

Dagslys i rehabiliterte boliger



SINTEF Notat

Matthias Høase, Nicola Lolli og Michael Gruner

Dagslys i rehabiliterte boliger

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 25

Matthias Haase, Nicola Lolli og Michael Gruner

Dagslys i rehabiliterte boliger

Emneord: Dagslys, energibruk, rehab

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1572-1 (pdf)

Foto, omslag: SINTEF Byggforsk, Nicola Lolli

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2017

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarfremstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf: 73 59 30 00

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Forord

Målsetningen med prosjektet er å finne svar på hvordan rehabilitering påvirker dagslysnivået og hvordan dagslysforhold påvirker energibehovet.

Kompetansetilskudd fra Husbanken er brukt til å evaluere dagslysforhold i tre case-bygninger, optimalisering av fem typiske boligtyper (klassifisert etter byggeår, arkitektonisk løsning og beliggenhet), samt kunnskapsformidling gjennom utarbeidelsen av en veileder om dagslys og rehabilitering.

Trondheim, 30.11.2017



Judith Thomsen
Forskningsleder
SINTEF Byggforsk



Matthias Haase
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Sammendrag

Målsetningen med prosjektet er å finne svar på hvordan rehabilitering påvirker dagslysnivået og hvordan dagslysforhold påvirker energibehovet.

Kompetansetilskuddet skal gå til å evaluere dagslysforhold i tre case-bygninger, optimalisering av fem typiske boligtyper (klassifisert etter byggeår, arkitektonisk løsning og beliggenhet), samt kunnskapsformidling gjennom utarbeidelsen av en veileder om dagslys og rehabilitering.

- Task 1: evaluering av dagslysforhold i tre case-bygninger
 - feltmålinger i prosjekter før / etter rehabilitering (mulig merverdi: målinger med og uten møbler)
 - dagslyssimuleringer før / etter rehabilitering: statisk (for et tidspunkt), dynamisk (årlig)
- Task 2: optimalisering av fem typiske boligtyper (klassifisert etter byggeår, arkitektonisk løsning, beliggenhet)
 - vurdering av tiltak: større vinduer, bedre lystransmisjon, høyere innvendig refleksjon (male vegg og eller himling lys, skifte gulv), vedlikehold
-> dagslyssimuleringer før / etter tiltak: statisk (for et tidspunkt), dynamisk (årlig)
 - forslag til nye konsepter (dagslyssystemer) se IEA Task 21 "Daylight in buildings – a sourcebook".
- Task 3: kunnskapsformidling
 - VEILEDER "dagslys & rehabilitering".

Innhold

| | |
|---|-----------|
| FORORD | 3 |
| SAMMENDRAG | 4 |
| INTRODUKSJON | 7 |
| FORMÅL | 7 |
| BAKGRUNN | 9 |
| HILKE ELEMENTER PÅVIRKER DAGSLYSNIVÅET? | 10 |
| REFERANSER | 29 |
| Vedlegg..... | 30 |



Introduksjon

Målsetningen med prosjektet er å finne svar på hvordan rehabilitering påvirker dagslysnivået og hvordan dårligere dagslysf forhold påvirker energibehovet.

Formål

Målsetningen med prosjektet er å finne ut *hvordan rehabilitering påvirker dagslysnivået*.

Omfanget av dette arbeidet, som fokuserer på rehabilitering av boliger, er å evaluere konsekvensene av hva installasjon av godt isolerte vinduer har på strømforbruket til belysning og energibruk for romoppvarming i eksisterende boliger.

Følgende spørsmål ble viktig å finne svar på:

1. Hvilket nivå oppnås i praksis før og etter rehabilitering?
 - a. Oppfyllelse av dagens dagslyskrav
 - b. Oppnåelse av dagslysnivå (belysningsstyrke, visuell komfort).
2. Kan 10%-regelen fortsatt brukes etter rehabilitering?
3. Hvilke tiltak bør gjøres / unngås?
 - a. Valg av vindusruter, vindusutforming, farger og materialvalg for innvendige og utvendige overflater, størrelse av balkonger, e.l.
4. Kan dagslyssystemer / solskjerming hjelpe?

Som et resultat av dette har vi valgt å lage en veileder for byggherre, med planer og utførelse som skal vise tiltak og anbefalinger for å oppnå dagens krav på dagslys. Samtidig skal veilederen vise muligheter for forbedring av den eksisterende dagslyskvaliteten.



julian-gentilezza-351164@unsplash.com

Bakgrunn

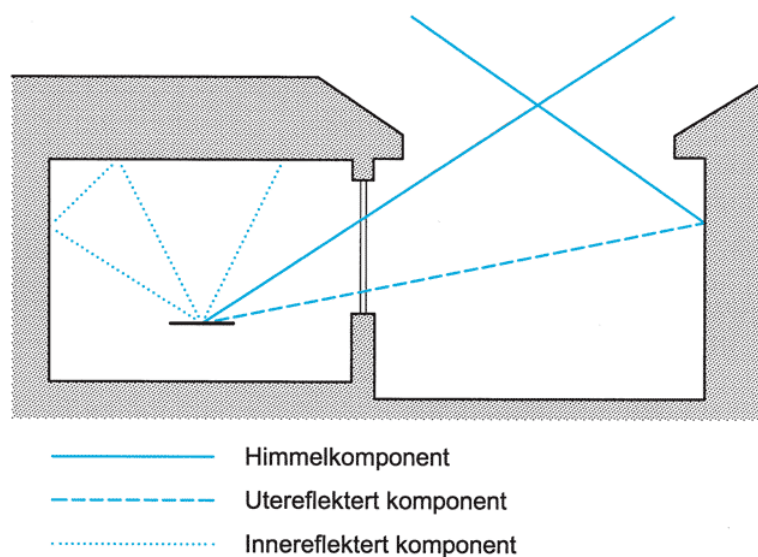
Dagslys og solstråling har en kjent innflytelse på menneskers helse, stemningen og oppførselen ved å regulere *sirkadianrytmen*, og syntetisere vitamin D. Forstyrrelser av dag- / natt-sykluser er forbundet med høyere forekomster av *kardiovaskulære* sykdommer, psykologiske problemer, depresjon og reduksjon i kognitive funksjoner [27-32]. I et slikt perspektiv er vinduene bygningens mest komplekse fysiske grensesnitt, da de er pålagt å tillate tilfredsstillende innslipp av dagslys og begrense varmetap innendørs. I rehabilitering av boliger blir ofte vegger tykkere pga. av mer isolasjon. Forholdet mellom termisk isolasjon, lystransmisjon og varmetransmisjon kan beskrives med en asymptotisk kurve. Som en følge av dette, ved å øke termisk isolasjon av glass, reduseres den synlige transmittansen, noe som har en negativ innvirkning på tilgjengeligheten av dagslys i nordlige klimastrøk og strømforbruket til belysningen [28-32]. I tillegg blir vinduer ofte skiftet til trelagsglass vinduer med tykkere vinduskarm. Man kan si at i dagens situasjon kan rehabilitering føre til verre dagslysforhold:

- vegger blir tykkere pga. mer isolasjon
- nye vinduskarmer er større enn gamle -> mindre glassareal
- lystransmisjonen av glasset blir verre ved å bytte 2-lags til 3-lags rute
- ved varevinduer som rehabiliteres fra 1 + 1 glassrute til 1 + 2 eller t.o.m. 1 + 3 glassruter
- det finnes løsninger med ett lag glass i tillegg (innglassede balkonger)
- større balkonger, avskjerming fra himmel
- solskjermingssystemer for solutsatte fasader
- fortetting av bebyggelse.



Hvilke elementer påvirker dagslysnivået?

Følgende elementer påvirker dagslysnivået:



Figur 1: Dagslysfaktorens komponenter (Byggforskserien 421.626)

Dagslysfaktoren, DF, er definert som forholdet mellom horisontal belyningsstyrke innendørs og horisontal belyningsstyrke utendørs. For dagslysfaktoren beregnes belyningsstyrken innendørs på en horisontal arbeidsplan som ligger 0,8 m over golvet.

Dagslysfaktoren består av tre elementer, se fig. 13 (vignett):

- Diffus stråling fra himmelen er lyset som kommer direkte fra uskjermet himmel.
- Utereflektert komponent er reflektert lys fra omgivelsene, for eksempel bygninger, vegetasjon og innsiden av en lysgrav.
- Innereflektert komponent er reflektert lys fra tak, vegger og golv.

Diffus stråling fra himmelen og utereflektert komponent skal korrigeres for transmisjonstap i glasset. Krav basert på dagslysfaktor kan angis som dagslysfaktor i et punkt, som (aritmetisk) gjennomsnitt over beregnet dagslysfaktor i jevnt fordelte målepunkter i rommet eller som median over målepunktene i rommet. Vanligvis bruker man gjennomsnitt i rommet.

Feltmålingen utendørs gjøres i overskyet vær og med uavskjermet horisont.

I følge TEK skal rom for varig opphold ha vinduer, utsyn og tilfredsstillende tilgang på dagslys.

Bestemmelsen om dagslys har et unntak ("med mindre oppholds- og arbeidssituasjonen tilsier noe annet"), men man kan neppe benytte unntaket for boligrom.

TEK åpner for at enkelte rom kan få tilfredsstillende dagslystilgang og utsyn fra åpninger mot andre rom eller ved overlys.

Veiledningen til TEK presiserer at stue, kjøkken, soverom og arbeidsrom, samt arbeidsrom og spiserom i arbeidslokaler, er rom for varig opphold. Andre rom kan også komme inn under betegnelsen "rom for varig opphold", for eksempel undervisningslokaler og oppholdsrom i barnehager.

Arbeidsmiljøloven krever at arbeidsplassen skal innrettes slik at arbeidsmiljøet blir fullt forsvarlig ut fra hensynet til arbeidstakernes sikkerhet, helse og velferd. Det skal sørges for gode lysforhold, om mulig dagslys og utsyn. Klimaet skal være fullt forsvarlig med hensyn til blant annet luftvolum, ventilasjon, fuktighet, trekk og temperatur.

Byggforskserien (BYGGFORSKSERIEN 421.602) spesifiserer dagslys i hjemmet. Bruk av dagslys må ha som utgangspunkt å støtte opp om de aktivitetene som pågår i bygningen.

Dagslys i stua

Vinduer i en bolig skaper boligens muligheter. Om dagen ønsker vi utsyn og ofte mye dagslys. Om kvelden ønsker vi å skjerme oss og redusere innsyn. Hvis boligen inneholder bare én stue, bør vinduer plasseres slik at det er mulig å møblere for varierende bruk. Vinduer på flere vegger gir et jevnere og bedre dagslysinnslipp og øker fleksibiliteten i møbleringen. Om mulig bør vinduer plasseres slik at man unngår blending pga. lave solhøyder. Hjemmet er mest i bruk morgen og kveld, nettopp på de tidene når lave solhøyder forekommer. Her må ofte vinduene kombineres med solskjerming, helst en type som opprettholder utsyn.

Dagslys i kjøkkenet

Vinduer på kjøkkenet dekker flere funksjoner. Det er viktig å bringe dagslyset fram til arbeidsbenkene, og vinduene bør være plassert slik at man samtidig kan se ut. Utsyn til inngangspartier og lekearealer har stor trygghetsmessig betydning. Det er ønskelig at vinduene er plassert slik at man unngår direkte solinnstråling ved lave solhøyder (morgen/kveld), dvs. slik at ikke utsynet forhindres av blending.

Dagslys i soverommene

I praksis kan alle soverom være barnerom. For barn er soverom lekeareal hvor de tilbringer mye tid. Det er viktig at rommet blir ordentlig opplyst og at hovedlyskilden er dagslys. Om mulig bør man orientere vinduer i soverom slik at man unngår mye direkte sollys inn tidlig om morgenen.

Dagslys i oppholdsrom i kjeller/sokkel

Alle oppholdsrom må minst ha en dagslysfaktor på 1 %. I kjeller/sokkel er ofte vinduene små (selv med godkjente mål som rømningsvei), og dagslystilgangen kan bli kritisk lav.



Dagens krav er beskrevet i TEK10:

- preakseptert ytelse: 10%-regel
- 2 % gjennomsnittlig dagslysfaktor
- 1 % DF i referansepunkt (halvveis i rommet, 1 m fra mørkeste veggen).

Det viser seg at i praksis er 2 % gjennomsnittlig DF vanskelig å oppnå (8 m er tillatt minste avstand mellom bygg og grunnes brann!), derfor brukes vanligvis 10%-regelen selv om den ikke er gjeldende ved avskjerming større enn 20 grader over horisont (se SS 914201, figur 2 som viser økning av vindusarealet ift. avskjerming).

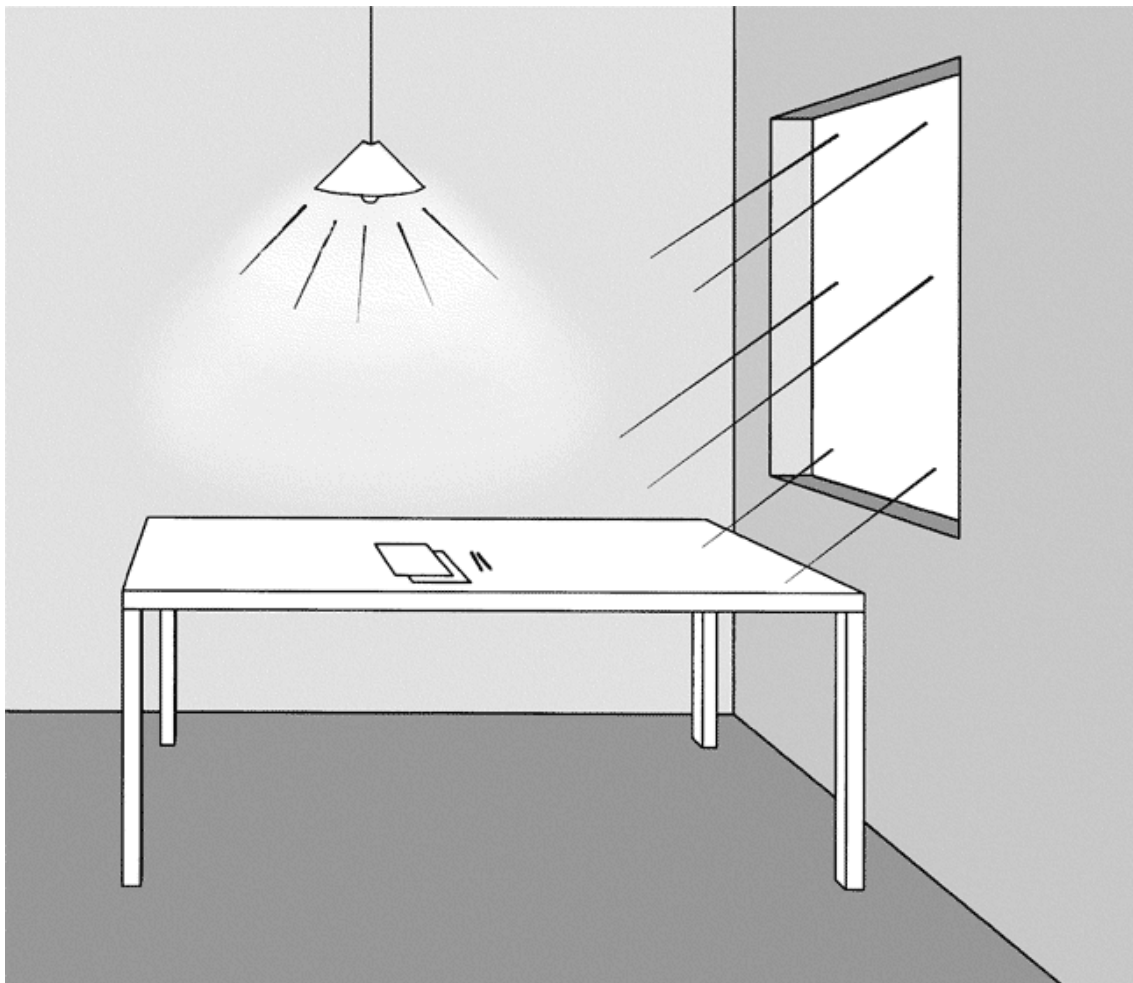
Fremtidens krav / funksjonskrav:

DF sikrer tilgang til dagslys ('worst case scenario' overskyet himmel), men er ikke særlig godt egnet for å vurdere lysnivå og -kvalitet:

- Belysningsstyrke
 - etter BYGGFORSKSERIEN 360.301 "belysning i boligen": stue, soverom på 50 lx, badet, gang på 100 lx, kjøkken på 200 lx.
Obs! dette er en anvisning for el. belysning basert på Lyskultur pre 1999 og må vurderes).
 - Det finnes en del nye dagslysparametere: DA, UDI, osv.
- Visuell komfort
 - farge, kontrast, blending, osv.
- Livsløpsstandard / Universell utforming
 - krav til lysnivået øker med alderen (tre-fire ganger mer), særlig viktig for personer med synshemming.

