



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2022 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

## **Optimalisering av ventilasjon og gulvvarme på små bad**

Optimization of ventilation and underfloor heating  
in small bathrooms

**Jonas Johnstad**  
Byggeteknikk og arkitektur



# Forord

Denne oppgaven markerer slutten av 5 flotte studieår innen byggeteknikk og arkitektur ved Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet i samarbeid med SINTEF våren 2022, og omfatter 30 studiepoeng. Prosjektet har til tider vært utfordrende, men alltid spennende og lærerikt.

Jeg vil først og fremst takke mine veiledere Tormod Aurlien (NMBU) og Sverre B. Holøs (SINTEF) for flotte faglige diskusjoner og ballkasting rundt spennende bygningsfysiske temaer. Deres faglige tyngde og kreativitet har vært en flott inspirasjon og til stor nytte under utarbeidelse av denne oppgaven.

Jeg vil også takke SINTEF for deres tillit, og for utlån av måleutstyr til forsøkene. Samtidig ønsker jeg å takke OBOS ved Ingemund Skålnes for tilgang til deres Living Lab for gjennomføring av forsøk, samt Studentsamskipnaden i Ås (SiÅS) og beboerne i måleobjektet i Pomona for muligheten til å gjøre feltmålinger.

En stor takk rettes også til alle medstudenter på NMBU som har gjort disse 5 studieårene helt fantastiske. En spesiell takk rettes til gjengen på masterrommet for fine hverdager under masterperioden. Samtidig vil jeg takke alle forelesere ved NMBU som har gitt meg et solid faglig grunnlag i løpet av disse 5 årene.

Til slutt vil jeg takke familie (med hunder) for god støtte gjennom studietiden. En spesiell stor takk rettes til min forlovede Karoline, for hennes bidrag i form av både korrekturlesing og høy moralsk støtte gjennom utarbeidelsen av denne oppgaven.

Ås, 07. mai 2022

Jonas Johnstad



## Sammendrag

Krav, veiledninger og anbefalinger til avtrekk på bad finnes i alle de nordiske landene, men oppgitte avtrekksmengder er sprikende, og opphavet til disse virker å være usikkert. En vurdering av dagens anbefalinger syntes av den grunn å være nødvendig. I denne oppgaven studeres påvirkningsgraden av uttørkingstid og muggvekstforhold basert på ulike avtrekksmengder og gulvtemperaturer for å finne optimale kombinasjoner med avtrekk og gulvvarme på bad.

I oppgaven ble det benyttet både konstruerte forsøk og feltmålinger til å vurdere ulike avtrekksmengder og gulvtemperaturer, samt kombinasjoner av disse. I de konstruerte forsøkene ble 36-, 54- og 72  $m^3/h$  benyttet som avtrekksmengder, og 22°C og 26°C benyttet som settpunkt på varmekabler i standardiserte dusjsekvenser. Det ble i de konstruerte forsøkene målt relativ fuktighet og temperatur over de 23 timene etter hver dusjsekvens, samt at dusjsonen ble termograferert med time-lapse i enkelte forsøk. I tillegg ble vannmettede klosser plassert ut på gulv for å vurdere uttørkingsgraden av tre ved ulike forsøksparametere og kombinasjoner.

For feltmålinger ble måleutstyr utplassert i to bad i et studentkollektiv, der relativ fuktighet og temperatur ble målt over én uke. Et av badene hadde høy varme i gulv og 36  $m^3/h$  avtrekksmengde, mens det andre badet hadde middels varme i gulv og 54  $m^3/h$  avtrekksmengde. For både konstruerte forsøk og feltmålinger ble det gjort en analyse av muggvekstvilkår for hvert aktuelle forsøk.

Resultatene viser at høyere avtrekksmengder gir raskere uttørkingstid målt i avtrekket. Basert på termografering og målinger i dusjsonen gir høy gulvvarme opp mot 3 ganger raskere uttørking sammenlignet med lav gulvvarme. Det fremkommer også at forskjellen i uttørkingstid er større når man øker ventilasjonsmengden fra 36 til 54  $m^3/h$ , enn fra 54 til 72  $m^3/h$ . I de konstruerte forsøkene fremkommer det ved analyse av muggvekstvilkår at både 54 og 72  $m^3/h$  i avtrekksvolum gir mindre tid med gunstige muggvekstvilkår enn 36  $m^3/h$ . I feltmålingene ble det ikke registrert gunstige muggvekstvilkår på badet med 54  $m^3/h$  avtrekksmengde, mens det for badet med 36  $m^3/h$  avtrekksmengde ble registrert gunstige muggvekstvilkår i 15 minutter gjennom måleuken.

For små bad med varmekabler og uten tilstøtende yttervegger, kan det utifra resultatene se ut til at 54  $m^3/h$  er en fornuftig konstant avtrekksmengde som sikrer badet mot muggvekst uten unødig energiforbruk. Resultatene indikerer ellers at avtrekksmengden er den viktigste faktoren for å raskt tømme badet for vanddamp, mens gulvvarmen er viktigst for å fjerne fritt vann på gulv og vann i gulvsjiktet.



## Abstract

Requirements, guidelines, and recommendations for exhaust in bathrooms are found in all the Nordic countries, but the stated exhaust volumes differ, and the origin of these seems to be uncertain. The degree of impact of drying time and mold growth conditions is therefore assessed based on different exhaust volumes and floor temperatures in this thesis to find optimal combinations of exhaust and underfloor heating.

In this thesis, both constructed experiments and field experiments were used to assess different exhaust volumes and floor temperatures, as well as combinations of these. In the constructed experiments, 36-, 54- and 72  $m^3/h$  were used as exhaust volumes, and 22 °C and 26 °C were used as setpoints of the heated floor in standardized shower sequences. In the constructed experiments, relative humidity and temperature were measured over the 23 hours after each shower sequence, and the shower zone was thermographed with time-lapse in certain experiments. In addition, water-saturated wooden bricks were placed on the floor to assess the degree of drying of wood by various experimental parameters and combinations.

In the field experiments, measuring equipment was placed in two bathrooms in a student home, where relative humidity and temperature were measured through one week. One of the bathrooms had high floor heating and 36  $m^3/h$  exhaust volume, while the other bathroom had medium floor heating and 54  $m^3/h$  exhaust volume. For both constructed experiments and field measurements, an analysis of mold growth conditions was performed for each experiment.

The results show that higher exhaust volumes result in faster drying time measured in the exhaust. Based on thermography and measurements in the shower zone, high underfloor heating gives up to 3 times faster drying out compared to low underfloor heating. It also appears that the difference in drying time is greater when increasing the amount of ventilation from 36 to 54  $m^3/h$ , than from 54 to 72  $m^3/h$ . In the constructed experiments, it emerges by analyzing mold growth conditions that both 54 and 72  $m^3/h$  of exhaust volume gives less time with favorable mold growth conditions than 36  $m^3/h$ . In the field measurements, no favorable mold growth conditions were registered in the bathroom with 54  $m^3/h$  exhaust volume, while for the bathroom with 36  $m^3/h$  exhaust volume, favorable mold growth conditions were registered for 15 minutes during the measured week.

In small bathrooms with underfloor heating and without adjacent outer walls, it may appear from the results that 54  $m^3/h$  is a reasonable amount of exhaust that secures the bathroom against mold growth without unnecessary energy consumption. The results also indicates that the amount of exhaust is the most important factor for quickly emptying the bathroom of water vapor, while the floor heating is most important for removing free water on the floor and water in the flooring.





# Innholdsfortegnelse

Forord . . . . .	i
Sammendrag . . . . .	iii
Abstract . . . . .	v
Innhold . . . . .	vii
Figurer . . . . .	xiii
Tabeller . . . . .	xv
Forkortelser og akronymer . . . . .	xvii
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn og formål . . . . .	1
1.2 Problemstilling . . . . .	2
1.3 Avgrensninger og forutsetninger . . . . .	2
<b>2 Teori</b>	<b>3</b>
2.1 Fukt i luft . . . . .	3
2.1.1 Absolutt og relativ luftfuktighet . . . . .	3
2.1.2 Luftfuktighet ute . . . . .	6
2.1.3 Luftfuktighet inne . . . . .	6
2.1.4 Fukttilskudd . . . . .	7
2.1.5 Måling av fuktighet i luft . . . . .	8
2.2 Fukt i materialer . . . . .	9
2.2.1 Byggfukt . . . . .	9
2.2.2 Fukttransport . . . . .	10
2.3 Termografering . . . . .	10
2.4 Ventilasjon . . . . .	11
2.4.1 Krav til ventilasjon . . . . .	12
2.4.2 Balansert ventilasjon . . . . .	13
2.5 Muggsopp . . . . .	15
2.5.1 Vekstvilkår . . . . .	16
2.5.2 Beregning av sannsynlighet for muggvekst . . . . .	18
2.5.3 Konsekvenser av muggvekst . . . . .	20

<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>23</b>
3.1	Forberedelser . . . . .	23
3.1.1	Måleutstyr og kalibrering . . . . .	23
3.1.2	Innledende forsøk . . . . .	26
3.1.3	Samtykke og personvern . . . . .	27
3.2	Måleobjekter . . . . .	27
3.2.1	Konstruerte feltforsøk - OBOS Living Lab . . . . .	27
3.2.2	Feltmålinger - SIÅS, Pomona . . . . .	29
3.3	Gjennomføring av konstruerte feltforsøk . . . . .	30
3.3.1	Forberedelser til konstruerte feltforsøk . . . . .	30
3.3.2	Gjennomføring av en forsøkssekvens . . . . .	34
3.3.3	Analyse etter forsøk . . . . .	37
3.4	Gjennomføring av feltmålinger . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>43</b>
4.1	Konstruerte feltforsøk . . . . .	43
4.1.1	Forberedende forsøk . . . . .	43
4.1.2	Fukttilskudd og uttørkingstid . . . . .	44
4.1.3	Uttørking av treklosser og håndkleder . . . . .	49
4.1.4	Muggvekstanalyse . . . . .	50
4.1.5	Termografering . . . . .	51
4.1.6	Visuelle observasjoner . . . . .	54
4.2	Feltmålinger hos studentsamskipnaden i Ås . . . . .	56
4.2.1	Fukttilskudd under måleuken . . . . .	56
4.2.2	Muggvekstanalyse . . . . .	57
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>61</b>
5.1	Uttørkingstid og fukttilskudd . . . . .	61
5.1.1	Påvirkning fra avtrekksmengde og varmekabler . . . . .	61
5.1.2	Fukttilskudd fra feltmålinger . . . . .	68
5.2	Analyse av muggrisiko . . . . .	70
5.2.1	Konstruerte feltforsøk . . . . .	71
5.2.2	Feltmålinger . . . . .	72
5.3	Visuelle observasjoner - konstruerte feltforsøk . . . . .	72
5.4	Valg av forsøksparametere . . . . .	73
5.5	Utfordringer og usikkerhet . . . . .	74
5.5.1	Usikkerhet . . . . .	74
5.5.2	Utfordringer ved bad A . . . . .	75
5.5.3	Tilgjengelighet til måleobjekter . . . . .	79

<b>6 Konklusjon</b>	<b>81</b>
<b>7 Videre arbeid</b>	<b>83</b>
<b>Referanser</b>	<b>85</b>
<b>Tillegg A Resultater</b>	<b>89</b>
A.1 Fukttilskudd bad A . . . . .	90
A.2 Fukttilskudd bad B . . . . .	91
A.3 Temperaturer bad A . . . . .	93
A.4 Temperaturer bad B . . . . .	95
A.5 Temperaturer på gulv i bad B . . . . .	97
A.6 Termogrammer . . . . .	101
<b>Tillegg B Samtykkeerklæring (usignert)</b>	<b>105</b>
<b>Tillegg C Sjekkliste fra forsøk i OBOS Living Lab</b>	<b>107</b>
<b>Tillegg D Utdelt skjema for registrering av dusj</b>	<b>173</b>



# Figurer

2.1	Luftfuktighetsdiagram - figur fra SINTEF Byggforsk, 2018 . . . . .	4
2.2	Månedsnormaler for RF (Figur 2.2a) og vandampinnhold (Figur 2.2b) - figurer fra SINTEF Byggforsk (2018) . . . . .	6
2.3	Sorpsjonskurve, furu med $500 \text{ kg/m}^3$ densitet - figur fra SINTEF Bygg- forsk, 2018 . . . . .	9
2.4	Diffusjon gjennom yttervegg - figur fra SINTEF Byggforsk (2018) . . . . .	10
2.5	Prinsippskisse av luftbevegelse i en bolig med balansert ventilasjon - figur fra SINTEF Byggforsk (2015) (modifisert med påtegnede overstrømnings- ventiler) . . . . .	14
2.6	Livssyklus for mugg - figur fra SINTEF Byggforsk og Mycoteam (2005) .	15
2.7	Vekstvilkår for muggsopp (inspirert av Mattsson (2004)) . . . . .	17
2.8	Eksempel på isoplettplot etter MOGLI 1.0. Data er tilfeldig generert. . .	20
3.1	RF- og temperaturmålere . . . . .	23
3.2	Swemaflow 125D - Foto: produsentens manual . . . . .	25
3.3	SWEMA 3000MD - Foto: Jonas Johnstad . . . . .	25
3.4	KIMO KTT220-N - Foto: Jonas Johnstad . . . . .	26
3.5	OBOS Living Lab - Foto: Jonas Johnstad . . . . .	27
3.6	Plantegning - OBOS Living Lab - tegning fra OBOS sin leilighetsoversikt (OBOS, 2022) . . . . .	28
3.7	Pomona - foto fra SIÅS sin boligvelger (Studentsamskipnaden i Ås, 2022)	29
3.8	Forsøk med røykgenerator - Foto: Jonas Johnstad . . . . .	31
3.9	Varsling om forsøk i leilighet - Foto: Jonas Johnstad . . . . .	32
3.10	Oversiktsbilder fra konstruerte forsøk - Foto: Jonas Johnstad . . . . .	34
3.11	Skisse av baderom med plassering av avtrekk og loggere - illustrasjon: Jonas Johnstad . . . . .	35
3.12	Planløsning og plassering av måleutstyr i studentboligene . . . . .	40
4.1	Fukttilskudd i avtrekk - bad A . . . . .	45
4.2	Fukttilskudd i avtrekk - bad B . . . . .	45
4.3	Temperatur i dusjsone - bad A . . . . .	46

4.4	Temperatur i dusjsone - bad B . . . . .	46
4.5	Uttørkingtider for forsøk i bad B - målt i avtrekk . . . . .	47
4.6	Uttørkingtider for forsøk i bad B - målt i dusjsone . . . . .	47
4.7	Totalt fukttilskudd fra dusjstart til beregnet utttørkingstid - oppgitt i gram	48
4.8	Isopletter - forsøk B2L . . . . .	50
4.9	Antall isopletter over nedre grense (Krit. RF-nedre, som vist i Figur 4.8)	50
4.10	Termografi B1H - 6 timer og 10 minutter etter dusjstart . . . . .	51
4.11	Termografi B1L - 8 timer og 10 minutter etter dusjstart . . . . .	52
4.12	Termografi B2H - 8 timer og 10 minutter etter dusjstart . . . . .	52
4.13	Termografi B3L - 8 timer og 15 minutter etter dusjstart . . . . .	53
4.14	Kondens på speil . . . . .	54
4.15	Kondens på dørblad . . . . .	54
4.16	Fukttilskudd gjennom måleuken - bad 1 . . . . .	56
4.17	Fukttilskudd gjennom måleuken - bad 2 . . . . .	57
4.18	Isopletter for måleuken - avtrekk . . . . .	58
4.19	Isopletter for måleuken - vegghengt hylle . . . . .	58
4.20	Isopletter for måleuken - lampe over servant . . . . .	59
5.1	Fukttilskudd over tid ( $\Delta v$ ) for bad B - målt i avtrekk . . . . .	62
5.2	Restfukt i treklosser . . . . .	63
5.3	Forsøk B2H - 7 timer etter dusjstart . . . . .	64
5.4	Fukttilskudd og temperatur på gulv i dusjsone - Bad B, lav avtrekks- mengde ( $36m^3/h$ ) . . . . .	65
5.5	Fukttilskudd og temperatur på gulv i dusjsone - Bad B, medium avtrekks- smengde ( $54m^3/h$ ) . . . . .	66
5.6	Fukttilskudd og temperatur på gulv i dusjsone - Bad B, høy avtrekks- mengde ( $72m^3/h$ ) . . . . .	66
5.7	Fukttilskudd forsøk bad B - uten fukt avgitt fra klosser . . . . .	68
5.8	Fukttilskudd fra tilfeldig dusjsekvens i studenthyblene (Pomona) . . . . .	69
5.9	Fukttilskudd i måleuken for bad 1 - sekvens med åpen dør er markert . . . . .	70
5.10	Fukttilskudd $\Delta v$ for bad A og bad B - 3 timer . . . . .	76
5.11	Simulering i WUFI 4 - Totalt vanninnhold i betong over tid, ensidig ut- tørking . . . . .	77
5.12	Fukttilskudd og temperatur i dusjsone (logger 4) . . . . .	78
A.1	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad A - Målt i avtrekk . . . . .	90
A.2	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad A - Målt ved bryterpanel . . . . .	90
A.3	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad A - Målt i dusjsone . . . . .	90
A.4	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad A - Målt ved toalett . . . . .	91
A.5	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad A - Målt ved himling . . . . .	91

A.6	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad B - Målt i avtrekk . . . . .	91
A.7	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad B - Målt ved bryterpanel . . . . .	92
A.8	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad B - Målt i dusjsone . . . . .	92
A.9	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad B - Målt ved toalett . . . . .	92
A.10	Fukttilskudd $\Delta v$ for forsøk i bad B - Målt ved himling . . . . .	93
A.11	Temperatur for forsøk i bad A - Målt i avtrekk . . . . .	93
A.12	Temperatur for forsøk i bad A - Målt ved bryterpanel . . . . .	93
A.13	Temperatur for forsøk i bad A - Målt i dusjsone . . . . .	94
A.14	Temperatur for forsøk i bad A - Målt ved toalett . . . . .	94
A.15	Temperatur for forsøk i bad A - Målt i himling . . . . .	94
A.16	Temperatur for forsøk i bad B - Målt i avtrekk . . . . .	95
A.17	Temperatur for forsøk i bad B - Målt ved bryterpanel . . . . .	95
A.18	Temperatur for forsøk i bad B - Målt i dusjsone . . . . .	95
A.19	Temperatur for forsøk i bad B - Målt ved toalett . . . . .	96
A.20	Temperatur for forsøk i bad B - Målt i himling . . . . .	96
A.21	Temperaturer på gulv - B1H . . . . .	97
A.22	Temperaturer på gulv - B2H . . . . .	97
A.23	Temperaturer på gulv - B3H . . . . .	98
A.24	Temperaturer på gulv - B1L . . . . .	98
A.25	Temperaturer på gulv - B2L . . . . .	99
A.26	Temperaturer på gulv - B3L . . . . .	99
A.27	Termogrammer etter forsøk B1H. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf. . . . .	101
A.28	Termogrammer etter forsøk B1L. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf. . . . .	102
A.29	Termogrammer etter forsøk B2H. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf. . . . .	103
A.30	Termogrammer etter forsøk B3L. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf. . . . .	104





# Tabeller

2.1	Estimert fuktproduksjon fra ulike aktiviteter i en bolig med to voksne og to barn. Data etter Koch mfl. (1986) . . . . .	8
2.2	Krav og anbefalinger til avtrekk og tilluft i nordiske land - fra Arne Pihl Bordi (2020) . . . . .	13
2.3	Risiko for vekst av muggsopp - tabelldata etter Mattsson (2004) . . . . .	16
2.4	Materialkonstanter c - etter (Johansson og Svensson, 2020) . . . . .	20
3.1	Måleusikkerhet - temperatur og RF-loggere . . . . .	24
3.2	Forsøksoppsett - oversikt . . . . .	33
3.3	Oversikt over forsøk gjennomført med/uten termoelement og termografering	36
4.1	Trykkforskjell mellom baderom og tilstøtende rom . . . . .	44
4.2	Uttøringsgrad og fukttilskudd for treklosser og håndklær . . . . .	49
4.3	Oppsummering av visuelle observasjoner . . . . .	55



# Forkortelser og akronymer

## Forkortelser/akronymer

DiBK	Direktoratet for byggkvalitet
MGI	Mould Growth Index
NMBU	Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet
NSD	Norsk senter for forskningsdata
RF	Relativ fuktighet [%]
TOW	Time of wetness
VTEK	Veiledning til byggteknisk forskrift

## Romanske symboler

$\Delta v$	Fukttilskudd [ $g/m^3$ ]
$c$	materialkonstant for muggvekstprediksjon etter MOGLI 1.0
$G$	Total fuktproduksjon pr. time [ $g/h$ ]
$M$	Molar masse
$M\%$	grad av uttørking [%]
$m_{mettet}$	klossens vekt i mettet tilstand [ $gram$ ]
$m_{resultat}$	klossens vekt 23 timer etter tørkestart [ $gram$ ]
$m_{torr}$	klossens vekt i tørr tilstand (16% fukt) [ $gram$ ]
$n$	Antall luftskifter pr. time [ $h^{-1}$ ]
$p_v$	Partialtrykk [Pa]
$p_{sat}$	Metningstrykk [Pa]
$R_u$	Universal gasskonstant - $8,314462618 Jmol^{-1}K^{-1}$
$T$	Temperatur [K]
$t$	Temperatur [ $^{\circ}C$ ]
$V$	Rommets/byggets volum [ $m^3$ ]

$v$	Absolutt fuktighet [ $g/m^3$ ]
$v_{sat}$	Absolutt fuktighet i mettet luft [ $g/m^3$ ]
$v_{ute}$	Vanndampinnhold i uteluften [ $g/m^3$ ]

# 1. Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn og formål

Bakgrunnen for denne masteroppgaven er et samarbeid med SINTEF Community som leder et større forskningsprosjekt med navn *Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation*. Det overordnede formålet med forskningsprosjektet er "å etablere kunnskap og anbefalinger til robuste ventilasjonsløsninger for private hjem i et urbant miljø" (SINTEF, 2020). Prosjektet er nå i fasen til "arbeidspakke 3", som omhandler fuktighet, ventilasjon og bygningsfysikk. I denne arbeidspakken er det hovedfokus på ventilasjon (spesielt avtrekk) på bad og kjøkken, der denne oppgaven vil være et bidrag til delen omhandlende bad.

Offentlige krav, veiledninger og anbefalinger til ventilasjon finnes i både Norge og andre nordiske land, men de oppgitte tilluft- og avtrekksverdiene er sprikende mellom landene. Norge har det desidert høyeste avtrekkskravet i veiledningen fra teknisk forskrift (VTEK) sammenlignet med de øvrige nordiske landene. Med et tilsynelatende lignende klima, kan det undres på årsaken til dette. Basert på samtaler med veiledere og forelesere under studentens studier, kan det tyde på at de oppgitte luftmengdene i VTEK ikke stammer fra konkret forskning og forsøk, men heller er gjenstand for gjennomtenkt gjetning. Dette er også noe Hempel, Løfblad og Boon-Grønseth (2017) opplevde ved utarbeidelse av sin bacheloroppgave, der studentene jobbet med å kartlegge behov for forsering på bad.

Kravet om forsering har også vært et diskusjonstema tidligere, blant annet da Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) høsten 2020 sendte ut en forespørsel til Norconsult om å lage en utredning vedrørende avtrekk i boliger (Arne Pihl Bordi, 2020). I denne utredningen ble forskjellen av regelverk i andre nordiske land redegjort for, dagens prosjekteringspraksis fra entreprenører ble kartlagt, samt at tilgjengelig materiale ble vurdert. Det fremkommer i denne utredningen at svært mange entreprenører benytter konstante avtrekksmengder istedet for styring og forsering slik VTEK anbefaler. SINTEF er derfor interessert i et større grunnlag forsøk og målinger for å kunne verifisere om dagens krav er hensiktsmessig, eller om verdiene i VTEK kan senkes til nivåer som våre naboland, deriblant lemping av krav til forsering.

Opgaven av Hempel, Løfblad og Boon-Grønseth (2017) ble tilgjengelig for studenten noen uker etter oppstart av egen oppgave, og enkelte opprinnelige forsknings spørsmål ble da besvart av deres oppgave, hvilket gjorde det mulig og nødvendig med noen end-

ringer i opprinnelig plan for denne oppgaven. Hempel, Løfblad og Boon-Grønseth (2017) konkluderte i sin oppgave med at et konstant avtrekk på  $72m^3/h$  kan erstatte forsering etter VTEK, men sier lite om  $72m^3/h$  er godt nok, eller eventuelt overdimensjonert.

Formålet med denne oppgaven blir derfor å danne et sterkere datagrunnlag med forsøk og målinger for fukttilskudd og uttørkingstid ved ulike betingelser på badetrom, samt å vurdere effekten av de ulike betingelsene basert på analyse av risiko for muggvekst, som anses som et av de ledende problemene i fuktige rom.

## 1.2 Problemstilling

Basert på bakgrunn og formål for det overordnede prosjektet, vil følgende problemstilling være aktuell:

***Kan kombinasjoner av avtrekksmengde og gulvvarme på bad optimaliseres for muggsikring av små bad?***

For å nærmere studere problemstillingen, vil følgende forskningsspørsmål være aktuelle å besvare:

1. Hvilken effekt gir ulike settpunkter på varmekabler på uttørkingstid og muggrisiko av bad?
2. Hvilken effekt gir ulike avtrekksmengder på uttørkingstid og muggrisiko av bad?
3. Hvilke(n) kombinasjon av avtrekk og varmekabler kan gi tilstrekkelig sikkerhet mot muggsopp på bad?

## 1.3 Avgrensninger og forutsetninger

Denne oppgaven er en studentoppgave på masternivå, og har en predefinert tidsramme på omtrent 4 måneder fra januar-april/mai. Oppgaven er av den grunn begrenset til målinger som kan utføres i dette tidsrommet, og vil av den grunn ikke ha mulighet for helårsmålinger eller målinger for alle årstider slik det ideelt sett burde vært. Oppgaveutførelse er også begrenset til et relativt lavt budsjett, men har nytt godt av utlåsutstyr fra både SINTEF Community og NMBU (Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet) til forsøk.

Prosjektet *Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation* fokuserer på nye bygg i sentrale områder. Det er derfor tatt utgangspunkt i små badetrom som er plassert midt i bygningskroppen (ikke mot tilstøtende yttervegg), samt at badene har mekanisk balansert ventilasjon med varmegjenvinner.

## 2. Teori

I dette kapitlet vil teori og tidligere forskning relevant til denne oppgavens forsøk beskrives. Boken *Fukt i bygninger* av Geving og Thue (2002) utgjør grunnlaget for store deler av dette kapitlet. Dette er håndbok nr. 50 utgitt av SINTEF Community som en del av byggforskserien. I tillegg benyttes byggforskserien (spesielt anvisning 421.132 (SINTEF Byggforsk, 2018)), som inneholder mye av det samme stoffet som boken av Geving og Thue (2002). Der grunnlag er hentet fra annen litteratur vil det oppgis fortløpende.

### 2.1 Fukt i luft

All luft inneholder en viss mengde vanndamp. Denne blandingen av vanndamp og luft (nitrogen, oksygen og argon), kan beskrives som en ideell gass ved hjelp av den fysiske loven for ideell gass. [Ligning 2.1](#) viser den universelle ideelle gasslikningen.

$$PV = nR_uT \quad (2.1)$$

der

$P$  er gassens trykk, lufttrykket [ $Pa$ ]

$V$  er gassens volum [ $m^3$ ]

$n$  er mengden stoff [ $mol$ ]

$R_u$  er gasskonstanten (molar) [ $Jmol^{-1}K^{-1}$ ]

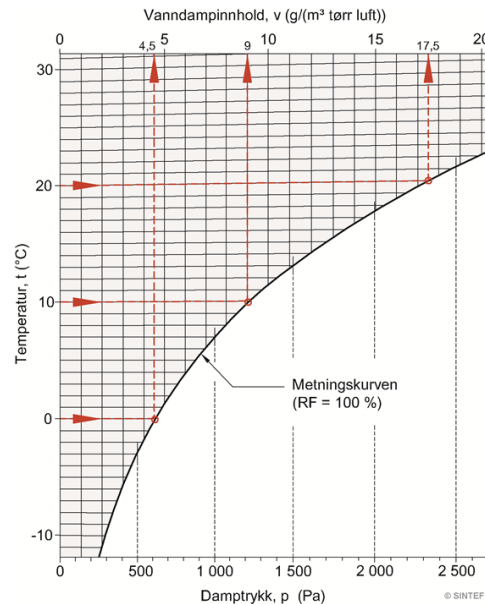
$T$  er temperaturen [ $K$ ]

#### 2.1.1 Absolutt og relativ luftfuktighet

Vanndampinnholdet i luften angis ofte som absolutt fuktinnhold, enten som *vanndampinnhold* ( $v$  [ $g/m^3$ ]), *vanndamptrykk* ( $p_v$  [ $Pa = N/m^2$ ] eller *fuktgrad* [ $kg/kg$ , *vanndampmasse pr kg tørr luft*] (SINTEF Byggforsk, 2018).

Det vil alltid være en øvre grense for hvor stor mengde vanndamp luften kan holde på. Denne mengden er avhengig av lufttemperaturen, og defineres gjerne som damptrykket. Når luften ikke klarer å holde på mer vanndamp, sier vi at luften har oppnådd sitt metningsstrykk ( $p_{sat}$ ), med andre ord kan ikke luften holde på ytterligere fukt etter den

er mettet med en mengde vann ( $v_{sat}$ ). Metningstrykket og vanninnholdet er avhengig av temperaturen i luften, og vil derfor øke i takt med lufttemperatur. [Figur 2.1](#) viser hvordan damptrykk, vanndampinnhold og temperatur er avhengig av hverandre. Figuren er hentet fra Byggforskserien.



**Figur 2.1:** Luftfuktighetsdiagram - figur fra SINTEF Byggforsk, 2018

I samme figur ser en også at ved metningskurven er  $RF = 100\%$ . RF, eller relativ fuktighet, er et mål på hvor stort vanndampinnholdet er som andel av metningsinnholdet. Denne andelen angis som  $\phi$  slik [Ligning 2.2](#) viser. RF angis i prosent, og  $RF = \phi \cdot 100\%$ . [Ligning 2.2](#) viser forholdet mellom relativ fuktighet, absolutt vanninnhold og vanninnhold ved mettet luft, samt partialtrykk og metningstrykk.

$$\phi = \frac{v}{v_{sat}} = \frac{p_v}{p_{sat}} \quad (2.2)$$

der

$v$  er absolutt fuktighet

$p_v$  er partialtrykket

$v_{sat}$  er absolutt fuktighet i mettet luft

$p_{sat}$  er metningstrykket

For å finne det absolutte vanndampinnholdet i luften, altså mengden vann per kubikkmeter tørr luft [ $g/m^3$ ] når vi vet temperatur og RF, kan vi benytte oss av den ideelle gasslikningen ([Ligning 2.1](#)). Der  $n$  er antall mol av gassen, kan denne skrives om til en



fraksjon av total gassmasse ( $m$ ) og den molare massen til gassen ( $M$ ) som i [Ligning 2.3](#).

$$n = \frac{m}{M} \quad (2.3)$$

Den universelle gasskonstanten  $R_u$  kan videre omgjøres til den spesifikke gasskonstanten  $R$  ved å dividere med den molare massen til den respektive gassen. Ved å benytte den molare massen til vann ( $H_2O$ ) på  $M = 18.01528 \text{ g/mol}$ , får vi at

$$R = \frac{R_u}{M} = \frac{8314,46262 \text{ J kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{18,01528 \text{ g mol}^{-1}} = 461,52 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (2.4)$$

Ved å skrive om det generelle trykket  $P$  til vanndampens partialtrykk  $p_v$ , samt bemerke at  $m/V = v[\text{g/m}^3]$ , har vi vha. [Ligning 2.1](#), [Ligning 2.3](#) og [Ligning 2.4](#) at:

$$v = \frac{p_v}{R \cdot T} \quad (2.5)$$

der

$p_v$  er vanndampens partialtrykk [ $Pa$ ]

$R$  er den spesifikke gasskonstanten for vanndamp ( $461,4 \text{ J/kgK}$ )

$T$  er temperaturen [ $K$ ]

[Ligning 2.5](#) kan ved hjelp av [Ligning 2.2](#) skrives om til et uttrykk for absolutt vanninnhold uttrykt med metningstrykk istedet for partialtrykk:

$$v = \frac{\phi \cdot p_{sat}}{R \cdot T} \quad (2.6)$$

Metningstrykket,  $p_{sat}$ , har tidligere blitt beskrevet med flere variasjoner av empiriske formler som blant annet Antoine-likningen (Antoine, 1888), Magnus-likningen (Clausius, 1850) og Tetens-likningen (Tetens, 1930). I denne oppgaven velges det å bruke representasjonen av metningstrykket utviklet av Buck (1981), og videre modifisert av han selv (Buck, 2012) da denne representasjonen ifølge Xu mfl. (2012) gir en av de beste tilnærmingene til virkeligheten, men samtidig har en enkel formelstruktur. Buck (2012) foreslår [Ligning 2.7](#) for beregning av metningstrykket ved temperaturer over  $0^\circ\text{C}$ .

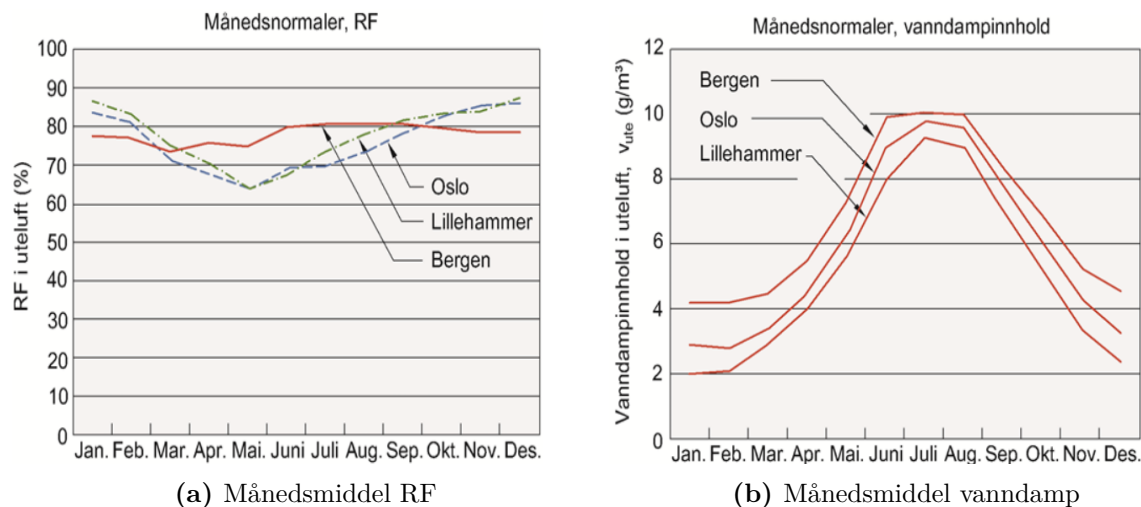
$$p_{sat} = 6.1121 \cdot \exp\left(18.678 - \frac{t}{234.5} \cdot \frac{t}{257.14 + t}\right) \quad (2.7)$$

der

$t$  er temperaturen [ $^\circ\text{C}$ ]

### 2.1.2 Luftfuktighet ute

Både relativ luftfuktighet og absolutt fuktinnhold varierer mye gjennom året ute. Vanndampinnholdet er vanligvis høyest på sommeren. Dette er relatert til metningstrykket som sett i [Figur 2.1](#). RF er vanligvis høyest på høst og vinter (når temperaturen er lav), mens RF er lavere på våren og sommeren (når temperaturen er høy). SINTEF Byggforsk har utarbeidet figurer med månedsnormaler for både vanndampinnhold og RF som kan sees i [Figur 2.2](#). Det er viktig å understreke at dette er normaler for måneden, men at variasjoner gjennom døgnet kan være betydelig større. RF er vanligvis høyere på natten enn på dagtid, og vil kunne komme opp imot 100% ved regnvær eller tåke.



**Figur 2.2:** Månedsnormaler for RF ([Figur 2.2a](#)) og vanndampinnhold ([Figur 2.2b](#)) - figurer fra SINTEF Byggforsk (2018)

### 2.1.3 Luftfuktighet inne

Luftfuktigheten inne i en bolig er i hovedsak avhengig av tre faktorer:

- Vanndampinnhold i uteluften
- Bruk av boligen (fukttilskudd)
- Grad av luftskifte

I tillegg til disse vil også byggfukt kunne være en bidragsytende faktor for nyere bygg. Dette omtales videre i [Delkapittel 2.2.1](#).

Vanndampinnhold i uteluften er en betydelig faktor da denne luften vil komme inn i boligen via enten vinduer/døråpninger/luftlekkasjer (hvis undertrykk i bolig), eller via ventilasjonsanleggets inntak (omtalt i [Kapittel 2.4](#)). Videre vil bruk av boligen være avgjørende for vanndampen som produseres og tilføres inneluften fra innsiden. Dette er det vi kaller fukttilskudd, og som er videre omtalt i [Delkapittel 2.1.4](#). Til slutt har vi

grad av luftskifte. Dette er mengden luft som skiftes ut av boligen. Dette kan være gjennom balansert- eller mekanisk avtrekksventilasjon, manuell lufting via dører/vinduer, eller luftlekkasjer i bygningskroppen. Med disse faktorene kan vanndampinnholdet i inneluften,  $v_{inne}$ , beregnes som i [Ligning 2.8](#) (SINTEF Byggforsk, 2018).

$$v_{inne} = v_{ute} + \frac{G}{n \cdot V} = v_{ute} + \Delta v \quad [g/m^3] \quad (2.8)$$

der

$v_{ute}$  er vanndampinnhold i uteluften [ $g/m^3$ ]

$G$  er total fuktproduksjon pr. time [ $g/h$ ]

$n$  er antall luftskifter pr. time [ $h^{-1}$ ]

$V$  er rommets/byggets volum [ $m^3$ ]

$\Delta v$  er fukttilskudd [ $g/m^3$ ] (videre omtalt i [Delkapittel 2.1.4](#))

### 2.1.4 Fukttilskudd

Fukttilskudd vil variere utifra boligens bruk og størrelse. SINTEF Byggforsk (2018) definerer fukttilskudd som et bilde på samlet innvendig fuktproduksjon, luftskifte og bygningsvolum. Det innvendige fukttilskuddet stammer i stor grad fra bruk av boligen. Dette omfatter blant annet vasking og tørking av klær, dusjing og bading, rengjøring av bygget med vann og matlaging. I tillegg vil fordamping av mennesker, dyr og planter, samt fuktavgivelse fra lagrede varer også bistå til økning av vanndampinnhold i inneluften (Geving og Thue, 2002). Da dette fukttilskuddet er sterkt påvirket av bruk, for eksempel hvor ofte man vasker tøy, eller hvor lenge man dusjer, vil det kunne variere stort mellom fukttilskudd i ulike husholdninger. I tillegg vil det være store variasjoner for fukttilskudd i de ulike rommene, da det vil være naturlig med ulike fuktproduserende aktiviteter i ulike rom. Likevel har det gjennom en rekke forsøk og undersøkelser blitt opparbeidet et grunnlag for hvilke verdier man kan forvente seg for ulike aktiviteter. [Tabell 2.1](#) viser gjennomsnittlig fukttilskudd fra ulike aktiviteter/kilder. Data til tabell er hentet fra Koch mfl. (1986), og inspirasjon til tabell fra Geving og Thue (2002).

**Tabell 2.1:** Estimert fuktproduksjon fra ulike aktiviteter i en bolig med to voksne og to barn. Data etter Koch mfl. (1986)

Aktivitet / Fuktkilde	Fuktproduksjon [g/dag]
Mennesker (svette og utånding)	3500
Tørking av klær	1800
Matlaging	900
Rengjøring av bolig	200
Planter	200

Det er også gjort flere nyere undersøkelser på innvendig fuktproduksjon fra dusjing, deriblant av en tidligere masterstudent; Hafnor (2020). I sine målinger fra studentboliger kommer hun frem til at fukttilskudd per dusj ligger mellom 474- og 852 gram avhengig av måle- og beregningsmetode. Pallin, Johansson og Hagentoft (2011) har også gjennomført en studie av fukttilskudd, det fremkommer her et fukttilskudd på 200-400 gram per dusj. Fukttilskuddene fra badet vil i stor grad være avhengig av lengden på dusjen. I tillegg vil fallet i dusjsonen være avgjørende for å få vannet ned i sluket og ut av badet, istedet for at vannet fordampes på gulvet og regnes som et fukttilskudd.

Fukttilskuddet er ofte omtalt som  $\Delta v [g/m^3]$ , og kan beregnes for et rom eller aktivitet ved å se på differansen mellom absolutt fuktighet i avtrekksluft og absolutt fuktighet i tilluft, slik [Ligning 2.9](#) viser. For å studere fukttilskuddet på badetrom vil det f.eks. være naturlig å se på differansen mellom absolutt fuktighet i avtrekksventilen og absolutt fuktighet på utsiden av badetrom ved overstrømningsventilen (tilluften).

$$\Delta v = v_{avtrekk} - v_{tilluft} \quad (2.9)$$

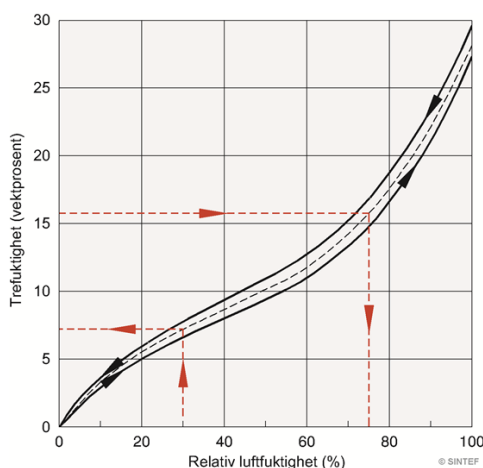
### 2.1.5 Måling av fuktighet i luft

Fuktighet i luft måles gjerne i RF, og måleutstyret omtales som RF-målere eller RF-loggere. Disse benytter i stor grad måling av kapasitans eller resistans til å finne en beregnet RF. Dette måles enten vha. en hygroskopisk plastfilm eller elektrolytt da både resistansen og kapasitansen endres med luften rundt måleren (SINTEF Byggforsk, 2021).

Målenøyaktigheten vil variere mellom ulikt måleutstyr, og er oppgitt fra hver produsent. God nøyaktighet er spesielt avhengig av at sensorene ikke er tilsmusset, og at temperatur i sensor og omgivelser er like (SINTEF Byggforsk, 2021). Det er også viktig at luftfuktigheten det måles i ikke er tørrere enn sensoren selv, da man vil oppleve en hysteresis-effekt. Da vil den avleste verdien av RF være lavere under oppfukting enn under uttørking, til tross for at faktisk verdi er den samme. Sensorer kan også ødelegges dersom de blir utsatt for kondens, eller svært høye fuktigheter over lang tid.

## 2.2 Fukt i materialer

På samme måte som for fukt i luft, kan fukt i materialer oppgis som enten absolutt fuktinnhold eller som RF. Dersom fuktinnhold oppgis/måles som RF, er det RF i luften i materialets porer som er interessant. Denne måten å måle på er mest aktuell for massive konstruksjoner, som for eksempel betong, der det typisk bores inn prøber som kan måle RF. For absolutt fuktinnhold oppgis typisk fuktinnholdet som fuktmengde per kilo tørt materiale ( $u$  [ $kg/kg$ ]), som fuktmengde per volum ( $w$  [ $kg/m^3$ ]) eller som volum fritt vann per volumenheter av tørt materiale ( $\psi$  [ $m^3/m^3$ ]) (SINTEF Byggforsk, 2018). Fuktmengde per kilo tørt materiale, og volum av fritt vann per volum av tørt materiale refereres vanligvis til henholdsvis vektprosent og volumprosent. Absolutt fuktinnhold måles helst vha. vekter ved å veie materialer før og etter fukting og/eller tørking. I tillegg kan det benyttes elektroniske fuktmålere til å måle vektprosent i materialer som f.eks. trevirke. Materialenes fuktinnhold har en sterk sammenheng med RF i omgivende luft over tid. Dersom RF i luften holder seg konstant, vil fuktinnhold i porøse materialer tilnærme seg en konstant verdi. Ved empirisk prøving og målinger, har man utarbeidet sorpsjonskurver for flere ulike materialer. Dette er kurver som beskriver forholdet mellom RF i luften, og fuktigheten i materialet ( gjerne i vektprosent). [Figur 2.3](#) er hentet fra SINTEF Byggforsk, 2018, og viser sorpsjonskurven for furu med densitet på  $500 kg/m^3$ .



