



# Norsk passivhusstandard og Passivhauskonsept: en sammenlignende analyse av krav og kriterier

Karin Anton<sup>1</sup>, Researcher, Oslo and Akershus University College, Oslo, Norway

Inge Vestergaard<sup>2</sup>, Associate Professor, Aarhus School of Architecture, Aarhus, Denmark

Karin Anton

Oslo and Akershus University College

Stensberggata 27, 0170 Oslo, Norway

Email: Karin.anton@hioa.no

Telephone: 0047 - 22 45 27 15/ 22 95 21 38

## SAMMENDRAG

De nordiske landene har tilnærmet seg passivhuskonseptet på forskjellige måter. I rammen av vårt forskningssamarbeid innenfor RENORD-prosjektet har vi sett at passivhusbegrepet defineres og tolkes på forskjellig måte i Norden. Hensikten med studien er å analysere likheter og forskjeller mellom det opprinnelige passivhuskonseptet og norsk passivhusstandard.

I Norge har det vært utgitt to passivhusstandarder, NS3700 for boligbygg og NS3701 for yrkesbygg. Begge standardene er basert på passivhusstandarden fra Passivhaus Institut i Darmstadt, Tyskland, og er tilpasset norske forhold. Denne analysen drøfter kriterier som omfattes av passivhuskonseptet med tilhørende sertifisering og kriterier i Norsk Standard 3701. Gjennom analysen ønsker vi å systematisere og sammenlikne de forskjellige kriteriene i standarden: optimalisering, kuldebroer, lufttetthet og trykktesting, utnyttelse av passiv solenergi, bruk av fornybar energi, varmegjenvinning, komfort og energibehov. Også kvalitetssikring og dokumentasjon i henhold til kravene blir analysert.

Analysen viser tydelige forskjeller i definisjonen av kriteriene. Parametrene som brukes er i liten grad direkte sammenlignbare. Den viser også at passivhuskonseptet kun delvis inngår i den norske passivhusstandard.

## NØKKEWORD

Norsk Standard 3701, Norsk Standard 3700, Passivhauskonsept, Passivhausstandard, Comparative analysis

## BAKGRUNN

Befaringer av yrkesbygg i Oslo-området som er prosjektert og bygget som passivhus, samt studium av publiserte tegninger, var bakgrunnen for en studie om kuldebroer i et av prosjektene. Studien omhandlet kuldebroer relatert til vindusinnsetning. Termografi ble brukt som metode. [Anton 2012] Resultatene viste at løsningene ikke var i tråd med det opprinnelige passivhuskonseptet både med hensyn til komfort og energibruk. Løsningene førte til diskusjon i RENORD-gruppen. Det ble stilt spørsmål om årsakene kan ligge i den norske standarden (NS 3701) eller i avvik fra denne. Hensikten med analysen var å finne svar på disse spørsmålene.

## DEFINISJONER

**Passivhaus Institut, PHI:** Passivhaus Institut, Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt, Tyskland

**Passivhauskonsept, PHK:** Konseptet er utviklet av Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, Darmstadt. Konseptet ble først utviklet for boliger. Grunnideen i passivhuskonseptet er å forbedre de termiske ytelsene av klimaskjermen til et nivå som tillater bruk av et veldig enkelt oppvarmingssystem. I denne sammenheng står to punkter sentralt:

1. Krav til termisk komfort med hensyn til strålingsasymmetri og effektbehov til oppvarming. Som grunnlag for bruk av et forenklet varmfordelingssystem må overflatetemperatur til vegger og vinduer være nær nok lufttemperaturen i rommet.
2. Er varmebehovet til romoppvarming lavt nok, kan varmen distribueres gjennom ventilasjonssystemet.

