



FASADER I GLASS
som holder hva vi lover

Glass i fasader og

KULDEBROER



Samarbeid med forskningsinstitusjonene og støtte fra Forskningsrådet gir oss inngående kunnskap og forståelse om å bygge miljøriktig!

Ida H. Bryn, Erichsen & Horgen AS



Grip sjansen til å bli en vinner i miljøvennlige løsninger!

2015 blir et viktig år for forskning og utvikling i på miljøvennlige løsninger i byggsektoren. Hundretalls millioner ligger i potten for å utvikle løsninger for mer effektiv energibruk. Grip sjansen til å få relevant forskning for din bedrift.

ENERGIX er Forskningsrådets store program for miljøvennlig energi som støtter FoU hos bedriftene. Næringslivet kan også samarbeide med forskningsinstitusjoner i kompetanseprosjekter og forskerprosjekter.

Neste år vil ENERGIX kunne tildele over 450 millioner kroner til nye forskningsprosjekter som bidrar til en bærekraftig omstilling av energisystemet. En stor del av dette vil gå til prosjekter der næringslivet er aktivt med.

I sin nye nasjonale strategi har Energi21 pekt ut seks satsingsområder, der energieffektivisering og fleksible energisystemer er blant disse. Strategien vil være retningsgivende for hvilke prosjekter som får støtte fra ENERGIX.

Forbered prosjektsøknaden som ledd i bedriftens strategi før utlysningen våren 2015. Søknadsfristen er normalt september/oktober.

TA KONTAKT MED:

**Spesialrådgiver
Ane Torvanger Brunvoll
i Forskningsrådet.**

atb@forskningsradet.no
22 03 74 97 / 97 77 90 89
forskningsradet.no/energix

«FASADER I GLASS SOM HOLDER HVA VI LOVER»

Prosjektet «Fasader i glass som holder hva vi lover» er eiet av Erichsen & Horgen AS og Glass og Fasadeforeningen. Prosjektet har vært støttet av Norges Forskningsråd.

Prosjektets mål har vært å gi en vesentlig forbedret beskrivelse av fysikk og komfort rundt fasader i glass og å sannsynliggjøre hvordan dette påvirker energibruken. Vi vil vise hvordan en kan ivareta både termisk og visuell komfort samtidig som en oppnår lav energibruk. Prosjektet illustrerer også hvordan fasadens egenskaper som U-verdi, g-verdi og dagslysforhold varierer med varierende uteklime samt type og styring på solskjerming. Prosjektet gir grunnlag for forbedret termisk og energimessig kravspesifisering og dokumentasjon av fasader.

Medvirkende og deltakere i prosjektet har også vært:

- **Avantor AS** har stilt bygg til rådighet for prosjektet og **Geir Vaagan** har bidratt aktivt i møter og med tilrettelegging for målinger på byggeplass.
- **Entra Eiendom** har også bidratt med å stille bygg til rådighet og **Rune Pedersen** har tilrettelagt for målinger feltarbeid.
- **Erichsen & Horgen AS** har hatt prosjektledelsen sammen med **Glass og Fasadeforeningen**. Prosjektleder har vært **Ida Bryn**. I tillegg har Bryns kollegaer, **Axel Bjørnulf**, **Søren Gedso**, **Arnkell Petersen** og **Marit Smidsrød** gjort feltarbeid, skrevet tekster og artikler. Erichsen & Horgen har også holdt kurs og konferanser om temaet og undervist på **Arkitekthøgskolen i Oslo** og **HiOA**.
- **Høgskolen i Oslo, HiOA**, ved **Line Karlsen**, har bidratt med målinger i laboratoriet, skrevet rapporter og holdt foredrag.
- **Glass og Fasadeforeningen** har, ved **Sverre Tangen**, deltatt i prosjektledelse. Foreningen har i tillegg bidratt med stoff til rapporter og et regneprogram for beregning av korrekte U-verdier ved forskjellige klimaforhold og derav følgende kaldras. GF har holdt kurs og foredrag om temaet for medlemsbedrifter og andre i byggebransjen.
- **Nytt Sykehus i Østfold** har stilt prosjektet til rådighet for beregninger, tester og bidratt i prosjektet ved **Kai Martin Lunde**.
- **Omega Termografering AS** har bidratt med målinger og underlag til rapporter. Deres representant i prosjektet har vært **Hans Olav Vestli**.
- **Saint Gobain Bøckmann**, ved **Jørgen Slydal**, har bidratt i prosjektet med fasadeberegninger og vurderinger av prosjekt.
- **Sapa Buildingsystem AS** har bidratt med kunnskap om fasader på generelt grunnlag. Selskapet har laget illustrasjoner og bidratt til rapportutarbeidelse. Deres representant har vært **Øystein Havik**.
- **Solskjermingsgruppen**, ved **Rune Klementsén** og **Hans Otto Häger**, har bidratt med materiale omkring solskjerming til bruk i rapporten.

«Fasader i glass som holder hva vi lover» har vært omtalt i fem artikler i Glass & Fasade. Prosjektet har vært omtalt gjennom temaene «bakgrunn og formål», «lufttetthet», «kuldebroer», «løsninger for solavskjerming» og «effekten av solavskjerming».

Prosjektet avsluttes med utgivelsen av tre veiledere, hvorav dette er Veileder «Glass i fasader og kuldebroer». De to øvrige veilederne har disse titlene:

Veileder «**Glass i fasader –solskjerming**»

Veileder «**Glass i fasader – lufttetthet**»

Veilederne finnes også digitalt på www.glassportal.no og www.erichsen-horgen.no

VEILEDER
«GLASS I FASADER –
KULDEBROER»

Utgitt av:

Erichsen & Horgen AS og
Glass og Fasadeforeningen.
Utgivelsen er støttet av ENOVA
og Forskningsrådet.

Redaktør:

Ida Bryn, Erichsen & Horgen AS

Forfattere:

Axel Bjørnulf, Erichsen & Horgen AS
Ida Bryn, Erichsen & Horgen AS

Distribusjon:

Bilag med «Glass & Fasade» som
sendes personlig til 2 100 arkitekter,
og 544 arkitektkontorer. 1350 sendes
til entreprenører, bygningstekniske
konsulenter, rådgivende ingeniører,
utdanningsinstitusjoner, medier,
eiendomsselskaper, eiendomsutviklere
og byggherrer. 1200 distribueres
internt til deltakerne i prosjektet.

Grafisk formgivning:

Member Media AS

Trykk:

Nr 1 Trykk Grefslie



Glass og Fasadeforeningen





Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	7
2. HVA ER KULDEBROER OG HVOR ER DE?	8
2.1 Hvor går grensen mellom U-verdi og kuldebroverdi?	9
3. KULDEBROER I GLASSELEMENTER	10
3.1 Beregning av U_{cw} -verdi på glassfasader	10
3.2 Interne kuldebroer medberegnet i U-verdi	12
3.3 Tette isolerte felt i glassfasader	15
3.4 Smale veggfelter mellom og rundt glassfelt	17
3.5 Glasshjørner og hjørner i vindusbånd og glassfasader	18
3.6 Fuge mellom glasselement og annen yttervegg	19
3.7 Tilslutning mellom etasjeskiller og ytterfasade	22
3.8 Kuldebroer av ettermonterte komponenter	23
3.8.1 Låser og beslag på dører og vinduer	23
3.8.2 Innfestinger av solskjerming og andre utenpåliggende elementer	23
4. BEREGNING AV KULDEBROER	25
4.1 Normalisert kuldebroverdi	25
4.2 Beregningsmetoder for kuldebroverdier	26
4.3 Referansemål for U-verdi og Ψ -verdi:	26
4.4 Beregning av kondens- og sopprisiko på kuldebroer	28
5. KRAV TIL KULDEBROER OG DOKUMENTASJON	29



1. Innledning

Det er i de senere årene blitt gjort mange erfaringer med større grad av kuldebroer enn forventet i forbindelse med bruken av glass i bygningers klimaskall. Årsakene handler blant annet om upresis kravsetting i entreprisene, dårlig grensesnittshåndtering mellom fag og for dårlig innarbeidede håndverkstradisjoner. Målet med dette notatet er å styrke kunnskapen rundt kuldebroer slik at utførelsen av glass i fasader får den kvaliteten som kan forventes. I notatet gis innspill til kravspesifikasjoner og utførelse av glass i fasader for å sikre at glassfasader, dører og vinduer leveres i henhold til det som beskrives.

Det er en klar tendens i myndigheters forskriftskrav og byggebransjen generelt som peker i retning mot betydelig bedre varmeisolererte hus. Ettersom vi isolerer hus bedre vil det bli et tiltagende fokus på kuldebroer siden økte veggtykkelser lett gir økte kuldebroer, og at kuldebroene da vil forårsake en mye større andel av det totale varmetapet når varmetapet gjennom vegger blir lavt.

Det å redusere kuldebroer handler om riktig bruk av materialer og i størst mulig grad unngå vanskelig geometri, sprang og overganger mellom konstruksjonstyper. Det anbefales at anerkjente byggdetaljer og metoder benyttes fordi håndverkskvaliteten har særlig betydning for kuldebroene.

Fugen rundt glasselementer er ofte den største kuldebrotypen i en bygning, og det kan derfor være fordelaktig å fordele vindusarealet på få store vinduer i stedet for mange små. Videre bør man være bevisst på hvordan tette isolerte felter i glassfasader løses, samt unngå små eller smale veggpartier mellom eller rundt glasselementene.

Overgangen mellom vindu/dør og isolert vegg er også ofte overgangen mellom to fagområder, for eksempel tømmer og vindusmontør. Derfor er det meget viktig å ikke bare beskrive hvordan disse tilslutningene skal utformes på en nøyaktig og god måte, men også beskrive hvordan vindusåpninger i vegg skal prepareres før montering av vinduer. Dette er viktig for at detaljer skal kunne utføres slik som planlagt, og for eksempel hvis tilslutningen av dampsperran til vindu-/dørkarm er mangelfull vil fukt i isolasjonen gjøre varmetapet mye større enn beregnet, samt at mangelfull vindsperre også vil kunne øke varmetapet.

Kuldebroer er et tema som ofte favner over flere entrepriser og flere aktører. Det er en utfordring å stille et felles krav for alle grensesnittene og overgangene kuldebroene representerer. Det er også viktig at kuldebroer følges opp i byggeprosessen og at det er en ansvarlig for oppfølging. Det bør stilles krav til at alle aktører skal bistå til å avklare grensesnitt.

2. Hva er kuldebroer og hvor er de?

Bygningers klimaskall er normalt mer uensartet og sammensatte enn det varmetapsberegningene som gjøres av byggene gjenspeiler. Det ville være en umulig oppgave å beregne det eksakte varmetapet gjennom et klimaskall inkludert blant annet konveksjon og tredimensjonale varme-strømmer, så tilnærminger er nødvendig. I standardverket og anerkjente litteraturkilder angis hvilke metoder og nøyaktighet som antas å gi nøyaktige nok beregninger.

U-verdiene skal beregne varmetapet gjennom bygningsdeler med større sammenhengende areal, men kuldebroverdiene skal beregne varmetapet gjennom særlige punkter, tilslutninger, innfestinger og svakheter som ikke fanges opp av U-verdiene.

Kuldebroer kan grovt sett deles inn i to grupper:

- **GEOMETRISKE KULDEBROER:**

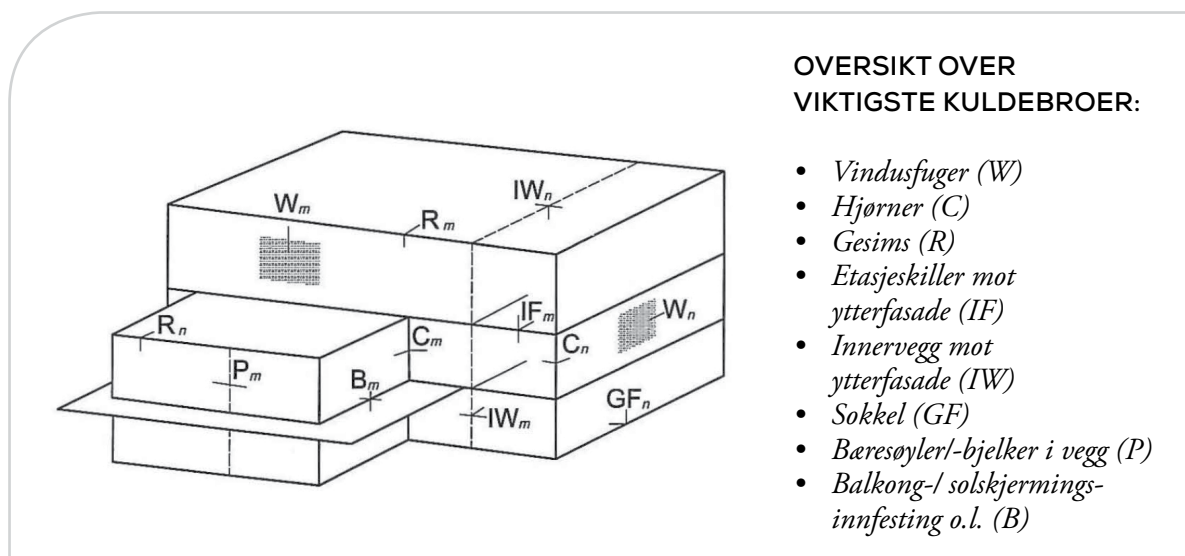
I noen geometriske situasjoner, som for eksempel hjørner, blir det økt varmetap siden utvendig areal er større enn innvendig areal, selv om isolasjonstykkelse og materialkvalitet er den samme som for en plan vegg.

- **MATERIALBETINGET KULDEBROER:**

Bærende konstruksjoner er en viktig årsak til materialbetingede kuldebroer. Det kan blant annet være bjelker, søyler og dekker som okkuperer plass i klimaskallets isolasjonslag, eller for eksempel braketter gjennom isolasjon for innfesting av balkonger, solskjerming osv.

Langt de fleste kuldebroer har både en geometrisk og materialmessig komponent, og fugen rundt vinduer er et godt eksempel på det. I overgangen fra tett vegg med stor tykkelse til vindu er det både geometrien og materialbruken inklusive innfestingsmateriell som forårsaker kuldebroer.

Det er ganske vanlig at kuldebroer i vindusfuger utgjør den største andelen av varmetapet blant de overnevnte kuldebroene. Kuldebroverdiene for vindustilslutninger er ofte relativt dårlige, samtidig som den samlede omkretsen av vinduer på et bygg er relativt stort.



Figur 2.1: Oversikt over typer kuldebroer etter NS-EN ISO 14683.

I dette avsnittet vil kuldebroer som er direkte eller indirekte relatert til bruken av glass i bygningers klimaskjerm diskutert. De relevante kuldebroene er inndelt i følgende avsnitt:

- Interne kuldebroer i U-verdien til vindu-/dør-/fasadeelementer
- Isolerte tettfelt i glassfasader
- Fuge mellom vindu/dør/fasade og vegg
- Smale veggpartier mellom glassfelt
- Etasjeskillere i fullglassfasade
- Etter- og påmonterte komponenter

2.1 HVOR GÅR GRENSEN MELLOM U-VERDI OG KULDEBROVERDI?

Det er grunn til å anta at det ikke eksisterer klare nok retningslinjer i bransjen for hvordan kuldebroer skal beregnes og at det forekommer ulik praksis rundt slike beregninger i bransjen. I dette notatet er det utarbeidet noen forslag til retningslinjer for hvordan kuldebroer i og rundt vinduer, dører og glassfasader bør betraktes og beregnes.

Videre kan det i ulike land være varierende praksis rundt hvilke kuldebroer som betraktes som en del av U-verdier eller kuldebroverdier. Ytterligere kompliserende er det at ulike land benytter ulike målreferanser, som for eksempel utside vegg i stedet for innside vegg. Hvis det henvises til kuldebroverdier fra utenlandsk litteratur, utenlandske leverandører eller som er beregnet av konsulenter basert i utlandet, må det kontrolleres at disse samstemmer med definisjonen i den norske standarden NS 3031 hvor innvendige areal er referansen.

I varmetapsberegninger benyttes det tre typer varmegjennomgangskoeffisienter:

- **U-VERDI** [W/m^2K]
Angir varmetap per m^2 og benyttes for konstruksjoner med arealmessig utstrekning
- **Ψ -VERDI** [W/mK] (utt.: psi-verdi)
Den lineære varmegjennomgangskoeffisienten angir varmetap per lengde og benyttes for å beskrive varmetapet i fuger, kanter, hjørner osv.
- **χ -VERDI** [W/K] (utt.: khi-verdi)
Den punktuelle varmegjennomgangskoeffisienten angir varmetapet per punkt eller gjenstand, som for eksempel en brakett, bolt, gjennomføring eller lignende.

De to sistnevnte verdiene blir kalt kuldebroverdier, men kuldebroer kan også angis som et tillegg, ΔU , til U-verdien.

Det finnes en rekke beregningsretningslinjer for kuldebroer som er fordelt på diverse NS-standarder som det kan være vanskelig å holde oversikt over. I noen situasjoner mangler det entydige retningslinjer for om kuldebroen skal beregnes som en del av konstruksjonens U-verdi, eller som en kuldebro og dermed en del av normalisert kuldebroverdi. Grensen mellom U-verdi og kuldebroverdi er ikke entydig i standardverket og det er i noen tilfeller uklart hva som er gjeldende bransjepsaksis i Norge. Videre er retningslinjene rundt hvordan kuldebroer skal defineres og beregnes ifm vinduer, dører og glassfasader i noen situasjoner uklare.

I situasjoner hvor begge valg kan gjøres faglig korrekt, har man i realiteten muligheten til å definere varmetapet i de aktuelle kuldebroene etter hvilket krav i TEK 10 som er enklest å oppfylle. I påfølgende avsnitt 3 er det redegjort for hvilke varmetap som etter norsk praksis og beregningsretningslinjer bør regnes inn som en del av den arealavhengige varmetapskoeffisienten, U-verdien, og hva som er kuldebroer som skal beregnes med en lineær varmetapskoeffisient, Ψ -verdi, eller punktvarmetapskoeffisient, χ -verdi, og være en del av den normaliserte kuldebroverdier.

3. Kuldebroer i glasselementer

I krav til U-verdier på glasselementer i forskrift, passivhusstandard osv., så ligger det at alle interne kuldebroer innenfor elementet skal være medberegnet i elementets U-verdi. Dette avsnittet beskriver kuldebroer relatert til vinduer, dører og glassfasader.

3.1 BEREGNING AV U_{cw} -VERDI PÅ GLASSFASADER

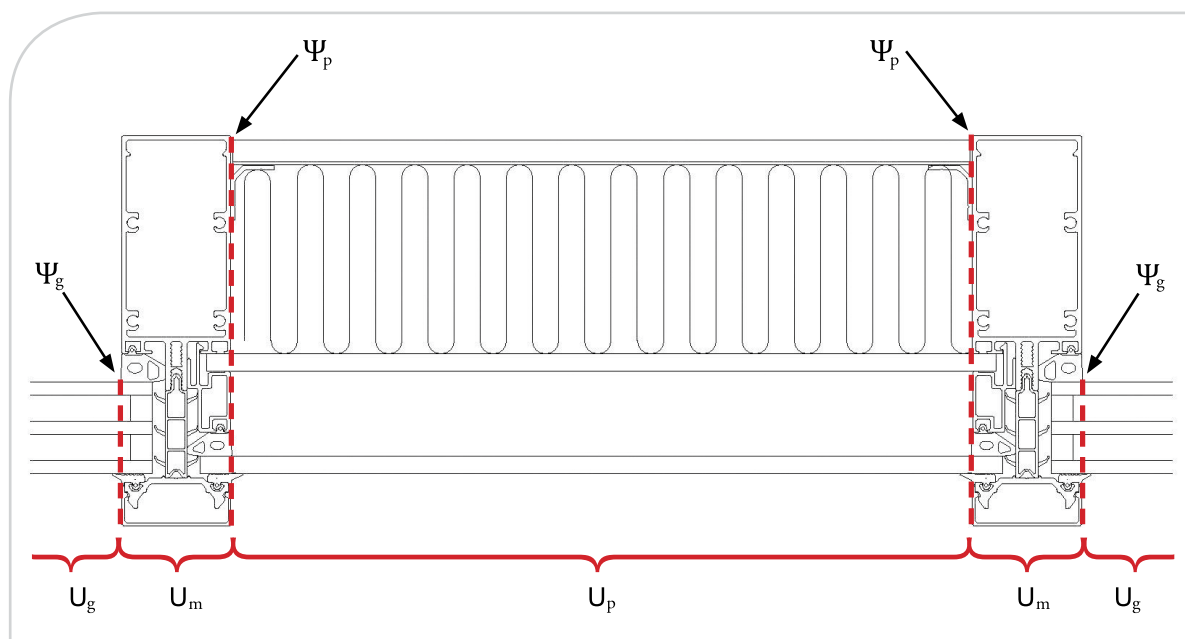
For glassfasader og elementerte glassfasader skal det beregnes en U_{cw} -verdi (cw = Curtain Wall) etter retningslinjene i NS-EN ISO 12631. Disse standardene er europeiske og praksisen rundt disse beregningene er derfor entydig i hele Europa.

U-verdien til glassfasader kan etter retningslinjene i NS-EN ISO 12631 beregnes på to ulike måter:

Alternativ 1:

Komponentmetoden (Component assessment method):

Ved komponentmetoden inndeles glassfasaden i delkomponenter av ulike profiler, glass og tette paneler. For hver komponenttype beregnes det en U-verdi, og for hver overgang/fuge mellom de ulike komponenter beregnes det en Ψ -verdi. Med disse verdiene kan så en samlet U_{cw} -beregnes. Komponentmetoden er den mest brukte metoden siden den er egnet til å beregne U_{cw} -verdier basert på de ulike leverandørenes dokumentasjon for enkeltkomponenter som glass, profiler og paneler. Det er denne metoden det refereres til videre i dette notatet.



Figur 3.1: U-verdier og Ψ -verdier som benyttes i komponentmetoden.

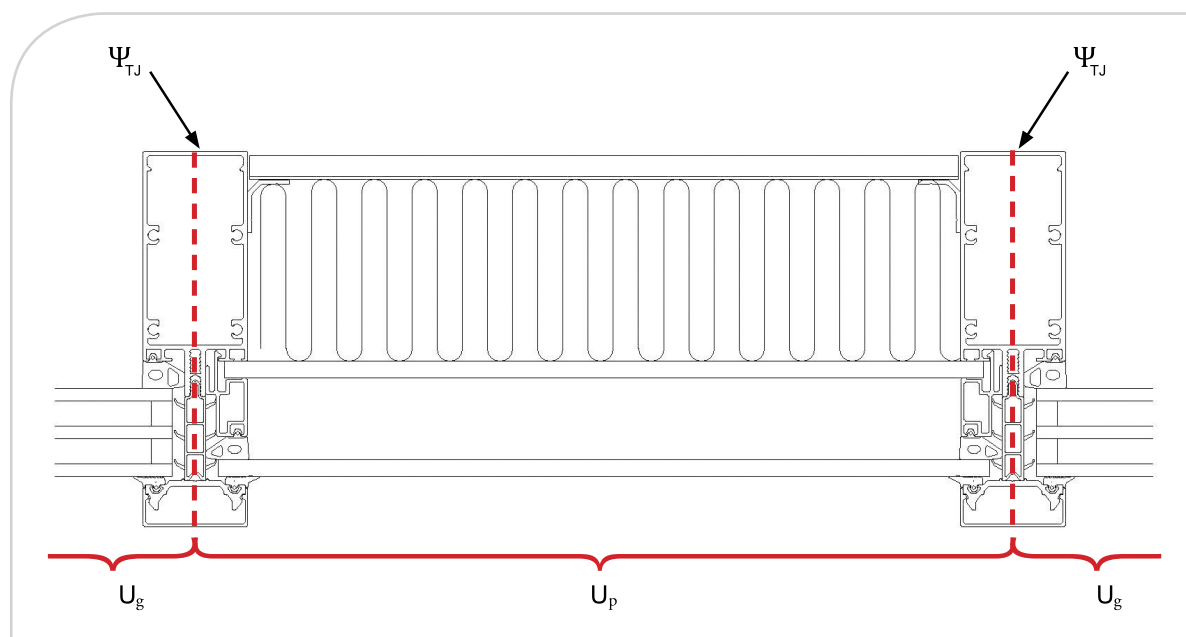
Alternativ 2:

Fugemetoden (Single assessment method):

Ved fugemetoden inndeles glassfasaden i glass, tette paneler og eventuelle profiler. Det beregnes en kuldebroverdi (U_{TJ} eller Ψ_{TJ}) for overgangen mellom de ulike glassene og panelene uten å skille mellom hva som er U -verdi på profiler og Ψ -verdier rundt glass og paneler. Kuldebroverdien for fugen kan beregnes per profilareal (U_{TJ}) eller per profil-/fugelengde (Ψ_{TJ}).

Denne metoden krever en detaljert beregning av varmetapet for hver enkelt fugetype som normalt består av en kombinasjon av profil og glass- eller panelkanter i et 2D eller 3D numerisk beregningsverktøy. Leverandører kan derfor ikke forhåndsberegne varmetapskoeffisienter for sine profiler, glass- og panelkanter med denne metoden, siden det kun beregnes en samlet varmetapskoeffisient for den aktuelle kombinasjonen av produkter for hver spesifikk fuge. Fordelen med denne metoden er at hvis det uansett skal gjøres numeriske varmetapsberegninger, så kan denne metoden være mindre omstendelig og tidsbesparende i forhold til komponentmetoden.

For vinduer og dører skal det beregnes en U_w -verdi eller U_d -verdi (w = Window, d = Door) etter retningslinjene i NS-EN ISO 10077-1. Denne standarden angir en tilsvarende beregningsmetode som komponentmetoden for glassfasader.



Figur 3.2: U -verdier og Ψ -verdier som benyttes i fugemetoden.

3.2 INTERNE KULDEBROER MEDBEREGNET I U-VERDI

Det er i mange situasjoner ingen entydige regler for hvilke kuldebroer som bør være en del av glasselementenes U-verdi, eller hva som skal regnes som separate kuldebroer. Mange tilfeller vil være gjenstand for skjønnsvurdering etter hva virker mest naturlig og faglig korrekt, men i dette avsnittet omtales de viktigste interne kuldebroene som normalt bør være en del av U-verdien som leverandøren dokumenterer for et glasselement.

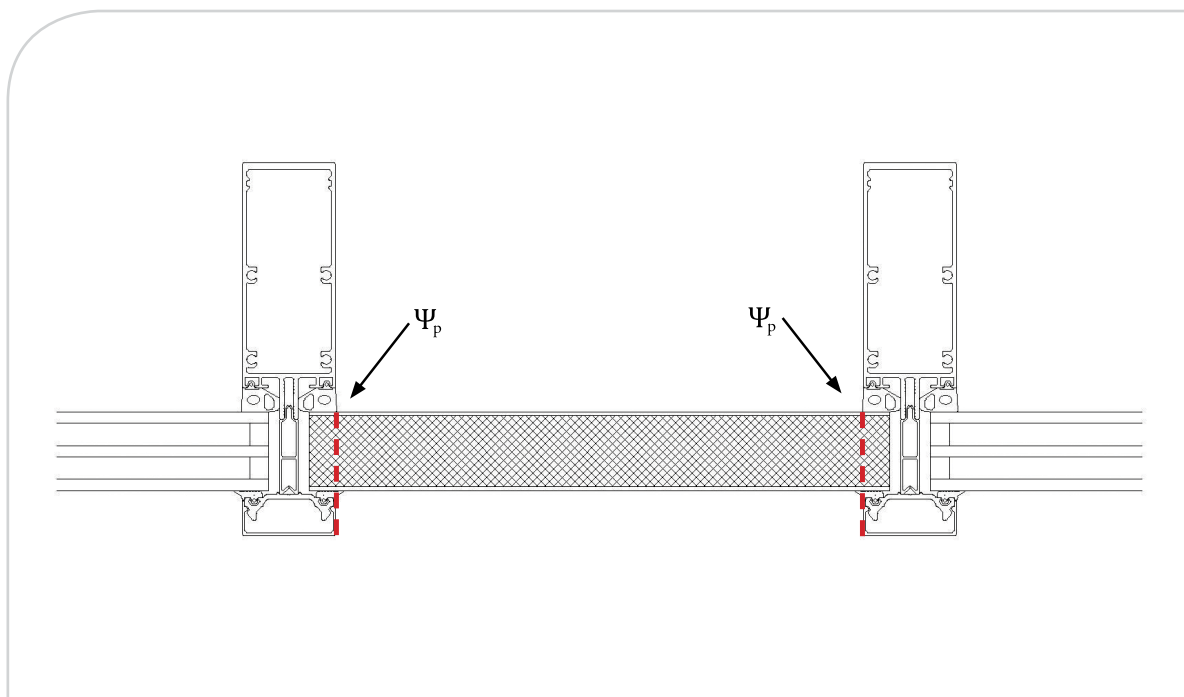
Kuldebroverdi glasskanter:

Den lineære varmegjennomgangskoeffisienten som følge av de kombinerte varmevirkningene i rute, avstandslist og karm/ramme for omkretsen av glass. Materiale og utforming av karm/ramme har betydelig påvirkning på Ψ_g -verdier, men det er type avstandslist og oppbygning av glasset som har størst betydning, slik at glassleverandører plikter å dokumentere Ψ_g -verdier for sine glass for de ulike kategoriene av karm/rammer. Med manglende dokumentasjon kan verdiene i Annex B i NS-EN ISO 12631 benyttes.