**Figur 2.3:** Sorpsjonskurve, furu med  $500 kg/m^3$  densitet - figur fra SINTEF Byggforsk, 2018

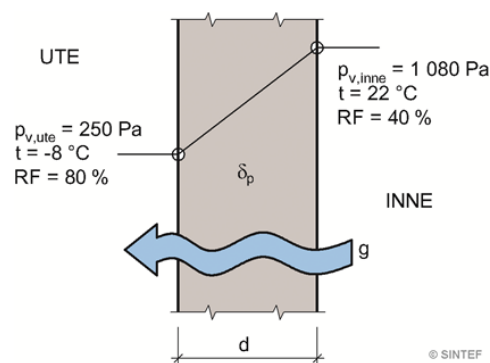
### 2.2.1 Byggfukt

Geving og Thue (2002) definerer byggfukt som den mengden vann som alle byggets materialer må avgi for at de skal komme i fuktlikevekt ved normal bruk av bygningen. Typiske store kilder til byggfukt er fuktig trevirke og betong. For å minske byggfukten er det derfor viktig å få levert så tørre materialer som mulig til byggeplassen, samt være nøye på overdekking av materialer og midlertidig konstruksjon for å hindre ekstra

tilført vannmengde. Det er ellers viktig at fuktige byggematerialer ikke blir stengt inne i konstruksjonen slik at det har mulighet til å tørke ut.

## 2.2.2 Fukttransport

Transport av fukt i materialer skjer i to ulike former; dampform og væskeform. Ved transport i væskeform, kan det skyldes blant annet kapillære krefter i materialet, trykk (vanntrykk eller vindtrykk), eller tyngdekraft. Ved transport i dampform, vil diffusjon være en stor faktor. Dette er transport der vannmolekylene flytter seg fra område med høyt- til lavt damptrykk. Dette kan for eksempel illustreres gjennom en typisk yttervegg i en bolig som i [Figur 2.4](#).



**Figur 2.4:** Diffusjon gjennom yttervegg - figur fra SINTEF Byggforsk (2018)

Fukttransport i luft er avhengig av luftstrømmer der vanddampen transporteres ved at trykkforskjeller i luften. Dette kalles fuktkonveksjon, og i et bad styres dette i stor grad av ventilasjonsmengde/hastighet, plassering av avtrekk/tilluft og badets geometri.

## 2.3 Termografering

Termografering blir ofte brukt i byggebransjen for å vurdere konstruksjoner og uten å åpne den. Det kan for eksempel brukes til å avdekke manglende isolasjon, kuldebroer eller luftlekkasjer. Termokameraet er sensitivt for infrarød stråling, altså elektromagnetisk stråling der bølgelengden er lenger enn vanlig synlig lys. Linsene i detektorene er laget av Germanium, som er et svært sjeldent grunnstoff som slipper gjennom den infrarøde strålingen, men ikke synlig lys (Grimnes, 2011).

Ved termografering vil termokameraet oppfatte både stråling fra selve objektet, refleksjoner fra omgivelser, og eventuell stråling som går gjennom objektet uten å påvirke objektets temperatur. Disse strålingskildene kommer fra henholdsvis emisjon, refleksjon og transmisjon. Objektet som termograferes emitterer stråling direkte, og denne stråling

er direkte knyttet til overflatetemperaturen av veggen. Den reflekterte strålingen kommer fra omgivelsene som reflekteres i objektet. Mengden reflektert stråling avhenger av objektets materiale og emissivitet, samt omgivelsenes temperatur. Transmisjon stammer fra stråling bak objektet som termograferes, og som går gjennom objektet uten å påvirke objektets temperatur. Denne strålingen er vanligvis svært liten sammenlignet med de øvrige. Grimnes (2011) illustrerer transmittert stråling godt ved å vise en person som holder en søppelsekk foran seg. Der fremkommer det tydelig at strålingen kommer gjennom søppelsekken, og at konturer av personen bak søppelsekken kan sees i termogrammet.

## 2.4 Ventilasjon

Ventilasjonsanlegg i boliger har som hovedformål å sikre en tilfredsstillende luftkvalitet for beboere, samt å begrense fuktinnholdet i inneluften til et nivå som ikke kan føre skade på konstruksjonen i form av f.eks. muggsopp eller råte. Ventilasjon kan samtidig bidra med regulering av inneluftens temperatur ved å styre grad av varmegjenvinning, og/eller tilført varme/kjøling vha. varmeelementer eller kjølebatterier.

Behov for luftmengde i boligen vil være avhengig av bruk og fukttilskudd, men det vil generelt være et behov for grunnventilasjon også når en bolig ikke er i bruk. Dette for å unngå dannelse av muggsopp, kondens og konsentrasjon av forurenset luft. Ved for dårlig ventilasjon, altså for lavt luftskifte, eller ved kortslutning mellom tilluft og avtrekk, vil man ofte få problemer med fuktighet. Dette skyldes at ulike fukttilskudd øker fuktigheten i innelufta, uten at ventilasjonsanlegget skifter ut den fuktige luften. Dette kan resultere i kondens på kalde flater og fuktinntrenging i konstruksjonen over tid. Dårlig ventilasjon i boliger kan i tillegg til fuktproblematikk også føre til uønsket lukt, helseplager samt økt risiko for utvikling av allergi og astma (SINTEF Byggforsk, 2016). Som diskutert i [Delkapittel 2.1.4](#), er våtrom og kjøkken rom som er spesielt utsatt for høy luftfuktighet grunnet fukttilskudd fra brukere og deres aktiviteter. Dette gjør at det er spesielt viktig med godt avtrekk i disse rommene. Et godt avtrekk sikrer undertrykk, hvilket gjør at luftstrømmen i boligen beveger seg til rommene med avtrekk, og ut av avtrekkene. Dette forhindrer at luft med høyt fuktinnhold spres fra fuktige rom til tilstøtende rom. Fukttilskuddet er også høyt på soverommene. Dette er fordi utånding fra personer også tilfører mye fukt til luften. Her er det også viktig med god frisk luft, og det er derfor krav om tilluft på soverom. Fukten fraktes ut gjennom overstrømningsventil (gjerne under døren), og ut til rom med avtrekk.

### 2.4.1 Krav til ventilasjon

Formålet med ventilasjon beskrives også gjennom kravet i Byggeteknisk forskrift (TEK17) (TEK17, 2017):

*§ 13-1. Generelle krav til ventilasjon*

*(1) Bygningen skal ha ventilasjon som sikrer tilfredsstillende luftkvalitet ved at:*

*a) ventilasjonen er tilpasset rommenes utforming, forutsatte bruk, forurensnings- og fuktbelastning*

*b) luftkvaliteten i bygningen er tilfredsstillende med hensyn til lukt*

*c) inneluften ikke inneholder forurensning i konsentrasjoner som kan gi helseskade eller irritasjon.*

Videre forteller forskriften at både bygning og ventilasjonsanlegg skal plasseres og utformes slik at tilluftens kvalitet sikres. Dette fordi inneluften i stor grad er påvirket av uteluftens kvalitet, og det stilles derfor krav til at uteluftens kvalitet skal hensyntas. Forskriften tar også for seg at "ventilasjonen skal være tilpasset forurensningsbelastning fra personer". Personer tilfører forurensning til luften i form av både gasser og fuktighet, og det vil derfor være nødvendig å dimensjonere ventilasjonsmengden avhengig av personbelastningen bygningen er beregnet for. Det presiseres også at luft ikke skal føres fra rom med lavere krav til rom med høyere krav til luftkvalitet, at luftinntak- og avkast skal plasseres på en slik måte at forurenset luft fra avkast ikke tilbakeføres til inntak, samt at omluft ikke skal benyttes dersom den forurenser rom hvor mennesker er til stede. Siste ledd i forskriften (7) forteller at produkter til byggverk skal gi lav, eller ingen forurensning til inneluften (TEK17, 2017).

I TEK17 (2017) § 13-2. *Ventilasjon i boligbygning*, fremkommer det ytterligere 4 krav til ventilasjon i bolig. Disse innebærer i korte trekk krav om:

- Gjennomsnittlig tilførsel av friskluft på  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  i rom som er i bruk
- At soverom skal tilføres friskluft på minimum  $26 \text{ m}^3/\text{h}$  per sengeplass
- Gjennomsnittlig tilførsel av friskluft på  $0,7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  i rom som ikke er i bruk
- At rom som kjøkken, toalett og våtrom skal ha tilfredsstillende effektivitet

I veiledningen til siste ledd fremkommer det også preakseptert ytelse på hva tilfredsstillende effektivitet betyr. Denne kommer i form av anbefalte avtrekksmengder på bad, kjøkken, vaskerom og toalett. I tillegg til grunnavtrekk, viser også veilederen forsert avtrekk på baderom og kjøkken. Dette er et ekstra avtrekk, eller en økning i avtrekks-



mengde som kan styres enten vha. manuell bryter, eller via automatikk og sensorer for CO<sub>2</sub>-innhold, relativ luftfuktighet eller bevegelse. Tanken med dette er at det på badetrom og kjøkken gjerne genereres ekstra fukt og/eller matos i korte perioder som ved forsering kan fjernes raskere fra inneluften. Anbefalingene fra VTEK17 er oppsummert i [Tabell 2.2](#).

Som nevnt innledende til denne oppgaven, er det stor variasjon i de nordiske landenes krav og anbefalinger til ventilasjon. Arne Pihl Bordi (2020) har i regi av Norconsult kartlagt regelverk og anbefalinger i de nordiske landene, og oversatt dette til norsk samt omregnet til enheter benyttet i den norske forskriften ( $m^3/h$ ). [Tabell 2.2](#) er utarbeidet etter deres arbeid, og oppsummerer de nordiske landenes krav og anbefalinger til avtrekk- og tilluftsmengder. Total luftveksling i bolig er hjemlet i forskrift for samtlige land, de øvrige verdiene er hjemlet i veiledning til forskrift, med unntak av de svenske verdiene som er hentet fra bransjeveiledning basert på tidligere veiledning i forskrift (Arne Pihl Bordi, 2020).

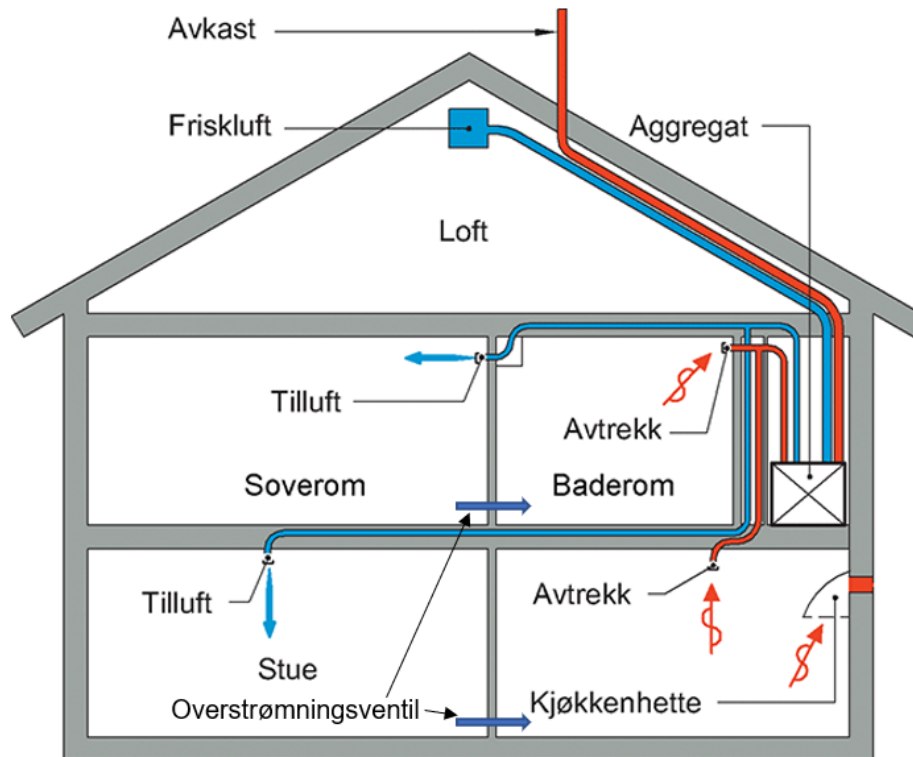
**Tabell 2.2:** Krav og anbefalinger til avtrekk og tilluft i nordiske land - fra Arne Pihl Bordi (2020)

	Norge	Sverige	Danmark	Finland
Total luftveksling i bolig [ $m^3/h/m^2$ ]	1,2	1,26	1,08	1,26
Bad - grunnavtrekk [ $m^3/h$ ]	54	54	-	36
Bad - forsert [ $m^3/h$ ]	108	-	54	36 + 30%
Toalett - grunnavtrekk [ $m^3/h$ ]	36	36	36	25
Toalett - forsert [ $m^3/h$ ]	36	-	-	25 + 30%
Vaskerom - grunnavtrekk [ $m^3/h$ ]	36	36	36	29
Vaskerom - forsert [ $m^3/h$ ]	72	-	-	29 + 30%
Kjøkken - grunnavtrekk [ $m^3/h$ ]	36	36	-	29
Kjøkken - forsert [ $m^3/h$ ]	108	140	72	90

### 2.4.2 Balansert ventilasjon

Balansert ventilasjon er den vanligste formen for ventilasjon i dag. Ved slik ventilasjon benyttes vifter til å fordele avtrekk og tilluft i boligen, der summen av avtrekk- og tilluft skal være likt. Et slikt system der man har kontroll på avtrekk og tilluft tillater en enkel bruk av varmegjenvinning som vil føre til energibesparelser. Tilluften hentes fra inntak i fasade og føres (ofte) via varmegjenvinner før den fordeles ut i oppholdsrom vha. kanaler og ut gjennom ventiler. Prinsippet med varmegjenvinneren er at energi i form av restvarme fra avtrekksluften skal kunne varme opp den nye tilluften i vinterhalvåret. Dersom man skal følge preakseptert løsning for krav til energieffektivitet (§ 14-2 TEK17), skal en varmegjenvinner minimum ha en årsgjennomsnittlig temperaturvirk-

ningsgrad på 80% (TEK17, 2017). Tilluftsventiler plasseres ofte på soverom og i stuer eller andre rom ment for varig opphold. Avtrekket i ventilasjonsanlegg henter ut brukt luft via avtrekksventiler som føres via tilsvarende kanaler, og gjennom varmegjenvinner før det føres ut av bygningen via avkastet. **Figur 2.5** viser virkemåten til et balansert ventilasjonssystem. Her vises også overstrømningsventiler. Dette er ventiler som sikrer gjennomstrømning av luft mellom rom med avtrekk og tilluft. Ofte er dette sprekker under dørene mellom rommene.



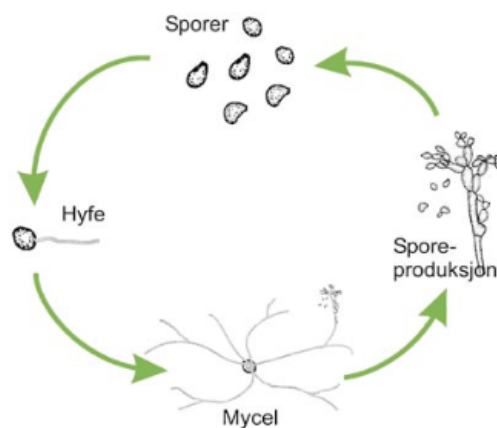
**Figur 2.5:** Prinsippkisse av luftbevegelse i en bolig med balansert ventilasjon - figur fra SINTEF Byggforsk (2015) (modifisert med påtegnede overstrømningsventiler)

Eldre boliger har ofte ikke installert ventilasjonsanlegg, og belager seg derfor på naturlig ventilasjon (ventilasjon gjennom luftlekkasjer, manuell lufting eller lufteluker), mekanisk avtrekksventilasjon (vifter i ventiler for avtrekk), eller en kombinasjon av disse.

## 2.5 Muggsopp

Muggsopp er uønsket i bygg, men kan være en utfordring i fuktige rom. Becher mfl. (2017) undersøkte over 10.000 norske hjem, og oppdaget at 31% av disse var preget av fukt og/eller muggskader, der bad var et av rommene som var mest utsatt. Mugg på bad er et tydelig tegn på dårlig ventilasjon, og kan derfor ansees som å være en synlig faktor på om ventilasjonen på badet er tilstrekkelig eller ikke.

I dette kapitlet vil *Muggsopp i bygninger* (Mattsson, 2004) i stor grad benyttes som teorigrunnlag. I denne boken defineres muggsopp som en "Meget stor, heterogen gruppe av ulike hurtigvoksende sopper..." (Mattsson, 2004). Videre forteller den at muggsoppen kan produsere store mengder soppsporer, og at soppen gjerne gir misfarging, luktproblemer og helseproblemer. Muggsoppsporer finnes over hele kloden, både på flater og i luften, og det er disse sporene som sprer muggsoppen til områder den kan utvikle seg til muggsopp. Dette skjer ved at sporer først spirer og utvikler seg til det som kalles hyfer, der det samles hyfer tett kalles en mycel, eller det vi kjenner som mugg. Det er her det videre produseres flere sporer som spres, og syklusen starter på nytt. Denne syklusen illustreres i Figur 2.6.



**Figur 2.6:** Livssyklus for mugg - figur fra SINTEF Byggforsk og Mycoteam (2005)

Muggsopp, som mange andre vekster og mikroorganismer krever en rekke vilkår og forhold for å vokse. Dette innebærer kort fortalt riktig næring, gunstig temperatur, og nok vann/fuktighet. Når disse tre forutsetningene er til stede over tid, vil muggsopp ha gunstige betingelser til å etablere seg (se Figur 2.7). De ulike muggsoppartene krever/ønsker ulike temperaturer, næring og fuktinnhold, og desto gunstigere forhold, desto raskere utvikler den seg.

## 2.5.1 Vekstvilkår

### Fuktighet

I følge Mattsson (2004) er det stor variasjon i hvilke relative luftfuktigheter det er fare for muggvekst. Dette skyldes ulike egenskaper og vekstvilkår for ulike arter. Det vises til at det finnes muggsopp som kan vokse i så lav RF som 61% (*Xeromyces bisporus*), men at det krever spesielt lett tilgjengelig næring, der vanlige bygningsmaterialer ikke er godt nok. Det finnes dog arter som klarer seg i bygninger med en RF på ca. 70%. Det er likevel sjeldent at dette forekommer uten at det har vært høyere fuktbelastning i deler av vekstutviklingen. Mattsson (2004) konkluderer med at det ved RF under 75% i praksis ikke er risiko for muggsoppvekst. Videre risiko vises i [Tabell 2.3](#).

**Tabell 2.3:** Risiko for vekst av muggsopp - tabelldata etter Mattsson (2004)

Relativ fuktighet [%]	Risiko for vekst av muggsopp
Under 75%	Ingen risiko
75% - 85%	Liten risiko
85% - 95%	Middels risiko
Over 95%	Høy risiko

### Næring

De fleste muggsopparter lever av dødt organisk materiale, noe det gjerne finnes mye av i konstruksjoner. I følge Mattsson (2004) er det ved flere laboratorie- og feltforsøk bevist at muggvekst kan forekomme på de aller fleste byggematerialer. I tillegg kan muggsoppen vokse på skitt og smuss som fester seg på overflater, da dette kan inneholde mye næring. Det vil si at det i praksis kan vokse mugg nesten hvor som helst i en bygning/konstruksjon så lenge de andre vekstvilkårene er gode. Det er dog verdt å merke seg at muggsopp i utgangspunktet er mest tilpasningsdyktig mot cellulosebaserte materialer, hvilket betyr at treverk, patemateriell av tre, samt papp/papir-produkter som papiret på gips og tapet er høyt utsatt.

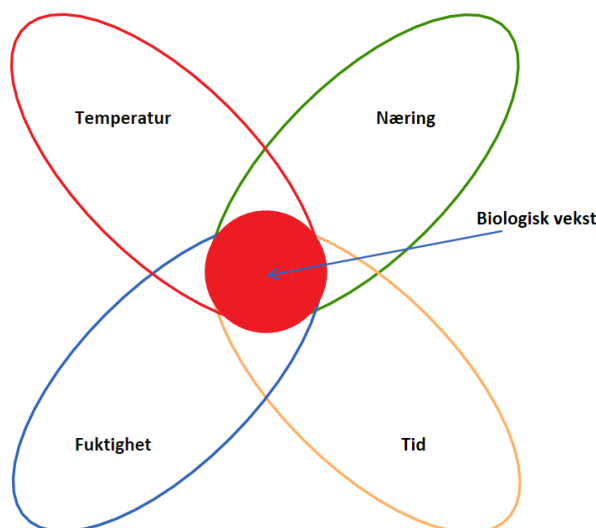
### Temperatur

I tillegg til næring og fuktighet, vil også ulike muggsopparter være avhengig av ulike temperaturer for å gro. Enkelte arter kan gro ved så lave temperaturer som  $-10^{\circ}\text{C}$ , men de aller fleste krever noen plussgrader, og har optimale vekstforhold mellom  $25^{\circ}\text{C}$ – $30^{\circ}\text{C}$ , som er den gruppen som kalles *mesofile* arter. I en undersøkelse gjort av 3195 elever i regi av Norges Forskningsråd, ble temperaturer i elevenes bad målt morgen og kveld. Denne viste at det i gjennomsnitt var en temperatur på  $23,0^{\circ}\text{C}$ – $23,3^{\circ}\text{C}$  i baderommene

(Hallén og Thorsheim, 2012). Altså har vi normalt sett en temperatur på badene våre tett opp i mot svært mange muggsopparters optimale veksttemperatur.

## Tid

I følge Mattsson (2004), kan flere muggsopparter oppnå en livsyklus (som sett i Figur 2.6) i løpet av ca. et døgn, men at det i praksis stort sett vil gå noen uker med gunstige forhold før ordentlig spiring og vekst oppstår. Videre vises det til laboratorieforsk, og erfaringer fra vannskader som tilsier at det ved høy RF (>95%) er en klar risiko for muggvekst etter 2-3 uker. For lavere RF (85% til 90%) viser hans erfaring at det vil ta bortimot 5-8 uker. Både vedvarende og varierende høy RF som beskrevet ovenfor vil kunne føre til muggvekst (SINTEF Byggforsk og Mycoteam, 2005).



**Figur 2.7:** Vekstvilkår for muggsopp (inspirert av Mattsson (2004))

Mattsson (2004) viser videre til at det han kaller *smittepresset* er en viktig faktor for etableringshastigheten til mugg. Med dette menes det hvor stor tilstedeværelse av sporer som finnes i materialet eller luften. Dersom sporer allerede eksisterer i materiale/overflatene kan muggveksten starte umiddelbart, gitt at andre vekstvilkår er oppfylt (se Figur 2.7). Når nye sporer tilføres fra luften vil risiko og hastighet øke. Om sommeren vil det være både høyere risiko og hastighet på utvikling enn på vinteren. Dette er på grunn av at det om sommeren er mye mer muggsopp sporer i luften enn det er om vinteren.

Med de ovennevnte grenseverdiene for tid, temperatur, fuktighet og næring vil det være mulig å gjøre et enkelt overslag om risiko for muggvekst dersom alle faktorer holdes konstante. Virkeligheten er dog at de fleste faktorene vil variere over tid, og vi må se på effekten av transiente vekstvilkår for å få et godt bilde på hvordan muggvekst vil utvikle seg på sikt. Dersom man skal ta hensyn til dette, vil man være avhengig av mer

avanserte beregningsmodeller og simuleringer basert på empiri fra tidligere forskning. Slike metoder presenteres i [Delkapittel 2.5.2](#).

## 2.5.2 Beregning av sannsynlighet for muggvekst

Å beregne sannsynlighet for muggvekst er en kompleks operasjon, da det avhenger sterkt av tilstedeværelsen av de 4 vekstvilkårene, og hvor gode disse vilkårene er. Det er tidligere utviklet flere metoder for å beregne en sannsynlighet for muggvekst, men det er ikke en konsensus om hvilken metode som er best egnet. De tre mest kjente muggvekstprediksjonsmodellene gjennom tiden er trolig *time of wetness* (Adan, 1994), *VTT-modellen* (Hukka og Viitanen, 1999) og *Biohygrotermisk med isopletter* (Sedlbauer, 2001).

### Time of wetness

Adan (1994) foreslår å benytte TOW (time of wetness) til å gi en forenklet beskrivelse av transient fuktbelastning ved undersøkelser av muggdannelse. TOW angis som en andel timer over en gitt RF (f.eks. 80%) mot total antall timer for en syklus av høyere/lavere RF. Tanken er at ved bruk av empiriske forsøk, skal man kunne sette en tenkt grense for forholdet mellom timer over RF-grensen og timer under RF-grensen. Sedlbauer (2001) støtter teorien om TOW, men påpeker at det vil være vanskelig å estimere muggvekst-risiko for ulike nivåer av RF, eller for svært raske endringer i RF (slik man gjerne har på bad).

### Sedlbauers metoder

Sedlbauer (2001) foreslår heller en å bruke isopletter til å visualisere muggvekstprediksjon. Her benyttes spredningsplot i et aksesystem bestående av temperatur og relativ fuktighet, samt grenseverdier (LIM-curves) for relativ fuktighet. Målepunkter over grensene (LIM-curves) ansees som tider med gode muggvekstvilkår (Sedlbauer, 2001). I tillegg foreslår Sedlbauer en biohygrotermisk modell som i større grad hensyntar sopp-sporens utvikling over tid, og større avhengighet av næring i sporer eller substratet det vokser i (Sedlbauer, 2001). Metoden er bakt inn i WUFI Bio, og ansees av mange som et godt verktøy for muggprediksjon, men at metoden i stor grad avhenger av kostbar programvare kan i flere tilfeller være en utfordring.

### VTT-modellen

Hukka og Viitanen (1999) har også utarbeidet en anerkjent metode for muggvekstprediksjon som i senere tid er utprøvd og verifisert i flere forskningsrapporter av blant annet av Ojanen mfl. (2010), Gradeci mfl. (2018), og han selv (Viitanen mfl., 2015). Modellen er også ofte kjent som *Mould Growth Index (MGI)*. Modellen kan gjøre beregninger i

korte tidssteg, og tar hensyn til både gunstige og ugunstige muggvekstvilkår. Resultatet av beregningen gir en tallfestet verdi for MGI mellom 0 og 6, der 0 er ingen vekst og 6 er synlig vekst med 100% dekning. Utfordringen med VTT-modellen/MGI-modellen er at også denne er innbakt i relativt kostbar programvare.

### PJ-modellen (MOGLI 1.0)

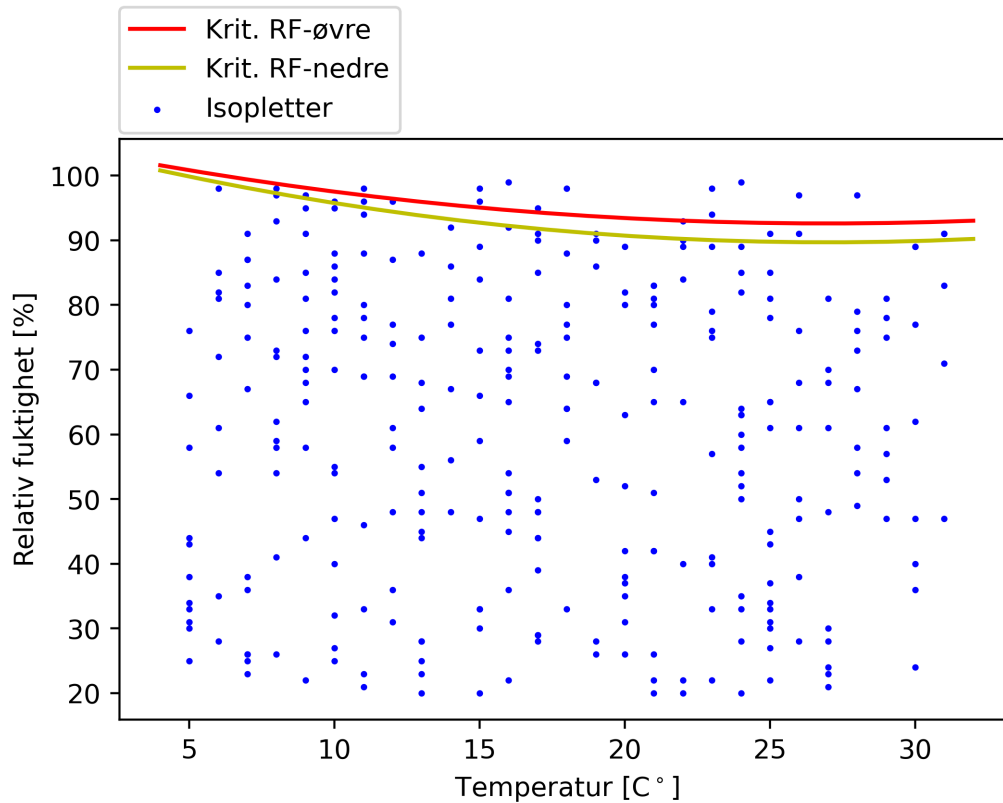
PJ-modellen, senere omtalt som MOGLI 1.0, er en muggprediksjonsmodell utviklet med Pernilla Johansson i spissen. Metoden har gjennom flere publikasjoner (Johansson (2012), Johansson og Svensson (2020), Johansson, Lång og Capener (2021)) vist seg som en nøyaktig, men likevel enkel måte å fremstille muggvekstrisiko på. Metoden ligner metoden utarbeidet av Sedlbauer (2001), men har i større grad dokumentert likninger for grensekurver, istedet for å bake disse inn i programvare. Metoden produserer en svært visuell fremstilling av muggvekstrisiko, der målinger fremstilles i et spredningsplott basert på RF og temperatur, også kalt isopleter. I tillegg legges det inn 2 kurver for kritiske RF-verdier, som en funksjon av temperaturen. Punkter over disse kurvene antyder at det ved måletidspunktet er forhold for muggvekst. Den ene kurven (Krit. RF-nedre) viser grenseverdi for mulig muggvekst, mens den andre kurven (krit. RF-øvre) viser grenseverdi for svært gode muggvekstvilkår. Kurvene kan etter Johansson og Svensson (2020) beskrives vha. [Ligning 2.10](#). Eksempel på hvordan analysen fremkommer rent visuelt illustreres i [Figur 2.8](#). Der kan 20 isopleter over nedre kritiske linje observeres, hvor 11 av de er over den øvre kritiske linjen. Det vil si at det for [Figur 2.8](#) er 20 målinger med mulige muggvekstvilkår, og 11 målinger med svært gunstige vilkår. Dersom målinger foregår hvert minutt, vil det bety hhv. 20 minutter og 11 minutter gjennom måleperioden. Data til illustrasjonen er tilfeldig generert, og ikke relevant for resultater i denne oppgaven.

$$RF_{krit} = 105 + c(t^2 - 54 \cdot t) \quad (2.10)$$

der

$c$  er materialkonstant, basert på [Tabell 2.4](#)

$t$  er temperaturen i °C



**Figur 2.8:** Eksempel på isoplettplot etter MOGLI 1.0. Data er tilfeldig generert.

Ulike materialer skal ifølge (Johansson og Svensson, 2020) testes på laboratorie for å avgjøre hvilken materialklasse som skal benyttes. Det er dog i (Johansson, Lång og Capener, 2021) dokumentert et utvalg typiske materialer for de noen av materialklassene. Disse representeres også i [Tabell 2.4](#).

**Tabell 2.4:** Materialkonstanter  $c$  - etter (Johansson og Svensson, 2020)

Klasse	Materialeksempel	$c_{nedre}$	$c_{øvre}$
Klasse A	Kryssfinèr	0.043	0.036
Klasse B	Sponplater/MDF	0.036	0.028
Klasse C	Furu og gran	0.028	0.021
Klasse D	Gipsplater	0.021	0.014
Klasse E	-	0.014	-

### 2.5.3 Konsekvenser av muggvekst

Det kan sies at det er en felles konsensus om at muggvekst ikke er ønskelig i bygg. Det er gjennom flere studier bevist sammenheng mellom vannskader og muggvekst, og helseplager. Helseplagene som opplevs er i stor grad problemer med luftvei i form av hoste, pustebesvær, bronkitt, og andre allergiske reaksjoner Folkehelseinstituttet (2018) og Helsenorger (2019). Allergikere, astmatikere og barn ser ut til å være ekstra utsatte



for symptomene. Allergisk reaksjon på muggsopp kan også forekomme i følge Mattsson (2004). En slik reaksjon vil kunne likne pollen- eller husdyrallergi ved lav eksponering, men kan utvikles til en overfølsomhet ved langvarig eksponering. Allergisk alveolitt kan også forekomme ved kraftig eksponering, hvilket kan lede til kraftige reaksjoner med influensasymptomer. Da flere muggsopparter kan vokse i kroppstemperaturer, vil det også kunne etableres muggvekst i lunger for personer med svakt immunforsvar. Siden antibiotika også er svært ineffektivt mot muggsopp, kan en slik tilstand være kritisk (Mattsson, 2004).

I tillegg til helserisiko med muggsopp, vil man typisk oppleve misfarging på materialer som muggen vokser på, samt en uønsket lukt. Misfargingen kan være vanskelig å få bort selv etter muggsoppen er fjernet, og den typiske mugglukten er sjeldent en faktor som fremmer opplevd inneklime. Videre kan mycellene fra muggsoppen være et næringsgrunnlag for flere mikroorganismer, som vil kunne være en ytterligere helserisiko samt skaderisiko for bygningskonstruksjonen (Sedlbauer, 2001).

Både folkehelseinstituttet og World Health Organization er klare på at muggvekst innendørs bør unngås (Folkehelseinstituttet (2018) og World Health Organization (2009)).



## 3. Metode

I dette kapitlet beskrives metoden utarbeidet for å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Metoden innebærer både konstruerte forsøk i felt som beskrevet i [Kapittel 3.3](#), og feltmålinger i bebodde leiligheter som beskrevet i [Kapittel 3.4](#). Videre vil resultatene fra både feltmålinger og konstruerte forsøk benyttes til å vurdere forholdene for muggvekst etter PJ-modellen beskrevet i [Delkapittel 2.5.2](#).

### 3.1 Forberedelser

Forberedelsene til forsøkene bestod av kontroll, kalibrering og testing av måleutstyr, samt planlegging for personvern og samtykke ved måleobjekter.

#### 3.1.1 Måleutstyr og kalibrering

##### Temperatur- og RF-loggere

Av temperatur- og RF-loggere ble det benyttet 5 stk TinyTag Ultra 2 -TGU-4500 ([Figur 3.1a](#)) og 9 stk EasyLog USB2 ([Figur 3.1b](#)). Loggerene ble satt opp vha. programvarene EasyLog USB og TinyTag Explorer på en ekstern datamaskin. De samme programmene ble benyttet til å stoppe logger og hente ut data fra målinger i .txt-filer. EasyLog kan ifølge produsenten lagre inntil 16382 loggninger av både RF og temperatur, mens TinyTag kan lagre inntil 32000 målinger. I det aktuelle måleområdet (ca. 20-28°C), er EasyLog sin oppgitte nøyaktighet på  $\pm 2,25\%$  RF og  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , mens nøyaktigheten for TinyTag er oppgitt til  $\pm 3\%$  RF og  $\pm 0,45^{\circ}\text{C}$ . Til tross for noe bedre nøyaktighet hos EasyLog sammenlignet med TinyTag, er oppløsningen i målingene høyere hos TinyTag (0,03 % RF og 0,01°C) enn for EasyLog (0,5 %RF og 0,5 °C).

**Figur 3.1:** RF- og temperaturmålere



(a) TinyTag - foto: Jonas Johnstad



(b) EasyLog EL-USB-2+ - foto: Jonas Johnstad

5 stk EasyLog USB2 er nye og kalibrert fra fabrikk, mens 4 ble kalibrert våren 2021 av en tidligere masterstudent og NMBU. Samtlige TinyTags ble kalibrert av SINTEF før forsøkene startet. I tillegg ble alle temperatur- og RF-loggere kontrollert av studenten selv i ulike omgivelser mot hverandre, samt mot en nylig kalibrert Rotronic CP-11 før oppstart av forsøk og målinger. Kontrollen ble utført ved å sette alt måleutstyr til 1 minutt oppløsning, og utsette utstyret for ulike temperaturer og RF (ute, på bad ved dusjing, på kontorplass og i stue/kjøkken), før målte verdier ble sammenlignet. Resultatet av kontrollen viste et avvik på maksimalt 2% RF, og 0,5°C for en logger (logger 3 benyttet i bad B) fra Rotronic CP-11. De øvrige loggerne viste et avvik på inntil 1% RF fra hverandre, og i stor grad 0,0 °C (med unntak av noe ulik responstid på temperaturendring der temperatur til tider er 0,5 °C mellom ytterpunkter). Produsentenes nøyaktighet er oppgitt i RF og temperatur, mens det for denne oppgaven benyttes absolutt fuktighet. Omregning av målesikkerhet i RF og temperatur til absolutt fuktighet ble derfor gjort vha. likning [Ligning 2.6](#) og [Ligning 2.7](#). Det ble tatt utgangspunkt i 70% RF og 20 °C, der målesikkerheten ble lagt til. Omregningen ble gjort for produsentenes oppgitte målesikkerhet, samt for studentens observasjoner av måledifferanser mellom loggerne. Resultatene av målesikkerhet i  $gram/m^3$  ved ulike differanser av RF og temperatur oppsummeres i [Tabell 3.1](#).

**Tabell 3.1:** Målesikkerhet - temperatur og RF-loggere

Forskjell temp. [°C]	Forskjell RF [%]	Forskjell absolutt fuktighet [ $g/m^3$ ]
0	0,5	0,19
0,5	1	0,60
0,3	2,25	0,68
0,5	2	0,80
0,45	3	0,95

### Luftmengdemåler

For måling av avtrekksmengde ble måletrakten Swemaflow 125D benyttet ([Figur 3.2](#)). Enheten benytter varmetråder og temperaturfallet mellom disse til å gi en relativt presis indikasjon på luftstrømmen gjennom trakten. Luftstrømmen vises direkte i displayet ved måling, og avlest verdi ble benyttet til justering av avtrekksventil inntil korrekt luftmengde ble oppnådd. Produsenten oppgir en målesikkerhet på  $\pm 3,5\%$ . Dvs. at ved  $36 m^3/h$  og  $72 m^3/h$  er målesikkerheten henholdsvis på opptil  $\pm 1,26 m^3/h$  og  $\pm 2,52 m^3/h$ . Enheten kalibreres jevnlig av SINTEF, og ble sist kalibrert 20.10.21.



**Figur 3.2:** Swemaflow 125D - Foto: produsentens manual

### Trykkmåler

For måling av trykkforskjell mellom badetrom og tilsøtende rom ble et manometer benyttet; Swema 3000MD (Figur 3.3). Enheten har en oppgitt målenøyaktighet på  $\pm 0,3\%$  for måling av differensialtrykk. Målinger avleses direkte i display.



**Figur 3.3:** SWEMA 3000MD - Foto: Jonas Johnstad

### Termoelement

For måling av overflatetemperatur ble et termoelement med to kanaler fra KIMO (KTT 220-N) benyttet (Figur 3.4). Oppsett av logger, samt innhenting av data etter forsøk ble gjort via dataprogrammet Kilog Lite 2015. KIMO KTT 220-N har en oppgitt oppløsning på  $0,1^{\circ}\text{C}$  og en målenøyaktighet på  $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$  for temperaturer mellom  $0^{\circ}\text{C}$  og  $1300^{\circ}\text{C}$ .



**Figur 3.4:** KIMO KTT220-N - Foto: Jonas Johnstad

## Vekt

For veiing av håndklær og treklosser ble vekten Wilfa WSS-2 benyttet. Vekten har i følge produsenten både en oppløsning og nøyaktighet på 0,1 gram. Vekten ble kontrollert av SINTEF mot kalibrerte laboratorievekter, og viste en faktisk nøyaktighet på rundt 1,0 gram.

## Termisk kamera

Til termografering ble et Infray P200 håndholdt termografikamera benyttet. Kameraet har i følge produsenten en infrarød oppløsning på 256x192 piksler, og en nøyaktighet på den største verdien av  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  og  $\pm 2\%$ . Kameraet har time-lapse-funksjon, som er en funksjon for automatisk fotografering ved gitte intervaller. Kameraet er montert på et enkelt kamerastativ.

## Røykmaskin

Til visuell deteksjon av luftstrøm på badene ble røykmaskinen Redshow FOG-15 benyttet. Maskinen kan ifølge produsenten produsere  $60\text{ m}^3$  fin røyk per minutt, og drives av et 400W varmeelement.

### 3.1.2 Innledende forsøk

Innledende forsøk ble tidlig iverksatt i studentens egen bopel for å bli kjent med måleutstyr samt bearbeiding av rådata fra måleutstyr. I tillegg ble det gjort innledende forsøk på simulering/muggvekstprediksjon på ulike måter som beskrevet i [Delkapittel 2.5.2](#). De innledende forsøkene ga god kunnskap om måleutstyret, samt kunnskap om hvilke metoder for muggvekstprediksjon som kunne benyttes på en tids- og kostnadseffektiv metode uten betalte lisenser for programvare.

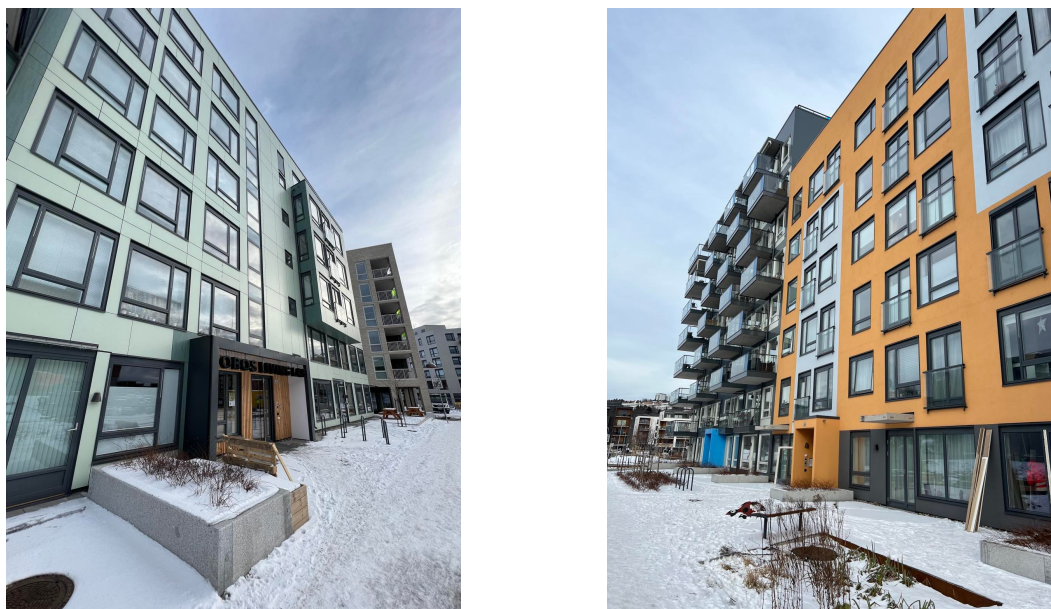
### 3.1.3 Samtykke og personvern

I arbeidet ble det innhentet data i form av temperatur og RF over tid i både ubebodde (konstruerte forsøk) og i bebodde (feltmålinger) badrom. I de tilfellene det ble målt i bebodde leiligheter var personvern et viktig tema. Norsk senter for forskningsdata (NSD) er et organ det i mange tilfeller skal meldes- og søkes til når det skal innsamles data til forskning. Studenten var tidlig i kontakt med NSD angående prosjektet. Da prosjektet ikke behandler og publiserer data som kan identifisere en person, ble det i samråd med NSD avklart at det ikke var behov for å melde prosjektet til dem. Det ble dog utarbeidet en samtykkeerklæring med informasjon om prosjektet, formålet samt hva og hvordan innsamlet data ville benyttes. Samtykkeerklæringene ble signert av samtlige beboere og faste brukere av måleobjektene. Samtykkeerklæringen finnes i usignert form som [Tillegg B](#). Signerte erklæringer oppbevares i originalform privat hos studenten.

## 3.2 Måleobjekter

I oppgaven ble både konstruerte forsøk i felt ([seksjon 3.3](#)) og målinger fra bebodde leiligheter ([seksjon 3.4](#)) benyttet for å bistå besvarelse av problemstilling og forsknings-spørsmål. Måleobjektene vil i denne delen presenteres.

