

# Trådlösa fuktsensorer i våtrum

- Sensobyg projekt



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsmaterial

Examensarbete:  
Sallova, Bedri  
Sulejmani, Arber

© Copyright Sallova, Bedri Sulejmani, Arber

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2009

## Sammanfattning

Trådlösa fuktsensorer i våtrum – Sensobyg projektet

Vattenskador är en av byggbranschens stora utmaningar. Badrum/våtrum är den värst drabbade delen i en bostad som är relaterade till fuktskador. Enlig Vattenskaderapport från 2008 uppstår ca 39 % av vattenskadorna i en bostad i våtrum. 50 % av alla golvrelaterade skador inträffar i våtrum. Med skadorna följer stora ekonomiska förluster. Det uppskattas att det går åt ca 100 miljoner kronor i veckan för reparationsåtgärder i bostäder.

Skador i våtrumsgolv uppstår nästan alltid i anslutning mellan tätskikt och golvbrunn. Det är även vanligt att skador uppstår i anslutning mellan golv och vägg. I våtrumsväggar uppstår skadorna till största delen i rörgenomföringar av bland annat tappvattenledningar.

Skadorna uppstår pga. av flera olika faktorer, en av faktorerna är dåliga arbetsutföranden. En annan orsak är förslitningar i tätskiktet och att vissa våtrum saknar ett ordentligt tät tätskikt.

Lunds Universitet blev kontaktat av ett antal danska byggföretag och intressenter för att hitta en lösning till problemet. Lösningen man hade enats om var att testa olika trådlösa fuktsensorer i väggar och golv i ett våtrum. Testerna utförs i en s.k. ”mockup”, en fullskalemodell av ett badrum med två olika typer av golv och fyra olika typer av väggar.

I projektet monteras 33 sensorer och en gateway som är utvecklade på Teknologisk Institut i Köpenhamn. Gateway´en för vidare information via GSM nätet till en central som är beläget i Teknologisk Institut. Värden fås där i form av RF (Relativ Fuktighet) och temperatur. Värdena som sensorerna avger får man då i tabell- och diagramform.

De trådlösa fuktsensorerna gjuts in i betonggolven. För att göra utrymme för trådlösa fuktsensorerna i lättbetong – och tegelvägg har hål borrats med men hjälp av med bormaskin eller vinkelslipp använts i svåra fall. I de två övriga väggarna har sensorerna knutits och bultats fast.

Flertalet olika tester har och kommer att utföras i detta projekt. I projektet har tester gjorts på sensorernas räckvidd. Det negativa med projektet har varit funktionaliteten.

Nyckelord: trådlösa, fuktsensorer, relativ fuktighet, våtrum, bygg

## Abstract

Wireless damp sensors in bathrooms – Sensobyg projekt.

Water damages are one of the biggest challenges in the construction business. The bathroom is the part of the house/apartment/habitation that is the most affected by damp related damages. According to a water damage report in 2008, approximately 39% of all the water damages appear in bathrooms. 50 % of all the floor related damages appear in bathrooms. Along with the damages comes big financial consequences, it is estimated that 100 million is spent in a week for reparation expenses.

The bathroom floor damages occur exclusively in connection between the tight layer and the floor well. It is not rare for damages to occur in the connection between floor and wall. Most common places for these damages in bathroom walls are in the pipes led through the walls, for instance tap water pipes.

The damages appear for several reasons, for instance bad execution. Another reason is worn tight layer, some bathrooms do not even have tight layer which is also a reason for these damages.

In corporation with The University of Lund and a number of Danish construction businesses have agreed on to manage/handle this major problem. It has been an agreement on testing wireless damp sensors built in bathroom floors and walls. The tests will be executed in a so called “mockup”, a model of a bathroom with two different types of floors and four different types of walls.

33 sensors and one receiver will be used in the project. These sensors and receiver are developed in The Technologic Institute of Copenhagen. The receiver passes forward information via GSM network to a central that is situated in the Technological Institute. There, one can receive the values in the form of RH (Relative Humidity) and temperature. The values that the sensors give are shown in a diagram.

The wireless damp sensors have been founded in concrete in the floors and in the walls there have been made some holes in the light concrete boulders and brick wall. In the two remaining walls they have been tied and screwed on the wall.

Several different tests have been made and will be made in this project. In the project tests have been made on the sensors range. The weak point of this

project has shown to be the signal intensity of the sensors. Only 7 out of 17 were in working order in the concrete boulders.

Keywords: Wireless, damp sensors, relative humidity, bathroom,

## Förord

Denna rapport har tillkommit som ett examensarbete för högskoleingenjörsutbildningen i byggt teknik med arkitektur i Helsingborg, Lunds Universitet. Rapporten är skriven på uppdrag av avdelningen för byggnadsmaterial i LTH, Teknologisk Institut och byggföretaget Enemærke og Petersen.

Skribenterna vill rikta ett stort tak till examinatorn Lars- Olof Nilsson, avdelningschef för byggnadsmaterial och handledaren Anders Sjöberg.

Helsingborg juni 2009

Bedri Sallova  
LTH Ingenjörshögskolan, Lunds Universitet

Arber Sulejmani  
LTH Ingenjörshögskolan, Lunds Universitet

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Syfte</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Metodik</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Utformning av våtrum</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Våtrumzoner</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Bärande konstruktioner</b> .....	<b>4</b>
2.2.1 Betongväggar .....	4
2.2.2 Lättbetong och lättklinkerblock .....	4
2.2.3 Regelvägg .....	4
<b>2.3 Golv</b> .....	<b>5</b>
2.3.1 Platsgjuten betong .....	5
2.3.2 Lättbetongbjälklag .....	5
2.3.3 Träbjälklag .....	5
2.3.4 Golvbrunn .....	6
<b>2.4 Tätskikt</b> .....	<b>6</b>
2.4.1 Fästmassa .....	7
<b>2.5 Ytskikt</b> .....	<b>7</b>
2.5.1 Infästningar .....	7
<b>3 Vattenskadeundersökningen 2008</b> .....	<b>8</b>
<b>4 Allmänna regler och anvisningar</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Golv</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2 Väggar</b> .....	<b>13</b>
<b>4.3 Installationer</b> .....	<b>14</b>
<b>5 Mockupens Konstruktionsutformning</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1 Sensobyg</b> .....	<b>15</b>
<b>5.2 Mockupen</b> .....	<b>15</b>
5.2.1 Golv med trapetsplåt .....	16
5.2.1.1 <i>Fuktteknisk bedömning</i> .....	17
5.2.2 Golv med X Faner .....	17
5.2.2.1 <i>Fuktteknisk bedömning</i> .....	17
5.2.3 Placering i golv .....	18
5.2.4 Tegelmurad Vägg .....	19
5.2.4.1 <i>Fuktteknisk bedömning</i> .....	20
5.2.5 Lättbetongmurad Vägg .....	20
5.2.5.1 <i>Fuktteknisk bedömning</i> .....	21
5.2.6 Placering i murade väggar .....	21
5.2.7 Reglade väggar .....	23

5.2.7.1 <i>Fuktteknisk bedömning</i> .....	24
5.2.8 Placering i reglade väggar .....	24
<b>6 System</b> .....	<b>25</b>
<b>6.1 Gateway</b> .....	<b>26</b>
<b>6.2 Mätnader</b> .....	<b>26</b>
6.2.1 Radiovågor .....	27
6.2.1.1 <i>Radiovågor i betong</i> .....	27
<b>6.3 Tester på mätnader och gateway</b> .....	<b>27</b>
6.3.1 Mätresultat från mockupen .....	27
6.3.1.1 <i>Fullt fungerande mätnod</i> .....	28
6.3.1.2 <i>Delvis fungerande mätnod</i> .....	29
6.3.2 Test av räckvidd .....	30
6.3.2.1 <i>Försök 1</i> .....	30
6.3.2.2 <i>Försök 2</i> .....	30
<b>7 Slutsats</b> .....	<b>32</b>
<b>7.1 För fortsatta studier</b> .....	<b>32</b>
<b>7.2 Reflektioner</b> .....	<b>33</b>
<b>8 Källförteckning</b> .....	<b>34</b>



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Bakgrunden till detta examensarbete är vattenskador i våtrum och hur konsekvenserna av dessa kan minimeras.

Vattenskador i våtrum är det vanligaste villaproblemet som försäkringsbolag får åtgärda. En stor del av vattenskadorna uppstår p.g.a. dolda läckage, slarv under själva byggnationen och otäta tätskikt. Tekniska lösningar och erfarenhet från tidigare fall av vattenskador bör användas i större utsträckning för att i ett tidigare skede upptäcka vattenskador.

Ur ett ekonomiskt perspektiv är det mer fördelaktigt att efter byggnationsskedet förebygga vattenskador. Ju snabbare en vattenskada upptäckts desto mindre är risken för onödiga reparationskostnader. Mer borde därför göras inom detta område för att få en märkbar förändring.

Användningen av trådlösa fuktsensorer i väggar och golv bakom tätskiktet kan vara en sådan lösning. Med sensorer vill man upptäcka skadan i ett tidigare skede innan den blir mer omfattande. Därigenom kan konsekvenserna av en fuktskada inte bli så förödande och kostsamma. Genom att man får larm från trådlösa sensorer som är placerade våtrumsväggar - och golv. Fuktsensorer har tidigare bl.a. använts i forskningssyfte för betong, men används även i produktionen.

## 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att undersöka fuktsensorernas funktion i våtrumsväggar- och golv. Trådlösa fuktsensorer har tidigare använts i andra projekt, där man t.ex. följt utvecklingen i uttorkningen hos betong och andra material. Fuktsensorernas funktion ska i denna studie i första hand bedömas med hänsyn till:

- Signalstyrka: Under tidigare projekt har man bl.a. haft problem med signalstörningar. Sensorn var då ingjuten i betongplatta på mark. Det borde rimligen inte ha samma problem i denna studie. Spelar gatewayens avstånd från ”mockupen” någon roll?
- Sensorernas effektivitet: Syftet med sensorerna är att i ett så tidigt skede som möjligt ska upptäcka en hög RF-nivå för att vidta andra åtgärder. Det finns därför en tidsfaktor som är avgörande för hur lönsamma sensorerna är. Känsligheten hos sensorerna och möjligheten att leverera korrekta mätvärden från sensorerna är också avgörande för dess effektivitet.

- Placering av sensorer: Placeringen av sensorerna är sannolikt viktig då det anses vara avgörande hur snabbt felet upptäcks. Placeringen skall noggrant dokumenteras.
- Dokumentering för vidare forskning: Det fortsatta arbetet med ”Mockupen” ska underlättas så mycket som möjligt med tydliga beskrivningar och dokumentering.

### **1.3 Metodik**

Som undersökningsmetod har intervjuer utförts, tagit hjälp av Vattenskadeundersökning 2008 där flera av de stora försäkringsbolagen medverkat, handledning från institutionen och läst i byggregler/normer.

Vår informationsinsamling har till största delen gjorts på Internet och på skolans bibliotek. Arbetsmaterialet har till stor del utgjorts av byggregler, byggnormer, branschregler och andra byggstandarder gällande våtrum . Boverkets byggregler (BBR), Fukthandboken, Hus AMA, GVK´s branschregler för våtrum och VASKA är exempel på vårt arbetsmaterial.

Skadeutredningar i våtrum som utförts på försäkringsbolagens begäran lämnar en del statistik och erfarenheter bakom sig. Denna information bör man ta del av för att se likheter mellan olika skadeutredningar, för att sedan med bättre noggrannhet placera ut våra sensorer i väggar och golv.

Den tekniska delen rapporten har tillkommit i samarbete med LTH, Tekniska Institutet i Köpenhamn och ett antal andra danska byggintressenter. Tekniska Institutet har försett oss med fuktsensorer och en gateway för att samla den data vi behöver. I Glostrup, en förort i Köpenhamn har laborationer och tester utförts. Handledare från Tekniska Institut har funnits tillgängliga på plats för att underlätta vårt arbete med den tekniska biten.

### **1.4 Avgränsningar**

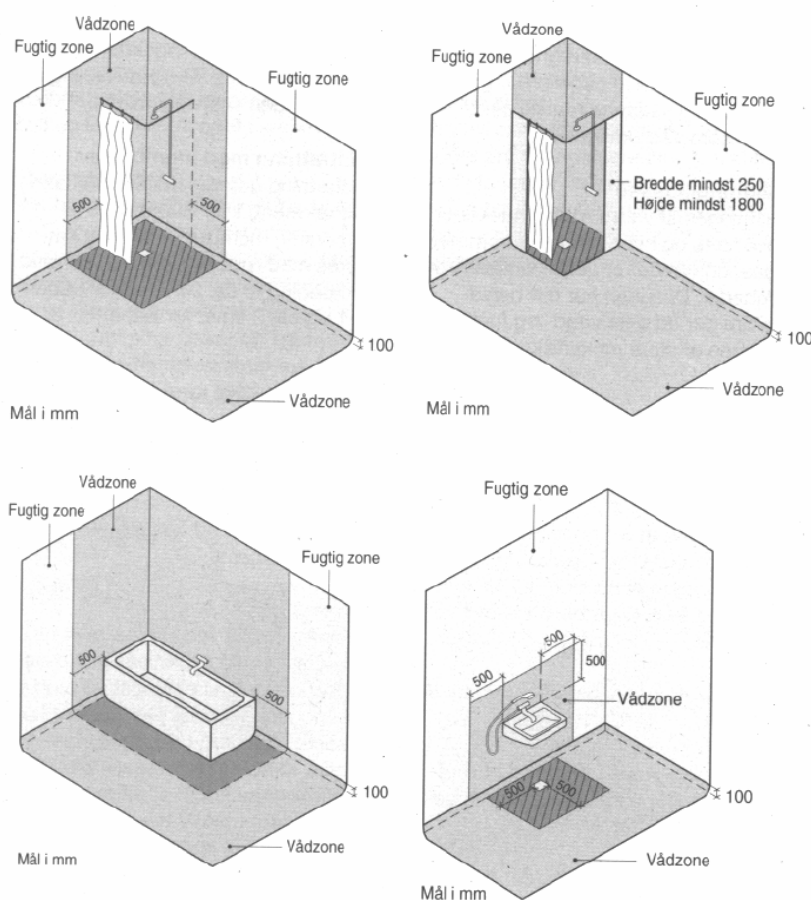
Endast laborationerna har använts som underlag för och dragna slutsatser. Rapporten berör sensorernas funktionalitet och effektivitet under testperioden. Vidare forskning och produktutveckling av sensorerna har vi inte tittat närmare på.

