

CHALMERS



Energieffektivisering i befintlig bebyggelse

Den ekonomiska och energibesparande potentialen med energieffektivisering i det äldre byggnadsbeståndet

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

TOBIAS GRÖNLUND, ARVID RYDETORP

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2010
Examensarbete 2010:95

EXAMENSARBETE 2010:95

Energieffektivisering i befintlig bebyggelse

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet

Byggingenjör

TOBIAS GRÖNLUND, ARVID RYDETORP, 2010

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2010

Energieffektivisering i befintlig bebyggelse

Den ekonomiska och energibesparande potentialen med att energieffektivisera i det äldre byggnadsbeståndet

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

© TOBIAS GRÖNLUND, ARVID RYDETORP, 2010

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2010:95

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Fastigheten Bofinken 1 i Alingsås som fallstudien har utförts på.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2010

Energieffektivisering i befintlig bebyggelse

Den ekonomiska och energibesparande potentialen med att energieffektivisera i det äldre byggnadsbeståndet

*Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet
Byggingenjör*

TOBIAS GRÖNLUND, ARVID RYDETORP
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi

Chalmers Tekniska Högskola

SAMMANFATTNING

Med ökade energikostnader och ökat miljöengagemang ökar intresset för att kunna energieffektivisera i byggsektorn. I takt med att nya fastigheter med bättre energiprestanda byggs och ersätter äldre med sämre prestanda minskar energiåtgången totalt sett. Detta betyder alltså på sikt att energibehovet minskar, men för att nå uppsatta mål i tid krävs kraftfullare åtgärder.

Syftet med den här rapporten är därför att klargöra huruvida det finns någon ekonomisk och energibesparande potential i att energieffektivisera äldre fastigheter. Syftet är också att ta fram ett åtgärdsprogram till ett studieobjekt i Alingsås med tillhörande återbetalningsplaner. De olika för- och nackdelarna med förslagen har också undersökts.

Rapporten är uppbyggd i två delar där den första delen utgörs av en litteraturstudie där bakgrundsfakta, energiutvecklingen i Sverige, mål, politiska åtgärder, historiska materialval och tekniska lösningar redovisas. Teoridelen ligger sedan till grund för en fallstudie på ett typiskt äldre flerbostadshus. I fallstudien läggs störst vikt läggs vid den tekniska undersökningen av klimatskalet. Installationer och brukandesätt kommer inte att behandlas. Däremot får de ekonomiska aspekterna en betydande roll.

Resultatet av litteraturstudien visar att det generellt finns potential i att energieffektivisera det äldre byggnadsbeståndet. Dock verkar det finnas hinder i form av framförallt ekonomiska skäl och bristande kunskap inom området. Fallstudien visar att föreslagna åtgärder är lönsamma med en återbetalningstid på 8,5 år och sänker energibehovet med 36 %. Den åtgärd som visade sig vara mest betydelsefull i förhållande till renoveringsbehov, investering och energibesparing var tilläggsisolering av taket.

För att öka energieffektiviseringarna generellt i befintlig bebyggelse skulle staten kunna utveckla de ekonomiska styrmedlen och satsa mer på att öka kunskapsnivån i frågan.

Rapporten riktar sig i första hand till studenter med byggtknisk inriktning men bör även intressera privatpersoner, fastighetsägare, lärare och andra som är intresserade av hur byggbranschen kan bidra till ett hållbarare byggnadsbestånd.

Nyckelord: Energieffektivisering, energibesparing, tilläggsisolering, befintlig bebyggelse

Energy saving in existing buildings

The economic and energy-saving potential of energy efficiency in older buildings

*Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering*

TOBIAS GRÖNLUND, ARVID RYDETORP
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

With increased energy costs and increased environmental commitment the interest of energy efficiency within the construction area is much greater than before. As new buildings with improved energy efficiency are built and replace the old ones with poor energy performance the overall energy consumption will be reduced. But to attain the objectives in time stronger measures are required.

The purpose of this report is therefore to clarify whether there is an economic and energy saving potential in energy efficiency of older buildings. It also aims to develop proposals that could be used in a case study. The various pros and cons of the proposals have also been examined associated with repayment plans.

The report is structured into two parts with the first part as a literature review where background information, energy development in Sweden, objectives, policies, historical materials and technical solutions are declared. The theory part has formed the basis for the case study of a typical older apartment building. In the case study we place most emphasis on the technical investigation of the building envelope. Installation and use manner will not be processed. But the economical aspects have a significant role.

The results of this study show that there is potential in the energy efficiency of the older buildings in general. However, there appear to be some obstacles mainly in the form of economic reasons and lack of knowledge. The case study shows that the proposed measures are viable with a payback period of 8.5 years and reduces the energy consumption by 36%. The measure proved to be most important in relation to the renovation needs, investment and energy savings were added insulation to the ceiling.

To increase energy efficiency generally in existing buildings, the government could develop economic instruments and make greater efforts to raise knowledge of the issue.

The report is addressed primarily to students oriented in construction technology, but should also be of interest to private individuals, facility owners, teachers and others who are interested of making the construction sector more sustainable.

Keywords: Energy efficiency, energy saving, renovation

Innehåll

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Frågeställning	1
1.3	Syfte	1
1.4	Mål	2
1.5	Avgränsning	2
1.6	Målgrupp	2
2	GENOMFÖRANDE, METOD	3
2.1	Litteraturstudie (kapitel 3-5)	3
2.2	Fallstudie, Bofinken 1 i Alingsås (kapitel 6-7)	3
2.2.1	Beräkningsmetoder - energi	3
2.2.2	Ekonomisk beräkningsmetod	6
2.2.3	Åtgärders ordningsföljd	7
2.2.4	Företagskontakt	7
3	ENERGIANVÄNDNING I BEBYGGELSEN	8
3.1	Varför energieffektivisera i bebyggelsen?	8
3.1.1	Potential och möjligheter	8
3.2	Energiutveckling	9
3.2.1	Historik	9
3.2.2	Idag	10
3.2.3	Teknikutveckling och ökad medvetenhet	10
3.2.4	Uppvärmning inklusive varmvatten i bostäder och lokaler	10
3.2.5	Energislag som används i bebyggelsen	11
3.3	Mål	12
3.3.1	Sverige	12
3.3.2	Internationellt	13
3.4	Hur kommer vi dit?	13
3.4.1	Internationellt	13
3.4.2	Sverige	14
3.5	Hinder för energieffektivisering	18
4	BYGGNADSTEKNIK	19
4.1	Huvudfaktorer som påverkar energibehovet	19
4.1.1	Solinstrålning genom fönster	19
4.1.2	Vind	19
4.1.3	Ventilation	19
4.1.4	Temperatur	20
4.1.5	Värmemotstånd	20

4.1.6	Byggnadens placering och utformning	20
4.1.7	Brukaren	20
4.2	Material och byggnadssätt	20
4.2.1	Historiskt använda byggmaterial och utföranden	21
4.2.2	Dagens material och byggnadssätt	22
5	ÅTGÄRDER VID ENERGIEFFEKTIVISERING	27
5.1	Byggnadstekniska åtgärder	27
5.1.2	Köldbryggor	28
5.2	Installationstekniska åtgärder	28
5.2.1	Sänka temperaturer	28
5.2.2	Apparater och maskiner	29
5.2.3	Belysning	29
5.2.4	VVS	29
5.2.5	Ventilation	29
5.2.6	Separat mätning	29
5.2.7	Uppdatering och justering av befintligt system	29
5.3	Tillstånd för effektiviseringsåtgärder?	30
5.3.1	Lag	30
6	BOFINKEN 1	31
6.1	Funktion	31
6.2	Fastighetens utseende, omgivning och historik	31
6.3	Konstruktion	32
6.3.1	Yttervägg och fasad	33
6.3.2	Fönster	33
6.3.3	Tak	33
6.3.4	Grundkonstruktion och källaren	34
6.3.5	Trapphus	34
6.3.6	Vindsplan	34
6.3.7	Ventilation	35
6.3.8	Areafördelning	35
6.4	Energibehov	35
7	RESULTAT OCH ANALYS	36
7.1	Indata och beräkningar	36
7.1.1	Antaganden	36
7.1.2	Areafördelning	36
7.1.3	Energibehov	37
7.2	Resultat	38
7.2.1	Transmissionsberäkningar	38
7.2.2	Energibalansberäkning	39
7.2.3	Specifik energianvändning	40
7.3	Analys och åtgärder	40

7.3.1	Energibehov	40
7.3.2	Energianvändningen	40
7.3.3	Avvikelse	40
7.3.4	Åtgärdsförslag	41
7.3.5	Kombinerade åtgärdsförslag	48
7.4	Felkällor	49
8	SLUTDISKUSSION	50
8.1	Bofinken 1	50
8.1.1	Valt åtgärdsförslag	50
8.1.2	Kommentarer till åtgärdsförslaget	50
8.1.3	Generella kommentarer	51
8.2	Vem bär ansvaret?	51
8.3	Hinder	51
8.4	Framtiden	52
8.5	Avslutning	52
9	LITTERATURFÖRTECKNING	53
	BILAGA 1	56

Förord

Som avslutning av utbildningen till byggingenjör har detta examensarbete med inriktning mot byggnadsfysik genomförts på Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbetet motsvarar 15 högskolepoäng och har genomförts från januari till juni 2010 på institutionen för Bygg- och miljöteknik under avdelningen Byggnadsteknologi och i samarbete med fastighetsbolaget Rydebo.

Vi vill rikta vårt tack till vår handledare, *Carl-Erik Hagentoft*, institutionen bygg och miljöteknik på Chalmers, samt till fastighetsägarna *Gun och Hans Rydetorp* som bidragit med information, ritningar och övrigt angående fastigheten.

Vi riktar också ett särskilt tack till *Eva Grönlund* och *Sofia Rydetorp*, ert stöd har varit ovärderligt.

Göteborg juni 2010

Tobias Grönlund och Arvid Rydetorp

1 Inledning

På grund av bland annat höga kostnader, miljö och ökat användande av teknik är energifrågan mycket debatterad i Sverige. Många i Sverige har insett att frågan innebär ett stort problem och det är den största anledningen ligger vi i framkant på flera områden inom miljöanpassning. Dock är byggsektorn fortfarande inte så prioriterad. Vad kan egentligen göras i sektorn, finns det överhuvudtaget någon energieffektiviseringspotential och är investeringarna lönsamma?

1.1 Bakgrund

Byggnadsbeståndet i vårt land förändras hela tiden på ett naturligt sätt, nya byggnader uppförs och ersätter till viss del det äldre beståndet. De nya byggnaderna som byggs idag är i de allra flesta fall bättre ur energisynpunkt än de äldre. Detta betyder alltså på sikt att energibehovet i bostäder och lokaler kommer att minska till en mer acceptabel nivå.

Under 70-talet var energitillgången en helt annan samtidigt som det byggdes väldigt mycket bostäder. Eftersom tillgången var annorlunda byggde man inte så energieffektivt som idag och därför finns ett stort byggnadsbestånd kvar som har ett ohållbart energibehov. Detta tillsammans med ökad teknikanvändning är en av anledningarna till att vi idag fortfarande använder lika mycket energi som på 70-talet i byggnadssektorn (Statens energimyndighet, 2009).

Men även om det går trögt framåt har Regeringen höga mål, ett av delmålen innebär bland annat att den totala energianvändningen per uppvärmd enhet [kWh/m²] i lokaler och bostäder ska minska med 20 % till 2020 och med 50 % till 2050 i förhållande till 1995 års nivåer. (Miljömålsportalen, 2010).

För att nå de mål som är satta räcker det inte att bara bygga energieffektivt vid nybyggnation och vänta in en förbättring av energianvändningen, det skulle gå för långsamt. Något måste göras åt den befintliga bebyggelsen. Och utredningar visar att det finns ekonomisk och energibesparande potential i att energieffektivisera befintliga fastigheter (Miljövårdsberedningen, 2008).

Men varför uppmanas inte fastighetsägarna till energieffektiviseringar i högre utsträckning? Ser politikerna inte potentialen. Är det inte lönsamt? Eller finns det en misstro på att energibesparingen är hög?

1.2 Frågeställning

Hur ser energibehovet ut i äldre fastigheter?

Går det att energieffektivisera äldre fastigheter som har högt energibehov och vilka åtgärder krävs för att energibesparingen skall vara tillräcklig och lönsam?

Vilka för- och nackdelar finns med de olika typerna av åtgärder?

1.3 Syfte

Syftet med rapporten är att undersöka om energieffektiviseringsåtgärder är lönsamma i befintlig bebyggelse. Detta visas genom fallstudie genomförs på en äldre fastighet

med hög energianvändning. Med hänsyn till energi, ekonomi, miljö, regler och krav kommer ett åtgärdsförslag utformas där nämnda aspekter medtas.

1.4 Mål

Målen för rapporten är att:

- Ge ökad förståelse samt visa att energibesparingspotential finns i befintligt byggnadsbestånd.
- Ta fram energieffektiva och lönsamma åtgärdsförslag för fastigheten Bofinken 1 i Alingsås.

1.5 Avgränsning

Studien avser endast det svenska byggnadsbeståndet. Fallstudien utformas inte som en generell studie utan syftar att specifikt undersöka Bofinken 1 i Alingsås.

Störst vikt läggs vid den tekniska undersökningen av byggnaden med studie av klimatskalet och framförallt dess värmegenomgångsegenskaper. Ekonomiska aspekter kommer också att behandlas.

Mindre fokus läggs på hur fastigheten används ur effektsynpunkt med avseende på brukandesätt, styrning av installationer och dylikt.

1.6 Målgrupp

I första hand riktar sig rapporten till studenter med byggteknisk inriktning. Rapporten bör även intressera privatpersoner, fastighetsägare, och lärare som har anknytning till byggbranschen eller som är intresserade av hur byggbranschen kan bidra till ett hållbarare byggnadsbestånd.

2 Genomförande, metod

Rapporten är uppdelad i två delar där den första delen beskriver möjligheter och potentialer i att effektivisera Sveriges bygnadsbestånd.

I den andra delen av rapporten visas hur potentialen kan utnyttjas i form av en fallstudie.

2.1 Litteraturstudie (kapitel 3-5)

För att se om det överhuvudtaget finns potential för energieffektiviseringar i bygnadsbeståndet och varför man ska genomföra dem görs en litteraturstudie. I studien undersöks energiläget och aktuella energimål och hur bygnadsbeståndet förhåller sig till dem. Vidare undersöks också energipolitiska åtgärder och hur dess utveckling och konsekvenser har sett ut. För att öka förståelsen ytterligare analyseras också den historiska utvecklingen, både med avseende på energiutveckling och teknisk utveckling så som byggnadssätt och användning av energislag.

Information hämtas från böcker och vetenskapliga artiklar på Chalmers Arkitekturbibliotek och digitalt i form av rapporter och artiklar via vetenskapliga databaser, myndigheter och företag i branschen.

2.2 Fallstudie, Bofinken 1 i Alingsås (kapitel 6-7)

Andra delen av rapporten utgörs av en studie av ett äldre flerbostadshus.

Fallstudien inleds med en inventering av fastigheten där en allmän bild av fastigheten ges. Inventeringen innefattar att undersöka i vilket sammanhang huset byggts, hur omgivningen ser ut, historik och verksamhet i huset. Detta undersöks genom studiebesök och intervju av fastighetsskötare.

Därefter undersöks konstruktion, uppbyggnad och uppvärmningssätt mer ingående. Detta görs genom insamling av data från egna uppmätta värden och konstruktionshandlingar.

För att kunna få en bild av hur energianvändningen ser ut i befintligt läge gör vi en teoretisk beräkning av hur värmemotstånd och energibehov ser ut i fastigheten. I detta läge bedöms huruvida det är relevant att gå vidare med åtgärdsförslag eller inte.

Anses det finnas tillräcklig potential påbörjas arbetet med att ta fram åtgärdsförslag. Information från teoridel och ekonomisk lönsamhet ligger till grund för vilka åtgärder som väljs.

Slutligen analyseras inhämtad data och resultat i en summerande del. Här fastställs de olika åtgärderna och kombinationer av åtgärder som anses mest lämpliga.

2.2.1 Beräkningsmetoder - energi

För att kunna göra en jämförelse av hur mycket energi en byggnad förbrukar gentemot hur mycket den borde förbruka med hänsyn till dess utförande och komfortkrav krävs energibalansberäkningar på dess klimatskal. Därför görs först en sådan i nuvarande läge följt av beräkningar med inkluderade åtgärdsförslag för att redovisa den möjliga förtjänsten ett åtgärdsprogram skulle generera.