Tabell 1: Belysningsstyrke for ulike arbeidsoppgaver

| Belysningsstyrke i lux | | | Arbeidsoppgave |
|------------------------|---------|-----------|--|
| Lavt nivå | Normalt | Høyt nivå | |
| 1 | 3 | 5 | Utebelysning |
| 15 | 20 | 30 | Oppbevaringsrom, inngangsparti, arbeidsplasser ute |
| 30 | 50 | 75 | Oppholdsrom uten spesiell virksomhet, allmennbelysning |
| 50 | 75 | 100 | Områder for korte, tilfeldige besøk og rekreasjon |
| 75 | 100 | 150 | Trafikksoner m.v. i bygninger |
| 100 | 150 | 200 | Områder som bare i kortvarige perioder benyttes til arbeidsformål (lagerlokaler, vestibyler) |
| 150 | 200 | 300 | Allmennbelysning og arealer for grovarbeid |
| 200 | 300 | 500 | Områder eller arbeidsfelt med enkle synsoppgaver (grovere verkstedsarbeid, auditorier) |
| 300 | 500 | 750 | Områder eller arbeidsfelt med normale krav til synsbetingelsene (vanlig verkstedsarbeid, kontorarbeid, enklere kontrollarbeid) |
| 500 | 750 | 1000 | Arbeidsfelt med betydelige krav til synsbetingelsene (søm, inspeksjon, testing, krevende kontrollarbeid, tegnekontor) |
| 750 | 1000 | 1500 | Arbeidsfelt med vanskelige synsoppgaver (finere verkstedsarbeid, montasjearbeid) |
| 1000 | 1500 | 2000 | Arbeidsfelt med spesielle krav til synsbetingelsene (gravering, inspeksjon av svært fine arbeider) |
| | 2000 | | Arbeidsfelt for svært nøyaktige synsoppgaver (montasje av elektronikk komponenter, urmakerarbeid, kirurgiske operasjoner) |



Figur 2: Dagslysinfall på arbeidshøyde (bord) (BYGGFORSKSERIEN 421.625)

Utnyttelsen av dagslys er avhengig av en rekke av dynamiske parameter som går videre enn bare å bestemme gjennomsnittlige dagslys faktorer. Beregninger med ulike state-of-the-art programvarer ble valgt satt sammen i simuleringer som som gir relevant, pålitelig og raske resultater. Med dette målet i tankene ble en rekke innovasjoner og optimaliseringer av algoritmer som forklart nedenfor utviklet.

Dagslys autonomi

I motsetning til dagslysfaktoren som bruker en standardisert konstant overskyet himmel med diffust lys ("CIE standard overcast sky"), bygger Useful Daylight Illuminance på årlige absolutte luminansverdier som er beregnet/forutsett for hver time ut i fra stedavhengige meteorologiske datasett. Således kan man simulere belyningsstyrker for aktuelle rom geometrierer (Nabil & Mardaljevic2005). På den måten kan man bruke UDI for å analysere dynamiske dagslysforhold som kan ivareta det dynamiske aspektet av dagslysforhold. I følge Nabil og Mardaljevic er den beste måten å analysere dataene på å ta med alle beregningene med en times intervall for et helt år. Bare med dette vil vi kunne få med både lengre og kortere variasjoner i sol- og himmelforholdene. Videre kan man begrense beregningene til kun å ta for seg et visst antall timer per dag, som for eksempel en ukedag eller en arbeidsdag (Nabil & Mardaljevic 2005).

Noen forutsetninger er gjort for å simulere de ulike belyningsbehovene. Et belyningsnivå på 100 lux antas å være nok for bakgrunnsbelysning i rom når det ikke kreves spesifikke visuelle oppgaver. Et belyningsnivå på 300 lux antas å være bra når visuelle oppgaver på bakgrunnsbelyste skjermer er gjort. Et belyningsnivå på 500 lux antas å være bra når aktiviteter som lesing, skriving og matlaging gjøres. Kombinasjoner av belyningsnivåer og belyningsplaner gir scenariene som er vist i tabell 1 for hvilken dagslysautonomi (DA) som beregnes. DA er prosentandelen av de opptatte timene i året når et minimum belyningsnivå er oppfylt ved sollys som er gitt;

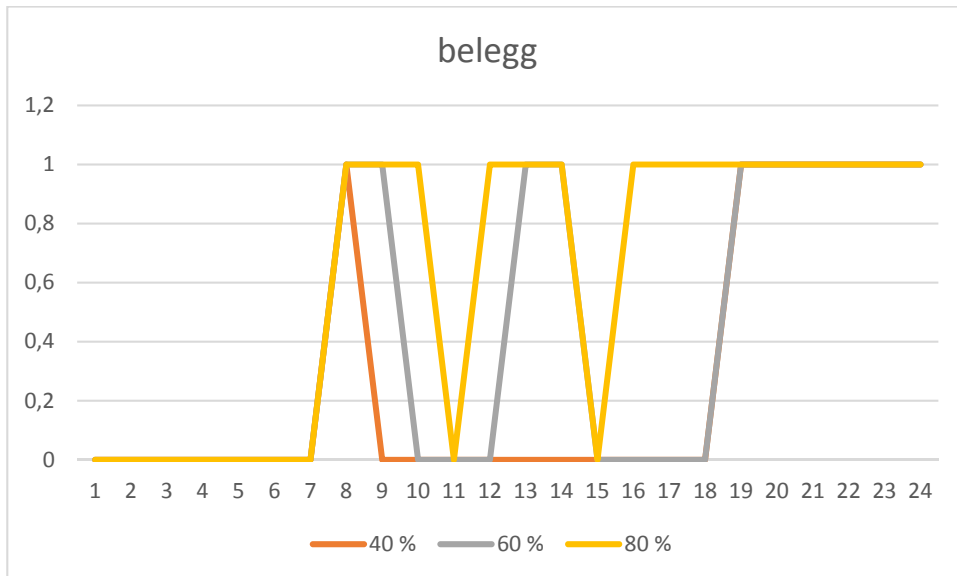
$$DA = \frac{\sum_i(wf_i \cdot t_i)}{\sum_i t_i} \in [0,1] \quad \text{med} \quad wf_i = \begin{cases} 1 & \text{if } E_{daylight} \geq E_{limit} \\ 0 & \text{if } E_{daylight} < E_{limit} \end{cases} \quad (1)$$

Hvor t_i er okkupert tid; wf_i er en vektningsfaktor avhengig av $E_{daylight}$ og E_{limit} , som er den horisontale lysstyrken på måleplanet gitt av dagslys, og grenseverdien for lysstyrke henholdsvis [15]. DA-beregningen utføres med Daysim. [16] Elektrisitetsbruk for belysning beregnes i henhold til tre scenarier av typer armaturer: kompakt fluorescerende, LED og en kombinasjon av de to ovenfor. Lysarmaturers energieffektivitet er hentet fra forskjellige produsenter av lyspærer og er 58,2 lm / W for kompaktlysrør, 73,3 lm / W for LED og 65,7 lm / W for kombinasjonen av de to ovenfor. Den nødvendige installerte effekten for belysning for å oppfylle lysstyrkenivåene som brukes i dagslysberegningene (100 lux, 300 lux og 500 lux), beregnes under antagelse av en gjennomsnittlig avstand mellom armaturene og arbeidsoverflaten på 0,58 m. Variasjonen i strømforbruket til belysning gitt ved bytte av vinduene beregnes i kWh / år for alle scenarier og tre typer lys armaturer som:

$$Var. \text{el. light.} = \text{el. light.}_{existingwindows} - \text{el. light.}_{newwindows} \quad (2)$$

Beregningen av energibruk for romoppvarming gjøres for ulike caser før og etter bytte av vinduene.

$$En. \text{sav. heat.} = \text{en. heat.}_{existingwindows} - \text{en. heat.}_{newwindows} \quad (3)$$



Figur 3: Belegg for ulike scenariene

Beleggsplanene og typer oppgaver utført av beboerne er modellert ved å foreslå tre belyningsforhold og tre typer oppgaver. Ved beleggstiden for dagslyssimuleringene foreslås det at boligen er bebodd mellom 7:30 og 11:30.00, noe som regnes som det tidspunktet på dagen for de fleste aktivitetene som krever kunstig belysning. Tre beleggsplaner er satt til 40%, 60% og 80% av beleggstiden beskrevet ovenfor, og de reflekterer de mulige livsstilene til forskjellige brukere. Et 40% belegg passer til livsstilen for en typisk heltidsarbeider som er hjemme fra den sentrale delen av dagen. En 80% belegg passer til livsstilen for en person som er hjemme mesteparten av tiden med små mellomrom om morgenen og om ettermiddagen. Planen for 60% belegget er et gjennomsnitt av de to ovenfor. Beleggsplanene er vist i figur 3. De tre typer oppgavene, som er mulig ved 100 lux, 300 lux og 500 lux, gjenspeiler mulige aktiviteter for hvilke spesifikke belyningsnivåer som kreves [14]. For å kunne definere belyningsbehovet for oppgaver i boligbygg, er det gjort noen forutsetninger for å simulere de ulike belyningsbehovene:

- Et belyningsnivå på 100 lux antas som nok for bakgrunnsbelysning i rom når det ikke kreves spesifikke visuelle oppgaver.
- Et belyningsnivå på 300 lux antas som nok når visuelle oppgaver på bakgrunnsbelyste skjermer er gjort.
- Et belyningsnivå på 500 lux antas som nok når aktiviteter som lesing, skriving og matlaging gjøres.
- Kombinasjoner av belyningsnivåer og belyningsplaner gir scenariene som er vist i tabell 3, for hvilke dagslysautonomier (DA) ble beregnet.

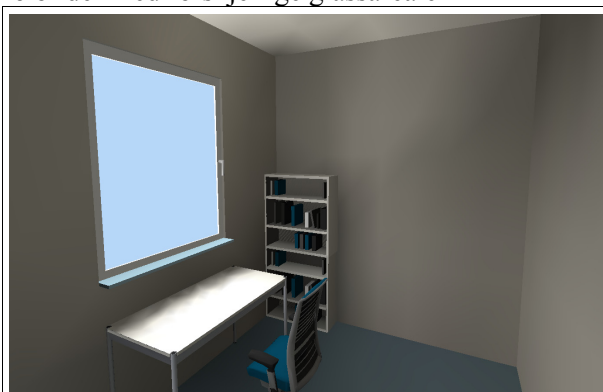


Hvilket nivå oppnås i praksis før og etter rehabilitering?

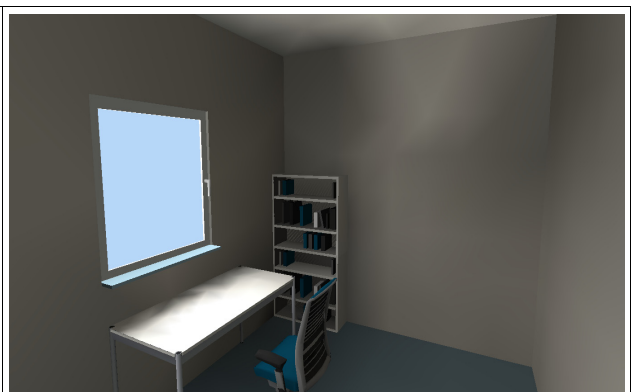
Krav: Følgende begrensninger gjelder for metoden:

1. Bare glassareal mer enn 0,8 m over golv skal tas med i beregningene. Glassareal lavere enn 0,8 m over golv kan gi verdifull romfølelse og utsyn, men gir et ubetydelig tilskudd til dagslysnivået i rommet.

To bilder med forskjellige glassarealer



Glassareal 1,5 x 1,5 m²

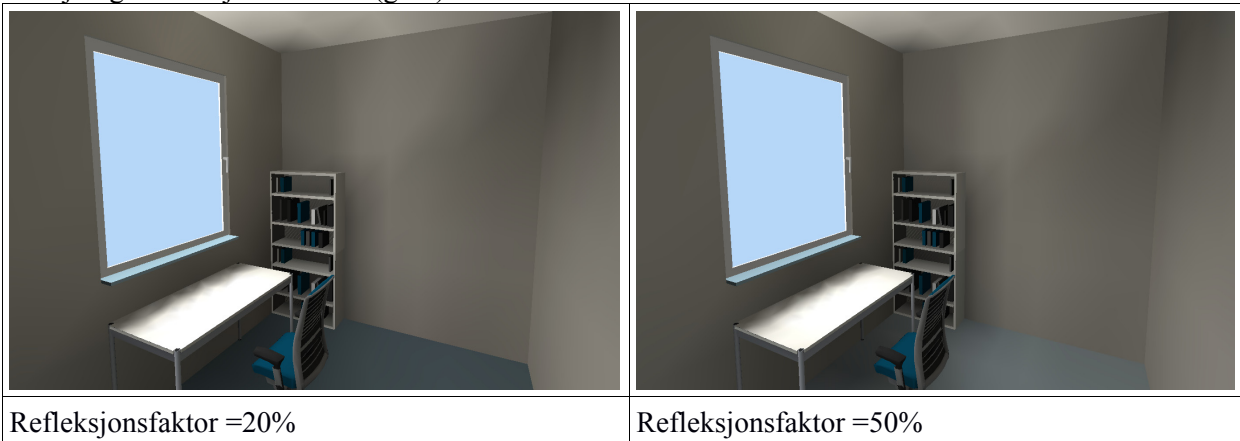


Glassareal 1,1 x 1,1 m²

2. Verdiene baserer seg på bruk av vanlige vinduer (tolags energiglass) med en lystransmisjonsfaktor på 80 %. Har glasset en annen lystransmisjon, må man korrigere for dette. Gjennomsnittlig dagslysfaktor er proporsjonal med lystransmisjonen.

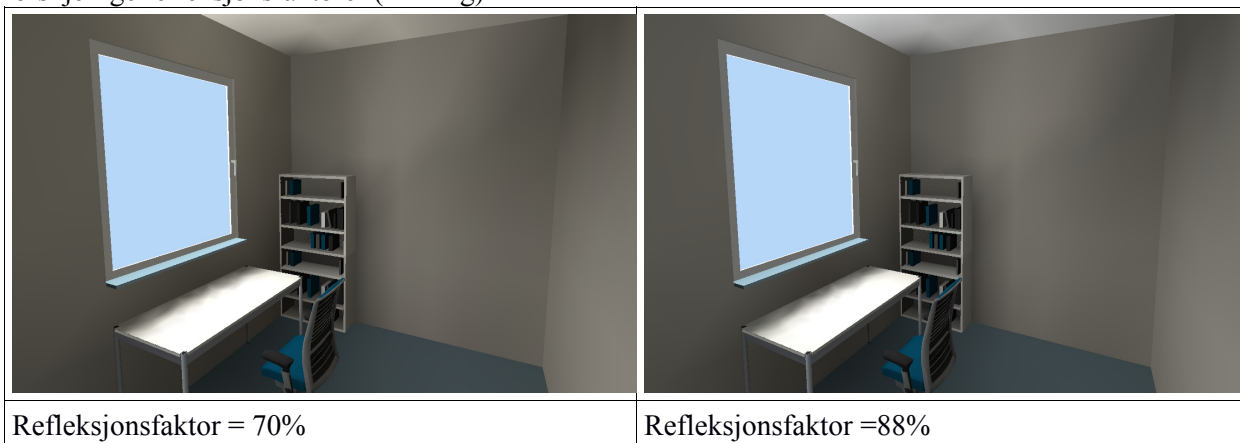
3. Verdiene baserer seg på lyse rom, med refleksjonsfaktorer tilnærmet 0,7 for himling (70 % av lyset som faller på himlingen blir reflektert tilbake til rommet), 0,5 for vegger og 0,2 for golv. Disse verdiene benyttes som standardverdier i de fleste regneprogram (ref.).
4. Refleksjonsfaktorene har derfor en vesentlig innflytelse på dagslysfaktoren. Endrer vi takrefleksjonsfaktoren til 0,5 og veggrefleksjonsfaktoren til 0,3, vil gjennomsnittlig dagslysfaktor uten skyggekorreksjoner reduseres med 10–15 % avhengig av vinduenes plassering.
5. Ved mørke rom bør man ta høyde for noe tap i gjennomsnittlig dagslysfaktor i forhold til hva kurvene viser. Ønsker man å analysere hvor mye dagslysfaktoren blir påvirket, bør man benytte et egnet dataprogram. Se pkt. 3.

Forskjellige refleksjonsfaktorer (golv)



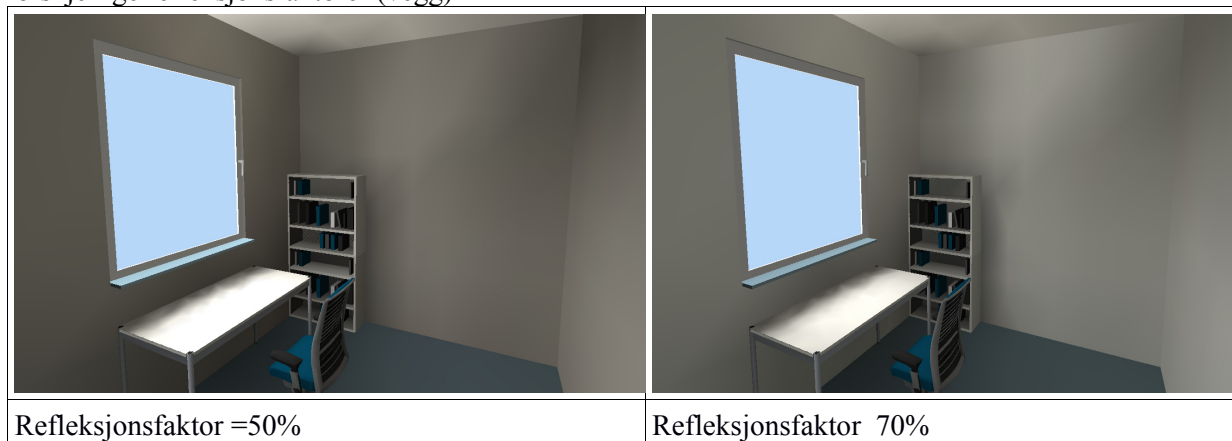
Bilder viser forskjellen av dagslysfaktor pga. forskjellige refleksjonsfaktorer på gulvet. Til venstre er det et rom med Refleksjonsfaktor = 20% på gulvet, til høyre det samme rommet med Refleksjonsfaktor =50% på gulvet.

Forskjellige refleksjonsfaktorer (himling)



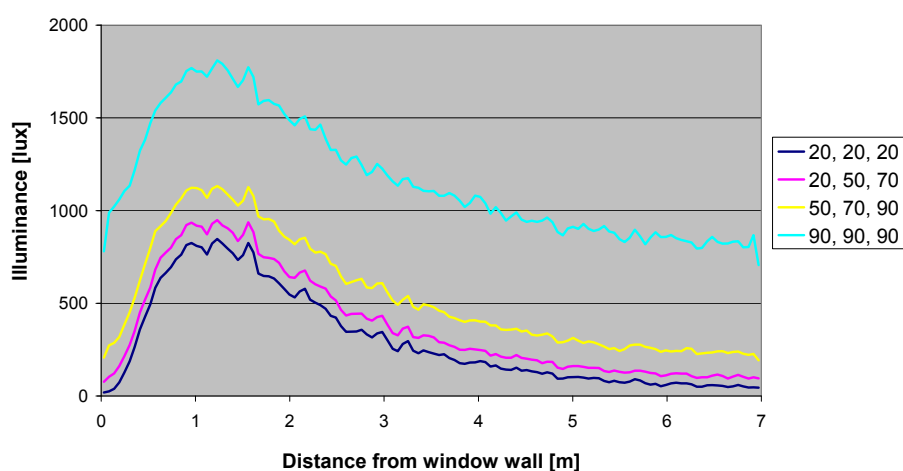
Bilder viser forskjellen av dagslysfaktor pga. forskjellige refleksjonsfaktorer i himling. Til venstre er det et rom med Refleksjonsfaktor = 70% i himlingen, til høyre det samme rommet med Refleksjonsfaktor =88% i himlingen.

Forskjellige refleksjonsfaktorer (vegg)



Bilder viser forskjellen av dagslysforhold pga. forskjellige refleksjonsfaktorer på vegg. Til venstre er det et rom med Refleksjonsfaktor = 50% på vegg, til høyre det samme rommet med Refleksjonsfaktor =70% på vegg.

Interiørreflektansverdiene påvirker også potensialet for dagslysutnyttelse i et rom. Datasimuleringer har blitt utført for å anslå gjennomsnittlig gulvbelysning for et sidelyst rom under overskyet himmelforhold. I figur 4 er resultatene vist for forskjellige reflektansverdier av henholdsvis gulv, vegger og tak.



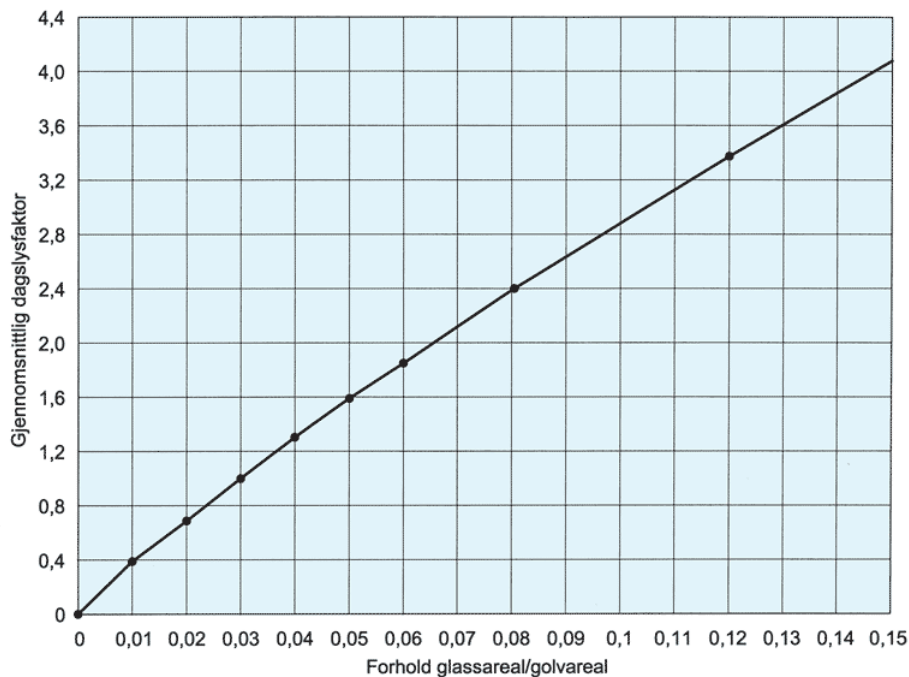
Figur 4: Gjennomsnittlig belysningsgrad på gulvet for ulike innvendige refleksjonsverdier (på gulv, vegger og tak) som en funksjon av avstanden fra vindusveggen til et sidelyst rom under overskyet himmelforhold (Kolås 2009).

Etiketten "20, 20, 20" illustrerer tilfelle av "meget lav innvendig refleksjon". Her er alle innvendige reflekteringsverdier (av gulv, vegger og tak) satt til 20%. Etiketten "90, 90, 90" illustrerer et annet tilfelle der alle refleksjonsverdier er satt til 90%. Dette ekstreme tilfellet er gitt for å illustrere effekten av "meget høy interiørrefleksjon". Mellom disse to spesielle tilfellene ligger "standard" tilfellet der gulv, vegger og takreflektans er satt til henholdsvis 20%, 50% og 70%, samt et realistisk "høyt interiørreflektans"-fall der reflektansverdiene er satt til 50%, 70% og 90%.

Som forventet er tilfellet der alle verdiene er satt til 20%, de laveste belysningsverdiene. Forbedringen når vegg- og takreflektansene økes til henholdsvis 50% og 70%, er ikke så stor. Å gi plass med høy

reflekterende flater (50%, 70% og 90% for gulv, vegger og tak) gir en betydelig økning i belyningsverdiene, spesielt i de innerste delene av rommet. Som det kan forventes, vil tilfellet der alle overflaterreflekser er satt til 90%, gi de høyeste belyningsverdiene. I dette tilfellet er den relative reduksjonen i belyningsstyrken med avstand fra vindusveggen mye mindre. Dermed gir disse høyreflektansverdiene ikke bare høye belyningsnivåer, men også en mer jevn fordeling av dagslyset.

– Kurven for korrigerende av skygge fra balkong forutsetter at undersiden av balkongen har en lys farge.



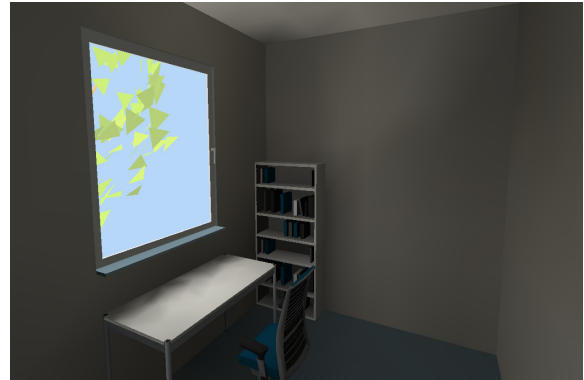
Figur 5: kurven for dagslysfaktoren, som funksjon av forholdet glassareal/golvareal (BYGGFORSKSERIEN 421.626).

Hvis vi har en 2,0 m dyp balkong løpende langs hele vindusveggen lengde, vil en reduksjon av refleksjonsfaktoren på undersiden av balkongen fra 0,7 til 0,5 føre til en reduksjon i gjennomsnittlig dagslysfaktor med ca. en tredjedel når vi har 0,6 m høye høysittende vinduer. Når vinduene har normal høyde over golvet og er i normal størrelse, er reduksjonen i gjennomsnittlig dagslysfaktor 15–20 %. Endringer i lysgravens refleksjonsfaktor har liten betydning for rommets dagslysfaktor. Dersom man må gå ut over begrensningene i metoden, anbefales det å gjennomføre beregninger med et egnet dataprogram.

To bilder med forskjellige skygger (utvendig)



Uten skygge



Med et tre på 2,5 m foran vinduet

Belysningsstyrke fordeling, visuell komfort

Blending oppstår når flater i synsfeltet har for høy luminans i forhold til det gjennomsnittlige luminansnivået i omgivelsene. Reflekser f.eks. i papir, dårlig avskjermet belysningsarmatur eller sollys gjennom et vindu, er typiske årsaker til blending.

Dersom en lyskilde er plassert slik at den gir lys direkte mot øyet, kalles det direkte blending. Blending som blir forårsaket av reflekser i blanke overflater, kalles indirekte blending. Man skiller også mellom synsnedsettende blending og ubehagsblending. (BYGGFORSKSERIEN421.610)



Kan 10%-regelen fortsatt brukes etter rehabilitering?

Veiledningen til TEK angir en nedre grense for gjennomsnittlig dagslysfaktor på 2,0 % når avskjerming er tatt hensyn til. Byggforsk anbefaler imidlertid en nedre grense på 2,5 %, som er nærmere ti-prosent-regelens nivå (BYGGFORSKSERIEN 421.625). Gjennomsnittlig dagslysfaktor er en målbar størrelse som derved lar seg kontrollere.

Arbeidsplasser som skal belyses bare med dagslys, bør ha en gjennomsnittlig dagslysfaktor på 5 % på arbeidsflaten for å få en alminnelig god belysning.