## 2 Utformning av våtrum

Med våtrum menar man oftast utrymmen där vattenspolning av varierande kall- och varmvatten kan förekomma. Exempel på sådana utrymmen är badrum, duschrum och tvättstugor. Väggar och golv i våtrum består i de allra flesta nybyggda hem av en bärande konstruktion, tätskikt, ytskikt och genomgående installationer. (Nevander Elmarsson 2001)

### 2.1 Våtrumszoner

I danska anvisningar delas våtrummet in i zoner beroende på hur mycket vattenspolning de utsätts för. Våtrummet delas in i två zoner, våtzoner och fuktiga zoner. En liknanden svensk indelning av våtrum har inte kunnat hittas.



Figur 1. Våtrumsindelning enligt danska By og Byg Anvisning 200

Våtzoner omfattar den del av rummet, som utsätts för direkt vattenspolning. Här ställs högre krav på konstruktioner, material och täthet. Våtzone omfattar hela golvet, de nedersta 100 mm av väggen och alla väggar bakom handfat, badkar och dusch.

Fuktiga zoner är väggområdet utanför våtzonerna. Här utsätts väggarna för högre relativ fuktighet och emellanåt av vattenspolning än i övriga rummen i bostaden. (Brandt 2001)

## 2.2 Bärande konstruktioner

Den bärande konstruktionen i väggar utgörs i regel av betong, lättbetong eller av en regelvägg av antingen stål eller trä beklädda med skivmaterial. En bärande vägg dimensioneras att klara av laster under normal fukt och temperaturförhållande. Bärförmågan kan förändras då materialegenskaperna förändras under ändrade fukthalter och temperatur. För att detta ska vara ett problem skall materialet utsättas av högre fukthalter under en längre period.

### 2.2.1 Betongväggar

Vid användning av golv och väggmatta spacklas betongväggen med våtstarkt spackel, då den är mer motståndskraftig mot vattnet i limmet. Är betongen fuktig under PVC-mattan så kan inte limmet härda. Resultatet kan bli blåbildning och mögelangrepp i limskiktet. Vid kakelbeklädnad används fästmassa. (Follin Kling Örnhall 1994)

### 2.2.2 Lättbetong och lättklinkerblock

Lättbetong kan suga upp stora mängder vatten kapillärt innan några vattenskador upptäcks. Stora delar av väggen kan då behöva omfattande torkinsatser eller reparationsarbete. Lättklinkerblock består av lättklinkerkulor och cementpastan med sämre kapillärsugning än lättbetong. Vattnet rinner lättare genom en sådan vägg och vattenskador avslöjas därför snabbare då lättklinkerkulorna och cementlimmet inte är kapillärsugande i samma grad och skadorna blir inte lika omfattande. Vattenskador i en lättbetongvägg kan lättare lokaliseras då läckage finns vid högsta fukthalten, något som inte behöver vara sant i en lättklinkervägg. Detta eftersom det högsta fukttinnehållet kan befinna sig rakt under läckaget vilket inte är ovanligt. Höga fukthalter i lättbetongvägg kan bland annat leda till korrosion på genomgående metallrör. (Follin Kling Örnhall 1994)

### 2.2.3 Regelvägg

Regelväggar byggs ofta upp av gipsskivor utanpå ett bärande system av plåt eller träreglar. Regelavståndet ska högst vara 400 mm med enkel gipsskiva och 600 mm när dubbelgipsskiva används, detta för att ge mer stadga för kakelbeklädnad. I Danmark används i princip bara stålreglar medan i Sverige används träreglar i större utsträckning. Detta beror troligen på traditionella byggtraditioner. Helst ser man att plåtreglar används istället för träreglar med fördelen att:

- Plåtreglar angrips inte av mögel och röta
- Avjämningsmassa kan användas mot syllen utan risk att den ska suga upp vatten.
- Fuktkvotsförändringar ger inga dimensionsändringar
- Plåtreglar innehåller ingen byggfukt
- Träregeln skall ha minsta dimension på 45x70 och högsta fuktkvot skall vara 8 % under vintern och 12 % under sommaren. (Follin Kling Örnhall 1994)

## 2.3 Golv

Underlaget för ett våtrumsgolv är oftast utfört av platsgjuten betong, betongelement, lättbetongelement eller trä. Skillnader mellan de olika bjälklagslösningarna framkommer nedan.

### 2.3.1 Platsgjuten betong

Betonggolv, som skall slipas i samband med gjutning och därefter spacklas, måste utföras tunnare i badrum än i den övriga byggnaden för att en erforderlig lutning senare skall kunna byggas upp.

### 2.3.2 Lättbetongbjälklag

Lättbetongbjälklag kan till skillnad från ett platsgjutet betongbjälklag inte göras tunnare lokalt för att medge uppslipning av erforderliga lutningar i badrummet. Skall lättbetongbjälklag användas finns tre möjligheter. (Follin, Kling, Örnhall 1994)

- I badrummet gjuts bjälklaget av betong och det görs tunnare än omgivande lättbetongbjälklag.
- Hela bjälklaget sänks lokalt i badrummet. Det medför en lägre våningshöjd än i övriga delar av bostaden.
- Bjälklaget har samma nivå över hela bostaden och man använder avjämningsmassa för att få erforderliga lutningar.

### 2.3.3 Träbjälklag

Årstidsvariationerna i relativ fuktighet i inomhusluften påverkar trä i större utsträckning än i andra golvmaterial. När trämaterialiet rör sig innebär detta belastningar på limfogar, mattor vid uppvik, rör genomföringar, fogar mellan klinkerplattor och liknande.

### 2.3.4 Golvbrunn

Golvbrunnen är en ytterst känslig detalj i våtrummet. Enligt vattenskadeundersökningen (2008), visar att stor del av vattenskadorna orsakas av detaljer i kring golvbrunnen. I ett våtrumsgolv med keramiska plattor finns det alltid tätskikt under plattorna. Om tätskiktet består av t.ex. gummiäsfalt eller tätande fästmassa, skall brunnen ha en 100 mm bred membranfläns, som tätskiktet kan användas mot. Gummiäsfaltmassan klistras mot flänsen. Använder man en tätande fästmassa bör anslutningen kompletteras med en självklistrande gummiäsfaltmassa runt tätningsflänsen så att anslutningen klarar eventuella rörelser.

Överst i golvbrunnen placeras en särskild anpassningsdel för keramiska plattor, som gör det lätt att ansluta dessa. Anpassningsdelen skall vara anpassad till plattornas tjocklek och vara försedd med ett dräneringshål för vatten.

## 2.4 Tätskikt

Med tätskikt menar man det skikt av golv eller väggbeklädnad som skyddar bakomliggande konstruktion från att komma i kontakt med vatten och fukt. Ett tätskikt kan bestå av plastdispersion som målas ut på väggen i flera lager eller av fästmassa som spacklas på. Vid skivskarvar, skruvrader, vinklar, hörn och vid anslutningar mellan olika väggmaterial är risken stor att rörelser förekommer. För att tätskiktet inte skall skadas gör man vanligtvis en försegling i anslutning till dessa ställen. Skarven mellan golvets och vägens tätskikt görs på samma sätt. Denna försegling utförs vanligtvis men någon typ av plastband. Vissa typer av förseglingar levereras också med tejp. ([www.byggindustrin.com](http://www.byggindustrin.com))

Användandet av plastmattor eller plasttapeter som tätskikt bakom kakelbeklädnader fungerar alldeles utmärkt, men risken finns att plastmattan och eller limmet mattan uppsatt med inte håller kaklets tyngd och deformationer uppstår.

Mer än en fjärdedel av vattenskadorna i våtrum beror direkt på att tätskiktet inte fungerat som det ska. De stora anledningarna är:

- Tätning kring genomgående installationer,
- Tätning runt golvbrunnen och
- Hål i tätskiktet som skapats av brukaren, när dem t.ex. sätter upp en handdukshållare
- Tätskiktet måste ha ett ånggenomgångsmotstånd på 1 000 000s/m (BBR 2008)

### 2.4.1 Fästmassa

Fästmassan skall vara vattenfast. Det finns två typer av fästmassa som man använder. Det är den organiska bundna fästmassan och plasticiterad, cementbunden häftmassa. Med cementbunden häftmassa sätts kakelplattorna direkt i ett lager fästmassa i fuktspärren. Organiska bunden fästmassa påförs i två skikt på fuktspärren med ett dygns torkning mellan. Kaklet sätts i det andra skiktet.

## 2.5 Ytskikt

Våtrum har vanligtvis i ytskikt bestående av keramiska plattor, PVC väggmatta eller målningsbehandling.

Keramiska plattor är extremt täta, fogen däremot är inte så vattentät. Då ställs det högre krav på tätskikt. Vid vattenspolning under t.ex. duschning kan vatten och fukt tränga in genom fogarna.

Väggmatta av PVC används först och främst som ytskikt men kan också användas som tätskikt för kakel och klinker.

Vattentäta målningsbehandlingar kan vara målarfärg av klass VT(vattentät). Målningssystem uppförs av branschens standard för våtrum MVK.

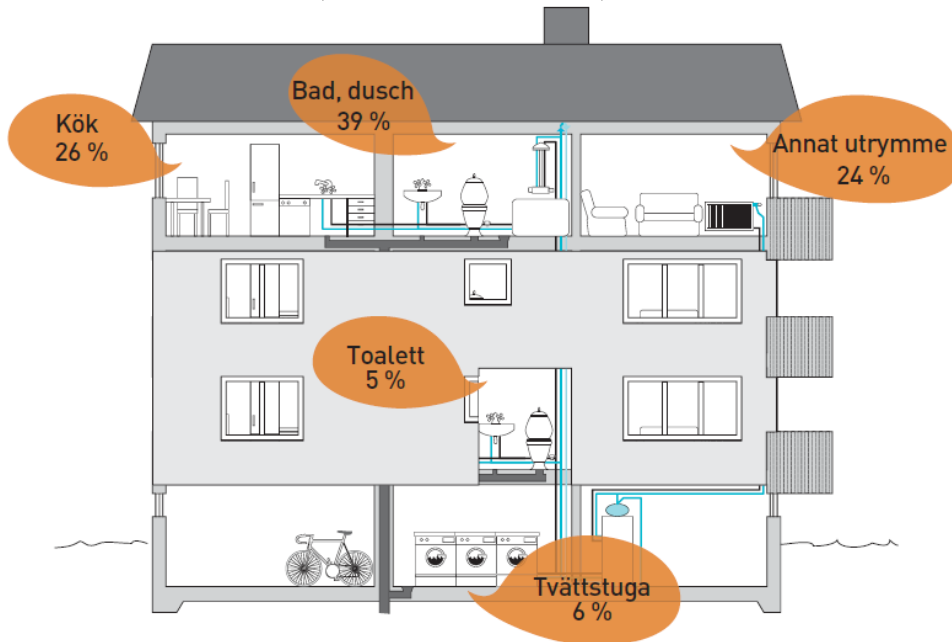
### 2.5.1 Infästningar

Man ska i möjligaste mån undvika infästningar i väggar som utsätts för vattenbegjutning. Alla infästningar skall skruvas i ordentliga underlag. Om man skall skruva in i ett kakelskikt så måste man först fylla hålet med silikon. (Follin Kling Örnhall 1994) (Becker 1997)

### 3 Vattenskadeundersökningen 2008

Vattenskador är fortfarande ett stort problem, trots nya regeländringar och anvisningar, visar en vattenskaderapport från 2008.

- Det är oroande att fortfarande är ca 100 miljoner i veckan, säger Rolf Kling, teknikansvarig för Saker Vatteninstallation som auktoriserar VVS-installatörer. ([www.newsdesk.se](http://www.newsdesk.se))



Figur 2. Vattenskadors uppdelning i en bostad

I figur 2 visas hur vattenskadorna statistiskt sett är uppdelade i en normal villa. Här kan man se att man har stora problem i badrum och dusch, som upptar nästan 40 % av alla skador. (Vattenskadeundersökningen 2008)

Kanske stämmer inte den procentuella fördelningen helt med verkligheten beroende på att självriskan för försäkringar för flerfamiljshus är betydligt högre och detta gör att fastighetsägare hellre tar kostnaden för små skador än anmäler dessa som försäkringsärenden. (Whitlock 2009)

Vattenskadorna är utspridda i våtrum, men helt klart är att tätskiktets anslutning till golvbrunnen är ett överrepresenterad. Nedan visar tabellen vilka skador som inträffar och hur vanlig dessa är.

