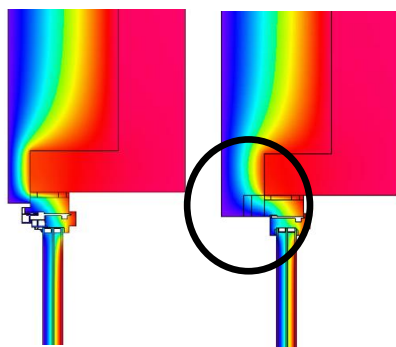


INBYGGNAD AV FÖNSTERKARMAR

förstudie av U-värdesförbättring och fuktsäkerhet



Josef Johnsson

2022-04-29

FÖRORD

Rapporten sammanfattar resultatet ifrån projektet ”Inbyggnad av fönsterkarmar; studie av U-värdesförbättring och fuktsäkerhet”. Arbetet i projektet har utförts under perioden hösten 2021 till och med våren 2022 med finansiering via SBUF samt Skanska Sverige AB.

Projektet har studerat vilka möjligheter som finns om fönsterkarmen förses med en extra utvändig isolering. Ett stort tack riktas till arbetsgruppen har bestått av följande medlemmar ifrån Skanska Sverige AB: Josef Johnsson – Projektledare och huvudförfattare, Sebastian Grette – Tidigare projektledare uppstartsfas, Maria Thörnqvist – Energiingenjör, Charles Caure – Energiingenjör, Isabell Lilja – Arkitekt och Dennis Eriksson – Inköpare fönster/glasfasader.

Till projektet har det även varit kopplad en referensgrupp med representanter ifrån olika organisationer som har bidragit med tid, kunskaper och inspel till givande diskussioner. Tack till Angela Sasic, Chalmers; Petter Wallentén, LTH; Fredrik Hall, Glascentrum; Karl-Henrik Kalenius, ACC glas och fasadkonsult; Anders Carlsson Jürke, Skanska Teknik; Folke Björk, KTH.

Tack till SBUF och Skanska Sverige för finansiering av projektet.

Göteborg, april 2022

Josef Johnsson
Projektledare

SAMMANFATTNING

Klimatförändringarna håller på att förändra byggbranschen och utveckling mot mer energieffektiva lösningar pågår på flera fronter. En möjlig utveckling är att förbättra energiprestandan för fönsteranslutningen genom att låta en yttre isolering täcka fönsterkarmen. Denna förstudie undersöker möjligheten till en sådan lösning.

Förstudien använder sig av beräkningar för att bedöma hur stor minskning av köldbryggan som kan uppnås samt studerar vilken inverkan olika fönstermontage har på köldbryggan, transmissionsförlusterna samt U-medelvärdet. Vidare så har en kvalitativstudie gjorts av fuktsakkunniga och arkitekter där dessa har fått bedöma vilka möjligheter och utmaningar som finns med att använda inbyggda eller överisolerade fönsterkarmar.

Resultaten tyder på att det finns en möjlighet att minska fönsterköldbryggan för den studerade väggen med ca 40% jämfört med referensfallet. För en studerad byggnad visade beräkningar att transmissionsförlusterna minskade med ca 3 kWh/m²,år. Förbättringen har en tydlig potential till att bidra till mer energieffektiva byggnader. Bedömningen ur ett fuktsäkerhets perspektiv är att det finns utmaningar men att dessa kan gå att lösa om fönstertillverkare och byggnadskonstruktörer tillsammans tar sig an de utmaningar som har identifierats i förstudien.

INNEHÅLL

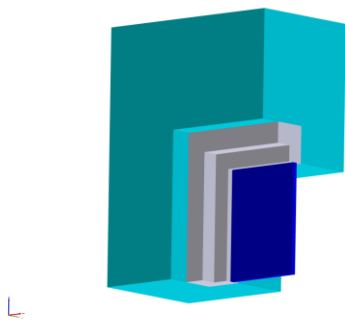
BAKGRUND	4
SYFTE	5
METOD	5
STUDERAD KONSTRUKTION	6
FÖNSTERDETALJ.....	6
BERÄKNING AV KÖLDBRYGGOR.....	7
BERÄKNING AV TRANSMISSIONSFÖRLUSTER	8
RESULTAT AV BERÄKNINGAR	11
FÖNSTERKÖLDBRYGGA	11
ENERGIFÖRBRUKNING VID OLIKA MONTAGE	11
U-MEDELVÄRDE VID OLIKA FÖNSTERMONTAGE.....	12
RESULTAT AV KVALITATIVA SYNPUNKTER PÅ FUKTSÄKERHET OCH ARKITEKTONISKT UTTRYCK	14
DISKUSSION	15
SLUTSATSER	17
REFERENSER	18

BAKGRUND

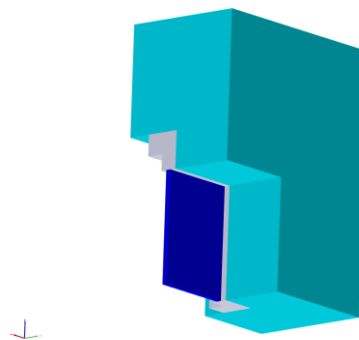
Klimatfrågan är en stor samhällsutmaning som innebär att utsläppen av växthusgaser måste reduceras för att begränsa den globala uppvärmningen. Internationella klimatöverenskommelser har gjorts genom Parisavtalet som antogs i december 2015 (UNFCCC, 2018). Under 2015 antogs även de 17 globala målen för hållbar utveckling, Agenda 2030, där mål 13 handlar om att bekämpa klimatförändringarna.

Riksdagen beslutade 2017 att införa ett klimatpolitiskt ramverk med nya klimatmål till 2030, 2040 och 2045, en klimatlag och ett klimatpolitiskt råd. Det långsiktiga klimatmålet innebär att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. ”Färdplan för fossilfri konkurrenskraft Bygg och anläggningssektorn”, som ett stort antal organisationer i bygg- och anläggningssektorn har ställt sig bakom, tar utgångspunkt i målet om nollutsläpp av växthusgaser 2045 (Fossilfritt Sverige, 2018). Nya tekniska lösningar är en del som lyfts fram som en möjliggörare för att bygg- och anläggningssektorn ska nå de uppsatta klimatmålen. Drivande är energikraven i förvaltningskedet av byggnader vilka fortsätter att skärpas som ett led i arbetet med att nå klimatneutralitet.

