



# CHALMERS

---



## Hydrofob ytbehandling av tegel

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör

Olof Nilsson



EXAMENSARBETE BOMX03-17-40

# Hydrofob ytbehandling av tegel

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

OLOF NILSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för byggnadsteknologi  
Byggnadsfysikalisk modellering  
Byggnadsfysikalisk modellering  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Hydrofob ytbehandling av tegel  
*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*  
*Byggingenjör*  
Olof Nilsson

© OLOF NILSSON, 2017

Examensarbete BOMX03-17-40 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för bygg och miljöteknik  
Avdelningen för byggnadsteknologi  
Byggnadsfysikalisk modellering  
Byggnadsfysikalisk modellering  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:  
Framsida av Holger.Ellgaard – Eget arbete, CC BY-SA 3.0

Tryckeriets namn/Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2017

Hydrofob ytbehandling av tegel

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

OLOF NILSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Byggnadsfysikalisk modellering

Byggnadsfysikalisk modellering

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Tegel är ett vanligt material i äldre fasader och när dessa ska tilläggsisoleras finns det risk för att fuktproblem uppstår. En vattenavvisande behandling skulle kunna minimera dessa fuktproblem och därför är syftet med rapporten att undersöka vilka olika typer av vattenavvisande behandlingar som finns tillgängliga och när en sådan behandling skulle vara fördelaktig. Vidare även undersöka hur fuktmängden varierar i en konstruktion före och efter en vattenavvisande behandling har applicerats.

Metoderna som användes under arbetet var en litteraturstudie på ämnet hydrofobering, som betyder vattenavvisande, två mindre intervjuer har genomförts samt hygrotermisk numerisk simulering av olika konstruktioner i programmet WUFI.

Det finns många olika typer av hydrofoba ämnen och de vanligaste på marknaden är silikonat, silikonharts, silan, oligomer siloxan och polymer siloxan. Användningsområden för dessa ämnen varierar och tiden innan den vattenavvisande effekten uppstår varierar även den. Dock är de vattenavvisande egenskaperna desamma.

En tegelfasad skadas under sin livstid på grund av frostsador och saltutfällningar. Skulle en hydrofob ytbehandling genomföras är det därför viktigt att undersöka muren som ska behandlas och reparera alla skador så att önskad effekt uppnås och problemen som finns inte förvärras.

Simuleringen visade att innan en hydrofob ytbehandling hade applicerats var både fukthalten och den relativa ånghalten hög i hela konstruktionen med avseende på ett bärande murverk. Efter en hydrofob ytbehandling hade lagts på minskade fukten kraftigt i teglet och även den relativa ånghalten minskade betydligt i vissa delar av muren. Skalmuren som undersöktes hade även den en hel del fukt i teglet men resten av konstruktionen var relativt torr. En hydrofob ytbehandling på skalmuren gjorde att teglet blev torrare men hade ingen större inverkan på resten av konstruktionen.

En hydrofob ytbehandling kan ge negativa effekter i de mest extrema fallen men borde inte avskräcka ifrån att använda sig av en sådan behandling tack vare vinsterna som fås av att ha en torr konstruktion.

Nyckelord: Vattenavvisande, hydrofob ytbehandling, WUFI, tegel

Hydrophobic surface treatment of brick facades

*Diploma Thesis in the Engineering Programme*

*Building and Civil Engineering*

OLOF NILSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Building Technology

Building Physics Modeling

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

The purpose of this study is to examine what happens when a brick facade gets a hydrophobic surface treatment. Through using a literature study and interviewing two experts from construction- and paint industry, knowledge about hydrophobic treatments were made. There are a number of different hydrophobic treatments and their effects vary but the end product is always the same, a water repellent surface. During a brick facade's lifetime it can be damaged by several things, for instance freeze thaw damage and therefore it is important to repair all damages before applying a hydrophobic surface treatment. To see the effects of a hydrophobic treatment a simulation was also conducted by using WUFI and during the simulation it was possible to see that the amount of moisture in the facades dropped significantly after the hydrophobic surface treatment was added. Older brick facades benefit more from a hydrophobic surface treatment but newer facades, like a cavity wall, also benefits from it. The facades are much drier with the treatment and therefore their life span expands.

Key words: Hydrophobic, water repellent, WUFI, brick

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
ORDLISTA	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	1
1.4.1 Litteraturstudie	2
1.4.2 Intervju - kvalitativ	2
1.4.3 Simulering	2
2 TEORI	4
2.1 Hydrofobering	4
2.1.1 Historik	4
2.1.2 Olika typer av hydrofober	4
2.1.3 Effekter på konstruktioner	7
2.2 Tegel	10
2.2.1 Historik	10
2.2.2 Tegel som material	11
2.3 Simulering	13
2.3.1 Förutsättningar	13
3 RESULTAT OCH ANALYS	20
3.1 Bärande murverk utan tilläggsisolering	20
3.1.1 Utan hydrofob ytbehandling	20
3.1.2 Med hydrofob ytbehandling	23
3.2 Bärande murverk med tilläggsisolering	25
3.2.1 Utan hydrofob ytbehandling	25
3.2.2 Med hydrofob ytbehandling	27
3.3 Skalmur	28
3.3.1 Utan hydrofob ytbehandling	28
3.3.2 Med hydrofob ytbehandling	32
3.4 Jämförelse mellan bärande murverk och skalmur	33
3.5 Intervjuer	35
3.5.1 Karin Mattson, Jotun Sverige AB	35
3.5.2 Fredrik Olsson, Rotpartner	35
<b>CHALMERS</b> , <i>Bygg- och miljöteknik</i> , Examensarbete BOMX03-17-40	III

4	DISKUSSION	37
5	REFERENSER	39
6	BILAGOR	40
6.1	Andvändargränssnitt WUFI	41
6.2	Sammandrag av intervjuerna som genomfördes	48
6.2.1	Karin Mattsson, Jotun Sverige AB	48
6.2.2	Fredrik Olsson, Rotpartner	49
6.3	Resultat simulering	51

## Ordlista

**Alkalisk** – annat namn för basisk lösning

**Diffusion** – process varigenom partiklarna i en gas- eller lösningsblandning sprids och fördelas likformigt

**Emulsion** – blandning av två vätskor som normalt inte blandar sig lätt

**Fasförändring** – vatten byter form, t ex från flytande form till gasform

**Hydrofob** – vattenavvisande ämne

**Köldbrygga** – konstruktionsdetalj i byggnad där ett material med dålig värmeisolering bryter av ett material med god värmeisolering

**Mikroemulsion** – en kombination av olja, vatten och ytaktiva ämnen

**Vattenövertryck** – pressning av vatten i den riktning där trycket är som lägst

**Väntetid** – tid innan vattenavvisande effekt uppnås, mäts i timmar [h]

## Beteckningar

$\rho$  - densitet [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c$  – specifik värmekapacitet [ $\text{kJ}/\text{kgK}$ ]

$K$  - värmekonduktivitet [ $\text{W}/\text{mk}$ ]

$T$  – temperatur i Celsius eller Kelvin

$t$  – timme [h]

$S_{\text{krit}}$  – kritiskt värde för frostsprängning [-]

$w$  – fukthalt [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$w_{\text{max}}$  – maximal fukthalt som ett material kan uppta [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]



# 1 Inledning

I detta kapitel kommer en kort bakgrund till problemet som rapporten ska försöka behandla, vad syftet med rapporten är och vilka avgränsningar som gjorts. Vidare kommer även metoderna som användes att behandlas.

## 1.1 Bakgrund

I Sverige finns det en mängd av äldre bostäder med tegelfasader och många av dessa har ofta en hög energianvändning. Detta på grund av otillräcklig isolering, fel vid konstruktion eller skador i fasad som bidrar till köldbryggor. Därför finns det ofta intresse att tilläggsisolera dem.

Ett av sätten att tilläggsisolera är från insidan, men detta innebär ofta risk för skador på fasaden om isolering sker på fel sätt. Exempelvis kan för mycket isolering leda till att fuktproblem uppstår inuti väggen. Det är en av de största riskerna vid dimensionering av tilläggsisolering för äldre fasader på grund av osäkerhet i hur väggen ser ut i detalj. Ett sätt att minimera risken för fuktproblem skulle vara att minska mängden fukt inuti väggen genom en hydrofob ytbehandling av fasaden. Finns det möjlighet för väggen att torka ut ger detta minskad regnbelastning och bidrar till en torrare vägg.

## 1.2 Syfte

I denna studie undersöks vilka typer av hydrofober som vanligtvis används, vilka effekter de har på konstruktionen och hur de appliceras. Att ge en förståelse för när en hydrofob ytbehandling skulle vara möjlig eller när det ska undvikas.

Vidare är syftet att undersöka skillnader med avseende på fukt mellan olika konstruktioner före och efter en hydrofob ytbehandling. För att därigenom se om fördelarna överväger nackdelarna med en hydrofob ytbehandling.

## 1.3 Avgränsningar

Rapporten kommer inte att behandla effekterna en hydrofob ytbehandling har på putsade tegelfasader eller rena betong ytor.

Konstruktionerna som kommer att behandlas är en solid tegelmur, med och utan tilläggsisolering, samt en skalmur. Tegelfasaderna ska efterlikna fasader som förekommer på bostadshus i Göteborg.

Kommer endast behandla konstruktioner uppförda före 1945 och efter 2000.

## 1.4 Metod

Metoderna som användes var litteraturstudie, intervjuer och datasimulering.

### 1.4.1 Litteraturstudie

Första fokus i litteraturstudien var att fokusera på hydrofober. På grund av att merparten av litteraturen inte använder benämningen *hydrofob* utan istället använder benämningen *vattenavvisande* var det till en början svårt att hitta litteraturmaterial.

Kenneth Sandin är universitetslektor på Lunds Universitet och har skrivit ett flertal rapporter med ämnen relaterade till byggt teknik ([www.lu.se](http://www.lu.se)). Hans primära forskningsområden är *Puts och murverk med en byggnadsfysikalisk inriktning* och *Puts på värmeisolering*. Även andra rapporter på ämnet hänvisar till Kenneth Sandins publicerade rapporter och därför valdes hans rapporter som en primär källa på ämnet hydrofober och risker med hydrofobering.

Nästa del i studien var tegel och tidigt gjordes valet att använda *Rätt murat och putsat* (Svensk byggtjänst, 2011) som den största källan till kunskap om modernt tegel och modern tegelkonstruktion. Detta då denna bok är en handbok som har arbetats fram av SPEF, Sveriges Murnings- och Putsentreprenadförening, i samarbete med flera större företag med anknytning till tegelkonstruktioner. Det ger en trovärdig bild av hur moderna tegelkonstruktioner är uppbyggda och hur modernt tegel som används i Sverige betar sig.

Litteratur om tegel som användes före 1945 var mer komplicerad att finna, det finns mycket information om äldre tegelkonstruktioner men ofta var de inte äldre än 60- eller 70-tal. Dock finns det en bok utgiven år 1934 av Sveriges Tegelindustriförening och den har använts som informationskälla till äldre tegel med antagandet att tegelproduktion och användning inte förändrades avsevärt förrän efter 1945.

### 1.4.2 Intervju - kvalitativ

I ett tidigt skede i arbetet blev det bestämt att genomföra två intervjuer. Målet med intervjuerna var att få en bild av hur hydrofoba ämnen används ute i verkligheten.

Intervjuerna var kvalitativa där intervjun blev mer som en öppen diskussion och den intervjuade kunde tala fritt om ämnet i fråga. Intervjuerna spelades även in så att diskussionen flöt på smidigt och detta gav rum för att lyssna på intervjuerna senare för att reflektera över vad som sagts.

Då det endast genomfördes två intervjuer är urvalet för litet för att kunna uttala sig om det speglar hela byggbranschen, men de gav en inblick i hur de i viss utsträckning uppfattar hydrofobering.

### 1.4.3 Simulering

Första steget i simuleringen var att göra en inläsning på hur programmet som skulle användas, WUFI, fungerar. Programmet används för att simulera fuktvandringar genom material och mer om WUFI kan läsas i kapitel 2.3 och

Bilaga 6.1. Detta skedde genom handledning från Pär Johansson, Chalmers, demonstrationsfilmer och WUFIs egna hjälpfunktion i programmet.

Nästa steg var att komma fram till en bra modell som simulerade verkliga konstruktioner på ett tillförlitligt sätt. Genom jämförelse mellan WUFIs materialbibliotek och handböcker från litteraturstudien togs modeller fram. Vissa materialdata behövde anpassas för att få en så verklighetstrogen konstruktion som möjligt.

WUFI hade inga hydrofober i sitt bibliotek vilket gjorde det nödvändigt att ta fram ett eget material. Detta skedde i samråd med Pär Johansson, Chalmers, kunskap som intagits under intervjuer och enligt *Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen* (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft, 2010).

När alla olika varianter av väggar hade tagits fram togs beslutet vilken data och vilka koordinater som var intressanta att ta fram ur de resulterande uträkningarna; utsida och insida av väggen och möten mellan material samt centrala delar i materialen.

Möten mellan material är viktigt att studera för att se hur mycket fukt som går vidare och se om utsidan påverkar de inre delarna på något sätt. Genom att studera de centrala delarna kunde det även tydligt ses hur hög fukthalt materialet har under större delen av tiden.

## 2 Teori

I följande kapitel kommer olika typer av hydrofober tas upp och vilka effekter en hydrofob ytbehandling kan ha på en fasad.

### 2.1 Hydrofobering

I detta kapitel presenteras historik om hydrofober och vilka typer som finns ute på marknaden.

Om något är hydrofob betyder det att det är vattenavvisande, men fortfarande tillåter ångtransport genom materialet. Det finns många fördelar med att använda en hydrofob ytbehandling men det finns även en del nackdelar.

Det finns olika användningsområden, till exempel inblandning som preparat i murbruk eller murblock (Nevander & Elmarsson, 2006). Detta för att göra hela materialet vattenavvisande (Sandin, 1993). Exempel på hydrofoba ämnen är kolväten, teflon, fetter och silikoner (NE, 2017).

#### 2.1.1 Historik

Hydrofober har använts under en lång tid inom byggbranschen, speciellt i Tyskland, men i Sverige är produkten inte lika välkänd (Sandin, 1994). Hydrofober började användas i Sverige på 70-talet men okunskap om hanterandet och en stor del sämre kvalitéer som strömmade in på marknaden bidrog till en viss skepsis mot hydrofobering (Olsson, 2017).

#### 2.1.2 Olika typer av hydrofober

När det gäller hydrofobering av fasader är silikoner den allra vanligaste typen (Sandin, 1994). Efter alla kemiska reaktioner och avdunstning av lösningsmedel bildas ett ämne som kallas silikonharts. Det är detta ämne som ger de vattenavvisande egenskaperna som efterfrågas när behandlingen sker (Nevander & Elmarsson, 2006).

Nedan kommer de vanligaste typerna av silikoner redovisas, vilka egenskaper de har och deras huvudsakliga användningsområden.

##### 2.1.2.1 Silikonat

I början av 1950-talet introducerades silikonat på den tyska marknaden och är idag det äldsta preparatet som används för fasadimpregnering (Sandin, 1994). Silikonat löser sig bra i både vatten och alkohol och har en hög inträngningsförmåga i porösa material. Avdunstningshastigheten, som anger hur snabbt lösningsmedlet avdunstar, är relativt hög men den vattenavvisande effekten har en lång väntetid innan full effekt uppnås. På grund av denna långa väntetid rekommenderas det att skydda väggen från regn tills full effekt har uppnåtts, annars riskeras urlakning av silikonet (Nevander & Elmarsson, 2006).

Silikonat är också starkt alkaliskt vilket gör att silikonat blir etsande och kan påverka andra material som inte är alkaliska negativt. Vid härdningen, som kräver koldioxid, bildas det även andra kemiska föreningar såsom natrium-

karbonat och kaliumkarbonat. Dessa biprodukter kan bidra till utfällningar som kan vara mer eller mindre synliga. Utfällningarna försämrar inte impregneringen men kan vara negativt ur estetisk synpunkt.

Silikonat används främst när utseendet på konstruktionen är av mindre betydelse och i viss mån vid impregnering i murverk mot uppstigande markfukt (Sandin, 1994).

### **2.1.2.2 Silikonharts**

I slutet av 1950-talet infördes det en färdig silikonharts som löstes i lacknafta. Anledningen var att eliminera risken för att få de icke-estetiska utfällningar som silikonat hade en benägenhet att få (Sandin, 1994).

Silikonharts har en betydligt större molekylstorlek i jämförelse med de andra vanliga silikontyperna vilket bidrar till en begränsad inträngningsförmåga. För flertalet material är detta inget problem utan det är bara finporösa material, såsom betong, som ger dålig inträngningsförmåga (Nevander & Elmarsson, 2006). Dock kan den stora molekylstorleken medföra en risk att det blir ett överskott av silikonen på ytan vid impregnering. I dessa fall kan ytan ibland upplevas som klibbig och diffusionsegenskaperna kan störas (Sandin, 1994).

Ytan som ska impregneras måste vara lufttorr innan den kan behandlas med silikonharts och den vattenavvisande effekten uppnås när lösningsmedlet har avdunstat (Sandin, 1994).

### **2.1.2.3 Silan**

Utfällningarna som silikonat gav upphov till och silikonharts dåliga inträngningsförmåga ledde till att silan introducerades i början på 1970-talet. Detta preparat har mycket god inträngningsförmåga och det gör inget om underlaget inte är helt tort innan det appliceras på ytan. Istället krävs en viss halt av fuktighet i underlaget för att silan ska kunna påbörja sin kemiska reaktion. Någon form av katalysator behövs också för att starta reaktionen men där fungerar alkaliteten i alkaliska material som katalysator (Sandin, 1994).

Som spädningsmedel till silan kan både lacknafta eller alkohol användas, men den vattenavvisande effekten anses bli bättre om lacknafta används. Hur mycket silanen späds ut kan också variera avsevärt mellan olika producenter, vissa föredrar att använda silanen utan lösningsmedel och andra rekommenderar en spädning på 20-40 % (Sandin, 1994). Om materialet är starkt sugande, till exempel tegel, är en 10-procentig lösning vanligast (Nevander & Elmarsson, 2006).

Ingen omedelbar effekt uppstår utan den kemiska reaktionen tar en viss tid och det varierar hur lång tid det tar beroende på rådande förhållanden. Det kan också hända att silanen avdunstar innan reaktionen ens har påbörjats, risken för detta är störst om klimatet är varmt och torrt (Sandin, 1994).

Användningsområdet för silaner är främst betongtytor (Nevander & Elmarsson, 2006).

#### **2.1.2.4 Oligomer siloxan**

För att bilda oligomer siloxan tillsätts en liten mängd vatten till silan. Slutprodukten av detta blir en molekyl som är något större än silan men långt ifrån lika stor som silikonharts. Med oligomer siloxan fås ett preparat där fördelarna från både silan och silikonharts tas tillvara (Sandin, 1994).

Precis som silan har oligomer siloxan god inträngningsförmåga och kan appliceras på fuktiga underlag. Det kan även spädas med både lacknafta eller alkohol och har som fördel att det inte har samma tendens att avdunsta som silan. Dock har preparatet ingen omedelbar vattenavvisande effekt, men detta kan motverkas genom olika tillsatser som kan sänka väntetiden till cirka 4–5 timmar (Sandin, 1994).

Oligomer siloxan kan användas på de flesta material och har därför inga bestämda användnings-områden (Sandin, 1994).

#### **2.1.2.5 Polymer siloxan**

Tillsätts en större mängd vatten till silan bildas polymer siloxan. Denna silikon har längre molekylkedjor än vad oligomer siloxan och silan har vilket bidrar till sämre inträngningsförmåga. Egenskaperna som polymer siloxan påvisar påminner mer om en silikonharts, dock finns det en klar nackdel för denna siloxan. Det är om den kemiska reaktionen skulle på något sätt fördröjas så avdunstar den inte som den ska och ytan förblir klubbig under en lång tid. Exempel på en störning är en alldeles för torr yta med otillräcklig fukt för siloxanen (Sandin, 1994).

#### **2.1.2.6 Mikroemulsion**

På senare tid har även vattenbaserade produkter kommit ut på marknaden och i avseende på miljö är detta ett bättre alternativ (Nevander & Elmarsson, 2006). De mikroemulsioner som tagits fram kommer ifrån silan och siloxan huvudsakligen (Sandin, 1994).

Fasadimpregnering är även här den primära funktionen men kan också användas för att hindra uppstigande markfukt genom injicering (Nevander & Elmarsson, 2006). En annan fördel med mikroemulsioner är att de kan användas i väggar som redan innehåller en stor del fukt (Sandin, 1994).

Förutom mikroemulsioner finns det även vanliga emulsioner av silikonprodukter (Nevander & Elmarsson, 2006). Nackdelarna med dessa i jämförelse med mikroemulsioner är att deras molekyler är betydligt större vilket ger en sämre inträngningsförmåga (Sandin, 1994).

### 2.1.2.7 Silan-siloxanblandning

För att få det bästa ur två världar är det vanligt att blanda silan och siloxan med lacknafta eller alkohol som lösningsmedel (Sandin, 1994). Silanen bidrar till att inträngnings-förmågan blir god och siloxanen ger en tydlig pärleffekt (Nevander & Elmarsson, 2006). Även denna blandning kan användas på de flesta områden precis som oligomer siloxan (Sandin, 1994).



*Figur 1 Bild som visar hur en hydrofob ytbehandling appliceras.. Författarens egen bild.*

### 2.1.3 Effekter på konstruktioner

Fukt i byggnader bidrar ofta till problem, både estetiskt och direkta skadepåverkningar. En hydrofob ytbehandling har som uppgift att eliminera dessa problem men kan ibland ge nackdelar. I vissa fall medför det till och med vissa risker att utföra en hydrofobering, se 2.1.3.3. Men finns det en möjlighet att hålla väggen torr kan många fördelar vinnas, både tekniska, estetiska och ekonomiska.

I följande text kommer det behandlas vilka effekter en hydrofob ytbehandling kan ha på en konstruktion i olika avseenden.

#### 2.1.3.1 Vattenläckage

Om det finns små sprickor i fasaden kan dessa leda vatten genom fasaden. Dock har dessa oftast ingen betydelse om dräneringen i fasaden fungerar. Men skulle dessa vara defekta i någon form kan vattenläckage leda till omfattande konsekvenser. En fuktig miljö bidrar till en grogrund för mögel och röta vilket skadar och bryter ner den inre konstruktionen. Skulle detta hända är den vanligaste åtgärden rivning och ommurning av fasaden (Sandin, 1994).

Om nu en hydrofob ytbehandling skulle användas kan läckageproblem minimeras. Dock under vissa förutsättningar; som att förekomsten av sprickor är små och sprickorna som finns inte får vara för breda. När det gäller bredden är det lite tvetydighet i siffrorna, vissa säger att sprickorna maximalt får vara 0,4 mm breda samtidigt som andra säger 0,1 mm (Sandin, 1994).

Den hydrofoba ytbehandlingen ska även kunna tränga in i sprickorna för att ge tillräcklig impregnering. På grund av detta är behandlingen inte helt säker men med tanke på kostnaden jämfört med en ommurning, som kan vara mer än 10 gånger större, är det värt risken att behandlingen inte fungerar. (Sandin, 1994).

Om fasaden skulle vara utsatt för konstant vattenövertryck är det inte möjligt att ta bort allt läckage. I teorin skulle det fungera men praktiskt är det svårt och risken att misslyckas är betydande (Sandin, 1994).

### **2.1.3.2 Värmeisolering**

Ökar fukttinnehållet i en vägg ökar även dess värmeledningsförmåga, detta har ingen större praktisk betydelse men kan i vissa fall öka värmeflödet i väggen. Dock går det åt stora mängder värme för att torka ut väggen om denna har utsatts för slagregn och sugit upp stora mängder vatten. Detta kan leda till större värmekostnader för byggnaden. Skulle fasaden behandlas med en hydrofob ytbehandling så kan fukttinnehållet minskas och därigenom sänka kostnaden vid uppvärmning (Sandin, 1994).

### **2.1.3.3 Saltutfällning**

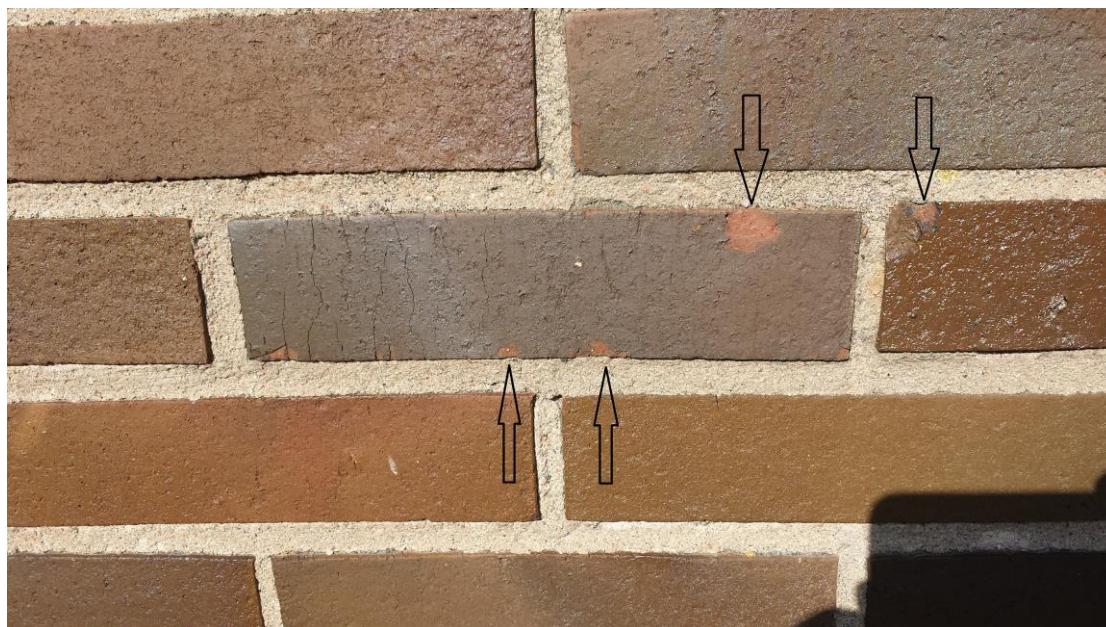
Ett murverk innehåller ofta vattenlösliga salter. I vissa fall kommer saltet ifrån ingående material och i andra fall kan verksamheten i byggnaden bidra med saltet, olika verksamheter ger olika inomhusklimat. Dessa salter löses sedan upp om murverket utsätts för slagregn och transporteras in i väggen. Dock följer saltet inte med vattnet vid uttorkning utan vattnet avdunstar och saltet blir kvar på ytan där det efterhand bildas en vit eller färgad beläggning av salter (Sandin, 1994).

Här kan en hydrofob ytbehandling hindra salterna från att lägga sig på ytan då salterna endast kan transporteras genom vatten, och genom hydrofoben kan fukttransport i vattenfas inte ske. Istället samlas salterna i teglet precis på gränsen till hydrofoben. Detta leder oftast inte till några problem, med undantag om murverket får en ständig tillförsel av fukt och salt som till exempel uppstigande markfukt. Skulle detta vara fallet skulle det ske en ständig ansamling av salter bakom hydrofoben (Sandin, 1994).

Vissa salter kan uppvisa stora volymändringar vid skiftande fukt- och temperaturtillstånd och detta kan medföra att teglet bryts ner kraftigt. Skulle uppstigande markfukt förekomma måste detta åtgärdas annars skulle en hydrofob ytbehandling kunna ha negativa effekter på fasaden (Sandin, 1994).

### 2.1.3.4 Frostskador

Förutsättningen för frostskador är en hög fuktkvot i ett material som fryser. Med tanke på att en hydrofob ytbehandling skulle göra materialet torrare skulle en hydrofobering minska risken för frostskador (Sandin, 1994).



Figur 2 Frostskadat tegel, pilar pekar på skador. Författarens egen bild.

Skulle väggen som behandlas redan ha synliga frostskador finns dock risken att det förekommer dolda frostskador i konstruktionen. Då är risken att en hydrofob ytbehandling inte uppnår förväntat resultat. Därför är det viktigt att kontrollera fasaden ordentligt och byta ut alla frostskadade delar innan impregnering (Sandin, 1994).

Är uppstigande markfukt i murverket också ett problem måste detta också åtgärdas innan impregnering (Sandin, 1994).

### 2.1.3.5 Kemisk nedbrytning

Murverk består av kalkhaltiga material och dessa material drabbas av en viss typ av kemisk nedbrytning som kallas förgipsning. Detta sker på grund av kemiska reaktioner mellan svavelföreningar och kalciumkarbonat som bildar gips på fasadens utsida. Skulle fasaden vara utsatt för mycket slagregn är detta inget problem för regnet sköljer bort gipset men på partier som är mer skyddade, till exempel under takutsprång, kan det bildas centimetertjocka lager med gips. De stora mängderna smutspartiklar som oftast innesluts i gipsen bidrar till att missfärga fasaden grovt (Sandin, 1994).

Svavlet kommer ifrån luftföroreningar som tillförs fasaden på ett par olika sätt. I första hand kommer det upplöst i regnvatten men kan också tillföras i gasform. En impregnering skulle helt avlägsna föroreningarna som kommer ifrån regnet men påverkar inte det som tillförs i gasform, men tack vare impregneringen spolar regnet bort det istället för att föra in det i väggen (Sandin, 1994).

En annan fördel med en torrare vägg som fås av hydrofobering är att den kemiska aktiviteten minskar inne i fasaden (Sandin, 1994).

#### **2.1.3.6 Biologiska angrepp**

Förutsättningen för att mikroorganismer ska kunna växa är en fuktig miljö. I de flesta fall bidrar dessa inte till någon nedbrytning av materialet i fasaden men undantag finns. Främst är det dock ur estetisk synpunkt som mikroorganismer inte är önskvärda på fasader (Sandin, 1994).

Sker en hydrofobering medför detta en torr fasad vilket tar bort förutsättningen för att biologisk påväxt ska ske (Sandin, 1994).

#### **2.1.3.7 Nedsmutsning**

Här spelar fasadens förmåga att absorbera slagregn in. Suger fasader jämnt blir nedsmutsningen jämn men skulle det finnas en hydrofob ytbehandling i vägen blir nedsmutsningen ojämn. Detta är på grund av att regnet sköljer av all smuts förutom där fasaden är mer skyddad mot regn vilket leder till att smutsen blir kvar (Sandin, 1994).

#### **2.1.3.8 Målning**

Ska en fasad målas finns det inga nackdelar med att först impregnera fasaden. Impregneringens effekter på uttorkningen är försumbara och skulle sprickor i färgen uppstå finns hydrofoben där för att skydda (Sandin, 1994).

## **2.2 Tegel**

I det här kapitlet beskrivs teglets historia kort och materialet tegel.

### **2.2.1 Historik**

Som material har tegel länge varit känt, av de material som används i dag är det ett av de äldsta. Tegel användes för tusentals år sedan i Babylon, Persien och Romarriket och det har även hittats tegel i staden Ur. Dock dröjde det innan tegel började användas i någon större skala i Norden. Först på 1200-talet började svenskarna använda sig av murverk av tegel och detta skedde främst i Västerås, Strängnäs och Sigtuna som var stora handelsstäder under denna tid. Det finns äldre tegelbyggnader i Sverige, till exempel Gumlösa kyrka som invigdes 1191, men detta är på grund av att Gumlösa ligger i Skåne som tillhörde Danmark vid denna tid (Svensk byggtjänst, 2011).

Tegel var dyrt och det var bara adeln och kyrkan som hade råd att använda det som byggnadsmaterial. På grund av kostnaderna infördes tidigt en beklädnadsmurteknik som gick ut på att spara material. Tekniken var att använda tegel som fasadmaterial medan resten av väggen byggdes upp av gråsten (Svensk byggtjänst, 2011).

Under 1600-talet utvecklades förbandstekniken i form av att block- och kryssförband introducerades. Samtidigt minskades även yttermåtten på

tegelstenarna och mängden olika variationer som fanns på mått blev färre (Svensk byggtjänst, 2011).

Användningen av tegel fortsatte att öka och mellan 1700–1900 var det ett av de viktigaste materialen vid uppförande av byggnader. Sedan blir användandet mer varierat och putsade fasader blir vanligare men på 40–50-talet börjar tegel användas igen i enkla murade fasader. Det var även här som nya murverksmaterial trädde fram som till exempel lättklinkerblock, lättbetongblock och kalksandsten (Svensk byggtjänst, 2011).

I början har tegel använts till att bygga bärande väggar men under 50-talet kom den så kallade skalmurstechniken som gjorde tegel till ett rent fasadmateriäl utan bärande funktioner. Detta är nu den allra vanligaste tekniken vid murning i dagens Sverige, dock har intresset för bärande murverk väckts på senare år. Enligt *Rätt Murat & Putsat* (Svensk byggtjänst, 2011) är detta tack vare de stora miljömässiga fördelarna ett bärande murverk har med avseende på fuktproblem.

## **2.2.2 Tegel som material**

Tegel som material har inte förändrats i någon större utsträckning. Den största skillnaden är främst vilken funktion tegel har i dagens moderna samhälle jämfört med tegel på 1940-talet. I moderna väggar används teglet oftast bara som en estetisk del av fasaden och förr i tiden användes det som en del i ett bärande murverk.

### **2.2.2.1 Tillverkning**

Råmaterialet för att tillverka tegel är tegelleror som oftast är ishavslera, även kallade glacialleror. Ishavslera bildas i lersediment i sjöar eller havsområden som har tillflöden från isälvar och de innehåller väldigt låga halter av organisk substans (Nationalencyklopedin, 2017). Teglets färg beror på vilken lera som används, gult tegel kommer från kalkhaltig lera till exempel medan kalkfattig lera ger rött tegel. Hur ljus det blir beror på hur mycket kalk i jämförelse med järnoxid som finns i leran och det är först efter bränningen som färgen framkommer (Svensk byggtjänst, 2011).

Innan formningen tillsätts det chamotte, som är krossat, bränt tegel, eller sand. Anledningen är att minska krympningen av leran när den torkar. Sågspån kan också blandas i för att minska densiteten och ge ett porösare tegel (Svensk byggtjänst, 2011).

Efter detta formas teglet utefter fem olika formningsmetoder; handslagning, handformning, maskinslagning, strängpressning eller vakuumpressning. För de fyra första blir det inga större skillnader i tegelkvalitén, det är främst utseendet som förändras. Men vid vakuumpressning förbättras egenskaperna i teglet genom färre måttavvikelser, bättre hållfasthet och bättre frostbeständighet (Svensk byggtjänst, 2011).



Figur 3 Råtegel på tork Av Suyash.dwivedi - Eget arbete, CC BY-SA 4.0

Nästa steg i tillverkningen är att torka teglet som vanligtvis sker i en kammar-tork med glest upplagda tegelstenar, ett exempel på detta kan ses i Figur 3. Dessa stenar torkas i cirka 100 °C som oftast är överskottsvärme ifrån tegelugnens avkylningszon. Torktiderna varierar där till exempel håltegel har en torktid på cirka tre dygn medan massivt tegel har en torktid på cirka fyra dygn (Svensk byggtjänst, 2011).

Sista steget är bränningen som går till genom att stapla teglet på vagnar som långsamt skjuts genom en tunnelugn och därinne upphettas teglet till cirka 950-1100 °C. Efter detta är teglet färdigt och kan användas omedelbart (Svensk byggtjänst, 2011).

#### 2.2.2.2 Fuktegenskaper

Tegel är väldigt poröst och suger vatten kapillärt vilket bidrar till att varje gång det regnar suger teglet upp allt vatten som landar på fasaden tills stenen är mättad. Kapillärsugningen har hög hastighet vid ytan men avstannar djupare in i teglet. Vattnet som befinner sig i de yttre delarna av stenen torkar sedan snabbt ut vid uppehållsväder, medan vattnet i de inre delarna torkar ut ytterst långsamt (Svensk byggtjänst, 2011).

När teglets vattenupptagande kapacitet har uppnåtts bildas en vattenfilm på fasadens utsida. När detta sker kan vatten tränga sig igenom murverket och börja rinna på baksidan (Svensk byggtjänst, 2011). På grund av att den största delen av fukten behöver avgå genom diffusion tar det väldigt lång tid att torka ur en tegelvägg.

## 2.3 Simulering

WUFI är ett simuleringsverktyg och namnet är en förkortning av "Wärme- und Feuchtransport instationär" som är tyska och betyder värme- och fukttransporter under icke-stationära förhållanden. Programmet designades för att beräkna fukt- och värmtransporter simultant genom en- eller tvådimensionella byggnadskomponenter.

Skaparna av WUFI heter Fraunhofer Institute for Building Physics och det är ett forskningsinstitut vars primära mål är att "arbeta med forskning, utveckling, tester, demonstrationer och konsultering i de olika specialistområden inom byggteknik" ([www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)).

De fysiska och numeriska idéerna som ligger till grund för programmet kommer ifrån en doktorsavhandling samt en teknisk rapport och dessa är: "*Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten*" (Künzel, 1994) och "*Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components*" (Künzel, 1995).

Vid beräkningar av värmtransporter tar WUFI hänsyn till värmeledningsförmåga, kortvågig solstrålning, entalpiflöden genom fuktrörelser med fasförändring och nattetid långvågig kylstrålning (valfritt, behöver väderdata). WUFI tar inte hänsyn till konvektiva värmtransporter genom luftströmmar då dessa ofta är väldigt svåra att kvantisera.

När det gäller ångtransporter så använder sig WUFI av ångdiffusion och diffusion genom lösningar. Även här ignoreras de konvektiva ångtransporterna genom luftströmningar. Vattentransporterna tar hänsyn till den kapillära ledningsförmågan och ytans diffusion.

Läckage som kan uppstå genom gravitation, hydrauliskt flöde genom tryckförändringar, samt elektrokinetiska och osmotiska effekter tas inte med i beräkningarna.

Gränserna som sätts upp för varje steg kommer i form av meteorologidata, temperatur, relativ ånghalt, regn och strålning (Main Page WUFI 2D, 2008).

### 2.3.1 Förutsättningar

Sex olika väggar kommer att jämföras och dessa har framtagits genom att studera detaljutformning ur *Rätt murat och putsat* (Svensk byggtjänst, 2011), *Murtegel och tegelmurbruk* (Eriksson, 1934) och *Äldre murverkshus* (Statens råd för byggnadsforskning, 1990).

Orten som kommer att användas för att ge temperatur och nederbörd är Göteborg, Sverige och alla data för klimatet kommer ifrån Lunds Tekniska Högskola.

Alla figurer är skapade av författaren med hjälp av AutoCAD.

### 2.3.1.1 Materialdata

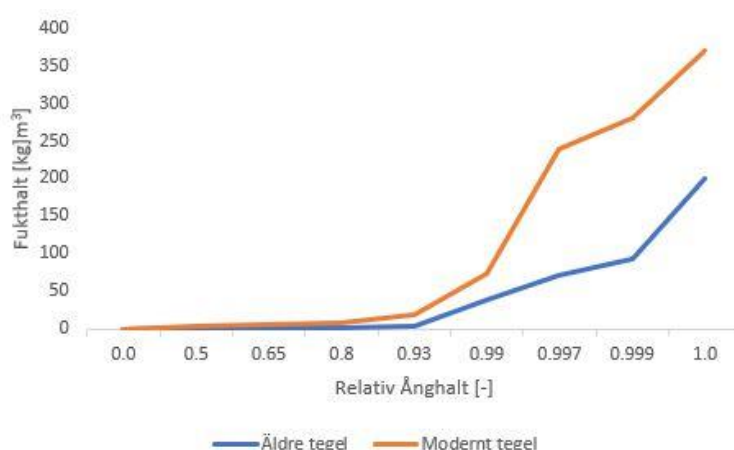
All materialdata hämtas ur WUFIs databas men ett hydrofobt ämne var tvunget att tas fram. För att ett material ska anses hydrofobt behöver sugförmågan vara mindre än  $0,1 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$  (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft, 2010) men sugförmågan kan också anses som nästan noll (Wendler & von Plehwe-Leisen, 2008). Materialet ska även vara diffusionsöppet och därför ändrades ångmotståndet till att efterlikna *C2 fasad & betong* vilket är en vattenavvisande impregnering som används av Nordisk Stenimpregnering AB. *C2* är uppbyggd på silaner och för att läsa mer om silaner se kap. 2.1.2.3. Vid intervjun med Rotpartner togs denna impregnering upp som vanligt förekommande i deras projekt (Olsson, 2017).

I Tabell 1 syns alla olika material som användes vid simuleringen och vilka deras bas-parametrar är enligt WUFIs materialdatabas.

Tabell 1 Koefficienter för olika material vid simulering, Ä=Äldre, M=Modernt

Material	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Porositet	c [kJ/kgK]	K [W/mK]	$\mu$ -värde
Ä. Tegel	1800	33%	850	0.6	17
M. Tegel	1650	41%	850	0.6	9.5
Luftspalt	1.3	99.9%	1000	0.071	0.73
Mineralull	60	95%	850	0.04	1.3
Ångspärr	130	0.1%	2300	2.3	1 500 000
Gipsskiva	625	73%	850	0.2	8.33
Vindskydd	500	50%	1500	0.1	700
Kalksandputs	1600	30%	850	0.7	7.0
Hydrofob ÄT	1800	33%	850	0.6	0.71
Hydrofob MT	1650	41%	850	0.6	0.71

WUFI använder sig utav ett  $\mu$ -värde vid beräkningarna av ångmotståndet i materialen, faktorn är enhetslös.



Figur 4 Jämförelse mellan modernt och äldre tegels fuktpuption förmåga

De olika tegelsorterna kan inte ta hand om lika mycket fukt, äldre tegel är mättat vid  $200 \text{ kg/m}^3$  medan modernt tegel kan ta hand om  $370 \text{ kg/m}^3$ . Figur 4 ovan visar denna skillnad grafiskt.

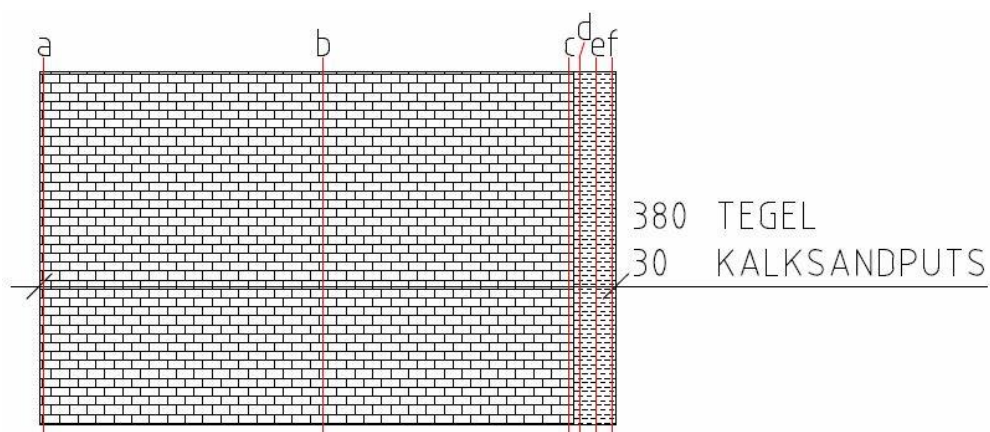
Sugförmågan i det hydrofoba materialet testades empiriskt fram genom att sänka uppsugningsförmågan i materialet för att se när skillnad började uppstå.

Första värdet sattes till att ha samma vattenuppsugningskoefficient som tegel, vilket var  $0,3 \text{ kg/m}^2\text{s}^{1/2}$ . Värdet sänktes sedan i två steg med en tiondel per gång utan att någon skillnad kunde ses. Först vid ett värde på 0,01 kunde en märkbar skillnad på vattenmängd i muren uttydas, mängden var däremot fortfarande långt från noll och därför fortsatte sänkningen av vattenuppsugningskoefficienten ner till ett värde på 0,001. Vid detta värde låg kurvan för mängden vatten i muren under  $5 \text{ kg/m}^3$  och detta ansågs tillräckligt nära för vad en hydrofob skulle ge för resultat.

I utgångsläget innehåller alla material olika mängder fukt vilka är angivna av WUFI, dessa värden är inte ändrade av författaren. Valet att använda sig av dessa värden grundar sig på att inga andra troliga fanns att tillgå.

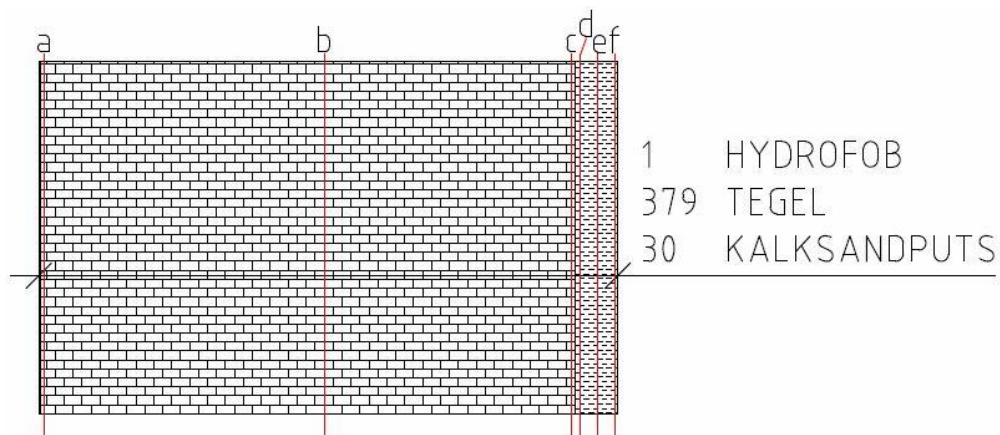
### 2.3.1.2 Bärande murverk

Fyra av väggarna består av ett bärande murverk. Två av dessa har en putsad insida medan de andra två har en tilläggsisolering istället med invändig gips. En sista avskiljande faktor är hydrofoberingen. I Figur 5 till Figur 8 på följande sidor kan måtten för varje material utläsas.



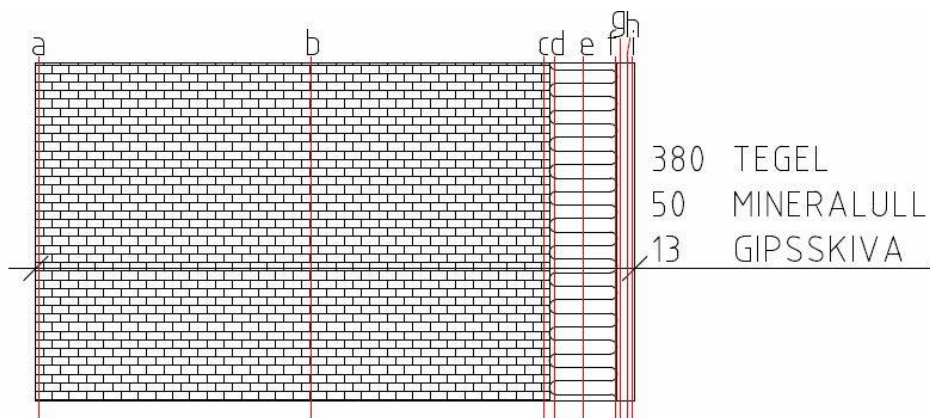
Figur 5 Äldre tegelfasad av bärande murverk utan hydrofob ytbehandling

- a) utsida
- b) centrum tegel
- c) möte tegel mot puts
- d) möte puts mot tegel
- e) centrum puts
- f) insida



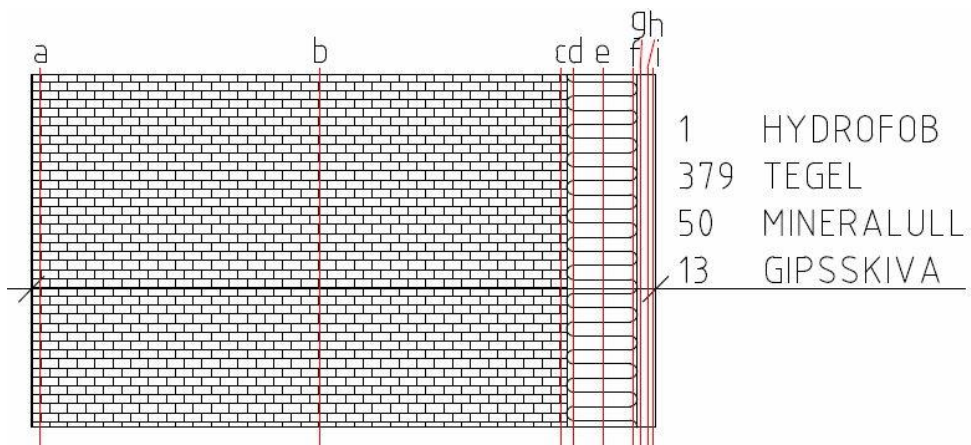
Figur 6 Äldre tegelfasad av bärande murverk med hydrofob ytbehandling

- a) utsida
- b) centrum tegel
- c) möte tegel mot puts
- d) möte puts mot tegel
- e) centrum puts
- f) insida



Figur 7 Äldre tegelfasad av bärande murverk med tilläggsisolering utan hydrofob ytbehandling

- a) utsida
- b) centrum tegel
- c) möte tegel mot isolering
- d) möte isolering mot tegel
- e) centrum isolering
- f) möte isolering mot gips
- g) möte gips mot isolering
- h) centrum gips
- i) insida

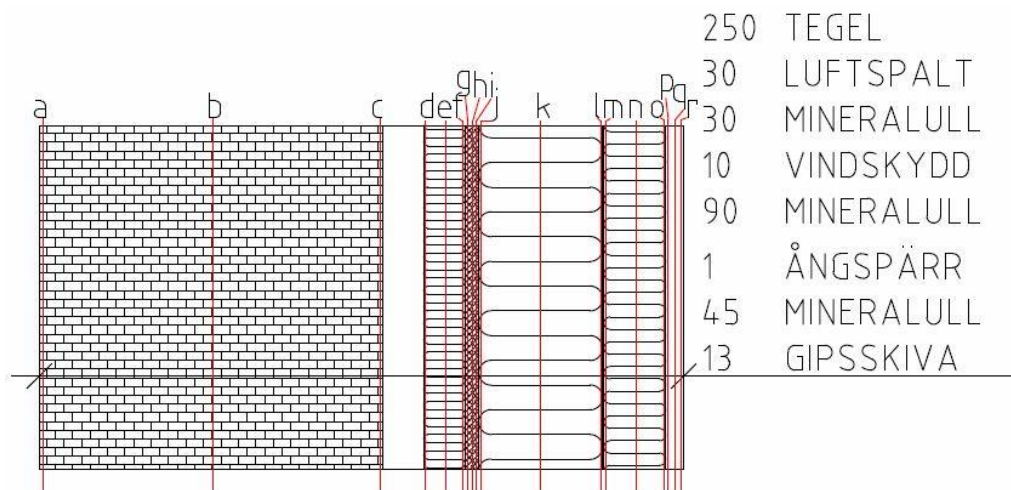


Figur 8 Äldre tegelfasad av bärande murverk med tilläggsisolering med hydrofob ytbehandling

- a) utsida
- b) centrum tegel
- c) möte tegel mot isolering
- d) möte isolering mot tegel
- e) centrum isolering
- f) möte isolering mot gips
- g) möte gips mot isolering
- h) centrum gips
- i) insida

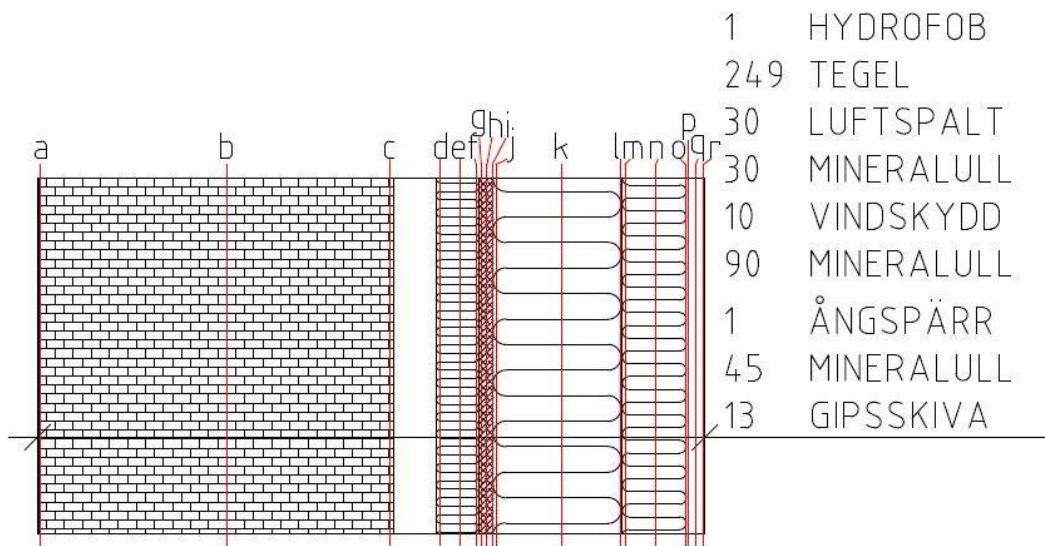
### 2.3.1.3 Skalmur

TVå av väggarna som jämförs är av typen skalmur som är en modern form av tegelfasad. Även här är den skiljande parametern om en hydrofob ytbehandling finns eller ej. I Figur 9 och Figur 10 kan uppbyggnaden av dessa fasader ses.



Figur 9 Skalmur utan hydrofob ytbehandling

- a) utsida
- b) centrum tegel
- c) möte tegel mot luftspalt
- d) möte 30mm isolering mot luftspalt
- e) centrum 30mm isolering
- f) möte 30mm isolering mot vindskydd
- g) möte vindskydd mot 30mm isolering
- h) centrum vindskydd
- i) möte vindskydd mot 90mm isolering
- j) möte 90mm isolering mot vindskydd
- k) centrum 90mm isolering
- l) möte 90mm isolering mot ångspärr
- m) möte 45mm isolering mot ångspärr
- n) centrum 45mm isolering
- o) möte 45mm isolering mot gipsskiva
- p) möte gipsskiva mot 45mm isolering
- q) centrum gipsskiva
- r) insida



Figur 10 Skalmur med hydrofob ytbehandling

- a) utsida
- b) centrum tegel
- c) möte tegel mot luftspalt
- d) möte 30mm isolering mot luftspalt
- e) centrum 30mm isolering
- f) möte 30mm isolering mot vindskydd
- g) möte vindskydd mot 30mm isolering
- h) centrum vindskydd
- i) möte vindskydd mot 90mm isolering
- j) möte 90mm isolering mot vindskydd
- k) centrum 90mm isolering
- l) möte 90mm isolering mot ångspärr
- m) möte 45mm isolering mot ångspärr
- n) centrum 45mm isolering
- o) möte 45mm isolering mot gipsskiva
- p) möte gipsskiva mot 45mm isolering
- q) centrum gipsskiva
- r) insida

### 3 Resultat och Analys

I detta kapitel kommer resultaten från simuleringen av värme- och fuktförhållanden gjorda i WUFI att presenteras och analyseras.

Resultatet baserar sig på temperatur, relativ ånghalt och vattenmängd i materialen i olika delar av konstruktionen. Allt kommer inte att redovisas utan bara de mest relevanta delarna med avseende på risk för mögel och frostsprängning i tegel. Yttre och centrala delar av teglet är relevant för frostsprängning medan de inre delarna är mer relevanta med avseende på mögel. Önskas mer data att studeras finns dessa i Bilaga Resultat simulering 6.3.

Mögel trivs vid relativ ånghalt över 75 % och temperatur över 5°C. Kritiskt värde för frostsprängning,  $S_{krit} = W_{krit} / W_{max}$ , varierar mellan 0,25-0,8 beroende på tegel enligt Pär Johansson, Chalmers (2017).

Alla simuleringar har startdatum 1 oktober 2016 och slutdatum 1 oktober 2017.

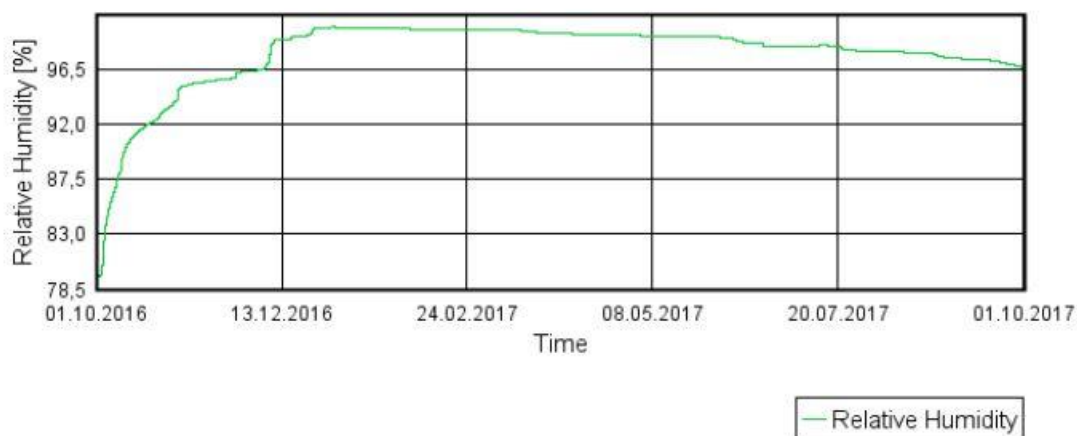
#### 3.1 Bärande murverk utan tilläggsisolering

I detta kapitel kommer alla resultat från muren utan tilläggsisolering att gås igenom, både muren utan och med hydrofob ytbehandling kommer behandlas.

##### 3.1.1 Utan hydrofob ytbehandling

Undersöks den relativa ånghalten i muren är den väldigt hög genom hela konstruktionen. Utsidan håller sig över 75 % större delen av året men blir lägre på sommaren medan de inre delarna håller sig på över 90 % relativ ånghalt som kan ses i Figur 11 nedan.