Kuldebroverdi rundt tette panel:

Den lineære varmegjennomgangskoeffisienten for omkretsen av tette paneler i glassfasader, vinduer og dører. Hvis fyllingens tykkelse har tilnærmet samme tykkelse som glasset, samt at utvendig og innvendig belegg/plate og randsonen av fyllingen er laget av et materiale med varmekonduktivitet på mindre enn 0,5 W/mK, så kan Ψ_p settes lik null. I motsatt fall må en Ψ_p -verdi beregnes eller måles, slik som for panel i **Figur 3.3** som er kledd med metallplater med høy varmekonduktivitet på begge sider. For fyllinger av større tykkelse må likeledes en Ψ_p -verdi beregnes eller måles, eller alternativt benytte verdiene i Annex B i NS-EN ISO 12631.

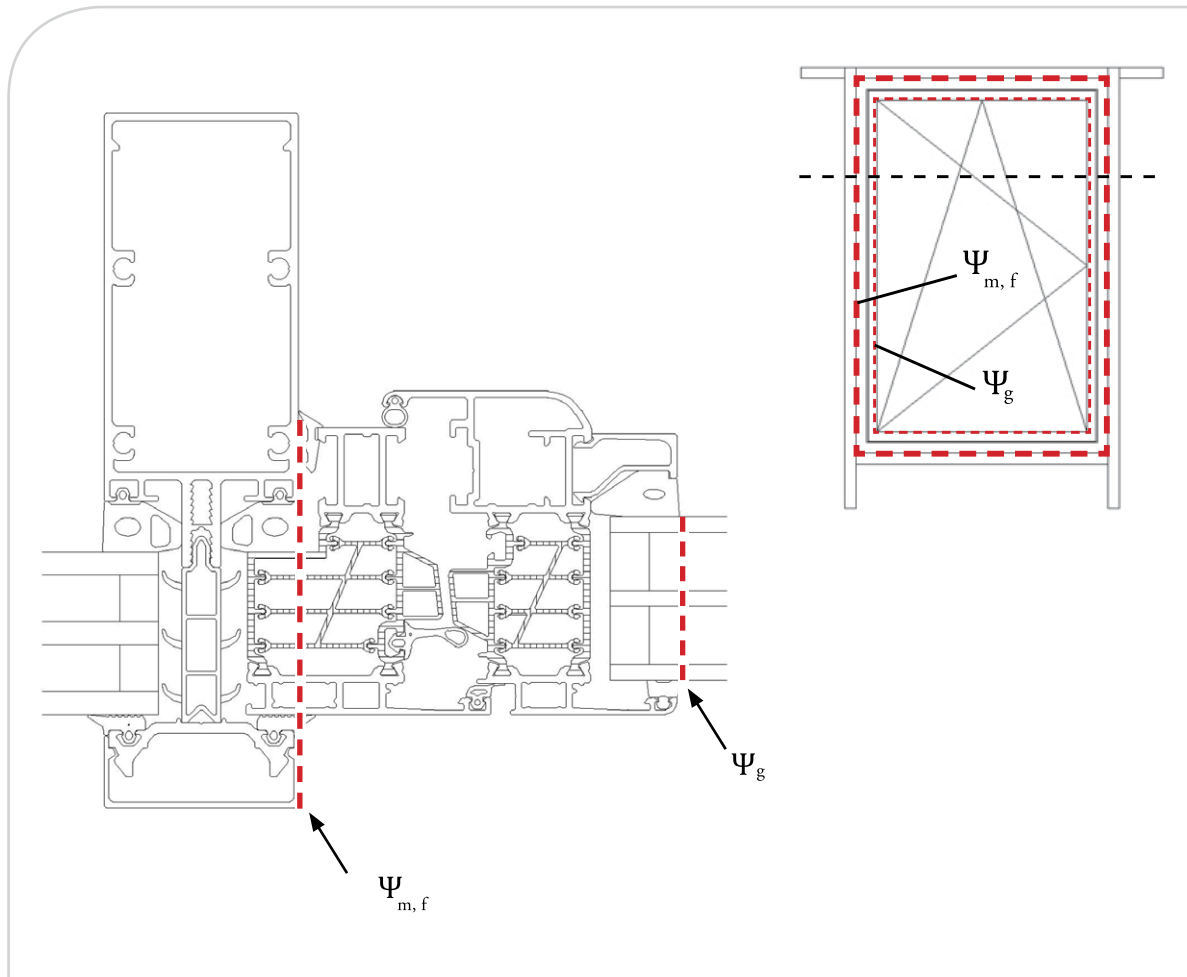
Se også avsnitt 3.3 for anvisninger til beregning av fullisolerte fyllinger.



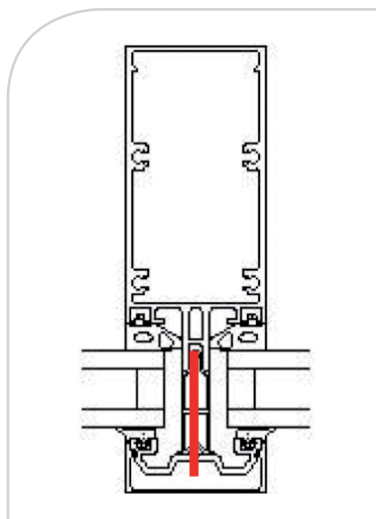
Figur 3.3: Tett panel i glassfasade med samme tykkelse som glass.
Det er tegnet en hard isolasjon med pålimt metallplate på inn- og utside i et glassfasadefelt.

Kuldebroverdi rundt innsetningselement (f.eks. åpningsvindu) i glassfasade:

For innsetningslementer som for eksempel et åpningsvindu i en glassfasade skal kuldebroverdier $\Psi_{m,f}$ og $\Psi_{t,f}$ for henholdsvis vertikale og horisontale profiler, ved innfestinger av innsetningselementets karm/ramme i glassfasaden. Verdier skal dokumenteres av vindusleverandør eller hentes fra Annex B i NS-EN ISO 12631.



Figur 3.4: Referansemål for Ψ_g og $\Psi_{m,f}$ for åpningsvindu i glassfasade.



Skruer til klemlist glassfaser:

Varmetapet gjennom skruer til klemlisten som holder glassene på plass i en glassfasade skal være medregnet i profilenes U-verdi. Hvis leverandøren oppgir U-verdier på fasadeprofiler som ikke medregner klemlistskruene eller ikke har tilstrekkelig dokumentasjon, så angir NS-EN ISO 12631 at profilenes U-verdi skal økes med $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette gjelder for skruediameter $\leq 6 \text{ mm}$ og skruavstand $20 - 30 \text{ cm}$. Andre skruer, bolter, osv. til blant annet solskjerming skal normalt regnes som ekstra punktvis kuldebroer og ikke som et tillegg i U-verdien, se avsnitt 3.8.2.

Figur 3.5: Skruer som fester klemlist til hovedprofil i en glassfasade.

Glassbærere og glassklosser:

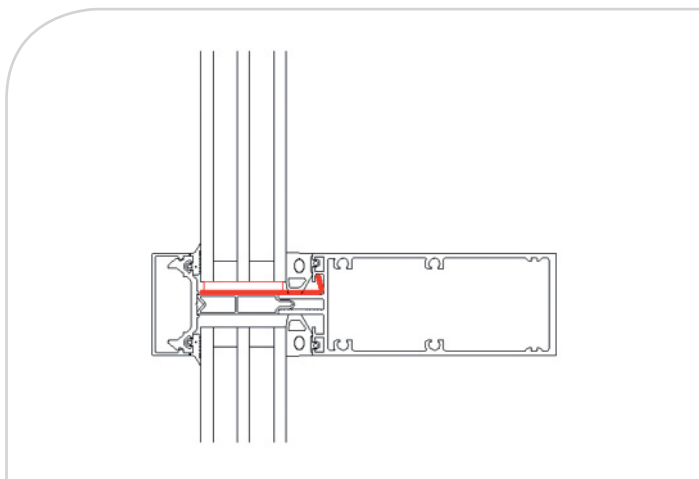
I glassfasader står glass på glassbærere som overfører vekten til hovedprofilen. Disse glassbærere kan ha høyst ulik størrelse, materialsammensetning og utforming etter tyngden på glassene, og dermed ulik betydning som kuldebro.

Det er vanlig praksis i Norge å ignorere kuldebroeffekten fra glassbærere i fasadeprofiler siden effekten har vært vurdert som liten, og siden den internasjonale standarden NS-EN ISO 12631 for beregninger av glassfasaders U-verdier ikke angir at disse punktvis kuldebroene skal beregnes.

Ved bruk av moderate eller små glassformater så forverres U-verdien for glassfasaden typisk et sted mellom 0,01 og 0,1 W/m²K av glassbæreren (avhengig av produkt, materiale, glasstørrelser, osv.), men ved tunge glass kan kuldebroeffekten fra glassbærere være større.

Det kan nevnes at det tyske Passivhaus Institut krever en beregning av punktkuldebroverdi (χ -verdi) for glassbæreren ved sertifisering av glassfasader. I beregninger av U-verdi for glassfasader angir Passivhaus Institut at kuldebroen via glassbærer skal medregnes, og at standardverdien $\chi = 0,04$ W/K kan benyttes som punktvis kuldebroverdi per glassbærer hvis ikke det foreligger dokumenterte numeriske beregninger eller laboratoriemålinger.

Glassklosser i vinduer og dører er normalt av kunststoff og har normalt liten kuldebroeffekt. I noen tilfeller fortrenger dog glassklossene andre isolerende materialer slik at de kan forårsake kuldebroer.



Figur 3.6: Glassbærer som overfører glassvekten til bæreprøfilen i en glassfasade.

Glassprosper:

Sprosseprofiler i vinduer og dører skal beregnes tilsvarende som karm- og ramme-profiler i U-verdi beregningene etter NS-EN 10077-1. Sprossevarianter som kun ligger utenpå glasset eller er pålimt glasset ("Jukse-/pyntesprosper") bør anses som en del av glassets U-verdi som skal dokumenteres av glassleverandør, men sprosser med beskjeden glasskontakt kan normalt neglisjeres i beregninger.

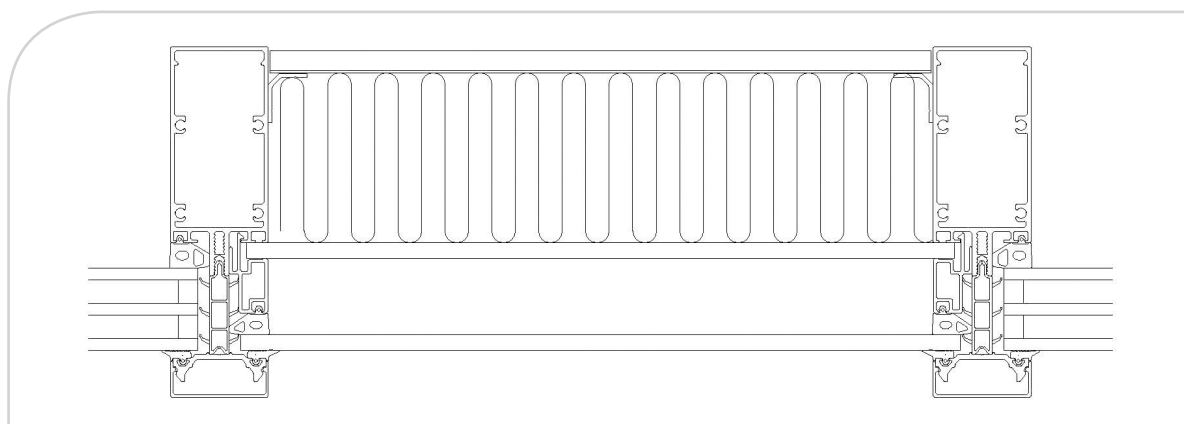
3.3 TETTE ISOLERTE FELT I GLASSFASADER

I glassfasader er det av og til behov for å ha tette felter i brystninger, foran dekkekanter osv.. Tette felter midt i en glassfasade må konstruktivt nødvendigvis være integrert i glassfasadens profilsystem, men også side- og mellomfelt kan det i noen situasjoner gunstig å integrere i glassfasadesystemet av bygningsfysiske og praktiske hensyn. Det kan være fordelaktig med hensyn til fuktsikkerhet, lufttetthet og kuldebroer hvis man minimerer oppdeling av fasadefelter i vekselvis glassfasade/vindu og annen yttervegg.

Hvis tette felter i en glassfasade isoleres med betydelig tykkere isolasjon enn isolerglassene (se **Figur 3.7**), så vil det oppstå relativt store kuldebroer sideveis gjennom fasadeprofilene. I tillegg vil det i glassfasader som har avvekslende felter med glass og tette felt med mye isolasjon være vertikale (evt. også horisontale) gjennomgående profiler som passerer ”varme” og ”kalde” soner, og dermed fungerer som kuldebroer mellom varme og kalde soner. I noen situasjoner kan det være at mye isolasjon i tettfelte av den grunn frarådes på grunn av faren for kondens.

Det kan være utfordrende å beregne varmetapet korrekt for tette felter med mye isolasjon i glassfasader, og i mange tilfeller det kan være nødvendig med 3D numeriske beregninger siden standardverdier i NS-EN ISO 12631 ikke tar hensyn til langsgående kuldebroer i profiler. For tette isolerte felter i en glassfasade kan det også oppstå en beregningsmessig interessekonflikt mht om de skal betraktes som en del av glassfasaden, eller en separat tett vegg i U-verdi beregninger. Interessekonflikten oppstår fordi ordlyden i norske forskrifter ikke entydig samsvarer med korrekt beregningsmetode i standard NS-EN ISO 12631:

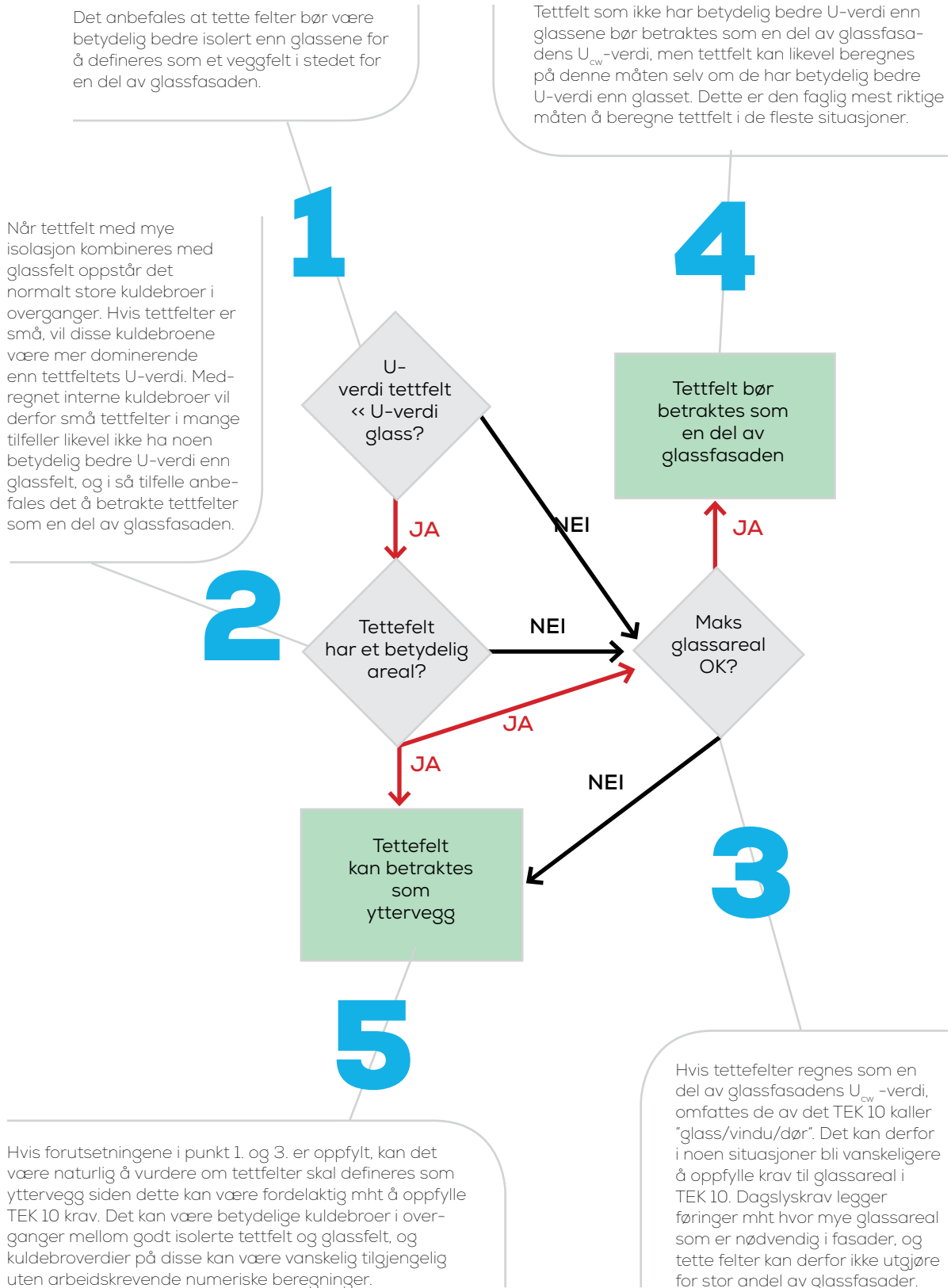
- TEK 10 setter krav til maks glass/vindu/dør areal, og det tolkes normalt som glassareal inkludert karm/ramme. Det vil derfor i mange tilfeller være fordelaktig mht forskriftskravene å definere tette isolerte felter i glassfasader som ordinær yttervegg.
- I følge beregningsretningslinjene i NS-EN ISO 12631, så skal tette isolerte felter som er omrammet av fasadeprofiler regnes inn som en del av glassfasadens U_{cw} -verdi. Denne metoden vil medføre at ikke-transparente arealer blir regnet som ”glassareal”, og at kravene til maks glassareal og U-verdi i TEK 10 blir vanskeligere å oppfylle.



Figur 3.7: Tett isolert felt i glassfasade med betydelig større isolasjonstykkelse enn glasstykkelsen.

Som et forslag til hvordan U-verdier av isolerte tettfelt i glassfasader bør beregnes, er flytskjema på påfølgende side utarbeidet.

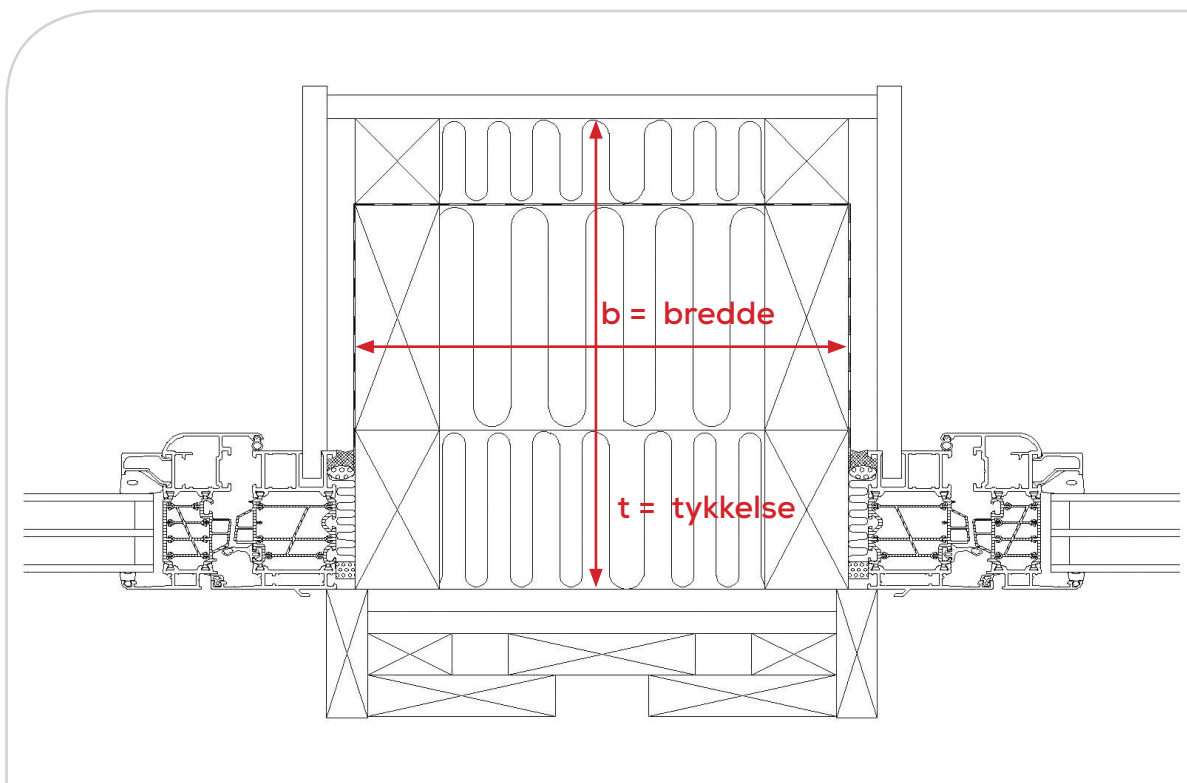
Forslag til hvordan U-verdier av isolerte tettfelt i glassfasader bør beregnes:



3.4 SMALE VEGGFELTER MELLOM OG RUNDT GLASSFELT

I mange situasjoner er det smale veggfelter mellom eller rundt glassfelt, som for eksempel brystninger og skjørt, eller søyler mellom vinduer i et vindusbånd. For smale veggfelter kan det ofte ikke oppnås samme isolasjonsevne som for veggpartier med større areal. Det kan situasjonsavhengig være geometriske og/eller konstruktive grunner som gjør at det er praktisk uhensiktsmessig, og noen ganger teoretisk umulig, å oppnå samme isolasjonsevne på små felter som på store veggflater. Typisk har isolasjonstykkelser utover $1/3$ av feltets bredde sterkt avtagende effekt, og isolasjon som overskrider $1/2$ bredden gir ofte ikke noen målbar reduksjon i varmetapet.

Veggfelter inntil glasselementer som ikke oppnår forskriftskravet til U -verdi $\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ for vegg vil det være naturlig å regne som en del av vindusarealet og dermed som en del av U -verdien til det tilliggende glasselementet.



Figur 3.8 : Horizontalsnitt av smalt veggfelt mellom to vinduer. Isoleringstykkelser $t > 0,5 \times b$ gir liten til ingen forbedring av U -verdien, slik at isolasjonstykkelsen i dette tilfellet er unødvendig stor.

3.5 GLASSHJØRNER OG HJØRNER I VINDUSBÅND OG GLASSFASADER:

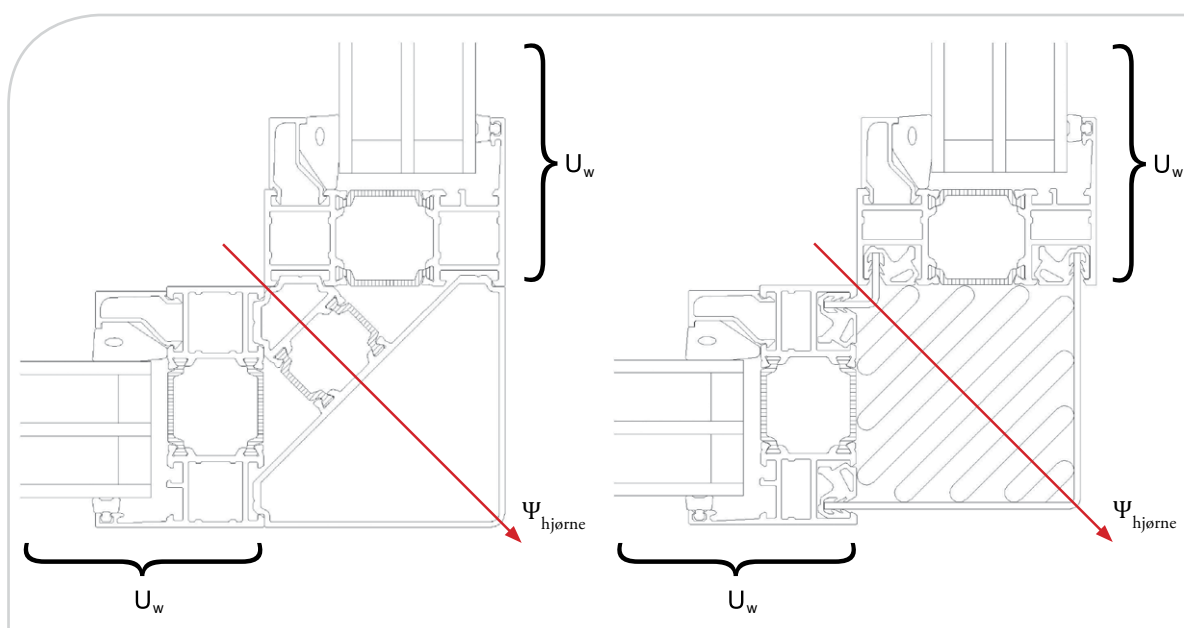
Ved utvendige hjørner oppstår det av geometriske årsaker kuldebroer, men også materialmessige sammenføyninger bidrar ofte ytterligere til kuldebroene.

For limte glasshjørner og sammenhengende vindusbånd eller glassfasader rundt et hjørne ville det være naturlig at hjørnekuldebroer tas med i beregningen av elementets U-verdi og dokumenteres av leverandør. Et problem er at verken NS-EN 10077-1 for vinduer og dører eller NS-EN ISO 12631 for glassfasader angir hvordan elementer med hjørner skal beregnes, og apparatur for laboratoriemåling av U-verdier ("Hot-box") er heller ikke tilpasset for testing av hjørneelementer, så det mangler derfor entydige retningslinjer for beregning av kuldebroer i hjørner av glasselementer.



Figur 3.9: Isothermer i limt glasshjørne som viser at kuldebro gir lav overflatetemperatur i hjørne.
Foto: Onkologen.

I motsetning til veggfelter så har hjørner mellom glassfelter ofte ikke noe areal, så her vil det være naturlig å regne kuldebroen som en separat Ψ -verdi.



Figur 3.10: Hjørnet i et vindusbånd kan enten være sammenbygd av en systemprofil (t.v.), eller to separate elementer med beslag og isolering imellom (t.h.).

