



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS12 013

Examensarbete 30 hp
Maj 2012

Energieffektivisering i samband med renovering

– Analysmodell för energibesparande åtgärder
utifrån ett företagsekonomiskt perspektiv

Torun Hammar



UPPSALA
UNIVERSITET

**Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten**

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Energy-efficient renovation – An analytical model for improving efficiency from a business perspective

Torun Hammar

Rising energy prices and higher energy demands have led to an increased focus on energy efficiency, in particular in the real estate business, where high potential for energy savings exists. Within the next few years, buildings that were constructed in the sixties and seventies will be in need of renovation. One of the challenges of these renovations will be to improve energy efficiency. A real estate company that is facing this challenge is Uppsalahem AB, based in the city of Uppsala, Sweden. This study focused on analyzing energy efficiency measures when renovating old buildings. An analytical model for improving efficiency from a business perspective was compiled. The model describes how an analysis of energy efficiency measures can be conducted to determine if the measures meet established energy goals. The model is Excel-based and contains the steps of collecting data, calculating energy use, actions to mitigate inefficiencies and analysis.

To develop an analytical model, a case study was selected and analyzed. Through this work, conclusions were drawn about how energy efficiency analysis should be performed. Several methods were compared and the most suitable methods were chosen for future analysis.

Handledare: Tomas Nordqvist
Ämnesgranskare: Arne Roos
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS12 013

Populärvetenskaplig sammanfattning

Stigande energipriser och högre energikrav har medfört ett allt större fokus på energieffektiviseringar. Speciellt viktigt har det blivit inom fastighetsbranschen där stora möjligheter till energibesparingar finns. Inom de nästkommande åren kommer bostäderna som byggdes under 60- och 70-talet behövas renoveras och det är då ett bra tillfälle att samtidigt genomföra energieffektiviseringar. Ett fastighetsbolag som står inför denna utmaning är Uppsalahem AB som är ett allmännyttigt bostadsbolag i Uppsala. Denna rapport behandlar problematiken kring att analysera energieffektiviserande åtgärder. På uppdrag av Uppsalahem har en analysmodell för energieffektiviserande åtgärder utifrån ett företagsekonomiskt perspektiv tagits fram.

I arbetet med att ta fram analysmodellen har ett av Uppsalahems bostadshus valts ut som studieobjekt. Genom att genomföra en energieffektiviseringsanalys av studieobjektet kunde slutsatser om hur en analysmodell ska utformas dras. Energieffektiviseringsanalysen följde en energieffektiviseringsstrategi framtagna av Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) och Utveckling av Fastighetsföretagande i Offentlig Sektor (U.F.O.S). Strategin innefattar de sex stegen *Samla in underlag*, *Identifiera åtgärder*, *Analysera energiprestanda*, *Utredda åtgärder*, *Utföra åtgärder* samt *Driftoptimera*. Detta arbete avgränsades till de fyra första stegen då inga åtgärder genomfördes under arbetets gång.

I de olika stegen genomfördes ett antal beräkningar. Olika metoder testades och från resultatet drogs slutsatser om vilka beräkningsmetoder som var bäst lämpade för framtida analyser. I steget analysera energiprestanda användes två klimatkorrigeringsmetoder för att korrigera energianvändningen; E-signaturmetoden och graddagsmetoden. Från de beräkningar som genomfördes visades E-signaturmetoden ge ett jämnare resultat jämfört med graddagsmetoden. Därför valdes E-signaturmetoden för analysmodellen. I moment nummer tre att identifiera åtgärder valdes endast åtgärder för klimatskalet ut för att förenkla kostnadsanalysen. Åtgärderna valdes så att en åtgärd representerade en grundrenovering då inga energieffektiviserande åtgärder genomförs. Sedan valdes tre energieffektiviserande åtgärder och även ett åtgärdspaket av de tre åtgärderna.

I det sista momentet utreddes åtgärderna genom att kostnader för drift, underhåll och investering uppskattades eller beräknades. Även livslängder uppskattades för de olika åtgärderna. Energisimuleringsprogrammet VIP Energy användes för att beräkna driftkostnad och energiprestanda för samtliga åtgärder. För att beräkna åtgärdernas totala kostnader användes två lönsamhetsmetoder; nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden. Nuvärdesmetoden fungerade bra att använda vid livscykelkostnadsanalyser men kunde inte hantera åtgärder med skilda livslängder. För att kunna jämföra dessa åtgärder användes annuitetsmetoden då investeringskostnaden räknas om till en årlig kostnad utifrån den valda kalkylräntan och livslängden.

Energieffektiviseringsanalysen av studieobjektet visade att åtgärdspaketet hade en mindre livscykelkostnad jämfört med grundrenoveringen. Detta beror på att den årliga driftkostnaden minskade vilket gav en mindre livscykelkostnad även då investeringskostnaden var högre. Energisimuleringsprogrammet visade också att åtgärdspaketet uppfyllde kravet på energiprestanda enligt Boverkets byggregler (BBR 19). En känslighetsanalys genomfördes av kostnadsanalysen för att se vilka parametrar som påverkade resultatet samt vilka risker feluppskattningar kan leda till. Känslighetsanalysen visade att energiprisökningen och kalkylperioden har en relativt stor påverkan på resultatet och det är därför viktigt hur de väljs.

Däremot hade inte underhållskostnaden en lika stor påverkan vilket var positivt då det var en svåruppskattad parameter.

Utifrån energieffektiviseringsanalysen som genomfördes för studieobjektet sammanställdes en analysmodell som beskriver hur en analys av energieffektiviserande åtgärder ska genomföras för att se om åtgärderna uppfyller uppsatta energimål. Modellen innefattar momenten *samla in data*, *beräkna energiprestanda*, *åtgärder* och *analys*. Analysmodellen är ett Excel-baserat verktyg som innehåller en beskrivning av hur de olika momenten ska genomföras samt i vilken ordningsföljd. Verktöget består av fyra beräkningsark för de fyra momenten. Det första arket *Samla in underlag* är tänkt som ett indataark där värden för den studerade byggnaden läggs in. Genom att göra detta beräknas energiprestandan ut automatiskt med hjälp av E-signaturmetoden i arket *Beräkna energiprestanda*. I det tredje arket *Åtgärder* fylls livslängd, investeringskostnad samt en beskrivning av åtgärderna in. I det fjärde arket *Analys* beräknas kostnader för åtgärderna med annuitetsmetoden. Kalkylförutsättningar, driftkostnad och underhållskostnad behöver tas fram för åtgärderna för att genomföra analysen. Som ett komplement till analysmodellen behövs därför ett energisimuleringsprogram där energibesparingar och driftkostnader kan beräknas. Slutligen innehåller Excel-verktyget ett sammanfattningsark där viktig indata och resultat finns för att ge en lättöverskådlig bild.

Förord

Denna rapport är ett resultat av mitt examensarbete på civilingenjörsprogrammet System i Teknik och Samhälle vid Uppsala universitet. Examensarbetet genomfördes på Uppsalahem AB under våren 2012. Ett stort tack riktas mot alla medarbetare på Uppsalahem för ett varmt välkomnande och hjälp under arbetets gång. Speciellt tack till min handledare Tomas Nordqvist på Uppsalahem och min ämnesgranskare Arne Roos på Uppsala universitet som har hjälp till genom att bidra med sin tid och kunskap.

Torun Hammar

Uppsala den 24 maj 2012

Ordlista

Avkastningsvärde	Värdet av att äga en fastighet eller ”nuvärdet av förväntade framtida avkastningar från värderingsobjekt.” (Institutet för värdering av fastigheter och SFF, 2005)
Kalkylränta	Realränta adderas med inflation samt riskfaktor alternativt riskfri obligationsränta plus riskkompensation, (Institutet för värdering av fastigheter och SFF, 2005).
Driftnetto	Hysesinkomster minus underhåll- och driftkostnader.
Investering	En kapitalinsats som förväntas leda till framtida avkastning.
BBR	Boverkets byggregler.
Boarea (BOA)	Bruksarea för utrymmen helt eller delvis ovan mark inrättade för boende. Till boarean räknas utrymmen inom en bostad inrättad för vistelse, personlig hygien, förvaring och/eller vård av kläder, förråd med ingång från bostaden samt utrymme för intern kommunikation inom bostaden, (Institutet för värdering av fastigheter och SFF, 2005).
Lokalarea (LOA)	Bruksarea för utrymmen inrättade för annat ändamål än boende, sidofunktioner till boende, byggnadens drift eller allmän kommunikation, (Institutet för värdering av fastigheter och SFF, 2005).
Atemp	”Arean av samtliga våningsplan, vindsplan och källarplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte.” (BBR 19)
Energiprestanda	Mått på energianvändning mätt i kWh/m ² (Atemp och år).
Förnyelse	Uppsalahems benämning på totalrenovering av bostäder.
Brukare	Hysesgäster som bor i bostäderna.
FTX-system	Ventilationssystem med från- och tilluftsfläktar samt återvinning.
U-värde	Värmegenomgångskoefficient, den värme som transporteras genom en byggnadsdel per tidsenhet då skillnaden av lufttemperaturen på båda sidor av konstruktionen är en grad. Mäts i W/m ² K.

Innehållsförteckning

1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Problemformulering	4
1.3 Syfte och mål	5
1.4 Avgränsningar	5
2 Metod	6
2.1 Studieobjekt	7
2.2 Insamlande av information	7
2.3 Energisimulering	7
2.4 Källkritik	7
2.5 Disposition	8
3 Krav och regelverk	9
3.1 Boverket	9
3.2 Energideklaration	10
3.3 Miljömål	10
4 Energi	12
4.1 Energibalans	12
4.2 Energiprestanda	12
4.3 Energieffektiviserande åtgärder	17
5 Ekonomi	22
5.1 Lönsamhet	22
5.2 Livscykelkostnad	25
5.3 Kalkylmodeller	25
5.4 Avkastning	27
5.5 Känslighetsanalys	27
5.6 Beräkningsverktyg	28
6 Energieffektiviseringsanalys	29
6.1 Samla in underlag	29
6.2 Analysera energiprestanda	32
6.3 Identifiera åtgärder	38
6.4 Utredda åtgärder	40
7 Diskussion	52
7.1 Samla in underlag	52
7.2 Analysera energiprestanda	52
7.3 Identifiera åtgärder	52
7.4 Utredda åtgärder	53
8 Analysmodell	55
9 Slutsats och förslag på fortsatta studier	64

Litteraturförteckning	65
Appendix	70
1. Indata VIP Energy	70
2. Analysmodell	72

1 Inledning

Under det senaste årtiondet har arbetet med energieffektiviseringar blivit en alltmer betydelsefull fråga både på en global som en lokal nivå. Högre energikrav och möjligheten att minska energikostnader har bidragit till ett ökat intresse bland företag och regeringar. Enligt EG-direktivet (2006/32/EG) ska alla EU:s medlemsländer arbeta för att minska sin energiförbrukning med 20 % till år 2020 jämfört med 1995 års nivå. En central del i att uppnå EU:s klimatmål är energieffektiviseringar. Sveriges regering har bland annat sammanställt en nationell handlingsplan för energieffektiviseringar med strategier för hur energiförbrukningen i landet kan minskas, (Bruce, 2008).

Bostadssektorn är ett område med stora effektiviseringsmöjligheter då den står för cirka 40 % av den totala energiförbrukningen i Sverige. Under de senaste årtiondena har den totala förbrukningen från landets 2,4 miljoner flerbostadshus ökat. För att motverka denna trend har flera åtgärder vidtagits, bland annat har lagen om energideklarationer införts för att motivera energieffektiviserande åtgärder i byggnader. Bostadssektorn har stora möjligheter att minska energiförbrukningen då många äldre hus i miljonprogrammet kommer att behöva renoveras inom de närmsta tio åren. Enligt en rapport sammanställd av regeringen 2010 är runt 60 % av de befintliga flerbostadshusen i behov av renovering. Det är då ett lämpligt tillfälle att samtidigt genomföra energieffektiviserande åtgärder på ett kostnadseffektivt sätt. Dock finns det enligt regeringen brister i kunskapsspridningen inom energieffektivisering vilket är ett hinder för att energieffektiviserande åtgärder genomförs. Information om de ekonomiska fördelarna som åtgärderna medför kommer inte fram till alla fastighetsbolag i Sverige, (Bruce, 2008).

Uppsalahem är ett av Sveriges fastighetsbolag som arbetar med energieffektiviserande åtgärder, i resterande del av arbete kallat energiåtgärder. De kommer under de närmsta åren att renovera ett stort antal av sina bostäder och vill då i samband med renoveringen även se vilka möjligheter till lönsamma effektiviseringar det finns. Dock finns det ingen utarbetad modell inom företaget för hur en energieffektiviserande process ska genomföras. Detta examensarbete kommer att utreda hur en sådan process ska genomföras samt studera ett specifikt bostadshus för att analysera dess energieffektiviseringspotential.

1.1 Bakgrund

För att bättre förstå syftet och problematiken med examensarbetet presenteras först ett kort avsnitt med bakgrund som beskriver miljonprogrammet, Uppsalahem och deras planer för förnyelse och ombyggnation.

1.1.1 Miljonprogrammet

På grund av den rådande bostadsbristen under 1960-talet beslutade riksdagen 1965 att en miljon lägenheter skulle byggas under de kommande tio åren. Nya förorter växte fram och den höga produktionstakten krävde ett rationaliserat byggande där delar av produktionen skedde på fabriker. Husen byggdes under en tid när kraven på isolering var låga och energi var billigt. Idag är dessa bostäder i behov av renovering och det är då viktigt att samtidigt energieffektivisera bostäderna för att minska energiförbrukningen, minska driftkostnaderna och förbättra inneklimatet, (Renovera energismart, 2012a).

Husen som byggdes under den här perioden följde dåtidens minimikrav för byggnader. Ett typiskt hus byggt mellan 1965-1975 är ett lamellhus med 3-6 våningar. I dessa hus är både balkonger, bjälkar och bärande väggar stora köldbryggor. De gamla fönstren har ett U-värde omkring 3 och klimatskalet läcker ofta energi. Efter 1961 var frånluftssystemet det vanligaste ventilationssystemet och idag har de gamla bostäderna ofta en ojämn inomhustemperatur. Varmvattenanvändningen är hög och värmen distribueras ofta från en gemensam central med dåligt isolerade ledningar. Ytterligare en nackdel med dessa bostäder är att det inte finns individuella mätare för vattenanvändningen vilket gör det svårare för hyresgästen att påverka sin egen energikostnad, (VVS Företagen och Svenska Ventilation, 2008).

1.1.2 Uppsalahem

Uppsalahem är ett kommunalägt allmännyttigt bostadsbolag i Uppsala med cirka 15 500 bostäder. Den största delen av Uppsalahems bostäder byggdes mellan 1950 och 1979. Under de tio nästkommande åren kommer cirka 3 200 av dessa bostäder behöva renoveras för att förlänga dess livslängd, uppfylla hyresgästernas boendekrav, minska miljöpåverkan, sänka driftskostnaderna samt uppnå nuvarande miljömål, (Nordqvist, 2012). Uppsalahem använder sig av begreppet *förnyelse* när de talar om totalrenovering, därför används deras begrepp i den resterande delen av arbetet och har då samma betydelse som renovering. För att genomföra ombyggnationer följer Uppsalahem en projektplan som består av fyra övergripande faser; *planering*, *upphandling* och *ombyggnad* som slutligen leder till *klar förnyelse*. Det är en lång process som kan ta flera år att genomföra.

1.1.3 Förnyelse och ombyggnation

För att uppnå Sveriges energimål att halvera energianvändningen i bostadssektorn fram till år 2050 behöver energiåtgärder genomföras i de gamla lägenheterna som byggdes under 60- och 70-talet. Det krävs stora investeringar för att rusta upp lägenheterna i miljonprogrammet. Om energiåtgärder genomförs vid förnyelseprocessen kan energianvändningen minskas vilket leder till lägre energikostnader och besparingar på längre sikt. På så sätt kan energiåtgärder betala en del av investeringskostnaderna. En analys genomförd av Sveriges Allmännyttiga bostadsföretag (2007) visar att bostäder med ett attraktivt läge har större möjligheter att betala av sig än lägenheter med ett sämre läge. Detta beror på att avkastningskravet är lägre i ett attraktivt område då de är lättare att få en lägenhet uthyrd. Avkastningskravet definieras som den riskfria räntan med tillägg av en riskpremie som är beroende av fastighetens läge, (SABO, 2007).

När lägenheterna renoveras kan hyrorna i vissa fall höjas för att finansiera projektets kostnader. Om och hur stor en eventuell hyreshöjning blir beror på bostadens standardhöjning, hur marknaden ser ut och vilken möjlighet hyresgästerna har att betala mer. Enligt rapporten *Lönsam energieffektivisering* har de hyresgäster som bor i miljonprogrammet generellt lägst köpkraft jämfört med resten av befolkningen, (SABO, 2007).

1.2 Problemformulering

Uppsalahem kommer under de nästkommande 10 åren rusta upp ett stort bestånd av de lägenheter som byggdes under 60- och 70-talet. I och med ombyggnationerna vill de samtidigt utreda möjligheterna att genomföra energieffektiviserande åtgärder. I nuläget

har Uppsalahem ingen heltäckande metodik för hur denna utredning ska genomföras för att beräkna vilka energiåtgärder som är ekonomiskt möjliga att genomföra samtidigt som de uppfyller deras energimål. Det finns svårigheter med att genomföra den här typen av beräkningar då det finns flera olika sätt att räkna på vilket leder till skilda resultat. Uppsalahem vill därför ta fram en internt gemensam metod för hur beräkningarna ska genomföras. Metoden ska göra det möjligt att räkna på åtgärds paket med energiåtgärder med skilda livslängder. En viktig del av arbetet med att utreda energieffektiviseringspotentialen av en byggnad är att först fastställa byggnadens befintliga situation. Därför behövs en metod som även fastställer byggnadens utgångspunkt innan några åtgärder har genomförts.

1.3 Syfte och mål

Med utgångspunkt i Uppsalahems behov har syftet med examensarbetet varit att ta fram en analysmodell för att analysera energieffektiviserande åtgärder i samband med en förnyelseprocess. Analysmodellen ska vara ett hjälpmedel för att fastställa en byggnads befintliga situation, jämföra åtgärder med skilda livslängder samt analysera kostnader och besparingar. Målsättningen är att analysmodellen ska kunna användas internt på Uppsalahem i framtida projekt för att ta fram beslutsunderlag för vilka åtgärder som ska genomföras. Genom att använda analysmodellen ska arbetet med beräkningar och jämförelser mellan olika alternativ förenklas.

1.4 Avgränsningar

Då syftet med examensarbetet har varit att ta fram en analysmodell för hur beräkningar ska genomföras har många värden varit schablonvärden och riktlinjer. Fokus har inte varit att ta fram exakta beräkningsvärden för studieobjektet utan en metod för hur energieffektiviseringsarbetet ska genomföras. Analysmodellen innehåller en förenklad kostnadskalkyl för att jämföra olika alternativs årliga kostnader.

2 Metod

För att ta fram en analysmodell som Uppsalahem kan använda sig av i framtida projekt valdes en specifik byggnad ut som studieobjekt. Genom att studera byggnaden kunde slutsatser dras om hur en energieffektiviseringsanalys bör genomföras. Arbetet med att genomföra analysen innefattade ett antal delmoment. Först utreddes byggnadens befintliga situation och dess energieffektiviseringspotential. Sedan identifierades ett antal energiåtgärder och kostnadsberäkningar samt energiberäkningar genomfördes för de utvalda åtgärderna. Till grund för arbetet låg en strategisk plan sammanställd av Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) och Utveckling av Fastighetsföretagande i Offentlig Sektor (U.F.O.S). Planen beskrev hur en energieffektiviseringsprocess kan genomföras och var uppdelad i de sex stegen *Samla in underlag*, *Analysera energiprestanda*, *Identifiera åtgärder*, *Utröda åtgärder*, *Utföra åtgärder* och *Driftoptimera*, (Lindqvist, 2009). Då inga energiåtgärder genomfördes under arbetets gång avgränsades arbetet till steg ett till fyra. Nedan följer en beskrivning av hur arbetet genomfördes för varje metodsteg.

1. Samla in underlag

Det första steget i energieffektiviseringsprocessen var att samla in underlag för den studerade byggnaden. Syftet med arbetet var att samla in nödvändig information för ett fortsatt analys- och utredningsarbete. Genom att samla in information om byggnaden kunde befintliga fel och brister upptäckas. Ett vanligt sätt att undersöka byggnader är att genomföra en inventering där byggnaden går igenom för att fastställa dess befintliga skick. Till en inventering genomförs ofta mätningar av temperaturer och luftflöden. Enligt den strategiska planen sammanställd av SKL och U.F.O.S ska inventeringen resultera i ett analysunderlag.

För det valda studieobjektet fanns det redan en analysrapport som Uppsalahem sammanställde 2010. Analysrapporten innehöll information om byggnadens befintliga skick, energistatistik och brister som var i behov av att åtgärdas samt en ekonomisk analys. Dock saknades en del information gällande bland annat kallvattenanvändning, energipriser samt byggnadskonstruktion. Information om de områdena samlades in från bland annat vattenverk, energibolag och Uppsalahems egna arkiv. Analysrapporten och den insamlade informationen har legat till grund för resterande del av arbetet.

2. Analysera energiprestanda

Nästa steg var att analysera byggnadens befintliga energiprestanda för att fastställa graden av energieffektivitet. Genom att undersöka nuläget kunde energibesparingspotentialen utredas. Den befintliga energiprestandan jämfördes med uppsatta energimål och krav. Förutom energiprestanda kan även miljöprestanda analyseras genom att se vilka energislag som används till värme samt till driften. Att analysera miljöprestanda är en komplex uppgift som kräver omfattande analys, (Lindqvist, 2009). Därför har endast energiprestandan analyserats i det här arbetet.

3. Identifiera åtgärder

Utifrån den analysrapport som Uppsalahem sammanställde 2010 har ett antal energiåtgärder valts ut och analyserats. Då huvudsyftet med examensarbetet var att ta fram en analysmodell och inte att få fram exakta siffror på kostnader och besparingar har beräkningar endast utförts på en avgränsad del av de åtgärder som identifierades i

analysrapporten. Åtgärderna har valts så att en åtgärd representerade en grundrenovering, d.v.s. en åtgärd som genomförs vid en vanlig ombyggnation utan någon energieffektivisering. Sedan har grundrenoveringen jämförts med en energiåtgärd. Slutligen har ett åtgärds paket sammanställts bestående av flera åtgärder med skilda livslängder. Syftet var att ta fram ett sätt att hantera sammansatta åtgärder samt att visa hur kostnadsberäkningar kan genomföras. Målet med att genomföra energiåtgärderna var att de skulle leda till en bättre energiprestanda.

4. Utredda åtgärder

Efter att ett antal åtgärder var identifierade beräknades de kostnader och energibesparingar som åtgärderna skulle resultera i. För att beräkna energibesparingar och energiprestanda har energisimuleringsprogrammet VIP Energy använts. Genom att lägga in energipriser var det även möjligt att beräkna energikostnader för de olika åtgärdsalternativen. En lönsamhetskalkyl sammanställdes där åtgärdernas livscykelkostnader beräknades och jämfördes. Byggnadens driftnetto beräknades även för att ta fram avkastningsvärdet för investeringarna.

2.1 Studieobjekt

Det valda studieobjektet är ett flerbostadshus med 14 lägenheter som ligger på Kilgärdesvägen i Storvreta, Uppsala kommun. Huset byggdes 1961 och har ett förnyelsebehov. Uppsalahem genomförde en analysrapport om förnyelse i december 2010 där huset besiktades och förslag på åtgärder togs fram. Detta gör byggnaden till ett bra objekt att studera då mycket av steg ett – att samla in underlag – redan har gjorts av Uppsalahem. Huset har även separat el-, vatten- och energimätning vilket gör det till ett bra studieobjekt.

2.2 Insamlande av information

Examensarbetet har till stor del bestått av en litteraturstudie för att undersöka de olika faktorerna som ingår i en energieffektiviseringsprocess. Till hjälp har litteratur om energi, byggbranschen, ekonomi och regelverk använts. Det finns ett stort antal rapporter och böcker där området energieffektivisering behandlas som är framtagna av myndigheter och organisationer inom byggbranschen. Information har även hämtats från personkällor för att få fram specifik data för studieobjektet eller för de olika metodstegen. Mycket information gällande studieobjektet kommer från Uppsalahem.

2.3 Energisimulering

För att genomföra energiberäkningar har energisimuleringsprogrammet VIP Energy använts. Där har byggnadens befintliga konstruktionsdelar lagts in vilket gör det möjligt att beräkna energianvändningen. Sedan har åtgärderna lagts in en och en men även som ett åtgärds paket. Genom att göra detta kunde driftkostnader och energiprestanda beräknas för varje åtgärd.

2.4 Källkritik

En stor del av det skrivna materialet som finns om energieffektiviseringsåtgärder kommer från källor som arbetar med energieffektivisering inom byggbranschen. Detta kan ge ett snävt synsätt med mindre ifrågasättande. Information från producenter och leverantörer av energieffektiviserande produkter vill givetvis visa att deras produkter är

så bra som möjligt. Detta har funnits i åtanke då information har samlats in för att minimera påverkan från vinklade källor.

2.5 Disposition

Rapporten är strukturerad så att de tre avsnitten *3 Krav och regelverk*, *4 Energi* och *5 Ekonomi* beskriver den teori och de begrepp som har legat till grund för arbetet. Därefter presenteras den energieffektiviseringsanalys som genomfördes för studieobjektet i avsnitt *6 Energieffektiviseringsanalys*. Avsnittet är uppdelat efter de fyra metodstegen som presenterades i metodavsnittet. Resultatet av analysarbetet diskuteras i avsnittet *7 Diskussion* som också är uppdelat efter metodstegen. Utifrån arbetet med energieffektiviseringsanalysen sammanställdes en egen analysmodell som redovisas i avsnitt *8 Analysmodell*. Slutligen redovisas slutsatser och förslag på områden som är i behov av en utförligare analys i avsnittet *9 Slutsatser och förslag på fortsatta studier*.