**Relative Humidity**

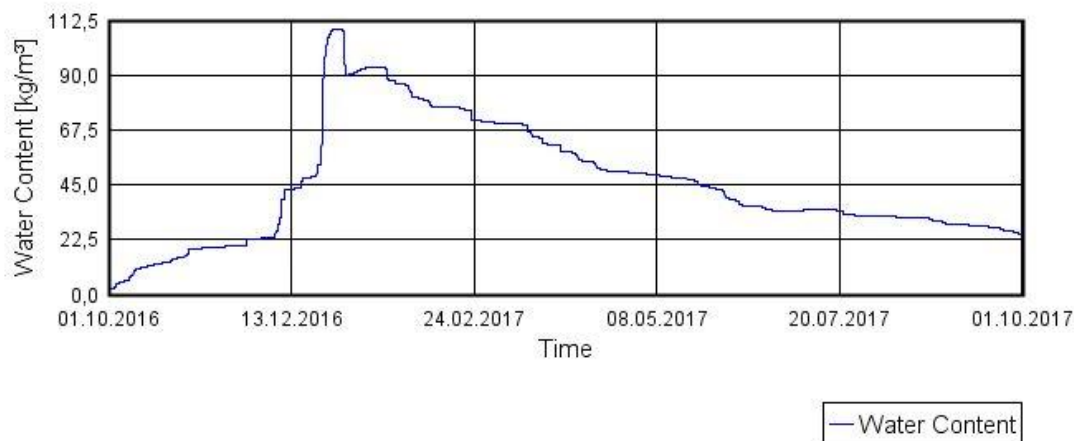


Figur 11 Relativ ånghalt för centrala delar i tegelmuren

På insidan av väggen blir den relativa ånghalten ganska hög under vintern och våren men sjunker sedan under sommaren ner mot 60 %.

Vattenmängden är betydande i de yttre delarna av muren men längre in har mängden sjunkit betydligt. Enligt WUFI kan den äldre stenen som använts vid simuleringen endast bära 200 kg/m<sup>3</sup> vatten i sig och detta sker vid ett par tillfällen på utsidan. Längre in har detta halverats men mängden vatten är fortfarande betydande under vintern som kan ses i Figur 12.

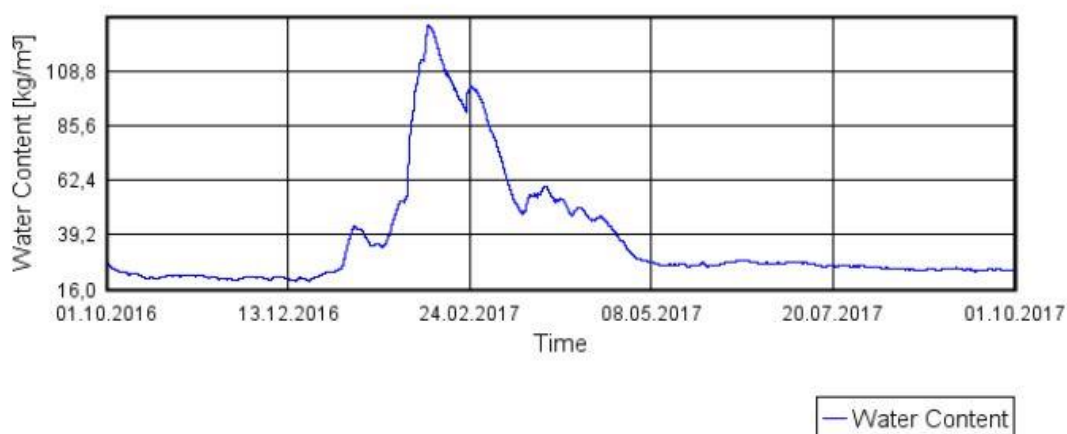
### Water Content



Figur 12 Fukthalt för centrala delar i tegelmuren

Insidan är lite annorlunda, under vintern innehåller den en stor mängd fukt men denna mängd sjunker drastiskt under våren och blir betydande mindre som kan ses i Figur 13.

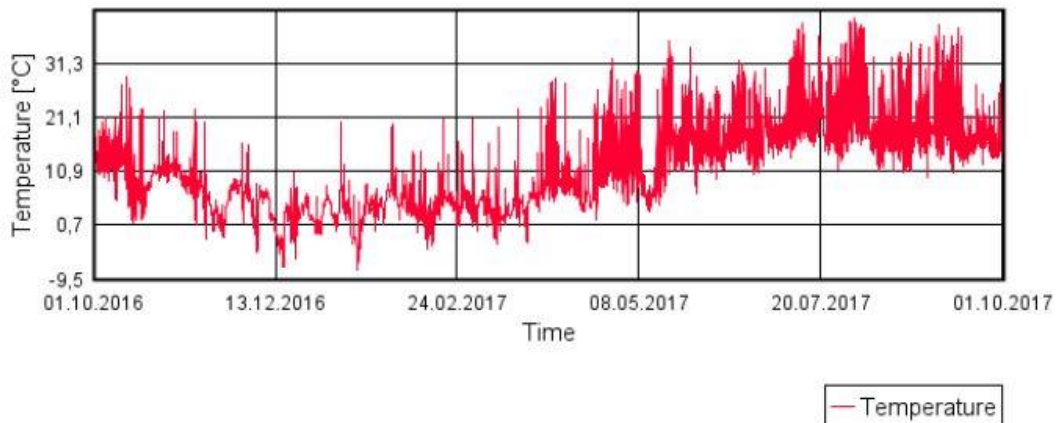
### Water Content



Figur 13 Fukthalt för putsad insida

Temperaturen skiljer sig inte nämnvärt åt i de större delarna utan följer samma mönster. Dock går den under 0 °C på utsidan vid ett flertal tillfällen under vintern som kan observeras i Figur 14.

## Temperature



Figur 14 Temperatur för yttre delar av tegelmuren

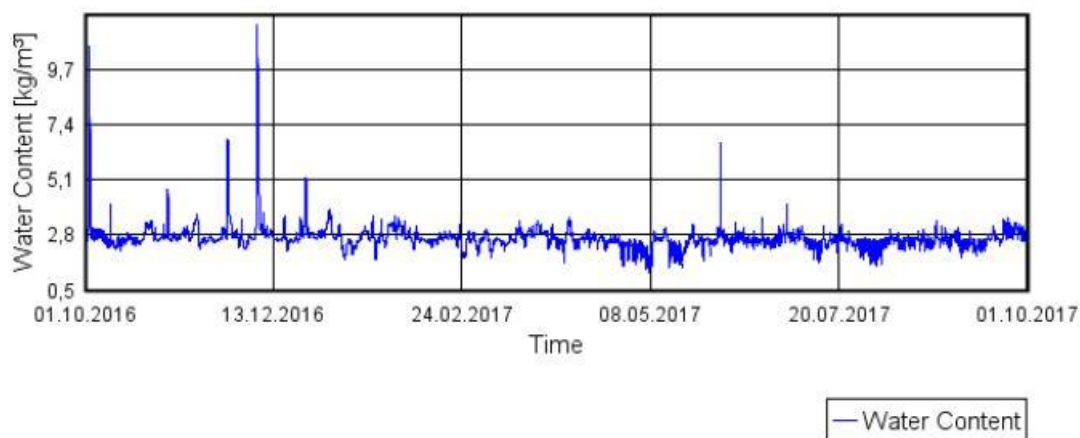
De låga temperaturerna i samband med att teglet är mättat större delen av vintern medför risker för frostsprängning.  $S_{krit}$ -värdet som fås ligger kring 0,5 vilket medför att om teglet är av god kvalitet kan frostsador undvikas men sämre kvalitet löper stor risk för skador.

Den höga relativa ånghalten på utsidan, över 75 %, i samband med att temperaturen går över 5°C på våren medför risker för beväxtning.

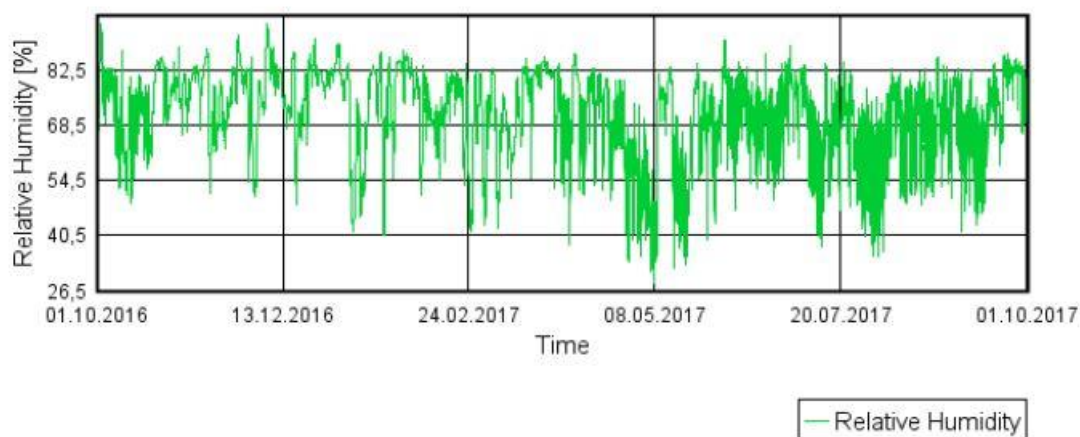
### 3.1.2 Med hydrofob ytbehandling

Den yttre delen av muren har ytterst lite vatten, under  $3 \text{ kg/m}^3$ , och den relativa ånghalten håller sig kring 70 % som kan ses i Figur 15 nedan.

#### Water Content



#### Relative Humidity

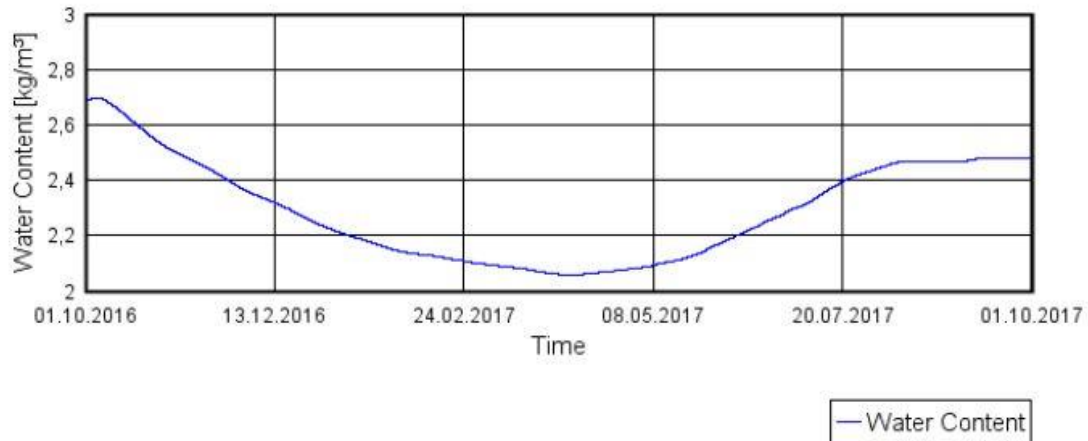


Figur 15 Vatteninnehåll och relativ ånghalt för yttre delar av tegelmuren

Temperaturen faller ner till minusgrader under vintern vid flera tillfällen men visar inga tendenser till minusgrader under hösten eller vår.

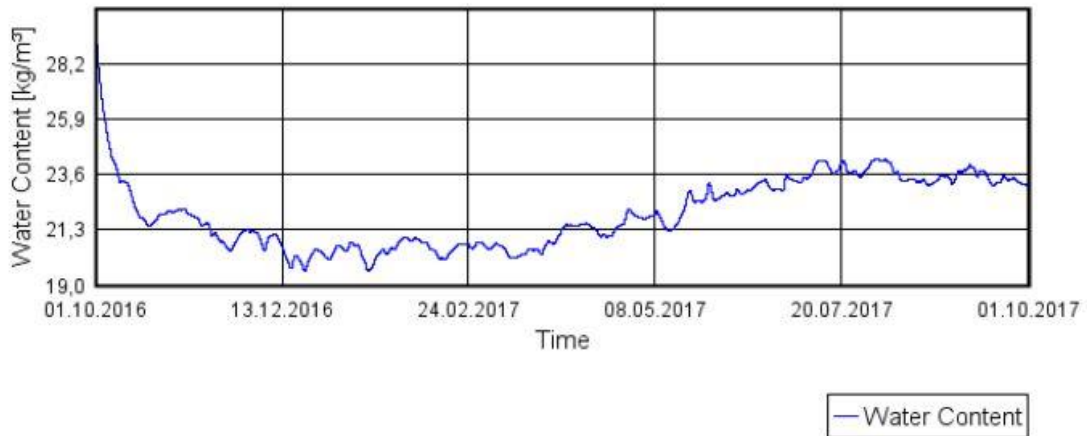
I de centrala delarna av muren är vattenmängden också relativt liten och detta fortsätter tills putsen tar vid och där ökar mängden fukt en aning. I Figur 16 redovisas till exempel hur mycket vatten som finns i mitten av muren och Figur 17 visar mängden vatten i den putsade insidan.

## Water Content



Figur 16 Fukthalt i centrala delar av tegelmuren

## Water Content



Figur 17 Fuktghalt i den putsade insidan

Den relativa ånghalten går aldrig upp över 75 % i någon del av konstruktionen, putsen har över 70 % från början men den relativa ånghalten faller snabbt som kan ses i Figur 18.

## Relative Humidity



Figur 18 Relativ ånghalt i den putsade insidan

Det som tydligt kan ses är att fukthalten minskar betydligt i hela konstruktion efter att en hydrofob ytbehandling har applicerats. Riskerna för frostsador har minimerats och är obetydliga även om temperaturen sjunker under noll grader.

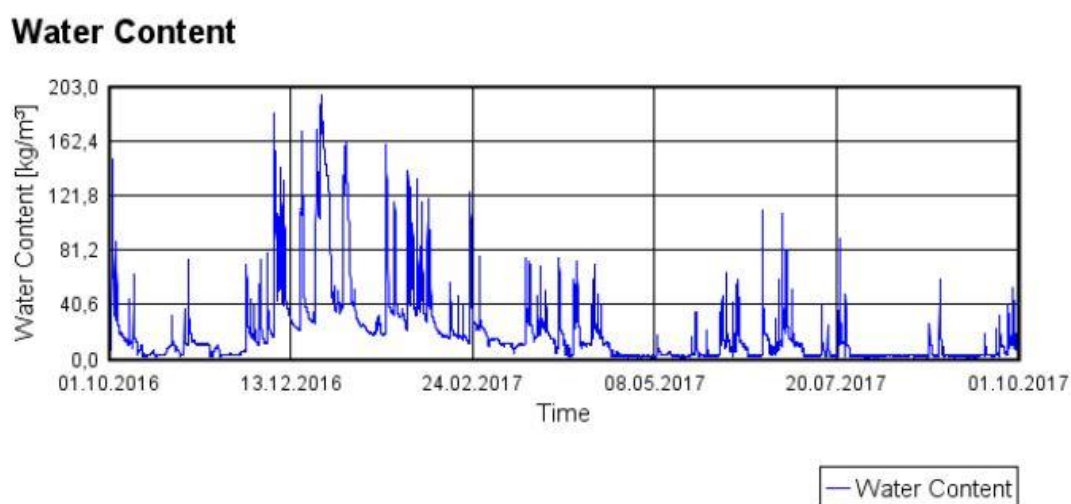
Den relativa ånghalten har även den minskat och håller sig under 75 % större delen av året. Detta leder till att gynnsamma förhållanden för att beväxning ska uppstå ej finns under någon längre tid.

## 3.2 Bärande murverk med tilläggsisolering

I detta kapitel kommer alla resultat från muren med tilläggsisolering att gås igenom, både muren utan och med hydrofob ytbehandling kommer behandlas.

### 3.2.1 Utan hydrofob ytbehandling

I teglet finns en stor mängd vatten större delen av året. Det är främst i de inre delarna som denna mängd blir bestående och håller en jämn nivå medan utsidan kan variera en hel del som kan ses i Figur 19 nedan.

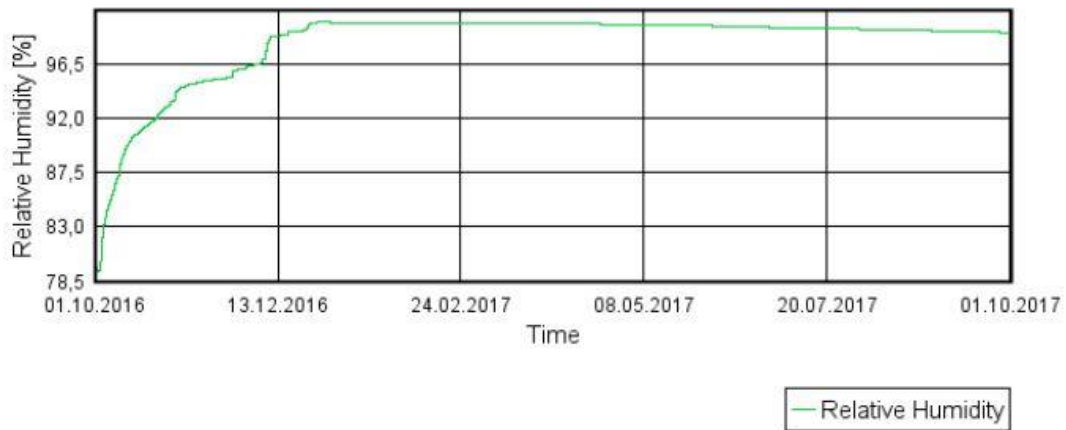


Figur 19 Vattenmängd i de yttre delarna av tegelmuren

När vattnet sedan tar sig längre in och möter isoleringen är det inte mycket som tar sig genom denna isolering och sedan in i gipset. Utan det är främst teglet som har mycket vatten i sig.

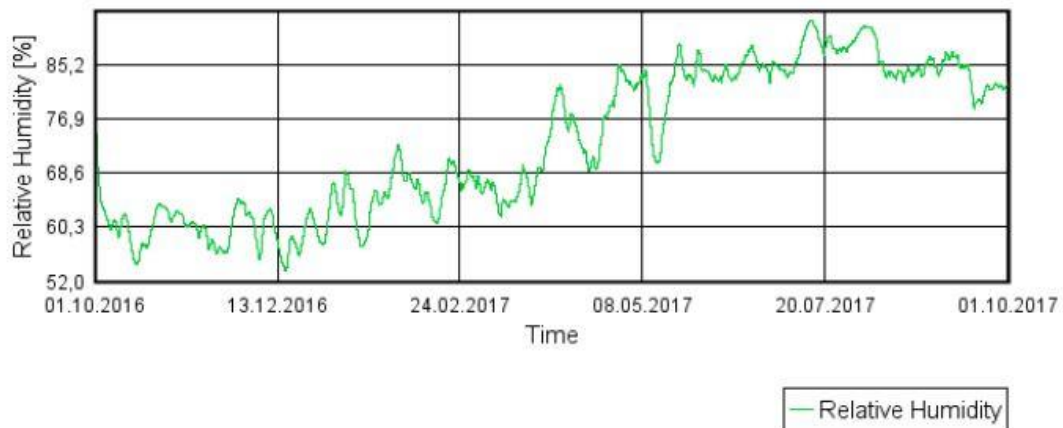
Den relativa ånghalten är hög både i tegel och i isolering men insidan klarar sig bättre. I teglet är den upp emot 100 % men sjunker väldigt sakta under årets gång medan i isoleringen börjar den lågt men arbetar sig upp mot 90 % under sommaren. Detta kan observeras i Figur 20 och Figur 21 nedan.

## Relative Humidity



Figur 20 Relativ ånghalt i de centrala delarna i tegelmuren

## Relative Humidity



Figur 21 Relativ ånghalt i mitten av isoleringen

Dock går den relativa ånghalten över 75 % på hösten på insidan vid ett par tillfällen men håller sig resten av året långt under.

Under årets gång faller temperaturen under 0 °C vid ett flertal tillfällen både i den yttre delen av väggen och i de centrala delarna. I resten av väggen sker inte detta utan temperaturen håller sig över fryspunkten.

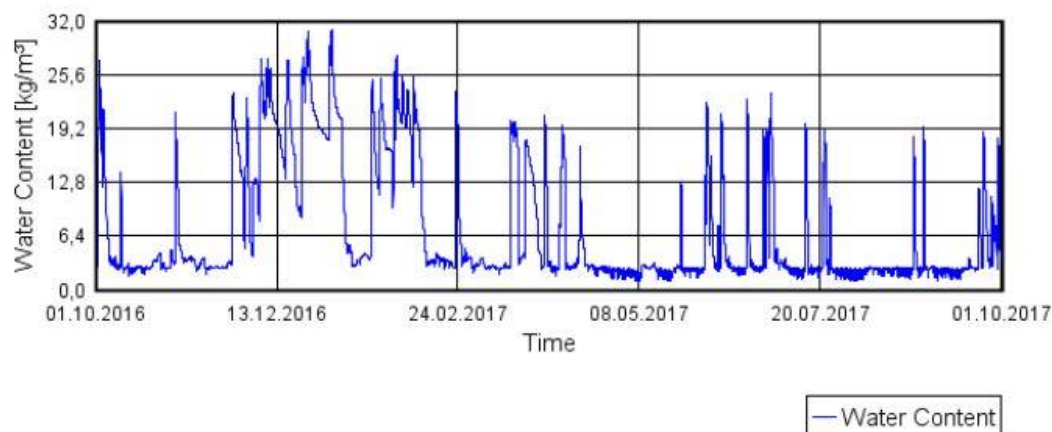
Den stora mängd fukt i stenen i samband med låga temperaturen ger risk för frostsprängning. Även här fås ett  $S_{krit}$ -värde på runt 0,5, så är teglet av god kvalitet minskar risken för frostsador men är teglet av låg kvalitet kan frostsador uppstå.

Beväxning kan både uppstå på utsidan av muren men även på insidan på grund av att den relativa ånghalten är över 75 % och temperaturen över 5°C under en längre tid.

### 3.2.2 Med hydrofob ytbehandling

I de yttre delarna av muren finns det en liten mängd fukt men långt ifrån hur mycket stenen kan bära utan ligger oftast på ca 5 kg/m<sup>3</sup> som kan ses i Figur 22 nedan. Det förekommer en del pikar i grafen men dessa är väldigt kortvariga.

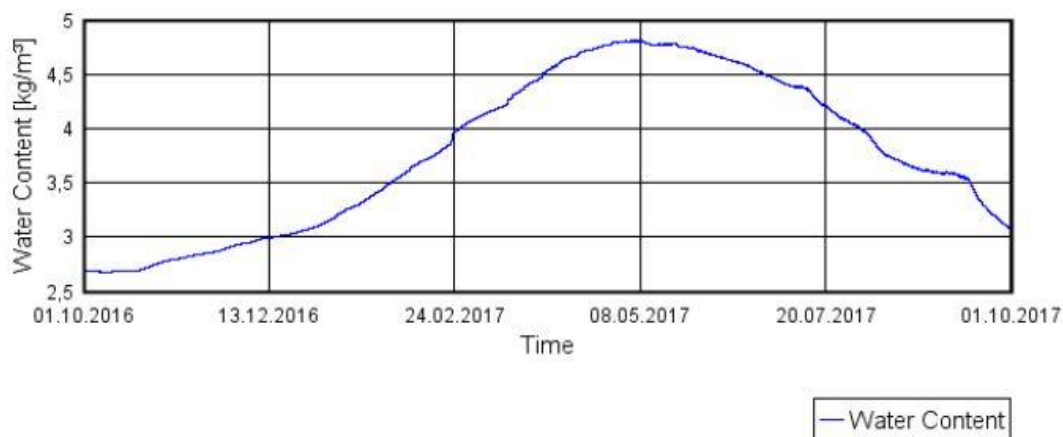
#### Water Content



Figur 22 Fukthalt för yttre delar av tegelmuren

Både längre in i teglet och i isoleringen är det nästan inget vatten som påvisas. I isoleringen ligger mängden på ca 0,8 kg/m<sup>3</sup> medan i teglet stiger mängden nästan upp i 5 kg/m<sup>3</sup> under våren för att sedan snabbt sjunka igen som kan ses i Figur 23 nedan.

#### Water Content

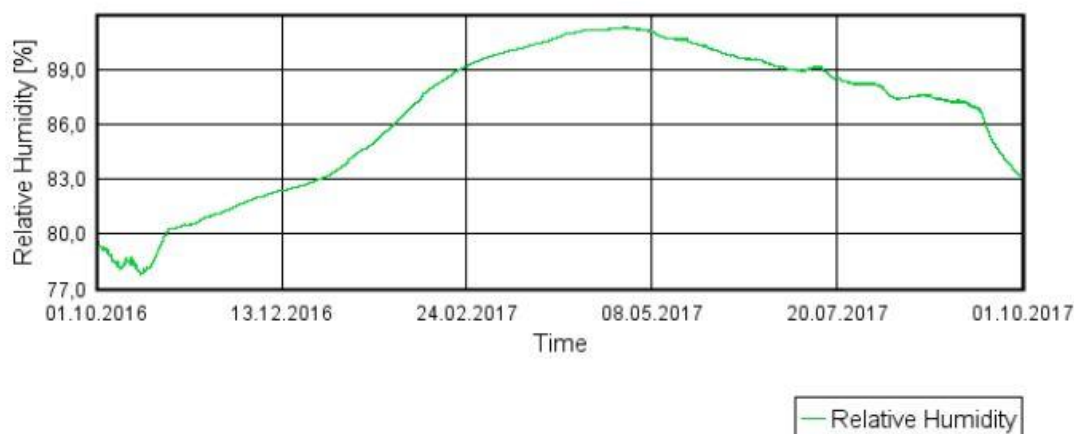


Figur 23 Vattenmängd i centrala delar av tegelmuren

Även de inre delarna påvisar inte något större innehåll av vatten utan ligger kring 4 kg/m<sup>3</sup>.

När det gäller den relativa ånghalten ligger den kring 50–60 % i större delen av konstruktionen. Det är endast i teglet som den går över och där håller den sig mellan 80–90 % som kan ses i Figur 24.

## Relative Humidity



Figur 24 Relativ ånghalt i centrala delar av tegelmuren

På utsidan är den relativa ånghalten inte lika stabil utan ökar och sjunker ständigt. Dock ligger den större delen av tiden under 70 % relativ ånghalt.

Temperaturen går ner under 0 °C vid ett par tillfällen på vintern på i de yttre delarna av muren och i de centrala delarna. Resten av muren håller sig över fryspunkten.

När den hydrofoba ytbehandlingen har applicerats minskade fukthalten i hela konstruktionen vilket bidrog till att riskerna för frostsprängning blev minimala. Även om temperaturen sjunker under noll är mängden vatten för liten för att ge upphov till skador.

Risken för bevaxning på insidan försvann även den tack vare att den relativa ånghalten sjönk under 75 %, men på utsidan finns det fortfarande en liten risk för bevaxning på muren.

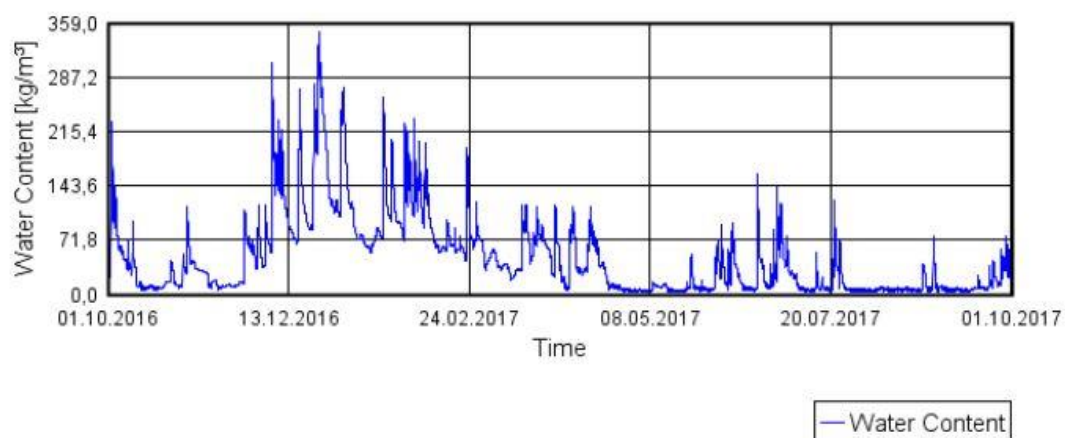
### 3.3 Skalmur

I detta kapitel kommer alla resultat från skalmuren att gås igenom, både muren utan och med hydrofob ytbehandling kommer behandlas.

#### 3.3.1 Utan hydrofob ytbehandling

Vattenmängden i de yttre och centrala delarna av teglet är av en betydande mängd under vintern men sjunker en del under våren och sommaren. Utsidan har till viss del nästan helt torra perioder under sommaren med vissa pikar i vattenmängd som kan ses i Figur 25 nedan.

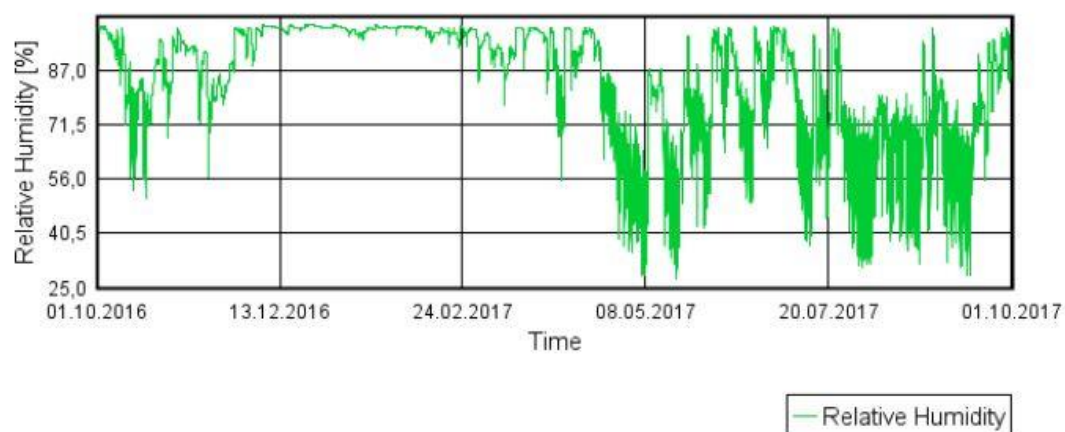
## Water Content



Figur 25 Vattenmängd i yttre delen av skalmuren

Den relativa ånghalten är också den hög, speciellt inne i teglet där den är nästan konstant 100 %. På utsidan håller den sig istället mellan 70 och 90 %, med vissa fall nedanför 70 % under våren och sommaren som kan ses i Figur 26 nedan.

## Relative Humidity



Figur 26 Relativ ånghalt i yttre delen av skalmuren

Efter luftspalten som kommer efter teglet är det inte mycket vatten kvar, dock är den relativa ånghalten fortfarande relativt hög. I isoleringen på andra sidan stiger den snabbt under årets gång och lägger sig i balans kring 95 % relativ ånghalt och detta gäller även för vindskyddet som ligger an mot isoleringen, se Figur 27 och Figur 28 nedan.

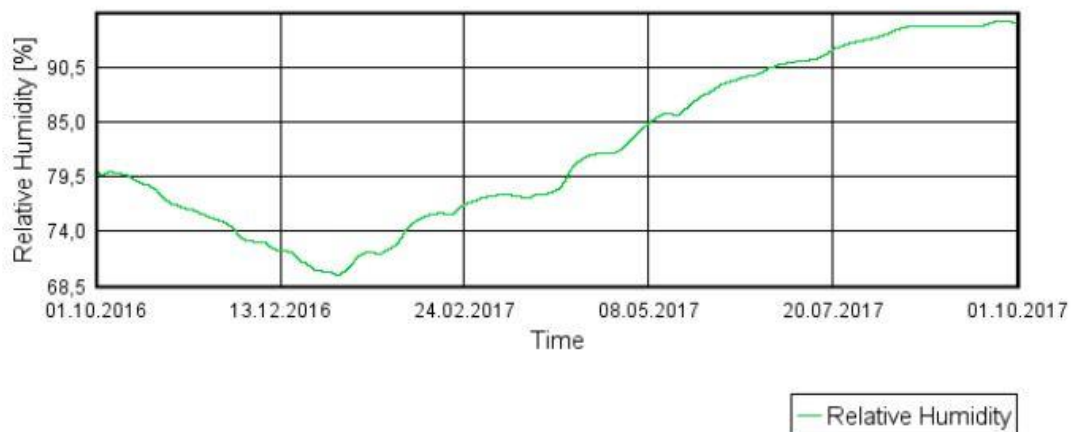
## Relative Humidity



Figur 27 Relativ ånghalt i isolering efter luftspalten i skalmuren

Till skillnad mot isoleringen innehåller även vindskyddet en del fukt som ökar under hösten men fukten är inte tillräcklig för att övermätta vindskyddet. Vindskyddet kan bära  $350 \text{ kg/m}^3$  fukt och som högst blir innehållet ca  $130 \text{ kg/m}^3$ .

## Relative Humidity



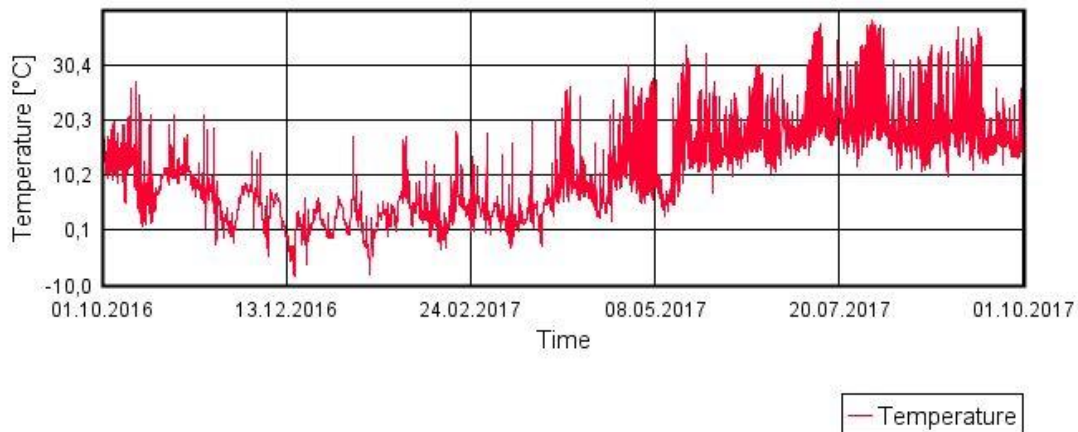
Figur 28 Relativ ånghalt i vindskyddet i skalmuren

Fortsättningsvis håller sig den relativa ånghalten på samma nivå i nästa isolering efter vindskyddet men efter ångspärren sjunker den kraftigt. Efter ångskyddet har även vattenmängden sjunkit kraftigt och värdet på detta ligger strax över  $0,4 \text{ kg/m}^3$ .

I gipsskivan som sitter på insidan ökar fukten en del igen men den har en stabil nivå och den relativa ånghalten är näst intill likvärdig med isoleringen som den ligger an mot.

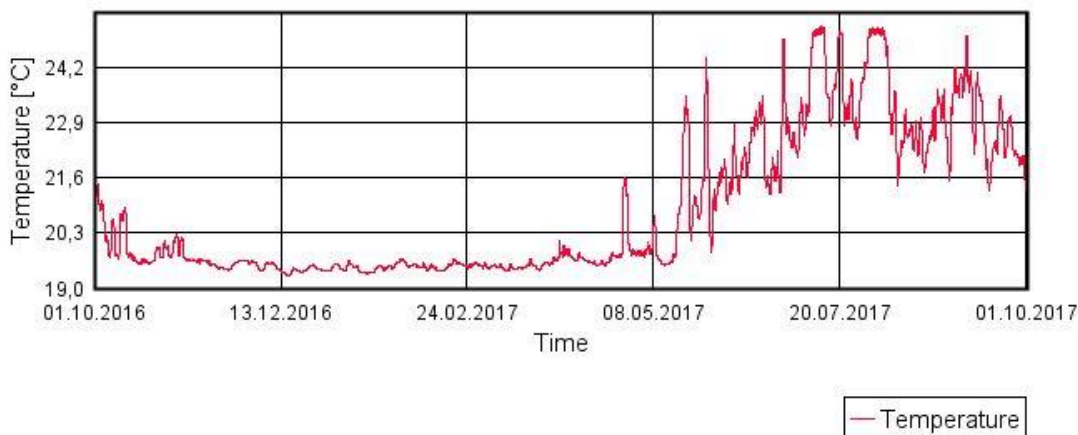
Temperaturen skiljer sig en del åt mellan delarna i skalmuren. I de yttre delarna, framför allt i teglet, sjunker den långt under  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  på vintern, se Figur 29, och även i mitten av isoleringen längst ut i muren faller temperaturen under fryspunkten. Efter denna isolering ligger resten av skalmuren över fryspunkten och insidan blir aldrig kallare än  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  som kan ses i Figur 30.

## Temperature



Figur 29 Temperaturen för yttre delar av skalmuren

## Temperature



Figur 30 Temperatur för inre delar av skalmuren

Även om modernt tegel kan ta hand om mer vatten minskar inte risken för frostsprängning på grund av att teglet fortfarande får en hög fukthalt. Även här fås ett  $S_{krit}$ -värde på runt 0,5 så är kvalitén på teglet dålig finns risk för frostsprängning.

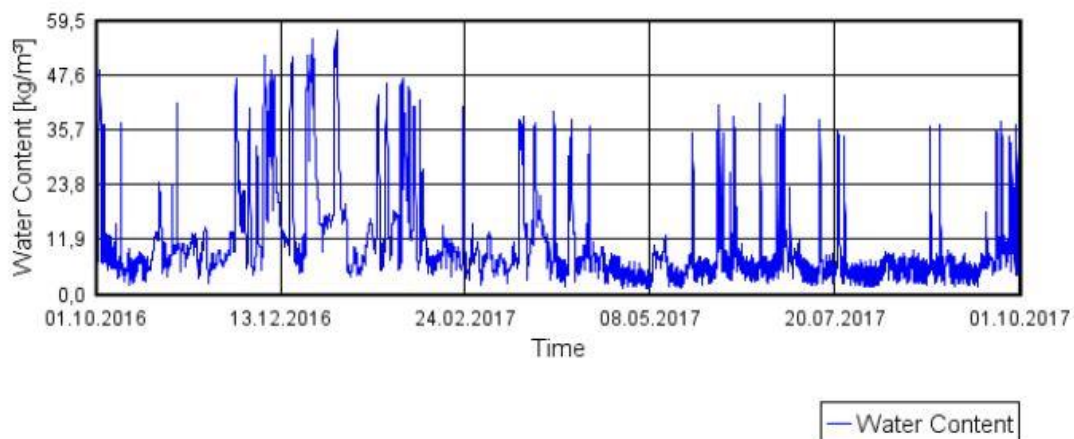
Risken för bevaxning är även den stor på utsidan av muren på grund av relativ ånghalt över 75 % och temperatur över 5°C större delen av året.

Tack vare att skalmuren har en ångspärr löper de inre delarna inga större problem med avseende på fukt, men både isoleringen och vindskyddet före ångspärren har en hög relativ ånghalt. I samband med att denna relativa ånghalt är över 75 % en stor del av året när temperaturen är över 5°C ökar detta risken för mögel inuti isoleringen.

### 3.3.2 Med hydrofob ytbehandling

Fukthalten i teglet är väldigt varierande, som kan ses i Figur 31 nedan, men den håller sig främst kring 10 kg/m<sup>3</sup> med vissa pikar upp mot 35–50 kg/m<sup>3</sup>. Även den relativa ånghalten håller sig för det mesta under 70 % på våren och sommaren men går över 80 % framåt hösten och under vintern.

#### Water Content



Figur 31 Vattenmängd i yttre delar av skalmuren

Resten av skalmuren följer samma mönster med väldigt liten mängd vatten, endast vindskyddet skiljer sig från mängden som kan ses i Figur 32.

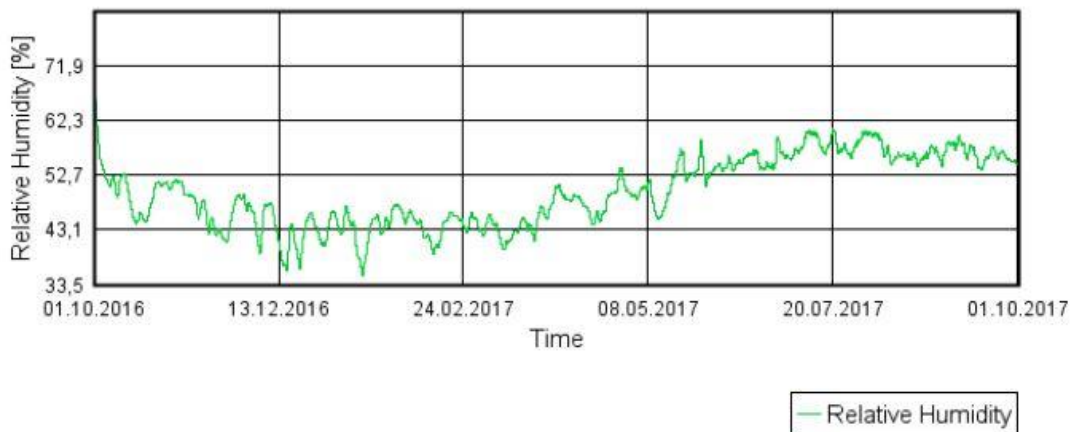
Den relativa ånghalten skiljer sig beroende på vilken sida av ångskyddet delarna i skalmuren befinner sig. Utanför ångskyddet ligger relativ ånghalt kring 70–80 % medan de inre delarna ligger kring 40–60 %, går nästan ner mot 30 % under vintern, se Figur 33.

#### Water Content



Figur 32 Vattenmängd i vindskyddet i skalmuren

## Relative Humidity



Figur 33 Relativ ånghalt i gipsskivan i skalmuren

Endast teglet får temperaturer som ligger under 0 °C medan resten av skalmuren håller sig över fryspunkten.

Den låga fukthalten ger väldigt låga värden på  $S_{krit}$ , hamnar som högst kring 0,15, vilket leder till att risken för frostsprängning är minimal om teglet inte är av absolut sämsta kvalitén.

Tack vare behandlingen minskade även fukten och den relativa ånghalten i den yttre isolering vilket tog bort riskerna för mögel som fanns tidigare.

Resten av muren har en väldigt låg relativ ånghalt tack vare ångspärren som fungerar som den ska och spärrar fukt.

### 3.4 Jämförelse mellan bärande murverk och skalmur

Den största skillnaden mellan de bärande murverken och skalmuren är ångspärren som finns i skalmuren. Denna bidrar till att inomhusklimatet är skyddat medan de andra murarna till stor del påverkas av hur mycket fukt som teglet innehåller. Därför har en hydrofob ytbehandling störst effekt på ett bärande murverk av solitt tegel utan ångspärr.

En annan skillnad som bidrar till mer fukt i ett bärande murverk är avsaknaden av luftspalt. Luftspalten ger ett utrymme där fukten kan rinna ner och ut ur muren istället för att fortsätta längre in. Med tanke på de stora skillnaderna i fukt mellan skalmuren och det bärande murverket ligger simuleringen nära verkligheten.

Ett bärande murverk består också utav 1½-sten eller 2-sten i jämförelse med en modern skalmur som består av ½-sten eller 1-sten. Detta bidrar till en större volym tegel som innehåller mer fukt och därför tar längre tid att torka ut ordentligt. Detta kan ses i den stora mängd fukt som finns i det bärande murverket i jämförelse med skalmuren. Effekten av större volym tegel är att fukten som finns i det bärande murverket tar längre tid att torka ut helt efter applicering av en hydrofob ytbehandling än teglet i skalmuren. Detta leder till att

om en hydrofob ytbehandling används på ett bärande murverk kan det dröja innan effekterna registreras.

Det som framgår av simuleringarna är att största vinsten i att använda en hydrofob ytbehandling fås genom behandling av en äldre tegelfasad. Där minskar fukten och den relativa ånghalten i alla delar av konstruktionen vilket bidrar till längre livslängd för muren. Dock påverkas även en skalmur positivt av en hydrofob ytbehandling men endast de yttre delarna, men är konstruktionen felaktig så ökas de positiva effekterna betydligt. Är luftspalten för liten, för få avrinningshål i muren eller om ångspärr saknas eller är felplacerad leder detta till att fukt kan transporteras genom väggen i en större mängd. Istället för att bygga om hela väggen skulle en billigare lösning vara att behandla den med en hydrofob ytbehandling istället (Olsson, 2017).

## 3.5 Intervjuer

Nedan kommer relevanta utdrag från intervjuerna redovisas, för att se längre redovisningar se Bilaga 6.2.

### 3.5.1 Karin Mattson, Jotun Sverige AB

Enligt Karin uppstår det sällan problem vid hydrofoba ytbehandlingar. Även om tegelkvalitén är överlag sämre nuförtiden är risken för problem minimal.

En hydrofob ytbehandling ökar inte riskerna för frostsador på muren tack vare att Jotuns produkt inte har något motstånd för vattenångan, säger Karin. Under hennes arbetstid har frostsador i samband med Jotuns produkt endast inträffat en gång, och då var det ett konstruktionsfel.

Att det ska finnas någon misstro mot hydrofoba ytbehandlingar är inget Karin har hört talas om, utan de flesta verkar vara positiva ifrån industrisidan.

Jotuns produkt har ingen livslängd och kan hålla i minst 10 år. Skulle skador dock uppkomma på muren behöver de åtgärdas och en ny behandling göras. Anledningen till att ingen livslängd finns är att det är svårt att testa och finna testobjekt enligt Karin.

Saltutfällningar är inget problem som Karin hört talas om och hon har svårt att tro att problem skulle uppstå. Om problem skulle uppstå i samband med salter i muren beror detta på grova konstruktionsfel.

### 3.5.2 Fredrik Olsson, Rotpartner

För många är det inte självklar att hydrofobering och impregnering är samma sak enligt Fredrik. Han påtalar även att när olika behandlingar började lanseras i slutet av 70-talet och början av 80-talet kom det många produkter som hade väldigt låg kvalitet. I samband med att behandlingarna användes som allt-i-allo lösningar, ofta på dåliga underlag, ledde detta till många problem.

Det är viktigt att se över alla förändringar på fastigheten under dess livslängd för ändringarna kan påverka byggnaden. På grund av att det har funnits väldigt många olika produkter i Sverige vid murning är det ibland svårt att fastställa vad muren är uppbyggd av.

Vidare går Fredrik in på kapillärkrafter i tegelmurar och hur de kan påverkas av olika faktorer och skillnader mellan äldre fasader och skalmurar. Han menar på att i äldre murar finns det alltid en naturlig väg ut för vattnet genom kapillärkrafter, även om muren är putsad, men detta finns inte i skalmurar. Det är inte alltid fasadens problem att fuktproblem finns heller utan andra faktorer ska stå bakom, till exempel om insidan är tapetserad och målad ett flertal gången. Enligt Fredrik kan kapillärsuget även störas om bruket bryts ner inne i väggen.

När det gäller hårdbränt tegel tar det lång tid innan det blir fuktigt men det tar också väldigt lång tid innan det har torkat ut. Hårdbränt tegel är vanligt i äldre tegelfasader.

Uttorkning av tegel sker långsammare om en hydrofob ytbehandling finns enligt Fredrik och första våningen är kritisk i avseende på impregneringen på grund av närhet till markfukt. Skulle sprickor uppstå är det viktigt att åtgärda dessa innan behandling ges annars accelererar sprickornas framväxt enligt Fredrik.

I alla projekt som Rotpartner har genomfört har de sett att fastigheterna fortfarande håller väldigt bra efter en impregnering. Äldre fastigheter ifrån 50–60-talet med hyfsad tegelkvalité och stora fuktproblem har impregnerats med superba resultat enligt Fredrik. Men han tycker inte att det är en universallösning med hydrofob ytbehandling utan det är viktigt att vara försiktig, för han menar att väggens kemi kan förändras av behandlingen.

Det är viktigt att ta prover innan behandling utförs och ofta i en större mängd, detta är väldigt viktigt tycker Fredrik. Detta för att ge en bra bild över vad som behöver åtgärdas och om väggen kan torka ut inåt.

En hydrofob ytbehandling är en väldigt bra lösning om fasaden är blöt enligt Fredrik, men det är viktigt att komma ihåg att alla fasader är olika. Samma lösning fungerar inte på alla fasader.

## 4 Diskussion

Något som går att se är att det finns många olika typer av hydrofoba ämnen som används i vattenavvisande ytbehandlingar. Förmodligen är det denna mängd och dåliga erfarenheter som bidrar till att företag och människor är försiktiga med att använda sig av det.

I Sverige kan negativa uppfattningar om hydrofoba ytbehandlingar också komma från hur något betedde sig när det först introduceras på marknaden. Det nämndes under intervjun med Rotpartner att när hydrofoba ytbehandlingar dök upp så fanns det många produkter av sämre kvalité och det var här många problem uppstod. Det är vid undermåligt förarbete som problem uppstår enligt Karin Mattsson, Jotun Sverige AB. Undermåligt förarbete kan vara till exempel att inte byta ut skadade stenar eller foga om dåliga fogar. En annan faktor är handhavandefel, samt uppfattningen att produkten ska lösa alla problem utan bra förarbete.

Även för någon som har viss tro till åtgärden och en viss kunskap inom färg-kemi blev det väldigt komplicerat snabbt när kemin bakom hydrofoba ämnen studerades. Därför är det förståeligt om vissa företag är försiktiga med att tillföra ett ämne till en fasad som ändrar kemin i fasaden. Detta nämndes även under intervjun med Rotpartner, även om de är för användandet av hydrofoba ytbehandlingar är de fortfarande försiktiga med användandet. Fungerar något som det ska är man vanligtvis ovillig att förändra eller påverka utan att vara säker på att förändringen enbart medför positiva effekter istället för kostsamma negativa effekter.

Anser inte att det skadar att använda sig av en hydrofob ytbehandling för de positiva effekterna överväger de negativa kraftigt. Samtidigt som de negativa effekter som räknas upp endast uppstår om konstruktionen är helt felaktig eller i de riktigt extrema fallen. Exempel på detta nämndes i kap. 2.1.3.3 där Sandin ansåg att det hydrofoba ämnet skulle blockera salterna vilket bidrog till nedbrytning av teglet. Enligt Karin Mattsson, Jotun Sverige AB, uppstår aldrig den mängd salter som detta skulle kräva och salterna följer med vattnet in i ångfasen för att sedan avdunsta på utsidan.

Fallet som Sandin tar upp med salter ses mer som ett extremfall och inget som uppstår i vanliga konstruktioner. Exemplet som han använder sig av, som nämns i kap. 2.1.3.3, skulle bara uppstå om muren är helt felkonstruerad och ingen dränering finns. Ofta är det extremfallen som styr när kemiska ämnen ska användas men anser att här är man lite väl försiktig.

Negativa effekter finns men oftast är de bara negativa ur estetisk synpunkt. Till exempel nämndes det i kap. 2.1.2 att vissa hydrofober kan ge viss missfärgning. Med tanke på att bostadshus var objekt som skulle undersökas i denna rapport kan detta kanske sänka värdet på bostaden samtidigt som de boende inte trivs med utseendet. I så fall är det viktigt att undersöka att behandlingen som används inte ger dessa missfärgningar genom att testa på en provyta.

Kan nämnas att de flesta produkter som finns på marknaden inte ger dessa missfärgningar men viss försiktighet föredras.

En annan effekt som nämndes under intervjun med Karin Mattsson, Jotun Sverige AB, är att en behandling kan få vattnet att rinna väldigt snabbt. En effekt av detta är att om ett tak behandlas med en hydrofob ytbehandling så bör behandlingen sluta ca 1 meter ifrån takrännan annars får vattnet en för hög hastighet och missar takrännan.

Ses de positiva effekterna över så tycks de negativa effekterna blekna ytterligare. Främst med tanke på att en behandling kan förhindra frostsprängningar som kan ses i simuleringen och även litteraturen stödjer denna effekt. Blir det inga frostsprängningar betyder detta att fasaden slipper bli ful och en ommurning, med medföljande kostnad, ej behöver genomföras.

Den sänkta relativa ånghalten bidrar även till mindre påväxt på utsidan och risk för mögel på insidan. Även inomhusklimatet bör bli behagligare med en lägre relativ ånghalt och torrare luft. Det finns fortfarande förutsättningar för beväxning på utsidan men som nämndes i kap. 2.1.3.6 skulle dessa bara försvinna vid nästa regn på grund av det dåliga fäste som finns på grund av den hydrofoba ytbehandlingen.

Med tanke på att WUFI inte har några hydrofoba ämnen i sin databas var det lite krångligt att komma fram till bra värden till det hydrofoba materialet som behövde skapas, men tycker ändå att materialet ligger nära verkligheten. Skulle hydrofoba ämnen läggas till i databasen hade det varit väldigt intressant att se hur nära de ligger simuleringarna i denna rapport.

Simuleringen visade också främst vad en helt täckande hydrofob ytbehandling kan ge för effekt men det finns också ämnen som injiceras i fogar och detta skulle också behöva studeras närmare.

I slutändan anses att inga större problem uppstår vid användning av en hydrofob ytbehandling, det värsta som kan hända är att behandlingen behöver göras om på nytt. Skulle behandlingen inte fungera kan detta också påvisa större underliggande problem med fasaden men det är viktigt att förarbetet är noggrant och fackmannamässigt utfört. Hålls en konstruktion torr, vilket en hydrofob ytbehandling har som funktion, ökas livslängden på konstruktionen.

## 5 Referenser

- Eriksson, A. (1934). *Murtegel och tegelmurverk ur byggnadsteknisk synpunkt*. Stockholm: Sveriges Tegelindustriförening.
- Johansson, P., Geving, S., Hagentoft, C.-E., Jellt, B. P., Rognvik, E., Kalagasidis, A. S., & Time, B. (2014). Interior insulation retrofit of a historical brick wall using vacuum insulation panels: Hygrothermal numerical simulations and laboratory investigations. i *Building and Environment*, 79 (ss. 31-45).
- Jotun Sverige AB. (2014). *Jotun Impregnering för mur och sten*. Hämtat från [http://www.jotun.com/Datasheets/Download?url=%2FTDS%2FTDS\\_95\\_JOTUN+Impregnering+f%C3%B6r+mur+och+sten\\_Swe\\_SE.pdf](http://www.jotun.com/Datasheets/Download?url=%2FTDS%2FTDS_95_JOTUN+Impregnering+f%C3%B6r+mur+och+sten_Swe_SE.pdf)
- Künzel, H. M. (1994). *Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten*. Stuttgart: Dissertation Universität Stuttgart.
- Künzel, H. M. (1995). *Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components*. Stuttgart: IRB Verlag.
- Main Page WUFI 2D. (2008). Hämtat från [www.wufi-wiki.com](http://www.wufi-wiki.com)
- Mattson, K. (den 27 Mars 2017). (O. Nilsson, Intervjuare) *Nationalencyklopedin*. (den 11 April 2017). Hämtat från <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/glaciallera>
- Nevander, L., & Elmarsson, B. (2006). *Fukthandbok: praktik och teori*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- Nordisk Stenimpregnering AB. (2008). *Stenimpregnering C2 fasad & betong*. Hämtat från [http://www.nsiab.se/datablad/c2/C2\\_info\\_4sid.pdf](http://www.nsiab.se/datablad/c2/C2_info_4sid.pdf)
- Olsson, F. (den 31 Mars 2017). (O. Nilsson, Intervjuare)
- Sandin, K. (1994). *Vattenavvisande fasadimpregnering*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
- Statens råd för byggnadsforskning. (1990). *Äldre murverkshus: reparation och ombyggnad*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.
- Svensk byggtjänst. (2011). *Rätt murat och putsat*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Wendler, E., & von Plehwe-Leisen, E. (2008). *Water Repellent Treatment of Porous Materials. A New Edition of the WTA Leaflet*. Hämtat från [hydrophobe.org](http://hydrophobe.org)
- Wissenschaftlich-Technische Arbeitsmeinschaft. (2010). *Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen*. Stuttgart: Farunhofer IRB Verlag.

## 6 Bilagor

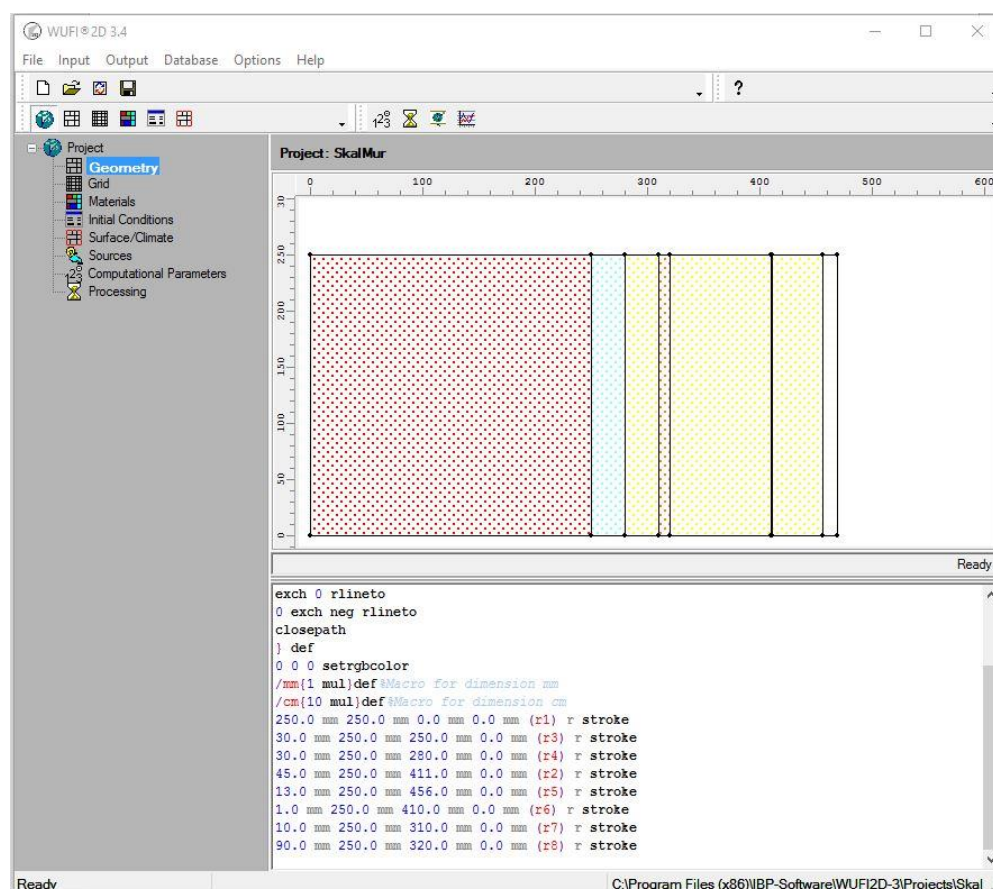
## 6.1 Användargränssnitt WUFI

Det första som möter en när WUFI startar är en projektsida där information som projektets namn, projektnummer om det finns och klientens namn kan fyllas i. Utrymme finns även för att fylla i kontaktinformation och anmärkningar som finns på projektet.