**Passivhausstandard, PHS:** I tråd med Passivhauskonseptet er den maksimale effekten til romoppvarming begrenset til  $10 \text{ W/m}^2 \text{ TFA}$ . Varmen kan dermed tilføres gjennom ventilasjonssystemet, men også andre varmfordelingssystemer kan brukes. For sentraleuropeiske klimaer tilsvarer denne effekten et **spesifikt årlig energibehov på under  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$**  som er definert som et hovedkriterium i standarden. Energiforbruket til romoppvarming blir dermed dekket gjennom omtrent like andeler av passiv solvarme, interne varmekilder og oppvarmingssystemet. Lufttetthetskravet, som er definert til  $n50 \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ , begrenser luftlekkasjer, både med hensyn til komfort, varmetap og risiko for kondens. Standarden omfatter en minimering av alle bruksrelaterte energibehov i en bygning. Primærenergi kriteriet  **$PE \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$**  er innført for å evaluere bygningens samlede energibehov. Energiforbruket for oppvarming kan dermed kun i begrenset omfang senkes gjennom intern varmegevinst fra elektrisk utstyr. [W. Feist et al. 2005]

**Passivhausanbefalinger, PHA, og veiledninger fra PHI:** I tillegg til hovedkriteriene er det utarbeidet et stort antall anbefalinger angående komponentenes kvalitet, prosjekteringsmetoder og konstruksjonsprinsipper. Anbefalingene må følges i stor grad for å oppfylle hovedkriteriene.

**Sertifiseringskriterier:** Kriterier som må oppfylles i forbindelse med tredjepartssertifisering av passivhus. Kriteriene omfatter også et stort antall dokumentasjonskrav. [Passivhaus Institut]

**PHPP:** Passivhusprosjekteringspakke, et excelbasert energiberegningsverktøy, utviklet av PHI.

Norsk Standard 3701: 2012: Kriterier for passivhus og lavenergibygninger. Yrkesbygninger. Standarden inneholder krav til dokumentasjon for klassifisering av bygninger som passivhus. Kun passivhusrelaterte kriterier i NS3701 er del av analysen.

## METODE

Passivhauskonseptet med Passivhausstandard og tilhørende hovedkriterier, anbefalinger, samt utdrag fra sertifiseringskriteriene sammenlignes med kriterier fra Norsk Standard 3701. Kriteriene beskrives og analyseres punkt for punkt i form av en sammenliknende analyse. [Kerry Walk 1998]. Videre analyseres metoder for kvalitetssikring og dokumentasjon.

## RESULTATER

### 1 Spesifikt energibehov til oppvarming

**PHS:** Maksimalt spesifikt energibehov til oppvarming må være  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Maksimalt tillatt energibehov er uavhengig av lokalisering.

### **NS3701:**

#### **Grunnverdier spesifikt energibehov**

Maksimalt spesifikt energibehov til oppvarming ligger, avhengig av bygningskategori, mellom  $\leq 20$  og  $\leq 25$  kWh/(m<sup>2</sup>a) for bygninger med et oppvarmet bruksareal på over 1000 m<sup>2</sup> i områder med en årsmiddeltemperatur på 6,3°C eller mer.

#### **Arealfaktorer**

Bygninger med et oppvarmet bruksareal som ligger under 1000 m<sup>2</sup> kan ha et maksimalt spesifikt energibehov til oppvarming som ligger over angitt spesifikt energibehov. For eksempel kan et skolebygg (energibehov  $\leq 20$  kWh/(m<sup>2</sup>a)) øke det maksimale spesifikke energibehovet med 1,3 kWh/(m<sup>2</sup>a) for hver 100 m<sup>2</sup> BRA det underskrider 1000 m<sup>2</sup> BRA med.

Et forretningsbygg eller en hotellbygning (energibehov  $\leq 25$  kWh/(m<sup>2</sup>a)) kan øke det maksimale spesifikke energibehovet med 1,4 kWh/(m<sup>2</sup>a) for hver 100 m<sup>2</sup> BRA det underskrider 1000 m<sup>2</sup> BRA med.

#### **Klimafaktorer**

Bygninger som er lokalisert i et område med en årsmiddeltemperatur på mindre enn 6,3°C kan ha et maksimalt spesifikt energibehov til oppvarming som ligger over kravet. Bygninger med BRA over 1000 m<sup>2</sup> kan ha et tillegg i maksimalt spesifikt energibehov avhengig av bygningskategoriens klimakoeffisienter mellom 3,6 og 4,7 kWh/(m<sup>2</sup>a) for hver grad årsmiddeltemperaturen ligger under 6,3°C. For bygninger med BRA under 1000 m<sup>2</sup> økes det tillatte energibehovet utover den ovennevnte rent arealavhengige verdien med 0,10 til 0,15 kWh/(m<sup>2</sup>a) for hver 100 m<sup>2</sup> BRA underskrider 1000 m<sup>2</sup>, multiplisert med differansen mellom 6,3°C og gjeldende årsmiddeltemperatur. Også disse arealavhengige klimakoeffisientene er avhengig av bygningskategorier.

