



Noregs miljø- og
biovitenskaplege
universitet

Masteroppgåve 2019 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Fuktpåverknad på massivtrekonstruksjonar under byggeprosessen

- Ei vurdering av utføringsstandarden for lastberande trekonstruksjonar

**CLT Buildings Exposed to Moisture during the
Construction Process**

- An evaluation of the standard for execution of timber structures

Sigrid Tveit Mjanger
Byggeteknikk og arkitektur

Forord

Denne masteroppgåva er utarbeida våren 2019 som avslutning på studiet Byggeteknikk og Arkitektur ved Norges miljø- og Biovitenskapelige Universitet. Oppgåva utgjer 30 studiepoeng og høyrer til under fakultet for realfag og teknologi. Arbeidet med denne oppgåva har vore både utfordrande, lærerik og spennande.

Oppgåva er eit casestudie av massivtrebygget «Skipet» i Bergen. I forbindelse med oppgåva er det utført målingar i ein periode frå 7.feb til 15.april. Masteroppgåva er utarbeida i samarbeid med massivtreprodusenten Splitkon og målesensorane nytta til målingar er utarbeida og montert av 7sense.

Eg ynskjer å retta ein stor takk til hovudrettleiar Thomas Kringlebotn Thiis, for hjelp med blant anna litteratursøk og handtering av resultat. Eg ynskjer også å takka Kristine Nore for å ha kopla meg til prosjektet, samt 7sense og Mycoteam for hjelp knytt til sensorar og målingar. Tusen takk til familie og venner for støtte og oppmuntrande ord gjennom prosessen. Til slutt ynskjer eg å takka dei dei tilsette ved prosjektet, som har tatt godt imot meg ved alle besøk.

Fotografi som ikkje er merka med anna, er tatt av underteikna.

Sigrid Tveit Mjanger

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, mai 2019

Samandrag

Denne masteroppgåva omhandlar fuktpåverknad på massivtrebygg under byggeprosessen. Formålet har vore å finna ut om NS 3516 (Utføring av lastberande trekonstruksjonar) stiller tilstrekkelege krav til fuktsikkerheit, slik at utføringa av massivtrekonstruksjonar blir av god kvalitet. Oppgåva er eit casestudie der det er gjort målingar av fuktnivå på forskjellige stader i ein massivtrekonstruksjon bygd utan vern mot vêr.

- Målingane er nytta til å sei noko om kva for bygningsdelar som er spesielt utsett for fuktpåkjenning.
- Dei målte fuktverdiane er vurdert opp mot den lokale nedbørsmengda og relative fuktigheita.
- Dei målte verdiane er også nytta for estimering av vekstvilkåra til mugg i løpet av utføringsfasen.

Resultata er samanlikna med krava stilt til fuktsikkerheit i den nye standarden NS 3516. Resultata blir også knytt opp mot NS 3512(Måling av fukt i trekonstruksjonar), då denne er nødvendig for utføring etter NS 3516.

Det vart utført fuktmålingar med fastmonterte sensorar i overkant og underkant på to av etasjeskiljarane. Med ein handhalden trefuktmålar vart det også utført ei rekke målingar over 5 veker. Desse vart utført på to sjakter i den indre delen av bygget, på ytre dekkeantar og på ein yttervegg i første plan.

NS 3516 visere seg å ha svakheiter når det gjeld å sikra at utføring skjer utan biologisk vekst. Det er stilt krav til at fuktnivået i ein bygningsdel skal vera under 20 vekt% ved lukking, men det er ikkje spesifisert kva fuktnivå og kva varigheit av påkjenning som er tillaten under utføringa. Dersom byggeperioden er lang kan det allereie før lukking ha oppstått biologisk vekst i konstruksjonen.

Dei høgaste fuktnivå vart registrert i overkant av dekke og under utskjeringar i vertikale element. For dei andre områda er det meir vilkårleg kvar dei høge fuktverdiane oppstår. Standarden sitt krav om å måla der det er anteke fuktigast eller størst risiko for biologisk vekst er i så måte ei passende formulering. Mengda nedbør og variasjonane i relativ luftfuktigheit (RF) er av direkte betydning ved bygging utan eit system som vernar mot vêrpåkjenningar. Det burde difor gjerast ei kvantitativ evaluering av det lokale klimaet i forkant av utføring. Denne vurderinga bør vidare ligga til grunn når vêrbeskyttelsesklasse og tiltak skal bestemast.

Abstract

This master thesis deals with the impact of moisture on cross laminated timber (CLT) during the construction process. The goal has been to study if moisture management, which is part of the NS 3516 (Execution of timber structures) standard, is sufficient. Moisture content readings were taken from a CLT construction that had no external protection from weather elements.

- The moisture readings obtained have been used to identify components that were significantly affected by moisture content.
- The local weather, particularly precipitation and relative humidity, were also considered to check its impact on moisture content in CLT.
- Finally, the moisture readings have been used to indicate the probability and rate of mould growth throughout the construction process.

The results obtained have been compared against the NS 3516 to verify if the standard contains the right requirements to ensure good quality during the construction process. The findings were also compared against the NS 3512 (Measurement of moisture in timber structures), as this is necessary to comply to NS 3516.

Stationary sensors were installed on both sides of the wooden slab on two levels of the building. In addition, many measurements were taken for 5 weeks from a handheld moisture meter. These readings were recorded on two shafts in the inner parts of the building and on the floor towards the outer edge of the building. Further readings were obtained on a wall on the ground floor as well.

NS 3516 seems to have certain flaws when it comes to ensuring quality during the construction process. The requirements state that the moisture level of a building should be below 20 weight% when closed, but it fails to specify what moisture level is allowed during construction, prior to closing. The results show that if the construction periods extend for a long period of time, then the biological growth may have already occurred before its closed. Although the standard specifies that any visible mould fungi found must be eradicated before closing, it does not state all the necessary measures to prevent it.

The building parts that are most prone to high moisture levels are the horizontal elements, such as the slab and below the cut-outs in vertical elements. For the other controlled areas, the readings of high moisture levels seem to be more arbitrary.

The amount of precipitation and the variations in relative humidity (RH), directly affect a building built without a weather protection system. Therefore, local weather readings should be considered to make a quantified evaluation before starting the project. This evaluation should then be the basis for choosing which weather protection class is viable and what measures that are necessary.

Innhald

Forord.....	I
Samandrag.....	II
Abstract	III
Innhald.....	IV
Figurliste	VII
Tabelliste	VIII
1. Innleiing	1
1.1 Problemstilling.....	1
1.2 Bakgrunn	1
1.3 Formål.....	1
1.4 Casestudie	2
1.5 Avgrensing.....	3
2. Teori.....	4
2.1 Fukt.....	4
2.1.1 Luftfuktigheit.....	4
2.1.2 Nedbør.....	6
2.1.4 Fukt i materialar	6
2.1.5 Fukttransport.....	7
2.1.3 Byggfukt.....	7
2.1.6 Fuktsikker byggeprosess.....	9
2.2 Tre.....	9
2.1.1 Anatomi	9
2.1.2 Fukttekniske eigenskapar	10
2.1.3 Styrke og stivheit	11
2.1.4 Tørking.....	11
2.1.5 Massivtre	11
2.1.6 Måling av trefukt	12
2.3 Mogelege konsekvensar av fukt.....	14
2.3.1 Mikrobiologisk vekst.....	14
2.3.2 Endring eigenskapar	16
2.3.3 Kjemisk nedbryting.....	16
2.3.4 Auka energibehov.....	16
2.4 Reglar og forskrifter.....	16
2.4.1 SAK10.....	16

2.4.2 TEK 17	17
2.4.3 Standardar	17
2.5 Beregninger	23
2.5.1 Resistans til fuktnivå.....	23
2.5.2 Temperaturkorrigering.....	23
2.5.3 Likevektsfukt.....	24
2.5.4 Muggvekst	25
3. Metode	28
3.1 Prosjektet	28
3.2 Datainnsamling.....	29
3.3 Målinger med handhalden trefuktmålar	30
3.3.1 Heissjakt	32
3.3.2 Teknisk rom	33
3.3.3 Dekkekantar	34
3.3.4 Yttervegg i plan 1.....	35
3.4 Målinger med fastmonterte sensorar	36
3.4.1 Oppsett.....	36
3.5 Estimering av muggvekst.....	38
4. Resultat.....	39
4.1 Vêrdata	39
4.1.1 Nedbør.....	39
4.1.2 Relativ fuktigheit	40
4.2 Målinger med handhalden trefuktmålar	42
4.2.1 Heissjakt	44
4.2.2 Teknisk rom	45
4.2.3 Dekkekantar	46
4.2.4 Yttervegg, plan 1.....	47
4.2.4 Samanlikning av måleverdiar	47
4.3 Målinger med fastmonterte sensorar	51
4.3.1 Fukt i overkant av dekke.....	51
4.3.2 Fukt i underkant av dekke	53
4.3 Muggvekst	54
4.3.1 Muggvekstindeks basert på fukt målt med handhalden trefuktmålar	54
4.3.2 Muggvekstindeks basert på fukt målt med fastmonterte sensorar.....	55
5. Diskusjon	57
Feilkjelder	59

6. Konklusjon	60
7. Vidare arbeid	62
Referanseliste	63
Vedlegg	65

Figurliste

Figur 1 Illustrasjonsteikning (Paal J. Kahrs Arkitekter (2018) & MIR).....	2
Figur 2 Luftfuktighetsdiagram (SINTEF Byggforsk, 2018b)	5
Figur 3 Variasjoner i vassdampinnhald og RF i Bergen, Oslo og Lillehammer(SINTEF Byggforsk, 2018b).	5
Figur 4 Hystereseeffekt (Bygningsfysikk.no, 2018)	6
Figur 5 Moglege konsekvensar av byggfukt (SINTEF Byggforsk, 2018a)	8
Figur 6 Likevektsfukt for trevirke i oppvarma bygningar.	8
Figur 7 Fiberstrukturen i tre (SINTEF Byggforsk, 2015b)	10
Figur 8 Illustrasjon av vatn i treceller. (SINTEF Byggforsk, 2015b)	11
Figur 9 Illustrasjon av eit massivtreelement (SINTEF Byggforsk, 2017).	12
Figur 10 Prosess for å laga massivtreelement	12
Figur 11 Resistansmåling med isolerte og uisolerte elektrodar. (SINTEF Byggforsk, 2015a).....	13
Figur 12 Dei nødvendige faktorane for at muggvekst skal oppstå.....	14
Figur 13 Begynnande muggvekst i yteved av furu som ein funksjon av RF, temperatur og tid (Viitanen H, 1997).	15
Figur 14 Illustrasjon av den berande konstruksjonen til skipet(Paal J. Kahrs Arkitekter, 2018).	28
Figur 15 Planteikning 1.etasje. Den blå firkanten markerer sone 1(Paal J. Kahrs Arkitekter, 2018). ...	28
Figur 16 Framdrift og måletidspunkt på prosjektet	30
Figur 17 Måling med trefuktmålar	30
Figur 18 Illustrasjon av konstruksjonen med forklaring av plana (Konstruksjonsteikning frå Skipet)..	31
Figur 19 Områda målt med handhalden trefuktmålar (Paal J. Kahrs Arkitekter, 2018)	31
Figur 20 Målepunkt på heissjakta	32
Figur 21 Målepunkt i teknisk rom	33
Figur 22 Målepunkt på dekkekantane.....	34
Figur 23 Yttervegg fotografert 28.feb og 25.mars.....	35
Figur 24 Målepunkt på ytterveggen i plan 1	36
Figur 25 Montering av sensorar den 7.februar saman med Splitkon, Mycoteam og 7sense.	36
Figur 26 Plassering av målesensorane i etasjeskiljarane 1 og 3	37
Figur 27 Plassering av målesensorar i etasjeskiljarane 1 og 3.....	37
Figur 28 Målesensor i overkant av dekke.....	37
Figur 29 Målesensor i underkant av dekke	38
Figur 30 Dagleg nedbørsmengd målt ved Florida målestasjon 7.feb – 15.april(Meteorologisk institutt, -)	39
Figur 31 Nedbørsmengda summert for dei siste 60 timane, før måling er utført(Meteorologisk institutt, -)	40
Figur 32 24-timars glidande gjennomsnitt for RF målt på Florida målestasjon frå 7.feb – 15.april(Geofysisk institutt & Universitetet i Bergen).	40
Figur 33 24-timers glidande gjennomsnitt for likevektstrefukt til RF i lufta.	41
Figur 34 Boksplott for RF målt ved Florida vårstasjon 60, timar før måling med handhalde trefuktmålar (Meteorologisk institutt, -).....	41
Figur 35 Boksplot av den ekvivalente likevektstrefukta til RF ved Florida målestasjon dei siste 60 timane før måling.	42
Figur 36 Trefukt målt på heissjakta 6.mars	44
Figur 37 Trefukt målt på heissjakta 25.mars	44
Figur 38 Trefukt målt i teknisk rom 1.april.	45
Figur 39 Trefukt målt i teknisk rom 13.april.....	45

Figur 40 Trefukt målt på dekkekantar for 13. og 25.mars.....	46
Figur 41 Trefukt målt på yttervegg i plan 1	47
Figur 42 Alle verdiane målt med handhalden trefuktmålar samla etter dato. Trevirket sitt fuktinnhald i likevekt med RF i lufta er også lagt inn (EMC).	47
Figur 43 Fukttilskotsfaktor på heissjakta	Figur 44 Fukttilskotsfaktor i teknisk rom.....
49	49
Figur 45 Fukttilskotsfaktor på dekkekantar	Figur 46 Fukttilskotsfaktor på yttervegg i plan 1
49	49
Figur 47 24-timars glidande gjennomsnitt for temperaturen i etasjeskiljarane, plan 2(grøn) og plan 4(oransje)	51
Figur 48 Målt trefukt i overkant dekke(a), trefuktekivalent til lufta sin relative fuktigheit ved likevekt(b) og nedbør(c).	52
Figur 49 Målt trefukt i underkant dekke(a), likevektstrefukt til lufta sin RF ved likevekt(b) og nedbør(c).	53
Figur 50 Muggindeks berekna mellom 28.feb og 1.april for områda målt med handhalden trefuktmålar.	54
Figur 51 Påbegynt muggvekst på massivtreelement i plan 1(venstre) og på utsida av teknisk rom og dekke(høgre). Fotografert 1.april.....	55
Figur 52 Berekna muggindeks basert på trefukt ved sensorane og RF. Sensor 2 og 6 ligg oppå kvarandre.	55

Tabelliste

Tabell 1 Nøyaktigheit for måleinstrument (Forsén & Tarvainen, 2000)	14
Tabell 2 Pålitelegheitsklasse frå NS-EN 1990 (Norsk Stålforbund, 2014).....	18
Tabell 3 Vegleing om val av utføringsklasse (Standard Norge, 2017)	19
Tabell 4 Krava stilt til kontroll ved mottak og lagring av materialar og produkt(Standard Norge, 2017).	20
Tabell 5 krav til kontroll av utføring (Standard Norge, 2017)	21
Tabell 6 Variablar til korrigering for treslag ved utrekning av trefukt (Forsén & Tarvainen, 2000).....	23
Tabell 7 Tabell for temperaturkorrigering (Standard Norge, 2014)	24
Tabell 8 Likevektsfukt mellom RF og massivtre(Stora Enso, 2013).	24
Tabell 9 Grenseverdier for fuktinnhald i trevirket henta frå fuktkontrollplanen.....	29
Tabell 10 Målepunkt på heissjakta.....	33
Tabell 11 Målepunkt i teknisk rom.....	34
Tabell 12 Målepunkt på dekkekantar.....	35
Tabell 13 Målepunkt på yttervegg i plan 1.....	35
Tabell 14 Plassering av sensorar.....	37
Tabell 15 Bilete og vêrforhold ved utføring av fuktmålingane.....	43
Tabell 16 Målingar på heissjakta som ligg ca. eit standardavvik eller meir over snittverdien for trefukta.....	45
Tabell 17 Målingar i teknisk rom som ligg ca. eit standardavvik eller meir over snittverdien.....	46
Tabell 18 Maksimale og minimale snittverdier for dei forskjellige målområda.....	48
Tabell 19 Samanlikning av resultatata opp mot kritisk fuktnivå og mettingspunktet for tre.	50
Tabell 20 Beskriving av kva for paramtrar som er nytta til temperaturkorrigering av trefukta.	51
Tabell 21 Verdier for sensor 1,2,3 og 4 er ikkje nytta i resultatata.	73
Tabell 22 Verdier frå sensor 1,2,3 og 4 er ikkje nytta i resultatata.	73
Tabell 23 Verdier frå sensor 1 og 8 er ikkje nytta i resultatata.	73
Tabell 24 Verdier frå sensor 1 og 2 er ikkje nytta i resultatata.	74

1. Innleiing

1.1 Problemstilling

Hensikta med denne oppgåva er å finna ut om krava stilt i Norsk Standard NS3516 er av ein slik art at ein sikrar oppføring av massivtrekonstruksjonar utan fuktproblem.

For å finna ut av dette er det utarbeida tre forskingsspørsmål:

- Kva bygningsdelar er mest usett for fukt under oppføring?
- Korleis er fuktnivåa i bygget samanlikna med det lokale vêret?
- Korleis er kvaliteten i massivtrekonstruksjonen i løpet av byggeprosessen?

For å svara på desse spørsmål er det utført eit casestudie.

1.2 Bakgrunn

Dei siste åra har det vore ei auke i interesse for bygg i massivtre i Noreg.

Bygningskomponentane blir rekna som eit miljøvennleg materiale og har lite CO₂ avtrykk.

Byggeperioden for bygg i massivtre er også rask då det blir nytta prefabrikkerte element.

Massivtre kan bera større laster enn vanleg bindingsverk og kan brukast til mykje større konstruksjonar. I Noreg har ein «Treet» med ei høgd på 49 meter og Romsdal vidaregåande skule på heile 12 300 m² (Kunøe, 2017; Mills, 2017). 1.mars stod også Mjøstrånet ferdig med sine 85,4 m over 18 etasjar. (Trenytt, 2019) Det er også sett opp mange studenthyblar og bustadblokker i KL-tre.

I ein rapport frå SINTEF (Kvande et al., 2012) er det gjort ei vurdering av konsekvensane av klimaendringane på bygningsmassane i Norge fram mot 2100. I rapporten belyser dei at både årsnedbøren og sesongnedbøren vil auka i store delar av landet og med eit organisk konstruksjonsmateriale som massivtre, følgjer dette med nokre utfordringar knytt til fukt. På generell basis, er omkring 75 % av alle byggskafer i Noreg tilknytt fukt. Fuktpåkjenning på tre kan resultera i biologisk vekst i form av råte og muggvekst. Store påkjenningar kan også medføra at materialet svell og kryp(SINTEF Byggforsk, 2018b). Med stadig aukande bygningsvolum, meir komplekse bygningar og lengre byggeperiodar for massivtrekonstruksjonar blir vernet mot fukt viktig.

1.3 Formål

I takt med at massivtrebygga har blitt større er det også blitt vanleg å bygga utan klimaskjerm i form av telt. I denne oppgåva vil det bli sett på kva dette har og sei for fuktnivået i bygget og kva konsekvensar ein kan forventa å få. Kva må til for at eit bygg skal vera tilstrekkeleg tørt

og utan biologisk vekst eller andre fuktskadar når byggeperioden er ferdig? I oppgåva blir det også nytta fastmonterte sensorar for kontinuerleg måling av fukt, for å sjå om dette kan vera ein nyttig reiskap for å kontrollera tilstanden på eit bygg.

1.4 Casestudie

For å svara på forskingsspørsmåla og problemstillinga er det gjennomført eit casestudie av eit massivtreprosjekt under oppføring. Prosjektet studiet er utført på blir kalla «Skipet» og er eit næringsbygg som blir bygd i Solheimsviken i Bergen. Ved ferdigstilling skal bygget vera på 14 242 m², fordelt på 5 plan. Delar av trekonstruksjonen vil vera synleg innvendig i ferdig bygg. Byggherre for prosjektet er GC Rieber og dei beskriv på sine heimesider at «bygget skal være godt i seg selv og for omgivelsene». Skipet skal byggast etter passivhusstadarden og det skal sertifiserast som BREEAM Excellent (G.C.RIEBER, 2018). Oppstart for massivtremontrasjen var i januar 2019 og vil pågå fram til juni/juli 2019. Ferdigstilling av heile bygget er i slutten av 2020.



Figur 1 Illustrasjonsteikning (Paal J. Kahrs Arkitekter (2018) & MIR)

1.5 Avgrensing

Det har vore urealistisk å kontrollera fukta på alle delar av bygget og det er difor gjort nokre avgrensingar i denne oppgåva.

- Målepunkta i bygget er avgrensa til konstruksjonselement av massivtre, som dekke- og veggelement og tar ikkje for seg søyler og bjelkar.
- Målingane er gjort i 5 plan, men inkluderer ikkje takkonstruksjonen.
- Fuktmålingar er gjort med instrument som måler opp til 5 mm inn i materialet og oppgåva tar difor ikkje for seg kva fukt som finns lenger inn i elementa.
- Det er heller ikkje gjort kontroll av fuktnivå ved mottak og lagring.

Med massivtre blir det i denne oppgåva meint kryss laminert tre med lim som festemiddel mellom lamellane.

2. Teori

2.1 Fukt

Fukt i bygningar kan føra til uønskte konsekvensar og det er difor viktig å ha eit bevisst forhold til fuktkjelder. Dei vanlegaste kjeldene er hovudsakleg:

- Nedbør
- Fuktigheit i lufta
- Byggfukt
- Fukt i grunnen
- Lekkasje frå overflatevatn
- Vatn frå t.d. våtrom
- Lekkasjevatt frå VVS-installasjonar

For å forstå årsaka til fuktproblematikken er det nødvendig med grunnleggande teori om luftfuktigheit, fukttransport og korleis fukt opptrer i materialar (SINTEF Byggforsk, 2018b). Dette blir vidare forklart her.

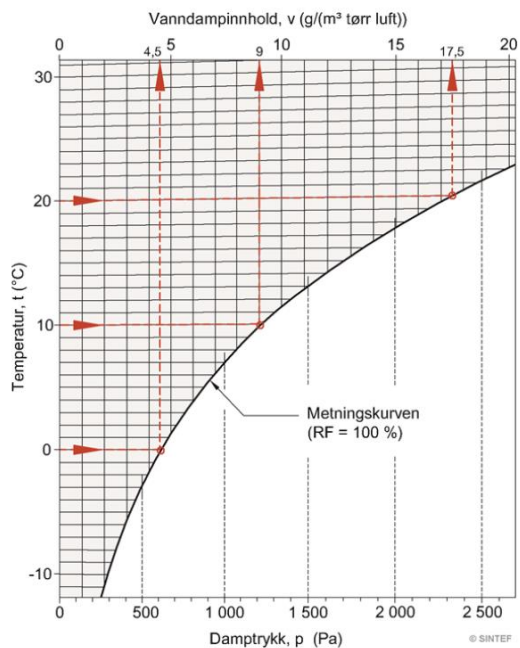
2.1.1 Luftfuktigheit

Luftfuktigheit beskriv vassmengda i lufta omkring oss og den kan eksistera i forskjellige former. Fukta opptrer som usynleg vassdamp, tåke eller nedbør. Vassdamp blir gjeve som

- Vassdamptrykk [Pa]
- Absolutt fuktigheit [g/m^3]
- Relativ fuktigheit [%]

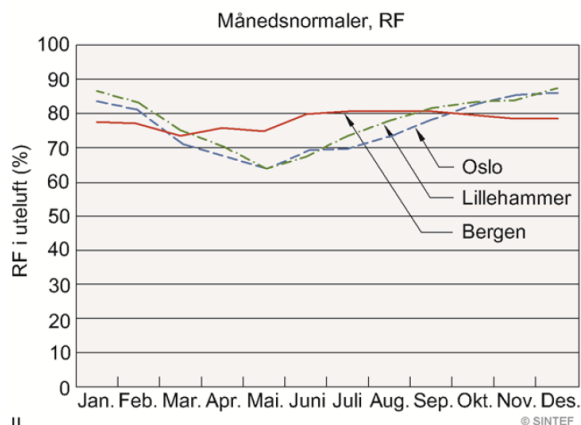
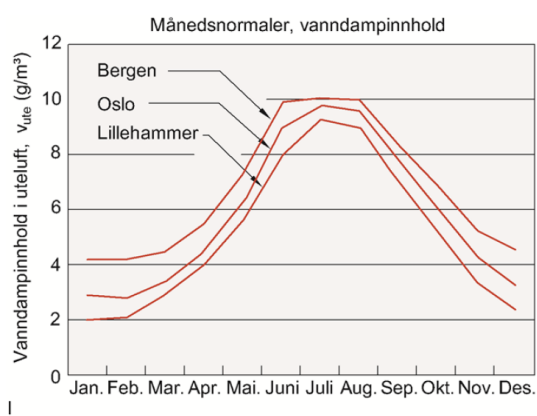
Vassdamptrykk er det partiale trykket som vassdamp aleine utøver i luft. Absolutt fuktigheit er mengda vatn pr kubikkmeter luft og relativ fuktigheit (RF) er ein temperaturavhengig faktor som beskriv fuktinnhaldet i forhold til mettingspunktet til lufta, ved ein gitt temperatur. Varm luft kan halda på meir fukt enn kald luft, og ein reduksjon i temperatur for ei gitt mengde luft vil gi auka RF. Blir lufta metta ved temperaturreduksjon til doggpunktet, eller ved tilføring av vatn, vil det fellast ut kondens (Geving & Thue, 2002).

Luftfuktighetsdiagrammet vist i figur 2, er ei grafisk framstilling av samanhengene mellom temperatur, damptrykk og vassdampinnhaldet i luft. T.d. vil luft ved 10°C , nå sitt mettingspunkt ved eit damptrykk på 1250 Pa. Dette tilsvara eit vassinnhald på $9\text{ g}/\text{m}^3$ (SINTEF Byggforsk, 2018b).



Figur 2 Luftfuktighetsdiagram (SINTEF Byggforsk, 2018b)

Fukt i utelufta er noko ein må ta omsyn til ved fuktteknisk prosjektering. RF til utelufta er vanlegvis høgast om vinteren og lågast om sommaren. På same måte varierer også fuktinnhaldet gjennom døgnet, med høg RF om natta og lågare RF om dagen. Ved regn og tåke vil lufta ha RF rundt 95-100%. Sjølv om ein ofte har låg RF om sommaren, er dette den tida av året med dei høgste verdiane for fuktinnhald i lufta. Dette kjem av at den varme sommarlufta har kapasitet til å holda på større mengder fukt enn den kalde vinterlufta. (Geving & Thue, 2002) Figur 3 viser månadsnormalane for vassdampinnhald og RF for tre norske byar.



Figur 3 Variasjonar i vassdampinnhald og RF i Bergen, Oslo og Lillehammer(SINTEF Byggforsk, 2018b).

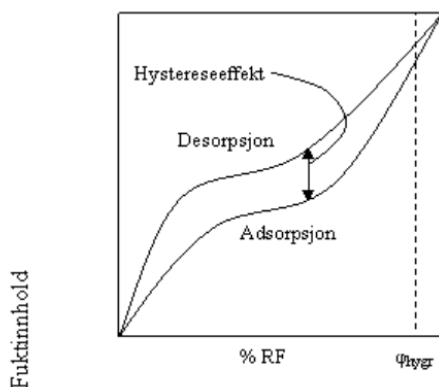
2.1.2 Nedbør

For utvendige konstruksjonar er det regn, sludd og snø som utgjer dei viktigaste fuktpåkjenningane. Ved kombinasjon av regn og vind, frå ein slagregn. Slagregn medfører direkte påkjenning på vertikale flater og vil også føra til at større mengder vatn kjem inn i bygg som er under oppføring. Dei mest utsette stadane for slagregn er opne kyststrøk og høgfjellsstrøk. Kvar og korleis slagregnet treff bygget er avhengig av vindretning, topografi og omliggande bygningar. (Geving & Thue, 2002)

2.1.4 Fukt i materialar

Hygroskopiske materialar vil ta opp fukt dersom dei er i kontakt med vatn eller vassdamp. Måten vatnet og materialet bind seg saman på, skil ein i kjemisk og fysikalske bindingar. Kjemisk bunde vatn, er vatn som er ein del av materialets kjemiske struktur og blir vanlegvis ikkje rekna som fukt. Fysikalsk bunde vatn, er vatn som kan fordampa frå materialet ved tilføring av varme (Geving & Thue, 2002).

Eit hygroskopisk materiale som er i eit rom med konstant RF og temperatur vil etter ei tid komma i ein likevektstilstand med den omjevande lufta. Ei sorpsjonskurve skildrar likevektsfuktinnhaldet for eit materiale basert på RF. Likevektsfuktigheita i eit materiale med stigande RF (sorpsjon) er ikkje den same som likevektsfuktigheita ved minkande RF(desorpsjon). Likevektsfuktigheita vil leggja seg på eit høgare nivå ved uttørking enn ved oppfukting. Dette fenomenet blir kalla hystereseseffekt. Kor stor denne effekta er, vil vera avhengig av materialar og porestrukturar. Eit materiale som blir utsett for oppfukting og uttørking gjentatte gongar, vil få ei fuktkurve som hamnar mellom desorpsjonskurva og adsorpsjonskurva. Dersom endringane i omjevande RF er rask, vil ikkje fuktnivået i materialet rekka å nå likevektstilstanden (Thue, 2016). Hystereseseffekta er vist i figur 4.



Figur 4 Hystereseseffekt (Bygningsfysikk.no, 2018)

Tangenten til sorpsjonskuva sin hellingsvinkel viser fuktkapasiteten til materialet. Fuktkapasiteten er endring i materialet sitt fuktinnhald pr endring i lufta sitt fuktinnhald.

Fuktinnhald i materialer kan beskrivast på fleire forskjellige måtar.

- w [kg/m^3] - Fuktmengde i kg per volumeining.
- ψ [m^3/m^3] - Volumandel av fritt vatn per volumandel av tørt materiale.
- u [kg/kg] - Kg vatn per mengde tørrstoff.

Vidare blir fuktinnhaldet i mange samanhengar gitt i % og ein får då, ψ i volum% og u i vekt%(Thue, 2016).

2.1.5 Fuktttransport

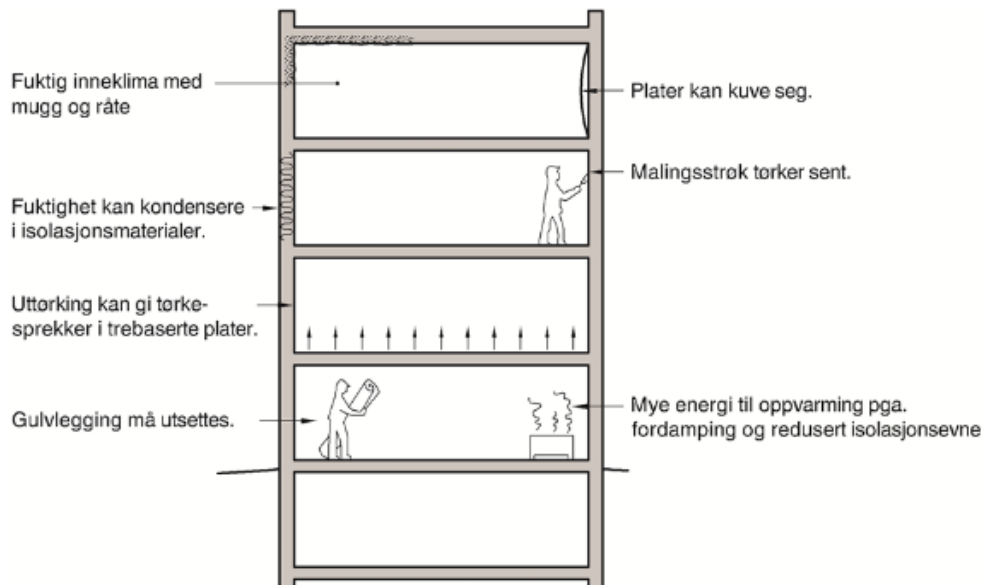
Fuktttransport skjer på 4 forskjellige måtar. Ved vassdampdiffusjon, vassdamptransport, kapillærsuging og ved veskestrauming. (SINTEF Byggforsk, 2018b) Ved vassdampdiffusjon er det skilnaden i vassdamptrykk som driv væsketransporten. I eit luftrom vil vesketransporten gå frå høg til låg vassdampkonsentrasjon og forsøka å oppnå ein jamnt fordelt konsentrasjon i heile luftrommet. Dersom det i denne lufta er plassert eit tørt, porøst materiale, vil vassmolekylla også trenge inn i dette. For vassdamptransport, også kalla fuktkonveksjon, er det skilnad i lufttrykk som driv transporten. Kapillærsuging er transport av fritt vatn grunna kapillærkrefter i porene til eit materiale. Dette kan ein typisk sjå på trevirke som står med endeveden i kontakt med vatn. Veskestraumming er transport av vatn i flytande form og kan vera alt frå regnvatn til vatn frå lekkasjar. (Geving & Thue, 2002)

2.1.3 Byggfukt

I løpet av ein byggeprosess vil byggemateriala innehalda meir fukt enn når bygget er ferdig og i bruk. Materiala blir utsett for større påkjenningar og uttørkinga er dårlegare. I eit bygg som er i bruk vil innelufta vera vesentleg tørrare enn det den er under byggeprosessen, noko som bidrar til at bygget tørka ut over tid. Fuktoverskotet frå byggeprosessen, blir kalla byggfukt. Å få bort byggfukta kan gjerne ta fleire år etter at eit bygg er ferdig. Det som er viktig i byggeprosessen er å få bort overskotsfukta i konstruksjonen. Dette inneber at fuktnivået er under kritisk fuktnivå for dei materiala som er nytta i ein konstruksjonsdel, før lukking. Dersom ein ikkje lukkast med dette, kan det høge fuktnivået føra til uønskte konsekvensar som:

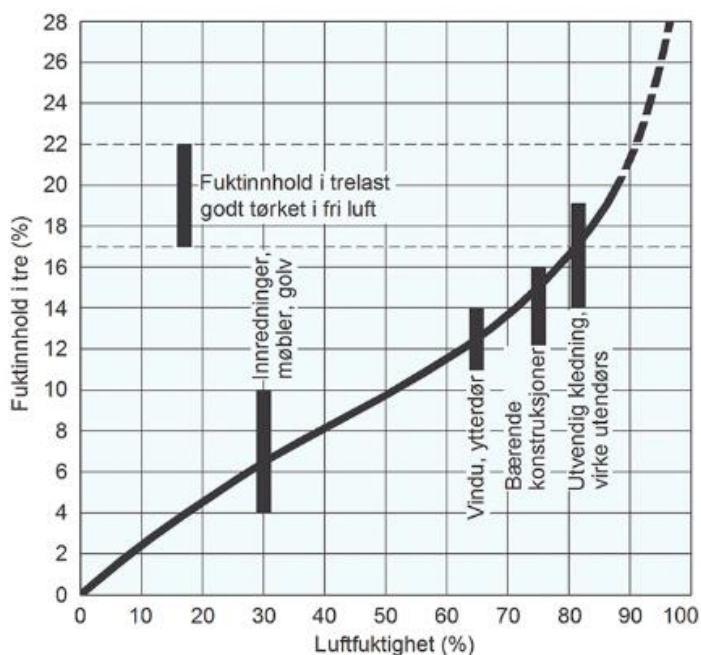
- Dårleg inneklima
- Bygningsskadar
- Forseinkingar i framdrift for prosjektet

Figur 5 viser nokre av dei moglege konsekvensane av byggfukt.(Geving & Thue, 2002; SINTEF Byggforsk, 2018a)



Figur 5 Moglege konsekvensar av byggfukt (SINTEF Byggforsk, 2018a)

Tre kan ta opp store mengder vatn og blir levert med forskjellig fuktmenge alt etter bruksområde. Impregnerert trevirke blir vanlegvis levert med eit fuktinnhald mellom 14-24 vekt%. Materialar til innvendig bruk, t.d. parkett er av dei materiala som må vera tørrast. Oppfukting av trevirke skjer mykje fortare enn tørking og vern av materiala under lagring er viktig. (SINTEF Byggforsk, 2018a) Når byggfukta er tørka ut av eit bygg vil fuktinnholdet i trevirket stabilisera seg. Figur 6 viser den typiske likevektsfuktigheita til trevirke i eit oppvarma bustadhus. (SINTEF Byggforsk, 2015b)



Figur 6 Likevektsfukt for trevirke i oppvarma bygningar.

Dei fleste massivtrebygg blir i dag bygd under open himmel, noko som medfører at trevirket blir utsett for regn, snø og høg relativ fuktigheit. Massivtremontasjen for ein vanleg bustad varer som regel under 1 veka, men skal ein til med store byggeprosjekt blir montasjefasen utvida betrakteleg (Aarstad et al.).

2.1.6 Fuktsikker byggeprosess

For å oppnå ein fuktteknisk god byggeprosess må ein ta bevisste val rundt forhold knytt til fukt i alle ledd. Byggherre, prosjekterande, utførande og brukar vil alle påverka utfallet gjennom avgjerder som blir tatt.

Byggherre kan tidleg i prosessen vera pådrivar for ei god fuktprosjektering og grundig oppfølging av denne. Avgjerder om materialval, årstid og lengde for byggeperioden har betydning for resultatet. Dersom eit prosjekt til dømes er svært pressa på tid, kan dette gå utover uttørkinga av bygget. Lokaliseringa til bygget er også relevant og det må takast omsyn til klima og grunnforhold der bygget skal byggast (Geving & Thue, 2002).

I prosjekteringsfasen bør det utførast fuktprosjekteringar basert på berekningar og vurderingar. Ei fuktprosjektering går ut på å sikra bygningen mot ulemper eller problem knytt til fukt. Det bør blant anna gjerast vurderingar av uttørkingstid, bestandigheita til byggemateriala og vêrbeskyttande tiltak. Dimensjoneringa kan gjerast ved bruk av førehandsdokumenterte løysingar, kvalitative vurderingar eller kvantitative vurderingar (Geving & Thue, 2002).

I produksjonsfasen oppstår dei største fuktproblema knytt til byggfukt. For å minska mengda byggfukt i løpet av prosessen er det viktig med gode tiltak som:

- Å kjøpa tørre materialar, kontrollera dei ved mottak og sikra at dei blir lagra tørt på byggeplassen.
- Sikra at uferdige konstruksjonar ikkje blir utsett for oppfukting.
- Ha fokus på tidleg lukking av bygg
- Grundig kontroll før innbygging for å sikra at uttørkinga har vore tilstrekkeleg.

Dette er ofte tema i sjekklistene for entreprenør på byggeplassen (Geving & Thue, 2002).

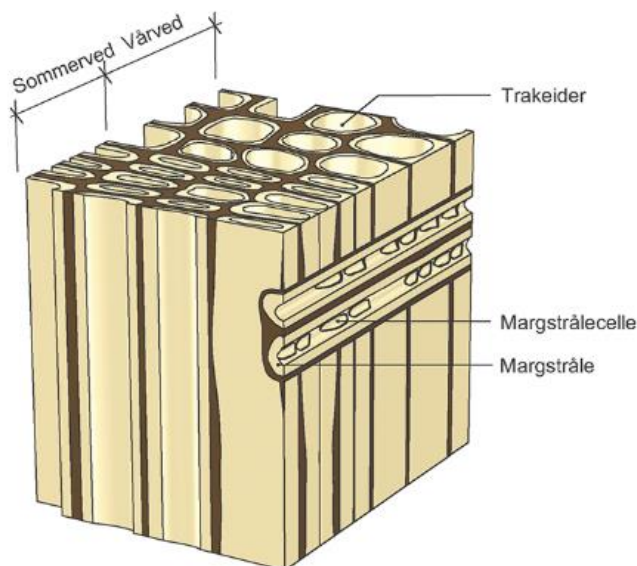
2.2 Tre

2.1.1 Anatomi

Tre er eit hygroskopisk inhomogent materiale med store variasjonar mellom kvart enkelt tre. Det er bygd opp av langstrakte celler kalla trakeider. For bartre er trakeidane som ein bunt

med 2-6 mm lange sugerør. På tvers av trakeidane har ein celler kalla margstrålar. Desse fungerer som transportkanalar frå kjernen og ut til barken(SINTEF Byggforsk, 2015b).

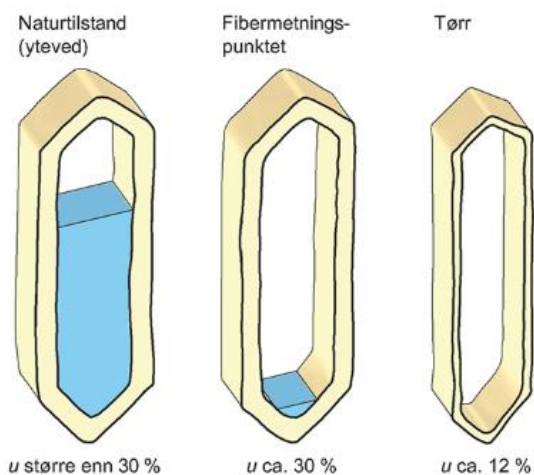
Celleveggane i tre er i hovudsak bygd opp av tre hovudkomponentar. Cellulose, lignin og hemicellulose. Kvar sesong blir det danna ny ved i kambiet. Cellene danna om våren veks fort og har tynne celleveggar, medan cellene danna utover sommaren har tjukkare celleveggar og veks langsamare. Mengda tidleg- og seinved i trevirket er med på å bestemma strykeegenskapane det får. I nokre treslag blir den indre delen av tre etter kvart sett ut av funksjon og ein får det som blir kalla kjerneved. Den delen som fortsatt er aktiv og transporterer veske mellom bakken og kruna i treet, blir kalla yteved. Kjerneveden vil i nokre treslag få ei fargeforandring. T.d. har furu fargeforskjell, medan gran har den same fargen på kjerneved og yteved (Edvardsen & Ramstad, 2014; SINTEF Byggforsk, 2015b).



Figur 7 Fiberstrukturen i tre (SINTEF Byggforsk, 2015b)

2.1.2 Fukttekniske eigenskapar

Som nemnd tidlegare inneheld tre vatn i to former. Bunde vatn, som er ein del av celleveggane og fritt vatn i holrommet til cellene (cellelumen). Fukttinnhald i trevirke blir gitt som prosent av treet sin masse i absolutt tørr tilstand. Dette betyr at fuktinnhaldet kan koma over 100%. Fukttinnhaldet i yteveden kan t.d. vera mellom 110 og 130 %. Ved tørking av tre, er det vatnet i cellelumen som fordampar først. Når cellelumen er tom for vatn, har ein nådd fibermetingspunktet og den vidare uttørkinga skjer i celleveggen. For gran og furu er fibermetingspunktet ved ca. 30 vekt% fuktinnhald. Dersom ein tørkar trevirket ytterlegare etter fibermetingspunktet byrjar det å krympe. (SINTEF Byggforsk, 2015b)



Figur 8 Illustrasjon av vatn i tre celler. (SINTEF Byggforsk, 2015b)

2.1.3 Styrke og stivheit

Når trevirke skal nyttast som konstruksjonsmateriale, er det styrken og stivheita som er viktig. Veksthastigheit, tilgang på næring og sollys samt klima er alle faktorar som spelar inn på trevirket sine eigenskapar og gjer at det kan vera store styrkevariasjonar innan same treslag. Dersom ein har kvist eller tennar (reaksjonsved) vil dette redusera styrken til materialet (SINTEF Byggforsk, 2015b).

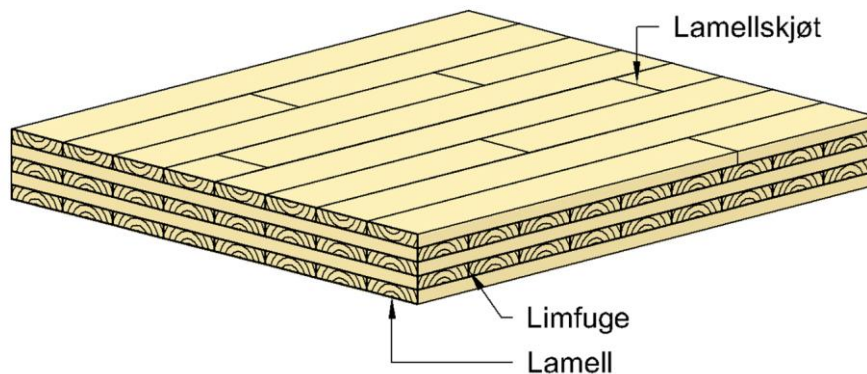
2.1.4 Tørking

I Trehus, handbok 5 frå SINTEF blir det skriva at tørking av trevirke utandørs er best i vårmånadane mellom mars/april og fram til sommaren. Ved naturleg tørking kan fuktnivået koma ned til rundt 16 %. På hausten og vinteren har ein mykje høgare relativ fuktigheit, ofte over 90 %. Uttørkinga av trelast kan då stoppa opp på verdiar over 20 %, sjølv om trevirket ligg heilt tørt lagra. Når trevirke tørkar til eit fuktnivå mindre enn fibermetningspunktet, krympar materialet og ein får ein høgare densitet. Med andre ord aukar styrken til trevirke med minkande fuktinnhald. På same måte svel trevirke, dersom fuktnivået kjem over fibermetningspunktet og densiteten og styrken blir mindre. Ved krymping og svelling får ein deformasjonar i trevirket. Mengda krymping/svelling varierer med retningane i materialet. Deformasjonen er størst tangentialt, litt mindre radielt og nok så liten aksialt (Edvardsen & Ramstad, 2014).

2.1.5 Massivtre

Massivtre er treelement sett saman av trelameller i fleire lag. Dei mest vanlege massivtreelementa har lameller som er limt saman, der kvart sjikt ligg 90 grader på kvarandre. Elementa kan nyttast som både berande og ikkje berande element i golv, veggjar og tak. Ved bruk av maskiner kan det fresast utsparringar til vindauger og dører på fabrikk, noko som

forenkler arbeidet på byggeplassen. Massivtre kan tåle store belastningar og er konkurransedyktig som konstruksjonsmateriale for ei rekke bygningstypar som t.d. bustader og næringsbygg. (Aarstad et al.)



Figur 9 Illustrasjon av eit massivtreelement (SINTEF Byggforsk, 2017).

For å oppnå gode forhold for samanliming nyttar ein trelamellar som er tørka til ca. 12 vektprosent. Lamellane blir skjøytt, høvla og lim blir påført. Lamellane blir pressa saman med eit trykk mellom ca. 6-10 bar. Elementa forsettet å vera under press fram til limet er herda og det blir ofte tilført varme for å auka herdehastigheita. Figur 10 viser prosessen for samanliming av trelamellar. Prosessen er relativ lik for både limtre og massivtre, men for massivtre blir lamellane lagt 90 grader på det førre laget (Plessner, 2012).



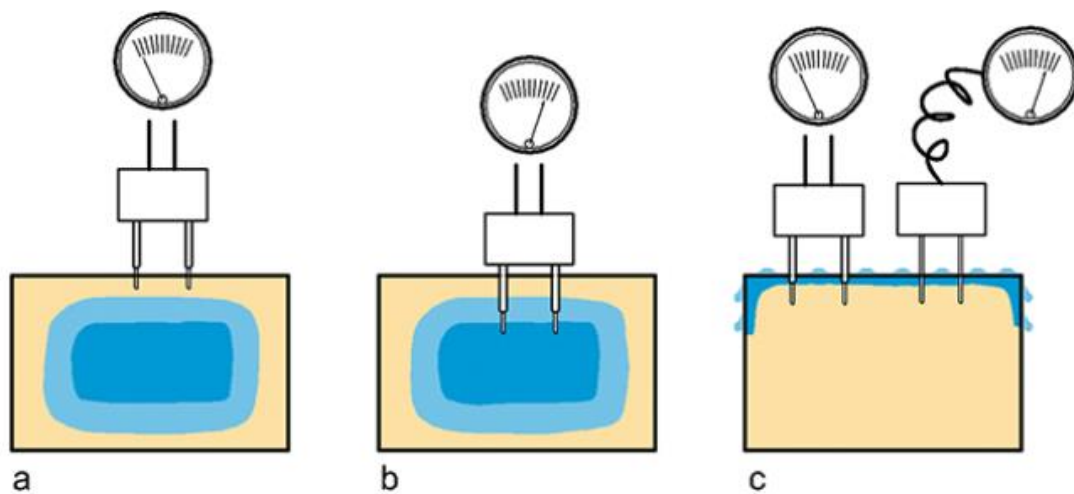
Figur 10 Prosess for å laga massivtreelement

2.1.6 Måling av trefukt

Ved måling av trefukt i bygg, er det i hovudsak to målingsprinsipp som dominerer. Resistansmålingar og kapasitansmålingar.

Ved resistansmåling er det den elektriske resistansen til tre som blir målt. Innhaldet av vatn i materialet påverkar den elektriske ledingsevna og motstanden kan difor koplust opp mot fuktinnhaldet i treverket. Resistansverdiane varierer ikkje berre med fuktinnhaldet, men også med treslag og temperatur. Verdiane må difor korrigerast utifrå kva treslag ein måler i og kva temperaturen er i treverket når målinga blir utført.

For resistansmålarar kan det nyttast både isolerte og uisolerte elektrodar. Straumen som blir sett på instrumentet vil ta den lettaste vegen mellom dei to elektrodane. Dette betyr at ein med uisolerte elektrodar får oppgitt det høgaste fuktnivået mellom dei to elektrodane ved ei ukjend djupne. Med isolerte elektrodar hindrar ein målingar av fukt i overflata mellom elektrodane. På denne måten kan ei t.d velga å måla 5 mm inn i trevirket. I figur 11 kan ein sjå innverknaden av måledjupne og isolering av elektrodane ved måling. I a) er måledjupna for liten til å detektera fukta lenger inn i materialet. Dei isolerte elektrodane i b) måler fukta inne i prøva og isoleringa sikrar at det ikkje er fukta i overflata som blir målt. I tilfelle C ser ein at uisolerte elektrodar må nyttast for å måla det yteste laget av prøva. Kva metode ein nyttar må baserast på kva informasjon ein er interessert i. (SINTEF Byggforsk, 2015a)



Figur 11 Resistansmåling med isolerte og uisolerte elektrodar. (SINTEF Byggforsk, 2015a)

Ved måling av kapasitans blir den dielektriske konstanten målt. Ein dielektrisk konstant beskriver materialeigenskapar til isolerande stoff og kva motstand dei yter dersom dei blir påført eit elektrisk felt. (Linder & Fjellvåg, 2018) Det er stor skilnad i den dielektriske konstanten til tre og vatn og det er forholdet mellom desse verdiane som blir nytta for å bestemme fuktinnhaldet. Kapasitans målingar blir påverka av densitet, temperatur, fiberretning og straumfrekvens.

I testing av slike trefuktmålarar gjort av Forsén og Tarvainen (2000), vart det påvist systematiske avvik for ei rekke kommersielle fuktmålarar, grunna feil i motstandskurvane for fuktverdiar. I rapporten blir det opplyst at usikkerheita ofte er høgst ved lave fuktnivå (<10 %). I testen vart nøyaktigheita til målarane tundersøkt (Tabell 1).

Tabell 1 Nøyaktighet for måleinstrument (Forsén & Tarvainen, 2000)

	Labtest	Industriell test
Resistans	±1,5% - ±2,5%	±2,0% - ±5,0%
Kapasitans	±2,5% - ±4,0%	±3,0% - ±5,0%

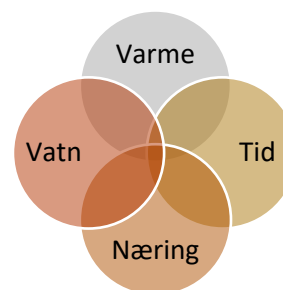
2.3 Mogelege konsekvensar av fukt

Byggfukt og fuktsskadar kan ha fleire forskjellige konsekvensar. Felles for dei alle er at dei vil resultera i meir eller mindre kostbare konsekvensar.

2.3.1 Mikrobiologisk vekst

Etablering av sopp i bygg er eit problem som fører til dårleg inneklimate, kan øydelegga utsjåande og gå utover styrkeegenskapane til materialar. For at sopp skal veksa må følgjande forhold ligga til rette.

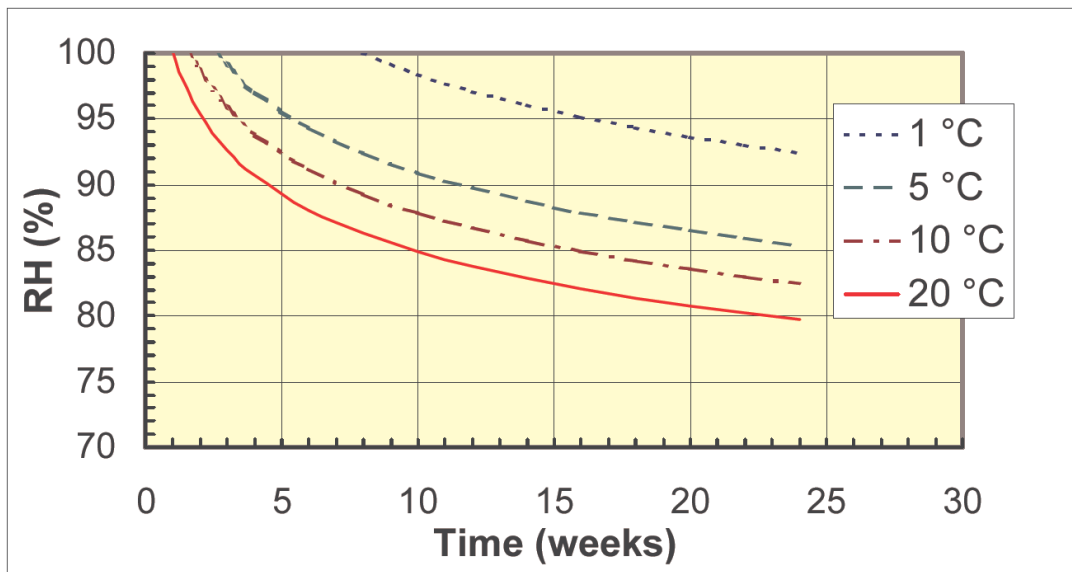
- Næring
- Vatn
- Varme
- Tid



Figur 12 Dei nødvendige faktorane for at muggvekst skal oppstå.

Sopp spreiar seg i form av sporar. Sporane blir spreidd med luft og dersom dei landar på ei overflate med riktig forhold byrjar det å veksa fram lange trådar, kalla hyfar. Med vidare vekst, får ein samlingar av hyfar. Desse blir kalla myceler. Til slutt blir det danna eit fruktleieme, som igjen produserer nye sporar (SINTEF Byggforsk, 2007).

Mugg er ein samlebetegnelse av mange typar overflatesopp. For det meste lever muggsopp av dødt organisk materiale som cellulose og lett tilgjengelege sukkerartar. Ein kan ofte finne mugg på trebaserte materialar, men den kan også leva av organisk forureining på uorganiske materialar. På generell basis seier ein at risikoen for muggdanning er tilstande, når RF > 85 % og ein har temperaturar frå 10-15 grader og oppover. RF på 85 % kan også samanliknast med eit trefuktnivå på 20 vekt% ved ca. 20 °C. Veksthastigheita til muggsoppen aukar med fuktnivå og temperatur. Muggsopp er svært temperaturbestandig og kan overleva temperaturar frå nokre minusgrader og opp til over 60 grader. Optimaltemperaturen for dei fleste typane ligg mellom 25-30 °C, medan lågare temperaturar seinkar veksten. Muggsopp dør ikkje ved låge temperaturar, men går i dvale og blomstrar opp igjen når forholda ligg til rette for det. Kor lang tid det tar for muggsopp å etablere seg, varierer mykje (Mattsson, 2004). Figur 13 viser samanhengen mellom temperatur, RF og tid mot risikoen for muggdanning i yteveden til furu.



Figur 13 Begynnande muggvekst i yteved av furu som ein funksjon av RF, temperatur og tid (Viitanen H, 1997).

Andre faktorar som har innverknad på denne muggveksten er sesongvariasjonen i mengde spiredyktige sporar i lufta. På sommaren finn ein store mengder, medan det på vinteren er svært lite. Høg konsentrasjon av spiredyktige sporar aukar førekomsten av muggsopp. (Mattsson, 2004)

Medan mugg berre veks i overflata av trematerialet, går råte inn og tærer på det organiske materialet. Også her er det soppsporar i lufta som etablerer seg dersom forholda ligg til rette med nok fukt og varme. Råte treng fuktinnhald frå 20 vekt% for å trivast, og gjerne endå litt høgare i etableringsfasen. Avhengig av kva type sopp det er snakk om, angrip råtesoppen ein eller fleire av stoffa i trevirke (Cellulose, hemicellulose og lignin). Denne nedbrytinga fører til redusert styrkekapasitet med tida. (SINTEF Byggforsk, 2007)

I Noreg har ein fleire råtesoppar. Brunråte er den mest vanlege råtesoppen i norske trebygg. Den gjer trevirket brunt og bryt fibra opp på tvers av fiberretninga. Ekte hussopp er den mest alvorlege brunråtesoppen då den gir kraftig kapasitetsreduksjon samstundes som den veks og spreier seg raskt. Den kan ha hyfar på opptil 10 m og veldig effektiv fukttransport internt i soppen. (Mycoteam.no, 2019)

Gråråte oppstår ofte der det over lengre tid har vore svært høgt fuktinnhald. Dette er gjerne der trevirket er i kontakt med jord eller kalde, råde murveggar. Kvitråte er mest vanleg i bartre og oppstår oftast utandørs i tømmerproduksjon eller på fasadekledning (Mattsson, 2004).

2.3.2 Endring av eigenskapar

Tre er eit organisk materiale og vil krympa ved tørking og svella i fuktige omgjevnader. Rask tørking av fuktig trevirke kan føra til sprekker, vridingar og varig formending (SINTEF Byggforsk, 2018a). Ved stor fuktpåkjenning kan styrkeegenskapane svekkast i limte element då det blir dårleg heft mellom limet og trevirket. Dette gjeld mellom anna PVAC- lim og urea formaldehyd, som er brukt ein del i limtre og massivtre. MUF (Melanin Urea Formaldehyd) blir rekna som eit litt meir fuktbestandig lim (Plessner, 2012).

2.3.3 Kjemisk nedbryting

Høge nivå av fukt kan føra til endring i kjemiske forbindelsar. Dette kan vidare føra til emisjon av flyktige organiske forbindelsar (Volatile Organic Compounds) som gir forureina luft og vond lukt. Formaldehyd, sparkel, fugemasse og maling gir alle frå seg gassar til omgjevnaden og effekta blir styrka med høg fuktpåkjenning. (Geving & Thue, 2002)

2.3.4 Auka energibehov

Våte bygningskomponentar krev store mengder energi til uttørking. Fordamping av 1 kg ved romtemperatur krev ca. 0,7 kWh. Isolasjonsevna til materiala blir også redusert med aukande fuktinnhald (SINTEF Byggforsk, 2018a).

2.4 Reglar og forskrifter

2.4.1 SAK10

Byggesaksforskrifta (SAK10) utfyller reglane i plan- og bygningsloven om mellom anna byggesaksbehandling, kvalitetssikring og kontroll, samt reaksjonar dersom reglane ikkje er følgt. I kapittel 14 i SAK10 er krava til kontroll av tiltak beskrive. § 14-2. Obligatoriske krav om uavhengig kontroll og § 14-7. Gjennomføring av uavhengig kontroll i tiltaksklasse 2 og 3 er relevante når det kjem til god fuktsikring.

I § 14-2. Obligatoriske krav om uavhengig kontroll står det at det skal gjennomførast uavhengig kontroll etter § 14-7 for oppgåver i tiltaksklasse 2 og 3. For bygningsfysikk er krava til kontroll av utføring knytt til byggfukt, lufttettheit og ventilasjon, samt at dette er gjennomført og dokumentert slik det er prosjektert. I tredje ledd står det at når prosjektering, utføring og kvalitetssikring er utført i samsvar med relevant gjeldande Norsk standard, blir kontrollkravet rekna som at standarden er følgt. (Direktoratet for byggkvalitet, 2010)

I § 14-7. Gjennomføring av uavhengig kontroll i tiltaksklasse 2 og 3, står det at «kontroll skal vera angjeve i gjennomføringsplanen og i erklæring om ansvarsrett for kontroll. I kontroll av utføring skal det sjekkast:

- a. at ansvarleg utførande har rutinar for kvalitetssikring av arbeidet som skal utførast innan kontrollområdet i henhold til relevante krav i eller med heimel i plan- og bygningsloven, og at rutinane og krava er følgt og dokumentert
- b. at produksjonsunderlaget er tilgjengeleg på byggeplassen og at tiltaket blir utført i henhold til produksjonsunderlaget
- c. at nødvendig produktdokumentasjon er tilgjengeleg, og at produkta blir nytta i samsvar med forutsetningane
- d. at avvik blir lukka ved å etterkomma merknadane til den kontrollerande eller ved verifikasjon av samsvar med tekniske krav. Der avvik ikkje blir lukka skal det gjevast melding om dette, jf. § 12-5 første ledd bokstav d.»(Direktoratet for byggkvalitet, 2010)

«Kontrollen av prosjekteringa, skal tilpassast den dokumenterte kvalitetssikringa. Ved godt gjennomført og dokumentert kvalitetssikring, kan det gjerast ei forenkling av kontrollen av prosjekteringa og utføringa.» (Direktoratet for byggkvalitet, 2010)

2.4.2 TEK 17

Byggteknisk forskrift stiller krav til det minimum av eigenskapar norske byggverk må ha for å kunne førast opp lovleg. Fleire prosessar og materialar krev låg fuktigheit og i TEK 17, § 13-14 Byggfukt er kravet at:

«Produkter og konstruksjoner skal være så tørre ved innbygging eller forsegling at det ikke oppstår problemer med soppdannelse, nedbrytning av organisk materiale eller økt avgassing»(Direktoratet for byggkvalitet, 2017)

Under preaksepterte ytingar same stad er det beskrive 4 punkt.

1. Fuktinnhaldet i materiale må under kritisk verdi.
2. For trevirke er kritisk verdi < 20 vekt-% for å unngå soppangrep.
3. For trevirke på stader med låg uttørkingsevne, må fuktinnhaldet vera < 15 vekt-%.
4. Fuktnivået må under kritisk verdi for materialkombinasjonar med PVC-belegg.

Det må dokumenterast at materialar er under kritisk fuktnivå og at dei ikkje har fuktskadar, før lukking av bygg.(Direktoratet for byggkvalitet)

2.4.3 Standardar

For oppføring av massivtrekonstruksjonar er det to standardar som beskriv utføring og kontroll. I dei komande avsnitta kjem det eit samandrag av innhaldet i standardane som er rekna som relevant for fuktsikkerheita til eit prosjekt. Samandraget er ikkje fullstendig og det blir difor vist til dei respektive standardane.

- NS 3516 Utføring av lastberande trekonstruksjonar (Standard Norge, 2017)
- NS 3512 Måling av fukt i trekonstruksjonar (Standard Norge, 2014)

Oppføringa må også vera i overenskomst med NS-EN 1990; Grunnlag for prosjektering av konstruksjonar.

Krav til kontroll er knytt opp mot kva utføringsklasse bygget er i. Utføringsklassen som skal nyttast blir bestemd på grunnlag av pålitelegheitsklassen, kompleksiteten og graden av ny teknologi for byggverket.

Tabell 2 Pålitelegheitsklasse frå NS-EN 1990 (Norsk Stålforbund, 2014)

Pålitelegheitsklasse	Beskriving av konsekvens	Døme på bygg og anlegg
3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar	Tribunar, offentlege bygningar der konsekvensane av brot er store. (Til dømes ein konserthall)
2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelege økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar	Bustader og kontorbygg, offentlege bygningar der konsekvensane av brot er betydeleg (Til dømes eit kontorbygg)
1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv og små eller uvesentlege økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar	Landbruksbygningar der menneske vanlegvis ikkje oppheld seg (Til dømes lagerbygningar og drivhus)

Val av utføringsklasse bestemmer kva for krav ein set til kompetanse, dokumentasjon og kontroll av utføringa. I NS 3516 er utføringsklassane lista opp.

Tabell 3 Vegleing om val av utføringsklasse (Standard Norge, 2017)

Pålitlighetsklasse	Utførelsesklasse
1	1
2	2
3	3
4	Spesifiserast for kvart prosjekt ^{b)}

^a Ved stor grad av kompleksitet, ved bruk av ny teknologi og etter lovnad i NS-EN 1990, skal det veljast ein strengare utføringsklasse enn det pålitelegheitsklassen tilseier.

^b Krava skal minst vera lika strenge som for utføringsklasse 3

2.4.3.1 Kvalitet

Leiinga på eit prosjekt har ansvar for at materiala som blir nytta har tilfredsstillande kvalitet, at utføringa av konstruksjonen oppfyller krava, samt å ivareta konstruksjonen fram til overlevering. For å sikra dette, skal det ila byggeprosessen utførast ei rekke kontrollar. Kor mange og kor grundige kontrollar som skal utførast er basert på utføringsklassen til prosjektet. Kontrollen har som hensikt å bekrefte at

- Produkt og materialar er tilstrekkeleg
- At utføringa er gjort i overeinskomst med produksjonunderlaget.

I produksjonsunderlaget skal det spesifiserast dersom det er forhold av betydning for fuktkontrollen. Avvik frå produksjonsunderlaget skal dokumenterast og det skal vidare gjerast ei vurdering av konsekvensen av avviket(Standard Norge, 2017).

I NS 3516 står det skrive at det skal utførast fuktkontrollar av trekonstruksjonar. Kontrollen skal utførast etter målemetodar beskrive i NS 3512. Det er også pålagt å laga ein fuktkontrollplan i forkant av utføringa. Ein slik fuktkontrollplan skal innehalda:

- Ei vurdering av aktuelle fuktkjelder.
- Ei vurdering av moglege konsekvensar av fuktskadar.
- Førehandbestemde fuktnivå for dei ulike fasane av byggearbeidet.
- Spesifisert målemetode.
- Vêrbeskyttelsesklasse og nødvendige vernetiltak.
- Tiltak for å avgrensa fuktskadar i konstruksjonen.

Det skal også dokumenterast at fuktkontrollplanen er følgt(Standard Norge, 2017).

NS 3516 viser til fire kontrollar, medan NS 3512 utdjupar korleis og kvar desse målingane skal gjerast. Trevirket skal kontrollerast:

- Ved mottak av materialar og produkt
- Etter lagring, før bruk
- Under utføring
- Ved lukking av konstruksjon

Tabell 4 er henta frå NS 3516 og viser til kva for kontrollar som skal utførast ved mottak og etter lagring.

Tabell 4 Krava stilt til kontroll ved mottak og lagring av materialar og produkt(Standard Norge, 2017).

Emne	Utføringsklasse1	Utføringsklasse 2 og 3
Materialar for midlertidig stabiliserande og opprettande tiltak	Stikkprøvekontroll av samsvar med krava i 7.1	Systematisk kontroll med krava i 7.1
Beslag og forbindingsmidlar	Stikkprøvekontroll	Systematisk kontroll
Trekomponentar	Stikkprøvekontroll av samsvar med krava i 5.1 og 5.2	Systematisk kontroll av samsvar med krava i 5.1 og 5.2
Andre komponentar¹⁾	Stikkprøvekontroll	Systematisk kontroll
Handtering og lagring på byggeplass	Stikkprøvekontroll av samsvar med krava i 5.3 og 5.4	Systematisk kontroll av samsvar med krava i 5.3 og 5.4
Dokumentasjon	Blir ikkje krevd	Blir krevd

Vidare viser tabell 5 kva for kontrollar som skal gjerast av utføringa. Tabellane refererer til spesifikke punkt i standarden. Punkta som gjeld fukt og produkt er frå kapittel 5.

Tabell 5 krav til kontroll av utføring (Standard Norge, 2017)

Emne	Utføringsklasse 1	Utføringsklasse 2 og 3
Kontroll under framstilling og oppføring	Kontroll av samsvar med krav i 5.2.2, kapittel 6,7 og 8 som har betydning for vidare utføring.	Kontroll av samsvar med krav i 5.2.2 og kapittel 6,7 og 8
Kontroll ved ferdigstilling	Kontroll av samsvar med krav i 5.2.2, kapittel 6 og 8	
Montasje av prefabrikkerte trekomponentar, treelement og tremodular	Kontroll av samsvar med krava i 7.2	

Punkt 5.1 omhandlar produkteigenskapar og vern av overflater for å unngå skjemmande utsjåande eller fuktproblem.

Punkt 5.2 omhandlar fukt. For fuktnivå ved mottak av produkt er det føreslått 8-14 vekt% for massivtre og 10-16 % for limtre. Under utføring skal fuktnivået haldast under kontroll og målingane skal gjerast der det er størst fare for biologisk vekst, eller der fuktigheita er høgst. Ved lukking av konstruksjonen (5.2.2) er det ikkje tillaten å etablere sperresjikt, før fuktnivået er under kritisk fuktnivå for konstruksjonen. Kravet er normalt sett 20 vekt%, men kan også vera lågare dersom moglegheita for uttørking er dårleg.

Punkt 5.3 tar for seg handtering av materiala for å unngå skader eller feil på produkta.

Punkt 5.4 omhandlar lagring av materialar og vern mot vær. Det er tre vêrbeskyttelsesklassar:

PL1: Ingen vern

- Aktuelt i korte periodar med mindre krav til utsjåande eller der ein har tiltak som gir vern
- Konstruksjonar med effektiv avrenning

PL2: Skjerma og ventilert

- Konstruksjonar der det er krav til under 22 vektprosent fukt i trevirket
- Aktuelt for lagring på byggeplass
- Konstruksjonar som blir ført opp over lengre periodar i eit område der faren for mykje nedbør er stor.
- Aktuelt der underlaget ikkje bidrar til oppfukting

PL3: Beskyttelse med telt eller tak over tak

- Konstruksjonar der det er krav om under 12 vektprosent fukt i trevirket
- Dersom det er stilt særskilte krav til fuktnivå og utsjånad

(Standard Norge, 2017)

2.4.3.2 Måling

NS 3512 handlar om måling av fukt i trekonstruksjonar og gjeld målingar utført i heiltre eller produkt sett saman av heiltre. Målemetoden beskrive for fuktmåling, er basert på måling av elektrisk motstand i trevirke. Den elektriske motstanden blir målt mellom to elektrodar som blir stukke inn i trevirket(Standard Norge, 2014).

Standarden beskriv at målemetoden, som oftast er begrensa til måleområdet 8-28 vekt% og at måling i samansette produkt må skje minimum 8 mm frå limfuge. Avstanden mellom elektrodane skal maksimalt vera 40 mm og avlesing på målaren skal skje innan 5 sekunder. Målingane skal korrigerast for treslag og temperatur for det ein målar i. Dersom ein utførar målingar djupare enn 5 mm skal det nyttast isolerte elektrodar. Målenøyaktigheita for resistansmålarar er normalt sett til:

$$\pm 0,1 * u$$

Der u er fuktinnhaldet i vekt%.

Ved samanlikning med kritisk fuktnivå skal ikkje denne usikkerheita takast i betraktning(Standard Norge, 2014).

Krav til måling av trefukt varierer for produkttype. Ved mottak gjeld følgande prosedyrar:

- Massivtre: Målingar i minst 4 punkt pr element og i minst 30 % av det totale talet på element.
- Limtrebjelkar med tjukne >110 mm: Målingar i minst 2 punkt pr bjelke. 5 mm inn og i senter av bjelken.

Utover dette skal behovet for fuktmålingar i løpet av byggeprosessen vurderast i kvart enkelt tilfelle for konstruksjonar av massivtre og limtre. (Standard Norge, 2014)

Nasjonalt folkehelseinstitutt(NF) har utarbeida anbefalingar med omsyn til inneklime i bygningar og NS3512 (tillegg B) presiserer viktigheita av å overlevera eit bygg som oppfyller desse anbefalingane(Standard Norge, 2014).

2.5 Berekingar

For å handtera data frå fuktmålingane blir det gjort nokre berekingar. Teorigrunnlaget for desse blir presentert i dette avsnittet.

2.5.1 Resistans til fuktnivå

I ein publikasjonen av Forsén og Tarvainen (2000) nytta dei følgande regresjonsmodell for å beskriva forholdet mellom målt resistans og fuktnivået i eit materiale.

$$u = \frac{\log(\log R) + 1) - b}{a}$$

u = Trefukt i vekt%

R = Resistansen målt [MΩ]

a og b er verdiar som varierer med tresort.

Tabellen under viser verdiar for a og b for nokre treslag

Tabell 6 Variablar til korrigering for treslag ved utrekning av trefukt (Forsén & Tarvainen, 2000).

Treslag	a	b
Furu – Norge	-0,040	1,079
Furu – Sverige	-0,039	1,062
Furu – Tyskland	-0,036	1,079
Gran – Noreg	-0,038	1,072
Gran - Sverige	-0,037	1,047
Gran - Østerrike	-0,039	1,100

2.5.2 Temperaturkorrigering

Verdiar for trefukt er avhengig av temperaturen i trevirket ved måling. Fuktverdiane må difor korrigerast for temperatur. I NS 3512 blir denne formelen nytta for korrigering (Standard Norge, 2014).

$$u_{\text{korrigert}} = \frac{u_{\text{avlest}} + 0,567 - 0,026 * (T + 2,8) + 0,000051 * (T + 2,8)^2}{0,881 * (1,0056)^{(T + 2,8)}}$$

u_korrigert = temperaturkorrigert fuktinnhold (vektprosent)

u_avlese = avlese fuktinnhold (vektprosent)

T = temperatur (°C) i målepunkt

I standarden er det også gitt ein tabell som baserer seg på denne formelen. (Standard Norge, 2014)

Tabell 7 Tabell for temperaturkorrigering (Standard Norge, 2014)

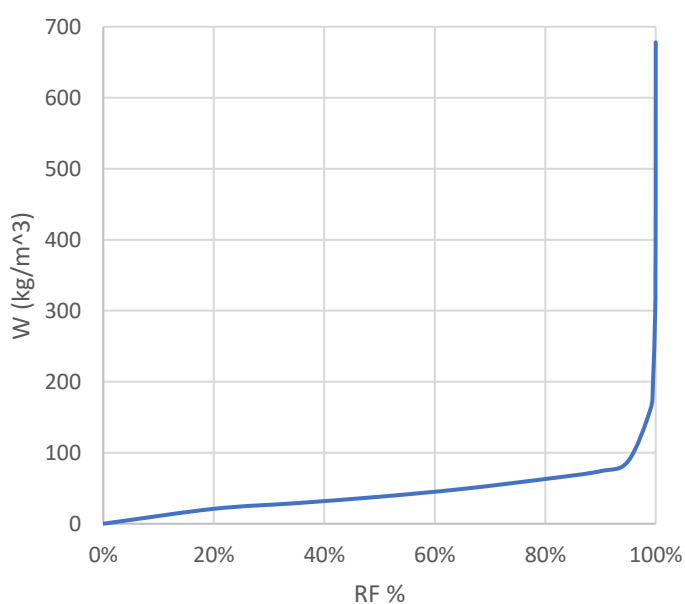
Temp °C	Avlese fukt (vekt%)									
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	
-30	14,9	17,6	20,2	22,9	25,5	28,2	30,8	33,4	36,1	
-25	14,4	16,9	19,5	22,1	24,6	27,2	29,8	32,3	34,9	
-20	13,8	16,3	18,8	21,3	23,8	26,3	28,8	31,3	33,8	
-15	13,2	15,7	18,1	20,5	23	25,4	27,8	30,2	32,7	
-10	12,7	15,1	17,4	19,8	22,2	24,5	26,9	29,3	31,7	
-5	12,2	14,5	16,8	19,1	21,4	23,7	26,0	28,3	30,6	
0	11,7	14	16,2	18,4	20,7	22,9	25,1	27,4	29,6	
5	11,3	13,4	15,6	17,8	20	22,1	24,3	26,5	28,7	
10	10,8	12,9	15,1	17,2	19,3	21,4	23,5	25,7	27,8	
15	10,4	12,5	14,5	16,6	18,6	20,7	22,7	24,8	26,8	
20	10	12	14	16	18	20,0	22,0	24,0	26,0	
25	9,6	11,5	13,5	15,4	17,4	19,3	21,3	23,2	25,2	
30	9,2	11,1	13	14,9	16,8	18,7	20,6	22,5	24,4	

2.5.3 Likevektsfukt

Som beskriver tidlegare i kapitlet vil fuktinnhaldet i trevirke og luft ved stabile forhold nå ei likevektsfukt (Equilibrium Moisture Content). EMC forholdet mellom RF og trefukt i massivtre er beskrevet med tabellen under. Denne er hentet fra materialinfo utviklet for bruk i simuleringsprogrammet WUFI. (Stora Enso, 2013) Ein slik tabell vil ikkje ta omsyn til hystereseeffekta i tre og heller ikkje variasjonar i temperatur.

Tabell 8 Likevektsfukt mellom RF og massivtre (Stora Enso, 2013).

W (kg/m ³)	RF (%)
0	0 %
21	20 %
29	35 %
38	50 %
49	65 %
63	80 %
74	90 %
88	95 %
160	99 %
197	99,5 %
297	99,9 %
344	99,95 %
449	99,99 %
678	100 %



Samanhengen mellom w og u er beskrevet som i formelen under (Thue, 2016):

$$w = \rho \frac{mw}{m_0} = \rho * u$$

w = fuktinnhald [kg/m^3]

u = fuktinnhald [kg/kg]

ρ = materialet sin romdensitet i tørr tilstand [kg/m^3]

mw = massen av fordampbart vann [kg]

m_0 = massen av tørrstoff [kg]

I denne oppgåva, blir det nytta $\rho=430 \text{ kg}/\text{m}^3$ for gran (Kilde, 2011).

2.5.4 Muggvekst

Hukka og Viitanen (1999) presenterer ein matematisk modell for utviklinga av muggvekst på treoverflater ved varierende fukt og temperaturforhold. Modellen beskriver vekstraten for muggvekst og tar høgd for temperatur, relativ fuktigheit og tida trevirket er utsett for dette. Den samansette formelen for utrekning av muggindeks er følgande:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{7 \exp(-0,68 \ln T - 13,9 \ln RF + 0,14W - 0,33SQ + 66,02)} k_1 * k_2$$

Symbolforklaring på variablar nytta i formlane:

M - Muggindeks

T - Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]

SQ - Overflatekvalitet (0= Sagd trevirke, 1= originalt oventørka trevirke)

T - Tid

K_1, K_2 - Korreksjonskoeffisientar

W - Treslag (0 = furu, 1 = gran)

RF - Relativ Fuktigheit [%]

Muggindeksen er ei beskriving på mengda mugg ein registrerer på trevirket.

0 - ingen muggvekst

1 - noko muggvekst, kan sjåast med mikroskop

2 - moderat muggvekst, kan sjåast med mikroskop, meir enn 10%

- 3 - noko muggvekst visuelt synleg
- 4 - visuelt synleg muggvelst, meir enn 10%
- 5 - visuelt synleg muggvekst, meir enn 50 %
- 6 - visuelt synleg muggvekst, 100%

Til formelen trengs det ein del variablar som først må reknast ut.

K1 og K2 er korreksjonsfaktorar.

$$k1 = \begin{cases} 1 & M < 1 \\ \frac{2}{tv/tm - 1} & M > 1 \end{cases}$$

$$K2 = 1 - \exp(2,3(M - M_{max}))$$

Dersom $M > 1$ må også responstid for vekst(tm) og responstid for synleg vekst(tv) reknast ut.

$$tm = \exp(-0,68 \ln T - 13,9 \ln RF + 0,14W - 0,33SQ + 66,02)$$

$$tv = \exp(-0,74 \ln T - 12,72 \ln RF + 0,06W + 61,5)$$

M_{max} beskriv den maksimale muggveksten ved dei gitte forholda.

$$M_{max} = 1 + 7 \frac{RF_{kritisk} - RH}{RH_{kritisk} - 100} - 2 \left(\frac{RF_{kritisk} - RF}{RF_{kritisk} - 100} \right)^2$$

For at mugg skal veksa må forholda ligga til rette. Formelen under beskriv den kritiske relative fuktigheita for utvikling av muggvekst basert på temperatur.

$$RF_{kritisk} \begin{cases} -0,0267T^3 + 0,160T^2 - 3,13T + 100 & T \leq 20 \\ 80 \% & T > 20 \end{cases}$$

Tørre periodar vil seinka muggveksten. Det blir ikkje mindre synleg muggvekst, men som ei forenkling blir mugg aktiviteten rekna som minkande fordi den vil påverka vidare vekst. Formelen beskriv denne forseinkinga der $t-t_1$ er tida frå byrjinga av den tørre perioden (Hukka & Viitanen, 1999).

$$\frac{dM}{dt} = \begin{cases} -0,032 \text{ når } t - t_1 \leq 6 \text{ timar} \\ 0 \text{ når } 6 \text{ timar} \leq t - t_1 \leq 24 \text{ timar} \\ -0,016 \text{ når } t - t_1 > 24 \text{ timar} \end{cases}$$

I eit studie nyleg utført ved NMBU, vart det gjort ei samanlikning av forskjellige modellar for utrekning av muggvekst (Lie et al., 2019). Fire forskjellige modellar for muggdanning på

utvendige overflater vart samanlikna med muggveksten som oppstod i eit forsøk. Forsøket gjekk ut på at trekledning vart utsett for forbigåande oppfukting. Studiet konkluderer med at modellen til Hukka og Viitanen var den som føresåg muggveksten best. Det blir også beskrive at modellen fungerte best dersom ein nytta trevirket sin RF som input. Muggvekst basert på RF til omjevande gav resultat som svaret dårleg til den faktiske muggveksten.

3. Metode

I dette kapitlet vil det bli gjennomgått kva for målingar som er gjort på bygget og kva for utstyr som er nytta til dette. Kapitlet inneheld også informasjon om prosjektet og framdrift, samt framgangsmåte for estimering av biologisk vekst.

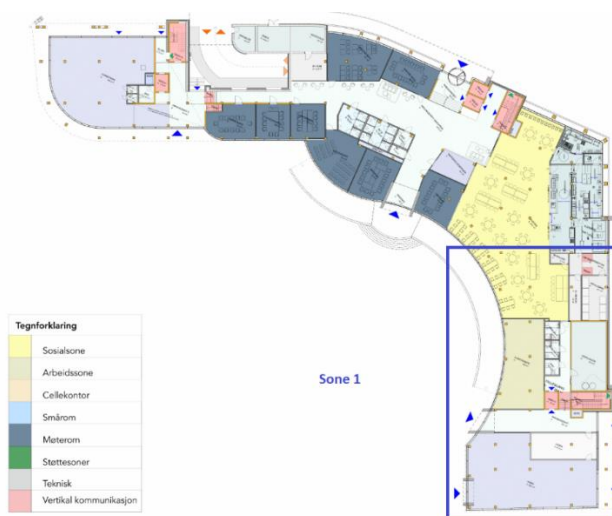
3.1 Prosjektet

«Skipet» blir eit kontorbygg på 5.etasjar plassert i Solheimsviken i Bergen. Den berande konstruksjonen i bygget er hovudsakleg av massivtre og limtre laga av gran. Limet som er nytta i elementa er melanin-urea-formaldehyd(MUF). Det er nytta nokre ståldragarar for å oppnå ynskt estetikk og plan 1 er i betong. Som kontorbygg, skal Skipet etter standarden vera i overenskomst til krav for utføringsklasse 2.



Figur 14 Illustrasjon av den berande konstruksjonen til skipet(Paal J. Kahrs Arkitekter, 2018).

Oppføringa av massivtrekonstruksjonen er delt opp i tre soner, der ein byggjer alle fem etasjar i ei sone før ein bevegar seg vidare til neste sone. Alle målingane til denne oppgåva er gjort i forbindelse med oppføringa av sone 1. Elementa blir hovudsakleg levert gjennom den nye massivtrefabrikken til Splitkon, men delar av sone 1 er importert frå Østerrike.



Figur 15 Planteikning 1.etasje. Den blå firkanten markerer sone 1(Paal J. Kahrs Arkitekter, 2018).

I tråd med standarden er det utarbeida ein fuktkontrollplan for prosjektet. (Vedlegg1). I fuktkontrollplanen er det sett nokre grenseverdiar for fuktinnhald i trevirket.

Tabell 9 Grenseverdiar for fuktinnhald i trevirket henta frå fuktkontrollplanen.

	I produksjon	Ved levering	Under montering(overlevering frå montør)	Ved ferdigstilling før lukking
Limtre	<14 %	<16 %	<24 %	< 20 %
Massivtre – ikkje synleg kvalitet	<14 %	<16 %	<24 %	< 20 %
Massivtre – synleg kvalitet	<14 %	<16 %	<24 %	< 20%

For montasjen er vêrbeskyttelsesklassen sett til PL1. Etter oppføring, før tett bygg skal vernet tilfredsstillast klasse PL2. Fuktkjeldene er rekna til å vera regn, slagregn, snø og slaps.

Planlagde tiltak for å unngå fuktskadar er:

- Søyler og bjelkar samt vegger i heissjakt blir behandla med OSMO hardvoks som gir ei vassavstøytande effekt.
- Vern på topp av søyler og element fram til vidare montering.
- Fuging eller teiping av skøyter mellom dekkeelementa.
- Ved ferdig montering av takflata skal det utførast midlertidig tekking, det same gjeld utstikkande dekke i plan 2.
- Rask etablering av taknedløp.
- Rask oppstart av fasadearbeid når massivtremontasjen er ferdig med ei sone.

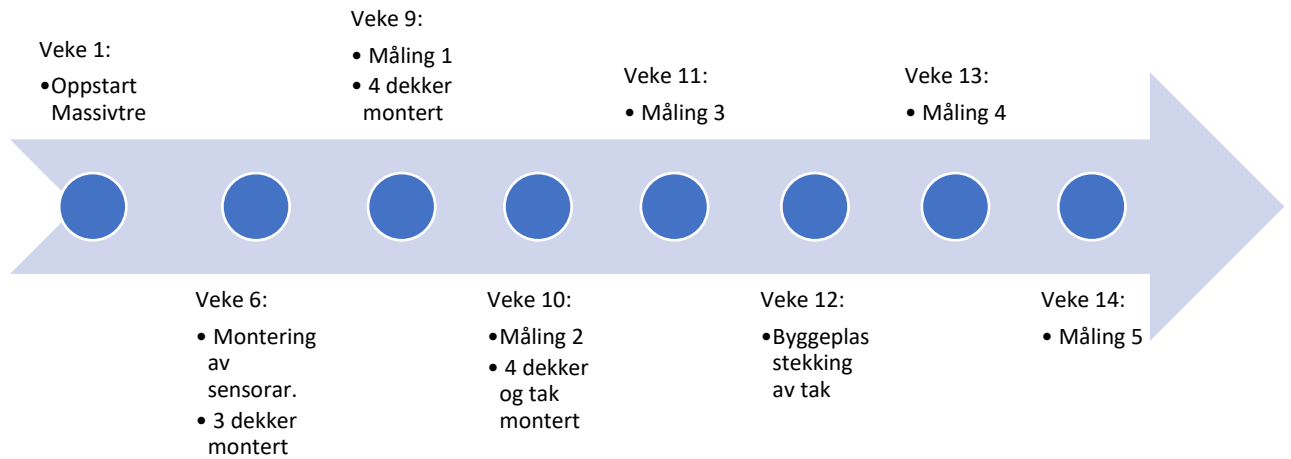
Det er også presisert at det i løpet av perioden med montering og bygging, skal gjerast kontrollar av fuktinnhald og eventuelle fuktskadar. Dette skal dokumenterast ved utfylling av Kvalitetssikringsskjema(KS-skjema). Det skal også overleverast anbefaling til andre entreprenørar som skal handtera trekonstruksjonen fram til endeleg ferdigstilling.

3.2 Datainnsamling

For å kunne få informasjon om fuktinnhald i bygget under byggeperioden er det gjort målingar på 2 måtar.

- Det er gjort målingar med ein handhalden trefuktmålar ved 5 forskjellige tidspunkt mellom 28.februar og 1.april.
- Det er gjort kontinuerlege målingar med fastmonterte sensorar frå 7. februar til 15.april.

Figur 16 viser framdrifta i prosjektet og dei 5 målingstidspunkta.



Figur 16 Framdrift og måletidspunkt på prosjektet

Det er også henta inn vêrdata frå området. Verdiane er henta frå yr.no og geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen, som rapporterer vêrdata frå ein målestasjon på Florida i Bergen. Det er om lag 500 m i luftlinje mellom tomte til prosjektet og målestasjonen, og det er anteke at nedbørsmengd og luftfuktigheit er nokså like på dei to stadane.

3.3 Målingar med handhalden trefuktmålar

Det er nytta ein enkel digital trefuktmålar for å måla trefukt. Måleapparatet er basert på måling av resistansen i trevirket mellom to elektroadar. Apparatet kan måla fukt i fleire forskjellige materialar og det må difor veljast riktig materialtype ved måling. Trefuktmålaren har innstillingar for materialtypen; middels harde treslag, deriblant gran. Målaren har ikkje direkte korrigering for temperatur og dette må utførast i etterkant, etter formelen i 2.5.2. Produsenten har oppgjeve denne informasjonen om målaren.

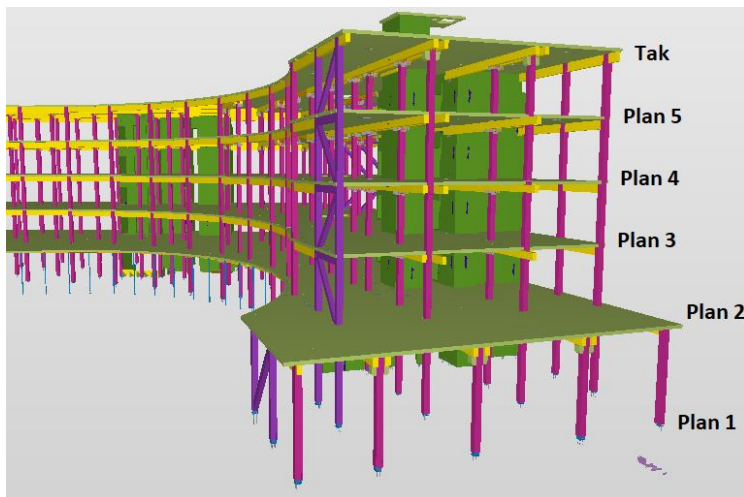
Måleområde i tre:	1-70 %
Nøyaktigheit:	1-30 vekt-% +/- 1%
	30-60 vekt - % +/- 2%
	60-70vekt - % +/- 4 %



Figur 17 Måling med trefuktmålar

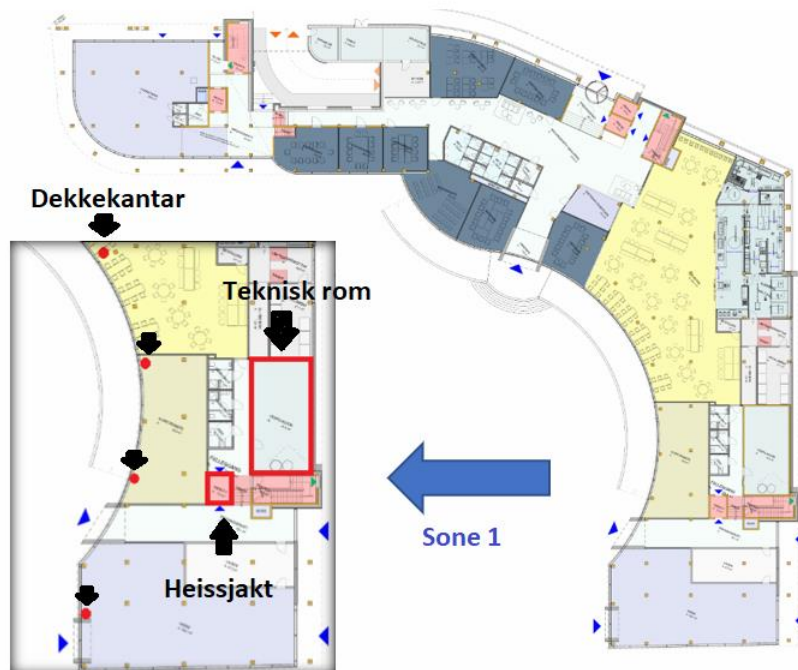
Ved alle dei 5 tidspunkta vart det gjort målingar på same stad. Målområda var:

- Heissjakt, plan 1-5
- Ventilasjonsrom, plan 1 - 5
- Dekkekantar, plan 2-5 (Ved 4 tidspunkt)
- Yttervegg - plan 1 (Ved 3 tidspunkt)



Figur 18 Illustrasjon av konstruksjonen med forklaring av plana (Konstruksjonsteikning frå Skipet).

I figur 19 er målepunkta markert. Den vesle raude firkanten markerer heissjakta, den store raude firkanten markerer det tekniske rommet og dei raudeprikkane markerer punkt for måling på dekkekantane.



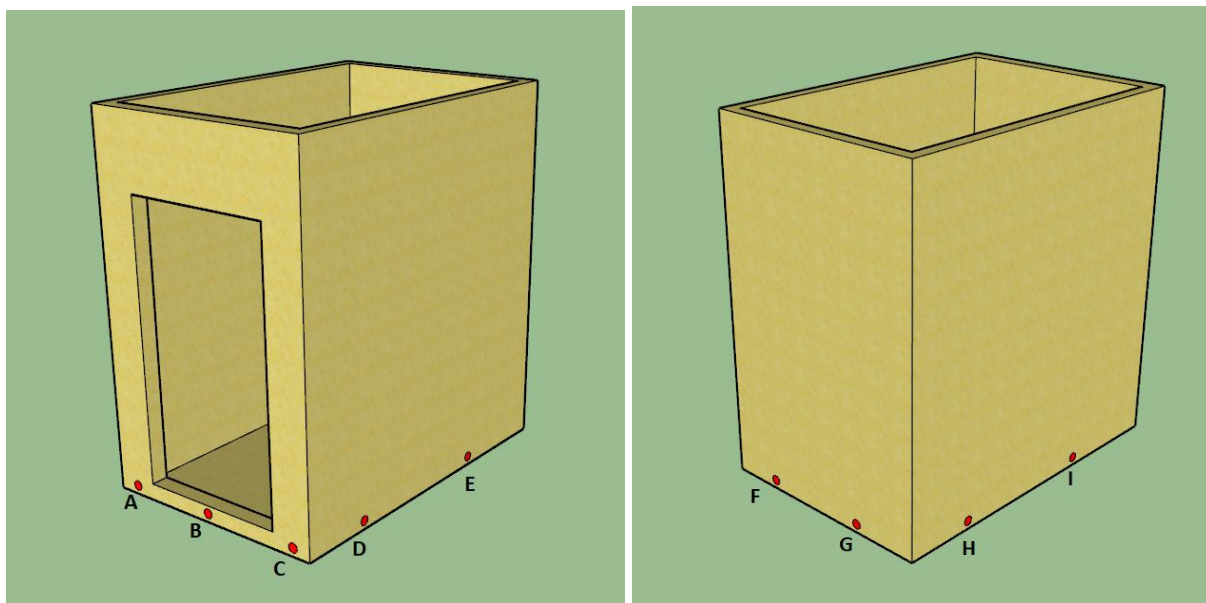
Figur 19 Områda målt med handhalden trefuktmålar (Paal J. Kahrs Arkitekter, 2018)

Alle målingane er gjort etter følgende prosedyre:

- Målingane vart utført ca. 5 cm opp frå dekke/golv i gjeldande plan.
- Målingane er gjort meir enn 8 mm frå limfuger.
- Målingane er gjort 5 cm eller meir frå kant av element. (Bortsett frå målingar under dører eller ved laskeplater, der avvik avstanden noko)
- Målingane er utført parallelt med trevirkets fiberretning.
- Måleelektrodane er trykt 3-5 mm inn i trevirket.
- Temperatur registrert med trefuktmålaren (lufttemperatur) vart notert for kvart målepunkt.

3.3.1 Heissjakt

Heissjakta var det første av massivtrekonstruksjonen som vart sett opp. Denne kom på plass i veke 1 og er den bygningsdelen som har stått lengst utsett for vêrpåkjenning. Sjakta er plassert i senter av bygget og har ein del skjerming av den omliggande konstruksjonen. Heissjakta er behandla med OSMO hardvoks.



Figur 20 Målepunkt på heissjakta

På heissjakta vart det gjort målingar på alle fire sider av heissjakta i plan 1-5. Målingane vart gjort som illustrert med raude prikkar på figur 20 og forklart i tabell 10.

Tabell 10 Målepunkt på heissjakta

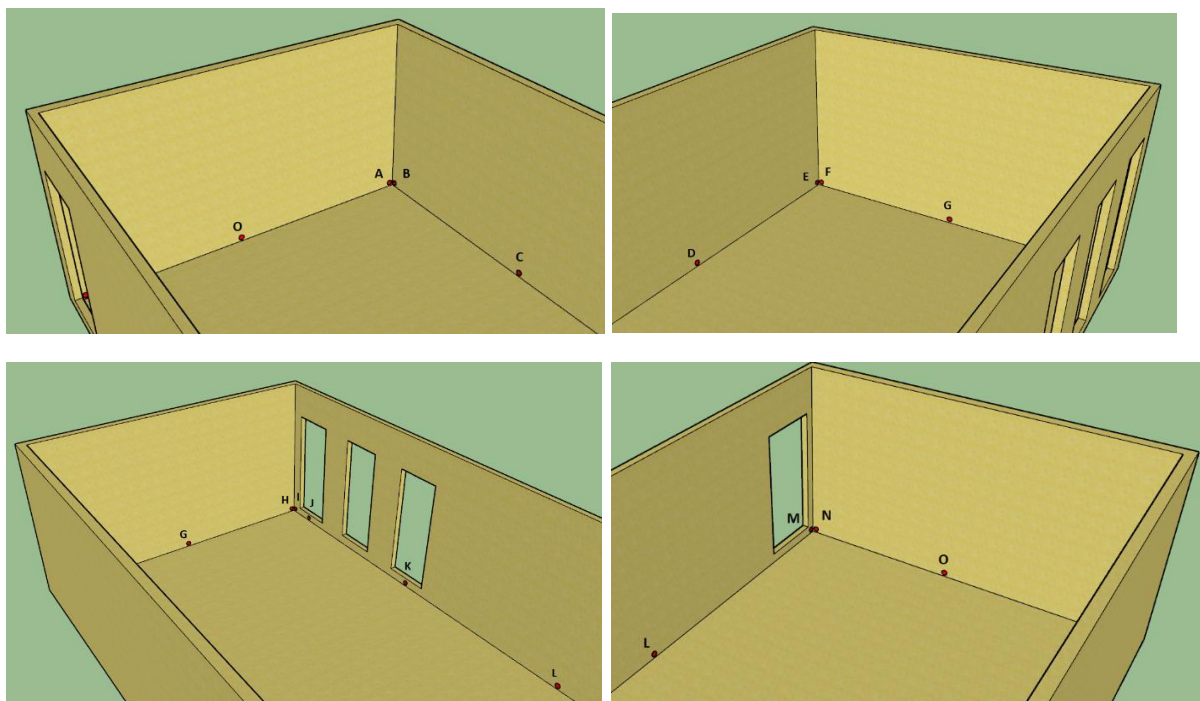
A1	Vegg	Nord - aust
B1	Under dør	Nord - aust
C1	Vegg	Nord – aust
D1	Vegg	Nord – vest
E1	Vegg	Nord – vest
F1	Vegg	Sør – vest
G1	Vegg	Sør – vest
H1	Vegg	Sør – aust
I1	Vegg	Sør – aust

*I første plan er det 2 ekstra målingar.

3.3.2 Teknisk rom

Ventilasjonsrommet er eit rom på ca. 57 m² som er gjennomgåande likt i alle 5 etasjar.

Rommet har ein vegg som også er ytterveggen av konstruksjonen (Punkt B2,C2,D2, E2) . Dei andre tre er under dekke frå overliggande plan. Ventilasjonsrommet har utskjering til 4 dører, samt nokre hol til ventilasjonskanalar. Rommet har få opningar og lite luftutskifting og det er derfor vald å gjera målingar her.



Figur 21 Målepunkt i teknisk rom

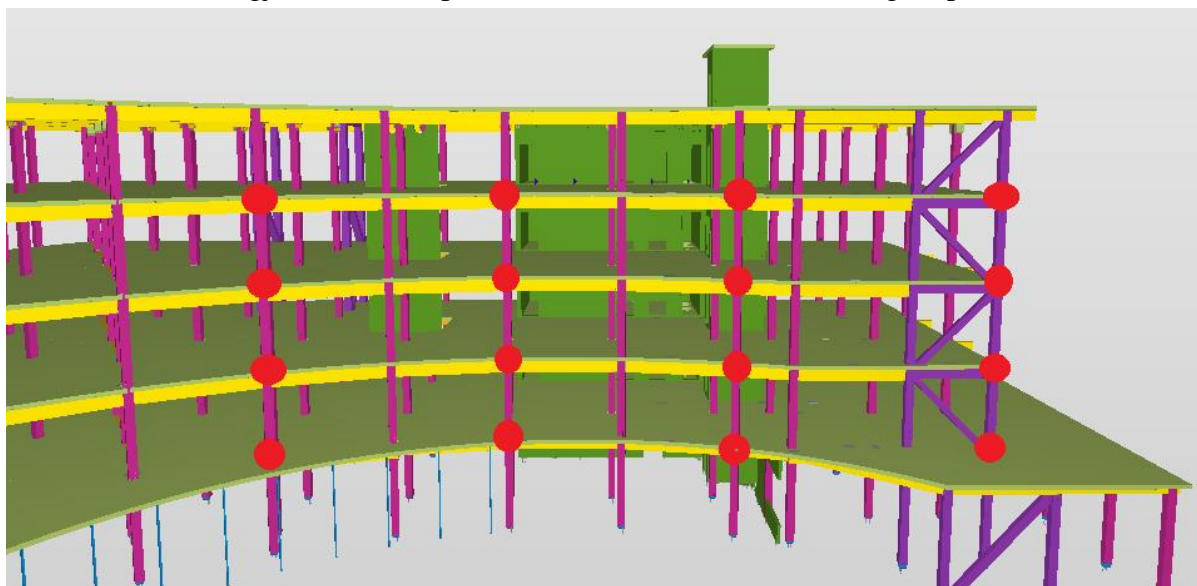
Målepunkta i teknisk rom er illustrert i figur 21 og forklart i tabell 11

Tabell 11 Målepunkt i teknisk rom

A2	Hjørna	Nord – aust
B2	Hjørna	Sør – aust
C2	Vegg	Sør – aust
D2	Vegg	Sør – aust
E2	Hjørna	Sør – aust
F2	Hjørna	Sør – vest
G2	Vegg	Sør – vest
H2	Hjørna	Sør – vest
I2	Hjørna under dør	Nord- vest
J2	Under dør	Nord – vest
K2	Under dør	Nord – vest
L2	Vegg	Nord - vest
M2	Hjørna	Nord – vest
N2	Hjørna	Nord – aust
O2	Vegg	Nord – aust

3.3.3 Dekkekantar

Det er også gjort målingar med handhalden trefuktmålar på dekkekantane i forkant av bygget. To av målingane er gjort før taket på bygget vart tekka og to er gjort etter tekking. Dekkekantane er direkte eksponert for utvendig klima og endeveden ligg horisontalt ut i det fri. Ved nokre av målepunkta var det fritt vatn til stades på overflata. For å få målingar av fukta i trevirket, er det frie vatnet på toppen skyve/tørka bort før måling. Målingar på dekkekantane vart gjort ved 4 tidspunkt. 6. mars, 13.mars, 25.mars og 1.april.



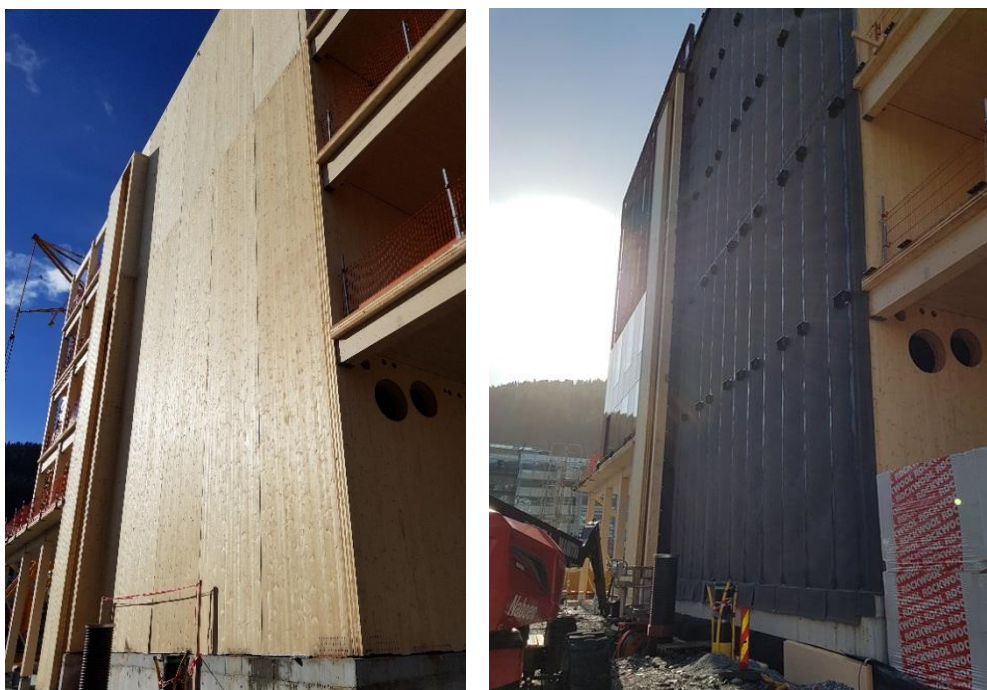
Figur 22 Målepunkt på dekkekantane

Tabell 12 Målepunkt på dekkekant

A3	Ved søyle D9
B3	Ved søyle D7
C3	Ved søyle D5
D3	Ved søyle E2

3.3.4 Yttervegg i plan 1

På baksida av den tekniske sjakta går det ein vegg frå plan 1 til 5 i massivtre, noko som tillèt at vatn kan renna ned langs heile veggjen frå plan 5. Målingane er gjort heilt nedst på elementa i plan 1. Denne veggjen vart etter kvart kledd inn og det er difor berre gjort målingar ved 3 tidspunkt. 28.februar, 6.mars og 13.mars.



Figur 23 Yttervegg fotografert 28.feb og 25.mars

Tabell 13 Målepunkt på yttervegg i plan 1

A4	Midt på 1. element
B4	Midt på 2. element
C4	Midt på 3. element



Figur 24 Målepunkt på ytterveggen i plan 1

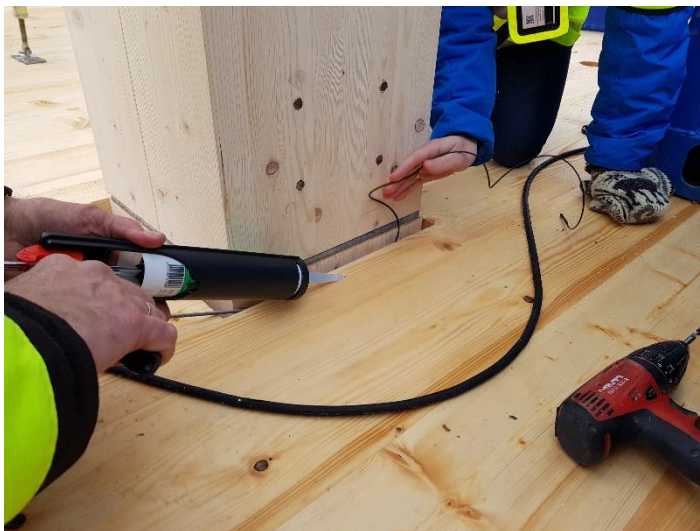
3.4 Målinger med fastmonterte sensorar

I samarbeid med 7sense og Mycoteam, har Splitkon sett i gang eit testprosjekt med overvaking av fukt i massivtreelementa på Skipet under byggeperioden. Alle dei fastmonterte sensorane nyttar resistansmåling for å finna trefukt og er utvikla av 7sense. Det er nytta syrefaste skruar som elektrodar for å unngå korrodering over tid.

Sensorane registrerer:

- Temperatur og RF i luft
- Temperatur og fuktigheit i trevirket

Skruane er dekt med eit lite lag isolerende lim på toppen, for å unngå at målingane blir gjort i overflata mellom skruhovuda. (Temperaturmålingar er oppgitt i mV og er konvertert med ein formel, sjå vedlegg 3)



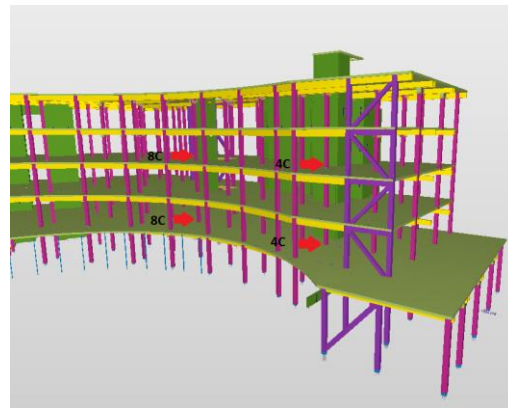
Figur 25 Montering av sensorar den 7.februar saman med Splitkon, Mycoteam og 7sense.

3.4.1 Oppsett

Det vart i alt sett ut 7 sensorar. Målepunkta vart plassert i over- og underkant av dekke i forbindelse med utskjeringar til søyler. Plassering av sensorane er lista opp i tabell 14 og illustrert i figur 26.

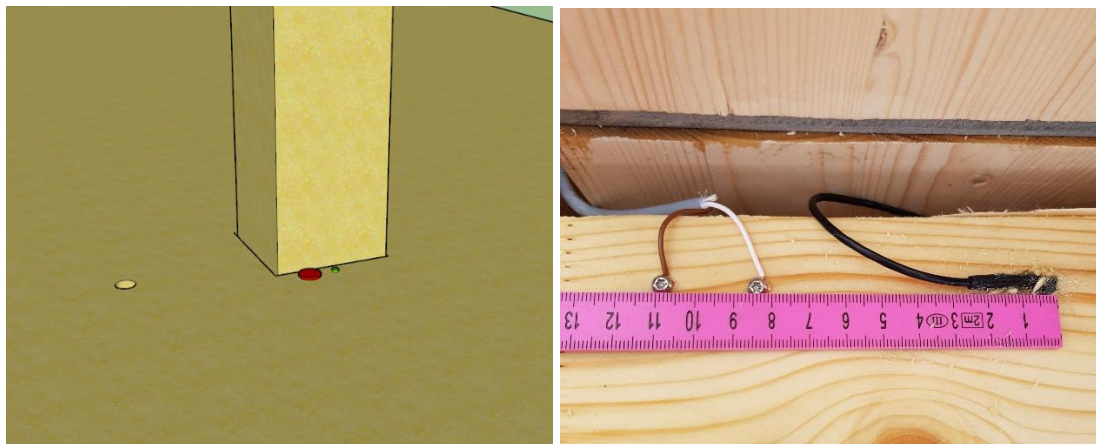
Tabell 14 Plassering av sensorar

Etasjeskilje 3	Overkant	Underkant
4C	1	2
8C	3	4
Etasjeskilje 1		
4C	5	6
8C	8	



Figur 26 Plassering av målesensorane i etasjeskiljarane 1 og 3

Sensorane i overkant er plassert 3-4 cm frå utsparing som vist på figur 28. Sensorane i underkant av dekket er plassert ca. 60 cm frå utsparing. Dette er rett under nokre «løftehol» som er nytta i monteringsfasen av elementa. Det er vald å måla på denne plasseringa, då «løftehola» blir fylde med vatn når det regnar. Avstanden mellom elektrodane på sensorane er mellom 3-3,5 cm. I figuren er raud markering fuktmåling og grøn markering temperaturmåling.



Figur 28 Målesensor i overkant av dekke



Figur 29 Målesensor i underkant av dekke

3.5 Estimering av muggvekst

Utifrå innsamla verdiar vart det utført ei estimering av muggvekst på dei målte flatene. Estimeringa er gjort etter formlane beskrive i kap. 2.5.4. Det er rekna ut muggindeks basert på den målte RF-en og den målte trefukta.

Estimering av muggvekst tar utgangspunkt i RF. For dei målte verdiane for trefukt, blir difor den ekvivalente relative fuktigheita for likevekt mellom luft og trevirke nytta. Likevektsfukta er henta frå tabell 8 i kapittel 2.5.3. Temperaturen som er nytta for å temperaturkorrigera trefukta, er gjennomsnittstemperaturen til planet trefukta er målt i.

Dei resterande verdiane nytta for utrekninga er:

Muggindeks (M) = 0 ved start og aukar med utrekna verdi frå det førige tidsintervallet

Treslag (W) = 1

Overflate (SQ) = 1

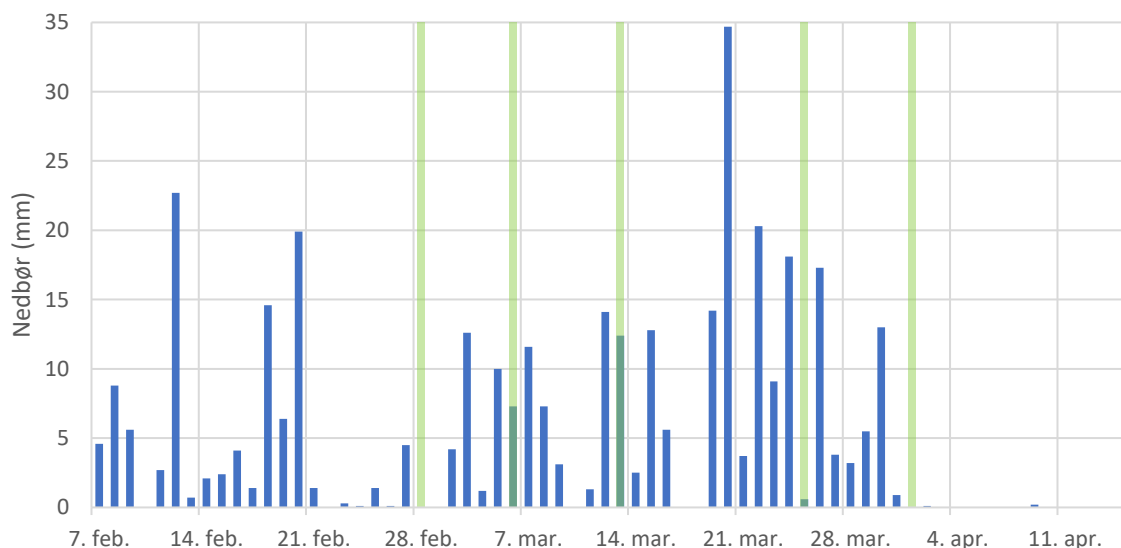
4. Resultat

Ved vurdering av målingane utført med fastmonterte sensorar, har det blitt tydeleg at ikkje alle målesensorane har fungert slik dei skal. Dei parameterane som ikkje har gitt utslag, eller ikkje har variasjonar med tida er difor fjerna frå resultatata. Dette har medført at det har blitt nytta gjennomsnittsverdiar for temperatur i trevirket. Det er rekna med at variasjonane i same bygg ikkje er så store. Vedlegg 3 viser ei oversikt over alle målte verdiar, og kva som er tatt bort.

4.1 Vêrdata

4.1.1 Nedbør

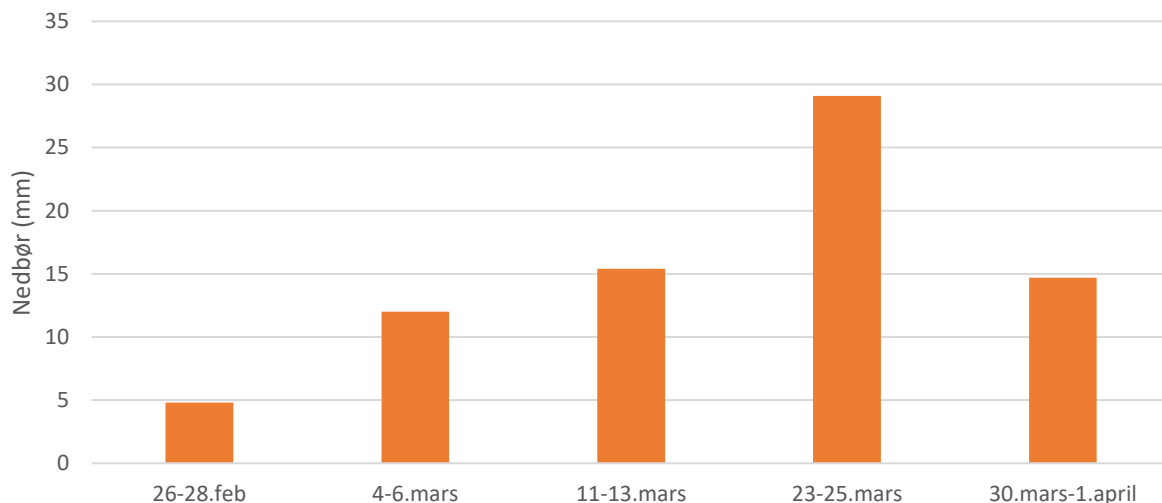
Figur 30 viser den daglege nedbørsmengda målt for tidsperioden 7.feb til 15.april. Dette er same periode som det er utfør målingar med fastmonterte sensorar.



Figur 30 Dagleg nedbørsmengd målt ved Florida målestasjon 7.feb – 15.april(Meteorologisk institutt, -) .

Det har vore nedbør omtrent kvar dag frå 7.februar og fram til slutten av mars. Første del av april har nesten vore heilt fri for nedbør. Den største nedbørsmengda kom mellom 19 - 30.mars. Dei grønne linjene markerer dei tidspunkta då der er utført målingar med handhalden trefuktmålar.

Det er også henta data om nedbørsmengdene for dagane i forkant av måling med handhalden trefuktmålar. Nedbørsmengda er summen av nedbør dei to siste dagane og fram til kl. 12 på dagen målingane er utført. Dette tilsvarer 60 timar.

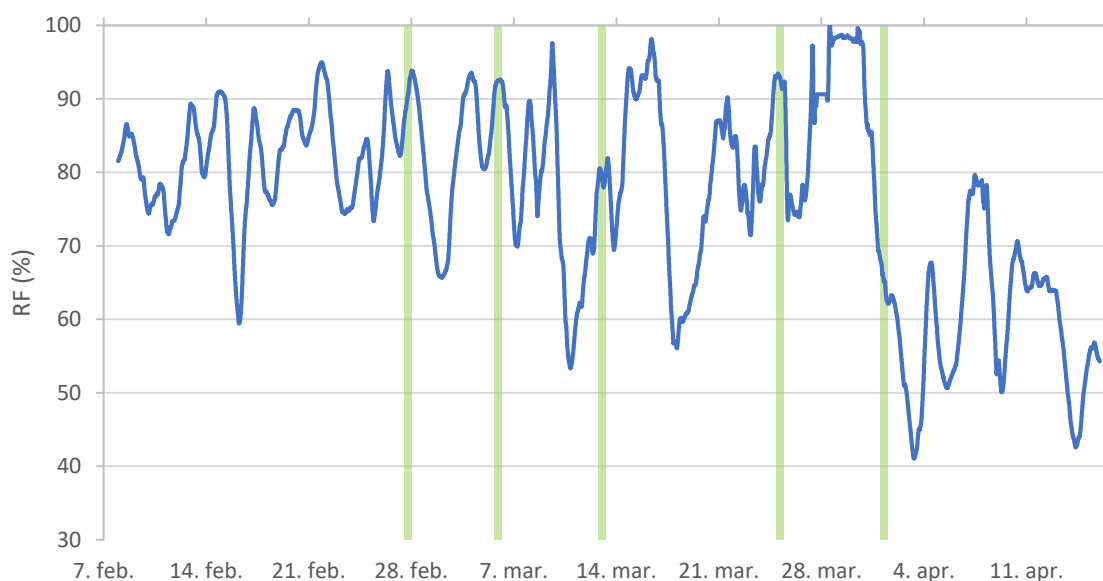


Figur 31 Nedbørsmengda summert for dei siste 60 timane, før måling er utført (Meteorologisk institutt, -).

Frå diagrammet kan ein sjå at dei største nedbørsmengdene kom før måling 23-25.mars og den minste mengda, før måling 26-28.mars.

4.1.2 Relativ fuktigheit

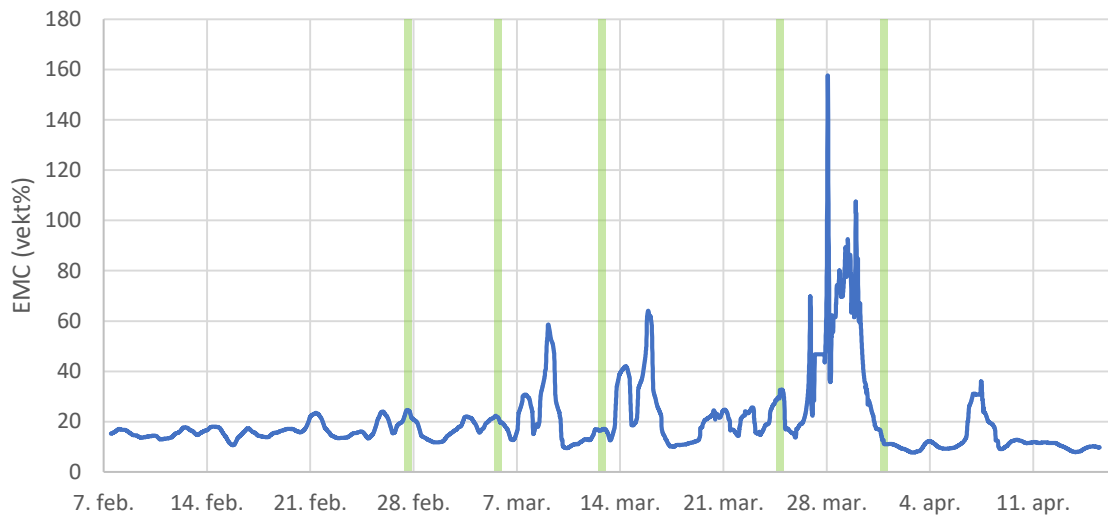
På same måte som for nedbør er det henta data for RF i måleperioden 7.feb – 15.april.



Figur 32 24-timars glidande gjennomsnitt for RF målt på Florida målestasjon frå 7.feb – 15.april (Geofysisk institutt & Universitetet i Bergen).

Gjennom februar og mars har RF eit nivå på ca. 80% +/- 20. I april ser ein at RF blir tydelig redusert og ligg rundt 60% +/- 20%. Dei grønne linjene viser til tidspunkta då det var utført målingar med handhalden trefuktmålar.

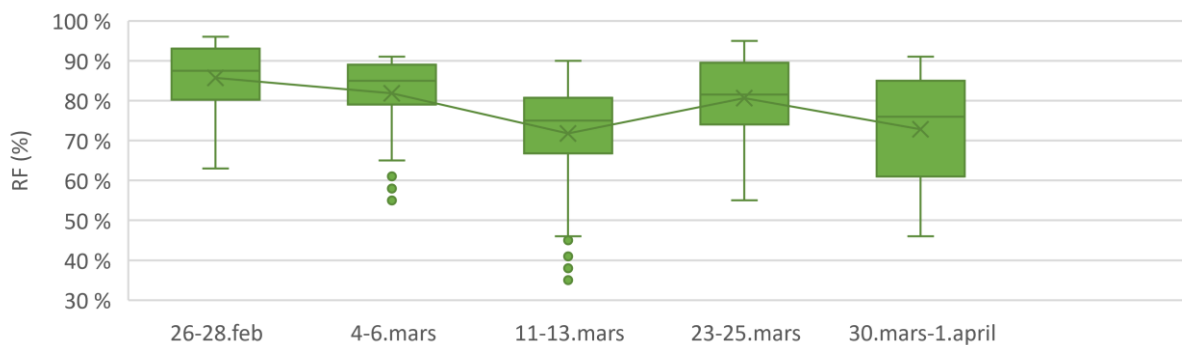
Dersom ein gjer ei forenkling og antek at RF i lufta og massivtreelementa er i likevekt, kan ein ved hjelp av likevektskurva i 2.5.3 estimera ei likevektstrefukt (EMC) i massivtreelementa.



Figur 33 24-timers glidande gjennomsnitt for likevektstrefukt til RF i lufta..

Verdiane ligg i stor grad rundt 15 vekt% +/- 10 vekt% forutan 4 toppar. Punkta med særleg høge verdiane oppstår på same tidspunkt som der gjennomsnittlege RF har vore nær 100%.

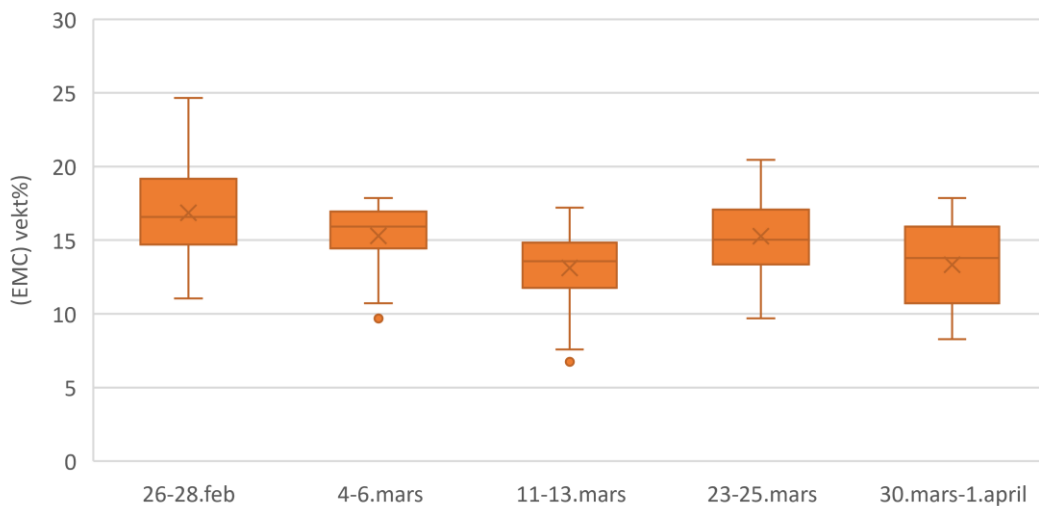
I figur 34 blir RF dei siste 60 timane før måling presentert. Verdiane er vist med eit boksplott som gir ei rekke verdiane. Boksane avgrensar øvre og nedre kvartil for verdiane ved eit tidspunkt. Inni boksane er middelveien markert med eit kryss og median med ei linje. Ut frå boksane går det såkalla whiskers, som beskriv variasjonen til målingane. Whiskersane er avgrensa til $1,5 \cdot$ avstanden mellom øvre og nedre kvartil. Måleverdiane utanfor dette, blir rekna som outliers og er markert som små prikkar. Outliers er verdiane som er ekstreme i forhold til dei andre verdiane.



Figur 34 Boksplott for RF målt ved Florida vêrstasjon 60, timar før måling med handhalde trefuktmålar (Meteorologisk institutt, -).

Utifrå plottet kan ein sjå at snittverdien til RF, er høgast for perioden 26-28.feb og lågast 11-13.mars. Medianen ligg jamt over litt høgare enn snittet. Utifrå grafen kan ein også sjå at det er stor variasjon i den relative fuktigheita i perioden 11-13. mars med verdiar målt mellom 35% og 90 %.

På same måte som i figur 33 er likevektstrefukta til RF ved dei 5 måletidspunkta estimert.



Figur 35 Boksplo av den ekvivalente likevektstrefukta til RF ved Florida målestasjon dei siste 60 timane før måling.

Trevirke i likevekt med den omjevande lufta, vil for alle dei 5 tidspunkta ha eit fuktnivå som ligg under kritisk fuktnivå (20 vekt%) for danning av biologisk vekst.

4.2 Målingar med handhalden trefuktmålar

I dette avsnittet blir resultatata frå målingane med handhalden trefuktmålar presentert. Biletmateriale og vêrforhold ved dei 5 måletidspunkta er vist i tabell 15. Vidare er det tatt ut nokre grafar for å beskriva fuktnivåa ved dei forskjellige tidspunkta. Alle verdiane er korrigert for treslag og temperatur. Temperaturen som er nytta til korrigering er lufttemperaturen målt med trefuktmålaren, då den ikkje registrerte temperatur i trevirket. Ei fullstendig oversikt over målingar for alle plan finn ein i vedlegg 2.

Tabell 15 Bilete og vêrforhold ved utføring av fuktmålingane

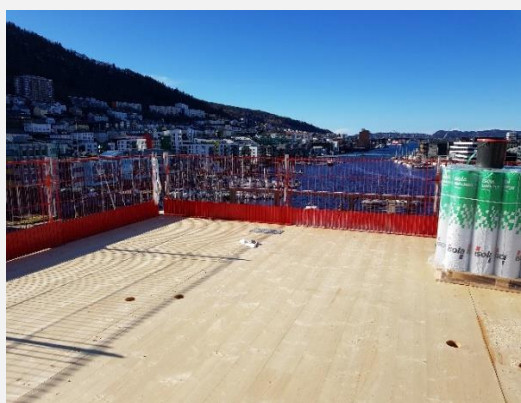
28. februar
Opplett



6.mars
Regn/opplett



13.mars
Sol



25.mars
Sol



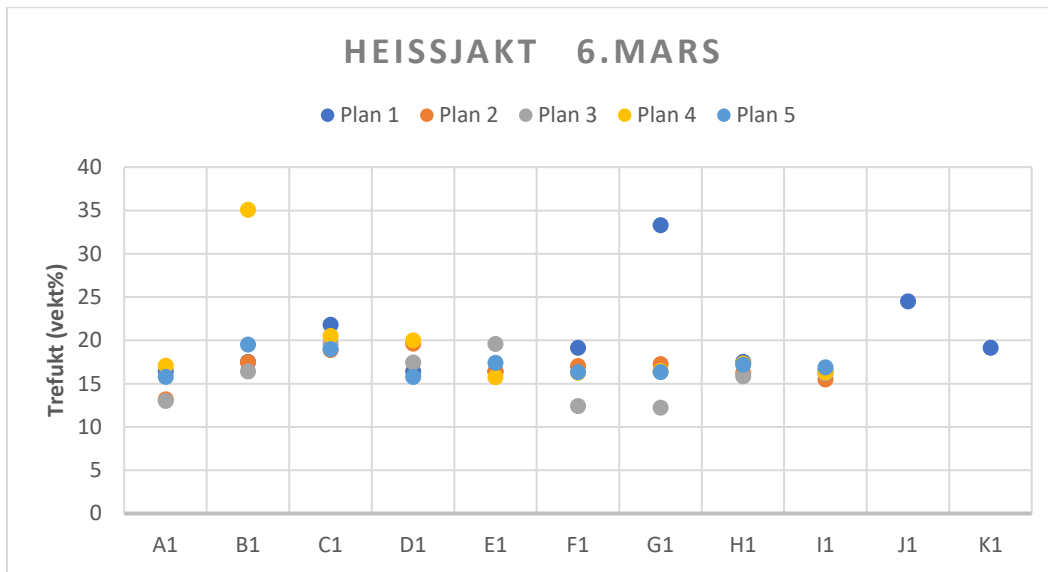
1.april
Sol



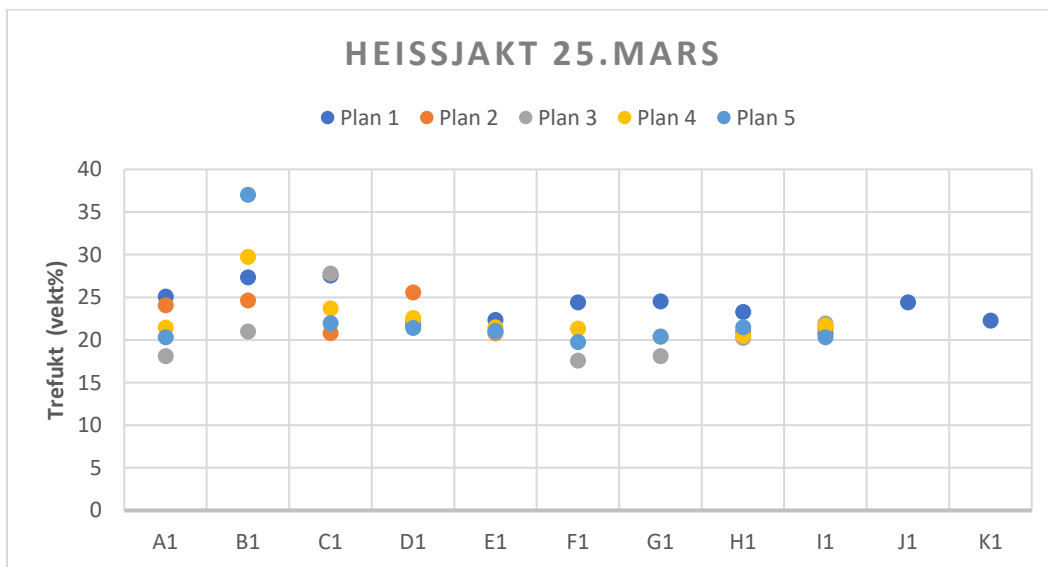
På bileta i tabell 15 kan ein sjå fritt vatn oppå dekkja ved 4 av måletidspunkta. 28.februar og 6.mars var det spesielt mykje vatn på dekkja. 13.mars var det sol og god uttørking.

4.2.1 Heissjakt

Målingar på heissjakta 6. og 25.mars.



Figur 36 Trefukt målt på heissjakta 6.mars



Figur 37 Trefukt målt på heissjakta 25.mars

I målingane frå 6.mars kan ein sjå at dei fleste fuktverdiane ligg mellom 15 og 20 vekt%, som er under kritisk fuktnivå. Punkt B1 i plan 4 og punkt G1 i plan 1 er høge samanlikna med resten. 25.mars har fuktverdiane stige og ligg for det meste mellom 20 og 25vekt%. Punkt B1 skil seg ut med høge verdiar i alle plan. Punkt B1 tilsvarer målingar gjort under utskjering til dør. Punkt G1 tilsvarer måling på sør-vestleg sida av heissjakta.

Dersom ein finn middelveidien til målepunkta for dei 5 måletidspunkta, får ein eit anslag på kva for punkt som jamt over er utsett for mest fukt. Tabell 16 viser verdien til øvste 15 % av verdiane. Dette tilsvarer verdiar som er ca. eit standardavvik eller meir over gjennomsnittet.

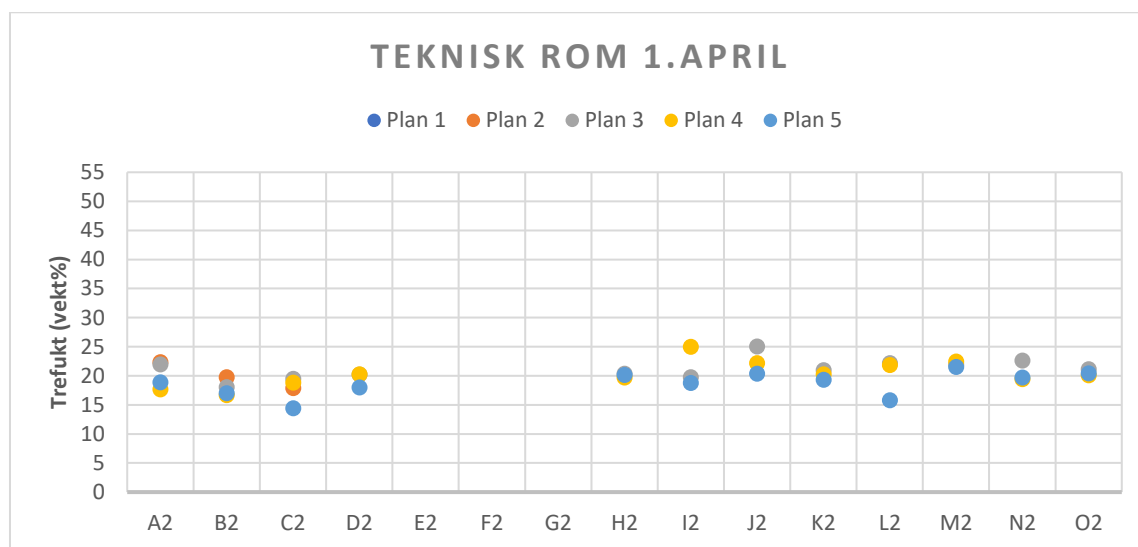
Tabell 16 Målingar på heissjakta som ligg ca. eit standardavvik eller meir over snittverdien for trefukta.

Heissjakt	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1*	K1*
Plan 1		x	x			x	x			x	
Plan 2											
Plan 3											
Plan 4		x									
Plan 5		x									

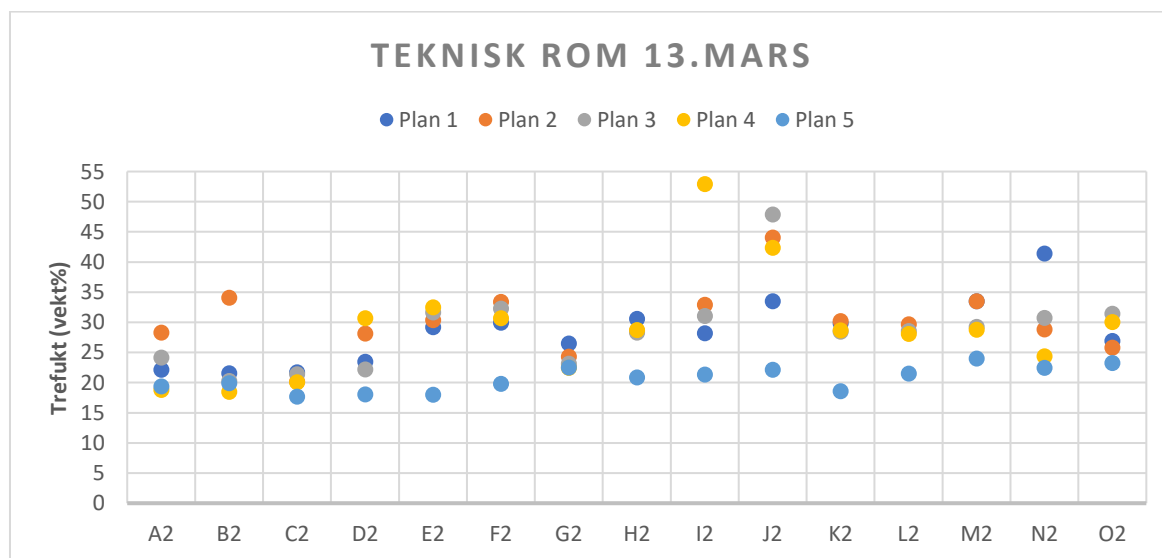
*målepunkt berre i plan 1.

På heissjakta er det plan 1 som har flest punkt med høge fuktverdiar. Ser ein på målepunkta er særleg punkt B1 utsett for høge verdiar.

4.2.2 Teknisk rom



Figur 38 Trefukt målt i teknisk rom 1.april.



Figur 39 Trefukt målt i teknisk rom 13.april..

Dei lågaste verdiane for teknisk rom blei målt 1.april. Verdiane ligg mellom 15 og 25 vekt%. Den 13.mars vart det målt betydeleg høgare verdiar. Mesteparten av verdiane ligg mellom 18 og 35 vekt% og det vart i tillegg målt verdiar rundt 50 vekt%. Punkt J2 hadde høge verdiar i alle plan forutan plan 5. Punkt J2 tilsvarer måling gjort under utskjering til dør.

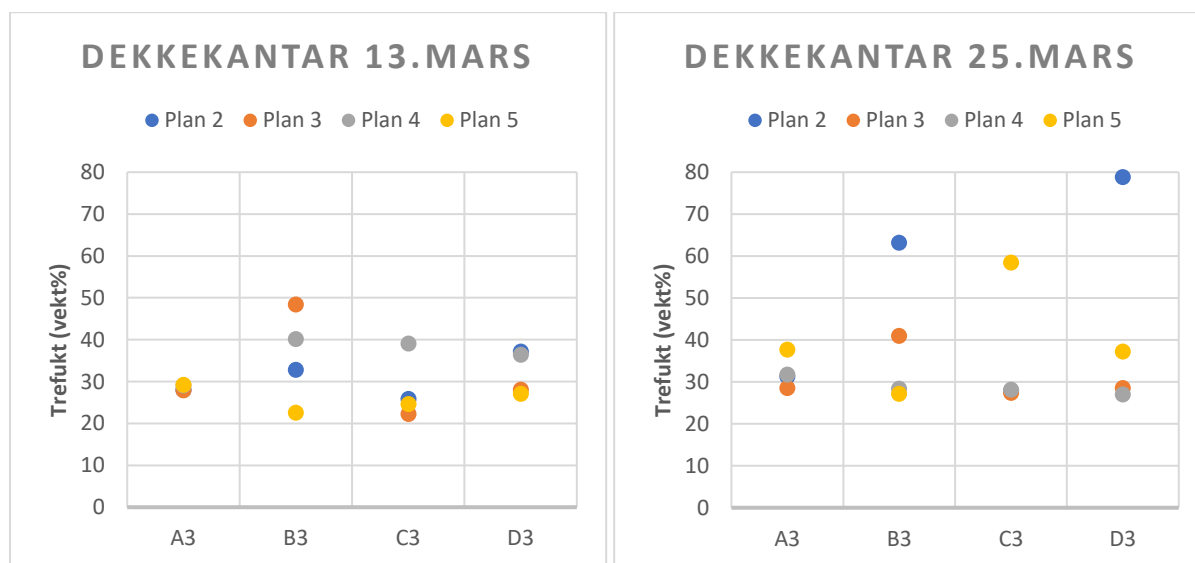
På same måte som for heissjakta, er også dei høgste 15 % av fuktverdiane samla. Plan 2 har det største talet av høge verdiar og det mest utsette punktet er J2.

Tabell 17 Målingar i teknisk rom som ligg ca. eit standardavvik eller meir over snittverdien.

Teknisk rom	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2	J2	K2	L2	M2	N2	O2
<i>Plan 1</i>										X					X
<i>Plan 2</i>					X	X			X	X		X	X		
<i>Plan 3</i>										X					
<i>Plan 4</i>					X				X						
<i>Plan 5</i>															

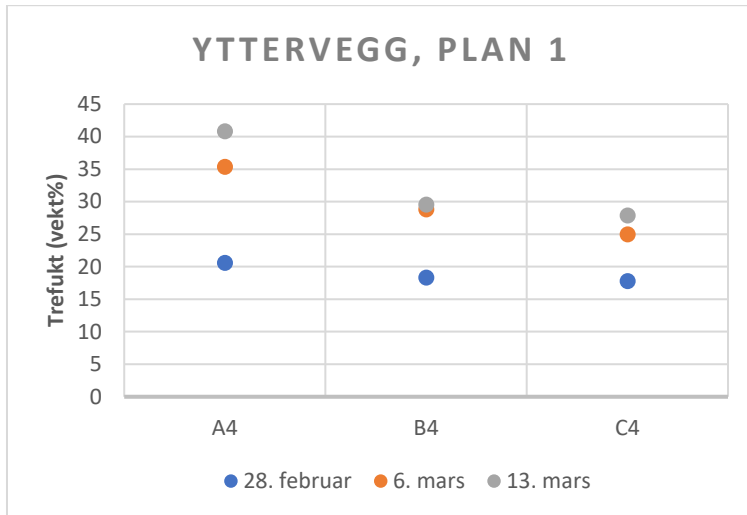
4.2.3 Dekkekantar

Frå grafane kan ein sjå at det er stor variasjon i fuktnivå på dekkekantane både ved forskjellige datoar og for dei forskjellige målepunkta. Det er heller ikkje noko tydeleg trend for fuktnivåa utifrå kva plan målingane er gjort i. Ved måling vart det også registrert at fuktmålararen hadde problem med å stabilisera seg på eit nivå dersom verdiane var høgare enn 40 vekt %. Ingen av målingane hadde trefukt under 20 vekt%.



Figur 40 Trefukt målt på dekkekant for 13. og 25.mars

4.2.4 Yttervegg, plan 1

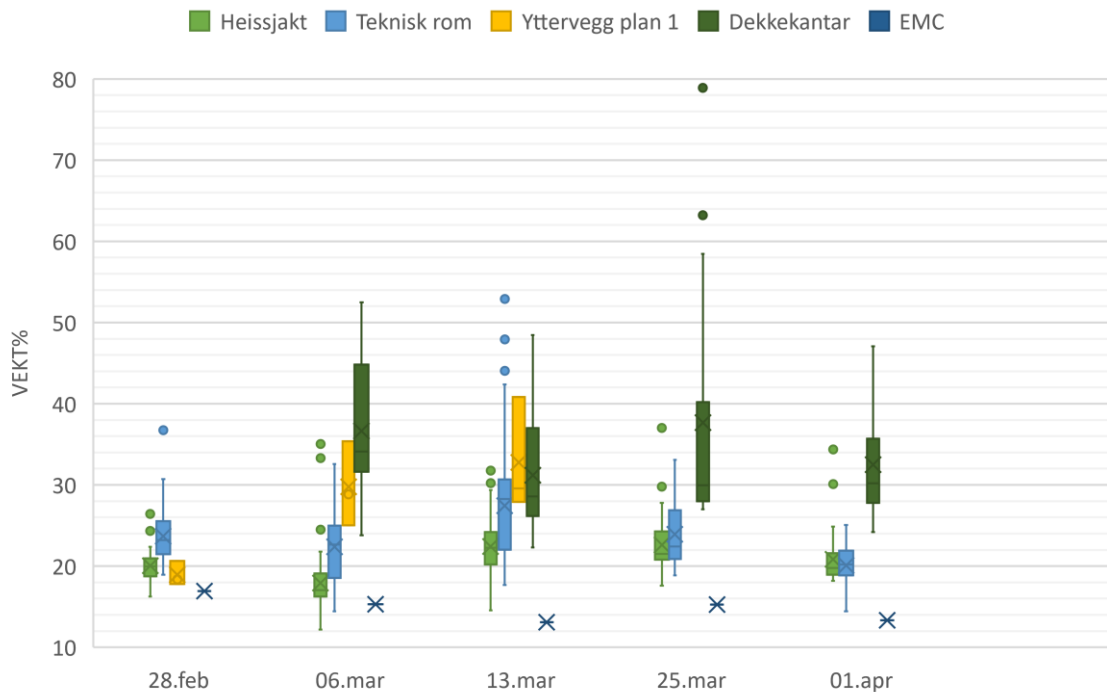


Figur 41 Trefukt målt på yttervegg i plan 1

På ytterveggen i plan 1 er måling 13.mars høgast ved alle dei tre måletidspunkta.

4.2.4 Samanlikning av måleverdiar

I figur 42 er det gjort ei samla framstilling av fuktverdiar frå dei 5 tidspunkta det er gjort målingar med handhalden trefuktmålar. Boksane i boksplottet representerer verdiane for alle 5 plan. Dey mørkeblå kryssa representerer den gjennomsnittlege likevektsfukta i trevirket basert på RF i lufta, som er vist i figur 35.



Figur 42 Alle verdiane målt med handhalden trefuktmålar samla etter dato. Trevirket sitt fuktinnhald i likevekt med RF i lufta er også lagt inn (EMC).

Snittet ligg over kritisk fuktnivå for alle boksane forutan om heissjakta 6.mars og yttervegg i plan 1, den 28.feb. Fuktnivået i heissjakta og teknisk rom(medianen) går nedover 25.mars og 1.april. Dette samsvarar med at tekking av taket vart gjennomført 19.mars. Dekkekantane hadde høge fuktverdiar for samtlige målingar. Dei beste resultatata av målt trefukt i løpet av perioden finn ein i heissjakta. Alle måleområda har høgare fuktinnhold enn likevektsfukta basert på RF.

Tabell 18 viser ei oversikt over kva tidspunkt ein finn dei største og minste snittverdiane og medianverdiane for dei forskjellige målområda. Dette er vidare knytt opp mot den relative fuktigheita og den samla nedbørsmengda, 60 timar før måling.

Tabell 18 Maksimale og minimale snittverdiar for dei forskjellige målområda.

Dato	Nedbør	RF	Heissjakt		Teknisk rom		Dekkekantar		Yttervegg, plan 1	
	Sum	Snitt	Snitt	Median	Snitt	Median	Snitt	Median	Snitt	Median
28.feb	4,8 mm	86%					---	---	Min	Min
06.mar	12 mm	82%	Min	Min				Max		
13.mar	15,4 mm	72%		Max	Max	Max	Min	Min	Max	Max
25.mar	29,1 mm	81%	Max				Max		---	---
01.apr	14,7 mm	73%			Min				---	---

--- ikkje utført måling

Ein kan sjå at fuktnivået på dei forskjellige målområda i større grad er knytt til nedbørsmengda, enn det dei er til RF i lufta. Dei fleste målområda har sine høgste verdiar 13.mars, før tekking av taket har blitt gjort. Dekkekantane har derimot sin lågaste snittverdi denne dato.

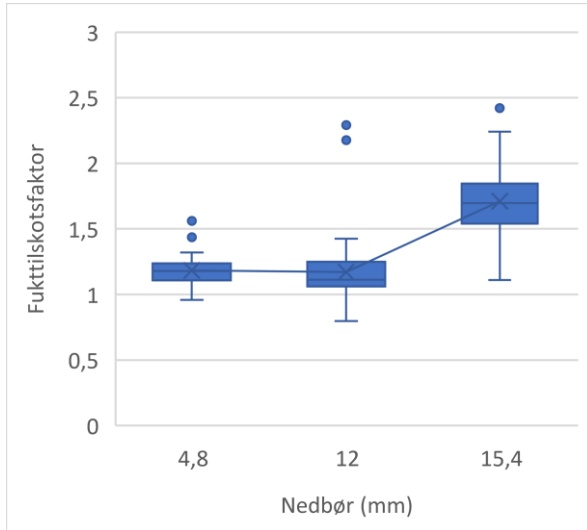
Det er vidare gjort eit forsøk på å beskriva samanhengen mellom RF i lufta, nedbørsmengda og dei målte verdiane på dei forskjellige måleområda. Det vart rekna ut eit forholdstal mellom målt trefukt og estimert likevektstrefukt, der massivtreelementa er i likevekt med omjevande luft. Dette forholdstalet blir her kalla «fukttilskotsfaktor».

$$Fukttilskotsfaktor = \frac{U_{m\ddot{a}lt}}{U_{RF}}$$

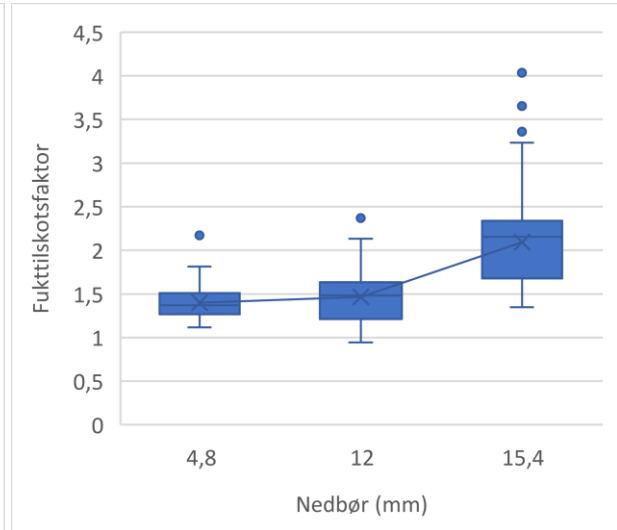
U_målt - Den målte trefukta.

U_RF - Trefukt ved likevekt mellom luft og massivtreelementa (EMC).

Ein fukttilskotsfaktor over 1, tilseier at fuktnivået i trevirket er høgare enn det omgjevande luft tilseier og at andre fuktkjelder har tilført ekstra fukt til målepunktet. I figur 43 -46 under er det gjort ei samanstilling av fukttilskotsfaktoren og nedbørsmengd. Verdiane som er lagt inn er basert på dei 3 første målingane, før det vart gjennomført tekking av taket.



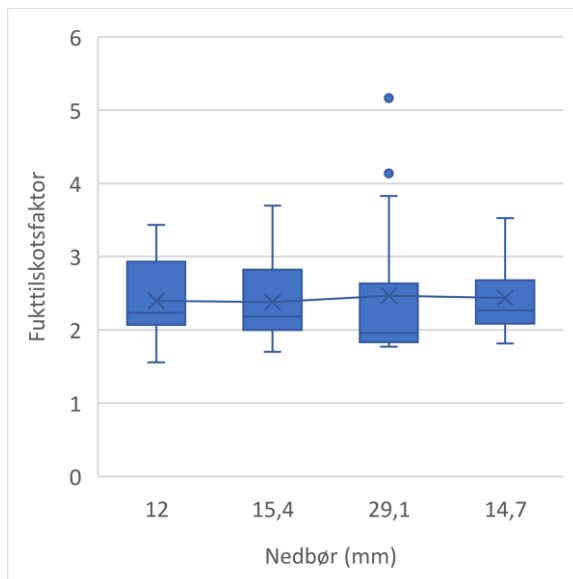
Figur 43 Fukttilskotsfaktor på heissjakta



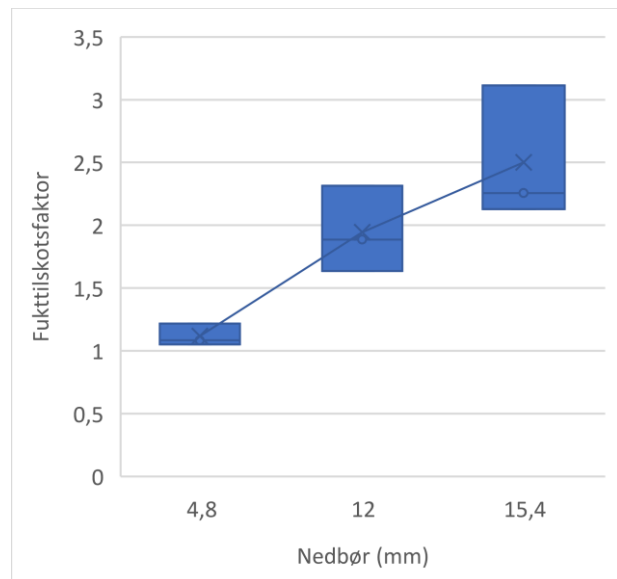
Figur 44 Fukttilskotsfaktor i teknisk rom

I heissjakta og i det tekniske rommet kan ein sjå at den største nedbørsmengda fører til høg fukttilskotsfaktor. Skilnaden mellom fukttilskotsfaktoren frå 4,8 mm nedbør til 12 mm nedbør er derimot liten.

Dekkekantane ligg heilt i ytterkant av bygget og det er difor vald å ta med verdiar frå alle dei 4 måletidspunkta.



Figur 45 Fukttilskotsfaktor på dekkekantar



Figur 46 Fukttilskotsfaktor på yttervegg i plan 1

På ytterveggen i plan 1 er det tydelig at fukttilskotet heng saman med auke i nedbørsmengd. Det er riktig nok berre utført 9 målingar i dette punktet, medan fig. 43, 44 og 46 har fleire målingar. Den høgste fukttilskotsfaktoren finn ein på dekkekantane og nivået ligg jamt over høgt, med lite skilnad utifrå dei forskjellige nedbørsmengdene.

I alle målepunkta er snittverdien for fukttilskotsfaktoren over 1, noko som tilseier at alle områda målt med handhalden trefuktmålar er påverka av andre fuktkjelder enn luftfuktigheita.

Tabell 19 viser ei framstilling av resultatata frå alle målingane utført med handhalde trefuktmålar. I tabellen kan ein sjå kor mange av målingane som er over kritisk fuktnivå, 20 vekt% og mettingspunktet for tre, 30 vekt%.

Tabell 19 Samanlikning av resultatata opp mot kritisk fuktnivå og mettingspunktet for tre.

	Punkt > 20vekt% Talet på målte punkt	Prosent	Punkt > 30vekt% Talet på målte punkt	Prosent
<i>Heissjakt</i>				
<i>Plan 1</i>	36/44	82 %	3/44	7 %
<i>Plan 2</i>	17/43	40 %	0/43	0 %
<i>Plan 3</i>	13/45	28 %	0/45	0 %
<i>Plan 4</i>	29/45	64 %	1/45	2 %
<i>Plan 5</i>	28/45	62 %	2/45	4 %
<i>Teknisk rom</i>				
<i>Plan 1</i>	49/56	88 %	4/56	7 %
<i>Plan 2</i>	55/63	87 %	13/63	2 %
<i>Plan 3</i>	62/69	90 %	10/69	14 %
<i>Plan 4</i>	54/69	78 %	7/69	10 %
<i>Plan 5</i>	38/69	55 %	6/69	9 %
<i>Dekkekantar</i>				
<i>Plan 2</i>	12/12	100 %	9/12	75 %
<i>Plan 3</i>	16/16	100 %	8/16	50 %
<i>Plan 4</i>	16/16	100 %	10/16	63 %
<i>Plan 5</i>	16/16	100 %	6/16	38 %
<i>Vegg plan 1</i>				
	7/9	78 %	2/9	22 %

Det er liten samanheng mellom plan og fuktnivå. Prosentdelen over fibermetingspunktet er høgast i plan 1 for heissjakta og plan 3 for teknisk rom. På dekkekantane er verdiane jamt over høge og alle dei målte punkta ligg over fibermetingspunktet.

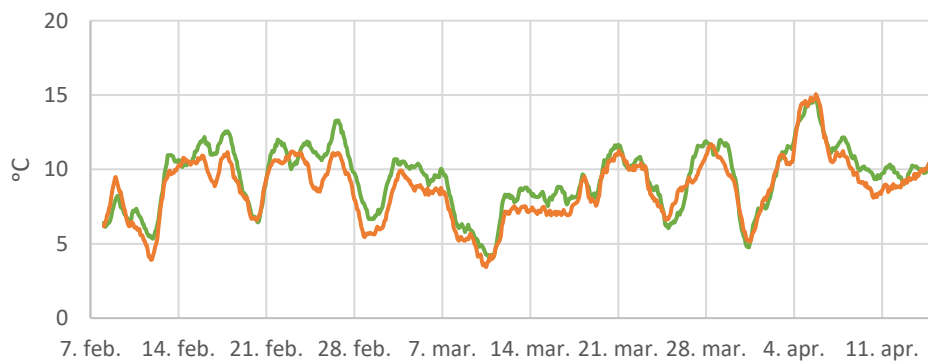
4.3 Målinger med fastmonterte sensorar

I dette kapittelet vil verdiane målt med dei fastmonterte sensorane bli presentert. Grunna mangelfull informasjon på nokre av sensorane, er nokon av resultatane eit produkt av gjennomsnittsdatabe.

Tabell 20 Beskriving av kva for paramtrar som er nytta til temperaturkorrigering av trefukta.

Temperatur i trevirket	Gjennomsnitt plan 2 – Berekna frå sensor 5,6 og 8 Gjennomsnitt plan 4 – Berekna frå sensor 3 og 4
Trefukt sensor 2,3 og 4	Temperaturkorrigert med gjennomsnittstemperatur i trevirke for plan 4
Trefukt sensor 5, 6 og 8	Temperaturkorrigert med gjennomsnittstemperatur i trevirke for plan 2

Temperaturane målt i trevirket har om lag dei same verdiane.

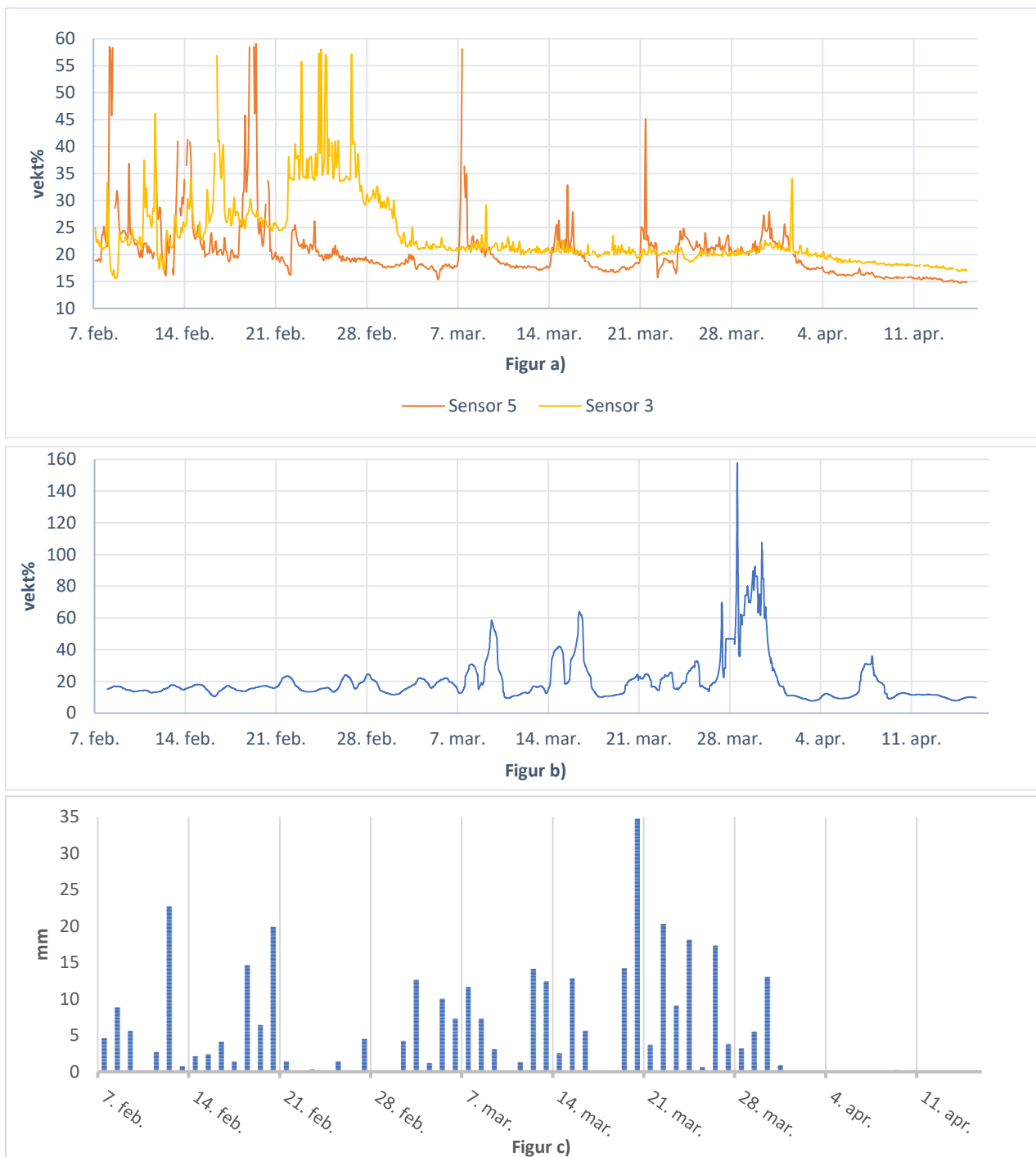


Figur 47 24-timars glidande gjennomsnitt for temperaturen i etasjeskiljarane, plan 2(grøn) og plan 4(oransje)

Trefukta målt med sensorane er delt opp i to grafar, målingar gjort i overkant av dekke og målingar gjort i underkant av dekke, då verdiane tydeleg skil seg frå kvarandre.

4.3.1 Fukt i overkant av dekke

Figur 48 viser 3 grafar. Verdiane for trefukt målt med sensor 5 og 3 i overkant av dekke, estimert likevektstrefukt basert på lufta sin RF og nedbør.

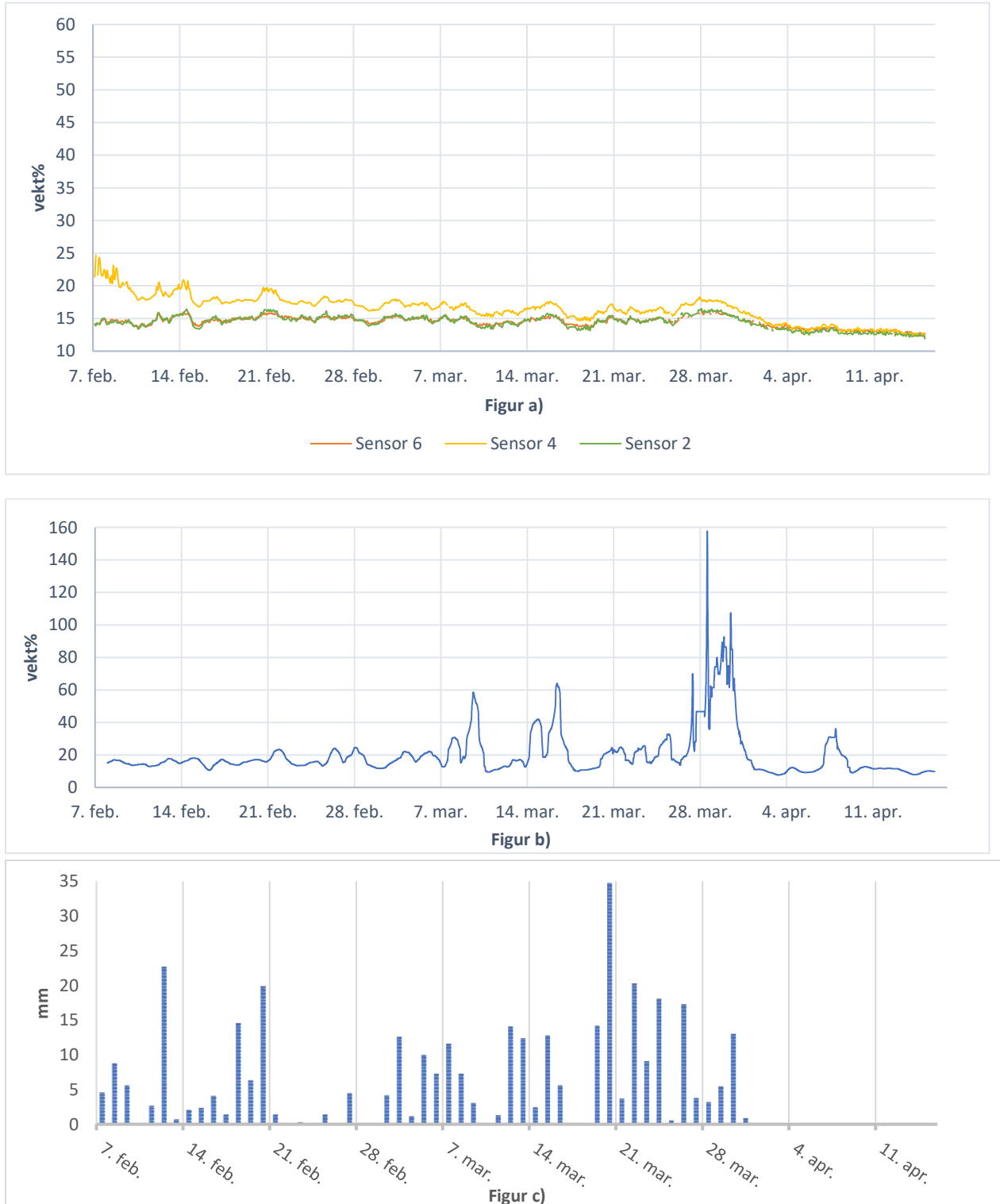


Figur 48 Målt trefukt i overkant dekke(a), trefuktekvivalent til lufta sin relative fuktigheit ved likevekt(b) og nedbør(c).

Sensor 3, som ligg i etasjeskiljar 3 hadde høge fuktverdiar fram til rundt 28.feb (veke 9). Dette er same veka som etasjeskiljar 4 vart montert. For same periode har sensor 5, som er plassert i etasjeskiljar 2, hatt noko lågare fuktnivå, men med fleire store toppar. Det er lite skilnad i fuktnivå ved dei to sensorane før og etter tekking av taket den 19.mars. I perioden utan nedbør i april går fuktnivået ned for begge sensorar.

4.3.2 Fukt i underkant av dekke

Figur 49 viser 3 grafar. Verdiane for trefukt målt med sensor 5 og 3 i underkant av dekke, estimert trefukt basert på lufta sin RF og nedbør.



Figur 49 Målt trefukt i underkant dekke(a), likevektstrefukt til lufta sin RF ved likevekt(b) og nedbør(c).

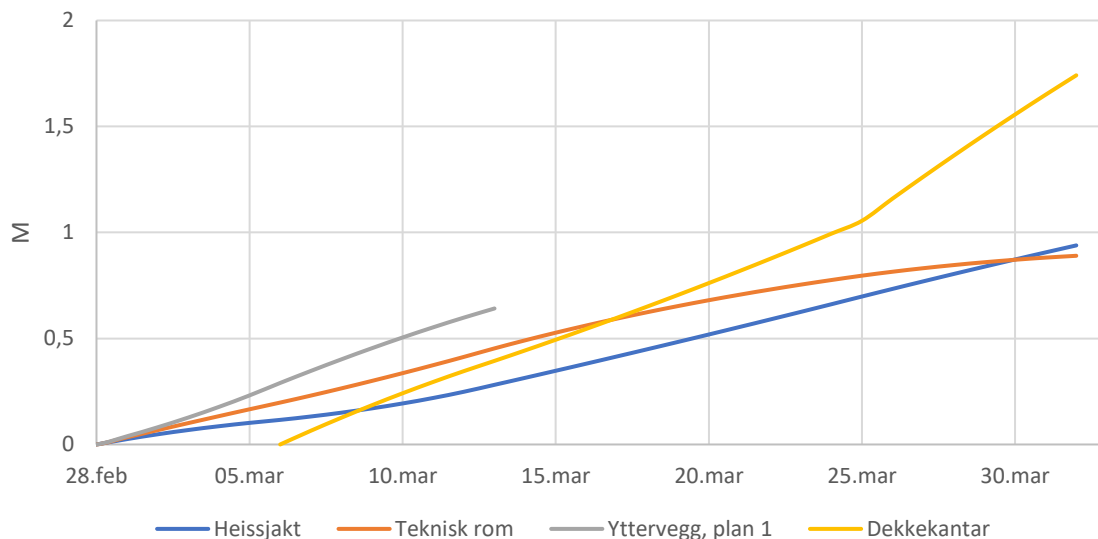
Sensor 6 og 4 i underkant av dekke ligg stabilt rundt 15 vekt%. Sensor 4 startar med litt høgare verdiar, men går også mot 15 vekt%. Medan sensor 2 og 6 ligg ganske sentrert i sone 1, er sensor 4 plassert ei søylerad frå enden av sone 1. Fuktnivået har ein liten oppsving rundt 28.mars i ein periode der luftfuktigheita(og dermed likevektstrefukta) har høge verdiar.

4.3 Muggvekst

Med formelen frå 2.5.4 er det gjort berekningar av estimert muggvekst med framgangsmetoden beskrive i 3.5 for alle dei målte fuktverdiane.

4.3.1 Muggvekstindeks basert på fukt målt med handhalden trefuktmålar

Berekinga er gjort frå det tidspunktet det er påbegynt målingar. Det er nytta interpolering for fuktverdiar mellom dei 5 målepunkta.



Figur 50 Muggindeks berekna mellom 28.feb og 1.april for områda målt med handhalden trefuktmålar.

Muggindeksen startar på 0 ved første måling, men det er sannsynleg at verdien er høgare, då bygningskomponentane har stått utsett for vêrpåkjeningar ei stund før målingane er føretatt. Kor lenge dei forskjellige bygningsdelane har vore utsett, varierer og det er difor valt å ta utgangspunkt frå den dagen målingane starta(28.feb). Vekstraten til muggindeksen er størst for dekkekantane og etter 4 veker byrjar muggindeksen å nærma seg 2 som tilsvarer «moderat muggvekst, synleg med mikroskop». Det vart ikkje utfør målingar på dekkekantane ved første måling og det er difor heller ikkje rekna muggvekstindeks før 6.mars. Muggindeksen for heissjakta og det tekniske rommet har ein lågare vekstrate. Frå 28.feb til 1.april kan det, i følge berekinga, ha oppstått «noko muggvekst, som kan sjåast med mikroskop»(M= 1) på desse områda.

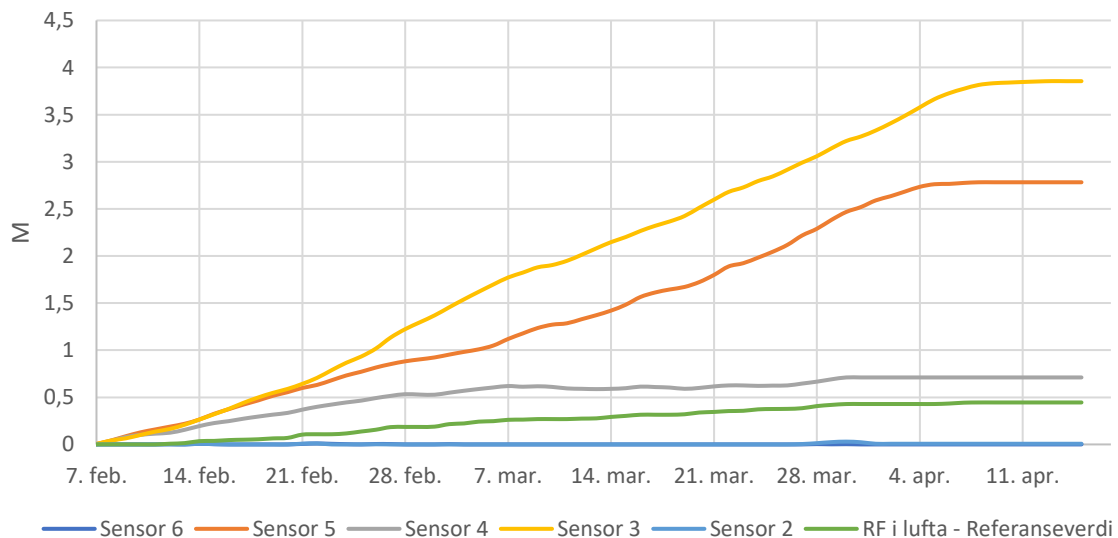
Figur 51 viser påbegynt muggvekst 2 stader i sone 1.



Figur 51 Påbegynt muggvekst på massivtreelement i plan 1 (venstre) og på utsida av teknisk rom og dekke (høgre). Fotografert 1. april

4.3.2 Muggvekstindeks basert på fukt målt med fastmonterte sensorar

Muggvekstindeksen basert på målingar frå dei fastmonterte sensorane gir eit meir nyansert bilete. Tidsintervallet mellom kvar berekning er 4 timar og ein kan sjå at vekstraten varierer med tida.



Figur 52 Berekna muggindeks basert på trefukt ved sensorane og RF. Sensor 2 og 6 ligg oppå kvarandre.

Både sensor 5 og 3 ender opp med høge muggvekstindeksar. Ein muggvekstindeks på 3 tilsvarer «noko visuelt synleg muggvekst» og 4 tilsvarer «visuelt synleg muggvekst med meir enn 10 %». Den grønne linja viser muggvekstindeksen berekna utifrå den relative luftfuktigheita til omgjevande luft. Dette blir nytta som ein referanseverdi på kva muggvekst ein kan forventa basert på den relative fuktigheita dersom trevirket er i likevekt med omgjevnaden. Vekstraten til muggindeksen minkar for alle parameterar i april. Dette betyr at forholda ikkje ligg til rette for vidare muggvekst på dette tidspunktet. Dette samsvarer med

vêret i april med lite nedbør og låg RF. Muggveksten vil i ein slik periode stoppa opp, for så og fortsetta å veksa dersom dei rette forholda ligg til rette.

5. Diskusjon

I SAK 10 står det at dersom utføring og kvalitetssikring er i tråd med gjeldande Norsk Standard, blir kontrollkravet rekna slik at standarden er følgt. Dette blir ofte tolka som at dersom krava i standarden er følgt, er også lovverket følgt. Den nye standarden for utføring av lastberande trekonstruksjonar (NS 3516) inneheld blant anna krav til handtering av fukt under oppføring av massivtrekonstruksjonar. I denne oppgåva har hovudfokuset vore å undersøka kva som må til for å sikra god kvalitet i ein massivtrekonstruksjon under oppføring. Gjennom studering av krava stilt, resultat frå målingar og samanlikning av desse er det nokre punkt som er interessante for diskusjon.

Eit av krava i utføringsstandarden er at det skal lagast ein fuktkontrollplan i forkant av prosjektstart. I fuktkontrollplanen som vart utarbeida til prosjektet i casestudiet, vart det sett krav til fuktnivå og beskrive tiltak for å redusera fuktpåkjenninga under utføringa. Grenseverdiane for fuktinnhald i trevirket under montering vart sett til 24 vekt%, noko som viste seg å vera låge verdiar i forhold til dei verdiane som faktisk vart målt. Dei einaste målområdet som ser ut til å innfri dette kravet er undersida av dekkene og heissjakta (snittverdi). På dette punktet har ein ikkje lukkast med å følga fuktkontrollplanen. Det bør derimot merkast at kravet på 24 vekt% ikkje har opphav i NS 3516, men er vald spesifikt for dette prosjektet. Grenseverdien i fuktkontrollplanen kan altså settast mykje høgare og framleis vera i tråd med standarden.

I standarden står det også at det skal dokumenterast at utføring er i henhold til fuktkontrollplanen. Det står ikkje noko om kor omfattande denne dokumentasjonen skal vera og heller ikkje noko om kor ofte kontrollar skal utførast. Ved målingar gjort i forbindelsen med denne oppgåva, er det avdekkta fuktnivå som gir grunnlag for igangsetting av fuktreduserande tiltak, men som ikkje er registrert som ein del av prosjektet sine eigne kontrollar. Av resultatata er det tydeleg at fuktnivået i varierer med nedbørsmengda, og tidspunkt for måling er avgjerande for kva verdiar ein får. Det er vanskeleg å seie kva for fuktnivå ein kunne ha venta i bygget dersom fuktkontrollar hadde blitt utført hyppigare og tiltak igangsett. Utifrå fuktverdiane som er målt, er det likevel ikkje truleg at ein ville ha kome under eit fuktinnhald på 24 vekt% for heile konstruksjonen, utan å bytta klasse for vêrbeskyttelsesklasse. I fuktkontrollplanen er det bestemt at montasjen av massivtrekonstruksjonen skal utførast i vêrbeskyttelsesklasse PL1, som tilsvarer ingen vern. Dette er gjort sjølv om det står at «konstruksjonar som blir ført opp over lengre periodar, i områder der faren for mykje nedbør er stor» høyrer til under vêrbekyttelsesklasse PL2. Standarden stiller ikkje noko krav til berekningar eller estimeringar som skal underbygga valet av vêrbeskyttelsesklasse.

I fuktkontrollplanen er det også beskrive ein del tiltak som er gjort. Heissjakta som skulle stå eksponert over ein lengre periode, vart behandla med OSMO hardvoks for å forsøka å redusera fuktpåkjenninga. I figur 42 kan det sjå ut til at OSMO behandling har hatt den ønska effekta. Både snittet og medianen for fuktmålingane ligg under 24 vekt% ved alle dei 5 måletidspunkta. Dei låge verdiane kan også vera påverka av gode uttørkingsmoglegheiter på utsida av heissjakta med stor luftutskifting og direkte sollys.

Tidleg byggeplasstekking av taket har også hatt ei positiv effekt på fuktnivået i dei indre delane av bygget. Ved dei to målingane som er utført etter tekkinga går fuktnivåa ned på heissjakta og i det tekniske rommet. I overkant dekke førekjem det framleis høge verdier også etter tekkinga. Dette kjem truleg av at det framleis kjem ein del vatn inn frå sidene på bygget og legg seg på dekket (Sjå tabell 15). Fuktnivået i underkant av dekket ser ut til å ha vore godt verna mot store fuktpåkjenningar gjennom heile byggeperioden og er heller ikkje påverka av tekkinga.

I NS 3512 står det at behovet for fuktmålingar i massivtrekonstruksjonar skal vurderast i løpet av byggeprosessen, men det ikkje gjort noko presisering av kva bygningsdelar det skal utførast fuktmålingar på. Det er difor gjort eit forsøk på å avdekka kva for bygningsdelar som ofte er utsett. I resultatene er det tydeleg at overkant av dekket er svært utsett for høge påkjenningar. Det var også her dei fastmonterte sensorane vart montert. Det å då utføra målingar på overflata av dekkene og nytta dette som ein indikator på fuktmengda i bygget kan vera nyttig. Dersom ein ved høge fuktverdier i overkant dekke, set i gang fuktreduserande tiltak, kan dette minska fuktnivåa for andre bygningsdelar også. På grunn av dei store variasjonane i fuktnivået er det likevel essensielt å utføra målingar også i andre bygningsdelar. Utskjeringar i elementa er også utsett for høge verdier og dette må handterast.

Det er tydeleg at målenøyaktigheita for trefuktmålarar er usikker. I standarden står det oppført ei generell nøyaktigheit (2.4.3.2), produsenten oppgjev (3,3) ei nøyaktigheit og samstundes viser studiet til Forsén og Tarvainen (2000) ei anna nøyaktigheit for kommersielle trefuktmålarar.

Fuktpåverknad på massivtreelementa i korte periodar ser ikkje ut til å vera eit stort problem så lenge det blir sikra god uttørking. Kravet i TEK 17 er som nemnd i teorien at fuktnivåa er under 20 vekt% ved lukking. Det står ikkje noko i standarden om kor lenge det er tenkt at konstruksjonen skal kunne stå utsett for fukt. Som beskrive i innleiinga er det blitt vanleg å bygga større konstruksjonar i tre og at dette medfører lengre byggeperiodar. I 4.3 kan ein i resultatene frå prosjektet sjå at det allereie kan vera etablert muggvekst på overflater før

montasjen er ferdig. Denne muggveksten må handterast før ein kan gå vidare og kan ha økonomiske konsekvensar og uheldig påverknad på framdrifta i prosjektet.

I kapittelet om muggvekst er det rekna ut ein referanseverdi som baserer seg på den relative fuktigheita. Nokre av resultatane, sensor 3 og 5, har muggindeks over denne verdien. Dette viser at konstruksjonen har blitt utsett for fukt frå andre kjelder enn lufta. I underkant av dekkene hamnar derimot verdien lågare enn referanseverdien. Dette kan verka litt underleg, då det kan sjå ut som om ein har klart å unngå at dette området er påverka av fuktigheita i lufta. Figur 49, viser estimert fukt og faktisk fukt under dekkekantane. Dei store toppane som er estimert opptre ikkje. Årsaka til dette kan vera at det ikkje har gått lang nok tid, med ei gitt RF, til at det er blitt likevekt mellom lufta og trevirket.

Feilkjelder

Denne oppgåva er i stor grad knytt til målingar og med det kjem det ein del moglege feilkjelder. Verdiane målt med handhalden trefuktmålaren er utført på prosjekt og kan ha blitt påverka av feil i utføring, notering og handtering av verdiar. Som nemnd har også nokon av dei fastmonterte sensorane ikkje fungert slik dei skal og er difor fjerna. Bygget ligg nært med havet og det kan tenkast at det har blitt utsett for sjøvattn og dermed salt under oppføringa. Det er uvisst om salt og hardvoksbehandlinga på elementa kan ha påverka måleresultatane.

6. Konklusjon

Formålet med oppgåva var å finna ut om utføringsstandarden for trekonstruksjonar er beskrive slik at ein er sikra god kvalitet under utføring. For å forsøka å svara på dette vart det utarbeida 3 forskingsspørsmål. Det første spørsmålet tar for seg fuktutsette bygningsdelar medan det andre spørsmålet omhandlar samanhengen mellom fuktnivåa og det lokale vêret. Spørsmål tre går vidare inn på kvalitet og konsekvensar av høge fuktverdiar over lengre tid. Byggeprosessen som dette prosjektet er basert på har ikkje følgt alle punkta som er sett i standarden. Dette påverkar validiteten til resultatata, då ein ikkje kan sei korleis utfallet hadde vore dersom standarden hadde vore følgt.

1. Kva fuktnivå har ein i dei forskjellige bygningsdelane under oppføring?

Ikkje overraskande er det dekkeoverkantane som er utsett for den største fuktpåkjeninga under utføringa. Vatnet blir liggande som eit lag oppå elementa over ein lengre periode og forårsakar høge fuktverdiar. Områder der det er gjort utskjeringar i massivtreelementa er også særleg utsett. I utskjeringane blir vatn liggande på toppen endevend i elementa og fukta trekker fort inn. På dei vertikale flatene ligg fuktnivået generelt lågare, men med ein del variasjon. For utanom dei områda med utskjering er det vanskeleg å påpeika kva for områder som er meir eller mindre utsett. Dette ser ut til variera basert på fleire faktorar som grad av eksponering og uttørkingsmoglegheit for kvar enkelt plassering. Dette styrker formuleringa i standarden om at det skal gjerast målingar der det er høgst fuktnivå eller der faren for biologisk vekst er størst. Det er derimot ikkje presisert eit minimum tal på målingar som skal utførast i løpet av byggeperioden og denne kontrollfunksjonen kan fort bli nedprioritert. Det bør leggjast inn eit krav om at det etter ei viss mengd nedbør over ein viss periode skal gjerast kontrollmålingar. Fastmonterte sensorar i kritiske punkt, kan vera nyttige for å få ein indikasjon på fuktnivåa.

2. Korleis er fuktnivåa i bygget samanlikna med det lokale vêret?

Utifrå målingane er det tydeleg at fuktnivåa i mykje større grad er påverka av nedbørsmengda enn av den relative fuktigheita. Store nedbørsmengder fører til høge fuktverdiar. Det er først når bygningsdelane ikkje blir utsett for nedbør grunna opphaldsvêr eller ei form for vern, at ein ser den eigentlege effekta av RF i lufta. Ein naturleg låg RF i utelufta er av stor fordel i uttørkingsprosessen som skjer idet massivtrekonstruksjonen er verna. Klimaet i området der eit bygg skal førast opp, bør difor vera ein viktig faktor under planlegginga i forkant. Det bør også stillast krav til berekningar som støtter oppunder at vald vêrbekyttelsesklasse er fuktteknisk forsvarleg.

3. Korleis er kvaliteten i massivtrekonstruksjonen i løpet av byggeprosessen?

Bygningskonstruksjonar med vekst av muggsopp og vedvarande fukt skal unngåast. Prosjektet i casestudiet er utsett for både vedvarande fukt og vekst av muggsopp. Fuktnivået har over lengre periodar vore over kritisk fuktnivå for tre. Muggindeksen berekna, tilseier at det har vore forhold som legg til rette for muggvekst i nesten alle dei kontrollerte punkta.

Før utføring av konstruksjonen bør det føreligga ei berekning av kor lenge konstruksjonen tåler å stå utan vern i eit gitte klimaet. Vêrbeskyttelsesklassen for dei forskjellige byggestega bør bli bestemt basert på denne berekninga. Vidare bør standarden presisera talfesta krav til kontrollar av dei faktiske fuktnivåa i konstruksjonen under utføringa. Dersom dei målte verdiane avviker mykje frå dei estimerte verdiane må det vurderast om det trengs tiltak for å sikra kvaliteten i bygget. Kvar det skal målast må evaluerast i kvart tilfelle av ein person som innehar den påkravde kunnskapen.

7. Vidare arbeid

I denne masteroppgåva er det konkludert med at det trengs ei grundigare estimering av forventta fukt i massivtrebygningar under oppføring. Det hadde difor vore interessant og gjennomført målingar på fleire prosjekt og på varierende bygningsdelar for å få utvida kunnskap om korleis dei forskjellige bygningsdelane er påverka. Det hadde vidare vore interessant å forsøkt å setta nokon grenser for kva for kombinasjon av nedbør, RF, temperatur og eksponeringstid som kan tillatast i dei forskjellige værbeskyttelsesklassane. Det kan også vera interessant og undersøka korleis fuktnivåa er i midten av massivtreelementa, då det potensielt kan vera fukt der, som ein ikkje fangar opp ved målingar etter standardens krav.

Referanseliste

- Aarstad, J., Glasø, G. & Bunkholt, A. Massivtre. *Fokus på tre*, 20. Byningsfysikk.no. (2018). *Fuktmekanikk*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygningsfysikk.no/Fuktmekanikk.php> (lest 18.03.2019).
- Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *Byggesaksforskriften (SAK10)*.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17)*.
- Edvardsen, K. I. & Ramstad, T. Ø. (2014). *Håndbok 5 Trehus*. 10. utg.: SINTEF akademiske forlag.
- Forsén, H. & Tarvainen, V. (2000). Accuracy and functionality of hand held wood moisture content meters.
- G.C.RIEBER. (2018). *Prospekt Skipet*. Tilgjengelig fra: <https://skipet.gcrieber-eiendom.no/om-skipet/> (lest 07.03.2019).
- Geofysisk institutt & Universitetet i Bergen. *Været i Bergen*. Tilgjengelig fra: <https://veret.gfi.uib.no/?action=download> (lest 27.04.2019).
- Geving, S. & Thue, J. V. (2002). *Fukt i bygninger*. Håndbok 50: Norges byggforskningsinstitutt.
- Hukka, A. & Viitanen, H. A. (1999). A mathematical model of mould growth on wooden materials.
- Kilde, V. (2011). Fokus på tre - Gran. Nr.28.
- Kunøe, C. (2017). *Skolestart i landets største massivtrebygg*. Byggmesteren. Tilgjengelig fra: <https://byggmesteren.as/2017/11/20/skolestart-landets-storste-massivtrebygg/> (lest 21.03.2019).
- Kvande, T., Almås, A. J., McInnes, H. & Hygen, H. O. (2012). *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge*. I: 2 (red.). SINTEF.
- Lie, S. K., Thiis, T. K., Vestøl, G. I., Høibø, O. & Gobakken, L. R. (2019). *Can existing mould growth models be used to predict mould growth on wooden claddings exposed to transient wetting?* Building and Environment.
- Linder, J. & Fjellvåg, H. (2018). *Dielektriske materialer*. snl.no. Tilgjengelig fra: https://snl.no/dielektriske_materialer (lest 21.02.2019).
- Mattsson, J. (2004). *Muggsopp i bygninger*. Mycoteam forlag.
- Meteorologisk institutt. (-). *Yr.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.yr.no/sted/Norge/Hordaland/Bergen/Solheimsviken/statistikk.html> (lest 15.04.2019).
- Mills, F. (2017). *Top 5: The world's Tallest Timber Buildings*. Tilgjengelig fra: <https://www.theblm.com/video/top-5-the-world-s-tallest-timber-buildings> (lest 20.02.2019).
- Mycoteam.no. (2019). *Råte og konstruksjon*. Mycoteam.no. Tilgjengelig fra: <https://www.mycoteam.no/konstruksjon-og-rate> (lest 05.02.2019).
- Norsk Stålforbund. (2014). *4.1 Bestem pålitlighetsklasse* Tilgjengelig fra: <http://www.en1090.no/konsekvensklasse.htm> (lest 28.04.2019).
- Paal J. Kahrs Arkitekter. (2018). *Prospekt Skipet*.
- Plessner, T. S. W. (2012). Limsystemer for limtre og sponplater.
- SINTEF Byggforsk. (2007). Råte- og fargesopp. Skadetyper og utbedring. Nr. 720.082.
- SINTEF Byggforsk. (2015a). Fuktmåling i bygninger. Instrumenter og metoder. Nr. 474.531.
- SINTEF Byggforsk. (2015b). Trevirke. Treslag og materialegenskaper. Nr. 571.523.
- SINTEF Byggforsk. (2017). *Unngå skadekonstruksjoner i massivtre*: SINTEF. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/byggforsk/fagblogg/poster/unnga-skadekonstruksjoner-i-massivtre/> (lest 20.03.2019).
- SINTEF Byggforsk. (2018a). Byggfukt. Uttørking og forebyggende tiltak. Nr. 474.533.

- SINTEF Byggforsk. (2018b). Fukt i bygninger. Teorigrunnlag. , Nr 421.132.
- Standard Norge. (2014). *NS 3512:2014 Måling av fukt i trekonstruksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=ns3512> (lest 17.02.2019).
- Standard Norge. (2017). *NS 3516:2017 Utførelse av lastbærende trekonstruksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=ns+3516> (lest 12.02.2019).
- Stora Enso. (2013). *Admission of CLT into WUFI extends design oppotunities*. Tilgjengelig fra: <http://www.clt.info/en/media-downloads/wufi/> (lest 10.04.2019).
- Texas Instrument Incorporated. (2018). *Analog Temperature Sensors, LMT86 2,2-V. I: Instruments*, T. (red.). Tilgjengelig fra: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmt86.pdf> (lest 27.03.2019).
- Thue, J. V. (2016). *Bygningsfysikk - Grunnlag*: Fagbokforlaget.
- Trenytt. (2019). *Nå er verdens høyeste trehus åpnet*. Tilgjengelig fra: <http://trenytt.no/n%C3%A5-er-verdens-h%C3%B8yeste-trehus-%C3%A5pnet> (lest 15.04.2019).
- Viitanen H. (1997). Modelling the time factor in the development of mould fungi in wood - the effect of critical humidity and temperature conditions. *Holzforschung*, 51: 6-14.

Vedlegg

Vedlegg 1: Fuktkontrollplan

Fuktsikringsplan Prosjekt: Kontorbygget Skipet

Versjon 1.0
Dato: 12.10.2018



Innhold

1. Innledning
2. Prosjektets hoveddata
3. Regelverk
4. Splitkon's organisasjon i forhold til fuktplan
5. Grenseverdier
6. Fuktkilder
7. Fuktmøter
8. Beskyttelse av trekomponenter ved transport, lagring og montering
9. Fortløpende kontroll og ved endelig utførelse
10. Revisjon

1. Innledning:

Splitkon er engasjert av byggherren Arenum Eiendom AS som totalentreprenør for delentreprisen B05 Trekonstruksjoner.

I den forbindelse er det kontraktsfestet flere steder at entreprenør for entreprise B5 skal utarbeidet fuktkontrollplan. Viser bl.a til tilbudsforespørselens pkt 3.1 Generelt under punktene Breeam sertifisering og påkjenning vedrørende fukt som også er gjentatt i avklaringsmøtene pkt 4.2 samt Bok O, kap 0.2.7 Breeam avsnitt HEA 09 Fuktsikkerhet. Fuktplanen gjelder for denne entreprisen.

2. Prosjekts hoveddata:

Prosjektnavn : Kontorbygget Skipet
Byggherre : Arenum Eiendom AS
Prosjektledelse : Smidt & Ingebrigtsen AS
Byggeledelse : Fylkesnes AS
Arkitekt : Paal Kahrs Arkitekter AS

Areal : 14.275 m²
Ant plan : 5

Hovedkonstruksjon:

Plan U : Plassbygd betong
Plan 1-5 : Bæresystem søyler, bjelker i limtre samt avstivende vegger inkl heis og trappesjakter samt dekker i KL-tre.

Trematerialer og produkter som skal brukes på byggeplassen;

KL-tre : ca 3000 m³
Limtre : ca 700 m³
Festemidler : Galvanisert stål (*beskriv nærmere*)
Skruer (*beskriv nærmere*)

3. Regelverk:

NS 3516:2017 Utførelse av lastbærende trekonstruksjoner pkt 5.2 Fukt samt Tillegg A Fuktkontrollplan (informativ) er det vi forholder oss til ved opprettelsen av planen.

4. Splitkon's organisasjon i forhold til fuktplan:

Ansvarlig for oppfølging

av fuktkontrollplanen : Helge Kastet (Splitkon's prosjektleder)
Byggeplassleder : Øystein Henriksen (Ansv utførelse på plassen)

Inspeksjoner på byggeplass og navn på personer som utfører inspeksjonene:

Prosjektleder : Helge Kastet

5. Grenseverdier:

Grenseverdier for fukttinnhold i trevirke

	I produksjon	Ved levering	Under montering (overlevering fra Splitkon)	Ved ferdigstillelse før lukking
Limtre	<14%	<16%	<24%	<20%
Krysslimt tre – ikke synlig kvalitet	<14%	<16%	<24%	<20%
Krysslimt tre – synlig kvalitet	<14%	<16%	<24%	<20%
Skjøtebord (avh. av type)	<?%	<16%	<24%	<20%

Værbeskyttelsesklasser:

Montasje av konstruksjonen : PL1

Etter oppføring før hele bygget er tett : PL2

6. Fuktkilder:

Mulige fuktkilder på byggeplassen:

Regn: Forventet nedbør og vindhastighet (slagregn) i byggeperioden

Snø: Forventet snø og slaps

Grunnvann: Uproblematisk for trekonstruksjonen

NB! Prosjektet har en fremdriftsplan hvor limtrekonstruksjonen og KI-tre elementene blir montert i en værmessig ugunstig periode.

7. Fuktmøter:

Under prosjektering: Det gjennomføres egne fuktmøter internt i Splitkon samt at det er tema i prosjektmøtene.

Under utførelse : Temaet vil også være en del av byggemøtene når monteringen starter.

8. Beskyttelse av trekomponenter ved transport, lagring og montering:

Beskyttelse synlige elementer: For å beskytte mot fuktskjolder, transport merker og UV

Limtre : Kontraktfestet ubehandlet, samt impregnering av de som skal stå utendørs.

Splitkon kan tilby hardvoks med pigment som også vil ivareta gulning. Dette er ett tillegg. Hardvoksen vil bli påført på fabrikk.

KL-tre : Ubehandlet, kan tilby hardvoks med pigment som også vil ivareta gulning. Dette er ett tillegg. Anbefaler at det er en nyanse i pigmentet mellom limtre og KI- tre da det er vanskelig å få dette helt likt. Dette vil bli utført på byggeplass.

Tildekning transport:

- Limtre : Plastet fra fabrikk og transporteres i stor grad i lukket bil.
KL-tre :
Fra annen leverandør : Plastet fra fabrikk og transporteres i stor grad i lukket bil.
Fra Splitkon : Plastet alternativ med bruk av presenning for gjenbruk vurderes og transporteres i stor grad i lukket bil.
Alternativ under utprøving : Skru på KL- treplater som en kontainer. Dette vurderes som ett bream tiltak.

Tildekning lagring byggeplass:

Materialet skal mellomlagres i en så kort periode som mulig og det skal legges ut strø som er min 10 cm over bakken.

Transporttildekningen skal være intakt inntil montering starter.

Nødløsning: Plasthall (bør unngås)

Tildekning i byggeposess:

Generelt: Utfordring er regn, slaps, slagregn. Transportbeskyttelsen beholdes inntil montasje starter.

- Søyler: Impregneres fra fabrikk alternativt Osmo behandles (voks).
Ved montasje så beskyttes øverste del av søylen med plastsekk (søylehatt) som teipes fast.
Søyler som skal stå ute i ferdig stand ønskes kledd med «offer panel» som får lik behandling.
- Bjelker: Impregneres fra fabrikk alternativt Osmo behandles (voks). Vil i hovedsak være ikke synlige i ferdig tilstand og beskyttes ikke spesielt ved montering.
- KL-tre vegger: Går over 3+2 plan og vurderes beskyttet i topp inntil midlertidig tekking på topp er utført.
- KL-tre dekker: De monteres sammen etter prinsippet halv/halv. Skjøtene blir enten teipet eller fuget avhengig av været for å hindre vanninntrenging i elementskjøtene. Pr nå er akrylfuge mest aktuelt.

Festemidler: Dette er planlagt i varmgalvanisert utførelse for å unngå stygg avrenning.

Tiltak/forutsetninger fra annen entreprenør:

- Midlertidig tekking av takflaten starter med en gang dekke plan 5 er montert. For utstikkende områder på plan 1 må dette utføres så snart dette dekket er klart.
- Taknedløp etableres med en gang, slik at takvann føres ned til grunn raskest mulig og ikke spruter ut på underliggende dekker.
- Fasadeentreprenør starter sitt arbeid så snart vi flytter oss til neste del.

Når del 1 respektiv del 2 er ferdig tekking og fasaden på, så vil fasaden mot neste del stå åpen. Her må det fortløpende vurderes om denne fasaden må midlertidig skjermes med presenning inntil neste del står klar.

9. Fortløpende kontroll og ved endelig utførelse:

I montering og byggeperioden vil det være kontroll av fuktinnhold samt fuktskader for vurdering av tiltak.

Det vil fortløpende bli utfyllt KS-skjemaer som dokumenterer ovennevnte.

Ved overlevering av leveransen vil det også vedlegges en instruks/anbefaling for øvrige entreprenører for videre håndtering av treelementene inntil endelig ferdigstilling av bygget foreligger.

10. Revisjon:

Planen er ett levende dokument og revideres fortløpende ved behov. Versjonsnr og dato ska

Helge Kastet
Ansvarlig

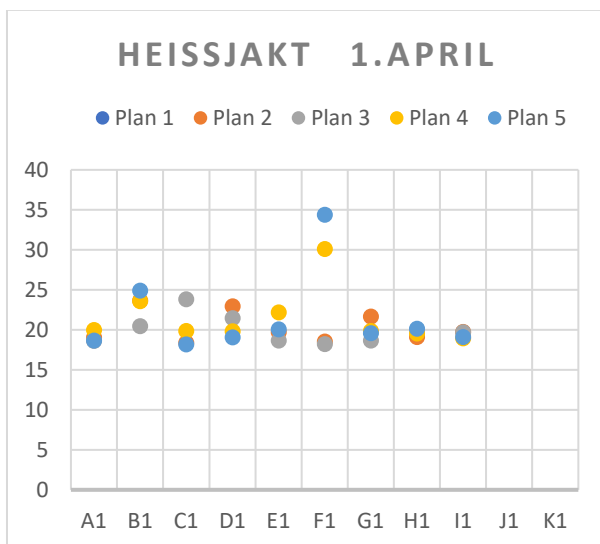
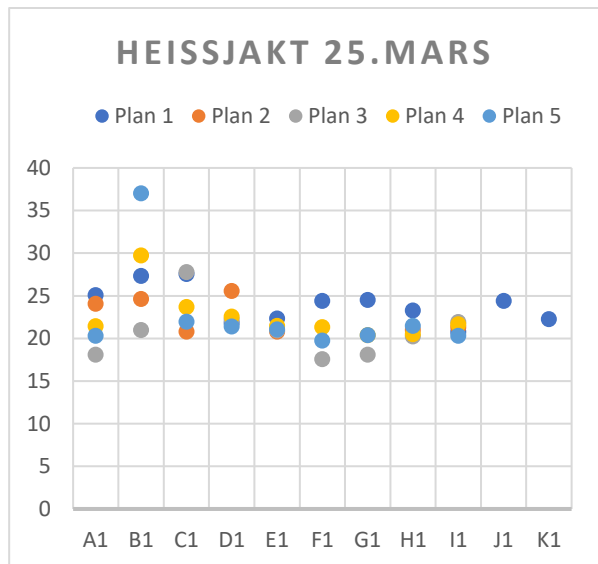
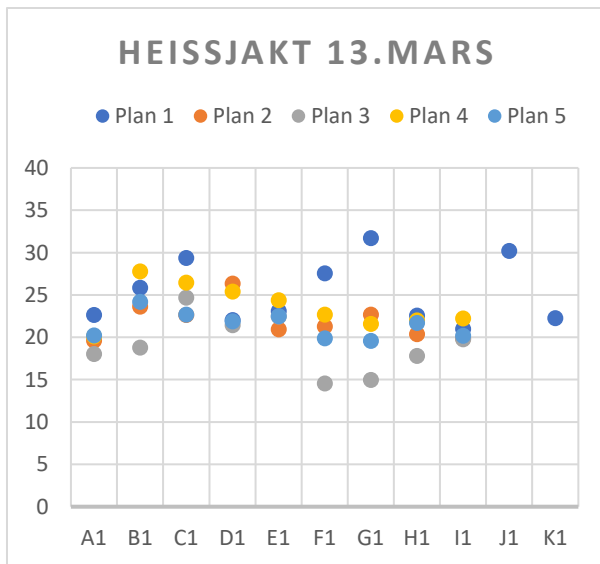
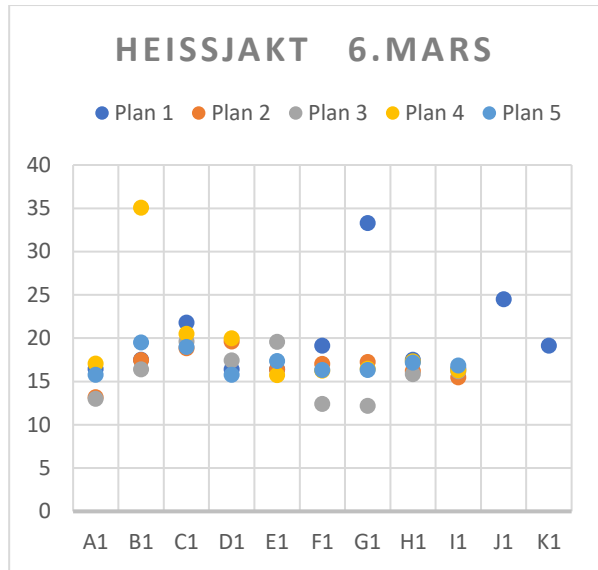
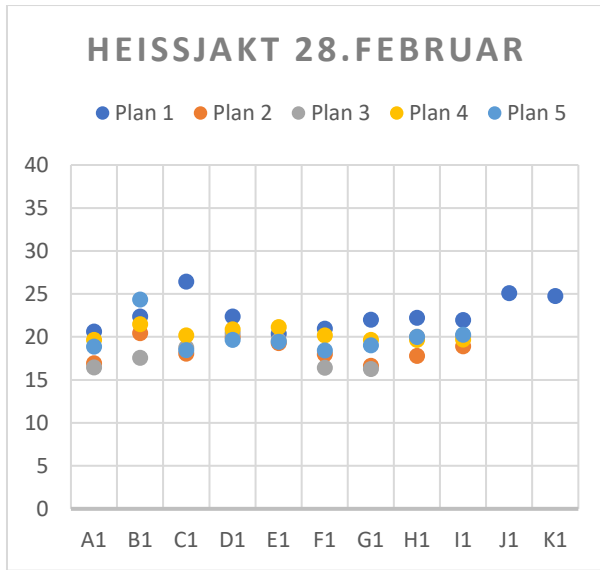
Kristine Nore
Sidemannskontroll

VEDLEGG:

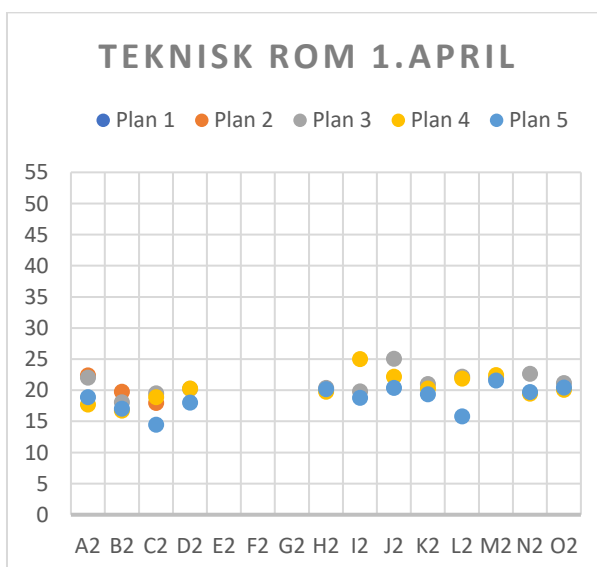
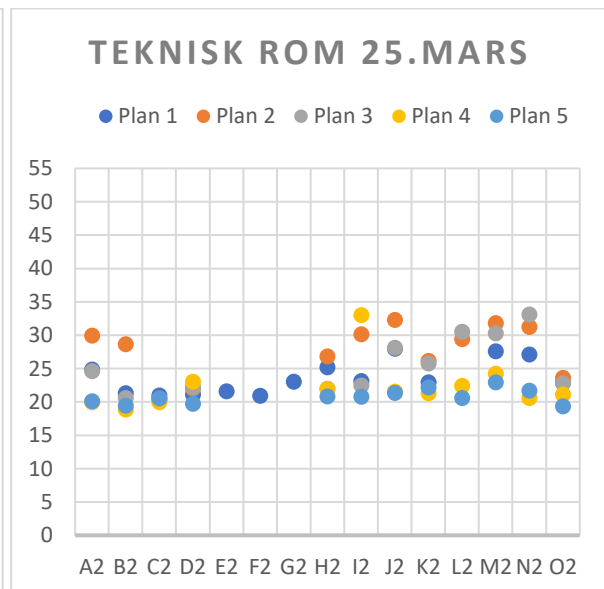
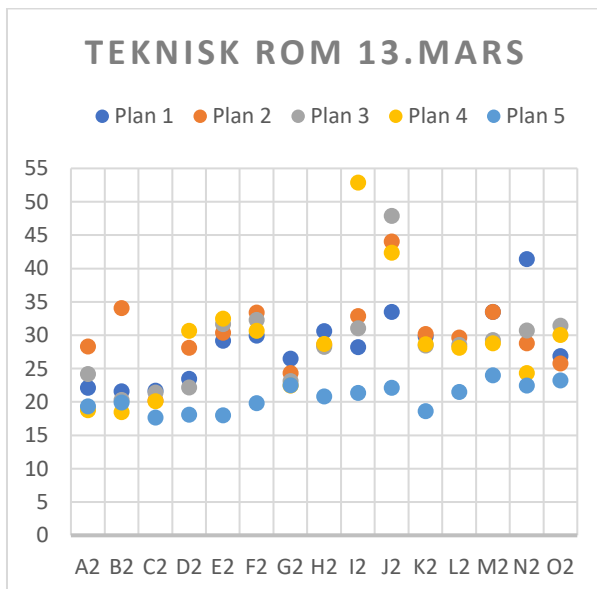
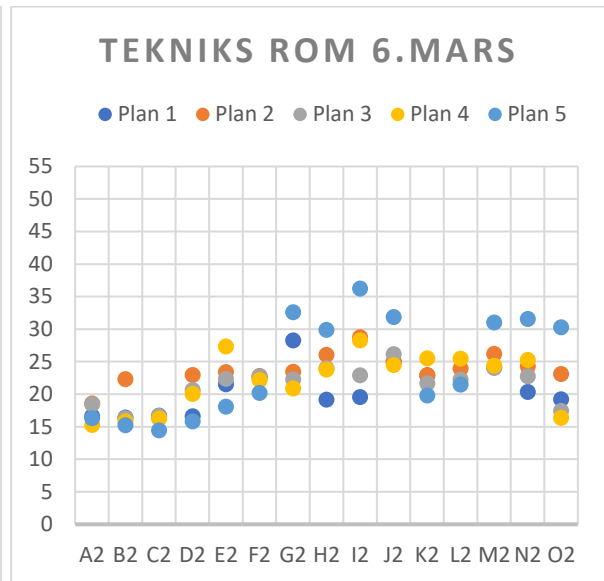
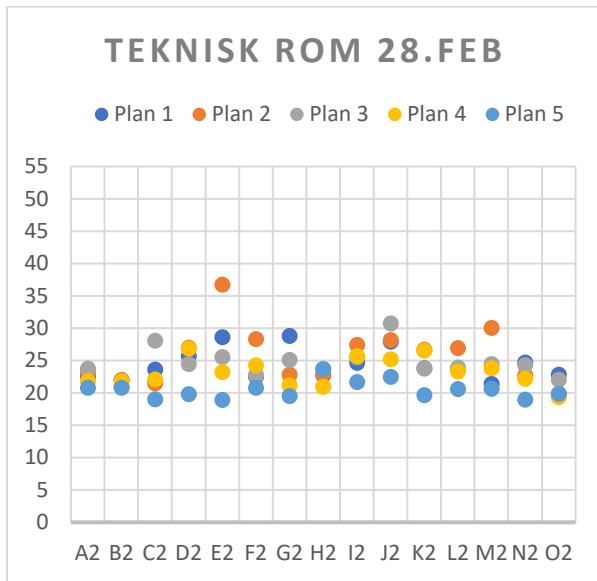
- KS skjema fuktinnhold ut fra fabrikk (**under utarbeidelse**)
- KS skjema fuktinnhold under montasje (**under utarbeidelse**)
- KS skjema fuktinnhold i evt uttøringsperiode (**under utarbeidelse**)
- KS skjema fuktinnhold ved overlevering (**under utarbeidelse**)
- KS skjema overflate ved overlevering (**under utarbeidelse**)

Vedlegg 2: Trefukt målt med handhalden trefuktmålar

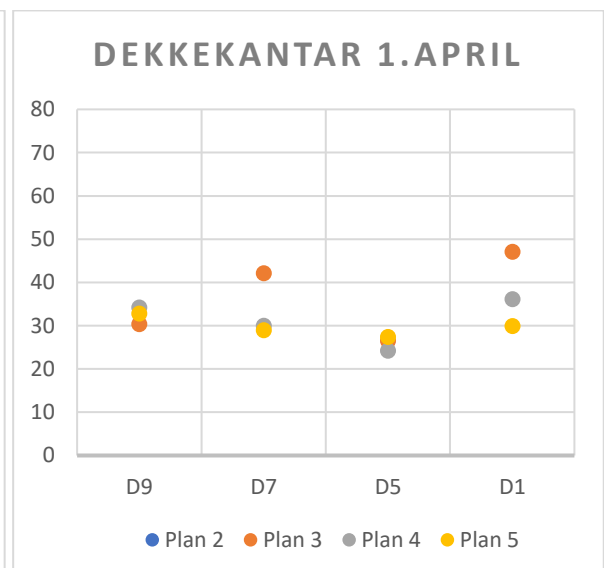
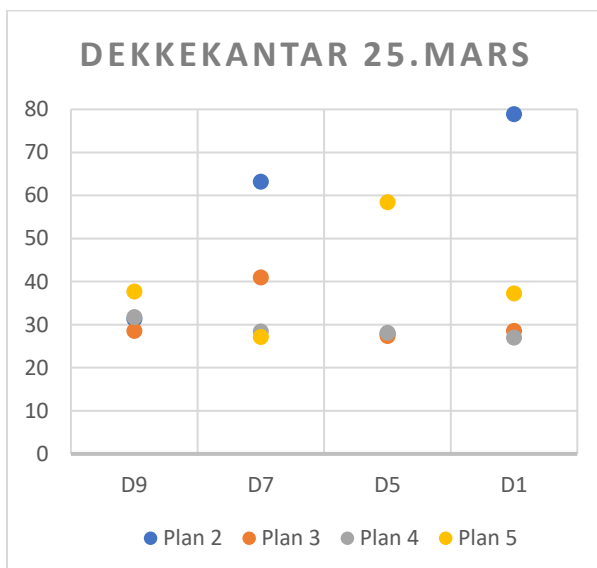
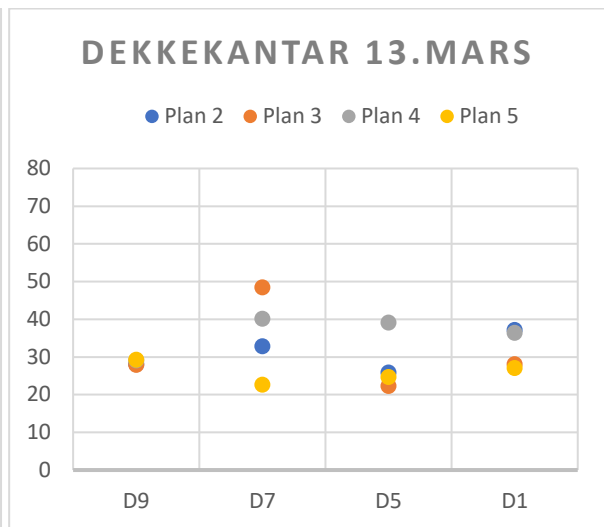
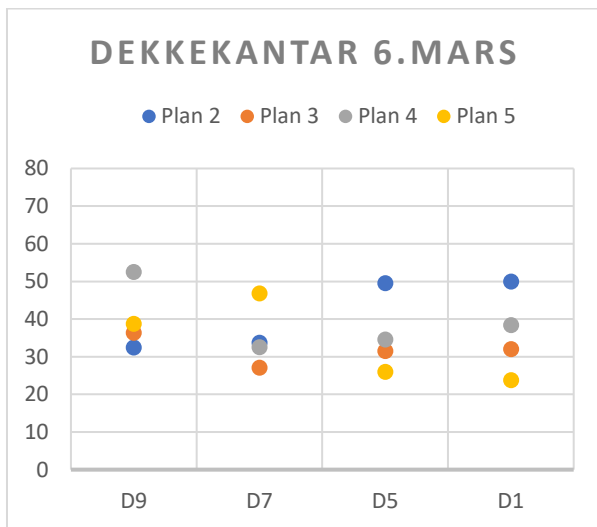
Heissjakt (Målte verdiar i vekt%)



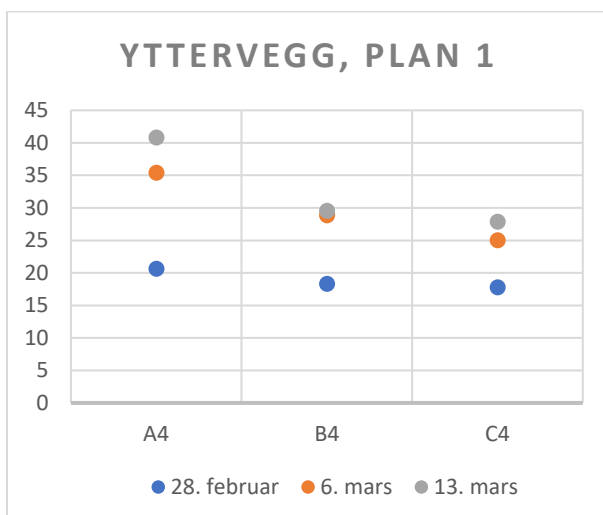
Teknisk rom (Målte verdier i vekt%)



Dekkekantar (Målte verdiar i vekt%)



Yttervegg, plan 1 (Målte verdiar i vekt%)



Vedlegg 3: Verdier frå målesensorar

Grafisk framstilling av resultatata for alle målesensorane frå 7 sense.

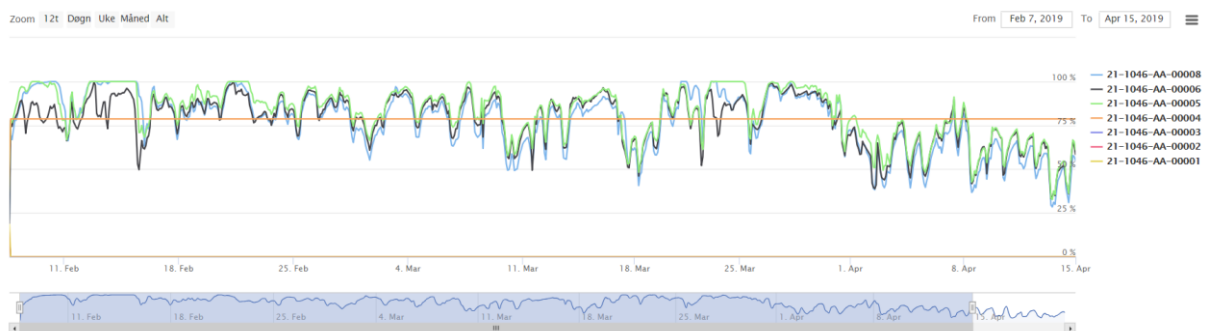
Lufttemperatur (°C)

Tabell 21 Verdier for sensor 1,2,3 og 4 er ikkje nytta i resultatata.



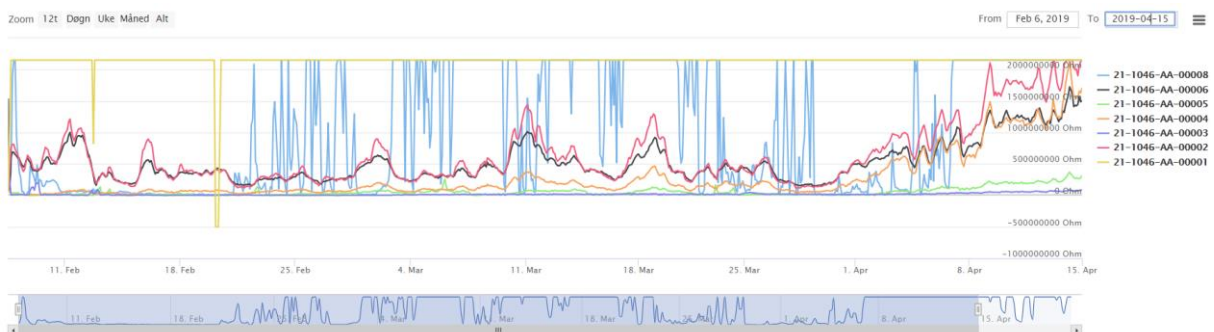
Luftfuktigheit (RF)

Tabell 22 Verdier frå sensor 1,2,3 og 4 er ikkje nytta i resultatata.



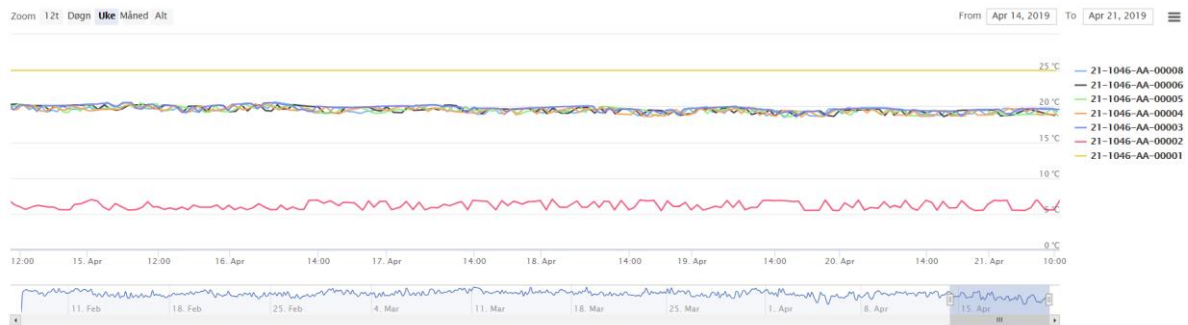
Målt resistans, Trefukt (Ohm)

Tabell 23 Verdier frå sensor 1 og 8 er ikkje nytta i resultatata.



Temperatur i trevirke (mV/100)

Tabell 24 Verdier frå sensor 1 og 2 er ikkje nytta i resultatata.



Verdien i nettportalen er notert som °C, men skal vera notert som mV og multipliserast med 100. Utrekning for å få verdien i °C ,er gjort med følgande formel gitt frå produsenten av temperaturmålararen (Texas Instrument Incorporated, 2018)

$$T = \frac{10,888 - \sqrt{(-10,888)^2 + 4 * 0,00347 * (1777,3 - V_temp[mV])}}{2 * (-0,00347)} + 30$$



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway