



LUND UNIVERSITY

Trådlösa ingjutna sensorer för relativ fuktighet i betong

Förstudie av Electrotech-sensorer

Åhs, Magnus

2021

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Åhs, M. (2021). *Trådlösa ingjutna sensorer för relativ fuktighet i betong: Förstudie av Electrotech-sensorer*. (TVBM; Nr. 3188). Lund University.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Trådlösa ingjutna sensorer för relativ fuktighet i betong – Förstudie av Electrotech-sensorer

Magnus Åhs | Avdelning Byggnadsmaterial | LTH | Lunds universitet
TVBM-3188



LUND
UNIVERSITY

ISRN LUTVDG/TVBM—21/3188—SE(1-15)

ISSN 0348-7911 TVBM

© Magnus Åhs 2021

Lunds universitet

Avdelning Byggnadsmaterial

Box 118

221 00 Lund

www.byggnadsmaterial.lth.se

Förord

Det här projektet initierades av Robert Larsson, Cementsa, hösten 2020. I projektet har Magnus Åhs, avdelning Byggnadsmaterial, LTH, undersökt sensorer för att mäta relativ fuktighet i betong. Avdelning Byggnadsmaterial, LTH, har bedrivit forskning rörande fuktmätning i byggnadsmaterial under flera decennier.

I det här projektet har avdelning Byggnadsmaterial undersökt en ny fuktsensor från Electrotech. Fuktsensorn mäter relativa fuktigheten i betong och är framtagen för att kunna gjutas in i betong. Sensorn sänder information trådlöst till ett datainsamlingsystem och resultatet överförs sedan till en dator.

Stefan Backe, avdelning Byggnadsmaterial, LTH, har varit med i hela projektet och bland annat installerat mätsensorer, tillverkat provkroppar och mätt relativ fuktighet med eftermonterade Vaisalaseror. Stort tack för all hjälp.

Electrotech har tillhandahållit fuktsensorer samt utrustning för att samla in data samt varit behjälpliga med att få datainsamlingen att fungera. Dessutom har de gett instruktioner om hur omvandling ska ske mellan hexadecimala indata från datainsamlingen till relativ fuktighet i decimaltal.

Cementsa AB har finansierat projektet.

Magnus Åhs, 5 mars 2021

Lund

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Syfte.....	2
2	Material.....	3
3	Metod	3
4	Resultat och diskussion	7
5	Slutsats.....	13
6	Referenser	15

Bilaga

1 Introduktion

Relativ fuktighet i betong mäts i princip alltid med sensorer som monteras efter att konstruktionen är gjuten. Detta förfarande har fördelar men också en del nackdelar.

Till fördelarna hör att fuktsensorer som monteras en tid efter gjutning kan kalibreras både före och efter mätning och sedan kan dessa sensorer återanvändas många gånger. Detta är väldigt bra ur många perspektiv. Kalibrering vid upprepade tillfällen ger information om en specifik sensor driver, det vill säga om sensorns utslag förändras vid ett visst fuktillstånd, relativ fuktighet. Återanvändning av en sensor innebär en lägre ekonomisk kostnad samtidigt som det ger en lägre miljöpåverkan.

Till nackdelarna hör att förfarandet med att montera in sensorer är tidskrävande och innehåller många komplicerade arbetsmoment. Dels ska ett hål borrar ner till ett visst djup som beror på några olika parametrar sedan ska ett foderrör monteras i mät hålet. Sedan ska en sensor monteras och sedan krävs minst 4-7 dygns stabilisering för att läsa av fuktigheten. Detta innebär minst två besök på plats för att erhålla ett mätresultat för en specifik tidpunkt och plats. Om en ny avläsning ska utföras krävs ett nytt platsbesök. Det är inte möjligt att använda samma borrhål för en ny mätning en tid senare om sensorn har plockats bort en gång. Till detta kan sägas att hålet blir varmt när borrningen sker. Detta påverkar sannolikt fuktigheten så att betongen är en annan vid mät hålet än vad den är i delar av konstruktionen som inte påverkats av borrningen. Ytterligare en svårighet och nackdel är att metoden är känslig för läckage under mätning och dessutom måste man säkerställa att mätpunkten inte störs av stora temperaturvariationer en tid före avläsning. Till sist måste man skydda mätpunkten från ytter åverkan så att sensorn inte rubbas från sitt läge.

Det börjar komma ut sensorer på marknaden som kan gjutas in i betong. Trådlösa sensorer kan innebära att många av de uppräknade nackdelarna med eftermonterade fuktsensorer undanröjs, om dessa sensorer är tillförlitliga och fungerar tillfredsställande.

En stor fördel med ingjutningsbara trådlösa sensorer är att betongens uttorkning inte påverkas av den värme som tillförs under borrningen som sker med eftermonterade fuktsensorer. En annan fördel är att det med en ingjuten trådlös sensor är möjligt att koppla till utrustning så att det går att följa uttorkningen på distans via en dator. Det behövs bara ett platsbesök för att montera den, den sitter skyddad från yttre åverkan och den är inte känslig för temperaturvariationer alls utan den följer konstruktionens temperatur. Det krävs inte någon lagning som det gör när man monterar bort en eftermonterad sensor. Det är också möjligt att följa hur den kvarvarande fukten omfördelas under lång tid efter att ett golvmaterial har limmats fast på betongbjälklaget.

Några nackdelar är att sensorn bara kan användas en gång och att det inte finns någon möjlighet att efterkalibrera den. Det är också svårt att säkerställa att den hamnar på en exakt position och det finns risk att sensorn förstörs vid gjutningsarbetet om en betongvibrator kommer i kontakt med den. Det kan vara svårt att skicka signaler genom armerad betong och räckvidden mellan sändare och mottagare är ett annat problem med trådlösa system.