### 3.2.1 Konstruerte feltforsøk - OBOS Living Lab



**Figur 3.5:** OBOS Living Lab - Foto: Jonas Johnstad

OBOS Living Lab er et *boliglaboratorium* med totalt 34 boenheter som befinner seg på Vollebekk i Oslo. Hensikten med boligene er å "*utforske ulike bokonsepter og teknologiske løsninger, for å finne ut hvordan vi skal bo best mulig i framtiden*" (OBOS, 2022). Boligene

ble ferdigstilt i 2021, og de første beboerne flyttet inn høsten 2021. Bygget består av flere ulike boformer, alt fra vanlige små leiligheter til større bofellesskap og delte leiligheter. Det var under måleperioden en delt leilighet ledig som ble benyttet for de konstruerte feltforsøkene. Leiligheten består av 2 fleksible boenheter, som ved ønske kan adskilles eller åpnes vha. en foldevegg. **Figur 3.6** viser plantegningene for leiligheten. Foldeveggen (markert med stiplet linje), ble holdt åpen gjennom hele forsøksperioden for å få mest mulig like forhold på tilluft inn på badene.



**Figur 3.6:** Plantegning - OBOS Living Lab - tegning fra OBOS sin leilighetsoversikt (OBOS, 2022)

Leilighetene hadde balansert ventilasjon vha. fellesaggregat lokalisert på taket. Anlegget benyttet seg av en kryssvarmeveksler, og hadde en satt tilluftstemperatur på 19 °C. I tillegg var samtlige gulv oppvarmet av vannbåren varme, med unntak av badene der det ble benyttet elektriske varmekabler. Det var også varmekabler i dusjonen på badene. Det benyttet et konstant grunnavtrekk på baderommene og i kjøkkenområdet. I tillegg kan luften forseres med avtrekkshetter over komfyr i kjøkkendelen. Tilluftsventiler er plassert i stue- og sovedel. Overstrømningsventiler for tilluft inn på badene var i form av en sprekk under hver av baderomsdørene.

Begge badene hadde fliser på gulv og to vegger. Bad B hadde malt gips på de to resterende veggene, mens bad A hadde en vegg med malt gips, og en vegg med ubehandlet betong. I taket var det benyttet en nedsenket spilehimling. Avtrekksventilen på badene



var plassert i himlingen nære dusjsonen. Badene var utstyrt med en dusj med glassvegg, men uten dør. I tillegg hadde badene toalett, servant med speil, samt en håndkleholder. Se ellers [Figur 3.11](#) for geometri og møblering av badet, samt [Figur 3.10a](#) og [Figur 3.10b](#) for et oversiktsbilde av innsiden av baderommene.

### 3.2.2 Feltmålinger - SIÅS, Pomona



**Figur 3.7:** Pomona - foto fra SIÅS sin boligvelger (Studentsamskipnaden i Ås, 2022)

SIÅS (Studentsamskipnaden i Ås) tilbyr flere ulike boformer rundt campus på NMBU i Ås av ulik standard og byggemåter. Pomona ([Figur 3.7](#)) et område bestående av 10 frittstående bygg med 4 kollektiv i hvert bygg, og hvert kollektiv bestående av 4 soverom (totalt 16 soverom pr. bygg). Byggene ble ferdigstilt i høsten 2008. Hvert kollektiv har eget balansert ventilasjonssystem, med aggregat av typen Flexit SL 4. Kollektivene har grunnavtrekk på hvert bad og på kjøkken, samt tilluft på hvert soverom og i stue. I tillegg har studentene mulighet til å forsere ventilasjonen vha. kjøkkenhette. De kan også selv justere aggregatet opp et nivå (forsering). Badets målte avtrekksmengde ble ikke påvirket av at studentene skrudde på kjøkkenhette, men tilluftsvolum økte i stuen. Ved justering av aggregatet opp et nivå økte avtrekksmengden på badet, men kun grunninnstillingen ble benyttet under måleperioden.

Badene var på omtrent  $3,4m^2$  og  $2,5m^2$ , og hadde en himlingshøyde på 220cm. Badene var flislagt på både gulv og vegger, og hadde malt gipshimling. Badene var ellers utstyrt med en enkel dusjvegg og forheng, toalett, servant med speilmøbel og lampe, samt en vegghengt hylle. Badene hadde termostatstyrte elektriske varmekabler. Badene ble ikke fotografert mht. personvern. Møblering og plassering av avtrekk fremkommer i [Figur 3.12](#). Overstrømningsventiler med tilluft var plassert under dørene.

### 3.3 Gjennomføring av konstruerte feltforsøk

For å besvare forskningsspørsmålene, ble det utarbeidet en serie forsøk med ulike parametere som ble utført i OBOS Living Lab. Kort beskrevet, innebar forsøkene simulering av en dusjsekvens, med måling av RF og temperatur ved flere posisjoner over 23-timers intervaller. I tillegg ble håndklær fuktet for å simulere tørking av en kropp, som ble hengt til tørk inne i baderommet. Det ble også utplassert vannmettede treklosser for å vurdere effekten av forsøksparameterene på uttørking av trematerialet. I tillegg ble enkelte dusjsekvenser og uttørking-sekvenser termografert med time-lapse for å vurdere uttørking av fritt vann i dusjsonen. Nærmere beskrivelse av fremgangsmåte for forsøk presenteres videre i dette kapitlet.

#### 3.3.1 Forberedelser til konstruerte feltforsøk

Før igangsetting av de konstruerte forsøkene ble det gjort 3 forberedende forsøk i de aktuelle badene:

1. Forsøk med røykgenerator for å observere luftstrøm i rommet, og eventuelt avdekke kortslutning eller områder med lavt luftskifte.
2. Opptørking av fritt vann etter en dusjsekvens.
3. Målinger av trykkforskjeller mellom bad og tilstøtende rom.

I tillegg til disse innledende forsøkene ble treklosser klargjort til forsøk, det ble lagt en plan for forsøksoppsett, samt utarbeidet sjekklister for prosedyre av hvert enkelt forsøk. De innledende forsøkene og disse forberedelsene gjennomgås nedenfor.

#### Forsøk med røykgenerator

Røykgeneratoren ble plassert på utsiden av baderomsdøren, og fjernkontrollen til røykgeneratoren ble medbrakt inn på badet. Luftstrømmen fra overstrømningsventilen ble deretter observert vha. røyk i luften fra det tilstøtende rommet. Røykgenerering og observasjoner ble gjort i begge badene, og med 3 ulike avtrekksmengder ( $36m^3/h$ ,  $54m^3/h$  og  $72m^3/h$ ). Resultatene fra disse forsøkene danner grunnlag for plassering av måleutstyr, som gjennomgås nærmere senere i dette kapitlet. [Figur 3.8](#) viser forsøk med røykgenerator. Kontrast og skygger er redigert i etterkant for å vise røyk tydeligere.



(a) Røyk fra tilluft - Bad A

(b) Røykfordeling langs gulv - Bad A

**Figur 3.8:** Forsøk med røykgenerator - Foto: Jonas Johnstad

### Opptørking av fritt vann i dusjsone

For å vite hvor mye fritt vann som må fordampes og trekkes ut av ventilasjonsanlegg etter en dusjsekvens, ble det gjort et innledende forsøk med opptørking av vann. Forsøket følger en standard dusjsekvens (beskrevet i [Delkapittel 3.3.2](#)), men alt fritt vann ble umiddelbart etter endt dusj tørket med mikrofiberhåndklær. Håndklædene ble veid før, og etter opptørking for å kartlegge mengden fritt vann etter en dusjsekvens. Dusjsekvens og opptørking ble gjennomført i både bad A og bad B.

### Opptørking av vann fra kropp

For å finne et mål på fukttilskudd fra tørkende håndklær på bad, ble det utført enkle forsøk av studenten og hans samboer. Håndklær ble veid før og etter tørking av kropp etter en dusj. Forsøket ble gjennomført totalt 10 ganger fordelt på 2 personer. Resultatet dannet grunnlaget for mengden vann som ble sprayet på håndklær under de kommende forsøkene.

### Måling av trykkforskjell

Ved hjelp av manometer (SWEMA 3000MD) ble trykkforskjellen mellom bad og tilstøtende rom målt for både bad A og bad B ved de ulike luftmengdene ( $36m^3/h$ ,  $54m^3/h$  og  $72m^3/h$ ). Dette ble gjort for en kontroll for å vurdere om trykkforskjellene var av en så betydelig størrelse at avtrekksvolumet ville endres avhengig av om baderomsdøren var lukket eller åpen. I tillegg kunne det gi en indikasjon på lufthastigheten inn i rommet, og derfor også effekten av omrøringen.

## Klargjøring av furuklosser

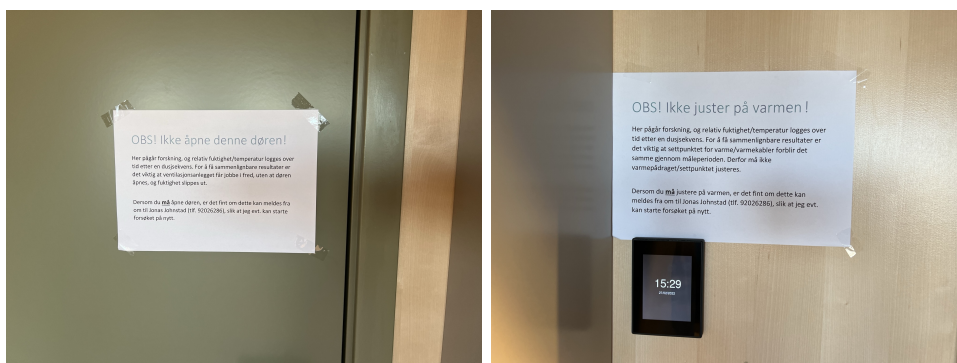
Under forsøkene skulle uttørking av treverk også vurderes, avhengig av de ulike forsøksparameterne. Det ble klargjort 2 klosser per forsøk; kloss *X* som ble plassert på flis i dusjsonen, og kloss *Y* som ble plassert på slukristen i dusjsonen. Klossene ble nedsenket i vann over 2 døgn i forkant av forsøksstart, og klossene som ikke ble benyttet under dagens forsøk ble oppbevart nedsenket i vann frem til de skulle benyttes. Alle klossene ble veid i tørr tilstand (16% fuktighet, målt med enkel umerket protimeter), samt merket med forsøksnummer og X/Y. Klossene ble skåret ut av samme furustokk. Stokken hadde ligget til tørk under tak i omtrent 2 år, før den ble skåret til plank på 50x100mm, og videre kappet til 100mm lengder. Dette ga furuklosser på 50x100x100mm, med endaved på kortsidene (50x100mm). Da planken ble skåret på gårdssag, er overflaten på klossene uhøvlede. Etter merking og veiing, ble klossene nedsenket i en vannfylt kasse med lokk.

## Sjekklister til forsøk

For å sikre godt sammenlignbare resultater ble det på forhånd utarbeidet sjekklister med stegvise instruksjoner. Sjekklistene inneholdt også utfyllingsbokser for registrerte delresultater, og muligheten til å legge inn bilder av visuelle observasjoner underveis. Samtlige utfylte sjekklister kan sees i [Tillegg C](#).

## Varsling til eventuelle brukere av leiligheten

Leilighetene var som nevnt ubebodde. Det kunne dog forekomme noe aktivitet i form av visninger til interesserte beboere. Baderomsdørene ble derfor forseglet etter forsøkssekvensen, slik at det var mulig å kontrollere om baderomsdørene hadde blitt åpnet, og at forsøksresultatene derfor ikke var pålitelige. I tillegg ble det varslet om forsøk på baderomsdøren, og ved bryterpanel for justering av varmekabler ([Figur 3.9](#)).



(a) Varsel ang. åpning av dør

(b) Varsel ang. varmekabler

**Figur 3.9:** Varsling om forsøk i leilighet - Foto: Jonas Johnstad

### Forsøksparametere og forsøksoppsett

Parametere benyttet i forsøkene ble valgt basert på tidligere forskning, og beskrives nærmere i [Kapittel 5.4](#). Parameterene innebærer ulike avtrekksmengder ( $36\text{m}^3/\text{h}$ ,  $54\text{m}^3/\text{h}$  og  $72\text{m}^3/\text{h}$ ) og gulvtemperaturer ( $22^\circ\text{C}$  og  $26^\circ\text{C}$ ). I tillegg ble det valgt en dusjvarighet på 10 minutter og vanntemperatur på  $40^\circ\text{C}$ . For å simulere effekten av vannsprut på menneskekropp, ble det benyttet en 166cm høy anordning, laget av et stativ med en plastball på toppen. Anordningen henvises videre til som *dusjdukke*. Basert på de ovennevnte parameterene, ble det utarbeidet en forsøksplan ([Tabell 3.2](#)). Målet var å undersøke alle ulike kombinasjoner, der kun én og én parameter ble endret, slik at data fra forsøkene kunne sammenlignes med likt grunnlag.

For å lettere kunne gjenkjenne de ulike forsøkene under behandling av data og resultater, fikk hvert forsøk tilegnet et forsøksnummer (F-nr). Disse er konstruert som en kode der hver bokstav/siffer har sin respektive betydning, slik at man med denne koden kan forstå de ulike forsøksparameterne:

1. A / B, beskriver om forsøket utføres i bad A eller bad B
2. 1 / 2 / 3, beskriver avtrekksmengden. ( $1 = 36\text{m}^3/\text{h}$ ,  $2 = 54\text{m}^3/\text{h}$ ,  $3 = 72\text{m}^3/\text{h}$ )
3. H / L, beskriver settpunkt for varmekabler. ( $H = 26^\circ\text{C}$ ,  $L = 22^\circ\text{C}$ )

Det ble utført to forsøk daglig, ett for bad A og ett for bad B. Disse ble utført i rekkefølgen som fremkommer i [Tabell 3.2](#). Rekkefølgen sikret at den totale avtrekksmengden i leiligheten var konstant under alle forsøkene, samt at varmekablene kunne holdes konstant over de to periodene av hhv. høyt- og lavt settpunkt. Varmekablene fikk også tid mellom forsøk A2H/B2H og A3L/B1L til å stabilisere seg på nytt settpunkt gjennom en pause på 2 døgn.

**Tabell 3.2:** Forsøksoppsett - oversikt

F-nr	Bad	Avtrekksmengde	Varmekabler
A3H	A	72 m <sup>3</sup> /h	26 °C
B1H	B	36 m <sup>3</sup> /h	26 °C
A1H	A	36 m <sup>3</sup> /h	26 °C
B3H	B	72 m <sup>3</sup> /h	26 °C
A2H	A	54 m <sup>3</sup> /h	26 °C
B2H	B	54 m <sup>3</sup> /h	26 °C
A3L	A	72 m <sup>3</sup> /h	22 °C
B1L	B	36 m <sup>3</sup> /h	22 °C
A1L	A	36 m <sup>3</sup> /h	22 °C
B3L	B	72 m <sup>3</sup> /h	22 °C
A2L	A	54 m <sup>3</sup> /h	22 °C
B2L	B	54 m <sup>3</sup> /h	22 °C

### 3.3.2 Gjennomføring av en forsøkssekvens

#### Forberedelser til hvert forsøk

En typisk forsøkssekvens startet med kontroll av dørforseglingen fra forrige forsøk, samt en kontroll av varmekablenes settpunkt. Videre ble det hentet ut 2 furuklosser fra den vannfylte kassen, slik at disse kunne renne av seg overflødig vann før veiing. Alle loggere ble fra forrige forsøk ble så innsamlet, og data nedlastet vha. TinyTag Explorer og EasyLog USB, før loggerene ble satt opp til ny loggesekvens. Loggerintervallet ble satt til hvert minutt på samtlige enheter. Videre ble termografer fra termokameraet og datasett fra termoelementet innhentet. All data ble lagret i mapper med forsøksnumre som mappenavn. Måleutstyret ble så plassert til en ny sekvens. Plasseringen for loggerne var lik for hvert forsøk, og selv om badermene (A og B) har noe ulik utforming, var plasseringen av loggere nokså lik, se [Figur 3.10](#) og [Figur 3.11](#).

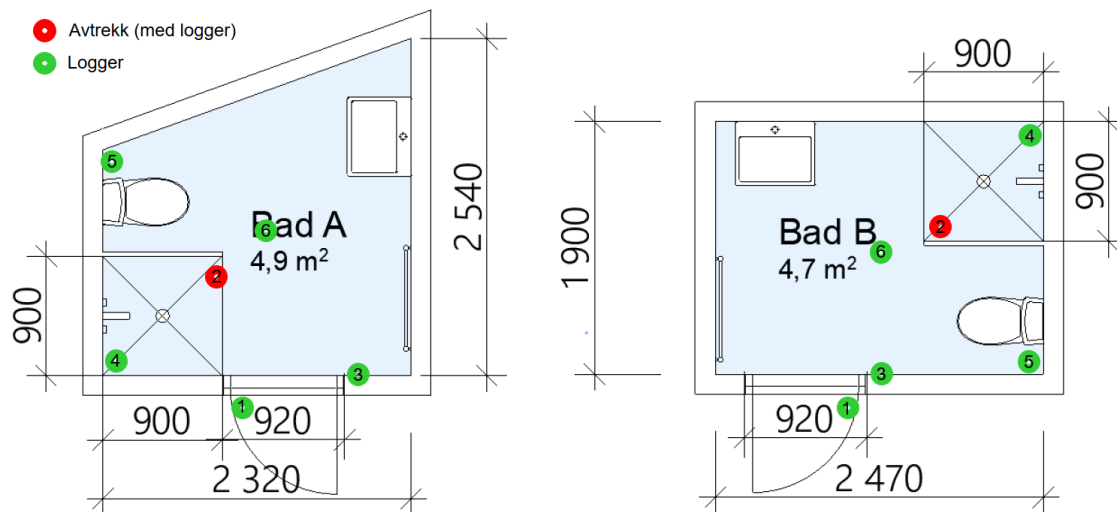


(a) Bad A



(b) Bad B

**Figur 3.10:** Oversiktsbilder fra konstruerte forsøk - Foto: Jonas Johnstad



**Figur 3.11:** Skisse av baderom med plassering av avtrekk og loggere - illustrasjon: Jonas Johnstad

Loggere for RF og lufttemperatur ble plassert etter følgende liste, og med anvist nummer:

1. Utenfor dør til bad, måler tilluft. Plassert ved gulv.
2. I avtrekkskanal på bad, måler avtrekksluft.
3. Ved bryterpanel på vegg, måler forholdene der det typisk vil finnes en romføler. Høyde: 1.0m over gulv.
4. I hjørnet av dusjsonen (plasseres etter endt dusjsekvens), måler forhold ved *worst-case* for mye fritt vann. Plasseres på gulv.
5. I baderomshjørne på gulv bak toalett, måler forhold der det etter forsøk med røykmaskin ser ut til å være lav luftstrøm/luftskifte. På gulv.
6. Ved himling midt i rommet. Høyde 2.1m over gulv.

Termoelementet (KIMO KTT220) ble plassert på gulvet, med en føler teipet fast i gulv i dusjsonen og en probe utenfor dusjsonen. Elementet målte temperaturen hvert minutt. I tillegg ble et termografikamera på stativ utplassert, og satt i time-lapse modus (150 sekunders intervall mellom bilder). Kameraet ble vinklet slik at dusjsonen med fritt vann ble synlig, samt at begge probene fra KTT220 ble synlig i bildet. Da det kun var én KIMO KTT220, og ett Infraray termokamera tilgjengelig, ble disse kun benyttet på bad B gjennom forsøkene. I tillegg ble det under termografering i time-lapse-modus avdekket noen funksjonsfeil ved innhenting av bilder. En oversikt over hvilke forsøk som ble termografert, og overflatetemperaturer målt, finnes i tabell [Tabell 3.3](#). [Figur 3.10b](#) viser oppsett fra et forsøk på bad B med termoelement (og plassering av følere), samt oppsett av termokamera vises.

**Tabell 3.3:** Oversikt over forsøk gjennomført med/uten termoelement og termografering

F.nr	Termokamera	Termoelement
A1H	Nei	Nei
A1L	Nei	Nei
A2H	Nei	Nei
A2L	Nei	Nei
A3H	Nei	Nei
A3L	Nei	Nei
B1H	Første 6t 10min. 1. forsøk	Ja
B1L	Ja, 8t 10min	Ja
B2H	Ja, 8t 15min	Ja
B2L	Nei, funksjonsfeil	Ja
B3H	Nei, funksjonsfeil	Ja
B3L	Ja, 8t 15min	Ja

Avtrekksmengden ble justert manuelt ved rotering av avtrekksventil, og måling med SWEMA-trakt suksessivt. Det ble også kontrollert at settpunkt for varmekabel var korrekt før hvert forsøk.

### Gjennomføring av dusjsekvens og forsøk

Etter alle måleinstrumenter var programmert og utplassert, ble vannmettede klosser, tørt håndkle, vekt, bolle, sprayflaske, logger nr. 4, termoelement og termografikamera (hvis tilgjengelig til det aktuelle forsøket), samt dusjdukken medbrakt inn på bad, og døren lukket. Dusjdukken ble plassert midt under dusjhodet, nedtellingsalarm på 10 minutter ble klargjort. Ved veksling til helt minutt på klokken, ble dusjen skrudd på fullt, nedtellingen startet, og klokkeslett for start registrert i sjekklisten. Forsøket ble startet ved hele minutter for å enklere kunne bearbeide data i ettertid. Dette var spesielt viktig da også loggerene målte hvert hele minutt.

Samtidig som dusjen spylte, ble de vannmettede furuklossene veid. I tillegg ble det veid opp 70 gram vann som ble sprayet utover et nytt tørt håndkle (fordelt over begge sider). Håndkle ble veid både før og etter påføring av vann for å verifisere at 70 gram var påført. Vekt ble registrert i sjekklisten. Håndkledet ble hengt opp på fastmontert vegghengt håndkleholder. Alle håndklær som ble benyttet i forsøket var like, og de ble rullert med et ekstra sett mellom forsøkene slik at de brukte håndkledene fikk ekstra tørketid mellom forsøkene.

Etter eksakt 10 minutter ble dusjen avskrudd, og en ny nedtelling på 3 minutter startet.



Denne tiden var der for å simulere tiden en gjerne bruker på å tørke seg etter en dusj, før en åpner døren og går ut av badet. Denne tiden ble benyttet til å registrere (og evt. fotografere) visuelle observasjoner som dugg på speil og dørblad. I tillegg ble logger nr. 4, samt de to vannmettede klossene utplassert dusjsonen. Den ene klossen (kloss X) ble plassert på flisene i dusjsonen, mens den andre (kloss Y) oppå slukristen i dusjen. Etter 3 minutter hadde gått, ble en ny nedtelling på 6 sekunder startet. Under disse 6 sekundene ble utstyret som skulle benyttes i neste forsøk medbragt ut av rommet sammen med studenten. Døren ble åpnet i en rolig bevegelse til 90 graders åpning, og deretter lukket rolig etter de 6 sekundene. Til slutt ble døren forseglet med gjennomsiktig teip i dørbladets nedkant, som eventuelt kunne observeres som brutt påfølgende dag dersom døren hadde vært åpnet mens studenten ikke var tilstede i leiligheten.

23 timer senere ble døren til badet åpnet. Begge furuklossene, samt håndkledet ble veid, og vekten registrert i sjekklisen for det respektive forsøket. Deretter startet en ny forsøkssekvens.

Det ble gjennom forsøkene ført logg i form av sjekklister der observert kondens på speil og dørblad ble registrert og fotografert. Det ble i ut i fra visuelle observasjoner registrert hvilken grad av kondens som kunne oppfattes på speilene. For grad av kondens på dørblad ble det kun beskrevet hvorvidt det ble observert kondens eller ikke, da samtlige forsøk hadde såpass lik grad av kondens at fraskilling ble umulig.

### 3.3.3 Analyse etter forsøk

#### Beregning av absolutt fuktighet og fukttilskudd over tid

Etter forsøkene utarbeidet studenten programmer/script i kodespråket Python for å lese og behandle rådata. I programmene ble alle målinger for hver enkelt logger gjennomgått, og absolutt fuktinnhold beregnet etter [Ligning 2.6](#) og [Ligning 2.7](#). Videre ble fukttilskuddet  $\Delta v [g/m^3]$  beregnet vha. likning [Ligning 2.9](#).  $\Delta v$  gir et mål på absolutt fukttilskudd, da dette er differansen mellom målt fukt ved en loggerposisjon og fukt i tilluften.

Etter innlesing av datapunkter og beregning av absolutt fuktinnhold og fukttilskudd, ble data klargjort for plotting. Da ulike forsøk ble utført på ulike datoer og klokkeslett, ble datostempelet gjenopprettet til å starte på 00:00 når dusjsekvensen startet. Det vil si at alle målepunkter fikk ny indeks; 00:00, der første målepunkt er det tidspunktet dusjen ble startet. Det betyr også at dusjen ble avskrudd tidsstempel 00:10, og døren ble åpnet i 6 sekunder ved tidsstempel 00:13.

For beregning av fuktreduksjon i treklosser ( $M\%$ ) ble vekt av tørr kloss (16%), og fuktmettet kloss for hvert respektive forsøk benyttet for å beregne prosentandel uttørket

vann (vektprosent) som i [Ligning 3.1](#). Det samme ble gjort for håndklær, men da med håndkledets vekt for de respektive forsøkene.

$$M\% = \frac{m_{mettet} - m_{resultat}}{m_{mettet} - m_{torr}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

der

$m_{mettet}$  er klossens vekt i mettet tilstand [*gram*]

$m_{resultat}$  er klossens vekt 23 timer etter tørkestart [*gram*]

$m_{torr}$  er klossens vekt i tørr tilstand (16% fukt) [*gram*]

### Beregning av uttørkingstid og total fukttilskudd

Beregning av uttørkingstid for de ulike forsøkene ble basert på 3 loggere; logger 1 (tilluft), logger 2 (avtrekk) og logger 4 (dusjsone). Differansen i absolutt fuktinnhold ( $\Delta v$ ) mellom avtrekk og tilluft, og mellom dusjsone og tilluft danner et grunnlag for to uttørkingstider for hvert forsøk; én tid basert på at  $\Delta v$  i avtrekk tilnærmes  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$ , og én tid basert på at  $\Delta v$  i dusjsone tilnærmes  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$ .

Måleusikkerhet og variasjon i loggere gjør at fukttilskuddet ikke nødvendigvis vil treffe og stabilisere seg på eksakt  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$  (se [Delkapittel 3.1.1](#)). Fukttilskuddet kan stabilisere seg rett over, rett under, eller fluktuere rundt  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$ , og det vil derfor være vanskelig å få sammenlignbare resultater dersom man setter at én måling med  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$  er grenseverdi for når badet er uttørket. Av den grunn ble det laget et program som regnet løpende gjennomsnitt av 10 målinger og de neste 10 målingene (10 minutter), og sammenliknet dette med grenseverdiene  $d$  og  $dV$  der

$d$  er differansen mellom gjennomsnittet av de 10 siste målingene og de 10 forrige målingene [*gram/m<sup>3</sup>*]

$dV$  er maksimal gjennomsnittverdi av fukttilskudd for de siste 10 målingene

Det betyr at når differansen mellom de to løpende snittene er mindre enn  $d$  og det siste løpende snittet er mindre enn  $dV$ , regnes badet som uttørket, og det er tiden fra dusjstart til dette tidspunktet som behandles videre. Denne tiden vil da være avhengig av 10-minutters sekvenser, og den returnerte tiden vil da i alle tilfeller være oppgitt i hele 10 minutter.

For beregning av uttørkingstid og fukttilskudd fra målinger i avtrekk ble grenseverdiene satt til  $d = dV = 0,2$ . For beregning av uttørkingstid i dusjsonen ble disse verdiene satt noe høyere, da fukttilskuddet fra treklossene ikke skulle medregnes. For disse beregningene settes  $d = 0,2$ , men  $dV = 0,5$  (se begrunnelse i [Delkapittel 5.1.1](#)).

Basert på beregnet uttørkingstid, ble det totale fukttilskuddet for hvert forsøk beregnet vha. trapesintegrasjon. Intervallet ble satt lik loggeropløsning (hvert minutt), og beregningen returnerte arealet under fukttilskuddskurven ( $\Delta v$ ) i avtrekket. Dette arealet er et produkt av  $gram/m^3$  og  $minutt$ , og luftmengden gjennom avtrekket (og forbi logger) ble derfor tatt hensyn til som vist i [Ligning 3.2](#). I tillegg ble fukt avgitt fra treklossene subtrahert fra det beregnede fukttilskuddet (fukttilskudd fra klosser er oppsummert i [Tabell 4.2](#)). Produktet ble beregnet fukt produsert per dusj i gram ( $V_d$ ).

$$V_d = \int_{t_0}^{t_i} (\Delta v \cdot A_i) - (M_{mettet} - M_{resultat}) \quad (3.2)$$

der

$t_0$  er tiden ved start av dusj [minutter]

$t_i$  er tiden ved beregnet uttørking (som definert over) [minutter]

$\Delta v$  er fukttilskudd pr. minutt (som illustrert i [Figur 4.1a](#) og [Figur 4.1b](#))

$A_i$  er avtrekksmengden (per minutt) for det respektive forsøket [ $m^3/min$ ]

$M_{mettet}$  er de to mettede klossenes vekt [gram]

$M_{resultat}$  er de to klossenes vekt 23 timer etter tørkestart [gram]

### Mugganalyse

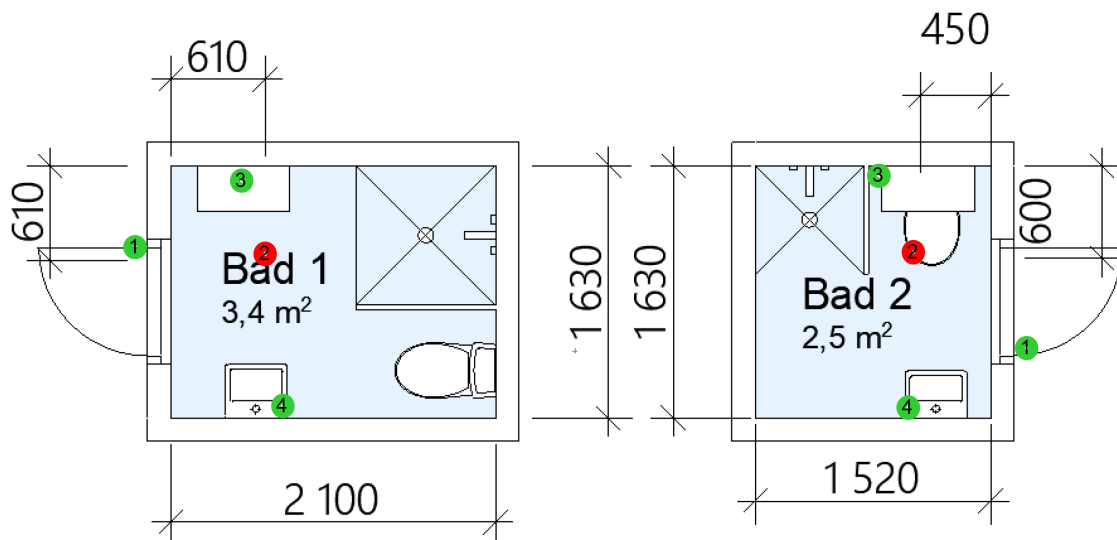
For analysering av forhold for muggvekst ble PJ-modellen (Johansson og Svensson, 2020) benyttet (beskrevet i [Delkapittel 2.5.2](#)). Ved valg av materialklasse for beregning av kritiske grenser, ble materialklasse D valgt (gipsplate). Dvs. at materialkonstantene  $c_{nedre} = 0,021$  og  $c_{øvre} = 0,014$  etter [Tabell 2.4](#). Analysen ble gjennomført vha. programmert script (i Python) for alle forsøkene og loggerposisjonene. Scriptet benyttet RF og temperatur fra loggere, og plottet isopletter basert på denne dataen. Grensekurvene ble lagt inn som en funksjon av temperaturen på x-aksen, og er basert på [Ligning 2.10](#). Antall isopletter over nedre kritiske kurve ble optelt og registrert for hvert forsøk.

### 3.4 Gjennomføring av feltmålinger

Gjennomføringer av feltmålinger ble gjort i perioden 09.02.22-16.02.22. Det ble under feltforsøkene benyttet 4 EasyLog USB2 på hvert bad, og Swemaflow 125D ble benyttet til å måle avtrekksmengde mens avtrekksventilene ble justert manuelt.

Måleutstyret ble forsøkt plassert så diskret som mulig for å ikke være til sjenanse for beboerne. Loggerene ble derfor plassert oppå hyller og baderomsmøbler utenfor beboernes syne. I tillegg ble en logger plassert på lampen over servant, for å se om det kunne være ekstra varmt og gode vekstvilkår for mugg her. Loggere ble plassert på samme posisjoner på møblene i de to badene, men pga. noe ulik geometri på baderommene blir likvel posisjonene ikke direkte sammenlignbare. Måleposisjonene oppsummeres nedenfor, og i [Figur 3.12](#).

1. Utenfor dør til bad, måler tilluft. Plassert ved gulv.
2. I avtrekkskanal på bad, måler avtrekksluften.
3. På vegghengt hylle. (210cm over gulv)
4. På lampe over servant. (200cm over gulv)



**Figur 3.12:** Planløsning og plassering av måleutstyr i studentboligene

Det ble valgt å gjennomføre målingene med varmekabelsettpunkt slik beboerne selv ønsket. Settpunkt ble dog ikke justert underveis i målingene, slik at varmekablene var satt til samme innstilling gjennom hele måleuken. Termostatene i badene var innstillbare fra 0-6, der bad 1 stod på innstilling 3.5, mens bad 2 stod på 6.

For avtrekksmengde ble det benyttet samme volum som lav (1) og medium (2) innstilling benyttet i konstruerte forsøk. Avtrekksmengde ble justert mekanisk i ventilene, og målt med luftmengdemåleren Swemaflow 125D. Bad 1 ble justert til en avtrekksmengde på  $54m^3/h$ , og bad 2 til  $36m^3/h$ . Det vil si at bad 2 har lavere avtrekksmengde enn bad 1, men har et merkbart høyere settpunkt på varmekablene enn bad 1.

Beboerne i leiligheten ble bedt om å avkrysse i kalender for tidspunkt de hadde dusjet. I tillegg ble de bedt om å forsøke å holde døren til badet lukket så mye som mulig, og eventuelt registrere tilfellene der baderomsdøren stod åpen etter en dusj. Kalender/skjema ble hengt opp på hver baderomsdør. Utdelt skjema finnes som [Tillegg D](#). De ble i tillegg bedt om å registrere dersom de tørket klær, da dette vanligvis ble gjort i gangen utenfor et av badene.

Målere ble satt opp i EasyLog USB til å gjøre en måling hvert minutt, og plassert ut på badene 09.02.22, og innhentet igjen en uke senere. Data ble lastet ned til datamaskin, og strukturert i rådatamapper der bad 1 og bad 2 var adskilt. Absolutt fuktighet ble deretter beregnet, fukttilskudd over tid ble plottet og muggrisiko analysert/plottet med isopletter som for de konstruerte feltforsøkene (se [Delkapittel 3.3.3](#)). På grunn av stor usikkerhet i når dører ble åpnet, hvor lenge de var åpne, og eventuelle andre store fukttilskudd på utsiden av badene (i tilluften), ble ikke uttørkingstider eller totalt fukttilskudd beregnet for feltmålingene.



# 4. Resultater

## 4.1 Konstruerte feltforsøk

Etter gjennomføring av forsøk og målinger, og bearbeidelse av data startet, ble det oppdaget noen uregelmessigheter ved målinger i et av badene (bad A) hos OBOS. Dette forklares nærmere i [Delkapittel 5.5.2](#). Det velges derfor å vektlegge målinger fra bad B i større grad enn målinger fra bad A, og enkelte resultatfremstillinger vil derfor kun inneha data fra bad B. I dette kapittelet fremstilles de mest essensielle måleresultatene, før disse diskuteres og fremstilles på andre visuelle måter og sammenlikninger i [Kapittel 5](#). For samtlige resultater av både fukttilskudd  $\Delta v$  og temperatur, henvises det til [Tillegg A](#).

### 4.1.1 Forberedende forsøk

Resultater fra de forberedende forsøkene til konstruerte feltforsøk gjennomgås i denne seksjonen.

#### Forsøk med røykgenerator

Dokumentasjon av observasjoner ble utfordrene pga. dårlig synlighet av røyken på bilder. Studenten fikk likevel et generelt bilde på luftomrøringen i badene; omrøringen så generelt ut til å være god med unntak av ved gulvet i dusjonene, og i hjørnene bak toalettene. Det ble i disse områdene observert mindre grad av røyk ved forsøk for samtlige luftmengder i begge badene. Det ble dog observert at høyere luftmengde ga noe bedre omrøring nærmere toaletthjørnene pga. den høye hastigheten langs gulvet. Observasjonene dannet grunnlag for plassering av loggere i både dusjsone og på gulv bak toalett ved videre forsøk.

#### Opptørking av fritt vann i dusjsone

Opptørking av fritt vann i dusjsone etter 10 minutters dusjsekvenser resulterte i 254 gram vann for bad A, og 266 gram for bad B, hvilket tilsvarer rett i overkant av 2.5 dl vann som var fordelt over dusjvegger og dusjgulv.

## Opptørking av vann fra kropp

Opptørking av vann fra kropp resulterte i et gjennomsnittlig fuktopptak i håndkledeet på 69,6 gram etter 10 målinger. Målingene danner grunnlag for valg av 70 gram som mål på fukting av håndklær ved videre forsøk.

## Trykkforskjell mellom bad og tilstøtende rom

Trykkforskjellen over baderomsdøren fremkommer i [Tabell 4.1](#). Trykkforskjellene viste seg å være av en såpass lav størrelsesorden at det ikke ble utført videre beregninger på hvorvidt dette kunne endre reell avtrekksmengde.

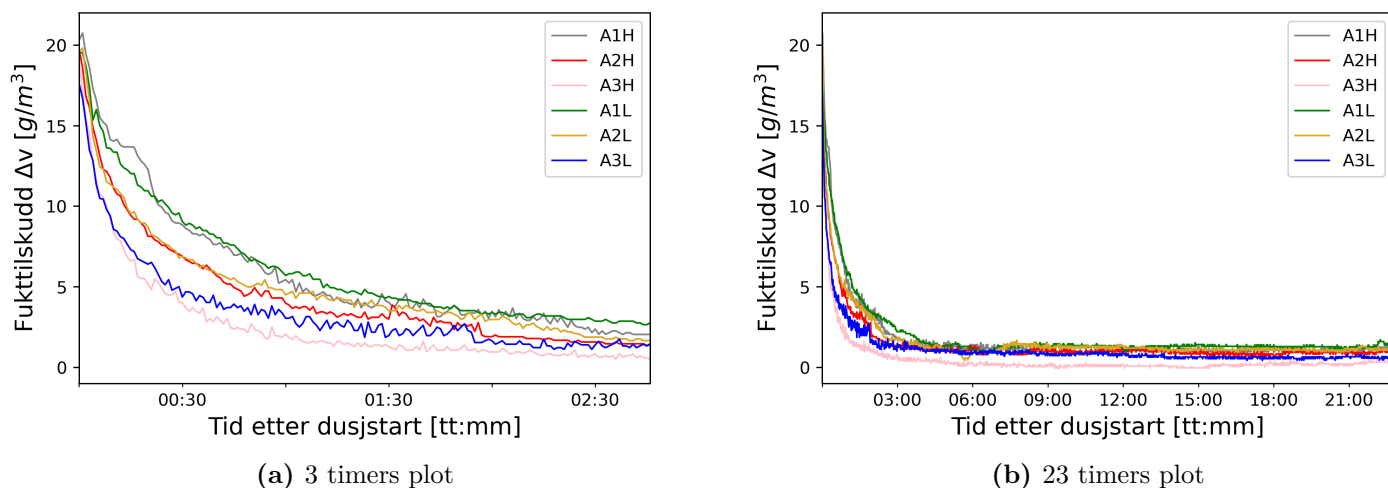
**Tabell 4.1:** Trykkforskjell mellom baderom og tilstøtende rom

Bad	Avtrekksmengde	Trykkforskjell
A	36 m <sup>3</sup> /h	0.6 Pa
B	36 m <sup>3</sup> /h	0.8 Pa
A	54 m <sup>3</sup> /h	1.3 Pa
B	54 m <sup>3</sup> /h	1.7 Pa
A	72 m <sup>3</sup> /h	1.6 Pa
B	72 m <sup>3</sup> /h	2.8 Pa

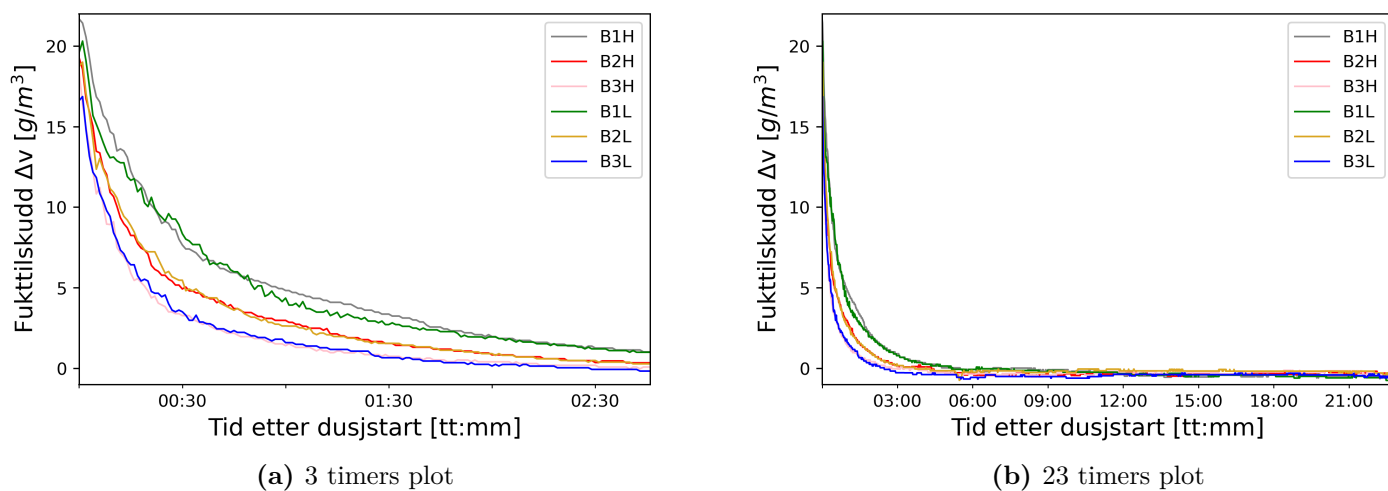
### 4.1.2 Fukttilskudd og uttørkingstid

Fukttilskuddet over tid (differansen i absolutt fuktighet i avtrekksluft og tilluft) fra badene vises for 3 timer etter dusjstart, og 23 timer etter dusjstart for bad A ([Figur 4.1a](#) og [Figur 4.1b](#)) og for bad B ([Figur 4.2a](#) og [Figur 4.2b](#)). Resultatene fra forsøk i både bad A og bad B viser en tydelig trend på en raskere uttørking (større endring i fukttilskudd pr. tid) for forsøkene med høyere avtrekksmengde (innstilling 3 - 72m<sup>3</sup>/h) enn forsøkene med lavere avtrekksmengde (innstilling 1 - 36m<sup>3</sup>/h). Forsøkene for middels avtrekksmengde (innstilling 2 - 54m<sup>3</sup>/h) plasserer seg som en mellomting mellom høy- og lav avtrekksmengde. Dette er spesielt synlig i [Figur 4.1a](#) og [Figur 4.2a](#), som kun viser de første 3 timene etter dusjstart. Det fremkommer også at ved lik avtrekksmengde, men ulik gulvvarme, er differansen i fukttilskuddet per tid svært liten.



