



Småhus som tilfredsstillter energikravene i TEK-2007

Byggforskserien

Byggdetaljer

TEK-2007



Utgitt i samarbeid med Statens bygningstekniske etat (BE)

Revidert aug. 2008

Oversikt over konsekvenser

Nye forskriftskrav – målsetting

I 2007 ble Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) endret. De mest omfattende endringene gjelder energikravene, som trådte i kraft 1. februar. Målet er 25 % reduksjon i energibehov til nye og ombygde bygninger.

I en overgangsperiode fram til 1. august 2009 kan man velge om man vil prosjektere etter TEK fra 1997 eller 2007.

Dokumentasjon i overgangsperioden

Dette bladet inneholder strakstiltak og viser hvordan man kan bygge småhus som oppfyller energikrav i TEK etter 1.2.2007.

Bladet viser eksempler på detaljer for småhus med og uten kaldt loft, og det viser også detaljer for golv på grunnen og kjeller. Se eksempler på prosjektering og dokumentasjon på de neste sidene.

Hva innebærer endringene i praksis?

Endringene betyr først og fremst større isolasjonstykkelse i de fleste bygningsdeler og strengere krav til lufttetthet, men det stilles også krav til energieffektive ventilasjonsanlegg og temperaturregulering. I tillegg reguleres byggets energiforsyning til oppvarming og varmtvann.

For småhus betyr endringene blant annet:

- 250 mm isolasjon i yttervegger
- 300-350 mm isolasjon i tak
- 200-250 mm isolasjon i golv på grunnen
- vanlige vinduer med trelags ruter eller vinduer med isolert karm/ramme og tolags ruter

Ved omfordeling er det mulig å bygge med f.eks.:

- yttervegger med 200 mm isolasjon
- vanlige vinduer med tolags ruter
- mer enn 20 % vindusareal

Hvordan dokumentere samsvar med forskriften

Forskriften nevner to hovedprinsipper som kan benyttes for å dokumentere at energikravene til bygninger er oppfylt, enten ved krav til bygningskonstruksjoner og installasjoner eller krav til bygningens energibehov. I forskriften er dette uttrykt ved «energitiltak» og «samlet netto energibehov».

Energitiltak

Energikravet anses som oppfylt dersom det kan dokumenteres at samtlige energitiltak for bygningskonstruk-



sjoner og installasjoner tilfredsstillter gitte krav. Tabellen på neste side gir en oversikt over energitiltak med tilhørende krav. Kravene kan fravikes dersom kompenserende tiltak gjør at bygningens energibehov ikke økes. Dette er i praksis en omfordeling av varmetapspostene og tilsvarende beregning med varmetapsrammer etter 1997-forskriften. Forskjellen er at de nye energikravene også tar hensyn til varmetap på grunn av infiltrasjon og ventilasjon.

Samlet netto energibehov («rammekrav»)

En kontrollberegning skal vise at samlet netto energibehov ikke overskrider en fastsatt energiramme. Det skal tas hensyn til alle energiposter. Beregning av samlet netto energibehov skal gjøres etter ny NS 3031.

Minstekrav

Minstekravene er innført for å sikre en akseptabel bygningskropp, og de gitte minstekravene må derfor oppfylles også når man benytter seg av omfordeling. Dette gjelder både når man dokumenterer ved hjelp av energitiltak og når man velger å beregne samlet netto energibehov.

Bygge bedre enn forskriftskravene

Forskriften skal sikre god energieffektivitet i alle nye og ombygde bygninger. Det er imidlertid ingenting i veien for å bygge enda bedre enn forskriftskravene, og i mange tilfeller vil dette være økonomisk lønnsomt.

Oppdatering av Byggforskserien

Endringene betyr at mange av bladene i Byggforskserien må revideres, og i de neste sendingene vil vi fokusere på løsninger og detaljer som tilfredsstillter de nye kravene. Arbeidet med oppdatering er allerede i gang, og vi prioriterer de viktigste bladene.

Overordnet prosjektering

Prosjektering for god energieffektivitet

For å oppnå god energieffektivitet kreves god planlegging, og man må gjøre smarte valg allerede på prosjekteringsstadiet:

- En kompakt bygningskropp gir best energieffektivitet.
- Enkle konstruksjoner og detaljer vil gjøre det lettere å få til riktig utførelse.
- God lufttetthet er svært viktig, og sammen med bygningens plassering/skjerming, orientering og utforming vil dette ha mye å si for energibruken.
- Vinduer har mye dårligere U-verdi enn resten av bygningskroppen. Derfor vil man spare mye energi ved å redusere vindusarealet, særlig på nordvendte vegger.
- Det er viktig å unngå kuldebroer.

Valg av løsninger

De viste konstruksjonene er valgt bevisst med tanke på lavt energibehov. Spesielle forhold er nevnt for hver av de detaljene som vises, og i vedlegg 1 er lufttetting behandlet spesielt.

Med mer isolering vil temperatur- og fuktforhold kunne bli noe annerledes. Dette er det også lagt vekt på ved valg av løsninger, og spesielle forhold rundt fuktsikkerhet er behandlet i vedlegg 4.

Valg av materialer

Det er viktig å velge materialer med dokumenterte egenskaper og å bruke materialene slik dokumentasjonen beskriver. Det er spesielt viktig å bruke dampåpne materialer der hvor det er forutsatt. Materialer med dokumenterte egenskaper fins blant annet på www.sintef.no/byggforsk – Godkjenning og sertifisering.

Energiltak

Krav

Den enkleste måten å dokumentere at en bygning oppfyller forskriftens energikrav, er ved å tilfredsstille krav til bygningens U-verdier, lufttetthet og installasjoner, se tabell.

Dokumentasjon

U-verdier

U-verdier dokumenterer man ved beregninger, målinger eller ved å vise til anerkjente løsninger, for eksempel løsninger i dette dokumentet eller Byggdetaljer 471.010–471.015 som angir U-verdier til alle ytterkonstruksjoner.

Beregning av arealer

Alle arealer beregnes etter regler gitt i NS 3031. Merk at 20 % vindusareal nå beregnes i forhold til oppvarmet bruksareal (BRA), mens man tidligere brukte netto golvareal.

Kuldebroer

De nye energikravene fokuserer i større grad på kuldebroene i bygningen. Dette er uttrykt ved at det er gitt et separat krav til maksimalt varmetap fra kuldebroene i forhold til bygningens oppvarmede bruksareal, mens dette tapet tidligere skulle inkluderes i tilstøtende bygningsdeler. Kuldebroer er behandlet spesielt i vedlegg 2.

Lufttetthet

Lufttetthet kan dokumenteres med lufttetthetsmålinger på ferdig bygning. Se vedlegg 1.

Ventilasjonsanlegg

Leverandør av anlegget må dokumentere at anlegget oppfyller kravet til varmegjenvinning og lavt energiforbruk uttrykt ved SFP-faktor. I tillegg skal det dokumenteres at anlegget oppfyller kravene til nødvendig luftskifte. Se vedlegg 3.

Temperaturstyring

For dokumentasjon av kravene med hensyn til lokal kjøling og temperaturregulering, se vedlegg 3.

