

Avdelningen för Byggnadsfysik  
Examensarbete TVBH—23/5129  
Lund 2023

# Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

En teoretisk fallstudie av en 70-talsvilla



Elin Moberg  
Oscar Lugnegård



**LUNDS**  
UNIVERSITET



# Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

En teoretisk fallstudie av en 70-talsvilla

Elin Moberg  
Oscar Lugnegård

Examensarbete

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



© Elin Moberg och Oscar Lugnegård

ISRN LUTVDG/TVBH—23/5129—SE(118)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

**Titel:** Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus - En teoretisk fallstudie av en 70-talsvilla

**Författare:** Elin Moberg, högskoleingenjörsutbildningen i Byggt teknik med arkitektur, Lunds Tekniska Högskola

Oscar Lugnegård, högskoleingenjörsutbildningen i Byggt teknik med arkitektur, Lunds Tekniska Högskola

**Handledare:** Petter Wallentén, universitetslektor i Byggnadsfysik, Lunds tekniska högskola

**Examinator:** Karin Farsäter, Postdoktor i Installations- och klimatiseringslära, Lunds tekniska högskola

**Nyckelord:** 70-tal, Renovering, VIP-Energy, Energi

# Sammanfattning

Bygg- och servicesektorn står idag för mer än en tredjedel av Sveriges totala energianvändning. Energifrågan ligger i fokus och samhället strävar efter en mer hållbar utveckling. Samtidigt ökar elpriserna vilket lämnar många hushåll med dyra räkningar för uppvärmning av sina småhus.

En stor del av Sveriges småhus byggdes under 70-talet i samband med miljonprogrammet. Villabygandet var som mest intensivt under miljonprogrammets senare period, och på 10 år hann 436 000 småhus uppföras. En stor del av dessa hus uppfyller inte dagens normer eller krav avseende energianvändning då en stor del av energin försvinner genom transmissions- och ventilationsförluster. Många av husen är i behov av renovering på grund av åldrande, vilket möjliggjorde att samtidigt utföra energieffektiviserande åtgärder. Syftet med arbetet är att låta yrkes- och privatpersoner ta del av kunskapen om hur de kan investera i energieffektiviseringsåtgärder för sina hus.

Ett tidstypiskt 1970-tals småhus togs fram genom en litteraturstudie. Relevanta åtgärder på klimatskalet, uppvärmnings- och ventilationssystemet samt möjligheten till egenproducerad energi togs fram. Det framtagna typhuset simulerades i VIP-Energy och respektive åtgärd studerades i orterna Malmö, Stockholm och Sundsvall. Resultatet från simuleringen gav svaret besparad energi i kWh/m<sup>2</sup>,år. För att besvara vilka åtgärder som var mest kostnadseffektiva utifrån sparad energi utfördes en approximation av den ekonomiska aspekten. Resultatet av analysen besvarade investeringskostnad, återbetalningstid och besparing på 1, 10 respektive 50 år. För att undersöka om privatpersonen utförde rätt kostnads- och energieffektiva åtgärder på sina småhus utfördes en kvantitativ undersökning i form av ett formulär.

Resultatet visade att åtgärden som sänkte energianvändningen mest var att byta fönster och dörrar, installera någon form av värmepump och installera en frånluftsvärmepump. Det var även de åtgärder som gav störst besparing på huset i långa loppet. För egenproducerad energi sänkte solfångare husets energianvändning mest. Däremot var det solceller som gav störst besparing ekonomiskt i det långa loppet. En av slutsatserna som kunde dras var att kostnaden av det lokala elpriset styrde till större del lönsamheten i att energieffektivisera sitt hem. Genom en enkätundersökning angående vilka åtgärder privatpersoner utför idag visade den att privatpersoner valde rätt åtgärder på sina småhus när det kom till vad som var mest energieffektiviserande och ekonomiskt lönsamt i det långa loppet. Undantaget var ventilationssystemet då privatpersoner valde den åtgärd med lägst investeringskostnad.

Resultaten är till nytta för privatpersoner såväl som yrkesverksamma. Ges rätt förutsättningar till privatpersoner att göra rätt val gynnas inte bara hushållens ekonomi utan även samhället i sig. Sänker alla hushåll sin energianvändning hjälper de tillsammans till att sänka Sveriges sammanlagda energianvändning. Vilket gör oss ett steg närmare en hållbar utveckling.





# Abstract

The construction and service sector currently accounts for over one-third of Sweden's total energy consumption. Energy issues are at the forefront, and society is striving for more sustainable development. At the same time, electricity prices are increasing, leaving many households with expensive bills for heating their houses.

A significant portion of Sweden's houses were built during the later period of the Million Programme, specifically the 1970s, with 436,000 small houses being built within a span of 10 years. Many of these houses do not meet today's standards or requirements regarding energy efficiency, as a significant amount of energy was lost through transmission and ventilation. Given that many of these houses are already in need of renovation due to aging, it provided an opportunity to implement energy efficiency measures simultaneously. The aim of this work is to provide professionals and private individuals with knowledge on how they can invest in energy efficiency measures for their houses.

Through a literature review, a typical 1970s small house was developed for this study. Relevant energy efficiency measures were identified for the building envelope, heating and ventilation system, and the potential for self-generated energy. The developed prototype house was simulated using VIP-Energy, and each measure was studied in the cities of Malmö, Stockholm, and Sundsvall. The simulation results provided the amount of energy saved in kWh/m<sup>2</sup> per year. To determine the most cost-effective measures based on energy savings, an approximation of the economic aspect was conducted. The analysis yielded investment costs, payback periods, and savings over 1, 10, and 50 years. To investigate whether private individuals implemented cost- and energy-efficient measures in their small houses, a quantitative survey in the form of a questionnaire was conducted.

The results showed that the measures that resulted in the most significant reduction in energy consumption were window and door replacements, installing some form of heat pump, and installing an exhaust air heat pump. These were also the measures that provided the highest long-term savings for the house. For self-generated energy, solar thermal collectors reduced the house's energy consumption the most. However, it was solar panels that provided the greatest long-term financial savings. One of the conclusions drawn was that the cost of local electricity prices greatly influenced the profitability of energy efficiency measures for households. The survey responses showed that private individuals chose the correct measures for their small houses in terms of energy efficiency and long-term economic viability. The exception was the ventilation system, where private individuals chose the measure with the lowest investment cost.

The results are beneficial for both private individuals and professionals. Providing the right conditions for individuals to make informed choices not only benefits household finances but also society as a whole. If all households reduce their energy consumption, it collectively contributes to lowering Sweden's overall energy usage, bringing us one step closer to sustainable development.



# Förord

Detta examensarbete avslutar vår utbildning på högskoleingenjörsprogrammet Byggteknik med arkitektur vid Lunds Tekniska Högskola vid Campus Helsingborg. Rapporten är utförd på Institutionen för bygg- och miljöteknologi och i samarbete med Werme Mark och Byggkonsult AB. Examensarbetet omfattar 22,5 högskolepoäng.

Ett stort tack till vår handledare Petter Wallentén på Institutionen för bygg- och miljöteknologi som genom arbetets gång bidragit med stöttning och värdefull kompetens. Vi vill även tacka vår examinator Karin Farsäter på Institutionen för bygg- och miljöteknologi för goda tips och motivering. Ett tack riktas även till Elin Werme Mark från Byggkonsult AB grundare av Renoveta och medgrundare Linus Tublén för möjligheten till detta examensarbete.

*Helsingborg, maj 2023*

*Elin Moberg och Oscar Lugnegård*



# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	3
1.3	Mål.....	3
1.4	Problembeskrivning.....	3
1.5	Avgränsningar.....	4
1.6	Metod.....	4
2	Litteraturstudie.....	7
2.1	70-talshus.....	7
2.1.1	Konstruktion.....	7
2.1.2	Energikällor till uppvärmningssystem.....	9
2.1.3	Ventilationssystem.....	10
3	Teori.....	11
3.1	Energikällor.....	11
3.1.1	Fjärrvärme.....	11
3.1.2	Värmepanna.....	12
3.1.3	Värmepump.....	12
3.1.4	Solenergi.....	17
3.2	Ventilationssystem.....	20
3.2.1	Självdrag.....	20
3.2.2	Frånluft.....	20
3.2.3	FTX.....	21
3.3	Boverkets byggregler och Plan och bygglagen.....	21
3.4	Energianvändning.....	23
3.5	Primärenergital.....	24
4	Byggnadsutformning av typhuset.....	25
4.1	Konstruktion.....	25
4.1.1	Grund.....	26
4.1.2	Vägg.....	27
4.1.3	Tak.....	28
4.1.4	Mellanbjälklag.....	30
4.1.5	Fönster.....	30
4.1.6	Dörrar.....	30
4.2	Installationssystem.....	31
4.3	Mängder och orientering.....	31
4.4	Val av orter.....	34
5	Val av förbättringsåtgärder för typhuset.....	37
5.1	Det förbättrade klimatskalet.....	37
5.1.1	Grund.....	38
5.1.2	Vägg.....	39
5.1.3	Tak.....	41
5.1.4	Fönster och dörrar.....	43
5.2	Uppvärmningssystem.....	43
5.3	Ventilationssystem.....	44
5.4	Egenproducerad energi.....	45

5.4.1	Solceller .....	45
5.4.2	Solfångare .....	48
6	Indata till VIP-Energy simulering .....	49
7	Resultat och analys .....	55
7.1	Enkätundersökning .....	55
7.2	VIP-Energy .....	66
8	Ekonomisk analys .....	73
8.1	El och fjärrvärmepriser .....	73
8.2	Rot och gröna avdrag .....	74
8.3	Beräkningar av kostnader .....	74
8.3.1	Tilläggsisolering fasad och tak .....	74
8.3.2	Byta fönster och dörrar .....	76
8.3.3	Uppvärmningssystem .....	77
8.3.4	Ventilation .....	79
8.3.5	Solceller och solfångare .....	80
8.4	Resultat och analys av kostnadsuppskattning och energisimulering .....	82
9	Diskussion och slutsats .....	87
9.1	Diskussion .....	87
9.2	Slutsats .....	91
	Referenslista .....	93
	Bilaga A .....	99





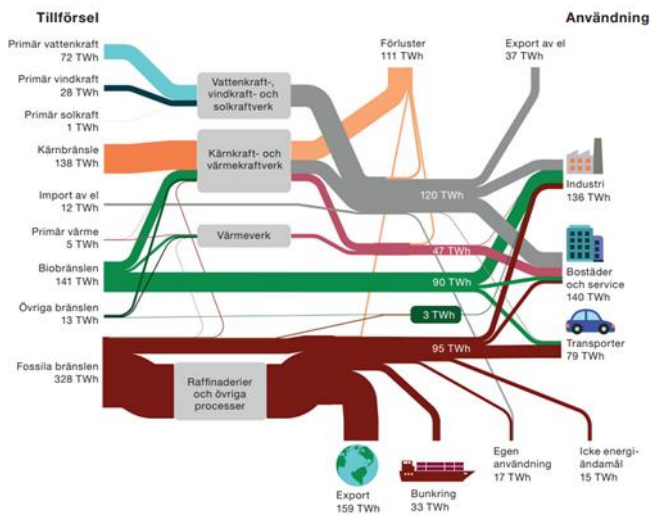


# 1 Inledning

I detta kapitel presenteras studiens bakgrund som ligger till grund varför detta arbete har gjorts. Utifrån bakgrunden presenteras problembeskrivningen. Studiens syfte, målsättning, avgränsningar och slutligen metod.

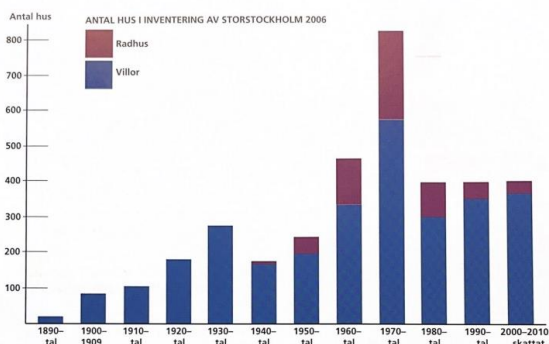
## 1.1 Bakgrund

Energifrågan ligger i fokus och samhället eftersträvar en mer hållbar utveckling. Sveriges totala energianvändning 2020 uppmättes till 355 TWh. Bostäder och service står för 140 TWh av detta, vilket motsvarar cirka 40 %, se figur 1.1. I samband med dagens ökade elpriser påverkar detta ekonomin hos privatpersoner, främst de som bor i småhus (Energimyndigheten, 2023). Av Sveriges hushåll år 2020 bodde 40 % i småhus med äganderätt (Statistikmyndigheten, 2021).



Figur 1.1 Flödet i energisystemet 2020 (Energimyndigheten, 2023).

En stor del av Sveriges småhus byggdes under 70-talet i samband med miljonprogrammet, se figur 1.2 (Boverket, 2020; Björk et al., 2009, s. 12). Uppförandet var snabbt för att avhjälpa den dåvarande bostadsbristen. Husen kännetecknades av sina underhållsfria materialval och kom även med nya byggnadstekniska lösningar.



Figur 1.2 Antal småhus i Stockholm år 2006 till försäljning och under vilket årtionde de byggdes (Björk et al., 2009, s. 12).

I efterhand visade det sig däremot att konstruktionsvalen hade föreliggande risker. Det blev vanligare att utföra husgrunden som platta på mark och den byggdes utan underliggande isolering. Vilket har skapat energikrävande grunder och en risk för kondens på insidan. Det började även byggas mer med tryckimpregnerade material med tanke att undvika röta. Tryckimpregnerade träsyllar utan fuktskydd mot betongplattan var en sådan. Vilket i efterhand har skapat röta och illaluktande dofter i husen. Idag anses dessa typ av konstruktioner som riskkonstruktioner och används inte längre (Byggahus.se, 2020).

I samband med utbyggnaden av villor inträffade oljekrisen 1973 och oljepriset blev snabbt väldigt högt. Uppvärmningen bestod i stort sett av oljepannor i hushållen, vilket snabbt blev en ogynnsam lösning. Som svar på energibristen byggdes kärnkraften ut runt om i Sverige. Elpriserna blev billiga och direktverkande el blev den nya självklara lösningen för uppvärmningen av husen under 70-talet (Dzebo & Nykvist, 2017).

Idag ser världsläget annorlunda ut med det närliggande kriget i Ukraina och en pandemi som präglat oss. Resultatet av detta är ett Europa som står inför rekordhöga elpriser som beror på att elproduktionen inte är tillräcklig. Nuvarande inflation och elpriser gör det knappt ekonomiskt möjligt att bo i villor med direktverkande el, där månadsfakturan kan gå på uppemot 20 000 kr (Skyttberg, 2022, 28 augusti).

Därför har 70-tals husen en stor potential till att energieffektiviseras. Många av husen är redan i behov av renovering på grund av åldrande och håller inte dagens mått. Vilket möjliggör att samtidigt utföra energieffektiviserande åtgärder. Ges möjligheten till privatpersoner att ta del av kunskapen om hur de ska investera i energieffektiviseringsåtgärder för deras hus kommer hushållens och även Sveriges sammanlagda energianvändning kunna sänkas.

Werme Mark och Byggkonsult AB har upplevt ett ökat intresse hos privatpersoner att energieffektivisera sina hem. För att hjälpa har de valt att utforma en plattform där de enkelt ska få ta del av information om energieffektiviserande renoveringsåtgärder. Privatpersoner har rätt till att få hjälp med var ens investering kan ge mest nytta utifrån husets renoveringsbehov och potential till en reducerad elförbrukning. Frågan hur många kWh/m<sup>2</sup>,år de olika renoveringsåtgärderna kan spara redovisas i rapporten genom att presentera resultaten från studier och simuleringar.

### 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att genom undersökningar, analyser och beräkningar ta fram rimliga energieffektiviserande åtgärder för 70-talets småhus. I förlängningen hoppas vi att resultatet från studien kan användas för att möjliggöra lättillgängligare information till yrkes- och privatpersoner om hur de renoverar smartast.

### 1.3 Mål

Målet med studien är att identifiera den tidstypiska 70-talsvillan och dess byggnadstekniska egenskaper. Studien ska därefter ta fram åtgärder som kan utföras för att energieffektivisera småhuset. Detta eftersom många av husen från 70-talet är i behov av renoveringar på grund av åldrande och inte håller dagens mått energimässigt.

Genom att sätta in de framtagna energieffektiviserande åtgärderna i det digitala verktyget VIP-Energy kommer studien besvara hur mycket energi respektive åtgärd kan bespara. Den approximativa ekonomiska analysen vill studien använda för att besvara vilka åtgärder som är mest lönsamma att investera i det långa loppet.

I förlängningen är målet att yrkes- och privatpersoner ska kunna ta del av resultatet för att välja rätt renoveringsåtgärder ur en energimässig och ekonomisk synpunkt. Detta genom att Werme Mark & Byggkonsult AB i Ängelholm kommer plocka ut relevant information från arbetet och presentera i det under utformning digitala verktyget, Renoveta.

### 1.4 Problembeskrivning

- Vilka åtgärder för energieffektivisering kan rekommenderas för en 70-talsvilla?
- Hur mycket energi sparar de olika åtgärderna?
- Hur mycket kostar de olika åtgärderna?
- Vilka renoveringsåtgärder utför privatpersoner på sina småhus idag?

### 1.5 Avgränsningar

Detta examensarbete kommer avgränsas till att endast studera ett framtaget småhus av den tidstypiska 1970-talsvillan i orterna Malmö, Stockholm och Sundsvall. Arbetat har avgränsat till att basfallet av typhuset studeras som två uppvärmningssystem, vattenburet och ett icke vattenburet. Båda systemen kommer använda sig av el som energikälla. Inga miljöaspekter kommer beaktas utöver reducerad energianvändning. Resultatet omfattar endast en teoretisk fallstudie.

Den ekonomiska analysen exkluderar från frakt och bortforslingskostnader av material samt lån i form av räntor och amorteringar. Studien beaktar inte omkostnader som ställning och kran. Elpriset begränsas till ett genomsnitt av 2020–2022 års el priser i respektive elzon. Vid åtgärden att koppla upp sig till fjärrvärmenätet begränsas priset för fjärrvärme av ett genomsnitt från 2022 års priser i respektive zon. Den ekonomiska analysen ska inte användas som ett budgeterings underlag för respektive åtgärd utan ska ge en indikator på hur respektive åtgärd är lönsam eller ej.

### 1.6 Metod

En litteraturstudie genomfördes med syfte att identifiera de tidstypiska 70-tals småhuset. Hur konstruerades det och hur såg dess arkitektur ut. Därefter genomfördes en kvantitativ studie i form av en enkät som utformas i Google Formulär med hjälp av svaren i litteraturstudien samt de vanligaste förekommande materialen och utformningarna på hus i Sverige. Enkätens första del berörde husets utformning och installationssystem för hur det såg ut ursprungligen. Andra delen berörde vilka åtgärder som har eller planeras utföras. Frågorna är utformades som flervalsfrågor och även med kort fritext. Enkäten delades på digitala forum som till exempel Facebook och LinkedIn.

De vanligaste konstruktionstyperna och arkitekturen som kännetecknar 70-talets småhus användes för framtagning av ett typhus med hjälp av litteraturstudien. Förslag på renoveringsåtgärder togs fram på följande områden, klimatskal, uppvärmnings- och ventilationssystem. Möjligheten till att producera egen energi genom solceller och solfångare beaktas även. Varje åtgärd beskrivs och eventuella problem aktören kan stå inför presenteras.

Typhuset simuleras i ett energiberäkningsprogram där de olika åtgärderna beprövas i tre olika orter, Malmö, Stockholm och Sundsvall. På följande sätt kan besparad energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>,år för de olika åtgärderna redovisas på de olika orterna. VIP-Energy har valts som simuleringsprogram då det är ett enkelt program som ger ut ett brett resultat. Det går snabbt att få fram resultat vilket är till fördel då många åtgärder ska testas och jämföra. I simuleringen tilldelas byggnadsdelarnas väderstreck och mängder. Resultatet efter en energiberäkning kan bland annat vara byggnads årliga energianvändning, energibalans, nyckeltal och även en jämförelse mot BBR:s krav.

VIP-Energy är ett beräkningsprogram som är framtaget för att beräkna energianvändningen hos byggnader. Programmet marknadsförs av Strusoft.se. Programmet har begränsningar och manualen för programmet är baserad på de verktyg som finns tillgängliga i VIP-Energy. Byggnadens brukare påverkar indata i VIP-Energy, vilket gör att vissa bedömningar måste göras för att få ett tillförlitligt resultat. Samtliga mätningar utförs genom faktorer som är kända eller mätbara. Typhuset genomförs även mot aktuella regler för energihushållning och rumsklimat. Programmet är uppbyggt på en dynamisk beräkningsmodell som beräknar byggnadens energiflöde timvis. VIP har kapaciteten till att mäta korta tidsperioder men presenterar vanligtvis data som omfattar ett år. Vid beräkning av energiflöden tas följande hänsyn till: klimatfaktorer, lufttemperatur, sol, vind, luftfuktighet, krav på rumstemperatur och luftväxling.

Programmet är validerat enligt Ashrae 140–2007 och EN15265. 2D och 3D modeller är beräkningsbara och validerade enligt ISO 10211:2007. Solcellerna är kontrollerad genom jämförelse av PV-SYST.

En grov ekonomisk analys genomfördes för att besvara åtgärdernas materialkostnad samt installationskostnad. Vilket ger två olika investeringskostnader, en med endast materialet som kostnad och den andra där både materialet och installationen ingår. Återbetalningstid och besparing på 1, 10 respektive 50 år presenteras.

Resultaten från simuleringen kommer presenteras i form av en tabell där alla åtgärder ställs upp och jämförs utifrån sparade kWh/m<sup>2</sup>,år, på respektive ort och orientering. Den ekonomiska analysen kommer presentera resultaten för materialkostnaden av åtgärderna samt materialkostnaden plus installationskostnaden för åtgärderna. Detta för att se vad återbetalningstiden blir om endast köp till material görs och arbetet utförs själv eller om man väljer att köpa en hantverkare som gör installationen åt en.



## 2 Litteraturstudie

*I detta kapitel redovisas den litteraturstudie som har genomförts för att ta fram de vanligaste konstruktionstyperna, uppvärmnings- och ventilationssystemen för 70-talets småhus.*

### 2.1 70-talshus

Bostadsbristen var en stor politisk fråga under efterkrigstiden. Den ekonomiska tillväxten efter andra världskriget gjorde att befolkningen nu hade möjlighet att införskaffa sig en egen bostad. Efterfrågan ökade och till svar på detta ökade bostadsproduktionen (Boverket, 2020). Under rekordåren 1961–1975 byggdes sammanlagt 1,4 miljoner bostäder i Sverige (Vidén, 2012). Villabygandet var som mest intensivt under miljonprogrammets senare period, 1970-talet och på 10 år hann de uppfördes 436 00 småhus (Björk et al., 2009, s.12–13).

Husen blev större och 1975 hade mer än hälften av småhusen 5 rok eller mer (Björk, 2012, s.50). Storleken på en villa under 1970-talet låg normalt på 130 m<sup>2</sup>. Den ökade ytan lades på de gemensamma rummen. Vardagsrummet kunde vara mellan 20–30 m<sup>2</sup> och tillsammans med köket utgjorde de mer än halva bottenplanet. Köksinredningen placerades normalt i en vinkel så en stor matplats fick plats i rummet. Bottenplanet utformades för det sociala men fylldes även ut med tvättstuga, badrum och vanligtvis ett sovrum. Övre planet var mer privat och bestod av tre sovrum, badrum och ett mindre vardagsrum. Den ökade ytan lades inte på sovrummen som förblev oförändrade. Ett föräldrasovrum låg på 12 m<sup>2</sup> och ett barnrum på 10 m<sup>2</sup>. De större villorna utrustades även med bastu och eget rum för tvätt (Björk et al., 2009, s.151).

#### 2.1.1 Konstruktion

Husens arkitektur och planlösning styrdes av det statliga lånesystemet och de detaljerade byggnormerna. De vanligaste förekommande småhusen var enplanshus med eller utan källare och suterränghus, men den dominerande var 1,5-plans villan med platta på mark. Detta eftersom de var mest lönsamt för att få ut maximalt lån.

Taken var typiskt sadeltak med 45 graders lutning och en stor utskjutande inbyggd takfot. Färdiga takstolar med underarm som agerade mellanbjälklag gjorde att både material och tid sparades. Taken täcktes med svarta eller bruna betongpannor. Det förekom även i andra kulörer. På husets gavel fanns det även ofta en balkong under det stora taket, joddlarbalkong (Björk et al., 2009, s.140; Zeilon, 2012, s.26; Björk, 2012, s.50-51). Taket isolerades oftast med 10–12 cm mineralull (Vidén, 2012, s.40).

Grundläggningsmetoden platta på mark introducerades i Sverige på 1950-talet. Kunskapen vi har idag fanns inte då och isoleringen placerades oftast mellan det uppreglade golvet direkt på betongplatta. Detta gör att träreglarna har direkt kontakt med betongen. Betongplattan översida har en relativ fuktighet på cirka 80–90 %. Trä kan få fuktrelaterade problem vid 75 % relativ fuktighet, vilket medförde att stort antal konstruktioner under 1960-1980-talen drabbades av fuktskador (Sandin, 2010, s.144-146).

Hårdbränt tegel och träpanel eller en kombination av de två kläde främst fasaderna. Mexitegel, gjort på kalk, sandsten och vatten förekom även på 1970-talens småhus (Björk et al., 2009, s.140; Zeilon, 2012, s.26; Björk, 2012, s.50). Träpanelen var helt dominerade i de gruppbyggda områdena (Zeilon, 2012, s.26). De stående panelerna var vanligen lockpanel där lock och bräder hade samma bredd. Liggande panelerna var oftast enkelfasspont (Björk et al., 2009, s.140). Ytterväggarna isolerades med mineralull i tjocklek 10–12 cm (Vidén, 2012, s.40). Under 70-talets början var det en debatt om höga uppvärmningskostnader, vilket resulterade i att myndigheterna ställde högre krav på husens värmeisolering (Björk et al., 2009, s.139). Privatpersoner fick även bidrag från staten eller förmånliga lån för tilläggsisolering av fasaden (Zeilon, 2012, s.26).

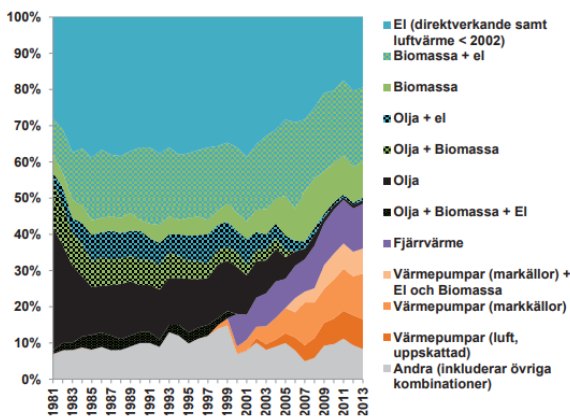
Fönster placerades direkt under takfoten (Zeilon, 2012, s.26). De var stora och med en låg bröstning. I de gruppbyggda småhusen var enkla tvåglasfönster det som monterades. De styckebyggda var även tvåglasfönster men spröjsade. Fönsterna placerades i grupp eller som ett band för att ge variation hos fasaden. På plan ett var de utåtgående och på plan två inåtgående för att förenkla fönsterputsningen. Bredvid fönsterna monterades ofta dekorativa fönsterluckor i mörka färger (Björk et al., 2009, s.148; Zeilon, 2012, s.27; Björk, 2012, s.51 & 54). Fönsterna utgjorde cirka 14% av fasaden och den vanligast fönsterstorleken var 1,1x1,1 m<sup>2</sup> (Lyzell, 2017, s.12).

Ytterdörrarna i de gruppbyggda husen var enkla och målade eller rustika med inspiration från allmogekulturen och ett smalt sidoljus. De styckebyggda husen hade däremot påkostade dörrar gjorda i oljad teak med sidoljus i olika typer av dekorationsglas (Björk et al., 2009, s.146; Zeilon, 2012, s.27). Sidoljusen var normalt i storleken 0,3x2,1 m<sup>2</sup> (Björk et al., 2009, s.274). Skärmtak hörde till det ovanliga då det dramatiska taksprånget även agerade regnskydd. Dörrarna blev mer inbrottssäkra vilket även gjorde dem tyngre. För att hålla upp dem blev tre kraftiga gångjärn en standard (ibid., 2009, s.146). Normalt sattes två ytterdörrar i storleken 1x2,1 m<sup>2</sup> och två mindre altandörrar in (ibid., 2009, s.274).