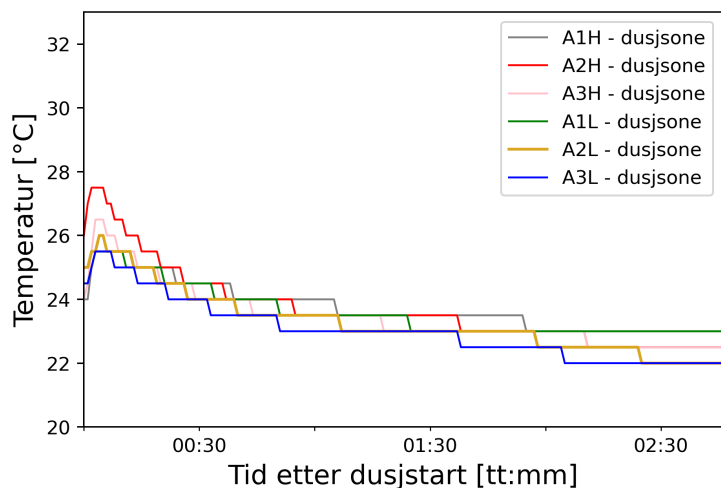


**Figur 4.1:** Fukttilskudd i avtrekk - bad A

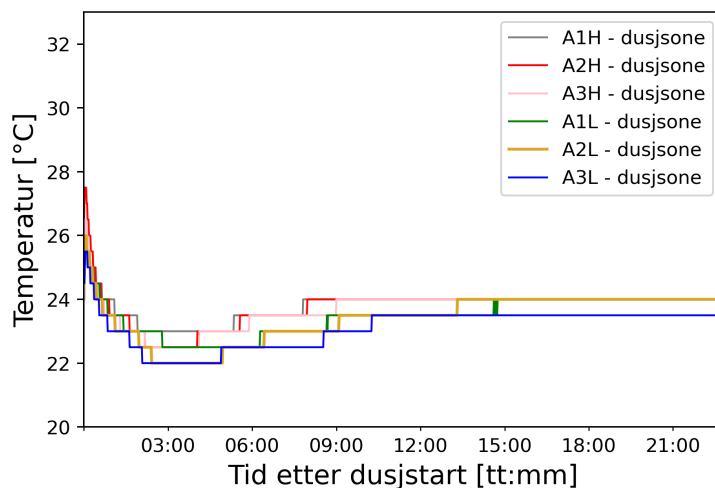


**Figur 4.2:** Fukttilskudd i avtrekk - bad B

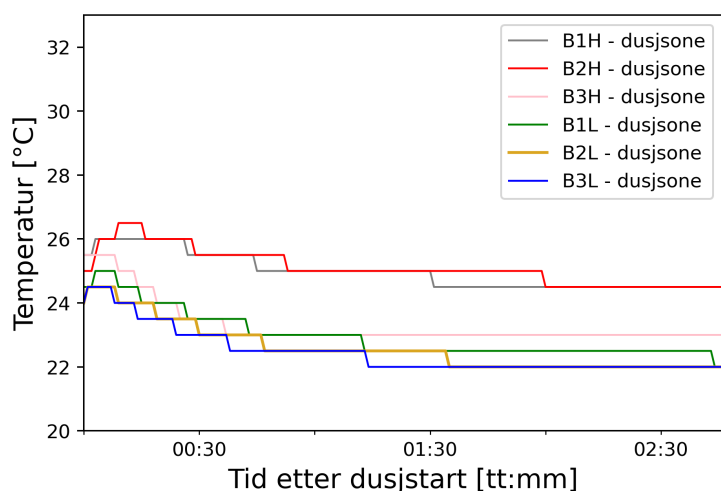
Figur 4.3 og Figur 4.4 viser målt temperatur i dusjsjonen for bad A og bad B. Disse temperaturene er målt med EasyLog USB2 som er plassert i dusjsjonen (loggerposisjon 4). Det fremkommer av disse figurene at temperaturforskjellene for forsøkene i bad A er svært små, til tross for ulike settpunkt på varmekablene. For forsøkene i bad B er forskjellene større, og følger settpunktet på varmekablene godt. Forsøk B3H viser noe lavere temperatur første 4 timene sammenlignet med de øvrige forsøkene med høyt settpunkt. For bad B ble det i tillegg til Easylog benyttet termoelementet KIMO KTT220 til måling av temperatur på gulvet. Temperaturen målt med termoelementet i dusjsjonen samsvarer godt med temperaturen målt av Easylog USB2. Sammenlikning av de målte temperaturene i dusjsjonen, samt temperatur målt på gulv utenfor dusjsjonen finnes i [Tillegg A](#).



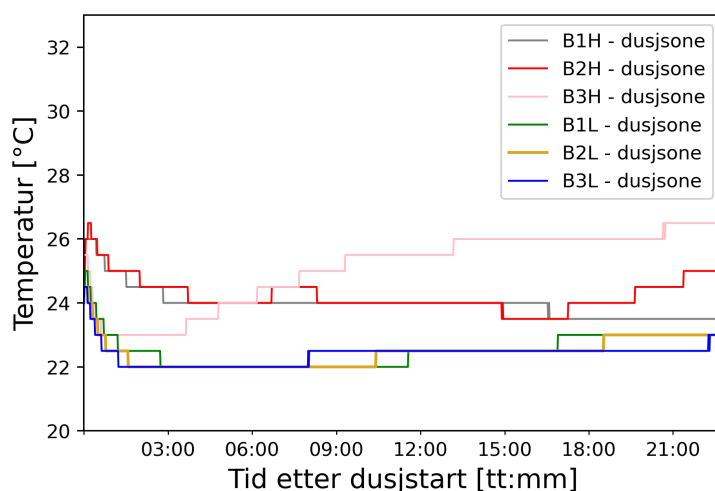
(a) 3 timers plot



(b) 23 timers plot

**Figur 4.3:** Temperatur i dusjsone - bad A

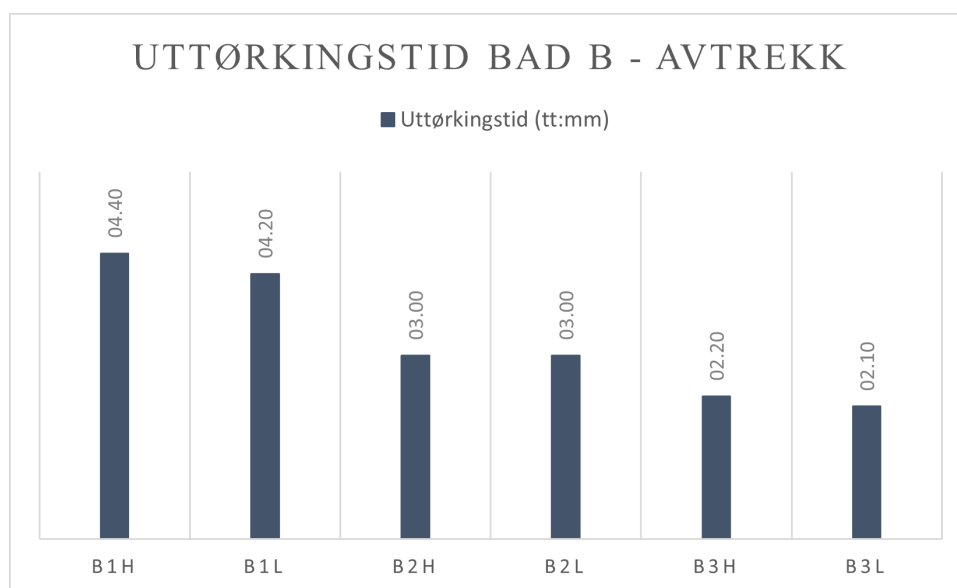
(a) 3 timers plot



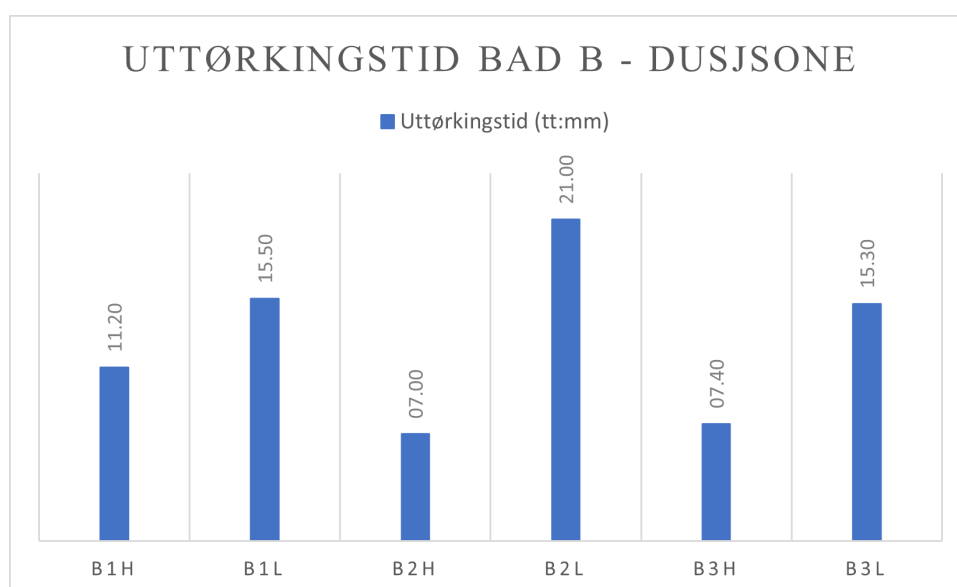
(b) 23 timers plot

**Figur 4.4:** Temperatur i dusjsone - bad B

Videre viser [Figur 4.5](#) og [Figur 4.6](#) uttørkingstiden for de ulike forsøkene på bad B målt i hhv. avtrekk og i dusjsone. Det totale fukttilskuddet målt gjennom avtrekket i løpet av denne tiden er representert i [Figur 4.7](#). Dette er en estimering basert på beregning beskrevet i [Delkapittel 3.3.3](#). Uttørkingstiden i avtrekk viser en trend der avtrekksmengdene gir større utslag på tiden enn hva settpunkt på varmekabel gjør. Det fremkommer også at uttørkingstiden i større grad påvirkes av endring mellom avtrekksinnstilling 1 ( $36 \text{ m}^3/h$ ) og 2 ( $54 \text{ m}^3/h$ ) enn av endring fra innstilling 2 ( $54 \text{ m}^3/h$ ) til 3 ( $72 \text{ m}^3/h$ ). Uttørkingstidene i dusjsone viser derimot en større effekt, altså en raskere uttørking, ved høyt settpunkt på varmekabler.

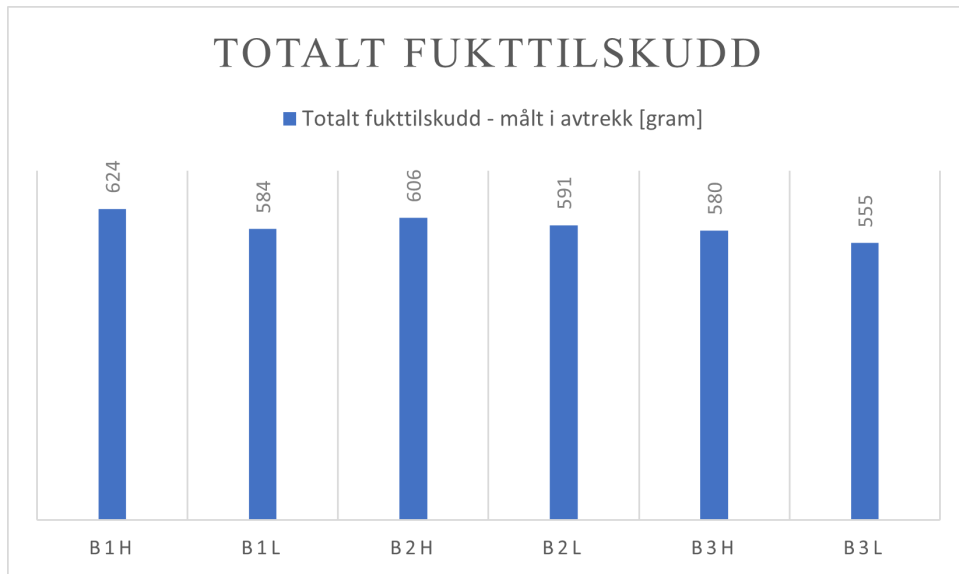


Figur 4.5: Uttørkingstider for forsøk i bad B - målt i avtrekk



Figur 4.6: Uttørkingstider for forsøk i bad B - målt i dusjsone

Det totale fukttilskuddet gjennom en dusjsekvens er ihht. [Figur 4.7](#) nokså likt for samtlige forsøk. Det ser dog ut til å være en trend at forsøk med høy innstilling (H) på varmekabel, gir et noe høyere tilskudd enn for forsøk med lav innstilling (L) på varmekabler. Det fremkommer også at det for forsøkene med høyeste avtrekksmengde (innstilling 3,  $72 \text{ m}^3/h$ ), er noe lavere totalt fukttilskudd. Fukttilskuddet oppgitt i [Figur 4.7](#) inkluderer fukt avgitt fra treklossene.



**Figur 4.7:** Totalt fukttilskudd fra dusjstart til beregnet utttørkingstid - oppgitt i gram

### 4.1.3 Uttørking av treklosser og håndkleder

Tabell 4.2 viser uttørkingsgraden av treklossene og håndkle, samt de totale fukttilskuddene fra klosser og håndkler under hvert forsøk. Kloss X var plassert på fliser (med varmekabel), mens kloss Y var plassert slukrist (uten varmekabel).

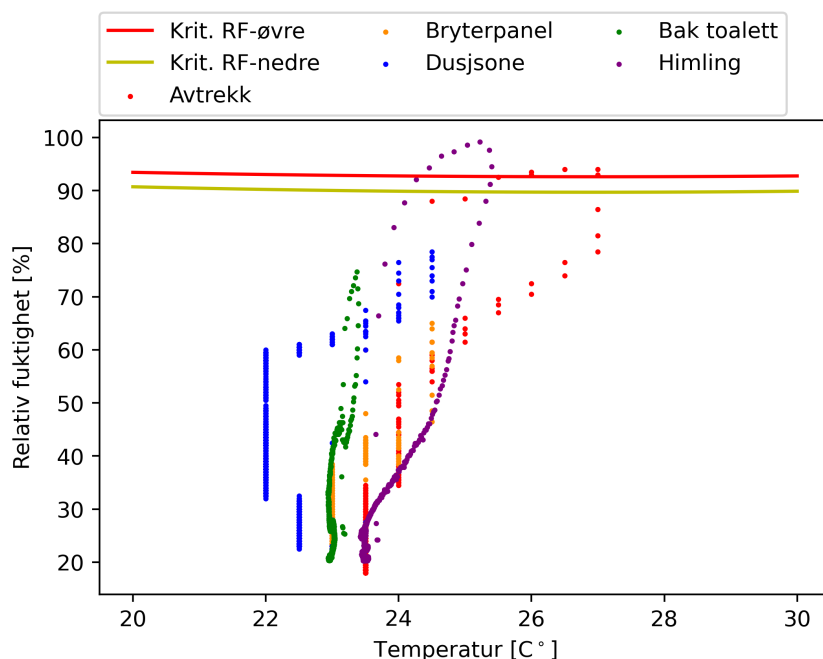
Håndkledene ser ut til å være helt uttørket etter 23 timer for samtlige forsøk. Når det gjelder uttørkingsgrad av klossene er verdiene noe sprikende, men med en gjennomsnittlig uttørkingsgrad på 53,2%, fremkommer det en trend av at klosser plassert på flisgulvet har en litt større uttørkingsgrad enn klosser plassert på slukristen, som har en gjennomsnittlig uttørkingsgrad på 49,1%. Ved sammenlikning av forsøk med høyt varmekabelsettpunkt (H) mot forsøk med lav varmekabelsettpunkt (L), blir det også synlig at uttørkingsgraden er høyere for klossene plassert på gulv med høyt varmekabelsettpunkt, enn for klosser plassert på gulv med lavt varmekabelsettpunkt. Gjennomsnittet for samtlige klosser der høy varme ble benyttet hadde en gjennomsnittlig uttørkingsgrad på 53,8%, mens klossene med lav varme hadde en gjennomsnittlig uttørkingsgrad på 48,6%.

Tabell 4.2: Uttørkingsgrad og fukttilskudd for treklosser og håndklær

<i>F.nr</i>	Uttørkingsgrad (M%)			Fukttilskudd [gram]		
	Kloss X	Kloss Y	Håndkle	Kloss X	Kloss Y	Håndkle
<b>A1H</b>	57,5 %	55,3 %	100,0 %	46,7	38,8	71,8
<b>A1L</b>	44,5 %	42,8 %	100,0 %	51,4	41,4	72,0
<b>A2H</b>	41,5 %	40,0 %	100,1 %	54,8	56,9	70,1
<b>A2L</b>	54,8 %	51,2 %	100,1 %	53,4	47,2	70,0
<b>A3H</b>	60,7 %	51,7 %	99,9 %	50,9	40,0	69,3
<b>A3L</b>	48,0 %	48,7 %	98,4 %	55,3	49,0	69,0
<b>B1H</b>	52,4 %	48,8 %	99,4 %	65,2	60,8	70,1
<b>B1L</b>	42,5 %	46,7 %	99,4 %	49,2	42,2	69,7
<b>B2H</b>	53,2 %	62,2 %	100,9 %	59,1	43,3	70,5
<b>B2L</b>	56,2 %	47,4 %	98,9 %	54,1	48,4	69,1
<b>B3H</b>	74,9 %	47,4 %	100,3 %	66,5	47,1	70,4
<b>B3L</b>	52,2 %	47,5 %	101,7 %	53,0	44,8	72,3

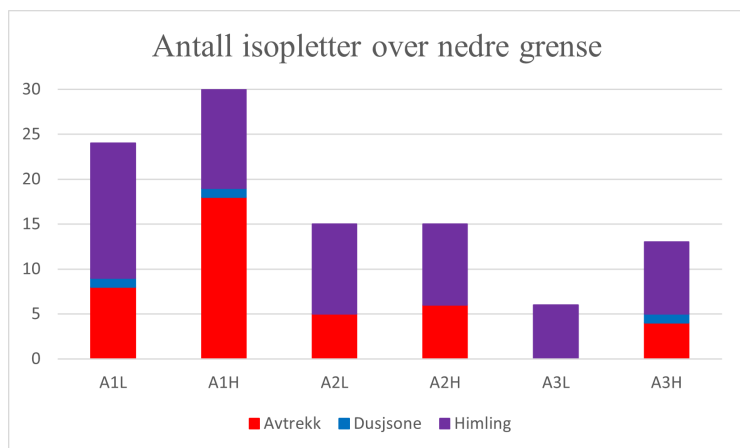
#### 4.1.4 Muggvekstanalyse

En typisk figur for isoplethplott vises i Figur 4.8. Alle målinger med RF/Temperatur over nedre kritiske grense fra alle forsøkene i bad A og bad B representeres i henholdsvis Figur 4.9a og Figur 4.9b. Resultatene viser at det var kun i avtrekket, ved himlingen og i dusjsonen det ble registrert verdier for RF og temperatur som kan antyde en muggrisiko. Det fremkommer ellers at lav avtrekksmengde ( $36m^3/h$ ) generelt gir flere isopleth over nedre kritiske grense. En tydelig entydig trend for påvirkning av gulvvarme kan ikke observeres her.

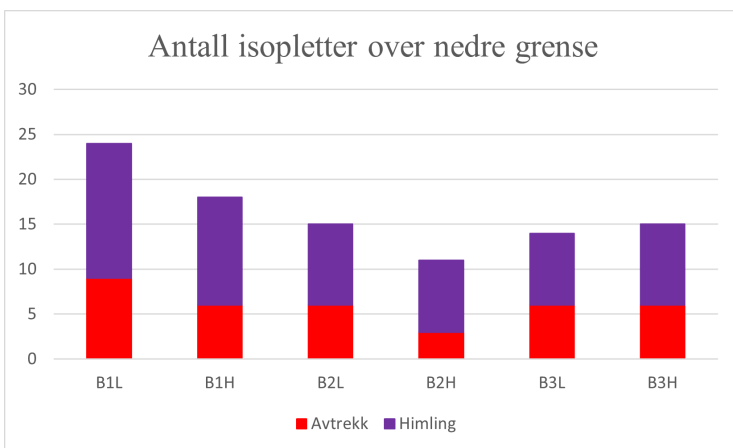


Figur 4.8: Isopleth - forsøk B2L

Figur 4.9: Antall isopleth over nedre grense (Krit. RF-nedre, som vist i Figur 4.8)

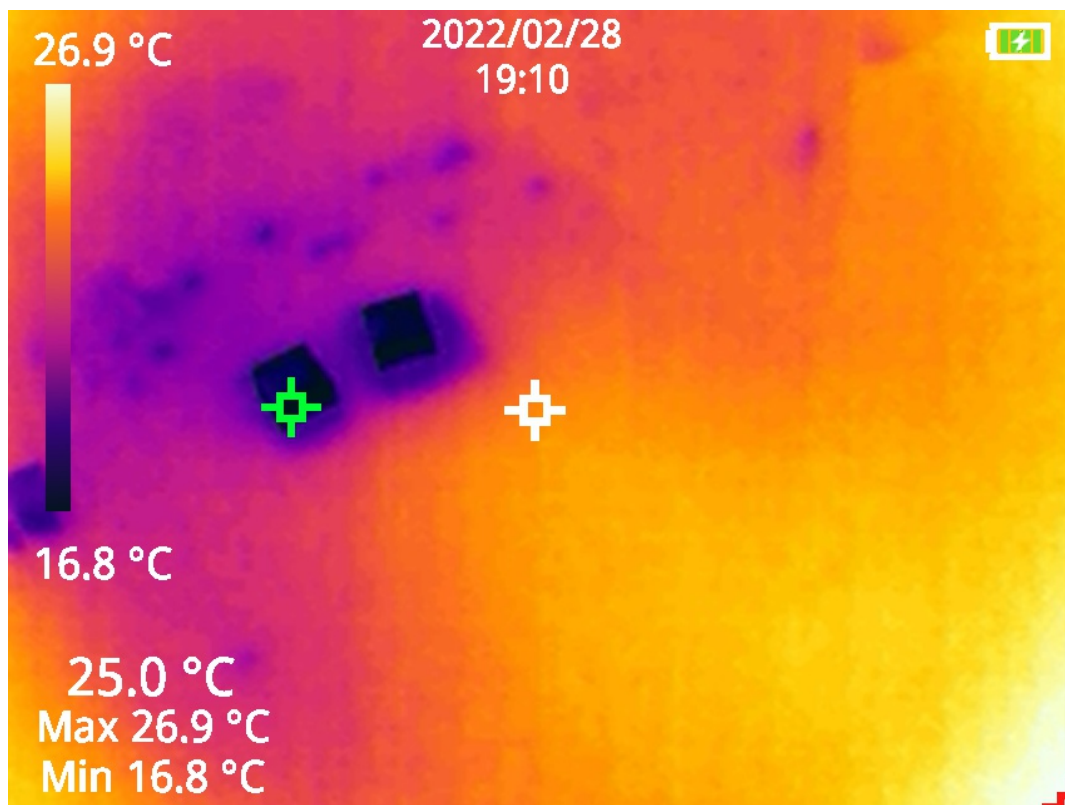


(a) Bad A

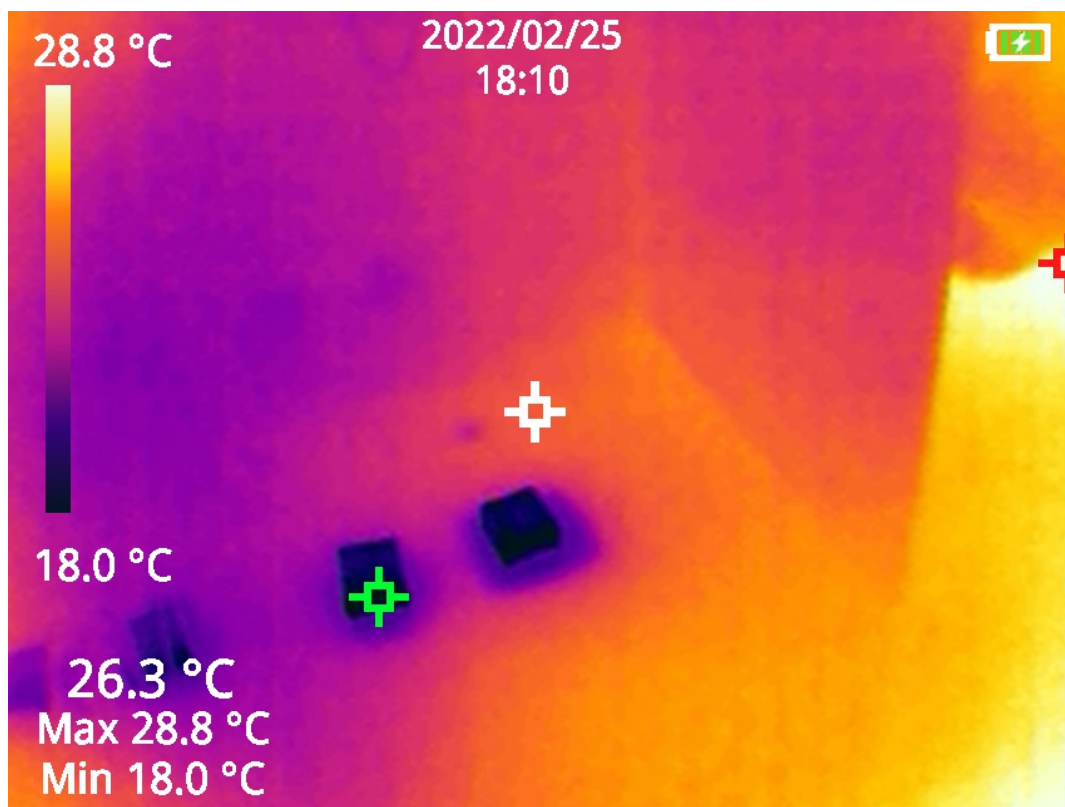


(b) Bad B



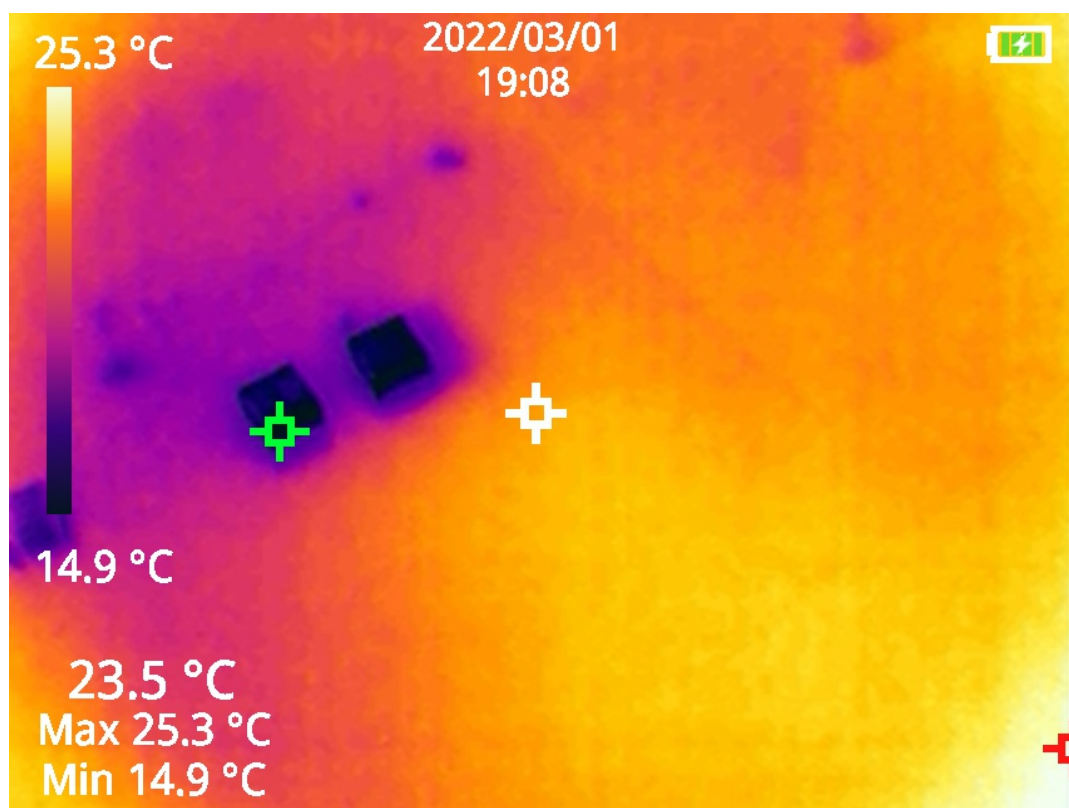


Figur 4.11: Termografi B1L - 8 timer og 10 minutter etter dusjstart



Figur 4.12: Termografi B2H - 8 timer og 10 minutter etter dusjstart



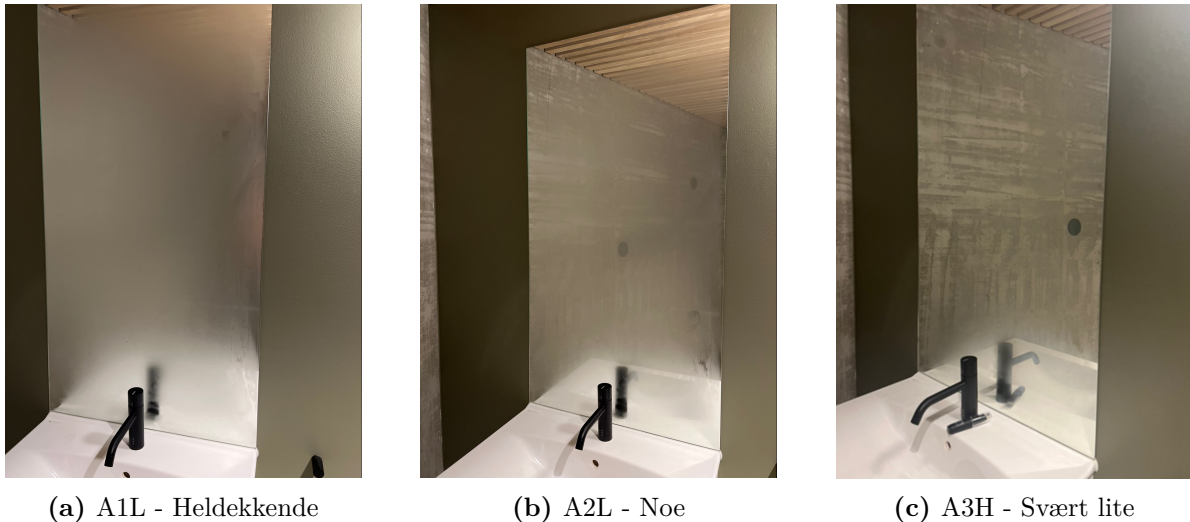


**Figur 4.13:** Termografi B3L - 8 timer og 15 minutter etter dusjstart

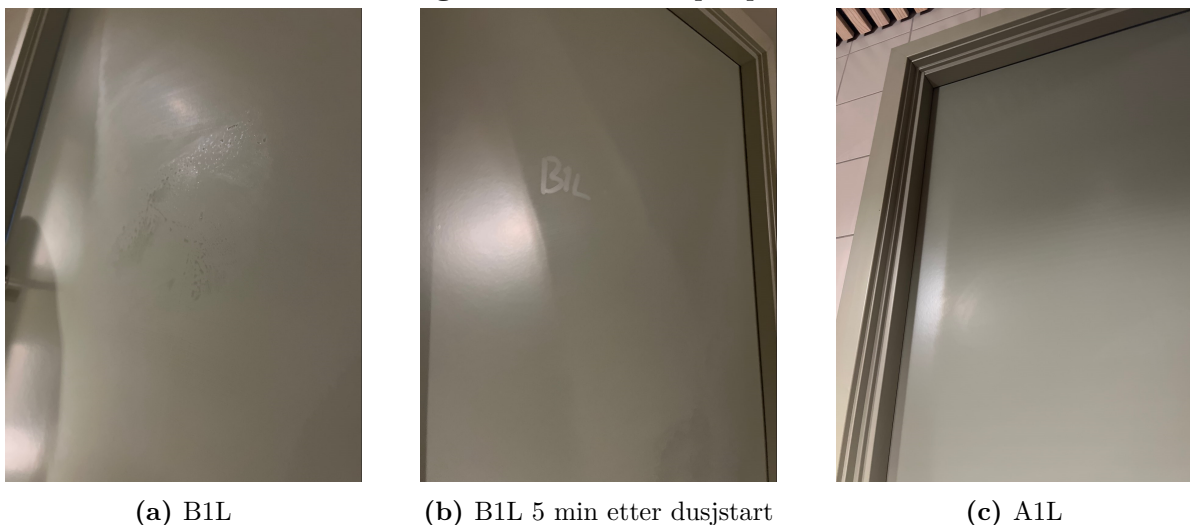
### 4.1.6 Visuelle observasjoner

Tabell 4.3 oppsummerer studentens observasjoner av kondens på overflater under forsøkene. Figur 4.14 viser graden av kondens på speil på et utvalg av forsøkene, som gir en indikasjon på gradene *Heldekkende*, *Noe*, og *Svært lite*. Figur 4.15 viser kondens på dørblad for forsøk A1L og B1L. For fotografi av speil etter øvrige dusjsekvenser, henvises det til sjekklistene (Tillegg C).

Det fremkommer tydelig at forsøkene med lav avtrekksmengde (innstilling 1,  $36 \text{ m}^3/h$ ) gir mer kondens på speil enn samtlige andre forsøk. Forsøkene utført med den lave avtrekksmengden er også de eneste som gir kondens på dørbladet. Minst kondens på speil er observert etter forsøk med høy avtrekksmengde (innstilling 3,  $72 \text{ m}^3/h$ ) og høyt settpunkt på varmekabler (H). Det ser også ut til at det gjennom forsøkene på bad A forekommer en lavere grad av kondens på speil enn det gjør for forsøkene i bad B.



**Figur 4.14:** Kondens på speil



**Figur 4.15:** Kondens på dørblad

**Tabell 4.3:** Oppsummering av visuelle observasjoner

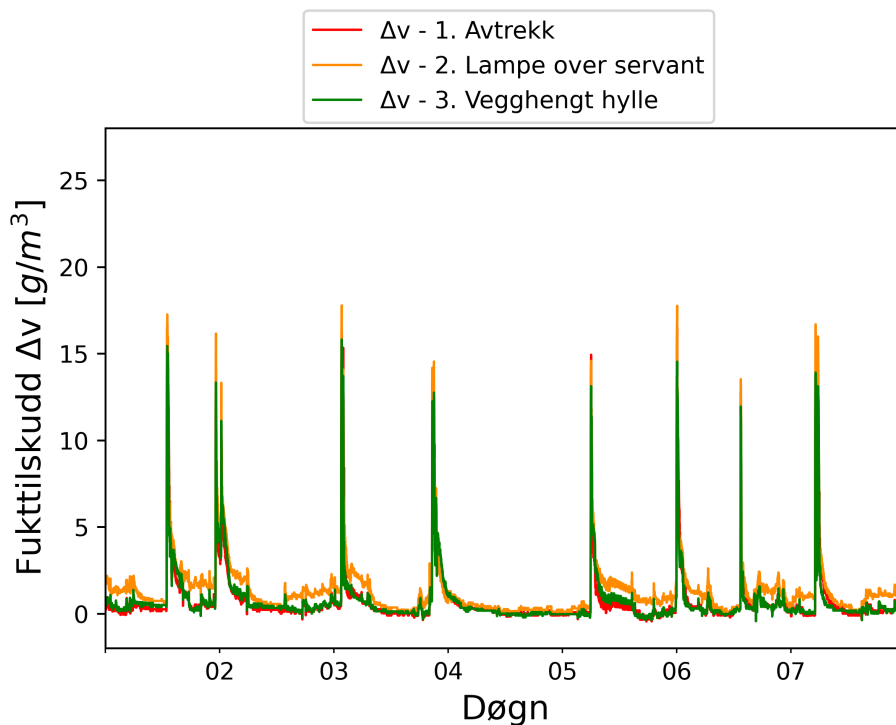
<b>Forsøksnummer</b>	<b>Kondens speil</b>	<b>Kondens dør</b>
A1L	Heldekkende	Ja
B1L	Heldekkende	Ja
A1H	Nesten heldekkende	Ja
B1H	Heldekkende	Ja
A2L	Noe	Nei
B2L	Noe	Nei
A2H	Noe	Nei
B2H	Noe	Nei
A3L	Svært lite	Nei
B3L	Noe	Nei
A3H	Svært lite	Nei
B3H	Noe	Nei

## 4.2 Feltmålinger hos studentsamskipnaden i Ås

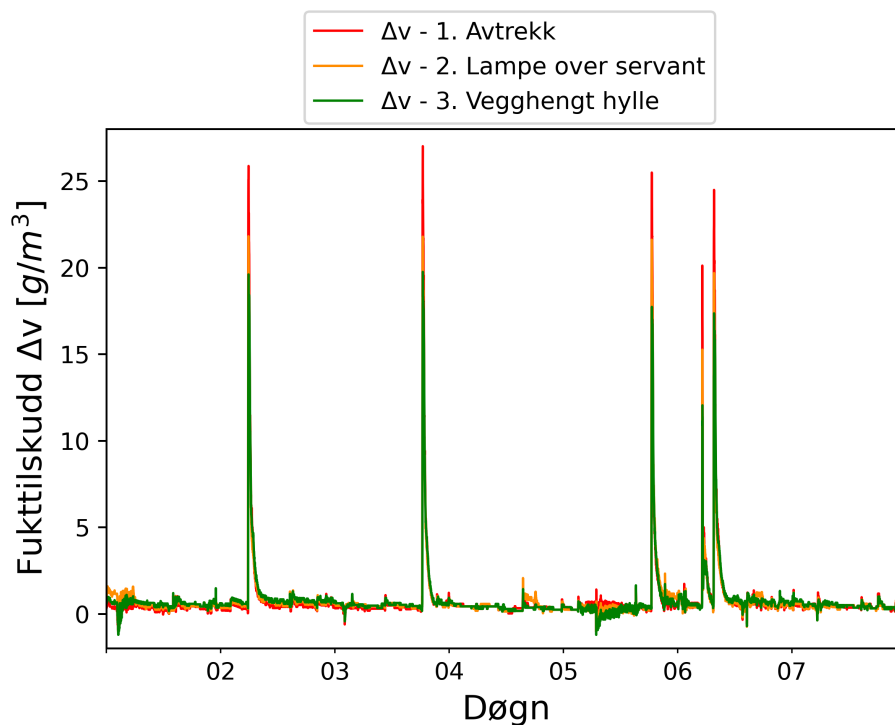
I dette kapittelet fremstilles de mest essensielle måleresultatene fra feltmålinger i studentboligene hos studentsamskipnaden i Ås (SIÅS), før disse diskuteres og sammenlikninger i [kapittel 5](#). Det minnes om de innstilte forsøksparameterene for badene;

- Bad 1:  $54m^3/h$  avtrekksmengde, middels settpunkt på varmekabel (3,5 av 6 på termostat)
- Bad 2:  $36m^3/h$  avtrekksmengde, høyt settpunkt på varmekabel (6 av 6 på termostat)

### 4.2.1 Fuktilskudd under måleuken



**Figur 4.16:** Fuktilskudd gjennom måleuken - bad 1



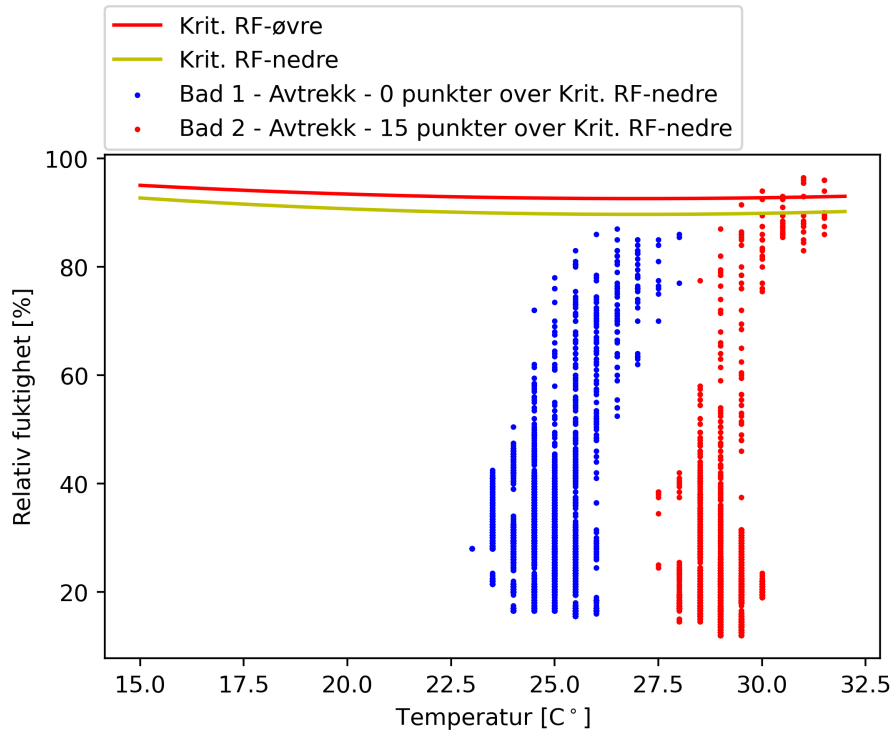
**Figur 4.17:** Fukttilskudd gjennom måleuken - bad 2

Fukttilskuddet over tid ( $\Delta v$ ) for bad 1 og bad 2 gjennom måleuken i studentboligene illustreres i hhv. [Figur 4.16](#) og [Figur 4.17](#). Grafene viser målinger utført ved alle de 3 måleposisjonene. Tiden beskrives i antall døgn (langs x-aksen) etter utplassering av måleutstyr. Forsøkene viser tydelig hvilke tidspunkter det er dusjet på badene, i form av høye fukttopper. I løpet av måleperioden ble det totalt dusjet 9 ganger i bad 1, og 5 ganger i bad 2.

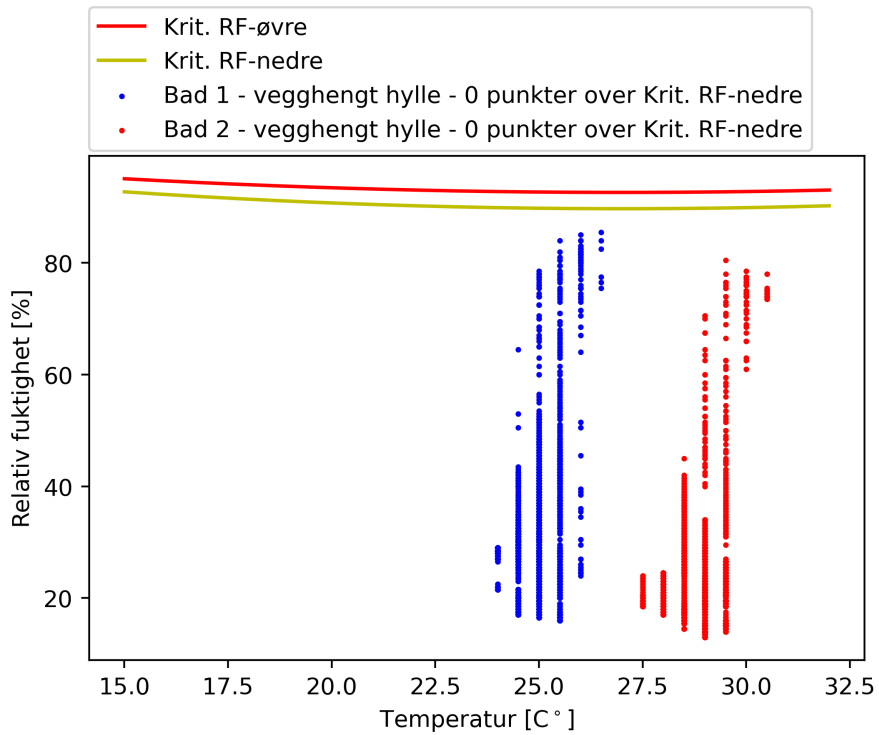
Det fremkommer i grafene at det for dusjsekvensene i bad 2 er høyere fukttopper enn for dusjsekvenser i bad 1. Det fremkommer også at det i bad 1 er loggeren på lampen over servanten som har høyest målt fukttilskudd ved dusjsekvensene, mens det for bad 2 er loggeren i avtrekket som har høyest målt fukttilskudd.

### 4.2.2 Muggvekstanalyse

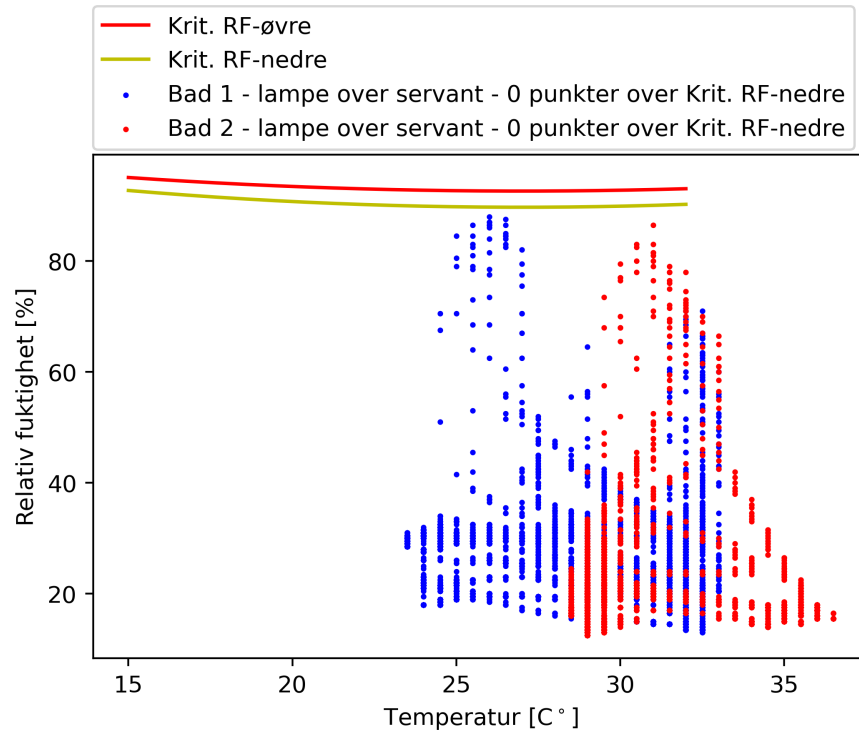
[Figur 4.18](#), [Figur 4.19](#) og [Figur 4.20](#) viser isoplettplot for hhv. avtrekk, vegghengt hylle og lampe over servant for både bad 1 og 2. Det fremkommer tydelig i figurene at det ikke forekommer isopletter over nedre kritiske grense (Krit. RF-nedre) for noen måleposisjoner i bad 1. For bad 2 forekommer det 15 målinger over nedre kritiske grense i avtrekket, men ingen for de to øvrige målepunktene. Temperaturforskjellen mellom de to badene er også godt synlig i figurene, der temperaturen ved vegghengt hylle er ca. 25 °C for bad 1, og ca. 29 °C for bad 2.



