

EnerTre - oppdragsrapport

Energiforbruk i bygg - betydningen av tre

Javad Darvishi

Oppdragsgiver:	ALLSKOG SA
Kontaktperson:	Thomas Husum
Oppdragsgivers ref.:	Espen Loe
Rapport nr.:	380019 - 01
Utstedt:	2019-10-07

EnerTre - oppdragsrapport

Oppdragsleder: Javad Darvishi	Kvalitetssikrer: Andreas Stenstad	Oppdragsansvarlig: Ove Staubo Munthe-Kaas
----------------------------------	--------------------------------------	--

Sammendrag

Ny forskning på fuktbufrende materialer og deres energipotensial gjort av Treteknisk viser at trevirke gjennom stabilisering av fukt- og temperaturnivå minimerer energiforbruket.

Simuleringene fra Del 1 viser en potensiell besparelse på 82,8 kWh pr. år ved å benytte fuktstyrt ventilasjon med befukting/avfukting for hele leiligheten, i stedet for å benytte fuktstyrt ventilasjon med avfukting kun på bad. Masterstudenten har utnyttet fuktstyringen i det desentraliserte Lunos-systemet. Målingene er tatt i en kort periode på mindre enn 1 måned og simuleringene er utført i et numerisk simuleringsprogram for 1 år. Videre er resultatene for Del 1 usikre fordi vi ikke har noen reelle målinger i 1 år i forhold til måten den potensielle besparelsen er beregnet.

Simuleringene fra Del 2 viser et totalt oppvarmingsbehov på 4013,8 kWh, ved Case 3 og i tilfelle med massivtre og fuktsstyret ventilasjon. Det er en reduksjon på hele 28 % i forhold til den samme leiligheten bygd med tradisjonelle bygningsmaterialer som malt gips og fliser. Videre konkluderer våre undersøkelser med at oppvarmingsbehovet øker når massivtre blir utsatt for TEK17 forskriftskravene, ref. Case 2 og Case 1.

EnerTre bekrefter hypotesen om det kan oppnås en energibesparelse gjennom fuktsstyring av inn klima gjennom ventilasjon.

Innhold

SAMMENDRAG	2
BAKGRUNN	4
HYPOTESE.....	4
HVA ØNSKER VI Å SE PÅ OG HVORFOR ER DETTE INTERESSANT?	4
HVORFOR VIKTIG?	4
BOLIGBESKRIVELSE	5
DEL 1: MÅLING AV FUKTSTYRT VENTILASJON	6
BESKRIVELSE AV UTSTYR:	6
<i>Ventilasjon: 4 stk. Lunos e2 ventilasjonsenheter</i>	6
<i>Avtrekker bad, Lunos Silvento v-ec</i>	6
<i>Q-TRAK 7565-X fra TSI Incorporated</i>	6
MÅLEUTSTYR BENYTTET FOR OVERVÅKNING AV INNEMILJØ I LEILIGHETEN:	6
MÅLEUTSTYR FRA CELSICOM	6
<i>Basestasjon CC202</i>	6
<i>MC501 fuktkvotsgiver, TH500, T501B</i>	7
OPPSUMMERT: PLASSERING AV MÅLEUTSTYR OG VENTILASJONSENHETER.....	7
DEL 2: SIMULERING AV FUKTSTYRT VENTILASJON / TEK17 KRAV	8
RESULTATER:	10
DEL 1: MÅLING AV FUKTSTYRT VENTILASJON + SIMULERINGER UTFØRT I MASTEROPPGAVEN.....	10
DEL 2: SIMULERING AV FUKTSTYRT VENTILASJON / TEK17 KRAV	12
<i>Simulering S1, TEK 17</i>	12
<i>Simulering S2, TEK 17</i>	13
<i>Simulering S3, Behovsstyrt</i>	14
KONKLUSJON:	15
DEL 1: MÅLING AV FUKTSTYRT VENTILASJON + SIMULERINGER UTFØRT I MASTEROPPGAVEN.....	15
<i>Målinger:</i>	15
<i>Simuleringer:</i>	15
<i>Innemiljø:</i>	15
DEL 2: SIMULERING AV CASE 1, 2 OG 3	16
<i>Case 1, ihht. TEK17 - Tradisjonelle materialer, hele leilighet malt gips + fliser i bad:</i>	16
<i>Case 2, ihht. TEK17 - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede</i> <i>treoverflater inklusiv bad:</i>	16
<i>Case 3, ihht. behovsstyring - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede</i> <i>treoverflater inklusiv bad:</i>	16
<i>Innemiljø:</i>	17
REFERANSER:	18

