

Alternativa energilösningar för kulturhistoriska byggnader



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik

Examensarbete:
Johanna Björkman
Ylva Larsson

© Copyright Johanna Björkman, Ylva Larsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2017

Sammanfattning

I samarbete med Wallåkra stenkärlsfabrik har möjligheterna för energieffektivisering av fabriksbyggnaden från 1864 tittats på. Målet har varit att hitta praktiska åtgärder som fungerar för den kulturhistoriska byggnaden utan att äventyra dess utvändiga uttryck. Utifrån det har metoder för förbättring av klimatskalet invändigt undersökts samt alternativ för förnybara värmesystem och ventilationssystem. För analysering av de olika metodernas effektivitet har energi- och U-värdesberäkningar gjorts i programmet Isover Energy 3. Detta för att på ett enkelt sätt kunna jämföra de olika metoderna med varandra och i kombination. För de olika isoleralternativen för ytterväggarna har en kostnadskalkyl gjorts i Wikells sektiondata för att ge ytterligare en aspekt i jämförelsen.

Möjligheten till att förbättra befintliga hus är viktig både för byggnadens egen hållbarhet och för miljön. Något som visat sig möjligt genom energieffektiviseringen med hjälp av tilläggsisolering men framförallt genom byte av värmesystem. Slutligen konstateras att det för befintliga hus är väldigt svårt att avgöra vilken energiförbättrande åtgärd som är den mest fördelaktiga. Det med anledning av att det i många fall är svårt att tänka på och ta hänsyn till alla effekter av en renovering.

Nyckelord: Energieffektivisering, tegel, kulturhistorisk byggnad, invändig isolering, förnybar energi

Abstract

In collaboration with Wallåkra stenkärleksfabrik, the possibility of making a factory building (dating from 1864) more energy efficient has been investigated. The aim was to seek practical solutions that could be applied to a historical building without compromising its external appearance. A series of solutions, such as internally improving the building envelope and options for renewable heating and ventilation systems have been identified and analysed. In order to analyse the effectiveness of the different methods, building U-value and energy calculations have been made using the program Isover Energy 3. For the sake of a easy and more valued comparison of the different methods. For the different insulation options for the exterior walls, a cost calculation has been implemented, using the program Wikells sektionsdata, to provide a further aspect for this comparison.

The ability to improve existing buildings is fundamentally important for the sustainability credentials of both the building and the environment. Something that was proved possible to increase the energy efficiency was with additional insulation. Most importantly however, was by replacing the heating system. Finally, it was established that it is very difficult to decide which energy improving solution can be deemed best for existing buildings. This is because, in many cases it is indeed hard to think of and consider all the effects of a restoration.

Keywords: Energy efficiency, brick, historical building, internal insulation, renewable energy

Förord

Under perioden februari till juni 2017 har vi, Johanna Björkman och Ylva Larsson, tillsammans skrivit vårt examensarbete vid Lunds tekniska högskola. Examensarbetet är på 22,5 hp och har skrivits under kurskoden VMT615 i samarbete med avdelningen för Byggnadsfysik. Vi började båda två på programmet högskoleingenjör med inriktning byggt teknik med arkitektur hösten 2014 och har examensarbetet som en avslutande del på utbildningen.

Projektet med Wallåkra stenkärlsfabrik har lärt oss en hel del och för möjligheten att få genomföra det vill vi tacka Åsa Ormell på Wallåkra och Malin Planander på Miljöbron. Vi vill även rikta ett speciellt tack till Petter Wallentén och Stefan Olander för all den kunskap de bistått med på området.

Helsingborg den 22 maj 2017

Johanna Björkman och Ylva Larsson

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och målsättning	1
1.3 Frågeställning	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Metod	3
2.1 Litteraturstudie	3
2.2 Fallstudie	3
2.2.1 Undersökning av köldbryggor	3
2.2.2 Ritningar	3
2.2.3 Platsinspektion	3
2.2.4 Energiberäkning	3
2.2.5 Kostnads kalkyl	4
2.3 Syntes	4
2.4 Beskrivning av Wallåkra	4
3 Litteraturstudie och teori	7
3.1 Energialternativ	7
3.1.1 Distributionssystem	7
3.1.1.1 Vattenburet system.....	7
3.1.1.2 Direktverkande el.....	8
3.1.1.3 Varmluftssystem	8
3.1.2 Solceller	9
3.1.3 Solfångare	10
3.1.4 Biogas	12
3.1.5 Bergvärme.....	14
3.1.6 Jordvärme	15
3.1.7 Luft-vattenvärmepump	16
3.1.8 Luft-luftvärmepump	17
3.2 Konstruktionsmaterial	18
3.2.1 Tegel	18
3.2.2 Trä	19
3.2.3 Stål	19
3.3 Isolermaterial	20
3.3.1 Mineralull	20
3.3.2 Cellplast	20
3.3.3 Lättbetong	21
3.3.4 Lättklinker	21

3.3.5 Cellulosafiber	22
3.3.6 Träfiber	22
3.4 Åtgärder	23
3.4.1 Invändig tilläggsisolering av vägg	23
3.4.1.1 <i>Befintliga lösningar</i>	23
3.4.2 Tilläggsisolering av vind	24
3.4.3 Tilläggsisolering av golvbjälklag	25
3.4.4 Fönster och dörrar	26
3.4.4.1 <i>Extra glas</i>	27
3.4.4.2 <i>Energiglas</i>	27
3.4.4.3 <i>Isolerruta</i>	27
3.4.4.4 <i>Dörrar</i>	28
3.5 Köldbryggor	28
3.6 Ventilationssystem	29
3.6.1 S-system	29
3.6.2 F-system	30
3.6.3 FTX-system	30
3.7 Styrmedel	31
3.7.1 Plan- och bygglagen, PBL	31
3.7.2 Boverkets byggregler, BBR	32
3.7.3 Kulturhistoriska skydd	33
3.7.4 Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR	34
3.7.5 Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS	35
3.7.6 Miljöbalken, MB	36
4 Analys och resultat	37
4.1 Energiberäkning	37
4.1.1 Värmegenomgångskoefficienter för Wallåkra	38
4.2 Köldbryggor	39
4.2.1 Fönster	39
4.2.2 Dörrar	40
4.2.3 Anslutningar mellan vägg och vägg	41
4.2.4 Anslutning mellan vägg och bjälklag	42
4.3 Värmesystem	42
4.4 Ventilationssystem	45
4.5 Isolermaterial	46
4.6 Isolersystem	48
4.6.1 Massivmur	48
4.6.2 Kanalmur	49
4.6.3 Uppreglad tilläggsisolering	50
4.6.4 Cellplast med kramlor	52
4.6.5 Isolering av vind och källare	53

4.7 Energiredovisning av helhetslösningar.....	53
5 Diskussion och slutsats	57
5.1 Prioritet av åtgärder.....	57
5.2 Val av värmesystem.....	58
5.3 Wallåkra stenkärlsfabrik.....	59
5.4 Tillförlitlighetsfrågor och egen utvärdering	61
Referenser.....	63
Bilagor	73

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Kraven på en befintlig byggnads energieffektivitet blir allt hårdare. Enligt PBL finns krav på byggnadens inneklimat men även energihushållning och värmeisolering. Längre ner under samma kapitel står det att förbud mot förvanskning gäller samtliga kulturhistoriska värdefulla byggnader. Det leder i sin tur till konflikter i valet om renovering.

Energianvändningen för byggnader står idag för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning (Naturvårdsverket 2016d). I propositionen "En sammanhållen klimat- och energipolitik - Energi" fastslog regering 2009 att till år 2020 ska mängden förnybar energi uppgå till 50 % av den totala energiförbrukningen och användningen av fossila bränslen som värmekälla ska ha avvecklats helt (Miljö- och energidepartementet 2008). Något som gör att inte bara miljöanpassning kan ske för nybyggen utan även måste omfatta befintlig byggnation.



Figur 1.1: Wallåkra stenkärleksfabrik - fabriksbyggnad

1.2 Syfte och målsättning

Syftet med rapporten är att ge en övergripande kunskap om energieffektivisering för kulturhistoriska byggnader belägna i Skåne med oisolerade ytterväggar av tegel. Vilka energilösningar som praktiskt kan installeras utan att påverka eller ingripa i byggnadens utvändiga uttryck undersöks.

Målet med rapporten är att ge en bättre överblick i vilka energialternativ som är möjliga att genomföra rent praktiskt samt ur ett hållbart och miljömässigt perspektiv, för hus lika det aktuella fallet.

1.3 Frågeställning

Vilka åtgärder för energieffektivisering av klimatskal är praktiskt genomförbara för kulturhistoriska byggnader?

Vilka förnybara värmesystem kan implementeras på en kulturhistoriska byggnader och vilka aspekter påverkar valet?

Hur mycket går U-värde att förbättra och med vilka metoder?

1.4 Avgränsningar

Endast lösningar för energieffektivisering av klimatskalet som inte påverkar byggnadens fasad studeras. Varav ställningstagande endast görs för de vanligaste isolermaterialen inom en rimlig priskategori.

Wallåkra stenkärlsfabrik genomförs som en fallstudie varifrån generella slutsatser kommer att dras i kombination med litteraturstudien. Studien utgår ifrån mindre industribyggnader och verkstäder i Skåne, i massiv tegelmurverk och utan ursprunglig isolering.

Fuktproblem diskuteras endast i den utsträckning det berör de olika alternativa lösningarna och inte som en enskild aspekt. Några fuktberäkningar för de aktuella lösningarna genomförs inte.

Möjligheten till ett lokalt vind- och vattenkraftverk på tomten undersöks inte. De energialternativen som studeras är system som klassas som förnybara och där huset själv kan producera el. Huruvida jämförs inte köpt el i form av vind-, vatten-, fjärrkraft eller fossilt bränsle.

2 Metod

Rapporten baseras på en fallstudie av Wallåkra stenkärlsfabrik som sedan generaliseras med hjälp av litteraturstudien. Resultatet är på så vis etablerbart på Wallåkra men även på byggnationer med liknande förutsättningar och problematik.

2.1 Litteraturstudie

För att beskriva kunskapsläget samt fördjupa vår egen kunskap i ämnet används litteraturstudie som systematisk metod. Varav den inhämtade kunskapen sedan kan ligga som underlag för de slutsatser som tas.

2.2 Fallstudie

2.2.1 Undersökning av köldbryggor

Förutom att använda oss av egna iakttagelser och slutledningar av klimatskalets köldbryggor används en värmekamera, även kallad termisk kamera, som komplement. Den värmekamera som används är av märket FLIR och modell ThermaCAM E45.

2.2.2 Ritningar

Med hjälp av granskning av ritningar kompletteras våra egna observationer av byggnadens uppbyggnad och uttryck. Dessa är grunden till beräkning av areor kopplade till energiberäkningarna. Ritningar erhålls från Helsingborgs kommuns arkiv samt från Wallåkras ägare.

2.2.3 Platsinspektion

För att få förståelse för uppbyggnaden av huset görs fyra stycken platsbesök och observationer av främst byggnadens interiör. Dialogen med Wallåkras ägare är även viktig för förståelsen av byggnadens användningsområde och historia. Här är även byggnadens energideklaration från 2016 tillhandahållen som sedan är grunden för energiberäkningarna.

2.2.4 Energiberäkning

En överslagsberäkning av energiförbrukning och U-värden för Wallåkra stenkärlsfabrik görs i Isover Energy 3. Detta för att kunna jämföra med resultatet av byggnadens uppmätta energiförbrukning och prova olika förbättrande lösningar i teorin.

2.2.5 Kostnads kalkyl

Med programmet Sektionsdata 4.20 från Wikells tas övergripande kostnads kalkyler fram för de olika energiförbättrande alternativen för byggnaden. Det för att på ett enkelt sätt jämföra kostnads aspekter som i många fall spelar en stor roll för beslut vid renovering och restaurering.

2.3 Syntes

För att resultatet av arbetet ska bli generiskt görs en sammanvägning av fallstudien och litteraturstudien. Resultatet jämförs sedan med hänsyn till aspekter som kulturhistoriskt bevarande, energibesparing, miljöpåverkan och kostnad.

2.4 Beskrivning av Wallåkra

Wallåkra stenkärtsfabrik uppfördes i tegel 1864 (Wallåkra 2015) och är idag, tillsammans med Raus stenkärtsfabrik, Sveriges enda kvarvarande stenkärtsfabrik med full verksamhet och traditionell produktion (Ohlsson 1981). På 1700-talet började kol brytas i ravinområdet längs Rååns dalgång med lera som biprodukt, vilket ledde till etableringen av stenkärtsfabriken i Vallåkra (Lindman & Hedlund 2013).

Fabriksbyggnaden består av en källare, en verkstadsvåning samt en inredd vind. Källaren används till förråd och förvaring av bland annat lera. I källaren finns även en äldre vedpanna som det sällan eldas i. Verkstadsvåningen består av ett rum med arbetsutrustning för drejning installerade längs väggarna. Ytterväggarna är oisolerad enstenstegel och fönstren är ursprungliga enkelglas kompletterade med ett ytterligare glas fastsatt på insida vägg. Den inredda vinden agerar lokal för blandade aktiviteter som konferenser och ljusstöppning. Vinden är tilläggsisolerad av ägaren själv med sprutisolering i vinden motnock samt mineralull mot parallelltak och kattvind. I mellanbjälklag finns även isolering samt varmvattenslingor för uppvärmning. Huset värms upp av direktverkande el med vattenburna kamflänsrör som distributionssystem. Inomhustemperaturen hålls på en snittemperatur på 16 °C för att minska energiförbrukningen och därmed kostnaden.

Wallåkra stenkärtsfabrik har i dagsläget ingen kulturmärkning men skyddas ändå mot förvanskning mot Plan- och bygglagen och ägaren själv.



Figur 0.1: Wallåkra stenkärleksfabrik, foton och planlösning

3 Litteraturstudie och teori

3.1 Energialternativ

3.1.1 Distributionssystem

3.1.1.1 Vattenburet system

I vattenburna uppvärmningssystem cirkulerar varmvatten i rörsystem, kallade värmestammar, mellan aktuell värmekälla och värmeavgivare. Vanligast förekommande som värmeavgivare är radiatorer men även kamflänsrör, släta rör och vattenburen golvvärme finns som alternativ (Warfvinge & Dahlblom 2010). Vattenburet system är i dagsläget det vanligaste och det mest effektiva uppvärmningssystemet när det gäller hus. Värmekällan för ett vattenbaserat uppvärmningssystem kan vara t.ex. värmepanna, värmepump eller fjärrvärme. Det bidrar till ett flexibelt system då det lätt går att byta ut värmekällan eller att samköra mellan olika källor (Energi- och klimatrådgivningen 2016a).

Äldre vattenburna värmesystem tillverkade innan 1985 har en framledningstemperatur på 80°C och en returtemperatur, tillbaka från aktuell värmeavgivare, på 60°C. System projekterade efter 1985 är i huvudsak lågtemperaturssystem där framledningstemperaturen är 55°C och returtemperaturen är 40-45°C. Anledningen till temperatursänkningen var att värmeeffektbehovet minskade med den ökade användningen av isolering samt att i framtiden göra det möjligt att anslut värmekällor, som spillvärme, värmepumpar och solvärme, med lägre temperaturer (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Radiatorer har en värmeavgivning i första hand genom konvektion, 65 % från panelradiatorer och 85 % från sektionsradiatorer, och i andra hand genom strålning, 35 % från panelradiatorer och 15 % från sektionsradiatorer. För att fungera bra är det viktigt att radiatorn monteras på tillräckligt avstånd från vägg, golv och fönsterbräda. Anledningen till det är att luften vid radiatorn rör sig genom egenkonvektion. Den varma luften runt radiatorn stiger och ersätts av svalare luft från rummet (Warfvinge & Dahlblom 2010).

För att konvertera från ett distributionssystem med direktverkande el till ett vattenburet system byts oftast hela värmesystemet ut. D.v.s. vattenburna radiatorer ersätter samtliga befintliga elradiatorer och nya ledningar dras. Kostnaden för bytet till ett vattenburet system är ca 6000–7000 kr/radiator (Energi- och klimatrådgivningen 2016a).

3.1.1.2 Direktverkande el

I direktverkande el-system värms rummet upp av elradiatorer. Systemet är fortfarande vanligt i bl.a. småhus och fritidshus. För att minska energianvändningen för uppvärmning med direktverkande el kan gamla termostater bytas ut eller ett nytt reglersystem installeras (Energi- och klimatrådgivningen 2016a).

Under 1970-talet var direktverkande el det vanligaste förekommande uppvärmningssystemet för småhus. Anledningen till det var den låga installationskostnaden i förhållande till ett vattenburet system samt att ett mindre utrymme krävs. Problematik med direktel-system idag är att systemet inte kan anslutas till vilken värmekälla som helst, vilket det vattenburna systemet kan. En annan problematik med direktverkande el är den stora miljöpåverkan framställning av elektricitet har (Warfvinge & Dahlblom 2010).

3.1.1.3 Varmluftssystem

Ett värmesystem som kombinerar värme- och ventilationssystem är luftburet värmesystem. Uteluft värms upp i ett luftbehandlingsaggregat och den varma tilluften sprids sedan ut i rummet via tilluftskanaler. Frånluftskanaler transporterar sedan frånluften genom luftbehandlingsaggregatet till en avluftshuv. Luftbehandlingsaggregatets funktion är att med återvunnen värme från frånluften värma den nya tilluften (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Systemet är vanliga och fungerar bra i passivhus på grund av husens låga värmeeffektbehov. I hus med stora värmeeffektbehov kommer tilluften behöva en så hög temperatur att rumsluften riskerar att skikta sig. Den skiktade rumsluften ger en betydligt högre temperatur under taket, i förhållande till temperaturen över golvet. För att förhindra att det sker kan tilluftens temperatur sänkas genom användning av cirkulationsluft. Cirkulationsluftskanaler för då rumsluft via luftbehandlingsaggregatet för att sedan återföra den till rummet (Warfvinge & Dahlblom 2010).

För direktelvärmda byggnader, med en relativt öppen planlösning, kan elbehovet för uppvärmning minskas vid installation av en värmepump. Lösningen är ett bra val som alternativ till att installera ett vattenbaserat radiatorsystem i de fall det inte anses som lönsamt (Abel & Elmroth 2012).

3.1.2 Solceller

Solceller omvandlar solljuset till el, genom att elektroner skapar elektrisk ström som frigörs (Stattin 2013). Det finns solceller som är fristående system och som saknar möjligheten till att kopplas ihop med det allmänna elnätet. Ett annat system är solcellsanläggningar som är anslutna till elnätet. Den el som produceras men inte konsumeras kan gå in på det allmänna elnätet och producenten får på så vis betalt för den mängd el som inte konsumeras. Energin som krävs för att tillverka solcellsmodulerna är liten i förhållande till den energin som erhålls under solcellernas livslängd. Modulerna är även återvinningsbara (Energimyndigheten 2016a).

Solcellsanläggningar byggda under de senaste åren består i huvudsak av två olika modultyper. Den ena modultypen är uppbyggd av kristallina kiselceller och den andra är av amorfa kiselceller, eller andra halvledarmaterial, som går under namnet tunnfilmssolceller (Svensk solenergi 2015a). Kristallina- och amorfa kiselcellen består av en tunn skiva av ett halvledarmaterial med kontakter på fram- och baksidan. När solinstrålningen från solen träffar solcellen polariseras den så att framsidan blir negativ och baksidan positivt laddad. Laddningen tas upp i form av elektrisk ström genom mellankontakterna på fram- och baksidan (Svensk solenergi 2015a). Solcellerna seriekopplas i en modul med cirka 50–72 stycken celler för att de tillsammans ska komma upp i en lämplig spänning då endast en kiselcell ger cirka 0,5 volt, vilket ger en för låg spänning för att vara praktiskt användbar för nätanslutning (Eco kraft 2017). Livslängden för en kristallin solcellsmodul är mellan 20–30 år. För vilka vissa fabriker lämnar en effektgaranti på 20 år (Svensk solenergi 2015f).

Tunnfilmsmodulerna består av en tunn film, av aktivt material, som endast är några mikrometer tjocka, vilket gör dem 100 gånger tunnare än de kristallina solcellerna. Det bidrar till att tillverkningskostnaden blir lägre då det krävs en betydligt mindre mängd halvledarmetall. Tunnfilmsmodulerna ger dock en lägre modulverkningsgrad än kristallina solcellsmoduler som har en modulverkningsgrad på upp till 20 % (Svensk solenergi 2015a). Med dessa verkningsgrader ger en kvadratmeter solceller cirka 150 watt en solig dag i Sverige (Energimyndigheten 2016a). För en tunnfilmsmodul är livslängden något kortare än en kristallin solcellsmodul (Svensk solenergi 2015f). Solcellerna parallellkopplas i en kopplingslåda där en eller flera växelriktare ansluts. Från växelriktaren kopplas sedan byggnadens el-central och en elmätare in. Elmätaren installeras för att kontrollera systemets elproduktion (Solelprogrammet u.å.).

En anläggning på 1 kilowatt som är placerad rakt mot söder med 30–50 graders lutning på en oskuggad yta i Sverige producerar 950 kWh per år och tar upp en yta av 7 kvm. Priset för installationen varierar mycket men har överlag sjunkit drastiskt under de senaste åren. Installering av solceller är en långsiktig investering (Energimyndigheten 2016a). Vid installation av solcellsanläggning fås ett bidrag eller ROT-avdrag av staten, även skattereduktion och elcertifikat kan fås. En solcellsanläggning minskar behovet av köpt elenergi och sänker därmed elkostnaden. Solelkostnaden påverkas inte av energipriserna och när anläggningen är betald är solelen i stort sett gratis (Svensk solenergi 2015c).

Tabell 3.1: Ungefärliga kostnader för inköp av solceller. (Svensk solenergi 2015b)

Produkt	Kostnad [kr]	Effekt [kW]
Solcellsanläggning ink. växelriktare och installation	12 000–20 000	1
Komplett system med solcellsmoduler, växelriktare mm.	50 000	3
Komplett system med solcellsmoduler, växelriktare mm.	75 000	5

3.1.3 Solfångare

Solfångare omvandlar solens strålar till värme. Det är främst under sommarhalvåret som solvärme finns i stora mängder och därför krävs det alltid ett komplement från en annan värmekälla. Vanligast används solfångare för att värma varmvatten under sommarhalvåret men det finns ett kombisystem som bidrar till uppvärmning även under vår och höst (Energimyndigheten 2016b).

Solfångaren ansluts antingen till ett system för beredning av tappvatten, till ett vattenburet värmesystem eller till båda (Warfvinge & Dahlblom 2010). En solvärmeanläggning består av en solfångare, rörledningssystem med pump, en ackumulatortank samt ett reglersystem. Ackumulatortanken är välisolerad och bidrar till att värmen kan lagras i form av varmvatten och kan på så vis täcka några dagars behov. Solvärme fungerar bra i kombination med en biobränslepanna, då den har låg verkningsgrad under sommaren och kan stängas av medan solfångaren kan värma vattnet (Energimyndigheten 2016b).