Definitioner och underlag för beräkningsmetoder hämtas från BBR, Boverkets byggregler. (Boverket, 2008)

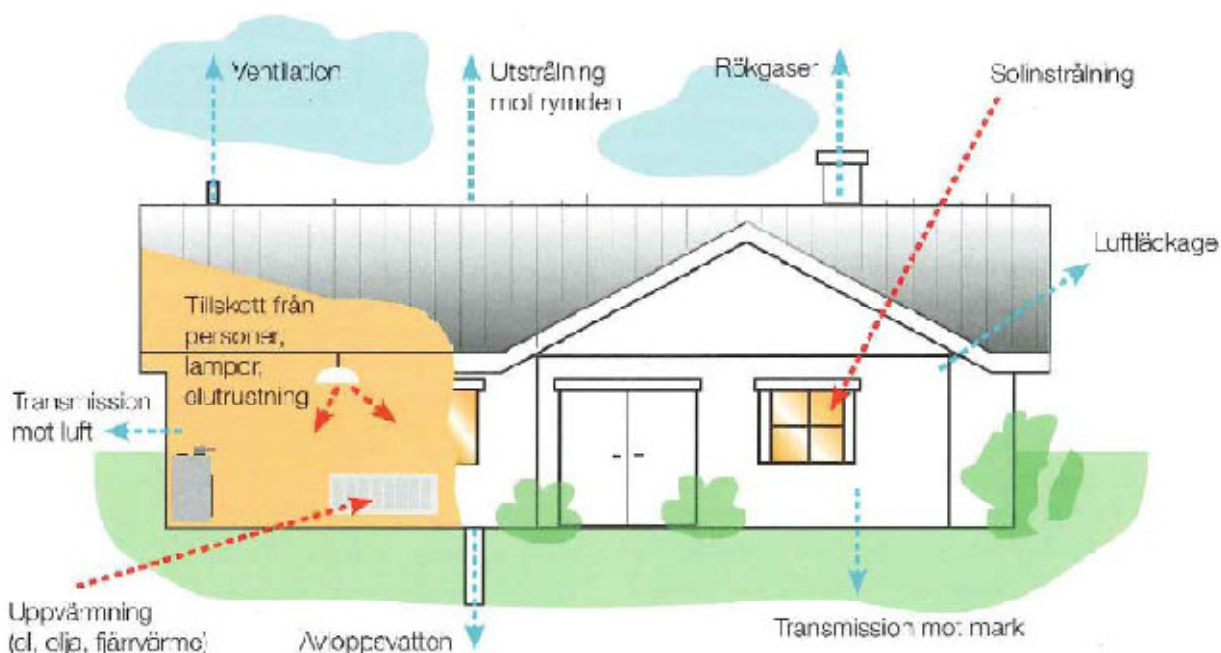
2.2.1.1 Energibalans

För att hålla jämn inomhustemperatur över året krävs periodvis att byggnader värms eller kyls. Tillfört energibehov för en byggnad varierar med utomhustemperaturen och beskrivs som produkten av värmeeffektbehovet och den tid som energiflödet verkar. Detta visas i ekvation 2.1 (Petersson, 2007).

$$E = \int P \cdot dt \quad Wh \quad (2.1)$$

Utöver den energi som tillförs byggnaden i form av el och genom värmesystemet tillförs också energi på naturlig väg. Detta genom energi från solinstrålning, energiåtervinning och från människor. I sammanhanget kallas detta internvärme.

Sett till byggnaden som system så finns för energiflödet även förluster och läckage. Dessa kan variera och påverkas byggnadens utförande, installationer och brukandesätt. Läckagen kan ske genom bland annat otätheter, vädring, slöseri med varmvatten och dyligt. Figur 2.1. (Abel, 2008)



Figur 2.1 – Byggnaden som system

Hela byggnadens energianvändning, Q_{energi} [kWh/år] summeras som "köpt energi" minus "gratis energi" enligt ekvation 2.2 (Petersson, 2007).

$$Q_{\text{energi}} = Q_t + Q_v + Q_l + Q_{\text{tvv}} + Q_{\text{dr,el}} - Q_{\text{v\ddot{a}}} - Q_{\text{tillskott}} \quad 2.2$$

- där
- Q_t = transmissionsförluster inkl. köldbryggor
 - Q_v = ventilationsförluster
 - Q_l = luftläckage (otätheter i klimatskärmen, vädring)
 - Q_{tvv} = uppvärmning av tappvarmvatten
 - $Q_{\text{dr,el}}$ = driftel, fastighetsel
 - $Q_{\text{v\ddot{a}}}$ = värme som tillgodogörs från värmeväxlare, värmepumpar, solfångare, solceller, etc.
 - $Q_{\text{tillskott}}$ = värme som tillgodogörs från personer, belysning, hushållsmaskiner, tappvarmvatten, etc.

2.2.1.2 Energibehov och specifik energianvändning

Det faktiska **energibehovet** fås antingen från utförd energideklaration, fastighetsskötare eller nätbolag [kWh/tid]. Med fördel delas energiuppgifterna upp för värme- och kylsystem, fastighetsel, brukandeel, varmvattenberedning och så vidare. (Petersson, 2007)

Med **specifik energianvändning** menas energianvändningen under ett normalår [kWh/år] dividerat med golvarean som är uppvärmd till över 10 grader, A_{temp} , [m^2] och får då enheten [kWh/år, m^2] vilket ger en överskådlig uppfattning om byggnadens energibehov i förhållande till dess storlek. Vid tal om specifik energianvändning ingår inte hushållselen. (Petersson, 2007)

2.2.1.3 U-värde

Vid U-värdesberäkningar använder vi U-värdesmetoden enligt ekvation 2.3 enligt:

$$U = \frac{\lambda}{d} \left[\frac{W}{K \cdot m^2} \right] \quad (2.3)$$

- där
- d = är skiktets tjocklek [m]
 - λ = är skiktets värmegenomgångskoefficient [$W/m \cdot K$]

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient. U_m

Medel U-värde används för beräkning av transmissionsförluster i byggnadsdelar och beräknas enligt ekvation 2.4 (Boverket, 2008) I beräkningen medtas transmissionsförluster, linjära och punktformiga köldbryggor.

$$U_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j \right)}{A_{om}} \quad (2.4)$$

- där U_m = Medel U-värde [W/m²K]
 U_i = Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel [W/m²K]
 A_i = Arean för byggnadsdelens i yta mot uppvärmd inneluft [m²].
 För fönster, dörrar, portar och dylikt beräknas A_i med karmyttermått.
 ψ_k = Värmegenomgångskoefficient för linjär köldbrygg k. [W/m²K]
 l_k = Längden mot uppvärmd inneluft av linjär köldbrygga [m]
 χ_j = Värmegenomgångskoefficient för punktformig köldbrygga [W/K]
 A_{om} = Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft [m²]. Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.
 A_f = Sammanlagd area för fönster, dörrar, portar och dylikt [m²], beräknad med karmyttermått.
 A_{temp} = Golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedd att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida [m²]

2.2.2 Ekonomisk beräkningsmetod

Bakomliggande ekonomisk fakta om byggnaden så som tidigare investeringar är viktigt att beakta i fråga om nya åtgärdsinvesteringar. För att vidare bedöma hur en energieffektiviseringsinvestering återbetalar sig ekonomiskt inom skälig tid bör en utredning göras där aspekter som ränta och livslängd tas med. Då tyngdpunkten i rapporten främst ligger på energiberäkningar har enklare ekonomiska beräkningsmodeller används.

Pay off- metoden är den enkel bräkningsmodell som bygger på att se hur lång tid det tar för den årliga vinsten en förbättringsåtgärd genererar att täcka grundinvesteringen. Denna metod främjar investeringar som har kort återbetalningstid då ingen hänsyn till ränta eller inflation görs i beräkningen. Metoden används bäst som en överslagsberäkning för att se om återbetalningstiden är kortare än investeringens livslängd eller investerarens avtalstid, se ekvation 2.5 (Sandberg, 2005).

$$\text{Årlig besparing} \times \text{Livslängd} > \text{Investering} \quad (2.5)$$

LCC (livscykelkostnad) är en mer omfattande metod där ränte- och energiprisaspekten är medräknad och kan därför användas vid noggrannare uträkningar. För att bostadssektorn och fastighetsägare lätt ska kunna ta till sig de mest relevanta uppgifterna vid investeringsberäkningar föreslås (enligt en dansk

modell) en förenkling där metoden kombineras med pay off-metoden. Det som tas med i bedömningen är då schablonmässiga värden för ränta och energiprishöjning i form av en koefficient på 1,33. (Real kalkylränta på fyra procent och årlig höjning av energipris med en procent per år). Modellen säger att en investering med 20-årig livslängd som har en pay off-tid på 15 år ligger på gränsen till lönsamhet. Modellen kan uttryckas som livslängd dividerat med "pay off-metoden", se ekvation 2.6 (Sandberg, 2005).

$$\frac{\text{Livslängd} \times \text{Årlig besparing}}{\text{Investering}} > 1,33 \quad (2.6)$$

2.2.3 Åtgärders ordningsföljd

Då åtgärder med lång varaktighet även påverkar de med kort varaktighet, och inte vice versa, bör dessa prioriteras att genomföras först, om så är ekonomiskt försvarbart. Följande ordning föreslås enligt (Sandberg, 2005).

1. Klimatskrämsåtgärder, inklusive tillkommande åtgärder så som justering av värmesystem.
2. Installationstekniska åtgärder så som ventilation, rörisolering, belysning, tvättutrustning osv.
3. Produktionsanläggning, konvertering av energislag.
4. Styr och reglertekniska åtgärder. Att dessa åtgärder görs sist är för att de överlag i varje av de tre övre punkterna till viss del redan ingår.

2.2.4 Företagskontakt

Rapporten skrivs i samarbete med fastighetsbolaget Rydebo i Alingsås som äger studieobjektet Bofinken 1. Företagets verksamhet är uthyrning och förvaltning av fastigheter.

3 Energianvändning i bebyggelsen

I vårt välfärdssamhälle idag är vi helt beroende av energi. Vi gör av med stora mängder energi i våra hushåll, industrier och transporter. Samtidigt är inte energitillgången lika självklar som den en gång var. Vi har insett att vi måste skydda och värna om miljön genom en hållbar energiförsörjning, och det är en av anledningarna till att Sverige ligger i framkant på flera områden inom miljöanpassning. Men fortfarande är bebyggelsen inte så prioriterad ur miljösynpunkt. Så vad kan egentligen göras i byggbranschen, finns det överhuvudtaget någon energieffektiviseringspotential där investeringarna är lönsamma?

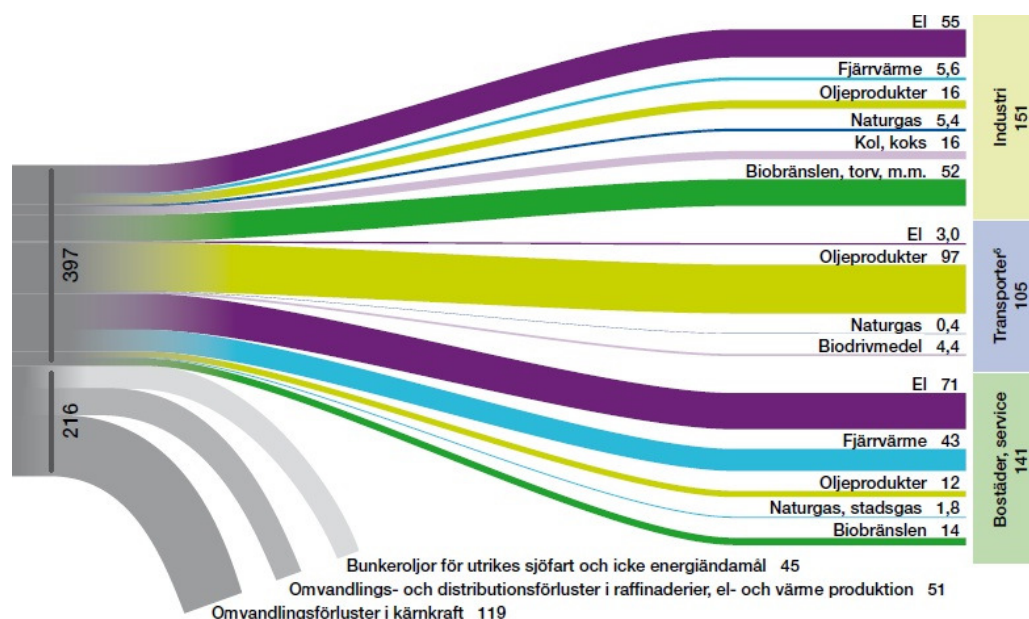
3.1 Varför energieffektivisera i bebyggelsen?

En avgörande anledning till att energieffektivisera i bebyggelsen är att byggnader har väldigt lång livslängd jämfört med många produkter som finns i samhället. Efterfrågan på energi är därmed konstant i byggnaden under lång tid och påverkar därmed möjligheterna att nå de långsiktiga klimatmålen (Miljövårdsberedningen, 2008). Många av våra bostäder i Sverige är förhållandevis gamla och är i stort behov av renovering. Problem finns till exempel med dåliga klimatskal och ineffektiva uppvärmnings- och ventilationssystem. 2008 räknar man med att inom 10 år måste 60 % av flerbostäderna renoveras. (Miljövårdsberedningen, 2008)

3.1.1 Potential och möjligheter

Beroende på åtgärder och tidsperspektiv kan det vara olika lönsamt att energieffektivisera. Det har till exempel visat sig att det är mer lönsamt göra energieffektiviseringar samtidigt som man renoverar andra funktioner på fastigheten. (Regeringskansliet, 2006)

Dock är det svårt att se hur stor potentialen är, och detta beror främst på att det statistiska underlaget inte är så gott. Dock är det konstaterat att outnyttjad potential finns (Regeringskansliet, 2006). Till exempel har miljövårdsberedningen gjort en bedömning på potentialen för energieffektivisering i bebyggelse-, industri- och transportsektorn har en potential på ca 55 TWh i slutlig energianvändning (2008 hade Sverige en slutlig energianvändning på 397 TWh). I denna outnyttjade potential står bebyggelsen för ca 65 %. (Miljövårdsberedningen, 2008)



Figur 3.1 Energianvändning i Sverige 2008 [TWh] (Statens energimyndighet, 2009)

En av anledningarna till att potentialen anses vara så stor är bland annat att det svenska byggnadsbeståndet är förhållandevis gammalt. Totalt är 65,7 % av byggnadsbeståndet byggt före 1970 (32,6 % byggt före 1945 och 12,4% före 1919), vidare är 34,3% byggt efter 1971 (7,2 % är byggt efter 1990). (Regeringskansliet, 2006)

3.2 Energiutveckling

Det finns stora skillnader i hur energianvändandet såg ut förr i tiden jämfört med idag, men det finns också, tyvärr en del likheter med.

3.2.1 Historik

När oljekrisen i början av 70-talet drabbade hela världen med rekordhög oljepriser som följd var det en ordentlig väckarklocka för de länder som importerade olja för att värma byggnader. Det hela föregicks av oktoberkriget 1973 mellan Egypten tillsammans med Syrien mot Israel då OPEC-länderna (Organization of Petroleum Exporting Countries) drastiskt chockade världen med besked om strypt oljeexport till länder som samarbetat med Israel i konflikten. 1979 skedde liknande chockhöjningar av oljepriset igen, denna gång på grund av den Iranska Revolutionen. Krig terror och konflikter har fortsatt påverka priset på oljan genom historien. (Riksbanken, 2003)

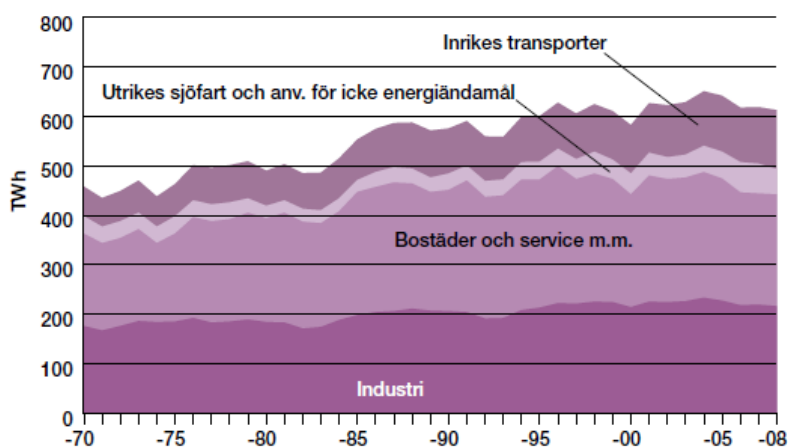
I början av 70-talet kom cirka 70 % av vår energiförsörjning från fossila bränslen, när oljekriserna slog till insåg man hur vårt beroende av olja påverkade ekonomin och välfärden. Att bryta oljeberoendet har sedan dess varit ett mål och stora satsningar på bland kärnkraft är ett resultat av det. (Riksbanken, 2003)

Därefter har tider med lägre energipriser kommit och gått, likaså har viljan och engagemanget att energieffektivisera periodvis varit mindre.