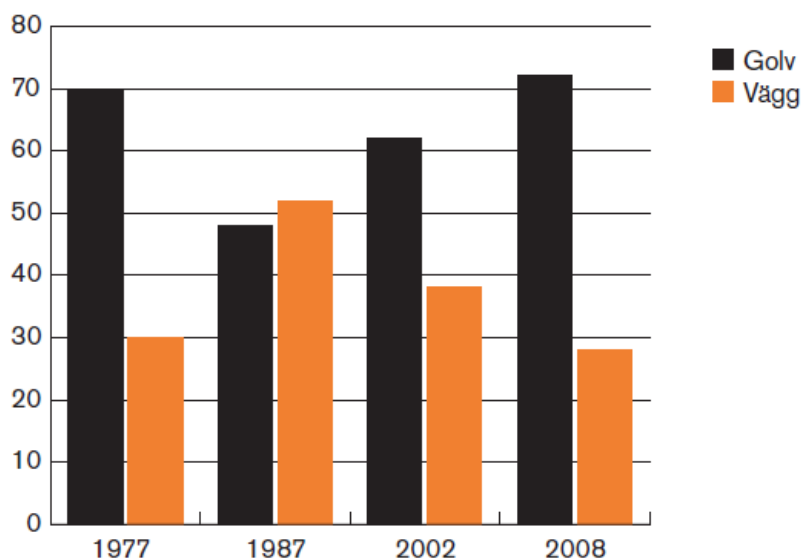


Tabell 1. Andelen vattenskador som inträffar i våtrum

Typ av vattenskador i våtrum	Andel (%)
Läckage vid tätskiktets anslutning till brunn	21
Rör	17
Läckage genom tätskikt i golv	15
Skarv/fog	8
Läckage genom tätskikt i vägg	7
Rör genomföring	5
Anslutning golv/vägg	5
Koppling/fog	5
Tätskikt saknas	4
Golvbrunn	4

Undersökningen visar också att skador genom golv har ökat avsevärt och är nu dubbelt så stora som i tätskikt i vägg.

I tabellen ovan visade att den största andelen vattenskador som uppstår i våtrum är läckage vid anslutning tätskikt- golvbrunn och läckage genom tätskikt. Skadorna i tätskikt genom golv motsvarar 72 % av skadorna medan väggskador utgör 28 % av skadorna. Figur 3 som har tagits fram i vattenskadeundersökningen 2008, visar hur skador i vägg och golv varierat under åren.



Figur 3. Fördelningen av skador i vägg och golv genom åren

*Tabell 2. Fördelningen av skador i tätskikt i olika väggbeklädnader*

Material, vägg	Andel(%)
Kakel	50
Väggplastmatta, trådsvets	23
Väggplastmatta, H-metoden	1
Väggmatta kemfog	10
Våtrumstapet	7
Målad glasfiber	5
Annat	4

Tabell 2 visar att skador i väggbeklädnader av kakel är absolut den största orsaken till skador i tätskiktet. Typen av tätskikt som skadas mest vid väggbeklädnader av kakel är vätskebaserat tätskikt som motsvarar 60 % av skadorna.

*Tabell 3. Skador från läckage genom tätskikt fördelar sig på följande sätt mellan olika golvmaterial*

Material, golv	Andel (%)
Keramiska material	42
Plastmatta/trådsvets	55
Annat	3

Återigen är vätskebaserade tätskikt som inte kan klara av fuktbelastningarna och motsvarar 60 % av skadorna. (Vattenskadeundersökningen 2008)

## 4 Allmänna regler och anvisningar

Konstruktion, materialvalet och formgivningen i ett våtrum regleras för att anpassas till de olika regler och anvisningar som har tagits fram och utvecklats genom åren. Som grund för denna studie har följande regler och anvisningar använts:

- Boverkets byggregler (BBR)- anger regler och som med tiden utvecklats för byggande i Sverige. Regler som tagits fram genom beslut i regeringen och är därmed tvingande. Efter varje kapitel anges även allmänna råd för byggande som utvecklats av myndigheter med kunskap inom sitt verksamhetsområde. Råden som ges är inte tvingande utan anger bara hur man kan eller bör göra för att uppnå reglerna.
- Golvbranchens våtrumskontroll (GVK) och PER´s Branschregler- En stor vattenskadeundersökning av våtrum i slutet på 80-talet var en väckarklocka för svenska byggföretag och andra intressenter i området. Denna undersökning la grunden för ett nytt och bredare engagemang kring vattenskador i våtrum. GVK, Golvbranchens våtrumskontroll och PER, Branschregler för keramisk beklädnad bildades bland annat som resultat av denna undersökning. Det gjordes på initiativ från branscher inom byggsektorn med goda möjligheter att påverka utvecklingen för säkrare våtrum. Tillsammans har de bland annat skapat dokumentet ”Säkra Våtrum”. Här hittar man anvisningar och råd som i huvudsak utformade efter Boverkets byggregler, Hus AMA och VVS AMA.
- VASKA- projektet drevs igenom i Umeå-trakten som ett pilotprojekt för att undersöka möjligheten att bygga vattenskadesäkert med känd teknik inom rimliga ekonomiska gränser. Projektet blev en succé och resulterade i skapandet av en checklista som sedan använts som underlag för byggnationen av mer 4000 bostäder runt om i Sverige.
- Fukthandboken - Genom åren har många anvisningar och råd sammanställts i syfte att nå ut med befintlig kunskap till praktiken. Första upplagan av Fukthandboken skapades för att ge samlad information om fukt och fuktproblem. Fukthandboken skapades framför allt på initiativ från fuktgruppen på LTH som baserat sig på forskning i Sverige och utomlands. Fukthandboken ger en beskrivning av det aktuella området och vanliga konstruktionslösningar, därefter görs en fuktteknisk bedömning som ofta följs av ett antal råd.

## 4.1 Golv

För att uppnå bästa säkerhet vid installation av våtrumsgolv ska många faktorer vara uppfyllda. Enligt GVK, Golvbranschens våtrumskontroll ska följda faktorer iakttas i samband vid installation av våtrumsgolv:

En av många krav är förutsättningarna på underlaget innan installation av ytbeläggning.

- Underlaget skall vara rent, torrt, jämnt och fri från sprickor och porer.
- Underlag ska uppfylla angivna toleranser för buktighet enligt Hus AMA, tabell 43 DC/ -

Tabell 4. Tolerans för buktighet enligt Hus AMA

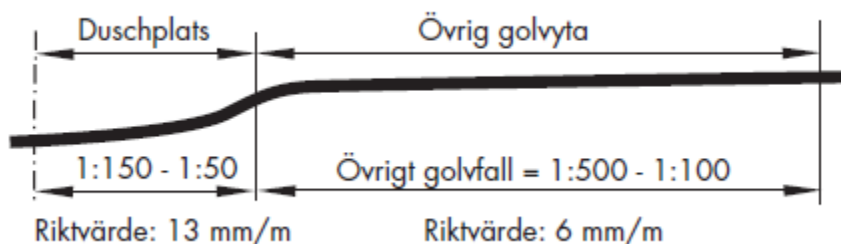
Mätlängd	Klass A	Klass B
0,25 m	+/- 1,2 mm	+/- 1,2 mm
2 m	+/- 3 mm	+/- 5 mm

Om inget anges måste kraven för klass A uppfyllas.

- Betongunderlag skall ha högst 85 % RF.
- Hålligheter eller springor mellan golv och vägg får inte förekomma.

Fall mot golvbrunn:

- Minst 1:150, dock max 1:50 vid duschplats och under badkar för att undvika halkrisk.
- Övriga ytor ska lutningen vara ungefär 1:500- 1:100 mot golvbrunn.
- Konstruktioner som hindrar vatten från att nå golvbrunnen skall undvikas. ([www.sakervatten.se](http://www.sakervatten.se))



Figur 4. Fall mot golvbrunn, gärna en mjuk övergång

I Hus AMA 98 under MBE.1212 Vattentäta golvbeläggningar av keramiska fogplattor inomhus, Material och varuföreskrifter krav på att:

*”tillverkaren skall redovisa under vilken relativ fuktighet (RF) i underlaget som materialet får appliceras. Vidare under Utförande föreskrifter framgår att ' Vid applicering av tätskiktsmassan får den relativa fuktigheten (RF) i underlaget inte överstiga den RF som tillverkaren av tätskiktsmassan, spacklet e d anger. Dock får den relativa fuktigheten i underlaget inte överstiga 85%”.*  
(BBR 2008)

Montering av rörledningar skall alltid utföras med hjälp av produktleverantörens monteringsanvisningar.

Det är viktigt att installationer är förlagda på så sätt att man snabbt kan upptäcka läckage och på så sätt motverka vattensador.

## 4.2 Väggar

I väggar gäller ungefär samma förutsättningar som för golv där underlaget är en viktig faktor vid installation av ytskikt:

- Underlaget skall vara fast, rent, plant och torrt samt fritt från sprickor och porer.
- Underlaget skall vara fritt från sådana hinder som försvårar montering och applicering av tät- och ytskikt.
- Underlaget (ink. Vinklar/hörn) ska uppfylla krav enligt tabell 44.C/-1 i Hus AMA:

Tabell 5. Krav på buktighet och lutning enligt Hus AMA

	Mätlängd	Tolerans
Buktighet	0,25 m	+/- 2 mm
	2 m	+/- 5 mm
Lutning	L (mätlängden) mm	L/600 lägst +/-5 högst +/- 20

- Spackel skall vara avsett för våtrum och fästa väl till underlaget. Spackelmassan skall vara cementbunden. Organisk bunden spackelmassa får ej användas.

- Betongvägg skall vara gjuten mot en slätform. Ojämnheter och sprickor och håligheter skall vara utspacklade.
- Lättbetongväggar av block skall vara bredspacklade eller putsade. Väggar och element skall vara skarvspacklade. Ytskador skall vara lagade med bruk eller spackel. (www.gvk.se)

### 4.3 Installationer

- Montering av rörledningar skall alltid utföras med hjälp av produktleverantörens monteringsanvisningar.
- Det är viktigt att installationer är förlagda på så sätt att man snabbt kan upptäcka läckage och på så sätt motverka vattenskador.
- För att undvika vattenskador vid rör genomföringar i våtrumsutrymme med membranisolering skall rörhyslor förses med tätfläns med minst 100mm bredd.
- Rören tätas mot rörhyslan med fogmassa.

Golvbrunnar är en stor bidragande orsak till fuktskadorna blir så stora i våtrumsgolv. Vid golvmaterial som kakel och klinker kan vatten tränga igenom fogar ner till tätskiktet. Den känsligaste punkten är anslutningen mellan tätskiktet och brunnens tätfläns. Skador uppstår vanligen till följd av ålder och utmattning. En annan bidragande orsak till fuktskadorna beror på dåligt arbetsutförande.

- Därför skall man noga följa tillverkarens arbetsanvisning vid montering.
- Man skall använda brunnar som i första hand är typgodkända.
- Golvbrunnen skall vara vågrätt monterad.
- Golvbrunnen skall vara försedd med ett skyddslock under byggtiden.
- Golvbrunnen skall monteras minst 200 mm från golvbrunn. (VASKA 2000), (www.gvk.se)

## 5 Mockupens Konstruktionsutformning

### 5.1 Sensobyg

Sensobyg är ett danskt treårigt projekt som skall utföra mängder med tester och utveckla sensorteknologin inom bygg – och anläggningssektorn. Fokus ligger på fukt- och temperaturmätningar i byggbranschen. Sensobyg bedriver för tillfället en rad olika undersökningar relaterade till detta. Totalt undersöks för tillfället sensorer i 10 olika delprojekt. Många aktörer är därför delaktiga. Sensobygs samarbetspartners är:

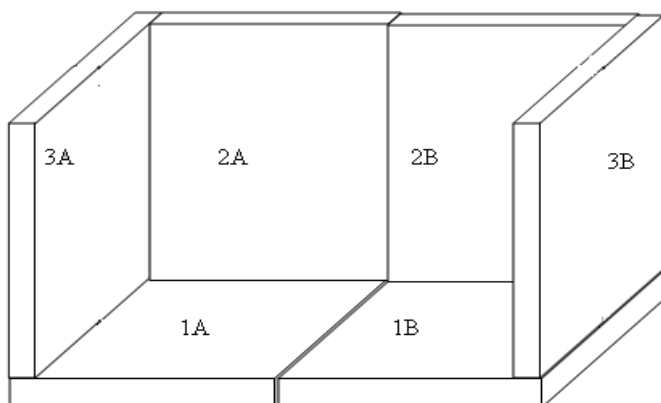
- Teknologisk Institut
- Alexandra Institut
- Lunds Universitet, Fuktcentrum
- Aalborg Universitet
- DTU Elektro
- Aarhus Universitet
- Flertalet verksamhetspartners såsom Ramböll och Enemærke og Petersen

I detta projekt skall trådlösa fuktsensorer testas i en sk. mockup av ett våtrum. I projektet har en rad olika försök gjorts med hjälp av sensorer som är utvecklade i Teknologisk Institut i Köpenhamn. Sensorn i sig är en prototyp. ([www.sensobyg.dk](http://www.sensobyg.dk))

### 5.2 Mockupen

Mockupen är en fullskalemodell av ett våtrum med fyra olika typer av väggar och två typer av golv. Mockupen är 3.6 meter bred, 1.8 meter djup och 1.8 m hög. Denna modell byggdes i syfte att pröva användbarheten av trådlösa fuktsensorer i våtrum. Samtliga delar i mockupen utrustas därför med ett antal trådlösa fuktsensorer som ska övervakas. Vaggsektionerna utformas med olika konstruktioner som är relevanta i Sverige och Danmark. Gemensamt för vaggsektionerna är att de förses med en duschstång och en tvålköpp för att simulera användningen av ett badrum. Golvsektionerna utformas i två olika golvkonstruktioner. Gemensamt för de två golven är att ytskiktet utgörs av

kakel och att båda utrustas med varsin golvbrunn för att leda bort vattnet.

