



Energieffektivisering av BRF Djingis Khan i Lund

Fallstudie

Martin Nilson

Examensarbete på Civilingenjörsnivå
Avdelningen för Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



Energieffektivisering av BRF Djingis Khan i Lund

Fallstudie

Martin Nilson

Lund, 2015

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energi-
hushållning, Inst för Energivetenskaper, Lunds Universitet – LTH.Handledare på LU-
LTH: prof. Jurek Pyrko; examinator på LU-LTH: lektor Patrick Lauenburg.
Projektet har genomförts i samarbete med BRF Djingis Khan i Lund.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-15/5346-SE

ISSN 0282-1990

© 2015 Martin Nilson samt Energivetenskaper

Energihushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.energy.lth.se

ABSTRACT

This Master's thesis investigates how the community Djingis Khan, located in Lund, can lower its energy consumption. The construction of the buildings alongside with the residents' energy related behaviour consumption patterns is investigated to determine the balance between incoming and outgoing energy. Inefficiency in energy-usage is located and solutions are studied. When inefficiency concerns the construction of the buildings the solutions are analysed in VIP Energy, where the energy balance is determined and compared with the one prior to an action. Inefficiency regarding hot water usage and the measures to improve this is analysed based on the residents' consumption patterns. The decrease in energy usage gained by every action is accordingly determined.

The lifespan of each action is considered and an appropriate "time of cash flow" is determined. The economical consequence, as a net present value, is calculated from a discount rate of 4 %, the energy savings and the time of cash flow. The capital cost is in most cases not considered; it's instead the economical benefits of the energy savings that are calculated. This makes it possible to compare different capital costs against the savings NPV. The measure is profitable if the NPV of energy savings for an action is greater than the capital cost; in these cases the action should be executed.

Measures are profitable if the capital cost carried is less than:

- For adding insulation to walls < 340 SEK/m²
- For adding insulation to roof < 98 SEK/m²
- For replacing window in living room < 8 700 SEK/par of windows
- For replacing window in kitchen < 6 350 SEK/window
- For replacing window on the upper floor < 6 950 SEK/window

One measure studied is the effect of replacing inefficient showerheads with a more effective alternative; for this case the cost for installation has been taken into account. The NPV for the measure, assuming a lifespan of 10 years, is 1.6 MSEK; it's consequently profitable.

Most of the energy saving measures analysed are not likely to be financially beneficial at the time being. They should instead be taken into account when they pose as an additional cost to a necessary action, e.g. renovation.

SAMMANFATTNING

Examensarbetet redogör för hur BRF Djingis Khan i Lund kan effektivisera sin energianvändning. Bostädernas konstruktion och hushållens energibeteende studeras i syfte att ställa upp en korrekt energibalans, mellan tillförd och bortförd energi. Delar som är ineffektiva ur ett energiperspektiv identifieras och åtgärdsförslag tas fram. När ineffektiviteten berör byggnadens klimatskal simuleras åtgärdsförslagen i VIP Energy, där den resulterande energibalansen jämförs med den ursprungliga. När ineffektiviteten berör användning av tappvarmvatten utgår effektiviseringsåtgärderna från hushållens energibeteende. På detta sätt fastställs varje åtgärds potentiella årliga energibesparing.

Den ekonomiska livslängden för varje åtgärd bedöms och en lämplig kalkylperiod bestäms med hänsyn till denna. Utifrån kalkylperiod, energibesparing och en kalkylränta om 4 % bestäms de olika åtgärdernas ekonomiska besparing som ett nettonuvärde. Ingen hänsyn tas till kapitalkostnaden för de flesta åtgärderna utan istället beräknas den ekonomiska vinsten som följer av minskad energianvändning. Denna besparing kan sedan ställas mot investeringskostnaden. Om åtgärdens nettonuvärde är större är investeringen lönsam och bör genomföras.

Nedanstående åtgärder är lönsamma om deras investeringskostnad eller merkostnad vid renovering/ombyggnad är mindre än:

- För tilläggsisolering av väggar < 340 SEK/m²
- För tilläggsisolering av tak < 98 SEK/m²
- För ersättning av fönster i vardagsrum < 8 700 SEK/fönsterpar
- För ersättning av fönster i kök < 6 350 SEK/fönster
- För ersättning av fönster på ovanvåning < 6 950 SEK/fönster

För åtgärden att byta ut traditionella duschmunstycken mot snålspolande togs investeringskostnaden i beaktande. Vid en kalkylperiod ansatt till tio år får investeringen ett positivt nettonuvärde på 1,6 MSEK. Åtgärden är alltså lönsam att vidta.

De flesta åtgärderna bedöms inte vara lönsamma i dagsläget utan bör istället övervägas när de utgör en merkostnad vid en nödvändig åtgärd, exempelvis vid ombyggnad eller renovering.

FÖRORD

Denna studie är ett examenarbete som omfattar 30 högskolepoäng vid avdelningen för Energivetenskaper vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete med BRF Djingis Khan i Lund.

Jag vill rikta ett tack till min handledare Jurek Pyrko som har försett mig med konkret feedback och nödvändig utrustning för att kunna genomföra de analyser av området som har gjorts.

Ett stort tack till Bert Sjögren, Håkan Flensburg, Jan Ek och Paul Ekberg som har försett mig med nödvändig information och tillgång området. Tack till de boende i husen O:222, A:39, R:276 och I:72 för tillåtelsen att undersöka era hus med värmekamera. Detta gav mycket värdefull information om husens klimatskal och var till stor hjälp vid identifiering av energiläckor. Slutligen ett tack till er som svarade på den elektroniska enkäten. Era i många fall utförliga svar gav mig en helhetsbild som inte skulle vara möjlig att erhålla på annat sätt.

Martin Nilson

Lund, 2015-09

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT	4
SAMMANFATTNING	5
FÖRORD	6
NOMENKLATUR	10
1 INLEDNING	12
1.1 Bakgrund	12
1.2 Frågeställning	13
1.3 Syfte och mål	13
1.4 Metod	13
1.5 Avgränsningar	14
2 ENERGI	16
2.1 Användning	16
2.1.1 Globalt	16
2.1.2 Sverige	16
2.2 Effektivisering	17
2.2.1 EU	17
2.2.2 Sverige	17
2.3 Suboptimering	18
3 DJINGIS KHAN - FÖRUTSÄTTNINGAR	20
3.1 Inledning	20
3.2 Område	21
3.3 Förutsättningar	21
3.4 Enkät	22
3.4.1 Utförande	22
3.4.2 Resultat	24
3.4.3 Diskussion	29

3.5	Konstruktion	30
3.5.1	Grundkonstruktion	30
3.6	Termografi	35
3.6.1	Bakgrund	35
3.6.2	Teori	35
3.6.3	Undersökning	36
3.6.4	Slutsatser	37
4	ENERGIANALYS DJINGIS KHAN	42
4.1	Uppbyggnad	42
4.1.1	Översikt	42
4.1.2	Grundbyggnaden	44
4.1.3	Tillbyggnader	45
4.1.4	Sammanställning	46
4.2	Energibalans	48
4.2.1	Inledning	48
4.2.2	VIP Energy	49
5	EFFEKTIVISERING DJINGIS KHAN	55
5.1	Inledning	55
5.2	Ekonomi	56
5.3	Indata	58
5.4	Tappvarmvatten	58
5.4.1	Åtgärd 1 - Snålspolande duschmunstycken	58
5.4.2	Åtgärd 2 - IMD	60
5.4.3	Diskussion	62
5.5	Uppvärmning	63
5.5.1	Åtgärd 3 - Tilläggsisolera tak	63
5.5.2	Åtgärd 4 - Sedumtak	64
5.5.3	Åtgärd 5 - Tilläggsisolera väggar utifrån	65
5.5.4	Åtgärd 6 - Tilläggsisolera väggar inifrån	66
5.5.5	Åtgärd 7 - Byta gamla fönster i grundbyggnaden	68
5.5.6	Åtgärd 8 - Byta gamla altandörrar	69
5.5.7	Åtgärd 9 - Täta hållighet för avloppsrör	70
5.6	Avvikelser	71
6	SLUTSATSER	72
7	FELKÄLLOR	74
7.1	Antaganden	74
7.2	Osäkerhetsfaktorer	74
8	DISKUSSION	75

9 LITTERATURFÖRTECKNING	76
Direktiv och yttranden	76
Litterära källor	76
Manualer	76
Rapporter	77
Regelverk	78
Webb	78
BILAGA A - FRÅGEFORMULÄR	80
BILAGA B - VÄRMEKAMERAUNDERSÖKNING	90
BILAGA C - TILLBYGGNADER	109
BILAGA D - RADHUSLÄNGOR	116
BILAGA E - KONSTRUKTIONSDELAR	136
BILAGA F - ENERGIANVÄNDNING SIMULERAT I VIP ENERGY	146
BILAGA G - VARMVATTENANVÄNDNING	147

NOMENKLATUR

BBR	<i>Boverkets byggregler</i>
Ekonomisk livslängd	<i>Den tid som en investering bedöms vara ekonomiskt fördelaktig att använda.</i>
Emissionsfaktor	<i>Andelen av den infraröda strålningen från ett objekt som är emitterad strålning.</i>
Graddagar	<i>Summan av ett års dygnsmedeltemperaturers avvikelse från en referenstemperatur.</i>
Kalkylränta	<i>Räntesats som speglar en investerings avkastningskrav. I detta fall (låneränta - inflation + real energiprisökning).</i>
Kallras	<i>Nedåtriktat luftdrag orsakat av att kall luft tar sig in via en köldbrygga.</i>
Klimatskal	<i>En byggnads ytterhölje. Väggar, tak, golv, fönster och dörrar.</i>
Kostnadseffektiv	<i>I detta fall åsyftas kostnadseffektivitet ur ett privatekonomiskt perspektiv om inget annat uppges. En kostnadseffektiv investering är alltså mer lönsam än att inte förändra.</i>
Köldbrygga	<i>En del i en byggnadskonstruktion där värmeledningen är större än för angränsande delar.</i>
Normalår	<i>Medelvärde för temperatur under ett år, för en tidsperiod. Enligt SMHI:s definition är perioden 1961-1990.</i>
NPV	<i>Nettonuvärde. Värdet av en investerings intäkter minus kostnader diskonterat till samma tidpunkt. OBS! I vissa fall i rapporten avses endast nuvärdet av besparingar.</i>

RTC	<i>Reflekterad temperatur. Temperaturen på den reflekterade stålningen.</i>
Split incentives	<i>I denna rapport åsyftas en åtgärd som kollektivt är energibesparande, men där varje enskilt hushålls besparing är försumbar.</i>
Teknisk livslängd	<i>Den tid en investering är möjlig att använda.</i>
U-värde	<i>Tidigare k-värde. Hur mycket energi en byggnadsdel förlorar per ytenhet.</i>
VIP Energy	<i>Energiberäkningsprogram.</i>

1 INLEDNING

Rapporten följer projektets metodik. Teori, tillvägagångssätt och resultat för olika delar redovisas därför löpande genom hela arbetet. I början av varje kapitel finns, i kursiv stil, anvisningar för vilka avsnitt som är av intresse för en läsare som inte är intresserad av metodiken utan bara intresserar sig för utfallet. Detta kapitel ger en kort beskrivning av projektet.

1.1 Bakgrund

Subventioner för energi, definierat som skillnaden mellan det konsumenter betalar för energi och dess ”verkliga kostnad”, uppgår enligt en uppskattning av Internationella valutafonden (IMF) i år till 5,3 triljoner amerikanska dollar. Vilket motsvarar 6,5 % av global BNP. Beloppet är troligen större än det som regeringar världen över lägger på sjukvård och hälsa, uppskattningsvis 6 % av global BNP. I termen ”verkliga kostnader” innefattas förutom tillhandahållandet av energi också de kostnader som energin orsakar i form av skador på miljö och människa. IMF menar att subventionskostnaderna är allt för stora och utgör ett problem. Att likställa de ”verkliga kostnaderna” med det som konsumenten betalar är därför viktigt. IMF föreslår således en gradvis ökning av energipriserna, vilket uppges öka de offentliga finanserna och minska energianvändningen (Clements & Gaspar, 2015).

Att spara energi är i dagens samhälle en het fråga som kan vara mycket lönsamt om det görs på rätt sätt. Många effektiviseringsåtgärders ekonomiska utfall beror på vilken tidpunkt de genomförs (SABO 2011, s. 17). För att effektivisera ett bostadsområde kostnadseffektivt måste därför en långsiktig plan läggas fram. Planen ska möjliggöra att besparingen kopplad till en effektiviseringsåtgärd kan värderas mot den merkostnad som åtgärden utgör vid en tänkt förändring.

Denna rapport redogör utifrån ett praktikfall, området tillhörande BRF Djingis Khan i Lund, för hur effektivisering av ett bostadsområde bör göras för att nå bästa möjliga kostandseffektivitet. Rapportens huvudinnehåll innefattar:

- Utredning av bostadsområdets energiprestanda.
- Analyser av hur mycket energiförbrukningen minskar till följd av olika effektiviseringsåtgärder.
- Energibesparingars värde utifrån ett ekonomiskt livscykelperspektiv.
- En plan för hur området bör energieffektiviseras.

1.2 Frågeställning

Projektet ska utreda hur BRF Djingis Khan kan energieffektiviseras på ett kostnadseffektivt sätt. Huvudfrågeställningarna är:

- Till vilken kostnad är det lönsamt att vidta olika energieffektiviserande åtgärder?
- Finns det åtgärder som är lönsamma att genomföra idag?
- Finns det åtgärder som inte är lönsamma idag, men som kan vara det i ett senare skede?

1.3 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att ta fram beslutsunderlag för framtida energieffektivisering av BRF Djingis Khan i Lund. Beslutsunderlaget ska visa den ekonomiska och den energimässiga besparingen som en åtgärd medför. Utifrån detta ska Djingis Khan, nu och i framtiden, kunna fatta ett ekonomiskt korrekt beslut om huruvida energieffektiviserande åtgärder ska genomföras eller inte.

Målet med arbetet är att BRF Djingis Khan ska ta till vara på beslutsunderlaget och genomföra effektiviseringsåtgärder när de förväntas vara lönsamma. Målet är också att metoden som används redogörs på ett tydligt sätt så att tillvägagångssättet för att nå beslutsunderlaget kan återskapas och tas fram för andra bostadsområden.

1.4 Metod

Metoden baseras i mångt och mycket på att kunskap som kommer från litteraturstudier används för att undersöka en verklig situation, där bostadsområdet BRF Djingis Khan i Lund används som praktikfall och där målet är att effektivisera energianvändningen. Någon analys av det gemensamma samlingshuset görs inte. Det görs inte heller någon analys av hur området kan minska sin användning av el.

För att möjliggöra en analys av olika effektiviseringsåtgärder bedöms först områdets rådande energiprestanda; var det finns brister i effektivitet lokaliseras också. Detta görs genom studier av bostädernas klimatskal och den faktiska energianvändningen. Informationskällor som används är:

- Energidata och ritningar
 - Byggnadsritningar
 - Energideklaration
 - Fjärrvärmedata
- Kvantitativt
 - Enkätundersökning
- Kvalitativt
 - Värmekameraundersökning

Utifrån de förutsättningar som fastställs simuleras energianvändningen för området, varvid energiberäkningsprogrammet VIP Energy används. Den simulerade användning jämförs med den faktiska och tillförlitligheten för analysen kan på så sätt granskas. Olika energieffektiviseringsåtgärder kan därefter simuleras genom att förändra konstruktionsdelars materiella egenskaper. Energibesparingen för varje åtgärd kan sen fastställas genom jämförelse med den ursprungliga simuleringen. Energibesparingen som erhålls utgör underlag för att kunna göra kostnadsanalyser och bestämma till vilken kostnad som en effektiviseringsåtgärd är lönsam.

1.5 Avgränsningar

Studien omfattar ett praktikfall vilket gör att resultaten i rapporten inte är generellt applicerbara. Däremot är tillvägagångssättet för att nå resultatet generellt och bör därför kunna användas vid analyser av andra bostadsområden.

Värmekameraundersökningen genomfördes endast på fyra hus, drygt 1 % av området. Eftersom hela området byggdes samtidigt och värmebilderna från samtliga hus är överensstämmande, bedöms detta likväl ge en god bild av husens värmeläckage.

Enkätundersökningen besvarades av 57 % av hushållen. Den ligger till grund för en energieffektiviseringsåtgärd i vilken det antas att enkätens svar är representativt för hela området. Åtgärdens avkastning bedöms inte att förändras nämnvärt om andra förhållanden råder för de övriga hushållen, men en mer grundlig granskning av vilka hushåll som är i behov av förändringen bör göras.

Individuell mätning och debitering behandlas bara för fallet rörande varmvatten och inte för uppvärmning som helhet. Anledningen till detta är att det råder skillnader i

energiprestanda beroende av var huset är placerat i en radhuslänga. Individuell mätning och debitering för uppvärmning bedöms därför inte som rättvist.

Förändringar av det befintliga ventilationssystemet analyseras inte. Hur åtgärder påverkar husens ventilation analyseras inte heller. Speciellt vid åtgärden att tilläggsisolera väggar bör detta analyseras närmre. Om det fastställs att ventilationssystemet måste förändras vid denna åtgärd, bör merkostnaden för detta täckas av den besparing som tilläggsisoleringen medför, för att den ska kunna betraktas som lönsam. Ett nytt ventilationssystem kan också innebära en ökad ventilation, vilket kommer att försämra den ekonomiska lönsamheten. Dock bör det tas i betänkande att denna förändring förbättrar inomhusklimatet om ventilationen i dagsläget är undermålig. Det finns därför fler vinster än bara miljömässiga kopplade till att genomföra den. Hur man väljer att värdera denna nytta måste också ingå i analysen.

En ingående granskning av VIP Energys beräkningsmetoder har inte gjorts utan de valideringar som har genomförts av internationellt erkända organ anses vara tillräckliga för att säkerställa att resultatet är tillförlitligt. Den simulerade energianvändningen för Djingis Khan stämmer dessutom väl överens med den verkligt uppmätta.

2 ENERGI

Kapitlet beskriver i generella termer hur energi används idag och vilka förutsättningar som finns för att effektivisera denna användning. Den insatta läsaren hoppar med fördel över detta kapitel.

2.1 Användning

2.1.1 Globalt

Samhället är starkt beroende av energi, mer i vissa delar av världen än andra men utvecklingen går framåt och skillnaderna börjar så sakteliga jämnas ut (IEA 2014, s. 28). Användningen av primäre energi har globalt ökat i en stadig takt om 2,5 % per år det senaste decenniet, att jämföra med en genomsnittlig ökning om 1,7 % per år sett över de senaste fyrtio åren (BP 2014, s. 2) (IEA 2014, s. 28). Användningen förskjuts allt mer från OECD länderna, som på senare år har lyckats minska sin primäranvändning (IEA 2014, s. 29), till Asien och andra utvecklingsländer. I synnerhet Kina har ökat sin energianvändning och har snart tredubblat sin andel av den samlade globala användningen (IEA 2014, s. 28). Att energianvändningen ökar i utvecklingsländerna är inte bara ett problem, utan också ett tecken på att levnadsstandarden ökar. Föråldrad teknologi och billiga energikällor med hög miljöpåverkan är en lockelse för dessa länder, men är i längden inte den mest kostnadseffektiva lösningen (2003/C 61/07, ss. 2-3). Det är därför viktigt att dagens I-länder som redan genomgått denna utveckling, om än med ringare miljömässiga påtryckningar utifrån, stödjer utvecklingsländerna med kunskap och energisparande teknik (2003/C 61/07, s. 2). Industriländerna måste dessutom minska sin egen miljöpåverkan. Insatser som energieffektiviserar eller integrerar förnyelsebar energi ska därför genomföras. En stor utmaningen är att identifiera vilka åtgärder som är mest kostnadseffektiva att vidta ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

2.1.2 Sverige

Sveriges energiproduktion är ur ett globalt perspektiv mycket koldioxidneutral, sett till vilka energibärare som används. Men trots detta så var råolja och oljeprodukter den största posten av tillförd energi år 2013. Framför allt transportsektorn, där högt energiinnehåll per viktenhet är elementärt, är beroende av denna energibärare (Energimyndigheten 2003, s. 10). Utöver transporter brukar Sveriges energianvändning delas upp i sektorerna industri samt bostäder och service, vilka båda står för knappt 40 %, år 2013, av den totala användningen. Bostad- och

servicesektorn var länge starkt beroende av oljeprodukter men har de senaste decennierna genomgått en övergång till el och fjärrvärme vars bådars ursprung oftast är förnyelsebar och/eller koldioxidneutral (Energimyndigheten 2013, ss. 17, 45, 59). Genomsnittligt svarar uppvärmning inklusive tappvarmvatten för nästan 60 % av användningen inom sektorn och står därför för en betydande del av Sveriges energianvändning (Energimyndigheten 2013, s. 16).

2.2 Effektivisering

2.2.1 EU

Europeiska Unionen har som en del i vad som brukar benämnas ”20-20-20 målen” enats om att öka energieffektiviteten med 20 % till år 2020, jämfört med 2007 års framtidsprognoser vid ”*business as usual*” (Europeiska kommissionen 2011, s. 2). Målet är ett direktiv och är därför inte tvingande. I den Europeiska kommissionens handlingsplan, för energieffektivitet 2011, framgår det att den största energibesparingspotentialen finns i byggnadssektorn och att det är viktigt att den offentliga sektorn föregår med gott exempel genom att i större omfattning renovera sina byggnader. Kunskap och utbildning angående energieffektiva byggnader lyfts också fram som något som måste förbättras för att kunna nå effektiviseringsmålen kostnadseffektivt (Europeiska kommissionen 2011, ss. 3-7).

Inom EU har energianvändningen i bostäder och lokaler ökat med runt 1 % per år sedan 1990. Mängden energi för uppvärmning har minskat något medan energiåtgången för hushållsapparater har ökat markant (Murray 2015, s. 35). Energieffektiviteten har ökat med runt 1,5 % per år sen år 1990 (EEA, 2015), energieffektiviseringsmålet i denna sektor nås alltså först om effektiviseringstaketen ökar med nästan det dubbla. Europaparlamentets direktiv angående byggnaders energiprestanda från 2002 (2002/91/EG) har därför ersatts med ett nytt direktiv (2010/31/EU), med skärpa krav gällande energieffektivitet vid nybyggnation och omfattande renovering. Dessutom innefattar det nya direktivet ett krav om att alla nya byggnader ska vara nära-nollenergibyggnader senast den 31 december 2020 (2010/31/EU).

2.2.2 Sverige

I enlighet med EU:s direktiv har Sveriges riksdag beslutat om att öka energieffektiviteten i bostäder och lokaler med 20 % fram till år 2020 och med 50 % till år 2050 (ClueE 2013, s. 6). 50/50-målet har dock utgått och vad som kommer att ersätta det är oklart (IVA 2012, s. 17). Som ett viktigt steg mot att nå bättre energieffektivitet har Boverket lagt fram byggregler, i enlighet med 2010/31/EU, som

avser nybyggnationers lägsta tillåtna energiprestanda. Rättvisa förutsättningar har skapats genom att dela in landet i fyra stycken klimatzoner, där olika villkor gäller i enlighet med zonens klimat och sålunda dess behov av uppvärmning. Nybyggnation är dock bara en del av lösningen och för att nå målen krävs även effektivisering av befintliga byggnader. Miljonprogrammets bostäder har idag stått i 40-50 år och många står därför i behov av renovering och ombyggnad, vilket är ett ypperligt tillfälle att kostnadseffektivt öka energiprestandan. Fasadrenovering och andra omfattande ingrepp i konstruktionen görs så sällan att det är viktigt att ta till långtgående effektiviseringsåtgärder vid dessa förändringar, för att bostäderna inte ska utgöra en miljöbelastning i framtiden (ClueE 2013, s. 6). Miljonprogrammets bostäder förvaltas ofta av kommunala- eller allmännyttiga bostadsbolag och utmaningen nu och framöver är att upplysa och styra förvaltarna mot kostnadseffektiva energisnåla lösningar (ClueE 2013, s. 5).

2.3 Suboptimering

Bostäder och lokaler svarar totalt för 3 % av Sveriges utsläpp av växthusgaser, vilket får anses som en försvinnande liten del (Energimyndigheten 2012, s. 10). Att lägga resurser på att energieffektivisera denna sektor kan därför lätt tyckas vara suboptimalt. Denna åsikt fokuserar dock inte på samhället som helhet med ett långt tidsperspektiv, utan på hur man snabbt når utsläppseffektiva lösningar. Den största fördelen med energieffektivisering av bostäder är att åtgärden är ett av de mest kostnadseffektiva sätten att öka den trygga energiförsörjningen på (Europeiska kommissionen 2011, s. 3) och i många fall är investeringar rent av privatekonomiskt lönsamma. Energin som sparas kommer ofta från fjärrvärme eller elnätet. Då andelen fjärrvärme från kraftvärmeverk ökar, stod år 2013 för 45 % av produktionen, innebär ofta energibesparingar i bostadssektorn en ökad mängd tillgänglig energi i elnätet (Energimyndigheten 2013, s. 63). Detta är en förutsättning för att i längden kunna avveckla den svenska kärnkraften. Det skapar dessutom utrymme för att integrera mer elektricitet i transportsektorn, som idag står för majoriteten av Sveriges utsläpp av klimatgaser (Energimyndigheten 2013, s. 10).

Som Boverket idag har formulerat kraven angående nybyggnationers energiprestanda, finns det däremot utrymme för viss suboptimering. Hus som använder el och värmepump för uppvärmning kan idag använda dubbelt så mycket energi per kvadratmeter och år som hus som värms med övriga alternativ, på grund av värmepumpens utbytesfaktor (BBR 2015, ss. 154-155). Kostnadseffektiva sätt att integrera förnyelsebar energi riskerar därför att väljas bort i förmån för uppvärmning med el och ett mindre energieffektivt klimatskal. Avseende köpt energi är kombinationen el och värmepump ett mer energieffektivt sätt att värma huset på, men i realiteten används en större mängd energi. Både den svenska elen och en berg- eller luftvärmepump är relativt klimatneutrala vilket gör att utsläppen av klimatgaser inte

nödvändigtvis ökar. Däremot gör man sig mer beroende av kärnkraften om en allt större andel hushåll börjar använda el till uppvärmning. Som situationen ser ut i dagsläget uppfyller inte Boverkets regler europaparlamentets direktiv 2010/91/EU och en omarbetning av byggreglerna som likställer energikraven på byggnaden oavsett vilket uppvärmningssystem som används måste därför till (Öberg & Associés 2014, ss. 1-3).

3 DJINGIS KHAN - FÖRUTSÄTTNINGAR

Kapitlet innehåller både tillvägagångssätt och resultat. Läsaren som inte är intresserad av tillvägagångsstället läser endast Avsnitt 3.4.2, 3.5.1 och 3.6.4.

3.1 Inledning

Europeiska Unionen och därmed också Sverige har som nämnt ambitiösa mål gällande energieffektivisering av fastigheter. År 2020 ska fastighetsbeståndet vara 20 % effektivare jämfört med 2007 års prognoser, och även om det officiella målet ”50 % effektivisering till år 2050” har utgått så finns det fortfarande en strävan mot detta (ClueE 2013, s. 5). Huruvida Djingis Khans befintliga bostäder kommer att stå kvar år 2050 och därmed beröra denna strävan är inte helt självklart. Att ta ställning till denna fråga, innan renoveringar eller förändringar görs, är viktigt för att undvika att suboptimala insatser görs (Fastighetsnytt 2008, s. 482). Om man vill att den befintliga bebyggelsen ska stå kvar år 2050, utan att vara en belastning för samhällets målsättning, behövs en helhetssyn på konstruktionen och en plan för hur man effektiviserar kostnadseffektivt måste tas fram.

Granskningen och rekommendationerna för området i denna rapport utgår från ställningstagandet att byggnaderna ska stå kvar år 2050 och även en tid därefter. Målet är därför att presentera en tydlig plan för hur man på ett lönsamt vis når en god energieffektivisering av grundbyggnaden över ett längre tidsperspektiv. Med en helhetssyn behöver inte varje enskild åtgärd vara kortsiktigt lönsam, utan en lönsam åtgärd kan finansiera en som är mindre lönsam (SABO 2011, s. 6). Detta ger dessutom större utrymme till att beakta- och förbättra områdets upplevda inomhuskomfort.

För att få en helhetsbild av bostadsområdet har huvudsakligen tre informationskällor nyttjats:

- Byggnadsritningar
- Enkätundersökning
- Värmekameraundersökning

3.2 Område

Bostadsområdet Djingis Khan i östra Lund uppfördes 1972 med AF-bostäder som initiativtagare. Området är monotont uppbyggt av 40 längor av radhus som skapar 20 gårdar. Grundkonstruktionerna, ritade och byggda av byggfirman Byggnads AB Harry Karlsson, anlände som färdiga moduler och sattes snabbt på plats. 1981 sålde AF-bostäder området till HSB som gjorde om hyresrätterna till bostadsrätter. Med sina 316 hus är Djingis Khan en av Lunds största bostadsrättsföreningar.

3.3 Förutsättningar

Djingis Khan ligger i utkanten av Lund och påverkas därför mer utav vind än vad som är normalt i stadsmiljö, området är speciellt oskyddat i nordlig riktning där ett öppet fält angränsar. Husens vindutsatthet tillsammans med att de är otätt byggda, jämfört med dagens standard, gör att inomhusklimatet påverkas mycket av yttre förhållanden.

Bostäderna värms upp med fjärrvärme från Kraftringen och ventileras genom självdrag, bortsett från en handfull hushåll som har installerade frånluftsaggregat. Trots att bostäderna både har ventiler och att andra otätheter förekommer i klimatskalet upplevs luften inomhus stå väldigt still under sommarhalvåret. Detta är ett vanligt problem hos hus som ventileras genom självdrag, då självdrag utnyttjar temperaturskillnader mellan ute och inne för att skapa tryckskillnader som skapar luftomsättning. När det är blåsigt och kallt ute riskerar däremot självdraget att fungera för bra och bostäderna riskerar att kylas ner lokalt. Inomhustemperaturen uppfattas då ofta som lägre än vad den egentligen är och uppvärmningsbehovet ökar.

Områdets energideklaration baserat på 2008 års värden och uppger en fjärrvärmeanvändning på 3 993 MWh, varav 1 092 MWh gick till varmvattenberedning. Fastighets- och verksamhetselen uppgick sammanlagt till 255 MWh. Det normalårskorrigerade värdet, efter graddagar-metoden, ger en fjärrvärmeanvändning på 4 596 MWh och en energiprestanda på 158 kWh per kvadratmeter och år. Energianvändningen för varmvattenberedning efter faktiskt värde blir 35,7 kWh per kvadratmeter och år, vilket är ett värde som är 20 % större än det svenska genomsnittet 2013 (Energimyndigheten, 2015-03). Området har idag blivit något mer energieffektivt till följd av att utslitna fönster kontinuerligt har bytts ut mot mer energieffektiva alternativ, injusteringar av fjärrvärmens har gjorts och radiatortermostater har uppdaterats. 2013 var den avlästa energiförbrukningen för fjärrvärme 3 727 MWh vilket ger ett normalårskorrigerat värde på 4 365 MWh, alltså en sänkning med 5 %.

3.4 Enkät

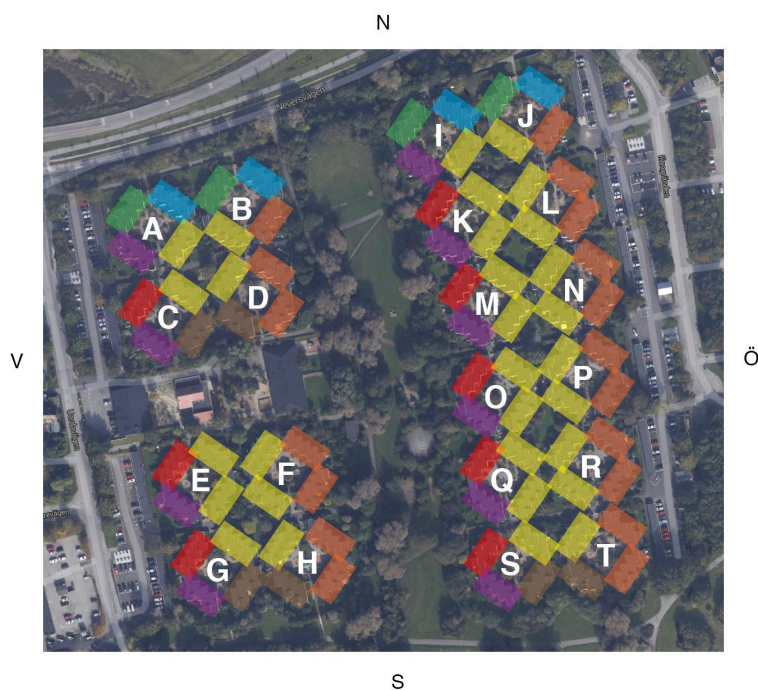
3.4.1 Utförande

Bakgrund

Djingsis Khan är ett område med många småbarnsfamiljer, men andra familjekonstellationer förekommer också i en anseelig mängd. Att det finns stora skillnader i vanor och prioriteringar hushållen emellan är därför sannolikt. För att få en djupare förståelse för områdets förutsättningar kompletterades den kvalitativa byggnadsgranskningen med kvantitativ information från de boende på området. Ett frågeformulär skapades, en sammanställning av samtliga frågor och svar kan ses i Bilaga A.

Utformning

Inledningsvis besvaras två grundläggande frågor angående hushållets förutsättningar. En av frågorna avser husets placering där området delats in i sju områden, se Figur 3.1. Motivet bakom indelningen var att möjliggöra en undersökning om huruvida det finns skillnader i inomhusklimatet beroende på husets vindutsatthet. Enkäten utreder förhållanden och åsikter kring sex huvudfrågor: inomhusklimatet under vintertid, inomhusklimatet under sommartid, varmvattenanvändningen, beteendemönster, inställning till förändring samt elanvändningsvanor.



Figur 3.1. Området indelat i sju områden, efter vindutsatthet.

Enkäten gavs ut i elektroniskt form och var möjlig att besvara både via smartphone och dator. Google Forms användes som verktyg för att skapa formuläret. Anledningen till att en elektronisk enkät valdes istället för en pappersvariant beror på bedömningen att det elektroniska alternativet sannolikt ger upphov till fler svar, eftersom den för majoriteten är det smidigare alternativet. Dessutom underlättar en elektronisk enkät sammanställningen av svarsdata, genom enkel överföring till Excel. Nackdelen med att använda Google Forms är att det inte är möjligt att säkerställa att folk inte fyller i enkäten mer än en gång, vid anonymitet. Risken för att detta ska ha skett anses dock som liten då inga inlämnade svar är exakt identiska och inga motiv till aktionen finns. De bosatta på området upplystes om enkätens existens via tre kanaler: lapp i brevlåda, via Facebook och via bostadsrättsföreningens hemsida.

Svarsfrekvens

Områdets samtliga 316 hushåll informerades om enkäten. Av dessa besvarades den ursprungliga av 179 hushåll, dessutom besvarade en person den engelska översättningen som skapades efter önskemål. Den totala svarsfrekvensen blev följaktligen 57,0 %, svarsfrekvens per område kan ses i Tabell 3.1. Alla enkätens frågor var inte obligatoriska men svarsandelen ligger nästan uteslutande över 98 %. För mer information finns en sammanställning av samtliga svar i Bilaga A.

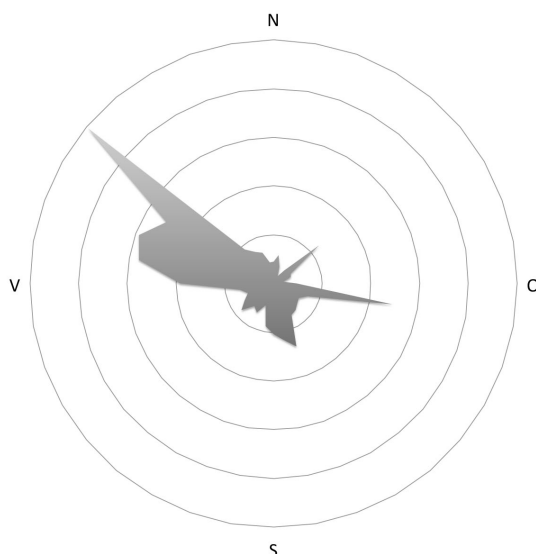
Tabell 3.1. Tabell över antal svar från de olika områdena. Svares% på frågan: 100.

Område	Antal hushåll	Antal svar	Andel svar
Grön	16	10	63%
Lila	39	26	67%
Röd	31	21	68%
Brun	24	20	83%
Blå	16	7	44%
Orange	72	36	50%
Gul	118	60	51%
Totalt	316	180	57%

Vind

Området delades enligt Figur 3.1 in i sju områden för att kunna granska hur vinden påverkar inomhusklimatet. Uppdelningen gjordes utifrån en vindenergi-ros, se Figur 3.2. Vindenergirosen är framtagen från vinddata för Lund från SMHI (1990-1999), där endast kontrollerade och godkända värden använts. Ur figuren kan urskiljas att hus med öppna ytor i nordvästlig riktning utsätts för mest vindenergi, indelningen av området är därför gjord mer detaljerat i nordlig och västlig riktning.

Vindenergi för Lund 1900-1999



Figur 3.2. Vindenergi-ros för Lund, vinddata från 1990-1999, endast kontrollerade och godkända värden har används.

3.4.2 Resultat

En sammanställning av samtliga resultat hittas i Bilaga A.

Skillnader mellan husens placering

Spridningen mellan svaren för respektive område är ofta stor och från resultaten kan i de flesta fall endast små antydningar till enighet urskiljas. Inga större skillnader mellan inomhusklimatet kan hittas mellan de olika områdena, men det finns små antydningar till att vissa områden berörs mer av vinden än andra.

Inomhusklimat

Fråga 2.1 och 2.19, Diagram 3.1 respektive Diagram 3.2, redogör för hur inomhusklimatet uppfattas under vinter- respektive sommartid. Noterbart är att det finns större likheter mellan olika områdens svar under sommartid jämfört med vintertid. Under vintertid tycks hus som ligger oskyddade i västlig, nordlig och östlig riktning uppfatta inomhusklimatet som något sämre än övriga. Antalet hushåll som är nöjda med inomhusklimatet är i samma storleksordning som de som är missnöjda.

2.1 Är du nöjd med inomhusklimatet under vintertid?



Diagram 3.1. Fråga 2.1. Svarts%: 100. Medelvärden: Röd: 3,8, Orange: 3,7, Lila: 3,5, Gul: 4,1, Brun: 4,6, Blå: 3,9, Grön: 4,0. 1=Mycket missnöjd, 6=Mycket nöjd.

2.19 Är du nöjd med inomhusklimatet under sommartid?

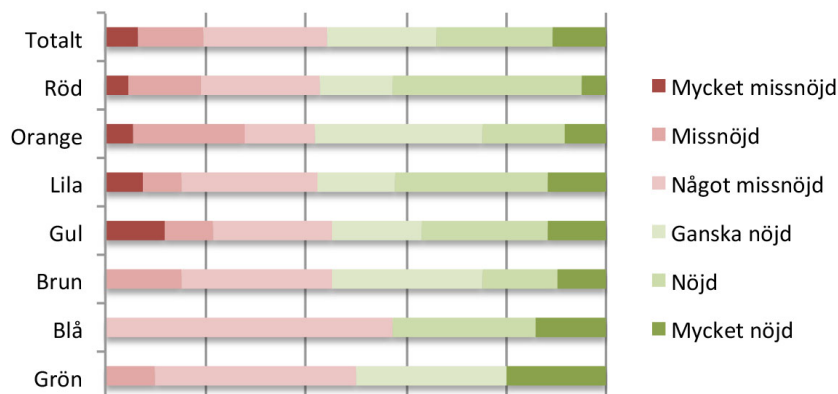


Diagram 3.2. Fråga 2.19. Svarts%: 100. Medelvärden: Röd: 3,8, Orange: 3,6, Lila: 3,9, Gul: 3,7, Brun: 3,8, Blå: 4,0, Grön: 3,8. 1=Mycket missnöjd, 6=Mycket nöjd.

Vindpåverkan

Bostadsområdet utsätts ofta för kraftiga vindar. Hur dessa påverkar inomhusklimatet under vintertid är därför en relevant fråga som dessutom är svår att besvara genom analys av byggnadsritningarna. En skildring av frågeställningen kan istället fås genom frågorna 2.6, 2.17 och 2.18, vars svarsresultat kan ses i Diagram 3.3 – 3.5. Svaren på dessa frågor indikerar att hus som ligger öppna i västlig, nordlig och östlig riktning tycks genomgående påverkas mer negativt av vind gentemot resterande hus. Trots att det finns stor spridning mellan svaren tycks vinden generellt försämra inomhusklimatet, under vintertid.

2.6 Försämras inomhusklimatet om det är blåsig utomhus?

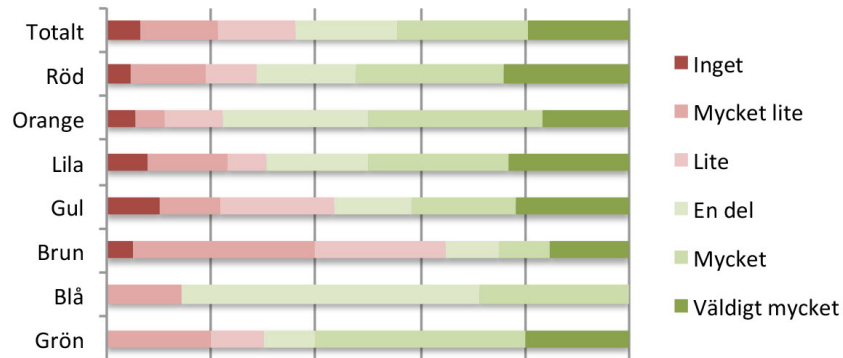


Diagram 3.3. Fråga 2.6. Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 4,2, Orange: 4,3, Lila: 4,1, Gul: 3,9, Brun: 3,3, Blå: 4,0, Grön: 4,3. 1=Vind påverkar lite, 6=Vind påverkar mycket.

2.17 Det blir mycket drag inomhus när det är blåsig ute.

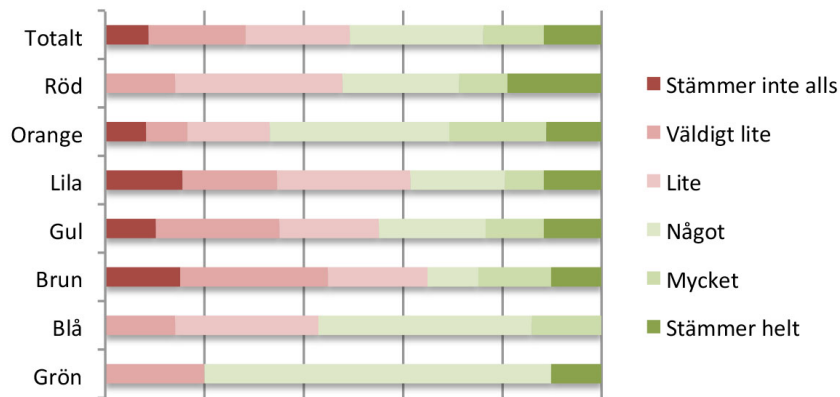


Diagram 3.4. Fråga 2.17. Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 3,9, Orange: 3,8, Lila: 3,2, Gul: 3,4, Brun: 3,1, Blå: 3,6, Grön: 3,8. 1=Stämmer inte alls, 6=Stämmer helt.

2.18 Det känns mycket kallare i huset när det är blåsig ute.

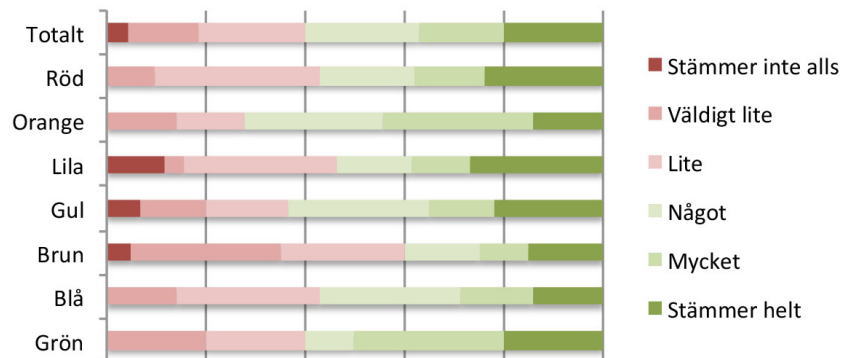


Diagram 3.5. Fråga 2.18. Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 4,1, Orange: 4,2, Lila: 3,9, Gul: 3,9, Brun: 3,4, Blå: 3,9, Grön: 4,1. 1=Stämmer inte alls, 6=Stämmer helt.

Luftläckage

Frågorna 2.7, 2.8 och 2.8.1 (se Bilaga A) behandlar problem rörande golven, men svaren på dessa frågor ger indikationer på att det generellt inte är problem med kyla genom bottenbjälklaget, utan snarare att det finns punktläckor i klimatskalet. När vinden ligger på mot dessa läckor skapas kallras som orsakar kalla områden på golvet. Läckorna finns framför allt i köket och vid altandörren. Detta visar fråga 2.8.1. Fråga 2.4 styrker att det är olika varmt på olika ställen, se Bilaga A. Svaren på fråga 2.9 visar att många golv har renoverats, men en jämförelse med fråga 2.7 visar att det inte finns något direkt samband mellan nya golv och varmare golv, se Diagram 3.6.

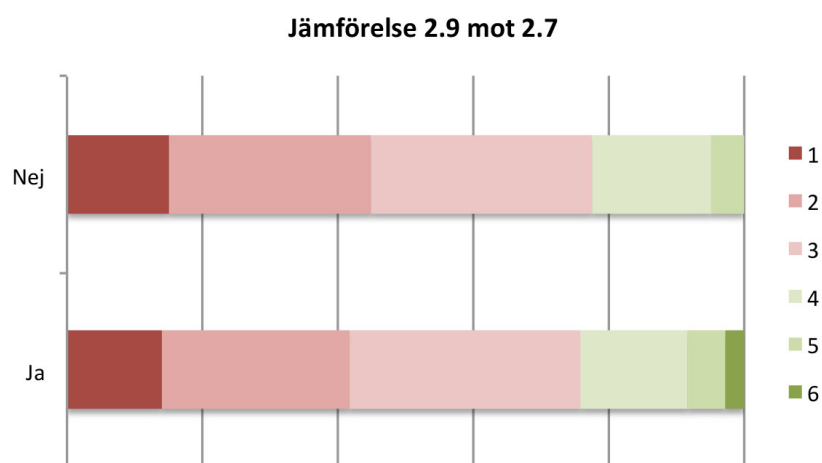


Diagram 3.6. Svaren på fråga 2.9 "Har bottenvåningens golv renoverats under de senaste 15 åren?" i relation till svaren på fråga 2.7 "Hur uppfattas bottenvåningens golv under vintertid?" där 1 står för mycket kalla och 6 för mycket varma.

Sommar

Under sommartid finns tydliga problem med värme på ovanvåningen, se Diagram 3.7. Det påpekats också att luften står still och att självdraget inte fungerar i den utsträckning som skulle vara önskvärt under denna tid. Fönster och dörrar tvingas istället vara öppna för att få cirkulation på luften.

2.22 Hur uppfattas inomhustemperaturen under sommartid (ovanvänging)?

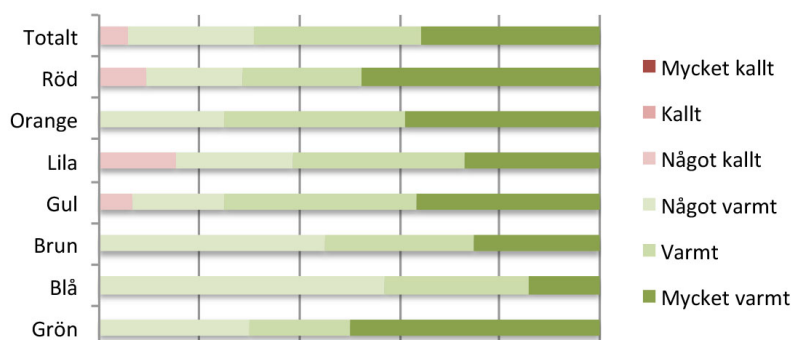


Diagram 3.7. 2.22 Svarts%: 100. Medelvärden: Röd: 5,1, Orange: 5,1, Lila: 4,7, Gul: 5,1, Brun: 4,8, Blå: 4,6, Grön: 5,2. 1=Mycket kallt, 6=Mycket varmt.

Varmvatten

Varmvattenanvändningen skiljer sig väldigt mycket hushållen emellan och en utredning kring huruvida man kan debitera hushåll efter användning borde göras, då fördelningen i dagsläget är mycket ojämn. Diagram 3.8 visar att det skiljer många tusen kWh per år mellan olika hushålls varmvattenanvändning. Diagrammet utgår från enkätundersökningens svar på frågor kring hushållets varmvattenanvändning där de delar som innefattas är dusch, bad och tvättvanor. För mer information om hur värdena för varje hushåll har tagits fram se Bilaga G.