3.2.2 Idag

Prisfrågan, hög energianvändning och miljöpåverkan gör energifrågan oerhört het idag. Men att minska energiåtgången är en känslig fråga då minskningen oftast leder till reducerad välfärd och bekvämlighet. Men trots detta har vi ändå lyckats vända trenden inom vissa områden genom förbättrad teknik och politiska insatser.

I byggbranschen sker förbättringar genom att till exempel byggnader görs mer energisnåla. Men samtidigt som förbättringar görs ökar paradoxalt också energibehovet. Ett exempel på detta är i hushållen där apparaterna idag är mer energisnåla än någonsin, samtidigt som vi idag använder fler apparater än någonsin. Energibesparingarna ”äts upp” av ett ökat energibehov. Detta problem förklarar varför den totala energianvändningen i sektorn ”Bostäder och Service”, trots effektiviseringar endast förbättrat sig något i förhållande till 70-talets nivåer som visas i Figur 3.2 (Statens energimyndighet, 2009).



Figur 3.2 Sveriges totala energianvändning med energiomvandlingssektorns förluster fördelade på slutanvändarna 1970-2008 (Statens energimyndighet, 2009)

3.2.3 Teknikutveckling och ökad medvetenhet

Hur har energianvändningen i bebyggelsen förbättrats? Det kan vara svårt att exemplifiera, men antagligen är den ökade användningen av värmepumpar och bättre effektivitet i hushållsapparater är några av de viktigaste faktorerna. Men även beteendeförändring och ökad medvetenhet som leder till, tilläggsisolering, fönsterbyten och dylikt har bidragit till förbättringar. (Statens energimyndighet, 2009)

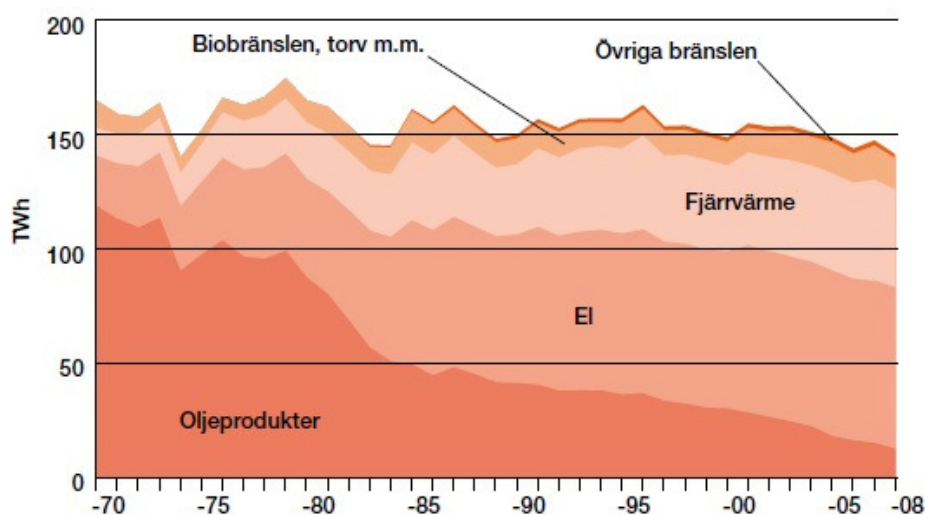
3.2.4 Uppvärmning inklusive varmvatten i bostäder och lokaler

Användandet av apparater i hushåll ökar, men fortfarande går den mesta av energin fortfarande, till uppvärmning inklusive varmvatten. 2008 var den slutliga energianvändningen i sektorn 141 TWh, av dessa gick 84 TWh (60 %) till uppvärmning och varmvatten. Dock är det skillnad på bostadstyp, ett flerbostadshus är till exempel mer energieffektivt per hushåll än ett småhus. 2008 gick ungefär 40 % av

uppvärmningsenergin till småhus, 30 % i flerbostadshus och resterande till affärslokaler och offentliga lokaler. (Statens energimyndighet, 2009)

3.2.5 Energislag som används i bebyggelsen

Även om energianvändningen i sektorn i princip är oförändrad har det skett en stor förändring i byte av energislag. Den tillförda energin från råolja har minskat med 45 % mellan 1970 till 2008 och har idag ersatts med el och fjärrvärme som de viktigaste energibärarna, se Figur 3.3 (Statens energimyndighet, 2009). Förändringen är en konsekvens av bland annat oljekriserna. Och man har genomfört förändringen genom bland annat ökad vattenkraft men framförallt med hjälp kärnkraften som installerades på 70- och 80-talet (Statens energimyndighet, 2009). Frågan om förändringen med ökad kärnkraft är positiv eller inte är dock diskutabel då frågor om säkerhet och problem med slutförvaring inte är lösta.



Figur 3.3 Slutgiltig energianvändning inom bostäder och service 1970-2008 (Statens energimyndighet, 2009)

3.2.5.1 Elanvändning

Att använda el som uppvärmningssätt är vanligast i småhus. 2007 var ungefär 30 % av småhusen uppvärmda med el, varav hälften var direktverkande och resterande vattenburen. Att man väljer detta uppvärmningssättet beror på priset och enkelheten att installera (Statens energimyndighet, 2009).

Från 1970 till 2008 har hushållselen ökat från 9,2 till 19,5 TW/h, alltså en mycket stor ökning. Man räknar med att ett småhus i genomsnitt förbrukar 6 000 kWh per hus och år och flerbostadshus antas använda 40 kWh per m² och år. Den allra största posten är belysning följt av kyl och frys och underhållningselektronik (TV, datorer och dylikt). (Statens energimyndighet, 2009)

3.2.5.2 Fjärrvärme

Generellt kan man säga att användningen av fjärrvärme ökar i bebyggelsen. Från 2007 till 2008 steg användningen från totalt 42,4 TWh till 42,5 TWh för uppvärmning och varmvatten i sektorn. Det är vanligast i flerbostadshus (22,3 TWh) även om det ökar något i småhus. (Statens energimyndighet, 2008)

2007 värmdes 9 % av småhusen med fjärrvärme medan motsvarande siffra i flerbostadshusens är ungefär 82 %. I affärslokaler och offentliga lokaler var siffran 66 % och är alltså det vanligaste uppvärmningssättet även här. (Statens energimyndighet, 2009)

En positiv trend inom fjärrvärmeproduktionen är att mer och mer biobränslen används än vad tidigare gjorts. Dessutom tas mer spillvärme omhand och värmeåtervinning från avfall. Detta beror bland annat på oljepriset och skatter på utsläpp.

3.2.5.3 Biobränsle

Biobränslen (ved, flis, spån och pellets) används framförallt i småhus där den ökat i användning. 2007 värmdes 13,5 % av småhusen med biobränsle. Även om ökningen är liten kan man ändå ana en positiv trend för biobränslen då den från 2007 till 2008 ökade med 1 % till 12,1 TWh (Statens energimyndighet, 2009).

3.2.5.4 Fossila bränslen

Minskningen av fossila bränslen i Sverige fortsätter, under 2008 användes totalt 3,3 TWh för uppvärmning av bostäder och lokaler. Sedan 2007 är detta en minskning på 30 % och sedan 2002 är det en minskning med 77 % (Sveriges byggindustrier, 2008). Ungefär 3 % av ytorna i offentlig- och affärslokaler värms med fossila bränslen och motsvarande siffra för lägenhetsytor är 2 % (Statens energimyndighet, 2009)

3.3 Mål

När det gäller generella mål för klimatförändringar vill Sverige vara ett föregångsland och ligga i framkant. Det svenska arbetet utgår generellt från de internationella överenskommelserna men Sverige har nationella mål som i de flesta fall är betydligt strängare.

3.3.1 Sverige

Sveriges mål är höga och regeringen satsar hårt på att visa ledarskap i miljöfrågorna och har bland annat som första industriland ”presenterat en snabb väg ut ur fossilsamhället med kraftfulla minskningar av växthusgaser”. (Regeringskansliet, 2010)

Under 2009 beslutade regeringen om en långsiktig och hållbar energi- och klimatpolitik. Den innebär bland annat att av Sveriges totala energianvändning ska minst hälften vara förnyelsebar (Statens energimyndighet, 2009).

Riksdagen har dessutom antagit 16 miljö kvalitetsmål där ett av målen som ingår kallas "God bebyggd miljö", vilka Boverket ansvarar för. Ett av delmålen under "God

bebyggd miljö" innebär bland annat att den totala energianvändningen per uppvärmd enhet [kWh/m²] i lokaler och bostäder ska minska med 20 % till 2020 och med 50 % till 2050 i förhållande till 1995 års nivåer. (Miljömålsportalen, 2010)

Dessutom är målet att man fram till 2020 hela tiden ökar användandet av förnyelsebar energi och till slut lyckas att bryta beroendet av fossila bränslen i bebyggelsesektorn. (Boverket, 2010)

Sverige och EU försöker även att nå det så kallade Tvågradersmålet vilket innebär för Sverige, enligt Vetenskapliga rådet att minska utsläpp ur ett globalt perspektiv med 70 - 85 % till år 2050 jämfört 1990 för att stabilisera växthuskoncentrationen (Miljövårdsberedningen, 2008).

Enligt regeringen ska den svenska klimatpolitiken vila på samma grundpelare som i EU, vilka är ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet. De centrala målen utgår från FN:s ramkonvention och Kyotoprotokollet som Sverige har valt att följa (Statens energimyndighet, 2009).

3.3.2 Internationellt

Ett internationellt samarbete är en mycket viktig förutsättning för att hantera klimatfrågan på ett effektivt och rättvist sätt. Och även om Sveriges utsläpp inte påverkar något särskilt ur ett globalt perspektiv är det ändå väldigt viktigt att vara ett föregångsland, därför är det naturligt för Sverige att driva frågan hårt i till exempel EU.

Enligt beslut från 2008 som träder i kraft 2010/2011 har EU målet att innan 2020 skall 20 % av energitillförseln komma från förnybara energikällor (kan jämföras med Sverige där målet är 50 %) (Statens energimyndighet, 2009).

3.4 Hur kommer vi dit?

Det finns många mål som är satta av olika organisationer och myndigheter. Men hur gör vi för att nå målen?

3.4.1 Internationellt

Det finns vitt skilda förutsättningar för de olika länderna att lyckas sänka sina utsläpp, fattigare länder kan till exempel inte lägga stora summor pengar på att effektivisera sina processer. Därför måste industrialiserade länderna gå före och visa att det går sam även utveckla tekniker och tankesätt som kan överföras till länder med andra förutsättningar. De är även industrialiserade länderna som hittills också bidragit med största delen av de historiska utsläppen (Miljövårdsberedningen, 2008).

Internationellt förekommer också handel med utsläppsrätter, denna handel innebär att till exempel att ett land som inte har råd att utveckla och skapa egna energieffektiviseringar kan göra det i ett annat land. Det anses alltså inte spela någon roll i vilket land utsläppen minskas, bara att de gör det. EU vill utveckla samarbetet med handelen med utsläppsrätter. (Statens energimyndighet, 2009)

En annan fördel med internationellt samarbete inom till exempel EU där alla följer samma regler är att man därmed konkurrerar på samma villkor.

Grunden för den internationella klimatpolitiken utgörs av FN:s ramkonvention om klimatförändringar och Kyotoprotokollet (Miljövårdsberedningen, 2008).

3.4.1.1 Kyotoprotokollet

Som ett led i det internationella samarbetet togs Kyotoprotokollet fram 1997. Under 2005 trädde det i kraft och 2008 började de första åtagandena med målet att minska de årliga globala utsläppen växthusgaser med 5,2 procent från 1990 års nivåer. EU-länderna ska minska utsläppen med 8 %. I Kyotoprotokollet ingår också att utveckla arbetet med utsläppsrätter. (Statens energimyndighet, 2009)

3.4.1.2 EU

EU försöker förändra användandet och produktionen av energi. Därför satsas mycket på el- och gasmarknaden, förnybara energikällor, konsumentbeteende och fördjupat internationellt samarbete. (Statens energimyndighet, 2009)

EU kommer också att sätta bindande mål för länder utifrån deras förmåga att klara av dem, man vill samtidigt passa på att öka tillväxten och skapa nya jobb (Statens energimyndighet, 2009).

3.4.2 Sverige

Sverige går ut på bred front vad gäller klimatfrågan med satsningar på energieffektiviseringar, förnybar energi och energiteknik, där det viktigaste styrmedlet är och har varit ekonomin. (Statens energimyndighet, 2009)

Sverige satsar på forskning och utveckling inom strategiskt viktiga områden. Miljöfrågan anses inte behöva vara ett hinder för tillväxt utan snarare ett sätt för den att öka (Miljövårdsberedningen, 2008).

Inom bebyggelsen har man förutom ekonomiska styrmedel infört särskilda byggregler, rådgivning och förmåner när man bygger på ett visst sätt. Under åren har Sverige haft flera olika satsningar på att energieffektivisera byggnader (Miljövårdsberedningen, 2008). Några av dem är Bygga-bo-dialogen och införandet av Energideklaration.

Med hjälp av satsningar liknade dessa och egna initiativ så har, enligt Statistiska centralbyrån, SCB, 2002 någon form av energibesparande åtgärd genomförts på ungefär 6 % av småhusen. Av dessa var tilläggsisolering och åtgärder med styr- och reglersystem det vanligaste. (Regeringskansliet, 2006)

3.4.2.1 Ekonomiska styrmedel

Sverige satsar också mycket på att med hjälp av skatter använda detta som ett styrmedel för att reglera energiåtgången åt rätt håll (Miljövårdsberedningen, 2008) . Detta har gjorts sedan 70-talet (Statens energimyndighet, 2009).

Under 2010 - 2014 kommer 300 miljoner kronor tillföras ett femårigt energieffektiviseringsprogram som energimyndigheten har huvudansvar för (Statens energimyndighet, 2009).

3.4.2.2 Teknik

Sverige vill också att användandet av miljövänlig teknik skall öka, därför går mycket pengar till exempelvis utveckling av förnybar energi, fjärrvärme och vindkraft. En särskild satsning på solceller genomförs för de som installerar solceller mellan juli 2009 och december 2011 (Statens energimyndighet, 2009)

Regeringen stöder också och underlättar för de som vill konvertera sina värmesystem från olja till mer energisnåla system. Ägare till fastigheter med direktverkande elvärme kan få konverteringsstöd för att byta till fjärrvärme, värmepump (sjö-, jord- eller bergvärme) eller biobränsle (Statens energimyndighet, 2009).

3.4.2.3 Byggregler

Att sätt att styra energiförbättringar är införa särskilda regler som måste följas. Nya krav tillkommer och gamla krav uppdateras. Till exempel vill regeringen nu införa krav på individuell mätning av el och varmvatten vid nybyggnation. (Statens energimyndighet, 2009). Förslag finns också på att utveckla systemet med energideklarationer och att jobba mer med energiklassning av byggnader (Miljövårdsberedningen, 2008).

3.4.2.4 BBR:s byggregler

Boverket ansvarar för byggregler som finns i Sverige idag, reglerna anpassas för att underlätta energieffektiviseringar. Boverket ställer särskilda krav på värmeförluster, kylbehov och elanvändning med specifika krav på energianvändningen. Boverket uppmanar också de som renoverar sina fastigheter av andra anledningar att passa på att göra energieffektiviseringsåtgärder samtidigt. (Statens energimyndighet, 2009)

Boverket uppmanar till att utforma byggnader ”så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning.” (Boverket, 2009)

Mer specifikt innebär det att bostäder ska vara utformade (vid nybyggnation) så att:

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{oms}) högst uppgår till de värden som anges i Tabell 3.1 och 3.2 (värden anges i klimatzon3 vilken är den med strängast krav).

Tabell 3.1 Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme.

Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² 2 ² A _{temp} och år]	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,50

Tabell 3.2 Bostäder med elvärme.

Byggnadens specifika energianvändning [kWh/A _{temp} år]	55
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40

Motsvarande siffror för lokaler innebär att fastigheten ska vara utformad så att:

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{oms}) högst uppgår till de värden som anges i Tabell 3.3 och 3.4.

Tabell 3.3 - Lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme.

Byggnadens specifika energianvändning [kWh/A _{temp} år]	100
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,70

Tabell 3.4 – Lokaler med elvärme

Byggnadens specifika energianvändning [kWh per m ² A _{temp} och år]	55
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,60

BBR ställer också krav på lufttäteten i bygganden, den ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls. Vidare ställs också krav på värme- och kylinstallationer som ska vara utformade så att de ger god verkningsgrad under normal drift. Enligt BBR bör också ett väl fungerande styr- och reglersystem finnas som kan upprätthålla god energieffektivitet och termisk komfort (Boverket, 2009).