3.6 FUGE MELLOM GLASSELEMENT OG ANNEN YTTERVEGG

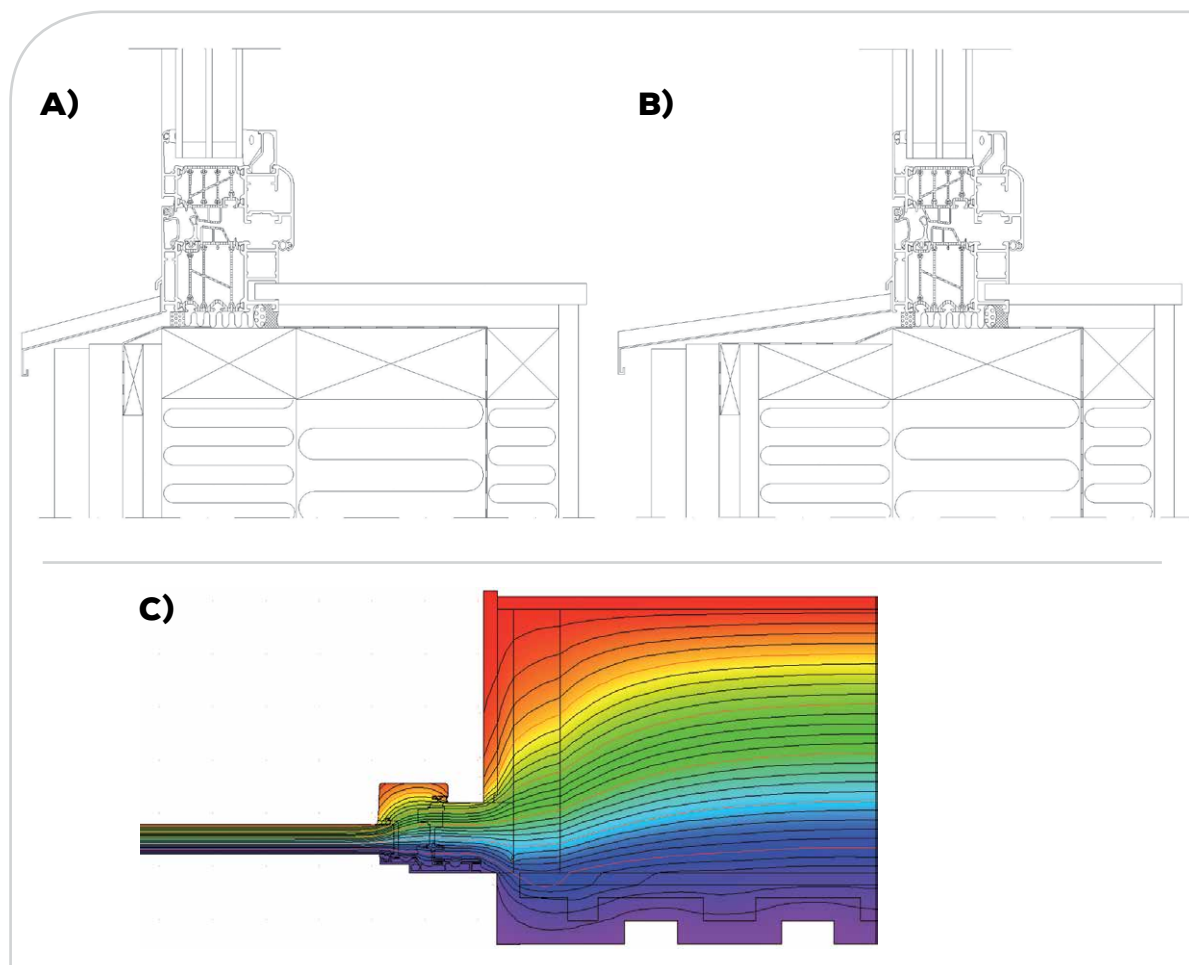
Fugen mellom et glasselement og tett vegg kan ha betydelige kuldebroer, og siden den samlede lengden av slike fuger normalt er lang, så er dette den mest betydelige kuldebroen i mange bygninger. Overgangen fra tykk isolert vegg til tynt glasselement forårsaker av geometriske årsaker en kuldebro, men materialbruken og utformingen har stor påvirkning på hvor stor den blir.

Materialbruk og utforming av fuge og tilstøtende vegg

På grunn av geometrien vil kuldebroen øke når forskjellen i tykkelse mellom glasselementet og tett vegg øker, slik at vindusfugene blir mer kritiske i godt isolerte hus med tykke vegger. Videre har materialsammensetningen i tilgrensende flater i veggutsparringen betydning ved siden av materialbruken i selve fuge.

Elementets posisjon i veggen

For å minimere kuldebroen bør det normalt tilstrebes at vinduet plasseres mest mulig sentrert i den omliggende veggens isolasjonssjikt. Dette må vurderes opp mot andre hensyn som for eksempel kondensfare hvor det kan være fordelaktig at vinduet plasseres lengre inn, eller på den annen side at slagregnsikkerheten kan bli bedre hvis vinduet plasseres i den ytre delen av veggen. I Byggforsks byggdetaljblad 471.017 er det beregnet noen ulike Ψ -verdier for en vindusdetalj avhengig av vinduets plassering i veggen.

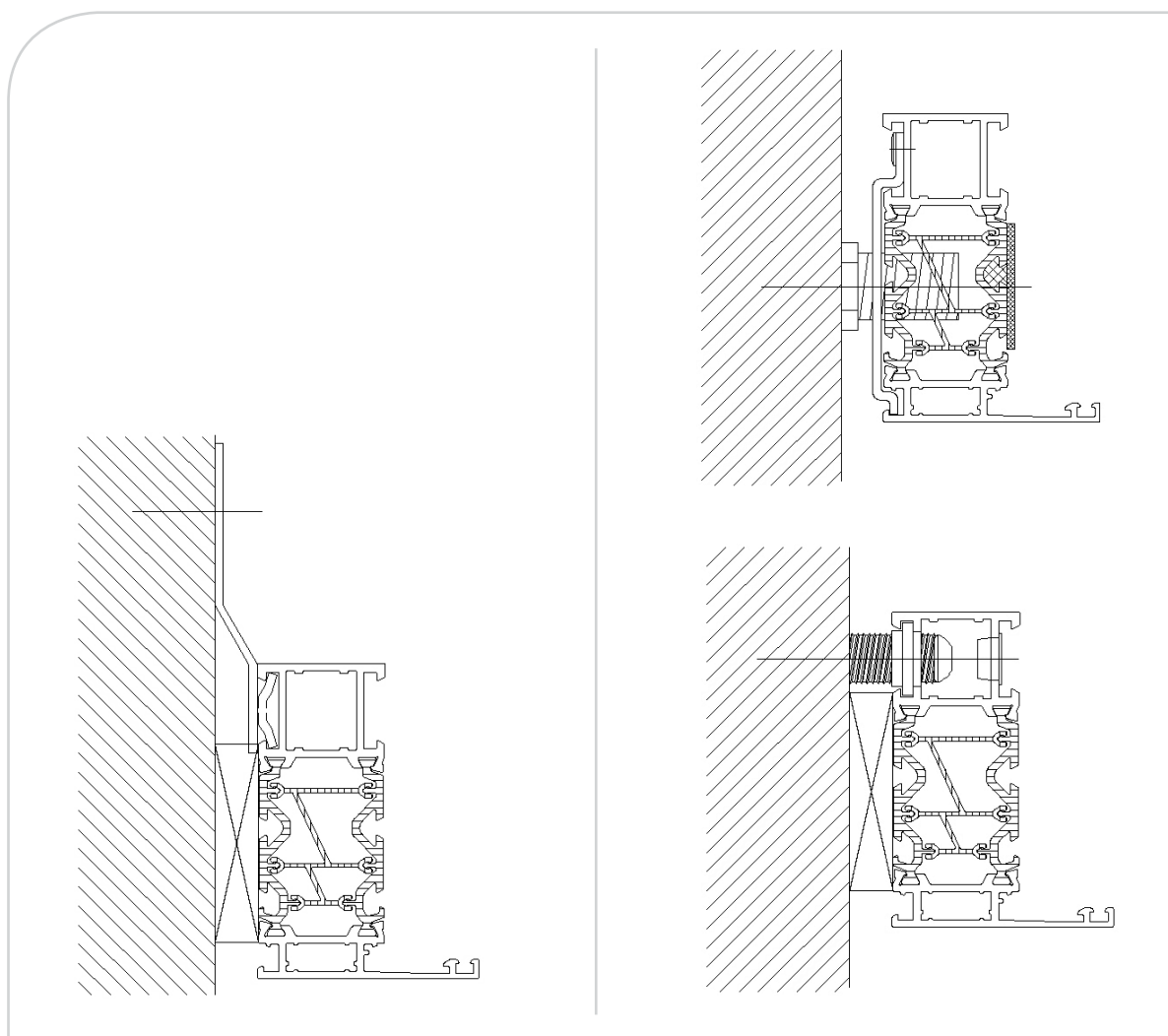


Figur 3.11: a) Vindu i flukt med vindsperre. b) Vindu i midtsone av veggisolasjon. c) Isotermbergingning av vindusfuge

Punktvis kuldebroer fra innfesting og klossing

En robust og tett veggtilslutningsfuge forutsetter at elementet er solid festet slik at det oppstår minimalt med bevegelser fra vindlaster og betjening. En solid og varig innfesting bør derfor normalt ha høyere prioritet enn å redusere antall festemidler for å redusere varmetap i gjennom festemidler. Varmeledning gjennom festemidler kan forårsake kuldebroer, men hvis elementet er dårlig innfestet så kan det forårsake lekkasjer og kuldebroer med betydelig større negativ effekt.

Klosser, justeringshylser og festeskruer har normalt beskjeden bredde og er normalt plassert slik at de i liten grad strekker seg fra kald til varm sone, men de fortrenger andre materialer med bedre isolasjonsegenskaper. Varmetap gjennom festemidler betraktes normalt som en del av Ψ -verdien for lengden av tilslutningsfugen, men kan alternativt angis som en punktvis χ -verdi per festemiddel hvis de forårsaker et betydelig varmetap.



Figur 3.12:

a) Festeanker festes i indre profildel og har normalt liten påvirkning på kuldebro.

b) Festeljusteringshylse penetrerer profilen.

Tilleggsisolering av karmner

Ved å kle inn karmprofiler med ut- eller innvendig ekstra isolasjon er fullt mulig å lage kuldebrofrie fuger mellom glasselementer og vegg, og sågar løsninger som gir negative Ψ -verdier. Innvendig isolasjon vil senke temperaturen i hele karmprofilen, så det bør derfor gjøres en vurdering av økt kondensfare på resterende eksponert karm eller glasskant. Utvendig isolering vil sørge for høyere temperatur i karmprofilen og er varmeteknisk det beste, men kan være i veien for dreneringsåpninger i karmner i tillegg til at isolasjonen må anbringes vanntett til karmen.



Figur 3.13:

a) Kuldebro mellom vindu og vegg.
[Energie Tirol]

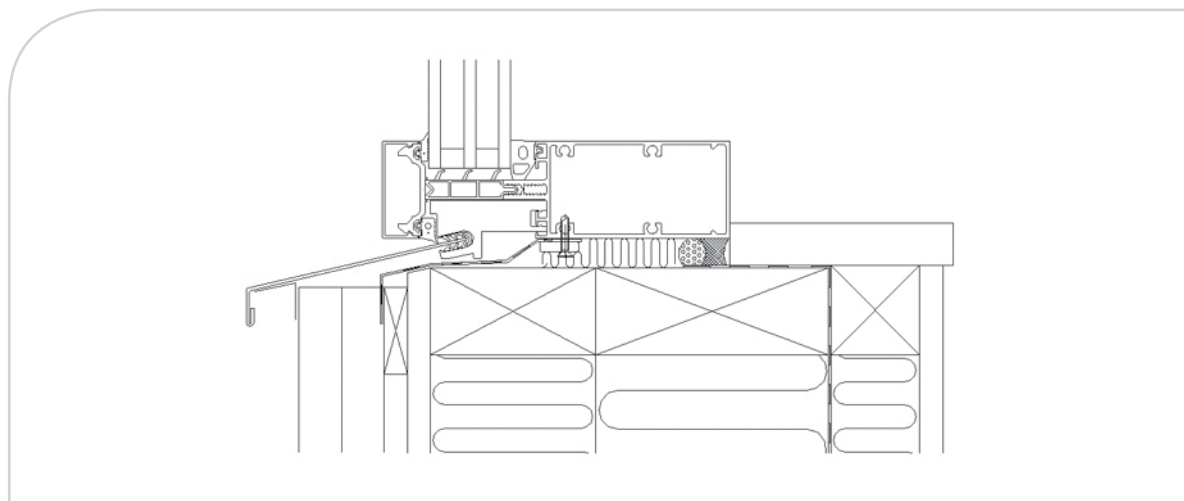
b) Eksempel på overgang uten kuldebro.

Fuge rundt glassfasade

I tilslutninger rundt glassfasader gjelder mange av de samme prinsippene som for vinduer og dører, men det er viktige forskjeller og generelt mer kompliserte detaljer. Glassfasader er som regel bedre varmeisolert og mer lufttette enn vinduer og dører, men forårsaker lett større kuldebroer i fugen rundt.

For glassfasader er det også større variasjon mellom produktleverandører, slik at det anbefales å følge systemleverandørers retningslinjer for utforming av slike detaljer. Noen leverandørløsninger er slik at det i fotpunktet skal det være utløp for drens- og luftkanaler slik at det ikke kan tettes med en vanntett ytre fuge.

Tilslutninger og utforming av beslag rundt fugen kan også ha stor betydning. Beslagets størrelse og hvordan det er i kontakt med fasadeprofilene er da av særlig betydning.



Figur 3.14: Tilslutningsdetalj for bunn av glassfasade.

3.7 TILSLUTNING MELLOM ETASJESKILLER OG YTTERFASADE

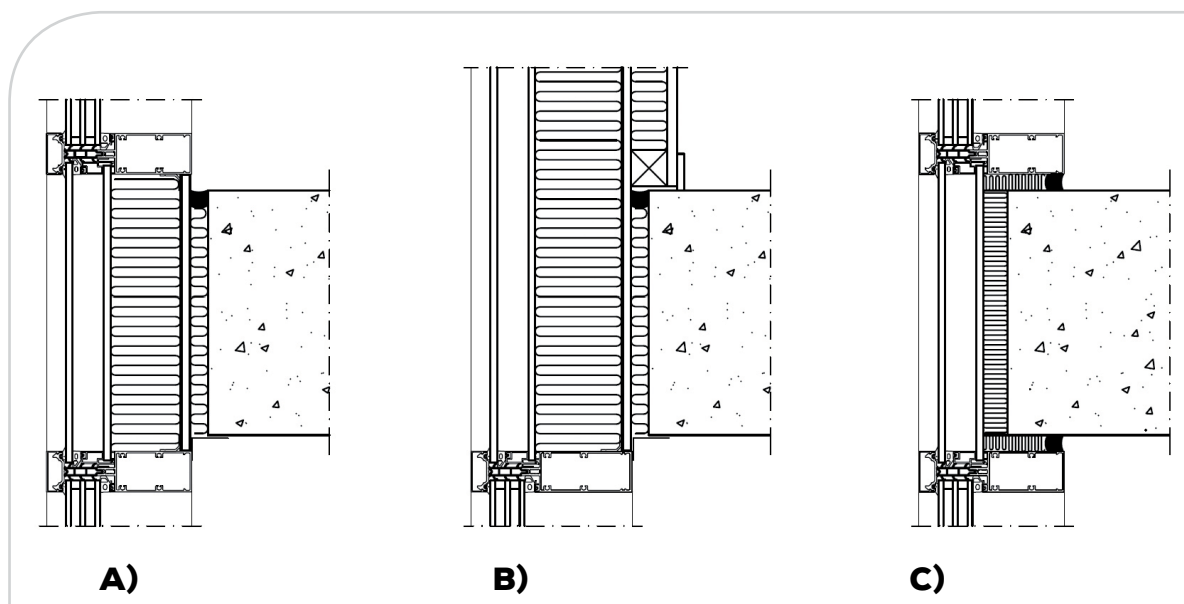
I fleretasjes bygninger med sammenhengende glassfasader over flere etasjer kan det være kuldebroer i dekkeforkantenes møte med glassfasadene. Det kan være hensyn til brann, lyd eller statiske innfestinger som gjør at dekkeforkanter ikke er optimalt utformet mht kuldebroer, men normalt forårsaker de likevel en relativt liten andel av byggets totale varmetap via kuldebroer.

Vindu og dørfelter monteres alltid mellom dekker siden de glasser fra innsiden, mens glassfasader sammenhengende over flere etasjer kan løses to måter med hensyn til etasjeskillere:

- Montert med hovedprofiler på utsiden av dekkeforkanter
- Utfagningsvegger hvor hovedprofiler monteres etasjevis mellom dekker, og glass foran dekkeforkanter har sekundær bæring.

Hvis glassfasaden i sin helhet, inkludert isolerte tettfelt, ligger på utsiden av dekker, kan tettfelt foran dekkeforkanter normalt håndteres som øvrige tettfelt i glassfasader. Tettfeltene foran dekkeforkanter skal da vurderes etter samme retningslinjer som er beskrevet i avsnitt 3.3. Tettfeltet kan eventuelt inkluderes i U_{cw} -verdien for glassfasaden, men hvis det f.eks. er brystning eller skjørt av tette felter med innvendig påføring av isolasjon som er bedre isolert enn dekkeforkanten, så må det regnes en kuldebroverdi langs dekkekant. Dette gjelder altså hvis isolasjonstykkelsen foran dekkekanten er mindre enn isolasjonstykkelsen over og under etasjeskilleren, se **Figur 3.15 b**.

Glassfasader over flere etasjer er normalt festet inn i dekkeforkanten med en metallbrakett som kan gi en punktvis kuldebro. Innfestingsbraketten er i de fleste tilfeller festet til den innerste delen av den vertikale bæreprøfilen i fasadesystemet med en bolt e.l. som gir liten kontaktflate. Slike braketter ligger dermed oftest i den varmeste delen av isolasjonstykkelsen, slik at den har beskjedent bidrag til kuldebroer og neglisjeres. Det er lite tilgjengelig dokumentasjon på denne type kuldebroer, og de kan være arbeidskrevende å beregne.



Figur 3.15 Ulike tilslutninger mellom etasjeskiller og glassfasade.

Hvis glassfasaden monteres som utfagningsvegger mellom dekker, så er det som regel naturlig å regne arealet foran dekkene som en del av tett ytterveggarealet, og ikke en del av U_{cw} -verdien for glassfasaden.

3.8 KULDEBROER AV ETTERMONTERTE KOMPONENTER

Kuldebroer som forårsakes av ettermonterte komponenter og arbeider på byggeplass kan være krevende å holde kontroll på. Slike arbeider kan være fordelt på flere fagdisipliner med dårlig definerte ansvarsforhold, samt at det kan være et stort antall løsningsvariasjoner og spesialtilpassede løsninger som gjør at god dokumentasjon av kuldebroer er utfordrende.

3.8.1 LÅSER OG BESLAG PÅ DØRER OG VINDUER

U-verdi tester av vinduer og dører skal etter retningslinjene utføres med relevante beslag påmontert. Vinduer leveres stort sett i alle sammenhenger med standardbeslag med små avvik fra testet løsning, men når det gjelder dører så er det normalt stor variasjon i beslagsløsninger og dermed ofte store avvik fra testede eller beregnede løsninger. Variasjonene i beslagsløsningene kan blant annet være hengseltype, el-sluttstykker, motorlåser, panikkbeslag, sikkerhetsbeslag og dørlukkere. Situasjonen med hensyn til dører kompliseres ytterligere ved at låser og tilhørende beslag ofte ettermonteres av et låsfirma, og ikke av dørleverandør.

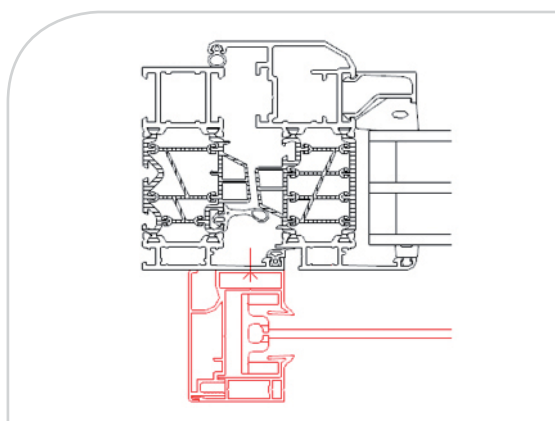
3.8.2 INNFESTINGER AV SOLSKJERMING OG ANDRE UTENPÅLIGGENDE ELEMENTER

Innfestinger i vinduskarm:

Utvendige objekter som festes i vindus- eller dørkarmer kan øke varmegjennomgangen i profilene. I hvilken grad dette vil forårsake noen kuldebro av betydning vil avhenge av materialene i karmprofilen, utvendig objekt og festemidler, samt størrelser på disse. Førings Skinner til persi- enner er et eksempel på noe som ofte festes direkte i vinduets karmprofil med skrue eller dybel.

Karmprofiler av ulike materialer har ulike konstruksjonsprinsipper. Metallprofiler av aluminium eller stål består normalt av en indre og ytre profilhalvdel som forbindes med isolersteg, og det er utformingen og materialeegenskapene til isolerstegene som har størst betydning for varmegjennomgangen. Skruer e.l. gjennom både ytre og indre profildel vil forårsake kuldebroer i profilen, mens punktvisse innfestinger i ytre profildel i de fleste tilfeller ikke vil forårsake noen betydelig ekstra varmetap. Store utvendige metallbeslag med god kontakt til karmprofiler kan forårsake kuldebroer som bør beregnes.

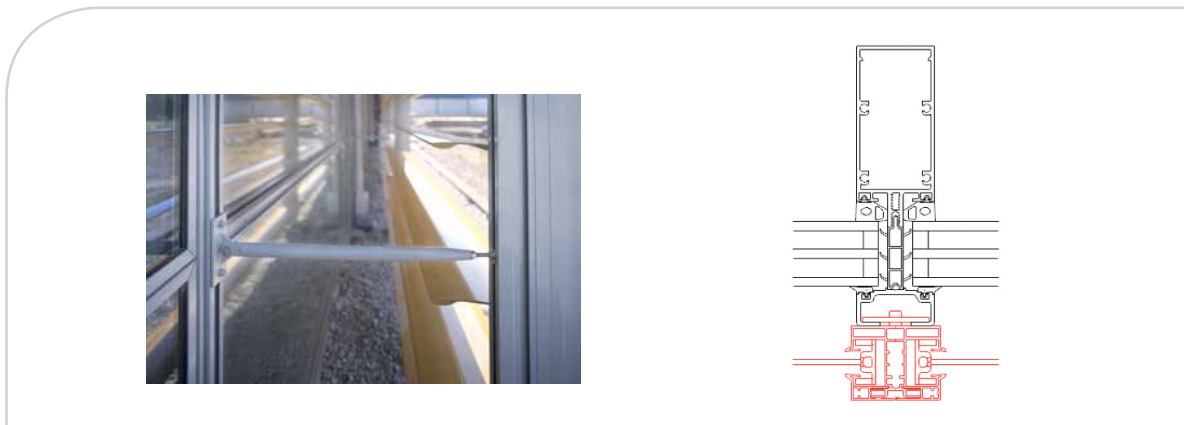
Trevinduer har normalt massive profiler av ensartet materiale, eller med en kjerne av isolerende materiale. Størrelsen på kuldebroene fra innfestinger vil i første rekke avhenge av diameter og dybde på skruer i treverket.



Figur 3.16: Føringskinne til solskjerming festet til vinduskarm.

Innfestinger i klem-/dekklokk på glassfasader

Utenpåliggende objekter, som solskjerming osv., som utelukkende er festet i klem-/dekklokket på glassfasader har normalt beskjeden innvirkning på varmegjennomgangen og trenger derfor ikke å regnes som en kuldebro.

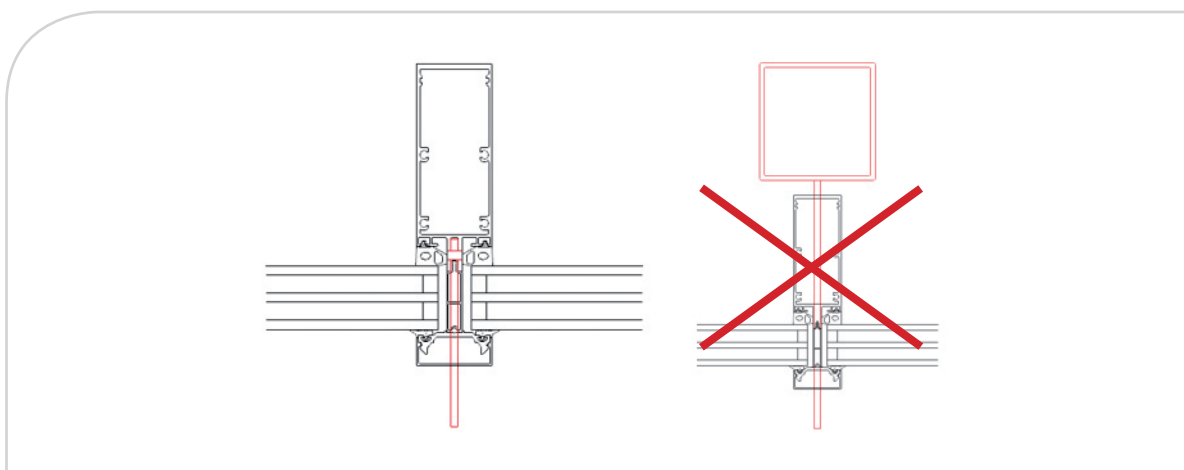


Figur 3.17: Føringsskinne til solskjerming festet i klemlist i glassfasade.

Bolter/skruer eller braketter som festes i skrukanal på glassfasadeprofil

Utenpåliggende objekter kan også festes med skruer/bolter i skruesporet på den bærende glassfasadeprofilen for å kunne bære større vekter. For slike løsninger oppstår det kuldebroer som må medregnes for varmegjennomgangen. Hvis det er flere innfestinger i regelmessig avstand kan det beregnes et tillegg "ΔU" til profilens U-verdi, eller så kan det beregnes en χ -verdi for hver innfesting.

Alternativt til skruer/bolter finnes systemtilpassede braketter som festes i glassfasadeprofilen og er større og kraftigere slik at de kan bære større vektbelastninger. Slike braketter har gjerne stor kontaktflate med hovedprofilen og bærer ofte større utvendige konstruksjoner, slik at kuldebroen er så betydelig at den må beregnes.



Figur 3.18: Horisontalsnitt som viser innfesting i bæreprofil i glassfasade (t.v.). Gjennomføringer gjennom profiler bør i størst mulig grad unngås.

Bærende konstruksjoner som føres gjennom profil fra kald til varm sone er ugunstige med hensyn til både kuldebro og tetthet, og bør så langt det lar seg gjøre unngås. Slike løsninger kan forårsake betydelige kuldebroer, og det bør gjennomføres beregninger av slike løsninger for å unngå problemer.

4. Beregning av kuldebroer

Beregninger av kuldebroer kan være til bruk i flere ulike sammenhenger, men brukes i hovedsakelig to ulike sammenhenger:

- **BEREGNE VARMETAP:**
Beregninger av varmetap i kuldebroer er nødvendig for blant annet å bestemme oppvarmingsbehov i rom, samt bygningens totale energibruk. Det skal beregnes, Ψ -verdi, for lineære kuldebroer, og en χ -verdi for punktformige kuldebroer.
- **KONTROLL AV KONDENS OG MUGG PÅ INNENDIGE OVERFLATER:**
Beregninger av overflatetemperaturer på innsiden av klimaskallet i utsatte punkter i klimaskallet for å forhindre at det kan oppstå kondens og soppvekst.

4.1 NORMALISERT KULDEBROVERDI

I en detaljert beregning av normalisert kuldebro bør det lages en detaljert sammenstilling av beregningen med inndata på lengde, mengde og kuldebroverdier for samtlige kuldebroer. De ulike kuldebrotypene som inngår i en beregning av normalisert kuldebroverdi må beskrives og eventuelt illustreres på en slik måte at de på en enkel måte kan lokaliseres på bygget. I de situasjoner hvor det er vanskelig å beskrive presist hvor kuldebroenes plassering på bygget er, bør det lages en skjematisk grafisk illustrasjon av bygget som viser plasseringen. Illustrasjonens nødvendige detaljeringsgrad vil avhenge av byggets geometri og antall ulike typer kuldebroer, samt plasseringen av disse. For enkle bygninger vil eksempelillustrasjon fra NS-EN ISO 14683 være tilstrekkelig (se **Figur 2.1**).

Hvis energikravene i TEK 10 skal dokumenteres etter energiltaksmetoden med enkeltkrav til de ulike bygningskomponentene, så stilles det krav til den såkalte normaliserte kuldebroverdien. Denne verdien skal dekke det samlede varmetapet fra alle kuldebroene i bygget som ikke er hensyntatt i de ulike bygningsdelenes U-verdier. Hvis energikravene i TEK 10 skal dokumenteres etter energirammemetoden så er det ingen spesifikke krav til den normaliserte kuldebroverdien, men den normaliserte kuldebroverdien inngår i energibehovsberegningene.

4.2 BEREGNINGSMETODER FOR KULDEBROVERDIER

Ved dokumentasjon av kuldebroer, skal det for hver ulik type kuldebro dokumenteres en Ψ - eller χ -verdi. Av ulike grunner kan det i prosjekter eksistere ulike forutsetninger for dokumentasjon av kuldebro-verdier, og NS-EN ISO 14683 angir fire alternative måter for å beregne disse verdiene:

1. NUMERISKE BEREGNINGER:

En numerisk beregning i et validert beregningsprogram etter retningslinjene i NS-EN ISO 10211 er den mest nøyaktige beregningsmetoden, og har en typisk feilmargin på +/- 5 %. Slike beregninger kan gjøres på prosjektspesifikke detaljer, men også av produktleverandører for standarddetaljer med deres produkter.

2. KULDEBROKATALOGER:

Hvis det for bygningsdetaljene kan henvises til beregnede verdier for løsninger med tilsvarende dimensjoner og materialbruk i litteratur fra anerkjente kilder, kan disse verdiene benyttes. Eksempler på dette kan for eksempel være Byggdetaljblader eller SINTEFs kuldebroatlas, og dette gir normalt en nøyaktighet på +/- 20 %.

3. MANUELLE BEREGNINGER:

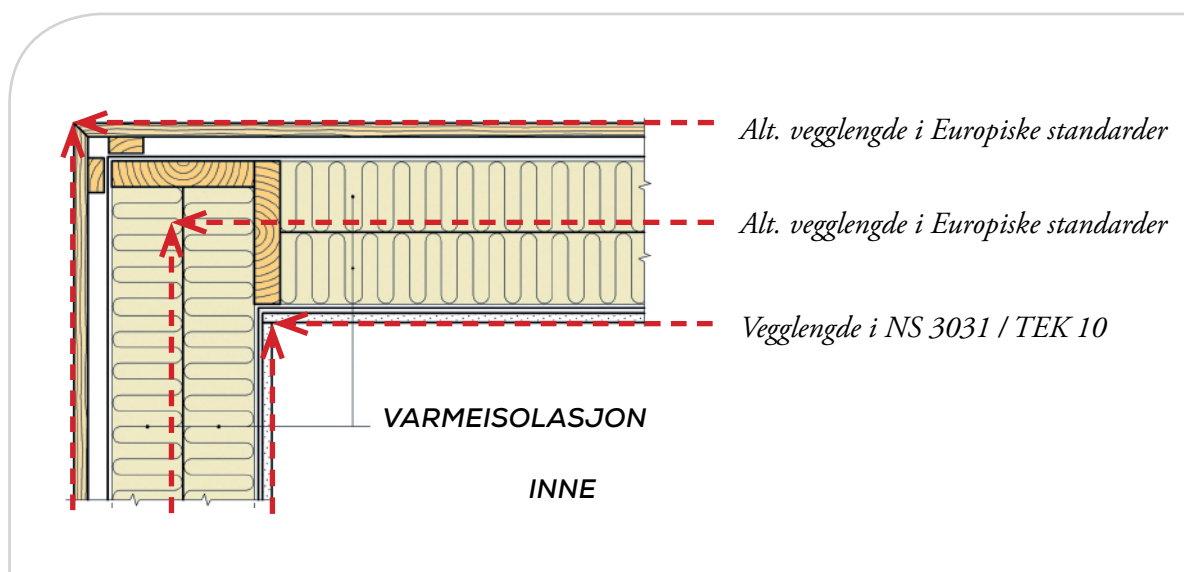
For noen situasjoner finnes det manuelle beregningsmetoder med tilstrekkelig nøyaktighet som kan utføres med kalkulator eller enkle programmer. For slike detaljer vil nøyaktigheten kunne være innenfor +/- 20 %.

4. STANDARD VERDIER:

Ved mangel på annen dokumentasjon kan det benyttes standard verdier som er konservative estimater. Dette kan utføres etter retningslinjene i avsnitt 1 i Byggdetaljblad 471.016, men unøyaktigheten på slike estimater kan være opptil 50 %.

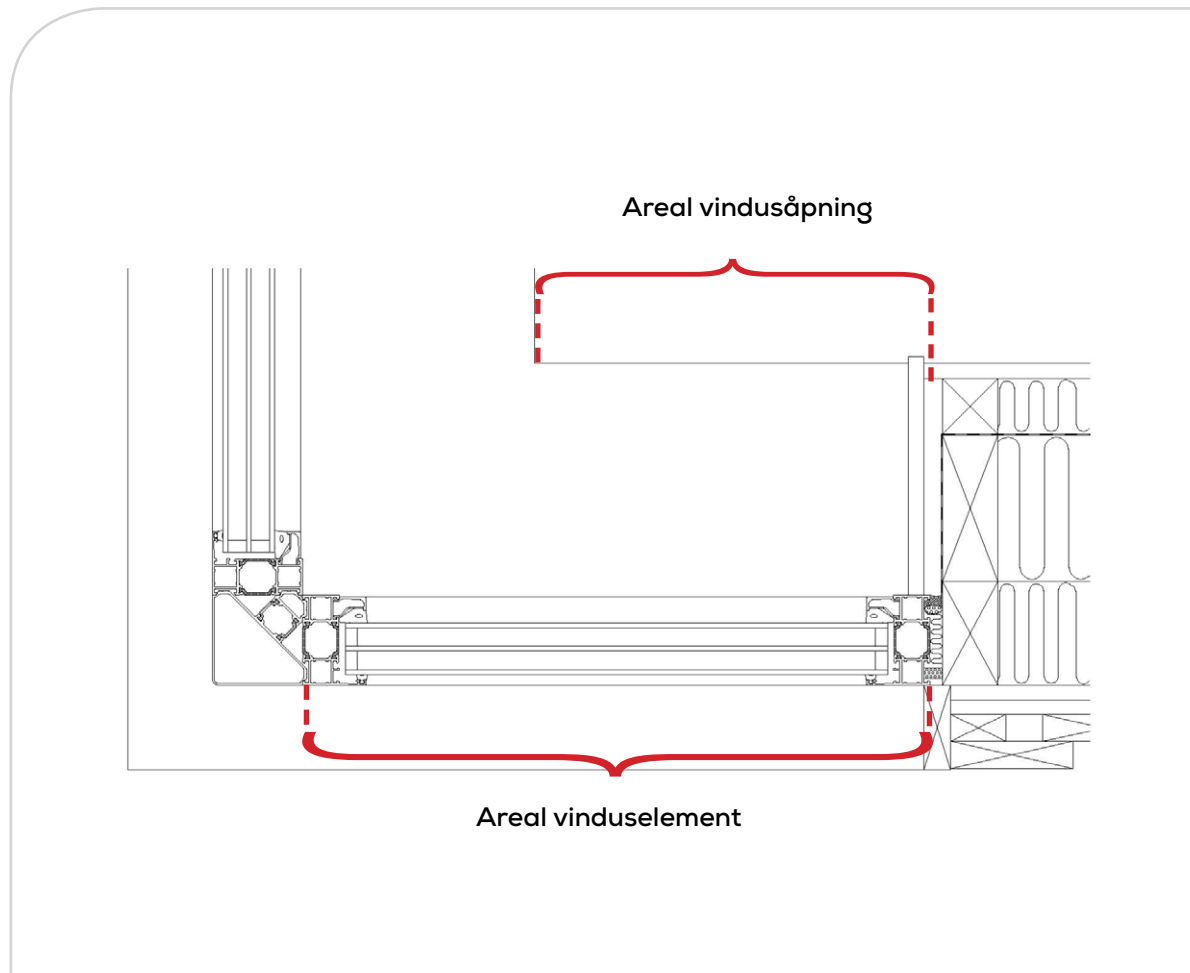
4.3 REFERANSEMÅL FOR U-VERDI OG Ψ -VERDI:

Europeiske standarder legger til rette for ulike målreferanser, og det praktiseres ulike målreferanser i ulike land, som f.eks. utside vegg i stedet for innside vegg som er standard i Norge. Hvis det henvises til kuldebroverdier fra utenlandsk litteratur, utenlandske leverandører eller som er beregnet av konsulenter basert i utlandet, må det derfor kontrolleres at disse samstemmer med definisjonen i den norske standarden NS 3031 hvor innvendige areal er referansen.



Figur 4.1: Referanser for beregning av arealer i ulike sammenhenger.

Ved hjørner i vindusbånd eller glassfasader oppstår det et avvik mellom arealet av åpningen i vegg og arealet av glasselementet, p.g.a. åpningen måles på innside av vegg mens glasselementet normalt sitter i ytre del av vegg. For disse situasjonene er det ingen klare retningslinjer i norske standarder, men det anbefales at ytterveggsarealet beregnes iht størrelsen på åpninger i fasaden og glasselementer med faktiske elementstørrelser. Arealsummen av glasselementer og tett vegg vil da bli større en fasadens totale areal, men det vil være mest korrekt for varmetapsberegning.

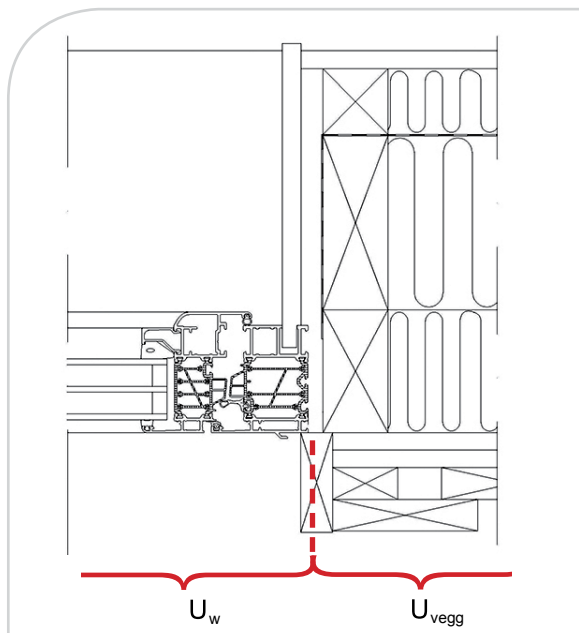


Figur 4.2: Siden vinduer normalt monteres i ytre del av vegg og veggareal måles på innside vegg, vil arealet av åpning i vegg ikke samsvare med areal av vindu.

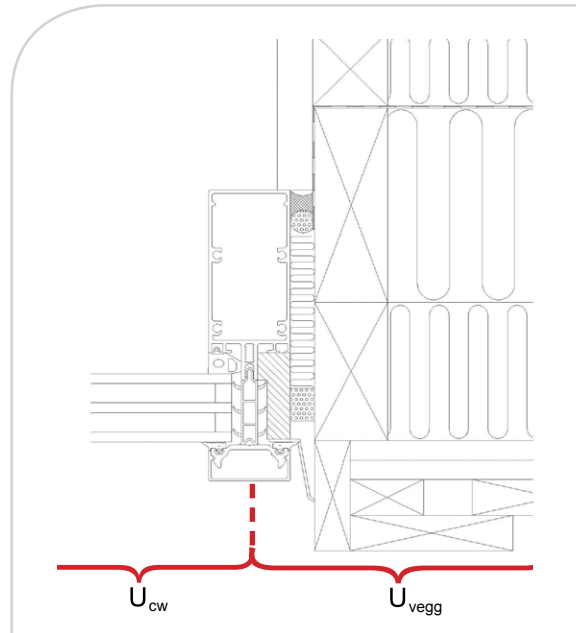
Varmetapet i overganger mellom tett vegg og vindu/dør/glassfasade behandles i beregninger på den måten at fugen tilegnes samme U-verdi som omliggende vegg. For slike fuger regnes det altså i de fleste situasjoner en kunstig høy U-verdi, men det ekstra varmetapet blir i stedet regnet som en lineær kuldebroverdi for omkretsen av vindu/dør/glassfasaden.

I overgangen mellom vindu/dør/glassfasade til isolert vegg, så er referansemålet for lengden på omløpende kuldebro ulikt definert for vindu/dør og glassfasade. For vindu/dør beregnes elementets U-verdi for arealet på innsiden av ytterkant karm, og alt på utsiden av dette regnes som kuldebro i tilstøtende vegg. Kuldebroens lengde er dermed lik ytre omkrets av vindu-/dørelementet, se **figur 4.3.a)**

For glassfasader regnes i motsetning til for vinduer/dører modulmål i stedet for elementmål. Glassfasader er oftest inndelt i felter (moduler) som kan ha ulike fyllinger, og for glassfasader regnes U-verdien for arealet innenfor senterlinja i ytterste avgrensende profil. Kuldebroens lengde blir da langs senterlinja til ytterste profil i topp, bunn og sidekanter. Se **figur 4.3.b)**



Figur 4.3 a): Arealet av vinduer og dører regnes fra ytterkant av elementet.



Figur 4.3 b): For glassfasader benyttes det modulmål og ikke elementmål som for vinduer og dører. Glassfasadens areal regnes derfor bare til senter av randprofilen.

4.4 BEREGNING AV KONDENS- OG SOPPRISIKO PÅ KULDEBROER

For detaljer som kan være utsatt for kondens eller dannelse av mugg, bør laveste innvendige overflatetemperatur beregnes for å vurdere faren for innvendig kondens og muggdannelse. Vurderingen gjøres ved at temperaturfaktoren, f_{RSi} , beregnes etter NS-EN ISO 13788, og kontrolleres mot dimensjonerende temperaturfaktor.

For rom med normal luftfuktighet vil en temperaturfaktor $f_{RSi} > 0,7$ være akseptabel sikring mot kondens- og soppdannelse, men for utfyllende informasjon om beregninger av kondensfare henvises det til Byggforsks byggdetaljblad 471.111. Se ellers byggdetaljblad 740.111 for årsaker og tiltak mot kondens på kalde flater. Ved ferdigstilling av klimaskallet kan indre overflatetemperaturer kontrollundersøkes ved termografering. I dokumentasjon av målingene må det fremkomme hvilke inne- og utetemperatur målingene er gjort for, samt at resultater fra målinger omregnes i forhold til krav og dokumenteres i rapport.

I noen situasjoner kan det være slik at overflatetemperaturen på innsiden av bygningsdelen for å hindre kondens og sopp eller termisk komfort er av større viktighet enn størrelsen på varmetapet. Av og til kan det også være hensiktsmessig å gjøre tiltak som øker varmetapet for å sikre seg mot isdannelse på utsiden av konstruksjonen. Dette kan innebære å bevisst benytte lite isolasjon eller også aktive tiltak som bruk av varmekabler. Eksempler på slike situasjoner kan være konstruksjoner på nedsiden av glasstak som ikke bør være bedre isolert enn overliggende glasstak for å forhindre av at smeltet og avrent snø fra glasstaket fryser til og danner issvuller på underliggende tak. Den eneste måten å unngå slike kuldebroer vil derfor være å unngå slike løsningsvalg i sin helhet.