3 Krav och regelverk

Det finns många regler och krav att ta hänsyn till vid byggnationer. Detta gäller även för ombyggnationer och renoveringar. I detta avsnitt beskrivs de regelverk som påverkar bostadsbolag och som är viktiga att ta hänsyn till vid en energieffektiviseringsprocess. Varje byggnad har funktionskrav som specificerar de krav och funktioner som byggnaden ska uppfylla. Funktionskraven delas upp i de tre undergrupperna; myndighetskrav, verksamhetsspecifika krav samt byggnadsspecifika krav. Myndighetskraven måste uppfyllas och rör främst människors säkerhet och hälsa. Boverkets byggregler är ett exempel på ett myndighetskrav som rör byggnaders utformning och de beskrivs utförligare i nästa avsnitt. Verksamhetsspecifika krav uppfylls för att byggnaden ska kunna fungera för den planerade verksamheten, exempelvis ska inomhusklimatet var anpassat till den tänkta verksamheten. Byggnadsspecifika krav rör byggnadens kvalité, det kan till exempel gälla energibehov, underhållsbehov eller estetiska kvaliteter, (Abel & Elmroth, 2008, ss. 17-18). Förutom de funktionskrav som finns ska även Uppsalahem uppfylla de ägardirektiv som finns gällande miljö- och energimål.

3.1 Boverket

Boverkets byggregler (BBR) är föreskrifter och allmänna råd gällande byggnaders tekniska egenskaper. Det är funktionskrav vilket gör det möjligt för byggherrar att välja den mest kostnadsoptimala tekniska lösningen vid byggandet. Byggreglerna är uppdelade i tre delar; Plan- och bygglag (PBL), Plan- och byggförordning (PBF) samt Boverkets allmänna råd om ändring av byggnad (BÄR). Från och med den 1 januari 2012 ersattes BÄR med ändringsregler i BBR vilket innebar bindande föreskrifter, (Boverket, 2011a).

I byggreglerna ställs krav på bland annat en byggnads specifika energianvändning som definieras som den maximala energimängden per kvadratmeter (A_{temp}) som levereras till byggnaden under ett normalår. Den levererade energin används till uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla samt fastighetsenergi. Interna värmetillskott samt solenergi beräknas inte in i den specifika energianvändningen. Enheten A_{temp} innefattar all area innanför omslutande klimatskal som uppvärms till minst 10°C, exklusive arean för varmgarage. För att få fram byggnadens area i måttet A_{temp} kan man antingen direkt mäta upp arean eller räkna om från andra uppgifter. Vid flerbostadshus används ofta begreppen lokalarea (LOA) plus boarea (BOA) och då kan omvandlingsformlerna

$$A_{temp} \text{ (med uppvärmd källare över } 10^{\circ}\text{C)} = 1,25 \cdot (BOA + LOA) \quad (1a)$$

$$A_{temp} \text{ (utan uppvärmd källare över } 10^{\circ}\text{C)} = 1,15 \cdot (BOA + LOA) \quad (1b)$$

användas där 1,25 och 1,15 är schablonvärden, (Boverket, 2012).

Sverige är uppdelat i tre klimatzoner där Uppsala hör till klimatzon III. Beroende på i vilken klimatzon byggnaden finns gäller olika krav, se tabell 1, (Boverket, 2011a).

Tabell 1. Specifik energianvändning för klimatzon III enligt BBR 19, [kWh per m² Atemp och år].

	Uppvärmning utan elvärme	Uppvärmning med elvärme
Bostäder	90	55
Lokaler	80	55

Källa: (Boverket, 2011b).

3.2 Energideklaration

Enligt EG-direktivet 2002/91/EG ska alla byggnader som säljs, hyrs ut eller renoveras ha en energideklaration som högst får vara tio år gammal. För att följa upp direktivet stiftades lagen om energideklarationer (2006:985) år 2006. En energideklaration ska innehålla en byggnads energiprestanda, vilket är ett mått på hur stor energianvändningen är mätt i till exempel kWh/m²Atemp per år. Enligt paragraf 3 är energiprestanda definierat som:

”Den mängd energi som behöver användas i en byggnad för att uppfylla de behov som är knutna till ett normalt bruk av byggnaden under ett år.”

En byggnads energiprestanda enligt energideklarationen innebär samma sak som den specifika energianvändningen enligt BBR. För att ta fram en byggnads energiprestanda finns det två olika metoder att använda sig av, antingen kan beräknade värden användas eller faktiska värden. I lagen (2006:985) ställs inget krav på vilken metod som ska användas men det finns rekommendationer som säger att för småhus används beräknad energianvändning medan flerbostadshus baseras på den faktiska användningen. För flerbostadshus föreslår EG-direktivet att fastighetsel, energi för uppvärmning och tappvarmvatten ska ingå. Enligt lagen ska även uppgifter om en funktionskontroll av ventilationssystemet och en radonmätning har utförts redovisas. Energideklarationen ska även innehålla förslag på hur byggnaden kan energieffektiviseras på ett lönsamt sätt där både enskilda åtgärder samt åtgärds paket presenteras, (Boverket, 2006).

3.3 Miljömål

Sverige har satt upp 16 nationella miljö kvalitetsmål som landets myndigheter ska arbeta för att uppnå. En av punkterna kallas *God bebyggd miljö* och innehåller bland annat delmålet att minska byggnaders energianvändning med 20 % till år 2020 samt med 50 % till 2050, jämfört med år 1995. Dessutom ska koldioxidutsläppen minska med 40 % till 2020, (Renovera energismart, 2012b). Enligt en bedömning gjord av Uppsalas länsstyrelse ser det i dagsläget inte ut som att Uppsala län kommer att kunna uppfylla fem av de sex delmålen inom God bebyggd miljö. Det enda delmålet som bedöms uppnås är just målet för minskad energianvändning, (Naturvårdsverket, 2011b).

Uppsalahem är även med i Uppsala kommuns klimatutmaning som innebär att kommunen ska minska de samlade utsläppen per medborgare med 30 % till 2020 jämfört med 1990, (Uppsalahem, 2012). I tabell 2 finns Uppsalahems miljönyckeltal redovisade.

Tabell 2. Uppsalahems miljönyckeltal.

Miljöaspekt	Miljömål
Värme [kWh/m ²]	-2,5 % per år till 2016
Vatten [l/m ²]	-1,5 % per år till 2016
Fastighetsel [kWh/m ²]	-1,5 % per år till 2016
Avfall [kg/m ²]	-5 % per år till 2012
Miljöinventering i befintlig bebyggelse	1000 lägenheter per år
Transporter [mil/anställd]	-1,5 per år till 2012
Koldioxid [ton/m ²]	-2,5 per år till 2016

Källa: (Uppsalahem, 2012)

Miljönyckeltalen är baserade på den boarea och lokalarea som Uppsalahem hyr ut. Uppsalahem deltar även i Skåneinitiativet som har startats av SABO med målet att minska den specifika energianvändningen med 20 % mellan åren 2007 och 2016. SABO är en branschorganisation med cirka 300 fastighetsföretag i skiftande storlek och flertalet ägs av kommuner. Det är även kommunerna som väljer fram SABO:s styrelse, (SABO, 2012).

4 Energi

En väsentlig del av att arbeta med att analysera energieffektiviserande åtgärder är att ta reda på vilka energibesparingar de leder till. För att göra detta behöver både den befintliga och den framtida energianvändningen beräknas. I följande avsnitt beskrivs de centrala faktorerna för att beräkna energianvändningen samt de vanligaste energieffektiviserande åtgärderna för bostadshus.

4.1 Energibalans

Hur stor en byggnads energiförbrukning blir bestäms av dess utformning, installationstekniska lösningar, brukarbeteende samt utomhusklimat. För att beräkna energibehovet genomförs energibalansberäkningar vilket innebär att alla energiflöden till och från byggnaden beräknas. Det innebär att transmissionsförluster, ventilationsförluster, läckageförluster, värmeåtervinning, solinstrålning och den interna värmeutvecklingen beräknas. Den interna värmeutvecklingen sker från människor, apparater och belysning inne i byggnaden samt även från väggar, tak och golv som avger värme till rumsluften, (Abel & Elmroth, 2008, ss. 82-86). För att beräkna värmetransporten genom en byggnadsdel, till exempel ett fönster eller en vägg, används begreppet värmegenomgångskoefficient, även kallat U-värde. Värmegenomgångskoefficienten beskriver värmemängden som passerar genom ytan av en konstruktion per tidsenhet, då skillnaden i lufttemperatur på båda sidor av konstruktionen är en grad. U-värdet mäts i enheten $W/(m^2K)$. Ett lågt U-värde innebär att värmemängden som passerar igenom byggnadsdelen är lägre än vid ett högre U-värde, (Abel & Elmroth, 2008, s. 223).

4.2 Energiprestanda

För att ta fram en byggnads energiprestanda beräknas den totala specifika energianvändningen som enligt Energimyndigheten rekommenderas vara ett medelvärde av de två senaste kalenderårens normalårskorrigerade energianvändning, (Nilsson P.-E. , 2005). Det finns olika sätt att klimatkorrigera energianvändningen men gemensamt för metoderna är att korrigeringen görs av den del av energiförbrukningen som är klimatberoende. Därför måste den del som används till tappvarmvatten beräknas eftersom den inte är beroende av utomhusklimatet. Tappvarmvattenanvändningen dras vanligtvis bort från den totala energiförbrukningen innan klimatkorrigering sker av den resterande delen. Slutligen adderas den klimatkorrigerade energianvändningen, energi för tappvarmvatten samt fastighetselen för att få den totala energianvändningen för året.

4.2.1 Tappvarmvatten

Med tappvarmvatten menas varmvatten som används i ett bostadshus och som tappas ur kranar, duschar m.m. Tappvarmvattenanvändningen i ett flerbostadshus beror på brukarnas vanor, installationer och varmvattencirkulation. Mängden energi som går åt till tappvarmvattnet påverkas av temperaturen på det inkommande kallvattnet och det utgående varmvattnet samt stilleståndsförluster i varmvattenberedare och förluster i varmvattenledningar, (Sveby, 2009a). Tappvarmvattnet kan antingen mätas med energimätare eller beräknas. Det finns flera metoder för att uppskatta hur stor andel energi som används för tappvarmvatten i ett flerbostadshus. Ofta används ett schablonvärde som brukar ligga mellan 20-30 % av den totala värmeenergin. Det kan

också uppskattas som en tredjedel av den uppmätta kallvattenförbrukningen, (Schulz, 2003). Förutom schablonvärden kan energianvändningen beräknas utifrån uppmätt varmvattenanvändning med riktvärdet 55 kWh/m³ och år genom att använda formeln

$$Energi_{vv} = (\sum_{månad=1}^{12} volym_{vv,månad}) \cdot 55 \quad (2)$$

Volymen för varmvattnet $volym_{vv,månad}$ mäts per månad och Atemp, (Sveby, 2009c). Formeln gäller då det inte finns någon cirkulationsledning för varmvattnet (VVC) på grund av att riktmärket inte tar hänsyn till energiförluster som sker via lagring i ackumulatortank eller varmvattencirkulation. VVC reducerar tiden det tar för tappvarmvattnet att nå ett tappställe vilket kan leda till minskad energiförbrukning då vattenåtgången blir mindre i och med minskat onödigt spolande, (Sveby, 2009a). Om volymflöden och tappvarmvattentemperaturer är kända kan formeln

$$Energi_{vv} = \sum_{månad=1}^{12} volym_{vv,månad} \cdot (T_{vv,månad} - T_{kv,månad}) \cdot 1,167 \quad (3)$$

användas för att beräkna energiprestandan för tappvarmvatten. T_{vv} är den distribuerade medelvarmvattentemperaturen varje månad som vanligtvis ligger på 55 °C. T_{kv} är medeltemperaturen på det inkommande kallvattnet varje månad vilket kan erhållas från vattenverket, (Sveby, 2009c).

4.2.2 Klimatkorrigering

Då klimatet skiljer sig från år till år kan det vara svårt att se om en energiåtgärd verkligen har resulterat i en lägre energiförbrukning. För att kompensera för skillnader i klimat används begreppet normalår. Definitionen av ett normalår är enligt BBR:

”Medelvärde av utomhusklimatet (t.ex. temperatur) under en längre tidsperiod (t.ex. 30 år).” (Boverket, 2009)

Genom att jämföra hur klimatet under ett specifikt år har varit i förhållande till ett normalår kan en normalårskorrigeringsfaktor räknas ut. Klimatkorrigeringen görs endast för den klimatberoende delen av energianvändningen, (Nilsson P. , 2007).

4.2.2.1 Graddagsmetoden

För att klimatkorrigera används ofta graddagsmetoden. Med graddag menas differensen mellan balanstemperaturen och utetemperaturen för varje dygn som sedan summeras per år. Balanstemperaturen är den utomhustemperatur då ingen värme behöver tillföras till byggnaden. Balanstemperaturen för att räkna ut graddagar är enligt SMHI 17 °C, om dygnsmedeltemperaturen ute är 10 °C blir då antalet graddagar 7. Eftersom uppvärmningsbehovet varierar under året har SMHI tagit fram gränstemperaturer för när det inte finns ett uppvärmningsbehov. Om dygnsmedeltemperaturen är 11 °C eller högre i maj kommer därför inga graddagar att adderas till årets graddagar. I tabell 3 presenteras alla gränstemperaturer, antalet graddagar är alltid skillnaden från 17 °C när det finns ett uppvärmningsbehov, (Schulz, 2003).

Tabell 3. Gränstemperatur för graddagar enligt SMHI.

Månad	Temperaturgräns [°C] (dygnsmedeltemperatur ute)
Maj, juni, juli	10
Augusti	11
April, september	12
Oktober	13
Övriga månader	17

Källa: (Schulz, 2003)

Graddagsmetoden fungerar så att uppmätt antal graddagar under en period divideras med normalt antal graddagar under samma period för att få fram en korregeringsfaktor. Den del av energianvändningen som påverkas av klimatet divideras sedan med korregeringsfaktorn, (SMHI, 2011). I de fall som korregeringsfaktorn blir lika med ett korrigeras vanligtvis inte energianvändningen utan uppmätt data används, (Rödin, 2012).

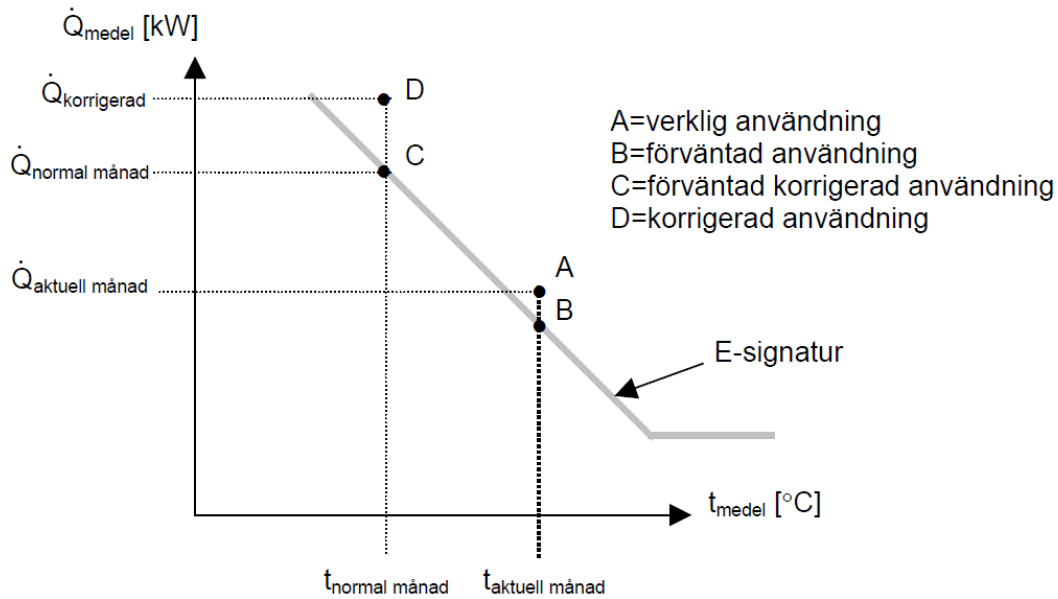
Det finns fler sätt att beräkna den klimatkorrigerade energianvändningen med hjälp av graddagar, (Schulz, 2003). Graddagar tar inte hänsyn till vilken typ av byggnad det gäller eller vad den används till. Graddagsmetoden har diskuterats ge ett alltför grovt resultat med för liten tillförlitlighet, (Ingemarson, 2008).

4.2.2.2 Energi-index

Ett ytterligare sätt att klimatkorrigera är att använda SMHI:s Energi-index som förutom utetemperaturen även tar hänsyn till solens och vindens betydelse för en byggnads energianvändning. Energi-index beräknar energibehovet utifrån förluster och tillskott av värme för en utvald typbyggnad. Det finns ett antal typbyggnader att välja mellan och indexet beräknas för ett visst geografiskt område. Graddagar ingår som en del i Energi-index, (Schulz, 2003). Denna metod har inte använts i detta arbete och förklaras därför inte lika ingående.

4.2.2.3 E-signaturmetoden

En tredje metod för att klimatkorrigera energianvändningen är E-signatur som är ett samlingsnamn för liknande metoder, (Sveby, 2012). Metoderna bygger på statistiska modeller där en kurva ritas upp som visar värmebehovet vid olika utomhustemperaturer för den aktuella byggnaden. Det finns olika nivåer av avancerade E-signaturmetoder där den enklaste räknar effektbehovet som en linjär funktion av utetemperaturen, (Schulz, 2003). I den metod som Schulz beskriver jämförs en byggnad med sig själv och korregeringsfaktorn räknas ut mellan månadsmedeleffekten för ett normalår och den uppmätta månadsmedeleffekten. Medelmånadseffekt beskriver en byggnads energianvändning vid olika utomhustemperaturer. Figur 1 beskriver hur E-signaturmetoden fungerar.



Figur 1. Korrigering med E-signaturmetoden, (Schulz, 2003).

Den vågräta axeln mäter medelutetemperaturen t_{medel} och den lodräta axeln mäter medeleffekten $\dot{Q}_{medel}$ för den undersökta byggnaden. Genom att plotta medeleffekten vid olika utomhustemperaturer kan en trendlinje dras som ger E-signaturkurvan. Kurvans lutning beskriver byggnadens isoleringsgrad medan den vågräta delen kallas för baslinje och beskriver varmvattenanvändningen. Punkten där de två delarna möts visar vid vilken utomhustemperatur som det inte längre finns ett uppvärmningsbehov, alltså byggnadens balanstemperatur. För att normalårskorrigera energianvändningen enligt den här varianten av E-signatur används formeln

$$Q_{korrigerad} = Q_{aktuell\ månad} \cdot \frac{\dot{Q}(C)}{\dot{Q}(B)} \quad (4)$$

där $Q_{korrigerad}$ är den normalårskorrigerade energianvändningen, $Q_{aktuell\ månad}$ är den aktuella uppmätta energianvändningen, $\dot{Q}(B)$ är medeleffekten vid den aktuella medelutetemperaturen medan $\dot{Q}(C)$ är medeleffekten vid den normala energianvändningen för samma månad. Energianvändningen korrigeras endast när utetemperaturen är lägre än balanstemperaturen, alltså när den är beroende av utomhusklimatet, (Schulz, 2003).

För att ta fram en byggnads E-signatur mäts först hur mycket energi som gått åt per månad för att värma byggnaden. Den uppmätta energianvändningen delas sedan med antalet timmar den månaden, vilket ger en månadsvis medeleffekt, (Sveriges Byggindustrier, 2008). För varje månad plottas sedan medeleffekten mot den uppmätta medeltemperaturen utomhus för att få fram E-signaturkurvan, (Levin, 2012). För att ta fram E-signaturkurvan behöver inte den klimatberoende delen av energianvändningen separeras från den totala energianvändningen utan en medelmånadsseffekt beräknas direkt från den totala energianvändningen. Det finns flera olika sätt att presentera en E-signaturkurva på; x-axeln kan antingen visa medelutetemperaturen, medeldifferensen mellan balanstemperaturen och utetemperaturen eller medeldifferensen mellan innetemperatur och utetemperaturen. Y-axeln visar den beroende variabeln och representerar energianvändningen, (Schulz, 2003).

E-signaturkurvan behöver uppdateras kontinuerligt vilket kan göras på flera olika sätt. Schulz presenterar fyra olika sätt:

- När ett nytt månadsvärde läggs till kurvan tas det äldsta bort vilket gör att kurvan förflyttas gradvis.
- En låst E-signaturkurva med ett helt års månadsvärden som uppdateras regelbundet, vilket inte behöver vara varje år.
- Nya värden läggs till successivt utan att äldre värden tas bort, vilket resulterar i en växande datamängd.
- En ny E-signaturkurva tas fram varje år baserat på det gångna årets mätningar vilket gör att det är lätt att se hur den nya signaturen ligger i förhållande till tidigare års E-signaturkurvor.

De flesta E-signaturmetoder är enligt Sveby (2012) baserade på en liten mängd insamlade värden och utvecklades för nästan 30 år sedan. Därför har de använt sig av ett provisoriskt Matlab-baserat verktyg, EnergySignature, där de har experimenterat med energisignaturer för modellerade byggnader. Verktöget är utvecklat för att användas för nya byggnader där inte helårsdata finns tillgängligt. De testade både för uppvärmning och komfortkyla och kom fram till att bäst resultat uppnås med timdata samt att träffsäkerheten för uppvärmning var något sämre än med Graddagar. Sveby (2012) kom fram till att Graddagar visar en bättre träffsäkerhet än Energi-index och E-signatur. Dock finns det fördelar med E-signaturmetoden då den tar hänsyn till byggnadens utformning. Den möjliggör även prognoser över normalårskorrigerad energianvändning för kortare tidsperioder än ett år även om precisionen minskar. Sveby (2012) anser även att det finns ett behov av en ny metod för att normalårskorrigera, speciellt när det gäller ”näranollenergihus” och lågenergihus. Metoden bör ta hänsyn till väder, brukande samt drift, (Sveby, 2012).

4.2.3 Tidskorrigerig

Förutom klimatkorrigering korrigeras även värdena för olika avläsningsdatum, till exempel om avläsningen sker några dagar innan eller efter årets slut. Om de dagar som korrigeringen sker för skiljer sig mycket från medeltemperaturen kan resultatet bli fel, uppemot 3-4 kWh/m² per månad. Hur stort felet blir beror på avläsningsdatum, den verkliga dygnsmedeltemperaturen för den aktuella månaden samt vilken metod som används för att korrigera, (Schulz, 2003).

4.2.4 Fastighetsel

Förutom energianvändningen för värme och varmvatten räknas även fastighetselen in i den specifika energianvändningen. Till fastighetsel hör den gemensamma elanvändningen som till exempel används för trapphusbelysning, pumpar, fläktar samt ventilationssystem. Den el som de boende använder i sina lägenheter och oftast betalar för själva kallas hushållsel och ingår inte i den specifika energianvändningen, (Nilsson P. , 2007). Även el som används till tvättstugor i gemensamma utrymmen, trädgårdsbelysning samt motorvärmare ingår inte. Därför måste elanvändningen för

dessas områden subtraheras från den uppmätta fastighetselen för att få den specifika energianvändningen, (Boverket, 2011b).

4.2.5 Hushållsenergi

Definitionen av hushållsenergi är enligt BBR 19:

”Den el eller annan energi som används för hushållsändamål.”

Det är till exempel el som används till hushållsapparater, tvättmaskiner, belysning och annan elektronik i lägenheterna. Hushållsenergin betalas ofta själva av hyresgästerna, (Boverket, 2011b). Hushållsenergin ingår inte i energiprestandan men används som indata i energisimuleringsprogrammet VIP Energy.

4.3 Energieffektiviserande åtgärder

De energiåtgärder som genomförs för att energieffektivisera fastigheter kan enligt Boverket delas in i tre grupper:

- Installationstekniska åtgärder.
- Byggnadstekniska åtgärder.
- Styr- och reglertekniska åtgärder.

Till installationstekniska åtgärder hör till exempel åtgärder som rör vatten-, värme-, ventilations- och kylsystem. Byggnadstekniska åtgärder innebär åtgärder som berör ytterväggar, fönster samt vinds- och golvbjälkslag. Styr- och reglertekniska åtgärder innefattar bland annat styrning av luftväxling och inomhustemperatur, (Abrahamsson L., 2012). I de följande avsnitten beskrivs de olika delarna av en byggnad som kan energieffektiviseras samt i vilken ordningsföljd åtgärderna bör genomföras.

4.3.1 Inomhusklimat

En viktig aspekt som måste tas hänsyn till vid genomförande av energiåtgärder är inomhusklimatet. Som en del av miljömålet *God bebyggd miljö* finns delmålet *God inomhusmiljö* som innebär att år 2020 ska byggnader och dess egenskaper inte påverka människors hälsa negativt. Senast år 2015 ska alla byggnader där människor vistas ofta ha en fungerande ventilation dokumenterat, (Naturvårdsverket, 2011a). En god inomhusmiljö påverkas av flera faktorer som både beror av psykiska och fysiska aspekter. Till de fysiska faktorerna hör bland annat det termiska klimatet, kvaliteten på luften samt ljud och ljus. De psykiska faktorerna är sådant som brukarna själva kan påverka, till exempel möjligheten att vädra och på så sätt själva påverka inomhusmiljön, (U.F.O.S, 2006).

Det termiska klimatet speglar vilken typ av verksamhet som är byggnadens syfte och bestäms av luftens temperatur, fuktighet och rörelse samt den operativa temperaturen som även beror på utetemperaturen. Det termiska klimatet kan beskrivas som hur människor upplever inneklimatet, vilket beror på deras metabolism och klädsel. Metabolism är ett mått på människors ämnesomsättning vilket visar hur stor energiomsättningen och värmealstringen i kroppen är. En stillasittande person har lägre metabolism än en person som rör sig, (Abel & Elmroth, Byggnaden som system, 2008,

ss. 30-32). Detta innebär att det termiska klimatet måste anpassas efter vilken grad av aktivitet som byggnaden är tänkt för.