For bygninger som er lokalisert i et område med en årsmiddeltemperatur på mer enn 6,3°C finnes det ingen gradering i energikravene.

## **2 Effekt oppvarming**

**PHS:** Kravet om en maksimal effekt til oppvarming på 10 W/m<sup>2</sup> kan velges alternativt til kravet om spesifikt energibehov til oppvarming.

**NS3701:** Ikke krav til maksimal effekt til oppvarming.

## **3 Varmetapstall**

**PHS:** Ikke krav til varmetapstall.

**NS3701:** Varmetapstall  $H''_{tr,inf,0}$  for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap beregnes etter NS 3031. Varmetapstallet må være  $\leq 0,45$  W/(m<sup>2</sup>K) for idrettsbygninger og  $\leq 0,40$  W/(m<sup>2</sup>K) for øvrige bygningskategorier. Varmetapstallet for bygninger med en BRA under 1000 m<sup>2</sup> beregnes ved hjelp av en klimakoeffisient. Klimakoeffisienter er avhengig av bygningskategori.

I motsetning til definisjonen i NS3031 og NS3700:2010 (Norsk Standard for lavenergi - og passivhus boliger) er ventilasjonsvarmetapet ikke inkludert i varmetapstallet.

## **4 Spesifikt energibehov til kjøling**

**PHS:** Spesifikt energibehov til kjøling er  $\leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a).

**NS3701:** Maksimalt netto spesifikt energibehov til kjøling beregnes på grunnlag av lokale klimadata. Dimensjonerende utetemperatur ved sommerforhold ( $DUT_s$ ) som i gjennomsnitt ikke overskrides med mer enn 50 timer i året, danner grunnlaget for beregning av kjølebehovet.

Ved  $DUT_s \leq 20^\circ\text{C}$  skal netto spesifikt energibehov til kjøling være 0.

Ved  $DUT_s \geq 20^\circ\text{C}$  skal netto spesifikt energibehov til kjøling være  $\beta(DUT_s - 20)$  kWh/(m<sup>2</sup>a).

Kjølebehovskoeffisienten  $\beta$  ligger, avhengig av bygningskategori, mellom 0,75 (skolebygning) og 3,3

(forretningsbygning). Eksempelvis vil en kontorbygning i Oslo klima med  $DUT_s = 26,7\text{ °C}$  og en kjølebehovskoeffisient  $\beta = 1,4$  kunne ha et netto spesifikt energibehov til kjøling på  $9,4\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ . En forretningsbygning i Oslo klima med  $DUT_s = 26,7\text{ °C}$  og en kjølebehovskoeffisient  $\beta = 3,3$  vil kunne ha et netto spesifikt energibehov til kjøling på  $22\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ . Tabellen over kjølebehovskoeffisienter i standarden er merket med en kommentar om at verdiene i tabellen ikke gir noe garanti for at termisk komfort tilfredstilles. Oppfyllelse av termisk komfort ved  $DUT_s$  må dokumenteres.

## 5 Energibehov til belysning

**PHS:** Regulert gjennom primærenergibehov.

**NS3701:** Krav til maksimal årlig spesifikt energibehov til belysning, uttrykt ved LENI. Kravene er avhengig av bygningskategori. Minst 60% av installert effekt til belysning må være underlagt dynamisk dagslys- og konstantlysstyring. Minst én styringszone per rom, per  $30\text{ m}^2$  i større rom, må ha dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse.

## 6 Samlet primærenergibehov/ Bruk av fornybar energi

**PHS:** Maksimalt primærenergibehov for ikke-boliger iht. passivhusstandard PHI er satt til  $120\text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Primærenergifaktorene fra PHI benyttes. Primærenergifaktor for strøm er 2,6. [PHPP-håndbok, side 171]. Samlet primærenergibehov begrenser samtidig samlet energibehov for oppvarming, kjøling, varmtvann, hjelpestrøm, belysning og øvrige bruksrelaterede strømbehov.