Fönster är en byggdel med relativt låg energiprestanda. Köldbryggor är vanligt förekommande kring fönster (Martinsson *et al.*, 2014). Det finns ett fåtal leverantörer av fönster med förbättrade karmar eller där karmarna byggs in i väggen. Dessa leverantörer redovisar väsentligt förbättrade U-värden jämfört med fönster med traditionell utformning (Ekstrands AB, 2010; Wiegand, 2011; BuildWell, 2022). Fönster med förbättrade karmar har U-värden som kan uppgå till ca 0,6 [W/m²K], vilket kan jämföras med vanliga fönster med U-värden på ca 0,9 [W/m²K] eller högre. I Figur 1 och Figur 2 återfinns ett par skisser som illustrerar principen med inbyggda/överisolerade karmar. Denna principen har tidigare varit beskriven i SBUF rapporten *Undvik fel och fällor med köldbryggor i nyproduktion* (Larsson and Berggren, 2015).



Figur 1, illustrerar genom utsnittet av ytterväggen (turkos yta) sedd från insidan hur fönsterkarmen (grå yta) är infälld i ytterväggen. Den mörkblå ytan symboliserar glasytan.



Figur 2, Här ses fönsterkonstruktionen från ytterväggens utsida. Fönsterkarmen (grå yta) är överisolerad av ytterväggen (turkos yta). Mörkblå yta symboliserar glasytan.

Principen innebär att fönsterkarmen utvändigt täcks av isolering, d.v.s. fönsterkarmarna byggs in i ytterväggen. Det resulterar i att köldbryggan minskar vid fönstrets anslutning till ytterväggen med följd att värmeflödet genom fönster minskas samt att en högre yttemperatur uppnås på insida fönstret. Genom en förstudie som undersöker risker och möjligheter med en sådan ”ny” tillämpning av anslutning mellan yttervägg och fönster kan ett steg närmare en bredare tillämpning av tekniken tas. Fördelen med tekniken är i första hand att värmegenomgångsmotståndet för fönstret förbättras

med följden att energianvändning för uppvärmning minskar samt att även effektbehovet för uppvärmning kan minska.

Denna förstudie är en del i arbetet med att finna lösningar mot bakgrund av ovanstående överenskommelser och klimatmål.

SYFTE

Förstudien redovisar risker och möjligheter med avseende på fuktsäkerhet och förbättrad energiprestanda med en ”ny” tillämpning av anslutning mellan yttervägg och fönster. Därigenom kan ett steg tas närmare en bredare tillämpning av tekniken i husbyggnadsprojekt.

I förstudien undersöks vilken förbättring av U-medelvärdet på byggnaden som kan uppnås med denna teknik, samt om det finns särskilda risker från fuktsäkerhetssynpunkt som måste hanteras för att göra tekniken möjlig att tillämpa i det klimat som råder i Sverige. Det finns naturligtvis även andra faktorer att beakta, t.ex. estetiska och akustiska samt frågor om dagsljus. Projektets mål är emellertid att för fönster vars karmar byggs in i ytterväggen:

- undersöka hur den typen av lösning kan påverka fönsters köldbryggor,
- undersöka hur den typen av fönster kan underlätta att uppnå krav på U_m i kommande BBR,
- identifiera de fukttekniska risker som är nödvändiga att hantera för att erhålla en konstruktion som uppnår de fukttekniska krav som ställs i Boverkets byggregler, samt
- på en mycket översiktlig nivå, undersöka hur fastighetsägare och arkitekter förhåller sig till frågan.

METOD

Projektet inleddes med en litteraturgenomgång och diskussioner med tillverkare av fönster med överbyggda karmar. De workshops som sedan genomfördes i arbetsgruppen ledde fram till att en representativ betongkonstruktion valdes som var vanligt förekommande och som hade stor besparingspotential.

Köldbryggorna har modellerats enligt EN ISO 10211:2007 i beräkningsprogrammet HEAT2.

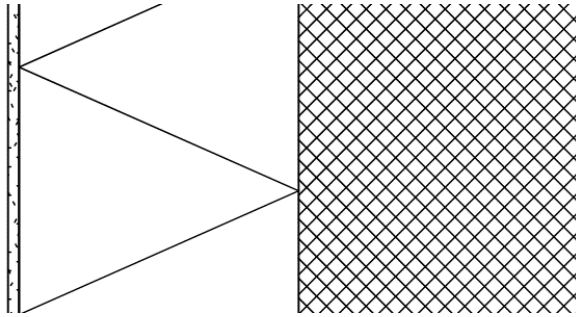
För transmissionsberäkningen har programmet IDA Indoor Climate and Energy använts

Omslutningsarean bedömdes påverka vilken effekt överisoleringen skulle ha på U-medelvärdet. Därför valdes att studera ett punkthus samt ett lamellhus.

De fuktrisker och det möjliga arkitektoniska uttrycket som finns med överisolerade fönsterkarmar har utvärderats kvalitativt genom utlåtande av fuktsakkunniga, arkitekter samt genom granskning av referensgrupp.

STUDERAD KONSTRUKTION

Bärande betongytterväggar har historiskt varit en konstruktion som har haft relativt höga värmeförluster via den linjeköldbrygga som uppstår kring fönstren. För den specifika köldbrygga så varierar värdet mellan 0.15-0.20 [W/m·K] vilket kan jämföras med fönsterdetaljer för utfackningsväggar som varierar mellan 0.05-0.10 [W/m·K] (Pettersson, 2013; Kruth, 2018). Denna skillnad gör det intressant att just försöka minska köldbrygga för betongytterväggar. Vidare så är bärande betongytterväggar vanligt förekommande på den svenska byggmarknaden. Dessa skäl motiverar varför just nedanstående konstruktion har valt att studeras, se Figur 3.