Det finns en del tidigare försök utförda med ingjutna trådlösa temperatursensorer [1-3] och några studier genomförda specifikt med fuktsensorer (ingjutna och monterade i efterhand) utförda vid LTH [2, 4, 5].

I det här projektet har Electrotechs trådlösa ingjutningsbara fuktsensorer provats mot Vaisalas eftermonterade fuktsensorer. Vaisalas fuktsensorer är inte trådlösa men är godkända att mäta med enligt RBK systemet Fuktkontrollant Betong [6], dessa sensorer har också använts under många års tid på avdelning Byggnadsmaterial, LTH. Dessutom har Wiiste fuktmätningssystem med ingjutningsbara fuktsensorer använts i det här projektet.

1.1 Syfte

Den här studien syftar till att utvärdera Electrotechs ingjutna trådlösa fuktsensorer som loggas av ett system kopplat till en dator (PC). Utvärderingen sker genom att jämföra Electrotechs fuktsensorer mot eftermonterade inborrade Vaisala fuktsensorer. Dessutom har ett finskt mätsystem med ingjutningsbara fuktsensorer använts i försöket, Wiiste. De sistnämnda sensorerna kan läsas av manuellt med ett handinstrument.

Totalt har uttorkningen i betongen loggats under en drygt tre månader lång mätperiod.

2 Material

Två olika betongkvaliteter används vid dessa försök, vct 0.55 samt vct 0.4, för betongrecept och delmaterial till de olika kvaliteterna se Tabell 1.

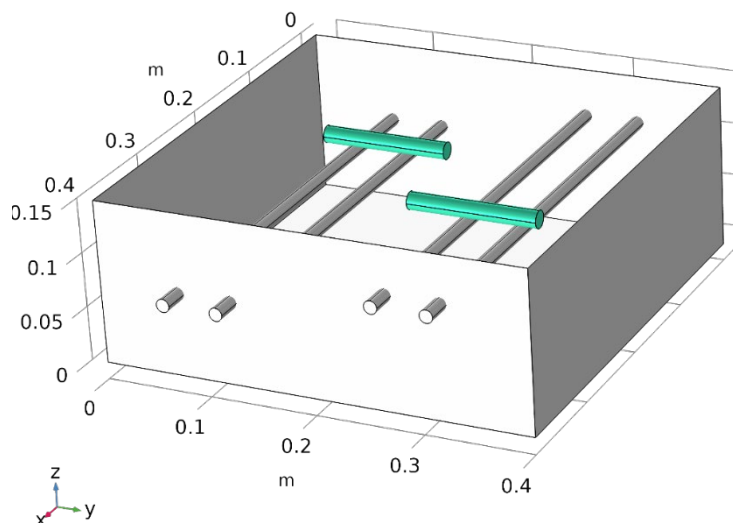
Tabell 1 Recept för de två betongkvaliteterna, samtliga delmaterial angivna i kg/m^3

Material	Vct 0.4	Vct 0.55
Basement	490	490
Vatten	196	270
Sand (kross) Björnstorp 0-2	900	794
Sten (kross) Björnstorp 8-11	857	756
Sikament Evo 26	3,68	1,86

Skälet till att använda två olika betongkvaliteter är att uttorkningen sker olika snabbt i dessa två betongkvaliteter. Därmed är det i viss mån möjligt att se om sensorerna följer med i uttorkningen även om uttorkningen först sker snabbt för att i ett senare skede ske långsamt.

3 Metod

De trådlösa fuktsensorerna gjuts in i en platta av vardera betongkvaliteten på en viss position. Gjutformen är en kvadratisk låda med sidorna $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ och höjden 150 mm , se Figur 3.1.



Figur 3.1 Illustration av gjutform samt armeringsjärn och två sensorer monterade på olika höjd.

I vardera gjutform monteras fyra armeringsjärn på en höjd så att centrum på fuktsensorerna (ljusgröna) hamnar 30 respektive 60 mm från ovanytan, se Figur 3.3. Nominellt mätdjup enligt RBKs riktlinjer är satt till $0.4 \cdot \text{tjockleken}$ på bjälklaget vid enkelsidig uttorkning, vilket i det aktuella fallet blir 60 mm.

Den trådlösa ingjutna fuktsensorn innehåller elektronik, batteri och fukt- och temperatursensor som är ingjuten i en 110 mm lång nyloncylinder med diametern 22 mm, se Figur 3.2, diametern på plasthuv är cirka 25 mm.



Figur 3.2 Electrotechs fuktsensor med plasthuv och microporetejp lindad kring plasthuv

På den ena sidan av sensorn har en perforerad plasthuv fixerats för att skapa ett luftutrymme mellan betong och den aktiva delen av fuktsensorn. Runt den perforerade plasthuv har micropore-tejp lindats runt för att förhindra att vatten från betongen läcker in genom perforeringen och når sensordelen.

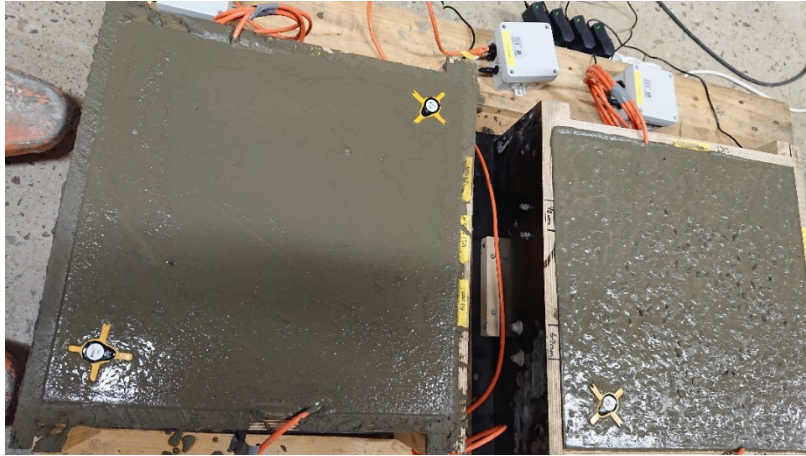
Fuktsensorer från Electrotech monterades i en gjutform byggd av 18 mm formplyfa (ytbehandlad plywood), se Figur 3.3. En sensor från Electrotech monterades också utan micropore-tejp för att undersöka om micropore-tejpen verkligen är nödvändig och om den möjligtvis påverkar mätresultatet.



Figur 3.3 Gjutform samt två trådlösa fuktsensorer av Electrotech monterade på armeringsjärn på olika höjd

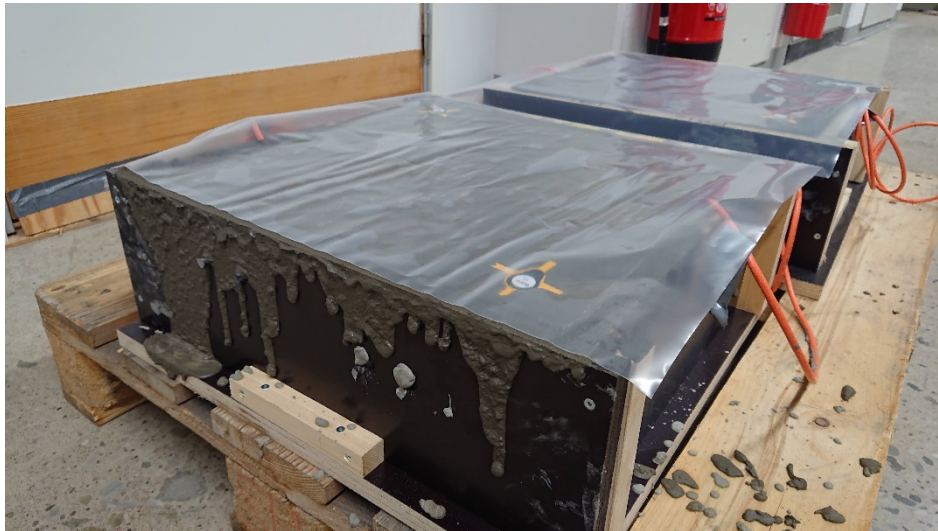
I de två lådorna monterades också totalt tre st Wiiste fuktsensorer. Wiiste är ytterligare ett system för ingjutna fuktsensorer som användes i undersökningen. Wiiste fuktsensorer är ingjutningsbara och monteras (trycks ner) i den nygjutna betongen och avläses med ett handhållet instrument. Wiiste sensorn är tillverkad i en viss längd och är därmed avpassad till ett visst djup.

I Figur 3.4 visas de två nygjutna plattorna av betong och där syns också Wiiste sensorerna.



Figur 3.4 Två nygjutna plattor av betong, vct 0,55 till vänster och vct 0,4 till höger. I vct 0,55 monterades också två wiiste sensorer, syns i motstående hörn som gula kors, och i vct 0,4 monterades en Wiiste sensor.

De två plattorna täcktes med en plast under ett dygn för att undvika sprickbildning på grund av tidig uttorkning.



Figur 3.5 Gjutning skyddad med plastfolie för att undvika sprickor på grund av tidig uttorkning

Resultatet från mätningen med de trådlösa ingjutna sensorerna från Electrotech och Wistee jämförs sedan mot mätningar utförda med Vaisala fuktsensor 30 respektive 110 dygn efter gjutning. Genom detta förfarande det i viss mån möjligt att säga någonting om vad som sker efter både en kortare och en längre tids mätning med de ingjutna sensorerna.

Under pågående mätning noterades att Electrotechs fuktsensorer visade en mycket lägre relativ fuktighet än Vaisala sensorerna och Wiiste sensorerna. Skälet till denna skillnad var inte känd. Därför lades ett mindre försök till det ursprungliga försöket. En mindre kub av betong med sidan 150 mm gjöts som komplement till den större plattan, se Figur 3.6 och Figur 3.7.



Figur 3.6 Betongkub med vct 0,4 med ingjuten fuktsensor från Electrotech.



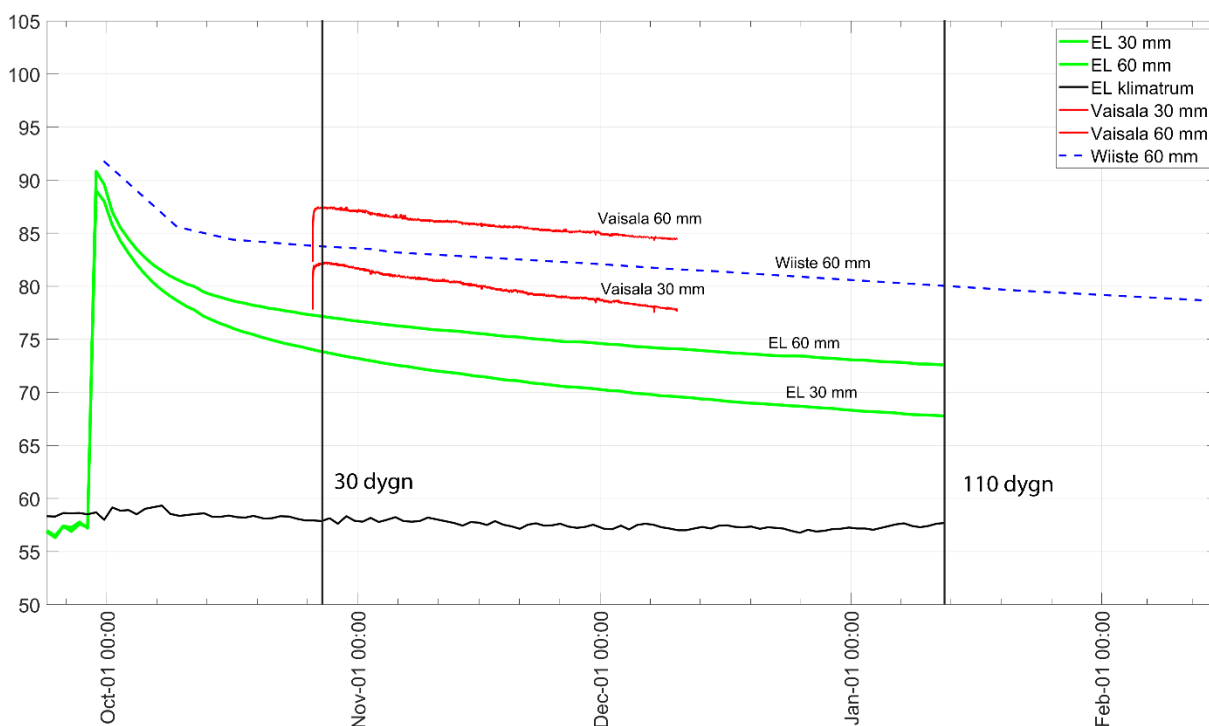
Figur 3.7 Halverad betongkub med fuktsensor från Electrotech.

I den kuben monterades en fuktsensor från Electrotech som sedan plockades ut efter cirka 30 dygn. Efter detta lades den utplockade fuktsensorn i en klimatlåda med 85,1% RF för att se om den mätte ett korrekt RF efter att ha gjutits in i betong.

4 Resultat och diskussion

Fuktsensorerna från Electrotech ger flera olika utdata till användaren; relativ fuktighet, temperatur samt signalstyrka. Endast relativ fuktighet har redovisats i den här rapporten. Både Wiiste-senorerna och vaisala ger också temperatur och relativ fuktighet. Mätdata från Wiiste-sensorn har lästs av manuellt ett flertal gånger under mätperioden. Under en tid av ungefär 45 dygn har mätdata från Vaisala sensorer loggats och redovisas tillsammans med loggade värden för Electrotech och Wiiste. Resultatet redovisas också i tabellform vid två specifika tidpunkter efter 30 respektive 110 dagars uttorkning.

I Figur 4.1 visas den relativa fuktigheten i en betong med vct 0.4 på två olika djup 30 och 60 mm räknat från ovankant. Dessutom visas RF i klimatrutrummet av en fuktsensor från Electrotech. Se bilaga för en förstoring av diagrammet.



Figur 4.1 Relativ fuktighet mätt på 30 och 60 mm djup i en platta av betong med vct 0.4, tjocklek 150 mm.

Electrotechs ingjutna fuktsensor (EL 30 mm, grön heldragen linje) når cirka 89% RF vid första loggade mätvärdet men redan efter cirka en vecka är RF ungefär 80 %.

Mätningen med Vaisala startas 28 dagar efter gjutdagen. De vertikala röda linjerna visar att båda Vaisala-sensorerna var torrare än betongen när de monterades för att sedan komma i jämvikt med RF i betongen. 30 dagar efter gjutning har Vaisala sensorn (30 mm) nått ett jämviktsläge och visar då 82% RF. Vid samma tidpunkt visar Electrotechs ingjutna sensor cirka 10%-enheter lägre RF. Skillnaden mellan mätsystemen Electrotech och Vaisala är i princip konstant under hela den loggade tiden från dag 30 till dag 75. Detta tyder på att jämvikt råder i respektive mätsystem och att uttorkningen i princip följs men på helt olika nivå.

Electrotechs ingjutna fuktsensor (60 mm) når cirka 91% RF vid det första loggade mätvärdet. Efter ytterligare en vecka är RF ungefär 82%. Det är rimligt att mäta ett högre RF i en mätpunkt som ligger djupare ner från ytan.

Wiiste sensorn visar att RF är ungefär 92% RF 2 dagar efter gjutning och ungefär 87% RF efter ytterligare en vecka. Skillnaden mellan Electrotech och Wiiste ökar med tiden fram till ungefär 20 dagar efter gjutning då skillnaden mellan de två systemen börjar bli konstant och är då ungefär 7 %-enheter stor.

I Tabell 2 visas mätresultatet från samtliga fuktsensorer 30 respektive 110 dygns uttorkning av plattan med vct 0,4. Observera att nytt mäthål har borrats för att mäta med Vaisala efter 110 dygn.

Tabell 2 Mätresultat i relativ fuktighet för fuktsensorerna Electrotech , Wiiste och Vaisala 30 respektive 110 dygn efter gjutning i plattan med vct 0,4.

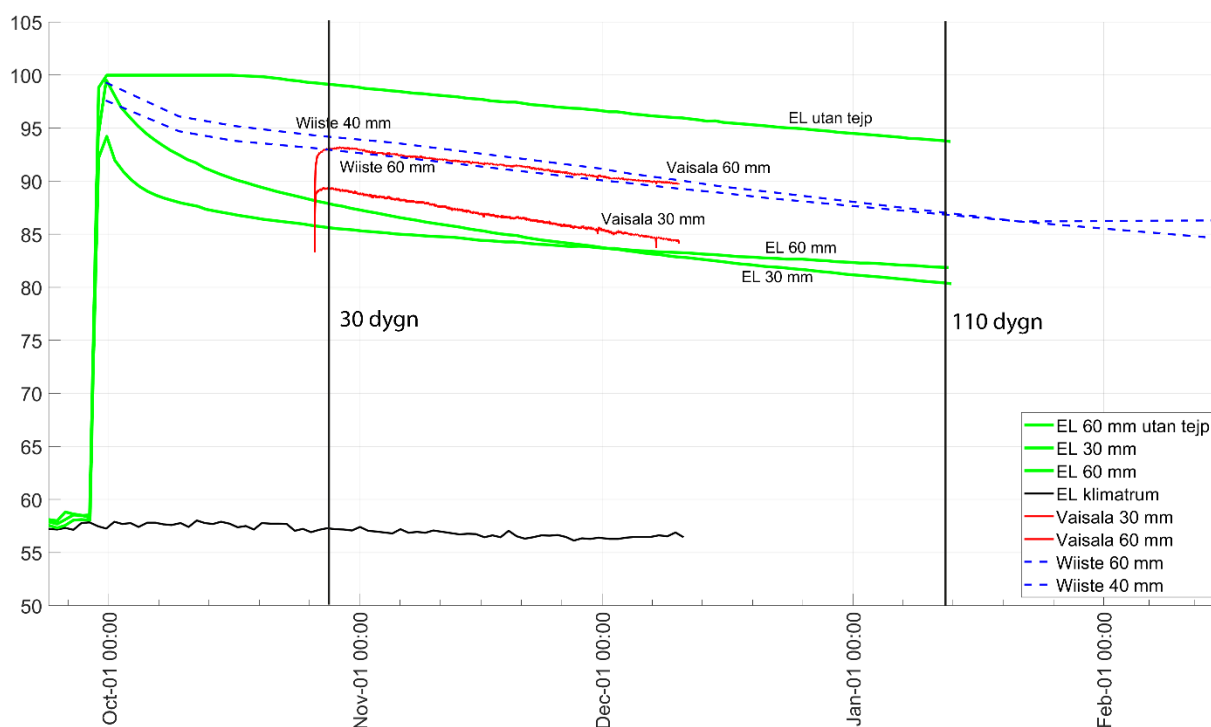
Tid	30 dygn		110 dygn	
Mätdjup [mm]	30	60	30	60
Electrotech	74 % RF	78 % RF	67% RF	72% RF
Vaisala	83 % RF	88 % RF	81 % RF	85 % RF
Wiiste	-	84 % RF	-	80 % RF

Trettio dagar efter gjutning visar Vaisalasensorn (60 mm) 88 % RF och Electrotech visar 10 %-enheter lägre, det är en väldigt stor skillnad på ekvivalent mätdjup, 60 mm. På mätdjupet 30 mm visar Vaisala 83 % RF och Electrotech visar 9 % RF lägre, det är nästan lika stor skillnad. Efter ytterligare 80 dygns uttorkning visar Vaisala 85% RF på ekvivalent mätdjup, 60 mm, och Electrotech visar 12 %-enheter lägre, skillnaden mellan dessa system är fortfarande av samma storleksordning. På mätdjupet 30 mm mätdjup är visar Vaisala 81% RF och Electrotech 14 %-enheter lägre. Wiiste visar ett resultat som ligger mellan 4-5 %-enheter lägre än Vaisala-systemet.

Frånsett den stora skillnaden i absolutvärde mellan systemen så antyder resultaten från mätningen med Electrotech att uttorkningen går något snabbare i dessa mätpunkter.

Electrotechs fuktsensorer har en micropore-tejp virad några varv runt den perforerade plasthuvens för att stoppa vatten i vätskeform från att tränga in till luftutrymmet närmast RF sensorn. Det kan vara så att tejen på något sätt suger upp vatten från betongen och att detta påverkar resultatet. Om micropore-tejen är torr från början och suger upp en del vatten från betongen närmast plasthuvens så kan detta påverka så att RF i luften i plasthuvens blir lägre än omgivande betong. Om sedan micropore-tejen påverkar vct i cementpastaskiktet närmast tejen kan detta skikt fungera som en tät fuktspärr som hindrar fukt att omfördelas in till fuktsensorn. Detta förslag på förklaring är endast en hypotes.

I Figur 4.2 visas relativa fuktigheten och uttorkningen i en betong med vct 0.55. Även i denna figur visas RF i klimatrummet av en fuktsensor från Electrotech. Se bilaga för en förstoring av diagrammet.



Figur 4.2 Relativ fuktighet mätt på 30 och 60 mm djup i en platta av betong med vct 0.55, tjocklek 150 mm.

Electrotechs ingjutna fuktsensor med micropore tejp (EL 30 mm) når 100% RF vid första loggade mätvärdet och efter en vecka är RF ungefär 94%. Trettio dagar efter gjutning visar EL 30 mm 87% RF.

Mätningen med Vaisala (röda heldragna linjer) startas 28 dagar efter gjutdagen. De vertikala röda linjerna visar att båda Vaisala-sensorerna var torrare än betongen när de monterades för att sedan komma i jämvikt med RF i betongen. 30 dagar efter gjutning visar Vaisala-sensorn på 30 mm 89% RF vilket är 2 %-enheter högre än Electrotechs fuktsensor. I början av mätningen visar Electrotechs fuktsensor 100 % RF under cirka ett dygn, det kan vara så att ett läckage mellan tejp och plasthuv har skett.

Skillnaden mellan mätsystemen Electrotech och Vaisala är i princip konstant under hela den loggade tiden från dag 30 till dag 75. Detta tyder på att jämvikt råder i respektive mätsystem och att uttorkningen i princip följs. I figuren visas resultatet från tre Electrotech sensorer varav en inte hade någon micropore tejp virad runt den perforerade plasthuv (grön heldragen linje).

Electrotechs ingjutna fuktsensor (60 mm, grön heldragen linje) når cirka 94 % RF vid det första loggade mätvärde, en vecka efter gjutning är RF ungefär 87 % RF.