Bygga-bo-dialogen

Som ett komplement till Boverkets byggregler startades 2003 Bygga-bo-dialogen. Dess syfte var att företag och myndigheter inom byggbranschen tillsammans skulle komma fram till strategier för att öka engagemanget till en hållbar och miljövänlig energianvändning.

Sedan årsskiftet 2009/2010 är projektet avslutat och slutsatsen från arbetet är bland annat att tillgången till effektiv teknik i sig inte är tillräcklig för att nå målen. För att nå målen krävs därför ett utbrett samarbete och samla kunskap mellan byggherren, beställaren och förvaltaren. (Regeringskansliet, 2006)

Målet var att inom en generation, nå en hållbar bygg- och fastighetssektor. Störst vikt lades vid arbetet inom tre prioriterade områden; hälsosam inomhusmiljö, effektiv energianvändning och effektiv resursanvändning, där följande insatser behandlades: (Boverket, 2010)

- Planera för ett hållbart samhällsbyggande
- Se till helheten och byggnadsverkets hela livscykel
- Skapa en effektiv och kvalitetsstyrd bygg- och förvaltningsprocess
- Förvalta byggnadsverk med energi- och miljöhänsyn
- Klassificera byggnader
- Forska, utveckla och utbilda för en hållbar bygg- och fastighetssektor
- Följ upp och utvärdera

Med sju mål:

- ökad förnyelsebar energi år 2015
- minskad energianvändning år 2025
- skapa information om farliga ämnen i byggvaror
- miljöklassning kring hälsa och miljöpåverkan av byggnader
- fasa ut farliga ämnen i byggvaror
- minska deponerat byggavfall
- minska uttaget av naturgrus

Delar av arbetet i Bygga-bo-dialogen som bedrivits lever vidare genom bland annat Boverket och Delegationen för hållbara städer. (Bygga-bo-dialogen, 2010)

3.4.2.5 Energideklaration

Den 1 oktober 2006 trädde lagen om energideklarationer i kraft. Lagen, som är baserad på EU-lagstiftning, innebär att en byggnads energianvändning kartläggs och dokumenteras. Syftet är att främja en effektiv energianvändning och en god inomhusmiljö i byggnader. Lagens tillämpningsområde ska vara byggnader för vilka energi används i syfte att påverka byggnadernas inomhusklimat. (Regeringskansliet, 2006). Lagen säger att småhus skall deklarerars vid försäljning samt att flerbostadshus och lokaler skall vara deklarerade vid årsskiftet 2008/09. Energideklarationen är därefter giltig i tio år (Statens energimyndighet, 2009).

Till energideklarationen skall det också lämnas, om det är möjligt, kostnadseffektiva förslag och rekommendationer på hur energiprestandan kan förbättras med hänsyn till en god inomhusmiljö. (Regeringskansliet, 2006)

Men enligt Riksrevisionen har Regeringen och Boverket tagit fram onödigt komplicerade regler och procedurer som lett till att kvalitén varit ojämn. Och bara hälften byggnaderna har fått åtgärdsförslag. (Riksrevisionen, 2010)

3.5 Hinder för energieffektivisering

Under den senaste tiden har flera studier gjorts som visat potential i energibesparingar med stor privat- och samhällsekonomisk lönsamhet, men ändå händer inget. Detta betyder alltså att energimarknaderna inte fungerar på ett tillfredsställande sätt (Miljövårdsberedningen, 2008).

EU vill låta marknaden styra och vill främja utveckling som leder till effektivare energianvändning. Man anser att det är nödvändigt att stödja marknaden i denna fråga eftersom man bedömer att marknaden inte skulle klara av det på egen hand (Miljövårdsberedningen, 2008).

Marknaden brister till största del på grund utav dålig kunskap hos aktörerna, man vet helt enkelt inte om att det redan nu går att göra stora energibesparingar som genererar stora ekonomiska vinster. Vidare finns problem inom själva byggbranschen där det till exempel kan vara olika aktörer som bygger, förvaltar och använder byggnaderna. Men dessa aktörer har inte alltid kunskap, vilja eller befogenheterna till att fatta rätt beslut (Miljövårdsberedningen, 2008).

4 Byggnadsteknik

Energisituationen har under 1900-talet förändrats otroligt mycket. Från att samhället i stort sätt inte alls tagit hänsyn till energifrågor tills idag till och med är lagstiftat att energifrågor skall beaktas inom branschen.

Det här kapitlet behandlar det som påverkar en byggnads energibehov, hur byggnadstrender sett ut under 1900-talet samt vilka material som är vanliga att använda vid energieffektivisering.

4.1 Huvudfaktorer som påverkar energibehovet

Allt ifrån byggandens konstruktionsutformning och placering till brukarens vanor och aktiviteter påverkar behovet av mängd tillförd energi åt byggnaden (Petersson, 2007). Följande är de faktorerna som påverkar energibehovet och som behöver tas hänsyn till vid en energieffektiviseringsstudie.

4.1.1 Solinstrålning genom fönster

Fönster är en speciell byggnadsdel på så vis att det både genererar värmeförluster och värmetilskott. Förluster sker genom ledning, långvågig strålning och konvektion där temperaturskillnader är drivkraften. Tillskott sker när kortvågig solinstrålning träffar glasrutan där den antingen reflekteras, absorberas eller transmitteras. Det som transmitteras genom glaset träffar en yta i rummet och energin omvandlas värme. Värmeavgivningens storlek beror av vilken sorts yta den träffar. Solinfallet varierar över dygnet och året. Öst- och västorienterade fönster ger mest instrålning sommartid medan söderorienterade fönster ger mest instrålning under vintertid. Givetvis spelar även fönstrets placering och storlek en betydande roll (Petersson, 2007).

4.1.2 Vind

Hur stora energiförlusterna är påverkas även av vind mot huskroppen. På vindsidan skapas ett övertryck mot fasaden och på lovertssidan ett undertryck eller sug. Är inte utformningen av konstruktionen tät innebär det antingen att utomhusluft trycks in på vindsidan, eller sugs ut på lovertssidan. Otäthet kan generera stora energiförluster (Boverket, 2007).

4.1.3 Ventilation

En betydande del av en byggnads tillförda energi ventileras bort antingen frivilligt eller ofrivilligt. Det finns olika sätt av ventileras och det är luftomsättningen som styr hur stora luftföringsaggregat som krävs.

För en vanlig bostad räcker ofta ett självdragsystem där den naturliga ventilationen är drivkraften. Nyare byggnader med noga utförda tätskikt kräver ofta en frånluftfläkt, F-system, för att uppfylla ventilationskraven. Ibland behövs även både från- och tilluftsfläktar, FT-system. Med fördel kan sådana system sammankopplas med värmeåtervinningssystem som återvinner energin i den redan uppvärmda luften som skall ventileras bort, det kallas då för FTX-system (Abel, 2008).

4.1.4 Temperatur

En drivkraft uppstår om skillnaden i temperatur mellan inomhusluft och utomhusluft är stor. Värmeeffektbehovet samt värmeenergibehovet ökar med temperaturdifferensen för att kompensera de ökade förlusterna, se ekvation 2.2. Ytterligare temperaturdata att ta hänsyn till vid beräkningar är byggnadens tidskonstant för bestämning av DUT, (Dimensionerande utomhustemperatur), medeltemperatur för orten, luftfuktighet [kg/m³], relativ ånghalt [RÅ %] och värmeförbrukningstal för inomhustemperatur och ort [Kh/år] (gradtimmar/år) (Petersson, 2007).

4.1.5 Värmemotstånd

Olika material har olika förmågor att leda värme. I regel används isolering i byggnadens yttre delar för att bevara värmen inomhus. Isoleringen är en viktig byggnadsdel som påverkar byggnadens värmeledningsförmåga i mycket hög utsträckning. Därför är väldigt viktigt att utförandet av isoleringsskiktet görs på ett korrekt sätt.

4.1.6 Byggnadens placering och utformning

Energiåtgången påverkas även av byggnaders placering och omgivning. Dess form och volym blir vid projektering av energisnåla hus viktiga faktorer. Hänsyn till placering på tomten med avseende på normal vindriktning och vädersträck utnyttjas för att optimera energibehovet. Beroende på vad för sorts byggnad det handlar om är kompakt form utan utstickande delar och få fönster åt norr som minskar energiåtgången (Petersson, 2007).

4.1.7 Brukaren

När en byggnadskonstruktion förändras ur energisynpunkt kostar oftast ingreppen både tid och pengar. Men vad som i regel direkt ger en energivinst är om brukandesätt kan förändras. Områden som direkt styrs av den som brukar rummet är luftomsättning eller ventilationssystemets flöden [l/h], tappvarmvatten [m³/år] och elanvändningen [kWh/år]. Vanligtvis är en person som bor i en hyresbostad inte särskilt sparsam med el och varmvatten eftersom det inte ingår i hyran. Allmänna vanor så som användning av elektriska apparater, belysning, solskydd och vädring påverkar energianvändningen. Inställningsmöjligheten av värmesystem är även en viktig del (Petersson, 2007).

4.2 Material och byggnadssätt

Med avseende på byggnadsteknik har energifrågor inte varit så högt prioriterade historiskt men det har ändrats med tiden. Idag är utbudet av byggnadsmaterial mycket stort och det finns många olika sätt att uppfylla ett funktionskrav. Dagens material genomgår dessutom många olika tester och har höga krav på funktion och hållbarhet.

4.2.1 Historiskt använda byggmaterial och utföranden

Historiskt sett har materialval i konstruktioner inte gjorts med hänsyn till dagens funktionskrav utan många gånger bara tillgodosett byggnadens mest grundläggande funktioner såsom bärighet och regnskydd. Detta har genererat att det nu finns ett stort renoverings- och effektiviseringsbehov i stora delar av Sveriges byggnadsbestånd byggt under stora delar av förra seklet. (Statens energimyndighet, 2009)

4.2.1.1 1910- till 1930-talet

Runt 1910-talet då Sverige fortfarande till största del fungerade som ett bondesamhälle ökade koncentrationen av bostäder och städer växte. Detta skedde delvis på grund av industrialiseringen. För att möta den ökade efterfrågan av bostäder införde regeringen lagar, bestämmelser och bidrag för att hjälpa bostadsmarknaden att hålla jämn takt med efterfrågan. Resultatet blev att bostadsproduktionen nära tredubblades fram tills 1930-talet (Engfors, 1987).

Under denna period bestod byggnadernas stommar av tegel-pelareverk, eller träfackverk, beroende på byggnadsstorlek och användningsområde. Tegelbyggnader var redan på 1800-talet en tusenårigt beprövad byggnadsmetod, men med industrialiseringen kunde nu byggmaterial industritillverkas istället för att tillverkas för hand. Med maskintillverkade tegelstenar med exakt form och yta revolutionerades byggnadsmetoder och användningsområde i både stomverk och fasad (Tägil, 1996:2; Thormark, C, 1998). 1930-talet blev även det årtionde då industribyggda småhus byggda med platta på mark slog igenom (Engfors, 1987).

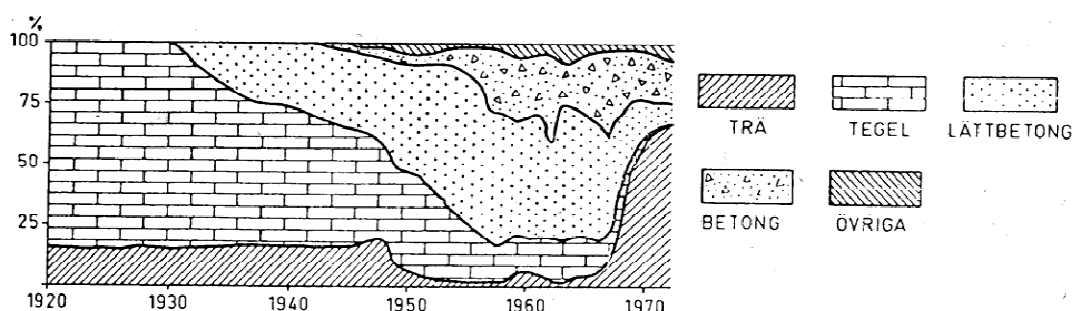
4.2.1.2 1940-talet

1940-talets oroligheter över världen gjorde att samhällsutvecklingen i Sverige avstannade nästintill helt under ett par år (Lundevall, 1994). Krigsåren gjorde även att det blev svårt att ta fram vissa typer av byggmaterial som då fick ersättas med nya obeprövade material. Men byggare vände sig snart vid denna materialbrist och hushållningen av resurser fortsatte även efter kriget. (Lundevall, 1994) Ransoneringstider gjorde att byggare även började fundera över hur energiåtgången såg ut i hushållen vilket i sin tur gav isoleringsmaterial nytt fokus. Tidigare hade olika former av primitiva isolermaterial mestadels fungerat som tätning i väggar. Funktionen var alltså inte i första hand att värmeisolera utan att undvika att drag skulle uppstå. När positiva besked om fred kom återvände framtidstron och byggandet tog rejäl fart vidare in på 50-talet. (Engfors, 1987)

4.2.1.3 1950-talet

Under 50-talet var det vanligt att grundsula och källarmur göts i armerad betong. Även bjälklagskonstruktioner förekom armerad betong. Ett uppreglat timmerbjälklag isolerades vanligen med kutterspån eller koksaska som var en restprodukt från tillverkningsindustrin. Ytterväggarna var ofta murverk av modifierat tegel med förhöjda isoleringsegenskaper. På väggens insida ökade krav om lufttäthet och löstes med träullsplattor på insidan som putsades med kalkcementputs. Vindsbjälklag byggdes likt övriga bjälklag i huset där utrymmet mellan bjälkar och takstolar fylldes med isoleringsmaterial. (Björk, 1984)

Byggnadsmaterial som ständigt kom att minska användningen av tegelstenen från 40- till 60-talet var lättbetongen och gasbetongen, se Figur 4.1. Den nya användningen av betong med större murstenar effektiviserade byggnadssättet på många sätt. Inre som yttre bärande väggar kunde byggas i materialet som dessutom hade bra isoleringsegenskaper i förhållande till tidigare använda material. Lättbetongmuren putsades ofta både utvändigt och invändigt för att ge en fin yta att måla på. Alternativt murades en vanlig tegelmur som yttre fasadskikt. (Björk, 1984)



Figur 4.1 Byggnadsmaterials fördelning i flerbostadshus från 1920- 1970.

Källa: Byggnadsforskningsrapport R91:1977, Hagstedt & Nyström.

4.2.1.4 1960-talet

60-talet blev genombrottet för prefabricerade hus med betongstommar. Ytterväggar och fasadskikt av olika sorters betongelement eller andra skivtyper blev vanligt förekommande (Engfors, 1987). Kulmen för detta byggnadssätt kom att vara under åren 1965-1974 då regeringens åtgärdsprogram för att avhjälpa dåvarande bostadsbrist genomfördes. Under dessa rekordår byggdes strax över en miljon nya lägenheter i landet. Störst fokus lades på att bygga många lägenheter under kort tid, men det ledde också till att framtida drift- och underhållsfrågor kom i skymundan, vilket skulle märkas i framtiden (Vidén, 1992).

4.2.1.5 1970- till 2000-talet

Energikriser, nya krav på byggnadstekniska funktioner och värmeisoleringsstandarder karakteriserar 70-talets byggnadstrender. Mitt under miljonprogrammets fulla framfart chockades världen med besked om tredubbla oljepriser vilket skulle komma få stora konsekvenser för framtida drift av det stora antalet nybyggda lägenheterna i landet (Riksbanken, 2003). Det tidigare vanliga byggnadssättet med murade stommar upphörde nästintill helt under perioden. Fokus siktades nu in på energibesparande konstruktioner, och detta skulle innebära vidareutveckling av byggandet med träregelbaserade ytterväggar med goda isoleringsegenskaper och höga krav på täthet.

4.2.2 Dagens material och byggnadssätt

Byggnadssätt och material i Sverige präglas idag av funktions- och miljökrav. Det finns kolossalt många alternativ till materialval och konstruktionssätt vilket både kan vara en styrka men också en vilseledare för den okunnige byggaren.

Då rapporten syftar till åtgärdsförslag vid energieffektivisering nämns här nedan endast material som är vanligt förekommande vid energiförbättringsåtgärder och som har egenskaper som kan vara av nytta för energieffektivisering.