**Figur 4.18:** Isopleter for måleuken - avtrekk



**Figur 4.19:** Isopleter for måleuken - vegghengt hylle



Figur 4.20: Isopleter for måleuken - lampe over servant





# 5. Diskusjon

I dette kapitlet vil resultater fra både konstruerte forsøk i OBOS Living Lab og feltmålinger i Pomona gjennomgås, og knyttes opp mot oppgavens formål, problemstilling og forskningsspørsmål. Oppmerksomheten rettes i hovedsak mot de kontrollerte forsøkene hos OBOS Living Lab. Basert på forskningsspørsmålene ([Kapittel 1.2](#)), vil først påvirkningen av avtrekksmengde og varmekabler for uttørkingstid og fukttilskudd gjennomgås, før muggrisiko for ulike forsøk diskuteres. I tillegg vil observerte ulikheter, uregelmessigheter og mulige feilkilder beskrives underveis. Til slutt vil visuelle observasjoner, valg av forsøksparametere, samt spesielle utfordringer under utarbeidelse av oppgavebesvarelse redegjøres for.

## 5.1 Uttørkingstid og fukttilskudd

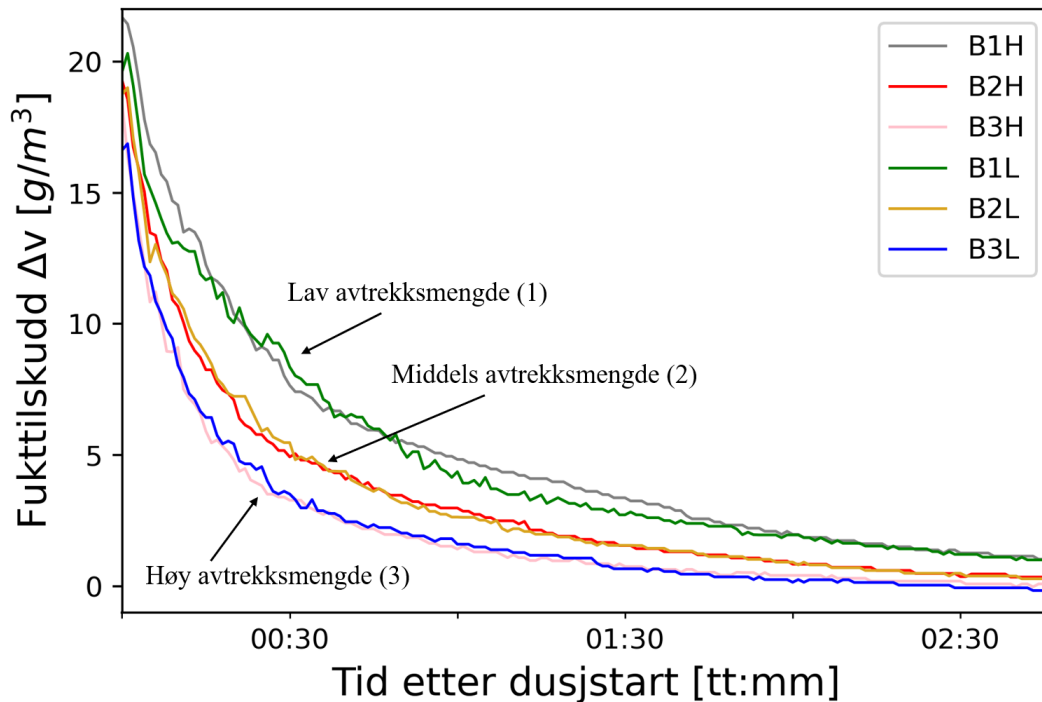
For beregning av uttørkingstid og fukttilskudd ved feltmålinger i studenthyblene, var det ikke mulig å kontrollere hvor lenge dørene til badene var åpne, eller fukttilskuddet generelt i boligen. En åpen dør ville for eksempel gjøre at trykkforskjellen på bad og tilstøtende rom utjevnes, og at luft og fukt blandes. Siden måleren for tilluft til bad var plassert rett på utsiden av badet, ville da tilluft og avtrekk raskt bli tilnærmet likt. Dette kombinert med fukttilskudd fra tilstøtende rom skaper usikkerhet. Det ble derfor valgt å ikke gjøre beregninger for uttørkingstid og fukttilskudd etter dusj for feltmålingene. I denne delen vil det derfor fokuseres på de konstruerte feltforsøkene hos OBOS Living Lab, og med hovedfokus på bad B grunnet oppdagede uregelmessigheter ved bad A (se [Delkapittel 5.5.2](#)). Fukttilskuddskurvene fra feltmålingene vil dog kommenteres da de uavhengig usikkerhet gir et godt innblikk og sammenligningsgrunnlag mot de konstruerte feltforsøkene.

### 5.1.1 Påvirkning fra avtrekksmengde og varmekabler

#### Avtrekksmengde - målinger fra avtrekk

Fukttilskuddet  $\Delta v$  vises i [Figur 4.1a](#) (bad A) og [Figur 5.1](#) (bad B). Her fremkommer det tydelig at fukttilskuddet synker raskere for forsøkene med høy avtrekksmengde ( $72 \text{ m}^3/h$ ) enn for forsøkene med lav avtrekksmengde ( $36 \text{ m}^3/h$ ). Forsøkene med middels avtrekksmengde ( $54 \text{ m}^3/h$ ) viser seg som forventet som en mellomting av høy og lav. Dette tyder på at høy avtrekksmengde raskere tømmer baderommet for fuktig damp generert under en dusjsekvens. Den samme tendensen observeres for bad A også ([Fi-](#)

gur 4.1a). Uttørkingstiden målt i avtrekket (Figur 4.5) tyder også på en vesentlig raskere uttørking av badet ved bruk av både middels (2 -  $54 \text{ m}^3/h$ ) og høy (3 -  $72 \text{ m}^3/h$ ) avtrekksmengde (ca. 2-3 timer) sammenlignet med lav avtrekksmengde (1 -  $36 \text{ m}^3/h$ ) (ca. 4,5 timer). Differansen i uttørkingstid mellom avtrekksmengde 2 og 3 ser dog ut til å være vesentlig mindre enn differansen mellom avtrekksmengde 1 og 2, til tross for at differansen i luftmengde mellom hver innstilling er lik ( $18 \text{ m}^3/h$ ).



**Figur 5.1:** Fukttilskudd over tid ( $\Delta v$ ) for bad B - målt i avtrekk

Som Hempel, Løfblad og Boon-Grønseth (2017) konstaterer i sin bacheloroppgave; "Luftmengder har vist seg å være avgjørende for å frakte ut vanndamp, men ikke den mest avgjørende parameteren for å fordampe vann."

Dette er noe de konstruerte forsøkene utført i denne oppgaven også viser. Som beskrevet ovenfor, gir de ulike avtrekksmengdene resultater som indikerer at baderommet tømmes raskere for vanndamp ved høyere avtrekksmengde. Dersom man derimot ser på forsøkene der avtrekksmengden er lik, men innstilling for varmekabler er ulik (H/L), viser det seg at uttørkingstiden er omtrent lik, og i enkelte tilfeller lenger for forsøk med høy varme, enn for forsøk med lav varme i gulvet (se Figur 4.5). Samtidig viser forsøk med høy gulvvarme et høyere totalt fukttilskudd sammenlignet med samme forsøk med lav gulvvarme. En årsak til dette kan tenkes å være at den høye varmen bidrar til raske uttørking/fordamping av vann i fuger/påstøp etter dusjsekvens, som fanges opp av fuktighetslogger i avtrekk. Til motsetning, kan lav varme i gulv gjøre at uttørkingen

skjer i en så lav hastighet, at fukttilskuddet blir for lavt til at det fanges opp av måleutstyret. Dette kan i praksis bety at badet ikke er fullstendig uttørket, til tross for at uttørkingstiden beregnet etter metode beskrevet i [Delkapittel 3.3.3](#) viser at badet er uttørket.

### Uttørking av treklosser og håndklær

De utplasserte treklossene på gulvet og håndkledene bidrar også til fukttilskuddet, og tørker etter endt dusjsekvens. Som tidligere oppsummert i [Tabell 4.2](#), blir samtlige håndklær så og si helt uttørket i løpet av de 23 timene (vektens nøyaktighet er mindre enn differansen i uttørkingsgrad). [Tabell 4.2](#) viser dog at treklossene på langt nær rekker å tørke helt, noe også visuelle observasjoner bekrefter ([Figur 5.2](#)). Det er etter 23 timer fortsatt synlig fukt i klossene, spesielt på undersiden der de har ligget mot underlaget. At det tydelig er restvann i klossene, til tross for at fuktighetsmålere og beregninger ikke oppfatter et betydelig nok fukttilskudd, støtter også oppom teorien om at badet ikke nødvendigvis blir fullstendig uttørket i løpet av de 23 timene.



**Figur 5.2:** Restfukt i treklosser

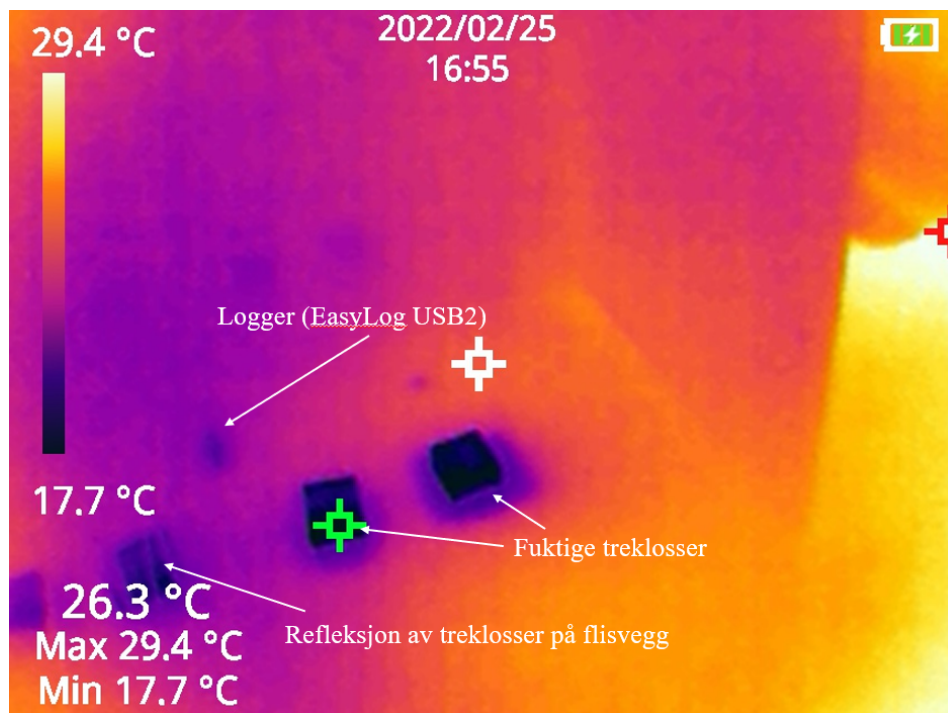
### Termogrammer

Ved å studere termogrammene opp i mot måleresultater fra forsøkene, kan teorien om at måleutstyr i avtrekket ikke fanger opp uttørkingen i dusjen styrkes. I følge målinger oppsummert i [Figur 4.5](#), var badet i forsøk B1H uttørket etter rett under 5 timer fra dusjstart. [Figur 4.10](#) viser siste tilgjengelige termogram etter forsøk B1H, som ble tatt 6 timer og 10 minutter etter dusjstart. I termogrammet er det fortsatt tydelig at det

gjenstår fuktighet på gulvet, spesielt langs kanten mot veggen i dusjsonen. Det samme gjelder også forsøk B1L (Figur 4.11) og B3L (Figur 4.13), der beregnet uttørkingstid var hhv. omtrent 5 timer og omtrent 2,5 timer, mens begge termogrammene viser restfukt i dusjsonen etter 8 timer.

Ved sammenlikning av siste termogram for forsøk B2H (Figur 4.12), som har varmekabler med høyt settpunkt, mot siste termogram for forsøk B3L (Figur 4.13), som har varmekabler med lavt settpunkt, synliggjøres en effekt av varmekablenes settpunkt. Her fremkommer det at etter 8 timer er det for forsøket med medium avtrekksmengde og høy varme vesentlig mindre vann på gulvet i dusjsonen, sammenlignet med forsøket med høy avtrekksmengde og lav varme. Samtidig kan man ved sammenlikning av termogrammet fra B1H etter omtrent 6 timer (Figur 4.10) mot termogrammet fra B1L (Figur 4.11) etter omtrent 8 timer, observere at arealet i dusjen med synlig fritt vann ganske likt. Dette til tross for at termogrammet fra forsøket med høy varme er tatt 2 timer tidligere enn for forsøket med lav varme. Det ser altså ut til at gulvets temperatur (varmekablenes settpunkt) har en større effekt på fordamping av vann på gulvet, enn det avtrekksmengden har.

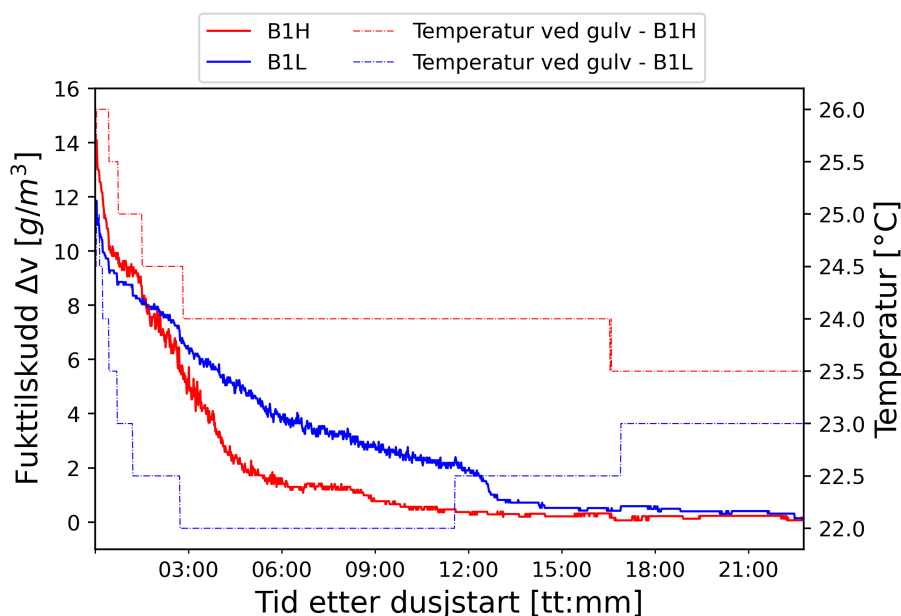
Figur 5.3 viser termogrammet fra forsøk B2H 7 timer etter dusjsekvens. Figuren viser et tilnærmet tørt gulv, der både treklossene og EasyLog logger fremkommer som kaldere overflater. I tillegg kan refleksjon av treklossene på venstre flisvegg observeres.



**Figur 5.3:** Forsøk B2H - 7 timer etter dusjstart

## Målinger i dusjsone

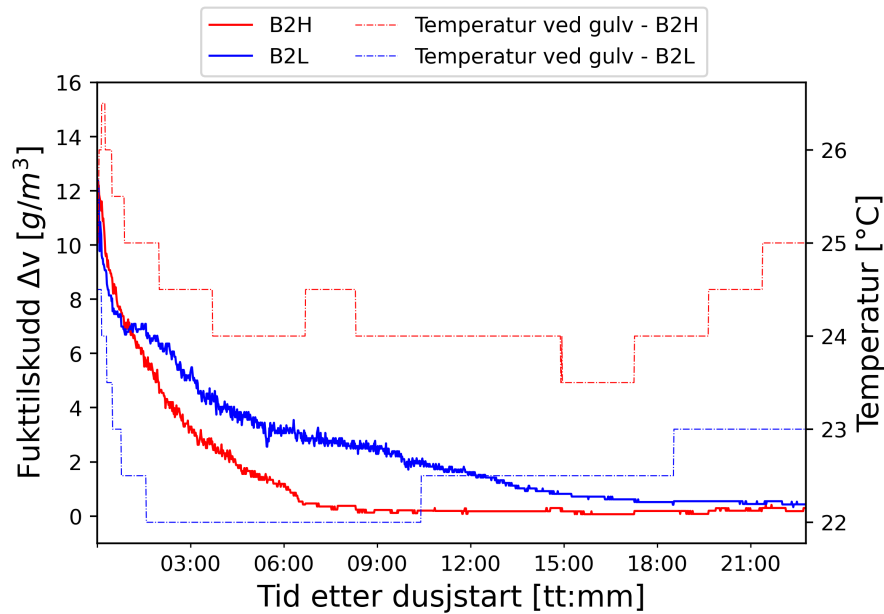
Målingene fra logger nr. 4 (utplassert på gulvet i dusjsonen) viser også forskjeller på uttørkingstid, og dens avhengighet av lav og høy gulvvarme. Ved å se på fukttilskuddet  $\Delta v$  for loggerene i dusjsonen, kan det observeres en tydelig raskere uttørking for forsøk med høy varme enn for forsøk med lav varme observeres. Forsøkene på bad B med lav avtrekksmengde (Figur 5.4) viser dette tydeligst, noe som også støttes opp av forsøkene ved medium (Figur 5.5) og høy (Figur 5.6) avtrekksmengde. Det kan se ut til at forskjellen i fukttilskudd over tid mellom høy og lav varme er størst desto lavere avtrekksmengden er. I tillegg til fukttilskuddet (venstre side), viser figurene (5.4, 5.5 og 5.6) temperaturen ved loggerposisjonen (høyre side). Disse temperaturene er hentet fra samme logger som ble benyttet til å beregne fukttilskuddet i dusjsonen (EasyLog USB2), men samsvarer godt med temperaturene målt med termoelementet KIMO KTT220 (se Tillegg A for sammenlikning av målte temperaturer med de ulike instrumentene).



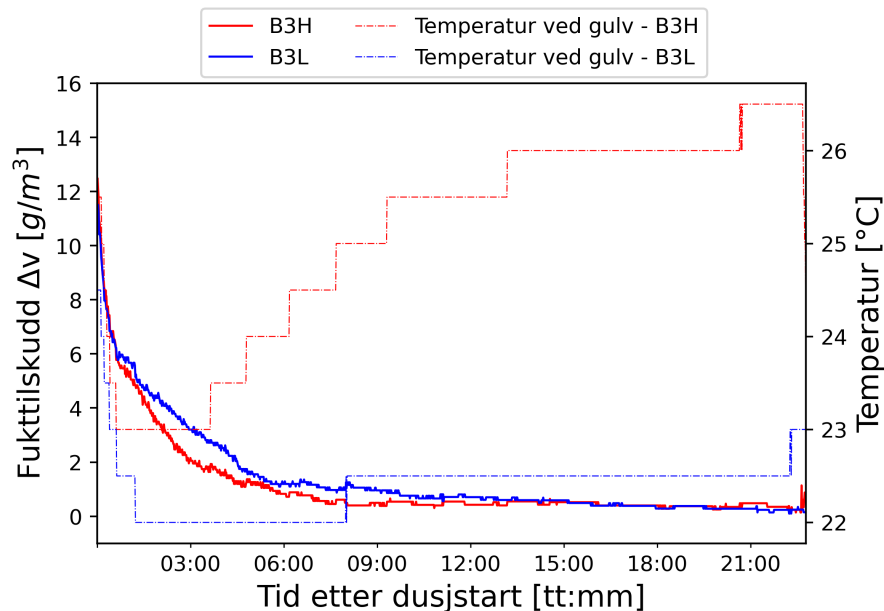
**Figur 5.4:** Fukttilskudd og temperatur på gulv i dusjsone - Bad B, lav avtrekksmengde ( $36m^3/h$ )

For forsøk B2H viser Figur 5.5 et fukttilskudd i dusjsonen lik tilnærmet 0  $gram/m^3$  etter omtrent 7 timer, der termogrammet etter samme tid også viser at overflatevannet er borte (se Figur 5.3). For forsøk B1L (Figur 5.4) og forsøk B3L (Figur 5.6) derimot, antydes det et fukttilskudd på hhv. omtrent 3  $gram/m^3$  og 1,5  $gram/m^3$  etter 8 timer. Termogrammene for disse forsøkene ved samme tid viser også gjenværende overflatevann. Dette kan igjen tyde på at måleutstyret i avtrekket ikke er følsomt nok til å fange opp det lave fukttilskuddet i dusjsonen, mens måleutstyret som befinner seg i dusjsonen er nærmere fuktkilden, og dermed fanger opp fuktigheten. I tillegg er det en mulighet for

en form for kortslutning, der tilluften i stor grad går rett til avtrekket uten tilstrekkelig omrøring mot hjørnet i dusjsonen. En annen betydelig faktor kan være at varmekabler ikke er plassert helt mot dusjens hjørne, noe som kan indikeres i blant annet [Figur 5.3](#), der gulvet ser kaldere ut i venstre halvdel (dusjens hjørne) enn for resterende dusjsone.



**Figur 5.5:** Fukttilskudd og temperatur på gulv i dusjsone - Bad B, medium avtrekksmengde ( $54m^3/h$ )

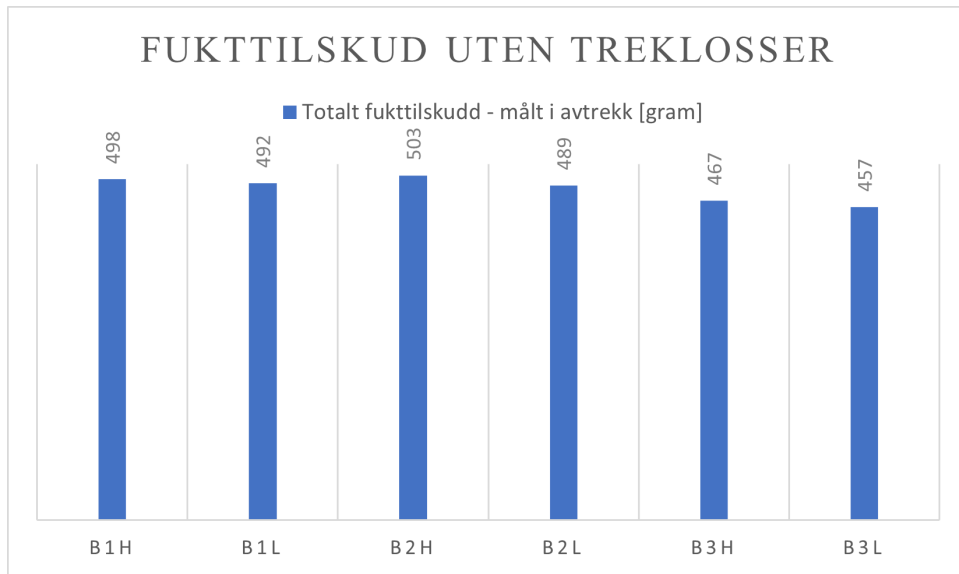


**Figur 5.6:** Fukttilskudd og temperatur på gulv i dusjsone - Bad B, høy avtrekksmengde ( $72m^3/h$ )

De ovennevnte årsakene er grunnen til at beregning av uttørkingstid i dusjsone også ble utført som beskrevet i [Delkapittel 3.3.3](#). Basert på at klossene i dusjen ikke var uttørket etter de 23 timene (se [Tabell 4.2](#) og [Figur 5.2](#)), kunne det forventes et konstant fukttilskudd til luften gjennom hele perioden mellom forsøkssekvenser. For å kompensere for dette når uttørkingstid i dusjsone ble estimert, ble grenseverdien for maksimalt fukttilskudd økt fra  $dV = 0,2 \text{ gram}/m^3$  til  $dV = 0,5 \text{ gram}/m^3$ . Maksimalverdien for de løpende gjennomsnittene ble beholdt til å fortsatt være  $d = 0,2 \text{ gram}/m^3$ . Dette betyr i praksis at beregningen sier at gulvet i dusjsone er tørt når forskjellen mellom de løpende snittene er under  $0,2 \text{ gram}/m^3$ , og at differansen på absolutt fuktighet mellom tilluft og dusjsone ( $\Delta v$ ) er under  $0,5 \text{ gram}/m^3$ . Valg av  $dV$  for denne beregningen baseres på termogrammet fra B2H (se [Figur 5.3](#)), der man omtrent 7 timer etter dusjstart kan se at gulvet er relativt godt uttørket. I tillegg kan man fra [Figur 5.5](#) se at fukttilskuddet ( $\Delta v$ ) stabiliserer seg nokså godt rundt samme tidspunkt. Ved denne tiden er  $dV = 0.5 \text{ gram}/m^3$  for forsøk B2H, som også benyttes videre for estimering av uttørkingstid for andre forsøk. Det er her viktig å poengtere at valg av  $dV$  kun er basert på én observasjon, og at disse uttørkingstidene derfor vil være grove estimater, og er mer nyttige for å sammenligne kombinasjonene mot hverandre enn å angi en spesifikk uttørkingstid. Resultatet av denne beregningen gir store variasjoner (se [Figur 4.6](#)), men viser lavere uttørkingstid for forsøkene med høy varme enn for de tilsvarende forsøkene med lav varme.

## Fukttilskudd

Fra [Figur 4.7](#) fremkommer det at det totale fukttilskuddet etter hver dusjsekvens er relativt samsvarende, hvilket det bør være da forsøkene er gjort på samme måte. I det beregnede fukttilskuddet i denne figuren, er fukt avgitt fra klosser og håndklær inkludert. I en reell dusjsekvens vil ikke fuktigheten avgitt fra klossene være tilstedet, og [Figur 5.7](#) vil derfor være bedre beskrivende, da fukttilskuddet avgitt fra treklossene er fratrukket her. Som beskrevet tidligere i dette kapitlet, ser det ut til at måleutstyret ikke fanger opp uttørkingen av treklossene og at beregningene derfor anser badet som uttørket, selv om det er noe restfukt i kloss og dusjgulv. Det er derfor viktig å notere seg at data i [Figur 5.7](#) kan fravike noe fra reelle verdier. Årsaken til dette er at veiing av klossene skjedde 23 timer etter dusjstart, mens beregning av fukttilskudd (integring under  $\Delta v$ -kurven) stopper flere timer før dette. I denne tiden fortsetter treklossene å tørke, uten at dette blir fanget opp i beregningen. Denne faktoren kan også være med på å forklare hvorfor det totale fukttilskuddet er lavere for forsøkene med høy avtrekksmengde enn for forsøkene med lav avtrekksmengde slik [Figur 4.5](#) viser. Dette er fordi tiden mellom beregnet uttørkingstid og tiden da klossene ble veid er lenger for forsøkene med høy ventilasjonsmengde enn for forsøkene med lav ventilasjonsmengde. Samtidig vil trolig responstiden på måleutstyret ha noe med dette å gjøre, da høy avtrekksmengde gir



**Figur 5.7:** Fukttilskudd forsøk bad B - uten fukt avgitt fra klosser

raskere endring av RF i avtrekket enn for lav avtrekksmengde. Dersom måleutstyret ikke har god nok respons for å fange opp den raske endringen, vil trolig de store fukttoppene ved dusjstart vises som lavere for forsøkene med høy avtrekksmengde enn for forsøkene med lavere avtrekksmengde. Dette kan til en viss grad observeres i både [Figur 4.1a](#) og [Figur 4.2a](#).

[Figur 5.7](#) viser at totalt fukttilskudd for forsøkene er i underkant av 500 gram, hvilket samsvarer godt med Hafnor (2020) sine resultater, som opplevde fukttilskudd i samme størrelsesorden. Det er dog noe høyere enn hva Pallin, Johansson og Hagentoft (2011) fant i sine undersøkelser, hvilket kan tyde på at dusjvaner kan ha endret seg de siste 10-12 årene.

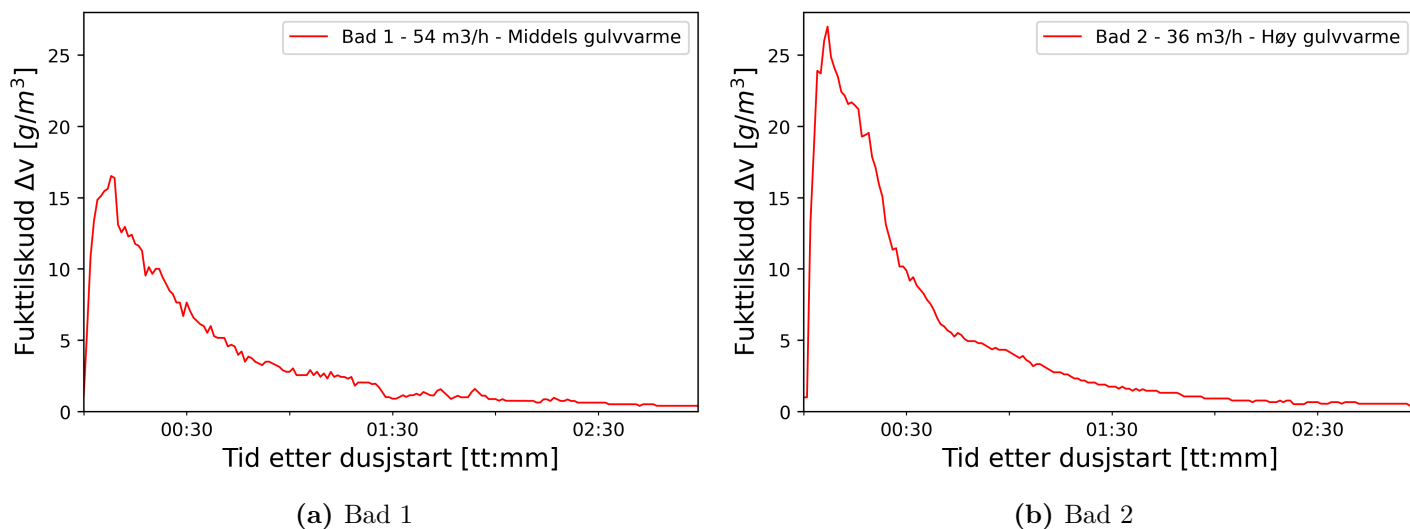
### 5.1.2 Fukttilskudd fra feltmålinger

Som tidligere nevnt ble ikke totalt fukttilskudd og uttørkingstid beregnet for feltmålingene på grunn av stor usikkerhet rundt åpning av dører o.l. Grafene av fukttilskudd gjennom måleuken kan likevel være nyttige å vurdere. Det er tydelige forskjeller mellom fukttoppene i [Figur 4.16](#) og [Figur 4.17](#), der bad 2 har vesentlig høyere målte fukttopper (opp mot  $26 \text{ gram}/\text{m}^3$ ) enn bad 1 (opp mot omtrent  $19 \text{ gram}/\text{m}^3$ ). Denne trenden er tydelig for samtlige dusjsekvenser. Årsaken til dette kan være ulike dusjrutiner for beboerne. Årsaken kan også være at avtrekket i bad 2 var nærmere dusjsonen enn avtrekket i bad 1, samt at bad 2 hadde mindre volum enn bad 1, og at konsentrasjonen av vanndamp derfor blir høyere i bad 2 enn bad 1. I tillegg hadde bad 2 lavere avtrekksmengde enn bad 1, og responstiden til måleutstyret kan derfor være mindre viktig da luften beveger seg saktere forbi loggeren i bad 2 enn i bad 1. Effekten av at avstanden



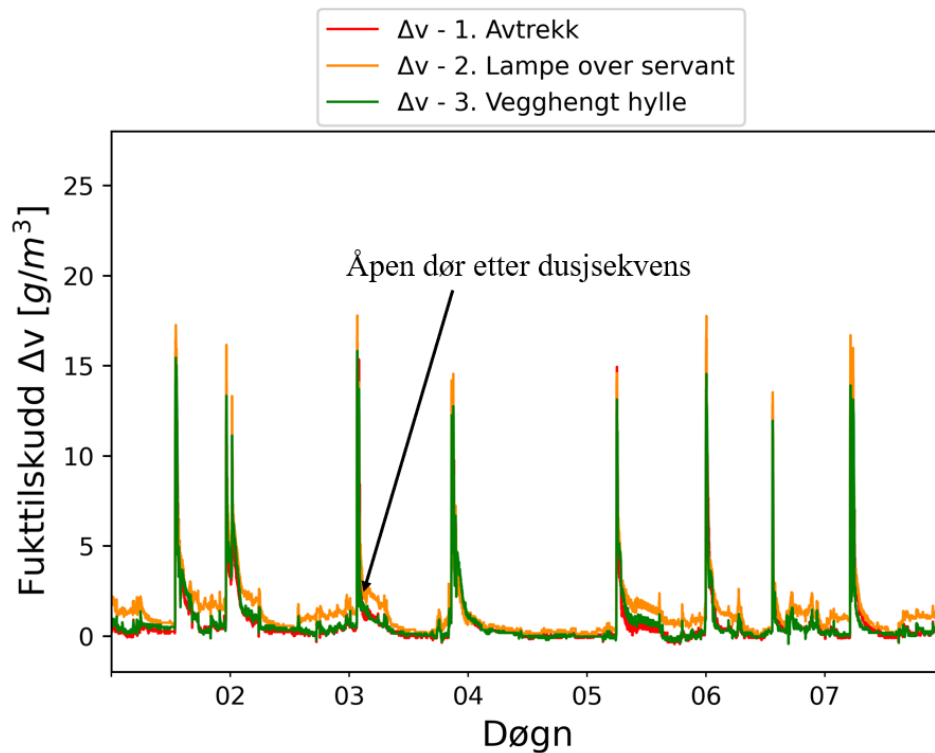
mellom avtrekk og dusjsone er mindre i bad 2 enn i bad 1 vises også i [Figur 4.16](#) og [Figur 4.17](#), der det fremkommer at de høyeste fukttoppene er målt i avtrekket i bad 2, mens det er målt ved lampen over servant for bad 1.

Selv om total fukttilskudd for en dusjsekvens og uttørkingstid ikke ble beregnet for feltmålingene, kan man ved enkel integrering under fukttilskuddkurven se at dusjsekvansene i felt ga relativt like fukttilskudd som i de konstruerte forsøkene. Ved å visuelt se start av dusjsekvens i [Figur 4.16](#) og [Figur 4.17](#), kan man finne et estimat for  $t_0$ . Ved å videre sette  $t_i$  til 3 timer etter  $t_0$ , kan en grovt sett estimere de totale fukttilskuddene etter en dusjsekvens med [Ligning 3.2](#) (uten å hensynta klossenes vektendring, da disse ikke var tilstede i feltmålinger). Dette overslaget vil være mindre nøyaktig enn å først beregne uttørkingstiden  $t_i$  slik det ble gjort etter de konstruerte forsøkene, men overslaget kan likevel benyttes som en verifisering av de konstruerte forsøkene. Overslaget viser at de totale fukttilskuddene ved dusjsekvansene i feltmålingene er i størrelsen 450-600 gram per dusj. [Figur 5.8](#) viser fukttilskuddet  $\Delta v$  for de to badene for 2 tilfeldige dusjsekvenser. Det beregnede fukttilskuddet etter 3 timer er på hhv. 525 gram og 526 gram når avtrekksvolum forbi logger medregnes ( $A_i$  etter [Ligning 3.2](#)).



**Figur 5.8:** Fukttilskudd fra tilfeldig dusjsekvens i studenthyblene (Pomona)

Studentene i Pomona ble som tidligere nevnt bedt om å holde dørene til badene lukket etter dusjing, og eventuelt registrere i utdelt skjema dersom døren ble stående åpen. Det ble registrert én dusjsekvens med åpen dør i etterkant, hvilket kan observeres i fukttilskuddskurven for bad 1. I [Figur 5.9](#) fremkommer det at fukttilskuddet raskere synker den første tiden etter fukttoppen der døren var åpen, sammenlignet med de øvrige dusjsekvansene. Dette viser hvordan vanndampen ved slike tilfeller vil kunne spre seg ut i tilstøtende rom.



**Figur 5.9:** Fukttilskudd i måleuken for bad 1 - sekvens med åpen dør er markert

## 5.2 Analyse av muggrisiko

Ved analyse av risiko for muggvekst, er det som beskrevet i [Delkapittel 2.5.2](#) flere ulike måter å gjøre dette på, med ulik kompleksitet og nøyaktighet. Metoden utarbeidet av Johansson, Lång og Capener (2021) ble valgt på grunnlag av dens beviste kombinasjon av nøyaktighet og enkelhet. Metoden gir visuelle resultater, der det er enkelt å avgjøre om det er en *potensiell risiko* for muggvekst eller ikke. Det er dog viktig å poengtere at det uansett vil være umulig å kunne si sikkert at en kombinasjon av avtrekksmengde og varmpådrag er *muggfri*, mens en annen *garantert* gir mugg. Metoden er likevel et godt utgangspunkt for en indikasjon av hvilken betydning avtrekksmengde- og gulvvarme har på muggrisikoen. Ved å se på antall isopleter over kritisk RF, og sammenligne dette antallet mellom kombinasjoner av avtrekk og varme, blir det mulig å se et mønster på hvilke kombinasjoner som gir høyere eller lavere risiko for mugg, men en fasit på eksakt hvilken kombinasjon som gir tilstrekkelig muggsikkerhet syntes å bli vanskelig og svært usikker, da dette er en større oppgave for biologer.

Målepunkter over kurvene for kritiske RF-verdier ansees som potensiell muggrisiko. Disse kurvene er som beskrevet i [Delkapittel 2.5.2](#) avhengig av materialtype og materialets næringsinnhold. I denne oppgavens analyse av muggrisiko, er materialklasse D benyttet, som blant annet omfatter gipsplater. På moderne baderom anses dette som materialet

som har høyest næringsinnhold, og derfor også er mest utsatt for muggvekst. Dette forutsetter et rent baderom, da skitt og smuss gjerne har enda høyere næringsinnhold, og typisk plasseres i en materialklasse med lavere kritiske RF-kurver. Den nedre kurven *Krit. RF-nedre* angir grensen for en potensiell vekstmulighet, mens den øvre kurven er mer sikkert at gir gode vekstvilkår for mugg. Optelling av isopleter ble gjort for alle som viste seg over nedre grense, og er derfor på sikker side mtp. predikert muggrisiko.

### 5.2.1 Konstruerte feltforsøk

I [Figur 4.8](#), [Figur 4.9a](#) og [Figur 4.9b](#) kan resultatene fra muggvekstanalysen avleses. På bad B, er det maksimale antallet isopleter for et forsøk 24 stk, mens det laveste er på 15 stk. Dette er fordelt på 2 målerposisjoner; avtrekket og himlingen. Det ble på bad B ikke registrert isopleter over kritiske RF-verdier ved de øvrige loggerposisjonene. At dette ikke forekom i dusjsonen var noe overraskende. Dette kan dog skyldes den høye temperaturen ved gulvet, som ga høyt metningstrykk, og derfor også lavere RF ([Ligning 2.2](#)), slik at denne kom under kritisk RF ved beregning av mugganalyse.

For bad A er det maksimale antallet isopleter for et forsøk 30 stk, mens det laveste er 6 stk. Som tidligere nevnt ble det oppdaget noen uregelmessigheter ved målinger og forsøk i bad A (se [Delkapittel 5.5.2](#)), og disse resultatene bør derfor ikke vektlegges i samme grad som resultatene fra bad B. Dataene i bad A viser dog nokså like resultater som for bad B, spesielt for antall isopleter over kritiske grenser målt ved himlingen. For bad A forekommer det også 1 isoplett over grensen i dusjsonen under 3 ulike forsøk. Til felles for alle forsøk ved begge bad, fremkommer det generelt at høyere avtrekksmengde gir færre isopleter over nedre grense, enn det lav avtrekksmengde gjør. Forskjellen mellom medium avtrekksmengde og høy avtrekksmengde er relativt liten når det gjelder antall isopleter over kritisk RF, hvilket kan tyde på at fukttoppen som gir de gode vekstvilkårene trekkes ut effektivt nok med  $54m^3/h$  avtrekksvolum.

Det er også verdt å notere seg at for samtlige forsøk med medium avtrekksmengde ( $54m^3/h$ ) og høy avtrekksmengde ( $72m^3/h$ ), maksimalt er 10 isopleter over nedre grense for kritisk RF. Dette betyr at for forsøkene med minimum  $54m^3/h$  avtrekksmengde, vil det kun være risiko for gunstige muggvekstvilkår i maksimalt 10 minutter etter en dusj, hvilket basert på [Mattsson \(2004\)](#) ikke vil være tilstrekkelig for å oppnå muggvekst. Ved gjentagende sekvenser med gunstige muggvekstvilkår vil kanskje muggsoppen ha mulighet til å etablere seg, men med en jevnlig rengjøring av bad vil det sannsynligvis være svært lav risiko. Dette avhenger selvsagt av flere forhold, både vekstvilkårene beskrevet i [Figur 2.7](#), tid for dusjsekvens, geometri og ventilasjonsplassering på bad, tilluftsvilkår o.l., men gir likevel en klar indikasjon på at et slikt avtrekksvolum ( $54m^3/h$ ) kan være tilstrekkelig for muggsikkert bad.

### 5.2.2 Feltmålinger

For målinger utført i badene til studentene er resultatene direkte fremstilt i isoplettplotene. Her kan det tydelig observeres at det kun forekommer målinger over kritisk grense ved kun ett av badene på ett målepunkt: avtrekket (Figur 4.18). Det fremkommer her 15 målinger over den nedre kritiske grensen, hvilket betyr at det i løpet av måleuken var gunstige muggvekstvilkår i omtrent 15 minutter (ca. 0,15% av tiden). Gunstige vekstvilkår i en så liten andel av tiden vil trolig ikke være nok for vekst. Det er ellers viktig å poengtere at der de konstruerte feltforsøkene viste best muggvekstvilkår (ved himlingen midt i rommet), var det ikke plassert måleutstyr ved feltmålinger. Dette på grunn av manglende innfestingsmuligheter. Det betyr at det kan være bedre vekstvilkår i dette området enn for de øvrige målte områdene. Resultatene i Delkapittel 4.2.2 tyder på at muggrisikoen var noe høyere for bad 2 med  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  enn for bad 1 med  $54 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## 5.3 Visuelle observasjoner - konstruerte feltforsøk

De visuelle observasjonene gjort under forsøkene kan være verdifulle, men det er dog viktig å poengtere at det kan være utfordrene å se og vurdere alt som skjer under et forsøk. Dette gjelder både innledende tester med røykmaskin, observasjon av kondens på speil, og observasjon av kondens på andre materialer.

For eksempel var det ved observasjoner av kondens på speil og overflater enkelt å skille mellom *ikke kondens* og *mye kondens* på enkelte overflater. Dette inkluderte spesielt de glatte/blanke overflatene der lysbrytningen ble endret ved kondensert vann på overflaten. Det var dog utfordrende å avgjøre hvilken grad av kondens det var på overflatene. I tillegg var det enkelte overflater der det var vanskelig å observere tilstedeværelsen av kondens. Dette inkluderte spesielt betong (høyporøs), der kondens kunne legge seg i porer, og overflaten allerede fremstod som matt og ujevn. De visuelle observasjonene kan derfor ikke gi et klart, entydig resultat, men vil kunne være en god bidragsytende faktor med de øvrige resultatene.

De visuelle observasjonene oppsummert i Tabell 4.3 viser tydelig at det er avtrekksmengden som er avgjørende for kondensering på overflater. Det fremkommer tydelig at det for samtlige forsøk med lav avtrekksmengde er store mengder kondens på både speil og dørbled. Det er tydelig en større forskjell mellom avtrekksmengdene  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  og  $54 \text{ m}^3/\text{h}$  enn det er mellom  $54 \text{ m}^3/\text{h}$  og  $72 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Det ble ellers observert at en del vann havnet utenfor dusjsonen. Dette var i stor grad grunnet mangel på dusjdører, som ifølge OBOS var av arkitektoniske årsaker. Det er naturlig å anta at en slik løsning gir mer fritt vann på gulv som må fordampes enn ved bruk av dør, da mer vann havner på gulvet utenfor dusjsonen der gulvfallet er størst.