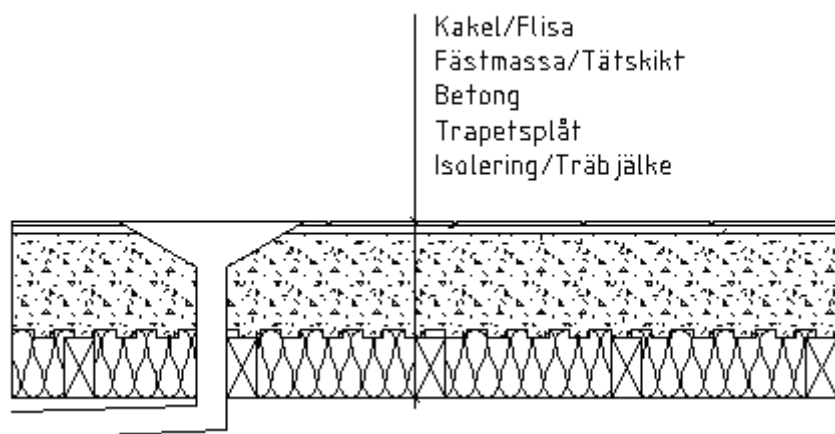


Figur 5. Uppdelningen av väggar och golv i mockupen

Den 25 mars 2009 träffades projektgruppen i Köpenhamn, Danmark för att fastställa konstruktionen av Mockupen. Det föreslogs en del ändringar kring mockupens konstruktion. I mötet föreslogs ändringar kring materialvalet. I mötet bestämdes bland annat att man skulle välja bort den svenska träregelstommen i en av väggdelarna eftersom den inte anses vara aktuell i det danska byggeriet.

### 5.2.1 Golv med trapetsplåt

Golvkonstruktion 1A är en av två golvkonstruktioner som försöken utförs på. Den har bärande träbjälklag med lösullsisolering emellan följt av trapetsplåt, betong, fästmassa och kakel. Golvbrunnen passerar genom samtliga materiallager såsom övriga installationsledningar. I Samtliga konstruktioner har mineralull använts som isolering.



Figur 6. Golvkonstruktion med trapetsprofilerad plåt.

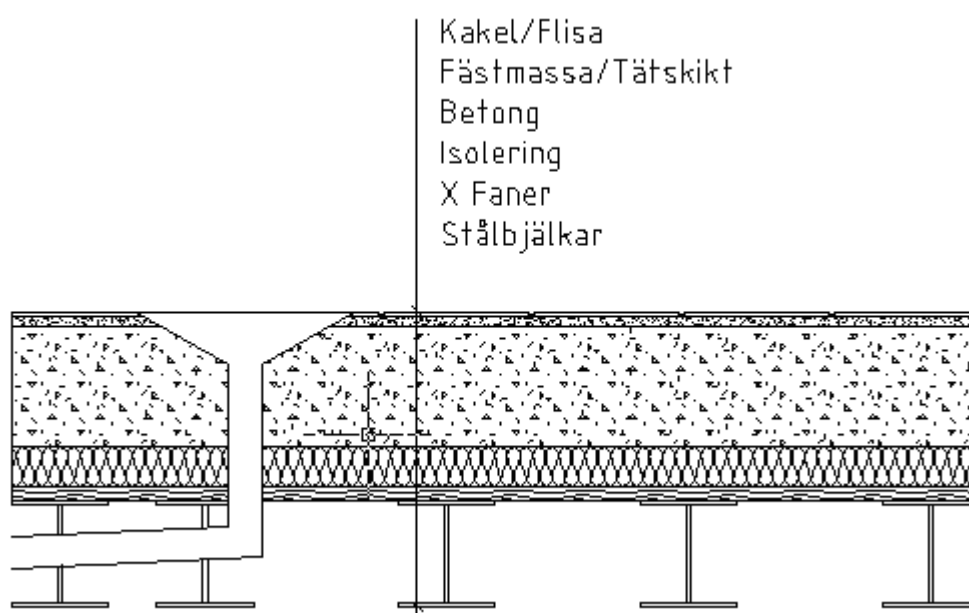


### 5.2.1.1 Fuktteknisk bedömning

Kaklet/flisan är väldigt tät, men fogarna är däremot otäta. Därför kan fukt i både vätske- och ångfas transporteras in i konstruktionen när den utsätts för vattenspolning. Om tätskiktet har någon defekt kan pga. förslitningar, dåliga arbetsutföranden vid nybyggnation eller vid renoveringar, kommer fukten transporteras utan några stora hinder till betongen. Betong har en stor kapillärsugande förmåga på ca  $0,02 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{s}})$  med vct på 0,5. Den varma fukten transporteras vidare mot den kalla trapetsprofilerade plåten där den kan kondensera. Vattnet kan sedan genom skruvihåligheter och i överlappen mellan trapetsplåten nå de fukt känsliga träreglarna som den vilar på.

### 5.2.2 Golv med X Faner

Golvkonstruktion 1B är den andra golvkonstruktionen som försöken utförts på. Den har bärande stålbjälklag följt av X faner, lösullsisolering, betong, fästmassa/tätskikt och kakel. Även denna konstruktion har genomgående installationer och golvbrunn som passerar genom de olika materialen. Plastfolie har använt mellan betongen och mineralullen.



Figur 7. Golvkonstruktion med X faner.

#### 5.2.2.1 Fuktteknisk bedömning

Som tidigare nämnts i golvkonstruktion med trapetsprofilerad plåt är inte fogarna helt täta. Det betyder att fukt i vätske- och ångfas transporteras in genom fogarna in i tätskiktet. Om det finns defekter i tätskiktet pga. dåliga

arbetsutföranden, kan fukten transporteras till känsligare delare i konstruktionen. När fukten har nått betongen så fortsätter den att vandra pga. betongens höga kapillaritet (se golvkonstruktion 2 ovan). När fukten når mineralullen stannar transporten av fukten i vätskefas men fukten i ångfas fortsätter. Den kan då nå de fuktkänsligare träkonstruktionerna. (Nevander Elmarsson 2001)

### 5.2.3 Placering i golv

Sensorerna i golv placeras på en sådan plats att de i ett så tidigt skede som möjligt utsätts för vattenläckage, vid en eventuell vattenskada. Projektet är det första av sitt slag vad gäller badrum, tidigare har liknande sensorer prövats i betonggjutningar men utan någon vikt på placeringen. Det finns därför ingen tidigare information eller resultat för att underlätta placeringen av sensorerna.

Sensorerna gjuts in i ett 150 mm tjockt betongskikt vända mot golvbrunnen. Sensorerna knyts och bultas fast mot trapetsplåten för att undvika att dem de rör på sig under bygg och härdningstiden.

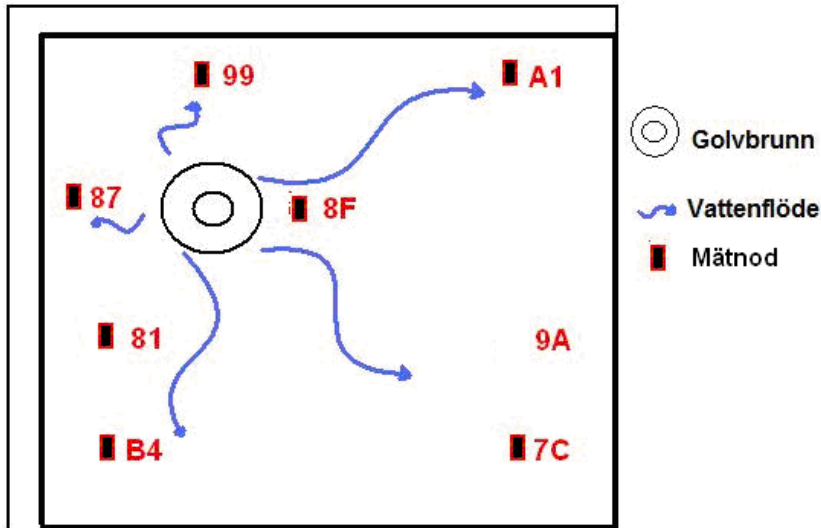


*Figur 8. Noderna under ingjutning.*

Följande faktorer har påverkat sensorernas placering:

- Antalet sensorer under laborationerna är betydligt fler än vad som i vanliga fall skall behövas under normalt bruk. Med ett större antal sensorer till godo placerades de jämnt över hela golvkonstruktionen, med undantag för golvbrunnen där det har placerats tre sensorer.
- Sensorerna placeras höjdmässigt på ungefär samma nivå över hela plattan. De placeras i mitten så att de omges helt av betong och ligger inte emot annat material på botten.

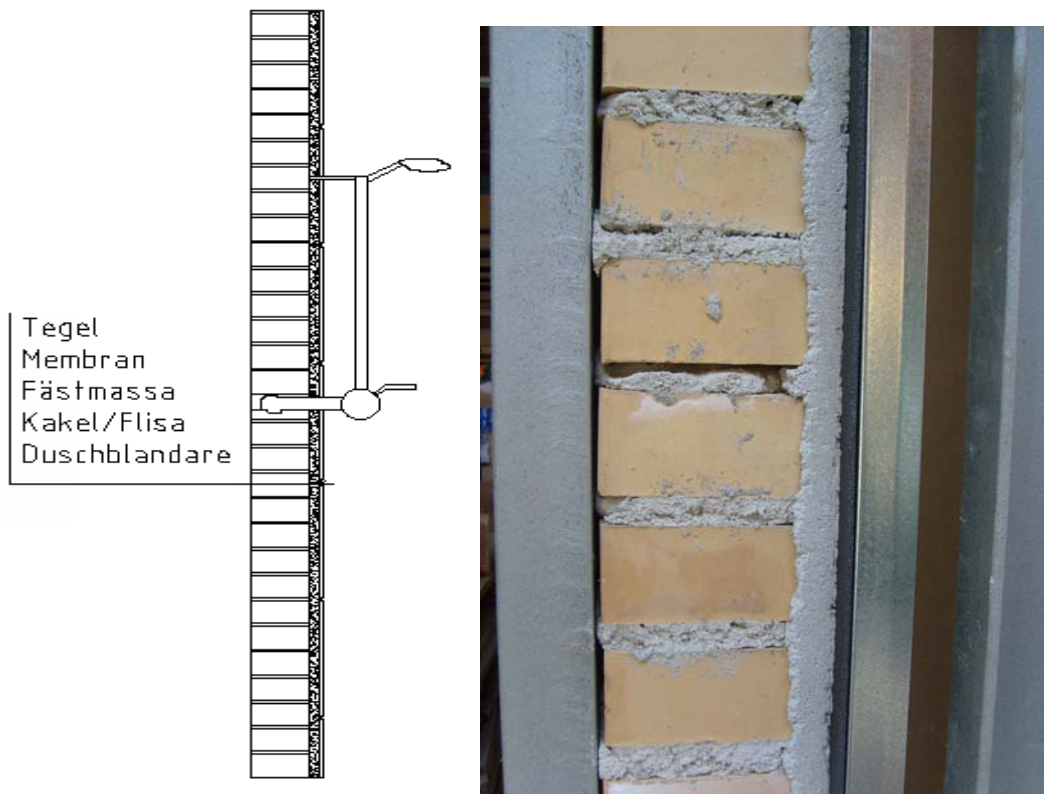
- Nodernas sensordel ligger riktade mot golvbrunnen eftersom läckaget anses komma från den riktningen. Den tröga spridningen av fukt och vatten i betongen skulle därför upptäckas i ett tidigare skede.
- Tre sensorer har placerats runt golvbrunnen då den anses vara ett högriskområde för läckage.



Figur 9. Principskiss för tankesättet vid placeringen av noderna.

#### 5.2.4 Tegelmurad Vägg

Väggkonstruktion 2A är en av fyra olika väggar och en av två murade väggar som försöken utförs på. Väggenkonstruktionen består av tegel följt av membran, fästmassa och kakel. Installationer passerar genom väggkonstruktionen och löper horisontellt genom lösullsisoleringen. Infästningen av duschblandare och duschstång görs på samtliga väggkonstruktioner.



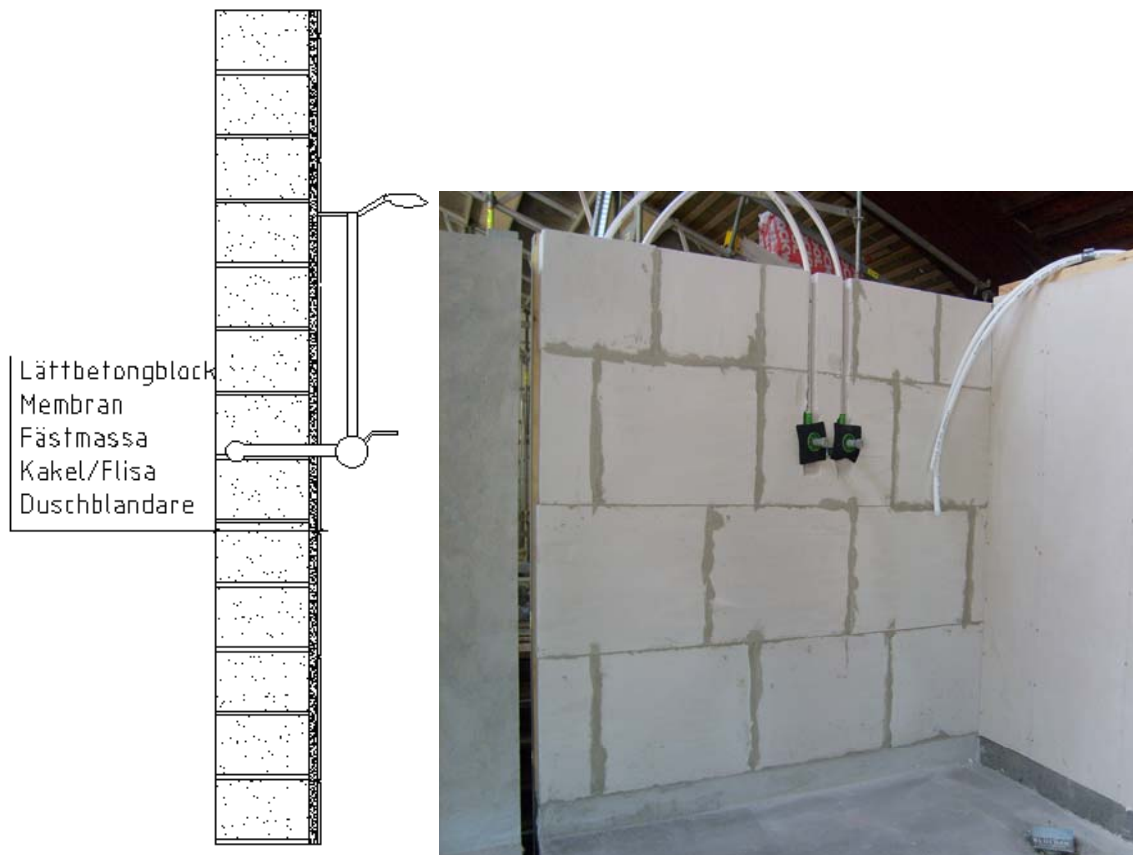
Figur 10. Tegelmurad vägg

#### 5.2.4.1 Fuktteknisk bedömning

Vatten kan lätt transporteras genom fogmassan som använts till kakel/flisa och in till membranet. Om membranet är skadat eller är otät så transporteras fukten genom den in till teglet. Teglet har stor kapillärsugande förmåga och kan då transportera fukt vidare till ett bakomliggande material, som kan vara fuktkänsligt.

#### 5.2.5 Lättbetongmurad Vägg

Lättbetongmurade väggen är den andra uppmurade väggkonstruktionen i projektet, består av lättbetongblock följt av membran, fästmassa och kakel. Installationerna passerar genom samtliga materialskikt. Duschblandare och duschstång fästs in även i denna sektion. Det ända som skiljer de murade väggkonstruktionerna åt är att de är murade med olika material.



Figur 11. Murad vägg med lättbetongblock

#### 5.2.5.1 Fuktteknisk bedömning

Om fukten kommer in genom fogmassan och tätskiktet så kan det uppstå stora fuktproblem innan fukten kan upptäckas genom att vattnet snabbt kan sugas in i lättbetongen och det kan ta tid innan skadan upptäckts. Detta eftersom lättbetong kan suga upp stora mängder vatten kapillärt. Om fukten når intilliggande konstruktion kan den orsaka stora skador. (Nevander Elmarsson 2001)

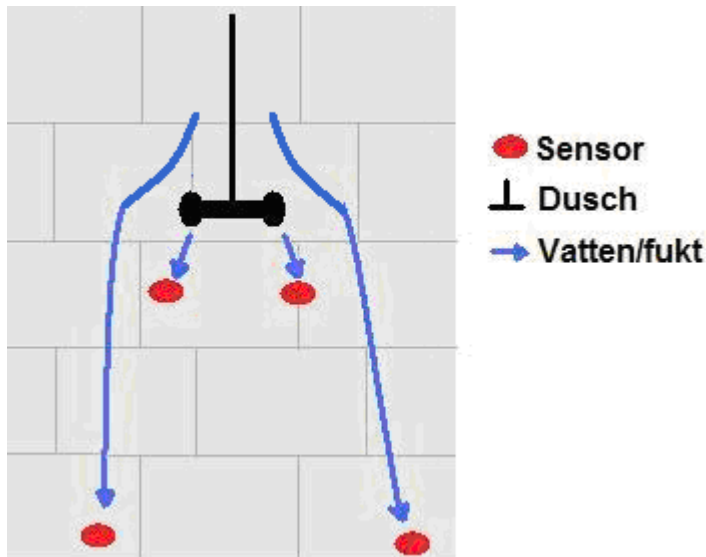
#### 5.2.6 Placering i murade väggar

Här behandlas två typer av murade väggar, en tegelmurad och en lättbetongmurad vägg. Sensorerna placeras inuti den murande väggen. Plats för sensorerna huggs därför ut från lättbetongblocket/tegelväggen.



Följande faktorer har påverkat sensorernas placering:

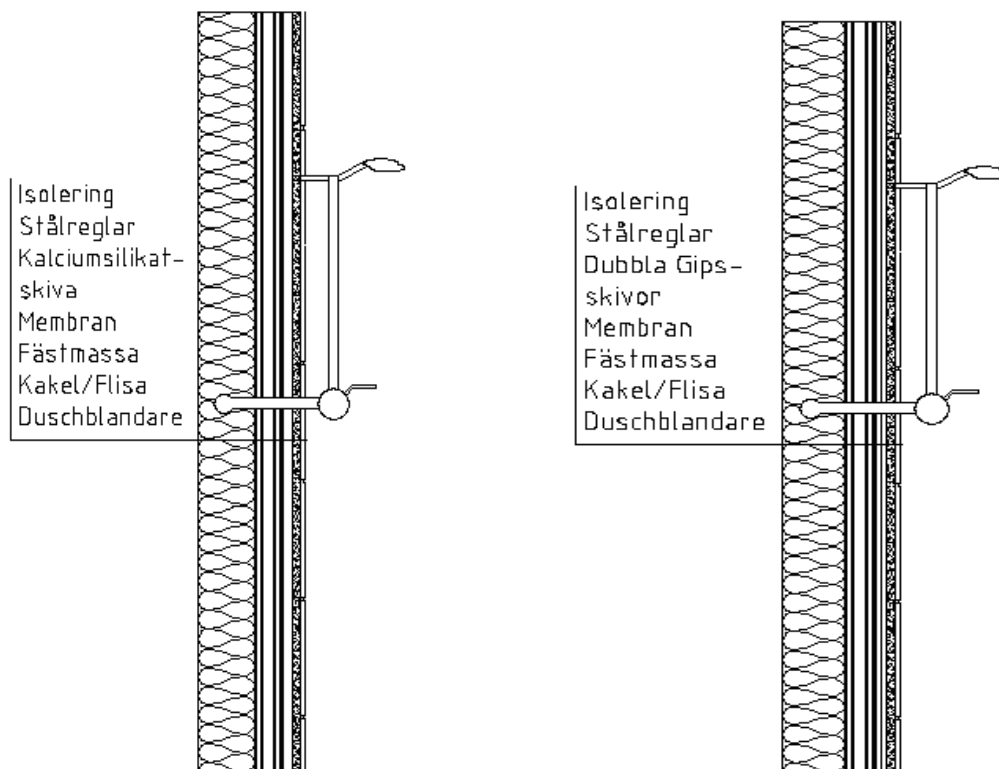
- Fem alternativt fyra sensorer fanns till godo per vägg. Detta var mer än vad som skall användas i vanliga fall. Sensorerna placerades därför jämt ut för att täcka ett brett område av väggen.
- I en murad vägg rör sig fukt och vatten trögare jämfört med en reglad vägg. Vattnet kan också sprida sig över ett större område. Det är därför viktigt att placera sensorerna över en bred yta.
- Duschblandaren och övriga infästningar är oftast ingångsplatsen för vattnet vid vattenskador, då de penetrerar tätskiktet. Mätnoderna placeras med hänsyn till detta. Två noder fästs intill duschblandaren och två/tre noder placeras så nära golvet som möjligt för att registrera eventuella läckage som uppkommer från övriga platser i väggen som slutligen hittar sig ner till väggbotten. Det fanns inte möjlighet att borra hålen närmare golvet av utrustningsskäl.



Figur 13. Principskiss för tankesättet vid placeringen av sensorerna

### 5.2.7 Reglade väggar

De reglade väggarna har båda stålreglar. De består av ett isoleringsskikt, stålreglar med mellanliggande lösullsisolering, kalciumsilikatskiva alternativt dubbla gipsskivor, membran, fästmassa och kakel. Installationer, duschblandare och duschstång återfinns även dem här två konstruktionerna.



Figur 14. Reglade väggar med kalciumsilikatskiva i vänstra konstruktionen och dubbla gipsskivor i högra konstruktionen.

### 5.2.7.1 Fuktteknisk bedömning

Kakelbeklädnaden är en stor bidragande faktor till skador i våtrum eftersom fukt lätt kan transportas genom fogarna. Om fukten lyckas komma förbi membranet så ställs den i ena konstruktionen mot en kalciumsilikatskiva som är både vatten och fuktsäker och i den andra mot dubbla gipsskivor som den kan passera.

### 5.2.8 Placering i reglade väggar

Här behandlas två typer av reglade väggar, med skillnad endast i ytskiktet. Alla sensorer placeras mellan gipsskiva/kalciumsilikatskiva och mineralullsisolering. Sensorerna tejpas med silvertejp fast mot skivan och kordinater på väggen noteras.

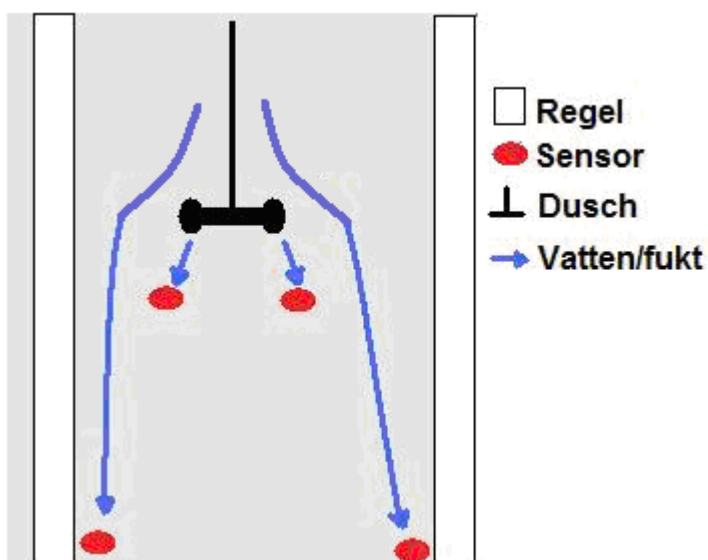


Figur 15. Sensorernas placering i en reglad vägg

Följande faktorer har påverkat sensorernas placering:

- Fem alternativt fyra sensorer fanns till godo per vägg. Detta var mer än vad som skall användas i vanliga fall. Sensorerna placerades därför jämt ut för att täcka ett brett område av väggen.
- Duschblandaren och övriga infästningar är oftast ingångsplatsen för vattnet vid vattenskador, då de penetrerar tätskiktet. Mätnoderna placeras med hänsyn till detta. Två sensorer fästs intill duschblandaren och två/tre noder placeras längre ner i väggen för att registrera eventuella läckage som uppkommer från övriga platser i väggen som slutligen hittar sig ner till väggbotten.

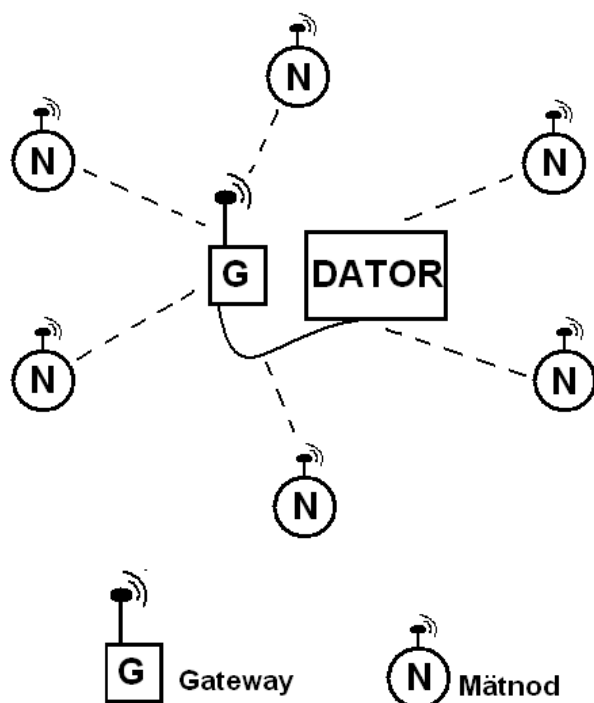




Figur 16. Principskiss för tankesättet vid placeringen av sensorerna.

## 6 System

Från 1 september till 31 december 2008 utfördes en lång rad försök med trådlösa sensorer som anger relativ fuktighet och Temperatur som är utvecklade på Tenkonlogisk Institut och är av fabrikatet WiSensys. Det TI utvecklade sensorsystemet består av en gateway, en dator där all information lagras och upp till 35 sensorer.



Figur 17. Principritning för hur gateway, noder och dator är uppkopplade

## 6.1 Gateway

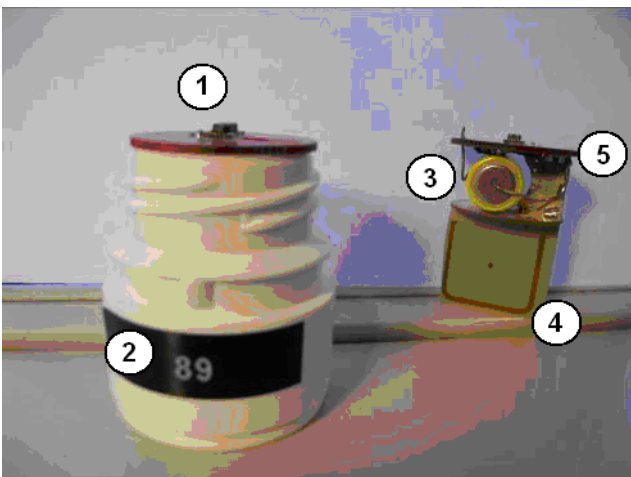
Gatewayen eller mottagaren som man också kan kalla den tar emot signaler från mätnoderna och skickar iväg information till en dator eller via GSM nätet till en server som är placerad på TI. Informationen från mätnoderna skickas med radiovågor genom frekvensen 433 MHz. Gatewayen har inget eget batteri och är därför beroende av strömtillförsel från sladd. Gatewayen kan även stängas av manuellt med en ON/OFF knapp. (Statusrapport sensobyg)



Figur 18. Gateway som är kopplad till dator.

## 6.2 Mätnader

En mätnod består av en antenn, ett batteri, ett kretskort, en sensor och en behållare som allting ligger i. Antennen skickar information med radiovågor på 433 MHz. Sensorn som ligger placerad överst på nodens kretskort och gör dataöverföringar i ett tidsintervall som justeras från 5 minuter till 24 timmar. Batteriet har en utgångsspänning på 3.6 V. Utvecklingen av spänningen i sensorerna kan övervakas och används som referens för att förutspå dess livslängd. Livslängden kan vara upp till flera år. (Thomas Frölund)



1. Sensor
2. Behållare
3. Batteri
4. Antenn
5. Kretskort

Figur 19. En mätnod i behållare och en mätnod ligger placerad utanför.

## 6.2.1 Radiovågor

All kommunikation från trådlösa sensorer sker idag genom radiovågor. Radiovågor är ett namn på elektromagnetiska vågor. Radiovågor har den längsta våglängden, som kan vara flera km i längd. Lagen om elektronisk kommunikation (SPS 2003:389) definierar radiovågor som elektromagnetiska vågor med frekvenser från 9 kHz till 3000 GHz.

### 6.2.1.1 Radiovågor i betong

För att kunna förstå vad som händer när radiovågor transporteras genom en tjock betongvägg eller betongbjälklag, måste man ha kunskapen om samspelet mellan materialet och radiovågor. Radiovågor beter sig på två skilda sätt när den transporteras i fast material och när den transporteras i luft.

Det finns två olika typer av material som påverkar alla elektromagnetiska vågor; ledare och isolatorer. Betong är en isolator.

När en radiovåg träffar ett material kommer en del av dess styrka att reflekteras vid ytan och en del av styrkan att absorberas av materialet. Man talar om reflektion och absorption. För en sensor ingjuten i betong, kommer den förtunnande effekten nästan uteslutande bero på absorption. När en radiovåg färdas genom betong, kommer en del av dess styrka absorberas och generera värme och en del kommer att komma fram till andra sidan. (Gerstig 2009)

Frekvensen 433 MHz kan anses vara en bra frekvens för material eftersom den har bra penetration genom många material och bra räckvidd. ([www.identsys.se](http://www.identsys.se))

## 6.3 Tester på mätnader och gateway

### 6.3.1 Mätresultat från mockupen

Den 29 april 2009 skedde gjutningen av mätnoderna i golv. Redan då blev det komplikationer med sensorerna och gatewayen, eftersom gatewayen inte fungerade. Man placerade 17 mätnader i de båda golvkonstruktionerna. Eftersom sensorerna hade testats innan på TI så beslutades att dessa ändå gjuts in. Då man ansåg att det var fel på gatewayen och inte sensorerna. Vidare har man placerat sensor "E7E7E784" i försökshallen för att mäta RF i omgivningen.

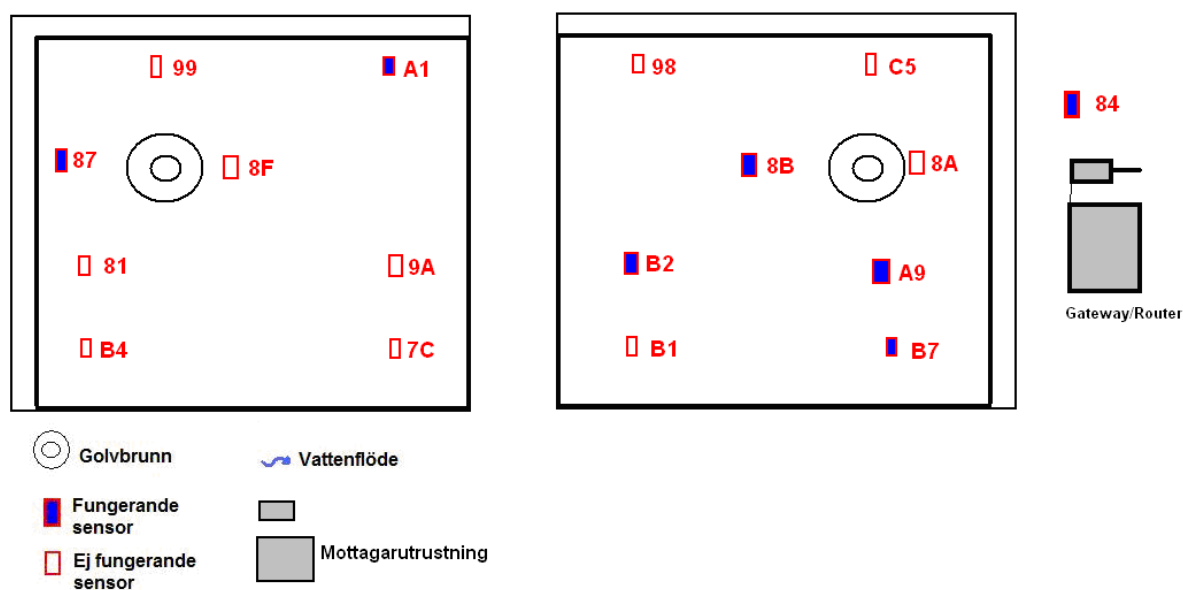
De första data man fått är från 6 maj, dvs. en vecka efter gjutningen av golven. Dessvärre har man bara fått signal från 7 av 17 sensorer. Av dessa fungerar

fyra mätnoder fullständigt, två lägger av kort efter uppstart och 1 sensor ligger utanför mockupen för att kunna göra jämförelser.

Följande sensorer ger utslag:

- E7E7E787 Fungerar
- E7E7E78B Fungerar
- E7E7E7B2 Fungerar
- E7E7E784 Placerad i rummet
- E7E7E7A9 Fungerar vid uppstart
- E7E7E7A1 Fungerar vid uppstart
- E7E7E7B7 Fungerar

Nedan visa en förenklad bild på de olika golvkonstruktionerna. Bilden visar vilka sensorer som är funktionsdugliga.

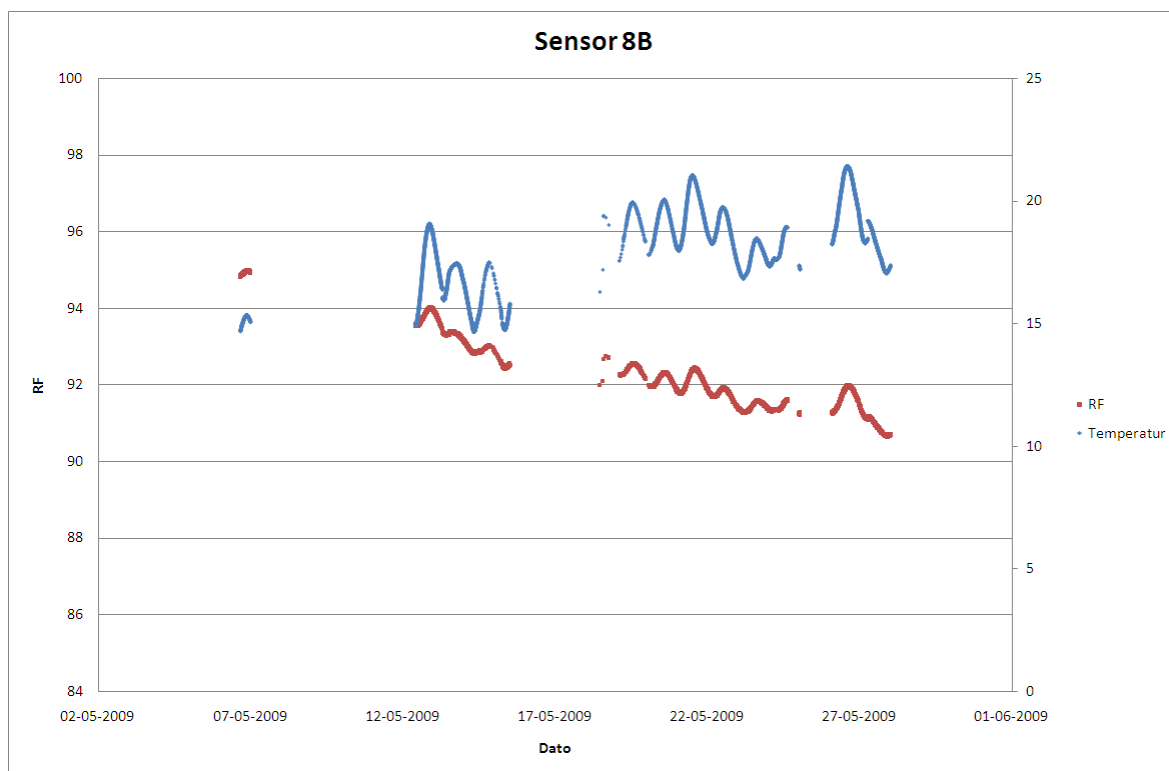


Figur 20. Förenklad bild av mätnodernas funktion

### 6.3.1.1 Fullt fungerande mätnod

Av sju sensorer som levererade information fungerade endast fyra stycken fullt ut. Dessa fyra sensorer har flera avbrott som sträcker sig över flera dagar. Avbrotten betyder att strömtillförseln till Gatewayen upphört och data inte kunnat samlas. Anledningen kan sannolikt vara att någon av misstag dragit ut sladden eller att delar i mottagarutrustningen behövt bytas ut eller använts i annat projekt.

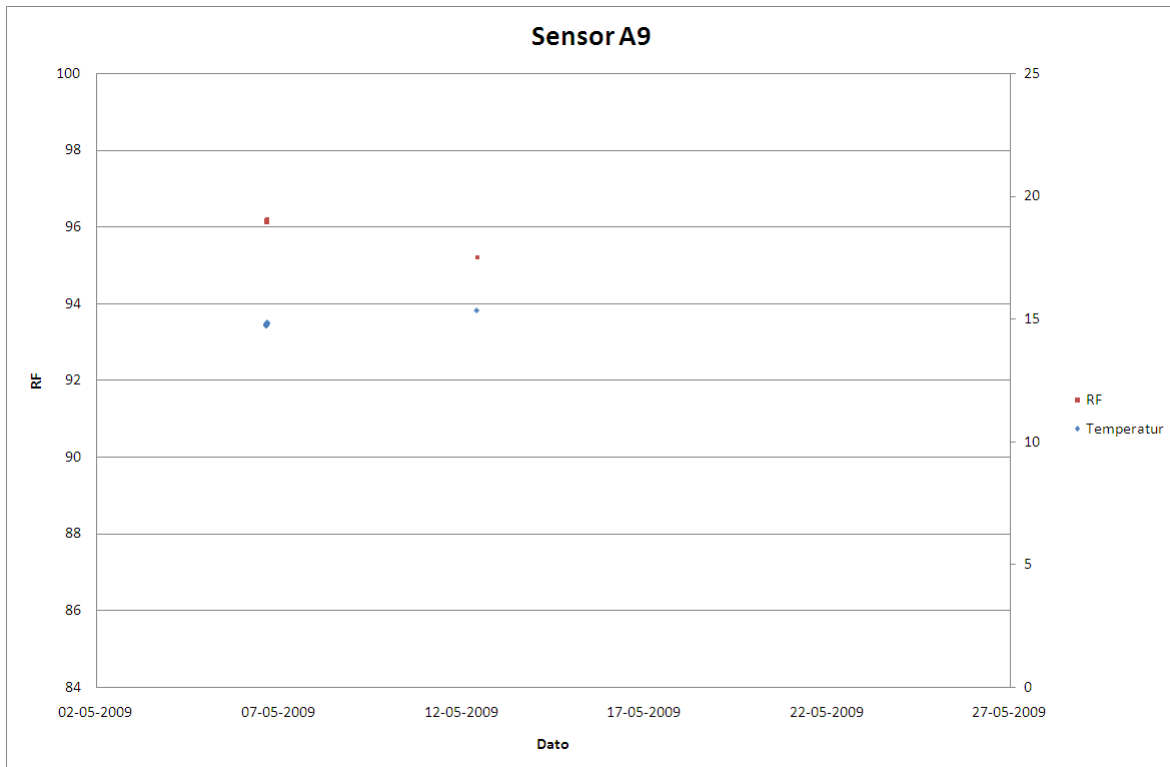
I figur 21. visas resultat från sensor 8B som är ingjuten i betong och anses fungera fullt ut. Den blå linjen visar temperaturen och den röda linjen visar relativa fuktigheten. Relativa fuktigheten överensstämmer med temperaturvariationerna. För varje grad som temperaturen förändras ändras också relativa fuktigheten med ungefär 0,3. Ett exempel på avbrott är mellan 07-05-2009 och 12-05-2009, då Gatewayen sannolikt lånades till ett annat projekt.