4.3.2 Klimatskalet

Klimatskalet som också kallas klimatskärm innefattar ytterväggar, golv, fönster, ytterdörrar och tak som tillsammans bildar en byggnads yttre skal. Det första steget för att energieffektivisera en byggnad är att åtgärda klimatskalet för att minska värmeförlusterna. Det kan göras genom att tätta väggarna eller sätta in tilläggsisolering, (Energimyndigheten, 2012). För att upptäcka luft- och värmeläckage i klimatskalet kan en termografering genomföras. Med hjälp av en värmekamera kan otätheter och brister i klimatskalet upptäckas.

4.3.2.1 Ytterväggar

En svårighet med att tilläggsisolera väggar är att det ofta kan finnas kulturvärden på äldre hus vilket förhindrar en förändring av fasadens utseende. Det är en kostsam investering att öka på ytterväggarna, så om det inte redan finns ett behov av att renovera en byggnad är det vanligtvis inte lönsamt. Det finns olika material att välja mellan vid isolering av ytterväggar, exempel på isoleringsmaterial till ytterväggar är mineralull, cellplast och polyretanskum där de två sista är högisolerande material. Det gör det möjligt att bygga relativt tunna väggar med en hög isoleringsfaktor. I flerbostadshus används ofta mineralullsisolering på runt 200 mm tjocklek. Förutom en bra isolering är det viktigt att ytterväggen är byggd så att luftcirkulationen är så liten som möjligt. Luftflöden mellan ut- och insida av byggnaden motverkas genom att väggen är så pass lufttätt att luften inte kan passera. Det är också viktigt att motverka egenkonvektion genom att se till att det inte finns några luftspalter eller utrymmen mellan isoleringsskivorna, (Abel & Elmroth, Byggnaden som system, 2008, s. 65). Tilläggsisolering bör sättas på utsidan av ytterväggen, om den sätts på insidan kan fukt från inomhusluften kondenseras i väggen vilket gör att det är svårt för väggen att torka vilket leder till fuktskador.

4.3.2.2 Tak

För att värmeisolera tak och vindsutrymmen används vanligtvis ett uppemot 500 mm tjockt lager av lösfallnadsisolering av mineralull eller cellulosafiber. Den befintliga isoleringen kan i de fall den inte är möjlig eller skadad på annat sätt ligga kvar under tilläggsisoleringen. För att skydda isoleringen från uteluft kan vindavledare monteras vid takfoten som bildar ett vindskydd för isoleringen, (Abel & Elmroth, 2008 s. 65). I många fall kan de befintliga taken på äldre hus behöva bättras på med ett lager isolering, ofta är det dock svårt att få plats med tilläggsisolering i de låga taken. Därför kan det vara lönsamt att bygga ett nytt lutande tak med bra isolering. I vissa fall kan det även vara möjligt att inreda nya lägenheter på vindsplanet, (VVS Företagen och Svenska Ventilation, 2008).

4.3.2.3 Fönster och ytterdörrar

Förutom ytterväggar och tak kan fönstren värmeisoleras genom att byta ut antingen glasskivan eller hela fönstret mot ett fönster med ett lågmissionsskikt av t.ex. silver eller tennoxid. Skiktet gör att värmegenomsläppligheten minskar vilket sparar energi medan solinstrålningen endast reduceras i en liten utsträckning. Energibesparingar kan även göras genom att byta ut befintliga fönster till fönster med lägre U-värde. Antingen kan endast rutorna bytas ut om karm och båg är i bra skick eller så kan hela fönstret

bytas. Ett tvåglasfönster där ena glaset har ett lågmissionsskikt ger ungefär samma energibesparing som ett treglasfönster, (Abel & Elmroth, 2008 s. 66). Även ytterdörrar kan bytas ut mot bättre energisnålare dörrar med lägre U-värde.

4.3.2.4 Grund

Den sista delen av klimatskalet är golvet som gränsar till markytan. I husen som byggdes under 60- och 70-talet byggdes vanligtvis grunden med en betongplatta med ett lager isolering ovanpå, vilket på senare tid har visat sig resultera i fuktskador i många av fallen. Idag läggs istället isoleringen, ofta cellplast, under betongplattan, (Abel & Elmroth, 2008 ss. 67-68). Däremot görs tilläggsisolering av grunden utifrån, i de fall en kallare ska tilläggsisoleras kan det göras i samband med att huset ska dräneras om.

4.3.3 Ventilationssystem

När klimatskalet har åtgärdats är det dags att se över ventilationssystemet där stora energibesparingar kan göras. God ventilation är mycket viktigt för både brukarnas och husets välmående men det kan vara kostsamt då luftväxling och fläktar kan dra mycket el, (Svensk ventilation, 2012). Dålig luftkvalité kan vara ett resultat av dålig ventilation då frisk luft inte kan komma in i byggnaden eller att luftföroreningar som alstras från människor och byggmaterial inte kan transporteras bort från byggnaden. Det kan också bero på föroreningar som kommer in utifrån, (Abel & Elmroth, 2008 ss. 37-42).

Det finns flera typer av ventilationssystem och de äldre husen som byggdes under 60- och 70-talet har ofta självdragsystem vilket medför att det inte är tekniskt möjligt att återvinna värmen. Självdrag innebär att den varma inomhusluften stiger uppåt och lämnar byggnaden via kanaler vilket bildar ett undertryck. Undertrycket gör att kallare luft sugas in genom antingen ventiler eller otätheter i fasaden. Till självdrag behövs inga fläktar för att ta in eller ut luft från byggnaden vilket medför att äldre hus ofta har en lägre förbrukning av fastighetsel. Dock medför självdrag ofta stora värmeförluster och det finns problem under sommartid när utetemperaturen stiger och ventilationen kan bli otillräcklig, (Nilsson P. , 2007). För att reducera energianvändningen i hus med självdrag kan överventileringen minskas vintertid genom att byta ut uteluftsventiler mot fukt- eller utetemperaturstyrda ventiler, (Svensk ventilation, 2012). I de fall äldre hus med självdrag renoveras med tilläggsisolering eller tätas är det viktigt att se över ventilationssystemet så att frisk luft kan komma in i byggnaden. Om luften inte kan komma in och självdraget slutar att fungera kan inomhusluften bli väldigt dålig om inte kompensande ventilationsåtgärder genomförs, (Nilsson P. , 2007).

Förutom självdrag finns det frånluftssystem (F-system) där luften sugas ut från lägenheten med hjälp av fläktar. Luften kommer in genom ventilationsdon eller vädringsfönster. Fläkten gör det möjligt att få en jämnare ventilation även under sommaren när temperaturskillnaden minskar. Tidigare nackdelar med F-system har varit att tilluften har varit kall under vintern och att luften inte har renats från föroreningar, (Svensk ventilation, 2012). För att motverka att föroreningar från trafik ska komma in med ventilationsluften kan uteluftsintagen placeras högt upp. Det är även bra att placera intagen på den sidan av byggnaden som inte ligger i direkt anslutning till en bilväg, (Abel & Elmroth, Byggnaden som system, 2008). Väl utplacerade tilluftsdon kan även motverka kallras och drag, (Svensk ventilation, 2012).

Från- och tilluftssystem (FT-system) är ett mer komplett system där både till- och frånluften styrs av fläktar. Detta gör det möjligt att kontrollera mängden tillförd

friskluft. Systemet kan även kompletteras med värmeväxling (FTX-system) där frånluften värmer upp tilluften. FTX-systemet kan utformas på två olika sätt, antingen med ett gemensamt aggregat för ett eller flera trapphus eller ett mindre aggregat i varje lägenhet. De mindre aggregaten kräver minst utrymme men de gemensamma är bättre ur energi- och driftsynpunkt. Båda typerna ökar dock elanvändningen. I ett riktigt effektivt FTX-system är temperaturens verkningsgrad minst 80 % vilket kan leda till en minskning av energi för uppvärmning med cirka 35 kWh/Atemp, (VVS Företagen och Svenska Ventilation, 2008).

4.3.4 Värmesystem

De äldre husen byggda under 60- och 70-talet är ofta byggda för att värmas upp med radiatorer. Vid en energieffektiviseringsprocess är det viktigt att se över ventilationssystemet innan värmesystemet åtgärdas eftersom radiatorerna även är gjorda för att värma upp ventilationsluften. Radiatorer i ett äldre hus med självdrag eller F-system måste därför vara större än i ett hus med FTX-system då tilluften redan har värmts till cirka 18 °C. För att åtgärda värmesystemet anpassas det till de energieffektiviseringsåtgärder som genomförts. För att justera värmesystemet ställs ventilerna in så att önskad mängd vatten kan passera. Det kan vara komplicerat att justera in värmesystemet och det kan behöva justeras med jämna mellanrum. När temperaturen är jämn i hela huset och medeltemperaturen har sänkts kommer energianvändningen att minska. Efter justeringen behöver även temperaturen sänkas för varmvattnet till radiatorerna. Det görs genom att ändra nivån på reglerkurvan. Detta bidrar även till att spillvärmens minskar när rörtemperaturen blir lägre, (VVS Företagen & Svensk ventilation, 2008).

4.3.5 Varmvattensystem

Det finns flera sätt att energieffektivisera varmvattensystemet. Genom att isolera ledningar minskas värmeförlusterna när varmvattnet transporteras i byggnaden. Samma sak gäller för ackumulatortanken och varmvattenberedaren, (Svensk inomhusmiljö, 2008). För att minska varmvattenanvändningen kan ett snålspolande munstycke installeras som blandar in luft i vattenstrålen. Genom att införa individuell mätning och debiterad av varmvatten kan brukarnas vanor ändras på ett effektivt sätt. Det krävs då att vattenmätare installeras på varmvattenledningen till varje lägenhet, helst också ett system för fjärravläsning, (VVS Företagen & Svensk ventilation, 2008).

4.3.6 Belysning

Att se över en byggnads belysning för att byta till en mer energisnål teknik är ett sätt att minska energianvändningen. I mars 2009 beslöt EU-kommissionen som en del i Ekodesigndirektivet att vanliga glödlampor ska fasas ut då det finns mer energieffektiva alternativ på marknaden. I Sverige har utfasningen skett i etapper där den sista etappen sker i september 2012 då det införs ett förbud mot alla glödlampor. Vanliga glödlampor kan bytas ut mot lågenergilampor (lysrörlampor), halogenlampor eller lysdiodlampor (LED). För att minimera energianvändningen ytterligare kan belysningen kombineras med olika typer av styrning. Under de närmsta åren kommer även kraven på de nya teknikerna att skärpas, (EU-kommissionen, 2012).

Det finns flera faktorer att väga in vid val av belysning, istället för watt används enheten lumen som mäter ljusflöde. De olika teknikerna ger olika ljusflöden och somliga kan

uppleva att en del ger ett mindre behagligt ljus än de vanliga glödlamporna. Förutom ljusflödet påverkar även färgtemperatur och färgåtergivning valet av belysningen. Det påverkar hur ljuset upplevs, därför är det viktigt att tänka igenom vad belysningen ska användas till, (Energimyndigheten, 2010). Färgåtergivningen är ett mått på lampans förmåga att återge färger på ett naturligt sätt och anges i ett Ra-index, (Ljuskultur, 2012).

4.3.6.1 Lysdioder

Lysdioder eller LED (Light Emitting Diode) genererar mer ljus per watt än vanliga glödlampor vilket innebär att de har en högre grad av energieffektivitet. Lamporna har dessutom en avsevärt längre livslängd än vanliga glödlampor, uppemot 50 000 timmar jämfört med glödlampans 1000 timmar. Dock finns det svagheter med lysdioder då de är känsliga mot överhettning om de specifika instruktionerna för lamporna inte följs. Hur lång lysdiodens livslängd blir påverkas av den omgivande temperaturen, ju högre temperaturen är desto kortare blir livslängden. Lysdioder har även ett avtagande ljusflöde vilket innebär att det minskar under dess livstid. Det är därför viktigt att se hur den procentuella förändringen i ljusflöde under belysningens livstid ser ut. Lysdioder lämpar sig bra som utomhusbelysning då den lägre temperaturen ger en längre livslängd, (LED-gruppen, 2008). Tidigare har prisskillnader varit en nackdel med ledlampor men under de senaste åren har priset sjunkit betydligt då tekniken utvecklas snabbt, (Schultz, 2012).

4.3.7 Brukarnas vanor

En annan viktig faktor för att minska energianvändningen är att förändra brukarnas vanor. Om brukarna väljer att ha en lägre inomhustemperatur och samtidigt vädrar mindre kan energi sparas. Genom att öka inomhuskomforten med värmeväxlare minskar behovet av att vädra då temperaturen blir jämnare, (VVS Företagen & Svensk ventilation, 2008).

Som tidigare nämnts är individuell mätning och debitering av varmvatten och även värmesystem ett effektivt sätt att minska energianvändningen. Mätningen av värmeanvändningen kan göras på två sätt; antingen genom rumstemperaturmätning som även kallas komfortmätning. Då bestäms kostnaden av den temperatur brukaren har i sin lägenhet. Det andra sättet är att mäta den värmemängd som lämnar radiatorerna, vilket görs genom energimätare i varje lägenhet eller på varje radiator. Det finns nackdelar med båda metoderna. Den första kan bidra till att det lönar sig att vädra då temperaturen sjunker i bostaden och den andra metoden kan medföra orättvisor då brukare kan få betala för att värma upp grannlägenheter om väggarna är dåligt isolerade, (Nilsson, Warfvinge, & Werner, 2008).

5 Ekonomi

Vid en energieffektiviseringsanalys är det inte bara energiaspekten som är viktig utan en ekonomisk bedömning måste även genomföras. För att utreda energiåtgärderna behövs kostnader beräknas för att kunna genomföra en jämförelse mellan olika alternativ. I detta avsnitt presenteras de begrepp och faktorer som ingår i en ekonomisk bedömning.

5.1 Lönsamhet

Under januari 2011 trädde en ny lag i kraft som innebär att kommunala bostadsbolag ska arbeta efter affärsmässiga principer. Utifrån marknadens situation ska kommunerna ställa avkastningskrav som tar hänsyn till bostädernas läge, ålder och behovet av underhåll. Kraven kan vara olika för olika fastigheter och projekt. Bostadsbolagens investeringar ska vara lönsamma på längre sikt men de kan även genomföra olika testprojekt för att testa nya metoder, som till exempel innefattar energieffektiviseringsåtgärder, (SABO, 2011).

För att finansiera energieffektiviserande åtgärder är det viktigt att de leder till minskade energikostnader och/eller hyreshöjningar. För att veta vad som är lönsamt genomförs en lönsamhetsanalys. Det finns olika metoder för att räkna på lönsamhet vilket resulterar i skilda resultat. Man kan antingen se till den enskilda åtgärden eller se åtgärderna som ett paket där en åtgärds lönsamhet kan betala en annan åtgärds investeringskostnad, (SABO, 2011). För att räkna på investeringars lönsamhet genomförs investeringskalkyler med syftet att ta fram beslutsunderlag. I följande avsnitt presenteras de parametrar som vanligtvis ingår i en investeringskalkyl, (Adalberth & Wahlström, 2009).

5.1.1 Investeringskostnad

För att beräkna en energiåtgärds lönsamhet behöver hela kostnaden för investeringen uppskattas vilket innefattar både materialkostnader och arbetskostnader. För att uppskatta kostnader för enskilda åtgärder kan faktaböcker med kostnader för byggbranschen användas, exempelvis Wikells sektionsfakta eller REPABs faktaböcker. Ett annat sätt att få fram investeringskostnader är att låta leverantörer lämna offerter.

5.1.2 Livslängd

Livslängden för en åtgärd behövs för att beräkna en åtgärds lönsamhet samt möjliggöra en jämförelse mellan olika alternativ. Det finns två typer av livslängd; ekonomisk samt teknisk livslängd. Den tekniska livslängden säger hur länge en funktion kan brukas medan den ekonomiska livslängden anger hur länge det är ekonomiskt hållbart att bruka produkten. Den ekonomiska livslängden är ofta kortare än den tekniska då den tekniska utvecklingen medför att produkter föråldras snabbt på marknaden, (Institutet för värdering av fastigheter och SFF, 2005). Inom fastighetsbranschen finns även begreppet brukstid som är den bedömda tiden som en åtgärd kan brukas. Hur lång bruktiden är påverkas av investeringens ekonomiska och tekniska livslängd. Brukstiden kan i vissa fall vara kortare än livslängden om det till exempel gäller ett korttidskontrakt eller liknande som gör att användningen är tidsbegränsad, (Levin, Lilliehorn, & Sandesten, 2008).

Ofta har åtgärder olika livslängder vilket kan vara problematiskt vid beräkningar av åtgärds paket. Det finns flera sätt att lösa detta, ett är att räkna ut en medellivslängd. Enligt Abel (2010) kan ett viktat medelvärde räknas fram med formeln

$$n_{medel} = \frac{B_{n1} \cdot n_1 + B_{n2} \cdot n_2}{B_{n1} + B_{n2}} \quad (5)$$

där n_{medel} är det viktade medelvärdet av livslängderna, B_{n1} och B_{n2} är summan av alla investeringar med samma livslängd medan n_1 och n_2 är livslängderna, (Abel, 2010). Ett annat sätt är att använda sig av annuiteter där kostnader delas upp per år, begreppet beskrivs mer utförligt i avsnittet 5.3.5 *Annuitetsmetoden*.

5.1.3 Kalkylränta och kalkylperiod

Kalkylräntan ska reflektera ett projekts finansiering och det kan antingen vara egen eller lånad finansiering. Kalkylräntan väljs till den ränta som en investering ska förränta för att betraktas som lönsam. I kalkylräntan ingår det oftast även en riskpremie. Det finns två olika typer av kalkylräntor; nominell kalkylränta vilket innebär att den avser löpande priser där inflationseffekten spelar in, eller real kalkylränta som används vid fasta priser, alltså när det inte finns någon inflationseffekt. Hur kalkylräntan sätts bestäms beroende av avkastningskravet samt om investeringen görs av lånad eller egen finansiering, (Levin, Lilliehorn, & Sandesten, 2008). Kalkylräntan är en viktig parameter i investeringskalkyler då resultatet påverkas i stor grad av hur räntan sätts, (Ohlsson, 2011, s. 170).

Vid en lönsamhetskalkyl måste en kalkylperiod väljas. Beroende på om kalkylperioden är lång eller kort blir den årliga kapitalkostnaden låg eller hög. Kalkylperioden sätts ofta till samma som brukstiden, alltså den tid som investeringen kommer att vara i bruk. Om kalkylperioden är för lång kommer avbetalningarna att fortsätta även efter att investeringen inte längre är i bruk., (U.F.O.S, 2010, s. 40). Vid investeringskalkyler är det dock väldigt svårt att veta hur framtiden kommer att se ut och för långa kalkyler på över 20 år medför ovissheter. Värderare inom fastighetsbranschen arbetar därför ofta med kalkylperioder på fem till tio år, (Larsson, 2008).

5.1.4 Driftkostnader

Driftkostnader är regelbundna kostnader som krävs för att upprätthålla fastighetens grundläggande funktioner, exempelvis värme-, vatten- och elkostnader, (Levin, Lilliehorn, & Sandesten, 2008). Kallvattenpriset kan fås av vattenverket i den orten som det gäller. Uppsalahem använder fjärrvärme till sina bostäder, därför beskrivs el- och fjärrvärmeprisets utveckling i följande avsnitt.

5.1.4.1 Fjärrvärme

Ungefär hälften av Sveriges energianvändning för uppvärmning sker genom fjärrvärme och det finns runt 200 fjärrvärmeleverantörer. Marknaden utgörs ofta av lokala leverantörer utan konkurrens vilket gör att prissättningen inte sker i konkurrens med andra fjärrvärmeleverantörer, dock finns det konkurrerande värmealternativ. Fjärrvärmeproducenterna är inte låsta till att endast använda en typ av bränsle utan har möjligheten att välja det bränsle med det mest fördelaktiga priset. Hur fjärrvärmepriset utvecklas beror på kostnader för andra uppvärmningsformer, bränslepriser samt bränsleskatter. Det beror även på fjärrvärmeföretagens ägardirektiv och strategi för

prissättning. Enligt Energimarknadsinspektionen uppgick det genomsnittliga fjärrvärmepriset för flerbostadshus 2009 till 72,5 öre/kWh, då ingår både kostnad för energi, nätavgifter och moms. Priset har stigit med cirka 2,5 % exklusive moms mellan åren 2000 till 2009, (Abrahamsson, Hammes, & Persson, 2010).

5.1.4.2 EI

Från och med den första november 2011 delas Sverige in i fyra elområden där Uppsala tillhör elområde Stockholm (SE3), (Svensk energi, 2012a). Elpriset varierar mycket beroende på vilken elleverantör som används samt vilken typ av abonnemang som väljs. Priset utgörs av tre delar:

- Kostnad för elhandel.
- Kostnader för överföring i nätet.
- Skatter och avgifter.

Fördelning mellan de tre delarna är cirka 40 % för elhandeln, 20 % för elnätet och 40 % för skatter och avgifter, (Svensk Energi, 2012b).

Det finns många faktorer som påverkar elprisets utveckling. När det gäller det rörliga elpriset spelar faktorer som sker direkt stor roll. Till exempel medför det kallare klimatet under vinterhalvåret stigande priser. Även mängden nederbörd påverkar då en stor vattensamling i vattenkraftsverkens magasin håller ner elpriset. Stora vattensamlingar påverkar både det rörliga priset och korttidsavtal då marknaden räknar med att tillgången av vattenkraft kommer vara stor. Längre avtalstider påverkas dock inte av nuläget på samma sätt då de räknar på normala förhållanden längre fram i tiden. När elen inte räcker till importeras el till Sverige, det gör att prishöjningarna kan dämpas något. Det kan även vara så att det blir brist på el på kontinenten och då exporterar Sverige istället el. Priset på kontinenten styrs främst av hur priset på fossila bränslen ser ut. Beroende på hur den ekonomiska oron utvecklar sig kan svängningar på oljemarknaden förväntas, (Vattenfall, 2012a).

Enligt Levin, Lilliehorn och Sandesten (2008) är det vanligt att den årliga energiprisökningen sätts till en real prisökning på 2-4 %.

5.1.5 Underhållskostnader

Varje byggnad har ett underhållsbehov för att upprätthålla byggnadens önskade skick. Det kan vara mindre åtgärder som att tapetsera om eller större som att byta ut ledningar. För att genomföra en lönsamhetsanalys är det viktigt att bedöma hur stora kostnader de framtida underhållsåtgärderna kommer att ge och vilka besparingar som går att uppnå. Enligt PBL (plan- och bygglagen) och BVL (lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m.) ska byggnader underhållas så att tekniska egenskaper upprätthålls. Även byggnaders yttre skick och tomter ska vårdas, (Boverket, 2003). Det finns svårigheter med att uppskatta hur stora underhållskostnaderna kommer att bli för en byggnad. För att ta fram underlag krävs kunskap och erfarenhet och ofta sätts den årliga underhållskostnaden som en procentsats av den ursprungliga investeringen. Nya produkter gör det svårt att bedöma underhållskostnader då det finns begränsade erfarenheter. En viktig aspekt att tänka igenom är hur underhållet ska genomföras, ifall det ska göras själv eller som en inhyrd tjänst, (Levin, Lilliehorn, & Sandesten, 2008).

Eftersom underhållskostnaden är så pass svår att uppskatta antas den ibland vara lika stor som driftkostnaden, (Jernkontoret, 2012).

5.1.6 Hyresinbetalningar

Hyresinbetalningar är fastighetsbolagens intäkter. Vid en lönsamhetsanalys är hyresintäkterna en central faktor och utgångspunkt tas från den befintliga hyran från existerande hyreskontrakt. Vid en omfattande renovering kan hyran omförhandlas och då utreds den nya marknadsmässiga hyran. Här måste risker för att hyresgäster kan komma att flytta ut övervägas ifall en alltför hög höjning sker. För att avgöra hur stor höjningen kan göras är det viktigt att se hur stor efterfrågan är. Lägenheter som har ett centralt läge i storstäder har större efterfrågan än lägenheter med ett mindre central läge på landsbygden. Även den nationella ekonomiska utvecklingen spelar roll för hur efterfrågan ser ut, (Larsson, 2008).

5.2 Livscykelkostnad

Ett vanligt sätt att beräkna lönsamhet är att använda sig av en livscykelkostnadsanalys (LCC). Där tar man hänsyn till alla kostnader under en produkts livslängd. Kostnad för investering, underhåll, drift samt för att ta hand om produkten efter användning beräknas för att få en total kostnad för hela livscykeln, (Energimyndigheten, 2011b). Ibland tas även kostnader för miljöbelastning med. LCC kan användas vid jämförelser mellan olika alternativ för att ta fram beslutsunderlag. Det finns flera metoder för att beräkna livscykelkostnader, i följande avsnitt beskrivs de vanligt förekommande metoderna. En livscykelkostnadsanalys medför alltid vissa osäkerheter och ger aldrig ett exakt värde då det ofta bygger på en del antaganden. Därför är det bra att genomföra en känslighetsanalys där vissa parametrar varieras för att se var de största osäkerheterna ligger, (U.F.O.S, 2010, ss. 38-39).

5.3 Kalkylmodeller

Det finns flera olika metoder för att beräkna en investerings lönsamhet. Här presenteras några av de vanligaste kalkylmodellerna som kan användas vid investeringskalkyler.

5.3.2 Nuvärdesmetoden

Metoden, som även ibland kallas för diskonterings- eller kapitalvärdesmetoden, tar hänsyn till alla in- och utbetalningar som en investering genererar, kalkylperioden samt kalkylräntan. Ett nuvärde är dagens värde på en framtida kostnad eller inkomst. För att beräkna en investerings lönsamhet med hjälp av nuvärdesmetoden beräknas alla förväntade kostnader och intäkter om till nuvärden för den tidpunkt då investeringen sker. Om intäkterna är högre än kostnaderna är investeringen lönsam. En nackdel med nuvärdesmetoden är att det inte går att jämföra olika investeringar med skilda livslängder, (Adalberth & Wahlström, 2009). Vid beräkning av en livscykelkostnad med nuvärdesmetoden kan formlerna

$$LCC_{totalt} = investeringskostnad + LCC_{energi} + LCC_{underhåll} \quad (6a)$$

$$LCC_{energi} = \text{årlig energikostnad} \cdot \text{nusummefaktorn} \quad (6b)$$

$$LCC_{underhåll} = \text{årlig underhållskostnad} \cdot \text{nusummefaktorn} \quad (6c)$$

användas där $LCC_{underhåll}$ är de underhållskostnader som den energieffektiva åtgärden medför under brukstiden och LCC_{energi} innefattar kostnaden för energiförbrukningen, (Jernkontoret, 2012). Nusummefaktorn används eftersom kostnaderna uppstår olika år och kan då inte summeras utan att ta hänsyn till värdeförändringar. Nusummefaktorn kan antingen beräknas med formeln

$$Nusummefaktorn = [1 - (1 + r)^{-n}] / r \quad (7)$$

eller tas från nuvärdestabeller. I formeln är r kalkylräntan och n livslängden mätt i år. I de fall energipriset förväntas öka med en årlig procentsats subtraheras kalkylräntan med den procentsatsen för att ta hänsyn till prisförändringen. Samma sak gäller för underhållskostnaderna i de fall en procentuell ökning av kostnaden förväntas, (Jernkontoret, 2012).

Nusummefaktorn används för att räkna om löpande kostnader som sker periodvis, exempelvis varje år, till nuvärdet för att beräkna den totala kostnaden. Sedan finns även nuvärdesfaktorn som används för att beräkna enstaka kostnader som inträffar vid en tidpunkt, alltså inte periodvis.

5.3.3 Internräntemetoden

Med internränta menas den kalkylränta som gör investeringen precis lönsam. Om internräntan är större än eller lika stor som kalkylräntan är investeringen lönsam, (Levin, Lilliehorn, & Sandesten, 2008). Istället för lönsamhet använder metoden begreppet internränta för att avgöra en investerings ekonomiska konsekvenser. Nackdelen med internräntemetoden är att den kan vara svårt att använda samt att den inte kan användas för jämförelser mellan olika investeringars lönsamhet, (Ohlsson, 2011, s. 164).

5.3.4 Payoff-metoden

Metoden, även kallad Payback-metoden, används för att beräkna återbetalningstiden för en investering utan att ta hänsyn till räntekostnader, energiprisökningar eller reinvesteringar. Metodens största fördel är att den är enkel att förstå och använda. Med metoden beräknas hur många år av lika stora besparingar som krävs för att återbetala en investering, (U.F.O.S, 2010, s. 38). För att avgöra om en investering är lönsam bestäms ett visst antal år som gräns, ofta samma som investeringens ekonomiska livslängd. Gränsen är oftast betydligt kortare än investeringens tekniska livslängd. Nackdelen med payoff-metoden är att den inte tar hänsyn till nuvärdet, dvs. att pengar är mer värda idag än i framtiden. Därför passar metoden bättre för projekt som löper under en kortare tid, (Levin, Lilliehorn, & Sandesten, 2008).

5.3.5 Annuitetsmetoden

Annuitet betyder en återkommande konstant betalning. Metoden innebär att investeringskostnaden beräknas om till en annuitet, alltså fördelas grundinvesteringen och kassaflöden under en investeringens ekonomiska livslängd upp till lika stora kostnader för varje år. Metoden gör det möjligt att jämföra investeringar med olika ekonomiska livslängder. Annuiteterna delas in i perioder som kan vara månader, kvartal eller år och består av både en ränta och amortering. Det kan vara problematiskt att använda metoden när inbetalningsöverskottet varierar från år till år men metoden är

lämplig att använda vid ersättningsinvesteringar, alltså när en tillgång funderas på att bytas ut mot en ny, (Ohlsson, 2011, s. 189).

Om en grundinvestering betecknad G ska betalas tillbaka under följande n år kan den årliga återbetalningskostnaden b beräknas med formeln

$$b = \left(\frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} \right) \cdot G = P(r, n) \cdot G \quad (8)$$

där $P(r, n)$ kallas för annuitetsfaktorn där r är räntan och n är brukstiden, (Abel, 2010). Om man tar inversen av annuitetsfaktorn fås nuvärdesfaktorn fram. Annuitetsfaktorn kan beräknas med formeln

$$\text{Annuitetsfaktorn} = r / (1 - (1 + r)^{-n}) \quad (9)$$

(Andersson, 2008, s. 362).

5.4 Avkastning

Alla investeringar har lönsamhetsmål som ska uppnås. För att mäta lönsamhetsmålen finns olika prestationsmått som oftast baseras på en kvot mellan två storheter, avkastning är ett exempel på ett sådant mått. Avkastning kallas även för räntabilitet då det mäter förräntning av kapital. Formeln

$$\text{Räntabilitet} = \frac{\text{Resultat}}{\text{Kapital}} \quad (10)$$

beskriver hur räntabilitet kan beräknas, (Andersson, 2008, ss. 328-331). Med resultat menas intäkterna minus kostnaderna. Vad som menas med kapital kan skilja sig mellan olika företag. Företag har ofta sin egen definition av vad de menar med avkastning och avkastningsvärde.

Inom fastighetsbranschen kan avkastningsvärdet beräknas genom att ta fram nuvärdet av en investerings förväntade framtida driftsnetto. Det årliga driftnettot beräknas genom att hyresinkomsterna subtraheras med drift- och underhållskostnaderna samt skattekostnader för varje år. Avkastningsvärdet kan sedan beräknas genom nuvärdesberäkning av driftnetto plus nuvärdet av restvärdet. Restvärdet är ett värde på investeringen som finns kvar efter kalkylperioden. Ofta sätts restvärdet till noll då brukstiden är lång. I de fall en investering medför en kostnad istället för att ge avkastning efter brukstiden blir restvärdet negativt, (Larsson, 2008).

Metoder som baseras på avkastningskalkyler kan användas för att beräkna både avkastningsvärde och marknadsvärde. Exempel på metoder som är avkastningsbaserade är kassaflödesmetoder, de lämpar sig bäst på inkomstbringande byggnader. En avkastningsmetod fungerar vanligtvis så att en fastighets nettokassaflöde diskonteras med en kalkylränta.

5.5 Känslighetsanalys

Investeringskalkyler grundas ofta på uppskattade värden och för att ta fram ett så bra beslutsunderlag som möjligt är det viktigt att genomföra en känslighetsanalys. Speciellt viktigt är det när det gäller stora investeringar. En känslighetsanalys innebär att utvalda parametrar varieras en och en i investeringskalkylen för att se vilka faktorer som har störst påverkan på resultatet. På så sätt kan de största riskerna och osäkerheterna

upptäckas. Analysen ger ett mer informativt beslutsunderlag. Ett sätt att använda känslighetsanalyser är att ta fram det *kritiska värdet* för de olika parametrarna. Det innebär den punkten då investeringen inte längre räknas som lönsam, alltså när kostnaderna blir lika stora eller större än intäkterna. En känslighetsanalys kan genomföras för en eller flera parametrar och hur parametrarna väljs beror på med vilken säkerhet de har bestämts. Parametrar med en stor osäkerhet är viktigare att ta med i analysen, (Ohlsson, 2011, s. 196).

5.6 Beräkningsverktyg

Det finns ett antal framtagna beräkningsmodeller inom fastighetsbranschen för att räkna på kostnader och besparingar. De använder sig av olika metoder för att beräkna lönsamhet. Nedan presenteras de modeller och verktyg vanligtvis används inom fastighetsbranschen.

5.6.1 BELOK Totalverktyg

Nätverket Beställargruppen Lokaler (BELOK) har tagit fram modellen BELOK Totalverktyg för lokalfastighetsägare. Beställargruppen är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Sveriges 16 största fastighetsägare med inriktning på kommersiella lokaler. Verktöget beräknar åtgärder som ett paket för att motverka att bara de lönsammaste åtgärderna blir genomförda. På så sätt kan även åtgärder som bidrar till energibesparingar utan att på egen hand betala investeringskostnaderna räknas som lönsamma. Modellen används för att räkna på det ekonomiska utfallet av energiåtgärder. Internräntan definieras utifrån den årliga minskningen av driftkostnaden för energiåtgärden, den relateras till investeringskostnaden men räknar inte med den förväntade energiprisökningen under åtgärdens livslängd. Detta innebär att ju längre livslängden är desto flackare blir internräntekurvan. För att använda modellen behövs investeringskostnaden samt den förväntade energibesparingen som energiåtgärderna kommer att resultera i, mätt i kronor per år. Besparingen måste ta hänsyn till hur åtgärderna kommer att påverka varandra, (BELOK, 2012). Verktöget använder sig av ett viktad medelvärde, se formel 5, för att hantera åtgärder med olika livslängder för att ta fram åtgärds paket, (Abel, 2010).

5.6.2 Sveby

För att tillämpa BBR:s regler för energihushållning har utvecklingsprogrammet Sveby skapats. Sveby står för *Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader* och är framtaget av bygg- och fastighetsbranschen. Programmet består av olika delprojekt som behandlar beräkningar, avtal och verifiering gällande energianvändning. Syftet är att skapa en gemensam metod för hur dessa delar ska behandlas för att underlätta samarbetet mellan olika aktörer. Utifrån standardiserade brukardata för beräkningar och verifieringar av energiprestanda tar Sveby fram hjälpmedel för överenskommelser om energianvändning. Sveby har tagit fram en beräkningskalkyl med indatahjälp för hushållsel, tappvarmvatten, personvärme och viss fastighetsel i flerbostadshus. Den beräknar dock inte kostnader utan endast energiförbrukningen för olika alternativ, (Sveby, 2012).

6 Energieffektiviseringsanalys

I arbetet med att ta fram en analysmodell har SKL och U.F.O.S metodsteg som presenterades i metodavsnittet följts för att analysera en specifik byggnad. Genom att analysera byggnaden har slutsatser dragits om hur en energieffektiviseringsprocess borde genomföras samt vilka svårigheter och problem som finns. Följande avsnitt är uppdelat efter metodstegen och beskriver kort vad de olika stegen innefattar. Här presenteras beräkningar som har genomförts för studieobjektet Kilgärdesvägen 3 A-B.

6.1 Samla in underlag

Att samla in underlag är det första steget i energieffektiviseringsprocessen. Här tas all information som behövs för att planera och genomföra åtgärderna fram. Syftet är att undersöka byggnadens befintliga skick. En del av underlaget finns ofta tillgängligt i fastighetsägarnas egna databaser men mätningar och inventeringar behöver även genomföras för att få ett komplett underlag. En viktig del av insamlandet ligger i att ta fram energistatistik för el-, vatten- och värmeförbrukningen, (U.F.O.S, 2006).

Vid en inventering undersöks byggnaden och dess tekniska system noggrant för att kontrollera inställningar och funktioner. Inventeringen utförs vanligtvis av en fackman och vid bostäder kan ofta en standardiserad inventeringsmall följas för vilka områden som ska undersökas. Ju mer komplicerad byggnaden är desto mer spelar personlig erfarenhet in på hur inventeringen genomförs, (U.F.O.S, 2006). Som underlag inför en inventering behöver enligt U.F.O.S Energisparguide (2006) information om följande områden tas fram:

- Drift- och underhållsinstruktioner.
- Konstruktionsritningar.
- Värme-, ventilations- och sanitets (VVS) -ritningar.
- Elritningar.
- Protokoll från obligatorisk ventilationskontroll (OVK).
- Luftflödesprotokoll för ventilationssystem.
- Injusteringsprotokoll för värmesystem, kylsystem etc.
- Underlag över styr- och övervakningsanläggningar.
- Energistatistik.

När underlaget har tagits fram genomförs inventeringen. Det finns många områden som kan ingå men enligt U.F.O.S ingår vanligtvis följande punkter i en inventering:

- Hyresgästernas verksamhet och drifttider.
- Driftinställningar som temperaturbörvärden och drifttider för befintliga system.
- Driftpersonals och hyresgästers synpunkter.
- Kända drift- och klimatproblem.
- Uppbyggnad av installationstekniska system och huvudflöden.
- Väg-, tak-, grund- och fönsterkonstruktioner.
- Arbetssätt och rutiner hos driftansvarig.

- Installerad eleffekt för belysning, fläktar, pumpar, tvätt- och torkutrustning och deras styrning.
- Byggnadstekniska uppgifter om vägg-, tak-, grund- och fönsterkonstruktioner.
- Okontrollerade energiflöden, läckage, ofrivillig ventilation samt köldbryggor.
- Hyresgästernas upplevelse av inomhusklimatet.

Som ett komplement till inventeringen genomförs mätningar för att undersöka byggnadens drift. Det finns olika nivåer av avancerade mätningar som genomförs beroende på hur komplex byggnadens tekniska system är. Grundläggande mätningar är mätningar av drifttemperaturer i olika system, som till exempel ventilation, värme, kyla, tappvatten eller mätningar av rumstemperaturer. Även mätningar av drifteffekter, flöden och tryck i olika system, långtidsmätningar samt mätningar för analys av kända drift- eller klimatproblem kan genomföras, (U.F.O.S, 2006).

När all data har tagits fram sammanställs ett analysunderlag i form av en rapport som innehåller byggnadsinformation, energistatistik, redovisning av tidigare energiåtgärder som genomförts samt resultat av genomförd inventering och mätningar. För det valda studieobjektet sammanställde Uppsalahem 2010 en analysrapport för förnyelse. I rapporten finns information om fastigheten samt de brister och fel som upptäcktes vid besiktningen av fastigheten. Förutom rapporten har även konstruktionsritningar av fastigheten samt energistatistik används för att sammanställa underlaget. I följande avsnitt redovisas det insamlade underlaget för studieobjektet Kilgärdesvägen 3 A-B.

6.1.1 Fastigheten

Kilgärdesvägen 3 A-B ligger mitt i Storvreta och flerbostadshuset har totalt 14 lägenheter som är fördelade på två trapphus, se figur 2. Huset byggdes år 1961 och har för den tiden en typisk utformning med en stomme av tegel och putsbeklädd fasad. Ventilationen sker med hjälp av självdrag och husen värms upp med fjärrvärme. Till fastigheten hör fyra parkeringsplatser med eluttag och fem utan eluttag. Det finns inget tillhörande garage. Fastigheten består av två våningsplan med lägenheter samt en källare med förråd, matförråd, tvättstuga, cykelrum samt en uthyrningsdel, (Uppsalahem, 2010).



Figur 2. Kilgärdesvägen 3 A-B, foto: Uppsalahem.

I tabell 4 presenteras en fastighetsbeskrivning av Kilgärdesvägen 3 A-B och i tabell 5 presenteras de avkastningskrav samt underhåll- och driftkostnader som finns för fastigheten.

Tabell 4. Fastighetsbeskrivning.

Fastighet	Storvreta 3:77
Boarea	692 m ²
Lokalarea	67 m ²
Tomtareal	3028 m ²
Uppvärmning	Fjärrvärme
Ventilation	Självdreg
Stomme/fasad	Tegel/puts
Marknadsvärde	5 014 000 kr
Taxeringsvärde	3 497 000 kr

Källa: (Uppsalahem).

Lokalarean är arean för uthyrningsdelen medan boarean är för de 14 lägenheterna.

Tabell 5. Ekonomi

	Avkastningskrav	Drift och underhåll
Boarea	6,25 %	410 kr/m ²
Lokalarea	7,50 %	360 kr/m ²

Källa: (Uppsalahem).

Hysesintäkterna ligger i nuläget på 464 196 kronor per år exklusive hyresintäkter från lokaldelen som för närvarande inte hyrs ut. Den nya förväntade underhållskostnaden är enligt Uppsalahems analysrapport 23 kronor per kvadratmeter.

6.1.2 Befintlig situation

För att beräkna den nuvarande energiprestandan för Kilgärdesvägen 3 A-B har energiförbrukningen tagits fram. Ett medelvärde från de två senaste kalenderåren, 2010 och 2011, har använts vid beräkningarna. I tabell 6 nedan redovisas värme-, vatten- och elförbrukningen. Energianvändningen är inte normalårskorrigerad men tidskorrigerad.

Tabell 6. Energianvändning 2010 och 2011.

	2010	2011	Enhet
Värmeförbrukning	131	111	MWh
Varmvatten	388	457	m ³
Kallvatten	1 050	1 120	m ³
Fastighetsel	13,5	12,4	MWh

Källa: (Uppsalahems energiuppföljningssystem ESS 200, 2012).

En inventering av fördelningen av fastighetselen genomfördes 2009 av Uppsalahem och resultatet presenteras i tabell 7. Drifftiderna är uppskattade värden.

Tabell 7. Fördelningen av fastighetselen 2009.

	Antal	Effekt [W]	Drifftid [h/år]	Energiförbrukning [kWh/år]
Belysning				
Trapphus	6	60	500	180
Förråd mm	5	60	200	60
Tvättstuga	2	90	1000	180
Fasad	4	17	4500	297
Stolpar	1	125	4500	563
Pumpar				
P-VS	1	225	7700	1733
P-VVC	1	50	8760	438
Övrigt				
Motorvärmare				400
Tvättstuga				10431

Källa: (Uppsalahem, 2009).

År 2007 byttes samtliga fönster och fönsterdörrar ut till fönster med kompaktbåge och isolerglas. De nya fönstren har ett U-värde på 1,3 W/m²K. Ventilationen i fastigheten sker med självdrag och det har funnits problem med att ventilationen fungerar dåligt då lukt har överförts mellan lägenheterna.

6.2 Analysera energiprestanda

Moment två var att utvärdera byggnadens nuvärde för att se vilken energiprestanda byggnaden hade innan några åtgärder har genomförts. Detta är ett viktigt steg för att undersöka energieffektiviseringsbehovet och för att kunna följa upp resultatet efter att åtgärderna har genomförts. Om inte nuläget fastställs finns det ingen möjlighet att faktiskt se om åtgärderna har lett till en förbättring. Den befintliga energiprestandan

jämfördes med BBR:s energiprestandakrav som presenterades i avsnitt 3 *Krav och regelverk*.

6.2.1 Beräkningar

För att ta fram byggnadens energiprestanda genomfördes ett antal beräkningar. Nedan presenteras resultatet från de beräkningar och mätningar som genomfördes för studieobjektet Kilgärdesvägen 3 A-B.

6.2.1.1 Atemp

För att beräkna en byggnads energiprestanda används begreppet Atemp. Då Uppsalahem inte använder sig av begreppet behövde den arean beräknas. Atemp kan beräknas med omvandlingsformel (1a) men i den här studien användes konstruktionsritningar. För ta fram Atemp med hjälp av konstruktionsritningar mättes arean för varje våningsplan. Den uppmätta arean exklusive ytterväggar för varje våningsplan adderades vilket gav arean 1160 m², varav 67 m² är lokalarea. Det kan jämföras med värdet uträknat från en omvandlingsformel som är 950 m². Atemp utifrån omvandlingsformel har legat till grund för energideklarationen. I den resterande delen av arbetet har Atemp beräknat utifrån konstruktionsritning använts, d.v.s. 1160 m².

6.2.1.2 Tappvarmvatten

I tabell 8 redovisas energianvändningen för tappvarmvattnet beräknat utifrån formel (2) och (3). För att använda formel (3) behövdes temperaturen på varm- och kallvattnet samt varmvattnets volymflöde. Volymflödet fanns tillgängligt i Uppsalahems energiuppföljningssystem. Kallvattentemperaturen kommer från Uppsala vatten och är ett medelvärde från fyra mätstationer, två mätpunkter i närheten av Kilgärdesvägen 3 A-B samt från de två vattenverk som levererar vatten till fastigheten, (Söderstad, 2012). Medelvärdet har använts då det inte finns någon mätstation direkt vid fastigheten. Varmvattnet ansattes till 55 °C som enligt Sveby (2009b) är den temperatur tappvarmvattnet vanligtvis har.

Tabell 8. *Energianvändning tappvarmvatten [MWh/år].*

Beräkningsmetod	2010	2011
Formel (2)	21,3	25,1
Formel (3)	20,9	24,7

Då det finns varmvattencirkulation i byggnaden bör inte riktvärdet 55 kWh/m³ användas för att beräkna energianvändningen. Därför användes energianvändningen beräknat med formel (3) i fortsatta beräkningar.

6.2.1.3 Klimatkorrigering

Energianvändningen klimatkorrigerades med hjälp av två metoder; Graddagsmetoden och E-signaturmetoden. Nedan presenteras de beräkningar som genomfördes för att klimatkorrigera energianvändningen.

Graddagsmetoden

Antalet graddagar för orten Uppsala tillhandahålls av SMHI. En korrigeringsfaktor beräknades genom att dividera antalet graddagar varje månad med normalt antal graddagar. Den uppmätta energiförbrukningen dividerades med korrigeringsfaktorn och månadsvärdena summerades för att få den normalårskorrigerade energianvändningen, resultatet redovisas i tabell 9.

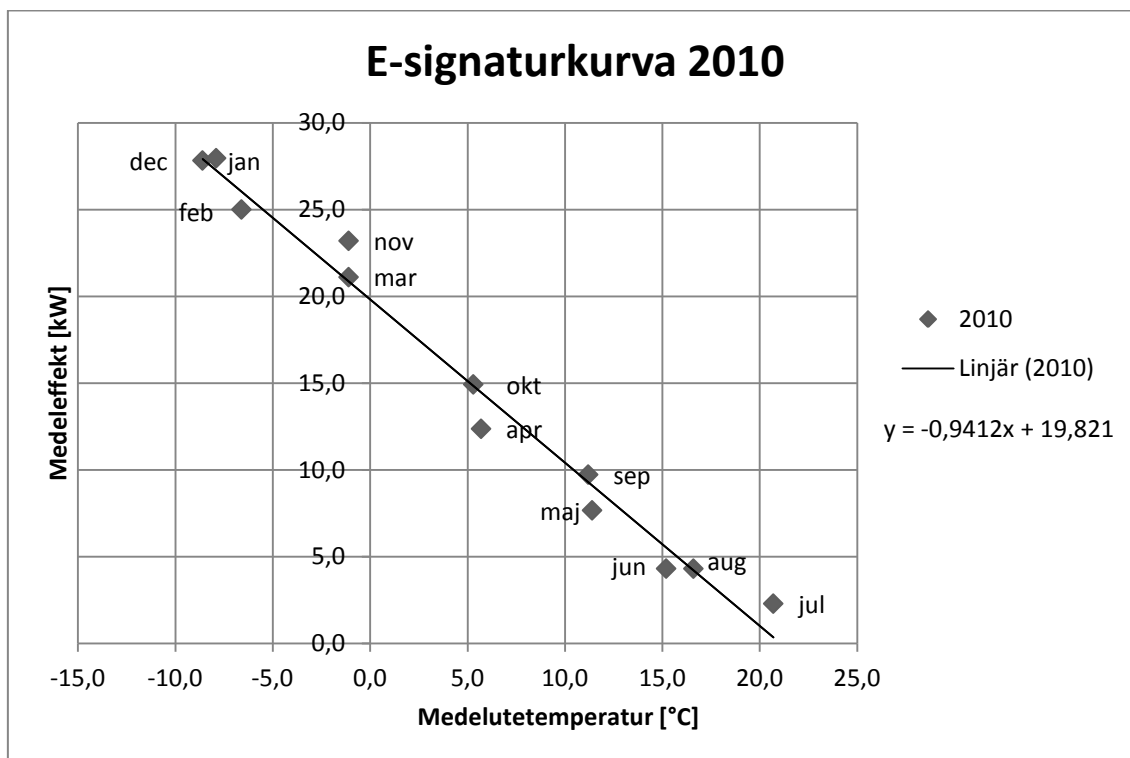
Tabell 9. Normalårskorrigerad energianvändning exklusive tappvarmvatten [MWh/år].

	2010	2011
Graddagsmetoden	96,1	102

Tabellen visar att det skiljer sig en del mellan de två årens energiförbrukning. En bra klimatkorrigeringsmetod ska ge så jämna värden som möjligt mellan olika års förbrukningar.

E-signaturmetoden

För att ta fram E-signaturkurvan beräknades medelmånadseffekten genom att den totala energiförbrukningen för en månad dividerades med antalet timmar den månaden. Tappvarmvattnet separerades inte från energiförbrukningen innan korrigeringen genomfördes. Medelmånadseffekten plottades sedan månadsvis med den uppmätta medelutemperaturen för Uppsala, (SMHI, 2012). Medelmånadstemperaturen för olika orter går att hämta från SMHI. Utifrån de plottade punkterna drogs en linjär trendlinje, se figur 3 för E-signaturkurvan 2010.



Figur 3. E-signatur för Kilgärdesvägen 3 A-B 2010.