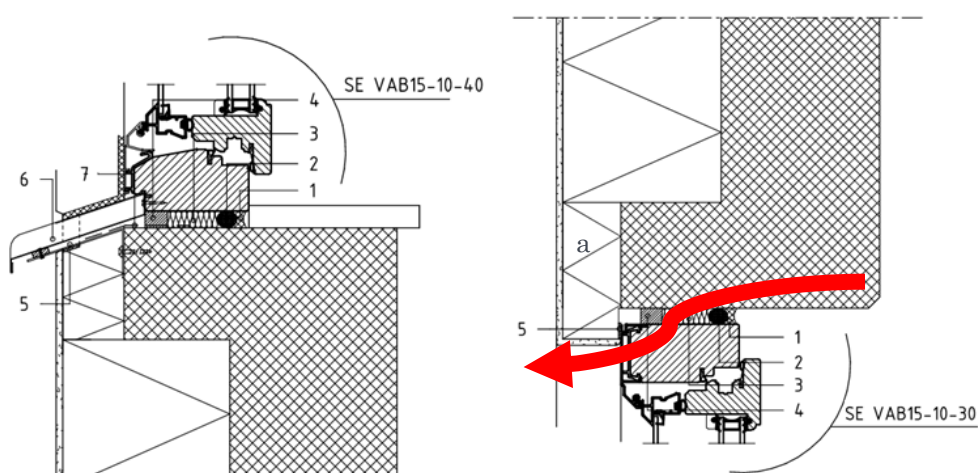


Figur 3, Yttreväggskonstruktion med 8 mm puts, 250 mm cellplast, 150 mm betong. Figur ej skalenlig.

Väggen består utifrån och in av 8 mm puts, 250 mm cellplast och 150 mm betong.

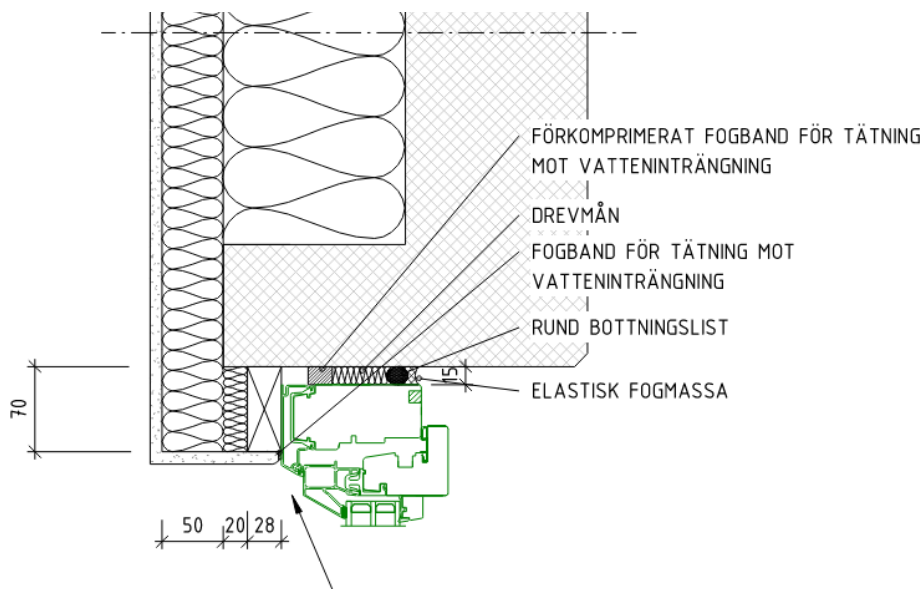
Fönsterdetalj

Traditionellt så fäst fönstren in i en betongklack för att få till en stabil infästning av fönstret där sekundärtätningen görs mot betongen. Putsen dras ned och täcker en mindre del av fönsterkarmen för att få till ett snyggt avslut samt för att täcka mötet mellan betong och fönsterkarm, se Figur 4. Det täckande isoleringen (a i Figur 4-höger) har en tjocklek om 50 [mm]. Skulle denna isolering dras längre ned och täcka en större andel av karmen så skulle köldbrygga kunna minskas och en överisolering skapas av karmen. Detta scenario är det som studeras i denna rapport.



Figur 4, traditionell fönsterdetalj för en halv sandwich vägg. Röd pil indikerar en väg där värmen lättare kan ta sig ut.

Under arbetes gång med denna studie så visade det sig att man genom att göra en överisolering så påverkade det flera delar av lösningen. Lösningen nedan, i Figur 5, är ej att betrakta som slutgiltig eller ens lämplig, men den används för att indikativt kunna visa på vilka fördelar en överisolering kan ge. Lösningen visar på hur ett traditionellt fönster med trækarm och aluminiumbeklädnad har kombinerats med överisolering. Vid beräkningarna så visade det sig att aluminiumbeklädnaden hade en negativ inverkan på köldbryggan och därför gjordes även en beräkning utan nämnda beklädnad. Köldbryggorna har beräknats med hjälp av HEAT2 (BLOCON, 2021).