I vänstra delen av gränssnittet finns det åtta olika alternativ som behandlar olika delar modellen och dessa är:

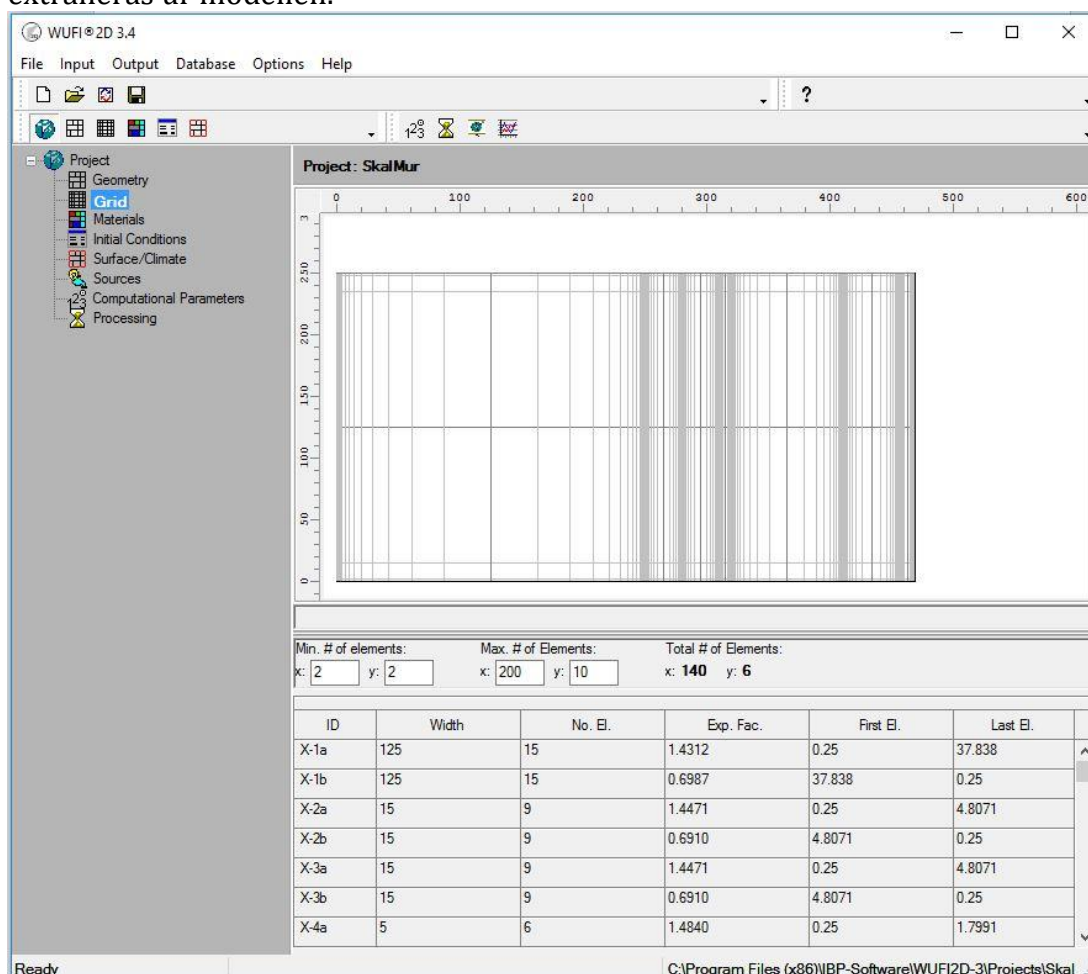
- Geometry
- Grid
- Materials
- Initial Conditions
- Surface/Climate
- Sources
- Computational Parameters
- Processing

Under "Geometry" ritas modellen upp genom att ange höjder och bredden för alla material i väggen. Viktigt är också att markera upp "tomma" områden som till exempel luftspalter. I Figur 34 nedan visas det hur en skalmur kan modelleras.



Figur 34 Skalmur i WUFI

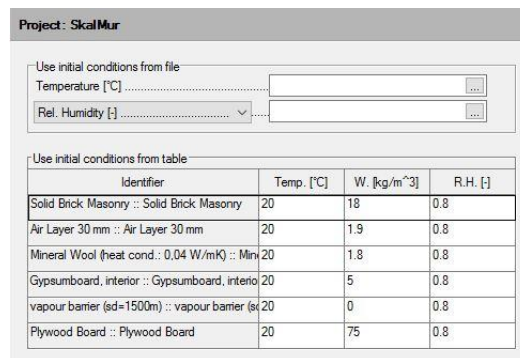
Alla mått anges i millimeter vilket gör att finjusterade modeller kan ritas upp. Förutom att ange måtten manuellt i den nedre rutan så finns möjligheten även att dra rektanglar med datormusen för att snabbt skapa en modell. I nästa del som är "Grid" anges hur många olika element som är relevanta vid beräkningen på slutet. Ofta är materialmöten kritiska punkter och en inställning finns tillgänglig som gör att elementen blir flera vid dessa punkter. För att få en förståelse studera Figur 4, där ses det tydligt att cellerna i mitten av material är betydligt större än de som befinner sig nära ett annat material. Om detta inte önskas finns det möjlighet att justera detta i inställningarna. Det går också att tyda i Figur 35 möjligheten att ange maximalt och minimalt antal element i x- och y-led. Ökas antalet element tar beräkningarna längre tid men mer exakt data kan extraheras ur modellen.



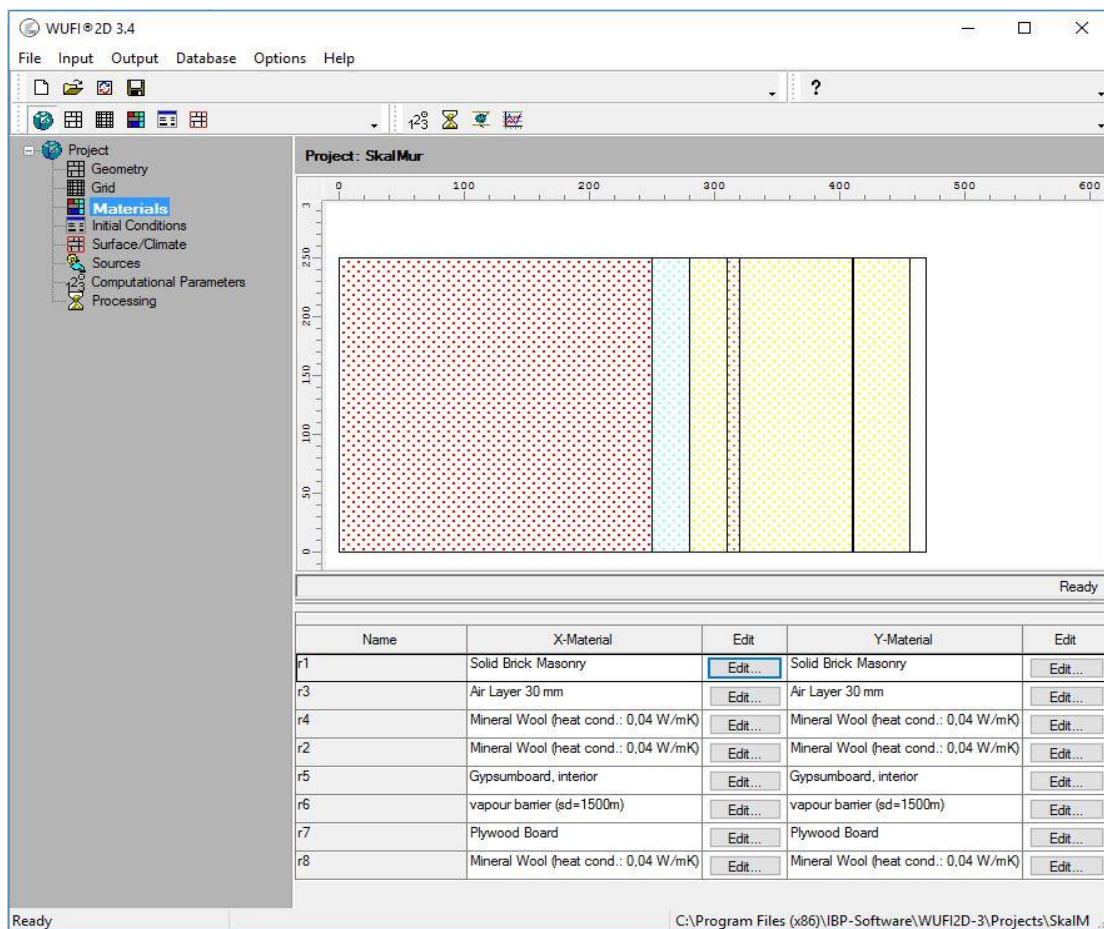
Figur 35 Exempel på skalmur i WUFI:s Grid-vy

Under fliken "Materials" anges sedan vilken typ av material som finns i varje del av modellen. WUFI har ett eget bibliotek med materialdata som används främst men det är också möjligt att skapa nya material eller justera material som redan existerar i databasen. De flesta material kommer ifrån Fraunhofer IBP med det finns också andra källor som till exempel Lunds Tekniska Högskola, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet och Technische Universität Wien. Figur 37 visar vad som möter en i materialvyn och Figur 38 visar hur databasen ser ut.

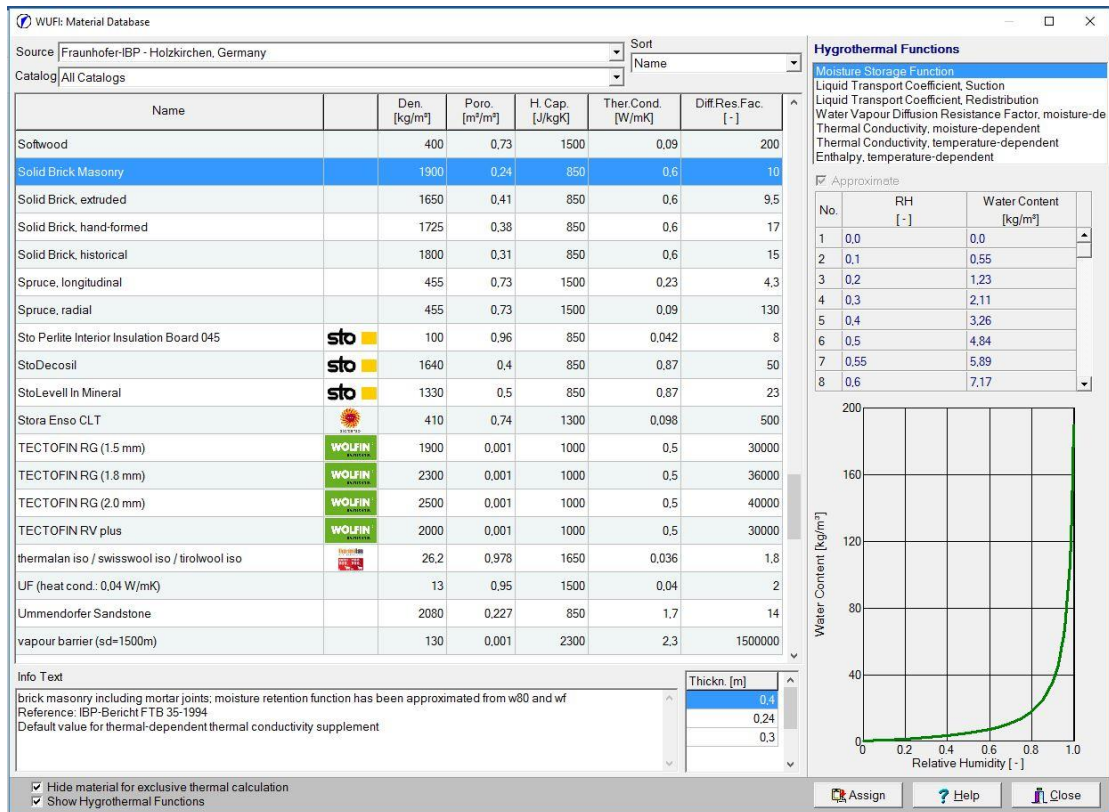
Nedanför i Figur 36 är det möjligt att studera hur de initiala parametrarna för temperatur, densiteten och relativ ånghalt anges. Även dessa går att justera vid behov.



Figur 36 Initial Conditions-vy i WUFI

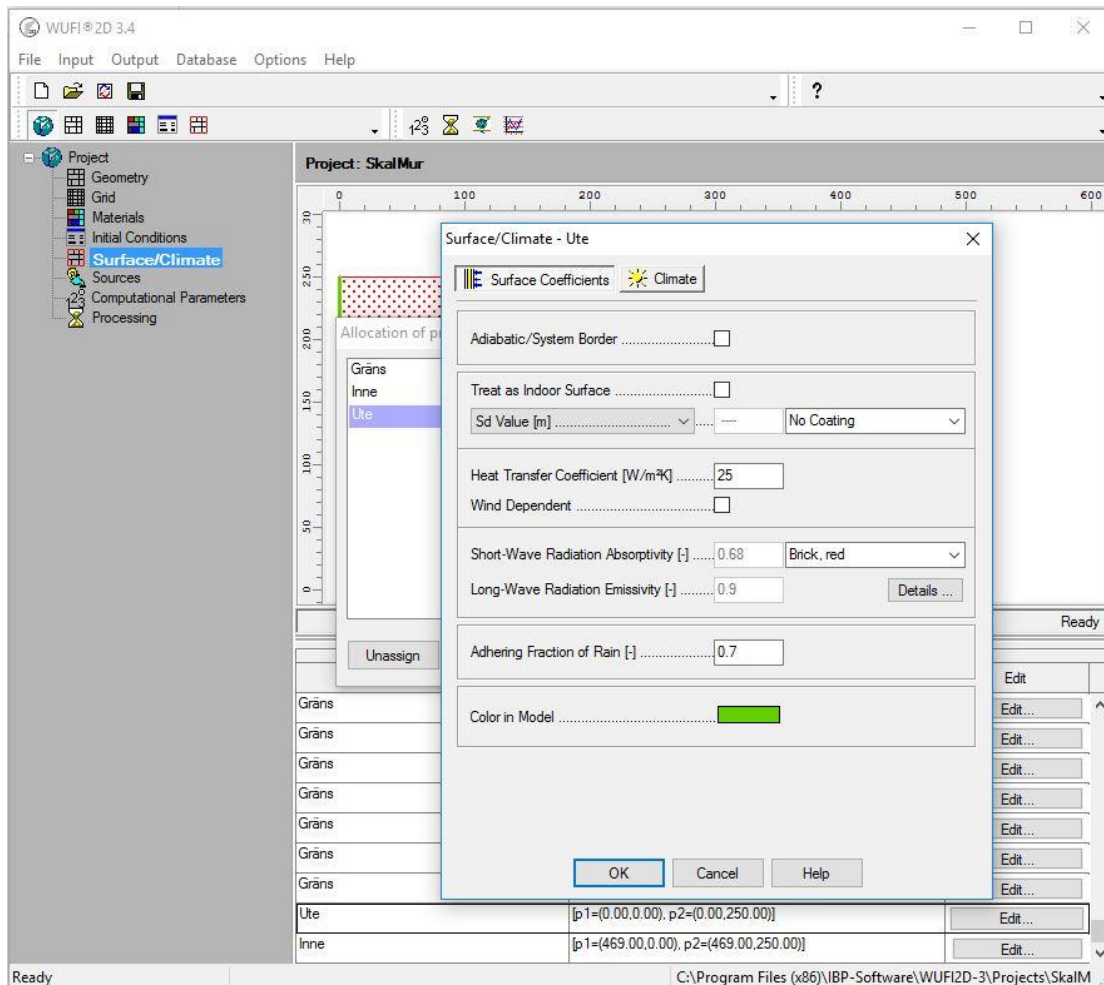


Figur 37 Materials-vy i WUFI



Figur 38 Exempel från WUFI:s databas

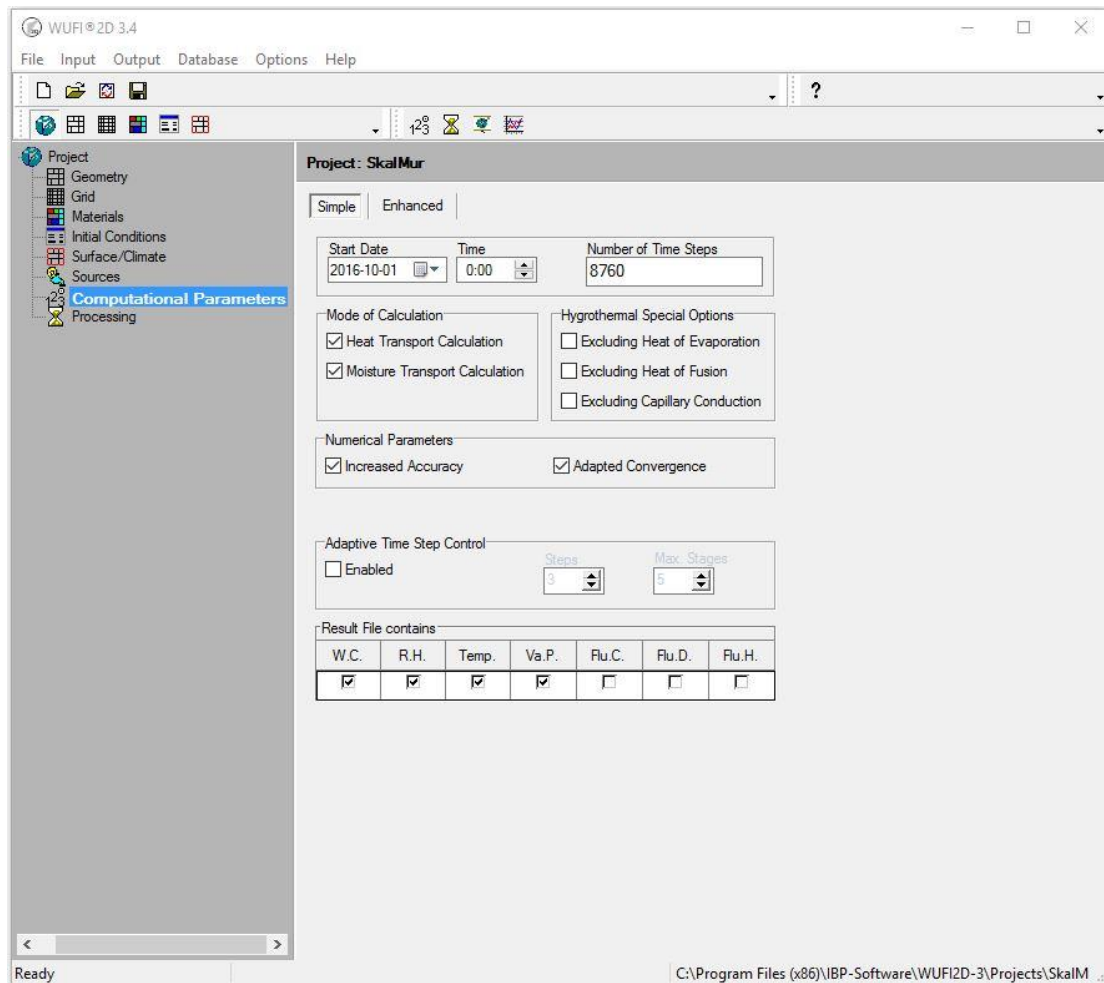
När det gäller ytor och klimat så har WUFI ett speciellt synsätt. Ett av alternativen är att en yta kan anges som adiabatisk, vilket har som effekt att ingen värme eller fukt kan tränga ut vid den ytan. Detta leder till en en-dimensionell simulering av värme- och fuktflöde.



Figur 39 Surface/Climate-vy i WUFI, visar inställningar på ett utomhusklimat

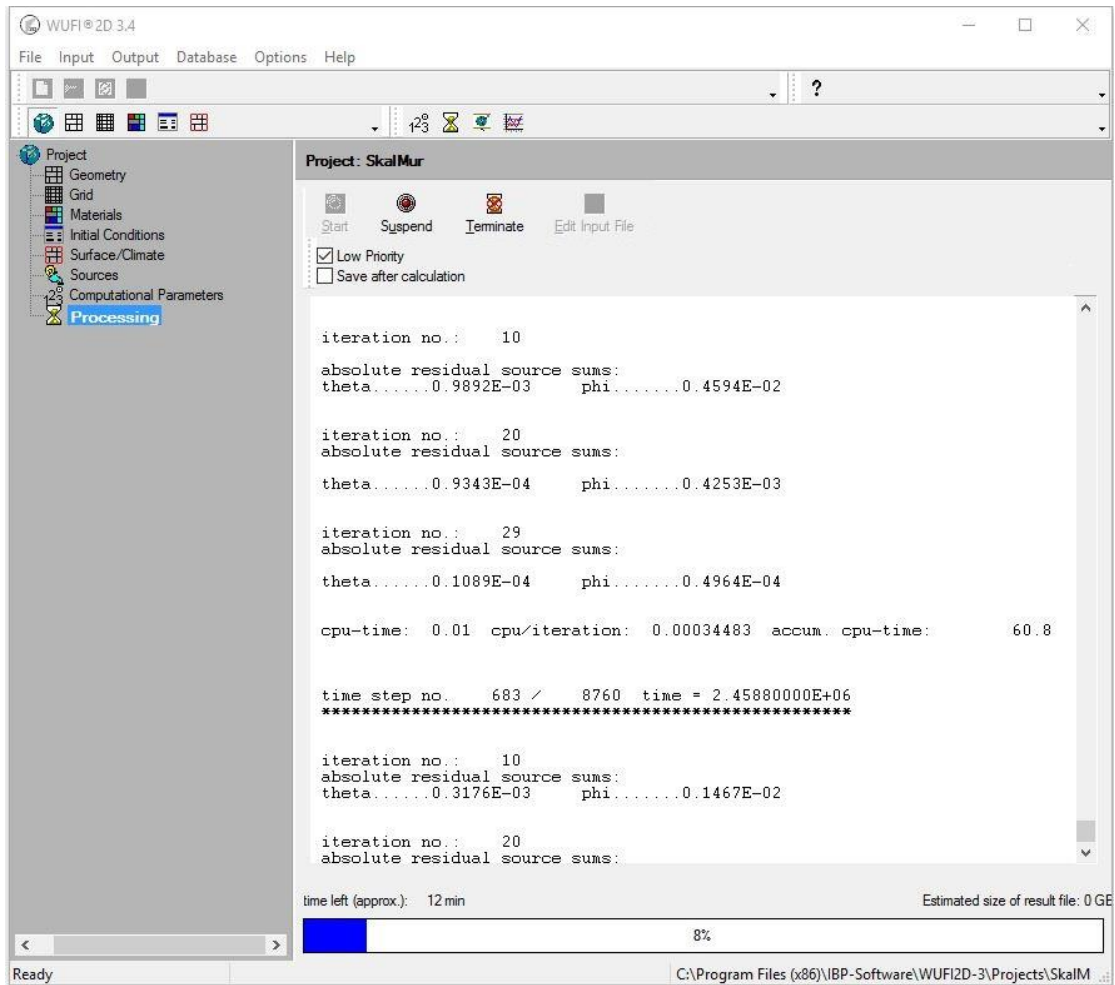
De andra ytorna definieras som antingen utomhus eller inomhus. Vidare kan dessa justeras för att efterlikna verkligheten så nära som möjligt som visas i Figur 39. All data som anger hur mycket regn som faller, temperatur, luftfuktighet etc. tas ifrån en klimatfil som definieras under "Climate"-fliken i Figur 8. När utomhusklimatet anges räcker det med att välja rätt stad ifrån en karta men för att ange inomhusklimat finns det fler alternativ. Där finns det istället olika standarden att välja mellan och dessa är EN 13788, EN 15026 och ASHRAE 160.

När detta är klart är nästa steg att ange hur många tidssteg uträkningen ska ta, när den ska starta och vilka typer av data som är intressanta att ta fram, och detta behandlas under "Computational Parameters". Som kan ses i Figur 40 är antalet tidssteg 8760st och detta skulle ge en tidsperiod på ett år. Det är även möjligt att bortse ifrån vissa parametrar som till exempel kapillärsugningsförmågan. Längst ner anges det vilken data som ska sparas i resultat-filen.



Figur 40 Computational Parameters-vy i WUFI

Sista alternativet är "Processing" och det är här beräkningarna startas. Informationen som fås under tiden beräkningarna fortgår är hur lång tid som är kvar och hur stor den resulterande filen blir. Finns behovet att ändra något i in-data är detta också en möjlighet i denna vy.



Figur 41 Exempel på en pågående beräkning i WUFI

## 6.2 Sammandrag av intervjuerna som genomfördes

### 6.2.1 Karin Mattsson, Jotun Sverige AB

Börjar med att undersöka om Jotun har fler produkter för impregnering på industrisidan, men Karin berättar att de har samma produkt som till vanlig konsument.

Produkten de har anses väldigt säker, oligomer siloxan är stabil. Frågar varför den inte är vattenburen och får som svar att en vattenburen produkt är svårare att hantera vid lägre temperaturer, lacknafta är säkrare. Resultatet blir bättre med lacknafta.

Undersöker om det finns några vanliga problem som uppstår när produkten används på äldre, kontra nyare tegelfasader. Överlag verkar det som att äldre tegel skapar färre problem, nyare tegel är ibland av sämre kvalitet, men problem uppstår sällan enligt Karin.

När frostsador kommer på tal anser Karin inte att skadan förvärras av en impregnering tack vare att impregneringen är diffusionsöppen. I Jotuns produkt finns inget motstånd för vattenångan enligt Karin och därför kan vattnet torka ut. Hon har endast stött på ett problem under hennes arbetstid i samband med frostsprängning, och då var det ett konstruktionsfel.

Det finns inga planer på att förändra produkten, möjligen om ändring i lagen sker med avseende på mängd lacknafta i produkten.

Fasadimpregnering är oftast en problemlösning för konsumenter men efterfrågan finns även från målare enligt Karin.

Karin har inte hört något om någon misstro på silikoner från industrisidan utan de flesta verkar positiva.

Enligt Karin är produkten väldigt effektiv och en torrare vägg är alltid att eftersträva.

Finns ingen livslängd på produkten, Karin ger ett exempel där produkten fortfarande håller efter 10 år, de vet inte hur länge den håller. Endast om väggen skadas behövs det appliceras igen, till exempel vid omfogning. Svårt att göra sådana långa tester för att se hur länge den håller, svårt att finna testobjekt.

Tar upp problemet med saltutfällningar som enligt Sandin skulle försämrats om fasaden behandlas med en impregnering. Karin har aldrig hört talat om sådana problem och har svårt att tro att deras produkt ska vara så bromsande för salter att ta sig ur väggen. De har aldrig haft sådana problem när deras produkt används. Om det blir sådana problem är det ett grovt konstruktionsfel som måste åtgärdas.

Finns inga mineraliska ytor där den inte rekommenderas, undantag är på tak där man måste sluta någon meter innan stuprännan så att vattnet inte missar stuprännan.

Väldigt enkel och säker produkt och omtyckt av de som använder sig utav den. Siloxan och silan är vanligast när det gäller produkter på marknaden.

## 6.2.2 Fredrik Olsson, Rotpartner

Intervjun börjar med en kort presentation om hydrofoba ytbehandlingar. Att hydrofobering och impregnering är samma sak är inte självklart för alla. Hos vissa har hydrofobering väldigt dåligt rykte. När impregnering började användas i slutet av 70-talet och början av 80-talet kom det många produkter som hade väldigt låg kvalitet. Användes som en allt-i-allo lösning, ofta på dåliga underlag vilket accelererade problemen.

Vidare pratar Fredrik lite om Rotpartner som företag, och hur de jobbar. Viktigt att vara öppen med sanningen och involvera alla som påverkas av ett bygge. Alltid viktigt att tänka efter innan man gör något, backa tillbaka till grunderna. Stora skillnader i klimat i Sverige, västkusten har betydligt större problem med fukt jämfört med till exempel östkusten.

Viktigt att se alla förändringar som har gjorts på fastigheten under dess livslängd, ändringarna kan påverka byggnaden. Svårt att se vad det är för murbruk, krävs noggrannare kontroller. Har funnits väldigt många olika produkter i Sverige, vilket försvårar det ytterligare.

Går igenom kapillärsugningen i tegelfasader och skillnader mellan skalmur och äldre tegelfasader. I äldre tegelväggar finns det en naturlig väg ut för vattnet genom kapillärkrafter, även om muren är putsad. Påverkas av luftfuktighet och temperaturskillnader. Inte alltid fasadens problem att fuktproblem finns, kan finnas andra faktorer som tillför fukt från insidan, till exempel om insidan är tapetserad och målad ett flertal gånger. Kapillärsuget kan även störas om bruket bryts ner inne i väggen.

Slagregn trycker in mycket vatten i fasader, i vissa fall kan regnat ses som nästan horisontellt. Om luftspalten i muren skall fungera ställs stora krav på spalten, Fredrik ser den mer som en dräneringsspalt. Dålig murning som ger stora utbuktningar av bruk i luftspalten försämrar uttorkningen.

Hårdbrända stenar tar lång tid innan de blir fuktiga, men tar också väldigt lång tid innan de torkar ut och är vanligt i äldre fasader. Vidare går Fredrik igenom olika typer av impregnering och hur de påverkar ytan.

Om ytan är impregnerad menar Fredrik att uttorkningen sker långsammare än om den inte hade varit impregnerad. Första våningen är kritisk i avseende på impregnering på grund av närheten till markfukt. Sprickor är viktigt att åtgärda innan impregnering sker annars accelererar sprickornas framväxt. Miljonprogrammet använde sig utav väldigt dåligt tegel och detta kan ge problem vid impregnering.

Olika undersökning som har genomförts har gett väldigt bra resultat vid impregnering. I alla projekt som Rotpartner har genomfört har de sett att fastigheterna fortfarande håller väldigt bra efter en impregnering. Fredrik berättar om de projekt han har varit involverad i med fastigheter från 50-60-talet med hyfsad tegelkvalité. Haft stora fuktproblem som har åtgärdats väldigt bra med hjälp av impregnering med superbra resultat enligt Fredrik. Tar även upp äldre fastigheter, upp emot 100 år, där resultaten också är väldigt bra. Fredrik tror inte att det är en universallösning med impregnering men det är väldigt tydligt att en impregnering hjälper när fuktproblem finns. Han förespråkar ändå försiktighet vid behandling för de kemiska förutsättningarna ändras i fasaden efter en hydrofob ytbehandling för all framtid.

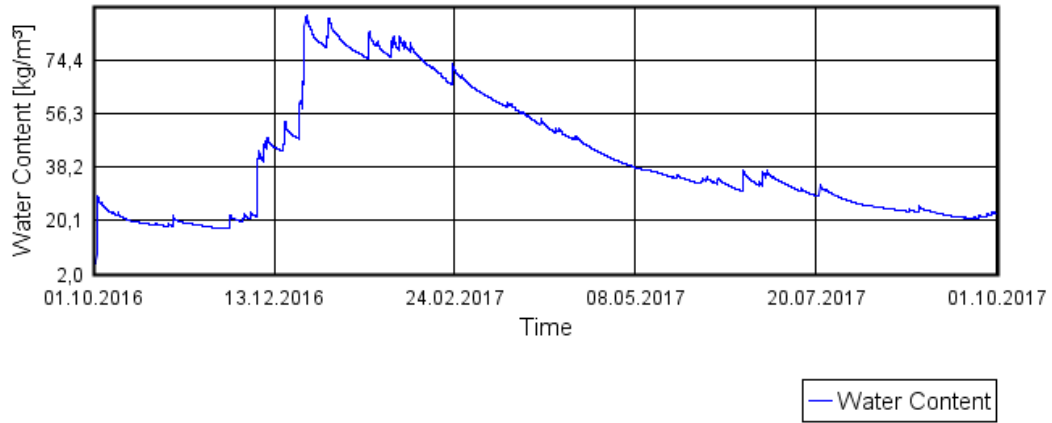
Viktigt att ha en hel yta innan behandling och ta prover innan för att se vad som behöver åtgärdas, armeringen får inte glömmas. Fredrik menar också på att väggen behöver kunna torka ut inåt annars kan detta ge problem. Frågan kommer upp om en hydrofob ytbehandling genomförs med en gång nuförtiden men enligt Fredrik görs detta inte, och är det en skalmur med en fungerande luftspalt är det inte nödvändigt. Är konstruktionen rätt utförd skall det inte behövas och skalmurar som uppförs idag är bättre byggda än förr i tiden. Det är oftast de äldre varianterna av skalmurar som har problem. Vid projektering utför Rotpartner ofta många provborrningar av tegelfasaden för att se hur mycket fukt som finns i fasaden, och detta anser Fredrik är väldigt viktigt.

Är fasaden väldigt blöt är impregnering en bra lösning enligt Fredrik, men det är också viktigt att komma ihåg att alla fasader är olika. Samma lösning fungerar inte lika bra överallt och därför är det viktigt att undersöka fasaden innan beslut fattas.