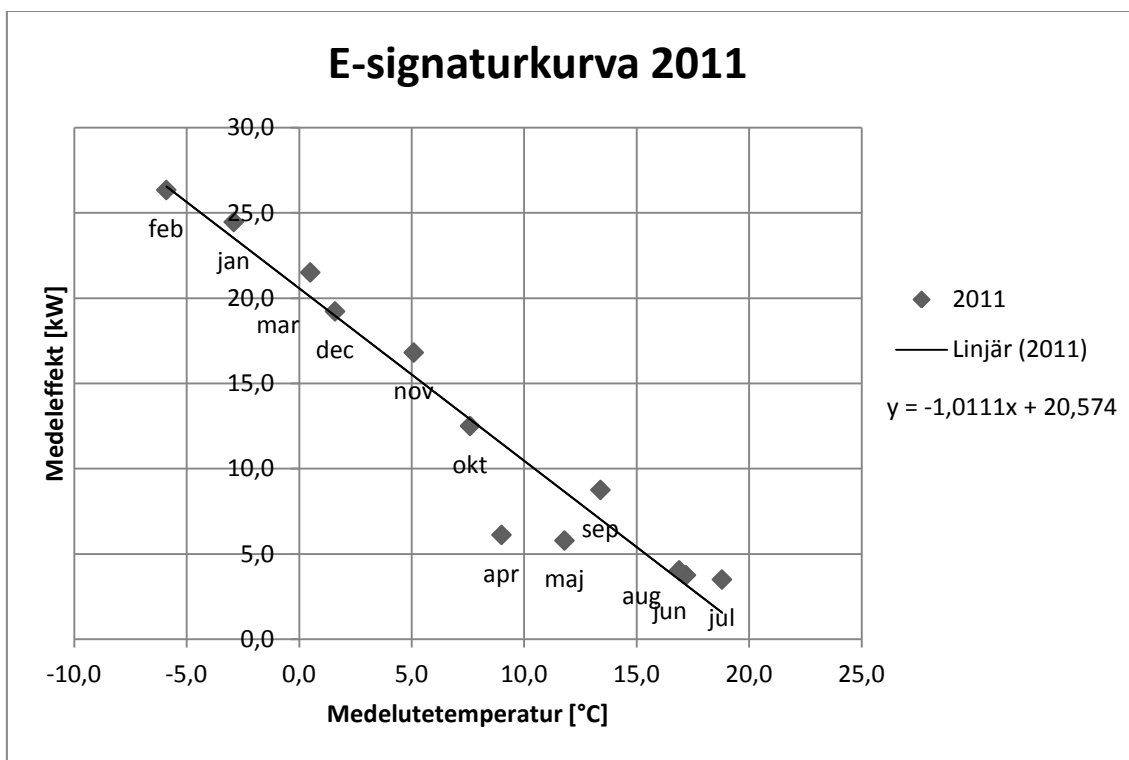
Medeleffekten beräknades även för tappvarmvattnet vilket gav en baslinje betecknad α . Baslinjen är den högra delen av kurvan i figur 1, då endast energi för den klimatoberoende delen behövs. Genom att plotta trendlinjen y och baslinjen α kunde skärningspunkten mellan de två linjerna tas fram. Skärningspunkten gav byggnadens balanstemperatur. Sambandet mellan de olika faktorerna kan beskrivas med formeln

$$\dot{Q}_{medel} = \alpha + \beta(t_{balans} - t_{ute})_+ \quad (11)$$

där $\dot{Q}_{medel}$ är medeleffekten under en tidsperiod och β är lutningens koefficient. Plustecknet indikerar att parentesen sätts till noll om differensen blir negativ, (Schulz, 2003).

Medeleffekten för tappvarmvattnet α blev år 2010 2,4 kW uträknat genom att dividera energianvändningen med antalet timmar per månad. Det resulterade i en balanstemperatur på 18,5 °C. De månader som hade en högre medeltemperatur än balanstemperaturen klimatkorrigerades inte eftersom energin då endast går till den del som inte är klimatoberoende. För 2010 gällde det endast för juli.

Vid klimatkorrigeringen avlästes medeleffekten vid den normala temperaturen samt den aktuella temperaturen för varje månad ur E-signaturdiagrammet. De värdena representerar C och B i figur 1. Sedan dividerades medeleffekten vid den normala medeltemperaturen med medeleffekten vid den aktuella temperaturen. Korrigeringsfaktorn multiplicerades sedan med den uppmätta energiförbrukningen vilket gav den normalårskorrigerade energianvändningen. Detta gjordes för varje månad och summerades sedan ihop för att få den årliga energianvändningen. Samma uträkningar gjordes för år 2011 där en ny E-signaturkurva togs fram baserat på nya värden för energiförbrukningen och utetemperaturen, se figur 4.



Figur 4. E-signatur för Kilgärdesvägen 3 A-B 2011.

Medeleffekten för tappvarmvattnet 2011 beräknades till 2,8 kW vilket gav en balanstemperatur på 17,6 °C. Även för år 2011 översteg medelutetemperaturen för juli balanstemperaturen vilket innebar att ingen korrigering gjordes för den månaden. Den klimatkorrigerade energianvändningen för 2010 och 2011 presenteras i tabell 10.

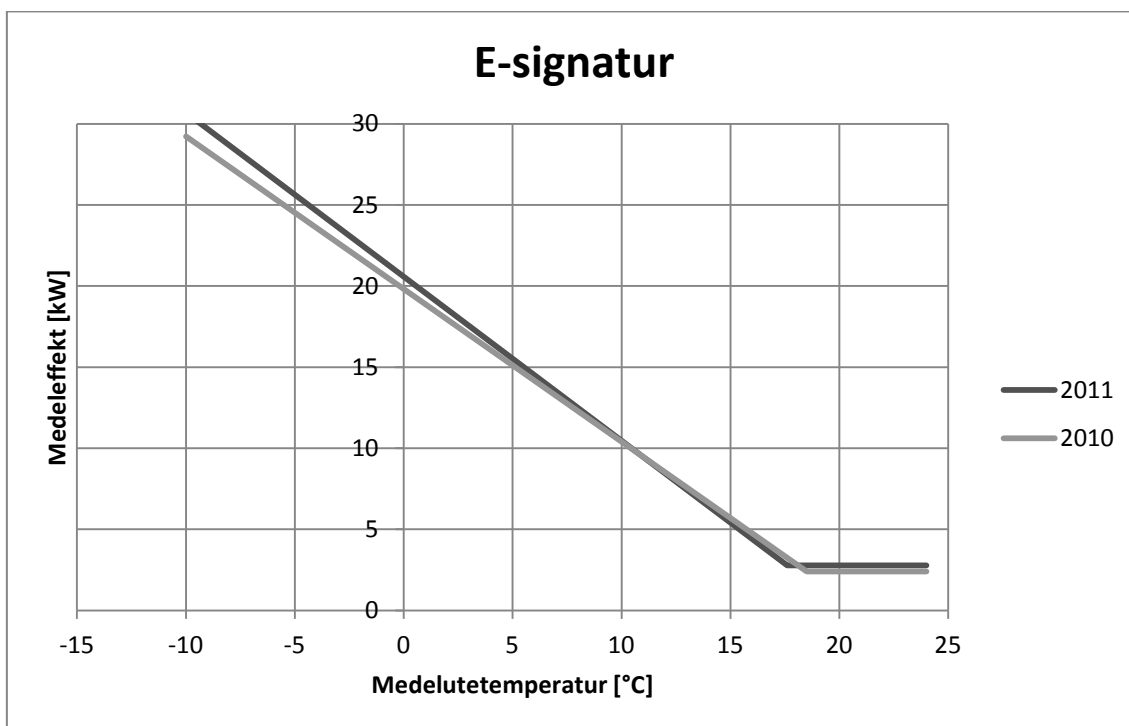
Tabell 10. Klimatkorrigerad energiförbrukning med E-signaturmetoden [MWh].

Metod/år	2010	2011
E-signaturmetoden	123	127

Tabellen visar att energiförbrukningen beräknat med E-signaturmetoden ger en något mindre differens mellan energianvändningen 2010 och 2011 jämfört med graddagsmetoden. Detta tyder på att E-signaturmetoden ger ett jämnare resultat, dock skiljer sig inte resultatet så mycket i det här fallet för de två metoderna.

I båda E-signaturkurvorna finns det vissa punkter som sticker ut. I figur 3 ligger punkten för juli lågt ner vilket kan vara ett resultat av att många av de boende var på semester under den perioden vilket drog ner energianvändningen. I figur 4 ligger punkterna för april och maj en bit ifrån trendlinjen. Det kan bero på olika orsaker och det kan diskuteras ifall dessa punkter ska ingå i E-signaturen då de inte förefaller vara helt representativa för byggnadens energianvändning. Dock har värdena använts i den här studien.

När balanstemperaturen hade tagits fram från skärningspunkten mellan trendlinjen y och baslinjen α kunde en ny linje dras som visade E-signaturen på samma form som i figur 1. I figur 5 har E-signaturen för både år 2010 och 2011 plottats.



Figur 5. E-signatur för Kilgärdesvägen 3 A-B 2010 och 2011.

Diagrammet visar att E-signaturerna skiljer sig något på grund av årliga temperaturskillnader. Balanstemperaturen går att avläsa där kurvorna bryts och övergår till vågräta linjer. Där finns det inte längre något värmebehov utan all effekt går till tappvarmvattnet.

6.2.1.4 Fastighetsel

Uppmätta värden för fastighetselen 2010 och 2011 togs från Uppsalahems energiuppföljningssystem. Dock ingick även el till utrustningen i tvättstugan, en lyktstolpe utanför fastigheten samt el till motorvärmare. Därför räknades den elanvändningen först ut och subtraherades från fastighetselen. Vid beräkningen användes fördelningen av fastighetselen som Uppsalahem sammanställde 2009, se tabell 7. Den slutgiltiga fastighetselen enligt BBR:s definition presenteras i tabell 11.

Tabell 11. Slutgiltig fastighetsel [MWh].

År	2010	2011
Elförbrukning	2,07	0,96

Tabellen visar att det skiljer mycket mellan 2010 och 2011. Det kan bero på att fördelningen av fastighetselen uppskattades 2009 och förändringar kan ha skett sedan dess. Då det inte har funnits data för 2010 och 2011 har ändå dessa värden använts vid fortsatta beräkningar.

6.2.1.5 Totala specifika energianvändningen

Den klimatkorrigerade energianvändningen inklusive tappvarmvatten adderades med fastighetselen för att få den totala specifika energianvändningen, se tabell 12.

Tabell 12. Total specifik energianvändning inklusive tappvarmvatten samt fastighetsel [MWh/år].

Metod/år	2010	2011	Medelvärde
Graddagsmetoden	119	128	123
E-signaturmetoden	125	128	127

6.2.1.6 Energiprestanda

Energiprestandan beräknades genom att dividera den specifika energianvändningen med byggnadens area uppmätt i Atemp, d.v.s. 1160 m². I tabell 13 redovisas resultatet av energiprestandan beräknat med Graddagsmetoden och E-signaturmetoden. I tabellen redovisas även energiprestandan beräknad med Atemp framtagen med omvandlingsformel.

Tabell 13. Energiprestanda, den specifika energianvändningen dividerat med arean mätt i Atemp.

Metod	Atemp (ritning)	Atemp (omvandlingsformel)	Enhet
Graddagsmetoden	106	130	kWh/m ² Atemp och år
E-signatur	109	133	kWh/m ² Atemp och år

Tabellen visar att skillnaden mellan klimatkorrigeringsmetoderna är relativt liten och att E-signaturmetoden ger ett något högre resultat. Dock resulterar metoderna för att beräkna arean i A_{temp} i större skillnad. I det här fallet ger A_{temp} beräknat med omvandlingsformel ett högre värde på energiprestandan. Hur stor denna skillnad blir beror på hur byggnadens utformning. Det specifika kravet på energiprestanda för studieobjektet beräknades utifrån arean för bostadsdelen respektive lokaldelen mätt i A_{temp} med formeln

$$\text{Energiprestandakrav} = (A_{temp_{BOA}} \cdot 90 + A_{temp_{LOA}} \cdot 80) / A_{temp} \quad (12)$$

I tabell 14 redovisas den slutgiltiga energiprestandan samt det beräknade energikravet enligt BBR 19.

Tabell 14. Energiprestanda för Kilgärdesvägen 3 A-B samt BBR:s energikrav, [kWh/m² A_{temp} och år].

Metod	Energiprestanda	Energikrav (BBR 19)	Skillnad
Graddagsmetoden	106	89,4	16,9
E-signaturmetoden	109	89,4	19,8

E-signaturmetoden visade ett jämnare resultat än graddagsmetoden då skillnaden i energiförbrukningen mellan 2010 och 2011 var mindre för E-signaturmetoden. Därför har energiprestandan beräknat utifrån E-signaturmetoden antagits ha större noggrannhet än graddagsmetoden i det här fallet.

6.3 Identifiera åtgärder

När byggnadens befintliga energiprestanda hade fastställts identifierades de energibesparande åtgärder som var aktuella att genomföra. Målet var att de skulle leda till en bättre energiprestanda som uppfyllde de krav och energimål som fanns uppsatta. De energiåtgärder som vanligtvis genomförs samt i vilken ordningsföljd de bör genomföras presenterades i avsnittet 4.3 *Energieffektiviserande åtgärder*.

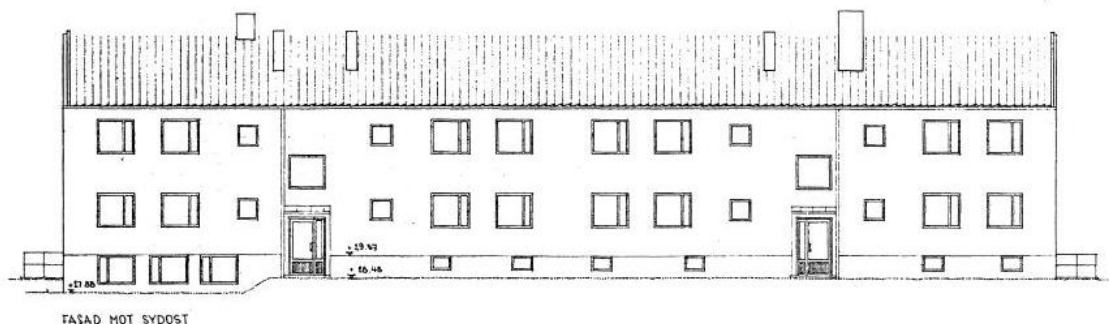
År 2010 sammanställdes en analysrapport av Kilgärdesvägen 3 A-B där föreslagna åtgärder redovisades. Beräkningar för alla dessa åtgärder genomfördes inte i den här studien då det var en alltför omfattande uppgift för att rymmas i examensarbetet. Istället valdes ett antal åtgärder ut och en kostnadskalkyl beräknades för dessa åtgärder.

6.3.1 Utvalda åtgärder

Då huvudsyftet med denna studie var att ta fram en modell för att analysera energiåtgärder och inte att få fram exakta siffror på kostnader och besparingspotential har beräkningar endast utförts på en avgränsad mängd av de identifierade åtgärderna. För att förenkla kalkylen valdes endast klimatskalet ut vilket innefattar ytterväggar, tak, fönster och ytterdörrar. Då befintliga fönstren byttes relativt nyligen ansågs de inte vara i behov av att åtgärdas. Därför har de inte ingått i kostnadskalkyleringen. Nedan följer en kortare beskrivning av klimatskalets befintliga skick och åtgärdsförslag.

6.3.1.1 Ytterväggar

De befintliga ytterväggarna består av en stomme av tegel och en fasad av puts. Byggnaden har två våningsplan med bostäder och ett källarplan med en lokal för uthyrning. Figur 6 visar fasaden som vetter mot sydost.

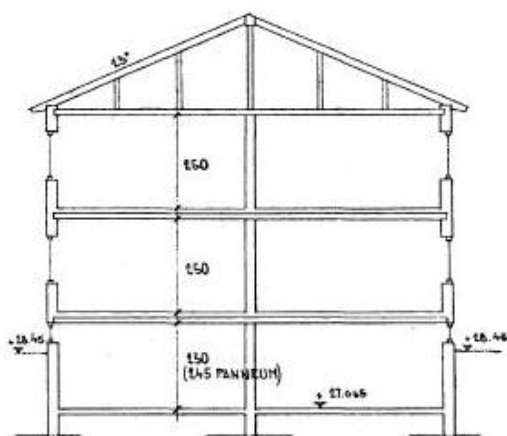


Figur 6. Ritning av fasaden som vetter mot sydost, (Uppsalahem, 2012).

I grundfallet, när inga energieffektiviserande åtgärder genomförs, skulle fasaden putsas om vid en renovering. I analysrapporten föreslogs tilläggsisolering av den nuvarande fasaden. Därför valdes tilläggsisolering av ytterväggarna som en energiåtgärd. Energiåtgärden jämfördes med grundrenoveringen då endast fasaden putsades om. Väggarean mättes upp från konstruktionsritningar till cirka 470 kvadratmeter, exklusive fönster, dörrar och källarplan. Livslängden för både åtgärderna sattes till 50 år.

6.3.1.2 Tak

Även för taket föreslog analysrapporten en tilläggsisolering. Ett alternativ är då att spruta in lösmineralull på bjälklaget under takstolen. Figur 7 visar hur byggnaden ser ut i genomskärning från kortsidan.

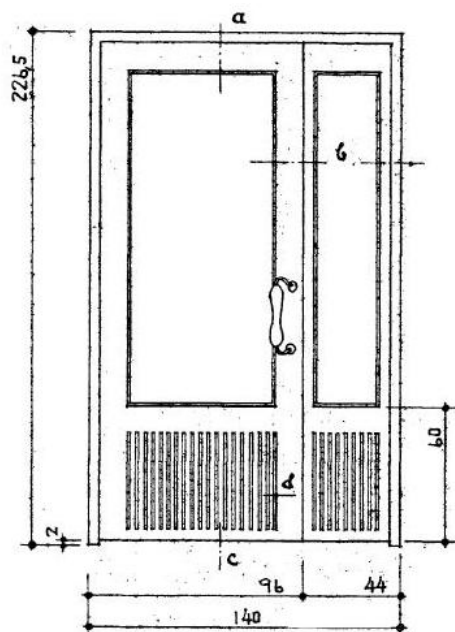


Figur 7. Ritning över Kilgärdesvägen 3 A-B från kortsidan, (Uppsalahem, 2012).

Då taket har en lutning på 23 grader och en höjd på 2,5 meter finns det utrymme att lägga in tilläggsisolering. Ytan som skulle tilläggsisoleras mättes upp från konstruktionsritning och var cirka 390 kvadratmeter. Livslängden för taket sattes till 40 år. Anledningen till valet var att ansätta olika livslängder för energiåtgärderna för att visa på problematiken med att jämföra åtgärder med olika livslängder.

6.3.1.3 Portar

Fastigheten har två portar som leder in till trapphusen. Ytterdörrar till källare och uthyrningsdel togs inte med i kalkylen. De befintliga portarna är tillverkade av ekfaner och har en stor glasyta med englas-fönster, se figur 8.



Figur 8. Ritning av de befintliga portarna på Kilgärdesvägen 3 A-B, (Uppsalahem, 2012).

För att förbättra klimatskalet och minska energianvändningen kan portarna bytas ut mot nya portar med ett lägre U-värde vilket leder till minskade värmeförluster. Som energiåtgärd valdes säkerhetsdörrar med säkerhetsglas som hade ett lägre U-värde än de befintliga. Hur lång livslängden för en dörr är beror på hur väl den sköts om och underhålls. I den här studien ansattes livslängden till 25 år.

6.4 Utreda åtgärder

Efter att energiåtgärderna identifierats är nästa steg i energieffektiviseringsprocessen att utreda vilka kostnader och besparingar åtgärderna leder till. Det gäller både ur ett ekonomiskt perspektiv, d.v.s. investeringskostnader samt drift- och underhållskostnader, men också de energibesparingar åtgärderna resulterar i. Att göra en kostnadsbedömning är ett av de svåraste momenten för att ta fram ett beslutsunderlag. Ofta krävs att förenklingar och schablonvärden används för att uppskatta framtida kostnader och besparingar. Efter att åtgärderna har utretts fattas beslut om vilka som anses mest lämpade att genomföra.

6.4.1 Indata

En av svårigheterna med att utreda energiåtgärderna är att ta fram indata. Bland annat för att det finns begränsade erfarenheter av vad nya produkter på marknaden kommer att generera för underhålls- och driftkostnader. Enligt Levin, Lilliehorn och Sandsten (2008) är det fördelaktigt att varje företag bygger upp en egen samling indata baserat på egna erfarenheter och resultat. Samlingen utökas allt eftersom projekt genomförs och

det är även föreslaget att liknande fastighetsbolag kan samarbeta för att utbyta kunskap. Författarna anser även att det i allmänhet är bättre att genomföra en LCC-analys med uppskattade värden än att vänta på att bättre data ska komma fram.

I den här studien användes Wikells sektionsfakta för att uppskatta kostnader för byggmaterial och arbetskostnader. Livslängder ansattes utifrån rekommendationer från U.F.O.S Energisparguide (2006) och från tillverkare av de utvalda produkterna. Driftkostnader uppskattades från de el- och energiavtal som Uppsalahem har idag. En procentuell ökning av priset antogs utifrån de generella värden som vanligtvis används samt hur trenden för prisstigningen har sett ut under de senaste åren i Uppsala. Underhållskostnader var däremot svårare att bedöma eftersom det beror mycket på vilken typ av investering det gäller. I den här studien användes den befintliga underhållskostnaden som en riktlinje. För att utreda vilken påverkan underhållskostnaderna har på slutresultatet ingick det som en parameter i känslighetsanalysen för att avgöra vilka risker feluppskattningar medför.

För att beräkna energibesparingar användes energisimuleringsprogrammet VIP Energy. Areor för byggnadsdelar mättes upp från ritningar. Klimatdata för Uppsala fanns inte i VIP därför användes värden för Stockholm.

6.4.2 Investeringskostnader

Som tidigare nämnts uppskattades investeringskostnaderna från Wikells sektionsfakta där både material- och arbetskostnader finns tillgängliga. I tabell 15 presenteras investeringskostnaderna för de fyra utvalda åtgärderna.

Tabell 15. Investeringskostnader för utvalda åtgärder.

Åtgärder	Beskrivning	Kostnad	Enhet
Alt. 1 Ytterväggar	Omputsning (grundrenovering)	543 000	kr
Alt. 2 Ytterväggar	Utvändig tilläggsisolering	663 000	kr
Alt. 3 Tak	Tilläggsisolering	72 000	kr
Alt. 4 Portar	2 st. Säkerhetsdörrar	40 300	kr

Källa: (Wikells, 2011).

6.4.3 Driftkostnader

Driftkostnader är de återkommande kostnaderna som åtgärderna genererar. Det innefattar el- och energikostnader som byggnaden genererar varje månad. Då de utvalda åtgärderna inte påverkade vattenanvändningen direkt avgränsades driftkostnaden till el- och energikostnad. Kallvattenkostnaden hamnade utanför avgränsningarna och påverkade inte kostnadskalkylen. Därför togs inte kallvattenpriset fram för byggnaden.

6.4.3.1 Elpris

Sedan 2010 får Uppsalahem sin el levererad av E.ON som sköter både leverans och prissäkring. Avtalet innefattar både en rörlig och en fast del. Elpriset består av tre delar; pris från elleverantör, nätavgift samt skatt och moms. I det pris som leverantören ger ingår kraft, grön el, elcertifikat och mäklarprovision, (Elhandelsrapport, 2011).

Ett snittpris som Uppsalahem använder sig av vid budgetering redovisas i tabell 16. Priset för kraften är uträknat genom att ta den totala kostnaden för elförbrukningen dividerat med andelen köpt volym. Priset varierar över tid men det är ett värde som Uppsalahem använt vid budgeteringar 2011. Nätavgiften betalas till Vattenfall som äger nätet, (Näppi, 2012).

Tabell 16. Elpriset [kr/MWh exkl. moms]

	Elleverantör	Nätavgift	Skatt	Totalt	Enhet
2011	500	385	290	1175	kr/MWh

Källa: (Näppi, 2012).

6.4.3.2 Fjärrvärmepris

Uppsalahem har Vattenfall AB som fjärrvärmeleverantör och därför användes Vattenfalls standardpris för fasta avtal i lönsamhetskalkylen, se tabell 17.

Tabell 17. Fjärrvärmepriser för företag i Uppsala 2012, exklusive moms.

Energiavtal (pris med fast andel)	Bostäder	Enhet
Fast avgift	348	kr/MWh
Energipris vinter	290	kr/MWh
Energipris sommar	109	kr/MWh
Flödespremie/avgift	3	kr/m ³

Källa: (Vattenfall, 2012b)

För kunder med fasta avtal beräknar Vattenfall sitt fjärrvärmepris utifrån en fast del och två rörliga delar. Den fasta delen beräknas genom att föregående kalenderårs energiförbrukning normalårskorrigeras för att sedan multipliceras med den fasta avgiften. Normalårskorrigeringen görs på hela energianvändningen och inget avdrag görs för varmvattenanvändningen, (Vestergren, 2012). De två rörliga delarna består av en energidel och en flödesdel. Energidelen beräknas genom att energipriset för den aktuella årstiden multipliceras med energiförbrukningen. Energipriset för vinter gäller oktober till april medan priset för sommar gäller maj till september. Flödespremien/avgiften beräknas genom att varje enskild kunds flöde jämföras med medelvärdet av samtliga kunder. De som har ett lägre flöde än medelvärdet får tillbaka 3 kr/m³ medan de som har ett högre flöde får istället betala samma summa, (Vattenfall, 2012b).

Fjärrvärmepriset 2011 beräknat för Kilgärdesvägen 3 A-B presenteras i tabell 18. Den fasta delen av priset beräknades från den normalårskorrigerade energianvändningen för 2010. Normalårskorrigeringen genomfördes med E-signaturmetoden. Kostnaden för energidelen beräknades utifrån energianvändningen 2011, uppdelat på vinter och sommarperiod. Den energianvändningen normalårskorrigerades inte. Kostnaderna summerades och dividerades med den totala energianvändningen 2011.

Tabell 18. Beräknat fjärrvärmepris för Kilgärdesvägen 3 A-B år 2011, exklusive moms.

Fjärrvärmepris 2011		Enhet
Fast del		
Normalårskorrigerad energiförbrukning 2010	127	MWh
Fast avgift	348	kr/MWh
Kostnad	44 100	kr
Energidel		
Energiförbrukning sommar 2011	18,9	MWh
Energiförbrukning vinter 2011	92	MWh
Energipris sommar	109	kr/MWh
Energipris vinter	290	kr/MWh
Kostnad	28 700	kr
Total kostnad		
Fast del + energidel	72 800	kr
Snittpris 2011	656	kr/MWh

Flödespremien räknades inte med i priset då medelvärdet för Vattenfalls kunder inte var känt. I kalkylen avrundades priset uppåt till 0,7 kronor per kWh exklusive moms. Eftersom fjärrvärmepriset beror på hur stor föregående kalenderårs energiförbrukning är kommer den fasta avgiften nästkommande år att bli lägre i och med en minskad energiförbrukning.

En årlig prisökning av energipriset sätts vid kostnadskalkyler för att spegla prisutvecklingen i framtiden. Enligt Levin, Lilliehorn och Sandsten (2008) ligger vanligtvis energiprisökningen mellan 2-4 %. Med anledning av detta och att fjärrvärmepriset har stigit med drygt 2,5 % mellan åren 2000-2009 valdes den årliga prisökningen till 3 %.