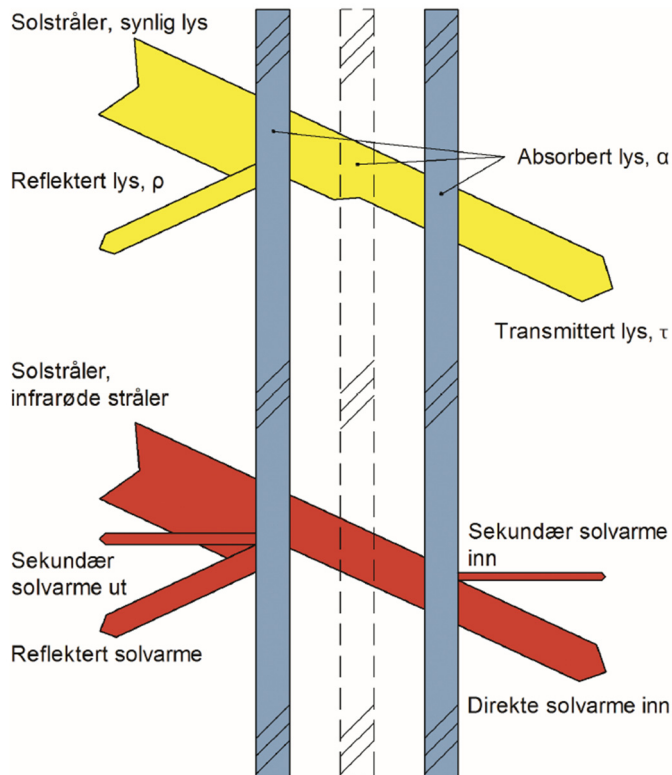
Ti-prosent-regelen angir bare glassarealet, og ikke dagslysfaktoren, se pkt. 5. Maksimal avskjerming etter denne regelen er 20° over et horisontalplan gjennom midten av vinduet, og regelen gir ingen korrigering ved mindre avskjerming.

Denne metoden har ingen begrensninger i romstørrelse, og den korrigerer for skygge fra balkong over vinduet ved at balkongens areal legges til golvarealet.

Etter rehabilitering kan fortsatt 10%-regelen brukes. Begrensningene gjelder fortsatt.

Hvilke tiltak bør gjøres / unngås?

- Valg av vindusruter,
- vindusutforming,
- farger og materialvalg for innvendige og utvendige overflater,
- størrelse av balkonger, e.l.



Figur 6: Solstråler og lystransmisjon (BYGGFORSKSERIEN571.954)

Figur 6 viser at når dagslyset transmitteres gjennom ruta, skjer det to ting med lyset:

Det dempes i styrke og det får en fargetoning i forhold til dagslyset ute, alt etter hvordan ruta slipper igjennom de forskjellige bølgelengdene i lysspekteret.

En del solstrålingsvarme (hovedsakelig i det infrarøde området) går direkte gjennom ruta til rommet innenfor. Det er denne strålingen som kalles direkte solenergitransmisjon.

Resten av strålingsvarmen blir reflektert eller absorbert.

Den absorberte solstrålingen fører gjerne til at rutas temperatur blir høyere enn romtemperaturen. Noe av strålingsvarmen som er absorbert i ruta, blir derfor overført til rommet (sekundær solenergitransmisjon).

Samlet solenergitilførsel til rommet består av direkte og sekundært transmittert solenergi.

Man ser altså at lys- og varmetekniske egenskaper til ruter står i sammenheng. For en solskjermende rute er det ønskelig at all solenergien reflekteres (det vil si solfaktor = 0), samtidig som alt dagslys slipper igjennom. Dette er imidlertid teoretisk umulig ettersom det synlige lyset står for ca. 45 % av den samlede energien i solstrålingen.

Tabell 2: Fysikalske glassrute egenskaper (BYGGFORSKSERIEN 571.954)

| Rutekode 1) | Lys refleksjon | Lys transmisjon | Solenergi refleksjon | Solenergi absorpsjon | Total solenergi transmisjon (solfaktor) | Varme stråling, emisjons-tall | Senter U-verdi 2) |
|---|----------------|-----------------|----------------------|----------------------|---|-------------------------------|----------------------|
| | % | % | % | % | % | | W/(m ² K) |
| Enkeltglass (for historiske bygninger o.l.) | | | | | | | |
| 4 mm floatglass | | 8 | 89 | 7 | 5 | 88 | 0,84 |
| Tolags ruter av vanlig floatglass uten belegg | | | | | | | |
| 4-15-4 | 15 | 80-82 | 12 | 19 | 74-80 | 0,84 | 2,8 |
| 4-15Ar-4 | 15 | 80-82 | 12 | 19 | 74-80 | 0,84 | 2,6 |
| Trelags ruter av vanlig floatglass uten belegg | | | | | | | |
| 4-12-4-12-4 | 20 | 74-76 | 15 | 27 | 68-73 | 0,84 | 1,9 |
| 4-12Ar-4-12Ar-4 | 20 | 74-76 | 15 | 27 | 68-73 | 0,84 | 1,7 |
| Tolags ruter med lavemisjonsbelegg og god varmeisolasjonsevne | | | | | | | |
| 4-15-E4 | 12-22 | 71-78 | 22-36 | 23-24 | 49-66 | 0,01-0,05 | 1,4-1,5 |
| 4-15Ar-E4 | 12-22 | 71-78 | 21-36 | 22-24 | 49-66 | 0,01-0,05 | 1,1-1,2 |
| 4-15Kr-E4 | 12-22 | 71-78 | 21-36 | 22-24 | 49-66 | 0,01-0,05 | 1,0-1,1 |
| Trelags ruter med to lavemisjonsbelegg og god varmeisolasjonsevne | | | | | | | |
| 4E-12-4-12-E4 | 14-31 | 58-69 | 23-46 | 25-35 | 37-54 | 0,01-0,05 | 0,90-0,96 |
| 4E-12Ar-4-12Ar-E4 | 14-31 | 58-69 | 23-46 | 25-35 | 36-54 | 0,01-0,05 | 0,65-0,72 |
| 4E-12Kr-4-12Kr-E4 | 14-31 | 58-69 | 23-46 | 25-35 | 36-53 | 0,01-0,05 | 0,44-0,51 |
| Firelags ruter med tre lavemisjonsbelegg og god varmeisolasjonsevne | | | | | | | |
| 4E-12-4-12-E4-12-E4 | 16-37 | 48-61 | 25-49 | 29-42 | 30-48 | 0,01-0,05 | 0,63-0,68 |
| 4E-12Ar-4-12Ar-E4-12Ar-E4 | 16-37 | 48-61 | 25-49 | 29-42 | 30-47 | 0,01-0,05 | 0,45-0,50 |
| 4E-12Kr-4-12Kr-E4-12Kr-E4 | 16-37 | 48-61 | 25-49 | 29-42 | 29-47 | 0,01-0,05 | 0,28-0,33 |

1) Rutekonstruksjonen angis slik: Tallene angir tykkelsen på glasset eller hulrommet i mm, «Ar» og «Kr» angir eventuell gass i hulrommet (henholdsvis Argon og Krypton), og «E» angir lavemisjonsbelegg på glasset. Rekkefølgen er den samme som oppbygningen av ruta. For eksempel betyr 4-15Ar-E4 en tolagsrute med et 4 mm vanlig glass ytterst, 15 mm hulrom fylt med Argon og et 4 mm glass innerst med belegg mot hulrommet.

2) Verdiene for senter U-verdi er beregnet etter NS-ISO 15099.

Tabellen under viser eksempler av typiske boligtyper (klassifisert etter byggeår, arkitektoniske løsning og beliggenhet), som ble evaluert ift. dagslysforhold og oppvarming.

Elektriske varmeovner, med en effektivitet på 98% [17], brukes til varmesystemet som er typisk i gamle leiligheter i Norge [18]. Den operative temperaturen er 21 °C i 16 timer om dagen og 19 °C i 8 timer om dagen. Det årlige energiforbruket beregnes til å bruke IDA ICE v.4.7.

Case A beskriver en bolig med 36-cm-tykk vegg med 15 cm mineralull isolasjon med U-verdi på 0.26 W/m²K. Tilleggisolasjonen ble beregnet slik at U-verdien blir 0,15 W/m²K etter renoveringen (case A-A).

Case B (1, 2, 3, 4) beskriver en bolig med 27-cm-tykk tre log (?) konstruksjon med 5 cm mineralull isolasjon med U-verdi på 0.31 W/m²K. Tilleggs isolasjon ble beregnet slik at U-verdien blir 0,15 W/m²K etter renoveringen (case B-B).

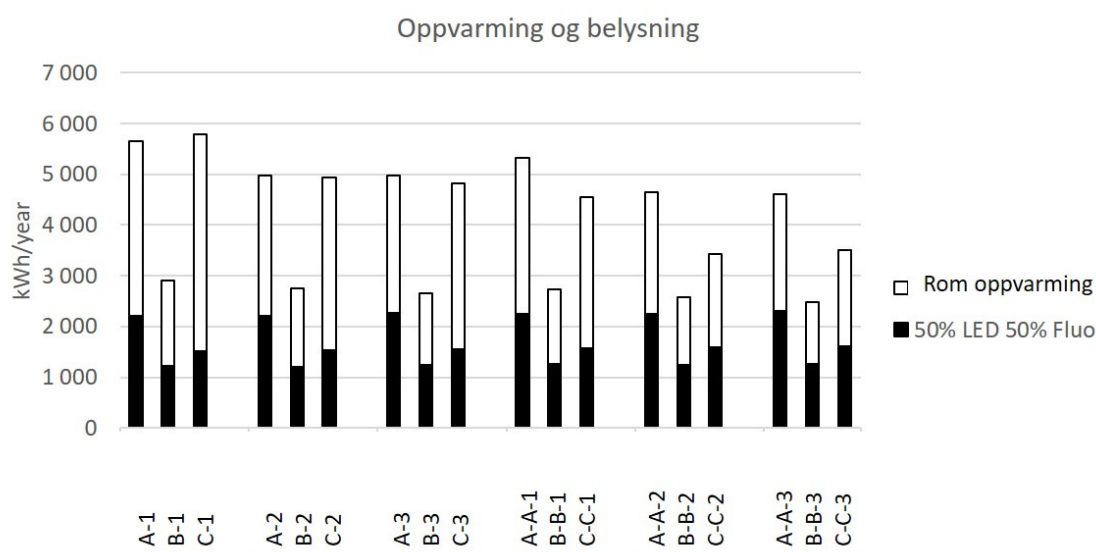
Case C (1, 10, 19, 29) beskriver en bolig med 46-cm-tykk teglkonstruksjon med 3 cm luft med U-verdi på 0.96 W/m²K. Tilleggisolasjonen ble beregnet slik at U-verdien blir 0,15 W/m²K etter renoveringen (case C-C).