**NS3701:** I gjeldende byggeteknisk forskrift (TEK 10) § 14-7 er det satt krav til bygningens energiforsyning. Det er ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel som grunnlast. Bygninger over  $500\text{ m}^2$  skal prosjekteres og utføres slik at minimum 60 % av netto varmebehov kan dekkes av andre energikilder enn direktevirkende elektrisitet eller fossilt brensel (olje, parafin og naturgass) hos sluttbruker. For bygg under  $500\text{ m}^2$  er kravet at 40 % av varmforsyningen skal kunne dekkes med alternativer til direktevirkende elektrisitet eller fossilt brensel. I følge veiledning til byggeteknisk forskrift § 14-7.2 og 3 omfatter direktevirkende elektrisitet ikke elektrisitet tilført varmepumpesystemer. Det stilles ikke effektivitetskrav til varmepumpesystemer.

## 7 Samlet energibehov

**PHS:** Maksimalt samlet energibehov er begrenset gjennom primærenergikriteriet, som omfatter alle energibehov i bygget (final energy). Den første passivhusskolen i Tyskland, Riedbergschule i Frankfurt, hadde eksempelvis et samlet målt energibehov (final energy) på  $50,9\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ . [Peper et al. 2007]

**NS3701:** Totalt netto energibehov for passivhus er begrenset gjennom energiramme i TEK10. Totalt netto energibehov er definert i NS3031. Varmesystemets virkningsgrad blir ikke tatt hensyn til i totalt netto energibehov, det vil si at spillvarme fra energiomdanning eller varmeveksling (fjernvarme) ikke inngår i verdien. Også enkelte strømbehov, for eksempel til heis, kan føres utenom totalt netto energibehov.

Beregnet totalt energibehov for første passivhusprosjekter innen skole og kontor har typisk ligget på mellom  $60$  og  $90\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ . Bjørnsletta skole, Oslo:  $59\text{ kWh/m}^2\text{a}$ , Marienlyst skole, Drammen:  $70,4\text{ kWh/m}^2\text{a}$ , 2.etg Tallhall, Meteorologisk Institutt, Oslo  $91,3\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  [Norske Arkitekters Landsforbund 2013], Kontorbygg Papirbredden II, Drammen:  $70,0\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ . [Entra Eiendom 2013]

## 8 Lufttetthet, trykktest

**PHS:** Luftsifte  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ . PHI anbefaler å tilstrebe en lufttetthet på  $n_{50} \leq 0,3 \text{ h}^{-1}$  luftvekslinger for store kompakte bygg. Trykktest etter EN 13829 eller ISO 992. I tillegg til kravene i EN 13829 gjelder krav om separate målerekker med overtrykk og med undertrykk. Trykktestingen utføres i alle deler av bygget. Trykktestingen må utføres av et uavhengig foretak.

**NS3701:** Luftsifte  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ . Lufttetthetskravet er likt for små og store bygg. Trykktesting utføres i henhold til NS EN 13829.

## 9 Arealberegning

**PHS:** Spesifikt årlig energibehov blir beregnet av årlig energibehov relatert til TFA, "Treated floor area", Nutzfläche etter DIN 277. TFA er det arealet som ligger innenfor omsluttende vegger fratrukket innervegger, trapper, heissjakter, sjakter og skorstein  $> 0,1\text{m}^2$ , søyler  $> 0,1\text{m}^2$ , luftrom, dørnisjer og vindusnisjer som går ned til gulvet. Tekniske rom, korridorer, foajeer og trapperepos inngår med 60% i TFA. [PHPP-håndbok, side 47]

**NS3701:** Spesifikt årlig energibehov blir beregnet av årlig energibehov relatert til oppvarmet bruksareal BRA. Bruksarealet er det arealet som ligger innenfor omsluttende vegger, inkludert innvendige vegger. Areal i rom med høyde 4,9 m eller mer, måles med tenkte plan for hver 3,0 m høyde. [NS3940]

**Sammenligning:** Spesifikt årlig energibehov blir delt på større areal i NS3701 enn i PHS. Forskjellen utgjør en forskjell på flere kWh/(m<sup>2</sup>a).