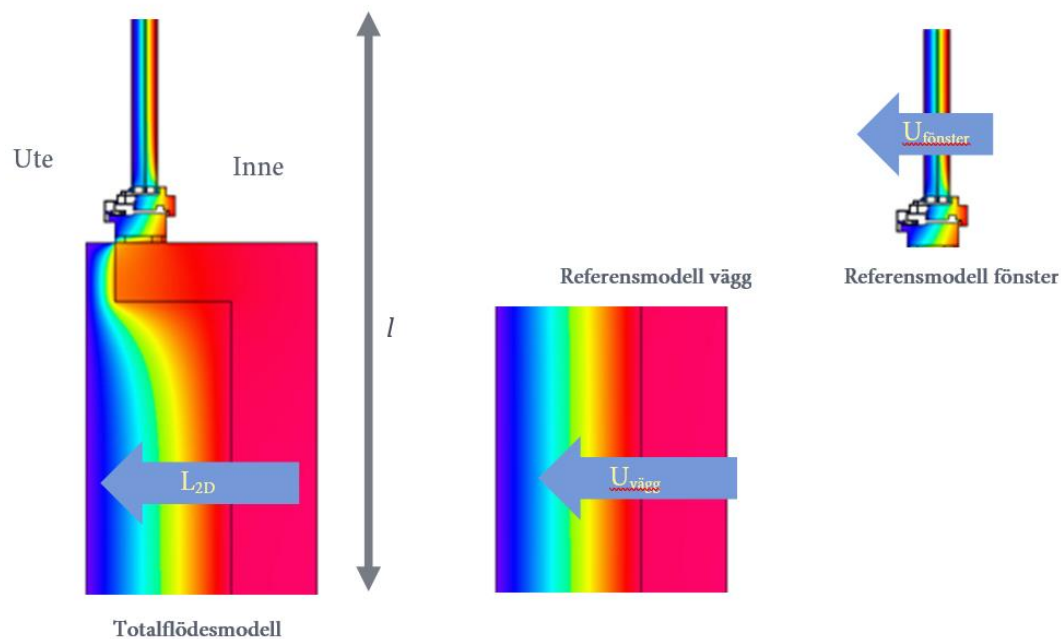


Figur 5, Tidigt exempel på hur en överisolering kan se ut.

Beräkning av köldbryggor

Fönsterköldbryggan (Ψ) utgörs av det extra värmeflöde som uppstår pga. att isoleringen i väggen bryts med betong för att möjliggöra infästning av fönstret. Betong har betydligt sämre isolerförmåga än isolering, vilket kommer bidra till att betongklacken agerar som en kylfläns i väggen och en större mängd värme kommer ta sig ut genom betongklacken och fönsterkarmen än genom själva ytterväggen eller fönstret.

Köldbryggeberäkningarna för fönstret är utförda enligt EN ISO 10211:2007 i beräkningsprogrammet HEAT2. Där har tre modeller tagits fram för varje köldbrygga: två referensmodeller och en totalflödesmodell, enligt exemplet i Figur 6. Köldbryggorna har sedan sammanställts med hjälp av Excel. Där har flödet genom referensmodellerna plockas bort från totalflödet enligt Ekv 1.



Figur 6, De tre olika modellerna som har beräknats med hjälp av HEAT2.

$$\Psi = L_{2D} - U_{vägg} \cdot l_{vägg} - U_{fönster} \cdot l_{fönster}$$

Ekv. 1

Ψ = värmegenomgångskoefficient för linjära köldbryggor [W/mK]

L_{2D} = Värmegenomgång för 2D beräkning [W/mK]

U_j = Värmegenomgångskoefficient för byggdela j [W/m²K]

l_j = längd för byggdela j [m]

I referensmodellerna sätts flödet till noll i över och underkant för att endast ta hänsyn till den värme som rör sig inifrån och ut. Referensmodellen för fönster har byggts upp som ett fiktivt fönster med 3-glas och argonfyllning samt aluminiumklädd tråkarm eller endast tråkarm. Den måttdefinition som används är överlag invändigt mått.

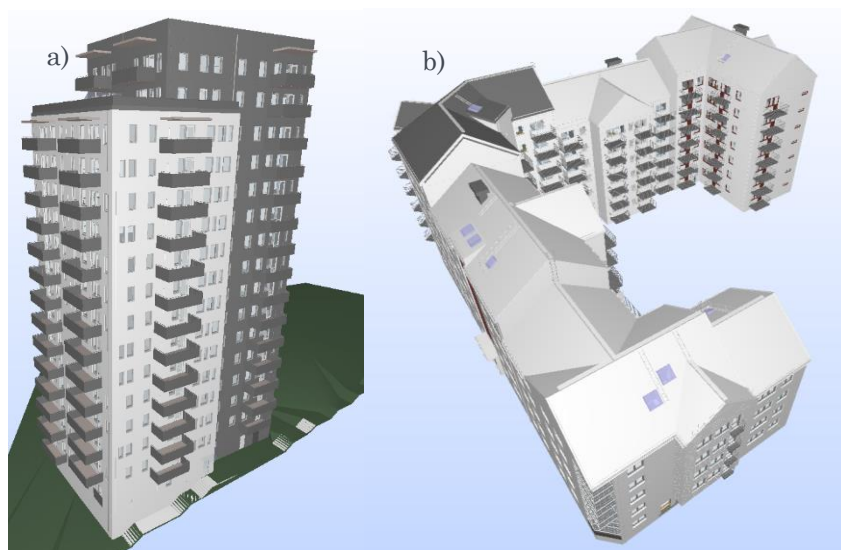
För fönstret har en köldbrygga för anslutningen i underkant tagits fram samt en köldbrygga för anslutningen i ovkant och sidorna av fönstret då utförandet av infästningen är olika. Köldbryggan för underkant och ovkant/sidorna har sedan viktats ihop till ett värde för fönsterköldbryggan Ψ_f . Viktningen gjordes med antagandet att 25 % utgörs av underkantköldbryggan och 75 % utgör ovkant/sidor. Detta för att IDA ICE är begränsat till att det bara går att lägga in ett specifikt värde för fönsterköldbryggan i energimodellen.

