

Blom, Ole Gunnar  
Bugge, Mikkel  
Fredriksli, Magnus

## En analyse av fuktproblematikk tilhørende vakuumisolasjon i en ytterveggkonstruksjon

An analysis of moisture problems associated  
with vacuum insulation in an outer wall  
structure

Bacheloroppgave i Byggingeniør  
Veileder: Guri Krigsvoll

Juni 2019



Blom, Ole Gunnar  
Bugge, Mikkel  
Fredriksli, Magnus

## **En analyse av fuktproblematikk tilhørende vakuumisolasjon i en ytterveggkonstruksjon**

An analysis of moisture problems associated with  
vacuum insulation in an outer wall structure

Bacheloroppgave i Byggingeniør  
Veileder: Guri Krigsvoll  
Juni 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Oppgavens tittel:	Dato: 09.01.2019		
En analyse av fuktproblematikk tilhørende vakuumisolasjon i en ytterveggkonstruksjon	Antall sider: [106]		
	Masteroppgave:		Bacheloroppgave: ×
Navn:			
Mikkel Bugge, Magnus Fredriksli & Ole Gunnar Blom			
Veiledere:			
Guri Krigsvoll & Fred Johansen			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:			
Tor Klethagen & Javad Darvishi			

#### Sammendrag:

Vakuumisolasjonspaneler er et relativt lite brukt materiale i konstruksjonssammenheng, og de bygningfysiske egenskapene fremstår som noe uklare. Tandberg Arkitekter ønsket informasjon om hvordan temperatur- og fuktforløpet ville være i en primær ytterveggkonstruksjon. Veggelementet vi har undersøkt i denne bacheloroppgaven er av samme type som Tandberg Arkitekter anvender i et pågående prosjekt. Blant annet består denne konstruksjonen av spikret massivtre og vakuumisolasjonspaneler. Hensikten bak testene og undersøkelsene vi har gjennomført var å avgjøre om denne type konstruksjon er fuktsikker eller om deler av konstruksjonen kan bidra til økt fuktproblematikk.

Veggelementet ble oppført på bygg-labben ved Mustad næringspark, Gjøvik. Konstruksjonen består av følgende sjikt fra innside og ut: spikret massivtre, OSB, vakuumisolasjonspanel, asfaltplate, sløyfer, og tilslutt utlekting etterfulgt av låvepanel. Under oppføringen av ytterveggen ble det montert 14 temperaturloggere gjennom konstruksjonen, henholdsvis tre stk i hvert sjikt med én temperaturlogger på varm side og én på kald side. Videre ble det og montert fire RH-følere hvorav to stk på hver side av vakuumisolasjonspanelene i tillegg til en Hygrotrac-sensor på varm og kald side. Selve testingen av veggelementet ble utført på Treteknisk i Oslo, her ble konstruksjonen plassert i klimarom, og omsluttet av påbygde vegger slik at vi kunne skape et klima for varm- og et klima for kald side. Deretter ble konstruksjonen utsatt for varierende klima over en periode på 15 dager. De fire første dagene hadde vi RF på 65 % med 22 °C på innsiden og RF på 70 % med 8 °C på utsiden. For de neste elleve dagene ble innsiden omstilt med en RF på 50 % og med en temperatur på 21 °C, utsiden ble omstilt med en RF på 80 % og med en temperatur på 10 °C.

Etter endte forsøk konkluderer vi med at det i teorien kan oppstå fuktproblematikk som et resultat av å benytte vakuumisolasjonspaneler i en primærkonstruksjon. Dersom det etableres et RF-nivå større enn 85-90 % over lengre tid kan treverket i konstruksjonen være utsatt for fuktskader. Det er derimot fortsatt usikkert hvorvidt vakuumisolasjonspanelene bidrar til å øke den relative fuktigheten i konstruksjonen.

Mikkel Bugge  
15. mai 2019, OSLO

Magnus Fredriksli  
15. mai 2019, Hamar

Ole Gunnar Blom  
15. mai 2019, Gjøvik

(sign.)

(sign.)

(sign.)

# Abstract

Vacuum insulation panels are a relatively little used material in constructions and the thermal and hygroscopic properties appear to be somewhat unclear. Tandberg Arkitekter wanted information on how the temperature and humidity course would be in a primary exterior wall construction. The wall element we have examined in this bachelor's thesis is of the same type that Tandberg Arkitekter uses in an ongoing project. Among other things, this construction consists of nailed solid wood and vacuum insulation panels. The purpose of the tests and the investigations we have conducted was to determine whether this type of construction is moisture-proof or whether parts of the construction can contribute to increased moisture problems.

The wall element was built in the construction lab at Mustad Næringspark, Gjøvik. The construction consists of the following layers from the inside and out: nailed solid wood, OSB, vacuum insulation panel, asphalt impregnated wood fibre, standard loops, and shuttering with barnwood panelling. During construction of the outer wall, 14 temperature loggers were mounted through the structure. three sensors in each layer, with one temperature logger on the hot side and one on the cold side of the wall. Furthermore, four RH sensors were fitted, two of which were mounted on each side of the vacuum insulation panels, in addition to two Hygrotrac sensors, one on each side of the wall. The testing of the wall was carried out at Treteknisk in Oslo. The construction was placed in a climate room, and enclosed so we could create an indoor climate on one side and an outdoor climate on the other. After we placed the construction it was subjected to varying climates over a period of 15 days. The first four days we had RH 65 % with 22 °C indoor and RH 70 % with 8 °C outdoors. For the next eleven days, the indoor climate was switched to RH 50 % with 21 °C and the outside changed to RH 80 % with 10 °C.

After the experiment, we conclude that, in theory, moisture problems can arise as a result of using vacuum insulation panels in a construction with this design. If an RH level above 85-90 % is established over a long period of time, the wood in the construction may be subject to moisture damage. However, it is still uncertain whether the vacuum insulation panels help to increase the relative humidity in the construction.

# Forord

Dette prosjektet er vår avsluttende bacheloroppgave og markerer slutten på vår 3-årige bygg-ingeniør utdanning på NTNU i Gjøvik. Den er blitt skrevet i samarbeid med Tandberg Arkitekter, Berg&Wien Massivtre og Norsk Treteknisk Institutt i Oslo.

Massivtre blir stadig mer tatt i bruk i norske konstruksjoner, og med denne oppgaven ønsker vi å dokumentere nye konstruksjonstekniske utforminger. Berg&Wien Massivtre har i den anledning stilt opp med ferdig produsert massivtre samt forklaring på hvordan dette blir produsert, tusen takk for all hjelp. I tillegg har Vacunor sørget for at vi har hatt vakuumisolasjon tilgjengelig for vårt prosjekt, tusen takk for det. Det er i hovedsak Tandberg Arkitekter som har gitt oss oppgaven, og vi ønsker å gi en stor takk for en veldig spennende og lærerik utfordring.

Vi ønsker å benytte anledningen til å takke alle som har tatt seg tid til å hjelpe oss med å utføre dette prosjektet. Blant annet vår hovedveileder Guri Krigsvoll som er førsteamanuensis ved NTNU i Gjøvik, hun har bidratt med gode konstruktive tilbakemeldinger som har hjulpet oss på veien videre med oppgaven. Førstelektor ved NTNU Gjøvik Fred Johansen, har stilt opp som en biveileder og vært veldig behjelpelig med personlige møter hvor vi har fått uvurderlig veiledning gjennom prosjektet, vi retter en stor takk til Fred Johansen. Det har i stor grad vært nødvendig med godt utstyrmateriell for å kunne utføre dette prosjektet, i den forbindelse vil vi også takke avdelingsingeniør Tor Kristoffer Klethagen for all hjelp innen opplæring og bruk av nødvendig utstyr og måleapparater. Klethagen har også sørget for at vi har hatt alle materialer tilgjengelig, noe som har vært helt essensielt, tusen takk.

Vi ønsker å tildele en stor takk til Norsk Treteknisk Institutt i Oslo for lån av klimarom i forsøksperioden, de ansatte på bygglaben har stilt opp med god lærerik kunnskap og opplæring for bruken av nødvendig verktøy, tusen takk til alle dere. Sist men ikke minst så har det vært en glede å få arbeide med rådgiver innen bygg og marked Javad Darvishi, han har hjulpet oss gjennom hele perioden samtidig som at han har vært tilgjengelig med nødvendig rådgivning, i tillegg har han bistått med WUFI og opplæring av programmet. Han har vist stor interesse over oppgaven vår og har i stor grad kommet med behjelpelige tips hele veien, vi retter en stor takk til Javad Darvishi.

Til slutt vil vi takke alle som har bidratt med konstruktive råd og gjennomlesing av oppgaven.

# Innholdsfortegnelse

<b>Abstract</b> .....	<b>ii</b>
<b>Forord</b> .....	<b>iii</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>iv</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>vii</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>ix</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn for problemstillingen .....	2
1.2 Problemstilling .....	2
1.2.1 Forskningsspørsmål.....	3
1.3 Struktur, avgrensning og målgruppe .....	3
<b>2 Teori</b> .....	<b>5</b>
2.1 Gran .....	5
2.1.1 Materialeegenskaper .....	5
2.1.2 Fibermetningspunkt.....	7
2.1.3 Materialets poresystem og hygroskopiske egenskaper .....	8
2.2 Varmetransport.....	11
2.3 Fukt.....	12
2.3.1 Kritiske verdier for mikrobiell vekst på tre .....	12
2.3.2 Fuktbuffering .....	13
2.4 Svelling og krymping .....	21
<b>3 Metode</b> .....	<b>23</b>
3.1 Valg av metode .....	23
3.2 Kvalitativ og kvantitativ metode.....	23
3.3 Fremdrift og parameterendringer .....	24
3.4 Laboratorieforsøk .....	24



3.5	Innstillinger for klimarom.....	25
3.6	Datainnsamling .....	26
3.7	Utstyr for fukt- og temperaturmålinger .....	27
3.7.1	Motstandsmålere .....	27
3.7.2	Termograferingsutstyr .....	29
3.7.3	Hygrotrac .....	29
3.7.4	Luftfukter.....	30
3.7.5	Panelovn .....	30
3.8	Programvarer.....	31
3.8.1	LabView .....	31
3.8.2	Microsoft Excel.....	32
3.8.3	WUFI.....	32
3.9	Oppbygging av konstruksjonen .....	35
3.10	Forarbeid til laboratorieforsøk.....	38
3.10.1	Tilpassing av klimarom for veggelement .....	39
3.10.2	Prosjektering og bygging av skillevegg .....	43
3.11	Metodeutvikling.....	45
3.11.1	Montering av måleutstyr.....	45
3.11.2	Plassering av de ulike sensorer .....	49
3.12	Fuktmålinger av alle sjikt etter endt laboratorieforsøk .....	53
<b>4</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>55</b>
4.1	Trefuktighet/fukt før og etter forsøk i laboratorium.....	56
4.2	Visuell inspeksjon av utsatte bygningskomponenter .....	63
4.3	Omnisense – Hygrotrac .....	64
4.3.1	Simuleringer av temperatur, relativ fuktighet og trefuktighet innvendig.....	65
4.3.2	Simuleringer av temperatur, relativ fuktighet og trefuktighet utvendig.....	68
4.4	Temperaturforløp gjennom veggelement: LabView .....	71

4.4.1	Illustrasjon av vandampinnhold i OSB sjikt OSB/VIP i Molliers diagram.....	72
4.5	Termografering .....	73
<b>5</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>75</b>
5.1	Hygrotrac .....	75
5.1.1	Utvendig klima.....	75
5.1.2	Innvendig klima .....	77
5.2	Resultater fra LabView.....	80
5.3	Termografering .....	84
5.4	Fuktsøk før og etter klimarom med håndutstyr.....	84
5.5	WUFI simulering.....	87
<b>6</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>Videre arbeid .....</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>Litteraturliste.....</b>	<b>92</b>
	<b>Vedlegg.....</b>	<b>96</b>
<b>V1</b>	<b>Tidligere forsøk med LabView .....</b>	<b>97</b>
<b>V2</b>	<b>Teknisk godkjenning asfalt vindtett.....</b>	<b>98</b>
<b>V3</b>	<b>Omnisense – Hygrotrac / hører til grafer under resultater – varm side.....</b>	<b>99</b>
<b>V4</b>	<b>Omnisense – Hygrotrac / hører til grafer under resultater – kald side .....</b>	<b>106</b>

# Figurliste

Figur 1:Illustrerer vedcellens endring fra naturtilstand til tørr (SINTEF Byggforsk, 2015) .....	8
Figur 2: Fiberstrukturens oppbygning hos trevirke (SINTEF Byggforsk, 2015) .....	8
Figur 3: «Mikrosnitt av bartre med cellehulrom og poreåpninger i veggen. Det frie vannet vil ligge i hulrommene og det bundne vannet i celleveggene» (Tronstad og Treteknisk, 2006, s. 3) .....	9
Figur 4: Viser hvordan væskestrømmen reguleres med en sperreknapp hos linseporer (SINTEF Byggforsk, 2015).....	10
Figur 5: Varmetransport (Byggforsk, 2018) .....	11
Figur 6: Mollierdiagram .....	14
Figur 7: Månedsnormaler, RF.....	15
Figur 8: Månedsnormaler, vanddampinnhold.....	15
Figur 9: Vanddampdiffusjon.....	16
Figur 10: Poresystemer .....	18
Figur 11: Fuktopptak .....	19
Figur 12: Hysterese for furu, kurvene varierer for ulike materialer .....	21
Figur 13: Likevektsfukt .....	21
Figur 14: Krymping og svelling .....	22
Figur 15: Fremdriftsplan (Project, 2019) .....	24
Figur 16: Motstandsmålere, hammerelektrode og RF-måler (Geving, 2013) .....	28
Figur 17: Hygrotrac .....	29
Figur 18: Panelovn benyttet i oppgaven .....	31
Figur 19: Viser bryteren og intervallene på 5 grader celsius mellom hvert punkt.....	31
Figur 20: Snitt av veggelement .....	35
Figur 21: Vinkelbeslag, simpson strong-tie, (Simpson Strong-Tie, 2019).....	36
Figur 22: Tabell B.1 tilhørende (STANDARD NORGE, 2013).....	42
Figur 23: Planskisse av klimarom m. skillevegg .....	43
Figur 24: Snitt av skillevegg .....	43
Figur 25: Rammeverk, skillevegg. Viser også åpen ventilering ut fra klimarom til laboratoriet .....	44
Figur 26: Skillevegg m. vindsperre og testelement.....	45

Figur 27: Måling 8/15, trefuktigheten i massivtreelement .....	46
Figur 28: Montering av temperatursensor i sjikt mellom massivtre og OSB .....	47
Figur 29: Montering av RF- og temperatursensor i sjikt mellom OSB og vakuumisolasjon ...	47
Figur 30: Montering av RF- og temperatursensor i sjikt mellom vakuumisolasjon og asfaltplaten .....	48
Figur 31: Montering av temperatursensor i sjiktet mellom asfaltplaten og utlekting for ytterkledning .....	48
Figur 32: Montering av utvendig kledning .....	49
Figur 33: Til venstre: Resistansmåler med ca. 20 graders vinkel på asfaltplaten, Til høyre: Samme metode ble brukt på OSB-platen.....	53
Figur 34: Viser hvor det er utført fuktmålinger. Her tydeliggjort i Microsoft Paint Merk: Plasseringene gjelder for samtlige sjikt .....	54
Figur 35: Visuell inspeksjon av overflate OSB-plate.....	63
Figur 36: Visuell inspeksjon av overflate massivtre .....	63
Figur 37: Til venstre: Plassering av Hygrotrac, ytterkledning .....	64
Figur 38: Omnisense diagram - Temp. innvendig.....	65
Figur 39: Omnisense diagram - RF innvendig .....	66
Figur 40: Omnisense diagram - Trefuktighet MT .....	66
Figur 41: Omnisense diagram – kombinasjon av RF, T, TF innvendig .....	67
Figur 42: Omnisense diagram – kombinasjon av RF, T, TF innvendig med verdier.....	67
Figur 43: Omnisense diagram - Temp. utvendig .....	68
Figur 44: Omnisense diagram - RF utvendig.....	68
Figur 45: Omnisense diagram - Trefuktighet ytterkledning .....	69
Figur 46: Omnisense diagram - kombinasjon av T, RF, TF utvendig.....	69
Figur 47: Omnisense diagram - kombinasjon av T, RF, TF utvendig med verdier .....	70
Figur 48: Temp.forløp illustrert med LabView.....	71
Figur 49: Våre resultater fra sjikt OSB/VIP bunn illustrert i Molliers diagram .....	72
Figur 50: Termograferingsresultater av skillevegg og veggelement øvre del .....	73
Figur 51: Veggelementet sammensatt av flere bilder.....	74
Figur 52: Likevektsfukt for gran og OSB-plate.....	83
Figur 53: Ventil ut av klimarom, varm side.....	85
Figur 54: tidligere forsøk med LabView utført av Tor Klethagen.....	97

# Tabelliste

Tabell 1: Viser densiteten til gran, data og oppsett hentet fra (Foreningen norske lauvtrebruk, 2019).....	5
Tabell 2: Viser krymping, data hentet fra (Foreningen norske lauvtrebruk, 2019) og (Kilde og Treteknisk, 2011).....	6
Tabell 3: Viser de termiske egenskaper hos gran, data og oppsett hentet fra (Kilde og Treteknisk, 2011).....	7
Tabell 4: Gir en oversikt over noen forskjeller på de to hovedgruppene .....	12
Tabell 5: Temperatur og RF vår i klimarom.....	26
Tabell 6: Temperatur og RF høst i klimarom .....	26
Tabell 7: Oversikt over materialparametere i WUFI (Wufi-Wiki, 2009).....	33
Tabell 8: Oversikt over materialer knyttet til oppbyggingen av test-konstruksjonen .....	39
Tabell 9: Oversikt over innkjøp av materialer for tilpassing av klimarommet .....	40
Tabell 10: Oversikt over plassering av temperatursensorer.....	49
Tabell 11: Oversikt over plassering av Capacitive humidity sensor FHA 646R.....	50
Tabell 12: Oversikt over plassering av Hygrotrac .....	51
Tabell 13: Referanser.....	51
Tabell 14: Rekkefølgeoversikt for presentasjon av resultater.....	55
Tabell 15: Måling av massivtre/OSB med resistansmåler, hammer- og piggelektrode 01.03.19 .....	57
Tabell 16: Måling av massivtre/OSB med resistansmåler, hammer- og piggelektrode 29.03.19 .....	58
Tabell 17: Fuktsøk i OSB sjikt OSB/VIP etter endt laboratorieperiode den 29.03.2019.....	58
Tabell 18: Resistans- og probemålinger i sjikt asfaltplate/VIP og VIP/OSB den 29.03.2019 ..	59
Tabell 19: Endring i gjennomsnittsverdier overflatefukt i massivtre sjikt massivtre/OSB før og etter endt forsøk utført med piggelektrode .....	59
Tabell 20: Endring i gjennomsnittsverdier overflatefukt fra massivtre/OSB til sjikt OSB/VIP etter endt forsøk utført med piggelektrode .....	60
Tabell 21: Endring i gjennomsnittsverdier på massivtre sjikt massivtre/OSB før og etter endt forsøk utført med resistansmåler .....	60
Tabell 22: Endring i gjennomsnittsverdier fra massivtre/OSB til sjikt OSB/VIP etter endt forsøk utført med resistansmåler .....	60

Tabell 23: Gjennomsnittsverdier sjikt massivtre/OSB resistansmåler .....	61
Tabell 24: Gjennomsnittsverdier sjikt massivtre/OSB piggelektrode .....	61
Tabell 25: Gjennomsnittsverdier sjikt OSB/VIP resistansmåler .....	62
Tabell 26: Gjennomsnittsverdier sjikt OSB/VIP piggelektrode .....	62

# 1 Innledning

Denne oppgaven er i hovedsak knyttet til et pågående prosjekt utført av Tandberg Arkitekter hvor de tar i bruk en ytterveggkonstruksjon bestående av spikret massivtre kombinert med OSB-plate og vakuumisolasjon samt med påfølgende konstruksjonskomponenter som vindtetting og ytterkledning. Byggteknisk forskrift gir bestemte krav til lufttetthet og påvirkning av fuktighet og det ønskes derfor å undersøke i hvilken grad vakuumisolasjonen påvirker fuktforløpet gjennom konstruksjonen grunnet den damptette vakuuminnpakningen i kombinasjon med OSB-plate og om det er noe fuktproblematikk knyttet til denne løsningen. Byggforskserien, hefte 471.421 (SINTEF Byggforsk, 2013) viser en prinsipiell oppbygning av en vegg bestående av massivtre med påforet eller kontinuerlig isolasjon, hvor det ikke er tatt i bruk noen form for dampsperre. Vi har ikke funnet noen relevante hefter tilhørende Byggforsk som viser en

prinsipiell oppbygning av spikret massivtre kombinert med OSB og vakuumisolasjon. Vi håper da at dette prosjektet vil kunne avdekke en eventuell kritisk utforming, eller bekrefte en fukt-sikker konstruksjon. Ifølge Sintef Byggforsk er det etterspurt mer kunnskap om hvordan massivtre kan brukes slik at brukernes behov tilfredsstilles samt at alle krav blir opprettholdt, (Hans Boye Skogstad, 2011).

Prosjektet vil finne sted hos Norsk Treteknisk Institutt i Oslo hvor det skal tas i bruk et klimarom med muligheten, med noen modifiseringer i klimarom, for simulering av både inne- og uteklimate med påsatt luftfuktighet kombinert med gjennomsnittstemperaturer hentet ut ifra Byggforskserien, hefte 421.132, (SINTEF Byggforsk, 2018).

Ved å benytte seg av vakuumisolasjon i stedet for tradisjonell glass- eller mineralull vil denne gi en økt arealbesparelse der hvor det er mindre rom for utvidelse av det bærende bygningsverket. Konstruksjonen vår oppgave tar for seg vil være aktuelle for målgruppen som befinner seg i tettbebygde strøk med få muligheter for utvidelse av eksisterende boliger. Grunnet vakuumisolasjonens gode isoleringsevne vil dette da kunne være en attraktiv oppgradering. Det økonomiske aspektet er dog ikke en del av oppgaven og vil ikke bli diskutert videre.

## 1.1 Bakgrunn for problemstillingen

Det var ønskelig å få en oppgave som innebar et laboratorieforsøk for å få et mer visuelt innblikk i hvordan en konstruksjon oppfører seg i forbindelse med temperatur- og fuktforløp. Idéen var først å sette ulike veggkonstruksjoner opp mot hverandre for å avdekke eventuelle svake og sterke egenskaper ved forskjellige oppbygninger. Det ble etter fremdriftsmøtet kartlagt at for å få til dette så måtte vi trenge et veldig mye større tidsperspektiv, noe vi ikke hadde tid til. Etter egne undersøkelser for å se om det tidligere er forsket på denne type oppbygning konkluderte vi med at det er minimalt med forskning på spikret massivtre kombinert med vakuumisolasjon, og som en følge av det ble det da fastsatt at vi ville fordype oss i fuktproblematikk tilhørende bruken av vakuumisolasjon i en slik ytterveggkonstruksjon.

Som bakgrunn for egen forskning er det tatt i bruk en tidligere undersøkelse utført i 2011 av Hans Boye Skogstad, Lars Gullbrekken og Sivert Uvsløkk hos Sintef Byggforsk hvor de forsker på behovet for sperresjikt i en konstruksjon av massivtre (Hans Boye Skogstad, 2011).

## 1.2 Problemstilling

I hvilken grad vil en vakuumisolasjonsplate med innebygd dampbrems føre til økt fuktproblematikk i konstruksjonen?

Er vakuu isolasjon i kombinasjon med massivtre element en termisk robust løsning? I denne oppgaven ser vi på massivtre i kombinasjon med vakuu isolasjon som er både omstridt på grunn av robustheten og fortsatt kostbar å produsere. I de senere årene har krysslimte massivtre elementer blitt brukt som klimaskjermer i ulike bygg. Ifølge (Glasø og Tretknisk, 2011) blir flere og flere nye bygg oppført med KLT elementer som har mange fordeler deriblant lave klimagassutslipp fra produksjonsfasen sammenlignet med stål/betong og rask byggetid (Bjørheim, 2018). Dette har resultert til mindre behov for isolasjonsmateriale i forhold til et vanlig bindingsverk med tre eller for eksempel isolerte betongvegger, og igjen lavere klimagassutslipp fra produksjonen til isolasjon i forhold til KLT elementer.



I denne oppgaven ser vi nærmere på et massivtreelement som er produsert og utført av Berg&Wien AS. Dette består av 25 mm × 98 mm kantstilte bord som presses sammen med ca. 300kg trykk i en jigg hvor de deretter spikres sammen en etter en i systematisk rekkefølge med 3.1 mm × 90 mm maskinspiker, utførelsen av innfestningen programmeres og blir gitt et avstandsmål tilnærmet en c/c på 300 mm mellom hver spiker. Spikringen blir montert i et sikk-sakk mønster langs steget for å sikre at overflatene mellom hvert bord blir så lufttett som mulig, men vil aldri bli like lufttett som et KLT element.

Vi ønsker å se på de bygningsfysiske og termiske utfordringer som forbundet med vakuumisolasjon og massivtre element. Videre skal vi undersøke om hvor fuktkritisk løsningen er.

### **1.2.1 Forskningsspørsmål**

Vil kombinasjonen med OSB-plate (**O**riented **S**trand **B**oard) og Vakuumisolasjonen bremse fuktgjennomgangen i så stor grad at det gir utslag på kritiske verdier ved fuktsøk etter 16 dager under stasjonære forhold?

Vil det dannes svertesopp på OSB-platen grunnet eventuell fuktoppsamling i sjiktet mellom OSB-platen og vakuumisolasjonen?

I hvor stor grad avviker våre resultater fra WUFI-simuleringene?

Er det overflødig å benytte dampbrems ved bruken av massivtre i ytterveggkonstruksjoner?

Er det mulig å simulere stasjonære temperatur- og fuktforhold i et delt klimarom med enkle og billige apparater som fuktmaskin og panelovn?

## **1.3 Struktur, avgrensning og målgruppe**

Strukturen i denne bacheloroppgaven følger NTNUs retningslinjer for utformingen av en bacheloroppgave. I kapittel 2 som er vår teoridel omtales fuktegenskapene til gran, når det er fare for skader på trevirket grunnet fukt og deretter gås det dypere inn i varmetransport og fuktmekanikk generelt. Metodedelen i kapittel 3 beskriver oppbygningen av veggelementet

inkludert sensorplasseringer, hvordan fuktmålingene i oppgaven gjennomføres, utførelsen av forsøk i klimarom og innhenting av data fra forsøket. Herunder kommer bilder og forklaringer av utførelsen for at forsøket skal være oversiktlig nok for å etterprøves og bygges videre på. I kapittel 4 vil resultatene fra forsøket fremlegges. Herunder kommer grafer av temperatur og fukt for inne- og utemiljø, tabeller av fuktsøk med håndutstyr før og etter forsøk i klimarom i sjikt massivtre/OSB og OSB/VIP samt termografering. I kapittel 5 blir resultatene i kapittel 4 diskutert og drøftet hvor det blir sett på hvilke endringer man kunne ha gjort med parameterne og utstyr samtidig som dette blir knyttet opp mot teoridelen i kapittel 2. Etter dette vil det komme en konklusjon ut ifra resultatene og teorien i oppgaven, deretter et kapittel for videre arbeider.

Det måtte gjøres en del avgrensninger for at oppgaven ikke skulle bli for omfattende. Opprinnelig var det tenkt å teste flere kombinasjoner av vegger med vakuumisolasjon og massivtre i klimarom, men tiden strakk ikke til for å få målinger over lengre perioder da vi hadde 15 dager til rådighet i klimarom. Det ble derfor bestemt at vi skulle fokusere på én type oppbygning av veggelementet for å kunne innhentet mest mulig data om fuktoppsamling i konstruksjonen, nærmere bestemt i sjikt OSB/VIP. WUFI 2D ble også vurdert som sammenligningsgrunnlag, men det viste seg at her måtte vi hatt tilgang til WUFI Pro som ble for kostbart. WUFI Pro har også et tilleggsprogram som heter WUFI Bio som hadde vært nyttig for å avdekke fare for mikrobiell vekst, men som nevnt ble dette for kostbart og ble først tilgjengelig helt mot slutten av innleveringsfristen.

Målgruppen er byggebransjen og de som leverer og presenterer byggtekniske løsninger til kunder. Kombinasjonen av VIP og spikret massivtre gir en tynn konstruksjon samtidig med høy isolasjonsevne, noe som vil være attraktivt for de som liker å ha treverket synlig innvendig og ønsker en bygningskropp som gir mulighet for bedre arealutnyttelse.

## 2 Teori

Dette kapittelet tar for seg all relevant teori i forbindelse med analysen av fuktproblematikk tilhørende vakuumisolasjon i ytterveggkonstruksjonen. Teorien er hentet fra ulike verifiserte kilder.

### 2.1 Gran

Kledningen med låvebordsoppbygning og det innvendige spikrede massivtreet med kantstilte bord som er benyttet i oppgaven består av tresorten gran. I teoridelen vil det derfor bli gjennomgått egenskapene til gran som er relevant for fuktteori og hvordan fukten vil transporteres gjennom de ulike sjiktene.

#### 2.1.1 Materialeegenskaper

På grunn av sin forholdsvis lave vekt i kombinasjon med høy styrke og stivhet i forhold til densiteten egner gran seg godt til konstruksjonsvirke. Verdiene i tabellene under innenfor gjelder små feilfrie prøver og kan ikke brukes til praktiske beregninger.

*Tabell 1:*

*Viser densiteten til gran, data og oppsett hentet fra (Foreningen norske lauvtrebruk, 2019)*

Treslag	Tørrdensitet $\rho_0$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Basisdensitet $\rho_b$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densitet $\rho_{12}$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Rådensitet $\rho_u$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Gran	430	380	470	800

Densitet er enkelt forklart hvor mye masse i forhold til volum i tabell 1. Tørt tre har lavere densitet enn våt ved fordi trevirket er lettere enn vann og derav får høyere andel masse per volumenhet. Når forskjellige treslag har samme fuktinnhold er det andel sommedved kontra vårved, årringebredden og forholdet mellom cellehulrommene og celleveggene som avgjør forskjellen på densiteten (Skaug, TreFokus og Treteknisk, 2006, s. 5,6). Sommedved har tykkere cellevegger enn vårved og derav høyere densitet. Hvilken andel som er størst er avhengig av hvilket område treet vokser i og hvilken hastighet veksten har. Årringebredden bestemmes av næringsinnholdet på vektstedet der mer næring vil gi større årringebredden.