## 10 Kuldebroer

**PHK:** Prinsippet om "kuldebrofri prosjektering" anbefales. Kuldebroerverdier er relatert til ytre mål av klimaskjermen. Prinsippet er basert på at varmemestrømmene gjennom kuldebroer som oppstår i tillegg til dette, er så små at de ikke trengs hensyntas [PHPP-håndbok side 48]. Varmestrømmene kan også være negative. Ved bruk av „kuldebrofrie konstruksjoner“ er separate beregninger av varmetapet gjennom kuldebroer ikke nødvendig. Lineære kuldebrokoeffisienter  $\psi$  større enn 0,01 W/(mK) må tas med i beregningene. [PHPP-håndbok]

**NS3701:** Krav til normalisert kuldebroverdi  $\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Samlet energigjennomgang gjennom kuldebroer er relatert til m<sup>2</sup> oppvarmet bruksareal BRA. Det skal benyttes reelle beregnede kuldebroverdier etter NS-EN ISO10211 eller tabulerte verdier etter NS-EN ISO14683. Kuldebroerverdier er relatert til innvendige mål.

## 11 Krav til vinduer, glass, vindusinnsetting

**PHS:** Beregning U-verdier vinduer og dører i PHPP etter EN ISO 10077.

U-verdikrav vindu =  $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ . Krav om å legge fram beregninger av vinduers U-verdier ved sertifisering.

U-verdikrav vindu, inklusive kuldebro i overgang mot vegg, er  $0,85 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .

$U_g$  beregnes etter EN 673. (Krav om å legge fram en liste over glass som er brukt ved sertifisering.)

g-verdi  $\geq 0,5$  etter EN 410

Krav til forhold mellom g-verdi og U-verdi:  $U_g - 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \cdot g \leq 0$

Krav til g-verdi som grunnlaget for utnyttelse av passiv solvarme som er et av hovedprinsippene i

konseptet. [PHPP-håndbok side 28]

**NS3701:** U-verdikrav  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  som gjennomsnittsverdi. Ikke U-verdikrav krav til vindu inklusive kuldebro i overgang mot vegg.

## 12 Utnyttelse av passiv solvarme

**PHS:** Optimal utnyttelse av passiv solvarme, - i den grad den står til rådighet og er forenelig med byggets bruksformål, - er et av hovedprinsippene i passivhuskonseptet. Solskjerming er del av konseptet. Vindusglassenes g-verdi er utslagsgivende og må ses i sammenheng med U-verdien. Passivhuskonseptet inneholder en veiledning for forholdet mellom g-verdi og U-verdi.

**NS3701:** NS3701 nevner ikke utnyttelse av passiv solvarme som et hovedprinsipp i passivhuskonseptet. Beregning av soltilskudd inngår i beregningen etter NS3031.

## 13 Interne varmekilder

**PHS:** Prosjektspesifikke brukstider brukes. Dataene kan legges inn for hvert enkelt rom.

Kontor:  $3,5 \text{ W/m}^2$

Skole:  $2,8 \text{ W/m}^2$

**NS 3701:** Relatert til normerte brukstider etter NS3031.

Varmetilsudd i driftstiden. Ved beregning av netto energibehov benyttes varmetilsudd fra belysning og varmetilsudd fordelt på utstyr og personer gitt i tabeller i standarden.

Kontor: Utstyr og personer  $5.0 \text{ W/m}^2$  årsgjennomsnittlig varmetilsudd ut ifra driftstider i NS3031.

$5.0 \text{ W/m}^2 + 4,0 \text{ W/m}^2$  gjennomsnittlig effektbehov belysning i driftstiden =  $9,0 \text{ W/m}^2$

Skole: Utstyr og personer  $5.0 \text{ W/m}^2$  årsgjennomsnittlig varmetilsudd ut ifra driftstider i NS3031.  $5.0 \text{ W/m}^2 + 4,5 \text{ W/m}^2$  gjennomsnittlig effektbehov belysning = varmetilsudd i driftstiden =  $9,5 \text{ W/m}^2$

Varmetilsudd fra belysning kan ligge lavere enn maksimalverdi angitt ovenfor.

**Sammenligning:** Der er ikke undersøkt i hvilken grad verdiene brukt i PHS og NS3701 er sammenlignbare og på hvilken måte bidraget til romoppvarming blir beregnet.