Beräkning av transmissionsförluster

För transmissionsberäkningen har programmet IDA Indoor Climate and Energy använts (EQUA, 2022). Modellen delar upp byggnaden i ett antal zoner. I varje zon används värmebalanser för att beräkna temperaturer och effektbehov. Tidssteget anpassas efter behov. Programmet tar hänsyn till:

- Värmetransmission genom väggar, tak och golv
- Köldbryggor och luftinfiltration
- Interna värmebelastningar från datorer, personer och belysning
- Solinstrålning genom fönster inklusive solavskärmning och skuggning
- Värmelagring i väggar, golv och tak till följd av temperaturvariationer över dygnet
- Styrning av radiatorer och kylbafflar med hänsyn till rumstemperaturen

Två redan framtagna IDA-modeller har använts som utgångspunkt för jämförelse och justerats för att appliceras i projektet, ett punkthus och ett lamellhus, se Figur 7. Grundläggande information om IDA-modellernas Atemp och omslutningsarea och fönsterandelar redovisas i Tabell 1. Målet med simuleringen är att få ett så verklighetstroget resultat som möjligt, därav har personbelastning, utrustning och belysning lämnats kvar i modellen som en "gratis" värmekälla. Luftbehandlingsaggregatet har plockats bort ur modellen och simuleringen är genomförd med ideala värmare och kylare med börvärden inställt på 21 °C respektive 25 °C. Kyla används i modellen för att inte överskatta värmelagringskapaciteten i stommen. Modellen är körd med fast infiltration på 0,3 l/sm². U-värdet på konstruktionsdelar har justerats enligt Tabell 2. **Fel! Hittar inte referensälla..** Indata för modellen i form av ort och klimatfil har justerats till Stockholm, Bromma.



Figur 7, Översiktbilder över de två IDA-modellerna som har använts. Punkthus-a, Lamellhus-b.

Tabell 1, Areor och fönsterandelar för de två studerade byggnadstyperna.

	Punkthus	Lamellhus
Atemp [m ²]	5995	9234
Omslutningsarea [m ²]	4863	8535
Formfaktor	0,81	0,92
Fönsterandel [%]	22%	26%

Tabell 2, U-värden som har använts i energiberäkningarna.

Konstruktionsdel	U-värde [W/m ² , K]	Material
Skalvägg med puts på isolering	0,147	150 btg + 250 cellplast
Tak	0,11	400 isolering
Platta	0,12	300 cellplast
Fönster (inkl. karm)	0,9	
Dörrar	1,2	
Glaspartier (som ej kan över-isoleras)	1,2	

Köldbryggorna i IDA-modellen har anpassats enligt Tabell 3 för att harmonisera med en skalvägg. De anses vara typiska värden för anslutningar i skalvägg. Fönsterköldbryggan är den enda köldbrygga som justerats mellan beräkningarna.

Tabell 3, Köldbryggevärden som har använts i energiberäkningarna.

Mellanbjälklag [W/m ² K]	Yttervägg/innervägg [W/m ² K]	Ytterväggshörn [W/m ² K]	Fönster [W/m ² K]	Tak [W/m ² K]	Grund (platta på mark) [W/m ² K]	Balkong (box) [W/m ² K]
0,005	0,007	0,07	Varierar enligt Tabell 4	0,11	0,45	0,27

Baserat på ovanstående indata så gjordes energiberäkningar för de två olika husen med de olika värdena för köldbryggan kring fönster. Energiberäkningarna ger den totala transmissionsförlusten för de olika kombinationerna, nyckeltal som byggnadernas formfaktor och fönsterandel redovisas också i resultatkapitlet.

RESULTAT AV BERÄKNINGAR

Nedan redovisas resultaten för beräkningar av fönsterköldbryggan för olika montage samt dess påverkan på energiförbrukning samt U-medelvärden för två olika hustyper.

Fönsterköldbrygga

Fönsterköldbryggan Ψ har beräknats för fyra olika montage:

1. Traditionellt montage med ett aluminiumbeklätt träfönster
2. Överisolerad aluminiumbeklädd båge och karm
3. Överisolerad aluminiumbeklädd båge
4. Överisolerad utan aluminiumbeklädning

Montage 1 ovan utgör ett referensfall mot vilket de övriga montagesätten jämförs. Fönstret antas vara ett aluminiumbeklätt träfönster. Montage 2 använder samma fönster som i montage 1 men med en överisolering. I montage 3 används samma fönster men här har aluminiumbeklädningen på karmen tagits bort. Detta gjordes då montage 2 visade på en ringa förbättring jämfört med montage 1. Montage 4 använder ett vanligt träfönster vilket gör att utformningen av karm och båge skiljer sig något mot övriga montage. Beräkningsresultat med figurer från beräkningar kan ses i Bilaga I.

Beräkningarna i HEAT för fönsterköldbryggorna visar på att köldbryggan varierar ifrån 0,175 - 0,098 [$\frac{W}{m \cdot K}$] för montage 1 till montage 4. Detta representerar en reduktion på upp till 44 %, se Tabell 4.

Tabell 4, Beräknade resultat för fönsterköldbryggan vid fyra olika montage.

Montage	Ψ [$W/(m \cdot K)$]	[%]
1, Traditionellt montage med ett aluminiumbeklätt träfönster	0,175	0%
2, Överisolerad aluminiumbeklädd båge och karm	0,152	13%
3, Överisolerad aluminiumbeklädd båge	0,098	44%
4, Överisolerad utan aluminiumbeklädning	0,103	41%

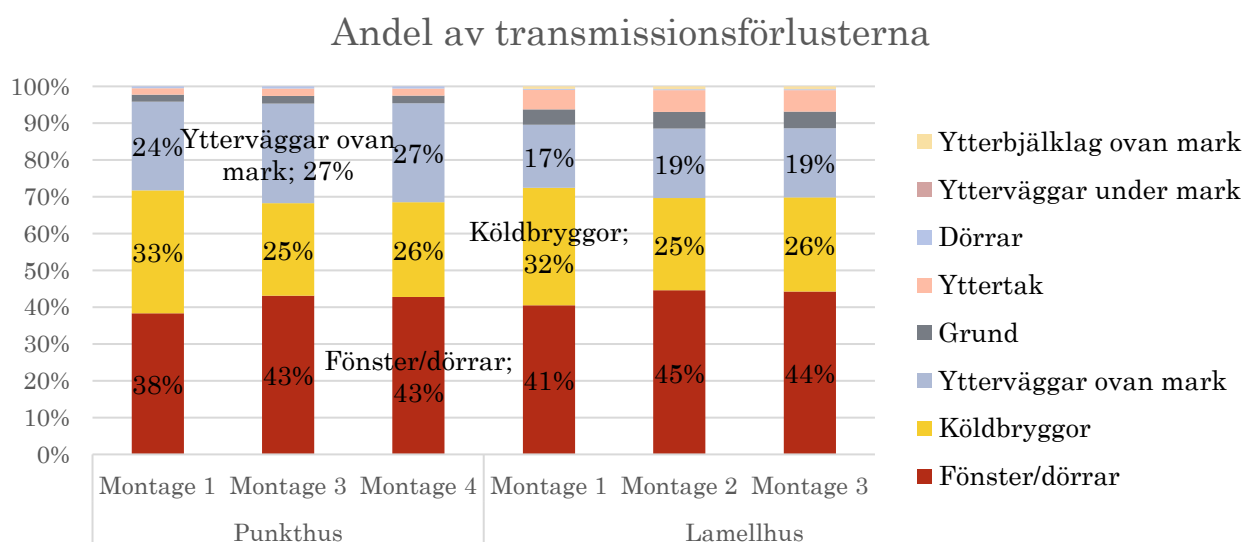
Energiförbrukning vid olika montage

Påverkan på energiförbrukning har beräknats för två olika byggnader ett punkthus samt ett lamellhus med indata enligt kapitel Beräkning av transmissionsförluster. Endast transmissionsförluster inklusive infiltration redovisas då dessa är de som direkt påverkas av förändringar i fönsterköldbryggan. Punkthuset visar på att det finns en möjlighet att minska förlusterna med ca 30% där förlusterna går från 9,7 [kWh/m² Atemp] vid montage 1 till 6,6 [kWh/m² Atemp] vid montage 3, se Tabell 5. Lamellhuset visade inte på lika stor möjlig besparing då minskningen var 15%. De respektive värdena för transmissionsförlusterna för montage 1 och montage 3 var 18,0 och 15,1 [kWh/m² Atemp]. Besparingar är mindre för lamellhuset relativt de större förlusterna på grund av formfaktor, större fönsterandel etc, men i båda fall är minskningen ca 3 kWh/m²,år.

Tabell 5, Beräknade transmissionsförluster inklusive infiltration samt minskning för de studerade punkthuset och lamellhuset vid olika fönstermontage.

	Punkthus		Lamellhus	
	Transmission inkl infiltration [kWh/m ² Atemp]	[%]	Transmission inkl infiltration [kWh/m ² Atemp]	[%]
1, Traditionellt montage med ett aluminiumbeklätt träfönster	9,7	0%	18,0	0%
2, Överisolerad aluminiumbeklädd båge och karm	8,8	9%	17,2	5%
3, Överisolerad aluminiumbeklädd båge	6,6	32%	15,1	16%
4, Överisolerad utan aluminiumbeklädnad	6,8	30%	15,3	15%

Köldbryggornas andel av transmissionsförlusterna påverkas vid de olika montagesätten. Det är en likartad förändring för de båda hustyperna. Köldbryggornas andel av transmissionsförlusterna går från ca 33% till 25% när montage 3 väljs framför montage 1, se Figur 8. De är tydligt att en större andel av förlusterna går via tak och grund för lamellhuset vilket har att göra med husets utformning.



Figur 8, Huvudsakliga transmissionsförluster för olika byggdelar och för olika montage för de två studerade hustyperna. Andelen från köldbryggorna minskar vid montage 2 och 3.

U-medelvärde vid olika fönstermontage

U-medelvärdet är av intresse då BBR ställer krav på högst tillåtna U-medelvärde för flerbostadshus om 0,4 [W/m² K]. Detta krav kan i en del projekt vara svårt att uppnå, framför allt för höga hus såsom punkthuset. U-medelvärdet har utvärderats för montage 1, 3 och 4 då påverkan ifrån montage 2 bedömdes ha en ringa påverkan.

U-medelvärde för punkthuset vid montage 1 överskrider BBR-kravet men kan nås med hjälp av överisolering enligt montage 3. Förbättringen på U-medelvärdet är då 7%, se Tabell 6. Lamellhuset underskrider redan BBR-kravet vid montage 1 och har ett U-medel på 0,37 [W/m² K] och en ytterligare reduktion om 6% är möjlig genom att använda montage 3.

Tabell 6, U-medelvärde eller genomsnittlig värmeövergångskoefficient för punkthuset och lamellhuset vid olika fönster montage.

	Punkthus		Lamellhus	
	U-medel [W/m ² , K]	[%]	U-medel [W/m ² , K]	[%]
1, Traditionellt montage med ett aluminiumbeklätt träfönster	0,43	0%	0,37	0%
3, Överisolerad aluminiumbeklädd båge	0,4	7%	0,35	6%
4, Överisolerad utan aluminiumbeklädning	0,41	5%	0,35	5%

RESULTAT AV KVALITATIVA SYNPUNKTER PÅ FUKTSÄKERHET OCH ARKITEKTONISKT UTTRYCK

De samtal och svar som har inkommit tyder på att det finns både positiva samt negativa aspekter som måste beaktas när man planerar att överisolera fönsterkarmar. Denna förstudie besvarar inte de utmaningar som identifieras utan syftar endast till att lyfta fram dessa. Nedan redovisas de olika aspekterna som har inkommit uppdelade på positiva samt negativa aspekter.

Positiva aspekter

- Möjlighet att använda en enklare karm vilket kan göra karmkonstruktionen billigare
- Minskad köldbrygga kan göra det möjligt att öka fönsterarean med bibehållen energiprestanda.
- Förbättrad energiprestanda för byggnaden
- Sämre glas kan användas med bibehållen energiprestanda vilket skulle minska sannolikheten för kondens på utsidan fönsterglas.
- Överisoleringen kommer driva på utvecklingen av karmar vilket även de kan ge bättre energiprestanda för fönstren.
- Möjligheten att överisolera karmen är ytterligare en arkitektonisk möjlighet vilket kan bidra till fler uttryck.
- Möjligheten att dra in fasadmaterialet mot fönsterglasets är välkommen.
- Fuktsäkerheten går troligen att lösa men fönstertillverkare bör involveras i processen