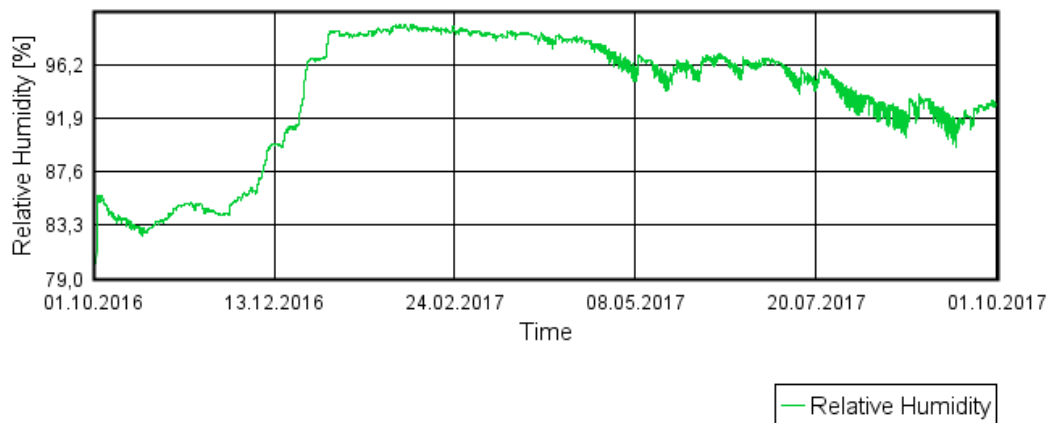
## 6.3 Resultat simulering

### Solid mur total mängd

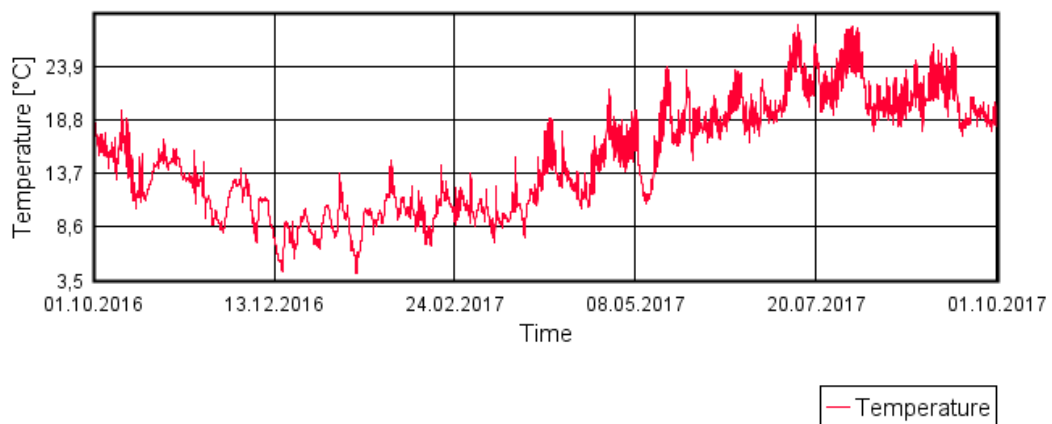
#### Water Content



#### Relative Humidity

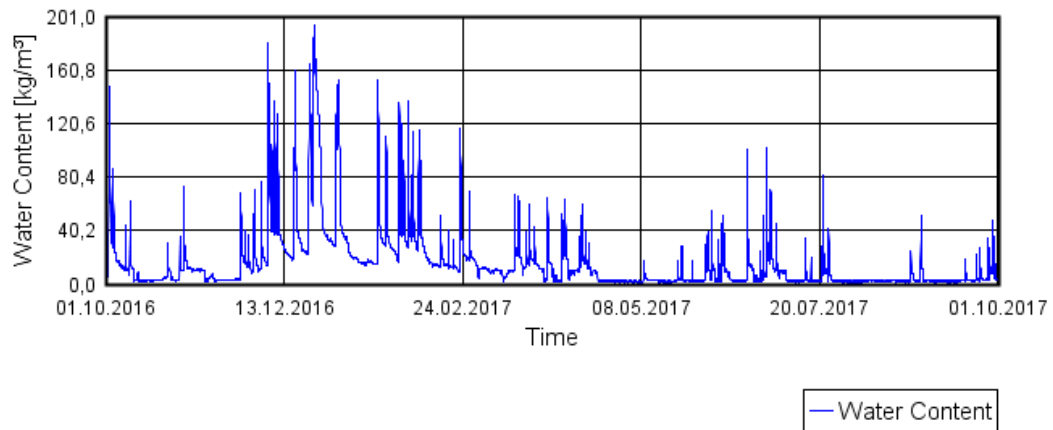


#### Temperature

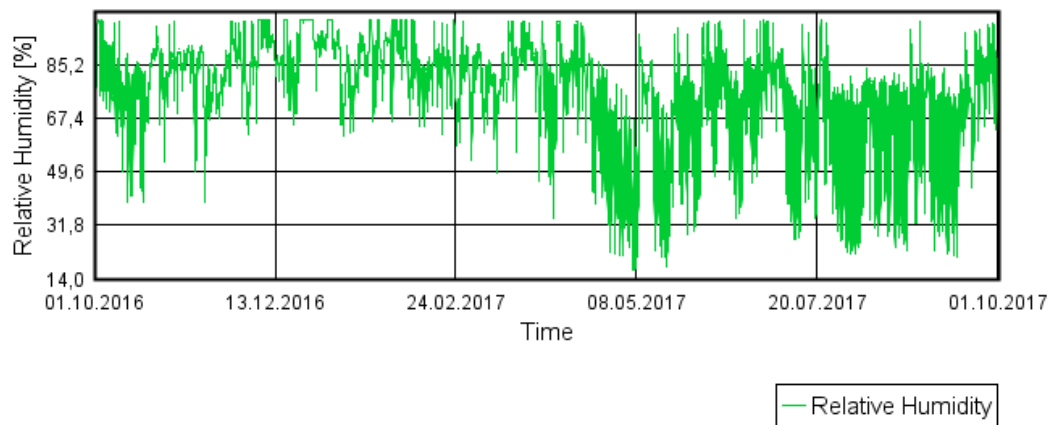


## Utsida Solid Mur

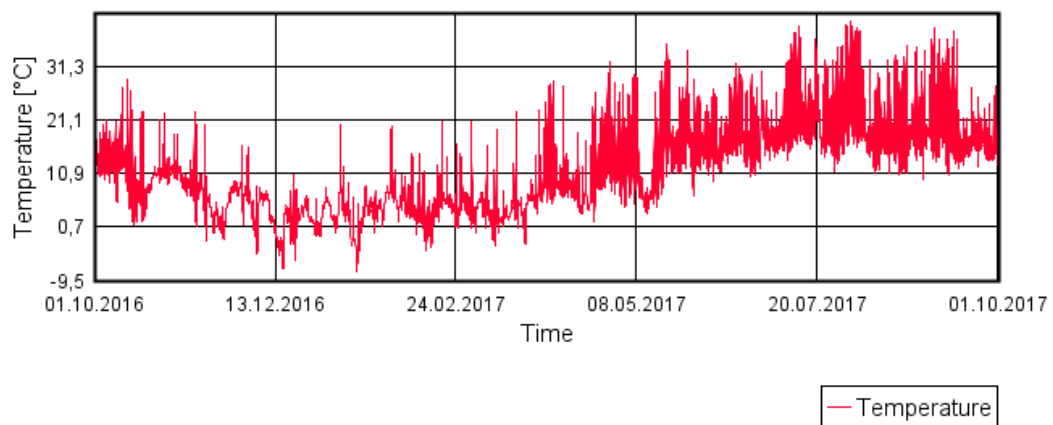
### Water Content



### Relative Humidity

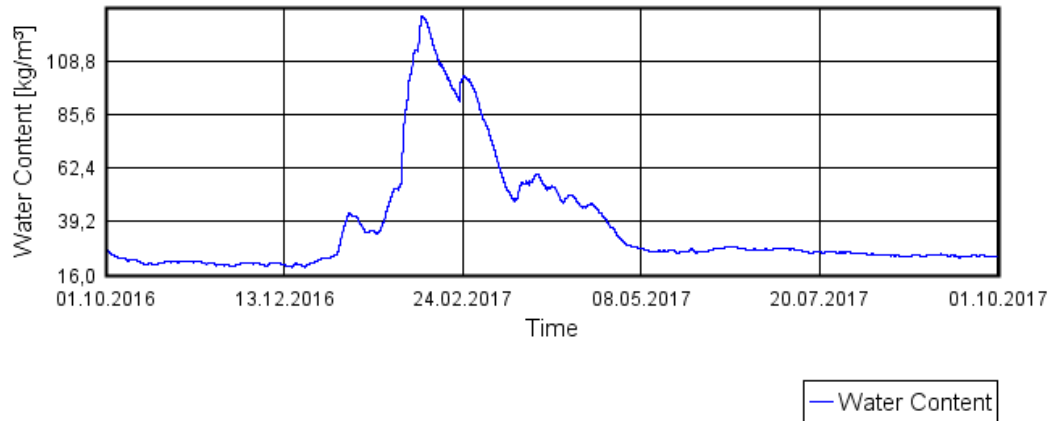


### Temperature

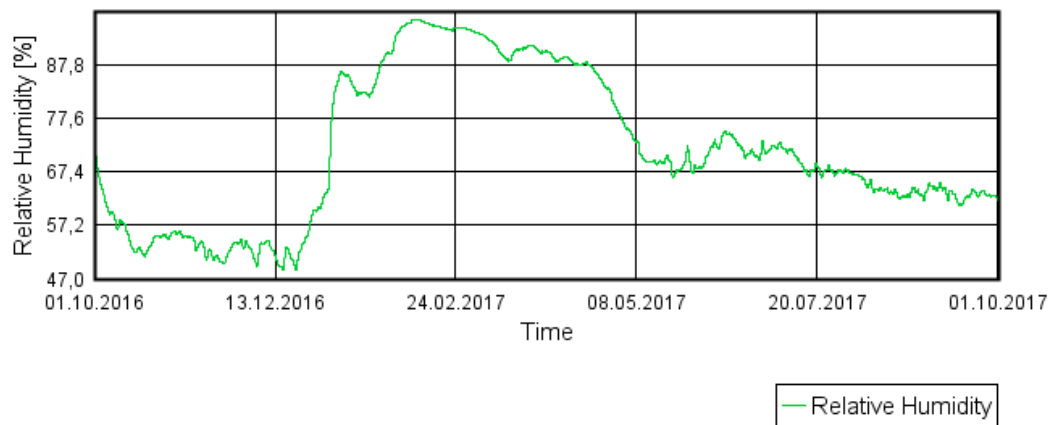


## Insida Solid Mur

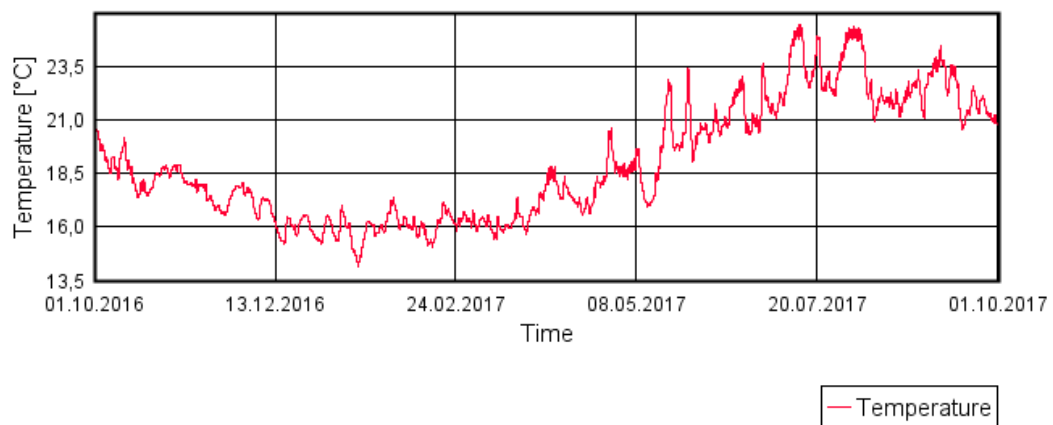
### Water Content



### Relative Humidity

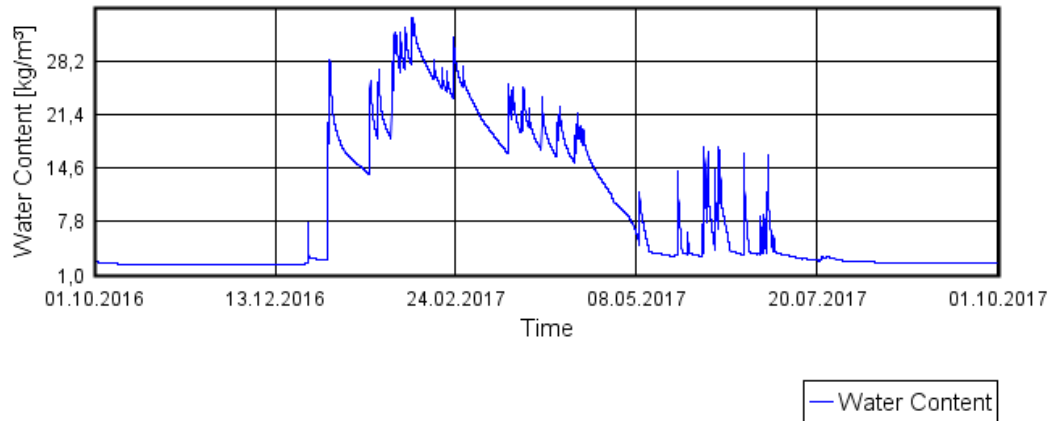


### Temperature

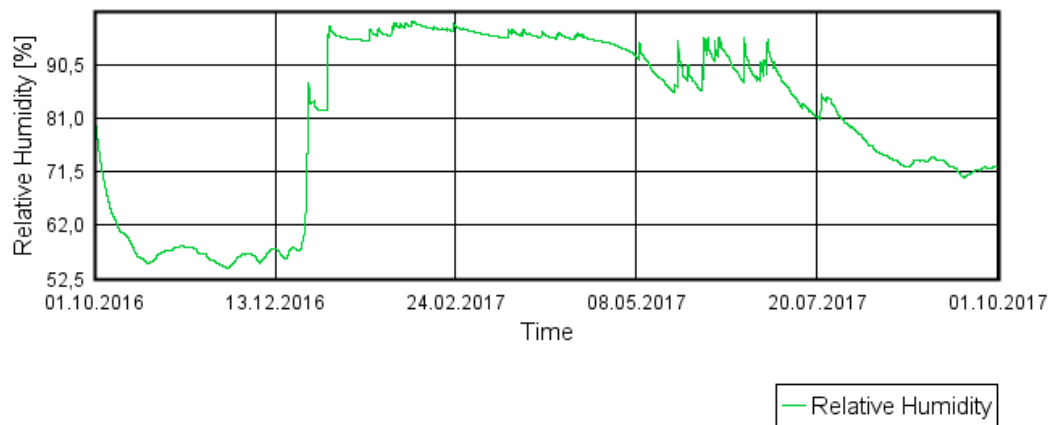


## Möte tegel mot puts Solid Mur

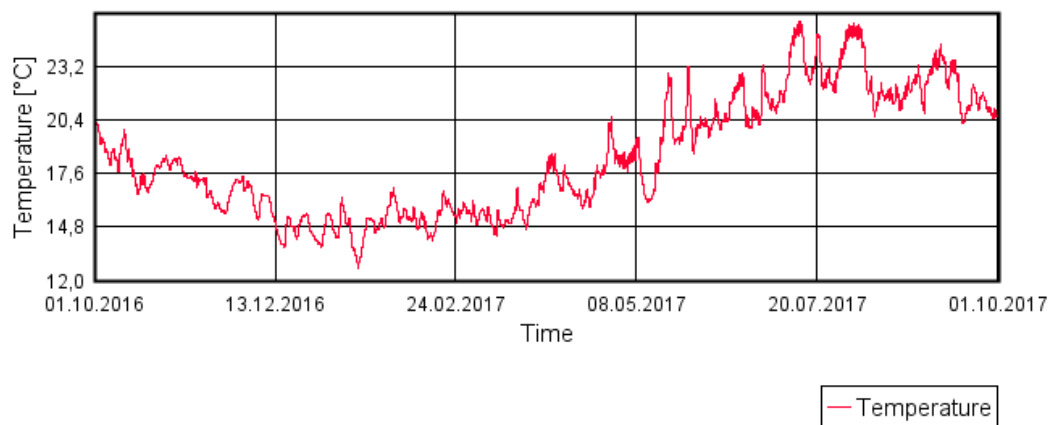
### Water Content



### Relative Humidity

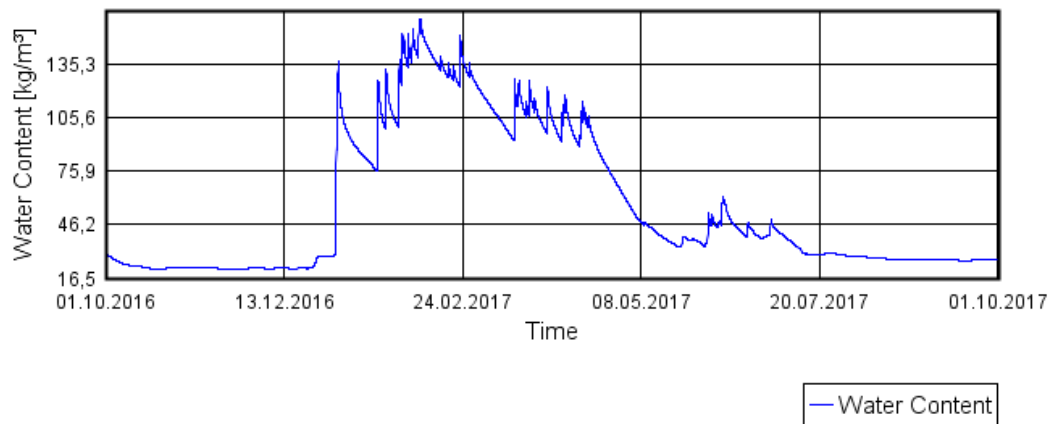


### Temperature

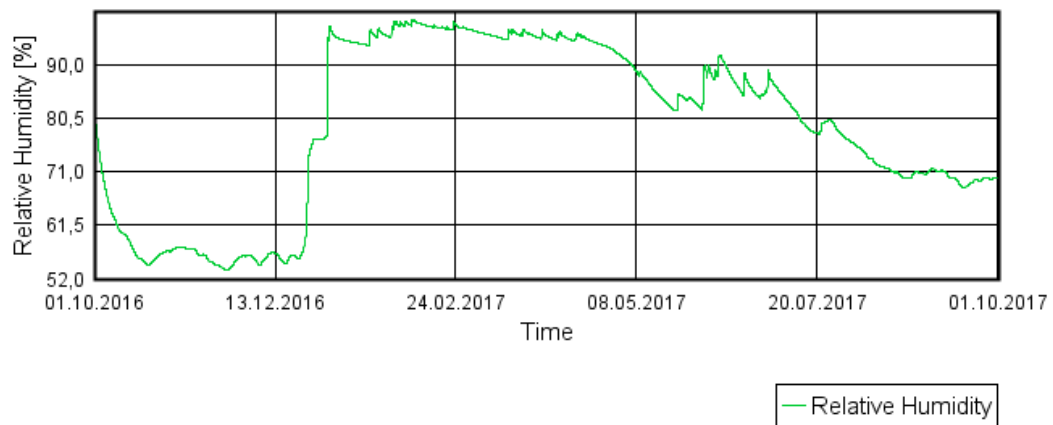


## Möte puts mot tegel Solid Mur

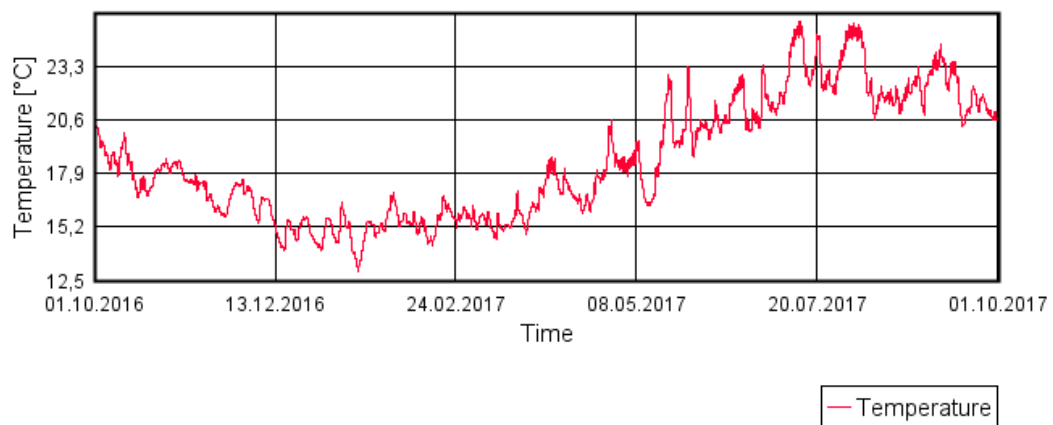
### Water Content



### Relative Humidity

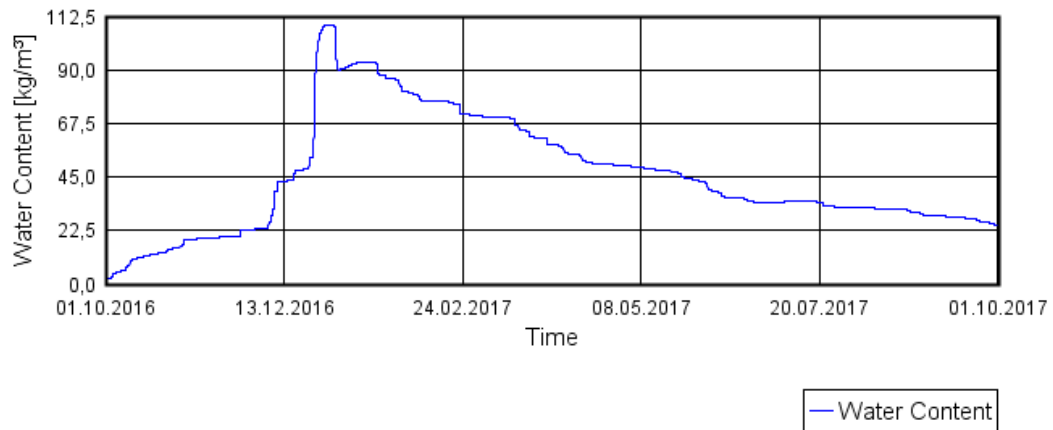


### Temperature

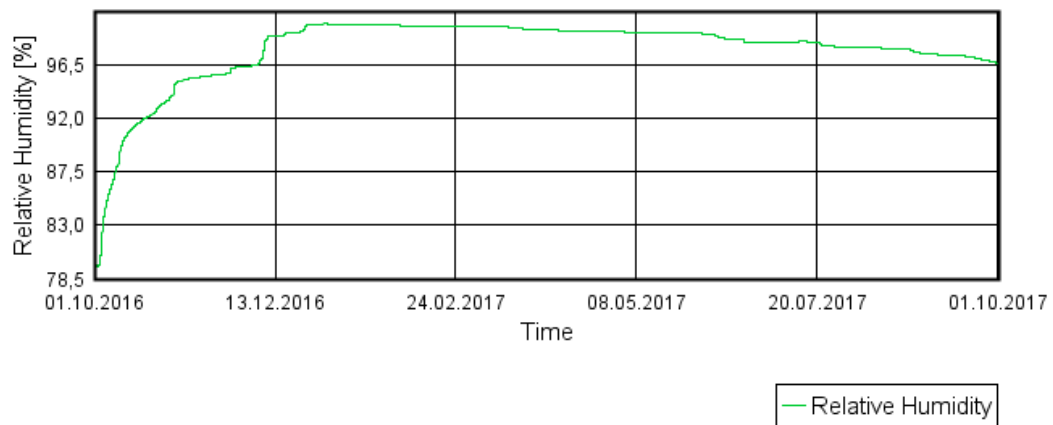


## Centrum Tegel Solid Mur

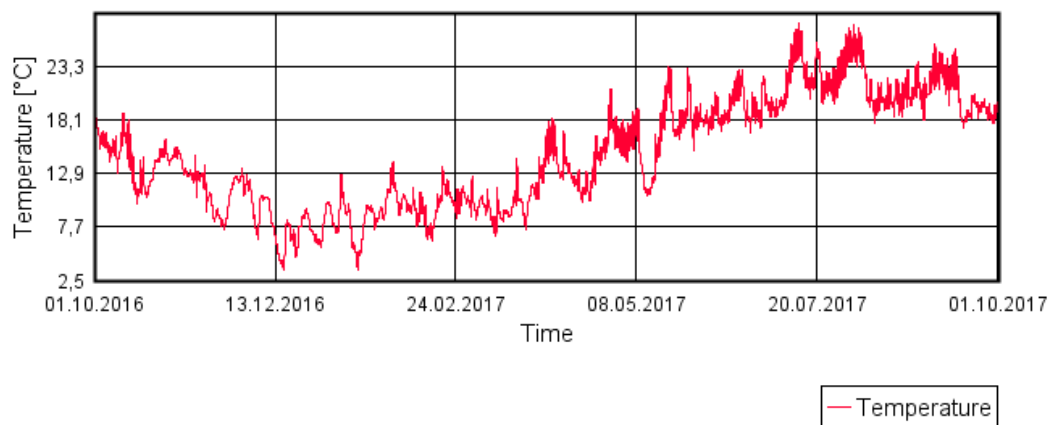
### Water Content



### Relative Humidity

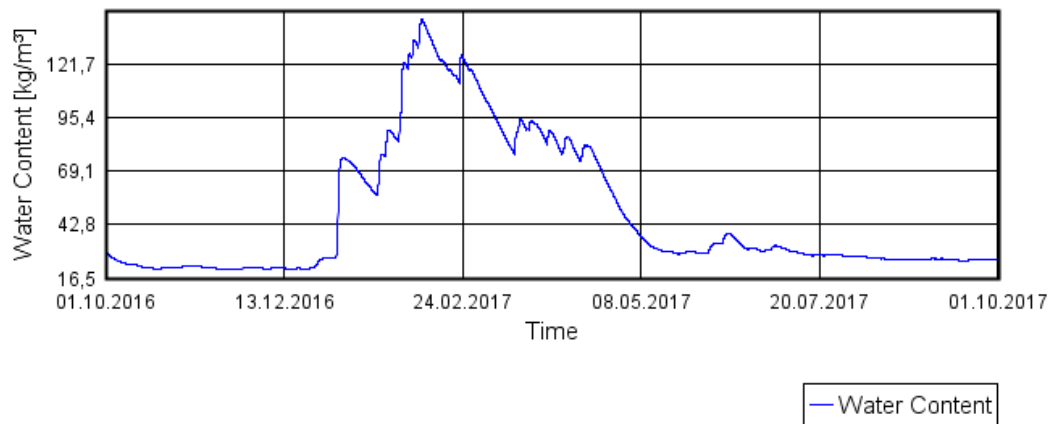


### Temperature

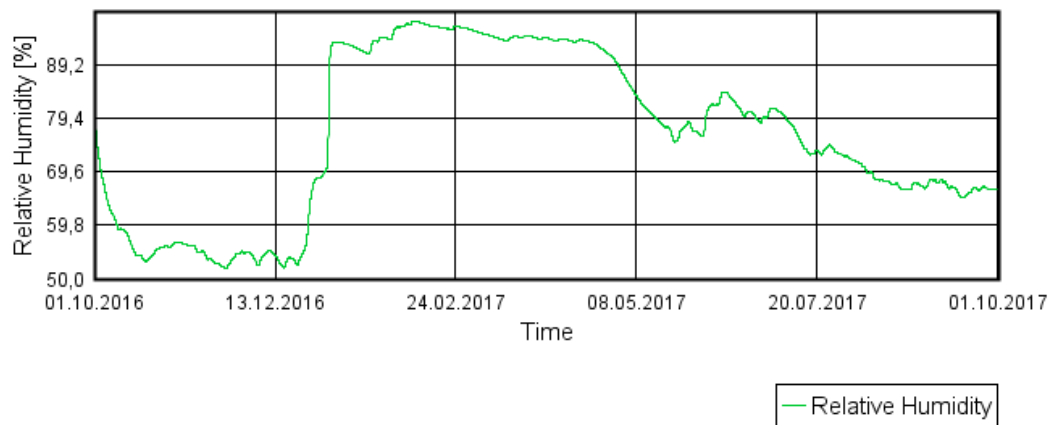


## Centrum puts Solid Mur

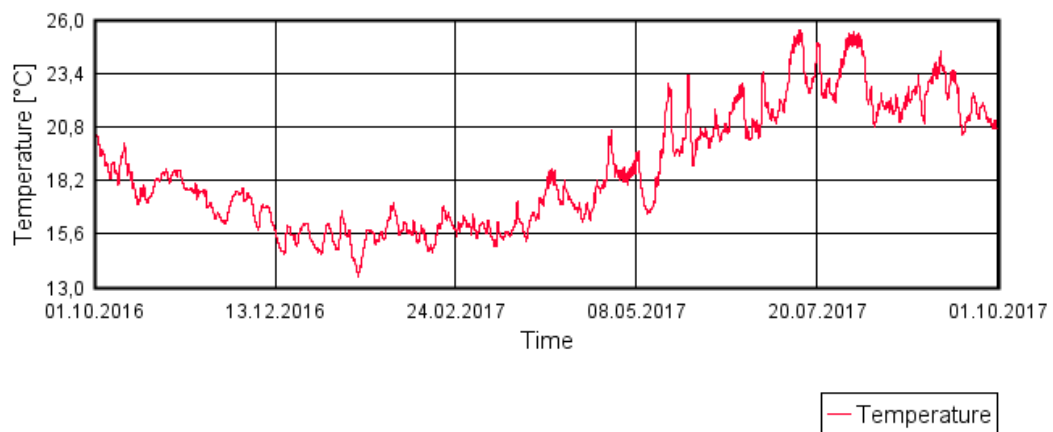
### Water Content



### Relative Humidity

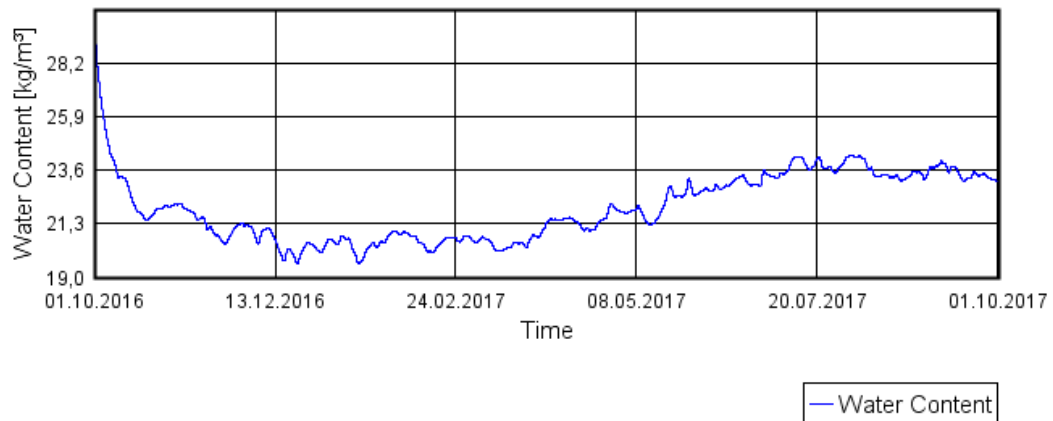


### Temperature

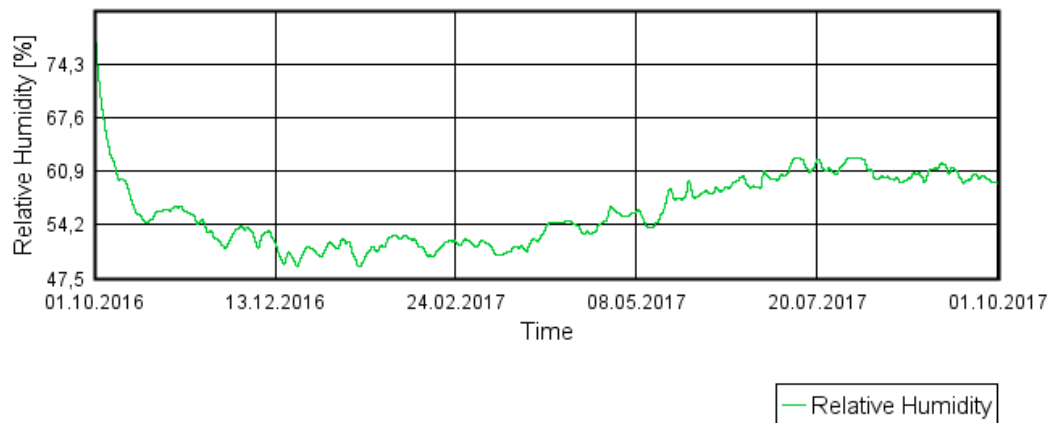


## Centrum puts Solid mur med hydrofob ytbehandling

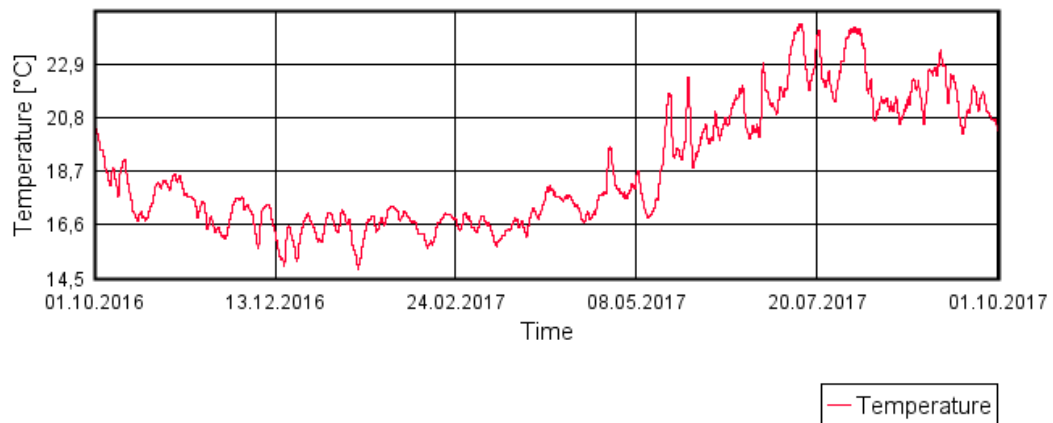
### Water Content



### Relative Humidity

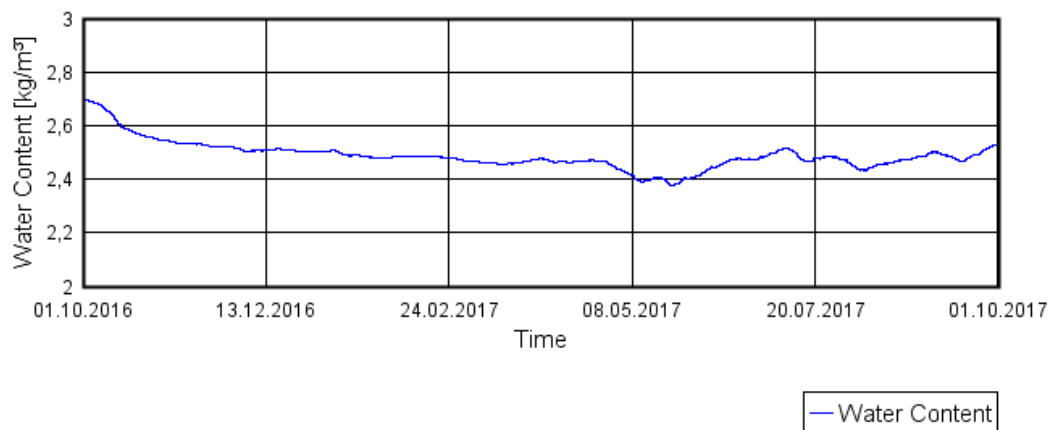


### Temperature

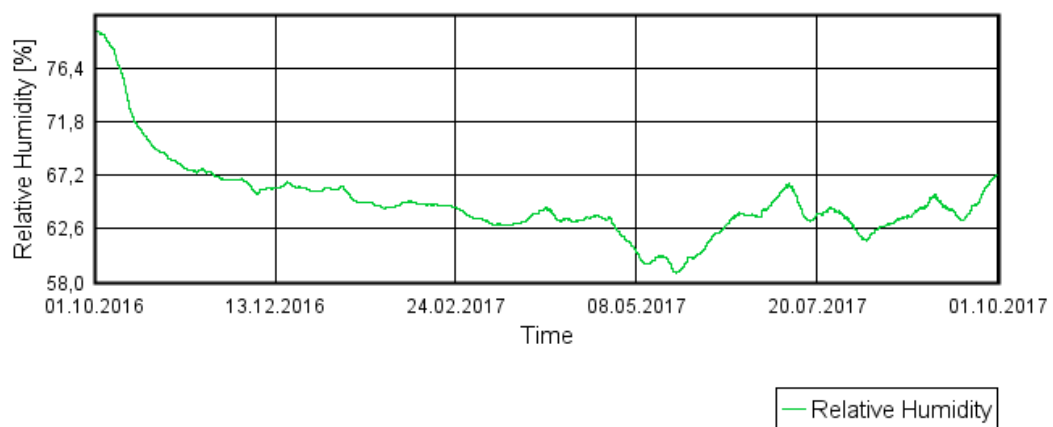


## Centrum tegel Solid mur med hydrofob ytbehandling

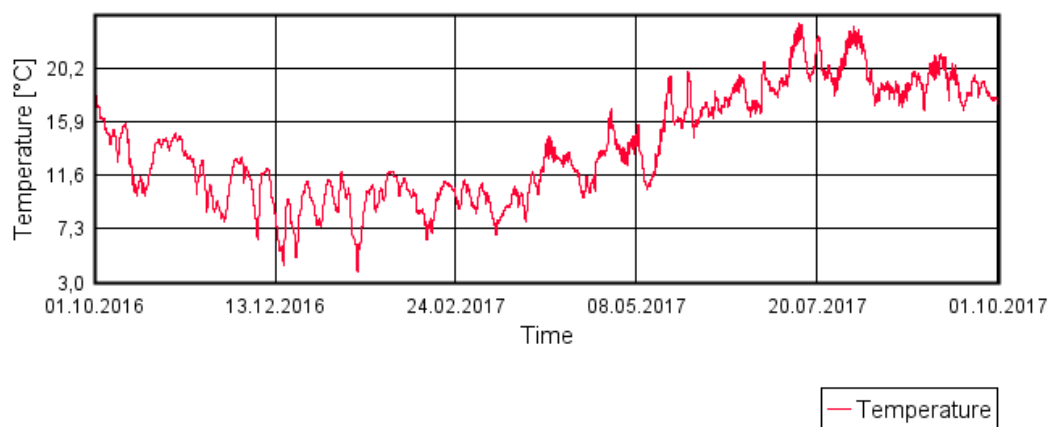
### Water Content



### Relative Humidity

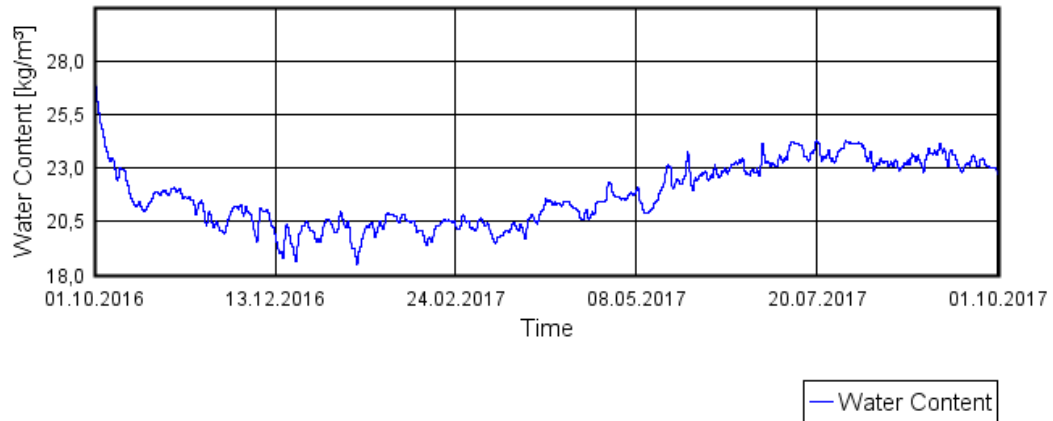


### Temperature

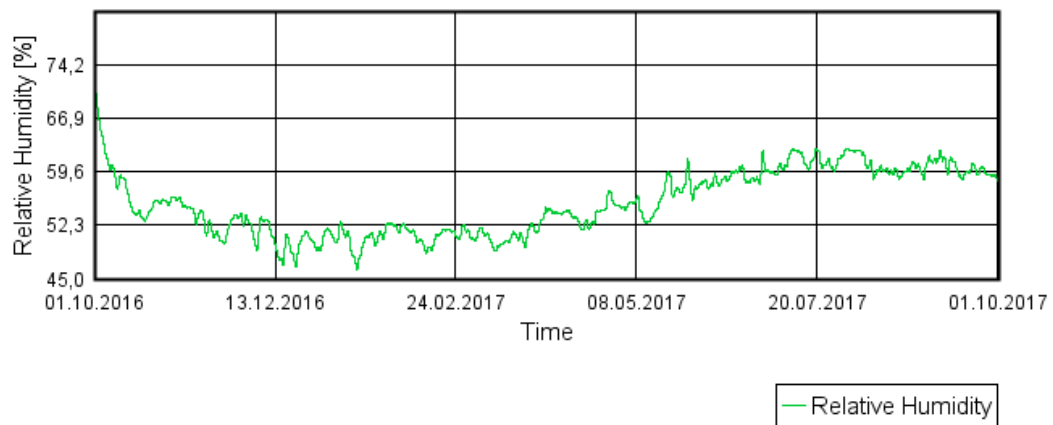


## Insida Solid mur med hydrofob ytbehandling

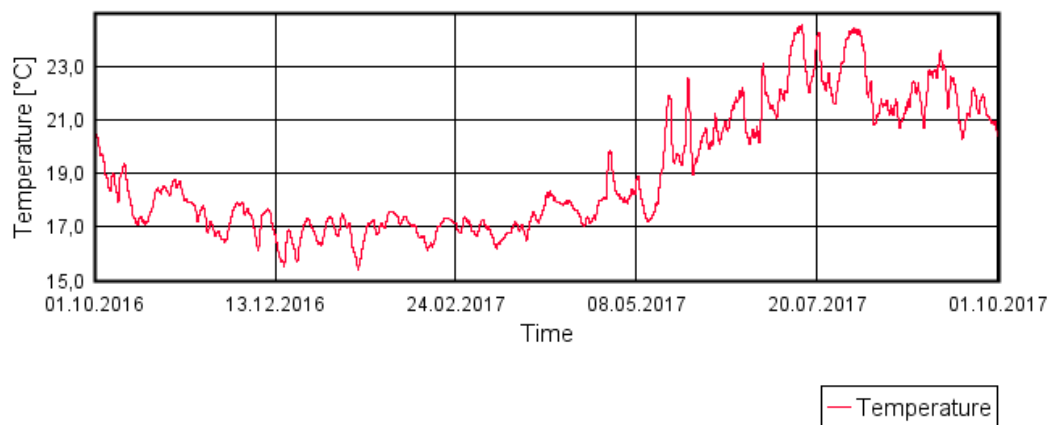
### Water Content



### Relative Humidity

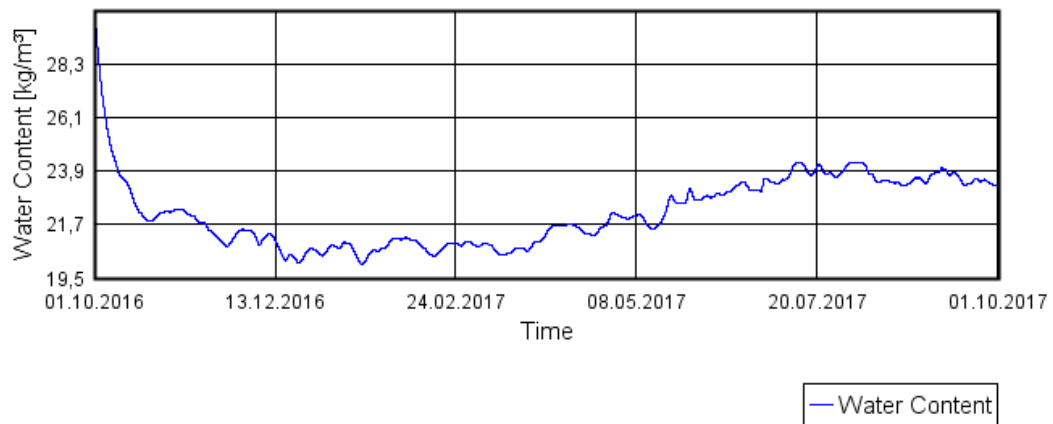


### Temperature



## Möte puts mot tegel Solid mur med hydrofob ytbehandling

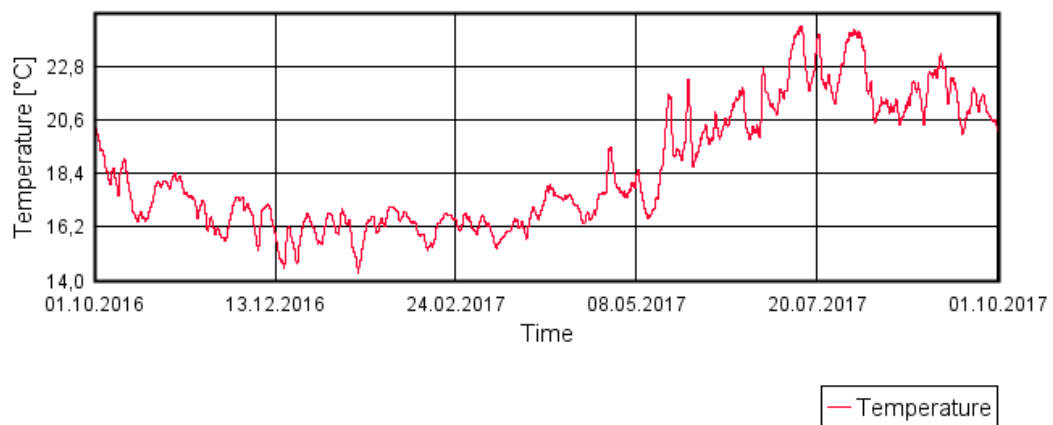
### Water Content



### Relative Humidity

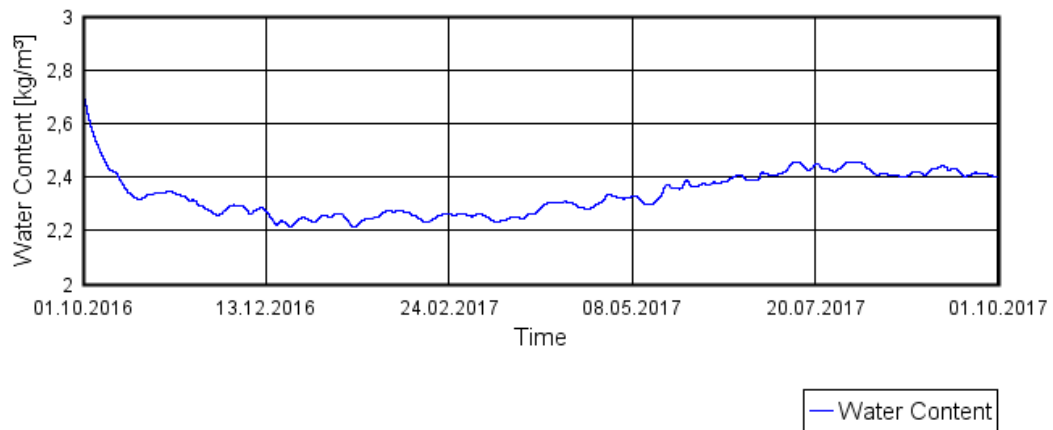


### Temperature

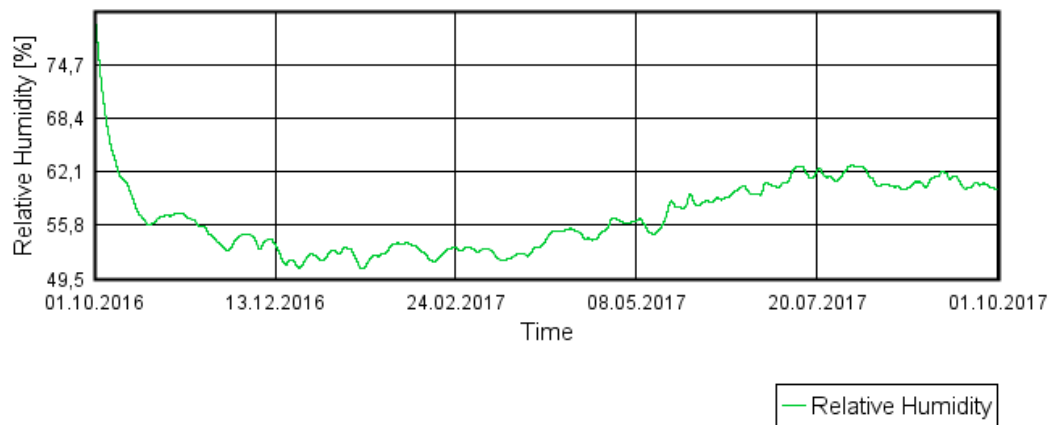


## Möte tegel mot puts Solid mur med hydrofob ytbehandling

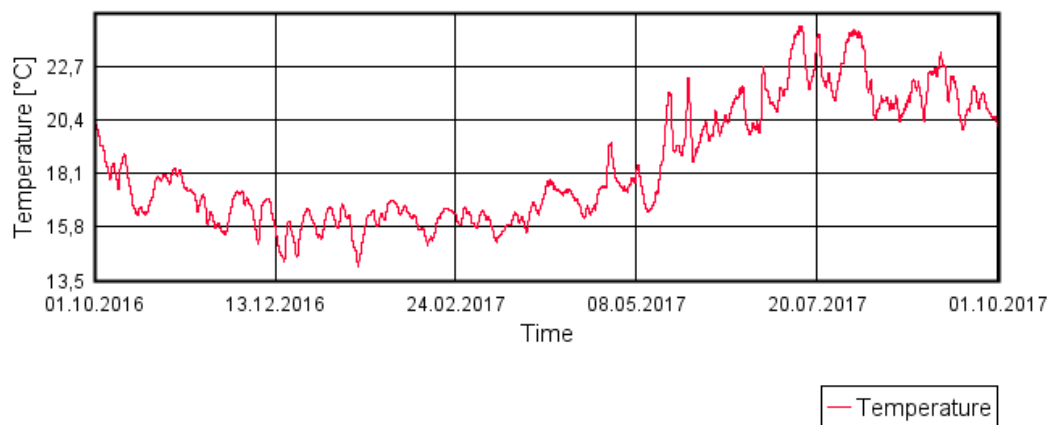
### Water Content



### Relative Humidity

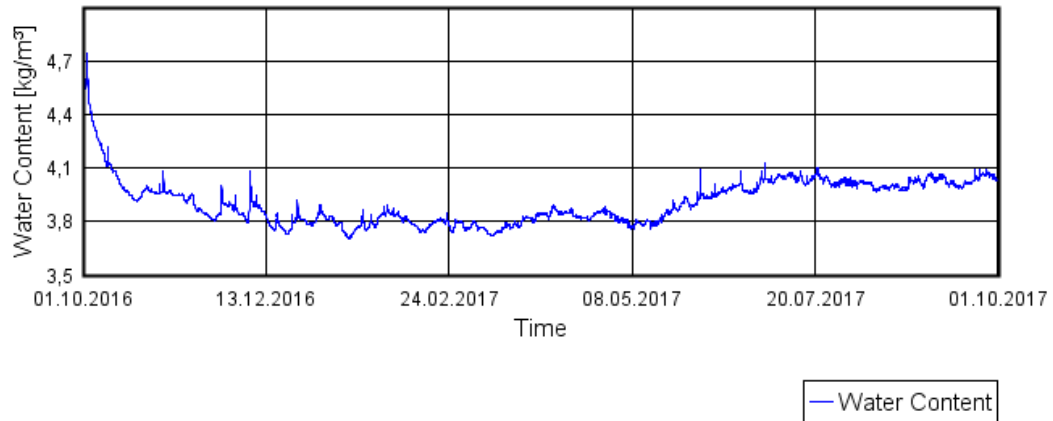


### Temperature

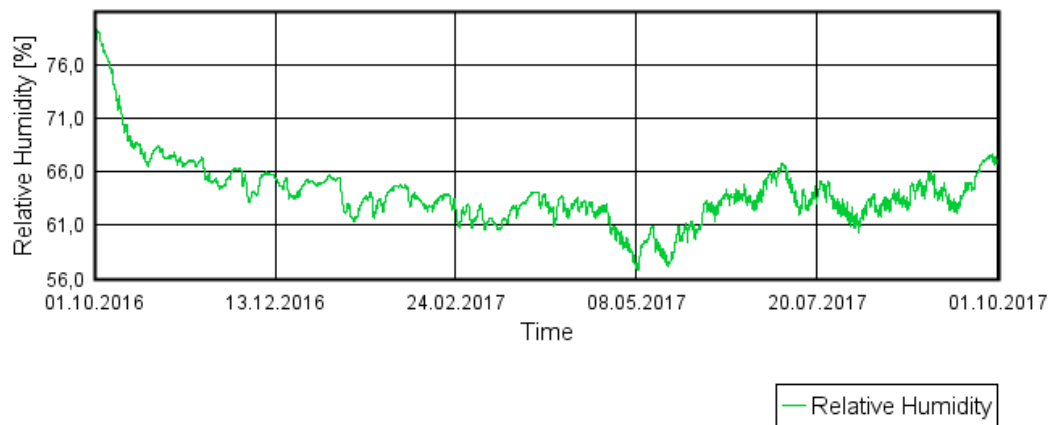


## Total mängd Solid mur med hydrofob ytbehandling

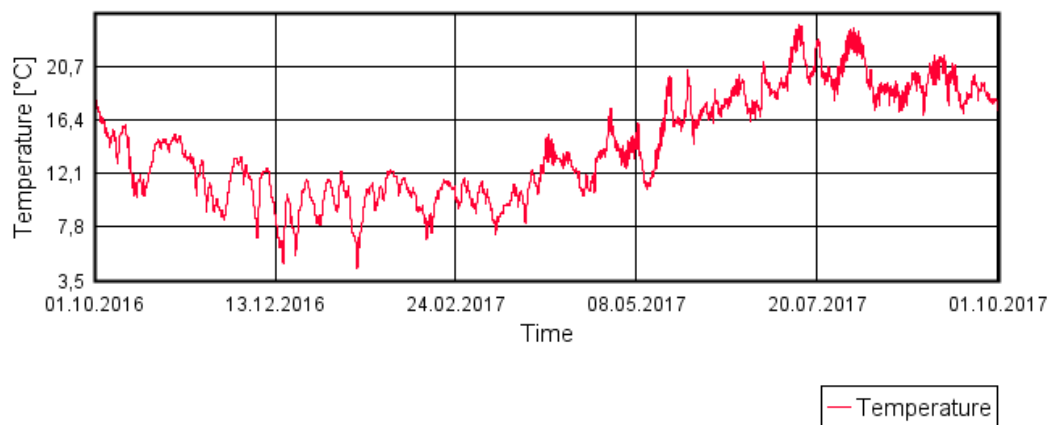
### Water Content



### Relative Humidity

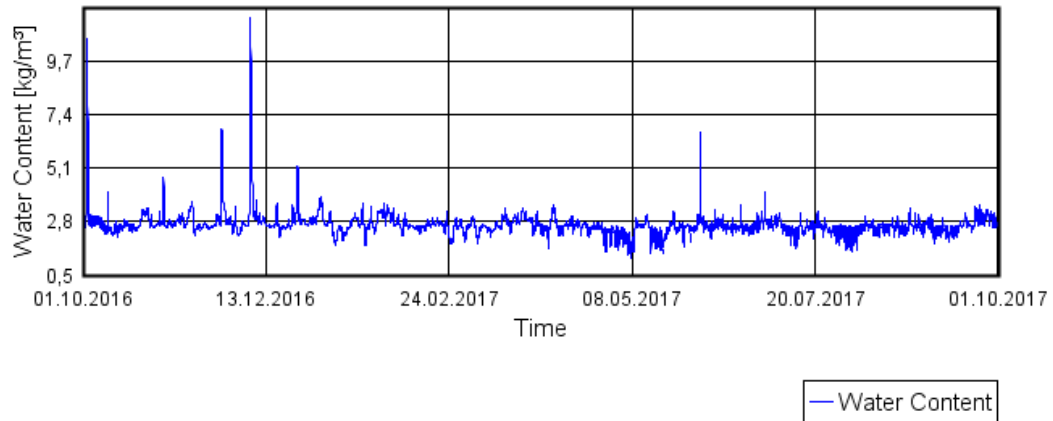


### Temperature

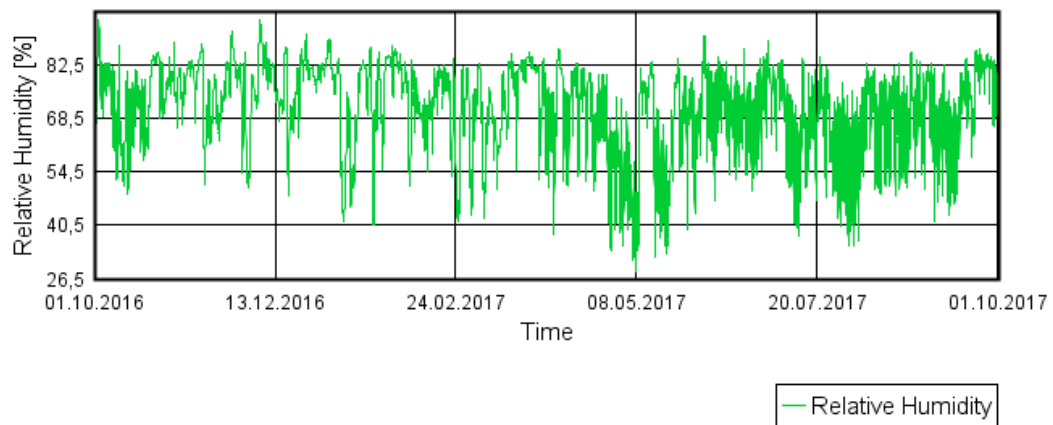


## Utsida Solid mur med hydrofob ytbehandling

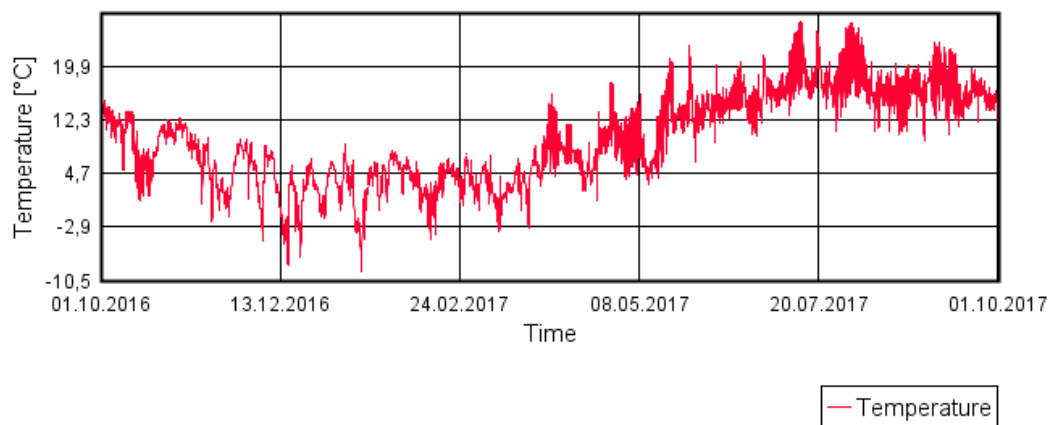
### Water Content



### Relative Humidity

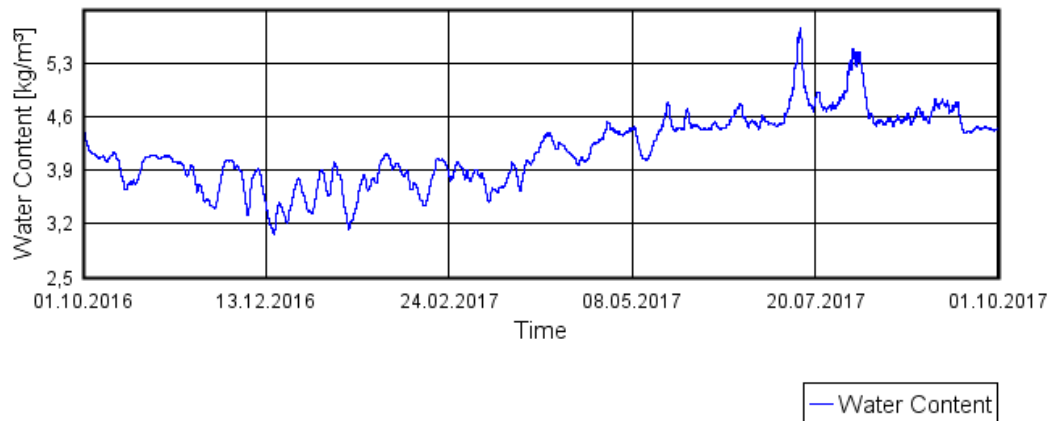


### Temperature

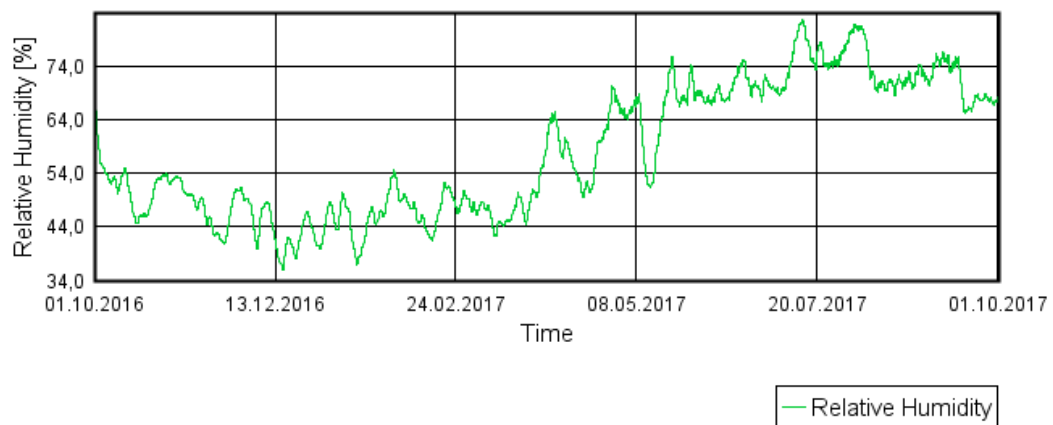


## Centrum gips Solid mur, tilläggsisolerad

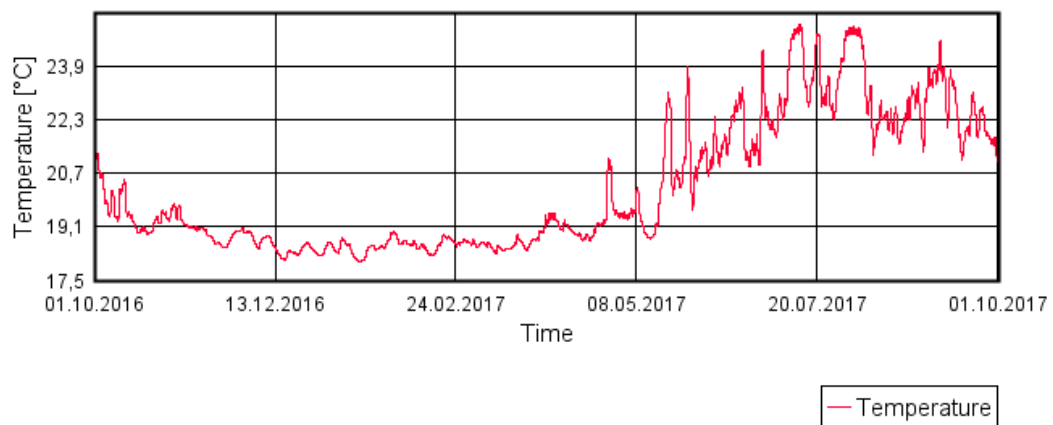
### Water Content



### Relative Humidity

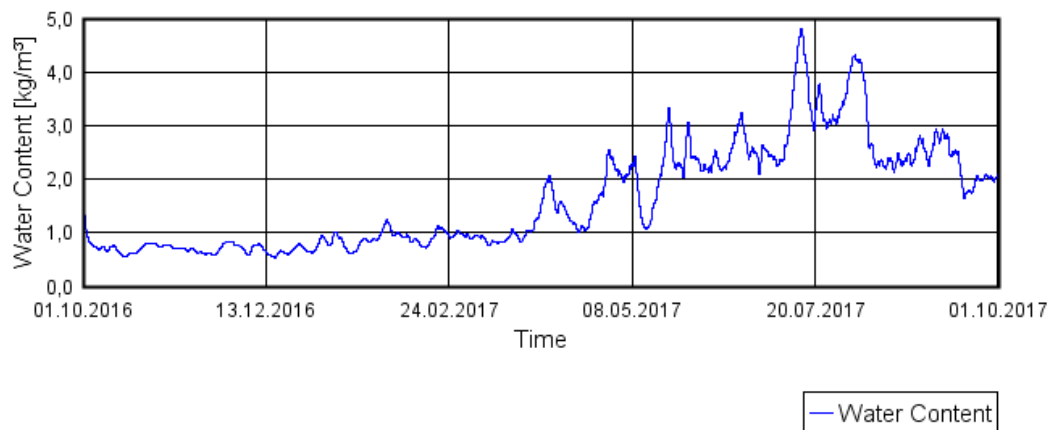