Energiltak	Krav til bygningskonstruksjoner og installasjoner	Minstekrav ²⁾
U-verdi yttervegg ¹⁾	0,18 W/(m ² K)	0,22 W/(m ² K)
U-verdi tak ¹⁾	0,13 W/(m ² K)	0,18 W/(m ² K)
U-verdi golv på grunnen og mot det fri ¹⁾	0,15 W/(m ² K)	0,18 W/(m ² K)
Gjennomsnittlig U-verdi for vindu, dører og glassfelter ¹⁾	1,2 W/(m ² K) Samlet areal maks 20 % av oppvarmet bruksareal (BRA)	1,6 W/(m ² K)
Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/(m ² K), i forhold til oppvarmet bruksareal (BRA)	
Lufttetthet	2,5 luftvekslinger per time	3,0 luftvekslinger per time
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg	70 %	
Spesifikk effekt i ventilasjonsvifte (SFP)	2,5 kW/(m ³ s) i boliger	
Utvendig solavskjerming eller andre tiltak mot overoppvarming	Lokalkjøling skal unngås.	
Temperatursenking fra 21 til 19 °C	I fyringssesongen om natta og når ingen er til stede	

¹⁾ U-verdiene uttrykkes som gjennomsnitt for bygningsdelen.

²⁾ Minstekrav som ikke kan fravikes

Omfordeling

Prinsipp

Prinsippet for omfordeling er at man kan fravike kravene til ett eller flere energiltak hvis det samlede varmetapet ikke blir større enn om energiltakene var tilfredsstilt hver for seg.

I prinsippet kan det omfordeles mellom transmisjons-, infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap. I dette bladet fokuseres det kun på omfordeling av transmisjonsvarmetap.

Dokumentasjon

Transmisjonsvarmetap

Ved omfordeling mellom transmisjonsvarmetapet gjennom bygningsdeler, kan omfordeling gjøres med formelen:

$$\sum (U \cdot A)_{Ri} \leq \sum (U \cdot A)_{Fi}$$

der:

- U er bygningsdelens U-verdi
- A er bygningsdelens areal
- R_i er reell verdi for bygningsdel i
- F_i angir forskriftskrav for bygningsdel i

Det er mange muligheter for omfordeling mellom bygningsdelene, og vi viser her et eksempel på småhus i to etasjer.

Kuldebroer

Varmetap på grunn av kuldebroer forekommer i overgangen mellom ulike bygningsdeler. Dersom den beregnede kuldebroverdien er mindre enn kravet, er det mulig å omfordele varmetapet fra andre konstruksjonsdeler. Kuldebroer på grunn av inhomogene bygningsdeler – for eksempel stendere i trevegger – skal inngå i bygningsdelens U-verdi.

Beregningsprogram

Ved å bruke beregningsprogrammet i vedlegg 5 er det enkelt å komme fram til en optimal løsning.

Eksempel – småhus i to etasjer med kaldt loft



Illustrasjon: Mesterhus

Huset

En enebolig med to etasjer, golv på grunnen og kaldt loft vil typisk ha følgende utforming (avviker noe fra figuren):

Bruksareal:			
BRA = 2 · B · L	= 2 · 8 m · 10 m =		160 m ²
Arealer, reelle:			
Fasade langvegger	2 · 2 · 10 m · 2,5 m =		100 m ²
Fasade gavlvegger	2 · 2 · 8 m · 2,5 m =		+ 80 m ²
Sum fasade			= 180 m ²
Vinduer	15 · 1,2 m · 1,2 m =		21,6 m ²
Dører	2 · 1,0 m · 2,0 m =		+ 4,0 m ²
Sum vinduer og dører			= 25,6 m ²
Fasade			180,0 m ²
Vinduer og dører			- 25,6 m ²
Sum vegg			= 154,4 m ²
Arealer, forskriftskrav:			
Maks dører og vinduer	160 m ² · 20 % =		32 m ²
Fasade	180 m ² - 32 m ² =		148 m ²

Omfordeling

Vindusareal mot U-verdi vegg

Ettersom vinduer og dører utgjør mindre enn 20 % av bygningens oppvarmede bruksareal, kan differensen mellom virkelig og tillatt varmetap som vindusarealet utgjør, omfordeles til varmetap gjennom veggen. Det vil si å øke U-verdien for veggen ut over kravet på 0,18 W/(m²K) til for eksempel 0,22 W/(m²K):

$$\sum (U \cdot A)_R = (0,22 \cdot 154,4 + 1,2 \cdot 25,6) \text{ W/K} = 64,7 \text{ W/K}$$

$$\sum (U \cdot A)_F = (0,18 \cdot 148 + 1,2 \cdot 32) \text{ W/K} = 65,0 \text{ W/K}$$

$$\sum (U \cdot A)_R \leq \sum (U \cdot A)_F \Rightarrow \text{OK, forskriften oppfylt}$$

Vindusareal mot U-verdi vindu

Alternativt kan man bygge yttervegg som oppfyller kravet til U-verdi på $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ med 250 mm isolasjon. Det varmetapet som vindusareal under maksimalgrensen utgjør, kan omfordes mot større varmetap gjennom vinduer, altså dårligere U-verdi enn kravet på $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ved å benytte tolags vinduer med U-verdi $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ blir beregningen:

$$\sum (U \cdot A)_R = (0,18 \cdot 154,4 + 1,4 \cdot 25,6) \text{ W/K} = 63,6 \text{ W/K}$$

$$\sum (U \cdot A)_F = (0,18 \cdot 148 + 1,2 \cdot 32) \text{ W/K} = 65,0 \text{ W/K}$$

$$\sum (U \cdot A)_R \leq \sum (U \cdot A) \Rightarrow \text{OK, forskriften oppfylt}$$

Kuldebroer

I vedlegg 2 er det vist hvordan kuldebroene i eksemplet er dokumentert. Andre kuldebroverdier enn de som er vist her, kan man finne i Byggedetaljer 471.017 som gir tabeller med kuldebroverdier.

Beregningen viser at summen av kuldebroene gir et varmetap på $0,018 \text{ W}/(\text{mK})$, som ligger godt innenfor kravet på $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ i forhold til oppvarmet bruksareal (BRA).

Kuldebroene må dokumenteres selv om beregning av kuldebroer viser at småhus av tre, med detaljer som vist her, ligger godt innenfor kravene. Hvis kuldebroene ikke dokumenteres, må man i følge prNS3031 sette normalisert kuldebroverdi til $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Energiforsyning**Formuleringer i veiledningen til forskriften:**

Minst 40 % av netto varmebehov skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler.

Typiske løsninger for å tilfredsstille kravet kan være solfanger, nær- og fjernvarme, varmepumpe, pelletkamin, vedovn, biokjel eller biogass. Denne energiforsyningen må kunne tas i bruk når bygningen er ferdigstilt, og den må kunne brukes kontinuerlig gjennom bygningens levetid.

Plikten bortfaller dersom bygningens netto energibehov er lavere enn 17 000 kWh/år, eller dersom kravet fører til merkostnader over bygningens livsløp. I slike tilfeller skal boliger over 50 m^2 likevel ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel, for eksempel vedovn eller pelletkamin.

For småhus prosjektert og utført etter energitiltaksmetoden, betyr dette at kravet om 40 % alternativ energi faller bort når oppvarmet bruksareal er mindre enn 200 m^2 .

