

Avdelningen för Byggnadsfysik

Examensarbete TVBH-5077

Lund 2014

Energieffektiva och fuktsäkra konstruktioner för lågenergibyggnade

Linus Nilsson

Erik Malm



LUND
UNIVERSITY

Energieffektiva och fuktsäkra konstruktioner för lågenergibyggnade

Linus Nilsson
Erik Malm

© Linus Nilsson, Erik Malm

ISRN LUTVDG/TVBH-14/5077--SE(182)

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Förord

Examensarbetet är skrivet vid avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola under våren 2014.

Att bo i ett energisnålt, fuktsäkert och hälsosamt hus vill vi alla göra. Vägen från idé till verklighet är ofta lång och fylld av tvivel och oklarheter. Ofta är det för mycket snack och för liten verkstad i samhället. Folk planerar och planerar, ägnar år efter år åt att planera men kommer sällan till skott. Men lyssna till den vise som sade: *"Hellre lyssna till den sträng som brast än att aldrig spänna sin båge"*. Lev efter denna devis och utmana de tankar som motarbetar dig. Innerst inne vet du vad du vill, följ drömmen och var inte rädd för att misslyckas på vägen!

Det är lätt att bli avskräckt när man läser alla artiklar om nya mögelskadade hus, enstegstättade väggar och drabbade familjer. Låt dig inte avskräckas, köp en tomt, ring far och farfar och bygg ditt alldeles egna passivhus! Sommaren 2011 inträffade just detta i småstaden Sölvesborg i Sveriges trädgård Blekinge, och efter många spännande arbetstimmar stod passivhuset Vinbäret klart hösten 2013.

Den som vill lära sig mer om hur ett fuktsäkert passivhus projekteras, konstrueras och byggs i verkligheten befinner sig just nu på helt rätt plats. Stäng av tv:n, luta dig tillbaka, ta ett stadigt tag om kaffekoppen och njut av läsningen!

Vi vill tacka vår handledare Lars-Erik Harderup vid Byggnadsfysik för det stöd han givit oss under arbetets gång. Många stora tack riktas också till Johan Stein vid Byggnadsfysik som hjälpt oss med mätutrustning och som varit ett mycket betydelsefullt bollplank genom hela arbetet.

Linus Nilsson, Erik Malm

Lund i maj 2014

Sammanfattning

Titel

Energieffektiva och Fuktsäkra konstruktioner för lågenergibyggnader

Författare

Linus Nilsson & Erik Malm

Handledare

Lars-Erik Harderup, Universitetslektor vid institutionen för Bygg- och Miljöteknik, avdelningen byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.

Examinator

Jesper Arfvidsson, Avdelningsföreståndare och Professor vid institutionen för Bygg- och Miljöteknik, avdelningen byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.

Bakgrund

Denna rapport utvärderar passivhuset Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion ur ett ekonomiskt och byggnadsfysikaliskt perspektiv. Vinbäret uppfördes mellan åren 2011 och 2013 i Sölvesborg, Blekinge.

I tio mätpunkter hos Vinbäret registrerades var tionde sekund relativ fuktighet respektive temperatur. Mätningarna ger goda förutsättningar för att kunna utvärdera konstruktionen ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv varefter slutsatser kan dras huruvida konstruktionen är lämplig att använda i större skala vid byggandet av energisnåla bostäder eller ej.

Syfte

Det övergripande syftet är att utvärdera passivhuset Vinbärets grund-, vägg-, respektive takkonstruktion ur ett byggnadsfysikaliskt och ekonomiskt perspektiv för att se om de är lämpliga att använda i samhällets fortsatta satsning på energieffektiva bostäder.

Nedan följer de primära frågeställningar vilka rapporten bygger på:

1. Är Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion lämpliga att använda vid byggandet av energisnåla villor ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv?
2. Är Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion lämpliga att använda vid byggandet av energisnåla villor ur ett ekonomiskt perspektiv?
3. Hur byggs ett passivhus i praktiken? Dokumentation och erfarenhetsåterföring om hur man bygger ett passivhus.

Avgränsningar

Rapporten handlar om enfamiljshuset Vinbäret och det fiktiva jämförelseobjektet Standardhuset. Ingen jämförelse görs med andra byggda eller planerade passivhus. Inneklimatet i Vinbäret kommer endast att beröras ytligt, rapporten har sitt fokus på klimatskalet.

Slutsatser

Ur energisynpunkt är Vinbärets grund-, vägg- och takkonstruktion mycket lämpliga att använda vid byggandet av lågenergikonstruktioner. U_{medel} för Vinbärets klimatskal är 37 % lägre jämfört med Standardhusets U_{medel} . Det förväntade energibehovet för uppvärmning av varmvatten och rumsluft uppgår till 19 kWh/m² och år för Vinbäret att jämföra med BBR19-kravet på 55 kWh/m² respektive Standardhuset på 35 kWh/m² och år. Vinbärets förväntade energibehov är 45 % lägre än för ett nybyggt svenskt standardhus. Noggrann analys och utformning av anslutningar minimerar köldbryggorna hos Vinbäret.

De fuktmätningar och fuktsimuleringar som gjorts för både vägg- och takkonstruktion hos Vinbäret visar goda resultat. Inget av materialskikten ackumulerar fukt över tiden och ingen risk finns för kondensbildning i något materialskikt för Vinbäret respektive Standardhuset efter det att all byggfukt har torkat ut. Till framtiden rekommenderas att den luftspaltbildande skivan av cellplast byts ut mot ett mer diffusionsöppet material för att inte riskera kondensbildning vid uttorkning av byggfukt i takkonstruktionen. Förutom den luftspaltbildande skivan är Vinbärets tak-, grund- och väggvärsnitt bra val vid byggandet av lågenergikonstruktioner.

Såvida passivhusåtgärderna inte finansieras kontant och utförs rent praktiskt av husägaren själv är det enligt antagna beräkningsförutsättningar inte ekonomiskt försvarbart att bygga passivhuset Vinbäret framför Standardhuset. Återbetalningstiden är för lång. Den lägsta återbetalningstiden är 20 år i fallet att allt extramaterial betalas kontant och att arbetet utförs av husägaren själv. Bara för att det inte är lönsamt att bygga passivhus under de här förutsättningarna betyder det inte att det inte är lönsamt under andra förutsättningar.

Abstract

Title

Energy efficient and moisture proof constructions for low energy building

Authors

Linus Nilsson & Erik Malm

Supervisor

Lars-Erik Harderup, senior lecturer at the institution for Construction and Environmental technology, department of building Physics, Lund University.

Examinator

Jesper Arfvidsson, department director and Professor at the institution for Construction and Environmental technology, department of building Physics, Lund University.

Background

This report is evaluating the passive house Vinbärets ground-, wall- and roof construction from an economic and a building physical perspective. Vinbäret was built between 2011 and 2013 in Sölvesborg, Blekinge.

Ten moisture meters measured relative humidity and temperature every ten seconds which gives us good possibilities to evaluate the construction in order to come to a conclusion if the construction is suitable to use on a larger scale.

Purpose

The overall purpose is to evaluate Vinbärets ground-, wall- and roof construction from an economic and a building physical perspective to see if Vinbärets construction is suitable to use on a larger scale in the society's future plan for building low energy houses.

The main questions we are trying to answer in this report:

1. Is Vinbärets ground-, wall- and roof construction suitable to use when building energy efficient houses from a building physics perspective?
2. Is Vinbärets ground-, wall- and roof construction suitable to use when building energy efficient houses from an economic perspective?
3. How to build a passive house in reality? Documentation and experience feedback about how to build a passive house.

Restrictions

The report is about Vinbäret and its comparing fictive object named Standardhuset. No comparison is done with other built or planned passive houses. The report has its focus on the climate envelope.

Conclusions

From an energy perspective Vinbärets ground-, wall- and roof constructions are very suitable to use in low energy constructions. U_{average} for Vinbärets building envelope is 37 % lower than Standardhusets. The expected energy consumption for heating and hot water is 19 kWh/m² and year for Vinbäret. This can be compared to the demand in the Swedish building code BBR19 claim on 55 kWh/m² and with Standardhusets consumption of 35 kWh/m² and year. Vinbärets expected energy consumption is 45 % less than a new built Swedish standard house. Careful design and analysis of connections are minimizing the thermal bridges in Vinbäret.

The moisture measurements and moisture simulations which have been done for both the wall and the roof section in Vinbäret are showing positive results. None of the material layers are accumulating moisture over time and there is no risk for condensation in any material layer in Vinbäret respectively in Standardhuset when the built in moisture has left the climate shell. For the future it's recommended that the innermost white foam plastic in the roof construction should be switched out to a more vapor open material to minimize the risk of condensation in the outer parts of the roof construction when the built in moisture is leaving the building. Besides the white foam plastic sheet is Vinbärets roof, ground and wall cross-sections good choices when building low energy constructions.

If the extra material and work demanded for building a passive house is not paid in cash and then physically executed by the owner himself it's not profitable to build the passive house instead of Standardhuset. The payback time is too long. The shortest payback time is 20 years if the owner pays all the extra material cash and if he is doing the job himself. Just because it's not profitable to build passive houses right now doesn't mean it will not be so in the future during other circumstances.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Metod och genomförande	Fel! Bokmärket är inte definierat.
1.4	Avgränsningar	2
1.5	Disposition	2
2	Husfakta	5
2.1	Passivhuset Vinbäret och dess jämförelseobjekt Standardhuset	5
2.2	Vinbäret	5
2.3	Vinbäret i siffror	9
2.4	Standardhuset	10
2.5	Material	11
2.6	Vad är ett Passivhus	12
3	Genomförda mätningar	15
3.1	Fukt- och temperaturmätningar	15
3.2	Energimätningar	16
3.3	Provtryckning och termografering	16
4	Värme	19
4.1	Allmänt om värme	19
4.2	Teori värmetransporter	19
4.3	U-värde, köldbryggor och övriga förluster	22
4.4	Jämförelser och beräkning enligt FEBY	37
4.5	Analys av optimal fönsterplacering hos Vinbäret	41
4.6	Energimätning från energibolaget	47
4.7	Resultat	48
4.8	Slutsats	50
5	Fukt	53
5.1	Allmänt om fukt	53
5.2	Fukttransport	53
5.3	Fukt i material	54

5.4	Fukt vid projektering	57
5.5	Byggfukt	58
5.6	Byggfuktanalys	59
5.7	Fuktmätning och Simulering	64
5.8	Resultat	74
5.9	Slutsats	75
6	Ekonomisk analys	77
6.2	Resultat	81
6.3	Slutsats	81
7	Frågeställningar och svar.....	83
8	Slutsats/Diskussion.....	85
8.1	Värme	85
8.2	Fukt	85
8.3	Ekonomisk analys	86
9	Litteraturförteckning	89
	Bilaga 1 -U-värde	
	Bilaga 2 -Ritningar	
	Bilaga 3 –Provtryckning BlowerDoor	
	Bilaga 4 –Rockwool Energi – <i>Sammanställning Resultat från energiberäkning</i>	
	Bilaga 5 –Sölvesborgs Energi	
	Bilaga 6 –VIP Energy – <i>Vip 1</i>	
	Bilaga 7 –Materialkostnader Vinbäret	
	Bilaga 8 –Diagram Temperatur -RF	
	Bilaga 9 –Tillkommande arbetsmoment och tidsjämförelse	
	Bilaga 10 –Kostnadsjämförelse	
	Bilaga 11 –Värme och köldbryggor	
	Bilaga 12 -Tidbok	

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I strävan efter att bygga alltmer energieffektiva byggnader i samhället krävs alltmer välisolerade konstruktioner. När en konstruktionsdel görs mer välisolerad är det viktigt att konstruktionen analyseras ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv för att förebygga fuktproblem.

Byggandet av lågenergibostäder har tagit fart på allvar, framförallt när det kommer till marklägenheter och större lägenhetskomplex. Att uppföra energisnåla bostäder medför ökade produktionskostnader. Det är därför viktigt att byggandet blir effektivt och rationellt. Ett steg i rätt riktning är att vara noggrann i valet av uppbyggnad av grund, vägg och tak. Denna rapport utvärderar passivhuset Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion. Vinbäret är Sölvesborgs första passivhus och uppfördes mellan åren 2011 och 2013.

I tio mätpunkter hos Vinbäret registreras var tionde sekund relativ fuktighet respektive temperatur. Det ger goda förutsättningar för att utvärdera konstruktionen ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv och på så sätt avgöra om konstruktionen är lämplig att använda i större skala vid byggandet av energisnåla bostäder.

Eftersom Vinbäret är ett passivhus som existerar i verkligheten finns en utmärkt möjlighet att förutom en byggnadsfysikalisk analys och en ekonomisk jämförelse även dokumentera och redovisa själva byggprocessen av Vinbäret. Dokumentationen och erfarenhetsåterföringen vid byggandet av ett passivhus kommer in som en naturlig del i rapporten då den skapar en helhetsbild över byggandet av ett passivhus.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet är att utvärdera passivhuset Vinbärets grund-, vägg-, respektive takkonstruktion ur ett byggnadsfysikaliskt och ekonomiskt perspektiv för att se om de är lämpliga att använda i samhällets fortsatta satsning på energieffektiva bostäder.

Nedan följer de primära frågeställningar vilka rapporten bygger på:

1. Är Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion lämpliga att använda vid byggandet av energisnåla villor ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv?
2. Är Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion lämpliga att använda vid byggandet av energisnåla villor ur ett ekonomiskt perspektiv?
3. Hur byggs ett passivhus i praktiken? Dokumentation och erfarenhetsåterföring om hur man bygger ett passivhus.

1.3 Metod och genomförande

En litteraturstudie har genomförts där fokus legat på fukt- och värmeteorik då dessa områden är rapportens kärna.

Analys av fuktmätningar i tio mätpunkter under ett års tid utgör tillsammans med teoretiska simuleringar i fuktsimuleringsprogrammet WUFI underlaget för den fukttekniska analysen.

Vinbärets förväntade energibehov för uppvärmning av rumsluft och varmvatten beräknas enligt tre olika metoder, resultatet jämförs i den mån det är möjligt med det verkliga energibehovet. För att sätta Vinbärets energibehov i relation till något introduceras Standardhuset. Standardhuset är Vinbärets jämförelseobjekt både när det gäller energi, fukt och ekonomi.

Två tryckprovningar med tryckprovningssutrustning från BlowerDoor säkerställer plastfoliens täthet. Samtidigt som provtryckningen genomförs en termografering i syfte att belysa eventuella köldbryggor och att hitta läckage i plastfolien.

En byggdagbok tillsammans med samtliga fakturor kopplade till Vinbäret ligger till grund för den ekonomiska analysen. Övriga parametrar såsom förväntad elprishöjning och räntenivå ansätts under rimliga antaganden.

1.4 Avgränsningar

Rapporten handlar om enfamiljshuset Vinbäret och jämförelseobjektet Standardhuset. Ingen jämförelse görs med andra byggda eller planerade passivhus. Inneklimatet i Vinbäret kommer endast att beröras ytligt, rapporten har sitt fokus på klimatskalet.

Rapportens teoridel är koncentrerad kring fukt- respektive värmeteorik. Läsaren bör informeras om att teoridelen inte är huvudnumret i denna rapport, vissa förkunskaper inom byggnadsfysik förutsetts.

Mer specifika avgränsningar gällande ett visst kapitel finner ni i berört kapitel.

1.5 Disposition

Nedan följer en kort beskrivning av respektive kapitelns innehåll.

1. *Inledning.* Rapportens bakgrund och omfattning går igenom tillsammans med de frågeställningar vilka rapporten kretsar kring.
2. *Husfakta.* Passivhuset Vinbäret och dess jämförelseobjekt Standardhuset presenteras.
3. *Genomförda mätningar.* Fuktmätningar, energimätningar samt provtryckning och termografering av Vinbärets klimatskal.

4. *Värme.* Vinbärets köldbryggor redovisas, analyseras och jämförs med Standardhusets. U-värden och psi-värden beräknas vilka utgör indata i energiberäkningarna. Vinbäret kontrolleras mot kravspecifikationen för passivhus enligt FEBY.
5. *Fukt.* Byggfukt hos Vinbäret. Fuktmätningarna går igenom och analyseras och jämförs med fuktsimuleringar i WUFI.
6. *Ekonomisk analys.* För att få en uppfattning om det är ekonomiskt lönsamt att bygga passivhus i Sverige idag görs en ekonomisk jämförelse mellan Vinbäret och Standardhuset.
7. *Frågeställningar och svar.* Rapportens frågeställningar besvaras var för sig efter de resultat som framkommit i rapporten.
8. *Slutsats/Diskussion.* Slutsatsen och diskussionen vävs samman och behandlar respektive frågeställning var för sig.
9. *Litteraturlista*

2 Husfakta

2.1 Passivhuset Vinbäret och dess jämförelseobjekt Standardhuset

För att få en klar bild och en djupare förståelse för hur ett passivhus skiljer sig från ett normalt småhus som byggs i Sverige idag introduceras nedan ett fiktivt, men realistiskt jämförelsehus vid namn Standardhuset. Standardhuset är representativt för de flesta småhus som uppförs runtom i landet vad gäller energibehov och uppbyggnad. Under rapportens gång jämförs Vinbäret och Standardhuset på ett flertal olika punkter för att belysa och utvärdera skillnaderna mellan de båda husen.

2.2 Vinbäret

2.2.1 Introduktion till passivhuset Vinbäret

Vinbäret är Sölvesborgs första och i dagsläget enda passivhus. Det är konstruerat, projekterat och uppfört av tre generationer Nilsson från Sölvesborg. Huset tillstånd söktes och projekterades under våren 2011 varefter det praktiska arbetet påbörjades under juli månad samma år. Vinbäret är byggt under helger, kvällar och skollov då ingen har haft Vinbäret som sin huvudsakliga syssla. Huset färdigställdes under hösten 2013 så när som på inredning av kök och våtutrymmen. Den framtida husägaren ansvarar själv för utformning av kök och våtutrymmen på grund av stor variation i pris och smak hos landets befolkning.



Figur 1. Passivhuset Vinbäret.

2.2.2 Allmän fakta om Vinbäret

- Boarean uppgår till 196 m² varav 165 på det nedre planet och 31 m² på det övre. Vinbäret benämns lämpligen som ett enplanshus med loft.
- Förväntad energibehov för uppvärmning av rumsluft och varmvatten uppgår till 19 kWh/m² och år.
- Fönstren har ett U-värde på 0,9 W/m²*K.
- Dörrarna har ett U-värde på 1,1 W/m²*K.
- Vinbärets plan- och fasadritningar finns i *Bilaga 2*.

2.2.3 Värmesystem

Jordvärmepumpen IVT Greenline HE står för Vinbärets uppvärmningsbehov av rumsluft och varmvatten. Pumpen har en effekt på 5,5 kW.

En 270 m lång jordvärmeslang med diametern 50 mm är nedgrävd på tomtens baksida. Slangen ligger på en meters djup med ett inbördes avstånd mellan slingorna på en meter. Temperaturskillnaden mellan utgående och inkommande köldbärare ligger för de flesta temperaturförhållanden runt tre grader Celsius.

Värmepumpen är sammankopplad med husets golvvärmesystem. Golvvärmeslangen har en diameter på 16 mm och ligger placerad i betongplattans underkant. Det inbördes avståndet mellan golvvärmeslingorna uppgår till 200 mm. Det finns en golvvärmeslinga i varje mindre rum och i de större rummen finns det två slingor. Alla slingor har samma längd vilket förenklar injusteringen av flödena. Vinbärets totalt 10 slingor är alla individuellt reglerbara i respektive rum. För att de boende inte ska påverkas i sitt val av innetemperatur har rumsgivarna ingen siffernumrering.

Det finns inget värmesystem på andra planet. Planlösningen är mycket öppen mellan första och andra planet. Endast ett av utrymmena på det övre planet har dörr. Maximal takhöjd på det övre planet är 2,1 m. Den öppna planlösningen tillsammans med det faktum att varm luft stiger uppåt medför att uppvärmningen av det övre planet inte torde vara något problem. Det övre planet upplevs varmare när man går upp efter att ha vistats på det nedre planet en tid.

2.2.4 Ventilationssystem

Tilluft

Tio stycken spaltventiler förser Vinbäret med friskluft. Tre spaltventiler i det stora öppna rummet vilket utgör vardagsrum och kök, två i stora sovrummet samt en i respektive sovrum på det nedre planet. De två sista spaltventilerna sitter i de båda takfönstren, över vardagsrummet respektive köket. Samtliga spaltventiler är placerade i fönstrens karmöverstycken. Karmen hos ett fast fönster är tunnare än hos ett öppningsbart vilket gör att spaltventiler endast kan monteras hos öppningsbara fönster. Detta gäller för fönster från Traryd, det har inte gjorts någon efterforskning om vad andra fönstertillverkare erbjuder för lösningar. Eftersom fyra av västersidans åtta fönster som är fasta finns i vardagsrumsdelen av det stora

öppna rummet där både vardagsrum och kök inhyses är två av tre spaltventiler placerade i köksdelen av detta rum. Samtliga spaltventiler kan öppnas i två olika lägen.

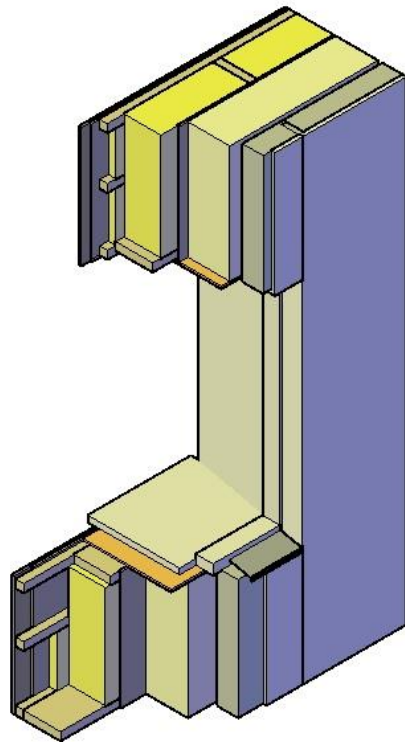
Frånluft

Vinbäret har fem frånluftsdon. Ett i respektive våtutrymme, ett i köket samt ett i rummet på det övre planet. Rummet på det övre planet ska kunna användas som klädkammare, därav frånluftsdonet. Rörsystemets diametrar är väl tilltagna för att minska risken för oönskade ljud. Hela rörsystemet är isolerat utvändigt med 30 mm mineralull för att minimera ljudspridning. Samtliga rör är förlagda till varmvinden. Frånluften från de fem donen leds samman till ett rör vilket går in i en IVT VBX-2 frånluftsmodul. Cirka 75 % av energiinnehållet ur frånluften överförs till inkommande köldbärare i jordvärmeslingan. Avluften leds ut genom en takplacerad huv.

2.2.5 Tvärsnitt Vinbäret

Vägg

Putsskikt 20 mm
 Lättklinkerblock 120 mm
 Luftspalt 30 mm
 Rockwool Flexsystemskiva 250 mm
 OSB 11 mm
 Träreglar 45x220 mm, c/c 600 mm med mellanliggande mineralull 220 mm
 Plastfolie 0,2 mm
 Träreglar 45x45 mm, c/c 600 mm med mellanliggande mineralull 45 mm
 OSB 11 mm
 Gips 13 mm



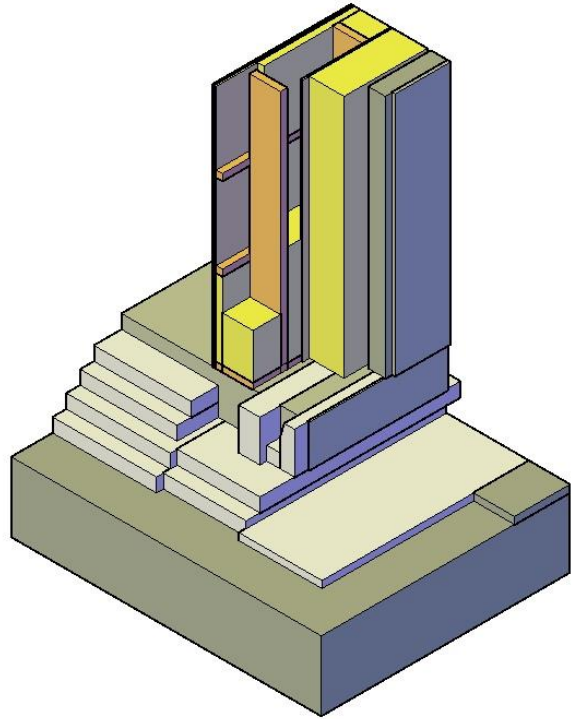
Figur 2. Vinbärets vaggtvärsnitt

Grund

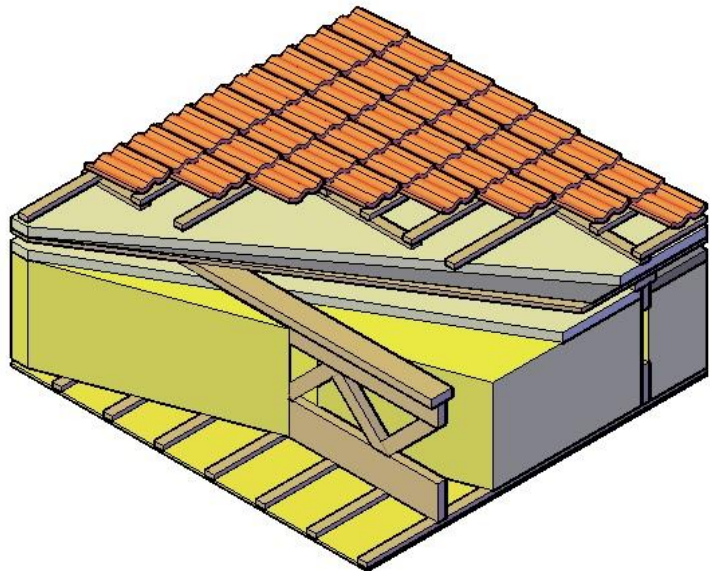
Sand
Makadam 200 mm
Cellplast 400 mm
Betong C20/25 100 mm
Specialbyggda U-element
Tjälisolering 50x600 mm
Plastfolie/stegdämpare 2 mm
Ekparkett 17 mm

Tak

Betongtakpannor Benders
Bärläkt 25 mm
Ströläkt 25 mm
Cellplast falsad S150 50 mm
Underlagspapp 2 mm
Råspont 22 mm
Luftspalt 45 mm
Luftspaltbildande skiva av
cellplast S80, 50 mm
Fackverkstakstolar trä, c/c
1200 mm med mineralull i
skivform, 550 mm
Plastfolie 0,2 mm
Glespanel 28 mm
Takpanel 13 mm



Figur 3. Vinbärets grundtvärsnitt



Figur 4. Vinbärets taktvärsnitt

2.3 Vinbäret i siffror

Följande areor och längder är framtagna från ritningsmaterialet i bilaga 2. Vinbäret och Standardhuset har samma boarea men byggarean skiljer sig åt p.g.a. Vinbärets tjockare väggar. Detta påverkar dock varken värme eller fuktberäkningarna.

Tabell 1. Ytor.

	Area (m^2)
Boarea (BOA)	196
Byggarea (BYA)	205,4

Tabell 2. Areor för byggnadsdelar.

Byggnadsdel	Area (m^2)
Vägg	121,8
Tak	177,2
Fönster	25,9
Grund	164,6
Dörr	6,5
Takfönster	3
Total Area	499

Tabell 3. Linjeköldbryggornas längd.

Anslutning	Längd (m)
Vägg-Vägg	10
Vägg-Tak	55,5
Vägg-Grund	53,7
Fönster-Vägg	86,6
Fönster-Tak	10
Dörr-Vägg	19

Vinbärets luftvolym innanför plastfolien uppgår till cirka $600 m^3$.

2.4 Standardhuset

2.4.1 Introduktion av jämförelsehuset Standardhuset

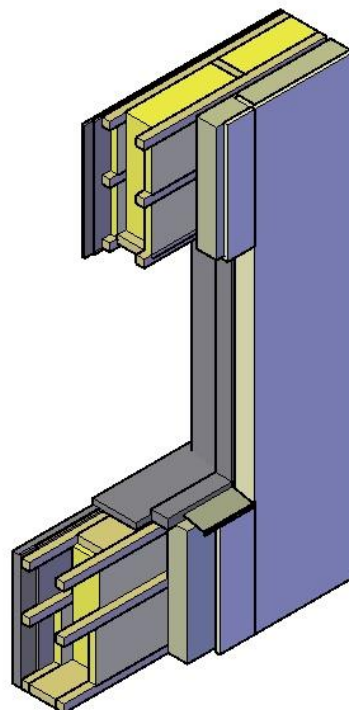
Standardhusets egenskaper speglar egenskaperna hos en representativ svensk villa som byggs idag. Energibehovet hos Standardhuset sätts till 35 kWh/m² och år. Siffran 35 är framtagen som ett medelvärde baserat på de 15 energisnålaste husmodellerna från Sveriges tre största småhustillverkare år 2013. Förbrukningen gäller för Ronneby, Blekinge. BBR19-kravet för nybyggnation av eluppvärmda småbostäder ligger för närvarande på 55 kWh/m² och år. Liksom energibehovet är klimatskalet baserat på den mest frekvent förekommande uppbyggnaden av ett klimatskal hos Sveriges största småhusfabrikanter.

Det enda som skiljer Standardhuset från Vinbäret är uppbyggnaden av grund, väggar och tak. Värme- och ventilationssystemet har samma uppbyggnad som hos Vinbäret. Boarean liksom alla övriga invändiga mått är desamma.

2.4.2 Tvärsnitt Standardhuset

Vägg

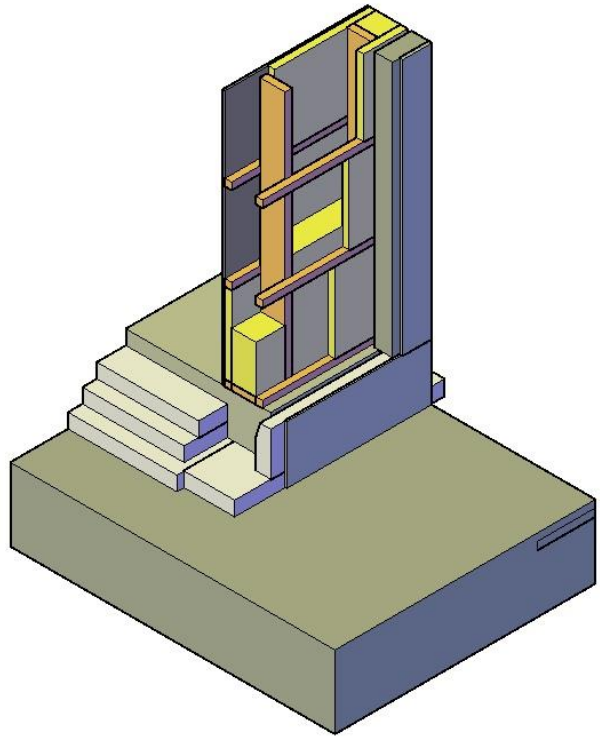
Putsskikt 20 mm
 Lättklinkerblock 120 mm
 Luftspalt 30 mm
 Vindväv
 Träreglar 45x45 mm, c/c 600 mm med mellanliggande mineralull 45 mm
 Träreglar 45x170 mm, c/c 600 mm med mellanliggande mineralull 170 mm
 Plastfolie 0,2 mm
 Träreglar 45x45 mm, c/c 600 mm med mellanliggande mineralull 45 mm
 Gips 13 mm



Figur 5. Standardhusets väggvärsnitt.

Grund

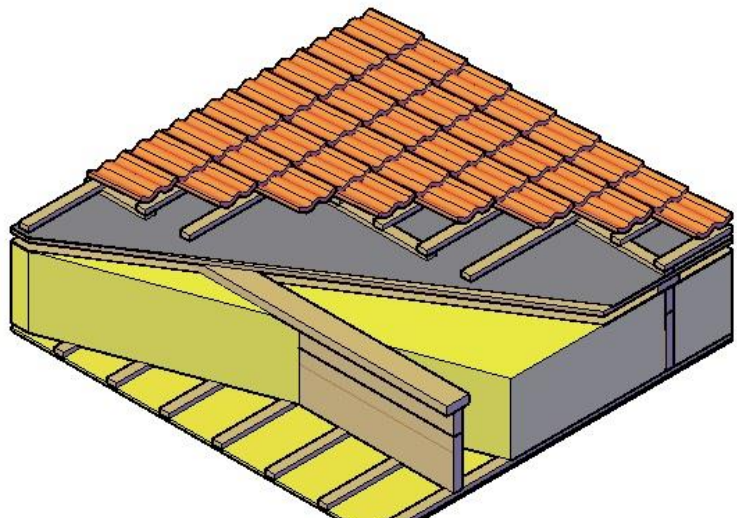
Sand
 Makadam 200 mm
 Cellplast 300 mm
 Betong C20/25 100 mm
 L-element
 Plastfolie/stegdämpare 2 mm
 Ekparkett 17 mm



Figur 6. Standardhusets grundtvärsnitt.

Tak

Betongtakpannor Benders
 Bärläkt 25 mm
 Ströläkt 25 mm
 Underlagspapp 2 mm
 Råspont 22 mm
 Luftspalt 45 mm
 Luftspaltbildande skiva
 av oljehärdad masonit 4
 mm
 Fackverkstakstolar trä,
 c/c 1200 mm med mel-
 lanliggande mineralull i
 skivform, 400 mm
 Plastfolie 0,2 mm
 Glespanel 28 mm
 Takpanel 13 mm



Figur 7. Standardhusets taktvärsnitt.

2.5 Material

Samtliga ingående material i Vinbärets konstruktioner kommer från kända tillverkare. Representativa materialdata för respektive material har använts vid beräkningar enligt tabell nedan.

Tabell 4. Materialegenskaper.

	λ (W/mK)	Densitet (kg/m ³)	Värmekapacitet (J/kgK)
Gips	0,22	2960	1100
OSB	0,14	591	1600
Träregel	0,14	460	1600
Mineralull	0,037	30	750
Stenull (Flexsystemskiva)	0,033	70	750
Cellplast S80	0,038	17	2300
Cellplast S200	0,033	32	2300
Lättklinkerblock	0,2	650	900
Puts	1	1560	
Betong	1,4	2400	920

R-värdena i tabellen nedan är övergångsmotstånd mellan luft och aktuell byggnadsdel. Värdena som används för utsidan beror på luftflödet i luftspalten och vilka material som finns utanför luftspalten. I Vinbärets fall med en svagt ventilerad luftspalt i väggen väljs ett R-värde på 0,23 för luftspalten och för taket väljs R-värdet för en väl ventilerad luftspalt, 0,1. (Sandin, 2010)

Tabell 5. Värmeövergångsmotstånd mellan luft och omgivande ytor.

		R-värde, (m ² · K/W)
Vägg	R_{si}	0,13
	R_{se}	0,23
Tak	R_{si}	0,1
	R_{se}	0,1

Markens värmeledande förmåga beror på avståndet mellan en inre och en yttre area. Areornas egenskaper tabelleras nedan. Den yttre arean bildar en zon som löper mellan 0-1 meter från ytterkanten och den inre en mellan 1-6 meter från ytterkanten. (Sandin, 2010)

Tabell 6. Markens värmeledande förmåga skiftar beroende på var under betongplattan man befinner sig.

		0-1 m R-värde (m ² · K/W)	1-6 m R-värde (m ² · K/W)	Densitet (kg/m ³)	Värmekapacitet (J/kgK)
Grund	Grus	0,2	0,2	1600	2900
	Sand	1	3,4	1600	2900
	R_{si}	0,17	0,17		

2.6 Vad är ett Passivhus

Ett passivhus är en byggnad med hög komfort och god kvalitet som använder minimalt med energi för uppvärmning och som bidrar till minskade koldioxidutsläpp. Begreppet kommer ursprungligen från Tyskland. För att anpassa kraven och förutsättningarna efter svenska förhållanden finns även en anpassad svensk definition av passivhus. Den nyaste versionen heter FEBY12 och ges ut av Sveriges Centrum för Nollenergihus. För att uppfylla kraven för

passivhus enligt FEBY12 ställs en mängd krav på byggnaden. Bland annat vad gäller t.ex. energibehov, värmeförlusttal, ljud, inneklimat, tätt klimatskal och fuktsäkert byggande. (Erlandsson M, Et al., 2012)

Tanken med ett passivhus är att så mycket som möjligt av energin ska återanvändas. Huset bör därför utrustas med ett effektivt energiåtervinningssystem där så mycket som möjligt av energin ur frånluften återförs till byggnaden via t.ex. tilluften eller ett vattenburet värmesystem.

Det är av största vikt att passivhuset förses med ett tätt klimatskal där luftläckaget maximalt uppgår till 0,3 l/s och m². Ett tätt hus minimerar risken för att varm fuktig luft via fuktkonvektion och fuktdiffusion tränger ut genom klimatskalet och kondenserar långt ut i konstruktionen vilket kan ge upphov till förhöjda fukthalter och mögelangrepp.

Ett passivhus är dyrare i byggskedet än ett standardhus men tanken är att passivhuset i längden ska bli billigare tack vare lägre energikostnader. Ett passivhus har fler fördelar än bara lägre energikostnad. Ett tätt klimatskal gör det lättare att få till en balanserad ventilation av byggnaden. Stora isolertjocklekar i väggar och tak tillsammans med låga U-värden på fönstren ger höga invändiga yttemperaturer och risken för kallras minskar. Ett passivhus erbjuder därför ofta ett behagligare inomhusklimat än ett standardhus.

Vid större isolertjocklekar i grund, väggar och tak kommer köldbryggorna vid anslutningarna mellan de olika byggdelarna att stå för en allt större del av husets värmeförluster. Stor vikt bör därför läggas vid att minimera värmeförluster via köldbryggor.

Fönstren utgör allt som oftast den största enskilda köldbryggan i ett hus. Fönster är ett nödvändigt ont där så låga U-värden och så små glasareor som möjligt bör eftersträvas. Enligt FEBY12 ska fönstrens medel U-värde uppgå till maximalt 0,8 W/m²*K. Att ha i åtanke är att karmen är den svagaste länken på ett fönster då den kan stå för upp till mellan 30 och 40 % av det totala värmeflödet genom ett fönster med träkarm.

Ett faktum som ofta glöms bort är att den stora majoriteten av byggnadsbeståndet består av minimalt isolerade äldre byggnader. Vid planerade renoveringar eller andra större ingrepp är det ytterst lämpligt att utvärdera möjligheterna att energieffektivisera äldre byggnader. Naturligtvis går det även att renovera äldre byggnader så att de uppfyller kraven för passivhus. (International Passive House Association, 2010)

3 Genomförda mätningar

3.1 Fukt- och temperaturmätningar

Under februari månad år 2013 monterades 10 stycken sensorer hos Vinbäret. Fyra sensorer i väggkonstruktionen, fyra i takkonstruktionen respektive en inomhus och en utomhus. Sensorerna har sedan dess var tionde sekund dygnet runt loggat relativ fuktighet och temperatur i samtliga tio mätpunkter. Avsikten är att mätningarna ska fortgå under flera år framöver. Resultaten i denna rapport är dock endast baserade på mätvärden under ett års tid då huset var obebott. Värmesystemet kopplades inte in förrän i oktober varför husets innetemperatur inte legat stabilt kring 20° Celsius förrän dess. Sensorerna sattes in i samband med monteringen av plastfolien. Värmefläktar användes för att skapa ett behagligt arbetsklimat mellan det att sensorerna kommit på plats och att värmesystemet kopplades in. Värmen höjdes successivt från 0° till 15° Celsius under en månads tid.

Placering av sensorer

1. Inomhus i tvättstugan cirka 2,2 m över golvnivån respektive 0,3 m från innertaket.
2. Utomhus bakom en stolpe i carporten i söderläge. Sensorn är dock skyddad mot direkt solljus.
3. Utanför OSB-skivan tre meter upp från grunden på sydgaveln.
4. I luftspalten tre meter upp från grunden på sydgaveln.
5. Bakom plastfolien tre meter upp från grunden på sydgaveln.
6. Utanför OSB-skivan vid syll.
7. I luftspalten en meter från takfoten på östra takhalvan.
8. I luftspalten 1,5 m från taknocken på östra takhalvan.
9. Under den luftspaltbildande cellplastskivan mitt på östra takhalvan.
10. Bakom plastfolien mitt på östra takhalvan.

Samtliga sensorer är sammankopplade genom trådförbindelse med en dator som lagrar mätvärdena. Mätvärdena laddas ned manuellt på plats till ett USB-minne. Datan utvärderas sedan i ett för ändamålet skrivet Matlabprogram. Tanken är att med mätvärdena kunna utvärdera Vinbärets vägg- respektive takkonstruktion ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv.

Resultaten från fuktmätningarna utvärderas och jämförs med teoretiska fuktsimuleringar i fuktsimuleringsprogrammet WUFI. (Fraunhofer IBP, 2012)



Figur 8. Signaltrådarna lödas ihop och tejpas med eltejp. Genomföringarna genom plastfolien tejpas noggrant.



Figur 9. Sensor bakom plastfolien i takkonstruktionen.



Figur 10. Datorenheten som loggar all data. Mätvärden kan ses live om den kopplas upp mot en datorskärm.

3.2 Energimätningar

Förväntat energibehov för uppvärmning av rumsluft och varmvatten beräknas enligt tre olika metoder för Vinbäret. I VIP-Energy, i Rockwools onlinebaserade energiberäkningsprogram samt enligt gradtimmemetoden. Utöver detta analyseras energistatistik från Sölvesborgs Energi och Vatten som loggar Vinbärets totala elförbrukning på timbasis dygnet runt. Elförbrukningen för värmepumpen skrivs ned manuellt regelbundet och jämförs med det förväntade energibehovet. Faktum är att man på en värmepump från IVT inte kan läsa av levererad energi utan endast total energiåtgång. Detta gör det svårt att kontrollera huruvida IVT:s utlovade COP-tal på cirka 4,2 är pålitligt eller ej.

3.3 Provtryckning och termografering

Det har genomförts två provtryckningar av Vinbäret med provtryckningsutrustning från BlowerDoor. Utrustningen monterades i groventrén i söderläge vid båda tillfällena.

3.3.1 Genomförande

Provtryckningen görs i två steg. Efter att utrustningen kommit på plats kalibreras fläkten och anpassar sig till rådande tryckförhållanden på respektive sida om klimatskalet. Efter kalibreringen skapar fläkten ett undertryck i huset på 60 Pascal. Luftläckaget registreras sedan i 10 pascallsintervall ned till 20 pascal undertryck. När undertrycksmätningen är klar vänds fläkten varvid proceduren upprepas men nu med övertryck inuti huset. Riktvärdet som används vid jämförelse mot täthetskraven är mätvärdet vid 50 pascal.

Innan provtryckningsproceduren påbörjades hölls trycket konstant vid 50 pascal undertryck för att söka efter luftläckage och köldbryggor med värmekamera. Anledningen till att undertryck föredras vid användandet av värmekamera är att värmekameran enkelt finner eventuella otätheter i plastfolien genom att kallluft sugas in genom otätheterna. Detta innebär att ju större temperaturskillnad mellan inne och ute desto bättre vid användandet av värmekamera.

Värmekamera användes endast vid första provtryckningstillfället. Resultaten från termograferingen behandlas mer ingående i kapitlet om köldbryggor

3.3.2 Provtryckning 1

Den första provtryckningen genomfördes under februari månad år 2013. Vid detta tillfälle var all invändig plastfolie på plats förutom mot betongplattan. Plastfolien tejpades och klämdes tillfälligt in mot syllen och ned mot betongplattan för att undvika luftläckage. Vid undertryck uppgick luftläckaget till 0,16 l/s och m² omslutande area där såväl golv, som vägg och takarea räknas in. Vid övertryck var siffran något lägre, 0,15 l/s och m².



Figur 11. BlowerDoor fläkt vid installation i dörröppning.

Reflektion

För att dricksvattenslangarna inte ska vara i vägen vid gjutningen av grundplattan slår rör-mokaren ofta ner armeringsjärn genom cellplasten ner i makadammen och trär en plastslang över järnet för att det ska kunna dras upp i ett senare skede. Vid undertryck sögs luft blandat med cellplastkulor upp från grunden då slangändarna inte hade tätats. Då ingen karmskruv använts vid fönsterinfästningarna sögs luft in genom de förborrade karmskruvshålen. Då hälften av dem tätats sjönk läckaget med 8 %.

3.3.3 Provtryckning 2

Genomfördes under oktober månad år 2013. Vid detta tillfälle var samtliga skikt på plats både för grund, väggar och tak. Vid undertryck uppgick luftläckaget till 0,17 l/s och m². Vid övertryck var siffran något lägre, 0,16 l/s och m².

Reflektion

Den främsta anledningen till att läckaget var större vid den andra provtryckningen torde vara att de flesta anslutningarna genom plastfolien såsom till avluft, avloppsluftning och fönster inte var gjorda vid det första provtryckningstillfället.



Figur 12. BlowerDoor fläkt med kontrollenhet monterad.

4 Värme

4.1 Allmänt om värme

Temperaturskillnader leder till en energitransport vilken verkar för att utjämna temperaturskillnaderna. Värmetransport kan ske genom ledning, strålning och konvektion. Även fukttransport kan överföra värme. Värme binds vid avdunstning och frigörs vid kondensation.

4.1.1 Det svenska genomsnittshuset

Enligt energimyndigheten 2009 är det svenska genomsnittshuset 149 m² stort och förbrukar totalt 17 980 kWh om året för uppvärmning och varmvatten vilket motsvarar 121 kWh/m² och år. Utöver detta tillkommer en genomsnittlig hushållselförbrukning på 6 000 kWh om året. Detta ger en total genomsnittlig energibehov på 23 980 kWh per år.

(Energimyndigheten, 2012)

4.1.2 Avgränsningar energiberäkningar

Vid samtliga energiberäkningar som gjorts har ingen hänsyn tagits till de rostfria kramlor vilka svarar för infästningen av Vinbärets skalmur i träregelstommen. Ingen hänsyn har heller tagits till de åtta tredimensionella innerhörnen hos Vinbäret varav fyra stycken golvvägg-vägg respektive fyra stycken vägg-vägg-tak innerhörn.

4.2 Teori värmetransporter

4.2.1 Värmeledning

Värmeledning innebär energiöverföring mellan två närliggande molekyler där temperaturgradienten är drivkraften. Förflyttningen av partiklar vid renodlad värmeledning i en homogen, ogenomskinlig fast kropp är mycket liten. I porösa material står även strålning och konvektion för en del av värmetransporten men av praktiska skäl brukar värmetransporten sammanfattas i en ekvivalent värmekonduktivitet enligt ekvation 4.1.

$$q = \lambda \frac{T_2 - T_1}{d} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.1)$$

$$q = \text{värmeflöde} \quad [W/m^2] \quad (4.2)$$

$$\lambda = \text{värmekonduktivitet} \quad \left[\frac{W}{m} * K \right] \quad (4.3)$$

$$T_2 - T_1 = \text{temperaturskillnad} \quad [C^\circ] \quad (4.4)$$

$$d = \text{materialets tjocklek} \quad [m] \quad (4.5)$$

4.2.2 Strålning

Inom ämnesområdet byggnadsfysik är två olika typer av strålning aktuella.

- Kortvågig dagsljusstrålning/solstrålning mot byggnader
- Långvågig, mörk strålning från eller mellan ytor vid normala temperaturer

Solstrålning

Hur stor värmeeffekt som absorberas av en yta är beroende av vinkeln mot strålningen och ytans absorptans. Den absorberade värmeeffekten ges enligt nedan.

$$q = \alpha_{ks} \cdot I_0 \cdot \cos\varphi \quad [W/m^2] \quad (4.6)$$

α_{ks} = en ytans absorptans för kortvågig strålning (solstrålning)

I_0 = solarkonstanten, den vid jordytan instrålade effekten

vinkelrätt strålningsriktningen, 1090 $[W/m^2]$

φ = vinkeln mellan ytans normal och strålningsriktningen

Den maximala direkta solstrålningen i Sverige mot fasader och tak uppgår en klar dag till cirka 800-900 W/m^2 .

Långvågig strålning mellan parallella ytor

Inget samband råder mellan absorptans och ytans kulör vid långvågig strålning som vid kortvågig. Som en enkel förklaring kan nämnas att värmeavgivningen från kroppen påverkas inte av färgen på dina kläder men däremot värmeabsorptionen från solen påverkas av ditt färgval på kläder. De flesta ytor bortsett från blanka metallytor har en absorptans för långvågig strålning, α_{ls} , mellan 0,90 och 0,95. Vid byggnadstekniska tillämpningar likställs absorptansen med emittansen.

$$\varepsilon = \alpha_{ls} \quad (4.7)$$

Nettostrålningen mellan två parallella ytor kan nu tecknas enligt nedan.

$$q_s = \varepsilon_{12} \cdot \sigma_s \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [W/m^2] \quad (4.8)$$

$$\varepsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (4.9)$$

$$\text{Boltzamnns konstant} = \sigma_s = 5,7 \cdot 10^{-8} \quad \left[\frac{W}{m^2} * K^4 \right] \quad (4.10)$$

$$T_1 - T_2 = \text{temperaturdifferensen mellan de parallella ytorna} \quad [K] \quad (4.11)$$

4.2.3 Konvektion

Konvektion innebär att värme bortförs från en varmare yta eller tillförs till en kallare yta av en förbiströmmande vätska eller gas. Inom ämnesområdet byggnadsfysik är det i de flesta fall luft som är det förbiströmmande mediet. Värmeöverföringen från och till luften äger rum i gränsskiktet mellan luft och det fasta materialet vid golv, väggar, tak samt i luftspalter.

Det finns två olika typer av konvektion. Naturlig konvektion (egenkonvektion) respektive påtvingad konvektion. Naturlig konvektion innebär att temperaturbetingade densitetsskillnader sätter luften i rörelse, såsom att varm luft är lättare och stiger uppåt. Vid påtvingad konvektion är det en yttre påverkan som sätter luften i rörelse, t.ex. vinden eller en fläkt. (Sandin, 2010)

Värmetransporten från ett fast ämnes yta till luft ges enligt ekvation 4.12.

$$q_k = \alpha_k \cdot (T_0 - T_1) \quad [W/m^2] \quad (4.12)$$

$$\alpha_k = \text{värmeöverföringskoefficient p. g. a. konvektion} \quad \left[\frac{W}{m^2} * K \right] \quad (4.13)$$

$$T_0 = \text{yttemperatur} \quad [K] \quad (4.14)$$

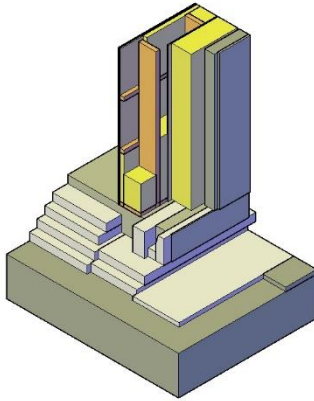
$$T_1 = \text{lufttemperatur} \quad [K] \quad (4.15)$$

4.3 U-värde, köldbryggor och övriga förluster

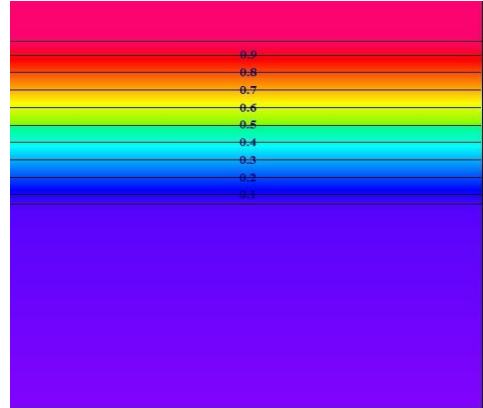
Endast grundtvärsnittet och köldbryggan grund- vägganslutning finns redovisade i detta avsnitt. Komplet utredning av samtliga tvärsnitt och anslutningar återfinns i *Bilaga 11*.

4.3.1 U-värde grund för Vinbäret

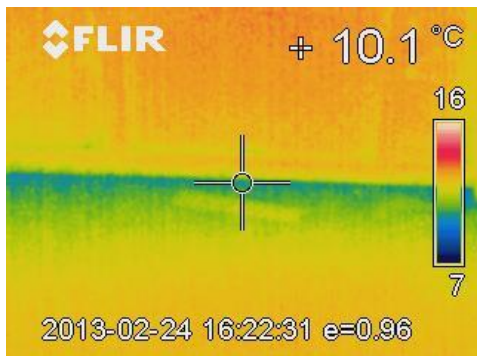
Av HEAT-bilden nedan kan utläsas att så gott som hela temperaturdifferensen ligger över cellplastlagren. Värmemotståndet hos själva betongplattan är förhållandevis litet. Det nedre lila fältet representerar underliggande marklager.



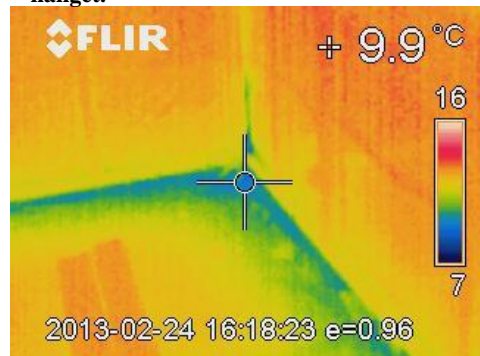
Figur 13. Den inre stående cellplastdelen av u-elementet bryter effektivt köldbryggan mellan grundplatta och yttervägg.



Figur 14. Nästan hela temperaturdifferensen ligger över cellplasten. Betongplattans värmemotstånd är försumbart i sammanhanget.



Figur 15. Den raka delen av syllen uppvisar en något högre temperatur än i ett ytterhörn.



Figur 16. I figuren syns att ytterhörnet ger ett ökat värmeläckage jämfört med en rak del av syllen.

U-värdet för grundtvärsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

$$U_{grund, HEAT2, Vinbäret} = 0,090 \left[\frac{W}{m^2} \cdot K \right] \quad (4.16)$$

$$U_{grund, matlab, vinbäret} = 0,118 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.17)$$

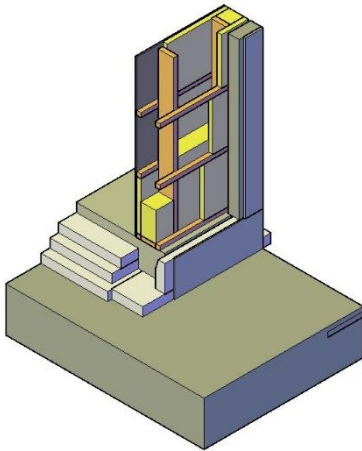
$$U_{grund, handberäkning, vinbäret} = 0,079 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.18)$$

$$U_{grund, medel, vinbäret} = \frac{(0,090 + 0,118 + 0,079)}{3} = 0,096 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.19)$$

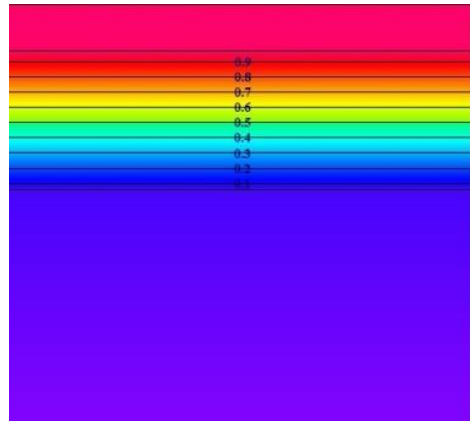
Det högre u-värdet från Matlab beror på att simuleringen i Matlab även inkluderar kantbalcken och att simuleringen har ett begränsat djup som inte tar hänsyn till temperaturdifferensen i marken.

4.3.2 U-värde grund för Standardhuset

Som hos Vinbäret ligger i princip hela temperaturskillnaden över cellplastlagren. Betongskiktets värmemotstånd är marginellt i sammanhanget.



Figur 17. Köldbryggan som betongplattan ger upphov till i grund- vägganslutningen är inte bruten som hos Vinbäret.



Figur 18. Nästan hela temperaturdifferensen ligger över cellplasten. Betongplattans värmemotstånd är försumbart i sammanhanget.

U-värdet för grundtvärsnittet beräknas enligt två olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

$$U_{grund, HEAT2, Standardhuset} = 0,118 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.20)$$

$$U_{grund, handberäkning, Standardhuset} = 0,101 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.21)$$

$$U_{grund, medel, Standardhuset} = \frac{(0,118 + 0,101)}{2} = 0,110 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4.22)$$

4.3.3 Köldbrygga grund- vägganslutning

Det finns idag ett flertal tillverkare av så kallade U-element på marknaden. Hos flertalet tillverkare är dock placeringen av den inre stående delen förutbestämd. Det gör att ett visst U-element är anpassat till en viss uppbyggnad av ytterväggen för att maximal effekt ska fås ut av den extra isoleringen. I Vinbärets fall fanns inget U-element på marknaden med önskad mått. För att komma runt problemet byggdes L-element om till U-element vilket möjliggjorde att placeringen av den inre stående delen av U-et kunde optimeras i förhållande till aktuell väggkonstruktion. Den 100x100 mm stora "klacken" i cellplast vilken placerats under den yttre kantbalken som bär upp skalmuren utgör ett stöd som tar upp de horisontella krafter som uppstår när gjutningen hålls i den inre kantbalken. Utan klacken som gjutstöd hade den inre delen av U:et inte stannat i önskad position under gjutningen. Det yttre homogena isolerskiktet hos ytterväggen bestående av flexsystemskivan är 250 mm tjockt. Den inre delen av U-et är 150 mm tjock och är placerad så att dess centrumlinje linjerar med flexsystemskiktets centrumlinje.



Figur 19. Bygelarmeringen (d=8 mm) skär igenom den inre stående delen av u-et på ett c/c avstånd av 600 mm.