### Temperature

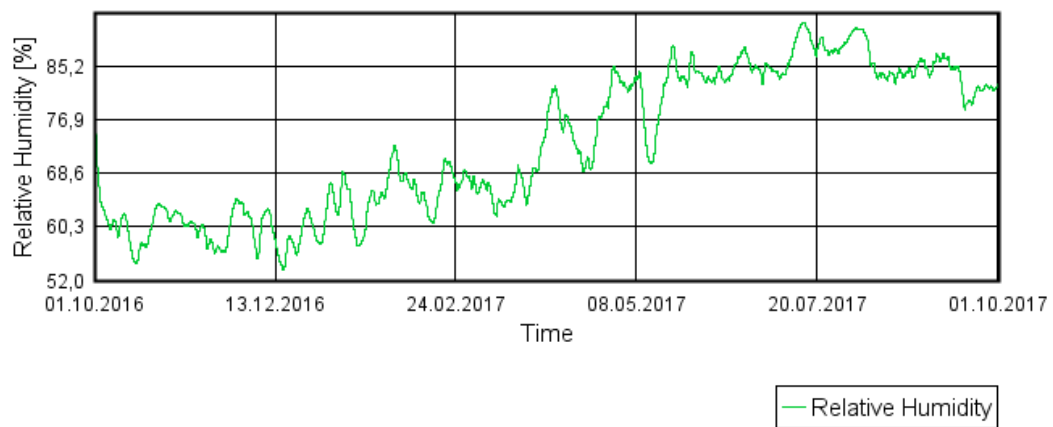


## Centrum isolering Solid mur, tilläggsisolerad

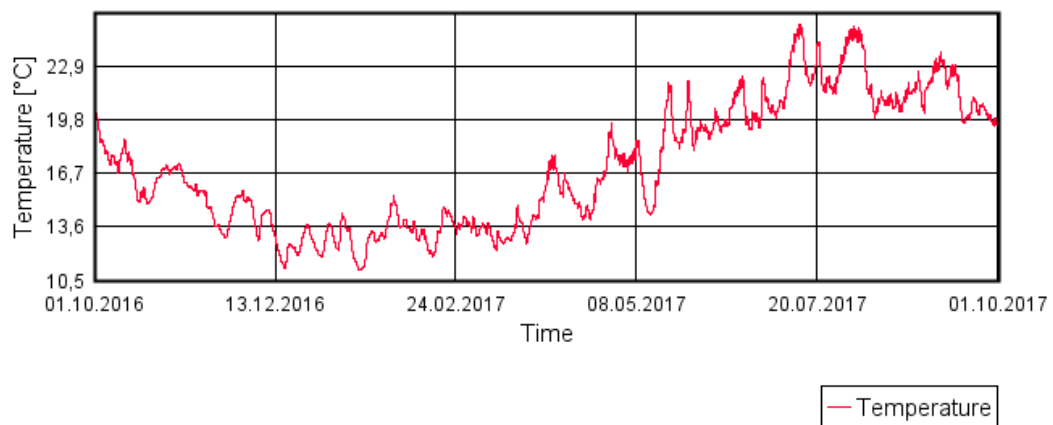
### Water Content



### Relative Humidity

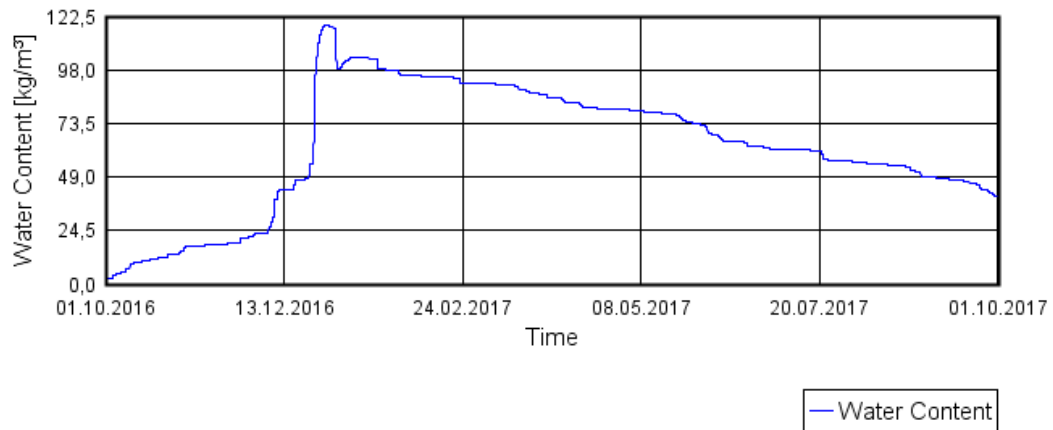


### Temperature

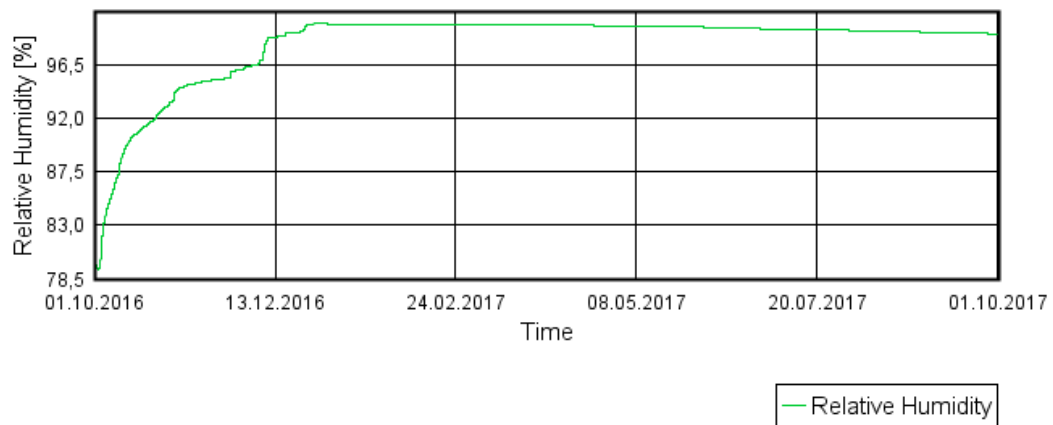


## Centrum tegel Solid mur, tilläggsisolerad

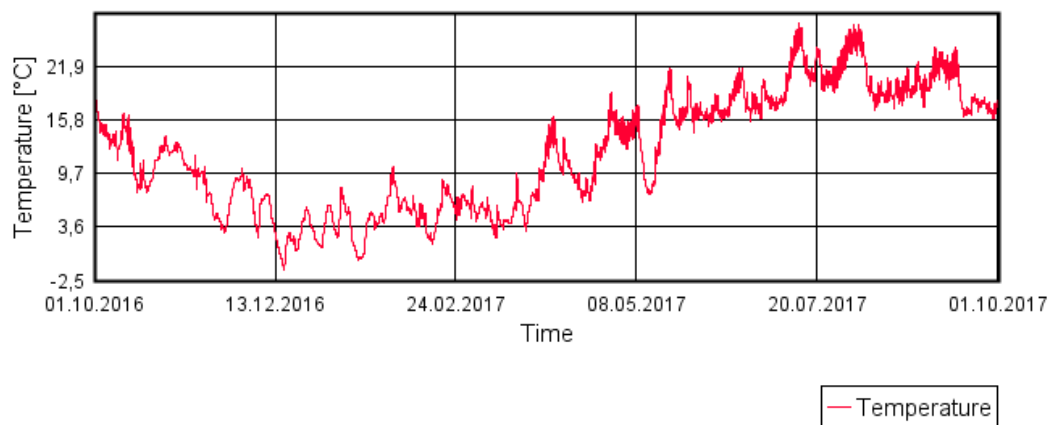
### Water Content



### Relative Humidity

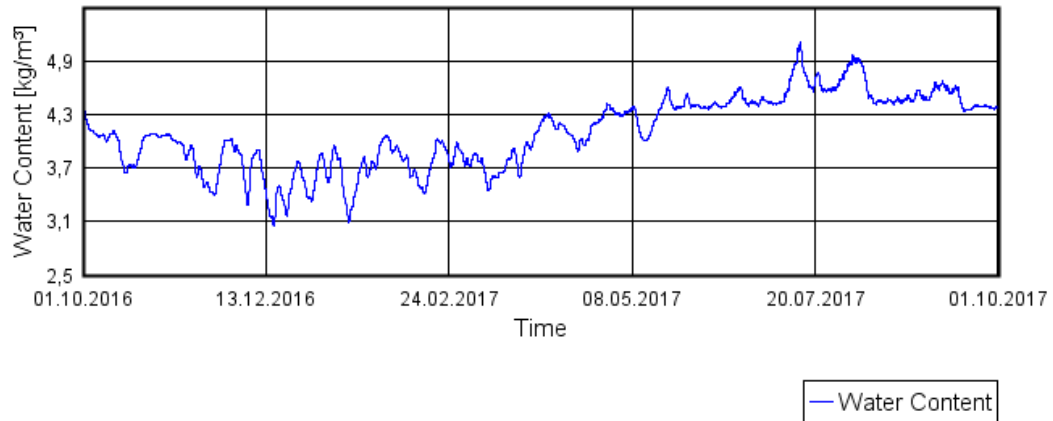


### Temperature

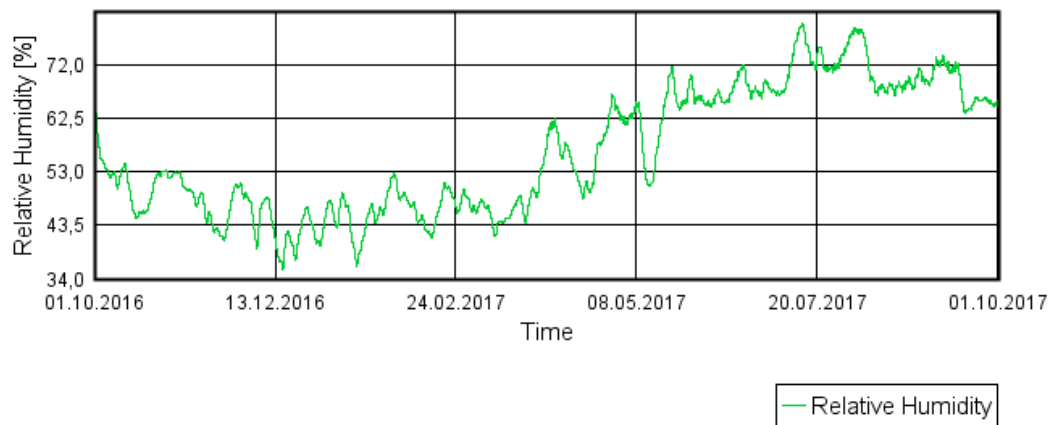


## Insida Solid mur, tilläggsisolerad

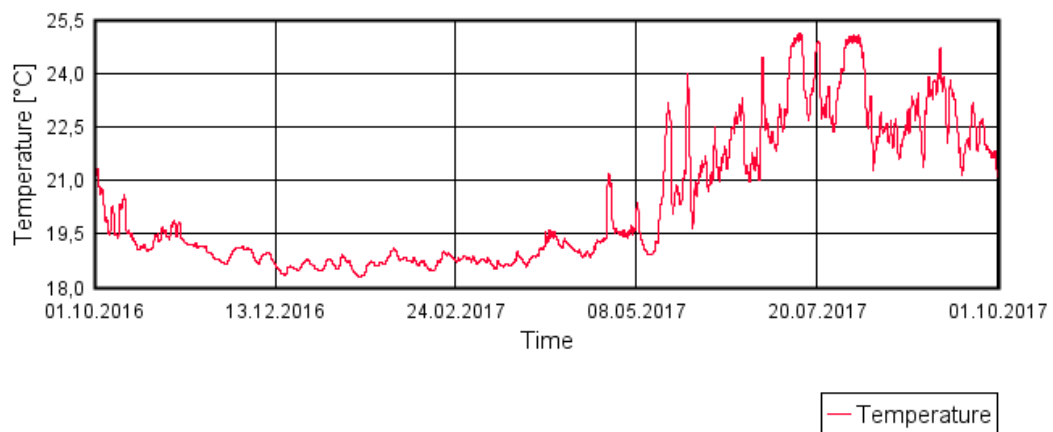
### Water Content



### Relative Humidity

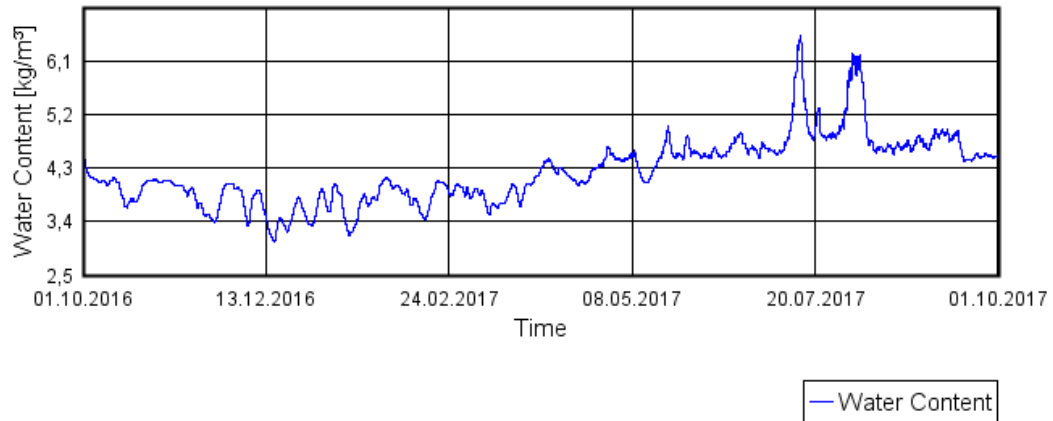


### Temperature

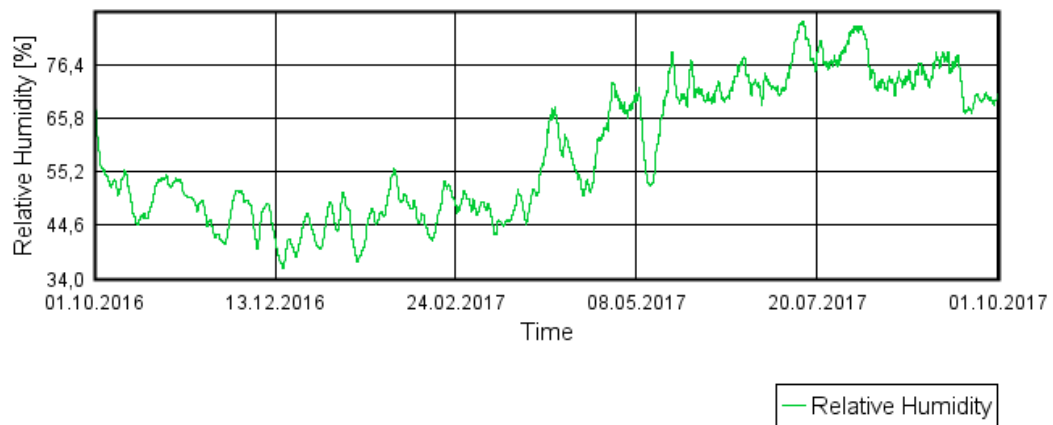


## Möte gips mot isolering Solid mur, tilläggsisolerad

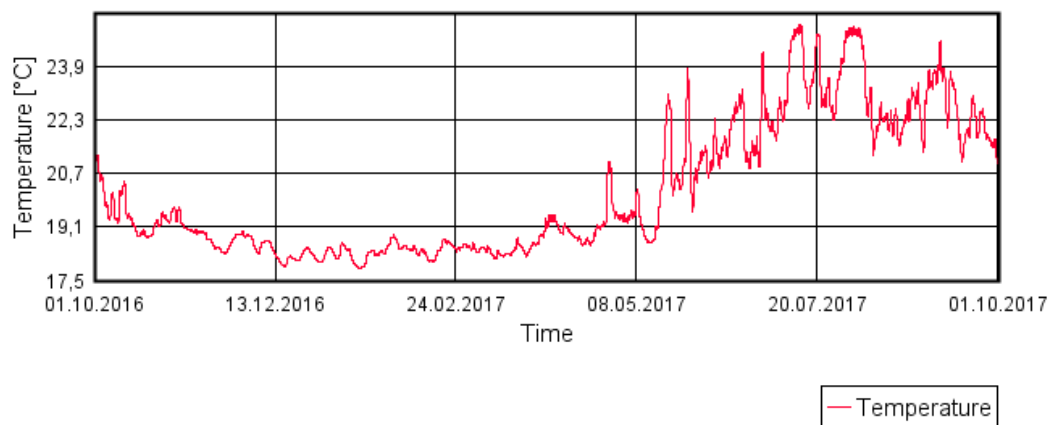
### Water Content



### Relative Humidity

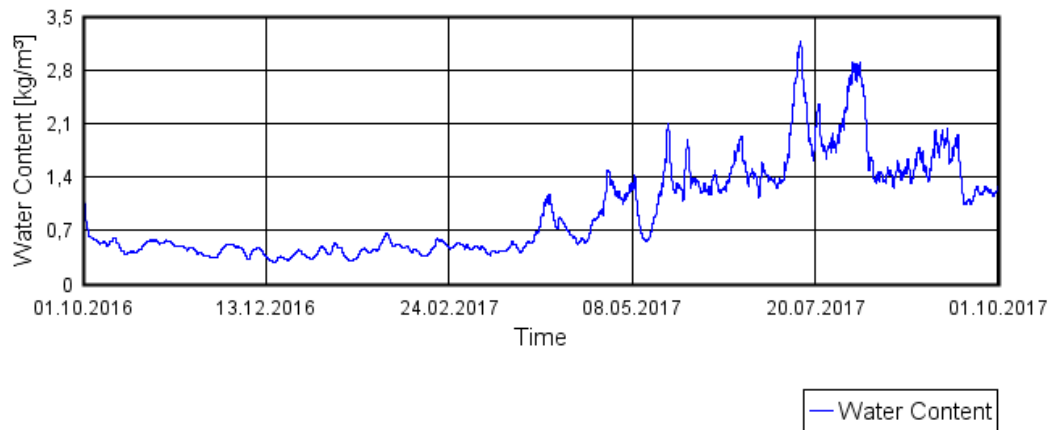


### Temperature

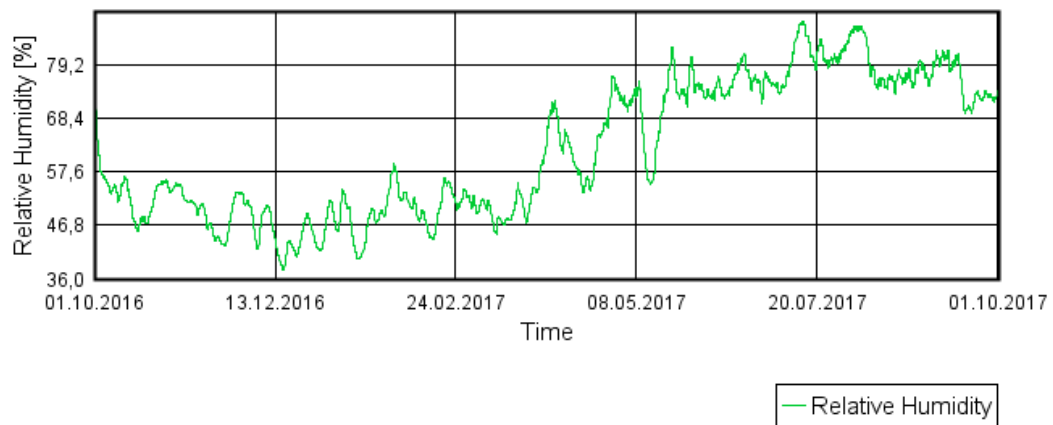


## Möte isolering mot gips Solid mur, tilläggsisolerad

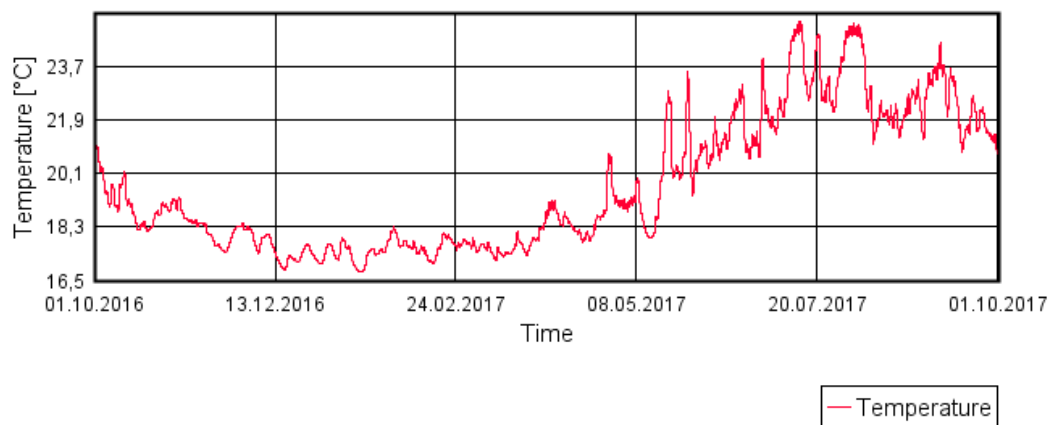
### Water Content



### Relative Humidity

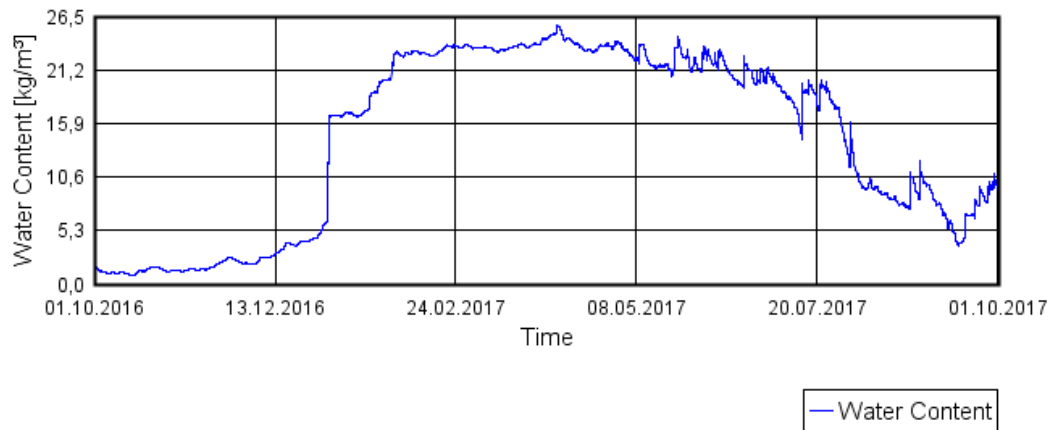


### Temperature

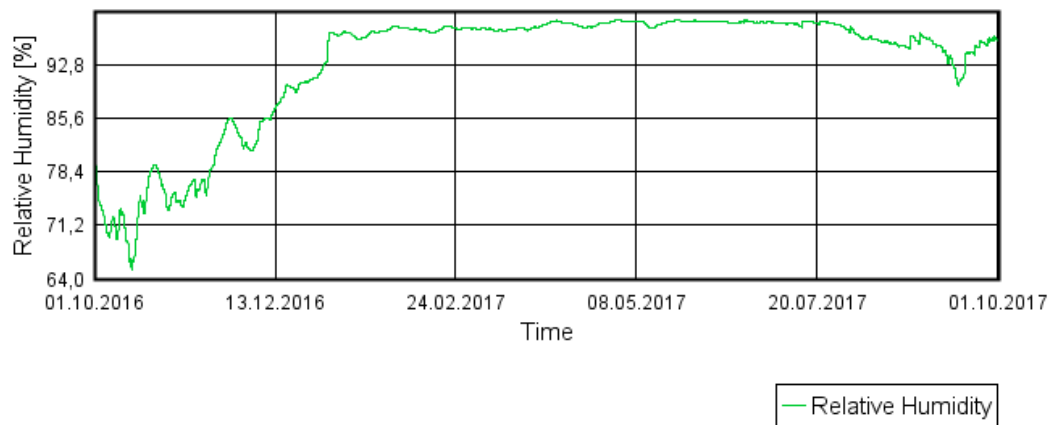


## Möte isolering mot tegel Solid mur, tilläggsisolerad

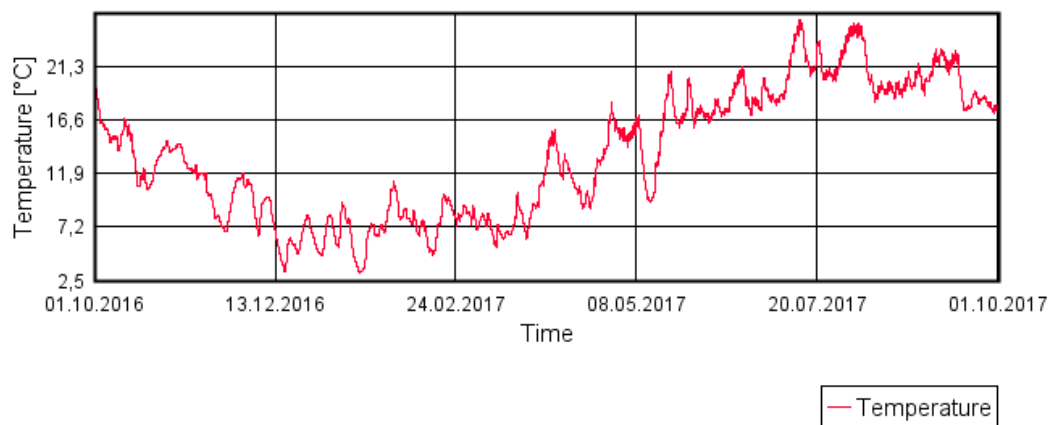
### Water Content



### Relative Humidity

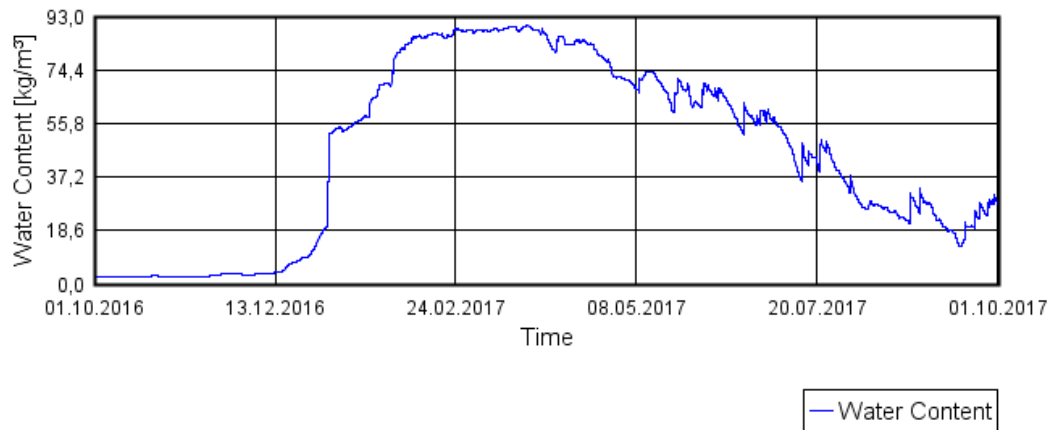


### Temperature

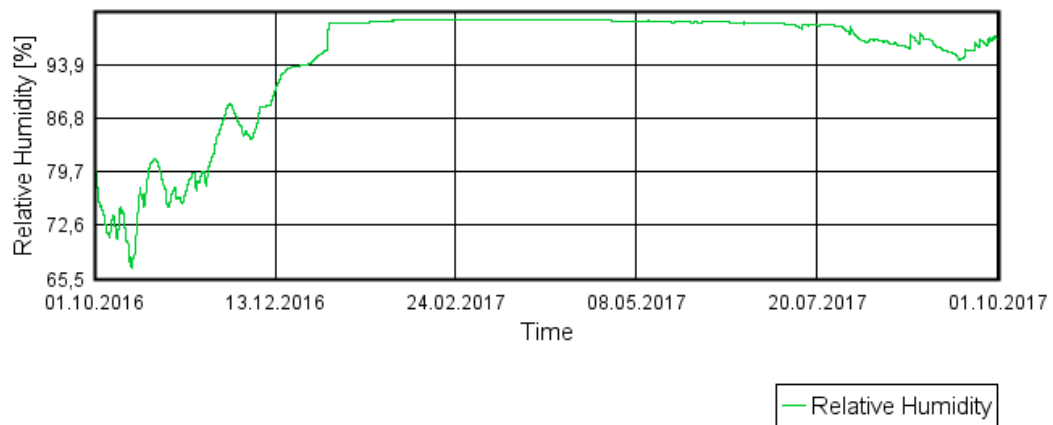


## Möte tegel mot isolering Solid mur, tilläggsisolerad

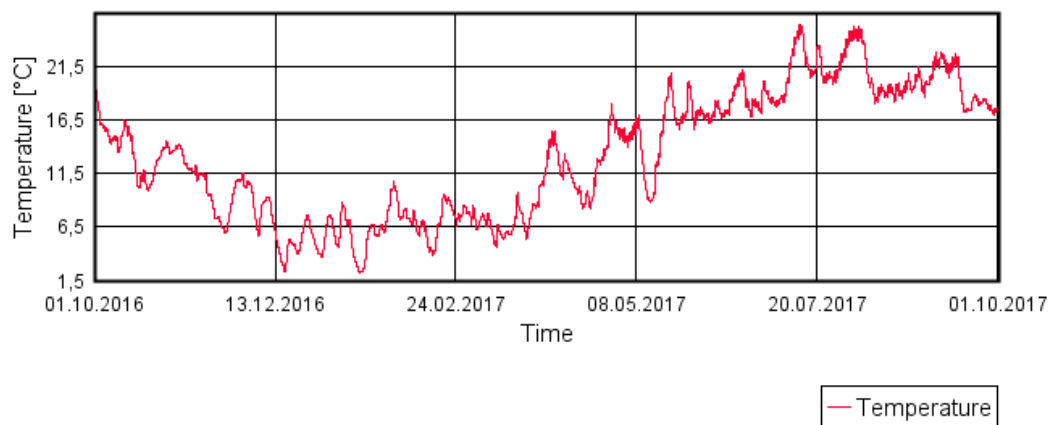
### Water Content



### Relative Humidity

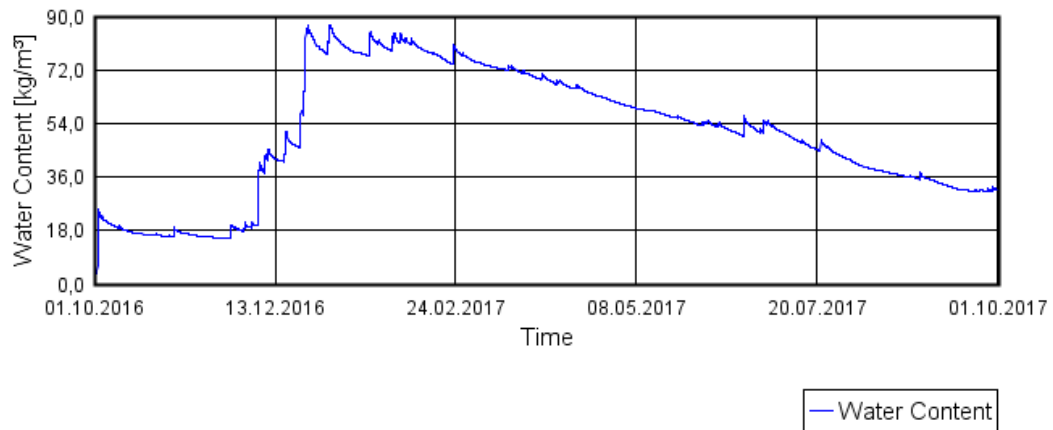


### Temperature

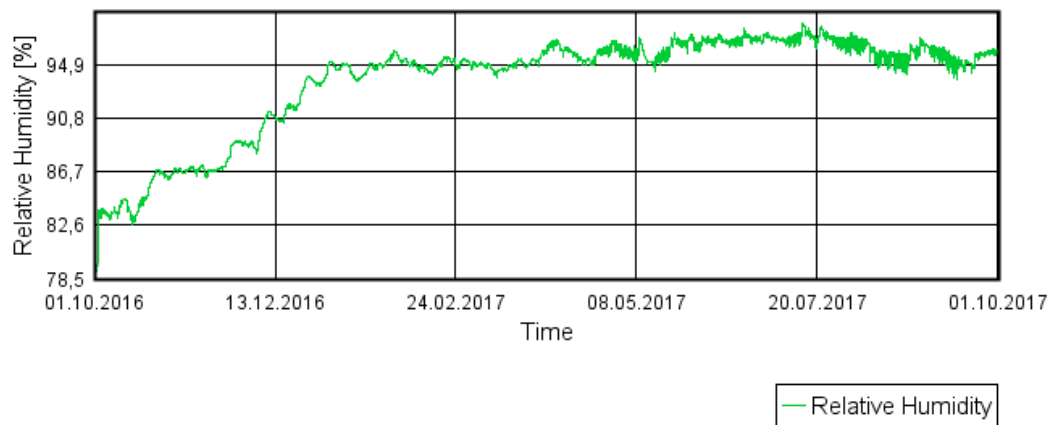


## Total mängd Solid mur, tilläggsisolerad

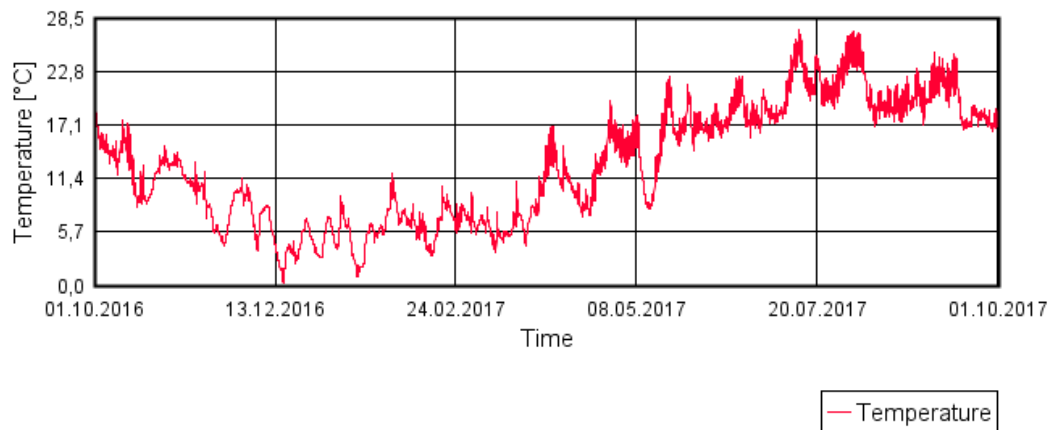
### Water Content



### Relative Humidity

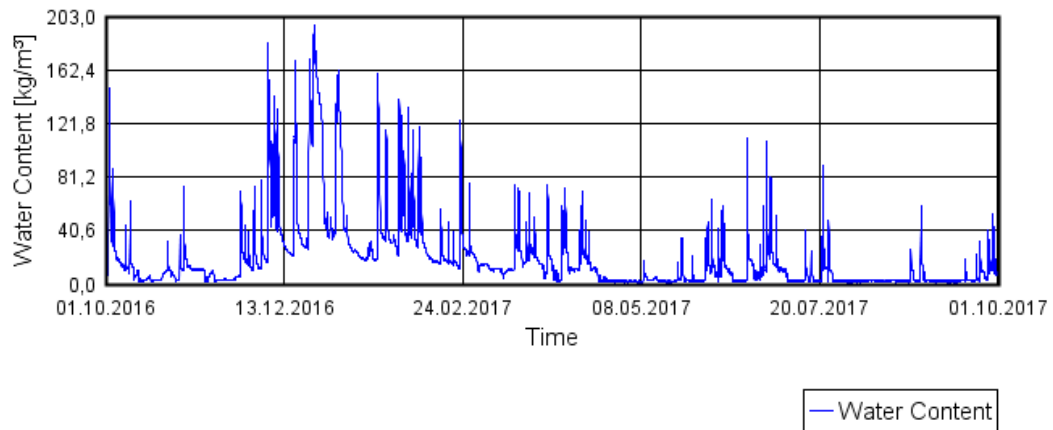


### Temperature

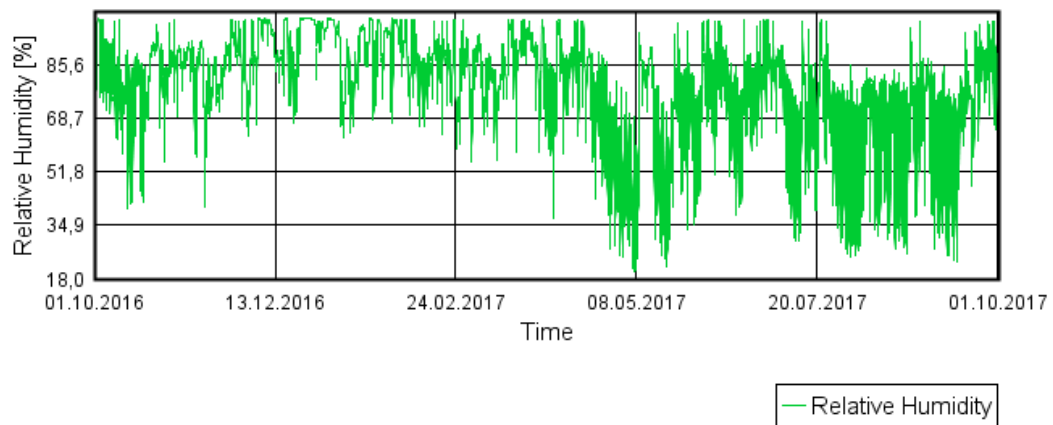


## Utsida Solid mur, tilläggsisolerad

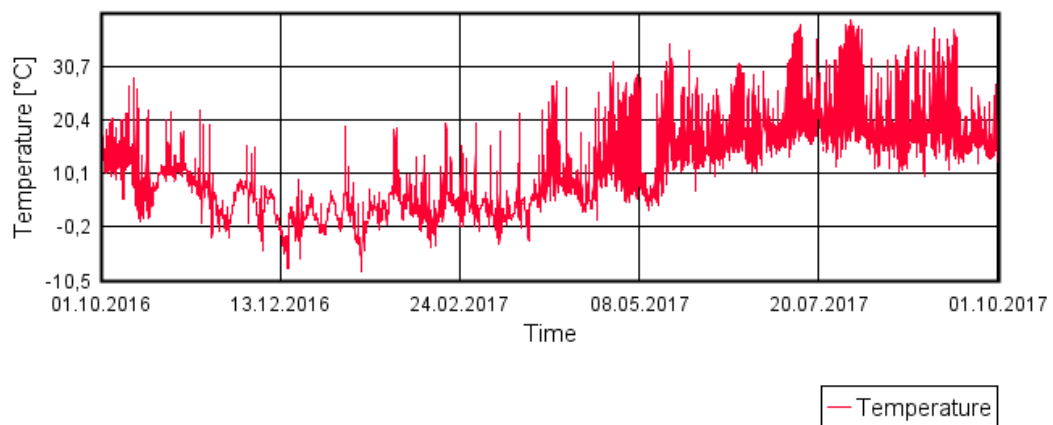
### Water Content



### Relative Humidity

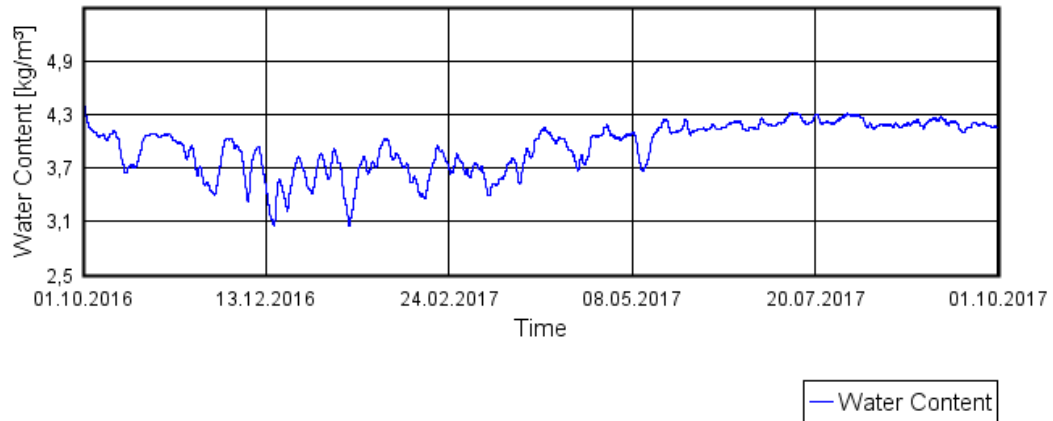


### Temperature

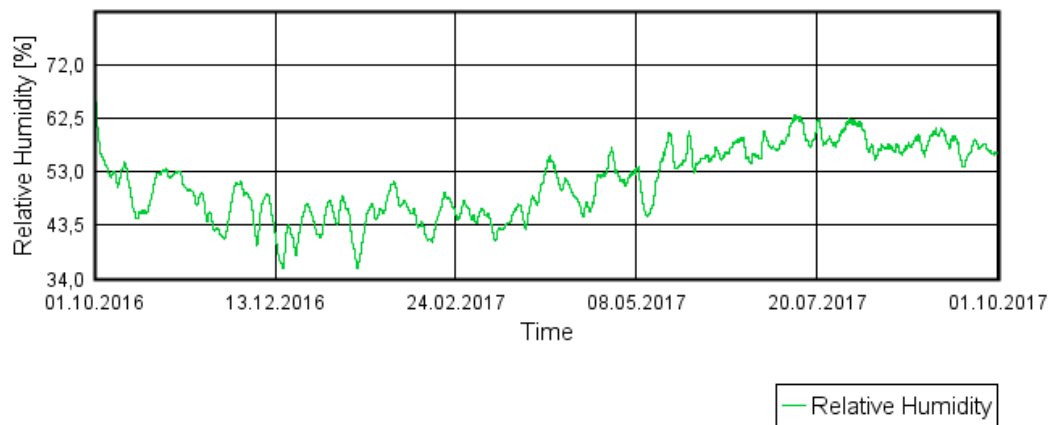


## Centrum gips Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

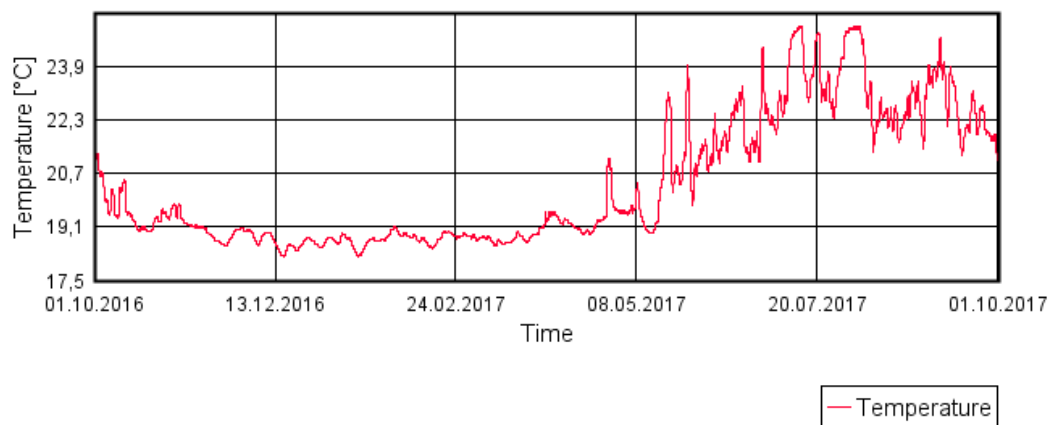
### Water Content



### Relative Humidity

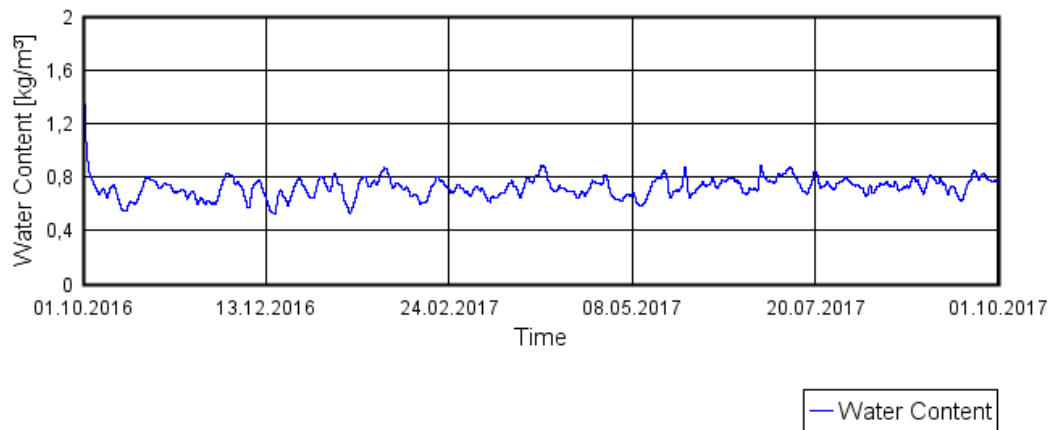


### Temperature

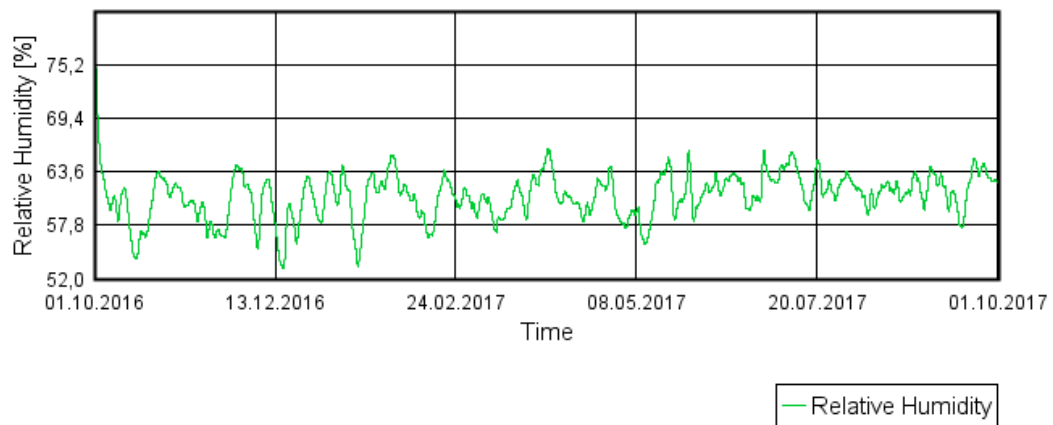


## Centrum isolering Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

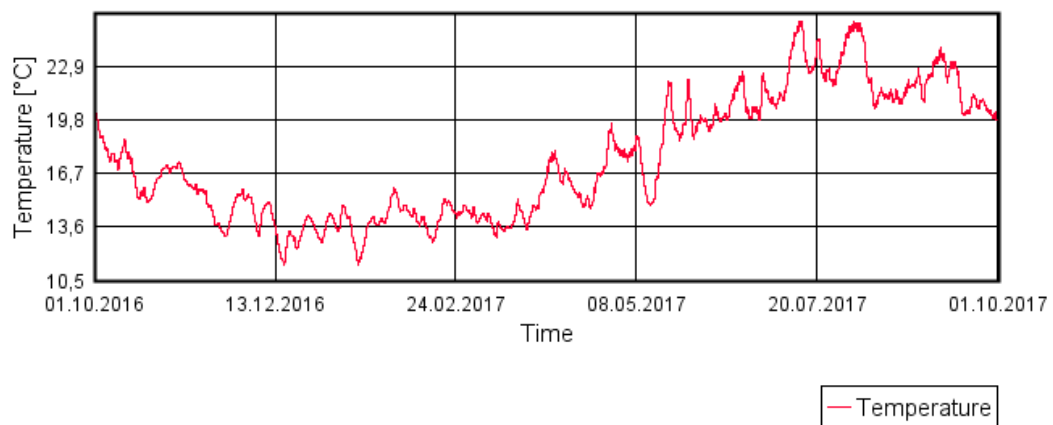
### Water Content



### Relative Humidity

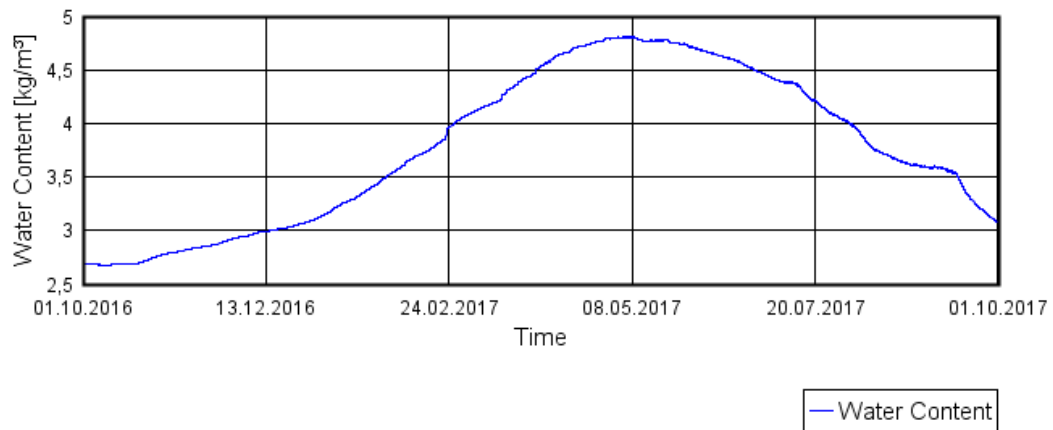


### Temperature

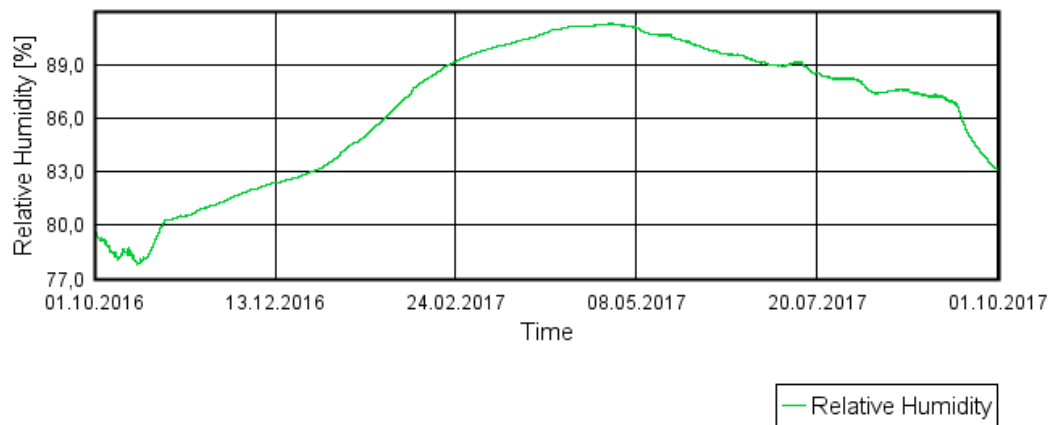


## Centrum tegel Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

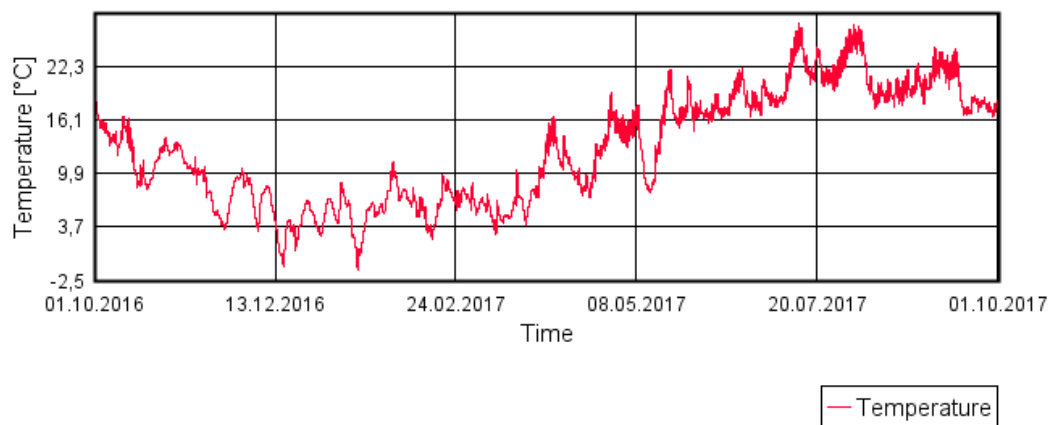
### Water Content



### Relative Humidity

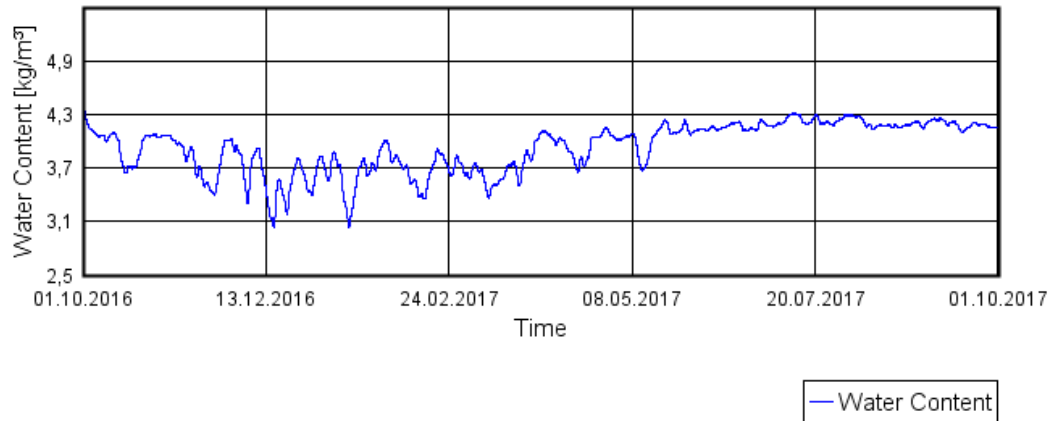


### Temperature

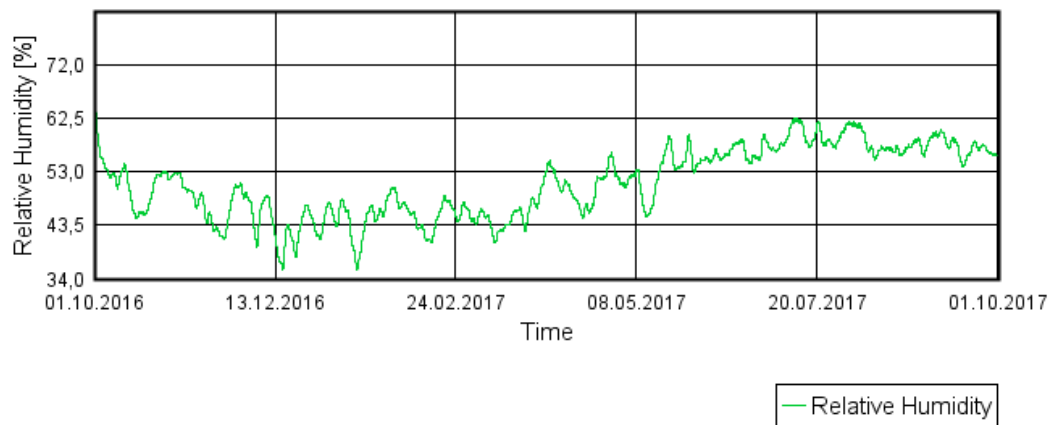


## Insida Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

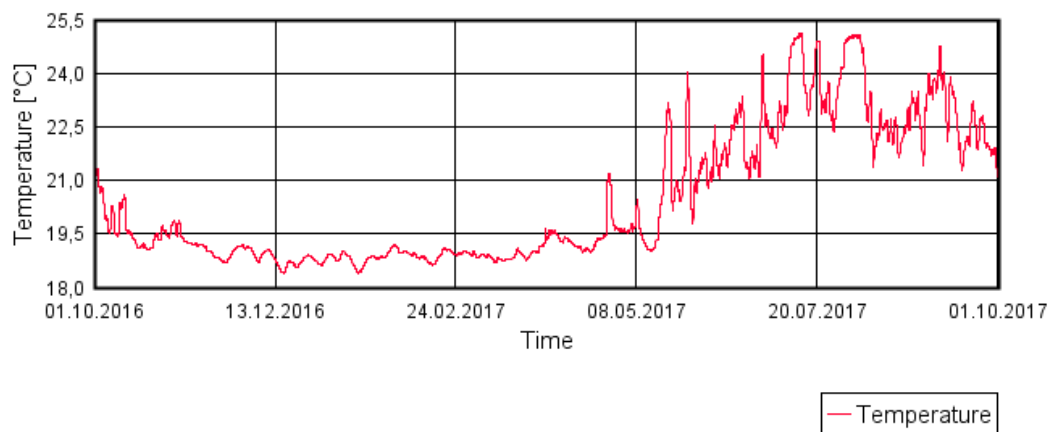
### Water Content



### Relative Humidity

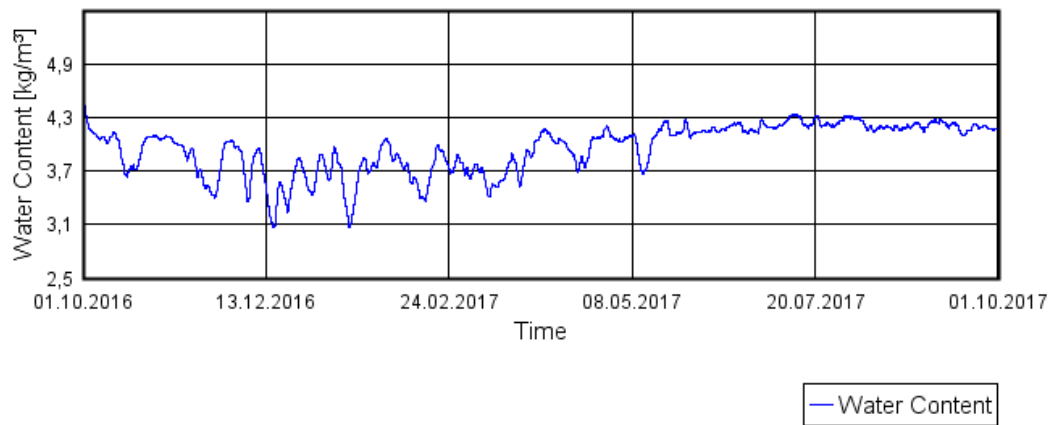


### Temperature

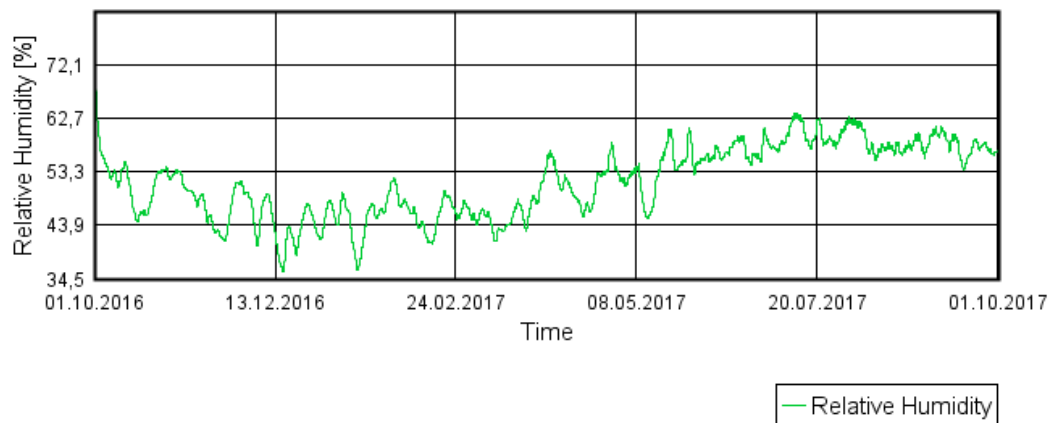


## Möte gips mot isolering Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

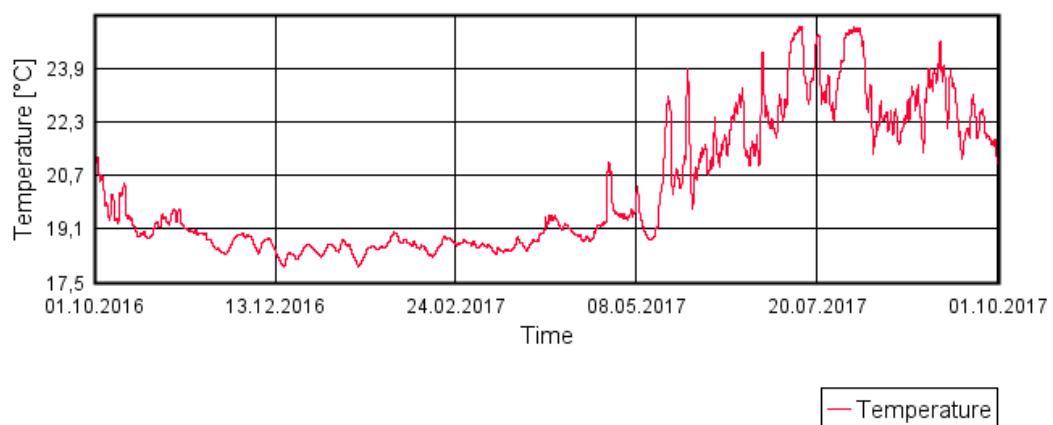