Wiiste sensorn (blå streckad linje) visar ungefär 98 respektive 96 % RF 2 dagar efter gjutning och ungefär 96 respektive 95 % RF efter ytterligare en vecka. Skillnaden mellan Electrotech och Wiiste ökar med tiden fram till ungefär 20 dagar efter gjutning då skillnaden mellan de två systemen börjar bli konstant.

I Tabell 3 visas mätresultatet från samtliga fuktsensorer 30 respektive 110 dygns uttorkning av plattan med vct 0,55.

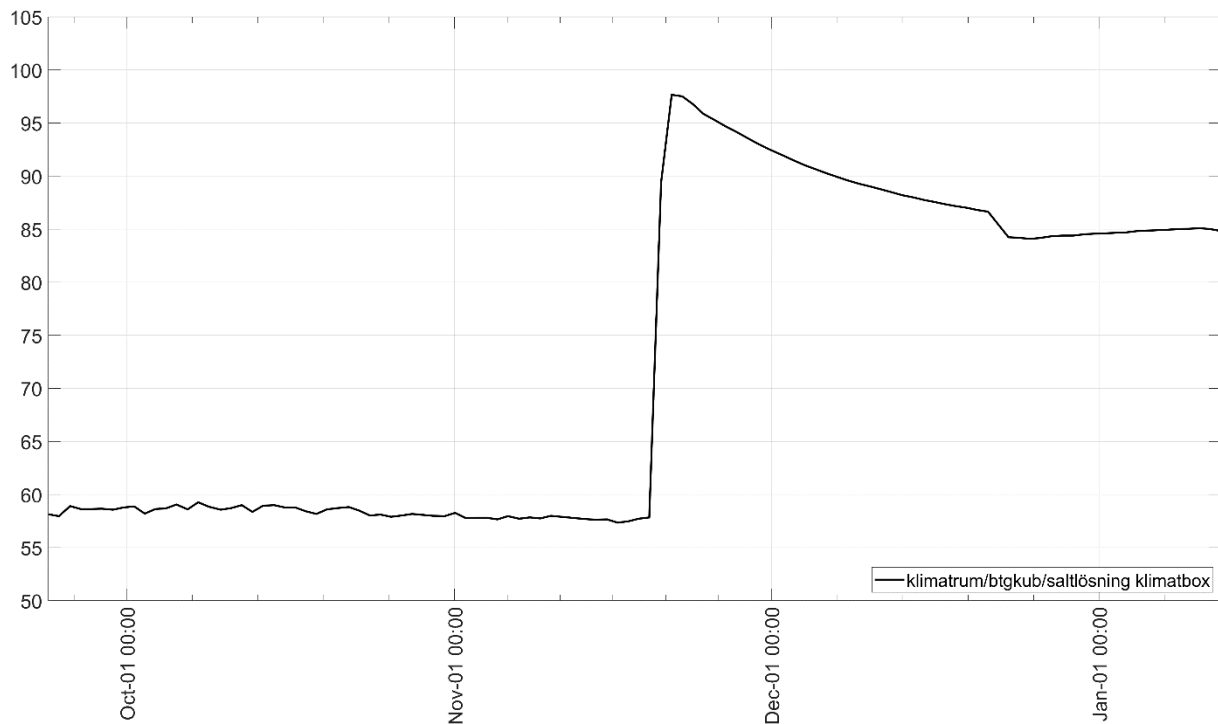
Tabell 3 Mätresultat i relativ fuktighet för fuktsensorerna Electrotech , Wiiste och Vaisala 30 respektive 110 dygn efter gjutning i plattan med vct 0,55.

Tid	30 dygn		110 dygn	
Mätdjup [mm]	30	60	30	60
Electrotech	86 % RF	88 % RF	80 % RF	82 % RF
Electrot. utan tejp		98 % RF		94 % RF
Vaisala	89 % RF	94 % RF	83 % RF	91 % RF
Wiiste (40 mm)	93 % RF	94% RF	86 % RF	86 % RF

Trettio dagar efter gjutning visar Vaisala 89 % RF och Electrotech 86 % RF på 30 mm djup, obs misstänkt vattenläckage Electrotechs sensor. På ekvivalent mätdjup 60 mm visar Vaisala 94% RF och Electrotech 6 %-enheter lägre 30 dagar efter gjutning.

Efter 110 dagars uttorkning visar Electrotech 82% RF och Vaisala visar 1 %-enhet högre RF på 30 mm mätdjup. På ekvivalent mätdjup (60 mm) visar Electrotech 85% RF och Vaisala visar 6 %-enheter högre. Skillnaden mellan systemen är inte lika stor i den här mätningen. Skillnaden i absolutvärde är inte lika stor som i plattan med vct 0,4. Systemen följer trots dessa skillnader, uttorkningen på ett ungefär likvärdigt sätt.

I Figur 4.3 visas relativ fuktighet för en mätning med Electrotechs fuktsensor i en vct 0,4 betong som har gjutits i en kubform av stål med sidan 150 mm. Betongkuben har sedan låtit torka på alla 6 sidor under ungefär 30 dygns tid. Därefter har kuben halverats och fuktsensorn har plockats ut. Efter detta har fuktsensorn lagts i ett klimat av 85,1 % RF under lång tid. RF i klimatrummet visas också i Figur 4.3 av en fuktsensor från Electrotech.



Figur 4.3 Relativ fuktighet mätt i klimatrum, i en betongkub med vct 0.40 och i en klimat box med RF 85,1% RF.

Fuktsensorn visar först att RF i klimatrummet är cirka 57% RF, sedan gjuts sensorn in i betong och fuktigheten stiger till cirka 98 % RF. Sedan sjunker RF till cirka 86 % RF på 30 dagar varefter den plockas ut ur betongkuben. Därefter visar fuktsensorn cirka 85% RF vilket stämmer helt överens med relativa fuktigheten i klimatboxen.

Detta visar att just den här sensorn fungerade väldigt bra båda i gjutningen samt i eftervalideringen som skedde i klimatboxen. Dock var RF betydligt högre i betongkuben efter 30 dygn jämfört med den RF som visades i plattan med motsvarande vct, 78 % RF respektive 74% RF, trots att uttorkningsförhållandena var likvärdiga. Att plattan skulle vara 7-11 % RF torrare kan inte förklaras med att plattan skulle torka mycket fortare än betongkuben. Det motsatta är troligare att betongkuben skulle torka snabbare än plattan.

Till ovanstående resultat kan tilläggas att sändningen och mottagningen av data har fungerat bra under mätperioden. Mottagaren var placerad ungefär 3 meter från de båda betongplattorna som var föremål för mätningen,

5 Slutsats

Electrotechs mätsystem visar på många fördelar. Uttorkningen i plattorna kan följas under flera månaders tid utan problem via en datalogger kopplad till en dator. Sändningen från de ingjutna fuktsensorerna till dataloggern fungerar bra, dock var avståndet till mottagaren i den här undersökningen relativt kort, cirka 3 meter. Huvudsyftet var dock inte att undersöka signalstyrka/tillförlitlighet för sändar/mottagar-systemet.

Mätningen i plattorna visar att Electrotechs fuktsensorer visar cirka 5-12 % enheter lägre RF Vaisalasytemet och Vaisala är ett RBK-godkänt mätsystem. För att användas i ett byggprojekt behöver mätosäkerheten förbättras åtskilligt. Det är också risk för vattenläckage in till fuktsensorn vilket innebär att uttorkningen i betongen då inte följs på ett tillförlitligt sätt. Detta bör Electrotech åtgärda.

Systemet har potential att kunna mäta riktigt bra och med tillräcklig noggrannhet om utformningen av fuktsensorn ändras så att vatten inte riskerar att läcka in. Denna slutsats kan dras tack vare av den kompletterande mätningen som utfördes i betongkuben. Det kan vara så att micropore-tejpen ska bytas ut mot ett annat material.

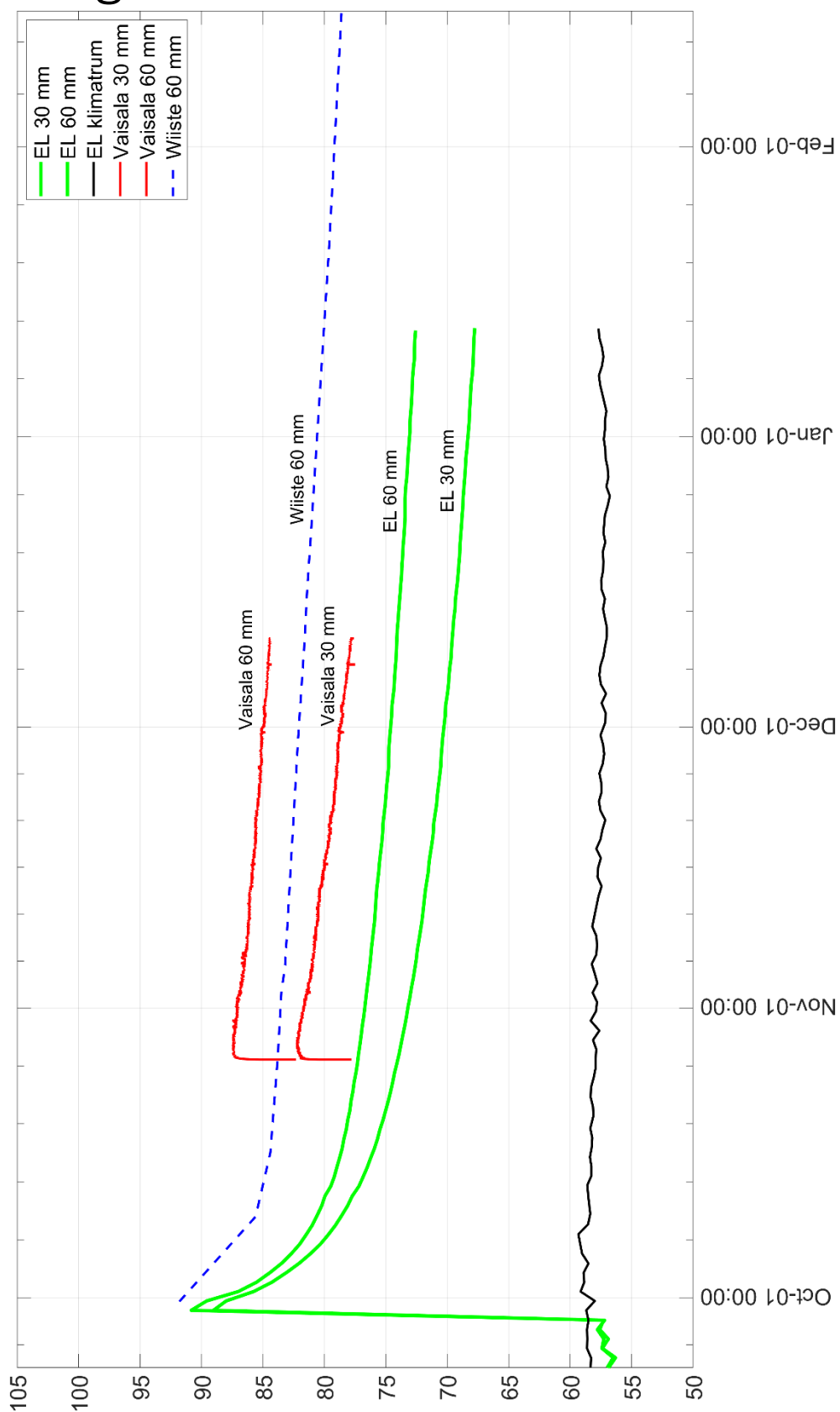
Kombinationen med en hög mätosäkerhet och oförutsedda läckage innebär att systemet inte kan anses tillräckligt bra i sin nuvarande utformning.

Slutsatserna i den här rapporten bygger på ett väldigt litet antal mätningar och det statistiska underlaget är litet. Därför måste man tolka resultatet med en viss försiktighet.

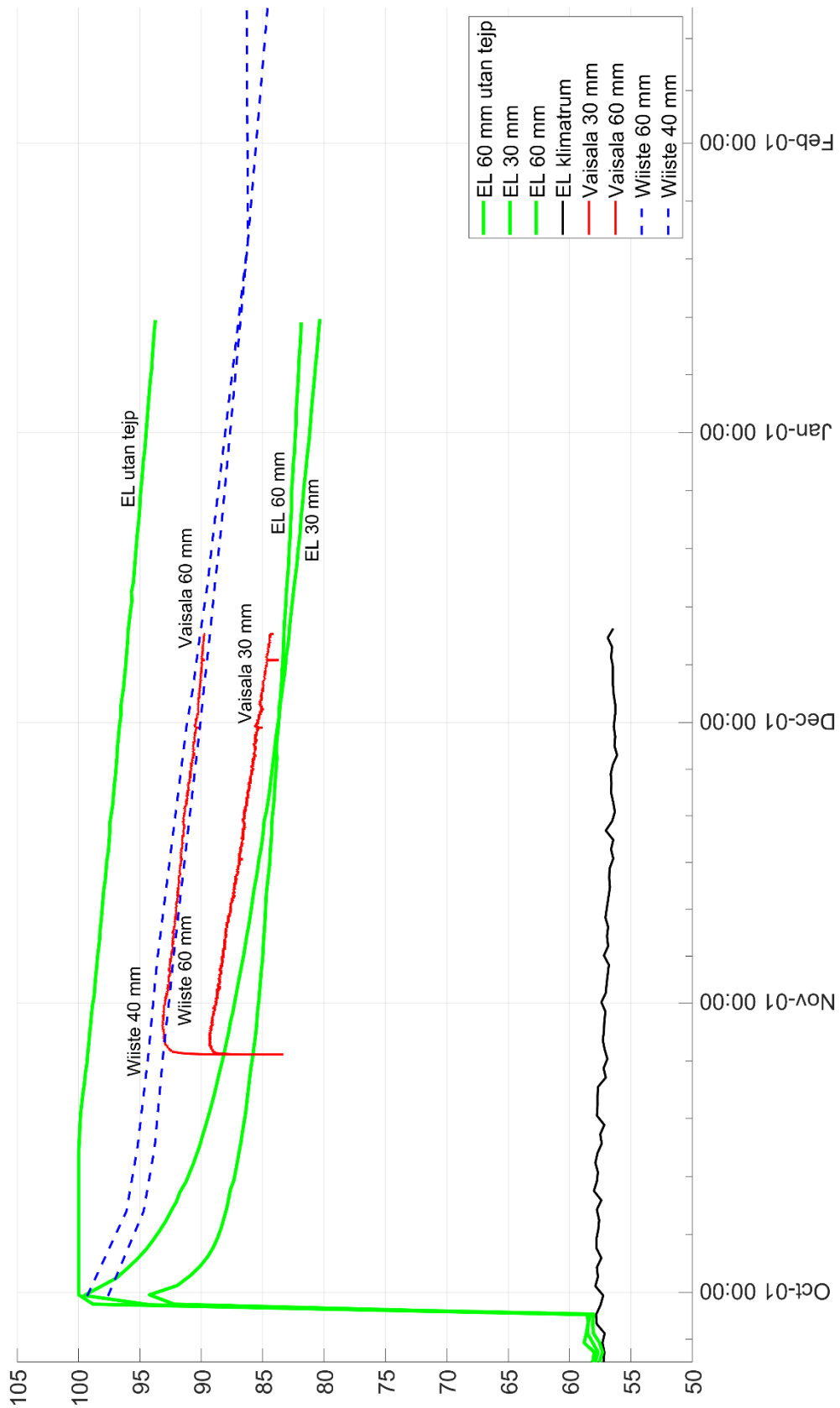
6 Referenser

1. Åhs, M. *Wireless temperature sensors embedded in concrete*. in *Proceedings of the 10th Nordic symposium on building physics*. 2014. Lund university.
2. Åhs, M., *Förstudie - Mätssystem med trådlösa sensorer ingjutna i betong*. 2011.
3. Åhs, M. *Remote monitoring and logging of relative humidity in concrete*. in *Proceedings of the 7th symposium on building physics in the nordic countries*. 2005. The icelandic building research institute.
4. Sjöberg, A. and J. Blomgren, *Fuktmätning med trådlösa sensorer inom byggindustrin*. 2004, Avd. Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola: Lund.
5. Sjöberg, A. and J. Blomgren, *Fuktmätning med trådlösa sensorer inom byggindustrin. En fältstudie av två trådlösa system för fukt - och temperaturmätning*. 2007, Avd. Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.
6. Rapp, T., *Manual fuktmätning i betong - Moisture measurement in concrete (in Swedish)*. 2019, Sveriges Byggindustrier RBK Rådet för byggkompetens.

Bilaga 1



Bilaga Figur 1. Relativ fuktighet på olika mätdjup uppmätt med ingjutna Electrotech fuktsensorer(EL), eftermonterade Vaisala sensorer och Wiiste sensor i betongplatta med vct 0,4, Bascement.



Bilaga Figur 2. Relativ fuktighet på olika mätdjup uppmätt med ingjutna Electrotech fuktsensorer(EL), eftermonterade Vaisala sensorer och ingjutna Wiiste sensorer i betongplatta med vct 0,55, Bascement.