Detaljer

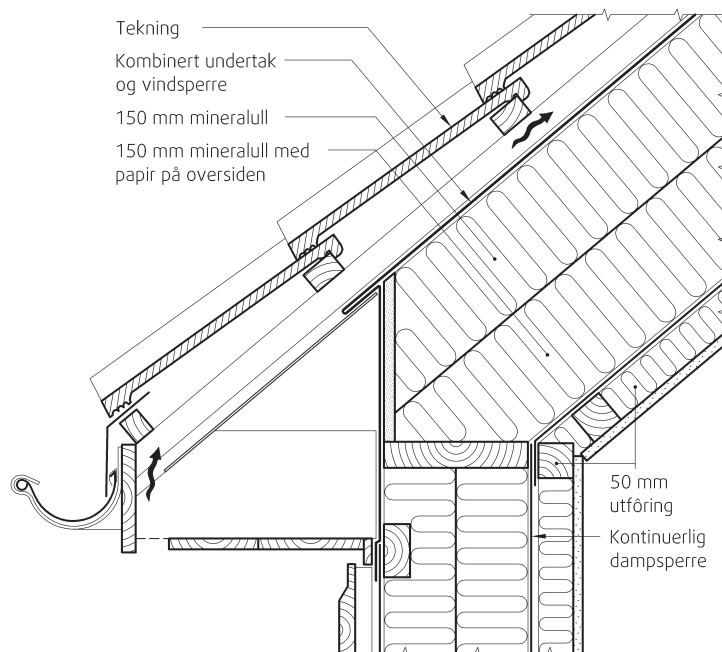
På de neste sidene er det vist en del typiske detaljer for småhus i tre.

U-verdiene er beregnet for gjennomgående treverk med arealandel på 9 og 12 % for henholdsvis tak og vegg. Dette tilsvarer treverk med bredde 36 mm og c/c 600 mm, og med noe ekstra treverk til losholter o.a.

Bruk av I-profiler og materialer med bedre λ -verdi vil gi bedre U-verdier som eventuelt kan brukes til omfordeling.

Det er vist detaljer for huset som er beskrevet i eksemplet for omfordeling, og det er også vist detaljer for halvannen etasjes småhus med opptrukket knevegg og sperretak.

Til sammen gir detaljene mulighet for å bygge småhus i én eller flere etasjer, med og uten kjeller. Eventuell omfordeling gjøres helt tilsvarende som vist i eksemplet.



Tak og loft

Sperretak med «løst» takutstikk

Figuren viser et sperretak med kombinert undertak og vindsperre. Sperrene er avsluttet i flukt med utsiden av ytterveggen, og undertaket er ført ned og klemmt over vindsperren i veggen. Taket kan også utføres med ekstra luftespalte som vist på figuren under, og eventuelt med dampsperra plassert like bak innvendig kledningen dersom man ønsker å bruke taksperrer i full høyde.

U-verdi med 350 mm isolasjon: $0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 Kuldebroverdi ved overgang til vegg: $0,01 \text{ W/(mK)}$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

- 471.013 U-verdier. Tak
 525.102 Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre

Spesielle forhold for denne detaljen:

- «Løst» takutstikk gir enkel lufttetting.
- Inntrukket dampsperre ligger godt beskyttet.
- Unngå elføringer og innfelt belysning i himling.

Sperretak med utstikkende sperrer

Figuren viser et sperretak med utstikkende sperrer og ekstra luftespalte under undertaket. Vindsperren er ført ned mellom taksperrene og klemmt over veggens vindsperre.

U-verdi med 350 mm isolasjon: $0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 Kuldebroverdi ved overgang til vegg: $0,01 \text{ W/(mK)}$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

- 471.013 U-verdier. Tak
 525.101 Isolerte skrå tretak med lufting under undertak

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Vindsperren i taket bør legges helt oppå taksperrene.
- Det er vanskelig å tette vindsperren mot taksperrene – bruk klemleker.
- Løsningen gir dårligere lufttetting enn figuren over.

Kaldt, ikke luftet loftsrom

Figuren viser et tak med takstoler og kaldt, ikke luftet loftsrom. Kombinert undertak og vindsperre er trukket rundt takutstikket og klemmt over vindsperren i veggen.

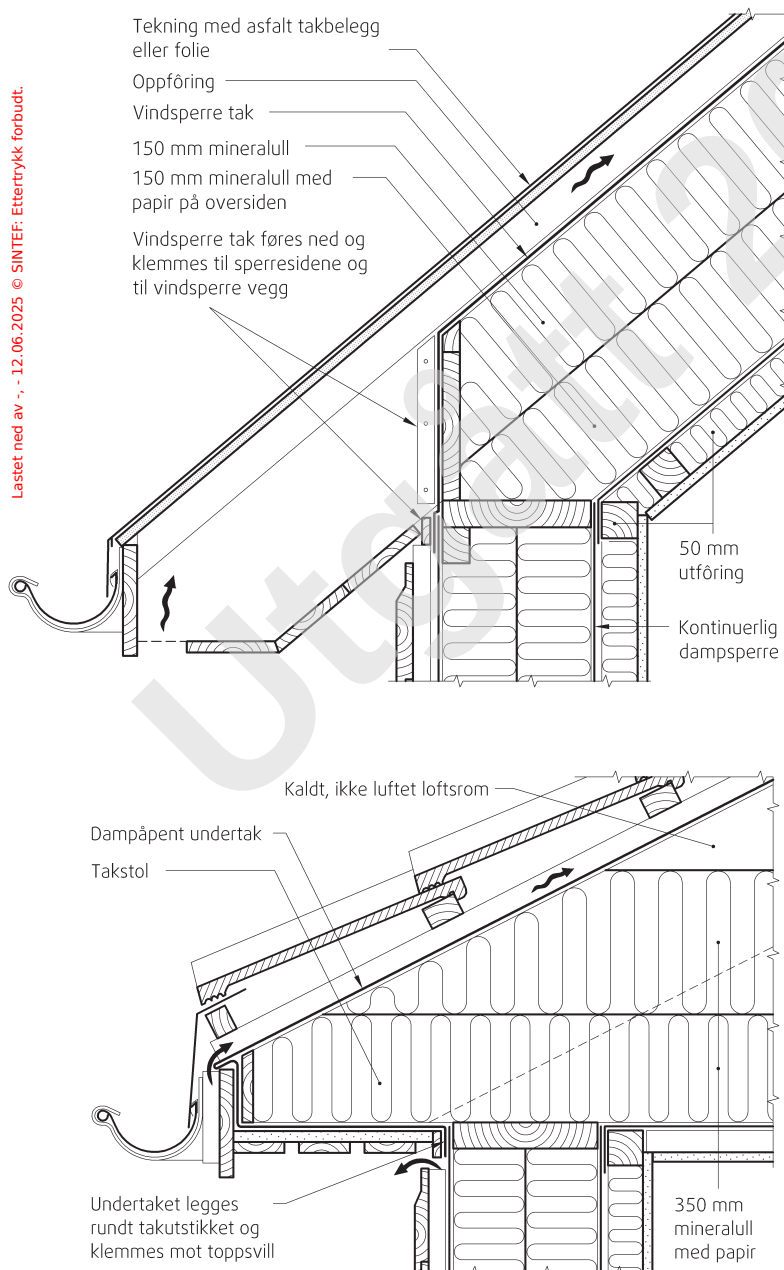
U-verdi med 350 mm isolasjon: $0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 Kuldebroverdi ved overgang til vegg: $0,02 \text{ W/(mK)}$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

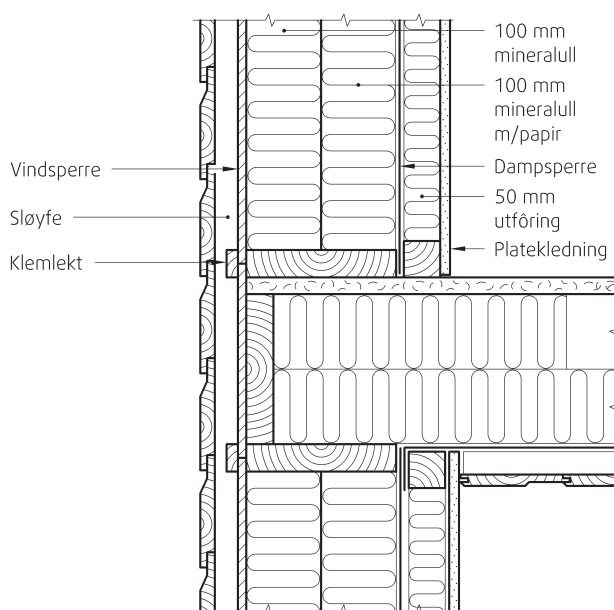
- 471.013 U-verdier. Tak
 525.106 Skrå tretak med kaldt loft

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Ikke luftet loftsrom gir bedre lufttetting enn luftet loft.
- Det er enklere å hindre brannsmitte til loftet.
- Det må være inspeksjonsluke opp til loftsrommet, men ikke bruk rommet som lagringsplass.
- Den viste tilluftsåpningen bak takrenna må ivaretas.



Vegg, vindu, etasjeskiller



Yttervegg

Veggen er vist med inntrukket dampsperre og 50 mm utføring. Man kan alternativt bygge med krysslågt utføring.

U-verdi med 250 mm isolasjon: **0,18 W/(m²K)**
Kuldebroverdi etasjeskiller: 0,01 W/(mK)

Aktuelle blader i Byggforskserien:

471.012 U-verdier. Vegger over terreng
523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Det er viktig å klemme vindsperra både i overkant og i underkant av etasjeskilleren.

Vindu

Det er vist to plasseringer av vinduet. Montering langt ute som vist på øverste figur gir best fuktsikring, mens plassering lenger inne gir lavere kuldebroverdi.

U-verdi vindu: Se avsnitt om aktuelle vinduer

Kuldebroverdi, plassert langt ute: 0,02 W/(mK)

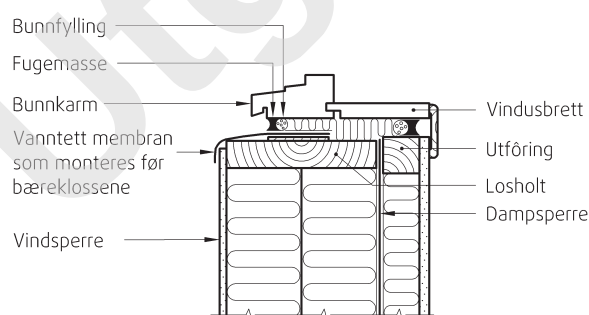
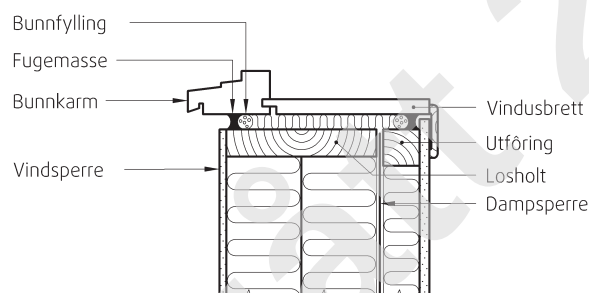
Kuldebroverdi, plassert lenger inne: 0,01 W/(mK)

Aktuelle blader i Byggforskserien:

523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk
533.132 Vinduer av tre

Spesielle forhold for denne detaljen:

- For å få minst mulig kuldebrovirkningen bør vinduet plasseres innenfor vindsperra.
- Inntrukket vindu krever spesiell fuktsikring med membran, se også Byggdetaljer 523.701.



Aktuelle vinduer

Kravet til vinduer er satt til 1,2 W/(m²K). Det betyr at man har følgende hovedtyper av vinduer som er aktuelle:

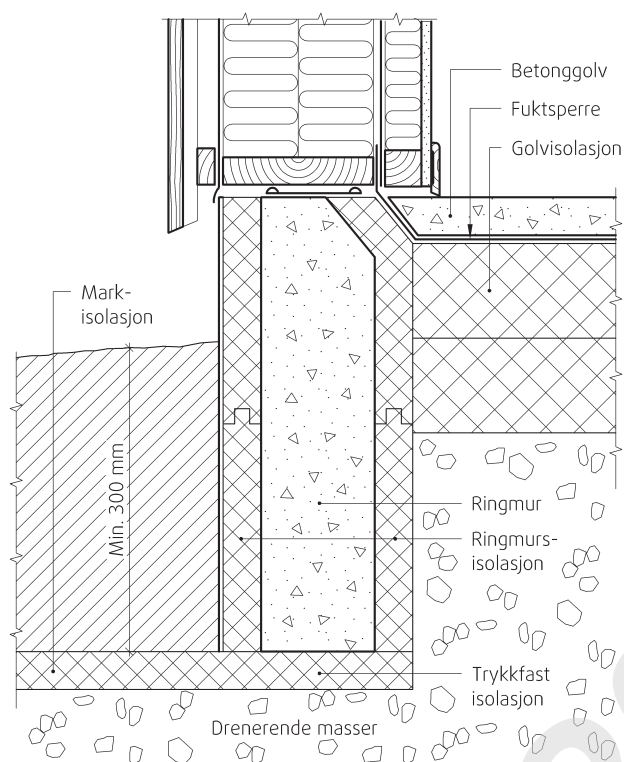
Vanlige karm- og rammeprofiler med trelags isolerruter

Disse vinduene vil typisk ha U-verdi på 1,2 W/(m²K) ved vindusstørrelse på 1,0 m x 1,0 m og rute uten gjennomgående sprosser. Siden karm eller ramme er det svakeste punktet, vil større vinduer ha lavere U-verdi mens mindre vinduer og vinduer med sprosser eller losholter vil ha høyere U-verdi.

Isolert karm og ramme med to- eller trelags isolerruter

For disse vinduene vil karm og ramme ha omtrent den samme isoleringsevnen som selve ruta. Da står man friere til å velge størrelse på vinduet og bruke sprosser og losholter.

Golv og kjeller



Golv på grunnen / ringmur

Golv et her vist med støpt betongplate i flukt med overkant ringmur som er en god og praktisk utførelse. Alternativt kan man velge en lett golvkonstruksjon av plater. Det fins ringmurselementer med lavere kuldebroverdi, se SINTEF Byggforsk Teknisk Godkjenning.

U-verdi med 250 mm isolasjon: $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Kuldebroverdi overgang til ringmur: $0,05 \text{ W}/(\text{mK})$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

- 521.111 Golv på grunnen med ringmur. Utførelse
- 521.112 Golv på grunnen med ringmur. Varmeisolerings, frostsikting og beregning av varmetap

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Bruk svillelist mellom ringmur og bunnsvill bindingsverk
- Legg kontinuerlig fuktsperre i golv som skjøtes med dampsperra i vegg
- Bruk drenerende masser for å hindre kapillærsug.

Etasjeskiller over kjeller

Etasjeskiller er her vist over oppvarmet underetasje i samme bruksenhet, og det er derfor ikke krav til verken varme- eller lydisolering.

Kuldebroverdi overgang til vegg: $-0,01 \text{ W}/(\text{mK})$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

- 522.355 Etasjeskiller av trebjelkelag. Varmeisolering og tetting

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Se spesielt lufttetting av overgang mot kjellervegg

Kjellervegg

Veggen er her vist som plaststøpt betong, men kan også være i andre materialer, for eksempel lettklinkerblokker. Veggens U-verdi er avhengig av oppfyllingshøyden.