## 14 Termisk komfort

**PHS:** Kriterier for termisk komfort etter ISO 7730. Komfortkravet er del av passivhuskonseptet. En temperaturforskjell opp mot  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  mellom romtemperatur og innvendig overflatetemperatur,  $3,5 \text{ }^\circ\text{C}$  mellom innvendige vindusflater og innvendig lufttemperatur er definert som komfortabel i rammen av passivhuskonseptet i sentraleuropeisk klima. Innvendig overflatetemperatur for vinduer skal ikke underskride romtemperatur med mer enn  $3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . [Pfluger 2003]

**NS3701:** Normativ referanse: NS-EN ISO 7730 med normative referanser.

## 16 Ventilation

**PHS:** Bygningskategorier utenom bolig: EN 13779

Kontorbygg og tilsvarende bruksområder: Rundt  $30 \text{ m}^3/(\text{h person})$ , EN 13779/ IDA3: minimum  $24 \text{ m}^3/(\text{h person})$

Skoler: Brukstil frisklufttilførsel  $15\text{-}20 \text{ m}^3/(\text{h person})$  [Kah et.al 2010] Ventilasjon starter 1-2 timer før bruk. Ikke ventilasjon utenom brukstid.  $\text{CO}_2$ -styring ofte brukt. Krav til høyverdige filtre (F7 ved luftinntak). Innreguleringsprotokoll er del av sertifiseringsdokumentene. [PHPP-håndbok side 90-95]

Skolebygning: Grenseverdi etter DIN 1946 del 2: 1500 ppm CO<sub>2</sub>.

Ventilasjonsluft som tilføres rommene skal ha en minstemperatur på 17 °C.

Rom som ligger inntil fasaden skal ha minst ett åpningsbart vindu. For å opprettholde komforten om sommeren, er nattekjøling gjennom vinduslufting og lufting mellom spesielle lufteåpninger ofte brukt.

**NS3701:** Minst tillatte gjennomsnittlig luftmengde i driftstid

Kontorbygning: i driftstid 6,0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h), utenfor driftstid 1,0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h).

Skolebygning: i driftstid 8,0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h), tilsvarer 16,0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h) per person, utenfor driftstid 1,0 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h).

Luftmengder dimensjonert ut fra normalisert persontetthet og reelle materialbelastninger, emisjoner fra bygningsmaterialer, inventar og installasjoner skal legges til grunn ved beregning av netto energibehov, forutsatt at det ikke gir lavere luftmengder enn minste tillatte gjennomsnittlig luftmengde gitt i standarden. Dette forutsetter at nødvendig utstyr og automatikk for å redusere luftmengder med VAV-styring er tilgjengelig.

Myndighetskrav for skolebygninger: 1000 ppm CO<sub>2</sub>.

**Teknisk forskrift, Norge:** For byggverk til publikum og arbeidsbygning forutsatt lett aktivitet gjelder i brukstid krav til gjennomsnittlig frisklufttilførsel på minimum 26 m<sup>3</sup>/(h person). Ved høyere aktivitet skal frisklufttilførsel økes slik at luftkvaliteten blir tilfredsstillende. Gjennomsnittlig frisklufttilførsel skal være minimum 2,5 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>). Utenom brukstid: minimum 0,7 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>)

## 17 Varmegjenvinningsgrad ventilasjonsaggregat

**PHS:** Varmegjenvinningsgrad (Wärmebereitstellungsgrad) for aggregatet  $\eta_{WRG} > 75 \%$ . Aggregatet skal være sertifisert iht. PHIs kriteriekatalog. For aggregater som ikke er sertifisert av PHI kan varmegjenvinningsgrad beregnet av DIBT eller likeverdig brukes. Virkningsgraden inngår i beregningene med et fradrag på 12 prosentpoeng siden DIBT-beregningene er basert på et annet grensesnitt. Strømbehovet for ventilatorer og styring er begrenset til maksimalt 0,45 Wh/m<sup>3</sup> transportert luft.

**NS3701:** Minstekravet til årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad  $\eta_T$  for varmegjenvinner er  $\geq 80 \%$ . I bygninger der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning eller smitte er minstekravet til årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad  $\eta_T$  for varmegjenvinner  $\geq 70 \%$ .  $SFP \leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  som tilsvarer 0,42 Wh/m<sup>3</sup>.