Själva solfångaren finns i två olika huvudtyper, vilka är plana solfångare och vakuumrörsolfångare. Plana solfångare består av en baksidesplåt, isolering, diffusionsspärr, absorbatör, konvektionsglas och ett täckglas som är ett antireflexbehandlat glas. Isoleringen gör att värmeförlusterna minskas neråt och glaset hindrar värmeförlusterna uppåt. Glaset fungerar på så sätt att kortvågig solstrålning släpps in medan de långvågiga värmeutstrålingarna hindras. Den andra huvudtypen vakuumrör består av ett antal glasrör som tömts på luft och fungerar som isolering. Vakuumrörsolfångaren ger generellt något högre utbyte per kvadratmeter jämfört med den plana solfångaren men kostar istället lite mer (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Båda huvudtyperna fungerar att placera på tak, fasadvägg eller som ett system på ett öppet fält (Warfvinge & Dahlblom 2010). Om takbeläggningen ska bytas kan takintegrerade solfångare fungera både som tak och som värmeproducent. En solfångare bör placeras vinklad mot söder samt skuggfritt. Mängden värme som alstras påverkas av vilken lutning mot solen solfångaren har. Under sommaren ger låg vinkel mer värme medan våren och hösten ger högre vinkel mer värme (Energimyndigheten 2016b).

En solvärmeanläggning är en långsiktig investering med små driftkostnader och har en lång livslängd som kräver lite underhåll. Solvärme är en förnybar energikälla som inte ger några upphov till utsläpp eller avfall under drifttiden och kräver inte heller några långa transportsträckor (Energimyndigheten 2016b). Byggnader i Sverige som installerar solfångare kan spara upp till 26–30 procent av det totala årsenergibehovet för tappvarmvatten och uppvärmning. Vilket kräver att solenergin kombineras med en annan energikälla (Warfvinge & Dahlblom 2010).

En solfångare kan producera mellan 400- 650 kWh/m² per år. Är solfångaranläggningen belägen i södra Sverige och placerad med solinstrålning vid 45 graders lutning mot söder kan den producera 1200 kWh/m² per år (Kjellson u.å.). Avskrivningstiden för ett bra system är upp till 20 år för att det ska vara lönsamt med solvärme, men i de flesta fall är avskrivningstiden mycket kortare. Efter att solvärmeanläggningen är avbetalad är energin i princip gratis (Svensk solenergi 2015e).

Tabell 3.2: Investeringskostnad för solfångare (Svensk solenergi 2015d)

Produkt	Kostnad [kr]
Komplett solfångaranläggning ink. ackumulatortank	40 000–80 000
Komplett system med endast solfångare och varmvattenberedare	25 000–50 000
Endast solfångare, 1 m ²	2 000–5 000

3.1.4 Biogas

Biogas bildas när biologiskt nedbrytbart material samlas och bryts ner i en syrefattig miljö, d.v.s. anaerob rötning (Biogasportalen 2015b). Sammansatta organiska föreningar bryts därmed ner till en rå biogas som består av metan och koldioxid i huvudsak men även av små mängder kvävgas, vätesulfid och ammoniak (Biogasportalen 2015b). Vid förbränning av biogas frigörs koldioxid. Trots det räknas biogas som ett förnybart bränsle. Anledningen till det är att koldioxidutsläppet som sker inte tillför mer koldioxid till atmosfären, på grund av att nya växter binder lika mycket kol som frigörs i förbränningen (Bioenergiportalen 2012).

I dagsläget används ett flertal olika organiska material för tillverkning av biogas. Exempel på material är matavfall från hushåll, restauranger och butiker, gödsel, slam från avloppsreningsverk och olika växtmaterial mm (Biogasportalen 2015a). Även material som pellets och ved går under kategorin biobränsle. Vilket material som passar bäst att använda som biobränsle beror på vad som finns tillgängligt i ens närområde. De allra flesta hushåll i Sverige kan installera en värmepanna för pellets och om det redan finns en värmepanna för olja går dess förbrännare att byta ut mot en pelletsvariant (Energiartiklar u.å.).

Energiförlusten för ved är i förhållande till pellets väldigt mycket mindre. Med hänsyn till utvinning, bearbetning, förädling, transporter etc. är den totala energiförlusten för ved eller träflis endast 3–4 %, medan den totala energiförlusten för pellets är 10–15 %. Energieffektiviteten beror inte bara på vilket material som bränns utan också vilket förbränningssystem som används. För en ny panna för biobränslen med ackumulatortank och

rökgaskondensering, för utvinning av värme genom nedkylning av vattenångan i röken, kan årsmedelsverkningsgraden ligga på över 95 %. Medan en äldre vedpanna kan ha en verkningsgrad på ca 50 % (Moe, Öfverholm, Froste & Andersson 1998). Livslängden för en värmepanna är ofta mer än 30 år. Något som i sig är bra men som också leder till att många gamla pannor, som inte är miljögodkända, fortfarande används (Löfgren 2016).

För produktion av värme med biogas gäller att vattenångan separeras från rågasen innan förbränning i värmepannan. Den kvarvarande biogasen bränns sedan i en värmepanna som värmer vattnet i radiatorsystemet. För uppvärmning med värmepanna krävs därför ett vattenburet distributionssystem (Energigas Sverige 2013).

Användandet av värmepannor har överlag ökat i Sverige, mycket på grund av möjligheten att minska sina koldioxidutsläpp (Warfvinge & Dahlblom 2010). För att eldning med ved och pellets ska vara ett så klimatsmart alternativ som möjligt är det viktigt att eldningen sker på rätt sätt. Vid installation och användning av en värmepanna är det därför viktigt att lära sig använda den effektivt. Dålig förbränning kan göra att många oförbrända föreningar bildas, exempelvis kolväten och sot. Det har i sin tur dålig påverkan på både människors hälsa och på miljön (Naturvårdsverket 2009).

Energimyndigheten har i en undersökning jämfört nio stycken vedpannor och elva stycken pelletspannor, se tabell 3.3.

Tabell 3.3: Jämförelse mellan vedpannor (Energimyndigheten 2014e) och pelletspannor (Energimyndigheten 2014d)

Produkt	Kostnad [kr]	Verkningsgrad [%]	Uppmätt effekt [kW]
Vedpanna	22 500–71 125	79–93	25,9–61,7
Pelletspanna	34 400–110 345	80–91	14,6–23,9

3.1.5 Bergvärme

I berggrunden finns det lagrad värmeenergi som ursprungligen kommer från solen (Energifakta u.å.). Bergvärme är en form av jordvärme, där värme utvinns ur både mark och berggrund (Stattin 2013). Den lagrade energin som tas upp från ett borrhål i marken, förstärks av en bergvärmepump (Energifakta u.å.).

För att värmen ska kunna utvinnas ur berggrunden borrar ett hål, även kallat energibrunn, 50–200 meter ner i marken beroende på husets energibehov. Borrhålet är cirka 15 centimeter brett där en dubbelvikt slang fylld med vatten och frostskyddsvätska släpps ner. Vätskan är kall och värms upp av den värme som naturligt finns djupt ner i bergen, temperaturen i berget ligger mellan 2–8 °C året runt. Vätskan i slangen pumpas sedan upp till bergvärmepumpen. I värmepumpen finns ett köldmedium som förångas när det kommer i närheten av vätskan i slangen. Ångan samlas upp i en kompressor vilket bidrar till att temperaturen höjs kraftigt. Värmen skickas sedan ut i huset via radiatorer eller golvvärme när temperaturen har nått cirka 50 °C. Ofta kompletteras bergvärmepumpen med en elkassett, elvärme, som skjuter till värme när temperaturen är för låg och bergvärmen ensam inte räcker till. Då värmepumpen inte dimensioneras för att klara uppvärmningen året runt av kostnadsskäl (Energifakta u.å.). Bergvärmepumpen kan även kompletteras med solfångare för att ladda borrhålet med värme under sommartid (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Bergvärme är miljövänlig och underhållsfritt. Installationskostnaden är relativt hög men är en långsiktig investering. Efter 5 till 10 år är den ursprungliga investeringen intjänad i form av lägre rörliga energikostnader (GreenMatch 2016a). Livslängden för en bergvärmepump är 15 - 20 år, men borrhålet kan i regel användas i 50 år (Portalen Interaktiv 2015a). Det krävs även att huset har ett vattenburet system för att kunna använda bergvärme (Energifakta u.å.).

I en undersökning av Energimyndigheten, testades tio olika bergvärmepumpar. Undersökningen visade att en bergvärmepump sparar mellan 80 och 64 procent i jämförelse med elvärme. (Energimyndigheten 2014a).

Tabell 3.4: Investeringskostnad för bergvärme.

Produkt	Kostnad [kr]	Källa
Bergvärmepump	77 000–81 000	(Energimyndigheten 2014a)
Utförande av borrhål, 1 m	700–750	(Kostnadsguiden 2014)
Komplett bergvärmeinstallation	100 000–150 000	(Thermia u.å. a)

3.1.6 Jordvärme

En jordvärmepump utnyttjar solvärme som lagrats i marken för att värma upp en bostad eller fastighet. Den bästa jorden för jordvärme är lätt- eller mellanlera jord. Att använda åkermark bör undvikas då slingorna i marken lätt kan skadas när marken plöjs och bearbetas (Energikunskap 2011). Slingorna riskerar även försenad vår i marken (Stattin 2013).

För att jordvärmen ska kunna tas tillvara läggs en kollektorslang med djupet 0,9–1,5 meter ner i marken på tomten med ett avstånd på minst 1,5 meter mellan slingorna (Energimyndigheten 2011). Beroende på husets storlek och läge avgörs hur lång slinga som behövs, men slanglängden brukar ligga kring 300–400 meter (Stattin 2013). Slangen som är nergrävd i marken innehåller en cirkulerande vätska som hämtar värme ur marken. En jordvärmepump utviner värmen med hjälp av kompressorteknik som sedan distribuerar ut värmen i husets värme- och varmvattensystem. Därefter pumpas vätskan återigen ut i kollektorslingan där den värms upp på nytt. Vätskan fortsätter att cirkulera i slingan i en sluten krets (Thermia u.å. d).

Jordvärme sköter sig självt och värmepumpen har en livslängd på minst 20 år, med kompressorn kan komma att behöva bytas ut redan efter 10 år. Livslängden för jordvärmeslangen är cirka 100 år (GreenMatch 2016). Jordvärme har en minimal miljöpåverkan och det krävs inga borrhål. Jordvärme är oberoende av utetemperaturen och slingan får då en jämn temperatur hela året (Thermia u.å. d).

Uppvärmningskostnaderna kan sänkas med upp till 85 procent. Att installera jordvärme är en långsiktig investering. Sänkningen av

uppvärmningskostnaden som jordvärmepumpen ger kommer efter 5 till 10 år betala tillbaka hela investeringskostnaden (Thermia u.å. d).

Tabell 3.5: Investeringskostnad för jordvärmesystem. (GreenMatch 2016b)

Produkt	Kostnad [kr]
Komplett jordvärmesystem, inkl. arbetskostnad.	100 000–130 000

En villa med en energiförbrukning på 21 000 kWh installerar jordvärme för 120 000 kr. Det minskar den löpande månadskostnaden för uppvärmningen med 60 procent och ger en återbetalningstid för jordvärmeinstallationen på sju år (GreenMatch 2016b).

3.1.7 Luft-vattenvärmepump

En luft-vattenvärmepump använder solenergin i utomhusluften för att värma vattnet som sedan går ut i byggnadens radiatorsystem (Thermia u.å. c). Det sker genom att ett köldmedium i pumpens utedel värms upp och köldmediet, nu i gasform, sedan får en ytterligare högre temperatur via en kompressor. Värmen överförs sedan från köldmediet till vattnet i inomhusdelen där det kan cirkulera i radiatorsystemet. Luft-vattenvärmepumpen behöver på så vis endast en liten mängd el för att kunna driva kompressor, cirkulationspump och diverse annan elektronik (Thermia u.å. e).

I jämförelse med en bergvärmepump som är ett liknande vattenburet uppvärmningssystem är luft-vattenvärmepumpen billigare i inköp, ca 20 000–30 000 kr, medan effektiviteten under de kallaste dagarna är något sämre (Holmberg 2011).

För att en luft-vattenvärmepump ska fungera optimalt gäller att utomhustemperaturen inte får bli för låg, men en viss effekt finns ner till minus 20 grader (Thermia u.å. c). I nordvästra Skåne är normaldygnets minimitemperatur i februari månad inte lägre än minus två grader (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) 2017).

Tabell 3.6: Inköpskostnad för luft-vattenvärmepump. (Energimyndigheten 2014c)

Produkt	Kostnad [kr]	Maxeffekt [kW]
Luft-vattenvärmepump, exkl. installation	49 995–108 000	7,0–11,2

För ett hus med energibehovet 25 000 kWh/år ligger den möjliga energibesparingen på 11 700–16 500 kWh/år (Energimyndigheten 2014c). Luft-vattenvärmepumpen har en livslängd på 15–18 år (Bytavärmepump.n.nu 2017).

3.1.8 Luft-luftvärmepump

I vissa byggnader krävs inte alla rum hålls uppvärmda eller kräver en hög inomhustemperatur. Ett värmesystem med direktverkande el kan i dessa fall kompletteras med en luft-luftvärmepump, istället för att byta till ett annars mer energieffektivt vattenburet värmesystem (Holmberg 2011). En luft-luftvärmepump utvinner energi från utomhusluften vilket gör den till ett flexibelt system då lämplig utomhusluft nästan alltid finns att tillgå. Dess energi räknas som förnybar då det är solens energi i utomhusluften som den utvinner (Thermia u.å. b).

Fördelen med ett luft-luftsystem är att det kan sänka energiförbrukningen relativt mycket mot en låg investeringskostnad. Eftersom systemet värmer luft som sedan cirkulerar kan det vara svårt att värma ett flertal rum till en jämn temperatur. Om situationen istället kräver att endast ett eller ett fåtal rum ska värmas passar luft-luftsystemet bättre (Holmberg 2011).

Luft-luftvärmepumpen kan inte användas för att producera varmvatten och behöver på så vis antingen kompletteras med ett annat system eller genom att använda det ursprungliga värmesystemet (Söderström Rosén 2011). En annan aspekt av luft-luftvärme är den minskade verkningsgraden vid kallare temperaturer, dvs. när det är kallt utomhus kommer värmepumpen att vara mindre effektiv (Thermia u.å. b).

Ur ett arkitektoniskt perspektiv kan en installation av en luft-luftvärmepump vara komplicerad i och med att pumparna riskerar att förvansa byggnaden både interiört och exteriört. Placeringarna av installationerna är därför väldigt viktiga att fundera över (Holmberg 2011).

Tabell 3.7: Inköpskostnad för luft-luftvärmepump. (Energimyndigheten 2014b)

Produkt	Kostnad [kr]
Luft-luftvärmepump	18 700–24 000

För ett hus beläget i Malmö och med ett uppvärmningsbehov på 16 600 kWh/år ligger den möjliga energibesparingen på 10 700–11 700 kWh/år (Energimyndigheten 2014b). Livslängden för en luft-luftvärmepump är minst 10–15 år (GreenMatch u.å.).

3.2 Konstruktionsmaterial

3.2.1 Tegel

Framställningen av tegel började i de nordiska länderna för ca 800 år sedan och Gumlösa kyrka i Skåne från 1192 är den äldst bevarade (Burström 2001). I äldre bebyggelse användes tegelstenar i massiva murverk. Tegelmuren hade som uppgift att vara både fasadmateriell, isolering och stomme. Metoden används inte särskilt ofta i nyproduktion då väggen måste göras väldigt tjock för att klara dagens krav på värmeisolering (Sandin 2007).

Tegel är ett keramiskt byggnadsmaterial, vilket betyder att det är uppbyggt av lera. För att materialet ska få sina egenskaper bränns den bearbetade leran vid en hög temperatur, omkring 1000°C eller högre (Burström 2001). Teglets egenskaper karakteriseras av dess hård- och sprödhet, att det har små temperatur- och fuktbedingade deformationer samt att det är beständiga mot biologiska och kemiska angrepp (Burström 2001).

Även om formen på teglet inte påverkas av fukt så kan dess hållfasthet göra det. Tegel är kraftigt kapillärsugande, vilket betyder att det tar upp vatten vid regn eller annan kontakt med vatten. Med en stor mängd vatten i teglet finns en risk för skador i form av frostsprängning. D.v.s. när vattnet inuti teglet fryser kan det resultera i avsprängning av tunna skivor, sprickbildning eller sönderfall av tegelstenen. Tegel i ytbehandlade fasadmurverk, murverk i eller under markytan eller fristående murar löper risk att drabbas av kritiska fukttillstånd (Burström 2001). Värme torkar ut teglet vilket minskar risken för frostsador. När en tegelmur tilläggsisoleras på insidan minskar värmeffödet inifrån och ut i väggen, vilket ökar risken för frostsador (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut u.å.).

3.2.2 Trä

När det kommer till de äldsta traditionerna gällande byggnadsmaterial i vårt land är materialet trä det äldsta. Trä används på en mängd olika sätt i byggandet och är dagens enda förnybara byggmaterial (Svenskt trä 2016).

Trä är ett hygroskopiskt material, vilket innebär att det kan ta upp och avge fukt. Fuktinnehållet påverkar i hög grad de mekaniska egenskaperna som virkets hårdhet, hållfastheten, krympning och svällning m.m.. Det som också påverkar de mekaniska egenskaperna hos trä är virkets densitet. Trä har en förhållandevis god värmeisoleringsförmåga tack vare sin porositet och har en relativt hög specifik värmekapacitet. Dess beständighet avgörs av vilket träslag det är, timrets hantering, sågning, torkning och lagring (Svenskt trä 2003).

När trä blir fuktigt och uppnår en viss temperatur riskerar materialet att bli angripen av svampar och bakterier som bryter ner träet, och påverkar beständigheten. Mikroorganismerna som ger upphov till röta är ansvariga för den största andelen av nedbrytningen. Byggnadstekniska brister kan även ge upphov till angrepp av mikroorganismer. Det kan vara allt från kvarvarande byggfukt, otillräcklig ventilation av fuktiga utrymmen, vattenavrinning som är felaktig utformad, kondens i takskivor och väggar m.m. (Burström 2001).

3.2.3 Stål

Stål användes tidigt som förbindare, t.ex. som spik eller kramlor i trä- och stenkonstruktioner. På 1500-talet utvecklades ett bruksmässigt smide av plåtar och stänger. Under 1700-talet användes plåt allt mer som täckningsmaterial (Åstedt 2009).

Stål är en benämning på en legering av järn som huvudbeståndsdel, framställt genom en smältprocess (Burström 2001). I järnet får högst 2 procent kol samt mindre mängder av andra grundämnen finnas (Åstedt 2009). Som andra oorganiska material påverkas inte stål av biologiska angrepp (Lindab 2017). Konstruktionsstålets viktigaste egenskaper är dess hållfasthet, seghet, svetsbarhet och skärbarhet (Åstedt 2009). Stål kan även återvinnas till 100 % (Lindab 2017). Miljön påverkas dock negativt vid framställning av stål, då det krävs en stor mängd energi och bidrar till ett ökat koldioxidutsläpp (WWF u.å.).

3.3 Isolermaterial

3.3.1 Mineralull

Mineralull är en vanlig grupp av isolermaterial för isolering av väggar i form av skivor och av vindar i form av lösull. Sten- och glasull är två vanligt förekommande varianter av mineralull. De båda isoleringsvarianterna tillverkas på samma sätt men med olika grundmaterial. Sten för stenull och kvartssand, fältspat och/eller dolomit samt returglas för glasull. Ofta tillsätts även kemikalier som urea och fenol som bindemedel, vilka är skadliga för lungorna (Bokalders 2011). Vid framställning av mineralull hettas materialet upp och smälts under mycket hög temperatur, vilket förbrukar en stor mängd energi (Bokalders & Block 2009).

Isolering av mineralull är brandbeständig och ljudisolerande. Ullen är en bra värmeisolering med en värmeledningsförmåga på 0,034–0,040 W/mK (Bokalders 2011). För att ett hus ska kunna isoleras med mineralull gäller att konstruktionen är helt tät. Anledningen till det är att mineralull inte kan lagra fukt. Fukten som tar sig in i konstruktionen kan kondensera och på så vis skada träkonstruktionen. Materialet i sig är inte fuktkänsligt då det är ett oorganiskt material men dess egenskaper kan försämrars vid en hög fukthalt (Bokalders 2011).

3.3.2 Cellplast

Cellplast är ett isolermaterial tillverkat i skivor av styrenplast (Sandin 2007). Tillverkningen av cellplast sker i slutna processer och är både energikrävande och miljö- och hälsofarlig. Plasten avger en tid efter tillverkning samt vid brand hormonstörande och för nervsystemet farliga ämnen (Bokalders 2011). Ett vanligt användningsområde för cellplast är som underliggande värmeisolering för grundläggning på mark (Sandin 2010). Även isolering av väggar med cellplast förekommer (Portalen Interaktiv 2015b). Cellplast går att energiåtervinna genom förbränning men är inte naturligt nedbrytbart (Isolering.n.nu 2010).

Cellplast är ett oorganiskt material och tar endast upp små mängder fukt och värme (Bokalders 2011). Biologiska angrepp som mögel förekommer inte och den har en mycket god isoleringsförmåga (Isolering.n.nu 2010). Värmeledningsförmågan är 0,035–0,043 W/mK (Bokalders 2011).

3.3.3 Lättbetong

Autoklaverad lättbetong, även kallad lättbetong, är ett poröst material med stor andel synliga luftporer, vilket gör materialet till en bra värmeisolerare. Luftporerna bildas genom gasutveckling under tillverkningsprocessen. Vid tillverkning av lättbetong används naturliga råmaterial som finmald sand, bindemedel som består av antingen kalk eller cement, vatten och aluminiumpulver, som fungerar som jäsmedel. Blandningen fylls i formar som sedan får härda i cirka ett dygn. Lättbetongmurblock används som murstenar i murverk (Sandin 2007).

Den autoklaverade lättbetongen har en värmeledningsförmåga på 0,10–0,20 W/mK (Bokalders 2011). Den har en god lufttätthet samtidigt som den har en relativt god hållfasthet (Sandin 2007). Lättbetong har även medelgod ljudisoleringsförmåga, dåligt fuktmotstånd och god fuktabsorptionsförmåga. Dess värmelagring och tryckhållfasthet är relativt god (Bokalders 2011). Lättbetong består bland annat av cement som bindemedel. Vid tillverkning av cement släpps stora mängder koldioxid ut, vilket utgör omkring 3–4 procent av totala utsläppet i världen och har en mycket stor miljöpåverkan (Svensk betong u.å.).

Det finns alternativ som liknar lättbetong men som har ett bättre värmemotstånd och som är anpassade för invändig tilläggsisolering på befintlig mur. En sådan produkt är Ytongs Multipor som har en värmeledningsförmåga på 0,045 W/mK (Xella Danmark 2008). Plattorna muras direkt på befintlig frilagd mur utan fuktspärr (Xella Group u.å.).

3.3.4 Lättklinker

Lättklinker är ett mineraliskt material (Bokalders & Block 2009). Det tillverkas av kalkfattig lera och framställs genom bränning vid 1200°C i en roterugn. Ett exempel på produkt är varumärket Leca (Burström 2001).