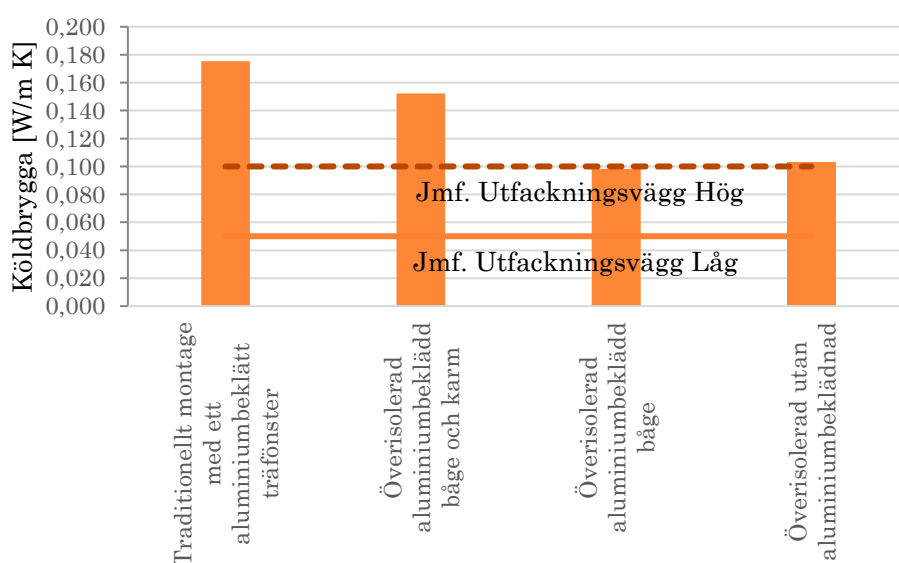
Negativa aspekter

- Mer komplicerat montage vilket potentiellt kan vara kostnadsdrivande.
- Den överisolerade karmen kommer att skugga glaset vilket kommer att försämra dagsljusfaktorn
- Risk för att spänningar uppkommer i glaset på grund av temperaturskillnader. Överisoleringen kan bidra till att karmen blir kallare jämfört med glaset vilket ökar spänningen.
- Fuktsäkerheten måste beaktas noggrant
- Fönsterblecket behöver ha samma bredd som fönsteröppningen för att effektivt kunna leda ut vatten.
- Indragna fönster riskerar att skapa snöfickor vid snödrev. Snö kan samlas och smälta mot fönstret. Speciellt i norr och i samband med snöstorm kan det driva in vatten på nya ställen.
- Vid höga byggnader finns det risk att vatten drivs uppåt och då kan vatten driva in ovan fönster.
- Kan det uppstå nya brandrisker som behöver utredas beroende på val av isolering.
- Utbyte av fönster samt isolerglas kan försvåras, vilket påverkar möjligheten till renoveringar och återbruk av fönster.
- Luftning och dränage kring karm måste säkerställas.
- Troligen så behöver fuktförhållandena för en överisolerad trækarm studeras både numeriskt och via tester i laboratorier.
- Överisolering tycks tvinga fram en lösning där fönstren antingen blir fasta eller att de måste öppnas inåt.

DISKUSSION

Resultaten ifrån beräkningarna tyder på att det är möjligt att reducera köldbryggan kring fönster ned till en nivå som är jämförbar med vad som är vanligt förekommande för en utfackningsvägg med sämre lösning av fönsterköldbryggan, se Figur 9. Detta får anses som ett bra resultat jämfört med traditionellt montage. Det är dock tydligt att det finns ytterligare en förbättringspotential om infästningen av fönstret kan göras på ett sätt som liknar en utfackningsvägg, jämför med nivån för Utfackningsvägg Låg i Figur 9. Tillverkare av passivhusfönster redovisar betydligt lägre värde för köldbryggorna vilket indikerar att det är möjligt att nå ännu lägre värden om köldbryggebrytare används i fönsterkarm och båge (Ekstrands AB, 2010).

Beräkningarna visar på att det inte är lämpligt att använda en aluminiumbeklädnad på karmen som går in till betongen, detta då den fungerar som en lokalköldbrygga och till stor del tar bort effekten av överisoleringen, jmf montage 2 och 3. Här bör andra fukttåliga lösningar studeras.

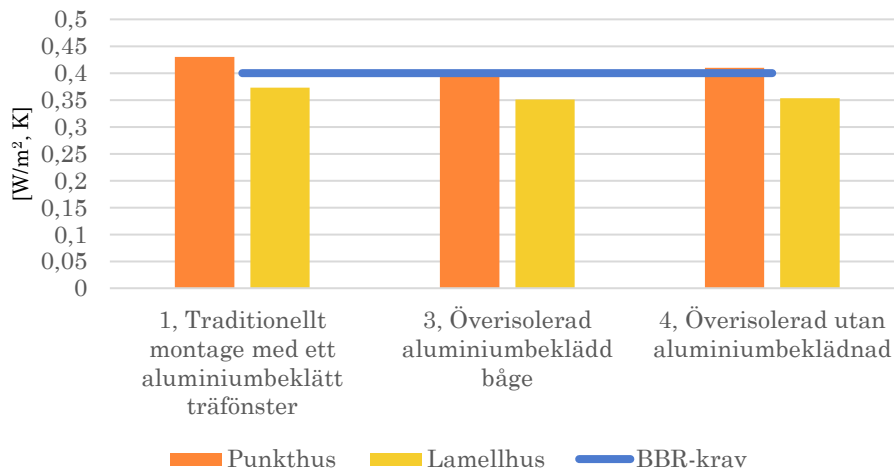


Figur 9, Beräknade köldbryggevärden för fyra olika montage samt jämförelse med en bättre och en sämre utfackningsvägg.

Transmissionsförlusterna kan sänkas med 32% för punkthuset men endast med 16% för lamellhuset. Byggnaderna har olika förutsättningar och i båda fallen så sker en minskning på ca 3 kWh/m²,år. Minskningen och reduktionen av andelen visar på att det finns en möjlighet att, genom förbättringar av köldbryggan kring fönstret, förbättra energiprestandan för dagens byggnader. Potentialen måste dock utvärderas i varje specifikt projekt.