Tabell 2:

Viser krymping, data hentet fra (Foreningen norske lauvtrebruk, 2019) og (Kilde og Treteknisk, 2011)

Treslag	Krymping %				Absorpsjonsevne %
	Lengde $\beta_l$	Radielt $\beta_r$	Tangentielt $\beta_t$	Volum $\beta_v$	$\mu_m$
Gran	0,1-0,3	3,5-4,0	7,8-8,0	11,6-12,0	205

Som vist i tabell 2 krymper gran lite. De laveste verdiene i tabell 2 er for trevirke med lav densitet og de høyeste verdiene er for trevirke med høy densitet. Disse verdiene gjelder for uttørking av trevirket gran, fra et fibermetningspunkt på ca. 28–30 % og ned til 0 % fuktighet (Kilde og Treteknisk, 2011, s. 4). For mer om fibermetningspunkt, se neste punkt.

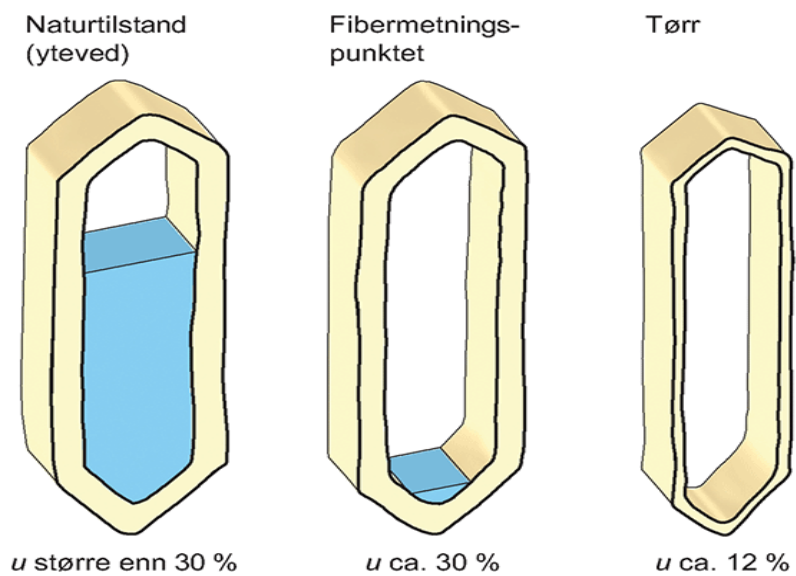
Tabell 3:

Viser de termiske egenskaper hos gran, data og oppsett hentet fra (Kilde og Treteknisk, 2011)

Termiske egenskaper	
Varmekonduktivitet	$\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$
Varmeutvidelse langs fibrene	0,005 mm/mK
Varmeutvidelse normalt på fibrene	0,04 mm/mK
Spesifikk varmekapasitet	1,9 kJ/(kgK)
Forutsetninger: ( $\rho=500 \text{ kg/m}^3$ , $U=20\%$ , $\perp$ )	

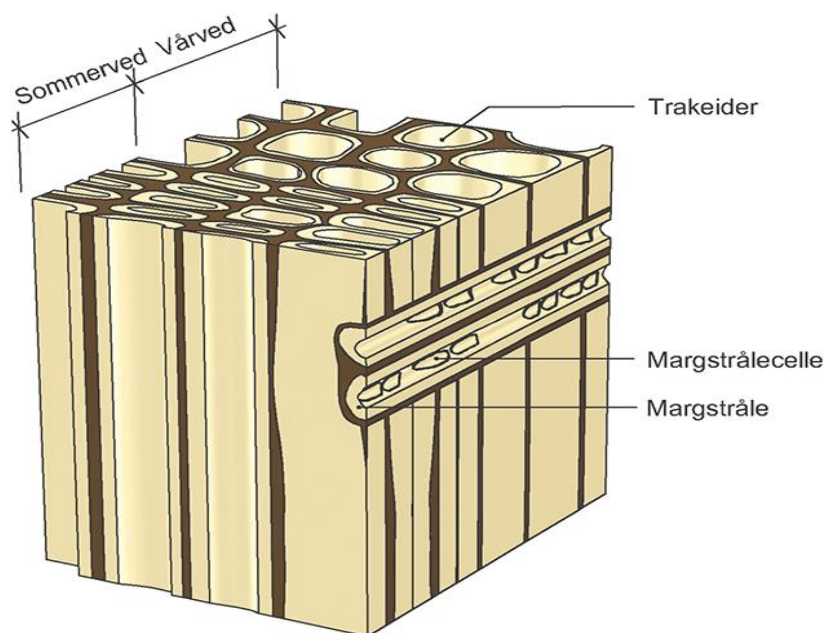
### 2.1.2 Fibermetningspunkt

Trevirke inneholder fritt og bundet vann (SINTEF Byggforsk, 2015). Bundet vann finner vi i cellulosen i celleveggene og fritt vann befinner seg i cellenes hulrom. Når alt av fritt vann i cellenes hulrom er fordampet men celleveggene fortsatt er fulle av vann kalles det stadiet for fibermetningspunktet. Ved fibermetningspunktet er fuktinnholdet i vedcellene på rundt 30 % som vist i *Figur 1*. Når trevirket uttørkes ytterligere og har et fuktinnhold  $<30\%$  vil også det bundne vannet i celleveggen fordampe og dette fører til at trevirket vil krympe. Tørr tilstand karakteriseres ved et fuktinnhold i vedcellene på rundt 12 %.

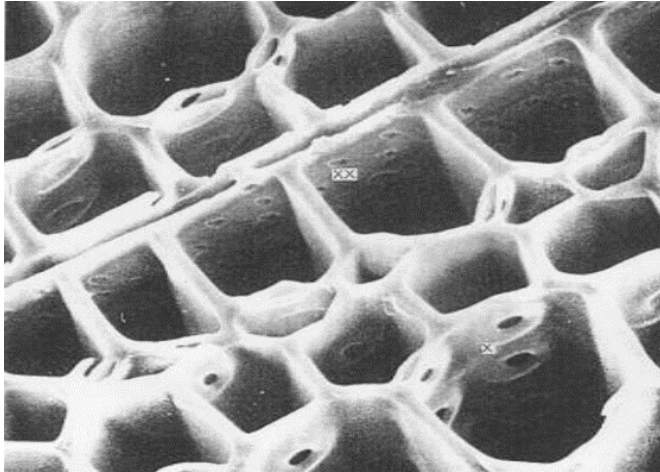


Figur 1: Illustrerer vedcellens endring fra naturlilstand til tørr (SINTEF Byggforsk, 2015)

### 2.1.3 Materialets poresystem og hygroskopiske egenskaper



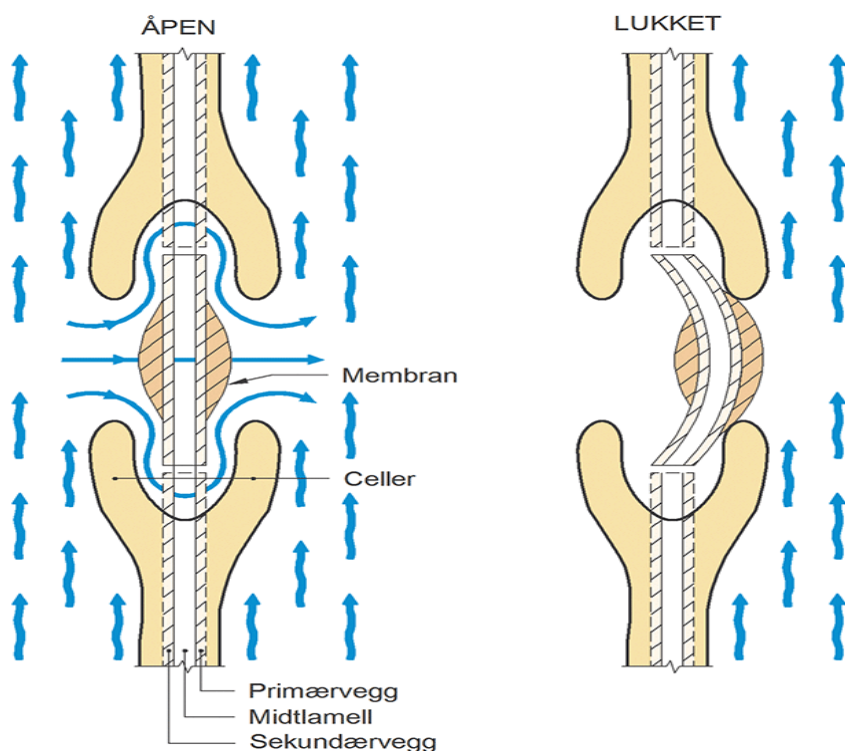
Figur 2: Fiberstrukturens oppbygning hos trevirke (SINTEF Byggforsk, 2015)



*Figur 3: «Mikrosnitt av bartre med cellehulrom og poreåpninger i veggen. Det frie vannet vil ligge i hulrommene og det bundne vannet i celleveggene» (Tronstad og Treteknisk, 2006, s. 3)*

Gran inneholder flere typer porer som transporterer vann og næringsstoffer mellom cellene (SINTEF Byggforsk, 2015).

Majoriteten av trevirket består av trakeider (ca. 95 %) mens margstråleceller og parenkymceller fyller resten av trevirket. Trakeider er celler som går på langs med trevirket og kan sammenlignes med en bunt sugerør i oppbygningen, som vist av *Figur 2*. Linseporene styrer vanntransporten mellom trakeidene med en elastisk sperreknapp, se *Figur 4*. Effektiviteten til linseporens sperreknapp er en årsak til at gran vanskeligere å impregnere enn furu. Cellene som går på tvers av trakeidene og danner margstråler kalles margstråleceller. Margstråleceller består stort sett av tverrgående parenkymceller i tillegg til en mindre andel langsgående parenkymceller og tverrgående trakeidale celler. Her transporteres vannet imellom de tverrgående parenkymcellene og trakeidene via halvlinseporer. Vanntransporten parenkymcellene imellom foregår via enkle porer. «I nordiske bartrær er cellene 2–6 mm lange, med en diameter på 0,02–0,05 mm» (SINTEF Byggforsk, 2015).



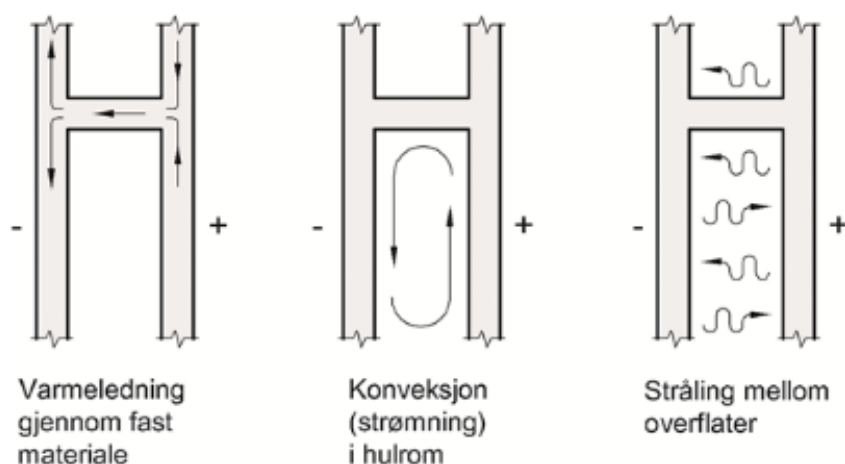
Figur 4: Viser hvordan væskestrømmen reguleres med en sperreknapp hos linseporer (SINTEF Byggforsk, 2015)

Tre er et hygroskopisk materiale (Tronstad og Treteknisk, 2006, s. 2). Det som menes med hygroskopisk materiale er at trevirket tar opp fukt fra luften og avgir fukt til luften ut ifra relativ luftfuktighet (RF) i omgivelsene. Fuktopptaket skjer gjennom trevirkets poresystem. Trevirket i konstruksjoner lever også etter for eksempel et hus er satt opp. Trevirket utvider og trekker seg sammen ved temperatur- og fuktendringer hvor trevirket vil forsøke å oppnå likevekt med fuktinnholdet i omgivelsene. Det kalles krymping når det tørker og svelling under oppfukning som oppstår i fuktintervallet 0–30 % (ca. 28 % for gran), altså fra helt tørt og opp til fibermetningspunktet. Dette vises ved uttørking og derav krymping av innvendig trevirke om vinteren når det er mye oppvarming og RF er lavere innendørs.



## 2.2 Varmetransport

Da det oppstår temperaturforskjeller på hver side av et material eller bygningsdel begynner samtidig en overføring av varme mot den siden med lavest temperatur (Byggforsk, 2018). Transporten av varme foregår på tre forskjellige måter, anvist i *Figur 5*. Den første måten er varmeledning som skjer i faste stoffer, væsker og gasser. Dette skyldes at «varme» molekyler har en høyere kinetisk energi som overføres til de mer energifattige «kalde» molekylene via kollisjoner (Thue, 2016, s. 53). Den andre måten er konveksjon, som betyr at det skjer en energitransport fordi fluider (væske eller gass) med sin indre energi er i bevegelse. Ved temperaturforskjeller dannes det i tillegg varmeledning molekylært mellom fluider med temperaturdifferanse. Den tredje måten er stråling gjennom et hulrom bestående av luft eller gass mellom to overflater. Varmetransport vil alltid forekomme i en eller flere av disse formene. I ikke-porøse materialer foregår kun varmeledning som transportform, i motsetning til porøse materialer og hulrom, der varmetransporten er en kombinasjon av alle de tre metodene. Det kan oppstå merkbare endringer i varmetransporten dersom fukt i porøse materialer gjennomgår en tilstandforandring. Når is, vann eller damp skifter tilstand frigjøres det eller bindes det store mengder varmemengder. Et eksempel på dette er når vanndamp inne konstruksjonskomponenter avkjøles og legger seg som vann på overflater.



*Figur 5: Varmetransport (Byggforsk, 2018)*

## 2.3 Fukt

### 2.3.1 Kritiske verdier for mikrobiell vekst på tre

Det er to hovedgrupper for sopper, råtesopper og fargeskadesopper ifølge (Evans, TreFokus og Treteknisk, 2009). Sporer blir spredd med vinden og finnes i luften hele året. Dersom de får optimale vekstforhold kan de begynne å vokse på trevirke overalt hvor det er tilgang til luft. De to hovedgruppene har noen forskjeller på optimale vekstforhold, men det er fuktinnhold og temperatur som er den avgjørende faktoren for å kunne vokse for begge hovedgruppene. På veggelementet i oppgaven her er det muligheter for at det vil oppstå noen svarte prikker på OSB-platen i sjikt OSB/VIP i form av svertesopp. Den vil bli inspisert etter forsøket i klimarom.

Tabell 4: Gir en oversikt over noen forskjeller på de to hovedgruppene

	Råtesopper	Fargeskadesopper
Temperatur for å spire ved tilgang til fritt vann i cellehulrommene	10-30°C	10-30°C
Temperatur for å kunne vokse	0-40°C	0-40°C
Fuktinnhold for optimale vekstforhold	>20%	>20%
Mekanisk svekkelse av treet	Svekker innenfra ved at de bryter ned cellulosen og ligninet med enzymer.	Svekker ikke. Men kan være starten på eller skjule en råteskade i trevirket
Kjennetegn	Når angrepet har pågått en stund vil en kunne merke råtten lukt og mørkere farge. Ellers vanskelig å oppdage.	Misfarging av treoverflaten i fargene rødt, blått, gult og svart.

## 2.3.2 Fuktbuffering

### Luffuktighet

Vanndamp er en form for fuktighet som mer eller mindre alltid er en del av innholdet i luft, men mengden av vanndamp luften kan inneholde varierer med temperaturen ifølge (Geving, 2011, s. 9). Når luften er fullmettet vil det si at relativ fuktighet (RF) er 100 %. Dette kalles også for luftas duggpunkt. Dersom temperaturen synker ved duggpunktet vil ikke lufta kunne bære like store mengder vanndamp og dermed frigjøres vanndampen. Dette kan observeres som kondens.

Innholdet av vanndamp i luft kan angis på tre forskjellige måter:

- $v = g/m^3 \rightarrow$  Vanndampinnholdet
- $pv = Pa (= N/m^2) \rightarrow$  Vanndampens partialtrykk også kalt damptrykk eller vanndamptrykk
- $x = (kg/kg) \rightarrow$  Fuktgraden, hvilket er vanndampmasse pr. kg tørrluft

Verdier for damptrykk (Pa) og vanndampinnhold ( $g/m^3$ ) kan leses ut ifra Mollier-diagrammet. Se *Figur 5*.

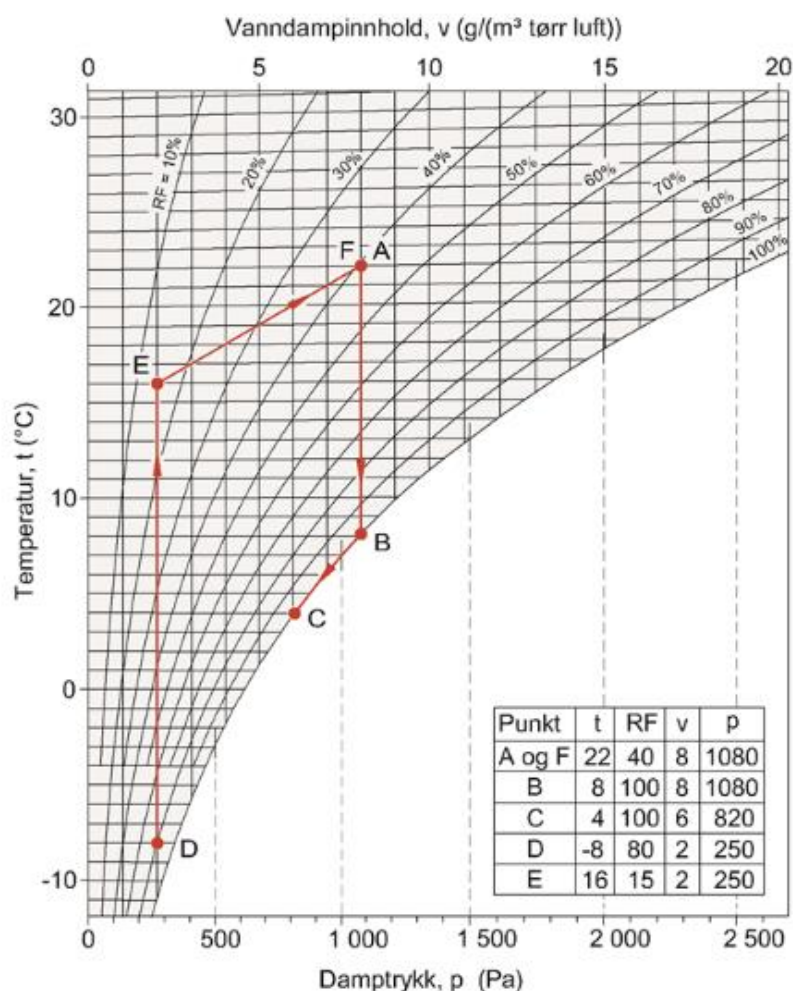
### Relativ fuktighet (RF)

Relativ fuktighet er et prosentvis mål på hvor stor vanndampmengde en luftmengde inneholder ved en gitt temperatur, i forhold til den maksimale vanndampmengden luftmengden kan inneholde ved samme temperatur (Geving, 2011, s. 10).

$$RF = \frac{v}{v_{sat}} \times 100 \% \rightarrow \text{der } v_{sat} \text{ er innholdet av vanndamp ved metning.}$$

## Mollier – diagrammet

Luftfuktighetsdiagrammet viser sammenhengen mellom vanndampinnhold, damptrykk, temperatur og duggpunkt (Geving, 2011, s. 10). Dersom man har kjennskap til f.eks. RF og temperatur kan vanndampinnholdet leses av. Diagrammet benyttes i sammenhenger der en overslagsberegning eller vurdering av fukt i luft er nyttig. Eksempelvis kan man vurdere om det foreligger fare for kondens.

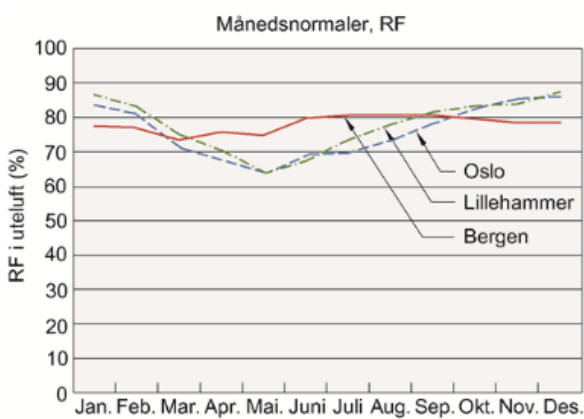


Figur 6: Mollierdigram

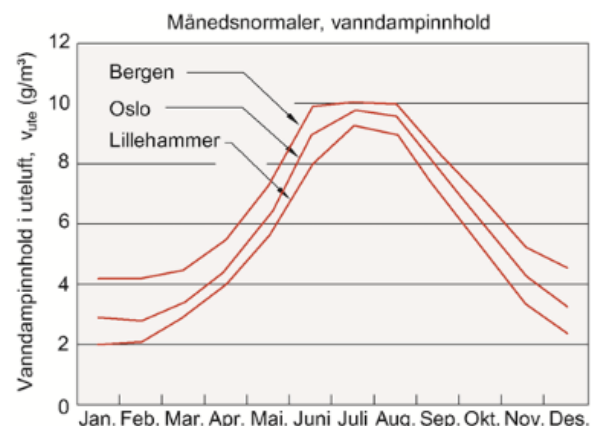
Fra punkt A kan man se at vanndampinnholdet er ca.  $8 \text{ g/m}^3$ , når temperaturen er  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  og RF er 40%. Dersom temperaturen synker mot B,  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  stiger samtidig RF til 100%. Dette betyr at duggpunktet er nådd og det kan dannes kondens i lufta eller på materialoverflater.

## Fukt i uteluft

Gjennom et år vil innholdet av vanndamp i luften variere. Geografiske klimaforskjeller påvirker den relative fuktigheten omkring i landet, se *Figur 7* (Geving, 2011, s. 11). Som regel er det høyest relativ fuktighet om vinteren og lavest om våren, selv om vanndampinnholdet er høyest på sommeren eller da lufttemperaturen er på det høyeste, se *Figur 8*.



Figur 7: Månedsnormaler, RF



Figur 8: Månedsnormaler, vanndampinnhold

## Fukt i inneluft

Fukttinnhold i inneluft varier i stor grad med luftskiftet i det enkelte rom. Det skyldes vanndampinnholdet i luften som blir brukt til ventilering, og omfanget av luftskiftet (Geving, 2011, s. 11). Altså hvor mye luft som tilføres og fjernes. Som regel benyttes uteluft som ventilering og dersom vanndampinnholdet i uteluften er høy vil det føre til et større vanndampinnhold i inneluften. En annen faktor som vanndampinnholdet i inneluften bestemmes av er fuktproduksjon eller tilførsel av vanndamp som kommer innen ifra. Dette legges spesielt godt merke til ved aktiviteter som dusjing eller når man lager mat.

## Partialtrykkforskjell

Kald uteluft inneholder lite vanndamp i motsetning til inneluft ved rimelig RF-verdier som kan inneholde 20-30 ganger mer vanndamp (Thue, 2016, s. 147). Slik oppstår det en partialtrykkforskjell mellom ute- og inneluft. Dette skaper en tendens til diffusjon utover porer, fuger,

sprekker og andre åpninger. Når vanndampen vandrer fra varm til kald side, synker temperaturen samtidig som den relative fuktigheten øker. Dersom duggpunktet nås vil dampen begynne å kondensere og det kan legge seg kondens på overflater samt inne i konstruksjoner hvis det er kaldt nok. Over tid kan dette føre til store skader om det ikke oppdages.

## Vanndampdiffusjon

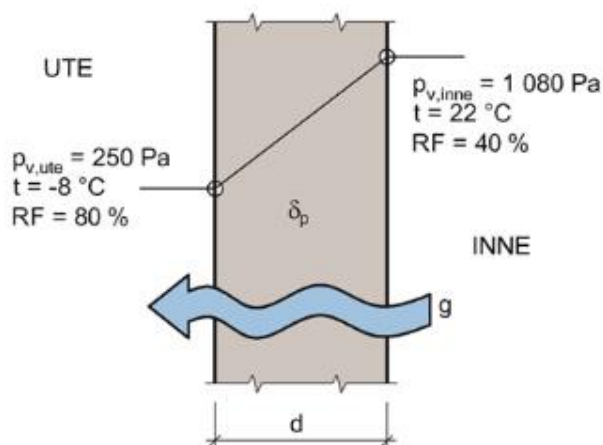
Kondens eller skadelig høy RF inne i konstruksjoner, på grunn av diffusjon, skyldes i hovedsak feil konstruksjonsvalg (Geving, 2011, s. 21). Blant annet kan det oppstå fuktskader dersom dampsperrer ikke har høy nok dampmotstand i rom som med stor fuktpåkjenning. Hvis vindsperre ikke er nok dampåpne i forhold til dampsperre øker risikoen for skader.

Vanndampdiffusjon gjennom et materiale kan beregnes etter:

$$g = \delta_p \times \frac{\Delta p_v}{d} \quad (\text{kg}/(\text{m}^2\text{s}))$$

Formelen gir et tall på hvor mange kilo vanndamp som diffunderer gjennom et materiale pr sekund og er mest hensiktsmessig å benytte i tykke materialsjikt. Se *Figur 9*.

- $\Delta p_v = p_{v2} - p_{v1} \rightarrow$  differansen i damptrykk på de to sidene av materialet (Pa)
- $\delta_p = (\text{kg}/(\text{msPa})) \rightarrow$  materialets vanndamppermeabilitet
- $d = (\text{m}) \rightarrow$  materialets tykkelse



*Figur 9: Vanndampdiffusjon*

Ved beregning av vanndampdiffusjonen gjennom tynnere materialsjikt vil parametere som materialtykkelse og vanndamppermeabilitet ikke være hensiktsmessig å bruke. Derimot kan det brukes parametere som vanndamppermeans, vanndampmotstand eller ekvivalent luftlags-tykkelse. Vanndampdiffusjon i tynne materialsjikt kan beregnes etter:

$$g = \frac{\delta_{luft}}{\mu} \times \frac{\Delta_{pv}}{d} = \delta_{luft} \times \frac{\Delta_{pv}}{s_d} = W_p \times \frac{\Delta_{pv}}{Z_p} \quad (kg/(m^2s))$$

- $W_p = \delta_p/d = (kg/(m^2sPa)) \rightarrow$  vanndamppermeansen
- $Z_p = d/\delta_p = 1/W_p = (m^2sPa/kg) \rightarrow$  er vanndampmotstanden
- $\mu = \delta_{luft}/\delta_p \rightarrow$  vanndampmotstands faktoren
- $s_d = \mu \cdot d = (m) \rightarrow$  ekvivalent luftlagstykkelse
- $\delta_{luft}$  er luftas vanndamppermeabilitet, tilnærmet lik  $1,95 \cdot 10^{-10} kg/(msPa)$

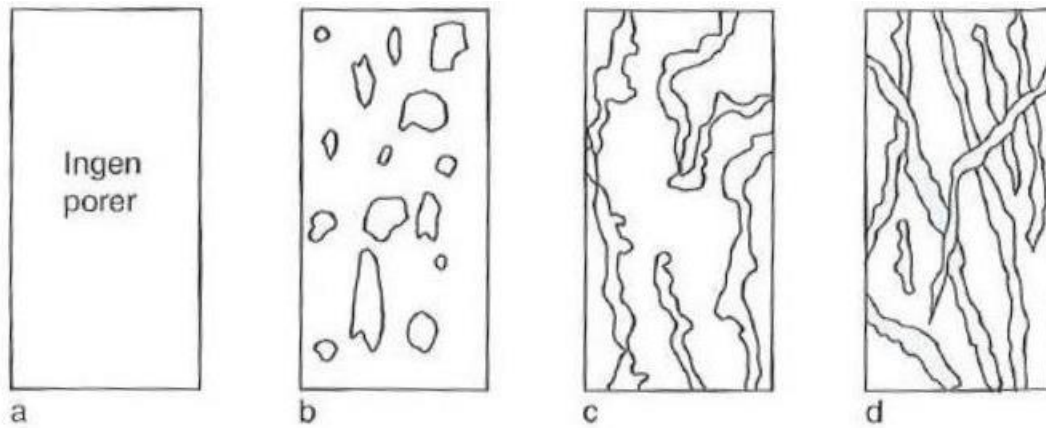
## **Fukt i materialer**

### ***Generelt***

Av de ulike typer materialer som benyttes i bygninger, vil alt som er i kontakt med damp eller vann oppta noe fuktighet med unntak av materialer med tette porer, eksempelvis glass og metaller (Geving og Thue, 2002, s. 296). Formen for fuktbinding, type material og pore-systemets egenskaper avgjør fuktinnholdet i materialet. Fuktpåkjenninger som materialet tidligere har vært utsatt for kan også gi innvirkninger på fuktinnholdet ved et bestemt tidspunkt.

### ***Poresystem***

Materialets fuktbindings- og fukttransportegenskaper er i stor grad påvirket av materialets poreform, størrelse og fordeling. Materialstrukturen definerer poresystemene og det er naturlig å kategorisere de ulike systemene i fire grupper (Geving og Thue, 2002, s. 338). Se *Figur 10*.



Figur 10: Poresystemer

- **A** – Materialer som ikke har evnen til å oppta fukt kalles for ikke-hygroskopiske. Disse materialene er kompakte og de har ikke et poresystem. Eksempler på slike materialer er metaller, glass og noen plastmaterialer.
- **B** – I denne grupperingen finner vi materialer med kontinuerlig faststoff og et diskontinuerlig poresystem. Disse materialene er hygroskopiske, men har en veldig begrenset evne til å oppta fukt fordi porene er isolerte. Innenfor denne kategorien finner vi materialer som lettklinker, skumglass og ekspandert polyuretan.
- **C** – De fleste vanlige bygningsmaterialer har en kontinuerlig struktur som dannes av både poresystemer og fast stoff. Tre, betong og lettbetong er eksempler på denne typen materialer. Større evne til å oppta fukt enn tidligere nevnte grupperinger.
- **D** – Alle fibermaterialer og stoffer i korn- eller pulverform finnes i denne kategorien. Det som kjennetegner strukturen i disse materialene er en diskontinuerlig struktur i det faste stoffet og kontinuerlig struktur i poresystemet.



Porestørrelse kategoriseres gjerne etter tre grupperinger basert på radius.

Makro	$r > 0.1\text{mm}$
Mikro	$100\text{nm} < r < 0.1\text{mm}$
Submikro	$r < 100\text{nm}$

Den praktiske betydningen av små og store porestørrelser er at små porer har en stor sugekraft, men langsom vanntransportering, i motsetning til grove porer som transporterer vann raskt, men har en liten sugekraft.

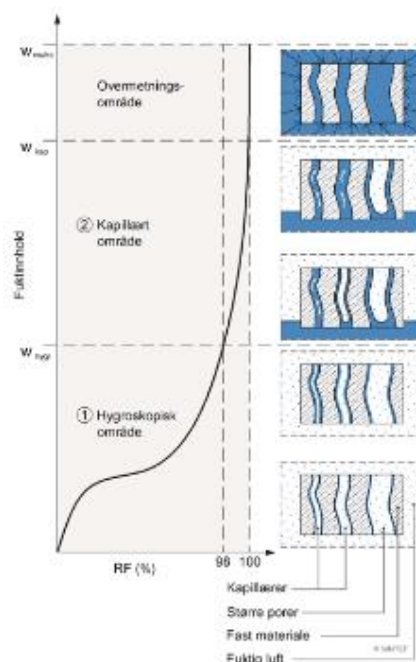
### Porøsitet

Porøsiteten til et materiale angis ut ifra størrelsen på porevolumet i forhold til materialets totalvolum. Dette forholdet forteller oss hvor mye vann et materiale maksimalt kan inneholde og defineres av;

$$n = 1 - \left( \frac{\rho}{\rho_{sol}} \right)$$

Porøsiteten kan ha en verdi mellom 0 og 1, eller angis som en prosentvis verdi fra 0 til 100.

- $n$  = porøsitet
- $\rho$  = romdensiteten til materialet
- $\rho_{sol}$  = densitet av materialets faststoff uten porer



Figur 11: Fuktopptak

## **Fuktopptak**

### ***Hygroskopisk og kapillært område***

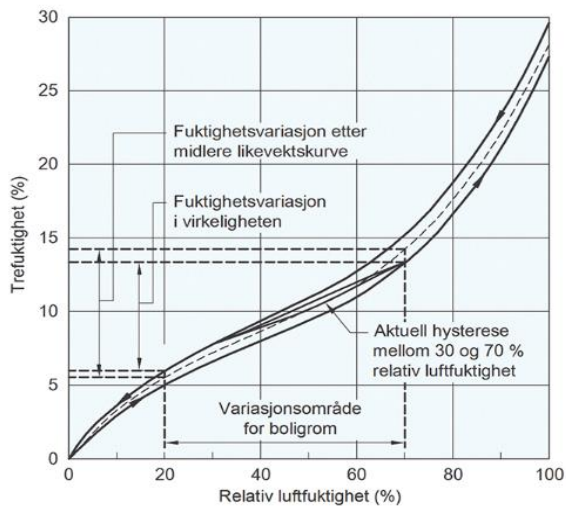
Fuktopptaket i byggematerialer skjer ved to karakteristiske områder (Geving, 2011, s. 18). Det første er hygroskopisk område (HO) som kjennetegnes ved en RF ca. under 98 % og kapillært område (KO) der RF er ca. høyere enn 98 %, se *Figur 10*. Fuktopptaket i HO skyldes en vandampdiffusjon innover i poresystemet i materialene. Vandampmolekyler absorberes som etter eller flere lag på overflatene av porene. De minste porene vil etter hvert fylles med vann dersom RF stiger mot 98 %. Når RF overstiger 98 % inntreer man kapillært område hvor det oppstår et kontinuerlig porevannsystem som medfører væskestrømning ved kapillær suging. Kapillær metning ( $W_{kap}$ ) nåes hvis materialet har tilgang på fritt vann.

Dette kan f.eks være regnvann, grunnvann eller vann som skyldes kondens. De største porene vil allikevel ikke fylles helt med vann. Fullmetning ( $W_{maks}$ ) oppnås enten ved koking eller vakuumbehandling. De aller fleste materialer tar opp størst mengde fukt i KO.

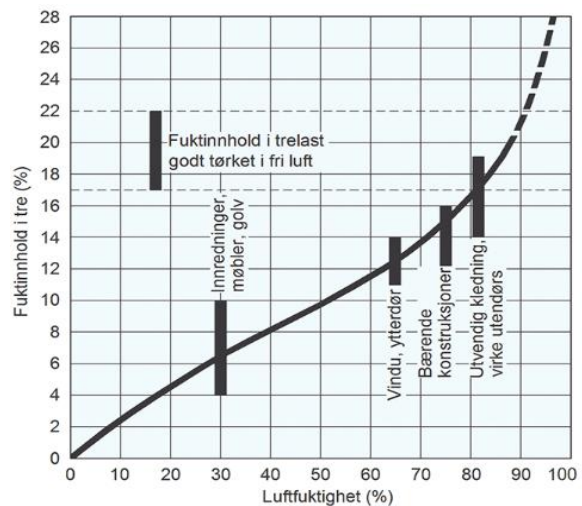
### ***Likevektfukt***

Hygroskopiske materialer vil alltid prøve å etablere likevekt mellom fuktinnholdet i lufta (Edvardsen og Ramstad, 2010, s. 84). Denne prosessen er forårsaket av at materialet opptar og avgir fuktighet. Dersom det er konstant temperatur og relativ fuktighet der materialet lagres, vil materialet oppnå likevekt. Dette betyr at materialet har nådd likevektsfukten. Likevektsfuktigheten avhenger også av materialets fukthistorie (Thue, 2016, s. 318). Den innstiller seg noe høyere ved synkende relativ fuktighet hvis den først har innstilt seg under stigende relativ fuktighet. Selv om materialet undersøkes ved samme relative fuktighet vil likevektsfukten være noe annerledes. Denne effekten kalles hysteres. Se *Figur 12*.

*Figur 13* gir et anslag på hvor likevektfukten i gran og furu vil innstille seg ved forskjellige klima. Den relative fuktigheten vil variere innendørs ved ulike årstider (Geving, 2011, s. 148). På vinteren vil den normalt sett ligge mellom 20–30 % i motsetning til sommeren der typiske nivåer ligger mellom 50–70 %. Fuktopptaket for treverk går ikke like raskt som variasjonene i luftfuktigheten og dette gjør at trefuktigheten er lavest i vår månedene og høyest på høsten.



Figur 12: Hystereseløp for furu, kurvene varierer for ulike materialer



Figur 13: Likevektsfukt

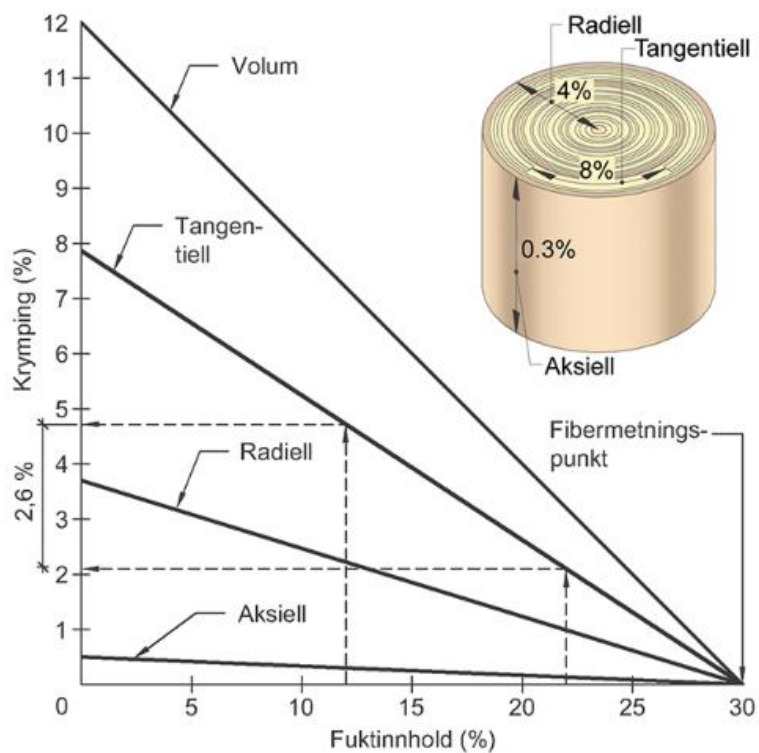
## 2.4 Svelling og krymping

Etter hvert som treverk oppfuktes og avtørkes vil det oppstå deformasjoner i materialet. Fra fibermetningspunktet (30 % trefuktighet) til helt tørr tilstand krymper treverk ca. 8 % i tangentiell retning, 4 % radielt og 0,3 % aksialt, se *Figur 14* (Edwardsen og Ramstad, 2010, s. 124).

For beregninger av krymping og svelling kan følgende gjennomsnittsverdier for dimensjonsendringer pr prosentendring i fuktinnhold settes til;

- Tangentielt → 0,28 %
- Radielt → 0,15 %
- Aksialt → 0,01 %

I praktiske sammenhenger vil det være avvik opp mot  $\pm 50$  % fra gjennomsnittsverdiene. (Geving 2011)



Figur 14: Krymping og svelling

På grunn av dimensjonsendringer er det derfor viktig ved montering at fuktinnholdet i tre-materialer er tilnærmet lik fuktinnholdet innendørs hvis ikke er det en risiko for vridning, sprekkdannelser og utbulinger i konstruksjonsdelene.

# 3 Metode

## 3.1 Valg av metode

I forbindelsen med denne bacheloroppgaven har vi hovedsakelig valgt å benytte oss av en kvantitativ forskningsmetode fordi vi mener dette er mest hensiktsmessig for å drøfte resultatene. For å bekrefte eller avkreft problemstillingen og forskningsspørsmålene som stilles, vil det være nødvendig å analysere en stor mengde innsamlet data som er basert på en rekke målinger med ulike instrumenter. Kvaliteten for metoden og usikkerheten som stilles til resultatene vil senere diskuteres.

## 3.2 Kvalitativ og kvantitativ metode

### *Kvantitativ metode*

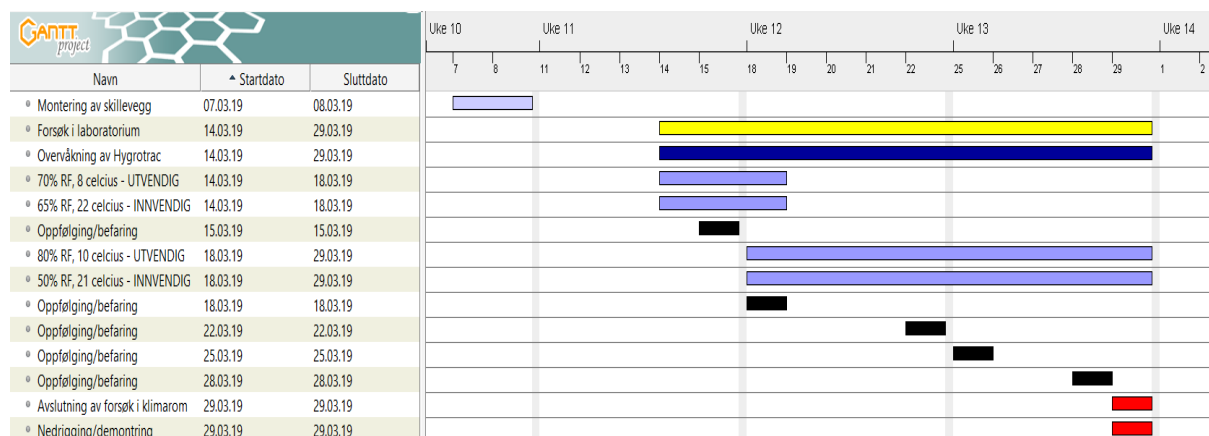
Kvantitative forskningsmetoder handler om tall og det som er kvantifiserbart. De vanligste formene for kvantitative metoder er telling, måling og kalkulasjoner. Datainnsamling ved hjelp av disse metodene resulterer ofte i statistikker som kan fremstilles grafisk i form av tabeller og grafer. Disse dataene kan analyseres slik at det blir mulig å redegjøre for omfanget av et fenomen, undersøke årsakssammenhenger eller teste hypoteser.

### *Kvalitativ metode*

I motsetning til kvantitative forskningsmetoder er kvalitative metoder en måte å generere kunnskap ut ifra informasjon via f.eks. intervjuer, tekst analyse eller observasjoner. Kvalitative metoder handler om å undersøke hvilken mening hendelser og erfaringer har for de som opplever det og hvordan det de kan tolkes eller forstås av andre. Kvantitative metoder benyttes gjerne over mange forekomster og kvalitative metoder brukes på et fåtall.

### 3.3 Fremdrift og parameterendringer

I forbindelse med forsøket ble det laget en fremdriftsplan som i tillegg til å vise de ulike stadiene av forsøket, skal det også ha en god oversikt over når parameterendringene tar plass.



Figur 15: Fremdriftsplan (Project, 2019)

### 3.4 Laboratorieforsøk

I dette forsøket skal det undersøkes om det vil oppstå fukt i veggen på grunn av vakuuminolasjonens høye evne til å motstå temperatur- og fuktgjennomgang. Det er to av vakuuminolasjonsplatene (VIP) som er punktert i bunn og to intakte VIP i topp av veggelementet innenfor samme sjikt. Det skal undersøkes om det blir tilstrekkelig luft- og fuktgjennomgang eller om fukten blir fanget inne i veggen og om det er noen forskjell på der hvor VIP-ene er punktert og der de er intakte. Veggelementet som blir undersøkt er plassert i et klimarom som har blitt delt i to av en vegg bestående av bindingsverk, 300 mm GLAVA 34 PROFF, TYVEK vindtetting og dampspærre. På varm side er det satt opp en panelovn, *Figur 18*, med temperatur satt til 22 °C og en luftfukter som varierer mellom 40–65 % RF ut ifra sesong. Det er antatt at temperaturen kan variere med +/- 1 °C siden panelovnen ikke har digitalt innstilling på temperaturen men et hjul som skrur til angitt temperatur hvor intervallet på verdiene går fra 20–25, se *Figur 19*. Det er satt inn en ventil som står i veggen av bindingsverk mellom varm og kald side samt et hull på ca. 30 centimeter i diameter fra varm side og ut til resten av laboratoriet

klimarommet står i. På kald side står viften til klimarommet som gir en fast temperatur og fast RF innstilt av sesong. Viftene fra klimarommet blåser ganske kraftig så det er antatt at selv med naturlig avtrekk ut til varmere rom enn vårt inn klima vil det bli tilstrekkelig luftgjennomgang så fukten fra luftfukteren ikke blir stående stille i rommet og gi feil resultater på fuktmålingene i inn klimaet og temperaturen vil være rundt det vi har stilt inn på panelovnen. På grunn av tidsbegrenset tilgjengelighet til klimarommet velges det å prioritere vår og høst i dette forsøket for å få utsatt veggen for mest mulig fukt i tidsperioden som er til rådighet. Veggelementet skal stå i klimarommet i periode på 16 dager totalt og blir utsatt for varierende grad av luftfuktighet ute og inne, fast temperatur inne og temperatur ut ifra sesong ute. Det er satt av 4 dager til vår og 11 dager til høst i dette forsøket. RF på høst er stabilt høye for å prøve å få mest mulig utslag på fukttoppsamling i trevirket og øke sannsynligheten for å finne fukt rundt VIP-ene på den relativt korte tiden som er til rådighet da trevirket bruker lang tid på oppfukning. Det har blitt lagt vekt på at luften ikke skal bli stående stille slik at det blir unormalt høy fukttoppsamling på varm side og det antas at ventilen i bindingsverksveggen vil bidra nok til at det blir tilstrekkelig med luftgjennomgang på varm side.

### **3.5 Innstillinger for klimarom**

Parameterne for temperatur og RF som er satt for forsøket i oppgaven er listet opp i *Tabell 5* og *Tabell 6*. Eventuelle avvik fra disse verdiene i det reelle forsøket vil komme frem under 4.3. Verdiene for utetemperatur og RF er gjennomsnittsverdier funnet hos Sintef Byggforsk (SINTEF Byggforsk, 2018). RF er oppgitt i intervaller hos Sintef Byggforsk og det er valgt å holde seg i øvre del av intervallene for å maksimere påkjenningen av fukt på og igjennom hvert sjikt i veggelementet. Sistnevnte gjelder for RF ute. Inne har RF blitt satt til innenfor anbefalt grense av Norges Astma- og Allergiforbund (NAAF) (Kjell Aas, 2007) med unntak av den første sesongen vår hvor det er satt på litt over anbefalt grense på grunn av at trevirket var veldig tørt (< 7 %) etter å ha stått et år innendørs på NTNU Gjøviks lab på Mustad Næringspark for å få større utslag på fuktigheten. Innendørs temperatur er satt til mest vanlige temperaturer oppgitt av Sintef Byggforsk (SINTEF Byggforsk, 2018).

Tabell 5:

Temperatur og RF vår i klimarom

<b>Vår</b>			
<b>Ute/inne</b>	Temperatur °C	Relativ luftfuktighet RF %	Periode i antall dager
Ute	8	70	4
Inne	22	65	

Tabell 6:

Temperatur og RF høst i klimarom

<b>Høst</b>			
<b>Ute/inne</b>	Temperatur °C	Relativ luftfuktighet RF %	Periode i antall dager
Ute	10	80	11
Inne	21	50	

### 3.6 Datainnsamling

Logging og systematisering av all data vil være en stor del av grunnlaget for å kunne besvare oppgaven med gode og pålitelige resultater. Innsamling av all data i forbindelse med forsøket skal gå gjennom WUFI, LabView, OmniSense og KEYKRATOS PLUS 01.02.00. For nærmere forklaring av disse programvarene se kapittel 3.8.

For å få tilgang til WUFI var vi nødt til å skaffe oss et non-commercial student license som ga oss 6 måneder tilgang til programvaren. Når det gjelder logging via OmniSense og KEYKRATOS PLUS 01.02.00 så disponerte treteknisk disse lisensene. LabView krevde at man opprettet



et års abonnement for å kunne benytte seg av deres tjenester, dette abonnementet fikk vi låne av NTNU.

Alle avvik som oppstår underveis av loggingen skal nevnes og registreres slik at vi kan analysere dette før resultatene blir fremstilt. For å effektivisere videre arbeid med å sette datainnsamlingen opp imot hverandre skal dette bli lagret systematisk under hvert forsøk dataen tilhører, dette er både tidssparende og oversiktlig. Data som inneholder resultater over en gitt tidsperiode skal settes inn i Excel for å deretter sette det inn i diagram for visualisering av resultatene.

## **3.7 Utstyr for fukt- og temperaturmålinger**

Utførelse av fukt- og temperaturmålinger krever en del kunnskap rundt de ulike instrumentene som skal tas i bruk, i dette avsnittet har vi beskrevet kort og sammenfattet hvordan disse fungerer og hvilke instrumenter som hører til de forskjellige målingene.

### **3.7.1 Motstandsmålere**

Motstandsmåler som også kan benevnes som trefuktmåler baserer seg på at den elektriske motstanden i materiale avhenger av fuktinnhold, kort forklart så vil det si at jo høyere fuktinnhold et materiale inneholder, jo bedre ledningsevne medfølger som igjen gir mindre motstand ved bruk av en motstandsmåler (Geving og Thue, 2002). Disse brukes oftest i porøse materialer som trevirke og instrumentene som tas i bruk må innstilles i forhold til hvilken type tresort som skal undersøkes, gran eller furu.

Ulike sorter av trevirke har forskjellige egenskaper som medfølger ulike sammenhenger mellom vanninnhold og ledningsevne, på grunn av dette er det viktig å bruke riktig kalibreringskurve når man omregner den målte motstanden til riktig fuktinnhold (Geving og Thue, 2002). Kalibreringskurvene for de ulike typene av trevirke følger som regel med instrumentet hvis det er egnet for bygningsbruk.

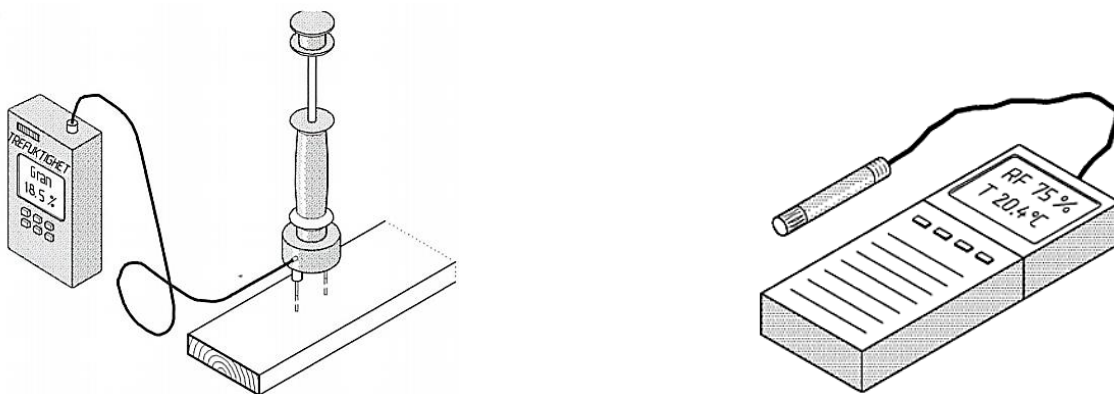
Materialet som skal undersøkes gir oss en veiledning til hvilken type elektroder tilhørende fuktmåleren som egner seg best, isolerte eller uisolerte, se figur 15. Isolerte piggelektroder benyttes

i hovedsak når man ønsker målinger i en gitt dybde på trevirke, mens uisolerte benyttes ved måling av overflatefukt. (Geving og Thue, 2002)

Det er viktig å bemerke seg at retningslinjer gitt i (Standard Norge, 2014-12-01) tilsier at målområdet for gran og furu ligger mellom 8 til 28 vektprosent fukt, og instrumentene har en nøyaktighet på  $\pm 0,5$ – $2$  vektprosent når materialet er under 30 %, altså under fibermetningspunktet.

Når fibermetningspunktet er nådd vil måleren ha en redusert nøyaktighet på  $\pm 10$  vektprosent. Bruken med trefuktmåler begrenses hvis materialet befinner utenfor det hygroskopiske nivået, altså  $RF < 98$  %.

Når det gjelder luftfuktigheten, altså den relative fuktigheten i luften måles dette med instrumenter egnet for dette. «De fleste RF-målerne måler kapasitans eller resistans, enten i en hygroskopisk polymerfilm, eller i en hygroskopisk elektrolytt. Både kapasitans og resistans i polymerfilmen/elektrolytten endrer seg i takt med RF i lufta.» (Byggforsk, 2015)



Figur 16: Motstandsmålere, hammerelektrode og RF-måler (Geving, 2013)

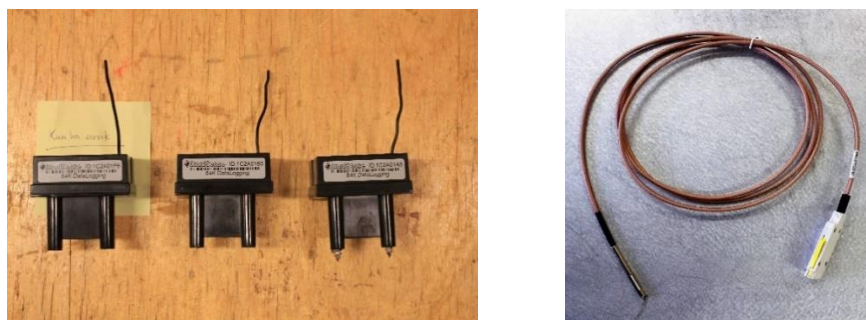
I denne oppgaven vil det bli benyttet hammerelektrode, piggelektrode og resistansmåler for fuktsøk. Det er totalt 15 målinger per overflate per målemetode, totalt fem i bunn, midt og topp med 20 cm horisontalt mellomrom mellom hvert målepunkt, se Figur 34.

### 3.7.2 Termograferingsutstyr

Termograferingskamera, også forkortet til IR benyttes i hovedsak i forbindelse med undersøkning av større utvendige eller innvendige overflater for temperaturvariasjoner (Geving og Thue, 2002). Ved en konstruksjon bestående av varm og kald side som f.eks. en yttervegg med isolasjon vet vi at fuktige isolasjonsdeler i veggen vil være varmere enn den tørre delen på kald side, dette er fordi fuktig isolasjon isolerer betraktelig dårligere enn tørr og varmen slippes gjennom. Metoden med bruken av termograferingskamera krever en viss temperaturforskjell mellom ute- og inneluft, i tillegg at isolasjonsmaterialet er delvis fuktig. Fotografering av overflater utvendig bør utføres på nattetid for best resultat, man skal også merke seg at kalde og varme årsaker som vises på IR kan være påvirket av andre faktorer enn fukt, det kan f.eks. være forskjellig tykkelse på isolasjonen, vifte eller en varmekilde på andre siden av konstruksjonen etc.

### 3.7.3 Hygrotrac

Hygrotrac er et apparat som overvåker relativ luftfuktighet, temperatur og trefuktighet i enten bygninger eller konstruksjoner ved hjelp av sensorer (Instrument Companiet). Det er et enkelt og kostnadseffektivt system som fjernovervåker temp- og fuktforløpet i utvalgte områder. Hvordan dette fungerer er slik at sensorene plasseres f.eks. i hvert sjikt i en konstruksjon hvor de da logger RF, temperatur, trefuktighet i %, disse målingene sendes trådløst via et modem og videre til OmniSense som er en nettside tilhørende disse instrumentene. Disse kan logge over lengre tidsperioder og kan plasseres på utfordrende plasser. Ulike sensorer til ulike plasseringer, se *Figur 17*.



*Figur 17: Hygrotrac*

Capacitive humidity sensor FHA 646R er en kompakt sensor med små dimensjoner som gir et bredt arbeidsområde for måling av RF. Godt egnet for målinger mellom vegger, tak, isolasjonslag og PCB (AHLBORN).

Hygrotrac som vist i til venstre i *Figur 17* er godt egnet for overflatemåling av trefuktighet, RF og temperatur og kan innstilles på å logge kontinuerlig i gitte intervaller (Instrument Companiet).

### **3.7.4 Luftfukter**

Luftfukter er et apparat som tilføyer luften fuktighet ved eget ønske. I følge (Bedre Inneklima AS) anbefales det å ha en relativ luftfuktighet mellom 40 til 60 % inne, dette er spesielt på varme tider av års løpet. På vinterhalvåret faller nemlig den relative luftfuktigheten ned og det er ikke uvanlig at denne faller under 25 %, ved et slikt tilfelle anbefales det å iverksette tiltak., derav Luftfukter. For nærmere forklaring av relativ fuktighet se 0.

I forsøket vårt tok vi i bruk en Wilfa HUE-6B modell som er en liten stillegående ultralydluftfukter. Den er egnet for rom på opptil 125 kvadratmeter og luftfuktigheten kan stilles inn på fra 40 % til 80 %. Denne modellen har muligheten til å automatisere av og på modus fra 1 til 12 timer samt at den opprettholder riktig prosentvis luftfuktighet i rommet, noe som egner seg veldig godt for forsøket vårt.

### **3.7.5 Panelovn**

For å kunne holde stabil temperatur på varm side skal det installeres en panelovn med temperatursensor av typen Dimplex prosjektovn 750. Denne vil slå seg av ved høyere enn angitt temperatur på bryteren og skal være godt egnet for denne typen forsøk hvor det er ønsket med en jevn temperatur over tid. Panelovnen vil bli installert der hvor luftventilen slipper inn luft fra kald til varm side for oppvarming av den kalde utelufta før den går inn i resten av rommet på varm side, samme tankegang som ved plassering av panelovn under et vindu.



Figur 18: Panelovn benyttet i oppgaven



Figur 19: Viser bryteren og intervallene på 5 grader celsius mellom hvert punkt

## 3.8 Programvarer

### 3.8.1 LabView

LabView, som er en forkortning for Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench og er utviklet av National Instruments, dette er en programvare som forenkler utformingen av test-, måle- og kontrollsystemer (National Instruments, 2019). Det er med andre ord en plattform for et grafisk programmeringsspråk. De tilbyr en grafisk programmeringsmetode som hjelper oss med måledata og feilsøking, «Denne visualiseringen gjør det enkelt å integrere måleutstyr fra hvilken som helst leverandør, representere komplisert logikk på diagrammet, utvikle dataanalysealgoritmer og designe tilpassede tekniske brukergrensesnitt» (National Instruments, 2019)

Ved å benytte oss av LabView vil vi få en rask og effektiv tilgang til maskinvare og datainnsikt.

### 3.8.2 Microsoft Excel

Microsoft Excel er et kraftig regnearkprogram som benyttes med å opprette tabeller samt analysere og beregne data. Utføring av matematiske beregninger, behandling av lister og talldata i regneark, produsering av diagrammer og statistikk er i tillegg noe Excel kan ta for seg. Merk at Microsoft Excel, Microsoft Office Excel 2007 og Office Excel er det samme programmet.

### 3.8.3 WUFI

«WUFI (**W**ärme **u**nd **F**euchte **i**nstationär) er et menystyrt og brukervennlig program utviklet av Fraunhofer Institut für Bauphysik i Tyskland. Programmet gjør det mulig å utføre transiente beregninger av hygrotermiske forhold i bygningskomponenter ved naturlige klimabetingelser» (Geving, 2016)

Faste og fuktavhengige materialparametere er i hovedsak beregningsgrunnlaget til WUFI (Geving, 2016). Programmet er basert på den nyeste kunnskapen om fukttransport ved vandampdiffusjon og kapillærledning i bygningsmaterialer, dette gir programmet mulighet til å inkludere hygrotermiske kilder i konstruksjonen. I tillegg inkluderer WUFI utvendig klimadata som stråling og slagregn, dette gjør at vi kan få realistiske resultater.

Programmet er et verktøy som tar for seg utvikling og optimering av bygningskomponenter og materialer, det egner seg også veldig godt for vurdering av bygg fukt, kondensfare, hygrotermiske forhold i tak- og veggkonstruksjoner ved ekstreme- og varierte klimaforhold (Geving, 2016). Det kan også beregne uttørkingstid av fuktighet i bygg. Det krever noe erfaring fra aktuelle områder som fukt- og varmeområder for riktig bruk av WUFI, samtidig som at grunnleggende kunnskaper om bruk av numeriske beregningsmetoder kommer godt med. WUFI kan i tillegg benyttes til å teste og utvikle materialer med ulike egenskaper, samt kartlegging av bygningskomponenter.

WUFI har flere ulike programmer, WUFI 1D og WUFI 2D. Ved beregninger på to dimensjoner benyttes WUFI 2D, mens ved endimensjonale benyttes WUFI 1D, oppfølgeren 2D tar i bruk den samme statistikken som 1D og gir oss muligheten til å beregne samt simulere varme- og fukttransport i bygningskomponenter (WUFI, 2018). Det skal sies at ved beregninger i WUFI vil ikke simuleringene og resultatene være 100 % lik virkeligheten, dette er fordi det er faktorer

i omgivelsene utenfor programmet som endrer seg som gjør det utfordrende å legge inn alle aktuelle likninger i WUFI. Men med god kompetanse og riktig bruk vil man kunne komme frem til gode resultater som vil la oss komme frem til konklusjoner man kan ta med seg videre for forskning. For å kunne benytte WUFI til simuleringer og beregninger må et minimum av materialparametere være på plass. Se *Tabell 7*. (Wufi-Wiki, 2009)

*Tabell 7:*

*Oversikt over materialparametere i WUFI (Wufi-Wiki, 2009)*

<b>Lufttemperatur</b>	°C
<b>Relativ fuktighet i luften</b>	$\varphi$ , %
<b>Bulk density</b> Konverterer den spesifikke varmen etter masse til den spesifikke varmen etter volum	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Porosity</b> Bestemmer maximal vanninnhold	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Heat capacity</b> Spesifikk varmekapasitet angir materialets evne til å ta opp energi (varme)	J/kgK
<b>Heat conductivity dry</b> Varmeledningsevnen av materialet i tørr tilstand, en fuktighetsavhengig varmeledningsevne er valgfri	W/mK
<b>Diffusion resistance factor dry</b> Diffusjonsmotstandsfaktoren av materialet i tørr tilstand, en fuktighetsavhengig $\mu$ -verdi er valgfri	$\mu$

$RF$ , relativ fuktighet angir vanndampinnholdet i prosent av metningsinnholdet

$$RF = \frac{v}{v_{sat}} \times 100 \% \quad \text{g/m}^3$$

hvor  $v_{sat}$  er metningsinnholdet i lufta, denne kan bestemmes ved å lese av et luftfuktighetsdiagram utgitt av (SINTEF Byggforsk, 2018) figur 22a. Angis med betegnelsen  $[\text{g/m}^3]$

$v, inne$  som er vanndamp i innelufta kan bestemmes av vanndampinnholdet i lufta man ventilerer med, innendørs fuktilførsel, mengden ventilasjonsluft som tilføres rommet, samt lekkasjer (SINTEF Byggforsk, 2018). En forenklet måte å bestemme den på kan gjøres slik:

$$v, inne = v, ute + \frac{G}{n \times V} = v, ute + \Delta v$$

der  $v, ute$  er vanndamp i uteluften og varierer med geografisk plassering samt årstider, denne hentes ut ifra (SINTEF Byggforsk, 2018).  $\Delta v$  betegner differansen mellom  $v, inne$  og  $v, ute$ .  
 $n$  = antall luftskifter per time.

Bulk density som betyr tetthet uttrykkes med den greske bokstaven  $\rho$  (rho) og er masse per volum, (Thue, 2016)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Porosity brukes i bygningsvitenskap og beskriver porøsiteten til er porøst medium brøkdelen av tomrom i materialet. Det uttrykkes med den greske bokstaven  $\Phi$  (phi), (Thue, 2016)

$$\Phi = \frac{V_v}{V_t}$$

$V_v$  er volumet av tomrom og  $V_t$  er total- eller bulkvolumet av materiale, inkludert ugyldige og faste komponenter.

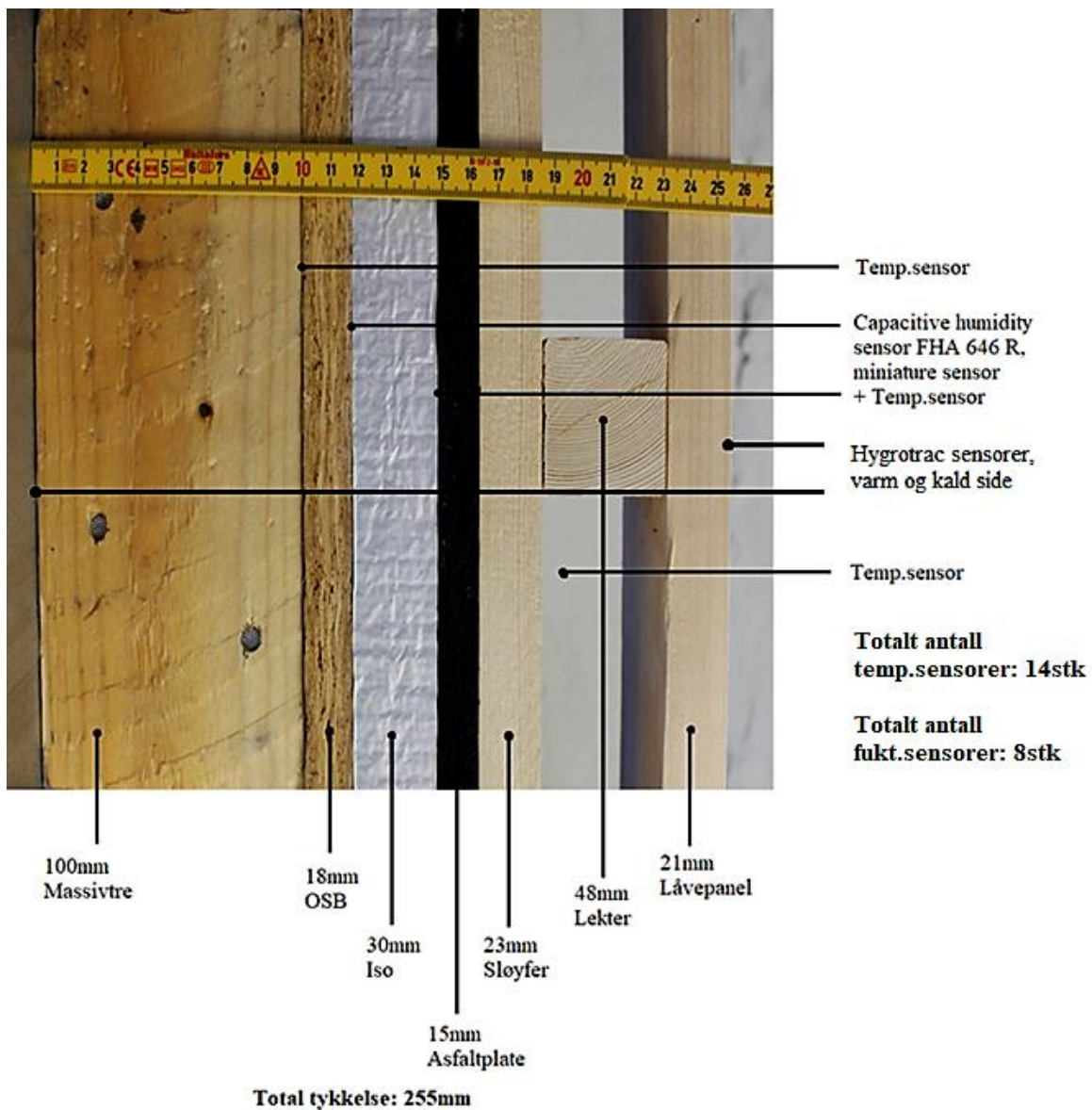


Varmekapasitet er en fysisk størrelsesorden som indikerer et stoffs evne til å lagre termisk energi (Thue, 2016). Varmekapasiteten kan defineres ved forholdet:

$$C_x = \left( \frac{\Delta Q}{\Delta T} \right) x .$$

Hvor x er en størrelse som angir andre forhold som holdes konstant under oppvarming.  $\Delta Q$  er da endring i varmeenergien og  $\Delta T$  er temperaturendringen.

### 3.9 Oppbygging av konstruksjonen



Figur 20: Snitt av veggelement

Oversikt over oppbyggingen av konstruksjonen med alle materialer i systematisk rekkefølge:

- 100 mm Massivtre, Gran
- 18 mm OSB/3
- 30 mm Vacuumisolasjon
- 15 mm Asfaltplater, vindtett
- 23 mm Sløyfer
- 48 mm Lekter
- 21 mm Låvepanel, kledning

Massivtreet er den bærende komponenten med struktur synlig innvendig. OSB/3 (**O**riented **S**trand **B**oard) platen festes deretter direkte mot massivtre med plateskruer utgitt av (Christiania Spigerverk, 2008) med dimensjon 4.2 mm × 45 mm (Christiania Spigerverk, 2008) disse monteres i randsonen og på midten av platen med en c/c (senteravstand) på 250 mm.

Vakuumisolasjonen monteres på utsiden av OSB/3 platen og festes ved å benytte vinkelbeslag produsert av (Simpson Strong-Tie, 2019) med en dimensjon 120.0 mm × 90.0 mm × 4.0 mm × 4.0 mm, se *Figur 21*, dette beslaget monteres med en c/c avstand tilsvarende bredden på isolasjonen og festes direkte til massivtre, disse vinkelbeslagene blir i tillegg et festepunkt for vindtettingen samt utlektingen og sløyfene.



*Figur 21: Vinkelbeslag, simpson strong-tie, (Simpson Strong-Tie, 2019)*

Vindtettingen av konstruksjonen blir utformet med 12 mm asfaltplater fra Hunton som monteres etter Hunton sin monteringsanvisning, deretter skal det monteres lekter som blir spikerslag for den utvendige kledningen.

Monteringen av konstruksjonen følger angitte retningslinjer utgitt av Sintef Byggforsk sine hefter, se oversikt over hvilke under:

- (Byggforsk, 2012) - Montering av gips-, spon- og trefiberplater
- (Byggforsk, 2011) - Stående trekledning

### ***OSB/3***

OSB/3 blir benyttet for ytterligere avstivning i dette veggelementet samt er denne typen godt egnet i rom med begrenset høy luftfuktighet, dette er angitt i Byggforskhefte 571.050 (Byggforsk, 2016).

### ***Asfalt vindtett***

Asfaltflatene som blir brukt for vindtetting er produsert av Hunton og kommer i dimensjonen 12 mm × 1200 mm × 2740 mm (HUNTON). De er laget av naturlig trefiber som vil si at de er totalt gjenvinnbare. Trevirke som Hunton tar i bruk ved produksjonen av platene er PEFC™-godkjent samt CE-merket. Platene har høy densitet som gir dem en god varmelagringskapasitet og de har i tillegg hygroskopiske egenskaper som gir dem evnen til å absorbere og transportere fuktighet.

Platene tåler UV-stråler, snø, regn og hagl uten at egenskapene endres, det gjør at de kan monteres året rundt. Den høye densiteten gir dem også egenskaper som å redusere kuldebroer og forskyve temperaturtoppen.

Asfaltflatene er godkjent av SINTEF Byggforsk. For sertifisering, se vedlegg.

### 3.10 Forarbeid til laboratorieforsøk

For å kunne få utført forsøk i laboratorium var vi nødt til å gjøre en god del forarbeid. I hovedsak trengte vi å få leid et klimarom som hadde mulighet til å utføre kontrollert de ulike klimavariasjonene vi har i Norge. I forbindelse med dette tok vi kontakt med Treteknisk i Oslo som var villige til å leie et rom til oss i perioden 04–29. mars.

Treteknisk er et Norsk institutt som ble etablert i 1949 som et bransjeforsknings-institutt for treindustrien i Norge. Treteknisk har tre avdelinger hvor samtlige er rettet mot tekniske resultatområder. (TRETTEKNISK)

- Bygg og Marked
- Prøving og sertifisering
- Material og prosess

Treteknisk er godt engasjert i EOTA (European Organisation for Technical Approvals), EOTA utarbeider regelverk for CE-merking av produkter som ikke omfattes av standarder. (TRETTEKNISK)

«Treteknisk er akkreditert av Norsk Akkreditering som mekanisk laboratorium i henhold til ISO 17025, akkrediteringsnummer Test 021, og som sertifiseringsorgan i henhold til ISO 17065 for CE-sertifisering og PEFC-sporbarhetsertifisering, akkrediteringsnummer Prod 023.» (TRETTEKNISK)

Når klimarom var ordnet var vi nødt til å bestille opp materialer, grunnet et tidligere forprosjekt utført av avdelingsingeniør Tor Klethagen ved NTNU i Gjøvik var materialer tilknyttet vårt prosjekt allerede sponset og levert på bygglaboratoriet i Mustad næringspark av ulike leverandører, vi benyttet oss da av disse materialene.

Konstruksjonen ble montert i Gjøvik og fraktet ned til Treteknisk i Oslo 04. mars 2019.

Tabell 8:

Oversikt over materialer knyttet til oppbyggingen av test-konstruksjonen

Materialer	Leverandør
100mm Massivtre	Berg&Wien AS
30mm Vacuum isolasjon	VacuNor
18mm OSB-plate	NTNU
15mm Asfalt vindtett	NTNU
Vindsperreteip	NTNU
23mmx48mm Sløyfer	NTNU
48mmx48mm Lekter	NTNU
21mm Låvepanel	NTNU

Opplæring for bruken av alt utstyr ble utført av instituttet hvor utstyret tilhørte. Vi fikk opplæring av NTNU i Gjøvik samt av Treteknisk i Oslo. Kunnskap rundt oppbyggingen av konstruksjonen ble presentert til oss av Tor Klethagen.

### 3.10.1 Tilpassing av klimarom for veggelement

Klimarommet består av et rom uten inndelingssoner med et fast aggregat for klimafunksjoner, eksisterende utforming av rommet gjorde oss nødt til å endre det slik at vi selv kunne tilpasse soneinndelingen. For å kunne få to forskjellige miljøer i klimarommet valgte vi å dele rommet

inn i to, dette gjorde vi ved å bygge en fast vegg med et spesialtilpasset felt for innsetting av konstruksjonen. Oppbyggingen av skilleveggen gikk over en dag hvor innkjøp og henting av materialer ikke er med i fremdriften.

Tabell 9:

Oversikt over innkjøp av materialer for tilpassing av klimarommet

Materialer	Antall
LEKTER 48mm x 48mm	50m
GLAVA 34 PROFF ISO 150mm	12kvm
Tetningslist 6mm	En rull, 40m
Dampsperre 0.15mm	En rull
TYVEK vindsperre 0.10mm	En rull
Dampsperreteip	En rull
Sølvteip	En rull
Stift 8mm	En pakke, 500stk
Treskruer 4.0mm x 80mm	En pakke

For å være sikre på at testkonstruksjonen ikke skulle bli påvirket av skilleveggen med tanke på temp- og fuktgjennomgang valgte vi å prosjektere denne med en U-verdi tilnærmet passivhusnivå.

U-verdi har benevningen  $W/(m^2K)$  og er et standardisert mål på hvor lett en bygningsdel slipper gjennom varme, ved å finne ut U-verdien for en bygningsdel kan man vise til hvor mye varme som slipper gjennom et areal på  $1m^2$  per tidsenhet (Thue, 2016).

Kontroll av U-verdi 300mm GLAVA 34 PROFF etter (STANDARD NORGE, 2017)

$$U = \frac{1}{R_{tot}} + \Delta U, \quad \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

Hvor  $R_{tot}$  er total varmemotstand ( $m^2K/W$ ) og  $\Delta U$  er et korreksjonstillegg, dette tillegget tar hensyn til eventuelle luftespalter eller festemidler, under vår kontroll vil denne settes lik 0 grunnet gjennomgående isolasjon og kun et sjikt uten festemidler.

Varmemotstand for GLAVA 34 PROFF kan regnes ut slik, (homogent):

$$R = \frac{d}{\gamma d}, \quad \left(\frac{m^2K}{W}\right)$$

Hvor  $d$  er tykkelse på materialsjiktet i meter og  $\gamma d$  er dimensjonerende varmekonduktivitet med benevning ( $W/(mK)$ )

For GLAVA 34 PROFF kan vi hente ut gitte verdier fra (SINTEF Byggforsk, 2003):

$\gamma d = 0.034 W/(mK)$  og  $d = 0.3 m$

$$R_{iso} = \frac{0.3m}{0.034 W/(mK)} = 8.823529 \left(m^2K/W\right)$$

$R_s$  som er varmemotstanden på varm side kan vi sette lik 0.10 etter (STANDARD NORGE, 2017)

$R_{se}$  som er varmemotstanden på kald side kan vi sette lik 0.04 (STANDARD NORGE, 2017)

Dette gir oss en  $R_{tot} = 0.10 + 0.04 + 8.823529 = 8.963529$  som gir oss en U-verdi tilsvarende:

$$U = \frac{1}{8.963529 \left(m^2K/W\right)} + 0 = 0.111563 \quad W/m^2K$$

Ifølge *Tabell B.1* i (STANDARD NORGE, 2013) er typisk  $U$ -verdi for yttervegg mellom 0,10–0,12  $W/(m^2K)$ .

### Tillegg B (informativt) Typiske $U$ -verdier

Tabell B.1 viser typiske  $U$ -verdier for passivhus og lavenergibygninger.

**Tabell B.1 – Typiske  $U$ -verdier for passivhus og lavenergibygninger**

Egenskap	Passivhus $W/(m^2 \cdot K)$	Lavenergibygning $W/(m^2 \cdot K)$
$U$ -verdi yttervegg <sup>a</sup>	0,10 – 0,12	0,15 – 0,16
$U$ -verdi tak <sup>a</sup>	0,08 – 0,09	0,10 – 0,12
$U$ -verdi gulv <sup>a, b</sup>	0,08	0,10 – 0,12

<sup>a</sup>  $U$ -verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene.  
<sup>b</sup>  $U$ -verdi for gulv er en ekvivalent varmegjennomgangskoeffisient som inkluderer varmemotstanden i grunnen og redusert varmetransport gjennom gulv mot uoppvarmede rom/soner.

*Figur 22: Tabell B.1 tilhørende (STANDARD NORGE, 2013)*

Kontroll: GLAVA 34 PROFF 300 mm ( $U$ -verdi = 0.111563) < 0.12 → OK





For å hindre kuldebroer og få effektivisert isolasjonsevnen konstruerte vi skilleveggen med 2 frittstående bindingsverk med en c/c på 250 mm, dette gjorde at vi fikk gjennomgående isolasjon i veggfeltet, pluss minimalt med trevirke. Skilleveggen ble montert frittstående uten forankring på grunn av at klimaskallet ikke skulle punkteres, ved å bygge rammen og kappe stenderne med et overmål på 5–7 mm fikk vi lagt både topp- og bunnsvill i press slik at festemidler til grunn og himling ikke var nødvendig. Det ble montert en tetningslist under alle lekter som er i nærkontakt med klimaskallet for å få tett det ordentlig der hvor konstruksjonen er mest utsatt for lekkasje. Deretter isolert dobbelt med GLAVA 34 PROFF 150 mm for å oppnå en total tykkelse på 300 mm.



*Figur 25: Rammeverk, skillevegg. Viser også åpen ventilering ut fra klimarom til laboratoriet*

For å hindre fuktgjennomgang samt at isolasjonen skulle bli påvirket av kald luft fra aggregatet monterte vi vindsperre på yttersiden (kald side) og dampspærre på innsiden (varm side). Testkonstruksjonen ble plassert og skrudd fast i tilpasset felt, dette feltet er plassert midt på bredden.

For å ikke påvirke egenskapene til testkonstruksjonen plasserte vi TYVEK vindsperre på skillevegg på lik linje med asfaltplaten som er montert på elementet, dette for å få en mest mulig realistisk sammenkjøring av to ulike konstruksjoner, samt slik at testkonstruksjonen ikke blir pakket inn med isolasjon helt ut til kledningen.



Figur 26: Skillevegg m. vindsperre og testelement

For å få simulert naturlig ventilasjon mellom varm og kald side monterte vi en ventilasjonskanal i toppen på skilleveggen (venstre hjørne), og sammen med en eksisterende åpning i klimaskallet får vi et gjennomtrekk som vil hjelpe oss å få ventilert rommet.

Merk at selv om vi ikke klarer å få til et naturlig vindsug ved utløpet av ventilasjonskanalen kan en erstatning være å montere en mekanisk avtrekker som en erstatning for naturlige drivkrefter.

## 3.11 Metodeutvikling

### 3.11.1 Montering av måleutstyr

Ytterveggkonstruksjonen ble montert med veiledning fra avdelingsingeniør Tor Klethagen på bygglaboratoriet tilhørende NTNU i Gjøvik, og i samarbeid med Berg&Wien AS fikk vi utlevert et ferdig montert massivtreelement med dimensjon 100 mm × 1000 mm × 2000 mm.

Produksjonen av massivtre er utført av Berg&Wien AS og består av 25 mm × 98 mm kantstilte bord som presses sammen med ca. 300 kg trykk i en jigg hvor de deretter spikres sammen en etter en i systematisk rekkefølge med 3.1 mm × 90 mm maskinspiker, utførelsen av innfestningen programmeres og blir gitt et avstandsmål tilnærmet en c/c på 300 mm mellom hver

spiker. Spikringen blir montert i et sikksakk mønster langs steget for å sikre at overflatene mellom hvert bord blir ordentlig tett.

Før vi monterte det første sjiktet ble det utført fuktmålinger i massivtreelementet for å ha et utgangspunkt på trefuktigheten, målingene ble gjort med en isolert hammerelektrode på 25mm dybde i trevirket. Det ble totalt målt trefuktighet 15 plasser på massivtreelementet før sjiktene ble lukket, plasseringen av disse målingene ble fordelt med 5 målinger på bunn av elementet med en c/c på 200 mm og tilsvarende på midten og toppen. Målingene ble også plassert der vi observerte færrest kvister grunnet at disse hindrer vannopptaket i trevirket. Alle disse målingene viste at elementet inneholdt en trefuktighet lavere enn  $< 7\%$  da hammerelektroden ikke ga noe utslag, for nærmere forklaring av hammerelektrode, se 3.7.1. Det ble også brukt piggelektrode og en resistansmåler på de eksakt samme plassene for å detektere eksisterende trefuktighet, dette vil bli fremvist under 4.1.



*Figur 27: Måling 8/15, trefuktigheten i massivtreelement*

Etter vi dokumenterte trefuktigheten ble det plassert temperatursensorer før OSB-platen ble montert. For å få flest mulig målinger ut ifra antall sensorer vi hadde tilgjengelig benyttet vi oss av tre stk per sjikt. Disse ble plassert i bunnen, midten og i toppen av sjiktene. Vi valgte en slik plassering fordi vi ønsket å finne temperaturen gjennom konstruksjonen der vakuuminolasjonen er punktert og der den er intakt. Plasseringene er også gjort av hensyn til at varm luft er lettere enn kald luft som gjør at vi får undersøkt temperaturopppunktene. Temperatursensorene vil automatisk logge temperaturen vært tiende minutt fra oppstart av forsøket til det blir avsluttet manuelt.



*Figur 28: Montering av temperatursensor i sjikt mellom massivtre og OSB*

Etter montering av OSB platen skulle vakuumisolasjonen monteres, men før denne ble lagt på plasserte vi ytterligere 3 temperatur sensorer med lik plassering som i sjiktet mellom massivtre og OSB. I tillegg til temperatur ønsker vi å dokumentere den relative fuktigheten både på varm og kald side av isolasjonen og for å få til dette monterte vi inn to RF-sensorer, disse er nærmere forklart i kapittel 2.7. For at vi ikke skulle montere disse i klem og utsette de for skade slisset vi et spor på 6 mm i OSB platen slik at RF-sensorene kunne ligge fritt i dette sjiktet. En sensor ble plassert ca. 400 mm fra topp, samt en sensor 400 mm fra bunn. Se figur. Det er også blitt montert vinkelbeslag som senere skal bli tatt i bruk for festing av lekter og sløyfer.



*Figur 29: Montering av RF- og temperatursensor i sjikt mellom OSB og vakuumisolasjon*

Vakuumisolasjonen ble lagt på plass og alle skjøter ble teipet med en fuktstett teip, deretter festet vi temperaturfølerne og RF-sensorene med like avstander som i forrige sjikt. Isolasjonsplatene er vakuumpakket og kan derfor ikke monteres med festemidler som kan punktere det ytterlige skallet, dette ble løst ved å legge platene i klem mot hverandre og rammeverket.



*Figur 30: Montering av RF- og temperatursensor i sjikt mellom vakuumisolasjon og asfaltplaten*

Neste steg ved montering av tette sjikt er innfesting av vindtetting, her ble det tatt i bruk asfaltplate utgitt av HUNTON, den ble festet i rammeverket med pappspiker og alle randsoner teipet tette for å holde kald luft bort fra isolasjonen. I likhet med tidligere sjikt ble det her også montert temperaturfølere. For at sløyfer og lekter tilhørende den utvendige kledningen kunne monterest uten å punktere vakuumisolasjonen og asfaltplaten ble det montert vinkelbeslag for skruefeste.



*Figur 31: Montering av temperatursensor i sjiktet mellom asfaltplaten og utlekting for ytterkledning*

Det siste sjiktet som er den utvendige kledningen ble montert på horisontale lekter med en temperatursensor festet på yttersiden for å kunne dokumentere den utvendige temperaturen som vi senere skal påføre i klimarommet.



Figur 32: Montering av utvendig kledning

### 3.11.2 Plassering av de ulike sensorer

Tabell 10:

Oversikt over plassering av temperatursensorer

Sensor	Plassering	Kommentar
1	Overflate massivtre innvendig	Se Tabell 13
2	Sjikt massivtre / OBS, bunn	Se Tabell 13
3	Sjikt massivtre / OBS, midt	Se Tabell 13
4	Sjikt massivtre / OBS, topp	Se Tabell 13
5	Sjikt OSB / Vakuumiso, bunn	Se Tabell 13
6	Sjikt OSB / Vakuumiso, midt	Se Tabell 13

7	Sjikt OSB / Vakuumiso, topp	<i>Se Tabell 13</i>
8	Sjikt Vakuumiso / Asfaltplate, bunn	<i>Se Tabell 13</i>
9	Sjikt Vakuumiso / Asfaltplate, midt	<i>Se Tabell 13</i>
10	Sjikt Vakuumiso / Asfaltplate, topp	<i>Se Tabell 13</i>
11	Sjikt Asfaltplate / lufting, bunn	<i>Se Tabell 13</i>
12	Sjikt Asfaltplate / lufting, midt	<i>Se Tabell 13</i>
13	Sjikt Asfaltplate / lufting, topp	<i>Se Tabell 13</i>
14	Overflate kledning utvendig	<i>Se Tabell 13</i>

*Tabell 11:*

*Oversikt over plassering av Capacitive humidity sensor FHA 646R*

<b>Sensor</b>	<b>Plassering</b>	<b>Kommentar</b>
15	Sjikt OSB / Vakuumiso, bunn	<i>Se Tabell 13</i>
16	Sjikt OSB / Vakuumiso, topp	<i>Se Tabell 13</i>
17	Sjikt Vakuumiso / Asfaltplate, bunn	<i>Se Tabell 13</i>
18	Sjikt Vakuumiso / Asfaltplate, topp	<i>Se Tabell 13</i>



Tabell 12:

Oversikt over plassering av Hygrotrac

Sensor	Plassering	Kommentar
19	Overflate massivtre, innvendig	Se Tabell 13
20	Overflate kledning, utvendig	Se Tabell 13

Tabell 13:

Referanser

Referanser	Kommentarer
Sensor (1)	Formål i å måle romtemperaturen på varm side i klimarommet (innvendig)
Sensor (2)	Formål i å måle temperaturen i bunn av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom massivtre og OSB-plate
Sensor (3)	Formål i å måle temperaturen i midten av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom massivtre og OSB-plate
Sensor (4)	Formål i å måle temperaturen i toppen av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom massivtre og OSB-plate
Sensor (5)	Formål i å måle temperaturen i bunn av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom OSB-platen og vacuumisolasjonen
Sensor (6)	Formål i å måle temperaturen i midten av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom OSB-platen og vacuumisolasjonen
Sensor (7)	Formål i å måle temperaturen i toppen av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom OSB-platen og vacuumisolasjonen

Sensor (8)	Formål i å måle temperaturen i bunn av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom vacuumisolasjonen og asfaltplaten
Sensor (9)	Formål i å måle temperaturen i midten av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom vacuumisolasjonen og asfaltplaten
Sensor (10)	Formål i å måle temperaturen i toppen av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom vacuumisolasjonen og asfaltplaten
Sensor (11)	Formål i å måle temperaturen i bunn av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom asfaltplaten og utlektingen for utvendig kledning
Sensor (12)	Formål i å måle temperaturen i midten av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom asfaltplaten og utlektingen for utvendig kledning
Sensor (13)	Formål i å måle temperaturen i toppen av veggkonstruksjonen i sjiktet mellom asfaltplaten og utlektingen for utvendig kledning
Sensor (14)	Formål i å måle romtemperatur på kald side i klimarommet (utvendig)
Sensor (15)	Formål i å måle den relative luftfuktigheten i sjiktet mellom OSB-platen og den punkterte vakuumisolasjonen i bunn av konstruksjonen
Sensor (16)	Formål i å måle den relative luftfuktigheten i sjiktet mellom OSB-platen og vakuumisolasjonen i toppen av konstruksjonen
Sensor (17)	Formål i å måle den relative luftfuktigheten i sjiktet mellom den punkterte vakuumisolasjonen og asfaltplaten i bunn av konstruksjonen
Sensor (18)	Formål i å måle den relative luftfuktigheten i sjiktet mellom vakuumisolasjonen og asfaltplaten i toppen av konstruksjonen
Sensor (19)	Formål i å måle trefuktigheten i massivtre på varm side av konstruksjonen (innvendig)
Sensor (20)	Formål i å måle trefuktigheten i utvendig kledning (utvendig)

### 3.12 Fuktmålinger av alle sjikt etter endt laboratorieforsøk

Når forsøket i klimarommet var avsluttet ble det utført forskjellige fuktmålinger i hvert av materialene i konstruksjonen. Det ble i tillegg utført flere forsøk på å måle overflatefukt på vakuumisolasjonsplatene, men det ga dessverre ingen fornuftige resultater med det utstyret som var til rådighet. På asfalt- og OSB-platen ble det gjort resistansmålinger samt målinger med piggelektrode for å avdekke om det hadde oppstått fuktighet mellom vakuumisolasjonen og asfaltplaten + vakuumisolasjonen og OSB-platen. Det ble utført femten målinger per måle-metode med fem målinger hver i topp, midt og bunn med en c/c på 200mm mellom hvert måle-punkt.



*Figur 33: Til venstre: Resistansmåler med ca. 20 graders vinkel på asfaltplaten, Til høyre: Samme metode ble brukt på OSB-platen*

På massivtreet ble det utført resistansmålinger, målinger med piggelektrode og hammerelektrode med samme målemetodikk og fremgangsmåte som for asfalt- og OSB-platen. Se *Figur 34*.



*Figur 34: Viser hvor det er utført fuktmålinger. Her tydeliggjort i Microsoft Paint*  
*Merk: Plasseringene gjelder for samtlige sjikt*

## 4 Resultater

I dette kapittelet skal vi presentere alle gjeldende resultater tilknyttet bachelor oppgaven, det skal i tillegg forklares kort hvordan resultatene ble dokumentert og hvorfor de presenteres slik de gjør. Dokumentering av alle forsøk utført for fremkalling av resultater se kapittel 3. Samt alt av utstyr og bruken av dette finnes under kapittel 3.7.

Presentasjonen av resultatene vil bli fremvist slik det er oppført i *Tabell 14*.

*Tabell 14:*

*Rekkefølgeoversikt for presentasjon av resultater*

<b>Rekkefølge</b>	<b>Forsøk</b>	<b>Metode</b>
1)	Trefuktighet før/etter klimaforsøk	<ul style="list-style-type: none"><li>- Piggelektrode</li><li>- Hammerelektrode</li><li>- Resistansmåler</li></ul>
2)	Fuktforløpet i massivtre (varm side) og utvendig kledning (kald side) underveis i forsøket	<ul style="list-style-type: none"><li>- Omnisense</li><li>- Hygrotrac</li></ul>
3)	Temperaturforløpet i hele konstruksjonen	<ul style="list-style-type: none"><li>- LabView</li><li>- Temperatursensorer</li></ul>
4)	Termografering av konstruksjonen	<ul style="list-style-type: none"><li>- Termograferingskamera</li></ul>
5)	Simulering i WUFI	<ul style="list-style-type: none"><li>- WUFI</li></ul>

*Merk: Grunnet manglende tilgang til aktuell WUFI lisens vil det ikke ble fremvist resultater fra WUFI, se diskusjonsdelen som omfatter WUFI simulering for nærmere forklaring.*

## 4.1 Trefuktighet/fukt før og etter forsøk i laboratorium

Det er blitt utført målinger av trefuktigheten i både massivtre og utvendig kledning før ytterveggkonstruksjonen ble plassert i klimarommet, dette ble utført i forbindelse med å kunne dokumentere et utgangspunkt for fuktinnholdet før forsøket tok plass. Når forsøket var ferdig den 29. mars (15 døgn i klimarom) utførte vi de samme målingene på de eksakt samme plassene i materialene, dette for å påvise om konstruksjonselementene har tatt til seg fuktighet etter en gitt påkjenning. I tillegg til å måle fuktigheten i nevnte elementer målte vi også fuktigheten i asfaltplaten og OSB-platen, dette for å kunne dokumentere fuktforløpet i konstruksjonen. Presentasjonen av utgangspunkt- og ettermålinger er satt opp systematisk etter dato. *Tabell 15* viser målinger av massivtreet etter ett års lagring på laboratoriet til NTNU Gjøvik på Mustad Næringspark. Dette var målinger utført inne i det nevnte laboratoriet før alle sjiktene var på plass. Til høyre for hver tabell med målinger er det gitt en forklaring på hvilke intervaller som går under tørt, fare for fukt og vått. I ruten nederst til høyre er det gitt en gjennomsnittsverdi på hele sjiktet som blir sett på. «Måling 3,40 cm» vertikalt og «2 midten» horisontalt er målinger gjort i posisjonene til skjøtene mellom VIPene. Panelovnen sto nærmest «måling 5,80 cm» med en meter skrått ifra på motstående vegg, ikke direkte mot veggelementet. Fuktmaskinen sto skrått en halv meter unna veggelementet på motsatt side av veggelementet i forhold til panelovnen, denne også på motstående vegg. Denne er da plassert nærmest der hvor verdiene under «Måling 1» er listet opp.

Tabell 15:

Måling av massivtre/OSB med resistansmåler, hammer- og piggelektrode 01.03.19

Måling for montering av vegg sjikt massivtre/OSB, stått tørt i et år (Fuktsøk i trevirke resistansmåler).

Dato: 01.03.19

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	121	130	139	115	115	124
2 Midten	131	128	108	128	121	123,2
3 Topp	115	118	118	128	115	118,8
Gjennomsnitt	122,3333333	125,3333333	121,6666667	123,6666667	117	122



Forklaring verdier	
Dry	0-170
Risk	170-200
Wet	>200

Isolert hammerlektrode med uisolert tupp, måledybde 2cm

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	<7	<7	<7	<7	<7	<7
2 Midten	<7	<7	<7	<7	<7	<7
3 Topp	<7	<7	<7	<7	<7	<7



Forklaring verdier %	
<16,9	Tørt
17<19,9	Faresone
20<28	Vått
>28	RV

Piggelektrode, overflatefukt i %

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
2 Midten	7,9	8	8	8	8	7,98
3 Topp	8	8	8	8	7,9	7,98
Gjennomsnitt	7,933333333	7,966666667	7,966666667	7,966666667	7,933333333	7,953333333



Forklaring verdier %	
<16,9	Tørt
17<19,9	Faresone
20<28	Vått
>28	RV

De neste tabellene viser fuktsøk gjort etter laboratorieforsøket hos Treteknisk AS underveis i demonteringen av veggelementet. Alle fuktsøk ble utført i klimarommet rett etter laboratorieforsøket. Opprinnelig skulle det kontinuerlig måles fukt på begge sider av VIPene under hele forsøket med fire RH-følere, men loggerboksen som skulle brukes til å samle resultatene var opptatt i perioden klimarommet var tilgjengelig, derfor ble ikke fuktforløpet overvåket på asfalt- og OSB-platen. Det ble i stedet utført fuktsøk i etterkant med tilgjengelig utstyr, se *Tabell 16* på neste side.

Tabell 16:

Måling av massivtre/OSB med resistansmåler, hammer- og piggelektrode 29.03.19

Måling av massivtre i sjikt massivtre/OSB, etter forsøk i klimarom (Fuktsøk i trevirke resistansmåler). Dato: 29.03.19

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	139	143	130	112	118	128,4
2 Midten	122	125	112	115	105	115,8
3 Topp	125	118	115	121	112	118,2
Gjennomsnitt	128,6666667	128,6666667	119	116	111,6666667	120,8



Forklaring verdier	
Dry	0-170
Risk	170-200
Wet	>200

Isolert hammerelektrode med uisolert tupp, måledybde 2cm

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	<7	<7	<7	<7	<7	<7
2 Midten	<7	<7	<7	<7	<7	<7
3 Topp	<7	<7	<7	<7	<7	<7



Forklaring verdier %	
<16,9	Tørt
17<19,9	Faresone
20<28	Vått
>28	RV

Piggelektrode, overflatefukt i %

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	8,2	7,9	8,1	8,1	8,3	8,12
2 Midten	8,2	8,1	8,1	8,2	8,2	8,16
3 Topp	8,3	8,3	8,2	8,3	8,2	8,26
Gjennomsnitt	8,233333333	8,1	8,133333333	8,2	8,233333333	8,18



Forklaring verdier %	
<16,9	Tørt
17<19,9	Faresone
20<28	Vått
>28	RV

Tabell 17:

Fuktsøk i OSB sjikt OSB/VIP etter endt laboratorieperiode den 29.03.2019

Måling av OSB-plate i sjikt OSB/VIP, etter forsøk i klimarom (Fuktsøk i OSB med resistansmåler). Dato: 29.03.19

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	150	141	139	139	142	142,2
2 Midten	139	143	141	141	130	138,8
3 Topp	145	146	152	150	152	149
Gjennomsnitt	144,6666667	143,3333333	144	143,3333333	141,3333333	143,3333333



Forklaring verdier	
Dry	0-170
Risk	170-200
Wet	>200

Piggelektrode, overflatefukt i %

Plassering	Måling 1, 6cm	Måling 2, 20cm	Måling 3, 40cm	Måling 4, 60cm	Måling 5, 80cm	Gjennomsnitt
1 Bunn	8,2	8,2	8,1	8,2	8,1	8,16
2 Midten	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
3 Topp	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2	8,24
Gjennomsnitt	8,233333333	8,233333333	8,166666667	8,2	8,166666667	8,2



Forklaring verdier %	
<16,9	Tørt
17<19,9	Faresone
20<28	Vått
>28	RV



Det ble gjort forsøk på fuktsøk direkte på VIPene, men grunnet aluminiumsfolien som platene er ikledd med ga ikke måleutstyret som var til rådighet noen verdier som vist i *Tabell 18*.

*Tabell 18:*

*Resistans- og probemålinger i sjikt asfaltplate/VIP og VIP/OSB den 29.03.2019*

**Resistansmåling i sjikt asfaltplate/VIP**

Plassering	Venstre side	Høyre side
1 Bunn	ikke mulig	ikke mulig
2 Midt	ikke mulig	ikke mulig
3 Topp	ikke mulig	ikke mulig

**Probemåling i sjikt VIP/OSB**

Plassering	Venstre side	Høyre side
1 Bunn	ikke mulig	ikke mulig
2 Midt	ikke mulig	ikke mulig
3 Topp	ikke mulig	ikke mulig

Tabell 19 til og med

Tabell 24, inneholder endringene med tanke på gjennomsnittmålinger i bunn, midten og topp. Verdiene er hentet fra *Tabell 15* til og med *Tabell 17*. Nærmere presisering er oppgitt over hver tabell.

*Tabell 19:*

*Endring i gjennomsnittsverdier overflatefukt i massivtre sjikt massivtre/OSB før og etter endt forsøk utført med piggelektrode*

Plassering	Før forsøket (%)	Etter forsøket (%)	Endring
1 Bunn	7,9	8,12	+0,22
2 Midten	7,98	8,16	+0,18
3 Topp	7,98	8,26	+0,28

Tabell 20:

Endring i gjennomsnittsverdier overflatefukt fra massivtre/OSB til sjikt OSB/VIP etter endt forsøk utført med piggelektrode

Plassering	MT/OSB (%)	OSB/VIP (%)	Endring
1 Bunn	8,12	8,16	+0,04
2 Midten	8,16	8,2	+0,04
3 Topp	8,26	8,24	-0,02

Tabell 21:

Endring i gjennomsnittsverdier på massivtre sjikt massivtre/OSB før og etter endt forsøk utført med resistansmåler

Plassering	Før forsøket	Etter forsøket	Endring
1 Bunn	124	128,4	+4,4
2 Midten	123,2	115,8	-7,4
3 Topp	118,8	118,2	-0,6

Tabell 22:

Endring i gjennomsnittsverdier fra massivtre/OSB til sjikt OSB/VIP etter endt forsøk utført med resistansmåler

Plassering	MT/OSB	OSB/VIP	Endring
1 Bunn	128,4	142,2	13,8
2 Midt	115,8	138,8	23
3 Topp	118,2	149	30,8

Tabell 23 til og med *Tabell 26*, viser gjennomsnittet av verdier med tanke på de sensorene som måler overgang OSB/VIP hvor VIP hele, VIP punktert og hvor skjøten mellom de 4 VIPene er plassert. Her er det viktig å påpeke at for «Skjøt» er det totalt 7 målinger og for «VIP hele» og «VIP punktert» er det 4 målinger, to målinger per enkeltstående VIP. Påminner leser om at skjøten mellom VIPene er teipet med en allround teip, «Hunton Tescon Vana», det er altså ikke fri luftgjennomgang her.

*Tabell 23:*

*Gjennomsnittsverdier sjikt massivtre/OSB resistansmåler*

Plassering	Gjennomsnittverdi
VIP hele (topp)	119
VIP punktert (bunn)	128
Skjøt	117,714

*Tabell 24:*

*Gjennomsnittsverdier sjikt massivtre/OSB piggelektrode*

Plassering	Gjennomsnittverdi
VIP hele	8,275
VIP punktert	8,125
Skjøt	8,157

Tabell 25:

Gjennomsnittsverdier sjikt OSB/VIP resistansmåler

Plassering	Gjennomsnittverdi
VIP hele	148,25
VIP punktert	143
Skjøt	140,714

Tabell 26:

Gjennomsnittsverdier sjikt OSB/VIP piggelektrode

Plassering	Gjennomsnittverdi
VIP hele	8,25
VIP punktert	8,175
Skjøt	8,185

Tabellene og resultatene vil bli kommentert og diskutert ytterligere under kapittel 5.4.

## 4.2 Visuell inspeksjon av utsatte bygningskomponenter

Det ble utført en visuell inspeksjon av OSB-platen og massivtreet for å se om vi kunne observere eventuelle mugg- eller soppdannelser på overflaten. OSB-platen som befinner seg mellom massivtreet og den tette vakuumisolasjonen vil være det mest utsatte sjiktet da denne ligger inntil den dampette vakuumisolasjonen. Under inspeksjonen ble det ikke observert noen form for sopp eller muggdannelse. Nærmere forklaring av *Figur 35* og *Figur 36*, se kapittel 5.1.2



*Figur 35: Visuell inspeksjon av overflate OSB-plate*



*Figur 36: Visuell inspeksjon av overflate massivtre*

### 4.3 Omnisense – Hygrotrac

Under laboratorieforsøket har vi overvåket Lufttemperatur, relativ fuktighet, samt trefuktigheten på både varm og kald side av konstruksjonen. For å kunne utføre alle disse målingene tok vi i bruk to stykk Hygrotrac, dette instrumentet er forklart nærmere under kapittel 3.7.3.

Vi valgte å plassere en Hygrotrac på innvendig side massivtre, denne sentrerte vi på elementet for å dekke mest mulig av massivtreelementet med hensyn til motstandsmålerne. Utvendig Hygrotrac ble også sentrert på ytterkledningen med hensyn på samme formål som nevnt over.



Figur 37: Til venstre: Plassering av Hygrotrac, ytterkledning

Fremvisningen av resultatene vil bli illustrert i grafer utgitt i samarbeid med Treteknisk institutt, samt i Excel. Den kontinuerlige loggingen av de diverse parameterne vil bli fremvist individuelt i grafer hvor vi vil avslutte med en felles graf hvor vi inkluderer alle grupper for hver side av konstruksjonen, altså innvendig og utvendig. Denne fremgangsmåten har vi valgt i hovedsak på grunn av å få en mest oversiktlig presentasjon av resultatene og for å lettere kunne sette disse opp imot hverandre under diskusjonsdelen. For hver enkelt graf kan man se hvilken tidsperiode det gjelder og i hvilket intervall loggingen er fremvist, i vårt tilfelle er det ta målinger per time. Merk at fargekodene endres under felles graf.

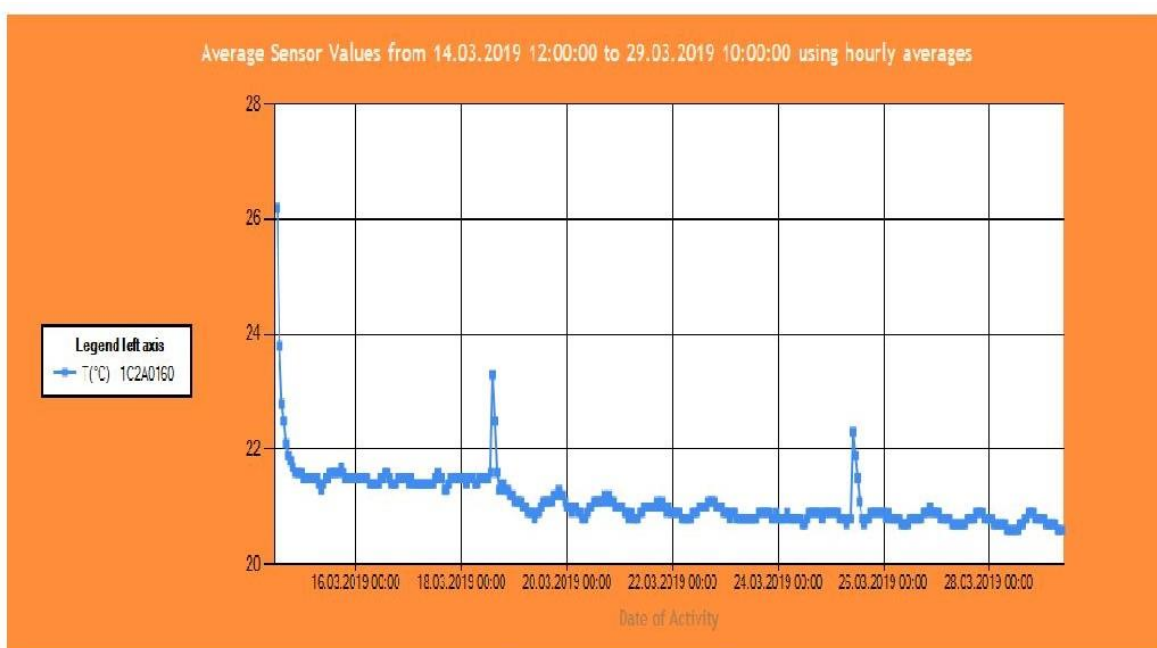
For oversikt over endringer av parametere og oppstart, se *Figur 15*.

Alle resultater som er logget i Excel vil legges ved under vedlegg bakerst i dokumentet grunnet plassbesparelse. Se kapittel 0 og 0.

### 4.3.1 Simuleringer av temperatur, relativ fuktighet og trefuktighet innvendig



Temperatur innvendig [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



T(°C) : 1C2A0160	
min	20,60
max	26,20

Figur 38: Omnisense diagram - Temp. innvendig

Relativ luftfuktighet [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



%RH : 1C2A0160	
min	37,40
max	66,50

Figur 39: Omnisense diagram - RF innvendig

Trefuktighet massivtre [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



%WME : 1C2A0160	
min	7,30
max	8,90

Figur 40: Omnisense diagram - Trefuktighet MT



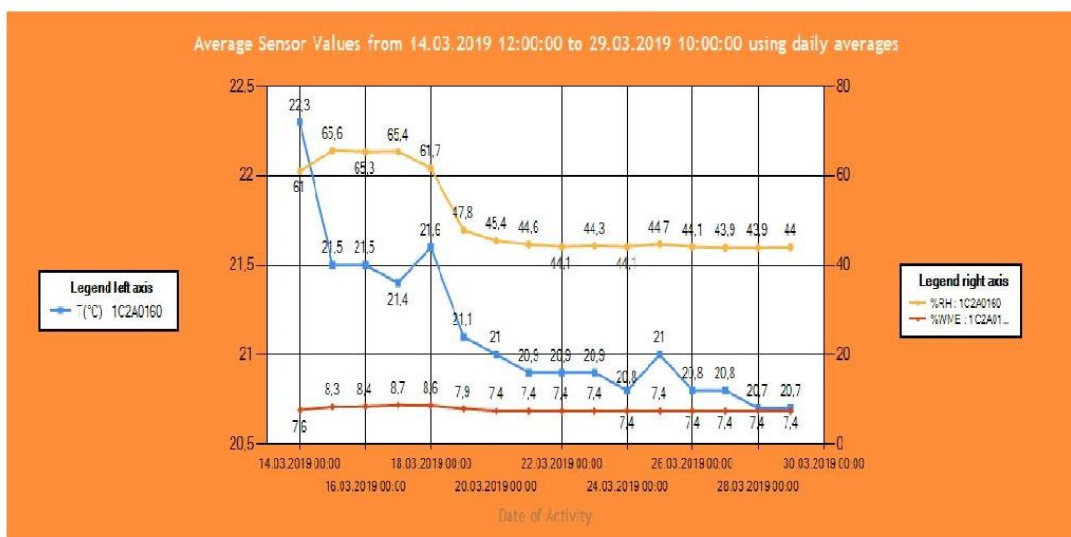
Kombinasjon av Temp, RF og trefuktighet [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



	T(°C) : 1C2A0160	%RH : 1C2A0160	%WME : 1C2A0160
min	20,60	37,40	7,30
max	26,20	66,50	8,90

Figur 41: Omnisense diagram – kombinasjon av RF, T, TF innvendig

Kombinasjon av Temp, RF og trefuktighet med verdier påsatt p/døgn



	T(°C) : 1C2A0160	%RH : 1C2A0160	%WME : 1C2A0160
min	20,70	43,90	7,40
max	22,30	65,60	8,70

Figur 42: Omnisense diagram – kombinasjon av RF, T, TF innvendig med verdier

### 4.3.2 Simuleringer av temperatur, relativ fuktighet og trefuktighet utvendig

Temperatur [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



Figur 43: Omnisense diagram - Temp. utvendig

Relativ luftfuktighet [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



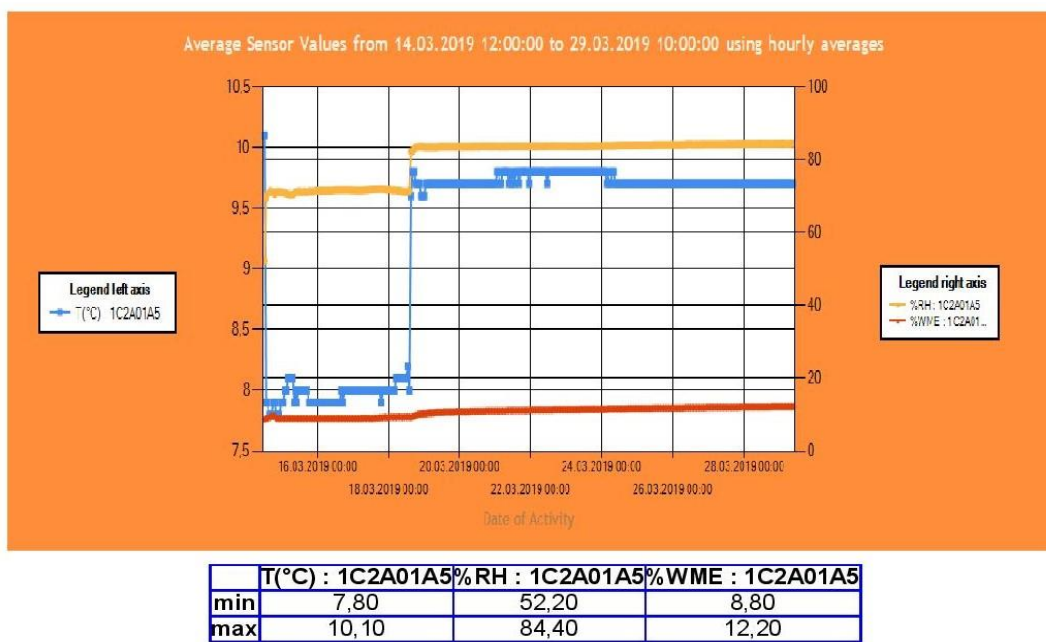
Figur 44: Omnisense diagram - RF utvendig

Trefuktighet ytterkledning [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



Figur 45: Omnisense diagram - Trefuktighet ytterkledning

Kombinasjon av Temp, RF og trefuktighet [oppstart 14.03.19, slutt 29.03.19]



Figur 46: Omnisense diagram - kombinasjon av T, RF, TF utvendig

Kombinasjon av Temp, RF og trefuktighet med påsatte verdier p/døgn



Figur 47: Omnisense diagram - kombinasjon av T, RF, TF utvendig med verdier

# Treteknisk

Company: Norsk treteknisk Institutt Site: Klimarom Massivtre m. vacuum iso Time Zone: W. Europe Daylight Time

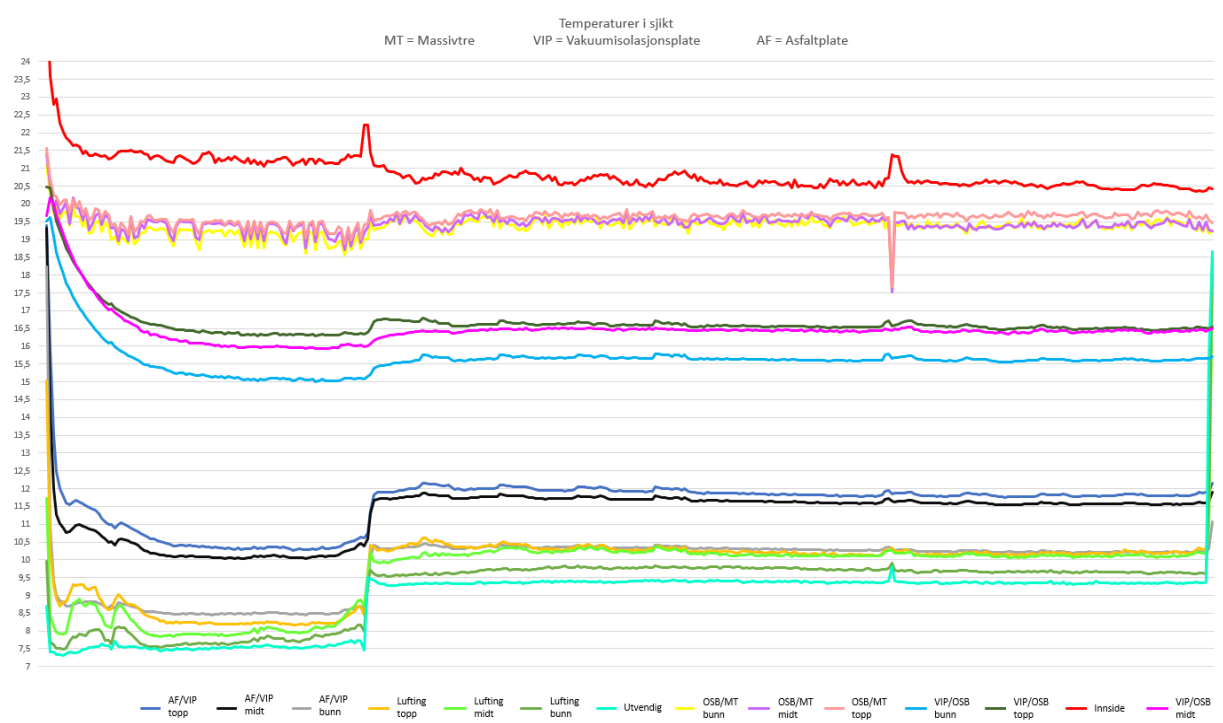
Last Hour
  Last Day
  Last Week
  Last Month
  Last 3 Months
  Last 6 Months
  Last Year
  All Readings

## 4.4 Temperaturforløp gjennom veggelement: LabView

For dokumentering av temperaturforløpet i konstruksjonen har vi benyttet oss av 14 sensorer som har vært linket direkte til LabView. Alle disse sensorer har logget temperaturen kontinuerlig hvert tiende minutt gjennom forsøket og deretter automatisk satt disse resultatene inn i Excel. For å kunne få et mer oversiktlig bilde av hvordan temperaturforløpet oppfører seg har vi satt alle resultatene inn i et diagram med et loggeintervall per time, se *Figur 48*

Hver av grafene i diagrammet representerer hver enkelt sensor, for å få en god oversiktlig oversikt over hvilke sensorer som hører til hvor i konstruksjonen har vi tildelt hver sin egen fargekode med en kort beskrivelse av sjiktene, dette er fremvist i bunn av diagrammet. Temperaturen kan leses av til venstre og tidsmessig så strekker perioden seg over hele forsøket.

Ved å se på *Figur 48* kan man se et stort skille mellom sensor 7 og 8 fra bunn, det er nemlig her vakuumisolasjonen er plassert. Nærmere beskrivelse av temperaturforløpet og hvorfor temperaturen oppfører seg slik som den gjør samt hvilke konsekvenser dette har for konstruksjonen er nærmere forklart i diskusjonsdelen gjeldende LabView. Se kapittel 5.2.

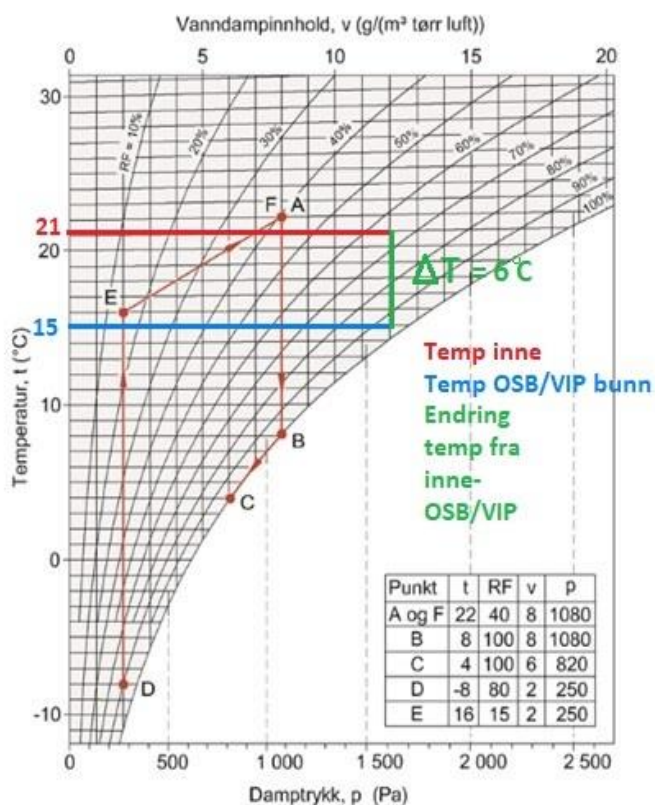


*Figur 48: Temp.forløp illustrert med LabView*

#### 4.4.1 Illustrasjon av vandampinnhold i OSB sjikt OSB/VIP i Molliers diagram

For å illustrere vandampinnholdet i sjiktet mellom OSB-platen og vakuumisolasjonen har vi satt resultatene fra LabView inn i Molliers-diagram. Dette valgte vi å legge ved på grunn av oppdagelsen av et kritisk sjikt med fokus på fukt i konstruksjonen. Med gjeldende temperaturer inne og ute samt med en temperatur endring kombinert med en relativ fuktighet kan vi lese av i Molliers-diagram at duggpunktet er kritisk nærme, se *Figur 49*.

Dette blir mer detaljert forklart under diskusjonsdelen da det er flere gjeldende faktorer som spiller inn i denne oppdagelsen, se kapittel 5.2.



21°C kombinert med en RF på 65%, illustrert i kryssende punkt

Et temperaturfall på 6°C gir en økt RF på cirka 30%, kritisk duggpunkt illustrert i kryssende punkt

Merk:

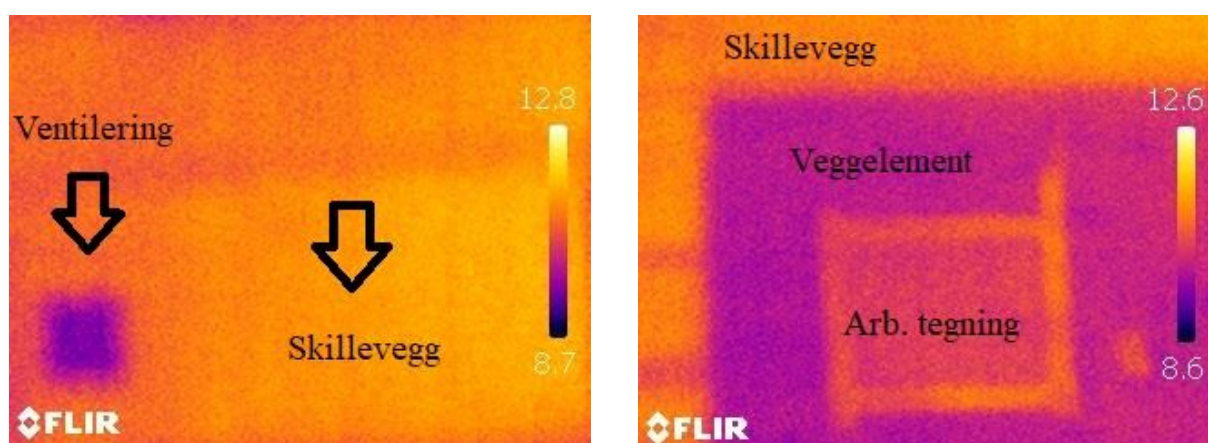
Med en temperaturendring på 6°C vil den relative fuktigheten øke med cirka 30%, dette utsetter konstruksjonen for et mulig duggpunkt i et kritisk sjikt.

Figur 49: Våre resultater fra sjikt OSB/VIP bunn illustrert i Molliers diagram

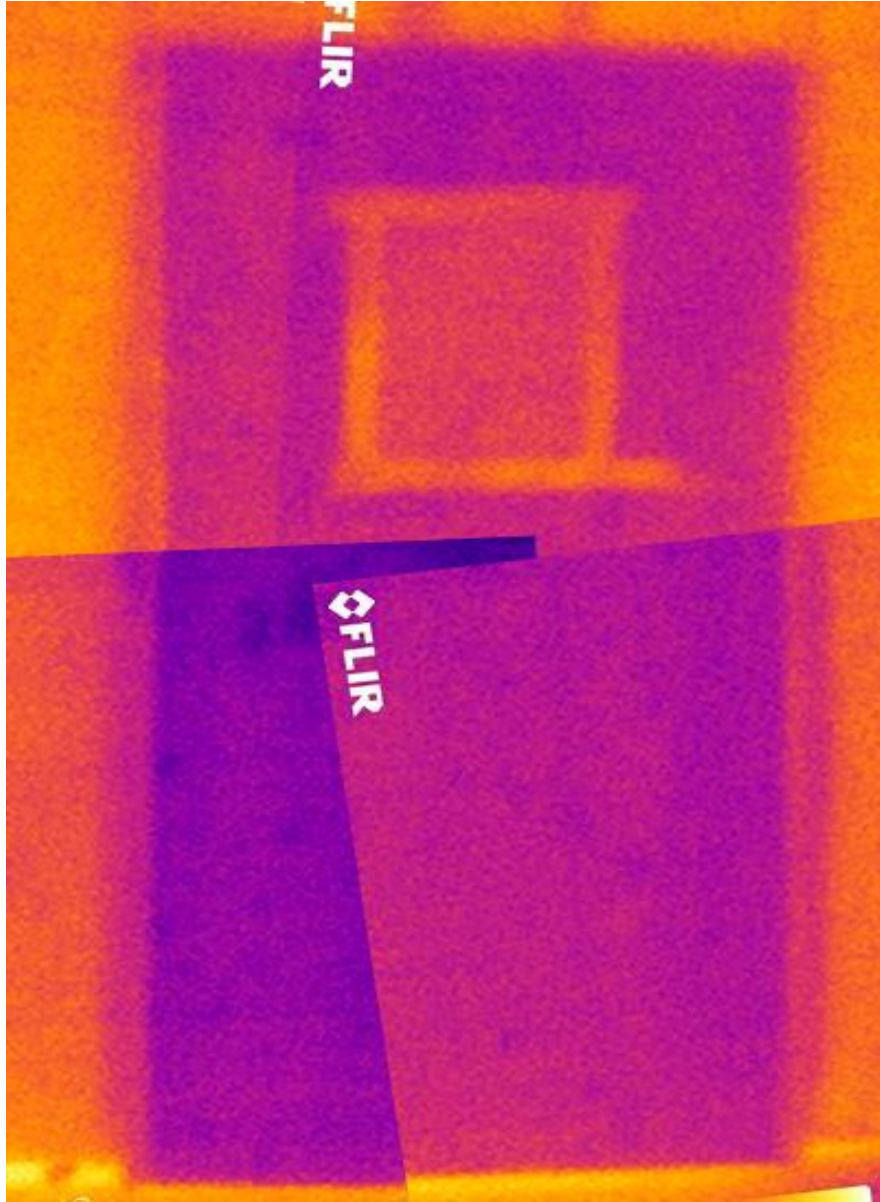
## 4.5 Termografering

Før vi startet å demontere veggelementet for videre fuktundersøkelser tok vi termografier av veggelementet med skillevegg fra kald side (utvendig klima). Hensikten var å undersøke om deler av elementet hadde opptatt fukt slik at det ville gi utslag for dårligere varmeledningsevne. Ettersom termograferingskamera hovedsakelig er ment for termografier av utsiden på konstruksjoner var det problematisk å få til gode bilder som viser hele veggelementet og hele skilleveggen. Vi fikk ikke zoomet ut tilstrekkelig for å få et helhetlig bilde av konstruksjonen da rommet vi måtte gjøre termograferingen i gjorde at avstanden var nede i tre meter.

Ut ifra termografiene vi har utført ser vi først og fremst at veggelementet bestående 30 mm vakuumisolasjon slipper igjennom mindre varme enn skilleveggen som innehar 300 mm mineralull. Dette sees ved at veggelementet har en lilla farge i motsetning til skilleveggen som er gul/oransje. Fargen angir overflatetemperaturen og kan leses av ved diagrammene på bildene. Viktig å bemerke seg at skilleveggen er uten kledning og at dette har innvirkning på resultatene da luftesjiktet og kledningen på veggelementet vil gjøre at kledningen vil være kaldere på da kledningen ikke er i direkte kontakt med resten av veggelementet. Videre ser vi ingen antydninger til at spesifikke områder i veggelementet leder mer varme enn andre.



Figur 50: Termograferingsresultater av skillevegg og veggelement øvre del



*Figur 51: Veggelementet sammensatt av flere bilder*



# 5 Diskusjon

I dette kapitlet vil vi drøfte alle resultater fremvist i kapittel 4, vi skal sette ulike synspunkter, momenter, argumenter og årsaker opp imot hverandre. Drøftingen rundt resultater vil bli delt opp for hver enkelt målemetode før vi tilslutt setter disse opp mot hverandre. Det skal vises til sterke og svake sider ved alle resultater og vi vil komme med forslag på hvordan forskningen kunne blitt utført annerledes. Vi skal vurdere hvor pålitelig og gyldig denne analysen har vært. Kritikkk ved valg av metodevalg vil fremvises. All relevant teori som nevnt i kapittel 2 vil bli koblet opp imot resultater i diskusjonsdelen.

## 5.1 Hygrotrac

I dette underkapitlet skal vi ta for oss hvor pålitelige resultatene fra OmniSense sensorene er og hvilke påkjenninger ytterkledningen av konstruksjonen vil få under laboratorieforsøket. Vi skal deretter se på innvendig klima og gå nærmere innpå massivtre og fuktgjennomgang av konstruksjonen fra varm til kald side med fokus på fuktproblematikk i forbindelse med vakuumsisolasjonen som befinner seg 118 mm inn i konstruksjonen fra varm side.

### 5.1.1 Utvendig klima

Bruken av Hygrotrac som et måleinstrument i forbindelse med laboratorieforsøket gikk som forventet, vi fikk logget alle parametere fra aktiveringsdatoen som ble satt til 14. mars kl. 12:00 og frem til 29. mars kl. 10:00 som var datoen forsøket i laboratorium ble avsluttet. Mer spesifikt rundt alle parametere så er dette da lufttemperaturen, den relative luftfuktigheten og trefuktigheten i massivtreet og ytterkledningen på både varm og kald side i laboratoriet.

For å kunne gi resultatene fra OmniSense en pålitelighet samt en god nok gyldighet har vi valgt å sette disse opp imot LabView som er en av våre andre målemetoder gjennom dette prosjektet.

*Figur 44* viser en fullstendig oversikt over loggingen på kald side i laboratoriet fra start til slutt, vi ser i tillegg at det er påsatte verdier for hver av parameterne, disse verdiene er stikkprøver hentet ut av OmniSense, en verdi for hver dag.

Som vi kan se på tabellen nederst i *Figur 44* har vi en temperaturredifferanse på 1,9 celsius, dette forekommer på grunn av endringer av klimapåkjenninger i klimarommet utført den 18. mars, opprinnelig satte vi temperaturen på +8 celsius for å simulere en vårsesong før vi deretter høyde denne til +10 celsius som simulerer høst, dette er nærmere forklart under kapittel 3.4. For å kunne få påvis at temperatur resultatene er korrekte har vi valgt å sette disse opp imot egne resultater hentet ut ifra LabView.

*Figur 44* viser en starttemperatur på +7,9 celsius, denne varierer mellom +7,9 og +8,0 frem til 18. mars, noe som er veldig stabilt, ut ifra resultater fra LabView kan vi se på *Figur 48*, (fargekode turkis, plassering nederst på diagrammet) at temperaturen ligger stabilt på +7,5 celsius frem til 18. mars, her har vi en forskjell på cirka 0,45 celsius, det er ikke mye, men det er et avvik og skal dokumenteres som et avvik mellom måleinstrumenter. Denne differansen kan blant annet skyldes plassering av sensorer, luftforhold i rommet eller forskjeller ved kalibrering av instrumenter. Vi går ikke detaljert inn på dette avviket da det er såpass minimalt og ikke spiller noen stor forskjell for vårt forsøk. Fra 18. mars og frem til 29. mars kan vi se at temperaturen registrert via Hygrotrac ligger stabilt mellom +9,7 og +9,8 celsius, LabView har dokumentert en temperatur mellom +9,35 og +9,4 celsius, vi legger også her merke til at differansen ligger på 0,40–0,45 celsius, noe som er likt fra tidligere i vårsesongen, dette gir oss en bekreftelse på at Hygrotrac og LabView er ganske godt synkroniserte. Vi konkluderer da her med at temperaturen logget via Omnisense er korrekt og nøyaktig.

Ut ifra *Figur 45* som viser trefuktigheten i ytterkledningen kan vi se at den ligger stabilt på 9,0 % de fire første dagene, i denne perioden er klimarommet innstilt med en RF på 70 % som vist i *Figur 44*. Som nevnt under kapittel 0 er grunnen til den stabile trefuktigheten at trevirke har oppnådd likevekt mellom den relative luftfuktigheten fra tidligere i lagringsfasen og dermed opprettholdt denne i første fase av laboratorieforsøket, ved å lese av *Figur 13* kan vi regne oss frem til at materialet har vært lagret i et inneklime med en temperatur mellom +20–+25 celsius med en RF et sted mellom 45 %–55%. I første fase er klimarommet som tidligere nevnt stilt inn med en temperatur på +8 celsius med en RF på 70%, trefuktigheten har utgangspunkt på 9.0 % og ser vi igjen på *Figur 13* kan vi regne ut at materialet vil oppnå en likevektfukt på cirka

12 %–13 %. Denne tilstanden karakteriseres som tørr da fuktinnholdet i vedcellene ligger på rundt 12%, beskrevet under kapittel 2.1.2.

I andre fase er klimarommet stilt inn med en RF på 80 % og med en temperatur på +10 celsius, *Figur 13* tilsier at likevektfuktigheten i trevirke vil stabilisere seg på cirka 17 % - 18 % over tid med gitte betingelser som jevne og stabile forhold, denne tilstanden vil ikke være kritisk for fuktproblematikk da optimale vekstforhold for sopp og muggvekster ligger på >20 % fuktighet, se *Tabell 4*. Ut ifra Hygrotrac kan vi se at trefuktigheten i ytterkledningen hadde en verdi på 12.20 % i det forsøket ble avsluttet, men i en jevn stigende fase frem til den oppnår likevekt.

Det skal merkes at testforsøket vårt strekker seg kun over 15 døgn, noe som er veldig minimalt for å kunne understreke konklusjoner i forbindelse med kritiske forhold ut ifra egne resultater, det er derfor ikke blitt fastsatt om kledningen er god nok for å stå imot nevnte påkjenninger over lengre perioder. Det bør tas forutsetninger om at kledningen vil bli eldre og miste de gode egenskapene den har de første årene, det som kan og bør gjøres er å behandle denne med maling for å beskytte mot nevnte klimapåkjenninger over tid.

Noe som skulle vært gjort etter endt forsøk i klimarom hadde vært å måle trefuktigheten i ytterkledningen med motstandsmålere som ble utført i de andre sjiktene, se *Tabell 16*. Da hadde vi kunnet satt resultater fra Hygrotrac opp imot disse for å så kunne gitt resultatene enda mer pålitelighet.

### **5.1.2 Innvendig klima**

*Figur 41* viser en fullstendig oversikt over loggingen på varm side i laboratoriet, det er også her satt på verdier for de ulike parameterne for hver dag slik som det er blitt gjort på diagrammene som gjelder for kald side. Verdiene sine utgangspunktet for de forskjellige parameterne er her blitt bestemt som vist i *Tabell 6* og *Tabell 5*. Temperaturen ble satt til +22 celsius og den relative luftfuktighet til 65 %, disse verdiene stod i fire dager før den relative luftfuktigheten ble endret ned til 50 % for de resterende 11 dagene av forsøket, dette ble gjort etter anvisning fra Javad Darvishi slik at vi fikk simulert et realistisk inneklima i henhold til (SINTEF Byggforsk, 2018), temperaturen ble i tillegg justert ned til +21 celsius.

Ser vi på *Figur 41* kan vi se at den relative fuktigheten ligger på 44 % (+ - 0,5%), som er da 5 % mindre enn det vi har justert den relative fuktigheten til, men dette er noe vi hadde en forventning til ville skje da vi har simulert et inneklime med en frittstående fuktmaskin kombinert med en panelovn, altså ikke utstyr som egentlig er egnet for simulering av forskjellige klima. Dette avviket på 5 % skyldes mest sannsynlig tekniske problemer med fuktmaskinen, men vi må merke oss at det selvsagt også kan være andre årsaker som har spilt inn, sånn som for eksempel at den naturlige ventileringen i rommet har dratt fuktigheten ut gjennom lufteventiler som leder ut til utenfor klimarommet, eller eventuelle luftlekkasjer. Det er ikke påvist noen lekkasjer ut ifra termograferingen som ble gjort av både skillevegg og veggelement. Det ble kontrollert jevnlig at fuktmaskinen hadde nok vann under forsøket så vi kan utelukke at den gikk tom, det ble i tillegg kontrollert at innstillingene var justert riktig. Det er vanskelig å konkludere rundt dette avviket, men det blir registrert som en svakhet gjennom forsøket. Ved en eventuell rekonstruksjon av forsøket bør det investeres i mer pålitelig utstyr.

Som utført for Hygrotrac sensoren på kald side i klimarommet skal vi også her også kontrollere sensoren opp imot LabView for å se om verdiene ligger på lik linje når det gjelder temperaturen, dette gjør vi for å få en mer gyldighet i diagrammene våre og for å være sikre på at vi har korrekte resultater.

Resultater fra LabView som vist i *Figur 48* viser en innvendig temperatur noe mellom +21 og +21.5 celsius for de fire første dagene før den deretter viser en temperatur mellom +20,5 og +21 celsius for de neste 11, dette bekrefter innstillingene våre som ble fastsatt samt at de stemmer i tillegg med Hygrotrac resultatene som vist i *Figur 38*. Det ble i tillegg utført trefuktighetsmålinger av massivtreet for å kunne ha et utgangspunkt av trefuktigheten før forsøket begynte, i *Tabell 15* kan vi se trefuktigheten i massivtreet målt med forskjellige motstandsmålere, disse målingene viser alle at massivtreet blir karakterisert som tørt og ved å sette disse målingene opp imot Hygrotrac som logget trefuktigheten i massivtreet til en verdi på 7,4 % det første døgnet kan vi se at vi har en gjennomsnittsdifferanse på 0,5 % mellom Hygrotrac og piggelektrodeinstrumentet, se *Tabell 15* for resultater fra piggelektroden. Dette er veldig nøyaktig i og med at det skal tas hensyn til målerusikkerhet når det gjelder de ulike måleinstrumentene.

I løpet av den første fasen av forsøket ser vi at massivtreelementet tar til seg en liten prosentdel fuktighet, altså i løpet av de fire første dagene. Ut ifra *Figur 41* ser vi at fra dag en til dag fire at fuktighetsnivået har fått en økning fra 7,4 % til 8,7 %, en økning på +1,3 %. Når neste fase

begynte hvor vi da justerte ned både den relative fuktigheten samt temperaturen legger vi merke til at trefuktigheten synker ned til utgangspunktet sitt på 7,4 % bare etter 3 dager og blir liggende der resten av forsøket. Hvis vi igjen ser på *Figur 13* kan vi se at med en relativ fuktighet på 45 % vil trevirke oppnå en likevekt på cirka 8,2 % over tid, noe som er over våre resultater, men samtidig veldig likt.

Ut ifra analysen av disse resultatene kan vi med en ganske stor sikkerhet si at massivtre ikke vil være noe spesielt utsatt for fuktproblematikk i seg selv, selv med gitte påkjenninger av temperatur og fukt. Fra tidligere forskning (Ullah, 2015) vet vi også at massivtre er et godt materiale med gode egenskaper når det kommer til å ta og avgi fuktighet, det er da tatt i betraktning at porene i massivtreet ikke stenges igjen, altså bygger man med massivtre er det viktig å ha en diffusjonsåpen overflate, men ser vi litt på dette så er det akkurat det vi ikke har når vi tar i bruk vakuumisolasjon som det isolerende sjiktet.

Kan fuktigheten ha vandret gjennom massivtreet og møtt den tette overflaten til vakuumisolasjonen og blitt fanget i sjiktet?

Hvilke fuktproblemer fører det med å benytte seg av vakuumisolasjon i en ytterkonstruksjon som egentlig krever en diffusjonsåpen flate?

Vi vet fra før av at massivtreelementet vårt har stått tørt i en veldig lang periode, noe som har ført med seg krymping av trevirke og sprekkdannelse i elementet, disse sprekke hjelper fuktigheten å bevege seg veldig enkelt gjennom trevirke og treffer da vakuumisolasjonen direkte etter OSB-platen, men med tanke på at trevirke ikke har tatt opp noe avgjørende fuktighet som gjør at det vil utvide seg og lukke disse sprekke igjen så vil vel egentlig veien ut for fuktigheten være like enkel, *Figur 36* for nærmere detalj av sprekke i massivtreelement. Som vist i *Figur 20* har vi plassert to fuktighets sensorer på varm og kald side av vakuumisolasjonen for å måle eventuell fuktoppbygging, dessverre så har vi ikke fått tilgang til loggeboksen som hører til og har dermed ingen resultater tilknyttet eventuell fuktighetsoppbygging gjennom laboratorieforsøket. I stedet valgte vi å demontere konstruksjonen fortløpende etter endt forsøk å få utført målinger i diverse sjikt underveis i demonteringen, det ble da målt fuktighet med tre forskjellige motstandsmålere, se kapittel 5.4. På grunn av mangel på utstyr hadde vi ingen mulighet til å måle fuktighet på overflaten av vakuumisolasjonen, vi valgte derfor å fokusere på overflaten av OSB-platen for å se etter eventuelle fuktskader, vi leter da spesifikt etter mugg og

sopp som nevnt i kapittel 4.2. Det ble også målt fuktighet i OSB-platen før og etter forsøk i laboratorium, se kapittel 4.1.

Det ble ikke dokumentert noen som helst mugg- eller soppdannelser ut ifra egne bilder og tester. Se *Figur 35* for bilde av OSB-platen underveis i inspeksjon.

Under inspeksjonen av OSB-platen ble det observert noe som kunne ligne en dannelse av svertesopp (Christel Eline Wigen Grøndahl, 2019), men det ble raskt avklart at denne misfargingen ikke var noen form for sopp, men OSB-platen har mest sannsynlig blitt avfarget fra asfaltplaten utgitt av HUNTON ved tidligere lagring på laboratorium da disse platene har vært lagret oppå hverandre.

Det er heller ikke blitt observert noen som helst sopp- eller muggdannelse visuelt på overflaten av massivtre, nærmere forklart rundt fuktinnhold se kapittel 5.4.

## 5.2 Resultater fra LabView

I tidsrommet 14. mars til 29. mars loggførte vi temperaturen kontinuerlig i hvert sjikt av veggkonstruksjonen på tre punkter. Henholdsvis toppen, midten og bunnen. Temperaturene ble loggført i LabView med et tidsintervall på 10 minutter mellom hver måling. For å illustrere temperaturforløpet laget vi en grafisk fremstilling med utgangspunkt i målinger for hver time, se *Figur 48*. Vi laget for ordensskyld en grafisk fremstilling for målinger hvert tiende minutt også, men fordi temperaturen i hvert sjikt forholdt seg veldig stabil så valgte vi å bruke fremstillingen som viser hver time da denne gir et tydeligere bilde.

Som man kan lese av i *Figur 48* gjør temperaturen et byks og stiger med ca. 2 °C på kald side og i luftingen mellom kledning og asfaltplate. Dette skyldes et skifte i klimarommet der temperaturen ble skrudd opp fra 8 °C til 10 °C for å skille mellom vår- og høstsesong i ytre klima. Videre ser vi at ved samme tidspunkt stiger temperaturen i de andre sjiktene, men gradvis mindre og mindre desto nærmere sensorene er plassert varm side av konstruksjonen.

Den største temperaturdifferansen som fremkommer i forsøket er på varm og kald side av vakuumisolasjonsplatene. Øverst i sjiktet OSB/VIP ligger temperaturen stabilt på ca. 16,5 °C og nederst i sjiktet for VIP/asfalt på ca. 10°C. At differansen ville være størst mellom disse

sjiktene er noe vi har forutsett fordi vakuumisolasjonen er det materialet i veggelementet med desidert lavest varmeledningsevne ( $\lambda$ ), som betyr at mindre varme trenger igjennom sjiktet. Videre ser vi også en merkbar forskjell på de tre sensorene plassert i sjiktet VIP/asfalt. Sensoren som er plassert i bunn stabiliserer seg på ca. 10 °C, den i midten er stabil ved ca. 11,5 °C og sensoren i topp logger en temperatur 11,5–12°C. I Prosjektrapport 31 (Grynning *et al.*, 2009) fremkommer det at punkterte vakuumisolasjonspaneler har fem ganger høyere varmeledningsevne enn de som er intakt. Dette samstemmer også med informasjonen som står på nettsidene til Vacunor som er leverandør av Va-Q-Vip F (vakuumisolasjonspanelene) som er tatt i bruk i vårt forsøk. Av den grunn hadde vi forventet at temperaturen i det nederste sjiktet for VIP/asfalt ville vært høyere eller tilnærmet lik temperaturen lenger opp i samme sjikt fordi varmeledningsevnen i bunn er høyere. Vi tror at årsaken til at det er kaldere i bunn av dette sjiktet er fordi kald luft er tyngre enn varm, og dermed vil den kalde luften strømme mot bunnen av sjiktet.

Illustrasjonen av resultatene på OSB bunn i sjikt OSB/VIP fra «del 1 vår» er gjengitt i et Molliers diagram med påtegnede verdier i *Figur 49*. Der kan man se at det er ganske nære duggpunktet ifølge våre måleresultater. Med en temperatur på 21 °C inne og RF innvendig på 65 % er det et temperaturfall fra 21 °C til 15 °C når vi ser på OSB/VIP bunn. Utetemperatur var da satt til 7 °C og RF ute lå mellom 70–75 %.

I likhet med forsøket vi har gjennomført hos Treteknisk i Oslo har det blitt utført et tilsvarende forsøk på Gjøvik av Tor Klethagen (avdelingsingeniør ved institutt for vareproduksjon og byggeteknikk, NTNU). Dette forsøket har ikke blitt publisert, men ble fremvist under et miniseminar for vår bacheloroppgave ved en powerpointpresentasjon. Oppbygningen av veggelementet er lik i begge undersøkelsene, bortsett fra at elementet som er testet i Gjøvik ikke har punkterte vakuumisolasjonspaneler. En annen forskjell på forsøkene er at i Klethagens gjennomføring ble veggelementet testet i et rom med temperaturer fra -10 °C til ca. -25 °C på kald side og  $25 \pm 2$  °C på varm side. Dette ble gjort for å simulere mer ekstreme forhold som kan fremkomme på vinterstid i Norge.

Fra dataene vi har fått tilgang på av Klethagens forsøk, som vist i *Figur 54* under kapittel 0 så ser vi først og fremst at den høye temperaturdifferansen gir et langt tydeligere bilde av isoleringsegenskapene til vakuumisolasjonen. Vi ser blant annet at differansen mellom kald og varm side av vakuumisolasjonspanelene på det minste er 20 °C, fra sensor 18 (sjikt 1 bunn ca. 10 °C) til sensor 14 (sjikt 3 topp ca. -10 °C). For øvrig er temperaturene stabile.

Det er imidlertid én observasjon i dette forsøket vi syntes er spesielt interessant. Sensor 18, som viser temperaturen i sjiktet massivtre/OSB har et temperaturfall fra 22 °C til 10 °C hvor den stabiliseres. Hvis vi undersøker dette i sammenheng med Mollier – diagrammet ser vi at en endring som dette kan gi en fare for kondens ved en relativ fuktighet opp mot 50 %. Dette kunne vi også fått dobbeltsjekket opp mot WUFI Pro. Dersom det legger seg fritt vann i hulrom i dette sjiktet kan det være med på å skape gunstige vilkår for soppvekster, se *Tabell 4*. Hadde vi hatt tilgang til WUFI Pro med WUFI Bio hadde vi kunne sett om det ville dannes fukt og mikrobielle vekster på vårt veggelement.

En svakhet ved disse forsøkene er at vi ikke har dokumentert den relative fuktigheten i sjiktet massivtre/OSB. Vi hadde montert RH-følere i veggelementet i sjiktene på varm og kald side av vakuumisolasjonspanelene, men vi kunne ikke hente ut noen data på grunn av at vi ikke fikk anskaffet en loggboks til disse instrumentene da denne var opptatt av andre medstudenter. Ut ifra resultatene fra forsøket til Klethagen ser vi i ettertid at det ville vært interessant å montere RH-følere i sjiktet massivtre/OSB også. Hvis vi kunne dokumentert RF i dette sjiktet, så hadde vi hatt et bedre grunnlag for å avgjøre om det er fare for kondens eller ikke. Dette kunne også ha blitt sjekket med WUFI Pro.

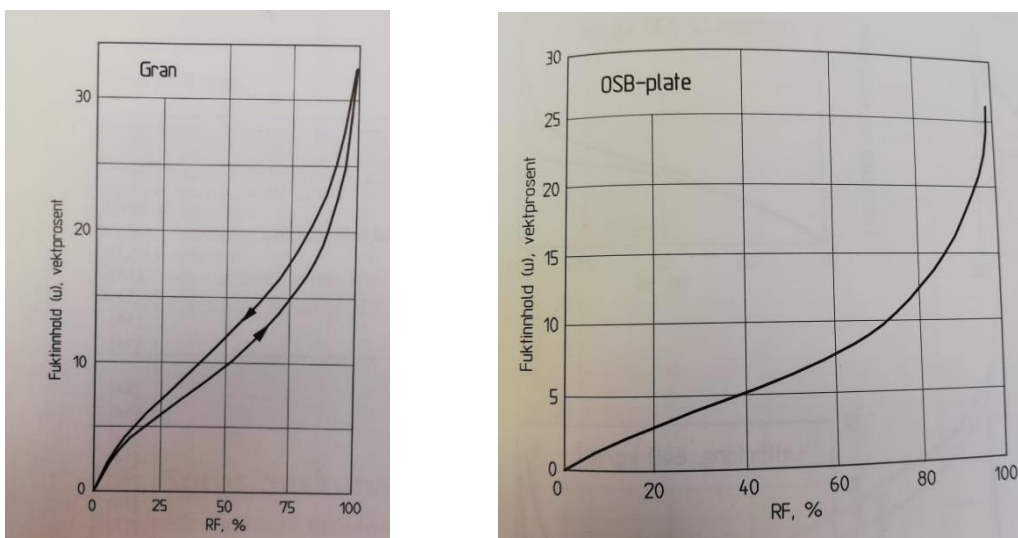
Det er vanskelig å anslå den relative fuktigheten i dette sjiktet av flere årsaker. Blant annet har vi ikke kommet over sikre kilder som gir et svar på hvor mye vanndamp som diffunderer gjennom spikret massivtre. Vi kan heller ikke gjøre enkle beregninger av den relative fuktigheten fordi vi ikke vet hvor høyt vanndampinnholdet i luften er. Konstruksjonen består også av hygroskopiske materialer som vil regulere luftfuktigheten.

Flere kilder oppgir derimot at inneluft på vinterstider normalt sett er tørrere enn resten av året og RF ligger gjerne i området 20-35%. Med utgangspunkt i Mollier – diagrammet vil det ikke være fare kondens ved en RF 35 % før temperaturen faller fra 22 °C til under 5°C. I Klethagens forsøk synker ikke temperaturen lavere enn 10 °C i nevnt sjikt, og dette skjer ved -25 °C i uteluften.

Partialtrykkforskjellen på varm inneluft og kald uteluft gjør at vanndampdiffusjonen skjer fra innsiden og utover. På grunn av at de to innerste sjiktene i konstruksjonen består av hygroskopiske materialer (massivtre og OSB), vil disse bidra til å ta opp fukt fra vanndampen. *Figur 12* viser hvor fuktinnholdet vil innstille seg ved ulike RF-verdier. Ut ifra tabellene ser vi at skadelig høyt fuktinnhold (over 20 %) for gran oppstår under adsorpsjon ved en RF ca. 90 %



og desorpsjon ved RF ca. 80 %. Byggforsk beskriver OSB/3 platene som egnet for fuktige forhold. Med dette menes betingelsene fastsatt i NS-EN 13986 for klimaklasse 2. Disse platene kan benyttes ved forhold der fuktinnholdet i materialet ikke overskrider likevekten som inn-treffer ved 20 °C og 85 % RF (ca. 15 % fuktinnhold) RF, annet enn noen få uker i løpet av året. Ettersom luftfuktigheten varierer gjennom et år, men også daglig, vil disse materialene alltid etterstrebe likevekt og dermed oppta å avgi fukt til omgivelse. Materialene har en svært høy toleranse for fukt og dersom de skal påføres skader som et resultat av dette kreves et RF-nivå større enn 85 % over lengre tid.



Figur 52: Likevektsfukt for gran og OSB-plate.

I resultatene fremkommer det situasjoner hvor vi ser temperaturfall som teoretisk sett øker luftfuktigheten fordi lavere temperaturer øker forholdet mellom vanddamptrykket og metningstrykket. Der vakuumisolasjonspanelene er punktert har vi ikke sett betydelige virkninger. Ettersom vi finner dokumentasjon som tilsier høyere varmekonduktivitet i punkterte plater, er det å forvente lavere temperatur sjiktene hvis vi hadde utført tester over lenger tid eller med kaldere utetemperatur. Vi tror dette kan bidra til høyere RF i sjiktene eller i verstefall kondens. Det er problematisk å fastslå dette sikkert da vi ikke har dokumentert den faktiske RF i sjiktene. En direkte konsekvens av høyere RF for vakuumisolasjonspanelene er at vanddamptransporten gjennom foliene øker (Grynning *et al.*, 2009), dette vil igjen påvirke materialegenskapene og være avgjørende for hvor lenge materialet kan opprettholde varmegjennomgangskoeffisienten.

## 5.3 Termografering

Ved å ta i bruk termograferingskameraet ønsket vi å se om vi kunne lokalisere eller avdekke eventuelle fuktskader i konstruksjonen som forhåpentligvis ville gi utslag ved å se nedsatte termiske egenskaper ut ifra bildene. Fotograferingen tok plass i slutfasen av forsøket og vi plasserte oss så langt unna konstruksjonen som vi kunne komme, noe som tilsvarer i underkant av 3 meter fra konstruksjonen grunnet at bilde ble tatt inne i klimarommet. Det første vi legger merke til er at vi ikke har rom nok for å få med nok av konstruksjonen i et bilde, den korte avstanden gir oss en uklar oversikt over hele elementet som gjør at vi må dele fotograferingen opp i 4 deler for å deretter sette disse bildene sammen som vist i kapittel 4.5. Dette er ikke en god løsning og er kun blitt gjort for å gi leserne et innblikk i hvordan konstruksjonen noenlunde ser ut gjennom et termograferingskamera.

Når det gjelder resultatene vi har fått ut av denne metoden gir disse oss ingen gode referanser for å oppdage fukt i konstruksjonen, vi ser med en gang at ytterkledningen holder en overflatetemperatur på 8,7 celsius, noe som er 1 grad lavere enn romtemperaturen, samtidig så har vi et luftesjikt bak denne kledningen som igjen inneholder kald luft som vist under resultater fra LabView, se *Figur 48* under kapittel 4.4. Bildene gir oss ingen pålitelige utslag på om konstruksjonen er fuktig da ytterkledningen gir et såpass sterkt utslag på overflatetemperaturen, det som skulle ha blitt gjort hadde vært og demontert hele elementet for å deretter få termografert det utenfor klimarommet. Da kunne vi ha fått tatt komplette bilder fra innsiden slik at vi kunne fått dokumentert eventuelle oppfuktninger i selve massivtreelementet eller på OSB-platen. Resultatene vi har nå gir oss kun utslag på overflatetemperaturen på kledningen, noe som sier oss at vi har en tett konstruksjon da vi ikke har noen form for varmetap gjennom, men når det gjelder fokus på fukt så er ikke disse resultatene aktuelle.

## 5.4 Fuktsøk før og etter klimarom med håndutstyr

Som vist under resultater i *Tabell 16* og *Tabell 17* er det veldig liten forskjell, om noe i det hele tatt, på fuktsøkene på massivtre i sjikt massivtre/OSB før og etter veggelementet har stått i klimarom. Disse forskjellene kan like gjerne være feilprosenten på  $\pm 0,5$ –2 vektprosent når materialet er under 30 % i trefuktmåleren som påvirker resultatene. Overflatefuktsøket med

piggelektrode ga størst forskjeller på sjikt massivtre/OSB for målingene før og etter klimarom. I topp på OSB-platen i sjikt OSB/VIP ble det også gjort funn som kunne indikere en fremtidig fare for fukt over tid med våre parametere. Endringene og resultater fra fuktsøk vil det gås nærmere inn på med de forskjellige måle metodene senere i underpunktene «Hammerelektrode», «Piggelektrode» og «Resistansmåler». Fuktopptak i trevirke tar lang tid, noe som også gjenspeiles for forsøket i denne oppgaven. Ut ifra våre resultater i *Tabell 22* har det vært størst utslag på fuktsøk og endring fra forrige sjikt i topp hvor VIPene var intakte, nest størst utslag på fuktsøk i bunn hvor VIPene var punkterte og minst utslag på fuktsøk i midten der hvor det er skjøt mellom platene. Det kan se ut som at det kan bli fare for fukt med våre parametere med denne konstruksjonen, men det er vanskelig å konkludere noe ut ifra et forsøk med 16 dagers tidsramme hvor det heller ikke var tatt hensyn til at en bygning vanligvis vil stå tom i store deler av døgnet og innvendig RF ville gått ned i denne perioden. Det hadde vært interessant å sett på om det hadde oppstått fare for fukt under stasjonære forhold på RF og temperatur for så å se hvor lang tid det ville tatt å få luftet ut fukten i veggelementet med RF inne rundt 20-30 % med samme temperatur. Selv om det ble forsøkt med høy luftfuktighet over tid ga det kun minimale forskjeller på målingene inne i veggelementet før og etter forsøket i klimarom. Ventilen som var plassert øverst til venstre i bindingsverksveggen (se *Figur 50*) var åpen og luften kunne passere fritt mellom klimasonene gjennom luftventilen som gikk mellom klimarommet. Dette gjorde at det ble luftgjennomgang fra varm side da det var et åpent hull på 30 cm i diameter, se *Figur 53*. Vi har ingen luftutskiftningsverdier men det var merkbar luftstrøm ut av klimarommet.



*Figur 53: Ventil ut av klimarom, varm side*

## **Hammerelektrode**

Ga ingen målbare forskjeller før og etter klimarom. Både før og etter klimarom ble det målt  $>7\%$  fuktighet. Ut ifra disse målingene er det ikke mulig å se om et fuktopptak er påbegynt 2 cm inn i trevirket da  $>7\%$  er minste målbare verdi med denne metoden. Som vist i teoridelen ved *Figur 11* vil trefuktigheten tilpasse seg RF over tid. Det har ikke vært nok fuktgjennomgang fra innvendig overflate massivtre til sjikt massivtre/OSB for å få noen målbare resultater. Dette kan også ha noe med at spikret massivtre som er tørt i utgangspunktet gir glipper mellom bordene og 16 dager ikke var nok til at massivtreet fikk tatt opp nok fukt til å utvide seg noe særlig utover utgangspunktet på  $<7\%$ . Det kan tenkes at denne løsningen gjør at det blir tilstrekkelig med luftgjennomgang så fukten ikke blir fanget mellom sjiktet massivtre/OSB, men som nevnt i forrige avsnitt er det sjiktet OSB/VIP som kan by på fuktproblemer med våre parametere og på grunn av at det vil være kaldere og tettere der enn i sjikt massivtre/OSB.

## **Piggelektrode**

Fuktsøket etter overflatefukt med de parameterne og gitte tidsperiode som var satt i klimarommet ga ingen fare for fukt for hverken for sjikt massivtre/OSB eller sjikt OSB/VIP. Som *Tabell 21* viser for massivtreet i sjikt massivtre/OSB er fuktopptaket størst i topp med en endring fra 7,98–8,26 %. En total endring på 0,28 prosentpoeng, og som forventet ville det bli minimalt med fuktopptak på 16 dager. *Tabell 22* viser at for topp OSB/VIP ble høyeste verdi målt til 8,24 %, som er en nedgang fra forrige sjikt massivtre/OSB med 0,02 %. Alle verdiene for overflatefukt ble målt til verdier fra 8,12–8,26 % som karakteriseres som tørt. Her forskjellene veldig små og disse resultatene viser ingen antydning til en samling av fukt mellom disse sjiktene på overflatene. Ut ifra disse resultatene kan det ikke trekkes noen konklusjoner om det er forskjell på om VIPene er punktert eller ikke med tanke på fuktansamling.

## **Resistansmåler**

Påminner leser om at her er det motstandsverdier i trevirket, ikke prosent, som er målte verdier.  $<170$  er tørt,  $170<200$  gir indikator på fare for fukt og  $>200$  er vått. Denne måler omtrent 1 cm inn i trevirke. Her var det forskjeller på måleresultatene når det ble gjort fuktsøk på samme plass med sekunders mellomrom på  $\pm 10$ – $20$  i verdi. Når det gjelder måleusikkerhet så kunne det ha blitt gjort fem–ti målinger på hvert punkt og tatt gjennomsnitt av dette for jevne ut måle-

usikkerheten noe. For å få jevnest mulig resultater fra gang til gang med resistansmåler er vinkelen på trefuktmåleren viktig ( $20^\circ$ ). Dette kunne vært løst ved å ha en kloss på nederste del av apparatet ved målinger som hadde gitt en konstant vinkel for hver måling. Som vist i *Tabell 21* er det små endringer å spore i massivtre sjikt massivtre/OSB før og etter utført forsøk i klimarom. Her er det størst endring midt på veggen med en nedgang fra 123,2 til 115,8 som gir 7,4 i total nedgang. Ut ifra dette kan det se ut som om trevirket fortsetter å tørke i sjikt massivtre/OSB selv om målingen med piggelektroden viste en liten økning. Det kan være på grunn av at det er små glipper mellom massivtreet som gjør at det blir større utslag på overflatefukt på massivtreet som står inntil OSB-platen og at overflatefukten ikke har trukket seg 1 cm inn i massivtreet i denne perioden. Det som er interessant er forskjellen i fukten fra sjikt massivtre/OSB til OSB/VIP på målingene med resistansmåler. Selv om det ikke var fare for fukt etter 16 dager er det her en økning som ligger mellom 13,8–30,8, som vist i *Tabell 22*, ut ifra plassering på veggen. Som det kommer frem av *Tabell 22* er det en endring på 30,8 i topp av veggelementet fra massivtre til OSB. Dette er ganske interessant med tanke på at VIPene i topp var hele, i bunn er de punktert og i midten har du skjøten mellom VIPene. For at det skal være fare for fukt skal verdien for resistansmåleren vise en verdi i intervallet  $170 < 200$ , her var største målte gjennomsnittsverdi 149 som vist i *Tabell 22*. Problemstillingen vår baserte seg på om det ville oppstå fukt på grunn av at VIPene var for dampette sammen med OSB- og asfaltplate på hver side. Ifølge resultatene i

Tabell 24 kan de se ut som om dette kan utvikle seg til et problem med stasjonære forhold.

## 5.5 WUFI simulering

I utgangspunktet var det tenkt at vi skulle simulere konstruksjonen i WUFI 2D for å sammenligne forsøket vårt opp imot laboratorieforsøket, men det ble i ettertid kjent at dette programmet er mer egnet for analysering av hjørner i vegger eller tak/gulv. For simulering av vårt forsøk skulle vi helst ha tatt i bruk WUFI Pro, et program vi dessverre ikke har tilgang til med vår student lisens. Vi konkluderte med at vi ikke skal simulere forsøket vårt i WUFI 2D og heller fokusere på laboratorieforsøket og resultatene knyttet til dette. Årsaken til at vi ikke anskaffet oss WUFI Pro for simulering er at det ikke strekker til økonomisk, da det er et veldig kostbart program som ikke er innenfor vårt budsjett. For å spore om en eventuell mikrobiell vekst ville

oppstått hadde det også kunne vært benyttet tilleggsprogrammet WUFI Bio sammen med WUFI Pro.

## 6 Konklusjon

Vi skal i dette kapittelet svare på selve problemstillingen og alle forskningsspørsmål nevnt i kapittel 1.2 og 1.2.1. Forskningsspørsmålene blir oppsummert i systematisk rekkefølge med tilhørende konklusjon under hvert spørsmål, deretter blir problemstillingen besvart tilslutt.

**Vil kombinasjonen med OSB-plate (Oriented Strand Board) og Vakuumisolasjonen bremse fuktgjennomgangen i så stor grad at det gir utslag på kritiske verdier ved fuktsøk etter 16 dager under stasjonære forhold?**

Nei, ikke med våre parametere for temperatur og RF utvendig og innvendig. Høyeste verdier under fuktsøk ble avdekket på OSB-platen i sjikt OSB/VIP som vist under resultater kapittel 4.1. Her måtte søkene med resistansmåler vist verdier 170 for å indikere fare for fukt og for piggelektrode over 16,9. Disse målingene ga hver for seg høyeste verdier på 152 og 8,3, altså ingen utslag på kritiske verdier.

**Vil det dannes svertesopp på OSB-platen grunnet eventuell fuktoppsamling i sjiktet mellom OSB-platen og vakuumisolasjonen?**

Under egne gitte omstendigheter og betingelser vil det ikke dannes noen form for svertesopp på OSB platen. Det er derimot utfordrende å gi en pålitelig konklusjon grunnet manglende følere som måler den relative fuktigheten i sjiktet da disse verdiene i kombinasjon med temperatur viser gunstige forhold for soppvekst som nevnt i *Tabell 4* under kapittel 2.3.1. Konklusjonen baserer seg på målinger gjort etter laboratorieforsøk med motstandsmålere samt en visuell inspeksjon av selve platen og de ulike sjiktene etter endt undersøkelse i laboratoriet.

### **I hvor stor grad avviker våre resultater fra WUFI-simuleringene?**

Forskningsspørsmålet sees bort i fra da vi ikke har simulert laboratorieforsøket i WUFI Pro grunnet manglende lisens. Dette forklares nærmere i diskusjonsdelen under kapittel 5.5.

### **Er det overflødig å benytte dampbrems ved bruken av massivtre i ytterveggkonstruksjoner?**

Under våre egne klimapåkjenninger og betingelser ser vi at massivtreelementet tar til seg minimalt med fuktighet, resultatene viser at stigningen for fuktighetsnivået i trevirke stanser i god tid før det kritiske punktet er nådd, dette gjelder for både målinger utført på overflaten av massivtreelementet mot varm side samt på overflaten mellom massivtreelementet og OSB-platen. Vi konkluderer med at det ikke er nødvendig med dampbrems i en ytterveggkonstruksjon bestående av spikret massivtre hvis konstruksjonen er bygget opp slik som vist i kapittel 3.9 samt med like klimapåkjenninger.

### **Er det mulig å simulere stasjonære temperatur- og fuktforhold i et delt klimarom med enkle og billige apparater som fuktmaskin og panelovn?**

Ja, ut ifra egne resultater vist under kapittel 4.3 ser vi at det er fullt mulig å simulere stasjonære temperatur- og fuktforhold med egne apparater, det som er viktig å merke seg er at dette gjelder hvis formålet for forsøket er å undersøke hvor fuktkritisk løsningen er, er derimot formålet å beregne varmekonduktiviteten for hvert materiale finnes det klare instruksjoner i NS-EN ISO 8990:1996 (Norsk STANDARD, 1996) som beskriver hvordan laboratoriet skal settes opp. I vårt forsøk så la den relative fuktigheten seg cirka 5 % under det som ble stilt inn på varm side av konstruksjonen, men samtidig så lå den stabilt gjennom hele perioden, her konkluderer vi med at det mest sannsynlig skyldes tekniske årsaker forbundet med fuktmaskinen som gjorde at den relative fuktigheten ikke la seg på gjeldende prosent.

**I hvilken grad vil en vakuumisolasjonsplate med innebygd dampbrems føre til økt fuktproblematikk i konstruksjonen?**

I og med at vanndampdiffusjonen beveger seg fra varm side og utover vil det i teorien kunne samle seg vanndamp i sjiktet hvor den damptette vakuumisolasjonen er plassert. For at dette skal medføre skader som følger av fuktpåkjenninger i konstruksjonen vi har undersøkt, må det etableres et RF-nivå over 85–90 % over tid i sjiktene innenfor vakuumisolasjonen. I hvilken grad vakuumisolasjonspanelene bidrar til økt RF er fortsatt uvisst og krever ytterligere forskning.



## 7 Videre arbeid

Arbeidet i denne bacheloroppgaven har vært meget interessant og lærerikt. Vi har støtt på utfordringer underveis, og uforutsette problemer har oppstått. I ettertid føler vi det er flere ting vi kunne gjort annerledes. Blant annet har det vist seg å være svært viktig å dokumentere RH gjennom konstruksjonen. Vi burde definitivt ha montert RH-følere i flere sjikt og ikke minst hatt tilgang til en loggboks. Skal dette prosjektet arbeides med videre ser vi dette som en første prioritet å få på plass. En annen fordel for dette forsøket er å starte målingene med materialer som kommer direkte fra leverandør eller byggevare slik man har et mer realistisk utgangspunkt for fuktinnholdet i materialene. Det er også ønskelig å simulere laboratorieforsøket over en lengre periode slik at materialer har tid til å innstille seg etter likevektfukt. Hvis vi hadde hatt et spesialtilpasset klimarom kunne vi simulert et mer realistisk ute- og inneklimate samt det å kunne variere ulike parametere uten å få unaturlig endringer som skyldes manuelle innstillinger. Vi hadde i tillegg bespart mye tid og reiseutgifter. Det bør også investeres i WUFI Pro og WUFI Bio for simulering på PC for å få satt disse resultatene opp imot laboratorieforsøk.

## 8 Litteraturliste

- AHLBORN *Capacitive humidity sensor FHA 646 R*. Tilgjengelig fra: [https://www.ahlborm.com/en\\_UK/products/capacitive-humidity-sensor-fha-646-r#technik](https://www.ahlborm.com/en_UK/products/capacitive-humidity-sensor-fha-646-r#technik) (Hentet: 05.02 2019).
- Bedre Inneklima AS *Hva er riktig luftfuktighet?* Tilgjengelig fra: <https://bedre-inneklima.no/butikk/ofte-stilte-sporsmal-faq/faq-inneklima/hva-er-riktig-luftfuktighet> (Hentet: 06.02 2019).
- Bjørheim, S. (2018) Bygger høyere, raskere og billigere med massivtre, *TU Bygg*, 17.11.2018, s. 1. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/bygger-hoyere-raskere-og-billigere-med-massivtre-br/451131> (Hentet: 9.5.2019).
- Byggforsk, S. (2011) *Stående trekledning*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/472/542101\\_staaende\\_trekledning](https://www.byggforsk.no/dokument/472/542101_staaende_trekledning) (Hentet: 20.02 2019).
- Byggforsk, S. (2012) *Montering av gips-, spon- og trefiberplater på vegger og i himlinger*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/489/montering\\_av\\_gips\\_spon\\_og\\_trefiberplater\\_paa\\_vegger\\_og\\_i\\_himlinger](https://www.byggforsk.no/dokument/489/montering_av_gips_spon_og_trefiberplater_paa_vegger_og_i_himlinger) (Hentet: 20.02 2019).
- Byggforsk, S. (2015) *Fuktmåling i bygninger. Instrumenter og metoder*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/226/fuktmaaling\\_i\\_bygninger\\_instrumenter\\_og\\_metoder](https://www.byggforsk.no/dokument/226/fuktmaaling_i_bygninger_instrumenter_og_metoder) (Hentet: 01.02 2019).
- Byggforsk, S. (2016) *571.050 OSB-plater. Typer og egenskaper*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/2764/osb-plater\\_typer\\_og\\_egenskaper](https://www.byggforsk.no/dokument/2764/osb-plater_typer_og_egenskaper) (Hentet: 13.05. 2019).
- Byggforsk, S. (2018) *471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning\\_av\\_u-verdier\\_etter\\_ns-en\\_iso\\_6946](https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946) (Hentet: 13.04 2019).
- Christel Eline Wigen Grøndahl (2019) *Svertesopp - gir triveligere forhold for råte og veps!.* Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/brann/artikler/svertesopp-gir-trivelige-forhold-for-raate-og-veps> (Hentet: 14.04.2019 2019).
- Christiania Spigerverk (2008) *Historien og Christiania Spigerverk*. Tilgjengelig fra: [http://www.spigerverket.no/no/om\\_spigerverket/Historien+om+Christiania+Spigerverk.9UFRfUXb.ips](http://www.spigerverket.no/no/om_spigerverket/Historien+om+Christiania+Spigerverk.9UFRfUXb.ips) (Hentet: 26.03 2019).
- Edvardsen, K. I. og Ramstad, T. (2010) *Håndbok 53 Trehus*. SINTEF byggforsk.
- Evans, TreFokus og Treteknisk (2009) *FOKUS på tre nr.59*. TreFokus AS

- Treteknisk. Tilgjengelig fra: [http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/Fokus\\_pa\\_sopp\\_72IHL.pdf](http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/Fokus_pa_sopp_72IHL.pdf).
- Foreningen norske lauvtrebruk (2019) *Fysiske egenskaper*. Tilgjengelig fra: <http://www.lauvtrebruk.no/pages/25> (Hentet: 28.02 2019).
- Geving, S. og Thue, J. V. (2002) *Fukt i bygninger*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Geving, S. (2011) *Fuktskader*  
*Årsaker, utredning og tiltak*. Oslo: SINTEF akademisk forlag.
- Geving, S. (2013) *Standardiseringsarbeid innen fukt i bygninger*. Tilgjengelig fra: [http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2013/02\\_Geving.pdf](http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2013/02_Geving.pdf) (Hentet: 01.02 2019).
- Geving, S. (2016) *WUFI*. Tilgjengelig fra: <http://www.wufi.no/Introduksjon.php3> (Hentet: 28.01 2019).
- Glasø, G. og Treteknisk (2011) *Fleretasjes trehus*. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-32.pdf>.
- Grynning, S. et al. (2009) *Vakuumisolasjonspaneler for bruk i bygninger - Egenskaper, krav og muligheter*. SINTEF Byggforsk.
- Hans Boye Skogstad, L. G. o. S. U. (2011) *SINTEF Byggforsk Prosjektrapport. 23 p.*  
Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2420051>  
(2019).
- HUNTON *Hunton Vindtett*. Tilgjengelig fra: <https://www.hunton.no/produkter/vegg/hunton-vindtett/> (Hentet: 20.02 2019).
- Instrument Companiet *HygroTrac fuktovervåkningssystem*. Tilgjengelig fra: [https://www.instrumentcompaniet.no/HygroTrac%20fuktoverv%C3%A5kning\\_5263p.html](https://www.instrumentcompaniet.no/HygroTrac%20fuktoverv%C3%A5kning_5263p.html) (Hentet: 05.02 2019).
- Kilde og Treteknisk (2011) *FOKUS på tre nr.28*. Treteknisk. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/28-Gran.pdf>.
- Kjell Aas (2007) Usikkerhet om luftfuktighet inne. Tilgjengelig fra: <https://www.naaf.no/AllergivitenSite/Miljoforhold/Usikkerhet-om-luftfuktighet-inne/>.
- National Instruments (2019) *What is LabView*. Tilgjengelig fra: <http://www.ni.com/en-no/shop/labview.html> (Hentet: 08.02 2019).
- Norsk STANDARD (1996) Thermal insulation - Determination of steady-state thermal transmission properties - Calibrated and guarded hot box: Standard Norge.  
Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=145666>.

- Project, G. (2019) *Gantt Project*. Tilgjengelig fra: <https://www.ganttproject.biz/> (Hentet: 01.03 2019).
- Simpson Strong-Tie (2019) *Vinkelbeslag*. Tilgjengelig fra: <https://www.strongtie.no/products/detail/vinkelbeslag/709> (Hentet: 23.02 2019).
- SINTEF Byggforsk (2003) *471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet\\_og\\_varmemotstand\\_for\\_bygningsmaterialer](https://www.byggforsk.no/dokument/209/varmekonduktivitet_og_varmemotstand_for_bygningsmaterialer) (2019).
- SINTEF Byggforsk (2013) *U-verdier. Vegger over terreng – massivtre*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4100/u-verdier\\_vegger\\_over\\_terreng\\_massivtre](https://www.byggforsk.no/dokument/4100/u-verdier_vegger_over_terreng_massivtre) (Hentet: 20.01 2019).
- SINTEF Byggforsk (2015) *571.523 Trevirke. Treslag og materialeegenskaper*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/578/trevirke\\_treslag\\_og\\_materialeegenskaper](https://www.byggforsk.no/dokument/578/trevirke_treslag_og_materialeegenskaper) (Hentet: 02.03 2019).
- SINTEF Byggforsk (2018) *421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/184/fukt\\_i\\_bygninger\\_teorigrunnlag?fbclid=IwAR0JA5H7Si\\_0L4hT5d6G-APCzcYPe25XoML26-kUkTBcW05-Knugl\\_Y5-cU](https://www.byggforsk.no/dokument/184/fukt_i_bygninger_teorigrunnlag?fbclid=IwAR0JA5H7Si_0L4hT5d6G-APCzcYPe25XoML26-kUkTBcW05-Knugl_Y5-cU) (Hentet: 05.04 2019).
- Skaug, E., TreFokus og Treteknisk (2006) *FOKUS på tre nr.40*. Treteknisk. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-40.pdf>.
- STANDARD NORGE (2013) *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Boligbygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=ns+3700> (2019).
- Standard Norge (2014-12-01) NS 3512:2014 Måling av fukt i trekonstruksjoner (s. 24): Standard Norge. (Hentet: 25.01.2019).
- STANDARD NORGE (2017) *Bygningskomponenter og -elementer - Varmemotstand og varmegjennomgangskoeffisient - Beregningsmetoder (ISO 6946:2017) (s. 56)*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=941536>.
- Thue, J. V. (2016) *Bygningsfysikk Grunnlag*. Trondheim: Fagbokforlaget.
- TRETEKNISK *Om oss*. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/om-oss> (Hentet: 05.03 2019).
- Tronstad og Treteknisk (2006) *FOKUS på tre nr.38*. Treteknisk. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-38.pdf>.
- Ullah, J. S. S. (2015) *En studie av fuktinnhold i massivtre - Oppfuktings- og uttørkingsprosessen*. Tilgjengelig fra:

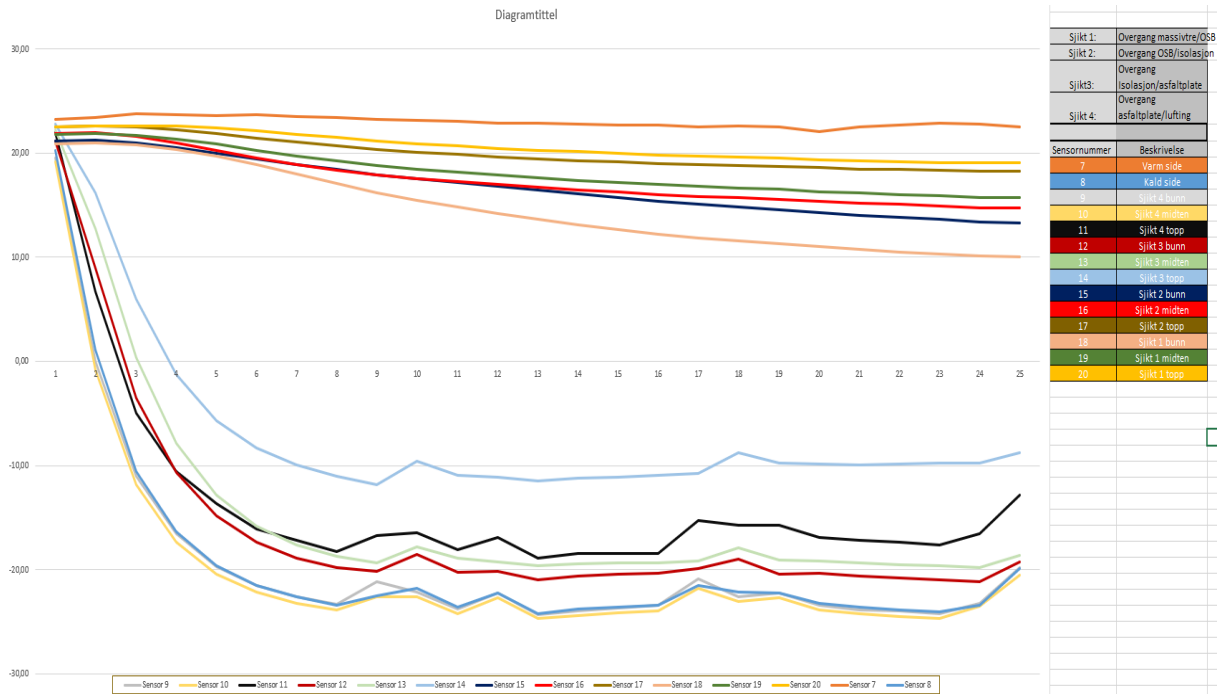
<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/294093/Srisgantharajah%20&%20Ullah%202015.pdf?sequence=1> (Hentet: 15.01.2019 2019).

Wufi-Wiki (2009) *Material Data*. Tilgjengelig fra: [https://www.wufi-wiki.com/mediawiki/index.php/1D:Dialog\\_MaterialData](https://www.wufi-wiki.com/mediawiki/index.php/1D:Dialog_MaterialData) (Hentet: 15.02 2019).

WUFI (2018). Tilgjengelig fra: <https://wufi.de/en/> (Hentet: 15.02 2019).

# Vedlegg

# V1 Tidligere forsøk med LabView



Figur 54: tidligere forsøk med LabView utført av Tor Klethagen

# V2 Teknisk godkjenning asfalt vindtett



SINTEF Certification

Nr. 2002

Utstedt: 30.12.1993

Revidert: 17.12.2015

Gyldig til: 01.01.2021

Side: 1 av 4

SINTEF Byggforsk bekrefter at

## Hunton Vindtett / Hunton Bitroc

er vurdert å være egnet i bruk og tilfredsstillende krav til produktdokumentasjon i henhold til Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) og Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10), for de egenskaper, bruksområder og betingelser for bruk som er angitt i dette dokumentet

### 1. Innehaver av godkjenningen

Hunton Fiber AS  
Postboks 633  
2810 Gjøvik  
[www.hunton.no](http://www.hunton.no)

### 2. Produktbeskrivelse

Hunton Vindtett er asfaltimpregnerte porøse trefiberplater beregnet til bruk som vindspærre. Platene leveres i ulike tykkelser og har et asfaltimpregnert belegg på den ene siden som gjør platene lufttette. Platene selges i det norske markedet under produktnavnet Hunton Vindtett. I enkelte eksportmarkeder selges Platene under navnet Hunton Bitroc.

Platene leveres i fire ulike tykkelser 12, 15, 19 og 25 mm og kan leveres med rette kanter på alle fire sider eller med 20 mm fals på langsider, se fig. 3.

Platene leveres med standard bredde 1200 mm (byggemål). Standard lengder er 2440 mm og 2740 mm. Plater i andre formater kan leveres på bestilling.

### 3. Bruksområder

Hunton Vindtett kan brukes som vindspærre og underkledning i varmesolerte trehuskonstruksjoner (se fig. 1 og 2.) i bygninger i brannklasse 1, og i boliger inntil 3 etasjer der hver boenhet har direkte utgang til terreng, uten å måtte rømme via trapp eller trapperom. For annen bruk må tilfredsstillende brannsikkerhet dokumenteres ved brannteknisk analyse.

### 4. Egenskaper

#### Generelt

Material- og konstruksjonsegenskaper for Hunton Vindtett er vist i tabell 1. Platene tilfredsstillende kravene til porøse trefiberplater type SB.HLS i henhold til NS-EN 622-4.

#### Styrke og stivhet

Under forutsetning av tilstrekkelig antall hele plater i format min. 1200 mm x 2400 mm med rette kanter og som festes langs alle fire sider som angitt i pkt. 7, kan Hunton Vindtett anses å gi tilstrekkelig vindavstivning i vegg- og takplanet i småhusboliger i inntil to etasjer.



Fig. 1  
Illustrasjon for typisk veggoppbygning med Hunton Vindtett

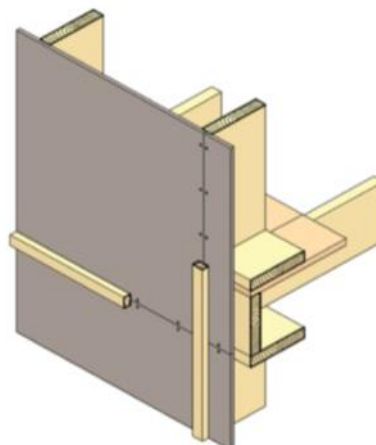


Fig. 2  
Detaljer for Hunton Vindtett brukt som vindspærre på vegg

SINTEF Byggforsk er norsk medlem i European Organisation for Technical Assessment, EOTA, og European Union of Agrément, UEAtc

Kontaktperson, SINTEF Byggforsk: Jan Ove Busklein

Utarbeidet av: Holger Halstedt

[www.sintefcertification.no](http://www.sintefcertification.no)

Telefon: 73 59 30 00

E-post: [certification@sintef.no](mailto:certification@sintef.no)

© Copyright SINTEF Byggforsk



## V3 Omnisense – Hygrotrac / hører til grafer under resultater – varm side

Klimarom Massivtre m.vacuum iso, innvendig (varm side)					
sensorId	port	read_date	temperature	humidity %	wood humidity %
1C2A0160	0	14.03.2019 11:00	24	38.1	7
1C2A0160	0	14.03.2019 12:00	26	37.4	7
1C2A0160	0	14.03.2019 13:00	23	50.8	7
1C2A0160	0	14.03.2019 14:00	22	58.1	7
1C2A0160	0	14.03.2019 15:00	22	61.7	7
1C2A0160	0	14.03.2019 16:00	22	62.7	7
1C2A0160	0	14.03.2019 17:00	21	63.7	7
1C2A0160	0	14.03.2019 18:00	21	64	7
1C2A0160	0	14.03.2019 19:00	21	64.3	7
1C2A0160	0	14.03.2019 20:00	21	64.5	7
1C2A0160	0	14.03.2019 21:00	21	64.8	7
1C2A0160	0	14.03.2019 22:00	21	64.7	8
1C2A0160	0	14.03.2019 23:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	15.03.2019 00:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	15.03.2019 01:00	21	65.2	8
1C2A0160	0	15.03.2019 02:00	21	65.5	8
1C2A0160	0	15.03.2019 03:00	21	65.8	8
1C2A0160	0	15.03.2019 04:00	21	65.6	8
1C2A0160	0	15.03.2019 05:00	21	65.7	8
1C2A0160	0	15.03.2019 06:00	21	65.8	8
1C2A0160	0	15.03.2019 07:00	21	65.7	8
1C2A0160	0	15.03.2019 08:00	21	64.8	8
1C2A0160	0	15.03.2019 09:00	21	64.9	8
1C2A0160	0	15.03.2019 10:00	21	65.6	8
1C2A0160	0	15.03.2019 11:00	21	65.6	8
1C2A0160	0	15.03.2019 12:00	21	65.7	8
1C2A0160	0	15.03.2019 13:00	21	65.7	8
1C2A0160	0	15.03.2019 14:00	21	65.9	8
1C2A0160	0	15.03.2019 15:00	21	65.9	8
1C2A0160	0	15.03.2019 16:00	21	65.9	8
1C2A0160	0	15.03.2019 17:00	21	66.2	8
1C2A0160	0	15.03.2019 18:00	21	66.5	8
1C2A0160	0	15.03.2019 19:00	21	66.3	8
1C2A0160	0	15.03.2019 20:00	21	65.6	8
1C2A0160	0	15.03.2019 21:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	15.03.2019 22:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	15.03.2019 23:00	21	65.2	8
1C2A0160	0	16.03.2019 00:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	16.03.2019 01:00	21	65.2	8
1C2A0160	0	16.03.2019 02:00	21	65	8
1C2A0160	0	16.03.2019 03:00	21	65	8
1C2A0160	0	16.03.2019 04:00	21	65.2	8
1C2A0160	0	16.03.2019 05:00	21	65.3	8
1C2A0160	0	16.03.2019 06:00	21	65.3	8
1C2A0160	0	16.03.2019 07:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	16.03.2019 08:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	16.03.2019 09:00	21	65.1	8
1C2A0160	0	16.03.2019 10:00	21	65	8

1C2A0160	0	16.03.2019 11:00	21	65	8
1C2A0160	0	16.03.2019 12:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	16.03.2019 13:00	21 65.8		8
1C2A0160	0	16.03.2019 14:00	21 66.1		8
1C2A0160	0	16.03.2019 15:00	21 65.9		8
1C2A0160	0	16.03.2019 16:00	21 65.2		8
1C2A0160	0	16.03.2019 17:00	21	65	8
1C2A0160	0	16.03.2019 18:00	21 65.1		8
1C2A0160	0	16.03.2019 19:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	16.03.2019 20:00	21 65.2		8
1C2A0160	0	16.03.2019 21:00	21 65.2		8
1C2A0160	0	16.03.2019 22:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	16.03.2019 23:00	21 65.1		8
1C2A0160	0	17.03.2019 00:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	17.03.2019 01:00	21 65.4		8
1C2A0160	0	17.03.2019 02:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 03:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 04:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 05:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 06:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 07:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 08:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 09:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 10:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	17.03.2019 11:00	21 65.2		8
1C2A0160	0	17.03.2019 12:00	21 65.7		8
1C2A0160	0	17.03.2019 13:00	21 66.1		8
1C2A0160	0	17.03.2019 14:00	21 66.2		8
1C2A0160	0	17.03.2019 15:00	21 66.3		8
1C2A0160	0	17.03.2019 16:00	21 65.5		8
1C2A0160	0	17.03.2019 17:00	21 64.9		8
1C2A0160	0	17.03.2019 18:00	21 64.8		8
1C2A0160	0	17.03.2019 19:00	21	65	8
1C2A0160	0	17.03.2019 20:00	21	65	8
1C2A0160	0	17.03.2019 21:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	17.03.2019 22:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	17.03.2019 23:00	21 65.4		8
1C2A0160	0	18.03.2019 00:00	21 65.4		8
1C2A0160	0	18.03.2019 01:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	18.03.2019 02:00	21 65.4		8
1C2A0160	0	18.03.2019 03:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	18.03.2019 04:00	21 65.6		8
1C2A0160	0	18.03.2019 05:00	21 65.7		8
1C2A0160	0	18.03.2019 06:00	21 65.7		8
1C2A0160	0	18.03.2019 07:00	21 65.4		8
1C2A0160	0	18.03.2019 08:00	21 65.3		8
1C2A0160	0	18.03.2019 09:00	21	66	8
1C2A0160	0	18.03.2019 10:00	21 66.2		8
1C2A0160	0	18.03.2019 11:00	21 66.3		8
1C2A0160	0	18.03.2019 12:00	21 66.2		8

1C2A0160	0	18.03.2019 13:00	21	66	8
1C2A0160	0	18.03.2019 14:00	23 63.8		8
1C2A0160	0	18.03.2019 15:00	22 63.2		8
1C2A0160	0	18.03.2019 16:00	21 59.5		8
1C2A0160	0	18.03.2019 17:00	21 56.7		8
1C2A0160	0	18.03.2019 18:00	21 55.3		8
1C2A0160	0	18.03.2019 19:00	21 54.5		8
1C2A0160	0	18.03.2019 20:00	21 53.9		8
1C2A0160	0	18.03.2019 21:00	21 53.3		8
1C2A0160	0	18.03.2019 22:00	21 52.7		8
1C2A0160	0	18.03.2019 23:00	21 52.2		8
1C2A0160	0	19.03.2019 00:00	21 51.8		8
1C2A0160	0	19.03.2019 01:00	21 51.4		8
1C2A0160	0	19.03.2019 02:00	21	51	8
1C2A0160	0	19.03.2019 03:00	21 50.7		8
1C2A0160	0	19.03.2019 04:00	21 50.3		8
1C2A0160	0	19.03.2019 05:00	21 50.1		8
1C2A0160	0	19.03.2019 06:00	20 49.9		8
1C2A0160	0	19.03.2019 07:00	20 49.4		8
1C2A0160	0	19.03.2019 08:00	20 48.4		8
1C2A0160	0	19.03.2019 09:00	20 47.8		8
1C2A0160	0	19.03.2019 10:00	20 47.3		8
1C2A0160	0	19.03.2019 11:00	20	47	8
1C2A0160	0	19.03.2019 12:00	21 46.7		8
1C2A0160	0	19.03.2019 13:00	21 46.4		8
1C2A0160	0	19.03.2019 14:00	21 46.2		8
1C2A0160	0	19.03.2019 15:00	21	46	8
1C2A0160	0	19.03.2019 16:00	21 45.9		7
1C2A0160	0	19.03.2019 17:00	21 45.8		7
1C2A0160	0	19.03.2019 18:00	21 45.8		7
1C2A0160	0	19.03.2019 19:00	21	46	7
1C2A0160	0	19.03.2019 20:00	21	46	7
1C2A0160	0	19.03.2019 21:00	21 46.2		7
1C2A0160	0	19.03.2019 22:00	21 46.2		7
1C2A0160	0	19.03.2019 23:00	21 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 00:00	21 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 01:00	21 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 02:00	20 46.4		7
1C2A0160	0	20.03.2019 03:00	21 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 04:00	21 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 05:00	20 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 06:00	20 46.3		7
1C2A0160	0	20.03.2019 07:00	20 46.2		7
1C2A0160	0	20.03.2019 08:00	20 45.8		7
1C2A0160	0	20.03.2019 09:00	20 45.4		7
1C2A0160	0	20.03.2019 10:00	21 45.2		7
1C2A0160	0	20.03.2019 11:00	21 44.9		7
1C2A0160	0	20.03.2019 12:00	21 44.9		7
1C2A0160	0	20.03.2019 13:00	21 44.7		7
1C2A0160	0	20.03.2019 14:00	21 44.7		7

1C2A0160	0	20.03.2019 15:00	21 44.5		7
1C2A0160	0	20.03.2019 16:00	21 44.5		7
1C2A0160	0	20.03.2019 17:00	21 44.4		7
1C2A0160	0	20.03.2019 18:00	21 44.6		7
1C2A0160	0	20.03.2019 19:00	21 44.7		7
1C2A0160	0	20.03.2019 20:00	21 44.9		7
1C2A0160	0	20.03.2019 21:00	21	45	7
1C2A0160	0	20.03.2019 22:00	21 45.1		7
1C2A0160	0	20.03.2019 23:00	21	45	7
1C2A0160	0	21.03.2019 00:00	21 45.1		7
1C2A0160	0	21.03.2019 01:00	21 45.1		7
1C2A0160	0	21.03.2019 02:00	20 45.2		7
1C2A0160	0	21.03.2019 03:00	20 45.2		7
1C2A0160	0	21.03.2019 04:00	20 45.3		7
1C2A0160	0	21.03.2019 05:00	20 45.2		7
1C2A0160	0	21.03.2019 06:00	20 45.3		7
1C2A0160	0	21.03.2019 07:00	20 45.3		7
1C2A0160	0	21.03.2019 08:00	20	45	7
1C2A0160	0	21.03.2019 09:00	20 44.6		7
1C2A0160	0	21.03.2019 10:00	20 44.5		7
1C2A0160	0	21.03.2019 11:00	21 44.3		7
1C2A0160	0	21.03.2019 12:00	21 44.2		7
1C2A0160	0	21.03.2019 13:00	21 44.1		7
1C2A0160	0	21.03.2019 14:00	21 44.1		7
1C2A0160	0	21.03.2019 15:00	21 44.1		7
1C2A0160	0	21.03.2019 16:00	21	44	7
1C2A0160	0	21.03.2019 17:00	21	44	7
1C2A0160	0	21.03.2019 18:00	21 44.2		7
1C2A0160	0	21.03.2019 19:00	21 44.2		7
1C2A0160	0	21.03.2019 20:00	21 44.4		7
1C2A0160	0	21.03.2019 21:00	20 44.6		7
1C2A0160	0	21.03.2019 22:00	21 44.6		7
1C2A0160	0	21.03.2019 23:00	20 44.6		7
1C2A0160	0	22.03.2019 00:00	20 44.6		7
1C2A0160	0	22.03.2019 01:00	20 44.7		7
1C2A0160	0	22.03.2019 02:00	20 44.6		7
1C2A0160	0	22.03.2019 03:00	20 44.7		7
1C2A0160	0	22.03.2019 04:00	20 44.7		7
1C2A0160	0	22.03.2019 05:00	20 44.8		7
1C2A0160	0	22.03.2019 06:00	20 44.7		7
1C2A0160	0	22.03.2019 07:00	20 44.6		7
1C2A0160	0	22.03.2019 08:00	20 44.5		7
1C2A0160	0	22.03.2019 09:00	20 44.2		7
1C2A0160	0	22.03.2019 10:00	20	44	7
1C2A0160	0	22.03.2019 11:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	22.03.2019 12:00	21 43.7		7
1C2A0160	0	22.03.2019 13:00	21 43.7		7
1C2A0160	0	22.03.2019 14:00	21 43.6		7
1C2A0160	0	22.03.2019 15:00	21 43.6		7
1C2A0160	0	22.03.2019 16:00	21 43.5		7

1C2A0160	0	22.03.2019 17:00	21	43.5	7
1C2A0160	0	22.03.2019 18:00	21	43.6	7
1C2A0160	0	22.03.2019 19:00	21	43.7	7
1C2A0160	0	22.03.2019 20:00	21	44	7
1C2A0160	0	22.03.2019 21:00	21	44	7
1C2A0160	0	22.03.2019 22:00	21	44.1	7
1C2A0160	0	22.03.2019 23:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 00:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 01:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 02:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 03:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 04:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 05:00	20	44.4	7
1C2A0160	0	23.03.2019 06:00	20	44.4	7
1C2A0160	0	23.03.2019 07:00	20	44.4	7
1C2A0160	0	23.03.2019 08:00	20	44.4	7
1C2A0160	0	23.03.2019 09:00	20	44.4	7
1C2A0160	0	23.03.2019 10:00	20	44.4	7
1C2A0160	0	23.03.2019 11:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 12:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 13:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 14:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 15:00	20	44.1	7
1C2A0160	0	23.03.2019 16:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 17:00	20	44.1	7
1C2A0160	0	23.03.2019 18:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 19:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 20:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	23.03.2019 21:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 22:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	23.03.2019 23:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 00:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	24.03.2019 01:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	24.03.2019 02:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 03:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	24.03.2019 04:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 05:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	24.03.2019 06:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	24.03.2019 07:00	20	44.3	7
1C2A0160	0	24.03.2019 08:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 09:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 10:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 11:00	20	44.2	7
1C2A0160	0	24.03.2019 12:00	20	44.1	7
1C2A0160	0	24.03.2019 13:00	20	44	7
1C2A0160	0	24.03.2019 14:00	20	43.9	7
1C2A0160	0	24.03.2019 15:00	20	43.9	7
1C2A0160	0	24.03.2019 16:00	20	43.9	7
1C2A0160	0	24.03.2019 17:00	20	44	7
1C2A0160	0	24.03.2019 18:00	20	44	7

1C2A0160	0	24.03.2019 19:00	20	44	7
1C2A0160	0	24.03.2019 20:00	20	44	7
1C2A0160	0	24.03.2019 21:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	24.03.2019 22:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	24.03.2019 23:00	20	44	7
1C2A0160	0	25.03.2019 00:00	20	44	7
1C2A0160	0	25.03.2019 01:00	20	44	7
1C2A0160	0	25.03.2019 02:00	20	44	7
1C2A0160	0	25.03.2019 03:00	20	44	7
1C2A0160	0	25.03.2019 04:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	25.03.2019 05:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	25.03.2019 06:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	25.03.2019 07:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	25.03.2019 08:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	25.03.2019 09:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	25.03.2019 10:00	22 47.8		7
1C2A0160	0	25.03.2019 11:00	21 47.7		7
1C2A0160	0	25.03.2019 12:00	21 45.9		7
1C2A0160	0	25.03.2019 13:00	21 45.4		7
1C2A0160	0	25.03.2019 14:00	20 45.1		7
1C2A0160	0	25.03.2019 15:00	20 44.9		7
1C2A0160	0	25.03.2019 16:00	20 44.7		7
1C2A0160	0	25.03.2019 17:00	20 44.5		7
1C2A0160	0	25.03.2019 18:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	25.03.2019 19:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	25.03.2019 20:00	20 44.5		7
1C2A0160	0	25.03.2019 21:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	25.03.2019 22:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	25.03.2019 23:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 00:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 01:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 02:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 03:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 04:00	20 44.5		7
1C2A0160	0	26.03.2019 05:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 06:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 07:00	20 44.4		7
1C2A0160	0	26.03.2019 08:00	20 44.3		7
1C2A0160	0	26.03.2019 09:00	20 44.2		7
1C2A0160	0	26.03.2019 10:00	20 44.2		7
1C2A0160	0	26.03.2019 11:00	20	44	7
1C2A0160	0	26.03.2019 12:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	26.03.2019 13:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	26.03.2019 14:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	26.03.2019 15:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	26.03.2019 16:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	26.03.2019 17:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	26.03.2019 18:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	26.03.2019 19:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	26.03.2019 20:00	20 43.8		7

1C2A0160	0	26.03.2019 21:00	21 43.8		7
1C2A0160	0	26.03.2019 22:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	26.03.2019 23:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	27.03.2019 00:00	20	44	7
1C2A0160	0	27.03.2019 01:00	20	44	7
1C2A0160	0	27.03.2019 02:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	27.03.2019 03:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	27.03.2019 04:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	27.03.2019 05:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	27.03.2019 06:00	20 44.2		7
1C2A0160	0	27.03.2019 07:00	20 44.2		7
1C2A0160	0	27.03.2019 08:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	27.03.2019 09:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	27.03.2019 10:00	20	44	7
1C2A0160	0	27.03.2019 11:00	20	44	7
1C2A0160	0	27.03.2019 12:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	27.03.2019 13:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	27.03.2019 14:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	27.03.2019 15:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	27.03.2019 16:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	27.03.2019 17:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	27.03.2019 18:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	27.03.2019 19:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	27.03.2019 20:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	27.03.2019 21:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	27.03.2019 22:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	27.03.2019 23:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	28.03.2019 00:00	20	44	7
1C2A0160	0	28.03.2019 01:00	20	44	7
1C2A0160	0	28.03.2019 02:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 03:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 04:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 05:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 06:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 07:00	20 44.2		7
1C2A0160	0	28.03.2019 08:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 09:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 10:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 11:00	20 44.1		7
1C2A0160	0	28.03.2019 12:00	20	44	7
1C2A0160	0	28.03.2019 13:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	28.03.2019 14:00	20 43.9		7
1C2A0160	0	28.03.2019 15:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	28.03.2019 16:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	28.03.2019 17:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	28.03.2019 18:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	28.03.2019 19:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	28.03.2019 20:00	20 43.7		7
1C2A0160	0	28.03.2019 21:00	20 43.8		7
1C2A0160	0	28.03.2019 22:00	20 43.8		7

## V4 Omnisense – Hygrotrac / hører til grafer under resultater – kald side

Klimarom Massivtre m.vacuum iso, utvendig hygrotrac (kald side)					
sensorid	port	read_date	temperature	humidity %	wood humidity %
1C2A01A5	0	14.03.2019 11:00	22	29	8
1C2A01A5	0	14.03.2019 12:00	10	52.2	8
1C2A01A5	0	14.03.2019 13:00	7	69.5	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 14:00	7	70.5	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 15:00	7	70.9	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 16:00	7	71.3	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 17:00	7	71.2	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 18:00	7	71	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 19:00	7	70.5	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 20:00	7	71.1	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 21:00	7	71.2	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 22:00	7	71.1	9
1C2A01A5	0	14.03.2019 23:00	7	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 00:00	7	71	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 01:00	7	70.9	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 02:00	8	70.8	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 03:00	8	70.7	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 04:00	8	70.5	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 05:00	8	70.4	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 06:00	8	70.4	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 07:00	8	70.4	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 08:00	7	70.6	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 09:00	8	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 10:00	7	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 11:00	8	71.2	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 12:00	8	71.2	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 13:00	8	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 14:00	8	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 15:00	8	71.2	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 16:00	8	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 17:00	8	71.1	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 18:00	7	71.2	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 19:00	7	71.3	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 20:00	7	71.2	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 21:00	7	71.2	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 22:00	7	71.3	9
1C2A01A5	0	15.03.2019 23:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 00:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 01:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 02:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 03:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 04:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 05:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 06:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 07:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 08:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 09:00	7	71.4	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 10:00	7	71.5	9



1C2A01A5	0	16.03.2019 11:00	7 71.5	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 12:00	7 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 13:00	7 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 14:00	7 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 15:00	7 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 16:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 17:00	7 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 18:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 19:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 20:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 21:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 22:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	16.03.2019 23:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 00:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 01:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 02:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 03:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 04:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 05:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 06:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 07:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 08:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 09:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 10:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 11:00	8 71.7	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 12:00	8 71.7	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 13:00	8 71.8	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 14:00	8 71.8	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 15:00	8 71.8	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 16:00	8 71.9	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 17:00	8 71.9	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 18:00	8 71.9	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 19:00	7 71.9	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 20:00	8 71.9	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 21:00	8 71.9	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 22:00	8 71.7	9
1C2A01A5	0	17.03.2019 23:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 00:00	8 71.7	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 01:00	8 71.7	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 02:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 03:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 04:00	8 71.6	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 05:00	8 71.5	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 06:00	8 71.4	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 07:00	8 71.4	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 08:00	8 71.3	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 09:00	8 71.2	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 10:00	8 71.2	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 11:00	8 71.2	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 12:00	8 71.1	9

1C2A01A5	0	18.03.2019 13:00	8 71.3	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 14:00	8 71.3	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 15:00	9 82.3	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 16:00	9 82.3	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 17:00	9 83.1	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 18:00	9 83.3	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 19:00	9 83.4	9
1C2A01A5	0	18.03.2019 20:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	18.03.2019 21:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	18.03.2019 22:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	18.03.2019 23:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 00:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 01:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 02:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 03:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 04:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 05:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 06:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 07:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 08:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 09:00	9 83.4	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 10:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 11:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 12:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 13:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 14:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 15:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 16:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 17:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 18:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 19:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 20:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 21:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 22:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	19.03.2019 23:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 00:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 01:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 02:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 03:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 04:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 05:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 06:00	9 83.5	10
1C2A01A5	0	20.03.2019 07:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 08:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 09:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 10:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 11:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 12:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 13:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 14:00	9 83.6	11

1C2A01A5	0	20.03.2019 15:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 16:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 17:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 18:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 19:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 20:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 21:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 22:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	20.03.2019 23:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 00:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 01:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 02:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 03:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 04:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 05:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 06:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 07:00	9 83.5	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 08:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 09:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 10:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 11:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 12:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 13:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 14:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 15:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 16:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 17:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 18:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 19:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 20:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 21:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 22:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	21.03.2019 23:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 00:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 01:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 02:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 03:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 04:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 05:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 06:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 07:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 08:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 09:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 10:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 11:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 12:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 13:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 14:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 15:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 16:00	9 83.7	11

1C2A01A5	0	22.03.2019 17:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 18:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 19:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 20:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 21:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 22:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	22.03.2019 23:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 00:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 01:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 02:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 03:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 04:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 05:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 06:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 07:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 08:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 09:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 10:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 11:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 12:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 13:00	9 83.6	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 14:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 15:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 16:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 17:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 18:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 19:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 20:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 21:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 22:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	23.03.2019 23:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 00:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 01:00	9 83.7	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 02:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 03:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 04:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 05:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 06:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 07:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 08:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 09:00	9 83.8	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 10:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 11:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 12:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 13:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 14:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 15:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 16:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 17:00	9 83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 18:00	9 83.9	11

1C2A01A5	0	24.03.2019 19:00	9	83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 20:00	9	83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 21:00	9	84	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 22:00	9	83.9	11
1C2A01A5	0	24.03.2019 23:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 00:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 01:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 02:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 03:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 04:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 05:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 06:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 07:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 08:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 09:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 10:00	9	84	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 11:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 12:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 13:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 14:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 15:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 16:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 17:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 18:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 19:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 20:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 21:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 22:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	25.03.2019 23:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 00:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 01:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 02:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 03:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 04:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 05:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 06:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 07:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 08:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 09:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 10:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 11:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 12:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 13:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 14:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 15:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 16:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 17:00	9	84.1	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 18:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 19:00	9	84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 20:00	9	84.2	11

1C2A01A5	0	26.03.2019 21:00	9 84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 22:00	9 84.2	11
1C2A01A5	0	26.03.2019 23:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 00:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 01:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 02:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 03:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 04:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 05:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 06:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 07:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 08:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 09:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 10:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 11:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 12:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 13:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 14:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 15:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 16:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 17:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 18:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 19:00	9 84.2	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 20:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 21:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 22:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	27.03.2019 23:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 00:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 01:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 02:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 03:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 04:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 05:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 06:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 07:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 08:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 09:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 10:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 11:00	9 84.4	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 12:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 13:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 14:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 15:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 16:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 17:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 18:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 19:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 20:00	9 84.3	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 21:00	9 84.4	12
1C2A01A5	0	28.03.2019 22:00	9 84.3	12