### Water Content



### Relative Humidity

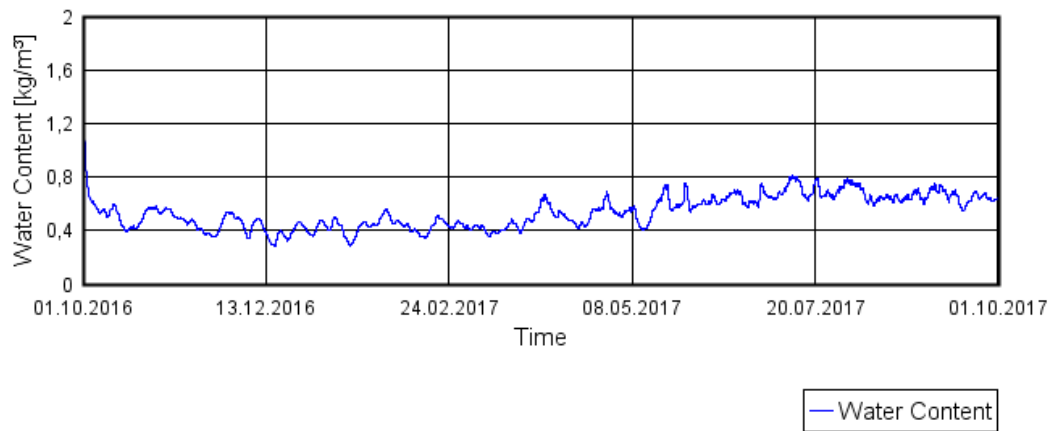


### Temperature

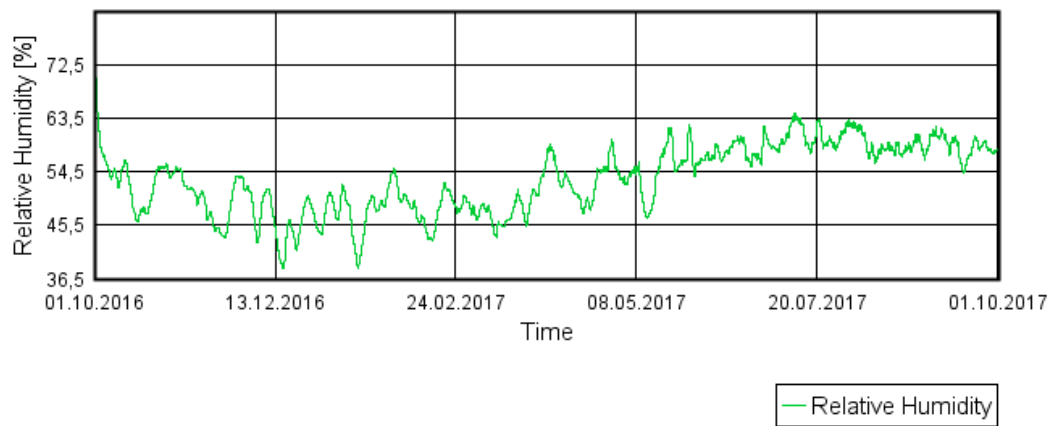


## Möte isolering mot gips Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

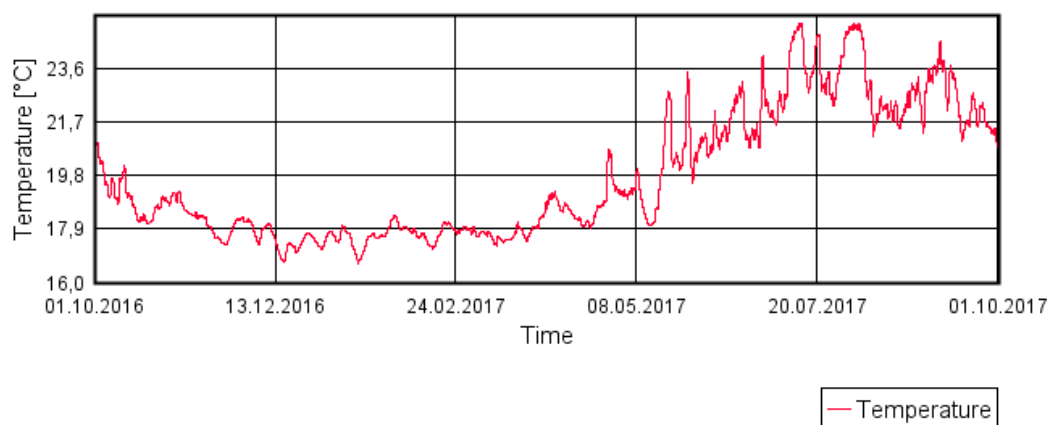
### Water Content



### Relative Humidity

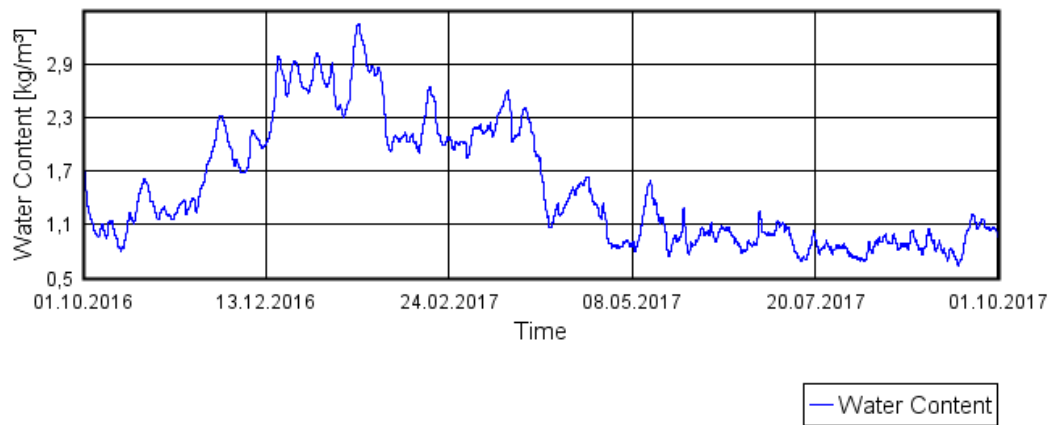


### Temperature

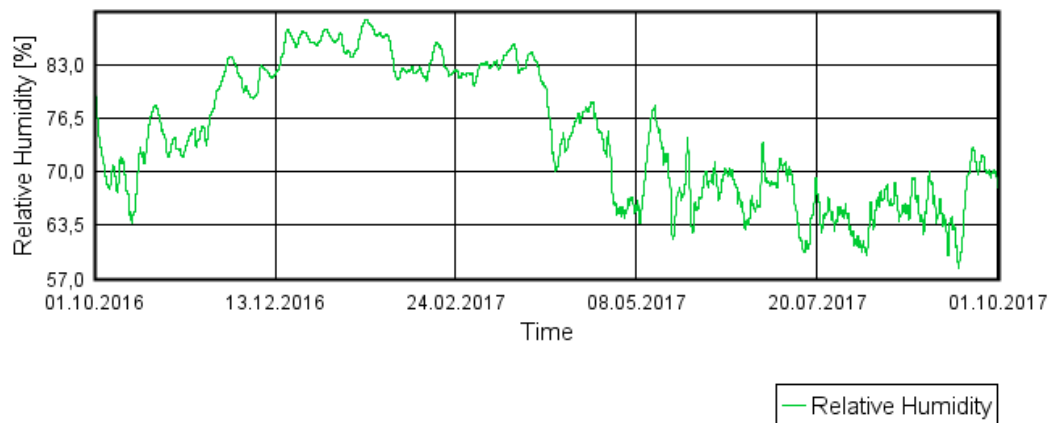


## Möte isolering mot tegel Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

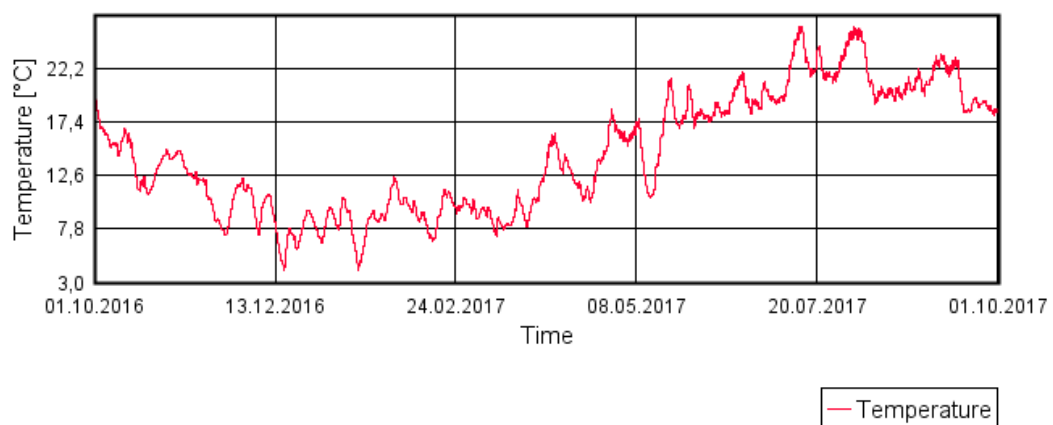
### Water Content



### Relative Humidity

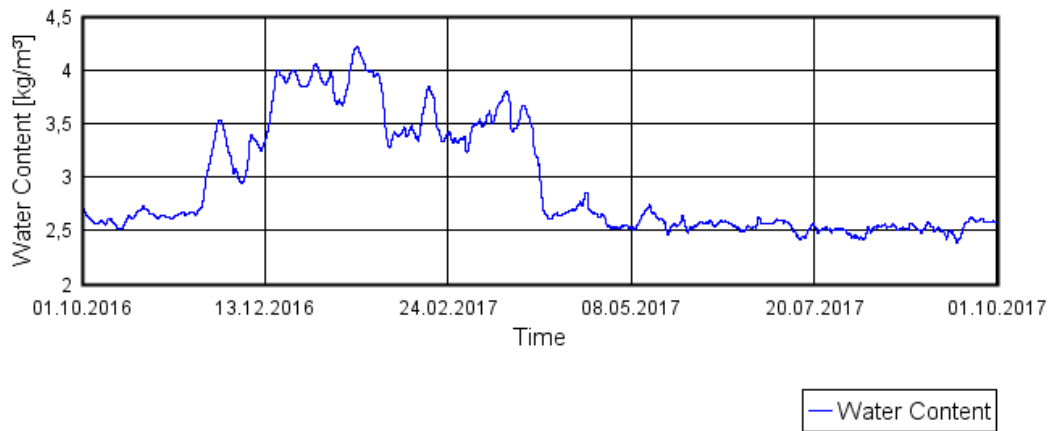


### Temperature

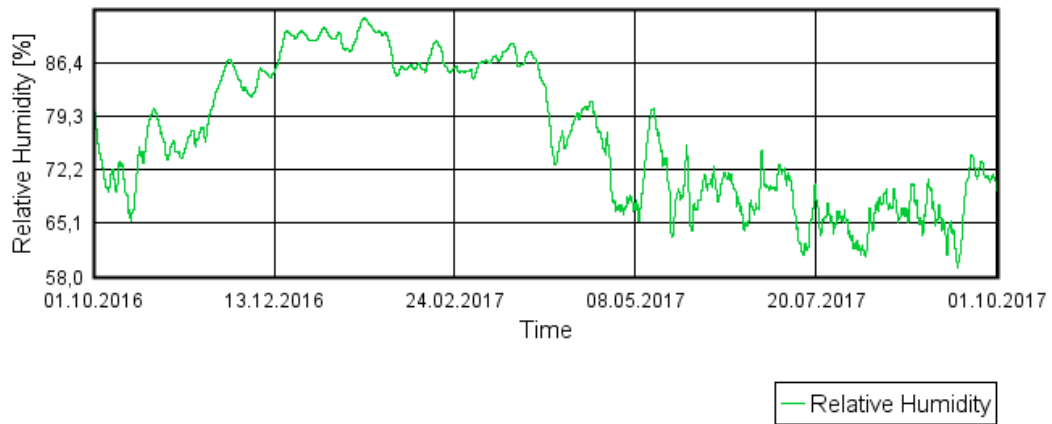


## Möte tegel mot isolering Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

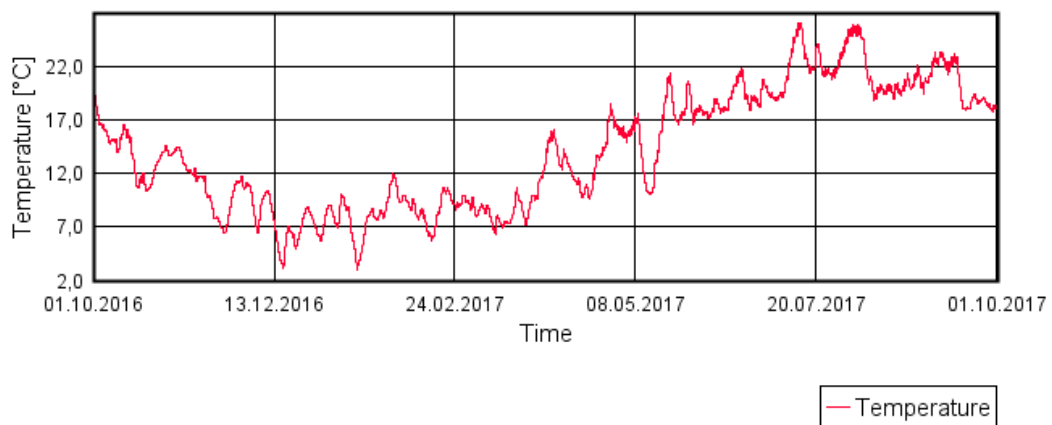
### Water Content



### Relative Humidity

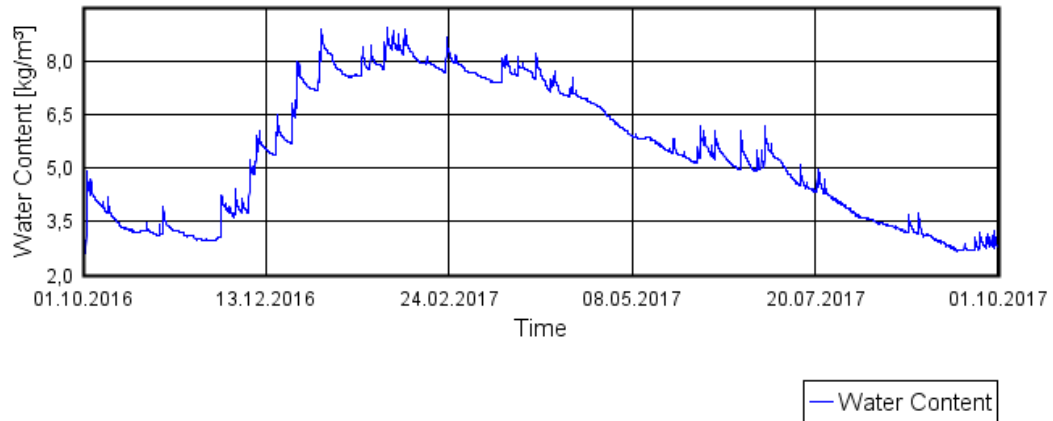


### Temperature

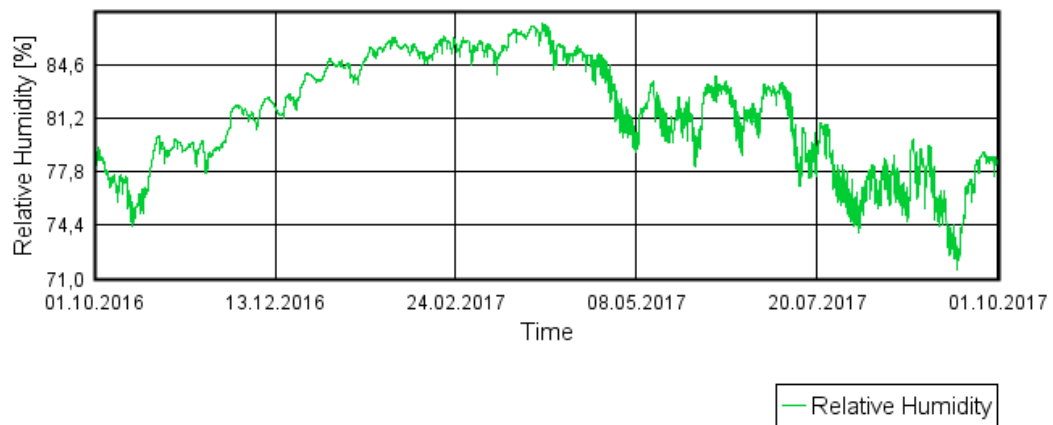


## Total mängd Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

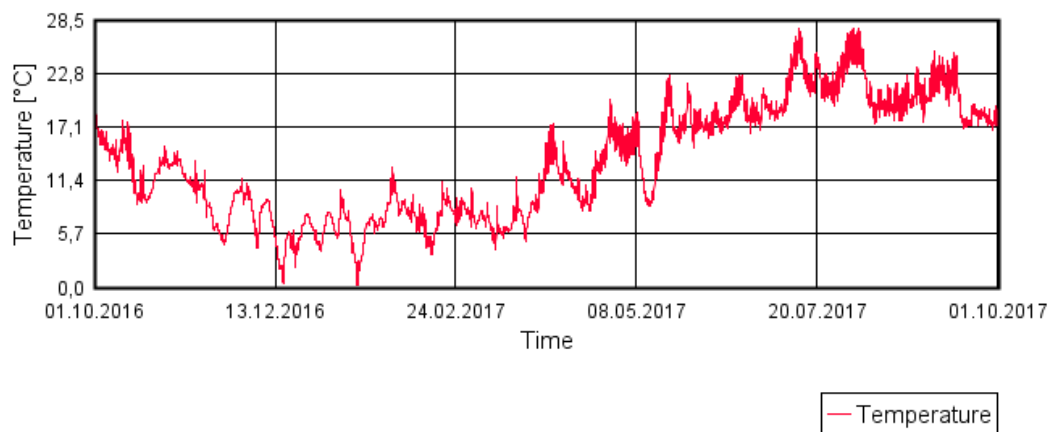
### Water Content



### Relative Humidity

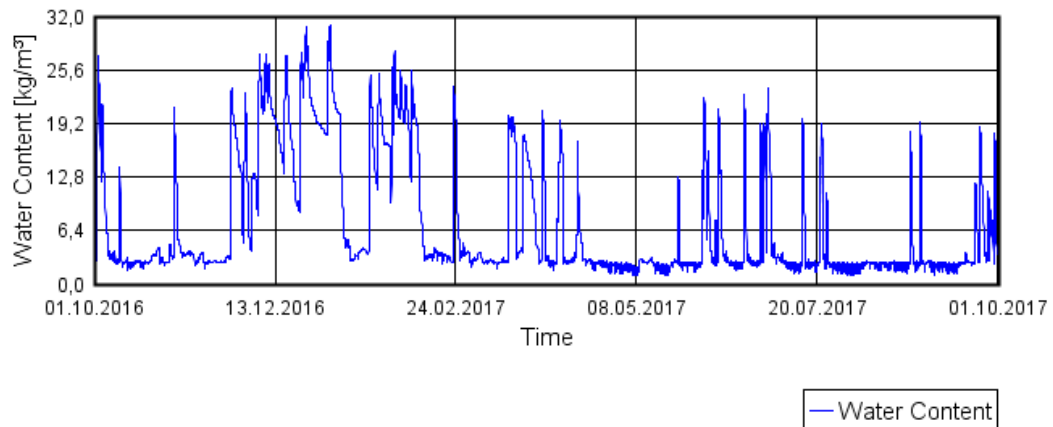


### Temperature

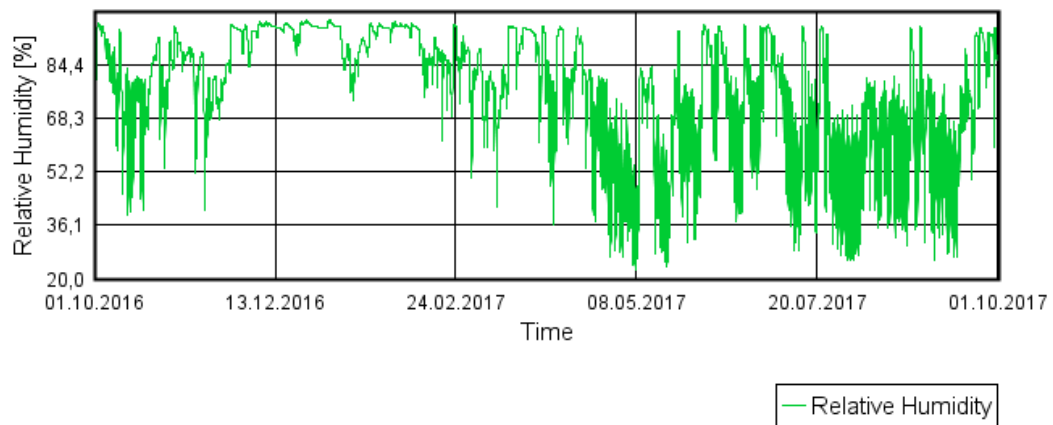


## Utsida Solid mur, tilläggsisolerad och hydrofob ytbehandling

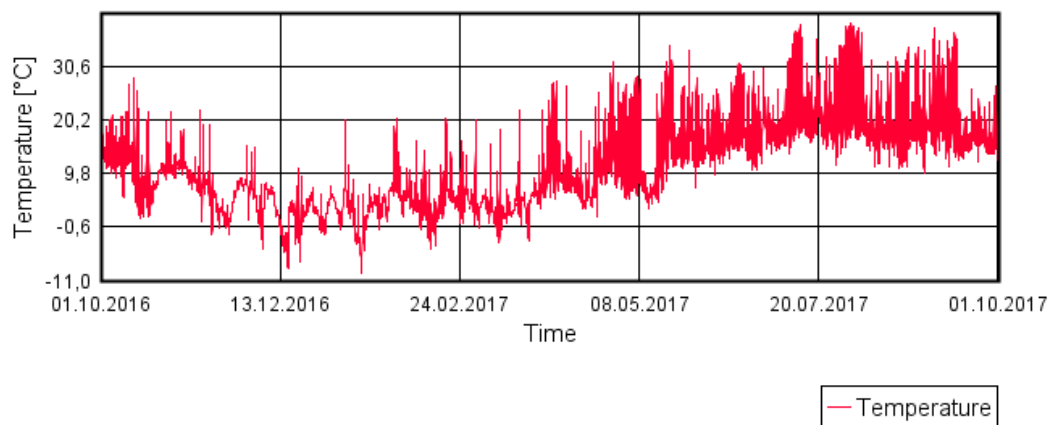
### Water Content



### Relative Humidity

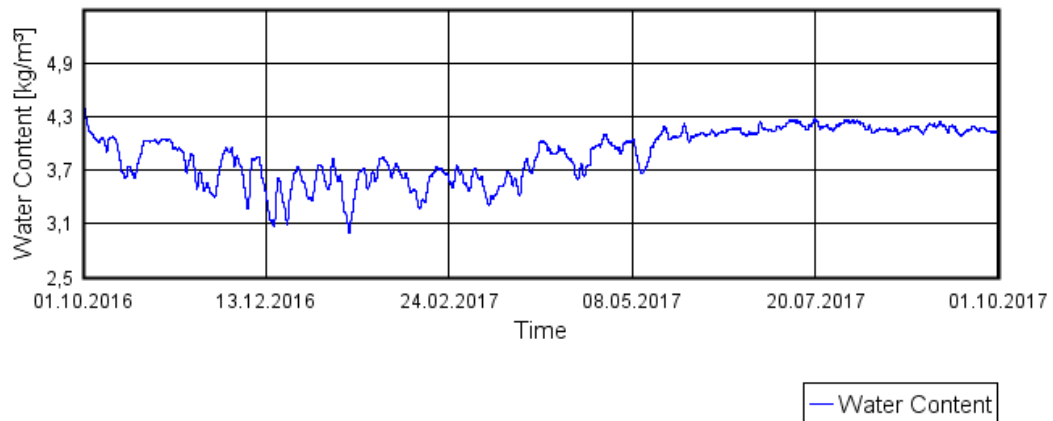


### Temperature

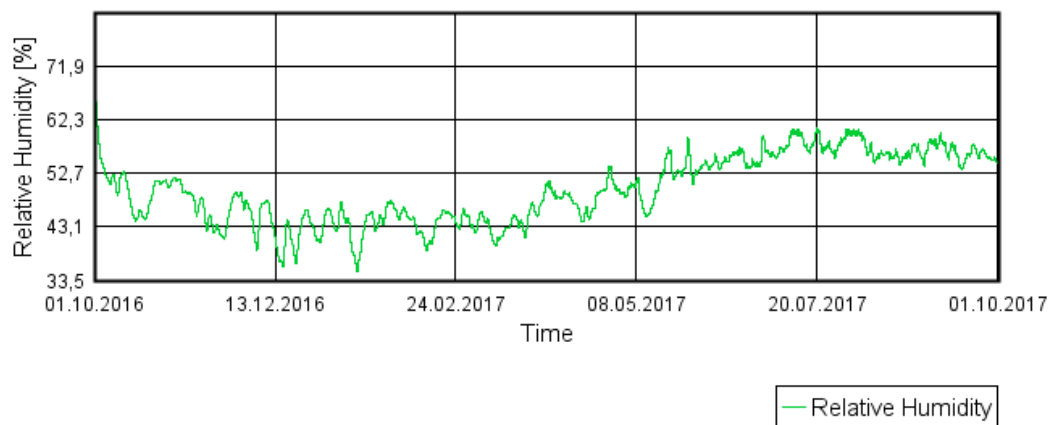


## Centrum gips Skalmur

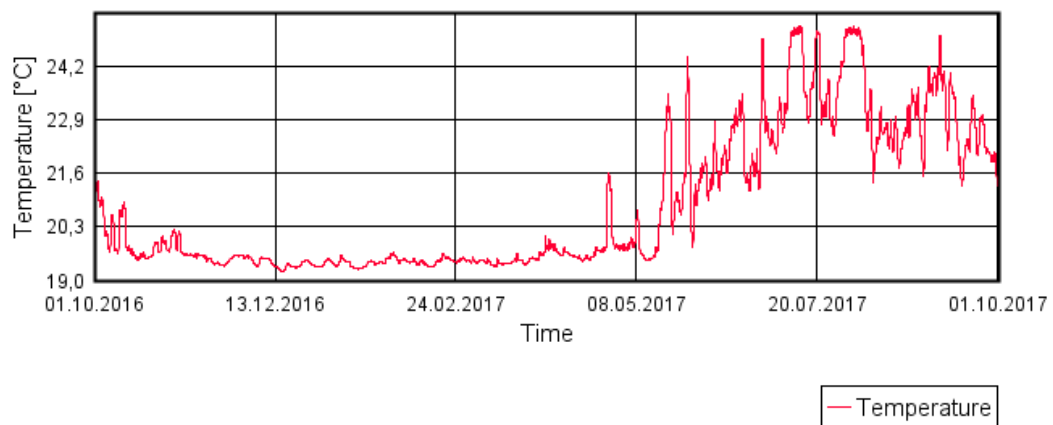
### Water Content



### Relative Humidity

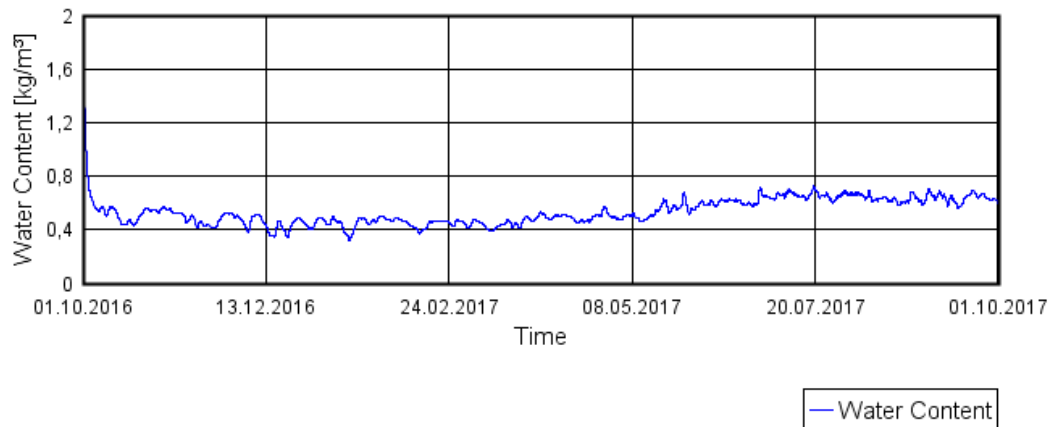


### Temperature

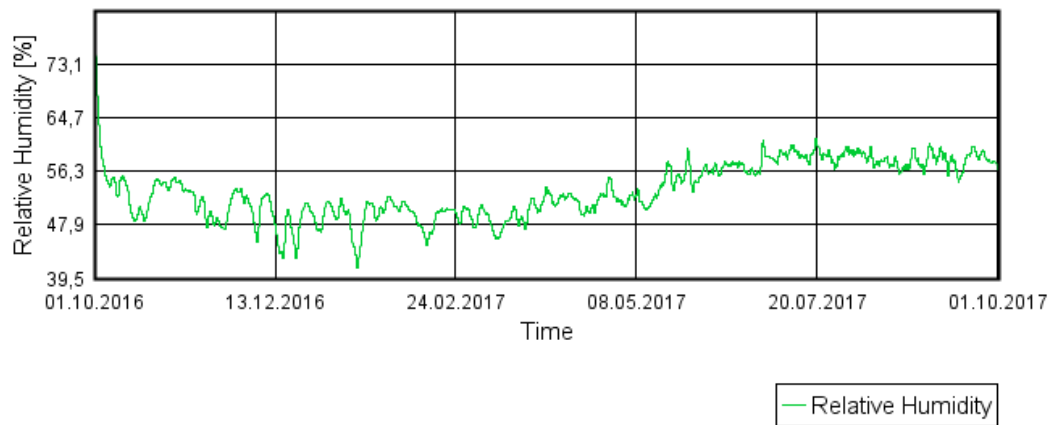


## Centrum 45mm isolering Skalmur

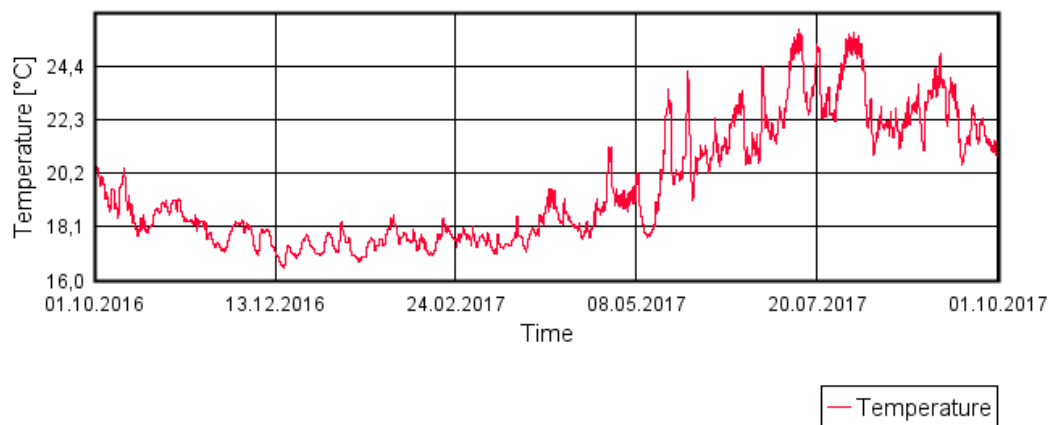
### Water Content



### Relative Humidity

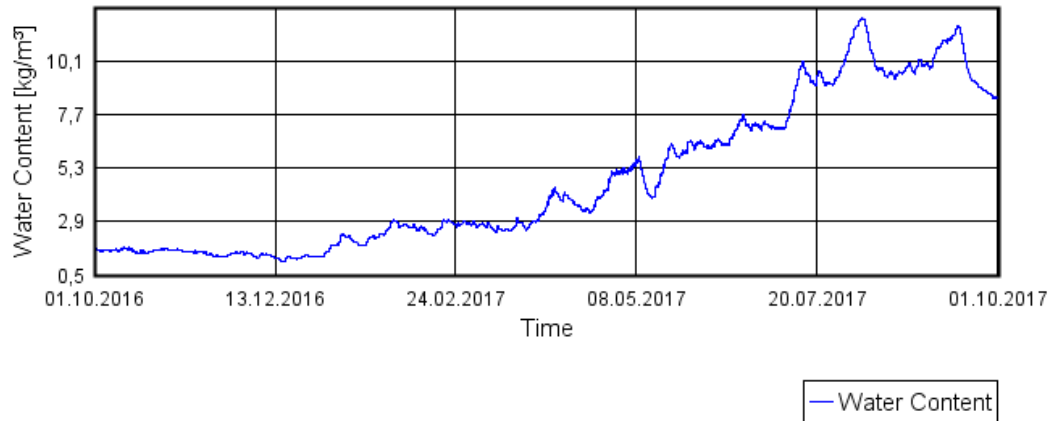


### Temperature

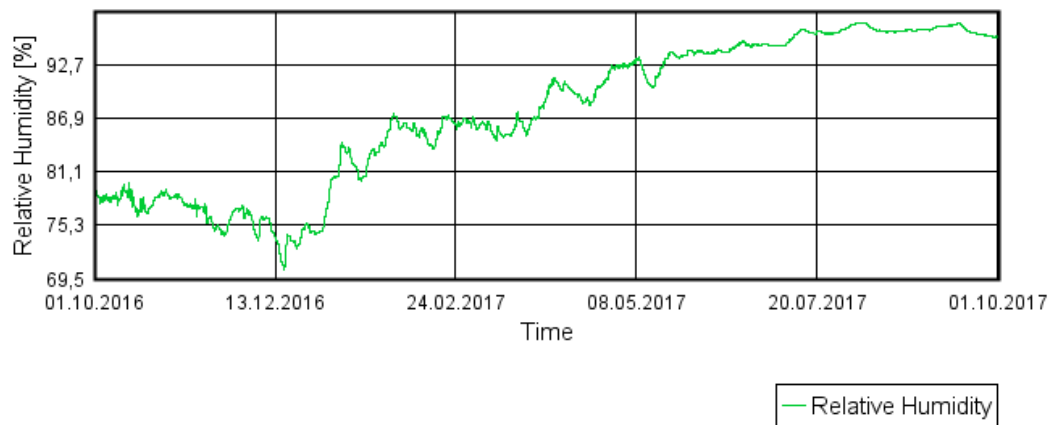


## Centrum 30mm isolering Skalmur

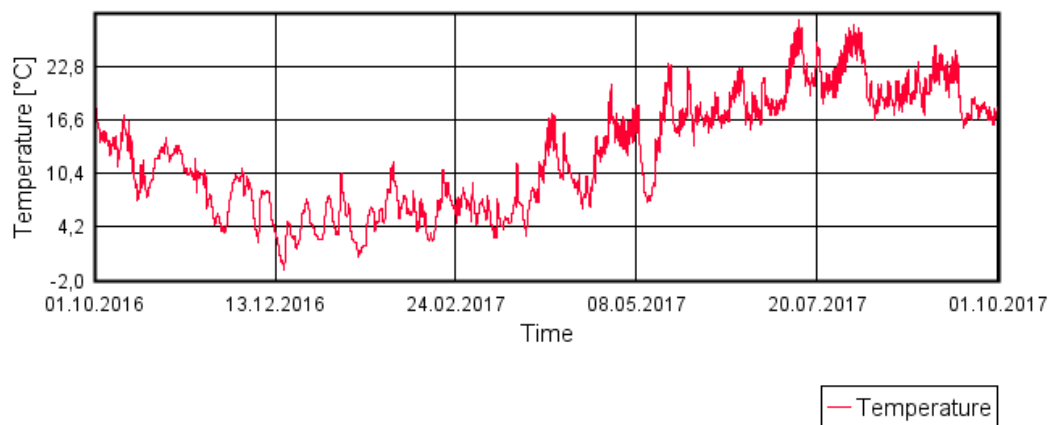
### Water Content



### Relative Humidity

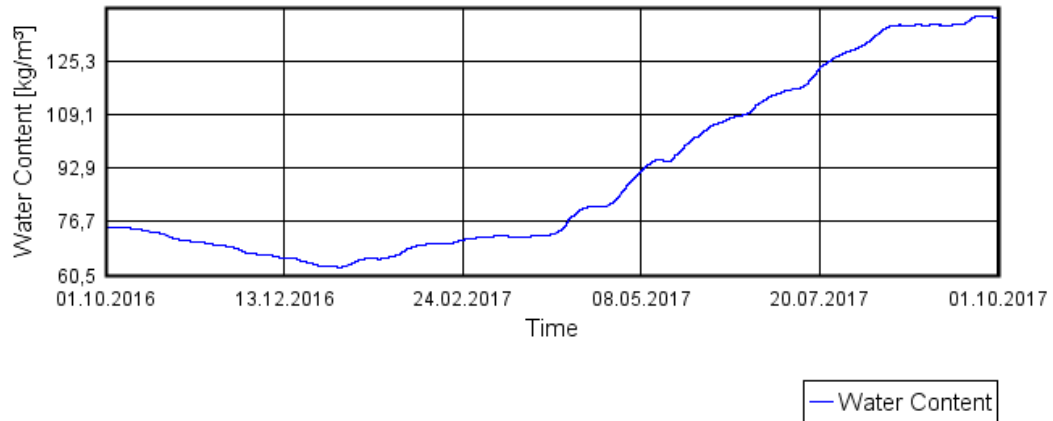


### Temperature

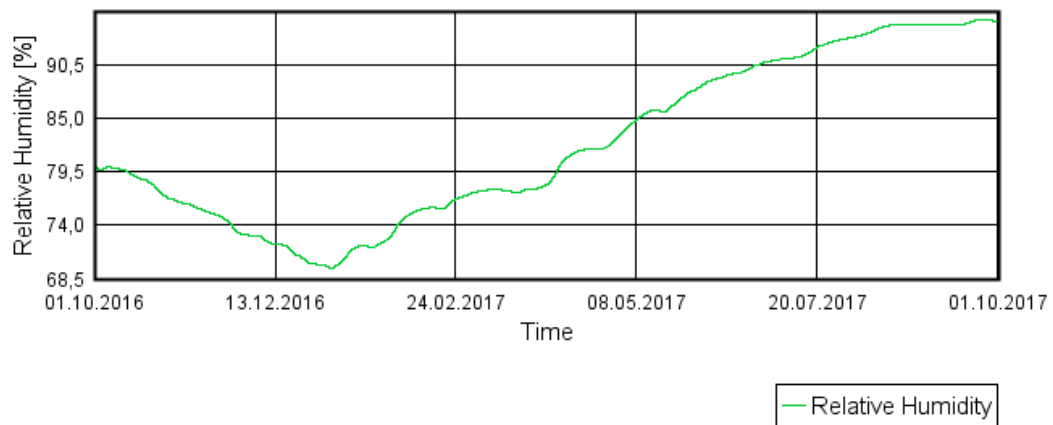


## Centrum vindskydd Skalmur

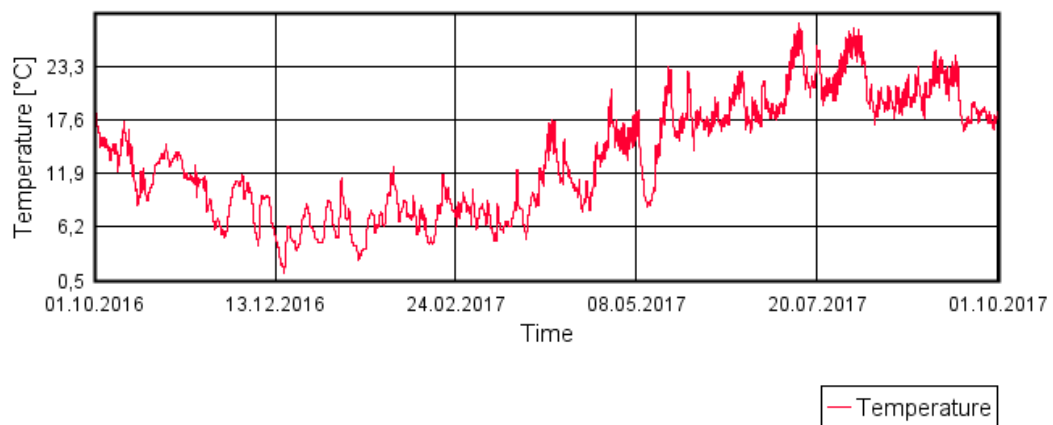
### Water Content



### Relative Humidity

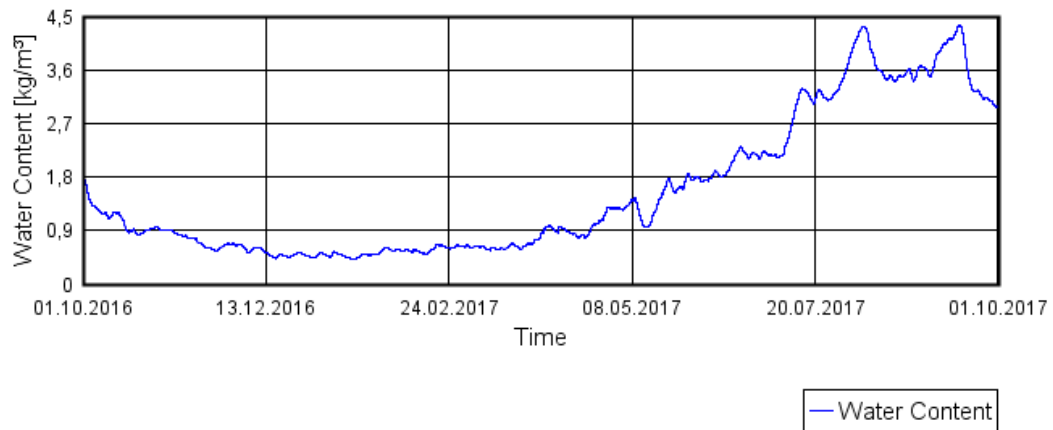


### Temperature

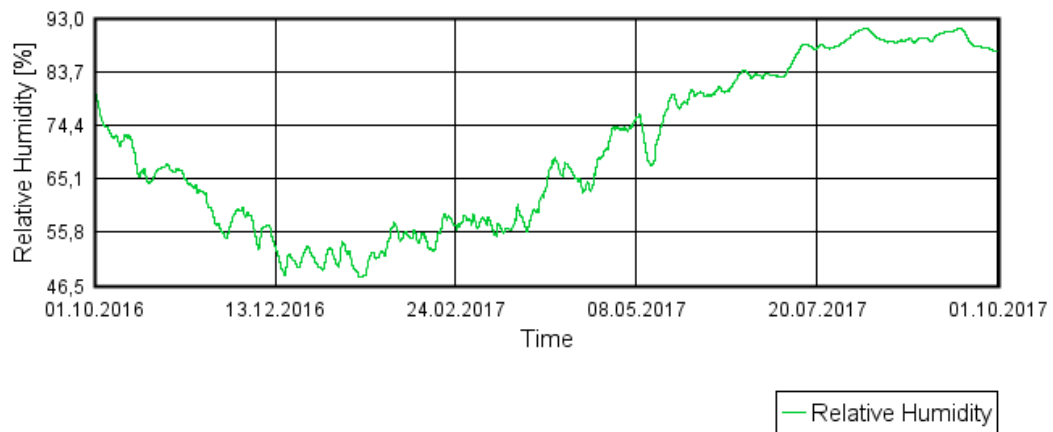


## Centrum 90mm isolering Skalmur

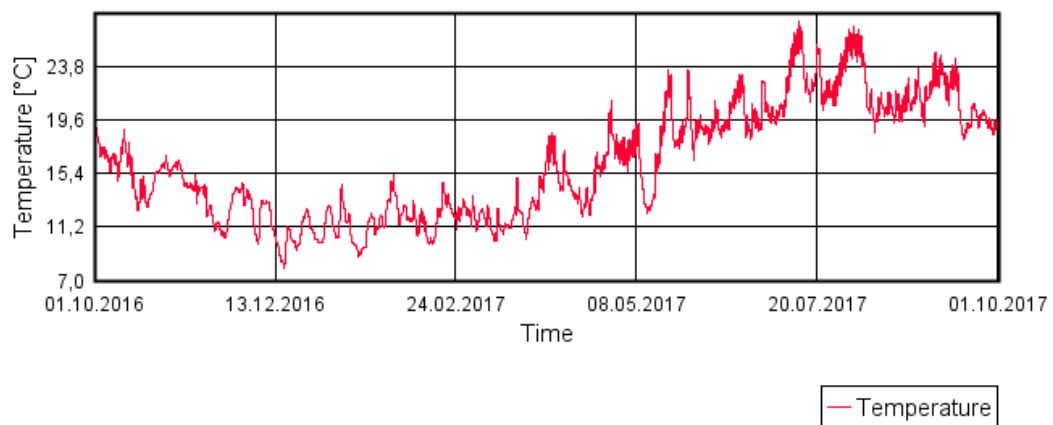
### Water Content



### Relative Humidity

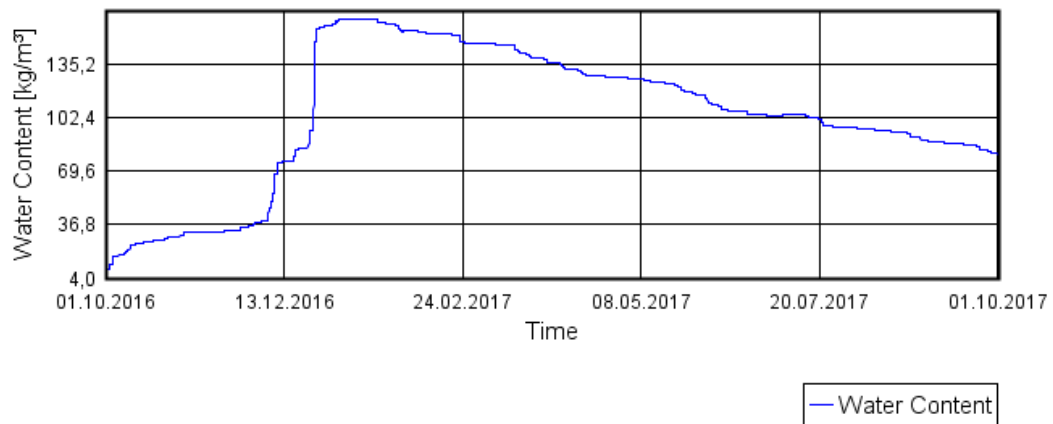


### Temperature

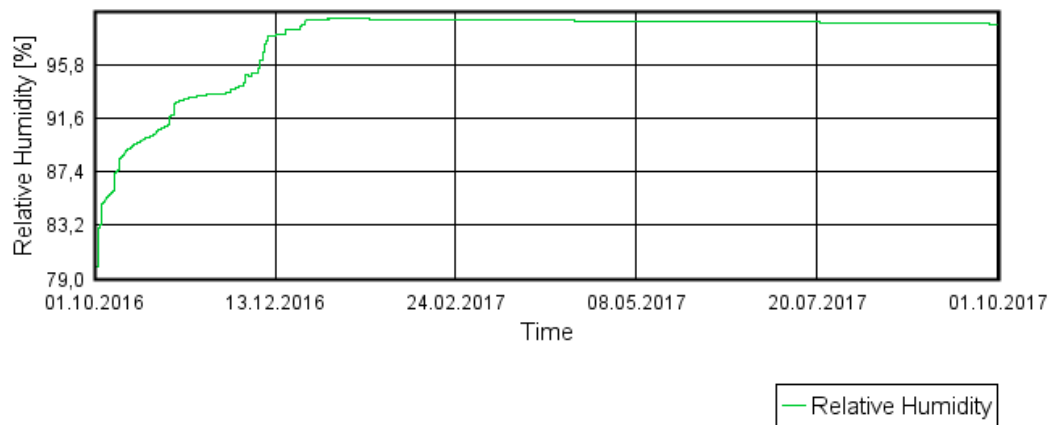


## Centrum tegel Skalmur

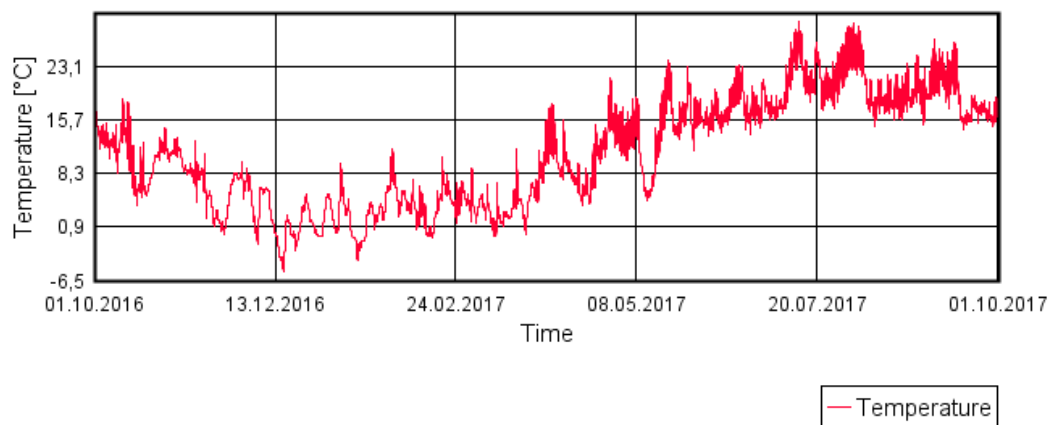
### Water Content



### Relative Humidity

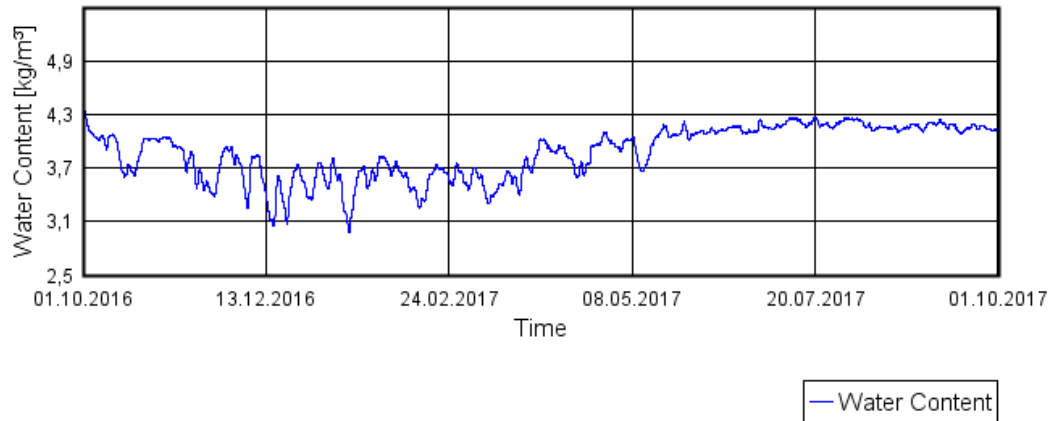


### Temperature

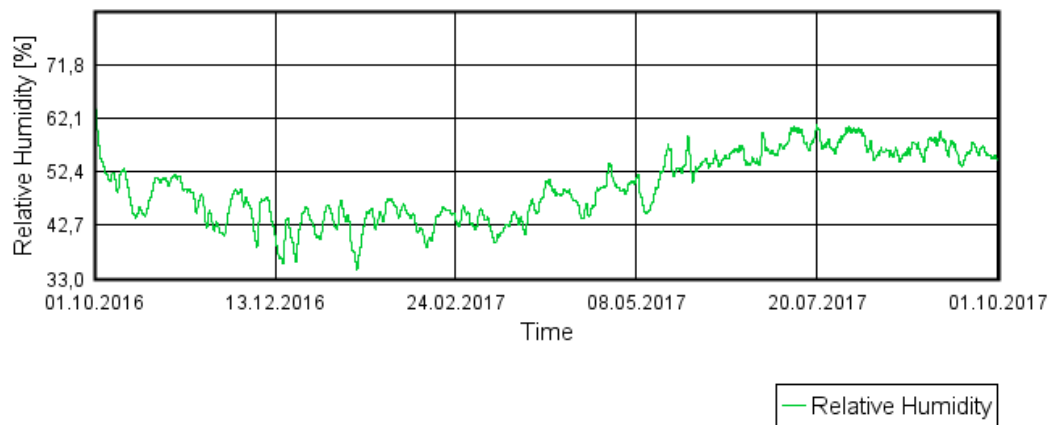


## Insida Skalmur

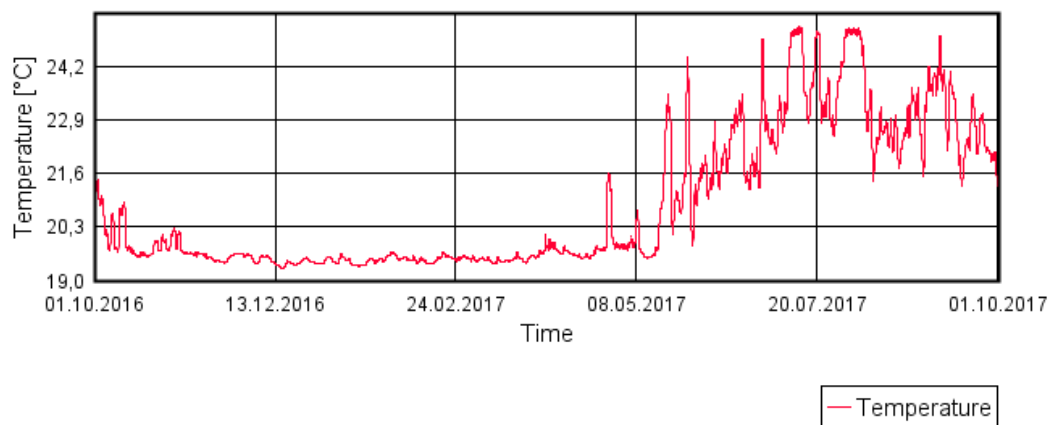
### Water Content



### Relative Humidity

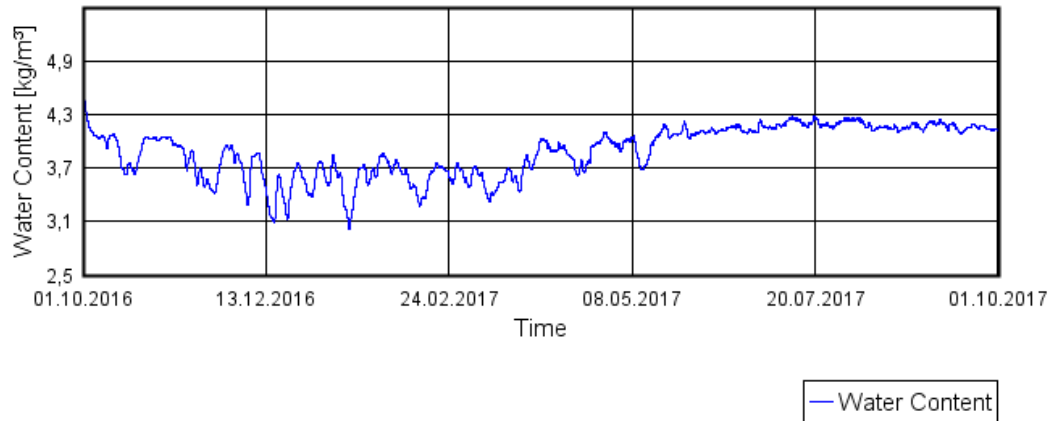


### Temperature

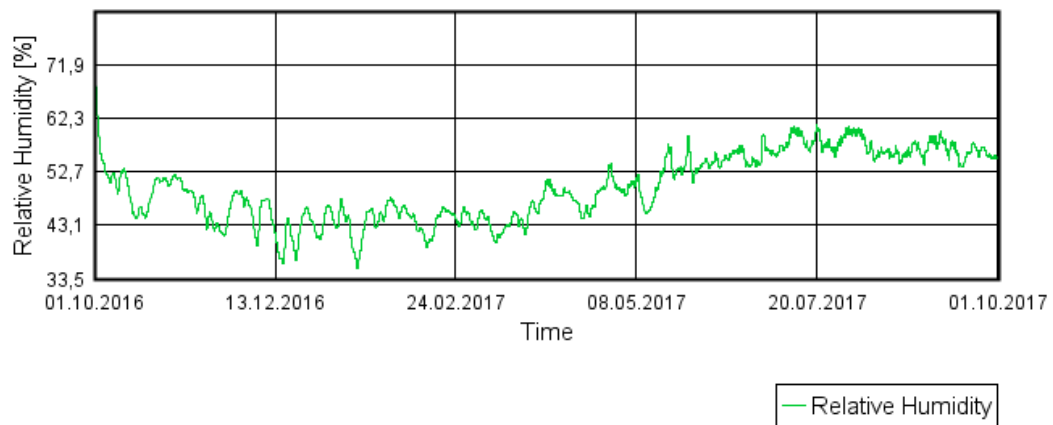


## Möte gips mot 45mm isolering Skalmur

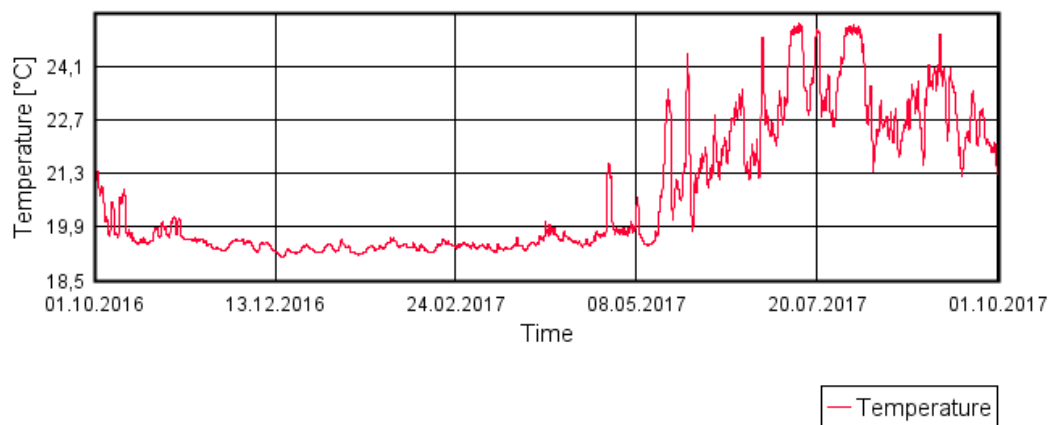
### Water Content



### Relative Humidity

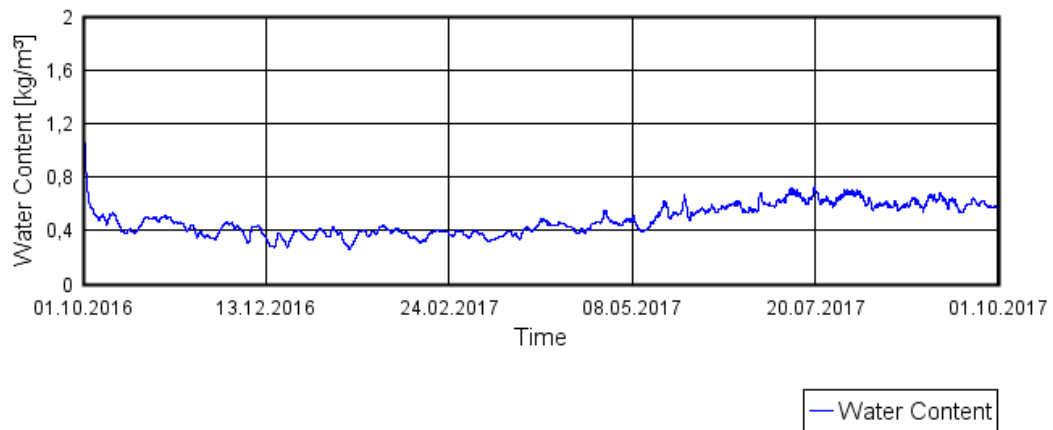


### Temperature

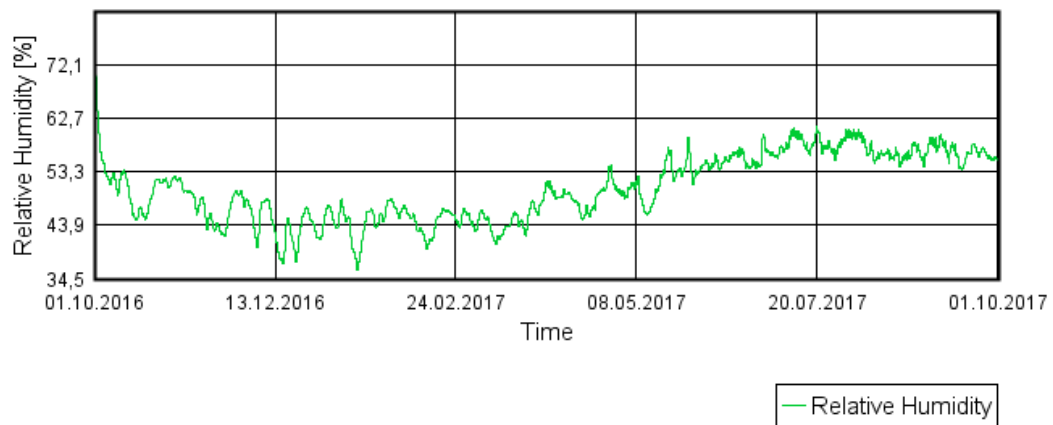


## Möte 45mm isolering mot gips Skalmur

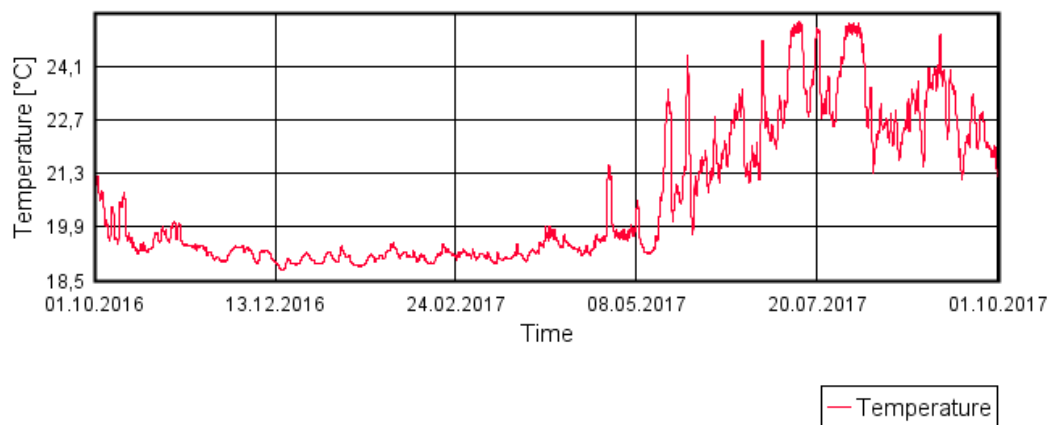
### Water Content



### Relative Humidity

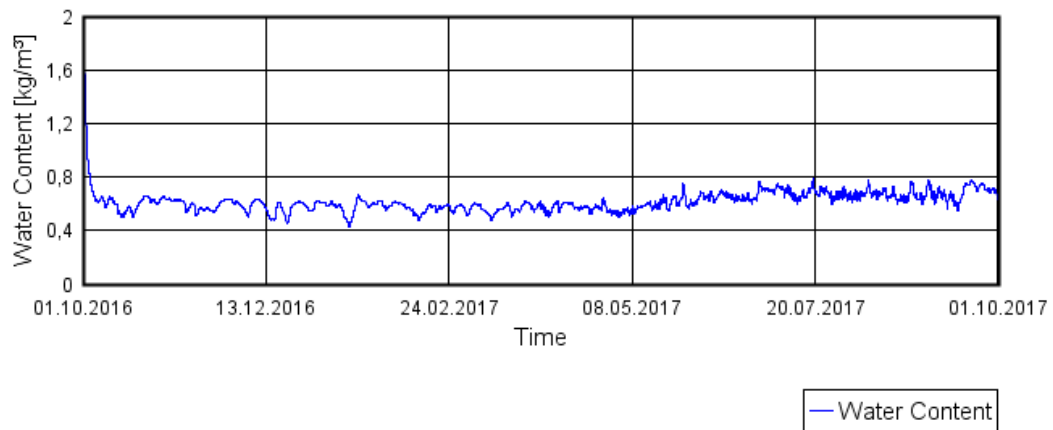