U-medelvärde är ett skallkrav enligt BBR vilket kan vara svårt att nå beroende på utformningen av byggnaden samt de olika byggdelarnas konstruktion. Då köldbryggorna står för en signifikant del av transmissionsförlusterna (ca 33%) så har överisoleringen en möjlighet att till viss del kompensera för andra designval. Enligt beräkningarna så underskrids BBR-kravet om överisolering används, både för punkthuset och lamellhuset, se Figur 10. Resultatet i studien är giltigt för projekt med låg andel av fönster vilket är vanligt för bostäder. U-medelvärdet ökar när fönsterandelen ökar som för exempelvis kontorsfastigheter.

U-medelvärde



Figur 10, Beräknade u-medelvärden för punkthus samt lamellhus vid olika fönstermontage samt BBR-krav som referens.

De kvalitativa synpunkter som inkommit angående användandet av överisolerade fönsterkarmar lyfter fram en rad positiva möjligheter som uppkommer där energibesparingen samt ett nytt arkitektoniskt uttryck få anses vara de främsta. Det har dock lyfts fram en rad utmaningar av teknisk karaktär som berör fuktsäkerhet men även risken för spänningar i glaset som kräver vidare utredningar. Fuktsäkerhetsmässigt så lyfts svårigheten att få till en tillfredsställande dränering kring fönstret, vattenutledning vid fönsterbleck samt att om en tråkarm används så måste den klara de fuktförhållanden som råder. Traditionellt så har så kallad tvåstegstätning eftersträvat vilket även bör användas i detta fall. Fuktsäkerheten kan behöva utredas genom att genomföra detaljerade beräkningar men även praktiska försök. Det lyfts också särskilt fram att utvecklingen av överisolerade fönsterkarmar måste göras gemensamt med fönstertillverkare för att säkerställa att funktionskraven på fönstret och beständigheten bibehålls.

Överisolering av fönsterkarmen eller att utforma en karm och båge med bättre energiprestanda bör ge samma resultat med avseende på energiprestanda. Här kan det antas att en förbättrad karm och båge har fördelar, framför en överisolering, då det bör underlätta både produktion, fuktsäkerhet men även framtida underhåll och återbruk. Det bör således finnas en nisch här för att utveckla mer energieffektiva karmar.

SLUTSATSER

Överisolerade fönsterkarmar är en teknik som har potential att kunna bidra till minskade klimatutsläpp. Köldbryggan kring fönster för den studerade väggen minskar ned till en jämförbar nivå med utfackningsväggar vilket är en stor förbättring. För att tekniken skall användas krävs det dock ett samarbete med fönstertillverkare. Det finns idag ett fåtal tillverkare på marknaden som har produkter utvecklade för ändamålet men det är önskvärt med en bredare produktutveckling bland fönsterleverantörer.

Kombinationen av överisolerade fönsterkarmar tillsammans med fönsterkarmar och bågar som har köldbryggebrytare har troligen den största potentialen för att minska köldbryggan kring fönster. Tidigare har fönstertillverkar fokuserat på att minska fönstrens U-värden genom att förbättra glaset vilket har varit framgångsrikt. Dock är glasdelen relativt bra idag och köldbryggebrytare bör få större fokus då karmarna och infästningarna idag står för en stor andel av energiförlusterna.

Slutligen så bör branschen gemensamt arbeta fram fungerande lösningar för att minska fönsterköldbryggan. Lösningarna skall fungera ur energi-, produktion- och tillverkningsynpunkt samt även ta hänsyn till drifts skedet. De utmaningar och negativa aspekter som har lyfts fram i denna rapport kan ligga som underlag för att utforma tekniska lösningar för att säkerställa exempelvis fuktsäkerheten för överisolerade fönsterkarmar.

REFERENSER

- BLOCON (2021) 'HEAT 2D'. Lund: Blocon AB. Available at: <https://buildingphysics.com/heat2-3/>.
- BuildWell (2022) *Smartwin*. Available at: <https://buildwell.se/fonster-smartwin> (Accessed: 22 April 2022).
- Ekstrands AB (2010) *Köldbryggor beräkningar fönster*. Available at: <https://www.ekstrands.com/sv/fonster/energy-concept-90-plus-tra-alu>.
- EQUA (2022) 'IDA Indoor Climate and Energy'. Stockholm: EQUA Simulation AB. Available at: <https://www.equa.se/en/ida-ice>.
- Fossilfritt Sverige (2018) *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft Bygg och anläggningssektorn*. Available at: http://fossilfritt-sverige.se/wpcontent/uploads/2018/01/ffs_bygg_anlaggningssektorn.pdf.
- Kruth, S. (2018) *KÖLDBRYGGOR I PREFABRICERADE SANDWICHVÄGGAR AV BETONG*. Umeå Univeristet.
- Larsson, T. and Berggren, B. (2015) *Undvik fel och fällor med köldbryggor i nyproduktion*. SBUF: 12801. Göteborg. Available at: <https://www.sbuf.se/Projektsida/?id=38a1ff38-f7a9-46d3-a87f-b5cef3151b92>.
- Martinsson, L. *et al.* (2014) *TERMOGRAFERING AV FLERBOSTADSHUS*. SBUF: 12867. Göteborg.
- Pettersson, V. (2013) *Passivhus, detaljutformning och dess köldbryggor*. Umeå Universitet.
- UNFCCC (2018) *THE PARIS AGREEMENT*.
- Wiegand (2011) *Passiv-Fenster "DW-plus"*. Hatzfeld. Available at: <https://www.wiegand-info.de/>.

BILAGA I – BERÄKNINGSRESULTAT AV KÖLDBRYGGOR

Montage	Nederkant fönster	Överkant fönster	Viktat Ψ [$W/(m \cdot K)$]
Traditionellt montage med ett aluminiumbeklätt träfönster			0,165
Överisolerad aluminiumbeklädd båge och karm			0,152
Överisolerad aluminiumbeklädd båge			0,116
Överisolerad utan aluminiumbeklädning			0,103

SBUF stödjer
forskning & utveckling



som leder till
praktisk handling