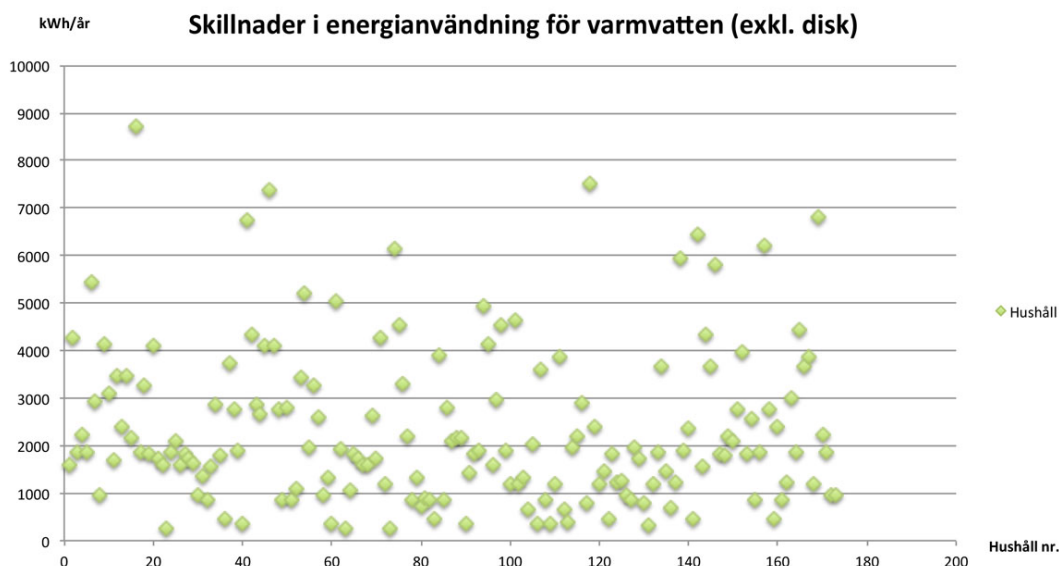


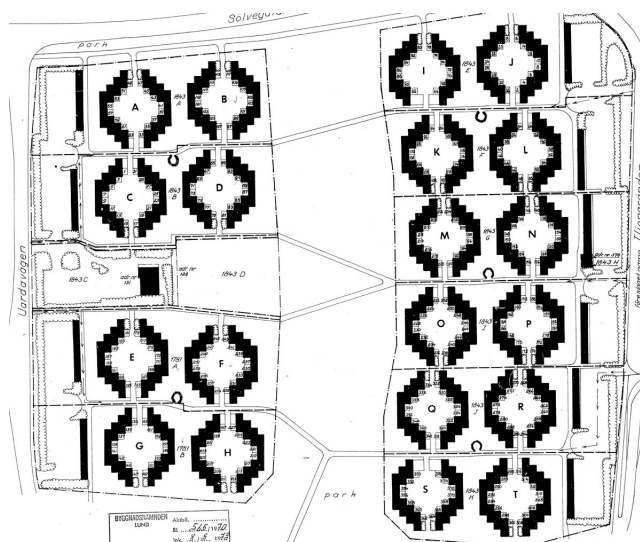
Diagram 3.8. Skillnader i varmvattenanvändning mellan olika hushåll i bostadsrättsföreningen. Energianvändningen innefattar duschvanor beroende av tid och typ av duschmunstycke, badvanor och tvättvanor.

3.4.3 Diskussion

Det finns stora meningsskiljaktigheter inom varje indelat område. Alternativt skulle enkäten istället för att vara indelad efter vindförhållanden kunnat delas in efter hustyp. Detta eftersom olika placeringar inom en radhuslänga har olika stor andel yttervägg som inte angränsar till ett grannhus och påverkas därför olika mycket av utomhusklimatet. Det är dessutom stor skillnad i energiprestanda mellan tillbyggnaders väggar och tak gentemot grundbyggnadens. Ett hus med stor andel tillbyggnad påverkas således betydligt mindre av utomhusklimatet än ett med mindre andel. Dessa skillnader mellan husen är troligtvis en stor orsak till spridningen mellan svaren.

3.5 Konstruktion

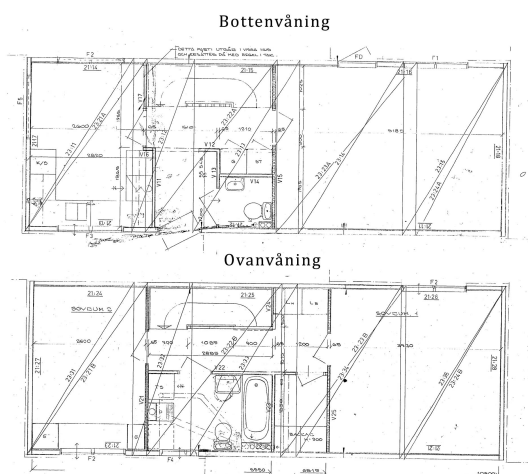
Områdets 316 hus är av storleksordningen 3-6 rum och är placerade som radhus i 20 grupperingar om 14-16 hus i varje, se Figur 3.3. Storleken på bostäderna är omkring 80-125 kvm och har en allmängiltig grundkonstruktion bestående av två våningar, därtill tillkommer utbyggnader som är specifika för olika bostäder. Grundkonstruktionen är byggd på ett provisoriskt vis och det finns därför stor anledning till att undersöka hur klimatskalet ser ut och hur väl det håller ihop.



Figur 3.3. Ursprungsritning av bostadsområdet Djingis Khan i Lund.

3.5.1 Grundkonstruktion

Grundbyggnaden är en rektangulär träkonstruktion som består av två våningsplan, där varje våning har en golvyta på dryga 40 kvadratmeter, se Figur 3.4. Husen är placerade intill varandra med en gemensam vägg, som är något bättre isolerad än ytterväggarna.



Figur 3.4. Planlösning Djingis Khan grundbyggnad.

Väggar

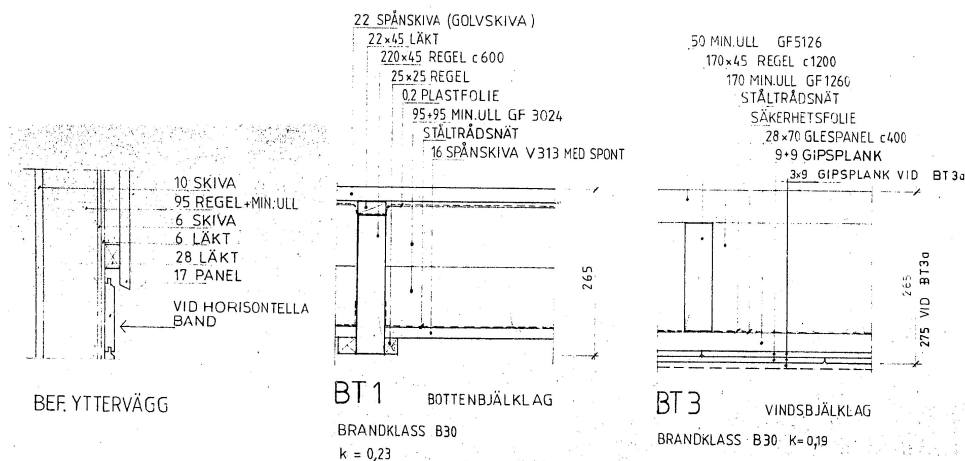
Ytterväggarna är genomgående uppbyggda på samma sätt, med skillnaden att där ett hus angränsar är väggen uppbyggd med ett extra isoleringsskikt på 30 mm, för att få en minskad ljudpåverkan från grannhuset. Ytterväggarna, Figur 3.5, är klädda med vertikalt liggande träplankor utvändigt. Innanför dessa ligger 95 mm mineralull med vertikala regler var 40 centimeter emellan två spånskivor.

Om de olika byggnadsmaterialen uppskattas utifrån standarden SS-EN 12524 och svenska förutsättningar, fås följande värmekonduktiviteter: trä 0,14 W/(m•K), spånskivor 0,14 W/(m•K) (antas ha samma värde som en plywoodskiva) (Svedisol, s. 34). Mineralullens (Gullfiber nr. 3024) värmekonduktivitet är också uppskattad då dess specificerade värde inte hittas. Med tanke på installationsdatum uppskattas värdet till 0,04 W/(m•K) (Sandin 2010). Genom att dividera tjocklek med värmekonduktivitet och addera ihop värdena för de olika materialen, samt addera de standardiserade (EN SS-ISO 6946) värmeövergångsmotstånden för inner- respektive yttervägg: 0,13 samt 0,04 m²K/W (Svedisol, s. 35), får ytterväggarnas isolerade del u-värdet 0,36 W/m²K. Där regler går blir u-värdet något större, 0,92 W/m²K. Om andelen ”reglevägg” i förhållande till husets totala väggarea beräknas utifrån byggnadsritningarna kan ytterväggens genomsnittliga u-värde beräknas till 0,41 W/m²K. En sammanställning av energiprestanda för områdets olika väggkonstruktioner hittas i Tabell 3.2.

Tabell 3.2. Väggars u-värde.

Väggar	Grundkonstruktion		Tillbyggnad	Köldbryggor	Mellan hus
	Yttervägg 1 <i>Mineralull</i>	Yttervägg 2 <i>Regel</i>	Yttervägg 3		Innervägg 1
Solabsorbtion	50%	50%	50%	50%	-
Otätthetsfaktor	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Material (W/mK)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)
Mineralull	0,10		0,17		0,14
Trä (gran)	0,02	0,02			
Gipsskiva			0,02		0,04
Spånskiva	0,02	0,02	0,02		0,02
Regel		0,10			
Asfaboard	0,048				
Takpapp	0,04				
Värmelövergångsmotstånd	0,17	0,17	0,17		0,08
U-värde	0,36	0,92	0,22		0,26
(U-värde del)	0,41				

Boverkets alternativa krav på energiprestanda vid omfattande renovering eller nybyggnad gällande ytterväggar är 0,18 W/m²K (BBR 2015, s. 163), vilket kan ses som ett rekommenderat värde för god energieffektivitet. Grundbyggnadens väggar släpper ut mer än dubbelt så mycket energi per ytenhet. Vidare granskning av energieffektiviseringsåtgärder för denna byggnadsdel är därför nödvändigt.



Figur 3.5. Skisser av konstruktionsdelar från byggnadsritningar av området. T.v. yttervägg, i mitten bottenbjälklag, t.h. vindsbjälklag.

Bottenbjälklag

Husen är byggda med en sammanhängande kryppgrund för varje radhuslänga, där bland annat fjärrvärmerör går. Bottenbjälklagets konstruktion, Figur 3.5, är i grova drag uppbyggt av två spånskivor med 190 mm mineralull inklämt mellan. Om värmekonduktiviteten för spånskivorna uppskattas till $0,14 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (Sandin 2010) och de standardiserade värdena för värmeövergångsmotstånd för bottenbjälklagets inner- och ytterrytskikt, $0,17$ respektive $0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ (Svedisol, s. 35), används fås u-värdet till $0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Enligt byggnadsritningarnas noter är u-värdet $0,23 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. En sammanställning av områdets samtliga bjälklags u-värde hittas i Tabell 3.3.

Boverkets alternativa krav för byggnadsprestanda vid nybygge och omfattande ombyggnad är för bottenbjälklag är $0,15 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (BBR 2015, s. 163). Eftersom värmeförluster från fjärrvärmerör gör att kryppgrunden är varm anses inte skillnaden i u-värde utgöra någon nämnvärd energiförlust i dagsläget.

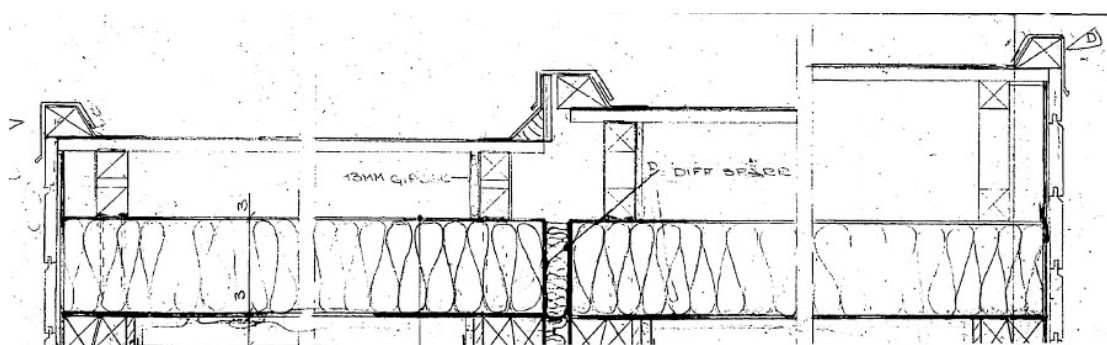
Tabell 3.3. Bjälklags u-värde.

Bjälklag	Grundkonstruktion				
	Bottenbjälklag	Mellanbjälklag	Takbjälklag 1 Mineralull	Takbjälklag 2 Regel	Tillbyggnad Takbjälklag 3
Solabsorbtion	-	-	70%	70%	70%
Otätthetsfaktor	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Material (W/mK)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)	Tjocklek (m)
Mineralull	0,19	0,12	0,22	0,05	0,44
Trä (gran)					0,02
Gipsskiva		0,01	0,02	0,02	0,05
Spånskiva	0,04	0,02			
Regel				0,17	
Asfaboard					0,01
Takpapp			0,01	0,01	0,01
Värmelövegångsmotstånd	0,21	0,08	0,14	0,14	0,14
U-värde	0,19	0,31	0,17	0,36	0,09
(U-värde del)			0,18		

Vindsbjälklag

Grundkonstruktionens tak är platta, med ett isolerande vindsbjälklag, se Figur 3.5. Innertaket består av en gipsskiva, $0,25 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, som tillsammans med 220 mm mineralull samt värmeövergångsmotstånderna för tak, inre: $0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ och yttre: $0,10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, ger ett u-värde för vindsbjälklaget på $0,17 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Där reglar går är prestandan sämre och u-värdet är $0,36 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Det genomsnittliga u-värdet beräknas på samma sätt som för väggarna, och blir i detta fall $0,18 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Enligt byggnadsritningarnas noter är u-värdet $0,19$.

Boverkets krav på u-värde vid ombyggnad av vindsbjälklag är $0,13 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Det finns ett smalt tomrum mellan vindsbjälklaget och yttertaket, se Figur 3.6, men denna luftspalt är för liten för att tilläggsisolering av den skulle förbättra energiprestandan nämnvärt. Om taket ska tilläggsisoleras måste det därför till ett omfattande ingrepp.



Figur 3.6. Skiss över grundbyggnadens takkonstruktion.

Tillbyggnader

I början av 80 respektive 90-talet byggdes många av områdets grundkonstruktioner ut med olika typer av tillbyggnader. Totalt finns det idag 37 stycken olika tillbyggnadsutföranden, där vissa är vanligare än andra. Gemensamt är att alla är uppbyggda på samma sätt med samma typ av ytterväggar och takkonstruktion. Ytterväggarna liknar grundkonstruktionens med skillnaderna att insidan är gjord av gips och att isoleringen är 70 mm tjockare, dessutom ligger träpanelen horisontellt istället för vertikalt. U-värdet för denna konstruktionsdel är $0,22 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Takkonstruktionens vindsbjälklag är densamma som för grundkonstruktionen, men utöver detta ligger ett snedtak som är isolerat med 215 mm mineralull. Totalt är isoleringen mycket bra för denna byggnadsdel och u-värdet beräknas till $0,085 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Bottenbjälklaget överensstämmer med grundbyggnadens.

Köldbryggor

Skarvar och hörn ger ofta upphov till köldbryggor i äldre byggnader och transmissionsförlusterna kan vara svåra att bestämma eftersom de kräver tvådimensionella beräkningar. Att studera delarna med värmekamera är därför viktigt. Det gör det möjligt att jämföra skarvarnas energiprestanda kontra angränsande väggars. Om differensen är stor bör dessa köldbryggor ritas upp i ett energiberäkningsprogram och dess förluster inkluderas vid en analys av klimatskalet. Detta ger en mer rättvis bild av hur förändringar påverkar energiprestandan.

Fönster och dörrar

Fönster och altandörrar har generellt inte bytts ut på lång tid, bortsett från kopplade fönster i kök och badrum. Dessa har överlag ersatts med 3-glasfönster. Grundbyggnadens fönster och altandörrar är därför i många fall gamla D4 (2-glas) konstruktioner, vilka har ett uppskattat u-värde på knappt 3 W/m²K (Ekelin, Landfors, Andersson 2006, s. 21). I tillbyggnaderna sitter istället 3-glasfönster med något bättre energiprestanda. Altandörrarna i tillbyggnaderna tycks dock trots detta hålla ungefär samma låga prestanda som dem tillhörande grundbyggnaden, se Avsnitt 3.6. Altandörrarnas tätningsslistor är också i många fall söndriga eller mycket gamla och träramen innehåller ofta glapp mellan dess delar. Där kan luft obehindrat ta sig in. Vilka energiförluster detta innebär beskrivs mer ingående i nästa del.

3.6 Termografi

3.6.1 Bakgrund

Hur väl byggnadsritningar speglar verkligheten kan med tiden ändras, då egenskaper för material i väggen förändras (Energimyndigheten 2009, s. 14). För att bättre utreda hur situationen ser ut kan en värmekameraundersökning komplettera analysen av byggnadsritningarna. Köldbryggor som kan förekomma i hörn och skarvar, vars energiprestanda är svåra att avgöra utifrån byggnadsritningar, identifieras också lätt med värmekameran.

3.6.2 Teori

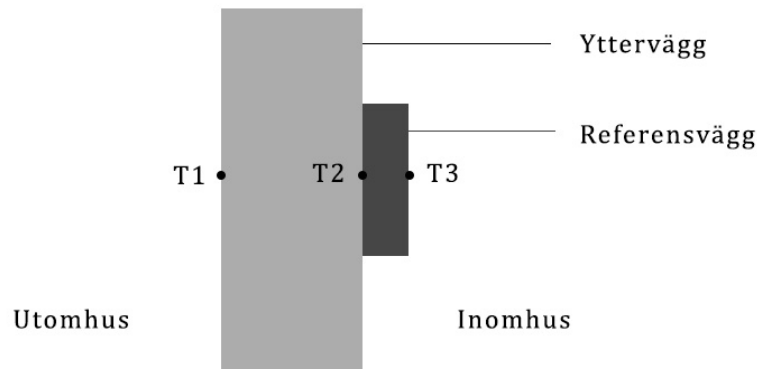
En värmekamera är en IR-kamera och mäter intensiteten infraröd strålning som kommer från en yta. Värmekameran omvandlar intensiteten till ett färgspektrum som gör det enkelt för användaren att skilja olika temperaturer från varandra.

Föremål med temperatur över noll Kelvin emitterar infraröd strålning. Höga temperaturer emitterar mer och låga mindre. Det är lätt att utgå från att en värmekameraundersökning därför är okomplicerad, då man i teorin bara behöver mäta hur mycket strålning som emitteras. I praktiken föreligger dock några hinder som behöver tas hänsyn till. Objekt emitterar inte bara infraröd strålning, de reflekterar och transmitterar (släpper igenom) det också. Ytstruktur och material påverkar dessa parametrar och ger upphov till olika emissionstal.

Om en fri kropp i jämvikt antas, är 100 % av IR-strålningen som är riktad mot objektet antingen reflekterad, transmitterad eller absorberad ($100\% = \% \text{ absorberad} + \% \text{ transmitterad} + \% \text{ reflekterad}$) (Williamson Corporation, ss. 4-5). Eftersom kroppen är i jämvikt är temperaturen konstant och den emitterade strålningen måste därför återspegla den absorberade, annars höjs eller sänks temperaturen. Den transmitterade strålningen är i många fall noll och kan för byggnadsmaterial generellt försummas. Emissionsfaktorn är följaktligen lika stor som den totala strålningen minus den reflekterade (Testo 2008, s. 38). För de vanligaste byggnadsmaterialen i de undersökta husen (trä, gips, plast och glas) ligger reflektionsfaktorn i samtliga fall på runt 6 % (Sandin, 2010). Emissionsfaktorn kan då beräknas till 0,94. Likväl beror emissionstalet som nämnts på mer än materialet och små avvikelser från 0,94 kan således förekomma. Ytor med samma uppbyggnad som ansluter till varandra har dock oftast likadana egenskaper och eftersom det är relativa skillnader i temperatur- och inte de absoluta talen som är intressanta, ska inte små avvikelser från 0,94 utgöra några problem för analysen.

U-värde

Teoretiskt är det möjligt att beräkna konstruktionsdelars u-värde genom att utnyttja en ”referensvägg”. På byggnadsdelen fästs då en referensbit, av ett material med känd värmekonduktivitet, som tillåts acklimatiseras. Temperaturen mäts på referensbitens yta samt på byggnadsdelens in- och utsida, se Figur 3.7. Genom att värmekonduktiviteten och tjockleken på referensbiten är kända, kan mängden värme som passerar referensväggen (q) beräknas. Samma mängd värme måste också passera konstruktionsdelen och dess värmekonduktivitet kan därför beräknas, se Ekvation 1.



Figur 3.7. Mätpunkter vid beräkning av u-värde av en yttervägg med referensvägg-metoden.

Ekvation 1:

$$q = \lambda_{\text{referens}} \frac{T_3 - T_2}{d_{\text{referens}}} = \lambda_{\text{vägg}} \frac{T_2 - T_1}{d_{\text{yttervägg}}}$$

λ = värmekonduktivitet

d = tjocklek

3.6.3 Undersökning

Fyra olika hus undersöktes: O:222, A:39, R:276 och I:72. O:222 och A:39 undersöktes 2015-03-13, R:276 och I:72 2015-03-20.

En värmekamera av märke och modell Testo 881-3 användes vid samtliga undersökningar. Varje hus undersöktes grundligt inifrån, från golv till tak genom värmekamerans display. Där avvikelser i temperatur förekom togs en realbild samt en IR-bild. Ett av husen, O:222 analyserades dessutom utifrån (tak, väggar, fönster, altandörr och krypgrund). Efter undersökningen överfördes bilderna till en dator och analyserades med hjälp av termografiprogramvaran IRSoft. Resultaten sammanställdes slutligen i Excel.

Resultaten för varje hus redovisas i detalj i Bilaga B. I rapporten redogörs bara för de generella slutsatserna.

3.6.4 Slutsatser

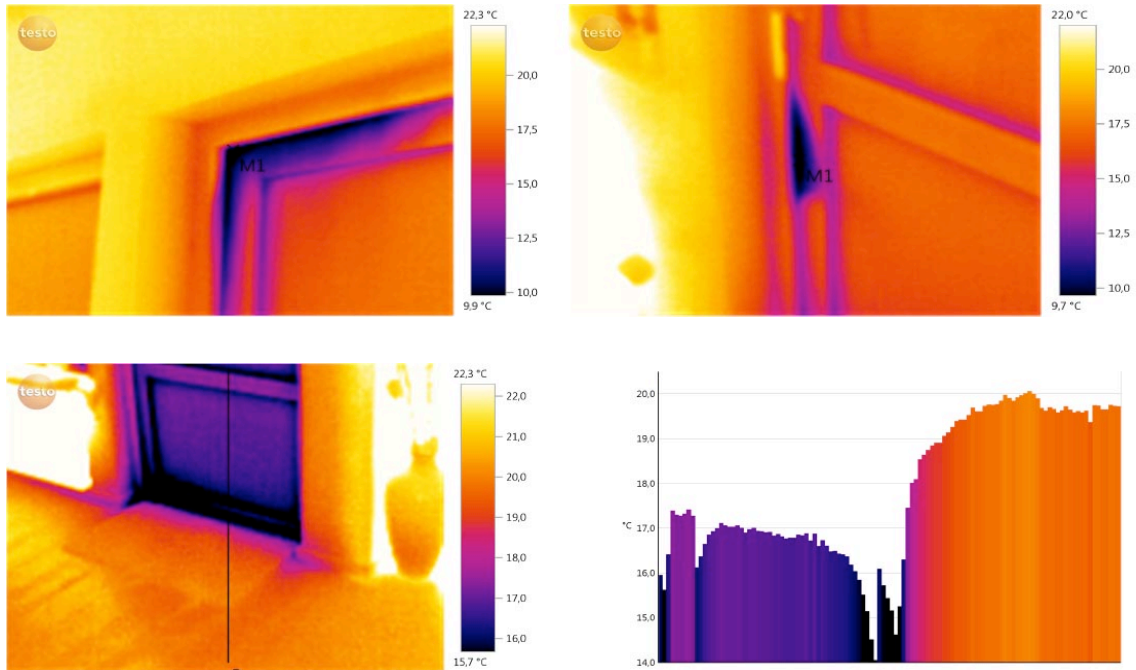
Många problemområden är generella och förekommer i alla fyra hus, om än i olika stor omfattning. Tillbyggnadernas klimatskal är betydligt mer energieffektiva än grundbyggnadens och köldbryggor förekommer mycket sällan här. Att vidta åtgärder för att förbättra utbyggnader, bortsett från altandörrar, är därför inte meningsfullt, fokus bör istället läggas på grundkonstruktionen. Det är grundkonstruktionen som åsyftas nedan, om annat inte anges.

Köldbryggor

Punktläckor i hörn och läckage längs skarvar är vanligt förekommande, både på botten- och ovanvåning. Dessa områden är kalla och värmekameran visar i flera fall på temperaturer som är mer än 5 grader kallare än omgivande väggars. Även om varje punktläcka är liten så är det sannolikt att summan av dem orsakar en betydande energiförlust. Vid köksbänk och altandörr läcker det också in kyla, vilket påverkar golvtemperaturen lokalt.

Altandörr

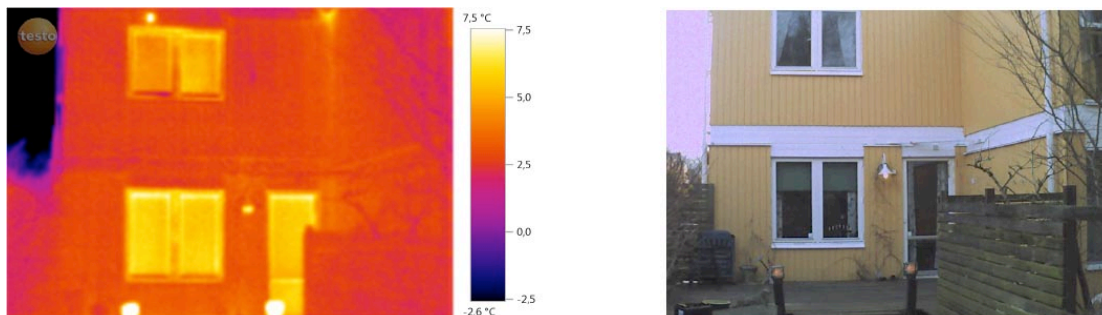
Altandörrarna tillhörande grundkonstruktionen har 2-glasfönster och de i tillbyggnaderna har 3-glasfönster, någon större skillnad i temperatur dem emellan kan dock inte hittas. I dörrarnas träram finns det ofta glipor mellan dess olika delar, vilka ger upphov till köldbryggor. Likaså är det vanligt att tätningslisterna är gamla och/eller trasiga, vilket ger upphov till samma problem. Energiläckaget orsakat av altandörrarna tycks följaktligen i huvudsak inte vara hänförliga till det energiineffektiva glaset, utan mer till ramverk och tätningslister, se Figur 3.8.



Figur 3.8. Altandörrar i hus R:276. Överst t.v. köldbrygga som delvis beror på brister i träramen, $MI=8,7C$. Överst t.h. köldbrygga, tätningslist sönder, $MI=9,2 C$. Underst illustreras att golvet intill altandörren är kallare än $21 C$.

Fönster

Fönstren verkar generellt inte utgöra några större problem för den upplevda komforten inomhus. Det sitter ofta en radiator under vilket gör att kylan inte sprids på samma sätt som vid altandörrarna. Fönsterglasen är överlag 2-4 grader kallare än ytterväggarna invändigt och i samma storleksordning varmare på utsidan, se Figur 3.9. Smygen är generellt något kallare än anslutande väggar, men temperaturskillnaden är inte nämnvärt större än den mellan regel och isolering i ytterväggen, se Figur 3.10. Eftersom den totala smygytan är betydligt mindre än den för vertikala regler i ytterväggar, blir de totala energiförlusterna också betydligt mindre. Dessa kan därför med gott samvete negligeras.

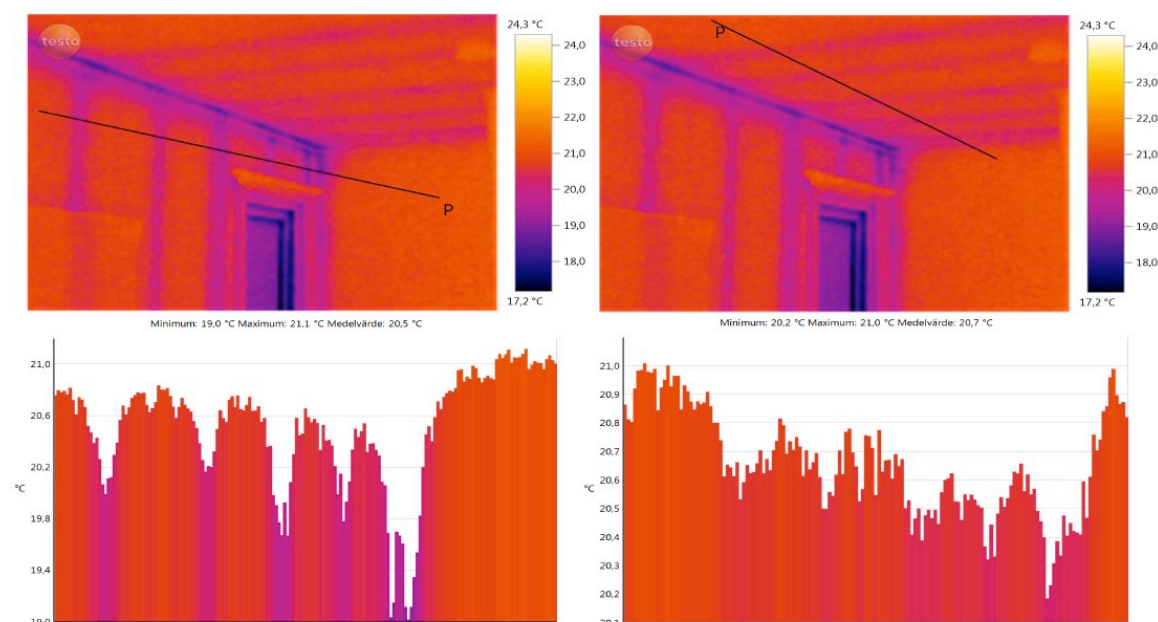


Figur 3.9. Värmebild över fasaden för hus O:222. De två ljusa punkterna längst ner i bilden orsakas av utomhusbelysning.

Oavsett om fönstren påverkar det upplevda inomhusklimatet eller ej bör energieffekterna av att byta ut dem mot moderna energisnåla fönster utredas, då det är möjligt att det är ekonomiskt lönsamt att byta ut dem.

Väggar

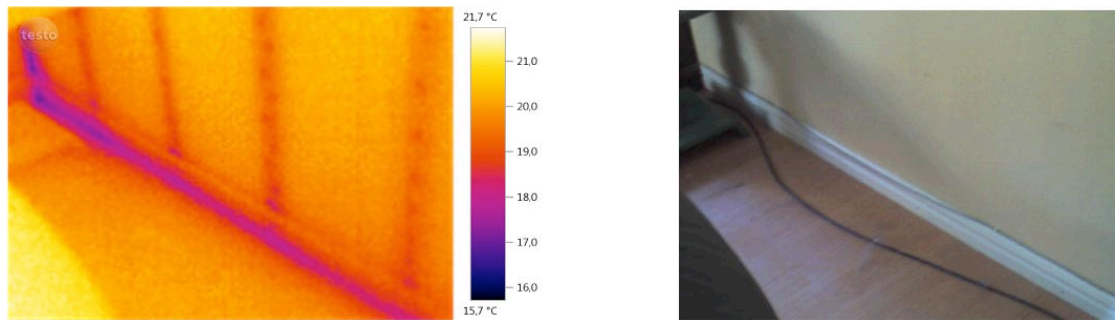
I enlighet med konstruktionsritningarna så är väggarna bristfälligt isolerade, i synnerhet där regler går, se Figur 3.10. Ytterväggarna är genomgående mellan en halv och en grad kallare än innerväggarna och där regler går sänks temperaturen med ytterligare en halv till en grad. På både ovan- och bottenvåningen föreligger samma problem, med den skillnaden att ovanvåningens väggar är kallare i skarven mot vindbjälklaget. Huruvida det är lönsamt eller ej att tilläggsisolera ytterväggarna som tillhör grundbyggnaden är relevant att undersöka vidare.



Figur 3.10. T.v. Skillnader i väggtemperatur (innervägg t.h. i bilden). T.h. Skillnader i taktemperatur (gipstak).

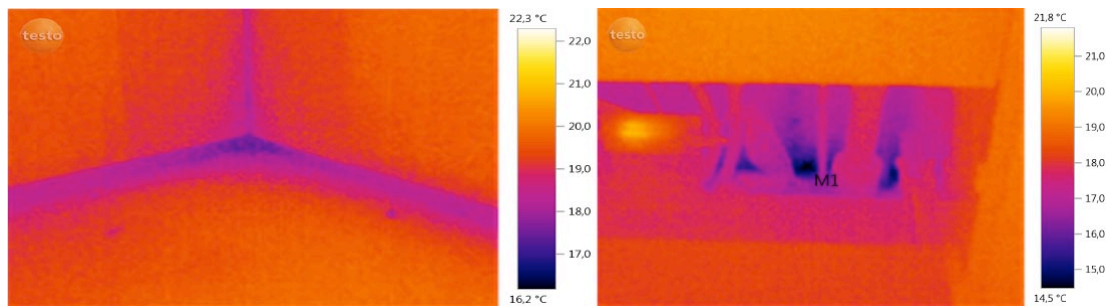
Golv

För huvuddelen av golvytan är temperaturen hög och jämn, men i anslutning till ytterväggar finns det ibland stråk av kallare partier längs skarven, se Figur 3.11. Även om dessa stråk innebär energiförluster förklarar dem inte det stora missnöjet med golvtemperaturen, som enkätsvaren påvisar. Troligare orsaker är istället att läckor i altandörren nära marknivå och att en hålighet för köksvaskens utloppsrör släpper in kall luft som kyler ner golven lokalt. Håligheten ner mot grunden, vid vasken, skapar en köldbrygga trots krypgrundens relativt höga temperatur, se Figur 3.12. Anledningen till att den påverkar inomhusklimatet i den grad som enkäten och värmebilderna visar beror troligtvis på att köksvasken ligger nära ytterväggen, där krypgrundens temperatur i större grad påverkas av utomhusklimatet. Altandörrarna tycks som nämnts inte hålla tätt och orsakar kallras.



Figur 3.11. Kallare område i skarven mellan golv och vägg.

Termograferingen ägde vid båda tillfällena rum under någorlunda vindstilla förhållanden, vid mer blåsigt väder är det rimligt att den kalla golvytan intill altandörren och köksbänken blir ännu större. För att öka komforten inomhus bör hålligheten runt köksvaskens utloppsrör tätas med ett isolerande material. Denna åtgärd bör vara ekonomiskt lönsam men oberoende av detta är åtgärden lösningen på ett vanligt förekommande missnöje och bör därför genomföras.



Figur 3.12. Köldbrygga i hus R:276. T.v. golv intill köksbänk. T.h. anslutande rör till vask, $M1=14,5\text{ C}$. För realbilder se Bilaga B.

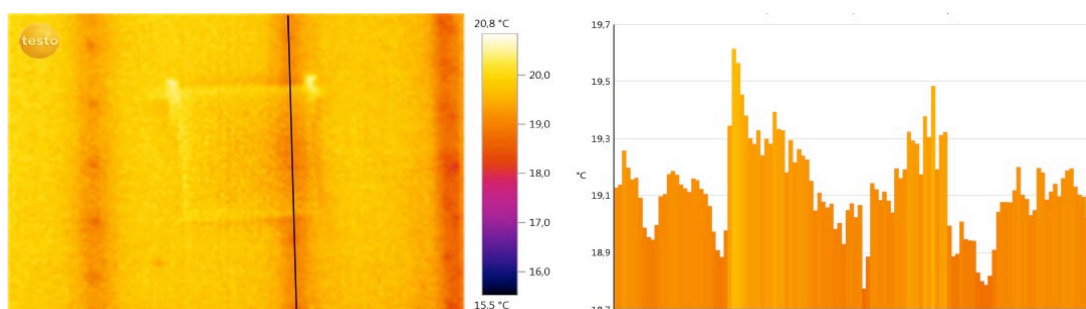
Tak

Taket invändigt är i allmänhet en halv grad kallare än innerväggar och där regler går sjunker temperaturen med ytterligare någon eller några tiondelar av en grad, se Figur 3.10. Det finns skillnader mellan hus som har ett innertak i träpanel jämfört med de som har gipstak. Vad avser innertakens temperatur är gipstaket något kallare än innertaket i träpanel. Likaså är köldbryggorna från regler mer markanta vid innertak av gips.

Luftspalten mellan vindsbjälklag och takpapp är enligt byggnadsritningarna i storleksordningen tio centimeter, vilket är för smalt för att kunna tilläggsisolera. För att öka energiprestandan måste följaktligen ingrepp ske i samband med omläggning av taket.

U-värde

I praktiken är det i detta fall svårt att få bra noggrannhet med referensväggmetoden. Den invändiga väggtemperaturen är nämligen nästan lika hög som inomhustemperaturen och referensbiten måste därför vara tunn för att inte riskera att inomhustemperaturen nås någonstans längs referensbitens tjocklek. Vid genomförandet gjordes dessutom en felberäkning och en alltför tunn tjocklek på referensbiten valdes, se Figur 3.13. Det var därför inte möjligt att beräkna ett tillförlitligt u-värde i detta fall med denna metod. U-värden beräknade utifrån byggnadsritningarna anses emellertid vara tillförlitliga.



Figur 3.13. Mycket små temperaturskillnader mellan referensbiten och ytterväggen gör att beräkning av U-värdet enligt referensvägg-metoden inte är möjligt.

4 ENERGIANALYS DJINGIS KHAN

Avsnitt 4.1 beskriver hur ytor för områdets olika konstruktionsdelar har tagits fram. Läsaren som inte är intresserad av metodiken läser endast Avsnitt 4.1.4, rubrik "Zoner". Avsnitt 4.2 beskriver hur beräkningsprogrammet VIP Energy har används för att simulera områdets energianvändning. Resultatet av simuleringen hittas under Avsnitt 4.2.2, rubrik "Resultat".

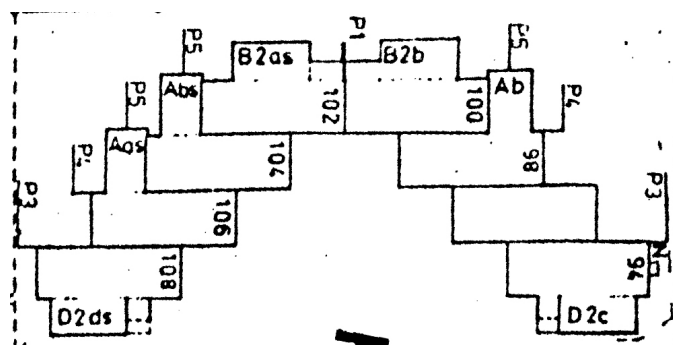
4.1 Uppbyggnad

4.1.1 Översikt

För att göra en analys av Djingis Khans energiprestanda måste konstruktionen först brytas ner till siffor, vilket innebär att den totala ytan för varje konstruktionsdel måste bestämmas. Konstruktionsdelarnas yta måste därtill delas upp efter vilka väderstreck de är orienterade mot, eftersom det råder olika vindförhållanden från olika riktningar. Yta och riktning för följande konstruktionsdelar bestäms:

- Ytterväggar
 - Tillhörande grundkonstruktionen
 - Tillhörande tillbyggnaderna
 - Lägenhetsskiljande
- Bjälklag
 - Bottenbjälklag
 - Mellanbjälklag
 - Vindsbjälklag
 - Tillhörande grundkonstruktionen
 - Tillhörande tillbyggnader
- Övrigt
 - 2-glasfönster
 - 3-glasfönster
 - Altandörrar
 - Ytterdörrar
 - Köldbryggor

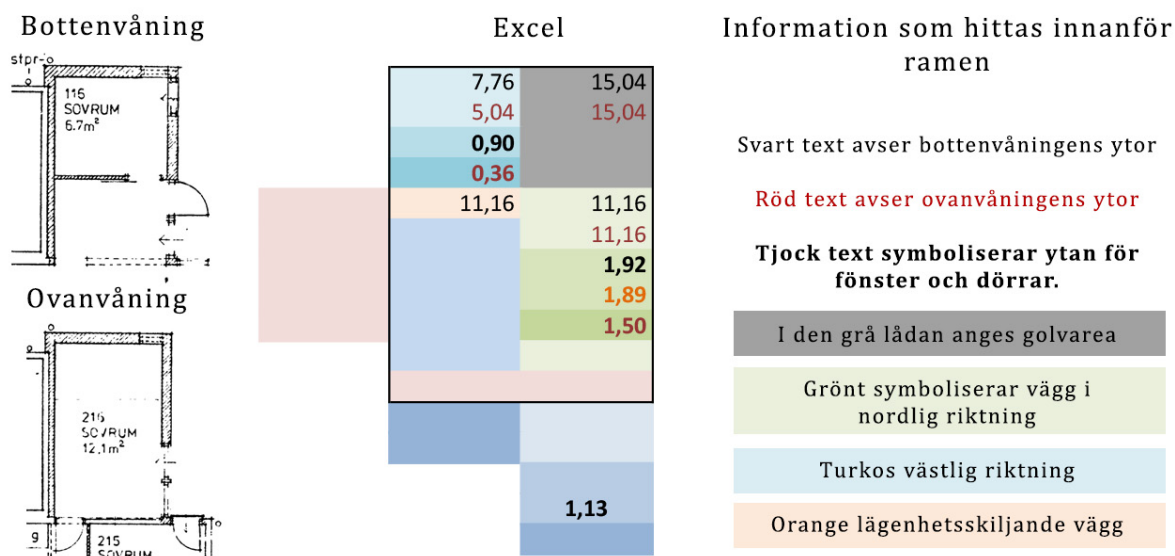
Området är uppbyggt av 40 likadana grundkonstruktioner bestående av 8 hus vardera. Dessa har vid två tillfällen kompletterats med tillbyggnader. Tillbyggnaderna finns i 37 olika utföranden, se Bilaga C. Vart varje hus är placerat i en radhuslänga avgör med vilka av konstruktionerna som grundbyggnaden har kunnat kompletteras med. Tillbyggnaderna har delats upp i fyra grupper med prefixen A, B, C och D, beroende på storlek och placering. Mittenlägenheternas grundkonstruktion har kunnat byggas ut med tillbyggnader tillhörande grupperna B och C. A-gruppen består av sex olika varianter av tillbyggnader vilka de sex kanthusen ofta är kompletterade med. Huset placerat längst ut på respektive kant har dessutom kunnat byggas ut med tillbyggnaderna tillhörande D-gruppen. En typisk bild över hur en radhuslänga med tillbyggnader ser ut kan ses i Figur 4.1.



Figur 4.1. Byggnadsritning av en radhuslänga på området. K-gården, i västlig riktning. Tillbyggnader av typen A, B och D kan ses.

4.1.3 Tillbyggnader

När en utbyggnad görs försvinner en del av grundkonstruktionens väggyta och i flera fall får även fönster och altandörrar tas bort. För att göra en korrekt beräkning av radhuslängornas väggytor, fönsterytor mm. måste samtliga fyrtio längor ritas upp. Detta eftersom varje länga har en säregen sammansättning av tillbyggnader. Samtliga 37 tillbyggnadsvarianter ritades därför upp i Excel enligt samma princip som tillbyggnadstyp ”Ab” i Figur 4.3. Samtliga tillbyggnader kan ses i Bilaga C.



Figur 4.3. Konstruktionsdata tillhörande en tillbyggnad, Ab, sammanfattat i Excel. Beskrivning hittas i bilden. Sektionerna utanför mittenbildens ram ersätter data tillhörande grundkonstruktionen.

Figuren visar hur konstruktionsritningen för en tillbyggnadsvariant har sammanställts i Excel. All data innanför den svarta ramen upptar data tillhörande tillbyggnaden. Dessa data beskriver ytan för väggar, golv, tak, fönster och altandörr. Sektionerna utanför ramen ersätter data tillhörande grundkonstruktionen, som följd av att väggyta, fönster och altandörrar försvinner när utbyggnaden görs. Mer information kring detta finns under rubriken radhuslänga. För att underlätta förståelsen för vilken data som hör till vilken vägg färgkodades riktningarna. Data tillhörande det gröna området är riktat mot nord, turkost mot väster, rött mot öster och blått mot söder. Områden som är orangea uppger innerväggars area och det grå området anger arean för botten- samt mellanbjälklag.

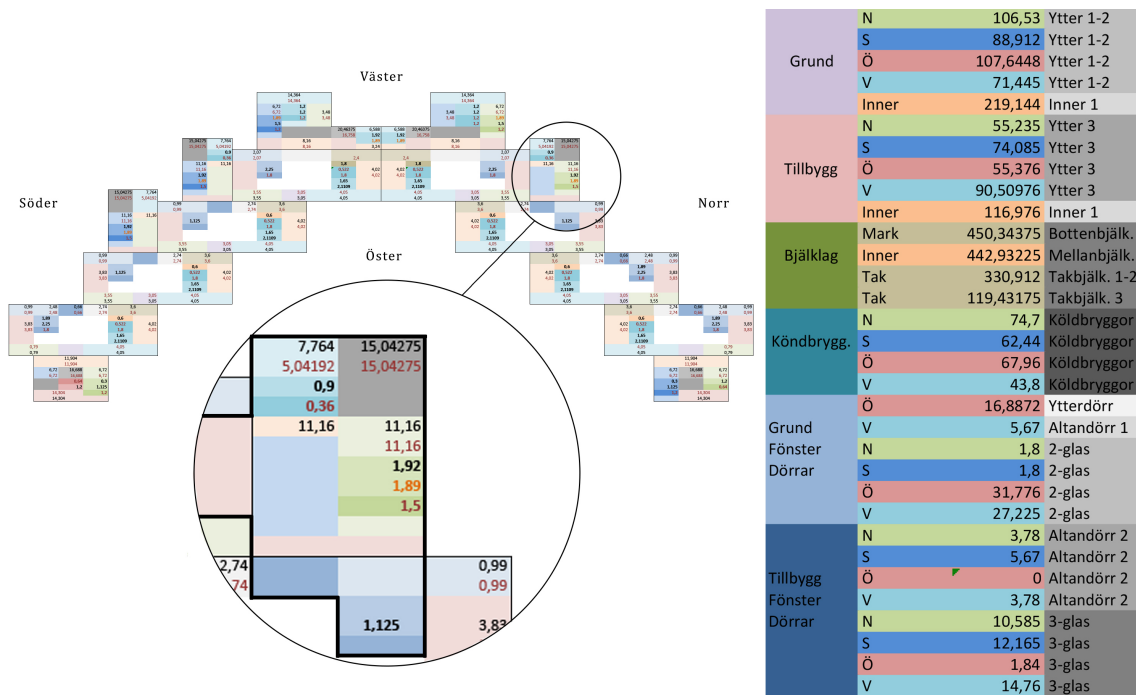
4.1.4 Sammanställning

Radhuslänga

När grundkonstruktionen och samtliga tillbyggnader har ritats upp kan de slutligen sättas samman till radhuslängor. Figur 4.4 visar en radhuslänga i västlig riktning tillhörande området K. Detta är samma länga vars konstruktionsritning åskådliggörs i Figur 4.1. Området i figuren som är förstorat demonstrerar hur tillbyggnaden Ab i föregående avsnitt ersätter en del av grundkonstruktionen och vilka ytmässiga konsekvenser det får. Se Figur 4.2 för en bild av grundkonstruktionen innan förändring. När ett hus byggs ut med tillbyggnaden Ab sker följande förändringar i husets klimatskal:

- Grundbyggnadens yttervägg i västlig riktning, med u -värdet $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$, reduceras nästan helt och kvar finns endast en hörnbit med längden $0,99$ meter.
- Grannens yttervägg i nordlig riktning, med u -värdet $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$, reduceras helt och blir istället till en lägenhetsskiljandevägg.
- Köldbryggorna i skarvar är angivna i längdenhet och minskar med samma längd som har tagits bort av grundkonstruktionens yttervägg.
- Andelen fönsterglas, i västlig riktning, av typen 2-glas minskar med $1,125 + 1,8$ kvadratmeter.
- Andelen altandörr i västlig riktning minskar med $1,89$ kvadratmeter.
- Tillbyggnadens yttervägg i västlig riktning, med u -värdet $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$, ökar med $7,8$ kvadratmeter för bottenvåningen och $5,0$ kvadratmeter för ovanvåningen. Bottenvåningens väggytor subtraheras sen med en hålighet på $0,9$ kvadratmeter och ovanvåningens med $0,36$ kvadratmeter.
- Tillbyggnadens yttervägg i nordlig riktning, med u -värdet $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$, ökar med $11,2$ kvadratmeter för både botten- och ovanvåningen. Bottenvåningens väggyta subtraheras sen med ytan för två håligheter på $1,89$ samt $1,92$ kvadratmeter. Ovanvåningens yta minskas med $1,5$ kvadratmeter.
- Andelen fönsterglas, i västlig riktning, av typen 3-glas ökar med $0,9 + 0,36$ kvadratmeter.
- Andelen fönsterglas, i nordlig riktning, av typen 3-glas ökar med $1,92 + 1,5$ kvadratmeter.
- Andelen altandörr i nordlig riktning ökar med $1,89$ kvadratmeter.
- Botten-, mellan- och vindsbjälklaget ökar med 15 kvadratmeter vardera.