U-verdi med 200 mm isolasjon: $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

- 471.014 U-verdier. Vegger mot terreng
- 514.221 Fuktsikring av bygninger

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Legg så mye som mulig av isolasjonen på utsiden av vegg.
- Brakett eller såle kan være nødvendig under vegg.
- Unngå kapillærsug og luftlekkasje fra grunnen.

Kjellergolv

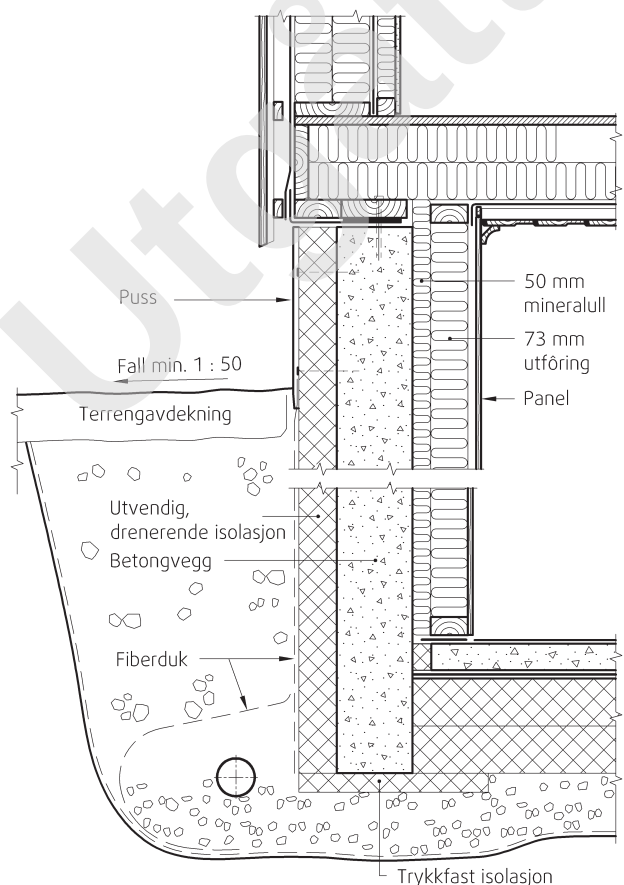
U-verdi med 250 mm isolasjon: $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Kuldebroverdi ved overgang til vegg: $0,05 \text{ W}/(\text{mK})$

Aktuelle blader i Byggforskserien:

- 522.111 Betonggolv på grunnen

Spesielle forhold for denne detaljen:

- Sørg for lufttetting og kuldebrobryting mot kjellervegg.



Vedlegg 1:

Lufttetting

Prosjektering

Den endelige lufttettheten til et småhus vil være et resultat av god prosjektering, materialvalg, gjennomtenkte detaljer og riktig utførelse. Det er vanskelig å prosjektere en bestemt tetthet, og derfor bør man alltid strebe mot å oppnå så god tetthet som mulig. Det kan være svært vanskelig å ettertette en bygning når den er ferdig.

Foretrukne konstruksjoner

De viste konstruksjonene er valgt bevisst med tanke på å få til enkel og god lufttetting. Dette gjelder spesielt for tak:

- Sperretak med sperrer som er kappet i veggliv (med «løse» takutstikk) gjør det enklere å få til tettingen av takfoten enn sperretak med utstikkende sperrer.
- Ikke luftet loftsrom er å foretrekke framfor luftet loftsrom.
- Luftede kneloft gir vanskelige detaljer for isolering og tetting og bør unngås.

Tettesjikt

For å oppnå god lufttetthet til en ytterkonstruksjon må man være ekstra nøye med tettheten til både vindsperre og dampsperre. Detaljer og figurer er vist i Byggedetaljer 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting.

Vindsperre

Til vindsperre brukes det både plater og rullprodukter. Det er skjøtene og gjennomføringene som er de svakeste punktene, og alle skjøter og ender må ha anlegg mot fast underlag og klemmes med lekter. Dette gjelder både vindsperre av plater og rullprodukter.

Rullprodukter kommer i store formater, og det reduserer antall skjøter og potensielle lekkasjepunkter.

Vindsperre av plater gir mange skjøter. Skjøtene vil også være sårbare for unøyaktigheter i underlaget, blant annet senteravstanden mellom stendere/losholter/sperrer.

For å oppnå ekstra regntetthet og enklere tetting ved vinduene er det på regnutsatte steder vanlig å bruke dobbel vindsperre, det vil si plater med et rullprodukt utenpå. Ett vindsperrersjikt er imidlertid tilstrekkelig for å oppnå god vindtetning dersom dette er nøyaktig og riktig utført.

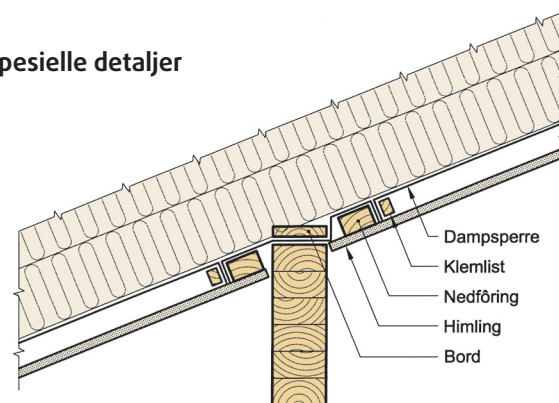
Dampsperre

Dampsperra er ofte utsatt for gjennomhulling, spesielt fra skjulte elektriske anlegg. Vi anbefaler derfor at dampsperra trekkes inn i veggens slik som det er gjort på de viste detaljene, men byggeteknisk er det ingenting i veien for at dampsperra kan ligge like bak kledningen.

Skjøtene på dampsperra må klemmes godt, eventuelt varmluftssveises. Ved klemming må man passe på følgende:

- Klem alltid mot fast underlag med lekter eller plater.
- Fugemasse i klemskjøten vil gi ekstra god lufttetting.
- Panelbord gir ikke god nok klemming.
- Klemming med vindusbelistning eller andre pyntelister gir vanligvis for dårlig klem.

Spesielle detaljer



En del detaljer krever ekstra planlegging, for eksempel opplegg av taksperrer på limtrebjelker, se figur, hvor en remse av dampsperra må legges over bjelken og beskyttes med et bord før sperrene monteres.

Gjennomføringer

Gjennomføringer må planlegges og utføres slik at man ikke ødelegger tettheten til sperresjiktene.

Gjennomføringer gjennom ytterkonstruksjon bør reduseres til et minimum og bør være planlagt på forhånd slik at det er mulig å få til god tetting. Noen kritiske detaljer:

- Ventilasjonsskanaler og -anlegg må legges innenfor tette- og isolasjonssjikt, også av energimessige grunner.
- Kanalgjennomføringer i taket må tettes omhyggelig.
- Alle gjennomføringer for el og VVS må være planlagt ved at det er lagt inn trekkerør og stusser
- Loftsluker må være helt tette.
- Innfelt belysning i himling i yttertak må unngås.
- Balkong bør ikke lages med utragende bjelker.
- Skorsteiner av lettklinkerblokker må være pusset eller slemmet på alle fire sider i hele skorsteinens høyde.
- Vindusmyg i lettklinkerblokker må være pusset eller slemmet.
- Rørøpstikk gjennom golv må tettes.