### Temperature

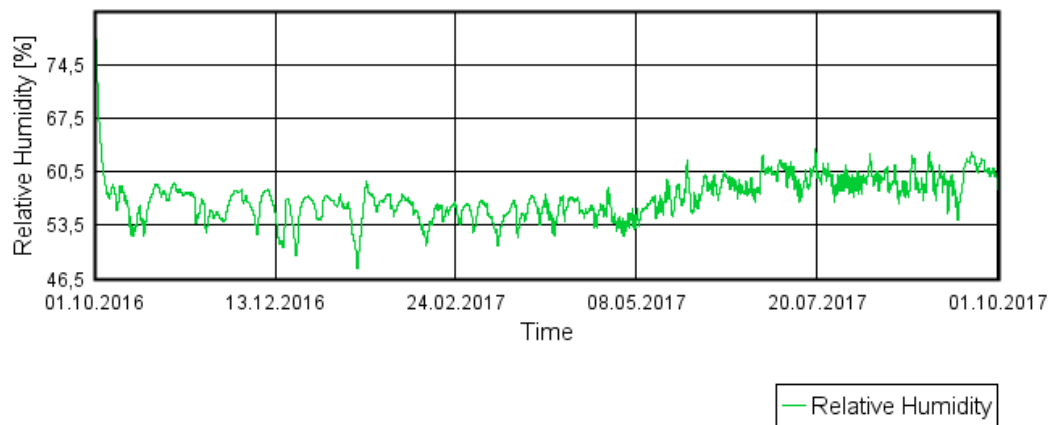


## Möte 45mm isolering mot ångspärr Skalmur

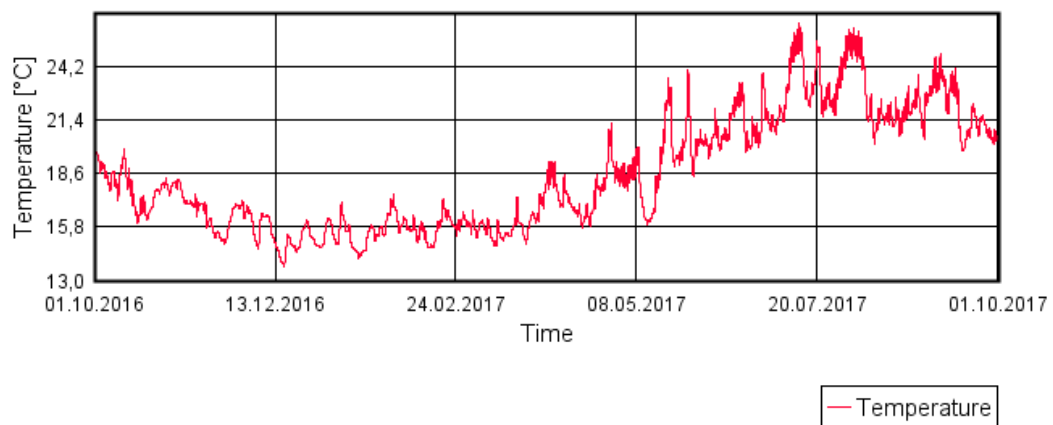
### Water Content



### Relative Humidity



### Temperature

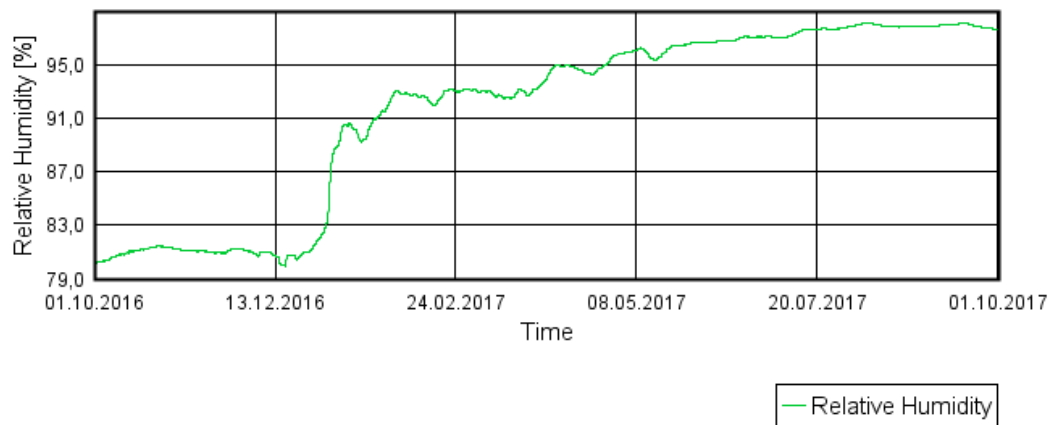


## Möte 30mm isolering mot luftspalt Skalmur

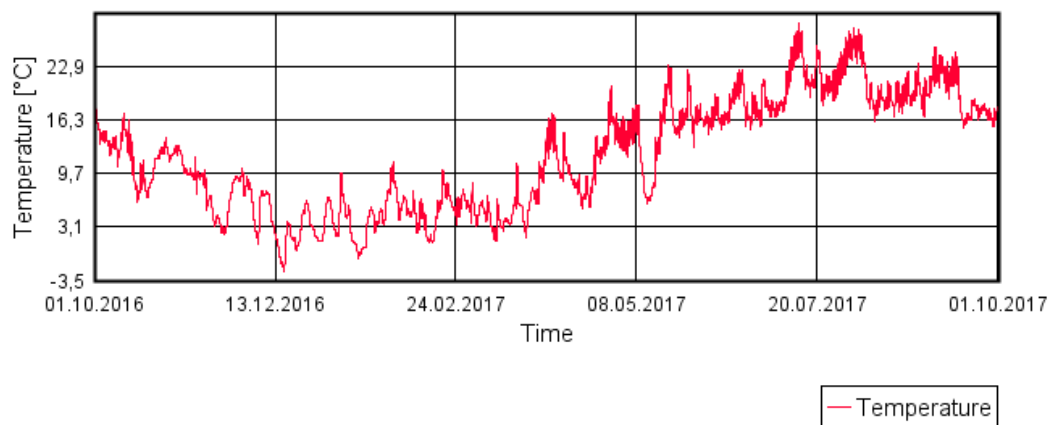
### Water Content



### Relative Humidity



### Temperature

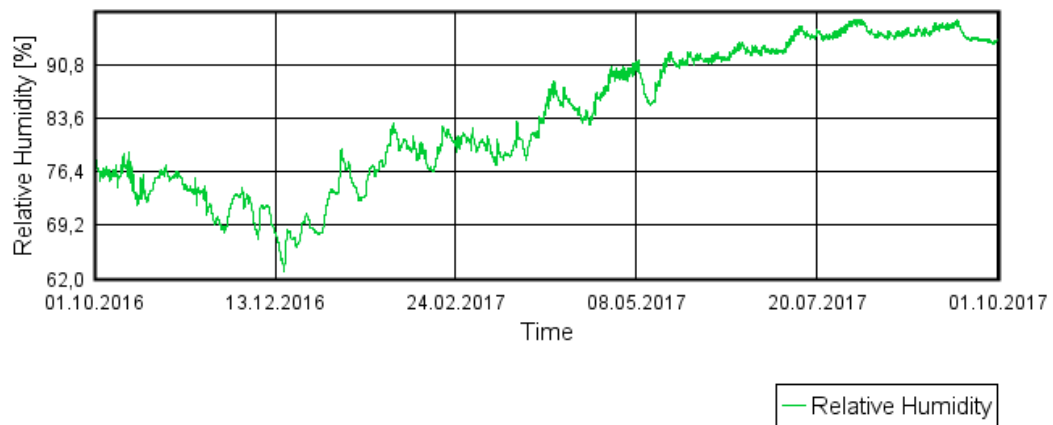


## Möte 30mm isolering mot vindskydd Skalmur

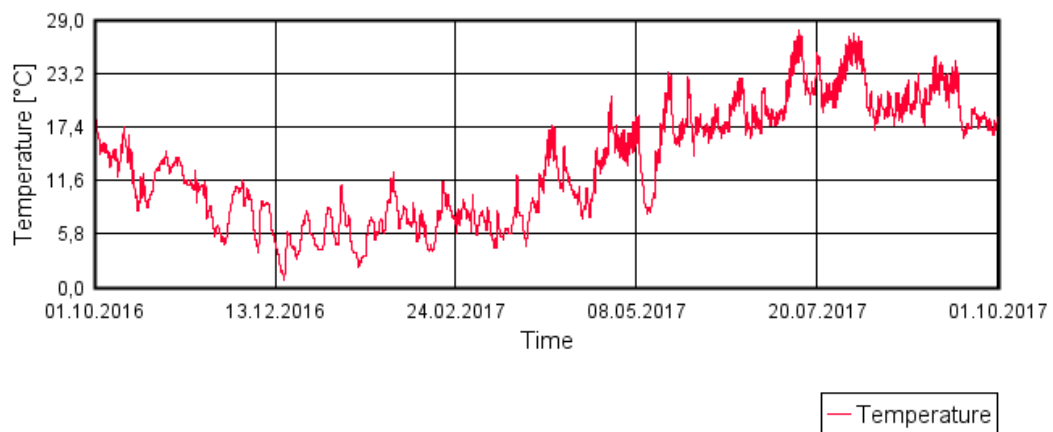
### Water Content



### Relative Humidity

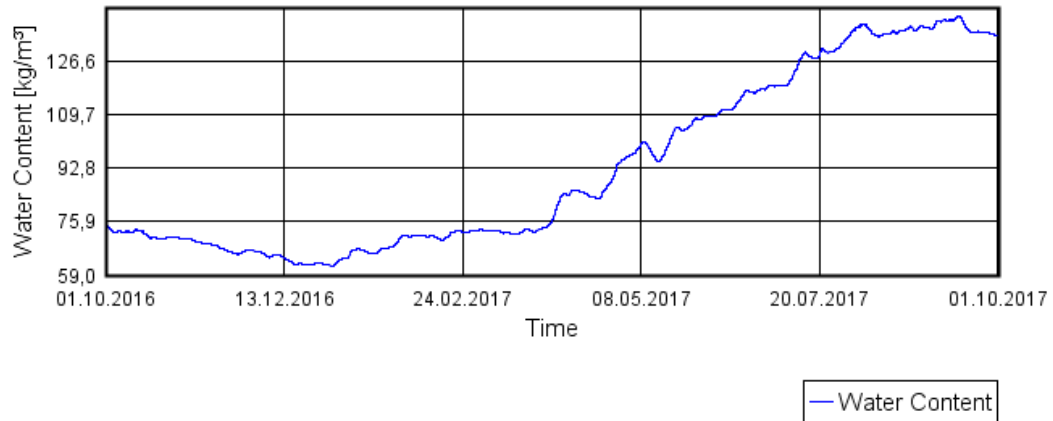


### Temperature

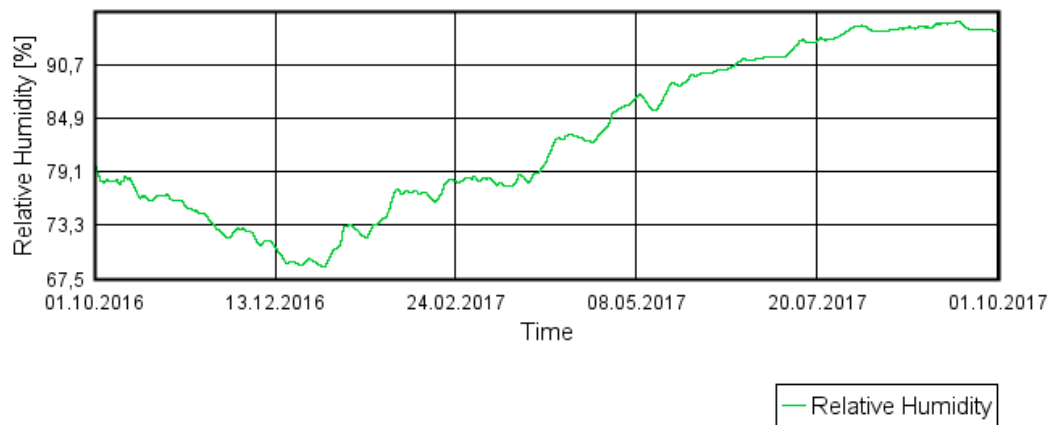


## Möte vindskydd mot 30mm isolering Skalmur

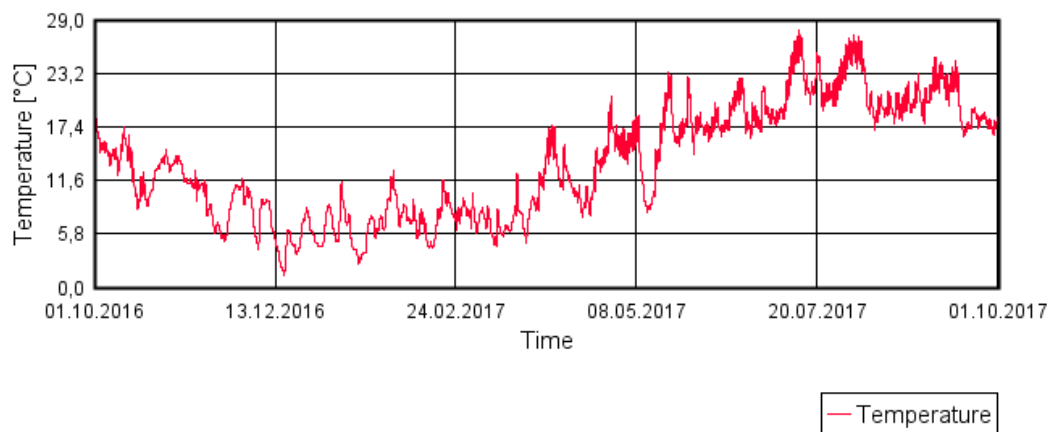
### Water Content



### Relative Humidity



### Temperature

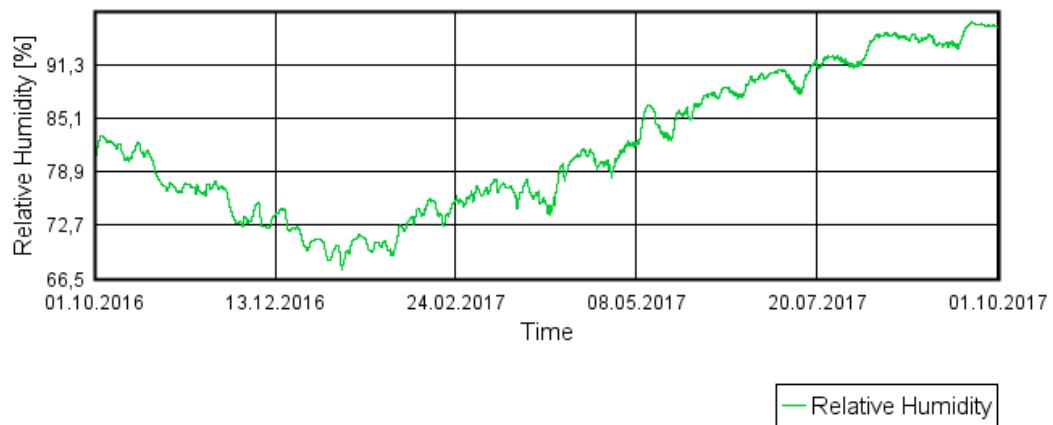


## Möte vindskydd mot 90mm isolering Skalmur

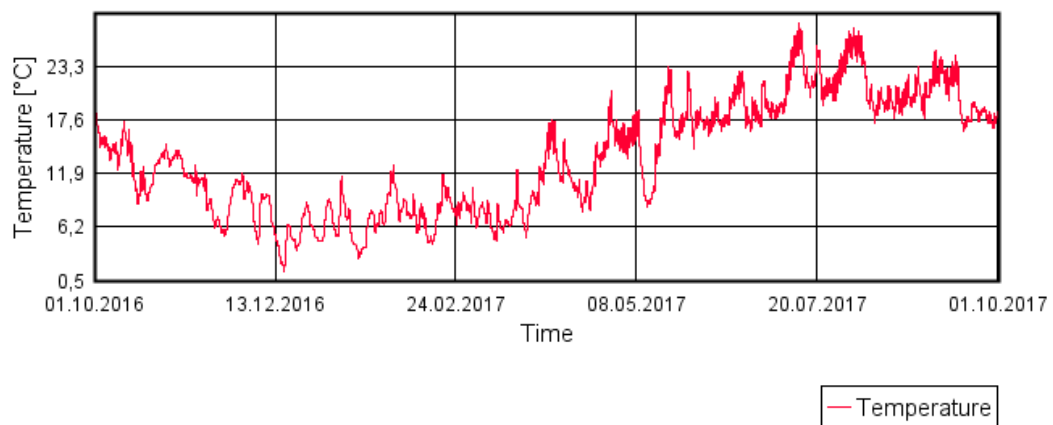
### Water Content



### Relative Humidity

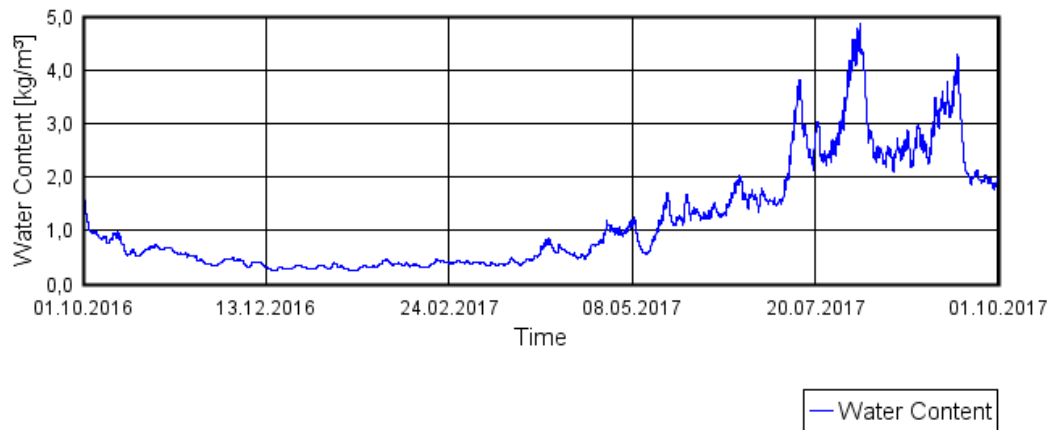


### Temperature

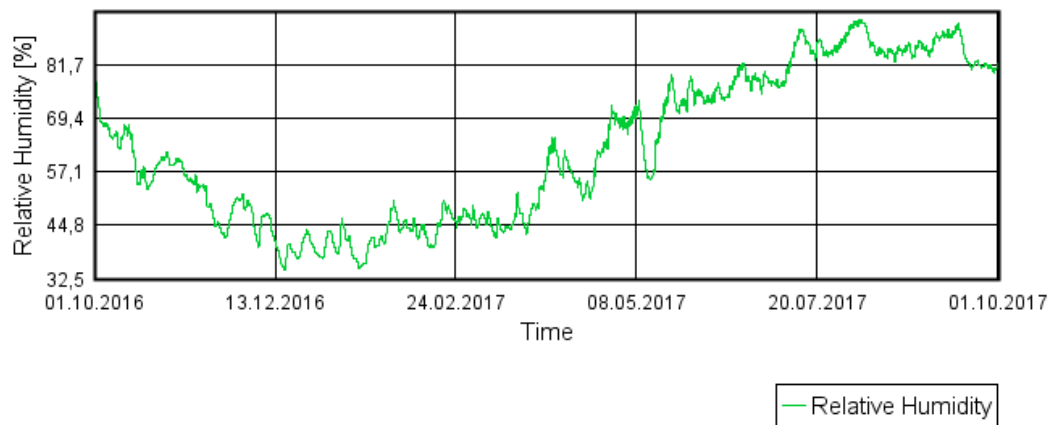


## Möte 90mm isolering mot ångspärr Skalmur

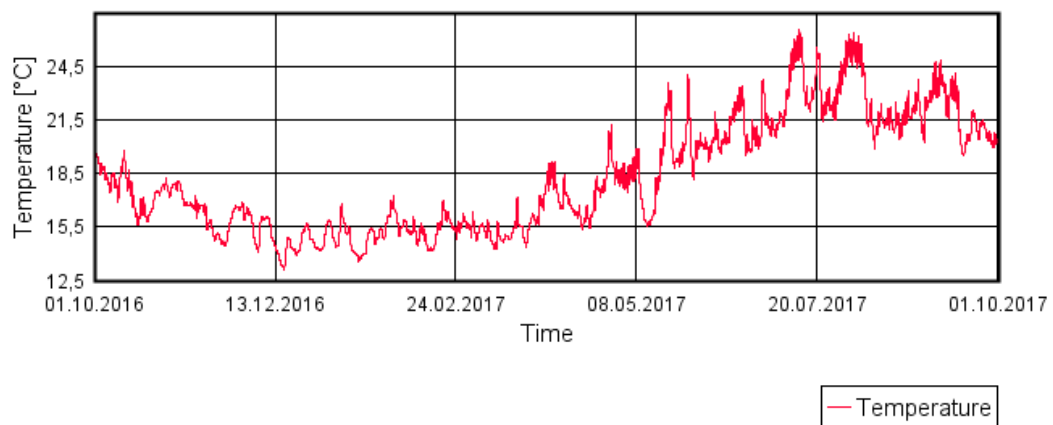
### Water Content



### Relative Humidity

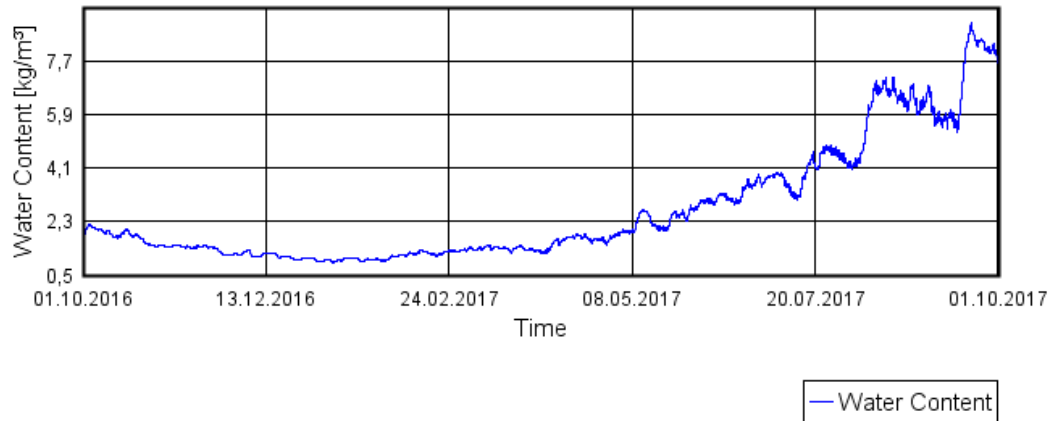


### Temperature

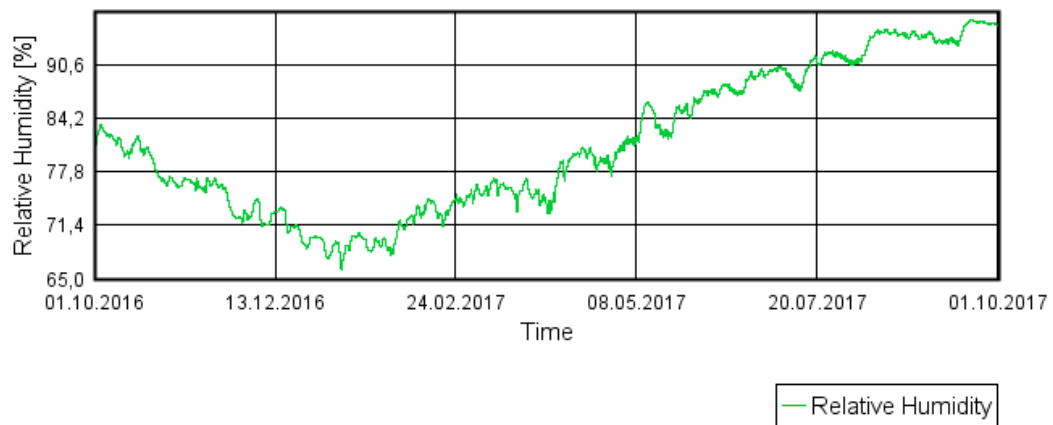


## Möte 90mm isolering mot vindskydd Skalmur

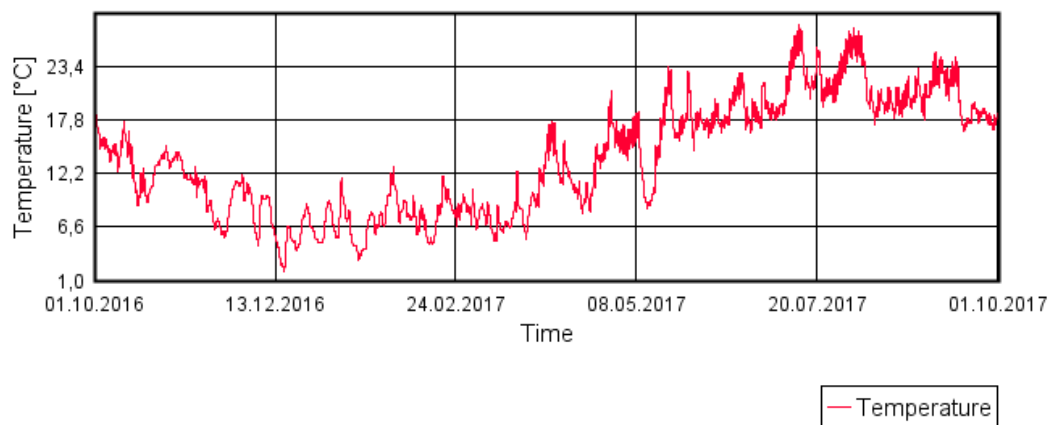
### Water Content



### Relative Humidity

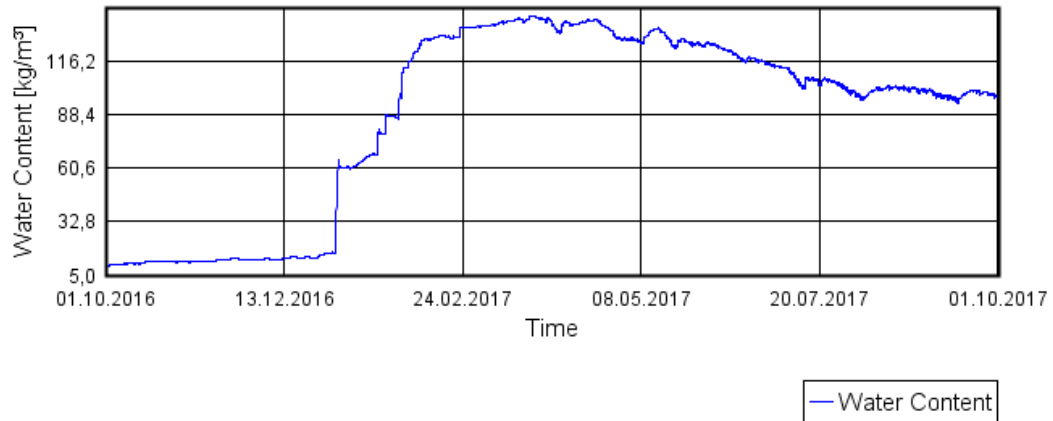


### Temperature

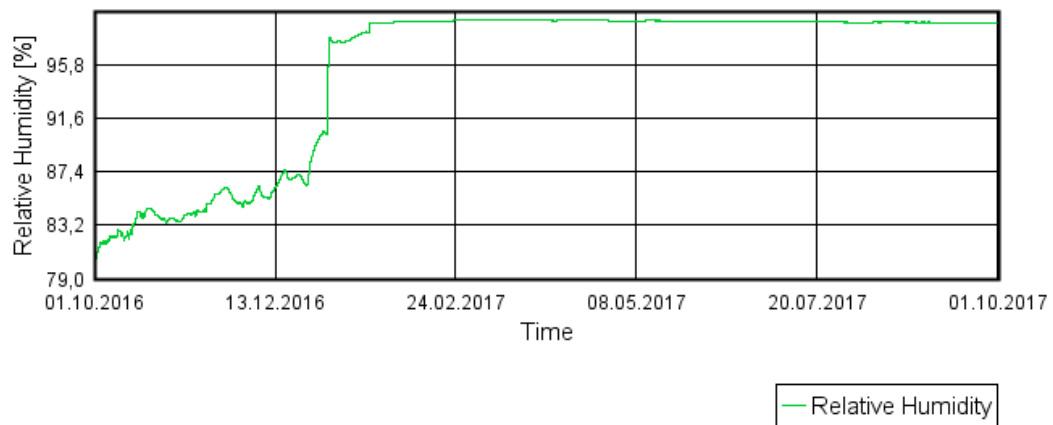


## Möte tegel mot luftspalt Skalmur

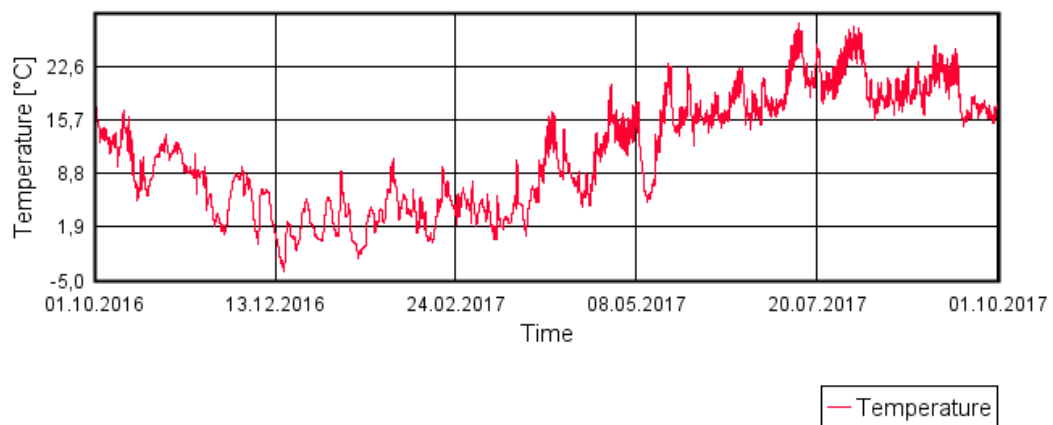
### Water Content



### Relative Humidity

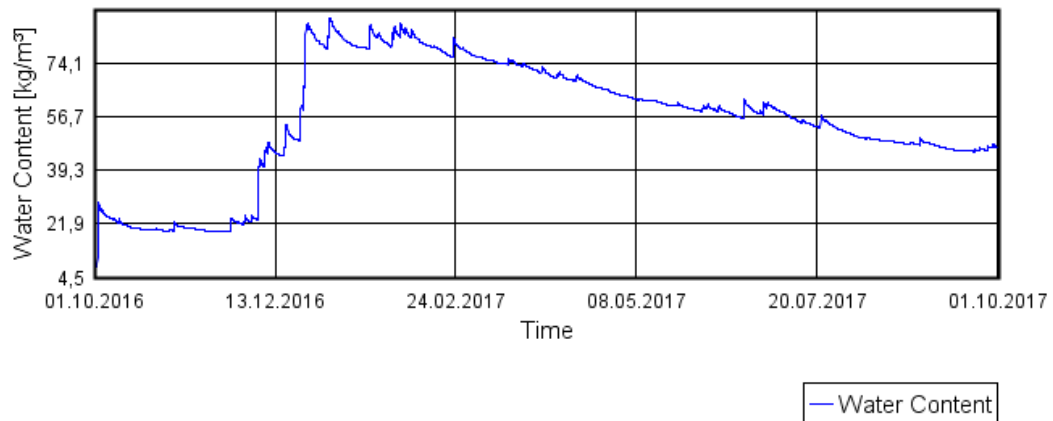


### Temperature

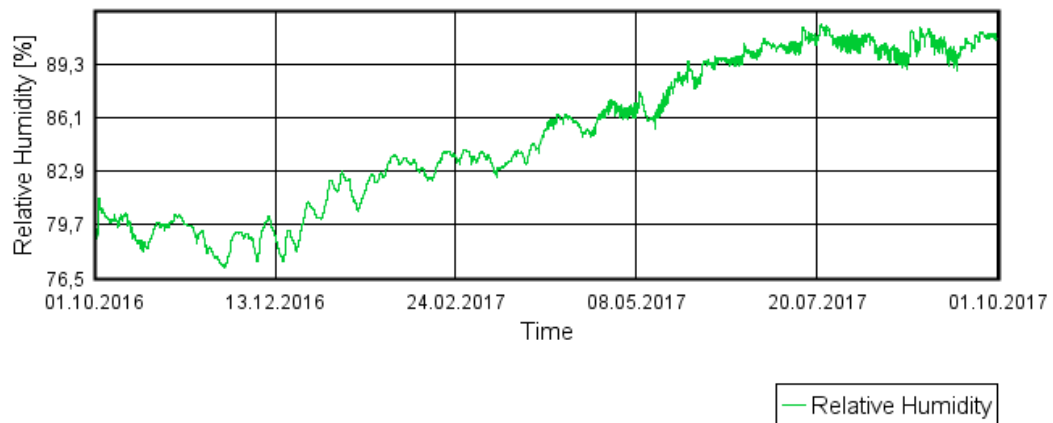


## Total mängd Skalmur

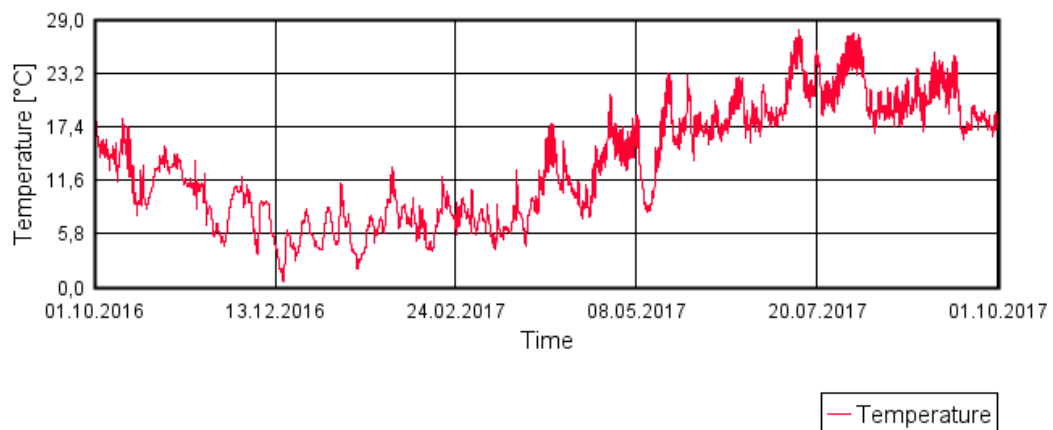
### Water Content



### Relative Humidity

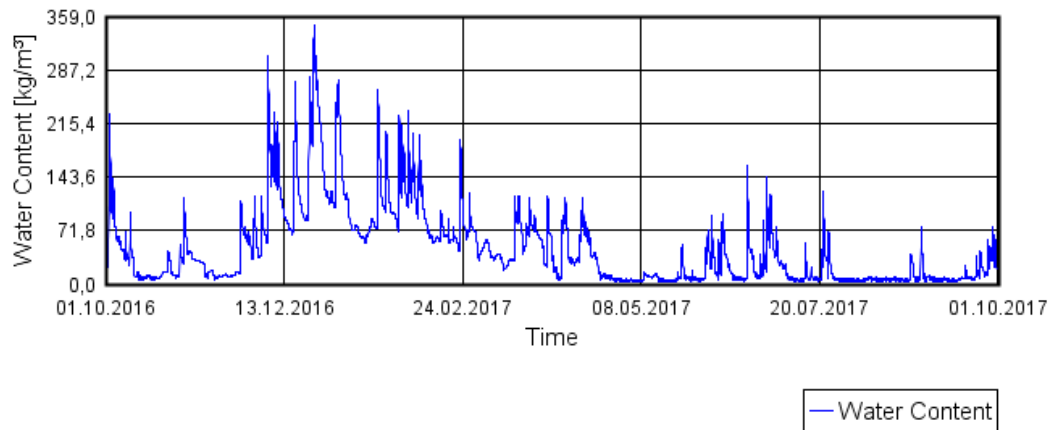


### Temperature

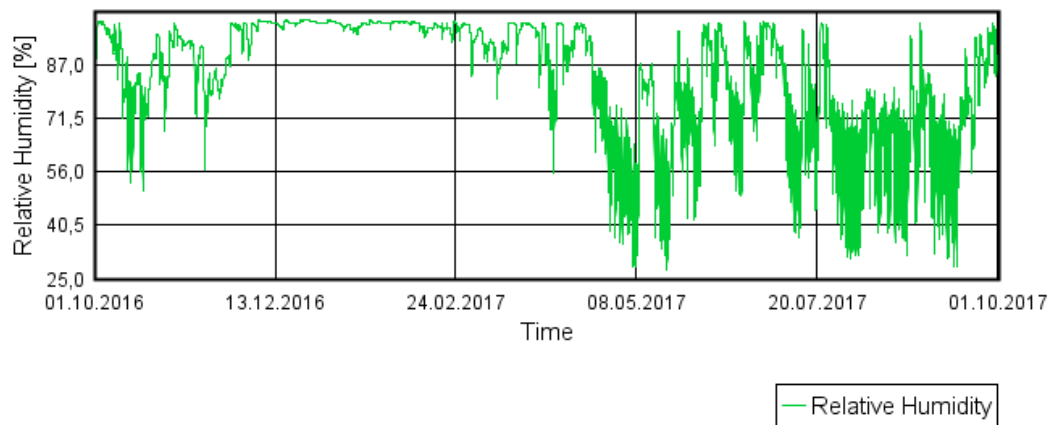


## Utsida Skalmur

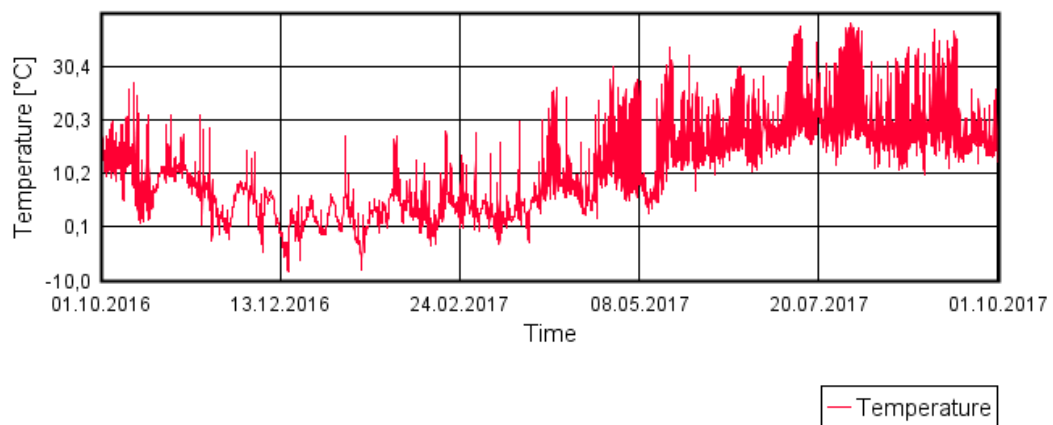
### Water Content



### Relative Humidity

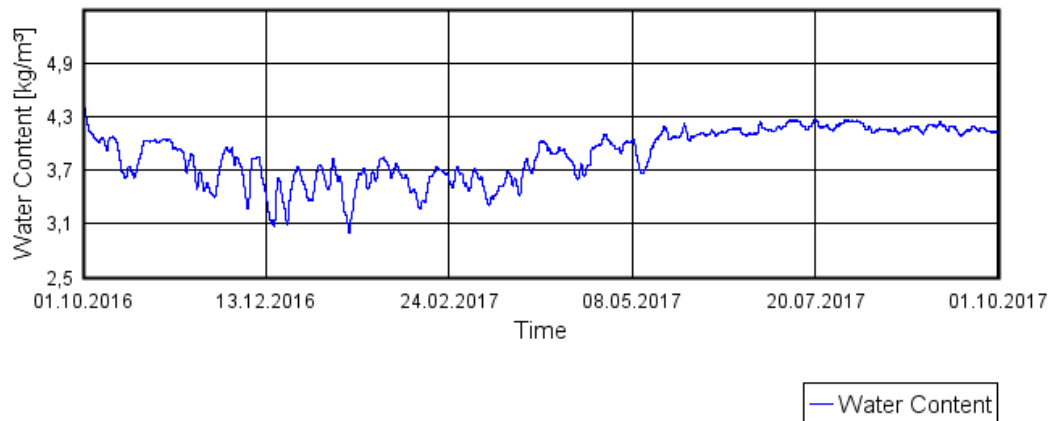


### Temperature

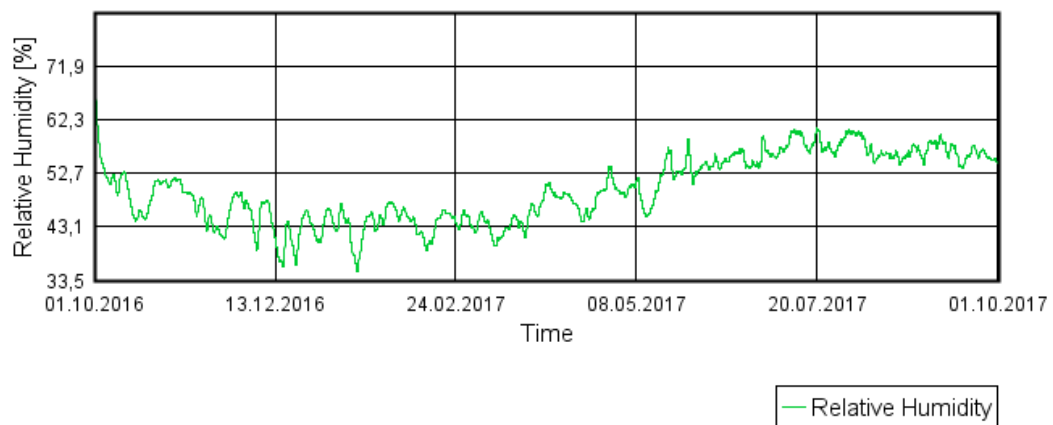


## Centrum gips Skalmur med hydrofob ytbehandling

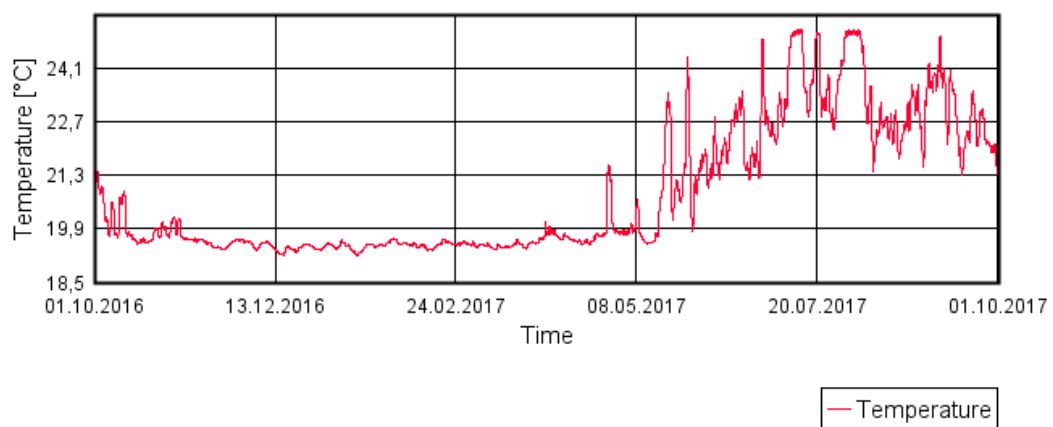
### Water Content



### Relative Humidity

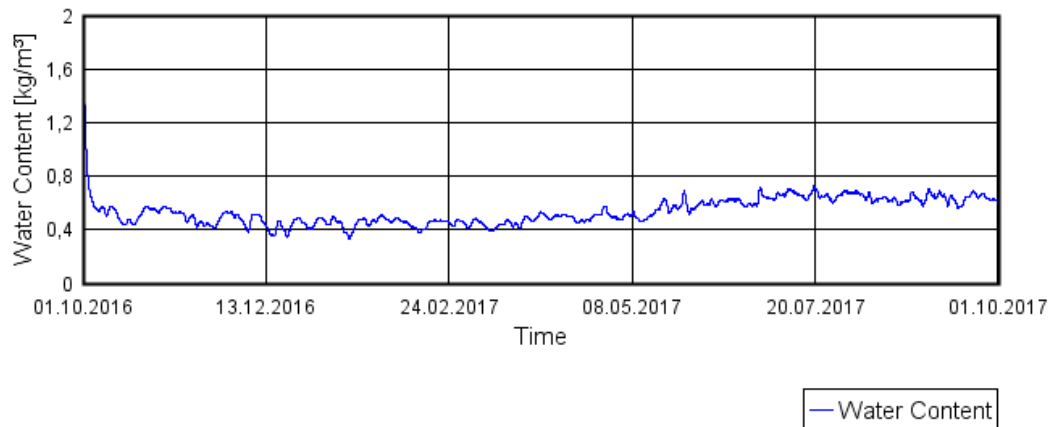


### Temperature

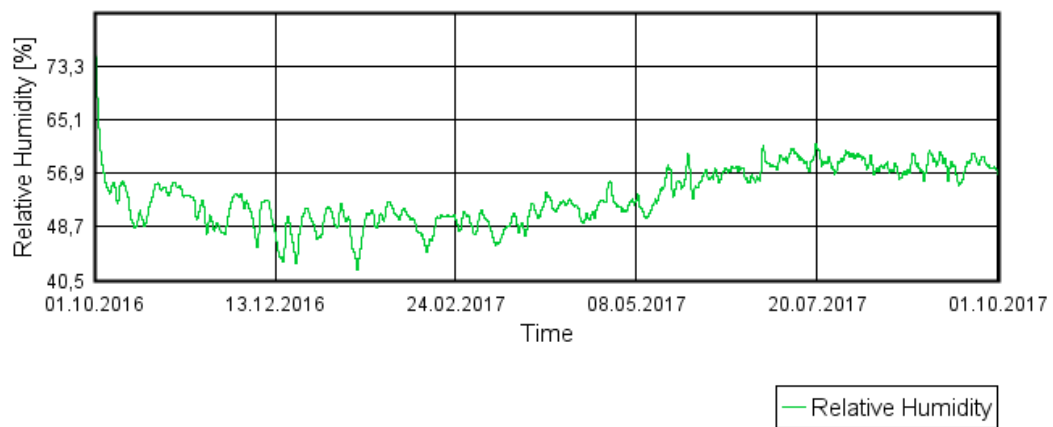


## Centrum 45mm isolering Skalmur med hydrofob ytbehandling

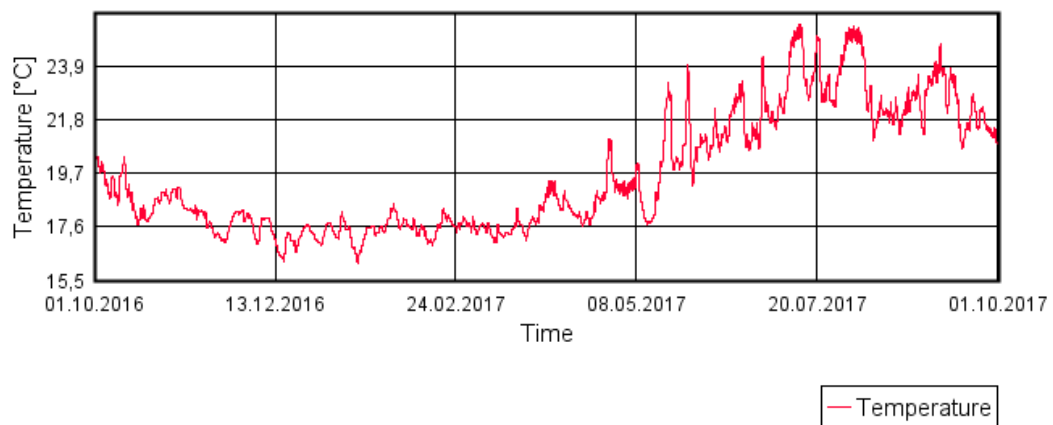
### Water Content



### Relative Humidity

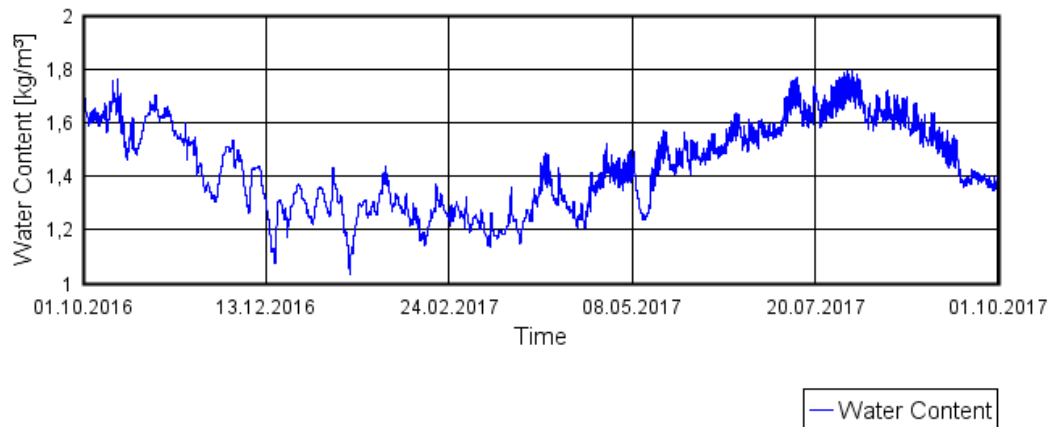


### Temperature

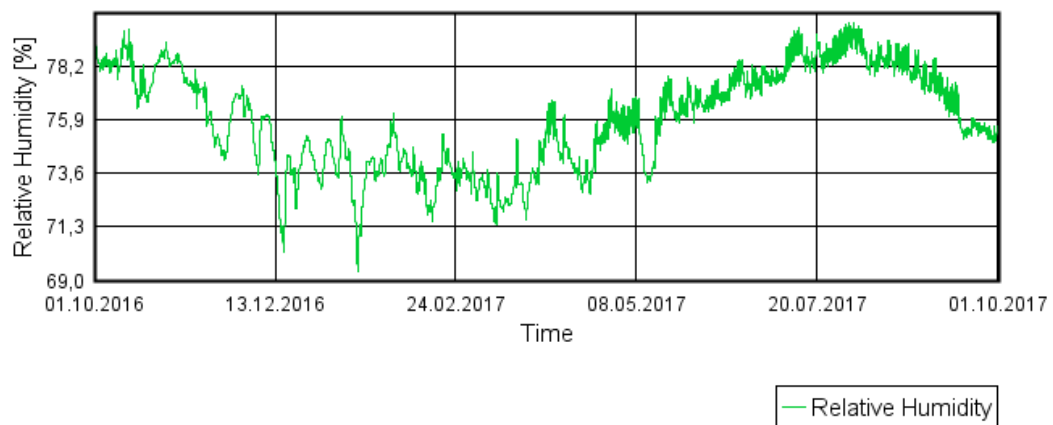


## Centrum 30mm isolering Skalmur med hydrofob ytbehandling

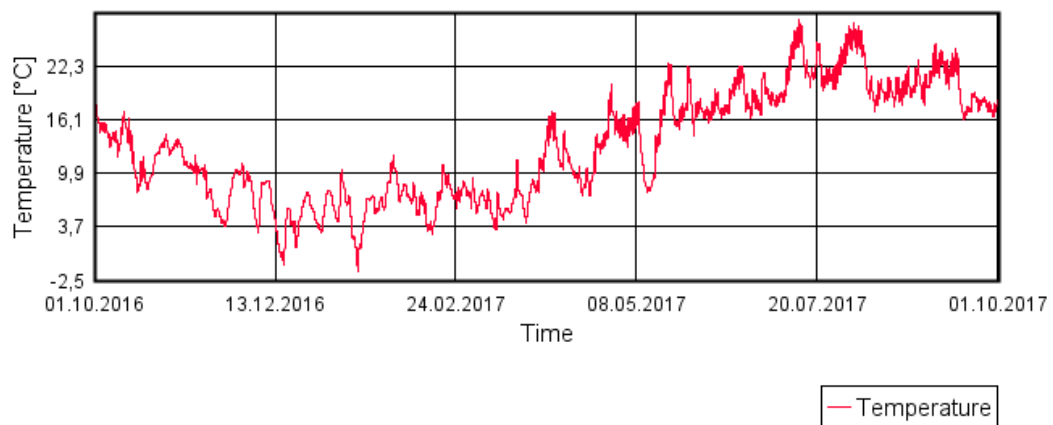
### Water Content



### Relative Humidity

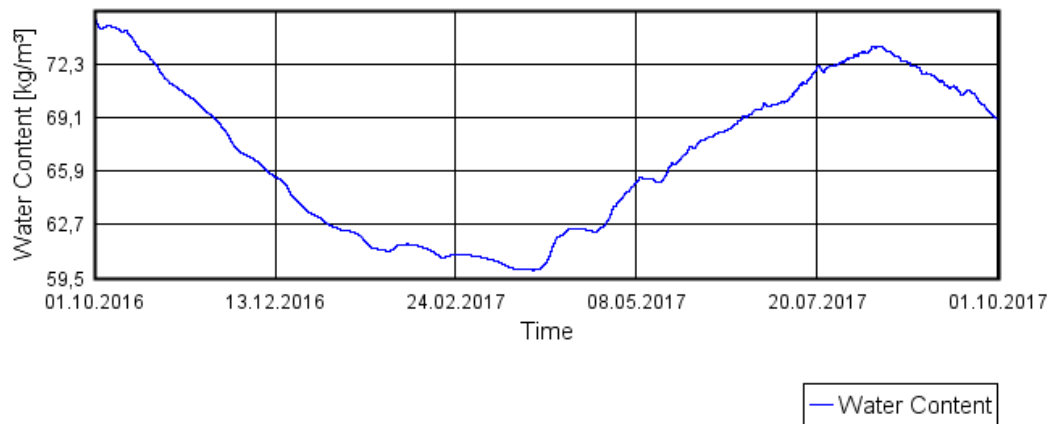


### Temperature

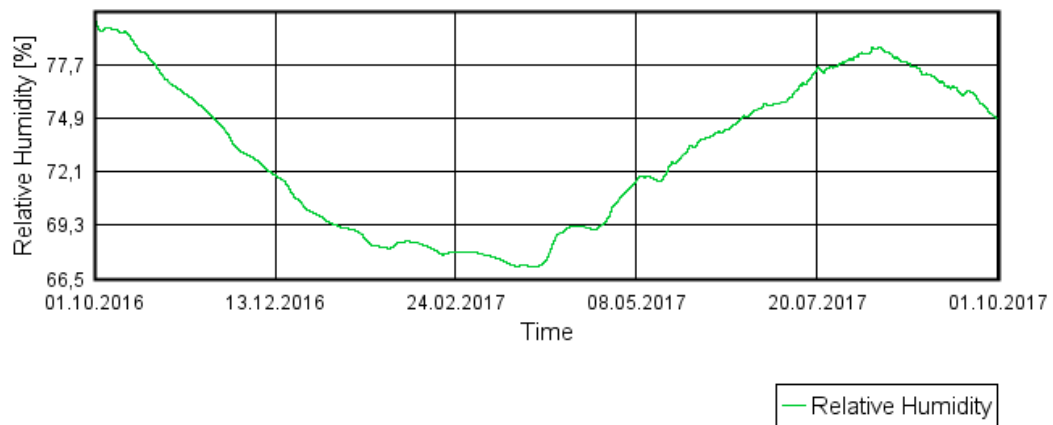


## Centrum vindskydd Skalmur med hydrofob ytbehandling

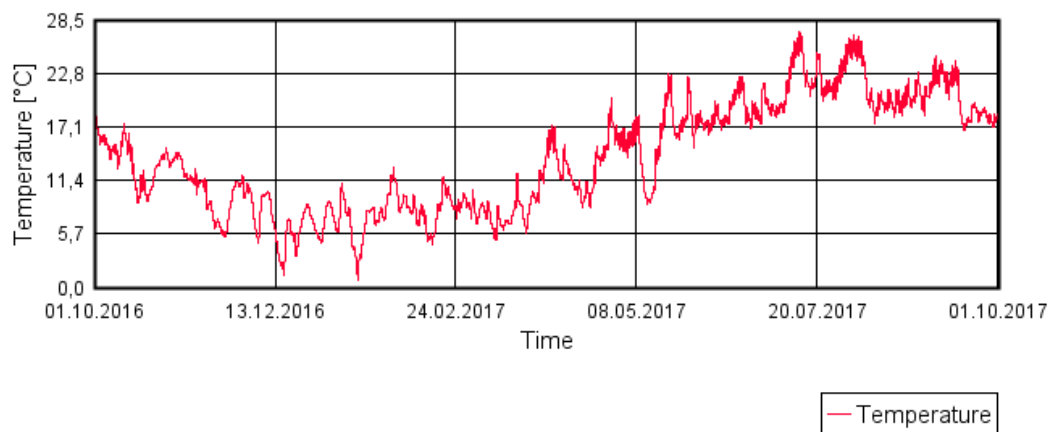
### Water Content



### Relative Humidity

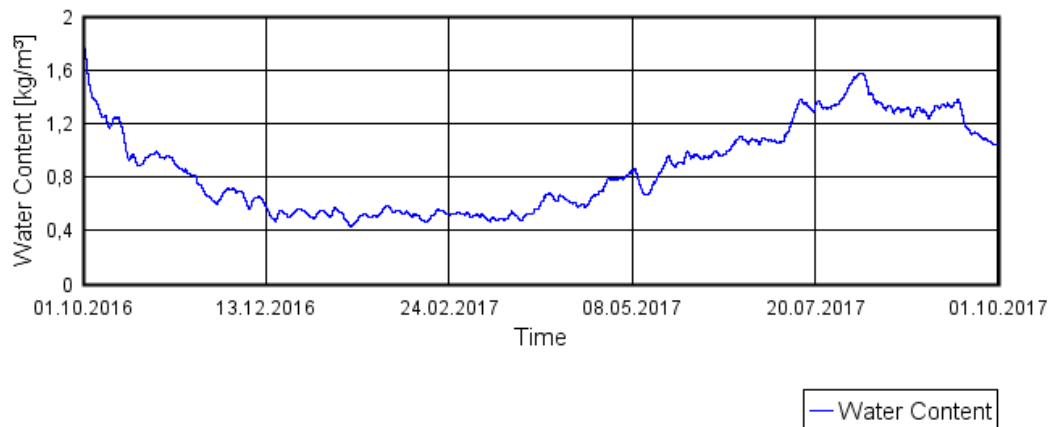


### Temperature

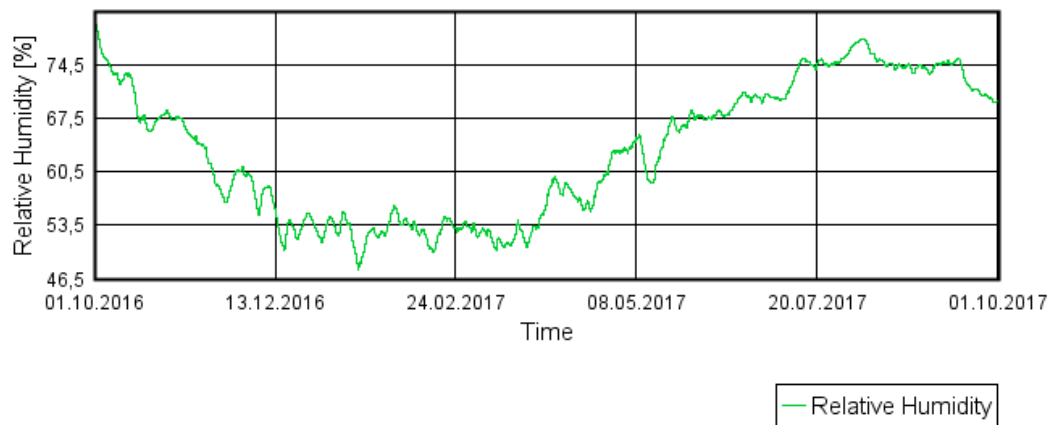


## Centrum 90mm isolering Skalmur med hydrofob ytbehandling

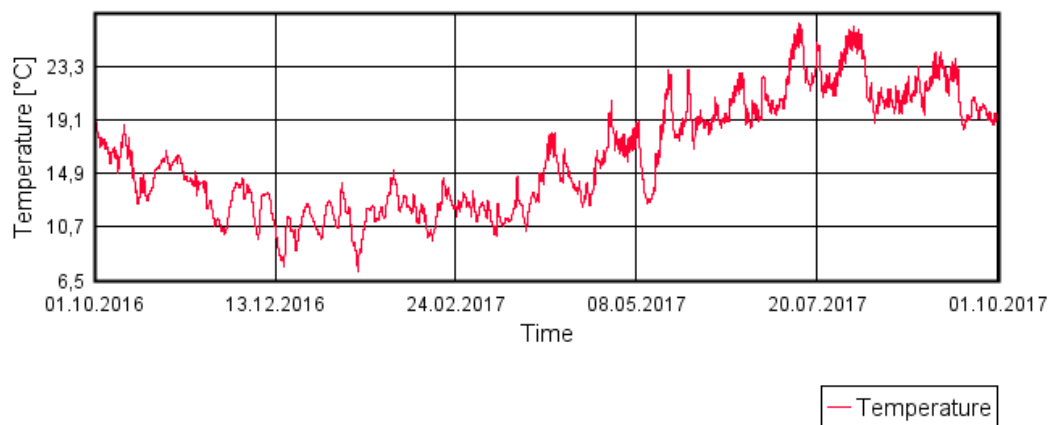
### Water Content



### Relative Humidity

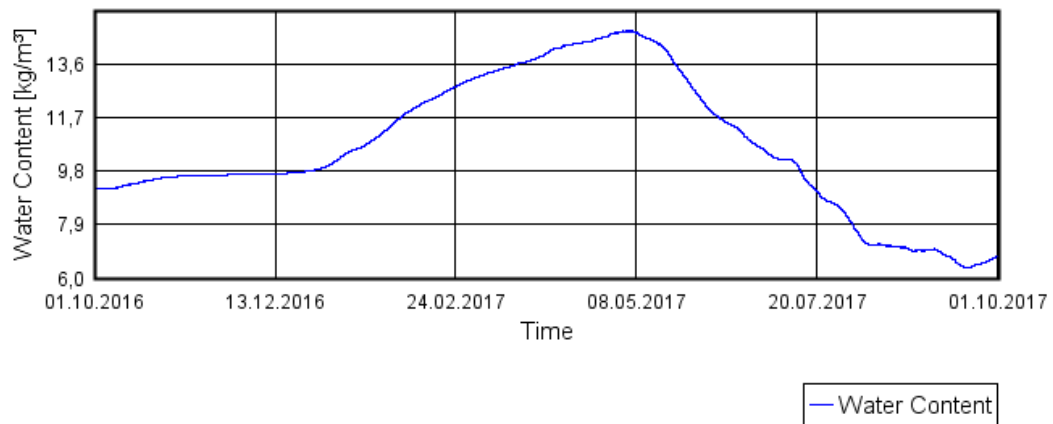