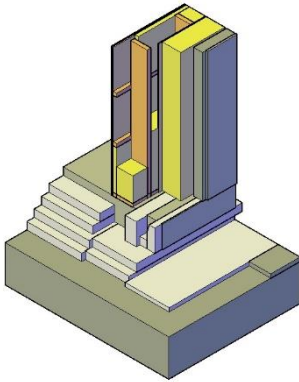


Figur 20. Den inre kantbalken har ett djup på 300 mm, att jämföra med den yttre kantbalkens djup på 200 mm. Klacken skapar djupdifferensen.

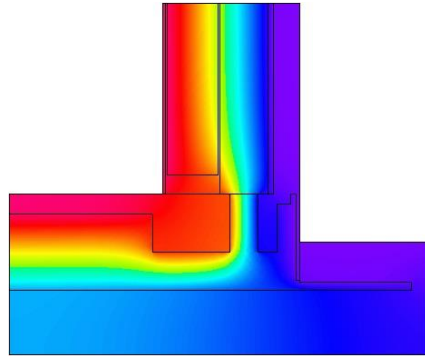
Det rekommenderas av U-elementstillverkare att armeringen som förbinder den yttre och inre kantbalken bör vara rostfri. Det torde finnas två huvudsakliga anledningar till att rostfri armering rekommenderas. Ett fuktigt och syrerikt klimat i cellplasten leder till större risk för rostangrepp och således kortare livslängd för den utsatta armeringen. Utöver detta leder svartstål värme tre gånger bättre än rostfritt stål vilket gör att köldbryggan från den genomgående bygelarmeringen kan reduceras till en tredjedel genom användning av rostfritt stål. Armeringen som förbinder inre och yttre kantbalken hos Vinbäret är inte rostfri. Hur fuktigt respektive syrerikt klimatet är i den inre delen av U-et utreds inte närmare i denna rapport.

4.3.4 Köldbrygga i anslutning till grund Vinbäret

Köldbryggans psi-värde beräknas och jämförs med motsvarande köldbrygga hos Standardhuset.



Figur 21. Flexsystemskivans centrumlinje linjerar med centrumlinjen för den inre stående delen av u-elementet.



Figur 22. Den inre stående delen av u-et bryter effektivt köldbryggan som kantbalken annars ger upphov till.

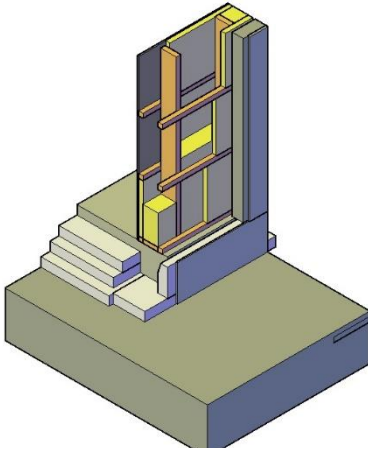
Psi-värden för Vinbärets grund- vägganslutning beräknas.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT2}} &= \frac{(U_{\text{anslutning, HEAT2}} - U_{\text{grund, HEAT2}})}{L} = \frac{(0,350 - 0,090)}{1} \quad (4.23) \\ &= 0,26 \left[\frac{W}{m} \right] \end{aligned}$$

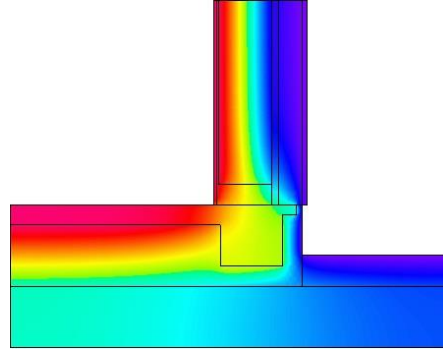
I figuren ovan framgår hur effektivt den inre stående delen av U-et bryter köldbryggan mellan grundplatta och yttervägg. Värmeflödet som når den yttre kantbalken är litet varvid den yttre kantbalken följer utomhustemperaturens svängningar. Den inre kantbalken följer inomhustemperaturens svängningar.

4.3.5 Köldbrygga i anslutning till grund Standardhuset

Köldbryggans psi-värde beräknas och jämförs med motsvarande köldbrygga hos Vinbäret.



Figur 23. Standardhusets syll ligger svalare än Vinbärets.



Figur 24. Standardhusets kantbalk är svalare än Vinbärets på grund av större värmeförluster genom anslutningen.

Psi-värdet beräknas för Standardhusets grundvägganslutning.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT2}} &= \frac{(U_{\text{anslutning}} - U_{\text{grund, HEAT2}})}{\frac{L}{W}} = \frac{(0,450 - 0,118)}{1} & (4.24) \\ &= 0,332 \left[\frac{W}{m} \right] \end{aligned}$$

Standardhusets kantbalk har en lägre temperatur än Vinbärets vilket vittnar om standardgrundens större värmeförluster genom kantbalken. Av figuren framgår även att Vinbärets syll ligger varmare än Standardhusets.

Jämförelse mellan Vinbäret och Standardhuset

För att på ett enkelt sätt illustrera skillnaden i storleksordning mellan Vinbärets och Standardhusets köldbryggor beräknas kvoten mellan de båda konstruktionernas psi-värden.

$$\frac{\psi_{\text{standardhuset}}}{\psi_{\text{vinbäret}}} = \frac{0,332}{0,260} = 1,28 \quad (4.25)$$

Värmeförlusterna via kantbalken är således 28 % större hos Standardhuset än hos Vinbäret.

4.3.6 U-värdesberäkningar

U-värden för handberäkningsmetoden beräknas i *Bilaga 1*.

Tabell 1. Handberäkningsmetoden.

Handberäkning	Vinbäret	Standardhuset
Vägg	0,071	0,164
Grund	0,079	0,101
Tak	0,066	0,100

Med hjälp av Matlab och CALFEM byggs 2-D modeller upp för att simulera flödet genom de olika konstruktionsdelarna. Resultatet kan avläsas i nedanstående Matlab tabell. (Austrell P-E, Et al., 2004)

I Matlab används triangulära element med funktionen ”flw2tt” som tar hänsyn till både värmeflöde och värmelagringskapacitivitet. Värmelagringskapacitiviteten behövs vid beräkningar på Vinbärets värmetröghet samt temperaturfördröjningar i olika konstruktionsdelar. Mer finns att läsa om triangulära element i *Introduction to the Finite element method*. (Ottosen N, 1992)

Tabell 2. U-värden enligt Matlab.

Matlab	Vinbäret W/m^2K
Vägg	0,074
Grund	0,118
Tak	0,0609

Tabell 3. U-värden enligt HEAT2.

HEAT	Vinbäret W/m^2K	Standardhuset W/m^2K
Vägg	0,071	0,163
Grund	0,09	0,118
Tak	0,071	0,102

Köldbryggornas psi-värden beräknas med HEAT2 och finns redovisade i *Bilaga 11*. Punkt-köldbryggor försummas och utreds inte närmare i denna rapport.

Tabell 4. Sammanställning av psi-värden för Vinbäret och Standardhuset.

	Vinbäret W/mK	Standardhuset W/mK	Längd m
Vägg-Vägg	0,032	0,048	10
Vägg-Tak	0,026	0,020	55,5
Vägg-Grund	0,26	0,332	53,7
Vägg-Fönster	0,069	0,057	86,6
Vägg-Dörr	0,069	0,057	19
Tak-Fönster	0,069	0,057	10

4.3.7 Transmissionsförluster

Vid beräkning av transmissionsförluster avses värmeflödet genom en byggnadsdel då det finns en temperaturdifferens mellan in- och utsidan av byggnadsdelen.

$$Q_t = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{k=1}^m \Psi_k \cdot l_k + \sum_{j=1}^p X_j \quad (4.26)$$

U_i = värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel

A_i = delytans invändiga area

Ψ_k = värmegenomgångskoefficient för linjär köldbrygga

l_k = linjära köldbryggans längd

X_i = värmegenomgångskoefficient för punktformiga köldbryggor

$$Q_{t.Vinbäret} = 69,4 + 23,7 + 0 = 93,0 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.27)$$

$$Q_{t.Standardhuset} = 94,8 + 26,0 + 0 = 120,8 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.28)$$

4.3.8 Ventilationsförluster

Ventilationsförlusterna beräknas med hjälp av ventilationsflödet som är 0,5 oms i timmen hos Vinbäret. Ventilationen är reglerbar för att spara energi då ingen är hemma. Ett ventilationsaggregat kan teoretiskt förbruka hälften av vad ett vanligt ventilationsaggregat utan styrning kommer göra.

$$Q_v = \rho \cdot c_p \cdot q_v \quad (4.29)$$

$$\rho = \text{luftens densitet} \left[1,2 \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$c_p = \text{luftens specifika värmekapacitet} \left[1000 J/kgK \right]$$

$$q_v = \text{styrt ventilationsflöde} \left[m^3/s \right]$$

$$q_v = \frac{585}{2} = 293 \frac{m^3}{h} = 0,0814 \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (4.30)$$

$$Q_{v,Hel} = 1,2 \cdot 1000 \cdot \frac{0,0814}{2} = 48,84 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.31)$$

$$Q_{v,Halv} = 1,2 \cdot 1000 \cdot 0,0814 = 97,68 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.32)$$

4.3.9 Otäthetsförluster

Förlusterna genom läckage beräknas från täthetsprovningen där ett läckvärde fås för 50 Pa tryckskillnad som kan utläsas i *Bilaga 3*.

$$Q_{ov} = \rho \cdot c_p \cdot q_{ov} \quad (4.33)$$

$$\rho = \text{luftens densitet} \left[\frac{1,2 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$c_p = \text{luftens specifika värmekapacitet} [1000 \text{ J/kgK}]$$

$$q_{ov} = \text{okontrollerat ventilationsflöde vid normal tryckdifferans} [m^3/s]$$

$$q_{ov50} = \text{okontrollerat ventilationsflöde vid 50 Pa} [m^3/s]$$

$$P = \text{lufttrycket} [Pa]$$

Enligt provtryckningsresultaten i *Bilaga 3* uppgår läckaget till 0,52 omsättningar per timme.

Tabell 5. Provtryckning med BlowerDoor

	m^3/h	l/s	$1/h$	C	n
Test 1 13-02-2014 Undertryck	293	81,4	0,50	17	0,727
Test 2 13-02-2014 Övertryck	264	73,3	0,45	21,1	0,647
Test 3 24-10-2014 Undertryck	306	85,0	0,52	24,6	0,644
Test 4 24-10-2014 Övertryck	295	81,9	0,50	28,3	0,599

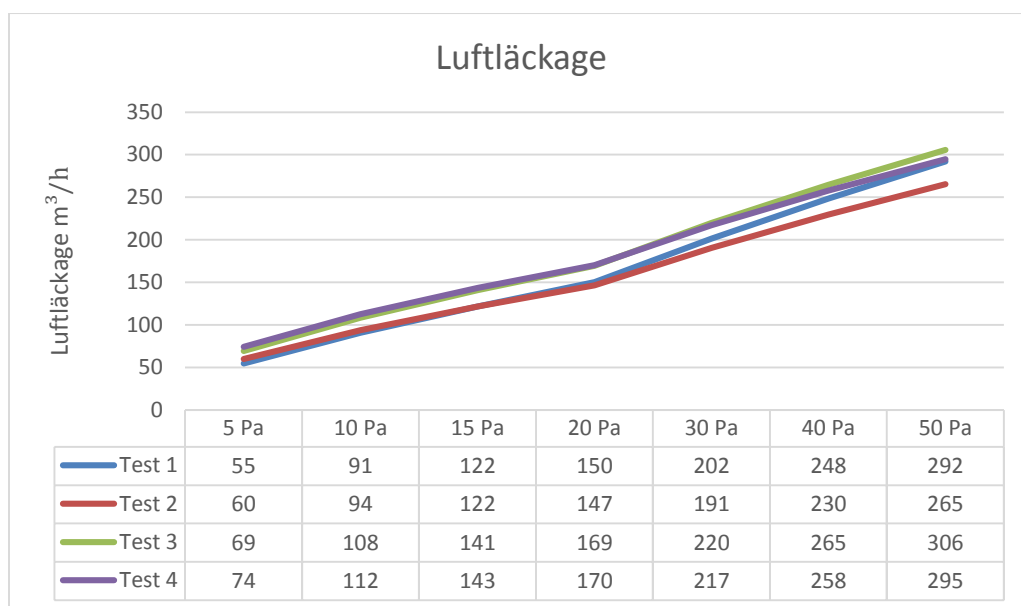
Provtryckningens utdata räknas om för att gälla vid energiberäkningar vid normala lufttrycksdifferenser över klimatskalet som är 5-10 Pa om huset ventileras med frånluft och 0 Pa om huset ventileras med från- och tilluft. (Energilotsen, 2009)

Med data från *Bilaga 3* kan en omräkning från det uppmätta luftläckaget till ett normalt luftläckageflöde beräknas genom insättning av parametrarna i EKV. 4.34.

$$q_{ov} = C \cdot P^n \quad (4.34)$$

Det beräknade luftläckaget kommer att variera mellan 65-101 m^3/h då tryckdifferensen varierar mellan 5-10 Pa. För Vinbäret och Standardhuset antas tryckskillnaden vara ca 5 Pa då huset är lågt och att det även är skyddat mot stark vind av träd i närheten.

$$Q_{ov} = \rho \cdot c_p \cdot q_{ov} = 1,2 \cdot 1000 \cdot \frac{65}{3600} = 21,7 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.35)$$



Figur 25: Diagram över luftläckaget beroende på tryckdifferensen.

4.3.10 Solinstrålning och internvärme

Solinstrålning är en svår faktor att beräkna då den beror mycket på det geografiska läget och hur närområdet ser ut med andra byggnader och växtlighet som t.ex. kan skymma byggnaden. Under Beräkningar bortses från solinstrålning vilket gör att energianvändningen som beräknas hamnar i ovankant. Solinstrålning tas istället i beaktning vid innetemperatur i Figur 28. Här kan utläsas att det inte finns något behov av uppvärmning innan medeltemperaturen utomhus understiger 16 grader då inomhustemperaturen är över 22 grader.

Internvärme tas inte hänsyn till vid beräkningen eftersom huset är obebott.

Avgränsningar

Solinstrålning och internvärmertilskott tas inte med i beräkningarna av den dimensionerande effekten hos Vinbäret.

4.3.11 Total värmeeffektförlost

Den totala värmeeffektförlusten är summan av alla förluster från transmission, ventilation och otäthetsförluster. Otäthetsförlusterna (Q_{ov}) antas vara lika för Vinbäret och Standardhuset beroende på att otätheter är förknippade med utförande och detaljlösningar.

$$Q_{tot} = Q_t + Q_v + Q_{ov} \quad (4.36)$$

$$Q_{tot.Vinbäret} = 93,1 + 97,7 + 21,7 = 212,5 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.37)$$

$$Q_{tot.Standardhuset} = 120,8 + 97,7 + 21,7 = 240,2 \left[\frac{W}{K} \right] \quad (4.38)$$

4.3.12 Värmeeffektbehov

För att beräkna värmeeffektbehovet vilken är den dimensionerande effekten som bestäms av den dimensionerande innetemperaturen (DIT) och den dimensionerande utetemperaturen (DVUT). DVUT varierar beroende på vilken ort byggnaden är belägen och vilka termiska egenskaper byggnaden har.

De faktorer som påverkar effektbehovet är:

- Värmeledningsmotstånd
- Värmetröghet
- Lufttäthet
- Ventilationssystem
- Ventilationsflöde
- Innetemperatur
- Utetemperatur

En byggnads momentana effektbehov beror även på intern värmeavgivning och solinstrålning.

Vid beräkning av det dimensionerande värmeeffektbehovet tas ingen hänsyn till gratisvärmestillskott då det är osäkert om dessa är tillgängliga då värmebehovet är som störst.

4.3.12.1 Dimensionerande vinterutetemperaturen (DVUT)

Den dimensionerande vinterutetemperaturen har beräknats av SMHI för 26 orter i Sverige, SMHI gör kontinuerliga mätningar av temperaturen och har tagit fram temperaturen enligt SS-EN ISO 15927-5. Metoden går ut på att DIT inte får underskridas fler än 30 gånger under 30 år. DVUT bestäms även av byggnadens värmetröghet där en tyngre stomme med stor värmetröghet och god isolering får en högre DVUT.

Värmetrögheten påverkar byggnadens DVUT då byggnaden kyls av fortare om byggnaden har en liten tidskonstant τ_b och kyls långsammare med en stor tidskonstant. Tidskonstanten beskrivs genom att dividera värmekapaciteten med värmeeffektförlusten för byggnaden.

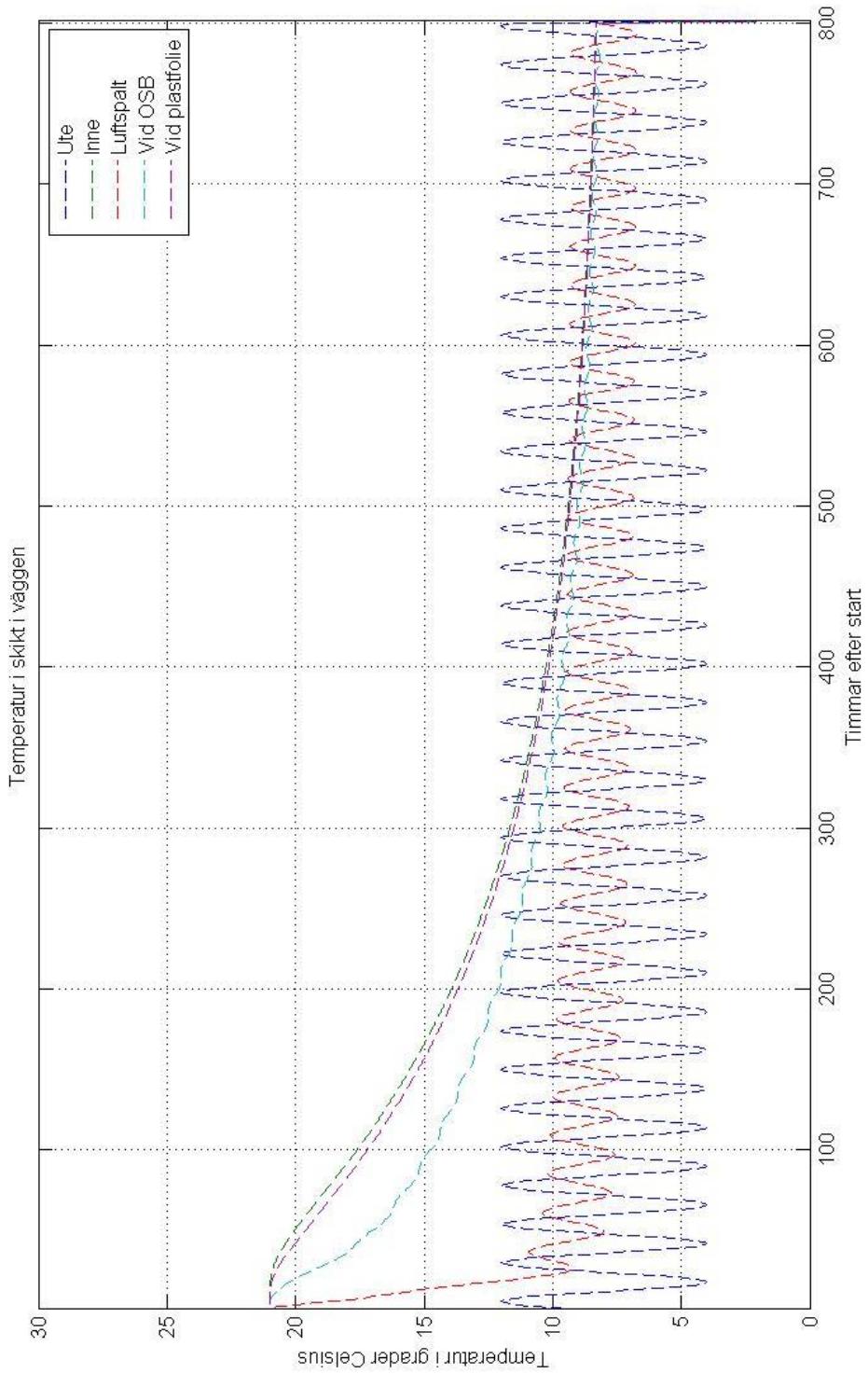
$$\tau_b = \frac{\sum m_j \cdot c_j}{Q_{tot}} \cdot \frac{1}{3600} \quad [h] \quad (4.39)$$

$$m_j = \text{massa för respektive skikt} \quad [kg]$$

$$c_j = \text{specifik värmekapacitet} \left[\frac{J}{kg}, K \right]$$

Tidskonstanten kan beräknas genom att ta den tid där begynnelsestemperaturen skär sluttemperaturen, alternativt beräknas tiden det tar innan 63 % av temperaturskillnaden har uppnåtts. Äldre stenhus kan ha en tidskonstant på 1-4 dygn medan moderna hus kan ha en tidskonstant över 5 dygn. Mycket välisolerade hus kan ha en tidskonstant över 12 dygn. Vinbäret har en tidskonstant på ca 12 dygn enligt provning och beräkning se Figur 26. (Warfvinge C, 2010)

Värmetröghetsberäkningar har gjorts i VIP-Energy och Matlab. I Figur 26 kan det utläsas att värmetrögheten är stor för väggen. Av detta kan slutsatsen dras att hela byggnaden har stor värmetröghet p.g.a. den stora isoleringsmängden i alla byggnadsdelar och den interna värmelagningsmassan som betonggolvet utgör.



Figur 26. Undersökning av värmetröghet i Vinbärets väggkonstruktion med hjälp av Matlab.

4.3.12.2 Dimensionerande innetemperatur (DIT)

Valet av dimensionerande innetemperatur ska följa Boverkets, Arbetsmiljöverkets och Socialstyrelsens rekommendationer. Då Vinbäret är projekterat enligt FEBY09 sätts den dimensionerande innetemperaturen till 20 grader Celsius. Den närmsta orten för Vinbärets geografiska placering är Ronneby som har en $DVUT$ på $-6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Erlandsson M, Et al., 2009)

$$P_{dim} = Q_{tot} \cdot (DIT - DVUT) \quad [W] \quad (4.40)$$

$$P_{dim} = 212,5 \cdot (20 - (-6,1)) = 5546 \quad [W] \quad (4.41)$$

Då den installerade värmepumpen har ett COP-tal på 4,2 ska den installerade effekten på värmepumpen vara:

$$\frac{5546}{4,2} = 1393 \quad [W] \quad (4.42)$$

Den installerade effekten på Vinbärets värmesystem är 5,5 kW vilket är en bra dimension då det beräknade behovet är 5,56 kW.

Effektkravet från BBR19 för att huset ska räknas som eluppvärmt är $4,5 + 0,025(A_{temp} - 130) = 6,15\text{ kW}$.

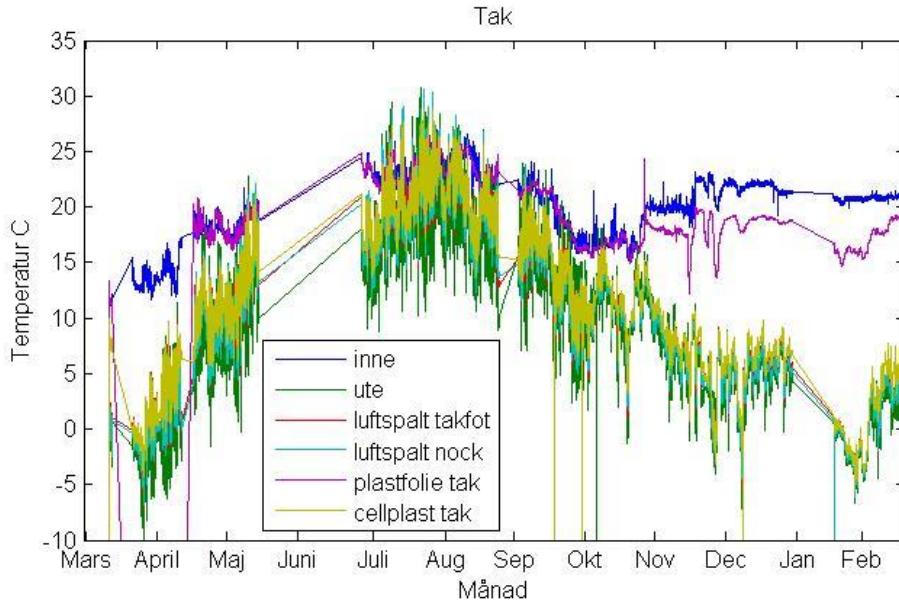
4.3.13 Beräkning av Energibehov med gradtimmar

Gradtimmemetoden är en approximativ beräkningsmetod som lämpar sig för handberäkning. T_g är innetemperaturen efter det att gratisenergin är subtraherad från den verkliga innetemperaturen. T_g kan beräknas genom beräknade standardvärde eller som i detta fallet med Vinbäret då det finns ett uppmätt värde från temperaturdatan.

$$E = Q_{tot} \int (T_g - T_{ute}) \cdot dt \quad (4.43)$$

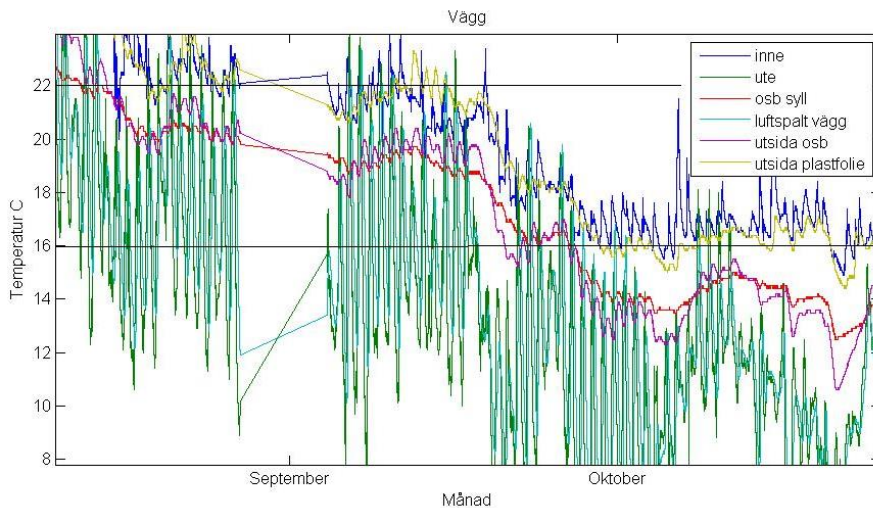
För att kompensera för värmeförlusterna måste energi tillföras kontinuerligt i samma mängd för att hålla en konstant inomhustemperatur.

Inomhustemperaturen sätts till 20 grader enligt FEBY09.



Figur 27. Temperaturmätningar i tio mätpunkter hos Vinbåret under ett års tid.

Gratisenergin kan beräknas från gjorda temperaturmätningar och det faktum att Vinbåret behöver en uppvärmning när dygnsmedeltemperaturen understiger 16 grader enligt Figur 27 nedan.



Figur 28. Inzoomning av Vinbärets temperaturmätningar under två månads tid .

$$G_t = \int_{\text{året}} (T_g - T_{ute}) \cdot dt \quad (4.44)$$

Normalårstemperatur för Ronneby är 7,1°C enligt temperaturdata från FEBY09.

Gradtimmar enligt (Warfvinge C, 2010) *Tabell 3.11*. interpoleras för att anpassas till Ronnebys Gradtimmar på 7,1 grader.

$$Gt_8 = 75700 \quad [K, h] \quad (4.45)$$

$$Gt_7 = 84200 \quad [K, h] \quad (4.46)$$

$$Gt_{7,1} = 75700 + (84200 - 75700) \cdot \frac{1}{10} = 76550 \quad [K, h] \quad (4.47)$$

Med hjälp av svaren från EKV.4,39 och EKV 4,47 fås E_{uppv} .

$$E_{uppv} = Q_{tot} \cdot G_t \quad (4.48)$$

$$E_{uppv} = 212,5 \cdot 76550 = 16267 \quad [kWh] \quad (4.49)$$

$E_{uppv,El}$ har ett COP-tal på 4,2 och då blir tillförd energi lika med

$$E_{uppv,El} \frac{16267}{4,2} = 3873 \quad [kWh] \quad (4.50)$$

Energi för hushållsel och varmvatten fås av EKV 4,51 och 4,52. (Warfvinge C, 2010)

$$E_{el} = 4,5 \cdot \text{Antal lägenheter} + 0,045 \cdot A_{temp} = 13,32 \text{ kWh} \quad (4.51)$$

Varmvattnet framställs med värmepumpen och har ett COP-tal på 4,2 då markvärmepumpen arbetar mot en någorlunda konstant temperaturkurva över året.

$$E_{vv} = \frac{5,0 \cdot \text{Antal lägenheter} + 0,015 \cdot A_{temp}}{4,2} = 1,89 \quad [kWh] \quad (4.52)$$

Ventilationssystemet har ett uppskattat tryckfall på ca 250 Pa över systemet och med hjälp av EKV 4,53 kan energianvändningen för fläkten beräknas. Verkningsgraden (η) på fläkten sätts till 80%.

$$E_{fläkt} = \frac{q_v \cdot \Delta p}{\eta} \cdot 8760 = \frac{0,0814 \cdot 250}{0,8} \cdot 8760 = 222 \quad [kWh] \quad (4.53)$$

Totalt Energibehov

$$E_{tot} = \frac{E_{uppv,El}}{1000} + 365 \cdot (E_{el} + E_{vv}) + E_{fläkt} \quad (4.54)$$

$$E_{tot} = 3873 + 365 \cdot (13,32 + 1,89) + 222 = 9647 \quad [kWh] \quad (4.55)$$

Energien som används till bostaden är all uppvärmningsenergi och fastighetsel samt varmvatten. Hushållsel ingår inte i specifika energianvändningen.

$$E_{Energi} = 3873 + 365 \cdot (1,89) + 222 = 4785 \quad [kWh] \quad (4.56)$$

Den specifika energianvändningen fås då till:

$$\frac{E_{Energi}}{A_{temp}} = \frac{4785}{196} = 24 \quad [kWh/m^2] \quad (4.57)$$

Fläkten är reglerbar och kan justeras med olika luftflöden beroende på behov. Är huset t.ex. tomt under dagtid kan minflödet på $0,35 \text{ l/s m}^2$ reduceras till minst $0,1 \text{ l/s m}^2$. Antalet timmar med onödig ventilering av bostaden minskar och därmed kostnaden. Med insättning av $Q_{v,Halv}$ i EKV 4,37 får man följande användning,

$$E_{Energi} = 2983 + 365 \cdot (1,89) + 222 = 3894 \quad [kWh] \quad (4.58)$$

När ett variabelt ventilationssystem är installerat blir den specifika energianvändningen istället 20 kWh/m^2 .

Under antagandet att Standardhuset har samma tidskonstanter och andra egenskaper som Vinbäret förutom andra U- och psi-värden fås Standardhusets förväntade energibehov enligt nedan.

$$E_{Energi} = 4378 + 365 \cdot 1,89 + 222 = 5290 \quad [kWh] \quad (4.59)$$

Standardhusets specifika energianvändning blir 27 kWh/m^2 när det inte går att justera ventilationsflödet och om det finns ett variabelt ventilationsflöde sjunker användningen till 23 kWh/m^2 . (Warfvinge C, 2010)

4.4 Jämförelser och beräkning enligt FEBY

Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus kallas Forum för Energieffektiva Byggnader (FEBY) och har som uppdrag att ta fram en anpassad svensk standard till de tyska passivhuskraven. Passivhuskraven anpassas till det svenska klimatet och till svenska förhållanden,

Nedan görs en kontroll av Vinbäret mot FEBY09 för att se om Vinbäret uppfyller passivhuskraven. Anledningen till att jämförelsen inte görs mot FEBY12 är att Vinbäret projekterades då FEBY09 var det gällande regelverket.

4.4.1 Effekt och energibehov

Uppvärmning

För att uppfylla kraven enligt FEBY09 ska den installerade effekten understiga $12 \text{ W/m}^2 A_{temp}$

Den verkliga installerade effekten är $28 \text{ W/m}^2 A_{temp}$ då värmepumpen har en effekt på 5,5 kW varvid kravet inte uppfylls.

Fastighetsel

Fläkten är på 185 W och har ett flöde på $0,081 \text{ m}^3/\text{s}$ vilket motsvarar $2,3 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.

Installerad fläkteffekt får inte överstiga $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ och måste vara mindre än $5 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ A-temp}$. Vinbärets fläkt överstiger effektkravet men med aktiva val och med fjärrstyrningen som är installerad kan fläkten slås på och av när man är hemma respektive borta och på sätt komma ner i godkända nivåer vad gäller förbrukning av fastighetsel.

Köpt energi

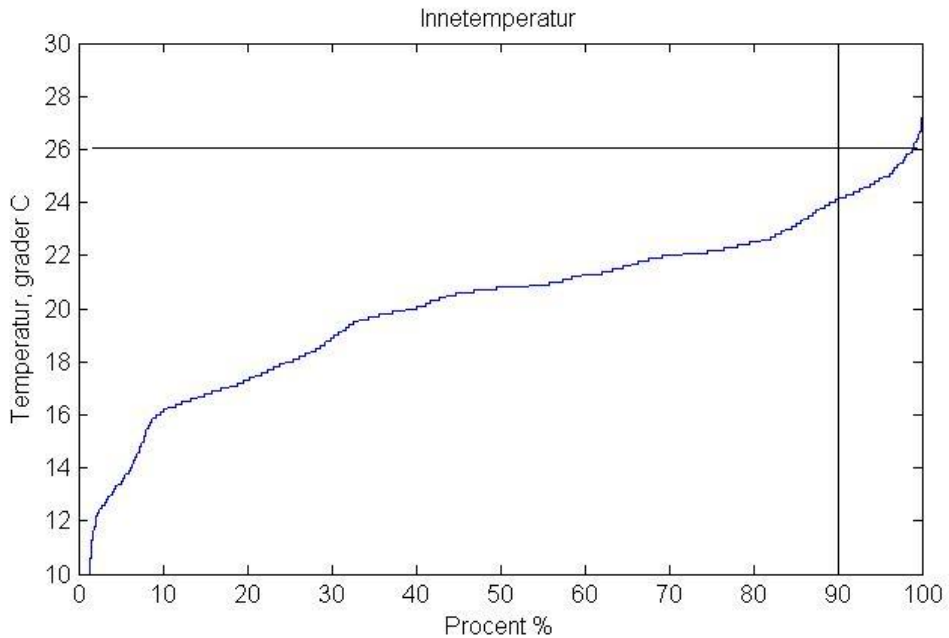
I zon 3 ska energibehovet understiga $30 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ A-temp}$ och år för ett eluppvärmt hus såsom Vinbäret. Då Vinbärets förväntade energibehov ligger på $20 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ A-temp}$ och år uppfylls kravet med god marginal.

Innemiljöklimat

Ljud från ventilationssystemet skall klara ljudklass B i sovrum. Detta är inte kontrollerat men hela ventilationssystemet är isolerat och förlagt till vindsutrymmena för att minimera risken för oljud. Rördimensionerna är dessutom väl tilltagna för att reducera risken för ljud.

Termisk komfort

Tilluftstemperaturen får max vara 52 grader och under sommarmånaderna får inte temperaturen överstiga 26 grader mer än 10 % av tiden. Enligt Figur 29 framgår att det är långt under 10 procent av tiden som huset har en temperatur som överstiger 26 grader.



Figur 29: Varaktighetsdiagram över inomhustemperaturen.

Luftläckage

Luftläckaget får inte överstiga $0,3 \text{ l/s och } m^2$ vid 50 Pa tryckskillnad över klimatskalet. Luftläckaget var $0,16 \text{ l/s och } m^2$ vilket innebär att kravet uppfylls med god marginal.

Mer om provtryckning finns att läsa i *Bilaga 3*.

Fönster

U-värdet på fönster och glaspardier får högst vara $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ enligt FEBY09. Kravet uppfylls med fönster från Traryd med ett U-värde på $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mätning

För att kunna verifiera husets energitekniska egenskaper ska energianvändningen kunna avläsas på minst månadsbasis för hushållsel, fastighetsel och värmeenergi var för sig. Fastighetsel till tvättstuga ingår inte. Större poster som förbrukas utanför klimatskalet ska kunna mätas separat. Hos Vinbäret kan den totala energiåtgången avläsas på elmätaren medan energiåtgången för uppvärmning av rumsluft och varmvatten kan avläsas på värmepumpen.

4.4.2 Beräkning av effektbehov

Det installerade effektbehovet kan beräknas med ekvation 4.61 enligt FEBY 09, ekvationen tar hänsyn till transmission, ventilations- och luftläckageflöden och internvärmern som tillförs. Enligt FEBY09 ska detta värde understiga $12 \text{ W/m}^2 A_{temp}$.

$$P_{max} = P_{byggnad} \quad (4.60)$$

$$P_{byggnad} = \frac{(\sum(U_j \cdot A_j) + \sum(l_k \cdot \Psi_k) + (q_{läck} + q_{vent}(1 - v)) \cdot \rho \cdot c) \cdot (20 - DUT_{20}) + \sum(U_m \cdot A_m) \cdot (20 - T_{mark}) - P_{intern}}{A_{temp}} \quad (4.61)$$

$$= 28,2 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} A_{temp} \right]$$

$$\sum(U_j \cdot A_j) = 54,6 \text{ [W/K]} \quad (4.62)$$

$$\sum(l_k \cdot \Psi_k) = 27,5 \text{ [W/K]} \quad (4.63)$$

$$q_{läck} = 0,018 \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (4.64)$$

$$q_{vent} = 0,081 \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (4.65)$$

$$v = 0 \quad (4.66)$$

$$\rho = 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (4.67)$$

$$c = 1000 \text{ [J/kg]} \quad (4.68)$$

Det finns ingen direkt energiåtervinning i frånluftmodulen därför sätts $v = 0$.

Byggnaden har en tidskonstant på ca 300 h då byggnaden är välisolerad och har en betongplatta som värmelagringsmagasin.

Dimensionerande utetemperatur och marktemperatur för Ronneby är $7,1^\circ\text{C}$ respektive $2,4^\circ\text{C}$ enligt temperaturdata från FEBY09.

$$DUT_{20} = -6,1 \text{ i Ronneby } [^\circ\text{C}] \quad (4.69)$$

$$\sum(U_m \cdot A_m) = 0,096 \cdot 164 = 15,74 \text{ [W/K]} \quad (4.70)$$

$$T_{mark} = 2,4 \text{ i Ronneby } [^\circ\text{C}] \quad (4.71)$$

$$P_{intern} = 4 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \quad (4.72)$$

$$A_{temp} = 196 \text{ [m}^2\text{]} \quad (4.73)$$

4.4.3 Beräkning av energibehov

Enligt FEBY ska energibehovsberäkningar genomföras med dynamiska beräkningshjälpmedel såsom VIP-Energy och Rockwools onlinebaserade energiberäkningsprogram. Gradtimmemetoden bekräftar att resultaten är rimliga. Resultat från VIP-Energy finns i *Bilaga 6* och resultat från Rockwools program finns i *Bilaga 4*.

Tabell 6. Resultat av energiberäkningar för Vinbäret.

Beräkningsmetod	$\frac{kWh}{m^2}$ och år
Gradtimmemetoden	20
VIP-Energy	19
Rockwool	18
Medel	19

4.5 Analys av optimal fönsterplacering hos Vinbäret

Bakgrund

Fönstrets placering utgör de största köldbryggorna hos Vinbäret, både vad gäller högst psi-värde och antal meter. För att få en känsla för hur mycket det är möjligt att reducera den aktuella köldbryggan görs nedan en enklare jämförelse av psi-värden för olika möjliga fönsterplaceringar hos Vinbäret. Analysen kan göras mer avancerad och komplex men då rapportens huvudsakliga fokus inte ligger på optimala fönsterplaceringar görs endast en enklare analys nedan för att belysa problematiken. I praktiken finns även en estetisk aspekt att ta hänsyn till som i många fall väger tyngre än den mest energioptimerade lösningen.

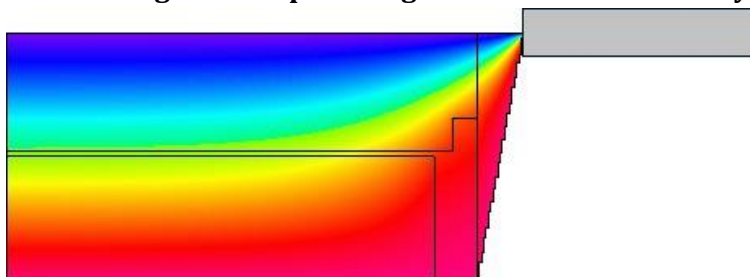
Vinbärets verkliga fönsterplacering

Vinbärets fönster och dörrar är placerade långt ut i konstruktionen. Den huvudsakliga anledningen till placeringen är rent estetisk. Väggtjockleken utanför flexsystemskivans yttre liv uppgår till 170 mm. Att dra in fönstret så att karmens yttersida slutar 170 mm in i väggkonstruktionen utifrån sett gick inte att försvara estetiskt.

Fönstren och dörrarna är istället placerade så att glaskassetternas yttre liv linjerar med flexsystemskiktets utsida vilket gör att en del av karmen befinner sig i luftspalten respektive i skalmuren. Fönsterkarmens yttre liv slutar 15 mm in i skalmuren vilket förenklar arbetet med att putsa och foga runt omkring fönstren samtidigt som fasaden blir mer estetiskt tilltalande.

Med ”väggens isolerade del” i avsnittet nedan avses den del av väggen som befinner sig innanför luftspalten.

4.5.1 Vinbärets verkliga fönsterplacering med vinklad fönstersmyg



Figur 30. Fönsterkassettsens utsida linjerar med flexsystemskiktets utsida.

Flödet genom anslutningen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska beräknas med hjälp av HEAT2 till 0,173 [W/m].

Flödet genom enbart väggsektionen är sedan tidigare beräknat till 0,071 [W/m].

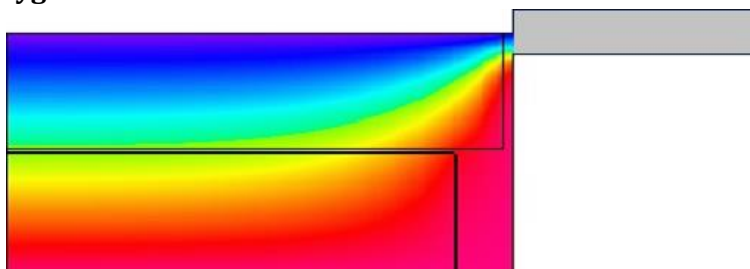
Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,173 - 0,071)}{1} = 0,102 \text{ [W/m]} \quad (4.74)$$

Alternativa fönsterplaceringar

Nedan redovisas alternativa fönsterplaceringar. Samtliga alternativa fönsterplaceringar modelleras med rak fönstersmyg i HEAT2 på grund av svårigheten att rita upp flera snedställda materialskikt utanpå varandra i HEAT2.

4.5.2 Vinbärets approximerade verkliga fönsterplacering med rak fönstersmyg.



Figur 31. Rak fönsterkarm för fönster i Vinbärets väggkonstruktion.

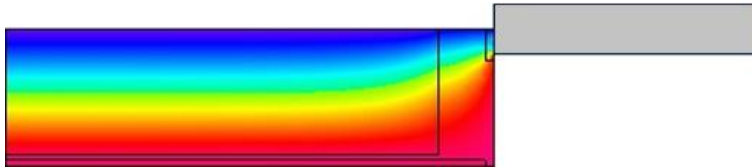
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,140 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,140 - 0,071)}{1} = 0,069 \text{ [W/m]} \quad (4.75)$$

4.5.3 Standardhusets verkliga fönsterplacering



Figur 32. Fönsterplacering i Standardhusets väggkonstruktion.

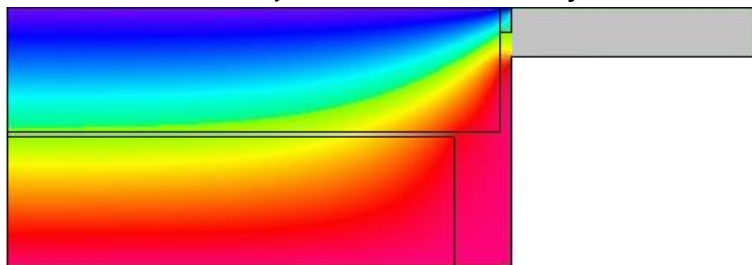
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,223 [W/m].

Flödet genom enbart väggen ges enligt figur nedan till 0,166 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,223 - 0,166)}{1} = 0,057 \text{ [W/m]} \quad (4.76)$$

4.5.4 Vinbäret. Utsida karm linjerar med utsida flexsystemskiva.



Figur 33. Fönsterplacering linjerat med ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

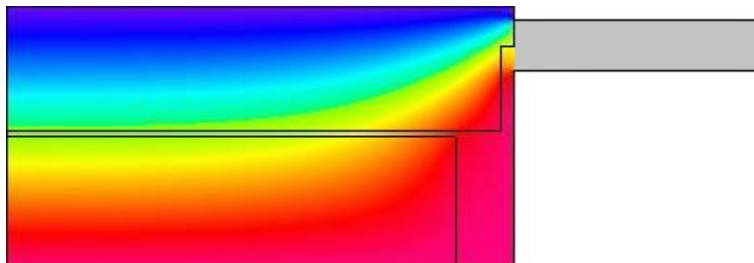
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,110 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,110 - 0,071)}{1} = 0,039 \quad [W/m] \quad (4.77)$$

4.5.5 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 15 % av väggens isolerade del.



Figur 34. Fönsterplacering indraget 15 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

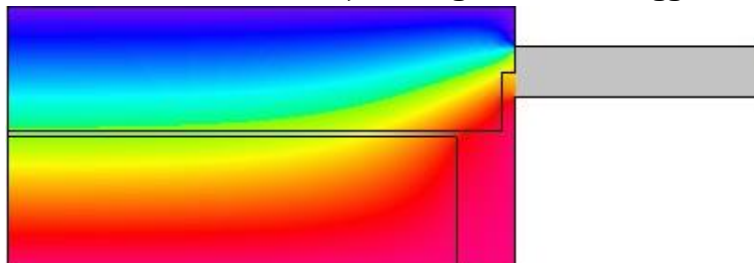
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,101 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,101 - 0,071)}{1} = 0,030 \quad [W/m] \quad (4.78)$$

4.5.6 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 25 % av väggens isolerade del.



Figur 35. Fönsterplacering indraget 25 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

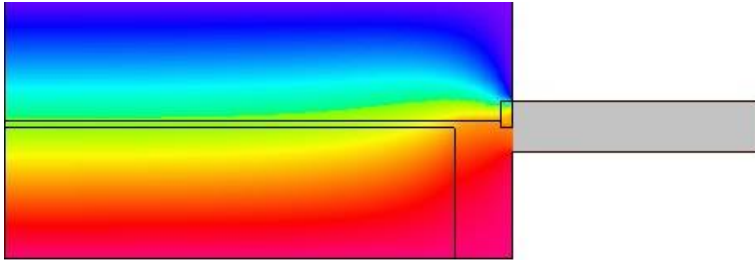
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,095 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,095 - 0,071)}{1} = 0,024 \quad [W/m] \quad (4.79)$$

4.5.7 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 50 % av väggens isolerade del.



Figur 36. Fönsterplacering indraget 50 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

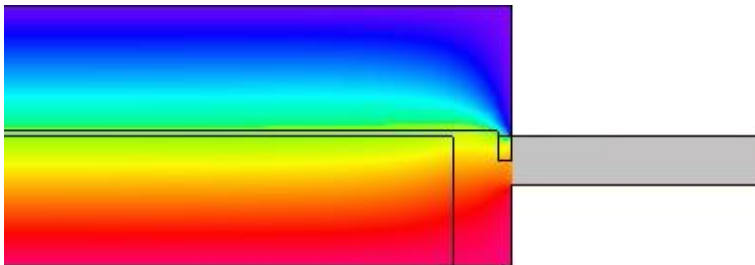
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,094 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,094 - 0,071)}{1} = 0,023 \quad [W/m] \quad (4.80)$$

4.5.8 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 60 % av väggens isolerade del.



Figur 37. Fönsterplacering indraget 60 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

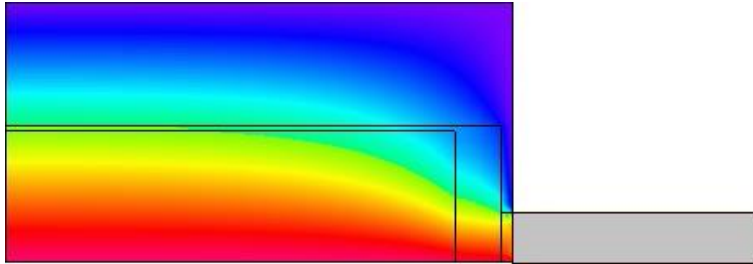
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,102 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,102 - 0,071)}{1} = 0,031 \quad [W/m] \quad (4.81)$$

4.5.9 Insida karm linjerar med insida gipsskiva



Figur 38. Fönsterplacering jämt med insidan i Vinbärets väggkonstruktion.

Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,128 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

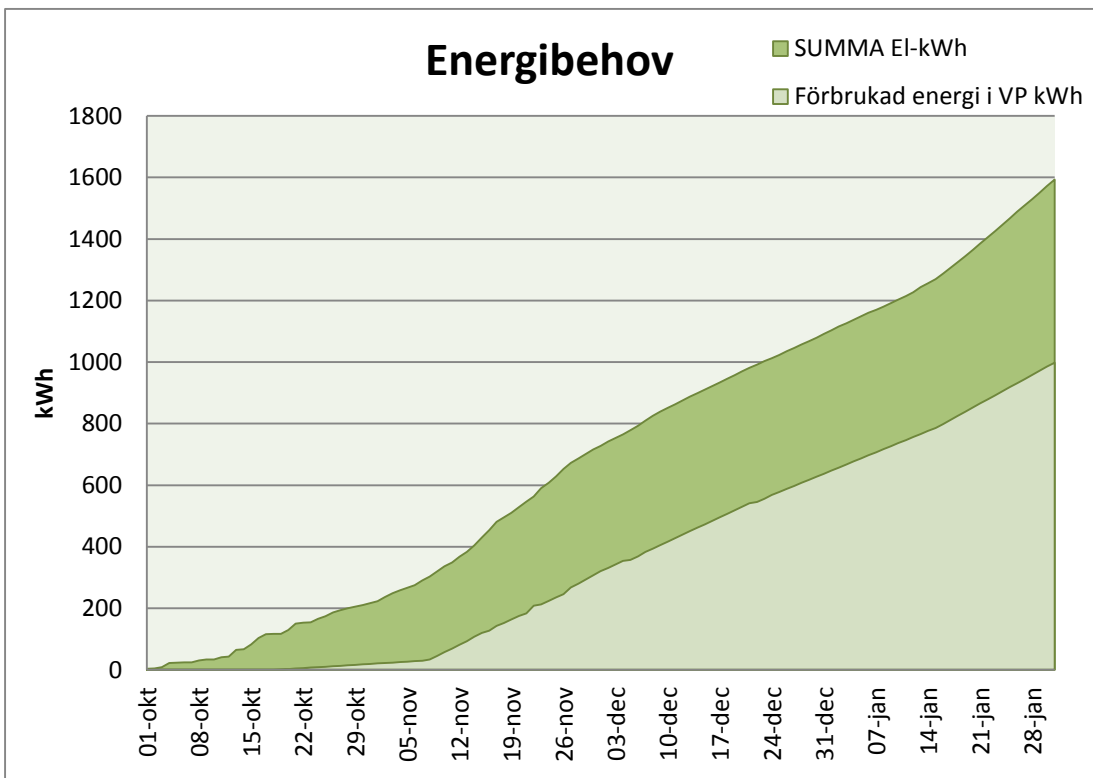
Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,128 - 0,071)}{1} = 0,057 \quad [W/m] \quad (4.82)$$

4.6 Energimätning från energibolaget

Sölvesborgs Energi och Vatten loggar Vinbärets elförbrukning på timbasis, dygnet runt, året runt. Statistik från dem visar att Vinbärets totala elförbrukning under perioden 1 november till 31 januari uppgick till 1 593 kWh. Av dessa förbrukade värmepumpen 1 000 kWh under perioden 7 november till 31 januari. Under tre av årets kallaste månader förbrukade Vinbäret således 1 000 kWh för uppvärmning av rumsluft och varmvatten. Huset var obebott under perioden. Ventilationsanläggningen var inte inkopplad, och varmvattenförbrukningen var låg. Dessa parametrar lutar åt att värmepumpen hade dragit mer energi om huset varit bebott under perioden, men det är viktigt att komma ihåg att ingen internvärme har varit i huset till gagn under perioden, inga personer i huset som avgivit värme, ingen matlagning o.s.v.

Diagrammet nedan illustrerar de mätvärden som Sölvesborgs Energi och Vatten registrerat. Mätvärdena finns i *Bilaga 5*.



Figur 39. Energibehov från Sölvesborgs Energi samt avläsning från värmepumpen.

4.7 Resultat

4.7.1 U-värden och psi-värden

Tabell 7. Vinbärets medel U-värden baserade på tre olika beräkningsmetoder.

Vinbäret	U-värde [W/m^2K]			
	Hand	Matlab	HEAT	Medel
Vägg	0,071	0,074	0,071	0,072
Tak	0,066	0,0609	0,071	0,066
Grund	0,079	0,118	0,09	0,096
Fönster	0,9			0,900
Takfönster	0,9			0,900
Dörr	1,1			1,100

Tabell 8. Standardhusets medel U-värden baserade på tre olika beräkningsmetoder.

Standardhuset	U-värde [W/m^2K]			
	Hand	Matlab	HEAT	Medel
Vägg	0,164		0,163	0,164
Tak	0,1		0,102	0,101
Grund	0,101		0,118	0,110
Fönster	1,1			1,100
Takfönster	1,1			1,100
Dörr	1,1			1,100

Tabell 9. Visar hur många % Vinbärets U-värden utgör av Standardhusets baserat på U-medel.

	U-värde [W/m^2K]		Procent
	Vinbäret	Standardhuset	
Vägg	0,072	0,164	43,9
Tak	0,066	0,101	65,3
Grund	0,096	0,110	87,3
Fönster	0,9	1,1	81,8
Takfönster	0,9	1,1	81,8
Dörr	1,1	1,1	100

Tabell 10. Psi-värden för Vinbärets och Standardhusets köldbryggor.

Köldbryggor	Vinbäret, psi-värde [W/mK]	Standard, psi-värde [W/mK]	Längder [m]	Vinbäret. Psi-värde*längd	Standard. Psi-värde*längd
Vägg-vägg	0,032	0,048	10	0,32	0,48
Tak-vägg	0,026	0,02	55,5	1,443	1,11
Grund Vägg	0,26	0,332	53,7	13,962	17,8284
Fönster vägg	0,069	0,057	86,6	5,9754	4,9362
Dörr-vägg	0,069	0,057	19	1,311	1,083
Fönster tak	0,069	0,057	10	0,69	0,57

4.7.2 Analys av optimal fönsterplacering

Tabellen nedan sammanfattar resultatet av fönsterplaceringsanalysen från *Bilaga 11*.

Tabell 11. Psi-värden för möjliga fönsterplaceringar hos Vinbäret.

	Fönsterplacering	Psi-värde, [W/m]
1	Vinbärets verkliga fönsterplacering med vinklad fönstersmyg	0,102
2	Vinbärets approximerade verkliga fönsterplacering med rak fönstersmyg	0,069
3	Utsida karm linjerar med utsida flexsystemskiva	0,039
4	Karmens centrumlinje indragen 15 % av väggens isolerade del	0,030
5	Karmens centrumlinje indragen 25 % av väggens isolerade del	0,024
6	Karmens centrumlinje indragen 50 % av väggens isolerade del	0,023
7	Karmens centrumlinje indragen 60 % av väggens isolerade del	0,031
8	Insida karm linjerar med insida gipsskiva	0,057

För Vinbäret blir köldbryggan vid fönsteranslutningen som minst om karmens centrumlinje dras in mellan 25 och 50 % av väggens isolerade tjocklek utifrån sett där väggens isolerade tjocklek utgörs av samtliga skikt innanför luftspalten.

4.7.3 Energiberäkningar

Vinbärets förväntade energibehov enligt de tre beräkningsmetoder som använts. Beräkningsresultaten ligger väl samlade kring 19 kWh/m² och år.

Tabell 12. Det förväntade energibehovet för Vinbäret hamnar på 19 kWh/m² och år.

Beräkningsmetod	Förväntat energibehov, kWh/m ² och år
VIP-Energy	19
Rockwools onlinebaserade programvara	18
Gradtimmemetoden	21

4.8 Slutsats

4.8.1 U-värden och psi-värden

Vinbärets U-värden är låga i förhållande till Standardhusets vilket gör att köldbryggorna står för en större andel av energiförlusterna hos Vinbäret än vad som är fallet för Standardhuset. Det är därför extra viktigt att lägga stor omsorg vid att bryta köldbryggor hos lågenergihus.

Anslutningar hos Vinbäret där två välisolerade konstruktionsdelar möts är alltid bättre än för Standardhuset men vid en anslutning mellan ett välisolerat element och mot t.ex. ett fönster blir köldbryggan tydligare hos Vinbäret eftersom det välisolerade elementet tappar effektivitet då fönster och dörrar bryter isoleringen.

Standardhuset klarar sig bättre i köldbryggeanalysen än Vinbäret vilket beror på att det normalt sett flödar mer energi genom Standardhusets konstruktionselement.

4.8.2 Analys av optimal fönsterplacering

Minst köldbrygga fås om fönstret dras in mellan 25 och 50 % i väggens isolerade del. Den enda vinsten med att dra in fönstret 50 % istället för 25 % är att psi-värdet reduceras med 4,3 % enligt nedan. Ur ett energiperspektiv spelar det därför mindre roll var fönstret placeras så länge indragningen hålls mellan 25 och 50 %.

$$Kvot \text{ mellan } \psi - \text{ värden} = \frac{25 \% \text{ indraget}}{50 \% \text{ indraget}} = \frac{0,024}{0,023} = 1,043 \quad (4.83)$$

4.8.3 Energiberäkningar

Det förväntade energibehovet för Vinbäret hamnar på cirka 19 kWh/m² och år. Samtliga tre energiberäkningar ger slående lika resultat vilket ökar trovärdigheten för att resultatet ligger nära sanningen. I det här fallet hade gradtimmemetoden ensam givit en tillräckligt bra skattning på det förväntade energibehovet. Den betydligt större arbetsinsatsen som lagts ned i VIP-Energy och HEAT2 för att få fram samma resultat som gradtimmemetoden är inte försvarbar i fallet att endast energibehovet eftersträvas.