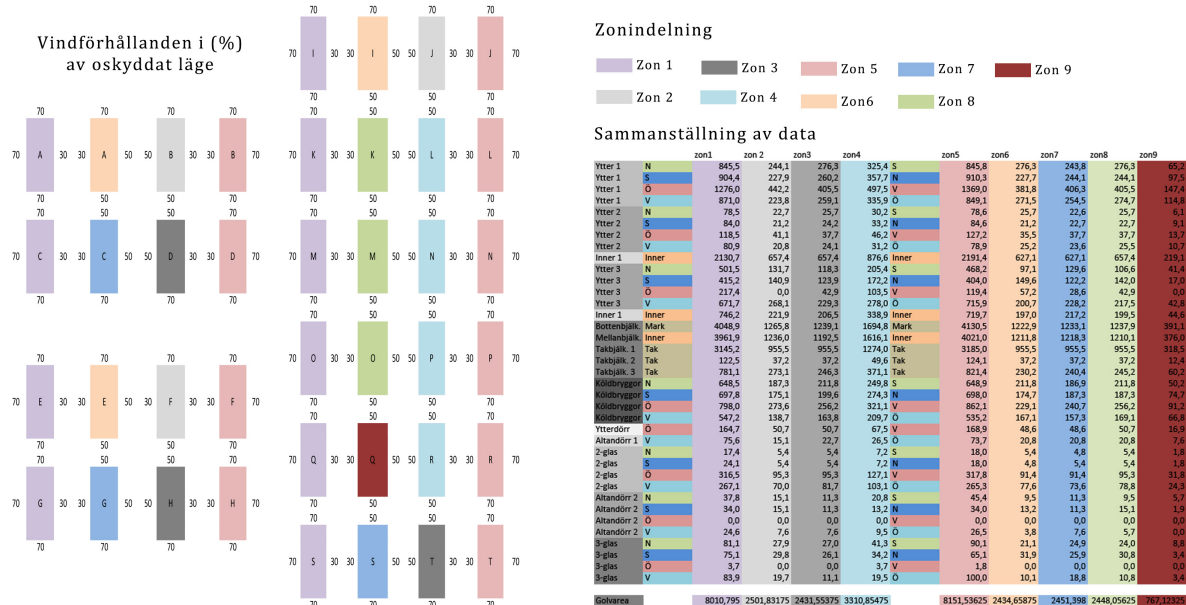
Processen upprepas för alla tillbyggnader, vilket resulterar i att ytan för samtliga konstruktionsdelar bestäms. Genom att placera indata enligt samma struktur i alla uppritade tillbyggnader kan cellerna runt grundkonstruktionen programmeras så att de automatiskt fylls i tabellen till höger i Figur 4.4, allt eftersom tillbyggnader läggs till. Tabellen resulterar i en sammanställning av konstruktionsdelarnas riktning och yta, för en radhuslänga.



Figur 4.4. En radhuslänga uppriktad i Excel, t.h. ses arean av dess konstruktionsdelar.

Zoner

När samtliga fyrtyo radhuslängor ritats upp enligt beskrivningen ovan, se Bilaga D, kan längor med liknande villkor ställas samman. Efter granskning av områdets struktur och vindförutsättningar gick det att dela in området i nio stycken zoner, se Figur 4.5. Eftersom det inom varje zon råder enhetliga förhållanden kan ytdata för radhuslängorna inom zonen adderas ihop. Sammanställningen av samtliga ytor inom varje zon kan ses t.h. i Figur 4.5.



Figur 4.5. T.v. i bilden ses olika områdens vindförhållanden. T.h. i bilden ses den sammanlagda ytan för zon uppdelat efter varje konstruktionsdel.

4.2 Energibalans

4.2.1 Inledning

Hur mycket energi som ett hus eller område använder kan enkelt tas reda på genom avläsning av mätare eller granskning av energiräkningen. Svårare är att uppskatta hur mycket av energin som varje byggnadsdel förlorar till omgivningen. En generell bild kan hittas på energimyndighetens hemsida, vilken visar att golv, tak och ventilation står för vardera 15 % av förlusterna, fönster och dörrar för 35 % samt väggar för 20 % (Energimyndigheten, 2015-03). Att basera beslut om vilka delar av huset som ska energieffektiviseras med utgångspunkt från detta kan dock vara ödesdigert, då det finns enorma skillnader hus emellan.

En mer rättvis bild av situationen fås istället om olika konstruktionsdelars u-värde beräknas. Hur mycket energi som sparas om dessa tilläggsisolerats eller byts ut kan då undersökas. Enklast är att beräkna minskningen av energiförluster utifrån graddagar och normalår. Graddagar anger det genomsnittliga antalet grader som måste tillföras ett hus under ett dygn, för att upprätthålla en komfortabel inomhustemperatur. Enligt SMHI:s definition av komfortabel inomhusmiljö och statistik för åren 1970-2000 har ett normalår i klimatzon 4: 3 232 graddagar, vilket betyder att ett hus genomsnittligt måste värmas upp med 8,9 grader per dygn. Då u-värdet anger med vilken effekt värme förloras, per kvadratmeter konstruktionsyta, kan energibesparingen i watt per kvadratmeter beräknas. Konstruktionsdelens gamla u-värde subtraheras då med det nya (som erhålls vid exempelvis tilläggsisolering), multipliceras med dygnets timmar och antalet graddagar. Genom att multiplicera detta med byggnadsdelens yta fås den totala energibesparingen per år. Eftersom energipriset är känt kan den ekonomiska nyttan nu beräknas. Nackdelen med denna metod är att den utgår från statiska förhållanden, det vill säga att den inte tar hänsyn till att temperatur förändras över tiden. Den tar inte heller hänsyn till andra yttre parametrar som påverkar inomhusklimatet, exempelvis vind och sol.

Dynamiska analyser tar hänsyn till att yttre förhållanden varierar över tiden. Om dessutom fler yttre parametrar än temperatur, som solinstrålning och vind, tas med i analysen ges ytterligare förbättrat underlag för att kunna fatta ekonomiskt korrekta beslut rörande energieffektiviseringsåtgärder. Att göra analyser av detta slag med handberäkningar är mycket svårt och kräver en stor tidsåtgång. Det finns istället flera validerade energiberäkningsprogram som gör just detta. De är dock ofta mycket dyra och är därför i de flesta fall inte aktuella för enskilda hushålls ekonomiska analys.

Energiberäkningsprogrammets komplexitet varierar. Mer komplicerade modeller kan antas garantera ett mer exakt resultat men dessa kräver mer indata, vilka måste anges med hög noggrannhet. Mer indata ger inte en linjärt bättre noggrannhet utan noggrannhetsfaktorn ökar istället i en exponentiellt avtagande takt (Bergsten, 2010).

Viktigt att observera är också att energiprogrammen baseras på förenklade modeller av verkligheten och kan därför aldrig ge ett helt exakt resultat oavsett hur mycket indata som anges.

4.2.2 VIP Energy

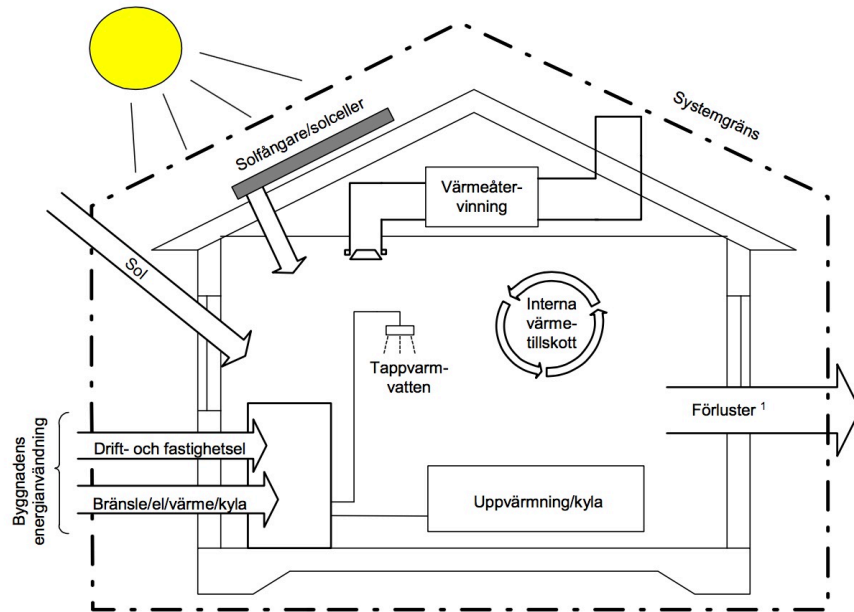
För att analysera Djingis Khans energibalans användes det svenska energiberäkningsprogrammet VIP Energy som utför helårssimuleringar av timvärden för att genomföra sina beräkningar.

Teori

VIP Energy utvecklas och tillhandahålls av det svenska företaget StruSoft, som grundades 2002. Programvaran som används började emellertid att utvecklas redan 1982 med bland annat SKANSKA som initiativtagare. Programmet har validerats av flera internationella organ däribland IEA, International Energy Agency (StruSoft, 2015).

En byggnads energiprestanda granskas i programmet genom att programvaran ställer upp en energibalans för konstruktionen, vilket betyder att flödena till- och från byggnaden sätts i balans. Balansen kan ställas upp först då en systemgräns är definierad. Gränsen i VIP Energy placeras i enlighet med Boverkets definition, dvs. precis utanför byggnadens klimatskal, se Figur 4.6 (Boverket 2006, s.11). Varje energiflöde som passerar gränsen kan bestämmas som ett tillskott eller en förlust. Antalet flöden som passerar systemgränsen bestäms utefter vilka tekniska system som finns i konstruktionen. När ingen återvinning av frånluft eller utnyttjande av solenergi förekommer, är balansen uppbyggd enligt följande:

- Tillskott
 - Solinstrålning
 - Personvärme
 - Processenergi
 - Värmeförsörjning
 - Uppvärmning
 - Varmvatten
- Förluster
 - Transmissioner
 - Luftläckage
 - Ventilation
 - Spillvatten
 - Passiv kyla



Figur 4.6. Boverkets definition av systemgränsen för en byggnad.

Källa: Boverket 2006, s.11.

Boverkets definition av en byggnads energiprestanda utgår från tillförd köpt energi och innefattar därför inte alla ovan nämnda punkter. Det krav som finns i Boverkets byggregler avser istället summan av uppvärmning och tappvarmvatten, även drift- och fastighetsel ska inkluderas men dessa poster påverkas inte av uppvärmningsbehovet och kan därför adderas som ett fixt värde i efterhand. Oavsett om energiprestandan ska beräknas enligt BBR eller inte måste hela energibalansen ställas upp, då delarna i balansen påverkar varandra (Bergsten, 2010).

Beräkningsmetoderna är som nämnt dynamiska, då de tar hänsyn till klimatfaktorerna temperatur, sol, vind och luftfuktighet. De utgår förenklat från systemets luftutbyte och temperaturutbyte, som båda hålls i balans. Luftutbytet hålls i jämvikt genom att den tillförda luften är lika stor som den bortförda. Vindtryck, termik, läckage och ventilationsflöden knyts därmed samman. Temperaturutbytet som innefattar sol, processer, transmissioner, luftomsättning mm. måste också hållas i balans och utgör därför ett energisystem med jämvikt mellan tillförd-, bortförd- och lagrad energi (StruSoft Manual).

Indata

Gränssnittet i VIP Energy är enkelt uppbyggt där indata för varje byggnadsdel anges med yta, riktning och höjd över marken. Det är möjligt att välja riktning efter väderstreck eller orientering inuti byggnaden. Om byggnadsdelen angränsar till ett område med konstant temperatur kan detta också anges.

Väggar och bjälklag

Byggnadens väggar och bjälklag byggs endimensionellt upp i programmet, i enlighet med Tabell 3.2 och 3.3. Uppbyggnaden i programmet görs genom att byggnadsdelens olika material infogas i skikt, från utsida och in. Varje material anges med tjocklek, värmeledningstal, densitet och värmekapacitet. Byggnadsdelen adderas automatiskt med ett inre- och ett yttre värmeövergångsmotstånd på 0,04 respektive 0,13 m²K/W. En sammanställning av Djingis Khans konstruktionsdelar kan ses i Bilaga E.

Fönster och dörrar

Fönster, altan- och ytterdörrar anges med glasandel, total- och direkt soltransmittans, u-värde och otäthetsfaktor. Djingis Khans fönster har delats upp i 2 och 3-glasfönster. Samtliga fönster tillhörande grundkonstruktionen har tilldelats 2-glas och de i tillbyggnaderna 3-glasfönster. Detta stämmer inte helt med verkligheten eftersom det finns fönstertyper i grundbyggnaden som i stor omfattning har bytts ut mot energieffektiva fönster med 3-glas. Förenklingen som gjorts orsakar dock inte några problem eller felkällor vid granskning av olika effektiviseringsåtgärder, där det är de relativa skillnaderna i energiförbrukning som studeras. Vid åtgärder rörande utbyte av fönster lämnas dessa fönstertyper därhän och påverkar därför inte resultatet.

Samtliga altandörrar anges som 2-glasfönster med ett u-värde på 2,7. Anledningen till att även altandörrar tillhörande tillbyggnader anges som 2-glas, när de i verkligheten är 3-glas, är att de i värmekameraundersökningen uppvisar samma egenskaper som grundbyggnadens dörrar. Tillbyggnader är byggda på 80 och 90-talet, vilket gör det tänkbart att anta ett u-värde för fönsterglas på 2,5 – 3,0 (Avasoo 2003, s. 10).

Köldbryggor

Köldbryggorna som förekommer tillhör i samtliga fall grundbyggnaden och hittas i skarven mellan två ytterväggar, mellan golvbjälklag och yttervägg samt mellan vindsbjälklag och yttervägg. Konstruktionsdelarna där dessa köldbryggor finns är principiellt likadant uppbyggda varför de kan summeras ihop efter riktning och längd. Uppbyggnaden har ritats upp 2-dimensionellt i VIP Energy, se Bilaga E, där programvaran sedan simulerar energiflödet genom köldbryggan.

Ventilation

Samtliga huskropparna, bortsett från den östra sidan av Q-gården, ventileras med självdrag. Att avgöra hur mycket energi som försvinner härigenom är svårt att bestämma med exakthet, då mycket beror på yttre förhållanden. Ett antagande måste därför göras. Rimligt är att anta att självdraget fungerar i sådan omfattning att Boverkets lägsta krav på luftutbyte, 0,35 l/s per kvadratmeter uppfylls. Antagandet är skäligt eftersom om detta villkor inte uppfylls bör insatser göras för att uppnå

standarden, oavsett vilken ekonomisk betydelse detta har. Det är inte troligt att luftutbytet är avsevärt mycket större än detta tal, då självdrag i småhus oftast fungerar relativt dåligt. För Djingis Khan har det antagits att luftutbytet fungerar i enlighet med Boverkets krav under större delen av året, men under 10 av sommarens veckor antas självdraget fungera hälften så bra som kravet, då enkätundersökningen indikerat att luften ”står still” under sommaren. För Q-gården antas ventilationen uppfylla Boverkets krav hela året. Antaganden som gjorts förmodas inte påverka resultatet av effektiviseringsåtgärder i någon större omfattning eftersom samtliga åtgärder framför allt berör transmissionsförluster.

Klimatdata

Klimatdata för Malmö har används. Skillnaderna mellan Malmö och Lunds värden är rimligtvis små. Vinddata anges för varje zon enligt Figur 4.5. En känslighetsanalys har dessutom gjorts där vindriktningen låstes i västlig riktning, områdets dominerande vindriktning, se Figur 3.2. Inomhustemperaturen tillåts variera över ett intervall där lägsta respektive högsta tillåtna temperatur bestämdes till 22 respektive 27 grader. Den lägsta temperaturen är satt till motsvarande BBR:s rekommenderade genomsnittstemperatur vid energi- och effektberäkningar (BBR, s.162, 2015).

Övrigt

Varmvattenanvändningen anges per kvadratmeter boyta och är angiven efter energideklarationens registrerade värde. För process- och personvärme används schablonmässig data som är förprogrammerat i programmet.

Resultat

Varje zon granskas för sig självt och redovisas därför också delvis individuellt. När zonerna summeras ihop erhålls en övergripande bild av området. Zonernas värden kan jämföras med det genomsnittliga värdet. Om en zon avviker mycket från detta bör anledningen identifieras. Diagram 4.1 visar den genomsnittliga energianvändningen per kvadratmeter och år för respektive zon samt genomsnittet för hela området. Endast parametrar som ingår i BBR:s definition av energianvändning är inkluderade. Utöver detta värms byggnaderna upp av sol-, process- och personenergi. Den solenergin som kan utnyttjas för uppvärmning varierar något mellan områdena medan process- och personenergin är fixa tal i form av schablonvärden. I diagrammet kan förutom den tillförda energin också värmeförluster, orsakade av transmission och ventilation, ses. Luftläckage och passiv kyla, som också är förluster, är så små att de i princip är försumbara. Av den anledningen saknas de i diagrammet. Spillvarmvattnet är också en energiförlust som är med i balansen, men eftersom denna förlust är en direkt konsekvens av förbrukning av tappvarmvatten och således lika stor tas den inte med i diagrammet.

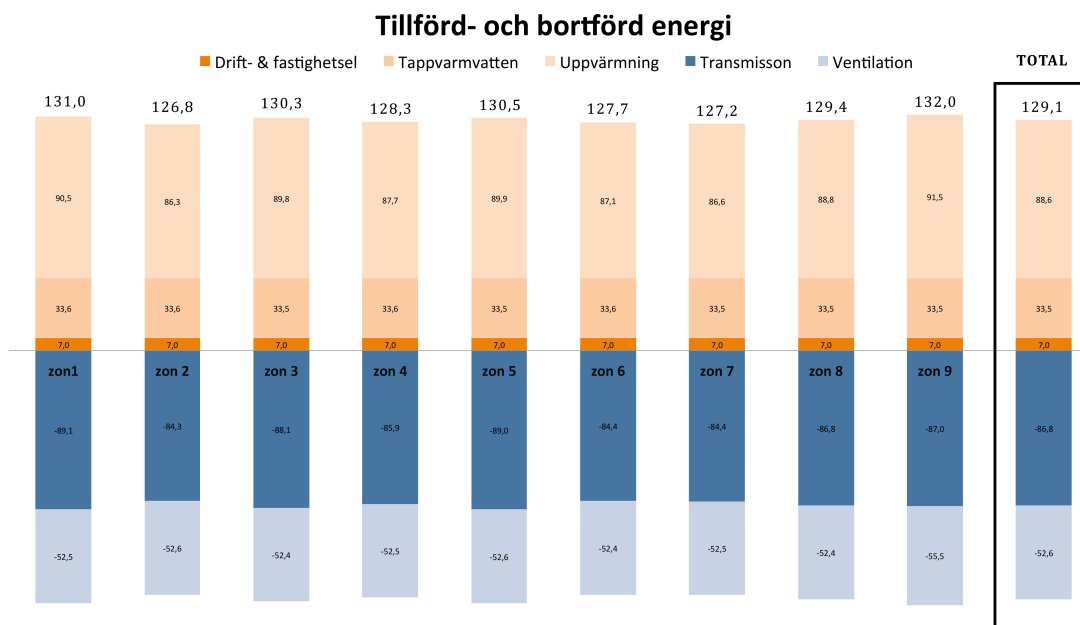


Diagram 4.1. Några utvalda komponenter som ingår i energibalansen. Orange färg representerar tillförd energi och summan representerar energiprestanda enligt BBR. Blå färg representerar bortförd energi med enbart de två största posterna redovisade.

Enligt simuleringen är bostadens energiprestanda 129,1 kWh per kvadratmeter och år, vilket kan jämföras med 141,4 kWh/m² år som är prestandan beräknat utgående ifrån 2014 års normalårskorrigerade fjärrvärmeanvändning. I energideklarationen anges en annan golvyta än vad som beräknas i rapporten efter konstruktionsritningarna. Om golvytan ändras till att matcha den i rapporten fås energiprestandan till 142,6 kWh/m² år. Det skiljer således ungefär 9 % mellan det simulerade värdet och det uppmätta. Detta kan vid en första anblick verka mycket. Vid närmre granskning hittas dock en olikhet mellan fallen, som är en trolig orsak till den stora skillnaden. VIP Energy utgår nämligen inte från vare sig SMHI:s klimatdata eller definitionen av normalår, utan använder istället klimatdata för åren 1996-2005 tillhandahållet av NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center. Om värmeförbrukning för de två reella fallen inte utgår ifrån de normalårskorrigerade värdena, utan istället beräknas från de avlästa, blir energiförbrukningen för år 2008 (energideklarationen) 129,8 kWh/m² år och för 2014 blir energiprestandan 121,6 kWh/m² år. Om ett genomsnitt av den avlästa värmeanvändningen för åren 2008, 2011, 2013 och 2014 tas (åren som tillförlitlig avläst klimatdata hittas för) fås en energiprestanda på 130,4 kWh per kvadratmeter och år. Klimatförutsättningarna för detta värde är förmodligen mer lika de som råder när VIP Energy gör sin simulering och skillnaden mellan simulering och verkligheten är för detta fall mindre än en procent.

Felkällor

De indata som simuleringen utgår från är i stor grad baserad på verkligheten. Det finns dock parametrar som är estimerade. Väggens otäthetsfaktor är en sådan parameter. Här har värdet bestämts till $0,6 \text{ l/m}^2\text{s}$ vilket enligt BBR:s alternativa krav, avsnitt 9.4, är det högst tillåtna värde som en byggnad får släppa igenom. Att värdet skulle understiga det angivna bedöms inte troligt, eftersom det lätt blir drag i huset när det är blåsig ute. Parametern lämnas dessutom oförändrad vid simulering av energieffektivisering genom tilläggsisolering. I verkligheten borde otäthetsfaktorn minska. Energibesparingen som en minskning av otäthetsfaktorn skulle medföra kan därför ses som en säkerhetsmarginal.

Indata för process- och personvärme, soltransmittans för fönsterglas, vindförhållanden och solabsorption för väggar och tak har i samtliga fall uppskattats. Vid simulering av energieffektiviseringsåtgärder ändras dock aldrig dessa värden och de borde därför inte påverka resultatet nämnvärt.

5 EFFEKTIVISERING DJINGIS KHAN

Kapitlet beskriver hur BRF Djingis Khan kan effektivisera sin användning av energi genom olika åtgärder. Avsnitt 5.4 och 5.5 redovisar det ekonomiska utfallet av de olika effektiviseringsåtgärderna.

5.1 Inledning

Bostadsrättsföreningar och hushåll i allmänhet kan långsiktigt göra stora besparingar genom att vid renovering och ombyggnad vidta kostnadseffektiva energieffektiviseringsåtgärder. I många fall finns det emellertid marknadsbarriärer som medför att detta inte görs. Det handlar om brist på kunskap, osäkerhet och finansiella svårigheter (Boverket 2005, ss. 23-25). Osäkerheten berör ofta energiprisutveckling och huruvida lagstiftningar kommer att ändras. Den osäkerhet som finns påverkar de ekonomiska lönsamhetskalkylerna genom att en för hög diskonteringsränta ofta används. Detta kan leda till ekonomiskt felaktigt beslut då en korrekt genomförd analys skulle kunna visa på en större lönsamhet för effektiviseringsåtgärden. Mindre osäkerhet borde alltså leda till att fler energieffektiviseringsåtgärder genomfördes (Boverket 2005, s. 24).

Åtgärderna som utvärderas i detta kapitel för bostadsområdet Djingis Khan analyserar i de flesta fall hur stor merkostnaden för en energieffektiviseringsåtgärd maximalt får vara, för att åtgärden ska vara ekonomiskt lönsam att vidta. Hur räntor är beräknade förklaras i nästa avsnitt. Kostnadsförslagen som ges i rapporten är baserade på dagens förhållanden. Eftersom åtgärderna i de flesta fallen inte ska genomföras direkt, utan ska fungera som underlag till att välja det mest ekonomiskt lönsamma beslutet när en förändring ska göras, skapades en Excel-fil. I den kan BRF Djingis Khan själv enkelt uppdatera kalkylerna efter de förutsättningarna som råder vid det tänkta investeringstillfället. Excel-filen beräknar då den högsta merkostnaden, vid vilken investeringen är lönsam, utifrån de då rådande förutsättningarna.

Simuleringarna av hur mycket energi som sparas har gjorts i VIP Energy om inte annat anges. För det i förra kapitlet konstruerade området har konstruktionsdelarna ändrats i enlighet med åtgärden. Den medförda energianvändningen har därefter jämförts med den innan förändring. Inga förändringar av tillbyggnaderna har gjorts, förutom i fallet med altandörrar. Samtliga andra åtgärder avser istället förändringar i grundbyggnadens delar. En fullständig lista av energianvändningen, som de olika simulerade åtgärderna ger upphov, till hittas i Bilaga F.

5.2 Ekonomi

Byggnadsprojekt innebär ofta stora investeringar vid långsiktiga lösningar vilket kan föranleda att bostadsrättsföreningar avstår från att genomföra förändringar, då investeringsens lönsamhet är svår att avgöra och de ekonomiska ramarna kan vara snäva (Boverket 2005, ss. 24, 25). För att motivera förändringar krävs en helhetssyn på investeringsens livscykelkostnad och att man tydligt kan visa på dess lönsamhet. Eftersom kunskap inom området energieffektivisering ofta är bristfällig inom föreningar och kunskap utifrån i många fall inte övervägs, går både samhället och den enskilda föreningen miste om många ekonomiskt och miljömässigt lukrativa lösningar (Boverket 2005, ss. 23, 24).

En investering behöver inte alltid vara antingen lönsam eller olönsam utan dess bärighet kan bero på vid vilken tidpunkt den utförs. Särskilt när det finns förändringar som måste göras och det därmed finns en kostnad som man inte kan undvika finns det anledning att utvärdera om en energisparande åtgärd kan vara mer kostnadseffektiv. Exempelvis så är det ofta inte lönsamt att tilläggsisolera en fasad då det medför kostnader för både nytt fasadmateriäl och målning. Däremot kan investeringen vara profitabel om åtgärden görs istället för en ommålning av den befintliga fasaden. Den relativa kostnaden är i detta fall den intressanta och vid analys om lönsamhet bör kostnader för färg och målning reduceras. Eftersom de uppkommer oavsett (Andersson, Fant, Landfors, Daring, Södergren 2009, s. 29).

Vid utvärdering av en energibesparande åtgärd är det viktigt att bedöma ingreppets livslängd korrekt. Livslängden kan delas upp i ekonomisk- och teknisk livslängd. I redovisningssammanhang är begreppet nyttjandeperiod också vanligt, vilket avser den tid som åtgärden är tänkt att nyttjas. Den tekniska livslängden anger hur länge en funktion kan användas medan den ekonomiska anger hur länge den är ekonomiskt försvarbar att utnyttja (Fattighetsnytt 2008, s. 484). Den ekonomiska livslängden är mest intressant ur ett investeringsperspektiv och nyttjandeperioden är ofta densamma. Den ekonomiska livslängden kan dock vara besvärlig att bestämma i exakthet, då den beror på spekulativa faktorer som teknikutveckling (Fattighetsnytt 2008, s. 482).

Utgående från teknisk- och ekonomisk livslängd bestäms en kalkylperiod (Levin, Lilliehorn, Sandsten 2008, s. 19). I vissa fall har dock byggnadsprojekt en förmodad livslängd som är så pass lång att det är olämpligt att sätta kalkylperioden till livslängden, ty det är svårt att förutse hur framtiden kommer att se ut. Vid investeringskalkyler som sträcker sig mer än 20 år bör man vara observant på och medveten om att det finns stor ovisshet gällande förutsättningarna under den senare delen av kalkylen. Det kan därför vara fördelaktigt att inkludera en riskpremie i kalkylräntan i dessa fall (Ohlsson 2003, s. 171).

Att välja en lämplig kalkylränta är en viktig parameter i en investeringskalkyl, eftersom den påverkar resultatet i mycket hög grad. Den ska avspegla kapitalkostnader, riskpremier och tidspreferenser (Ohlsson 2003, s.168). Bostadsrättsföreningar sitter ofta inte på överskottskapital utan försöker anpassa hyran efter utgifterna. Att använda låneräntan som kalkylränta är därför brukligt. Historisk data visar att en real låneränta på 4 % är probabel över tid (Levin, Lilliehorn, Sandesten 2008, s. 39). Energipriset kan också förväntas att ändras över tiden och det är vanligt att ansätta en real prisökning per år med 2-4 %, utan djupare analyser (Levin, Lilliehorn, Sandesten 2008, s. 39). Vid beräkningar i denna rapport anses detta dock behöva granskas mer noggrant för att inte riskera att ge en missvisande bild av investeringens lönsamhet. Eftersom denna analys ligger utanför projektets gränser görs istället det restriktiva antagande att energipriset ökar i takt med inflationen. Kalkylräntan kan därför sättas till realräntan för lånet, dvs. 4 %. Denna restriktiva syn på energiprisutvecklingen tillsammans med att hänsyn inte tas till att lånebeloppet sakta amorteras av, vilket egentligen medför en avtagande räntekostnad, fungerar som riskpremie. Resultaten kan därför förväntas bli något bättre än vad kalkylen visar, även om ovisshet om framtiden ändå föreligger. Nuvärdesmetoden används vid beräkningarna och ett nettonuvärde på noll bör föranleda en investering, eftersom en energibesparing är samhällsnyttig om den är ekonomiskt neutral.

Nettonuvärdet (NPV) av en investering beräknas genom att investeringskostnaden sätts i relation till de intäkter som genereras av den. Kalkylräntan bestämmer förhållandet mellan pengars värde idag och i framtiden. Som ovan nämnt är kalkylräntan i detta fall bestämd till 4 %, vilket betyder att intäkter om ett år är värda 96 % av intäkter som kommer idag. På så sätt kan nuvärdet för varje års intäkter beräknas och ställas mot investeringskostnaden. I fallet energieffektivisering är det besparade kostnader, istället för intäkter, som sätts i relation till investeringskostnaden. Energibesparingarna är lika stora varje år och dess total kan därför beräknas med annuitetsfaktorn. Faktorn beräknas med nedanstående formel och multipliceras sedan med AAR, *Average Accounting Return* (den årliga besparingen), för att erhålla besparingens nettonuvärde över dess livslängd.

$$\text{Annuitetsfaktor} = \frac{r_k}{1 - (1 + r_k)^{-n}}$$

r_k = kalkylränta

n = ekonomisk livslängd

5.3 Indata

De ekonomiska kalkylerna som görs för olika effektiviseringsåtgärder utgår i samtliga fall från samma energipriser och kalkylräntor, vilka kan ses i Tabell 5.1. Fjärrvärmepriset är baserat på den rörliga avgiften av kraftringens standardavtal gällande fjärrvärme, 0,75 SEK/kWh (Kraftringen 2015). Priset för kallvatten är bestämt till VA SYD:s rörliga avgift för vattendistribution inom Lund, 0,016 SEK/liter (VA SYD, 2015). Enligt resonemang i förra avsnittet är kalkylräntan 4 %.

Tabell 5.1. Indata för de ekonomiska kalkylerna.

Indata		
Området		
Antal hushåll	316	
Priser		
Fjärrvärmepris	0,75	SEK/kWh
Kallvattenpris	0,016	SEK/liter
Ränta		
Energipris förändring	2%	
Inflation	2%	
Intärnränta	4%	
Resultterande kalkylränta	4%	

5.4 Tappvarmvatten

Tappvarmvattenanvändningen för Djingis Khan är stor, hela 20 % större än rikssnittet per ytenhet. Detta beror till viss del på att det finns många barnfamiljer på området, men den besvarade enkäten visar också på att en stor andel hushåll använder gamla ineffektiva munstycken i dusch och kök.

5.4.1 Åtgärd 1 – Snålspolande duschmunstycken

Analys

Ett traditionellt duschmunstycke har ett vattenflöde på runt 12 l/min. En snålspolande variant använder hälften av detta. Upplevelsen och tiden som krävs för en dusch påverkas inte i någon större grad av vilken variant man använder. Detta beror på att den mindre mängd vatten som spolas från den snålspolande varianten kompenseras med ett högre tryck.

Enkäten fastställde både ett hushålls duschvanor och vilken typ av duschmunstycke som används, vilket gör det möjligt att beräkna hur mycket energi som kan sparas om de som har gamla munstycken byter ut dem mot nya. 37 % av Djingis Khans hushåll

har redan idag ett snålsprutande duschmunstycke, 33 % har det garanterat inte och 30 % vet inte. Vid energibesparingsanalysen tillgavs de som svarat ”vet inte” ett duschmunstycke med ett vattenflöde på 9 l/min, vilket baseras på antagandet att hälften av dessa hushåll har ett snålspolande duschmunstycke och andra hälften inte har det. Antalet hushåll som svarade på båda frågorna var 175 stycken, för resterande hushåll på området antas likadana förhållanden råda. Under dessa förutsättningar använder området idag 15,1 megaliter varmvatten per år till att duscha. Om alla hushåll istället skulle ha snålspolande munstycken i duschen blir användningen 10,7 megaliter varmvatten per år. Besparingspotentialen är alltså 4,4 megaliter vatten. För att kunna beräkna hur mycket värmeenergi detta motsvarar måste ett antagande göras om hur mycket tappvattnet behöver värmas upp. Ett standardantagande är att kallvattnet måste värmas 30 grader (Sveby 2009, s. 6), vilket också är värdet som används i rapporten. Då en liter vatten kräver 4190 J för att värmas en grad kan energibesparingen av åtgärden bestämmas till 170 MWh per år. Den ekonomiska konsekvensen av att bostadsrättsföreningen investerar i 129 stycken snålspolande duschmunstycken och förser de hushåll som fortfarande har traditionella munstycken med dem, ses i Tabell 5.2.

Tabell 5.2. *Kostnadsanalys av att investera i 129 stycken snålspolande duschmunstycken. Källa kostnad per munstycke: Hansgrohe 2005.*

Åtgärd 1 - Snålspolande duschmunstycken		
Investeringskostnad		
Kostnad per duschmunstycke	278	SEK
Antal	129	st
Total investeringskostnad	35,9	TSEK
Livslängd		
Ekonomisk livslängd	10,0	år
Energibesparing		
Fjärrvärme	169,1	MWh
Kallvatten	4,8	Mliter/år
Kostnadsbesparing		
Fjärrvärme	126,9	TSEK/år
Kallvatten	76,0	TSEK/år
Livcykelbesparing för investeringen		
AAR	202,8	TSEK
$1/(1+r)$	0,96	
$Y(1/(1+r), 25)$	8,1	
NPV av energibesparingen	1,6	MSEK
Återbetalningstid	0,18	År
Avkastning	4487%	

Rekommendation

Det resulterande nettonuvärdet för investeringen är +1,6 MSEK med 10 år som tidsperspektiv och en kalkylränta på 4 %. Investeringen är beräknad att vara återbetald redan inom 2 månader. Rekommendationen är därför att BRF Djingis Khan beslutar om att installera snålspolande duschmunstycken i lägenheter som inte redan har detta. Undersökningen av vilka lägenheter som behöver nytt munstycke bör göras av fackman och inte via enkät, då uppskattningsvis en tredjedel inte vet vilken typ av munstycke som är installerat.

5.4.2 Åtgärd 2 – IMD

Analys

IMD, individuell mätning och debitering för uppvärmning och tappvarmvatten kan enligt Boverket sänka energianvändningen med 10-20 % (Boverket 2014, s. 270). Åsikterna inom BRF Djingis Khan om huruvida man tycker att det är en bra idé eller inte, att införa IMD för tappvarmvatten, är inte entydiga. Enkäten visar att lika många ställer sig positiva som negativa. Detta är dock naturligt då personer med ett högt uppvärmningsbehov i många fall ställer sig negativ inför denna förändring och personer med lågt behov ställer sig positiva. I Diagram 5.1 ses att samma tendenser finns för de boende på Djingis Khan. Diagrammet sätter hushållens energibehov för dusch, bad och tvätt i relation mot inställningen till IMD, där ”1” betyder att hushållet är negativt inställt till IMD och ”6” positivt. Ett beslut om huruvida IMD ska införas bör därför inte helt baseras hushållens åsikter, utan kan med större fördel ses från ett ekonomiskt- och samhällsnyttigt perspektiv.

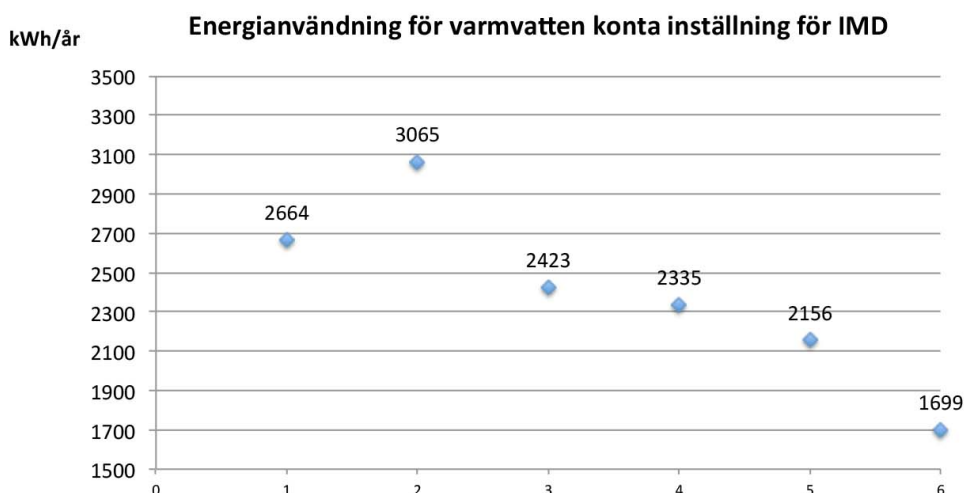


Diagram 5.1. Genomsnittligt energibehov i relation till IMD. ”1” är negativt inställt till IMD och ”6” är starkt positiv.

I enkätundersökningen uppger många hushåll att deras energiförbrukning kommer att förbli oförändrad om IMD skulle införas, se Diagram 5.2. Det är emellertid sannolikt

att flera med denna uppfattning kommer att ändra åsikt vid en förändring, då individuell debitering betyder en ständig påminnelse om att energin för uppvärmning faktiskt kostar. En självklarhet som kan vara lätt att glömma när avgiften schablonmässigt läggs på hyran.

Hur skulle hushållets varmvattenanvändning påverkas av införande av individuell mätning och debitering?

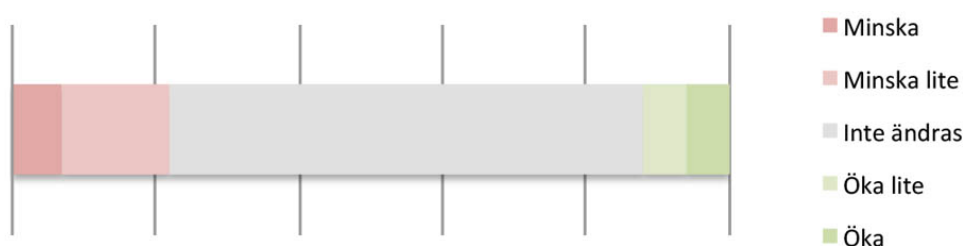


Diagram 5.2. Hushållens uppfattning om hur deras varmvattenanvändning skulle förändras vid IMD.

Enligt rapporten *Individuell mätning och debitering vid ny- och ombyggnad* utgiven 2014 av Boverket fastställs att installation av IMD för tappvarmvatten aldrig är kostnadseffektivt vid en minskning av användandet med 10 %. Vid 20 % minskning kan åtgärden vara lönsam om installationskostnaden är låg.

Tabell 5.3. Uppskattad besparingskostnad för energi för åtgärden IMD av varmvatten.

Åtgärd 2 - IMD (uppskattad besparing, enligt Boverket)			
Livslängd			
Ekonomisk livslängd	20,0	20,0	år
Energibesparing			
	Fall 1	Fall 2	
Uppskattad besparing	10%	20%	
Fjärrvärme	109063,5	218127,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen			
AAR	258,9	517,7	SEK/hushåll
$1/(1+r)$	0,96	0,96	
$Y(1/(1+r), 25)$	13,6	13,6	
NPV av energibesparingen	3517,9	7035,8	SEK/hushåll

Rekommendation

Åtgärden att installera individuell mätning och debitera därefter, för BRF Djingis Khan, kan utifrån ovanstående förutsättningar inte betraktas som lönsam. Rekommendationen är därför att inte införa detta system om lönsamhet är målsättningen. Om målsättningen istället är att minska tappvarmvattenanvändningen i högsta möjliga mån kan åtgärden rekommenderas. Detta då åtgärden tillsammans med *Åtgärd 1* ger en större energibesparing jämfört med att bara genomföra *Åtgärd 1*. Som

helhet bedöms denna kombination av åtgärder vara kostnadseffektiv, om än i mindre grad än *Åtgärd 1* för sig självt. Den ekonomiska besparingen som kommer av Boverkets hypotes, om en sänkning av varmvattenanvändningen med 10-20 % vid införande av IMD, ses i Tabell 5.3.

5.4.3 Diskussion

Utöver att byta ut traditionella duschmunstycken mot snålspolande bör även gamla munstycken tillhörande kökskranen ersättas samtidigt. Ingen ekonomisk kalkyl har gjorts kring detta då användningen av varmvatten i köket är svår att uppskatta. Besparingspotentialen förmodas likväl vara stor då enkäten påvisar att endast 32 % av hushållen har snålspolande kranar i köket idag.

För åtgärden att byta ut traditionella munstycken mot snålspolande råder dock en viss risk för *split incentives*. Hushållen är fortfarande beroende av varandras användning och även om en kollektiv minskning innebär ekonomisk vinning finns det en risk att individuella hushåll återgår till traditionella munstycken. Detta då en förändring i ett enskilt hushåll inte påverkar den totala energikostnaden nämnvärt. För att eliminera denna risk kan exempelvis IMD införas.

5.5 Uppvärmning

5.5.1 Åtgärd 3 – Tilläggsisolera tak

Analys

Områdets tak lagas allt eftersom det behövs, men det var längesen en omfattande takomläggning gjordes. Vid värmekameraundersökningen kunde köldbryggor urskiljas där reglar går och isoleringentjockleken är överlag betydligt tunnare än vad som idag är standard. En simulering av hur mycket energi som sparas om vindsbjälklaget, tillhörande grundbyggnaden, tilläggsisoleras har därför gjorts.

Simuleringen är gjord för fallet att 20 cm mineralull, med värmekonduktiviteten 0,04 W/(m•K), läggs ovanpå det befintliga isoleringsskiktet. Detta innebär ett stort ingrepp då yttertaket måste höjas 20 cm. Takets u-värde förbättras från 0,18 till drygt 0,09 W/m²K. Energibesparingen för hela området blir 110 MWh per år, lönsamhetskalkylen ses i Tabell 5.4.

Tabell 5.4. *Energikostnad som sparas per kvadratmeter installation under åtgärdens uppskattade ekonomiska livslängd.*

Åtgärd 3 - Tilläggsisolertak (20 cm mineralull)		
Livslängd		
Ekonomisk livslängd	25,0	år
Energibesparing		
Fjärrvärme	110321,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen		
AAR	6,3	SEK/kvm
1/(1+r)	0,96	
Y(1/(1+r) , 25)	15,6	
NPV av energibesparingen	98,0	SEK/kvm

Rekommendation

Åtgärdens livslängd har bestämts till 25 år, eftersom analyser över längre tid än så bedöms som alltför spekulativa. 25 år kan också anses vara en rimlig räntebaserad återbetalningstid för denna typ av insats. Simuleringen visar att merkostnaden för att tilläggsisolera taken inte får överstiga 98 SEK per kvadratmeter installerad yta för att vara lönsam. Rekommendationen är därför att när det finns behov av takåtgärder, undersöka vilken merkostnad det skulle medföra att samtidigt tilläggsisolera. Om denna kostnad understiger 98 SEK/m² är det kostnadseffektivt att tilläggsisolera.

5.5.2 Åtgärd 4 – Sedumtak

Analys

Energigruppen på Djingis Khan har lyft frågan om huruvida sedumtak kan vara ett alternativ som både sparar energi och förskönar. Fördelen med sedumtak är framför allt att de binder mycket regnvatten och att evaporation av detta vatten får taktemperaturen att hålla sig jämn under sommartid (Liu 2002, s. 3). En lägre taktemperatur leder till en sänkt inomhustemperatur under sommartid, men eftersom husen tillhörande BRF Djingis Khan inte har någon kylanordning installerat kommer detta inte att spara energi utan bara höja inomhuskomforten. Under vintertid fungerar sedumtaket som ett extra isoleringsskikt, men den låga värmekonduktiviteten 0,5 W/(m•K) (Isover 2013) gör att ingen större effekt fås. När jorden fryser minskar isoleringsförmågan ytterligare (Liu 2002, s. 3). Vid simulering av att belägga det befintliga taket med ett 10 cm tjockt sedumlager fås en mycket knapp besparing, se Tabell 5.5. Det råder dessutom viss osäkerhet om solabsorptionsfaktorn kommer att minska även under vintertid, som följd av att vatten evaporerar istället för att taket värms upp. Om så är fallet riskerar åtgärden att istället bli energikonsumerande, se Tabell 5.5.

Tabell 5.5. *Energikostnad som sparas per kvadratmeter installation över åtgärdens uppskattade ekonomiska livslängd. Tre fall studeras.*

Åtgärd 4 - Sedumtak (zon 1)				
Livslängd	Fall 1	Fall 2	Fall 3	
Solabsorption tak	30%	50%	70%	
Livslängd				
Ekonomisk livslängd	25,0	25,0	25,0	år
Energibesparing				
Fjärrvärme	-4456,0	-1117,0	2142,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen				
AAR	-1,0	-0,3	0,5	SEK/kvm
1/(1+r)	0,96	0,96	0,96	
Y(1/(1+r) , 25)	15,6	15,6	15,6	
NPV av energibesparingen	-16,0	-4,0	7,7	SEK/kvm

Rekommendation

Ingen analys angående huruvida taket kommer att hålla för att beläggas med sedum har gjorts eftersom åtgärden inte garanterat kan anses som positiv ur energieffektiviseringssynpunkt. Enligt uppgifter från återförsäljare kan inte heller ett sedumtak läggas på den befintliga takpappen, eftersom den riskerar att läcka. Istället måste en ny takpapp installeras i samband med åtgärden.

Kostnadsbesparingen för energi som 10 cm sedum på taket resulterar i, sett över 25 års tid, varierar från 7,7 SEK/m² till -16,0 SEK/m². Osäkerhetsfaktorerna som orsakar

det stora intervallet gör att inget utlåtande om man bör eller inte bör belägga taken med sedum görs. Men det bedöms högst osannolikt att åtgärden är kostnadseffektiv.

5.5.3 Åtgärd 5 – Tilläggsisolera väggar utifrån

Analys

Att tilläggsisolera en vägg utifrån kräver ett omfattande ingrepp. Fasadpanelen måste tas bort, nya regler monteras, isoleringen ska på plats och slutligen ska en ny fasad sättas på plats och målas. Detta stora ingrepp lönar sig oftast inte genom den energibesparing som görs, utan investeringskostnaden är för stor (Andersson et al. 2009, s. 19). I många äldre byggnader kan delar av detta behöva göras ovillkorligt, då exempelvis fasaden håller på att falla samman. I dessa fall ska endast merkostnaden för att tilläggsisolera ställas mot energibesparingen. När fasaderna tillhörande BRF Djingis Khan ska bytas ut, förändras eller målas om finns det därför möjlighet för en eventuell lönsamhet. Den ekonomiska kalkylen nedan räknar ut hur stor merkostnaden för att tilläggsisolera får vara per kvadratmeter för att det ska vara det mer lönsamma alternativet. Merkostnaden avser alla kostnader som tillkommer för att tilläggsisolera, dvs. inte bara regler och isoleringsmaterial utan även extra arbetskostnad och andra justeringar av byggnaden som kommer till följd av att fasaden ändrar skepnad.

Altandörrar är i flera fall placerade väldigt nära en angränsande yttervägg, vilket gör det svårt att tilläggsisolera här. Att lösa detta genom att lokalt utelämna tilläggsisolering för det berörda området kan troligtvis lösa detta, samtidigt som området får en mer särprägel. Ingrepp i ytterdelarna av takkonstruktionen måste också göras vilket kan göra det mer fördelaktigt att byta ut fasaden samtidigt som taket läggs om. Den stora ekonomiska utgift som detta innebär kan spridas genom att åtgärderna görs för ett område i taget.

Simuleringen är gjord för installation av 10 centimeter tilläggsisolering med mineralull, med värmekonduktiviteten $0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Väggens energiprestanda blir genom denna insats dubbelt så bra, u-värde förbättras från $0,41$ till $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Energibesparingen för området blir knapp 500 MWh per år, alltså motsvarande 12,5 % av det totala uppvärmningsbehovet.

Tabell 5.6. *Energikostnad som sparas per kvadratmeter installation under åtgärdens uppskattade ekonomiska livslängd.*

Åtgärd 5 - Tilläggsisolera ytterväggar (10cm mineralull)		
Livslängd		
Ekonomisk livslängd	25,0	år
Energibesparing		
Fjärrvärme	498747,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen		
AAR	21,9	SEK/kvm
$1/(1+r)$	0,96	
$Y(1/(1+r), 25)$	15,6	
NPV av energibesparingen	341,5	SEK/kvm

Rekommendation

Tilläggsisolering av fasaden är idag inte aktuellt eftersom den i dagsläget inte behöver renoveras i särskilt stor utsträckning. Innan år 2050 är det dock mycket troligt att den är så pass förfallen att den måste bytas ut. Genom att då ändra parametrarna efter rådande förhållanden, i den skapade Excel-filen, beräknas nettonuvärdet för hur stor merkostnaden för tilläggsisolering per kvadratmeter får vara. Idag får merkostnaden för att tilläggsisolera ytterväggarna med 10 centimeter mineralull vara högst 341 SEK per kvadratmeter installerad yta för att åtgärden ska vara lönsam, med tidsperspektivet 25 år, se Tabell 5.6. Om tidsperspektivet istället sätts till 50 år vilket är den troliga livslängden får merkostnaden högst vara 470 SEK/m². Detta tidsperspektiv är dock inte lämpligt att använda då det är omöjligt att uppskatta energipris, räntor och lagar så långt fram i tiden. Rekommendationen är därför att uppdatera kalkylen efter rådande förhållanden när fasaden väl behöver bytas ut eller genomgå en omfattande renovering. Om den verkliga merkostnaden för att tilläggsisolera väggen, till ett u-värde av 0,2 W/m²K, understiger den i kalkylen beräknade, är det lönsamt att tilläggsisolera och åtgärden bör då utföras.

5.5.4 Åtgärd 6 – Tilläggsisolera väggar inifrån

Analys

Istället för att tilläggsisolera utifrån kan det göras inifrån. Detta görs redan idag hos hushåll som upplever en vägg som väldigt kall. Åtgärden är klart mindre omfattande jämfört med den utvändiga åtgärden men det finns samtidigt en större risk för att fuktproblem uppkommer. Fuktproblem kan uppkomma genom att fukt från utsidan inte torkar lika snabbt som normalt, då den yttre delen av väggen blir kallare när den är placerad längre ifrån inomhusklimatets värme (Andersson et al. 2009 s. 20).