5. Krav til kuldebroer og dokumentasjon

Hensikten med å stille krav til kuldebroer og dokumentasjon av disse er hovedsakelig en av følgende:

- Oppfylle forskriftskravet til normalisert kuldebroverdi, alternativt eller andre og strengere krav til varmetap
- Sikre seg mot dannelse av kondens og sopp
- Overholde krav til indre overflatetemperaturer for termisk komfort

Anbudsunderlag skal være utformet slik at det tydelig fremgår for tilbudsgivere hvordan montasjearbeid skal utføres:

- Kritiske detaljer bør tegnes detaljert, og utfordrende 3D-detaljer kan tegnes i perspektiv
- Definer klare grenser mellom de ulike fagområdene og arbeidsrekkefølgen for kritiske detaljer
- Henvis til produktleverandørers retningslinjer
- Sørg for lufttette konstruksjoner slik at ikke luftlekkasjer skaper kuldebroer

Særskilte krav til tetting rundt karmen angis i beskrivelsesposter for ytterdører og vinduer under punktet 'Andre krav'. Det som bør spesifiseres er:

- Utvendig beslag eller belistning
- Tettemetode mellom vindspærre og vinduskarm
- Dytting/isolasjon i vindusfuge. Krav til kuldebroverdi for fugen kan angis som en Ψ -verdi per løpemeter for vinduets ytre karmomkrets
- Tettemetode mellom dampspærre og vinduskarm

Etter reglene i NS 3031 skal leverandører av vinduer, dører og glassfasader dokumentere U-verdi for hvert enkelt element i en leveranse beregnet etter elementets aktuelle størrelse og geometri. Det må også fremgå av tilbudsunderlaget hvilke kuldebroer som er tilknyttet hvilke elementers tilslutningsfuger, og dokumentasjon på kuldebroverdiene:

- Beregninger av aktuelle detaljer
- Referanse til kuldebrokataloger eller standardverdier
- Laboratorietest av prøveelement

Hvis den dokumenterte U-verdien på vinduet baseres på testmåling av et standardelement, skal U-verdien for hvert eneste levert element arealkorrigeres etter reglene i NS 3031 i dokumentasjonen.

For spesielle og uprøvde løsninger bør det gjennomføres numeriske beregninger av kuldebroene. Dokumentasjon av kuldebroer bør være gjennomført eller kontrollert av en uavhengig og faglig anerkjent part.

Vanlig praksis er å angi krav til kuldebroverdi for omkretsen av vindu eller glassfasaden, men et alternativ kan være å angi i beskrivelsen at kuldebroer i tilslutninger skal regnes som en del av elementets U-verdi. Som eksempel kan det nevnes at dette praktiseres ved produktsertifiseringer ved det tyske Passivhaus Institut.

Det kan også angis i anbudsunderlag at det skal gjennomføres søk etter kuldebroer under byggefasen. En metode for å identifisere uønskede kuldebroer under byggeperioden slik at de kan utbedres under byggeperioden, kan være termografering.



VEDLEGG A: GRENSEBETINGELSER KULDEBROBEREGNINGER

Ved beregning av kuldebroer skal det avhengig av beregningens formål benyttes ulike temperaturer og varmeovergangsmotstander. I tabell under vises en oversikt over grensebetingelser som er angitt i europeiske standarder.

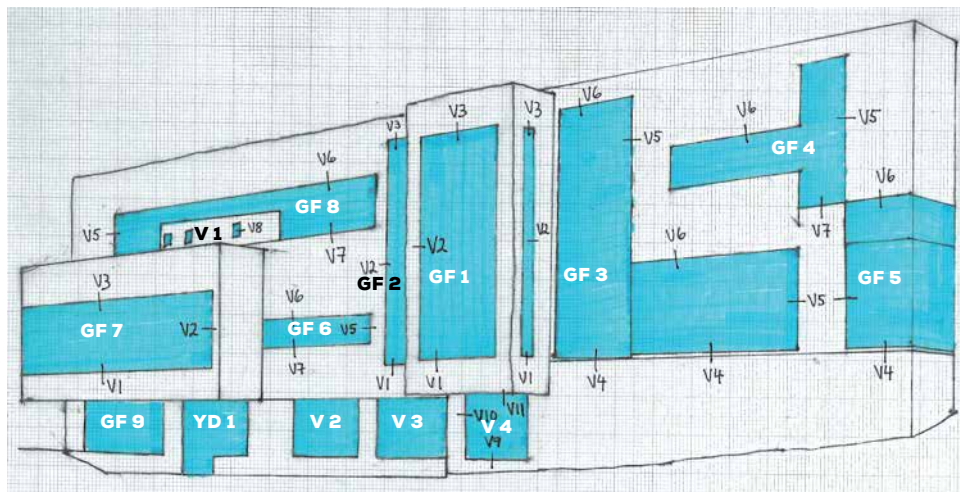
BREGNINGENS FORMÅL	UTE TEMP.	INNETEMP.	YTRE OVERGANGSMOTSTAND	INDRE OVERGANGSMOTSTAND	REFERANSE
<ul style="list-style-type: none"> - U_f -verdi for vindu-/dørprofiler. - Ψ_g -verdi for glass-spacer. 	0	20	0,04	0,13 (vertikalt og > 60° takhelning) 0,10 (horisontalt og < 60° takhelning) 0,20 (45° regel glassrand)	NS-EN ISO 10077-1 NS-EN ISO 10077-2
- U-verdi andre bygningsdeler	-	-	0,04	0,13 (Horisontalt) 0,17 (Nedgående) 0,10 (Oppadgående)	NS-EN 6946
- Ψ -verdi for vindu-/dørtilslutninger og andre kuldebroer.	0	20	0,04	0,13 (Horisontalt) 0,17 (Nedgående) 0,10 (Oppadgående) 0,20 (45° regel glassrand)	NS-EN 6946 NS-EN ISO 10077-2
<ul style="list-style-type: none"> - Isotermer i vindu-/dørprofiler. - Isotermer i andre bygningsdeler. 	Dim. ute-temperatur	Prosjektet inne-temperatur.	0,04	0,13 (Horisontalt) 0,17 (Nedgående) 0,10 (Oppadgående) 0,20 (45° regel glassrand)	NS-EN 6946 NS-EN ISO 10077-2
- Isotermer i konstruksjoner mot grunnen.	Lokal års-gjennomsnittlig utetemperatur. (ekstra temp. amplitude kan tillates.)	Årsgjennomsnittlig innetemperatur. (ekstra temp. amplitude kan tillates.)	0,04	0,13 (Horisontalt) 0,17 (Nedgående) 0,10 (Oppadgående)	NS-EN 13370 (NS-EN 6946)
- Kondensfare på indre overflate av vindu/dør	Gjennomsnitt av laveste døgn-gjennomsnittstemperatur over flere år.	Prosjektet inne-temperatur.	0,04	0,13 (Vindu/dør) 0,25 (Andre overflater)	NS-EN ISO 13788
- Kondensfare på indre overflate av vegg.	2 K lavere enn gjennomsnittstemperatur for kaldeste måned.	Prosjektet inne-temperatur.	0,04	0,13 (Vindu/dør) 0,25 (Andre overflater)	NS-EN ISO 13788
Temperaturberegninger i konstruksjoner ifg. Byggforsk	Laveste tredøgns middeltemperatur	Prosjektet inne-temperatur.	0,04	0,13 (Glass) 0,25 (Øvre halvdel av rom) 0,35 (Nedre halvdel av rom) 0,50 (Skjermet av møbler o.l.)	Byggforsk byggdetaljblad 471.111

VEDLEGG B: EKSEMPEL PÅ BEREGNING AV NORMALISERT KULDEBROVERDI

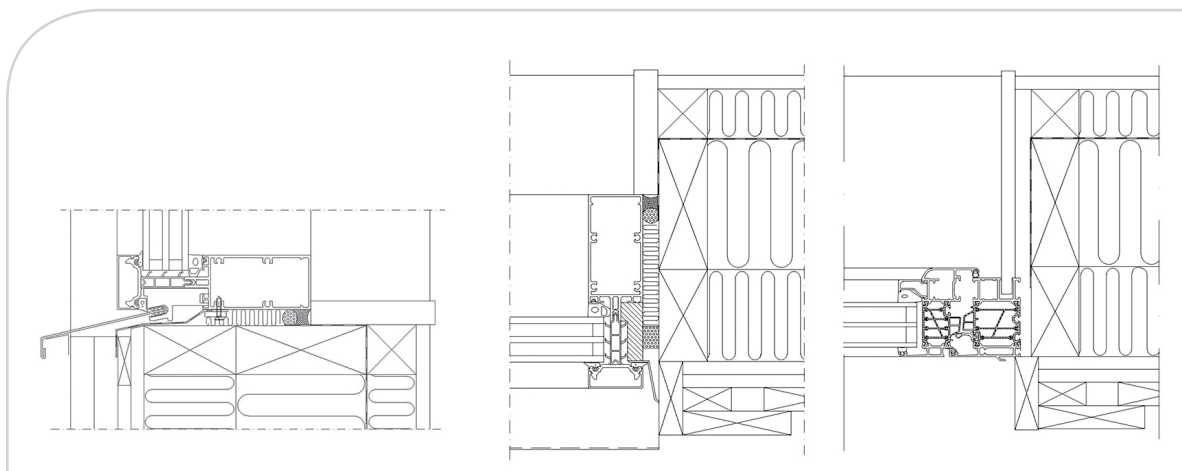
Dette vedlegget viser utdrag av hvordan normalisert kuldebroverdi beregnes. Nøkkeland Skole i Moss er brukt til å illustrere en beregning, men beregnede verdier er ikke hentet fra det aktuelle bygget.



Figur B.1: Vestfasaden på Nøkkeland Skole i Moss er benyttet som illustrasjon på detaljert kuldebroregnskap for vinduer.



Figur B.2: Nummerering av glassfelter og vinduer på vestfasaden av Nøkkeland Skole som henvisert til tabell B1 med detaljert kuldebroregnskap.



Figur B.3: Detaljer av snitt V1, V2 og V10.

ELEMENTNR.	ANTALL	SNITTDETALJ	OMKRETS ELEMENT [m]	Ψ -VERDI (W/mK)	VARMETAPS-KOEFFISIENT, (W/K)
GF 1	1	V1, V2, V3	20,18	0,05	1,01
GF 2	1	V1, V2, V3	20,94	0,05	1,05
GF 3	1	V4, V5, V6	32,57	0,05	1,63
GF 4	1	V5, V6, V7	19,14	0,05	0,96
GF 5	1	V4, V5, V6	10,86	0,05	0,54
GF 6	1	V5, V6, V7	13,06	0,05	0,65
GF 7	1	V1, V2, V3	29,67	0,05	1,48
GF 8	1	V5, V6, V7	36,22	0,05	1,81
GF 9	1	V9, V10, V11	15,28	0,05	0,76
V 1	3	V8	1,20	0,02	0,02
V 2	1	V9, V10, V11	10,76	0,02	0,22
V 3	1	V9, V10, V11	11,96	0,02	0,24
V 4	1	V9, V10, V11	9,16	0,02	0,18
YD 1	1	V9, V10, V11	13,21	0,02	0,26

Delsum varmetapskoeffisienter for kuldebroer rundt vinduer på vestfasaden: 10,82 W/K

Tabell B.1: Sammenstilling av kuldebroer fra vindusfuger på vestfasade av Nøkkeland Skole.

Delsum varmetapskoeffisienter for kuldebroer rundt vinduer på vestfasaden:	10,82	W/K
Delsum varmetapskoeffisienter for kuldebroer rundt vinduer på øvrige fasader:	35,00	W/K
Delsum varmetapskoeffisienter for øvrige kuldebroer:	85,00	W/K
Totalsum varmetapskoeffisienter for alle kuldebroer:	130,82	W/K
Oppvarmet BRA	4 900	m ²
Normalisert kuldebroverdi	0,03	W/m ² K

Tabell B.2: Beregning av normalisert kuldebroverdi for Nøkkeland Skole.

REFERANSER

STANDARDER:

NS 3031	Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data.
NS-EN ISO 10077-1	Termiske egenskaper til vinduer, dører og skodder. Beregning av varmegjennomgangskoeffisient. Del 1: Generelt.
NS-EN ISO 10077-2	Termiske egenskaper til vinduer, dører og skodder. Beregning av varmegjennomgangskoeffisient. Del 2: Numerisk metode for karm og rammer.
NS-EN ISO 12631	Termiske egenskaper for påhengsvegger. Beregning av varmegjennomgang.
NS-EN ISO 14683	Kuldebroer i bygningskonstruksjoner – Lineær varmegjennomgangskoeffisient – Forenklete beregningsmetoder og normalverdier.
NS-EN ISO 10211	Kuldebroer i bygningskonstruksjoner. Varmestrømmer og overflatetemperaturer. Detaljerte beregninger.
NS-EN ISO 13788	Bygningskomponenters og bygningsdelers hygrotermiske egenskaper. Innvendig overflatetemperatur for å unngå kritisk overflatefuktighet og kondensasjon i mellomrom. Beregningsmetoder.
NS-EN ISO 14683	Kuldebroer i bygningskonstruksjoner - Lineær varmegjennomgangskoeffisient - Forenklete beregningsmetoder og normalverdier.

BYGGFORSK BYGGDETALJER:

471.015	Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibehov.
471.016	Kuldebroer. Metoder for å bestemme kuldebroverdi.
471.017	Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier.
471.111	Beregningsmetode for å unngå kondens eller muggvekst på innvendige overflater.
740.111	Kondens på kalde overflater. Årsaker og tiltak.
720.015	Bygningskonstruksjoner. Utbedring av kuldebroer.
472.051	Kuldebroverdier for tilslutninger mellom bygningsdeler. Grunnlag for beregninger.

ANDRE PUBLIKASJONER:

- A. Gustavsen, et. al. **Kuldebroer – Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk.** SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 25.
- Decheva, Larisa M. **Vinduer for energieffektive bygninger. Kuldebroer ved vindusinnsetting.** Masteroppgave ved NTNU.
- – **Kriterien und Algorithmen für Zertifizierte Passivhaus Komponenten: Verglasungen und Transparente Bauteile.** Sept. 2012. www.passiv.de
- – **Fenster und Verglasungen. Energie Tirol.** www.energie-tirol.at





STØTTE TIL UTVIKLING AV EKSISTERENDE EIENDOM OG NYE BYGG

Ta energismarte valg når du skal utvikle eksisterende eiendom eller bygge nytt. Du kan skape varige verdier gjennom lavere energikostnader, forbedret omdømme og økt konkurransekraft.

Enova gir deg og din virksomhet økonomisk støtte og råd til å velge grønne, framtidsrettede energiløsninger.

Les mer og søk på www.enova.no/stotte eller ring Enova Svarer på 08049

Husk å søke før dere begynner!

Enova er et statlig foretak som skal drive fram en miljøvennlig omlegging av energibruk, fornybar energiproduksjon og ny energi- og klimateknologi.