**Oppsummering:** Sammenlignbarhet av beregningsmetodene for temperaturvirkningsgrad av henholdsvis aggregat og varmegjenvinner er ikke undersøkt i rammen av analysen.

## 18 Klimadata

**PHS:** Lokale klimadata benyttes.

**NS3701:** Lokale klimadata benyttes.

## 19 Forenkling av varmfordelingssystemet

**PHS:** Fordeling av varme kan iht. passivkonseptet PHI ivaretas av ventilasjonsanlegget opp til et definert effektbehov og ved forutsatte maksimale luftskift. Er ikke dette prinsippet ønskelig eller mulig, kan et sterkt forenklet vannbårent varmesystem benyttes. Varmeavgivelsen fra systemet kan skje andre steder enn ved vinduene om disse oppfyller komfortkravet. Forenklingen av

varmefordelingssystemet blir mulig gjennom høye temperaturer på innvendige overflater og minimerte luftlekkasje i klimaskjermen.

**NS3701:** NS 3701 er bygget opp slik at passivhus fjerner seg fra dette prinsippet i områder med lav årsgjennomsnittstemperatur.

## 20 Nødoppvarming/ alternativ oppvarming

**PHS:** I en bygning som er bygget iht. passivhusstandard PHI, vil temperaturen synke svært langsomt ved avbrudd i varmetilførsel. Temperaturen vil, avhengig av interne varmekilder og solinnstråling, holde seg på et relativt høyt nivå. [Passivhaus Institut]

**NS3701:** Nødoppvarming er ikke påkrevd for passivhusboliger, men for lavenergibygg.

## 21 Energiberegning

**PHS:** Prosjekteringen iht. passivhausstandard PHI er basert på et excelbasert beregningsverktøy, PHPP, som er utviklet for foremålet. Mange av passivhuskriteriene dokumenteres gjennom PHPP. Beregnings- og designverktøyet tillater kontinuerlig optimalisering av prosjekteringen fra skissestadiet.

**NS3701:** Beregning av energiytelse iht. Norsk Standard 3031.

## 22 Kvalitetssikring

**PHS:** Omfattende kvalitetssikring gjennom prinsippet om kuldebrofri prosjektering, "pliktheft", ajourføring av PHPP-beregning gjennom hele prosjekteringsprosessen og oppfølging av sertifiseringskriterier er del av konseptet.

**NS3701:** Krav til kvalitetssikring iht. plan- og bygningslovgivningen.

## 23 Sertifisering

**PHS:** Uavhengig tredjepartssertifisering er del av konseptet. Sertifiseringen starter ideelt sett tidlig i prosjektet. Blant annet krav om byggeledererklæring om overensstemmelse mellom prosjektering og bygget konstruksjon. Komplette PHPP-beregning med henvisninger til relaterte prosjekteringsdokumenter. Dokumentasjon av alle relevante detaljer. Detaljert dokumentasjon av tekniske anlegg. Innreguleringsprotokoll for ventilasjonsanlegget. Fotodokumentasjon.

**NS3701:** Standarden inneholder en liste over dokumentasjonskrav som legges til grunn for dokumentasjon og attestering om en bygning kan klassifiseres som passivhus. Dokumentasjonen må omfatte en bekreftelse av at inndata som er benyttet for energiberegningen er representative for den ferdigstilte bygningen. Tegninger er ikke del av påkrevd dokumentasjon.

NS 3701 omfatter ikke tredjeparts-sertifiseringsordning.

## 24 Standard for oppgradering til passivhus

**PHS:** Egen standard for oppgradering av eksisterende bygg som ikke kan oppfylle alle kravene som gjelder for nybygg (EnerPHit). Spesifikt energibehov til oppvarming må være  $\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Luftskifte  $n_{50} \leq 0,1 \text{ h}^{-1}$ .



**NS3701:** Standarden gjelder både for nye yrkesbygninger og oppgradering av eksisterende yrkesbygninger til lavenergi- eller passivhusstandard.

## Oppsummering av resultater

Maksimalt spesifikt årlig energibehov til oppvarming etter NS3701 ligger 5-10 kWh/(m<sup>2</sup>a) over verdien som brukes i PHS. For bygg under 1000 m<sup>2</sup> og prosjekter i områder med lavere årsmiddeltemperatur enn 6,3°C, blir kravet tilpasset gjennom tillegg.