Bakgrunn

Hypotese

Bruk av trematerialer/massivtre i kombinasjon med fuktstyrt ventilasjon i boliger reduserer energibehovet i driftsfasen.

Hva ønsker vi å se på og hvorfor er dette interessant?

Treindustrien og ikke minst byggebransjen vil ha stor interesse av denne forskningen da det kan være med på å bidra til økt bruk av tre i nybygg. Fra en nyere forskning (Nore et al. 2017) på Treteknisk er det kjent at fuktbufrede trematerialer gjennom stabilisering av fukt- og temperaturnivå minimerer energiforbruket. Massivtre har gode hygroskopiske egenskaper sammen med en viktig fuktbufringsevne. Det er ønskelig å studere samspillet mellom Massivtre i kombinasjon med behovstyrt ventilasjon i reelle boliger og se i hvor stor grad det kan gi energibesparelse over tid. Massivtreelementer kan være energibesparende da de kombineres med RF-styrt ventilasjon ved utnyttelse av latent varme i vanddamp og optimal regulering. Siden massivtre er et hygroskopisk materiale, kan den også påvirke tilstanden til det termiske miljøet i leiligheten. Det kan for eksempel ha konsekvenser for inneklimateiske parametere som temperatur og CO₂, når ventilasjonen styres etter RF-nivå. *EnerTre* kan gi oss muligheten til å vurdere om bruken av massivtre og eksponerte treoverflater kan minske ventilasjonsbehovet og dermed spare energi og miljø.

En student ved OsloMET har skrevet masteroppgave med dette som tema våren 2019. Det er blitt dratt nytte av målingene som er blitt utført av masterstudenten. Studenten etablerte kontrakt med utleier av leiligheten og Lunos, leverandør av ventilasjonsutstyr. De har bidratt med kompetanse og tilrettelagt for målinger i ventilasjonsutstyret.

Hvorfor viktig?

Ventilasjonen styres vanligvis på konstante luftmengder i boliger og vanligvis på et forholdsvis høyt nivå, som ofte økes ved for eksempel dusjing og matlaging. Det er ofte like store luftmengder når det er folk i boligen enn når de er borte, like store luftmengder om dagen som om natten. Høy ventilering gir unødvendig høyt energiforbruk. Det er dermed et energisparepotensial å styre/regulere ventilasjonen etter fuktnivået i treet og luften.

Det må nevnes at det gir en varmende effekt når vanddamp tas opp av treet ved for eksempel dusjing. Overflatetemperaturen på massivtreet øker når damp kondenserer, dette bidraget kan redusere varmebehovet på badet ved at det kreves lavere settpunkt temperatur for oppvarmingsanlegget og samtidig oppnå samme komfort.

Som tidligere nevnt har Treteknisk i de senere årene gjennomført flere forskningsprosjekter der det har blitt studert betydning av fuktbufrende materialer og deres energipotensial (Kraniotis and Nore 2017). Areal med eksponerte og ubehandlede treoverflater vil jevne ut inneluftens fuktighet, og dermed også energiforbruk. En kan si at trevirke er en varmepumpe som absorberer varme om dagen når trevirket tørker ut, og gir varmen tilbake til rommet om natten, når temperaturen synker og fuktigheten i luften øker. Denne effekten kalles «*hygroterm*». Ved hjelp av fuktstyrt ventilasjon kan denne effekten utnyttes og kan vise til betydelige energibesparelser i driftstiden.