4.8.4 FEBY

Vinbäret uppfyller inte alla krav för att klassas som ett passivhus enligt FEBY09. Vissa krav har inte kunnat testas, t.ex. ljudnivåer från ventilationssystemet men i övrigt är det bara ett krav som inte uppfylls och det är effektkravet. Problemet är inte att Vinbäret inte är tillräckligt energisnålt för att kunna ha en mindre värmepump, problemet är att det inte tillverkas så små värmepumpar. I FEBY12 har de ersatt effektkravet med ett krav på energibehov vilket Vinbäret uppfyller. Dock har de sänkt det tillåtna U-värdet för fönster till $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ vilket gör att Vinbäret inte uppfyller alla krav för passivhus enligt FEBY12 heller.

5 Fukt

5.1 Allmänt om fukt

Det är ett faktum att över 80 % av samtliga skador på byggnader i Sverige idag är fuktrelaterade. Att behöva riva ett blott fem år gammalt hus på grund av mögel- och rötangrepp är inte önskvärt på något sätt. Det kan dock bli konsekvensen om inte tillräckligt stor omsorg läggs ned vid att konstruera byggnaden på ett fukttekniskt hållbart sätt. Fuktskador kan ge otrevliga konsekvenser, dels rent ekonomiskt då det ofta är kostsamt att åtgärda skadorna som uppkommit men också hälsomässigt. Att leva i ett så kallat mögelhus medför förhöjda risker att utveckla allergier. Olika individer är olika känsliga för mögel och reagerar därför olika i en miljö med mycket mögelsporer i luften. Huvudvärk och illamående kan föräledas av mögel. (Sandin, 2010)

Förhöjda fukthalter och fuktproblem kan yttra sig på många sätt. Det är ofta fuktens synliga påverkan som man tänker på först i form av till exempel saltutfällningar, frostsprängning och fuktfläckar. Det är dock viktigt att komma ihåg att det är de dolda fuktproblemen som ofta är de värsta, både ur ett ekonomiskt- och hälsoperspektiv. Mögel- och rötangrepp inne i konstruktioner tillsammans med giftiga emissioner kan ge mycket otrevliga konsekvenser för hälsa och plånbok.

Fuktkänsliga material kan få förändrade egenskaper såsom sämre bärighet, försämrade värmisolerings- och dimensionsförändringar vid förhöjda fukthalter.

I takt med att äldre bostäder tilläggsisolerats utan att kompletteras med invändiga tätskikt och att nya obeprövade byggmetoder används för att bygga mer energisnåla byggnader har fuktanalys blivit ett alltmer använt och känt begrepp.

Det är viktigt att förstå hur fukt tillförs, transporteras och påverkar en byggnadsdel för att byggnadsdelen ska kunna utformas på ett fukttekniskt korrekt sätt.

I detta kapitel analyseras Vinbäret ur ett fukttekniskt perspektiv. Vinbärets fuktflöden simuleras i WUFI och resultaten jämförs med de verkliga fuktmätningar som gjorts i Vinbärets väggar och tak.

5.2 Fukttransport

Fukt kan transporteras i två olika faser, i vätskefas eller ångfas. Utöver vattenövertryck och kapillärsugning finns ytterligare två drivkrafter för transport av fukt i vätskefas, tyngdkraft respektive vindtryck men ingen fördjupning av dessa transporter kommer ske..

5.2.1 Transport i vätskefas

Vattenövertryck

Transport genom vattenövertryck innebär att porsystemet blir fyllt med vatten och att vattnet huvudsakligen söker sig fram genom de största porerna.

Kapillärsugning

I motsats till vid transport genom vattenövertryck blir de största porerna ofta inaktiva vid kapillärsugning eftersom den kapillära sugkraften är minst i de större porerna. För att kapillär transport ska kunna äga rum krävs att vattnet i kapillärerna eller porerna bildar ett sammanhängande system. Ett sådant system kan endast bildas om fukthalten i materialet överstiger den kritiska fukthalten, w_k .

5.2.2 Transport i ångfas

Fuktdiffusion

Gasmolekylerna i en inhomogen gasblandning rör sig så att de med tiden fördelas jämnt i blandningen. Strävan hos gaser att reducera koncentrationsskillnader benämns diffusion. Fuktdiffusion avser renodlad ångtransport som uppstår på grund av en ånghaltsskillnad. Speciellt två fall av diffusion är aktuellt i denna rapport.

- Inomhus är ånghalten normalt högre än utomhus vilket medför fuktdiffusion genom klimatskalet.
- Byggfukt inuti material transporteras från materialets inre till ytan främst genom diffusion. Övergången från ytan till omgivande luft kan ske genom diffusion och konvektion.

Fuktkonvektion

Fuktkonvektion innebär att vatten i ångfas följer med en luftström. Det krävs totaltrycksdifferenser för att ett luftflöde ska kunna uppstå. En vanlig orsak till totaltrycksdifferenser är densitetsskillnader orsakade av temperaturskillnader. Vindtryck och ventilationsfläktar kan vara andra orsaker. Fuktkonvektion förekommer i hål, spalter och i porösa material.

Effusion och termodiffusion har endast marginell betydelse i byggnadstekniska sammanhang och behandlas därför ej här. (Nevander & Elmarsson, 2006)

5.3 Fukt i material

I byggnadstekniska sammanhang är vatten i material antingen fysikaliskt eller kemiskt bundet. Kemiskt bundet vatten är dock så hårt fixerat att det inte täcks in under begreppet fukt. Det är således det fysikaliskt bundna vattnet som betecknas som fukt. Vid absorption tar ett material upp fukt från omgivningen och vid desorption avges fukt till omgivningen. Att ett material efinner sig i jämvikt innebär att lika mycket fukt tas upp som avges per tidsenhet.

5.3.1 Fukthalt, fuktkvot

Fukthalten w anger mängden vatten per volym av materialet.

$$Fukthalt = w = \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (5.1)$$

Fuktkvoten u definieras som ett materials innehåll av förångningsbart vatten i kilogram dividerat med mängden torrt material i kilogram.

$$Fuktkvot = u = \frac{m_w}{m_0} \quad (5.2)$$

$$m_w = \text{mängden förångningsbart vatten} \quad [kg]$$

$$m_0 = \text{mängden torrt material} \quad [kg]$$

Sambandet mellan fukthalt och fuktkvot ges enligt nedanstående formel.

$$w = \rho \cdot u \quad (5.3)$$

$$\rho = \text{materialets skrymdensitet} \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

5.3.2 Hygroskopisk fukt

Adsorption och kapillärkondensation är de två fenomen som gör att material kan ta upp fukt direkt från luften, så kallad hygroskopisk fukt.

5.3.3 Kapillaritet

Vattenupptagning från fritt vatten är det som främst förknippas med kapillaritet. Material utsatta för t.ex. slagregn eller exponering mot grundvattnet tar upp fukt genom kapillär sugning.

5.3.4 Internt fukttillskott

Fukt som tillförs inomhusluft genom t.ex. matlagning, tvättning, duschning husdjur och växter.

5.3.5 Kondens

Luft vid en given temperatur, daggpunkten, kan inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga, mättnadsånghalten. Om luftvolymen tillförs mer vattenånga efter att mättnadsånghalten uppnåtts fälls överskottet ut i form av kondens. Ju varmare luft desto mer vattenånga kan luften innehålla. Detta är anledningen till att plastfolien är så viktig i en byggnad. Plastfolien förhindrar att inomhusluften, vilken ofta har en högre fukthalt än utomhusluften, tränger ut genom klimatskalet, avkyls och kondenserar.

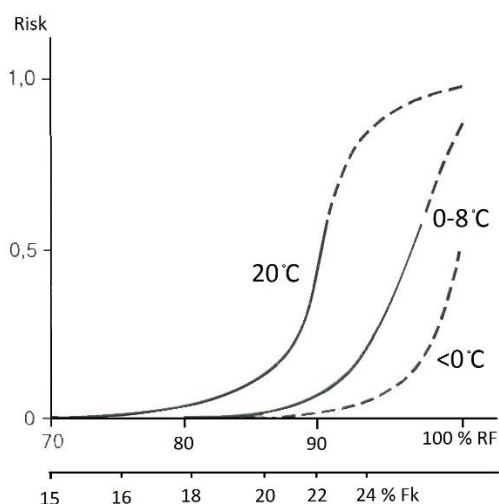
5.3.6 Fuktskador

Vid fuktdanalysen bör beräknade fukttillstånd jämföras med kritiska fukttillstånd för aktuellt material.

”Kritiskt fukttillstånd är gränsen för att materialet bibehåller godtagbar funktion under hela den tid som materialet kan exponeras för fukttillståndet” (Nevander & Elmarsson, 2006)

Trä

En relativ fuktighet på 75-80 % kan användas som ett riktvärde för trä och många andra organiska material i inomhusmiljö och i klimatskärmens inre delar. Överskrider riktvärdet ökar risken för angrepp av t.ex. mögel och äkta hussvamp. (Johansson, 2014)



Figur 40. Risk för mögeltillväxt beroende på den relativa fuktigheten i trämaterial.

Mögel

Vedcellerna tar ingen skada vid blånad eller vid ett mögelangrepp, dock blir träet missfärgat. Mögel och så kallade actinomyceter kan dock ge upphov till luftavgivning och medföra en oönskad hälsorisk för de boende. Utgå alltid ifrån att det finns mögelsporer i luften. Erfarenhetsmässigt är det känt att trä utomhus klarar sig bra vid relativa fuktigheter över 80 % så länge det är skyddat mot nederbörd. I Figur 40 ovan kan risken för mögelpåväxt avläsas som funktion av den relativa fuktigheten.

Rötsvampar

Rötsvampar bryter ned vedcellerna vilket kan medföra minskad hållfasthet, försämrad beständighet och ökad deformation. Rötsvampar kräver tillgång till fritt vatten för att kunna gro och etablera sig. Hussvampen anses dock kunna växa på trä med en fuktkvot ner till 16 % när den väl etablerats. Det är därför viktigt att betingelserna för att hussvamp ska kunna gro aldrig uppfylls. (Nevander & Elmarsson, 2006)

5.4 Fukt vid projektering

Nedan listas de fuktkällor en byggnad kan utsättas för och som måste tas i beaktning i projekteringsfasen.

- Slagregn
- Snö och smältvatten
- Vattenånga i luften, luftfukt
- Fritt vatten i/på mark samt vattenånga i markens porer
- Läckagevatten från byggnadens installationer

Nedan visas en enkel överblick över vilka fuktbelastningar olika byggnadsdelar kan utsättas för.

Grund

- Markfukt
- Nederbörd
- Fuktdiffusion
- Byggfukt

Yttervägg, tak samt fönster

- Regnfukt, inkluderar is och snö
- Byggfukt
- Fuktkonvektion
- Fuktdiffusion
- Läckage

5.5 Byggfukt

5.5.1 Allmänt

När en byggnad uppförs har dess ingående material ofta förhöjda fukthalter. Virke och andra material lagras ibland i en fuktigare miljö än den de sedan kommer att byggas in i vilket innebär att en uttorkning måste ske. Materialen kan också tillföras väta under byggtiden via till exempel nederbörd. Differensen i fukthalt från det att byggnadsdelen är färdigställd och att den nått jämvikt med omgivningen benämns byggfukthalt.

I takt med att husen blir allt tätare och mer välisolerade med målet att reducera energibehovet är det extra viktigt att komma ihåg att byggfukt måste kunna avges inom rimlig tid. Oavsiktliga otätheter hos byggnadsdelar gör att byggfukt kan torka ut relativt snabbt på grund av fuktkonvektion vilket är en betydligt snabbare process än diffusion. Efterhand som allt större krav ställs på tätheten minskar möjligheten att torka ut byggfukt via fuktkonvektion. Detta innebär att det tar längre tid för Vinbärets byggfukt att torka ut jämfört med till exempel Standardhusets. Innan ett passivhus isoleras och plastas igen är det därför extra viktigt att säkerställa att de material som kommer att byggas in kan torka ut på ett sätt som inte medför oönskad kondensbildning eller vattenansamling inne i en fukt känslig konstruktion. För att få bygga in trä i en konstruktion får fuktkvoten inte överskrida 18 %. Även om detta riktvärde följs riskerar man att få vattenansamlingar inuti till exempel väggar och tak under uttorkningstiden. Eftersom en diffusionstät plastfolie så gott som alltid används på byggnadens insida och på så sätt förhindrar uttorkning inåt bör diffusionstät skikt undvikas långt ut i konstruktionen. (Nevander & Elmarsson, 2006)

5.5.2 Väderskydd under byggtiden

Vinbäret är ett lösvirkeshus som byggs under bar himmel. Konstruktionen har således utsatts för väta under byggtiden. Samtliga väggelement byggdes under dagar med uppehåll och lagrades under presenningar. Alla väggelement restes under en dag. Dagen efter sattes samtliga takstolar på plats och de nästföljande dagarna spikades svallet och underlagspappan.

Att använda väderskydd under byggtiden är att föredra, både ur fuktteknisk synvinkel och ur arbetsmiljösynpunkt då ett bättre arbetsklimat erhålls. Anledningen till att väderskydd inte användes under uppförandet av Vinbäret är en ren kostnadsfråga. Att hyra ett väderskydd med måtten 25x15x8 m under ett års tid är allt annat än gratis. Alternativet är att köpa ett väderskydd istället för att hyra, det är dock inte rimligt att köpa ett väderskydd av den dimensionen för att uppföra endast ett hus.

5.6 Byggfuktanalys

5.6.1 Uttorkning av byggfukt hos Vinbäret

Huset är byggt under 2,5 års tid och konstruktionen har fått torka ut innan den isolerats och plastats igen. Fuktmätare har använts för att säkerställa att kravet på en högsta tillåtna ytfuktkvot på 18 % hos trä före inbyggnad underskrids.

Grund

Marklagren under isolerskiktet bestående av 400 mm cellplast är väldränerande. Grundplattan var väderskyddad och hade fri kontakt med inomhusluften under två års tid innan plastfolien rullades ut och parketten lades. Plattan har således haft god tid på sig att torka ut uppåt.

Vägg

Få mätpunkter uppvisade en högre fukthalt än 15 % vid inbyggnadstillfället. Vägghkonstruktionen stod öppen för lufttorkning under ett års tid innan isolering och plastfolie monterades. De fuktmätningar som nu pågått i över ett år hos Vinbäret indikerar inte att det förekommit kondens eller förhöjda fukthalter under uttorkningsprocessen i väggkonstruktionen.

Tak

Trots att takstolarna har fått torka uppmonterade under ett års tid innan takkonstruktionen isolerades och plastades igen uppgick fuktkvoten hos takstolarnas plywoodlaskar till 16-18 %. Medan det massiva virket precis bredvid uppvisade en fuktkvot på 14-15 %.

Det mest intressanta som inträffat rent byggnadsfysikaliskt under uppförandet av Vinbäret uppdagades i februari, ett par månader efter att taket isolerats och plastats igen. En genomförelse skulle göras och taket öppnades upp. Det visade sig att det fanns fritt vatten på undersidan av den luftspaltbildande skivan av cellplast se Figur 4. Vattendroppar hängde under cellplastskivan och när handen stacks in mellan mineralull och cellplast blev handen våt. Fenomenet kan direkt hänföras till byggfukt och uttorkning. När takkonstruktionen byggts in under december månad höjdes värmen i huset stegvis under en månads tid från cirka 0° till 15° Celsius med hjälp av värmefläktar. De enda värmekällorna innan dess förutom solen var de strålkastare som användes under kvällstid samt värmeförluster från diverse verktyg.

5.6.2 Byggfuktsanalys av det uttorkningsproblem som Vinbärets takkonstruktion drabbades av.

En normal fuktkvot för trämaterial inuti en bostad är 8-12 %. Takstolarnas fuktkvot vid inbyggnadstillfället uppgick till 14-15 % medan takstolarnas plywoodlaskar hade en fuktkvot på 16-18 %. När värmen höjs i huset och temperaturdifferensen mellan inne och ute ökar sjunker takstolarnas fuktkvot p.g.a. att RF inomhus inte sjunker. Den del av takstolen som

befinner sig närmst den varma sidan kommer att stabilisera sig omkring 10 % medan takstolens yttre delar troligtvis kommer att ha en något högre fuktkvot. För detta exemplars skull sätts takkonstruktionens nu aktuella fuktkvot till 15 % och fuktkvoten efter uttorkning till 10 %. Fuktkvoten hos plywoodlaskarna sätts till 17 %. Nu beräknas den mängd vatten som måste avges för att takkonstruktionen ska nå en fuktkvot på 10 %. För att på ett enkelt sätt relatera alla siffror till verkligheten beräknas den mängd byggfukt som kommer att avges från en kvadratmeter takkonstruktion.

Fukthalten beräknas ur fuktkvoten:

$$w = \rho \cdot u \quad [kg/m^3] \quad (5.4)$$

$$p = \text{materiallets skrymdensitet} \quad [kg/m^3] \quad (5.5)$$

$$u = \text{fuktkvot} \quad [\%] \quad (5.6)$$

Skrymdensiteten hos takkonstruktionens massivträ sätts till 420 kg/m^3 respektive 500 kg/m^3 för plywood.

Fukthalter för trä respektive plywood beräknas:

$$w_{\text{trä, 15\%}} = 420 \cdot 0,15 = 63 \quad [kg/m^3] \quad (5.7)$$

$$w_{\text{trä, 10\%}} = 420 \cdot 0,10 = 42 \quad [kg/m^3] \quad (5.8)$$

$$w_{\text{plywood, 17\%}} = 500 \cdot 0,17 = 85 \quad [kg/m^3] \quad (5.9)$$

$$w_{\text{plywood, 10\%}} = 500 \cdot 0,10 = 50 \quad [kg/m^3] \quad (5.10)$$

Volymen trä respektive plywood av en meter takstol innanför den luftspaltbildande skivan beräknas:

$$V_{\text{trä}} = 0,045 \cdot 0,120 + 0,045 \cdot 0,195 + 0,045 \cdot 0,070 = 0,017 \quad [m^3] \quad (5.11)$$

$$V_{\text{plywood}} = 8 \cdot 0,012 \cdot 0,200 \cdot 0,300 = 0,006 \quad [m^3] \quad (5.12)$$

Volymen vatten som måste avgå från en meter takstol för att takkonstruktionens fuktkvot ska sjunka till 10 % beräknas:

$$\begin{aligned} V_{H_2O} &= w_{\text{trä, 15\%}} \cdot V_{\text{trä}} + w_{\text{plywood, 17\%}} \cdot V_{\text{plywood}} - w_{\text{trä, 10\%}} \cdot V_{\text{trä}} - w_{\text{plywood, 10\%}} \\ &\quad \cdot V_{\text{plywood}} = 63 \cdot 0,017 + 85 \cdot 0,006 - 42 \cdot 0,017 - 50 \cdot 0,006 \\ &= 0,6 \quad [\text{liter vatten per meter takstol}] \end{aligned}$$

Takstolarnas c/c avstånd är 1,2 m, volymen vatten som måste avgå genom en kvadratmeter takyta beräknas:

$$V_{H_2O/m^2 \text{ takyta}} = \frac{0,6}{1,2} = 0,5 \quad [L] \quad (5.13)$$

Den mängd vatten som måste avgå per kvadratmeter takyta för att takkonstruktionen ska komma i dynamisk jämvikt med omgivningen är således 0,5 liter. I denna rapport går vi inte vidare och beräknar förväntade uttorkningstider. Om intresse finns för att göra sådana beräkningar får ni gärna ta del av våra temperaturmätningar vilka utgör ett alldeles utmärkt beräkningsunderlag för en sådan analys.

Det händelseförlopp som föranledde kondensbildning mot den luftspaltbildande skivan hos Vinbäret kan beskrivas i ett antal steg.

1. Takkonstruktionen har stått öppen under ett års tid och kommit i dynamisk jämvikt med omgivningen. Inomhustemperaturen följer utomhustemperaturens svängningar.
2. Den luftspaltbildande skivan monteras liksom isolering och plastfolie.
3. Värmeblåsar höjer inomhustemperaturen succesivt från 0° till 15° Celsius under en månads tid. En avfuktare sätts in som går dygnet runt.
4. Inomhustemperaturen ökar liksom mätnadsånghalten samtidigt som avfuktaren sänker inomhusluftens ånghalt. Således minskar den relativa fuktigheten inuti huset, dock endast innanför plastfolien.
5. Värmetransmission genom takkonstruktionen gör att takstolarnas och isoleringens temperatur ökar. Mätnadsånghalten ökar och den relativa fuktigheten minskar.
6. När ett material befinner sig i en miljö med en viss temperatur och en viss relativ fuktighet uppstår med tiden en jämvikt mellan omgivningens fukthalt och materialets fukthalt. Studera nu desorptionskurvan för trä. När den relativa fuktigheten minskar, minskar också den fukthalt som materialet kommer att ha vid jämvikt med den nya, lägre, relativa fuktigheten.
7. Trämaterialet i Vinbärets takkonstruktion strävar nu efter att skapa en ny jämvikt under de nya förhållanden som råder. Den nya jämvikten kommer att innebära att en lägre fukthalt hos trä materialet eftersträvas, vattenmolekyler kommer således att lämna takkonstruktionen. Drivkrafterna för denna fukttransport är fuktdiffusion och fuktkonvektion. Där luftrörelser tillåts kommer konvektion att dominera vilken är en betydligt snabbare process än diffusion. Hur snabbt uttorkning via diffusion går varierar över året beroende på att utomhusluftens ånghalt varierar.
8. Vattenmolekylerna transporteras i ångfas utåt i den allt kallare konstruktionen. De passerar lätt igenom den diffusionsöppna mineralullen men när de kommer fram till den betydligt tätare cellplastskivan uppstår problem. Allt fler vattenmolekyler ansamlas i gränsskiktet mellan mineralull och cellplast. Eftersom inte lika många vattenmolekyler kan vandra igenom cellplasten per tidsenhet jämfört med mineralullen ökar ånghalten i gränsskiktet. När mätnadsånghalten nås börjar vattenmolekyler fällas ut i form av kondens mot undersidan av cellplastskivan.

9. Förenklat kan det sägas att vattenmolekylerna ställer sig i kö för att få passera ut genom cellplastskivan. Mineralullen är mellan 10 och 15 gånger genomsläppligare än cellplasten. Det är ett engångsproblem, när väl byggfukten torkat ut kan samma problem inte uppstå igen om konstruktionen inte tillförs fukt genom till exempel håligheter i plastfolien eller ett läckande tak. Ångan som kondenserar kommer att torka ut, det är bara en tidsfråga.

5.6.3 Åtgärder

När problemet uppdagades tillverkades två stycken specialborr för mineralull respektive cellplast, se figur nedan. Plastfolien öppnades upp i ett tiotal punkter utspridda över hela taket varefter det stora borret användes för att skära ut en mineralullskärna. Därefter borrar det mindre borret ut en kärna ur cellplastskivan. Svallet var torrt i samtliga testpunkter. Mängden kondens varierade kraftigt mellan de olika testpunkterna. Huset ligger i nord-sydlig riktning, det fanns lika mycket/lite kondens på västra respektive östra takhalvan varvid solen inte torde ha haft någon inverkan på mängden kondens. Resultatet av ”kärnboringarna” var förbryllande till en början. Vissa testpunkter var helt torra, andra dyblöta, vissa fuktiga. Svaret på gåtan visade sig vara enkelt. De luftspaltbildande skivorna är inte falsade, i teorin monteras de helt tätt intill varandra, i praktiken händer det att det glipar i skarvarna. Luftspalten är att beteckna som mycket välventilerad, luften tränger ner genom glipan och ett litet luftflöde skapas, kondensen kan nu torka ut genom fuktkonvektion vilket är en betydligt snabbare process än diffusion. De testpunkter som låg nära en skarv var i allmänhet torrare på grund av just detta fenomen.

12 mm tjocka plywoodlaskar hindrar cellplastskivorna från att ligga dikt an mot takstolarna. Med jämna avstånd skapas således luftspalter med måtten 10x50x200 mm. Cellplastskivorna är spikade upp i den träregel som skjuter ut i takstolens ovankant på respektive sida. Tio spik kan spikas på varje sida genom cellplastskivan och fortfarande kommer det att finnas ojämnheter som gör att små glipor bildas mellan träregel och cellplastskiva. Luften inuti luftspalten får kontakt med luften under cellplastskivorna och fuktkonvektion uppstår. Närmst takstolarna var det således helt torrt i de punkter som kontrollerades.

Ett litet uttorkningsexperiment gjordes. Mineralullskärnorna sattes tillbaka men cellplastkärnorna lämnades därhän. Hålen i plastfolien tejpades igen. Efter tre veckor öppnades samtliga testpunkter på nytt. Runt varje hål var det helt torrt i en cirkel med en medeldiameter på cirka 600 mm. Luft från den välventilerade luftspalten skapade ett luftflöde i mineralullen vilket skyndade på uttorkningsprocessen.

Två månader senare när det var dags att sätta takpanel öppnades taket upp igen för att kontrollera hur uttorkningen av byggfukten fortskred. Nya testpunkter öppnades upp på tio slumpvis valda platser. Samtliga testpunkter var helt torra, byggfukten hade torkat ut genom den luftspaltbildande skivan.



Figur 41. En flik skars upp i plastfolien vid respektive testpunkt.

Figur 42. Svallet var torrt i

Figur 43. Det större röret är avsett för mineralulln och det mindre för cellplastskivan.

5.6.4 Jämförelse med Standardhuset

Ur kondenssynpunkt är det önskvärt att materialens ånggenomsläpplighet minskar ju längre ut i konstruktionen man kommer. För att få en känsla för vilka förutsättningar som gäller för Standardhuset respektive Vinbäret görs en jämförelse av ångmotstånden hos deras respektive luftspaltbildande skiva.

$$\text{Ångmotstånd} = Z = \frac{d}{\delta} \quad [s/m] \quad (5.14)$$

$$d = \text{materiallets tjocklek} \quad [m] \quad (5.15)$$

$$\delta = \text{ånggenomsläpplighetskoefficient} \quad [m^2/s] \quad (5.16)$$

$$Z_{\text{Otjehärdad träfiberskiva}} = \frac{0,0035}{2,33 \cdot 10^{-7}} = 15\,000 \quad [s/m] \quad (5.17)$$

$$Z_{\text{Cellplast 1, } 20 \text{ kg/m}^3} = \frac{0,05}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 83\,333 \quad [s/m] \quad (5.18)$$

$$Z_{\text{Cellplast 2, } 20 \text{ kg/m}^3} = \frac{0,05}{1,4 \cdot 10^{-6}} = 35\,714 \quad [s/m] \quad (5.19)$$

$$Z_{\text{Mineralull, } 15 \text{ kg/m}^3} = \frac{0,05}{20 \cdot 10^{-6}} = 2\,500 \quad [s/m] \quad (5.20)$$

Ånggenomsläpplighetskoefficienten hos EPS-cellplast med densiteten 20 kg/m^3 varierar mellan $0,6-1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ beroende på tillverkare. Notera även ånggenomgångsmotståndet hos 50 mm mineralull ovan. (Sandin, 2010)

Storleksförhållandet mellan ånggenomgångsmotstånden beräknas.

$$\frac{Z_{Cellplast\ 1,\ 20\ kg/m^3}}{Z_{Oljehärdad\ träfiberskiva}} = \frac{83\ 333}{15\ 000} = 5,6 \quad (5.21)$$

$$\frac{Z_{Cellplast\ 2,\ 20\ kg/m^3}}{Z_{Oljehärdad\ träfiberskiva}} = \frac{35\ 714}{15\ 000} = 2,4 \quad (5.22)$$

Vinbärets luftspaltbildande skiva har således ett ånggenomgångsmotstånd som är mellan 2,4 och 5,6 gånger större än Standardhusets. I Vinbärets fall hade det således varit säkrare ur kondenssynpunkt att använda den oljehärdade träfiberskivan. Därmed inte sagt att det är ett bättre alternativ med den oljehärdade träfiberskivan då den består av organiskt material vilket kan angripas av mögel. Det kan mycket väl vara så att även träfiberskivan drabbas av kondens under uttorkningsprocessen. Det utreds dock inte närmare i denna rapport. (Gyproc, Handbook, 2014)

5.7 Fuktmätning och Simulering

I kapitel tre finns mätningarnas genomförande beskrivet. För att ha sensorernas placering färskt i minnet vid genomgång av kommande diagram upprepas de nedan.

5.7.1 Placering av sensorer med samma benämningar som i diagram

Inne. Inomhus i tvättstugan cirka 2,2 m över golvnivån respektive 0,3 m från innertaket.

Ute. Utomhus bakom en stolpe i carporten i söderläge. Sensorn är dock skyddad mot direkt solljus.

Utsida OSB. Utanför OSB-skivan tre meter upp från grunden på sydgaveln.

Luftspalt vägg. I luftspalten tre meter upp från grunden på sydgaveln.

Utsida plastfolie. Bakom plastfolien tre meter upp från grunden på sydgaveln.

OSB syll. Utanför OSB-skivan vid syllan.

Luftspalt takfot. I luftspalten en meter från takfoten på östra takhalvan.

Luftspaltnock. I luftspalten 1,5 m från taknocken på östra takhalvan.

Cellplast tak. Under den luftspaltbildande cellplastskivan mitt på östra takhalvan.

Plastfolie tak. Bakom plastfolien mitt på östra takhalvan.

5.7.2 Risktabell för mögel- och rötangrepp

Tabellen nedan ska vara i åtanke när kommande diagram ska läsas och tolkas.

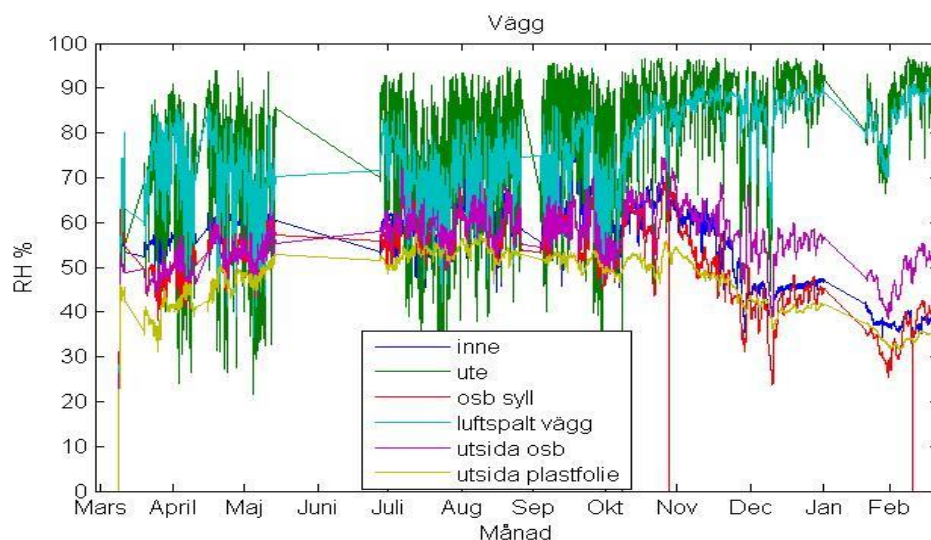
Tabell 13. Viktigt att ha i åtanke är att samtliga rötsvampar och de flesta mögelsvampar behöver fritt vatten för att kunna gro. (Johansson, 2012)

Risk		Ingen	Liten-måttlig	Stor
Röta	Fuktkvot %	< 16	16-25	>25
	Relativ fuktighet %	< 75	75-95	>95
Mögel	Fuktkvot %	< 15	15-20	>20
	Relativ fuktighet %	< 70	70-85	>85

5.7.3 Mätresultat hos Vinbäret

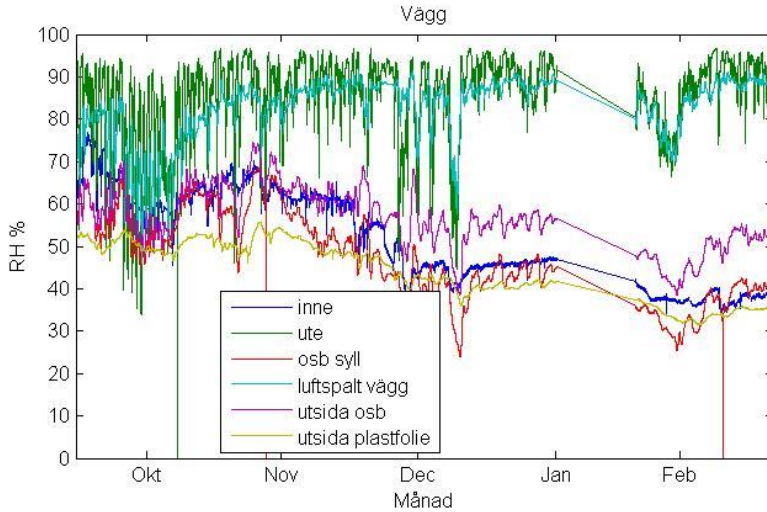
Nedanstående diagram innehåller samtliga mätdata för de fyra mätpunkterna i Vinbärets yttervägg under ett års tid samt mätdata för inom- och utomhus under samma period. Från mars 2013 till februari 2014. De områden där raka streck förekommer har det varit uppehåll i mätningarna. Uppehållen har oftast haft sin grund i att mätningarna inte återupptagits automatiskt efter ett strömavbrott. Manuell återstart krävs vilket gör det viktigt att kontrollera loggdatorn med jämna mellanrum för att minimera risken för längre mätstopp. Lodräta streck tyder på signalfel vilket kan uppkomma t.ex. när mätningarna stoppas manuellt för nedladdning av mätdata.

Husets uppvärmningssystem togs i drift i slutet av oktober vilket syns tydligt i diagrammet. Den relativa fuktigheten sjunker generellt samt fluktuerar betydligt mindre efter värmesystemets inkoppling. En hög, jämn inomhustemperatur tillsammans med ett avstängt ventilationsystem och en låg ventilationsgrad ger en ökad mätnadsånghalt och en långsammare anpassning till utomhusklimatets varierande relativa fuktighet.



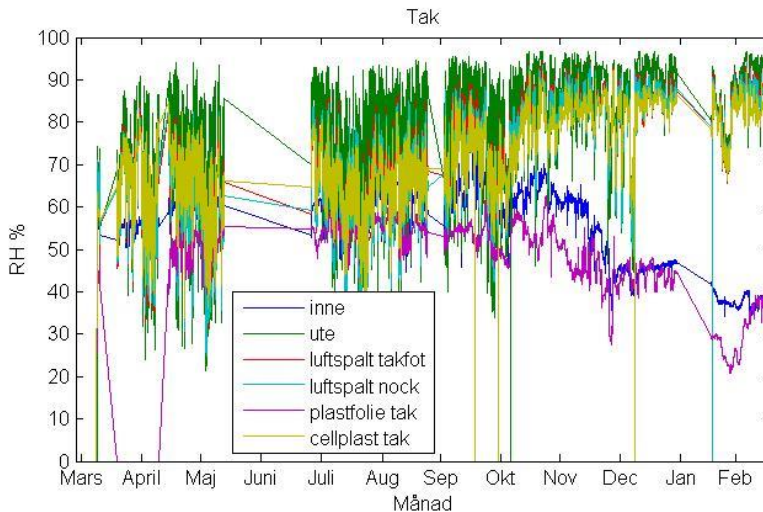
Figur 44. Alla fukthaltsmätare i väggens samtliga mätvärde. Cirka 12 000 000 mätvärden ligger till grund för diagrammet ovan.

Dygnsvariationen i skikten är liten på grund av den låga luftomsättningen och de långsamma temperaturförändringarna. Den är desto större utomhus där t.ex. sol och nederbörd snabbt förändrar luftens mätnadsånghalt och relativa fuktighet ses i Figur 45. Förskjutningen av toppar vittnar om trögheten i systemet. Förskjutningen syns tydligare i värmekapitlets temperaturdiagram.



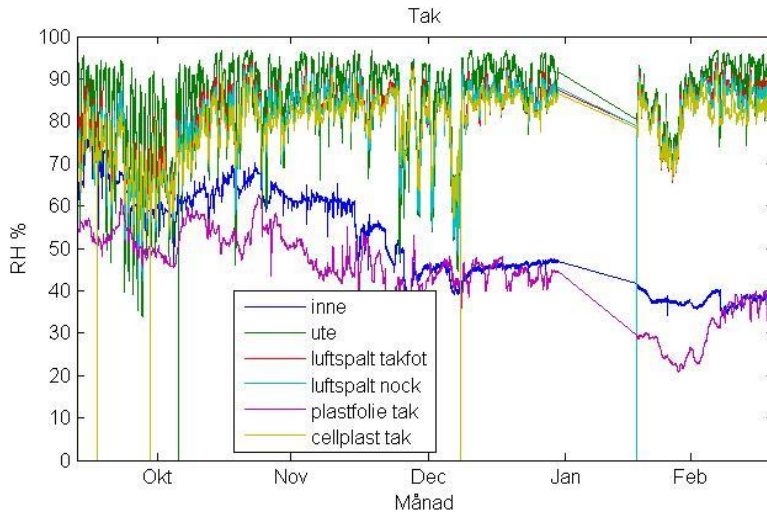
Figur 45. Inzoomning av samtliga mätpunkter för Vinbärets vägg. Notera hur den relativa fuktigheten varierar ju längre ut i väggen du kommer.

Figur 46 innehåller samtliga mätdata för de fyra mätpunkterna i Vinbärets tak under ett års tid samt mätdata för inom- och utomhus under samma period. De stora fluktuationerna hos sensorerna i luftspalten tyder på att den är välventilerad.



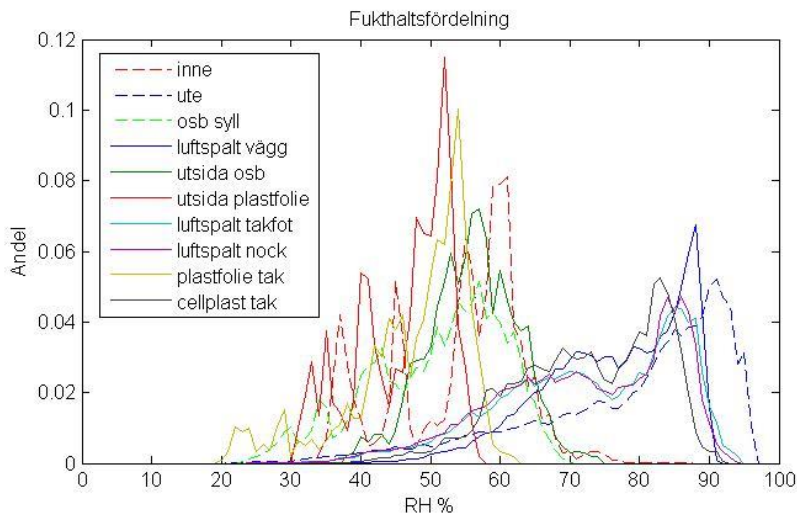
Figur 46. Den relativa fuktigheten utomhus varierar kraftigt.

Liksom för väggkonstruktionen är dygnsvariationen liten på grund av den låga luftomsättningen och de långsamma temperaturförändringarna. Den relativa fuktigheten inomhus ligger relativt stabilt mellan 40 och 50 % efter att värmesystemet tagits i drift.



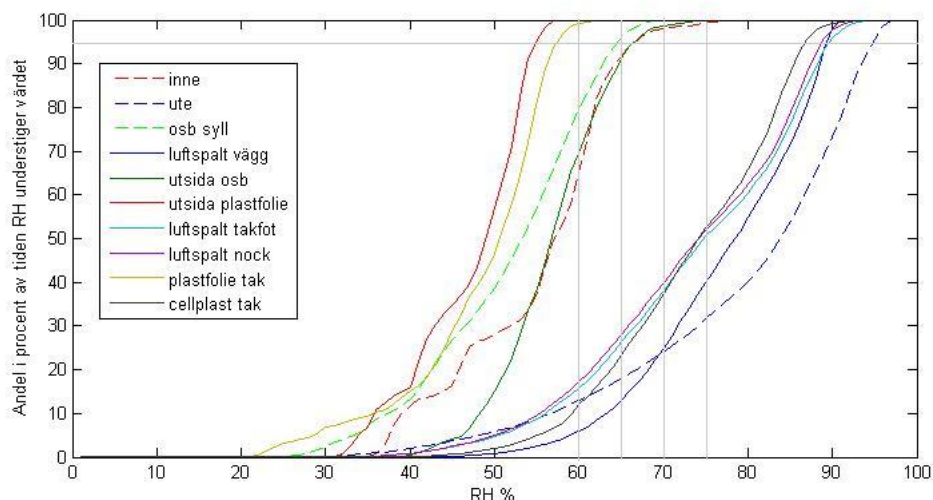
Figur 47. Inzoomning av samtliga mätpunkter för Vinbärets tak. Den relativa fuktigheten bakom plastfolien överstiger sällan den relativa fuktigheten inomhus.

Figur 48 illustrerar hur stor andel av tiden som den relativa fuktigheten i en mätpunkt ligger på en viss nivå.



Figur 48. Fukthaltsfördelning för alla fuktmätningar över mätperioden. Mätserierna i diagrammet kan approximeras med en normalfördelningskurva.

I nedanstående Figur 49 kan avläsas hur stor andel av tiden som den relativa fuktigheten understiger ett visst värde. Mätresultaten från respektive mätpunkt utvärderas och kommenteras.



Figur 49. Fördelning av RF-nivåer i samtliga tio mätpunkter. På y-axeln kan avläsas hur många procent av tiden som den relativa fuktigheten understiger ett visst värde.

- Inne

Den relativa fuktigheten inomhus understiger 70 %, 95 % av tiden. Ur diagrammen för mätdata kan dock avläsas att efter värmesystemets idrifttagande ligger den relativa fuktigheten stabilt under 50 % varvid ingen risk för varken mögel eller röta förekommer.

- Ute

Utomhussensorn är den som uppvisar störst fluktuationer sett över året då den snabbt påverkas av t.ex. solsken och nederbörd. Generellt sett ligger den relativa fuktigheten utomhus högt, 75 % av tiden ligger den över 70 %.

OSB syll

- Den relativa fuktigheten vid syllan understiger 70 %, 100 % av tiden. Det finns således ingen risk för varken mögel eller röta. Klimatet kring syllan är torrt och det finns inga tecken på att den tillförs fukt varken från inomhus, från luftspalten, eller från betongplattan/marken.

- Luftspalt vägg

Väggens luftspalt uppvisar de högsta relativa fuktigheterna efter utomhussensorn. Kurvans förskjutning åt vänster i figuren vittnar om att luftspalten är mindre ventilerad än utomhusluften. Skalmuren är målad med en mycket diffusionsöppen silikatfärg vilket gör att både puts och lättklinker kan ta upp och lagra fukt. Dock ökar

porstorleken ju närmre luftspalten man kommer vilket inte gynnar en inåtgående fukttransport. Dock kan en fuktig skalmur bidra till att befukta luften i luftspalten, detta tillsammans med stora temperaturvariationer mellan dag och natt kan ge upphov till höga RF-nivåer.

75 % av tiden ligger den relativa fuktigheten över 70 %. Risken för mögelpåväxt på organiskt material är således överhängande, dock finns inget organiskt material exponerat i väggens luftspalt. Det närmsta organiska materialet förutom fönstren befinner sig 250 mm från luftspalten, bakom flexsystemskivan. Fönsterkarmar respektive deras infästningsramar i plywood bedöms inte vara i farozonen med tanke på det större värmefflöde som uppstår här på grund av köldbryggan runtomkring fönstren.

95 % av tiden ligger RF-nivån under 90 % vilket innebär att risken för röta är liten till måttlig. Röttsvampar kräver tillgång till fritt vatten för att gro. Då varken tillgång till fritt vatten eller organiskt material finns kan risken avfärdas.

- **Utsida OSB**

98 % av tiden ligger RF-nivån under 70 % varvid risken för mögelangrepp får betraktas som ytterst liten. RF överstiger inte någon gång 75 % vilket innebär att risken för röta kan avfärdas. Den yttre OSB-skivan är det yttersta organiska materialet i väggkonstruktionen förutom fönstren. Intressant är att OSB-syllkurvan ligger längre till vänster än utsida OSB vilket skulle innebära att det är mindre fuktigt vid syllen än mitt på gaveln. Kurvan för utsida OSB är rakare än för OSB syll vilket innebär att RF fluktuerar mindre vid utsida OSB. De större fluktuationerna vid syllen kan bero på uppträngande markfukt då huset inte varit uppvärmt större delen av mätperioden. Betongen bör inte ha haft någon inverkan på fuktklimatet vid syllen då den varit uttorkad sedan länge.

- **Utsida plastfolie vägg**

Uppvisar lägsta RF-nivåer och minst variation av samtliga mätpunkter. RF understiger 55 %, 95 % av tiden. Sensorn sitter skyddad mot inomhusluftens rörelse och fuktvariation. Den stora förskjutningen mellan aktuell sensor och inomhussensorn vittnar om en tät plastfolie i sensorns närområde.

- **Luftspalt takfot**

Luftspalt takfot följer väl kurvan för luftspaltnock vilket tyder på att luften varken avger eller tar upp fukt under sin passage i luftspalten vilket tyder på en tät konstruktion. RF-nivåerna i takets luftspalt är höga. 60 % av tiden ligger RF över 70 %. Risken för mögelpåväxt är således stor, dock kräver de flesta mögelsvampar liksom röttsvampar fritt vatten för att kunna gro men det finns ett antal mögelsvampar som gror redan vid 75-80 % RF. Höga fukthalter, likt utekurvan, tyder på ett högt flöde och många omsättningar i luftspalten. Förskjutningen till utomhuskurvan kan till viss

del bero på uppvärmning inifrån tack vare nattutstrålningsisoleringen, dock kan vindstilla väder tillsammans med nederbörd och ett långsamt utbyte av luften i luftspalten också förklara förskjutningen. (Johansson, 2014)

- **Luftspaltnock**

Kurvan är nästintill identisk med luftspalttakfot.

- **Plastfolie tak**

Är något förskjutet till höger i förhållande till utsida plastfolie vägg. RF understiger 57 %, 95 % av tiden.

- **Cellplast tak**

Något brantare kurva än för luftspalttak vilket tyder på en viss fördröjning av RF-nivåerna. 65 % av tiden överstiger RF 85 %. Stor luftomsättning i luftspalten tillsammans med springor mellan ofalsade skivor och svår anslutning mellan takstol och cellplastskiva ger viss luftnedträngning från spalt till underkant cellplast. RF-nivån ligger något lägre under cellplastskivan än i luftspalten. Se vidare under rubriken "Byggfuktanalys".

5.7.4 Fuktsimuleringar i WUFI

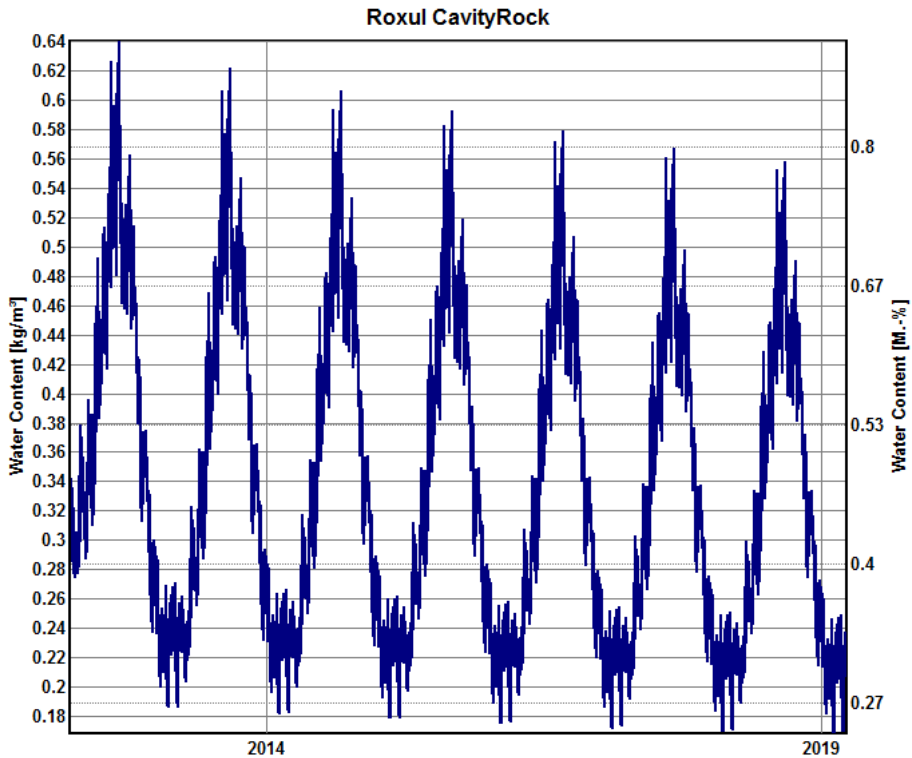
5.7.4.1 Genomförande

Simuleringar har gjorts i samtliga skiktgränser i väggar och tak för Vinbäret respektive Standardhuset. I varje skikt varieras luftomsättningen i luftspalten i fyra steg: 0, 5, 20 samt 100 luftomsättningar per timme. Anledningen är att den verkliga luftomsättningen i luftspalten inte är känd och den är mycket svår att uppskatta. Både RF-diagram, fuktackumuleringsdiagram och dagpunktdiagram tas fram för samtliga skiktgränser och variationer i luftomsättning.

5.7.4.2 Fukttackumulering

Samtliga fukttackumuleringssimuleringar påvisar en uttorkning över tiden.

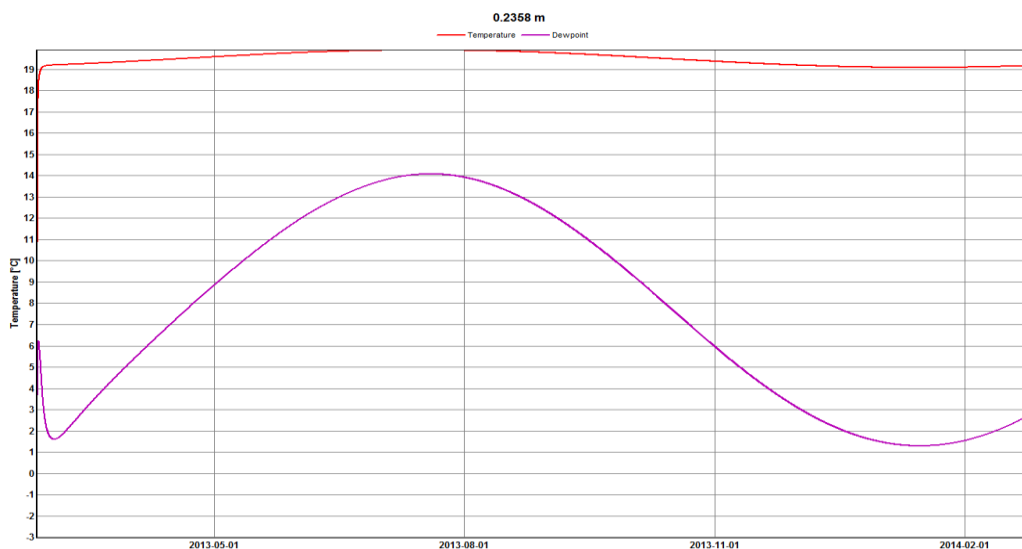
Av nedanstående diagram kan utläsas att flexsystemskiktet inte ackumulerar någon fukt över åren. Snarare motsatsen, ju fler år som passerar desto lägre blir dess fukttinnehåll. Diagrammet illustrerar värsta fallet, med noll luftomsättningar i luftspalten.



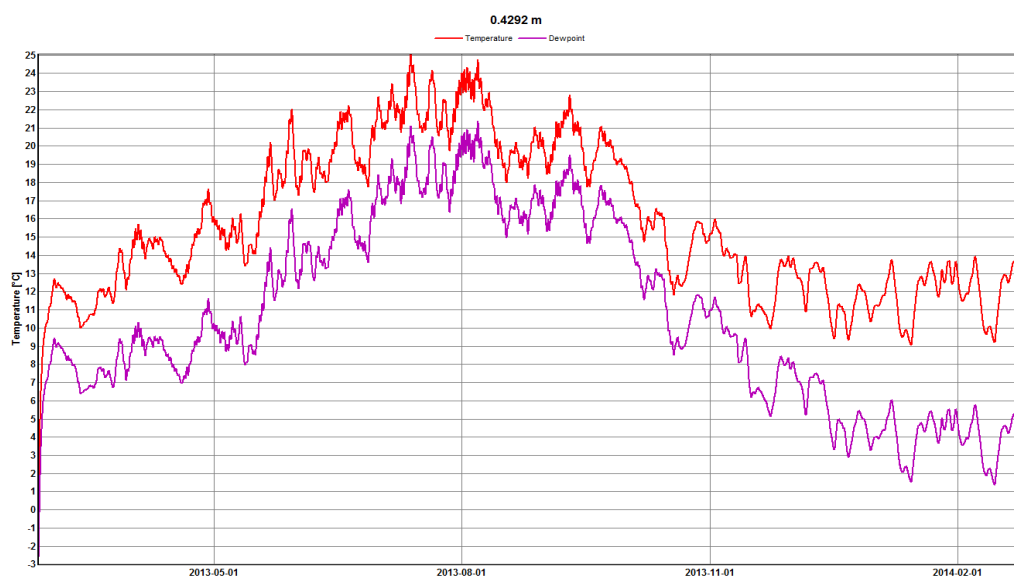
Figur 50. Isolerskiktet hos Vinbäret visar igen fukttackumulering över tiden.

5.7.4.3 Kondensrisk

Ur daggpunktsdiagrammen kan utläsas om det finns någon risk för att vattenånga kondenseras inuti konstruktionen. Kondens faller ut om den lila daggpunktsgrafens i någon punkt ligger högre än den röda temperaturgrafens. Enligt WUFI förekommer ingen risk för kondens i något av materialskikten hos varken Vinbäret eller Standardhuset. Simuleringarna görs över ett års tid.



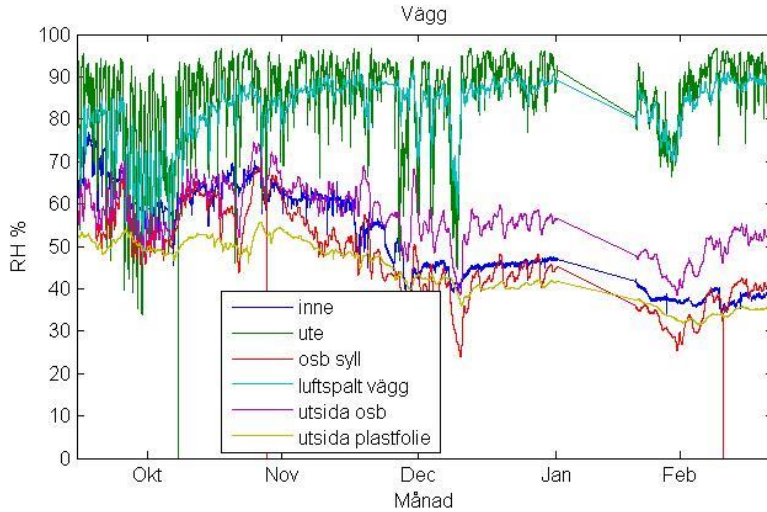
Figur 51. Ingen risk för kondens föreligger under Vinbärets luftspaltbildande skiva av cellplast vid noll luftomsättningar per timme i luftspalten efter det att byggfukten torkat ut.



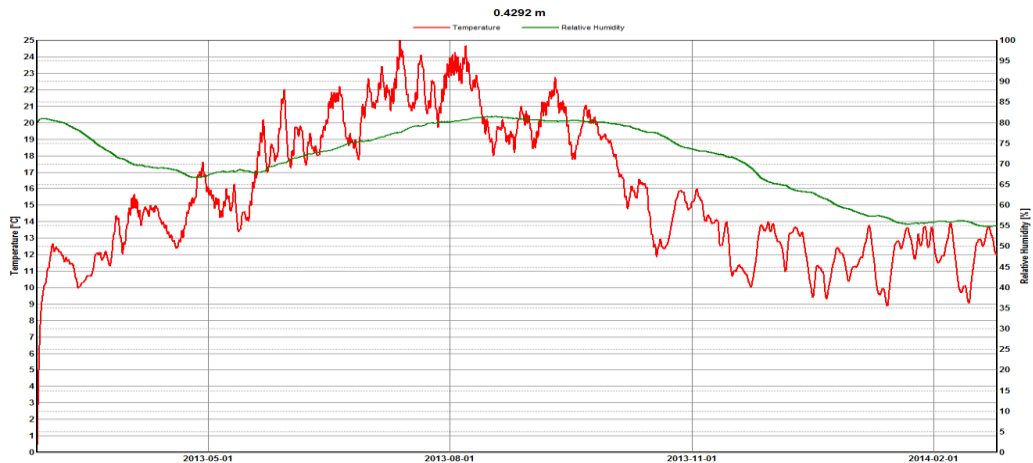
Figur 52. Daggpunktskurva och temperaturkurva där temperaturkurvan hela tiden ligger över daggpunktskurvan och det ger mycket liten risk för kondens vid OSB-skivan hos Vinbäret.

5.7.4.4 Jämförelse av fuktförhållanden

För att skapa klarhet i hur trovärdiga WUFI:s fuktsimuleringar är i fallet Vinbäret görs nedan en jämförelse mellan den verkliga mätserien för Vinbärets yttre OSB-skiva och simuleringsresultatet i WUFI för samma skiva. Observera att det övre diagrammet på grund av sin skala endast spänner från november till februari medan det nedre spänner över ett år.



Figur 53. Den relativa fuktigheten har en topp på drygt 70 % och ett lägsta värde på knappt 40 %.