Dokumentasjon av lufttetthet

Det vil være vanskelig å dokumentere tilfredsstillende lufttetthet bare med riktig prosjekterte detaljer og visuell kontroll av utførelsen. Reell tetthet kan bare dokumenteres nøyaktig med støtte i lufttetthetsmålinger, se Byggforvaltning 720.035 om måling av bygningers lufttetthet.

Målinger underveis i byggeperioden kan være til god hjelp for å avdekke svakheter tidlig, men senere arbeider eller gjennomføringer kan redusere tettheten.

Omfordeling

Dersom man bygger tettere enn forskriftskravet, kan man omfordele mot andre energiltak. Man bør imidlertid ikke utnytte dette i prosjekteringsfasen siden den endelige lufttettingen er så usikker. Sannsynlig lufttetthet kan da vanligvis bare dokumenteres basert på måling i en forutgående produksjonsserie, hvis noe slikt foreligger.

Imidlertid kan man benytte dokumentert lufttetting til omfordeling i tilfeller hvor man ønsker å etterprøve om et ferdig bygd småhus reelt tilfredsstiller forskriftens energikrav. Økt tetthet vil sannsynligvis også kunne gi et positivt bidrag i en eventuell energimerking av bygningen.

Vedlegg 2:

Flere detaljer og kuldebroer

Dokumentasjon av kuldebroer

Samlet varmetap fra kuldebroer må beregnes ved å finne lengden av hver enkelt kuldebro og multiplisere med tilhørende kuldebroverdi. Deretter summerer man varmetapet fra alle kuldebroene og fordeler dette på oppvarmet bruksareal (BRA). Dette tallet kalles normalisert kuldebroverdi og betegnes med Ψ . Tabellen nedenfor viser et oppsett over aktuelle kuldebroer i eksemplet med småhus i to etasjer.

Se også Bygghetninger 471.015–471.017 for beregning og flere kuldebroverdier.

Merk at hvis man ikke dokumenterer kuldebroene må man sette normalisert kuldebroverdi til $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Omfordeling

Forskriften gir anledning til å bruke kuldebroer i en omfordelingsberegning. Det er ikke gitt minstekrav (maksimumsverdi) til størrelsen på de enkelte kuldebroene, men av hensyn til faren for trekk og kondens bør kuldebroverdiene være så lave som mulig.

Hvis man reduserer kuldebrotapet i forhold til kravet, kan differansen mellom virkelig og tillatt kuldebrotap omfordes til andre bygningsdeler eller energitiltak. Siden normalisert kuldebroverdi beregnes i forhold til oppvarmet bruksareal (BRA), kan differansen legges til aktuell bygningsdel hvis man korrigerer for forholdet mellom bruksarealet og arealet til bygningsdelen. Tillegget på aktuell bygningsdel beregnes etter formelen (symbolet Ψ betegner normalisert kuldebroverdi):

$$\Delta U \leq (\Psi''_{\text{forskrift}} - \Psi''_{\text{reell}}) \cdot \frac{A_{\text{golv(BRA)}}}{A_{\text{bygningssdel}}}$$

Eksempel på omfordeling

Eneboligen i eksemplet har yttervegsareal på $154,4 \text{ m}^2$ og golvareal (BRA) på 160 m^2 . Utregning i tabellen nedenfor viser normalisert kuldebroverdi på $0,018 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ som er godt innenfor kravet på $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Differansen kan brukes til omfordeling med for eksempel ytterveggene:

$$\Delta U = (0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) - 0,018 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})) \cdot \frac{160 \text{ m}^2}{154,4 \text{ m}^2} = 0,012 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Ytterveggenes U-verdi kan dermed være:

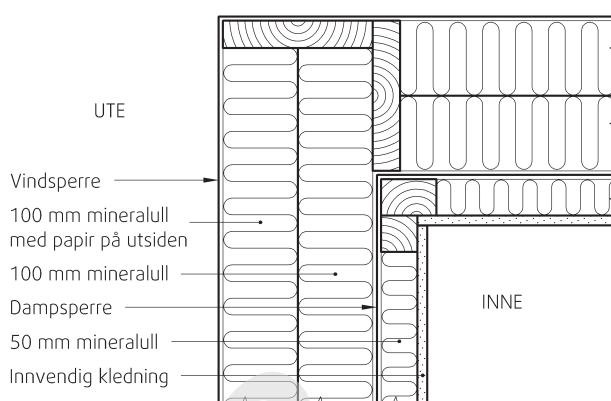
$$U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) + 0,012 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Eksempel på beregning av varmetap fra kuldebroer, se eksemplet med småhus i to etasjer med kald loft

Overgangsdetalj	Lengde m	Antall	Total lengde m	Kuldebroverdi $\text{W}/(\text{mK})$	Kuldebrotap W/K
Tak/langvegg	10	2	20	0,02	0,40
Tak/gavlvegg	8	2	16	0,02	0,32
Etasjeskiller/langvegg	10	2	20	0,01	0,20
Etasjeskiller/gavlvegg	8	2	16	0,01	0,16
Vindu/vegg	4,8	15	72	0,01	0,72
Dør/vegg	6	2	12	0,01	0,12
Vegg / golv på grunnen	36	1	36	0,01*)	0,36
Vegghjørner	5	4	20	0,03	0,60
Samlet kuldebrotap					2,88
Kuldebrotap per m^2 BRA = normalisert kuldebroverdi					0,018 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

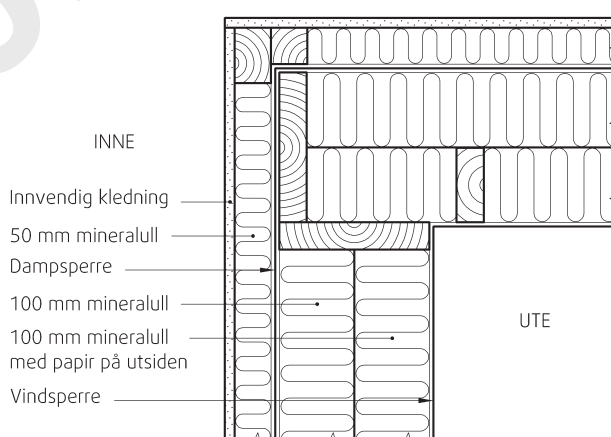
*) Spesielt lav kuldebroverdi som krever dokumentasjon, for eksempel SINTEF Bygghetning Teknisk Godkjenning

Utvendig hjørne

Kuldebroverdier, Ψ

Type	Ψ $\text{W}/(\text{mK})$
Uten utforing, 198 mm	0,03
Med utforing, 248 mm	0,03

Innvendig hjørne

Kuldebroverdier, Ψ

Type	Ψ $\text{W}/(\text{mK})$
Uten utforing, 198 mm	-0,06
Med utforing, 248 mm	-0,06

Installasjoner

Ventilasjonssystem

I energitiltakene for ventilasjonsanlegg er det tenkt benyttet balansert mekanisk ventilasjon med varme-gjenvinning. Det er mulig å omfordele energitiltak slik at man kan benytte mekanisk avtrekksventilasjon, naturlig ventilasjon eller balansert ventilasjon med dårligere ytelse enn ovenfor, men det vil som regel være enklere å klare en slik omfordeling ved å beregne samlet netto energibehov.