Figur 21. Relativ fuktighet och temperatur resultat från sensor 8B.

### 6.3.1.2 Delvis fungerande mätnod

Två av dem mättnoder som anses fungera levererar endast information i sina första sändningar. Därefter upphör dem att fungera. Efter strömavbrotten som drabbat alla sensorer levererar dem återigen information enstaka gånger men upphör därefter att fungera. Informationsleveranserna sammanfaller med leveransstarten hos en fullt fungerande mätnod.



Figur 22. Sensor A9 fungerande bara vid uppstart.

### 6.3.2 Test av räckvidd

Signalstyrkan från sensorerna till gatewayen har undersökts i två försök. Det har gjorts bl.a. genom att man har förflyttat gatewayen och undersökt om det har uppstått några komplikationer. Ett sätt att undersöka räckvidden är att flytta gatewayen till dess att kontakten med mätnoderna upphör. Det har gjorts två olika försök för att pröva detta. Så länge mätnoden kan identifieras kommer den finnas kvar på skärmen på datorn som är ansluten till Gatewayen. När sensorn försvinner från skärmen betyder det att det maximala avståndet överskridits.

#### 6.3.2.1 Försök 1.

I detta försök placerades en mätnod utomhus med inga mellanliggande hinder mellan mätnod och gateway. Detta görs för att skapa optimala förhållanden för att räckvidden ska vara så lång som möjligt. Avståndet mellan sensorn och mättes med fotsteg. På 70 meters avstånd kunde inte mätnoden identifieras. Att mätnoden identifieras betyder inte att man kan den kan leverera data på samma avstånd.

#### 6.3.2.2 Försök 2.

I detta försök testades räckvidden mellan gateway och mätnader som var ingjutna i betongplattan. Betongplattan är ca 150 mm tjock och mätnader är

ingjutna ungefär 50 mm från botten. På 20 meters avstånd kunde mätnoderna inte identifieras.

## 7 Slutsats

Under laborationsarbetet har vi bland annat signalstyrkan undersökts, bestämmandet av placeringen och i viss mån undersökningen sensorernas effektivitet. Eftersom projektet med trådlösa fuktsensorer i våtrum befinner sig i sitt begynnelsekedje, läggs stor vikt på dokumentationen och beskrivningen av mockupen. Så att denna handlig kan nyttjas för fortsatta studier.

Sensorernas signalstyrka och effektivitet har varierat från sensor till sensor. Slutsatserna är att:

- Av totalt 17 sensorer ingjutna i golvet får man endast signal från sju stycken, varav en sensor befinner sig utanför ”mockupen” och två sensor lägger av efter uppstart. Med kunskapen att alla sensorer fungerade innan ingjutning kan man dra slutsatsen att i samband med eller efter ingjutning orsakat störningar och att mer än hälften inte fungerar alls därefter.
- En fullt fungerande sensor ingjuten i betong och omgiven av armeringsjärn kan identifieras på högst 20 meter från gatewayn.
- En fullt fungerande mätnod fritt upplagd med inga mellanliggande hinder kan identifieras på högst 70 meter från gatewayen.

Ingen ordentlig slutsats kan dras för valet av placeringsplats för sensorerna, då det inte utförts några tester på labbet i Lund. Det man kan säga om placeringen är:

- Antalet sensorer som användes i projektet är fler än vad som i ett eventuellt skarpt läge kommer att användas. Detta gav utrymme för placering.

### 7.1 För fortsatta studier

Det fortsatta arbetet med ”Mockupen” bör kunna underlättas av dem dokumenteringar och beskrivningar som gjort under arbetets gång. För fortsatta studier rekommenderas att följande nyttjas:

- Bilaga 1: Bruksanvisning för hanteringen av mjukvaran för gateway och sensorer
- Bilaga 2: Ritningar över väggar och golv där bland annat koordinater anges för sensorer.



## 7.2 Reflektioner

Uppstarten av laborationsarbetet med trådlösa fuktsensorer i våtrum har varit kantad av förseningar och otydliga direktiven. Denna rapport har utförts i ett tidspressat schema, och flera planerade moment har därför inte utföras innan rapporten färdigställdes.

För att iden med sensorer i våtrum ska bli ett lyckat projekt skall sensorerna förbättras avsevärt. Misstakar finns att armeringen i betongplattan stör sensorernas förmåga att leverera data till gatewayen. Vidare kan man undersöka tätheten på behållaren som sannolikt är anledningen till att mer än hälften av sensorerna inte fungerat. Detta är trots allt misstankar och en undersökning av de ingjutna sensorerna har inte kunnat göras, och därför inget heller ha bevisats. Ett förslag för framtida studier är att de ingjutna sensorerna kontrolleras.

Eftersom ineffektiviteten hos sensorerna var så omfattande efter ingjutning i golvet finns risk att hela väggar kan ha försetts med delvis eller inte alls fungerande sensorer. Möjligheten att byta ut dåliga sensorer är större i väggar jämfört med dem i golv. Sensorerna ligger placerade mellan stålreglarna och i de murande väggarna ligger de inhuggna.

## 8 Källförteckning

### Tryckta källor

Beck, Björn. Fixa fuktskadan (1997). Stockholm, Nordsteds tryckeri

Brandt, Erik., Vådrud (2001) By og Byg Anvisningar 200. Köpenhamn, Rosendahls Bogtrykkeri

Follin Tom, Kling Rolf, Örnhall Hans, Våtrumshandboken (1994), Stockholm svensk tryck AB

Nevander, Lars Erik och Elmarsson, Bengt. Fukthandbok(2001), praktik och teori. Stockholm. Elander svensk tryck AB.

### Elektroniska källor

Boverket, BBR (2008) BBR kap 6 Hygien, hälsa miljö. Hämtad från <[www.boverket.se](http://www.boverket.se)> April 2009

Byggindustrin 2007. Artikel ”plastmatta oslagbart tätskikt”. Hämtad från [www.byggindustrin.com](http://www.byggindustrin.com), juni 2009

GVK, Säkra våtrum. Hämtad från <[www.gvk.se](http://www.gvk.se)> April 2009

Newsdesk. Hämtad från <[www.newsdesk.se](http://www.newsdesk.se)> april 2009

Sensobyg. Hämtad från <[www.sensobyg.dk](http://www.sensobyg.dk)> Juni 2009

Säkert vatten. Branschregler Säker Vatteninstallation. Hämtad från <[www.sakervatten.se](http://www.sakervatten.se)> April 2009

VASKA. Vaska visar vägen. Hämtad från <[www.formas.se](http://www.formas.se)> April 2009

Vattenskadeundersökning 2008. Hämtad från <[www.vattenskadecentrum.se](http://www.vattenskadecentrum.se)> april 2009

Whitlock 2009. Artikel ”Vattenskador fortfarande ett stort problem” #4 2009. Hämtad från <[www.vvs-forum.se](http://www.vvs-forum.se)> april 2009

## **Muntliga källor**

Thomas Frølund, konsult, Teknologisk Institut

## **Övriga källor**

Gerstig (2009). Kort litteraturstudie. Trådlös sensorteknik för ingjutning i betong. Lund

Statusrapport Sensobyg TFD KS, Beton byggeri 2008

## Bilaga 1.

### Mjukvaran- Bruksanvisning

Vägledningen täcker alla typer av TI sensorer. Innan man aktiverar mjukvaran är det viktigt att man ansluter gatewayn till spänning på 230 V samt att gatewayn är ansluten datorns RS232 port, den s.k. COM1.

### Gateway/ Basstationen

Tryck ON/OFF knappen tills den gröna lampan på motsatt sida vid 433 MHz skriften börjar lysa. Nu är Gatewayn klar för förbindelse.



### Bild på gatewayn



Gateway sett nedifrån



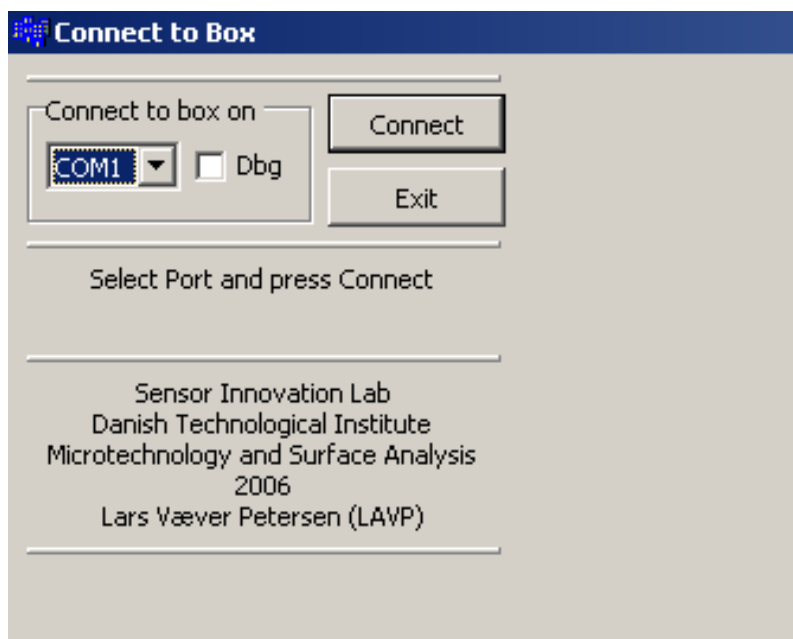
Gateway sett uppifrån

### SMSGATEWAY programmet

SMSGATEWAY är ett program som används för läsning och programmering av fukt och temperatur som också är utvecklat på Teknologiska Institutet.

### Starta programmet

Programmet startas vid dubbelklick och följande ruta dyker upp:



Sedan trycker man connect och då dyker det lista upp på aktiva sensorer.

Sensor Innovation Lab

System Sensors Setup Data Logging View Debug Graphs

Show dots

Sensor List

Show	Addr	Descr	I	S	Humi	Temp	Batt	Time	Pend	Stat
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E79A	New 000	?	A	42,0%RH	22,75°C	2,35V	16-01-06 00:10:34	TO	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E7AD	New 001	?	A	42,4%RH	23,27°C	3,35V	16-01-06 00:48:59	TO	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E764	New 002	?	I	75,7%RH	22,80°C	3,49V	1-01-06 00:17:57	SET	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E76D	New 003	?	I	73,8%RH	22,60°C	3,59V	27-05-06 01:03:27	GET	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E769	New 004	10	I	40,6%RH	22,57°C	3,55V	1-01-06 00:18:14	-	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E770	New 005	32	I	34,1%RH	22,63°C	3,39V	1-01-06 00:17:55	-	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E748	New 006	?	I	60,4%RH	22,76°C	3,52V	27-05-06 06:14:46	GET	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E7BE	New 007	?	A	42,8%RH	23,33°C	3,45V	16-01-06 00:48:51	TO	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E7BB	New 008	?	A	42,2%RH	23,07°C	3,48V	16-01-06 00:49:01	TO	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E79E	New 009	65	A	37,8%RH	24,54°C	3,62V	16-01-06 00:48:12	-	2,1
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E76F	New 010	10	I	40,7%RH	23,92°C	3,58V	26-05-06 23:42:59	-	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	E7E7E747	New 011	10	I	40,1%RH	25,06°C	3,57V	26-05-06 23:48:45	-	0,0

View Timespan: Program start, 24 hours, 12 hours, 6 hours, 1 hour, 30 min, 15 min, 5 min

Humidity %RH

Temperature °C

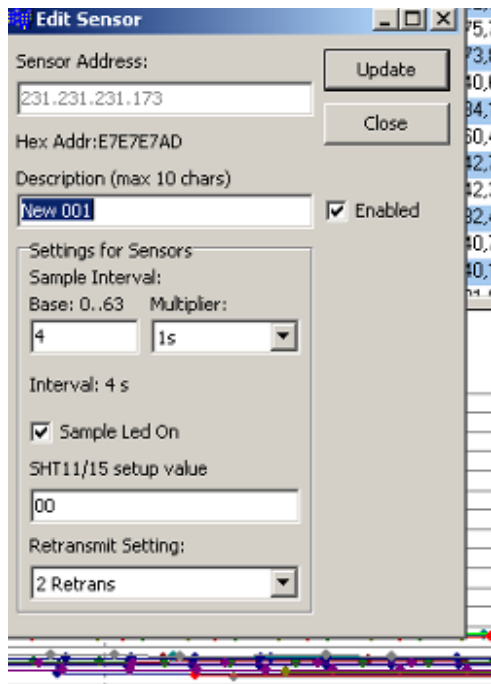
Box ID: 00:00:00:02 Active Sensors: 20 Insert SIM (-0dbm) Data logging off

Start [Taskbar icons] 09:17

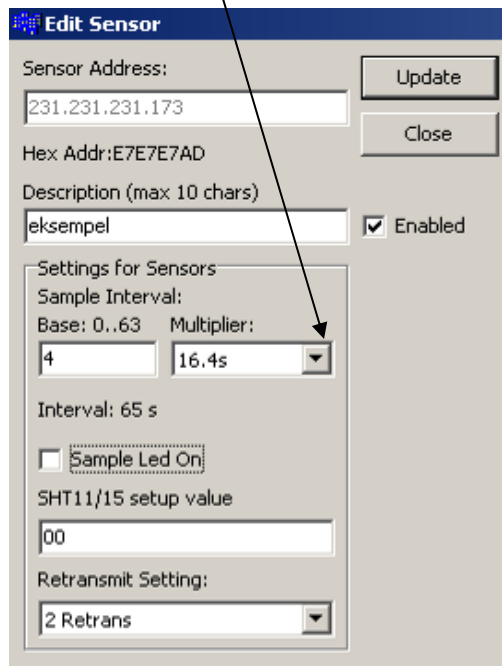
## Inställning av sensorerna

Tryck på den linjen som du önskar att ändra och se till så att den är markerad. (kolla efter nog, det är svårt att se)

Tryck på knappen **edit sensor** och följande meny dyker upp:



Tiden ställs in på t.ex. 65 sekunder så ska du sätta basen till 4 och multiplicera med 16,4 (finns i nedrullningsmenyn)



För att spara på energiförbrukningen så bockar du av rutan vid den lilla texten **Sample Led On** och sensorernas inställningar ändras när du klickar på **Update**

**Edit Sensor**

Sensor Address: 231.231.231.173

Hex Addr: E7E7E7AD

Description (max 10 chars): exempel  Enabled

Settings for Sensors

Sample Interval:

Base: 0..63 Multiplier: 16.4s

Interval: 65 s

Sample Led On

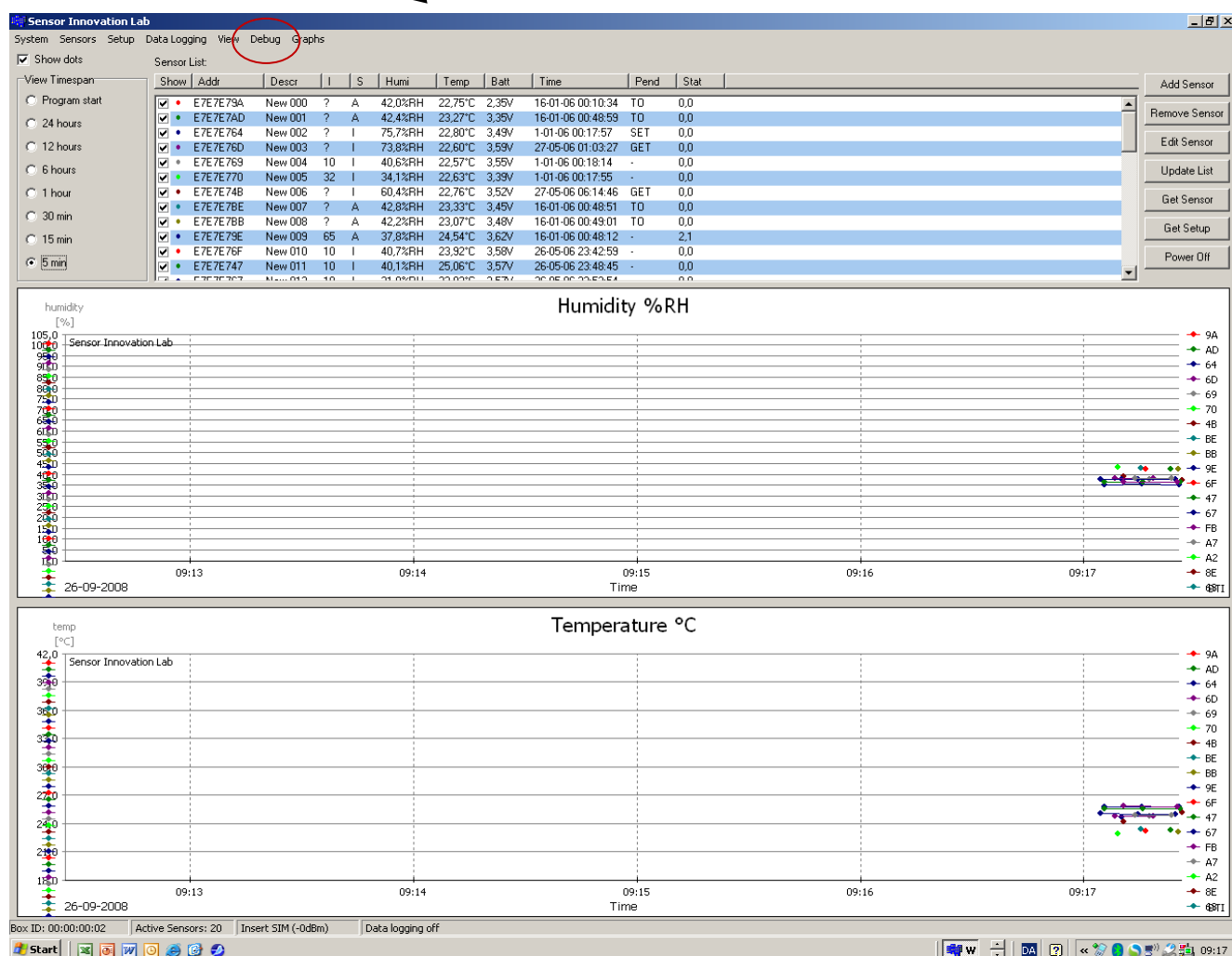
SHT11/15 setup value: 00

Retransmit Setting: 2 Retrans



## Inställning av tid och data på gatewayn

För att rätt tid och datum på sensormätningarna är det därför nödvändigt att ställa in tiden på gatewayn. Detta görs genom att trycka på **Debug** av fönstret.



Sedan dyker följande programruta upp. I högra sidan av skärmen aktiveras knappen **set Time to PC time**.

# Set to PC time

The screenshot shows the 'Debug and test' window with a log of AT commands and responses. A red arrow points from the text 'Set to PC time' to the 'Set Time to PC time' button in the right-hand panel.

**Debug texts:**

```

[11:15:36.665] ATZ
[11:15:36.753] Resp: OK
[11:15:36.753] AT+CPIN?
[11:15:36.853] Resp: ERROR
[11:15:36.853] Retrying
[11:15:37.166] AT Resend
[11:15:37.370] <REQ: [REQ_TIME_SET]
[11:15:37.526] RSP>: <REQ_TIME_SET>[RSP_GENEREL_RSP][OK]
[11:15:37.542] <REQ: [REQ_TIME_GET]
[11:15:37.573] RSP>: [RSP_TIME_GET][OK]
[11:15:37.589] Time Get
[11:15:37.855] AT+CPIN?
[11:15:37.964] Resp: ERROR
[11:15:37.964] Retrying
[11:15:38.261] AT Resend
[11:15:38.966] AT+CPIN?
[11:15:39.060] Resp: ERROR
[11:15:39.060] Retrying
[11:15:39.326] AT Resend
[11:15:39.341] RSP>: [RSP_SNS_TIMEOUT]
[11:15:39.357] <REQ: [REQ_SENSOR_GET]
[11:15:39.373] RSP>: [RSP_SNS_TIMEOUT]
[11:15:39.404] RSP>: [RSP_SENSOR_GET][OK]
[11:15:39.419] <REQ: [REQ_SENSOR_GET]
[11:15:39.435] Sensor Get:02
[11:15:39.466] RSP>: [RSP_SENSOR_GET][OK]
[11:15:39.764] Sensor Get:03
[11:15:40.061] AT+CPIN?
[11:15:40.171] Resp: ERROR
[11:15:40.171] Retrying
[11:15:40.468] AT Resend
[11:15:41.172] AT+CPIN?
[11:15:41.266] Resp: ERROR
[11:15:41.266] Retrying
[11:15:41.579] AT Resend
[11:15:41.829] E7E7E75D
[11:15:41.845] RSP>: [RSP_SNS_ACTIVE]
[11:15:41.861] <REQ: [REQ_SENSOR_GET]
[11:15:41.876] DB Full
[11:15:41.876] RSP>: [RSP_BUFFER_INFO]
[11:15:41.923] RSP>: [RSP_SENSOR_GET][OK]
[11:15:41.923] Sensor Get:02
[11:15:42.314] AT+CPIN?
[11:15:42.377] Resp: ERROR
[11:15:42.377] f:SendCommandWaitingGB WR
[11:15:42.377] Error: Insert SIM
[11:15:42.408] RSP>: [RSP_NETWORK_INFO]
[11:15:42.408] RSP>: [RSP_GSM_GPRS_STATUS]
[11:15:42.706] Insert SIM
[11:15:47.338] RSP>: [RSP_BEACON]
  
```

**Buttons and Panels:**

- Buttons: save, clear, Close, Conn Data, Conn Email, RESET, POWER, RTS, DTR, Disconnect Req, Set all to default and reboot, Battery Info, Set Signals, Clear XEEPROM, Get Signals, Modem On, Modem Off, Send Email, Send test SMS, get SW version, PowerSave, Set Time to PC time, Get Time, Get GSM Status, Misc Info Get.
- Battery Status: 3.91, Charging, Charger present.
- System Info: Label10, Sample DB Size: 7710, Sensor DB Size: 45, Box ID: 00:00:00:02, HW Version: 1.2, MCU SW: v1.97.270407, 8-01-09 11:15:37, System State: ON, PC SW Version: v1.6.281106.
- GSM/GPRS status: Network Status: Not Registered and Not search, SimCard Status: Error, Phone Act Status: Ready for commands, Insert SIM, RSSI: -0dBm, GSM 900 ch=0, Connection State: Std Init.
- Buffer Status: Status: FAIL, Level: 7708 (100.0%).
- Modem AT command Send: AT Command test, Expected result (1), Edit1, Edit2, Label4, Send AT.
- Radio State: Off, On (selected), Samples Ignore.
- Edit3, Start Sample Selftest.

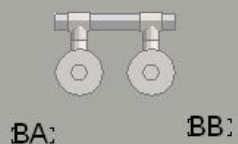
## BILAGA 2

Nedan följer ritningar med koordinater för alla sensorer som ingår i projektet. Koordinaterna är angivna i centimeter och lägg märke till startpunkten för dessa koordinater( ORIGO).



## Väggkonstruktion 2B Lättbetongvägg

Sensor	X-led	Y-led
BA	103	89
BB	77	80
C4	117	25
7A	66	25



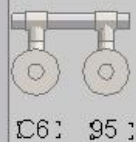
C4:

7A:

ORIGO (0;0)

## Väggkonstruktion 3A Regelvägg-gips

Sensor	X-led	Y-led
C6	110	40
95	85	38
C7	135	14
97	103	14



C7:

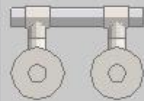
97:

ORIGO (0;0)

# Väggkonstruktion 3B

## Regelvägg-kalcium

Sensor	X-led	Y-led
C7	40	95
CC	40	110
B6	18	20
B0	97	20
C3	118	20



C7 : CC :

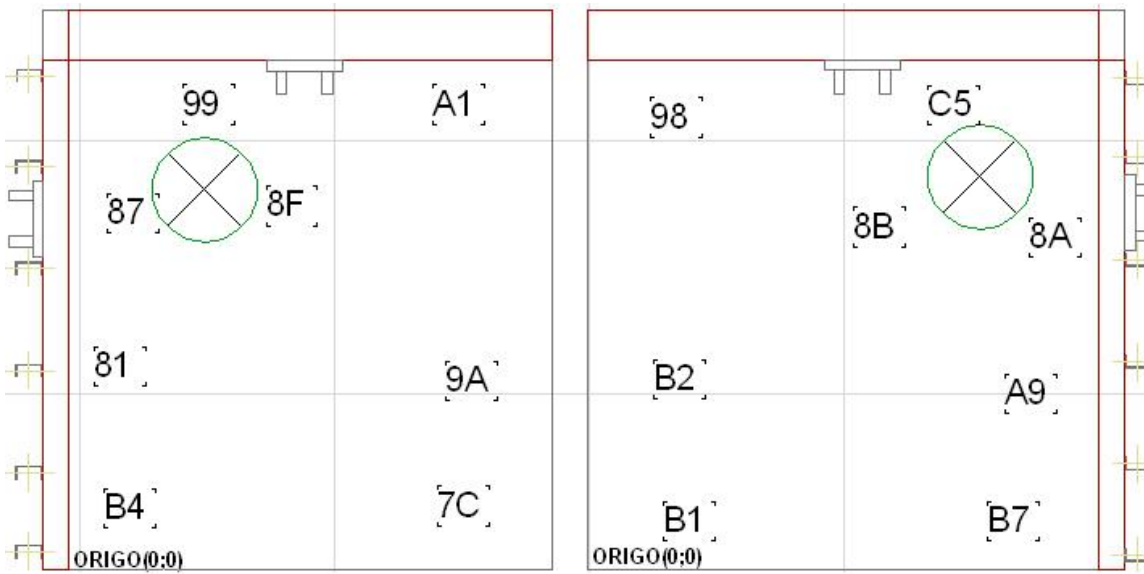
B6 :

B0 :

C3 :

← ORIGO (0:0)

## Golvkonstruktion 1A & 1B



Sensor	X-led	Y-led
99	40	190
A1	180	190
87	30	180
8F	50	180
81	35	110
9A	185	110
B4	35	40
7C	30	170

Sensor	X-led	Y-led
98	25	180
C5	160	180
8B	145	160
8A	180	160
B2	105	30
A9	180	80
B1	40	25
B7	170	25