### Temperature

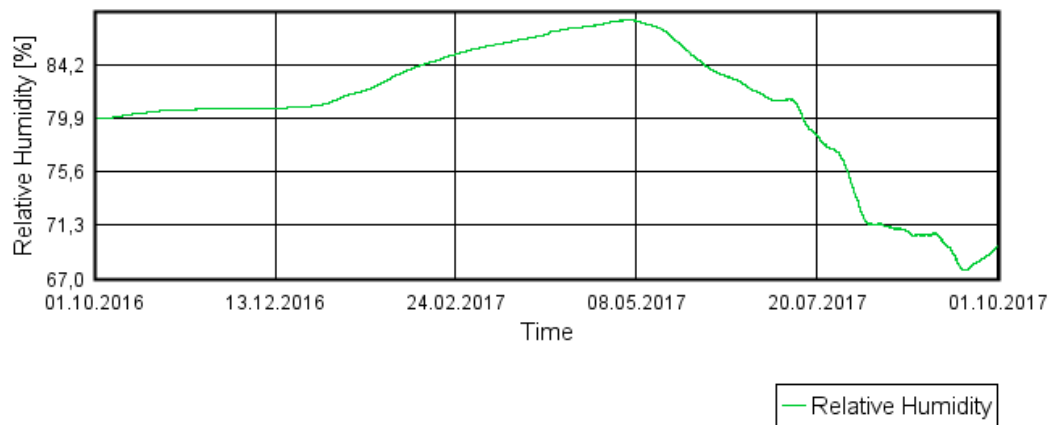


## Centrum tegel Skalmur med hydrofob ytbehandling

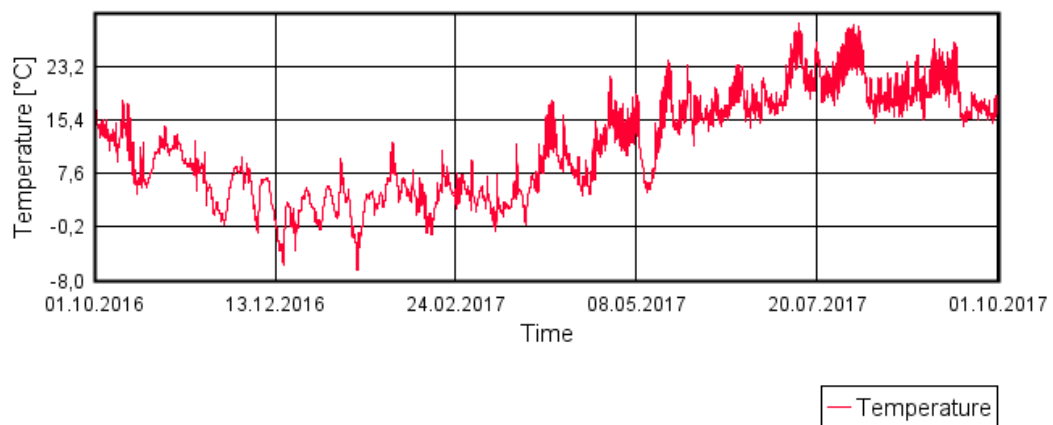
### Water Content



### Relative Humidity

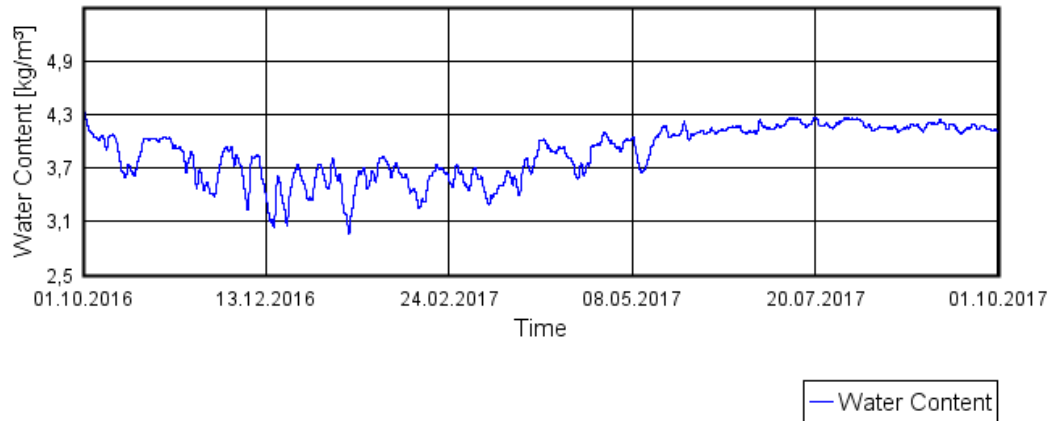


### Temperature

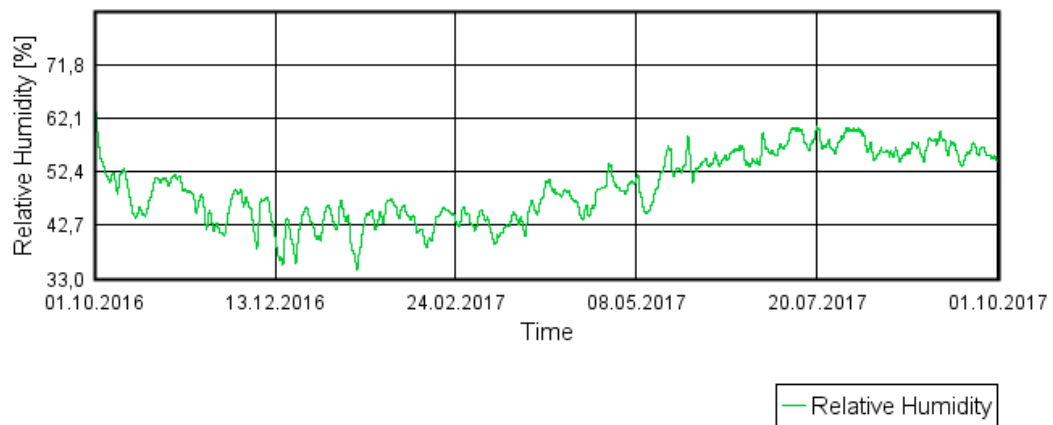


## Insida Skalmur med hydrofob ytbehandling

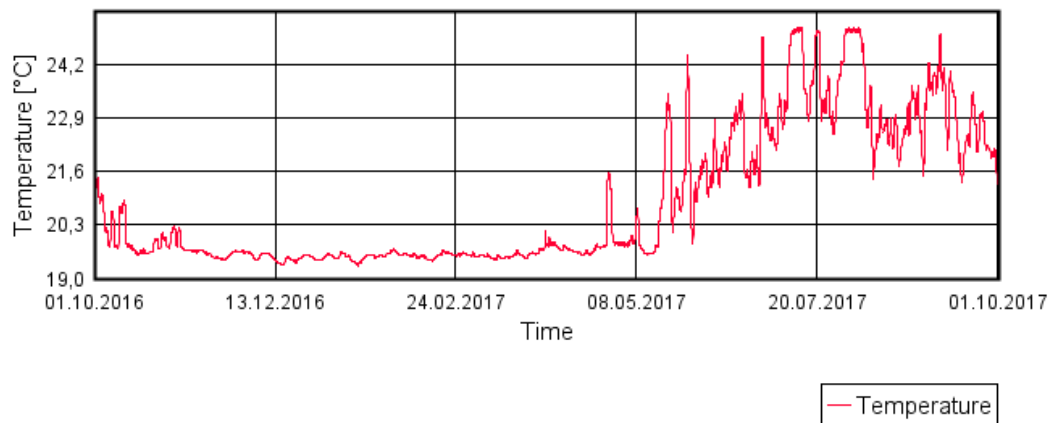
### Water Content



### Relative Humidity

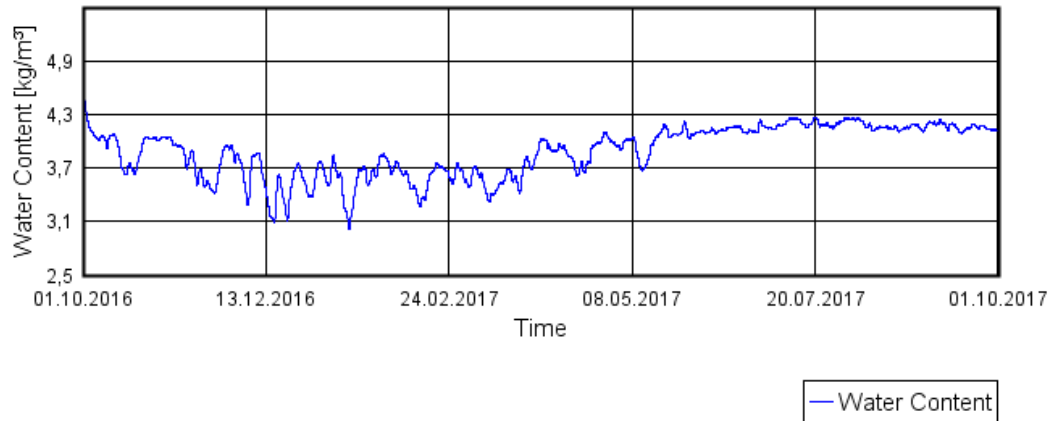


### Temperature

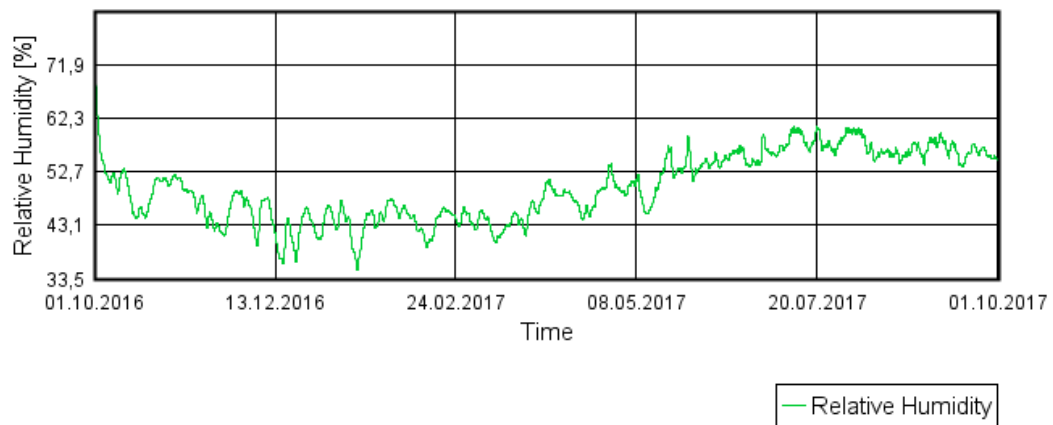


## Möte gips mot 45mm isolering Skalmur med hydrofob ytbehandling

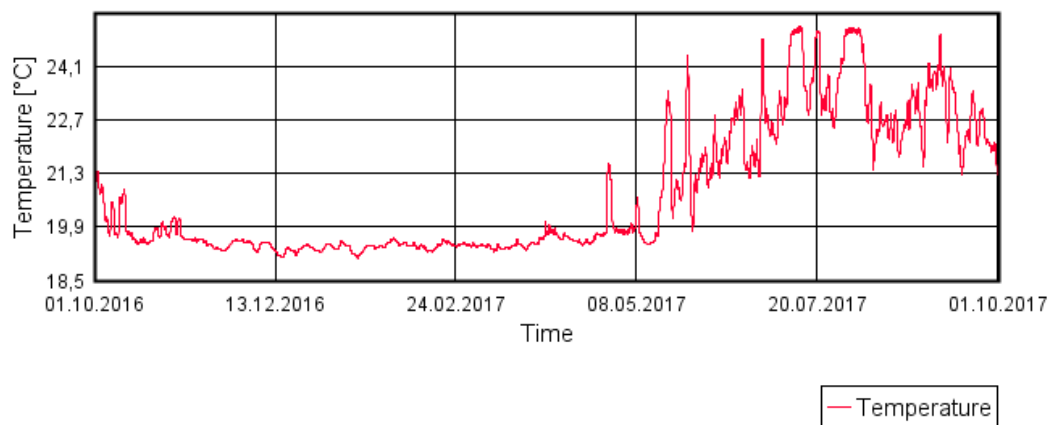
### Water Content



### Relative Humidity

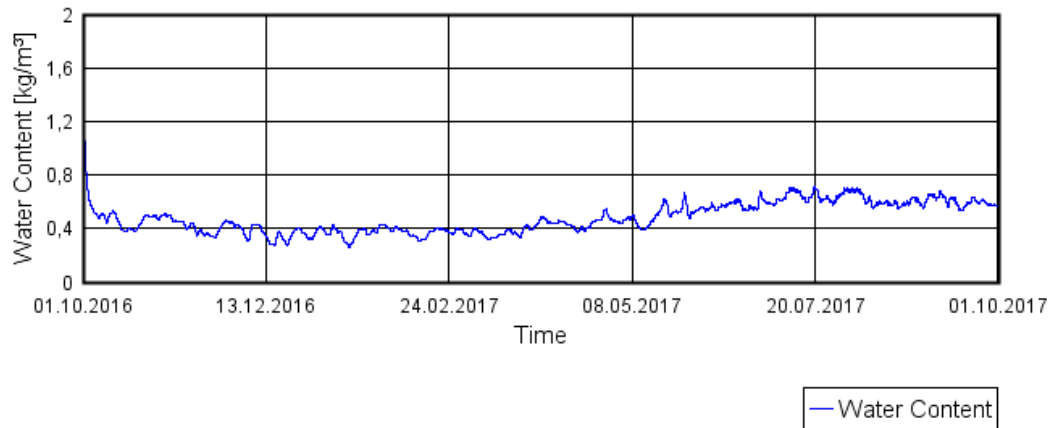


### Temperature

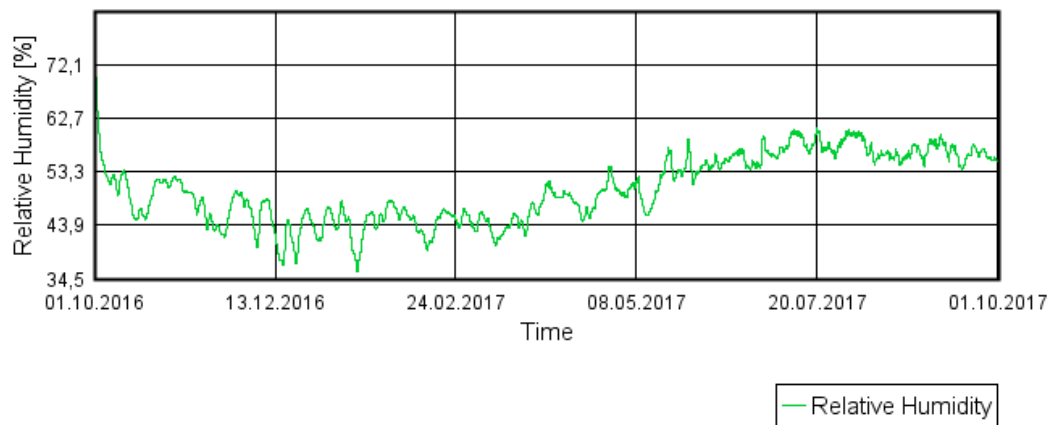


## Möte 45mm isolering mot gips Skalmur med hydrofob ytbehandling

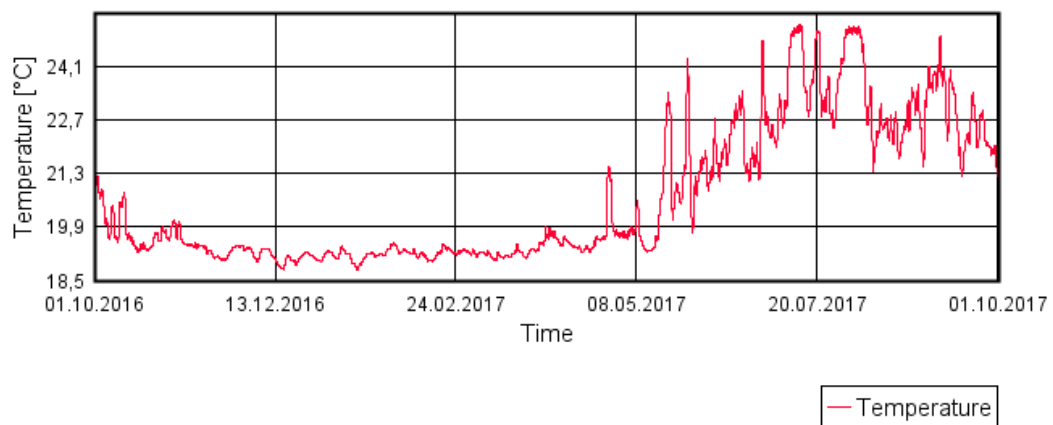
### Water Content



### Relative Humidity

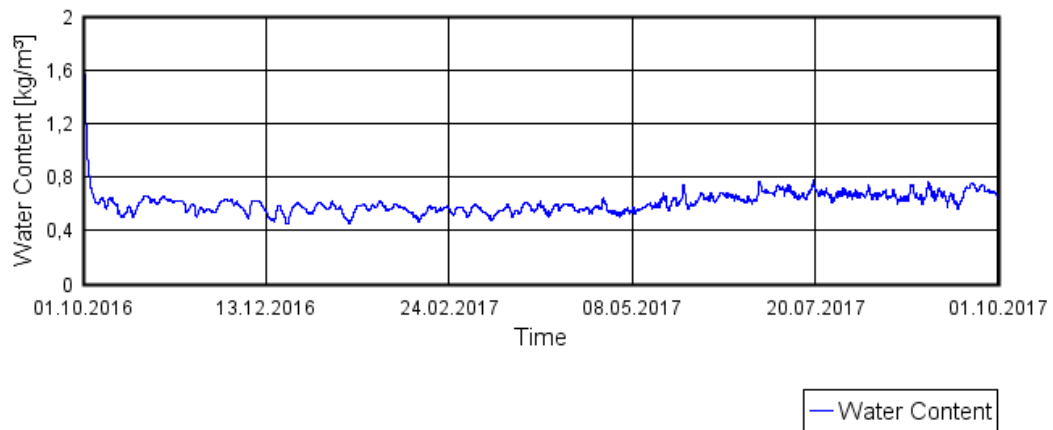


### Temperature

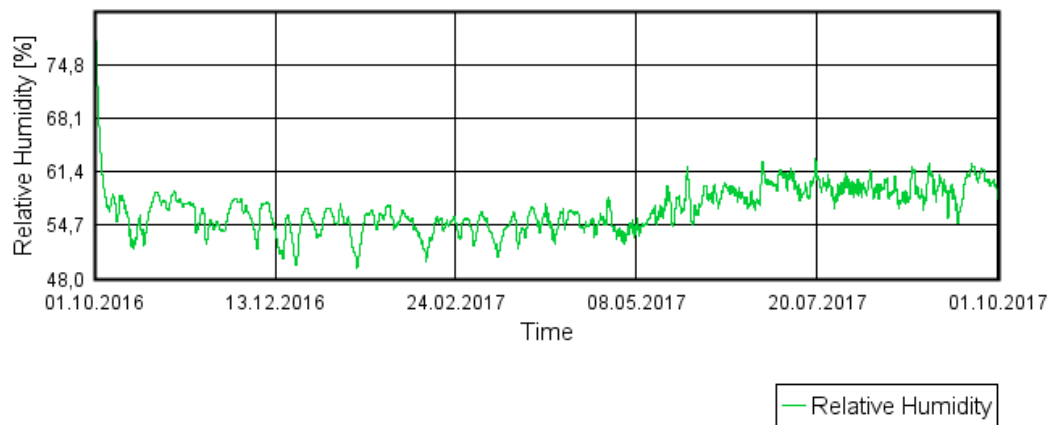


## Möte 45mm isolering mot ångspärr Skalmur med hydrofob ytbehandling

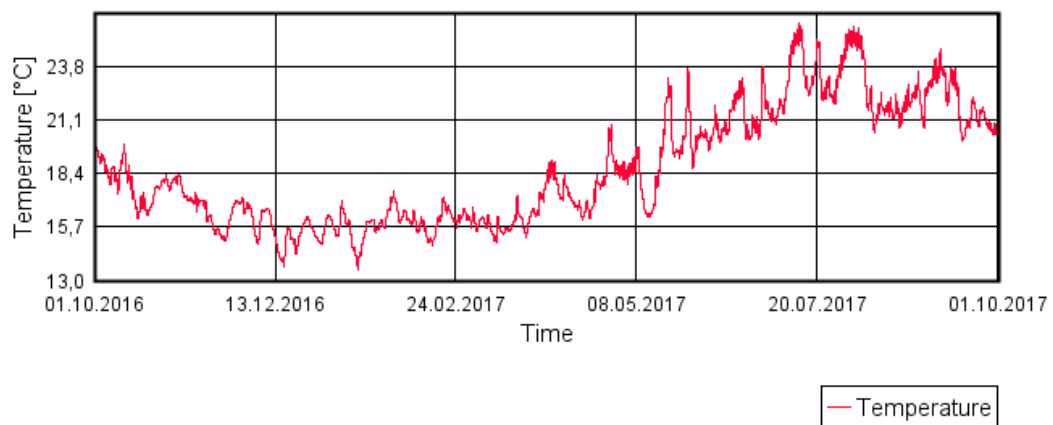
### Water Content



### Relative Humidity

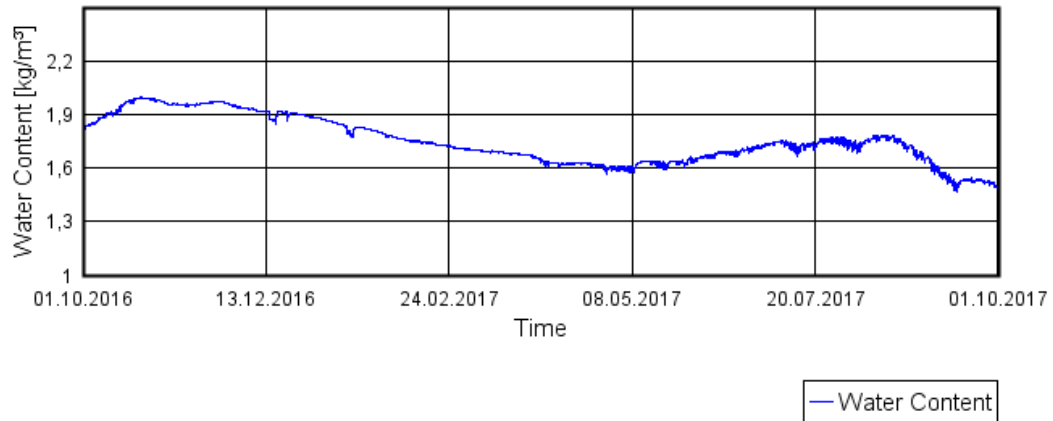


### Temperature

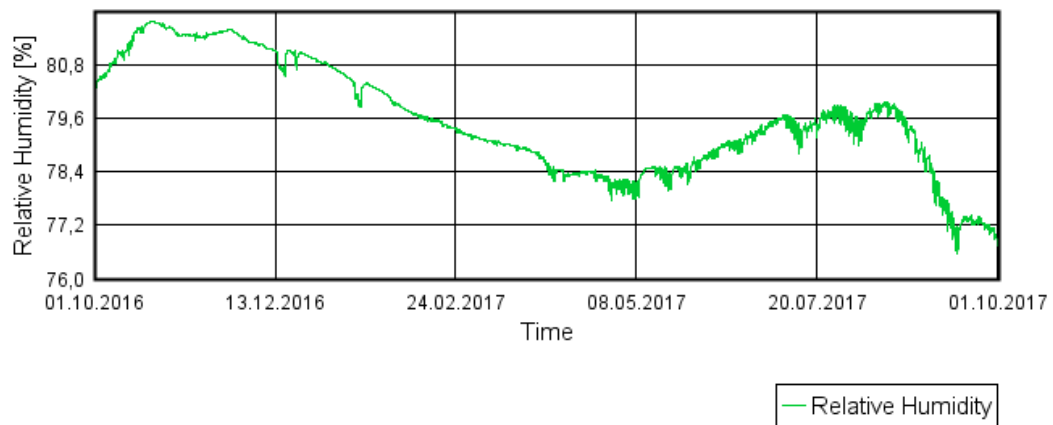


## Möte 30mm isolering mot luftspalt Skalmur med hydrofob ytbehandling

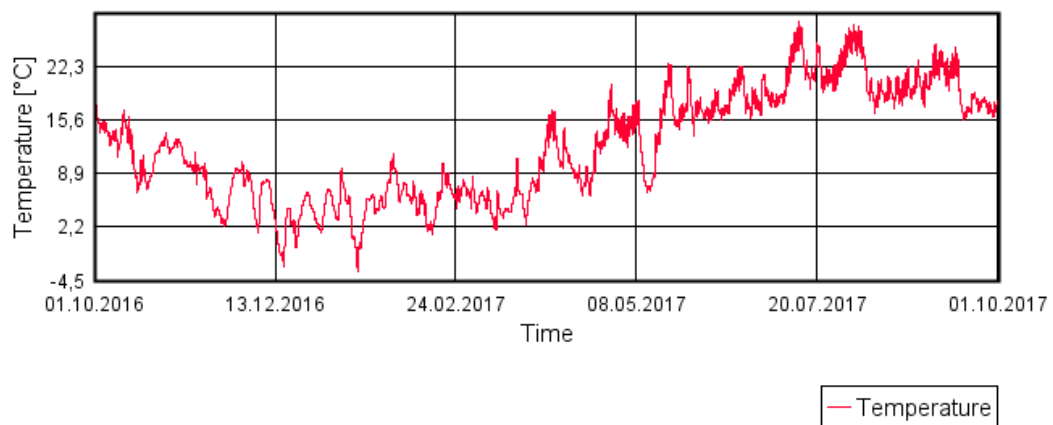
### Water Content



### Relative Humidity

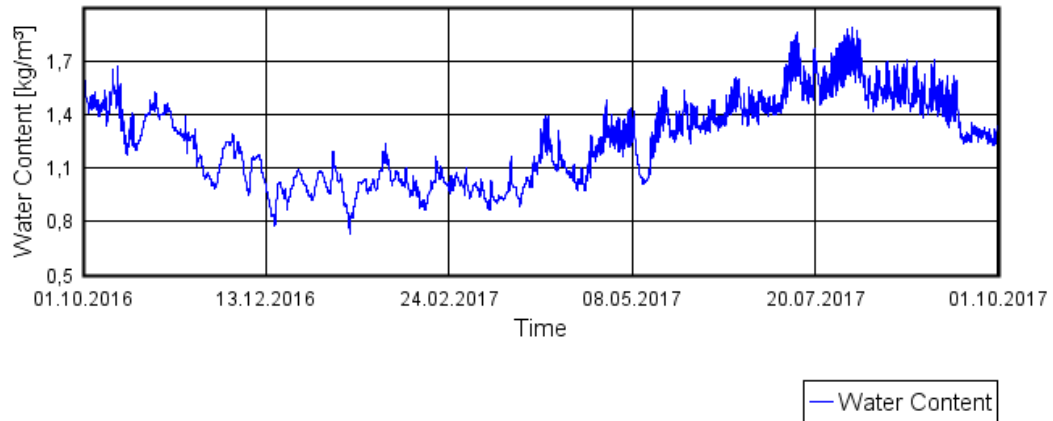


### Temperature

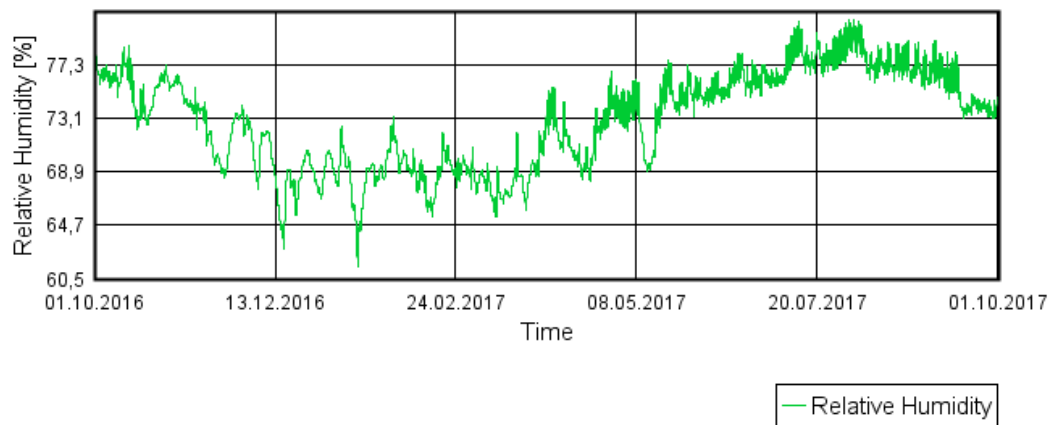


## Möte 30mm isolering mot vindskydd Skalmur med hydrofob ytbehandling

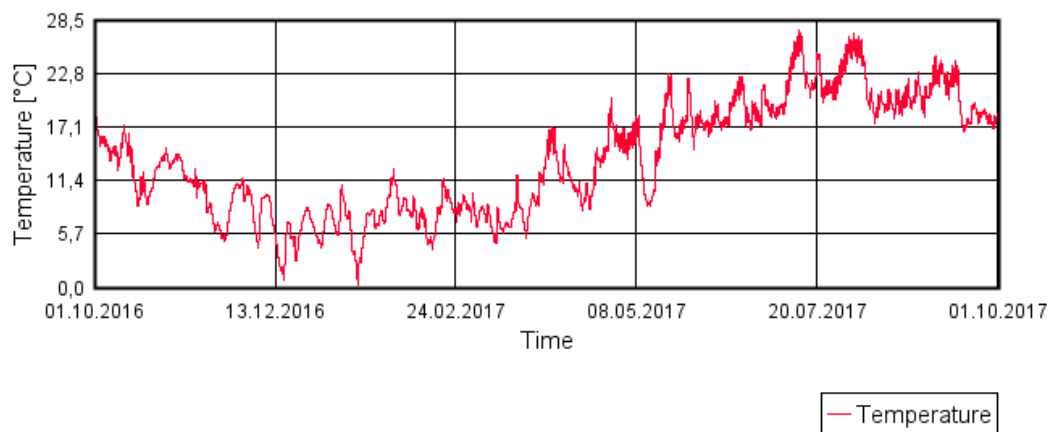
### Water Content



### Relative Humidity

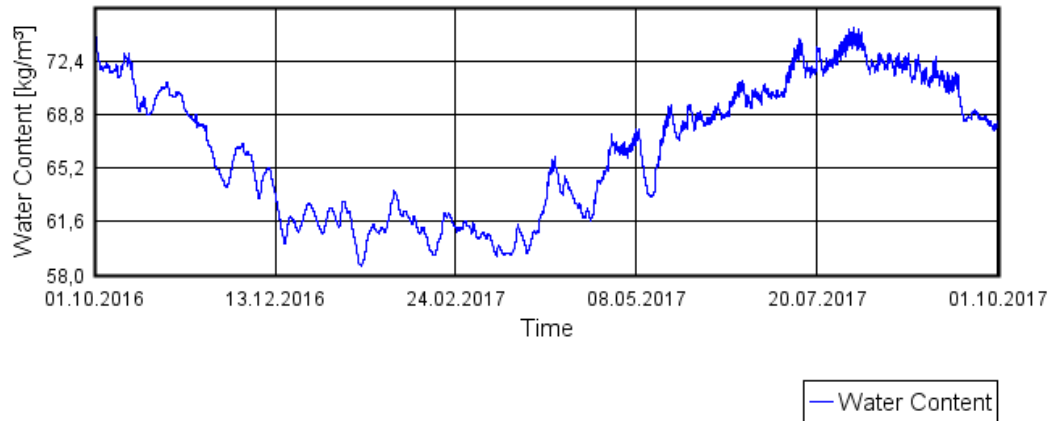


### Temperature

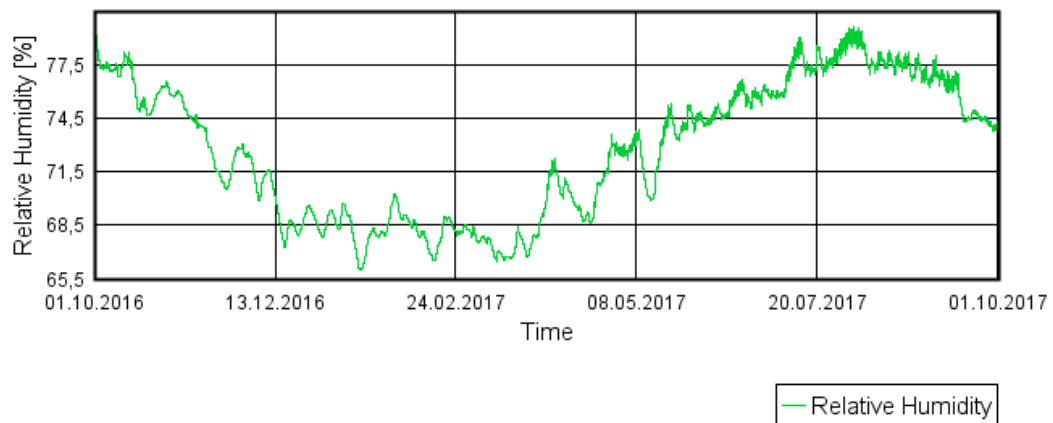


## Möte vindskydd mot 30mm isolering Skalmur med hydrofob ytbehandling

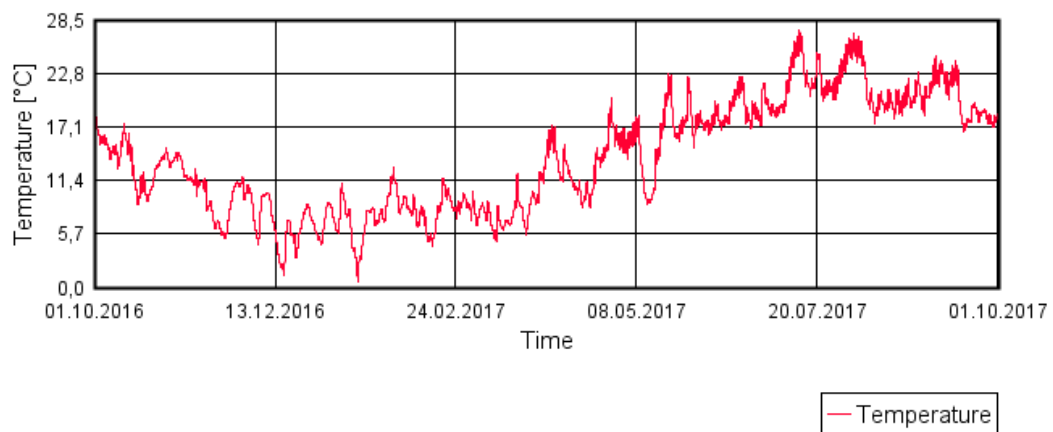
### Water Content



### Relative Humidity

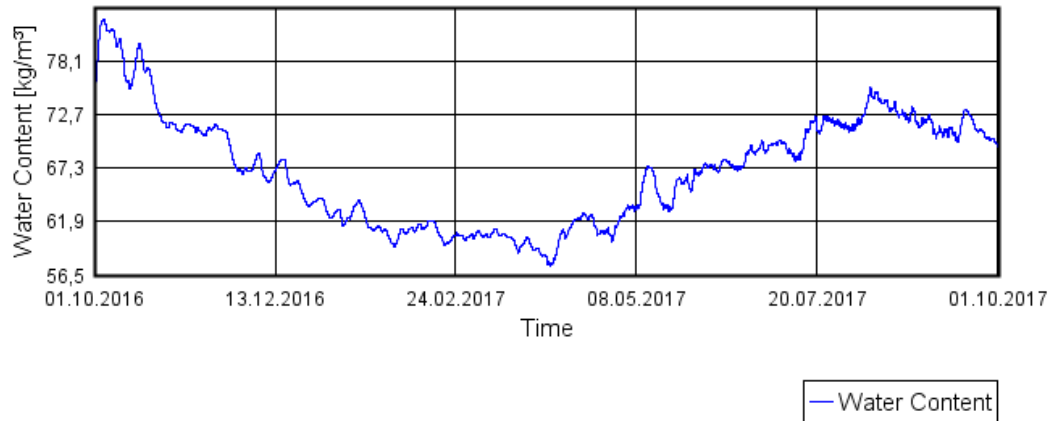


### Temperature



## Möte vindskydd mot 90mm isolering Skalmur med hydrofob ytbehandling

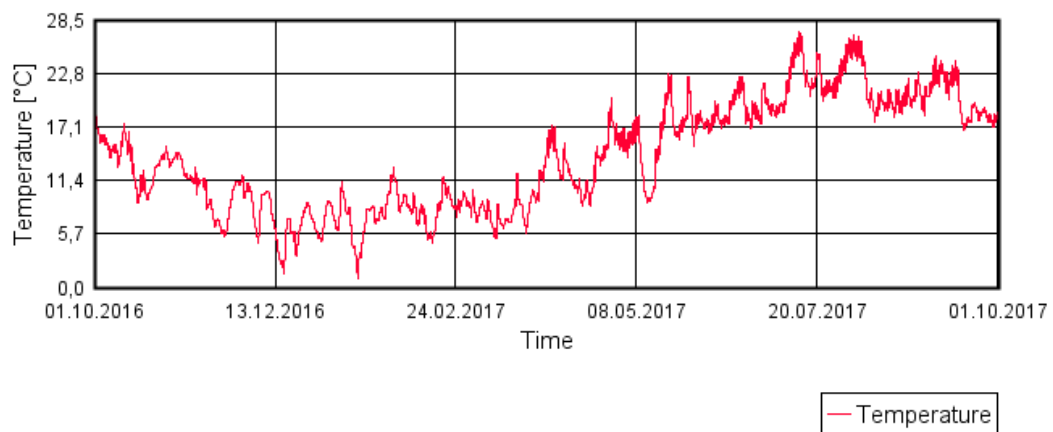
### Water Content



### Relative Humidity

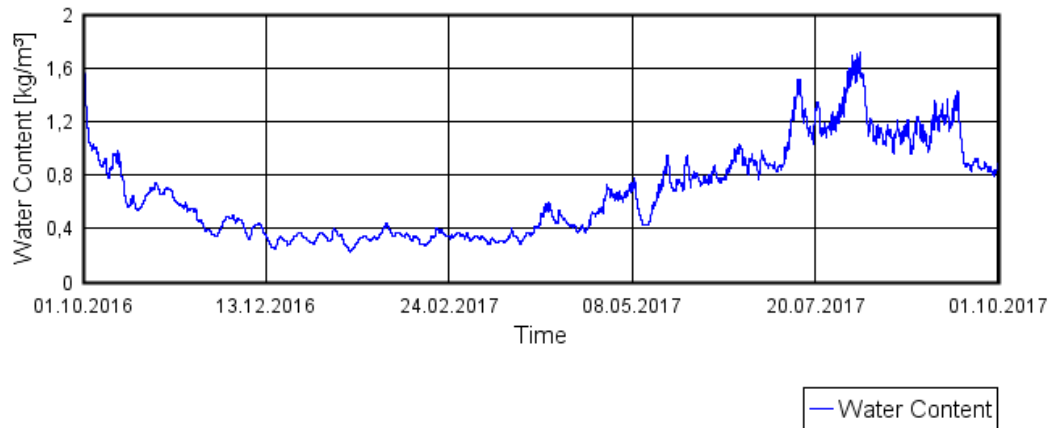


### Temperature

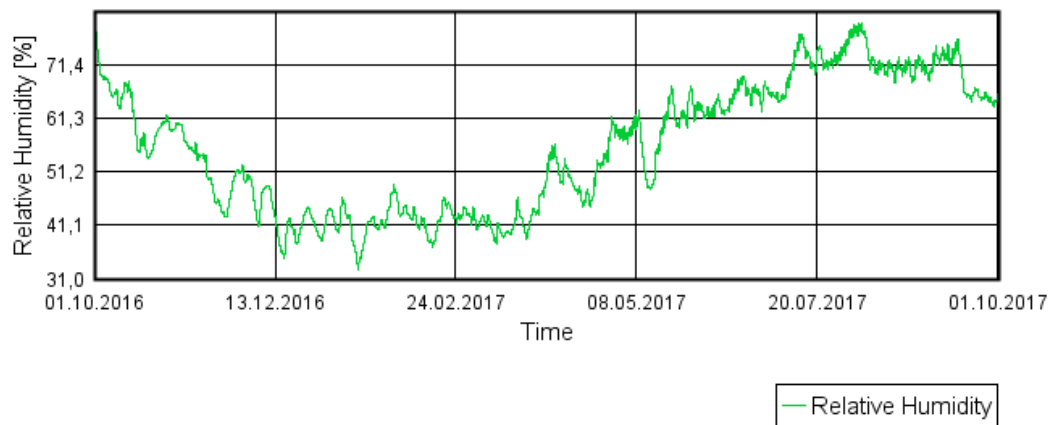


## Möte 90mm isolering motångspärr Skalmur med hydrofob ytbehandling

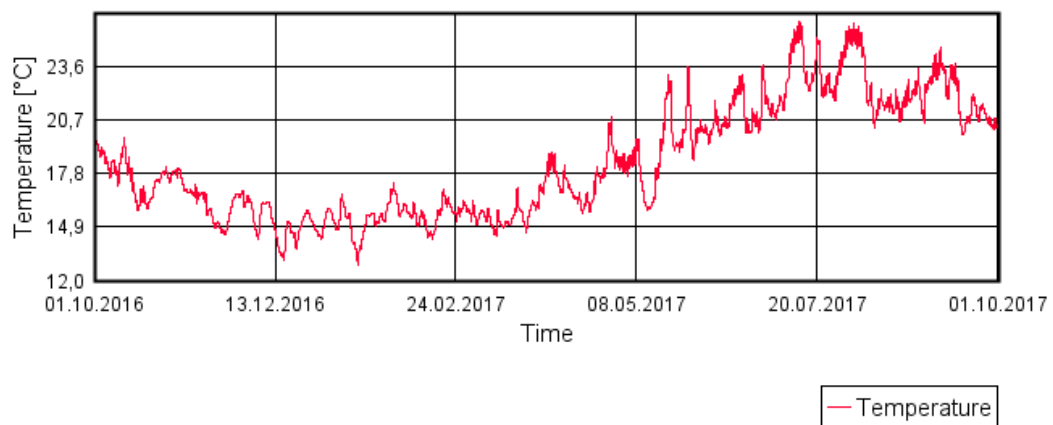
### Water Content



### Relative Humidity

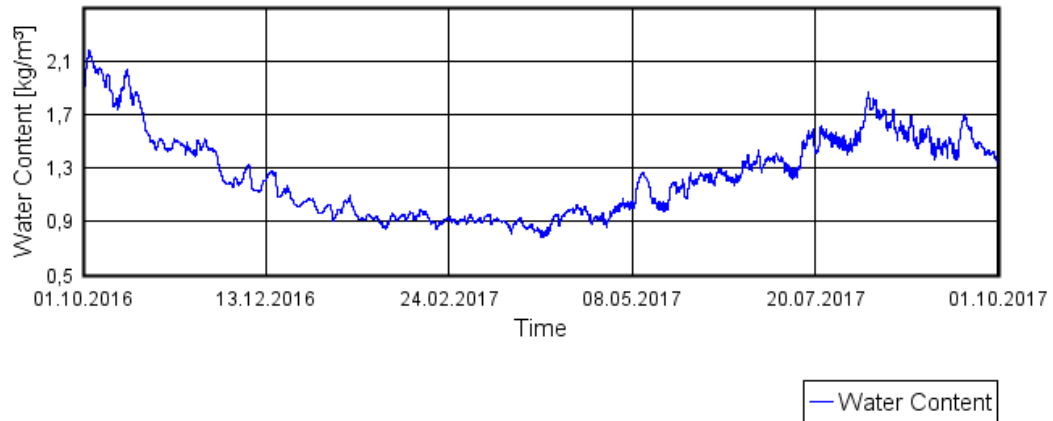


### Temperature

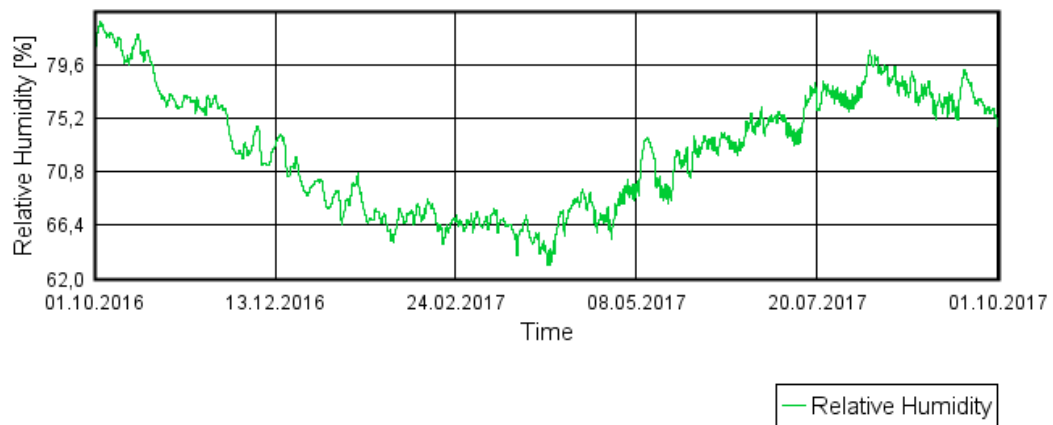


## Möte 90mm isolering mot vindskydd Skalmur med hydrofob ytbehandling

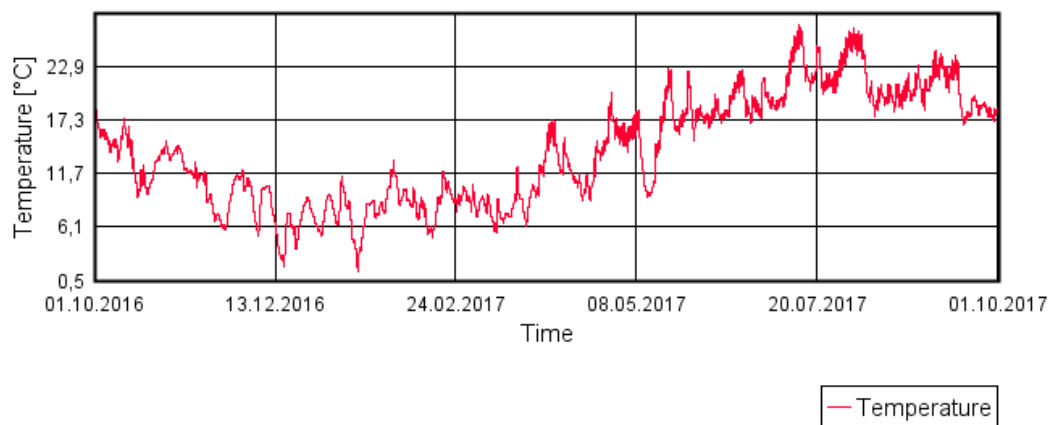
### Water Content



### Relative Humidity

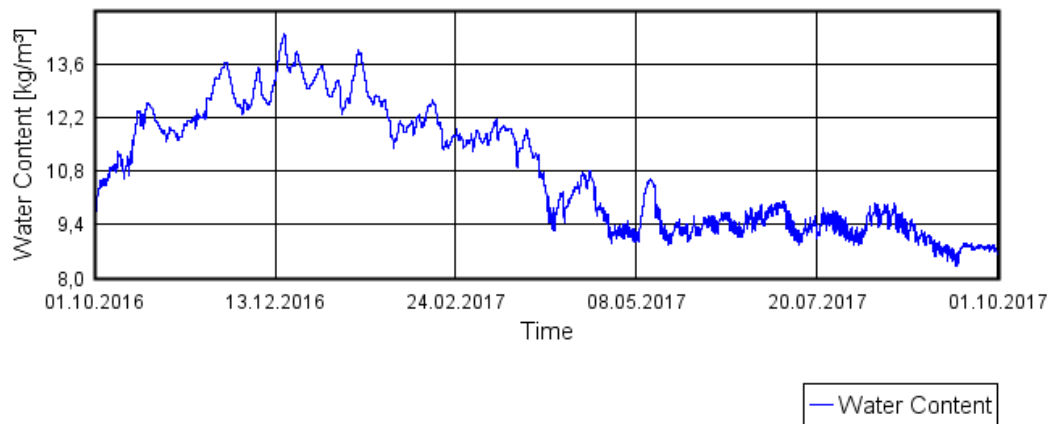


### Temperature

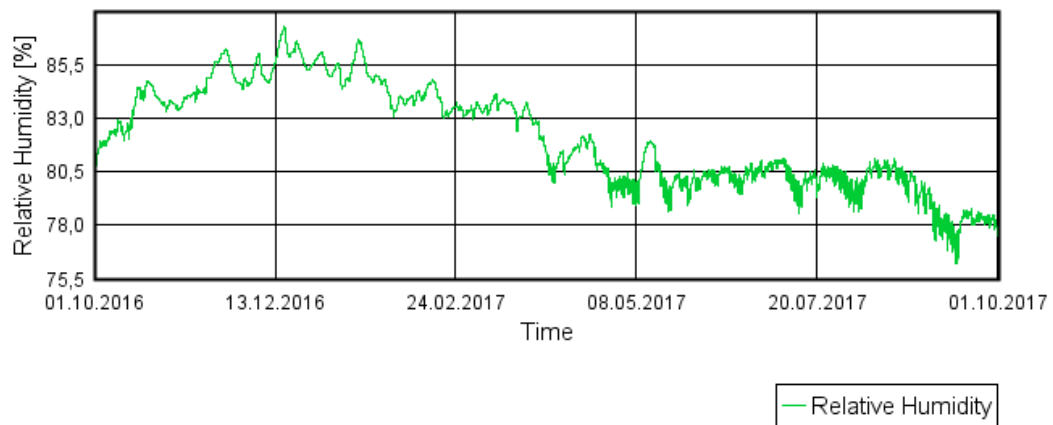


## Möte tegel mot luftspalt Skalmur med hydrofob ytbehandling

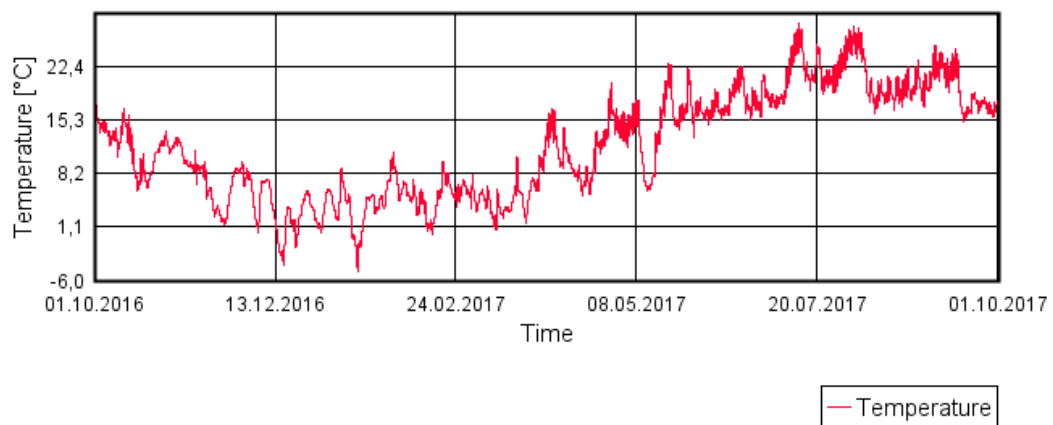
### Water Content



### Relative Humidity

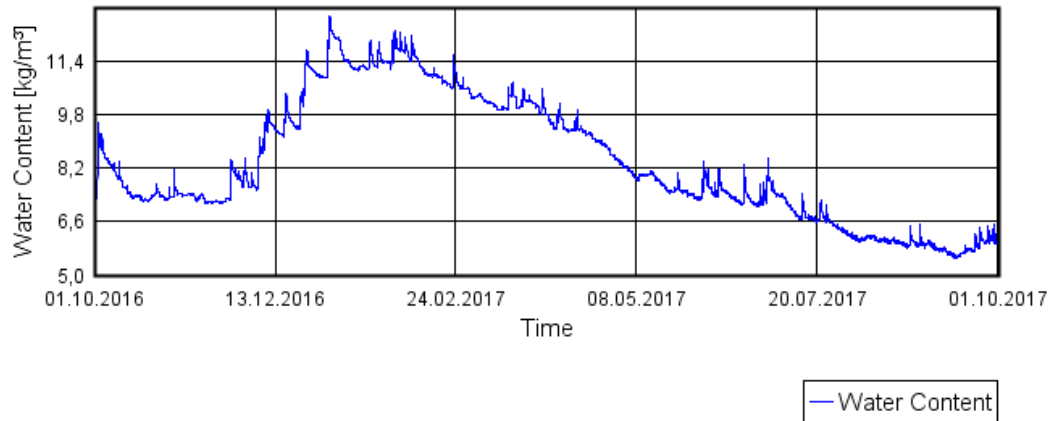


### Temperature

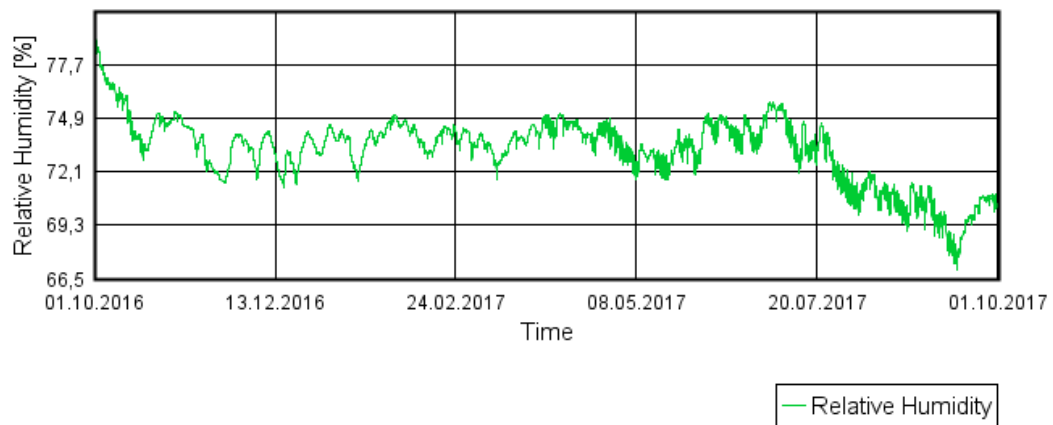


## Total mängd Skalmur med hydrofob ytbehandling

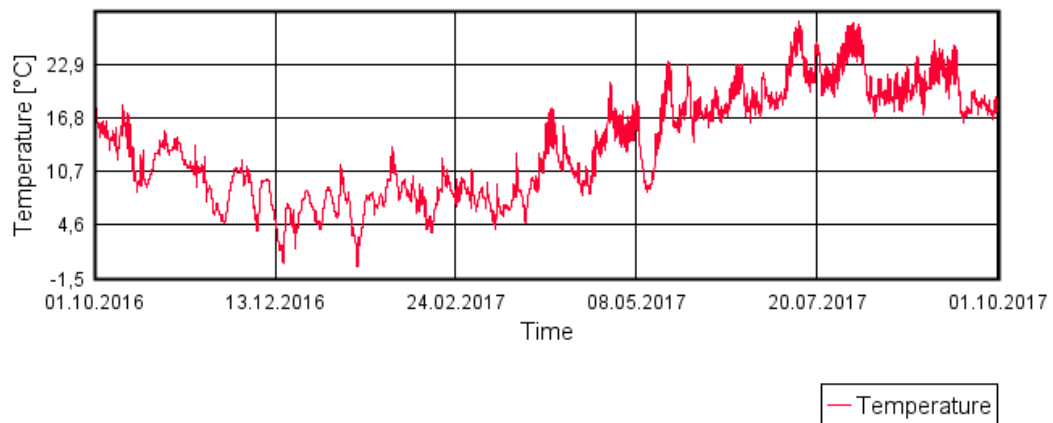
### Water Content



### Relative Humidity

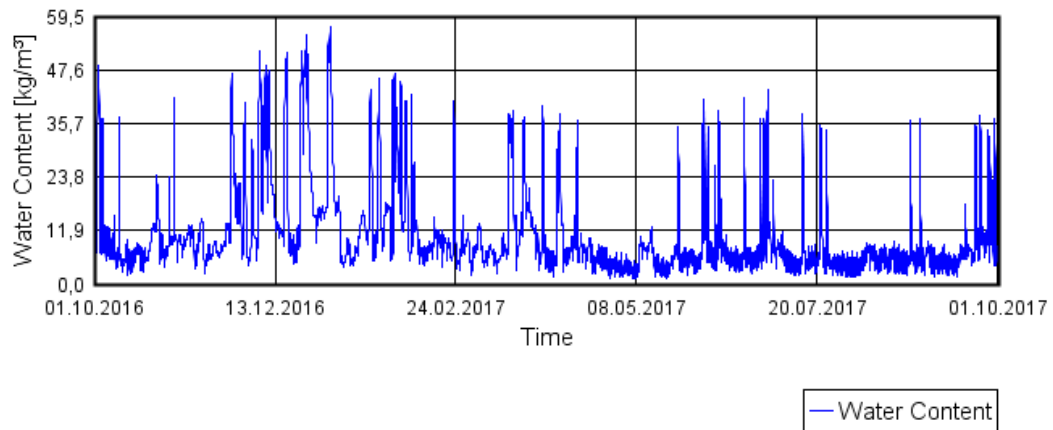


### Temperature

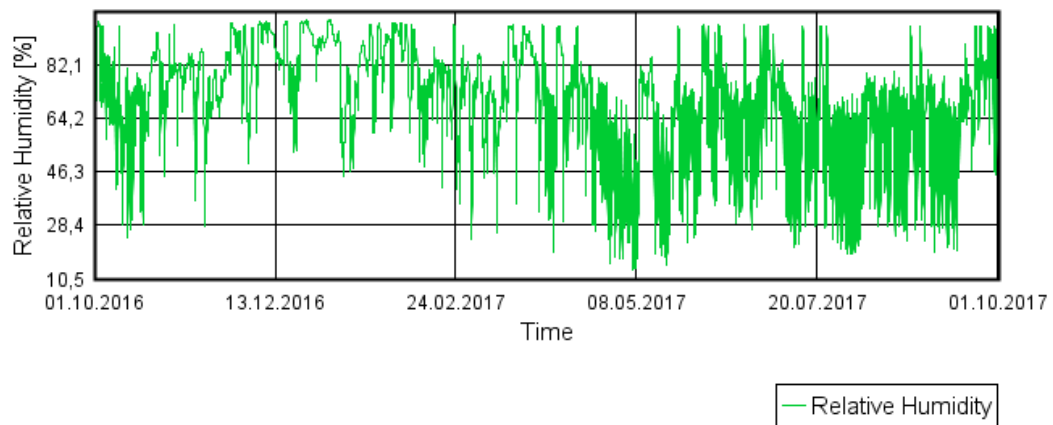


## Utsida Skalmur med hydrofob ytbehandling

### Water Content



### Relative Humidity



### Temperature