## 2.1.2 Energikällor till uppvärmningssystem

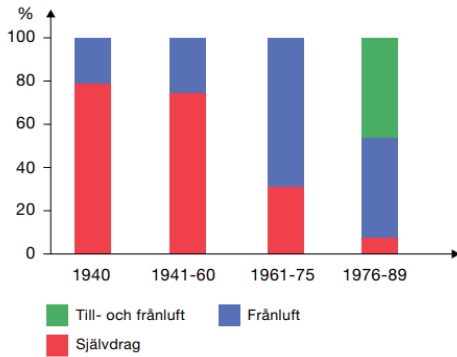
Oljekrisen 1973 medförde att i stort sett alla nybyggda hus började värmas upp med direktavverkande el som energikälla. Energifrågan var i fokus även då och svenska folket uppmanades att spara energi (Björk, 2012, s.55). För att sänka elpriserna har många hus uppförda under rekordåren kompletterat eller ersatt sitt uppvärmningssystem med en värmepump. Tillsammans med Schweiz är Sverige de land som har installerat störst andel värmepumpar per capita. Över en miljon värmepumpar har sålts av svenska tillverkare sedan 1980-talet (Dzebo & Nykvist, 2017). Björk (2012, s.58) uppger att minst 40% av alla småhus som byggdes under rekordåren har installerat en värmepump, se figur 2.1.



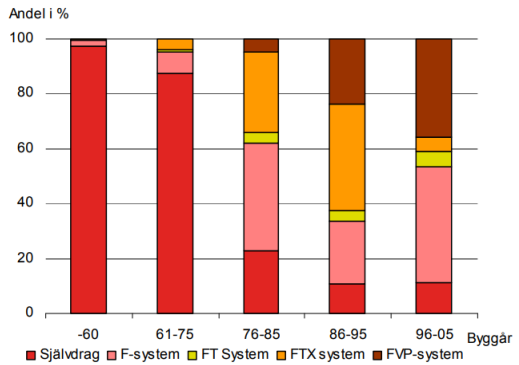
Figur 2.1 Energikällor till uppvärmningssystem i småhus mellan år 1981–2013 (Dzebo & Nykvist, 2017).

### 2.1.3 Ventilationssystem

På 1970-talets första hälft var ventilationssystemet fortsatt oförändrat från tidigare perioder och självdrag dominerade, se figur 2.2 och 2.3. Undre andra halvan blev frånlyftssystem vanligt. Mekanisk till- och frånluft samt system med värmeåtervinning förekom även (Energimyndigheten, 2011b; Boverket, 2010a, s.11; Boverket, 2010b, s.49). Detta var något som först började användas i flerbostadshusen och dröjde något i småhusen (Boverket, 2010a, s.11).



Figur 2.2 Vanliga ventilationssystem under några olika tidsperioder (Warfvinge & Kling, 2012, s.276).



Figur 2.3 Vanliga ventilationssystem i småhus under några olika tidsperioder (Boverket, 2010b, s.50).

## 3 Teori

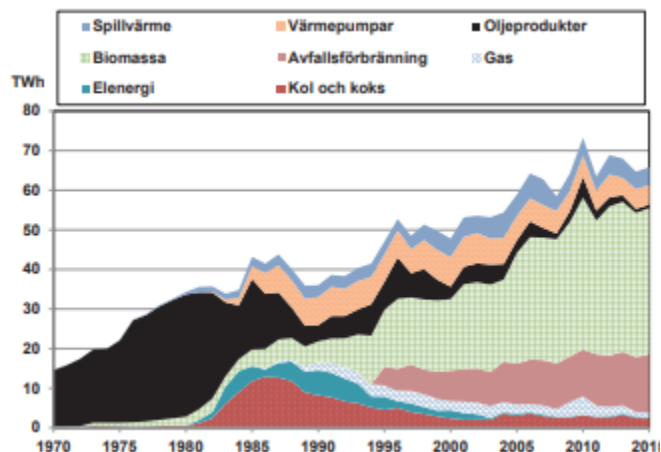
I detta kapitel följer en kort teori bakom de vanligaste energikällorna till uppvärmningssystemet och även de vanligaste ventilationssystemen. Vad BBR säger gällande renovering av småhus och vilka krav som ställs kommer även presenteras. Sist presenteras teorin för vad energianvändningen och primärenergitalet betyder och hur de beräknas.

### 3.1 Energikällor

#### 3.1.1 Fjärrvärme

Fjärrvärme bygger på ett centralt värmeverk som producerar en storskalig värmeproduktion. Värmen distribueras sedan ut till hela eller delar av en tätort genom ett fjärrvärmenät. Varje byggnad har en enskild fjärrvärmecentral som distribuerar om värmen från fjärrvärmesystemet till byggnadens specifika behov. Fjärrvärmen används för uppvärmningen av flerbostadshus, lokaler eller småhus och för tappvattenproduktion. För att kunna nyttja fjärrvärmen behöver byggnaden ha ett vattenburet uppvärmningssystem (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:67-4:69).

Ett kraftvärmeverk producerar oftast både el och värme. Genom en ångpanna, ångturbin och generator kan elenergi produceras. Ångan kyls av med vatten som sedan distribueras ut till fjärrvärmecentralerna i husen. Bränslet i kraftvärmeverken har sedan utbyggnaden i slutet av 1940-talet till 1980-talet uteslutande varit olja. Efter det började biomassan användas vilket är dominerande och är den vanligaste bränsletypen idag, se figur 3.1 (ibid.).



Figur 3.1 Bränsletyper som används i de svenska fjärrvärmesystemen mätt i terawattimmar, TWh (Dzebo & Nykvist, 2017).

### 3.1.2 Värmepanna

Vid förbränning av olja, biobränsle, kol, koks, naturgas eller anslutning till elnätet kan värmepannan generera värme. I pannan kommer kallt vatten in som sedan värms upp vid eldning. Det är viktigt att vattnet cirkulerar för att inte börja koka. Det nu varma vattnet skickas sedan ut i husets radiatorer.

Gas- och oljepannor arbetar intermittent. När returvattnet från värmesystemet understiger en bestämd temperatur startar brännaren på nytt. Vid förbränning av fasta bränslen finns inte denna möjlighet och kompletteras därför med en ackumulatortank. Ackumulatortanken lagrar värmen vilket gör att pannan inte behöver starta upp lika ofta som minskar slitaget (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:74-4:78).

### 3.1.3 Värmepump

En värmepump använder mindre energi än vattenburen elvärme. Den är därför alltmer efterfrågad som uppvärmningssystem i småhus. I en värmepump cirkulerar ett köldmedium som förångas vid låg temperaturer. Köldmediet värms upp med hjälp av uteluft, frånluft, mark, sjövattnet etc. i förångaren och går över till ånga. I kompressorn samlas ångan upp och komprimeras, vilket höjer temperaturen. Den varma ångan transporteras vidare till en kondensator där värme utvinns till värmesystemet. Det finns olika sorters värmepumpar, utelufts-, ytjord-, sjö-, grundvatten-, berg- och frånluftsvärmepump.

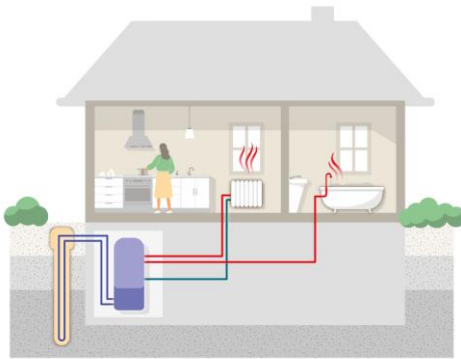
Värmefaktorn är 3–4 och uppnår det högre värdet när temperaturdifferensen mellan förångare och kondensator är så liten som möjligt. Värmepumpen är desto bättre ju längre tid på året den kan användas. Den är därför mer energibesparande i norra Sverige där eldningssäsongen är lång jämfört med i söder (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:74-4:78).

Det är svårt att täcka hela husets värmebehov med en värmepump. Därav finns det en elpatron installerad i värmepumpen som värmer upp huset med direktverkande el då energin genom värmepumpen inte räcker till. Vilket ofta förekommer då det är väldigt kallt ute och värmepumpen helt enkelt inte räcker till.

### 3.1.3.1 Bergvärmepump

Ett 100–300 m djupt borrhål görs på tomten. Djupet beror på hur mycket energi som ska hämtas och de geologiska förhållandena. I hålet förs en kollektorslang ner med cirkulerande köldvätska som kopplas till bergvärmepumpen. Strålningen från solen värmer upp berggrunden som gör att kylvätskan i sin tur värms upp. Vid upptag av värmeenergi kyls området rund borrhålet och gör därför att systemet kan även användas för att kyla (Erlström et al., 2016, s.8).

För att systemet ska fungera optimalt ska det vara en balans mellan uttag och återladdning. Normalt dimensioneras det för att användas för värmeuttag under halva året och återladdas andra halvan av året (ibid.). Enligt Polarumpen (u.å) kan livslängden på borrhålet och kollektorslangen räknas vara upp emot 100 år. Däremot finns det inga exempel på sådana anläggningar av naturliga skäl. Det betyder att det vanligtvis kan koppla på den nya bergvärmepumpen på den gamla anläggningens kollektorslang. Figur 3.2 ger en överblick av systemet.



Figur 3.2 Illustration av en bergvärmearläggning som värmer upp huset och tappvarmvattnet (Energimyndigheten, 2022b).

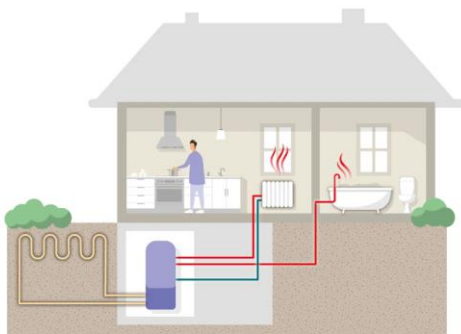
### 3.1.3.2 Ytjordvärme- och sjövärmepump

Ytjordvärme bygger på att en tar vara på värmen i marken som solen har genererat. En kollektorslinga grävs ner på ett djup av 0,5–1 meter (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.-4:76; Erlström et al., 2016, s.9). Kollektorslangarna kan även läggas i flera lager på 5–10 m djup (Erlström et al., 2016, s.9).

I kollektorslangen cirkulerar en kylvätskavätska som värms upp av jordvärmens och utvinner värme att distribuera i husets vattenburna system. För att försörja en normalstor villa behövs cirka 300 meter slang (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:76). Figur 3.3 ger en överblick av systemet.

Fördelen med slingan är att den ger en jämn temperatur året om och är oberoende av utetemperaturen. Systemet kan även användas tidig sommar till att kyla tilluften. Enligt Thermia (u.å.) ligger livslängden på en jordvärmepump på 20–30 år men med regelbunden service är det inte ovanligt med en livslängd uppemot 40 år.

Sjövärme är en variant där slingan placeras på sjöbotten. Detta är inget som är vanligt förekommande då det är en stor investering och kräver att huset är placerat på en sjötomt.

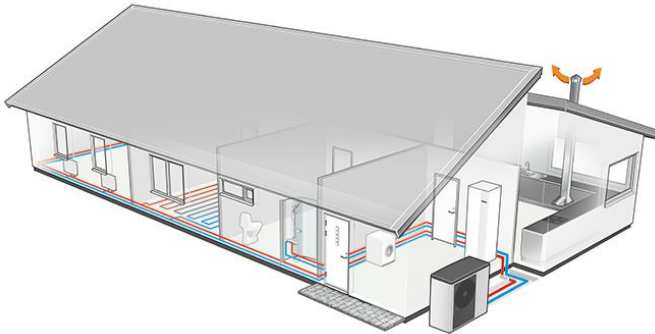


Figur 3.3 Illustration av en ytjordvärme-anläggning som värmer upp huset och tappvarmvattnet (Energimyndigheten, 2022b).

### 3.1.3.3 Uteluftsvärmepump

Ett luftvärmebatteri ansluten till förångaren placeras utomhus. Uteluften passerar denna och kyls. Nackdelen är att uppvärmningsbehovet är störst när utetemperaturen är lägst vilket gör att temperaturdifferensen mellan förångare och kondensor blir stor. Vilket resulterar i en låg värmefaktor. Figur 3.4 ger en överblick av systemet.

Det finns två typer av uteluftsvärmepumpar, luft-vatten och luft-luft. Luft-vatten innebär att värmepumpen är ansluten till ett vattenburet värmesystem och består av tre delar, en ute del, en inne del och en vattentank. Uteluften gör att kompressorn ökar trycket, vilket leder till att gasens temperatur stiger. Den varma gasen leds sedan vidare till en värmeväxlare som värmer upp vattnet med hjälp av gasen. Det varma vattnet leds till vattentanken som distribuerar varmvattnet till värmesystemet och hushållsvattnet. Luft-luft betyder att värmepumpen värmer den cirkulerande inomhusluften direkt. Denna typ används främst som komplettering vid direktelvärmda hus. Det går även att använda luft-luft för att kyla husen sommartid (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:75).

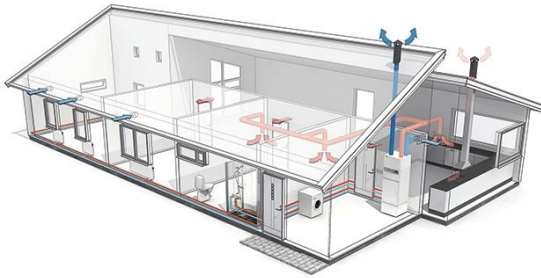


*Figur 3.4 En uteluftsvärmepump som utnyttjar värmeenergin i uteluften, som går till att värma husets värmesystem och tappvarmvatten (Nibe, u.å.b).*

### 3.1.3.4 Frånluftsvärmepump

En frånluftsvärmepump återvinner värme ur den luft som ska lämna byggnaden. För att kunna utnyttja en frånluftsvärmepump krävs det att byggnaden har ett mekaniskt frånluftssystem. Värmefaktorn blir väldigt hög då luften som lämnar byggnaden är rumstempererad och konstant under året.

Frånluftspumpen ansluts till värmesystemet eller tappvattenberedaren eller båda och. Systemet måste oftast kompletteras med en annan värmekälla för att täcka hela uppvärmningsbehovet. Numera kompletteras systemet oftast med en uteluftsvärmepump för att kunna täcka ett större behov (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:78). Figur 3.5 ger en överblick av systemet.



*Figur 3.5 En frånluftsvärmepump som utnyttjar husets frånluft genom värmeåtervinning, som går till att värma husets värmesystem och tappvarmvatten (Nibe, u.å.a).*



### 3.1.4 Solenergi

Idag blir det allt vanligare att värma upp sina hus med solenergi. Den är förnybar och lätt att installera på redan befintligt tak. Solenergin kan omvandlas till antingen el eller värme (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:78). Optimal placeringen är i söderläge och lutningen beror på det geografiska läget. Lutningen blir något lägre i södra Sverige och något högre i norra Sverige, optimal lutning ligger mellan 30-50 grader, se figur 3.6. Systemet behöver kompletteras med en annan lösning under de mörkaste månaderna (Hemming, 2022a).

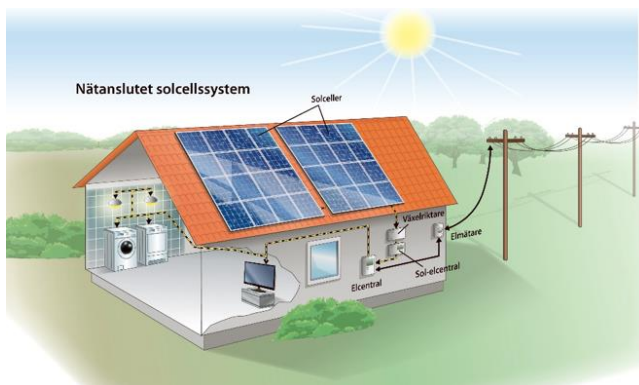
Platt	Väst		Sydväst			Söder			Sydost			Öst	
	90	75	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75	-90
0°	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
10°	80	82	84	86	87	88	88	88	87	86	84	82	80
20°	79	83	87	90	93	94	94	94	93	90	87	83	79
30°	78	83	88	92	96	98	98	98	96	93	89	84	78
40°	76	82	88	93	97	99	100	99	97	94	89	83	76
50°	73	80	86	92	96	98	99	99	96	93	87	81	73
60°	69	76	83	89	93	95	96	96	94	89	84	77	69
70°	64	71	78	83	88	90	91	91	88	84	79	72	64
80°	57	65	71	77	80	83	84	84	82	78	72	65	58
Vägghöjdat 90°	51	57	63	68	72	74	84	74	73	69	64	58	50

Figur 3.6 Solinstrålningsdata hämtat från Europakommissionens databas SARAH för Sveriges demografiska mittpunkt (Hemming, 2022a).

#### 3.1.4.1 Solceller

Solceller används för att alstra solel av solvärme. Solceller består av ett halvledarmaterial, oftast kisel som gör att solstrålningen kan fångas upp. När solen lyser på solcellen uppstår en spänning mellan dess fram- och baksida. Kopplas dessa sidor (anod och katod) samman med en elkabel får elektronerna möjlighet till att vandra och en elektrisk ström har skapats. Seriekopplas solcellerna ökar spänningen medan vid parallellkoppling ökar strömstyrkan. Flera solceller bildar en solpanel som används på hustaken för att producera el. Solpanelerna producerar likström som transporteras till en strängsamlare som för vidare två kablar till en växelriktare. Växelriktaren omvandlar strömmen till nätcompatibel växelström. Till växelriktaren kopplas även en datalog som beräknar den producerade elen, se figur 3.7. Elen som produceras går till egenförbrukning och överskottet säljs till elnätet (Naturskyddsföreningen, 2023).

Placeringen av solceller är avgörande för elproduktionen. Det är även viktigt att solcellerna inte skuggas. Ett alternativ vid skuggning är att använda optimerare för de utsatta panelerna eller hela anläggningen. Den geografiska placeringen har också en stor betydelse då solstrålningen varierar över landet. Vid en optimal anläggning i Sydsverige kan det grovt räknas med 1000 kWh för varje installerad kW. Generellt sett är solpanelerna idag 1 x 1,75 m stora och väger strax under 20 kg. Livslängden för en solpanelsanläggning anses vara 25–30 år. Fabrikstillverkaren brukar ha en effektsgaranti som lovar 80% produktion efter 25 år. För att få en optimal produktion i förhållande till ekonomin vill man ungefär täcka 75% av årsbehovet med solex max 100%. De moderna solpanelerna har en verkningsgrad runt 18% det vill säga en solstrålning som ger i snitt 1000 kWh/m<sup>2</sup>, vilket gör att en 1 m<sup>2</sup> solpanel producerar cirka 180kWh per år (SolensEnergi, u.å).



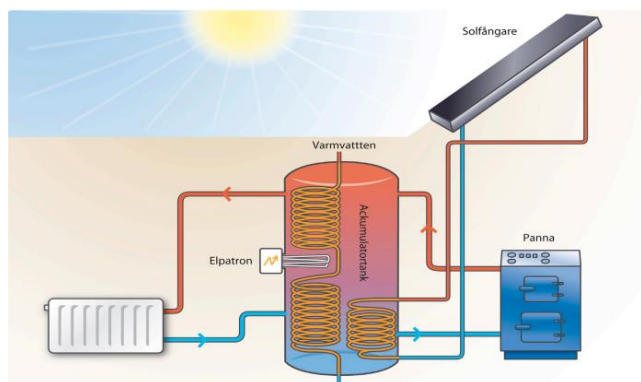
Figur 3.7 Illustration av ett nätanslutet solcellssystem (SolensEnergi, u.å).

### 3.1.4.2 Solfångare

Solfångare används till beredning av tappvarmvatten eller för uppvärmning av ett vattenburet värmesystem. Solfångare förekommer i två olika typer plana eller vakuumsolfångare. Plana solfångare består av en ramkonstruktion med bottenplatta, isolering, diffusionsspärr, absorptor, konvektionshinder och ett antireflexbehandlat glas. Värmeförlusterna minskar neråt genom isolering medan glaset släpper in kortvågig solstrålning och hindrar långvågig solstrålning. Genom rören på baksidan av absorbatplåten flödar glykolblandat vatten som absorberar värmen. Rören kopplas samman med en ackumulatortank i huset som distribuerar ut värmen, se figur 3.8.

Normalt behövs en tank på 50–100 liter per kvadratmetersolfångare för att energin ska kunna lagras. Fem kvadratmeter plana solfångare kan 2000 kWh per år produceras. Ökar ytan till 8–12 kvadratmeter kan även en del av uppvärmningsbehovet täckas. I Sverige kan tyvärr endast täcka 25–30 % av det totala årsenergibehovet för uppvärmning och tappvatten. Systemet måste därför kombineras med någon annan form av energikälla.

Vakuumsolfångare använder sig i stället av rör med vakuum i som hindrar solenergin från att läcka ut. Förutom själva solfångaren används samma systemteknik som till plana solfångare. Plana solfångare är mer effektiva utslaget över ett år, däremot är vakuumsolfångarna mer effektiva under de varma månaderna. Effekten avtar även för vakuumsolfångarna med tiden (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:78:-4:80).



Figur 3.8 Illustration av ett system med solfångare anslutet till en ackumulatortank som distribuerar ut värme till uppvärmning och tappvatten i kombination med en primär värmekälla i form av en panna (Gunnarsson et al., 2014).

## 3.2 Ventilationssystem

### 3.2.1 Självdrag

Självdragsventilation drivs av termiska krafter och saknar fläkt. Drivkraften är densitetsskillnaden mellan inom- och utomhusluften. Vinden kan även påverka ventileringen. På lovartsidan tränga uteluften sig in genom husets uteventiler och otåtheter. På läsidan skapas det i stället ett utvändigt undertryck som kan suga ut inneluften om den blir tillräckligt stor.

Uteluftsventiler placeras i rum som man vistas längre tid i som vardagsrum och sovrum. Varje frånluftsdon är anslutet till en egen kanal och placeras i rum med hög fuktproduktion eller som är främst stängda som kök, våtrum och klädkammare.

Då systemet styrs av termiska krafter går det inte att styra och det är svårt att uppnå ventilationskraven sommartid. Vintertid ligger det däremot risk för överventilering. Idag byggs hus sällan på det sättet men det var ett vanligt system i hus byggda före 1970 (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.2:9-2:12).

### 3.2.2 Frånluft

Ett frånluftssystem fungerar på så sätt att en mekanisk fläkt skapar ett stabilt undertryck i byggnaden. Fläkten skapar ett sådant undertryck att uteluften ska sugas in genom uteluftsventiler och ge husets lufttillförsel. Uteluftsventiler placeras i de rum man vistas mest i, sovrum och vardagsrum. Frånluftsdon placeras på tak eller vägg i kök och våtrum och ansluts till en stor frånluftskanal. Frånluftsdonen ska injusteras så att rätt luftflöde gäller. Det är viktigt att ha i åtanke att vid justering ändras inte bara det aktuella donet utan alla don kopplade till samma kanalsystem.

Ett frånluftsventialationssystem kan även göras om till ett FVP-system, frånluftsventilation med värmepump. Det fungerar på samma sätt med skillnaden att den tar vara på värmen i frånluften, se kapitel 3.1.3.4. En värmepumps förångare placeras i avluftskanalen och återvinner värmen i frånluften. Värmen kan användas i värmesystemet och/eller för uppvärmning av tappvarmvattnet (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.-2:13-2:16).

### 3.2.3 FTX

Till- och frånluftsventilation med återvinning, FTX har två mekaniska fläktar och två kanalsystem. Ett för tilluften och ett för frånluften. Värmen från frånluften används för att värma upp uteluften innan den blir tilluft. Luftbehandlingsaggregaten kan även utrustas med värme- och kylbatteri för att tilluften ska uppnå önskad temperatur. Aggregatet innehåller även ett filter för att få bort oönskade partiklar och föroreningar från uteluften.

Till skillnad från FVP-systemet skapar FTX-systemet ingen tryckskillnad över klimatskalet. Detta gör dock att byggnader utrustade med systemet är känsligare för vindpåverkan och måste tätas ordentligt för optimal funktion. Placeringen av och val av tilluftsdonen är även viktigt. Om inte rätt inställningar, val och placeringar görs kan rummen lätt uppfattas som dragigt.

Ventilationssystemet är vanligast i lokalbyggnader och flerbostadshus som kräver en kraftigare ventilering än småhus. Systemet är utrymmeskrävande och något svårare att installera i redan befintliga byggnader (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.2:16-2:39). Det finns även mini FTX som lättare går att installera på redan befintliga småhus. Ett aggregat placeras enkelt i ytterväggen i de rum som upplevs vara problematiskt. Det gör att jobbig rördragning går att undvika och att man kommer undan mycket billigare (FTX Gruppen, 2023).

## 3.3 Boverkets byggregler och Plan och bygglagen

När det kommer till renoveringar av småhus är det väldigt diffust hur vida man ska förhålla sig till nya krav från myndigheter. Ett hus som byggdes på 1970-talet anpassades efter dåvarande krav för konstruktion, funktion, användningssätt, utseende eller kulturhistoriska värden. Dagens krav är anpassas efter nya byggnadsmaterial och byggmetoder. Vilket gör det orimligt vid energieffektiviserande åtgärder på äldre byggnader att uppnå dagens krav. Boverket gör skillnad på om åtgärden utförs som underhåll, ändring eller ombyggnad av befintligt hus.

Ändring är vidsträckt begrepp som innefattar flera olika typer av åtgärder. Trots syftet att bevara genom underhåll kan byggnaden samtidigt förändras och därmed klassas som en ändring. Plan och bygglagen (PBL) säger att vid ändring av konstruktion, funktion, användningssätt, utseende eller kulturhistoriska värden i en byggnad kan nya krav kommas att ställas på den befintliga byggnaden trots sitt ursprungliga format. En ändring behöver inte heller vara bygglovspliktig eller anmälningspliktig men kan ändå behöva uppfylla kraven om ändring (Plan och bygglagen 2010:900 8 kap. 2,5§§). Kraven som gäller vid ändring av byggnad är detsamma som vid ny byggnation. Avsteg från kraven får dock göras med hänsyn till ändringens omfattning, byggnadens förutsättningar, varsamhetskravet och förvanskningförbudet.

Samtidigt som tiden förändras tillkommer nya byggtekniker, material och design. Vilket gör att byggnader ständigt kräver ingrepp som leder till ändringar. Frågan är var gränsen går mellan underhåll och ändring, vilket är en fråga som diskuteras flitigt och ingen tydlig skiljelinje finns. Oftast är alla underhållsåtgärder också en ändring men det behöver inte betyda att ändring skapar nya krav. Utan man måste bedöma ändringens omfattning, vilket brukar resultera i att byggnadens egenskaper inte får försämrats (Plan och bygglag 2010:900 4§). Befintliga byggnader ska underhållas så att dess egenskaper i huvudsak bevaras. Vilket gäller både in och utvändigt. Resultatet av underhållet ska även passa in i miljö runt omkring och bevara värden från kulturhistorisk synpunkt.

Ombyggnad är en ändring av en befintlig byggnad. Skillnaden mellan ändring och ombyggnad är att en ombyggnad är mer omfattande och ändrar flera delar av byggnaden. Vid en ombyggnad kan krav kommas att ställas på hela byggnaden till skillnad från en ändring där kraven ställs på endast ändrad del. Om det inte är rimligt att ställa krav på hela byggnaden kan även krav ställas på den delen som byggs om enligt tabell 3.1. Om ändringarna anses tillräckligt omfattande bedöms åtgärden som ombyggnad. Detta resulterar inte i högre kravnivå genomfört med en ändring utan skillnaden blir att vid en ombyggnad är det fler delar som kan ställas krav på (Plan och bygglagen 2010:900 8 kap. 2,5§§).

Tabell 3.1 Värmeegenomgångskoefficient som ska eftersträvas för enskilda byggnadsdelar  $U_i$  mätt i  $W/m^2K$  (BFS 2020:4 – BBR 29).

$U_i$	$[W/m^2K]$
$U_{tak}$	0,13
$U_{vägg}$	0,18
$U_{golv}$	0,15
$U_{fönster}$	1,2
$U_{ytterdörr}$	1,2

Boverket (2018) skriver under rubriken Vad är ombyggnad: ” För att en ändring av en byggnad ska anses utgöra ombyggnad ska antingen hela byggnaden eller en betydande och avgränsbar del av byggnaden påtagligt förnyas”. En bostad eller lokal räknas som funktionella enheter och utgör en viss byggnadsvolym, vilket är detsamma som en avgränsbar del i en byggnad. För att åtgärder ska omfatta en betydande del av byggnaden kan flera funktionella enheter behövas omfattas av åtgärder beroende på storleken av byggnaden. Exempel på avgränsbara delar som också är betydande kan enligt Boverket (2018) under rubriken Vad menas med betydande och avgränsbar del: vara ”ett trapphus med omkringliggande lägenheter, samtliga lägenheter på ett våningsplan eller en hel råvind”. Det finns också åtgärder som är betydande och utgör en avgränsbar del men som inte omfattas av att en funktionell enhet påtagligt förnyas. Exempel på sådana åtgärder är enligt Boverket (2018) under rubriken Vad menas med betydande och avgränsbar del: ”Byte av ett tekniskt system tex ventilationssystem, Byte av byggnadsdel tex klimatskärm, eller en åtgärd som endast omfattar ett utrymme eller funktion i alla lägenheter tex hygienrummen”. Om en åtgärd ska vara en påtaglig

förnyelse finns det tre kriterier som ska vara uppfyllda och om de ej uppfylls betraktas det ej som en ombyggnad. Enligt Boverket (2018) är de tre kriterierna som ska vara uppfyllda följande: vara bygglovs- eller anmälningspliktig, medföra en stor ekonomisk investering samt ha en viss karaktär och omfattning.

Sammanfattningsvis kan man säga att renoveringsåtgärdernas omfattning och lagkrav från PBL samt regler från boverket är väldigt komplexa. Hur vida åtgärden tolkas som underhåll, ändring eller ombyggnad kommer det att ställas samma former av krav på byggnaden men olika många delar kommer att beröras. Oftast handlar det om att det inte får försämrade byggnadens egenskaper, vilket då menas med att kraven inte blir högre än vad som följer av underhållskravet.

### **3.4 Energianvändning**

Enligt BBR (BFS 2011:6) definieras byggnadens energianvändning som den energi som behövs för att byggnaden ska fungera. Inräknat i detta är energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel. Energi till belysning, hemelektronik, disk och tvätt går som hushållsel och räknas inte in. Byggnadens energianvändning tar inte hänsyn till energibärare.

Mängden köpt energi kommer vid t.ex. installation av solceller bli längre och resulterar i att byggnadens energianvändning blir lägre. Energi som går till hushållselen eller exporteras får inte tillgodoräknas, utan bara de som används för byggnadens energianvändning.

### 3.5 Primärenergital

En byggnads primärenergital anger byggnadens energiprestanda. BBR ställer krav på högsta tillåtna primärenergital för nya byggnader enligt tabell 3.2. Kraven ser olika ut beroende på om det är en lokal, flerbostadshus eller småhus. Småhus har även olika krav beroende på sin storlek.

Primärenergitalet räknas ut genom att byggnadens energianvändning multipliceras med en viktningsfaktor,  $VF_i$  som beror på energikälla. I Boverkets byggregler (2011:6) tabell 9:2b står det att el har en viktningsfaktor på 1,8 och fjärrvärme har en faktor på 0,7. Energin som används för uppvärmning divideras med en geografisk justeringsfaktor,  $F_{geo}$ . Detta då inte samma krav kan uppfyllas med samma medel i södra som norra Sverige. I tabell 9:2c i Boverkets byggregler (2011:6) framgår det att Malmö har ett värde på 0,8 medan Sundsvall har ett värde på 1,3. Svaret anges per kvadratmeter vilket gör det lätt att jämföra energiprestandan för olika stora byggnader.

Primärenergitalet,  $EP_{pet}$  beräknas med hjälp av följande formel:

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left( \frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{f,i} \right) \times VF_i}{A_{temp}} \quad [\text{kWh/m}^2 A_{temp}, \text{år}]$$

Tabell 3.2 Krav på högsta tillåtna primärenergital, installerad eleffekt för uppvärmning, genomsnittlig värmegenomgångskoefficient och genomsnittligt luftläckage för olika byggnader och storlekar (BFS 2011:6, s.138).

	Energi- prestanda uttryckt som primärenergi- tal ( $EP_{pet}$ ) [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> och år]	Installerad eleffekt för uppvärmning (kW)	Genomsnittlig värmegenom- gångskoeffi- cient ( $U_m$ ) [W/m <sup>2</sup> K]	Klimatskärmen s genomsnittliga luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad (l/s m <sup>2</sup> )
<b>Bostäder</b>				
Småhus >130 m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	90	4,5 + 1,7 x ( $F_{geo} -$ 1) <sup>1)</sup>	0,30	Enligt avsnitt 9:26
Småhus >90–130 m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	95			
Småhus >50–90 m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	100			
Småhus ≤50 m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	Inget krav	Inget krav	0,33	0,6
Flerbostadshus	75 <sup>4)</sup>	4,5 + 1,7 x ( $F_{geo} -$ 1) <sup>1)</sup> 5)	0,40	Enligt avsnitt 9:26
<b>Lokaler</b>				
Lokaler	70 <sup>2)</sup>	4,5 + 1,7 x ( $F_{geo} -$ 1) <sup>1)</sup> 3)	0,50	Enligt avsnitt 9:26

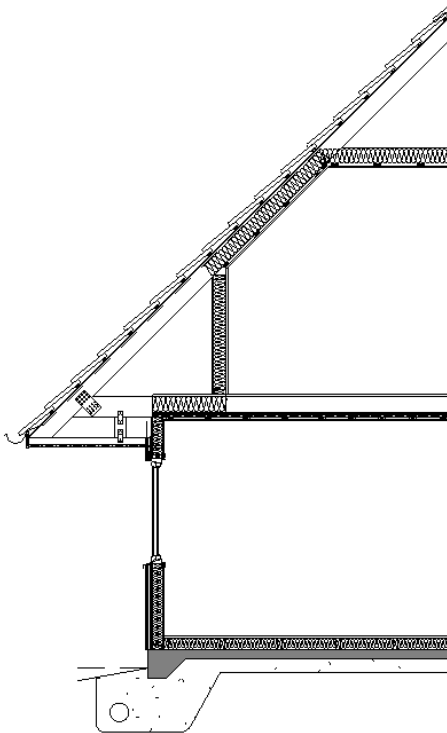


## 4 Byggnadsutformning av typhuset

I detta kapitel kommer typhusets byggnadsutformning presenteras. Konstruktion, uppvärmnings- och ventilationssystemet, mängder och orientering samt de orter huset kommer placeras i. Valen baseras på litteraturstudien som genomförts.

### 4.1 Konstruktion

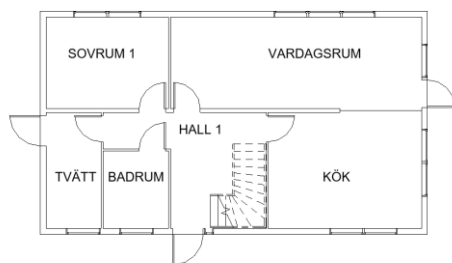
Litteraturstudien visade på att det var 1,5-planshuset som dominerade på 70-talet. Det var mest gynnsamt för att få ut maximalt lån. Valen av typhusets konstruktion och arkitektoniska uttryck baseras på litteraturstudien och studerade ritningar. Huset kommer ta form av ett tidigt 70-talshus enligt figur 4.1. Boytan är på 145 m<sup>2</sup> och fördelat på två plan se figur 4.3 och 4.4. För att ge en tydlig bild av det framtagna typhuset har det digitala verktyget Revit använts. Figur 4.2 är en rendering av huset utfört med hjälp av Enscape.



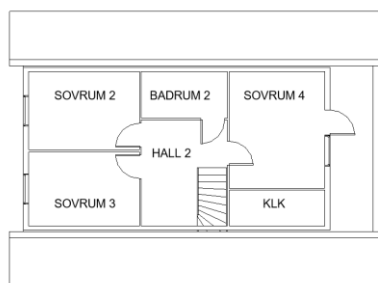
Figur 4.1 Sektionsritning av framtagna typhuset ritat i Revit. Exakta mått framgår i figurerna 4.5, 4.7 och 4.10.



Figur 4.2 Rendering av typhuset gjort i Enscape.



Figur 4.3 Planlösning av typhusets ritat i Revit, plan 1.

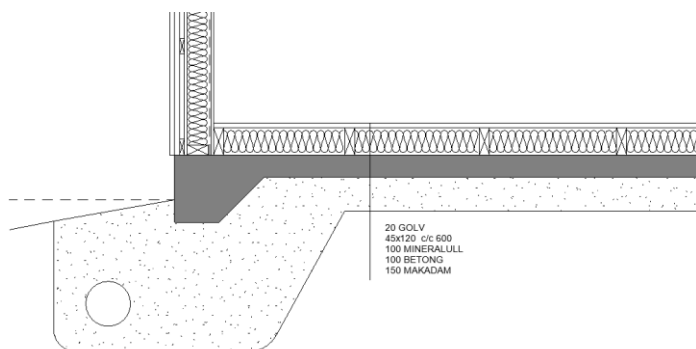


Figur 4.4 Planlösning av typhusets ritat i Revit, plan 2.

### 4.1.1 Grund

En klassisk 1,5-plansvilla på 70-talet saknade källare och utformades med grundsättningen platta på mark. Denna metod var under denna tid en riskkonstruktion då oftast isoleringen placerades mellan ett uppreglat golv direkt på betongplattan. Idag placeras i stället isoleringen under plattan. Skillnaden mellan de olika metoderna är främst fuktaspekten och inte ur värmesynpunkt (Sandin, 2010, s.144). Typhuset kommer därför konstrueras med platta på mark och överliggande isolering mellan träreglar.

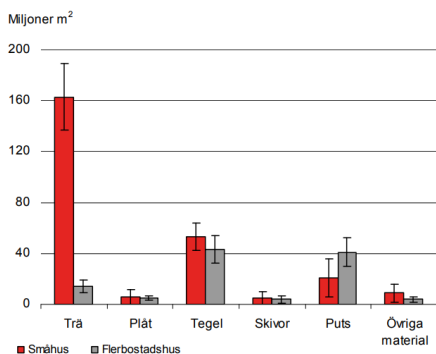
Grundsättningen kommer utformas med en 100 mm tjock platta och en förstyvning vid kanterna runt om huset som är 300 mm tjock. Plattan kommer gjutas på ett dränerande och kapillärbrytande skikt som är 150 mm tjockt. Utan plastfolie och ovanpå plattan läggs regler 45x120 mm, c/c 600 och 100 mm isolering läggs mellan. En golvskena placeras sedan på reglarna, se figur 4.5.



Figur 4.5 Sektionsritning av typhusets grundkonstruktion ritat i Revit.

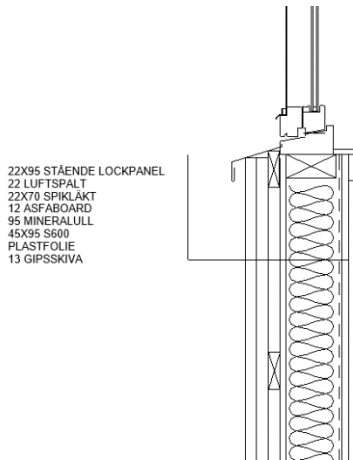
### 4.1.2 Vägg

Fasaden på 70-talsvillan varierade och var ofta en kombination av tegel och trä. Litteraturstudien säger däremot att i de gruppbyggda husen dominerade träpanelen. Figur 4.6 visar att trä är det vanligaste fasadmaterialet på småhus och flerbostadshus uppförda innan 2005 är trä. Fasaden på typhuset kommer därför vara en träpanel.



Figur 4.6 Vanligaste fasadmaterialet på befintliga småhus och flerbostadshus uppförda innan 2005 (Boverket, 2010b, s.29).

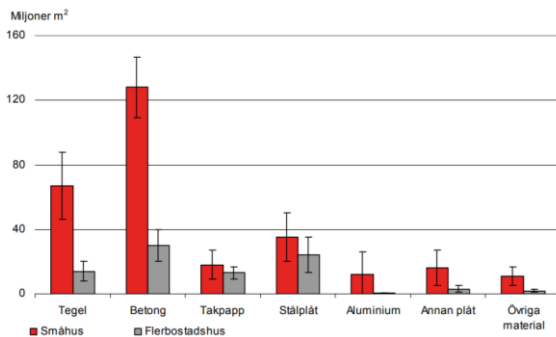
Typhusets ytterväggar kommer reglas upp med 45x95 regler med c/c 600. Mellan reglarna kommer det isoleras med 95 mm mineralull då det är resultatet från litteraturstudien. Ytterväggarna kommer konstrueras enligt nedan, se figur 4.7.



Figur 4.7 Sektionsritning av typhusets yttervägg ritat i Revit.

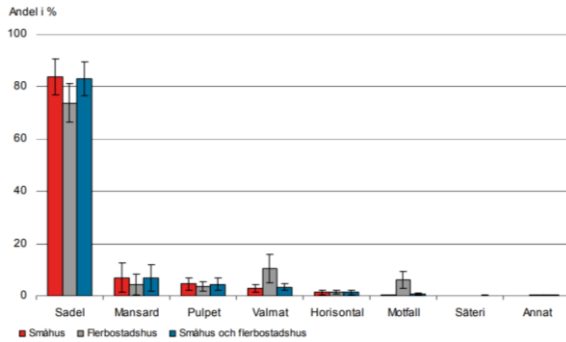
### 4.1.3 Tak

Litteraturstudien ger oss att det typiska taket på en 70-talsvilla var ett brant sadeltak med en takvinkel på 45 grader och en stora utskjutande inbyggd takfot. Den kraftiga lutningen gjorde att stora delar av övervåningen gick att använda som inredd bostad. Det byggdes upp med ramverkstakstolar och var beklätt i mörka betongpannor. Betongpannor och sadeltak är de vanligaste takmaterialen och takutformningen på befintliga småhus och flerbostadshus idag, se figur 4.8 och 4.9.



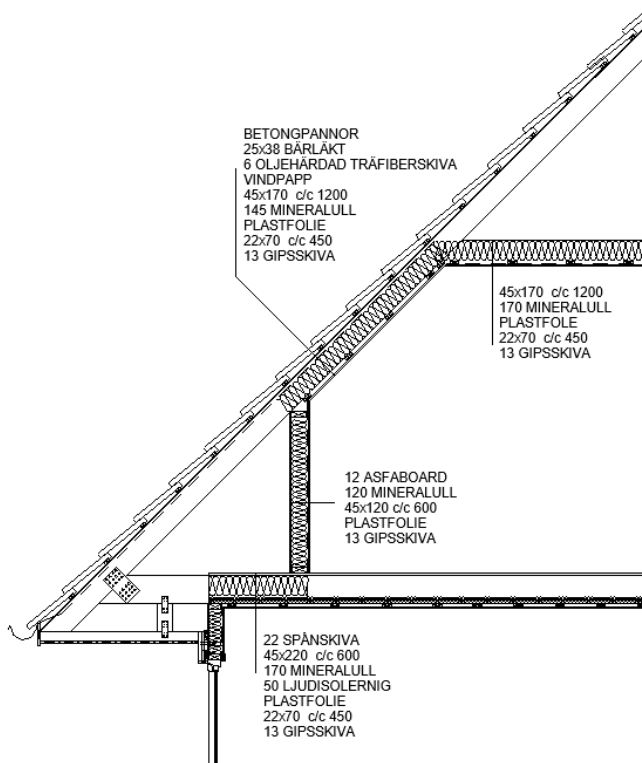
Figur 4.8 Vanliga takmaterial på befintliga småhus och flerbostadshusuppförda innan 2005 (Boverket, 2010b, s.34).

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus



Figur 4.9 Vanliga takutformningar på befintliga småhus och flerbostadshusuppförda innan 2005 (Boverket, 2010b, s.32).

Taket isoleras med 120 till 170 mm mineralull. Takstolarnas underarm och hanbjälke isoleras med 170 mm mineralull. Underramen har även 50 mm ljudisolering. Överramen och stödbenet isoleras med 145 mm respektive 120 mm mineralull. Typhusets konstruktion kommer inspireras av litteraturstudien och ta form enligt följande, se figur 4.10.



Figur 4.10 Sektionsritning av typhusets takkonstruktion ritat i Revit.

#### 4.1.4 Mellanbjälklag

De färdiga takstolarnas underramar agerar mellanbjälklag. För att stärka upp placeras extra reglar mellan takstolens underarmar så att c/c blir 600 mm. För att förhindra ljud att sprida sig mellan de två våningsplanen placeras 50 mm ljudisolering.

#### 4.1.5 Fönster

För att ta fram ett U-värde som speglar de fönster som var original i 70-talsvillan har följande värden tagits fram:

$$U = 3,00 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (\text{Warfvinge, 2008})$$

$$U = 2,79 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (\text{Bülow-Hübe, 2003, s.2})$$

$$U = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (\text{Sandin, 2010, s.50})$$

För att få fram ett slutligt U-värde på fönsterna innan energieffektiviserande åtgärder utförts beräknas ett medelvärde av ovannämnda värden enligt följande:

$$\frac{3,00 + 2,97 + 2,90}{3} = 2,957 \approx 2,96 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Det är inte bara fönstrets värmegenomgångskoefficienten som påverkar husets energianvändning. Hur stor andel av byggnaden som täckt med fönster har stor betydelse. Större andel fönster betyder att det finns fler köldbryggor och även ett husets totala U-värde blir sämre. Litteraturstudien gav oss att cirka 14% av fasaden var fönster på ett typiskt 70-talshus. Ytan fönster för vårt konstruerade typhus beräknas enligt följande:

$$0,14 \cdot 136,1 = 19,054 \approx 19 \text{ m}^2$$

Från litteraturstudien fick vi även ut att normala fönsterstorleken var på 1,1x1,1 m<sup>2</sup> och sidoljusen på 0,3x2,1 m<sup>2</sup>. Antalet fönster i typhuset beräknas enligt följande:

$$\frac{19 - 0,3 \cdot 2,1}{1,1 \cdot 1,1} = 15,181 \approx 15 \text{ st}$$

#### 4.1.6 Dörrar

Idag är U-värdet för dörrar och fönster ungefär detsamma. Då vi inte hittade någon data på vad dörrar förr hade för U-värde kommer samma som det beräknade värdet på fönsterna sättas även till dörrarna.

Genom litteraturstudien och studerade ritningar på 70-tals småhus tycks två ytterdörrar och två mindre altandörrar vara det som normalt sattes in. Ytterdörrarna sätts till storleken 1x2,1 m<sup>2</sup> och altandörrarna till 0,9x2,1 m<sup>2</sup>.

## 4.2 Installationssystem

### Uppvärmningssystem

Studien har avgränsat till att studera två olika uppvärmningssystem. Typhuset kommer därför utformas som både ett vattenburet och ett icke vattenburet uppvärmningssystem. De båda systemen använder sig av el som energikälla.

Litteraturstudien säger att minst 40% av Sveriges småhus uppförda under rekordåren har i efterhand installerat en värmepump. Studien har valt att studera småhus som inte genomfört några åtgärder för att se den fulla potentialen av de framtagna åtgärderna. Därför har detta inte tagits hänsyn till vid framtagning av typhuset.

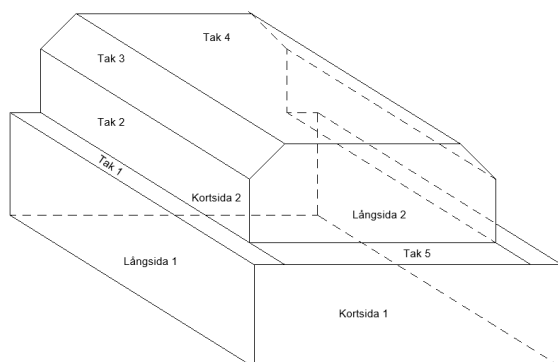
### Ventilationssystem

Litteraturstudiens resultat var att självdrag som ventilationssystem dominerade i småhusen uppförda på 1970-talet. Typhuset kommer därför i basfallet använda sig av det.

## 4.3 Mängder och orientering

Ett hus orientering och mängder har en stor inverkan på dess energianvändning. Därför är det viktigt att ge typhuset riktiga längder, areor och volymer. Typhusets mängder är framtagna med hjälp av ritningar och text från boken "Så byggdes villan" (Björk et al., 2009).

Hur mycket egenproducerad el en byggnad kan producera beror även på dess orientering. Vi kommer därför testa typhuset med två orienteringar. Orientering ett där långsidorna står i norr och söder och kortsidorna i öst och väst. Andra orienteringen kommer vara tvärt om, d.v.s. långsidorna i öst och väst och kortsidorna i söder och norr. Figur 4.11 anger typhusets mängder. Måtten på väggarna är innermått.



Figur 4.11 Skiss över typhuset där husets mängder är angivna.

### Långsida 1

Väggarea: 21,9 m<sup>2</sup>

Fönsterarea: 5,5 m<sup>2</sup>

Dörrarea: 2,1 m<sup>2</sup>

### Långsida 2

Väggarea: 24,0 m<sup>2</sup>

Fönsterarea: 6,1 m<sup>2</sup>

Dörrarea: 0 m<sup>2</sup>

### Kortsida 1

Väggarea: 23,4 m<sup>2</sup>

Fönsterarea: 2,4 m<sup>2</sup>

Dörrarea: 2,1 m<sup>2</sup>

### Kortsida 2

Väggarea: 19,9 m<sup>2</sup>

Fönsterarea: 4,8 m<sup>2</sup>

Dörrarea: 3,8 m<sup>2</sup>

### Grund

Värmeförlusterna är större vid husets kanter och grundplattan delas därför in i två zoner för att simulera detta i beräkningsprogrammet. "Area<sub>0-1</sub>" är mått från husets kant och 1 m in och det är den arean som har större värmeförlust på grund av sina köldbryggor. Resterande area av grundplattan är "Area<sub>1-6</sub>".

$$\text{Area}_{0-1} = 12,643 \cdot 7,293 - 10,643 \cdot 5,293 = 35,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Area}_{1-6} = 10,643 \cdot 5,293 \approx 56,2 \text{ m}^2$$

### Tak

$$\text{Tak}_1 = 12,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Tak}_2 = 26,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Tak}_3 = 29,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Tak}_4 = 39,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Tak}_5 = 8,1 \text{ m}^2$$



### **Volym**

Volymen som är av intresse är den som har en luftomsättning. Det innebär att volym för väggar inte ska räknas med. Därför har rummens storlek multiplicerats med takhöjden enligt följande:

$$\text{Volym}_{\text{plan 1}} = (12 + 25 + 7 + 5 + 15 + 19) \cdot 2,4 \approx 199,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volym}_{\text{plan 2}} = ((11 + 11 + 12 + 5 + 15 + 4) * 2,3) - (0,969 * 0,969 * 10,7) \\ \approx 123,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volym}_{\text{total}} = 199,2 + 123,4 = 322,6 \text{ m}^3$$

## 4.4 Val av orter

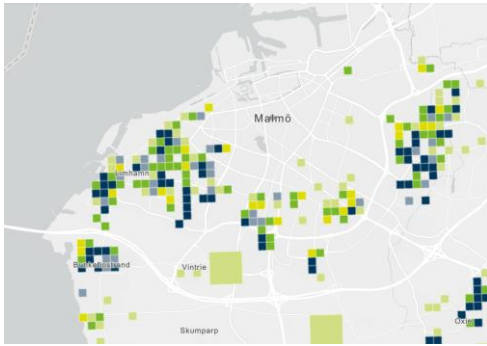
För att få ett brett resultat som kan nyttja flera kommer typhuset placeras på tre olika orter i Sverige. Detta med hjälp av en karta över hus uppförda under rekordåren 1965–1974. I storstäderna Malmö, Göteborg och Stockholm uppfördes de flest småhus under denna period, se figur 4.12. Valet av orter kommer däremot inte vara dessa.



Figur 4.12 Karta över småhus uppförde under år 1965 till 1974. Mörkare färg indikerar högre antal bostäder (Boverket, 2022).

Vid beräkning av energianvändningen tas det även hänsyn till det geografiska läget. Vid beräkning av energibehovet för uppvärmning tas antalet gradtimmar med. Gradtimmar är ett mått för att ange hur många timmar om året byggnaden behöver energi till uppvärmning. Antalet är summan av varje timmes temperaturskillnad mellan inne- och uteluften under ett år. Då det är varmare i södra Sverige än norra blir utgångsfallet därför olika för mängden energi som behövs. Göteborg och Malmös antal gradtimmar skiljer sig minimalt (Warfvinge & Dahlblom, 2010, s.4:19-4:21). Därför skulle ett resultat mellan dessa orter troligtvis visa ett snarlikt värde och vara ointressant för studien.

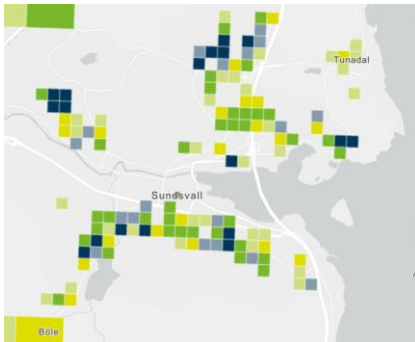
För att täcka en större yta av Sverige och därför få ett mer generellt resultat hade det varit bäst att välja en ort i södra, mellersta och norra Sverige. På figur 4.12. ser vi däremot att antalet småhus som uppfördes denna period avtar norr om Stockholm. För att täcka en större yta av Sverige kommer därför Sundsvall att väljas i stället för Göteborg. Valet av orter i studien blir därför Malmö, Stockholm och Sundsvall. Figur 4.13-4.15 visar hur bebyggelsen av småhus i de valda orterna under 1965–1974.



Figur 4.13 Karta över småhus uppförda i Malmö stad under år 1965 till 1974. Mörkare färg indikerar högre antal bostäder (Boverket, 2022).



Figur 4.14 Karta över småhus uppförda i Stockholm stad under år 1965 till 1974. Mörkare färg indikerar högre antal bostäder (Boverket, 2022).



Figur 4.15 Karta över småhus uppförda i Sundsvalls kommun under år 1965 till 1974. Mörkare färg indikerar högre antal bostäder (Boverket, 2022).

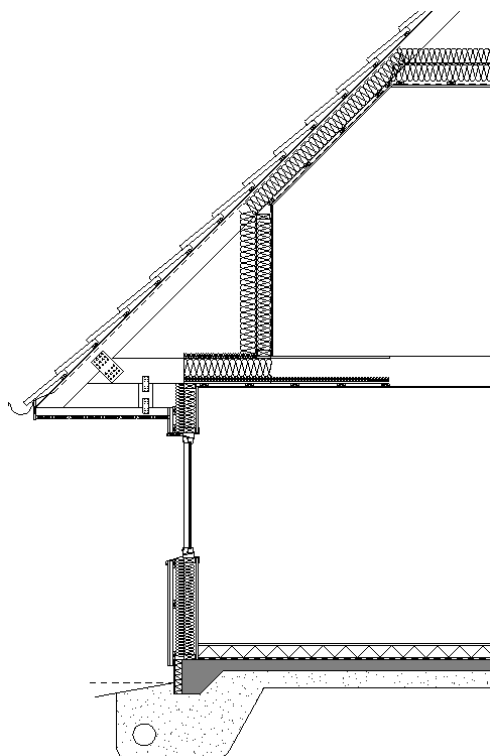


## 5 Val av förbättringsåtgärder för typhuset

I detta kapitel kommer typhusets förbättringsåtgärder för klimatskalet, uppvärmnings- och ventilationssystemet samt möjligheten till egenproducerad energi presenteras.

### 5.1 Det förbättrade klimatskalet

Husets varma inneluft omsluts av husets klimatskal som är de ytor som är i kontakt med den varma inneluften. När det är kallare ute än inne läcker den varma luften ut genom golv, väggar, fönster, dörrar och tak, vilket kallas för värmeförluster. För att energieffektivisera ett hus är värmeförlusterna betydande och lägger grunden för verkningsgraden av andra åtgärder som berör ventilation och uppvärmning. Figur 5.1 demonstrerar klimatskalet i typhuset då alla energieffektiviserande åtgärder är utförda inklusive en förbättring i grunden.



Figur 5.1 Sektionsritning av typhuset med framtagna åtgärder på husets alla delar av klimatskalet ritat i Revit. Exakta mått framgår i figurerna 5.2, 5.3, 5.4 och 5.5.

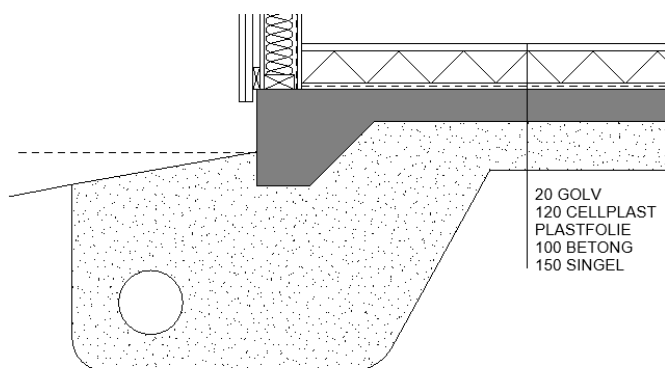
### 5.1.1 Grund

Under 1960-talet byggdes de oftast utan plastfolie mellan betongen och träreglarna, vilket gjorde att den fuktiga betongplattan kom i kontakt med träreglarna och skapade fuktproblem (Sandin, 2019, s. 48). Det som är fördelen med konstruktionstypen ovanliggande isolering är att köldbryggan vid kantbalken inte blir lika stor på betongplattan. Majoriteten av husen som byggdes under 1960 och 1970-talet har drabbats av omfattande fuktskador, som resulterat i att golvbeläggningar har släppt och underliggande trä har fått mögel och rötangrepp. Vilket främst har drabbat grundkonstruktionerna med ovanliggande isolering.

Det framtagna typhuset har en tidstypisk grundkonstruktion från 1960–1970 talet med ovanliggande isolering och ett uppreglat trägolv utan plastfolie. Ur ett rent energieffektiviserings perspektiv är det svårt att göra någon åtgärd åt grunden då det inte kan placera någon isolering på undersidan. Det är även begränsat av den invändiga isolerings tjockleken.

Enligt Sandin (2019, s. 49) kan regelstommen och isoleringen bytas ut mot cellplast med underliggande plastfolie för att förbättra grundkonstruktionen. Detta kallas ett flytande golv och saknar köldbryggor samt man slipper trä i kontakt med den fuktiga betongen. Grunden kommer bli fuktsäkrare samt få ett något förbättrat värmegenomgångsmotstånd då cellplasten har ett bättre lambdavärde. Viktigt att tänka på vid en sådan renovering är att innan plastfolien och cellplasten läggs på måste betongplattan dammsugas noggrant för att få bort dam och sågspån som skulle kunna ge en framtida mögelpåväxt.

Den framtagna åtgärden på grundkonstruktionen illustreras i figur 5.2. Däremot är detta inget som kommer simuleras i VIP-Energy.



Figur 5.2 Figur 4.2 Sektionsritning av typhusets grundkonstruktion med framtagna åtgärder ritat i Revit.

## 5.1.2 Vägg

Att tilläggsisolera fasaden är en åtgärd som är betydande och minskar husets energianvändning avsevärt. Åtgärden är sällan ekonomisk lönsam som enskild åtgärd, men i samband med en renovering av fasaden kan åtgärden bli lönsam. Att rekommendera är att tilläggsisolera fasaden på utsidan i samband med att fasaden planeras att bytas ut. Fasadmaterialet behöver inte plockas ned i onödan och den befintliga väggen blir något varmare, vilket är gynnsamt rent byggfysikaliskt. Risken för fuktproblem blir väsentligt lägre än om de tilläggsisolerar på insidan samt de går att ungå en reducerad bostadsarea. Tilläggsisoleringen minskar även köldbryggorna i väggen (Energimyndigheten, 2022a).

Vid val av fasadskiva till tilläggsisoleringen används Isovers produkter i denna studie. Beroende på om stommen är vindtät eller ej ska fasadskivan som väljs komplettera stommen. Typhuset har en asfaboard som fungerar som ett vindskydd. Asfaboarden kan efter ålder börja lukta och i samband med tilläggsisoleringen tas den fördelaktigt ned. Därför väljs ISOVER fasadskiva 30 Alu som är framtagen för att verka som isolering och vindskydd framför en trä- eller stålstomme med ventilerad fasad. Köldbryggorna minimeras genom att spiklätten kan monteras direkt på fasadskivan och horisontella reglar kan undvikas. Fasadskivan finns i tjocklekarna 30,50, 80 och 100 mm och har ett U-värde på 0,03 W/m<sup>2</sup>K (Isover, u.å.a).

BFS 2020:4 – BBR 29 säger att om inte primärenergitalet är uppfyllt i kap 9.2 vid ändring i klimatskärmen ska ett U-värde för respektive del i klimatskärmen eftersträvas. För väggen gäller 0,18 W/m<sup>2</sup>K. För att ta reda på hur mycket tilläggsisolering detta skulle innebära görs följande överslagsberäkning som inte tar hänsyn till  $\lambda$ -värdesmetoden eller U-värdesmetoden:

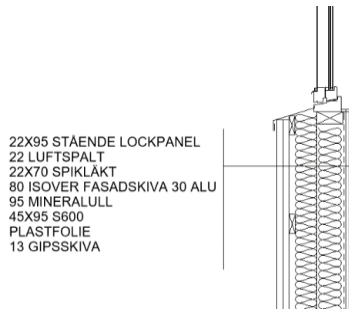
$$U = \frac{1}{(R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se})} \rightarrow d = \lambda \cdot \left( \frac{1}{U} - R_{si} - R_{se} \right)$$

$$d = 0,03 \cdot \left( \frac{1}{0,18} - 0,04 - 0,13 \right) = 0,162 \rightarrow 162 \text{ mm (ren isolering)}$$

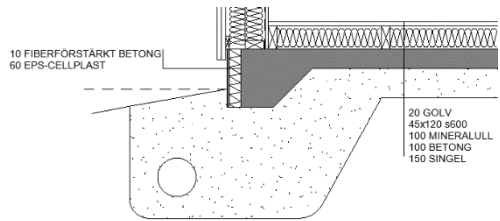
Enligt europastandard ska följande värmeövergångsmotstånd användas vid beräkning av U-värde, för insidan av vägg:  $R_{si} = 0,13$ , kontra utsidan av vägg:  $R_{se} = 0,04$ .

Typhuset har en mellanliggande isolering på 95mm och gör att studien väljer att använda sig av 80 mm tilläggsisolering, se figur 5.3. Hade det valts att tilläggsisolera på insidan får tilläggsisoleringen inte uppgå till mer en tredjedel av den total isoleringstjockleken (Bolist, u.å). Vid en invändig isolering ändras daggpunkten i den befintliga väggen vilket kan leda till att kondens uppstår. Detta kan nu bortses i och med att utvändigt isolering används. För att inte få en utskjutande fasad med 80 mm från sockeln placeras ett isolerande sockelelement på utsidan av den befintliga sockeln, se figur 5.4. Det minskar även storleken på köldbryggan.

Vid ändring av byggnadens yttre inom ett detaljplanerat område kan bygglov behövas. Även om panelen är densamma vid en tilläggsisolering ändras fönster och dörrars position i fasaden om man inte flyttar dem. Det rekommenderas därför är att kontakta kommunens byggnadsnämnd vid en planerad åtgärd för att klargöra vad som gäller innan påbörjad renovering (Energimyndigheten, 2022a).



*Figur 5.3 Sektionsritning av typhusets yttervägg med framtagna åtgärder ritat i Revit.*



*Figur 5.4 Sektionsritning av typhusets yttervägg och grund med framtagna åtgärder ritat i Revit.*



### 5.1.3 Tak

Att tilläggsisolera tak eller vindsutrymmen görs främst av två anledningar, antingen för att spara energin eller för att skapa sig mer boyta genom att inreda en befintlig vind. Tilläggsisolera vindsbjälkslaget är en smart åtgärd som kan minska uppvärmningskostnaden med upp till en fjärdedel. Det beror på att större delen av värmeläckaget sker genom taket. Har huset ett dåligt vindsbjälkslag är det troligen den mest lönsamma åtgärden att utföra (Isover, u.å.b).

Vid val av tilläggsisoleringen av tak och vind används Isovers produkter i denna studie. Vid större vindsutrymmen rekommenderas det av Isover (u.å.b) att en lösullsentreprenör som blåser in lösullisolering i form av Isover InsulSafe hjälper en. Detta anses som det mest effektiva tillvägagångsättet. Vid mindre och lättåtkomliga vindsbjälkslag kan Isover UNI-skivor användas som enkelt monteras i vindsutrymmet (ibid.).

Viktigt att tänka på vid isolering av vindar är att värmeförlusterna minskar och vindsutrymmet blir kallare. Därför är det viktigt att täta insidan av taket noggrant innan en tilläggsisolering utförs. Detta för att förhindra att varm och fuktig luft tar sig upp i den kalla vinden och skapar fuktproblem. Det ska också tilläggas att det är viktigt att ha en bra ventilation så det kan styra hur luften rör sig (Isover, u.å.b).

Typhuset har en vanlig konstruktion för ett 1,5-plans hus där takstolen utgör både mellanbjälklag och tak. Takstolskonstruktion kallas för ramverk och består av en underram som även fungerar som mellanbjälklag, stödben som fungerar som innerväggar, hanbjälke som fungerar som ett innertak till våningsplan 2 och en överram som utgör taket och bär taktäckningen.

BFS 2020:4 – BBR 29 säger att om inte primärenergitalet är uppfyllt i kap 9.2 vid ändring i klimatskärmen ska ett U-värde för respektive del i klimatskärmen eftersträvas. För taket gäller 0,13 W/m<sup>2</sup>K. För att ta reda på hur mycket tilläggsisolering detta skulle innebära görs följande överslagsberäkning som inte tar hänsyn till  $\lambda$ -värdesmetoden eller U-värdesmetoden:

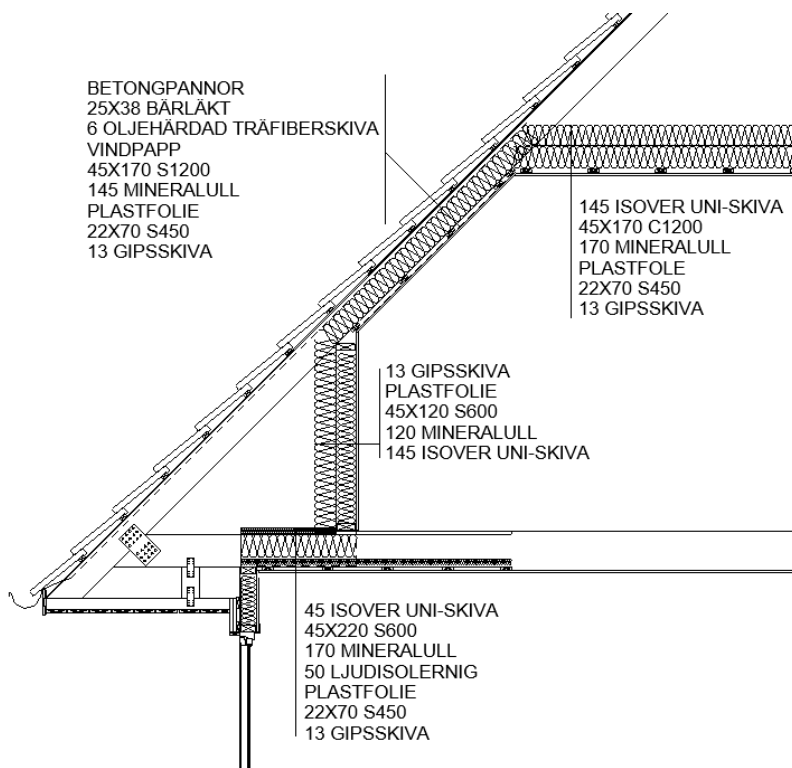
$$U = \frac{1}{(R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se})} \rightarrow d = \lambda \cdot \left( \frac{1}{U} - R_{si} - R_{se} \right)$$

$$d = 0,035 \cdot \left( \frac{1}{0,13} - 0,04 - 0,10 \right) = 0,264 \rightarrow 264 \text{ mm (ren isolering)}$$

Enligt europastandard ska följande värmeövergångsmotstånd användas vid beräkning av U-värde, för insidan av tak:  $R_{si} = 0,10$ , kontra utsidan av tak:  $R_{se} = 0,04$ .

Vid val av tilläggsisolering har studien valt att fokusera på de mest lättåtkomliga åtgärderna. Därför väljs kattvinden och hanbjälklaget. En tilläggsisolering av överramen skulle innebära omfattande åtgärder antingen utvändigt eller invändigt. Tilläggsisolering på insidan kräver rivning av befintligt tak samt har innerväggar att beakta. En utvändigt åtgärd skulle medföra en påsålning av hela överramen, vilket kostar mycket. En sådan åtgärd skulle kunna ses aktuell i samband med renovering av taktäckningen.

Isover UNI-skiva används och finns i storlekarna 45, 70, 95, 120, 145, 170, 195 och 220 mm. Vid val av åtgärder i kattvinden försöker studien matcha BBRs U-värde och tilläggsisolerar underramen med 45 mm och stödbenet med 145 mm. Hanbjälklaget har mer utrymme att tillgodogöra och där väljs det att tilläggsisolera med 145 mm, se figur 5.5.



Figur 5.5 Sektionsritning av typhusets takkonstruktion med framtagna åtgärder ritat i Revit.

### 5.1.4 Fönster och dörrar

Fönster och dörrar står för en stor del av värmeförlusterna i ett hus, vilket beror på dess dåliga U-värde. I äldre hus som i det framtagna typhus ligger U-värdet på runt 2,96 W/m<sup>2</sup>K för både fönster och dörrar. Idag tillverkas både fönster och dörrar med U-värden ner till 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Att byta ut både fönster och dörrar mot dagens standarder hjälper till att få ner husets värmeförluster. Efter studerat U-värden på fönster och dörrar hos olika återförsäljare har värdet 1 W/m<sup>2</sup>K valts till de nya fönster och dörrarna.

## 5.2 Uppvärmningssystem

Energianvändningen består till större del av uppvärmningen i äldre hus och går att minska genom byte av värmesystem samt energikälla. Skälet till att många investerar i att byta ut sitt befintliga uppvärmningssystem till ett modernare är för att sänka uppvärmningskostnaden. Har huset ett vattenburet uppvärmningssystem finns det flertalet åtgärder att utföra. Har huset däremot inget vattenburet värmesystem är åtgärderna begränsade.

I denna studie har typhuset ett fall med direktverkande el och ett med vattenburen el. Vid simulering i VIP-Energy görs ingen skillnad på om husets uppvärmningssystem är vattenburet eller ej. Ett hus med direktverkande el eller vattenburen el använder sig av samma mängd energi. I praktiken kan det vattenburna systemet få en viss distributions förlust men den är marginell.

I studien kommer därför basfallet vara direktverkande el och åtgärderna som studeras är fjärrvärme, en luft-luftvärmepump med effekten 6000 W, en luft-vattenvärmepump med effekten 5890 W och en bergvärmepump med effekten 6070 W.

### 5.3 Ventilationssystem

I samband med att myndigheterna ställde högre krav på husens värmeisolering började privatpersoner tilläggsisolera fasaden på sina småhus. Ventilationssystemet kvarstod som självdrag vilket vid mer isolering på fasaden gjorde att de inte fungerade lika optimalt längre. Därför undersöks åtgärder på ventilationssystemet i denna studie.

Ventilationssystem förekommer i olika typer och har under årens gång utvecklats efter nya byggtekniker. Ventilationen går att kombinera med flera energibesparande system. Vilket gjort att BBR ställer krav på att varje byggnad ska göra av med så lite energi som möjligt. Därför blir ventilationen en viktig faktor då den uppvärmda luften i huset innehåller en lagrad energi som man inte vill göra sig av med i onödan. Ventilationen är till för att tillföra byggnaden friskluft och föra bort fuktig och förorenad luft. Systemet utformas så att tilluften tillförs i rummen man vistas mest i det vill säga vardagsrum och sovrum. Därefter placeras frånluftsventiler i rummen där fuktig och förorenad luft förekommer som främst badrum, WC, tvättrum och kök (Boverket, 2023).

Vid åtgärder på ventilationen är det viktigt att byggnaden fortsatt uppfyller kraven från Boverket byggregler. I avsnitt 6 står det att ändringarna inte får medföra att byggnaden inte längre uppfyller kraven för luftkvalité, luftflöde och fuktsäkerhet. Därför är det viktigt att behovet av frisk tilluft och luftutbytet tillgodoses vid projektering av ett nytt ventilationssystem.

En av åtgärderna som studien testar på ventilationssystemet är att installera en mekanisk frånluftsventilation. Systemet bygger på att behovsstyrda fläktar installeras i främst i badrum och kök för att föra bort fuktig och förorenad luft. Vilket även hjälper till att skapa ett bättre luftflöde i huset. Åtgärden är vanligt förekommande för att snabbt, billigt och enkelt skapa ett bättre luftflöde i huset.

Studien kommer även studera att installera en frånluftsvärmepump med effekten 4680 W i typhuset. Systemet är densamma som ett mekaniskt frånluftssystem förutom att det sker en värmeåtervinning via en värmepump innan inomhusluften blir frånluft.

Ytterligare en åtgärd som kommer studeras är ett mekaniskt till- och frånluftssystem. Det bygger på att både tilluften och frånluften i huset styrs. Systemet har en värmeåtervinning och den sker med en värmeväxlare som värmer upp tilluften med hjälp av frånluften. Verkningsgraden är hög på systemet och uppvärmningsbehovet blir därför längre än vid mekanisk frånluft. För att systemet ska fungera optimalt måste huset vara tät. Därför sätts typhusets tilluftsventiler för. En nackdel är att systemet tar plats men utvecklingen går framåt och systemen blir mer kompakta. Typhusets kattvind är ett bra utrymme att nyttja och därför anser studien att åtgärden är möjlig att utföra.

## 5.4 Egenproducerad energi

Typhuset har en takyta på cirka 192 m<sup>2</sup> fördelat på två sidor. Detta möjliggör att installera solceller eller solfångare för egenproduceras energi. I VIP-Energy simuleras huset med fyra fall. Två med enbart solceller och två med enbart solpaneler.

### 5.4.1 Solceller

Vid beräkning av hur stor takyta som kan täckas måste huvudsäkringens storlek, husets elförbrukning på årsbasis och takytan tas hänsyn till. En regel att följa är att solpanelerna inte ska generera mer effekt än huvudsäkringens maxeffekt. En riktlinje är att multiplicerat husets huvudsäkring med 690 för att få fram den maximala effekten på solcells anläggningen som huset klarar av, se tabell 5.1. Mängden solceller som möjliggörs beräknas utifrån följande tre steg.

#### Steg 1: Räkna ut anläggnings maxeffekt baserat på huvudsäkringens.

Tabell 5.1 Maxeffekten på anläggningen baserat på storleken av huvudsäkringens.

Säkringsstorlek (A)	Maxeffekt anläggning (kW)
16	11,0
20	13,8
25	17,3
53	36,6
50	34,5
63	43,5

Typhuset kommer att använda sig av en 16 A och 20 A huvudsäkring i basfallet och beräkningar nedan baseras på dessa två. Enligt Hemming (2022c) är den vanligaste storleken på en solpanel är 1,82 m<sup>2</sup> och har en topp effekt som varierar mellan 370–405 W. Utifrån att veta vad maxeffekten är enligt huvudsäkringens på anläggningen kan antalet solpaneler räknas ut, se tabell 5.2.

#### Steg 2: Räkna ut antalet solpaneler som är möjliga för anläggningen.

Tabell 5.2 Maxeffekten divideras genom topp effekten på en solpanel, vilket ger antalet solpaneler som behövs för att uppnå maxeffekten. Samt ytan i m<sup>2</sup> som solfångarna tar upp på taket.

Maxeffekt anläggning (kW)	Toppeffekt (W)	Antal solpaneler (st)	Solpanelyta (m <sup>2</sup> )
11,0	370	30	54,3
11,0	405	27	49,6
13,8	370	37	67,9
13,8	405	34	62,0

En anläggning med maxeffekt på 11 kW kan ha max 49,6-54,3 m<sup>2</sup> solpaneler och en anläggning med maxeffekt på 13,8 kW kan dimensioneras med max 62,0-67,9 m<sup>2</sup> solpaneler.

Utifrån varje watt som installeras på anläggningen kan man räkna att de kommer generera cirka 0,8-1,1 kWh per år, se tabell 5.3 (Hemming, 2022d). Husets huvudsäkring möjliggör en viss effekt på anläggningen som i sin tur möjliggör en viss elproduktion men den sätter också begränsningar på storleken av solpanelsanläggningen, se tabell 5.4 för en sammanställning.

Tabell 5.3 Utifrån anläggningens maxeffekt redovisas den potentiella elproduktionen.

Maxeffekt anläggning (kW)	Elproduktion från (kWh)	Elproduktion till (kWh)
11	8832	12144
13,8	11040	15180

Tabell 5.4 Husets minsta säkring ger en effekt på anläggningen som ger en möjlig elproduktion men som också sätter ett max tak på m<sup>2</sup> solpaneler.

Effekt på anläggningen (kW)	Elproduktion (kWh)	Minsta huvudsäkring (A)	Takyta solpaneler (m <sup>2</sup> )
11	8832-12144	16	49,6-54,3
13,8	11040-15180	20	62,0-67,9

### Steg 3: Kontrollera att husets elanvändning på årsbasis inte understiger elproduktionen.

Tabell 5.5 Utifrån basfallets elanvändning på de olika orterna redovisas den förväntade elproduktionen och hur stor procentuell andel den omfattar.

	Maxeffekt anläggning (kW)	Elanvändning (kWh)	Elproduktion (kWh)	Procentuell andel (%)
<b>Malmö</b>	11	22380	8832-12144	0,39-0,54
<b>Malmö</b>	13,8	22380	11040-15180	0,49-0,68
<b>Stockholm</b>	11	25951	8832-12144	0,34-0,47
<b>Stockholm</b>	13,8	25951	11040-15180	0,43-0,58
<b>Sundsvall</b>	11	30100	8832-12144	0,29-0,4
<b>Sundsvall</b>	13,8	30100	11040-15180	0,37-0,5

Det rekommenderas att inte säljer mer el än vad som köps in på årsbasis. Gör man det blir man en nettoproducent, vilket kan få konsekvenser av sämre elavtal och inmatningsavgifter. Det optimala är därför att dimensionera anläggningen så du max producerar lika mycket el som hushållet använder eller mindre. Enligt SolensEnergi (u.å) är det mest lönsamt rent ekonomiskt att montera solpaneler som täcker cirka 75% av årsbehovet max 100%.

I basfallet är elanvändningen hög för samtliga orter och takytan är på 96 m<sup>2</sup> i söder (orientering 1) och 96 i öst (orientering 2). Vilket betyder att basfallet verken begränsas av takytan eller elanvändning. Utan solpanelsanläggningen dimensioneras utifrån huvudsäkringen i detta fall och i tabell 5.5 kan de tydligt avläsas hur stor den procentuella andelen av elanvändningen som utgörs av egenproducerad el. Det ska förtydligas att elproduktionen kommer variera något över orterna. Men på grund av att dimensioneringen baseras på schablonvärden blir elproduktionen lika oavsett ort.

Basfallet installerar därmed ett 29 solpaneler (11kW) respektive 36 solpaneler (13,8 kW). Vilket är ett medelvärde på solpanelernas takyta från tabell 5.4 baserat på en 16 A och 20 A säkring.

16A → 52,78 m<sup>2</sup>

20 A → 65,52 m<sup>2</sup>

Basfallet kommer inte att lagra någon el i huset utan den producerade elen går direkt till husets elanvändning och överskottet säljs direkt till elnätet. Det finns idag batterier till villor som kan lagra olika mycket el beroende på kapacitet hos batteriet. Vilket är ett alternativ om privatpersoner vill använda mer av sin egenproducerad el till att bli helt självförsörjande. Tyvärr är det än så länge mer ekonomiskt att sälja överskotts elen då batterierna är extremt dyra i förhållandet till vad de kan lagra (Eon, 2023b).

### 5.4.2 Solfångare

Solvärme går att kombinera i alla typer av värmesystem, allt från integrerade lösningar i fjärrvärmesystemet till bränslepannor samt värmepumpar och varmvattenberedare. Det är svårt att få en optimal anläggning utan att installera den i samband med tänkt renovering av värmesystemet. Vilket beror på att solvärmens anläggnings storlek dimensioneras efter ackumulatortankens förmåga att lagra värme (Energimyndigheten, 2011a). Studien kommer studera planglassolfångare på 6 m<sup>2</sup> och 10 m<sup>2</sup>.

### Tappvattensystem

Alla varmvattenberedare är inte förbereda för solvärme, vilket gör att vid byte av beredare bör de bytas mot en som är förbered för solvärme. Det gör att investeringskostnaden vid ett senare skede blir mycket mindre. Enligt Energimyndigheten (2011a) rekommenderas en familj på 3–4 personer en beredare på minst 250–300 liter och en solfångaranläggning på 4–6 m<sup>2</sup>.

### Kombisystem

Ett kombisystem består av en primär värmekälla vilket är oftast i form av en eldad panna eller liknande. Detta kombineras med en solfångaranläggning på 10–15 m<sup>2</sup>. Solen är inte den primära energikällan i värmesystem. Utan systemet värmer både uppvärmningen av huset och tappvattensystemet. Ackumulatortanken gör det möjligt för solvärmens att kombineras med alla typer av värmekällor och värmesystem. Den gör dessutom att systemverkningsgraden ökar rent generellt och möjliggör för en halverad eldningssäsong (Energimyndigheten, 2011a).



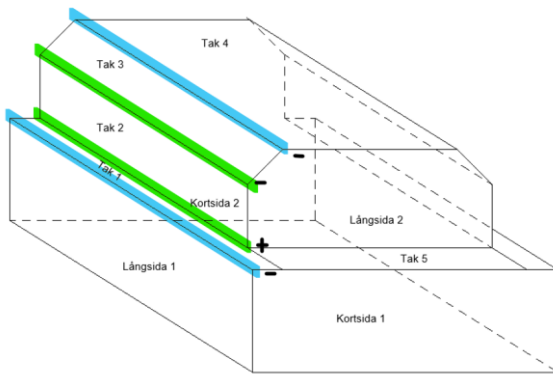
## 6 Indata till VIP-Energy simulering

I detta kapitel redovisas de överväganden och resonemang som gjorts för den indata som tagits fram till beräkningsmodellen

### Köldbryggor

De köldbryggor som tagits hänsyn till i arbetet är följande:

- Taket
- Ytterhörn i ytterväggen
- Kantbalk
- Runt fönster och dörrar



Figur 6.1 Skiss över typhusets köldbryggor vid taket.

Taket har fyra köldbryggor, men endast de två som är blå i figur 6.1 har tagits hänsyn till i VIP-Energy. Resonemanget till detta är att en av köldbryggorna är positiv och tar därför ut en av de andra köldbryggorna som är negativa, se figur 6.1.

### Solskydd

Taket stora utskjut kommer medföra att typhusets fönster skuggas. För att ta hänsyn till detta kommer ett fast överhängande solskydd sättas in i VIP-Energy för att simulera det.

### Ventilationsflöde och läckfaktor

Då typhuset ventileras med självdrag och detta inte finns som ett värde att sätta in i VIP-Energy kommer detta simuleras via luftläckaget. Boverkets rapport (2010a, s.72) har tagit fram ett värde på luftomsättningen i småhus baserat på typ av ventilationssystem genom mätningar. Det framtagna värdet för självdrag är 0,40 oms/h, se figur 6.2. Boverkets rapport (2007, s.28) tar även fram ett genomsnittligt värde på luftflödet vid hus med självdrag som är satt till 0,25 liter/s,m<sup>2</sup>. Vid omräkning ger detta även en luftomsättning på 0,40 oms/h.

Luftläckaget beräknas enligt följande:

$$q_{\text{läck}} = e \cdot q_{50} = \frac{Q}{A_{\text{omsl}}}$$

$$Q = \frac{n \cdot V}{3600} = \frac{0,4 \cdot 322,6 \cdot 10^3}{3600} \approx 35,844 \text{ liter/s}$$

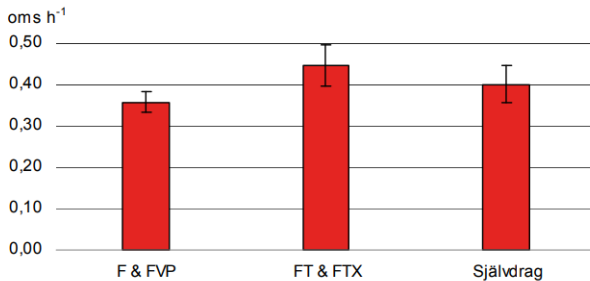
$$q_{50} = \frac{Q}{A_{\text{omsl}} \cdot e} = \frac{35,844}{324,4 \cdot 0,1} \approx 1,1 \text{ liter/s, m}^2$$

$$n = 0,40 \text{ oms/h}$$

$$A_{\text{omsl}} = 324,4 \text{ m}^2$$

$$V = 322,6 \text{ m}^3$$

$$e = 0,1 \text{ (FEBY, 2019, s.16)}$$



Figur 6.2 Luftomsättning i småhus baserat på typ av ventilationssystem (Boverket, 2010a, s.72).

### Personvärme

Människan avger konstant värme till byggnaden och det beskrivs som personvärme. Storleken på värdet beror på hur många och hur länge de vistas i huset, personernas ålder samt hur aktiva de är. För småhus har VIP-Energy ett redan definierat värde på  $1 \text{ W/m}^2$ . I Boverkets författningssamling (BFS 2017:6 - BEN 2) har ett medelvärde tagits fram som säger att de avges  $80 \text{ W/person}$ . Enligt Boverket (ibid.) bor det 3,51 personer i småhus med fem eller fler rum och kök. Det framtagna typhuset är  $145 \text{ m}^2$  och har fem rum och kök vilket gör att det nya värdet för personvärmens beräknas enligt följande:

$$\frac{80 \cdot 3,51}{145} \approx 1,94 \text{ W/m}^2$$

### Verksamhetsenergi

Verksamhetsenergin i småhus är densamma som hushållsenergin och avser den energin som avges från t.ex. lampor, hushållsapparater och vitvaror. I VIP-Energy finns ett redan definierat värde för småhus på  $2,06 \text{ W/m}^2$ . Hushållsenergin beror på brukaren och är därför svårbedömd. I Boverkets författningssamling (BFS 2017:6 - BEN 2) har ett schablonvärde på  $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp,år}}$  tagits fram, varav 70 % får tillgodoräknas som gratis energi. Följande beräkning anger det nya värdet för verksamhetsenergin:

$$\frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,7}{8760} \approx 2,40 \text{ W/m}^2$$

### Tappvarmvatten

VIP-Energy har ett redan definierat värde på energiförbrukningen till tappvarmvatten för småhus på  $2,30 \text{ W/m}^2$ . Vid beräkning av energiförbrukningen för tappvarmvatten tas det hänsyn till årsverkningsgraden,  $\eta_{\text{tvv}}$  hos värmekällan för att producera tappvarmvatten, se tabell 6.1. I Boverkets författningssamling (BFS 2017:6 - BEN 2) presenteras ett schablonvärde på  $20/\eta_{\text{tvv}} \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp,år}}$ . VIP-Energy tar vid insättning av de olika värmekällorna hänsyn till denna verkningsgrad och därför sätts den till ett och följande värde sätts in:

$$\frac{20 \cdot 10^3}{1 \cdot 8760} \approx 2,28 \text{ W/m}^2$$

Tabell 6.1 Årsverkningsgrad på olika värmekällor för produktion av tappvarmvatten (BFS 2017:6 - BEN 2).

Värmekälla	Årsverkningsgrad, $\eta_{tv}$
Fjärrvärme	1,0
El (direktverkande och elpanna)	1,0
El, frånluftsvärmepump	1,7
El, uteluft-vattenvärmepump	2,0
El, markvärmepump (berg, mark, sjö)	2,5
Biobränslepanna (pellets, ved, flis m.m.)	0,75
Olja	0,85
Gaspanna	0,9

### Lägsta och högsta tillåtna inomhustemperatur

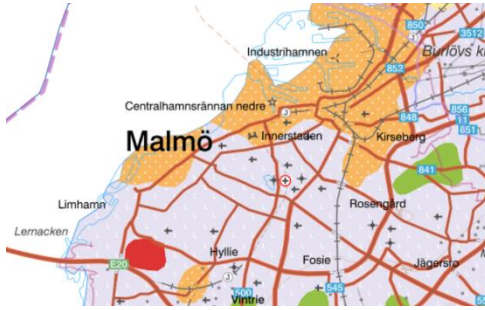
I Boverkets rapport (2007, s.28–29) presenteras Socialstyrelsens allmänna råd om inomhustemperaturen i småhus. De säger att den inte bör understiga 20°C och sommar- och vintertid inte överstiga 26°C respektive 24°C. Boverket (ibid.) rekommenderar därför att sätta lägsta tillåtna inomhustemperatur till 21°C. Det färdigdefinierade värdet i VIP-Energy är även 21°C. Typhuset kommer därför även få detta värde. Gällande högsta tillåtna inomhustemperatur har VIP-Energy ett redan definierat värde på 27°C vilket kommer sänkas till 26°C.

### Geografisk placering för simulering av typhuset

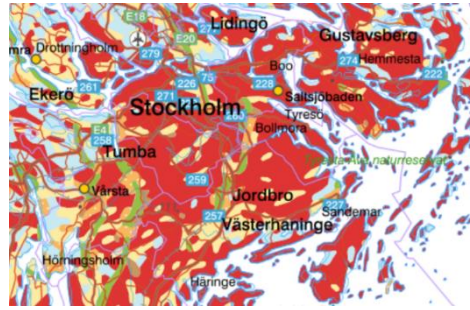
I tabell 6.2 presenteras den indata som används till VIP simuleringen på studiens valda orter.

Tabell 6.2 Data över de valda orterna

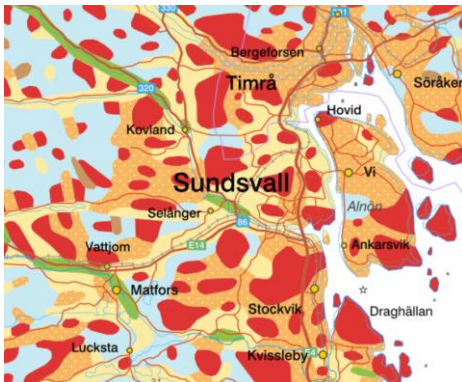
	Malmö	Stockholm	Sundsvall
Geografisk justeringsfaktor, $F_{geo}$	0,8	1,0	1,3
Markegenskaper	Moränlera eller lerig morän och postglacial sandgrus, se figur 6.3	Berg och lera-silt, se figur 6.4	Postglacial sandgrus, lera-silt och berg, se figur 6.5
Klimat	Malmö 1981-2010	Stockholm 1981-2010	Sundsvall 1981-2010



Figur 6.3 Karta över jordart i grundlager i Malmö, orange tyder på postglacial sand-grus, lila på moränlera eller lerig morän och röd på berg (SGU, u.å.).



Figur 6.4 Karta över jordart i grundlager i Stockholm, röd tyder på berg (SGU, u.å.).



Figur 6.5 Karta över jordart i grundlager i Stockholm, orange tyder på postglacial sand-grus, gul på lera-silt och röd på berg (SGU, u.å.).

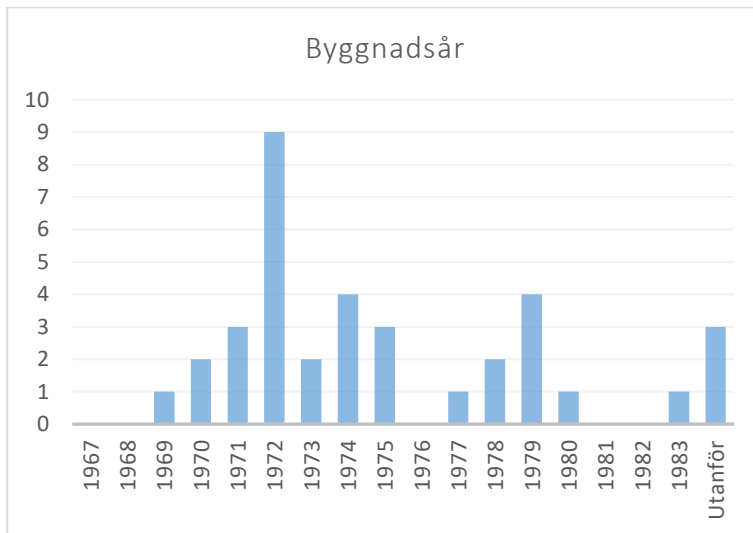


## 7 Resultat och analys

I detta kapitel presenteras resultaten från den kvantitativa undersökningen som utförts samt de framtagna åtgärderna som simulerats i VIP-Energy.

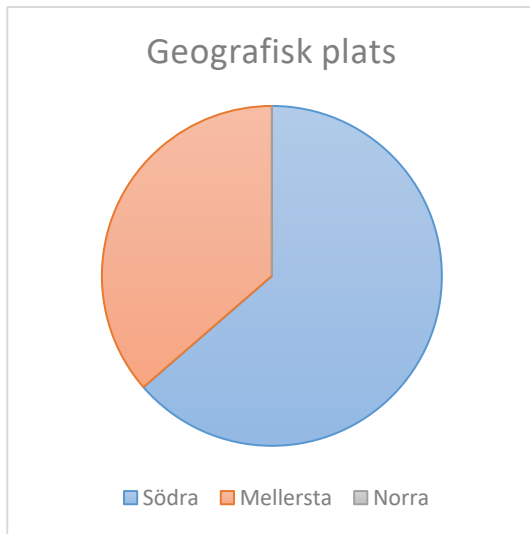
### 7.1 Enkätundersökning

Studien har fått 36 svar från den kvantitativa undersökningen varav tre är utanför det satt intervall, se figur 7.1. Intervallen som figur 7.2-7.17 visar är från byggnadsår 1967-1983 och har 33 möjliga svar. Frågorna från enkäten presenteras i figurtexten. Notera att i figur 7.1 saknar årtalen 1967, 1968, 1976, 1981 och 1982 svar.



Figur 7.1 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Vilket är husets byggnadsår?".

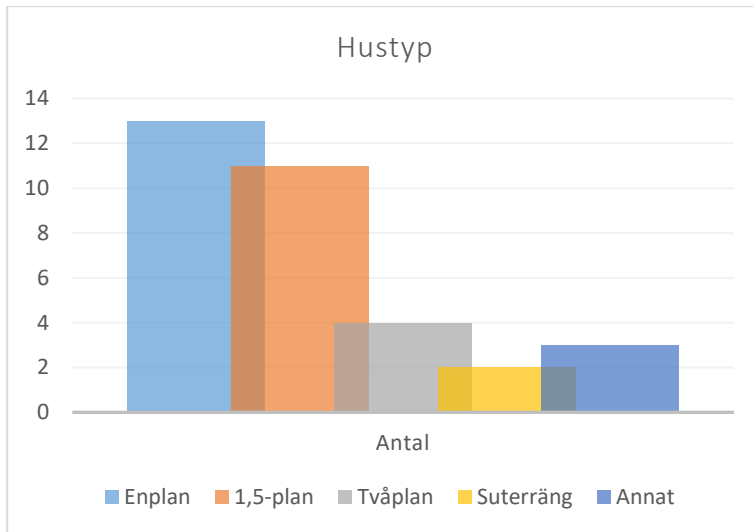
Figur 7.2 visar att majoriteten av de svarande befinner sig i södra Sverige och att ingen refererar till norra Sverige. En teori till detta är att enkäten haft större spridning i närområdet.



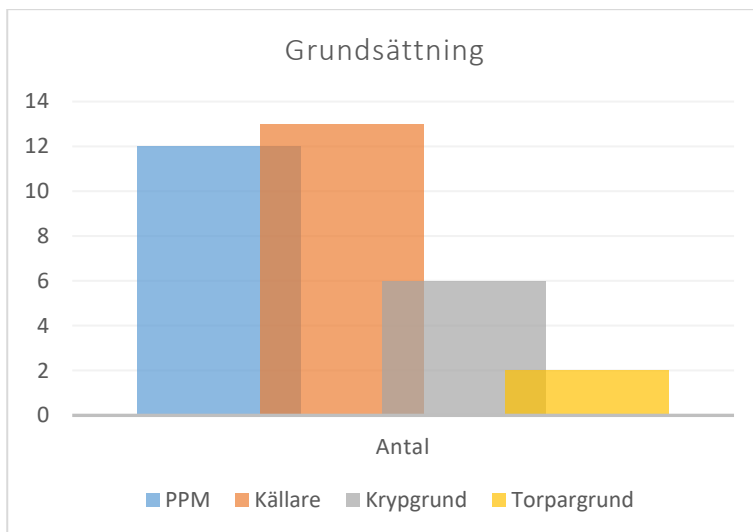
Figur 7.2 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Vilken del av Sverige refererar du till?".

Vilken utformning de svarandes hus ursprungligen hade presenteras i figur 7.3-7.7.8. Ett hus i ett plan eller 1,5-plan med källare eller platta på mark som grundsättning var vanligast bland de svarande. Fasaden på de svarandes hus var främst beklädd med tegel och taket med tegelpannor. Den vanligaste takutformningen på svarande var sadeltak. Svaren på fönster huset hade ursprungligen var dominerande tvåglas.

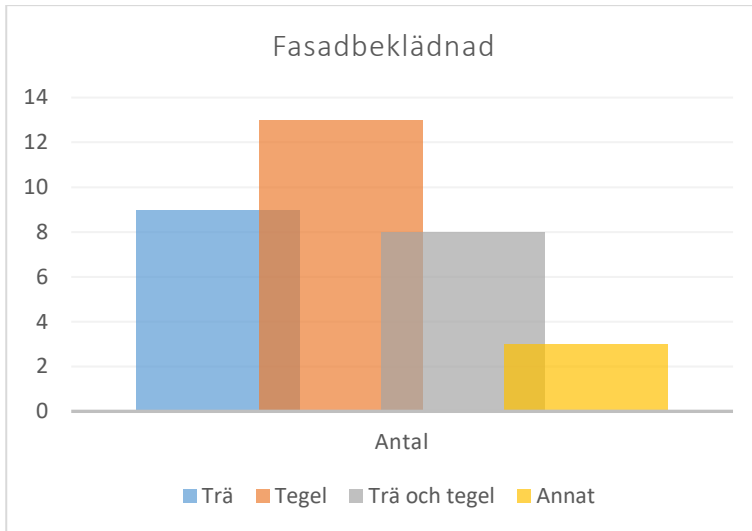




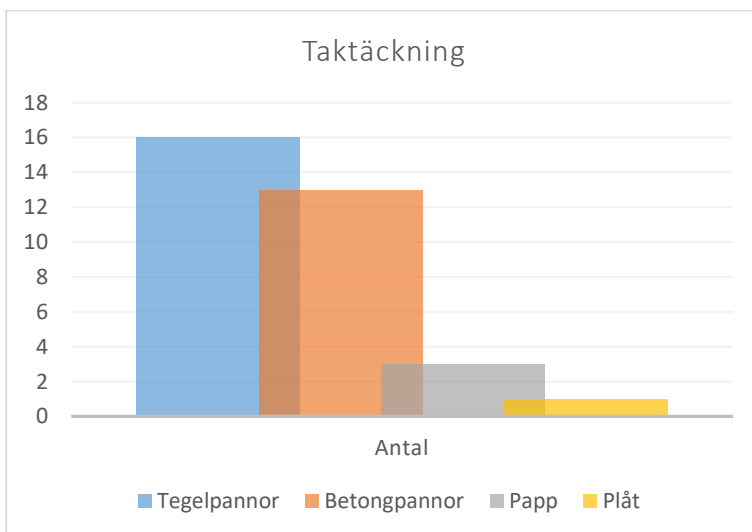
Figur 7.3 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Vilken typ av hus berör det?".



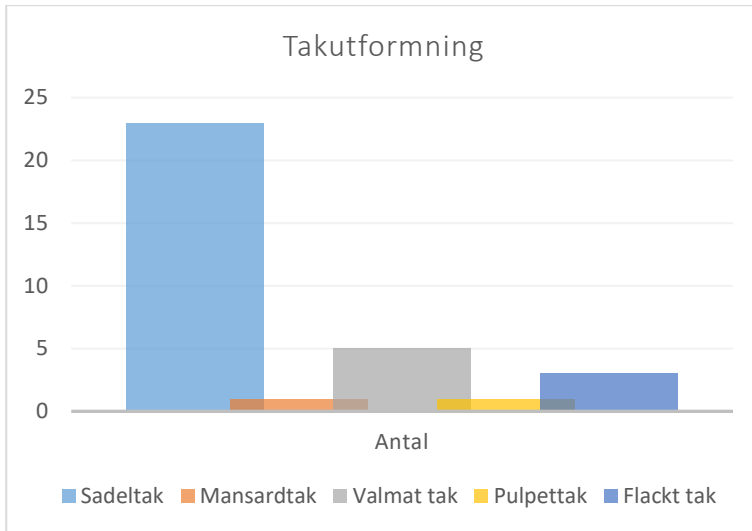
Figur 7.4 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Vilken typ av grundsättning har huset?".



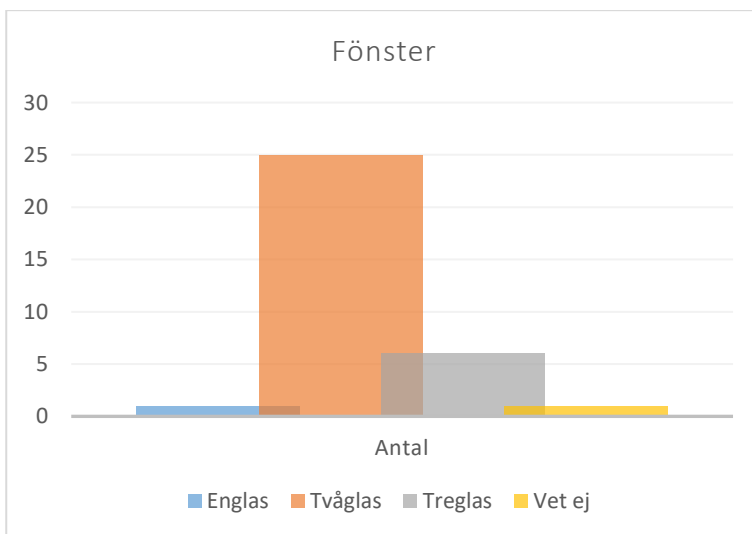
Figur 7.5 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilken fasadbeklädnad har/hade huset ursprungligen?”.



Figur 7.6 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilken taktäckning har/hade huset ursprungligen?”.

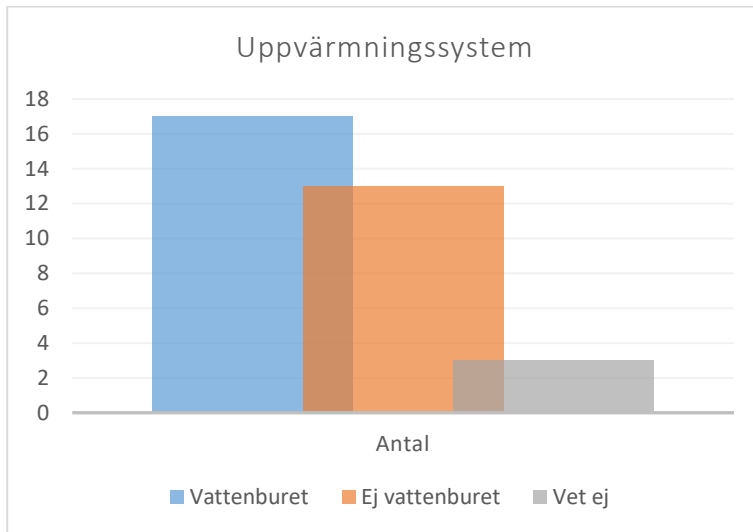


Figur 7.7 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilken typ av takutformning har huset?”.

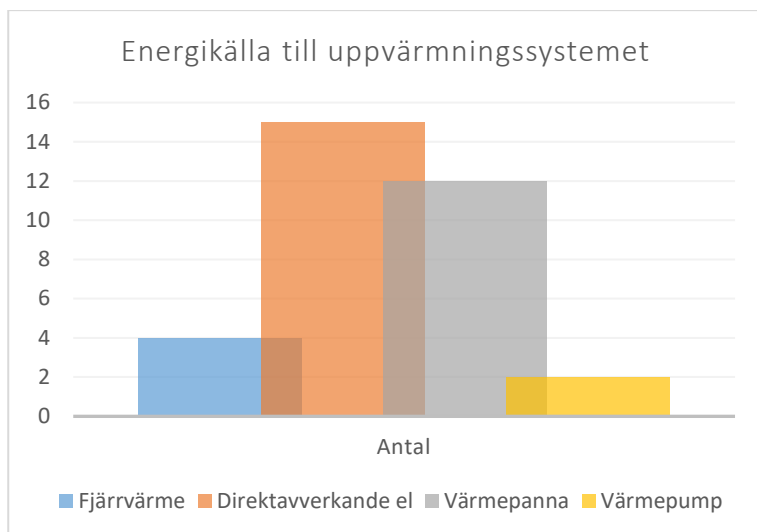


Figur 7.8 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilken typ av fönster har/hade huset ursprungligen?”.

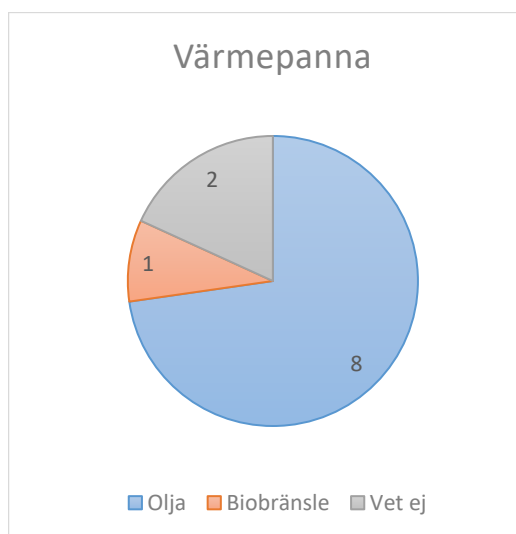
Figur 7.9 visar om uppvärmningssystemet ursprungligen var vattenburet eller icke vattenburet och figur 7.10 visar uppvärmningssystemets energikälla. De som svarande som angav värmepanna eller värmepump har i figur 7.11 och 7.12 preciserat vilken sort. Figur 7.13 visar svaret på vilken typ av ventilationssystem huset har eller hade ursprungligen. Självdrag var dominerande bland de svarandes hus ursprungligen.



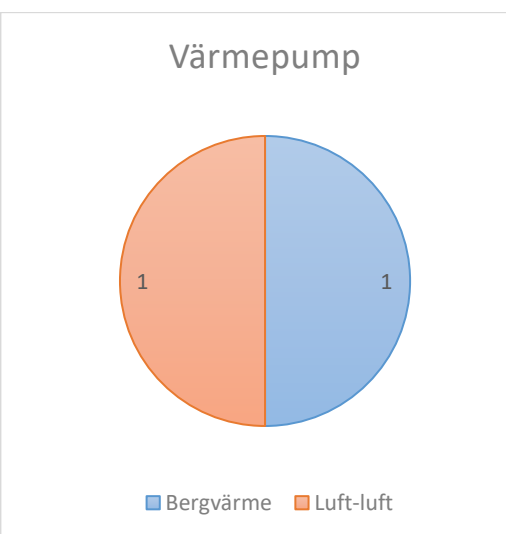
Figur 7.9 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Vilken typ av uppvärmningssystem har/hade huset ursprungligen?".



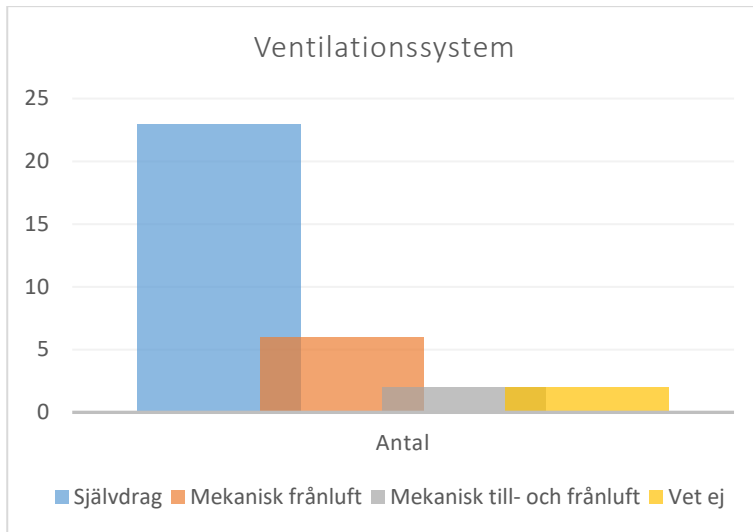
Figur 7.10 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Vilken typ av energikälla har/hade husets uppvärmningssystem ursprungligen?".



Figur 7.11 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Om värmepanna vilken sort?".

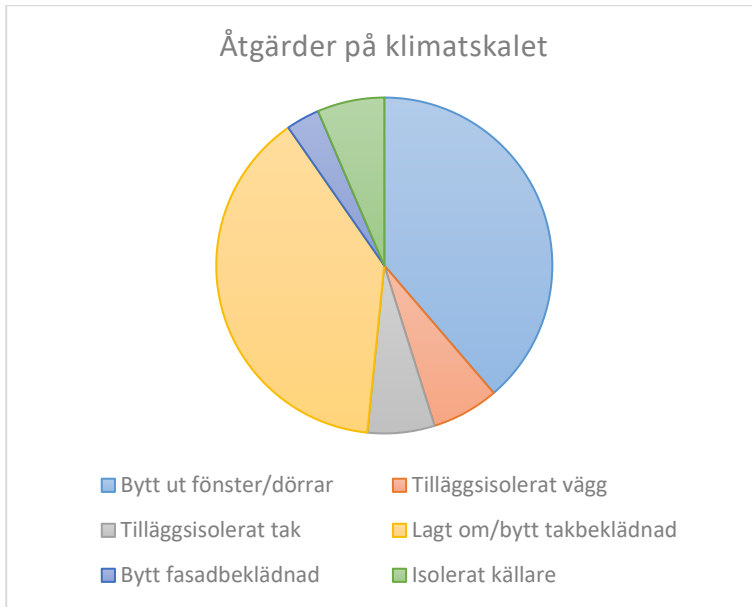


Figur 7.12 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan " Om värmepump vilken sort?".

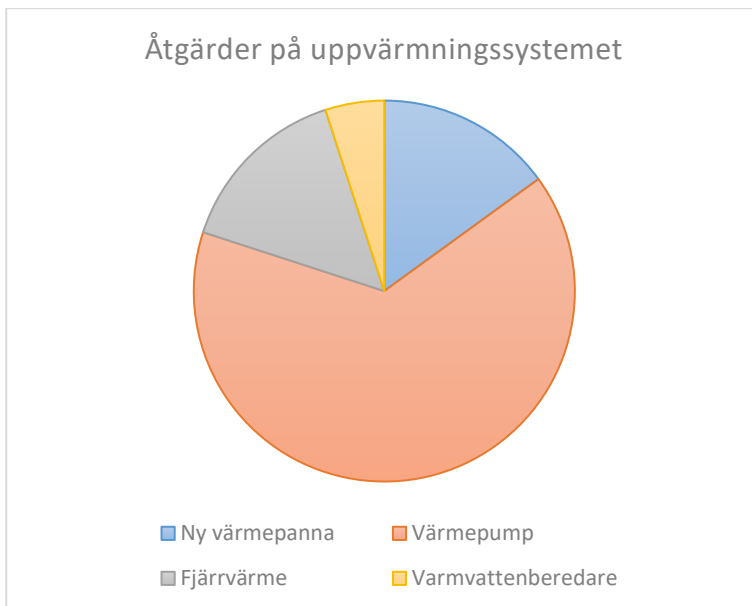


Figur 7.13 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilken typ av ventilationssystem har/hade huset ursprungligen?”.

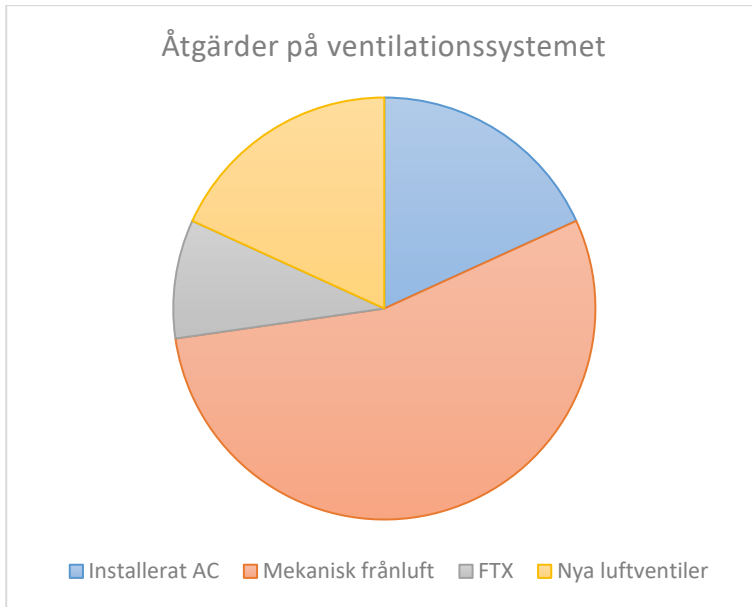
Svaren på vilka åtgärder som utförts på klimatskal, uppvärmnings- och ventilationssystem samt övriga åtgärder presenteras i figur 7.14-7-17. I figur 7.14 går det att tyda att vanligaste åtgärden på klimatskalet är att byta ut fönster och dörrar eller att lägga om tagelbeklädningen. På uppvärmningssystemet är den vanligaste åtgärden att installera någon form av värmepump bland de svarande och presenteras i figur 7.15. På ventilationssystemet visar svaren som presenteras i figur 7.16 att det är installation av mekanisk frånluft som är vanligast förekommande. Övriga åtgärder presenteras i figur 7.17 och här har en stor del av de svarande installerat solceller på sitt hus.



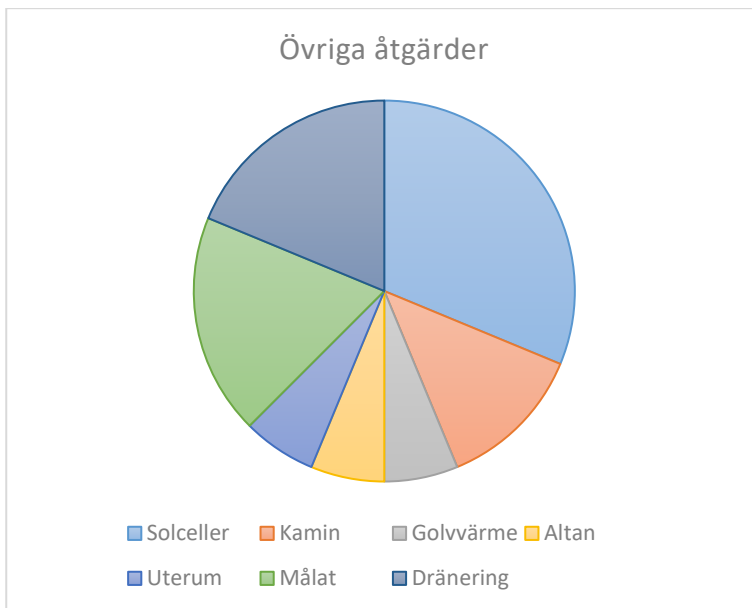
Figur 7.14 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilka åtgärder har/planeras utföras på klimatskalet?”.



Figur 7.15 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilka åtgärder har/planeras utföras på uppvärmningssystemet?”.



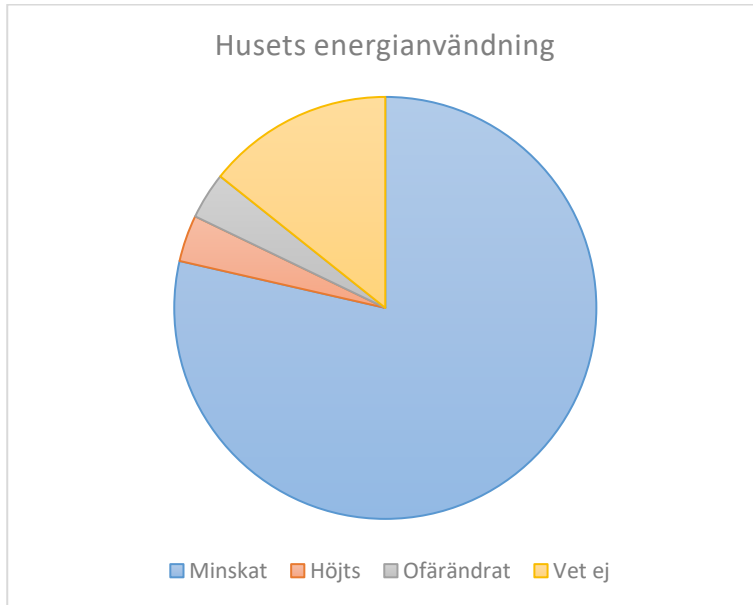
Figur 7.16 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Vilka åtgärder har/planeras utföras på ventilationssystemet?”.



Figur 7.17 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Har andra renoveringsåtgärder gjorts/planerats att utföras, om ja vilka/vad?”.



De som svarat att de utfört någon form av renoveringsåtgärd på sitt hus fick även möjlighet att besvara om de märkts av om husets energianvändning ändrats. Svaret presenteras i figur 7.18 och visar att majoriteten upplever en minskad energianvändning. En del av de svarande visste inte om husets energianvändning förändrats efter renovering utförts på huset.



Figur 7.18 Svar från den kvantitativa undersökningen på frågan ” Om renoveringsåtgärder har utförts har ni märkt av om husets energianvändning ändrats?”.

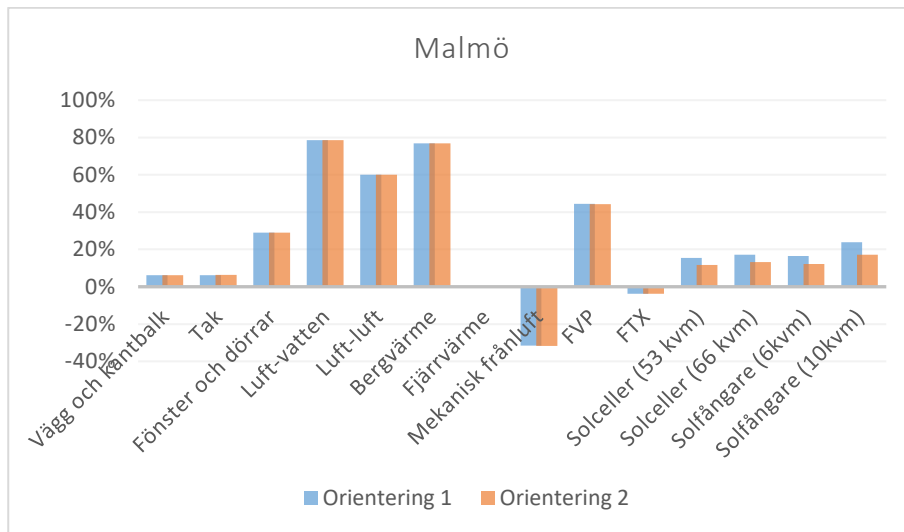
## 7.2 VIP-Energy

Resultat av simuleringarna i VIP-Energy presenteras i figur 7.19-7.27 individuellt för de olika orterna. Figureerna är data från tabell A.1-A.4 och har utformats för att göra resultaten mer läsbara. Figurerna beskriver procentuell ändring från basfallet av husets energianvändning, primärenergital och U-medelvärde för husets två orienteringar. Positiv axel beskriver procentuell minskning negativ axel beskriver procentuell ökning.

Husets orientering ger endast utslag på solceller och solfångare och påverkar inte resultaten vid åtgärder på klimatskalet, uppvärmnings- och ventilationssystemet.

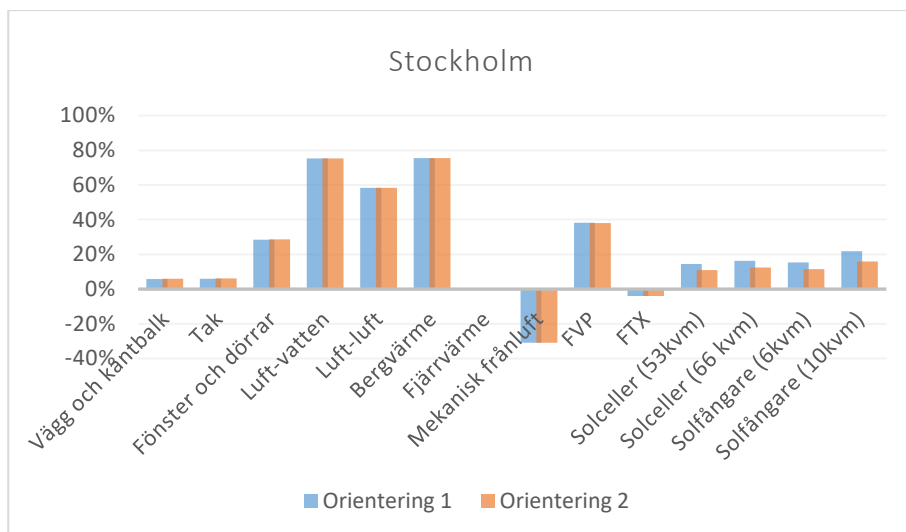
### Energianvändning

Figur 7.19, 7.20 och 7.21 anger förändring av husets energianvändning för respektive åtgärd och orientering på orterna Malmö, Stockholm och Sundsvall. Mekanisk frånluft och FTX har en negativ förändring av husets energianvändning. Fjärrvärme ger ingen ändring av husets energianvändning.

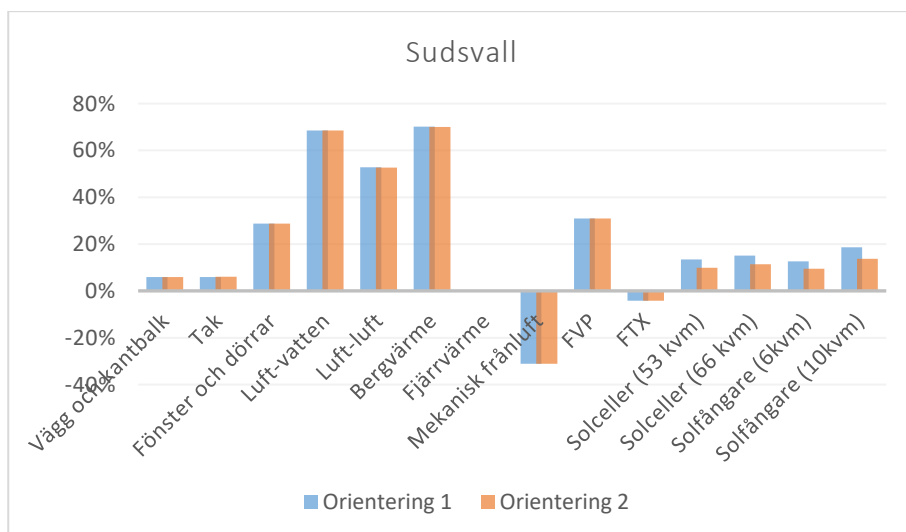


Figur 7.19 Procentuell ändring av energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i Malmö för typhusets två orienteringar. Positiv axel betyder en minskning av energianvändningen.

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus



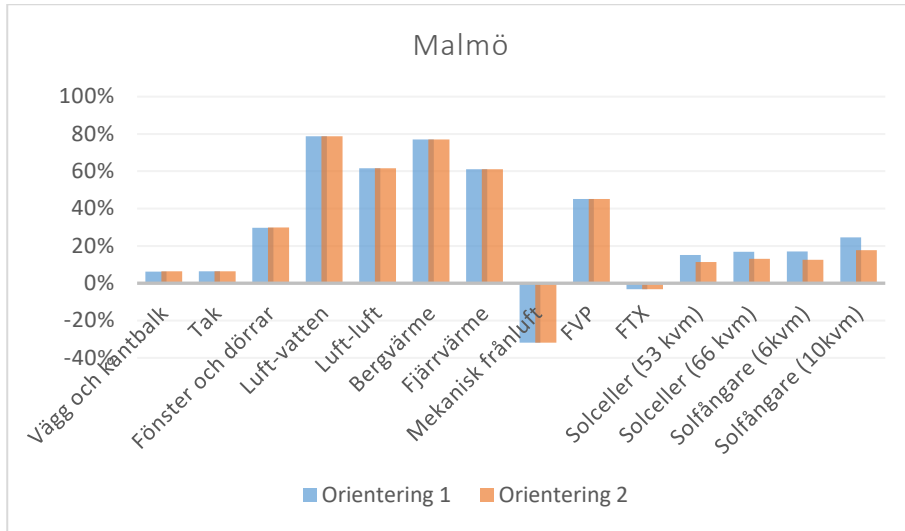
Figur 7.20 Procentuell ändring av energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i Stockholm för typhusets två orienteringar. Positiv axel betyder en minskning av energianvändningen.



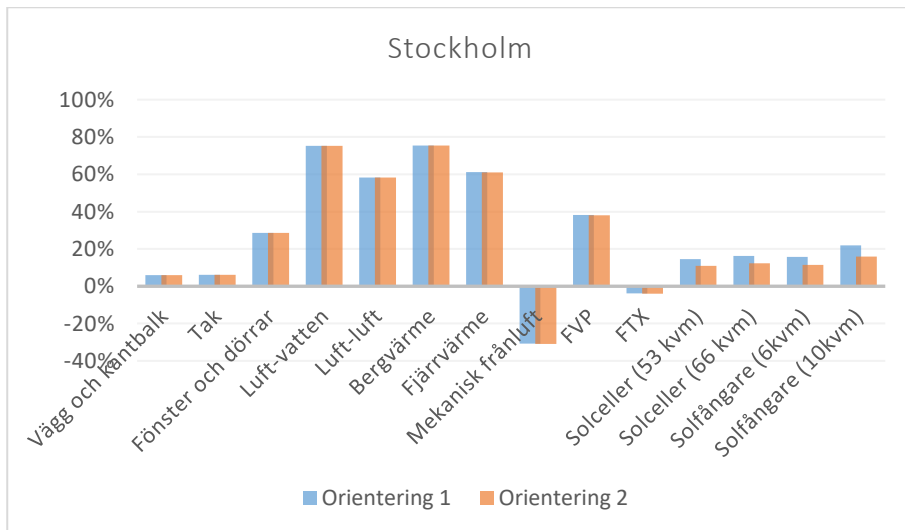
Figur 7.21 Procentuell ändring av energianvändning i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i Sudsvall för typhusets två orienteringar. Positiv axel betyder en minskning av energianvändningen.

### Primärenergital

Figur 7.22, 7.23 och 7.24 anger förändring av husets primärenergital för respektive åtgärd och orientering på orterna Malmö, Stockholm och Sundsvall. Återigen har mekanisk frånluft och FTX en negativ förändring samtidigt som fjärrvärmens nu ger ett positivt utslag. Detta beror på att viktningfaktorn för fjärrvärme är mindre än hälften av viktningfaktorn för el.

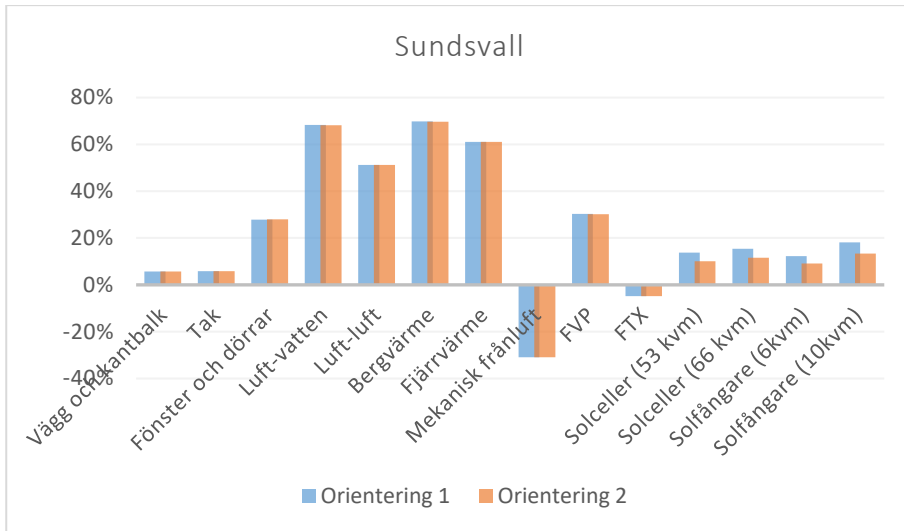


Figur 7.22 Procentuell ändring av primärenergitalet i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i Malmö för typhusets två orienteringar. Positiv axel betyder en minskning av primärenergitalet.



Figur 7.23 Procentuell ändring av primärenergitalet i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i Stockholm för typhusets två orienteringar. Positiv axel betyder en minskning av primärenergitalet.

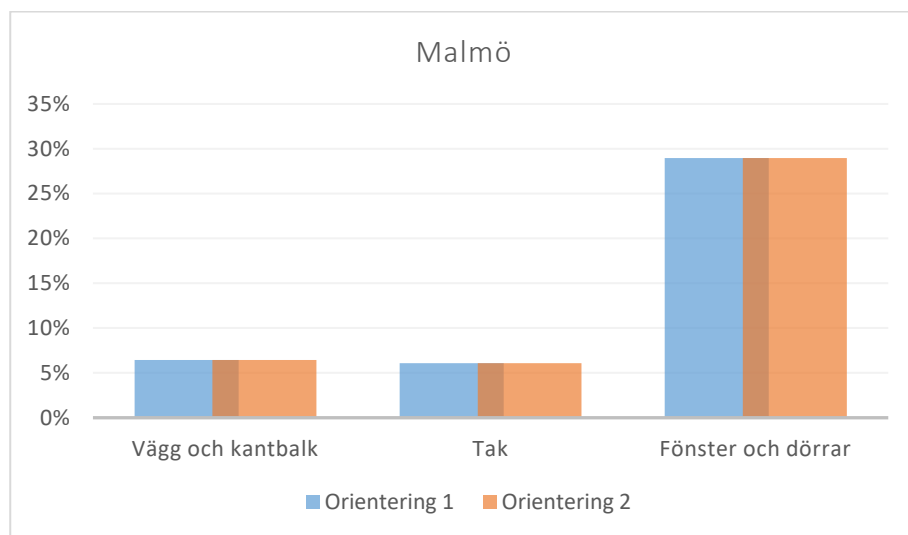
## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus



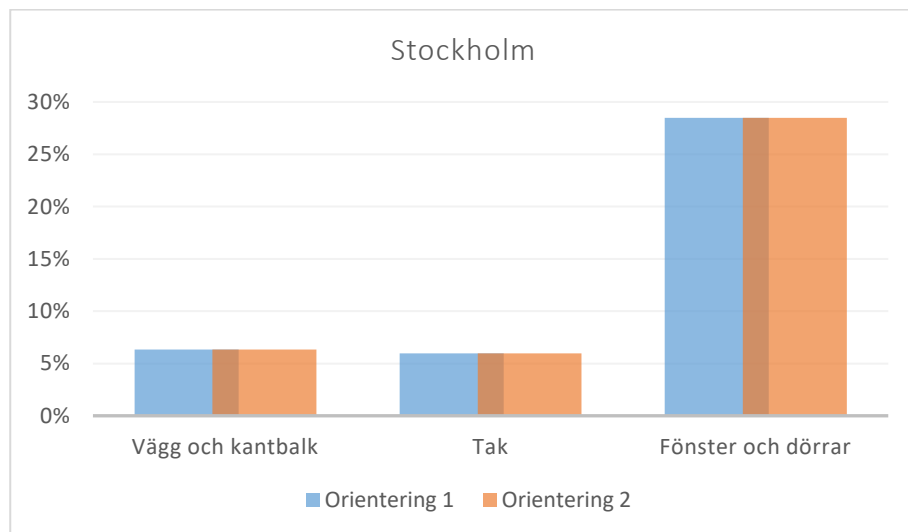
Figur 7.24 Procentuell ändring av primärenergitalet i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i Sundsvall för typhusets två orienteringar. Positiv axel betyder en minskning av primärenergitalet.

## U-värde

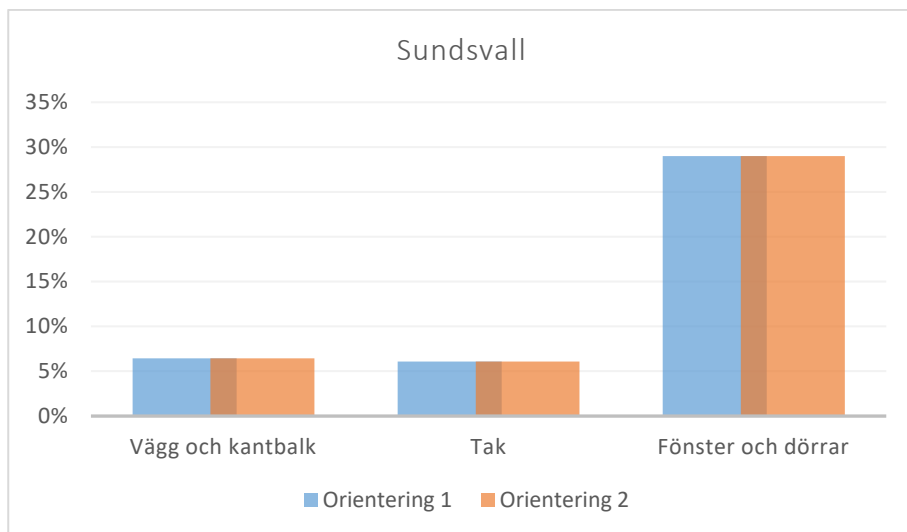
Figur 7.25, 7.26 och 7.27 anger förändring av husets U-värde för respektive åtgärd och orientering på orterna Malmö, Stockholm och Sundsvall. Tilläggsisolera vägg och kantbalk och tilläggsisolering av tak ger huvudsakligen samma utslag. Att byta fönster och dörrar ger en nästan fem gånger så hög procentuell förändring.



Figur 7.25 Procentuell minskning av U-medel i  $W/m^2K$  för respektive åtgärd i Malmö för typhusets två orienteringar.



Figur 7.26 Procentuell minskning av U-medel i  $W/m^2K$  för respektive åtgärd i Stockholm för typhusets två orienteringar.



Figur 7.27 Procentuell minskning av U-medel i  $W/m^2K$  för respektive åtgärd i Sundsvall för typhusets två orienteringar.





## 8 Ekonomisk analys

I detta kapitel förs en kort ekonomisk analys. Kostnaden för de olika åtgärderna är grova approximationer hämtad från data som finns tillgängligt på webbsidor och prisexempel på åtgärder från kunniga återförsäljare. Beräkningsexemplet nedan är baserat på antaganden som är en förfining av verkligheten. Resultatet ger en grov indikator huruvida en investering av dess energieffektiviserande åtgärder är ekonomisk lönsam eller ej.

### 8.1 El och fjärrvärmepriser

El priserna är ett medelvärde på alla årets månader samt de tre senaste åren respektive el område, se tabell 8.1. El priserna har hämtats från Eon (2023a). El priserna nedan avser resultatet och har använts. Före en mer korrekt beräkning bör beräkningarna utföras månadsvis då sol els produktionen sker när elen är som billigast och behovet av värme är som störst när elpriset är som dyrast, vilket är aspekter som resultatet inte tar hänsyn till.

Tabell 8.1 Genomsnittligt el priset de tre senaste åren baserat på el-område angivet i öre/kWh.

Rörligt el avtal	Medelpris (öre/kWh) inkl. moms
<b>Period</b>	2020–2022
Elområde 2 (Sundsvall)	60,68
Elområde 3 (Stockholm)	107,49
Elområde 4 (Malmö)	125,04

Fjärrvärmepriset kan skilja sig mycket beroende på var i Sverige man befinner sig, se tabell 8.2. Det beror framför allt på fjärrvärmeverksamhetens förutsättningar på den specifika orten. I orter där nätet har byggts ut under längre tid kan fjärrvärmekostnaden hållas låg eller om det kan utnyttja spillvärme från omkringliggande industrier på ett effektivt sätt. Storstäder har även en större kundtäthet, vilket medför ett lägre pris. Oftast är fjärrvärmesom dyrast i mindre orter som byggd ut produktionen de senaste åren. Priserna som används nedan är därför inte lämpliga att använda i andra orter utan priset bör beaktas där huset befinner sig. Priserna hämtas från Solorbioenergi (u.å).

Tabell 8.2 Genomsnittligt fjärrvärmepriset år 2022 baserat på område angivet i öre/kWh.

	Medelpris (öre/kWh) inkl. moms
<b>Period</b>	<b>2022</b>
Fjärrvärme område 2 (Sundsvall)	75,87
Fjärrvärme område 3 (Stockholm)	94,5
Fjärrvärme område 4 (Malmö)	59,3

## 8.2 Rot och gröna avdrag

ROT avdrag är en skattereduktion som företag kan dra av på fakturan vid ROT-arbeten. Skattereduktionen kan endast upp gå till 30% av arbetskostnaden för ett arbete. Arbetskostnaden inkluderar inte material och resekostnader i samband med arbetet. ROT avdraget kan uppgå till max 50 000 kr per person och år, vilket förutsätter att personen i fråga jobbar och betalar skatt. Är det till exempel två personer i fråga som ska renovera en bostad som båda är ägare till fastigheten kan man ha rätt till 50 000kr gånger två i ROT avdrag.

Skattereduktionen är också en ersättning för det statliga bidraget som privat person har kunnat ansöka om i samband med installation av grön teknik. Skattereduktionen omfattar arbetet och material och dras av direkt på fakturan från företaget som utför installationen. Företaget ansöker sedan om utbetalning från Skatteverket. Skattereduktionen ges för installation av nätanslutet solcellssystem där reduktionen avser 20% av kostnaden för material och arbetskostnad. Likande gäller för installation av egen lagringskapacitet som består av elenergi där reduktionen uppgår till 50% av kostnaden för material och arbete. Vid installation av laddningspunkt för elfordon ges även 50% reduktion (Skatteverket, u.å.).

## 8.3 Beräkningar av kostnader

### 8.3.1 Tilläggsisolering fasad och tak

Vid beräkningen av kostnaden för att tilläggsisolera fasad och tak har två exempel tagits fram. Ett där arbetet utförs själv av privatperson och ett där kostnad för arbetare tillkommer, se tabell 8.5 och 8.8. Beräkningen av materialkostnaden har baserats på valen i kapitel fem. Isovers produkter används och deras rekommendationer angående vilka verktyg som behövs för att genomföra åtgärden samt kostnad redovisas, se tabell 8.3 och 8.6.

Produkternas kostnad hämtats från Beijerbygg.se, se tabell 8.4 och 8.7. Material och arbetskostnaden har hämtats från Byggstart.se som byggt en prisdatabas som baseras på tidigare projekt som genomförts via deras webbsida. Prisdatabasen säger att tilläggsisolering av fasaden i genomsnitt ligger på 1600 kr per m<sup>2</sup> inkl. moms med en variation av 1300–2500 kr. Databasen säger även att tilläggsisolering av taket i genomsnitt ligger på 1000 kr per m<sup>2</sup> inkl. moms med en variation av 400–1500 kr.

Vid beräkningen har det genomsnittliga priset använts. Slutpriset styrs av flera faktorer som till exempel hantverkarens lön, produktivitet, hur lätt åtkomligt områdena som ska tilläggsisoleras är och om det finns fuktskador som måste beaktas. Därför är det viktigt att ha med sig att resultatet är baserat på en hel del antaganden. Fasadens area som ska tilläggs isoleras är 97 m<sup>2</sup> och takets 79 m<sup>2</sup>, vilket värdena nedan baseras på.

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell 8.3 Kostnaden i kr för verktyg för att tilläggsisolera fasaden.

Material	Pris (kr)
Hammare	400
Isolerkniv	150
Skruvdragare	2 500
Vattenpass	400
Såg	250
Häftpistol	400
<b>Summa</b>	<b>4 100</b>

Tabell 8.4 Materialkostnad för tilläggsisolering av fasad i kr/m<sup>2</sup>.

Isolerings kostnad	Pris (kr/m <sup>2</sup> ) inkl. moms	Återförsäljare
Isover fasadskiva 30 ALU	185	Beijer
Distanshylsor	40	Beijer
Plastbrickor	11	Beijer

Tabell 8.5 Visar totala kostnaden inkl. moms för att tilläggsisolera fasaden med 80 mm isolering på typhuset.

	Hantverkare	Göra själv
	Pris	Pris
Isolering	22 872	22 872
Arbetskostnad	128 548	
Material/verktyg	4 100	4 100
Avgår ROT-avdrag	-38 564	
<b>Totalkostnad</b>	<b>116 956</b>	<b>26 972</b>

Tabell 8.6 Kostnaden i kr för verktyg för att tilläggsisolera taket på typhuset.

Material	Pris (kr)
Hammare	400
Isolerkniv	150
Skruvdragare	2 500
Såg	250
Häftpistol	400
<b>Summa</b>	<b>3 700</b>

Tabell 8.7 Materialkostnad för tilläggsisolering av taket i kr/m<sup>2</sup>.

Isolerings kostnad	Pris (kr/m <sup>2</sup> ) inkl. moms	Återförsäljare
Isover UNI-skiva	110	Beijer
Plastbrickor	11	Beijer

Tabell 8.8 Totala kostnaden inkl. moms för att tilläggsisolera taket med 80 mm isolering på typhuset.

	Pris hantverkare (kr)	Pris göra själv (kr)
Isolering	9 548	9 548
Arbetskostnad	65 852	
Material/verktyg	3 700	3 700
Avgår ROT-avdrag	-19 756	
<b>Totalkostnad</b>	<b>59 344</b>	<b>13 248</b>

### 8.3.2 Byta fönster och dörrar

Vid beräkning av fönster och dörrbyten har samma tabell upplägg som vid tilläggsisoleringen används, se tabell 8.9. Materialkostnaden har beräknats utifrån storlek, materialval, U-värden och hämtats från konkurrenskraftiga återförsäljare. Arbete och materialkostnaden har hämtats från Hantverkarpriiser.se som också baserar sina pridförslag på insamlade data från tidigare projekt likt byggstart.se. Pridförslaget för ett två våningshus har använts och arbetskostnaden samt materialkostnaden har modulerats om utifrån basfallets förutsättningar. Normalt ges en mängdrabatt på 10–30% vid köp av större antal fönster. I detta fall har 10% mängdrabatt använts.

Både vid tilläggsisolering och byte av fönster och dörrar kan extra kostnader för frakt och bortforsling tillkomma utöver kalkylen.

Tabell 8.9 Totala kostnaden inkl. moms för att byta alla fönster och dörrar på typhuset.

	Pris hantverkare (kr)	Pris göra själv (kr)
Fönster	76 500	76 500
Dörr	26 200	26 200
Arbetskostnad	35 000	
Material/verktyg	18 000	18 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-10 500	
Avgår mängdrabatt 10%	-10 270	-10 270
<b>Totalkostnad</b>	<b>134 930</b>	<b>110 430</b>

### 8.3.3 Uppvärmningssystem

Vid beräkning av kostnaden för luft-luft och luft-vattenvärmepump har likt ovan två uträkningar gjorts, se tabell 8.10 och 8.11. Priset på själva värmepumpen och installationen varierar också här beroende på anläggningens behov och förutsättningar. Beräkningen baseras på en genomsnittlig uppskattning som Polarpumpen har gjort för respektive energisystem. Polarpumpen är en konkurrenskraft återförsäljare och är ledande inom branschen.

När det gäller bergvärme har också prisuppgifterna hämtats från Polarpumpens webbsida. Kostnaderna redovisas som två delar där en är borring och installation och den andra är bergvärmepumpen, se tabell 8.12. Även här varierar priserna mycket beroende på förutsättningar för installationen. Ett genomsnittligt pris används och åtgärden går inte att göra själv därav beräknas den som ett kostnadsalternativ.

Fjärrvärmeinstallationen räknas på liknande sätt som bergvärmepumpen, se tabell 8.13. Kostnaden för värmeväxlaren samt anslutningskostnaden och installationen har hämtats från värmepumpsguidens webbsida. Även här beror kostnaderna på många olika faktorer som till exempel avstånd till anslutningspunkten, hur många som vill anslut och vilken kapacitet det nuvarande uppvärmningssystemet har. Ett genomsnittligt pris används och åtgärden går inte att göra själv därav beräknas den som ett kostnadsalternativ.

Tabell 8.10 Totala kostnaden inkl. moms för installation av en luft-luftvärmepump i typhuset.

Luft-luftvärmepump	Pris hantverkare (kr)	Pris göra själv (kr)
Luft-luftvärmepump	15 000	15 000
Installationskostnad	7 150	
Avgår ROT-avdrag 30%	-2 145	
<b>Totalkostnad</b>	<b>20 005</b>	<b>15 000</b>

Tabell 8.11 Totala kostnaden inkl. moms för installation av en luft-vattenvärmepump i typhuset.

Luft-vattenvärmepump	Pris hantverkare (kr)	Pris göra själv (kr)
	Pris	Pris
Luft-vattenvärmepump	85 000	85 000
Installationskostnad	28 500	
Extra	5 000	5 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-8 550	
<b>Totalkostnad</b>	<b>109 950</b>	<b>90 000</b>

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell 8.12 Totala kostnaden inkl. moms för installation av en bergvärmepump i typhuset.

	<b>Pris hantverkare (kr)</b>	
	Lägsta pris	Högsta pris
<b>Bergvärmepump</b>	<b>Pris</b>	<b>Pris</b>
Bergvärmepump	40 000	100 000
Borrning & installationskostnad	80 000	160 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-24 000	-48 000
<b>Totalkostnad</b>	<b>96 000</b>	<b>212 000</b>
Genomsnittlig kostnad	154 000	

Tabell 8.13 Totala kostnaden inkl. moms för anslutning och installation av fjärrvärme till typhuset.

	<b>Pris hantverkare (kr)</b>	
	Lägsta pris	Högsta pris
<b>Fjärrvärme</b>	<b>Pris</b>	<b>Pris</b>
Värmeväxlare	35 000	35 000
Installation och anslutningskostnad	20 000	50 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-6 000	-15 000
<b>Totalkostnad</b>	<b>49 000</b>	<b>70 000</b>
Genomsnittlig kostnad	59 500	

### 8.3.4 Ventilation

Ventilationen anses också svår att göra själv och beräknas som en kostnad där material och installationen ingår. Prisuppgifterna på mekanisk frånluft och FTX hämtas från aerius.se som är experter på ventilation. Även här varierar priset mycket och beräknas utifrån ett genomsnitt, se tabell 8.14 och 8.16. FVP-systemet hämtar prisuppgifter angående ventilationen på aerius.se och prisuppgifter angående frånluftsvärmepumpen och installationen av den på Polarpumpens webbsida. Ett genomsnittligt pris används och åtgärden går inte att göra själv därav beräknas den som ett kostnadsalternativ, se tabell 8.15.

Tabell 8.14 Totala kostnaden inkl. moms för installation av ett mekaniskt frånluftssystem i typhuset.

	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
<b>Mekanisk frånluft</b>		
Installation och materialkostnad	43 000	86 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-12 900	-25 800
<b>Totalkostnad</b>	<b>30 100</b>	<b>60 200</b>
Genomsnittlig kostnad	45 150	

Tabell 8.15 Totala kostnaden inkl. moms för installation av ett FVP-system i typhuset.

	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
<b>FVP - system</b>		
Frånluftsvärmepump och installation	53 000	98 000
Installation och materialkostnad (Ventilation)	43 000	86 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-12 900	-25 800
<b>Totalkostnad</b>	<b>83 100</b>	<b>158 200</b>
Genomsnittlig kostnad	120 650	

Tabell 8.16 Visar totala kostnaden inkl. moms för installation av ett FTX-system i typhuset.

	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
<b>FTX - system</b>		
Installation och materialkostnad	129 000	214 000
Avgår ROT-avdrag 30%	-38 700	-64 200
<b>Totalkostnad</b>	<b>90 300</b>	<b>149 800</b>
Genomsnittlig kostnad	120 050	

### 8.3.5 Solceller och solfångare

Solcells kostnaden hämtas från HemSol.se som är informationssida om solvärme riktat till privatpersoner som är intresserade av att investera i en solcells anläggning. Enligt Hemming, S (2022b) kostar solceller till en villa mellan 10 000–15 500 kr per kW inkl. installation och grönt avdrag. Ett genomsnittligt pris används och åtgärden går inte att göra själv därav beräknas den som ett kostnadsalternativ, se tabell 8.17 och 8.18.

Solfångare kostnaden hämtas från energi&klimat rådgivningen som är en opartisk verksamhet som finansieras med stöd av Energimyndigheten och drivs i samverkan med energikontoret storsthlm. Prisexemplet anger att ett kombisystem till en normalstor villa ligger mellan 4000 – 6000 kr per m<sup>2</sup>. Kostnaden för ackumulatortanken till kommer och ligger runt 10 000 – 50 000 kr. Ett genomsnittligt pris används och åtgärden går inte att göra själv därav beräknas den som ett kostnadsalternativ, se tabell 8.19 och 8.20.

Tabell 8.17 Totala kostnaden inkl. moms för installation av ett solcellssystem på 53 m<sup>2</sup> på typhuset.

Solceller 53 m <sup>2</sup>	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
Solceller inkl. moms	110 000	170 500
Installation		
Grönt avdrag		
<b>Totalkostnad</b>	<b>110 000</b>	<b>170 500</b>
Genomsnittlig kostnad	140 250	

Tabell 8.18 Totala kostnaden inkl. moms för installation av ett solcellssystem på 66 m<sup>2</sup> på typhuset.

Solceller 66 m <sup>2</sup>	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
Solceller inkl. moms	138 000	213 900
Installation		
Grönt avdrag		
<b>Totalkostnad</b>	<b>138 000</b>	<b>213 900</b>
Genomsnittlig kostnad	175 950	



## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell 8.19 Totala kostnaden inkl. moms för installation av ett solfångarsystem på 6 m<sup>2</sup> och ackumulatortank på typhuset.

Solfångare 6 m <sup>2</sup>	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
Akkumulatortank	10 000	50 000
Solfångare inkl. moms	24 000	36 000
Installation		
Avgår ROT-avdrag 30%	-1 800	-2 400
<b>Totalkostnad</b>	<b>32 200</b>	<b>83 600</b>
Genomsnittlig kostnad	57 900	

Tabell 8.20 Totala kostnaden inkl. moms för installation av ett solfångarsystem på 10 m<sup>2</sup> och ackumulatortank på typhuset.

Solfångare 10 m <sup>2</sup>	Hantverkare	
	Lägsta pris (kr)	Högsta pris (kr)
Akkumulatortank	10 000	50 000
Solfångare inkl. moms	40 000	60 000
Installation		
Avgår ROT-avdrag 30%	-1 800	-2 400
<b>Totalkostnad</b>	<b>48 200</b>	<b>107 600</b>
Genomsnittlig kostnad	77 900	

## 8.4 Resultat och analys av kostnadsuppskattning och energisimulering

Tabell A.1 redovisar energibesparingen i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i klimatskalet baserat på ort typhuset befinner sig i. Från tabell 8.1 kan besparingen i elkostnad för respektive åtgärd beräknas på årsbasis och efter 10 samt 50 år och presenteras i tabell 8.21 på. Tabell 8.5, 8.8 och 8.9 redogör en överslagsberäkning av investeringskostnaden för respektive åtgärd baserat på om en hantverkare utför hela arbetet eller om arbetet utförs själv och endast köper in materialet. Investeringskostnaden återfinns i tabell 8.21 samt avbetalningstiden för den åtgärd och arbetssätt man väljer att investera i, vilket är baserat på den energibesparing simuleringen i VIP-Energy genererat samt ett genomsnitt av elpriset för de tre senaste åren i respektive ort.

Resultatet visar att det är mest lönsamt att göra åtgärder i klimatskalet i södra Sverige då återbetalningstiden är kortast.

Tabell 8.21 Den ekonomiska aspekten av åtgärder utförda på klimatskalet. Besparingen av den utförda energieffektiviseringen anges i perioden 1, 10 och 50 år. Tabellen presenterar slutligen den totala investeringskostnaden och återbetalningstiden för varje enskild åtgärd baserat på den årliga besparingen. Resultatet gör även skillnad på om åtgärden utförs av en hantverkare eller om arbetet utförs som privatperson. Den blå rutan betyder att en hantverkare utför hela arbetet och den gröna rutan betyder att arbetet utförs av privatperson och endast köper materialet för åtgärden.

Klimatskal						
<b>Malmö</b>	<b>Tilläggsisolering fasad och kantbalk</b>		<b>Tilläggsisolering tak</b>		<b>Fönster/dörrar</b>	
Besparing elkostnad [kr/år]	1 718		1 754		8 118	
Besparing 10 år [kr]	17 177		17 538		81 183	
Besparing 50 år [kr]	85 884		87 692		405 914	
Investeringskostnad [kr]	116 956	26 972	59 344	13 248	134 930	110 430
Återbetalningstid [år]	68	16	34	8	17	14
<b>Stockholm</b>	<b>Tilläggsisolering fasad och kantbalk</b>		<b>Tilläggsisolering tak</b>		<b>Fönster/dörrar</b>	
Besparing elkostnad [kr/år]	1 632		1 679		7 958	
Besparing 10 år [kr]	16 320		16 786		79 580	
Besparing 50 år [kr]	81 601		83 932		397 902	
Investeringskostnad [kr]	116 956	26 972	59 344	13 248	134 930	110 430
Återbetalningstid [år]	72	17	35	8	17	14
<b>Sundsvall</b>	<b>Tilläggsisolering fasad och kantbalk</b>		<b>Tilläggsisolering tak</b>		<b>Fönster/dörrar</b>	
Besparing elkostnad [kr/år]	1 070		1 088		5 247	
Besparing 10 år [kr]	10 705		10 880		52 470	
Besparing 50 år [kr]	53 523		54 401		262 352	
Investeringskostnad [kr]	116 956	26 972	59 344	13 248	134 930	110 430
Återbetalningstid [år]	109	25	55	12	26	21

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell A.2 redovisar energibesparingen i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i uppvärmningssystemet baserat på den ort typhuset befinner sig i. Från tabell 8.1 kan besparingen i elkostnad för respektive åtgärd beräknas på årsbasis och efter 10 samt 50 år och presenteras i tabell 8.22. Tabell 8.10-8.13 redogör en överslagsberäkning av investeringskostnaden för respektive åtgärd, baserat på om en hantverkare utför hela arbetet eller om arbetet utförs själv och endast köper in materialet. Investeringskostnaden återfinns i tabell 8.22 samt avbetalningstiden för den åtgärd och arbetssätt man väljer att investera i, vilket är baserat på den energibesparing simuleringen i VIP-Energy genererat samt ett genomsnitt av elpriset för de tre senaste åren i respektive ort. Med undantag för fjärrvärmens då energibehovet är lika stort med direktverkande el respektive fjärrvärme. Vilket betyder att lönsamheten i fjärrvärme återfinns bara där priset för fjärrvärmens är lägre än elpriset. Fjärrvärmepriset hämtas ur tabell 8.2.

Resultatet visar att det är mest lönsamt att göra åtgärder i uppvärmningssystemet i södra och mellersta Sverige då återbetalningstiden är kortast. Studeras fjärrvärmens separat ser man att det finns en lönsamhet i längden i Malmö och Stockholm, däremot finns det ingen lönsamhet i Sundsvall.

Tabell 8.22 Den ekonomiska aspekten av åtgärder utförda på energisystemet. Besparingen av den utförda energieffektiviseringen anges i perioden 1, 10 och 50 år. Tabellen presenterar slutligen den totala investeringskostnaden och återbetalningstiden för varje enskild åtgärd baserat på den årliga besparingen. Resultatet gör även skillnad på om åtgärden utförs av en hantverkare eller om arbetet utförs som privatperson. Den blå rutan betyder att en hantverkare utför hela arbetet medan den gröna rutan betyder att arbetet utförs av privatperson och endast köper materialet för åtgärden.

Uppvärmningssystem						
<b>Malmö</b>	<b>Luft - luft</b>		<b>Luft - vatten</b>		<b>Bergvärme</b>	<b>Fjärrvärme</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	16 797		21 968		21 534	14 715
Besparing 10 år [kr]	167 970		219 682		215 342	147 153
Besparing 50 år [kr]	839 852		1 098 408		1 076 711	735 765
Investeringskostnad [kr]	20 005	15 000	109 950	90 000	154 000	59 500
Återbetalningstid [år]	1	1	5	4	7	4
<b>Stockholm</b>	<b>Luft - luft</b>		<b>Luft - vatten</b>		<b>Bergvärme</b>	<b>Fjärrvärme</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	16 274		21 014		21 061	3 372
Besparing 10 år [kr]	162 736		210 142		210 608	33 716
Besparing 50 år [kr]	813 679		1 050 710		1 053 042	168 582
Investeringskostnad [kr]	20 005	15 000	109 950	90 000	154 000	59 500
Återbetalningstid [år]	1	1	5	4	7	18
<b>Sundsvall</b>	<b>Luft - luft</b>		<b>Luft - vatten</b>		<b>Bergvärme</b>	<b>Fjärrvärme</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	9 634		12 512		12 811	-4 573
Besparing 10 år [kr]	96 342		125 122		128 105	-45 731
Besparing 50 år [kr]	481 711		625 610		640 526	-228 653
Investeringskostnad [kr]	20 005	15 000	109 950	90 000	154 000	59 500
Återbetalningstid [år]	2	2	9	7	12	-13

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell A.3 redovisar energibesparingen i kWh/m<sup>2</sup>,år för respektive åtgärd i ventilationssystemet baserat på ort typhuset befinner sig i. Från tabell 8.1 kan besparingen i elkostnad för respektive åtgärd beräknas på årsbasis och efter 10 samt 50 år och presenteras i tabell 8.23. Tabell 8.14-8.16 redogör en överslagsberäkning av investeringskostnaden för respektive åtgärd, baserat på att en hantverkare utför hela arbetet. Investeringskostnaden återfinns i tabell 8.23 samt avbetalningstiden för den åtgärd man väljer att investera i, vilket är baserat på den energibesparing simuleringen i VIP-Energy genererat samt ett genomsnitt av elpriset för de tre senaste åren i respektive ort.

Resultatet visar att det inte är lönsamt att investera i mekaniskfrånluft utan värmeåtervinning. FTX-systemet ger också en förlust medan FVP-systemet genererar en lönsamhet sett över alla orter.

Tabell 8.23 Den ekonomiska aspekten av åtgärder utförda på ventilationssystemet. Besparingen av den utförda energieffektiviseringen anges i perioden 1, 10 och 50 år. Tabellen presenterar slutligen den totala investeringskostnaden och återbetalningstiden för varje enskild åtgärd baserat på den årliga besparingen. Resultatet presenteras i form av att en hantverkare utför arbetet.

<b>Ventilationssystem</b>			
<b>Malmö</b>	<b>Mekanisk ventilation</b>	<b>FVP-system</b>	<b>FTX-system</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	-8 842	12 421	-1 049
Besparing 10 år [kr]	-88 415	124 215	-10 487
Besparing 50 år [kr]	-442 075	621 075	-52 434
Investeringskostnad [kr]	45 150	120 650	120 050
Återbetalningstid [år]	-5	10	-114
<b>Stockholm</b>	<b>Mekanisk ventilation</b>	<b>FVP-system</b>	<b>FTX-system</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	-8 611	10 647	-1 088
Besparing 10 år [kr]	-86 109	106 470	-10 880
Besparing 50 år [kr]	-430 543	532 350	-54 401
Investeringskostnad [kr]	45 150	120 650	120 050
Återbetalningstid [år]	-5	11	-110
<b>Sundsvall</b>	<b>Mekanisk ventilation</b>	<b>FVP-system</b>	<b>FTX-system</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	-5 677	5 659	-772
Besparing 10 år [kr]	-56 770	56 594	-7 721
Besparing 50 år [kr]	-283 850	282 972	-38 607
Investeringskostnad [kr]	45 150	120 650	120 050
Återbetalningstid [år]	-8	21	-155

Tabell A.4 redovisar energibesparingen i kWh/m<sup>2</sup>,år för att producera egen energi baserat på ort typhuset befinner sig i. Från tabell 8.1 kan besparingen i elkostnad för respektive åtgärd beräknas på årsbasis och efter 10 samt 50 år och presenteras i tabell 8.24. Tabell 8.17-8.20 redogör en överslagsberäkning av investeringskostnaden för respektive åtgärd, baserat på att en hantverkare utför hela arbetet. Investeringskostnaden återfinns i tabell 8.24 samt avbetalningstiden för den åtgärden, vilket är baserat på den energibesparing simuleringen i VIP-Energy genererat samt ett genomsnitt av elpriset för de tre senaste åren i respektive ort.

Resultatet visar att det är mest lönsamt att producera egen energi i södra och mellersta Sverige då återbetalningstiden är kortare än livslängden på anläggningen. Ser man till norra delen av Sverige så har solcellerna en återbetalningstid på 34 år, vilket är mer än vad den garanterade livslängden uppgår till hos återförsäljarna som garanterar en livslängd på 25–30 år. Solfångarna har också en relativt lång återbetalningstid i norra delen av Sverige.

Tabell 8.24 Den ekonomiska aspekten av att producera egen solenergi. Besparingen av den utförda energieffektiviseringen anges i perioden 1, 10 och 50 år. Tabellen presenterar slutligen den totala investeringskostnaden och återbetalningstiden för varje enskild åtgärd baserat på den årliga besparingen. Resultatet presenteras i form av att en hantverkare utför arbetet.

<b>Egenproducerad energi</b>				
<b>Malmö</b>	<b>Solceller (53 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solceller (66 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solfångare (6 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solfångare (10 m<sup>2</sup>)</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	8 795	11 087	4 629	6 672
Besparing 10 år [kr]	87 947	110 872	46 287	66 718
Besparing 50 år [kr]	439 733	554 359	231 434	333 590
Investeringskostnad [kr]	140 250	175 950	57 900	77 900
Återbetalningstid [år]	16	16	13	12
<b>Stockholm</b>	<b>Solceller (53 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solceller (66 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solfångare (6 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solfångare (10 m<sup>2</sup>)</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	7 722	9 683	4 305	6 093
Besparing 10 år [kr]	77 221	96 825	43 054	60 929
Besparing 50 år [kr]	386 107	484 127	215 271	304 644
Investeringskostnad [kr]	140 250	175 950	57 900	77 900
Återbetalningstid [år]	18	18	13	13
<b>Sundsvall</b>	<b>Solceller (53 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solceller (66 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solfångare (6 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Solfångare (10 m<sup>2</sup>)</b>
Besparing elkostnad [kr/år]	4 151	5 229	2 308	3 404
Besparing 10 år [kr]	41 507	52 293	23 076	34 044
Besparing 50 år [kr]	207 533	261 467	115 382	170 222
Investeringskostnad [kr]	140 250	175 950	57 900	77 900
Återbetalningstid [år]	34	34	25	23



## 9 Diskussion och slutsats

*I detta kapitel förs en diskussion om åtgärdernas energibesparing och kostnader som leder till studiens slutsatser.*

### 9.1 Diskussion

Den kvantitativa undersökningen i form av en enkät fick 33 användbara svar. Enkäten kan inte användas som statistik men ger en bra indikation. Enkätens första del berörde husets ursprungliga utformning. Gällande val av installationssystem bekräftar enkäten litteraturstudien som säger att uppvärmningssystemets energikälla var direktverkande el och ventilationssystemet var självdrag. Vid val av klimatskal uppstår marginella skillnader mellan enkäten och litteraturstudien.

Figureerna 7.19-7.27 anger data från tabell A.1-A.4 som gjorts mer läsbar. De beskriver procentuell ändring från basfallet av husets energianvändning, primärenergital och U-medelvärde för husets två orienteringar. Utifrån figureerna går det att utläsa att åtgärderna ger med små marginaler samma utslag i de tre valda orterna samt de olika orienteringarna. Orienteringen ger endast olika utslag vid åtgärder för egenproducerad energi.

Resultaten som visas är för varje individuell åtgärd jämfört med basfallet. De tar inte hänsyn till hur de samverkar tillsammans med andra åtgärder och det går därför inte att addera olika åtgärders resultat för att få dess effekten.

Att tilläggsisolera vägg och kantbalk samt taket ger snarlika resultat och reducerar energianvändningen, primärenergitalet och U-medel med cirka 6%. Bytta fönster och dörrar reducerar värdena cirka 29%. Svar från den kvantitativa undersökningen, se figur 7.8 samt litteraturstudien visar båda att 70-talshusen hade tvåglasfönster. Att byta ut fönster och dörrar är den mest energieffektivaste åtgärden på klimatskalet och figur 7.14 tyder på att det är även den åtgärden privatpersoner utför på sina småhus. Att byta fönster och dörrar har högst investeringskostnad, men kortast återbetalningstid. Billigast är att tilläggsisolera taket, då materialet inte är lika dyrt som vid fönster och dörrbyte. Däremot rekommenderar vi att ta kostnaden och byta fönster och dörrar då det ger störst besparing i långa loppet.

När det kommer till energikällor för uppvärmningssystemet har studien undersökt fjärrvärme, luft-vattenvärmepump, bergvärmepump och luft-luftvärmepump. Åtgärderna att installera en luft-vattenvärmepump/bergvärmepump eller koppla upp till fjärrvärmenätet kräver ett vattenburet uppvärmningssystem. Att installera en luft-luftvärmepumpen är den energieffektiviserande åtgärden som är möjlig i ett ej vattenburet uppvärmningssystem. Om uppvärmningssystemet görs om till ett vattenburet uppvärmningssystem gäller samma resultat som presenteras i figur 7.19-7-27. Skillnaden i energianvändning och primärenergitalet kommer bli densamma. Kostnaden att göra om uppvärmningssystemet till ett vattenburet blir det som skiljer sig åt.

Energianvändningen blir oförändrad för fjärrvärme. Däremot förändras typhusets primärenergital eftersom viktningningsfaktorn för fjärrvärme är mer än hälften så stor som viktningningsfaktorn för el. Primärenergitalet för samtliga orter i studien sänks cirka 61% vid uppkoppling till fjärrvärme. Elpriserna är billigare i norra Sverige vilket gör att skillnaden på el- och fjärrvärmekostnaden resulterar i en negativ återbetalningstid i Sundsvall. I södra delarna av Sverige är elpriserna dyra i förhållande till fjärrvärmepriserna och resulterar i en positiv återbetalningstid i Malmö och Stockholm.

Installation av luft-vattenvärmepump och bergvärmepump reducerar energianvändningen och primärenergitalet snarligt. Sänkningen är cirka 68-78% beroende på ort. Luft-luftvärmepumpen har en något sämre effekt och reducerar energianvändningen och primärenergitalet cirka 51-60% beroende på ort. Figur 7.15 visar att installation av någon form av värmepump är den vanligaste åtgärden privatpersoner utför gällande husets uppvärmningssystem. Litteraturstudien i kapitel två säger även att minst 40% av Sveriges småhus uppförda under rekordåren har i efterhand installerat en värmepump.

Förutsättningarna är olika för att installera en bergvärmepump beroende på de geografiska förhållandena. Detta är inget VIP-Energy tar hänsyn till och därför visar resultaten att det har samma förhållande i Malmö, Stockholm och Sundsvall. I praktiken hade effekten inte varit densamma i alla orterna.

I de orter som inte ligger en bra grund för effektiv upptagning av värme i form av en bergvärmepump finns andra alternativ. En ytjordvärme- och sjövärmepump fungerar på samma sätt som en bergvärmepump och hämtar energi från solens lagrade värme i något medium. De använder samma sorts värmepump och effekten från systemen är snarlika. Installation av ytjordvärme- och sjövärmepump är även betydligt billigare än en bergvärmepump. I Stockholm och Sundsvall har en bergvärmepump högst besparing på 50 år av de olika åtgärderna på uppvärmningssystemet. I Malmö är det installation av en luft-vattenvärmepump som genererar högst besparing på 50 år. Lägst investeringskostnad är att installera en luft-luftvärmepump.



I basfallet använder typhuset sig av självdrag som ventilation. Att simulera självdrag i VIP-Energy är svårt och indata har räknats fram baklänges. Det gör att åtgärderna för ventilation eventuellt inte visar sin fulla effekt sett från basfallet och är en eventuell felkälla i studien.

De framtagna åtgärderna som simulerades på ventilationssystemet var mekanisk frånluft, frånluftsvärmepump och ett FTX-system. Tabell 7.3 visar att energianvändningen och husets primärenergital blir sämre vid insättning av mekanisk frånluft och FTX-system. Det beror på en ökad ventilationen samt att fläktarna drar el. FTX-systemet blir något lägre höjning cirka 3-5% medan mekanisk frånluft höjer värdena cirka 31-32%. Det beror på att tilluften i FTX-systemet värms upp med hjälp av värmeväxlaren. Därför behöver huset inte använda lika mycket energi till uppvärmning. Åtgärderna är alltså inte energieffektiva men skapar ett bättre inomhusklimat.

Energianvändningen och primärenergitalet sänkes med cirka 30-45% beroende på vald ort vid installation av en frånluftsvärmepump. Den hjälper till att sänka energin som går till uppvärmningen av tappvarmvattnet och/eller värmesystemet. Då systemet innebär att mekanisk frånluft installeras bidrar det även till att ett bättre inomhusklimat skapas.

Svaren från den kvantitativa undersökningen visar att den vanligaste åtgärden privatpersoner gör på sitt ventilationssystem är att installera frånluftsfläktar, se figur 7.16. Detta beror på att det är en snabb och billig åtgärd för att få ett bättre inomhusklimat. Den energieffektivaste åtgärden på ventilationssystemet är däremot att installera en frånluftsvärmepump.

Det stora sadeltaket i 45 graders lutning kännetecknade den klassisk 70-talsvillan. Vilket ger möjligheten till egenproducerad energi i form av solenergi. Vid installation av solceller har studien satt maximalt med solpaneler i förhållande till vad huvudsäkringens klarar av. Med en huvudsäkring på 16 A kan taket maximalt täckas med cirka 53 m<sup>2</sup> solpaneler och med en huvudsäkring på 20 A kan det gå upp till cirka 66 m<sup>2</sup>. Solceller går att installera på både ett icke vattenburet och vattenburet uppvärmningssystem. Vid installation av solfångare har studien valt att använda solenergin till ett kombisystem. Vilket betyder att ett vattenburet uppvärmningssystem behövs för den typen av åtgärd.

Det är först nu resultaten skiljer sig åt mellan de två olika orienteringarna. Det beror på att effekten blir större i söderläge än i öst. På de studerade orterna skiljer det sig cirka 4-5 % mellan de två orienteringarna. Ytan solceller ger inte stora skillnader i svar. Sänkningen av energianvändning och husets primärenergital blir cirka 10-15% vid 53 m<sup>2</sup> solpaneler och cirka 12-17% vid 66 m<sup>2</sup> solpaneler. Solfångarna har en något bättre effekt och reducerar energianvändningen och primärenergitalet cirka 9-17% vid 6 m<sup>2</sup> och cirka 13-25% vid 10 m<sup>2</sup>.

En stor del har i den kvantitativa undersökningen installerat solceller, se figur 7.17. Vi skulle även rekommendera det förre solfångare. Även om investeringskostnaderna är högre för installation av solceller än solfångare är besparingen i det långa loppet större för solceller. Solceller i kombination med en värmepump är ett effektivt sätt att få ner energianvändningen på. Elen från solcellerna går då inte bara till hushållselen utan även till att driva värmepumpen.

Simuleringen i VIP-Energy visar att uppvärmningsbehovet och elanvändningen ökar desto längre upp i landet man kommer. Vilket gör att samtliga åtgärder genererar en större energibesparing ju högre upp byggnaden befinner sig geografiskt i Sverige. Den ekonomiska analysen säger trots det att lönsamheten i investeringarna avtar desto längre norr byggnaden befinner sig, se tabeller 8.21-8.24. Det blir motsägelsefullt men det beror på att det lokala elpriset styrs av utbud och efterfrågan. Vilket kan knytas an till tabellerna 8.1 och 8.2 som visar en tydlig skillnad i pris mellan Sveriges olika zoner.

Av de som svarat på den kvantitativa undersökningen upplever majoriteten att husets energianvändning har minskat efter de åtgärder som genomförts, se figur 7.18. Generellt gör privatpersoner rätt val när det kommer till att energieffektivisera sina småhus. Undantaget är val av ventilationssystem då väljs i stället det snabbaste och billigaste alternativet.

Delar vi kunskapen till privatpersoner så att de fortsätter utföra smarta och energieffektiva åtgärder på sina småhus anser vi att Sveriges sammanlagda energianvändning kan sänkas. Vilket gör oss ett steg närmare en hållbar utveckling.

## 9.2 Slutsats

Detta arbete har tagit fram förslag på rimliga åtgärder för att energieffektivisera 1970-tals småhus. Studien har utförts på ett klassiskt 1,5-planshus på 145 m<sup>2</sup> med sadeltak i 45 graders lutning, tvåglasfönster och platta på mark med ovanliggande isolering. Typhuset ventileras med självdrag och värms upp med energikällan el. Huset har placerats i Malmö, Stockholm och Sundsvall. Åtgärder på klimatskal, uppvärmnings- och ventilationssystem samt möjligheten till egenproduceras energi har studerats och följande slutsatser dras:

- Åtgärden att byta fönster och dörrar reducerar husets energianvändning mest när det kommer till klimatskalet. Den har högst investeringskostnad men kortast återbetalningstid.
- Att koppla upp sig till fjärrvärmenätet reducerar inte husets energianvändning. Däremot sänkts husets primärenergital. I södra Sverige där elpriserna är dyra gynnas det ekonomiskt att koppla upp sig till fjärrvärmenätet även så i mellersta Sverige. Däremot att byta till fjärrvärme i norra delen av Sverige där elpriserna är låga ger en negativ effekt ekonomiskt med dagens prisläge.
- Den åtgärd som sparar mest gällande husets uppvärmningssystem är att installera någon form av värmepump. Bergvärmepumpen reducerar energianvändningen mest men har dyrast investeringskostnad och längst återbetalningstid. En luft-luftvärmepump har lägst investeringskostnad och återbetalningstid.
- Att installera frånluftsfläktar och ett FTX-system höjer energianvändningen och återbetalningstiden blir negativ. En frånluftsvärmepump är den åtgärden på ventilationssystemet som reducerar energianvändningen.
- Solcellerna har en högre investeringskostnad och längre återbetalningstid än solfångarna. I det långa loppet besparar solcellerna mer.
- Det lokala elpriset styr till stor del lönsamheten i att energieffektivisera sitt hus.
- Privatpersoner väljer idag rätt åtgärder på sina småhus sätt till vad som är mest energieffektiviserande och ekonomiskt lönsamt i det långa loppet. Undantag är ventilationssystemet då väljer privatpersoner den åtgärden med lägst investeringskostnad.



## Referenslista

- BFS 2011:6. *Boverkets byggregler (2011:6): föreskrifter och allmänna råd, BBR*. Boverket. Hämtad från [https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf)
- BFS 2017:6 - BEN 2. *Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår*. Boverket. Hämtad från <https://rinfo.boverket.se/BFS2016-12/pdf/BFS2017-6.pdf>
- BFS 2020:4 – BBR 29. *Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd*. Boverket. Hämtad från <https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/pdf/BFS2020-4.pdf>
- Björk, C. (2012). Rekordårens småhus – väl värda att bevara. I Johansson, B. (red). *Miljonprogrammet-utveckla eller avveckla*. Formas Fokuserar 20, ss. 45-59.
- Björk, C., Nordling, L. & Reppen, L. (2009). *Så byggdes VILLAN: Svensk villaarkitektur från 1890 till 2010*. Forskningsrådet Formas.
- Bolist (u.å.). *Tilläggsisolera väggen inne*. Hämtad 3 juni 2023 från <https://bolist.se/gor-det-sjalv/inne/vaggar/tillaggsisolera-vaggar-inne/>
- Boverket (2007). *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus: En sammanställning av brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2008/indata-for-energiberakningar-i-kontor-och-smahus/>
- Boverket (2010a). *Energi i bebyggelsen – tekniska egenskaper och beräkningar: resultat från projektet BETSI*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2011/energi-i-bebyggelsen---tekniska-egenskaper-och-berakningar/>
- Boverket (2010b). *Teknisk status i den svenska bebyggelsen: resultat från projektet BETSI*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2011/teknisk-status-i-den-svenska-bebyggelsen/>
- Boverket (2017). *Regler om byggande: Vad är en ändring*. Hämtad 16 mars 2023 från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/andring-av-byggnader/vad-ar-en-andring/>

Boverket (2020). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*. Hämtad 16 mars 2023 från

<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/>

Boverket (2022). *Karta över miljonprogrammets bostadsbestånd*. Hämtad 13 april 2023 från

<https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/karttjanst-over-miljonprogrammet/>

Boverket (2023). *Välj ventilationssystem när du bygger eller renoverar: Välj ventilation och minska energianvändningen*. Hämtad 5 maj 2023 från

<https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/valj-ventilationssystem/>

Byggahus.se (2020). *1970-talshusens arkitektur, konstruktion och inredning*. Hämtad 30 mars 2023 från <https://www.byggahus.se/bygga/1970-talshusens-arkitektur-konstruktion-inredning>

Bülow-Hübe, H. (2003). Energibesparing med solskydd i kontor: potentialbedömning för tre kontor 1970-1990. <http://www.belok.se/docs/dagsljus/energibesparing.pdf>

Dzebo, A. & Nykvist, B. (2017). *Uppvärmning i Sverige: En succéhistoria med problem*. Stockholm Environment Institute.

<https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-2017-PB-Dzebo-Nykvist-SweHeatEnergySystem-swe.pdf>

Energimyndigheten (2011a). *Solklart-solvärme!*. Energimyndigheten

<https://www.linkoping.se/globalassets/bygga-bo-och-miljo/energiradgivning/solenergi/energimyndigheten---solklart-solvarme.pdf?49a178>

Energimyndigheten (2011b). *Ventilera rätt: Bra att veta om ventilation av hus och lägenheter* [Broschyr]. Energimyndigheten. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=104359>

Energimyndigheten (2022a). *Isolering av ytterväggar, golv och källare: Du kan behöva bygglov*. Hämtad 15 april 2023 från

<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/minska-behovet-av-varme-och-varmvatten/tillaggsisolering/isolering-av-yttervagg-golv-och-kallare/>

Energimyndigheten (2022b). *Välj rätt värmepump*. Hämtad 11 maj 2023 från

<https://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/husguiden---for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt/se-over-husets-uppvarmningssystem/valj-ratt-varmepump/#Berg>

Energimyndigheten (2023). *Energiläget 2022: En översikt*. Energimyndigheten.  
<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=208636>

Eon (2023a). *Aktuella elpriser idag: Vad ligger elpriset på just nu?*. Hämtad 17 maj 2023 från <https://www.eon.se/el/elpriser/aktuella#prisutveckling>

Eon (2023b). *Batteripaket till solceller: Bli mer självförsörjande genom att lagra överskottselen från dina solceller*. Hämtad 8 maj 2023 från [https://www.eon.se/solceller/solcellspaket/solcellsbatteri?gclid=CjwKCAjwge2iBhBBEiwAfXDBR1EiEu1MqvpkTmXO\\_GY-8APgEgqWfLZ7XAAP4Ll-2z\\_sv60lZrAKIBoCyi8QAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.eon.se/solceller/solcellspaket/solcellsbatteri?gclid=CjwKCAjwge2iBhBBEiwAfXDBR1EiEu1MqvpkTmXO_GY-8APgEgqWfLZ7XAAP4Ll-2z_sv60lZrAKIBoCyi8QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

Erlström, M., Mellqvist, C., Schwarz, G., Gustafsson, M. & Dahlqvist, P. (2016). *Geologisk information för geoenergianläggningar – en översikt* (SGU, nr 2016:16). Sveriges geologiska undersökning. <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1616-rapport.pdf>

FEBY (2019). *Kravspecifikation för energieffektiva byggnader: Bostäder och lokaler*. Forum för Energieffektivt byggande. <https://www.feby.se/files/rapporter/2019-12-12-kravspecifikation-feby18.pdf>

FTX Gruppen (u.å.). *MINI-FTX*. Hämtad 14 maj 2023 från <https://www.ventilationstockholm.nu/hur-fungerar-mini-ftx>

Gunnarsson, L., Nyqvist, J., Lundberg, T. & Wendel C. (2014). *Solenergi: Hållbart och gratis!*. Energikontoret Sverige. <https://toreboda.se/download/18.350186b15f772e4e7a908cb/1511863740996/Solceller.pdf>

Hemming, S. (2022a). *Optimal placering av solceller: Både väderstreck och lutning*. Hämtad 2 maj 2023 från <https://hemsol.se/solceller/lutning-vaderstreck/>

Hemming, S. (2022b). *Pris på solceller: Vad solpaneler kostar per kW, m<sup>2</sup> & kWh*. Hämtad 23 maj 2023 från <https://hemsol.se/solceller/pris/>

Hemming, S. (2022c). *Så mycket solceller behöver man: Dimensionering & storlek*. Hämtad 10 maj 2023 från <https://hemsol.se/solceller/hur-mycket-behover-man/>

Hemming, S. (2022d). *Verkningsgrad för solceller2023: Allt om effekt för solpaneler*. Hämtad 10 maj 2023 från <https://hemsol.se/solceller/verkningsgrad-effekt/>

Isover (u.å.a). *Isolering av yttervägg utifrån med ett lager isolering: Yttervägg utifrån*. Hämtad 15 april 2023 från <https://www.isover.se/supporten-tipsar/isolera-yttervagg-utifran-med-ett-lager-isolering#1>

Isover (u.å.b). *Isolera tak och vind: Att tilläggsisolera taket*. Hämtad 15 april 2023 från <https://www.isover.se/supporten-tipsar/isolera-tak-och-vind#3v>

Lyzell, P. (2017). *Moderna hus inverkan på brandförlopp och räddningstjänstens utveckling för att hantera nya typer av bostadsbränder* (Examensarbete, Lunds universitet, Bygg- och miljöteknologi).

Nibe (u.å.a). *Franluftsvarmepump: återanvänd luften i ditt hem*. Hämtad 23 maj 2023 från <https://www.nibe.eu/sv-se/kunskapsbank/sa-fungerar-det/franluftsvarmepump---ateranvand-luften-i-ditt-hem>

Nibe (u.å.b). *Luft/vattenvärmepump: utvinn värme ur ingenting*. Hämtad 23 maj 2023 från <https://www.nibe.eu/sv-se/kunskapsbank/sa-fungerar-det/luft-vattenvarmepump---utvinn-varme-ur-ingenenting>

Polarpumpen (u.å). *Hur fungerar en bergvärmepump och bergvärme*. Hämtad 5 maj 2023 från <https://www.polarpumpen.se/kunskapsbanken/varmepump-kunskapsbank/bergvarmepump-kunskapsbank/sa-fungerar-en-bergvarmepump/hur-fungerar-en-bergvarmepump-och-bergvarme/>

Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. Studentlitteratur AB.

Sandin, K. (2019). *Praktisk Husbyggnadsteknik*. Studentlitteratur AB.

SGU (u.å.). *Jordarter 1:1 miljon*. Hämtad 4 maj 2023 från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-1-miljon.html>

Skatteverket (u.å.). *Rotarbete och rutarbete*. Hämtad 17 maj 2023 från <https://www.skatteverket.se/privat/fastigheterochbostad/rotarbeteochrutarbete/safungerarrotavdraget.4.5947400c11f47f7f9dd80004014.html>

Skyttberg, I. (2022, 28 augusti). *Annas elchock – fick räkning på över 20 000 kronor*. SVT Nyheter. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vastmanland/anna-i-kungsor-fick-elrakning-pa-over-20-000-kronor>

SolensEnergi (u.å). *Tekniken bakom solel: Så fungerar det*. Hämtad 8 maj 2023 från <https://solensenergi.se/tekniken-bakom-solpaneler/?cn-reloaded=1>

Solorbioenergi (u.å). *Fjärrvärme kostnad och priser: Ditt fjärrvärmepris*. Hämtad 17 maj 2023 från <https://solorbioenergi.se/fjarrvarme/orter/>

Statistikmyndigheten (2021). *Hushållens boende 2020*. Hämtad 16 mars 2023 från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende-2020/>



Thermia (u.å.). *Hur fungerar jordvärme?: Hur fungerar jordvärme*. Hämtad 1 maj 2023 från <https://www.thermia.se/bergvarme-jordvarme/jordvarme/hur-fungerar-jordvarme/>

Vidén, S. (2012). Rekordårens bostäder – en viktig resurs för hållbar utveckling. I Johansson, B. (red). *Miljonprogrammet-utveckla eller avveckla*. Formas Fokuserar 20, ss. 21-44.

Warfvinge, C. (2008). Mycket energi att spara i miljonprogrammet!. *VVS-forum-värme och energi*, No. April, s.7-12.

[http://eprints.sparaochbevara.se/487/1/Miljonprogrammet\\_VVSForum\\_april\\_08.pdf](http://eprints.sparaochbevara.se/487/1/Miljonprogrammet_VVSForum_april_08.pdf)

Warfvinge, C. & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Studentlitteratur AB.

Warfvinge, C. & Kling, R. (2012). Passa på att spara energi när husen ändå ska renoveras. I Johansson, B. (red). *Miljonprogrammet-utveckla eller avveckla*. Formas Fokuserar 20, ss. 273-285.

Zeilon, M. (2012). *TIDSTYPISKT! 1960/1970: Hur vi bodde, byggde, levde, var och hur och kanske varför: Och några tips på hur vi kan ta hand om arvet idag*. Kulturgrafik i Västsverige HB.



## Bilaga A

Tabell A.1 Jämförelse av typhusets energianvändning och primärenergital i kWh/m<sup>2</sup>,år samt U-medel i W/m<sup>2</sup>K före och efter respektive åtgärd på klimatskalet på studiens valda orter och orienteringar.

Klimatskal						
<b>Malmö</b>	<b>Vägg och kantbalk</b>		<b>Tak</b>		<b>Fönster och dörrar</b>	
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	154,8	145,3	154,8	145,1	154,8	109,9
Skillnad	9,5		9,7		44,9	
Primärenergital	339,3	318	339,3	317,5	339,3	238,2
Skillnad	21,3		21,8		101,1	
U-medel	0,559	0,523	0,559	0,525	0,559	0,397
Skillnad	0,036		0,034		0,162	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	154,4	144,9	154,4	144,7	154,4	109,5
Skillnad	9,5		9,7		44,9	
Primärenergital	338,5	317,1	338,5	316,7	338,5	237,4
Skillnad	21,4		21,8		101,1	
U-medel	0,559	0,523	0,559	0,525	0,559	0,397
Skillnad	0,036		0,034		0,162	
<b>Stockholm</b>	<b>Vägg och kantbalk</b>		<b>Tak</b>		<b>Fönster och dörrar</b>	
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	179,5	169	179,5	168,7	179,5	128,3
Skillnad	10,5		10,8		51,2	
Primärenergital	323,2	304,1	323,2	303,6	323,2	230,9
Skillnad	19,1		19,6		92,3	
U-medel	0,559	0,533	0,559	0,535	0,559	0,407
Skillnad	0,026		0,024		0,152	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	179,1	168,5	179,1	168,2	179,1	127,9
Skillnad	10,6		10,9		51,2	
Primärenergital	322,3	303,3	322,3	302,8	322,3	230,1
Skillnad	19		19,5		92,2	
U-medel	0,559	0,533	0,559	0,535	0,559	0,407
Skillnad	0,026		0,024		0,152	
<b>Sundsvall</b>	<b>Vägg och kantbalk</b>		<b>Tak</b>		<b>Fönster och dörrar</b>	
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	208,2	196	208,2	195,8	208,2	148,4
Skillnad	12,2		12,4		59,8	
Primärenergital	296,6	279,7	296,6	279,3	296,6	213,8
Skillnad	16,9		17,3		82,8	
U-medel	0,559	0,523	0,559	0,525	0,559	0,397
Skillnad	0,036		0,034		0,162	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	207,8	195,6	207,8	195,3	207,8	148
Skillnad	12,2		12,5		59,8	
Primärenergital	296,0	279,1	296,0	278,7	296,0	213,2
Skillnad	16,9		17,3		82,8	
U-medel	0,559	0,523	0,559	0,525	0,559	0,397
Skillnad	0,036		0,034		0,162	

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell A.2 Jämförelse av typhusets energianvändning och primärenergital i kWh/m<sup>2</sup>,år före och efter respektive åtgärd på uppvärmningssystemet på studiens valda orter och orienteringar.

<b>Uppvärmningssystem</b>								
<b>Malmö</b>	<b>Luft-vatten</b>		<b>Luft-luft</b>		<b>Bergvärme</b>		<b>Fjärrvärme</b>	
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	154,8	33,3	154,8	61,9	154,8	35,7	154,8	154,8
Skillnad	121,5		92,9		119,1		0,0	
Primärenergital	339,3	72,0	339,3	130,3	339,3	77,7	339,3	132,0
Skillnad	267,3		209,0		261,6		207,3	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	154,4	33,2	154,4	61,8	154,4	35,6	154,4	154,4
Skillnad	121,2		92,6		118,8		0,0	
Primärenergital	338,5	72,0	338,5	130,1	338,5	77,5	338,5	131,6
Skillnad	266,5		208,4		261,0		206,9	
<b>Stockholm</b>	<b>Luft-vatten</b>		<b>Luft-luft</b>		<b>Bergvärme</b>		<b>Fjärrvärme</b>	
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Energianvändning	179,5	44,3	179,5	74,8	179,5	44,0	179,5	179,5
Skillnad	135,2		104,7		135,5		0,0	
Primärenergital	323,2	79,7	323,2	134,6	323,2	79,2	323,2	125,7
Skillnad	243,5		188,6		244,0		197,5	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	179,1	44,2	179,1	74,7	179,1	43,9	179,1	179,1
Skillnad	134,9		104,4		135,2		0,0	
Primärenergital	322,3	79,6	322,3	134,4	322,3	79,0	322,3	125,4
Skillnad	242,7		187,9		243,3		196,9	
<b>Sundsvall</b>	<b>Luft-vatten</b>		<b>Luft-luft</b>		<b>Bergvärme</b>		<b>Fjärrvärme</b>	
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Energianvändning	208,2	65,6	208,2	98,4	208,2	62,2	208,2	208,2
Skillnad	142,6		109,8		146,0		0,0	
Primärenergital	296,6	94,2	296,6	144,5	296,6	89,6	296,6	115,4
Skillnad	202,4		152,1		207		181,2	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	207,8	65,5	207,8	98,3	207,8	62,2	207,8	207,8
Skillnad	142,3		109,5		145,6		0	
Primärenergital	296,0	94,2	296,0	144,3	296,0	89,6	296,0	115,1
Skillnad	201,8		151,7		206,4		180,9	

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell A.3 Jämförelse av typhusets energianvändning och primärenergital i kWh/m<sup>2</sup>,år före och efter respektive åtgärd på ventilationssystemet på studiens valda orter och orienteringar.

<b>Ventilationssystem</b>						
<b>Malmö</b>	<b>Mekanisk frånluft</b>		<b>FVP</b>		<b>FTX</b>	
	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Energianvändning	154,8	203,7	154,8	86,1	154,8	160,6
Skillnad	-48,9		68,7		-5,8	
Primärenergital	339,3	447,2	339,3	186,1	339,3	350,3
Skillnad	-107,9		153,2		-11,0	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	154,4	203,3	154,4	86,0	154,4	160,3
Skillnad	-48,9		68,4		-5,9	
Primärenergital	338,5	446,3	338,5	185,9	338,5	349,5
Skillnad	-107,8		152,6		-11,0	
<b>Stockholm</b>	<b>Mekanisk frånluft</b>		<b>FVP</b>		<b>FTX</b>	
	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Energianvändning	179,5	234,9	179,5	111,0	179,5	186,5
Skillnad	-55,4		68,5		-7,0	
Primärenergital	323,2	422,8	323,2	199,8	323,2	335,7
Skillnad	-99,6		123,4		-12,5	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	179,1	234,4	179,1	110,9	179,1	186,1
Skillnad	-55,3		68,2		-7,0	
Primärenergital	322,3	422,0	322,3	199,6	322,3	334,9
Skillnad	-99,7		122,7		-12,6	
<b>Sundsvall</b>	<b>Mekanisk frånluft</b>		<b>FVP</b>		<b>FTX</b>	
	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Orientering 1	Innan	Efter	Innan	Efter	Efter	Efter
Energianvändning	208,2	272,9	208,2	143,7	208,2	217,0
Skillnad	-64,7		64,5		-8,8	
Primärenergital	296,6	388,1	296,6	206,9	296,6	310,7
Skillnad	-91,5		89,7		-14,1	
Orientering 2	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Energianvändning	207,8	272,4	207,8	143,6	207,8	216,5
Skillnad	-64,6		64,2		-8,7	
Primärenergital	296,0	387,5	296,0	206,7	296,0	310,1
Skillnad	-91,5		89,3		-14,1	

## Åtgärder för energieffektivisering av vanliga småhus

Tabell A.4 Jämförelse av typhusets energianvändning och primärenergital i kWh/m<sup>2</sup>,år före och efter installation av solceller eller solfångare på studiens valda orter och orienteringar.

<b>Egenproducerad energi</b>								
<b>Malmö</b>	<b>Solceller (53 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solceller (66 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solfångare (6 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solfångare (10 m<sup>2</sup>)</b>	
	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter	Innan	Efter
Orientering 1								
Energianvändning	154,8	131,0	154,8	128,3	154,8	129,2	154,8	117,9
Skillnad	23,8		26,5		25,6		36,9	
Primärenergital	339,3	288,1	339,3	282,2	339,3	281,8	339,3	256,1
Skillnad	51,2		57,1		57,5		83,2	
Orientering 2								
Energianvändning	154,4	136,5	154,4	133,9	154,4	135,5	154,4	127,9
Skillnad	17,9		20,5		18,9		26,5	
Primärenergital	338,5	300,1	338,5	294,5	338,5	295,9	338,5	278,7
Skillnad	38,4		44,0		42,6		59,8	
<b>Stockholm</b>	<b>Solceller (53 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solceller (66 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solfångare (6 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solfångare (10 m<sup>2</sup>)</b>	
Orientering 1								
Energianvändning	179,5	153,4	179,5	150,4	179,5	151,8	179,5	140,3
Skillnad	26,1		29,1		27,7		39,2	
Primärenergital	323,2	276,0	323,2	270,7	323,2	272,2	323,2	252,6
Skillnad	47,2		52,5		51,0		70,6	
Orientering 2								
Energianvändning	179,1	159,6	179,1	156,9	179,1	158,4	179,1	150,5
Skillnad	19,5		22,2		20,7		28,6	
Primärenergital	322,3	287,3	322,3	282,4	322,3	285,2	322,3	270,9
Skillnad	35,0		39,9		37,1		51,4	
<b>Sundsvall</b>	<b>Solceller (53 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solceller (66 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solfångare (6 m<sup>2</sup>)</b>		<b>Solfångare (10 m<sup>2</sup>)</b>	
Orientering 1								
Energianvändning	208,2	180,1	208,2	176,7	208,2	181,9	208,2	169,4
Skillnad	28,1		31,5		26,3		38,8	
Primärenergital	296,6	255,7	296,6	250,8	296,6	260,2	296,6	242,8
Skillnad	40,9		45,8		36,4		53,8	
Orientering 2								
Energianvändning	207,8	187,3	207,8	184,2	207,8	188,2	207,8	179,2
Skillnad	20,5		23,6		19,6		28,6	
Primärenergital	296,0	266,0	296,0	261,6	296,0	268,8	296,0	256,5
Skillnad	30,0		34,4		27,2		39,5	