Leverandør av ventilasjonsanlegget må dokumentere varmevekslerens eller aggregatets årsmidlere temperaturvirkningsgrad og SFP-verdi for ventilasjonsanlegget. I tillegg må det dokumenteres at anlegget oppfyller krav til nødvendig luftskifte (minst 0,5 luftskifte/time, jf. veiledningen til TEK § 8-34). Dokumentasjon må oppgis for normalt driftspunkt (kombinasjon av luftmengde og trykkfall) som skal anvendes for den aktuelle bygningen. Se NS 3031 for fastsettelse av årsmidlere SFP og virkningsgrad.

Årsmidlere temperaturvirkningsgrad

Roterende varmegjenvinner, kammervarmegjenvinner samt platevarmegjenvinner kan tilfredsstille krav til 70 % årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmeveksler. Se også Byggdetaljer 552.340 om varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg.

Spesifikk vifteeffekt

SFP er forholdet mellom den elektriske effekten som er nødvendig for å drive viftene og den luftmengden som forflyttes ved hjelp av disse viftene.

Riktig komponentbruk og god anleggsutforming av ventilasjonsanlegget med hensyn til planløsning gir lav SFP-verdi. Derfor er det viktig å ta hensyn til ventilasjonsanlegget tidlig i planleggingsfasen for huset og at planløsningen velges med tanke på mulighetene for føringsveier, kanalverrsnitt og atkomst for renhold og vedlikehold. Våtrom og kjøkken bør samles mot en «teknisk kjerne» i midten av boligen slik at alle installasjoner, inkludert ventilasjonskanaler, kan legges samlet i en sjakt og gi korte føringsveier.

Maksimumskrav til SFP i boliger er 2,5 kW/(m³s) ved normal ventilasjon. Ved planlegging av ventilasjonsanlegg har man sjelden full kontroll over alle parametrene som påvirker SFP-verdien: komponentvalg, praktisk utførelse, innregulering osv. For å ta høyde for dette anbefaler vi at prosjekteringsmålet for SFP settes lik 2,1 kW/(m³s). Følgende momenter bør legges til grunn ved prosjektering og utførelse:

- Dimensjoner kanalnettet for lav hastighet.
- Utform kanalnett for lavt trykkfall, det vil si planlegg med kortest mulige føringsveier og reduser antall bend, T-stykker, overganger osv. til et minimum.
- Plasser aggregatet slik at kanalene blir så korte som mulig, helst i nærheten av sjakten for tekniske installasjoner.
- Bruk spirokanaler, ikke fleksikanaler.
- Velg vifter og motorer med høy virkningsgrad.

- Velg varmeveksler med lavt trykkfall (lufthastighet gjennom varmeveksler bør maksimalt være 2,5 m/s).
- Utform vifteutløp slik at systemtap unngås.
- Unngå filter med høyt trykkfall.

Ventilasjonsanlegget må innreguleres før det tas i bruk. Innregulering betyr at spjeld og ventilstillinger justeres til prosjekterte luftmengder. Deretter låses innstillingene. Kontrollmåling av SFP bør foretas etter innreguleringen og kan gjøres av den som foretar innregulering. Ventilasjonsanlegget bør leveres med innreguleringsprotokoll som også omfatter målte SFP-verdier ved normal drift. For ytterligere informasjon om balansert ventilasjon i småhus henvises det til:

- Byggdetaljer 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov
- Byggdetaljer 552.303 Balansert ventilasjon i småhus
- NBI Rapport 113 Boligventilasjon

Plassering av ventilasjonsanlegg

Hele ventilasjonsanlegget, kanaler, aggregat og varmegjenvinner, bør i sin helhet plasseres på varm side av varmeisolasjonssjiktet. Da kan kanalene og anlegget være uisolert, det blir ingen fare for kondens i kanalene og energien som driver anlegget kommer til nytte som varme så lenge huset har oppvarmingsbehov. En unngår også at tilluften blir nedkjølt igjen etter varmegjenvinneren og det vil normalt være unødvendig med varmebatteri for ettervarming av tilluften.

Termisk komfort uten bruk av lokal kjøling

Dokumentasjon av energitiltak krever at termisk komfort skal oppfylles uten bruk av lokal kjøling. For småhus betyr det at man ikke bruker lokal eller sentral kjøling. Aktuelle tiltak mot overoppvarming kan være å:

- montere utvendig solskjerming. Automatikk virker lite hensiktsmessig i småhus.
- redusere vindusarealet mot solbelastede fasader
- bygge utspring over store sydvendte glassflater
- benytte solbeskyttelses- og energispareglass
- benytte naturlig skjerming (vegetasjon, terreng)
- bygge huset med mulighet for gjennomlufting
- unngå utvendige flater med høy absorpsjonsfaktor
- bygge huset med tunge materialer
- utforme ventilasjonsanlegget slik at temperaturstigning av utetemperatur gjennom ventilasjonsanlegget blir minimal (under 2 °C)

Temperaturstyring

Det er stilt krav til temperatursenking for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt, dag og helgedrift. I småhus bør det skilles mellom dag og natt og perioder med tilstedeværelse og fravær. I fyringssesongen senkes innetemperaturen fra 21 til 19 °C om natta og i løpet av dagen når ingen er til stede.

Det er ikke krav til automatisk styring av oppvarming og/eller ventilasjon, men i mange tilfeller vil løsningen være hensiktsmessig. Behovsstyring av ventilasjonsluftmengde gir uttelling ved beregning av samlet netto energibehov og kan i prinsippet også brukes til omfordeling av varmetapspostene.

Planlegging for god fuktsikkerhet

Gir mer isolasjon økt fare for fuktskader?

Økt isolasjonstykkelse i vegger og tak vil kunne medføre en viss økning i fuktnivå i ytre del av konstruksjonene og dermed en økt risiko for muggvekst. Det skyldes hovedsakelig følgende mekanismer:

- Tykkere vegger/tak gir mer treverk og mer byggfukt som skal tørke ut.
- Ytre del av vegg/tak blir kaldere og relativ luftfuktighet (RF) øker dermed noe. For luftede bindingsverksvegger/tak har dette liten betydning.
- Tykkere isolasjon kan gi mer intern luftsirkulasjon og risiko for større grad av intern fuktomfordeling i vegg, det vil si øvre og ytre del av bindingsverksveggen blir fuktigere. Dersom man benytter isolasjon med pålimt papir, vil man hindre konveksjon i isolasjons-sjiktet, se figurer for tak og vegg.
- Det kan imidlertid generelt sies at den økte risikoen for muggvekst er relativt liten, og at den kan håndteres med enkle tiltak i prosjekterings- og byggefasen. Økt mengde byggfukt som skal tørke ut har trolig størst betydning av mekanismene nevnt ovenfor. Det kan nevnes at for luftede tak har man lenge operert med isolasjonstykkelser på 250–300 mm uten å ha registrert fuktproblemer knyttet til isolasjonstykkelsen.

Nye krav til lufttetthet for småhus vil kunne redusere risikoen for luftlekkasjer fra inne- til uteluft. Krav om varmegjenvinning fra ventilasjonsluften vil gi sikrere ventilasjon (større sannsynlighet for å oppfylle krav til luftskifte på 0,5 luftskifte/time), slik at man vil kunne holde inneluftas fuktinnhold på et lavt nivå. Begge disse faktorene vil kunne redusere risikoen for fuktskader og muggvekst og motvirke eventuelle negative effekter på grunn av økt isolasjonstykkelse.

Men der er verdt å nevne at med tettere småhus er det viktig at ventilasjonen fungerer og blir brukt som forutsatt, blant annet for å hindre at fuktnivået i innelufta blir for høyt.