Boligbeskrivelse

Ulsholtveien 31, Oslo er bygget i 2017 etter passivhuskriterier i NS 3700. På den 4,8 mål store tomten er det oppført to rekkehuslignende nybygg med til sammen 27 leiligheter i tre forskjellige størrelser. De nye leilighetsbyggene er bygd i massivtre og ligger på Furuset i Oslo. Innvendig er massivtreelementer overflatebehandlet med diffusjonsåpen Osmo olje. Gulvene har linoleumsbelegg.

En bebodd leilighet F101 med en familie på fire personer (mor og tre barn) er blitt satt til disposisjon for målinger og simuleringer. Moren benytter stue og sovesofa, to av barna deler soverom nord og et barn bruker soverom sør, se plantegning, Figur 4.

Det er foretatt målinger i perioden 30.04.19 - 02.06.19, hvor det er logget data for luftfuktighet, lufttemperatur, fukt i tre og temperatur i tre.



Figur 1 Viser plassering leilighet F 101 i første etasje bygning A



Figur 2 Situasjonsplan som viser plassering av leilighet F101 med rød markering

DEL 1: MÅLING AV FUKTSTYRT VENTILASJON

Beskrivelse av utstyr:

Ventilasjon: 4 stk. Lunos e2 ventilasjonsenheter

Leilighetene er utstyrt med desentrale ventilasjonsløsninger fra Lunos levert av Lavenergisystemer AS. Det er benyttet fire Lunos e2 ventilasjonsenheter montert i yttervegg, dvs. to enheter per fasade. Enhetene arbeider i par, hvor en fasade vekselvis har tilluft og den andre fasaden har avtrekk for deretter å veksle luftstrøm hvert minutt. Bryteren, 5-UNI-FT er plassert i bod og det kan velges 3 ulike luftmengder. Den var stilt inn på trinn 3 med 38m³/h pr. enhet, altså på det høyeste.

Avtrekker bad, Lunos Silvento v-ec

Det er benyttet Lunos Silvento v-ec med bevegelsesdetektor og fuktighetssensor, med behovslufting styrt av nærvær eller relativ luftfuktighet. Denne funksjonen har helautomatisk drift. Lunos Silvento v-ec var innstilt på 50m³/h styrt av fuktighetssensor med RF >50%, bevegelsesdetektor 45 sekunder forsinket start og i tillegg 15 minutters grunnventilasjon annenhver time.

Q-TRAK 7565-X fra TSI Incorporated

Q-TRAK 7565-X er benyttet for måling av CO₂ konsentrasjon i leiligheten. CO₂ måleren er plassert oppe på kjøleskap på kjøkken i senter av leiligheten. Det er utført målinger i tidsperioden 30.04.19 - 28.05.19.

Måleutstyr benyttet for overvåking av innemiljø i leiligheten:

Måleutstyr fra Celsicom

Det er benyttet Celsicom følere levert av MaxSivert AS for å måle/dokumentere luftfuktighet, lufttemperatur, fukt i tre og temperatur i tre.

Basestasjon CC202

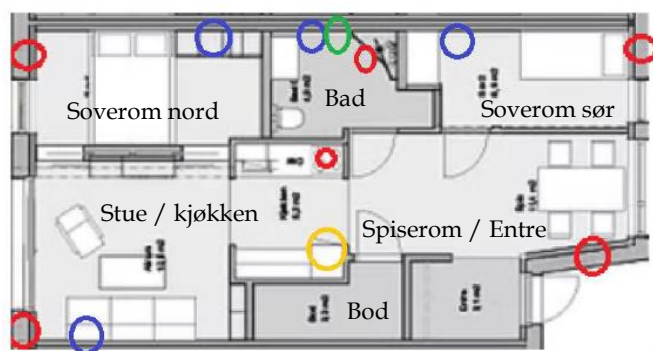
Basestasjon CC202 er plassert oppe på kjøleskap i kjøkken mest mulig i senter av leiligheten og i senter av plasseringer av loggere i hvert rom. Basestasjonen har uttak for USB-modem for mobilt nettverk via 3G som gir tilgang til å overvåke systemet og trådløse loggere via nettsky.

MC501 fuktkvotsgiver, TH500, T501B

For måling av fukt i tre er det benyttet MC501 fuktkvotsgiver med kabel. Denne trådløse giveren måler også lufttemperatur i enheten. Krokodilleklemmene er festet på rustfrie skruer 3,5 x 20 mm som er skrudd inn i massivtreet på 1 cm dybde.

TH500 er benyttet for måling av lufttemperatur og luftfuktighet. For måling av temperatur i tre er det benyttet T501B. Måling av temperatur i tre er utført i massivtrevegg i bad med måling på 1 cm dybde i en uke fra 28.05.19 - 04.06.19.

Oppsummert: Plassering av måleutstyr og ventilasjonsenheter



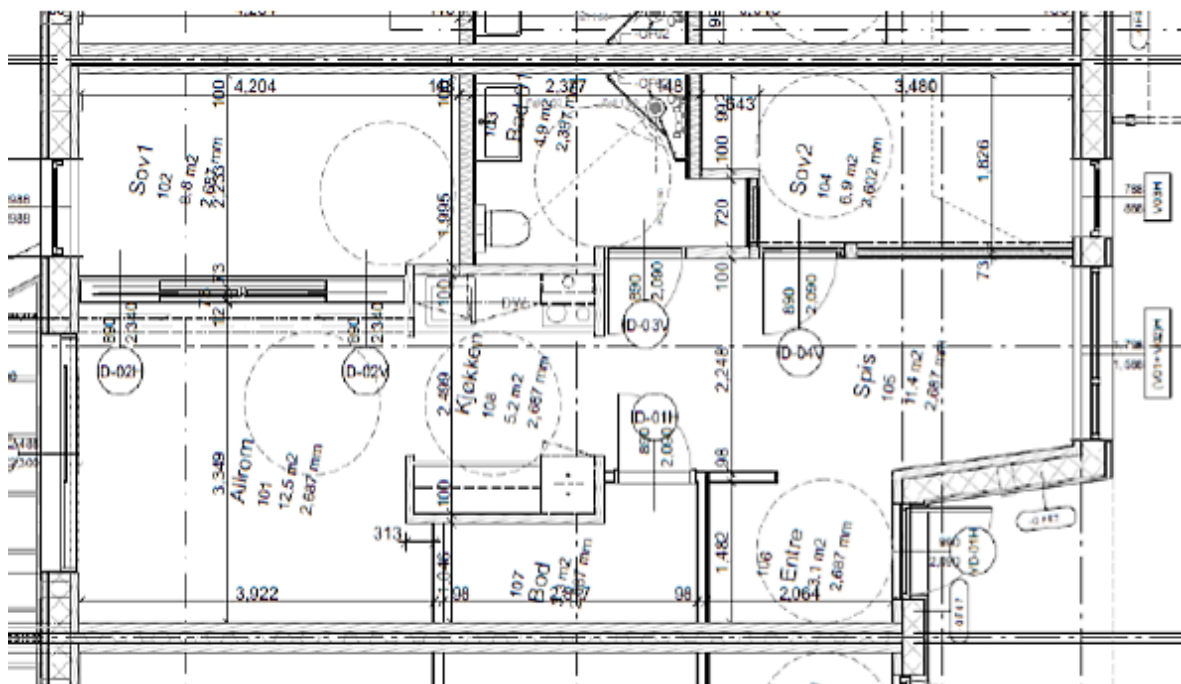
Figur 3 Viser plassering av ventilasjonsenheter med rød sirkel, plassering Celsicom temp/luftfuktighet med blå sirkel, plassering fukt og temperatur i tre med grønn sirkel og plassering Q-TRAK 7565-X for CO2 måling med gul sirkel. Gul sirkel viser også plassering for basestasjon fra Celsicom. Alle trådløse givere/loggere er plassert på 2,2 meters høyde.

DEL 2: SIMULERING AV FUKTSTYRT VENTILASJON / TEK17 KRAV

Alt utstyr og ventilasjonsenheter som er beskrevet i DEL 1 er benyttet for målinger i leiligheten på Ulholtsveien 31. Det har videre vært ønskelig å gjøre en overordnet analyse av leiligheten med ulike ventilasjonsstrategier uavhengig av DEL 1.

For å finne ut om trevirke gir fordeler er det blitt sammenlignet case hvor innvendig kledning er av tre, med en annen case hvor innvendig kledning ikke er av tre. Det er blitt foretatt 3 simuleringer (se tabell 1), hvor det er blitt sett på om energiforbruket reduseres fra case 1 og 2 med TEK17 til case 3 med behovsstyrt ventilasjon.

1. **Case 1**, ihht. TEK17 - Tradisjonelle materialer, hele leilighet malt gips + fliser i bad
2. **Case 2**, ihht. TEK17 - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede treoverflater inklusiv bad
3. **Case 3**, ihht. behovsstyring - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede treoverflater inklusiv bad



Figur 4 Viser planløsning for leiligheten

Simuleringer er utført ved hjelp av det hygrotermiske energiberegningsverktøyet, WUFI Plus.

Tabell 1 Viser oversikt over utførte simuleringer, S1, S2 og S3

	Innvendig kledning	Ventilasjonsstrategi	S1	S2	S3
Bad	Treoverflate, massivtre	TEK 17		X	
		Styrt av luftfuktighet			X
	Flislagt	TEK 17	X		
Hele leiligheten	Treoverflate, massivtre	TEK 17		X	
		Behovstyrt: Luftfuktighet og/eller Temperatur og/ eller CO ₂			<u>X</u>
	Tradisjonelle materialer, hele leilighet malt gips.	TEK 17	X		

Det er benyttet følgende grenseverdier til behovsstyringen:

Luftfuktighet, RF: 60%

Temperatur: 26 °C

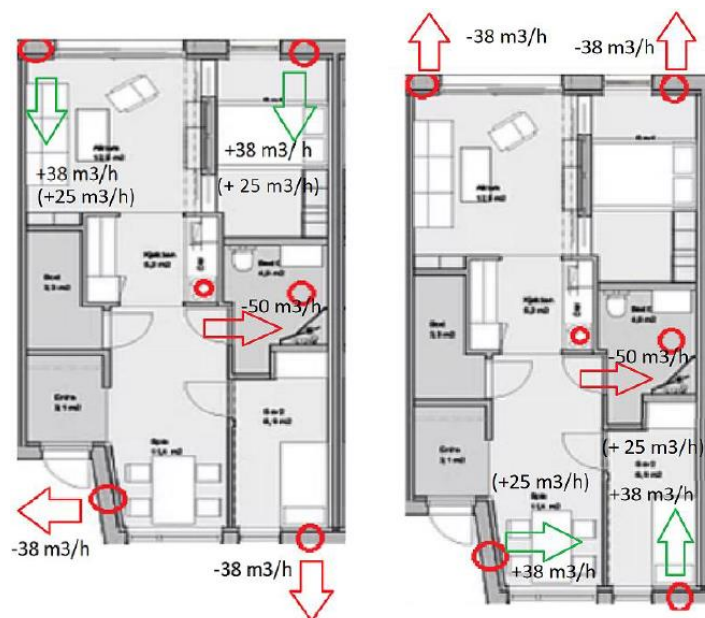
CO₂- konsentrasjon: 800ppm(1550mg/m³) eller (uteluftas CO₂ + 500ppm).

Resultater:

DEL 1: MÅLING AV FUKTSTYRT VENTILASJON + SIMULERINGER UTFØRT I MASTEROPPGAVEN

Resultat: Energibesparelse kun på bad, hvor det er relativ-fuktighet- styrt ventilasjon med kun avfukking. Resultatene av beregningene fra målingene viser til en teoretisk energibesparelse på 300kWh/pr. år for badet ved å benytte eksponert overflate av massivtre i stedet for en overflate uten hygroskopiske egenskaper for latent varme.

Resultat: Simulering av det totale oppvarmingsbehovet med fuktstyring/avfukking kun på bad, hvor resten av leiligheten har en desentralisert ventilasjonsstrategi. Se figur 5.



Figur 5 Viser situasjonen ved avtrekk på bad

Totalt oppvarmingsbehov for perioden 01.01.19 - 01.01.20 kalkulert til 1769,6 kWh.

Soneinndeling	Oppvarmingsbehov i henhold til Wufi Plus
Sone 1, Soverom sør	261,9 kWh
Sone 2, Bad	206 kWh
Sone 3, Soverom nord	250,9 kWh

Sone 4 Stue/kjøkken	1050,8 kWh
SUM:	1769,6 kWh

Resultat: Simulering av det totale oppvarmingsbehovet for leiligheten med fuktstyring, befukting/ avfukting.

Totalt oppvarmingsbehov for perioden 01.01.19 - 01.01.20 kalkulert til 1737,8 kWh. Dette er 31,8 kWh lavere enn resultatet for den første simuleringen med fuktstyring/ avfukting kun på bad.

Soneinndeling	Oppvarmingsbehov i henhold til Wufi Plus	Befukting	Avfukting
Sone 1, Soverom sør	260,4 kWh	40,4 kg. vann	0,2 kg. vann
Sone 2, Bad	178,6 kWh	0 kg. vann	472,9 kg. vann (Inngår ikke i beregning for latent varme, da det bare er avtrekk på badet.)
Sone 3, Soverom nord	250,4 kWh	16,7 kg. vann	0,1 kg. vann
Sone 4 Stue/kjøkken	1048,4 kWh	16,6 kg. vann	0,5 kg. vann
SUM:	1737,8 kWh	73,7 kg. vann	0,8 kg. vann

Effekten av RF styrt ventilasjon med befukting/ avfukting og latent varme:

- Latent varme = $(73,7 \text{ kg.vann} \times 2501 \text{ kJ/kg.vann}) / (3600 \text{ kJ/kWh}) = 51 \text{ kWh}$
- Total energibesparelse = $(1769,6 - 1737,8) \text{ kWh} + 51 \text{ kWh} = 31,8 \text{ kWh} + 51 \text{ kWh} = 82,8 \text{ kWh}$

Resultatene av simuleringene viser en potensiell besparelse på 82,8 kWh pr. år ved å benytte fuktstyrt ventilasjon med befukting/ avfukting for hele leiligheten i stedet for å benytte fuktstyrt ventilasjon med avfukting kun på bad.

DEL 2: SIMULERING AV FUKTSTYRT VENTILASJON / TEK17 KRAV

Tidsperiode for alle simuleringer er 01.01.19 - 01.01.20

Simulering S1, TEK 17

Case 1, ihht. TEK17 - Tradisjonelle materialer, hele leilighet malt gips + fliser i bad

Soneinndeling	Oppvarmingsbehov i henhold til Wufi Plus
Sone 1, Soverom sør	324 kWh
Sone 2, Bad	2784,1 kWh
Sone 3, Soverom nord	328,3 kWh
Sone 4 Stue/kjøkken	2120,4 kWh
Total oppvarmingsbehov:	5556,8 kWh

Case 1/Zone 2: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	4	5	4	88
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	100			
Indoor air quality	I			

Case 1/Zone 4: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	7	9	3	81	
Thermal environment	I	II	III	IV	
Percentage	73			22	6
Indoor air quality	I			II	III

Tabell 2 Kvalitet i henhold til krav i NS-EN 16798-1:2019

Simulering S2, TEK 17

Case 2, ihht. TEK17 - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede treoverflater inklusiv bad

Soneinndeling	Oppvarmingsbehov i henhold til Wufi Plus
Sone 1, Soverom sør	351,3 kWh
Sone 2, Bad	2839 kWh
Sone 3, Soverom nord	362,8 kWh
Sone 4 Stue/kjøkken	2637 kWh
Total oppvarmingsbehov:	6190,1 kWh

Case 1/Zone 2: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	3	5	3	88
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	100			
Indoor air quality	I			

Case 1/Zone 4: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	5	11	7	78	
Thermal environment	I	II	III	IV	
Percentage	73			22	5
Indoor air quality	I			II	III

Tabell 3 Kvalitet i henhold til krav i NS-EN 16798-1:2019

Simulering S3, Behovsstyrt

Case 3, ihht. behovsstyring - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede treoverflater inklusiv bad

Fuktsstyring hele leiligheten:

Soneinndeling	Oppvarmingsbehov i henhold til Wufi Plus
Sone 1, Soverom sør	633,5 kWh
Sone 2, Bad	1652,6 kWh
Sone 3, Soverom nord	391,8 kWh
Sone 4 Stue/kjøkken	1335,9 kWh
Total oppvarmingsbehov:	4013,8 kWh

Case 1/Zone 2: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	4	4	4	87
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	83			17
Indoor air quality	I			II

Case 1/Zone 4: Quality of indoor environment in % of time in four categories (prEN 15251:2006)

Percentage	12	13	6	69
Thermal environment	I	II	III	IV
Percentage	61		23	16
Indoor air quality	I		II	III

Tabell 4 Kvalitet i henhold til krav i NS-EN 16798-1:2019 (tidligere EN 15251:2006)

Konklusjon:

DEL 1: MÅLING AV FUKTSTYRT VENTILASJON + SIMULERINGER UTFØRT I MASTEROPPGAVEN

Målet har vært å undersøke hvilket energisparepotensial det var for de eksponerte massivtreoverflatene i leiligheten. Det ble også samtidig gjort en vurdering av innemiljøet i leiligheten. Resultatene fra målinger og simuleringer bekrefter hypotesen om at det er en energibesparelse ved å benytte massivtre i kombinasjon med fuktregulert ventilasjon.

Målinger:

Videre beregning av målingsresultatene viser til en teoretisk energibesparelse på 300 kWh pr. år for badet ved å benytte eksponert overflate av massivtre i stedet for en overflate uten hygroskopiske egenskaper for latent varme. For å komme fram til denne energibesparelsen er det blitt gjort videreberegning på noen målinger. Vi må være kritiske til resultatene da det ikke er blitt tatt hensyn til forskjellige klimaforhold i løpet av et år, altså sommer og vinter. Målingene ble utført om sommeren, men energibesparelsen er beregnet for et helt år.

Simuleringer:

Resultatene av simuleringene viser en potensiell besparelse på 82,8 kWh pr. år ved å benytte fuktstyrt ventilasjon med befukting/avfukting for hele leiligheten i stedet for å benytte fuktstyrt ventilasjon med avfukting kun på bad. Resultatene av simuleringene er usikre og det kan derfor ikke konkluderes entydig. Grunnen til at simuleringene er usikre er at det ikke er foretatt noen reelle målinger i forhold til måten den potensielle besparelsen er beregnet. I simulering, hvor det er valgt befukting og avfuktingsegenskaper for alle soner er kapasiteten til ventilasjonssystemet lik, men i leiligheten er det ikke mulighet for befukting fra ventilasjonssystemet. Derfor er resultatene noe usikre.

Innemiljø:

For simuleringsresultatene i WUFI Plus er det flere resultater som får rød karakter i henhold til NS-EN 15251 sin tabell for vurdering av kvaliteten til innemiljø. Det tyder derfor på at lave luftmengder kan bidra til et dårligere innemiljø og blant annet høye lufttemperaturer. Det konkluderes derfor med at vinduslufting og naturlig ventilasjon må tilstrebes der det oppstår behov for mer ventilering. Ved høye luftforurensinger eller kalde utetemperaturer bør det være dimensjonert med tilfredsstillende løsninger for å sikre godt nok inneklime.

Det er blitt målt forholdsvis høye innetemperaturer og også store konsentrasjoner av CO₂ i leiligheten. Høy temperatur skyldes høy personbelastning, lav luftveksling/ lav ventilasjonskapasitet, solinnstråling pga. mangel på utvendig

solskjerming, og også temperaturpåvirkning fra høyere temperatur i bod. For en leilighet med 56,1 m² i bruksareal og to små soverom, så antas det at leiligheten er dimensjonert med kapasitet for varme og ventilasjon for maks 3 personer. I dag benyttes leiligheten av 4 personer og det kan derfor konkluderes med at de interne lastene, altså personbelastning bidrar til høyere innetemperatur og høyere CO² belastning. Samtidig vil også personbelastningen bidra til økt fuktbelastning. Det er også observert en del naturlig ventilering av leiligheten som bidrar til å dempe fuktbelastningene inne. I perioden målingene ble utført, opplevde beboerne et høyere temperaturnivå inne enn ønsket.

DEL 2: SIMULERING AV CASE 1, 2 OG 3

Case 1, ihht. TEK17 - Tradisjonelle materialer, hele leilighet malt gips + fliser i bad:

Totalt oppvarmingsbehov: 5556,8 kWh

Case 2, ihht. TEK17 - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede treoverflater inklusiv bad:

Totalt oppvarmingsbehov: 6190,1 kWh

Case 3, ihht. behovstyring - Innvendig materiale massivtre elementer; hele leilighet ubehandlede treoverflater inklusiv bad:

Totalt oppvarmingsbehov: 4013,8 kWh

Case 1 viser leiligheten bygd med tradisjonelle materialer som fliser på bad og malt gips i de øvrige rommene. Beregningene viser et totalt oppvarmingsbehov på 5556,8 kWh, i henhold til TEK17 forskriftskravet.

Case 2 viser leiligheten bygd med massivtre elementer som har store ubehandlede treoverflater i alle rom. Beregningene viser et totalt oppvarmingsbehov på 6190,1 kWh, i henhold til TEK17 forskriftskravet. Det er en økning på 633,3 kWh i året i forhold til Case 1.

Case 3 viser leiligheten bygd med massivtre elementer som har store ubehandlede treoverflater i alle rommene. Beregningene viser et totalt oppvarmingsbehov på 4013,8 kWh, ved en behovsstyrt ventilasjonsstrategi basert på fuktstyring av inn klima. Det er en reduksjon på 1543 kWh i forhold til Case 1 og en reduksjon på 2176,3 i forhold til Case 2.

Resultatene viser at massivtreelementer gir en energibesparelse dersom det benyttes behovsstyrt ventilasjonsstrategi basert på fuktstyring, ref. Case 3.

Økningen i oppvarmingsbehovet fra Case 1 til Case 2, viser at det er en økning i energibehovet dersom ventilasjonsstrategien ikke styres etter fukt men etter

forskriftskravene i TEK17. Energibesparelspotensialet ved massivtre med ubehandlede treoverflater er avhengig av et fukttilpasset inneklima gjennom ventilasjonen.

Innemiljø:

Det blir generelt en veldig lav score for kvaliteten i henhold til krav i NS-EN 16798-1:2019, ref tabell 2 til tabell 4 for alle simuleringer. Det gjelder både simulering med TEK17 og også for simulering med behovsstyrt ventilasjon. Det er vanskelig å konkludere direkte med hva som kan være årsaken til den lave kategorien(rød). Noe av årsaken kan for eksempel være høy temperatur innvendig i leiligheten. Relativ luftfuktighet over 60% kan også være årsaken til den lavere kategorien. Disse inneklimatestingene viser en klar forbedring ved bruk av massivtre eller ubehandlede treoverflater i forhold til andre materialer.

Referanser:

Kraniotis Dimitrios and Kristine Nore. 2017. "Latent Heat Phenomena in Buildings and Potential Integration into Energy Balance." *Procedia Environmental Sciences* 38: 364-71.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029617301068>
(September 26, 2019).

Nore, Kristine et al. 2017. "Moisture Buffering, Energy Potential, and Volatile Organic Compound Emissions of Wood Exposed to Indoor Environments." *Science and Technology for the Built Environment* 23(3): 512-21.

<https://doi.org/10.1080/23744731.2017.1288503>.