Ved innledende testing med røykmaskin for kontroll av luftstrøm og omrøring ble uttynning av røyken gjennom rommet en utfordring for å se luftstrømmen. Det ble derfor utfordrende å tydelig se luftstrømmen desto lenger fra døren røyken var, men dette kan også gi en indikasjon på at omrøringen og uttynningen er ganske god på badet.

### Komfort

Siden studenten oppholdt seg på badene under alle forsøkene, ble komfort raskt et tankevekkende tema. Opplevd komfort vil kunne være svært individuelt, og studentens opplevelser vil derfor kanskje ikke være beskrivende for alle andre. Likevel inkluderes noen korte tanker rundt komfort, da det kan være beskrivende for flere. Å oppholde seg på badene med den laveste ventilasjonsmengden ( $36 \text{ m}^3/h$ ) følte ubehagelig og klamt. For høyeste avtrekksmengde ( $72 \text{ m}^3/h$ ) derimot, var ikke klamhet et problem, men den raske luftstrømmen fra overstrømningsventilen under døren ble opplevd som ubehagelig trekk på bare føtter.

## 5.4 Valg av forsøksparametere

Bruksmønster og vaner vil kunne være svært forskjellig avhengig av personlige interesser/hobbyer, arbeidsforhold, kultur og bakgrunn. Dette vil også i stor grad påvirke forhold i badene. For eksempel vil trolig en beboer i en fysisk arbeidssituasjon ha behov for hyppigere og/eller lengre dusjer hjemme enn en arbeidstaker som trener og dusjer på treningsstudio etter jobb. Likevel må det i dette prosjektet settes grenser, og gjøres noen antakelser basert på tidligere forskning om hva som kan antas å være gjennomsnittlig bruksmønster av bad når forsøk skal konstrueres i felt.

### Dusjsekvens

Willis mfl. (2010) har studert vannforbruk i 151 husholdninger i Australia. Ved bruk av strømningsmålere ble ulike aktiviteter med vannforbruk logget over en 2-års periode. Studien at en gjennomsnittlig dusj i de aktuelle husholdningene varete i minutter 7 minutter og 11 sekunder. En eldre artikkel som tar for seg energiforbruk ved oppvarming av vann (Prado og Gonçalves, 1998), viser også at den gjennomsnittlige lengden av dusjsekvenser ligger på 7 minutter. Videre viser Prado til at det ble målt ekstremverdier opp til 38 minutter, men at 95% av dusjene var på under 18 minutter. En undersøkelse utført av Opinion og omtalt av Nordvestnett viser at *"8 av 10 nordmenn bruker dusjen i inntil 10 minutter daglig"* (Nordvestnett, 2016). Vi ser altså et stort sprang i dusjsekvensens varighet, men det ser ut til at svært mange sekvenser er omtrent 7 minutter lange, og at vi i Norge stort sett holder oss innenfor 10 minutters sekvenser. I de konstruerte forsøkene ble derfor 10 minutter sekvenser benyttet som standard.

Temperatur på vannet vil også påvirke vanndampproduksjonen og luftstrøm på baderommet. Blandebatteriet i dusjen settes i standardposisjon, og vanntemperaturen ble da målt til 40°C.

Når noen står under dusjhodet, vil vanndråper fra dusjhodet treffe kroppen, og disse vil sprute ut mot dusjvegger. For å simulere denne effekten, ble det satt opp et stativ under dusjhodet med en plastball på toppen. Den totale høyden på ball og stativ ble satt til 166cm, som i følge Bentham mfl. (2016) er gjennomsnittlig høyde på en norsk kvinne. Dusjdukken fremkommer i oversiktsbildet over bad B i [Figur 3.10b](#).

### Avtrekksmengde på bad

De ulike luftmengdene i forsøket ble valgt ut basert på den finske standarden (36 m<sup>3</sup>/h), den norske standarden for grunnavtrekk på bad (54 m<sup>3</sup>/h), samt en mellomting av norsk grunnavtrekk og forsering (72 m<sup>3</sup>/h). 54 m<sup>3</sup>/h er også tilnærmet likt kravet for tilluft ved 2 sengeplasser (2 · 26m<sup>3</sup>/h), som anses som en vanlig tilluftsmengde i små boliger.

### Settpunkt varmekabel

Som tidligere nevnt, vil ønsket temperatur på bad være ulikt mellom personer og husholdninger. Under *Forskningskampanjen 2012* ble det gjort en grundig undersøkelse av både husholdninger- og enkeltpersoners vaner og ønsker om temperatur. Halvorsen og Dalen (2013) undersøkte da også temperaturvaner på baderom. Deres resultater viste en gjennomsnittlig baderomstemperatur (på morgningen) på 23°C, og at de aller fleste har mellom 22°C og 26°C på badet sitt. Det ble derfor bestemt å benytte 2 ulike parametere i forsøket: 22°C og 26°C.

## 5.5 utfordringer og usikkerhet

### 5.5.1 Usikkerhet

#### Årstid og uteklime

Det er underveis i kapitlet nevnt flere usikkerheter rundt målinger og resultater. I tillegg til disse, er kanskje en av de største usikkerhetene basert på årstid og uteklime. Alle målingene utført i denne oppgaven er gjort i vinterhalvåret. Målinger gjennom et helt år, der alle årstider fanges opp vil kunne gi et bedre estimat for muggsikkerhet, da utemiljøet påvirker inneluften/tilluften på baderommet. For eksempel vil det om sommeren være fuktigere luft ute (se [Figur 2.2b](#)), hvilket vil føre til at badet blir ventilert med en fuktigere luft enn det kanskje ble gjort under forsøkene til denne oppgaven. Dette vil kunne påvirke blant annet muggprediksjon og beregnet uttørkingstid. Et enkelt

overslag av dette kan gjøres ved å bruke [Figur 2.2b](#) som grunnlag. Denne viser at månedsnormalen av luftens vanndampinnhold for Oslo i februar/mars (målemånedene) er omtrent  $3 \text{ gram}/\text{m}^3$ , mens den på det meste i juli er tett oppunder  $10 \text{ gram}/\text{m}^3$ . Dette tilsvarer over en tredobling av fuktinnholdet i uteluften, som også er den luften ventilasjonsaggregatet tar inn, og som kommer som tilluft i leiligheten. Dette betyr at forholdene for uttørking endres drastisk mellom årstidene, hvilket trolig vil endre uttørkingstidene av badene også.

### Måleutstyrets forsinkelse

En annen usikkerhetsfaktor som har fremkommet er måleutstyrets forsinkelse, eller *lag*. Dette handler om hvor raskt målerne klarer å oppfatte en endring av fuktighet eller temperatur. Basert på sammenligning av fukttilskuddet  $\Delta v$ , kan det observeres at fukttoppene etter en dusj er høyere for forsøkene med lavere avtrekksmengder enn forsøkene med høye avtrekksmengder. Dette utjevnes noe ved å kompensere for luftstrømmen forbi loggerene (som i [Ligning 3.2](#)), men som det fremkommer i [Figur 5.7](#), gir likevel høyere avtrekksmengde et lavere totalt fukttilskudd. Dette kan bety at måleutstyret ikke har god nok respons til å oppfatte den raske endringen i RF når dusjen skrues på.

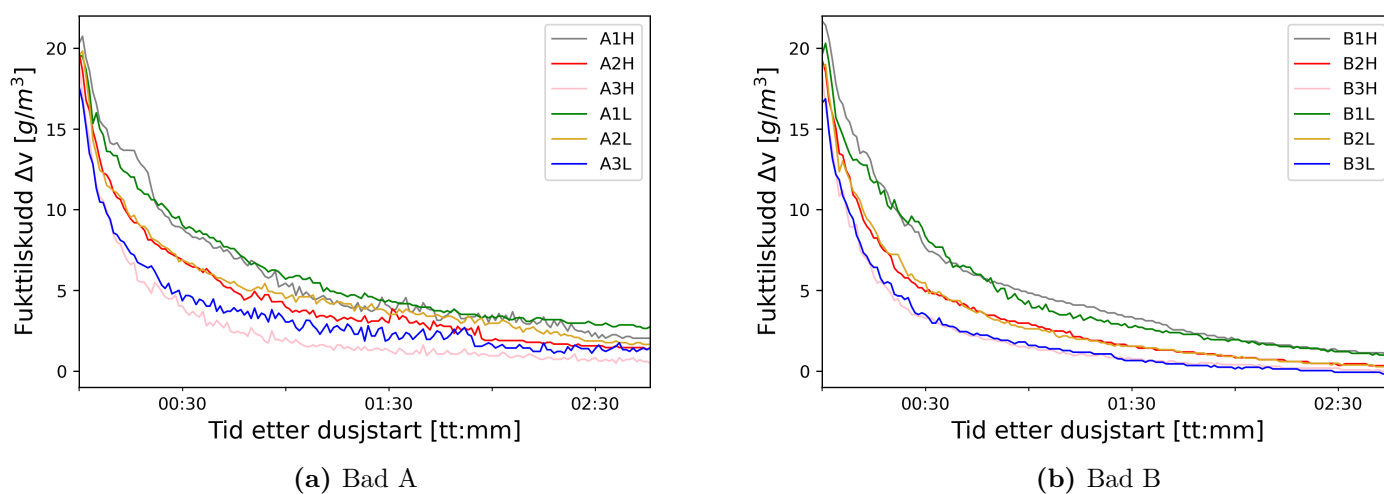
### Parametervalg til konstruerte forsøk

De valgte forsøksparameterne beskrevet i [Kapittel 5.4](#) er nøye valgt basert på forskning på bruksmønster. Likevel vil ikke dette nødvendigvis være beskrivende for alle, og ekstremverdier av parametere vil naturlig nok påvirke resultatene direkte. For eksempel vil lengre dusjer produsere mer vanndamp, hvilket sannsynligvis vil resultere i lengre uttørkingstid av badet (målt i avtrekk). Uttørkingstiden målt i dusjsonen vil trolig være mindre påvirket av dette, da mye av den ekstra vannmengden sannsynligvis vil skyldes ned i sluket. Hyppigere dusjing enn en gang i døgnet kan også føre til ekstra fuktbelastning, og at det blir gunstige muggvekstforhold i større deler av døgnet.

#### 5.5.2 Utfordringer ved bad A

Det ble ved analysering av data observert noe uregelmessigheter for resultater ved bad A. Dette innebar at fukttilskuddet ( $\Delta v$ ) målt i avtrekket, stabiliserte seg på verdier over  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$  for samtlige forsøk i bad A (se [Figur 4.1b](#)). Her stabiliserer forsøkene seg på omtrent  $1 \text{ gram}/\text{m}^3$ , med unntak av forsøk A3H som stabiliserer seg noe nærmere  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$ . Dette avviker fra resultatene i både bad B, og fra feltmålingene fra SIÅS der alle målinger stabiliserer seg rundt  $0 \text{ gram}/\text{m}^3$  i løpet av de 23 timene mellom forsøkene. Det er uvisst hva årsaken til dette kan være, men noen teorier for årsaker diskuteres videre i dette kapitlet. I tillegg viste det seg at temperaturstyring i gulv på bad A var svært ustabil, og at den målte temperaturen ikke samsvarte med settpunkt

ihht. forsøksplanen (Tabell 3.2). Dette diskuteres nærmere i slutten av dette kapitlet. Det var på bakgrunn av disse faktorene at det ble avgjort å fokusere i størst grad på data fra bad B ved bearbeiding av data. Resultater fra bad A støtter likevel opp flere observasjoner og resultater fra bad B. Dette gjelder både de visuelle observasjonene, samt de ulike forsøkene kurveutforming for fukttilskudd. Figur 5.10 viser  $\Delta v$  for alle forsøkene i bad A og alle forsøkene i bad B over 3 timer etter dusjstart. Det er her tydelig at fukttilskuddene over tid for forsøk med like betingelser, men på ulike bad ligner (med noe større grad av fluktuering for grafene fra bad A). Vi ser i Figur 5.10 at som beskrevet i Figur 5.1, følger også bad A trenden om at lavere avtrekksmengder gir tregere uttørking enn større avtrekksmengder.



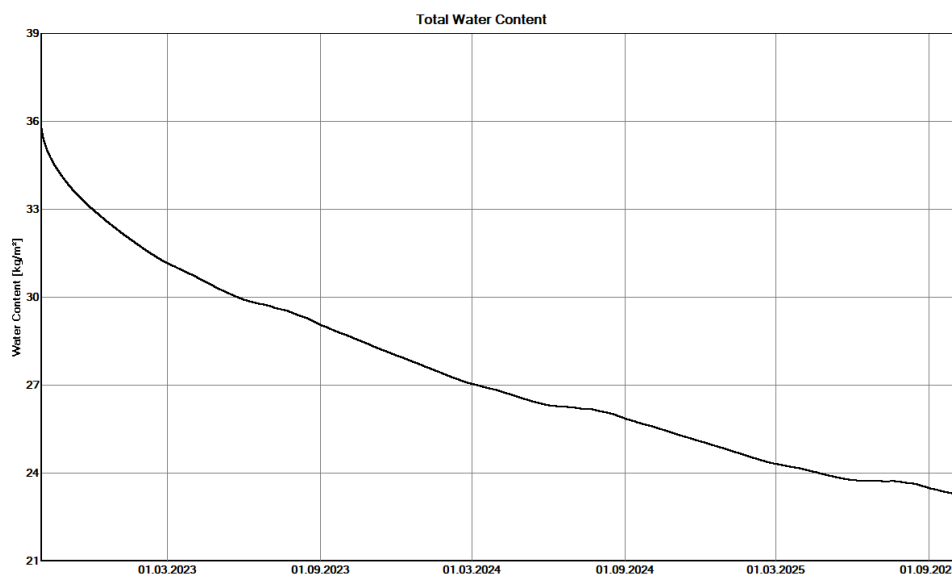
Figur 5.10: Fukttilskudd  $\Delta v$  for bad A og bad B - 3 timer

### Mulige årsaker til måleuregelmessigheter på bad A

I forbindelse med at fukttilskuddet stabiliserte seg på omtrent  $1 \text{ gram/m}^3$  i bad A, ble det gjort en undersøkelse av om det registrerte fukttilskuddet i bad A kunne stamme fra badets betongvegg, som ser ut til å være eneste fysiske forskjellen mellom bad A og bad B med unntak av romform og møbleringsplan. Bygget som huser badene er ferdigstilt sent 2021, og det kan derfor tenkes at betongen enda ikke er uttørket. En enkel beregning i WUFI 4 ble derfor utført. WUFI 4 er et simuleringsprogram for varme- og fukttransport som er utarbeidet av *Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP)*. Resultat fra beregningen viser at uttørking av vannmettet betong ( $180 \text{ kg vann pr kubikkmeter betong}$ ) kan ta flere år å tørke ut, og at det iløpet av 3 måneder det første året tørker omtrent  $4 \text{ kg vann per kvadratmeter betongflate}$  ved ensidig uttørking av en  $200 \text{ mm tykk betongvegg}$ . Se Figur 5.11. Med ca.  $5,5 \text{ m}^2$  betongflate på badet, tilsvarer dette omtrent  $22,5 \text{ kg vann iløpet av en 3 måneders periode}$ , hvilket gir omtrent  $250 \text{ gram per døgn}$ , eller  $0,17 \text{ gram per minutt}$ . Med tanke på at verdier fra bad A tilsier et



ekstra fukttilskudd på 1000-1500 gram per døgn sammenlignet med fukttilskudd på bad B, er ikke dette på langt nær godt nok til å forklare forskjellen. Det kan dog være med på å forklare *deler av* ulikheten, og *kan* være en del av årsaken til at fukttilskuddene i avtrekket for forsøkene i bad A ikke stabiliserer seg rundt 0  $gram/m^3$  slik det gjør for forsøkene i bad B.



**Figur 5.11:** Simulering i WUFI 4 - Totalt vanninnhold i betong over tid, ensidig uttørking

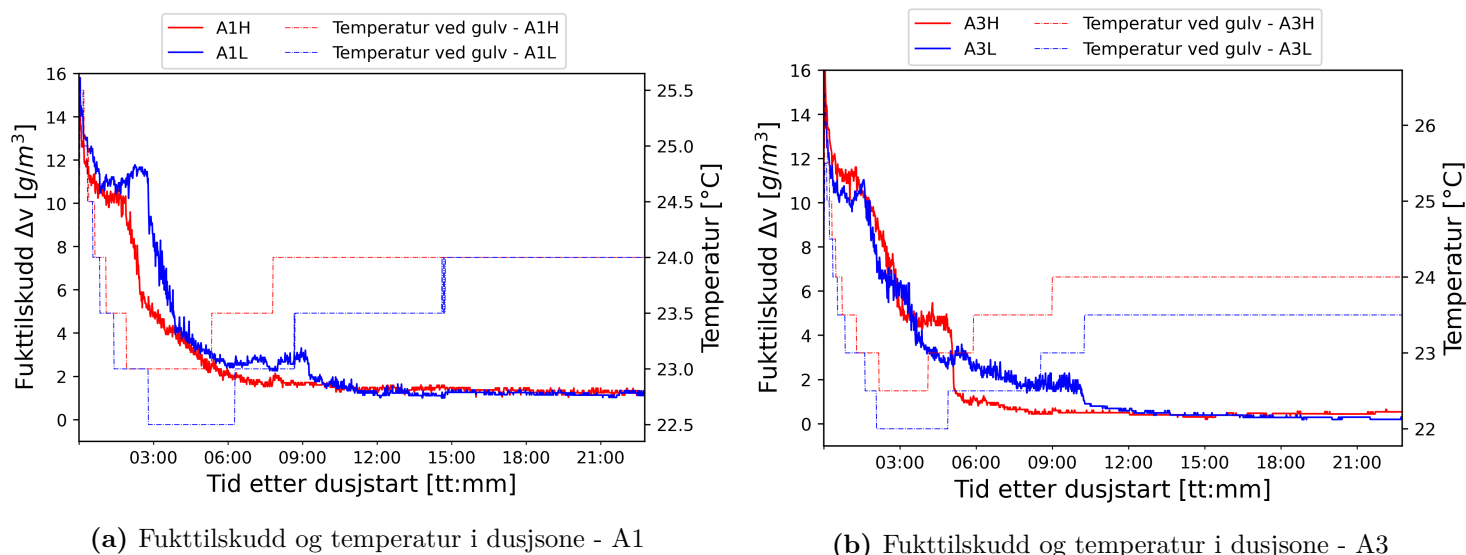
Som en kontroll ble korte måleresultater fra tiden mellom start av loggere og oppstart av forsøk benyttet til å kontrollere fukttilskuddet. I denne perioden var badersdøren åpen, og badet i utgangspunktet uttørket. Ved å beregne fukttilskuddet mellom loggeren i tilluft og avtrekk, burde resultatet vise 0  $gram/m^3$ , men viser i snitt ca. 0,5  $gram/m^3$ . Disse loggeperiodene er korte (10-30 minutter), og kan derfor inneholde en del støy fra studenten som er vanskelig å jevne ut med et snitt, men de kan likevel indikere at loggingene er gjenstand for et "offset". Dette betyr i praksis at det kan være målefor skjeller mellom tilluftslogger og avtrekkslogger, noe som gir et målt fukttilskudd som er 0,5  $gram/m^3$  høyere enn faktisk verdi. Dersom det er riktig at det er et offset på logger, samt at det er et tilskudd fra betonguttørking, vil dette kunne utgjøre nærmere 0,7  $gram/m^3$ , hvilket er svært nære stabiliseringsverdiene for fukttilskuddet ved forsøk i bad A.

En annen observasjon verdt å merke seg er at forsøket for bad A som er nærmest i å nærme seg  $\Delta v = 0 \text{ gram}/m^3$  er det første forsøket som ble utført (A3H). Etter dette forsøket viser resultatene større grad av konstant fukttilskudd. En annen teori om årsak kan derfor være at noe har skjedd med måleutstyret under det første forsøket, for eksempel at utstyret enten har blitt skadd mekanisk, at en eller sensor er utsatt for

kondens som det ikke tålte, eller at måleutstyret i større grad ble påvirket av hystereseeffekten (ref. Delkapittel 2.1.5).

### Varmekabler på bad A

Settpunkt og avlest temperatur på varmekabler ble som nevnt (kapittel seksjon 3.3) kontrollert før hver dusjsekvens. Det ble fra start oppdaget at avlest verdi ikke alltid stemte med settpunkt. Dette var spesielt tilfelle for bad A. Ved gjennomføring av forsøkene ble dette notert, men antatt at det skyldtes noe forsinkelser mellom effektregulator og avlest temperatur, som gjorde at temperaturen ville fluktuere rundt settpunkt. Det viser seg dog at det ved gjennomgang av måledata, er svært liten temperaturforskjell mellom høyt- og lavt settpunkt på varmekabel for forsøkene i bad A. Da det desverre kun var tilgang på et termoelement, og dette konsekvent ble benyttet i bad B, er det ikke tilgjengelig nøyaktig måledata av gulvoverflatens temperatur. Figur 5.12a og Figur 5.12b viser dog fukttilskuddet og temperaturen målt av logger nr. 4, som ble plassert på gulvet i dusjsonen. Temperaturmålingene viser svært liten forskjell i temperatur, uavhengig av om settpunktet var satt til  $L$  ( $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) eller  $H$  ( $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Årsaken til dette er usikker, men det kan spekuleres i en prosjekteringsfeil der termostat (gulvføler) er plassert i nærheten av sløyfe til annen varmesone, eller funksjonsfeil på termostat.



**Figur 5.12:** Fukttilskudd og temperatur i dusjsone (logger 4)

Resultatet av både funksjonsfeil med varmekabel, samt usikkerhet rundt kredibiliteten på fuktmålinger i bad A, gjorde at det for forsøkene hos OBOS i hovedsak ble fokusert på målinger utført i bad B.

### 5.5.3 Tilgjengelighet til måleobjekter

Valg av måleobjekter ble raskt et tema ved oppstart av oppgaven. Vha. SINTEF ble OBOS Living Lab raskt identifisert som et mulig måleobjekt som passet oppgavens avgrensning og formål med små bad i urbane miljøer. Da dette også er en samarbeidspartner i det overordnede prosjektet *Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation*, ble kontakt opprettet, og arbeid med en forsøksplan ble påbegynt for 2 bad i leiligheter som ikke var utleid hos OBOS. Det ble dog raskt klart at det i løpet av kort tid ville flytte inn beboere i leilighetene. Dette ga en utfordring mtp. tid til god planlegging og fremskaffelse av utstyr. I tillegg ble det ikke mulig å komme til baderommene i ettertid for å gjøre nye forsøk, eller gjøre kontroller av forsøkene allerede utført.



## 6. Konklusjon

Basert på resultatene, kan det konkluderes med at avtrekksmengde generelt er en viktig faktor for uttørkingstid av bad. For de 3 ulike avtrekksmengdene benyttet i forsøkene, fremkommer det en generell større forskjell i uttørkingstid mellom 36- og 54  $m^3/h$  enn det gjør mellom 54- og 72  $m^3/h$ . Varmekabler har en god effekt i uttørking av fritt vann på gulv og fuktighet i fuger/påstøp, og er derfor mest avgjørende for uttørking av våte soner på bad. I disse sonene viser resultatene at uttørkingstid kan være opp mot 3 ganger så lang for forsøk med lavt varmekabel-settpunkt (22 °C) enn for forsøk med høyt varmekabel-settpunkt (26 °C).

Analyse av muggvekstrisiko viser generelt lavere risiko for medium og høy avtrekksmengde (54 og 72  $m^3/h$ ) enn for lav avtrekksmengde (36  $m^3/h$ ). En entydig effekt av varmekabel-settpunkt på muggvekstrisiko ble ikke observert.

Basert på at forskjellen mellom høy (72  $m^3/h$ ) og middels (54  $m^3/h$ ) ventilasjonsmengde i konstruerte forsøk er relativt liten for både uttørkingstid og antall isopletter over nedre kritiske RF, samt at feltmålingene i studenthyblene viser at det ikke forekom isopletter over nedre kritiske grense for badet med 54  $m^3/h$ , kan det se ut til at 54  $m^3/h$  som grunnventilasjon uten forsering er tilstrekkelig for muggsikkerhet av små bad uten tilstøtende yttervegg. Dette i kombinasjon med moderat gulvvarme (gjerne opp mot 26 °C) kan tyde på å gi god uttørking innen rimelig tid, og god sikkerhet mot muggvekst.



## 7. Videre arbeid

Begrensninger på både tid og tilgjengelighet av utstyr og måleobjekter har vært førende under utarbeidelse av denne oppgaven. Det har derfor underveis dukket opp ulike temaer som kan, og bør sees nærmere på, som det ikke har vært anledning til å ta for seg i denne oppgaven. Nedenfor opplistes de punktene som ansees som viktigst.

- Det har i denne oppgaven blitt gjennomført feltmålinger i ett kollektiv, men et større prosjekt med flere ulike boliger der avtrekksmengden settes til  $54 \text{ m}^3/h$  vil være svært nyttig for å verifisere målingene gjort i dette prosjektet, og eventuelt avdekke andre resultater ved andre måleobjekter og brukergrupper. Det vil i den forbindelse også kunne være svært interessant å utføre dette over ulike årssesonger for å redegjøre for det ytre klimaets effekt på muggrisikoen på baderommene.
- Det er i følge studentens egne erfaringer og utredningen av Arne Pihl Bordi (2020) flere boliger som i dag er bygget med et konstant avtrekk på  $54 \text{ m}^3/h$ . Det vil kunne være svært interessant og nyttig å studere slike boliger som har vært i bruk noen år etter eventuelle muggskader. Dette kan f.eks. gjøres ved visuelle observasjoner og intervjuer med beboere/eiere angående deres bruks- og vaskevaner.
- En analyse av energiforbruk ville vært nyttig for å avgjøre kost-nytte sammenheng ved å endre på dagens krav og anbefalinger. Ved svært lave differanser for energiforbruk, vil det kanskje være bedre å beholde dagens løsning med forsering enn å benytte en konstant luftmengde.
- Utarbeidelse av et simulering- eller beregningsverktøy for uttørkingstider avhengig av de ulike faktorer kan være et nyttig verktøy for å videre se på ulike kombinasjoner. Måledata kan benyttes til å danne regresjonsfunksjoner, med faktorbaserte variabler for f.eks. avtrekksmengde og varmekabelsettpunkt.
- I denne oppgaven ble uttørking av treklosser og håndklær målt vha. vekt før og etter tørketid. Tilgang til korrekt måleutstyr (nøyaktige veieceller med suksessiv logging) vil lettere kunne avdekke uttørkingsrate og uttørkingstid for ulike materialer. Slikt måleutstyr kan benyttes til materialprøver der utsnitt av påstøp med flis og fug kan vætes og tørkes for å se på uttørkingstider av gulvet i dusjsonen. En kan også se på fuktbufferingsegenskaper til ulike materialer, f.eks. håndklær eller ulike himlingsmaterialer.





# Referanser

- Adan, O. C. G. (1994). On the fungal defacement of interior finishes. Ph.d.-avh. Eindhoven: University of Technology. DOI: <https://doi.org/10.6100/IR427806>.
- Arne Pihl Bordi. (2020). «Utredning avtrekk i boliger». URL: [https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/inneklima/utredning-avtrekk-i-boliger-norconsult\\_2020.pdf](https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/inneklima/utredning-avtrekk-i-boliger-norconsult_2020.pdf). Hentet: 15/01/22.
- Becher, R., Høie, A. H., Bakke, J. V., Holøs, S. B. og Øvrevik, J. (2017). Dampness and moisture problems in Norwegian homes. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(10). ISSN: 16604601. DOI: [10.3390/IJERPH14101241](https://doi.org/10.3390/IJERPH14101241).
- Bentham, J. mfl. (2016). A century of trends in adult human height. *eLife* 5. ISSN: 2050084X. DOI: [10.7554/ELIFE.13410.001](https://doi.org/10.7554/ELIFE.13410.001).
- Buck, A. (1981). New equations for computing vapor pressure and enhancement factor. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*: 1527–1532. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1981\)020<1527:NEFCVP>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1981)020<1527:NEFCVP>2.0.CO;2).
- Buck, A. (2012). «BUCK RESEARCH INSTRUMENT - MODEL CR-1A HYGROMETER WITH AUTOFILL OPERATING MANUAL». URL: <https://www.hygrometers.com/wp-content/uploads/CR-1A-users-manual-2009-12.pdf>. Hentet: 03/03/2022.
- Clausius, R. (1850). Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. *Annalen der Physik*. URL: [https://scholar.archive.org/work/3ecswyz6rffwnlcnj7q5qwqssu/access/ia\\_file/crossref-pre-1909-scholarly-works/10.1002%252Fandp.18491541008.zip/10.1002%252Fandp.18501550306.pdf](https://scholar.archive.org/work/3ecswyz6rffwnlcnj7q5qwqssu/access/ia_file/crossref-pre-1909-scholarly-works/10.1002%252Fandp.18491541008.zip/10.1002%252Fandp.18501550306.pdf).
- Folkehelseinstituttet. (2018). «Råd for å unngå fukt og mugg - FHI». URL: <https://www.fhi.no/ml/miljo/inneklima/fremhevede-artikler-inneklima-og-helse/fuktproblemer-og-muggvekst-i-bygnin/>. Hentet: 28/03/2022.
- Geving, S. og Thue, J. V. (2002). *Fukt i bygninger - Håndbok 50*. Oslo: Norges Byggforskningsinstitutt. ISBN: 8253607474.
- Gradeci, K., Labonnote, N., Time, B. og Köhler, J. (2018). A probabilistic-based methodology for predicting mould growth in façade constructions. *Building and Environment* 128: 33–45. ISSN: 0360-1323. DOI: [10.1016/J.BUILDENV.2017.11.021](https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2017.11.021).
- Grimnes, K. H. (2011). *Byggtermografi : en praktisk handbok*. 1. utg. Fagerstrand. ISBN: 9788230313572.
- Hafnor, C. (2020). *Fuktilskudd i små studentboliger*. (Master thesis) Norwegian University of Life Sciences.
- Hallén, A. og Thorsheim, F. (2012). «Hvor varmt er det i norske hjem?» URL: <https://www.forskningsradet.no/om-forskningsradet/publikasjoner/2013/hvor-varmt-er-det-i-norske-hjem.-/>. Hentet: 11/02/2022.

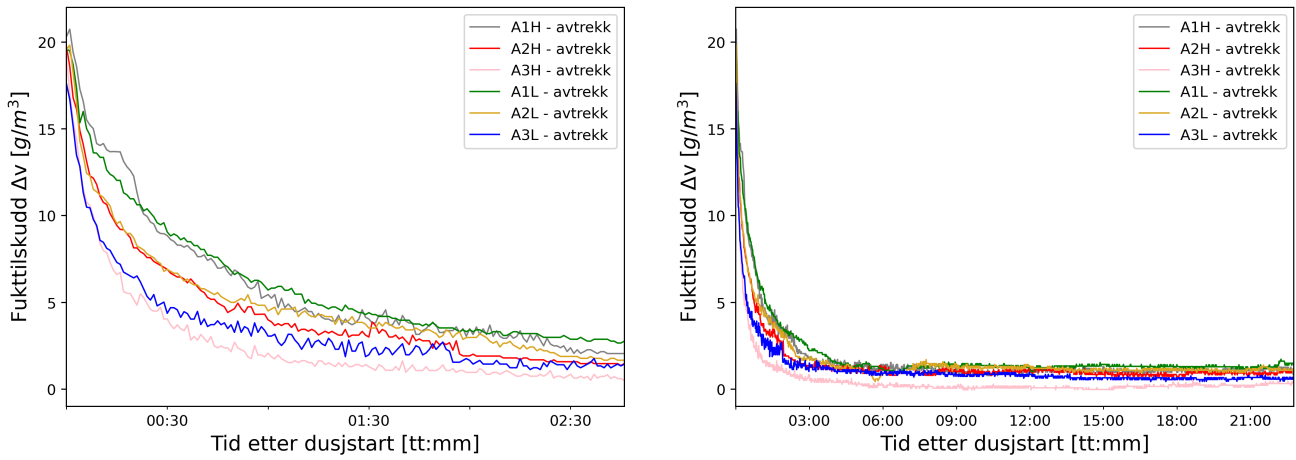
- Halvorsen, B. og Dalen, H. M. (2013). «Ta hjemmetempen». URL: [https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/\\_attachment/109805?\\_ts=13e3afb3dc0](https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/_attachment/109805?_ts=13e3afb3dc0). Hentet: 11/02/2022.
- Helsenorge. (2019). «Fukt, fuktskader og muggsopp - helsenorge.no». URL: <https://www.helsenorge.no/helse-og-miljo/fukt-fuktskader-og-muggsopp/>. Hentet: 28/03/2022.
- Hempel, E. E., Løfblad, R. E. A. og Boon-Grønseth, A. (2017). *Effektiv ventilering av våtrom*. Oslo: (Bacheloroppgave) Høgskolen i Oslo og Akershus.
- Hukka, A. og Viitanen, H. A. (1999). A mathematical model of mould growth on wooden material. *Wood Science and Technology* 33. DOI: [10.1007/s002260050131](https://doi.org/10.1007/s002260050131).
- Johansson, P. (2012). *Critical Moisture Conditions for Mould Growth on Building Materials*. (Licentiate thesis) Lund University. ISBN: 9789188722423.
- Johansson, P. og Svensson, T. (jun. 2020). Predicting mould growth on building materials- the PJ-model. *E3S Web of Conferences* 172. ISSN: 22671242. DOI: [10.1051/E3SCONF/202017220001](https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202017220001).
- Johansson, P., Lång, L. og Capener, C. M. (aug. 2021). How well do mould models predict mould growth in buildings, considering the end-user perspective? *Journal of Building Engineering* 40. ISSN: 23527102. DOI: [10.1016/J.JOBE.2021.102301](https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102301).
- Koch, A. P., Kvisgaard, B., Gutzon Larsen, J. og Nielsen, T. (1986). *Fugt i boligen*. Taastrup: Danish Technological Institute.
- Mattsson, J. (2004). *Muggsopp i bygninger*. Mycoteam. ISBN: 82-91070-09-1.
- Nordvestnett. (2016). «Dusj er dyrt». URL: <https://www.nvn.no/aktuelt/dusj-er-dyrt/>. Hentet: 14/02/2022.
- OBOS. (2022). «OBOS Living Lab på Vollebekk | OBOS». URL: <https://nye.obos.no/ny-bolig/boligprosjekter/oslo/bjerke/vollebekk/artikler/obos-living-lab/#s9461>. Hentet: 28/04/2022.
- Ojanen, T., Viitanen, H., Peuhkuri, R., Lähdesmäki, K., Vinha, J. og Salminen, K. (2010). «Mold Growth Modeling of Building Structures Using Sensitivity Classes of Materials». URL: [https://web.ornl.gov/sci/buildings/conf-archive/2010%20B11%20papers/104\\_Ojanen.pdf](https://web.ornl.gov/sci/buildings/conf-archive/2010%20B11%20papers/104_Ojanen.pdf). Hentet: 02/02/2022.
- Pallin, S., Johansson, P. og Hagentoft, C.-E. (2011). Stochastic Modeling of Moisture Supply in Dwellings based on Moisture Production and Moisture Buffering Capacity. *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*: 366–373.
- Prado, R. T. og Gonçalves, O. M. (des. 1998). Water heating through electric shower and energy demand. *Energy and Buildings* 29 (1): 77–82. ISSN: 0378-7788. DOI: [10.1016/S0378-7788\(98\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(98)00034-6).
- Sedlbauer, K. (2001). Prediction of mould fungus formation on the surface of and inside building components. Hentet: 21/01/2022. URL: [https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/en/documents/ks\\_dissertation\\_etcm1021-30729.pdf](https://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/en/documents/ks_dissertation_etcm1021-30729.pdf).
- SINTEF, C. (2020). «Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation». URL: <https://www.sintef.no/projectweb/healthy-energy-efficient-urban-home-ventilation/>. Hentet: 10/01/2022.
- SINTEF Byggforsk og Mycoteam. (2005). «701.401 Muggsopp i bygninger. Forekomst og konsekvenser for inn klimaet - Byggforskserien». URL: [https://www.byggforsk.no/dokument/3231/muggsopp\\_i\\_bygninger\\_forekomst\\_og\\_konsekvenser\\_for\\_inneklimaet](https://www.byggforsk.no/dokument/3231/muggsopp_i_bygninger_forekomst_og_konsekvenser_for_inneklimaet). *Byggforskserien*.

- SINTEF Byggforsk. (2015). «552.303 Balansert ventilasjon i småhus - Byggforskserien». URL: [https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert\\_ventilasjon\\_i\\_smaahus](https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert_ventilasjon_i_smaahus).
- SINTEF Byggforsk. (2016). «220.330 Astma, allergi og inneklime - Byggforskserien». URL: [https://www.byggforsk.no/dokument/24/astma\\_allergi\\_og\\_inneklime](https://www.byggforsk.no/dokument/24/astma_allergi_og_inneklime).
- SINTEF Byggforsk. (2018). «421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag - Byggforskserien». URL: [https://byggforsk.no/dokument/184/fukt\\_i\\_bygninger\\_teorigrunnlag](https://byggforsk.no/dokument/184/fukt_i_bygninger_teorigrunnlag).
- SINTEF Byggforsk. (2021). «474.531 Fuktmåling i bygninger. Instrumenter og metoder - Byggforskserien». URL: [https://byggforsk.no/dokument/226/fuktmaaling\\_i\\_bygninger\\_instrumenter\\_og\\_metoder](https://byggforsk.no/dokument/226/fuktmaaling_i_bygninger_instrumenter_og_metoder).
- Studentsamskipnaden i Ås. (2022). «Hybel Pomona». URL: <https://sias.unialltid.no/houses/house/3:6>. Hentet: 07/04/2022.
- TEK17. (2017). «Byggteknisk forskrift med veiledning». URL: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/v/13-7/>. Hentet: 28/03/2022.
- Tetens, O. (1930). Uber einige meteorologische Begriffe. *Z. geophys* 6: 297–309. URL: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10018074443/>.
- Viitanen, H., Krus, M., Ojanen, T., Eitner, V. og Zirkelbach, D. (nov. 2015). Mold risk classification based on comparative evaluation of two established growth models. *Energy Procedia* 78: 1425–1430. ISSN: 18766102. DOI: [10.1016/J.EGYPRO.2015.11.165](https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2015.11.165).
- Willis, R. M., Stewart, R. A., Panuwatwanich, K., Jones, S. og Kyriakides, A. (okt. 2010). Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households. *Resources, Conservation and Recycling* 54 (12): 1117–1127. ISSN: 0921-3449. DOI: [10.1016/J.RESCONREC.2010.03.004](https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2010.03.004).
- World Health Organization (2009). *WHO Guidelines for Indoor Air Quality - Dampness and Mould*. ISBN: 978 92 890 4168 3.
- Xu, J., Wei, Q., Peng, S. og Yu, Y. (jan. 2012). Error of Saturation Vapor Pressure Calculated by Different Formulas and Its Effect on Calculation of Reference Evapotranspiration in High Latitude Cold Region. *Procedia Engineering* 28: 43–48. ISSN: 1877-7058. DOI: [10.1016/J.PROENG.2012.01.680](https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.01.680).