Luftede bindingsverksvegger / skrå luftede tak

Aktuelle tiltak i prosjekteringen

- Et effektivt tiltak er å velge en vindsperre med ekstra lav dampmotstand. Det vil gi raskere uttørking av byggfukt. Det anbefales at vindsperren har s_d -verdi lavere enn 0,5 m. De fleste vindsperrene har s_d -verdier mellom 0,02 og 0,2 m. Jo lavere s_d -verdi jo raskere går uttørkingen. I denne sammenhengen vil det være en fordel å ha så lav s_d -verdi som mulig.
- Prefabrikasjon kan bidra til lavt fuktinnhold.

Aktuelle tiltak i byggefasen

- Hovedpoenget er å sørge for at byggfuktsnivået i vegger og tak er på et akseptabelt nivå før konstruksjonene lukkes. Det kan gjøres ved å sørge for at materialer og halvferdige konstruksjoner blir beskyttet mot nedbør eller oppfukting, samt ved god uttørking før montering av isolasjon og dampspærre. Disse rådene gjelder generelt, men blir viktigere når vegg- og taktykkelsen øker. Se også Byggedetaljer 474.533 om byggfukt.

- Uttørking kan eksempelvis skje ved at bindingsverket får tørke noen uker mot inneluft før varmeisolasjon monteres. RF under 50–60 % gir god tørking, og det er derfor en fordel om man måler/kontrollerer RF. I vinterhalvåret gir oppvarming med ventilasjon god effekt. Det er viktig å sikre god ventilasjon/luftgjennomstrømming, for eksempel med en lufteåpning i første etasje og en i øverste etasje. I sommerhalvåret kan det være vanskelig å oppnå lav nok RF med kun oppvarming/ventilasjon, og det kan derfor vurderes å benytte avfuktingsaggregater kombinert med oppvarming.
- Når varmeisolasjonen monteres må dampspærren monteres umiddelbart for å hindre kondens mot vindsperren (gjelder spesielt den kalde årstiden).
- For å fremme fortsatt uttørking av byggfukt etter at isolasjon og dampspærre er montert er det en fordel at temperaturen holdes over et minimumsnivå, for eksempel $> 15^{\circ}\text{C}$, i noen måneder etter montering.

Kjeller-/sokkelyttervegger

SINTEF Byggforsk anbefaler at mest mulig av isolasjonen plasseres på utsiden av kjelleryttervegger mot terreng. Med økte isolasjonstykkelser blir det fuktteknisk enda mer ugunstig å plassere all isolasjon på innsiden av for eksempel en betongvegg, og vi fraråder derfor å benytte en slik løsning. Minst 1/3 av isolasjonen (helst 100 mm eller mer) bør plasseres på utsiden (i hele vegg høyden). Eventuell grunnmursplate av plast bør plasseres på utsiden av isolasjonen for å gi best mulig uttørkingsevne for vegg.

For betongvegger over terreng, for eksempel sokler, er det også blitt fuktteknisk mer ugunstig å kun bruke innvendig isolering på grunn av økte isolasjonstykkelser. Det anbefales derfor også her alternative løsninger, for eksempel helt eller delvis utvendig isolering.

Kalde loft

Med mer isolasjon i taket vil kalde loft få noe lavere temperatur. Gitt at luftlekkasjer fra boligen ellers og ventilasjonen utenfra er de samme, vil dette medføre at lufta på loftet får noe økt RF. Risikoen for overflatekondens og muggvekst øker dermed noe. Denne risikoen reduseres blant annet ved å unngå luftlekkasjene fra de varme rommene opp til loftet. De nye kravene til lufttetthet samt sikrere ventilasjon, som sikrer relativt tørr inneluft, vil virke positivt i så måte, og trolig eliminere dette problemet helt. Dersom det benyttes ikke luftet kaldt loft (kontinuerlig vindsperre fra tak til vegg), sammen med godt utført dampspærre, vil man trolig få mer enn god nok lufttetthet.

Golv på grunnen

For golv på grunnen betyr økt isolasjonstykkelse ingen endring med hensyn til fukt. For tilfarergolv advares det imidlertid mot å plassere all isolasjonen mellom tilfarerne. SINTEF Byggforsk anbefaler at maks 50 mm isolasjon plasseres mellom tilfarerne og at resten plasseres under betongpåstøpen.

Vedlegg 5:

Dokumentasjon ved hjelp av enkle beregningsprogrammer

Det fins brukervennlige beregningsprogrammer som gjør det enkelt å beregne og dokumentere energikravene,

se eksempel for dokumentasjon av energibruk nedenfor hentet fra Byggforsk kunnskapssystemer.

Microsoft Excel - Energiltillat 2007-juni-forskrift-2

SINTEF Byggforsk

Dokumentasjon av varmetap i henhold til Teknisk forskrift av 2007, kap. VIII

Bygning: Småhusbolig Oppvarmet bruksareal (BRA) (m²): 160 Oppvarmet volum (m³): 360 Prosjektbeskrivelse: Småhus i to etasjer og med golv på grunnen

Bygningsdeler	Brutto areal m²	Netto areal m²	U-verdi W/(m²K)	Varmetap W/K	U-verdikrav W/(m²K)	Varmetapsramme (W/K)
Yttervegger				26,64	0,18	26,64
Vegg i underetasje (1)						250 mm bindingsverk
Vegg i underetasje (2)						250 mm bindingsverk
Vegg i 1. etasje (1)	90	74,00	0,18	13,32		
Vegg i 1. etasje (2)						
Vegg i 2. etasje (1)	90	74,00	0,18	13,32		
Vegg i 2. etasje (2)						
Vegg mot ventilert loft						
Vegg mot uoppvarmet rom						
Vinduer og dører	32	20 %		38,40	1,20	38,40
Vinduer i underetasje (1)						Tolags ruter i isolert karm/ramme
Vinduer i underetasje (2)						Tolags ruter i isolert karm/ramme
Vinduer i 1. etasje (1)	12		1,2	14,40		
Vinduer i 1. etasje (2)						
Vinduer i 2. etasje (1)	16		1,2	19,20		
Vinduer i 2. etasje (2)						
Vinduer i skråtak						
Dør i underetasje (1)						
Dør i underetasje (2)						
Dør i 1. etasje (1)	4		1,2	4,80		
Dør i 1. etasje (2)						
Dør i 2. etasje (1)						
Dør i 2. etasje (2)						
Dør mot uoppvarmet rom						
Tak				10,40	0,13	10,40
Skråtak mot det fri	80	80	0,13	10,40		
Himling mot kaldt loft						
Gulv				12,00	0,15	12,00
Gulv mot grunnen 1	80		0,15	12,00		
Gulv mot grunnen 2						
Gulv mot uoppvarmet kjeller						
Kuldebroer				4,80	0,03	4,80
Normalisert kuldebroverdi	0,03					
Lufttetthet				20,79	luftv/time	20,79
Lekkasjetall n ₅₀ (luftveksl./time)			2,5		2,50	
Ventilasjon				17,82	%	17,82
Virkningsgrad varmegi. (%)	70		0,5		70,00	
Bygningens varmetransportkoeffisient, H (W/K)				130,85		130,85
Bygningens varmetapstall, H' (W/(m²K))				0,82		0,82
Bygningens varmetap er tilfredsstillende						
Dato:	Sign.:			SINTEF Byggforsk 03.06.2007		

Varmetapsrammer/

Utgått 2011-8

Utgått 2011-8