Simuleringen har gjorts för både tilläggsisolering med mineralull, 0,04 W/(m•K), och cellplast, 0,021 W/(m•K), se Tabell 5.7. Energibesparingen av att tilläggsisolera samtliga innerväggar i grundbyggnaden blir 370 respektive 470 MWh per år, för de två alternativen. Någon analys om hur tilläggsisoleringen kommer att påverka fukthalten i den befintliga väggen har dock inte gjorts.

Tabell 5.7. *Energikostnad som sparas per kvadratmeter installation under åtgärdens uppskattade ekonomiska livslängd. Fall 1 avser mineralull och fall 2 cellplast.*

Åtgärd 6 - Tilläggsisolera ytterväggar inifrån (5cm)			
Livslängd			
Ekonomisk livslängd	25,0	25,0	år
Material			
	Fall 1	Fall 2	
Isoleringsmaterial	Mineralull	Cellplast	
Energibesparing			
Fjärrvärme	371341,0	470509,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen			
AAR	16,3	20,6	SEK/kvm
1/(1+r)	0,96	0,96	
Y(1/(1+r) , 25)	15,6	15,6	
NPV av energibesparingen	254,2	322,1	SEK/kvm

Rekommendation

Om man kan fastställa att båda alternativen är säkra ur fuktsynpunkt så skiljer det 68 SEK/m² i energibesparing över 25 år till cellplastens fördel. Mineralullen sparar 254 SEK/m² och cellplasten 322 SEK/m². Alltså bör cellplast användas om skillnaden i pris är mindre än 68 SEK/m².

Om man istället väljer att belägga ytan med 2,5 cm cellplast fås en likvärd besparing som 5 cm tilläggsisolering med mineralull genererar. I detta fall får kostnaden per volymenhet vara nästan dubbelt så hög för cellplasten kontra mineralullen för att få samma ekonomiska utfall.

Tilläggsisolering inifrån innebär som nämnt en risk och att genomgående tilläggsisolera området på detta sätt kan därför inte rekommenderas. De väggar som är i behov av invändig tilläggsisolering sparar med 5 cm mineralull 254 SEK/m² sett över 25 år. Denna besparing kan vara intressant att sätta i relation till vad kostnaden per kvadratmeter är för denna åtgärd. Cellplast kan vara ett alternativ till mineralullen och därför har även en kostnadsanalys för den gjorts.

5.5.5 Åtgärd 7 – Byta gamla fönster i grundbyggnaden

Analys

Grundhusets har flera olika typer av fönster där vissa nyligen är bytta medan andra är gamla. De fönster som är bytta nyligen berörs inte, utan analysen omfattar bara tre typer av fönster:

- Fönster i vardagsrum (1,5x1,5 meter)
I flera fall där utbyggnader har gjorts återstår bara halva detta fönster. Besparingen som görs genom att byta ut detta fönster fås genom att halvera besparingen för "fönster i vardagsrum" i Tabell 5.8.
- Fönster i kök (1,5x1,1 meter)
- Fönster på ovanvåningen (1,5x1,2 meter)

Simuleringen är gjord för byte av samtliga tre fönster samtidigt, eftersom de är av samma typ. Därefter har besparingen i energikostnad för varje fönster räknats ut genom att ta den genomsnittliga besparingen per kvadratmeter multiplicerat med fönsterarean, se Tabell 5.8. Besparingen per kvadratmeter fönster, vid byte av de gamla, u-värde 2,7 W/m²K, mot nya energieffektiva, u-värde 0,9 W/m²K, blir 3 870 SEK, med en ekonomisk livslängd på 20 år.

Tabell 5.8. *Energikostnad som sparas då installation av energieffektiva fönster görs, sett över den ekonomiska livslängden.*

Åtgärd 7 - Byta gamla fönster i grundbyggnaden		
Livslängd		
Ekonomisk livslängd	20,0	år
Energibesparing		
Fjärrvärme	413971,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen		
AAR	284,8	SEK/kvm
1/(1+r)	0,96	
Y(1/(1+r) , 25)	13,6	
NPV av energibesparingen	3870,0	SEK/kvm
NPV byta fönster i vardagsrum	8707,6	SEK/fönster
NPV byta fönster i kök	6385,6	SEK/fönster
NPV byta fönster i ovanvåning	6966,1	SEK/fönster

Rekommendation

Att byta ut gamla fönster nämns ofta som ett av de mesta kostnadseffektiva sätten att spara energi på. Djingis Khan har många gamla 2-glasfönster och bör därför ta ställning till om de ska bytas eller inte. Genom att ersätta samtliga fönster som ovan är beskrivna med energieffektiva varianter, sparar Djingis Khan drygt 410 MWh per år, motsvarande drygt 10 % av den totala värmeförbrukningen. Detta är nästan lika mycket som sparas genom att tilläggsisolera grundbyggnadernas samtliga väggar. Om nya fönster kan köpas och installeras för ett kvadratmeterpris som är under 3 870 SEK är det lönsamt att byta ut de diskuterade fönstren.

5.5.6 Åtgärd 8 – Byta gamla altandörrar

Analys

Altandörrarna ser på värmekamerans display väldigt energiineffektiva ut. Det är dock oftast inte glaset i sig som är det stora problemet utan bristen på tätning samt ramens bristfälliga konstruktion är minst lika problematiska.

Simuleringen som är gjord i VIP Energy avser bara byte av glas och ger därför inte en riktigt rättvis bild över vad som sparas om man byter ut de gamla altandörrarna. Antaget vid simuleringen är att de gamla fönsterglasen med u-värde på 2,7 W/m²K byts ut mot energieffektiva glas med u-värdet 0,9 W/m²K. Besparingen i energi blir totalt 81 MWh om samtliga altandörrar byts ut. Eftersom inte samtliga dörrar behöver ersättas är den ekonomiska besparingen per kvadratmeter dörr, 1 187 SEK vid 20 års ekonomisk livslängd, mer intressant. Den ekonomiska kalkylen hittas i Tabell 5.9.

Tabell 5.9. *Energikostnad som sparas då installation av energieffektiva altandörrar görs, sett över den ekonomiska livslängden.*

Åtgärd 8 - Byta gamla altandörrar		
Livslängd		
Ekonomisk livslängd	20,0	år
Energibesparing		
Fjärrvärme	80556,0	kWh
Livcykelbesparing för investeringen		
AAR	87,3	SEK/kvm
1/(1+r)	0,96	
Y(1/(1+r) , 25)	13,6	
NPV av energibesparingen	1187,0	SEK/kvm
NPV byta altandörr	2670,7	SEK/dörr

Rekommendation

När en altandörr byts ut ges en kostnadsbesparing för energi på 2 670 SEK, vilket är betydligt mindre än kostnaden för investeringen. Flera parametrar som inte ingår i simuleringen finns dock och i verkligheten skulle energibesparingen sannolikt bli betydligt större. Oavsett så kan det inte rekommenderas att byta ut altandörrarna ur ett lönsamhetsperspektiv.

Att byta ut lister och täta håligheter i ramen bedöms däremot som mycket kostnadseffektivt, utifrån värmekameraanalysen. Det är svårt att uppskatta exakt hur mycket energi som kommer att sparas, då läckagen i de olika dörrarna inte har ett enhetligt utseende. Men att byta tätningslister och att täta håligheter är mycket billiga åtgärder som förväntas spara mycket energi i förhållande till investeringskostnaden. Förutom den ekonomiska vinsten med att täta altandörrarna kommer även komforten i husen att öka. Åtgärden löser nämligen ett vanligt förekommande problem, kallras vid altandörren, vilket motiverar förändring ytterligare. Rekommendationen är därför att BRF Djingis Khan anlitar en fackman som låts gå genom samtliga hus och ersätta tätningslister där de behöver bytas ut. Detta kommer att vara ekonomiskt lönsamt för föreningen då mycket energi sparas och dessutom kommer inomhuskomforten att öka.

5.5.7 Åtgärd 9 – Täta hålighet för avloppsrör

Analys

Köksgolvet vid vasken uppfattas som kallare än resterande golv, enligt enkätundersökningen. Värmekameraundersökningen visar detsamma. Det är kallare på golvet i anslutning till köksbänken i position med vasken. Om skåpet under vasken öppnas ser man tydligt med värmekamera att avloppsröret från vasken ner till grunden är kall. Denna hålighet har ingen tätning utan är bara ett hål rakt ner i grunden. Hur mycket energi som kommer att sparas genom tätning av detta hål är svårt att uppskatta, då det finns flera delar som inte är kopplade till den direkta energiförlusten ut genom hålet. Exempelvis finns det en stor risk att kallras påverkar den boende att öka temperaturen generellt, för att öka komforten.

Rekommendation

Att täta håligheten där köksvaskens avloppsrör går, bör göras oavsett ekonomisk lönsamhet då det är ett enkelt och billigt sätt att lösa ett ofta förekommande problem. Det uppskattas dessutom att tätning av hålet, högst troligt är kostnadseffektivt eftersom kallare områden lätt orsakar att man höjer temperaturen generellt.

5.6 Avvikelser

Diskussion

Åtgärderna ska generellt inte utföras direkt, utan analyserna ska i de flesta fall utgöra en hjälp till att ta korrekta ekonomiska beslut när väl en förändring ska göras. Det är därför viktigt att inte strikt utgå från siffror i rapporten vid undersökning av en effektiviseringsåtgärds lönsamhet, utan istället ska indata i den bifogade Excelfilen ändras i enlighet med rådande förhållanden.

Resultaten är simuleringar av verkligheten och analyserna ger bara indikationer på vilken ekonomisk effekt olika förändringar får över tiden. Även om räntan är restriktivt vald kan man därför inte enbart basera beslut utgående från siffrorna, de ska istället ge just en indikation av utfallet.

Känslighetsanalys

Många av analyserna har en lång tidshorisont vilket medför osäkerheter. En känslighetsanalys har därför gjorts för att undersöka hur resultatet påverkas av marknadsförändringar. De parametrar som har studerats är förändringar i räntan och förändringar av den ekonomiska livslängden, resultatet ses i Tabell 5.10.

Tabell 5.10. En ekonomisk känslighetsanalys för åtgärderna.

Åtgärd	Förväntat utfall	Kalkylränta				Livslängd				Enhet
		+ 2%	+ 4%	- 2%	- 3%	+5 år	+10 år	-5 år	-10 år	
1 Snålspolande	1,6	1,5	1,3	1,8	1,9	2,2	2,7	0,9	-	MSEK
2 IMD fall 1	3520	2970	2540	4230	4670	4040	4480	2880	2100	SEK/hushåll
2 IMD fall 2	7040	5940	5080	8460	9340	8090	8950	5760	4200	SEK/hushåll
3 Tak	98	80	67	122	138	108	117	85	70	SEK/kvm
4 Sedumtak fall 1	-16	-13,1	-10,9	-20	-22,5	-17,7	-19,1	-13,9	-11,4	SEK/kvm
4 Sedumtak fall 2	-4	-3,3	-2,7	-5	-5,6	-4,4	-4,8	-3,5	-2,9	SEK/kvm
4 Sedumtak fall 3	7,7	6,3	5,2	9,6	10,8	8,5	9,2	6,7	5,5	SEK/kvm
5 Ytterväggar utifrån	342	279	233	427	481	378	408	297	243	SEK/kvm
6 Ytterväggar inifrån Fall 1	254	208	173	318	358	281	304	221	181	SEK/kvm
6 Ytterväggar inifrån Fall 2	322	264	220	402	454	357	385	280	229	SEK/kvm
7 Fönster vardagsrum	8710	7350	6290	10480	11560	10010	11080	7120	5200	SEK/fönster
7 Fönster kök	6390	5390	4610	7680	8480	7340	8120	5220	3810	SEK/fönster
7 Fönster ovanvåning	6970	5880	5030	8380	9250	8010	8860	5700	4160	SEK/fönster
8 Altandörr	2670	2250	1930	3210	3550	3070	3400	2180	1600	SEK/dörr

Vid avvikelse från uppskattade ekonomiska livslängder eller räntor förändras kalkylerna ganska markant. Vid 10 års respektive 4 % differens påverkas resultatet i flera fall med upp mot 40 %.

När energianvändningen simuleras, i energiberäkningsprogram, för byggnader i södra Sverige är det brukligt att låsa vinden i västlig riktning (Mjörnell & Blomsterberg 2014, s. 2). Detta har inte gjorts då det har bedömts mer korrekt att utgå från verklig vinddata. En känslighetsanalys av skillnaden mellan dessa metoder har gjorts, vilken visar på en försumbar skillnad, 0,5 promille, värden kan ses i Bilaga F.

6 SLUTSATSER

God energieffektivisering fås inte genom en specifik åtgärd utan det finns många olika delar vars prestanda måste förbättras. I Diagram 6.1 kan varje åtgärds förbättring av energiprestandan ses. Om en åtgärd genomförs påverkas inte de andra nämnvärt, bortsett från fall då samma byggnadsdel berörs. Den totala energibesparingen kan därför beräknas genom att addera ihop besparingarna som åtgärderna innebär, relativt fallet ”utan åtgärd”.

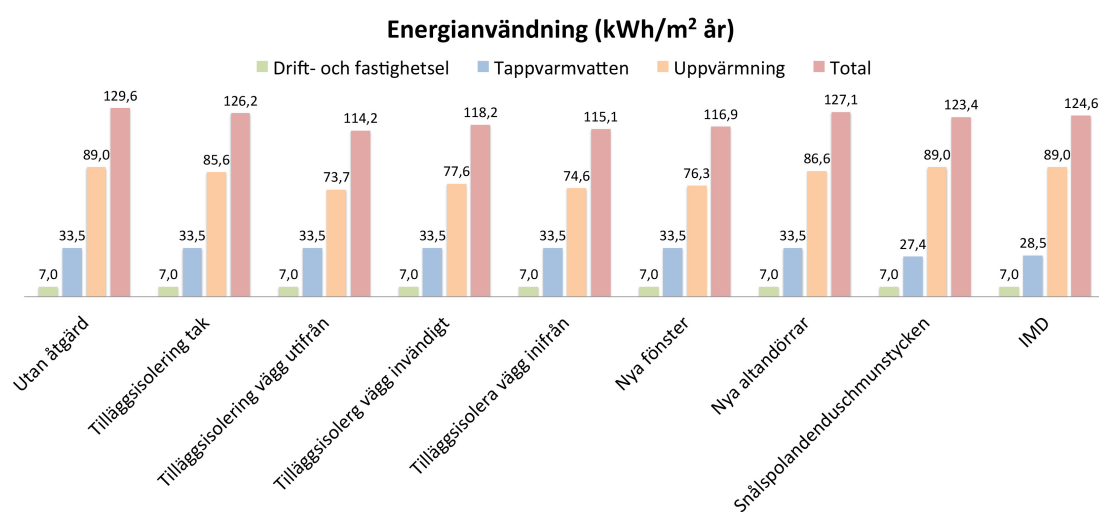


Diagram 6.1. *Energianvändning efter en genomförd åtgärd.*

Djingis Khan kan energieffektiviseras med en rad åtgärder men alla är inte kostnadseffektiva idag. För att nå en god effektivisering på ett lönsamt sätt ska många insatser istället analyseras när förändringar måste till. I dessa fall ska endast åtgärdens merkostnad sättas i relation till besparingen. Om merkostnaden är lägre än den ekonomiska vinning som energibesparingen medför ska effektiviseringsåtgärden genomföras, då den i detta fall är lönsam. På nästa sida listas förslag på när olika insatser bör göras och vilken ekonomisk vinning som energibesparingen medför, sett ur ett LCC perspektiv.

Vissa insatser kräver ingen större investering och förväntas nå lönsamhet mycket snabbt, dessa bör utföras direkt:

- Installation av snålspolande duschmunstycken
 - Investeringskostnaden är tillbakabetalad redan inom ett par månader
 - Den förväntade besparingen över 10 år är 1,6 MSEK
 - Investeringens avkastning är 4 500 %
- Installation av snålspolande kökskranar
 - Ingen ekonomisk analys har gjorts men återbetalningstiden förväntas vara mycket kort
- Tätning av altandörrens lister och tätning av hålligheten för köksvaskens utloppsrör.
 - Ökar komforten inomhus
 - Billigt
 - Värmen hålls kvar inomhus och energi sparas

Åtgärder som är lönsamma idag men som innebär en stor investering och kan därför med fördel spridas ut över tiden:

- Byte av vardagsrumsfönster (1,5x1,5 m)
 - Om åtgärdens kostnad är < 8 700 SEK
- Byte av köksfönster (1,1x1,5 m)
 - Om åtgärdens kostnad är < 6 350 SEK
- Byte av fönster på ovanvåningen (1,2x1,5 m)
 - Om åtgärdens kostnad är < 6 950 SEK

Åtgärder som idag troligtvis inte är kostnadseffektiva men som är troliga att vara lönsamma vid omfattande renovering av byggnadsdelen:

- Tilläggsisolering av väggar utvändigt med 10 cm mineralull
 - Om merkostnaden för åtgärden är < 340 SEK/m²
- Tilläggsisolering av tak utvändigt med 20 cm mineralull
 - Om merkostnaden för åtgärden är < 98 SEK/m²

Kostnadsbesparing för energi, för övriga åtgärder:

- Tilläggsisolering av väggar invändigt med 5 cm mineralull
 - 250 SEK/m²
- Tilläggsisolering av väggar invändigt med 5 cm cellplast
 - 320 SEK/m²
- Individuell mätning och debitering sett över 20 år
 - 3 500 – 7 000 SEK/hushåll

7 FELKÄLLOR

7.1 Antaganden

För att komma fram till de ekonomiska slutsatserna, har som nämnts antaganden behövt göras, både i den ekonomiska- och i den energimässiga analysen. De antaganden som har gjorts i analysen av klimatskalet bör inte påverka resultatet eftersom dessa parametrar i de allra flesta fall inte har ändrats. Ett undantag finns då simuleringen av att tilläggsisolera väggar görs. I detta fall görs förenklingen att köldbryggor i skarvar och hörn förvinns helt, istället för att de på samma sätt som resten av byggnaden får ett adderat isoleringsskikt. Men då energiprestandan ökar med flera hundra procent för de svaga delarna av denna konstruktionsdel antas förenklingen inte ligga särskilt långt ifrån verkligheten.

Antaganden i den ekonomiska analysen är ganska restriktivt gjorda, vilket betyder att resultatet kan förmodas bli något bättre än vad kalkylen påvisar. Dessa antaganden om kalkylränta och livslängd kan enkelt ändras i Excel-filen efter vilka preferenser och värderingar man har.

7.2 Osäkerhetsfaktorer

Flera faktorer om hur framtiden kommer att arta sig är oklara och kan bara bedömas spekulativt. Lönsamheten för en åtgärd är därför aldrig exakt fakta, utan utfallet beror på de föreliggande omständigheterna. Olika sorters investeringar innebär olika stora risktaganden. Generellt förknippas energieffektiviseringsåtgärder med en relativt låg risk då det är osannolikt att tillgången på energi ökar mycket kraftigt och att priserna därigenom sjunker markant. Framtiden går snarare mot en allt större konkurrens om energi och mot att lagstiftningar som gör det mer ekonomiskt fördelaktigt att använda lite energi införs (Energimyndigheten 2011, s. 54-55).

Lönsamma åtgärder med korta Paybacktider innebär en mycket mindre risk än dyra investeringar med lång livslängd. Åtgärder som snabbt är lönsamma kan därför med gott resultat genomföras endast för den ekonomiska vinstens skull. Vid långa (räntebaserade) återbetalningstider upp mot 20-25 år, bör dock aktsamhet iakttas och åtgärden ska inte göras enbart för den ekonomiska vinningen, utan andra fördelar måste också finnas. Vid energieffektiviseringsåtgärder blir man mindre beroende av energi och minskar sin miljöpåverkan vilka båda är goda anledningar till förändring.

8 DISKUSSION

Arbetet visar hur kostnadsförslag (den ekonomiska besparingen) för olika energieffektiviseringsåtgärder kan tas fram. I fallet Djingis Khan och vid analyser av effektiviseringsåtgärder i generella termer är kostnadsförslag för åtgärder överlägset alternativet att utvärdera olika fiktiva fall. Att ta fram hur mycket en åtgärd får kosta för att den ska vara lönsam är speciellt lämpligt för omfattande effektiviseringsåtgärder, som ofta inte är lönsamma i sig själva. Istället bör de tas i beaktande när de utgör en merkostnad till en nödvändig åtgärd. Om besparingen är större än merkostnaden bör effektiviseringsåtgärden genomföras, ty den är lönsam. Det kan dröja decennier innan en renoveringsåtgärd, som gör effektivisering kostnadseffektivt, vidtas. Kalkylerna i denna rapport kommer då inte längre att vara tillförlitliga utan istället måste energipriser och räntor ändras efter de förutsättningar som vid tillfället gäller. Detta kan mycket enkelt göras i den framtagna Excel-filen. Eftersom klimatskalet inte kommer att förändras nämnvärt över tiden vid *status quo*, kan kostnadsförslag för åtgärderna uppdateras efter rådande förhållanden långt in i framtiden.

9 LITTERATURFÖRTECKNING

Direktiv och yttranden

Europeiska kommissionen (2011-03-08). *Handlingsplanen för energieffektivitet 2011*. Bryssel: Europeiska Kommissionen.

2010/31/EU. *EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda (omarbetning)*. Bryssel: Europeiska unionens officiella tidning.

2003/C 61/07. *Yttrande från Ekonomiska och sociala kommittén om "Förslag till Europaparlamentets och rådets beslut om ett flerårigt program för åtgärder på energiområdet: Intelligent energi för Europa (2003-2006)"*. Bryssel: Europeiska unionens officiella tidning.

2002/91/EG. *EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2002/91/EG av den 16 december 2002 om byggnaders energiprestanda*. Bryssel: Europeiska unionens officiella tidning.

Öberg & Associés (2014). *Rättsutlåtande avseende primärenergifaktorer*. Stockholm: Öberg & Associés.

Litterära källor

Fattighetsnytt (2008). *Fastighetsekonomisk analys och fastighetsrätt. Fastighetsnomenklatur*. Stockholm: Fastighetsnytt Förlags AB, Institutet för värdering av fastighet och Samfundet för fastighetsekonomi. 10:e upplagan.

Ohlsson, Gunnar (2003). *Företagskalkyler. Praktisk handbok i ekonomistyrning*. Näsviken: Björn Lundén Information AB.

Sandin, Kenneth (2010). *Praktisk Byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.

Manualer

Strusoft. *VIP Energy Manual version 3.0.0 svensk*.

Testo (2008). *Handbok i termografi*.

Rapporter

Andersson, Christina; Fant, Karin; Landfors, Kristina; During, Otto; Södergren, Lars-Olof (2009). *Att tilläggsisolera hus – fakta, fördelar och fallgropar*. Energimyndigheten.

Avasoo, Diana (2003). *Energibesparingspotential vid fönsterbyte i kontorsbyggnader*. WSP Environmental.

Boverket (2014). *Individuell mätning och debitering vid ny- och ombyggnad*. Karlskrona: Boverket.

Boverket (2005). *Piska eller morot, Boverkets utredning om styrmedel för energieffektivisering i byggnader*. Karlskrona: Boverket.

BP (2014-06). *BP Statistical Review of World Energy June 2014*. London: BP.

ClueE (2013). *Minska 50 till 2050*. Collaborative learning for urban energy Efficiency.

Ekelin, Saga; Landfors, Kristina; Andersson, Christina (2006). *BRF Energieffektiv – Handbok för bostadsrättsföreningar*. Stockholm: Energikontoret region Stockholm & Energimyndigheten.

Energimyndigheten (2013-12). *Energiläget 2013*. Eskilstuna: Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2012-12). *Färdplan 2050*. Eskilstuna: Statens energimyndighet.

Energimyndigheten (2011). *Långsiktsprogno 2010*. Statens energimyndighet.

IEA (2014). *Key World Energy Statistics*. Paris: International Energy Agency.

IVA (2012). *Energieffektivisering av Sveriges bebyggelse*. Stockholm: Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien.

Levin, Per; Lilliehorn, Per; Sandsten, Stefan (2008). *Livscykeleekonomi vid planering, bygganden och förvaltning*. Karlskrona: Boverket.

Mjörnell, Kristina & Blomsterberg, Åke (2014). *Rationell isolering av ytterväggar och fasader för befintliga flerbostadshus. Bilaga G – Indata till energiberäkningar*. Göteborg: BeBo.

Murray, Richard (2015). *Bostadspolitiken och energieffektiviseringen av bebyggelsen*. Stockholm: Global Utmaning.

Liu, K.K.Y. (2002). *Energy efficiency and environmental benefits of rooftop gardens*. Canada: National Research Council Canada.

SABO (2011). *Lönsam energieffektivisering – Myt eller möjlighet. Fristående fortsättning på rapporten "hem för miljoner"*. Stockholm: Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag.

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

Svedisol (okänt år). *Bilaga A. Beräkning av U-värde enligt standard*. Svedisol.

VA SYD. 2015. *Taxebilaga 2 till taxa för VA SYDs allmänna vatten- och avloppsanläggning i Lund*. VA SYD.

Williamson Corporation (okänt år). *Infrared Basics. Infrared Energy, Emissivity, Reflection & Transmission*.

Regelverk

BBR (2015). *Boverkets byggregler- föreskrifter och allmänna råd, BBR. Konsoliderad version – senast ändrad genom BFS 2015:3 BBR 22*. Boverket.

Boverket (2006). *Regelsamling för byggande. Boverkets byggregler, BBR, BFS 1993:57 med ändringar till och med 2006:12*. Karlskrona: Boverket.

Webb

Bergsten, Bengt (2010). *Energiberäkningar roulette eller vetenskap?*. Energi & miljö.

Hämtad 2015-04-18:

<<http://www.energi-miljo.se/artikelem/energiberakningar-rena-rama-rouletten-eller-exakt-vetenskap/>>

Clements, Benedict & Gaspar, Vitor (2015-05-18). *Act Local, Solve Global: The \$5.3 Trillion Energy Subsidy Problem*. Publication. IMF.

Hämtad 2015-05-26:

<<http://blog-imfdirect.imf.org/2015/05/18/act-local-solve-global-the-5-3-trillion-energy-subsidy-problem/>>

EEA (2015). *Progress on energy efficiency in Europe (ENER 037)*. European Environment Agency.

Hämtad 2015-05-15:

<<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-on-energy-efficiency-in-europe-2/assessment>>

Energimyndigheten (2015-03-11). *Ditt hus och din uppvärmning*.

Hämtad 2015-05-16:

<<https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/>>

Hansgrohe (2015). *Crometta 85 Green handdusch*.

Hämtad 2015-05-05:

<<http://www.hansgrohe.se/article/detail.html?article=28561000&fsid=ffffffdx0000770800006CC100000033&pageid=23044018-9954-4c6e-8bd0-9aa2ad83eff9&q>>

Isover (2013-05-23). *Hållbart byggande del 8 - Är framtidens tak dubbelt gröna?*.

Isover Saint-Gobain.

Hämtad 2015-05-05:

<<http://www.isover.se/nyheter?id=35355>>

Kraftringen (2015-02-16). Fjärrvärmepriser. Standardavtal. Kraftringen Energi AB.

Hämtat 2015-05-05

<<http://www.kraftringen.se/Privat/Fjarrvarme/Fjarrvarmepriser/>>

StruSoft. 2015. *VIP Energy*. StruSoft AB.

Hämtat 2015-05-19:

<<http://www.strusoft.com/products/vip-energy>>

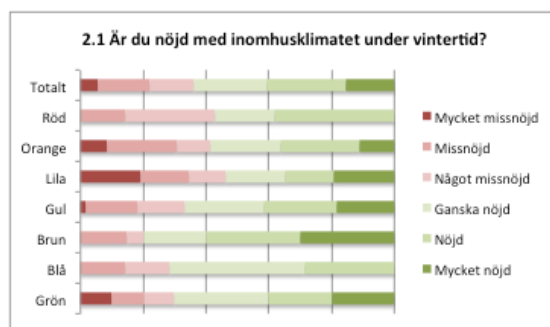
BILAGA A - FRÅGEFORMULÄR



Figur A1. Fråga 1.1 Svavs%: 100.

Tabell A1. Fråga 1.2 Tabell över antal svar från de olika områdena. Svavs%: 100.

Område	Antal hushåll	Antal svar	Andel svar
Grön	16	10	63%
Lila	39	26	67%
Röd	31	21	68%
Brun	24	20	83%
Blå	16	7	44%
Orange	72	36	50%
Gul	118	60	51%
Totalt	316	180	57%



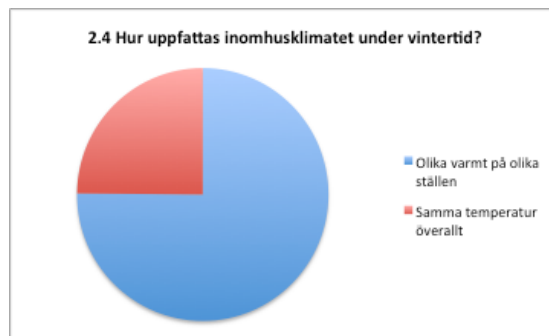
Figur A2. Fråga 2.1 Svavs%: 100. Medelvärden: Röd: 3,8, Orange: 3,7, **Lila: 3,5**, Gul: 4,1, **Brun: 4,6**, Blå: 3,9, Grön: 4.0. 1=Mycket missnöjd, 6=Mycket nöjd.



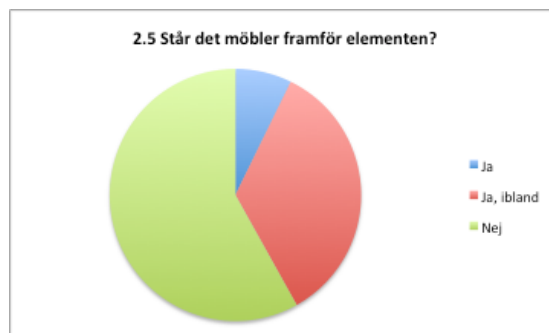
Figur A3. Fråga 2.2 Svavs%: 100. 84 % Nej. Under övrigt: stearinljus, extra kläder, hund.



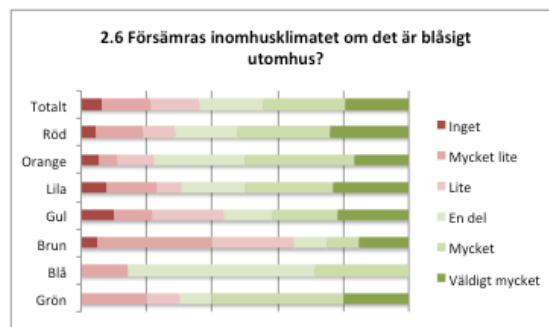
Figur A4. Fråga 2.3 Svares%: 99. 53 % svarade "Vet ej" dessa redovisas inte i diagrammet.



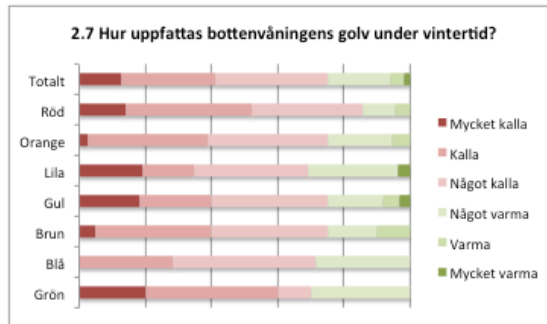
Figur A5. Fråga 2.4 Svares%: 98.



Figur A6. Fråga 2.5 Svares%: 99.



Figur A7. Fråga 2.6 Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 4,2, **Orange: 4,3**, Lila: 4,1, Gul: 3,9, **Brun: 3,3**, Blå: 4,0, **Grön: 4,3**. 1=Vind påverkar lite, 6=Vind påverkar mycket.



Figur A8. Fråga 2.7 Svares%: 100. Medelvärden: **Röd: 2,5**, Orange: 2,9, Lila: 2,9, Gul: 2,8, Brun: 2,9, **Blå: 3,0**, **Grön: 2,5**. 1=Mycket kalla, 6=Mycket varma.



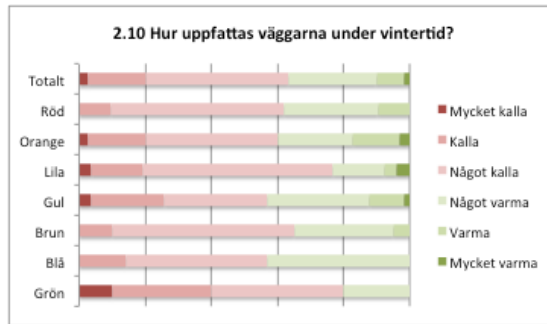
Figur A9. Fråga 2.8 Svares%: 100.

Fråga 2.8.1 Var är det kallt?

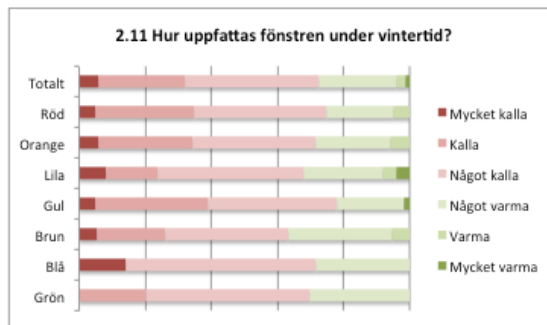
Svares%: 39. Svares% av de som svarat ”Ja” på 2.8: 95. Huvuddelen anser att det är kallt på köksgolvet vid vasken. Flertalet påpekar även **fönster och altandörr**.



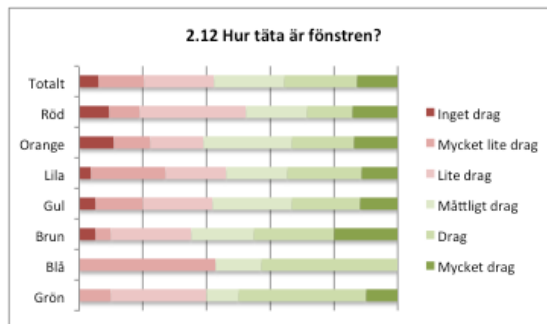
Figur A10. Fråga 2.9 Svares%: 100. 59% svarade ”Ja”. Inget samband mellan nya golv och varma golv (fråga 2.7) kan hittas.



Figur A11. Fråga 2.10 Svares%: 98. Medelvärden: **Röd: 3,4**, **Orange: 3,4**, Lila: 3,1, Gul: 3,3, Brun: 3,3, Blå: 3,3, **Grön: 2,7**. 1=Mycket kalla, 6=Mycket varma.



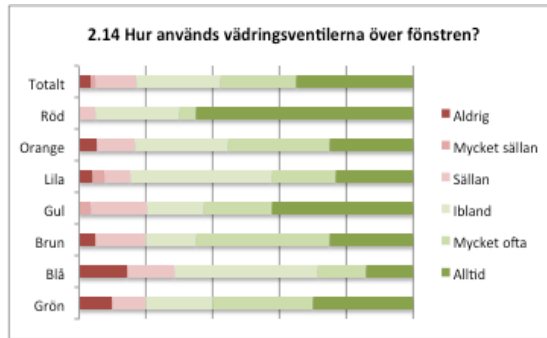
Figur A12. Fråga 2.11 Svares%: 97. Medelvärden: Röd: 2,9, Orange: 2,9, **Lila: 3,1**, **Gul: 2,8**, **Brun: 3,1**, Blå: 3,0, **Grön: 3,1**. 1=Mycket kalla, 6=Mycket varma.



Figur A13. Fråga 2.12 Svares%: 100. Medelvärden: **Röd: 3,6**, Orange: 3,8, Lila: 3,7, Gul: 3,8, **Brun: 4,2**, **Blå: 3,6**, Grön: 4,1. 1=Inget drag, 6=Mycket drag.



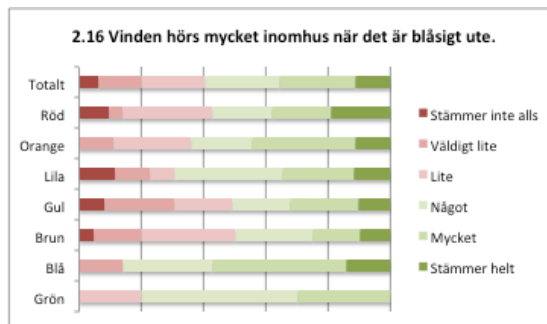
Figur A14. Fråga 2.13 Svares%: 99. Under övrigt: nya fönster, ”vet ej”.



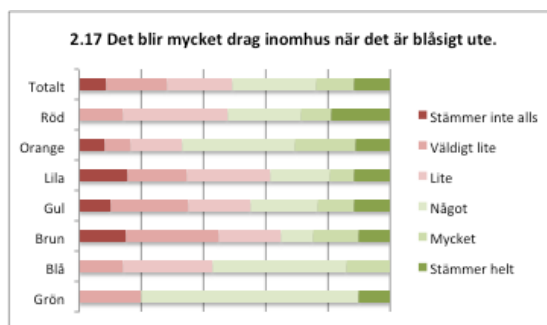
Figur A15. Fråga 2.14 Svares%: 99. Medelvärden: **Röd: 5,3**, Orange: 4,5, Lila: 4,4, Gul: 4,8, Brun: 4,6, **Blå: 3,9**, Grön: 4,5. 1=Aldrig öppna, 6=Alltid öppna.



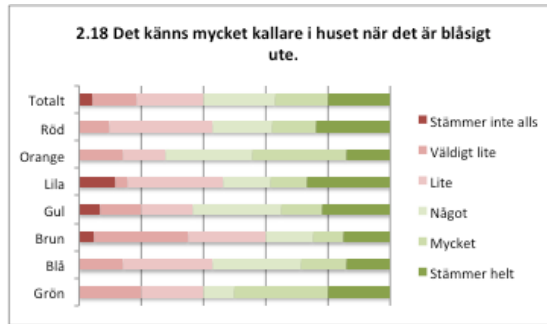
Figur A16. Fråga 2.15 Svares%: 99.



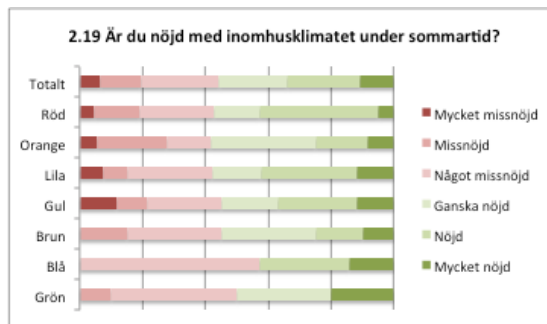
Figur A17. Fråga 2.16 Svares%: 99. Medelvärden: Röd: 3,9, Orange: 4,1, Lila: 3,8, **Gul: 3,5**, Brun: 3,6, **Blå: 4,4**, Grön: 4,1. 1=Stämmer inte alls, 6=Stämmer helt.



Figur A18. Fråga 2.17 Svares%: 100. Medelvärden: **Röd: 3,9**, Orange: 3,8, Lila: 3,2, Gul: 3,4, **Brun: 3,1**, Blå: 3,6, Grön: 3,8. 1=Stämmer inte alls, 6=Stämmer helt.



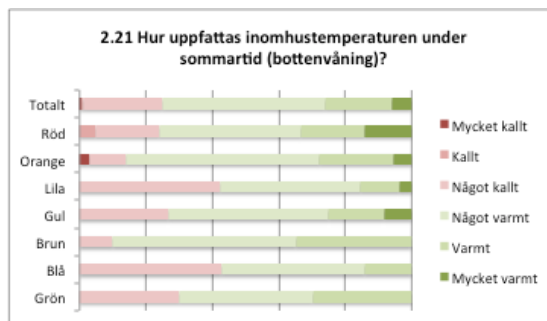
Figur A19. Fråga 2.18 Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 4,1, **Orange: 4,2**, Lila: 3,9, Gul: 3,9, **Brun: 3,4**, Blå: 3,9, Grön: 4,1. 1=Stämmer inte alls, 6=Stämmer helt.



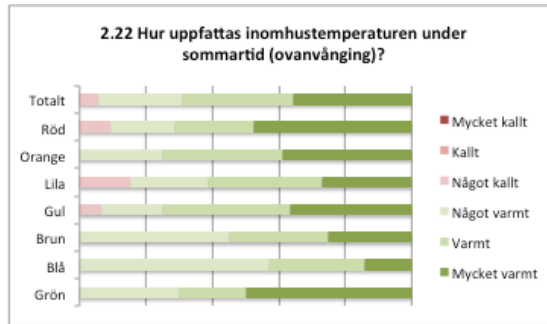
Figur A20. Fråga 2.19 Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 3,8, **Orange: 3,6**, Lila: 3,9, Gul: 3,7, Brun: 3,8, **Blå: 4,0**, Grön: 3,8. 1=Mycket missnöjd, 6=Mycket nöjd.



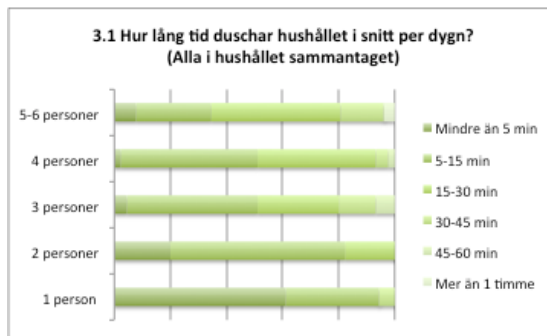
Figur A21. Fråga 2.20 Svares%: 100. Under övrigt: öppna fönster, öppna dörrar.



Figur A22. Fråga 2.21 Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 4,2, Orange: 4,1, Lila: 3,8, Gul: 4,1, **Brun: 4,3**, **Blå: 3,7**, Grön: 4,0. 1=Mycket kallt, 6=Mycket varmt.



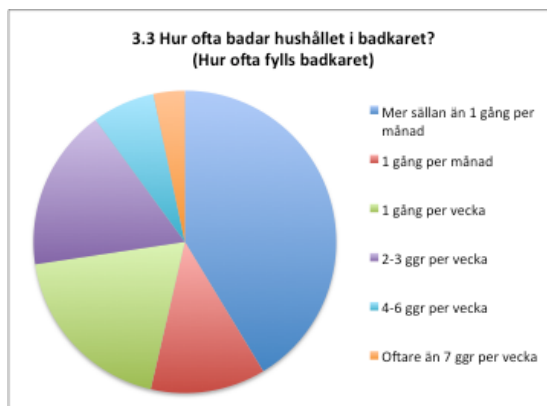
Figur A23. Fråga 2.22 Svares%: 100. Medelvärden: Röd: 5,1, Orange: 5,1, Lila: 4,7, Gul: 5,1, Brun: 4,8, **Blå: 4,6**, **Grön: 5,2**. 1=Mycket kallt, 6=Mycket varmt.



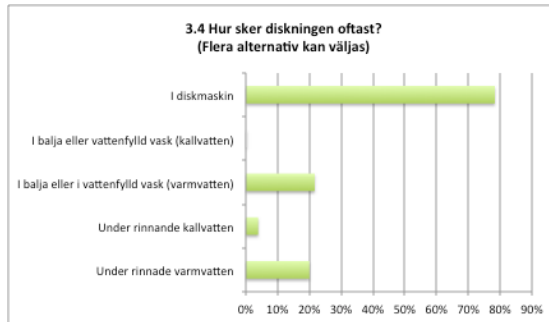
Figur A24. Fråga 3.1 Svares%: 99. Uppdelat efter personer i hushållet.



Figur A25. Fråga 3.2 Svares%: 99.



Figur A26. Fråga 3.3 Svares%: 99.



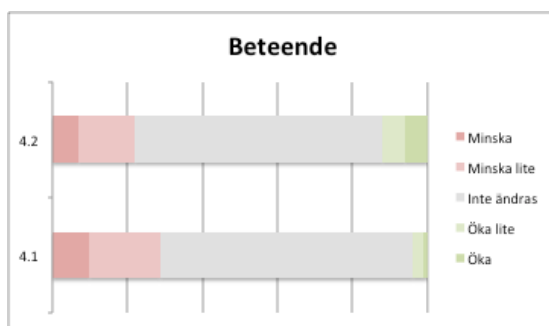
Figur A27. Fråga 3.4 Svares%: 100.



Figur A28. Fråga 3.5 Svares%: 100.



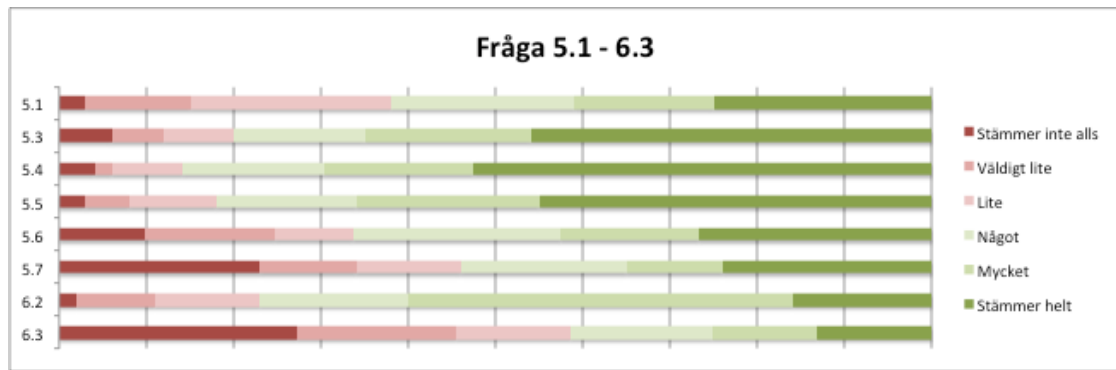
Figur A29. Fråga 3.6 Svares%: 98.



Figur A30. Fråga 4.1-4.2

Fråga 4.1: Om man betalade för faktiskt användande av varmvatten skulle hushållets varmvattenanvändning. Svares%: 96. Medelvärde: 2,7.

Fråga 4.2: Om man betalade för faktiskt användande av värme skulle hushållets inomhustemperatur. Svares%: 97. Medelvärde: 2.9



Figur A31. Fråga 5.1-5.6 (5.2 och 6,1 redovisas separat)

Fråga 5.1: Det är viktigt att kostnaden för uppvärmning är låg.
Svars%: 100. Medelvärde: 4,1.

Fråga 5.3: Det är viktigt att områdets energi kommer från miljövänliga alternativ.
Svars%: 100. Medelvärde: 4,7.

Fråga 5.4: Det är viktigt att vi på Djingis Khan försöker minska våra utsläpp.
Svars%: 98. Medelvärde: 5,0.

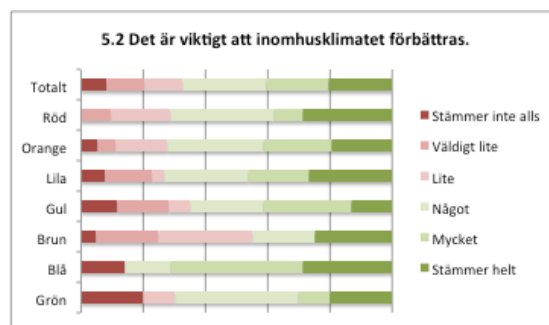
Fråga 5.5: Jag vill att Djingis Khan ska ha ett rykte om att vara ett ”grönt” område.
Svars%: 99. Medelvärde: 4,8.

Fråga 5.6: Jag vill ha bättre insyn i min värme- och vattenanvändning.
Svars%: 98. Medelvärde: 4,0.

Fråga 5.7: Jag vill kunna påverka min uppvärmnings- och varmvattenkostnad genom att betala för vad jag faktiskt använder.
Svars%: 99. Medelvärde: 3,6.

Fråga 6.2: I rum som inte används är belysningen alltid släckt.
Svars%: 99. Medelvärde: 4,4.

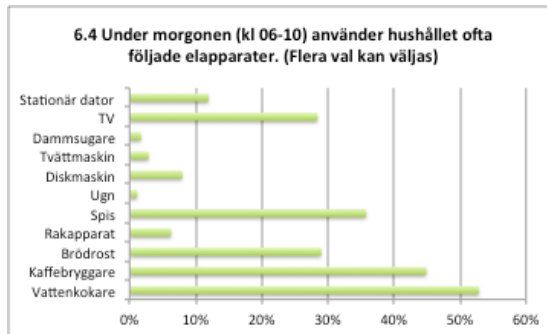
Fråga 6.3: Standby/viloläge används (istället för strömbrytare) för att stänga av TV och stationära datorer när de inte används.
Svars%: 99. Medelvärde: 3,1.



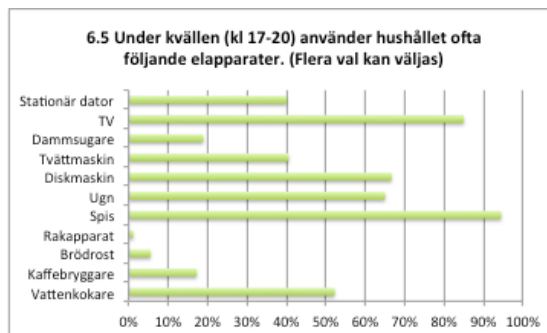
Figur A32. Fråga 5.2 Svars%: 100. Medelvärden: Röd: 4,3, Orange: 4,2, Lila: 4,2, Gul: 3,8, **Brun: 3,7**, **Blå: 4,6**, Grön: 3,8. 1=Stämmer inte alls, 6=Stämmer helt.



Figur A33. Fråga 6.1 Svars%: 99.



Figur A34. Fråga 6.4 Svars%: 98.



Figur A35. Fråga 6.5 Svars%: 100.

Fråga 7.1: Övriga synpunkter eller chans att utveckla.

Svars%: 38.

Svaren på denna fråga gav i många fall en förklaring till svar på tidigare frågor, där den svarande ville utveckla sitt svar ytterligare.