Totalt netto energibehov som brukes i NS3701, omfatter ikke alle energibehov og er dermed ikke sammenlignbart med samlet energibehov (final energy) som brukes i PHS som grunnlag for beregning av primærenergi behovet. Maksimalt tillatt totalt netto energibehov (NS3701) er kun begrenset gjennom energirammer i teknisk forskrift. Energiforbruk for elektriske anvendelser som ikke er definert i NS3701/NS3031, blir ikke optimert gjennom anvendelse av passivhusstandard.

PHS anslår vesentlig lavere interne varmekilder enn NS3701. Det er ikke undersøkt i rammen av denne analysen om verdiene for interne varmekilder har samme påvirkningsgrad på energibalansen i begge standardene. Påvirkningen kan også variere med anvendt beregningsprogram.

Ved energiberegning etter NS3031 brukes delvis normerte inndata.

Utnyttelse av passiv solvarme nevnes ikke som passivhusprinsipp i NS3701.

Krav om "kuldebrofri konstruksjon" er definert gjennom krav om normalisert kuldebroverdi i NS3701.

## DISKUSJON

Sammenligningen viser at begrepsdefinisjonene i standardene er svært forskjellige. Både rammene for spesifikt varmeenergi behov og samlet energibehov ligger vesentlig høyere i NS3701. Forskjellen kan ikke kvantifiseres på grunnlag av den foreliggende studien, men gir grunnlag for videre analyse. I tillegg til kravspesifikasjonene er også dokumentasjonskravene for henholdsvis attestering og sertifisering svært forskjellige. Mer detaljerte dokumentasjonskrav og dokumentasjonskrav om overensstemmelse mellom tegninger og energiberegninger savnes i NS3701.

Standarden formidler ikke et overordnet bilde av passivhuskonseptet slik at prosjekterende muligens ikke ser passivhusprinsippene og viktigheten av å følge dem konsekvent. Spesielt kommer ikke prinsippet om kuldebrofrihet og prinsippet om utnyttelse av solvarme klart fram.

Funnene som var utgangspunktet for analysen, kan ha sammenheng med at detaljkrav som må tas hensyn til for å oppfylle kravene i NS3701, samt overordnede prinsipper, ikke er godt nok kjent.

Uavhengig tredjepartssertifisering har et stort potensiale for kvalitetssikringen, spesielt i inneværende fase der standarden er forholdsvis ny. Byggeledererklæringen kan bidra til kvalitetssikring av utførelsen.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Studien er gjennomført innenfor RENORD-prosjektet finansiert av Norges forskningsråd.

## REFERANSER

[Anton 2012] Anton, Karin, Vindusinnsetning - Detaljer og varmetap - En pilotstudie, poster Passivhus Norden Trondheim (2012)

- [Entra eiendom] [www.entra.no](http://www.entra.no)
- [Feist et al. 2005] Feist, Wolfgang et al., Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the passive House concept Energy and buildings (2005)
- [Kah et.al 2010] Kah, Oliver, [www.passiv.no](http://www.passiv.no), passipedia (2010)
- [Kerry Walk 1998] Walk, Kerry, for the Writing Center at Harvard University (1998)  
[www.fas.harvard.edu/~wricntr/documents/CompAnalysis.html](http://www.fas.harvard.edu/~wricntr/documents/CompAnalysis.html)
- [Norske Arkitekters Landsforbund 2013] prosjektbeskrivelser, [www.arkitektur.no](http://www.arkitektur.no)
- [PHPP-håndbok] Passivhaus Projektierungs-Paket PHPP Versjon 7, 2012
- [Passivhaus Institut] Criteria for non-residential Passive House buildings,  
[www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com)
- [Peper et al. 2007] Peper, Søren Passivhausschule Frankfurt Riedberg, Messtechnische Untersuchung und Analyse (2007)  
[www.passiv.de/downloads/05\\_passivhaus-schule\\_riedberg.pdf](http://www.passiv.de/downloads/05_passivhaus-schule_riedberg.pdf)
- [Pfluger 2003] Pfluger, Rainer, [www.passiv.no](http://www.passiv.no), Passipedia (2003)