4.2.2.1 Isolering som material

Isolering är den typ av byggnadsmaterial som har störst inverkan på energibehovet. Det finns en mängd olika typer som enligt C. Thormark kan delas in i tre olika huvudgrupper efter de råvaror de är tillverkade av; växtfiber, mineraler och olja. (Thormark, C, 1998)

Tabell 4.1 Växtfiberbaserade material

	Specifikation	λ_{dekt} [W/mK]
<i>Träfiber och cellulosa</i>	Tillverkas av ren träfiber eller av returpapper. Används både som lösull och i skivor. Brand- och mögelskyddas genom impregnering.	0,039-0,042
<i>Träfiberskivor</i>	Tillverkas av våtpressade och värmebehandlade träfiber. Används som porösa skivor. Har använts sedan tidigt 30-tal.	0,050-0,13
<i>Träullcement-skivor</i>	Tillverkas av restprodukter från träindustrin som blandas med cement. 70 % cement gör skivorna fuktbeständiga och brandskyddade. Fungerar som bra underlag för putsning.	0,080-0,13
<i>Kutterspån och Sågspån</i>	Tillverkas inte utan är en restprodukt från träindustrin. Kalkbehandlas för att göras mögelbeständigt.	0,08

(Thormark, C, 1998) (Petersson, 2007)

Tabell 4.2 Mineralbaserade material

	Specifikation	λ_{dekl} [W/mK]
<i>Glasfiber</i>	Tillverkas av sand, kalk, soda samt returglas. Stenull utav bergmineral. Finns som lösull och skivor. Tillhör samlingsnamnet mineralull.	0,033-0,042
<i>Stenull</i>	Tillverkas utav bergmineral. Finns som lösull och skivor. Tillhör samlingsnamnet mineralull.	0,033-0,042
<i>Perlit</i>	Tillverkas av vulkaniskt glas som är underkyld lava, rent naturmaterial. Lavan bryts i dagbrott och expanderas vid hög temperatur (1000grader) då isoleregenskaperna uppstår. Finns som lösull och i gjutna block. Används främst i tak och grund.	0,040
<i>Cellglas</i>	Tillverkas av till största delen sand men också returglas. Materialet har god tryckhållfasthet och är diffusionstätt. Även kallat foamglas.	0,039-0,045

(Thormark, C, 1998) (Petersson, 2007)

Tabell 4.3 Oljebaserade material

	Specifikation	λ_{dekl} [W/mK]
<i>Cellplast</i>	Tillverkas av 2 % polystyren och 98 % luft. Finns som skivor i olika hållfasthetsklasser.	0,030-0,040
<i>EPS, expanderad polystyren</i>	Tillverkas av 2 % polystyren och 98 % luft. Används främst som skivor för isolering av väggar och grund. Är fukt- och trycktåligt.	0,030-0,040
<i>XPS, extruderad polystyren</i>	Tillverkas av 2 % polystyren och 98 % luft. Används där mycket höga krav på tryckhållfasthet och låg vattenabsorption krävs.	0,030-0,040

(Thormark, C, 1998) (Petersson, 2007)

4.2.2.2 Ångspärr

I olika avseenden diskuteras det huruvida en ångspärr är nödvändig i en konstruktion eller ej. Gamla hus kan "må alldeles utmärkt" ur fuktsynpunkt trots att de inte har någon ångspärr i sin konstruktion alls. Två viktiga förhållanden gör dock att förutsättningen förändrats från äldre hus till dagens (Thormark, C, 1998).

I äldre hus finns eller fanns i regel en form av uppvärmningssystem som innebär att luftväxling kunde ske i rökgaskanalen året om. Därmed minskade risken att fuktig luft trycks ut i konstruktionen av övertrycket inomhus (Thormark, C, 1998).

Dagens beteende med matlagning och mer duschande producerar också betydligt mer fukt åt luften än tidigare. Risken för fuktproblem är störst i vindsbjälklag, främst därför att trycket är högst där. Otätheter innebär då stora risker, särskilt om takkonstruktionen utgörs av en kallvind. Även ytterväggar och grundkonstruktioner lider liknande problem med ökade fuktlaster. (Thormark, C, 1998)

Att ångspärren i nya hus är av plastfolie är inget måste, men det är i dagsläget det billigaste och lättaste sättet att skapa täthet i konstruktionen. Andra material med relativt hög täthet är till exempel spontade skivor eller betong (Thormark, C, 1998).

4.2.2.3 Putsbruk

Putsbruk används i sammanhanget som fasadbeklädnad, antingen för skyddande av murverk eller endast i estetiskt syfte. Beståndsdelarna är bindemedel, tillsatser, sand och vatten, och som alla bruk så påverkas hållfasthet och konsistens av proportionerna av blandningen.

En fasadputs utgörs av ett cirka 10 mm tjockt skikt som målas med lämplig färg, om inte bruket redan är färgat i blandningen. Olika bruk har olika egenskaper i ångmotstånd, vattenupptagningsförmåga, slagåtlighet, frostbeständighet och så vidare. Vid tilläggsisoleringar av fasader är puts ett populärt alternativ som fasadyta då bruket putsas direkt på monterad isolerskiva, exempelvis en EPS-skiva. (Sveriges Murnings- och putsentreprenörsförening, SPEF, 2006)

4.2.2.4 Stommaterial

Valet av stomme påverkar till viss del energiflödet i byggnader. Främst med avseende på att olika material har olika förmåga att lagra energi. Värmetröghet, stommens exponering mot inneluft och materialtjocklek är aspekter som påverkar stomlagringseffekten. För jämförelsens skull visas vanliga byggnadsmaterials lagringskapacitet i Tabell 4.4 (Energilotsen, 2007).

Tabell 4.4 Vanligt förekommande byggnadsmaterials termiska tröghet, värmekapacitet, densitet och aktiva inträngningsdjup.

Material	Termisk tröghet [W(s ^{0,5})/m ² K]	Värmekapacitet [J/kg,K]	Densitet [kg/m ³]	Aktivt inträngningsdjup [cm]
Granit	2800	750	2700	21
Betong	1800	950	2300	15
Tegel	900	850	1500	11
Gips	400	800	800	9,5
Trä	310	2700	500	7
Lättbetong	230	950	500	9
Mineralull	40	750	15-200	16

(Energilotsen, 2007)

4.2.2.5 Glastyper

Det finns en rad olika glastyper att välja på till ett fönster så som råglas, skyddsglas, färgade solskyddsglas, energiglas, självrengörande glas och så vidare (Villans Glas, 2010).

Isolerglas har sedan början av 60-talet tillverkats i olika utföranden som alla verkar till bättre värmeisolering. Det finns olika utföranden som till exempel trippel- isolerglas eller fasta energiglas som kombineras i en två-glas konstruktion med argongas emellan (Villans Glas, 2010). Vid energieffektiviseringsåtgärder är det ibland inte ekonomiskt försvarbart att byta ut befintliga fönster utan då finns alternativa metoder till förbättring. Olika former av en tredje isolerruta kan monteras på insidan av befintlig glasruta. Det finns modeller som passar både fasta och öppningsbara fönster. (Villans Glas, 2010)

5 Åtgärder vid energieffektivisering

Åtgärderna delas upp i två kategorier, byggnadstekniska och installationstekniska. Rapporten lägger störst vikt vid de byggnadstekniska åtgärderna.

5.1 Byggnadstekniska åtgärder

Byggnadstekniska åtgärder kan i vissa fall göras med enkla åtgärder som ger förtjänst direkt. En mer omfattande åtgärd innebär ofta stora investeringar och långsiktiga avbetalningsplaner, men genererar dock ofta större mervärde åt byggnaden och är därför i de flesta fall ändå det bättre alternativet.

Att tilläggsisolera är till exempel en relativt omfattande åtgärd men förbättrar byggnaden i stort då åtgärden bidrar till tätare hus, mindre köldbryggor och förbättrad bullernivå.

5.1.1.1 Fasad

Ur fuktsynpunkt är en utvändig tilläggsisolering bättre än invändig. Med en utvändig tilläggsisolering ökar temperaturen i väggen och därmed fukttåligheten medan invändig tilläggsisolering istället minskar tåligheten. Om invändig tilläggsisolering är det enda alternativet bör en fuktstudie utföras. (Petersson, 2007)

Utvändig tilläggsisolering är en relativt dyr åtgärd i förhållande till besparing och därmed bara lönsam om fasaden ändå är i behov av renovering. Åtgärden förändrar temperaturfördelningen i väggen vilket innebär att en kontroll av fönstrens placering i väggens djup måste göras för att undvika nya köldbryggor. Är både fönster- och fasadrenovering planerad är tilläggsisolering en bra åtgärd. (Petersson, 2007)

5.1.1.2 Tak

Med fördel tilläggsisoleras vindsutrymmen invändigt med lösullisolering av passande sort. Materialet tätar bra runt takstolar och bjälklag samt ger en jämn isoleringstjocklek. De olika materialen har olika egenskaper vilket kan vara bra att ta hänsyn till då fuktbilden förändras. Åtgärden är bra då den kan genomföras utan att påverka konstruktionen i övrigt (Petersson, 2007).

Ett annat sätt att isolera en takkonstruktion i efterhand är att placera tilläggsisolering utanför tätskiktet. Hela takkonstruktionen blir då varmare och mer fukttålig. Det är dock viktigt att tänka på att kraven på ventilation av vindsutrymmet kan öka då taket nu är helt diffusionstät. Åtgärden är i kombination med en takrenovering en enkel förbättringsåtgärd. (Petersson, 2007)

5.1.1.3 Källare och grund

Vad som ofta glöms bort är att grundkonstruktioner ofta är dåligt isolerade och har stora köldbryggor. Är en källare uppvärmd är det viktigt att den är så välisolerad som möjligt med tanke på att marken har relativt jämn och låg temperatur över året.

Att tilläggsisolera under en befintlig konstruktion är sällan ekonomiskt försvarbart. Men vid en dränering av en källarvägg går det enkelt att utvändigt förbättra

konstruktionens isolering genom att använda till exempel en kombinerad dränering- och isoleringsskiva.

För att höja temperaturen i krypgrunder kan marken där isoleras. Då sådana åtgärder är mycket komplexa bör noggranna fuktstudier göras där hänsyn till ventilation måste göras. (Petersson, 2007)

5.1.1.4 Fönster och dörrar

Fönster och dörrar skall förutom krav på regntäthet vara helt lufttäta i dess anslutningar. Oangelägenheter som annars kan uppstå är, kallras, kondensbildning, energiläckage och kalla ytor. Samtliga anslutningar i konstruktionen som är dåligt utföranda kan leda till otätheter, men det är främst fönster och dörrar som är (Petersson, 2007).

Utvecklingen av energieffektivare fönster och dörrar har gått framåt mycket under senare år. Moderna dörrar och fönster har idag U-värden ner till under 1,0 [W/m²K] medan ett gammalt fönster har U-värde omkring 3,0 [W/m²K]. (Petersson, 2007)

Det finns olika möjligheter att förbättra ett fönsters U-värde, ett alternativ är att montera ett lågmissionsglasskikt innanför befintligt glas. Solstrålning gör att rutans temperatur höjs vilket leder till att kallras minskas eller elimineras. Åtgärden medför att U-värdet minskas med upp till 60 %. (Nordic House, 2010)

5.1.2 Köldbryggor

Klimatskalet isoleras för att bevara värmen på insidan konstruktionen. Om det finns genomgående material i det värmebevarande skiktet uppstår ett ökat värmefflöde. Till exempel är träreglar, betongbjälklag och punktfästningar tydliga köldbryggor. Kan en köldbrygga ”kläs in” med isolering för att bryta direktkontakten med den kalla utomhusluften förbättras värmeisoleringsförmågan. (Petersson, 2007)

På hus byggda i mitten av 1900-talet förekommer balkonger som i princip bara är förlängda våningsbjälklag som sticker rakt ut i det fria från huskroppen. Dessa utgör enorma köldbryggor och dessa isoleras eller byggas in kan en stor besparing göras (Sveriges byggindustrier, 2008).

5.2 Installationstekniska åtgärder

Jämför man byggnadstekniska åtgärder med installationstekniska åtgärder ger de byggnadstekniska åtgärderna största effekt. Dock är de installationstekniska åtgärderna ofta enklare att utföra och har kortare återbetalningstid.

5.2.1 Sänka temperaturer

Den snabbaste åtgärden som får direkta konsekvenser för energibehovet är att sänka inomhustemperaturen. Upplever boende/brukare att de behöver vädra ofta på grund av övertemperaturer kan det vara ett fel i systemet som genererar ökat energibehov. När kall vädringsluft en temperaturgivare tror systemet att rummet är kallt och ökar då värmefflödet ”i onödan” (Abel, 2008).

5.2.2 Apparater och maskiner

Något som ofta glöms bort är att se över effektiviteten i aktuella apparater. Utvecklingen har under senare årtionden gjort stora framsteg där effektiviteten blivit allt viktigare. Genom att se över och jämföra vad exempelvis ett nytt kylskåp förbrukar i förhållande till ett tjugo år gammalt kan indikationer om effektiviseringspotential ges.

En annan förbättringsåtgärd är att installera timer och behovsstyrning av apparater där det är möjligt (Abel, 2008).

5.2.3 Belysning

Vidare är det mycket viktigt se över hur ur effektiv belysningen är ur energisynpunkt. Att byta till lågenergilampor, installera närvarostyrd belysning och timer är enkla energieffektivitetsåtgärder. Belysningen är den största posten i hushållselen och står för cirka 20 % (Statens energimyndighet, 2009)

5.2.4 VVS

Varmvattenförbrukningen går att minska med relativt enkla åtgärder. Med snålspolande blandare kan förbrukningen nära på halveras vilket gör att investeringen för ett normalhushåll återbetalas på drygt ett år (Bonab, 2010).

Andra åtgärder för större fastigheter kan vara att värmeisolera framledningsrör och se över varmvattencirkulationen om sådan finns (Abel, 2008).

5.2.5 Ventilation

I byggnader med olika utförande av mekanisk ventilation eller värmeåtervinning finns många gånger stora energivinster att göra, särskilt i fastigheter med äldre aggregat. Med en fullständig kontroll av fläktaggregat, värmebatteri, kylanläggning och värmeåtervinning kan ett onormalt högt energibehov åtgärdas. Viktigast är att systemet på något sätt behovsstyrs och det kan göras på olika sätt, till exempel genom närvarostyrning, timer eller koldioxidmätning (Abel, 2008).

5.2.6 Separat mätning

Genom att ordna så att brukaren själv står för förbrukningskostnader skapas ett medvetande om hur mycket energi som går åt och man har möjlighet att ändra sina vanor för att minska energiflödet. Främst handlar det om separat el- mätning, mätning av varmvattenförbrukning samt mätning av uppvärmningssystem (Abel, 2008).

5.2.7 Uppdatering och justering av befintligt system

Med ett värmesystem som snabbt reagerar på temperaturförändringar skapas en jämn temperaturbild inomhus. Detta kan åstadkommas genom att fler givare installeras utomhus och/eller inomhus (Bonab, 2010).

Efter en energieffektiviseringsåtgärd är det viktigt att minska flöden i radiatorsystem och tilluft annars generas ingen energivinst.

Vid fastigheter med både kyl- och värmesystem är styrningen särskilt viktig. Kan ett bredare temperaturspann tillåtas behöver systemen inte arbeta lika ofta. Självklart ska två sådana system aldrig verka samtidigt (Abel, 2008).

5.3 Tillstånd för effektiviseringsåtgärder?

I stor utsträckning kan energieffektiviseringsåtgärder genomföras utan att söka tillstånd. Dock kan det i detaljplanen vara förutbestämt hur en byggnad får se ut eller vara uppbyggd. Vid till exempel en utvändigt tilläggsisolering som ändrar fasadens utseende måste en kontroll göras för att se om det är tillåtet enligt detaljplanen.

5.3.1 Lag

För så väl nybyggnationer som ändringar av befintlig bebyggelse ställs i plan- och bygglagen, PBL, krav som skall följas. Det är kommunen som byggnaden ligger i som har ansvar för att PBL efterföljs. Lagen omfattar alla typer av ändringar vilket innebär att det ibland krävs tillstånd att genomföra energieffektiviseringsåtgärder (Rättsnätet, 2009).

Lagen säger att vid ändringar i befintlig konstruktion ska hänsyn tas till väsentliga tekniska egenskaper. Bland annat anges i Punkt 6 i fråga om energihushållning och värmeisolering att de varsamhetskrav som finns i PBL kapitel 3 (Krav på byggnader) ska följas. Kapitel 3 innebär i korthet att vid ändringar ska byggnadens karaktärsdrag beaktas och byggnadstekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden tas till vara (Rättsnätet, 2009).

6 Bofinken 1

I kapitlet beskrivs fastigheten Bofinken 1 som ligger på Idrottsgatan 2 i Alingsås. Uppgifter är hämtade från studiebesök, bygglovsritningar, energideklaration (från 2008) samt nätbolag.