Figur 54. Observera att grön graf är relativ fuktighet. Den relativa fuktigheten pendlar mellan 70 % i november och 55 % i februari.

Studera figurerna Figur 53 och Figur 54. Enligt jämförelsen är de verkliga värdena något lägre än vad WUFI-simuleringen visar men de stämmer i övrigt väl överens. Den luftomsättning som stämde bäst överens med de verkliga mätningarna var 5 omsättningar i luftspalten/timme enligt diagram ovan.

5.8 Resultat

5.8.1 Mätresultat hos Vinbäret

Nedan visas en sammanställning över resultaten från fuktmätningarna samt en kommentar om risknivån för mögel/rötangrepp. Observera att alla rötsvampar och de flesta mögelsvampar kräver tillgång till fritt vatten för att kunna etablera sig samt att temperaturförhållandena är de rätta enligt Figur 40. Härutöver krävs tillgång till organiskt material. Riskangivelserna nedan är således endast giltiga om de rätta förutsättningarna för svampangrepp är infriade. (Johansson, 2012)

Tabell 14. Riskbedömning för påväxt av mögel/rötsvamp då betingelserna är de rätta.

Mätpunkt	Hur många % av tiden är RF högre än 70 %	Hur många % av tiden är RF högre än 85 %	Risk för mögelsvampar	Risk för röt-svampar
Inne	1,9	0	Ingen	Ingen
Ute	75,8	45,6	Stor	Liten-måttlig
OSB syll	0	0	Ingen	Ingen
Luftspalt vägg	74,9	28,0	Stor	Liten-måttlig
Utsida OSB	1,3	0	Ingen	Ingen
Utsida plastfolie	0	0	Ingen	Ingen
Luftspalt takfot	61,6	23,3	Stor	Stor
Luftspaltnock	59,8	20,6	Stor	Stor
Plastfolie tak	0	0	Ingen	Ingen
Cellplast tak	62,2	11,3	Stor	Liten-måttlig

5.8.2 Fuktsimuleringar i WUFI

Inget skikt hos varken Vinbäret eller Standardhuset ackumulerar fukt över tiden. Samtliga skikt uppvisar ett uttorkande mönster.

Det föreligger ingen risk för kondens ($RF_{krit} < 100 \% RF$) inuti något skikt i Vinbärets eller Standardhusets väggar och tak. Simuleringarna är simulerade på årsbasis för att täcka alla klimatförhållanden. RF ligger ej stadigvarande över kritiska nivåer varken för kondens eller mögeltillväxt i känsliga byggmaterial. Kritiska nivå för mögeltillväxt är 75-80%. (Mattsson Björn, Et al., 2010)

Det antal luftomsättningar per timme som stämde bäst överens med den verkliga mätserien för RF i Vinbärets luftspalt var 5 omsättningar per timme.

5.9 Slutsats

5.9.1 Mätresultat hos Vinbäret

I tabellen nedan kommenteras och dras slutsatser av mätresultaten.

<u>Mätpunkt</u>	<u>Kommentarer och slutsatser</u>
OSB syll	Syllen ligger torrt och inga förhöjda fukthalter vid syllens registrering.
Luftspalt vägg	Har höga fuktnivåer stora delar av året. Luftomsättningen ligger omkring fem omsättningar per timme. En lösning för att sänka fuktnivåerna är att borra hål i skalmurens nederkant så att den inte enbart ventileras ovanifrån. De höga fuktnivåerna spelar dock mindre roll eftersom inget organiskt material finns tillgängligt i luftspalten eller i dess närområde.
Utsida OSB	Låga fuktnivåer. Det kan härmed konstateras att det yttersta organiska materialet i Vinbärets yttervägg ligger varmt och torrt.
Utsida plastfolie vägg	Inga förhöjda fuktnivåer vilket tyder på att luften bakom plastfolien inte tillförs fukt varken inifrån eller från väggkonstruktionen.
Luftspalt takfot	Höga fuktnivåer, dock aldrig fritt vatten. Det är naturligt att fuktnivåerna i luftspalten är höga då de ventileras med utomhusluft kontinuerligt. För att sänka fuktnivåerna och dra mer nytta av nattutstrålningsisoleringen kan luftflödet strypas. Ett minskat luftflöde ger transmissionsförlusterna inifrån mer tid till att värma upp luften i luftspalten och på så sätt ökar mätnadsånghalten och den relativa fuktigheten sjunker. De höga fuktnivåerna kan leda till påväxt av vissa mögelsvampar som inte kräver fritt vatten för att gro. Mögel påverkar dock inte träverkets bärande egenskaper och inomhusluften kommer inte att påverkas av mögel i luftspalten varvid allvaret i situationen kan diskuteras.
Luftspaltnock	Samma förutsättningar som för luftspalt takfot.
Plastfolie tak	Inga förhöjda fuktnivåer vilket tyder på att luften bakom plastfolien inte tillförs fukt varken inifrån eller från väggkonstruktionen.
Cellplast tak	Höga fuktnivåer stora delar av året. Beror till stor del på närheten till luftspalten och de otätheter som uppstår i skarvar mellan cellplastskivor och mot takstolar och dess skarvningslaskar. Förutom under uttork-

ningen av byggfukt finns ingen risk för fritt vatten under cellplastskivan. På grund av det uttorkningsfenomen som Vinbäret drabbades av är det inte lämpligt att i fortsättningen använda cellplast som luftpaltbildande skiva. Fördelen hos Vinbäret är att det inte finns något organiskt material under cellplastskivorna som kan ta skada av de förhöjda fuktnivåerna. Undantaget är takstolarna som skjuter upp mellan cellplastskivorna och exponeras i luftspalten. Det finns dock inget ”tätt” material såsom cellplast som stänger in någon fukt i kontakt med takstolarna och på så sätt ökar risken för ett angrepp.

5.9.2 Fuktsimuleringar i WUFI

Det föreligger ingen kondensrisk i någon punkt hos varken Vinbärets eller Standardhusets väggar och tak. Ingen risk för fuktackumulering föreligger i något skikt.

Den luftspaltbildande skivan bör enligt ”Byggfuktanalys” bytas ut mot ett mer diffusionsöppet material, företrädesvis inte ett organiskt material på grund av de höga RF-nivåerna i takets luftspalt. När byggfukten väl torkat ut är inte cellplastskivan något problem längre. Det är ett engångsproblem av uttorkningskaraktär endast ett läckage kan göra att liknande problem uppstår igen.

Jämförelsen mellan WUFI:s simulering och det verkliga utfallet gav liknande resultat varför trovärdigheten för de WUFI simuleringar vilka inte kan dubbelkontrolleras ökar. Differensen mellan WUFI:s resultat och verkligheten kan till viss del bero på årliga fluktuationer.

6 Ekonomisk analys

Till grund för den ekonomiska analysen ligger *Bilaga 10 "Kostnadsjämförelse"* samt *Bilaga 9 "Tillkommande arbetsmoment och tidsjämförelse"*. Återbetalningstiden för att göra Vinbäret till ett passivhus beräknas för ett antal olika fall för att skapa klarhet i frågan om det är ekonomiskt försvarbart att bygga passivhus i förhållande till Standardhus.

6.1.1 Tillvägagångssätt

1. Den totala extrakostnaden för att göra Vinbäret till ett passivhus beräknas.
2. Formel för elprisets utveckling tas fram.
3. Vinbärets förväntade medelenergibehov per m² beräknas som ett medel från energiberäkningar i VIP-Energy, Rockwools energiberäkningsprogram samt med gradtimmermetoden.
4. Vinbärets medelenergibehov subtraheras från Standardhusets energibehov.
5. Energibehovsdifferensen multipliceras med Vinbärets A-temp för att få fram den totala besparingen i antalet kWh per år.
6. Återbetalningstiden beräknas för ett antal olika fall.

6.1.2 Total kostnadsdifferens mellan Vinbäret och Standardhuset

Extrakostnaden för att göra Vinbäret till ett passivhus består dels av extra materialkostnader och dels av kostnader för extra arbetstimmar. I *Bilaga 10, "Kostnadsjämförelse"*, respektive i *Bilaga 9, "Tillkommande arbetsmoment och tidsjämförelse"*, finns kompletta beräkningsunderlag och beskrivningar av de kostnader som redovisas nedan.

Den totala kostnaden för det extra material som har gått åt för att göra Vinbäret till ett passivhus uppgår till 129 300 kr. Nedan ett utdrag ur *Bilaga 10, "Kostnadsjämförelse"*.

Summering kostnadsjämförelse extra material

Extrakostnad för Vinbärets yttervägg = 67 268,1 [kr]

Extrakostnad för Vinbärets grundplatta = 32 345,7 [kr]

Extrakostnad för Vinbärets tak = 29 684,4 [kr]

*Total extrakostnad material_{Vinbäret} = 67 268,1 + 32 345,7 + 29 684,4
= 129 298 [kr]*

Det totala antalet extra arbetstimmar som har gått åt för att göra Vinbäret till ett passivhus ges enligt tidsjämförelsen i *Bilaga 9* till 364,5 timmar.

När snickare anlitas till ett större projekt såsom att uppföra en villa är 350 kr/h en normal taxa på löpande basis. Beroende på var i Sverige man befinner sig och vilket bolag som anlitas kan denna siffra variera i båda riktningar.

Den totala extrakostnaden för de arbetstimmar som har behövts för att göra Vinbäret till ett passivhus ges nu enligt nedan.

Summering tidsjämförelse extra arbetstimmar

Totalt antal extratimmar

$$= \text{Extratimmar grund} + \text{Extratimmar vägg} + \text{Extratimmar tak}$$

$$= 51,5 + 188 + 125 = 364,5 \text{ [timmar]}$$

$$\text{Total extrakostnad} = \text{Totalt antal extratimmar} * \text{Timpris} = 364,5 * 350$$

$$= 127\,575 \text{ [kr]}$$

Summan av kostnaderna för det extra materialet och för de extra arbetstimmarna utgör den totala kostnadsdifferensen mellan Standardhuset och Vinbäret.

$$\text{Total kostnadsdifferens} = 129\,298 + 127\,575 = 256\,873 \text{ [kr]} \quad (6.1)$$

6.1.3 Formel för elprisets utveckling

Medelpriset ut till konsument beräknas med hjälp av energistatistik från Svensk Energi. Elpriset avser ett rörligt avtal vilket inkluderar nätavgifter, elcertifikat, skatter och moms. Prisökningen antas vara linjär. Råta linjens ekvation tas fram för elprisutvecklingen mellan åren 2000 och 2011 vilket bedöms vara en representativ period för elprisets utveckling.

$$y = kx + m \quad (6.2)$$

$$m = \text{elpriset år 2000} = 70 \text{ [öre]}$$

$$y = \text{elpriset år 2011} = 150 \text{ [öre]}$$

$$x = \text{antalet år mellan år 2000 och 2011}$$

$$k = \frac{(y - m)}{x} = \frac{(150 - 70)}{11} = 7,27 \text{ [prisökning i öre per år]} \quad (6.3)$$

Vinbäret färdigställdes år 2013 då elpriset enligt Svensk Energi uppgick till 130 öre/kWh. Ekvationen som används för att beräkna den förväntade elprishöjningen under Vinbärets livstid på 50 år ges nu enligt nedan där y anger elpriset x år efter år 2013. (Svenskenergi, Elpriser, 2014)

$$y = 7,27 \cdot x + 130 \quad (6.4)$$

6.1.4 Vinbärets förväntade medelenergibehov

Enligt kapitlet om energiberäkningar gav de tre olika metoderna för beräkning av energibehov följande resultat.

$$VIP - Energy: 19 \left[\frac{kWh}{m^2}, \text{år} \right] \quad (6.5)$$

$$Rockwool: 18 \left[\frac{kWh}{m^2}, \text{år} \right] \quad (6.6)$$

$$Gradtimmemetoden: 21 \left[\frac{kWh}{m^2}, \text{år} \right] \quad (6.7)$$

Vinbärets förväntade medelenergibehov ges således till 19 kWh/m² och år.

$$\text{Förväntat medelenergibehov} = \frac{(19 + 18 + 20)}{3} = 19 \left[\frac{kWh}{m^2}, \text{år} \right] \quad (6.8)$$

6.1.5 Differens mellan Vinbärets och Standardhusets energibehov

Standardhusets energibehov representerar de mest energieffektiva villorna som Sveriges ledande småhusfabrikanter erbjuder idag.

Differensen ges enligt följande.

$$\begin{aligned} \text{Standardhusets energibehov} - \text{Vinbärets energibehov} &= 35 - 19 \quad (6.9) \\ &= 16 \left[\frac{kWh}{m^2}, \text{år} \right] \end{aligned}$$

6.1.6 Differensen i energibehov multipliceras med Vinbärets A-temp

Vinbärets A-temp uppgår till 196 m².

$$\text{Total differens i energibehov} = 16 \cdot 196 = 1\,536 \left[kWh/\text{år} \right] \quad (6.10)$$

6.1.7 Återbetalningstiden beräknas

Den totala besparingen i antalet kWh per år multipliceras med respektive års förväntade elpris. Besparingen summeras från år till år. När summan av årens besparingar uppgår till extrakostnaden för att göra Vinbäret till ett passivhus har återbetalningstiden på investeringen fått fram.

I beräkningarna har inflationstakten satts till 2 % och bankräntan till 4 %.

Återbetalningstiden beräknas för fyra olika fall. Tillsammans bedöms dessa fyra fall spegla hur byggandet av en villa finansieras idag. Utöver dessa fyra fall görs en beräkning på hur mycket pengar som maximalt får användas till att göra Vinbäret till ett passivhus för att åtgärderna ska betala av sig på 25 respektive 50 år.

Fall 1

Den framtida husägaren bygger huset själv och betalar allt extramaterial för att göra huset till ett passivhus kontant. Avbetalningstiden uppgår till 20 år.

Fall 2

Den framtida husägaren bygger huset själv och lånar pengar till allt extramaterial. Avbetalningstiden uppgår till 25 år.

Fall 3

Den framtida husägaren köper tjänsten att göra huset till ett passivhus och betalar allt extramaterial och arbete kontant. Avbetalningstiden uppgår till 33 år.

Fall 4

Den framtida husägaren köper tjänsten att göra huset till ett passivhus och lånar pengar för att kunna betala allt extramaterial och arbete. Avbetalningstiden uppgår till 46 år.

Avbetalning på 25 år

Om åtgärderna för att göra Vinbäret till ett passivhus ska betala tillbaka sig på 25 år får inte de totala kostnaderna för extramaterial och arbete överstiga 175 000 kr vid kontant betalning.

Avbetalning på 50 år

Om åtgärderna för att göra Vinbäret till ett passivhus ska betala tillbaka sig på 50 år får inte de totala kostnaderna för extra material och arbete överstiga 490 000 kr vid kontant betalning.

6.2 Resultat

En sammanställning över återbetalningstider för att göra Vinbäret till ett passivhus.

	Vem som utför passivhusåtgärderna	Hur det extra materialet finansieras	Återbetalningstid (år)
Fall 1	Gör passivhusåtgärderna själv	Kontant	20
Fall 2	Gör passivhusåtgärderna själv	Lån	25
Fall 3	Hyr in arbetskraft att utföra passivhusåtgärderna	Kontant	33
Fall 4	Hyr in arbetskraft att utföra passivhusåtgärderna	Lån	46

För att åtgärderna ska betala tillbaka sig på 25 år får den extra totalkostnaden inte uppgå till mer än 175 000 kr kontant betalning respektive 490 000 kr vid 50 års avbetalning.

6.3 Slutsats

Det är en mycket långsiktig investering att investera i ett passivhus istället för att bygga ett standardhus. Observera att denna analys är gjord för en enplansvilla med loft. För till exempel ett lägenhetskomplex är det troligt att analysen kommer att se ganska annorlunda ut. Ser vi till hela byggnadens livslängd vilken vi har satt till 50 år så är det inte ekonomiskt försvarbart att bygga Vinbäret framför Standardhuset om man inte utför arbetet själv, och det kan diskuteras om det ens är ekonomiskt försvarbart i det fallet heller. Det beror på vad man har för referensramar när det gäller återbetalningstider för en investering.

7 Frågeställningar och svar

Här ges korta svar på de inledande frågeställningar vilka definierades i syftet.

1. Är Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion lämpliga att använda vid byggandet av energisnåla villor ur ett byggnadsfysikaliskt perspektiv?

Ur energisynpunkt är Vinbärets grund-, vägg- och takkonstruktion mycket lämpliga att använda vid byggandet av lågenergikonstruktioner. U_{medel} för Vinbärets klimatskal är 37 % lägre jämfört med Standardhusets U_{medel} . Det förväntade energibehovet för uppvärmning av varmvatten och rumsluft uppgår till 19 kWh/m² och år för Vinbäret att jämföra med BBR-kravet på 55 kWh/m² respektive Standardhuset på 35 kWh/m² och år.

Ur ett fukttekniskt perspektiv finns inget att anmärka på väggkonstruktionen respektive grundkonstruktionen. I takkonstruktionen uppstod inledningsvis ett uttorkningsproblem. Den luftspaltbildande skivan av cellplast var för tät för att all byggfukt från takkonstruktionen skulle kunna torka ut i önskad hastighet. Byggfukt på väg uppåt i takkonstruktionen fälldes ut mot cellplastskivan. Det är dock ett engångsproblem som inte kan uppstå igen såvida konstruktionen inte fuktas upp på grund av läckage eller dylikt. Uttorkningen tog cirka två månader.

Luftspalten i taket uppvisar höga fukthalter vilket i sig inte är märkligt på grund av det kontinuerliga utbytet med utomhusluften. För att reducera fuktnivåerna kan antalet luftomsättningar reduceras så att nattutstrålningsisoleringen utnyttjas i högre grad.

De fuktmätningar och fuktsimuleringar som gjorts visar att ingen risk för varken kondensutfällning eller fuktackumulering över tiden föreligger i varken vägg- eller takkonstruktionen.

2. Är Vinbärets grund-, vägg- respektive takkonstruktion lämpliga att använda vid byggandet av energisnåla villor ur ett ekonomiskt perspektiv?

Det är en långsiktig investering att bygga Vinbäret istället för Standardhuset. Återbetalningstiden för investeringen om arbetet och materialet betalas kontant uppgår till 33 år. Lägsta möjliga återbetalningstid med givna beräkningsförutsättningar fås om du gör arbetet själv och betalar materialet kontant. Återbetalningstiden uppgår då till 20 år. Det mest troliga scenariot är dock att arbetsinsatsen köps in och att både den och materialet betalas med lånade pengar. Återbetalningstiden uppgår för detta fall till 46 år. Då livslängden på huset satts till 50 år är det inte ekonomiskt försvarbart att bygga Vinbäret framför Standardhuset under givna förutsättningar såvida husägaren inte står för arbetsinsatsen själv.

3. Hur byggs ett passivhus i praktiken? Dokumentation och erfarenhetsåterföring om hur man bygger ett passivhus.

Då denna rapport är baserad på ett passivhus som uppförts i verkligheten fanns det en utmärkt möjlighet att förutom en fuktteknisk analys och en ekonomisk jämförelse även dokumentera och redovisa Vinbärets byggprocess. Dokumentationen och erfarenhetsåterföringen av byggprocessen skapar en helhetsbild över byggandet av ett passivhus och visar tydligt att det går att bygga passivhus i verkligheten och inte bara på papperet. För den som vill bygga sitt eget eller någon annans passivhus utgör dokumentationen av Vinbäret ett utmärkt underlag för den som vill sätta sig in i och lära sig mer om hur ett passivhus uppförs i praktiken.

8 Slutsats/Diskussion

8.1 Värme

Vinbäret har ett mycket energieffektivt klimatskal vars U_{medel} är hela 37 % lägre jämfört med Standardhusets. Det är viktigt att ha i åtanke när man jämför Vinbäret och Standardhuset att Standardhuset representerar de absolut energieffektivaste husen som finns att beställa hos landets största kataloghustillverkare. Fönstren drar upp U_{medel} ordentligt vilket är lätt att föreställa sig då Vinbärets fönster har ett U-värde som är cirka 13 gånger högre än väggens. Fönstren är som alltid en känslig fråga men ur energisynpunkt bör glasytorna minimeras.

Det förväntade energibehovet för Vinbäret uppgår till 19 kWh/m² och år att jämföra med Standardhusets 35 kWh/m² och år. Vinbäret förväntas således förbruka cirka 45 % mindre energi för uppvärmning av varmvatten och rumsluft än Standardhuset. En avläsning på värmepannan i april månad visade att pannan hittills förbrukat cirka 1 600 kWh under perioden november till april för att värma varmvatten och rumsluft. För att uppfylla förväntningarna får huset maximalt förbruka 3 720 kWh på årsbasis vilket innebär att hittills ser resultaten lovande ut. Utav de 3 720 kWh åtgår cirka 800 kWh till ventilation. Viktigt att komma ihåg är att husets ventilationssystem inte varit i drift under mätperioden samt att huset varit obebott. Å ena sidan har det gått åt små mängder energi för att värma varmvatten och för att ventilera men å andra sidan har internvärmestillskottet varit i princip noll under hela mätperioden samt att det krävs en del energi för att värma upp hela konstruktionen hos en ny byggnad. Då konstruktionen består av en lite tyngre stomme med betongplatta och någon innervägg av tegelsten fungerar det som utjämning av lufttemperaturens dygnsvariationer vilket minskar energibehovets toppar för uppvärmning.

Samtliga tre energiberäkningsmetoder gav slående lika resultat. I Vinbärets fall var det i efterhand inte värt att lägga ner en så stor arbetsinsats i VIP-Energy och Rockwool för att få fram samma resultat som den betydligt enklare och snabbare gradtimmemetoden. Men gradtimmemetoden hade i det fallet saknat psi-värden på köldbryggorna vilka då hade fått uppskattas eller beräknas enligt någon annan metod.

8.2 Fukt

Ur ett fukttekniskt perspektiv finns inget allvarligt att anmärka på i Vinbärets väggkonstruktion respektive grundkonstruktion. I takkonstruktionen uppstod inledningsvis ett uttorkningsfenomen. Den luftspaltbildande skivan av cellplast var för tät för att all byggfukt från takkonstruktionen skulle kunna torka ut i önskad hastighet. Byggfukt på väg uppåt i takkonstruktionen kondenserade mot cellplastskivan. Det är dock ett engångsproblem som inte kan uppstå igen såvida konstruktionen inte fuktas upp på grund av läckage eller dylikt.

Luftspalten i taket uppvisar höga fukthalter vilket inte är märkligt på grund av det kontinuerliga luftutbytet med utomhusluften. För att reducera fuktnivåerna kan antalet luftomsättningar reduceras så att nattutstrålningsisoleringen utnyttjas i högre grad. Luften blir varmare och den relativa fuktigheten sjunker.

De fuktmätningar och fuktsimuleringar som genomförts visar att ingen risk för kondensutfällning eller fuktackumulering föreligger i varken vägg- eller takkonstruktionen. Grunden har ej analyserats i detta hänseende då alla material under plastfolien består av icke fukt-känsliga material.

De tre mätsensorerna i luftspalterna uppvisar generellt höga RF-nivåer sett över året. Det är naturligt eftersom de står i direkt kontakt med utomhusluften. I väggens luftspalt finns inget organiskt material exponerat, bortsett fönstret, varför luftens RF-nivå spelar mindre roll. Skulle luftflödet i väggspalten visa sig undermåligt tas lämpligen håll upp i skalmurens nedre kant, hittills finns dock inga belägg för att denna åtgärd blir aktuell. Den relativa fuktigheten i takspalten överstiger 70 %, 60 % av tiden. Mögelsvampar som inte kräver fritt vatten för att gro bör ha goda möjligheter att etablera sig under årets varma hälft. Det är dock mögel som hamnar på utomhuskonstruktioner vilket innebär att de som bor i huset inte kommer att påverkas negativt av mögelpåväxten. Luften i takspalten är något varmare än utomhusluften vilket tyder på att en viss uppvärmning sker. Temperaturvariationerna kan också ha sin grund i vindstilla väder och solsken vilket gör att takspalten värms långsammare än utomhusluften och en temperaturskillnad registreras av sensorerna. För att få ut största möjliga effekt av nattutstrålningsisoleringen får inte luftflödet i spalten vara för högt. Den relativt lilla förskjutningen mellan RF-kurvan för takspalten och utomhus vittnar om en hög luftomsättning. En lämplig åtgärd är att reducera arean på de luftningsspringor i underslaget som finns på respektive långsida.

På grund av kondensutfällningen på undersidan av den luftspaltbildande skivan rekommenderar vi att i framtida byggprojekt ersätta cellplastskivan med något annat material. Cellplastskivan är mellan 2,4 och 5,6 gånger tätare än en oljehärdad masonit varför träfiberskivan hade varit ett bättre val ur den synpunkten. Masonit utgörs ju dock av organiskt material vars mängd vi vill reducera långt ut i välisolerade konstruktioner. Ett alternativ kan vara att spänna t.ex. en vindduk över takstolarna innan distanserna som skapar luftspaltens tjocklek spikas på takstolarna, distanslätten klämmer vindduken ned mot takstolens ovankant.

8.3 Ekonomisk analys

Slutsatsen är att det under givna förutsättningar inte bedöms vara ekonomiskt försvarbart att bygga Vinbäret istället för Standardhuset såvida man inte utför arbetet själv. Om allt extramaterial betalas kontant och extraarbetet utförs av husägaren själv uppgår återbetalningstiden till 20 år. Ska pengarna däremot lånas och arbetet utförs av någon annan blir avbetalningstiden 46 år. För att återbetalningstiden ska uppgå till halva den beräknade livslängden, 25 år, får maximalt 175 000 kr i kontanter investeras i passivhusåtgärder. Observera att denna kostnadsanalys gäller för en enplansvilla med loft. Görs en liknande analys av t.ex. ett

flerbostadshus kan återbetalningstiden vara en helt annan, till exempel beroende på att klimatskärmsarean är betydligt mindre i förhållande till boarean.

Det är intressant att diskutera hur marknaden för passivhus ser ut. Frågan är om man i sitt val att bygga passivhus eller ej väger in andra aspekter än så kort avbetalningstid som möjligt. Svenskar är kända för att lägga mycket pengar på sitt boende, kanske uppskattas djupa fönstersmygar, ett tystare inneklimat och att bo i framtidens hus redan idag. En annan aspekt är hur bra huset står sig på andrahandsmarknaden, låga driftskostnader är något som ligger i tiden och som många husköpare efterfrågar idag.

9 Litteraturförteckning

Austrell P-E, Et al., 2004. *CALFEM, A finite element toolbox Version 3,4*. 3,4 red. Lund: Division of Structural Mechanics.

Energilotsen, 2009. *Värmelagring/Stomme, Isolering, Köldbryggor, Lufttäthet - Byggnadskonstruktör*. u.o.:Energilotsen.

Energimyndigheten, 2012. www.energimyndigheten.se. [Online]
Available at: <http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/>
[Använd 29 04 2014].

Erlandsson M, Et al., 2009. *FEBY09 Kravspecifikation för Passivhus 2009*. 2009 red. u.o.:Energimyndigheten.

Erlandsson M, Et al., 2012. *FEBY12 Kravspecifikation för Nollenergi,Passivhus, Minerergihus*. 2012 red. u.o.:Energimyndigheten.

Fraunhofer IBP, 2012. *WUFI 1D*. u.o.:Fraunhofer IBP.

Gyproc, Handbook, 2014. www.gyproc.se. [Online]
Available at: <http://www.gyproc.se/files/Gyproc/Library/Handbook/SE/HB8-4.5.pdf>

International Passive House Association, 2010. *Active for more comfort: The passive house*. 1 red. Darmstadt: International Passive house association.

Johansson P, N. S., 2009. *Energihushållning enligt Boverkets byggregler*. 1:1 red. Karlskrona: Boverket.

Johansson, P., 2012. *Critical moisture conditions for mould growth on building materials*, Lund: Avdelningen för Byggnadsfysik.

Johansson, P., 2014. *Determination of the Critical Moisture Level for Mould Growth on Building Materials*, Lund: Avdelningen för Byggnadsfysik, LTH.

Mattsson Björn, Et al., 2010. *Energi i bebyggelsen-tekniska egenskaper och beräkningar-resultat från projektet BETSI*. 1 red. Karlskrona: Boverket.

Nevander & Elmarsson, 2006. *Fukt handbok Praktik och teori*. Tredje utgåvan, Femte tryckningen red. Mölnlycke: Elanders Sverige AB.

Ottosen N, P. H., 1992. *Introduction to the Finite element method*. Harlow,England: Pearson Education Limited.

Sandin, K., 2010. *Praktisk Byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.

Svenskenergi, Elpriser, 2014. www.svenskenergi.se. [Online]

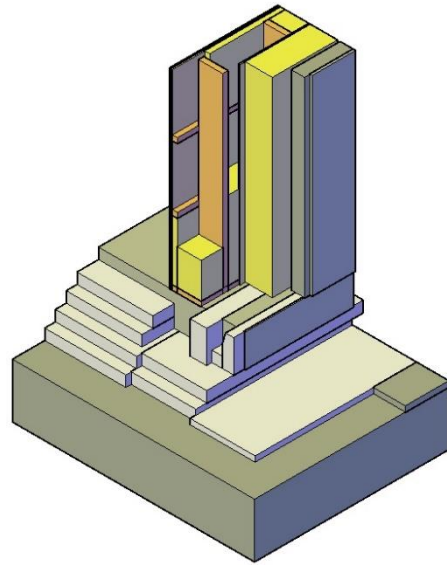
Available at: <http://www.svenskenergi.se/Global/Statistik/Diagram-och-tabeller-konsument-elpriser-och-elskatter-i-Sverige-och-Norden.pdf>

Warfvinge C, D. M., 2010. *Projekterin av installationer i byggnader*. Provtryck red. Lund: Studentlitteratur.

Bilaga 1 -U-värde

U-Värde grund för Vinbäret

Under Vinbärets 100 mm tjocka betongplatta återfinns 400 mm cellplast av kvalitet S80. Under kantbalken ligger 200 mm cellplast S200. Kantbalken delas i två delar av 150 mm cellplast som bryter köldbryggan i anslutningen mellan grundplatta och yttervägg. Den inre kantbalken bär upp den bärande stommen och den yttre kantbalken bär upp skalmuren av lättklinkerblock. På utsidan av kantbalken finns 100 mm cellplast med ett utanpåliggande puts-skikt. Utanför grunden ligger en 50 mm tjock tjälisolering, 600 mm ut från grunden. Ytterhörnerna är försedda med 100 mm tjock hörnkragisolering.



Vinbäret

Golv

0-1 m från yttervägg	d	λ	R	U
Rsi			0,17	
Betong	0,1	1,7	0,058824	
Cellplast	0,4	0,038	10,52632	
Grus	0,2		0,2	
Sand			1	
			11,95514	0,083646
1-6 m från yttervägg	d	λ	R	U
Rsi			0,17	
Betong	0,1	1,7	0,058824	
Cellplast	0,4	0,038	10,52632	
Grus	0,2		0,2	
Sand			3,4	
			14,35514	0,069661

De olika delarnas ytor:

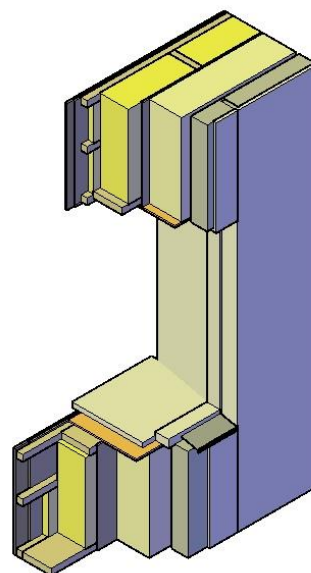
A(0-1)	49,74	m ²
A(1-6)	114,879	m ²

Viktat medelvärde

U-medel	0,079421	W/mK
---------	----------	------

U-Värde vägg för Vinbäret

Vinbärets vägg är uppbyggd kring en bärande 220 mm träregelstomme. Utanför den bärande stommen sitter en 11 mm OSB-skiva och en flexsystemskiva med tjockleken 250 mm. 30 mm utanför flexsystemskiktet står en 120 mm lättklinkervägg med ett utanpåliggande 20 mm tjockt puts-skikt. På insidan av den bärande stommen återfinns plastfolien samt en 45 mm isolerad installationsspalt. De två innersta skikten utgörs av en OSB-skiva och en 13 mm innergips.

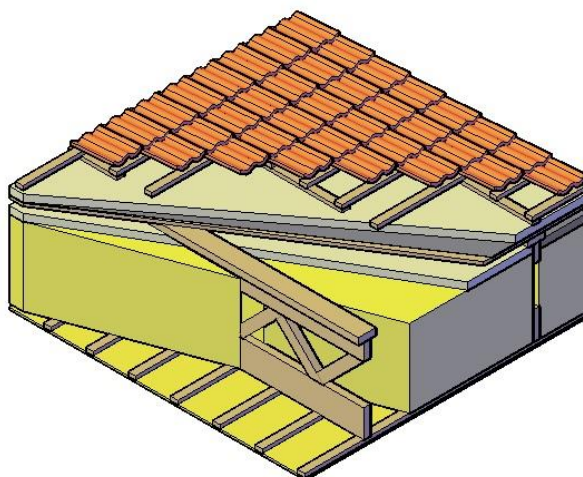


Vinbäret

Vägg				λ-metod		U-metod	
Skikt	d	λ	R	R	R _{isol}	R _{Regel}	Andel
Inne			0,13	0,13	0,13	0,13	
Gips	0,013	0,22	0,06	0,06	0,06	0,06	
Osب	0,012	0,14	0,085714	0,085714	0,085714	0,085714	
Regel	0,045	0,14	0,321429			0,321429	0,1
Isolering	0,045	0,037	1,216216		1,216216		0,9
Regel+isolering	0,045	0,0473	0,951374	0,951374			
Plastfolie							
Regel	0,22	0,14	1,571429			1,571429	0,1
Isolering	0,22	0,037	5,945946		5,945946		0,9
Regel+isolering	0,22	0,0473	4,651163	4,651163			
Osب	0,012	0,14	0,085714	0,085714	0,085714	0,085714	
Isolering	0,25	0,033	7,575758	7,575758	7,575758	7,575758	
Luftspalt	0,03		0,23	0,23	0,23	0,23	
Lättklinkerblock	0,12		0	0	0	0	
Puts	0,02			0	0	0	
Ute			0	0	0	0	
				13,76972	15,32935	10,06004	
λ-metod	0,072623	W/mK					
U-metod	0,068651	W/mK					
U-medel	0,070581	W/mK					

U-Värde tak för Vinbäret

600 mm höga fackverksbalkar med ett c/c avstånd på 1200 mm utgör takkonstruktionens bärande element. Fackverken inrymmer 550 mm mineralull samt 50 mm cellplast som luftspaltbildande skiva. Den 45 mm höga luftspalten följs av en 22 mm råspont, en underlagspapp och en utanpåliggande cellplastskiva. Cellplastskivan benämns nattutstrålningsisolerings och är 50 mm tjock. Under fackverksbalkarna återfinns plastfolien vilken åtföljs av glesreglar och en invändig takpanel.

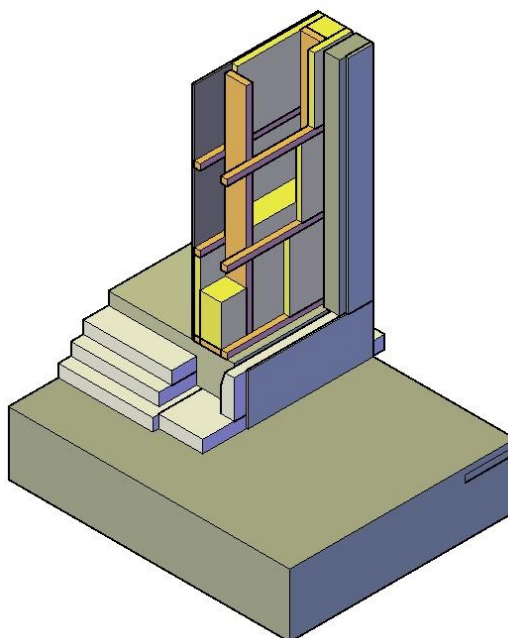


Vinbäret

Tak				λ-metod		U-metod	
Skikt	d	λ	R	R	R _{isol}	R _{Regel}	Andel
Inne			0,1	0,1	0,1	0,1	
Lockpanel	0,012	0,14	0,085714	0,085714	0,085714	0,085714	
Regel	0,022	0,14	0,157143			0,157143	0,3
Luftspalt			0,16		0,16		0,7
Regel+Luftspalt	0,022		0,159143	0,159143			
Plastfolie			0				
Regel	0,55	0,14	3,928571			3,928571	0,05
Isolering	0,55	0,037	14,86486		14,86486		0,95
Regel+isolering	0,55	0,04215	13,04864	13,04864			
Cellplast	0,05	0,033	1,515152	1,515152	1,515152	1,515152	
Luftspalt	0,045		0,1	0,1	0,1	0,1	
Råspont	0,022		0	0	0	0	
Papp	0,005		0	0	0	0	
Cellplast			0	0	0	0	
Takpannor			0				
Ute			0	0	0	0	
				15,00864	16,82573	5,88658	
λ-metod	0,066628	W/mK					
U-metod	0,064955	W/mK					
U-medel	0,065781	W/mK					

U-Värde grund för Standardhuset

Standardhuset har 300 mm cellplast under betongplattan. L-element skapar kantbalken till skillnad från Vinbärets kantbalk som är försedd med U-element. Tjälisolering liksom hörnkragsisolering saknas.



Standardhuset

Golv

0-1 m från yttervägg	d	λ	R	U
Rsi			0,17	
Betong	0,1	1,7	0,058824	
Cellplast	0,3	0,038	7,894737	
Grus	0,2		0,2	
Sand			1	
			9,32356	0,107255

1-6 m från yttervägg	d	λ	R	U
Rsi			0,17	
Betong	0,1	1,7	0,058824	
Cellplast	0,3	0,038	7,894737	
Grus	0,2		0,2	
Sand			3,4	
			11,72356	0,085298

De olika delarnas ytor:

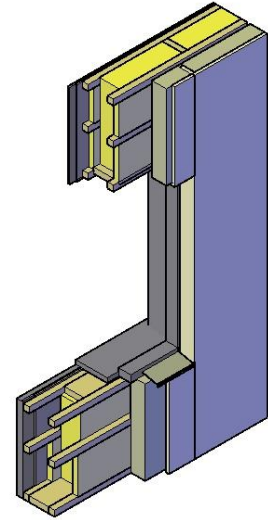
A(0-1)	49,74	m ²
A(1-6)	114,879	m ²

Viktat medelvärde

U-medel	0,100621	W/mK
---------	----------	------

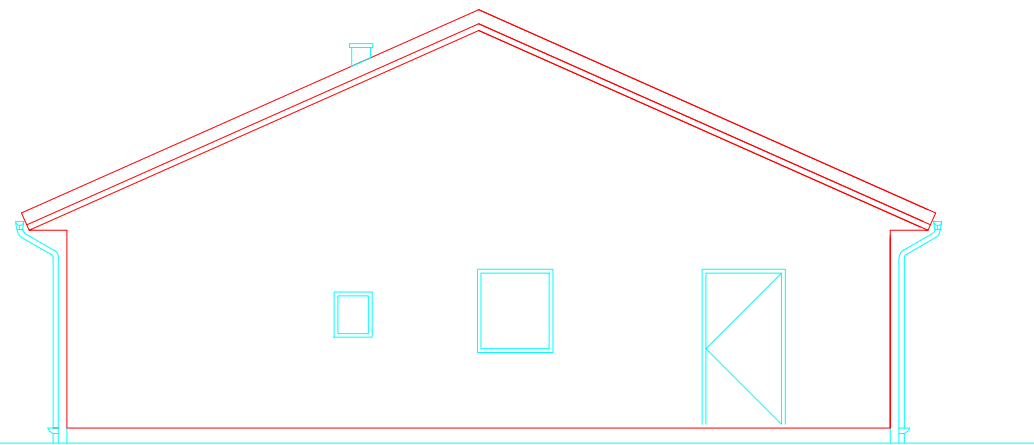
U-Värde vägg för Standardhuset

Standardhuset har en 170 mm bärande träregelstomme. Utanför stommen finner vi ett 45 mm regelverk med mellanliggande mineralull och en utvändigt vindduk. Fasaden är identisk med Vindbärets. Invändigt återfinns plastfolien och en 45 mm tjock isolerad installationsspalt. Det invändiga skiktet utgörs av en 13 mm gipsskiva.

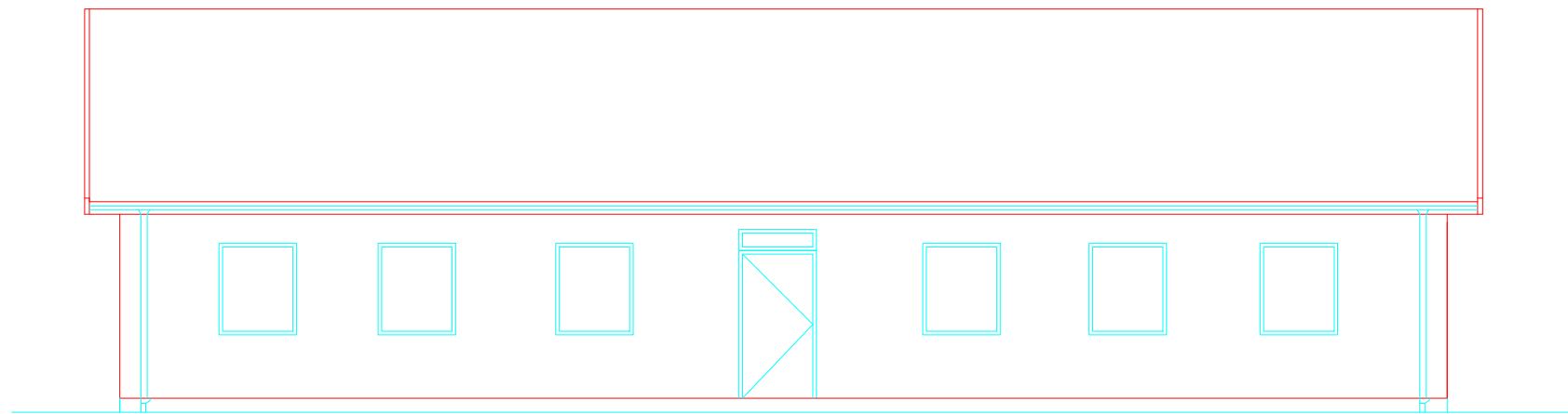


Standardhuset

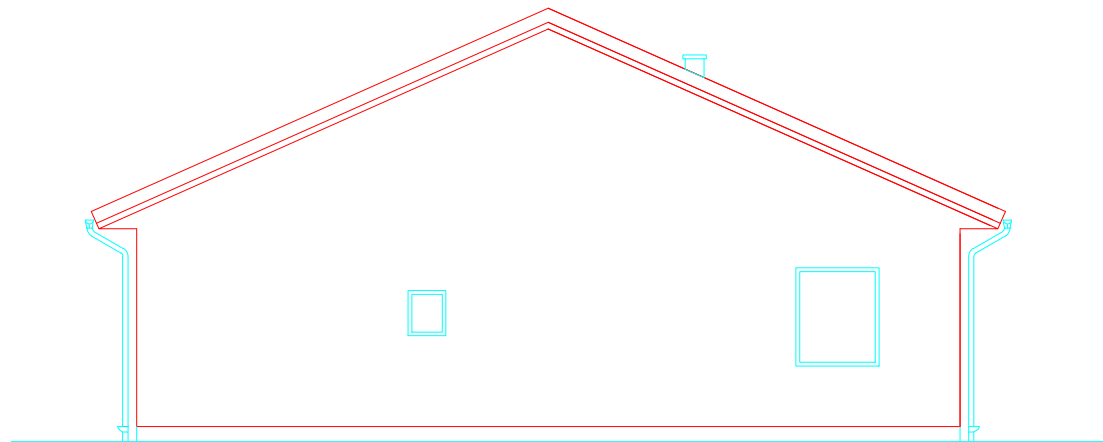
Vägg				λ-metod			U-metod	
Skikt	d	λ	R	R	R _{isol}	R _{Regel}	Andel	
Inne			0,13	0,13	0,13	0,13		
Gips	0,013	0,22	0,06	0,06	0,06	0,06		
Os	0,012	0,14	0,085714	0,085714	0,085714	0,085714		
Regel	0,045	0,14	0,321429			0,321429	0,1	
Isolering	0,045	0,037	1,216216		1,216216		0,9	
Regel+isolering	0,045	0,0473	0,951374	0,951374				
Plastfolie								
Regel	0,17	0,14	1,214286			1,214286	0,1	
Isolering	0,17	0,037	4,594595		4,594595		0,9	
Regel+isolering	0,17	0,0473	3,59408	3,59408				
Regel	0,045	0,14	0,321429			0,321429	0,1	
Isolering	0,045	0,037	1,216216		1,216216		0,9	
Regel+isolering	0,045	0,0473	0,951374	0,951374				
Luftspalt	0,03		0,23	0,23	0,23	0,23		
Lättklinkerblock	0,12			0	0	0		
Puts	0,02			0	0	0		
Ute			0	0	0	0		
				6,002543	7,532741	2,362857		
λ-metod	0,166596	W/mK						
U-metod	0,1618	W/mK						
U-medel	0,164163	W/mK						



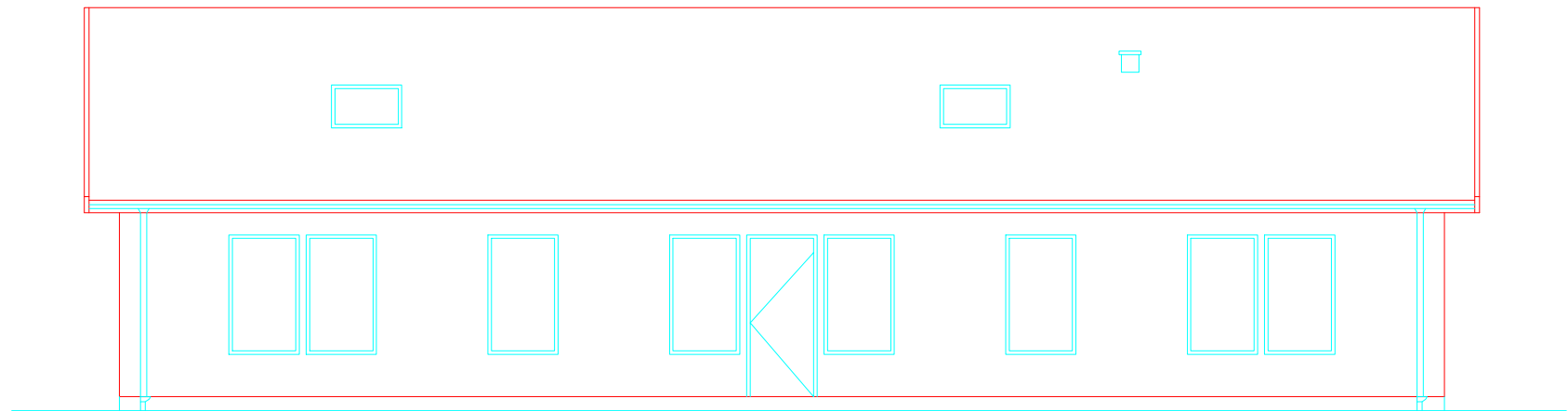
FASAD SÖDER



FASAD ÖSTER



FASAD NORR



FASAD VÄSTER

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SKÖT

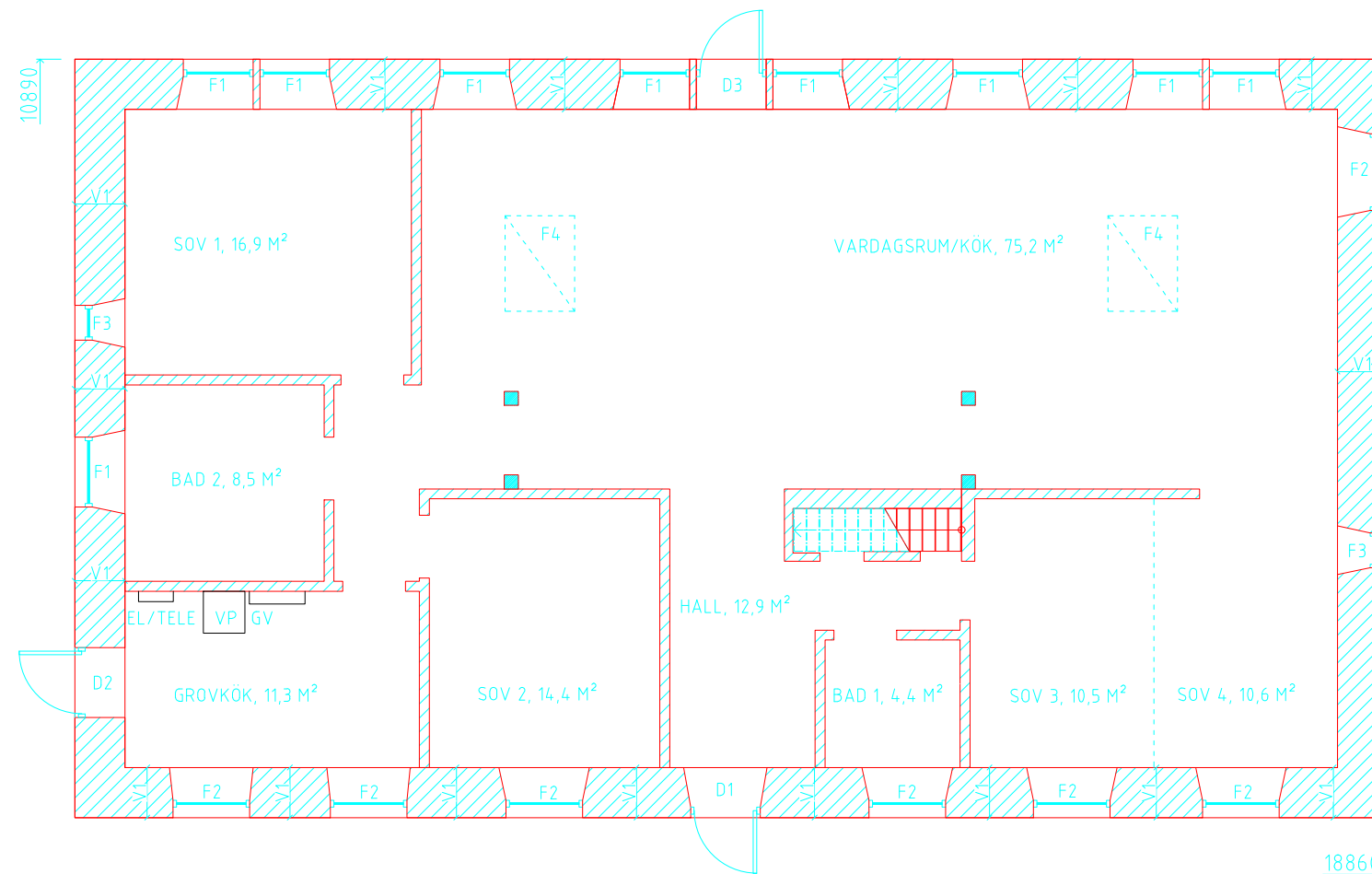
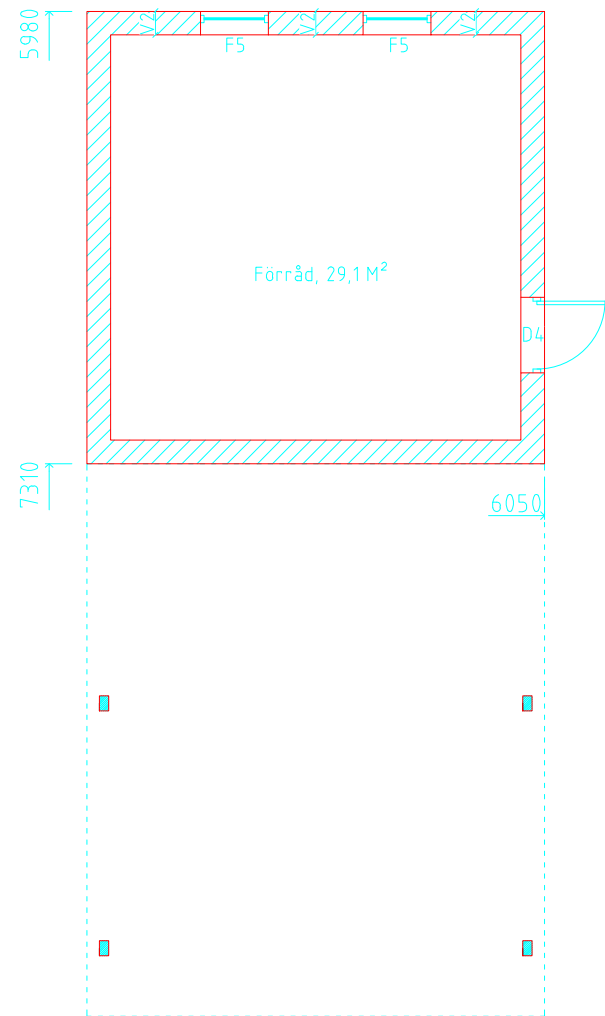
BYGGHANDLING

LN-HUS
SÖLVESBORG

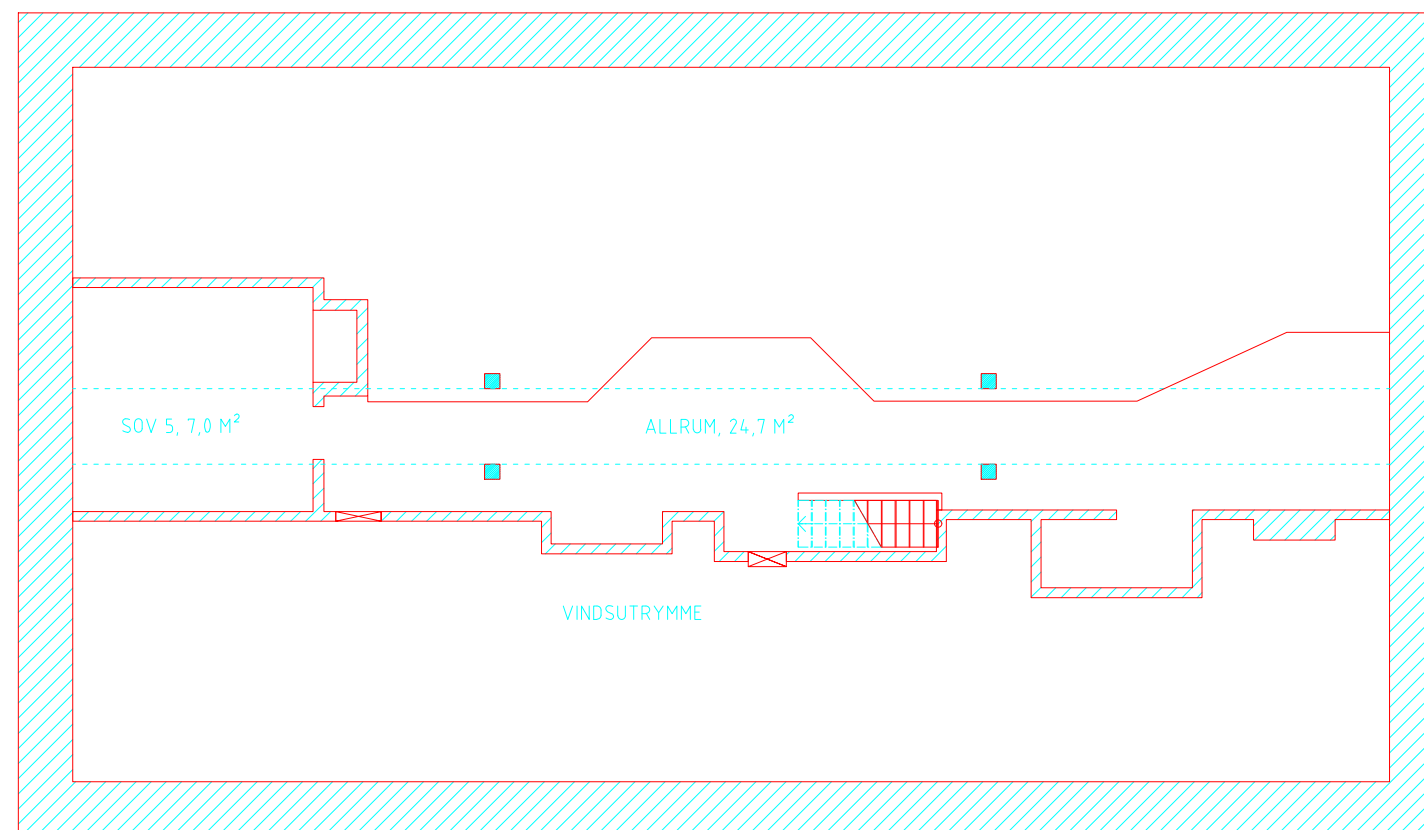
LIPPDRAGNR 001	RITAD/KONSTR AV EMa	HANDLÄGGARE
DATUM 24-10-2013	ANSVARIG LNI	

FASADRITNING

SKALA A1 1:50	NUMMER 102	BET P10
------------------	---------------	------------



BOTTENVÅNING 164,6 M²



ÖVERVÅNING 31,7 M²

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖNSTER

- F1, TRARYD 10/17
- F2, TRARYD 11/13
- F3, TRARYD 5/6
- F4, TRARYD TAK 10/15
- F5, TRARYD 10/11

DÖRRAR

- D1, 10/21
- D2, 10/21
- D3, 10/23
- D4, 10/21

TEKNISK BESKRIVNING

VÄGG V1, TJOCKLEK 720MM		VÄGG V2, TJOCKLEK 310MM	
20	PUTS	20	PUTS
120	LÄTTKLINERBLOCK	120	LÄTTKLINERBLOCK
30	LUFTSPALT	30	LUFTSPALT
250	FLEXSYSTEMSKIVA (ROCKWOLL)	9	UTEGIPS
11	OSB	120	TRÄREGLAR C/C 600 MED MINERALULL
220	TRÄREGLAR C/C 600 MED MINERALULL	11	OSB
45	TRÄREGLAR C/C 600 MED MINERALULL		
11	OSB		
13	GIPS		
TAK TJOCKLEK 810 MM		GRUND	
	TAKPANNOR	100	BETONG C20/25
25	BÄRLÅKT	400	CELLPLAST
25	STRÖLÅKT	200	MAKADAM SAND
50	CELLPLAST S150		
2	UNDERLAGSPAPP		
22	RÅSPONT		
45	LUFTSPALT		
50	CELLPLAST S80		
550	TRÄREGLAR C/C 1200 MED MINERALULL		
28	GLESPANEL		
13	TAKPANEL		