6.4.4 Underhållskostnader

Underhållskostnaderna som användes i lönsamhetskalkylen var uppskattade värden. Åtgärderna antogs ha underhållskostnaden 25 000 kronor per år vilket bestämdes utifrån kostnaden 23 kronor per kvadratmeter som angavs i analysrapporten. För att undersöka vilken påverkan underhållskostnaderna har på det slutgiltiga resultatet genomfördes en känslighetsanalys där underhållskostnaden varierades.

6.4.5 Energibesparingar

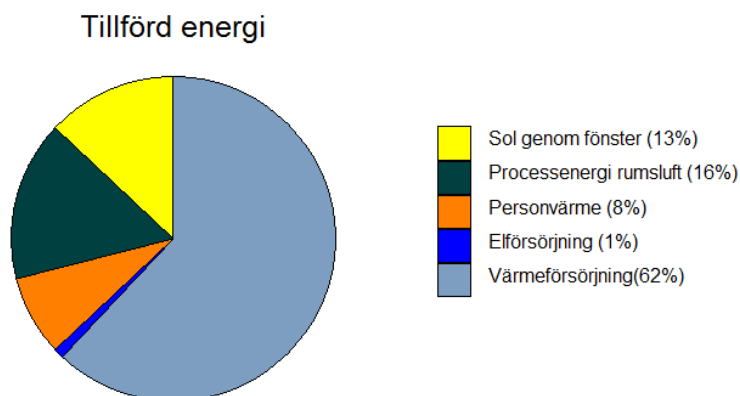
För att uppskatta vilka energibesparingar åtgärderna leder till simulerades studieobjektet i programmet VIP Energy. Först simulerades byggnadens befintliga tillstånd för att fastställa byggnadens nuläge genom att byggnadsmaterial och areor lades in i programmet. Sedan adderades åtgärderna för att se vilken förbättring av energiprestanda åtgärderna leder till. Åtgärderna adderades en och en men även som ett paket för att se hur de påverkar varandra. Simuleringsprogrammet beräknade även driftkostnader då energipriser lades in.

Följande antaganden gjordes vid simuleringen:

- Ventilationsflödet valdes till 0,5 omsättning per timme för både ut- och inluften.
- Temperaturgränserna för inomhusluften valdes till 22-27 °C som var standardvärden i VIP Energy.
- Personvärmen beräknades utifrån 80 watt per person samt att det bor 1,5 personer i varje lägenhet.
- Priset för hushållsel sattes till 1 kr/kWh som var standardvärde i VIP Energy.
- Energianvändningen för hushållsel sattes till samma värde som Svebys indata för flerbostadshus.

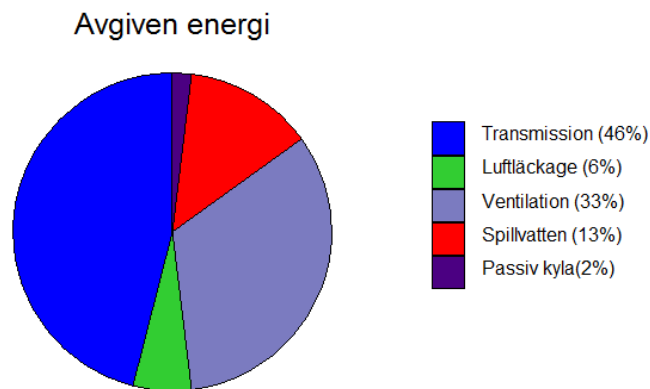
6.4.5.1 Befintlig situation

Vid simuleringen lades befintliga värden för tappvarmvatten- och elanvändning in. Även energipriserna för el och fjärrvärme ställdes in för att kunna beräkna energikostnader. En beräkning genomfördes i programmet vilket visade en värmeförbrukning på 123 500 kWh/år inklusive tappvarmvatten samt en energiprestanda på 110 kWh/m² Atemp och år. De beräknade värdena stämmer bra överens med de faktiska värdena. Energiprestandan beräknad med E-signaturmetoden ligger på 109 kWh/m² Atemp och år och energiförbrukningen på 127 000 kWh/år. Den totala energikostnaden för fastigheten under ett år beräknades till 123 000 kronor per år. Fördelningen av den tillförda energin visas i figur 9.



Figur 9. Fördelningen av tillförd energi till Kilgärdesvägen 3 A-B.

Cirkeldiagrammet visar att värmeförsörjningen står för 62 % av den tillförda energin vilket är en majoritet av all tillförd energi. Solvärme genom fönster och processenergi rumsluft tillför ungefär lika mycket energi, minst energi kommer från personvärme samt elförsörjning. Processenergi är VIP Energys benämning på hushållsel. Även avgiven energi beräknades i programmet vilket redovisas i figur 10.



Figur 10. Fördelningen av avgiven energi för Kilgärdesvägen 3 A-B.

Cirkeldiagrammet visar att de största energiförlusterna sker genom transmission som står för 46 % av den avgivna energin. Ventilationen står för 33 % av förlusterna och är den näst största faktorn. Även spillvatten, luftläckage och passiv kyla bidrar till energiförluster men i mindre omfattning. I det här fallet innebär passiv kyla vädring eftersom det inte finns något kylsystem i byggnaden. Anledningen till att VIP Energy har räknat med passiv kyla är att gränstemperaturen har satts till 27 °C. Skulle det inte finnas någon övre gräns skulle passiv kylan bli lika med noll.

6.4.5.2 Ytterväggar

Energiåtgärden för ytterväggarna var att lägga till en 200 millimeter tjock mineralullsskiva och en ny fasadputs i VIP Energy. En ny beräkning gjordes med den nya byggnadskonstruktionen vilket gav ett nytt värde på energiförbrukningen. Beräkningen visade att den nya energiförbrukningen var 85 500 kWh/år vilket gav en energiprestanda på 77 kWh/m² Atemp och år. Energikostnaden blev enligt VIP Energy 95 900 kronor baserat på de uträknade energipriserna. För att illustrera grundrenoveringen (Alt. 1 Ytterväggar) användes samma energiförbrukning som för det befintliga tillståndet då det inte antogs leda till någon förbättring av energiprestandan.

6.4.5.3 Tak

Energiåtgärden var att lägga till ett 220 millimeter tjockt lager lössprutad mineralull på den befintliga isoleringen. Beräkningen i VIP Energy visade att den nya energianvändning var 122 000 kWh/år vilket gav en energiprestanda på 109 kWh/m² Atemp och år. Den totala energikostnaden blev 122 000 kronor per år.

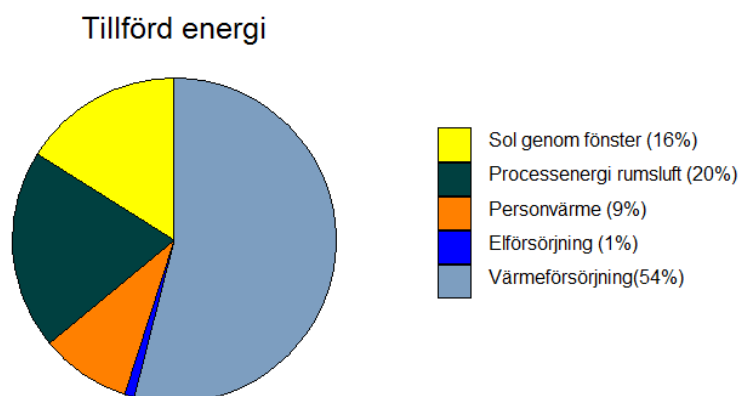
6.4.5.4 Portar

Energiåtgärden för portarna var att byta ut dem mot säkerhetsdörrar i aluminium med säkerhetsglas. Energiåtgärden resulterade i en energianvändning på 123 000 kWh/år, en energiprestanda på 110 kWh/m² Atemp och år samt en total energikostnad på 122 000 kronor per år.

6.4.5.5 Åtgärds paket

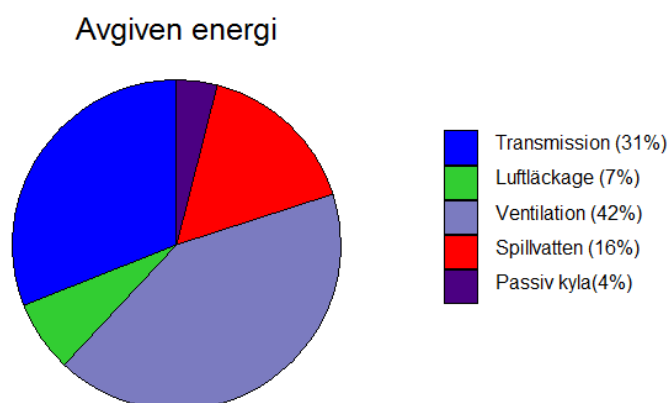
Slutligen simulerades alla de tre energieffektiviserande åtgärderna i VIP Energy samtidigt. Den nya energianvändningen blev då 84 300 kWh/år och energiprestandan blev 76 kWh/m² Atemp och år. Detta gav en energikostnad på 95 000 kronor per år. Efter att energiåtgärderna lades till i simuleringsprogrammet såg fördelningen mellan

den tillförda energin och den avgivna energin annorlunda ut. I figur 11 visas den tillförda energin.



Figur 11. Fördelningen av tillförd energi efter att åtgärder har genomförts.

Cirkeldiagrammet visar att värmeförsörjningen fortfarande står för den största delen av den tillförda energin men att den har minskat från 62 % till 54 % efter att energiåtgärderna genomfördes. Istället står processenergin och solenergin genom fönster för en större del av den tillförda energin. Även den avgivna energin har förändrats, se figur 12.



Figur 12. Fördelningen av avgiven energi efter att åtgärder har genomförts.

Beräkningen av klimatskalets åtgärder ger en minskning av transmissionsförlusterna till 31 % av förlusterna jämfört med tidigare 46 %. Istället står ventilationen för den största delen av den avgivna energin. Värt att notera är att den procentuella förändringen inte behöver betyda att mängden av varje del avgiven energi har förändrats utan att en del kan ha minskat vilket leder till de procentuella skillnaderna. Det innebär att förlusterna från t.ex. ventilationen inte behöver ha ökat utan att de övriga delarna kan ha minskat.

Energiberäkningarna visade även att om endast åtgärderna för taket och portarna genomfördes skulle inte kravet för energiprestanda enligt BBR 19 uppfyllas. Om åtgärdspaketet eller åtgärden för ytterväggarna genomfördes blir däremot den nya energiprestanda mindre än kravet för den specifika fastigheten, 89 kWh/m² Atemp och år som räknades ut i kapitel 6.2.1.6 *Energiprestanda*.

6.4.6 Kostnadskalkyl

För att utreda vilka energiåtgärder som var de bästa ur ett livscykelperspektiv användes två lönsamhetsmetoder; nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden. Anledningen till att just dessa två valdes var att nuvärdesmetoden ofta används vid LCC-analyser och att annuitetsmetoden möjliggör en jämförelse mellan åtgärder med olika livslängder. Först beräknades livscykelkostnaden för de två alternativen för ytterväggarna med nuvärdesmetoden för att se vilket som är det bästa alternativet. En kostnadskalkyl med annuitetsmetoden sammanställdes även för de tre energiåtgärderna för ytterväggar, tak och portar. Syftet med uppdelningen var att visa hur de två metoderna kan användas för att jämföra kostnader. Ekonomisk indata som användes i kalkylen presenteras i tabell 19.

Tabell 19. Indata som används i lönsamhetskalkylen.

Indata		Enhet
Elpris	1,175	kr/kWh exkl. moms
Fjärrvärmepris	0,7	kr/kWh exkl. moms
Energiprisökning	3	%
Real kalkylränta	7	%
Inflation	2	%
Kalkylperiod	50	År

6.4.6.1 Nuvärdesmetoden

För att beräkna den totala livscykelkostnaden för åtgärderna användes formel (6) och (7) från avsnittet 5.3.2 *Nuvärdesmetoden*. Nusummefaktorn beräknades utifrån kalkylränta, energiprisökning samt livslängd. I tabell 20 presenteras den kalkyl som sammanställdes för att beräkna kostnaden för ytterväggarnas åtgärder. Driftkostnaderna innebär de energikostnader som räknades fram i VIP Energy. Underhållskostnaderna uppskattades till samma kostnad för båda åtgärderna.

Tabell 20. LCC-analys med nuvärdesmetoden för ytterväggarna.

LCC Nuvärdesmetoden	Alt. 1 Yttervägg	Alt. 2 Yttervägg	Enhet
Investeringskostnad	– 542 000	– 663 000	kr
Livslängd	50	50	År
Underhållskostnad	– 25 000	– 25 000	kr/år
Driftkostnad	– 123 000	– 95 900	kr/år
Nusummefaktor	21,5	21,5	
LCC _{energi}	– 2 640 000	– 2 060 000	kr
LCC _{underhåll}	– 537 000	– 537 000	kr
LCC _{totalt}	– 3 720 000	– 3 260 000	kr

Kalkylen visar att den totala livscykelkostnaden för energiåtgärden (Alt. 2) är lägre än grundrenoveringen när endast fasaden putsas om (Alt. 1). Anledningen till att kostnaden blir lägre är att driftkostnaden blir lägre i och med lägre energianvändning. Nackdelen

med denna LCC-analys är att det inte går att jämföra åtgärder med olika livslängder. Därför beräknades kalkylen för åtgärds paketet med annuitetsmetoden.

6.4.6.2 Annuitetsmetoden

Vid kalkyleringen beräknades varje åtgärds annuitet, d.v.s. investeringskostnaden för varje åtgärd omräknades till en årlig kostnad utifrån den valda kalkylräntan och åtgärdens livslängd. Alla åtgärders annuiteter adderades för att få fram den totala årliga kostnaden för investeringarna. Annuiteterna summerades med den årliga driftkostnaden och underhållskostnaden för åtgärds paketet. I denna kalkyl beräknades annuiteterna för de tre energiåtgärderna (Alt. 2-4). I tabell 21 redovisas beräkningarna som gjordes för att ta fram åtgärdernas annuiteter.

Tabell 21. Beräkning av åtgärdernas annuiteter.

	Alt. 1 yttervägg	Alt. 2 yttervägg	Alt. 3 tak	Alt. 4 port	Enhet
Investeringskostnad	– 542 000	– 663 000	– 72 300	– 40 300	kr
Livslängd	50	50	40	25	År
Annuitetsfaktor	0,047	0,047	0,051	0,064	
Annuitet	– 25 300	– 30 900	– 3 640	– 2 580	kr/år

Tabellen visar att annuiteten för grundrenoveringen (Alt. 1) blir lägre än annuiteten för energiåtgärden (Alt. 2). Om annuiteterna för de tre åtgärderna summeras fås den totala annuiteten för åtgärds paketet vilket blir 37 100 kronor per år. För att se om investeringen är lönsam ställs annuiteten för åtgärds paketet mot de besparingar som åtgärds paketet leder till. Skillnaden mellan driftkostnaden för nuläget och när åtgärderna har genomförts ger besparingarna. Från tabell 20 kan driftkostnaderna avläsas och skillnaden blir 27 700 kronor, vilket är mindre än annuiteten som är 37 100 kronor. Åtgärds paketet räknas därför inte som lönsam under år ett av kalkylperioden. Dock finns det andra värden med investeringen då byggnaden uppfyller dagens energikrav. Ett sätt att kompensera för kostnaderna är att genomföra hyreshöjningar för de ombyggda lägenheterna med motiveringen att standarden har höjts för de boende. I det här fallet finns det även ett behov av en totalrenovering vilket motiverar genomförandet av åtgärderna.

Efter att annuiteterna hade beräknats kunde den totala livscykelkostnaden beräknas. Annuiteten summerades med drift- och underhållskostnaden vilket gav den totala årliga kostnaden. Med nuvärdesberäkning räknades livscykelkostnaden fram för hela kalkylperioden. Tabell 22 visar beräkningen för grundrenoveringen (Alt. 1) och åtgärds paketet.

Tabell 22. Livscykelkostnadsanalys med annuitetsmetoden.

LCC Annuitetsmetoden	Alt. 1 grundrenovering	Åtgärds paket	Enhet
Total annuitet	– 25 300	– 37 100	kr/år
Driftkostnad	– 123 000	– 95 000	kr/år
Underhållskostnad	– 25 000	– 25 000	kr/år
Årlig kostnad	– 173 000	– 157 000	kr/år
Nusummefaktor	21,5	21,5	
Total kostnad	– 3 720 000	– 3 370 000	kr

Tabellen visar att den totala kostnaden blir lägre för åtgärds paketet än för grundrenoveringen. Detta beror på att driftkostnaden blir lägre i och med en lägre energiförbrukning. Alltså är åtgärds paketet ett mindre kostsamt alternativ. Det kan även nämnas att den totala kostnaden för att tilläggsisolera ytterväggarna (Alt. 2) blir 3 260 000 vilket är lägre än för åtgärds paketet. Alltså skulle kravet på energiprestandan uppfyllas även om endast Alt. 2 genomfördes vilket även skulle leda till en lägre kostnad. Beräkningar för alla åtgärder finns att se i appendix 2.

6.4.6.3 Driftnetto

Förutom kostnader beräknades även driftnettet vilket är skillnaden mellan inbetalningar och utbetalningar för en byggnad. I tabell 23 redovisas driftnettet för grundrenoveringen och åtgärds paketet. Hyresintäkterna beräknades efter den befintliga hyran exklusive intäkter för lokaldelen då den inte hyrs ut i dagsläget. Beräkningarna gäller för år ett av kalkylperioden. Om ytterligare kommande år ska beräknas måste inflationseffekten vägas in.

Tabell 23. Driftnetto för grundrenoveringen och åtgärds paketet.

	Grundrenovering	Åtgärds paket	Enhet
Hyresintäkter	464 000	464 000	kr/år
Driftkostnad	– 123 000	– 95 000	kr/år
Underhållskostnad	– 25 000	– 25 000	kr/år
Annuitet	– 25 300	– 37 100	kr/år
Driftnetto [kr/år]	291 000	307 000	kr/år

Tabellen visar att driftkostnaden är högre för grundrenoveringen jämfört med åtgärds paketet, vilket innebär att det på lång sikt är mer lönsamt att investera i energiåtgärder eftersom merkostnaden för att genomföra energiåtgärder resulterar i ett större driftnetto då energibesparingarna blir större.

6.4.6.4 Avkastningsvärde

Genom att nuvärdesberäkna driftnettet fås avkastningsvärdet fram. I tabell 24 har avkastningsvärdet för grundrenoveringen och åtgärds paketet beräknats.

Tabell 24. Avkastningsvärde för investeringarna.

	Grundrenovering	Åtgärds paket	Enhet
Driftnetto	291 000	307 000	kr/år
Nusumme faktor	21,5	21,5	
Avkastnings värde	6 260 000	6 600 000	kr

Tabellen visar att avkastningsvärdet för åtgärds paketet blir högre än för grundrenoveringen. Nuvärdesberäkningen har gjorts för kalkylperioden 50 år och real kalkylräntan 7 %.

6.4.7 Beräkningsresultat

Resultat från energieffektiviseringsanalysen av Kilgärdesvägen 3 A-B visar att byggnadens befintliga tillstånd överstiger kravet på energiprestanda enligt BBR 19. Energiprestandan ligger i nuläget på 109 kWh/m² Atemp och är beräknat med E-signaturmetoden. Kravet på byggnaden är 89,4 kWh/m² Atemp och är beräknat utifrån andel boarea och lokalarea mätt i Atemp. Det finns alltså ett behov av att minska energiprestandan med minst 19,8 kWh/m² Atemp och är för att uppfylla kravet enligt BBR 19. Energisimuleringarna visar att de största energiläckagen sker genom transmission genom klimatskalet samt att värmeförsörjningen står för den största delen av energiförbrukningen. Genom att lägga till tilläggsisolering av ytterväggar, isolering av tak och nya bättre portar kan energibesparingar göras. Dessa energibesparingar medför en lägre total kostnad för energiåtgärderna jämfört med att endast renovera fasaden utan isolering. Med hjälp av VIP Energy beräknades en ny energiprestanda för åtgärds paketet vilket uppfyller BBR:s krav. Den nya energiprestandan beräknades bli 76 kWh/m² Atemp och är för åtgärds paketet, vilket är en minskning på 34,7 kWh/m² Atemp och är. Kostnaden för att genomföra åtgärds paketet blir högre än besparingen för år ett av kalkylen, men kostnaden för åtgärds paketet blir mindre än kostnaden för grundrenoveringen. Avkastningsvärdet för åtgärds paketet är större än för grundrenoveringen.

6.4.8 Känslighetsanalys

För att se vilken påverkan olika faktorer har på resultatet genomfördes en känslighetsanalys. Utvalda parametrar varierades en i taget för att se var de största osäkerheterna fanns. De parametrar som ger ett stort utslag medför en större osäkerhet i kostnadskalkylen. Känslighetsanalysen genomfördes av kostnadskalkyleringarna för hela åtgärds paketet. De parametrar som varierades var underhållskostnaden, energiprisökningen och kalkylperioden. I tabell 25 presenteras de parametrar som varierades samt variationsintervallet.

Tabell 25. Parametrar i känslighetsanalysen.

Parameter	Variationsintervall
Energiprisökning	± 2 procentenheter
Kalkylperiod	± 20 %
Underhållskostnader	± 20 %

Parametrarna varierades en i taget för att se hur den totala kostnaden förändras. Resultatet redovisas i tabell 26.

Tabell 26. Känslighetsanalys av LCC-analysen för åtgärdspaketet.

Parameter	Total kostnad	Förändring av resultatet
Energiprisökning		
+ 2 procentenheter	5 060 000 kr	+ 14 %
– 2 procentenheter	4 390 000 kr	– 1 %
Kalkylperiod		
+ 20 %	5 400 000 kr	+ 22 %
– 20 %	3 190 000 kr	– 28 %
Underhållskostnader		
+ 20 %	4 540 000 kr	+ 2 %
– 20 %	4 330 000 kr	– 2 %

Känslighetsanalysen visar att en höjning av energiprisökningen med 2 procentenheter resulterar i en 14 % högre total kostnad medan en sänkning med 2 procentenheter resulterar i en 1 % mindre total kostnad. Då en hög energiprisökning ger en låg kalkylränta skulle även kalkylräntan påverka resultatet ifall den skulle varieras istället för energiprisökningen. Resultatet visar att det är betydande att tänka igenom hur energiprisökningen och kalkylräntan sätts för vilket resultat kostnadsskalkylen ger.

Även kalkylperioden påverkar resultatet, en längre kalkylperiod ger en högre total kostnad medan en kortare kalkylperiod ger en lägre kostnad. Detta beror bland annat på att ju fler år som räknas in i kalkylen desto större blir drift- och underhållskostnaderna. Det medför även större osäkerheter att räkna på en lång kalkylperiod då det är svårt att förutse vad som sker långt fram i tiden. Slutligen visar känslighetsanalysen att underhållskostnaderna påverkar resultatet. Dock inte i lika stor grad som de övriga två parametrarna. Om underhållskostnaderna varieras med ± 20 % resulterar det i en förändring av den totala kostnaden med ± 2 %.

7 Diskussion

Syftet med att genomföra en energieffektiviseringsanalys av studieobjektet Kilgärdesvägen 3 A-B var att utreda hur analysmodellen borde vara utformad. I analysen testades flera olika beräkningsmetoder i de olika metodstegen. Under genomförandet av analysen har vissa svårigheter påträffats som diskuteras vidare i det här avsnittet. Diskussionsavsnittet är uppdelat efter metodstegen.

7.1 Samla in underlag

Att samla in underlag kan vara problematiskt när flera byggnader har en gemensam el- och värmeavläsning eftersom det är den enskilda byggnadens energianvändning som är av intresse. I de fallen är det nödvändigt att placera ut mätare för att mäta den enskilda byggnadens förbrukning under en tid. Samma sak gäller för att ta reda på hur fördelningen av fastighetselen ser ut. Fastighetselen som finns redovisad i Uppsalahems energiuppföljningssystem innefattar delar som inte ingår i BBR:s definition. Därför måste de delar som inte ingår mätas upp och subtraheras från fastighetselen. Alternativt kan de delar av elanvändningen som räknas till BBR:s definition mätas.

7.2 Analysera energiprestanda

Beroende på vilken metod som använts för att beräkna bostadens area i A_{temp} kan stora skillnader i energiprestanda fås. I fallet med Kilgärdesvägen 3 A-B skiljer det 210 kvadratmeter mellan att beräkna A_{temp} med omvandlingsformel eller att mäta från konstruktionsritningar. Detta beror på att byggnaden har en relativt stor källare som inte räknas in i boarean eller lokalarean. Hur stor denna skillnad blir varierar därför mycket beroende på hur byggnaden är utformad. För studieobjektet resulterar A_{temp} beräknat från ritningar i en lägre energiprestanda. För att få ett så korrekt värde på energiprestandan som möjligt bör mätningar av ritningarna göras istället för att använda omvandlingsformler.

Det finns även flera metoder av normalårskorrigeringsfaktor att använda. För det valda studieobjektet resulterade E-signaturmetoden i ett något jämnare resultat än graddagsmetoden. E-signaturmetoden är något mer komplicerad och det finns relativt få källor som beskriver hur den ska genomföras. En ny E-signatur måste även tas fram för varje byggnad medan graddagsmetoden använder samma korrigeringsfaktor för alla byggnader inom samma ort och år. Om beräkningarna ska genomföras för många byggnader kan det vara mer tidseffektivt att använda graddagsmetoden. Det finns ett behov av att ta fram en bättre metod för klimatkorrigeringsfaktor. Även beräkningar av tappvarmvattnet kan genomföras på flera sätt, antingen utifrån uppmätta temperaturer och volymflöden eller med schablonvärden. Då faktiska temperaturer och flöden används blir resultatet närmare det verkliga värdet. Utifrån de beräkningar och resultat som har genomförts i detta arbete har E-signaturmetoden visat sig ge ett jämnare resultat och kommer därför att ingå i den slutgiltiga analysmodellen.