För tillverkning av lättklinkerblock används cement för att binda kulorna till varandra, vilket ger produkten sandfri betong. Då blocken saknar sand i betongblandningen, bildas det istället hålrum mellan Leca-kornen. Luften som lagras i hålrummen gör att materialet får värmeisolerande egenskaper (Burström 2001). De bärande blocken tål vatten, då materialet inte består av organiska komponenter, men är vattengenomsläppligt. Relativt mycket energi går åt under tillverkningen, vilket ger en stor miljöpåverkan (Bokalders 2011). De har god ljudisolering och en värmeledningsförmåga på 0,10–0,15 W/mK (Bokalders & Block 2009).

Leca/lättklinkerkulor kan användas som isolering för fyllning av skalmur eller som isolering till golv (Ekobyggportalen u.å.). Lättklinkerkulor har en värmeledningsförmåga i samma klass med lättklinkerblock. Den försämras dock något i fuktiga miljöer (Weber Saint-Gobain u.å.).

3.3.5 Cellulosafiber

Cellulosafiber är ett isolermaterial som framställs av gamla dagstidningar eller nyproducerat papper. Ämnen som borsyra, natriumsilikat och aluminiumsulfat ingår ofta för att göra isoleringen mindre brandfarlig och mindre utsatt för mögel, då det är ett organiskt material (Bokalders 2011). De tillsatta ämnena kan ha en viss negativ påverkan på både hälsa och miljö och därför är cellulosafiber med andra tillsatser att föredra. Genom att välja cellulosafiber tillverkade av returpapper fås ett material som är energisnålt redan i produktionen (Bokalders & Block 2009).

Isolering av cellulosafiber kan absorbera och lagra fukt. För att inte för mycket fukt ska transporteras in i väggen från insidan, och öka risken för biologiska angrepp, kan en diffusionsbroms användas. Användningen av en diffusionsbroms gör det svårare för fukt att komma in i än ut ur väggen. Isoleringens tyngd gör att den fungerar som ett bra ljudisolermaterial (Bokalders 2011). Cellulosafiber är likt stenull i utförandet och ett alternativ när naturliga isolermaterial föredras (Isolering.n.nu 2010). Värmeledningsförmågan ligger på 0,035–0,043 W/mK (Bokalders 2011).

3.3.6 Träfiber

Träfiber är ett växtfiberbaserat isolermaterial (Isolering.n.nu 2010). Det finns som skivmaterial och är tillverkade av fibrer av sönderdelat trä. Fibrerna formas till ark och vattnet som finns i massan pressas ut. Genom att pressa och torka skivorna på olika sätt fås antingen hårda, medelhårda eller porösa skivor (Burström 2001). Ofta tillsätts ammoniumsulfat för att öka skivornas brandbeständighet (Pavatex 2016). Framställningen av träfiberskivor är energisnålt vilket resulterar i en låg miljöpåverkan. Materialet kan även återvinnas alternativt brännas vid rivning. Då det är ett organiskt material finns en större risk för biologisk påväxt, ex. av mögel, än vad det gör för oorganiska likvärdiga material (Isolering.n.nu 2010).

Som isolering används de porösa träfiberskivorna (Burström 2001). Dessa har en värmeledningsförmåga på 0,045 W/mK. Träfiber går även att få som lösull eller porösa mattor, med en värmeledningsförmåga på 0,037 W/mK (Bokalders 2011).

3.4 Åtgärder

3.4.1 Invändig tilläggsisolering av vägg

Ur ett tekniskt perspektiv är invändig tilläggsisolering det sämre alternativet jämfört med utvändigt tilläggsisolering av en befintlig vägg. Det är dock det enda alternativet för att inte behöva ingripa i byggnadens utvändiga uttryck. Den befintliga väggen kommer att bli kallare och fuktigare med tilläggsisolering på insidan. Risker som ökar i samband med det är utvändiga frostsador och om organiska material är inblandade finns det även risk för biologiska angrepp (Sandin 2007). Tilläggsisoleringen på insidan bör vara minst sju centimeter för att få en acceptabel energibesparing (Adolfi 2011).

Invändig tilläggsisolering av en tegelvägg kommer påverka temperaturgradienten över väggen, vilket kommer göra den betydligt kallare. Vid slagregn kommer väggen att fuktas upp och den invändiga isoleringen kommer hindra väggen från att torka ut lika snabbt som tidigare. För en tegelvägg som inte är luft- och diffusionstät på insidan, riskerar fukt från inomhusluften att kondensera mot den kalla tegelväggen (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut u.å.).

3.4.1.1 Befintliga lösningar

För att få en tegelvägg att bli mer isolerande kan den kompletteras med ett isoleringsskikt och en bakmur. Tegelväggen blir då en bärande fasadmur. Oorganiskt isolermaterial rekommenderas och som bakmur kan lättbetong, lättklinker eller tegel användas. Fördelarna med en väggkonstruktion av typen fasadmur/isolering/bakmur är att låga U-värden kan åstadkommas utan ökad risk för biologiska angrepp. En tung bakmur har även bra värmelagrande egenskaper. Andra fördelar är att konstruktionen har ett litet underhållsbehov och att relativt få material ingår. Detaljlösning av konstruktionen blir på så vis enkel (Tomas Gustavsson 2016).

Den befintliga tegelväggen kan även byggas på inåt och på så vis få ett bättre U-värde (Gustavsson 2001). Enligt facktidningen Gör Det Själv rekommenderas att tilläggsisolera en äldre tegelvägg invändigt med autoklaverad lättbetong. Fördelarna med lättbetong är att väggen blir varmare och torrare, den förstärks, inomhusklimatet blir bättre samt att det blir en ny och fin innervägg. Påbyggnaden är snabb och smidig och inga organiska material byggs in i väggen, vilket kan angripas av mögel och bilda kondens inuti väggen. Enligt gjord beräkning visade det sig att det räcker med 50 mm

lättbetong för att minska kostnaden för uppvärmningen med 40 procent (Gör Det Själv 2016).

Ett sätt att tilläggsisolera en tegelstomme på insidan är med cellplast som isolermaterial. Cellplasten fästs då i tegelväggen med kramlor och den nya insidan beläggs med en puts (Sandin 2007).

Tilläggsisolering av en tegelvägg på insidan kan även utföras med en regelstomme av antingen trä (Isover u.å.) eller stål med isolerande skikt (Andersson, Fant, Landfors, During & Södergren 2009). För att få bästa resultat med en träregelstomme bör isoleringen byggas i två lager, för att på så sätt minimera risken för köldbryggor i den nya isoleringen. De stående träreglarna placeras därför en bit från den befintliga väggen. Mellan den befintliga tegelväggen och träreglarna placeras ett isolerskikt. Ångspärren placeras sedan mellan isolerskiktet och träreglarna, för att på så sätt undvika att fukt kommer in i konstruktionen. Det andra skiktet av isolering monteras mellan träreglarna (Andersson, Fant, Landfors, During & Södergren 2009). En stålregelstomme fungerar på samma sätt som en träregelstomme, med enda skillnaden att en ångspärr inte krävs. Anledningen till det är att stål är ett oorganiskt material och inte löper någon risk att utsättas för biologiska angrepp (Isover u.å.).

3.4.2 Tilläggsisolering av vind

Av ett hus totala värmeförlust sker ca 15 % genom vinden (Energi- och klimatrådgivningen 2016b). De vanligaste takformerna på äldre byggnader är sadeltak eller mansardtak. Vinden är ofta en oinredd uteluftsventilerad kallvind, benämnda kalla tak. Förr isolerades bjälklaget mellan vind och bostadsutrymme med t.ex. kutterspån, torv eller aska. Att isolera vinden ytterligare är en snabb och enkel lösning för förbättrad energieffektivitet och inomhusklimat (Adolfi 2011). För att tilläggsisoleringen ska anses som lönsam bör det inte finns mer än 200 mm befintlig isolering. Den totala mängden efter komplettering bör sedan vara 400–500 mm (Energi- och klimatrådgivningen 2016b).

För vindar som används som bostadsyta är det värmeisolerande skiktet placerat under yttertaket, även kallat varma tak. Exempel på varma tak är lättbetongtak, utvändigt isolerat betongtak och isolerat plåttak (Sandin 2010). Ett mellanting mellan varma- och kalla tak är takformen parallelltak. Parallelltak ger på samma sätt som varma tak möjlighet till en inredd vind men har en luftspalt placerad mellan yttertak och isolering. Luftspalten bör vara

minst 50 mm och om ventilationen därigenom är god kan den jämföras med det kalla takets vind (Sandin 2010).

Efter genomförd tilläggsisolering blir vindsutrymmet betydligt kallare för kalla tak. Samma gäller yttertaket för parallelltak. Den lägre temperaturen medför en ökad mängd fukt som måste ventileras bort med uteluft, för att inte riskera biologiska angrepp (Adolfi 2011). För kalla vindar kan ventilationsöppningar placeras i gavlarna (Adolfi 2011), längs takfot och längsnock (Sandin 2010). För ventilation av luftspalten för parallelltak gäller samma princip som för kalla tak (Sandin 2010). För ytterligare ventilation av parallelltaket kan en gavelventilerad kallvind behållas högst upp motnock och motsvarande kattvindar mot takfoten (Adolfi 2011).

3.4.3 Tilläggsisolering av golvbjälklag

Före 1960 byggdes de flesta hus med antingen kallare eller ventilerad grund. Byggnaderna konstruerades sällan med utgångspunkten minimal energiförbrukning och i många fall kan kompletterande energibesparande åtgärder anses nödvändiga (Adolfi 2011).

Den ena varianten av ventilerad grund är uteluftsventilerad. Bland uteluftsventilerade grunder är torpargrund eller uteluftsventilerad kryppgrund vanligast (Adolfi 2011). Den uteluftsventilerade kryppgrunden anses ofta som en riskkonstruktion med anledning av det höga fuktillståndet som kan uppstå i krypprummet. Den stora mängden fukt leder till en ökad risk för biologiska angrepp på konstruktionen (Sandin 2010). För att minska den relativa fuktigheten på bjälklagets undersida kan en tilläggsisolering läggas med 50 mm cellplast. Den här åtgärden minskar dock inte den relativa fuktigheten i krypprummet, varpå risken för mögel och röta fortfarande kvarstår. Tilläggsisoleringen av bjälklaget bör därför kompletteras med 200 mm värmeisolering på marken. Det i sin tur sänker den relativa fuktigheten i krypprummet samt reducerar temperatursänkningen på vintern (Sandin 2010).

Den andra varianten av ventilerad grund är inneluftsventilerad (Adolfi 2011). För den här typen av grundkonstruktion gäller att byggnadens klimatskal flyttas från golvbjälklag till grundmur och mark. Inneluften ventileras ner i grunden och dess klimat blir intill likvärdigt med inomhusklimatet. För att konstruktionen ska fungera krävs att kryppgrunden är lufttät (Sandin 2010). Fram till 1800-talets mitt användes den traditionella inneluftsventilerade mullbänksgrunden. Det krävs då att byggnaden med den här konstruktionen har en murstock som hjälper till att värma upp och med strålningsvärme torka

ut grunden (Adolfi 2011). För samtliga ineluftsventilerade grunder får bjälklaget inte isoleras, då det kan ge upphov till stora fuktproblem om kryprummet blir kallt (Sandin 2010).

Byggnader med källare som grundkonstruktion har funnits länge och har varierande användningsområden (Adolfi 2011). Fuktbelastningen för källare är väldigt komplicerad. För källarväggens del ovan mark gäller likvärdiga förhållande som för en yttervägg. Delen av källarväggen som befinner sig under mark utsätts för flertalet fuktkällor som vattenånga och kapillärt bundet vatten i jorden men även regn- och smältvatten. Markens relativa fuktighet kan på så sätt ses som 100 % (Sandin 2010).

Förändringar av källarkonstruktioner blir allt vanligare (Sandin 2010). Genom att förändra endast för energibesparing och behålla källaren sval kan den användas som förråd, matkällare eller garage. Alternativt sker ombyggnation till en varm källare som då kan inredas som bostadsutrymme (Adolfi 2011). Det största värmeflödet försvinner ut ur källarväggarna ovan och precis under mark. Det bästa sättet för tilläggsisolering är av källarväggarnas utsida. Något som blir ett stort ingrepp både över och under mark. I de fall det inte är möjligt kan en invändig tilläggsisolering användas, något som är riskabelt då väggens temperatur sänks, vilket ger ett högre fukttillstånd. Ett högt fukttillstånd leder till en ökad risk för biologiska angrepp på organiska material och sådana bör därför undvikas. Att motverka fuktproblematiken genom montering av plastfolie på insidan av källarväggen har visat sig förvärra problemet. Plastfolien förhindrar uttorkningen av väggen och är på så vis en riskabel konstruktion (Sandin 2010).

3.4.4 Fönster och dörrar

Ett vanligt råd till den person som vill energieffektivisera sitt hus är att byta fönster. Något som ofta innebär ett onödigt stort ingrepp i huset och är förhållandevis dyrt (Hansson 2011). Fönstrens betydelse för en byggnad är central, både ur ett funktionellt- och arkitektoniskt perspektiv (Jermsten & Werner 2013). Att renovera och förbättra befintliga fönster bidrar till energimässig och ekonomisk lönsamhet (Glasbranschföreningen 2006). En stor del av det kostsamma värmeläckaget, speciellt hos äldre hus, beror på fönstren (Jermsten & Werner 2013). Ca 35 % av värmen försvinner ut genom husets fönster, vilket gör att en stor energibesparing finns att hämta där (Energimyndigheten 2015).

Ett enkelt sätt att förbättra energieffektiviteten för fönster, utan att förändra fasadbilden, är att justera bågar och sätta tätningslister för att på så sätt minska värmeläckage runt glasen (Hansson 2011). En renovering av ett 1880-talsfönster med enkla ytterbågar och lösa innerbågar förbättrade fönstrets U-värde från 2,44 W/mK till 2,07 W/mK (Hansson 2011).

3.4.4.1 Extra glas

För befintliga fönster med enkelglas är en lösning för ett bättre U-värde att sätta in en ny innerbåge. Fönstret blir då ett tvåglasfönster med ett betydligt bättre U-värde. I motsvarande renovering av englasfönster på Östra Kanslihuset från 1864 förbättrades fönstrets U-värde med 52 %, från 5,8 W/m²K till 2,8 W/m²K (Jermsten & Werner 2013).

3.4.4.2 Energiglas

Energiglas, även kallat lågemissionsglas, är glas belagt med ett tunt och mycket hårt oxidskikt. Skiktet är lika tunt som glaset och släpper igenom nästan lika mycket ljus som ett fönster utan energiglas, men förhindrar 85–96 % av strålningsförlusterna ut genom fönstret (Jermsten & Werner 2013). Energiglas är förhållandevis dyrt i jämförelse med vanligt glas med har en långsiktig vinst i form av energibesparing (Glasmästare och glasmästeri 2011).

Genom utbyte av det inre glaset till ett lågemissionsglas, för ett tvåglasfönster, kan fönstrets U-värde förbättras från 2,9 till 1,9 W/m²K. Det ger en energibesparing på 1 500 kWh/år för ett hus i Stockholmstrakten med 15 kvm fönster (Energi- och klimatrådgivningen 2015). I renoveringen på Östra Kanslihuset kompletterades ett fönster med enkelglas med ett nytt innerglas med emissionsskikt. U-värdet förändrades i och med det från 5,8 W/m²K till 1,8 W/m²K (Jermsten & Werner 2013).

3.4.4.3 Isolerruta

En isolerruta är en båge med två eller tre glas ihopsatta till ett lufttätt paket med ett inre glas med lågemissionsskikt (Glasbranschföreningen 2006). För att få en bättre isolerande effekt fylls mellanrummen mellan glasen med en ädelgas, ofta argon eller krypton. Ädelgaserna har lägre värmeledningsförmåga än luft och minskar därmed isolerrutans värmetransport ytterligare (Abel & Elmroth 2012). Genom att montera en isolerruta på insidan av ett befintligt fönster kan husets värmeförluster minskas utan att påverka dess estetiska uttryck (Glasbranschföreningen 2006).

3.4.4.4 Dörrar

För dörrar gäller samma första steg av energieffektivisering som för fönster. Att reparera dörren istället för att ersätta den är nästan alltid kostnadseffektivare och det historiska värdet går inte förlorat (English Heritage 2010). Korrekt injustering av dörrkarmen samt rätt mängd drevning minskar köldbryggor och förbättrar U-värdet (Hansson 2011).

3.5 Köldbryggor

Med ordet köldbrygga menas en konstruktionsdetalj där ett material med sämre värmeisoleringsförmåga bryter igenom ett material med bättre värmeisoleringsförmåga. De effekter som kan uppstå av köldbryggor i konstruktionsdetaljerna är ökade värmeförluster och risk för kondensation på kalla ytor, vilket i sin tur kan leda till fuktskador. Andra effekter är nedsmutsning invändigt, då smuts lättare fastnar på kalla ytor, samt fel temperaturreglering om en termostat placeras intill en köldbrygga (Sandin 2007). För att få en god termisk komfort och en energieffektiv byggnad krävs det att inverkan av köldbryggor reduceras. Om konstruktionsdetaljer utförs dåligt kan inverkan av köldbryggor bli mycket betydande och uppgå till 20–30 procent av husets totala transmissionsförluster (Abel & Elmroth 2012).

Köldbryggorna finns i första hand vid komplicerade anslutningar av konstruktionsdetaljer. Anslutningen mellan yttervägg och takfot leder ofta till köldbryggor, likaså gäller för infästningen mellan vägg och mellanbjälklag. Andra anslutningar som också riskerar att vara betydande köldbryggor är anslutningen mellan vägg och grundplatta samt ytterväggarnas ytterhörn. Mellan fönster- och dörrkarmar och yttervägg finns även här risker för köldbryggor. Kramlor i en murverksvägg orsakar punktformiga köldbryggor (Abel & Elmroth 2012).

Utformningen av traditionell värmedistribution, vilket innebär förläggning av varmvattenrör längs ytterväggarna, bidrar till en kompensation av köldbryggor i anslutningen mellan yttervägg och golv. Rören avger värme, vilket förhindrar värmeförlusterna och de hygieniska obehagen som köldbryggorna orsakar. En annan form av värmedistribution, t.ex. golvvärme, takvärme, direktelvärm eller luftburen värme kommer inte kunna kompensera för effekten av köldbryggorna mellan yttervägg och golv. Det leder i sin tur till problem med termisk komfort och risk för fuktskador (Abel & Elmroth 2012).

3.6 Ventilationssystem

Ett ventilationssystemets uppgift är att föra bort gaser och partiklar som tillförs luften i lokalerna, vilket annars kan ge upphov till fuktproblem.

Ventilationssystemet minskar koncentrationen av föroreningar i luften, överskottsvärme förs bort och bidrar på så vis till ett behagligt inneklimat (Jernkontorets energihandbok u.å.). Det finns flertalet regler, rekommendationer och myndighetskrav på lokalers luftkvalitet, inneklimat och beständighet (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Det finns tre olika huvudtyper av ventilationssystem i Sverige. Systemen är självdrag (S-system), frånluft (F-system) och till- och frånluft med värmeåtervinning (FTX-system). Det som avgör vilket system som är bäst tillämpat i byggnaden är i huvudsak kraven på luftkvaliteten och det termiska inneklimatet. Även investerings- och driftkostnader, utrymmes- och underhållsbehovet spelar en stor roll (Warfvinge & Dahlblom 2010).

3.6.1 S-system

Självdrag, även kallat S-system, är ett vanligt ventilationssystem som används i äldre småhus och flerbostadshus byggda före 1976 (Boverket 2014c). Ett ventilationssystem med självdrag saknar fläkt och drivs i huvudsak av termiska krafter men även av vindtryck. Varje frånluftsdon i S-systemet ansluts till en egen frånluftskanal. På grund av densitetsskillnader mellan den varma rumsluften och den kallare uteluften, som sugas in genom uteluftsventiler och otätheter i klimatskalet, kommer den varma luften att stiga i frånluftskanalerna. En större nivåskillnad mellan in- och utlopp bidrar till en ökad drivkraft. Det leder till att luftväxlingen är störst på bottenvåningen och minst högst upp i byggnaden (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Fördelarna med ett självdragssystem är att ingen fläkt behövs som kräver både el och ger ifrån sig ljud. Systemet har heller inget behov av underhåll. Det finns dock ett flertal nackdelar, vilket är att det är svårt att kontrollera luftflödet och svårt att klara kraven på ventilationen under sommartid, då temperaturdifferensen mellan inne och ute inte är lika stor. Av samma anledning finns även risk för överventilering vintertid. En annan nackdel med S-systemet är att värmen i frånluften inte går att återvinna, vilket kan bidra till stora värmeförluster, och att störande ljud utifrån kan tränga in genom uteluftsventiler (Warfvinge & Dahlblom 2010).

3.6.2 F-system

F-system är ett mekaniskt ventilationssystem och kallas vanligtvis för frånluftssystem. Luften cirkulerar med hjälp av en frånluftsfläkt och tilluften kommer in genom vägganslutna ventiler (Boverket 2014c). Tilluftsventilerna placeras i de rum som används mest, exempelvis vardagsrum och sovrum. Frånluftsdon för avlägsning av inomhusluften placeras i kök och våtutrymmen som sedan leds ut genom frånluftskanaler (Warfvinge & Dahlblom 2010). Tilluftsventiler, även kallade uteluftsventiler, finns i olika utföranden, och är de som till största del påverkar husets utvändiga uttryck. Exempel på tilluftsventiler är spaltventiler och väggventiler. Spaltventiler monteras ovan fönstret i fönsterkarmen och väggventiler monteras genom fasaden (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Fördelarna med ett frånluftssystem är att utrymmesbehovet för installationer inte är allt för stort. Eftersom systemet är fläktbaserat går ventilationsflödet att kontrollera och huset får, tack vare fläkten, ett stabilt undertryck, vilket minskar risken för att fukt tar sig in i konstruktionen (Warfvinge & Dahlblom 2010). Systemet passar bra i byggnader med direktverkande el eller elpanna med ett litet behov av värme och varmvatten (Energimyndigheten 2010). Nackdelarna med ett frånluftssystem är fläkten drar el och behöver viss tillsyn. Systemets funktion är känslig för ändring av strypning av frånluftsdonen och ljud riskerar att transporteras in genom uteluftsventilerna (Warfvinge & Dahlblom 2010).

För att kunna återvinna delar av värmen i frånluften kan systemet kompletteras med en frånluftsvärmepump. Det nya systemet kallas då för ett FVP-system (Boverket 2014c). Värmepumpens förångare placeras och värms upp i kanalen för avluften. Den återvunna värmen kan sedan användas för uppvärmning tillsammans med en luft/vatten-varmepump eller för beredning av tappvarmvatten (Warfvinge & Dahlblom 2010). Fördelen med en komplettering med varmepump är att värme kan återvinnas i frånluften. Nackdelen är att varmepumpen kräver underhåll och skötsel (Warfvinge & Dahlblom 2010).

3.6.3 FTX-system

Ett FTX-system är ett ventilationssystem som återvinner värme ur ventilationsluften (Energimyndigheten 2010). Systemet har två kanalsystem, ett för till- och ett för frånluft och ett FTX-aggregat. Aggregatet innehåller fläktar, filter, värmeåtervinnare, kylbatteri och eftervärmningsbatteri. I

aggregatet kan luften filtreras, värmas samt kylas vid behov (Warfvinge & Dahlblom 2010). Systemet är vanligt i lokalbyggnader där kraftig ventilation och kylning krävs. Exempelvis används FTX-systemet ofta i kontor, skolor, sjukhus, laboratorier och varuhus m.m. (Warfvinge & Dahlblom 2010).