UPPVÄRMNING

VÄRMEPUMP IVT GREENLINE HE C6/E6 MED FRÅNLUFTSMODUL VBX-2
 GOLVVÄRME ÄR INGJUTET I BETONGPLATTAN PÅ BOTTENPLAN OCH STYRS MED GIVARE I VARJE RUM

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SÖN

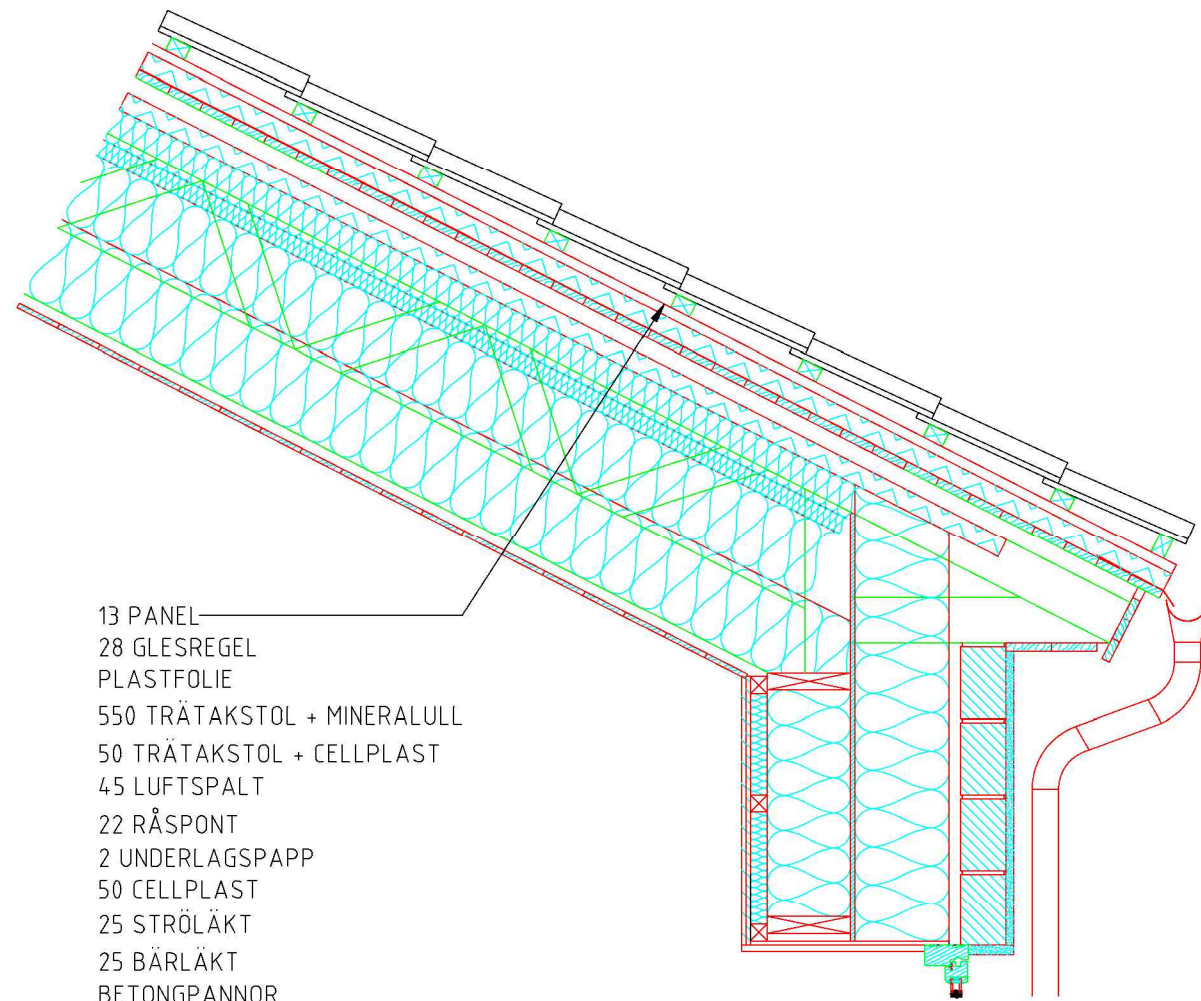
BYGGHANDLING

**LN-HUS
SÖLVESBORG**

UPPDRAGNR	RITAD/INSTR AV	HANDLÄGGARE
001	EMa	
DATUM	ANSVARIG	
24-10-2013	LNi	

PLANLÖSNING

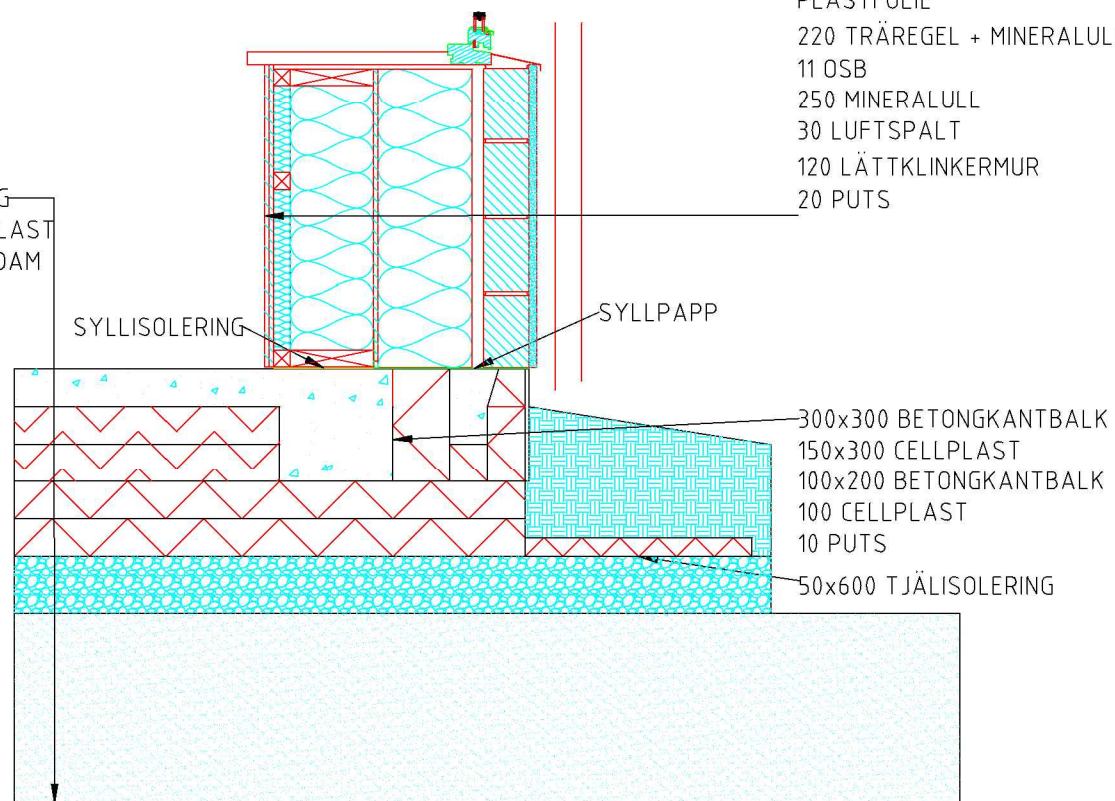
SKALA	NUMMER	BET
A1 1:50	101	



- 13 PANEL
- 28 GLESREGEL
- PLASTFOLIE
- 550 TRÄTAKSTOL + MINERALULL
- 50 TRÄTAKSTOL + CELLPLAST
- 45 LUFTSPALT
- 22 RÅSPONT
- 2 UNDERLAGSPAPP
- 50 CELLPLAST
- 25 STRÖLÄKT
- 25 BÄRLÄKT
- BETONGPANNOR

- 13 GIPS
- 11 OSB
- 45 TRÄREGEL + MINERALULL
- PLASTFOLIE
- 220 TRÄREGEL + MINERALULL
- 11 OSB
- 250 MINERALULL
- 30 LUFTSPALT
- 120 LÄTTKLINKERMUR
- 20 PUTS

- 100 BETONG
- 400 CELLPLAST
- 200 MAKADAM
- SAND



SYLLISOLERING

SYLLPAPP

- 300x300 BETONGKANTBALK
- 150x300 CELLPLAST
- 100x200 BETONGKANTBALK
- 100 CELLPLAST
- 10 PUTS
- 50x600 TJÄLISOLERING

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-----	-----	-----------------	-------	------

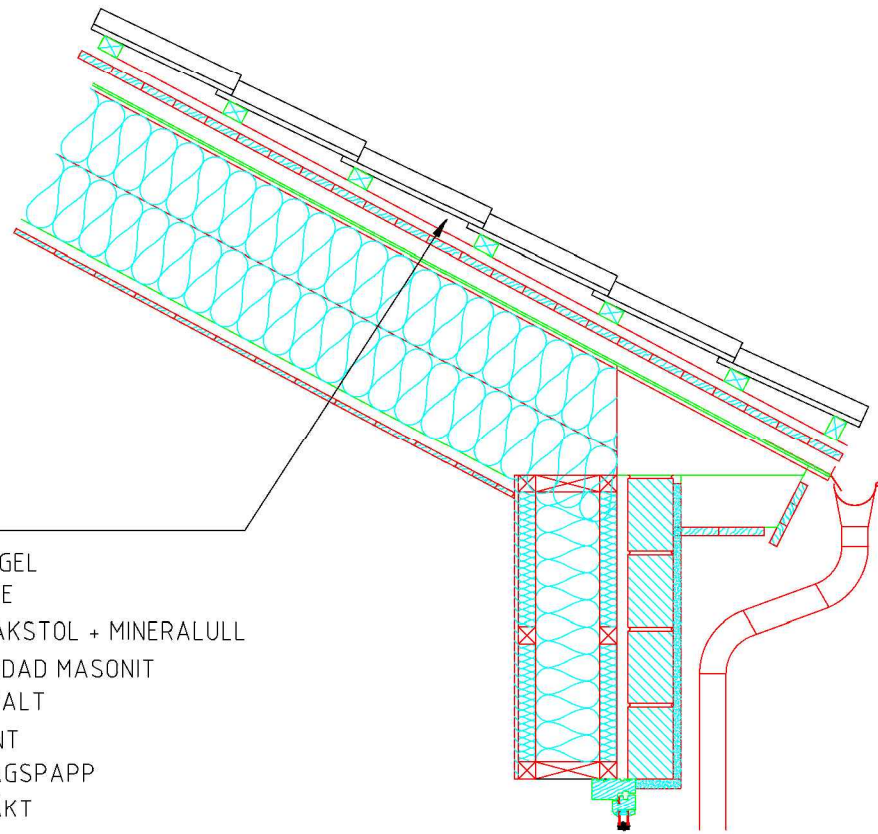
Bygghandling

Vinbäret

UPPDRAGNR	RITAD/RIKONSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	

2011-05-21 LNi

SKALA	NUMMER	BET
	K-004	



13 PANEL
 28 GLESREGEL
 PLASTFOLIE
 400 TRÄTAKSTOL + MINERALULL
 4 OLJEHÄRDAD MASONIT
 45 LUFTSPALT
 22 RÅSPONT
 2 UNDERLAGSPAPP
 25 STRÖLÄKT
 25 BÄRLÄKT
 BETONGPANNOR

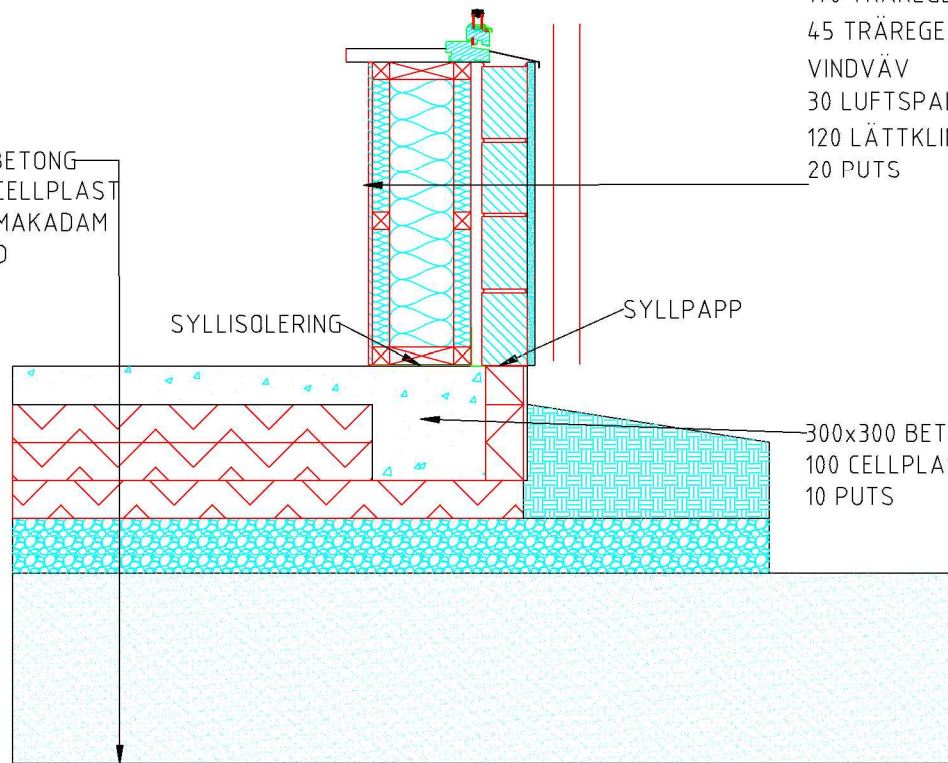
13 GIPS
 45 TRÄREGEL + MINERALULL
 PLASTFOLIE
 170 TRÄREGEL + MINERALULL
 45 TRÄREGEL + MINERALULL
 VINDVÄV
 30 LUFTSPALT
 120 LÄTTKLINKERMUR
 20 PUTS

100 BETONG
 300 CELLPLAST
 200 MAKADAM
 SAND

SYLLISOLERING

SYLLPAPP

300x300 BETONGKANTBALK
 100 CELLPLAST
 10 PUTS



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSEER	DATUM	SIGN
-----	-----	------------------	-------	------

Bygghandling

Vinbäret

UPPDRAGNR	RITAD/RISNSTR AV	HANDLÄGGARE
DATUM	ANSVARIG	
2011-05-21	LNi	

SKALA	NUMMER	BET
	K-003	

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 24-02-13
Test File: EX-LinusEriknr2

Technician: EMa

Customer: Linus Nilsson

Building Address: Vinbäret
Labbvägen 18
Sölvesborg, Sölvesborgs Kommun 29439

Phone:
Fax:

Airflow at 50 Pascals: 293 m³/h (+/- 1.0 %)
(50 Pa = 0.2 w.c.) 0.50 ACH (1/h)
1.49 m³/(h*m²) Floor Area

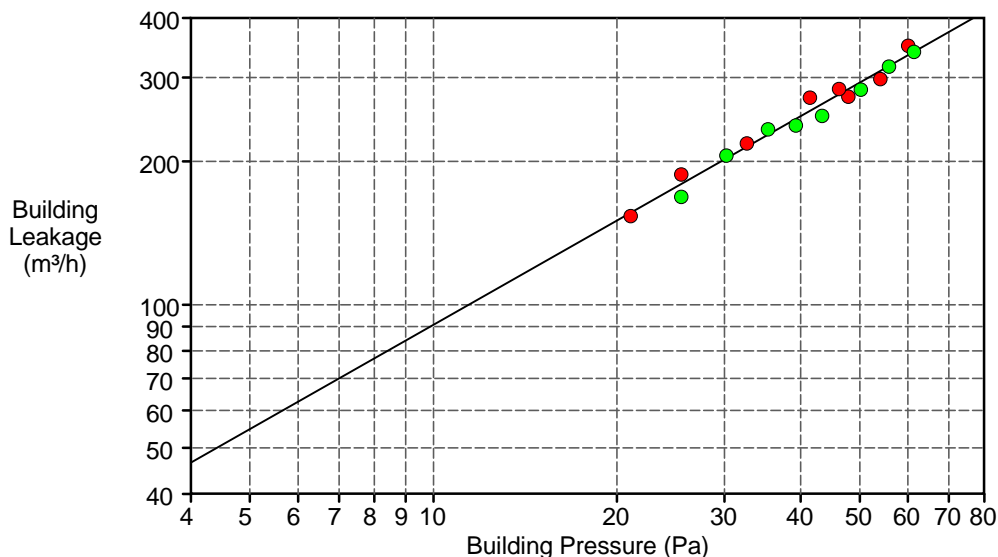
Leakage Areas: 101.3 cm² (+/- 5.5 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
50.2 cm² (+/- 8.8 %) LBL ELA @ 4 Pa

Minneapolis Leakage Ratio: 0.59 m³/(h*m²) Surface Area

Building Leakage Curve: Flow Coefficient (C) = 17.0 (+/- 13.8 %)
Exponent (n) = 0.727 (+/- 0.036)
Correlation Coefficient = 0.98319

Test Standard: EN 13829 Test Mode: Depressurization
Type of Test Method: B Regulation complied with:
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door

Inside Temperature:	16 °C	Volume:	585 m ³
Outside Temperature:	3 °C	Surface Area:	499 m ²
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	196 m ²
Wind Class:	3 Gentle Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	1 %
Type of Heating:	Markvärmepump	Year of Construction:	2013
Type of Air Conditioning:	Frånluftsvärmepump		
Type of Ventilation:	None		



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 24-02-13 Test File: EX-LinusEriknr2

Comments

Data Points:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m ³ /h)	Temperature Adjusted Flow (m ³ /h)	% Error	Fan Configuration
-1.6	n/a				
-24.1	58.1	159	154	-1.6	Ring C
-44.4	179.0	282	272	6.6	Ring C
-63.0	293.4	363	350	4.7	Ring C
-57.0	213.8	309	298	-3.8	Ring C
-50.9	180.6	284	273	-3.6	Ring C
-49.2	194.7	295	284	2.7	Ring C
-35.6	115.9	226	218	1.7	Ring C
-28.5	86.1	195	188	4.7	Ring C
-4.3	n/a				
Test 1 Baseline (Pa):		p01- = -1.6	p01+ = 0.0	p02- = -4.3	p02+ = 0.0
-3.3	n/a				
-64.2	276.8	352	340	0.0	Ring C
-58.7	240.4	328	316	-0.3	Ring C
-53.1	193.5	294	283	-3.6	Ring C
-46.2	150.4	258	249	-5.6	Ring C
-42.1	137.3	247	238	-3.1	Ring C
-38.2	132.6	242	234	2.7	Ring C
-33.1	103.3	213	206	1.4	Ring C
-28.3	69.6	175	168	-6.1	Ring C
-2.4	n/a				
Test 2 Baseline (Pa):		p01- = -3.6	p01+ = 0.6	p02- = -2.4	p02+ = 0.0

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 24-02-13
Test File: EX-LinusEriknr4p

Technician: EMa

Customer: Linus Nilsson

Building Address: Vinbäret
Labbvägen 18
Sölvesborg, Sölvesborgs Kommun 29439

Phone:
Fax:

Airflow at 50 Pascals: 264 m³/h (+/- 0.7 %)
(50 Pa = 0.2 w.c.) 0.45 ACH (1/h)
1.35 m³/(h*m²) Floor Area

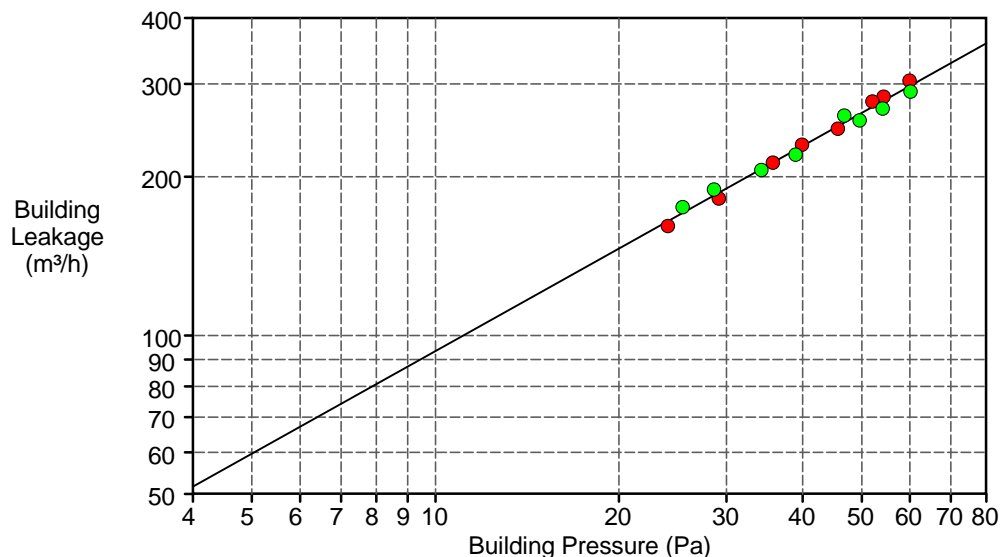
Leakage Areas: 104.2 cm² (+/- 3.6 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
55.6 cm² (+/- 5.7 %) LBL ELA @ 4 Pa

Minneapolis Leakage Ratio: 0.53 m³/(h*m²) Surface Area

Building Leakage Curve: Flow Coefficient (C) = 21.1 (+/- 8.9 %)
Exponent (n) = 0.647 (+/- 0.023)
Correlation Coefficient = 0.99108

Test Standard: EN 13829 Test Mode: Pressurization
Type of Test Method: B Regulation complied with:
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door

Inside Temperature:	16 °C	Volume:	585 m ³
Outside Temperature:	3 °C	Surface Area:	499 m ²
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	196 m ²
Wind Class:	3 Gentle Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	1 %
Type of Heating:	Markvärmepump	Year of Construction:	2013
Type of Air Conditioning:	Frånluftsvärmepump		
Type of Ventilation:	None		



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 24-02-13 Test File: EX-LinusEriknr4p

Comments

Data Points:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m ³ /h)	Temperature Adjusted Flow (m ³ /h)	% Error	Fan Configuration
-0.4	n/a				
60.3	199.3	298	304	2.4	Ring C
54.7	173.5	278	284	1.7	Ring C
52.5	166.7	272	278	2.4	Ring C
46.1	131.9	242	247	-1.0	Ring C
40.4	114.9	225	230	0.6	Ring C
36.2	98.4	208	213	-0.1	Ring C
29.6	72.3	178	182	-2.5	Ring C
24.5	57.2	158	161	-2.0	Ring C
1.2	n/a				
Test 1 Baseline (Pa):		p01- = -1.0	p01+ = 0.8	p02- = -0.1	p02+ = 1.4
0.1	n/a				
60.5	181.2	284	290	-2.6	Ring C
54.5	156.6	264	269	-3.3	Ring C
50.0	141.7	251	256	-2.6	Ring C
47.2	147.6	256	261	3.1	Ring C
39.3	105.5	216	220	-2.1	Ring C
34.6	92.5	202	206	-0.5	Ring C
29.0	78.2	185	189	2.6	Ring C
25.8	67.2	172	175	2.6	Ring C
0.7	n/a				
Test 2 Baseline (Pa):		p01- = -0.4	p01+ = 0.4	p02- = -0.4	p02+ = 1.0

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 2013-10-24

Technician: EMa

Test File: LNhus

Customer: Linus Nilsson

Building Address: Vinbäret
Labbvägen 18
Sölvesborg, Sölvesborgs Kommun 29439

Phone:

Fax:

Airflow at 50 Pascals: 306 m³/h (+/- 0.8 %)
(50 Pa = 0.2 w.c.) 0.52 ACH (1/h)
1.56 m³/(h*m²) Floor Area

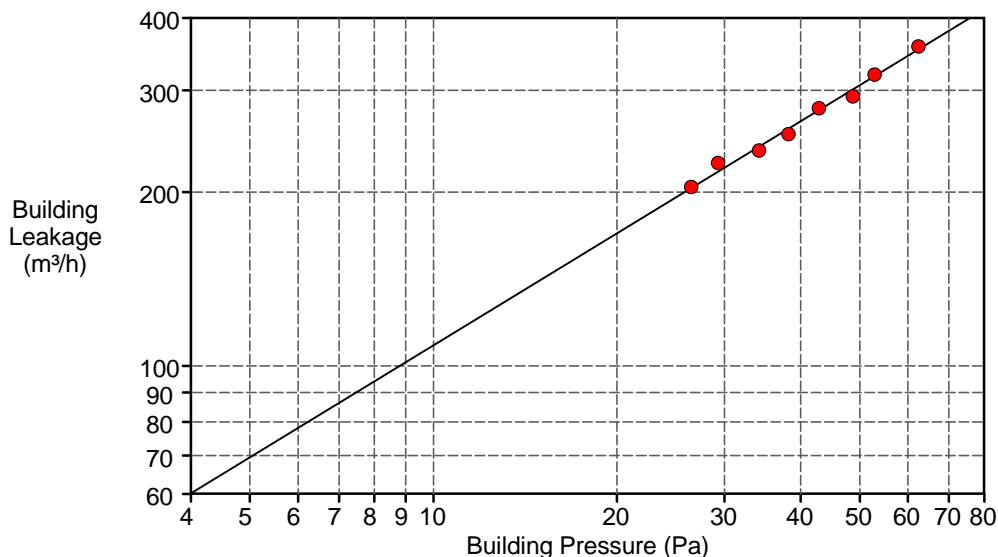
Leakage Areas: 121.2 cm² (+/- 4.1 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
64.8 cm² (+/- 6.6 %) LBL ELA @ 4 Pa

Minneapolis Leakage Ratio: 0.61 m³/(h*m²) Surface Area

Building Leakage Curve: Flow Coefficient (C) = 24.6 (+/- 10.4 %)
Exponent (n) = 0.644 (+/- 0.027)
Correlation Coefficient = 0.99465

Test Standard: EN 13829 Test Mode: Depressurization
Type of Test Method: B Regulation complied with:
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door

Inside Temperature:	19 °C	Volume:	585 m ³
Outside Temperature:	8 °C	Surface Area:	499 m ²
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	196 m ²
Wind Class:	3 Gentle Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Highly Protected Building	Building Dimensions:	1 %
Type of Heating:	Markvärmepump	Year of Construction:	2013
Type of Air Conditioning:	Frånluftsvärmepump		
Type of Ventilation:	None		



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 2013-10-24 Test File: LNhus

Comments

Data Points:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m ³ /h)	Temperature Adjusted Flow (m ³ /h)	% Error	Fan Configuration
1.7	n/a				
-60.9	299.1	366	357	1.2	Ring C
-51.4	239.5	327	319	0.6	Ring C
-47.2	201.9	300	293	-2.8	Ring C
-41.4	184.1	286	279	0.7	Ring C
-36.7	150.5	258	252	-2.1	Ring C
-32.7	132.2	242	236	-1.5	Ring C
-27.8	119.9	230	224	3.5	Ring C
-25.0	99.4	209	204	0.4	Ring C

1.2 n/a
Test 1 Baseline (Pa): p01- = -0.6 p01+ = 1.8 p02- = -0.1 p02+ = 1.3

BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 2013-10-24

Technician: EMa

Test File: LNhus1

Customer: Linus Nilsson

Building Address: Vinbäret
Labbvägen 18
Sölvesborg, Sölvesborgs Kommun 29439

Phone:

Fax:

Airflow at 50 Pascals: 295 m³/h (+/- 1.6 %)
(50 Pa = 0.2 w.c.) 0.50 ACH (1/h)
1.50 m³/(h*m²) Floor Area

Leakage Areas: 125.4 cm² (+/- 7.1 %) Canadian EqLA @ 10 Pa
69.9 cm² (+/- 11.5 %) LBL ELA @ 4 Pa

Minneapolis Leakage Ratio: 0.59 m³/(h*m²) Surface Area

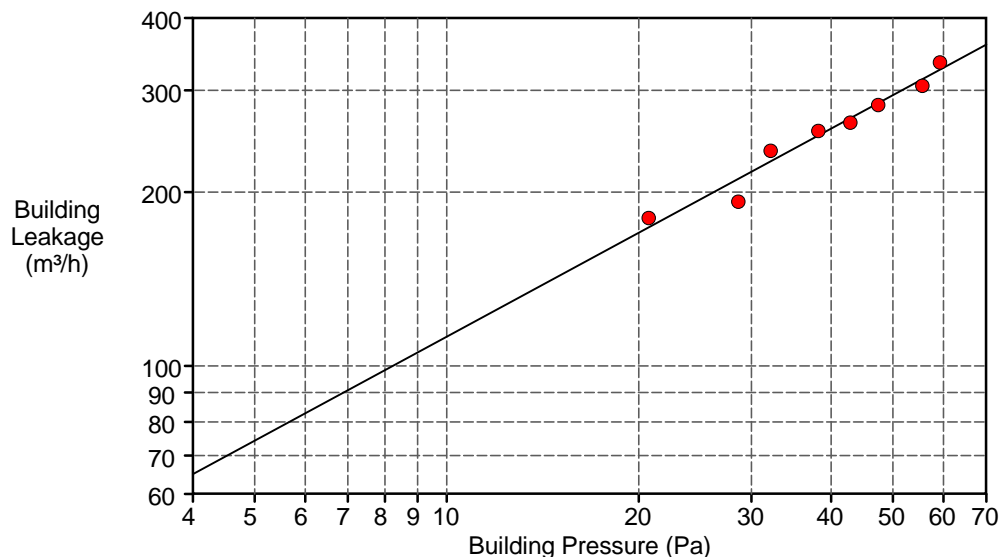
Building Leakage Curve: Flow Coefficient (C) = 28.3 (+/- 18.0 %)
Exponent (n) = 0.599 (+/- 0.048)
Correlation Coefficient = 0.98146

Test Standard: EN 13829 Test Mode: Pressurization

Type of Test Method: B Regulation complied with:

Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door

Inside Temperature:	19 °C	Volume:	585 m ³
Outside Temperature:	8 °C	Surface Area:	499 m ²
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	196 m ²
Wind Class:	4 Moderate Breeze	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	1 %
Type of Heating:	Markvärmepump	Year of Construction:	2013
Type of Air Conditioning:	Frånluftsvärmepump		
Type of Ventilation:	None		



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 2013-10-24 Test File: LNhus1

Comments

Data Points:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m ³ /h)	Temperature Adjusted Flow (m ³ /h)	% Error	Fan Configuration
1.4	n/a				
62.0	242.0	329	335	2.9	Ring C
58.3	201.4	300	305	-2.7	Ring C
50.1	173.4	278	283	-0.8	Ring C
45.6	151.0	259	264	-1.8	Ring C
40.9	141.4	250	255	1.8	Ring C
34.9	120.8	231	236	4.2	Ring C
31.3	81.4	189	193	-8.7	Ring C
23.4	71.5	177	180	3.8	Ring C
4.0	n/a				
Test 1 Baseline (Pa):		p01- = -0.1	p01+ = 1.6	p02- = 0.0	p02+ = 4.0

**Sammanställning
Resultat från energiberäkning**



Resultat

Byggnaden är godkänd enligt BBR

Fastighetsbeteckning:	Vinbäret 15
Namn:	linus nilsson
Datum beräkning:	2014.04.27 17:33
Klimatzon:	III
Byggnadstyp:	Bostäder
Ort:	Lund
Län:	Blekinge
Uppvärmning enl. BBR:	Elvärme
Uppvärmd golvarea A_{temp} :	196 m ²
Omslutande byggnadsarea A_{om} :	507.4 m ²
Beräknad specifik energianvändning:	18 kWh/m ² *år
Krav på specifik energianvändning enl. BBR:	55 kWh/m ² *år
Värdering av energianvändning:	Byggnadens specifika energianvändning är enligt beräkningen 18 kWh/m ² *år vilket är 67 % lägre än BBR:s krav. Byggnaden är godkänd enligt BBR och marginalen bör vara tillräcklig för att säkerställa kravnivån vid mätning.
Beräknad värmeisolering U_m :	0.08 W/m ² K
Krav på värmeisolering U_m enl. BBR:	0.4 W/m ² K
Summerad installerad eleffekt för uppvärmning:	2.4 kW
Krav på installerad eleffekt för uppvärmning enl. BBR:	6.2 kW

Sölvesborgs Energi Energianvändning för Vinbäret under Okt-Jan

	EL-kWh/dag	SUMMA EI-kWh
01-okt	3,84	3,84
02-okt	0,38	4,22
03-okt	4,22	8,44
04-okt	13,69	22,13
05-okt	1,24	23,37
06-okt	0,82	24,19
07-okt	0,63	24,82
08-okt	5,4	30,22
09-okt	3,26	33,48
10-okt	0,37	33,85
11-okt	7,5	41,35
12-okt	1,56	42,91
13-okt	21,66	64,57
14-okt	2,89	67,46
15-okt	15,26	82,72
16-okt	20,56	103,28
17-okt	12,07	115,35
18-okt	1,16	116,51
19-okt	0,39	116,9
20-okt	12,43	129,33
21-okt	21,11	150,44
22-okt	3,26	153,7
23-okt	0,46	154,16
24-okt	11,52	165,68
25-okt	7,99	173,67
26-okt	13,11	186,78
27-okt	7,07	193,85
28-okt	5,95	199,8
29-okt	5,93	205,73
30-okt	4,94	210,67
31-okt	5,77	216,44
01-nov	6,22	222,66
02-nov	13,79	236,45
03-nov	12,04	248,49
04-nov	9,5	257,99
05-nov	8,38	266,37
06-nov	8,74	275,11
07-nov	15,35	290,46
08-nov	12,3	302,76
09-nov	17,29	320,05
10-nov	16,52	336,57
11-nov	12,71	349,28
12-nov	18,49	367,77
13-nov	15,35	383,12
14-nov	20,4	403,52
15-nov	26,95	430,47
16-nov	23,87	454,34
17-nov	26,97	481,31

18-nov	14,6	495,91
19-nov	14,42	510,33
20-nov	18,65	528,98
21-nov	17,35	546,33
22-nov	17,19	563,52
23-nov	26,53	590,05
24-nov	18,2	608,25
25-nov	20,58	628,83
26-nov	24,12	652,95
27-nov	19,8	672,75
28-nov	13,83	686,58
29-nov	14,79	701,37
30-nov	14,25	715,62
01-dec	11,86	727,48
02-dec	14,46	741,94
03-dec	11,95	753,89
04-dec	11,62	765,51
05-dec	12,65	778,16
06-dec	15,3	793,46
07-dec	16,62	810,08
08-dec	15,27	825,35
09-dec	13,71	839,06
10-dec	11,88	850,94
11-dec	12	862,94
12-dec	12,45	875,39
13-dec	12,12	887,51
14-dec	11,97	899,48
15-dec	11,38	910,86
16-dec	10,8	921,66
17-dec	12,19	933,85
18-dec	12,27	946,12
19-dec	11,64	957,76
20-dec	12,2	969,96
21-dec	11,41	981,37
22-dec	10,08	991,45
23-dec	11,28	1002,73
24-dec	9,92	1012,65
25-dec	10,04	1022,69
26-dec	12,55	1035,24
27-dec	10,71	1045,95
28-dec	10,88	1056,83
29-dec	11,36	1068,19
30-dec	11,38	1079,57
31-dec	12,02	1091,59
01-jan	11,9	1103,49
02-jan	11,63	1115,12
03-jan	10,76	1125,88
04-jan	11,38	1137,26
05-jan	11,61	1148,87
06-jan	11,37	1160,24

07-jan	9,88	1170,12
08-jan	10,25	1180,37
09-jan	10,66	1191,03
10-jan	11,57	1202,6
11-jan	11,33	1213,93
12-jan	13,25	1227,18
13-jan	15,93	1243,11
14-jan	13,22	1256,33
15-jan	13,67	1270
16-jan	16,85	1286,85
17-jan	18,93	1305,78
18-jan	18,82	1324,6
19-jan	19,42	1344,02
20-jan	19,88	1363,9
21-jan	20,7	1384,6
22-jan	20,59	1405,19
23-jan	20,29	1425,48
24-jan	20,56	1446,04
25-jan	21,24	1467,28
26-jan	21,31	1488,59
27-jan	20,99	1509,58
28-jan	19,67	1529,25
29-jan	21,69	1550,94
30-jan	21,57	1572,51
31-jan	20,35	1592,86

Projekt: LN-Hus Datum: 2013-09-30
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: Signatur
 Projektfil: \\fs-n.net.lth.se\home\vv08ln4\Windows\Desкто Företag: Företag
 p\VIP 1.VIP

KOMMENTARER

Användaruppgifter läser programmet in från filen Title.vpd när programmet startas.
 Uppgifterna i filen uppdateras under Katalogdata->Uppdatering av kataloger.
 Kryssrutan för användaruppgifter ska vara ifylld.

Projektnamn och Beskrivning hämtar programmet från aktuell indatafil

INDATA

Allmänt

Beräkningsperiod - Dag	1 - 365
Solreflektion från mark	20.00 %
Vindhastighet % av klimatdata	S:70 SV:95 V:95 NV:95 N:70 NO:95 O:95 SO:95
Lufttryck	1013 hPa
Horisontvinkel mot markplan	S:80 SV:0 V:20 NV:0 N:80 NO:0 O:20 SO:0 °
Formfaktor för vindtryck	0:0.70 45:0.50 90:-0.60 135:-0.50 180:-0.50 TAK:-0.00
Vridning av byggnad	0 °
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	0
Ventilationsvolym	600.0 [m ³]
Golvarea	193.8 [m ²]
Markegenskap Värmeledningstal: Lera, dränerad sand , dränerat grus.	1.4 [W/m ² K]

Klimatdata

KALMAR 1996-2005	Latitud	56.7	grader	
	Högsta värde	Medelvärde	Lägsta värde	
Utetemperatur	26.9	7.7	-17.9	°C
Vindhastighet	14.2	3.4	0.0	m/s
Solstrålning global	921.0	106.4	0.0	W/m ²
Relativ fuktighet	100.0	79.5	28.0	%

Aktuellt Hus

Byggdelstyper 1-dimensionella - Katalog

Byggdelstyp	Material Från utsida till insida	Skikt- tjocklek m	Värme- ledningstal W/m,K	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kgK	U-värde W/m ² K	Delta- U-värde W/m ² K	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²	Sol- absorp- tion %
Yttervägg	KC-Bruk	0.020	1.000	1800	800	0.061	0.010	0.15	70.00
	Leca murverk	0.120	0.210	650	800				
	Luftspalt	0.030	0.200	1	1000				
	Mineralull 31	0.250	0.031	50	840				
	Plywood	0.011	0.036	51	842				
	Mineralull 37++	0.265	0.040	64	885				
	Plywood	0.011	0.036	51	842				
	Gipsskiva	0.013	0.220	900	1100				
PPM	Dränerat grus	0.200	1.400	1800	1000	0.086	0.010	0.10	0.00
	Cellplast 36	0.400	0.036	25	1400				
	Betong Torr	0.100	0.800	2300	800				
	Trä Gran	0.015	0.140	500	2300				
Tak	Cellplast 36	0.050	0.036	25	1400	0.065	0.010	0.15	70.00
	Tak Linus	0.550	0.040	67	895				

Projekt: LN-Hus

Datum: 2013-09-30

Beskrivning:

Utfört av: Användare

Sign: Signatur

Projektfil: \\fs-n.net.lth.se\home\vv08ln4\Windows\Desкто
p\VIP 1.VIP

Företag: Företag

Byggdeltstyper 2-dimensionella - Katalog

Byggdeltstyp	Psi-värde W/mK	Bredd m	Otätthetsfaktor q50 l/s,m ²	Solabsorption %	Byggdeltstyp	Psi-värde W/mK	Bredd m	Otätthetsfaktor q50 l/s,m ²	Solabsorption %
KB fönster tak	0.331	0.400	0.15	50.00	KB kantbalk	0.082	0.400	0.15	50.00
KB fönster vägg	0.251	0.400	0.15	50.00	KB ytterhörn	0.056	0.400	0.15	50.00
KB vägg tak	0.061	0.400	0.15	50.00					

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Mängd Area m ² Längd m Antal st	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Angränsande temp °C	Andel av total värmeeffekt %	U- Psi- Chi- värde med mark och D-U
	Yttervägg	VÄSTER	27.6m ²	0.0	2.5		0	0.071 W/m ² K
	Yttervägg	ÖSTER	32.8m ²	0.0	2.5		0	0.071 W/m ² K
	Yttervägg	NORR	33.1m ²	0.0	2.5		0	0.071 W/m ² K
	Yttervägg	SÖDER	31.2m ²	0.0	2.5		0	0.071 W/m ² K
	PPM	PPM 0-1 m	49.7m ²	0.0	0.0		0	0.088 W/m ² K
	PPM	PPM >6 m	114.9m ²	0.0	0.0		0	0.072 W/m ² K
	Tak	TAK	184.0m ²	2.4	4.8		0	0.075 W/m ² K
KB ytterhörn	KB ytterhörn	SÖDER	2.5m	0.0	2.5		0	0.056 W/mK
KB ytterhörn	KB ytterhörn	VÄSTER	2.5m	0.0	2.5		0	0.056 W/mK
KB ytterhörn	KB ytterhörn	NORR	2.5m	0.0	2.5		0	0.056 W/mK
KB ytterhörn	KB ytterhörn	ÖSTER	2.5m	0.0	2.5		0	0.056 W/mK
KB kantbalk	KB kantbalk	VÄSTER	17.4m	0.0	0.0		0	0.082 W/mK
KB kantbalk	KB kantbalk	ÖSTER	17.4m	0.0	0.0		0	0.082 W/mK
KB kantbalk	KB kantbalk	NORR	9.4m	0.0	0.0		0	0.082 W/mK
KB kantbalk	KB kantbalk	SÖDER	9.4m	0.0	0.0		0	0.082 W/mK
KB vägg tak	KB vägg tak	VÄSTER	17.4m	2.0	2.5		0	0.061 W/mK
KB vägg tak	KB vägg tak	ÖSTER	17.4m	2.0	2.5		0	0.061 W/mK
KB vägg tak	KB vägg tak	SÖDER	5.3m	2.4	4.8		0	0.061 W/mK
KB vägg tak	KB vägg tak	NORR	5.3m	2.4	4.8		0	0.061 W/mK
KB fönster vägg	KB fönster vägg	VÄSTER	50.0m	0.6	2.4		0	0.251 W/mK
KB fönster vägg	KB fönster vägg	SÖDER	12.6m	0.6	2.4		0	0.251 W/mK
KB fönster vägg	KB fönster vägg	ÖSTER	35.0m	0.6	2.4		0	0.251 W/mK
KB fönster vägg	KB fönster vägg	NORR	7.0m	0.6	2.4		0	0.251 W/mK
KB fönster tak	KB fönster tak	VÄSTER	10.0m	2.7	3.2		0	0.331 W/mK

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltstyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Soltransm. Total %	Soltransm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthetsfaktor q50 l/s,m ²	Sol-skydd
	Fönster	VÄSTER	13.6	80	46	36	0.90	0.6	2.4	0.80	
	Fönster	NORR	1.7	80	46	36	0.90	0.6	2.4	0.80	
	Fönster	ÖSTER	8.6	80	46	36	0.90	0.6	2.4	0.80	
	Dörr	ÖSTER	2.2	0	0	0	1.00	0.0	2.4	0.80	
	Dörr	VÄSTER	2.3	0	0	0	1.00	0.0	2.4	0.80	
	Fönster	SÖDER	1.4	80	46	36	0.90	0.6	2.4	0.80	
	Dörr	SÖDER	2.2	0	0	0	1.00	0.0	2.4	0.80	
	Uteluftsventil 15	VÄSTER	0.0	0	0	0	0.00	2.3	2.4	15.00	
	Uteluftsventil 15	VÄSTER	0.0	0	0	0	0.00	2.3	2.4	15.00	
	Uteluftsventil 15	VÄSTER	0.0	0	0	0	0.00	2.3	2.4	15.00	
	Uteluftsventil 15	ÖSTER	0.0	0	0	0	0.00	2.3	2.4	15.00	

Projekt: LN-Hus Datum: 2013-09-30
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: Signatur
 Projektfil: \\fs-n.net.lth.se\home\vv08ln4\Windows\Desкто\Företag: Företag
 p\VIP 1.VIP

Byggnadsdelar - Fönster, dörrar, ventiler

Benämning	Byggdeltyp	Ori- tering	Area m ²	Glas- andel %	Sol- transm. Total %	Sol transm. Direkt %	U-värde W/m ² K	Lägsta nivå m	Högsta nivå m	Otätthets- faktor q50 l/s,m ²	Sol- skydd
	Uteluftsventil 15	ÖSTER	0.0	0	0	0	0.00	2.3	2.4	15.00	
	Uteluftsventil 15	ÖSTER	0.0	0	0	0	0.00	2.3	2.4	15.00	

Driftdata

Driftfalls- benämning	Verksam- hets- energi rumsluft W/m ²	Verksam- hets- energi rumsluft W/lgh	Verksam- hets- energi extern W/m ²	Fastig- hets- energi rumsluft W/m ²	Fastig- hets- energi extern W/m ²	Person- värme W/m ²	Tapp- varm- vatten W/m ²	Tapp- varm- vatten W/lgh	Högsta rums- temp °C	Lägsta rums- temp °C
Småhus Sveby 22	2.74	0.00	0.70	0.20	0.00	0.00	2.28	0.00	27.00	22.00

Drifttider

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Vecko- nummer	Tid	Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Vecko- nummer	Tid
Småhus Sveby 22	Måndagar	1 - 53	0 - 24		Fredagar	==	Måndagar
	Tisdagar	==	Måndagar		Lördagar	==	Måndagar
	Onsdagar	==	Måndagar		Söndagar	==	Måndagar
	Torsdagar	==	Måndagar				

Ventilationsaggregat

Aggregat- benämning	Tilluft Fläkttryck Pa	Tilluft Verkn.gr %	Frånluft Fläkttryck Pa	Frånluft Verkn.gr %	Reglerfall
IVTVBX2	0.00	0.00	20.00	80.00	VBX

Reglerfall

Reglerfall	Reglertyp	Utetemperatur L	Reglervärde L	Utetemperatur H	Reglervärde H
VBX	Återvinning	10.00 °C	80.00 %	0.00 °C	0.00 %

Ventilationsaggregat - Drifttider och flöden

Aggregat- benämning	Vecko- dagar	Tilluft [oms/h]	Frånluft oms/h	Vecko- nummer	Starttid-Sluttid
IVTVBX2	Måndagar	0.000	0.500	1 - 53	5 - 23
	Tisdagar	==	Måndagar		
	Onsdagar	==	Måndagar		
	Torsdagar	==	Måndagar		
	Fredagar	==	Måndagar		
	Lördagar	==	Måndagar		
	Söndagar	==	Måndagar		

Värme och kyla

Värmepump: IVT	Andel av totalt vattenflöde	100.0 %
IVT		
Köldmediatyp	R_005	
Typ av värmepump	Bergvärme	
Lägsta temperatur kalla sidan	-30.0	°C

Projekt: LN-Hus Datum: 2013-09-30
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: Signatur
 Projektfil: \\fs-n.net.lth.se\home\vv08ln4\Windows\Desкто\Företag: Företag
 p\VIP 1.VIP

Högsta temperatur varma sidan	70.0	°C
Värme till tappvarmvatten		
Värme till värmesystem		
Avgiven effekt	5500.0	W
Värmefaktor	4.2	
Temperatur varma sidan	55.0	°C
Temperatur kalla sidan	0.0	°C
Provningsstandard	EN 255	
Prioritering av värmesystem		

Värmesystem	Driftspunkt 1	Driftspunkt 2
Utetemperatur	-20.0	20.0
Framledningstemperatur	55.0	20.0
Returtemperatur	45.0	20.0
TAPPVARMVATTEN		
Kallvattentemperatur	8.0	[°C]
Varmvattentemperatur	55.0	[°C]

ÖVRIGT

El cirkpump värmesystem 0.00 % av energiförsörjning till rum och luft

Lägsta dimensionerande utetemperatur för uppvärmning -12.0 °C

Högsta dimensionerande utetemperatur för komfortkyla 100.0 °C

Passiv kyla

RESULTAT

Beräkningsdatum 2014-04-23 19:31:54

Detaljerat Resultat

Aktuellt hus med aktuell drift

Period	Avgiven energi (23)	kWh (24)	(21)	(28)	(22)	Tillförd energi (27)	kWh (20)	(19)	(29)	(18)	(25)	(45)	(33)	(34)
	Trans- mis- sion	Luft- läck- age	Venti- lation	Spill- vatten	Passiv kyla	Sol- energi fönster	Åter- vinning vent.	Åter- vinning VP	Åter- vinning tappvv.	Sol- fång- are	Person- värme	Process- energi till rum	Värme- försörj- ning	Elför- sörj- ning
Mån 1	1606	43	1235	329	0	34	987	1344	0	0	0	424	24	399
Mån 2	1389	41	1070	297	0	76	850	1135	0	0	0	383	9	346
Mån 3	1404	44	1088	329	0	178	844	1058	0	0	0	424	27	336
Mån 4	1054	30	846	318	0	312	581	564	0	0	0	410	194	182
Mån 5	703	26	595	329	3	481	151	392	0	0	0	424	103	112
Mån 6	475	18	428	318	12	473	16	264	0	0	0	410	17	76
Mån 7	429	15	391	329	81	511	2	260	0	0	0	424	2	74
Mån 8	433	14	353	329	24	383	1	258	0	0	0	424	2	74
Mån 9	617	17	472	318	0	220	98	458	0	0	0	410	85	124
Mån 10	962	21	733	329	0	115	404	816	0	0	0	424	47	234
Mån 11	1273	28	977	318	0	56	745	1057	0	0	0	410	7	317
Mån 12	1549	39	1199	329	0	25	958	1319	0	0	0	424	0	392
Summa	11893	335	9388	3872	120	2864	5638	8924	0	0	0	4992	519	2665

Projekt: LN-Hus Datum: 2013-09-30
 Beskrivning:
 Utfört av: Användare Sign: Signatur
 Projektfil: \\fs-n.net.lth.se\home\vv08ln4\Windows\Desкто\Företag: Företag
 p\VIP 1.VIP

Nyckeltal

	Aktuellt hus Aktuell drift	
Inre värmekapacitet	37.52	[Wh/m ² °C]
Yttre värmekapacitet	98.70	[Wh/m ² °C]
Medeltemperatur	22.00	[°C]
Medelvärde ventilation	0.38	[oms/h]
Processenergi medel	3.64	[W/m ²]
Personvärme medel	0.00	[W/m ²]
Omslutningsarea	594.81	[m ²]
Omsl. area x U-Värde(BBR16)	102.20	W/K
Luftläckage vid 50 Pa	101.80	[l/s]
Invändigt tryck medel	-27.5	[Pa]
Specifik fläkteffekt	0.0	[kW/(m ³ /s)]
Omslutnings-/Golv-area	3.07	
Area fönster+dörrar/Golvarea	0.17	

Energibalans

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
Avgivenenergi		
(23)Transmission	11893	61.35
(24)Luftläckage	335	1.73
(21)Ventilation	9388	48.43
(28)Spillvatten	3872	19.97
(22)Passiv kyla	120	0.62
Tillförd energi		
(27)Solenergi genom fönster	2864	14.78
(20)Återvinning ventilation	5638	29.09
(29)Återvinning till tappvarmvatten	0	0.00
(19)Återvinning värmepump	8924	46.04
(18)Solfångare	0	0.00
(45)Processenergi till rum	4992	25.75
(25)Personvärme	0	0.00
(34)Elförsörjning	2665	13.75
(33)Värmeförsörjning	519	2.68

Specifikation av energiflöden

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
(33)VÄRMEFÖRSÖRJNING	519	2.68	(14)Tilluftsfläktar	0	0.00
(1)Ventilationsaggregat	0	0.00	(13)Frånluftsfläktar	14	0.07
(2)Värmesystem	518	2.67	(15)Cirk.pump värme	0	0.00
(3)Tappvarmvatten	1	0.00	(10)Cirk.pump solf.	0	0.00
(47+48)BYGGNADENS KYLBEHOV	0	0.00	(12)Cirk.pump kyla	0	0.00
(47)Kyning i ventilationsaggregat	0	0.00	(11)Kylmaskin komfortkyla	0	0.00
(48)Kyning i rumsluft	0	0.00	(37)KONDENSORVÄRME	11575	59.71
(34)ELFÖRSÖRJNING	2665	13.75	(4)Ventilationsaggregat	0	0.00
(35)Värmepump	2651	13.68	(5)Värmesystem	7704	39.74
			(6)Tappvarmvatten	3871	19.97

Projekt: LN-Hus

Datum: 2013-09-30

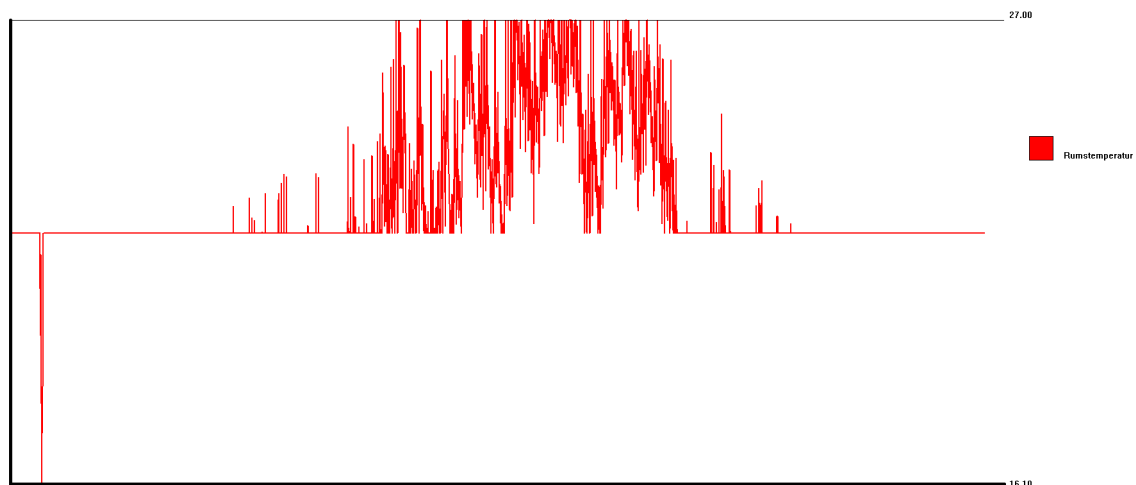
Beskrivning:

Utfört av: Användare

Sign: Signatur

Projektfil: \\fs-n.net.lth.se\home\vv08ln4\Windows\Desкто
p\VIP 1.VIPFöretag: **Företag****Specifikation av energiflöden**

	Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²		Aktuellt hus Aktuell drift kWh	Aktuellt hus Aktuell drift kWh/m ²
			(26)PROCESSENERGI	6181	31.89
(36)SOLFÅNGARVÄRME	0	0.00	(40)Verksamhetsenergi rumsluft	4653	24.00
(7)Ventilationsaggregat	0	0.00	(41)Verksamhetsenergi extern	1189	6.13
(8)Värmesystem	0	0.00	(39)Fastighetsenergi rumsluft	340	1.75
(9)Tappvarmvatten	0	0.00	(46)Fastighetsenergi extern	0	0.00
(20)ÅTERVINNING VENTILATION	5638	29.09	(42)VENTILATIONSAGGREGAT	5638	29.09
(51)Värmeväxling	5638	29.09	(43)VÄRMESYSTEM	8222	42.42
(50)Återluft	0	0.00	(44)TAPPVARMVATTEN	3872	19.97