Tre forskjellige vindutyper ble vurdert:

- Type 1 er det eksisterende vindu som består av glass ruter (4 mm clear – 12 mm air – 4 mm clear) med en U-verdi på 2,8 W/m²K, g-verdi på 0,78 og lystransmisjon på 0,82.
- Type 2 består av glass ruter (4 mm clear – 16 mm argon – 4 mm low-e) med en U-verdi på 1,10 W/m²K, g-verdi på 0,63 og lystransmisjon på 0,80.
- Type 3 består av glass ruter (4 mm low-e – 16 mm argon – 4 mm clear – 16 mm argon – 4 mm low-e) med en U-verdi på 0,60 W/m²K, g-verdi på 0,50 og lystransmisjon på 0,71.

Tabell 3: Beskrivelse av ulike caser med forskjellig veggkonstruksjon, vindusstørrelse, U-verdi, og synlige transmittans

| Case | Beskrivelse/ | U-verdi før rehab | Tilleggisolasjon tykkelse/ vegg U-verdi etter rehab | Vindu type | Vindu areal til gulv areal | Vindu orientering/ | U-verdi/g-verdi/T _v |
|------|--|--------------------------|---|--------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| A1 | 36-cm-tykk tre konstr. med 15 cm mineralull | 0.26 W/m ² K. | | Type 1 (før rehab) | 0.11. | S, Ø, og V fasader. | 2.8 W/m ² K. 0.78. 0.82. |
| B1 | 27-cm-tykk tre I og konstruksjon med 5 cm mineralull | 0.31 W/m ² K. | | type 1 (før rehab) | 0.17. | bare NV fasader. | 1.6 W/m ² K. 0.74. 0.75. |
| C1 | 46-cm-tykk tegl konstruksjon med 3 cm luft. | 0.96 W/m ² K. | | Type 1 (før rehab) | 0.18. | bare NV fasader. | 2.8 W/m ² K. 0.78. 0.82. |
| A2 | 36-cm-tykk tre konstr. med 15 cm mineralull | 0.26 W/m ² K. | | Type 2 | 0.11. | S, Ø, og V fasader. | 1.1 W/m ² K. 0.63. 0.80. |
| B2 | 27-cm-tykk tre I og konstruksjon med 5 cm mineralull | 0.31 W/m ² K. | | Type 2 | 0.17. | bare NV fasader. | 1.1 W/m ² K. 0.63. 0.80. |
| C2 | 46-cm-tykk tegl konstruksjon med 3 cm luft. | 0.96 W/m ² K. | | Type 2 | 0.18. | bare NV fasader. | 1.1 W/m ² K. 0.63. 0.80. |
| A3 | 36-cm-tykk tre konstr. med 15 cm mineralull | 0.26 W/m ² K. | | Type 3 | 0.11. | S, Ø, og V fasader. | 0.6 W/m ² K. 0.50. 0.71. |
| B3 | 27-cm-tykk tre log konstruksjon med 5 cm mineralull | 0.31 W/m ² K. | | Type 3 | 0.17. | bare NV fasader. | 0.6 W/m ² K. 0.50. 0.71. |
| C3 | 46-cm-tykk tegl konstruksjon med 3 cm luft. | 0.96 W/m ² K. | | Type 3 | 0.18. | bare NV fasader. | 0.6 W/m ² K. 0.50. 0.71. |
| A-A1 | 36-cm-tykk tre konstr. med 15 cm mineralull | 0.26 W/m ² K. | 100 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 1 (før rehab) | 0.11. | S, Ø, og V fasader. | 2.8 W/m ² K. 0.78. 0.82. |
| B-B1 | 27-cm-tykk tre log konstruksjon med 5 cm mineralull | 0.31 W/m ² K. | 130 mm. 0.15 W/m ² K. | type 1 (før rehab) | 0.17. | bare NV fasader. | 1.6 W/m ² K. 0.74. 0.75. |
| C-C | 46-cm-tykk tegl konstruksjon med 3 cm luft.. | 0.96 W/m ² K. | 210 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 1 (før rehab) | 0.18. | bare NV fasader. | 2.8 W/m ² K. 0.78. 0.82. |
| A-A2 | 36-cm-tykk tre konstr. med 15 cm mineralull | 0.26 W/m ² K. | 100 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 2 | 0.11. | S, Ø, og V fasader. | 1.1 W/m ² K. 0.63. 0.80. |
| B-B2 | 27-cm-tykk tre log konstruksjon med 5 cm mineralull | 0.31 W/m ² K. | 130 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 2 | 0.17. | bare NV fasader. | 1.1 W/m ² K. 0.63. 0.80. |
| C-C2 | 46-cm-tykk tegl konstruksjon med 3 cm luft | 0.96 W/m ² K. | 210 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 2 | 0.18. | bare NV fasader. | 1.1 W/m ² K. 0.63. 0.80. |
| A-A3 | 36-cm-tykk tre konstr. med 15 cm mineralull | 0.26 W/m ² K. | 100 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 3 | 0.11. | S, Ø, og V fasader. | 0.6 W/m ² K. 0.50. 0.71. |
| B-B3 | 27-cm-tykk tre log konstruksjon med 5 cm mineralull | 0.31 W/m ² K. | 130 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 3 | 0.17. | bare NV fasader. | 0.6 W/m ² K. 0.50. 0.71. |
| C-C3 | 46-cm-tykk tegl konstruksjon med 3 cm luft. | 0.96 W/m ² K. | 210 mm. 0.15 W/m ² K. | Type 3 | 0.18. | bare NV fasader. | 0.6 W/m ² K. 0.50. 0.71. |



Figur 7: Elektrisitetsbruk for romoppvarming (98% effektivitetsvarmer) og for belysning (50%LED og 50%fluoresent)

Figur 7 viser sammenlikningen mellom elektrisitetsbruk for romoppvarming (98% effektivitetsvarmer) og for belysning. Det totale strømforbruket er svært lik for begge vindutyper 2 og 3 i alle casene. Dette skyldes kombinasjonen av lavere lystransmittans og en lavere g-verdi av vinduet type 2, noe som er uheldig for energibesparelsene gitt av den bedre U-verdien. Tilsetningen av ekstra isolasjon alene (case A-A-1) gir høyere strømforbruk enn det som er gitt ved substitusjon av vinduer (case A-2 og A-3). Beste resultater er oppnådd ved å kombinere ekstra isolasjon og bedre vinduer (casene A-A-2 og A-A-3). Det må legges merke til at i de to siste scenariene er andelen av strømforbruket til belysning ca. 1/3 av det totale beregnede strømforbruket (som ikke inkluderer strømforbruk for apparater og varmtvann).

Kan dagslyssystemer / solskjerming hjelpe?

BYGGFORSKSERIEN 421.621 gir muligheter for dagslyssystemer:

- Vinduer i yttervegg (som har faktisk to hensikter: å gi utsyn og bringe dagslys inn i rommet),
- Overlys (når rommet ligger i øverste etasje som gir dagslysinnslipp i takflaten).
- Ulike tekniske hjelpemidler:
 - Heliostater (som benyttes for å distribuere dagslys inn i en bygning).
 - Distribusjonssystemer for lys er et system som distribuerer lys fra ett sted til ett annet, f.eks. gjennom en vertikal eller horisontal sjakt.
 - Prismatiske flater, filmer og holografiske systemer (som benyttes på vinduer når lysets retning ønskes brutt mot takflaten).

IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29 publiserte "Daylight in Buildings - a source book on daylighting systems and components" i 2000. Generelt kan man dele dagslyssystemer i systemer med og uten solavskjermingsfunksjon:

Dagslyssystemer med solavskjerming

To typer dagslyssystemer med solavskjerming er dekket: Systemer som hovedsakelig stammer fra diffust takvindu og avviser direkte sollys, og systemer som primært bruker direkte sollys, sender det på taket eller til steder over øyehøyde.

Solavskjermingssystemer er designet for solavskjerming samt dagslys; de kan også adressere andre dagslysrelaterte problemer, for eksempel beskyttelse mot blinding og omdirigering av direkte eller diffust dagslys. Bruken av konvensjonelle solavskjermingssystemer, som for eksempel nedtrekksfarger, reduserer ofte inntaket av dagslys til et rom. For å øke dagslyset samtidig som det gir avskjerming, ble avanserte systemer utviklet som både beskytter området nær vinduet mot direkte sollys, og sender direkte og / eller diffusdagslys inn i rommet.