6.1 Funktion

Fastigheten är ett flerbostadshus med fem hyreslägenheter om cirka 60 m² vardera. Idag bor 10 personer i huset som alla brukar samma entré och trapphus. I byggnadens vindsplan är en lägenhet belägen samt även förrådsutrymmen för de boende. I källaren finns ytterligare förråd samt gemensam tvättstuga och torkrum.

6.2 Fastighetens utseende, omgivning och historik

Fastigheten är belägen i ett gammalt bostadsområde med hus från början av 1900-talet. Fem minuters promenad till sjön Gerdsken och tio minuters promenad till stadskärnan gör lägenheterna attraktiva. Till fastigheten finns en stor trädgård med buskar och fruktträd som skapar en gemytlig känsla åt omgivningen. Men en nackdel är närheten till E20 som ligger ungefär 100 meter från tomten med tung trafik dygnet runt som skapar buller.



Figur 6.1 Bofinken 1, fasad i öst mot trädgård.

Vid byggnadens uppförande år 1937 kläddes fasaden med stående träpanel och taket med lertegelpannor. Vid den tiden anlades endast ett hygienrum i källaren för samtliga boende i huset. Senare har badrum inretts i varje lägenhet och träfasaden har klätts om med eternitplattor. Byggnadens uppvärmningssätt har också bytts ut från oljeanvändning till bergvärmepump.

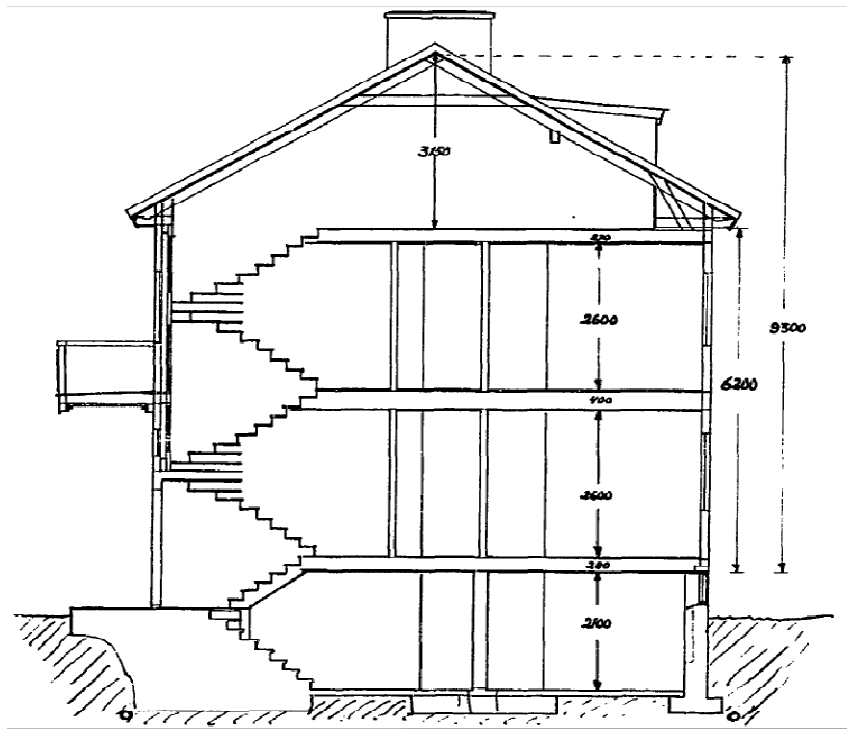
Detaljplanen från 1930-talet som fortfarande gäller styr markanvändandet och säger att byggnaden inte får byggas ut. I övrigt är det tillåtet att utföra ändringar i fasad om aktsamhet för omkringliggande bebyggelse vidtas.



Figur 6.2 Bofinken 1, fasad mot idrottsgatan.

6.3 Konstruktion

Fastigheten byggdes år 1937 och kategoriseras som ett friliggande flerbostadshus, typkod; 320 - hyreshusenhet, huvudsakligen för bostäder. Byggnaden har källarplan och tre våningar ovan mark varav den övre är ett vindsplan, se Figur 6.3. Centalt i byggnaden finns ett trapphus.



Figur 6.3 Sektion från bygglovsritning 1936

6.3.1 Yttervägg och fasad

Ytterväggskonstruktionen är bärande består utifrån sett av 6 mm ljusa eternitplattor (asbestcement), vindpapp 4mm, träpanel 25mm (gamla träfasaden), spontade granplank 70mm, träskiva 15mm och invändig papp för tapetsering 4mm. Samtliga skikt ses som homogena och inget extra isoleringsskikt finns i väggarna.

6.3.2 Fönster

Samtliga fönster är av sorten två-glas öppningsbara. Fönstren är för sin ålder i gott skick med frisk träkärna. De har renoverats löpande i form av kompletteringskittning, bättringsmålning samt utbytande av tätningslister. U-värdet har uppskattats med hjälp av schablonmässiga värden till 2,8 [W/m²K] (karmyttermått).

6.3.3 Tak

Taket är ett klassiskt sadeltak med ca 30 graders lutning. På taksidan mot trädgården finns även ett taklyft för vindslägenheten enligt Figur 6.4. Tegelpannor, läkt och lumm-papp är av sämre skick och är inom snar framtid behov av renovering. Under pappen finns råspont, trätakstolar och innertak. Takkonstruktionen ventileras genom minimal takfotsventilering samt genom otätheter. Vid en takrenovering och utbyte av den otäta lumm-pappen till ett heltätt tätskikt bör ventilationsmöjligheter noga kontrolleras.



Figur 6.4 Vindsvåningens taklyft.

Att notera är att taket inte innehåller något isolerskikt, och eftersom stora delen av vindsvåningen används som tempererat utrymme blir transmissionsförlusterna för taket stora.

6.3.4 Grundkonstruktion och källaren

Marken består av lera och grus. Runt grunden finns nergrävda dräneringsrör. Närmast grundkonstruktionen ligger grus. Den bärande grunden består av 300 mm tjocka granitblock med en invändigt puts på ca 100 mm.

1,8 m av källarväggen ligger under mark och 0,5 meter ovan mark. Källargolvet består av 100 mm betong. Grundkonstruktionen är oisolerad.

I källaren finns förråd för hyresgäster och fastighetsskötare samt tvättstuga, torkrum och pannrum. Källaren är i princip uppvärmd med undantag från torkrummet som har en radiator. Ett värmetilskott i källaren tillkommer också från bergvärmepump, tvättmaskin, torktumlare och avfuktare.

6.3.5 Trapphus

Trapphuset och entrén är centralt belägen och är i princip helt uppvärmd bortsett från en radiator vid ytterdörren.

6.3.6 Vindsplan

På vindsplanet finns en lägenhet med kallvind längs sidorna. Lägenheten har även ett taklyft. Som förbättringsåtgärder är sågspån utbytt mot mineralull i kallvindens bjälklag. Vindsutrymmet undernock är hjälpligt tilläggsisolerad med mineralull där det varit möjligt.

Genom att inreda och isolera förrådsutrymmet kan lägenhetens yta utökas och därmed öka hyresintäkterna.

6.3.7 Ventilation

Byggnaden har inget ventilationsaggregat installerat utan ventileras genom självdrag. På grund av otätheter är dessutom den ofrivilliga ventilation stor. Radiatorer är i regel placerade under fönstren och ventiler sitter i takhöjd.

6.3.8 Areafördelning

Byggnadens bruttototalarea, BTA, är uppmätt till 531 m². Av dessa är byggnadens yta som är avsedd att värmas till mer än 10°C ($A_{temp.}$) uppmätt till 301m². Övrig yta är utrymmen så som trapphus, vindsförråd och källarplan.

6.4 Energibehov

Från att tidigare haft en oljepanna som värmekälla installerades 2001 en bergvärmepump som enligt energideklarationen från 2008 användes 19711 kWh/år. Av dessa var 4928 kWh/år varmvattenberedning och resterande 14783 kWh/år uppvärmning via det vattenburna radiatorsystemet. Bergvärmepumpen har en värmefaktor på 3 vilket innebär att den faktiska mängd energi som tillförs värmesystemet för att täcka byggnadens förluster är omkring 64890 kWh/år.

2008 uppgick behovet av fastighetsel till 897 kWh. Summeras energianvändningen blir den 20608 kWh/år vilket i energideklarationen normalårskorrigeras till 22228 kWh/år.

Ingen värmeåtervinning, solfångare eller annan förnyelsebar energikälla finns installerad i fastigheten.

7 Resultat och analys

Antaganden och resultat från beräkningar av byggnaden i sitt befintliga skick anges i första delen av resultatkapitlet. Därefter analyseras åtgärdernas inverkan på energibehovet. Slutligen görs en sammanställning där lämpliga åtgärder kombineras.

7.1 Indata och beräkningar

Vid beräkningar har indata och värden hämtas från konstruktionsritningar och energideklaration.

Förenklingar har gjorts i beräkningarna så vida att inga U-värden är korrigerade med avseende på fuktig miljö. Ingen viktning mellan λ -värdesmetoden och U-värdesmetoden har gjorts utan endast beräkningar med U-värdesmetoden har använts.

7.1.1 Antaganden

Då fastigheten är av äldre typ antas följande schablonmässiga normvärden:

- Ventilationsförluster $0,25 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$
- Luftläckageförluster 4 % av $0,8 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$
- Tappvarmvattenförbrukning $30 \text{ kWh/år}\cdot\text{m}^2$ ($30\cdot A_{temp}=9030 \text{ kWh/år}$)
- Hushållsel 3000 kWh/år och lägenhet (15000 kWh/år)
- Internvärme från:

Hushållsel, 70 % av totala förbrukningen

Människor, 1000 kWh/år per lägenhet

Tappvarmvatten, 20 % av tappvarmvattenförbrukningen

Värmeförbrukningstal för Alingsås antas vara densamma som för Göteborg, 86900 Kh/år .

Ingen värmeåtervinning finns i fastigheten.

Bergvärmepumpens värmefaktor uppskattas till 3.

Energipriset antas vara 1 krona/kWh.

7.1.2 Areafördelning

Areor använda i beräkningar är uppmätta från bygglovsritningar och redovisas i Tabell 7.1. Med A_{temp} menas yta avsedd att värmas mer än 10 grader, och med A_{oms} menas byggnadens omslutande area. (på den varma sidan räknat, inneväggar, golvyta och dyl.)

Tabell 7.1 Areafördelning i m^2 och andel av A_{oms}

Yta	m^2	%
Takarea	166	22,2
Väggarea	292	39,1
Fönsterarea	66	8,8
Källarväggarea, ovan mark	30	4,1
Källarväggarea, under mark	62	8,3
Källargolvarea	131	17,5
A_{oms}	747	100
A_{temp}	301	-

7.1.3 Energibehov

Vid jämförelse och beräkningar har vi använt oss av energiförbrukningsuppgifter från 2008 års energideklaration. 2008 uppgick det totala energibehovet till 20608 kWh (vilket normalårskorrigeras till 22228 kWh). Av dessa var 897 kWh fastighetsel och 4928 kWh till tappvarmvattenberedning. Enligt energideklarationen var det specifika energibehovet 59 kWh/år·m².

Eftersom lägenheterna har separata elmätare är hushållselen inte medräknad i energideklarationen. Lägenheternas hushållsel antas uppgå till 3000 kWh/år, och de fem lägenheternas totala förbrukning antas därmed uppgå till 15000 kWh/år.

7.2 Resultat

Följande resultat är beräknade med avseende på byggnadens befintliga skick.

Beräkningarna redovisas i Bilaga 1.

7.2.1 Transmissionsberäkningar

Transmissionsförlusternas fördelning samt U-värdesfördelning är enligt Tabell 7.2.

Tabell 7.2 Fastighetens U-värden, befintligt skick.

Byggnadsdel	U-värde	UA	%
Tak	0,95	158,2	19,0
Fasadvägg	0,99	290,3	34,9
Fönster/Dörrar	2,80	184,8	22,2
Källarvägg ovan mark	2,81	84,3	10,1
Källarvägg under mark	0,49	30,2	3,9
Källargolv (inkl. jordskikt)	0,33	42,5	5,1
Köldbryggor	-	42,1	5,0
$\Sigma =$	-	832,5	100

Köldbryggornas beräknades till 42 W/K och transmissionsförlusternas till 791 W/K. Totalt blev därmed byggnadens konduktans $K_{\text{tot}} = 833$ W/K med U-medelvärdet $U_m = 1,11$ W/m²K.

Kommentar: Bostäder med elvärme bör ha max $U_m = 0,4$ W/m²K och lokaler med elvärme $U_m = 0,6$ W/m²K.

7.2.1.1 Byggnadsdelars norm-U-värden

Som jämförelse visas i Tabell 7.3 vad den maximala genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten, U_i [W/m²K] inte bör överstiga. Värdena gäller för mindre byggnader med BTA 100 m², men kan även användas som jämförelse vid större byggnader (Petersson, 2007).

Tabell 7.3 Norm-U-värden [W/m^2K] jämfört med Bofinken 1.

	Bofinken 1	Bostäder och lokaler	En- och tvåbostadshus med direktverkande el
U_{tak}	0,95	0,13	0,08
$U_{\text{vägg}}$	0,99	0,18	0,10
$U_{\text{fönster/dörrar}}$	2,80	1,3	1,1
U_{golv}	0,33	0,15	0,10

Kommentar: Bofinken 1 har en eldriven bergvärmepump och räknas då till klassen bostäder med elvärme.

7.2.2 Energibalansberäkning

Fastighetens energibalansberäkningar gav resultat enligt Tabell 7.4 och 7.5.

Tabell 7.4 Energiförluster och tillskott samt dess fördelning.

	kWh/år	%
Q_t	72346	78,0
Q_v	7847	8,5
Q_l	2493	2,7
Q_{tvv}	9030	9,7
$Q_{\text{dr.el}}$	1000	1,1
$\Sigma =$	+92716	100
$Q_{\text{vå}}$	0	0
$Q_{\text{tillskott}}$	-17306	100
$\Sigma =$	-17306	100

Tabell 7.5 Summa energibehov, enligt energibalansberäkning.

ΣQ_{energi}	75410 kWh/år (exkl. hushållsel)
ΣQ_{energi}	90410 kWh/år (inkl. hushållsel)

7.2.3 Specifik energianvändning

Byggnadens specifika energianvändning uppgick till 251 kWh/år·m² exklusive lägenheternas hushållsel. Som kan jämföras med nybyggnadskravet som är 110 kWh/år·m², och 55 kWh/år·m² om det gäller byggnad med el.

Kommentar: Att vårt värde skiljer sig gentemot energideklarationens värde som är 59 kWh/år·m² är att vi inte räknat med bergvärmepumpens tillskott samt att vi räknat med uppmätt A_{temp} 301 m² och energideklarationen med A_{temp} 374 m².

7.3 Analys och åtgärder

Angivna åtgärdsförslag som gavs i teoridelen har legat till grund för valda åtgärder åt fastigheten. Vid analys av åtgärdsförslagen tar vi hänsyn till aspekter som energiförbättring, kostnad och livslängd.

7.3.1 Energiförbehov

På grund av bergvärmepumpens energitillskott är fastighetens energikostnader mycket låga. Det gör att energieffektiviseringsåtgärder inte blir lika lönsamma. I fortsättningen bortser vi från bergvärmepumpens tillskott och tänker oss att all använd energi är ”köpt” energi.

7.3.2 Energiförbrukningen

Fastighetens specifika energianvändning (251 kWh/år·m²) är mycket hög jämfört med referensvärden. Detta antyder att det finns stor potential att sänka energiförbehovet i fastigheten genom effektiviseringsåtgärder.

7.3.3 Avvikelse

Bland annat eftersom energideklarationen inte tar hänsyn till att bergvärmepumpen genererar en viss mängd ”gratis” energi ger våra beräkningar ett annat resultat jämfört med energideklarationen. Bergvärmepumpens värmefaktor är 3 och avvikelens storlek framgår av Tabell 7.6.

De schablonmässiga värden vi har antagit i beräkningsdelen skiljer sig antagligen en del från de verkliga värdena. Även A_{temp} skiljer sig från våra mätningar gentemot faktisk förbrukning vilket skapar ett fel vid jämförelse. Men med kännedom om felaktig indata framgår av Tabell 7.6 avvikelens storlek.

Tabell 7.6 Skillnad i teoretisk beräknad och uppmätt energianvändning, (exkl. hushållsel)

	kWh/år	Skillnad, kWh/år
Q _{energi} , teoretisk energianvändning, beräkningar	75410	10520
Normalårskorrigerad energianvändning inkl. den gratis energi bergvärmepumpen genererar, energideklaration	64890 $(22228-897) \cdot 3 = 63993$ $63993+897 = 64890$	

7.3.4 Åtgärdsförslag

Åtgärdsförslagen syftar till att jämföra energiförbättringen och tar ingen hänsyn till bergvärmepumpens tillskott. I åtgärderna anges energibesparing, livslängd, investering och återbetalningstid. Med *Besparing* menas minskat antal kWh/år. *Livslängd* avser materialets uppskattade livslängd. *Investering* inkluderar material- och montagekostnader. *Återbetalningstid* avser tiden för investeringens återbetalning.

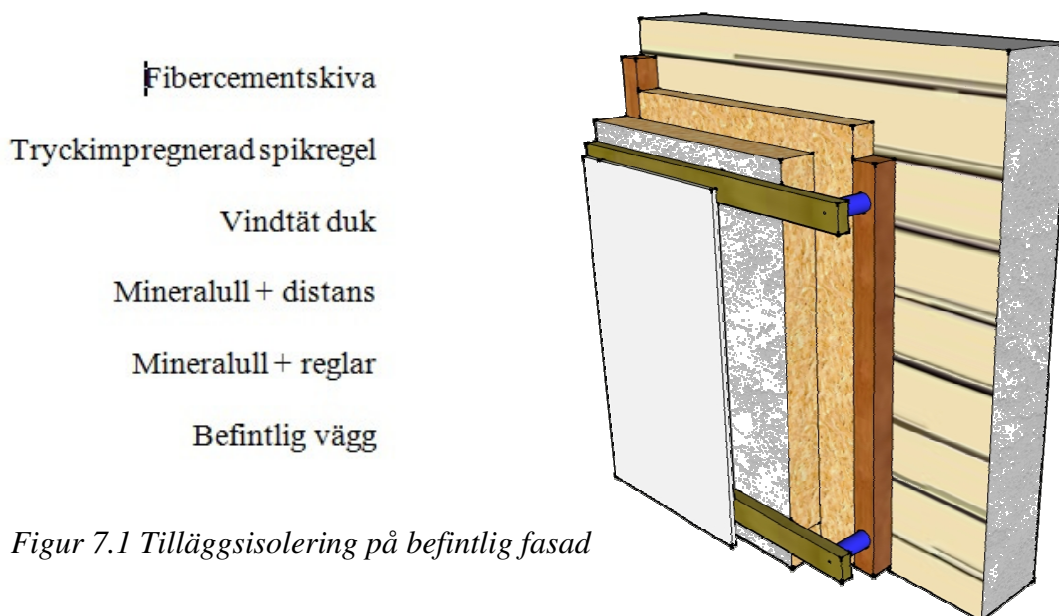
7.3.4.1 Fasad

Eftersom det inte finns något isoleringsskikt alls i befintlig konstruktion rekommenderar vi utvändigt tilläggsisolering. Åtgärden blir onödigt dyr om den endast utförs för isoleringens skull, men om en renovering av fasaden ändå är planerad ökar lönsamheten. Det framgår av Tabell 7.7 vilken isoleringstjocklek som är mest lämplig.

Tabell 7.7 Sammanställning tilläggsisolering fasad

Isoler-tjocklek [mm] (yttre + inre)	U-värde [W/m ² K]	Energi-användning [kWh/år]	Besparing [kWh/år]	Livs-längd [År]	Investering [kronor]	Pay-Back [år]	LCC >1,33
0	0,99	75410	-	-	-	-	-
45 + 45	0,28	57321	18089	50	322000	17,8	2,81
70 + 45	0,24	56154	19256	50	344000	17,9	2,80
95 + 45	0,20	55314	20096	50	362000	18,0	2,78

Åtgärden skulle kunna utföras enligt Figur 7.1 med två isolerskikt för att för att undvika köldbryggor.

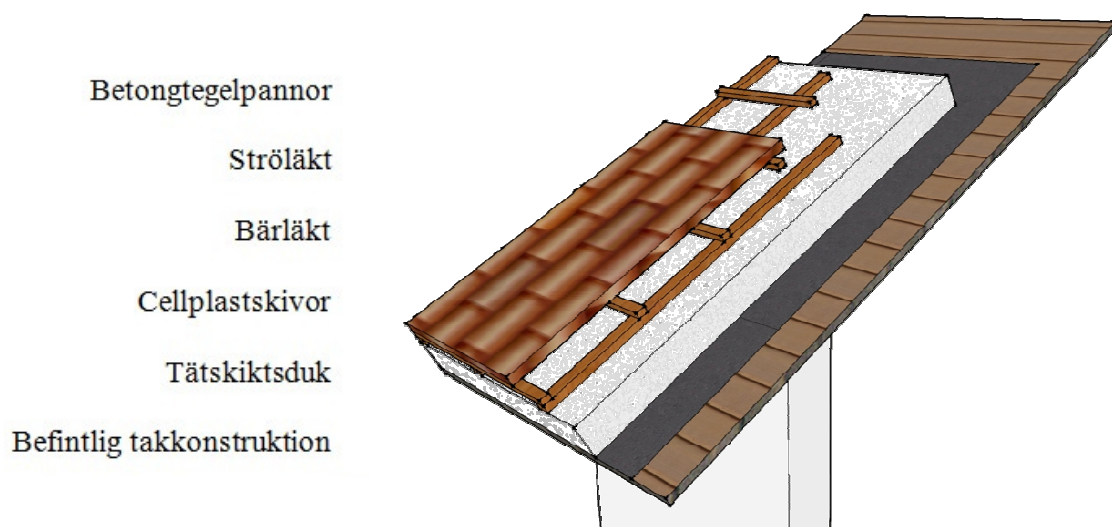


Figur 7.1 Tilläggsisolering på befintlig fasad

Vid en allt för tjock tilläggsisolering förändras temperaturlinjen i väggen och fönstrens placering kan komma utgöra risker för köldbryggor. En djup fönsterplacering innebär också mindre solinstrålning. Därför bör fönstrens placering nog utredas innan åtgärd.

7.3.4.2 Tak

Då vindsvåningens rumshöjd i princip sträcker sig ända upp inock finns inget utrymme att tilläggsisolera invändigt. Det är också komplicerat att fylla luftskiktet mellan takstolarna med lösullsisolering. Däremot kvarstår möjligheten att isolera utvändigt. Exempelvis enligt Figur 7.2.



Figur 7.2 Tilläggsisolerat yttertak utvändigt

En sådan åtgärd ger takkonstruktionen ett stort mervärde då hela takkonstruktionen kläs in av ett homogent isolerskikt vilket gör att köldbryggor bryts och takkonstruktionens temperaturlösning blir gynnsam ur fuktsynpunkt då taket blir varmare.

Nackdelen kan vara att åtgärden gör taket för tätt jämfört med det gamla otäta tätskiktet. Men med ett korrekt utfört tätskikt med korrekt ventilerat vindsutrymme där möjlighet till uttorkning finns är lösningen bra. Optimal isoleringstjocklek framgår av Tabell 7.8.

Tabell 7.8 Sammanställning tilläggsisolering tak

Isoler- tjocklek [mm]	U-värde [W/m ² K]	Energi- användning [kWh/år]	Besparing [kWh/år]	Livs- längd [År]	Investering [kronor]	Pay- Back [år]	LCC >1,33
0	0,95	75410	-	-	-	-	-
50	0,43	64273	11137	50	89000	8,0	6,26
70	0,36	63153	12257	50	91000	7,4	6,73
100	0,28	62064	13346	50	95000	7,1	7,02

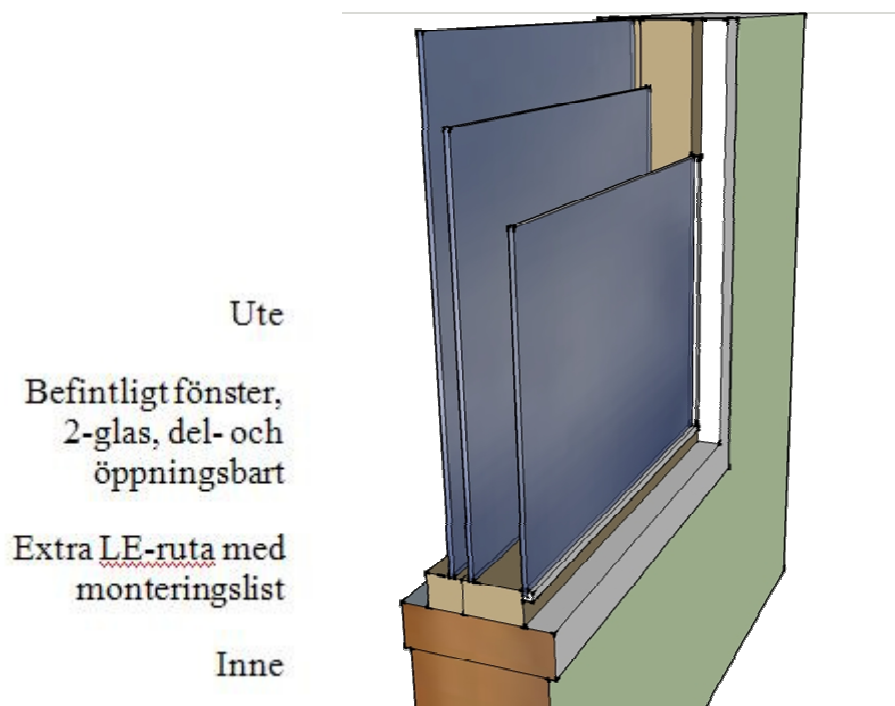
7.3.4.3 Fönster och dörrar

I och med en fasadrenovering skulle det vara passande att samtidigt genomföra ett fönsterbyte. Då skulle de nya fönstren kunna placeras på rätt fönsterdjup i förhållande till den nya fasaden. Nya fönster av olika sort innebär förändring enligt Tabell 7.9.

Tabell 7.9 Sammanställning utbyte av fönster

Fönster- typ	U-värde [W/m ² K]	Energi- användning [kWh/år]	Besparing [kWh/år]	Livs- längd [År]	Investering [kronor]	Pay- Back [år]	LCC >1,33
2-glas befintlig	2,80	75410	-	-	-	-	-
3-glas luft	1,90	70248	5162	50	351000	68	0,74
2-glas LE-skikt	1,90	70248	5162	50	407000	79	0,63
3-glas 2 LE- skikt	1,20	66233	9177	50	465000	51	0,99
3-glas 2 LE- skikt argon- gas	0,90	64153	11257	40	575000	51	0,78
3-glas 2 LE- skikt krypton- gas	0,62	62097	13313	40	612000	46	0,87

Om fönsterbyte av någon anledning inte är ett alternativ kan en tredje lågemissionsruta (LE-ruta) monteras antingen på befintliga klarglasat eller på insida fönsterbåge. Det senare alternativet visas i Figur 7.3.



Figur 7.3 Eftermonterad lågemissionsruta på befintligt fönster.

Rutorna är diskreta och bidrar till förutom ett förbättrat U-värde också till ökad bullerdämpning. Beroende av typ och utförande återbetalar sig åtgärden enligt Tabell 7.10.

Tabell 7.10 Sammanställning installera extra LE-ruta.

Fönster- typ	U-värde [W/m ² K]	Energi- användning [kWh/år]	Besparing [kWh/år]	Livs- längd [År]	Investering [kronor]	Pay- Back [år]	LCC >1,33
Extra LE-ruta	1,40	67380	8030	30	132000	17	1,83

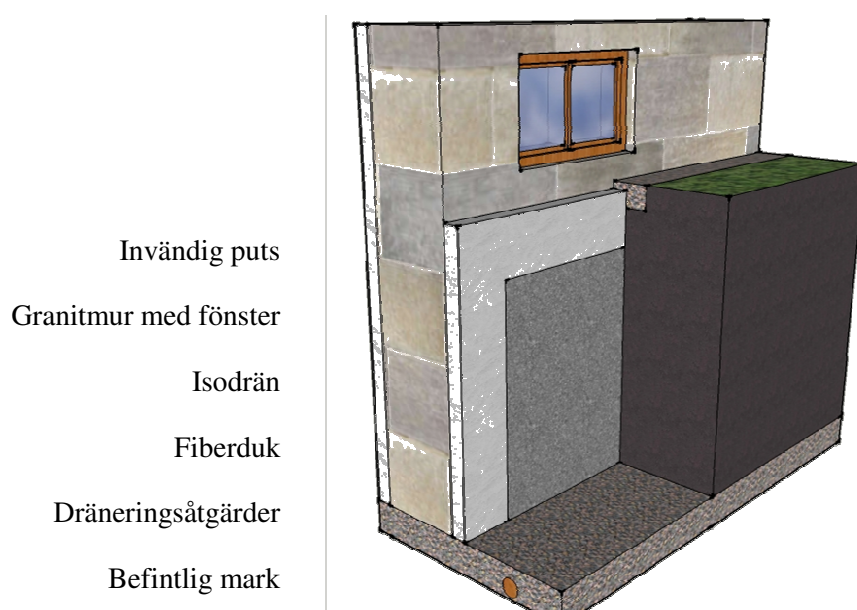
Övriga åtgärder med fönstren som inte innebär så stora ingrepp är att se över fönstrens täthet genom kittning, drevisolering och tätningslister.

7.3.4.4 Källare och grund

Det är i princip omöjligt att tilläggsisolera under plattan i efterhand om inte orimligt höga kostnader skall tillkomma.

Källarväggen ovan mark kan liksom fasaden kläs in med isolering och ny en fasadmur eller puts. Men då källarväggen är en gammal fin granitmur bevaras den. Visserligen är källarväggen ovan mark den byggnadsdel som har sämst U-värde men också den byggnadsdel som utgör minst area av konstruktionen.

Källarväggen under mark kan med fördel isoleras enligt Figur 7.4. En sådan markisolering fungerar som dränerande, kapillärbrytande och värmeisolerande. Åtgärden är egentligen bara aktuell då det råder fuktig miljö i källaren och marken behöver dräneras.



Figur 7.4 Dränering runt källarmur med tilläggsisolering

Aktsamhet vid åtgärden bör vidtas för att undvika sättningar. När jordmassorna runt källaren schaktas bort försvinner en del av effektivtrycket från omkringliggande jord och marken under byggnaden kan få ta upp allt för stora laster och kan då kompakteras. Optimal isoleringstjocklek framgår av Tabell 7.5.

Tabell 7.5 Alternativa isoleringstjocklekar för källarvägg under mark.

Isoler- tjocklek [mm]	U-värde [W/m ² K]	Energi- användning [kWh/år]	Besparing [kWh/år]	Livs- längd [År]	Investering [kronor]	Pay- Back [år]	LCC
befintlig	0,49	75410	-	-	-	-	-
65	0,26	70522	4888	50	38000	7,8	6,43
100	0,21	70242	5168	50	42000	8,1	6,20

7.3.4.5 Övriga energibesparingsåtgärder

Att montera vattebesparingsperlatorer på samtliga tappvattenställen i byggnaden är en enkel åtgärd som direkt minskar vattenförbrukningen. Nya blandare har i regel en besparingsfunktion inbyggda. Vattenbesparingsperlatorerna säljs ofta i set för dusch, handfat och kök och ger besparing enligt Tabell 7.6.

Övriga installationstekniska åtgärder som finns tillgängliga men som kan vara svåra att genomföra rent praktiskt redovisas även i Tabell 7.6.

Tabell 7.6 Övriga besparingsåtgärder.

Specifik åtgärd	Specifika åtgärdens minskning [%]	Energi-användning [kWh/år]	Besparing [kWh/år]	Livs-längd [År]	Investering [kronor]	Pay-Back [år]	LCC
Ingen sparåtgärd	-	75410	-	-	-	-	-
Vattenspar-perlatorer	50 (Q_{nv})	70895	4515	15	3000	0,7	22,58
Separat mätning av varmvatten-förbrukning	15 (Q_{nv})	74055	1355	60	8000	6	10,16
Täta, kitta, dreva	20 (Q_t)	74137	1273	10	2000	2	6,37

Det skulle också gå att behovsstyra belysning i allmänna utrymmen som trapphuset och källaren. Det finns möjlighet att isolera tappvarmvattenledningar och VVS-rör samt göra kontroller och justeringar av apparater samt kontrollera flöde i radiatorsystem.

7.3.4.6 Uppvärmningsätt

Bergvärmepumpen är relativt ny, 2001, vi har antagit dess värmefaktor till 3. Systemet har ingen varmvattencirkulation installerad, men med tanke på husets storlek är det heller inte aktuellt att installera sådan.

Eftersom huset har självdragsventilation finns det inte heller något centralt frånluftsschakt, och möjligheterna att installera ett FTX- system är därmed små.

En tänkbar förbättringsåtgärd som skulle kunna göras är att utnyttja den värmeavgivning torktumlare, tvättmaskin och avfuktare ger i tvättstugan året om.

Genom att ansluta en luft- luftvärmepump som hämtar energin ur tvättstugans luft och lämnar i trapphuset, höjs därmed temperaturen i trapphuset.

7.3.5 Kombinerade åtgärdsförslag

De olika åtgärderna kan kombineras på olika sätt för att ge ett visst resultat.

7.3.5.1 Störst energiminskning

För att sänka byggnadens energianvändning maximalt skall samtliga av föreslagna åtgärder med mest energibesparing utföras. Ekonomiskt är detta inte lönsamt då investeringskostnaderna blir mycket höga. I och för sig kan det vara fördelaktigt att genomföra många åtgärder på samma gång så som fasad renovering, fönsterbyte och takrenovering då ingreppen kan göras parallellt.

Om samtliga föreslagna åtgärder görs med avseende på att minska energibehovet blir det totala energibesparingen för byggnaden 59066 kWh/år. Dess nya energibehov blir endast 16344 kWh/år och dess specifika energibehov 54 kWh/år·m², vilket är en minskning med 79 %. Investeringskostnaderna uppgår till 1124000 kronor och investeringarna återbetalar sig på 19 år.

7.3.5.2 Billigast investering

Om en kombination av alla föreslagna åtgärder med billigast investeringskostnad görs erhålls inte lägsta möjliga minskning av energibehovet men den totala investeringen blir så låg så möjligt.

Energibesparingen blir 49287 kWh/år och energibehovet blir efter åtgärder 26123 kWh/år och specifika energibehovet 89 kWh/år·m². Minskningen blir 65 % och investeringarna uppgår till 594000 kronor som återbetalar sig på 12 år.

7.3.5.3 Snabbaste återbetalningstid

Om en kombination av alla föreslagna åtgärder med kortast återbetalningstid görs blir energibesparingen 51495 kWh/år och energibehovet blir efter åtgärder 23914 kWh/år med det specifika energibehovet 79 kWh/år·m². Minskningen blir 69 % och investeringarna uppgår till 600000 kronor och återbetalar sig på 12 år.

7.3.5.4 Rangordning av åtgärder

De åtgärder som återbetalar sig snabbast är inte alltid de som ger effektivast energiminskning och vise versa. Med hänsyn till investeringskostnad, livslängd, besparing, ränta och energipris anger LCC vilken åtgärd som i förhållande till andra är mest lönsam. Understiger LCC faktorn 1,33 innebär det att investeringen inte kommer att vara lönsam. Generellt sett är alla framtagna åtgärder mer eller mindre lönsamma förutom fönsterbyte.

Rangordnas åtgärderna efter LCC med mest lönsamma åtgärder först blir ordningen;

1. Övriga energibesparingsåtgärder
2. Tilläggsisolering av tak inkl. nya takpannor

3. Dränering och tilläggsisolering av källarvägg
4. Tilläggsisolering av yttervägg inkl. ny fasad
5. Extra LE-rutor
6. Fönsterutbyte

7.4 Felkällor

Beroende på hur väl byggnadskonstruktionen är utförd samt noggrannheten i använda antaganden och beräkningsmodeller varierar de teoretiska värdena gentemot de verkliga. Stört osäkerhet finns kring antaganden vi har gjort i kapitel 7.1.1, särskilt antaganden om det interna värmetillskottet, $Q_{tillskott}$. Viss felmarginal finns även i den uppmätta arean som gjorde utifrån de gamla bygglovsritningarna från 30-talet.

8 Slutdiskussion

Enligt de åtgärdsförslag som tagits fram visas att energibesparning går att göra, dock måste ganska stora investeringar till. Generellt sett talar både myndigheter och branschen om att energieffektivisering av Sveriges byggnadsbestånd måste göras. Här har den privata aktören sitt ansvar, men också kommun- och industrisektorn som har ett stort byggnadsbestånd därmed också ett stort ansvar.

8.1 Bofinken 1

Som visat finns det stora energibesparningar att göra, dock blir investeringar oftast bara lönsamma om de görs i samband med redan tänkta renoveringar.

8.1.1 Valt åtgärdsförslag

För att kombinera rätt åtgärder i rätt ordning med rimliga investeringskostnader och återbetalningstider med en så optimal effektiviseringsprocess så möjligt går det inte att endast stirra sig blind på resultatets siffror. Med prioriteringsordning enligt den som beskrevs i metoden bör följande åtgärder genomföras.

Eftersom taket är gammalt och i behov av renovering bör 100 mm tilläggsisolering tillföras i samband med renoveringen. Utförandet kräver att en byggnadsställning byggs upp runt huset och därför rekommenderas också att befintliga fönster kittas, tätas och målas om samtidigt.

Hade fasaden och fönstren varit i sämre skick än vad de är skulle de också lämpligen kunnat åtgärdas i samband med takrenoveringen, men så är inte fallet. Fönsterbyte och tilläggsisolering av fasaden innebär höga investeringar och långa återbetalningstider och prioriteras därför inte.

Invändigt rekommenderas också att befintliga fönstren tätas och målas för att därefter montera en extra LE-ruta. Investeringen är relativt kraftigt men ger förutom energibesparingen även andra förbättringar såsom minskat kallras, minskat buller från trafiken.

I dagsläget finns inga fuktproblem i källaren och dräneringen runt huset fungerar som det är. Därför lämnas källarväggen som den är utan förbättringsåtgärder.

Att installera separat mätning av tappvarmvatten görs ej då det rent praktiskt inte går att genomföra på ett rationellt sätt.

Däremot föreslår vi att installera vattenbesparingsperlatorer på samtliga tappvattenställen i huset.

Genomförs nämnda åtgärder genereras en energiminskning om 27164 kWh/år och det nya energibehovet blir 48246 kWh/år och det specifika energibehovet blir 160 kWh/år·m². Energibesparingen blir 36 % med investeringskostnader på 232000 kronor vilket återbetalar sig på 8,5 år.

8.1.2 Kommentarer till åtgärdsförslaget

I och med att vi i resultatdelen bortser från bergvärmepumpens tillskott överensstämmer inte vårt resultat med det verkliga. Väger vi in det verkliga tillskott

bergvärmen ger innebär det att det nya verkliga energibehovet (*tillförd "köpt energi"*) efter de utvalda åtgärderna minskar med 36 %. Det normalårskorrigerade energibehovet blir då 14226 kWh/år, alltså en förtjänst om ca 8000 kronor/år. Dock är fortfarande investeringskostnaderna de samma vare sig bergvärmepumpen genererar gratis energi eller ej. Detta gör att återbetalningstiden blir så lång som 29 år.

Vidare ger åtgärderna även förbättrad standard åt lägenheterna och ett bättre inomhusklimat fås. Därför anser vi att hyrorna borde gå att justera upp en aning.

Vi anser även att det förrådsutrymme som finns på vindsvåningen kan bortskaffas för att utnyttja dess yta till att inreda som lägenhetsyta och därmed höja hyresintäkterna en aning. Detta ingrepp genererar i sig ingen energieffektivisering utan snarare ökar energibehovet, men med högre hyresintäkter ökar investeringspotentialen vid framtida effektiviseringsåtgärder.

8.1.3 Generella kommentarer

Som fastighetsägare står man inför ett dilemma vad gäller effektiviseringsåtgärder. Två alternativ finns det, antingen investera ett förbättrat klimatskal eller investera i effektivare värmekällor såsom värmepumpar av olika slag, solenergipaneler och vindkraftsgeneratorer. Båda alternativen sänker kostnaderna och energibehovet men endast första alternativet minskar de faktiska energiförlusterna genom konstruktionen. Sett över lång tid kan det andra alternativet vara mer rätt att satsa på. Då man istället inväntar det naturliga renoveringsbehovet som finns av tak, fasader, dränering och då vid tillfälle kompletterar renoveringsåtgärderna med effektiviseringsåtgärder. På så vis utnyttjas både vinsten med värmepumpar och minskade energiförluster.

8.2 Vem bär ansvaret?

Utifrån resultatet tycker vi att vi har visat att det går att genomföra energieffektiviseringar i befintlig bebyggelse. Möjligheter finns alltså inom detta område, men för att Sverige ska nå uppsatta mål måste en förändring ske på alla plan inom energianvändandet i samhället. För byggsektorn innebär detta att fortsätta utveckling och forskning av nya byggmetoder så som i passivhus, plushus och lågenergihus.

Allt går dock inte att förändra genom teknikutveckling, beteendeförändring måste också till. Där ligger ansvaret mycket på den enskilde brukaren, men även på politiker på alla nivåer och företag. Enligt Energimyndigheten är av den uppvärmda arean i Sverige 64 % bostäder, 23 % lokaler och den resterande delen 13 % industrifastigheter (Statens energimyndighet, 2008). Ansvaret vilar därför även på dessa aktörer som har möjlighet att gå före och visa vägen.

Sverige som land är ett föregångsland inom dessa frågor internationellt, och är inom EU drivande vad gäller att bygga och genomföra en långsiktigt hållbar nationell klimatpolitik.

8.3 Hinder

Vågar byggsektorn för lite, är den för konservativ och långsam? Jämfört med dagens industrisektor som gör av med lika mycket energi som för 40 år sedan trots att

produktionen är mycket mer omfattande idag så ligger byggsektorn långt efter (Statens energimyndighet, 2009).

Vad är orsaken till detta? Anledningar kan antingen vara den bristande drivkraften hos fastighetsägare eller de ekonomiska investeringar effektiviseringsåtgärder innebär? Eller att myndigheters krav på byggnaders energianvändning nästintill varit oförändrade genom åren. Exempelvis kunde lagen om energideklaration införts långt tidigare.

Hur god förändringsviljan än är hos fastighetsägare är det ändå i slutändan den ekonomiska vinsten som är den största drivkraften. Det innebär att energieffektiviseringsåtgärder endast utförs i praktiken då återbetalningstiden är tillräckligt kort.

8.4 Framtiden

Enligt Boverket går byggsektorn åt rätt håll. De ser en positiv utveckling där uppvärmningen blir mer energieffektiv och mindre fossila bränslen används samt mer förnyelsebar energi. Men ändå är de oroliga för att det går för långsamt, att vi inte skall uppnå klimatmålen i tid (Boverket, 2010).

För att underlätta energieffektiviseringar borde kanske ett system som reducerar skatterna på energieffektiviseringsåtgärder införas. Ett system som skulle kunna lika ROT-avdraget. Saker som skulle omfattas av ett sådant system skulle förutom konvertering av energislag kunna vara installation av markvärmepumpar, fjärrvärme och biobränslepannor, tilläggsisolering av vindar och ytterväggar, energieffektiva fönster, tappvarmvattenarmaturer och effektiviserande åtgärder i ventilationssystem.

Att lämna över ett samhälle med stora bygg- miljöproblemen i Sverige är inte ett alternativ med dagens kunskapsläge och teknik, utan det ligger på vårt ansvar som byggare att hitta nya tillvägagångssätt för att nya lösningar skall komma till. Till exempel skulle det kunna vara ett krav att genomföra energieffektiviseringsåtgärder vid renovering av fastigheter.

8.5 Avslutning

Syftet med rapporten var att undersöka om energieffektiviseringsåtgärder är lönsamma i befintlig bebyggelse. Genom litteraturstudien visades att det finns potential i Sverige för att genomföra energieffektiviseringar och genom fallstudien visade vi att det finns lönsamhet i energieffektiviseringar.

Den stora utmaningen med energieffektiviseringsåtgärder anser vi ligga i att genomföra åtgärderna på optimalt sätt med hänsyn till miljö, ekonomi och energibehov. Detta är mycket svårt men man kan komma en bra bit på vägen genom att planera in energieffektiviseringsåtgärder fastighetens löpande renoveringsgång.

Vi har lyckats att hitta lönsamma åtgärder som reducerar energibehovet kraftigt. Och eftersom byggnaden vi studerat inte skiljer sig avsevärt från andra byggnader borde det därmed finnas liknande förutsättningar att lyckas andra håll i landet.

9 Litteraturförteckning

- Abel, E. E. (2008). *Byggnaden som system - andra reviderade upplagan*.
Forskningsrådet Formas.
- Björk, C. K. (1984). *Så byggdes husen 1880-2000; arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år*. (Vol. T1). Stockholm: Formas.
- Bonab. (2010). *Larm-Styrning-Reglering*. Retrieved from <http://www.bonab.se/> (2010-05-12)
- Boverket. (2009). *BBR avsnitt 9*. Retrieved from <http://www.boverket.se/> (2010-05-02)
- Boverket. (2007). *Byggnader i förändrat klimat; Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan*. Retrieved from <http://www.boverket.se/> (2010-04-25)
- Boverket. (2010). *God bebyggd miljö*. Retrieved from <http://www.boverket.se/> (2010-05-21)
- Boverket. (2008). *Regelsamling för byggande, BBR; avsnitt 9:12 Definitioner*. Retrieved from <http://www.boverket.se/> (2010-03-10)
- Bygga-bo-dialogen. (2010). *Bygga-bo-dialogen*. Retrieved from <http://www.byggabodialogen.se/> (2010-05-21)
- Chalmers. (2005). *Åtgärder för ökad energieffektivisering i bebyggelsen*. Retrieved from <http://www.publications.lib.chalmers.se/> (2010-04-15)
- Energilotsen. (2007). *Handledning för byggnadskonstruktörens energi- och inneklimatanalyser*. Retrieved from <http://www.energilotsen.nu/> (2010-05-02)
- Engfors, C. (1987). *Folkhemmets bostäder 1940-1960*. Stockholm: Arkitektmuseet.
- Hall, T. (1999). *Rekordåren, en epok i Svenskt bostadsbyggande*. Karlskrona: Boverket.
- Isover. (2009). *Isoverboken; Guide för arkitekter, konstruktörer och entreprenörer*. Retrieved from <http://www.isover.se/> (2010-03-13)
- Lundevall, O. (1994). *HSB och Bostadspolitiken*. Kristianstad: HSBs Riksförbund.
- Miljömålsportalen. (2010). *God bebyggd miljö*. Retrieved from <http://www.miljomal.nu/> (2010-05-21)
- Miljövårdsberedningen. (2008). *Svensk klimatpolitik, Betänkande av Klimatberedningen, Jo 1968:A*. Retrieved from <http://www.regeringen.se/> (2010-02-17)
- Nordic House. (2010). *Nordic Rutan*. Retrieved from <http://www.nordic-house.se/> (2010-05-07)
- Petersson, B.-Å. (2007). *Tillämpad byggnadsfysik* (Vol. 3:1). Lund: Studentlitteratur.

- Regeringskansliet. (2006). *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande, Proposition 2005/06:145*. Retrieved from <http://www.regeringen.se/> (2010-05-28)
- Regeringskansliet. (2010). *Regeringens proposition 2009:10 155*. Retrieved from <http://www.regeringen.se/> (2010-04-28)
- Regeringskansliet. (2006). *Svensk författningssamling: Lag om energideklaration för byggnader, SFS 2006:985*. Retrieved from <http://www.regeringen.se/> (2010-05-28)
- Riksbanken. (2003). *Inflationsrapport 2003:3 Oljepriset*. Retrieved from <http://www.riksbanken.se/> (2010-02-17)
- Riksrevisionen. (2010). *Energideklarationer ger få råd för pengarna*. Retrieved from <http://www.riksrevisionen.se/> (2010-05-21)
- Rättsnätet. (2009). *Lag (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.* Retrieved from <http://www.notisum.se/> (2010-04-15)
- Rättsnätet. (2009). *Plan- och bygglag (1987:10)*. Retrieved from <http://www.notisum.se/> (2010-04-15)
- Sandberg, E. (2005). *Förslag till svensk metodik; Energideklarering av bostadsbyggnader*. Retrieved from <http://www.energimyndigheten.se/> (2010-05-10)
- Statens energimyndighet. (2009). *Energiläget 2009*. Retrieved from <http://www.energimyndigheten.se/> (2010-05-08)
- Statens energimyndighet. (2008). *Energistatistik försmåhus flerbostadshus och lokaler*. Retrieved from <http://www.energimyndigheten.se/> (2010-05-22)
- Sveriges byggindustrier. (2008). *Rena vinsten bakom en finansiell barriär; energieffektivitet i befintlig byggnadsbestånd - En internationell utblick*. Retrieved from <http://www.bygg.org/> (2010-03-03)
- Sveriges Murnings- och putsentreprenörsförening, SPEF. (2006). *Rätt murat och putsat*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Thormark, C. (1998). *Isoleringsmaterial; En översikt*. Retrieved from <http://www.byggnadsvard.se/> (2010-05-08)
- Tägil, T. (1996:2). *Tegelbyggande på Skånska; en djupt rotad tradition*. (Vol. 1). Lund: Byggnadskultur, Svenska föreningen för byggnadsvård.
- Vidén, S. (1992). *Miljonprogrammets bostäder; Bevara-Förnya-Förbättra*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
- Villans Glas. (2010). *Glastyper*. Retrieved from <http://www.villansglas.se/> (2010-05-14)

Bilaga 1