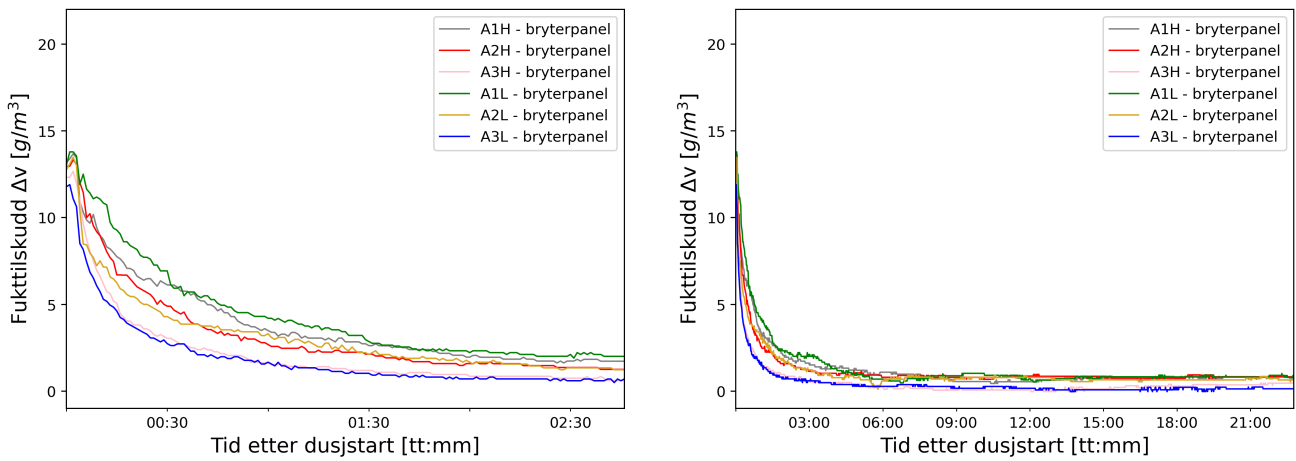


## Tillegg A. Resultater

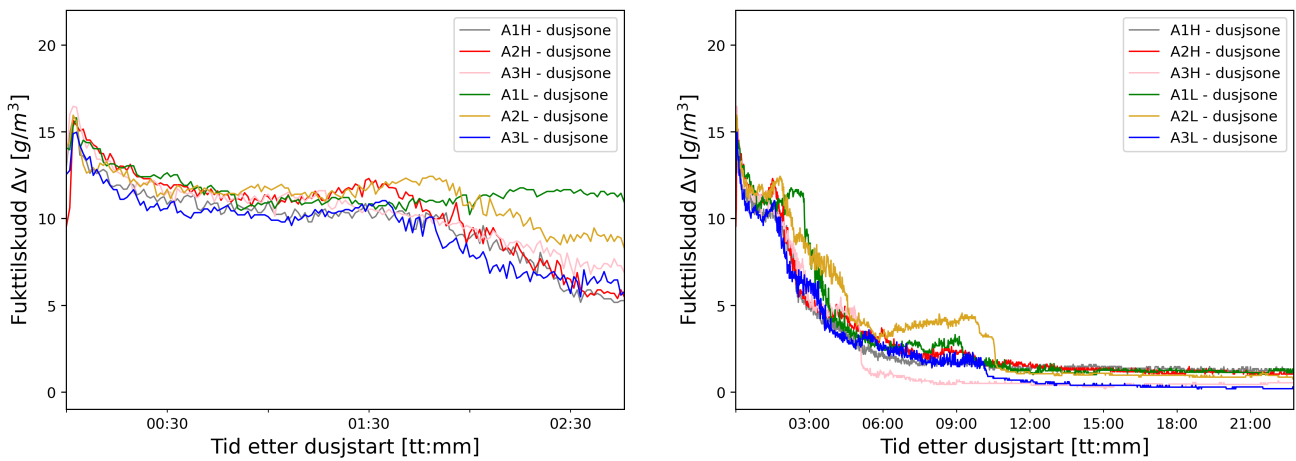
## A.1 Fukttilskudd bad A



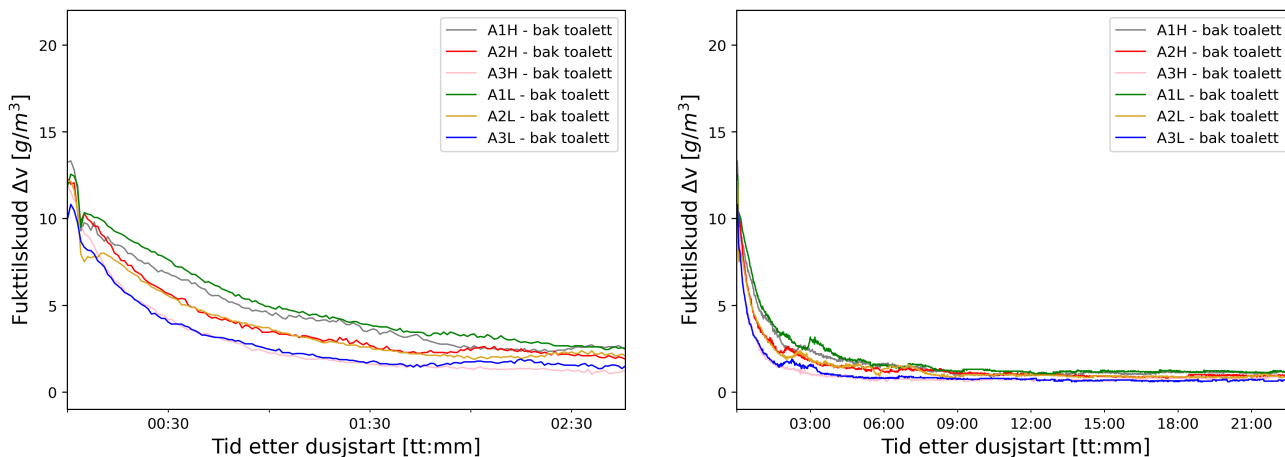
Figur A.1: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad A - Målt i avtrekk



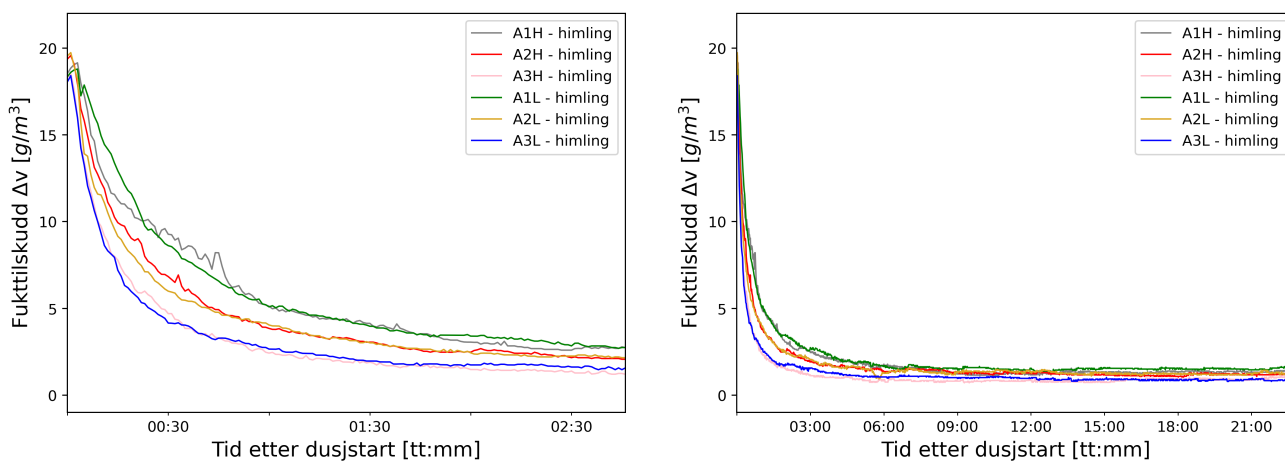
Figur A.2: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad A - Målt ved bryterpanel



Figur A.3: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad A - Målt i dusjsone

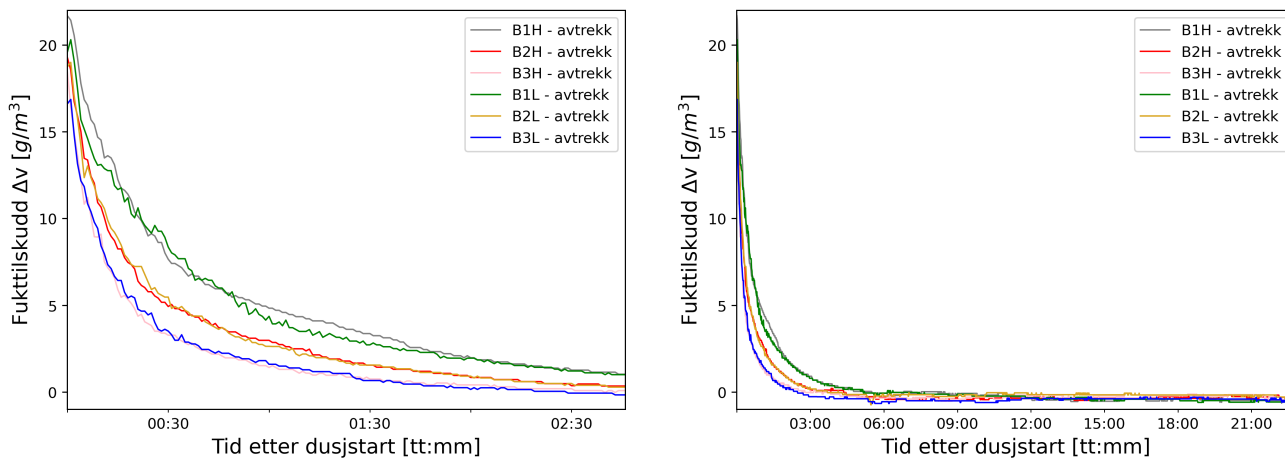


Figur A.4: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad A - Målt ved toalett

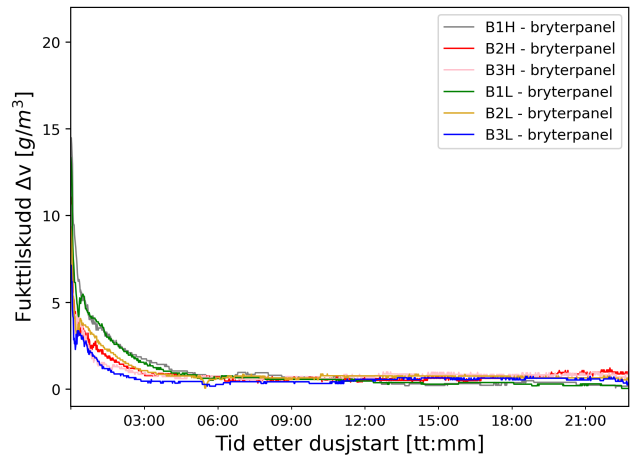
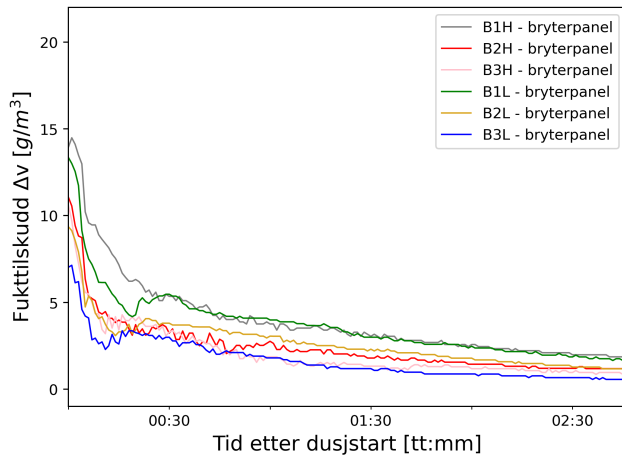


Figur A.5: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad A - Målt ved himling

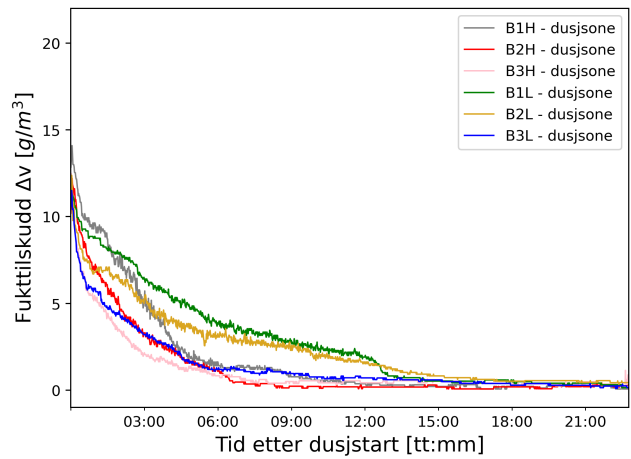
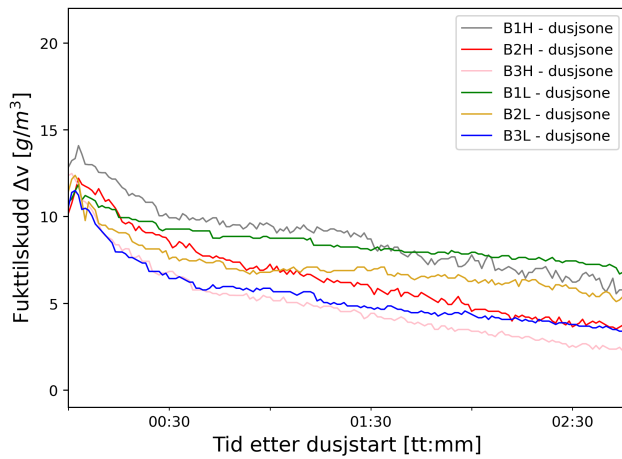
## A.2 Fukttilskudd bad B



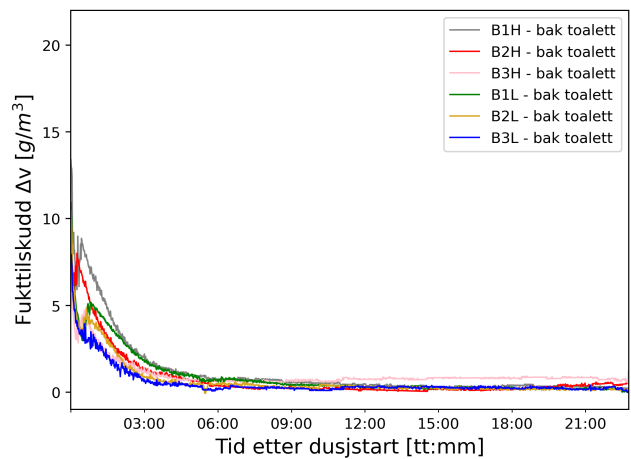
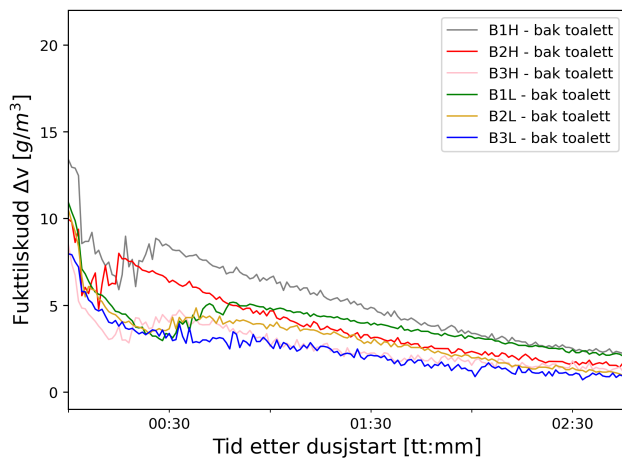
Figur A.6: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad B - Målt i avtrekk



**Figur A.7:** Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad B - Målt ved bryterpanel

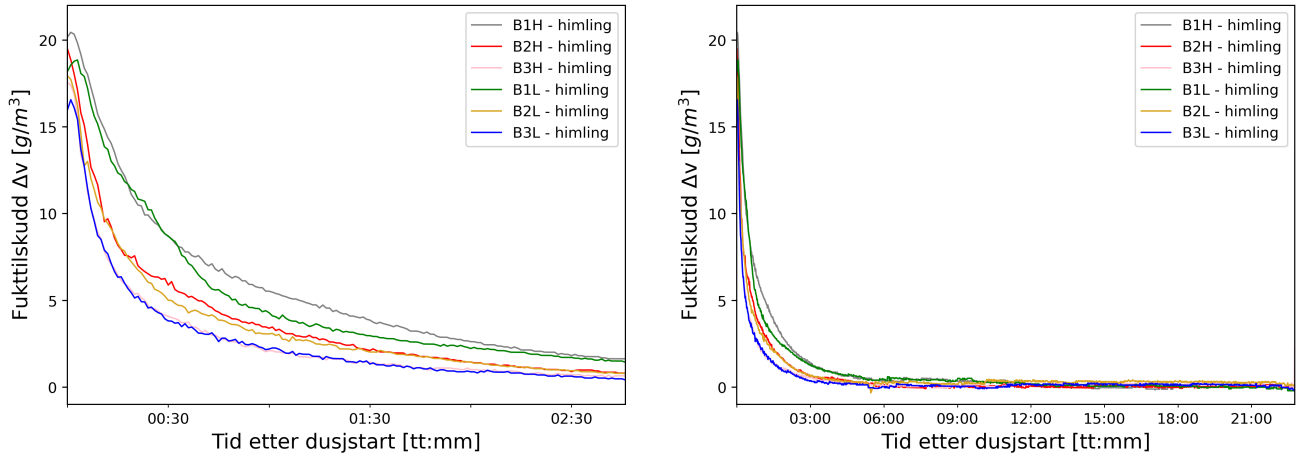


**Figur A.8:** Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad B - Målt i dusjsone



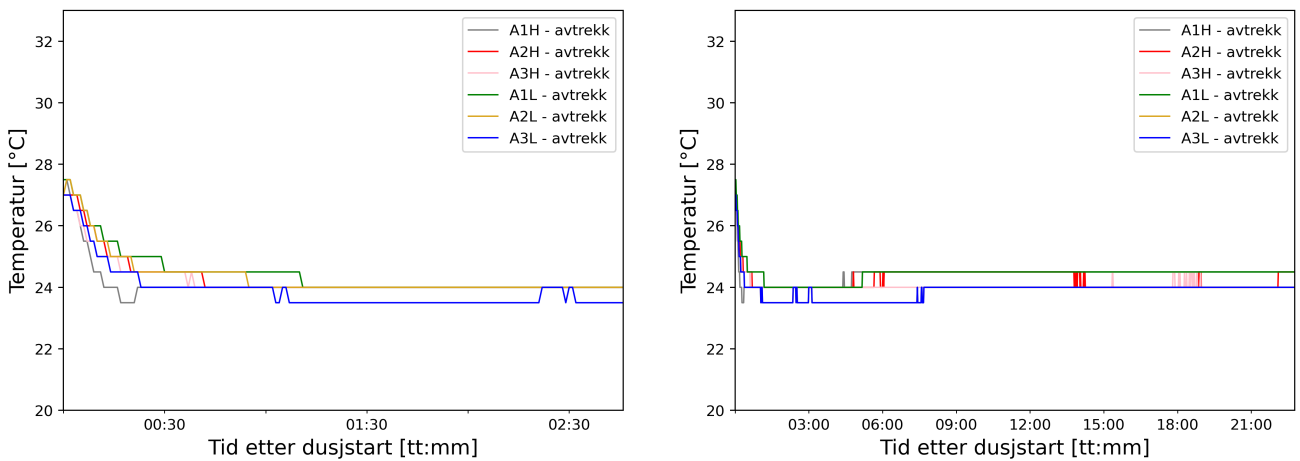
**Figur A.9:** Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad B - Målt ved toalett



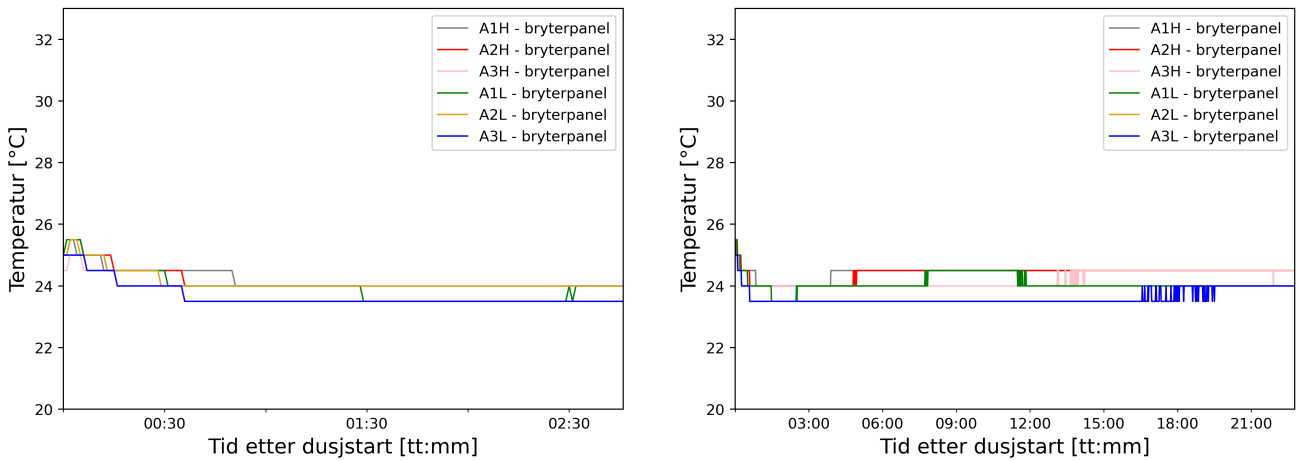


Figur A.10: Fukttilskudd  $\Delta v$  for forsøk i bad B - Målt ved himling

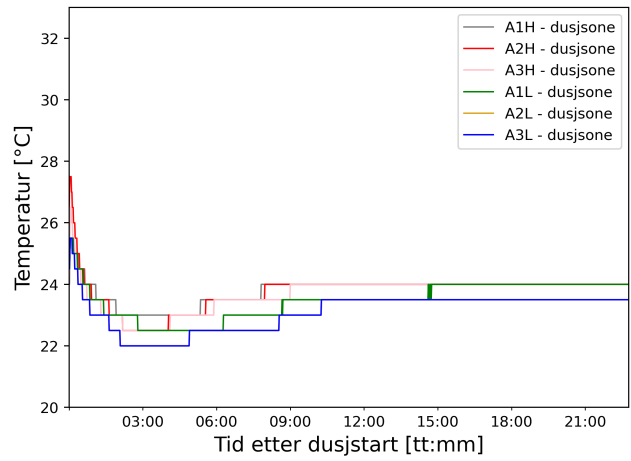
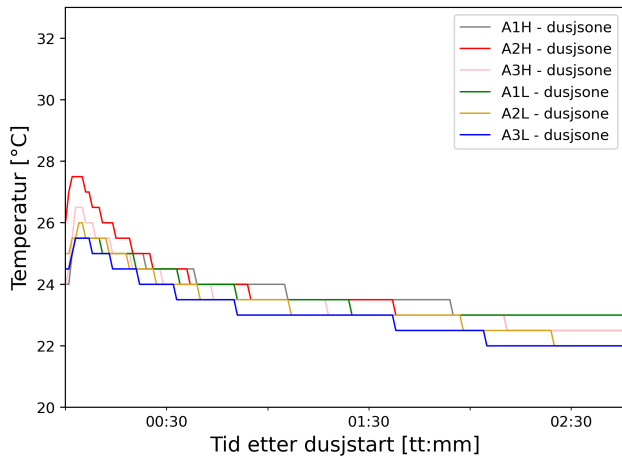
### A.3 Temperaturer bad A



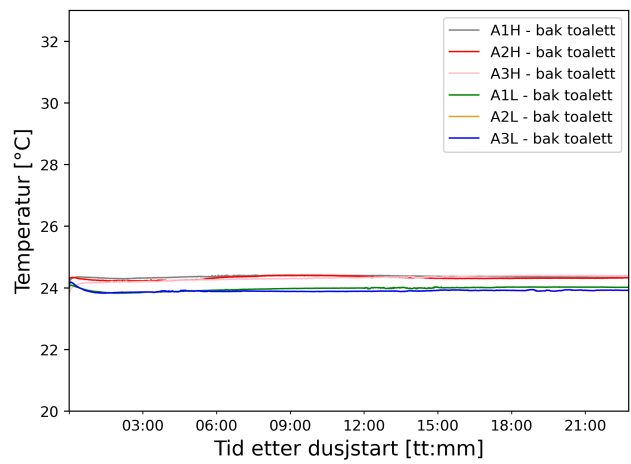
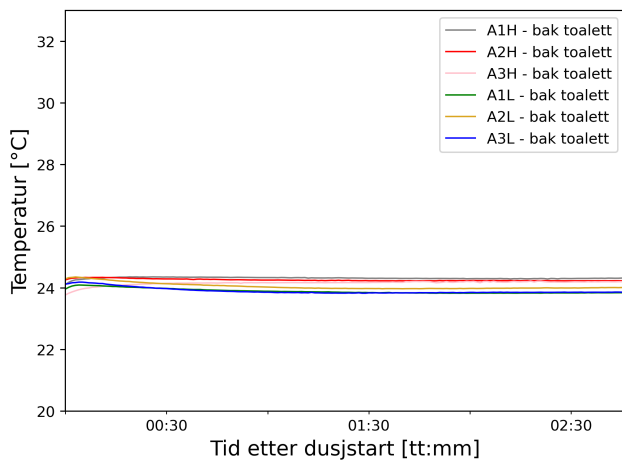
Figur A.11: Temperatur for forsøk i bad A - Målt i avtrekk



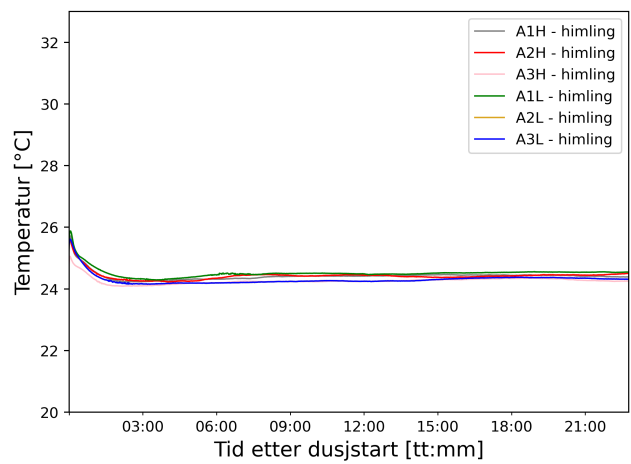
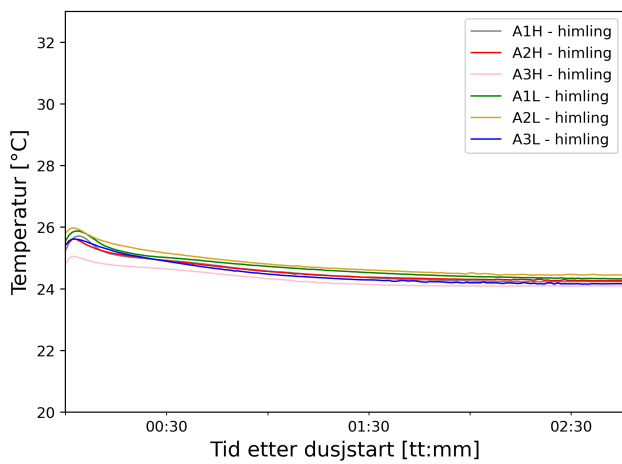
Figur A.12: Temperatur for forsøk i bad A - Målt ved bryterpanel



**Figur A.13:** Temperatur for forsøk i bad A - Målt i dusjsone

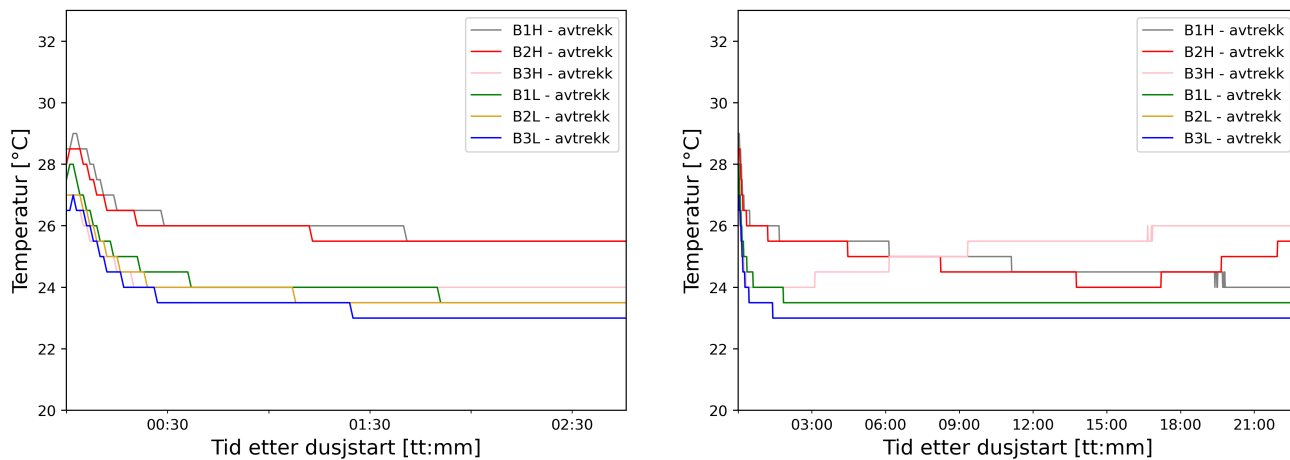


**Figur A.14:** Temperatur for forsøk i bad A - Målt ved toalett

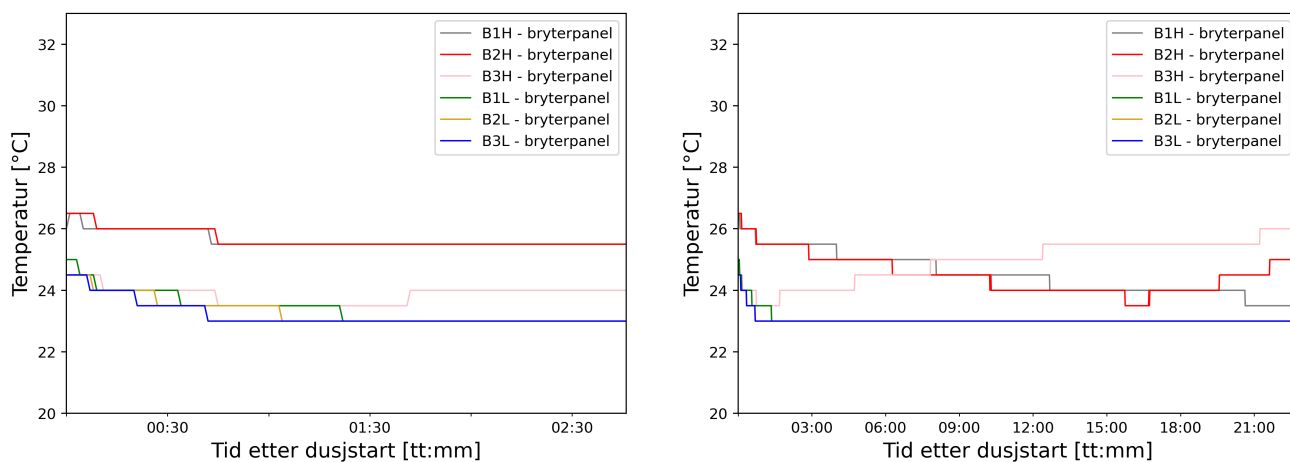


**Figur A.15:** Temperatur for forsøk i bad A - Målt i himling

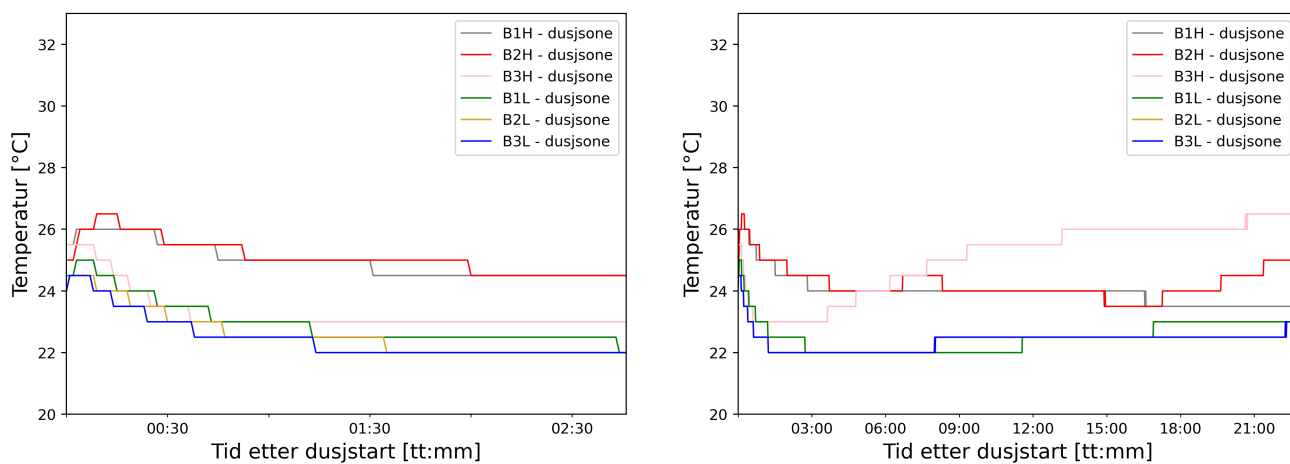
## A.4 Temperaturer bad B



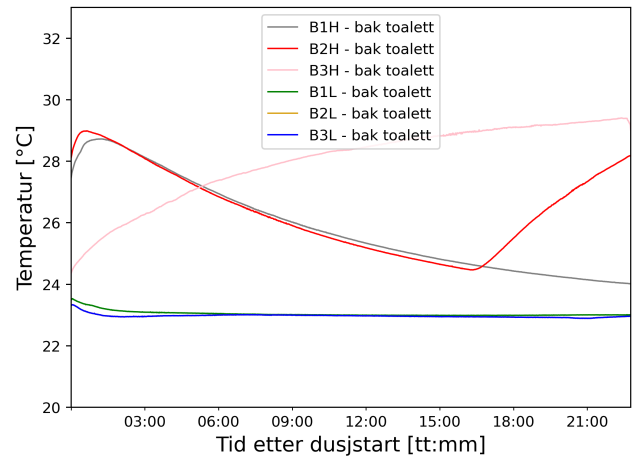
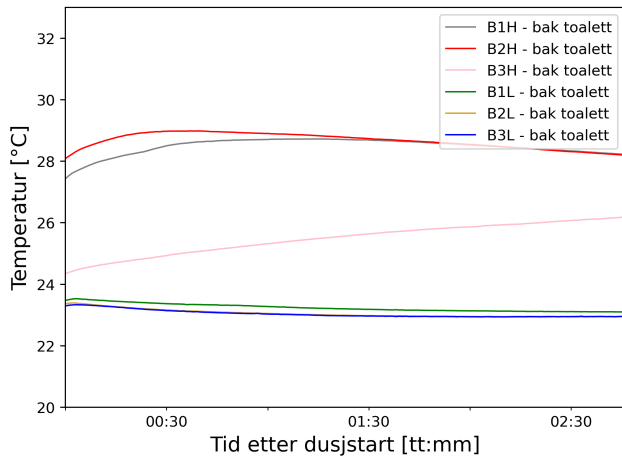
Figur A.16: Temperatur for forsøk i bad B - Målt i avtrekk



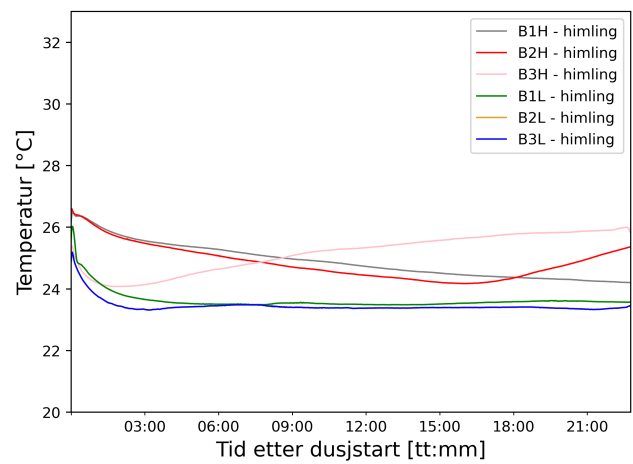
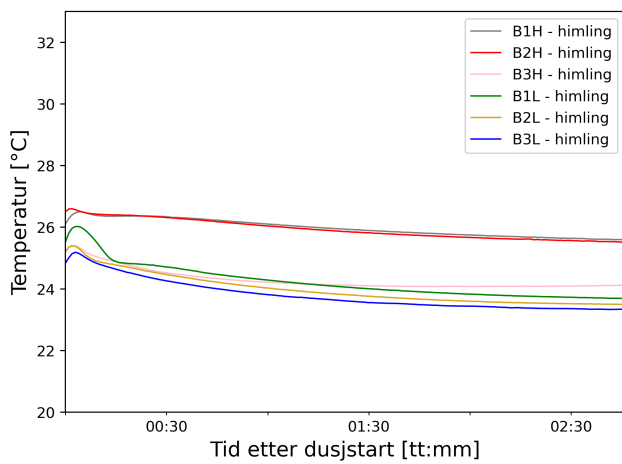
Figur A.17: Temperatur for forsøk i bad B - Målt ved bryterpanel