7.3 Identifiera åtgärder

För studieobjektet valdes endast klimatskalet ut av alla de identifierade åtgärderna. När detta steg ska genomföras för alla åtgärder kan det vara tidskrävande. Det kan bli ett omfattande arbete vid större projekt då det finns ett stort renoveringsbehov med många

energieffektiviserande alternativ. Därför kan det vara bra om Uppsalahem skapar en databank över åtgärder som vanligtvis genomförs vid deras förnyelseprojekt.

7.4 Utreda åtgärder

Det finns en del svårigheter med att utreda energiåtgärderna. Både att uppskatta kostnader och den framtida energianvändningen efter att åtgärderna har genomförts. Det finns många osäkerheter relaterade till att uppskatta kostnader och livslängder. Underlag för indata är begränsat och det finns ingen allmän metod för att uppskatta exempelvis underhållskostnader eller energiprisökningar. Ett förslag framtaget av Levin, Lilliehorn och Sandesten (2008) är att varje fastighetsföretag bygger upp en egen databas med investerings-, drift- och underhållskostnader samt livslängder för olika åtgärder och produkter. Databasen byggs på egna erfarenheter från genomförda projekt som med tiden blir alltmer omfattande. Det skulle kunna vara ett alternativ för Uppsalahem för att underlätta arbetet, speciellt då de planerar att genomföra ombyggnation och förnyelse av ett stort bestånd lägenheter. Det finns ett behov av bättre och tydligare riktlinjer för att uppskatta framför allt underhållskostnader och prisökningar.

Ett hjälpmedel som finns för att beräkna den teoretiska energianvändningen är energisimuleringsprogram. Det finns flera program på marknaden men i det här arbetet har VIP Energy använts. Programmet gör det möjligt att ta fram den befintliga energianvändningen och energiprestandan genom att lägga in den studerade byggnadens konstruktionsdelar och uppmätta driftvärden för el- och vattenanvändningen. Även om det kan vara svårt att få ett exakt värde på byggnadens nuläge går det att lägga till olika åtgärder och se vilken skillnad i energianvändning det ger. Skillnaden kan sedan användas för att beräkna minskade driftkostnader i och med minskad energianvändning. VIP Energy har även en funktion för att beräkna energikostnader om energipriser läggs in. Det gör det möjligt att få fram driftkostnader direkt i programmet. Detta är ett bra sätt att se vilka besparingar som åtgärderna kommer att resultera i samt om energimålen uppfylls.

Nästa steg efter att indata har tagits fram är att sammanställa en kostnadskalkyl. Även här finns flera varianter av kalkyler med olika lönsamhetsmetoder som grund. I den här studien har de två metoder nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden använts för att beräkna livscykelkostnaden för de olika åtgärderna. Nuvärdesmetoden fungerar bra för att beräkna den totala livscykelkostnaden för åtgärder med samma livslängd. I verkligheten har dock inte alla åtgärder samma livslängd. En investering kan till och med bestå av flera sammansatta åtgärder med skilda livslängder. Till exempel kan ett ventilationssystem med värmeväxling ha en stor investeringskostnad då både aggregat ska installeras och kanaler dras i byggnaden. Aggregatets livslängd är kortare än kanalernas vilket kan ge en missvisande lönsamhetskalkyl om hela investeringen beräknas på aggregatets livslängd även då den största delen av investeringen är för kanalerna. Därför är annuitetsmetoden ett bra sätt att räkna på sammansatta åtgärder och åtgärdspaket.

De beräkningar som genomfördes i kostnadskalkylen visar att det inte är lönsamt att genomföra åtgärdspaketet i det här fallet då annuiteten, alltså kostnaden per år, blir större än besparingen som följd av lägre energianvändning. Dock blir kostnaden lägre för åtgärdspaketet än för grundrenoveringen. Det visar att det är kostnadseffektivt att genomföra energiåtgärder om det ändå finns ett behov av en renovering.

Som ett hjälpmedel för att beräkna åtgärders lönsamhet finns BELOK Totalverktyg. För att genomföra beräkningar med verktyget behöver den förväntade energibesparingen mätt i kronor och investeringskostnaden först tas fram. Verktöget används sedan för att göra en ekonomisk analys av alla identifierade åtgärder. Den största delen av arbetet med att ta fram indata måste alltså först göras för att kunna använda verktyget. Även Sveby har tagit fram en indatahjälp för hushållsel, tappvarmvatten, personvärme och viss fastighetsel i flerbostadshus. Verktöget är tänkt som ett hjälpmedel för att få fram data som sedan ska användas i ett energiberäkningsprogram. Swebys indatahjälp kan vara ett komplement för att jämföra data eller för att ta fram en del data. Värden som fås fram är baserade på statistik om boendetäthet och boendevanor från Stockholm. Därför medför verktyget osäkerheter och ger inte ett lika noggrant resultat som egna beräkningar utifrån uppmätt data.

Efter att energieffektiviseringsmöjligheterna för studieobjektet utretts genomfördes en känslighetsanalys där olika parametrar varierades för att se vilken påverkan de har på resultatet. Känslighetsanalysen visade att energiprisökningen har en relativt stor påverkan på resultatet liksom kalkylperioden. Ju längre kalkylperioden blir desto mer osäkerheter finns då det är svårt att förutspå vad som kommer att ske i framtiden. Även underhållskostnaden varierades i känslighetsanalysen vilket inte gav lika stort utslag som de övriga parametrarna. Det tyder på att det inte gör så mycket om underhållskostnaderna endast är uppskattade värden.

8 Analysmodell

Utifrån arbetet med energieffektiviseringsanalysen av studieobjektet sammanställdes en analysmodell i Excel. Analysmodellen är tänkt att fungera som både ett beräkningsverktyg och en beskrivning av hur energieffektiviseringsanalysen ska genomföras. Excel-verktyget består av en beskrivning där de olika momenten i energieffektiviseringsprocessen förklaras, beräkningsark, indataark samt ett sammanfattande formulär för en enklare överblick. Då syftet med analysmodellen är att analysera och jämföra olika alternativ av åtgärder är analysverktyget avgränsat till att endast räkna på kostnader. Hyresinbetalningar, driftnetto och avkastning ingår inte i modellen.

Genom att lägga in data i arket *Samla in underlag* beräknas byggnadens energiprestanda automatiskt med E-signaturmetoden. Beräkningarna går att se i arket *Beräkna energiprestanda*. Där finns även E-signaturgrafen för byggnaden. I arket *Åtgärder* fylls beskrivningar av de identifierade åtgärderna, dess livslängder och investeringskostnader in. I det sista arket *Analys* läggs driftkostnad, underhållskostnad, energibesparing och energiprestanda in. Även kalkylförutsättningar skrivs in men för framtida beräkningar kan dessa värden standardiseras av Uppsalahem och behöver då inte skrivas in för varje ny beräkning. Genom att lägga in data beräknas annuiteter och livscykelkostnader automatiskt. Här kan även ett åtgärdspaket sammanställas med utvalda åtgärder. Resultatet sammanställs sedan i arket *Sammanfattning*.

På följande sidor finns beskrivningen och sammanfattningen infogad. Värdena i sammanfattningen är från studieobjektet. Övriga delar i analysmodellen finns bifogade i appendix 2 och även där kommer värdena från studieobjektet.

Moment	Beskrivning
	Analysmodell för energieffektivisering i samband med förnyelse. Nedan beskrivs de moment som ingår i analysen. Analysen ska följa steg 1-5 i kolumnen till vänster.
1. SAMLA IN UNDERLAG	
1.1 Energistatistik och mätningar	
Fastighetsel (BBR)	Den gemensamma elanvändningen som används för trapphusbelysning, pumpar, fläktar, ventilationssystem m.m. El som går till tvättstugor, trädgårdsbelysning, motorvärmare och verksamhet ingår inte i BBR:s definition och ska därför inte räknas med utan räknas som verksamhetsel. Fastighetselen beräknas antingen genom att mäta elen till motorvärmare, lyckstolpar och tvättmaskiner samt övrig tvättutrustning i gemensamma tvättstugor. Verksamhetselen dras sedan bort från fastighetselen som går att utläsa i webEss. Ett alternativt sätt är att mäta fastighetselen direkt i byggnaden. Val av metod beror på byggnadens utformning.
Verksamhetsel	Den el som inte räknas in i BBR:s definition av fastighetsel men ingår i webEss mätningar av fastighetselen. Hit räknas el till gemensamma tvättstugor, motorvärmare, lyckstolpar och verksamhet.
Hushållsel	Definieras enligt BBR 19 som el eller annan energi som används för hushållsändamål. Här ingår el som används till hushållsapparater, tvättmaskiner, belysning och annan elektronik i lägenheterna. Hushållselen ingår inte i begreppet energiprestanda men behövs som indata i energisimuleringsprogram. Data hämtas från nätägare (Vattenfall).
Värmeanvändning	Den energi som används för att värma upp byggnaden. Mätningen ska ske månadsvis för klimatkorrigerig.
Energianvändning	Energi för värme och tappvarmvatten.
Tappvarmvatten	Tappvarmvatten innebär det varmvatten som tappas ur kranar, duschar m.m. Tappvarmvattenanvändningen kan antingen mätas med energimätare eller beräknas utifrån uppmätt volymflöde och kall- och varmvattentemperaturer. Varmvattentemperaturen kan antingen mätas i den befintliga byggnaden eller uppskattas till 55 °C. Volymflödet avläses från webEss.
Kallvatten	Med kallvatten menas det inkommande kallvattnet till byggnaden. Temperaturer och priser går att få från Uppsala vatten.

1.2 Inventering						
Underlag	• Drift- och underhållsinstruktioner • Konstruktionsritningar • VVS-ritningar • Elritningar • OVK-protokoll • Luftflödesprotokoll för ventilationssystem • Injusteringsprotokoll för värmesystem, kylsystem etc. • Underlag över styr- och övervakningsanläggningar • Klimatdata					
Inventeringsområden	• Hyresgästernas verksamhet och driftstider • Driftsinställningar som temperaturbörvärden och drifttider för befintliga system • Driftpersonals och hyresgästers synpunkter • Kända drift- och klimatproblem • Uppbyggnad av installationstekniska system och huvudflöden • Vägg-, tak-, grund- och fönsterkonstruktioner • Arbetssätt och rutiner hos driftansvarig • Installerad eleffekt för bland annat belysning, fläktar, pumpar, tvätt- och torkutrustning • Byggnadstekniska uppgifter om vägg-, tak-, grund- och fönsterkonstruktioner • Okontrollerade energiflöden, läckage, ofrivillig ventilation samt köldbryggor • Hyresgästernas upplevelse av inomhusklimatet					

2. BERÄKNA ENERGIPRESTANDA						
Atemp	Arean av samtliga våningsplan, vindsplan och källarplan för temperaturreglerade utrymmen, avsedda att värmas till mer än 10 °C, som begränsas av klimatskärmens insida. Area som upptas av innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt, inräknas. Area för garage, inom byggnaden i bostadshus eller annan lokalbyggnad än garage, inräknas inte, (BBR 19). Atemp mäts upp från konstruktionsritningar i ritningsarkivet.					
Atemp boarea	Den del av Atemp som räknas som boarea. Boarea innebär utrymmen inom en bostad inrättad för vistelse, personlig hygien, förvaring och/eller vård av kläder, förråd med ingång från bostaden samt utrymme för intern kommunikation inom bostaden. Atemp boarea innefattar en större yta än BOA då även trapphus, förråd m.m. ingår.					
Atemp lokalarea	Den del av Atemp som räknas som lokalarea. Lokalarean innebär bruksarea för utrymmen inrättade för annat ändamål än boende, sidofunktioner till boende, byggnadens drift eller allmän kommunikation.					
E-signaturmetoden	Klimatkorrigeringsmetod, genomförs antingen manuellt eller med ett beräkningsprogram. Vid manuell beräkning genomförs stegen: • Beräkna medelmånadseffekt genom att dividera energianvändningen varje månad med antalet dagar varje månad. • Hämta medelutomhustemperaturen från SMHI. • Plotta medeleffekten mot medeltemperaturen. • Dra trendlinje • Beräkna medelmånadseffekten för tappvarmvattnet på samma sätt. • Plotta ytterligare en linje med tappvarmvattnet, där linjerna skär varandra fås balanstemperaturen. Från balanstemperaturen dras en horisontell baslinje som representerar tappvarmvattnet. • Plotta en ny kurva där trendlinjen övergår till baslinjen vid balanstemperaturen. E-signaturen är färdigställd. • Klimatkorrigeringsfaktorn fås genom att avläsa medeleffekten vid normalårstemperaturen samt den aktuella temperaturen ur E-signaturkurvan. Medeleffekten vid den normala temperaturen divideras sedan med medeleffekten vid den aktuella temperaturen. • Korrigeringsfaktorn multipliceras med den uppmätta energianvändningen för att få den klimatkorrigerade energianvändningen. E-signaturmetoden uppdateras kontinuerligt och ska tas fram för varje byggnad.					

Specifik energianvändning	Den specifika energianvändningen fås genom att beräkna medelvärdet av de två senaste kalenderårens klimatkorrigerade energianvändning. Energianvändningen innebär energi för värme, tappvarmvatten och fastighetsel.
Energiprestanda	Mått på hur stor energianvändningen är, mäts i enheten kWh/m ² Atemp per år. För att beräkna energiprestandan divideras den specifika energianvändningen med byggnadens area mätt i Atemp.
Energiprestandakrav	BBR:s krav för bostäder är 90 kWh/m ² Atemp och år. För lokaler är det 80 kWh/m ² Atemp och år. I det fall en byggnad består av både en lokaldel och en bostadsdel måste därför energiprestandan beräknas utifrån de två olika kraven. $\text{Energiprestandakrav} = (\text{AtempBOA} \cdot 90 + \text{AtempLOA} \cdot 80) / \text{Atemp}$ gäller vid uppvärmning utan elvärme. Vid uppvärmning med elvärme gäller samma krav för LOA och BOA, nämligen 55 kWh/m ² Atemp och år.

3. ÅTGÄRDER	
	Identifiera energieffektiviserande åtgärder utifrån de fel och brister som upptäcktes i moment 1. Beskriv åtgärderna tekniskt.
3.1 Indata för varje åtgärd	
Livslängd	Livslängden ska ange hur länge investeringen kommer att vara i bruk. I de fall en investering består av sammansatta åtgärder med olika livslängder delas investeringen upp mellan åtgärderna. Sedan beräknas annuiteten (årliga kostnaden) var för sig. För att få den totala kostnaden adderas sedan annuiteterna.
Investeringskostnad	Investeringskostnaden innefattar både materialkostnad och arbetskostnad för att installera åtgärden. Kostnaderna kan uppskattas från exempelvis Wikells sektionsfakta eller REPAB:s faktaböcker, egna erfarenheter, offerter eller budgetar.
Driftkostnad	Driftkostnader är regelbundna kostnader som krävs för att upprätthålla fastighetens grundläggande funktioner, exempelvis värme-, vatten- och elkostnader. Genom att använda ett energiberäkningsprogram kan framtida driftkostnader uppskattas.
Underhållskostnad	Kostnad för att upprätthålla byggnadens önskade skick. Underhållskostnaderna uppskattas lättast utifrån egna erfarenheter av liknande projekt/byggnader.

4. ANALYS						
4.1 Energibesparing						
Simuleringsprogram	Byggnadens befintliga konstruktionsdelar läggs in i ett energisimuleringsprogram för att beräkna nuvarande energiprestanda och energikostnad. Varje åtgärd läggs till byggnaden för att se vilken förändring det resulterar i. Åtgärderna läggs även till som ett åtgärds paket. Programmet visar då om åtgärderna uppfyller uppsatta energimål och vad den nya driftkostnaden blir.					
4.2 Kostnadskalkyl						
4.2.1 Kalkylförutsättning						
Kalkylränta	Kalkylräntan reflekterar projektets finansiering och väljs till den ränta som en investering ska förränta för att betraktas som lönsam. Här används den nominella kalkylräntan som inkluderar inflation.					
Inflation	Inflationen sätts till 2 %.					
Energiprisökning	Den årliga procentuella ökningen. Energiprisökningen sätts vanligtvis till 2-4 %.					
Kalkylperiod	Kalkylperioden sätts ofta till samma som brukstiden, alltså den tid som investeringen kommer att vara i bruk. Vid en lång kalkylperiod blir den årliga kapitalkostnaden låg medan en kort kalkylperiod ger en hög kapitalkostnad. För långa kalkylperioder medför ovissheter då det är svårt att förutspå hur framtiden kommer att se ut.					
4.2.2 Annuitetsmetoden						
Annuitet	Annuitet innebär att en investeringskostnad delas upp till lika stora årliga kostnader under kalkylperioden. Genom att använda annuitetsmetoden kan åtgärder med olika livslängder jämföras med varandra. En annuitet beräknas genom att multiplicera investeringskostnaden med annuitetsfaktorn. Annuitetsfaktorn beräknas eller avläses från en tabell utifrån den valda kalkylräntan och livslängden.					
Livscykelkostnad	Livscykelkostnad innebär den totala kostnaden under en produkts livslängd. Livscykelkostnaden kan beräknas genom att nuvärdesberäkna drift- och underhållskostnader under livslängden och sedan addera med investeringskostnaden.					
Nusummefaktor	Nusummefaktorn kan beräknas eller avläsas från en tabell. Den beror på kalkylräntan och livslängden. Nusummefaktorn används för att räkna om framtida årliga kostnader till ett nuvärde.					

4.2.3 Åtgärdspaket						
	För att räkna på åtgärdspaket simuleras åtgärderna samtidigt för att få fram energiprestanda och driftkostnad. Åtgärdernas annuiteter beräknas var för sig och adderas sedan till en total annuitet (årlig kostnad). Livscykelkostnaden beräknas på samma sätt som för enskilda åtgärder med den totala annuiteten och den nya driftskostnaden och underhållskostnaden.					
5. BESLUTSUNDERLAG						
	Utifrån analys av åtgärder kan ett åtgärdspaket sammanställas med de åtgärder som uppfyller energimål samtidigt som de uppfyller den ekonomiska målsättningen.					

Sammanfattning			
	Här sammanfattas indata och resultat. Ingen data skrivs in.		
PROJEKT			
Fastighet	Storvreta 3:77		
INDATA			
Energipris			
Fastighetsel	1,175	kr/kWh	
Verksamhetsel	0	kr/kWh	
Hushållsel	1	kr/kWh	
Fjärrvärme	0,7	kr/kWh	
Kalkylförutsättningar			
Kalkylränta	9	%	
Inflation	2	%	
Energiprisökning	3	%	
Kalkylperiod	50	år	
Byggnad			
Atemp	1160	m ²	
Atemp boarea	1093	m ²	
Atemp lokalarea	67	m ²	
Underhållskostnad		kr/år	
Driftkostnad		kr/år	
Energistatistik			
	År 1	År 2	
Energianvändning	131400	96600	kWh/år
Tappvarmvatten			
–Energi	20928	24740	kWh/år
–Volym	387,8	456,7	m ³
–Medeltemperatur	55	55	Δ°C
Kallvatten			
–Medeltemperatur	8,7	8,7	Δ°C
Fastighetsel (BBR)	2066,3	960,1	kWh/år
Versamhetsel	11394	11394	kWh/år
Hushållsel	0	0	kWh/år

ENERGIPRESTANDA					
Normalårskorrigerad energianvändning	126709	kWh/år			
Energiprestanda	109,2	kWh/m ² Atemp och år			
Specifikt energikrav	89,4	kWh/m ² Atemp och år			
Minimalt energibesparingskrav	19,8	kWh/m ² Atemp och år			
ÅTGÄRDER					
	Åtgärd 1	Åtgärd 2	Åtgärd 3	Åtgärd 4	
Investeringskostnad	543000	663000	72000	40300	kr
Livslängd	50	50	40	25	år
ANALYS					
	Åtgärd 1	Åtgärd 2	Åtgärd 3	Åtgärd 4	Åtgärds paket
Ny energiprestanda	110	77	109	110	76 kWh/m ² Atemp och år
Annuitet	25277	30863	3638	2580	37080 kr/år
Driftkostnad	123000	95900	122000	122000	95000 kr/år
Underhållskostnad	25000	25000	25000	25000	25000 kr/år
Årlig kostnad	173277	151763	150638	149580	157080 kr/år
Total kostnad (LCC)	3722363	3260196	3236027	3213298	3374425 kr

9 Slutsats och förslag på fortsatta studier

Målet med examensarbetet var att ta fram en analysmodell för energiåtgärder i samband med en förnyelse. Slutsatser som har dragits under arbetets gång är att det är viktigt ta fram riktlinjer och beskrivningar inom Uppsalahem för hur beräkningar ska genomföras. En av de största svårigheterna har varit att få fram underhållskostnader, därför är det bra om Uppsalahem i framtiden bygger upp en egen databank med kostnader tagna från egna erfarenheter. Andra slutsatser är även att det är viktigt att genomföra utförliga mätningar och beräkningar för att fastställa ett korrekt nuläge för byggnaden. Genom att fastställa nuläget kan sedan resultatet följas upp när åtgärderna har genomförts för att faktiskt se om beräkningarna stämmer samt vilken förbättring som har skett.

Den gemensamma synen från myndigheter och även inom fastighetsbranschen är att det är viktigt med energieffektiviseringar. Dock finns det ingen tydlig metod som beskriver hur beräkningar för energieffektiviserande åtgärder och dess lönsamhet ska genomföras. När det gäller att fastställa en byggnads energiprestanda finns det många valmöjligheter av tillvägagångssätt. I det här arbetet har slutsatsen att E-signaturmetoden ger ett jämnare resultat än graddagsmetoden dragits. Även när det gäller val av kostnadskalkyl finns det flera olika sätt att räkna på vilket resulterar i olika resultat. För att ta hänsyn till att åtgärder har olika livslängder har annuitetsmetoden använts i den framtagna analysmodellen.

Under arbetets gång har brister inom vissa områden upptäckts som skulle behöva utredas ytterligare. Klimatkorrigering är ett område som i nuläget skulle behövas utvecklas mer. Det saknas en gemensam metod för hur korrigering ska genomföras samt vilket sätt som faktiskt är det bästa. Det finns även ett behov av tydligare riktlinjer för hur driftkostnader, underhållskostnader och prisutvecklingar ska beräknas. Myndigheter som trycker på att energieffektivisering är både lönsamt och bra för klimatet borde ta fram en tydligare metod för hur dessa delar ska uppskattas.

Litteraturförteckning

- Abel, E. (2010). *BELOK Totalprojekt, Energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader, Ekonomisk bedömning*. Hämtat från <http://www.belok.se/docs/Kortrapporter/Lonsamhetsmodell.pdf> den 8 mars 2012
- Abel, E., & Elmroth, A. (2008). *Byggnaden som system* (Andra reviderade upplagan uppl.). Forskningsrådet Formas och författarna.
- Abrahamsson, K., Hammes, K., & Persson, T. (2010). *Uppvärmning i Sverige 2010, EL R2010:04*. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen.
- Abrahamsson, L. (2012). *Energibesparande åtgärder - exempel*. Hämtat från <http://www.edkalkyl.se/atgarder-exempel.html> den 18 februari 2012
- Adalberth, K., & Wahlström, Å. (2009). *Energibesiktningar av byggnader – flerbostadshus och lokaler*. Stockholm: SIS Förlag AB.
- Andersson, G. (2008). *Kalkyler som beslutsunderlag, kalkylering och ekonomisk styrning*. Poland: Studentlitteratur.
- BELOK. (2012). *BELOK Totalverktyg*. Hämtat från <http://www.belok.se/Interrantediagram.php> den 1 februari 2012
- Boverket. (2011a). *2011:5 - om skärpta energikrav i Boverkets byggregler*. Hämtat från <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Nyhetsbrev/Boverket-informerar/Ar-2011/20113/> den 31 januari 2012
- Boverket. (2012). *Beräkning av energiprestanda*. Hämtat från <http://www.boverket.se/Bygga--forvalta/Energideklaration/Mer-information/Berakning-av-energiprestanda/> den 23 januari 2012
- Boverket. (2011b). *Boverkets författningssamling, BBR 19, BFS 2011:26*. Hämtat från <http://webtjanst.boverket.se/boverket/rattsinfoweb/vault/BBR/PDF/BFS2011-26-BBR19.pdf> den 20 februari 2012
- Boverket. (2003). *Bättre koll på underhåll*. Hämtat från http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2003/battre_koll_pa_underhåll.pdf den 1 februari 2012
- Boverket. (2006). *Energibesiktningsmetoder - ett samlingsdokument. Underlagsrapporter för att få en översikt av tillgängliga metoder 2005 för småhus, flerbostadshus och lokaler*. Hämtat från http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2007/energibesiktningsmetoder_ett_samlingsdokument.pdf den 23 januari 2012
- Boverket. (2009). *Regelsamling för byggande, BBR 2008*. Karlskrona.

- Bruce, T. (2008). *Ett energieffektivare Sverige, Nationell handlingsplan för energieffektivisering*. Stockholm: Statens offentliga utredningar, SOU 2008:25.
- Energimyndigheten. (2010). *Glödlampan fasas ut - så här väljer du rätt*. Hämtat från <http://webbshop.cm.se/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&cat=/Faktablad&id=a25d90e45f66480fa30c5f1b18303c1f> den 1 mars 2012
- Energimyndigheten. (2012). *Klimatskal*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Bygga-nytt-hus/Klimatskal/> den 28 februari 2012
- Energimyndigheten. (2011b). *Livscykelkostnad, LCC*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Stall-krav-vid-inkop/Livscykelkostnad> den 19 januari 2012
- EU-kommissionen. (2012). *Varför nya EU-regler?* Hämtat från http://ec.europa.eu/energy/lumen/editorial/index_sv.htm den 2 mars 2012
- Ingemarson, A. (2008). *Normalårskorrikering av energiförbrukning*. Hämtat från EFFEKTIV (Samverkan för effektiv och miljövänlig energianvändning i bostäder och lokaler): http://www.effektiv.org/projekt/pagaende_projekt.asp#Normalårskorrikering%20av%20energiförbrukningen den 6 februari 2012
- Institutet för värdering av fastigheter och SFF. (2005). *Fastighetsekonomisk analys och fastighetsrätt: fastighetsnomenklatur* (9, reviderad och utökad utgåva (2005) uppl.). Stockholm: Fastighetsnytt.
- Jernkontoret. (2012). *Livscykelkostnad*. Hämtat från [Energihandbok.se: http://www.energihandbok.se/x/a/i/10246/Livscykelkostnad.html](http://www.energihandbok.se/x/a/i/10246/Livscykelkostnad.html) den 29 mars 2012
- Larsson, C.-G. (2008). *Företagets finanser, upplaga 1:2*. Lund: Studentlitteratur.
- LED-gruppen. (2008). *Rekommendationer kring livslängds- och ljusutbytesangivelser för LED-moduler*. Hämtat från Ljuskultur: http://www.ljuskultur.se/files/Teknik_Miljo/Teknik/Rekommendationer_kring_livslängds-_coh_ljusutbytesangivelser_for_LED-moduler.pdf den 6 mars 2012
- Levin, P. (den 28 februari 2012). Projektledare Sveby.
- Levin, P., Lilliehorn, P., & Sandesten, S. (2008). *Livscykelekonomi vid planering, byggande och förvaltning*. Karlskrona: Boverket.
- Lindqvist, T. (2009). *Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor UFOS. UFOS antologi Del 3 - Ekonomisk styrning och fastighetsekonomi*. Stockholm: Sveriges Kommuner och Landsting.