BILAGA B -

VÄRMEKAMERAUNDERSÖKNING

Hus O:222

Datum: 2015-03-13

Tid: 08.00-09.00

Temperatur ute: 0 C

Temperatur inne: 21 C

Väder: Klart, vindstill

Placering: Kanthus, öppet mot NV

Utomhus

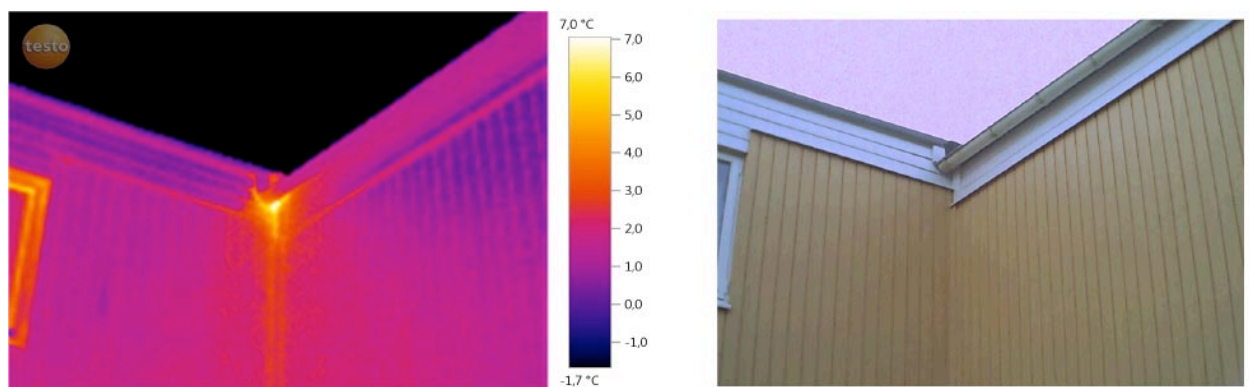
Emissionsfaktor: 0.94

RTC: 0 C

Mätningar gjordes först utifrån där väggar, tak och krypgrund undersöktes. Endast ytor som inte ännu nåtts av solljus analyserades.

Värmeläckage

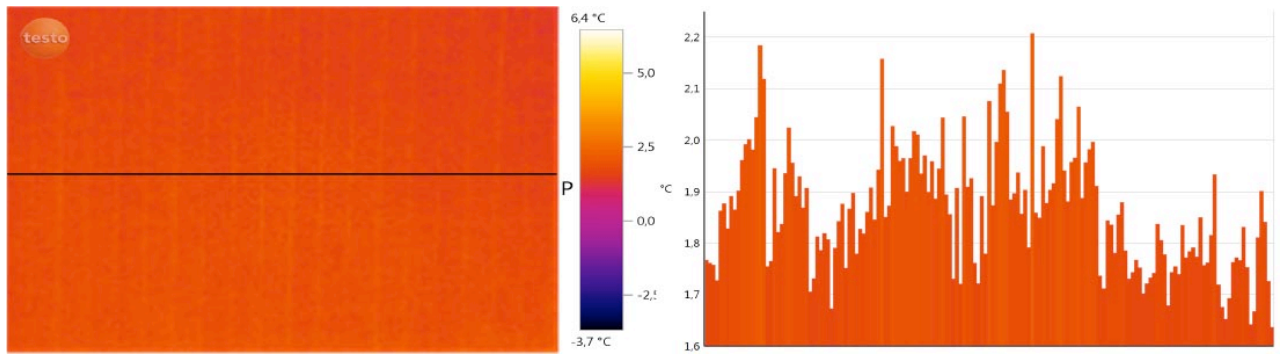
En större punktläcka kunde identifieras vid anslutningen mellan husen O:222 och O:224 och tak, se Figur B1.



Figur B1. Värmeläcka mellan O:222 och O:224.

Väggar

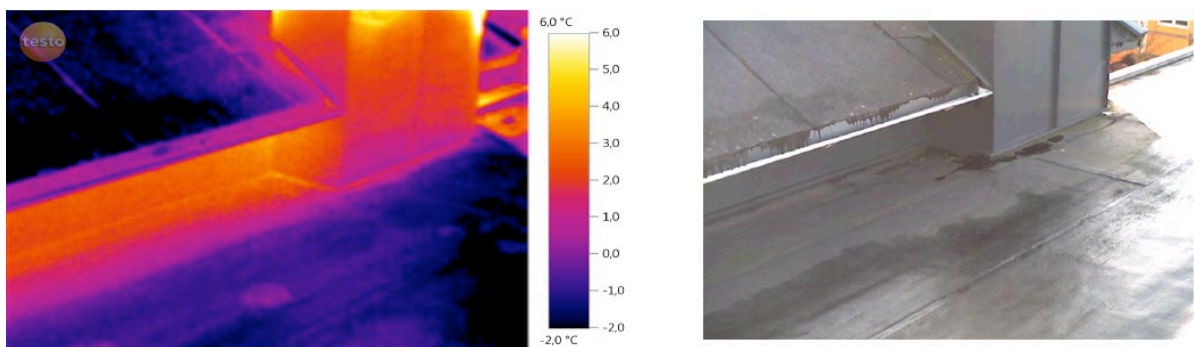
Inga tydliga tecken på att väggen skulle släppa igenom olika mycket värme på olika ställen hittades, se Figur B2.



Figur B2. Yttervägg tillhörande hus O:222, grundbyggnaden.

Tak

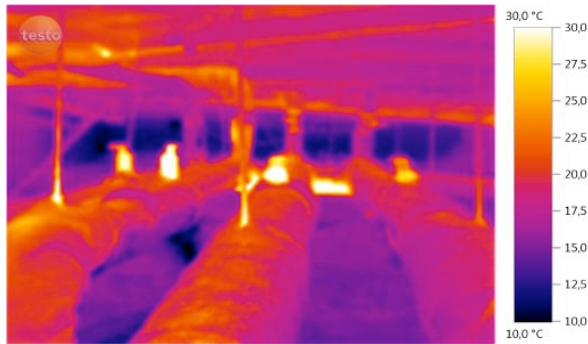
Taket var i stort antingen i sol eller blött av dagg och en fullständig analys utifrån var därför svår att göra. Analysen inifrån bedöms dock som tillräcklig för att identifiera problemområden. Området som var möjligt att undersöka utifrån visade inga temperaturdifferenser orsakade av regler. Endast planenliga förluster av värme från ventilationssystem och vind, nödvändiga för luftcirkulationen, hittades. Se Figur B3.



Figur B3. Planenliga förluster av värme från ventilationssystem och vind.

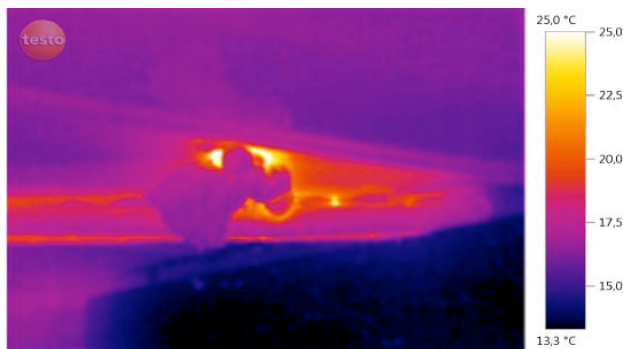
Krypgrund

Temperaturen i krypgrunden är runt 17 C vilket är betydligt varmare än vad som hade förväntats efter enkätens påvisande av kalla golv. Misstänksamhet mot att brist på isolering mot krypgrunden orsakar problemet finns därför. Det finns också anledning till att tro att isoleringen av fjärrvärmeledningarna kan förbättras för att minska spillet, se Figur B4.



Figur B4. *Värmebild av krypgrunden under område O, radhuslängan placerad i västlig riktning.*

Ett hål i isoleringen hittades i krypgrunden och mycket värme passerar härigenom, se Figur B5. En undersökning om hur lönsamt det är att tilläggsisolera alla eventuella läckor har inte gjorts. Det bedöms sannolikt att dessa läckor är ovanliga och att de därför inte påverkar energianvändningen för hela området nämnvärt. Om debitering för värme skulle ändras och istället ske efter hushållens specifika användning, kan emellertid dessa läckor tilläggsisoleras för att göra villkoren mer rättvisa.



Figur B5. *Värme från huset O:222 läcker ner i krypgrunden.*

Inomhus

Emissionsfaktor: 0.94

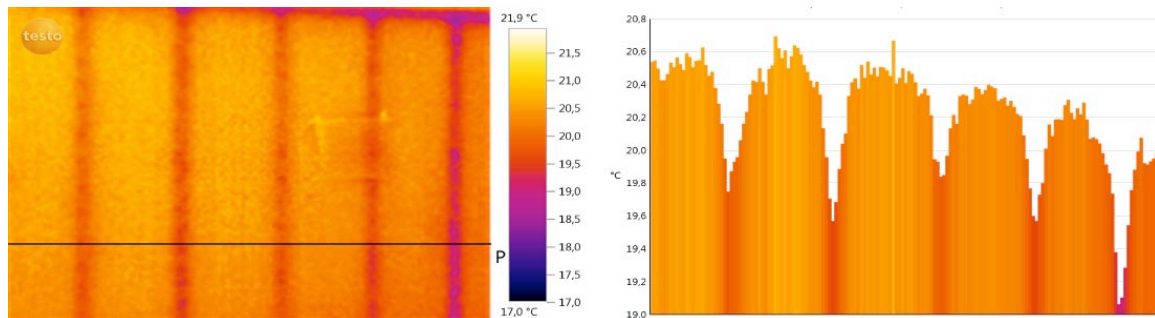
RTC: 21 C

Köldbryggor

Flera köldbryggor hittades i hörn och skarvar mellan tak-vägg, vägg-vägg samt mellan golv-vägg, både på ovan- och bottenvåning. Samtliga hittades i den gamla delen, grundbyggnaden. Kalla områden hittades vid altandörren och köksbänken.

Väggar

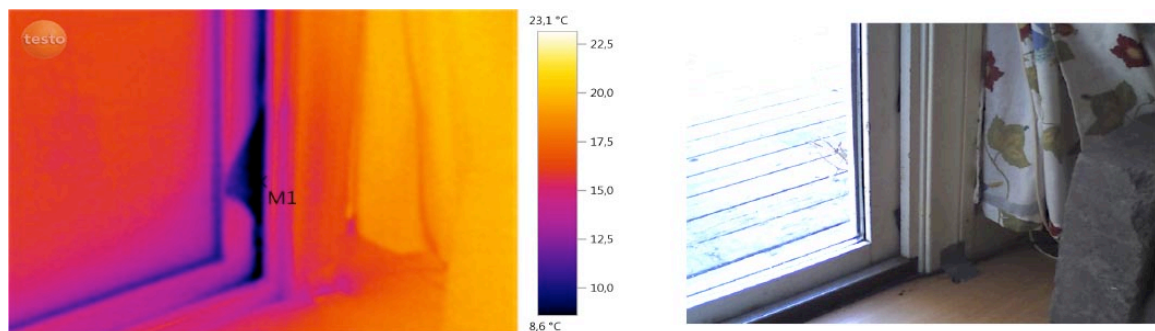
Precis som konstruktionsritningarna över grundbyggnadens väggar indikerar, så brister det i isolering där reglar går. Figur B6 visar endast en av yttreväggarna i grundkonstruktionen, men utseendet är allmängiltigt. Samma tendenser finns inte i innerväggar, väggar mot granne eller tillbyggnadens väggar.



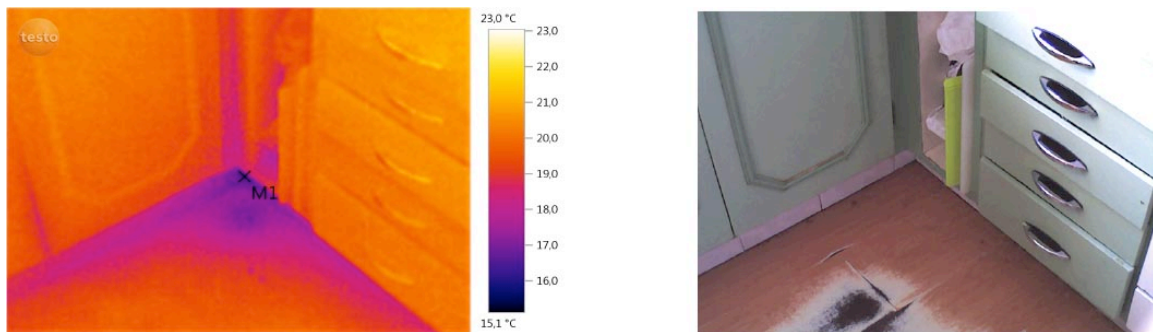
Figur B6. Köldbryggor är reglar går i hus O:222.

Golv

Golvets temperatur är generellt hög och jämn. Kallare områden hittades vid köksbänken och nära altandörren, dessa kalla områden är emellertid inte en följd av bristande isolering mot grunden. Altandörren är genomgående dåligt tätad och tätningslisten är dessutom sönder på ett ställe vilket orsakar en mycket kall punkt, se Figur B7. Figur B8 visar köldbryggan i köket och beror sannolikt på att avloppsrören från grunden går upp genom en oisolerad och otätad öppning. Inget kallare område orsakat av den tidigare nämnda läckan till krypgrunden, Figur B5, kunde identifieras. Läckan verkar därför inte påverka komforten inomhus.



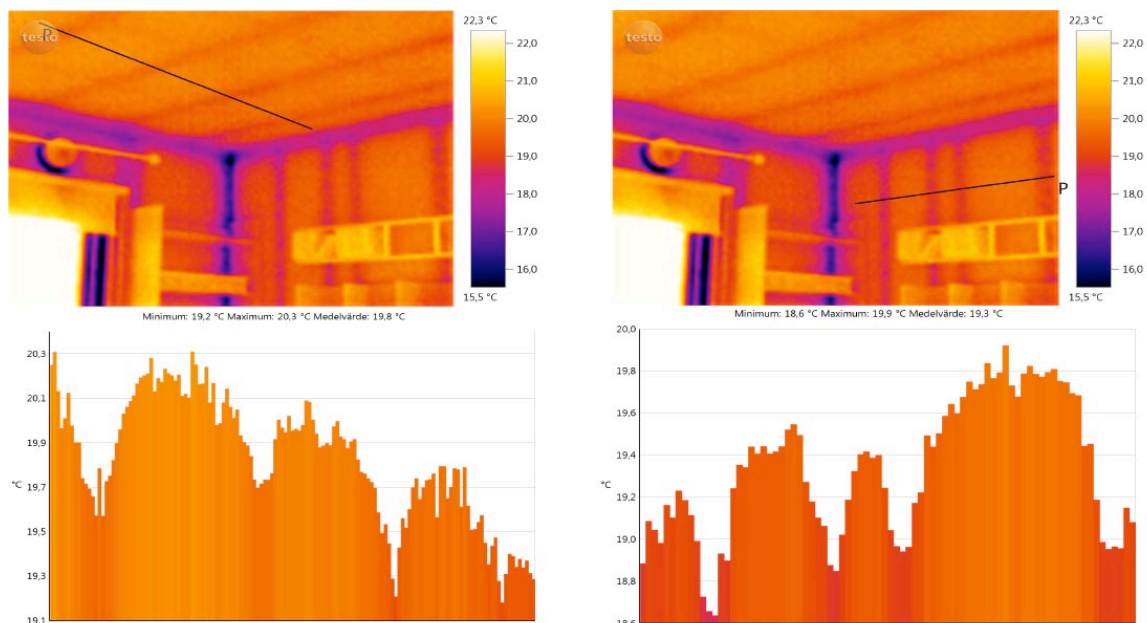
Figur B7. Köldbrygga vid altandörren, O:222. Kallaste punkten $M1=6,5\text{ C}$.



Figur B8. Kallare område vid köksvasken, O:222. Kallaste punkten M1= 16,5 C.

Tak

Någon ändring av innertaket har inte gjorts utan taket är uppbyggt på samma sätt som byggnadsritningarna visar. Innertakets temperatur är något varmare än väggarnas, vilket är en följd av att värme stiger samt att taket har en något större isoleringstjocklek. Men likväl här finns köldbryggor där reglar går, Figur B9.



Figur B9. Temperaturjämförelse mellan tak och vägg. Köldbryggor finns där reglar går samt i skarvar. T.v. tak, t.h. vägg.

Hus A:39

Datum: 2015-03-13

Tid: 09.00-10.00

Temperatur ute: 2 C

Temperatur inne: 23 C

Väder: Klart, vindstill

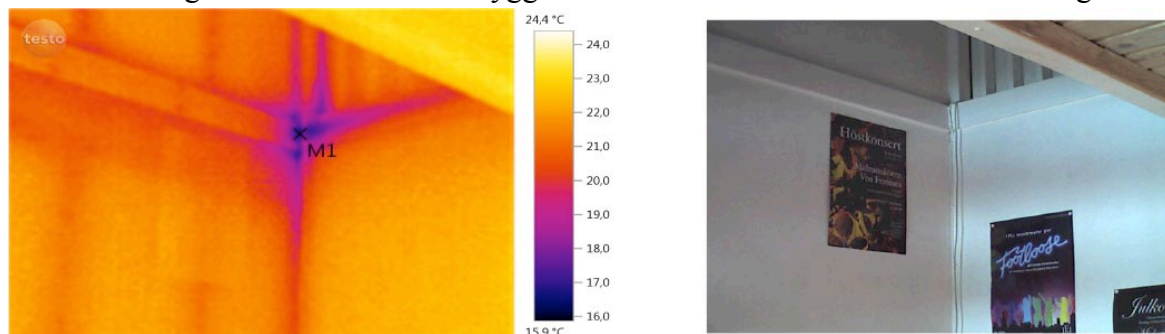
Emissionsfaktor: 0.94

RTC: 21 C

Placering: Mittenhus

Köldbryggor

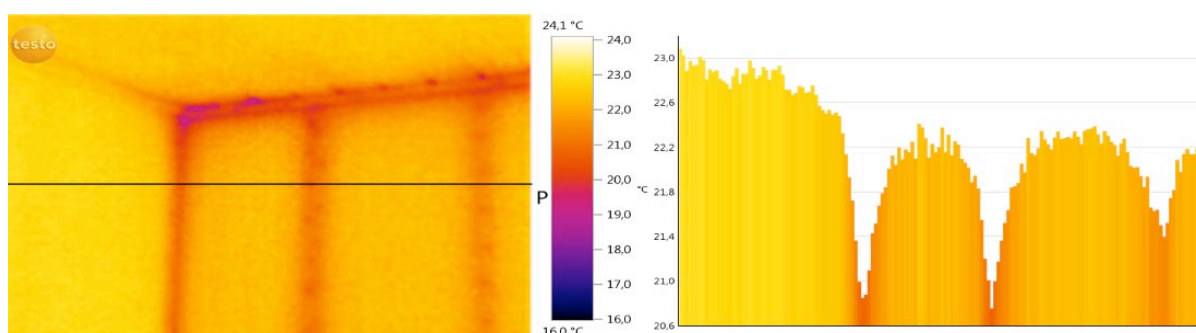
Köldbryggor hittades i skarvar mellan vägg-vägg och vägg-tak samt vid köksbänk och altandörr. I Figur B10 visas en köldbrygga mellan bostadens botten- och ovanvåning.



Figur B10. Köldbrygga i trappen, hus A:39. Kallaste punkten M1 = 16,8 C.

Väggar

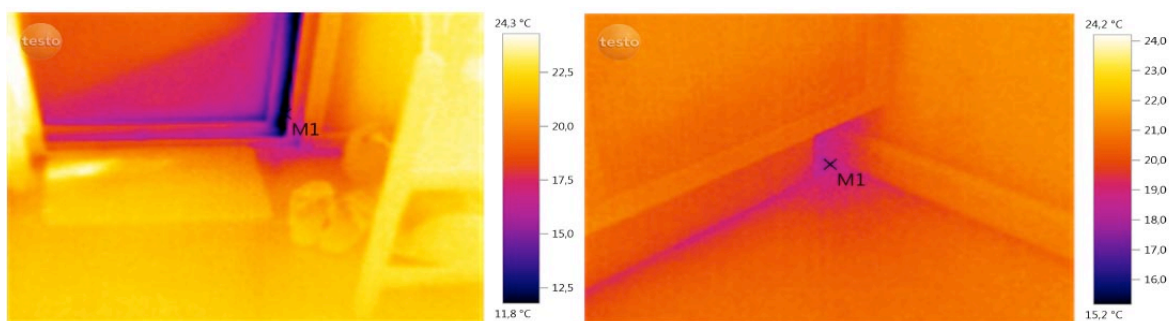
Huset har färre ytterväggar än O:222 men utseendet, köldbryggor vid regler, är detsamma. Innerväggar och väggarna till angränsande hus är klart varmare än ytterväggarna, se Figur B11.



Figur B11. Yttervägg kontra vägg mot angränsande hus.

Golv

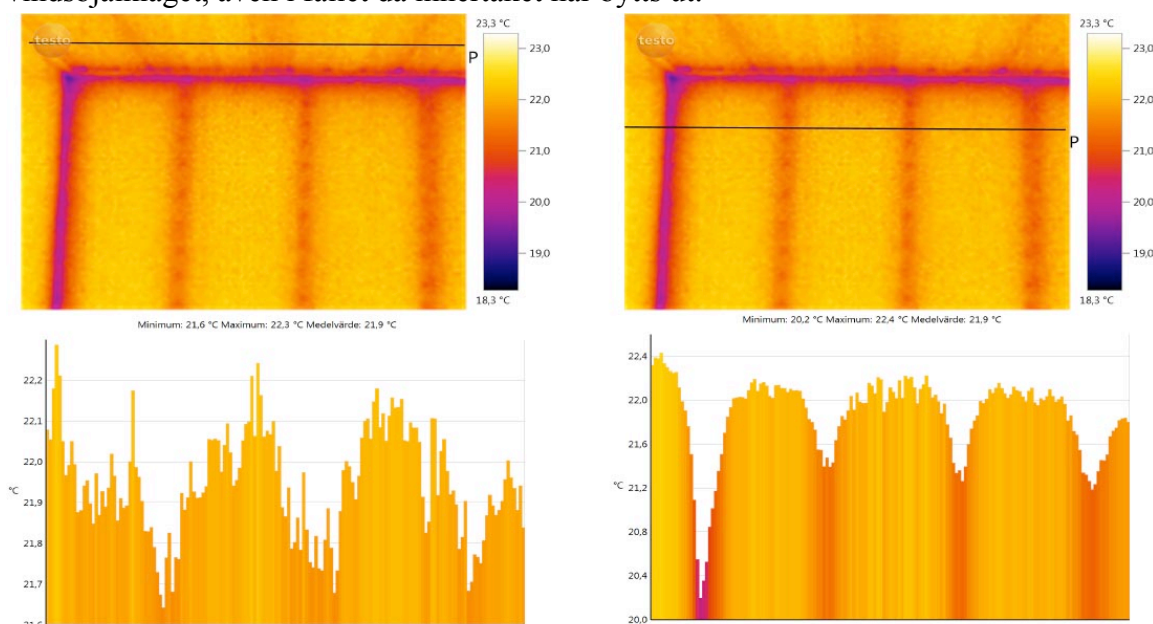
Generellt är golvet 23 C, vilket är samma temperatur som innerväggarna. Kalla områden finns vid köksbänken samt nära altandörren, se Figur B12. Altandörrens tätningslist är hel men trots detta är temperaturen mycket låg och orsakar att en relativt stor golvyta är 2-3 grader kallare än resterande golv.



Figur B12. T.v. altandörr, t.h. köksbänk. Hus A:39. Kallaste punkten för altandörren $M1=10,2$ C. Kallaste punkten i köket $M1=18,0$ C.

Tak

Innertaket i huset skiljer sig från byggnadsritningarna i det avseende att träpanel klär insidan av vindsbjälklaget istället för gips. Den något lägre värmekonduktiviteten har här tydligt minskat skillnaden i temperatur mellan där reglar går och där det är kraftigare isolerat, se Figur B13. Också noterbart i figuren är att innerväggens temperatur är högre än takets, vilket påvisar att det trots allt finns värmeförluster från vindsbjälklaget, även i fallet då innertaket har bytts ut.



Figur B13. T.v. Temperaturvariation tak. T.h. Temperaturvariation vägg. Ovanvång A:39.

R:276

Datum: 2015-03-20

Tid: 08.00-09.00

Temperatur ute: 1 C

Temperatur inne: 22 C

Väder: Klart, vindstill

Emissionsfaktor: 0.94

RTC: 21 C

Placering: Mittenhus med stor del tillbyggnad

Köldbryggor

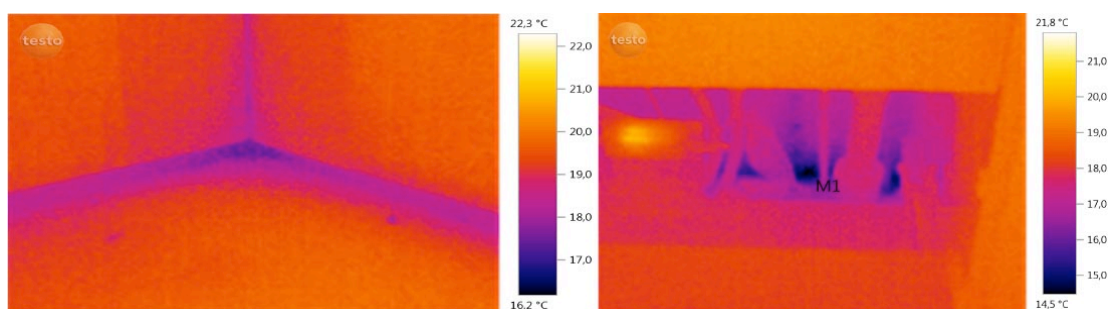
Det finns köldbryggor i några få hörn, vid ytterdörren och de två altandörrarna samt vid köksbänken.

Väggar

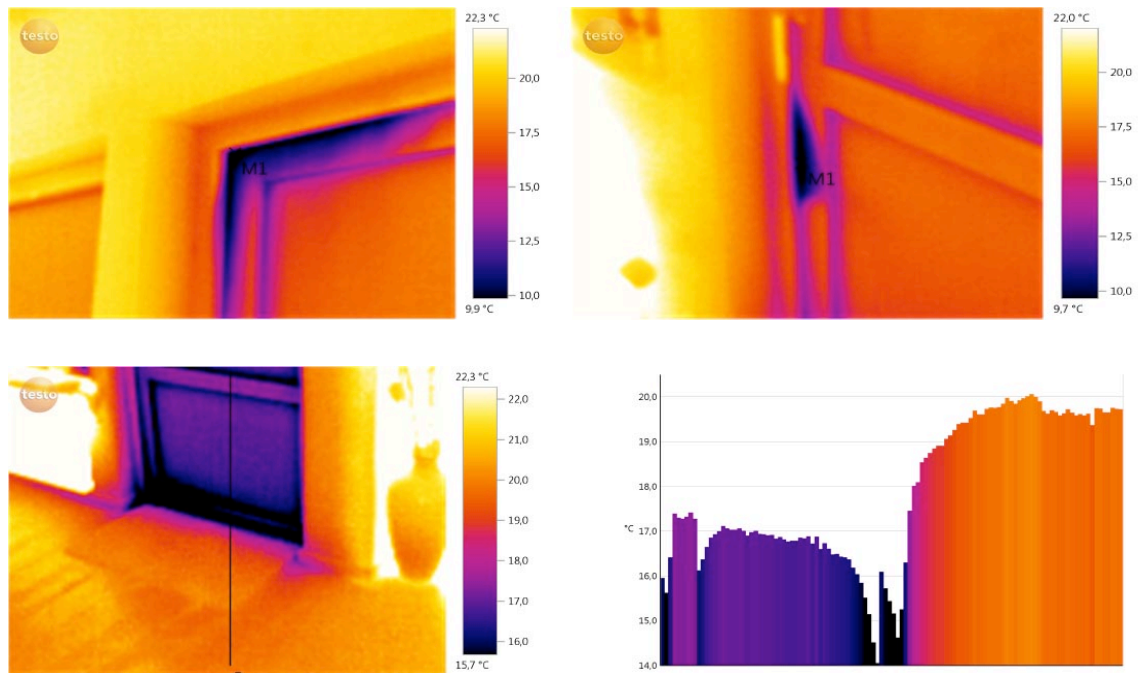
Huset har få gamla ytterväggar, istället är de flesta ytterväggarna utbyggnader vilka har en isolering som är 70 mm tjockare än grundbyggnadens. Här syns därför inga problem med värmeläckage. De få gamla väggar som finns kvar är 1-2 grader kallare än de nya. De har dessutom köldbryggor där reglar går, precis som tidigare undersökta hus, O:222 och A:39.

Golv

Golven är genomsnittligt 21 grader men det finns områden nära köksbänken och altandörrar som är kallare. Vid köksbänken beror det kallare området på ett hål som inte är tätat, där rör till vasken kommer från krypgrunden, se Figur B14. I den ena altandörren är tätningslistan delvis sönder, se t.h. i Figur B15. Det finns dessutom brister i båda träramarna som skapar små gap där kall luft tar sig in.



Figur B14. T.v. golv intill köksbänk. T.h. anslutande rör till vask, $M1=14,5$ C. För realbilder se bilaga 2.



Figur B15. Altandörrar. Överst t.v. köldbrygga som delvis beror på brister i träramen, $M1=8,7C$. Överst t.h. köldbrygga, tätningslist sönder, $M1=9,2 C$. Underst illustreras att golvet intill altandörren är kallare än $21 C$.

Tak

Gipsskivan som i byggnadsritningarna klär insidan av vindsbjälklaget har här precis som i A:39 bytts ut mot träpanel. Taket har också samma utseende genom värmekamerans display och är överlag $0,5 C$ kallare än innerväggar. Där regler går sjunker temperaturen ytterligare uppskattningsvis $0,3 C$.

I:72

Datum: 2015-03-20

Tid: 09.00-10.00

Temperatur ute: 3 C

Temperatur inne: 21 C

Väder: Klart, vindstill

Emissionsfaktor: 0.94

RTC: 21 C

Placering: Mittenhus

Köldbryggor

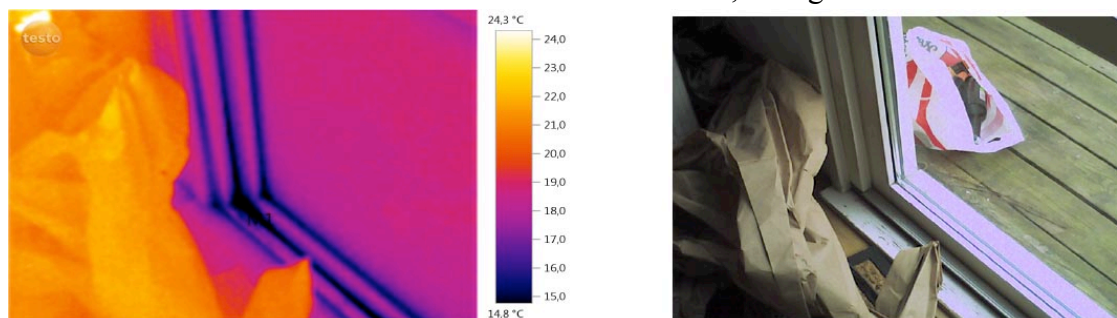
Det finns ett stort antal köldbryggor, speciellt i ett rum på ovanvåningen där det finns mycket kalla områden i skarvar och runt fönster. Skarvar är ofta nästan lika kalla som hörn och är uppskattningsvis två grader kallare än väggen i övrigt. Altandörren är mycket kall nertill.

Väggar

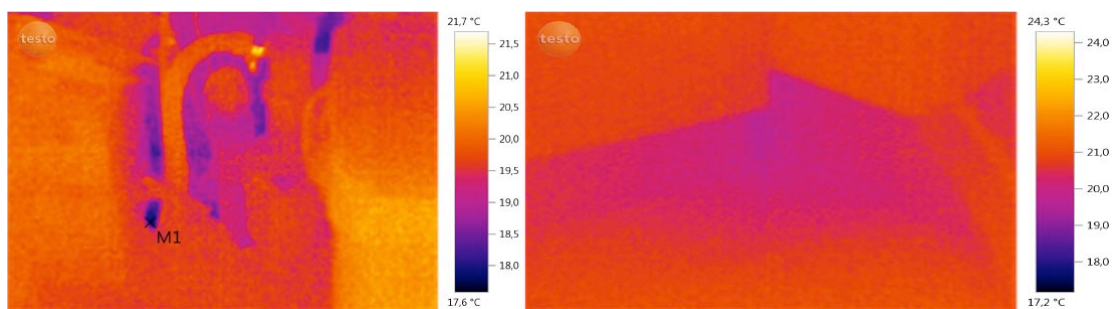
Huset har inga tillbyggnader men intilliggande grannar åt båda håll. Ytterväggarnas temperaturbild, genom värmekamerans display, överensstämmer med de tidigare undersökta husen. Innerväggar och väggar som angränsar mot en granne är drygt 0,5 grader varmare än ytterväggarna, Figur B18. Där reglar går sjunker temperaturen i många fall med ytterligare en grad.

Golv

Golven är relativt nya och håller en god jämn temperatur. I anslutning till altandörren och vid köksbänken hittas områden som är 2-4 C kallare, se Figur B16 och B17.



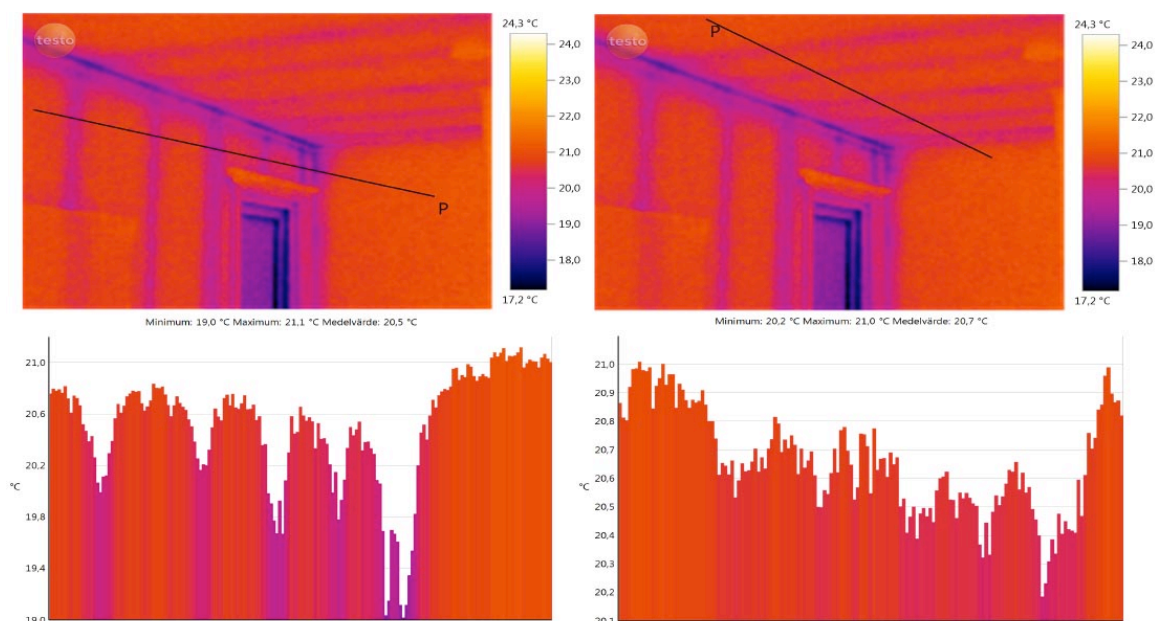
Figur B16. Altandörr, hus I:72. $M1=11,6C$.



Figur B17. T.v. Under vask, M1=17,9 C. T.h. kallare golv nära köksbänken. För realbilder se bilaga 2.

Tak

Innertaket är på samma sätt som O:222 helt i överensstämmelse med byggnadsritningarna. De är något varmare än intilliggande ytterväggar och ungefär 0,4 grader kallare än innerväggar. Där reglar går sjunker temperaturen ytterligare, se Figur B18.

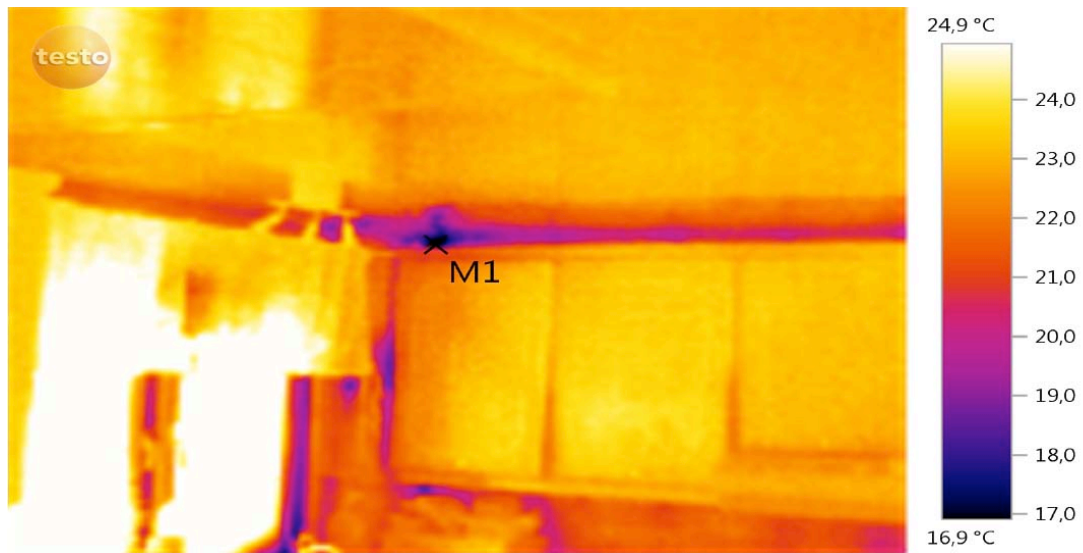


Figur B18. T.v. Skillnader i väggtemperatur (innervägg t.h. i bilden). T.h. Skillnader i taktemperatur.

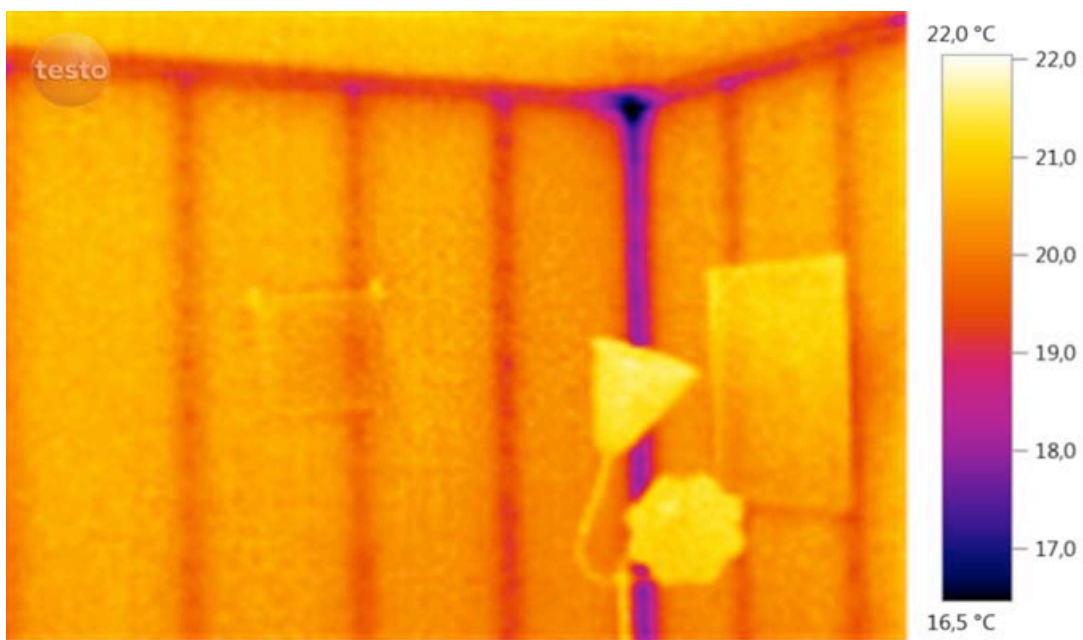
Ytterligare värmebilder som stärker slutsatserna.

Hus O:222

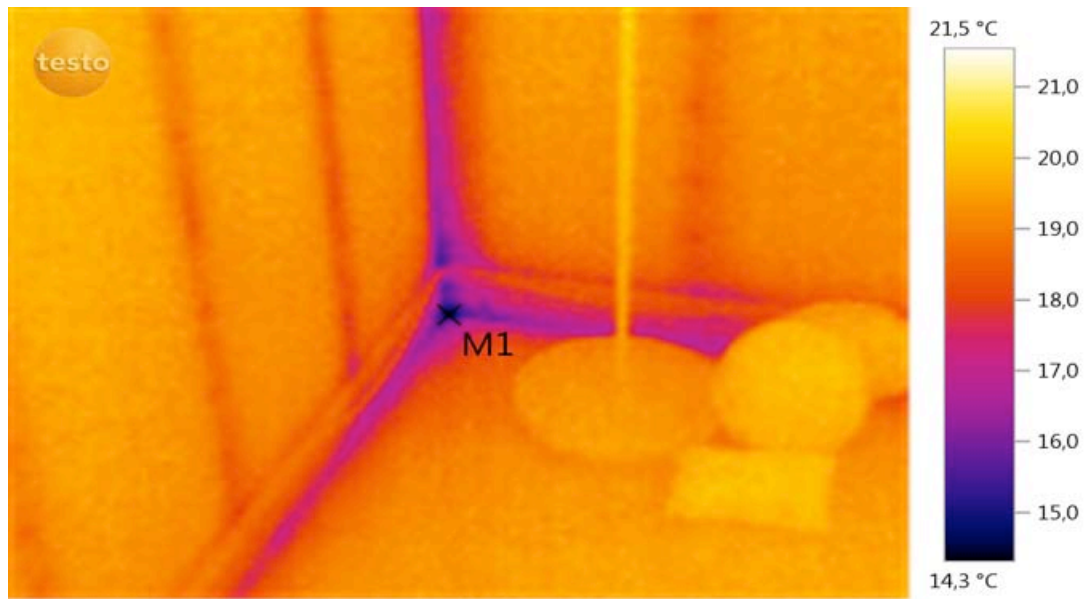
Bottenvåning



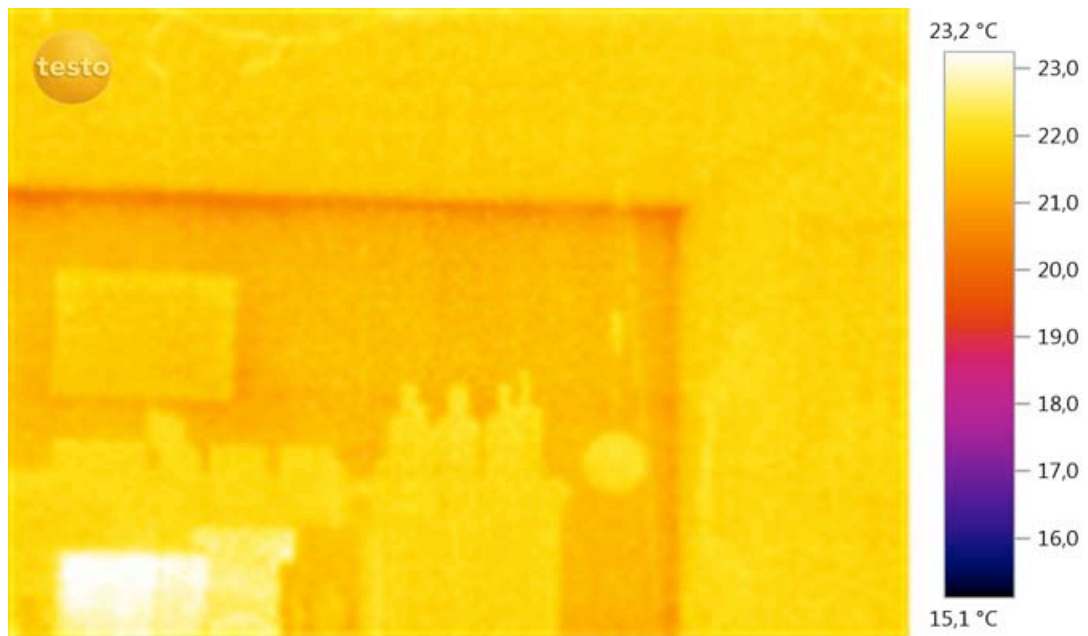
Figur B19. Kök. M1=15,5 C



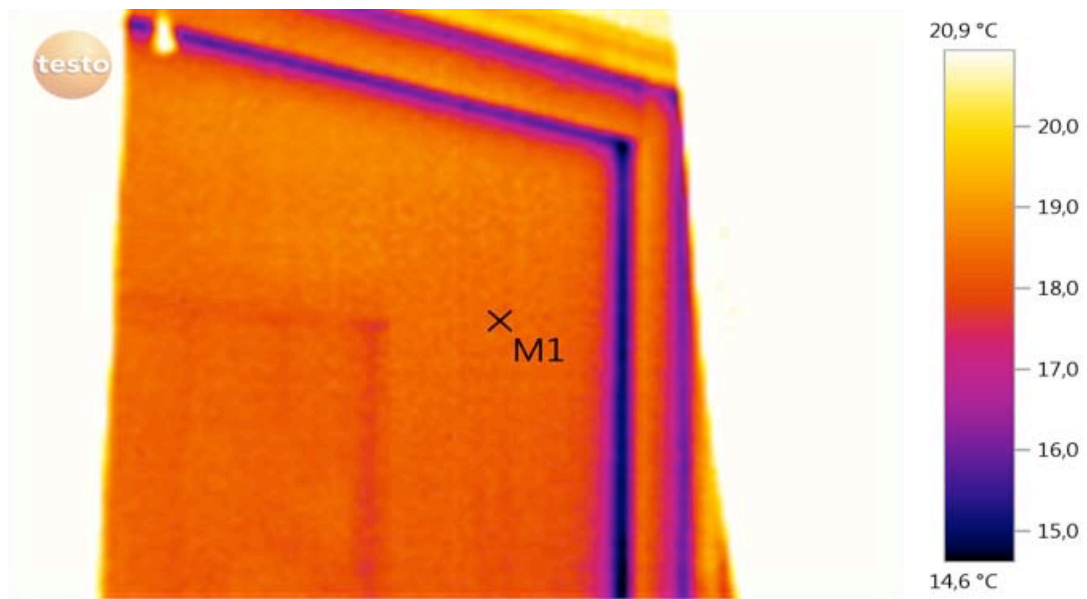
Figur B20. Vardagsrum



Figur B21. Vardagsrum. M1=14,6 C

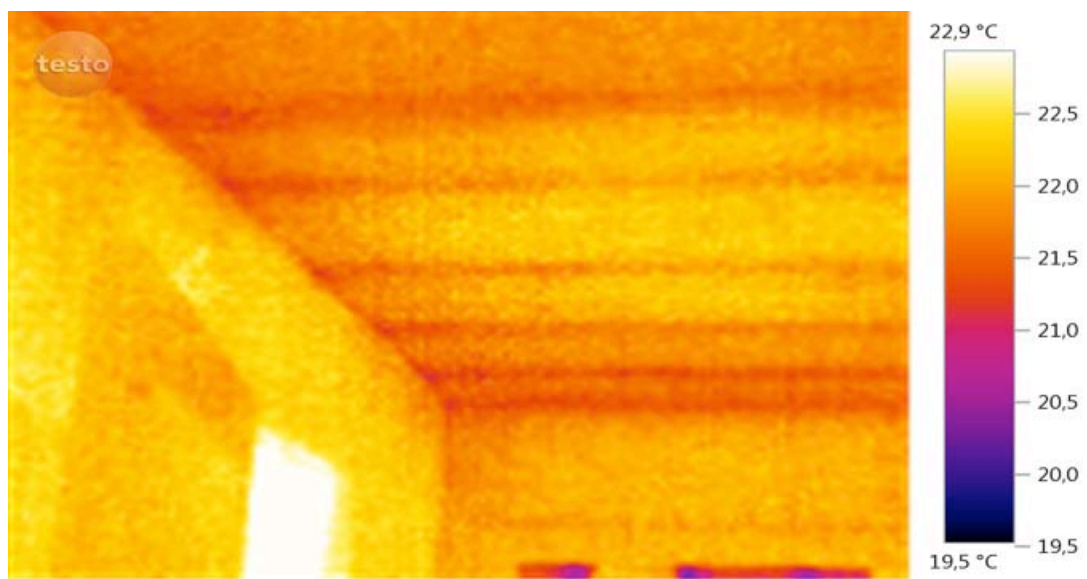


Figur B22. Tillbyggnad. M1=21,5

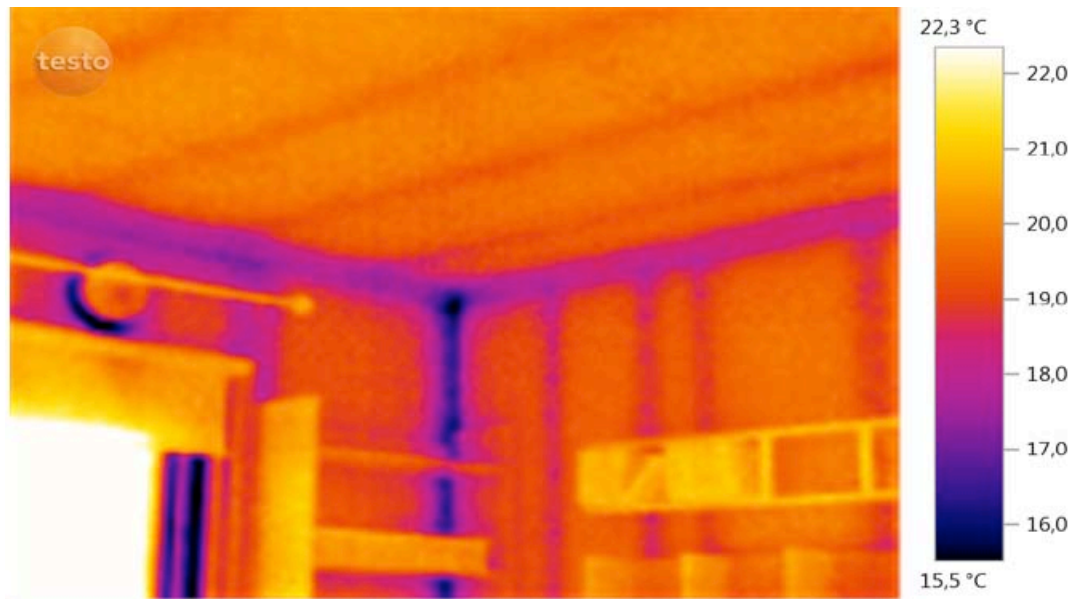


Figur B23. Vardagsrumsfönster. M1 =18,4 C

Ovanvåning



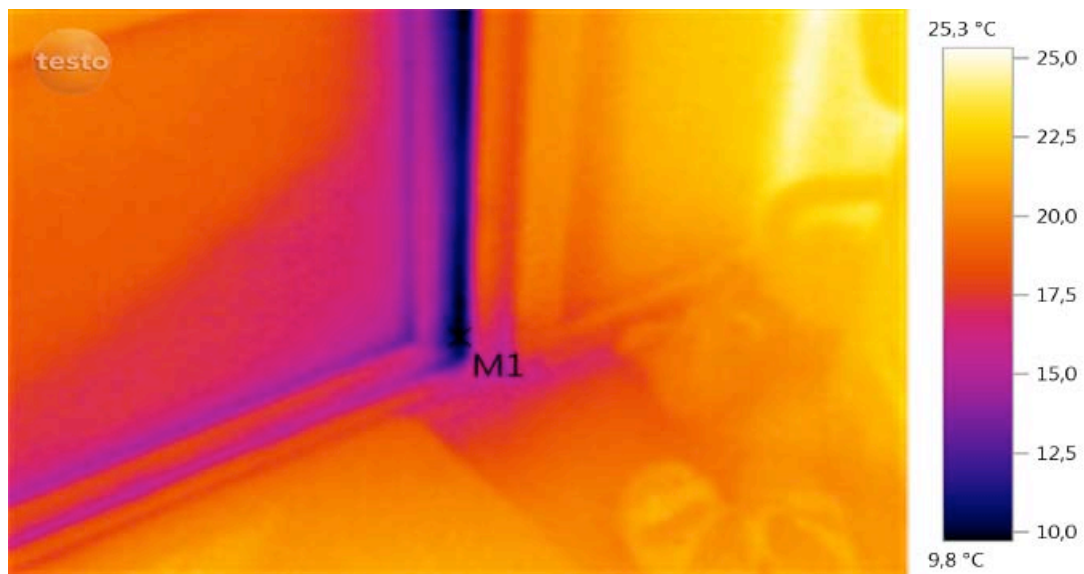
Figur B24. Tak ovanvåning



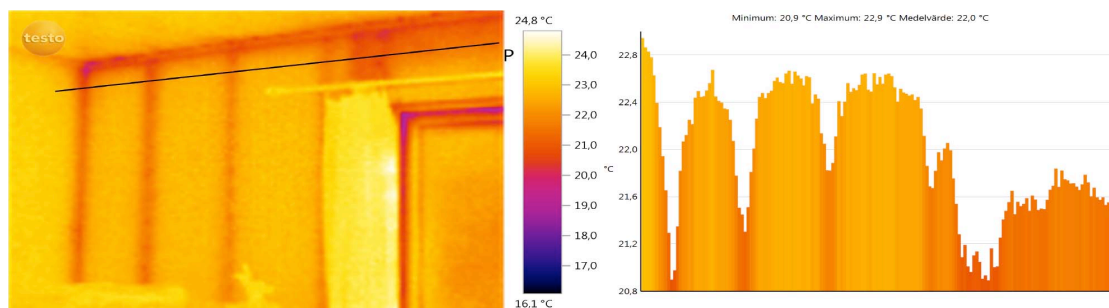
Figur B25. Sovrum. M1=15,2

A:39

Bottenvåning

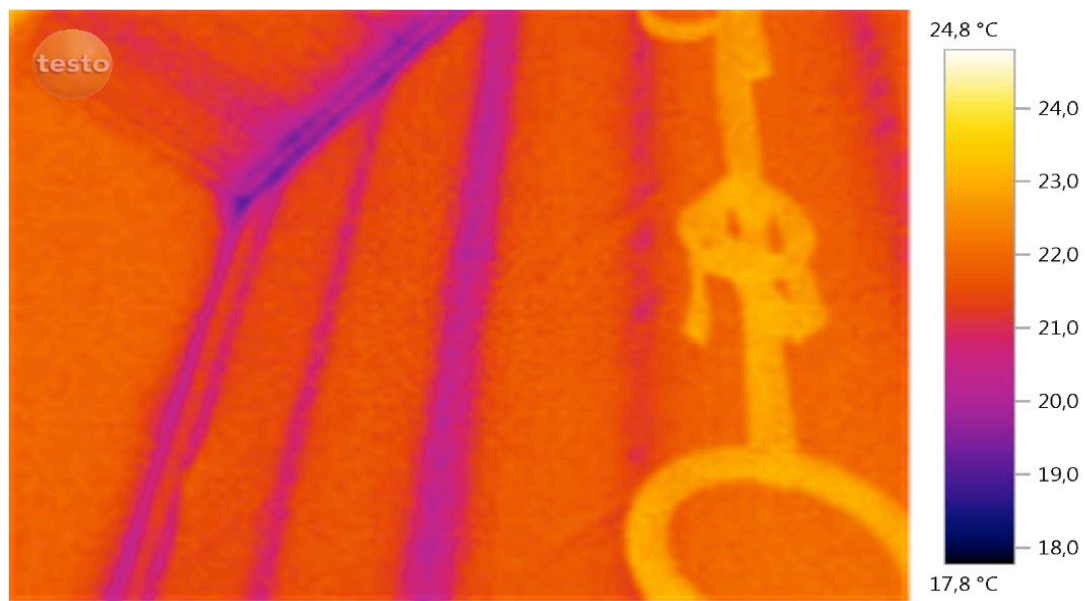


Figur B26. Altandörr. M1=9,1 C



Figur B27. Köldbryggor yttervägg.

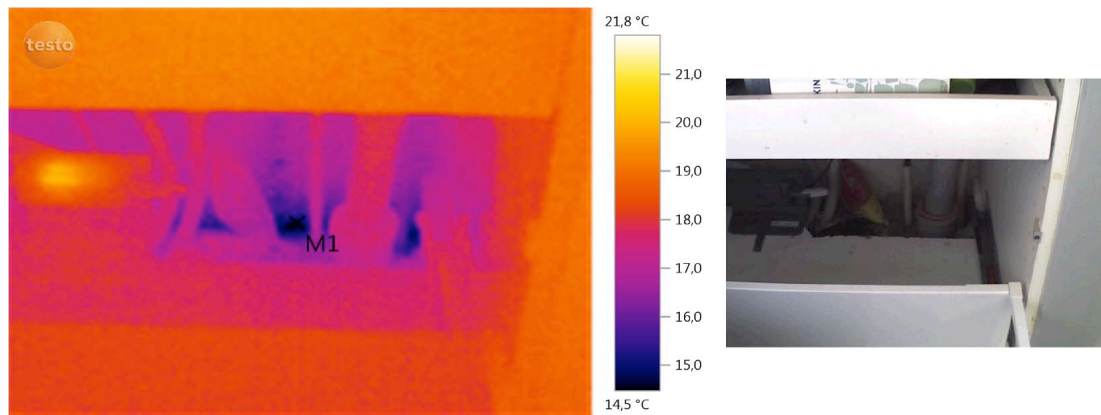
Ovanvåning



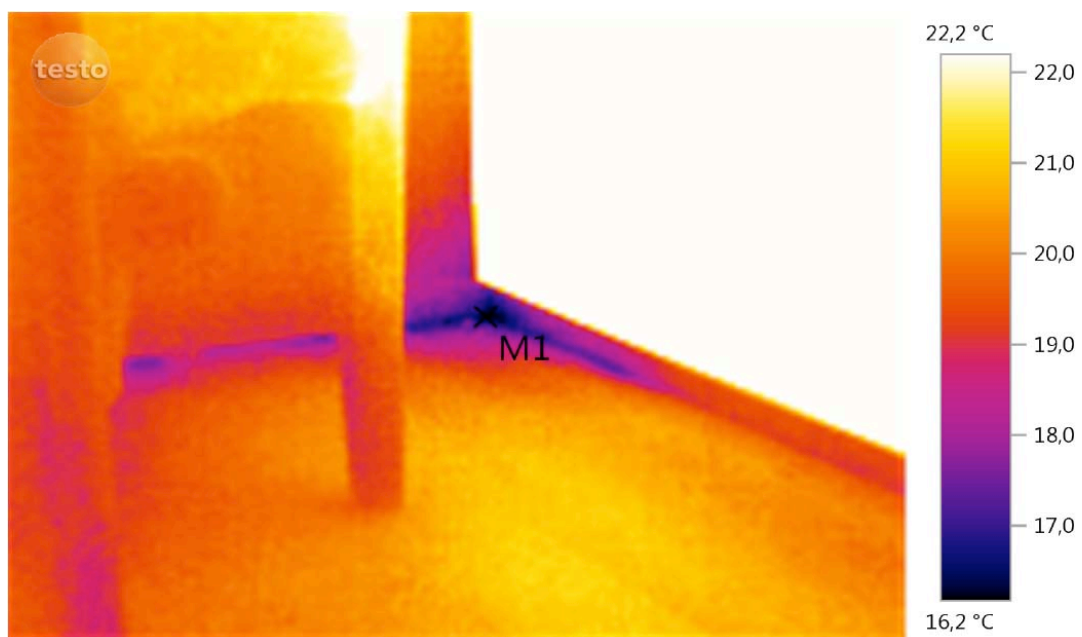
Figur B28. Köldbrygga mot tak och där regler går

R:276

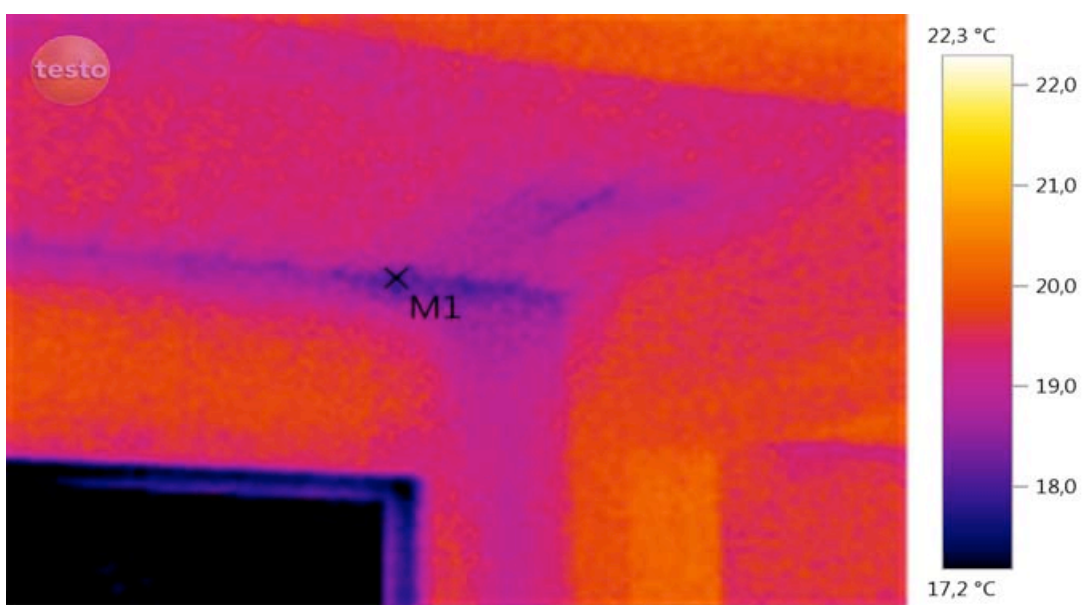
Bottenvåning



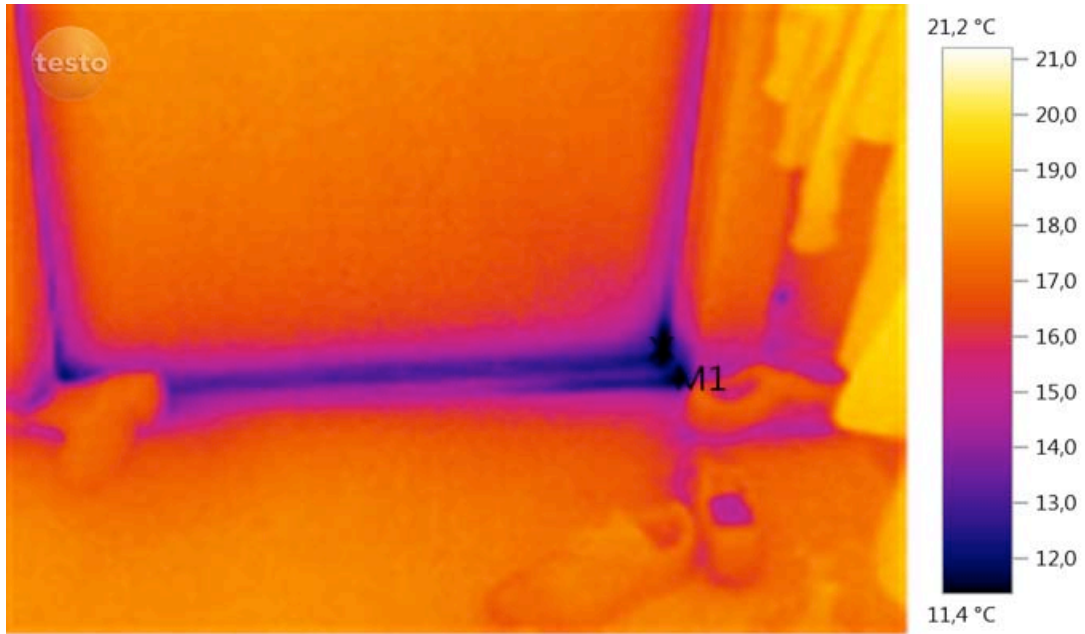
Figur B29. Under vasken i köket M1=14,1 C



Figur B30. Köldbrygga i hörn i köket, västlig riktning. M1= 16,1 C

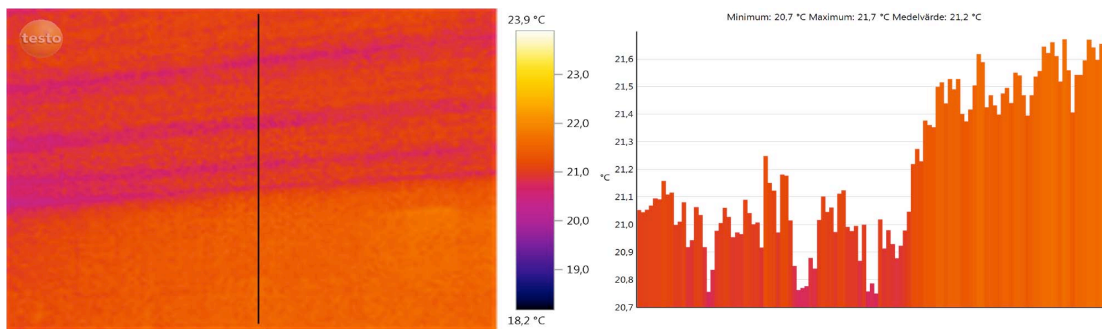


Figur B31. Tak till envåningstillbyggnad. M1= 17,7 C



Figur B32. Ytterdörr. M1=10,6 C

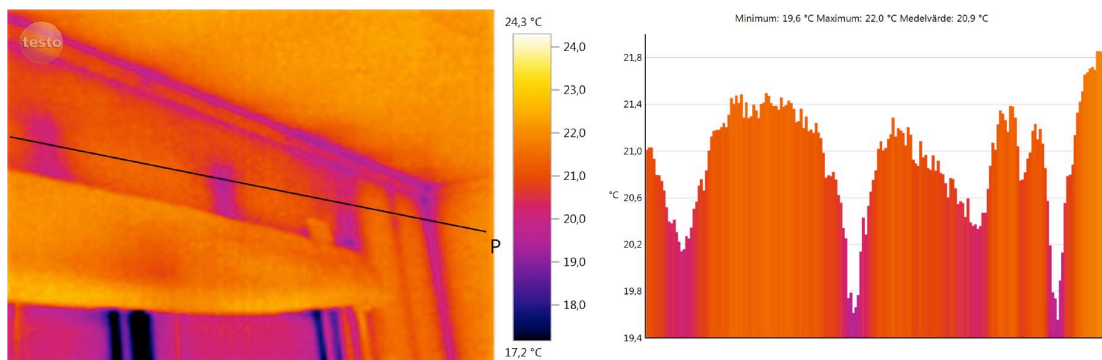
Ovanvåning



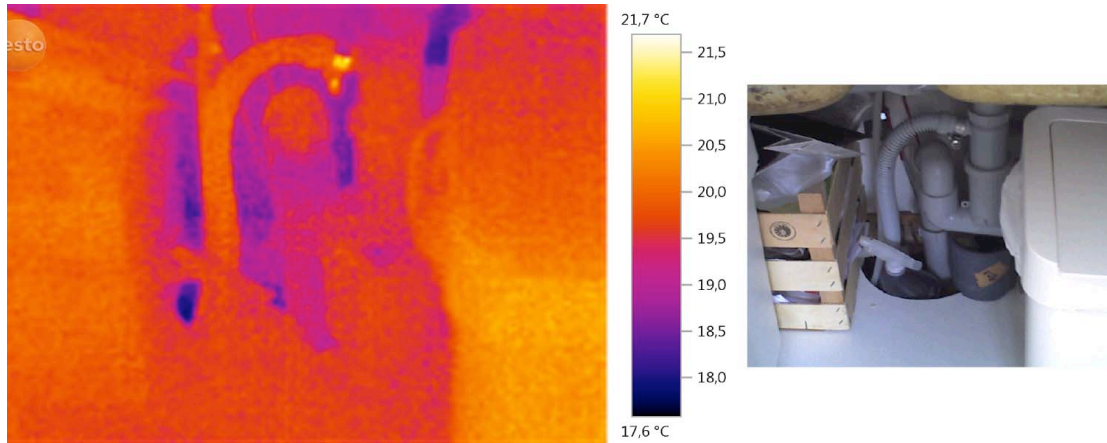
Figur B33. Tak. Köldbryggor där regler går

I:72

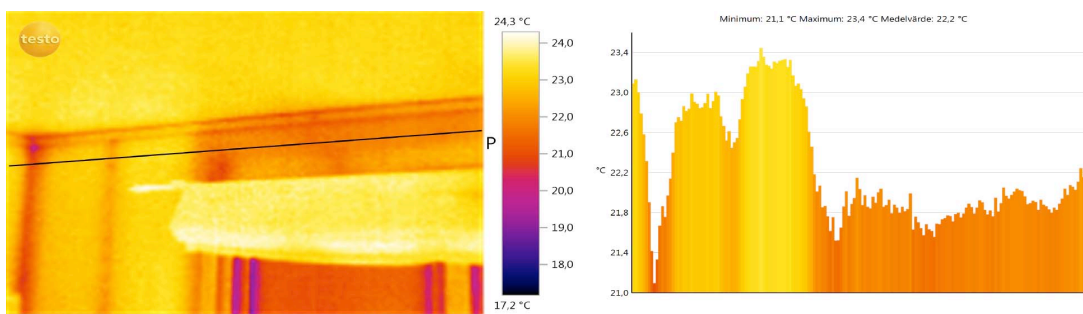
Bottenvåning



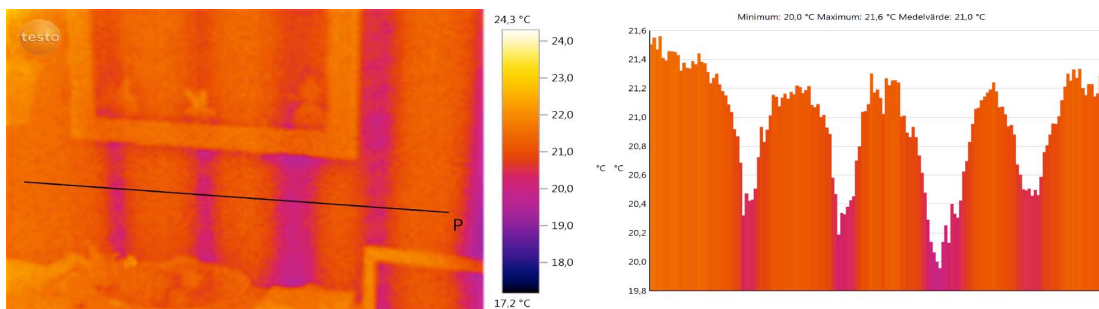
Figur B34. Kök. Temperaturskillnader i yttervägg.



Figur B35. Under köksvasken.

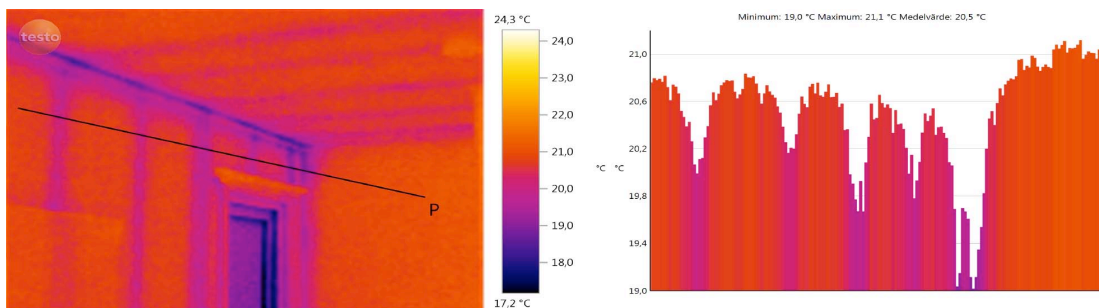


Figur B36. Vardagsrum. Fönster och köldbrygga ovanför fönster.



Figur B37. Köldbryggor i kök där regler går.

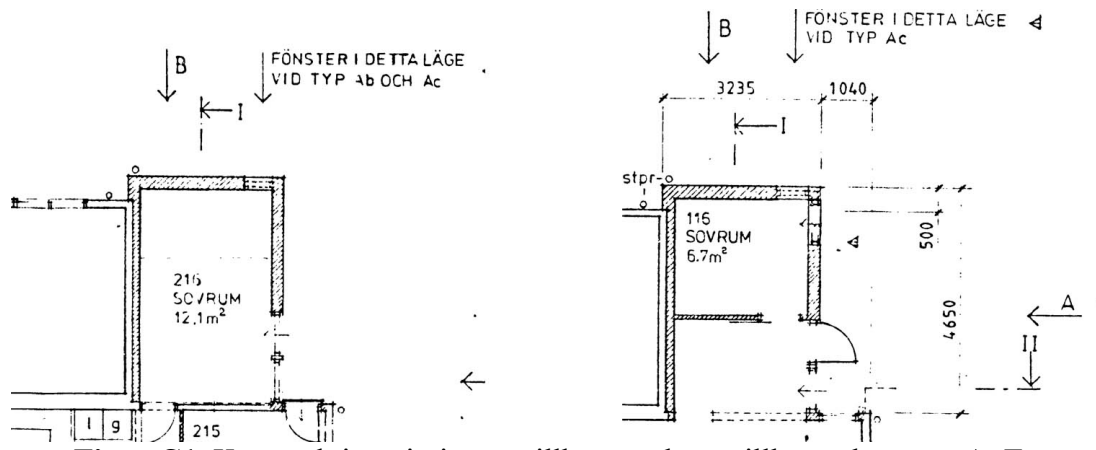
Ovanvåning



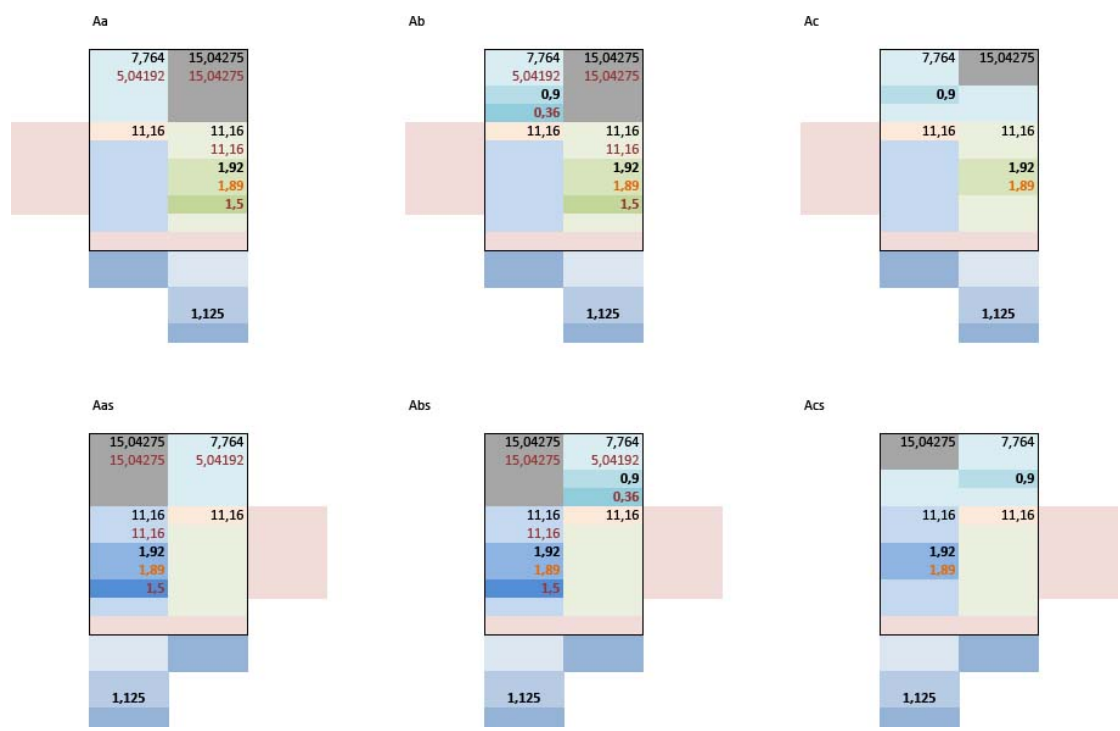
Figur B38. Köldbryggor där regler går. Dessutom kallt fönster.

BILAGA C - TILLBYGGNADER

Grupp A

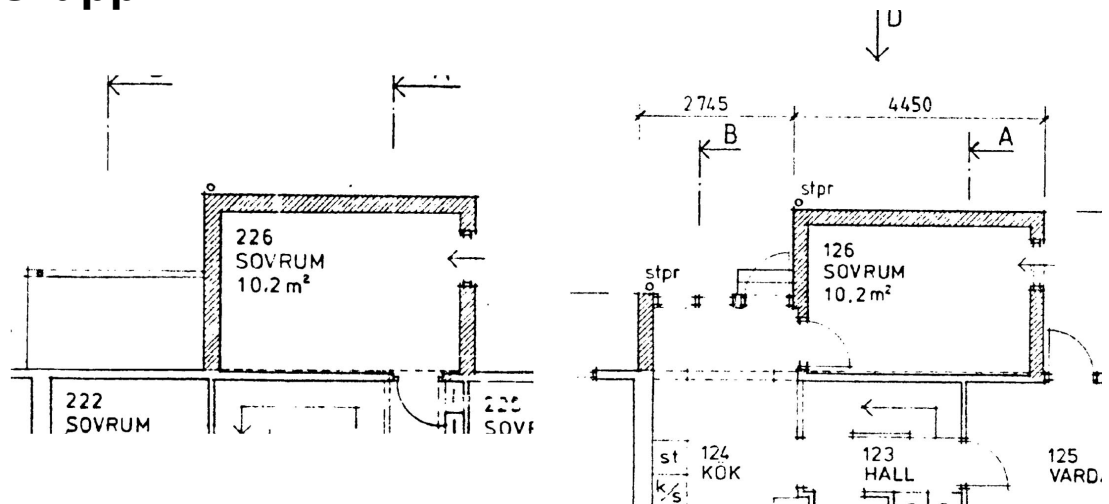


Figur C1. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp A. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

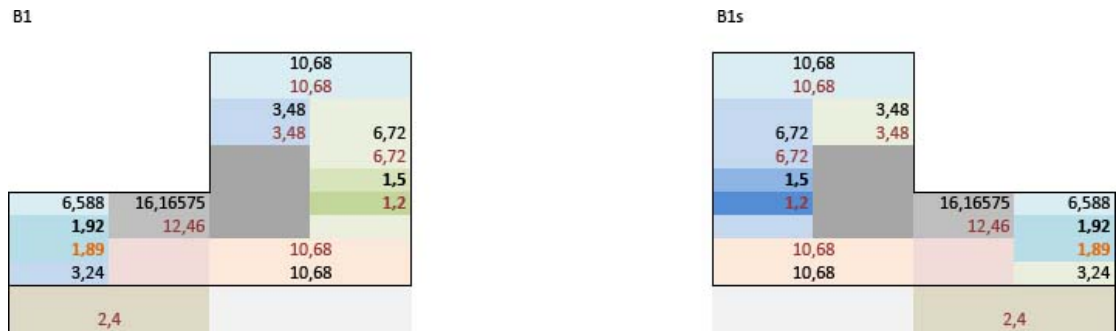


Figur C2. Tillbyggnader Aa, Ab, Ac, Aas, Abs, Acs i Excel

Grupp B1

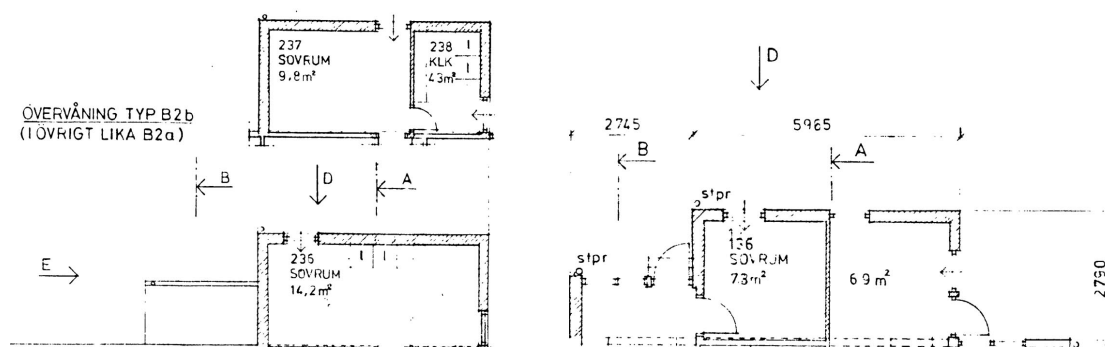


Figur C3. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp B1. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

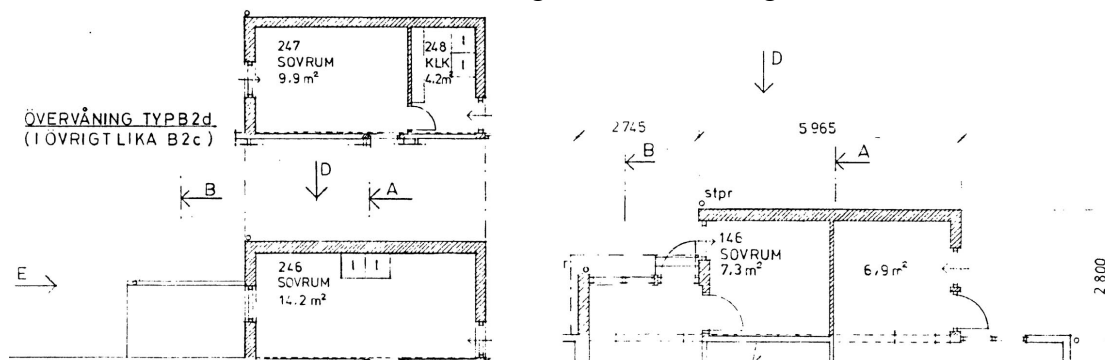


Figur C4. Tillbyggnader B1, B1s i Excel.

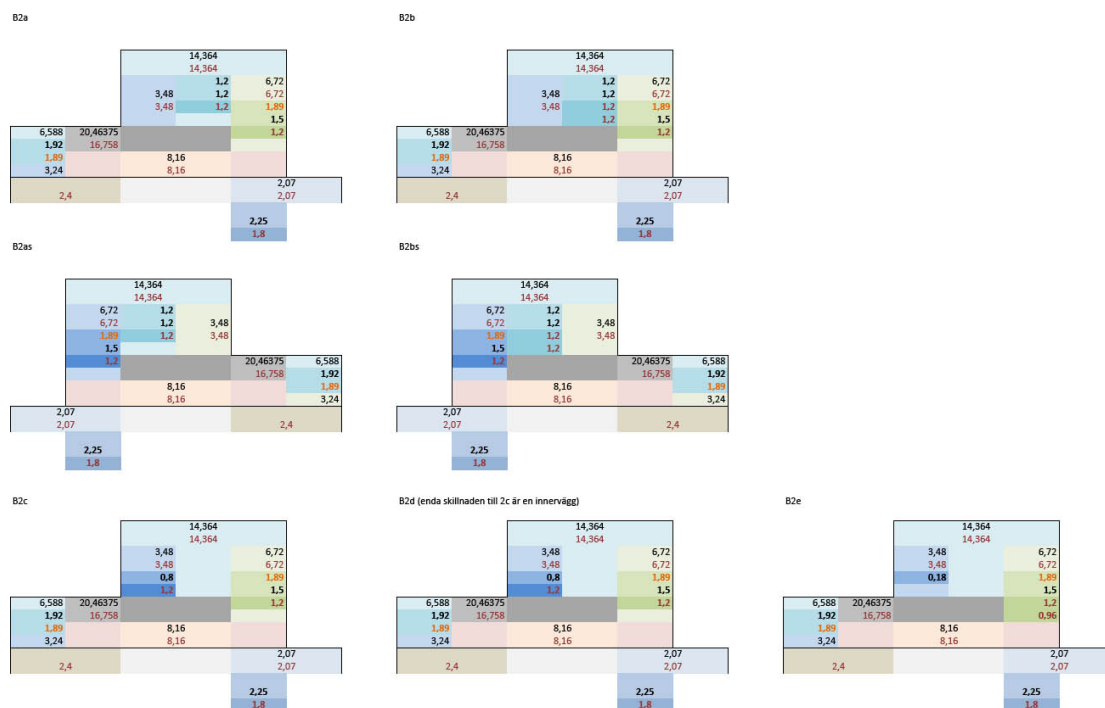
Grupp B2



Figur C5. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp B2a och B2b. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

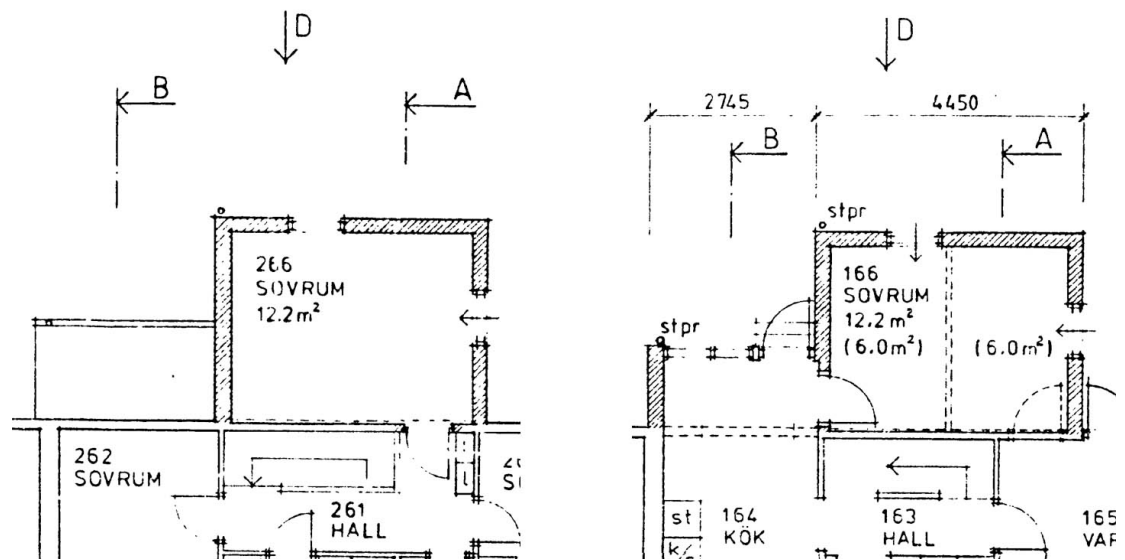


Figur C6. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp B2c, B2d och B2e. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

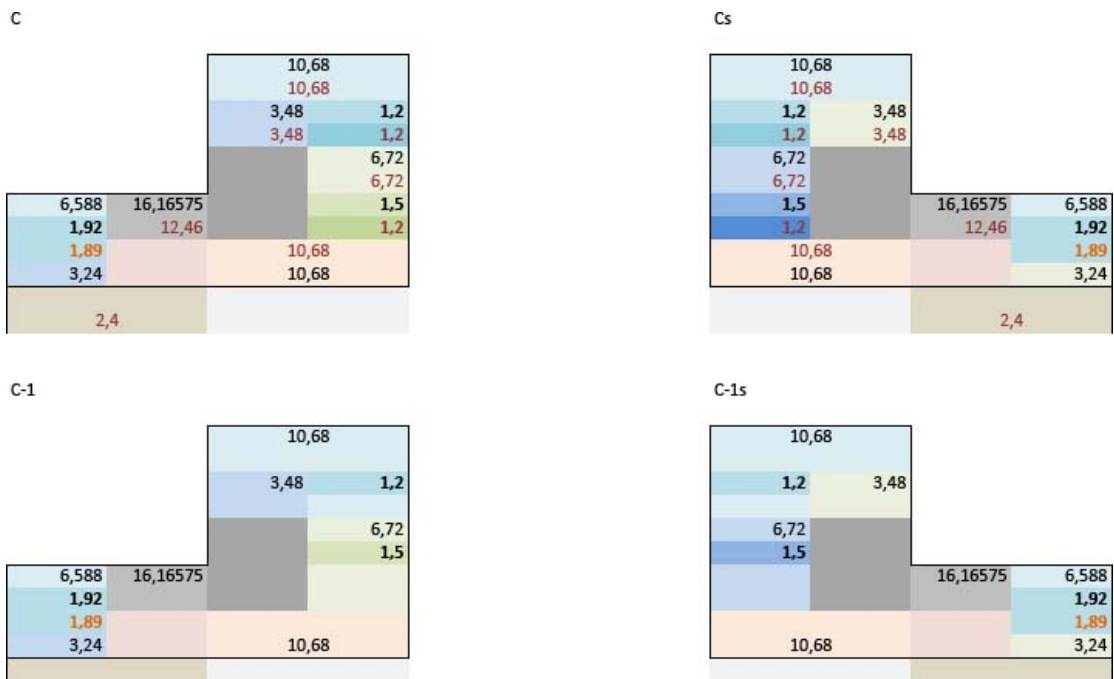


Figur C7. Tillbyggnader B2a, B2b, B2as, B2bs, B2c, B2d, B2e i Excel.

Grupp C

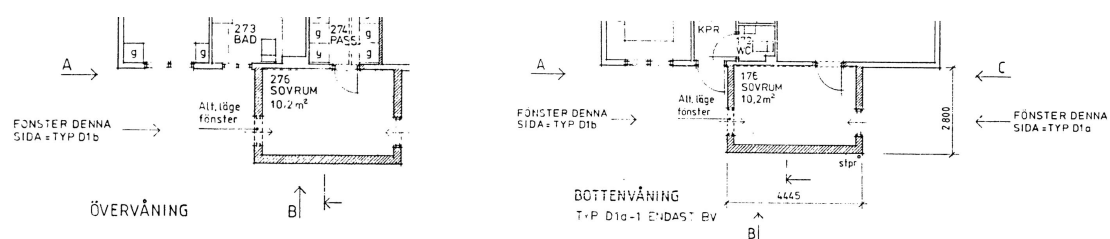


Figur C8. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp C. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.



Figur C9. Tillbyggnader C, Cs, C-1, C-1s i Excel.

Grupp D1



Figur C10. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp D1. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

D1a

	2,155	
	2,155	
10,668	12,446	
10,668	12,446	
6,72	6,72	
6,72	6,72	
	1,2	
	1,2	
10,668		
10,668		

D1b

	2,155	
	2,155	
10,668	12,446	
10,668	12,446	
6,72	6,72	
6,72	6,72	
1,2		
1,2		
10,668		
10,668		

D1as

	2,155	
	2,155	
	10,668	12,446
	10,668	12,446
	6,72	6,72
	6,72	6,72
	1,2	
	1,2	
	10,668	
	10,668	

D1bs

	2,155	
	2,155	
	10,668	12,446
	10,668	12,446
	6,72	6,72
	6,72	6,72
		1,2
		1,2
	10,668	
	10,668	

D1a-1

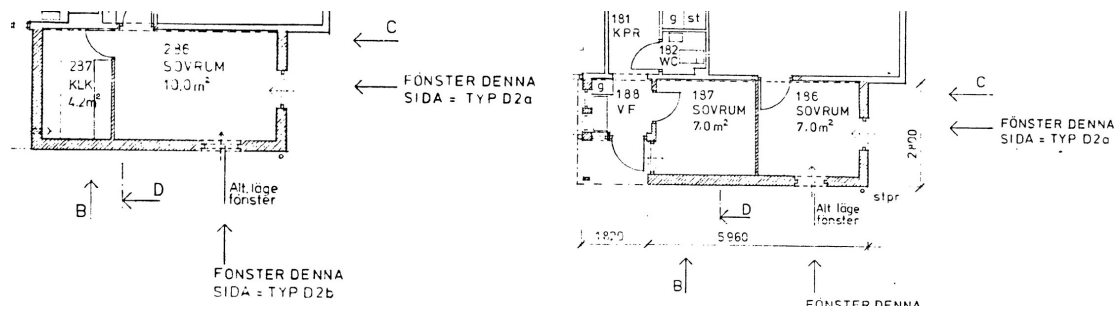
	2,155	
10,668	12,446	
6,72	6,72	
	1,2	
10,668		

D1as-1

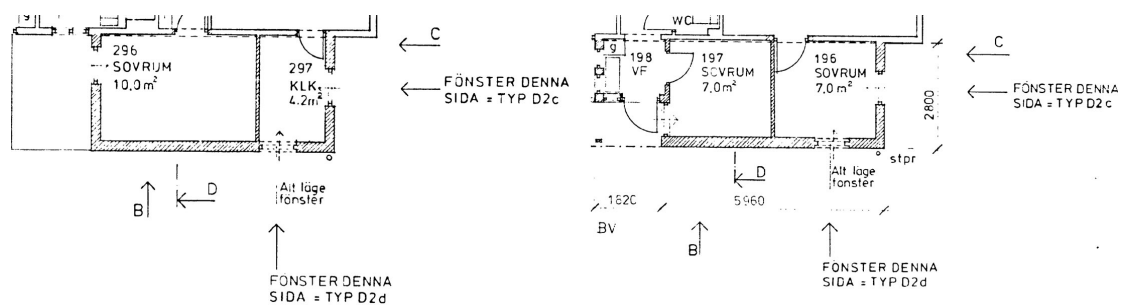
	2,155	
10,668	12,446	
6,72	6,72	
1,2		
10,668		

Figur C11. Tillbyggnader D1a, D1b, D1as, D1bs, D1a-1, D1as-1 i Excel.

Grupp D2

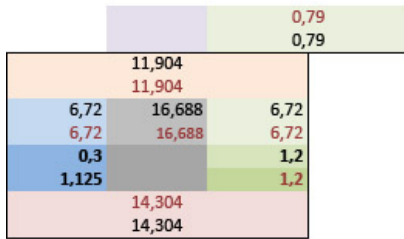


Figur C12. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp D2a-b. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

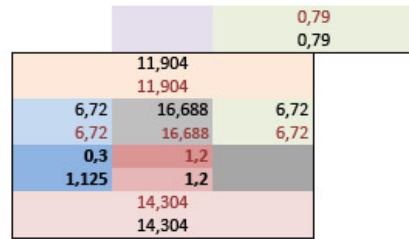


Figur C13. Konstruktionsritning av tillbyggnaderna tillhörande grupp D2c-d. T.v. ovanvåning, t.h. bottenvåning.

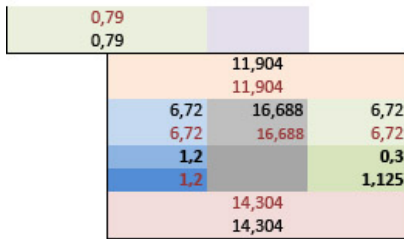
D2a



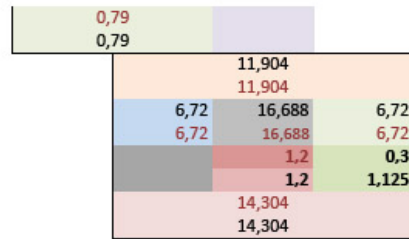
D2b



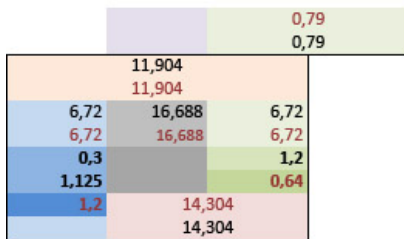
D2as



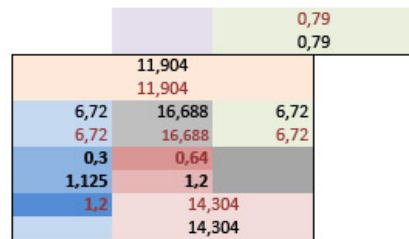
D2bs



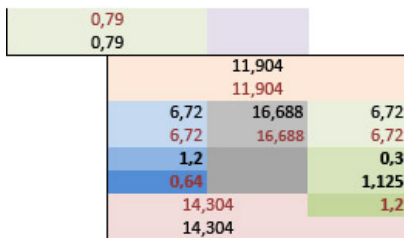
D2c



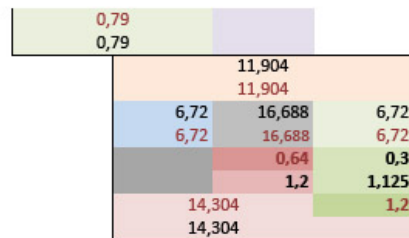
D2d



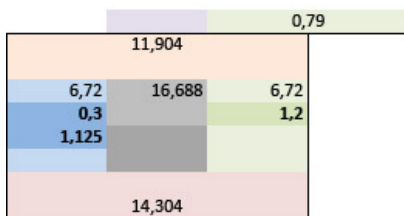
D2cs



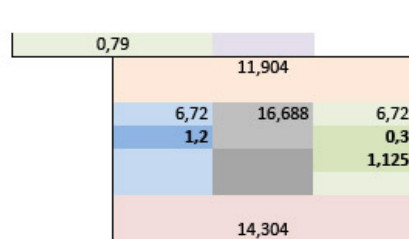
D2ds



D2c-1

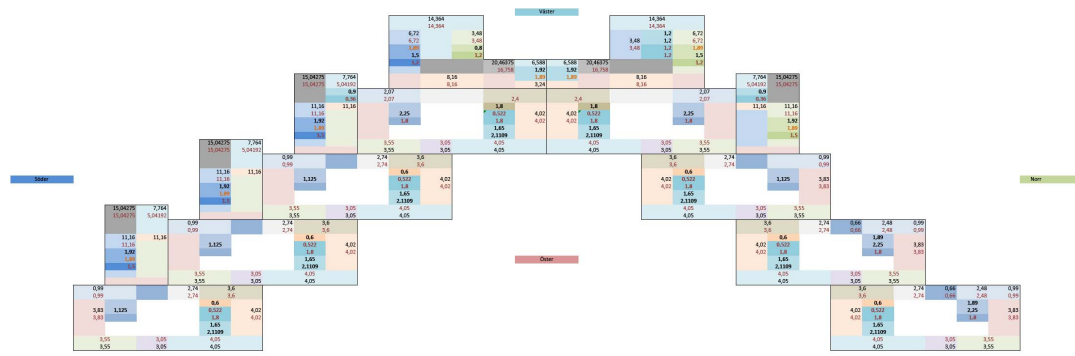


D2cs-1

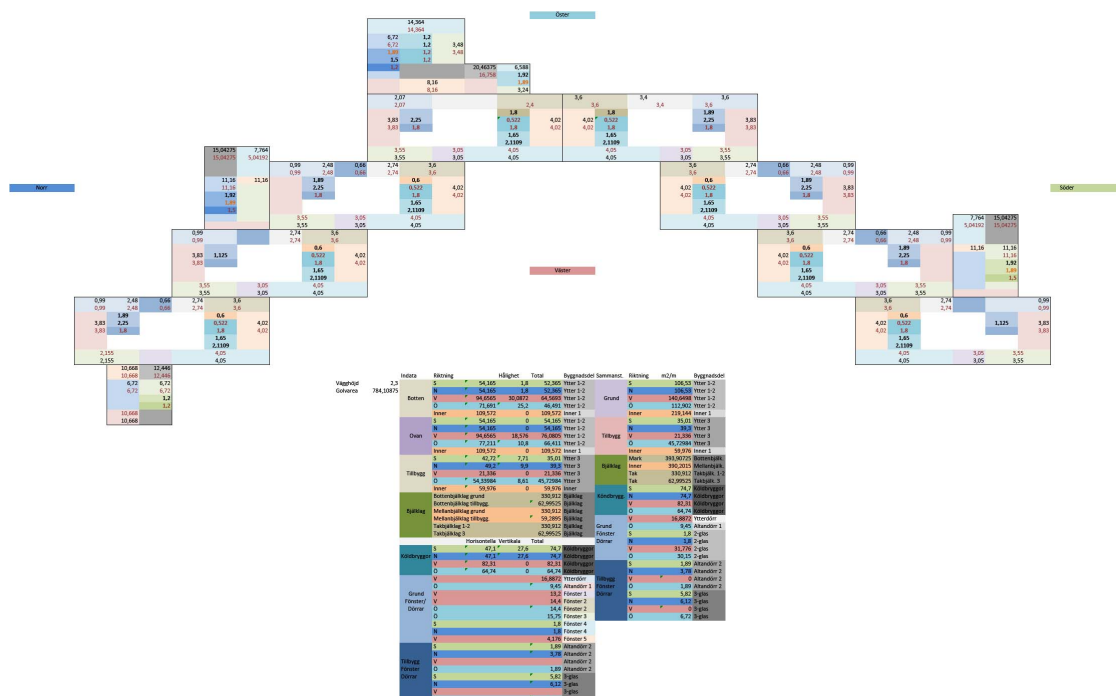


Figur C14. Tillbyggnader D2a, D2b, D2as, D2bs, D2c, D2d, D2cs, D2ds, D2c-1, D2cs-1 i Excel.

B

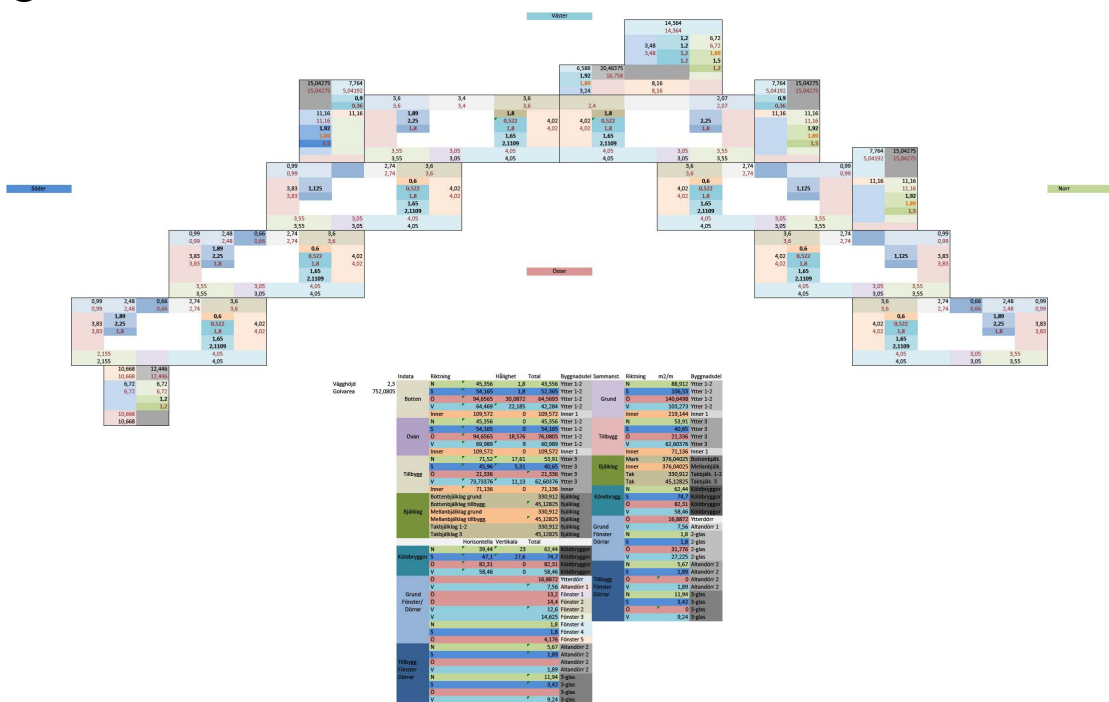


Figur D3. Område B i västlig riktning.



Figur D4. Område B i östlig riktning.

C

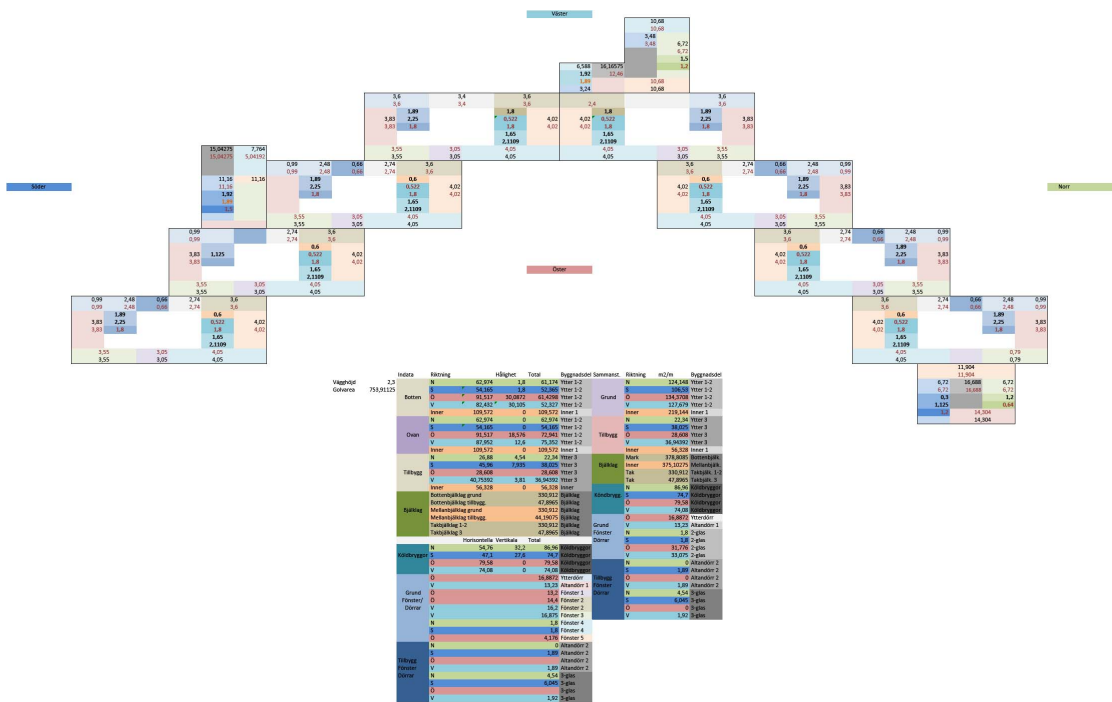


Figur D5. Område C i västlig riktning.

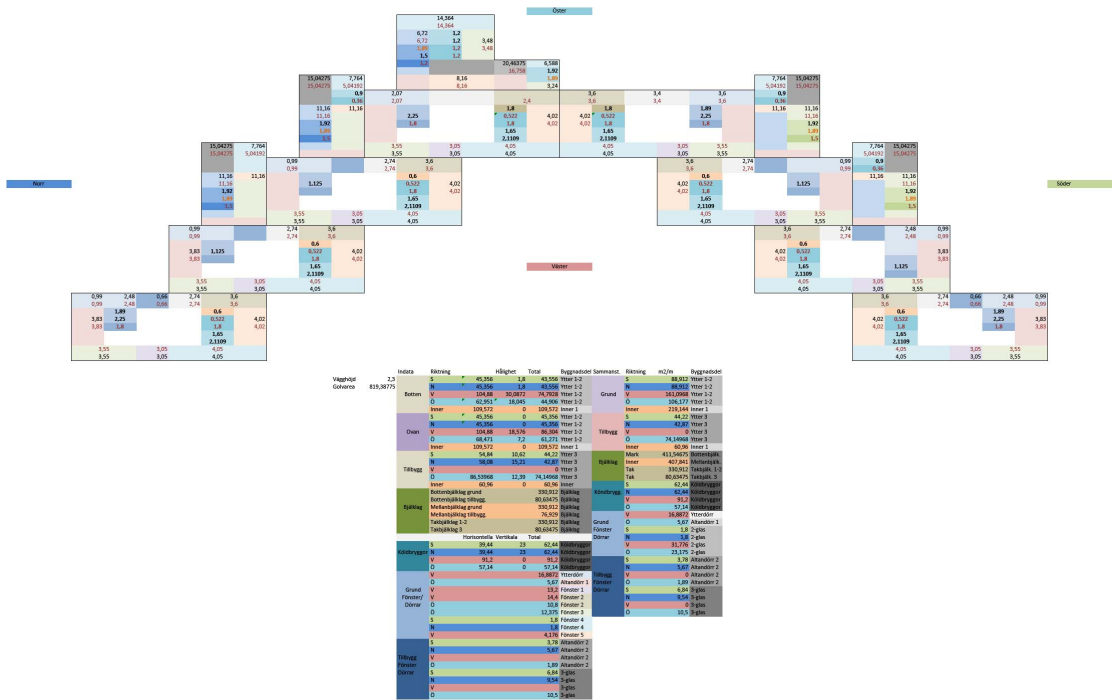


Figur D6. Område C i östlig riktning.

D

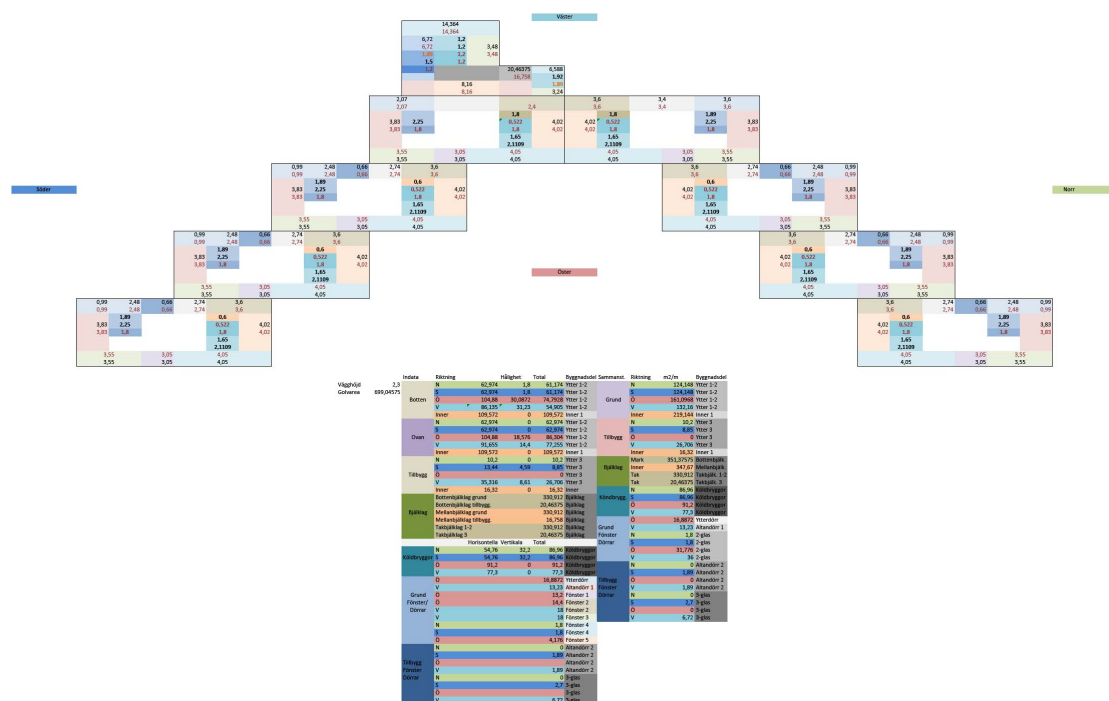


Figur D7. Område D i västlig riktning.



Figur D8. Område D i östlig riktning.

E

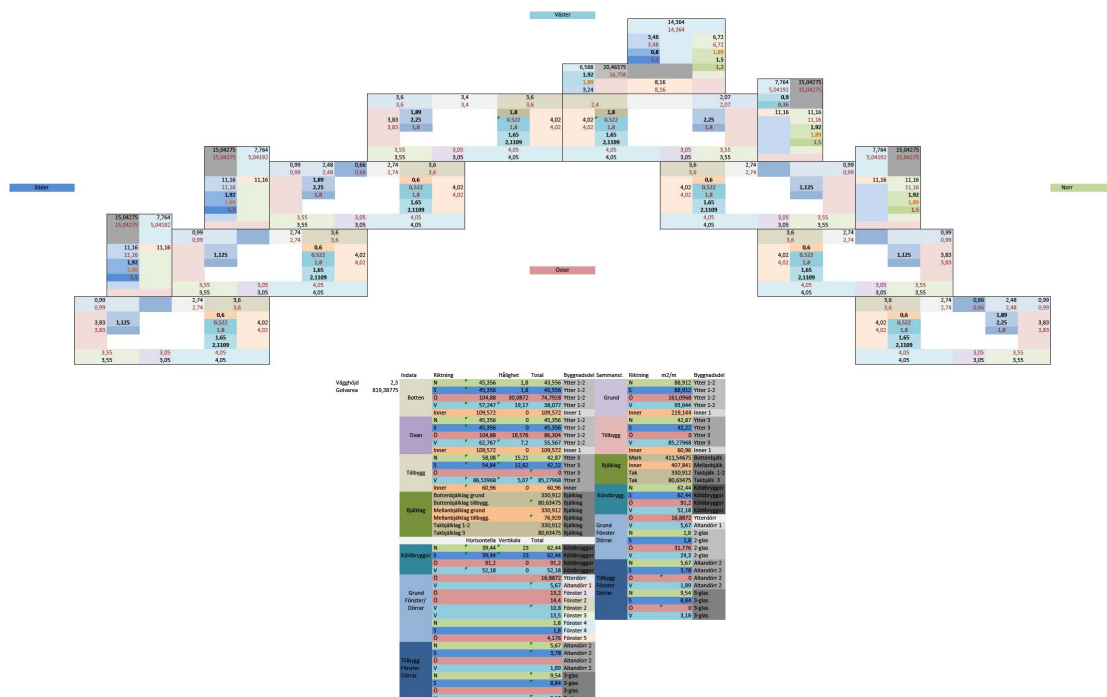


Figur D9. Område E i västlig riktning.

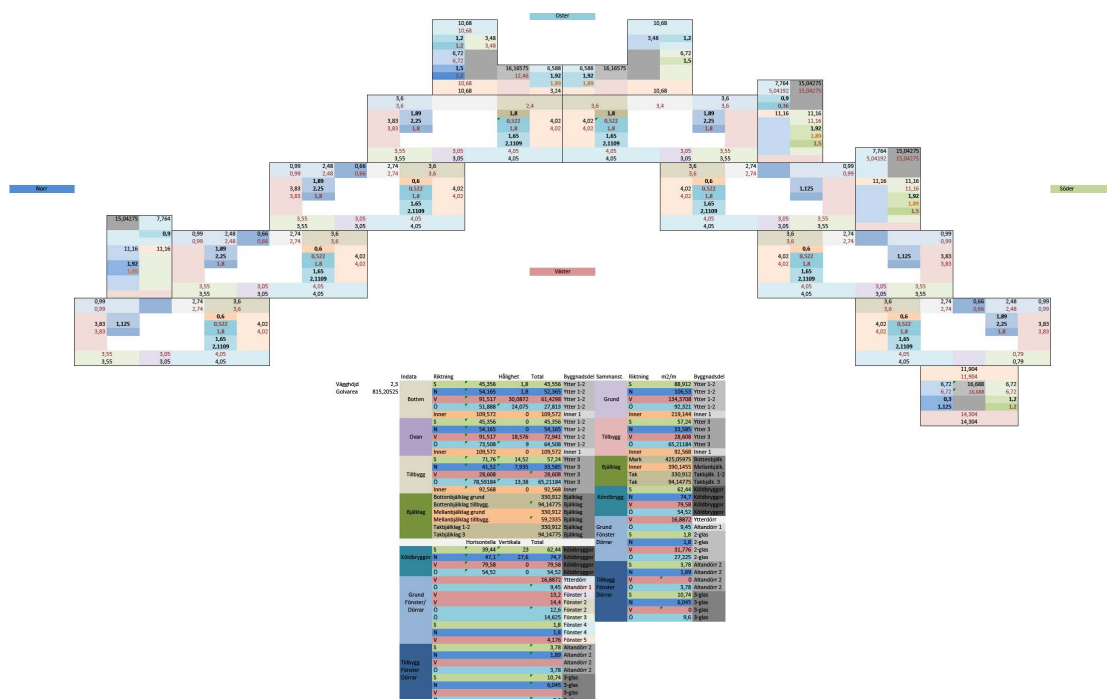


Figur D10. Område E i östlig riktning.

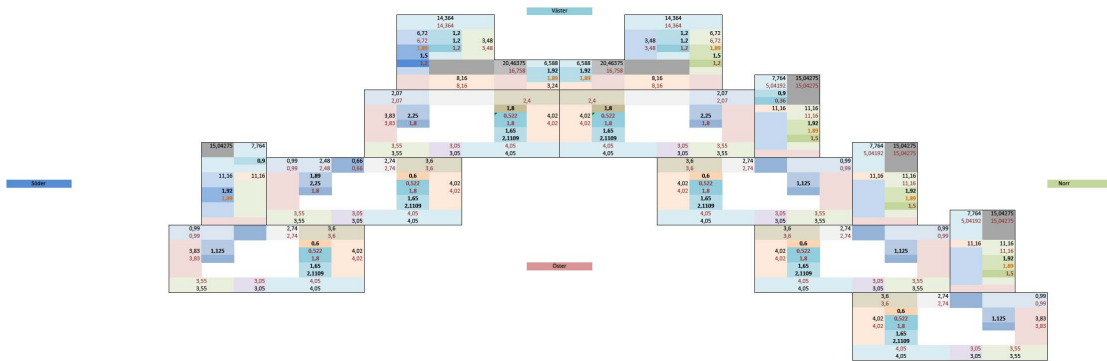
H



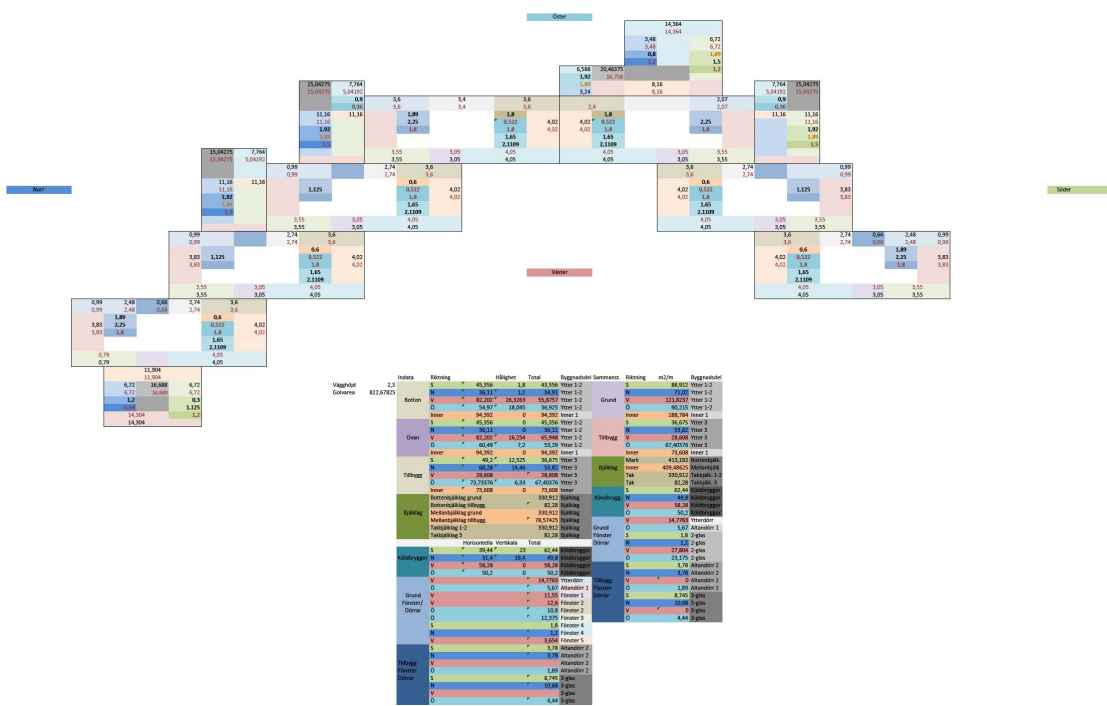
Figur D15. Område H i västlig riktning.



Figur D16. Område H i östlig riktning.

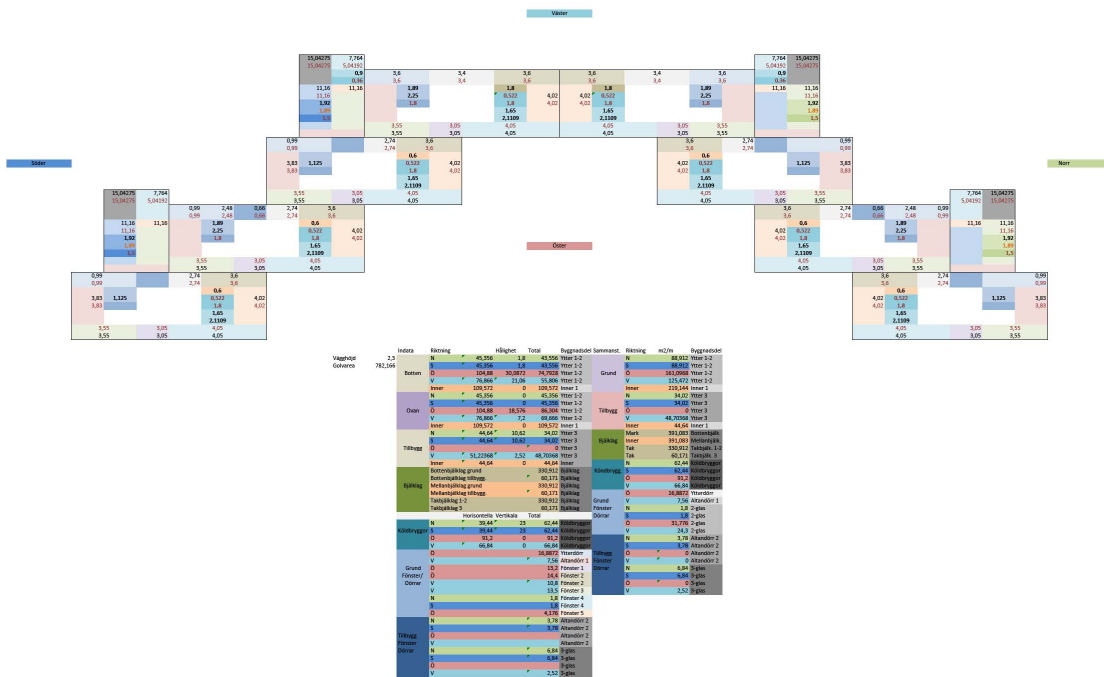


Figur D17. Område I i västlig riktning.

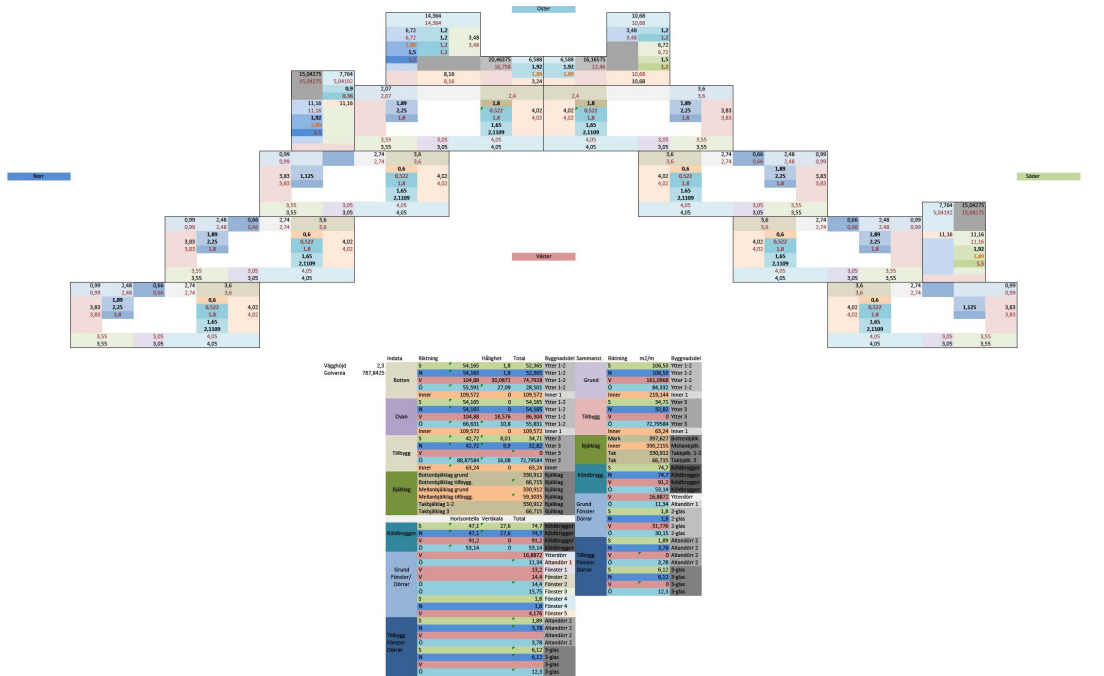


Figur D18. Område I i östlig riktning.

J

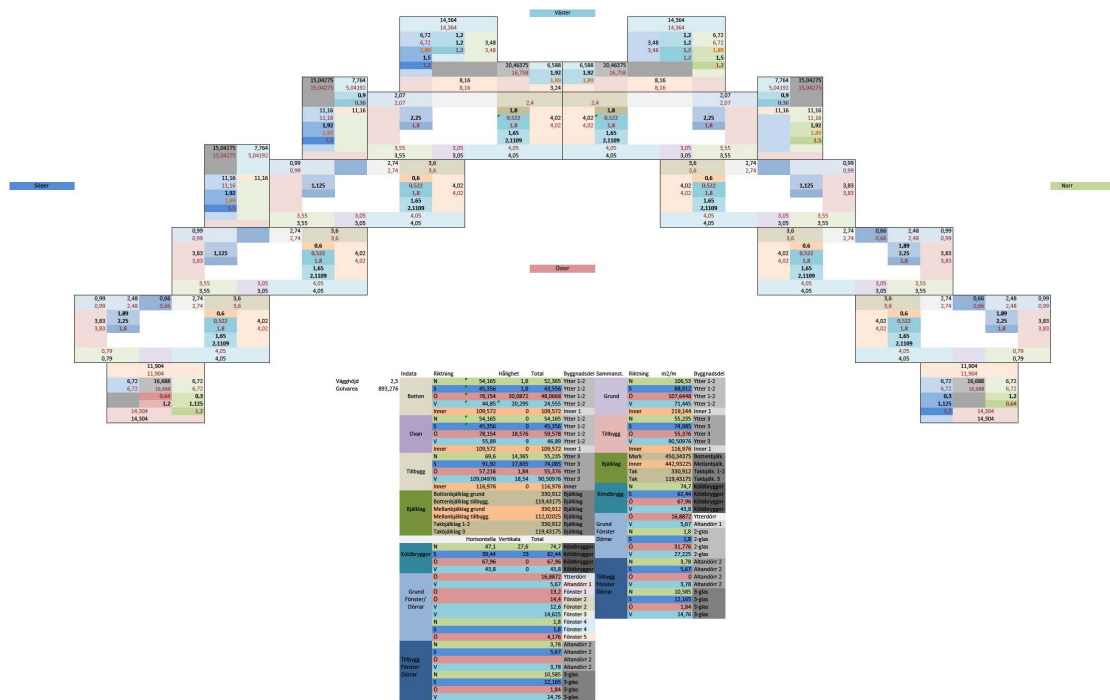


Figur D19. Område J i västlig riktning.

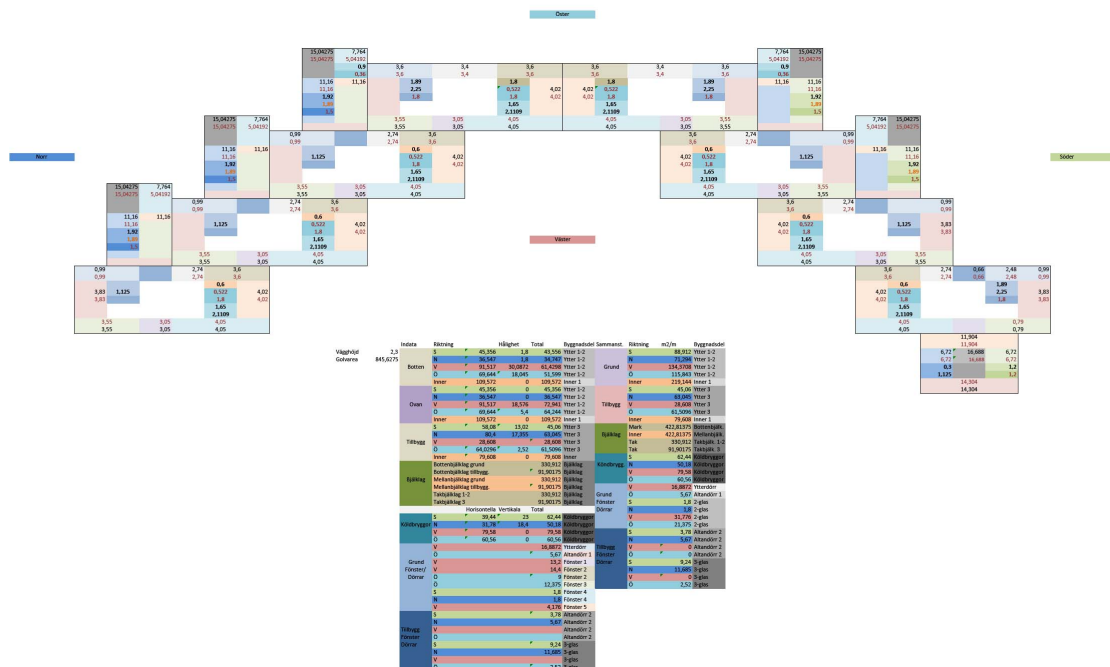


Figur D20. Område J i östlig riktning.

K

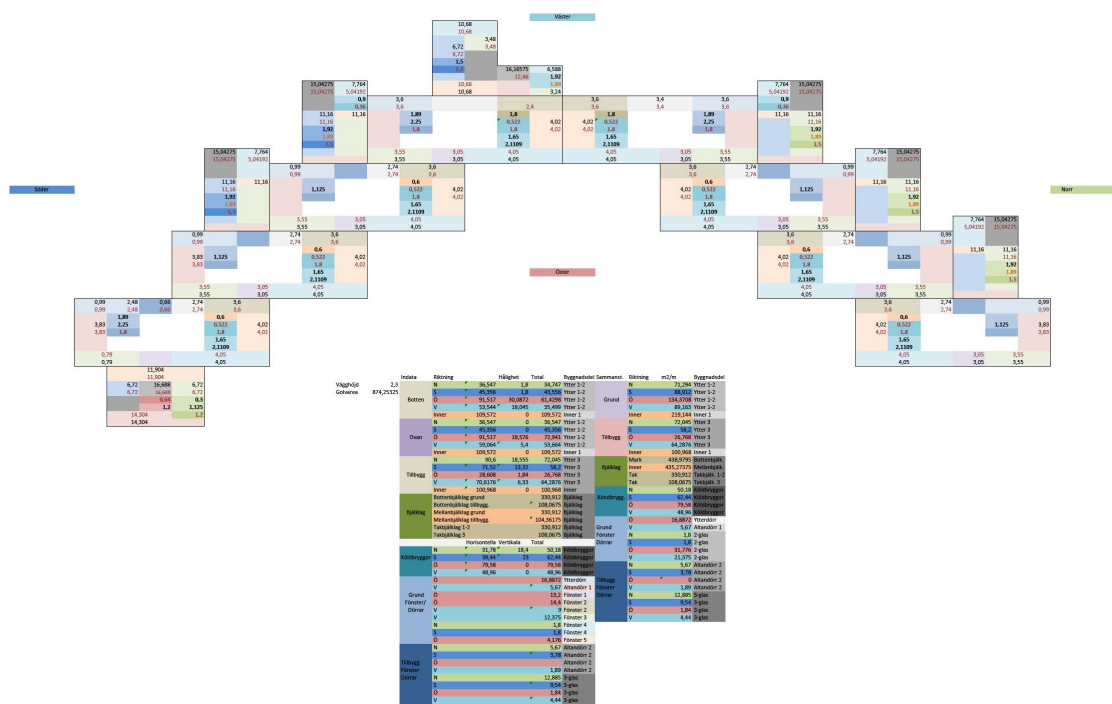


Figur D21. Område K i västlig riktning.



Figur D22. Område K i östlig riktning.

L

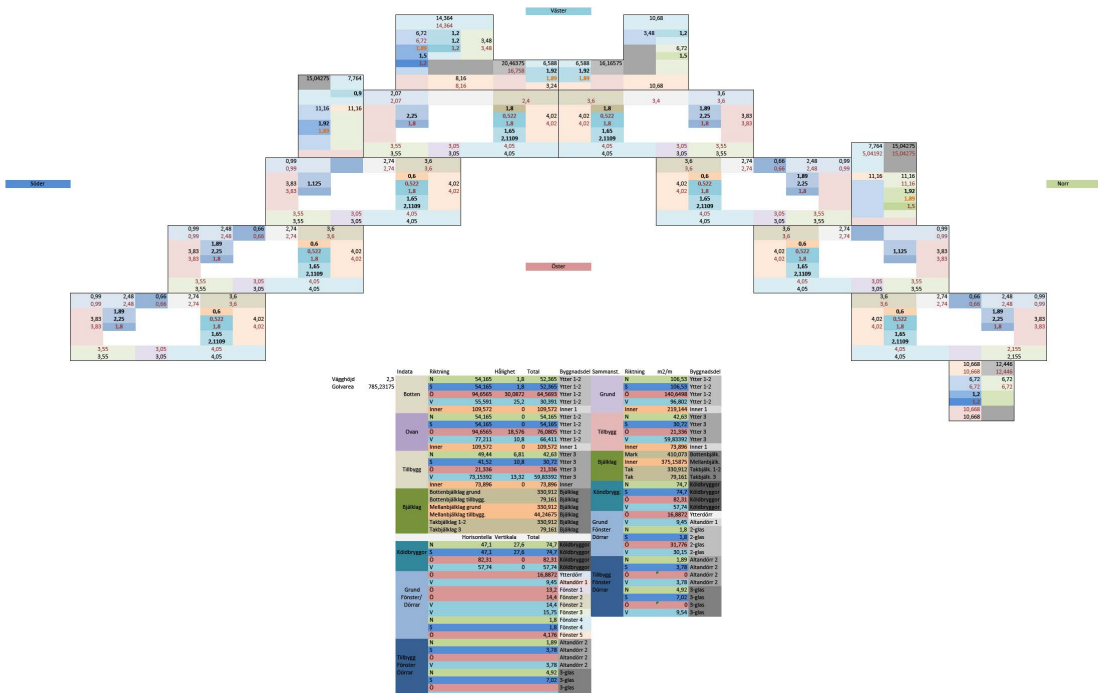


Figur D23. Område L i västlig riktning.

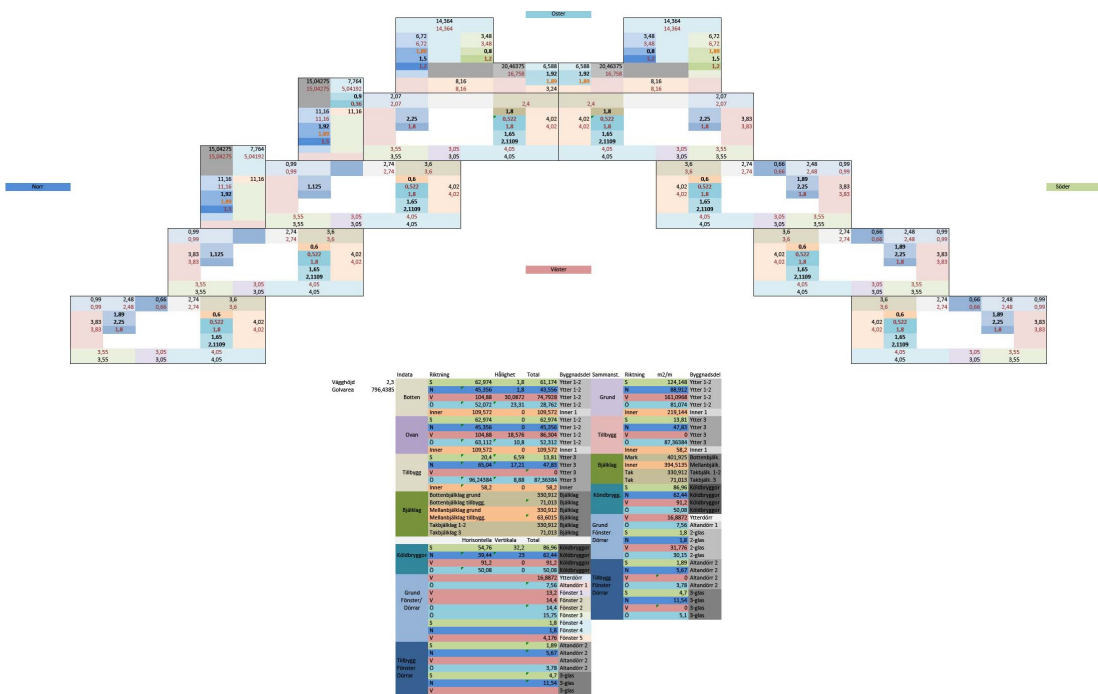


Figur D24. Område L i östlig riktning.

M

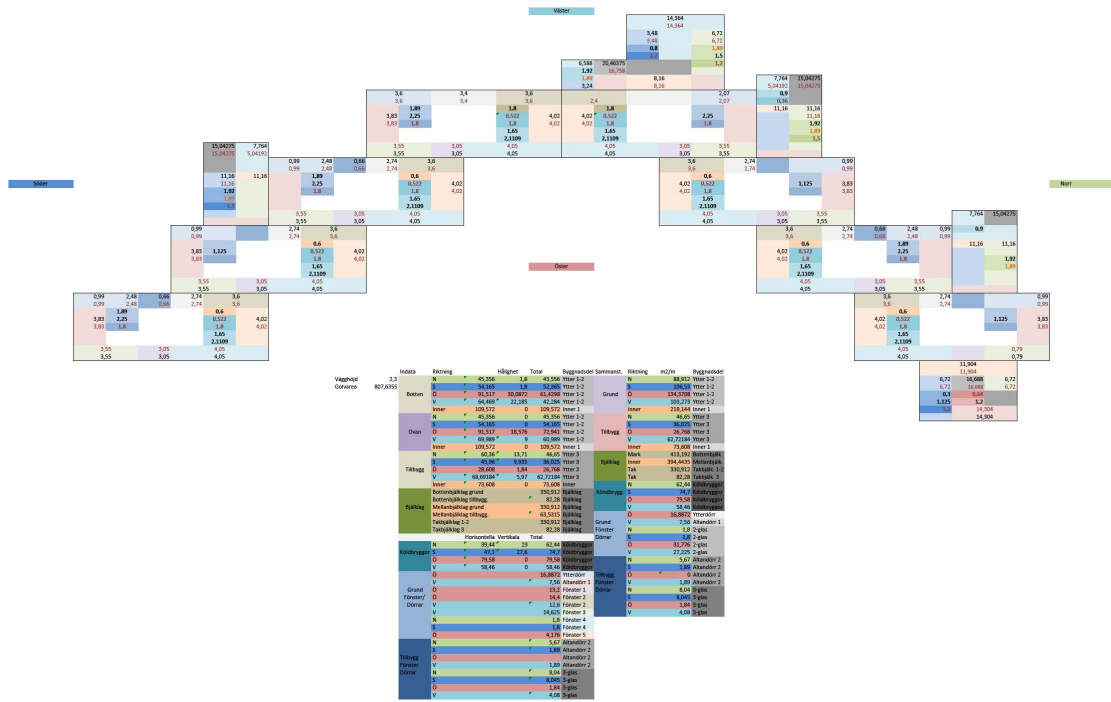


Figur D25. Område M i västlig riktning.

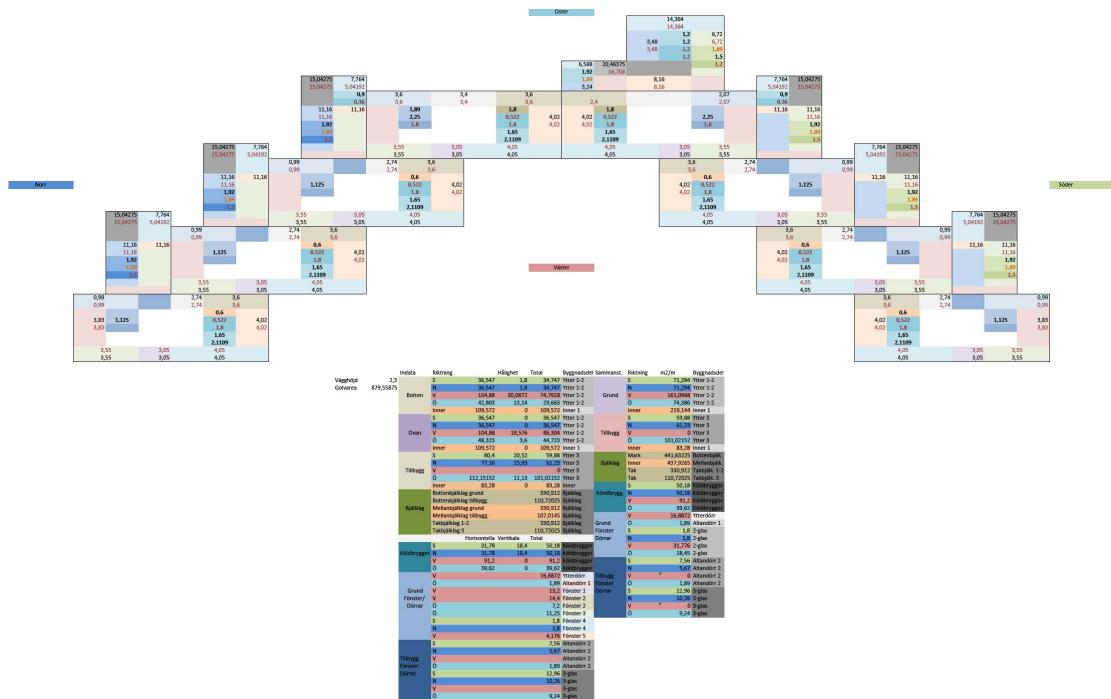


Figur D26. Område M i östlig riktning.

N

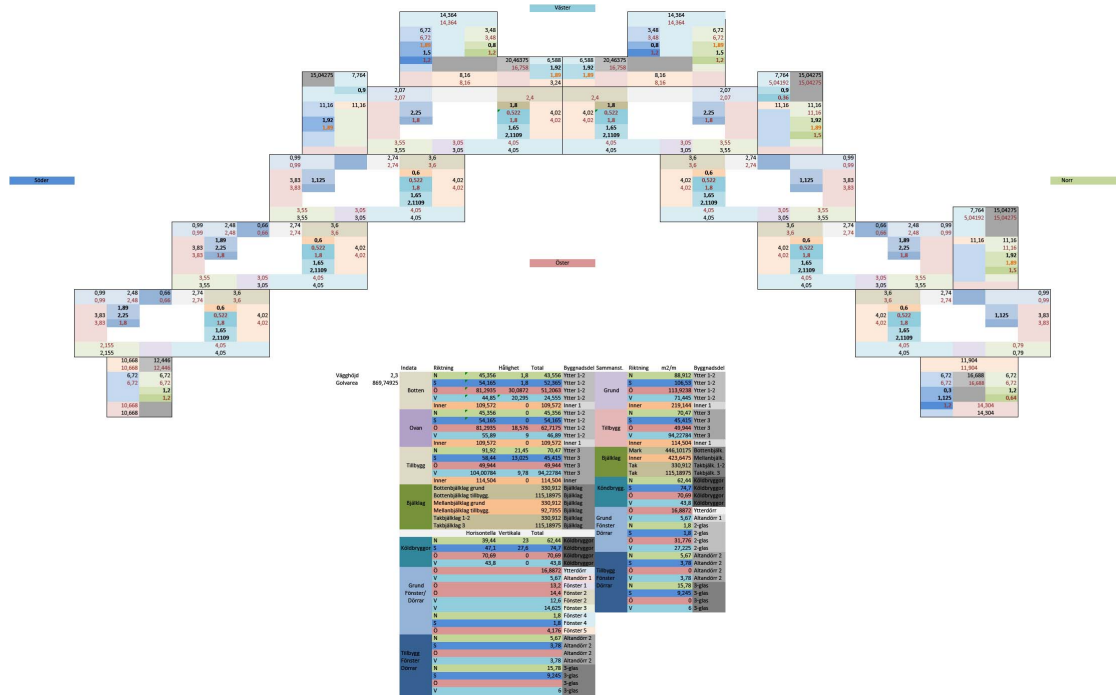


Figur D27. Område N i västlig riktning.

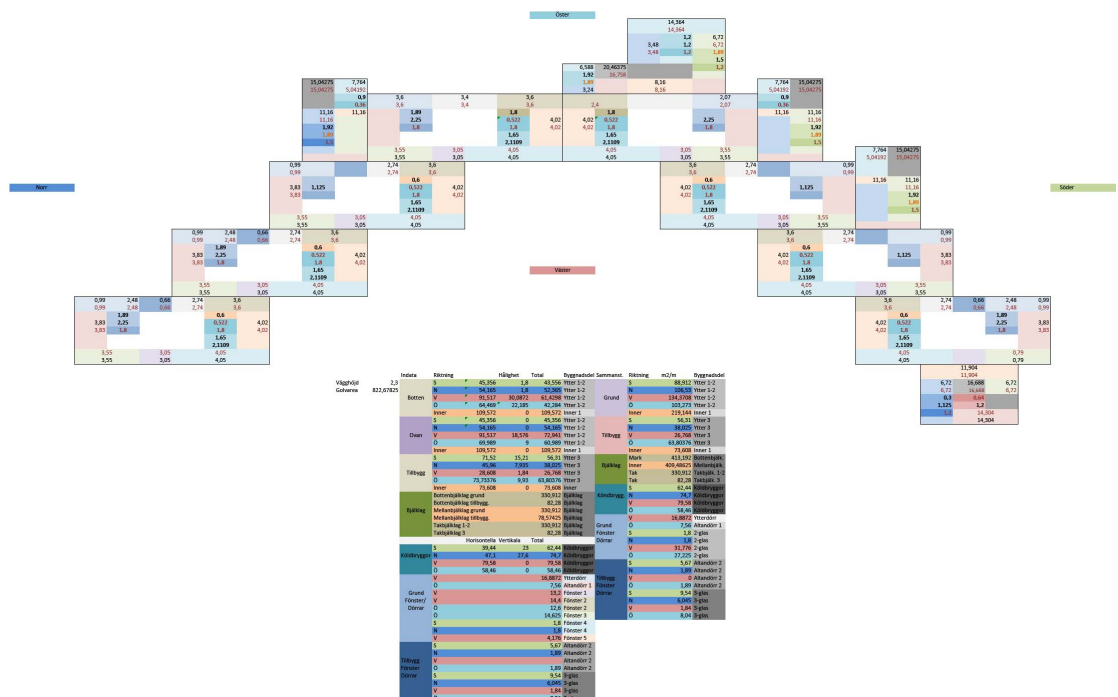


Figur D28. Område N i östlig riktning.

P

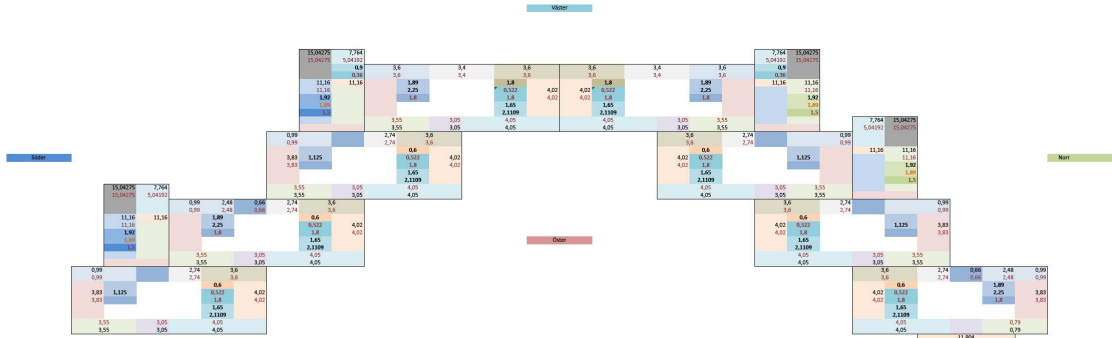


Figur D31. Område P i västlig riktning.

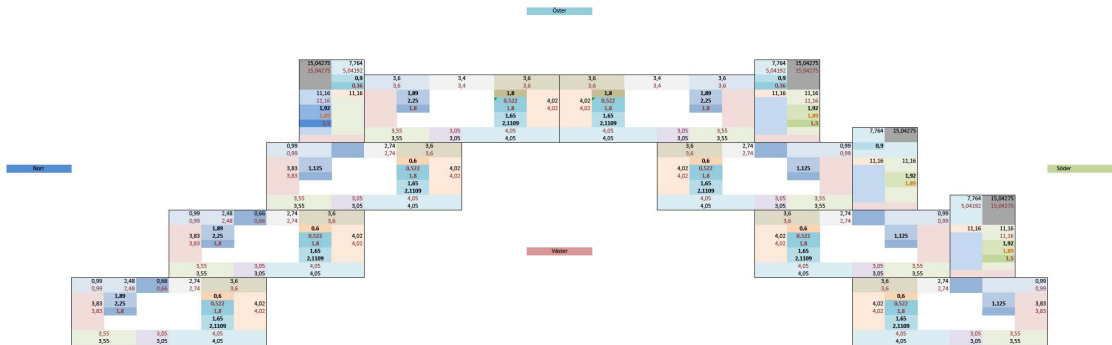


Figur D32. Område P i östlig riktning.

Q

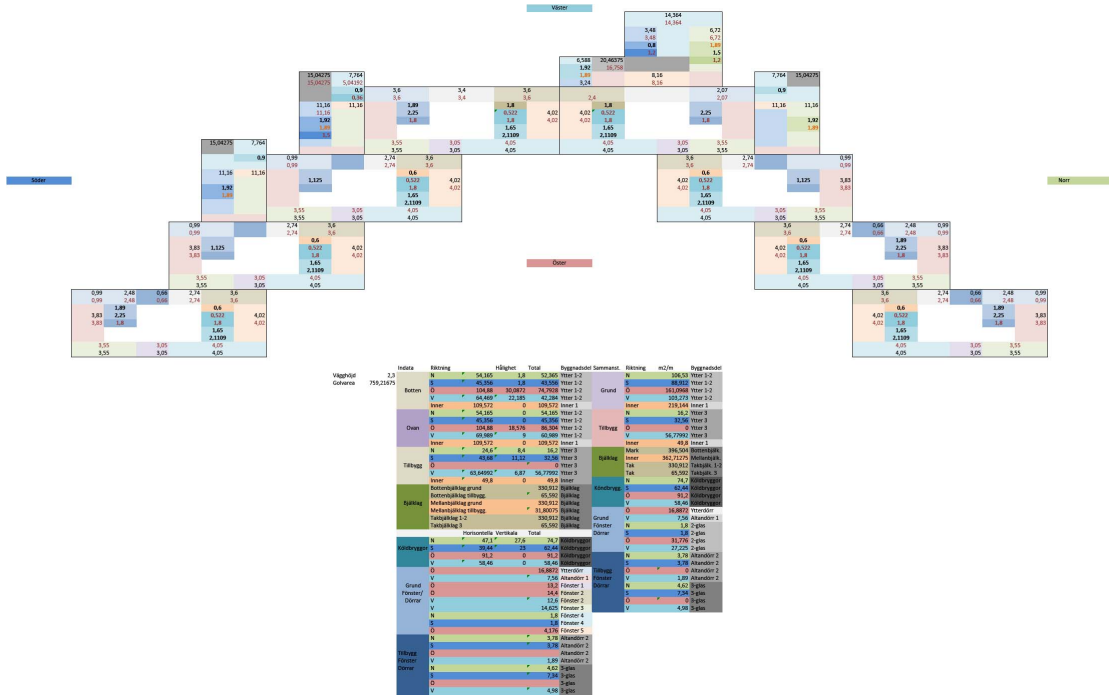


Figur D33. Område Q i västlig riktning.

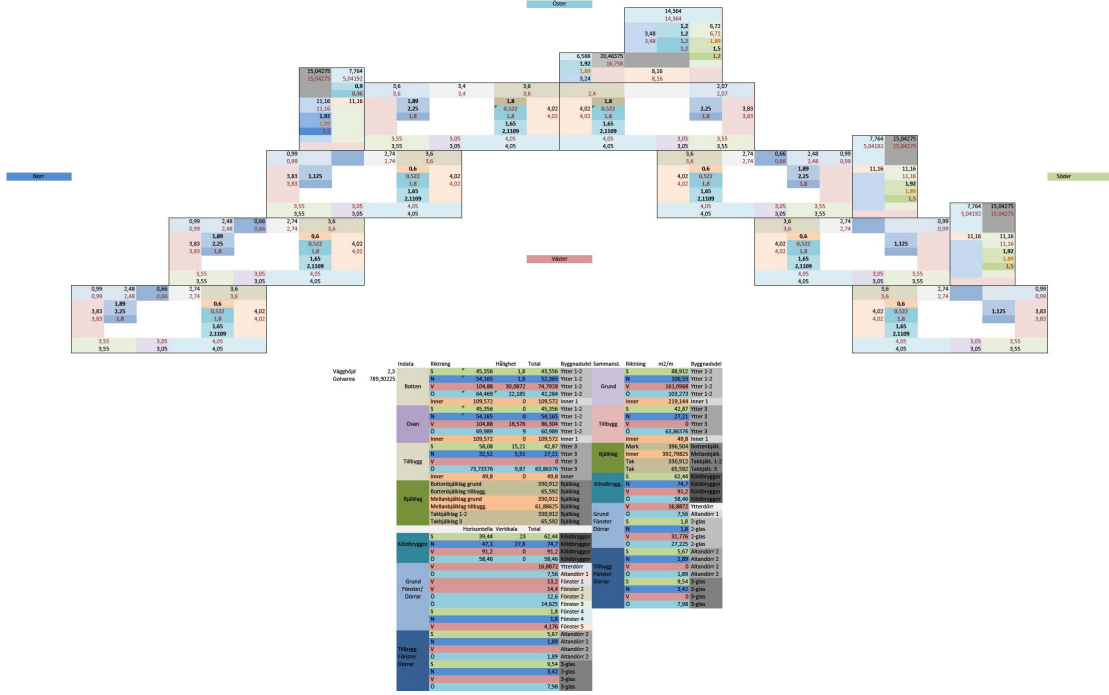


Figur D34. Område Q i östlig riktning.

R

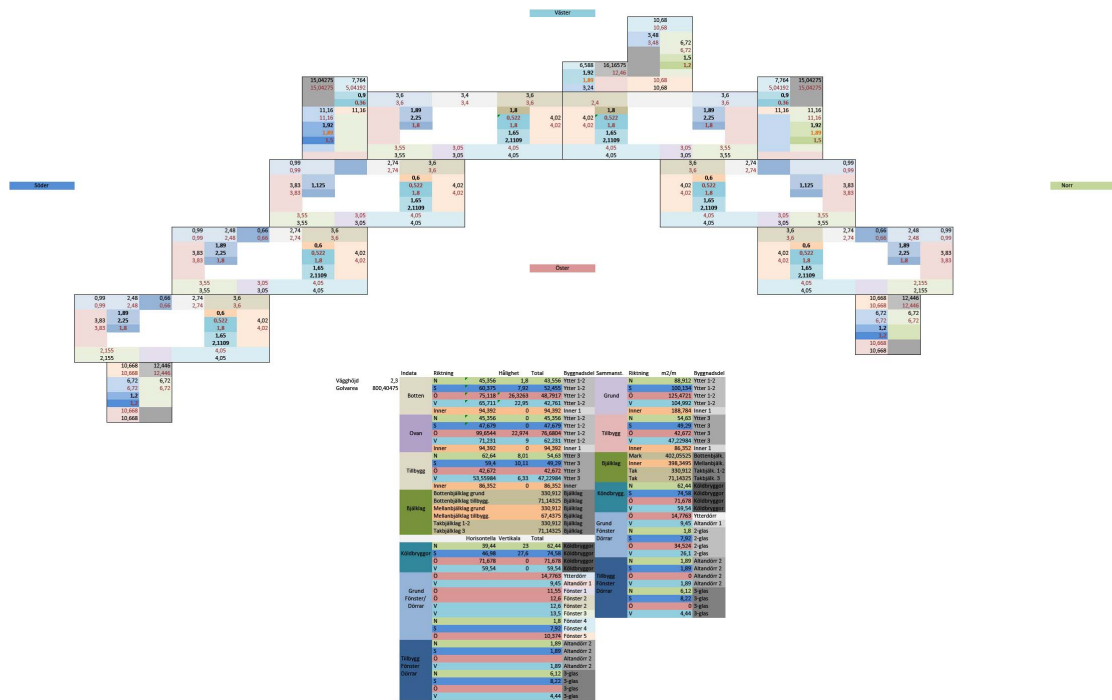


Figur D35. Område R i västlig riktning.

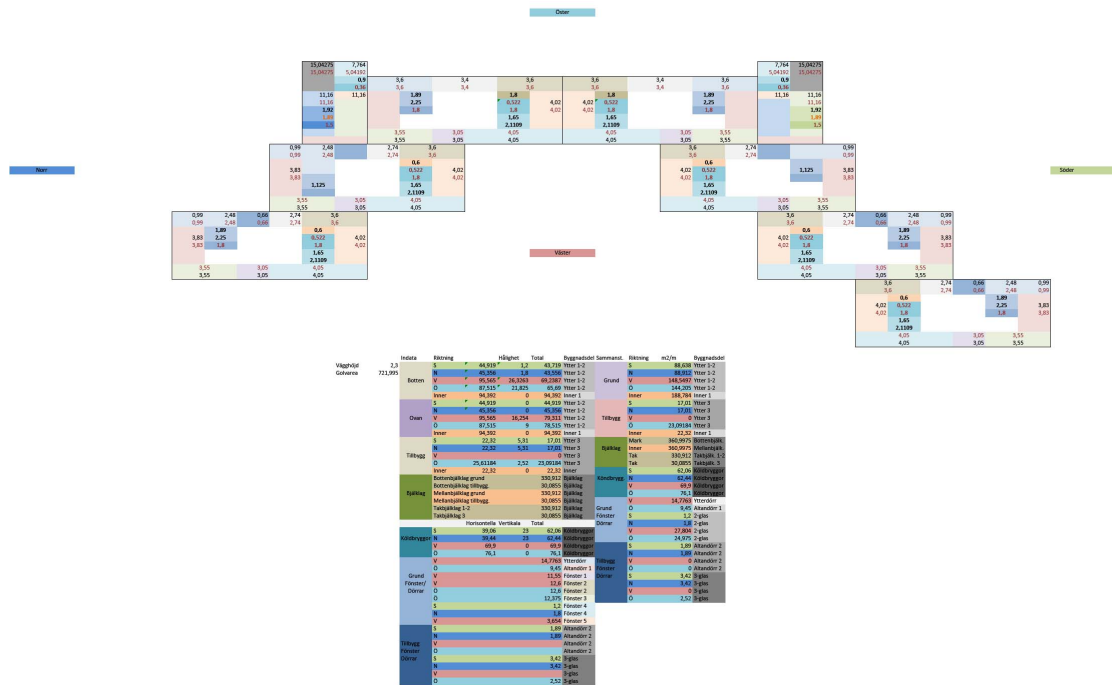


Figur D36. Område R i östlig riktning.

S



Figur D37. Område S i västlig riktning.



Figur D38. Område S i östlig riktning.

BILAGA E - KONSTRUKTIONSDELAR

Grundbyggnaden

Väggar

Materialsikt

Materialbenämning
Yttersta skiktet först.
Jordsikt ges ej här.

Materialbenämning	Tjocklek m
	0
Trä Gran	0.017
Mineralull 40	0.095
Spånskiva	0.016

Lägg till

Ändra

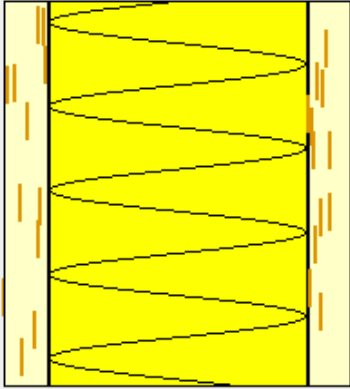
Infoga

Ta bort

Infoga värmesikt

Ta bort värmesikt

Materialkatalog



Ute

Inne

Total tjocklek: 0.128 m

The diagram shows a cross-section of a wall. From left to right (Ute to Inne), it consists of a thin wood layer (Trä Gran), a thick insulation layer (Mineralull 40), and another thin wood layer (Spånskiva). The insulation layer is shown with a yellow wavy pattern. The wood layers are shown with a light brown wood grain pattern.

Yttervägg där inte reglar går.

Materialsikt

Materialbenämning
Yttersta skiktet först.
Jordsikt ges ej här.

Materialbenämning	Tjocklek m
	0
Trä Gran	0.017
Trä Gran	0.095
Spånskiva	0.016

Lägg till

Ändra

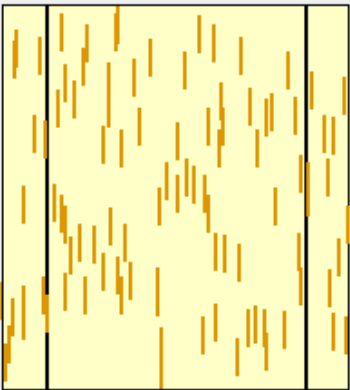
Infoga

Ta bort

Infoga värmesikt

Ta bort värmesikt

Materialkatalog



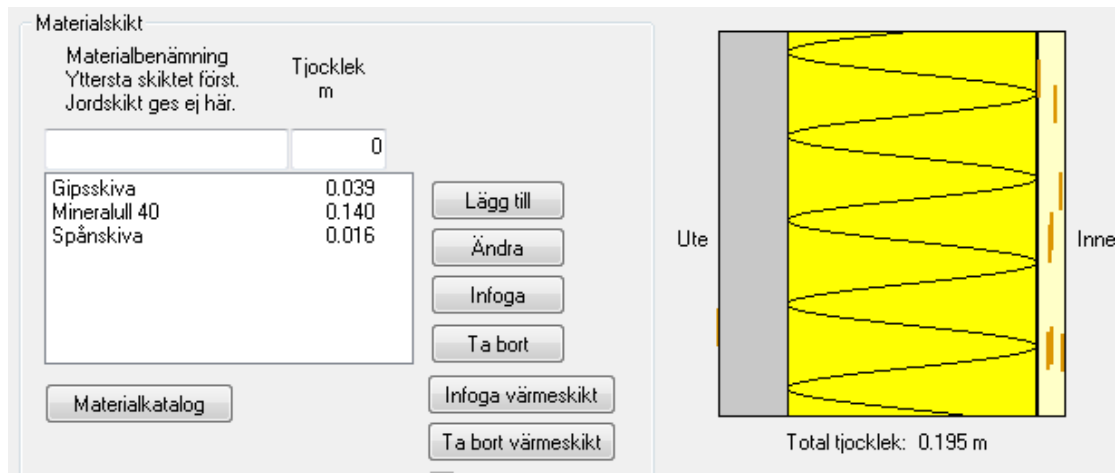
Ute

Inne

Total tjocklek: 0.128 m

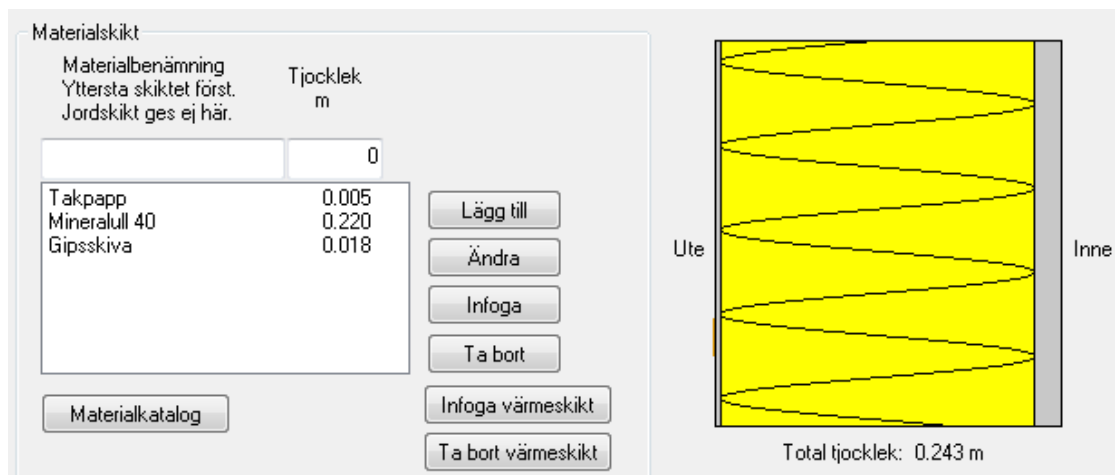
The diagram shows a cross-section of a wall. From left to right (Ute to Inne), it consists of a thin wood layer (Trä Gran), a thick wood layer (Trä Gran), and another thin wood layer (Spånskiva). The wood layers are shown with a light brown wood grain pattern. The insulation layer is shown with a yellow wavy pattern.

Figur E1. Yttervägg där reglar går.

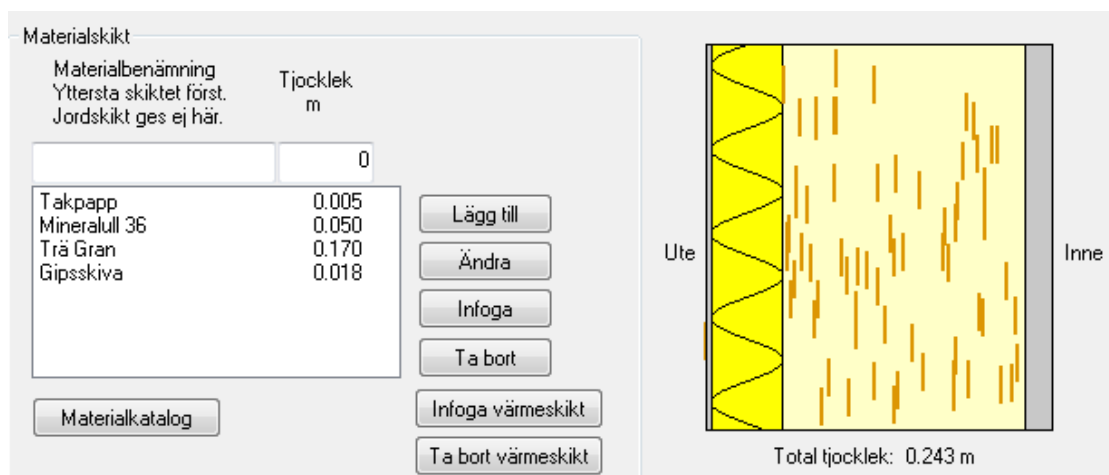


Figur E2. Lägenhetsskiljandevägg.

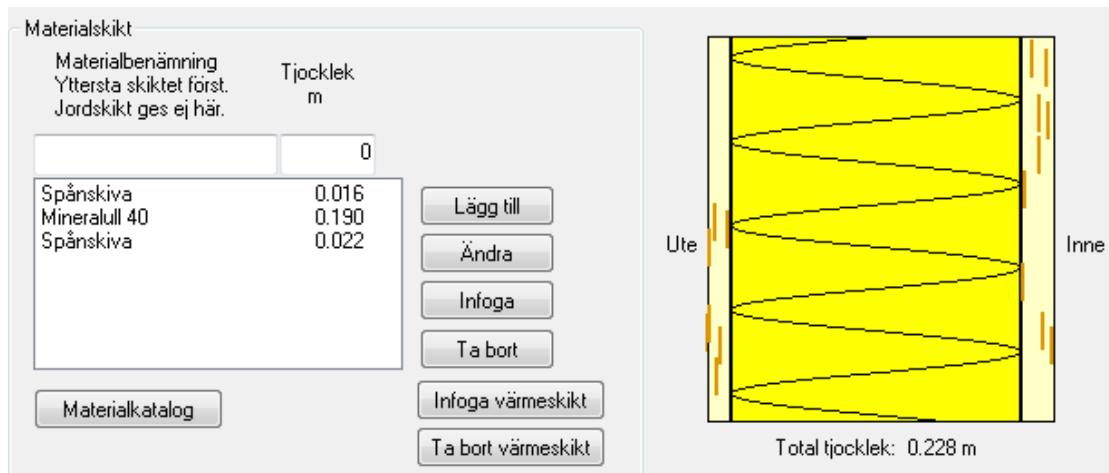
Bjälklag



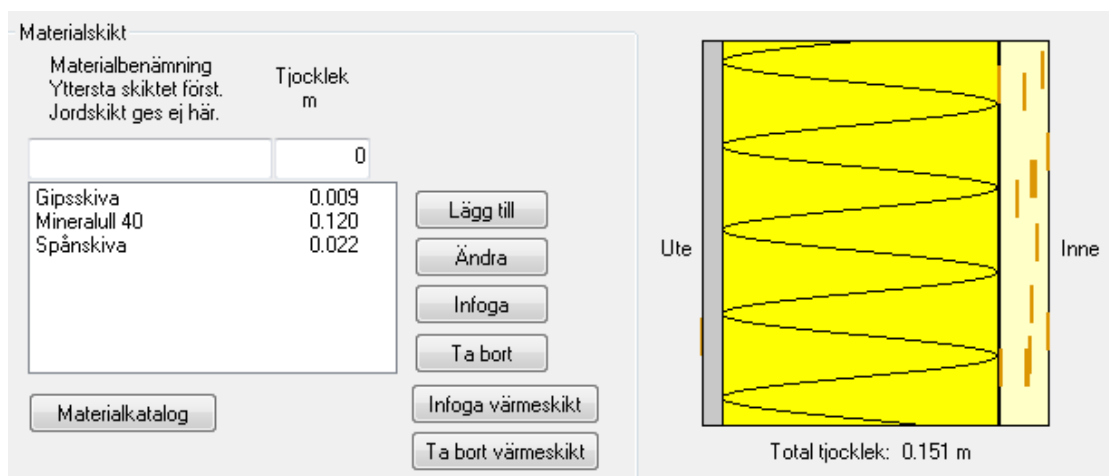
Figur E3. Vindsbjälklag där inte reglar går.



Figur E4. Vindsbjälklag där reglar går.

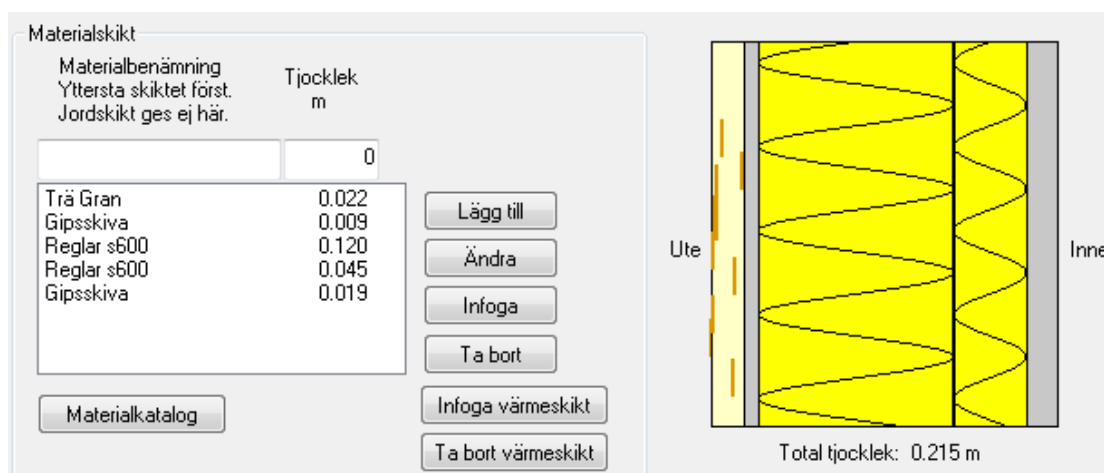


Figur E5. Bottenbjälklag.

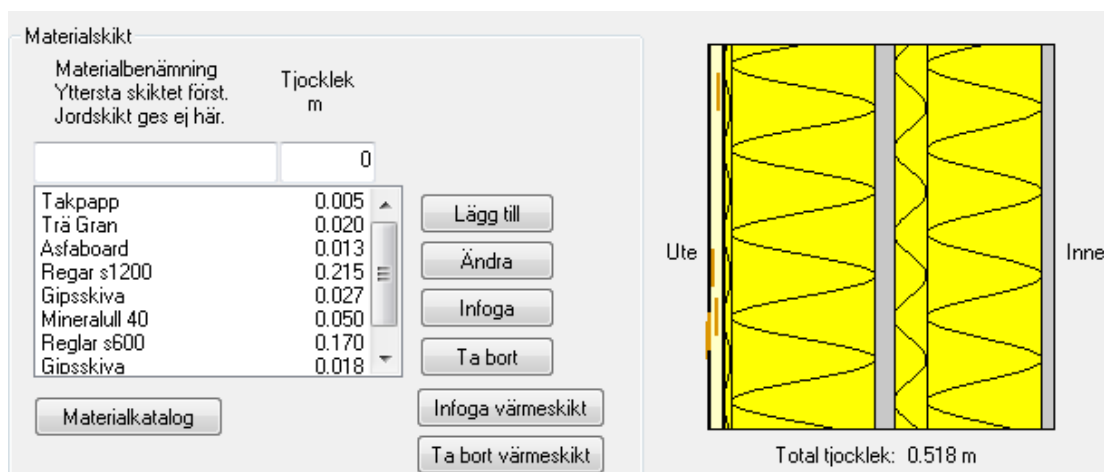


Figur E6. Mellanbjälklag.

Tillbyggnader

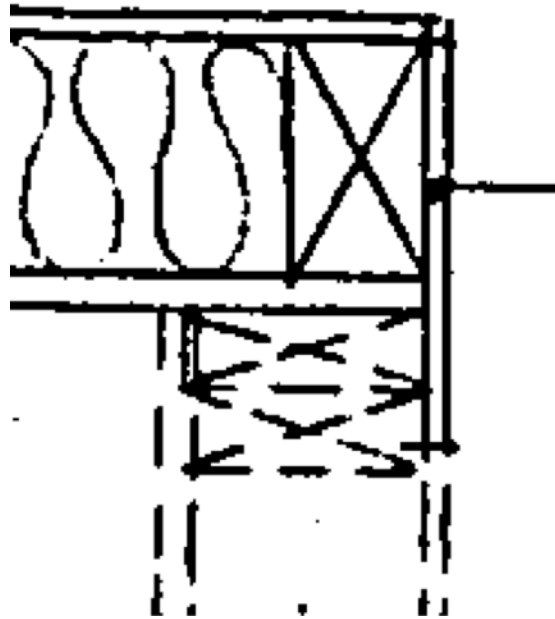


Figur E7. Yttervägg.

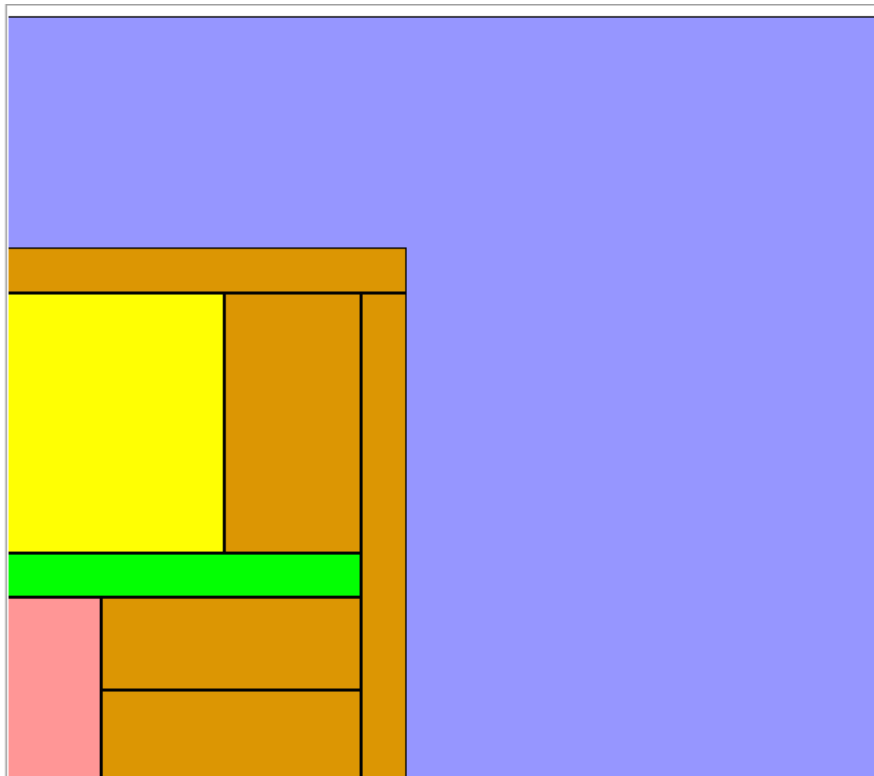


Figur E8. Vindsbjälklag + isolering av tak.

Köldbryggor



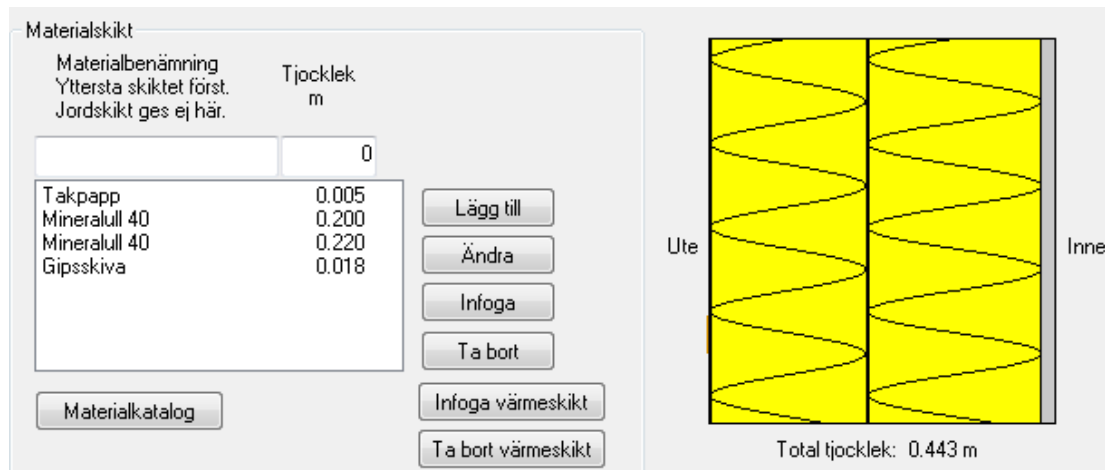
Figur E9. Konstruktionsuppbyggnad där värmekameran uppvisade kraftiga köldbryggor, enligt byggnadsritningarna.



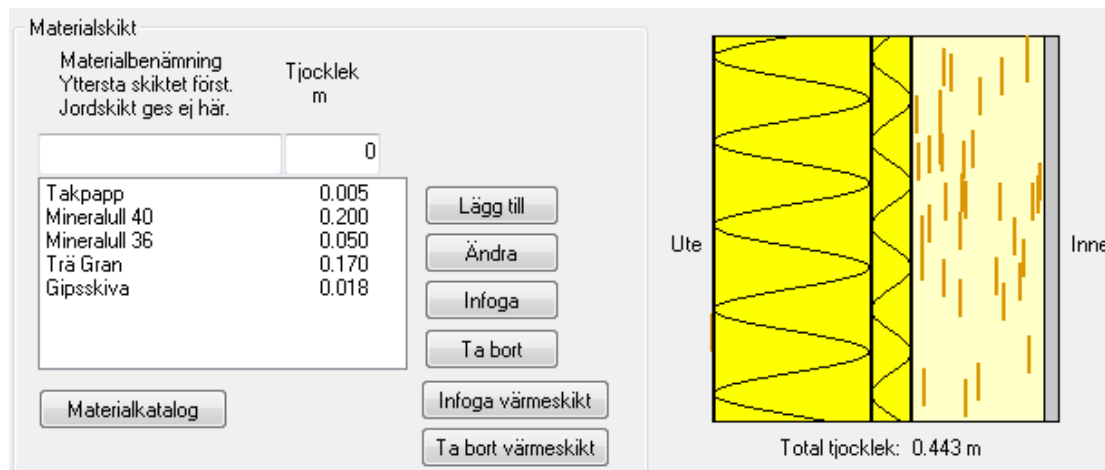
Figur E10. Köldbryggan uppritad i VIP Energy. Gult är mineralull, grönt är gips, brunt är trä. Rött representerar inomhus och lila utomhus.

Åtgärder

Åtgärd 3 – Tilläggsisolera tak med 20 cm mineralull

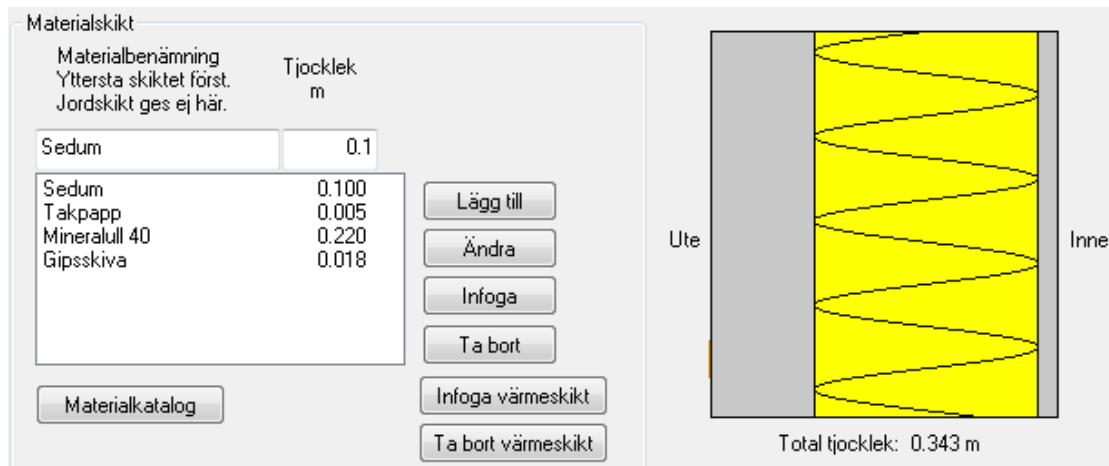


Figur E11. Vindsbjälklag där regler inte går.

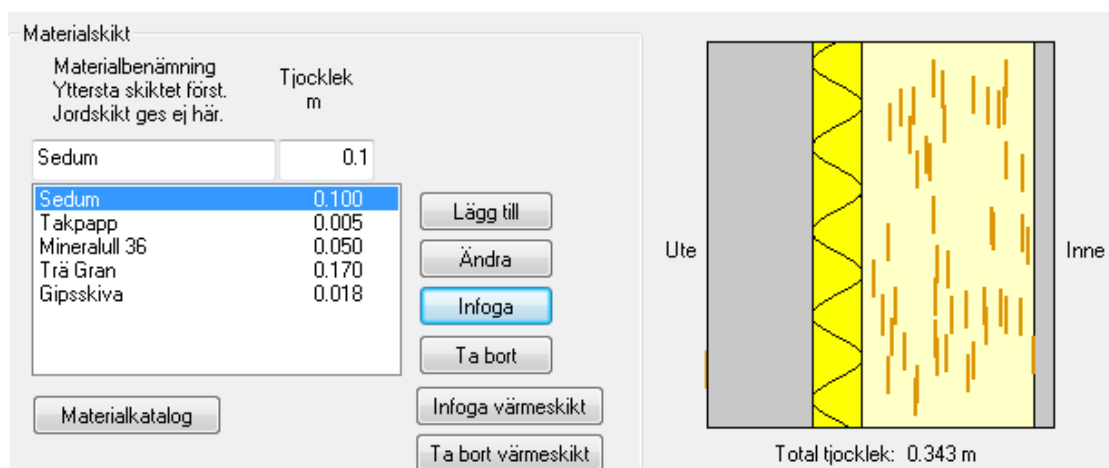


Figur E12. Vindsbjälklag där regler går.

Åtgärd 4 – Sedumtak

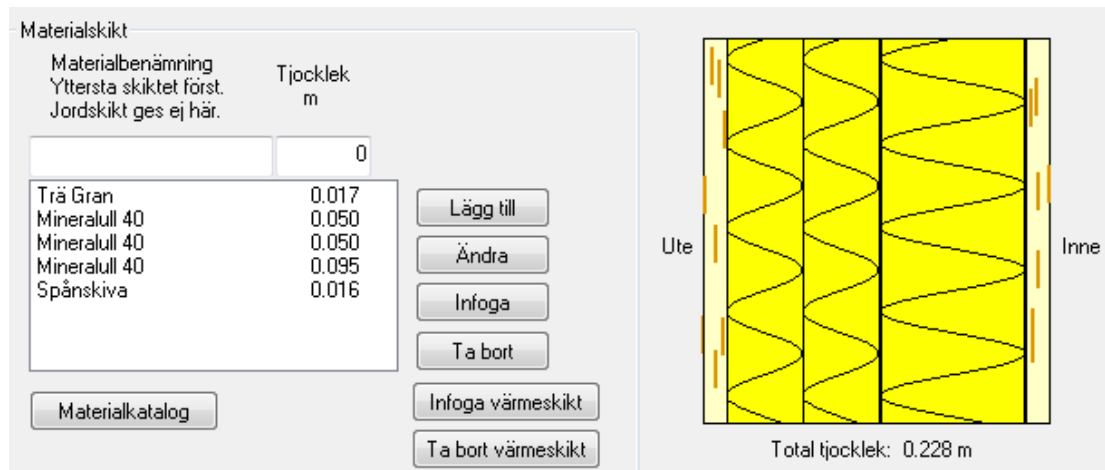


Figur E13. Vindsbjälklag + sedum där reglar inte går.

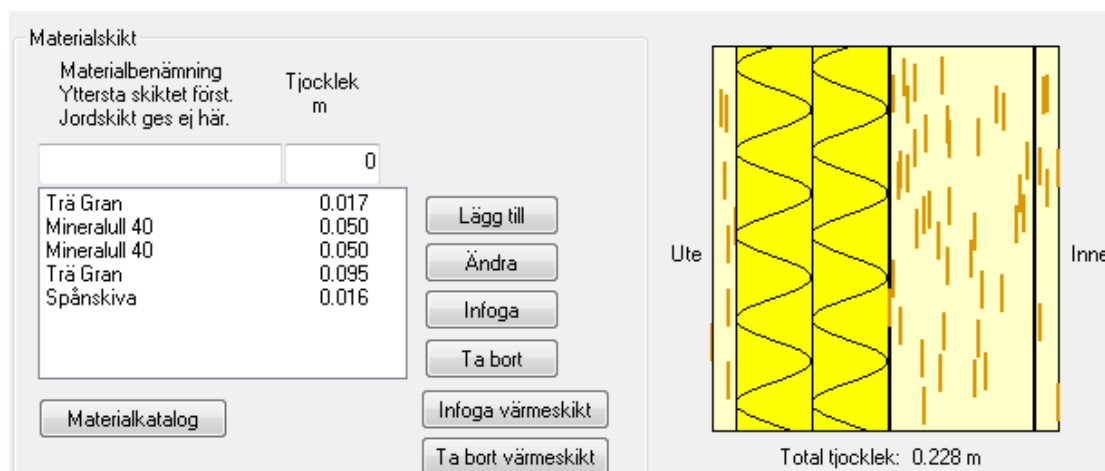


Figur E14. Vindsbjälklag + sedum där reglar går.

Åtgärd 5 – Tilläggsisolera ytterväggar (10 cm mineralull)

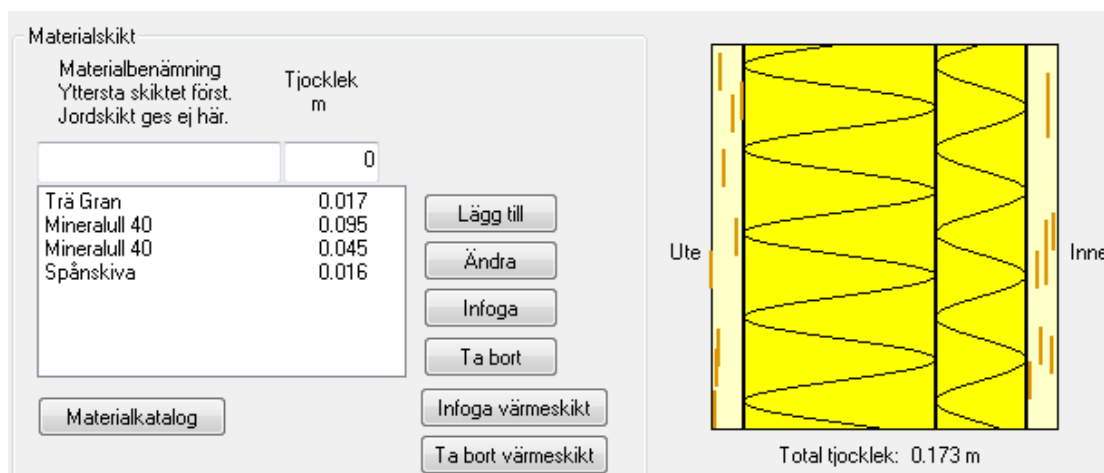


Figur E15. Grundbyggnadens ytterväggar tilläggsisolerade med 10 cm mineralull. Där reglar inte går.

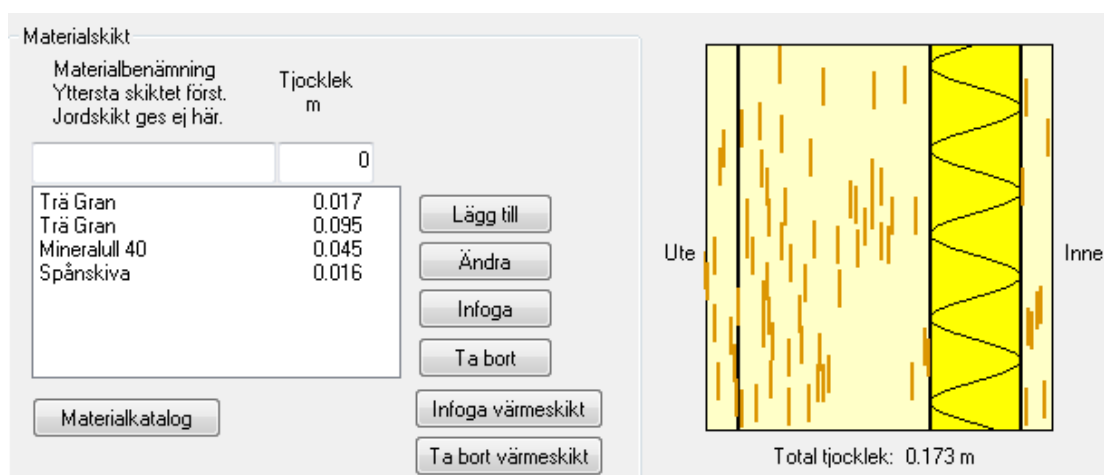


Figur E16. Grundbyggnadens ytterväggar tilläggsisolerade med 10 cm mineralull. Där reglar går.

Åtgärd 6 – Tilläggsisolera ytterväggar inifrån (mineralull)

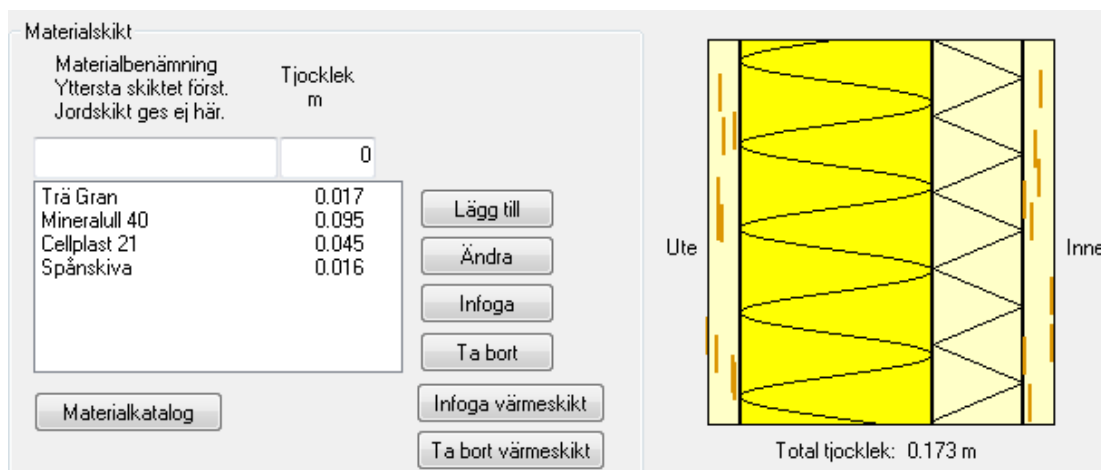


Figur E17. Grundbyggnadens ytterväggar tilläggsisolerade med 5 cm mineralull. Där regler inte går.

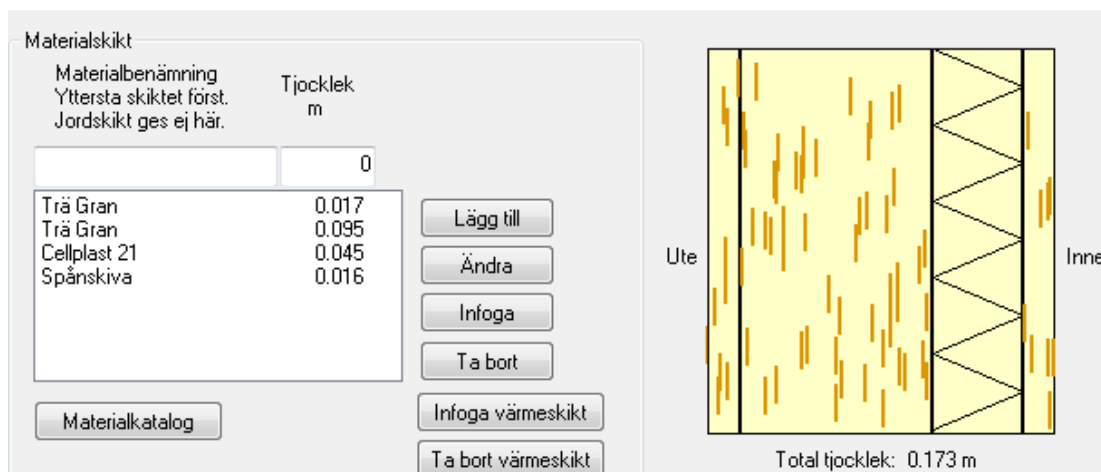


Figur E18. Grundbyggnadens ytterväggar tilläggsisolerade med 5 cm mineralull. Där regler i går.

Åtgärd 6 – Tilläggsisolera ytterväggarna inifrån (cellplast)



Figur E19. Grundbyggnadens ytterväggar tilläggsisolerade med 5 cm cellplast. Där regler inte går.



Figur E20. Grundbyggnadens ytterväggar tilläggsisolerade med 5 cm cellplast. Där regler går.

BILAGA F - ENERGIANVÄNDNING

SIMULERAT I VIP ENERGY

	zon 1	zon 2	zon 3	zon 4	zon 5	zon 6	zon 7	zon 8	zon 9	Total	Enhet
Utan åtgärd	993516	299805	299869	401461	1006493	293835	294573	299577	95913	3985042	kWh
Väggar ytter	868350	263718	261534	353225	879720	257338	258450	261647	82313	3486295	kWh
Takisolering	966592	291618	291706	390554	977500	285694	286419	291435	93203	3874721	kWh
Fönster	889245	270199	267834	360030	901803	263344	264955	268169	85492	3571071	kWh
Altandörr	974484	292384	293808	392899	985700	288605	288637	293599	94370	3904486	kWh
Vägg in min	900213	272751	271271	365599	912018	266749	267783	271420	85897	3613701	kWh
Vägg in cell	875085	265674	263515	355827	887925	259313	260410	263701	83083	3514533	kWh
Sedum 30 % solabsorbtion	997972										
Sedum 50 % solabsorbtion	994633										
Sedum 70 % solabsorbtion	991374										
Varmvattenanvändning										1090635	kWh
Vindriktning låst i västlig riktning	995547	299635	299643	401520	1004240	293753	294489	299727	94505	3983059	kWh

Figur F1. Resultande uppvärmningsbehov (kWh) per år för olika åtgärder simulerat i VIP Energy.

BILAGA G -

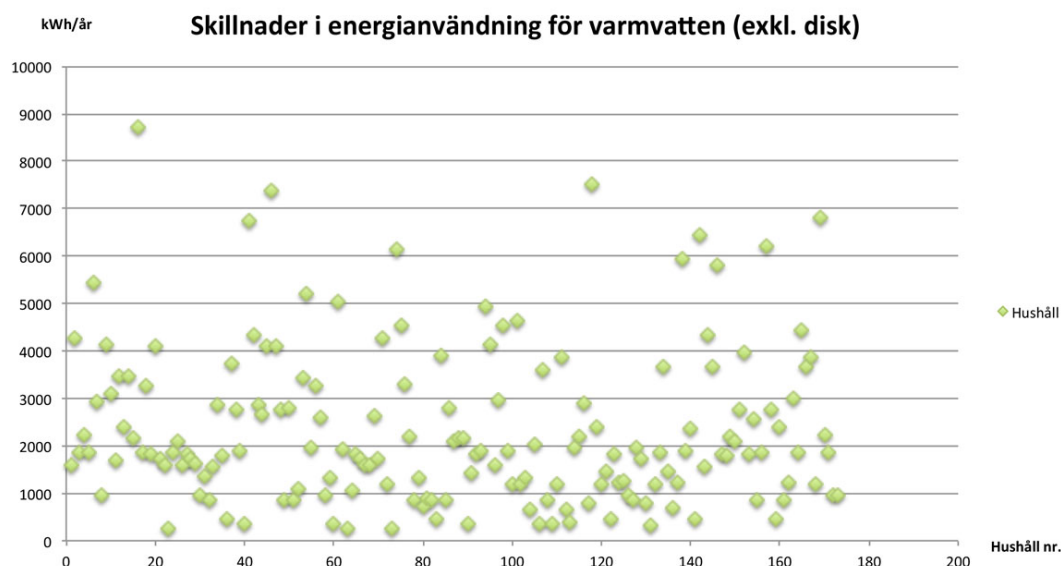
VARMVATTENANVÄNDNING

Varmvatten användningen är beräknad för hushållen som deltog i enkätundersökningen. Här summeras energianvändningen som kommer från badvanor, duschvanor och tvättvanor.

För badvanor utgår svaren från hur många gånger badkaret fylls per vecka för respektive hushåll. Badkaret bedöms rymma 150 liter och vattnet som fyller detta antas behöva värmas 30 grader, standardvärde från lilla energiboken från EON.

Energianvändning för duschvanor utgår från hur många minuter hushållet i genomsnitt duschar per dygn. Om hushållet har ett snålspolande duschmunstycke ansätts ett vattenflöde på 6 liter per minut. Om man angett ett traditionellt duschmunstycke ansätts 12 liter per minut. De hushåll som inte uppges veta vilken typ av munstycke som används har tilldelats ett vattenflöde på 9 liter per minut. Vattnet antas behöva värmas 30 grader för att erhålla en behaglig duschtemperatur.

Tvättvanor besvaras i enkäten som hur många gånger hushållet tvättar i tvättmaskin per vecka. Energianvändningen har beräknats från att en tvätt kräver 50 liter vatten och behöver värmas 30 grader, standardvärde från lilla energiboken från EON.



Figur G1. Energi för varmvattenanvändning för olika hushåll i BRF Djingis Khan utgående från enkätundersökningen.