Temperaturer

Materialkostnader Vinbäret

Totaltkostnad: 2 224 444,50 kr

Material	Enhet	Antal	A-pris	Moms	Summa
110 mm avloppsböj	st	4	52	1,25	260,00 kr
110 mm avloppsrör	st	24	48	1,25	1 440,00 kr
12x95 mm pärlspont furu Siljan	lpm	255,6	6,26	1,25	2 000,07 kr
13x120 mm panel vit/ändspont	lpm	6	11,29	1,25	84,68 kr
21,5x95 mm råspont	lpm	1391,4	5,1	1,25	8 870,18 kr
21,5x95 mm råspont	lpm	3294	5	1,25	20 587,50 kr
22x120 mm dubbelfasspont	lpm	210	9,94	1,25	2 609,25 kr
22x120 mm klädselbräda gran	lpm	4,2	9,6	1,25	50,40 kr
22x120 mm klädselbräda gran	lpm	74,4	8,14	1,25	757,02 kr
22x145 mm grundmålad klädselbräda	lpm	28,8	15,04	1,25	541,44 kr
22x145 mm klädselbräda gran	lpm	4,2	10,37	1,25	54,44 kr
22x145 mm klädselbräda gran	lpm	12	10,37	1,25	155,55 kr
22x170 mm grundmålad klädselbräda	lpm	28,8	17,56	1,25	632,16 kr
22x170 mm klädselbräda gran	lpm	3	12,1	1,25	45,38 kr
22x170 mm klädselbräda gran	lpm	51,6	13,45	1,25	867,53 kr
22x95 mm klädselbräda gran	lpm	62,4	6,51	1,25	507,78 kr
25x50 mm bärläkt	lpm	546	4,17	1,25	2 846,03 kr
25x50 mm såg läkt/ribb	lpm	39,6	3,54	1,25	175,23 kr
28x120 mm Norrlandstrall brunimpregnerad	lpm	338,8	14	1,25	5 929,00 kr
28x70 mm 3-hyvl glespanel F/G	lpm	75	5,56	1,25	521,25 kr
28x70 mm 3-hyvl glespanel F/G	lpm	226,8	5,7	1,25	1 615,95 kr
28x70 mm 3-hyvl glespanel F/G	lpm	1896,6	5,54	1,25	13 133,96 kr
32 buelco koppling	st	2	258	1,25	645,00 kr
32 PEM-rör	lpm	15	10,4	1,25	195,00 kr
45x120 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	428,7	13,41	1,25	7 186,08 kr
45x145 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	6,7	16,99	1,25	142,29 kr
45x145 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	20	17,04	1,25	426,00 kr
45x145 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	24	16,09	1,25	482,70 kr
45x145 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	48,4	17,04	1,25	1 030,92 kr
45x145 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	225,1	16,09	1,25	4 527,32 kr
45x170 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	69	18,78	1,25	1 619,78 kr
45x170 mm fingerskarv virke C24	lpm	7,2	33,61	1,25	302,49 kr
45x170 mm fingerskarv virke C24	lpm	144	31,86	1,25	5 734,80 kr
45x170 mm tryckimpregnerad hyvlad fur	lpm	127,2	24,36	1,25	3 873,24 kr
45x195 mm 3-hyvl K12 F/G	lpm	149,4	22,72	1,25	4 242,96 kr
45x195 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	36	21,46	1,25	965,70 kr
45x220 mm 3-hyvl K12 F/G	lpm	3,6	26,32	1,25	118,44 kr
45x220 mm 3-hyvl K12 F/G	lpm	533,4	24,14	1,25	16 095,35 kr
45x45 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	25,2	6,8	1,25	214,20 kr
45x45 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	384,2	5,68	1,25	2 727,82 kr
45x45 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	15	5,68	1,25	106,50 kr
45x45 mm tryckimpregnerad hyvlad furu	lpm	79,2	6,66	1,25	659,34 kr
45x45 mm tryckimpregnerad hyvlad furu	lpm	8,4	6,66	1,25	69,93 kr
45x70 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	12,6	8,49	1,25	133,72 kr
45x70 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	18,9	8,51	1,25	201,05 kr

45x70 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	201,6	8,05	1,25	2 028,60 kr
45x95 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	43,2	12,62	1,25	681,48 kr
45x95 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	142,8	10,74	1,25	1 917,09 kr
45x95 mm 3-hyvl regel K12 F/G	lpm	337,3	11,36	1,25	4 789,66 kr
45x95 mm tryckimpregnerad hyvlad furu	lpm	18	13,31	1,25	299,48 kr
50 mm skyddsslang	lpm	10	9,6	1,25	120,00 kr
Ankarmassa	st	2	131,32	1,25	328,30 kr
Annons om husvisning					2 715,00 kr
Arbetskostnad eljobb	st	1	32000	1,25	40 000,00 kr
Arbetskostnad rörläggning grund	st	2	288	1,25	720,00 kr
Arbetskostnad sågning av timmer Woody	st	1	480	1,25	600,00 kr
Armeringsnät NPS500 4,85x2,25 m	st	0,573	201,72	1,25	144,48 kr
Armeringsnät NPS500 5x2,3 m	st	23,5	380,89	1,25	11 188,64 kr
Armeringsstål SS260S 8 mm, 6 m	st	1	35,37	1,25	44,21 kr
Auktionsmaterial Halmstad	st				28 350,00 kr
Avloppsboj 110 mm	st	2	16,4	1,25	41,00 kr
Avloppsbojar diverse		1	523,87	1,25	654,84 kr
Avloppsskjutmuff 110 mm	st	2	34,76	1,25	86,90 kr
Badrumströskel	st	1	139,02	1,25	173,78 kr
Bandsågblad Luna 10x2470 mm	st	1	120,7	1,25	150,88 kr
Bandsågblad Luna 10x2470 mm	st	3	120,7	1,25	452,63 kr
Batteri 9 volt	st	1	29,6	1,25	37,00 kr
Batteri 9 volt	st	1	37,4	1,25	46,75 kr
Batteri AA	st	1	59,1	1,25	73,88 kr
Batteri AA 1.5 V	st	1	36	1,25	45,00 kr
Betong förrådsgrund	kbm	5	1205	1,25	7 531,25 kr
Betong husgrund	kbm	27,5	1240	1,25	42 625,00 kr
Betongborr standard 10x150 mm	st	1	16,08	1,25	20,10 kr
Betongborr standard 12x150 mm	st	1	16,08	1,25	20,10 kr
Betongborr standard 8x150 mm	st	1	16,08	1,25	20,10 kr
Betongpanna genomföring avluft	st	1	216,86	1,25	271,08 kr
Bilskada på grannens Malins bil p.g.a. storm					2 000,00 kr
Bilsvamp	st	1	13,74	1,25	17,18 kr
Bistål BI40, 3 m	st	20	74,39	1,25	1 859,75 kr
Bistål BI40, 3 m	st	60	74,37	1,25	5 577,75 kr
Bits PH02 25 mm	frp	1	24,02	1,25	30,03 kr
Bits PH2 Edwin 25 mm	frp	1	16,83	1,25	21,04 kr
Bits TX10 Edwin 25 mm	frp	1	16,32	1,25	20,40 kr
Bits TX25 25 mm	frp	2	27,28	1,25	68,20 kr
Bitshållare 2Fast Edwin 60 mm	st	1	71,2	1,25	89,00 kr
Board hård 3x1220x2440 mm	st	6	48,89	1,25	366,68 kr
Bredspackel trä anza 300 mm	st	1	50,11	1,25	62,64 kr
Bricka	st	25	3,57	1,25	111,56 kr
Brytbladskniv 25 mm	st	1	101,86	1,25	127,33 kr
Brytbladskniv 9 mm	st	1	21,07	1,25	26,34 kr
Brytbladskniv 9 mm	st	1	21,07	1,25	26,34 kr
Byggcentral					2 750,00 kr
Byggfolie Akvaden 0,2x2700 25 m	rle	1	388,67	1,25	485,84 kr
Byggfolie Akvaden 0,2x2700 25 m	rle	1	402,47	1,25	503,09 kr
Byggfolie Akvaden 0,2x2700 25 m	rle	2	327,25	1,25	818,13 kr

Byggfolietejp vit anslutning	rle	2	175,81	1,25	439,53 kr
Byggfolietejp vit anslutning	rle	3	155,13	1,25	581,74 kr
Byggfolietejp vit anslutning	rle	8	162,29	1,25	1 622,90 kr
Bygglov	st	1	22461,6	1,25	28 077,00 kr
Byggmatta	pkt	1	355,8	1,25	444,75 kr
Byggpall	st	20	60	1,25	1 500,00 kr
Byggsilikon	st	1	39,65	1,25	49,56 kr
Byggtejp 0,048x50 m	st	2	89,05	1,25	222,63 kr
Byggvinkel 60x60x60x2,5 mm	st	6	4,35	1,25	32,63 kr
Byggvinkel 60x60x60x2,5 mm	st	20	4,58	1,25	114,50 kr
Bärläkt 25x50 mm	lpm	54	3,46	1,25	233,55 kr
Cellplast 1200x2400x100 mm	st	30	159,2	1,25	5 970,00 kr
Cellplast 1200x2400x100 mm	pkt	11	796	1,25	10 945,00 kr
Cellplast S100 2400x1200x100 mm, 14.4 kvm	parti				13 808,75 kr
Cellplast S150 1185x585x50 mm	pkt	39	302,88	1,25	14 765,40 kr
Cellplast S150 50x1200x600 mm	pkt	1	254,15	1,25	317,69 kr
Cellplast S150 50x1200x600 mm	st	15	25,41	1,25	476,44 kr
Cellplast S200 1200x600x100 mm	ca 75 m2	21	318,88	1,25	8 370,60 kr
Cellplast S80R 1200x600x20, 18 kvm	st	6	12,09	1,25	90,68 kr
Cellplast S80R 1200x600x30, 12.24 kvm	st	3	17,2	1,25	64,50 kr
Cellplast S80R 1200x600x50 5,04 kvm	pkt	36	176,59	1,25	7 946,55 kr
Cellplast S80R 1200x600x50, 5 kvm	frp	7	250,49	1,25	2 191,79 kr
Cement standard portland 25 kg	st	1	42,25	1,25	52,81 kr
Cement standard portland 25 kg	st	9	40	1,25	450,00 kr
Cementtillsats SIKA 6 kg	st	1	333,51	1,25	416,89 kr
Centraldammsugare					8 000,00 kr
Centrumborr 16x150 mm	st	1	31,38	1,25	39,23 kr
Centrumborr 18x150 mm	st	1	34,03	1,25	42,54 kr
Centrumborr 22x150 mm	st	1	40,77	1,25	50,96 kr
Cylinder ytterdörr	st	1	777,14	1,25	971,43 kr
Cylinderring ASSA	st	3	85,51	1,25	320,66 kr
Dagvattenbrunn, däckel, teleskop	st	1	1200	1,25	1 500,00 kr
Distanskloss 50 mm	st	60	1,46	1,25	109,50 kr
Distanskloss 50 mm	st	500	1,18	1,25	737,50 kr
Diverse					461,00 kr
Diverse					4 500,00 kr
Diverse plåtband med mera, LB-hus					2 700,00 kr
Djuphålmärkare PICA Graphi	st	1	76,55	1,25	95,69 kr
Djuphålmärkare PICA Graphi	st	1	77,65	1,25	109,50 kr
Dosfräs för trä T-70	st	1	169,18	1,25	211,48 kr
Drevremsa XSI 22x50x15000 mm	st	6	51	1,25	382,50 kr
Drevremsa XSI 22x80x15000 mm	st	4	55,59	1,25	277,95 kr
Drivdorn	st	1	61,93	1,25	77,41 kr
Dörrbroms	st	1	260,69	1,25	325,86 kr
Dörrhandtag Bonn Borstad	st	2	265,45	1,25	663,63 kr
Dörrlist grå	st	1	120	1,25	150,00 kr
Dörrtrycke	par	1	268,26	1,25	335,33 kr
Dörrtrycke matt krom	st	1	397,18	1,25	496,48 kr
Ekonomigolv diverse					14 511,00 kr
Ekonomigolv flytspackel					1 750,00 kr

Ekonomigolv, tätskikt i tvättstuga och badrum	st	1	31832	1,25	39 790,00 kr
Ekparkett	kvm	140	95	1,25	16 625,00 kr
EL SBG Vatten och Energi	st	1	20827,29	1,25	26 034,11 kr
Elanslutningsavgift	st	1	21500	1,25	26 875,00 kr
Elementpensel industri 70 mm	st	1	24,39	1,25	30,49 kr
Elmeken					659,00 kr
Elmeken					700,00 kr
Engångspall	st	4	80	1,25	400,00 kr
Fasadpensel	st	1	21,76	1,25	27,20 kr
Fasadpensel 75 mm	st	1	72,05	1,25	90,06 kr
Fasadpensel Woody 100 mm	st	1	26,52	1,25	33,15 kr
Fasadpensel Woody 100 mm	st	1	26,52	1,25	33,15 kr
Fastighetsinskrivning Lantmäteriet	st	1	4200	1,25	5 250,00 kr
Ficklampa	st	1	55,2	1,25	69,00 kr
Fixeringskil	st	100	11,6	1,25	1 450,00 kr
Flex systemskiva 1000x600x250 mm	kvm	38,4	168	1,25	8 064,00 kr
Flex systemskiva 1000x600x250 mm	kvm	124,8	168	1,25	26 208,00 kr
Foder furu 12x56 mm	lpm	6	42,75	1,25	320,63 kr
Fogmassa Sikaflex vit	st	1	91,7	1,25	114,63 kr
Fogmassa Sikaflex vit	st	2	75,22	1,25	188,05 kr
Fogmassa Sikaflex vit	st	3	75,22	1,25	282,08 kr
Fogskum	st	8	56,44	1,25	564,40 kr
Fogsvans Bacho	st	1	279,2	1,25	349,00 kr
Fogsvans Edwin	st	1	153,02	1,25	191,28 kr
Fogsvans Edwin	st	1	155,12	1,25	193,90 kr
Fogsvans Irwin	st	1	116,02	1,25	145,03 kr
Formplywood					1 300,00 kr
Fotplåt	st	7	97,45	1,25	852,69 kr
Frakt flex	st	1	600	1,25	750,00 kr
Frakt flex systemskiva	st	1	1944	1,25	2 430,00 kr
Frakt leca	st	1	2538	1,25	3 172,50 kr
Fuktmätare	st	1	132	1,25	165,00 kr
Fågelband 1 m plast svart	st	5	21,68	1,25	135,50 kr
Färg					379,00 kr
Färg från Mias Färg och Miljö	st	1	10201,6	1,25	12 752,00 kr
Färgtråg	st	1	42,87	1,25	53,59 kr
Fönster förråd	st	2	2400	1,25	6 000,00 kr
Fönster Optimal plus 11x14 med ventil	st	4	1000	1,25	5 000,00 kr
Fönster Traryd	st	1	2000	1,25	2 500,00 kr
Försänkare 19 mm	st	1	28,32	1,25	35,40 kr
Garderober					10 000,00 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2400 mm	st	1	68,35	1,25	85,44 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2400 mm	st	6	68,35	1,25	512,63 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2400 mm	st	7	69,73	1,25	610,14 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2500 mm	st	1	71,2	1,25	89,00 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2500 mm	st	3	71,2	1,25	267,00 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2500 mm	st	15	71,2	1,25	1 335,00 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2500 mm	st	16	71,2	1,25	1 424,00 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2500 mm	st	27	71,2	1,25	2 403,00 kr
Gipsskiva normal 13x1200x2700 mm	st	7	94,03	1,25	822,76 kr

Gipsskiva normal 13x900x2400 mm	st	18	68,1	1,25	1 532,25 kr
Gipsskiva Ute 9 mm	st	24	109,18	1,25	3 275,40 kr
Glass					200,00 kr
Glasögon ZEKLER klar	st	1	47,05	1,25	58,81 kr
Glasögon ZEKLER silver	st	1	49,76	1,25	62,20 kr
Grenrör mark 2 muff 110x45 PP	st	1	49,19	1,25	61,49 kr
Grundpapp syll YEP2500 15x0,2 m	rle	1	239,7	1,25	299,63 kr
Gångjärn förzinkad	frp	2	22,95	1,25	57,38 kr
Gängstång	st	7	14,96	1,25	130,90 kr
Gängstång	st	15	25,16	1,25	471,75 kr
Gängstång	st	20	30,6	1,25	765,00 kr
Halogenrör 118 mm, 2000h, 400W	st	1	12,69	1,25	15,86 kr
Halva murkostnaden mot grannen Dick	st	1	12160	1,25	15 200,00 kr
Halvmask FFP2	st	2	20,07	1,25	50,18 kr
Halvmask FFP2V	st	1	56,63	1,25	70,79 kr
Handske guide88	st	1	36,96	1,25	46,20 kr
Handske worknit	st	1	60,13	1,25	75,16 kr
Handsåg 945 junior 335 mm	st	1	100,17	1,25	125,21 kr
Handsåg PC-22-Insulation	st	1	197,77	1,25	247,21 kr
Hanske guide 158	st	1	63,66	1,25	79,58 kr
Hanske guide 88	st	2	36,96	1,25	92,40 kr
Hulling till cellplast	st	4	325,55	1,25	1 627,75 kr
Husutsättning	st	1	5136	1,25	6 420,00 kr
Hygiensats	st	1	69,51	1,25	86,89 kr
Häck mot granne					5 000,00 kr
Häftklammer 13 mm	ask	1	64,6	1,25	80,75 kr
Häftpistol ergonomic rapid	st	1	193,37	1,25	241,71 kr
Hängränna 125 mm aluzink 4 m	st	10	112	1,25	1 400,00 kr
Icokitt 5 L	st	1	198,05	1,25	247,56 kr
Icoklister	st	1	221	1,25	276,25 kr
Icopal ytpapp 3 grader	st	12	316	1,25	4 740,00 kr
ID stil 825x1940	st	1	752,52	1,25	940,65 kr
Innerdörr	st	1	240	1,25	300,00 kr
Innerdörrar					9 760,00 kr
Inskrivning ny ägare, inskrivningsmyndigheten	st	1	3000	1,25	3 750,00 kr
Kabelrör	lpm	10	25,2	1,25	315,00 kr
Kabelvinda	st	1	211,64	1,25	264,55 kr
Kakel samt inredning badrum					80 000,00 kr
Kalkcement C 15 kg	st	3	99,6	1,25	373,50 kr
Kalkcement C 15 kg	st	4	99,6	1,25	498,00 kr
Kalkkvast vit fiber 65x185 mm	st	1	80,6	1,25	100,75 kr
Kamstål B500BT 10 mm 6 mm	st	14	38,7	1,25	677,25 kr
Kamstål B500BT 12 mm 6 m	st	95	55,84	1,25	6 631,00 kr
Kamstål B500BT 8 mm 6 m	st	5,1	27,7	1,25	176,59 kr
Kamstål B500BT 8 mm 6 m	st	8	27,31	1,25	273,10 kr
Kamstål B500BT 8 mm 6 m	st	42	27,14	1,25	1 424,85 kr
Karm 92x690x1990 mm	st	1	242,54	1,25	303,18 kr
Karm vit	st	5	387,26	1,25	2 420,38 kr
Kemhandske	st	1	22,36	1,25	27,95 kr
Kemisk metall PP2 130 ml	st	1	76,99	1,25	96,24 kr

Klinkerram golvbrunn	st	1	98,35	1,25	122,94 kr
Klinkerram golvbrunn	st	1	101,79	1,25	127,24 kr
Knivblad 18 mm	frp	1	48,02	1,25	60,03 kr
Knivblad 25 mm	frp	1	96,47	1,25	120,59 kr
Knivblad 9 mm	frp	1	41,31	1,25	51,64 kr
Knivblad stanley 18 mm	frp	1	40,73	1,25	50,91 kr
Knivblad stanley 18 mm	frp	1	40,73	1,25	50,91 kr
Knivblad stanley 18 mm	frp	1	40,73	1,25	50,91 kr
Knivblad stanley 25 mm	frp	1	78,85	1,25	98,56 kr
Kontaktlim	st	1	52,8	1,25	66,00 kr
K-plywood CPC 12x2400x1200 mm	st	1	225,82	1,25	282,28 kr
K-plywood CPC 12x2400x1200 mm	st	2	213,58	1,25	533,95 kr
K-plywood CPC 12x2400x1200 mm	st	2	330,22	1,25	825,55 kr
K-plywood CPC 12x2400x1200 mm	st	15	208,67	1,25	3 912,56 kr
K-plywood CPC 12x2400x1200 mm	st	13	241,72	1,25	3 927,95 kr
Krankoppling 2184 SB	st	2	32,3	1,25	80,75 kr
Krankoppling 2184 SB	st	2	32,3	1,25	80,75 kr
Kvalitetsansvarig		1	2420	1,25	3 025,00 kr
Kök					120 000,00 kr
Köksfläktslang	st	1	132,88	1,25	166,10 kr
Körnare	st	1	44,35	1,25	55,44 kr
Lackering av ytterdörr samt överfönster ytterdörr	st	1	3500	1,25	4 375,00 kr
Lackfärg vit 0,25 L	frp	1	86	1,25	107,50 kr
Lastning och transport tegel, Charlottendal	st	1	1456	1,25	1 820,00 kr
Leca passblock	st	1	21,42	1,25	26,78 kr
Leca passblock	st	1	36,09	1,25	45,11 kr
Ledstångskrok 87 stål	st	2	37,82	1,25	94,55 kr
Ledstångskrok 87 stål	st	4	37,82	1,25	189,10 kr
L-element S200 cellplast H300/B600	st	20	176	1,25	4 400,00 kr
L-element S200 cellplast H400/B600	st	45	196	1,25	11 025,00 kr
L-element S200 hörn 600x300 mm, Finja 1,2 m	st	4	176	1,25	880,00 kr
L-element S200 hörn 600x400 mm, Finja 1,2 m	st	4	196	1,25	980,00 kr
LEVINS EL					44 307,00 kr
LEVINS EL		1	62882,55	1,25	78 603,19 kr
Lim centraldammsugarrör	st	1	86,18	1,25	107,73 kr
Lim PL600 wmax tremco vit 0,3L	st	1	48,87	1,25	61,09 kr
Limträbalk 90x225 mm	lpm	1,5	179,11	1,25	335,83 kr
Limträbalk 90x315x6000 mm	st	1	1388,69	1,25	1 735,86 kr
Limträpelare 115x115x3000 mm	st	0,66	373,49	1,25	308,13 kr
Lossning betong	st	1	720	1,25	900,00 kr
Luft och Ångspärr XMV Paroc	rle	2	303,04	1,25	757,60 kr
Luft och Ångspärr XMV Paroc	rle	5	303,04	1,25	1 894,00 kr
Lysells entreprenad AB, puts+transport från Bösarp	st	1	7650	1,25	9 562,50 kr
Macoflex YAP 2200 15x0,7 m	st	1	245,22	1,25	306,53 kr
Macoflex YAP 2200 15x0,7 m	rle	1	250,11	1,25	312,64 kr
Macoflex YAP 2200 15x0,7 m	rle	13	230,77	1,25	3 750,01 kr
Macoflex YAP 2200 15x0,7 m	st	36	240,55	1,25	10 824,75 kr
Markarbete färdigställning av tomt					39 600,00 kr
Markskiva GRS 30 mm	st	2	63,65	1,25	159,13 kr
Maskeringstejp 38 mm	rle	1	41,02	1,25	51,28 kr

Mat					475,00 kr
Maxirulle 23 cm	st	1	42,77	1,25	53,46 kr
MDF 35 mm					2 325,00 kr
MDF med mera Sandshults byggvaror		1	6760	1,25	8 450,00 kr
MDF-board 16x1220x2440 mm	st	5	252	1,25	1 575,00 kr
MDF-board 16x1220x2440 mm	st	7	290,11	1,25	2 538,46 kr
MDF-board 22x1220x2440 mm	st	1	336	1,25	420,00 kr
MDF-board 22x1220x2440 mm	st	1	387,85	1,25	484,81 kr
Mellbergs listhyvleri	st	1	17828	1,25	22 285,00 kr
Meterstock	st	1	40	1,25	50,00 kr
Meterstock	st	1	44	1,25	55,00 kr
Meterstock	st	1	44,32	1,25	55,40 kr
Meterstock	st	1	45,14	1,25	56,43 kr
Mias färg och miljö					3 551,00 kr
Mika-nät	st	1	62,81	1,25	78,51 kr
Mineralullskniv Hultafors	st	1	101,91	1,25	127,39 kr
Miniroller 10 cm	st	1	20,31	1,25	25,39 kr
Minirollerset M polyester 100 mm	st	1	27,4	1,25	34,25 kr
Montagehandske get 11	st	7	31,39	1,25	274,66 kr
Murarsnöre	st	1	33,32	1,25	41,65 kr
Murblock 120x190x59 mm	st	308	14,2	1,25	5 467,00 kr
Murblock original 120x190x59 mm	st	34	22,71	1,25	965,18 kr
Murblock original 120x190x59 mm	st	1463	14,2	1,25	25 968,25 kr
Murcement A 25 kg	st	42	52,8	1,25	2 772,00 kr
Murcement A 25 kg	st	42	61,15	1,25	3 210,38 kr
Murkalk E släckt 10 kg	st	1	75,66	1,25	94,58 kr
Murkramlor					6 500,00 kr
Mursand		1	2321	1,25	2 901,25 kr
Murslev	st	2	128,35	1,25	320,88 kr
Målarremsa glasfiber 0,05x25 m	rle	3	53,62	1,25	201,08 kr
Målarglätt	st	1	32,96	1,25	41,20 kr
Märkfärg	st	1	65,03	1,25	81,29 kr
Märkpenna artline	st	1	12,94	1,25	16,18 kr
Märkpenna artline-röd	st	1	12,94	1,25	16,18 kr
Märkpenna artline-svart	st	2	12,94	1,25	32,35 kr
Möbelhjul	frp	1	64,98	1,25	81,23 kr
Mössa	st	1	121,31	1,25	151,64 kr
Najtråd	st	14	5,37	1,25	93,98 kr
Najtråd	st	12	6,8	1,25	102,00 kr
Nockpanna rak ytbehandlad tegelröd	st	56	34,17	1,25	2 391,90 kr
Normallampa halogen	st	1	16,76	1,25	20,95 kr
Nybyggnadskarta					2 500,00 kr
Nyckelskylt matt krom	st	1	53,58	1,25	66,98 kr
Nylonplugg MQ 10x50	pkt	1	65,99	1,25	82,49 kr
OSB-skiva 11x1200x2440 mm	kvm	14,64	37,74	1,25	690,64 kr
OSB-skiva 11x1200x2440 mm	kvm	175,68	37,74	1,25	8 287,70 kr
OSB-skiva 11x2440x1197 mm	st	95	95	1,25	11 281,25 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	5,856	35,7	1,25	261,32 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	5,856	35,7	1,25	261,32 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	8,784	35,7	1,25	391,99 kr

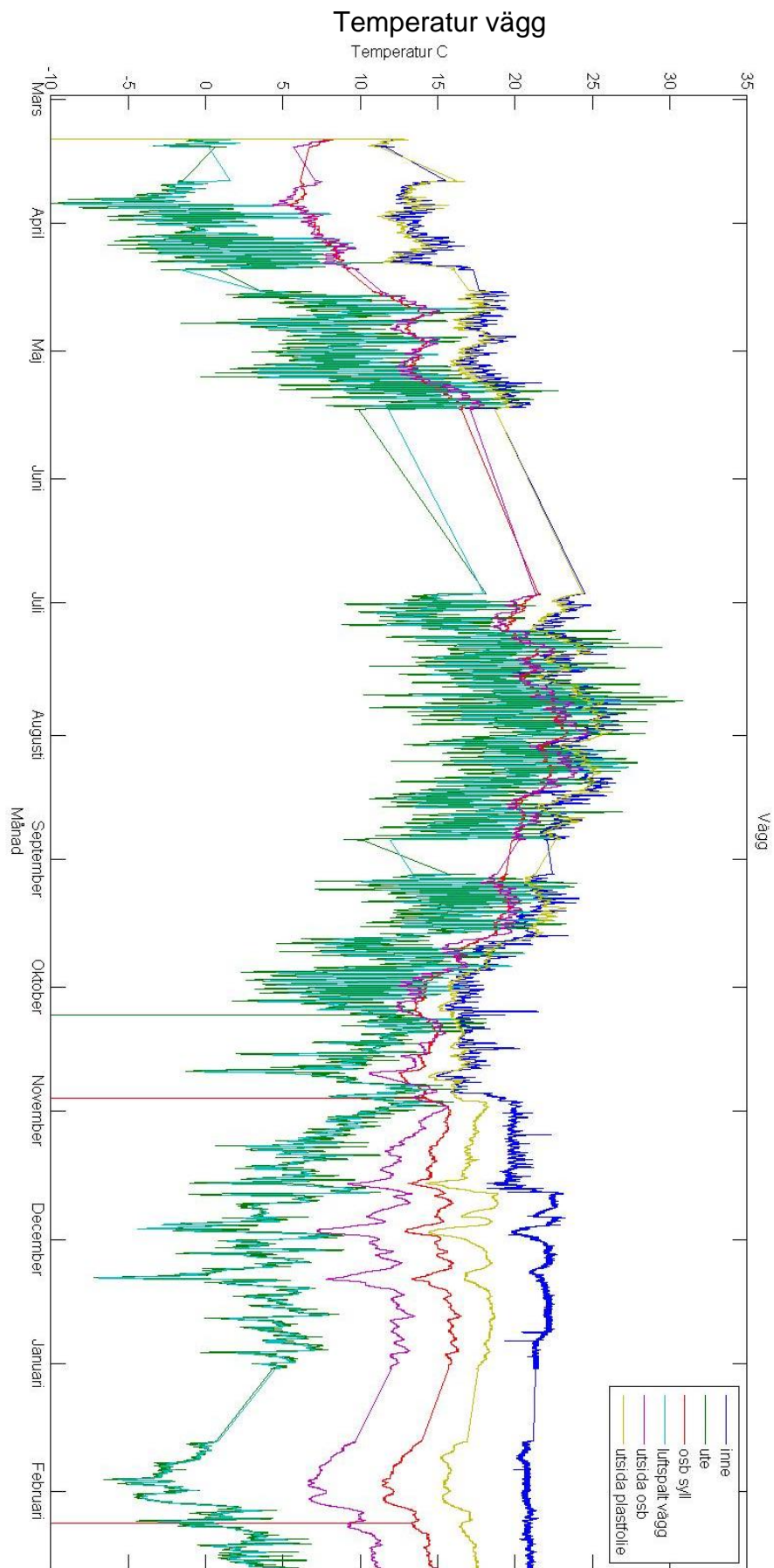
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	8,784	35,7	1,25	391,99 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	8,784	35,7	1,25	391,99 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	st	15	106,4	1,25	1 995,00 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	64,416	35,7	1,25	2 874,56 kr
OSB-skiva 11x2440x1200 mm	kvm	64,416	35,7	1,25	2 874,56 kr
OSB-skiva 11x897x2440 mm	st	25	72	1,25	2 250,00 kr
OSB-skiva Nexfo 11x1200x2440	kvm	2,928	36,27	1,25	132,75 kr
Packtejp 50 mm, 66 m	st	1	26,7	1,25	33,38 kr
Packtejp 50 mm, 66 m	rle	1	26,7	1,25	33,38 kr
Packtejp 50 mm, 66 m	rle	3	26,7	1,25	100,13 kr
Pall Finja	st	4	100	1,25	500,00 kr
Pallkrage	st	51	40	1,25	2 550,00 kr
Pallningsbricka 50x80x10 200P	st	10	1,78	1,25	22,25 kr
Pallningsbricka 50x80x2 600P	st	10	0,59	1,25	7,38 kr
Pallningsbricka 50x80x2, 600P	st	10	0,63	1,25	7,88 kr
Pallningsbricka 50x80x5 300P	st	5	1,1	1,25	6,88 kr
Pallningsbricka 50x80x5, 300P	st	15	1,17	1,25	21,94 kr
Pantbrev		1			14 450,00 kr
Penselset	st	1	35,36	1,25	44,20 kr
Penselset basic inomhus 100	st	1	28,39	1,25	35,49 kr
Piasavakvast 400x75 mm	st	1	96,41	1,25	120,51 kr
Pivåhängt takfönster	st	2	6240	1,25	15 600,00 kr
Plastbricka	frp	1	340	1,25	425,00 kr
Plastkil	st	4	5,37	1,25	26,85 kr
Plastkil KL15 40x85	frp	0,02	1176,78	1,25	29,42 kr
Plastkil KL15 40x85 500P	st	10	2,29	1,25	28,63 kr
Plastkil KL25 45x140x25	frp	0,04	1296,06	1,25	64,80 kr
Plastspik 180 mm	st	500	1,35	1,25	843,75 kr
Plastsäck 125 L	rle	1	26,4	1,25	33,00 kr
Plastsäck 125 L	rle	3	37,4	1,25	140,25 kr
Plint 500 mm	st	10	70	1,25	875,00 kr
Plugg	st	1	8	1,25	10,00 kr
Plåtarbeten					18 000,00 kr
Plåthuv					500,00 kr
Propp mark 110 mm PP	st	1	33,52	1,25	41,90 kr
Putsbräda de bruk 280x120 mm	st	1	169,33	1,25	211,66 kr
Putsbräda plast 180x320 mm	st	1	54,95	1,25	68,69 kr
Rabbitstång	st	2	124,1	1,25	310,25 kr
Radonmätning					400,00 kr
Reservstift PICA dry	ask	1	61,02	1,25	76,28 kr
Rollerbygel 230 mm	st	1	50,12	1,25	62,65 kr
Rollerset Woody 180 mm	st	1	33,32	1,25	41,65 kr
Rundstav furu 12 mm	lpm	1	6,48	1,25	8,10 kr
Rundstav furu 12 mm	lpm	1,5	6,48	1,25	12,15 kr
Rundstav furu 15 mm	lpm	3,6	8,64	1,25	38,88 kr
Rundstav furu 33 mm	lpm	1,9	23,04	1,25	54,72 kr
Rundstav furu 33 mm	lpm	2,1	23,04	1,25	60,48 kr
Rundstav furu 33 mm	lpm	20	23,04	1,25	576,00 kr
Rundstav furu 43 mm	lpm	7,5	38,16	1,25	357,75 kr
Rännkrok 125 aluzink 160	st	3	24,92	1,25	93,45 kr

Räntor					22 000,00 kr
Rörarbete+grusbädd					5 000,00 kr
Rörmokeri inkl. panna och ventilationsenhet					196 730,00 kr
Sand					500,00 kr
Sandpapper	st	2	3,56	1,25	8,90 kr
Sandpapper	st	3	2,63	1,25	9,86 kr
Sandpapper 230x280 K40	st	2	3,56	1,25	8,90 kr
Schakt Sölvesborgs Maskin och Lack stubbar	st	1	3000	1,25	3 750,00 kr
Silikatbinder 10 L	st	1	409,24	1,25	511,55 kr
Silikatbinder 10 L	frp	3	407,24	1,25	1 527,15 kr
Silikatfärg 10 L	frp	2	771,23	1,25	1 928,08 kr
Silikatfärg 10 L	st	2	771,23	1,25	1 928,08 kr
Silikatfärg 5 L	st	1	399,2	1,25	499,00 kr
SJ-pallar	st	9	20	1,25	225,00 kr
Skarvkoppling 2291 SB	st	1	26,07	1,25	32,59 kr
Skarvremsa spackling papper 50 mm	rle	1	69,95	1,25	87,44 kr
Skivor LB-hus					200,00 kr
Skruv, spik och beslag		1	15987,81	1,25	19 984,77 kr
Skruvdragare Makita					4 100,00 kr
Skruvmejsel PH2 100 mm	st	1	46,91	1,25	58,64 kr
Skruvmejsel PZ1	st	1	41,42	1,25	51,78 kr
Skruvögla mässing	frp	1	16,65	1,25	20,81 kr
Skyddsglasögon ZE 30	st	1	41,74	1,25	52,18 kr
Skär för dosfräs T-75	st	1	70,25	1,25	87,81 kr
Skär för dosfräs T-80	st	1	169,18	1,25	211,48 kr
Slagkloss tarkett proffs	st	1	296	1,25	370,00 kr
Snabbkoppling soft 12.5-15.0	st	1	38,49	1,25	48,11 kr
Snickarpenna	st	1	12,03	1,25	15,04 kr
Snickarpenna	st	1	12,03	1,25	15,04 kr
Snittar till husvisning					2 300,00 kr
Sopset	st	1	26,28	1,25	32,85 kr
Sopsäck 125 L	rle	1	20,13	1,25	25,16 kr
Sopsäck 125 L	rle	1	20,13	1,25	25,16 kr
Sopsäck 125 L	rle	1	20,13	1,25	25,16 kr
Sopsäck 125 L	rle	1	20,13	1,25	25,16 kr
Sopsäck 125 L	rle	1	20,13	1,25	25,16 kr
Sopsäck 125 L	rle	2	20,1	1,25	50,25 kr
Sopsäck 125 L	rle	3	14,86	1,25	55,73 kr
Sopsäck 240 L	rle	2	55,89	1,25	139,73 kr
Sopsäck 240 L	rle	2	55,89	1,25	139,73 kr
Sopsäck stor	rle	1	31,2	1,25	39,00 kr
Spackel	st	2	255,29	1,25	638,23 kr
Spikplåt 56x100 mm	st	100	6,5	1,25	812,50 kr
Spiralborr 14x170 mm	st	1	60,43	1,25	75,54 kr
Spiralrör 125x1500 mm	st	1	126,65	1,25	158,31 kr
Spontpanel furu vit 13x120 mm	kvm	30	143,2	1,25	5 370,00 kr
Spontpanel vitvaxad 13x120 mm	kvm	19,62	16	1,25	392,40 kr
Spotlights loft					891,00 kr
Sprinklerpistol mulitspray HOZ	st	1	134,78	1,25	168,48 kr
Stickpropp	st	1	19,69	1,25	24,61 kr

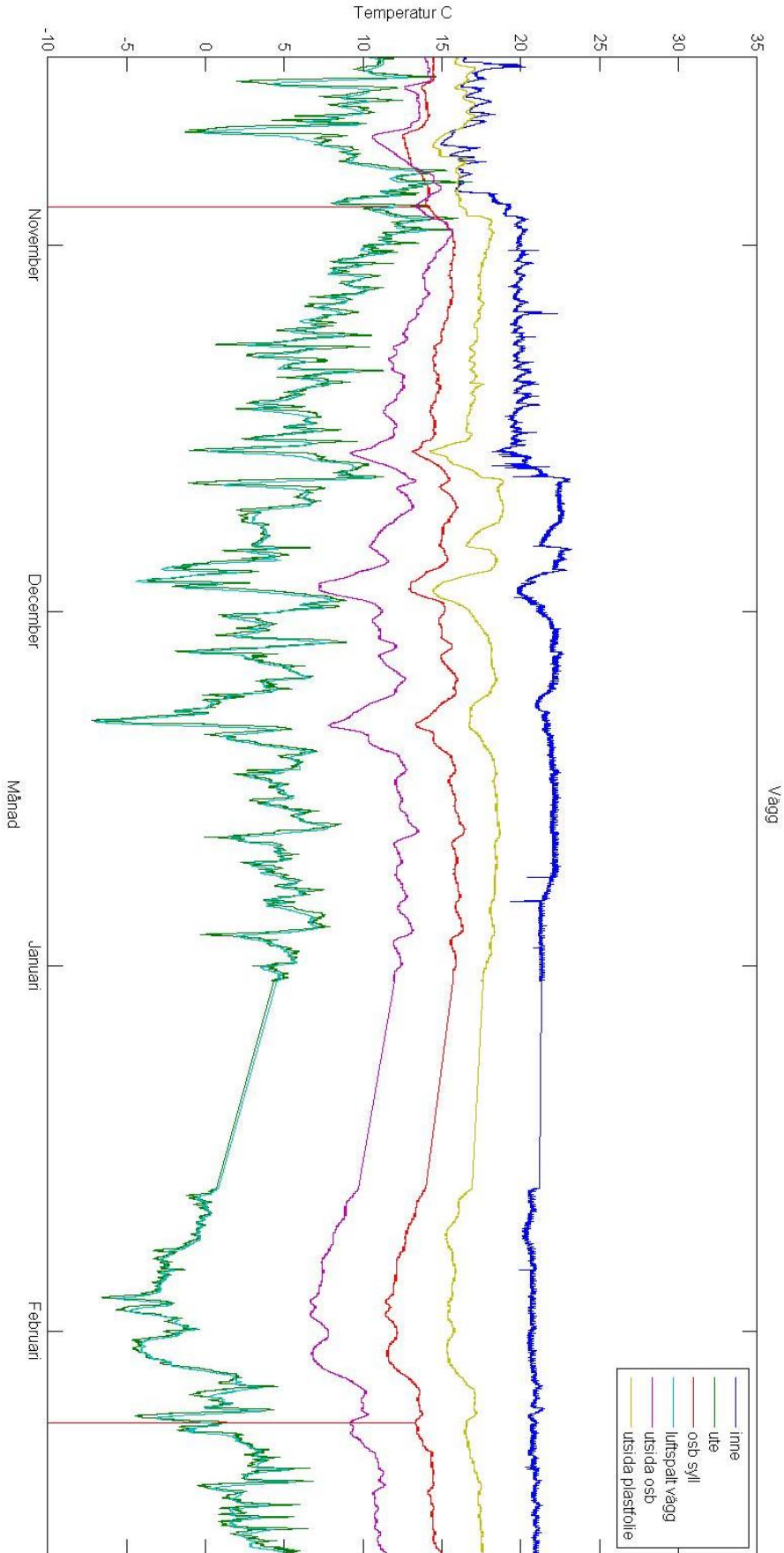
Stickpropp gummi svart	st	1	19,69	1,25	24,61 kr
Stickpropp jord	st	1	14,08	1,25	17,60 kr
Stocktransport+sågning					15 000,00 kr
Stuprör 90 mm aluzink 2,5 m	st	4	93,6	1,25	468,00 kr
Stålbörste 2-rad plast anza	st	1	25,41	1,25	31,76 kr
Stålbörste 2-rad plast anza	st	1	25,41	1,25	31,76 kr
Stållina	st	5	2,82	1,25	17,63 kr
Svetsat nät 1000x19x19, 25 m	rle	9	504,95	1,25	5 680,69 kr
Sylltätning 0,12x40 m	rle	1	294,1	1,25	367,63 kr
Sylltätning 0,22x40 m	rle	2	595,42	1,25	1 488,55 kr
Sågklinga 190x30 24T	st	1	291,41	1,25	364,26 kr
Säkring 16A	st	2	15,69	1,25	39,23 kr
Säkring grå 16 A	frp	1	16,49	1,25	20,61 kr
SÄVE maskinhyra		1	1924	1,25	2 405,00 kr
Takklister 5 L	st	2	213,77	1,25	534,43 kr
Taklist furu	lpm	3	20,16	1,25	75,60 kr
Takpanel vitvaxad 13x120 mm	st	1	18036	1,25	22 545,00 kr
Takpanna pale 2K ytbehandlad Benders	st	5	6,91	1,25	43,19 kr
Takpanna pale 2K ytbehandlad Benders	st	2400	4,2	1,25	12 600,00 kr
Teleskopstav	st	1	296	1,25	370,00 kr
Tigersågsblad	st	1	144,23	1,25	180,29 kr
Tomt+Avlopp+Vatten					294 860,00 kr
Tomtköavgift	st	1	800	1,25	1 000,00 kr
Transport	st	1	500	1,25	625,00 kr
Transport isolering	st	2	500	1,25	1 250,00 kr
Transport murblock	st	1	1000	1,25	1 250,00 kr
Transport takpannor	st	1	400	1,25	500,00 kr
Transport+köp av massor från NCC		1	36488	1,25	45 610,00 kr
Transportkostnad rör	st	1	176	1,25	220,00 kr
Trarydfönster optimal plus, vit/vitmålad		1	74120	1,25	92 650,00 kr
Trucklån					500,00 kr
Trågsinsats 25 cm	st	1	54,47	1,25	68,09 kr
Trägolvl 27x137 mm structure rustik vittonat	kvm	4,38	238,38	1,25	1 305,13 kr
Trägolvl 27x137 mm structure rustik vittonat	kvm	38,6	199,2	1,25	9 611,40 kr
Trägrund cuprinol V vit 5 L	frp	4	458,38	1,25	2 291,90 kr
Trälim 925 ute 750 ml	st	7	55,33	1,25	484,14 kr
Träolja CU 4,65 L		1	183,2	1,25	229,00 kr
Träolja CU 4,65 L	frp	1	208,83	1,25	261,04 kr
Träolja CU 4,65 L	frp	2	183,2	1,25	458,00 kr
Träoljepensel 100 mm naturborst	st	1	39,78	1,25	49,73 kr
Träskiva furu 18x300x1200 mm	st	1	95,21	1,25	119,01 kr
Träskiva furu 18x300x2400 mm	st	1	191,01	1,25	238,76 kr
Tröskelplatta ek lackad 9x92x630 mm	st	1	43,08	1,25	53,85 kr
Tröskelplatta ek lackad 9x92x830 mm	st	1	43,08	1,25	53,85 kr
Tvättstugeinredning					20 000,00 kr
Tågvirke	st	1	31,66	1,25	39,58 kr
Täckbricka mattkrom	st	1	72,36	1,25	90,45 kr
Täckfärg cuprinol vit 10 L	frp	1	995,26	1,25	1 244,08 kr
Tätningssmassa	st	1	72,25	1,25	90,31 kr
Tätningstejp XST Paroc	rle	2	124,7	1,25	311,75 kr

Tätningstejp XST Paroc	st	3	124,7	1,25	467,63 kr
Tätningstejp XST Paroc	rle	3	124,7	1,25	467,63 kr
Tätningstejp XST Paroc	rle	4	124,7	1,25	623,50 kr
Tätningstejp XST Paroc	rle	6	120,45	1,25	903,38 kr
Tätningstejp XST Paroc	rle	8	120,45	1,25	1 204,50 kr
Underlagsmatta 2 mm 12,5x1,2 m	rle	2	133,89	1,25	334,73 kr
Universallim Sikabond	st	1	63,26	1,25	79,08 kr
Utjämning tomt Kenneth					1 500,00 kr
Vattenpass HV 120	st	1	448,88	1,25	561,10 kr
Villaförsäkring 1 år	st	1	3184,8	1,25	3 981,00 kr
Vinterhandske	par	6	56,38	1,25	422,85 kr
Vinterhandske 5148W	st	1	53,25	1,25	66,56 kr
Vinterhandske 5148W	st	1	57,91	1,25	72,39 kr
Wirelös	st	1	12,67	1,25	15,84 kr
Vredsats epok assa	st	2	164,9	1,25	412,25 kr
Vredskruv hylsmutter 90 mm	st	1	59,24	1,25	74,05 kr
Våtrumsspackel 10 L	frp	2	372,49	1,25	931,23 kr
Vägg och bjälklag extra 120 mm 3,97 kvm	frp	3	168,77	1,25	632,89 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 120 mm, 3,97 kvm	st	12	136,41	1,25	2 046,15 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 145 mm, 3,3 kvm	st	71	127,91	1,25	11 352,01 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 195 mm, 2,64 kvm	st	148	134,22	1,25	24 830,70 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 220, 1,98 kvm	st	79	132,89	1,25	13 122,89 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 45 mm, 9,26 kvm	frp	5	186,3	1,25	1 164,38 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 45 mm, 9,26 kvm	st	17	154,06	1,25	3 273,78 kr
Vägg och bjälklagsskiva 45x1170x565 mm 9,26 m2	pkt	1	180,97	1,25	226,21 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 95 mm, 5,29 kvm	frp	1	177,26	1,25	221,58 kr
Vägg- och bjälklagsskiva 95 mm, 5,29 kvm	st	19	137,75	1,25	3 271,56 kr
Vägg och bjälklagsskiva trä, 45 mm, 9.26 kvm	frp	10	186,3	1,25	2 328,75 kr
Vägg och bjälklagsskiva trä, 95 mm, 5.29 kvm	frp	6	169,89	1,25	1 274,18 kr
Väggspackel medium 10 L	frp	2	255,29	1,25	638,23 kr
Väggspackel medium 10 L	frp	2	255,29	1,25	638,23 kr
Yrkespistol	st	1	64,47	1,25	80,59 kr
Ytpapp	rle	17	704,22	1,25	14 964,68 kr
Ytterdörr förråd	st	1	4796	1,25	5 995,00 kr
Ytterdörr Mozart blå	st	1	2400	1,25	3 000,00 kr
Ytterdörr tvättstuga	st	1	2560	1,25	3 200,00 kr

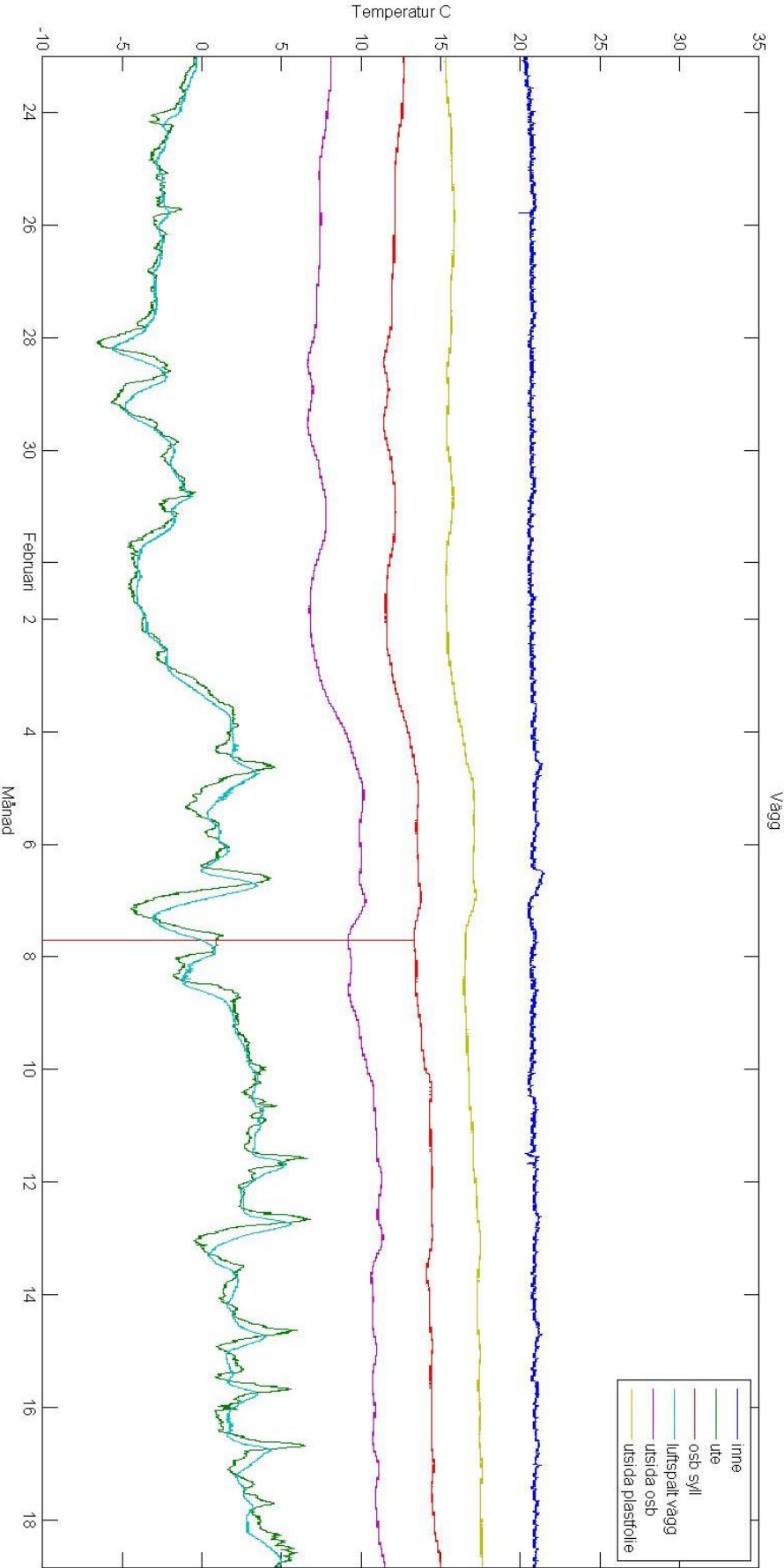
Bilaga 8 -Diagram



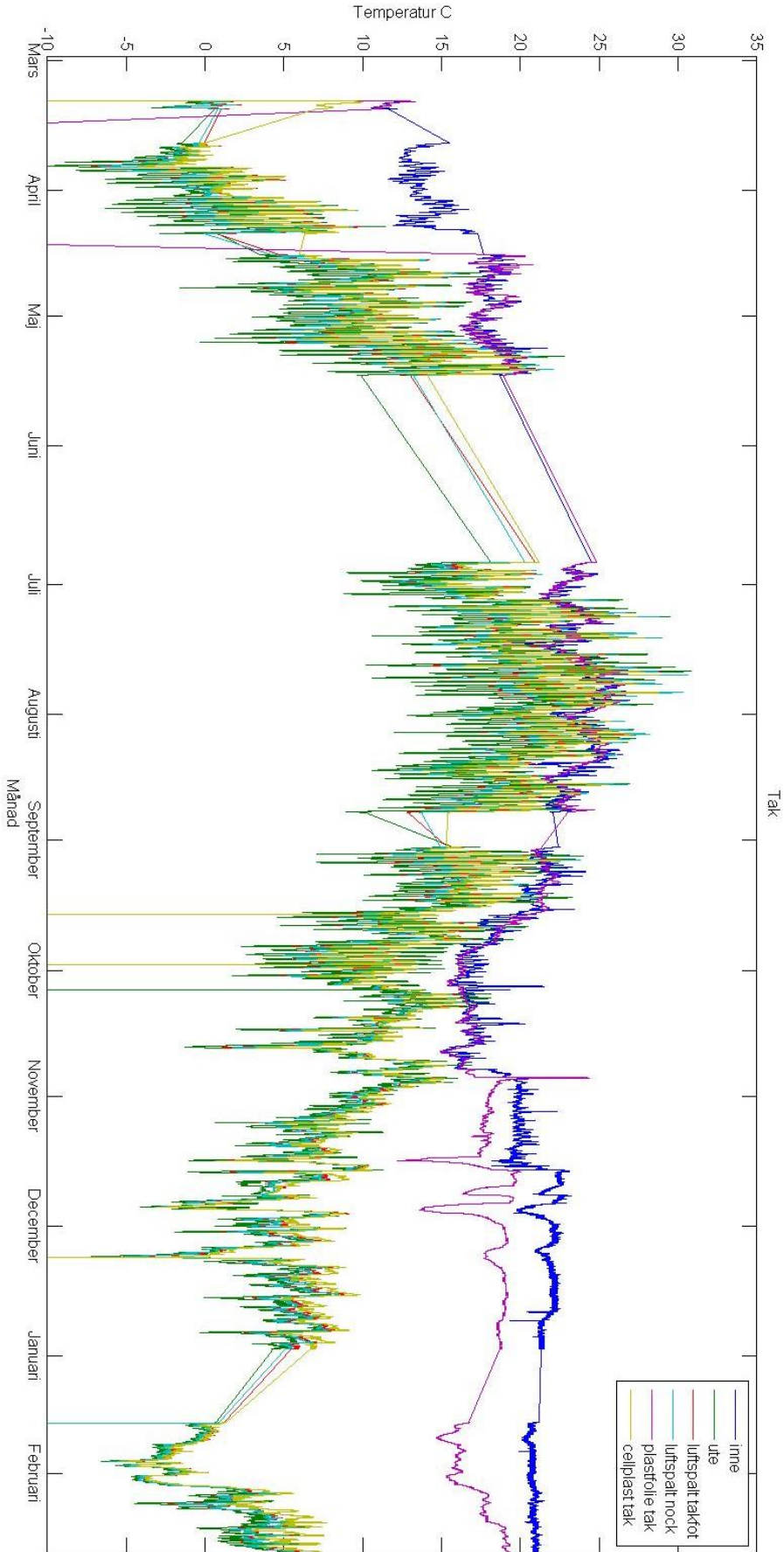
Temperatur vägg (vinter)



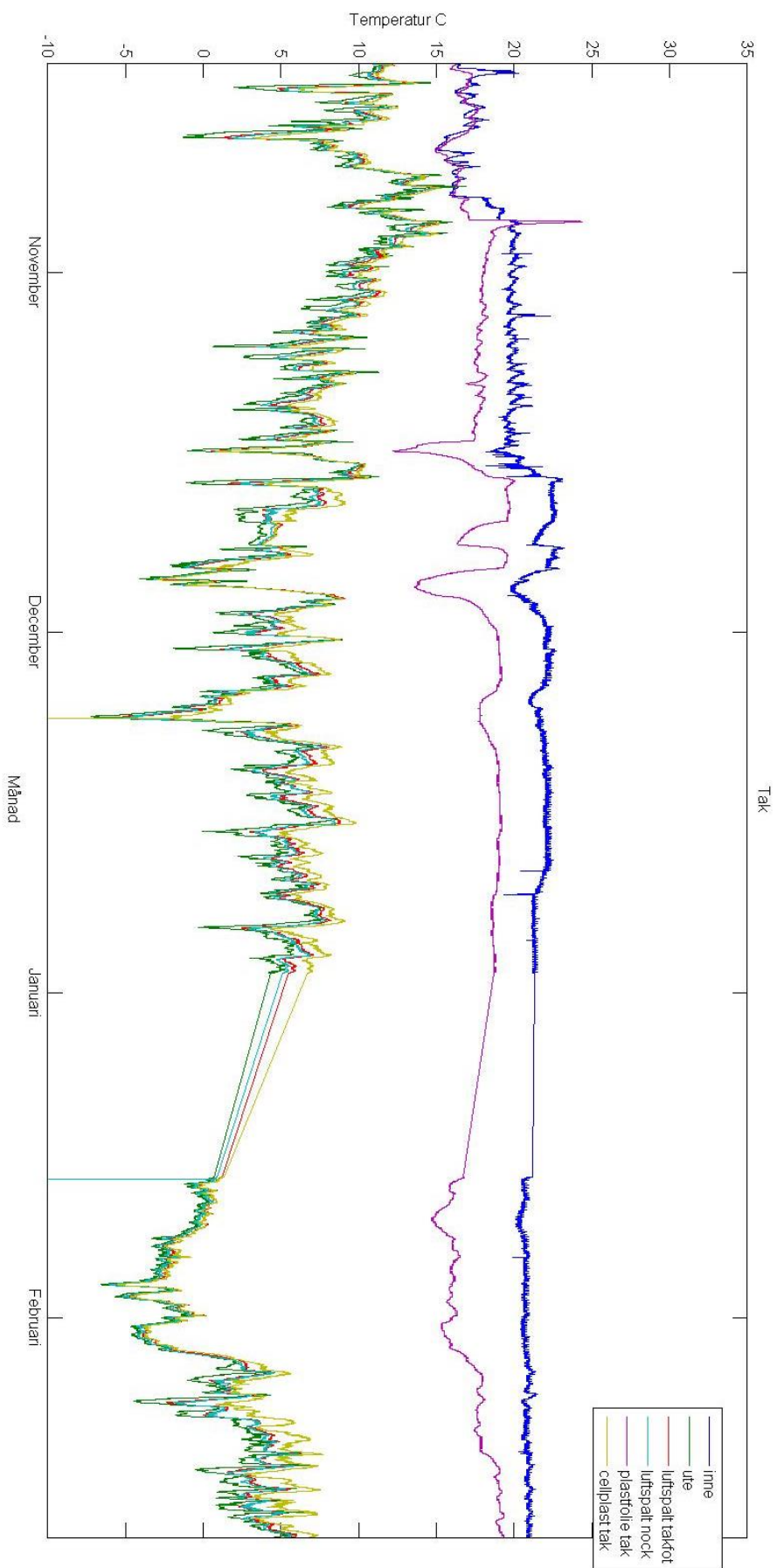
Temperatur vägg Februari



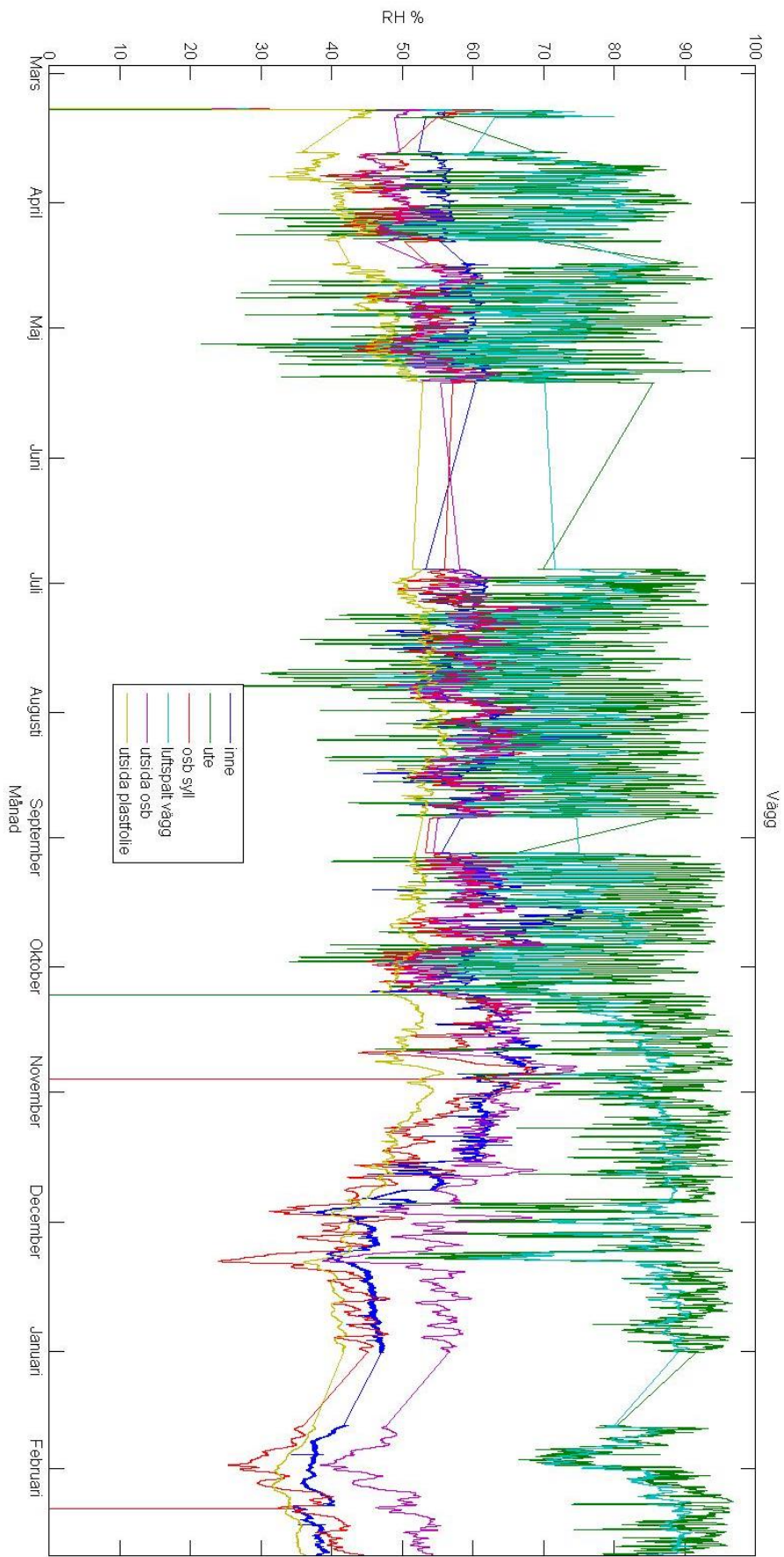
Temperatur tak



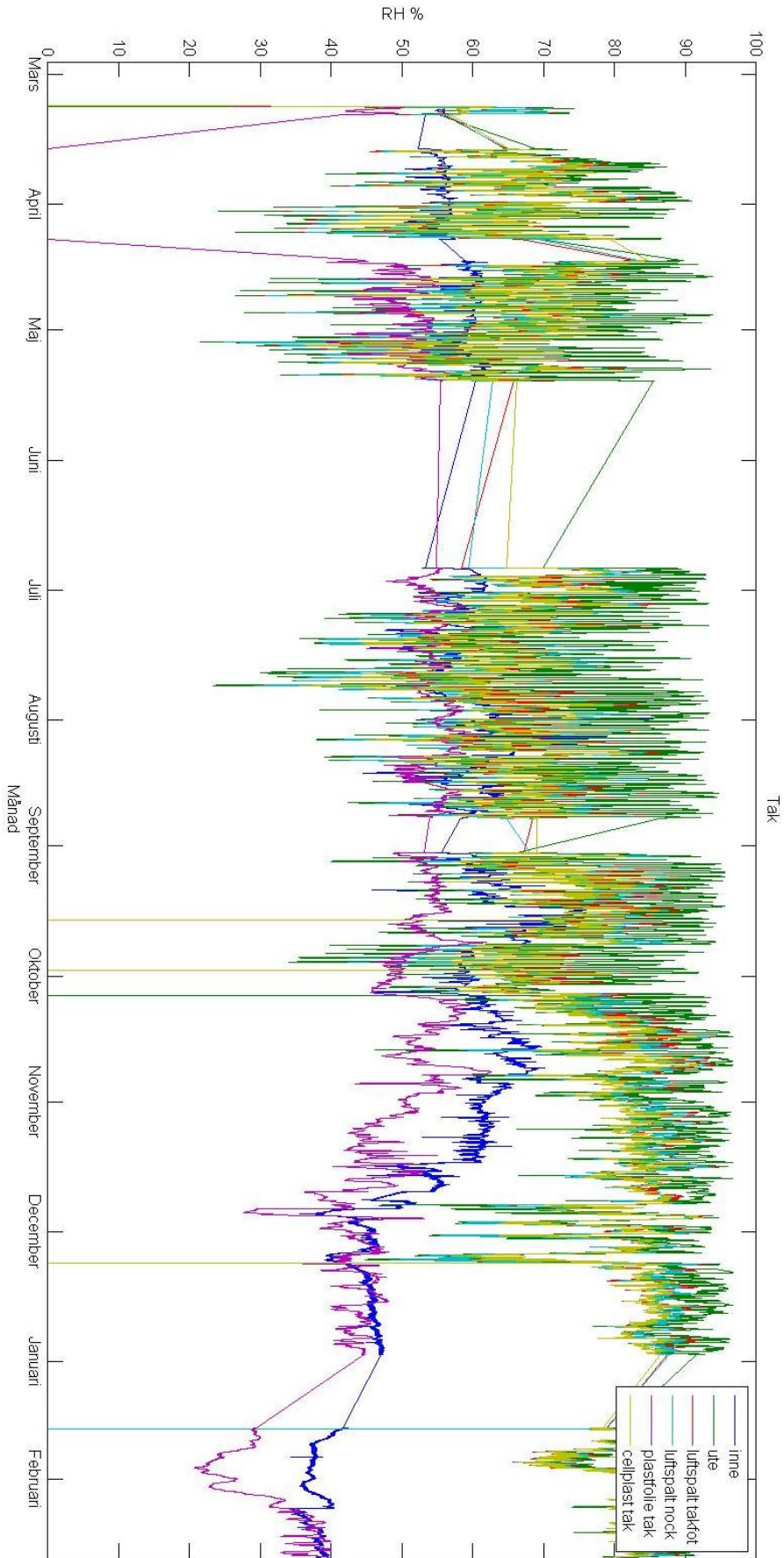
Temperatur tak (vinter)



Relativ fuktighet vägg



Relativ fuktighet tak



Bilaga 9 Tillkommande arbetsmoment och tidsjämförelse

Här behandlas de arbetsmoment som tillkommit och som varit mer tidsödande hos Vinbäret än vad som är fallet med ett standardhus. Stora arbetsmoment delas upp i delmoment varefter respektive delmoment tidsuppskattas och jämförs med motsvarande arbetsmoment hos Standardhuset.

Målet med tidsjämförelsen är att få fram hur många extra arbetstimmar som lagts ned för att göra Vinbäret till ett passivhus.

När man studerar tidsjämförelsen och tidsschemat i denna rapport är det viktigt att ha följande saker i åtanke.

- Huset är inte byggt av hantverkare som har byggande som sin vardagliga syssla
- En övervägande majoritet av timmarna som lagts ned på huset är kvällstimmar och helgtimmar. Huset är således mestadels byggt under korta arbetspass. Korta arbetspass blir ineffektivare än längre sammanhängande arbetspass. Det beror på att vissa moment blir lika tidsödande oavsett hur långt ett arbetspass är. Till exempel körtid till och från arbetsplatsen, plocka fram verktyg, kort översikt och uppstartsplanering inför dagens arbete, hopplöckning av verktyg.
Antalet arbetstimmar under dygnets mörka del drar med sig extraarbete såsom att fixa tillfredsställande belysning. En annan aspekt är bevarandet av grannsämjan då huset byggs i ett villaområde som nästan uteslutande bebos av barnfamiljer. Att föra oväsen sena kvällar och helger kan vara mindre populärt vilket gör att man i större utsträckning än vanligt behöver planera och anpassa när man kan utföra vissa bullerkrävande arbetsmoment.
- Byggande är komplext och att under en arbetsdag fördela och tidsätta alla göromål under olika kategorier är ibland lättare sagt än gjort. Indelningen i arbetsmoment är därför ibland relativt grov.
- Det redovisade tidsschemat gäller för just de förutsättningar som varit gällande under uppförandet av Vinbäret. Hur lång tid ett arbetsmoment tar beror på en mängd olika faktorer varför den redovisade tidsåtgången för respektive arbetsmoment inte bör överanalyseras. Det ska dock nämnas att det totala antalet timmar för uppförandet av Vinbäret stämmer väl överens med verkligheten då det totala antalet timmar för respektive arbetsdag dokumenterats noggrant.

1 Grund

Extra cellplastlager

Ett extra lager om 100 mm cellplast läggs ut under hela grunden. Under Standardhuset ligger 300 mm cellplast i tre skikt. Att lägga ut ytterligare ett lager cellplast medför inga tillkommande komplikationer i förhållande till arbetsbördan att lägga ut något av de övriga lagren. Detta gör att arbetsbördan ökar med 33 %. Enligt tidsboken åtgick 20 timmar till att lägga ut fyra lager cellplast. Tre lager tar således 15 timmar.

Ökad tidsåtgång 5 timmar.

Bygga om L-element till U-element

L-elementen kompletteras med en 150x300 mm hög cellplastdel som bildar den inre delen av U-et samt en 100x100 mm hög cellplastdel som bildar avståndet mellan U-ets båda lodräta sidor. Ombyggnaden av L-element till U-element tog 12 timmar.

Ökad tidsåtgång 12 timmar.

Armering yttre kantbalk

Den tillkommande armeringen består av ett 12 mm järn i underkant som ligger på distanser samt ett 12 mm järn i ovankant som vilar på 200 mm långa 8 mm järn som stuckits in i och hålls uppe av U-ets inre respektive yttre stående cellplastdel.

Ökad tidsåtgång 5 timmar.

Gjutning yttre kantbalk

Tidsåtgången för att fylla den yttre kantbalken med betong är försumbar i sammanhanget. Dock uppstod viss problematik när det kom till att jämna av den yttre kantbalken. På grund av den inre delen av U-et var det inte möjligt att använda varken glättare eller raka för att jämna av den yttre kantbalken. Plattan gjöts en varm och solig septemberdag varvid stora delar av den yttre kantbalken inte hann avjämnas innan betongen härdat. Utöver detta bildades en oönskad ”betongbula” över den inre delen av U-et. Således är den inre delen av U-et täckt med ett 5-10 mm tjockt betongskikt. Ett sätt att komma runt den här problematiken hade varit att i det här fallet minska höjden på den inre delen av U-et från 300 mm till 290 mm. Dock hade man ju i det fallet skapat en icke önskvärd köldbrygga.

Ökad tidsåtgång 2 timmar.

Gjutstöd

I normala fall behövs inga ytterligare gjutstöd än själva L-elementen när man gjuter en platta på mark. Vill man vara på säkra sidan kan man fylla upp med massor mot L-elementen innan gjutning. Det fungerar eftersom normalt två cellplastlager överlappar L-elementets horisontella del med 200 mm. De två överlappande cellplastlagren låser således fast L-elementen vid gjutning. Vad gäller Vinbärets grund så försvinner överlappet helt på grund av den inre delen av U-et vilket innebär att ett yttre gjutstöd krävs. Gjutstödet utgjordes av 45x195 regler samt nedslagna 28x70 läkt.

Ökad tidsåtgång 12 timmar.

Tjälisolering

Utläggning av tjälisolering gjordes samtidigt som det fylldes upp med jordmassor och dränerande material mot grunden. Cellplastskivan av kvalitet S100 stöter mot och linjerar med grundens understa cellplastlager. Tjälisoleringen lutar ut från grunden för att leda bort eventuellt vatten.

Ökad tidsåtgång 3 timmar.

Hörnkragsisolering

Hörnkragsisoleringen placeras ovanpå tjälisoleringen. Den utgörs av 100 mm tjock cellplast av kvalitet S100 som börjar i hörnsnittet och löper 1000 mm längs med grunden i respektive riktning.

Ökad tidsåtgång 0,5 timmar.

Ökad grundarea

Grundarean ökar med $15,5 \text{ m}^2$ på grund av Vinbärets stora väggdjocklek. Den extra arbetsinsatsen som krävs för dessa kvadratmetrar uppskattas genom att räkna ut antalet arbetade timmar per kvadratmeter grundplatta och multiplicera den kvoten med 15,5. Det totala antalet arbetstimmar för grundplattan uppgår enligt tidsschemat till 154 timmar. Observera att i summan 154 ingår inte arbete för till exempel utläggning av golvvärmslingor där arbetsbördan är densamma för både Vinbäret och Standardhuset eftersom den uppvärmda arean är densamma. Grundplattans totala area är $204,2 \text{ m}^2$. Avrundning till hela timmar.

$$\frac{154}{204,2} = 0,75 \left[\frac{h}{m^2} \right] \quad (1.1)$$

$$0,75 \cdot 15,5 = 11,6 \text{ [h]} \quad (1.2)$$

Ökad tidsåtgång 12 timmar.

2 Vägg

Ingjutna gängstänger för syllinfästning

Den mest förekommande metoden att fästa väggelement för villor i betongplattan är att skjuta fast syllen med bultpistol. Hos Vinbäret najades elförzinkade 12 mm gängstänger fast i kantbalksarmeringen som sedan gjöts in uppstickande 70 mm över färdig betongplatta. Det verkade vara en bra metod men visade sig senare vara en mycket osmidig och ineffektiv syllinfästningsmetod. Gängstängerna sattes med 1000 mm c/c och med samma avstånd till U-elementets yttersida längs hela kantbalken. Gängstängerna rörde sig något vid gjuttillfället vilket medförde att varje gängstång fick mätas in individuellt för att få hålen i syllen på rätt plats. Utöver detta tidsödande moment kom man inte åt att jämna kantbalken ordentligt med rakor och glättare vid gjutningstillfället. De tunga väggsektionerna fick pallas upp vid stomresningen för att komma upp de 70 mm som krävdes för att kunna träs ner över gängstängerna. Det var en mycket omständig metod för syllinfästning som inte på något sätt kan rekommenderas för småhusbyggande. Tidsåtgången för inpassning och infästning av syllen med bultpistol uppskattas till två timmar att jämföra med tio timmar med gängstänger.

Ökad tidsåtgång 8 timmar.

Tyngre virkeshantering och mer materialhantering med en 220 mm stomme jämfört med en 170 mm stomme

Tidsskillnaden att bygga en 45x220 mm stomme jämfört med att snickra ihop en 45x170 mm stomme är svår att sätta en siffra på. På samma sätt är det svårt att sätta en siffra på hur mycket längre tid det tar att isolera den grövre stommen i förhållande till normalstommen. Det kan dock med hög säkerhet konstateras att det är mer arbete med den grövre stommen. Virket väger mer och är således tyngre och osmidigare att hantera i en 220 mm stomme. En isolerbale med 220 mm isolering innehåller tre skivor medan en isolerbale med 170 mm innehåller fyra skivor. Isolerbalarna har samma volym vid leverans. Det är således en större volym isolermaterial som skall transporteras, bäras in och monteras.

Svårt att ansätta en korrekt siffra på denna post men sätter tidsskillnaden till fem timmar vilket bedöms ligga i underkant jämfört med verkligheten.

Ökad tidsåtgång 5 timmar.

Montering av flexsystemskiva

Centrumlinjen i flexsystemskiktet linjerar med centrumlinjen hos U-elementets inre lodräta del. Flexsystemskivorna levererades med lastbil direkt till byggplatsen från fabriken i Danmark. Samtliga skivor har dimensionen 250x600x1000 mm. Varje skiva har två grönmarkerade så kallade flexzoner där de första 20 mm är betydligt mjukare och medgörligare än resten av skivan. Vid monteringen sätts en flexzon mot en vanlig styv skivkant vilket gör att anslutningarna mellan skivorna blir täta. Den nedersta raden av skivor står på en asfaltapp som börjar 15 mm utanför U-elementets yttersida och slutar 200 mm upp på OSB-skivans baksida. Skalmuren av lättklinkerblock och flexsystemskiktet vilar således på samma asfaltapp. OSB-skivornas nederkant har behandlats med takklister för att minska risken för vattensugning under byggtiden. Normalt fästs flexsystemskiktet med lång skruv och bricka in i stommen. En lätt fasad, till exempel en träfasad eller en puts på skiva kan fästas och ”bäras upp” av flexsystemskiktet. Till exempel 28x70 mm läkt skruvas då genom skivan och rakt in i stommen eller i den skiva som sitter bakom flexsystemskiktet. För mer ingående beskrivningar och detaljer av

hur flexsystemet är uppbyggt och fungerar hänvisas till tillverkare. I fallet Vinbäret bär flexsystemskiktet inte upp någon fasad vilket innebär att kraven på infästning i stomme och bakomliggande skiva minskar. Hos Vinbäret är flexsystemskiktet fäst med elförzinkade plåtband som bockats och skruvats i den bakomliggande OSB-skivan. En plastbricka och en varmförzinkad spik håller sedan skivan på plats. Användningen av plåtband och bricka istället för skruv och bricka är enbart en kostnadsfråga. I genomsnitt finns tre infästningspunkter per kvadratmeter. Flexsystemskiktet monteras löpande efterhand som skalmuren växer på höjden.

Arbetet med att fästa den yttre OSB-skivan likställs tidsmässigt med att fästa det yttre 45x45 mm liggande regelverket med mellanliggande stenull och utanpåsitande vindduk hos Standardhuset.

Ökad tidsåtgång 66 timmar.

Infästning av skalmur

De rostfria kramlorna är specialbeställda från en mekanisk verkstad. De är 350 mm långa och har en diameter på 3 mm. De är bockade i vardera änden, 30 mm in. Den ena änden fästs med två stycken varmförzinkade märlor medan den andra änden antingen läggs i bruket mellan två lättklinkerblock eller slås ned med en hammare i lättklinkerblocket. Det sitter i genomsnitt fyra kramlor per kvadratmeter. Efter 240 mm sitter ett litet brickstopp påsvetsat vilket var tänkt att användas som stopp för den plastbricka som håller fast flexsystemskiktet. Det visade sig dock vara svårt att koordinera infästningspunkterna av flexsystemskiktet med önskade infästningspunkter för skalmuren vilket gjorde att mycket få brickstopp kom till användning i praktiken. I den mån det var praktiskt möjligt placerades kramlorna i skarvarna mellan flexsystemskivorna. Där det inte var möjligt gjordes spår i flexskivan med en fogsvans så att den kunde träs ner över kramlan efter att denna märlats fast i bakomliggande OSB-skiva. Standardhusets skalmur fästs lämpligen med cirka 100 mm långa kamspik in i det yttre liggande 45x45 mm regelverket vilket torde vara lättare än att använda bockade kramlor. Det tar i genomsnitt åtta min att göra fyra skalmursinfästningar hos Vinbäret. Som jämförelse har motsvarande moment hos Standardhusets skalmur satts till två minuter där momentet består av att slå i fyra kamspik på lämpliga ställen. Arean skalmur hos båda husen sätts till 140 m^2 .

$$8 \text{ min} = 0,133 \text{ [h]}$$

$$2 \text{ min} = 0,033 \text{ [h]}$$

$$\text{Ökad tidsåtgång} = 0,133 * 140 - 0,033 * 140 = 14 \text{ [h]} \quad (2.1)$$

Ökad tidsåtgång 14 timmar.

Fönsterinfästning

Samtliga fönsterinfästningar har varit mycket tidsödande. Avsaknaden av stomme för traditionell infästning med karmskruv gör att konventionell fönsterinfästning inte är möjlig.

Fönstrets placering

Utsidan på glaskassetten linjerar med flexsystemskiktets utsida vilket gör att en del av karmen befinner sig i luftspalten respektive i skalmuren. Fönsterkarmens yttersta del slutar 15 mm in i skalmuren vilket förenklar arbetet med att putsa och foga runtomkring fönstren. Hade fönstren varit längre indragna i väggen hade köldbryggan reducerats men av estetiska skäl var en ytterligare indragning inte att föredra.

Tätning och skydd mot väta

Samtliga fönster är aluminiumbeklädda på utsidan. Traryds aluminiumfönster har en liten skåra på sidan som till exempel kan användas för dold infästning av täckplåt mellan två tätt sittande fönster. I denna skåra trädde en underlagspapp in som veks runt den del av karmen som är exponerad i luftspalten. Den kvarvarande pappkanten spikades med pappspik i plywoodramen. Remsorna skars 150 mm breda. Eftersom både grundputsen och ytputsen ligger mot fönsterkarmen är pappen tänkt att skydda karmen mot väta. Dels för väta som kan tillföras karmen innan putsen torkat med också för väta som kan uppstå då putsen suger vatten efter långa ihållande höstregn. Hela fasaden målades med en diffusionsöppen silikatfärg i tre skikt. Innan ytputsen torkat skrapas en cirka 5 mm bred respektive 5 mm djup ränna i putsen närmst fönstrets aluminiumbeklädning. Efter att putsen har torkat ordentligt fylls rännan med fogmassa för utomhusbruk varvid övergången mellan puts och aluminiumbeklädning blir tät samtidigt som risken för sprickbildning minimeras.

Infästning

Samtliga fönster hänger i varsin ram. Ramarna är 500 mm djupa och består av 12 mm plywood på de lodräta ytorna och av OSB på de vågräta. Anledningen till att plywood inte används till hela ramen är endast en kostnadsfråga. Ramens yttre del slutar mitt på fönsterkarmen där den fixeras med elförzinkade skruv. Fönstret skjuts ut i fönsterhålet och fixeras genom att plywoodramens inre del skruvas fast i stommen.

Förutom ett par undantag vid groventrén och altandörren är samtliga lodräta fönster- och dörrsmygar vinklade 11 grader för att släppa in mer ljus samt för att reducera känslan av ”instängdhet” på grund av väggarnas tjocklek. Under projekteringen fanns en oro för känslan av instängdhet men just de djupa fönstersmygarna har senare visat sig vara den detalj som besökare uppskattar mest.

Diffusionsspärr

Plastfolien dras rakt över fönsterpartierna, plasten snittas sedan på lämpligt sätt och viks in mot karmen. Ett släpp på 10 mm mellan plastfolie och karm ger bättre förutsättningar för tejpingen. Den

åldersbeständiga tejsen är 50 mm bred. Det enklaste är att börja med att fästa tejsen cirka 10 mm upp på karmen för att sedan trycka den i 90 grader in mot skivramen och sedan vika ut den resterande delen av tejsen över plastfolien. I inner- respektive ytterhörn krävs extra stor omsorg för att uppnå ett tätt resultat. Töj inte tejsen, risken finns då att den inte orkar hålla sig i position över tiden. Fönstersmygarnas djup gör att plastfolien behöver kompletteras både på kortsidorna samt i innerhörnen för att räckta till. Samtliga skarvar tejsas. Stor omsorg har lagts ned för att säkerställa tätheten hos Vinbärets diffusionsspärr och två provtryckningar har ägt rum med goda resultat. De 570 mm djupa fönstersmygarna medför extra arbete med diffusionsspärr respektive tejsning. Extraarbetet bör dock inte vara så mycket större om det antas att Standardhusets diffusionsspärr tejsas på samma sätt mot karmen varvid inget tidstillägg görs.

Fönstersmygar

Vinklade fönstersmygar medför att de MDF-skivor som används i smygarna måste snedskäras på långsidorna för att sluta tätt mot karm respektive skapa en parallell yta med gipsen så att fodren kan monteras korrekt. Att göra samtliga snedskär tar cirka 15 min per fönster/dörr.

Det totala antalet nedlagda timmar för att genomföra ovanstående moment hos Vinbäret uppgår till 190 timmar fördelat på 21 enheter d.v.s. fönster/dörrar. Nedlagd tid per enhet uppgår således till:

$$\frac{190}{21} = 9 \text{ [h]} \quad (2.2)$$

För Standardhuset bedöms samma arbete ta hälften av tiden att utföra.

$$\frac{190}{2} = 95 \text{ [h]} \quad (2.3)$$

Ökad tidsåtgång 95 timmar.

3 Tak

Cellplast som luftspaltbildande skiva

Arbetet med cellplast som luftspaltbildande skiva likställs med arbetet att montera en oljehärdad masonit för samma ändamål. 45x120 mm regler fästs liggande ovanpå fackverkstakstolarnas ovansida. Eftersom takstolarna är 45 mm breda sticker 45x120 mm regeln ut 37,5 mm på respektive sida om takstolen. Cellplasten stöter mot och spikas i dessa ”klackar” underifrån. I fallet att oljehärdad masonit används istället kan denna fästas på samma sätt som cellplasten. Dock måste varje masonitskiva kapas på bredden med den infästningsmetoden. Istället kan masonitskivan fästas direkt ovanpå takstolarna som sitter med 1200 mm c/c. Behovet av att såga skivorna försvinner i detta fall. Efterhand som skivorna fästs ovanpå takstolarna spikas 45x45 mm regler ovanpå takstolarna vilka således skapar luftspalten.

Ökad tidsåtgång 16 timmar.

150 mm extra stenullsisolering. 550 mm jämfört med 400 mm.

Den helt dominerande metoden att isolera ett vindsbjälklag idag är med lösull. Det gäller generellt sett både för flacka och lutande takkonstruktioner. Öppna såväl som slutna snedtak. Enligt Isover kan ett slutet snedtak med upp till 70 graders lutning isoleras med deras lösull. Snedtak delas av Isover upp i tre olika klasser beroende på lutning. Under 25 grader, mellan 25 och 45 grader samt mellan 45 och 70 grader. Uppdelningen i olika taklutningsintervall beror på att man använder olika densitet på isoleringen vid olika taklutningar för att minimera sättningar hos isolermaterialet.

Vinbäret har en taklutning på 27 grader. Användandet av lösull till Vinbäret övervägdes men valdes bort av flera anledningar. (Isover, 2014)

Man bör ha i åtanke att de tester som ligger bakom tillverkarnas rekommendationer troligen utförs i en kontrollerad testmiljö under optimala omständigheter. Frågan är också under hur lång tid man har utfört till exempel glidnings- och självkompakteringstester. (sitac, 2014)

Enligt Råd och Röns lösullundersökning kompenseras långtidssättningarna hos lösull med ett tjockare isolerlager. För cellulosebaserade material ökas tjockleken med 10-30 % beroende på lutning och för mineralbaserade material 5-10 %. Det är konstaterat att en viss självkompaktion sker. I Vinbärets fall skulle en sådan kompaktion medföra att en luftspalt bildas mellan den luftspaltbildande skivan och lösullsisoleringen. För att få en känsla för stor luftspalten kan förväntas bli antar vi 5 % självkompaktering hos mineralullen. Luftspalten blir under detta antagande 27,5 mm enligt nedan.

$$0,05 \cdot 550 = 27,5 \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

Det största problemet med en luftspalt mellan lösull och luftspaltbildande skiva är att de båda isolerskikten tappar kontakten med varandra. Små springor mellan cellplastskivorna tillsammans med ett relativt högt luftflöde i den yttre luftspalten samt konvektion i den nyuppkomna luftspalten är ingen bra kombination. Takets isolerande förmåga kommer att reduceras.

På grund av detta valdes lösull bort som isolerrmetod för Vinbäret. Isolering i skivform glider ej och är mer formstabil än lösull.

Vinbärets takkonstruktion har 600 mm isolering innanför luftspalten. De yttersta 50 mm består av den luftspaltbildande skivan av cellplast. De innersta 550 mm utgörs av stenull i fyra olika skikt. Alla skarvar är förskjutna i förhållande till varandra. Diffusionsspärr och glesreglar monterades efterhand som isolerskivorna lades på plats. De 12 mm tjocka plywoodlaskar som håller ihop takstolarnas knutpunkter försvårade arbetet då takstolsfacken på många ställen blev 24 mm smalare än standardmått. Då laskarna är enhetligt utspridda över takstolssidorna och inte minskar avståndet mellan takstolarna på alla ställen har inga skivor behövts kapas på grund av laskarna.

Den ursprungliga tanken var att takets mineralullsskikt skulle utgöras av endast tre skikt mineralull. Nederst en 220 mm skiva, i mitten en 195 mm skiva och överst en 145 mm skiva.

$$220 + 195 + 145 = 560 \text{ mm} \quad (3.2)$$

Förhoppningen var att 560 mm mineralull effektivt skulle fylla upp det tomma utrymmet på 550 mm. Det blev dock inte fallet. Mineralullsskivorna är vakuumpförpackade och det tar en viss tid för dem att "svälla upp" till sin slutgiltiga tjocklek efter uppackning. Dock visade det sig snart att isoleringen inte förmådde täcka upp samtliga 550 mm. För det mesta återstod en luftspalt om cirka 15-20 mm närmst den luftspaltbildande cellplastskivan. Anledningarna till detta fenomen torde framförallt vara två. Glesreglarna sätts med 300 mm c/c. När plastfolien monteras i takt med isoleringen är det ibland svårt att få plastfolien helt sträckt överallt vilket gör att mineralullen sjunker ned lite grann mellan glesreglarna.

En iakttagelse som blev allt mer uppenbar ju fler isolerbalar som öppnades var att skillnaden i fasthet varierar kraftigt mellan olika skivor. Vissa skivor är fasta medan andra är sladdriga och svårare att hantera. Då tre fasta skivor lades på varandra fyllde de upp hela utrymmet om 550 mm. Om inte de båda två undre skivorna var fasta bildades en luftspalt mellan ovansida mineralull och undersida luftspaltbildande skiva. De mindre fasta mineralullsskivorna förmådde helt enkelt inte bära egentyngden av ovanpåliggande isolerskivor. En form av självkompaktering som snabbt uppdagades. Problemet löstes genom att ytterligare en isolerskiva lades till i takkonstruktionen. Mellan 195 mm skivan och 145 mm skivan lades en 45 mm mineralullskiva.

$$220 + 195 + 45 + 145 = 605 \text{ mm} \quad (3.3)$$

I hela takkonstruktionen ligger det således 605 mm mineralull på ett utrymme som är 550 mm högt. Med 45 mm skivan på plats försvann problemet helt. För att få dit den översta 145 mm isolerskivan användes glidplåtar för att minska friktionen mellan ytorna.

En lösullsentreprenör hade fyllt takkonstruktionen med lösull på en arbetsdag. En arbetare sköter inmatningen av lösull och en sköter slangen och fyllningen. Två arbetare om en dag ger 16 timmar.

$$2 \cdot 8 = 16 \text{ timmar} \quad (3.4)$$

Metoden att isolera snedtaket med skivor var mycket tidsödande. Mycket tid gick åt till att flytta ställningar och till att få upp material. Eftersom plastning, uppfästning av glesreglar och isolering följs åt blir det mindre kontinuitet i arbetet än om momenten hade gjorts var för sig.

Det totala antalet arbetstimmar för att utföra all plastning, uppfästning av glesreglar samt isolering av takkonstruktionen uppgår till 226 timmar för Vinbäret. Ett timantal som är omöjligt att motivera ur ett ekonomiskt perspektiv. Observera att uppfästningen av den luftspaltbildande skivan ingår i dessa timmar.

Dock är det inte siffrorna 16 och 226 som ska jämföras i denna rapport. Antalet timmar för Vinbäret ska jämföras med antalet timmar det tar att isolera standardhusets takkonstruktion enligt samma metod med 400 mm isolermaterial. Av dessa 400 mm antas 50 mm utgöra den luftspaltbildande skivan. Med tanke på de problem som uppdragats med den initiala ”kompaktionen/hopsjunkningen” av mineralullsskivor antas Standardhuset isoleras med två skivor om vardera 195 mm. Alternativt en 195 mm skiva och en 170 mm skiva beroende på isolerskivornas fasthet.

25 % av timmarna bedöms utgöra tiden det tar att plasta, sätta upp glesreglar och bygga ställningar. De övriga 75 % är tiden för själva isoleringsarbetet.

$$0,75 \cdot 226 = 169,5 \text{ timmar} \quad (3.5)$$

Anta att samtliga fem isolerskikt hos Vinbäret tar lika lång tid att montera. Avrundning till hela timmar.

$$\frac{169,5}{5} = 34 \text{ timmar/skikt} \quad (3.6)$$

Standardhuset har tre isolerskikt jämfört med Vinbärets fem.

Ökad tidsåtgång 68 timmar

50 mm nattutstrålningsisolering

Ovanpå underlagspappen ligger 50 mm falsad cellplast av kvalitet S150. Taket värms upp av solen under dagtid. Betongpannorna gör att Vinbärets tak har relativt stor värmekapacitet. Två skilda ytor med olika temperaturer strålar mot varandra i strävan efter att jämna ut temperaturskillnaden. Den kalla natthimmeln har en lägre temperatur än det uppvärmda taket. Ju längre natten lider desto svalare blir taket och desto svalare blir luften i luftspalten. I takt med att luften i luftspalten avsvälvar minskar dess mätnadsånghalt. När dagpunkten nås fälls vatten ut på svallets undersida i form av kondens. Det brukar antas att mögelsporer finns överallt i luften. När mögelsporerna får tillgång till fritt vatten på träsvällets undersida är risken för mögelpåväxt stor. Cellplasten isolerar luften i luftspalten, fördröjer avsvälningen och minskar risken för att temperaturen sjunker till dagpunkten.

Risken för kondensutfällning är störst under en kall, klar, vindstilla natt efter en varm dag med hög relativ fuktighet i utomhusluften. Den varma, fuktiga luften blir stillastående i luftspalten där den kyls av till dagpunkten varvid vatten fälls ut på svallets undersida.

Högre värmekapacitet på skikten ovanför luftspalten minskar risken för kondensutfällning eftersom avsvälningen fördröjs.

Nattutstrålningsisoleringen lades ut efterhand som ströläkten spikades på plats. Cellplasten har således ingen separat infästningsmetod utan sitter fastklämd mellan ströläkt och underlagspapp. Arbetet med att hantera och lägga ut nattutstrålningsisoleringen tog en arbetsdag för två personer.

Ökad tidsåtgång 16 timmar.

Underlagspapp på undersida ströläkt

På grund av cellplastens fukthållande egenskaper sitter det underlagspapp på ströläktens undersida för att förhindra att ströläkten suger upp vatten från cellplasten. Mängden vatten som når cellplasten varierar med årstid och vindriktning men generellt sett är vattenmängden liten då de takpannor som används är försedda med dubbelfals för avrinning. Förhoppningen är att remsan av underlagspapp minskar fuktbelastningen på ströläkten och att ströläktens livslängd förlängs. Inga rekommendationer eller resonemang kring om det är fördelaktigt eller ej att fästa underlagspapp på ströläktens undersida har hittats.

Ökad tidsåtgång 5 timmar.

Grövre ströläkt än brukligt

Hos Vinbäret används ströläkt av dimensionen 25x50 mm istället för läkt av dimensionen 10x50 mm. Ströläkten spikas med varmförzinkade 3,4x100 mm spik rakt igenom cellplasten. Ströläkten fästs med c/c avstånd 600 mm. Ett lämpligt c/c avstånd mellan infästningspunkterna är cirka 500 mm. Varannan läkt får sina fästpunkter i en takstol och varannan i svallet mittemellan två takstolar.

På grund av cellplastens deformationsegenskaper var det inte möjligt att använda 10x50 mm ströläkt. En 10 mm hög ströläkt sjunker ned för mycket i cellplasten under spikningen. Luftspalten mellan bärläkt och cellplast blir nästintill obefintlig på vissa ställen och lokal nedböjning av ströläkten vid infästningspunkterna gör att taket blir ”vågigt”. För att komma runt detta problem har Vinbäret ströläkt av dimensionen 25x50 mm. Ett alternativ till att använda högre ströläkt är att använda en bredare ströläkt för att få en bättre tryckfördelning. Hur bred respektive hög ströläkt som är lämplig att använda beror på den underliggande cellplastens densitet. Det mest kostnadseffektiva är att köpa en cellplast med låg densitet och istället köpa en högre respektive bredare ströläkt. Vinbärets projektörer rekommenderar att byta ut den falsade cellplasten av kvalitet S150 till en falsad cellplast av kvalitet S80. Bytet av cellplastkvalité bör åtföljas av ett ströläktsbyte från dimension 25x50 mm till dimension 28x70 mm. Tidsskillnaden mellan att hantera och fästa ströläkt av dimensionen 25x50 mm jämfört med att fästa ströläkt av dimensionen 10x50 mm är försumbar i sammanhanget.

Cellplastdöljande plåt vid takfot

Nattutstrålningsisoleringen tillsammans med högre ströläkt gör att takkonstruktionen blir 65 mm högre än vad som är brukligt. Cellplastens nedre kant längs husets långsidor blir synlig från marken och måste därför döljas. Problemet löstes med hjälp av en plåt som bockades till formen av ett U. Plåten bockades så att den blev 50 mm hög i U-ets nedre del och 45 mm öppen i U-ets öppna del. Plåten trädde på cellplasten efter att denna lagts på plats. Då cellplasten är 50 mm tjock kniper U-ets öppna del åt kring cellplasten och plåten behöver ingen ytterligare infästning. Då möjligheten fanns skruvades plåten även fast i ströläkten, det är dock inte nödvändigt.

En sak att ha i åtanke när ströläkten spikas är att vänta med den nedersta spiken tills täckplåten till cellplasten är på plats. Annars deformeras cellplasten en aning vilket gör att täckplåten inte kan sättas på plats. Normalt placeras takfotens droppbleck under underlagspappen där den spikas i svallet varefter underlagspappens nedre kant klistras med kallasfalt mot droppblecket. Droppblecket leder ner det vatten som trängt in under takpannorna i takrännan. I Vinbärets fall var denna lösning inte möjlig på grund av de tillkommande 65 millimetrarna. Takrännan hade hamnat alltför långt ner i förhållande till takpannorna vilket hade fått takfotslösningen att se klumpig ut nedifrån. Lösningen blev att skjuta ut underlagspappen 15 mm över den nedersta svallbrädan och klistra den mot densamma.

Droppblecket är uppflyttat och fäst ovanpå ströläkten. Vattnet som rinner ovanpå takpannorna droppar via droppblecket ner i takrännan. Det vatten som tränger in under takpannorna rinner på cellplasten och droppar via underlagspappen ned på marken.

Ökad tidsåtgång sex timmar.

Ökad takarea

Takets areaökning likställs med grundplattans areaökning vilken uppgår till 15,5 m².

Följande arbetsmoment hos takkonstruktionen tog totalt 353 timmar hos Vinbäret. Uppfästning av diffusionsspärr, glesreglar, mineralull, luftspaltbildande skiva, taksvall, underlagspapp, nattutstrålningsisolering, ströläkt, bärläkt, takpannor samt plåtdetaljer. Den totala takytan uppgår till 184 m². Antalet arbetade timmar per kvadratmeter ges enligt nedan. Avrundning till hela timmar.

$$\frac{353}{184} = 1,92 \left[\frac{h}{m^2} \right] \quad (3.7)$$

$$1,92 \cdot 15,50 = 29,76 [h] \quad (3.8)$$

Ökad tidsåtgång 30 timmar.

4 Summering tidsjämförelse

Det totala antalet timmar som lagts ned på Vinbäret finns redovisade i det bifogade tidsschemat. De antal *extratimmar* som finns redovisade under respektive moment i tidsjämförelsen ovan summeras.

Extratimmar grund

= Extra cellplastlager + Bygga om U – element till L – element
+ Armering yttre kantbalk + Gjutning yttre kantbalk + Gjutstöd
+ Tjälisolering + Hörnkragisolering + Ökad grundarea
= 5 + 12 + 5 + 2 + 12 + 3 + 0,5 + 12 = 51,5 [timmar]

Extratimmar vägg

= Ingjutna gängstänger för syllinfästning
+ Tyngre virkeshantering och mer materialhantering med bredare stomme
+ Montering av flexsystemskiva + Infästning av skalmur
+ Fönsterinfästning = 8 + 5 + 66 + 14 + 95 = 188 [timmar]

Extratimmar tak

= 150 mm extra stenullsisolering i takkonstruktionen
+ 50 mm nattutstrålningsisolering + Underlagspapp på undersida ströläkt
+ Cellplastdöljande plåt vid takfot + Ökad takarea = 68 + 16 + 5 + 6 + 30
= 125 [timmar]

Extratimmar grund + Extratimmar vägg + Extratimmar tak = 51,5 + 188 + 125
= 364,5 [timmar]

Den extra arbetsinsatsen för att göra Vinbäret till ett passivhus gentemot att uppföra ett standardhus uppgår till 364,5 timmar. När snickare anlitas till ett större projekt såsom att uppföra en villa är 350 kr/h en normal taxa på löpande basis. Beroende på var i Sverige man befinner sig och vilket bolag som anlitas kan denna siffra variera i båda riktningar.

Bilaga 10 -Kostnadsjämförelse

Tillvägagångssätt

1. Beräkna den totala extrakostnaden för att göra Vinbäret till ett passivhus.
2. Ta fram en formel för elprisets utveckling.
3. Vinbärets förväntade medelenergibehov per m² beräknas som ett medel från energiberäkningar i VIP-Energy, Rockwools energiberäkningsprogram samt med gradtimmemetoden.
4. Subtrahera Vinbärets medelenergibehov från Standardhusets energiförbrukning.
5. Energiförbrukningsdifferensen multipliceras med Vinbärets A-temp för att få fram den totala besparingen i antalet kWh per år.
6. Återbetalningstiden beräknas.

1 Kostnadsjämförelse

Beräkning av differenser i area mellan Vinbäret och Standardhuset.

Grundarea

Indata

- Väggtjockleken exklusive putsskikt uppgår till 700 mm hos Vinbäret respektive till 434 mm hos Standardhuset.
- De invändiga måtten är desamma för både Vinbäret och Standardhuset.
Längd=17,42 m
Bredd=9,45 m

Grundarean som Vinbärets väggar tar upp:

$$0,7 \cdot (17,42 \cdot 2 + 2 \cdot (9,45 + 0,7 \cdot 2)) = 39,6 \text{ [m}^2\text{]} \quad (1.1)$$

Grundarean som Standardhusets väggar tar upp:

$$0,434 \cdot (17,42 \cdot 2 + 2 \cdot (9,45 + 0,434 \cdot 2)) = 24,1 \text{ [m}^2\text{]} \quad (1.2)$$

Differens:

$$39,6 - 24,1 = 15,5 \text{ [m}^2\text{]} \quad (1.3)$$

Väggarea

Vinbärets tjockare väggar gör att den totala ytterväggsarean blir större hos Vinbäret än hos Standardhuset.

Yttervägglängd långsida hos Vinbäret exklusive putsskikt:

$$17,42 + 0,7 \cdot 2 = 18,82 \text{ [m]} \quad (1.4)$$

Yttervägglängd långsida hos Standardhuset exklusive putsskikt:

$$17,42 + 0,434 \cdot 2 = 18,29 \text{ [m]}$$

Differensen i omkrets mellan Vinbäret och Standardhuset blir:

$$(18,82 \cdot 2 + 9,45 \cdot 2) - (18,29 \cdot 2 + 9,45 \cdot 2) = 1,06 \text{ [m]}$$

Med en genomsnittlig takhöjd på 2,6 m blir differensen i väggarea:

$$1,06 \cdot 2,6 = 2,8 \text{ [m}^2\text{]} \quad (1.5)$$

Takarea

Takets areaökning sätts till 15,5 m², samma som grundens areaökning. Inverkan som taklutningen har på takets areaökning försummas.

2 Kostnader

2.1 Materialkostnader

I det följande kommer kvadratmeterkostnader för grund, vägg och tak att beräknas för Vinbäret respektive för Standardhuset. Kvadratmeterkostnaden multipliceras med totalarean för aktuell byggnadsdel. Övriga kostnader för respektive byggnadsdel adderas varefter en total materialkostnad för respektive byggnadsdel erhålls. De tre olika byggnadsdelar som avses är grund, vägg och tak.

Samtliga beräkningar som avser genomsnittspriser är uppställda enligt följande modell.

$$\text{Medelpris (M)} = \frac{\text{Totalt SEK för ett visst material}}{\text{Mängd av aktuellt material}} \quad (2.1)$$

Täljaren "Totalt SEK för ett visst material" är i flera fall en summa av flera poster ur kostnads kalkylen. Anledningen till att så är fallet är att beroende på hur mycket material man köper vid ett visst tillfälle respektive om ett större materialparti som köpts enligt offert behöver kompletteras prissätts materialet olika av bygghandeln.

2.2 Kostnadsjämförelse material, yttervägg

2.2.1 Genomsnittliga materialkostnader för ingående material i Vinbärets yttervägg

$$M_{gips} = \frac{9\,081,2}{300,8} = 30,2 \quad [kr/m^2] \quad (2.2)$$

$$M_{OSB} = \frac{31\,823,8}{730,4} = 43,6 \quad [kr/m^2] \quad (2.3)$$

$$M_{45 \times 45} = \frac{2\,942}{409,4} = 7,2 \quad [kr/lpm] \quad (2.4)$$

$$M_{45 \times 45, 600 \text{ mm } c/c} = \frac{7,2}{0,6} = 12 \quad [kr/m^2] \quad (2.5)$$

$$M_{\text{mineralull } 45 \text{ mm}} = \frac{6\,993,1}{305,6} = 22,9 \quad [kr/m^2] \quad (2.6)$$

$$M_{\text{plastfolie}} = \frac{1\,807,1}{270} = 6,7 \quad [kr/m^2] \quad (2.7)$$

$$M_{45 \times 220} = \frac{16\,213,8}{537} = 30,2 \quad [kr/lpm] \quad (2.8)$$

$$M_{45 \times 220, 600 \text{ mm } c/c} = \frac{30,2}{0,6} = 50,3 \quad [kr/m^2] \quad (2.9)$$

$$M_{\text{mineralull } 220 \text{ mm}} = \frac{13\,122,9}{156,4} = 83,9 \quad [kr/m^2] \quad (2.10)$$

$$M_{\text{flexsystemskiva}} = \frac{34\,272}{163,2} = 210 \quad [kr/m^2] \quad (2.11)$$

$$M_{murkramla} = \frac{6\,500}{200} = 32,5 \quad [kr/m^2] \quad (2.12)$$

$$M_{stålnät} = \frac{5\,680,7}{225} = 25,2 \quad [kr/m^2] \quad (2.13)$$

$$M_{lecablock} = \frac{32\,400,4}{1\,805} = 18 \quad [kr/m^2] \quad (2.14)$$

→ 8,33 block per kvadratmeter ger $18 * 8,33$
= 150 $[kr/m^2]$

$$M_{bistål} = \frac{7\,437,5}{240} = 31 \quad \left[\frac{kr}{m^2} \right] \rightarrow c/c \text{ avstånd } 600 \text{ mm ger } \frac{31}{0,6} \quad (2.15)$$

= 51,7 $[kr/m^2]$

$$M_{cement \text{ inkl. sand}} = \frac{8\,883,6}{200} = 44,4 \quad [kr/m^2] \quad (2.16)$$

$$M_{putsstikt} = \frac{9\,562,5}{200} = 47,8 \quad [kr/m^2] \quad (2.17)$$

2.2.2 Övriga kostnader som tillkommer för Vinbärets yttervägg

Utöver materialen som prissatts ovan följer här ett antal poster vilka är engångskostnader. Kostnaderna finns med i den bifogade kalkylen, dock inte så uppdelat som nedan.

- Frakt av flexsystemskiva från fabriken i Danmark.

$$Extrakostnad_{transport} = 2\,430 + 750 = 3\,180 \quad [kr] \quad (2.18)$$

- Syllisoleringen är 220 mm bred hos Vinbäret jämfört med 170 mm hos Standardhuset. Millimeterpriset för 170 mm syllisolering antas vara detsamma som för 220 mm syllisolering.

$$\frac{1\,488,55}{220} = 6,77 \quad [kr/mm] \quad (2.19)$$

$$Extrakostnad_{syllisolering} = 6,77 * 220 - 6,77 * 170 = 338,5 \quad [kr] \quad (2.20)$$

- Bredare fuktspärr mot grunden i form av underlagspapp på grund av den tjocka flexsystemskivan. Pappremsan som tillkommer har måtten 250x60 000 mm. Det gick åt 1,33 rullar underlagspapp.

$$Extrakostnad_{fuktspärr} = 1,33 * 297,6 = 395,8 \quad [kr] \quad (2.21)$$

- De tjocka väggarna medför extrakostnader i form av plywood och OSB till fönsterinfästningarna. Bredden på de 16 mm tjocka MDF skivor som används till att klä in fönstersmygarna har bredden 0,6 m hos Vinbäret jämfört med 0,2 m hos Standardhuset. Fönstersmygarna samt dörrsmygarna har en total omkrets på 114,6 m varav 79 m är plywood och resterande 35,6 m utgörs av OSB. Skivbredden som går åt för fönsterinfästningarna är 0,6 m.

$$A_{plywood} = 79 * 0,6 = 47,4 \quad [m^2] \quad (2.22)$$

$$\text{Extrakostnad}_{plywood} = 47,4 * \frac{9\,482,3}{95} = 4\,731,2 \quad [\text{kr}] \quad (2.23)$$

$$A_{OSB} = 35,6 * 0,6 = 21,4 \quad [\text{m}^2] \quad (2.24)$$

$$\text{Extrakostnad}_{OSB} = 21,4 * 43,6 = 933 \quad [\text{kr}] \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} A_{MDF, \text{ Vinbäret}} - A_{MDF, \text{ Standardhuset}} &= 114,6 * 0,6 - 114,6 * 0,2 \\ &= 45,8 \quad [\text{m}^2] \end{aligned} \quad (2.26)$$

$$\text{Extrakostnad}_{MDF} = 45,8 * \frac{4\,113,5}{35,7} = 5\,277,3 \quad [\text{kr/m}^2] \quad (2.27)$$

- Vinbärets fönster har ett U-värde på 0,9 W/m² *K jämfört med Standardhusets 1,1 W/m² *K. Fönster med lägre U-värden är generellt dyrare än fönster med högre U-värden. För att få en så klar bild som möjligt över prisskillnaden används ett prisexempel från Woody i Sölvesborg.

$$\frac{\text{Fönster } U - \text{värde } 0,9}{\text{Fönster } U - \text{värde } 1,1} = \frac{9\,325}{7\,330} = 1,272 \quad (2.28)$$

Prisexemplet ovan gäller ett aluminiumbeklätt träfönster med måtten 1000x1300 mm. Det framgår att fönstret med det lägre U-värdet är 27,2 % dyrare. Vinbärets fönster köptes via en bekant som gav rabatt utöver normalfallet. Vinbärets fönsterkostnader är således ej representativa jämfört med annan nyproduktion. För att kunna jämföra Vinbäret med Standardhuset görs ett avdrag på Vinbärets totala fönsterkostnad med 27,2 %.

$$\begin{aligned} \text{Extrakostnad}_{\text{lägt } U\text{-värde}} &= \text{Total fönsterkostnad} - \frac{\text{Total fönsterkostnad}}{1,272} \\ &= 92\,650 - \frac{92\,650}{1,272} = 19\,812 \quad [\text{kr}] \end{aligned}$$

2.2.3 Materialkostnadssummering Vinbärets yttervägg

Den totala ytterväggsarean exklusive fönster uppgår till 124,7 m².

Materialkostnaden per kvadratmeter yttervägg ges enligt nedan:

$$\begin{aligned} M_{gips} + M_{OSB} + M_{45 \times 45, 600 \text{ mm } c/c} + M_{\text{mineralull } 45 \text{ mm}} + M_{\text{plastfolie}} + M_{45 \times 220, 600 \text{ mm } c/c} \\ + M_{\text{mineralull } 220 \text{ mm}} + M_{OSB} + M_{\text{flexsystemskiva}} + M_{\text{murkramla}} + M_{\text{lecablock}} \\ + M_{\text{stål nät}} + M_{\text{bistål}} + M_{\text{cement inkl. sand}} + M_{\text{putsskikt}} = 854,8 \quad \left[\frac{\text{kr}}{\text{m}^2} \right] \end{aligned}$$

Den totala materialkostnaden för Vinbärets ytterväggar ges nu av:

$$\begin{aligned} \text{Totalkostnad}_{\text{yttervägg, Vinbäret}} &= A_{\text{ytterväggar}} * 854,8 + \text{Frakt flexsystemskiva} \\ &+ \text{Bredare syllisolering} + \text{Bredare fuktspärr mot grunden} \\ &+ \text{Extrakostnad}_{plywood} + \text{Extrakostnad}_{OSB} + \text{Extrakostnad}_{MDF} \\ &+ \text{Extrakostnad}_{\text{lägre } U\text{-värde}} = 141\,261,4 \quad [\text{kr}] \end{aligned}$$

Totalsumman ovan omfattar samtliga materialkostnader för Vinbärets yttervägg undantaget skruv, spik, beslag, spackel, färg samt tapet.

2.2.4 Genomsnittlig materialkostnad för ingående material i Standardhusets yttervägg

Nedan redovisas endast kostnader för de material som inte ingår i Vinbärets yttervägg.

$$M_{45 \times 170} = \frac{1\,619,8}{69} = 23,5 \quad [\text{kr/lpm}]$$

$$M_{45 \times 170, 600 \text{ mm cc}} = \frac{23,5}{0,6} = 39,2 \quad [\text{kr/m}^2]$$

$$M_{170 \text{ mm mineralull}} = \frac{\text{Pris } 220 \text{ mm mineralull}}{220 \text{ mm}} * 170 \text{ mm} = \frac{83,9}{220} * 170 = 64,8 \quad [\text{kr/m}^2]$$

$$M_{vindväv} = \frac{229}{16,9} = 13,6 \quad [\text{kr/m}^2]$$

$$M_{kramla} = 20 \quad [\text{kr/m}^2]$$

2.2.5 Materialkostnadssummering standardhusets yttervägg

Den totala ytterväggsarean exklusive fönster uppgår till 121,9 m².

Materialkostnaden per kvadratmeter yttervägg ges enligt nedan:

$$\begin{aligned} &M_{gips} + M_{OSB} + M_{45 \times 45, 600 \text{ mm c/c}} + M_{\text{mineralull } 45 \text{ mm}} + M_{\text{plastfolie}} + M_{45 \times 170, 600 \text{ mm c/c}} \\ &+ M_{\text{mineralull } 170 \text{ mm}} + M_{45 \times 45, 600 \text{ mm c/c}} + M_{\text{mineralull } 45 \text{ mm}} + M_{\text{vindväv}} \\ &+ M_{\text{murkramla}} + M_{\text{lecablock}} + M_{\text{stålnät}} + M_{\text{bistål}} + M_{\text{cement inkl. sand}} + M_{\text{putsskikt}} \\ &= 607 \quad \left[\frac{\text{kr}}{\text{m}^2} \right] \end{aligned}$$

Den totala materialkostnaden för standardhusets ytterväggar ges nu av:

$$\text{Totalkostnad}_{\text{yttervägg}} = A_{\text{ytterväggar}} * 607 = 121,9 * 607 = 73\,993,3 \quad [\text{kr}]$$

Totalsumman ovan omfattar samtliga materialkostnader för standardhusets yttervägg undantaget skruv, spik, beslag, spackel, färg samt tapet.

Jämförelse Vinbärets och Standardhusets yttervägg

Differensen i materialkostnad mellan Vinbärets och Standardhusets yttervägg beräknas:

$$\begin{aligned} \text{Totalkostnad}_{\text{yttervägg, Vinbäret}} - \text{Totalkostnad}_{\text{yttervägg, Standardhuset}} &= 141\,261,4 - 73\,993,3 \\ &= 67\,268,1 \quad [\text{kr}] \end{aligned}$$

2.3 Kostnadsjämförelse material, grund

2.3.1 Genomsnittlig materialkostnad för ingående material i Vinbärets grundplatta

Kostnadsjämförelsen avser en representativ kvadratmeter mitt på grundplattan. Mängden armering som åtgår till kantbalk och dylikt antas vara densamma för båda grundplattorna. Ingjutna installationer såsom golvvärmslingor tas inte upp i den här jämförelsen. Likaså finns golvbeläggning samt fuktspärr på ovansida betong inte med i jämförelsen nedan.

$$M_{betong\ C20} = \frac{46\ 625}{(27,5 * 10)} = 155 \quad [kr/m^2]$$

$$M_{armeringsmatta} = \frac{476,1}{11,5} = 41,4 \quad [kr/m^2]$$

400 mm cellplast i grundplattan.

$$M_{cellplast, 400\ mm} = \frac{10\ 945}{158,4} * 4 = 276,4 \quad [kr/m^2]$$

$$M_{makadam+grusbädd} = 70 \quad \left[\frac{kr}{m^2} \right]$$

Anta fyra armeringsdistanser per kvadratmeter.

$$M_{armeringsdistanser} = \frac{847}{560} * 4 = 6,1 \quad [kr/m^2]$$

2.3.2 Övriga kostnader som tillkommer för Vinbärets grundplatta

Utöver materialen som prissatts ovan följer här ett antal poster vilka är engångskostnader. Kostnaderna finns med i den bifogade kalkylen, dock inte så uppdelat som nedan.

- U-element istället för L-element. Den inre tillkommande delen av U-et är 300 mm hög och 150 mm tjock. Kvadratmeterpriset för 100 mm cellplast är enligt tidigare 69,1 kr. Kostnaden för den 100x100 mm stora cellplastkloss som placeras mellan U-ets lodräta sidor försummas då den huvudsakligen utgörs av spillbitar. Cirka 60 m L-element byggdes om till U-element.

$$Extrakostnad_{cellplast\ U-element} = 60 * \left(0,3 * 69,1 + 0,3 * \frac{69,1}{2} \right) = 1\ 866 \quad [kr]$$

- Den yttre kantbalken som skalmuren vilar på har måtten 100x200 mm. Volymen extra betong som åtgår till den yttre kantbalken ges av:

$$0,1 * 0,2 * (Husets\ längd * 2 + Husets\ bredd * 2) = 0,1 * 0,2 * (18,82 * 2 + 10,45 * 2) \\ = 1,4 \quad [m^3]$$

En kubikmeter betong till husgrunden kostar 1 550 kr.

$$Extrakostnad_{betong\ yttre\ kantbalk} = 1,4 * 1\ 550 = 2\ 170 \quad [kr]$$

- Den extra armeringen som åtgår till den yttre kantbalken består av två stycken 12 mm järn exklusive överlapp. Förenkla och sätt husets längd till 20 m respektive bredd till 10 m.

Ett 12 mm armeringsjärn kostar 11,63 kr/m. Tillägg överlappning, 10 m.

$$\begin{aligned} \text{Extrakostnad}_{\text{armering yttre kantbalk}} &= 11,63 * (2 * 2 * 20 + 2 * 2 * 10 + 10) \\ &= 1\,511,9 \quad [\text{kr}] \end{aligned}$$

- Antalet armeringsdistanser i den yttre kantbalken uppgår till 60 stycken, det vill säga en per meter. Priset för armeringsdistanser är enligt tidigare 1,51 kr/st.

$$\text{Extrakostnad}_{\text{armeringsdistanser}} = 60 * 1,51 = 90,6 \quad [\text{kr}]$$

- Kvadratmeterpriset för tjälisoleringen uppgår till 44,11 kr/m². Tjälisoleringen ligger runt hela grunden på en total längd av 62 meter. Cellplastskivorna är 0,6 m breda.

$$\text{Extrakostnad}_{\text{tjälisolering}} = 0,6 * 44,11 * 62 = 1\,640,9 \quad [\text{kr}]$$

- Hörnkragsisoleringen utgörs av 100 mm tjock cellplast som ligger en meter ut från respektive hörn. Liksom tjälisoleringen är hörnkragsisoleringen 600 mm bred. Kostnaden för 100 mm cellplast är som tidigare 69,1 kr/m².

$$\text{Extrakostnad}_{\text{hörnkragsisolering}} = 0,6 * 1 * 2 * 4 * 69,1 = 331,7 \quad [\text{kr}]$$

- Vinbärets grundplatta är 15,5 m² större än Standardhusets. På nästa blad framgår det att en kvadratmeter av Standardhusets grundplatta kostar 479,8 kr. Kostnaden för det fjärde lagret cellplast hos Vinbäret adderas separat nedan varför extrakostnaden på grund av en större grundplatta ges av:

$$\text{Extrakostnad}_{\text{större grundplatta}} = 15,5 * 479,8 \quad [\text{kr}]$$

- Det fjärde cellplastlagret hos Vinbäret består av cellplast av två olika kvalitéer som således befinner sig i två olika prisklasser. Detta beror på att U-elementens undersida består av en cellplast med dubbelt så hög tryckhållfasthet som övrig cellplast i grundplattan. 75 m² cellplast av kvalitén S200 respektive 129,2 m² av kvalitén S100 gick åt till det fjärde lagret. Cellplast av kvalité S200 kostar 111,6 kr/m² medan S100 kostar som tidigare, 69,1 kr/m².

$$\text{Extrakostnad}_{\text{fjärde cellplastlagret}} = 75 * 111,6 + 129,2 * 69,1 = 17\,297,7 \quad [\text{kr}]$$

2.3.3 Materialkostnadssummering Vinbärets grundplatta

Grundplattans totala area uppgår till 18,82 * 10,85 = 204,2 m².

Materialkostnaden per kvadratmeter grundplatta ges enligt nedan:

$$\begin{aligned} M_{\text{betong C20}} + M_{\text{armeringsmatta}} + M_{\text{armeringsdistanser}} + M_{\text{cellplast 400 mm}} + M_{\text{makadam+grusbädd}} \\ = 548,9 \quad [\text{kr/m}^2] \end{aligned}$$

Summan ovan avser en representativ kvadratmeter mitt på grundplattan.

2.3.4 Genomsnittlig materialkostnad för ingående material i Standardhusets grundplatta

Materialen är desamma som för Vinbärets grundplatta.

2.3.5 Materialkostnadssummering Standardhusets grundplatta

Grundplattans totala area uppgår till $204,2 - 15,5 = 188,7 \text{ m}^2$.

Materialkostnaden per kvadratmeter grundplatta ges enligt nedan:

$$M_{\text{betong C20}} + M_{\text{armeringsmatta}} + M_{\text{armeringsdistanser}} + M_{\text{cellplast 300 mm}} + M_{\text{makadam+grusbädd}} \\ = 479,8 \text{ [kr/m}^2\text{]}$$

Summan ovan avser en representativ kvadratmeter mitt på grundplattan.

2.3.6 Jämförelse Vinbärets och Standardhusets grundplatta

Differensen i materialkostnad mellan Vinbärets och standardhusets grundplatta beräknas:

$$\text{Extrakostnad}_{\text{cellplast U-element}} + \text{Extrakostnad}_{\text{betong yttre kantbalk}} \\ + \text{Extrakostnad}_{\text{armering yttre kantbalk}} + \text{Extrakostnad}_{\text{armeringsdistanser}} \\ + \text{Extrakostnad}_{\text{tjälisolering}} + \text{Extrakostnad}_{\text{hörnkragisolering}} \\ + \text{Extrakostnad}_{\text{större grundplatta}} + \text{Extrakostnad}_{\text{fjärde cellplastlagret}} \\ = 32\,345,7 \text{ [kr]}$$

2.4 Kostnadsjämförelse material, tak

2.4.1 Genomsnittlig materialkostnad för ingående material i Vinbärets tak

Kostnadsjämförelsen avser en representativ kvadratmeter mitt på taket. Inre takbeklädnad såsom takpanel/gips finns inte med i kostnadsjämförelsen nedan.

$$M_{\text{glesregel } 28 \times 70 \text{ mm}} = \frac{15\,271,2}{2\,198,4} = 7 \text{ [kr/lpm]} \quad (2.29)$$

$$M_{\text{glesregel cc } 300 \text{ mm}} = \frac{7}{0,3} = 23,3 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.30)$$

$$M_{\text{plastfolie}} = \frac{1\,807,1}{270} = 6,7 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.31)$$

$$M_{\text{mineralull } 220 \text{ mm}} = \frac{13\,122,9}{156,4} = 83,9 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.32)$$

$$M_{\text{mineralull } 195 \text{ mm}} = \frac{\left(\frac{24\,830,7}{148}\right)}{2,64} = 63,6 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.33)$$

$$M_{\text{mineralull } 45 \text{ mm}} = \frac{6\,993,1}{305,6} = 22,9 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.34)$$

$$M_{\text{mineralull } 145 \text{ mm}} = \frac{\left(\frac{11\,352}{71}\right)}{3,3} = 48,5 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.35)$$

$$M_{\text{cellplast } 50 \text{ mm}} = \frac{14\,765,4}{(39 * 14)} = 27 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.36)$$

$$M_{\text{råspont } 22 \times 95 \text{ mm}} = \frac{29\,457,7}{4\,685,4} = 6,3 \text{ [kr/lpm]} \quad (2.37)$$

$$M_{\text{råspont } 10,5 \text{ st/breddmeter}} = 6,3 * 10,5 = 66,2 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.38)$$

$$M_{\text{underlagspapp, } 0,7 \times 15 \text{ m}} = \frac{14\,881,3}{50} = 297,6 \text{ [kr/rulle]} \quad (2.39)$$

$$M_{\text{underlagspapp, m}^2} = \frac{297,6}{(0,7 * 15)} = 28,3 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.40)$$

$$M_{\text{cellplast } 50 \text{ mm falsad, S150}} = \frac{220,8}{5,04} = 43,8 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.41)$$

$$M_{\text{ströläkt, bärläkt, lpm}} = \frac{2\,846}{546} = 5,2 \text{ [kr/lpm]} \quad (2.42)$$

$$M_{\text{ströläkt cc } 600 \text{ mm, bärläkt cc } 300 \text{ mm, m}^2} = \frac{5,2}{0,6} + \frac{5,2}{0,3} = 26 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.43)$$

$$M_{\text{takpannor, per styck}} = \frac{12\,600}{2\,400} = 5,3 \text{ [kr/st]} \quad (2.44)$$

$$M_{\text{takpannor, m}^2} = 5,3 * 10 = 53 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.45)$$

2.4.2 Materialkostnadssummering Vinbärets tak

Takets totala area uppgår till 184 m² (A_{tak}). Endast takens ”varma” areor jämförs i kostnadsjämförelsen.

Materialkostnaden per kvadratmeter tak ges enligt nedan:

$$\begin{aligned} &M_{\text{glesregel cc } 300 \text{ mm}} + M_{\text{plastfolie}} + M_{\text{mineralull } 220 \text{ mm}} + M_{\text{mineralull } 195 \text{ mm}} + M_{\text{mineralull } 45 \text{ mm}} \\ &+ M_{\text{mineralull } 145 \text{ mm}} + M_{\text{cellplast } 50 \text{ mm}} + M_{\text{råspont } 10,5 \text{ st/breddmeter}} \\ &+ M_{\text{underlagspapp, m}^2} + M_{\text{cellplast } 50 \text{ mm falsad, S150}} \\ &+ M_{\text{ströläkt cc } 600 \text{ mm, bärläkt cc } 300 \text{ mm, m}^2} + M_{\text{takpannor, m}^2} = 493,2 \text{ [kr/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Den totala materialkostnaden för Vinbärets uppvärmda takarea ges nu av:

$$A_{\text{tak}} * 493,2 = 184 * 493,2 = 90\,748,8 \text{ [kr]} \quad (2.46)$$

2.4.3 Genomsnittlig materialkostnad för ingående material i Standardhusets tak

Kostnadsjämförelsen avser en representativ kvadratmeter mitt på taket. Inre takbeklädnad såsom takpanel/gips finns inte med i kostnadsjämförelsen nedan.

$$M_{\text{oljehärdad masonit}} = \frac{94,5}{(1,22 * 2,44)} = 31,7 \text{ [kr/m}^2\text{]} \quad (2.47)$$

2.4.4 Materialkostnadssummering Standardhusets tak

Standardhusets tak är 15,5 m² mindre än Vinbärets. Takarean är $A_{tak} = 184 - 15,5 = 168,5 \text{ m}^2$.

Materialkostnaden per kvadratmeter tak ges enligt nedan:

$$\begin{aligned} &M_{glesregel \text{ cc } 300 \text{ mm}} + M_{plastfolie} + M_{\text{mineralull } 195 \text{ mm}} + M_{\text{mineralull } 195 \text{ mm}} + M_{oljehärdad \text{ masonit}} \\ &+ M_{råspont \text{ 10,5 st/breddmeter}} + M_{\text{underlagspapp, m}^2} \\ &+ M_{\text{ströläkt cc } 600 \text{ mm, bärkäkt cc } 300 \text{ mm, m}^2} + M_{\text{takpannor, m}^2} = 362,4 \text{ [kr]} \end{aligned}$$

Den totala materialkostnaden för Standardhusets uppvärmda takarea ges nu av:

$$A_{tak} * 362,4 = 168,5 * 362,4 = 61\,064,4 \text{ [kr]} \quad (2.48)$$

2.4.5 Jämförelse Vinbärets och Standardhusets tak

Differensen i materialkostnad mellan Vinbärets och Standardhusets tak beräknas:

$$\begin{aligned} \text{Differens i materialkostnad tak} &= 90\,748,8 - 61\,064,4 \quad (2.49) \\ &= 29\,684,4 \text{ [kr]} \end{aligned}$$

2.5 Summering kostnadsjämförelse material

$$\text{Extrakostnad för Vinbärets yttervägg} = 67\,268,1 \text{ [kr]} \quad (2.50)$$

$$\text{Extrakostnad för Vinbärets grundplatta} = 32\,345,7 \text{ [kr]} \quad (2.51)$$

$$\text{Extrakostnad för Vinbärets tak} = 29\,684,4 \text{ [kr]} \quad (2.52)$$

$$\begin{aligned} \text{Total extrakostnad material}_{\text{vinbäret}} &= 67\,268,1 + 32\,345,7 + 29\,684,4 \quad (2.53) \\ &= 129\,298,2 \text{ [kr]} \end{aligned}$$

Bilaga 11 Värme

I en välisolerad konstruktion står köldbryggor för en större andel av värmeförlusterna än i ett standardhus varvid stor omsorg lagts vid att minimera dessa hos Vinbäret.

Metod

Nedanstående avsnitt redovisar egenskaperna hos Vinbärets köldbryggor samt beskriver hur de reducerats. För att få en uppfattning om köldbryggornas storlek kommer Vinbärets och Standardhusets köldbryggor att jämföras. Den procentuella skillnaden av köldbryggornas psi-värden kommer att redovisas för att skapa en klarare bild över köldbryggornas storleksordning.

Genomförande

För att kunna beräkna psi-värdena för de olika anslutningarna redovisas först tvärsnitten för grund, vägg och tak med respektive egenskaper. U-värden för tvärsnitten beräknas på tre olika sätt för respektive byggnadsdel, med HEAT2, med Matlab samt genom handberäkningar. Psi-värden för köldbryggor beräknas endast med HEAT2.

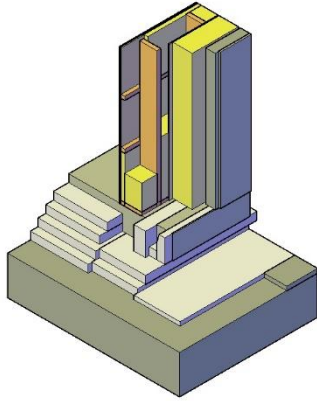
Tabell 1. Materialegenskaper.

	Λ (W/mK)	Densitet (kg/m ³)	Värmekapacitet (J/kgK)
Gips	0,22	2960	1100
OSB	0,14	591	1600
Träregel	0,14	460	1600
Mineralull	0,037	30	750
Stenull (Flexsystemskiva)	0,033	70	750
Cellplast S80	0,038	17	2300
Cellplast S200	0,033	32	2300
Lättklinkerblock	0,2	650	900
Puts	1	1560	
Betong	0,1	2400	920

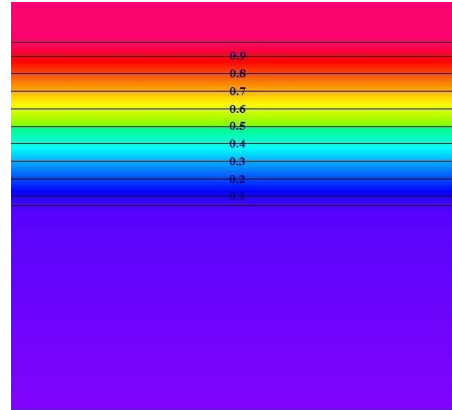
1.1 Grundtvärsnitt

1.1.1 Vinbäret

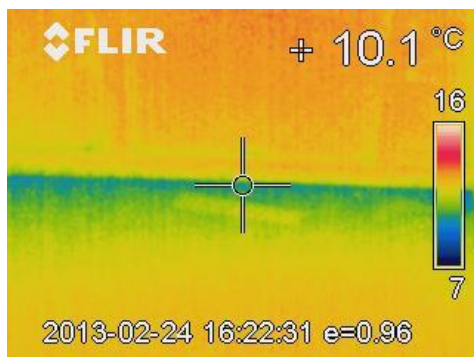
Av figur 2 nedan kan utläsas att så gott som hela temperaturdifferensen ligger över cellplastlagren. Värmemotståndet hos själva betongplattan är förhållandevis mycket litet. Det nedre lila fältet representerar underliggande marklager.



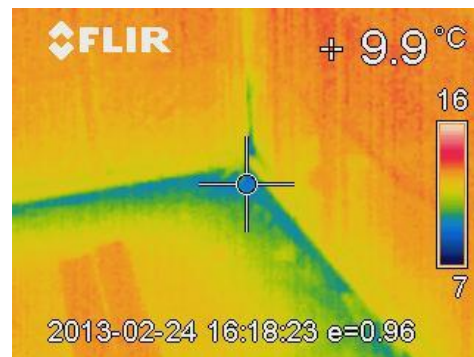
Figur 1. Den inre stående delen av U-et bryter effektivt köldbryggan mellan grundplatta och yttervägg.



Figur 2. Nästan hela temperaturdifferensen ligger över cellplasten. Betongplattans värmemotstånd är försumbart i sammanhanget.



Figur 3. Den raka delen av syllen uppvisar en något högre temperatur än i ett ytterhörn.



Figur 4. I figuren syns att ytterhörnet ger ett ökat värmeläckage jämfört med en rak del av syllen.

U-värdet för grundtvärsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

$$U_{grund, HEAT2, Vinbäret} = 0,090 \left[\frac{W}{m^2} * K \right] \quad (1.1)$$

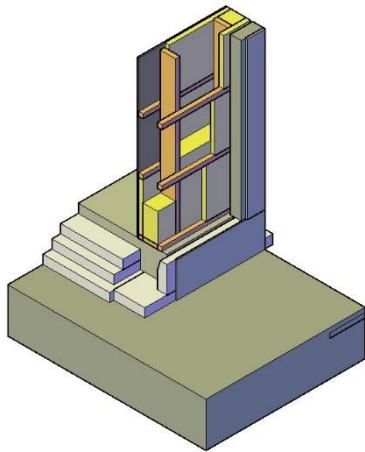
$$U_{grund, matlab, Vinbäret} = 0,118 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.2)$$

$$U_{grund, handberäkning, Vinbäret} = 0,079 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.3)$$

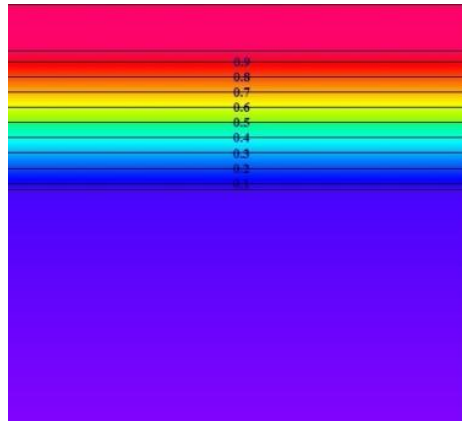
$$U_{grund, medel, Vinbäret} = \frac{(0,090 + 0,118 + 0,079)}{3} = 0,096 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.4)$$

1.1.2 Standardhuset

Som hos Vinbäret ligger i princip hela temperaturskillnaden över cellplastlagren. Betongskiktets värmemotstånd är marginellt i sammanhanget.



Figur 5. Köldbryggan som betongplattan ger upphov till i grund- vägganslutningen är inte bruten som hos Vinbäret.



Figur 6. Nästan hela temperaturdifferensen ligger över cellplasten. Betongplattans värmemotstånd är försumbart i sammanhanget.

U-värdet för grundtvärsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

$$U_{grund, HEAT2, Standardhuset} = 0,118 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.5)$$

$$U_{grund, handberäkning, Standardhuset} = 0,101 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.6)$$

$$U_{grund, medel, Standardhuset} = \frac{(0,118 + 0,101)}{2} = 0,110 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.7)$$

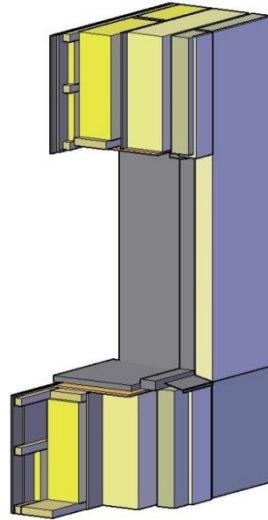
1.2 Väggtvärsnitt

1.2.1 Vinbäret

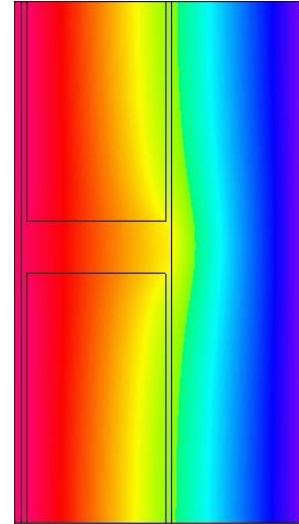
Figureerna nedan visar samma väggkonstruktion i tre olika skepnader. På heatbilden syns tydligt hur effektivt flexsystemskivan bryter den köldbrygga som träreglarna ger upphov till.



Figur 7. I figuren syns tydligt väggens olika skikt, förutom installationsspalten och de invändiga skikten. VKR-profilen avlastar den ovanliggande lecabalken.



Figur 8. Studera fönstrets placering i den tjocka väggkonstruktionen.



Figur 9. Det syns tydligt var träregeln är placerad i väggen.

U-värdet för väggtvärsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

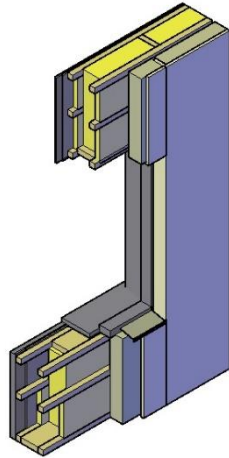
$$U_{v\ddot{a}gg, HEAT2} = 0,071 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.8)$$

$$U_{v\ddot{a}gg, matlab} = 0,074 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.9)$$

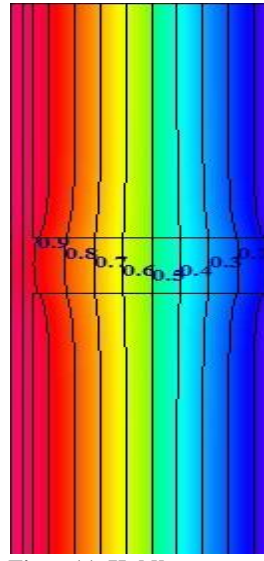
$$U_{v\ddot{a}gg, handberäkning} = 0,071 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.10)$$

$$U_{v\ddot{a}gg, medel, Vinbäret} = \frac{(0,071 + 0,074 + 0,071)}{3} = 0,072 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.11)$$

1.2.2 Standardhuset



Figur 10. Väggtvårsnitt för Standardhuset.



Figur 11. Köldbryggan som den horisontella regeln ger upphov till syns tydligt på bilden.

U-värdet för väggtvårsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

$$U_{v\ddot{a}gg, HEAT2, Standardhuset} = 0,163 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.12)$$

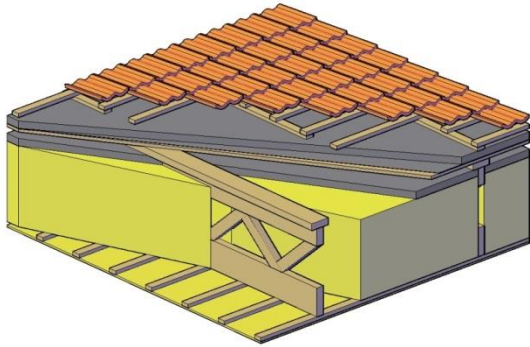
$$U_{v\ddot{a}gg, handber\ddot{a}kning, Standardhuset} = 0,164 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.13)$$

$$U_{v\ddot{a}gg, medel, Standardhuset} = \frac{(0,163 + 0,164)}{2} = 0,164 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.14)$$

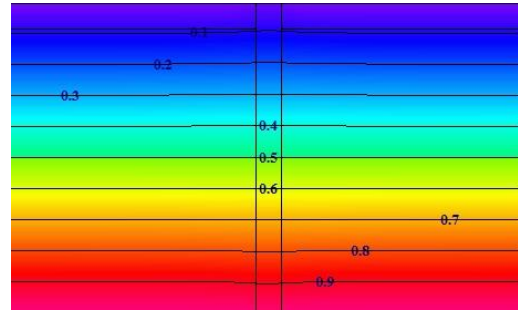
1.3 Taktvärsnitt

1.3.1 Vinbäret

Takets träandel uppgår till cirka 5 %. När heatbilden nedan studeras noggrant syns att trädelen i mittpartiet, vilken utgör takstolen, endast ger upphov till en relativt liten köldbrygga. Endast en liten nedböjning av temperaturlinjerna är synlig.



Figur 12. Takstolens "ihåliga" fackverksstruktur minimerar köldbryggans storlek.



Figur 13. Köldbryggorna som takstolarna ger upphov till är knappt synbara i denna heatbild.

U-värdet för taktvärsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

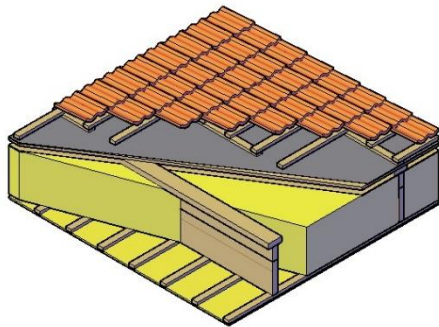
$$U_{tak, HEAT2, Vinbäret} = 0,071 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.15)$$

$$U_{tak, matlab, Vinbäret} = 0,0609 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.16)$$

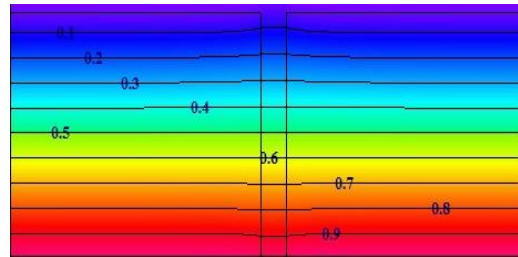
$$U_{tak, handberäkning, Vinbäret} = 0,066 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.17)$$

$$U_{tak, medel, Vinbäret} = \frac{(0,071 + 0,0609 + 0,066)}{3} = 0,066 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.18)$$

1.3.2 Standardhuset



Figur 14. Standardhusets taktvärsnitt.



Figur 15. Värmeflödet genom Standardhusets takkonstruktion.

U-värdet för taktvärsnittet beräknas enligt tre olika metoder varefter ett medelvärde beräknas vilket sedan används för att beräkna psi-värden för köldbryggor.

$$U_{tak, HEAT2, Standardhuset} = 0,102 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.19)$$

$$U_{tak, handberäkning, Standardhuset} = 0,100 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.20)$$

$$U_{tak, medel, Standardhuset} = \frac{(0,102 + 0,100)}{2} = 0,101 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1.21)$$

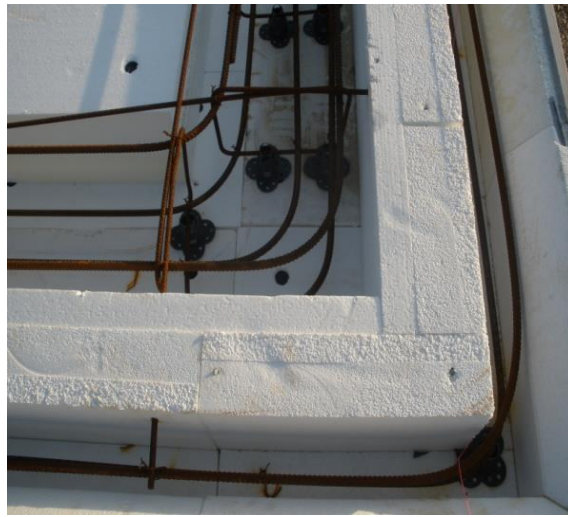
1.4 Köldbryggor

1.4.1 Reducerad köldbrygga i anslutning mellan grundplatta och yttervägg

Det finns idag ett flertal tillverkare av så kallade U-element på marknaden. Hos flertalet tillverkare är dock placeringen av den inre stående delen förutbestämd. Det gör att ett visst U-element är anpassat till en viss uppbyggnad av ytterväggen för att maximal effekt ska fås ut av den extra isoleringen. I Vinbärets fall fanns inget U-element på marknaden med önskade mått. För att komma runt problemet byggdes L-element om till U-element vilket möjliggjorde att placeringen av den inre stående delen av U-et kunde optimeras i förhållande till aktuell väggkonstruktion. Den 100x100 mm stora ”klacken” i cellplast vilken placerats under den yttre kantbalken som bär upp skalmuren utgör ett stöd som tar upp de horisontella krafter som uppstår när gjutningen hålls i den inre kantbalken. Utan klacken som gjutstöd hade den inre delen av U:et inte stannat i önskad position under gjutningen. Det yttre homogena isolerskiktet hos ytterväggen bestående av flexsystemskivan är 250 mm tjockt. Den inre delen av U-et är 150 mm tjock och är placerad så att dess centrumlinje linjerar med flexsystemskiktets centrumlinje.



Figur 16. Bygelarmeringen (d=8 mm) skär igenom den inre stående delen av U-et på ett c/c avstånd av 600 mm.

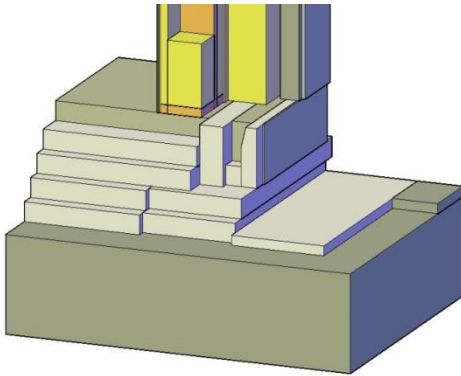


Figur 17. Den inre kantbalken har ett djup på 300 mm, att jämföra med den yttre kantbalkens djup på 200 mm. Klacken skapar djupdifferensen.

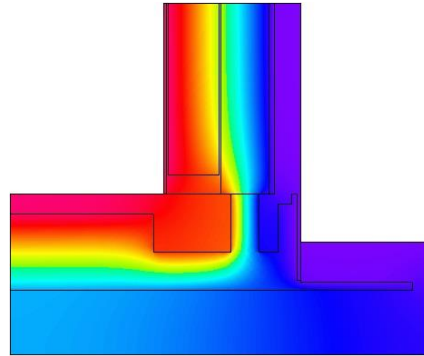
Det rekommenderas av U-elementstillverkare att armeringen som förbinder den yttre och inre kantbalken bör vara rostfri. Det torde finnas två huvudsakliga anledningar till att rostfri armering rekommenderas. Ett fuktigt och syrerikt klimat i cellplasten leder till större risk för rostangrepp och således kortare livslängd för den utsatta armeringen. Utöver detta leder svartstål värme tre gånger bättre än rostfritt stål vilket gör att köldbryggan från den genomgående bygelarmeringen kan reduceras till en tredjedel genom användning av rostfritt stål. Armeringen som förbinder inre och yttre kantbalken hos Vinbäret är inte rostfri. Hur fuktigt respektive syrerikt klimatet är i den inre delen av U-et kommer inte att undersökas närmare i denna rapport.

1.4.2 Vinbäret

Köldbryggans psi-värde beräknas och jämförs med motsvarande köldbrygga hos Standardhuset.



Figur 18. Flexsystemskivans centrumlinje linjerar med centrumlinjen för den inre stående delen av U-elementet.



Figur 19. Den inre stående delen av U-et bryter effektivt köldbryggan som kantbalken annars ger upphov till.

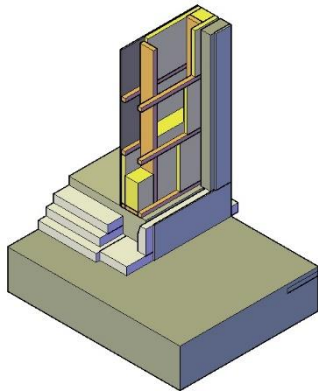
Psi-värden för Vinbärets grund- vägganslutning beräknas.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT2}} &= \frac{(U_{\text{anslutning, HEAT2}} - U_{\text{grund, HEAT2}})}{L} = \frac{(0,350 - 0,090)}{1} \quad (1.22) \\ &= 0,26 \left[\frac{W}{m} \right] \end{aligned}$$

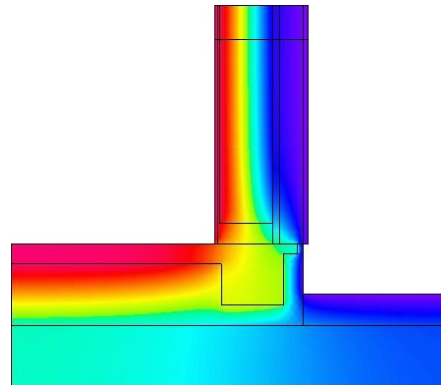
I figur fyra ovan framgår hur effektivt den inre stående delen av U-et bryter köldbryggan mellan grundplatta och yttervägg. Värmeflödet som når den yttre kantbalken är litet varvid den yttre kantbalken följer utomhustemperaturens svängningar. Den inre kantbalken följer inomhustemperaturens svängningar.

1.4.3 Standardhuset

Köldbryggans psi-värde beräknas och jämförs med motsvarande köldbrygga hos Standardhuset.



Figur 20. Standardhusets grundkonstruktion.



Figur 21. Standardhusets kantbalk är svalare än Vinbärets på grund av större värmeförluster genom anslutningen.

Psi-värden beräknas för Standardhusets grund-vägganslutning.

$$\psi_{\text{HEAT2}} = \frac{(U_{\text{anslutning}} - U_{\text{grund, HEAT2}})}{L} = \frac{(0,450 - 0,118)}{1} = 0,332 \left[\frac{W}{m} \right] \quad (1.23)$$

Standardhusets kantbalk har en lägre temperatur än Vinbärets vilket vittnar om standardgrundens större värmeförluster genom kantbalken. Av figuren framgår även att Vinbärets syll ligger varmare än Standardhusets.

Jämförelse mellan Vinbäret och Standardhuset

För att på ett enkelt sätt illustrera skillnaden i storleksordning mellan Vinbärets och Standardhusets köldbryggor beräknas kvoten mellan de båda konstruktionernas psi-värde.

$$\frac{\psi_{\text{standardhuset}}}{\psi_{\text{vinbäret}}} = \frac{0,332}{0,26} = 128 \% \quad (1.24)$$

Värmeförlusterna via kantbalken är således 28 % större hos Standardhuset än hos Vinbäret.

1.4.4 Reducerad köldbrygga i anslutning mellan yttervägg och tak

Ofta när man bygger lösvirkeshus så kommer takstolarna klara från fabrik redo att sättas upp så fort de når byggarbetsplatsen. Såvida det inte ska vara öppet upp i nock invändigt så har takstolarna formen av en triangel där dragbandet och de tryckta ”överliggarna” möter varandra precis över väggen. Här uppstår ofta en köldbrygga. Hur stor köldbryggan blir beror bland annat på hur hög takstolen är rakt ovanför väggen och hur stor träandelen är i samband med anslutningen.

Vinbåret har fackverkstakstolar med totalt 600 mm mellanliggande isolering. Genom att låta takstolens dragna underliggare stå uppe på hammarbandet behålls så gott som hela takstolens höjd ut till trästommens yttre liv. OSB-skivan som beklär stommens yttersida löper liksom flexsystemskivan förbi hammarbandet och stöter emot den luftspaltbildande cellplastskivan.



Figur 22. Hela fackverkstakstolens höjd behålls ut till trästommens yttre liv (i liv med OSB-skivan) varvid isolertjockleken förblir konstant i hela takkonstruktionen.

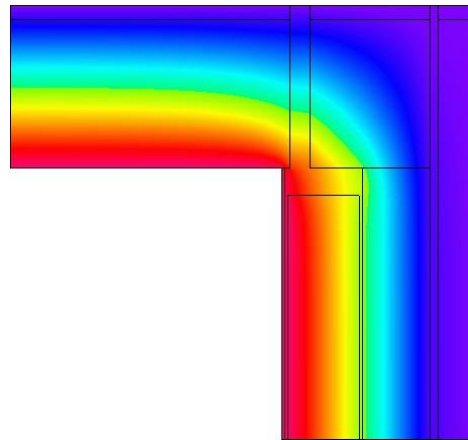


Figur 23. Isolerskivorna närmst takfoten snedskärs för att få en tät anslutning mot den yttre OSB-skivan.

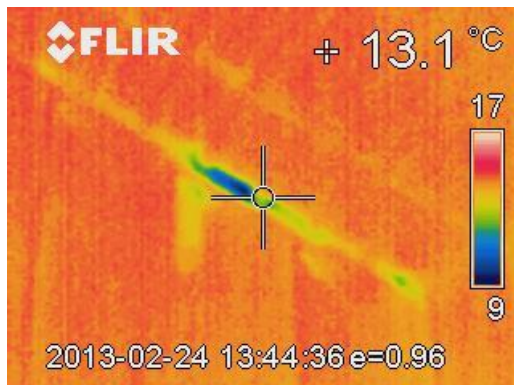
I den vänstra figuren ovan syns de ”klackar” mot vilka den luftspaltbildande skivan vilar. I och med att hela takstolshöjden behålls hela vägen ut till den yttre OSB-skivan förblir isolertjockleken konstant i hela takkonstruktionen. I den högra figuren syns den luftspaltbildande skivan vars nedre kant skjuter ut cirka 30 mm utanför flexsystemskivans yttre liv. De nedersta isolerskivorna, närmst takfoten, snedskärs för att skapa en jämn anslutning mot den yttre OSB-skivan.

1.4.5 Vinbäret

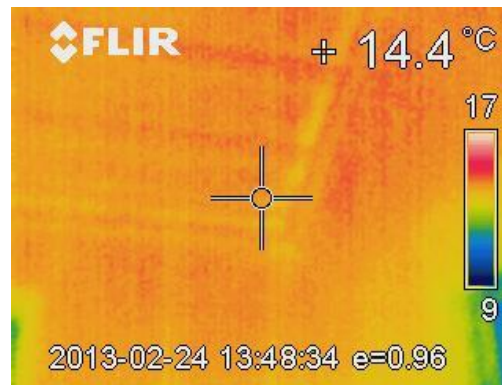
Vinbärets taklutning är 27 grader. För att enkelt kunna bygga upp modeller i HEAT2 för Vinbäret respektive Standardhuset och jämföra dessa förenklas modellerna och förses med flacka tak istället för lutande.



Figur 24. Köldbryggan i anslutningen mellan vägg och tak blir liten tack vare oförminskad isolertjocklek hela vägen ut till takfoten.



Figur 25. Det blå fältet avslöjar en oavsiktlig köldbrygga där isoleringen inte hamnat i rätt position i anslutningen mellan yttervägg och snedtak.

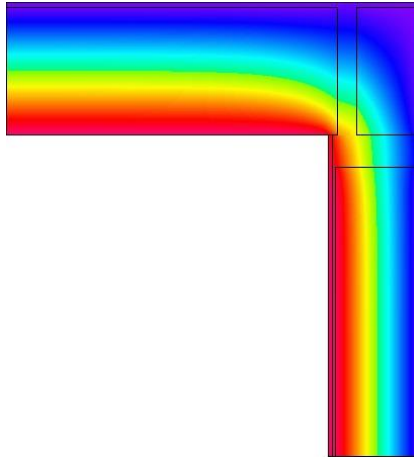


Figur 26. Köldbryggan mellan vägg och tak är väl bruten.

Psi-värden för Vinbärets vägg-takanslutning beräknas.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT2}} &= \frac{(U_{\text{anslutning}} - U_{\text{vägg, medel, Vinbäret}} - U_{\text{tak, medel, Vinbäret}})}{L} \quad (1.25) \\ &= \frac{(0,166 - 0,071 - 0,069)}{1} = 0,026 \quad \left[\frac{W}{m}\right] \end{aligned}$$

1.4.6 Standardhuset



Figur 27. Tak-vägg anslutning för Standardhuset.

Psi-värden för Standardhusets vägg-takanslutning beräknas.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT2}} & \quad (1.26) \\ &= \frac{(U_{\text{anslutning}} - U_{\text{vägg, medel, Standardhuset}} - U_{\text{tak, medel, Standardhuset}})}{L} \\ &= \frac{(0,285 - 0,163 - 0,102)}{1} = 0,020 \quad \left[\frac{W}{m} \right] \end{aligned}$$

Jämförelse mellan Vinbäret och Standardhuset

För att på ett enkelt sätt illustrera skillnaden i storleksordning mellan Vinbärets och Standardhusets köldbryggor beräknas kvoten mellan de båda konstruktionernas ψ_{medel} .

$$\frac{\psi_{\text{medel, Standardhuset}}}{\psi_{\text{medel, Vinbäret}}} = \frac{0,020}{0,026} = 76,9 \% \quad (1.27)$$

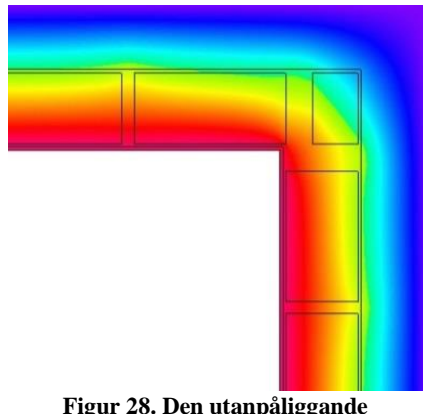
Värmeförlusterna via vägg- takanslutningen är således 23,1% mindre hos Standardhuset än hos Vinbäret.

1.4.7 Reducerad köldbrygga i vägghörn

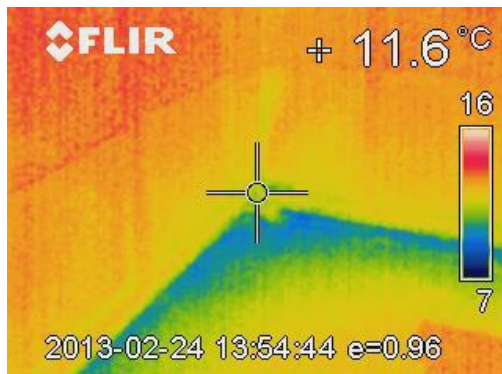
I vägghörn, såväl ytterhörn som innerhörn, fås oftast en större träandel än i resten av konstruktionen beroende på att här sammanfogas två väggsektioner. Den större träandelen tillsammans med de geometriska förhållandena gör att värmeflödet blir större i ett hörn.

Nedan illustreras hur effektivt det homogena utanpåliggande flexsystemskiktet reducerar köldbryggan i ett av Vinbärets vägghörn i förhållande till ett av Standardhusets vägghörn.

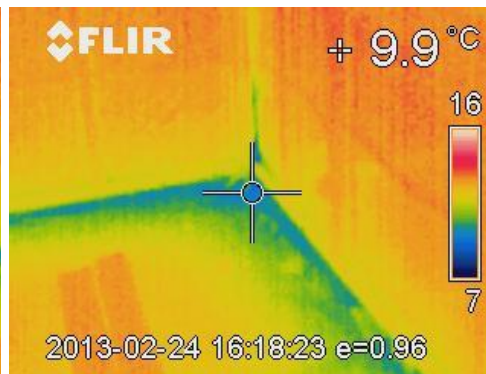
1.4.8 Vinbäret



Figur 28. Den utanpåliggande flexsystemskivan bryter effektivt köldbryggan i vägghörnet.



Figur 29. På bilden syns tydligt att värmeflödet ökar ju närmre hörnet vi kommer.

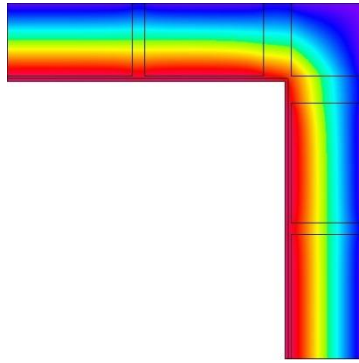


Figur 30. Precis ovanför hörnet syns ett blått område vilket inte syns på föregående bild. Isoleringsskivan har inte rättats till ordentligt i hörnet.

Psi-värden för Vinbärets ytterhörn beräknas.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT}2} &= \frac{(U_{\text{anslutning}} - 2 * U_{\text{vägg, medel, vinbäret}})}{L} & (1.28) \\ &= \frac{(0,174 - 2 * 0,071)}{1} = 0,032 \quad \left[\frac{W}{m} \right] \end{aligned}$$

1.4.9 Standardhuset



Figur 31. Jämför med Vinbärets vägghörn och notera temperaturdifferensen i väggens ytterområden.

Psi-värden för Standardhusets ytterhörn beräknas.

$$\begin{aligned} \psi_{\text{HEAT2}} &= \frac{(U_{\text{anslutning}} - 2 * U_{\text{vägg, medel, Standardhuset}}) \cdot L}{1} & (1.30) \\ &= \frac{(0,374 - 2 * 0,163)}{1} = 0,048 \quad \left[\frac{W}{m} \right] \end{aligned}$$

Jämförelse mellan Vinbäret och Standardhuset

För att på ett enkelt sätt illustrera skillnaden i storleksordning mellan Vinbärets och Standardhusets köldbryggor beräknas kvoten mellan de båda konstruktionernas ψ_{medel} .

$$\frac{\psi_{\text{medel, Standardhuset}}}{\psi_{\text{medel, Vinbäret}}} = \frac{0,048}{0,032} = 150 \% \quad (1.29)$$

Värmeförlusterna via vägg- takanslutningen är således 50 % större hos Standardhuset än hos Vinbäret.

1.5 Vinbärets verkliga fönsterplacering

Vinbärets fönster och dörrar är placerade långt ut i konstruktionen. Den huvudsakliga anledningen till placeringen är rent estetisk. Väggtjockleken utanför flexsystemskivans yttre liv uppgår till 170 mm. Att dra in fönstret så att karmens yttersida slutar 170 mm in i väggkonstruktionen utifrån sett gick inte att försvara estetiskt.

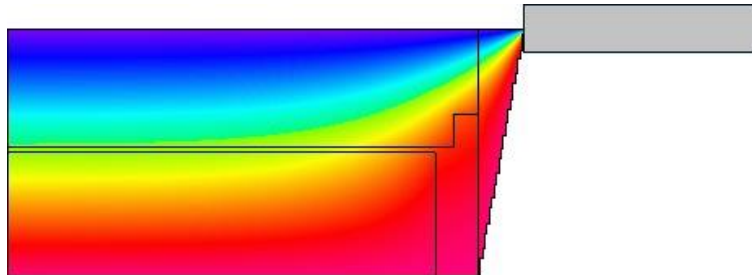
Fönstren och dörrarna är istället placerade så att glaskassetternas yttre liv linjerar med flexsystemskiktets utsida vilket gör att en del av karmen befinner sig i luftspalten respektive i skalmuren. Fönsterkarmens yttre liv slutar 15 mm in i skalmuren vilket förenklar arbetet med att putsa och foga runtomkring fönstren samtidigt som fasaden blir mer estetiskt tilltalande.

Med ”väggens isolerade del” i avsnittet nedan avses den del av väggen som befinner sig innanför luftspalten.

1.5.1 Köldbrygga vid fönsteranslutning

Fönsterinfästningarna utgör de största köldbryggorna hos Vinbäret, både vad gäller högst psi-värde och antal metrar. För att få en känsla för hur mycket det är möjligt att reducera den aktuella köldbryggan görs nedan en enklare jämförelse av psi-värden för olika möjliga fönsterplaceringar hos Vinbäret. Analysen kan göras mer avancerad och komplex men då rapportens huvudsakliga fokus inte ligger på optimala fönsterplaceringar görs endast en enklare analys nedan för att belysa problematiken. I praktiken finns även en estetisk aspekt att ta hänsyn till som i många fall väger tyngre än den mest energioptimerade lösningen.

1.5.2 Vinbärets verkliga fönsterplacering med vinklad fönstersmyg.



Figur 32 Fönsterkassettens utsida linjerar med flexsystemskiktets utsida.

Flödet genom anslutningen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,173 [W/m].

Flödet genom enbart väggsektionen är sedan tidigare beräknat till 0,071 [W/m].

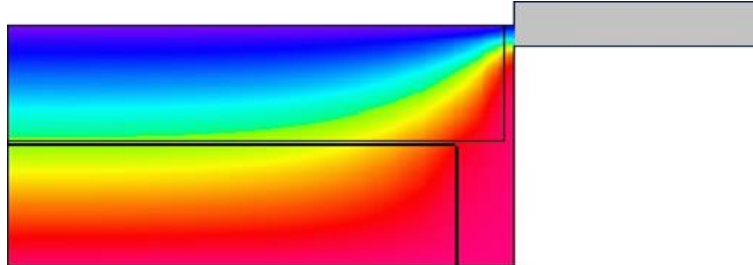
Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,173 - 0,071)}{1} = 0,102 \text{ [W/m]} \quad (1.31)$$

Alternativa fönsterplaceringar

Nedan redovisas alternativa fönsterplaceringar. Samtliga alternativa fönsterplaceringar modelleras med rak fönstersmyg i HEAT2 på grund av svårigheten att rita upp flera snedställda materialskikt utanpå varandra i HEAT2.

1.5.3 Vinbärets approximerade verkliga fönsterplacering med rak fönstersmyg.



Figur 33. Fönsterkassettens utsida linjerar med flexsystemskiktets utsida.

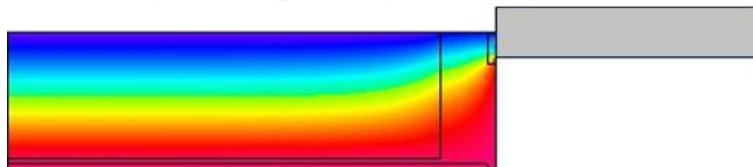
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,140 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,140 - 0,071)}{1} = 0,069 \text{ [W/m]} \quad (1.32)$$

1.5.4 Standardhusets verkliga fönsterplacering



Figur 34. Standardhusets verkliga fönsterplacering.

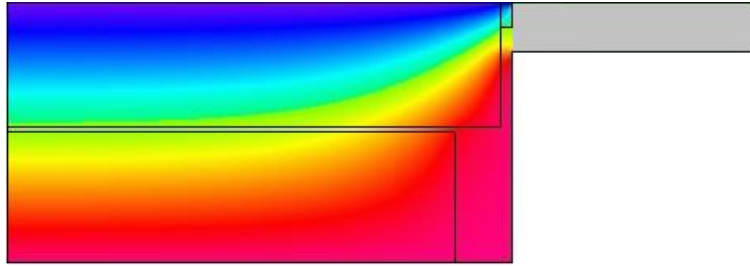
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,223 [W/m].

Flödet genom enbart väggen ges enligt figur nedan till 0,166 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,223 - 0,166)}{1} = 0,057 \text{ [W/m]} \quad (1.33)$$

1.5.5 Vinbäret. Utsida karm linjerar med utsida flexsystemskiva.



Figur 35. Fönsterplacering linjerat med ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

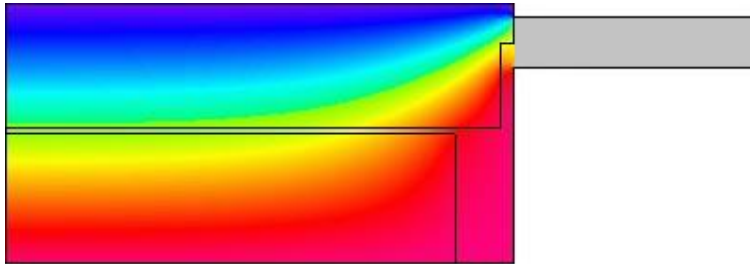
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,110 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,110 - 0,071)}{1} = 0,039 \text{ [W/m]} \quad (1.34)$$

1.5.6 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 15 % av väggens isolerade del.



Figur 36. Fönsterplacering indraget 15 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

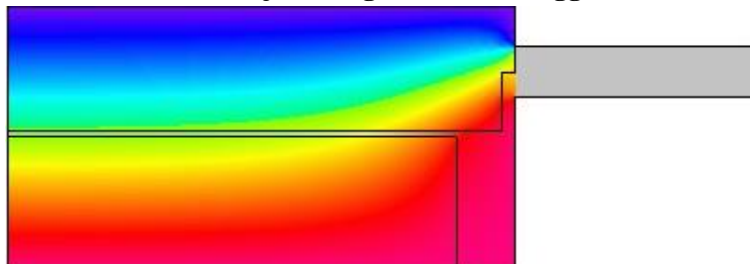
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,101 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,101 - 0,071)}{1} = 0,030 \text{ [W/m]} \quad (1.35)$$

1.5.7 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 25 % av väggens isolerade del.



Figur 37. Fönsterplacering indraget 25 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

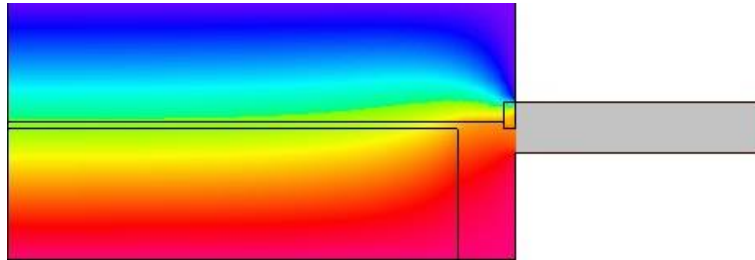
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,095 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,095 - 0,071)}{1} = 0,024 \text{ [W/m]} \quad (1.36)$$

1.5.8 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 50 % av väggens isolerade del.



Figur 38. Fönsterplacering indraget 50 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

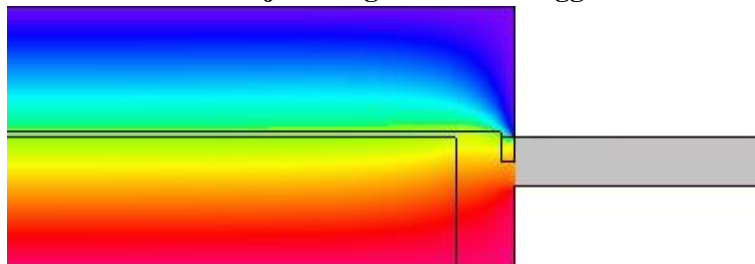
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,094 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,094 - 0,071)}{1} = 0,023 \text{ [W/m]} \quad (1.37)$$

1.5.9 Vinbäret. Karmens centrumlinje indragen 60 % av väggens isolerade del.



Figur 39. Fönsterplacering indraget 60 % från ytterkant isolering i Vinbärets väggkonstruktion.

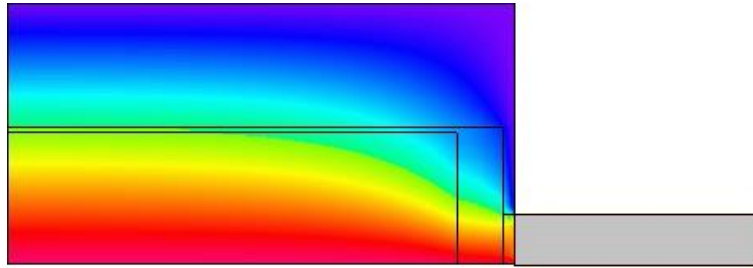
Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,102 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,102 - 0,071)}{1} = 0,031 \text{ [W/m]} \quad (1.38)$$

1.5.10 Insida karm linjerar med insida gipsskiva.



Figur 40. Fönsterplacering jämt med insidan i Vinbärets väggkonstruktion.

Flödet genom väggdelen ovan där randvillkoren för fönstret är adiabatiska ges till 0,128 [W/m].

Flödet genom enbart väggen är 0,071 [W/m].

Psi-värdet för köldbryggan ges nu av:

$$\frac{(0,128 - 0,071)}{1} = 0,057 \text{ [W/m]} \quad (1.39)$$

Bilaga 12 -Tidbok

Arbetsmoment	Linus	Anders	Sven	Entreprenör	Summa
Armering av yttre kantbalk	6	6			12
Armering kantbalk	15	10			25
Armering pelarfundament	3	3			6
Balkongstaket	29				29
Bjälklag loft	35	35			70
Bockning armeringsbyglar grund, 8 mm		2			2
Bockning och armering till förrådsplatta	7	8			15
Bärläkt	11	13			24
Ströläkt och bärläkt	15	11			26
Cellplast grund 400 mm	12	8			20
Cellplastdöljande plåt vid takfot	3	3			6
Drevning och lister	5	5			10
Dörrkarmar/dörrfoder	26		2		28
Formning/gjutning av lecabalkar	9	1	1		11
Fotbräda	4	4			8
Fönsterarbete	9	9			18
Fönsterisättning	6	6			12
Fönsterkarmsspeglar och målning	9	9			18
Fönstersmygar	39	39			78
Fönsterspeglar		20			20
Fönsterinfästning	41	41	5		87
Förråd	7	7	1		15
Gips och OSB	63	51	3		117
Gjutning husgrund	12	8	6		26
Golv	28	8			36
Golvvärmeslingor utläggning	6				6
Grund övrigt arbete	10	2	6		18
Gängstavar för syllinfästning	6	2	2		10
Husstomme	175	152	7		334
Hylla vardagsrum	5				5
Hämtat material	3				3
Hämtning virke	2				2
Innerväggar	29	29	7		65
Isolerat tak invändigt/plastfolie/glespanel	115	111			226
Isolering husväggar invändigt		35			35
Lavat virke hos Yngve	5	5			10
L-element ombyggnad	12				12
L-element ombyggnad, utsättning	0	8			8
Lister	11				11
Lister och målning	31,5	12,5			44
Luftspaltbildande cellplastskiva förråd	7		3		10
Murning	27				27
Murning skalmurar	101	102	85		288
Målning		25			25
Målning förråd		15			15
Målning huset utvändigt		37			37
Nedgrävning jordvärmeslang	7				7
Nätarmering husgrund	14	13			27