Ljuskultur. (2012). *Färgåtergivning - färgton och kvalitet*. Hämtat från <http://www.ljuskultur.se/fakta-och-miljo/teknik/ljuskallor/fargatergivning---fargton-och-kvalitet/> den 6 mars 2012

Lundh, A. (den 22 mars 2012). Secor, bolag i Daloc koncernen.

Naturvårdsverket. (2011a). *God inomhusmiljö*. Hämtat från Miljömålsportalen: <http://www.miljomal.nu/15-God-bebyggd-miljo/Delmal/God-inomhusmiljo-2010-2015-2020/> den 2 mars 2012

Naturvårdsverket. (2011b). *När vi Uppsala läns miljömål?* Hämtat från Miljömålsportalen: <http://www.miljomal.se/Systemsidor/Regionala-miljomal1/?eqo=15&t=Lan&l=3> den 2 mars 2012

Nilsson, A., Warfvinge, C., & Werner, E. (2008). *Undvik fel och felkällor som ökar energianvändningen i byggnader*. Malmö: Sveriges Byggindustrier.

Nilsson, P. (2007). *Energieffektivisering i Flerbostadshus - En Handbok från Fastighetsägarna Stockholm AB*. Stockholm: Fastighetsägarna Stockholm AB.

Nilsson, P.-E. (2005). *Energideklarationer av lokalbyggnader. Förslag till svensk metodik. Slutrapport till Statens Energimyndighet*. Hämtat från http://www.energimyndigheten.se/Global/Foretag/sou05_67.pdf den 23 januari 2012

Nordqvist, T. (den 30 mars 2012). Energisamordnare, Uppsalahem.

Näppi, J. (den 14 mars 2012). Energiadministratör, Uppsalahem.

Ohlsson, G. (2011). *Företagskalkyler, Praktisk handbok i ekonomiskstyrning*. Näsviken: Björn Lundén Information AB.

Renovera energismart. (2012a). *Miljonprogrammet - en unik satsning*. Hämtat från <http://www.renoveraenergismart.se/miljonprogrammet/> den 17 januari 2012

Renovera energismart. (2012b). *Nationellt mål för energieffektivisering i bebyggelsen*. Hämtat från <http://www.renoveraenergismart.se/nationellt-mal/> den 17 januari 2012

Rödin, M. (den 14 februari 2012). Produktchef Fastighetsstyrning. SMHI, Företag och media. Norrköping.

SABO. (2012). Hämtat från http://www.sabo.se/aktuellt/nyheter_s/2012/jan/Sidor/Sk%C3%A5neinitiativet-minskar-bolagens-kostnader-med-450-miljoner-kronor.aspx den 31 januari 2012

SABO. (2011). *Lönsam energieffektivisering - Myt eller möjlighet*. Fristående fortsättning på rapporten "hem för miljoner", Stockholm.

SABO. (2007). *Snabbanalys. Sabo tittar närmare på energieffektiviserande åtgärder oktober 2007*. Hämtat från

http://www.sabo.se/SiteCollectionDocuments/Snabbanalys_energieffektivisering.pdf
den 18 januari 2012

Schultz, C. v. (2012). *Ny Teknik*. Hämtat från
http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3412146.ece den 17 februari 2012

Schulz, L. (2003). *Normalårskorrigerig av energianvändningen i byggnader - en jämförelse av två metoder*. CIT Energy Management AB. Göteborg: EFFEKTIV.

SMHI. (2012). *Data*. Hämtat från
http://data.smhi.se/met/climate/time_series/month/vov_pdf/ den 27 februari 2012

SMHI. (2011). *Normalårskorrigerig - SMHI Graddagar*. Hämtat från
http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.18724!S%C3%A5%20normal%C3%A5rskorrigerar%20du%20med%20SMHI%20Graddagar.pdf den 6 februari 2012

Sveby. (2012). Hämtat från <http://www.sveby.org/> den 13 april 2012

Sveby. (2009a). *Brukardata för energiberäkningar i bostäder*. Stockholm: Svebyprogrammet.

Sveby. (2010). *Energiprestandaanalys 10 - avvikelse som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov*. Göteborg: Svebyprogrammet.

Sveby. (2012). *Normalisering av byggnadens energianvändning*. Solna: Svebyprogrammet.

Sveby. (2009c). *Verifiering av byggnaders energiprestanda genom mätning, handledning*. Göteborg: Svebyprogrammet.

Svensk energi. (2012a). *Elområden i Sverige*. Hämtat från
<http://www.svenskenergi.se/sv/Vi-arbetar-med/Handel-Forsaljning-av-el/Elomraden-i-Sverige> den 1 februari 2012

Svensk energi. (2012b). *Elpriser och skatter*. Hämtat från
<http://www.svenskenergi.se/sv/Om-el/Elpriser-Skatter/> den 1 februari 2012

Svensk innemiljö. (2008). *Framtidssäkra byggnader. En idébok om energieffektivisering för fastighetsägare*. Växjö: Branchsamverkan mellan VVS Företagen, Kylentreprenörernas Förening, Svensk Ventilation och Isoleringsfirmornas Förening.

Svensk ventilation. (2012). *Olika ventilationssystem*. Hämtat från
<http://www.svenskventilation.se/?id=1393> den 19 januari 2012

Sveriges Byggindustrier. (2008). *Undvik fel och felkällor som ökar energianvändningen i byggnader. En handbok från Sveriges byggindustrier*. Malmö: FoU-Syd.

- Söderstad, A.-K. (den 13 februari 2012). Uppsala vatten.
- U.F.O.S. (2006). *Energisparguiden, Erfarenheter av energieffektivisering i offentliga lokaler*. Sundbyberg: U.F.O.S och Sveriges Kommuner och Landsting.
- U.F.O.S. (2010). *Räkna för livet. Handbok för livscykelkostnad (LCC)* (Andra, reviderade upplagan uppl.). Stockholm: U.F.O.S och Sveriges Kommuner och Landsting.
- Uppsalahem. (2010). *Förnyelse av bostadshus, Analysrapport Kilgärdesvägen 3 A-B*. Uppsala: Uppsalahem.
- Uppsalahem. (2012). *Miljönyckeltal*. Hämtat från <http://www.upsalahem.se/Om-Uppsalahem/Energi--och-miljoarbetet/Miljonnyckeltal/> den 9 februari 2012
- Uppsalahems energiuppföljningssystem ESS 200. (januari 2012).
- Vattenfall. (2012b). Hämtat från http://www.vattenfall.se/sv/file/Prislista_foretag_uppsala_2012.pdf_18873004.pdf den 15 februari 2012
- Vattenfall. (2012a). *Marknadsläget - Kylan höjer elpriset*. Hämtat från <http://www.vattenfall.se/sv/marknadslaget.htm> den 1 februari 2012
- Vestergren, L. (den 7 mars 2012). Vattenfall AB, Heat Sweden.
- Wikells. (2011). *Sektionsfakta-ROT 11/12, Teknisk-ekonomisk sammanställning av ROT-byggsdelar*. Växjö: Wikells Byggberäkningar AB.
- VVS Företagen och Svenska Ventilation. (2008). *Här renoveras... flerbostadshus byggda 1950-1975. Klart 2015?* Hämtat från [vvsforetagen](http://www.vvsforetagen.se/index.php3?use=publisher&id=3158): <http://www.vvsforetagen.se/index.php3?use=publisher&id=3158> den 31 januari 2012

Appendix

1. Indata VIP Energy

Tabell A1. Allmän indata för VIP Energy.

Allmänt

Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	0.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:0 SV:0 V:0 NV:0 N:0 NO:0 O:0 SO:0
Lufttryck	1000 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:0 SV:0 V:0 NV:0 N:0 NO:0 O:0 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	0 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	14
Ventilationsvolym	3000.0 [m³]
Golvarea	1160.6 [m²]
Markegenskap Värmeledningstal: Lera, dränerad sand , dränerat grus.	1.4 [W/m²K]

Tabell 27. Byggnadsdelar med indata.

Byggsdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggsdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m,K	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m²K	Delta- U-värde W/m²K	Otätthets- faktor q50 l/s,m²	Sol- absorp- tion %
Takstol	Trä Gran	0.020	0.140	500	2300	0.104	0.010	0.80	70.00
	Lösssprutad ull	0.300	0.042	40	800				
	Lösull Reglar s1200	0.095	0.046	59	862				
	Gipsskiva	0.013	0.220	900	1100				
Golv Btg 100	Cellplast 36	0.100	0.036	25	1400	0.318	0.010	0.10	0.00
	Betong Normal RH	0.100	1.700	2300	800				
	Trä Gran	0.020	0.140	500	2300				
Vägg Trä 195	Trä Gran	0.020	0.140	500	2300	0.211	0.010	0.80	50.00
	Reglar s600	0.195	0.045	87	961				
	Gipsskiva	0.013	0.220	900	1100				
Fasad	KC-Bruk	0.020	1.000	1800	800	0.807	0.000	0.80	50.00
	Murtegel poröst	0.100	0.600	1500	840				
	Mineralull 31	0.020	0.031	50	840				
	Murtegel poröst	0.100	0.600	1500	840				
	Spånskiva	0.010	0.140	600	2300				

Tabell A3. Klimatdata och energipriser.

Klimatdata

STOCKHOLM 1996-2005	Latitud	59.4	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägst värde	
Utetemperatur	30.2	7.5	-18.2	°C
Vindhastighet	13.5	3.3	0.0	m/s
Solstrålning global	905.0	111.8	0.0	W/m ²
Relativ fuktighet	100.0	74.3	27.0	%

Energipriser

Pris-grupp	Vecko-dagar	Dag-nummer	Tid	Värmeför-sörjning kr/kWh	Process-energi kr/kWh	Elför-sörjning kr/kWh	Fjärr-kyla kr/kWh
Energipris	MÅND-SÖND	1 - 365	0 - 24	0.70	1.00	1.18	1.00

2. Analysmodell

1. Samla in underlag					
	Här fylls insamlad data in i tabellerna. För förklaring se beskrivning. All indata ska ges för de två senaste kalenderåren.				
Projekt					
Fastighet	Storvreta 3:77				
Energipris					
Fastighetsel	1,175	kr/kWh			
Verksamhetsel		kr/kWh			
Hushållsel	1	kr/kWh			
Fjärrvärme	0,7	kr/kWh			
Areor					
Atemp	1160	m ²			
Atemp boarea	1093	m ²			
Atemp lokalarea	67	m ²			
Energi					
Energiförbrukning [kWh]					
Tidskorrigerad värmeanvändning, inklusive tappvarmvatten. Avläst från Webess					
MånadÅr	1	2			
Jan	20700	18200			
Feb	16800	17700			
Mar	15700	16000			
Apr	8900	4400			
Maj	5700	4300			
Jun	3100	2700			
Jul	1700	2600			
Aug	3200	3000			
Sep	7000	6300			
Okt	11100	9300			
Nov	16700	12100			
Dec	20800	14300			
SUMMA	131400	96600			

Kallvatten						
Kallvattentemperatur [°C]						
Temperatur fås från Uppsala vatten.						
Månad\År	1	2				
Jan	8,0	6,9				
Feb	7,4	7,8				
Mar	7,3	7,0				
Apr	8,3	7,4				
Maj	7,6	7,9				
Jun	8,3	9,0				
Jul	9,7	9,2				
Aug	11,0	11,6				
Sep	10,5	10,3				
Okt	9,7	10,4				
Nov	8,3	7,0				
Dec	8,4	9,9				
Medelvärde	8,7	8,7				
Tappvarmvatten						
Tappvarmvatten [m3]				Tappvarmvatten [°C]		
Tidskorrigerat, avläst från webers				Om ingen temperaturmätning genomförs ansätts temperaturen 55 °C.		
Månad\År	1	2		Månad\År	1	2
Jan	31	34,6		Jan	55	55
Feb	29,1	36,7		Feb	55	55
Mar	32,9	50		Mar	55	55
Apr	26,2	43,6		Apr	55	55
Maj	25,7	43,9		Maj	55	55
Jun	29	28,2		Jun	55	55
Jul	26,2	28,4		Jul	55	55
Aug	36	35,4		Aug	55	55
Sep	36	41,7		Sep	55	55
Okt	39,4	35,4		Okt	55	55
Nov	37,8	43,3		Nov	55	55
Dec	38,5	35,5		Dec	55	55
SUMMA	387,8	456,7		Medelvärde	55	55

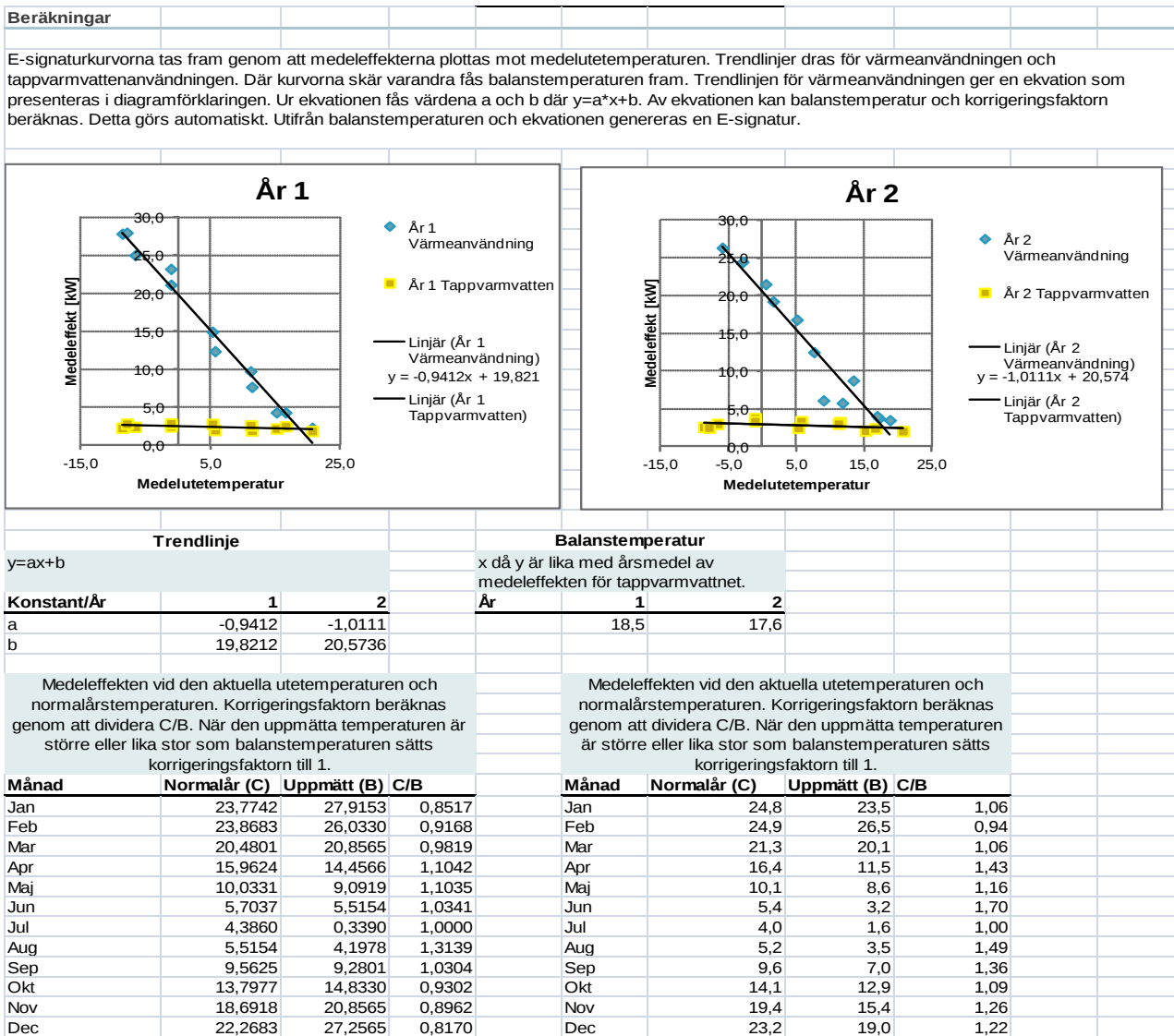
El						
Fastighetsel [kWh]				Verksamhetsel [kWh]		
Från webEss. Tidskorrigerad.				El som inte ingår i BBR:s definition av fastighetsel. (Motorvärmare, tvättstugor, lyckstolpar)		
Månad/år	1	2		Månad\År	1	2
Jan	1161	1153,2		Jan		
Feb	1228,9	1054,5		Feb		
Mar	1110,9	1036,8		Mar		
Apr	1088,4	1040,2		Apr		
Maj	938	1031,6		Maj		
Jun	1089	885,2		Jun		
Jul	981,4	922,2		Jul		
Aug	1234,2	907,5		Aug		
Sep	1049,2	1106,6		Sep		
Okt	1086,1	1039,6		Okt		
Nov	1090,3	1176,7		Nov		
Dec	1402,9	998		Dec		
Summa	13460	12354		SUMMA	11394,0	11394,0

Figur 13. Samla in underlag.

Klimatdata					
Medelutetemperatur [°C]					
Medeltemperatur för varje månad. Normalår kommer från SMHI.					
Månad\År	1	2	Normal 1961-90		
Jan	-8,6	-2,9	-4,2		
Feb	-6,6	-5,9	-4,3		
Mar	-1,1	0,5	-0,7		
Apr	5,7	9,0	4,1		
Maj	11,4	11,8	10,4		
Jun	15,2	17,2	15		
Jul	20,7	18,8	16,4		
Aug	16,6	16,9	15,2		
Sep	11,2	13,4	10,9		
Okt	5,3	7,6	6,4		
Nov	-1,1	5,1	1,2		
Dec	-7,9	1,6	-2,6		

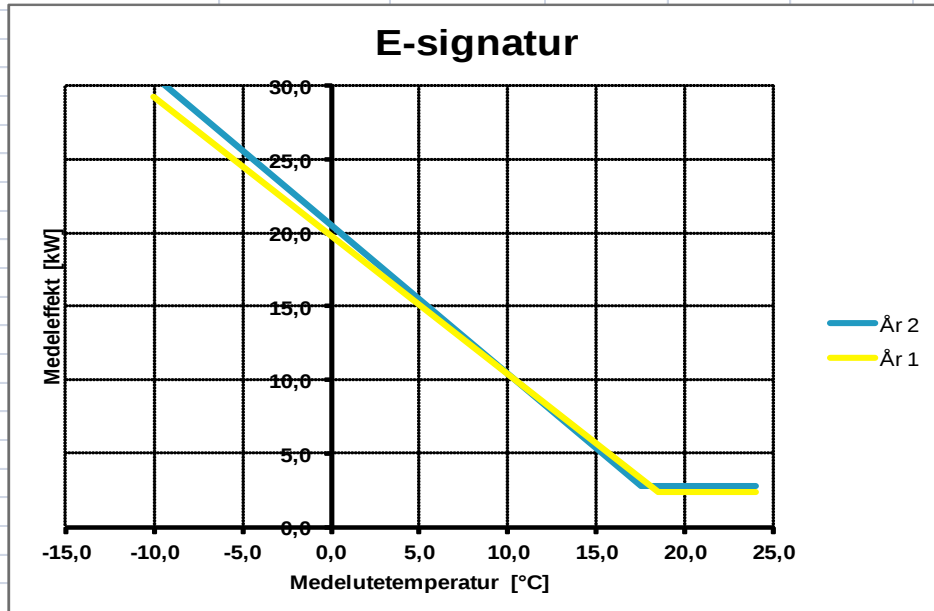
2. Beräkna energiprestanda						
	Här beräknas den befintliga energiprestandan. Ingen data ska fyllas i utan värden från 1. Samla in underlag används. För förklaring se beskrivning.					
Tappvarmvatten						
Energi tappvarmvatten [kWh]						
Beräknat utifrån kallvattentemperatur, varmvattentemperatur, volymflöde och konstanten 1,176.						
Månad\År	1	2				
Jan	1701,2	1941,2				
Feb	1617,3	2020,5				
Mar	1830,4	2799,3				
Apr	1428,6	2424,5				
Maj	1423,1	2414,3				
Jun	1579,6	1514,7				
Jul	1385,1	1519,0				
Aug	1850,6	1791,9				
Sep	1871,6	2177,7				
Okt	2082,9	1844,6				
Nov	2062,3	2424,2				
Dec	2094,8	1868,4				
SUMMA	20927,7	24740,3				
EI						
Fastighetsel (BBR) [kWh]						
Enligt BBR:s definition. Fastighetsel från webEss minus verksamhetsel.						
Månad\År	1	2				
Jan						
Feb						
Mar						
Apr						
Maj						
Jun						
Jul						
Aug						
Sep						
Okt						
Nov						
Dec						
SUMMA	2066,3	960,1				

Klimatkorrigering						
Indata						
Timmar per månad [h]						
Ej skottår.						
Månad	Timmar					
Jan	744					
Feb	672					
Mar	744					
Apr	720					
Maj	744					
Jun	720					
Jul	744					
Aug	744					
Sep	720					
Okt	744					
Nov	720					
Dec	744					
Summa	8760					
Medelmånadseffekten värmeanvändning [kW]				Medelmånadseffekten tappvarmvatten [kW]		
Energi för värmeanvändningen dividerat med antalet timmar varje månad.				Energi för tappvarmvattnet dividerat med antalet timmar varje månad.		
Månad\År	1	2		Månad\År	1	2
Jan	27,8	24,5		Jan	2,3	2,6
Feb	25,0	26,3		Feb	2,4	3,0
Mar	21,1	21,5		Mar	2,5	3,8
Apr	12,4	6,1		Apr	2,0	3,4
Maj	7,7	5,8		Maj	1,9	3,2
Jun	4,3	3,8		Jun	2,2	2,1
Jul	2,3	3,5		Jul	1,9	2,0
Aug	4,3	4,0		Aug	2,5	2,4
Sep	9,7	8,8		Sep	2,6	3,0
Okt	14,9	12,5		Okt	2,8	2,5
Nov	23,2	16,8		Nov	2,9	3,4
Dec	28,0	19,2		Dec	2,8	2,5
				Medel	2,4	2,8



Figur 14. Beräkna energiprestanda.

E-signatur					
År	1			2	
Variabel	x	y	x	y	
	-10,0	29,2	-10,0	30,7	
	18,5	2,4	17,6	2,8	
	24,0	2,4	24,0	2,8	



Klimatkorrigerad energianvändning

Klimatkorrigerad energianvändning [MWh]
Energi för värmeanvändningen multiplicerat med korrigeringsfaktorn C/B.

Månad\År	1	2
Jan	17,6	19,2
Feb	15,4	16,6
Mar	15,4	17,0
Apr	9,8	6,3
Maj	6,3	5,0
Jun	3,2	4,6
Jul	1,7	2,6
Aug	4,2	4,5
Sep	7,2	8,6
Okt	10,3	10,2
Nov	15,0	15,2
Dec	17,0	17,5
Summa	123,2	127,2

Energiprestanda						
Total energianvändning [kWh]						
Klimatkorrigerad energianvändning beräknad med E-signaturmetoden + fastighetsel (BBR).						
År	1	2				
Värmeanvändning	123175	127217				
Fastighetsel	2066	960				
Summa	125241	128177				
Medelvärde	126709 kWh/år					
Energiprestanda	109,2 kWh/m² Atemp och år					
Specifikt krav på energiprestanda	89,4 kWh/m ² Atemp och år					

3. Åtgärder					
	Här läggs de åtgärder som har identifierats in. Till varje åtgärd redovisas investeringskostnad och livslängd. För förklaring se beskrivning punkt 3.				
Åtgärd	1	2	3	4	
Beskrivning	Omputsning av ytterväggar	Tillägsisolering av ytterväggar	Tillägsisolering av tak	Nya portar	
Investeringskostnad	543000	663000	72000	40300	kr
Livslängd	50	50	40	25	år

4. Analys						
	Här läggs kalkylförutsättningar in. Energiprestanda, energibesparing och driftkostnad beräknas med hjälp av simuleringsprogram. Underhållskostnad uppskattas. För förklaring se beskrivning punkt 4. Nusummefaktor, annuitetsfaktor och annuitet beräknas automatiskt.					
Kalkylförutsättningar						
Kalkylränta	9 %					
Inflation	2 %					
Energiprisökning	3 %					
Kalkylperiod	50 år					
Nusummefaktor	21,5					
Kostnadskalkyl						
Åtgärd	1	2	3	4	Åtgärdspaket	
Energibesparing						kWh/år
Ny energiprestanda	110	77	109	110	76	kWh/m ² Atemp och år
Annuitetsfaktor	0,047	0,047	0,051	0,064		
Annuitet	25277	30863	3638	2580	37080	kr/år
Driftkostnad	123000	95900	122000	122000	95000	kr/år
Underhållskostnad	25000	25000	25000	25000	25000	kr/år
Årlig kostnad	173277	151763	150638	149580	157080	kr/år
Total kostnad (LCC)	3722363	3260196	3236027	3213298	3374425	kr