Fördelarna med ett FTX-system är att värmen i frånluften återvinns och att uteluften kan filtreras. Systemet ger även större möjlighet att styra luftväxlingen samt att tillföra ventilationsluft utan risk för drag (Warfvinge & Dahlblom 2010). Nackdelarna är att systemet drivs av fläktar som kräver el och kan, tillsammans med till- och frånluftsdon, ge ifrån störande ljud. Ett FTX-system är utrymmeskrävande, då kanaler och fläktrum tar plats, och har ett större underhållsbehov (Warfvinge & Dahlblom 2010). I jämförelse med ett F-system drar ett FTX-system dubbelt så mycket el. Anledningen till det är att FTX-systemet har två fläktar men även pga. den tryckhöjning som ventilationsluften behöver för att kunna ta sig igenom FTX-aggregatet (Warfvinge & Dahlblom 2010).

3.7 Styrmedel

När det gäller byggande finns ett flertal lagar, regler och bestämmelser att följa. Både när det kommer till nybyggnation och ändring av befintlig byggnad (Boverket 2016).

För att främja energieffektivisering finns ett flertal styrmedel inom energi- och miljöpolitik. Exempelvis miljöbalken och kommunernas klimat- och energirådgivning. Regler om energihushållning och energideklarationer från boverket och koldioxidskatt på fossila bränslen, är sätt att sätta press på branschen att bli mer klimatsmart (Naturvårdsverket 2016a).

3.7.1 Plan- och bygglagen, PBL

Plan- och bygglagen, PBL, är den lag i Sverige som innehåller bestämmelser angående planläggning av mark, vatten och om byggande. Dess syfte är att bidra till en samhällsutveckling med god och långsiktigt hållbar livsmiljö, både för människorna i dagens samhälle och för kommande generationer (SFS 2010:900). Lagen trädde i kraft den 2 maj 2011 och ersatte då den befintliga Plan- och bygglagen från 1987 (Boverket 2014b). Sverige har ända sedan år 1847 haft en planlagstiftning, då med huvudsyftet att motverka brand (Boverket 2014b).

PBL innehåller bestämmelser om översiktsplan, detaljplan och områdesbestämmelser. Bestämmelser om bygglov samt genomförandet av

bygg-, rivnings- och markåtgärder ingår också (SFS 2010:900). PBL inriktar sig på så vis huvudsakligen på planeringsprocessen och i synnerhet på hur mångas intresse kan samordnas och konflikter kan lösas i ett tidigt skede. Sedan revidering 2011 finns bestämmelser om hänsyn till miljö- och klimataspekter vid planering och byggnation med (Boverket 2014b). Då för att främja en långsiktigt god hushållning med mark, vatten, energi och råvaror samt goda miljöförhållanden i allmänhet (SFS 2010:900).

Enligt PBL 8 kap. 4 § finns kraven på ett byggnadsverks tekniska egenskaper listade. Väsentliga egenskaper i frågor som skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljön men även energihushållning och värmeisolering (SFS 2010:900). Längre ner under samma kapitel finns 13 §, förbud mot förvanskning, där det ställs krav på att särskilt värdefulla byggnader utifrån historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt inte får förvanskas (SFS 2010:900). Under rubriken Underhåll och varsamhet, 14 §, står att en byggnad ska hållas i vårdat skick och att underhållet ska anpassas till byggnadens kulturhistoriska värde (SFS 2010:900). Vid ändring av byggnad ska det utföras varsamt och med hänsyn till dess karaktärsdrag, 17 § (SFS 2010:900).

3.7.2 Boverkets byggregler, BBR

Boverkets byggregler, BBR, är en regelsamling för byggande som utges av Boverket. Boverkets byggregler trädde i kraft år 1994 och har sedan dess uppdaterats regelbundet (Boverket 2014a). Regelsamlingen gäller vid både nybyggnation och vid ändring av befintliga byggnader. BBR innehåller föreskrifter och allmänna råd om bland annat driftutrymmen, hygien, hälsa och miljö, brandskydd och energihushållning m.m. Reglerna är samhällets minimikrav för byggande (Boverket 2015).

I BBR kap 9:2 finns det krav på energihushållningen för bostäder och lokaler. Kraven som ska uppfyllas gäller bland annat byggnadens specifika energianvändning, installerad eleffekt för uppvärmning, genomsnittlig värmegenomgångskoefficient och klimatskärmens genomsnittliga luftläckage vid 50 Pa tryckskillnad. Kraven på de ovannämnda skiljer sig beroende på uppvärmningssystem och vart i Sverige byggnaden är placerad. Det finns särskilda undantag där mer elenergi och högre eleffekt kan vara motiverat om kravet på specifik energianvändning inte är möjligt att uppfylla p.g.a. kulturhistoriska begränsningar (Boverket 2015). Enligt kap 9:9 är det viktigt att byggnadens kulturvärden inte skadas och att de arkitektoniska och estetiska värdena tas tillvara vid ändring av byggnaden för att uppfylla kraven angående

energihushållning (Boverket 2015). För en lokal placerad i södra Sverige med en A_{temp} större än 50 m^2 som uppvärms med elvärme får den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten inte överstiga $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, enligt BBR kap 9:24 b. Samma krav gäller för lokaler med ett annat uppvärmningssätt än elvärme, enligt BBR kap 9:24 a (Boverket 2015).

För luftkvaliteten i byggnaden finns det även här en mängd olika krav i BBR kap 6:2 som måste uppfyllas. Installationer ska utformas för att kunna förutsätta en god luftkvalitet i rum där människor vistas. Kraven bestäms utifrån rummets avsedda användning, där luften inte får innehålla föroreningar i en koncentration som kan ge upphov till negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt. För att undvika föroreningar i större koncentrationer kan ett ventilationssystem installeras som är anpassat efter byggnadens verksamhet. Minimikravet på uteluftsflödet är $0,35 \text{ l/s per m}^2$ golvarea när någon vistas i lokalen. När ingen är i lokalen är lägsta kravet $0,10 \text{ l/s per m}^2$ (Boverket 2015).

3.7.3 Kulturhistoriska skydd

Byggnadsminne är det starkaste skyddet för kulturhistoriskt värdefulla byggnader eller områden (Helsingborg 2016). Byggnadsminnen utses av länsstyrelsen och syftar till att bevara delar ur historien och genom det säkerställa människors tillgång till kulturarvet. Vem som helst får lyfta frågan om byggnadsminnesförklaring av en byggnad eller ett område. I dagsläget finns ca 2400 byggnadsminnen, allt från medeltida borgar till 1900-tals bebyggelse (Riksantikvarieämbetet 2016a). Bestämmelser gällande byggnadsminne finns i Kulturmiljölagen kap. 3 där det förekommer beslut om huruvida vilken ersättning som berättigas vid restaurering (SFS 1988:950). Byggnadsminne anges som en indikator för att uppnå miljömålet god bebyggd miljö. Att ge kulturhistoriska bebyggelser skydd ses som en förutsättning för långsiktigt hållbar förvaltning och på så vis bidra till att generera en god bebyggd miljö, både idag och i framtiden (Naturvårdsverket 2016b).

K-märkning är ett begrepp som ofta används som ett samlingsbegrepp för miljöer och byggnader med ett kulturhistoriskt värde, utan att vara en märkning i sig. Även de byggnader som inte är skyddade med en viss märkning är skyddade av Plan- och bygglagens 8 kap 13 § förbud mot förvanskning (Riksantikvarieämbetet 2016b). Värdefulla byggnader och områden kan vara skyddade i kommunens detaljplan. För det finns tre olika skydd, benämnda q, k och Q, vilka är gemensamma för Sveriges samtliga kommuner (Helsingborg 2016).

q-märkning är det starkaste skyddet i en detaljplan, vilket innebär att en byggnad är särskilt kulturhistoriskt värdefull och att den inte får förvanskas. Bestämmelsen för q-märkning preciseras genom en enskild skyddsbestämmelse för byggnaden. Skyddsbestämmelser kan vara allt från rivningsförbud till att befintlig utformning och detaljer ska bevaras. Genom skyddsbestämmelser kan sådant som i vanliga fall inte är bygglovspliktigt regleras (Helsingborg 2016). q-märkning anges precis som byggnadsminne som en indikator för att uppnå miljömålet god bebyggd miljö (Naturvårdsverket 2016c).

k-märkningen betyder att byggnadens kulturhistoriska värden ska tas tillvara. Det innebär att vid ändring måste hänsyn tas till byggnadens karaktärsdrag. På vilka sätt en byggnad får ändras framgår av varsamhetsbestämmelser som står på plankartan, det kan vara allt från färg på fasaden till utformningen på fönstren (Helsingborg 2016).

Q-märkningen är inte en starkare märkning än lilla q utan är en bestämmelse om hur en byggnad eller område får användas. Bestämmelsen innebär att byggnaden har ett kulturvärde och att användningen får varieras i den mån av att bevarandet av byggnaden inte motverkas. Den säger dock ingenting om hur byggnaden ska förvaltas och fungerar inte heller som ett rivningsförbud (Helsingborg 2016).

3.7.4 Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR

Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR, är en skrift utgiven av Boverket. Första utgåvan publicerades 1996 och har sedan dess reviderats. Syftet med BÄR är att med ett praktiskt förhållningssätt förenkla och underlätta de ställningstaganden som ett förändringsprojekt kräver, och på så vis komplettera BBR och övriga gällande bestämmelser (Boverket 2006).

I BÄR kap. 3 står att all ändring av en byggnad ska ske varsamt och med beaktning för byggnadens karaktärsdrag samt dess byggnadstekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden. Hänsyn ska tas till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar när de gällande tekniska kraven tillämpas (Boverket 2006).

För särskilt värdefulla byggnader finns ett förstärkt skydd i BÄR kap 3.4 som går ut på att dessa byggnader inte får förvanskas. Byggnader som ska klassas som särskilt värdefulla krävs att dess bevarande utgör ett verkligt allmänt intresse. Ett exempel är byggnader som har haft betydelse för utvecklingen ur en historisk synpunkt. Förvanskningförbudet innebär inte förbud mot

förändring, utan en förändring får ske med hänsyn till och respekt för byggnadens förutsättningar (Boverket 2006).

Vad gäller ventilation, enligt BÄR kap 4.3, ska hänsyn tas till byggnadens olika tekniska funktioner, där en förändring, kan påverka varandra. Luftväxlingen på 0,35 l/s per m² golvarea enligt 6:251 BBR bör eftersträvas, men ett nytt ventilationssystem bör endast installeras om det befintliga inte går att komplettera. Gällande termiskt inomhusklimat ska tillfredsställande termiskt klimat eftersträvas, då ändring av byggnaden är omfattande. I de fall BBR:s krav inte kan uppnås ska åtgärder genomföras så att det genomsnittliga U-värdet för ett rum är mindre än 1 W/m²K. Detsamma gäller att delar av klimatskalet inte får ha ett U-värde på mer än 2,5 W/m²K (Boverket 2006).

3.7.5 Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS

Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS, består av ett åttiotal föreskrifter. Dessa kan vara skrivna för en viss bransch eller för ett specifikt område. I AFS ingår bland annat arbetsmiljölagen med mer detaljerade regleringar. De innehåller tvingande paragrafer samt rekommendationer och vägledningar. Några av de viktigaste föreskrifterna som finns i AFS är kemiska arbetsmiljörisker, hygieniska gränsvärden och arbetsplatsens utformning. (Arbetsmiljöforum u.å.). Föreskriften som handlar om arbetsplatsens utformning tar upp olika krav angående luftkvalité, ventilation och termiskt klimat för lokaler som innehåller arbetsplatser eller personalutrymmen (AFS 2009:2).

För att luftkvaliteten i vistelsezonen ska vara tillfredsställande finns krav, enligt AFS 16 §, på ventilationssystem för luftväxling och avlägsning av luftföroreningar, som alstras i lokalerna. Luftväxlingen ska begränsa spridningen av luftföroreningar. För att mäta luftkvaliteten i lokalen kan koldioxidhalten användas som indikator. En koldioxidhalt under 1000 ppm ska eftersträvas, för att uppnå en tillfredsställande luftkvalitet (AFS 2009:2).

Ventilationssystemet ska enligt 17 § uppfylla krav på bland annat ute-, till- och frånluft. Uteluft ska tillföras i tillräcklig mängd i lokalen (AFS 2009:2). Enligt 19 § ska den tillförda luften till lokalen vara så fri från luftföroreningar som är praktiskt möjligt (AFS 2009:2). Samma krav enligt 22 § gäller för frånluft som återförs till lokalen som återluft eller cirkulationsluft, varav rening av luften krävs (AFS 2009:2). Besvärande drag får heller inte förekomma i lokalen, enligt 20§ (AFS 2009:2).

Enligt 29 § ska det termiska klimatet i arbetslokalen vara lämpligt och anpassat till verksamheten. I de fall där det är omöjligt att skapa ett lämpligt termiskt klimat, på grund av produktionstekniska skäl i lokalen, ska ett lämpligt termiskt klimat eftersträvas i de delar av lokalen där arbete i huvudsak bedrivs (AFS 2009:2). I lokaler där arbete utförs året runt ska värmeinstallationer finnas, enligt 30 § (AFS 2009:2).

3.7.6 Miljöbalken, MB

Miljöbalken, MB, trädde i kraft 1 januari 1999 och ersatte den tidigare miljölagstiftningen. I miljölagstiftningen ingick ett stort antal bestämmelser angående miljöriktens områden, som sedan genom tillämpning till dagens samhälle blev miljöbalken (Naturvårdsverket 2015). Miljöbalken 1 kap 1 § innehåller bestämmelser som syftar till att främja en hållbar utveckling. Det innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en god och hälsosam miljö. Den hållbara utvecklingen bygger på insikten av att naturen har ett skyddsvärde. Även människans rätt att förändra och bruka naturen är förenat med ett ansvar att förvalta naturen på ett bra sätt (SFS 1998:808).

MB 1 kap 1 § ska tillämpas på så sätt att människors hälsa och miljön skyddas mot skador och olägenheter, oavsett om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan. Värdefulla natur- och kulturmiljöer ska skyddas och vårdas. Även användningen av mark, vatten och fysisk miljö ur ett ekologiskt, socialt, kulturellt och samhällsekonomiskt perspektiv säkras genom en långsiktig god hushållning. Återanvändning, återvinning och hushållning med material, råvaror och energi ska främjas, vilket resulterar i att ett hållbart kretslopp uppnås (SFS 1998:808).

I miljöbalken 2 kap 5 § ingår allmänna hänsynsregler som måste beaktas. En regel är att de som bedriver en verksamhet, eller ska vidta åtgärder, är skyldiga att hushålla med råvaror och energi. Det finns även krav på att möjligheterna med att minska mängden skadliga ämnen i material och produkter, samt i första hand använda förnybara energikällor, ska utnyttjas (SFS 1998:808).

4 Analys och resultat

4.1 Energiberäkning

För att kunna genomföra energiberäkningar i Isover Energy 3 krävs värdet för luftomsättning och gränstemperatur för Wallåkra stenkärlsfabrik. De osäkra värdena har resonerats fram med hjälp av den totala energiförbrukningen för Wallåkra på 44 400 kWh/år som riktvärde. Följande värden uppskattas med hjälp av ekvationen nedan.

Beräkning av luftomsättning, n

$$Q_{tot} = U_{medel} \cdot A \cdot (T_{gräns} - T_{ute}) \cdot 8760 + n \cdot \frac{V}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot (T_{gräns} - T_{ute}) \cdot 8760$$

$$Q_{tot} = 44400 \text{ kWh/år}$$

$T_{ute} = 8^{\circ}\text{C}$. Årsgenomsnittliga utomhustemperaturen i Malmö.

$U_{medel} = 0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$. Den i Isover Energy uträknade medelvärmegenomgångskoefficienten för byggnaden.

$A = 503 \text{ m}^2$. Den totala arean av alla varma ytor.

$V = 555 \text{ m}^3$. Byggnadens totala volym.

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 1000 \text{ J/kg C}$$

$$44400 \cdot 10^3 = 0,92 \cdot 503 \cdot (T_{gräns} - 8) \cdot 8760 + n \cdot \frac{555}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot (T_{gräns} - 8) \cdot 8760$$

$T_{gräns} = 16^{\circ}\text{C}$. Gränstemperaturen är med anledning av husets i dagsläget stora värmeläckage och den genomsnittliga inomhustemperaturen på 16 grader.

$n \approx 0,92$. Luftomsättningen per timme uppskattas utifrån då det idag finns självdragsventilation och huset har många otätheter.

Beräkning av energiförbrukning

Energiförbrukning: 44 400 kWh/år

Area för de uppvärmda våningarna: 240 m²

$$\frac{44\,400}{240} = 185 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$$

4.1.1 Värmegenomgångskoefficienter för Wallåkra

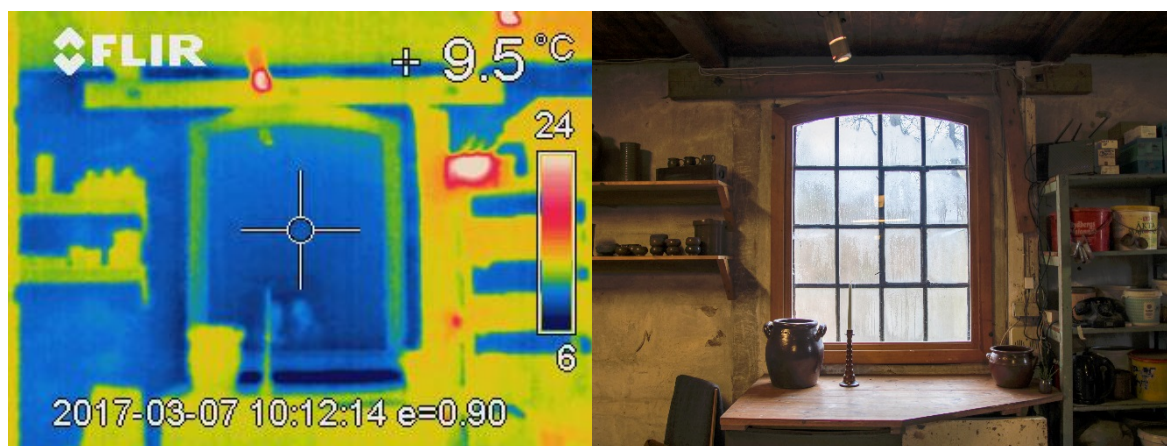
Tabell 4.1: Bygghelans U-värden och area

Bygghelansdel	Beräknat U-värde [W/m ² °C]	Area [m ²]
Tegelvæg, oisolerad	1,71	118
Tegelvæg, isolerad	0,24	20
Källare	0,9	140
Tak, nock	0,33	65
Tak, parallel	0,33	68
Tak, kattvind	0,28	68
Fönster, enkelglas	5,8	1,3
Fönster, tvåglas	2,83	15,6
Fönster, vind	2,75	0,4
Dörr	2,00	6
Totalt	0,92	502

4.2 Köldbryggor

7 mars 2017 utfördes en termofotografering vid Wallåkra stenkärleksfabrik. Utetemperaturen för aktuella klockslag låg på ca 0°C. Inomhustemperaturen låg på ca 15°C. För ytterligare termografier, se bilaga A. I kapitlet nedan kommer utvalda termografier att analyseras.

4.2.1 Fönster



Figur 4.1: Anslutning fönster-vägg

I figur 6.1 visas ett fönster med enkelglas som har kompletterats med ett extra, fristående, innerglas. Innerglasets karm av trä ser ut att minska köldbryggan något i förhållande till den mängden värme som transporteras både direkt genom tegelväggen och genom fönsterglasets. Träkarmen är fäst i tegelväggen som fortsätter ända fram till fönstret, vilket gör att köldbryggan för anslutningen mellan fönster och vägg i själva verket är ganska stor jämfört med vad bilden visar.

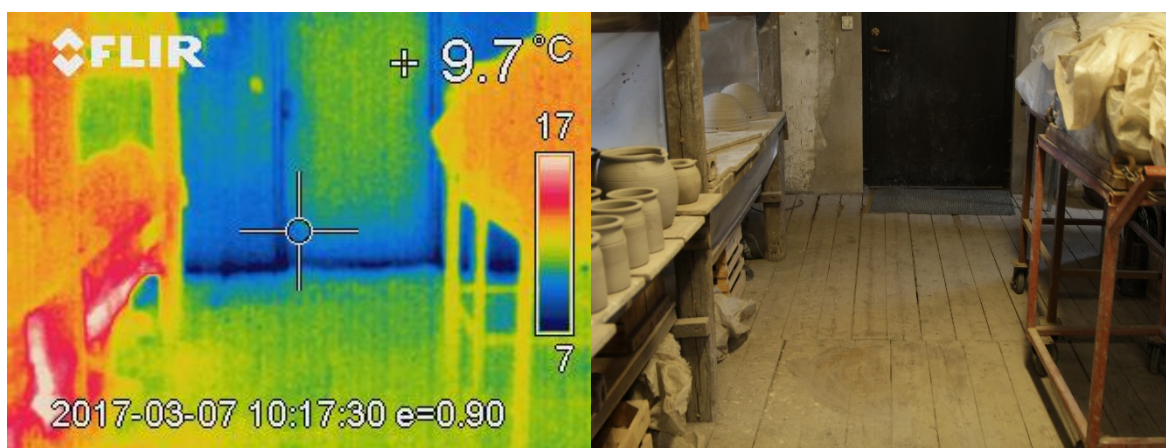
För att minska de köldbryggor som fönster ger upphov till, är en bra utgångspunkt att se över dess infästning. Att justera karmar och drevning kan minska köldbryggan för anslutningen. Även investeringskostnaden blir lägre i jämförelse med att byta ut eller renovera hela partiet.

Originalfönster som är i ett relativt bra skick kan renoveras och kompletteras för att uppnå ett bättre U-värde och på så sätt minska fönstrets köldbrygga. Det finns ett flertal sätt att förbättra befintliga fönster. Genom att komplettera med ett extra innerglas kan U-värdet förbättras med ca 50 %. För ett extra innerglas med lågmissionsskikt kan förbättringen bli hela 70 %. Energiglas kostar mer än vanligt fönsterglas men det förbättrade U-värdet gör att det blir

en långsiktig och miljövänligare investering. Ett tredje alternativ är att komplettera med en extra isolerruta.

Att byta ut befintliga fönster till nya är ofta inte så bra som det kan framställas. Samtliga byggnader i Sverige med ett kulturhistoriskt värde är skyddade mot förvanskning i PBL, vilket förhindrar ingrepp i fasaden. Ett fönsterbyte förändrar byggnadens utvändiga uttryck och historiska aspekter går på så vis förlorade.

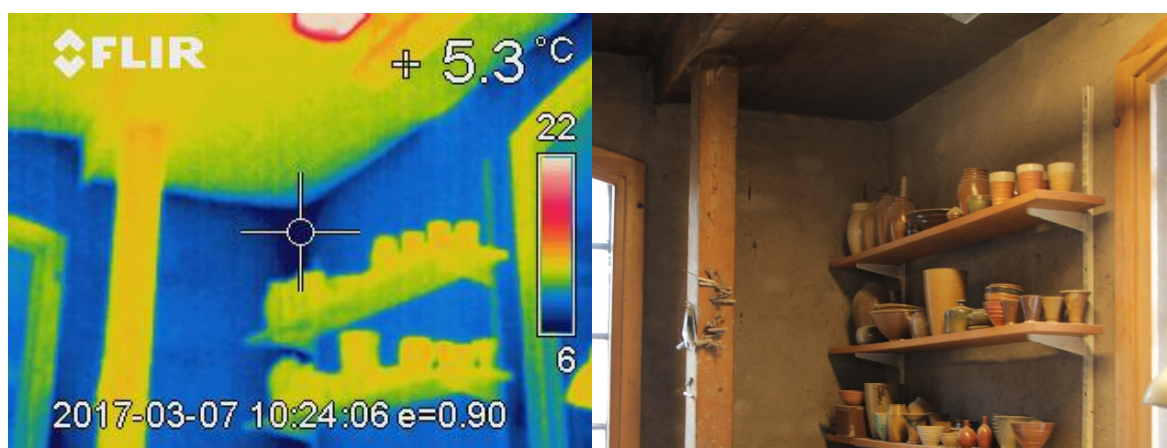
4.2.2 Dörrar



Figur 4.2: Anslutning vägg-vägg och vägg-dörr

Av figur 6.2 framgår att ett värmeläckage finns i anslutning till dörren. Värmeläckaget i anslutningen mellan dörr och vägg kan, som gällande för fönster, motverkas genom korrekt injustering av karm och med hjälp av drevning. Värmeläckaget genom själva dörren är i fallet för Wallåkra lägre än värmeläckaget genom vägg och fönster (se figur 6.1). Det tyder på att en åtgärd av själva dörren inte är nödvändig utan köldbryggorna som dörren ger upphov till kan enkelt åtgärdas enligt ovan.

4.2.3 Anslutningar mellan vägg och vägg

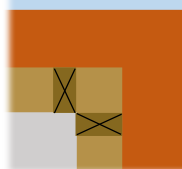


Figur 4.3: Anslutning vägg-väg och vägg-bjälklag

Resultatet från termograferingen, figur 6.3, visar tydligt att anslutning mellan de två ytterväggarna ger upphov till en köldbrygga. I anslutningen läcker det ut en stor del värme. Anledningen till att en köldbrygga uppstår i ytterväggarnas ytterhörn beror på att hörnet är mer utsatt i jämförelse med den enskilda väggen. Den yttre och kalla ytan av hörnet är geometriskt större än hörnets inre och varma yta, vilket resulterar i en ökad värmeförlust.

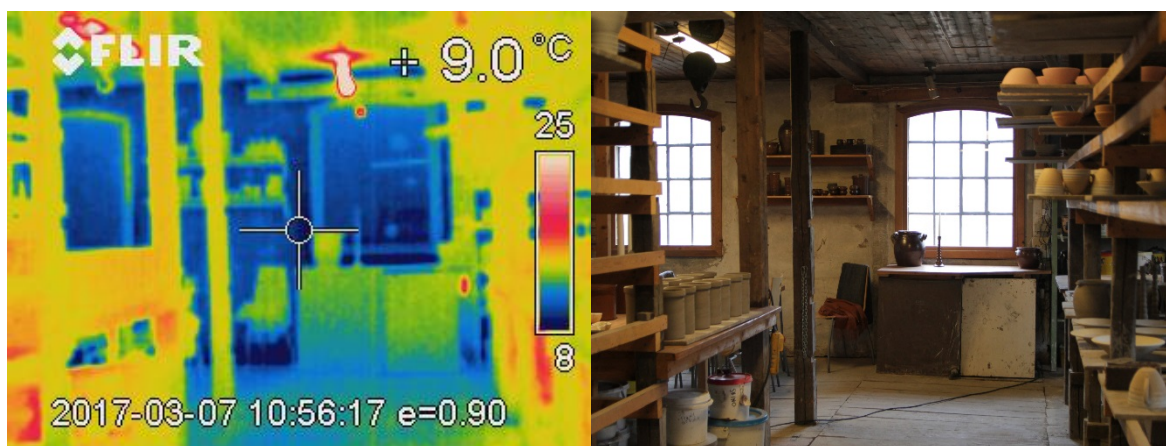
Det är svårt att undvika den här typen av köldbrygga. För att minimera köldbryggan från ett ytterhörn är den bästa lösningen att tilläggsisolera den befintliga väggen på utsidan. I vårt fall får inte byggnadens utvändiga uttryck ändras, vilket utesluter utvändig tilläggsisolering. För att istället minska effekten av värmeförlusten genom ytterhörnen kan väggen tilläggsisoleras på insidan. Köldbryggan går dock inte att bygga bort helt.

Vid tilläggsisolering på insidan av den befintliga väggen, med en regelstomme med isolerande skikt, är det viktigt att tänka på anslutningen i hörnen, se figur 6.4. Det bör endast vara isolerande material i hörnet och material som trä och stål bör undvikas då dessa är bra värmeledare. Placeras trä- och stålreglar i hörnet bidrar det till en ökad köldbrygga.



Figur 4.4: Tilläggsisolering med träregelstomme av befintlig yttervägg.

4.2.4 Anslutning mellan vägg och bjälklag



Figur 4.5: Anslutning yttervägg-bjälklag

I figur 6.5 framgår en tydlig köldbrygga i anslutningen mellan yttervägg och bjälklag. Det gäller både i anslutningen mellan vägg och golvbjälklag samt mellan vägg och takbjälklag. Träbjälklaget är upplagt på ytterväggen, vilket bidrar till att tegel saknas där den bärande balken är placerad. Det bidrar till ett ökat värmeläckage i jämförelse med om bjälklagsbalkarna är fästa i ytterväggen med balkskor. Då bjälklaget är av trä är köldbryggan mindre i jämförelse med om bjälklaget skulle vara av betong. Den här typen av köldbrygga är svår att undvika i en befintlig byggnad. För att minimera köldbryggan krävs det utvändigt tilläggsisolering, vilket i det här fallet är uteslutet.

4.3 Värmesystem

Valet av värmesystem är på många sätt svårt, då den bästa lösningen till stor del varierar med förutsättningarna. Omgivningen som byggnaden befinner sig i spelar stor roll för alternativ som solceller, solfångare, bergvärme och jordvärme. Men även för inköpsmöjligheter av ved och pellets. Andra aspekter som kommer tas upp i kapitlet är huruvida systemet är förnybart, vilket distributionssystem som finns och vilket som det tänkta värmesystemet kräver, fysisk påverkan på huset, verkningsgrad samt underhåll och livslängd.

En viktig aspekt att reflektera över är alternativet förnybar energi i förhållande till icke förnybar. I den här studien har endast förnybara värmesystem analyserats men även förnybara värmekällor kan ha en större eller lägre miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Solceller och solfångare baseras på komplicerad teknik som kräver en hel del energi för tillverkning och de innehåller ofta farliga ämnen som exempelvis tungmetaller. När de sedan är

installerade och produktionen av energi och varmvatten är igång blir deras miljöpåverkan i stort sett noll. Livslängden för den typen av system spelar på så vis en stor roll i strävan efter det miljövänligaste systemet. Berg- och jordvärmesystem förhåller sig på samma sätt. Installationen av systemen kräver omfattande ingrepp i närmiljön men när produktionen väl kommer igång är systemens miljöpåverkan närmare noll. Detsamma gäller för luftpumparna som utvinnet energi från solvärmens i luften, vilket ständigt förnyas. Det mest avvikande alternativet av värmesystem i det här fallet är biogas i form av ved- och pelletsspanna. Ved- och pelletspannor behöver ständigt mer förbränningsmaterial. Något som inte är självförsörjande från sol, luft eller mark.

När det kommer till installation av ett nytt värmesystem i en befintlig byggnad finns det två viktiga aspekter att ta hänsyn till. Det ena är vilket distributionssystem som finns i byggnaden och vilket system som det önskade värmesystemet kräver. Installationen av ett vattenburet system är komplicerat och kostsamt i ett befintligt hus och bör därför övervägas noggrant innan installation. För en byggnad med flertalet rum som önskas uppvärmda är ett vattenburet distributionssystem det bästa alternativet för att fördela ut värmen, till skillnad mot det luftburna värmesystemet som via en fläkt värmer byggnaden. Något som försvåras av en stängd planlösning. Fler fläktar kan installeras men då försvinner smidigheten med en luft-luftvärmepump och steget till att installera ett vattenburet system blir inte lika stort. Fördelen med ett vattendistributionssystem är att radiatorer kan placeras strategiskt för att minimera kallras från fönster samt att vattenledningarna bidrar till att värma det kalla mötet mellan vägg och golvbjälklag.

I fallet med kulturhistoriska byggnader är den fysiska påverkan som värmesystemet ger viktig att ta hänsyn till. Hålltagning och utrymmes Anpassning är inte reversibla handlingar och hur och var dessa placeras bör därför övervägas. Luftvärmepumparna kräver både en inom- och en utomhusinstallation som inte passar in i den kulturhistoriska omgivningen. Placeringen och genomförandet av eventuell in-teckning av delarna är därför viktig. Även för solceller och solfångare bör placeringen övervägas. Vid placering på tak spelar väderstreckets stor roll för energiutvinningen men placeringen har också stor betydelse för byggnadens kulturhistoriska värde. I de fall byggnaden har ett kulturhistoriskt skydd bör alltid aktuell kommun eller länsstyrelse tillfrågas. Även i de fall där tanken på en framtida märkning finns bör placeringen på tak övervägas då det kan försvåra det. Om möjligheten att placera en solcellsanläggning i närheten finns kan det vara ett

bra alternativ. På så vis behöver de inte integreras i själva byggnaden men byggnaden kan ändå utnyttja den gröna energin som solkraft är.

Systemets verkningsgrad är en annan komparativ aspekt, framförallt i jämförelsen inom de olika alternativen. I jämförelsen mellan olika system kan verkningsgraden vara svår att grunda slutsatser på. Solceller och solfångare har en förhållandevis låg verkningsgrad jämfört med andra typer av system. De kan å andra sidan vara bättre än t.ex. direktverkande el som har en verkningsgrad på 100 % men som inte i lika stor omfattning baseras på förnybara energikällor. Effektiviteten för solceller, tillsammans med luftvärmepumpar, påverkas till stor del av vilken säsong det är då båda systemen är beroende av mängden solinstrålning. Detta gör att både sol- och luftvärme kan behöva kompletteras med ett annat värmesystem beroende på byggnadens geografiska placering. I Skåne blir temperaturen aldrig så låg att luftvärmesystemen inte kan användas under vintersäsongen, men vid ett stort värmebehov kan ändå komplettering vara nödvändig. Det befintliga systemet kan ofta användas som ett komplement, då det i många fall varken är kostnads- eller miljömässigt lönsamt att installera två nya system. Säsongsaspekten påverkar inte berg- eller jordvärme nämnvärt. Inte heller ved- eller pelletspanna påverkas av klimatets skillnad under olika säsonger.

Mängden underhåll som ett system kräver är också en detalj som inte bör glömmas bort. Ved- och pelletspannor kräver en regelbunden skötsel och eldning på rätt sätt för att systemet både ska hållas effektivt och ge värme ur ett miljömässigt perspektiv. Utedelen för luftvärmepumparna kräver ett visst underhåll då maskinen, som är belägen utomhus, utsätts för både snö och löv som fastnar. Luft-luftvärmepumpens inomhusdel kräver också regelbunden skötsel och rengöring av filter. Det på grund av att den luft som cirkulerar i systemet bär med sig damm och kvalster. Jord- och bergvärme är efter installation i stort sett underhållsfria. Detsamma gäller för solfångare och solceller. Underhållet av luftvärmepumparna går ofta hand i hand med systemets livslängd där luft-luftvärmepumpen har den kortaste livslängden av de jämförda systemen. Jordvärmepumpen har en något längre livslängd än bergvärmepumpen som har en livslängd på 20 år, medan livslängden för kollektorslangen är 100 år. Även luft-vattenvärmepump har en livslängd på uppemot 20 år. Kristallina solceller har en ännu längre livslängd på upp till 30 år medan fastbränslesystem som ved- och pelletspanna kan ha en livslängd på mer än 30 år.

4.4 Ventilationssystem

Äldre byggnader, likt Wallåkra, saknar i många fall ventilationssystem. Det befintliga luftflödet kan närmast beskrivas som ett S-system fast utan frånluftsdon och kanaler, då luftflödet drivs av termiska krafter istället för av en mekanisk fläkt. Luftflödet kan vara stort då hål och skador på fönsterkarmar och murbruk gör att byggnaden utsätts för självdrag.

I fallet för byggnader med en bedriven verksamhet och produktion är en god ventilation extra viktigt. I arbetsmiljöverkets författningssamling står det skrivet att uteluft ska tillföras lokalen i tillräcklig mängd samt att koncentrationen av koldioxid inte får vara för hög. Det krävs då ett ventilationssystem med möjlighet till reglering för att på så sätt kunna anpassa ventilationen till olika tider på dygnet men även under låg- och högsäsong. Ventilationen har också en stor roll i att motverka ett fuktigt inomhusklimat, något som det finns stor risk för i fallet med produktion av stengods. Ett självdragssystem är av den anledningen inte det bästa alternativet, då det kan vara svårt att få ett tillräckligt stort flöde och är svårt att reglera.

För fläktdrivna system kan det finnas en viss problematik med ljud från fläkten. Något som bör tas hänsyn till i de fall systemet ska väljas för ett bostadshus. I fallet med industri och verkstäder förekommer andra ljud och kravet på ljudvolymen är på så vis inte detsamma.

Jämförelsen mellan de två mekaniska fläktsystemen F- och FTX-system får hänsyn tas till systemets komplexitet och den yta installationen kräver. Det är även viktigt att ta hänsyn till effekten av värmeåtervinning och behovet av att kyla lokalen. Installationen av ett FTX-system kan komma att bli komplicerat i en befintlig byggnad. Detta på grund av att FTX-systemet kräver ett större utrymme och fler ingrepp då systemet bygger på dubbla luftkanaler och ett mer komplext aggregat. F-systemet kräver utrymme för frånluftskanalen med drar in tilluften genom uteluftsdon i fasaden. För att kunna utvinna värmen i frånluften utan komplexiteten som ett FTX-system ger kan F-systemet kompletteras till ett FVP-system. Detta genom att något av värmesystemen luft-luftvärmepump eller luft-vattenvärmepump ansluts. Energin i den varma frånluften kan då tas tillvara och återföras till huset i värmesystemet, till skillnad mot FTX-systemet som återför värmen i ventilationsluften.

Samtliga ventilationsinstallationer innebär ingrepp på den befintliga byggnaden. För att få in tilluft måste uteluftsventiler monteras i fasaden, detta genom håltagning i ytterväggen. Ett sådant ingrepp i fasaden måste övervägas med avseende på byggnadens kulturhistoriska värde och placeringen bör ske

strategiskt utifrån det. Åtgärden är irreversibel i den mening att den inte går att återställa fasaden till sitt ursprungliga utseende. Ingreppet är dock relativt litet vilket gör att det istället kan lagas utan att vara uppseendeväckande.

4.5 Isolermaterial

Val av isolermaterial för tilläggsisolering är inte helt lätt, speciellt inte då det ständigt kommer nya alternativ och varianter. Det finns ett flertal egenskaper som är viktiga att ta hänsyn till, både ur ett komfort- och konstruktionsperspektiv, vilka kommer tas upp i följande kapitel.

Tabell 4.2: Egenskaper för isolermaterial

Material	Värmeledningsförmåga [W/mK]	Råvaror	Kemikalier /tillsatser	Miljöpåverkan	Organiskt	Värme-lagring
Mineralull	0,034–0,040	Sand, fältspat, dolomit och returglas	Urea och fenol	Energikrävande tillverkning.	Nej	Liten
Cellplast	0,035–0,043	Styrenplast	-	Energikrävande tillverkning	Nej	Liten
Lättbetong	0,10–0,20	Sand och vatten	kalk/cement och aluminiumpulver	Stora mängder koldioxid bildas vid tillverkning av cement	Nej	Stor
Multipor	0,045	Sand och vatten	Kalk och cement	Stora mängder koldioxid bildas vid tillverkning av cement	Nej	Medel
Lättklinkerblock	0,10–0,15	Lera	Cement	Relativt mycket energi vid tillverkning	Nej	Stor

Lättklinker- kolor	0,10–0,15	Lera	-	Relativt mycket energi vid tillverkning	Nej	-
Cellulosa- fiber	0,035–0,043	Papper	Borsyra, natriumsilik at och aluminiums ulfat	Energisnålt vid tillverkning medan tillsatta ämnena har en viss negativ påverkan	Ja	Liten
Träfiber	0,037–0,045	Trä	Ammonium sulfat	Energisnål vid tillverkning och går att återvinna	Ja	Liten

Isolerförmågan är en av isolermaterialens viktigaste huvuduppgifter. I de fall det endast är värmeledningsförmågan som avgör är det lätt att jämföra olika alternativ. För de bäst isolerande materialen ligger värmeledningsförmågan på 0,035–0,04 W/mK. Beroende på andra aspekter kan det finnas anledning att välja en isolering med en värmeledningsförmåga på upp emot 0,1–0,2 W/mK. I de fall antal kvadratmeter är en viktig aspekt kan ett material med en låg värmeledningsförmåga väljas, då det endast krävs ett tunnare isolerskikt för att uppnå en god värmeisolerande förmåga.

En egenskap som det pratas mycket om och där båda sidor har tydliga anspråkare är organisk gentemot oorganisk. Organiska isolermaterial har förmågan att andas och absorbera fukt samt kräver en lägre energiförbrukning vid tillverkning. Risken för biologisk påväxt är dock mycket större för organiska material. Oorganiska isolermaterial löper ingen risk för biologisk påväxt. Risken att intilliggande konstruktionsdelar drabbas kvarstår dock i de fall isoleringen blir blöt och vattnet inte absorberas. Oorganiska isolermaterial klassas inte som förnybara, då de tillverkas av plast- eller mineraliska råvaror. Miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv är på så vis större jämfört med organiska isolermaterial vars råvara ofta är trä.

I de flesta isolermaterial tillsätts kemikalier för att förbättra och utesluta vissa egenskaper. Vanligt tillsätts ämnen mot biologisk påväxt och för förbättrad brandbeständighet hos organiska material. Tillsatserna i isoleringen kan variera mellan tillverkarna och olika ämnen för likvärdiga resultat kan ha olika stora hälsorisker. Avsaknaden av kemikalier och tillsatser är dock inte en garanti för att produkten är mer hälsosam. Cellplast innehåller endast styrenplast men både vid produktion och vid påverkan av brand utsöndras ämnen som är hälsoskadliga vid inandning.

Materialets värmelagringsförmåga är en annan egenskap som spelar stor roll för inomhusklimatet. Isolermaterial med bra värmelagringsförmåga har ofta en högre värmeledningsförmåga. Förmågan att lagra värme gör att temperaturskillnaden mellan dag och natt samt mellan olika årstider planas ut. Till skillnad mot material med sämre värmelagringsförmåga, då inomhustemperaturen påverkas snabbare av temperaturen utanför. Material med god värmelagringsförmåga som lättklinker och lättbetong är tyngre i sin konstruktion, därav den högre värmeledningsförmågan. En annan fördel med en tung isolerkonstruktion är möjligheten till montering samt att den ger ett mer gediget och historiskt anpassat intryck. Lätta konstruktioner som isolering med trä- eller stålregelstomme eller cellplast kan ge ett modernt intryck och på så vis inskränka på den kulturhistoria som önskas bevaras. Multipor är ett bra alternativ där båda fördelarna finns representerade, då materialet har ett bra värmemotstånd men trots det är ett mineraliskt material.

Generellt för de flesta isolermaterial gäller att de har en god ljudisolerande förmåga. Undantaget i den här jämförelsen är lättbetong som med sin mer kompaktet är en något sämre ljudisolerare.

För många är priset en viktig aspekt i valet av isolermaterial och det kan variera mellan allt från 100 till 500 kr/m². Det finns även ännu dyrare och på så vis mer high-tech isolermaterial än dem som redovisats.

4.6 Isolersystem

I nedanstående kapitel undersöks fyra olika isolersystem för tilläggsisolering av befintlig tegelvägg på insidan.

4.6.1 Massivmur

För att inte förändra det kulturhistoriska värdet och utseendet eller blanda in andra typer av material kan ytterväggen förbättras genom en påmurning. Originaltegelväggen förlängs inåt för att på så sätt få ett förbättrat U-värde.

Väggen kategoriseras som en massivmur och riskerna för fuktproblem eller frysskador på utsidan blir små, då väggen kommer att kunna släppa igenom värme. En massivmur av tegel är värmelagrande och bärande, vilket ger en tung och gedigen konstruktion. Med tegel blir förbättringen knappt synlig då den utförs i väggens originalmaterial. Påmurningen måste dock göras relativt tjock för att värmemotståndet ska bli märkbart större. Metoden är förhållandevis dyr i jämförelse med tilläggsisolering med olika isolermaterial som ofta är betydligt billigare än tegel. Påmurningen kan även göras med lättbetong eller lättklinker istället för tegel för att ge ett något bättre U-värde. Ett alternativ med ett ytterligare förbättrat U-värde är produkten multipor som har många av lättbetongens goda egenskaper. Väggen behöver då inte göras lika tjock som med vanlig lättbetong eller lättklinker och ett mindre antal kvadratmeter av boarean går åt till tilläggsisoleringen. Varken tegel, lättbetong, lättklinker eller produkten multipor är organiska material och väggen löper därför ingen risk för att drabbas av mögel och röta.

Tabell 4.3: För tabellen gäller att U_{medel} är byggnadens totala genomsnittliga U-värde medan $U_{vägg}$ endast är väggkonstruktionens U-värde. U-värdet för lättklinker är likartad med U-värdet för lättbetong. Kostnaden anges inkl. kostnad för utfört arbete samt puts för väggens insida. För kostnadskalkyl se bilaga F.

Tilläggsisolering	$U_{vägg}$ [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	U_{medel} [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	Kostnad [kr/ m^2]
Endast befintlig tegelvägg	1,71	0,92	-
100 mm lättbetong	0,70	0,68	856
100 mm multipor	0,36	0,60	817
120 mm tegel	1,27	0,82	1428

4.6.2 Kanalmur

Kanalmuren är en liknande konstruktion som massivmuren och delar på så vis även flera av dess goda egenskaper. Bakmuren i tegel, lättklinker eller lättbetong ger en god värmelagringsförmåga och är bärande, både för sig själv men även för montering av ex. hyllor. Att väggen muras inåt ger även, precis som massivmuren, ett gediget intryck som fungerar ihop med byggnadens kulturhistoriska värden. Den isolerade kärnan med en lägre värmeledningsförmåga ger väggkonstruktionen ett bättre U-värde än massivmurens. Isoleringsskiktet skyddas även och hålls på plats av bakmuren.

Konstruktionen med ett isolerskikt och en bakmur kräver en viss tjocklek för att god isolerförmåga ska uppnås. Det påverkar i sin tur boarean som riskerar att minska betydligt i förhållande till om bara ett isolerskikt skulle användas.

För att försäkra sig om att inga fuktskador uppkommer i isolerskiktet föreskrivs ofta ett oorganiskt isolermaterial. Mineralull som alternativ ger ett bra isolerande skikt. För byggnader i fuktutsatta miljöer finns dock en risk med mineralull, då blöt mineralull får sämre värmemotstånd. Ett annat oorganiskt alternativ är cellplast som är likvärdigt med mineralull när det gäller värmeledningsförmågan. Cellplast kan endast absorbera en liten mängd fukt, vilket inte har någon betydelse vid användning som isolerskikt i en kanalmur. Den stora nackdelen med cellplast är att det är ett plastmaterial. Att föra in plast, som är ett främmande material, i en gammal byggnad är alltid riskabelt, då det är svårt att säga hur byggnaden kommer att påverkas. Cellplast har även hälsofarliga egenskaper vid brand, vilket både yttervägg och bakmur skyddar mot. Ett tredje sätt att isolera kanalmuren på är genom användning av lecakulor som är ett liknande material som både yttervägg och bakmur består av. Kanalmuren blir på så vis mer homogen i alla skikt och inget material sticker ut i vare sig uppbyggnad eller egenskaper.

Tabell 4.4: För tabellen gäller att U_{medel} är byggnadens totala genomsnittliga U -värde medan $U_{vägg}$ endast är väggkonstruktionens U -värde. Kostnaden anges inkl. kostnad för utfört arbete samt puts för väggens insida.

Tilläggsisolering	$U_{vägg}$ [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	U_{medel} [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	Kostnad [kr/m^2]
Endast befintlig tegelvägg	1,71	0,92	-
100 mm lättklinkerkulor + 100 mm lättbetong	0,38	0,61	1050

4.6.3 Uppreglad tilläggsisolering

En uppreglad trä- eller stålstomme med isolering av exempelvis mineralull, cellulosafiber eller träfiber är ett av de billigare alternativen för invändig tilläggsisolering av yttervägg. Det är en modern byggteknik och ett vanligt alternativ för tilläggsisolering av befintliga byggnader.

Isolermaterialen som används har en låg värmeledningsförmåga, vilket bidrar till att endast ett tunt skikt krävs för att göra stor skillnad på värmemotståndet i väggen. Konstruktionen kan på så vis göras smal och tar då inte lika mycket av boarean jämfört med en massivmur eller kanalmur.

Vid val av träregelstomme, som är ett något billigare alternativ än stålregelstomme, ökar risken för biologiska angrepp. För att minimera risken för fukt i konstruktionen kan en ångspärr användas. Då ångspärren är tunn och känslig finns en stor risk för uppkomst av hål, vilket resulterar i läckage och att fukt kan ta sig in i konstruktionen. Ångspärren förhindrar även uttorkningen ut ur konstruktionen, vilket bidrar till att fukt kan lagras. Det kan i sin tur ge upphov till problem med både mögel och röta.

Ett bättre alternativ än en organisk regelstomme av trä är att välja en stålregelstomme, som är oorganisk. Stål påverkas inte av fukt och därför finns ingen risk för biologiska angrepp på stålkonstruktionen, vilket gör att det inte krävs någon ångspärr. Det är dock väldigt viktigt att det inte byggs in några organiska material, exempelvis damm, i uppförande av stålregelstommen som kan påverkas av fukt.

Regelstommen fästs i den befintliga konstruktionen genom håltagning i bjälklaget. Då det endast är skruvhål som krävs för att fästa regelstommen behövs inga större ingrepp på den befintliga byggnaden. Utanpå regelstommen med isolering bör en gipsskiva fästas som hindrar brandspridning in i konstruktionen. Innerst kan sedan en puts användas för att efterlikna originalutförandet.

Mineralull, cellulosafiber och träfiber har alla olika egenskaper som bör tas hänsyn till. Mineralull är det billigaste materialet och har lägst värmeledningsförmåga. I en träregelstomme är det viktigt att konstruktionen är helt tät, då mineralull inte kan lagra fukt. Fukt som tar sig in i konstruktionen kan kondensera och på så vis skada träet. Mineralull är i sig inte speciellt fukt känsligt och fungerar därför bra i en öppen stålkonstruktion utan ångspärr, då fukten kan ta sig ut från konstruktionen.

Cellulosafiber och träfiber kan både absorbera och lagra fukt, det är därför viktigt att även här använda sig av en ångspärr för träkonstruktionen. Då cellulosafiber samt träfiber är organiska material och är känsliga mot fukt bör dessa undvikas i en stålkonstruktion där ångspärr saknas.

Tabell 4.5: För tabellen gäller att U_{medel} är byggnadens totala genomsnittliga U -värde medan $U_{vägg}$ endast är väggkonstruktionens U -värde. Kostnaden anges inkl. kostnad för utfört arbete samt puts för väggens insida.

Tilläggsisolering	$U_{vägg}$ [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	U_{medel} [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	Kostnad [kr/m^2]
Endast befintlig tegelvägg	1,71	0,92	-

45 mm mineralull + 70 mm mineralull/träreglar	0,3	0,59	870
45 mm mineralull + 70 mm mineralull/ståltreglar	0,39	0,61	809

4.6.4 Cellplast med kramlor

Invändig tilläggsisolering med cellplast är på många sätt en riskabel konstruktion. Att föra in plast i en befintlig byggnad är svårt då plasten inte andas på samma sätt som de befintliga materialen. Cellplast är även ett relativt nytt material och det går därför inte att säga hur material transformeras över tid.

Cellplast är brandfarligt då det vid brand utsöndras farliga ämnen och bör därför undvikas i en konstruktion invändigt. Den måste i sådana fall täckas med ett brandskyddande material för att säkerställa en inomhusmiljö som inte blir ännu mer hälsofarlig vid brand.

Kramlorna som cellplasten fästs med i den befintliga tegelväggen leder till köldbryggor. Något som annars inte finns vid invändig isolering med cellplast.

Som isolermaterial är cellplasten inte värmelagrande och materialet är skört och lätt. Det i sin tur leder till att montering av exempelvis hyllor inte är möjlig. Cellplast i sig är ett billigt isolermaterial och med låg värmeledningsförmåga. De tillkommande momenten som infästning och puts på insidan gör dock att genomförandet blir både mer komplicerat och kostsamt än vid första anblicken.

Tabell 4.6: För tabellen gäller att U_{medel} är byggnadens totala genomsnittliga U-värde medan $U_{vägg}$ endast är väggkonstruktionens U-värde. Kostnaden anges inkl. kostnad för utfört arbete samt puts för väggens insida.

Tilläggsisolering	$U_{vägg}$ [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	U_{medel} [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]	Kostnad [kr/m^2]
Endast befintlig tegelvägg	1,71	0,92	-
100 mm cellplast	0,32	0,59	802

4.6.5 Isolering av vind och källare

Tilläggsisolering av vinden är ett av de ingrepp som ger störst energibesparing. Isolerskivor eller lösullsisolering kan användas. Isolerskivor kräver rätt storlek för att passas in mellan takstolar medan lösull enkelt går att spruta ut så att inga hålrum bildas. Isolering av vind leder dock till ett kallare vindsutrymme, vilket kan resultera i fuktproblem. Ventilation av vinden sker med uteluft och riskerar att leda till en fukttransport in på vinden, istället för ut från, då förhållandena är ogynnsamma. Installation av en automatiskt fläkt som endast ventilerar utrymmet när temperatur och fuktnivå är gynnsam för vindens uttorkning är ett sätt att minimera risken.

För isolering av grundkonstruktioner är ingrepp väldigt riskabla och bör därför övervägas noga utifrån förutsättningarna innan renoveringen genomförs. Vilken typ av isolering och metod som ska användas i krypgrunder beror på om rummet ventileras med ute- eller inneluft. För inneluftsventilerade krypgrunder får ingen isolering av bjälklaget ske, då värme i kryprummet krävs för att undvika problem med mögel. En försiktig tilläggsisolering kan istället göras av grundmurarna, som förutsätts vara täta. I fallet med uteluftsventilerade krypgrunder ska också stor försiktighet besittas vid isolering av bjälklaget. Risken för fuktproblem är stor och för att minimera problemet görs tilläggsisoleringen bäst direkt på marken. För källare gäller liknande förutsättningar som den inneluftsventilerade krypgrunden. För minsta möjliga risk för fuktproblem bör källarväggarna isoleras utvändigt. Något som med fördel kan göras i samband med dränering av byggnaden men förutsätter att källaren är placerad under mark. En invändig isolering av källarväggarna kan göras precis som med ytterväggar. Isoleringstjocklek och material bör dock beaktas för att inte fuktproblematiken ska förvärras.

4.7 Energiredovisning av helhetslösningar

Nedan presenteras några alternativa helhetslösningar för en byggnad för att kunna jämföra dess specifika energianvändning. Några aspekter som tas hänsyn till är inomhustemperaturen, val av värmesystem och åtgärder för olika byggnadsdelar.

Tabell 4.7: Förbättring av ytterväggar och fönster. Beräknad inomhustemperatur 16 °C.

Befintlig byggnadsdel	U-värde [W/m ² °C]	Åtgärd	Nytt U-värde [W/m ² °C]
Tegelvägg, oisolerade.	1,71	Tilläggsisolerar med 100 mm multipor.	0,36
Fönster, enkelglas och tvåglas	5,8 samt 2,8	Enkelglas kompletteras samt innerglaset för tvåglasfönstren ersätts med ett energiglas på insidan av original glaset.	1,8
Beräknad specifik energianvändning:			129 kWh/m² år

Tabell 4.8: Förbättring av ytterväggar och fönster. Beräknad inomhustemperatur 18 °C.

Befintlig byggnadsdel	U-värde [W/m ² °C]	Åtgärd	Nytt U-värde [W/m ² °C]
Tegelvägg, oisolerade.	1,71	Tilläggsisolerar med 100 mm multipor.	0,36
Fönster, enkelglas och tvåglas	5,8 samt 2,8	Enkelglas kompletteras samt innerglaset för tvåglasfönstren ersätts med ett energiglas på insidan av original glaset.	1,8
Beräknad specifik energianvändning:			156 kWh/m² år

Tabell 4.9: Förbättring av ytterväggar, fönster och källare. Beräknad inomhustemperatur 18 °C.

Befintlig byggnadsdel	U-värde [W/m ² °C]	Åtgärd	Nytt U-värde [W/m ² °C]
Tegelvägg, oisolerade.	1,71	Tilläggsisolerar med 100 mm multipor.	0,36
Fönster, enkelglas och tvåglas	5,8 samt 2,8	Enkelglas kompletteras samt innerglaset för tvåglasfönstren ersätts med ett energiglas på insidan av original glaset.	1,8

Källare, oisolerad tegelvägg.	0,93	Tilläggsisolerar med 50 mm multopor på källarväggarnas insida.	0,73
Beräknad specifik energianvändning:			146 kWh/m² år

Tabell 4.10: Förbättring av ytterväggar, fönster, källare och byte av värmesystem till värmepump och solfångare. Beräknad inomhustemperatur 18 °C.

Befintlig byggnadsdel	U-värde [W/m ² °C]	Åtgärd	Nytt U-värde [W/m ² °C]
Tegelvägg, oisolerade.	1,71	Tilläggsisolerar med 100 mm multopor.	0,36
Fönster, enkelglas och tvåglas	5,8 samt 2,8	Enkelglas kompletteras samt innerglaset för tvåglasfönstren ersätts med ett energiglas på insidan av original glaset.	1,8
Källare, oisolerad tegelvägg.	0,93	Tilläggsisolerar med 50 mm multopor på källarväggarnas insida.	0,73
Värmesystem, direktverkande el	-	Installation av värmepump med årsvärmefaktor 2,5. Installation av solfångare dimensionerade för 4000 kWh/år.	-
Beräknad specifik energianvändning:			61 kWh/m² år

Resultatet av den specifika energianvändningen av olika helhetslösningar visar att inomhustemperaturen har en stor inverkan på den specifika energianvändningen. Tilläggsisolering av källarvägg ger en måttlig förbättring av den specifika energianvändningen. Det med avseende på risken för fuktproblem talar för att källarväggen bör lämnas oisolerad. Vid utbyte av värmesystemet till värmepump och solceller förbättras den specifika energianvändningen markant. Energiförbrukningen är fortfarande densamma men byggnaden som system har fått en lägre förbrukning i och med egen värme produceras.

5 Diskussion och slutsats

5.1 Prioritet av åtgärder

Vid energieffektivisering av en kulturhistorisk byggnad genom förbättring av byggnadsdelar bör fönster och dörrar samt vindsbjälklag prioriteras för renovering och tilläggsisolering. Detta på grund av att de största transmissionsförlusterna sker i dessa byggnadsdelar. En annan aspekt som också spelar stor roll är att ingreppet är relativt litet i båda fallen. Kostnaden för isolering av vindsbjälklag är låg jämfört med förbättring av fönster. Vad som sedan bör prioriteras av fönster och dörrar samt vindsbjälklag beror på omständigheterna och deras nuvarande skick.

Fönster är en av de största köldbryggorna i en byggnad, där cirka 35 % av värmen försvinner ut. För att åtgärda energiförlusterna för ett tvåglasfönster rekommenderas att se över infästningarna och justera karmar samt drevning, vilket även gäller för dörrar. Tätning av fönster och dörrar resulterar i ett tätare klimatskal. Det ökar därmed behovet av ett system för ventilationen, som innan har styrts av självdrag genom otätheter i byggnaden. Justering av karm och infästning för ett enkelglasfönster resulterar inte i en lika stor förbättring jämfört för ett tvåglasfönster. En mer energibesparande åtgärd är att ett energiglas monteras innanför det befintliga fönstret för att på så sätt minska energiförlusterna ytterligare. Åtgärden kan även göras för tvåglasfönster med en tredje ruta av energiglas eller genom komplettering av ett lågemissionsskikt på den befintliga inre rutan. Att montera energiglas på samtliga fönster är relativt dyrt men bör ses som en långsiktig investering och besparing. Förbättringen av befintliga fönster bidrar till minskade energiförluster och riskerna för fuktproblem uppkomna av åtgärden är små.

En åtgärd för att minska energiförlusterna utan att det behöver kosta så mycket och som snabbt och enkelt kan genomföras är isolering av vindsbjälklaget. Av den totala värmeförlusten sker cirka 15 % genom vinden. För att ingreppet ska anses som lönsamt bör tjockleken av den befintliga isoleringen inte vara mer än 200 mm. Den totala tjockleken efter komplettering bör sedan inte vara mer än 400–500 mm. Ett bra val av isolermaterial är lösull. Nackdelen med tilläggsisolering av vindsbjälklag är att vindsutrymmet kommer bli kallare, vilket i sin tur kan leda till fuktproblem. För att undvika problem med fukt kan en automatisk fläkt installeras.

Nästa prioritet efter fönster och vindsbjälklag är invändig tilläggsisolering av yttervägg. Här finns ett flertal alternativ att välja på. För att bibehålla

byggnaden autenticitet men samtidigt förbättra ytterväggens värmemotstånd är bästa lösningen att tilläggsisolera med multipor alternativt en kanalmur med lecakulor. På så sätt används ett material som liknar den ursprungliga väggen. Den stora nackdel med tilläggsisolering av yttervägg är att den befintliga väggen kommer bli både kallare och fuktigare, vilket måste tas med i valet av isoleringsmetod. Så länge organiska material undviks i konstruktionen finns ingen risk för biologiska angrepp, dock finns fortfarande en risk för frostsador på tegelväggen.

Det ingrepp som är svårast och mest riskabelt ur fuktsynpunkt är tilläggsisolering av golvbjälklag. Beroende på vilken typ av grund byggnaden står på kan det resultera i olika oönskade konsekvenser. I de fall grunden på byggnaden består av en källare är utvändigt tilläggsisolering att rekommendera ur fuktsynpunkt. Detta görs bäst, för de fall där det är möjligt och av ekonomiska skäl, i samband med dränering av huset. Står byggnaden på en uteluftsventilerad kryppgrund kan bjälklagets undersida tilläggsisoleras med ett tunt skikt av cellplast samt kompletteras med ett värmeisolerande material på marken för att sänka den relativa fuktigheten i kryppgrunden.

De praktiskt genomförbara åtgärderna som finns för att förbättra byggnadsdelarna bör alltid göras med stor försiktighet och vara anpassat till respektive byggnad. Då det är en befintlig byggnad är det svårt att avgöra hur olika metoder av tilläggsisolering kommer att påverka byggnaden på längre sikt. Det är på så vis viktigt att vara medveten om konsekvenserna och veta vilka risker som finns för respektive metod.

5.2 Val av värmesystem

En del värmesystem är fristående och kan producera den efterfrågade värmen året om. Andra värmesystem har dock en lägre verkningsgrad under det kallare halvåret och kan på så vis behöva kombineras med ytterligare ett system. Solceller och solfångare samt luftvärmepumpar är exempel på system som ofta behöver komplettering.

Exempel på stabila värmeproducenter som fungerar bra både som komplement eller fristående är berg- och jordvärme samt värmepanna. Ett vanligt sätt för en långsiktigt hållbar investering är att kombinera solfångare eller luftvärmepump med en värmepanna. Då kan eldning ske under den tid extra värmetillskott behövs men under resterande tid är uppvärmningen helt solbaserad. Fördelen med en värmepanna som komplement i jämförelse med berg- och jordvärme är att berg- och jordvärme både kräver större ingrepp och en större investeringskostnad. Livslängden för systemen är även lite kortare än

för värme pannorna, vilket gör att berg- och jordvärmesystem passar bättre som en fristående värmekälla än som ett komplement. Bergvärme är i många fall en stabil värmekälla men kan vara problematisk i Skåne då dess berggrund till stor del består av kalksten som i sin tur leder värme sämre än urberg. Jordvärme passar därmed bättre i den typen av landområde.

Solceller och solfångare kombinerat med luftvärme känns på många sätt som det bästa alternativet. Båda baserar sin värmeproduktion på solvärme och kräver inga omfattande ingrepp i marken, till skillnad mot berg- och jordvärme. Problemet för den typen av kombination är att båda systemen har solvärme och solinstrålning som energikälla och har på så vis en lägre verkningsgrad under samma period på året. I Skåne fungerar luftvärmeproduktionen året om och beroende på placering skulle systemet fungera som komplement till solfångare.

Det är svårt att dra slutsatsen om vilket förnybart värmesystem som är det bästa, då valet till allra största del baseras på platsspecifika komponenter. Ett flertal system finns att välja på och samtliga fungerar på olika sätt. Med de möjligheter som det i dagsläget finns att välja förnybara värmesystem kan valet anses självklart, men den stora mängden förnybara system att välja mellan gör ändå valet svårt. Aspekterna som bör tas hänsyn till för det bästa valet är många och gör att möjligheten att välja ut ett system är svårt. Det som kan anses mest lönsamt är att för varje enskilt fall undersöka vilket värmesystem som till störst del passar de efterfrågade behoven och platsen, för att på så sätt kunna välja det system som inte bara är förnybart utan också är hållbart i längden.

5.3 Wallåkra stenkärlsfabrik

Möjligheterna att ur ett energiförbrukningsperspektiv förbättra verkstadsbyggnaden på Wallåkra stenkärlsfabrik är stor. Den massiva tegelväggen utan organiska material förutom bjälklag ger möjligheten till att tilläggsisolera, vilket för många andra konstruktioner hade avrått helt. Att åtgärda samtliga fönster och fönstret med enkelglas i synnerhet ger en stor förbättring av byggnadens klimatskal och totala U-värde. Fönsterrenovering och tilläggsisolering av ytterväggen är relativt kostsamma investeringar men då de utförs på rätt sätt är de både långsiktigt hållbart och energiförbrukningen minskas.

Den självdragsbaserade ventilationen bör ersättas då luftcirkulationen idag inte är tillräcklig, vilket ur en arbetsmiljöaspekt kan anses riskabelt. Ingen

speciell hänsyn behöver tas till att byggnaden används för keramik och stengodsproduktion.

Värmesystemet med direktverkande el bör kompletteras för att minska både kostnad och miljöpåverkan. Genom komplettering med ett värmesystem som är baserat på solvärme kan det befintliga el-systemet användas vid behov under de kallare vinterperioderna. I fallet för Wallåkra är en luft-luftvärmepump det som anses mest effektivt då kostnaden är relativt liten och ett nytt vattenburet distributionssystem är kostsamt att installera.

Tabell 5.1: Åtgärdsförslag för Wallåkra stenkärlsfabrik.

Byggnadsdel	Egenskap	Brist	Åtgärd
Fönster	Enkelglas samt enkelglas med extra innerglas monterat på väggens insida Samtliga glas har slitna infästningar och spröjs.	Stora värmeförluster både genom glas och i infästningen.	Renovering och restaurering av befintliga glas. Komplettera samtliga glas till tvåglasfönster med ett nytt innerglas med lågemissionsskikt.
Ytterväggar	Enstegs tegelmur.	Stora värmeförluster genom väggarna samt otätheter.	Tilläggsisolera tegelväggen på insidan med Ytong Multipor.
Vind	I dagsläget redan tilläggsisolerad.	-	-
Källare	I stort sett orörd källare med träbjälklag och tegelmur.	Kallt innergolv och fuktig miljö.	Alla åtgärder är riskabla då utrymmet är kallt. Ev. tunt lager Multipor på insidan av källarväggarna.
Värmesystem	Direktverkande el samt komplettering med vedpanna	Dyrt och påfrestande för miljön då stor del av direktverkande elen kommer från fossila bränslen.	Installation av luft-luftvärmepump för uppvärmning av verkstadslokalen. De äldre systemen sparas för komplettering under de kallaste perioderna.
Ventilations-system	Obefintligt. Endast cirkulation genom drag	Okontrollerbar och risk för fuktproblem inomhus vid hög	Installation av ett FVP-system i samband med luft-

	genom otätheter i klimatskalet.	fuktproduktion som inte kan ventileras bort.	luftvärmepump. Annars installation av ett F-system.
--	---------------------------------	--	---

5.4 Tillförlitlighetsfrågor och egen utvärdering

Vi förväntade oss att kalkyler och beräkningar skulle vara det svåra under arbetets gång. Det visade sig att den stora utmaningen var att hitta referensprojekt som liknade vårt eget fall. Bristen på referensprojekt har resulterat i att vår slutsats endast har kunnat baseras på teoretisk vetenskap och andra människors erfarenheter. För att kunna genomföra kostnadskalkyler och energiberäkningar har värden behövts uppskattas. Något som har gett överslagsberäkningar där tillförlitligheten inte är så god som vi hade önskat. En annan brist i projektet är förekomsten av osäkra källor, både föråldrade och där årtal saknas. Anledning till att dessa källor ändå använts är avsaknaden av andra teoriunderlag för de olika ämnena. Överlag är vi nöjd både med genomförandet av arbetet samt dess resultat. Vi ser gärna en fördjupad undersökning av olika isolermetoders påverkar på en befintlig byggnad i massivtegel.

Referenser

Abel, E. & Elmroth, A. (2012). *Byggnaden som system*. Lund: Studentlitteratur.

Adolfi, B. (2011). När tofflor inte hjälper. I Löfgren, E. & Hansson, P. (red.) *Energiboken: Energieffektivisering för småhusägare*. Ängelholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen. ss. 99-112

AFS (2009:2). Arbetsplatsens utformning Stockholm: Arbetsmiljöverket. <https://www.arbetsmiljoforum.se/media/1147/arbetsplatsens-utformning-foreskrifter-afs2009-2.pdf>

Arbetsmiljöforum (u.å.) *Föreskrifter (AFS:ar)*. <https://www.arbetsmiljoforum.se/arbetsmiljoe/arbetsmiljoelagen-aml/foereskrifter-afsar/> [2017-03-31]

Bioenergiportalen (2012). *Användning av biogas*. http://www.bioenergiportalen.se/?p=1459&m=1462&page=gasens_anvandning [2017-03-13]

Biogasportalen (2015a). *Substrat*. <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Produktion/Substrat> [2017-03-14]

Biogasportalen (2015b). *Vad är biogas?*. <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas> [2017-03-13]

Bokalders, V. & Block, M. (2009). *Byggekologi*. Stockholm: Svensk byggtjänst.

Bokalders, V. (2011). Isolering är inte bara en fråga om värme. I Löfgren, E. & Hansson, P. (red.) *Energiboken: Energieffektivisering för småhusägare*. Ängelholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen. ss. 81-98

Boverket (2006). Allmänna råd om ändring av byggnad, BÄR. Karlskrona: Boverket.

- Boverket (2014a). *BBR från 1994*.
<http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/aldre-lagar-regler--handbocker/aldre-regler-om-byggande/bbr-fran-1994/> [2017-03-31]
- Boverket (2014b). *Plan- och bygglagstiftningens utveckling*.
<http://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/lag--ratt/plan--och-bygglagsstiftningens-utveckling/> [2017-04-04]
- Boverket (2014c). *Välj ventilationssystem när du bygger eller renoverar*.
<http://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/valj-ventilationssystem/> [2017-03-28]
- Boverket (2015). *Regelsamling för byggande*, BBR. Karlskrona: Boverket.
- Boverket (2016). *Om Boverkets regler för byggande*.
<http://www.boverket.se/sv/byggande/regler-for-byggande/> [2017-04-03]
- Burström, P. G. (2001). *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.
- Bytavarmepump.n.nu (2017). *Kostnad*.
<http://www.bytavarmepump.n.nu/kostnad> [2017-05-08]
- Ecokraft (2017). *Solcellens funktion*.
<http://www.ecokraft.se/solceller/om-solceller/> [2017-03-13]
- Ekobyggportalen (u.å.). *Isolering*.
<http://www.ekobyggportalen.se/byggmaterial/isolering/> [2017-03-22]
- Energiartiklar (u.å.). *Värma hus med bioenergi*.
<http://www.artiklar.energi.me/bioenergi/varma-hus-med-bioenergi/> [2017-03-15]
- Energifakta (u.å.). *Bergvärme*.
<http://energifakta.nu/bergvarme/> [2017-03-14]
- Energigas Sverige (2013). *Värma huset med gas?*.
<http://www.energigas.se/Energigas/FAQ/VarmVillan> [2017-03-14]
- Energimyndigheten (2010). *Välja rätt värmepump*. (Energimyndighetens rapportserie ET2010:02)

Energimyndigheten (2011). *Så fungerar en värmepump*.
<http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Energisystemet/Sa-fungerar-en-varmepump/> [2017-03-14]

Energimyndigheten (2014a). *Bergvärmepumpar*.
<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/bergvarmepumpar/bergvarmepumpar/> [2017-03-14]

Energimyndigheten (2014b). *Luftluftvärmepumpar 2009-2013*.
<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/luftluftvarmepumpar-2009-2013/> [2017-03-21]

Energimyndigheten (2014c). *Luftvattenvärmepumpar*.
<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/luftvattenvarmepumpar/> [2017-03-21]

Energimyndigheten (2014d). *Pellets pannor*.
<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/pellets pannor/> [2017-03-21]

Energimyndigheten (2014e). *Ved pannor*.
<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/ved pannor/> [2017-03-21]

Energimyndigheten (2015). *Uppvärmning*.
<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/hemmet/uppvarmning/> [2017-03-24]

Energimyndigheten (2016a). *Solceller*.
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/> [2017-03-13]

Energimyndigheten (2016b). *Solvärme*.
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solvarme/> [2017-03-13]

Energi- och klimatrådgivningen (2015). *Fönster faktablad*. [faktablad]
https://energiradgivningen.se/system/tdf/faktablad_fonster_2015.pdf?file=1

Energi- och klimatrådgivningen (2016a). *Distributionssystem*.
<https://energiradgivningen.se/smahus/distributionssystem> [2017-03-14]

Energi- och klimatrådgivningen (2016b). *Vind*.
<http://energiradgivningen.se/smahus/vind> [2017-04-20]

English Heritage (2010). *Energy efficiency in historic buildings: Drought proofing windows and doors*. (Product code 51680)
[http://www.rushcliffe.gov.uk/media/rushcliffe/media/documents/pdf/planning andbuilding/eehb-draught-proofing-windows-doors.pdf](http://www.rushcliffe.gov.uk/media/rushcliffe/media/documents/pdf/planning%20and%20building/eehb-draught-proofing-windows-doors.pdf)

Glasbranschföreningen (2006). *Fönsterrenovering med energiglas*. [broschyr] (Energimyndigheten, ET 2006:27)
<http://www.gbf.se/sites/default/files/files/fonsterrenovering%28www%29.pdf>

Glasmästare och glasmästeri (2011). *Energiglas - Fakta, information och pris*.
<http://www.glasmastare.n.nu/energiglas> [2017-04-11]

GreenMatch (2016a). *Hur mycket mindre blir elförbrukningen vid användning av en bergvärmepump?*. <http://www.varmepumppriser.se/blogg/2014/06/hur-mycket-mindre-blir-elfoerbrukningen-vid-anvaendning-av-en-bergvaermepump> [2017-03-14]

GreenMatch (2016b). *7 enkla steg för bästa pris på jordvärme*.
<http://www.varmepumppriser.se/blogg/2015/03/7-enkla-steg-foer-baesta-pris-paa-jordvaerme> [2017-03-21]

GreenMatch (u.å.). *Luft-luftvärmepump*.
<http://www.varmepumppriser.se/luft-luftvaermepump> [2017-05-08]

Gustavsson, T. (2001). *Moderna murade småhus - teknisk utformning*. (Rapport TVBK-3044) Lund: Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF)
http://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/pdf_files/concrete_masonry/TVBK_3044_Moderna_murade_smaahus_-_teknisk_utformning.pdf

Gustavsson, T. (2016). *Vad är ett stenhus?*.
<http://www.konstruktioner.se/> [2017-03-30]

Gör Det själv (2016). Effektiv och stark isolering. *Gör Det Själv*, 14 januari.

Hansson, P. (2011). Kan man behålla de gamla fönstren?. I Löfgren, E. & Hansson, P. (red.) *Energiboken: Energieffektivisering för småhusägare*. Ängelholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen. ss.113-124

Helsingborg (2016). *K-märkta byggnader*.
<http://www.helsingborg.se/startside/bo-bygga-och-miljo/bygga-nytt-bygga-om-bygga-till/k-markta-byggnader/> [2017-04-03]

Holmberg, J. (2011). Tre hus energideklarerar. I Löfgren, E. & Hansson, P. (red.) *Energiboken: Energieffektivisering för småhusägare*. Ängelholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen. ss.147-163

Isolering.n.nu (2010). *Isolering*.
<http://www.isolering.n.nu/isolering> [2017-03-23]

Isover (u.å.) *Isolera källarvägg inifrån*.
<http://www.isover.se/isolera-kallavagg-inifran> [2017-04-18]

Jermsten, E. & Werner, A. (2013). *Energibesparande åtgärder på fönster i byggnader med stort kulturvärde*. (Statens fastighetsverk, diarienumr: 223-210/11)
http://www.sfv.se/globalassets/bygg-pa-kunskap/byggnadsvard/fonsteratgarder_rapport_2013-11-19.pdf

Jernkontorets energihandbok (u.å.). *Ventilation*.
<http://www.energihandbok.se/ventilation/> [2017-03-28]

Kjellson, E. (u.å.). *Solvärme och solex i bebyggelse: Användning, praktiska lösningar*. Lund: Avdelning för Byggnadsfysik, LTH

Kostnadsguiden (2014). *Bergvärme, pris för installation och borrhål*.
<http://kostnadsguiden.se/bergvarme-pris-installation-och-borrhall/>
[2017-03-21]

Lindab (2017). Reglar: *Varför stål?*.
<http://www.lindab.com/se/private/guides/wall-profile/Pages/default.aspx>
[2017-04-20]

Lindman, M. & Hedlund, K. (2013). Nära naturpärlor. *City Lund*, 15 april.

Löfgren, B.-E. (2016) "Ställ strängare krav på fastbränsleteknik" - Pelletsförbundet om pannor som förorenar. *VVS Forum*, 2 februari.

Miljö- och energidepartementet (2008). *En sammanhållen klimat- och energipolitik - Energi* (Regeringens proposition 2008/09:163). Stockholm: Regeringskansliet.
<http://www.regeringen.se/49bbc1/contentassets/dfa4a54e2a1c46758aa8f34ad50a6c2e/prop.-200809163-en-sammanhallen-klimat--och-energiolitik---energi>

Moe, N., Öfverholm, E., Froste, H. & Andersson, O. (1998). *Miljöanpassad effektiv uppvärmning och elanvändning* (Energimyndighetens rapportserie 8:1998, Naturvårdsverket rapport 4526, MILEN-serien). Stockholm: Gotab.

Naturvårdsverket (2009). *Elda rätt*. [broschyr]
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-8392-2.pdf?pid=4075>

Naturvårdsverket (2015). *Hållbar utveckling med Miljöbalken*.
<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Rattsinformation/Miljobalken/> [2017-04-03]

Naturvårdsverket (2016a). *Energieffektivisering*.
<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Energieffektivisering/> [2017-03-31]

Naturvårdsverket (2016b). *God bebyggd miljö: Byggnadsminnen*.
<http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=37&pl=1> [2017-04-03]

Naturvårdsverket (2016c). *God bebyggd miljö: q-märkt*.
<http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=246&pl=1> [2017-04-03]

Naturvårdsverket (2016d). *God bebyggd miljö*.
<http://www.miljomal.se/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/> [2017-04-25]

Ohlsson, K. (1981). *Av lera och salt: om stenkärleksfabrikerna i Raus och Vallåkra*. Helsingborg: Helsingborgs museum.

Pavatex (2016). *Pavaflex- safety information*.
http://www.pavatex.com/uploads/tx_sbdownloader/161223_Safety_informatio nn_PAVAFLEX_en.pdf [2017-04-25]

Portalen Interaktiv (2015a). *Hur lång livslängd har en bergvärmepump?*.
<https://energiportalen.se/guide/hur-lang-livslangd-har-en-bergvarmepump/> [2017-05-08]

Portalen Interaktiv (2015b). *Isolera väggarna*.
<https://byggportalen.se/guide/isolera-vaggarna/> [2017-03-24]

Riksantikvarieämbetet (2016a). *Byggnadsminnen*.
<http://www.raa.se/kulturarvet/byggnader/byggnadsminnen/> [2017-04-03]

- Riksantikvarieämbetet (2016b). *Lagar och ansvar*.
<http://www.raa.se/hitta-information/bebyggelseregistret/lagar-och-ansvar/>
[2017-04-03]
- Sandin, K. (2007). *Praktisk husbyggnadsteknik*. Lund: Studentlitteratur.
- Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.
- SFS 1988:950. Kulturmiljölag. Stockholm: Kulturdepartementet.
- SFS 1998:808. Miljöbalk. Stockholm: Miljö- och energidepartementet.
- SFS 2010:900. Plan och bygglag. Stockholm: Näringsdepartementet.
- Solelprogrammet (u.å.). *Beskrivning av hur solcellen fungerar*.
<http://www.solelprogrammet.se/Om-solcellstekniken1/Solel-for-privatpersoner/Hur-fungerar-solcellen1/> [2017-03-13]
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (u.å.). *Fuktteknisk bedömning: Tegelvägg*.
<http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/vaggar/massiva/fukttekn/Sidor/default.aspx>
[2017-03-20]
- Stattin, E. (2013). *Energi: möjligheter och dilemman : [en bok med fakta och frågeställningar från Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien och Kungl. Vetenskapsakademien. 3., rev. uppl. Stockholm: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien*
- Svensk betong (u.å.). *Koldioxidutsläpp: Tillverkning av cement*.
<https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/miljo-och-hallbarhet/koldioxidutslapp> [2017-03-24]
- Svensk solenergi (2015a). *Solcellens funktion*.
<http://svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/Solel/solcellens-funktion>
[2017-03-13]
- Svensk solenergi (2015b). *Solel, kostnader*.
<http://svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/fragor-och-svar/solel>
[2017-03-13]
- Svensk solenergi (2015c). *Solel, lönsamhet*.
<http://svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/fragor-och-svar/solel>
[2017-03-13]

- Svensk solenergi (2015d). *Solvärme, kostnader*.
<http://svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/fragor-och-svar/solvaerme-kostnader> [2017-03-13]
- Svensk solenergi (2015e). *Solvärme, lönsamhet*.
<http://svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/fragor-och-svar/solvaerme-loensamhet> [2017-03-13]
- Svensk solenergi (2015f). *Drift och underhåll av solcellsanläggningar*.
<http://www.svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/Solel/drift-och-underhall-av-solcellsanlaeggningar> [2017-05-08]
- Svenskt trä (2003). *Träets egenskaper*.
<http://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper/> [2017-03-20]
- Svenskt trä (2016). *Materialet trä*.
<http://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/> [2017-03-20]
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) (2017).
Normaldygnets minimitemperatur medelvärde i februari.
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normaldygnets-minimitemperatur-medelvarde-i-februari-1.4036> [2017-03-16]
- Söderström Rosén, M. (2011). Hållbar uppvärmning. I Löfgren, E. & Hansson, P. (red.) *Energiboken: Energieffektivisering för småhusägare*. Ängelholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen. ss.125-134
- Thermia (u.å. a). *Bergvärme - kostnad och pris*.
<http://www.thermia.se/bergvarme-jordvarme/bergvarme/bergvarme-kostnad-pris/> [2017-03-21]
- Thermia (u.å. b). *Fakta: Luft/luft-varmepump*.
<http://www.thermia.se/luftvarmepump/luft-luft-varmepump/fakta-luft-luft-varmepump/> [2017-03-14]
- Thermia (u.å. c). *Hur fungerar en luft/vatten-varmepump?*.
<http://www.thermia.se/luftvarmepump/luft-vatten-varmepump/hur-fungerar-en-luftvatten-varmepump/> [2017-03-15]
- Thermia (u.å. d). *Hur fungerar jordvärme?*.
<http://www.thermia.se/bergvarme-jordvarme/jordvarme/hur-fungerar-jordvarme/> [2017-03-21]

Thermia (u.å. e). *Inuti en Värmepump: Kylkretsen*.
<http://www.thermia.se/varmepump-kunskap/hur-fungerar-en-varmepump/inuti-en-varmepump/> [2017-03-15]

Världsnaturfonden WWF. (u.å.). *Hållbar energi: 100 % förnybart på naturens villkor*. Stockholm: Solna.
http://www.wwf.se/source.php/1409707/H%E5llbar%20energi_sep%202011_rapport.pdf

Wallåkra (2015). *Wallåkra Stenkärlsfabrik anno 1864*.
<http://wallakra.com/index.php/2015-02-05-09-11-27> [2017-04-04]

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

Weber Saint-Gobain (u.å.). *Leca Lättklinker*.
https://www.weber.se/fileadmin/user_upload/pdf/leca/broschyren/leca_lattklinker_egenskr.pdf [2017-05-04]

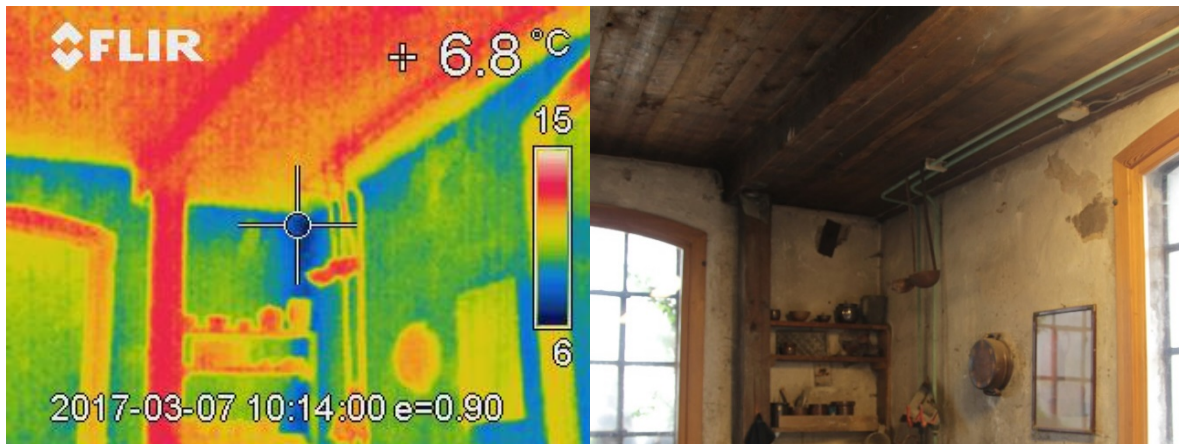
Xella Danmark (2008). *Ytong Multipor*.
http://www.xella.se/se/docs/102244_112_YTONG_MULTIPOR_PLADE_DATABLAD_SMALL.pdf [2017-05-04]

Xella Group (u.å.). *Ytong Multipor invändig isolering*.
http://www.xella.se/multipor_innendaemmung_wi.php [2017-05-05]

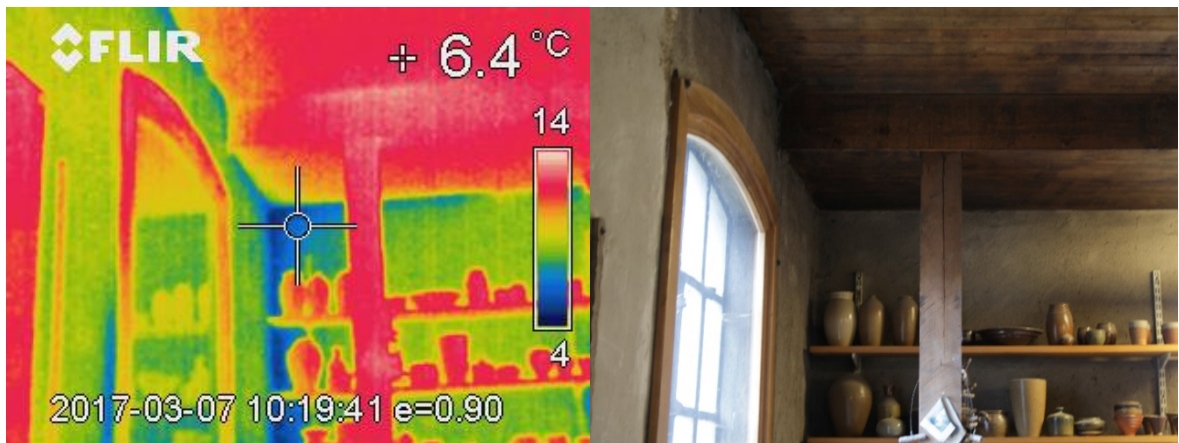
Åstedt, B. (2009). *Stålets egenskaper*. Stockholm: Stålbyggnadsinstitutet.
http://sbi.se/uploads/source/files/Artiklar/Stalets_egenskaper.pdf

Bilagor

Bilaga A, Termografering



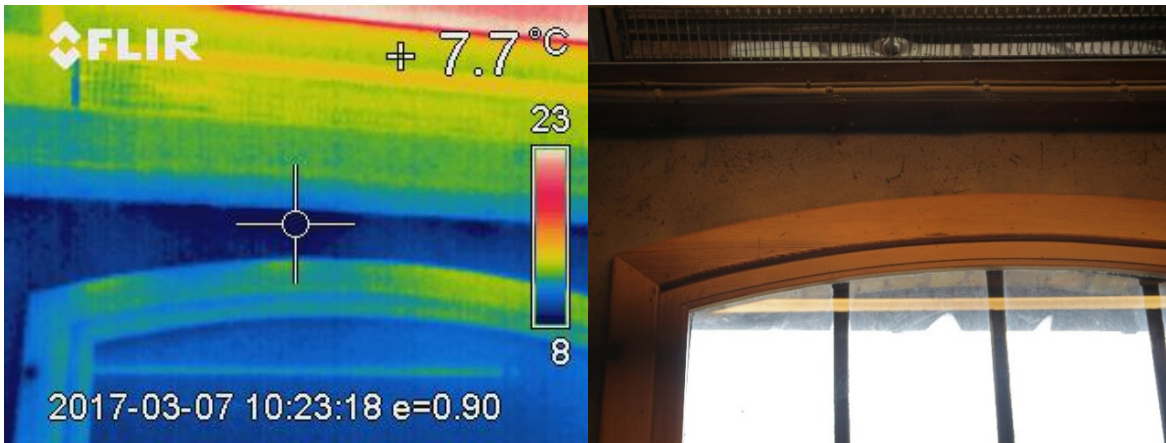
Figur A.1: Anslutning vägg-vägg och vägg-bjälklag.



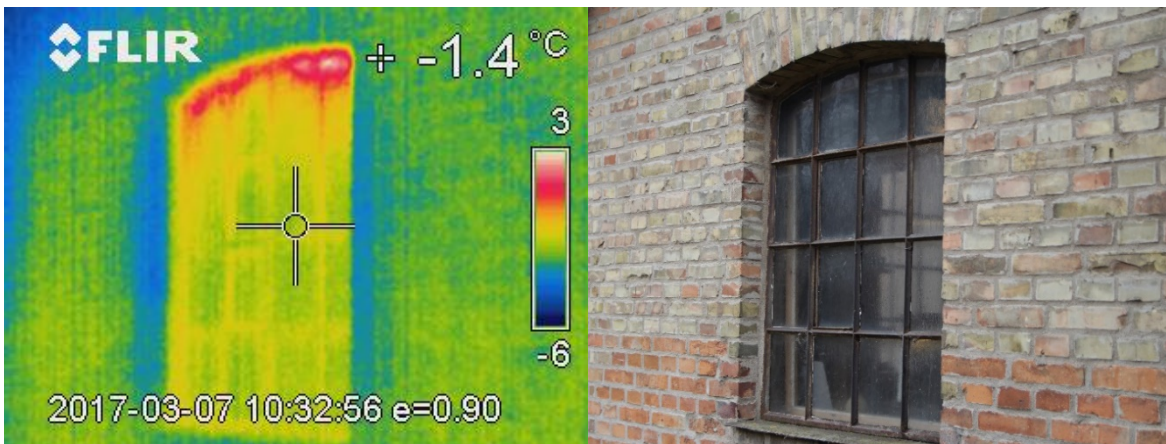
Figur A.2: Anslutning vägg-vägg och vägg-bjälklag.



Figur A.3: Anslutning vägg-vägg och vägg-golvbjälklag.



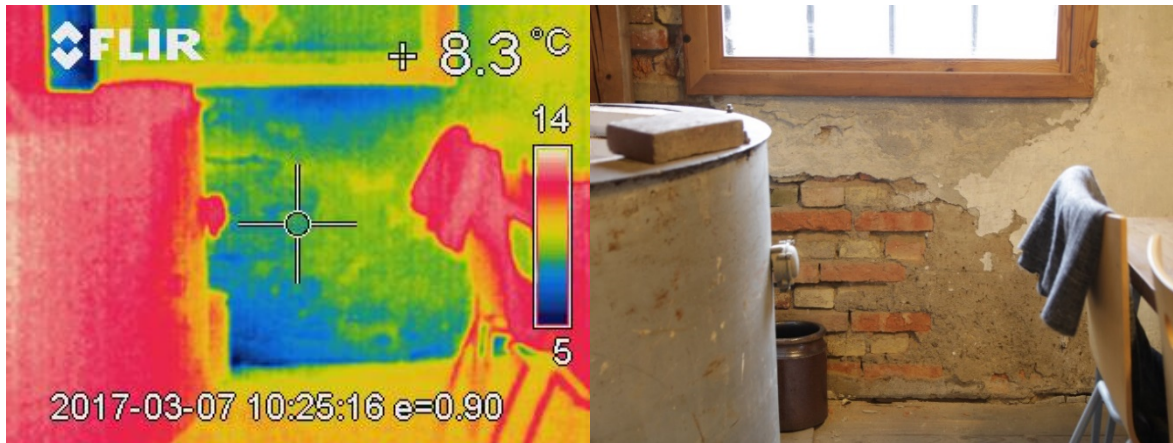
Figur A.4: Anslutning vägg-bjälklag och fönster.



Figur A.5: Fönster sett från utsidan.



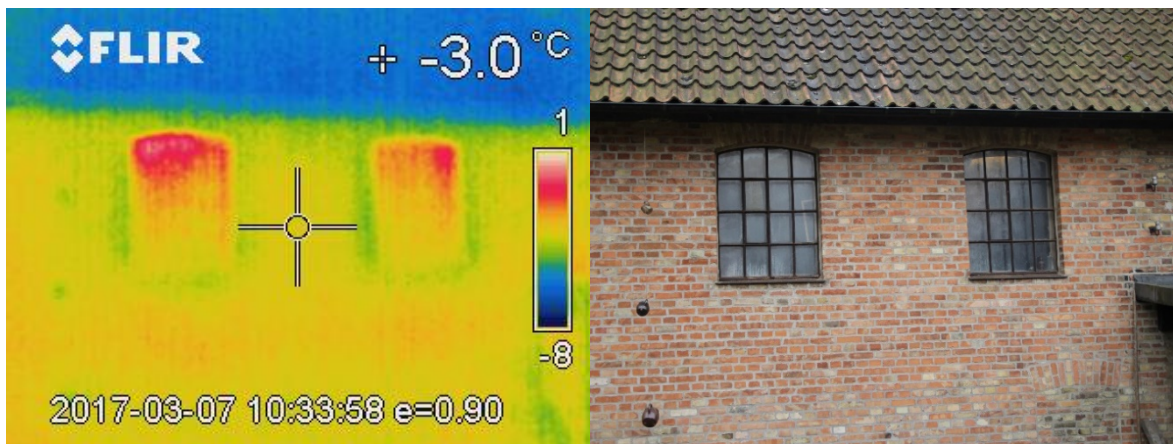
Figur A.6: Fönster sett från utsidan.



Figur A.7: Otätheter yttervägg.

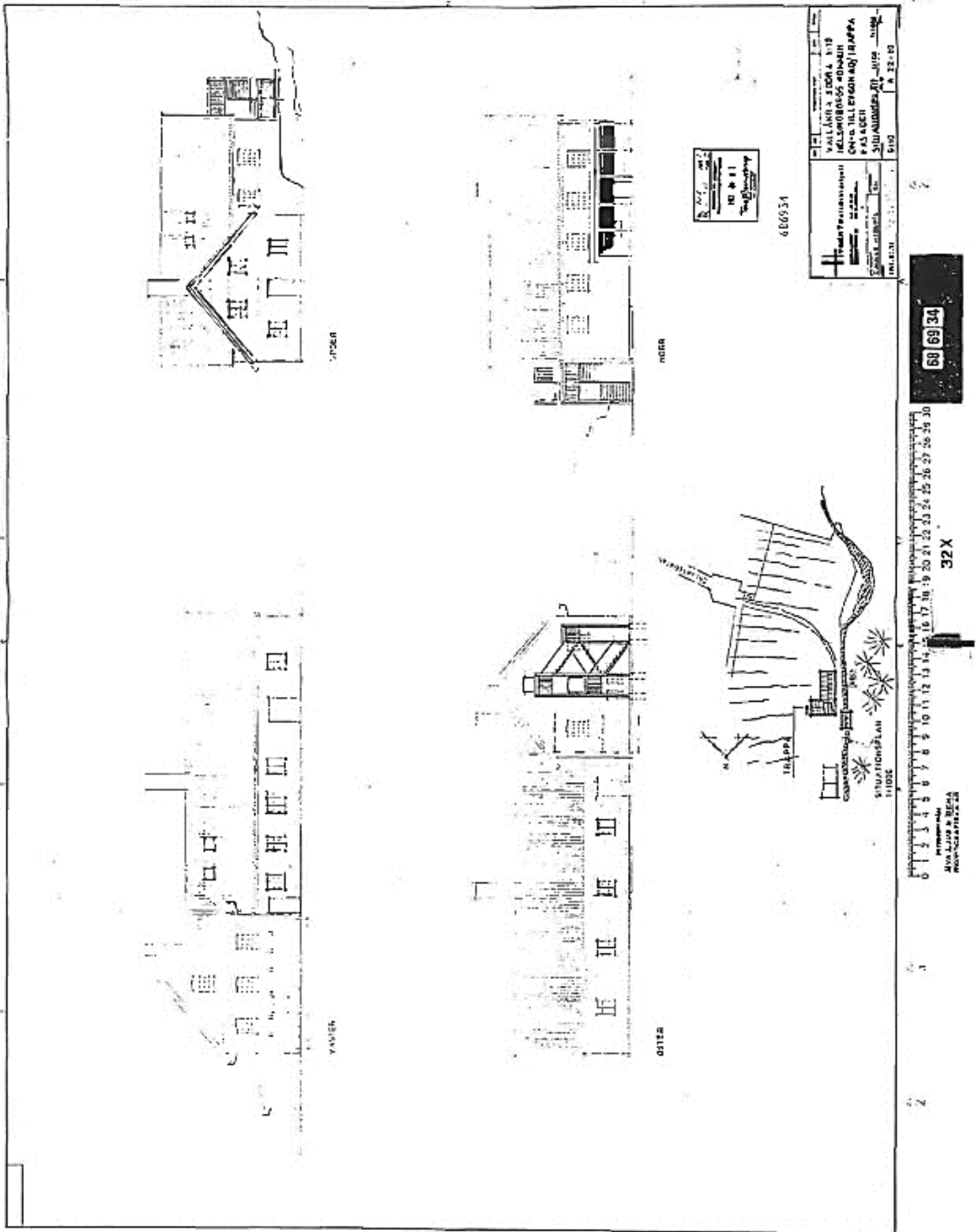


Figur A.8: Skillnad mellan tilläggsisolerad tegelyttervägg och oisolerad tegelyttervägg.



Figur A.9: Skillnad mellan oisolerad tegelyttervägg och bättre isolerat tak.

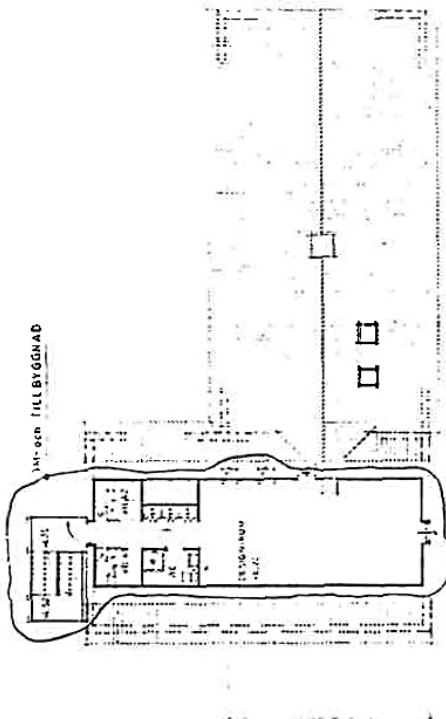
Bilaga B, Ritningar



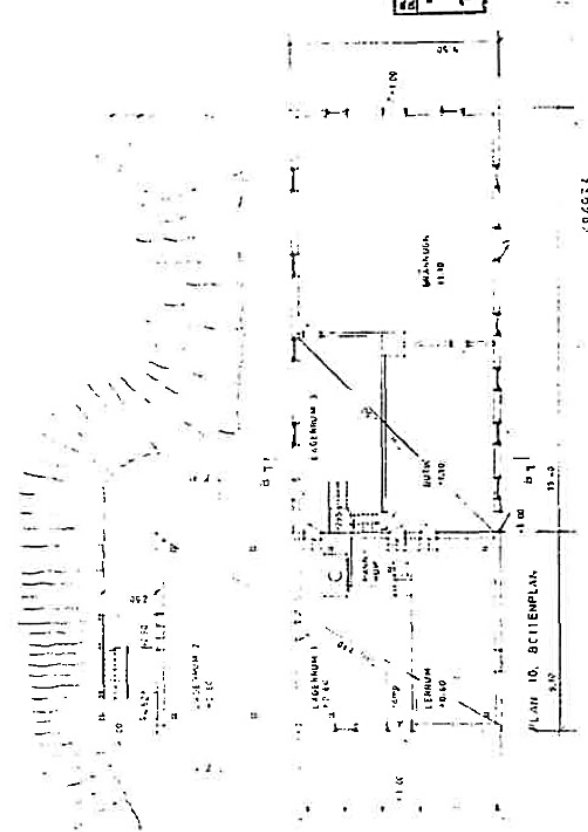
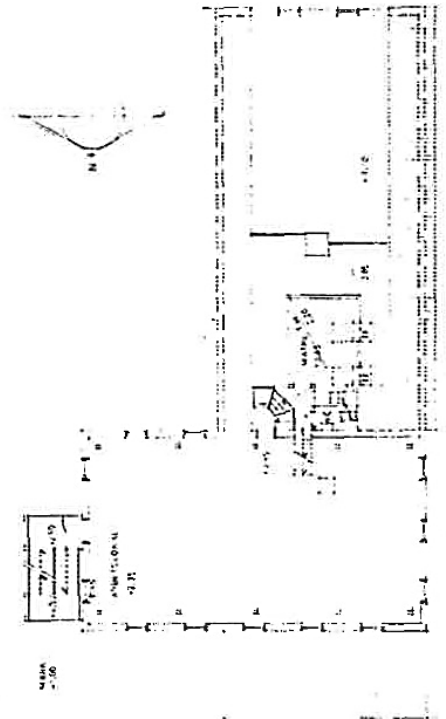
ARBETTSPLAN

Arbetsplan för uppförande av
statens bostäder, - och andra för
uppförande av dessa bostäder.

PLAN 12. TILLBYGGNAD

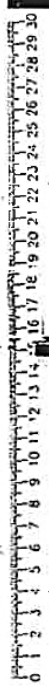


PLAN 11. FÖRSTÄPPLAN



686933

		VALLÅNKA SÖDRA 1:110 HELFJÄLLSÖNS KOMMUN OMGIVNING/TILLBYGGNAD/TRÄPPA PLANER, SEKTIONER, och 1:100 1962
INGENJÖR GUNNAR WÄRNIS	9110	A. 21.10



ansvarig
NVA Ljus & Belysning AB
FRANK STRANDBÄCK

32X

Bilaga C, Energiförbrukning

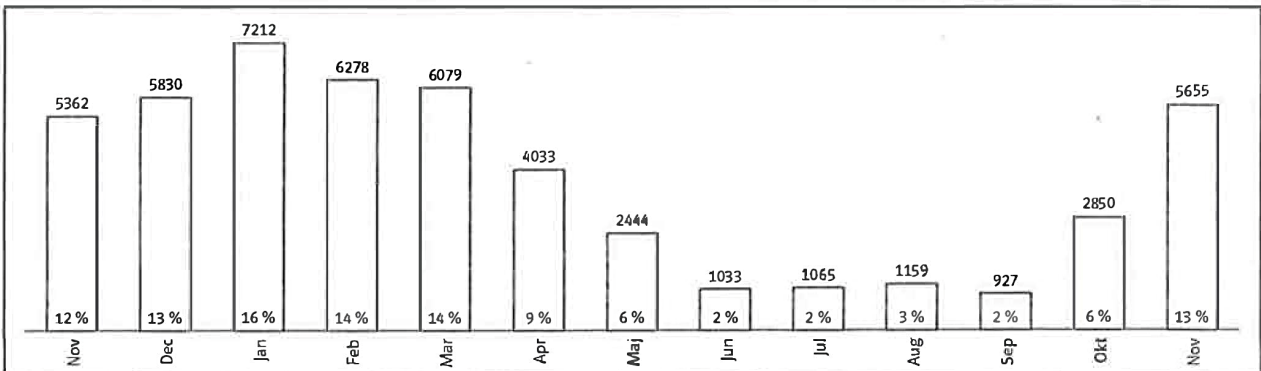
Förbrukning under fakturaperioden 2016 11 01 - 2016 11 30

	Datum	Mätarställning	Förbrukning
Avläst mätarställning	2016 10 31	400 787	
Avläst mätarställning	2016 11 30	406 442	5 655 kWh
Periodens förbrukning			5 655 kWh

Beräknad årsförbrukning: 44 400 kWh

FABRIK,

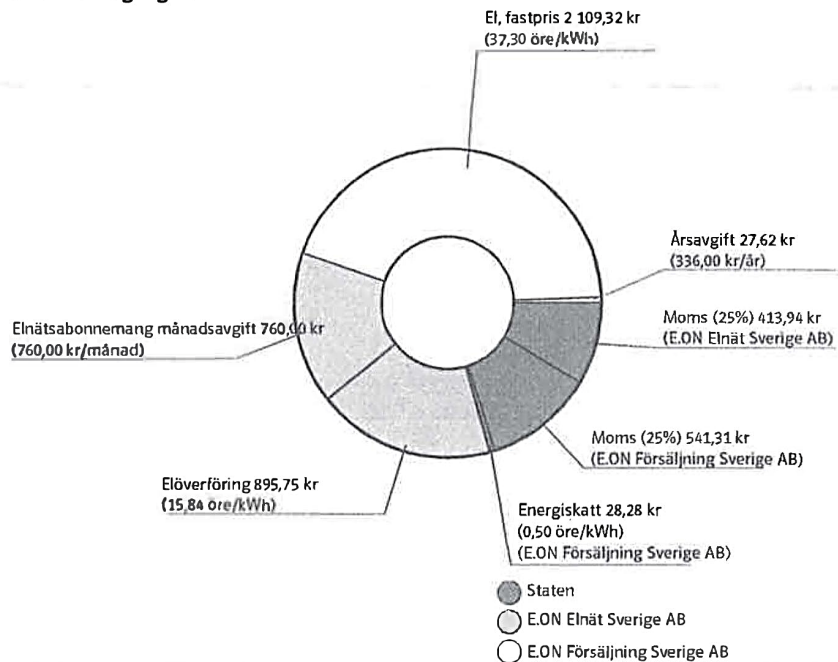
Förbrukningsstatistik (kWh)



Vilka olika kostnader består din faktura av den här gången

Ditt pris per den 30 november 2016

Diagrammet visar en översikt av den här fakturans elhandel och elnätsavgift nedbruten i sina beståndsdelar.



E.ONs elförsäljning 2015



Den el vi sålde 2015 medförde utsläpp av 273 g koldioxid under produktionsfasen och 0,7 mg kärnbränsleavfall per kWh.

Energiskattehöjning Från och med den 1 januari 2016 justeras energiskatten. Den ordinarie skatten höjs med 0,3 öre, från 29,2 öre/kWh till 29,5 öre/kWh. I kommuner med reducerad skatt höjs skatten med 0,6 öre, från 19,3 öre/kWh till 19,9 öre/kWh.

Ska du flytta? Tänk på att anmäla 30 dagar innan du ska flytta.

Bilaga D, U-värdesberäkning



Resultat från Um-beräkning

2017-05-15 10:12

Objekt: Wallåkra, Bostad - Utomhus
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U * A + \text{Summa } \Psi * L) / A_{om} = 0,92 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

$U_m \text{ krav} = 0,40 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Beräkningen uppfyller ej kraven i BBR eftersom inga köldbryggor är redovisade.

Yta	U (W/m ² , °C)	A (m ²)	U*A
1. vägg verkstad V	1,71	21,6	36,83
2. fönster	2,83	3,9	11,04
3. Tak, kattvind N	0,28	34,1	9,55
4. Vägg, konferens Ö	0,24	9,8	2,31
5. dörr	2,00	2,0	4,00
6. vägg verkstad N	1,71	36,9	62,91
7. fönster	2,83	6,5	18,40
8. Tak, kattvind S	0,28	34,1	9,55
9. Tak, mellandel N	0,33	34,1	11,08
10. vägg verkstad S	1,71	38,8	66,15
11. fönster	2,83	2,6	7,36
12. dörr	2,00	2,0	4,00
13. Tak, mellandel S	0,33	33,7	10,95
14. Fönster, tak	2,75	0,4	1,10
15. Tak, vind N	0,33	32,6	10,60
16. Tak, vind S	0,33	32,6	10,60
17. vägg verkstad Ö	1,71	20,9	35,63
18. fönster	2,83	2,6	7,36
19. dörr	2,00	2,0	4,00
20. källare	0,93	139,5	129,04
21. Vägg, konferens V	0,24	10,5	2,48
22. fönster	5,80	1,3	7,54
Aom & Summa U*A		502,50	462,47

Inga köldbryggor definierade, Summa Längd*Psi = 0,00

Resultat från Um-beräkning

2017-05-15 10:29

Objekt: Wallåkra, Bostad - Utomhus
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet

Sammanfattning

$U_m = (\text{Summa } U * A + \text{Summa } \Psi * L) / A_{om} = 0,56 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

$U_m \text{ krav} = 0,40 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Beräkningen uppfyller ej kraven i BBR eftersom inga köldbryggor är redovisade.

Yta	U (W/m ² ,°C)	A (m ²)	U*A
1. vägg verkstad V	0,36	21,6	7,69
2. fönster	1,80	3,9	7,02
3. Tak, kattvind N	0,28	34,1	9,55
4. Vägg, konferens Ö	0,24	9,8	2,31
5. dörr	2,00	2,0	4,00
6. vägg verkstad N	0,36	36,9	13,14
7. fönster	1,80	6,5	11,70
8. Tak, kattvind S	0,28	34,1	9,55
9. Tak, mellandel N	0,33	34,1	11,08
10. vägg verkstad S	0,36	38,8	13,81
11. fönster	1,80	2,6	4,68
12. dörr	2,00	2,0	4,00
13. Tak, mellandel S	0,33	33,7	10,95
14. Fönster, tak	2,75	0,4	1,10
15. Tak, vind N	0,33	32,6	10,60
16. Tak, vind S	0,33	32,6	10,60
17. vägg verkstad Ö	0,36	20,9	7,44
18. fönster	1,80	2,6	4,68
19. dörr	2,00	2,0	4,00
20. källare	0,93	139,5	129,04
21. Vägg, konferens V	0,24	10,5	2,48
22. fönster	1,80	1,3	2,34
Aom & Summa U*A		502,50	281,75

Inga köldbryggor definierade, Summa Längd*Psi = 0,00

Bilaga E, Energiberäkning



Resultat från energiberäkning

2017-05-15 10:36

Objekt: Wallåkra
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet
Beräkning enligt BBR 2012.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige
Närmaste ort: Lund Län: Skåne län
Atemp bostad: 240,0 Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 185 kWh/m².år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 55 kWh/m².år

BBR rekommenderar att använda säkerhetsmarginaler så att kraven på specifik energianvändning verkligen uppfylls när byggnaden tagits i bruk.

Summa installerad eleffekt för uppvärmning: 7,3 kW
BBR:s maximalt tillåten installerad eleffekt för uppvärmning: 7,3 kW (innehåller ett tillägg om Atemp är större än 130 m² och/eller q är större än 0,35 l/s per m²)

BBR klassar byggnaden som eluppvärmd.

Klaras kraven?

Den beräknade specifika energianvändningen är 236% högre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Beräkningen uppfyller ej kraven i BBR eftersom inga köldbryggor är redovisade.

Om det inte är möjligt att installera värmepump och inga andra uppvärmningsformer som fjärrvärme eller biobränsle är möjliga eller om kravet på specifik energianvändning inte är möjligt att uppfylla av kulturhistoriskt motiverade begränsningar accepteras ett överskridande på maximalt 20% för byggnadens användning av el-energi och el-effekt.

Den beräknade specifika energianvändningen är högre än det tillåtna överskridandet på 20%

'Summa installerad eleffekt för uppvärmning' är lägre än det tillåtna överskridandet på 20%

Byggnadens energistatus bör förbättras.

Resultat från energiberäkning

2017-05-15 10:37

Objekt: Wallåkra
Utförd av: Studielicens, Lunds Universitet
Beräkning enligt BBR 2012.

Sammanfattning

Klimatzon: III Södra Sverige
Närmaste ort: Lund Län: Skåne län
Atemp bostad: 240,0 Atemp lokal: 0,0

Beräknad specifik energianvändning: 129 kWh/m².år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 55 kWh/m².år

BBR rekommenderar att använda säkerhetsmarginaler så att kraven på specifik energianvändning verkligen uppfylls när byggnaden tagits i bruk.

Summa installerad eleffekt för uppvärmning: 7,3 kW
BBR:s maximalt tillåten installerad eleffekt för uppvärmning: 7,3 kW (innehåller ett tillägg om Atemp är större än 130 m² och/eller q är större än 0,35 l/s per m²)

BBR klassar byggnaden som eluppvärmd.

Klaras kraven?

Den beräknade specifika energianvändningen är 135% högre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Beräkningen uppfyller ej kraven i BBR eftersom inga köldbryggor är redovisade.

Om det inte är möjligt att installera värmepump och inga andra uppvärmningsformer som fjärrvärme eller biobränsle är möjliga eller om kravet på specifik energianvändning inte är möjligt att uppfylla av kulturhistoriskt motiverade begränsningar accepteras ett överskridande på maximalt 20% för byggnadens användning av el-energi och el-effekt.

Den beräknade specifika energianvändningen är högre än det tillåtna överskridandet på 20%

'Summa installerad eleffekt för uppvärmning' är lägre än det tillåtna överskridandet på 20%

Byggnadens energistatus bör förbättras.

Objekt	Räknat	Datum	Rev	Sida
Wällåkra stenkärtsfarbik		2017-05-11		1 (1)
Kapitel	Ort			
7 YTTERVÄGGAR	Vällåkra			
Mängd	Enhet	Material	Tid	Bruttopriser
		Enh.-pris	Tim/Enh.	Enh.-pris
		Summa SEK	Timmar	Summa SEK

Trpt	Mängd	Enhet	Material	Tid	Bruttopriser	Ann. (P.-kod)
			Enh.-pris	Tim/Enh.	Enh.-pris	
			Summa SEK	Timmar	Summa SEK	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
Trpt						1 050