Figur A.18: Temperatur for forsøk i bad B - Målt i dusjsone

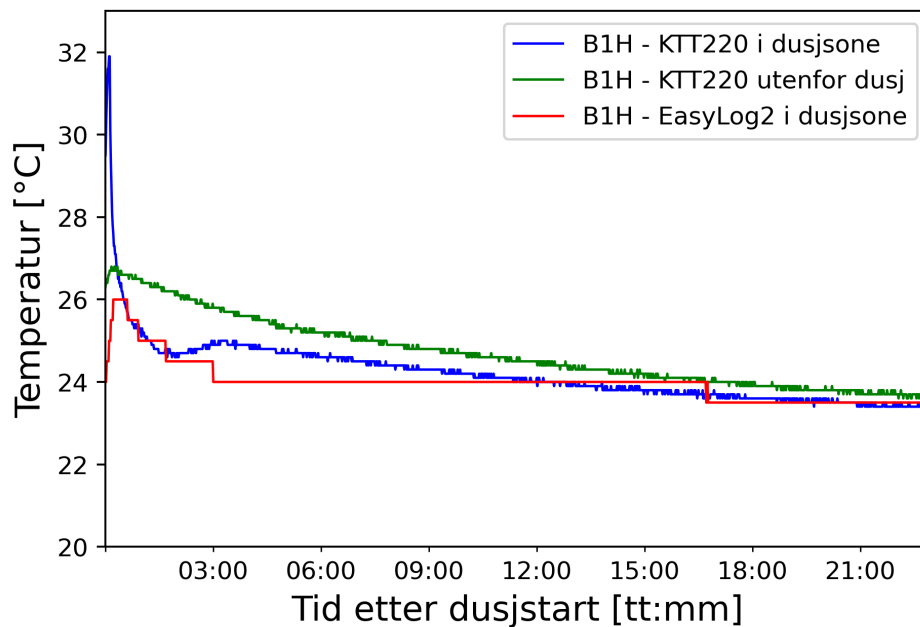


**Figur A.19:** Temperatur for forsøk i bad B - Målt ved toalett

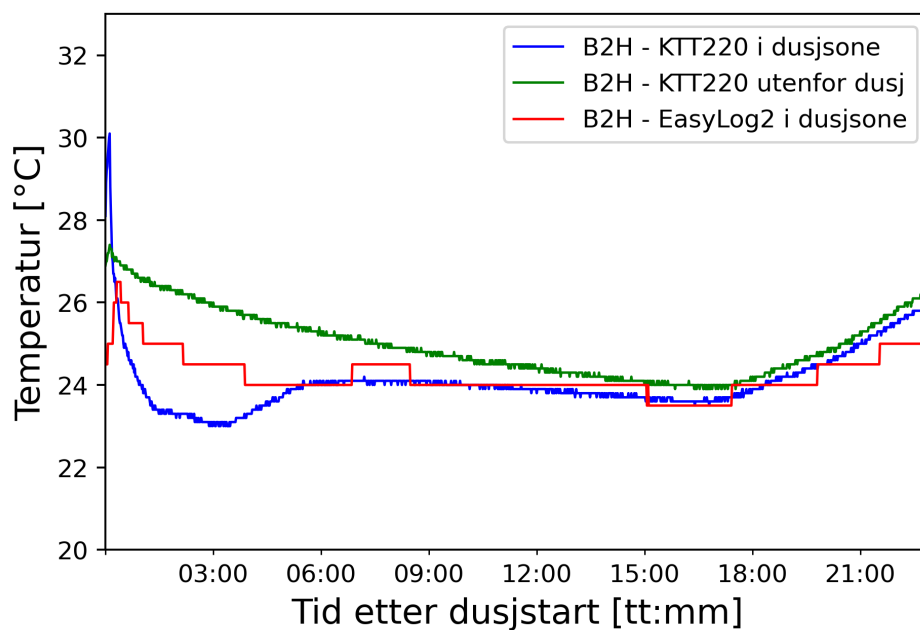


**Figur A.20:** Temperatur for forsøk i bad B - Målt i himling

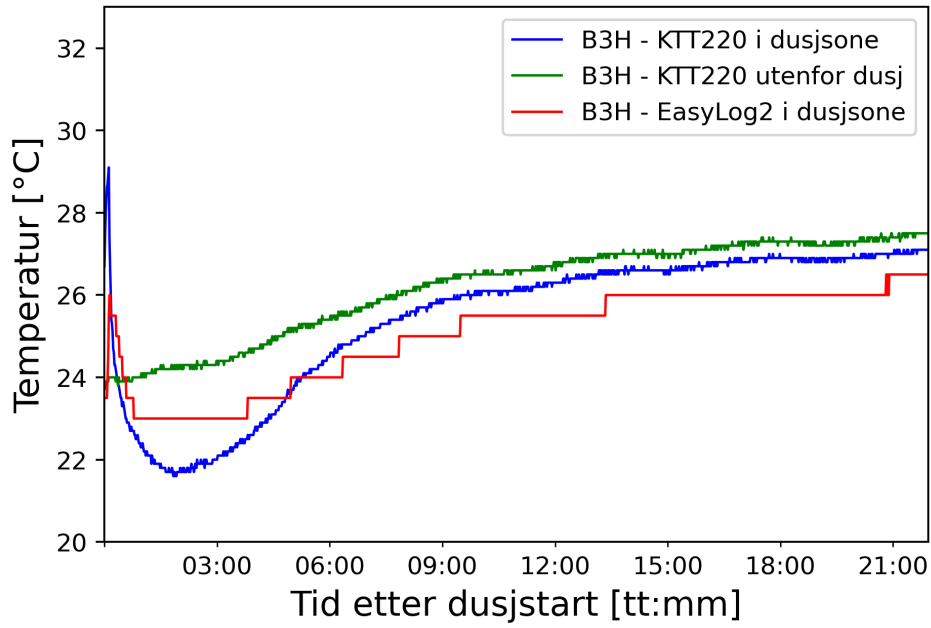
## A.5 Temperaturer på gulv i bad B



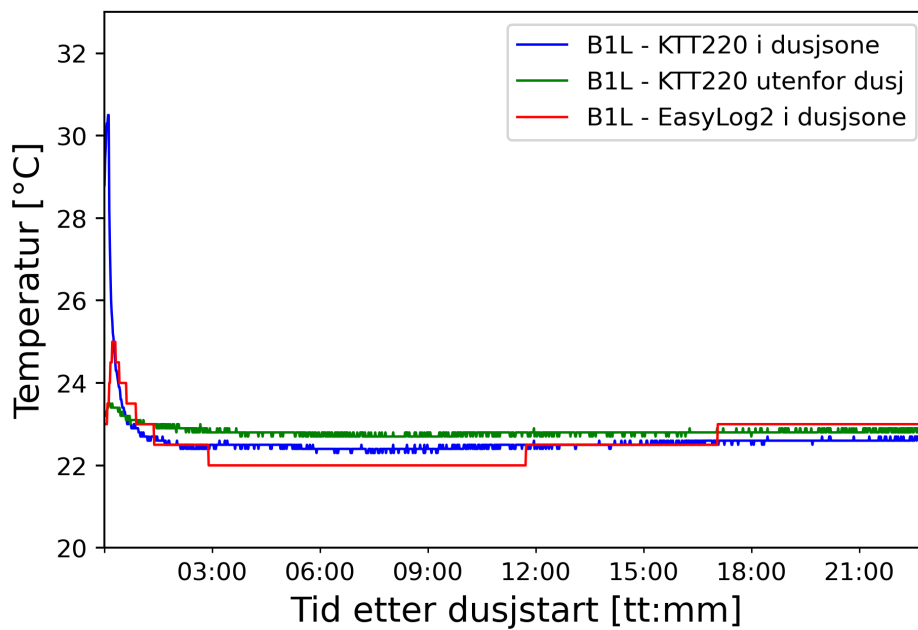
Figur A.21: Temperaturer på gulv - B1H



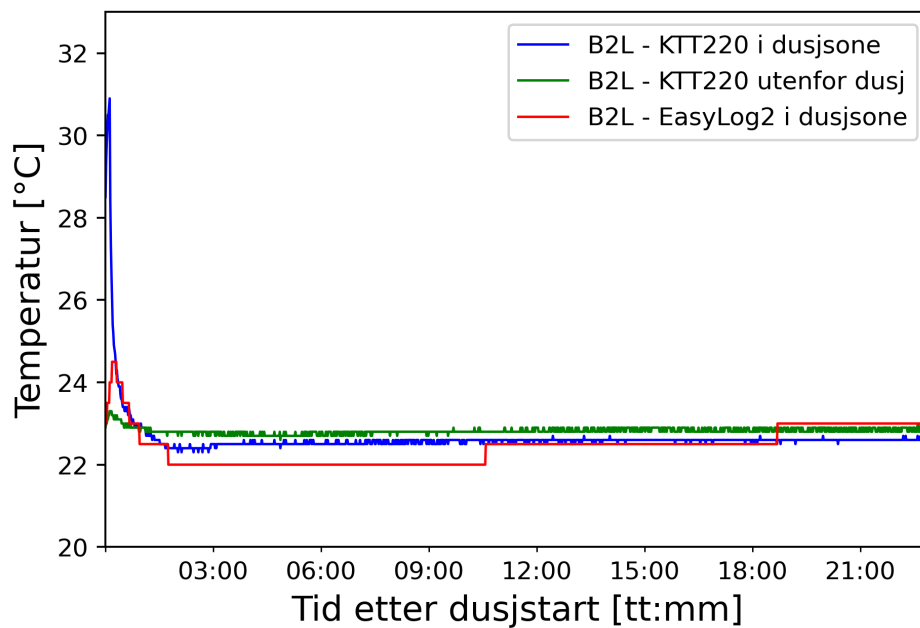
Figur A.22: Temperaturer på gulv - B2H



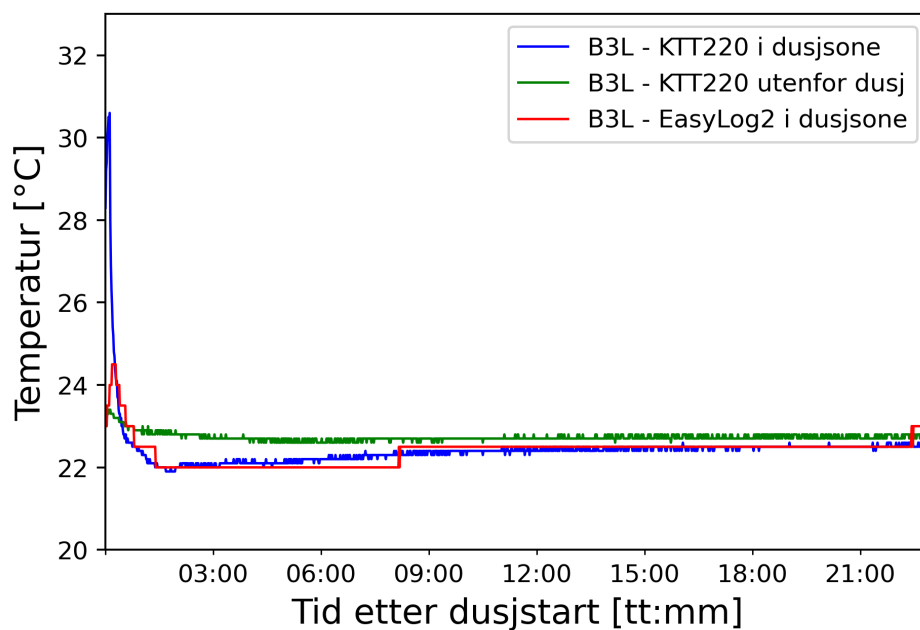
Figur A.23: Temperaturer på gulv - B3H



Figur A.24: Temperaturer på gulv - B1L



Figur A.25: Temperaturer på gulv - B2L

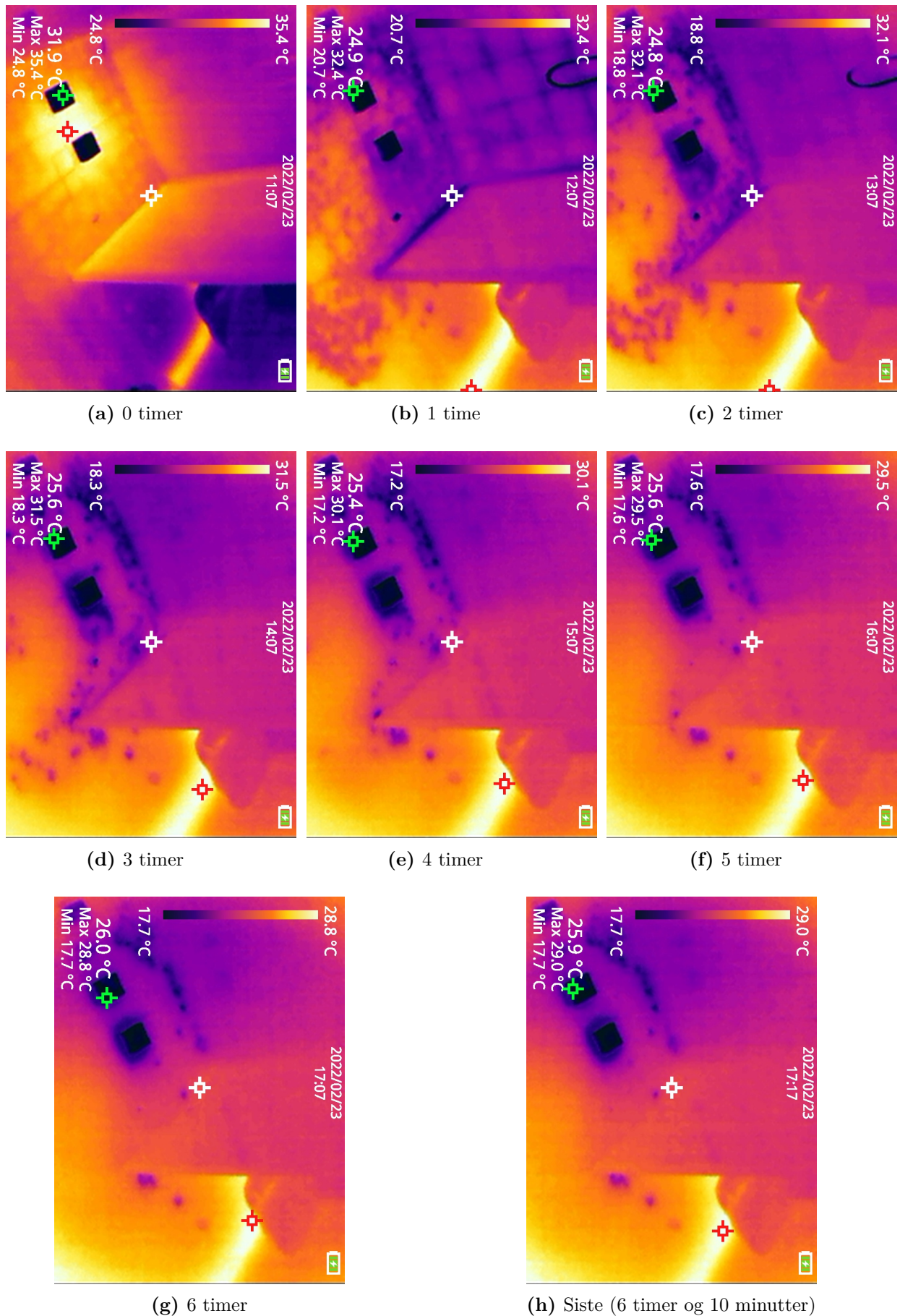


Figur A.26: Temperaturer på gulv - B3L

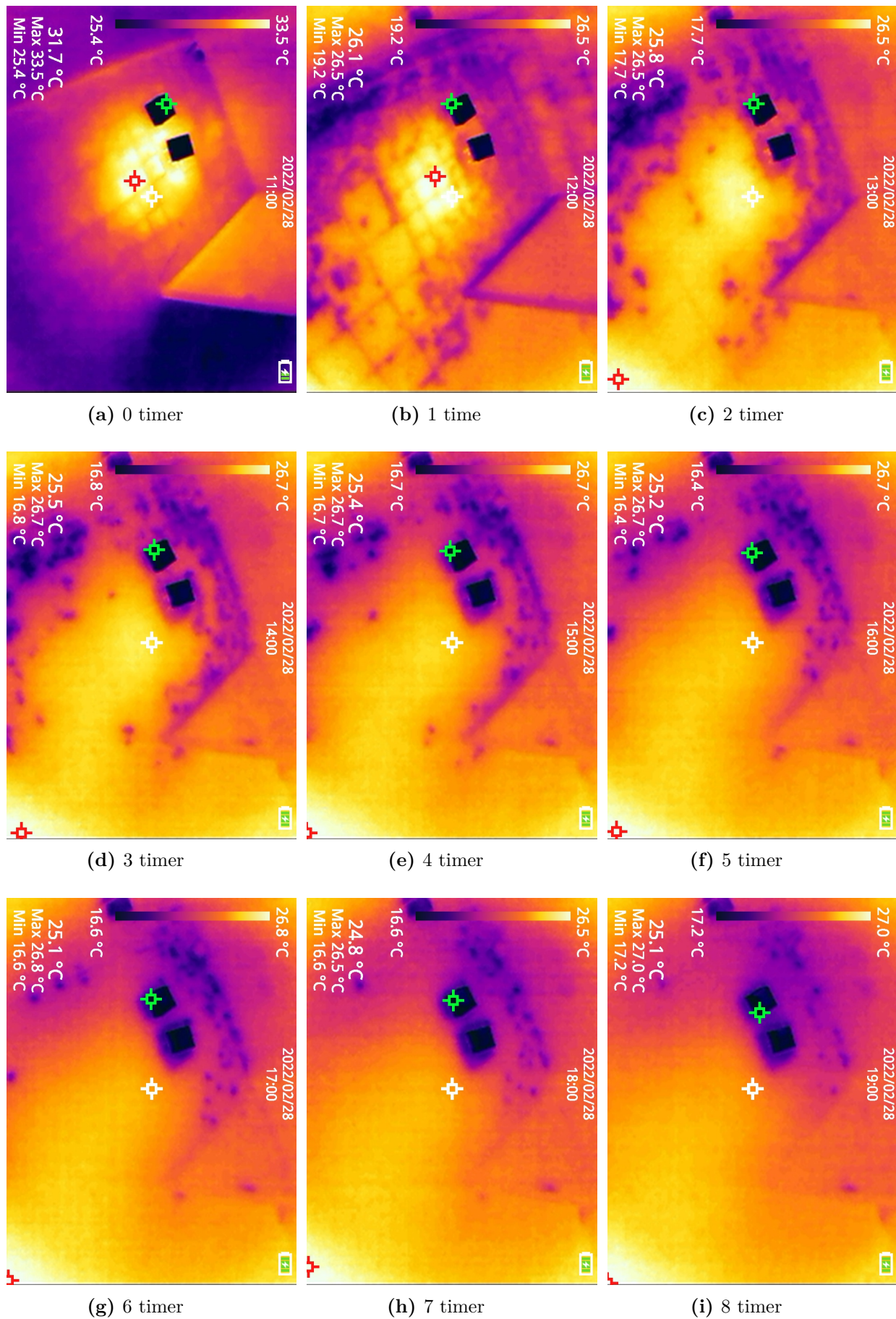




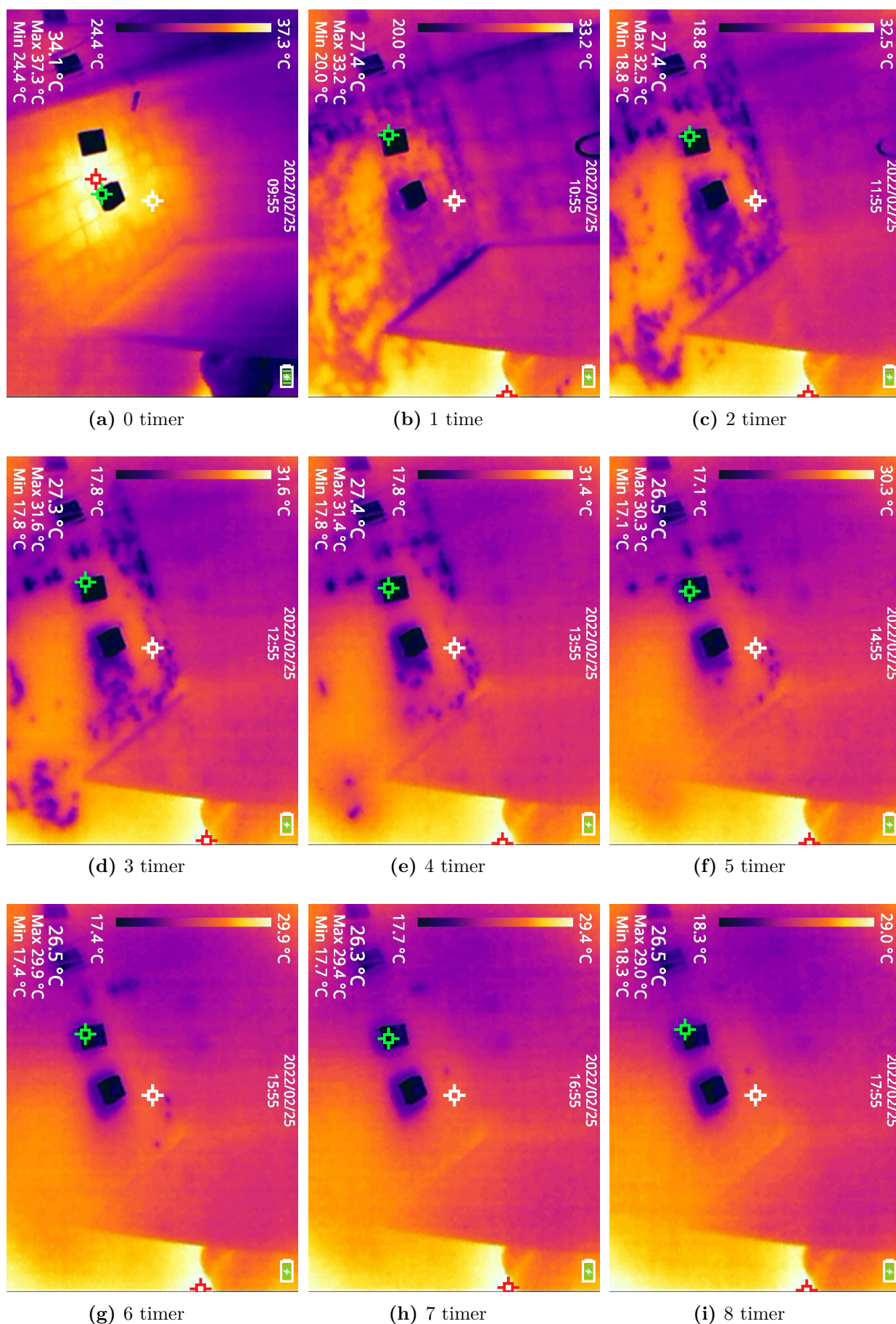
## A.6 Termogrammer



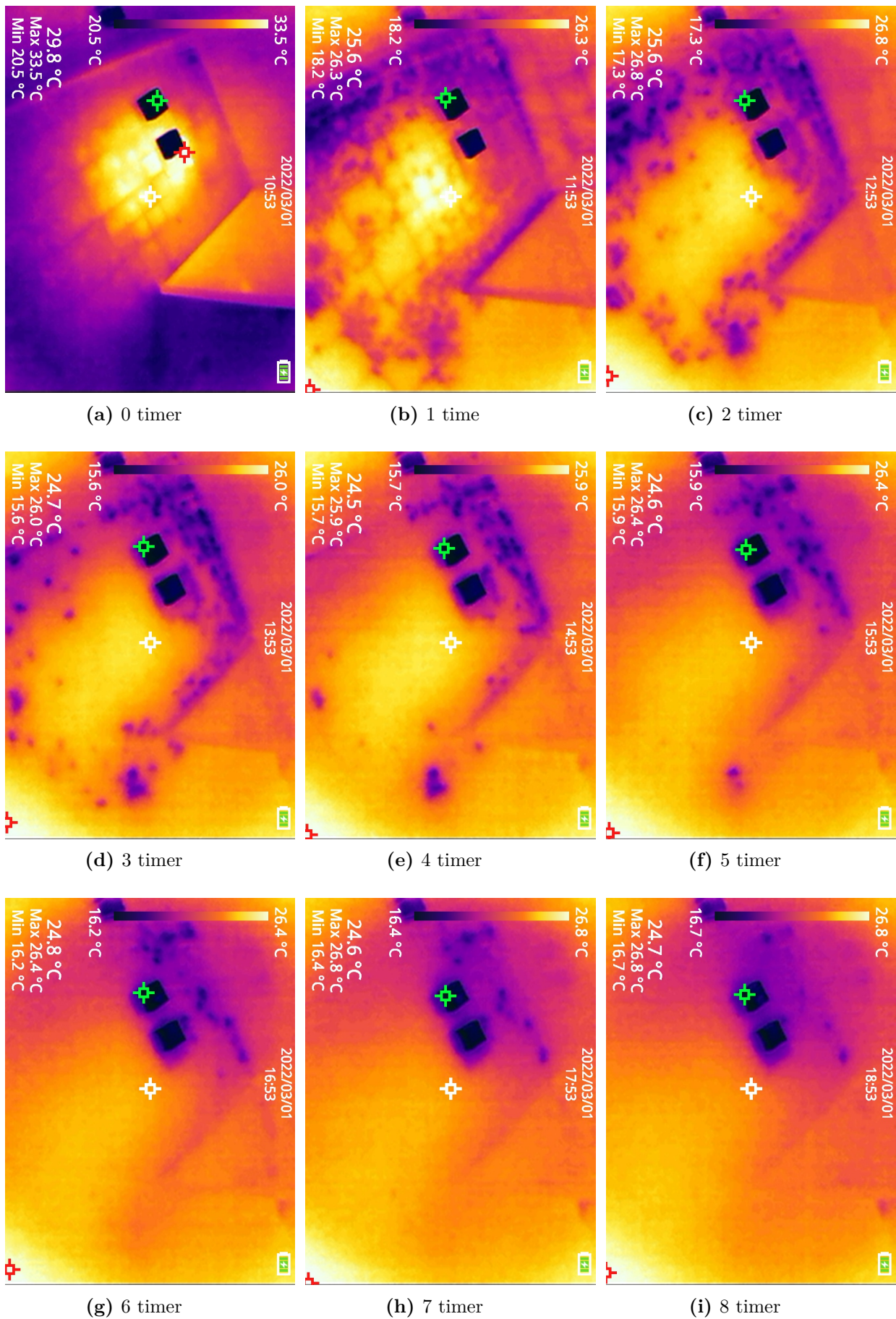
**Figur A.27:** Termogrammer etter forsøk B1H. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf.



**Figur A.28:** Termogrammer etter forsøk B1L. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf.



**Figur A.29:** Termogrammer etter forsøk B2H. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf.



**Figur A.30:** Termogrammer etter forsøk B3L. Antall timer etter dusj vises under hvert termograf.

## Tillegg B. Samtykkeerklæring (usignert)

# Samtykkeerklæring

Til deg som vil være en del av min masteroppgave, samt forskningsprosjektet *Healthy Energy-efficient Home Ventilation* (SINTEF).

Takk for at du ønsker å delta i forskningsarbeid!

Formålet med min oppgave er å analysere ventilasjonseffektivitet ved ulike avtrekksmengder på bad, og hvilke konsekvenser ulike luftmengder i avtrekket vil ha for inneluften. I den forbindelse vil det være nyttig å måle relativ fuktighet og temperaturer der fuktproduksjonen er høyest; på badet. Målingene vil skje automatisk, og det vil kun være nødvendig for meg å komme inn i boligen for installasjon av loggere, samt demontering av disse etter endt måleperiode.

Data som innsamles vil kun bestå av temperatur og relativ fuktighet ved ulike tidspunkter gjennom måleperioden, og ingen persondata/personopplysninger vil lagres eller knyttes til disse loggingene. Data som logges og lagres vil benyttes i min masteroppgave, og vil kunne være tilgjengelig for SINTEF Community for videre analyser og forskningsgrunnlag.

---

## Samtykkeerklæring

*Jeg samtykker at det kan gjøres målinger på temperatur og luftfuktighet i min leilighet, og at Jonas Johnstad kan montere og demontere loggere etter avtale. Jeg samtykker også til at data (temperatur, relativ luftfuktighet og tidspunkt) kan benyttes i Jonas Johnstad sin masteroppgave, lagres hos SINTEF Community sin Sharepoint, og benyttes videre i deres forskning.*

-----  
*Signatur og dato - beboer*

## Tillegg C. Sjekklistene fra forsøk i OBOS Living Lab



## A3H

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad A
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	24.02.2022
Dato opprettet	23.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

**Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg** Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data  
Ikke relevant, første forsøk  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022

**Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)** Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Hente ut data fra termokamera  
Ikke relevant, første forsøk  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022

Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt  
Ikke relevant, første forsøk  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022

**Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør** Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022



*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 09:54:28

**Plassere ut logger 2 i avtrekk**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*23.02.2022*

*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*



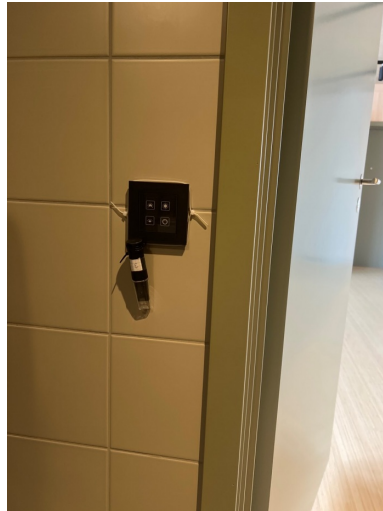
Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 09:55:44

**Plassere ut logger 3 ved bryterpanel**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*23.02.2022*

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 09:57:50

Plassere ut logger 5 ved i hjørne  
ved toalett

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



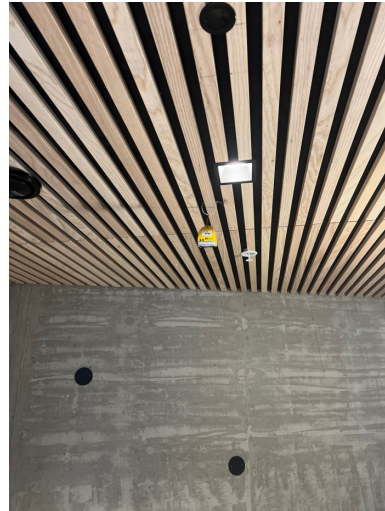
Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 09:58:30

Plassere ut logger 6 hengende i  
himling midt i rommet

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:00:12

Sjekk settpunkt og temp. på  
varmekabel i display

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:00:48

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 72 m3/h  
(kubikkmeter per time)

Veie mettet kloss X  
Registrert verdi : 346.9 gram

-----

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:03:33

Veie mettet kloss Y

Registrert verdi : 311.3 gram

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:04:18

Ta med nytt tørt håndkle,  
sprayflaske, flaske, kloss X og Y,  
telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn  
på bad (evt termokamera og  
termoelement). Lukk dør.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.

Beskrivelse : Noter tidspunkt for  
start av dusj  
Registrert verdi : 10:09 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle

Registrert verdi : 323.8 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle  
etter påføring av vann  
Registrert verdi : 393.2 gram

-----  
*Registrert av* : Jonas Johnstad  
*Registrert dato* : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:10:47

---

Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)

-----  
Kamera ikke tilgjengelig (på bad B)

*Registrert av* : Jonas Johnstad  
*Registrert dato* : 23.02.2022

---

**Skr**u av dusj etter 10 minutter  
(alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
23.02.2022

---

**Ta bilde** av speil etter dusjsekvens

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
23.02.2022

-----

Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 13:46:59

Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 23.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:20:37

Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 23.02.2022

Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 23.02.2022

Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 23.02.2022

Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Forsegle dør

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Veie håndkle (etter 23 timer)

Registrert verdi : 323.9 gram

-----  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 24.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 09:09:08

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)

Registrert verdi : 296.0 gram

-----

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 24.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 09:06:04

---

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 271.3 gram

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 24.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 09:06:32





## B1H

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	24.02.2022
Dato opprettet	23.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

**Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
23.02.2022

Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data  
Ikke relevant, første forsøk  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*

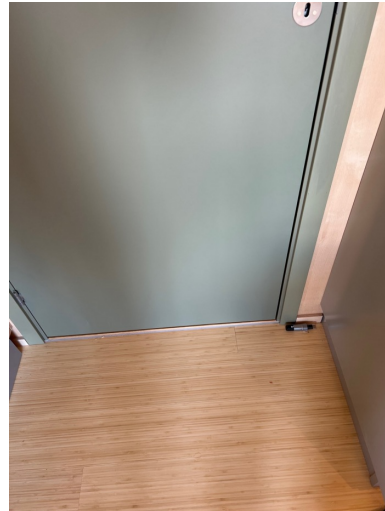
**Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
23.02.2022

Hente ut data fra termokamera  
Ikke relevant, første forsøk  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*

Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt  
Ikke relevant, første forsøk  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*

**Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
23.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:38:57

Plassere ut logger 2 i avtrekk

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:40:29

Plassere ut logger 3 ved  
bryterpanel

Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022

*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:44:29

**Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*23.02.2022*

*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:45:01

**Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*23.02.2022*

Også hebgt opp logger nr 7 og  
SINTEF USB-LOG med 10  
sekunders loggerintervall  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 23.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 10:47:02

**Sjekk settpunkt og temp. på  
varmekabel i display**

*Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022*

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 36 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

Veie mettett kloss X  
Registrert verdi : 321.3 gram

Veie mettett kloss Y  
Registrert verdi : 318.5 gram

**Ta med nytt tørt håndkle,  
sprayflaske, flaske, kloss X og Y,  
telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn  
på bad (evt termokamera og  
termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av : Jonas Johnstad  
23.02.2022*

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for  
start av dusj  
Registrert verdi : 10:54 (klokkeslett)

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 312.5 gram

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle  
etter påføring av vann  
Registrert verdi : 382.2 gram

---

**Sett i gang timelapse på  
termografikamera (150 sekunders  
intervall, 150 bilder)**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
23.02.2022

---

**Skru av dusj etter 10 minutter  
(alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
23.02.2022

---

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
23.02.2022

---

Dugg på dørbblad også  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 11:05:53

---

*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 23.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 23, 2022 11:02:46

<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)	Sjekket av : Jonas Johnstad 23.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone	Sjekket av : Jonas Johnstad 23.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone	Sjekket av : Jonas Johnstad 23.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom	Sjekket av : Jonas Johnstad 23.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.	Sjekket av : Jonas Johnstad 23.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør	Sjekket av : Jonas Johnstad 23.02.2022
Veie håndkle (etter 23 timer) Registrert verdi : 313 gram	
Veie tørket trekloss X (etter 23 timer) Registrert verdi : 273.1 gram	
Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer) Registrert verdi : 276.5 gram	



## A1H

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad A
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	25.02.2022
Dato opprettet	24.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

**Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

**Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

09:13

*Registrert av : Jonas Johnstad*

*Registrert dato : 24.02.2022*

**Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

Ikke relevant

*Registrert av : Jonas Johnstad*

*Registrert dato : 24.02.2022*

Hente ut data fra termokamera  
Ikke relevant  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 24.02.2022*

Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt  
Ikke relevant  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 24.02.2022*

**Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

**Plassere ut logger 2 i avtrekk** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

**Plassere ut logger 3 ved bryterpanel** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

**Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

---

**Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

---

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

---

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 36 m3/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettet kloss X  
Registrert verdi : 307.2 gram

---

Veie mettet kloss Y  
Registrert verdi : 291.1 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 9:35 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 322.7 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad  
Beskrivelse : Noter vekt av håndkle etter påføring av vann  
Registrert verdi : 394.5 gram

---

**Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)**

---

Ikke relevant  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 24.02.2022*

---

**Skru av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
24.02.2022

---



Avtreksventil løsnet, og falt ned.  
Noen målinger fra avtrekk under  
dusjsekvensen vil trolig være  
påvirket av dette  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 24.02.2022*

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*24.02.2022*

-----  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 24.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 09:43:36

-----  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 24.02.2022*



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 09:43:51

**Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*24.02.2022*

<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone	Sjekket av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone	Sjekket av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av badet	Sjekket av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.	Sjekket av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør	Sjekket av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Kontroller dørforsigling for brudd	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<hr/>	
Veie håndkle (etter 23 timer) Registrert verdi : 322.7 gram	
<hr/>	
Veie tørket trekloss X (etter 23 timer) Registrert verdi : 260.5 gram	
<hr/>	
Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer) Registrert verdi : 252.3 gram	
<hr/>	



## A1L

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad A
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	02.03.2022
Dato opprettet	01.03.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera I bruk på bad B <i>Registrert av : Jonas Johnstad</i> <i>Registrert dato : 01.03.2022</i>	
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt I bruk på bad B <i>Registrert av : Jonas Johnstad</i> <i>Registrert dato : 01.03.2022</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 1 utenfor badersdør</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 2 i avtrekk</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 3 ved bryterpanel</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
01.03.2022

Kontrollert både forsøksdag, og dagen etter. Har da ligget på 23.4-24.3 grader når kontrollert, så en dle over settpunkt

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 02.03.2022



Jonas Johnstad

mar. 02, 2022 09:17:42

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 36 m3/h  
(kubikkmeter per time)

Veie mettet kloss X  
Registrert verdi : 338.4 gram

Veie mettet kloss Y  
Registrert verdi : 307.7 gram

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
01.03.2022

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 9:56 (klokkeslett)

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 322.1 gram

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle  
etter påføring av vann  
Registrert verdi : 394.1 gram

---

Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)

-----  
I bruk på bad B  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 01.03.2022

---

Skru av dusj etter 10 minutter  
(alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
02.03.2022

---

Ta bilde av speil etter dusjsekvens

Sjekket av : Jonas Johnstad  
01.03.2022

-----  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 01.03.2022



Dugg på dør 5-6 minutter ut i dusjsekvensen  
 Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 01.03.2022



Jonas Johnstad

mar. 01, 2022 10:03:17

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>01.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>01.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>01.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>01.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren. | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>01.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kontroller dørforsegling for brudd  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |

Veie håndkle (etter 23 timer)  
 Registrert verdi : 322.1 gram

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)  
 Registrert verdi : 287.0 gram

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)  
 Registrert verdi : 266.3 gram





## A2H

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad A
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	26.02.2022
Dato opprettet	25.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera Ikke relevant. I bruk på andre badet Registrert av : Jonas Johnstad Registrert dato : 25.02.2022	
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt Ikke relevant. I bruk på andre badet Registrert av : Jonas Johnstad Registrert dato : 25.02.2022	
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022



**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 54 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettete kloss X  
Registrert verdi : 368.9 gram

---

Veie mettete kloss Y  
Registrert verdi : 377.3 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 08:58 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 323.3 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad  
Beskrivelse : Noter vekt av håndkle etter påføring av vann  
Registrert verdi : 393.3 gram

---

Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)

-----  
Brukes på bad B  
*Registrert av* : Jonas Johnstad  
*Registrert dato* : 25.02.2022

---

**Skrue av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Ta bilde av speil etter dusjsekvens

-----

Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 25.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 25, 2022 09:07:43

Ikke tegn til dugg på dør  
 Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 25.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 25, 2022 09:07:21

Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 25.02.2022

Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 25.02.2022

Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 25.02.2022

Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 25.02.2022

Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Forsegle dør

Sjekket av : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Kontroller dørforsegling for brudd

Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

---

Veie håndkle (etter 23 timer)

Registrert verdi : 323.2 gram

---

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)

Registrert verdi : 314.1 gram

---

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)

Registrert verdi : 320.4 gram

---



## A2L

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad A
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	03.03.2022
Dato opprettet	02.03.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera I bruk på bad B Registrert av : Jonas Johnstad Registrert dato : 02.03.2022	
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt I bruk på bad B Registrert av : Jonas Johnstad Registrert dato : 02.03.2022	
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display**

Sliter med å få temperatur ned til 22 grader ifølge termostat  
 Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 02.03.2022

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 02.03.2022



Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
 Registrert verdi : 54 m3/h  
 (kubikkmeter per time)

Veie mettett kloss X  
 Registrert verdi : 324.5 gram

Veie mettett kloss Y  
 Registrert verdi : 318.3 gram

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 02.03.2022

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
 Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
 Registrert verdi : 10:06 (klokkeslett)

Veie tørt håndkle  
 Registrert verdi : 322.3 gram

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle  
etter påføring av vann  
Registrert verdi : 392.2 gram

---

Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)

-----  
I bruk på bad B  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 02.03.2022

---

Skru av dusj etter 10 minutter  
(alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
02.03.2022

---

Ta bilde av speil etter dusjsekvens

Sjekket av : Jonas Johnstad  
02.03.2022

-----  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 02.03.2022



Jonas Johnstad

mar. 02, 2022 10:18:12

-----  
Ikke tegn til kondens på dørblad  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 02.03.2022  
-----

Registrert av : Jonas Johnstad

Registrert dato : 02.03.2022



Jonas Johnstad

mar. 02, 2022 10:17:17

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren. | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>02.03.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kontroller dørforsgling for brudd   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>03.03.2022 |

Veie håndkle (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 322.2 gram

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 271.1 gram

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 271.0 gram







## A3L

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad A
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	01.03.2022
Dato opprettet	26.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera I bruk på bad B <i>Registrert av : Jonas Johnstad</i> <i>Registrert dato : 26.02.2022</i>	
<input type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt I bruk på bad B <i>Registrert av : Jonas Johnstad</i> <i>Registrert dato : 26.02.2022</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 2 i avtrekk</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 3 ved bryterpanel</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
28.02.2022

---

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 72 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettete kloss X  
Registrert verdi : 340.1 gram

---

Veie mettete kloss Y  
Registrert verdi : 324.6 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
28.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 10:28 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 322.6 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad  
Beskrivelse : Noter vekt av håndkle etter påføring av vann  
Registrert verdi : 392.7 gram

---

Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)

-----  
I bruk på bad B  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 28.02.2022*

---

**Skru av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
28.02.2022

---

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
28.02.2022

-----

Ikke tegn til kondens på dørbblad  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 28.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 28, 2022 10:39:03

Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

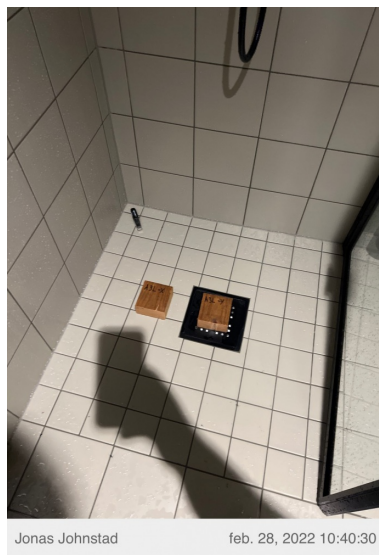
Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

-----  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 28.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 28, 2022 10:40:30

Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

---

Forsegle dør

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

---

Kontroller dørforsegling for brudd

Sjekket av : Jonas Johnstad  
01.03.2022

---

Veie håndkle (etter 23 timer)

Registrert verdi : 323.7 gram

---

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)

Registrert verdi : 284.8 gram

---

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)

Registrert verdi : 275.6 gram

---



## B1H - forsøk 2

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	27.02.2022
Dato opprettet	26.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg</b> Benytter umerket, og merket med smiley «reserveklosser». <i>Registrert av : Jonas Johnstad</i> <i>Registrert dato : 26.02.2022</i>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Hente ut data fra termokamera</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 2 i avtrekk</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 3 ved bryterpanel</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet</b>	<i>Sjekket av : Jonas Johnstad</i> 26.02.2022

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
26.02.2022

---

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 36 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettet kloss X  
Registrert verdi : kloss «:-)»: 396.4  
gram

---

Veie mettet kloss Y  
Registrert verdi : umerket kloss:  
360.6 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
26.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 9:30 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 311.7 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad  
Beskrivelse : Noter vekt av håndkle etter påføring av vann  
Registrert verdi : 382.2 gram

---

**Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
26.02.2022

---

**Skru av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
26.02.2022

---

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
27.02.2022

-----

Antydning til noe kondens på  
dørblad

*Registrert av* : Jonas Johnstad

*Registrert dato* : 26.02.2022



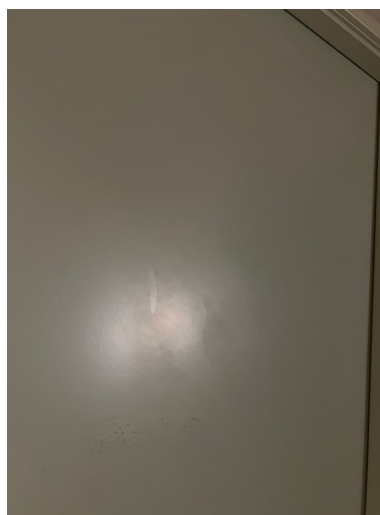
Jonas Johnstad

feb. 26, 2022 09:40:33

Antydning til noe kondens på  
dørblad

*Registrert av* : Jonas Johnstad

*Registrert dato* : 26.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 26, 2022 09:40:49

Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett  
på høykant i hjørnet)

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
27.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad

Registrert dato : 26.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 26, 2022 09:42:05

**Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
27.02.2022

«:-)» legges på flis

Registrert av : Jonas Johnstad

Registrert dato : 26.02.2022

**Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
27.02.2022

Umerket legges på slukrist

Registrert av : Jonas Johnstad

Registrert dato : 26.02.2022

**Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av badet**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

**Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

**Forsegle dør**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

**Kontroller dørforsegling for brudd**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
27.02.2022

Veie håndkle (etter 23 timer)

Registrert verdi : 312.1 gram

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)

Registrert verdi : 331.2 gram



---

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)

Registrert verdi : 299.8 gram

---



## B1L

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	01.03.2022
Dato opprettet	27.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekket av : Jonas Johnstad 27.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display	Sjekket av : Jonas Johnstad 28.02.2022

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter

Registrert verdi : 36 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettet kloss X

Registrert verdi : 340.7 gram

---

Veie mettet kloss Y

Registrert verdi : 304.3 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle,  
sprayflaske, flaske, kloss X og Y,  
telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn  
på bad (evt termokamera og  
termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
28.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.

Beskrivelse : Noter tidspunkt for

start av dusj

Registrert verdi : 10:46 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle

Registrert verdi : 314.0 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle

etter påføring av vann

Registrert verdi : 384.1 gram

---

**Sett i gang timelapse på  
termografikamera (150 sekunders  
intervall, 150 bilder)**

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
28.02.2022

---

**Skru av dusj etter 10 minutter  
(alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

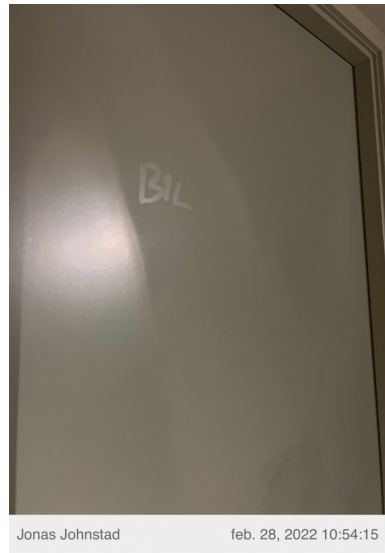
*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
28.02.2022

-----

Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 28.02.2022



Tegn til kondens på dør tidlig (etter  
ca 6 minutter)  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 28.02.2022



Ta bilde av speil etter dusjsekvens

Sjekket av : Jonas Johnstad  
28.02.2022

Kondens på dør etter dusj  
*Registrert av* : Jonas Johnstad  
*Registrert dato* : 28.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 28, 2022 10:58:13

*Registrert av* : Jonas Johnstad  
*Registrert dato* : 28.02.2022



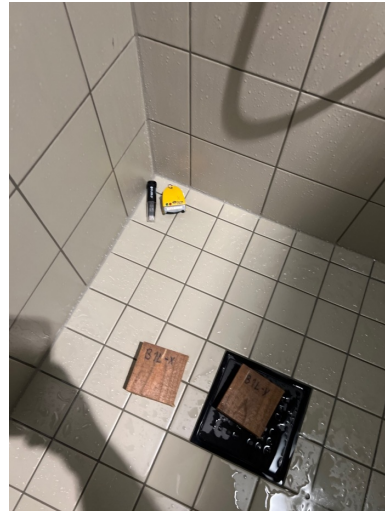
Jonas Johnstad

feb. 28, 2022 10:55:40

Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)

*Sjekket av* : Jonas Johnstad  
28.02.2022

Benytter både EASYLOG 4, og  
TinyTag 7 pga. mulig feil med  
Easylog 4  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 28.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 28, 2022 10:57:07

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>28.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>28.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av badet  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>28.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren. | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>28.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>28.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kontroller dørforsegling for brudd  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>01.03.2022 |

Veie håndkle (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 314.4 gram

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 291.5 gram

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 262.1 gram



## B2H

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	26.02.2022
Dato opprettet	25.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
Feilmelding kode100 på kamera. Kun 2 bilder tatt Registrert av : Jonas Johnstad Registrert dato : 25.02.2022	
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekket av : Jonas Johnstad 25.02.2022

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display** Sjekket av : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 54 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettete kloss X  
Registrert verdi : 351.1 gram

---

Veie mettete kloss Y  
Registrert verdi : 305.6 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.** Sjekket av : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 9:44 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 312.3 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad  
Beskrivelse : Noter vekt av håndkle etter påføring av vann  
Registrert verdi : 382.2 gram

---

**Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)** Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

-----  
150 sek. 200 bilder  
Registrert av : Jonas Johnstad  
Registrert dato : 25.02.2022

---

**Skrue av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.** Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

---

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens** Sjekket av : Jonas Johnstad  
26.02.2022

-----



Ingen tegn til kondens på dør  
 Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 25.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 25, 2022 09:53:24

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>25.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>25.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>25.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>25.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren. | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>25.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør  | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>25.02.2022 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kontroller dørforsgling for brudd   | Sjekket av : Jonas Johnstad<br>26.02.2022 |

Veie håndkle (etter 23 timer)  
 Registrert verdi : 311.7 gram

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)  
 Registrert verdi : 292 gram

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)  
 Registrert verdi : 262.3 gram





## B2L

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	03.03.2022
Dato opprettet	02.03.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter

Registrert verdi : 54 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettete kloss X

Registrert verdi : 330.2 gram

---

Veie mettete kloss Y

Registrert verdi : 318.2 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
02.03.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.

Beskrivelse : Noter tidspunkt for

start av dusj

Registrert verdi : 10:22 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle

Registrert verdi : 313.4 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle

etter påføring av vann

Registrert verdi : 383.3 gram

---

**Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
02.03.2022

---

**Skru av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
02.03.2022

---

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
02.03.2022

-----

Ikke tegn til dugg/kondens på  
dørblad

*Registrert av : Jonas Johnstad*

*Registrert dato : 02.03.2022*



Jonas Johnstad

mar. 02, 2022 10:32:52

Ikke tegn til dugg/kondens på  
dørblad

*Registrert av : Jonas Johnstad*

*Registrert dato : 02.03.2022*



Jonas Johnstad

mar. 02, 2022 10:33:04

**Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett  
på høykant i hjørnet)**

*Sjekkert av : Jonas Johnstad*

02.03.2022

TinyTag 7 plasseres også i dusj pga  
mulig problem med logger 4

*Registrert av : Jonas Johnstad*

*Registrert dato : 02.03.2022*

**Legg ut trekloss "X" på fliser i  
dusjsone**

*Sjekkert av : Jonas Johnstad*

02.03.2022

**Legg ut trekloss "Y" på slukrist i  
dusjsone**

*Sjekkert av : Jonas Johnstad*

02.03.2022

**Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av badet** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
02.03.2022

---

**Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
03.03.2022

---

**Forsegle dør** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
03.03.2022

---

**Kontroller dørføsegling for brudd** *Sjekket av : Jonas Johnstad*  
03.03.2022

---

Veie håndkle (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 314.2 gram

---

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 276.1 gram

---

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)  
Registrert verdi : 269.8 gram

---



## B3H

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	25.02.2022
Dato opprettet	24.02.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
Setter ut "SINTEF 2" pga logger 2 tom for strøm Registret av : Jonas Johnstad Registret dato : 24.02.2022	
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekk av : Jonas Johnstad 24.02.2022

**Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
24.02.2022

---

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter  
Registrert verdi : 72 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettete kloss X  
Registrert verdi : 333.8 gram

---

Veie mettete kloss Y  
Registrert verdi : 322.4 gram

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
24.02.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.  
Beskrivelse : Noter tidspunkt for start av dusj  
Registrert verdi : 10:27 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle  
Registrert verdi : 313.0 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad  
Beskrivelse : Noter vekt av håndkle etter påføring av vann  
Registrert verdi : 383.2 gram

**Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)**

Sjekket av : Jonas Johnstad  
24.02.2022

---

Skru av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.

---

Ta bilde av speil etter dusjsekvens  
-----



Ingen tegn på kondens på dør  
 Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 24.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 10:35:53

Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 24.02.2022

Registrert av : Jonas Johnstad  
 Registrert dato : 24.02.2022



Jonas Johnstad

feb. 24, 2022 10:38:15

Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 24.02.2022

Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 24.02.2022

Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av baderom

Sjekket av : Jonas Johnstad  
 24.02.2022

Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.

Sjekket av : Jonas Johnstad  
24.02.2022

---

Forsegle dør

Sjekket av : Jonas Johnstad  
24.02.2022

---

Kontroller dørforsegling for brudd

Sjekket av : Jonas Johnstad  
25.02.2022

---

Veie håndkle (etter 23 timer)

Registrert verdi : 312.8 gram

---

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)

Registrert verdi : 272.3 gram

---

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)

Registrert verdi : 275.3 gram

---



## B3L

Prosjekt	Målinger hos OBOS Living Lab
Mappe	Bad B
Godkjent av	Jonas Johnstad
Dato	02.03.2022
Dato opprettet	01.03.2022

### Forsøksrutine - OLL

<input checked="" type="checkbox"/> Ta ut merkede treklosser (X og Y) av vann, slik at de kan renne av seg	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plukke ned loggere (6 stk) og hente ut data	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Programmere loggere for ny forsøksrunde (6 stk)	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra termokamera	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Hente ut data fra temp-logger, og evt programmere og plassere på nytt	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 1 utenfor baderomsdør	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 2 i avtrekk	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 3 ved bryterpanel	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 5 ved i hjørne ved toalett	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Plassere ut logger 6 hengende i himling midt i rommet	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Sjekk settpunkt og temp. på varmekabel i display	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022

Reguler avtrekksmengde etter forsøksparameter

Registrert verdi : 72 m<sup>3</sup>/h  
(kubikkmeter per time)

---

Veie mettete kloss X

Registrert verdi : 318.5 gram

---

Veie mettete kloss Y

Registrert verdi : 311.3 gram

---

**Ta med nytt tørt håndkle, sprayflaske, flaske, kloss X og Y, telefon, vekt, bolle, og logger nr 4 inn på bad (evt termokamera og termoelement). Lukk dør.**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
01.03.2022

---

Plassere ut "dukke" i dusj - og start dusjsekvens. Noter tidspunkt for start, og sett på tidsalarm.

Beskrivelse : Noter tidspunkt for

start av dusj

Registrert verdi : 10:39 (klokkeslett)

---

Veie tørt håndkle

Registrert verdi : 313.4 gram

---

Spraye 70 gram vann på tørt håndkle, vei håndkle og heng opp på bad

Beskrivelse : Noter vekt av håndkle

etter påføring av vann

Registrert verdi : 384.5 gram

---

**Sett i gang timelapse på termografikamera (150 sekunders intervall, 150 bilder)**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
01.03.2022

---

**Skru av dusj etter 10 minutter (alarm). Sett på ny alarm på 3 minutter.**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
01.03.2022

---

**Ta bilde av speil etter dusjsekvens**

*Sjekket av :* Jonas Johnstad  
01.03.2022

-----

*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 01.03.2022*



Jonas Johnstad

mar. 01, 2022 10:48:38

*Ikke tegn til kondens på dørbled*  
*Registrert av : Jonas Johnstad*  
*Registrert dato : 01.03.2022*



Jonas Johnstad

mar. 01, 2022 10:48:13

**Legg ut logger nr 4 i dusjsone (sett på høykant i hjørnet)**

*Sjekket av : Jonas Johnstad*  
*01.03.2022*

Registrert av : Jonas Johnstad

Registrert dato : 01.03.2022



Jonas Johnstad

mar. 01, 2022 10:50:28

Benytter både logger 4 og TinyTag 7

pga mulig problem med logger 4

Registrert av : Jonas Johnstad

Registrert dato : 01.03.2022

<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "X" på fliser i dusjsone	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Legg ut trekloss "Y" på slukrist i dusjsone	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Ta med "dukke", sprayflaske, flaske og telefon ut av badrom	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Når alarm ringer, åpne dør rolig, hold åpen i 6 sekunder (stoppeklokke benyttes). Gå ut av badet og lukk døren.	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Forsegle dør	Sjekket av : Jonas Johnstad 01.03.2022
<input checked="" type="checkbox"/> Kontroller dørforsegling for brudd	Sjekket av : Jonas Johnstad 02.03.2022

Veie håndkle (etter 23 timer)

Registrert verdi : 313.2 gram

Veie tørket trekloss X (etter 23 timer)

Registrert verdi : 265.5 gram

Veie tørket trekloss Y (etter 23 timer)

Registrert verdi : 266.5 gram

---





## Tillegg D. Utdelt skjema for registrering av dusj







**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway