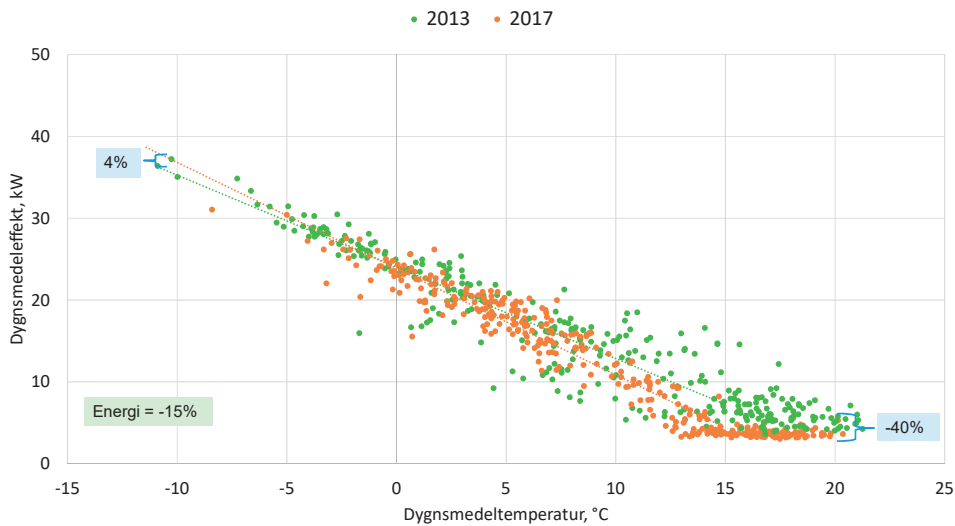
Vattensparåtgärder är egentligen ett samlingsbegrepp för flera olika åtgärder vars syfte är att effektivisera användningen av vatten i byggnaden. Några exempel på åtgärder är:

- installation/byte av utrustning till kök-, bad- och tvättställblandare som begränsar flödet av tappvatten utan att göra för stort avkall på vattentrycket,
- installation/byte till toalettstolar med två nivåer på vattenvolym som spolat vilket kan halvera mängden vatten som spolat över tid.
- lagning av läckor
- installation av varmvattencirkulation för att minska mängden tappvatten som behöver spolat i respektive lägenhet innan tillräckligt varmt vatten kommer fram till blandaren. Detta innebär dock att energianvändningen ökar.
- åtgärder som skapar incitament för att förändra beteendet hos boende, som individuell mätning och debitering.



Vattensparåtgärder har vanligtvis märkbar besparingspotential och kostnaden för genomförandet är ofta relativt låg. Även om de flesta åtgärderna kräver besök i varje lägenhet är det relativt enkelt och tidseffektivt att genomföra åtgärder på blandare och annan vattenutrustning. Normalt genomför man vattensparåtgärder när man identifierat hög vattenanvändning i byggnaden. Eftersom kostnaden för varmvatten oftast är betydligt högre än för kallvatten är fokus för åtgärderna oftast att minska användandet av varmvatten.

I Figur 10 visas dygnsmedeleffekter i ett flerbostadshus med fjärrvärme före och efter vattensparåtgärder genomförts. Åtgärder som genomfördes var byte av spolutrustning till blandare och lagning av läckor. Åtgärderna genomfördes under 2015 och 2016. Flerbostadshuset har en BOA på 668 m².



Figur 10: Dygsmedeleffekter före och efter vattensparåtgärder i ett flerbostadshus med fjärrvärme.

Energibehovet har minskat från 200 kWh/m²·år (BOA) till 171 kWh/m²·år, en minskning med 29 kWh/m²·år eller -15% (grön ruta). Är detta en rimlig minskning med tanke på vilka åtgärder som genomfördes?

En äldre duschblandare och köksblandare kan ha ett flöde på 12-14 liter vatten per minut vilket kan sänkas till 9 l/min med moderna blandare utan att komforten påverkas. Det innebär att vattnet kommer användas 25-35% mer effektivt. Vi vet inte hur stor energianvändningen är för att producera varmvatten men vi kan uppskatta den baserat på mängden energi som används när utemtemperaturen överstiger +15°C, vilket är gränsen då de flesta värmesystem stängs ner. Då uppskattar vi andelen varmvatten att motsvara närmare 40% av den totala energianvändningen. Om 25-35% av de 40% kan effektiviseras, innebär detta att en rimlig procentuell minskning av energianvändningen tack vare vattensparåtgärden bör vara runt 10-15%. Med andra ord ligger besparingen från figuren nära vad vi kan förvänta oss utifrån den teoretiska potentialen.

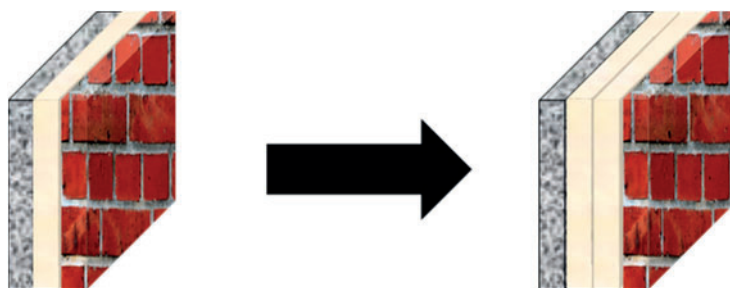
Det som är förvånande i Figur 10 är att effektbehovet vid -11°C ökat med 1 kW eller +4%. Vi förväntar oss att minskningen av *effektbehovet för varmvatten* (blå ruta till höger) på -40% eller 2,6 kW även skulle inträffa vid -11°C (jämför exempelvis med skissen i Figur 8).

Att effektbehovet vid -11°C i Figur 10 inte minskar kan bero på att en sådan liten minskning som 2-3 kW 'försvinns' bland alla variationer av effektbehovet

under året som bygger upp den linjära approximationen. Det kan med andra ord vara svårt att korrekt mäta vilken effekt vattensparåtgärden hade på effektbehovet vid -11°C .

Tilläggsisolering yttervägg och fönsterbyte

Tilläggsisolering av ytterväggar och byte av fönster är åtgärder som ofta genomförs samtidigt. Anledningen är att åtgärderna har många gemensamma moment, som att resa byggställning och att göra ingrepp i fasad, varför det är mer kostnadseffektivt att genomföra åtgärderna samtidigt.



Figur 11: Skiss tilläggsisolering av yttervägg, genomskärning som visar tre huvudsakliga material i en betongvägg med tegelfasad

Att tilläggsisolera ytterväggar kräver att man gör ingrepp i fasaden. I Figur 11 visas en enkel skiss för en betongvägg med tegelfasad. Närmast insidan av byggnaden (längst till vänster i genomskärningen) finns betongväggen, därefter befintlig isolering och längst ut finns tegelväggen. För att komma åt isoleringen behöver man oftast riva tegelväggen och sedan bygga upp den igen när den nya isoleringen är på plats. Beroende på skicket av den befintliga isoleringen kan man antingen komplettera den med ytterligare ett lager, dvs. man ökar tjockleken på isoleringen totalt, eller byta ut befintlig isolering mot ny, mer effektiv (som då inte ökar tjockleken på isoleringen lika mycket).

Tilläggsisolering av ytterväggar genomförs i princip aldrig som enbart en energieffektiviseringsåtgärd. Kostnaden för arbetet överstiger vida kostnadsbesparingen från minskad energianvändning. Istället genomförs åtgärden oftast i samband med större underhåll av fasaden så att merkostnaden för själva tilläggsisoleringen blir relativt låg och återbetalningstiden rimlig.

En följd av ökad isolering är att tjockleken på ytterväggen ökar, se höger del i Figur 11. Detta leder till att fönster, om de är monterade i betongväggen, får ett ”insjunket” utseende och mängden dagsljus till rummen minskar.

På grund av detta planerar man ofta för att flytta ut fönster närmare utsidan och då blir det ännu mer passande att i samband med detta moment även byta ut fönster mot mer energieffektiva.

Byte av fönster innebär att befintliga fönster byts ut mot fönster med högre isolerförmåga. Högre isolerförmåga uppnås genom att fönstret har två förseglade glasrutor som hindrar gasen mellan rutorna från att cirkulera vilket ger hög isolerförmåga. För att uppnå ännu högre isolerförmåga har vissa fönster istället tre förseglade glas så att de bildar två skikt med stillastående gas. Gasen mellan rutorna kan vara luft eller någon annan gas med högre isolerförmåga än luft, exempelvis argon. Även fönsterramen är konstruerad för att minska värmeförluster och ett viktigt moment vid montering av fönster är att säkerställa att utrymmet mellan fönsterkarm och vägg isoleras, vilket kallas *att dreva* fönstret.

Ibland genomförs en enklare variant av fönsterbyte där man istället för att byta ut hela fönstret endast byter ut en fönsterbåge. Äldre fönster består ofta av två bågar, en *inre båge* som sitter ihop med en *yttre båge*. I varje båge finns endast en glasruta och utrymmet mellan bågar är inte förseglat varför dessa fönster har en relativt dålig isolerförmåga. Den enklare varianten av fönsterbyte innebär att en av bågar byts ut mot en båge som innehåller en isolerruta, dvs två förseglade glasrutor med stillastående gas mellan rutorna. Detta förbättrar fönstrets isolerförmåga till en lägre kostnad jämfört med ett komplett fönsterbyte. Ett enklare fönsterbyte kan vara lämpligt om fönsterramen är i bra skick.

På samma sätt som tilläggsisolering, genomförs inte fönsterbyte endast som en energieffektiviseringsåtgärd. Istället byter man till så bra fönster som man anser är kostnadseffektivt i samband med större underhåll av gamla fönster och för att förbättra inomhusmiljön.

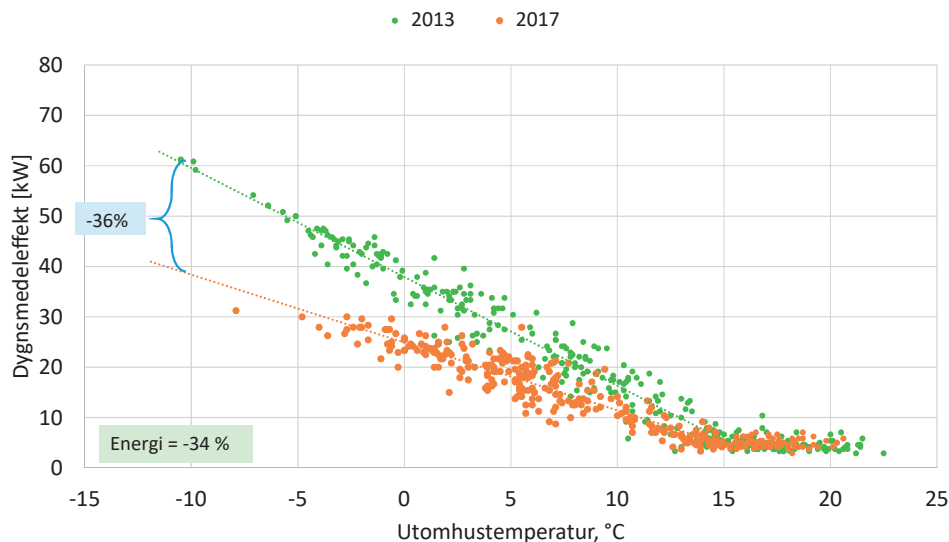
I Figur 12 visas dygnsmedel effekter i ett flerbostadshus med fjärrvärme före och efter tilläggsisolering av fasad samt byte av fönster. Åtgärderna genomfördes under 2015/2016. Flerbostadshuset har en BOA på ca 1030 m².

Det totala energibehovet har minskat från 179 kWh/m²·år till 119 kWh/m²·år, en minskning med 60 kWh/m² och år eller ca -34%. Hur rimligt är detta resultat?

Energi- och effektbehovet för att kompensera för *värmeförlust genom ytterväggar och fönster* kan beskrivas med följande formler:

$$\text{Energi} = U_{\text{värde}} \cdot \text{Area} \cdot \text{Gradtimmar}$$

$$\text{Effekt} = U_{\text{värde}} \cdot \text{Area} \cdot \text{Temperaturskillnad}$$



Figur 12: Fygnsmideleffekter före och efter tilläggsisolering av yttervägg samt fönsterbyte i ett flerbostadshus med fjärrvärme.

Vid ett fönsterbyte förbättrar man det så kallade U-värdet⁵ för fönster. Äldre fönster kan antas ha ett U-värde på ca $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ medan vi antar att nya fönster har ett U-värde på ca $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det innebär att ett genomsnittligt fönsterbyte borde minska energibehovet för *värmeförluster genom fönster* med ca -55%. Variationen kan dock vara stor och minskningar från -30% till -70% kan också vara rimliga.

På liknande sätt som för fönster kan vi bedöma förändringen av energibehovet för yttervägg. En äldre yttervägg av samma konstruktion som byggnaden i exemplet kan antas ha ett U-värde på ca $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$. Genom att lägga till 50 mm isolering i väggkonstruktionen minskar man detta U-värde till ca $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, vilket skulle innebära en -50% minskning av *värmeförluster genom yttervägg*. Även här finns det en del utrymme för variation, främst beroende på hur tjock den nya isoleringen är. Minskningar av energibehovet för *värmeförluster genom yttervägg* från -30% till -65% kan ses som rimliga.

Vi bedömer att energibehovet för varmvatten är $40 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{år}$ och vi uppskattar grovt att energibehovet för ventilation motsvarar ca $30 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{år}$. Dessa energibehov har inte påverkats av åtgärden.

⁵ Se exempelvis Boverkets rapport 'Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI', 2010

Vi kan därför grovt uppskatta att 109 kWh/m²·år motsvarar energibehovet som är nödvändig att täcka värmeförluster genom fönster, ytterväggar, tak och grund. En minskning med 60 kWh/m²·år motsvarar därför -45% minskat energibehov för värmeförluster genom klimatskärmen. Detta värde ligger väl inom våra teoretiska ramar vi beräknade tidigare vilka var mellan 30% – 70% besparing.

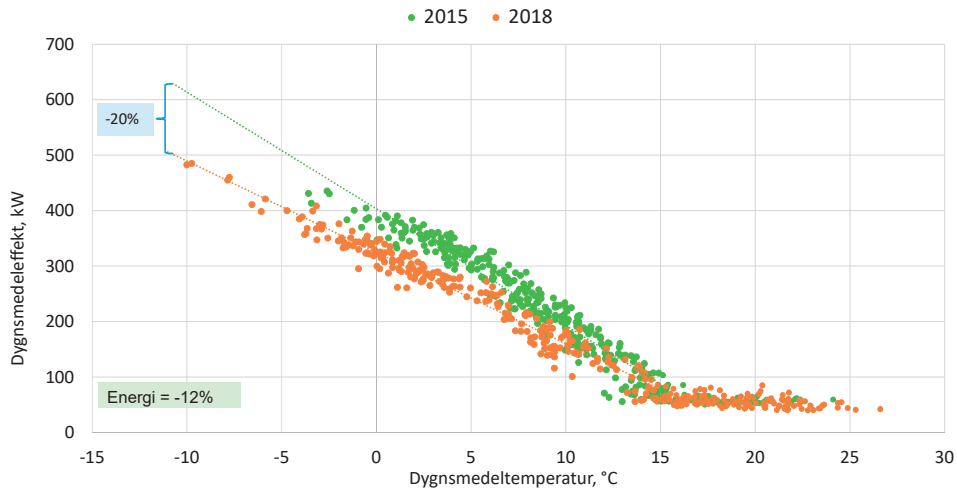
Vad gäller effektbehovet kan en liknande analys göras. Det *totala effektbehovet* var före åtgärden 62 kW och minskade till 40 kW, dvs en minskning med 22 kW eller -36%. Vi kan uppskatta *effektbehovet för varmvatten* till 5 kW och för *ventilation* till 10 kW. Det innebär att effektbehovet för att täcka värmeförluster genom klimatskärm lär ha varit ca 45 kW. En minskning med -22 kW innebär således en -50% minskning vilket också faller inom våra teoretiska ramar.

Tilläggsisolering vind

Att tilläggsisolera vind innebär att isoleringen på vindsbjälklaget kompletteras med mer isolering så att totala tjockleken, och därmed isolerförmågan, ökar. Åtgärden kräver att byggnaden är av sådan typ att det finns ett vindsplan med isolering. I vissa byggnader är isoleringen istället monterad mot undersidan av taket och då krävs andra arbetsmoment för att genomföra tilläggsisoleringen. I vissa byggnader finns det vindsisolering på vindsbjälklaget men ovanpå isoleringen har man byggt exempelvis trägolvet och vindsförråd vilket försvårar möjligheten att tilläggsisolera.



I byggnader där isoleringen finns på vindsbjälklaget och utrymme finns för komplettering av isoleringen, är tilläggs- isolering relativt enkel att genomföra. Till skillnad från isoleringen som finns i ytterväggar, som består av 'isolermattor' (fast skurna delar som liknar bäddmadrasser), är isoleringen på vinden oftast 'lös', som fyllningen i kuddar. På grund av att isoleringen är lös, kan den enkelt transporteras med hjälp av tryckluft. I det enklaste fallet innebär därför tilläggsisolering att man via en tjock slang till vinden med tryckluft pumpar ut lösisolering ovanpå den gamla isoleringen till önskad tjocklek. Oftast strävar man efter en isolertjocklek på flera decimeter. Ibland är det inte möjligt att behålla befintlig lösisolering på vinden, exempelvis om den är blöt eller innehåller material som man vill



Figur 13: Dygnsnedeleffekter före och efter tilläggsisolering av vind i ett flerbostadshus med fjärrvärme.

byta ut. Då kan man först dammsuga upp eller plocka bort den gamla isoleringen innan man blåser in den nya.

Tilläggsisolering av vind är oftast en kostnadseffektiv åtgärd som kan återbetalas med lägre kostnad för uppvärmning. Åtgärden genomförs i alla byggnader med lämpliga förutsättningar.

Figur 13 visar dygnsnedeleffekter i ett flerbostadshus med fjärrvärme före och efter tilläggsisolering av vind. Åtgärden genomfördes under 2016. Flerbostadshuset har en bostadsyta på 11 500 m².

Energibehovet minskar från 167 kWh/m²·år till 146 kWh/m²·år, en minskning med 21 kWh/m²·år eller -12% av det totala energibehovet. Hur rimligt är detta resultat?

Vi kan upprepa beräkningen från förra exemplet för att kontrollera om resultatet ligger inom ramen för vad vi skulle anse vara rimligt. Äldre vindsbjälklag kan antas ha ett U-värde⁶ på ca 0,36 W/m²K och detta förbättras till ca 0,08 W/m²K om vinden tilläggsisoleras med ca 500 mm lösull eller en förbättring med -77%. Om vi antar att värmeförluster genom vind står för ca 20% av totala värmeförluster genom klimatskärmen, förväntar vi oss att värmeförlusterna

⁶ Se exempelvis Boverkets rapport 'Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI', 2010

genom hela klimatskärmen minskar med -15%. Detta värde beror av tjockleken av isoleringen och vi kan rimligtvis anta att ramen för besparingen kan variera från -5% till -15%.

Vi uppskattar att *energibehovet för varmvatten* är 50 kWh/m²·år och *energibehovet för ventilation* är också i detta fall 50 kWh/m²·år. Detta lämnar 67 kWh/m²·år kvar för samtliga *värmeförluster genom klimatskärmen*. En minskning med -21 kWh/m²·år motsvarar därför en minskning av energibehovet för *värmeförluster genom klimatskärm* med -31%. Denna minskning är betydligt högre än vad vi förväntar oss. Även om andelen värmeförluster genom vind är större än vad vi antar, så indikerar dessa beräkningar att andra typer av åtgärder genomförts tillsammans med vindsisoleringen, även om vi inte känner till att så är fallet.

I Figur 13 minskar effektbehovet vid -11°C från 635 kW till 506 kW, en minskning med -129 kW eller -20%. Vi uppskattar att *effektbehovet till varmvatten* uppgår till 50 kW och *effektbehovet till ventilation* till 159 kW. Det innebär att 426 kW beror på *värmeförluster genom klimatskärm*. En minskning med -129 kW innebär att effektbehovet för värmeförluster genom klimatskärm minskat med -30%, vilket vi anser vara högt för att enbart bero på förbättrad vindsisolering.

FTX

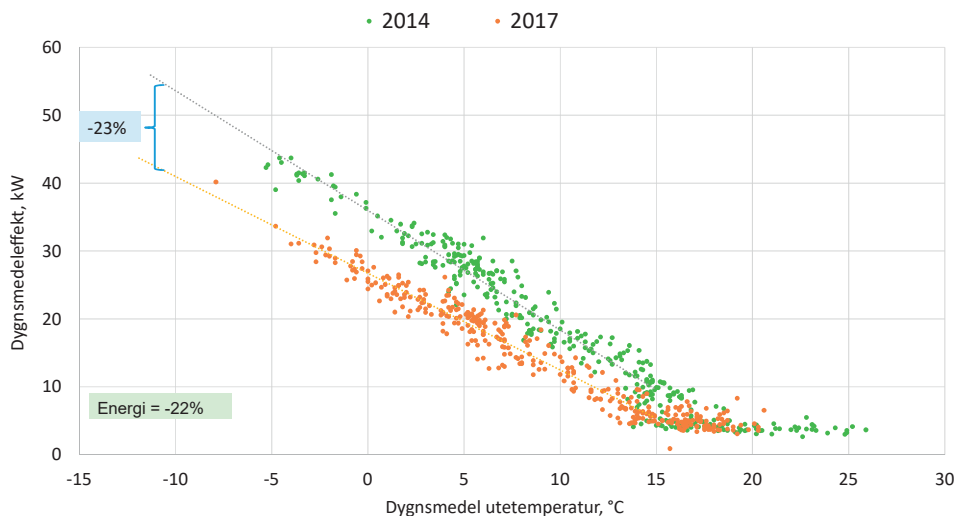
Förkortningen 'FTX' står för Från- och Tilluftsventilation med värmeväxling (återvinning). För att hålla god inomhuskomfort måste luften i lägenheter om-sättas regelbundet. Detta innebär att frisk luft tas in från utsidan och befintlig luft i byggnaden ventileras ut. I svenskt klimat är luften som tas från utsidan oftast för kall och måste värmas upp för att hålla tillräckligt god inomhustemperatur. Uppvärmningen av luften kan ske på olika sätt men i byggnader som saknar tilluftsventilation tas luften in via ventiler i yttervägg eller fönster och värms upp med hjälp av värmen från radiatorer. När luften sedan ventileras bort från byggnaden går all den värme som tillförts luften förlorad. Ny kall luft måste återigen värmas upp.

Att installera FTX innebär att man kan ta vara på värmen som finns i frånluften. Frånluftfläkten, som ventilerar bort luft ur byggnaden, är placerad i närheten av tilluftfläkten, som tar in ny luft till byggnaden, och de två luftströmmar passerar en värmeväxlare där värmen i frånluften överförs till tilluften. Det finns olika typer av växlare men generellt är luftströmmarna fysiskt separerade från varandra så att inte lukter och föroreningar i frånluften överförs till tilluften. Syftet är att endast överföra värmeenergi (och ibland fukt) mellan luftströmmarna. Alla dessa komponenter finns idag integrerade i ett så kallat aggregat. Ett FTX-aggregat är därför en produkt som innehåller till- och frånluftfläktar, växlare och andra komponenter som filter, styrutrustning osv.

Installation av FTX i befintliga byggnader är oftast en ganska kostsam åtgärd varför den inte genomförs som en energiåtgärd utan i samband med större underhåll. Kostnaden drivs av bland annat behovet att borra genom bjälklag och lägenhetsväggar för att kunna montera tilluftskanaler. Installationen av kanaler i lägenheter kan kräva kompletterande renovering i form av installation av undertak. Eftersom tilluftskanaler kräver en del utrymme måste man i vissa byggnader dra ventilationskanaler på utsidan av byggnaden när utrymme på insidan av byggnaden saknas.

Fördelarna med FTX är dels att energibehovet för uppvärmning av luft minskar med 85-90% och dels att inomhuskomforten och luftkvaliteten oftast uppfattas vara bättre av de boende. Inomhuskomforten upplevs bättre eftersom luften som tillförs lägenheten är förvärmad (vanligtvis ca 19°C) och luftkvaliteten upplevs bättre eftersom FTX-aggregatet innehåller filter som delvis filtrerar bort partiklar och pollen från uteluften.

Energibehovet har minskat från 141 kWh/m²·år till 110 kWh/m²·år, en minskning med -31 kWh/m²·år eller -22%. Vi upprepar samma analys som vi gjort för tidigare exempel för att av göra om dessa minskningar är rimliga för åtgärden FTX.



Figur 14: Dygnsmedeleffekter före och efter installation av FTX i ett flerbostadshus med fjärrvärme.

Värmeförlusterna på grund av ventilation kan beskrivas enligt nedan formler:

$$\text{Energi}_{\text{ventilation}} = \text{Effekt}_{\text{ventilation}} \cdot \text{Drifftimmar}$$

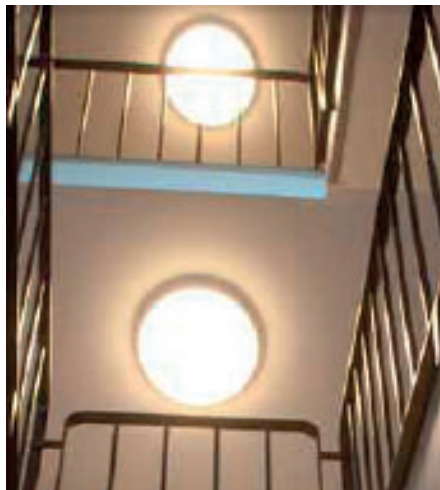
$$\text{Effekt}_{\text{ventilation}} = \text{Luftflöde} \cdot \text{Faktor} \cdot (1 - \text{Återvinningsgrad}) \cdot \text{Temperaturskillnad}$$

Vi kan uppskatta hur stor energi- och effektbehov ventilationen haft före åtgärd genom att anta ett visst luftflöde per kvadratmeter bostadsarea. Eftersom byggnaden före åtgärden ventilerades genom självdrag kan vi anta⁷ att luftflödet låg runt ca 0,28 l/s/m² och vi kan uppskatta *energibehovet för ventilation* före åtgärd till 37 kWh/m²·år. Vi förväntar oss att moderna FTX aggregat har möjlighet att återvinna 80-85% av värmeenergin, vilket skulle innebära att en rimligt minskning är ca -30 kWh/ m²·år. Resultatet från figuren verkar därför högst rimligt.

Vad gäller effektbehovet kan vi på samma sätt som för energibehovet uppskatta att *effektbehovet till ventilation* bör varit 13 kW före åtgärd. Totalt har effektbehovet minskat från 56 kW vid -11°C till 43 kW, en minskning med -13 kW. Detta är mer än vad som är rimligt vilket tyder på att fler åtgärder genomförts som påverkar effektbehovet. Högst sannolikt har framledningstemperaturen sänkts vid lägre utomhustemperaturer i samband med installationen av FTX.

Byte belysning

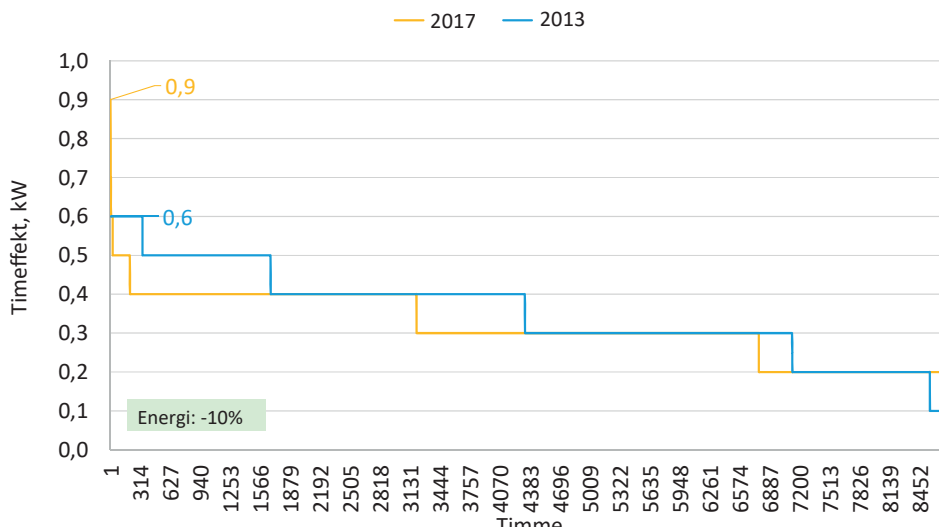
Byte av belysning kan omfatta stora som små åtgärder men avser generellt att befintliga belysningsarmaturer i trapphus och övriga allmänna utrymmen i byggnaden byts ut mot mer effektiva alternativ. Det kan även omfatta utbyte av armaturer för utomhusbelysning som på fasad, parkeringsplatser och gårdar. Belysningsbyte utförs främst av tre skäl: underhållsbehov, energieffektivisering och som en trygghetshöjande åtgärd. Beroende på förutsättningar kan något av skälen väga tyngre än de andra.



⁷ Se även Boverkets rapport 'Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar – resultat från projektet BETSI', 2010, sidan 75, figur 4.6.

Rent praktiskt innebär åtgärden att man monterar ner gamla armaturer från trapphus, vindar, källare och övriga gemensamma utrymmen och monterar nya belysningsarmaturer. Eftersom det kan vara svårt att visualisera hur den nya belysningen kommer se ut, gör man ibland provbelysning vilket innebär att man monterar en eller två belysningsarmaturer i en korridor och besiktigar sedan visuellt hur ljuset uppfattas. Ofta tar man in synpunkter från fastighetsskötare och boende om vilka utrymmen som upplevs mörka och otrygga och kompletterar dessa med antingen fler armaturer eller ökar belysningsstyrkan på de nya armaturerna. Sådana 'trygghetsförbättringar' ökar vanligtvis energianvändningen och eleffekten vilket därför delvis motverkar energibesparingen som åtgärden annars gör.

Moderna belysningsarmaturer kommer även med möjlighet till relativt avancerad styrning som detektering eller ljussensor vilket möjliggör att man minskar antalet timmar armaturen är tänd på ett år. Rörelse- eller närvarodetektering, också kallad närvarostyrning, innebär att en detektor övervakar ett utrymme och tänder belysningen när rörelse eller närvaro detekteras. Belysningsarmaturen är sedan tänd under en viss (inställbar) period, oftast några minuter, innan den släcks igen om inte ny detektering skett. Detta är särskilt positivt i höghus med hiss, då en person som går in på entréväning och åker hiss till en viss våning tänder endast armaturer som finns på dessa två våningar vilket ska jämföras med äldre belysningsstyrning där personer via knapp i entré tänder upp belysningsarmaturer på alla våningar i byggnaden.



Figur 15: Eleffekt per timma, sorterad i storleksordning, före och efter byte av belysningsarmaturer inomhus i ett flerbostadshus.

I Figur 15 visas timeffekter för fastighetsel före och efter byte av belysningsarmaturer *inombus* i ett flerbostadshus. Bytet genomfördes under åren 2015 och 2016 och timeffekterna för respektive år är sorterade i storleksordning för att bättre visualisera förändringen. Flerbostadshuset i figuren har varken fläktar, hissar eller tvättstugor utan de enda installationerna som finns i huset är belysning inne och ute, pumpar och styrutrustning till värmesystemet. Observera att elmätaren i denna fastighet endast kunde hantera en decimal för mätvärden varför det faktiska effektbehovet under respektive timme är avrundat till närmaste decimal. Flerbostadshuset har en BOA på 668 m².

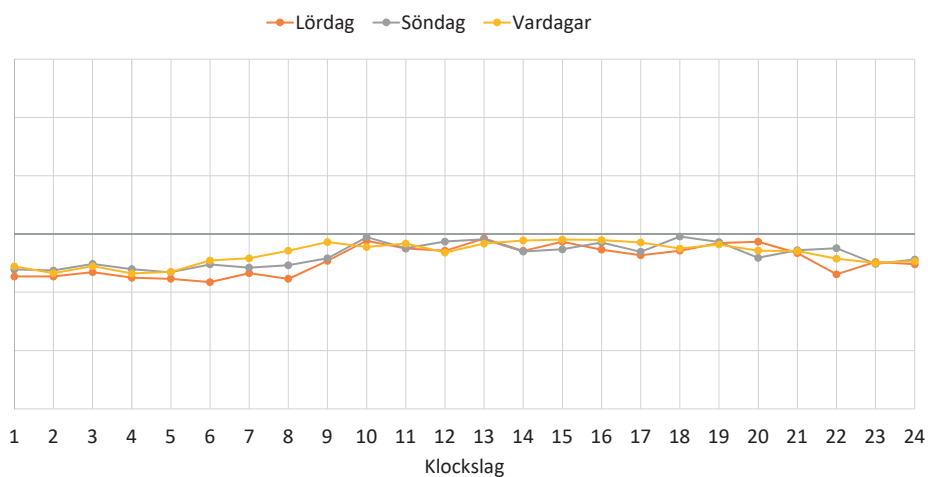
Energibehovet har minskat från 4,6 kWh/m²·år till 4,1 kWh/m²·år, en minskning med 0,5 kWh/m²·år eller -10%. Det är mycket svårt att teoretiskt beräkna vad besparingen bör vara utan detaljerad information om belysningen i fastigheten före och efter åtgärd. Istället uppskattar vi grovt vad besparingen kan vara genom att titta på förändringen som sker vid en enskild belysningsarmatur. En äldre armatur med glödljus kräver 60 W effekt moderna LED-armaturer som kan ersätta en sådan armatur kräver 15-30 W utan att ljusstyrkan påverkas nämnvärt. Uppskattningsvis kan vi då förvänta oss att energibehovet för belysning kan minska med allt från -30% till -70%.

Dock har många glödljus med tiden blivit ersatta med lågenergilampor som kräver mindre eleffekt, oftast runt 15-20 W. Det innebär att ett byte till LED-armaturer inte har så stor potential att minska effektbehovet när armaturen är tänd men tack vara närvarostyrningen och att man eventuellt kan minska antalet armaturer totalt pga. bättre ljusstyrka, kan en rimlig energibesparing vara allt från 0% till -20%. Minskningen ovan med -10% verkar därför rimlig.

I Figur 16 illustreras istället förändringen av eleffektbehovet mellan 2017 och 2013 för varje klockslag. Värdet som vi jämför vid respektive klockslag är medelvärden av årets samtliga vardagar, lördagar respektive söndagar.

I figuren ser vi hur eleffektbehovet minskat för respektive klockslag. Mellan kl 22-08 har eleffekten i fastigheten minskat med 0,07 kW medan den övrig tid knappt minskat alls. I genomsnitt har effektbehovet minskat med 0,04 kW eller -7%, vilket är ett bättre mått på åtgärdens påverkan än skillnaden i högsta tim-effekt. Viktigt att poängtera är att denna effektförändring är vad vi förväntar oss se även vad gäller högsta timeffekten, givet att eleffektbehovet inte påverkas av andra installationer.

Den troliga förklaringen till resultatet är att nya belysningsarmaturer med närvarostyrning har kunnat ersätta armaturer som tidigare stod tända dygnet runt av trygghetsskäl. Att effektbehovet inte förändrats mycket under dagtid, dvs mellan klockslagen 8-21, då belysningen är tänd som mest, tyder på att de nya armaturer kräver lika mycket eleffekt som de befintliga gjorde. Detta kan bero på att befintliga belysningsarmaturer redan hade lågt effektbehov (lägenergilampor) eller att fastigheten kompletterats med fler belysningsarmaturer av trygghetsskäl så att det totala eleffektbehovet till belysning inte förändrats.



Figur 16: Skillnad i timeeffekt, medelvärde för respektive klockslag, för olika veckodagar före och efter belysningsbyte i ett flerbostadshus.

Fläktbyte

Byte av fläktar avser komplett eller delvis utbyte av ventilationsfläktar som betjänar lägenheter och övriga utrymmen i byggnaden. Det vanligaste ventilationssystemet är frånluftsventilation, vilket innebär att luften ventileras ut ur byggnaden med hjälp av fläktar. Det finns ingen fläkt som tillför ventilationsluft till byggnaden utan luften sugas in via ventiler i fönster eller på väggar. Frånluftsfläktar placeras oftast på vinden eller på taket av byggnaden och ventilationskanaler från respektive lägenhet ansluts till fläkten. Beroende på byggnadens utformning kan det finnas en eller flera fläktar som betjänar en byggnad.

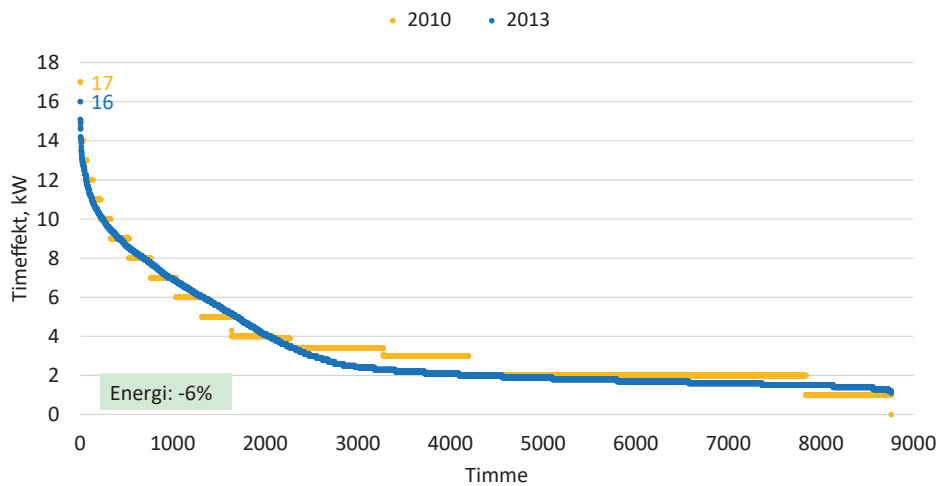


Oftast genomförs fläktbyte på grund av en kombination av underhållsbehov och energieffektivisering. Utveckling av motorer och fläktblad har lett till att moderna fläktar är betydligt mer effektiva än äldre fläktar varför det i vissa fall kan vara lönsamt att byta ut fläktar även om det inte föreligger något underhållsbehov. Normal teknisk livslängd för fläktar kan antas vara 15-20 år, givet att mindre underhåll utförs under perioden.

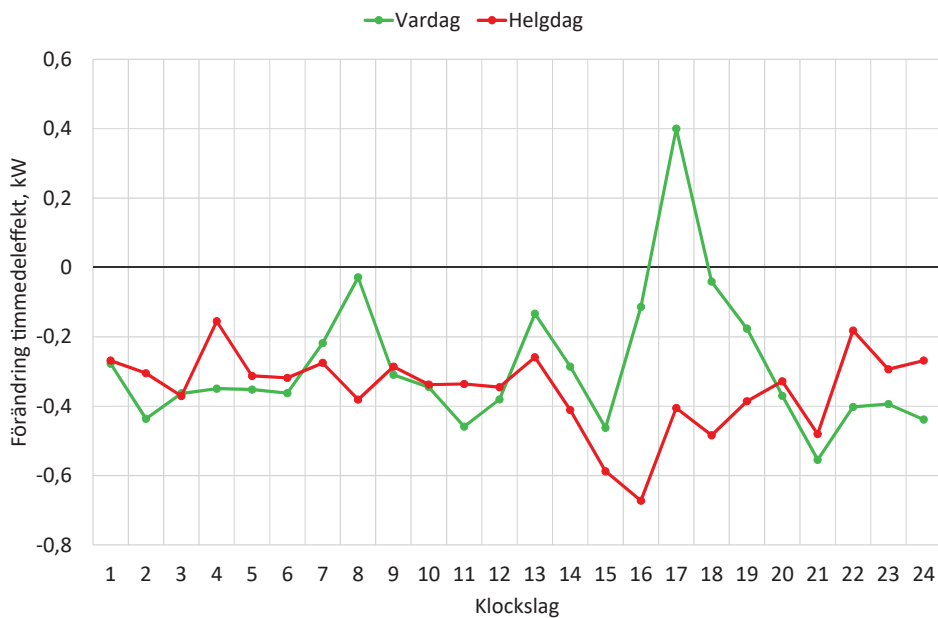
Fläktbyte har relativt låg investeringskostnad om förutsättningarna är goda. Ibland är befintliga fläktar svåråtkomliga och då krävs det mer arbete för att kunna genomföra ett byte. I sådana fall är det oftast mest lönsamt att utföra bytet ihop med ett större underhåll. Det är också oftast mer lönsamt att byta ut flera fläktar på en gång i en och samma byggnad varför större fastighetsägare oftast planerar för större gruppbyten.

I Figur 17 visas timeffekter för fastighetsel i ett flerbostadshus före och efter byte till mer energieffektiva fläktar.

Bytet genomfördes i slutet av 2012. Övriga installationer i fastigheter som påverkar elanvändningen är belysning, tvättstuga, hiss samt pumpar. Observera att elmätaren 2010 endast kunde hantera en decimal varför effekten för respektive timma avrundades till närmaste decimal. Flerbostadshuset har en BOA på 2590 m².



Figur 17: Eleffekt per timma, sorterad i storleksordning, före och efter byte av fläktar i ett flerbostadshus.



Figur 18: Skillnad effektbehov per klockslag före och efter byte av fläkt i ett flerbostadshus

Energibehovet minskade från 11,4 kWh/m²·år till 10,8 kWh/m²·år, en minskning med 0,6 kWh/m²·år eller -6%. Hur förhåller sig detta värde mot vad vi förväntar oss?

Vi kan sätta energiminskningen i ett sammanhang genom att jämföra den specifika fläkteffekten (SFP-tal) för nya respektive gamla fläktar. Den specifika fläkteffekten är ett mått på hur mycket eleffekt en fläkt behöver för att ventilerar en viss volym luft varje sekund. Ett rimligt antagande är att äldre fläktar kan ha SFP-tal från 0,7 till över 1 kW/m³/s. Om vi antar att byggnaden i vårt exempel ventileras enligt norm (0,35 l/s för varje m² bostadsyta), innebär det att elenergiebehovet till fläktarna före åtgärd kunde motsvarat 2,1-3,1 kWh/m²·år. Vi antar också att en modern fläkt lägst uppfyller dagens BBR-krav för SPF-tal vilket är 0,6 kW/m³/s vilket innebär det att elenergiebehovet till fläktarna efter åtgärd kan motsvara 1,8 kWh/m²·år. En rimlig elbesparing kan därför vara mellan 0,3-2,3 kWh/m²·år. Den faktiska minskningen i vårt exempel är 0,6 kWh/m²·år vilket ligger inom ramen för vad vi kan förvänta oss.

I Figur 17 kan vi också se att högsta eleffekten på året minskat från 17 till 16 kW, en minskning med 1 kW eller -6%. Vi kan på samma sätt som vi gjorde för energibehovet uppskatta att besparingen i eleffektbehov till fläktar bör rimligen vara mellan 0,1 - 0,4 kW. Detta är betydligt lägre än besparingen i eleffektbehov som vi ser, möjligtvis påverkas detta av att den gamla mätaren inte hanterade flera decimaler.

Förklaringen till skillnaden beror på att högsta eleffektbehovet under en timme på året kan vara ett missvisande värde att jämföra mot om det finns andra elinstallationer som tillfälligt kan ha påverkat eleffektbehovet. I Figur 18 tittar vi istället på skillnaden för respektive klockslag före och efter åtgärd. Värdet för respektive klockslag är ett medelvärde av årets samtliga vardagar respektive helgdagar.

Av figuren framgår att eleffektbehovet minskat i genomsnitt med 0,3 kW mellan kl 22 och 12. Vi kan rimligtvis anta att el under dessa timmar främst används för ventilationsfläktar och inte till annan utrustning som tvättstuga, belysning och hiss. Sett ur detta perspektiv, ligger besparingen inom ramen för vår tidigare bedömning att eleffektminskningen borde vara mellan 0,1-0,4 kW.

Övriga åtgärder

Vissa åtgärder som vi har fått uppgifter om har varit relativt unika och svåra att generalisera varför vi valt att inte redovisa resultatet tillsammans med övriga åtgärder. Istället beskriver vi åtgärderna kort här för kännedom.

Installation av frånluftsvärmepump

Installation av frånluftsvärmepump utförs ofta som en energieffektiviseringsåtgärd för att återvinna energi ur frånluften som annars skulle gått förlorad om den varma luften endast ventileras ut ur byggnaden. Frånluftsvärmepump installeras vanligtvis nära frånluftsfläkten som oftast är placerad på vinden vilket innebär att det krävs tillräckligt med utrymme för att rymma värmepumpen. En värmeväxlare installeras i anslutning till fläkten så att luften som ventileras ut från byggnaden först avger värmeenergi till värmepumpen. Värmepumpen använder sedan denna energi, tillsammans med ett mindre tillskott av el, för att leverera uppvärmt vatten värmecentralen i huset. Eftersom värmecentralen oftast är placerad i källaren måste värmerör dras fram från frånluftsvärmepumpen (alternativt från växlaren som är kopplad till fläkten) till värmecentralen. Installation av dessa värmerör är vanligtvis inte särskilt utrymmeskrävande men svårigheten och investeringskostnaden kan variera beroende på förutsättningarna.

Installation av frånluftsvärmepump lämpar sig oftast bäst i så kallade punkthus där ventilationskanaler från lägenheterna oftast redan är samlade till en enda fläkt. Då behöver endast en värmeväxlare installeras. I andra typer av hus, exempelvis lamellhus, som har fler frånluftsfläktar, kan installationen bli mer kostsam eftersom man antingen behöver installera en värmeväxlare vid respektive fläkt eller bygga om ventilationen så att all frånluft samlas till en enda anslutning där en värmeväxlare installeras. Värme som en frånluftsvärmepump levererar till byggnaden är betydande men täcker inte hela behovet varför en kompletterande värmekälla behövs vilket oftast är fjärrvärme i flerbostadshus.

Effektreglering

Teknikutveckling och ökad grad av digitalisering har skapat möjligheter till mer avancerade funktioner i styrsystem, varav en sådan funktion är att begränsa maximalt effektbehov i en byggnad, vanligtvis kallat 'effektbegränsning' eller 'effektreglering'. Ett exempel på en sådan begränsning innebär att temperaturen på vattnet till radiatorer hålls lägre än vad som behövs för att bibehålla rätt inomhustemperatur under en kortare tidsperiod för att undvika ett högt effektuttag under vissa kritiska tidsperioder. Normalt har man ett lägsta tillåtna värde för inomhustemperaturen – om effektbegränsningen leder till att inomhustemperaturen når tröskelvärdet, avbryts begränsningsfunktionen och ett högre effektuttag tillåts.

Syftet med funktionen är att minska uppvärmningskostnaderna eftersom många prismodeller för fjärrvärme och även elnät innehåller en komponent som beror av (oftast) högsta uttagna effekt. Många flerbostadshus är inte särskilt känsliga för kortare variationer i tillförd värmeeffekt, varför inomhustemperaturen oftast inte påverkas märkbart vid en effektbegränsning.

För att illustrera detta, jämför vi med att baka en paj i ugnen. Om vi utgår från att pajen har bakats ett tag på 200°C och sedan tar vi ut den ur ugnen, innebär inte detta att pajen omedelbart svalnar av till rumstemperatur. Istället börjar den yttre skorpan svalna av långsamt medan mitten av pajen fortfarande är varm. Om vi lite senare lägger pajen tillbaka till ugnen igen så har temperaturen mitt i pajen inte hunnit förändras särskilt mycket av att vi tog ut den en stund. Flerbostadshus har betydligt mer massa än en paj vilket gör att avsvlningsprocessen går väldigt långsamt. Det är först om den kalla perioden varat i flera dygn som byggnaden hunnit svalna av tillräckligt att en märkbar förändring av inomhustemperaturen kan ske och begränsningsfunktionen måste avbrytas.

En av fördelarna med effektbegränsning är att åtgärden är skalbar eftersom den i moderna styrsystem oftast endast innebär en mjukvaruförändring. Liknande inställningar i mjukvara kan relativt enkelt tillämpas på ett stort fastighetsbestånd. Under sådana förutsättningar är investeringskostnaden för åtgärden relativt låg.



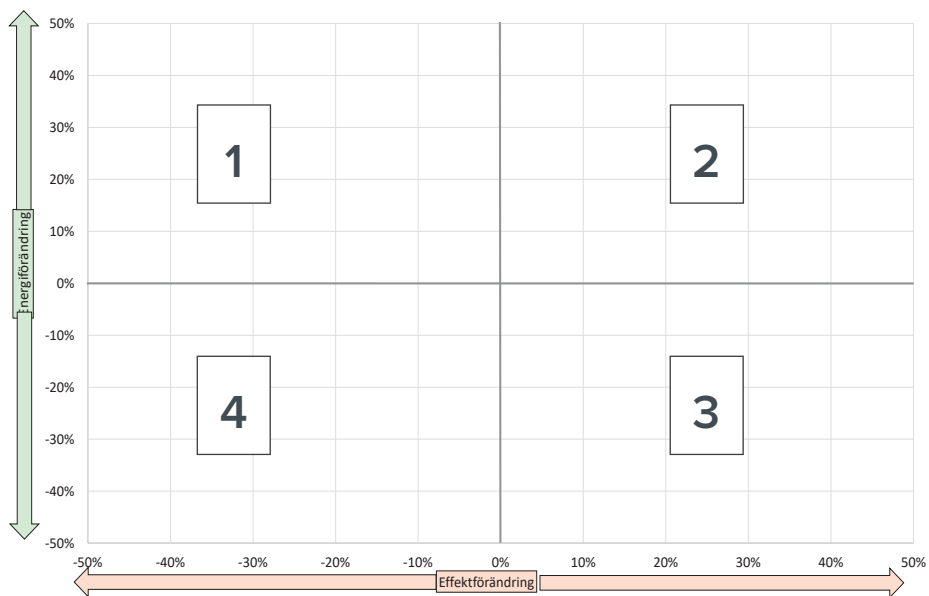
Sammanställning av resultat

För att redovisa resultaten från flera åtgärdsexempel tillsammans introduceras i Figur 19 'Åtgärdskompassen', som visar vilken påverkan åtgärderna har på både effekt- och energi. Detta ger läsaren överblick av åtgärdernas karaktär. Kompassytan kan delas in i fyra kvadranter med något olika innebörd.

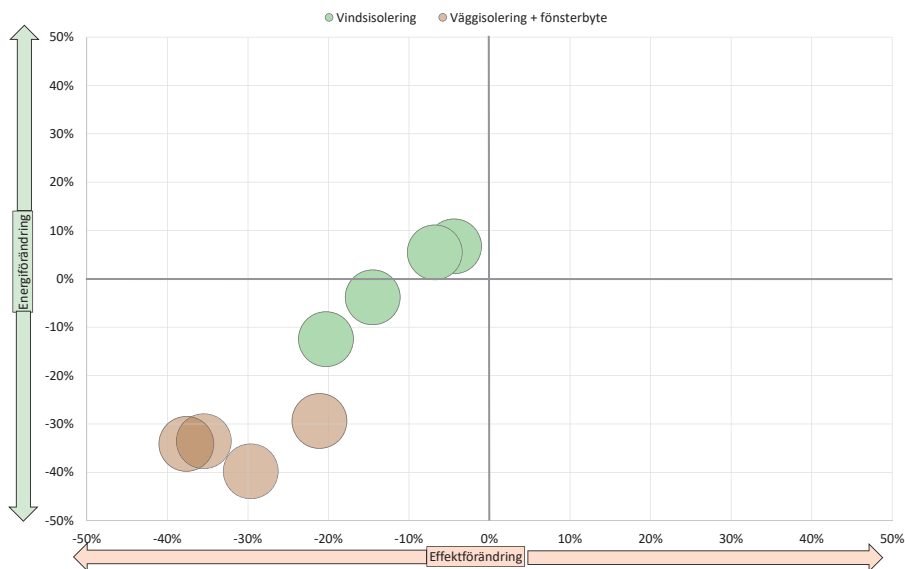
1. Första kvadranten motsvarar en minskning av effektbehovet men en ökning av energibehovet. Åtgärder som hamnar här kan ha både positiva och negativa effekter. Att det maximala effektbehovet minskar bör i regel vara positivt för el- eller fjärrvärmenätet (och leverantörerna). Beroende på prismodell för energi (om den innehåller en komponent för effekt) kan det också var positivt för fastighetsägare vars effektkostnad minskar. Samtidigt är det negativt för fastighetsägaren att energianvändningen ökar eftersom det istället höjer kostnaden för elnät. Beroende på hur produktionen ser ut i det aktuella energisystemet kan åtgärdens miljöpåverkan vara allt ifrån negativ till positiv.
2. Andra kvadranten motsvarar en ökning av effektbehovet och en ökning av energibehovet. Denna kvadrant kan lätt sammanfattas som 'dålig för alla parter' med avseende på både ekonomi och miljö. Åtgärderna kan dock i vissa fall motiveras av andra skäl än energi och effekt.
3. Tredje kvadranten motsvarar en ökning av effektbehovet och en minskning av energibehovet. Detta är en spegelvändning av kvadrant ett där åtgärden nu istället sätter ännu mer press på kapaciteten i nätet. Om effekt ingår i prismodellen för energi ökar kostnaden för effekt. Det positiva för fastighetsägaren är att ett minskat energibehov minskar kostnaden för energi.
4. Fjärde kvadranten motsvarar en minskning av effektbehovet och en minskning av energibehovet. Åtgärder som hamnar i denna kvadrant har många positiva effekter och kan sammanfattas som 'bra för alla parter'.

I Figur 20 visualiseras förändringen av effekt- och energibehovet för åtgärder som påverkar byggnadens klimatskärm. Dessa inkluderar tilläggsisolering av ytterväggar och vind samt fönsterbyte.

I figuren kan vi se att klimatskärmsåtgärder tenderar att hamna i den fjärde kvadranten, dvs den kvadranten som motsvarar övervägande positiva effekter för alla intressenter. Vi kan se att åtgärder som påverkar husets väggar generellt ger en större påverkan än vindsisolering, detta är logiskt då väggarna utgör en större andel av byggnadens klimatskärm.



Figur 19: "Åtgärdskompassen", visar relationen mellan förändringen i effekt och energi i procent

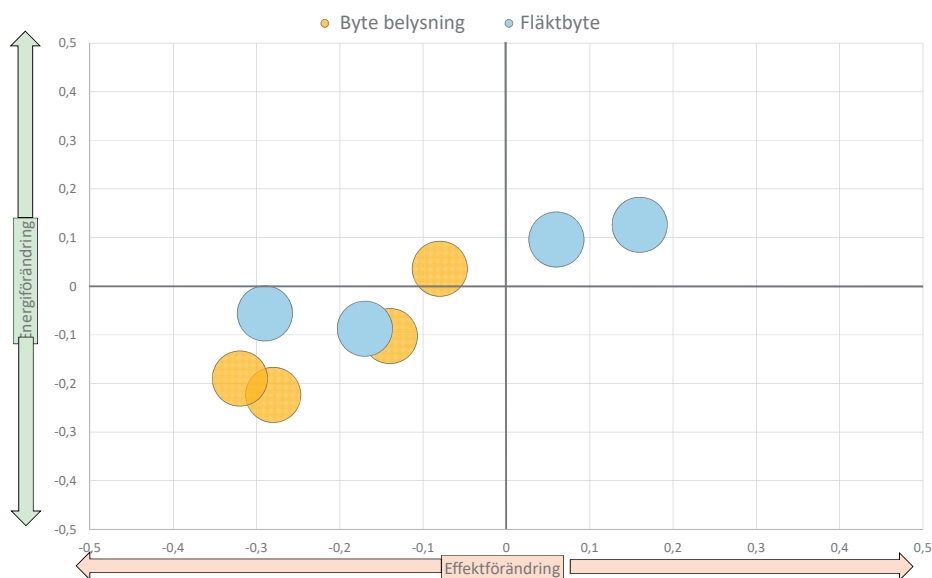


Figur 20: Åtgärdskompass för klimatskärmsåtgärder, där förändringen av effekt och energi i procent sätts i relation till varandra.

I Figur 21 visualiseras förändringen av effekt- och energibehovet för åtgärder som påverkar elanvändningen; belysning- och fläktbyte.

Figuren visar att belysningsbyte som grupp tenderar att hamna i fjärde kvadranten, där effektförändringen i genomsnitt är -20% medan energiförändringen är -10%. Notera att effektförändringen avser vad vi uppskattar är timmedel-effekt mellan klockslagen 22-06 för att i största möjliga mån utesluta förändringar som beror av andra installationer som främst används dagtid, som tvättstuga. Variationerna kan delvis bero på olika förhållanden före åtgärden i olika byggnader (om den äldre belysningen redan är energieffektiv) men vi kan inte heller utesluta helt att andra åtgärder genomförts parallellt med belysningsbytet som också påverkat elanvändningen.

För åtgärden fläktbyte är resultaten mer spridda, där genomsnittet för effektförändringen är -5% och där det knappt finns någon energiförändring. Att resultaten är mer spridda och att vissa exempel även visar ett ökat effekt- och energibehov kan bero på att fläktbyte som åtgärd ibland genomförs i samband med andra åtgärder som påverkar elanvändningen. Exempelvis kan man i samband med fläktbytet även ökat ventilationsflödet i byggnaden vilket får effekt att elanvändningen ökar, även om de modernare fläktarna har lägre specifik användning.

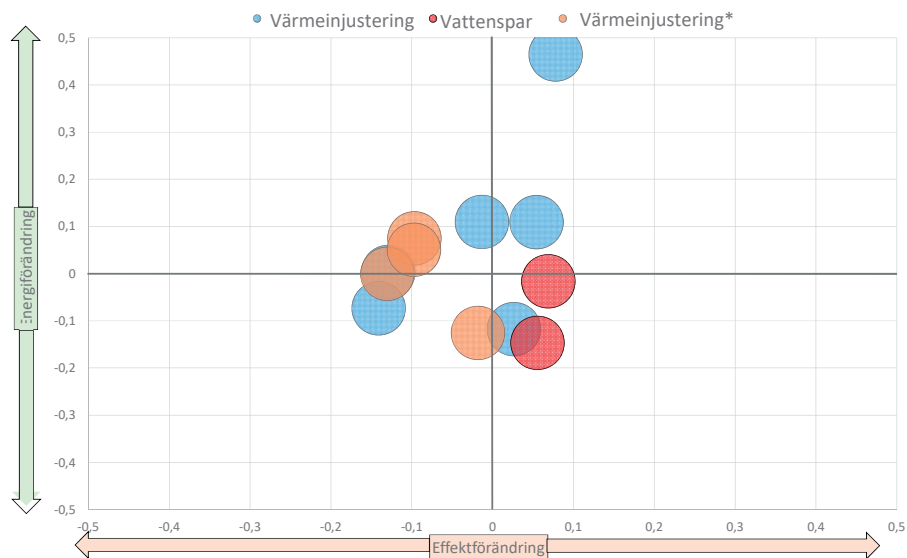


Figur 21: Åtgärds-kompass för elåtgärder, där förändringen av effekt och energi i procent sätts i relation till varandra.

I Figur 22 visualiseras förändringen av effekt- och energibehovet för åtgärder på värmesystemet som injustering och åtgärder som påverkar varmvattenanvändningen.

Vattensparåtgärderna i figuren hamnar i den tredje kvadranten med det något förvånande resultatet att energianvändningen minskar med -10% men effektbehovet ökar med ca +5%. Som vi nämnde tidigare (se kapitlet Vattensparåtgärder) kan det vara svårt att korrekt mäta vilken påverkan vattensparåtgärder har på effektbehovet eftersom påverkan från åtgärden är liten. Förändringen i effektbehovet kan därför ligga inom felmarginalen som vi tyvärr inte kan kvantifiera tydligare eftersom vi endast har två exempel där åtgärden har genomförts.

Åtgärden värmeinjustering ger spridda resultat men genomsnittet tenderar att ligga till vänster i figuren, dvs. första och fjärde kvadranten, vilket indikerar att åtgärden verkar leda till ett minskat effektbehov men oförändrad energianvändning. Vi har i Tabell 1 noterat att denna åtgärd kan ha en relativt stor variation i syfte och att det inte är ovanligt att det primära syftet för denna åtgärd är att uppnå en bättre inom huskomfort i byggnaden vilket i sin tur inte nödvändigtvis innebär ett minskat energibehov. Notera att injustering med en stjärna (*) skulle enligt uppgift vara ett paket tillsammans med fönsterbyte men dessa verkar inte avvika nämnvärt i jämförelse med övriga exempel på injustering. Om fönsterbyte genomförts i samband med injustering hade vi förväntat oss att se en kraftigare

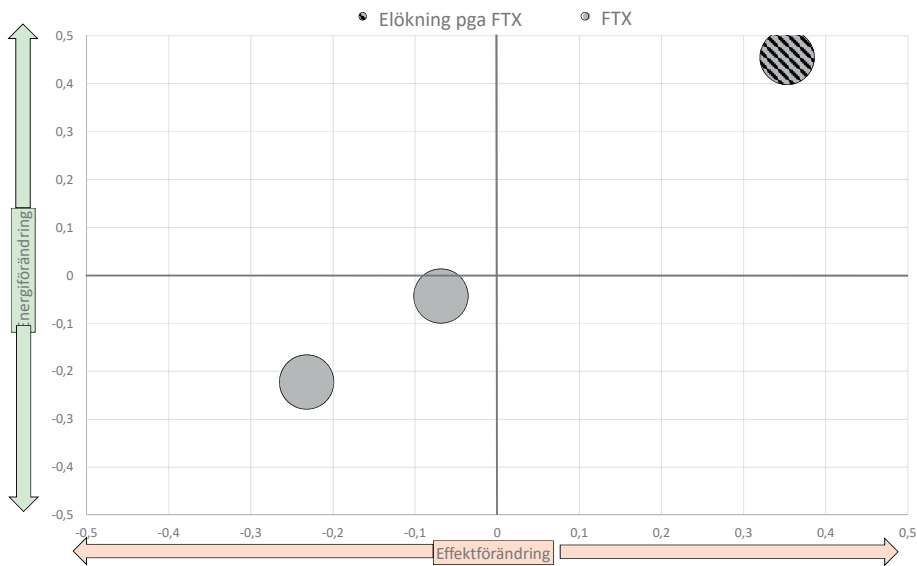


Figur 22: Åtgärdskompass för åtgärder på värmesystemet och varmvatten, där förändringen av effekt och energi i procent sätts i relation till varandra.

minskning av energi- och effektbehovet. Vi har dock inte mycket information om omfattningen av fönsterbytet mer än att det på vissa byggnader endast avsåg byte av fönster på i en fasad vilket kan förklara varför resultatet inte speglar större förändring.

I Figur 23 visualiseras förändringen av effekt- och energibehovet för installation av FTX. Observera att vi här blandar förändringen av köpt fjärrvärme och el eftersom denna åtgärd påverkar båda energibärarna samtidigt. Förändringen av el visualiseras med streckade cirklar varav den ena cirkeln hamnar utanför diagrammets ram i den andra kvadranten.

Värmebehovet minskar vilket placerar åtgärden i den fjärde kvadranten, med en genomsnittlig minskning av energibehov med -10% och effektbehov med -15%. Orsaken till den relativt stora skillnaden mellan de exemplen beror till största del av olika förutsättningar. Cirkeln närmare nollpunkten representerar en bostadsbyggnad med en tillhörande lokalbyggnad varför resultatet för installationen av FTX i bostäderna kan ha påverkats av förändringar i lokalen.



Figur 23: Åtgärdskompass för åtgärder på ventilationssystem, där förändringen av effekt och energi i procent sätts i relation till varandra. Observera att en av cirkelarna som representerar ökningen av elanvändning ligger utanför diagrammet i den andra kvadranten.

Den streckade cirkeln som finns i den andra kvadranten avser ökning av el (och utanför diagrammets ramar finns ytterligare en grå cirkel för det andra FTX-exemplet). Hur stor förändringen i elenergi och -effekt blir i procent beror av hur stor elanvändningen i fastigheten var före åtgärd. Fastigheterna i exemplen ovan saknade ventilationsfläktar före åtgärden varför elanvändningen från FTX innebär en stor procentuell ökning av total elanvändning.

” De så kallade klimatskärmsåtgärderna (tilläggsisolering, fönsterbyte mm.) minskar energi- och effektbehovet mest, vilket inte är så oväntat då de generellt innebär de största ingreppen på byggnaden”

Diskussion

Vår sammanställning av resultat från verkliga fall visar att de flesta vanliga energi-effektiviseringsåtgärder som genomförs i flerbostadshus minskar både effekt- och energibehovet samtidigt och ofta ungefär lika mycket (i relativa termer). Detta tolkar vi som en positiv indikator för framtida effektiviseringsprojekt eftersom de positiva effekterna skapas på både systemnivå och för både kunder och leverantörer. En intressant frågeställning är därför snarare kring de exempel på åtgärder som enligt vår studie inte minskar effekt- och energibehovet samtidigt; hur motiveras åtgärden vid planering och vilka faktorer har störst påverkan på åtgärdens utfall? En viktig faktor, anser vi, är att tidigt i planeringen ta hänsyn till åtgärdens påverkan på effektbehovet.

Tittar vi framåt på hur energisystemen sannolikt kommer att utvecklas finns det anledning att tro att de energikällorna med högst utsläpp kommer att ytterligare förskjutas till marginalen. Det är också mycket sannolikt att kostnaderna för energi-produktion fortsatt kommer vara som högst vid de tidpunkter då behovet är som störst, även om det kommer finnas skillnader mellan olika system. När det gäller prissättning och kostnader för användare kan man se en trend mot att billigare och mer avancerad mätutrustning möjliggör mycket mer avancerade prismodeller med högre tidsupplösning och fler priskomponenter. Samtidigt finns det influenser som talar för att energileverantörer bör frångå sin klassiska strategi med att sälja energi som en produkt och istället arbeta mer mot 'tjänstefiering', vilket skulle kunna innebära mer individuellt anpassade prismodeller med kundens förutsättningar i centrum. Gemensamt för båda dessa trender är att fokus sannolikt kommer vara på att minska effektbehovet i större utsträckning än vad som generellt sker idag.

Ett exempel som vi ser redan idag är olika försök som genomförs i liten skala för att avhjälpa kortvariga effekttoppar i fjärrvärmenät genom så kallad efterfrågeflexibilitet. Gemensamt för dessa försök är att kundernas byggnader används som dämpare där energi 'lånas' från byggnader som har ett överskott i de lägen då effektbehovet i nätet är stort. Om sådana lösningar får bred spridning skulle kortvariga effekttoppar kunna hanteras av det befintliga systemet. I framtiden kan fokus därför vara på att minska perioder med högt effektbehov.

I analysen som ligger till grund för denna rapport har vi försökt koppla samman ett mikro- och ett makroperspektiv. För att förstå de övergripande effekterna av åtgärder som utförs i enskilda byggnader måste vi se både till hur åtgärderna påverkar byggnadernas energi- och effektbehov och hur dessa byggnader är delar av större system, såsom el- och fjärrvärmesystemen. De huvudsakliga frågeställningarna som har berörts är vilken påverkan på energianvändningen olika typer av åtgärder som vanligtvis genomförs i byggnader har, både ur energileverantörens

och energianvändarnas perspektiv, samt kopplingen till den klimatpåverkan som uppkommer i samband med energianvändningen. Kunskapen om de överliggande energisystemens komplexitet säger oss att mer fokus bör läggas på åtgärder som minskar det maximala effektbehovet, men att det är svårt att dra mer detaljerade slutsatser som kan appliceras generellt. Effektfrågan har kommit in mer i rampljuset på senare år och problematiken med att tillgodose ett energibehov med höga effekttoppar kommuniceras idag ut genom mer avancerade prismodeller i högre utsträckning än tidigare. I många fjärrvärmenät kompletteras också detta med ytterligare kommunikation mellan energileverantörer och användare, tex genom plattformen "Prisdialogen". När det gäller miljöfrågor så har denna typ av kommunikationsarbete mellan leverantörer och användare historiskt sett inte fått samma uppmärksamhet men har på senaste tiden blivit vanligare och viktigare.

Något som begränsat analyserna, där grundtanken var att basera all analys på verkliga och uppmätta värden, har varit den begränsande tillgången på data. Svårigheten med att få fram tillämpbara data har berott på flera faktorer men den största orsaken bedömer vi vara att nödvändig information inte finns hos en källa utan är utspridd hos flera olika aktörer. Energileverantören har oftast möjlighet att få fram stora mängder data om leveranserna, men saknar kunskap om vilka åtgärder som utförts i respektive fastighet. Fastighetsägare har kunskap om detaljerna kring vilka åtgärder som utförts i respektive fastighet men saknar ofta möjlighet att på ett enkelt sätt få fram högupplöst förbrukningsdata. Detta är kanske ingen nyhet för branschen men i en tid av digitalisering och 'big data' är detta en konkret fråga man skulle kunna arbeta vidare med.

Flera åtgärder som vi analyserat visar på en relativt stor variation i utfallet. Vi saknar i vissa fall detaljerad information om respektive åtgärd varför vi inte med säkerhet kan säga vad variationerna beror på. Vi bedömer att variationerna generellt beror på att syftet med åtgärderna varierat, att funktionen delvis förändrats i samband med åtgärd eller att det i vissa fall utförts andra, för oss okända, åtgärder parallellt. Exempelvis verkar det vara vanligt att luftflöden förändras i samband med fläktbyte vilket gör att resulterande energianvändning inte minskar som annars förväntat av åtgärden. Ytterligare en försvårande faktor är att mätdata endast finns över total energianvändning varför påverkan från andra faktorer utöver åtgärden är svåra att exkludera. Med tanke på denna svårighet bör man som fastighetsägare redan i planeringsskedet överväga att införa mer detaljerad mätning så att resultatet från åtgärden tydligt kan följas upp. Om inte detta är möjligt eller aktuellt bör man tänka igenom vilket resultat man förväntar sig, givet den mätdata man har tillgång till. Om en energieffektiviseringsåtgärd exempelvis utförs i förebyggande syfte förväntar man sig inte att resultatet leder till minskad energianvändning utan istället att energianvändningen inte ökar.

Vi har gjort ett försök att jämföra våra resultat mot de beräknade resultaten från BeBo:s rapport 'Ett hus, fem möjligheter', men på grund av att omfattning-

en av åtgärderna skiljer sig mycket mellan våra exempel blir jämförelsen svag. Vi kan ändå nämna att enligt man i 'Ett hus, fem möjligheter' räknar i 'alternativ två' att följande 'åtgärds paket' genomförs: tilläggsisolering yttervägg, byte av fönster, installation FTX, byte radiatorer och installation av ett helt nytt tappvattensystem. Beräkningen visar då att energi- och effektbehovet kan minska med 65%. Detta kan jämföras mot vårt resultat som visar att tilläggsisolering och fönsterbyte hamnar runt 35-40% energi- och effektminskning. Vi anser att skillnaden mellan våra resultat är rimligt med tanke på hur många fler åtgärder de har i sitt 'åtgärds paket'.

Vad drar vi för slutsatser och lärdomar av detta?

- 1** Baserat på underlaget till detta projekt, tyder våra analyser på att:
 - De så kallade klimatskärmsåtgärderna (tilläggsisolering, fönsterbyte) minskar energi- och effektbehovet mest och ungefär lika mycket (i relativa tal).
 - Värmeinjustering i våra analyserade fastigheter minskar effektbehovet men inte energibehovet, dock kan en dold nytta finnas om man undviker ökad energianvändning.
 - Elåtgärder som byte av belysning minskar energi- och effektbehov medan fläktbyte verkar ofta genomföras tillsammans med andra åtgärder så att resultatet innebär högre effektbehov och ingen förändring av energibehovet.
 - Installation av FTX minskar energi- och effektbehovet av värme ungefär lika mycket. Förväntat resultat beror i hög utsträckning på läget före installation.
 - Vattensparåtgärder minskar energibehovet men påverkan på effektbehovet är liten.

- 2** Många av de vanligt förekommande energibesparande åtgärderna leder idag till en minskad förbrukning av såväl energi som effekt. Något som ofta kan ses om en nytta för både fastighetsbolag och energibolag. Samtidigt är det viktigt att poängtera att ur ett miljö- och kostnadsperspektiv påverkas resultaten i hög grad av de lokala förutsättningarna.

- 3** Det faktum att man vanligtvis genomför flera olika energieffektiviseringsåtgärder samtidigt innebär att det är svårt att följa upp effekten av enskilda åtgärder. Denna utredning har visat på att det finns flera hinder som försvårar tillgängligheten av relevant data för bredare och djupare analyser, inte minst möjligheten att få ut timvärden samt den arbetsinsats som krävs av fastighetsägare för att hämta data ur relevanta databaser.

Vi kan rikta följande uppmaningar till fastighetsbolag:

- Räkna även på effektförändringen vid planering av åtgärder, inte bara energiförändringen.
- Var tydlig med syftet för en energieffektiviseringsåtgärd; är det förväntade resultatet att energianvändningen ska minska eller att den inte ska öka? Eller något annat (bättre inomhusmiljö osv)?
- Går det att få fram relevant mätdata för att utvärdera åtgärden? Om inte, fundera på om det är värt att investera i bättre mätutrustning för att kunna följa upp åtgärden ordentligt (i praktiken innebär detta oftast att det ska gå att få fram timvärden före och efter åtgärd).

På samma sätt kan vi rikta följande uppmaningar till energibolag:

- Diskutera även effekt varje gång ni pratar om energi med era kunder; använd exempelvis resultaten från denna rapport att relatera effekt till energi.
- Prismodellen för fjärrvärme och elnät är ett viktigt verktyg för att skapa incitament för energieffektivisering med effekt. Fundera ordentligt på hur och i vilken riktning man vill att prismodellen ska styra och lägg tid och resurser på att utforma prismodellen därefter. Ekonomiska incitament är dock inte tillräckligt, som komplement till detta krävs en tydlig och kontinuerlig kommunikation som belyser målen och tydliggör incitamenten.

Denna utredning har visat på att det finns flera hinder som försvårar tillgängligheten av relevant data för bredare och djupare analyser, inte minst möjligheten att få ut timvärden samt den arbetsinsats som krävs av fastighetsägare för att hämta data ur relevanta databaser. Trots svårigheten att ta fram relevant data har vi dock förhoppningsvis visat att det går med ett förhållandevis begränsat underlag lyfta ett antal intressanta frågor och visa på sambandet mellan energi- och effektbehovet för olika energieffektiviseringsåtgärder. Det finns ett stort behov av att vidareutveckla kunskapen och förståelsen kring energi- och effektfrågor, inte minst med tanke på den kritiska effektsituationen som råder i flera storstadsområden. Frågan om effekt ligger också högt på agendan hos många allmännyttiga bostadsföretag då det är en fördjupningsfråga inom Klimatinitiativet. Det finns många frågor som skulle kunna vidareutvecklas med denna studie som utgångspunkt.

Bilaga 1 – Centrala begrepp

ENERGIBÄRARE är ett ämne eller system som lagrar och/eller transporterar energi, snarare än att vara en energikälla i sig. Exempel på energibärare kan vara varmvatten i ett fjärrvärmenät, olika köldmedium eller elektricitet.⁸

FASTIGHETSEL är elektricitet som förbrukas av utrustning som betjänar en byggnad, till exempel el till belysning i gemensamma utrymmen, el till ventilationsfläktar, el till pumpar i värmesystemet med mera men exklusive el till vitvaror eller maskiner som finns i bostäder eller lokaler.

KÖPT ENERGI är den energimängd som levereras till byggnaden från ett externt tekniskt system. Till köpt energi räknas exempelvis inte energi infångad från angränsande naturliga system såsom markvärme eller solenergi.

ANVÄND ENERGI, även kallat nettoenergi, är den energimängden som byggnaden använder för att tillgodose de boendes samtliga behov.

MARGINALEL är den elektricitet som för stunden produceras av det kraftverk i det betraktade systemet som vid varje tillfälle är dyrast att använda (högst rörliga kostnader). Denna produktionskälla är alltså billigare än övrig tillgänglig kapacitet och dyrare än alla andra kraftverk i drift.

EFTERFRÅGEFLEXIBILITET innebär, precis som uttrycket låter, att det är möjligt att variera efterfrågan för att passa produktionen, istället för det traditionella förfarandet där produktionen varieras för att passa efterfrågan. I fallet med fjärrvärme innebär det att vissa byggnader i ett bestånd tillfälligt kan minska sitt uttag av effekt för att tillräckligt med effekt ska kunna levereras i övriga fjärrvärmenätet när behovet är som störst utan att någon ny produktion behöver startas. Eftersom större byggnader på grund av sin stora massa har hög värmetröghet, kan man minska tillförseln av energi tillfälligt utan att den upplevda komforten påverkas. Detta innebär oftast att produktionsanläggningar med fossila bränslen som agerar som reserv inte behöver användas och därmed minskar utsläppen i systemet. Det kan också innebära att nya produktionsanläggningar inte behöver byggas ut, trots växande byggnadsbestånd, om tillräckligt många byggnader finns som kan anpassa sitt effektbehov under de perioder då effektbehovet i fjärrvärmesystemet är som störst.

⁸ Källa: Wikipedia

Energieffektivisering med effekt

Vår sammanställning av resultat från verkliga fall visar att de flesta vanliga energi-effektiviseringsåtgärder som genomförs i flerbostadshus minskar både effekt- och energibehovet samtidigt. Dock finns det en tydlig variation mellan åtgärderna, där vissa påverkar både effekt- och energibehovet ungefär lika mycket (i relativa termer) medan andra mest påverkar energibehovet. Överlag tolkar vi resultatet som en positiv indikator för framtida effektiviseringsprojekt eftersom påverkan på både energi- och effektbehovet samtidigt skapar positiva effekter på systemnivå och för både kunder och leverantörer.

Inom denna studie har vi analyserat ett 30-tal byggnader där man har genomfört någon vanlig energieffektiviseringsåtgärd och där det har varit möjligt att få tillgång till detaljerade mätdata både före och efter åtgärdens genomförande. Vi har analyserat förändringen av både energi- och effektbehov (både el och värme). Majoriteten av de studerade åtgärderna kan delas in sju huvudtyper; värmeinjustering, vattenspar, fläktbyte, vindsisolering, FTX, belysning, väggisolering + fönsterbyte.

I analysen som ligger till grund för denna rapport har vi försökt koppla samman ett mikro- och ett makroperspektiv. För att förstå de övergripande effekterna av åtgärder som utförs i enskilda byggnader måste vi se både till hur åtgärderna påverkar byggnadernas energi- och effektbehov och hur dessa byggnader är delar av större system, såsom el- och fjärrvärmesystem. De huvudsakliga frågeställningarna som har berörts är vilken påverkan på energianvändningen olika typer av åtgärder som vanligtvis genomförs i byggnader har, både ur energileverantörens och energianvändarnas perspektiv, samt kopplingen till mänsklig klimatpåverkan som uppkommer i samband med energianvändningen. Kunskapen om de överliggande energisystemens komplexitet säger oss att mer fokus bör läggas på åtgärder som minskar det maximala effektbehovet, men att det är svårt att dra mer detaljerade slutsatser som kan appliceras generellt.

Idén till detta projekt väcktes inom Värmemarknad Sverige där projektet ville samla (och förhoppningsvis öka) kunskapen kring effekt. Mer information finns på www.varmemarknad.se.