Dagslyssystemer uten solavskjerming

Dagslyssystemer uten skygge er utformet primært for å omdirigere dagslys til områder vekk fra et vindu eller takvindusåpning. De kan eller ikke blokkere direkte sollys. Disse systemene kan deles opp i fire kategorier:

Diffuse lysstyringssystemer omdirigerer dagslys fra bestemte områder av himmelhvelvet til det indre av rommet. Under overskyet himmelforhold er området rundt himmelen i seg selv mye lysere enn området nær horisonten. For steder med høye, eksterne hindringer (typisk i tett bymiljøer), kan den øvre delen av himmelen være den eneste kilden til dagslys. Lysstyringssystemer kan forbedre dagslysutnyttelsen i disse situasjonene.

Direkte lysstyringssystemer sender direkte sollys til det indre av rommet uten de sekundære effektene av blinding og overoppheting.

Lysdiffusjons- eller diffusjonssystemer brukes i tak-lit- eller top-lit-åpninger for å produsere jevn dagslysfordeling. Hvis disse systemene brukes i vertikale vindusåpninger, vil det oppstå alvorlig blinding.

Light Transport Systems samler og transporterer sollys over lange avstander til kjernen i en bygning via fiberoptikk eller lysrør.

Mer opplysninger finnes i Lolli and Haase (2018) [43].



Referanser

- [1] BYGGFORSKSERIEN 421.626 Dagslysfaktorens komponenter, SINTEF Byggforsk
- [2] BYGGFORSKSERIEN 421.625 Dagslysinfall og sparepotensial for belsningsenergi, SINTEF Byggforsk
- [3] BYGGFORSKSERIEN 360.301 Belysning i boligen, SINTEF Byggforsk
- [4] BYGGFORSKSERIEN 421.602 Dagslys. Egenskaper og betydning, SINTEF Byggforsk
- [5] BYGGFORSKSERIEN 421.621 Dagslyssystemer, SINTEF Byggforsk
- [6] BYGGFORSKSERIEN 421.610 Krav til lys og belysning, SINTEF Byggforsk
- [7] BYGGFORSKSERIEN 571.954 Isolerruter – Lys- og varmetekniske egenskaper, SINTEF Byggforsk
- [8] Tek10 kap. 14, revidert i 2016, KMD
- [9] NS 3031:2007, in: Calculation of energy performance of buildings – Method and data, Standard Norge, 2007.
- [10] T. Kolås, LECO - ENERGY EFFICIENT LIGHTING: Technologies and solutions for significant energy savings compared to current practice in Norwegian office buildings. SINTEF prosjekt rapport,
- [11] Ø. Aschehoug, Christoffersen, J. Jakobiak, R., Johnsen, K., Lee, E., Ruck, N. and Selkowitz, S. (2000) "Daylight in Buildings – a source book on daylighting systems and components", IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29, International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme, Energy Conservation in Buildings & Community Systems
- [12] I. Richardson, M. Thomson, D. Infield, A. Delahunty, Domestic lighting: A high-resolution energy demand model, *Energy and Buildings*, 41 (7) (2009) 781–789.
- [13] P.D. Robinson, M. G Hutchins, Advanced glazing technology for low energy buildings in the UK, *Renewable Energy*, 5 (1-4) (1994) 298–309.
- [14] K.I. Jensen, J.M. Schultz, F.H. Kristiansen, Development of windows based on highly insulating aerogel glazings, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 350 (0) (2004) 351–357.
- [15] M. Krarti, P.M. Erickson, T.C. Hillman, A simplified method to estimate energy savings of artificial lighting use from daylighting, *Building and Environment*, 40 (6) (2005) 747–754.
- [16] P. Ihm, A. Nemri, M. Krarti, Estimation of lighting energy savings from daylighting, *Building and Environment*, 44 (3) (2009) 509–514.
- [17] C.F. Reinhart and S. Herkel, The simulation of annual daylight illuminance distributions – a state-of-the-art comparison of six RADIANCE-based methods. *Energy and Buildings*, 2000. 32(2): p. 167–187.
- [18] D. Bourgeois, C. Reinhart, and I. Macdonald, Adding advanced behavioural models in whole building energy simulation: A study on the total energy impact of manual and automated lighting control. *Energy and Buildings*, 2006. 38(7): p. 814–823.
- [19] C.F. Reinhart, Lightswitch-2002: a model for manual and automated control of electric lighting and blinds. *Solar Energy*, 2004. 77(1): p. 15–28.
- [20] C.F., Reinhart, J. Mardaljevic, and Z. Rogers, Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos*, 2006. 3(1): p. 1–25.
- [21] C. Reinhart, O. Walkenhorst, Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds, *Energy and Buildings*, 33 (7) (2001) 683–697.
- [22] Tregenza, P.R. and I.M. Waters, Daylight Coefficients. *Lighting Research & Technology*, 1983. 15(2): p. 65–71.
- [23] Z. Rogers, Daylighting Metric Development Using Daylight Autonomy Calculations In the Sensor Placement Optimization Tool, in *Daylighting Forum*, C.D. Committee, Editor 2006, Architectural Energy Corporation AEC: Boulder, Co.
- [24] Standard Norge, NS-EN 12464-1:2011. Lys og Belysning. Belysning av arbeidsplasser.2011.
- [25] E. Grytli et al. (2004), 'Fiin gammel aargang. Energisparing i verneverdige hus'. Guidelines, ed.

- Eir Ragna Grytli (SINTEF). SINTEF report, https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiin_gammel_aargang.pdf
- [26] EQUA Simulation AB, User manual IDA Indoor Climate and Energy, Version 4.5, Solna, Sweden, 2013.
- [27] A.R. Webb, Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light, *Energy and Buildings*, 38 (7) (2006) 721–727.
- [28] J.A. Veitch, Investigating and influencing how buildings affect health: Interdisciplinary endeavours, *Canadian Psychology*, 49 (4) (2008) 281–288.
- [29] J.A. Veitch, Light, lighting, and health: Issues for consideration, *Leukos*, 2 (2) (2005) 85–96.
- [30] L. Heschong, Daylighting and human performance, *ASHRAE Journal*, 44 (6) (2002).
- [31] P.R. Boyce, Review: The Impact of Light in Buildings on Human Health, *Indoor and Built Environment*, 19 (1) (2010) 8-20.
- [32] Edwards, P. Torcellini, A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants, National Renewable Energy Laboratory, 2002.
- [33] S. Carlucci, F. Causone, F. De Rosa, L. Pagliano, A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47 (2015) 1016-1033.
- [34] C. Reinhart, O. Walkenhorst, Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds, *Energy and Buildings*, 33 (7) (2001) 683–697.
- [35] E. Arnstad, T.O. Askjer, R. Landet, T. Helle, T. Strandskog, *Energieffektivisering av bygg: en ambisiøs og realistisk plan mot 2040*, Kommunal- og regionaldepartementet, Oslo, 2010.
- [36] BYGGFORSKSERIEN 21.212. Bindingsverk med 15 cm varmeisolasjon. Norges byggforskningsinstitutt, 1960.
- [37] NS 3031:1987, Varmeisolering, Beregning av bygningers energi og effektbehov til oppvarming og ventilasjon, 1987.
- [38] *Glassfakta 2012*, Pilkington, 2012.
- [39] *Tekniske Forskrifter til plan og bygningsloven, Plan og bygningslov*, Kommunal og Regionaldepartementet, 1997.

Further reading

- [40] N. Lolli and Haase, M., Consequences of energy retrofitting on the daylight availability in Norwegian apartments, *Energy Procedia*, 132 (2017) 903-908.
- [41] N. Lolli and Haase, M., Consequences of energy retrofitting for daylight availability in Norwegian apartments based on measurements and simulations, *Energy Procedia*, 122 (2017) 241–246.
- [42] M. Haase and Lolli, N. (2017) Measurements of daylight availability in retrofitted Norwegian apartments, pp. 140 – 147, in Riikka Holopainen and Ville Raasakka (eds.), proceedings 8th Nordic Passive House Conference PHN17 – Adaptive and Interactive Buildings and Districts, 27–29 September 2017, Helsinki, Finland, ISBN 978-951-758-621-4, ISSN 0356-9403
- [43] Lolli, Nicola and Haase, Matthias, Measurements and simulations of daylighting and energy use in three apartments in Norway, *Journal of Daylighting*, ISSN: 2383-8701 (online), under fagvurdering, planlagt publisert i 2018.

Dagslys i rehabiliterte boliger

Målsetningen med prosjektet er å finne svar på hvordan rehabilitering påvirker dagslysnivået og hvordan dagslysforhold påvirker energibehovet.

Kompetansetilskudd fra Husbanken er brukt til å evaluere dagslysforhold i tre case-bygninger, optimalisering av fem typiske boligtyper (klassifisert etter byggeår, arkitektonisk løsning og beliggenhet), samt kunnskapsformidling gjennom utarbeidelsen av en veileder om dagslys og rehabilitering.