



HÖGSKOLAN I BORÅS
INSTITUTIONEN INGENJÖRSHÖGSKOLAN

Mätning av fuktnivåer i betonggolv

Measurement of moisture levels in concrete slabs

Dennis Metin
Dylan Hashem

Uttorkningsprocessen av fukt i betonggolv

Dehydration process of moisture in concrete floor

Dennis Metin S093725@student.hb.se

Dylan Hashem S105322@student.hb.se

Examensarbete, 15 hp

Ämneskategori: bygg Teknik

Högskolan i Borås
Institutionen Ingenjörshögskolan
501 90 BORÅS
Telefon 033-435 4640

Examinator: Agnes Nagy

Handledare, namn: Jonas Carlswärd

Handledare, adress: Betongindustri AB

428 36 Kålleröd

Uppdragsgivare: Betongindustri organisation, Jonas Carlswärd, Kålleröd

Datum: <datum för godkännande>

Nyckelord: Fukt, Relativ Fuktighet, RF, Betong, Byggcement, Mätningar, Uttorkning, Bi-Dry, vct

Sammanfattning

Examensarbetet redovisar försök utförda på betonggolv i syfte att studera betongens uttorkningsprocess. Testresultaten jämförs med beräkningar utförda i BI Dry och TorkaS.

Betongen i testerna utsattes för fuktbelastning av olika grader och skeden.

Detta skulle modellera att betong på byggen exponeras för väder och vind.

Examensarbetet innehåller både litteraturstudier gällande betongens uttorkningsprocessen och tester.

TorkaS 3.2, BI Dry 2.0 samt HumiGuards webbaserade beräkningsprogram användes för att beräkna uttorkningsprocessen och göra en analys av uppmätt data.

Abstract

The thesis reports experiments performed on the dehydration process of moisture in concrete floor specimens. The aim is to study the RF-values in concrete exposed to humidity and for comparing actual measurements with calculation results from software. Investigation is made on the drying concrete affected by moisture at different levels and stages modelling for cases where concrete is usually exposed to weather conditions for fairly long periods before a controlled drying environment is achieved. The thesis was performed by using literature studies and tests. For each concrete slab specimen moisture controls were mounted sampling data which was implemented into the calculation program. TorkaS 3.2, BI Dry 2.0 and HumiGuard webbased calculation software was used for modelling the drying process and it is reported with graphs in the work.

Förord

Detta examensarbete genomfördes på Högskolan i Borås och Betongindustri i Kålleröd. Arbetet är en del av Byggingenjör linjen som omfattar 180 hp/examensarbets omfattning är 15hp.

Först och främst vill vi rikta ett stort tack till vår handledare i Betongindustri Jonas Carlswärd som visade intresse för vår idé och under hela arbetets gång tog sig tiden att hjälpa oss. Arbetet och resultaten hade inte varit möjligt utan hans hjälp.

Vi vill tacka Agnes Nagy på Högskolan i Borås för all hjälp och vägledning som vi har fått.

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Syfte	1
1.4 Metod och material	2
2. Fukt i betong	3
2.1 Allmänt om betong och fukt	7
2.2 Vanliga fuktproblem	9
2.2.1 Skadefall kopplade till fukt	11
2.3 Fuktkällor	13
2.3.1 Fuktkällor under byggskedet	13
2.3.2 Fuktkällor under brukskedet	14
2.4 Fukt vid framställning av betong	15
2.4.1 Byggfukt	17
2.5 Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, (SP)	20
2.5.1 Rådet för ByggKompetens, (RBK)	Error! Bookmark not defined.
2.6 Boverkets Byggregler, (BBR)	24
2.6.1 Bygga F	Error! Bookmark not defined.
2.6.2 Hus AMA 2011	Error! Bookmark not defined.
2.7 Fysikaliska fenomen bakom uppfuktning	18
2.8 Applicera matta över betonggolvet	19
2.9 Fuktdimensionering	Error! Bookmark not defined.
3. Experimentella undersökningar	27
3.1 Betongrecept	31
3.2 Tidsschema för mätning av fuktnivå och temperatur	33
3.3 Försöksupplägg	34
3.4 Mätssystemet HumiGuard	38
3.4.1 RF-givare	39
4. Resultat	41
4.1 Uttorkningsberäkning med TorkaS, BI Dry och HumiGuard	48
4.2 Uttorkningsberäkning med BI Dry 2.0	Error! Bookmark not defined.
5. Frågor till Ted Rapp på RBK.	50
6. Diskussion	52
7. Slutsats	53
Referenser	54

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Betongindustri AB är en marknadsledande leverantör och tillverkare av fabrikstillverkad betong till byggindustrin, dessutom har privatpersoner tillgång till deras utbud. Företaget ingår i HeidelbergCement-koncernen. HeidelbergCement är ledande i den globala marknaden inom ballast, cement och betong. (**HeidelbergCementGroup**)

Fukt i betong har under lång tid varit ett relativt högt prioriterat forskningsområde för den svenska byggindustrin. Forskningen har bl.a. lett till att det idag finns beräkningsprogram för att kunna göra uttorkningsprognoser och att speciella betonger med snabb uttorkning används i allt högre utsträckning för att klara kraven på korta byggtider.

Orsaken till att fuktnivån i en betongkonstruktion är så viktig att ha kontroll över är inte att betongen i sig tar skada. Istället är det när andra typer av material, oftast golvbeläggningar, kommer i kontakt med fuktig betong som skador kan uppstå. I väldigt många betongkonstruktioner idag ställs det därför krav på att betongen vid tidpunkten för golvbeläggning skall ha torkat ut till en viss bestämd RF-nivå, som beror på typ av golvbeläggning som mattor och klinkers. Detta krav innebär ofta att man tvingas använda betydligt mer högkvalitativa betongsorter än vad som är nödvändigt ur ett rent konstruktivt perspektiv. För att kunna bedöma vilken typ av betong som krävs används normalt ett särskilt beräkningsprogram för dimensionering av uttorkning. Strax innan det är dags att lägga på golvbeläggning på betongen görs normalt även en mätning av RF-nivån i betongen.

Erfarenheter från dylika uppföljningar har tyvärr visat att det är vanligt att RF-kraven inte uppfylls vid rätt tidpunkt trots att man har valt högvärdiga betonger. En sannolik orsak till detta är att fritt vatten eller fukt i många fall blir stående under långa perioder på betonggolven under byggskedet. Det är högst troligt att de beräkningsprogram som idag finns tillgängliga på marknaden inte tar hänsyn till denna fuktbelastning på rätt sätt.

1.2 Avgränsningar

Detta examensarbete fokuserar på ensidig uttorkning av betongplattor med hänsyn till betongens RF-värden samt vct. Uteklimatets påverkan på betongplattorna beaktas ej.

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka och testa hur fuktbelastning i olika skeden påverkar olika typer av betongs uttorkning.

Uppmätta uttorkningsförlopp kommer att jämföras med prognosticerade för att se hur väl programmen tar hänsyn till effekten av uppfuktning. Genom att visa verkliga uttorkningsprocessen och jämföra dem med beräkningsprogrammets antaganden om hur betongen kommer torka ut vill vi försöka påvisa om det finns brister i programmen som behöver justeras.

1.4 Metod och material

I början av arbetet utfördes en litteraturstudie för att ge en mer djupgående förståelse om hur betong beter sig i miljöer där betongen blir utsatt för fukt och torrläggs.

Hänsyn har även tagits till tidigare undersökningar av uttorkningsprocesser angående betong. Data som har hämtats baserar sig på vetenskapliga artiklar, böcker och hemsidor.

Genom handledning från Betongindustri har en provserie genomförts för att bestämma uttorkningsförloppet i betong som fukt belastas i olika skeden. Frågor och funderingar har kunnat besvaras genom handledning från Betongindustri som har gett oss mer insyn i hur betong beter sig i olika sammanhang.

Relativ Fuktighet, (RF), och betongens temperatur mättes med hjälp av mätinstrument av typ HumiGuard. Efter mätning registrerades de framtagna värdena i ett datorsystem (Industrifysik), som i sin tur omvandlade de registrerade värdena (konduktans) till aktuella RF- respektive temperaturvärden..

För att få fram hållfastheten i betongen har sex kuber tillverkats, tre kuber hade $v_{ct} = 0,34$ och de andra tre hade $v_{ct} = 0,49$. Hållfastheten för kuberna testades med hjälp av tryckprovningssmaskin som Betongindustri hade tillgång till.

Resultat från testerna på betongen sammanfattas och presenteras i form av tabeller och diagram. När resultat inte har varit trovärdiga kommer antaganden att beaktas.

2. Fukt i betong

Några veckor innan man ska lägga golv är det mycket vanligt att betongen beläggs med cementbaserad avjämningsmassa. Eftersom avjämningsmassan innehåller en hel del vatten är det troligt att uttorkningstiden av betongen förlängs. Ett misstag som kan förekomma med jämna mellanrum är att man går efter en mall om huruvida de använder sig av avjämningsmassan och lägger därför inte några extra försiktiga åtgärder på just den problematiken, vilket är ett klassiskt fel och det kan leda till förödande konsekvenser som till exempel fuktskador på större delen av betongplattan. Dessa fel tar längre tid att korrigera, eftersom betongen har hunnit suga in mycket luft i porerna och är fuktig, betongen avger fukt som andra byggmaterial tar skada av. **(Johansson 2005)**

TorkaS är ett dataprogram som är utvecklat och baserat på mätresultat på betong med byggcement. Detta innebär att Torka-S kan ge fel resultat om man använder andra typer av cement. Idag är det ovanligt att rena Portlandcement används vid husbyggnad. Istället används olika typer av blandcement, t.ex. BAS – eller Byggcement. Detta är självklart en möjlig felkälla när man gör fuktprognoser.

Av de beräkningsprogram som finns på marknaden idag är inget utav dem anpassat för att beräkna på alla typer av cement. Det finns beräkningsprogram som är anpassade till exempelvis BAS-cement, (flygaskecement), men inte till Byggcement och tvärtom för andra beräkningsprogram.

Man kan tillverka materialet betong på olika sätt. På grund av materialets beständighet används betong när man bygger t.ex. vattenbassänger, avloppssystem och vattentorn. Eftersom materialet är fukttåligt klassas den som ett säkert material ur fuktsynpunkt. Problem uppstår när materialet kommer i kontakt med andra byggmaterial som är fuktkänsliga.

För att påskynda betongens uttorkningsprocess kan man använda sig av diverse olika metoder och verktyg och skador kan materialet kan undvikas.

<http://www.svenskbetong.se/betongens-egenskaper/fukt.html> [Hämtad 2015-01-24]

Fukt i sig är en molekyl som består av en syreatom och två väteatomer. Man kan finna fukt i princip överallt förutom i metall och glas.

Fukt förekommer i tre faser:

- Vätskeform (Vatten)
- Fast form (is och snö)
- Gasform (vattenånga)

Fukt i luften kan definieras som ånghalt, vilket är mängden vattenånga som finns i luften.

Ånghalten anges i enheten: g/m³

Anledningen till att fukt lägger sig i material är för vatten kommer i kontakt med det.

När vattenmolekylerna binder sig med materialets inre ytor sker adsorption. Slutsats kan dras att fukten trivs nästa överallt men är mycket svårt att få bort.

<http://www.fuktinfo.se/las-mer-om-fukt-mogel-och-fuktskador/fukt-allmant-2/>

[Hämtad: 2015-05-07]

2.1 Beräkningsprogram för fukt i betong

TorkaS och BI Dry är de beräkningsprogram som används mest idag på marknaden. Skillnaderna är inte märkvärdiga, trots det får man olika resultat när man matar in samma värden. Anledningen kan vara att BI Dry är en senare och mer uppdaterad version än TorkaS.

TorkaS

PC-programet TorkaS används för bedömningar av uttorkningstider av nygjutna betongkonstruktioner. Första versionen av TorkaS användes för beräkningar av Slite Standardcement men den nyare versionen 3.2 används för beräkningar av Byggcement. Beräkningsprogram som TorkaS är begränsade och etablerar sig på teorier och flera antal tester som gjorts på Fuktcentrum vid Lund Tekniska Högskola. TorkaS är begränsat och kan inte beräkna uppfuktning vilket är ett stort problem för beräkning av uttorkningsprocesser på byggplatser.

Indatan som programmet använder sig utav är:

- betongkonstruktionens utformning
- ort
- hållpunkter i tidplanen
- betongkvalitet

Utifrån dessa angivna indata kommer TorkaS att generera ett torrklimat. RF och temperatur ges och torrklimatet kan justeras. RF på ett ekvivalent mätdjup anges som resultat och detta enligt RBK. Dessutom ger programmet förändringar över tid i fuktfördelningen.

<http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/windows-baserad-dator-program/torkas/> [Hämtad 2015-05-07]

BI Dry

BI Dry räknar ut uttorkningstiden för alla plastgjutna konstruktioner. Detta dataprogram tar hänsyn till betongtemperaturen/temperaturförloppet i betongen. Programmet tar hänsyn till hydratiseringsvärme, golvvärme samt olika täckningar av konstruktionen. I ett material som betong är hållfasthetsutvecklingen en viktig faktor och BI Dry prognostiserar konstruktionens hållfasthets utveckling.

Om man har all data redo för att mata in de i programmet går det väldigt fort och smidigt att räkna ut uttorkningstiden av betongen samt kurvor som beskriver uttorkningsförloppet.

<http://www.bidry.se/page.php?id=info> [Hämtad: 2015-05-07]

2.2 Mättdjup och fuktfördelning

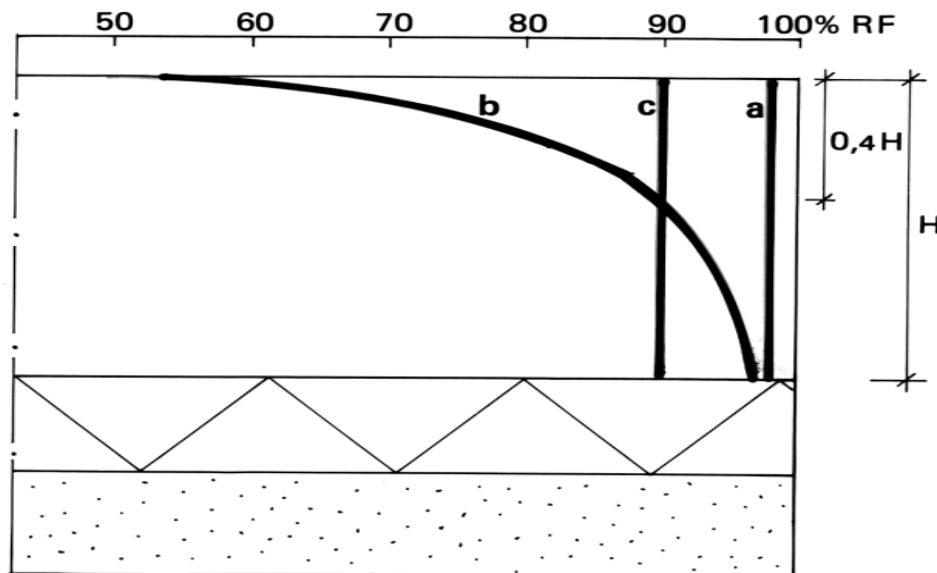
Den stora frågan ute på byggarbetsplatser idag är ”har betongen torkat ut eller inte?” För just den här processen är väldigt känslig. Om betongen inte har torkat ut tillräckligt kan man inte gå vidare med andra delar av bygget. Om det är så att man sätter dit golvmaterialet innan betongen har torkat ut sker det en omfördelning i betongen, på lång sikt får man en jämn fuktnivå i hela betongplattan, fukt som befinner sig i mitten av betongen kommer upp till ytan och lägger sig mellan betongplattan och golvmaterialet som i sin tur skapar dålig lukt, mögel och missfärgningar.

När det just gäller betongplatta kan det bara torka ut åt ett håll, därför är det extra viktigt att se till att betongen har nått till en accepterad nivå, vissa krav som exempelvis från HusAMA ger RF nivå krav på allt mellan 60 – 95 %, medan leverantörer har vanligtvis 90 % krav. Det räcker inte att betongen ser torr ut på ytan för det kan fortfarande vara väldigt fuktigt i mitten av betongen. Har man då inte gjort en ordentlig analys om detta kan hela projektet förstöras och det är väldigt svårt eller kanske omöjligt att reparera sådana fel.

Ekvivalent mättdjup definierar betongens uppskattade djup som representerar den RF mattor och lim kommer att utsättas för efter fuktjämnvikt uppnås.

Ekvivalent mättdjup är beroende utav materialets täthet.

Ekvivalent djup = $0,4 \times H$. Den här formeln används till endast till konstruktioner som torkas åt ett håll det vill säga enkelsidig, (figur 1).



Figur 1: Enkelsidig uttorkning för golv på mark med underliggande cellplast.

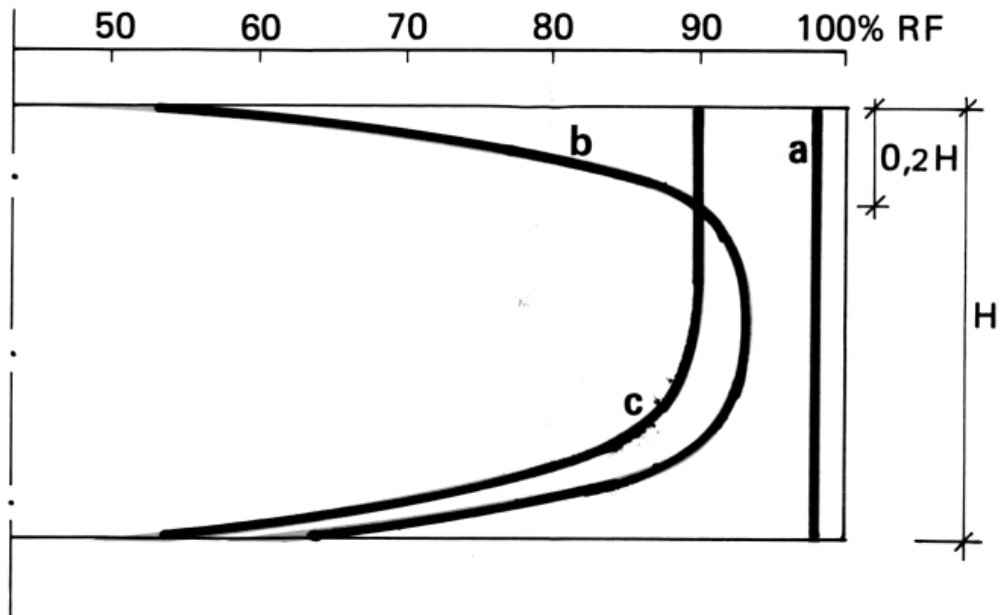
a = fuktprofil före uttorkning

b = fuktprofil under uttorkning

c = fuktprofil efter golvläggning och fullständig omfördelning av fukt under mattan.

H = plattans tjocklek

För dubbelsidig uttorkning räknar man med **Ekvivalent djup = $0,2 \times H$** . Detta görs när man beräknar för väggar eller mellanbjälklag, i princip för all material som kan ha en dubbelsidig uttorkning, (figur 2). (Hedenblad 1995)



Figur 2: Dubbelsidig uttorkning.

a = fuktprofil före uttorkning

b = fuktprofil under uttorkning

c = fuktprofil efter golvläggning och fullständig omfördelning av fukt

H = plattans tjocklek

2.3 Allmänt om betong och fukt

Runt hela världen produceras åtta miljarder kubikmeter betong årligen. Det motsvarar ca 3 500 Cheopspyramider. Kina leder cementtillverkningen idag med 1204 Mt årligen. Sverige producerar 2 Mt. (Malaga & Svahn Garreau 2012).

Tillverkning av betong sker genom att ballast, cement, vatten samt tillsatsmedel blandas. Vattencementtalet är vattnets massa i förhållande till cementets massa. Tre kvoter är viktiga att hålla koll på: vattenpulvertalet (vpt), ekvivalenta vattencementtalet (vct ekv), och vattencementtalet (vct).

(<http://www.byggcert.se/index.php/information/byggnadsmaterial/28-byggnadsmaterial/82-betong>) [Hämtad 2015-03-09]

Formel 1: Vattencementtalet

$$vct = \frac{vatten(kg)}{cement(kg)}$$

Formel 2: Ekvivalenta vattencementtalet

$$vct_{ekv} = \frac{vatten(kg)}{cement(kg) + \sum RTxkRT}$$

K_{RT} är en faktor som beskriver tillsatsmaterials reaktivitet, den s.k. effektivitetsfaktorn. RT står för tillsatsmaterialets massa.

Formel 3: Vattenpulvertalet

$$vpt = \frac{vatten(kg)}{\Sigma pulver(kg)}$$

Cement

CEM I

Ett annat ord för anläggningscement är CEM I, detta innebär att minst 95 % utgörs av cementklinker. Denne typ av anläggningscement bör man räkna med lägre värmeutveckling samt långsammare härdning, därför att den är mer grovmald än andra typer av cement. Beständigheten är mycket hög på grund av klinkern är sulfatresistent och lågalkalisk. Under det första dygnet med behandling av denna cementtyp är värmeutvecklingen låg. **(Petersson 2004)**

CEM II

Den här klasstypen finns både som CEM II/A och CEM II/B och innehåller mellan 65-95 % cementklinker. Det skall även ingå en blandning av silikastoft, flygaska, masugnslagg eller någon av dessa. **(Petersson 2004)**

CEM III

Inom den här klassen finns CEM III/A och CEM III/B med innehållande cementklinker mellan 20 – 64 %. Resten av innehållet är slagg det vill säga avfallsprodukt från järnframställning. Cement III kan även kallas för slaggcement **(Petersson 2004)**

Testerna som utfördes för detta examensarbete använde sig utav CEM I.

2.4 Vanliga fuktproblem

I kapitlet nedan tas viktiga punkter upp om vad man skall undvika och vad man skall tänka på innan byggskedet startas.

”Sjuka Hus” syndromet

Flera faktorer är mycket viktiga att ta hänsyn till vid byggskedet. Det är ytterst viktigt att protokollföra och spara all data av vilka åtgärder som man har tagit hänsyn till. För mot förmodan, om någonting har gått fel i byggskedet, kan man blicka tillbaka och se vilken utrustning man har använt sig av eller hur man har byggt, (figur 3).

<http://www.sjukahus.se/handbook.asp?c=3> [Hämtad 2015-02-25]

Tre viktiga punkter från sjuka hus med avseende på betong

1. Luktkontroll

I sjuka hus kan man känna främmande lukter som kan upplevas som både svaga och starka. Det är mycket svårt att mäta inomhusluftens halter, eftersom de är så låga. När man däremot lyfter på linoleum/plast mattan kan då dessa lukter framträda mycket tydligare än tidigare. Det är även mycket effektivare att göra nya mätningar för att kartlägga vart i huset som har blivit drabbad.

Om man misstänker att huset har blivit drabbat av mögel skall åtgärder beaktas. För att få så trovärdiga samt ingående mätningar som möjligt skall då tekniska undersökningar göras för att kartlägga källan till problemet.

2. Vid inspektion

Innan ett hus eller en lokal kontrolleras av inspektionsmyndigheterna kan det vara mycket praktiskt att människor som vistas i lokalen/lägenheten återberättar deras upplevelser av olika problem som de har upplevt i byggnaden, så att det underlättar för inspektionsmyndigheterna och kan därmed identifiera och åtgärda problemet mycket snabbare. Ett annat alternativ är att de boende har en skiss på hela planlösningen och därmed ringa in olika ytor av huset som man misstänker inte vara som det ska. De mest vanliga förekommande problem som man upplever i sjuka hus är mögel, luftläckage, missfärgningar, fuktfläckar osv.

3. Fuktkontroll i golv

När man gör mätningar på en betongplattas Relativa Luftfuktighet- RF och får 5 % mätfel kan det få stora konsekvenser när man lägger plastmatta på betong, t.ex. blåsbildning, mattsläpp, och limförtvålning. Alla eller vissa av de faktorerna har sjuka hus blivit drabbade av.

Det är mycket viktigt att fuktmätningar görs av rutinerade personer med rätt kompetens. Om man ska kvalitetssäkra ett utfört arbete skall man kontakta RBK- Rådet för ByggKompetens.

www.rbk.nu [Hämtad 2015-02-25]

Handbok för sjuka hus

Handboken för sjuka hus beskriver hur man åtgärdar fukt i golv samt hur man undersöker golv mätningar och vilka utrustningar man använder sig utav.

<http://www.sjukahus.se/handbook.asp?c=11> [Hämtad 2015-02-25]

Material för undersökning

Fuktmätare: Protimeter Aquant och protimeter Mini. Ammoniokrör, drägerpump, Tenax-rör, polyteströr, bordskniv, mattkniv, hammare, stämjärn, kontaktlim och hushållspapper.

Arbetsmetod

- Använd stämjärn om mattan sitter fast i underlaget. Golv mattan kan lättas med en bordskniv.
- Limmets konsistens skall kontrolleras
- Fuktens skall mätas med både instrumenten
- Med hjälp av stämjärn skall man skrapa och kontrollera om det är spångolv eller betong.
- Lukta under golv mattan
- Genom att knacka på golvet kan man avgöra om det är spångolv eller betong
- Det är viktigt att kontrollera drägerpumpen så att det inte läcker
- Tenax-röret skall monteras in på drägerpumpen åt rätt håll
- För att underlätta ihop limning av matta skall det göras ett snitt på 15 cm med en speciell mattkniv samt hålla 45 grader vinkel mot golvet.



Figur 3: Strategi för avhjälpande av inomhusmiljöproblem

2.4.1 Skadefall kopplade till fukt

Många olika byggnader skadas årligen av fukt i Sverige och det kostar samhället och privatpersoner miljonbelopp att åtgärda. I vissa fall skadas även människors hälsa.

Byggfel på Sahlgrenska sjukhuset

På Sahlgrenska sjukhuset i Göteborg flyttas personal runt på grund av byggfel. En stor vårdbyggnad på Sahlgrenska universitetssjukhuset (SU) byggdes 2009 och som kostade en halv miljard kronor. Projektet misslyckades när man i efterhand upptäckte fel och brister i konstruktionen.

Det som fick Västfastigheter att vidta drastiska åtgärder i det här fallet var att personalen blev sjuka av giftiga utsläpp. Det som orsakade så mycket skada var att plastmattor hade lagts på betong som i sin tur inte hade fått torka ut ordentligt vilket ledde till giftiga gaser. (säger chef på Thoraxkliniken vid Sahlgrenska).

När det finns fukt i betongen, som i det här fallet, kan mattlimmet brytas ner och omvandlas i en kemisk process, s.k. förtvålning. Personalen lider av det, på grund av att emissioner tränger igenom plastmattan som leder till allergiska reaktioner. (fastighetsdirektören Lars Janson vid Västfastigheter AB).

Detta har medfört en förflyttning av patienter till ett annat sjukhus av säkerhetssjäl. Vid identifiering av felet och vem som bar ansvaret blev Peab som haft totalentreprenad i projektet, fälld och därmed satte in åtgärder. Det har totalt 50 patienter utrymt samt hela huset skall golvläggas på nytt. Det nya projektet är beräknat att bli färdig tidigast 2016. Med tanke på att varje våningsplan är 2000 kvadratmeter och en byggnad med sex våningar har det beräknats att totalt 300 patienter att utrymmas. För att åtgärda det här problemet vill Peab riva upp plastmattorna och lägga ett ventilerat golv med gummimatta underst. <http://bohuslaningen.se/nyheter/vastsverige/1.3632254-byggfel-pa-bade-nal-och-sahlgrenska> [Hämtad 2015-04-21]

Skolor skadade av fukt

I Åhus ligger Sånnskolan som kommunen tvingas att stänga på grund av omfattande fuktproblem. Personalen vittnade om andningsproblem, huvudvärk och dålig luft och vid undersökningar i ventilationssystemet hittades svartmögel som fick saneras. Nya prover som gjorts visar även att stommen i skolan är fuktskadad och i behov av renovering.

<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=101&artikel=6149018>

[Hämtad 2015-05-07]

Henåns skola på Orust drabbades redan ett år efter att skolan stod klar för problem kopplade till fukt. Eleverna och personalen upplevde besvär som andningssvårigheter och klåda. Trots att skolan kostat över 200 miljoner kronor har problem med fukt gjort att undervisning i alternativa lokaler måste hållas eftersom problem som fukten har varit skadlig för hälsan. Oavsett hur stora summor pengar ett bygge kostar kan problem med fukt göra hela byggnaden oanvändbar. Utredningar av ventilationssystemen har visat att det var för dåligt. Ventilationssystem är ett av de mer effektiva sätten att åtgärda fuktproblematik. Ombyggnaden kommer att kosta runt 71 miljoner kronor och kommer bland annat att ge skolan en ny mekanisk ventilation på 9000 kvadratmeter. En vallgrav skall även byggas runt skolan, detta görs för att undvika framtida problem med fukt.

<http://www.expressen.se/gt/de-maste-bygga-om-skolan-for-71-miljoner/>

[Hämtad 2015-05-07]

2.5 Fuktkällor

Under en byggnads framställning och livsläng kommer den att utstå fukt i olika former från många olika källor. Några av dessa är mer skadliga än andra, visa kan man förebygga emot och andra kan man bara hoppas att de inte ska uppkomma. En sak de alla har gemensamt är att de orsakar besvär för byggnaden.

2.5.1 Fuktkällor under byggskedet

- Nederbörd:

Då menas det vattentillförsel genom snö eller regn under det tidiga skedet efter gjutningen men även tills huset är tätt, (figur 1 och 2). Det är svårt, och även kostsamt att skydda betong mot nederbörd men det går ifall man planerar in under vilken tid på året man gjuter. Eftersom alla gjutningar inte kan ske på somrarna runt om i landet finns andra möjligheter, en av dessa är att resa upp plasttält runt området för att skydda mot snö och regn. Konsekvenserna av detta blir dock förseningar och dyrare byggen.

<http://www.isover.se/konstruktionsl%C3%B6sningar/bbr/fukt> [Hämtad 2015-01-28]

- Vatteninnehåll i lim:

Limmer som är vattenbaserade innehåller redan vatten och när man limmar dessa på betongens yta tillförs vatten. Även om vattentillförsel från limmet är relativt litet så kan det orsaka stora problem. Fuktig betong som kommer i kontakt med vissa limmer kan leda till vad som kallas för förtvålning av limmet. Vilket i sin tur kan förorsaka skadliga emissioner med mera.

<http://www.isover.se/konstruktionsl%C3%B6sningar/bbr/fukt> [Hämtad 2015-01-28]

- Vattenhärdning:

Detta görs med betong som är nygjuten och innebär att man vattenlägger betongen i ett tidigt skede så att den inte torkar ut och spricker, s.k. plastiska krympsprickor. Man försöker hålla en stabil temperatur, omgivningen skall helst inte vara varmare eller kallare än betongen. Plastiska krympsprickors uppkomst beror på betongens förmåga att behålla sin ursprungliga vattenmängd.

<http://www.cmtinter.com/conreg/wp-content/uploads/2011/03/Plastiska-krympsprickor.pdf> [Hämtad 2015-01-28]

- Golvavjämning:

Innan man lägger golv så avjämnas ofta betonggolvet för att få en jämn yta så man kan applicera golvmaterial. Den avjämningsmassa man använder sig utav är cementbaserad och innehåller fukt. Vill man minska risken med att den reagerar negativt med exempelvis limmad PVC- matta så bör man använda en avjämningsmassa som är lågalkalisk eftersom det minskar risken för att limmet bryts ner.

<http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/mellanbjalklag/betong/fukttekn/Sidor/default.aspx> [Hämtad 2015-01-28]

2.5.2 Fuktkällor under brukskedet

- Byggnadstekniska fuktskador:

Dessa kan uppkomma genom att människor slarvar och exempelvis inte lägger någon form av kapillärbrytande skikt under betongplattan eller att man placerar värmeisolering på ovansidan. Resultatet av sådana misstag kan leda till att fuktproblem uppkommer. **(Johansson 2005)**

- Markfukt:

Markfukt uppkommer efter att det har regnat eller snöat. Jordar har förmågan att behålla vatten under längre tider och det är det vattnet som är kvar efter nederbörden som kallas för markfukt.

<http://www.fuktsakerhet.se/sv/fukt/fuktkallor/Sidor/default.aspx> [Hämtad 2015-01-28]

- Grundvatten:

Grundvatten är det vattnet som sipprat ned i marken under en lång tid. När jorden sedan suger upp vattnet genom vad som kallas för kapillärsugning blir jorden blöt och därmed fuktig vilket sedan leder till markfukt.

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/grundvatten-1.6857>

[Hämtad 2015-01-28]

- Vattenläckage:

Finns i många olika former och kostar ofta stora summor pengar att åtgärda. Alla vattenläckor på betong är inte så allvarliga att de leder till kostsamma åtgärder. Glömmer man kranen på och det rinner ner på betonggolvet hinner nog inte betongen suga åt sig så mycket vatten att det blir problem i framtiden. Men stora vattenläckor som exempelvis trasiga rör kan orsaka stora problem ifall vattnet rinner ut på betonggolvet.

(Johansson 2005)

2.6 Fukt vid framställning av betong

För att tillverka betong måste man tillföra vatten. Vattnet är en viktig ingrediens i framställningen av betong men även en källa till en del av fukten som uppstår i betongen. Cementhalten och vattencementtalet bestämmer den totala mängden av vatten. Vatten tillförs vid blandningen enligt följande:

- Blandningsvatten
- Spädvatten
- Tillsatsmedel
- Ballastfukt

Blandningsvatten:

Blandningsvatten är det vatten som man innan tillverkning av betong uppmätt att man måste tillföra för att få den typ av betong man önskar sig. Normalt uppskattar man att det behövs 160 – 180 liter per m² betong. (Johansson 2005)

Spädvatten:

När blandningen av betong pågår sparar man ofta en viss del av den totala vattenmängd, som kan tillsättas i slutet av blandningen för att justera konsistensen. Detta vatten kallas då för spädvatten. Spädvattnet måste hållas i rätt mängd eftersom blandningsvatten redan finns i blandaren och mängden vatten påverkar betongens egenskaper, så som vct och hållfasthet.

Vid beräkning av mängden blandningsvatten som skall tillföras skall hänsyn tas till alla övriga fuktkällor. Man kan enligt formeln se vad blandningsvattnet ska bli om man har de andra faktorerna.

Formel 4: Blandningsvatten

$W =$ vatten

$$W_{\text{blandning}} = W_{\text{totalt}} - W_{\text{ballast}} - W_{\text{tillsatsmedel}} - W_{\text{späd}}$$

Tillsatsmedel:

Tillsatsmedel som är flytande har en viss mängd vatteninnehåll och man måste ta hänsyn till detta när man framställer betongen. Koncentrationen på tillsatsmedlet beräknas i % och ges som torrhalt i koppling till den totala vattenmängden i tillsatsmedlet. Har man ett tillsatsmedel med 70 % vatteninnehåll ger det oss en torrhalt på 30 %.

Exempel:

*Tillsatsmedelhalt 2 % av totala cementvikten och cementhalten 500kg/m³
med torrhalten 30 % $W_{\text{tillsatsmedel}} = 0,02 * 500 * 0,70 = 7,0$ liter*

Ballastfukt:

Den största delen av betongmassan utgörs av sten och grus, även kallad ballast. Detta kan utgöra uppemot 60-70 % av den totala volymen. I de flesta fall utsätts ballasten för nederbörd eftersom de oftast hålls utomhus och då måste man bestämma fuktkvoten på ballasten. Det material av dessa två som kan få en hög fuktkvot är gruset. Fuktmängden som finns i ballasten måste man ta hänsyn till när man ska väga upp blandningsvattnet.

Nedan visas ett räkne exempel på hur stor mängd vatten som kan tillföras via ballasten.

Exempel:

Grus: halten = 900 kg/m³ och fuktkvoten = 5,0 %

Sten: halten = 800 kg/m³ och fuktkvoten = 0,3 %

*$W_{ballast} = 900 * 0,05 + 900 * 0,003 = 47,4$ liter*

2.6.1 Byggfukt

En del av vattnet som tillsätts betongen binds till materialet fysikaliskt och kemiskt. För att få en gjutbar betong måste man tillsätta mer vatten än det som förbrukas vid cementreaktionen. Det vatten som binds till materialet räknas inte som överskottsvatten och som byggfukt utan det är bara det obundna fria överskottsvattnet man kallar för byggfukt.

Byggfukten definieras i fukthandboken av (Nevader & Elmarsson 1994) som den mängd vatten betongen avger så att materialet kan hamna i fuktjämvikt med sin omgivnings fuktnivåer.

Det är viktigt att betongen når önskad fuktnivå innan man monterar golvmaterial på plattan. Om ett material med lägre kritisk fukthalt jämförts med aktuell RF- nivå i betongen kan problem uppstå som kan vara skadliga för människor.

Det är däremot nästan aldrig aktuellt att vänta in uttorkningsprocessen i betongen så att den hamnar i jämvikt med sin omgivande luft före golvläggningen, (figur 4). Praktiskt sett är detta tidskrävande och man anger istället en *kritisk* RF nivå beroende på vilket ytskikt man använder sig utav. Det går att definiera vad farlig byggfukt är genom att beräkna fuktmängden betongen måste avge innan den har nått sin kritiska RF nivå.

Formel 5: Byggfukt, (överskottsfukt)

$$W_b = W_0 + \Delta W - W_n - W_{krit} \quad (\text{kg/m}^3)$$

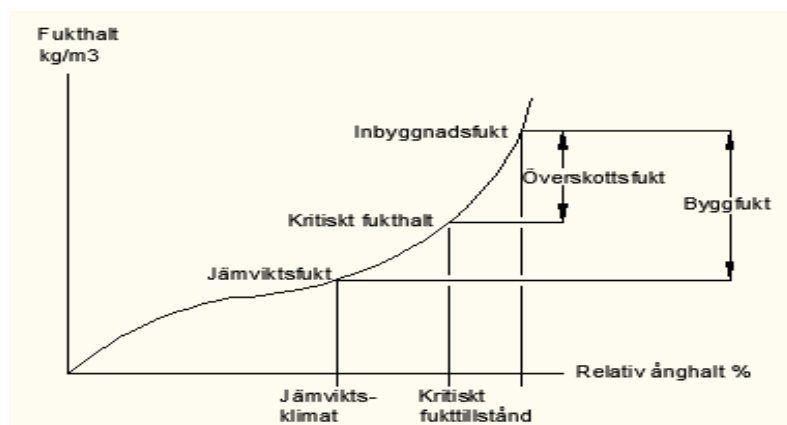
$$W_0 = \text{Färska betongens vattenhalt}$$

$$\Delta W = \text{Nederbörd och härdningsvatten, vid härdning utan fukttillskott gäller } \Delta W = 0$$

$$W_n = \text{Kemiskt bundet vatten}$$

$$W_{krit} = \text{Jämviktsfukthalt vid kritiska RF}$$

$$W_b = \text{Byggfukt, (överskottsfukt)}$$



Figur 4: Uttorkningsförloppet på byggmaterial illustreras med hjälp av kurva.

2.6.2 Fysikaliska fenomen bakom uppfuktning

Formel 6: Ånggenomgång

Ånggenomgångsmotstånd = Z

Ånggenomsläpplighet = δ

Materialsiktets tjocklek i meter [X] divideras med ånggenomsläppligheten δ [m^2/s]

$$Z = X / \delta \qquad \delta = X/Z$$

<http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjelpmedel/materialegenskaper/omraekning-av-enheter/> [Hämtad 2014-11-14]

Konvektion

Det finns två sätt som vattenånga kan förflytta sig på, den ena är konvektion och den andra är diffusion.

Fuktransport vid konvektion sker på grund av skillnader i lufttrycket. Sker lufttransporten genom klimatskalet från insidan och utåt finns det en stor risk att fuktig inomhusluft kondenserar i väggkonstruktionen och det kan ge upphov till fuktskador som en direkt följd. Detta sätt för ånga att förflytta sig innebär mycket större risk för fukt än diffusion.

<http://www.isover.se/konstruktionsl%C3%B6sningar/bbr/fukt> [Hämtad 2014-11-14]

Diffusion

Diffusion av ånga innebär att ångan går från en högre ånghalt till en lägre.

Ånggenomgångsmotstånd av ett material avgör hur mycket ånga som går igenom.

2.6.3 Applicera matta över betonggolv

En matta applicerad på fuktig betong kan skadas genom att limmet alkaliskt bryts ned, (figur 5). De kemiska emissionerna diffunderar igenom den applicerade mattan och ut i rummet där människor vistas. Dessa s.k. sekundära emissioner av flyktiga alkoholer kan ge upphov till fysiska skador.

Ånggenomgångsmotståndet hos en PVC matta är ca 10 gånger högre än hos en linoleummatta, det är en av anledningarna till varför PVC mattor är så framträdande i frågor gällande fuktskador. Däremot sker mikrobiell påväxt oftare i linoleummattor. Det är viktigt att påpeka att det inte är själva PVC- mattans material som orsakar illaluktande dofter eller hälsofarliga diffusioner utan limmet man har applicerat under mattan. Emissionerna uppstår genom en process där kemiskt material i limmet bryts ned när det kommer i kontakt med höga RF nivåer som kommer från betongen. De flesta lim klarar inte av högre RF nivåer än 85 % och överskrider man denna gräns sker något som liknas vid förtvålning av limmet. Förtvålning av limmet leder till starka lukter som ger många människor fysiska besvär så som huvudvärk.

<http://www.fuktskadeteknik.com/wp-content/uploads/2013/05/Alkalisk-fukt-i-betong.pdf>
[Hämtad 2014-12-12]



Figur 5. Lim som har förtvålats under en matta på betongbjälklag.

2.7 Kritiska fuktnivåer

SP, BBR och RBK är tre olika organisationer där samtliga strävar efter att utveckla, ge ut föreskrifter och koppla ihop forskning med verkligheten.

2.7.1 Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, (SP)

Sveriges Tekniska Forsknings institut ägs av Research Institutes of Sweden Holding AB, (RISE), och deras mål är att skapa konkurrenskraft för företag men även bidra till ett hållbart samhälle genom innovationer, (figur 6).

SP fungerar ofta som en brygga mellan den akademiska världen och näringslivet.

<http://www.sp.se/sv/about/Sidor/default.aspx> [Hämtad 2015-02-21]



Figur 6: SP kalibrerad tryckmaskin.

Kritiska fuktnivåer enligt SP

I en studie på SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut har man funnit att om man lyckas hålla betongen ”ren”, vilket menas att man inte får någon form av organiska ämnen på ytan kan betongen klara sig från mögeltillväxt. Det har även bevisats att ren betong klarat sig från angrepp till så höga RF nivåer som 97-98 %.

Skulle betongen däremot smutsas ner, (av organiskt material på ytan), skulle tillväxten av mikroorganismer ske vid redan

84 % RF vilket är under de 85 % RF som många anser vara tillräckligt låga för att applicera golvmaterial på betongytan.

http://www.fuktsakerhet.se/sv/fakta/Documents/SP_RAPP_2005_11.pdf

[Hämtad 2015-01-20]

Hussvampen, (*Serpula lacrymans*), kan orsaka skador för stora summor pengar på väldigt kort tid. Den kan leva på material som tegel, kalksten, murbruk och betong eftersom de innehåller järn och kalk. Svampen kan överleva i flera decennier i marken och därför är det viktigt att veta ifall platsen för nybygget varit bebyggd tidigare.

Om en betongplatta på mark ska utgöra husgrunden bör man vara noggrann med att inte bygga in mögelproblemen. Därför är det viktigt att sanden som man använder sig utav ska innehålla så lite organiskt material som möjligt.

Mögeltillväxt kan ske på grund av små faktorer som är lätta att förbise. Därför är det olämpligt att exempelvis såga trämaterial, eller någon annan dammande uppgift nära blöt betong. Anledningen är att bara de minsta sågspånen kan fastna i den blöta betongen och detta utgör en grogrund för mikroorganismer att växa i.

Innan nästa skikt av exempelvis uppreglat övergolv eller plastfolie ska på den nu torra betongen är det viktigt att den renas noggrant från biologiskt material som sågspån.

Om regler har gjutits in i betongen kommer dessa utgöra ett underlag för tillväxten av mögel, desto värre är det ifall de är blöta och ”smutsiga” vid ingjutningen. Även isoleringsmaterial som mineralull kan ifall de inte skyddats för väder och vind vara fuktiga och smutsiga och utgöra samma risker för betongen som reglarna. Risker finns för att man bygger in mögelorganismer samt den näring och fukt de behöver för att överleva.

Det är viktigt att avlägsna allt formvirke som användes vid framställningen när plattan är färdiggjuten för att minimera chansen att mögel frodas. Hussvamp kan uppkomma ifall minsta träbit har glömts kvar.

Vid täta ytbeläggningar och när övergolv skall tilläggas måste allt underliggande skikt som betongen och bjälklaget torkas ut och rengöras ordentligt. Även limmer som används för PVC-mattor kan fungera som substrat och ge näring åt mikroorganismer och möglet kan frodas under mattorna.

http://www.botaniskanalys.se/files/Hur_svamp.pdf [Hämtad 2015-04-21]

Rekommenderade värden enligt SP

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut har genom tester tagit fram vad de anser som *kritiska fuktnivåer*, där tillväxten av mikroorganismer som kan vara skadliga för människor är begränsade till några få procent. Alla värdena på listan förutsätter rena material, (utan organiska ytföroreningar), eftersom SP och andra, har sett ökning av mikroorganismer på smutsigt material. Denna studie anser att ”smutsigt” material sänker RF nivån på även de mest tåliga material, som betong, till 75 – 80 %. Se tabell: 1

<http://www.sp.se/sv/index/services/SPmonitor/Documents/Kritiska%20fukttillst%C3%A5nd%20mikrobiell%20p%C3%A5v%C3%A4xt.pdf> [Hämtad 2015-01-21]

Tabell 1: Nivåer för högsta RF enligt SP.

<i>Materialgrupp Kritiskt fukttillstånd</i>	[% RF]
<i>Trä och träbaserade material</i>	75–80
<i>Gipsskivor med pappytor</i>	80–85
<i>Mineralullsisolering</i>	90–95
<i>Cellplastisolering (EPS)</i>	90–95
<i>Betong</i>	90–95

Nedan redovisas förväntade RF i några olika konstruktioner i vårt skandinaviska klimat under sommar respektive vinter.

Flytande golv – under isolering mot betongplatta

vid ytterkant betongplatta Vinter 80–95 % 5 – 10 °C

Sommar 80–95 % cirka 15 °C

en bit in på plattan Vinter 80–85 % cirka 15 °C

Sommar 80–85 % 15 – 18 °C

Krypgrund – mot blindbotten

Vinter 70–85 % < 5 °C

Sommar 80–95 % > 10 °C

Från siffrorna ovan kan vi konstatera att RF nivåerna inte förändras i flytande golv när temperaturen skiljer sig.

I det första fallet ökar inte RF betongen för konstruktionen är så tät att lufttillförseln är minimal och därmed är fukt som luften för med sig minimal.

I krypgrunden är konstruktionen uppbyggt mer öppet vilket gör att luftcirkulation är större och därmed för luften med sig mer fukt. Högre luftfuktighet och lufttillförsel ger därmed högre RF, eftersom luft på sommaren är varmare och fuktigare än luften på vintern.

2.7.2 Rådet för Byggkompetens, (RBK)

Rådet för Bygg Kompetens fungerar som ett samarbetsorgan som genom sina intressenter aktivt försöker se till att byggbranschen alltid har den senaste aktuella data, utbildningen och kunskapsprövningen. Intressenterna som samarbetar genom RBK är Sveriges Byggindustrier, Föreningen Sveriges Byggnadsinspektörer, Ledarna, Byggherrarna, SP SITAC och boverket. Av de utbildningar Entreprenörsskolan erbjuder kvalitetssäkrar RBK de flesta av dem. Genom att förvalta sitt egen fuktkontrollant system kan RBK föra ett register över auktoriserade fuktkontrollanter, (se avsnitt 5), som alla måste ansöka, göra tester och till sist bli godkända av RBK.

<http://www.rbk.nu/om-rbk> 85 [Hämtad 2015-02-21]

RBKs huvuduppgifter är:

- Följa och påverka förändringar i bygglagstiftningen avseende kompetens- och behörighetskrav
- Beskriva mål och föreslå riktlinjer för utbildningar som tillgodoser lagstiftningens krav
- Tillhandahålla utbildning enligt dessa riktlinjer
- Bidra till att kompetenta lärare finns att tillgå och i erforderlig utsträckning också ombesörja kunskapsprövning.

2.7.3 Boverkets Byggregler, (BBR)

När man uppför och ändrar en byggnad kan man gå efter BBR, Boverkets byggregler. Här kan man finna föreskrifter som handlar om bostadsutformning, rumshöjd, brandskydd, hygien, driftutrymmen, hälsa, miljö, bullerskydd, säkerhet vid användning av energihushållning, och allmänna råd om tillgänglighet.

<http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>
[Hämtad 2015-04-21]

Enligt BBR 6.5 med avseende på fukt ska byggnader:

Utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa.

(BFS 2006:12)

Kraven har tagits fram för att fukt i byggmaterial och i detta fall betong inte bara orsakar materiella skador utan även fysiologiska skador på människor, i vissa fall utan någon möjlighet till medicinsk åtgärd. Därför är det viktigt med krav på fukt i byggnader.

<http://www.dry-it.se/Avsnitt%206-5%20Fukt%20ur%20BFS2006-12%20%28BBR12%29.pdf> **[Hämtad 2015-02-21]**

3. Byggdokumentation

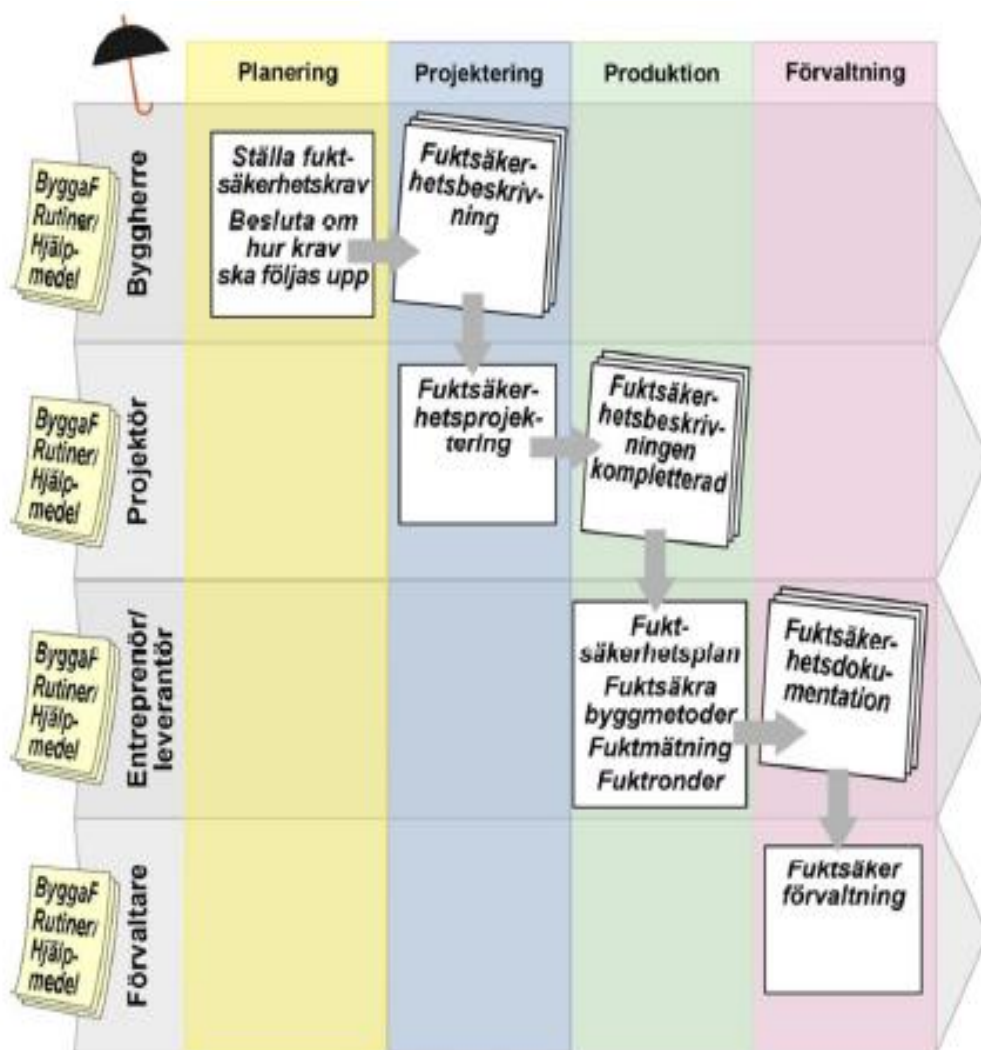
Inom byggbranschen finns det många krav som måste uppfyllas för att ett projekt ska få påbörjas. Lagar och krav har satts upp för att säkerställa en säker byggplats.

3.1 Bygga F

Fuktsäkerhet genom hela byggprocessen, (figur 7), omfattas av en metod som ska dokumentera, säkerställa och kommunicera fuktperspektiv från planering till drift och förvaltning. Detta har framtagits för att samhället ställer krav på fuktnivåer och främst fuktsäkerhet, men även för att tillgodogöra byggherrens krav gällande fukt.

Inom detta projekt kommer fokusen att ligga på de två första stegen, ”Ställa fuktsäkerhetskrav” och ”Fuktsäkerhetsbeskrivning”. (**Bygga F**)

http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/PDF-filer/ByggaF_Branchstandard/1_ByggaF_branschstandard.pdf [Hämtad 2015-02-21]



Figur 7: ByggaF- metod för fuktsäker byggprocess.

3.2 Hus AMA 2011

Hus AMA är en handbok som används i byggbranschen för att underlätta vid byggen. Boken fungerar som en vägvisare till hur saker och ting måste göras, inom givna ramar.
(Hus AMA 2011)

Några utdrag ur boken lyder:

Tillsatsmaterial (sid 103)

”En hanteringsinstruktion för användning av silika ska upprättas. Av denna ska framgå hur produktionen, gjutning samt efterbehandling av betongmassa med silika ska genomföras.”

Betongsammansättning (sid 103)

”Betongens sammansättning ska anpassas till krav på beständighet, toleranser för ytojämnheter, krav på kulör och på uttorkning av byggfukt.”

Uttorkning före beläggning (sid 105)

”Betongen ska torkas ut så att den vid beläggning uppfyller tillverkarens dokumenterade gränsvärden alternativt de krav på RF- värden som anges för respektive beläggning i kapitel M.”

Utförandekrav (sid 591) Kapitel M

”Värden som anges för RF i underlaget avser RF på mät djup enligt tabell YSC. 121/1 och vid avjämningsmassa även i betongskiktet närmast under avjämningsmassan och gäller”

- *för byggfukt, men inte för fuktillskott vid golv på mark och inte för bjälklag över varma eller fuktiga utrymmen eller golv med golvvärme i drift*
- *vid en temperatur i underlaget av ca 20 °C*
- *För underlag av betong med jämn temperaturfördelning genom betongen.*

4. Experimentella undersökningar

I samband med gjutning tillverkades även 6 stycken kuber med kantlängd 100 mm, (figur 9). Tre av kuberna var av betongkvalité vct 0,34 och de tre andra av kvalité vct 0,49. Samtliga kuber placerades i vattenbad, där de förvarades i totalt 28 dagar (figur 10). Efter 28 dagar trycktes kuberna för att bestämma betongens hållfasthet.

Efter avslutad vattenhärdning (28 dygn efter gjutning) togs kuberna upp ur vattnet och torkade dem i ca 10 min.

Därefter trycktes de med hjälp av en tryckmaskin, (figur 8). Resultaten visas nedan.

Resultatet från tryckprovningen gav följande hållfastheter för de två betongtyperna:

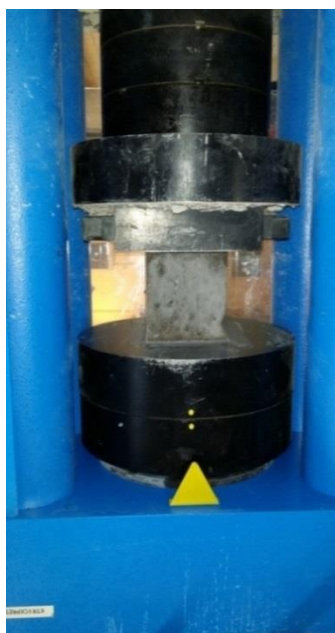
C32/40 med vct 0.49 har en hållfasthet med medelvärde på 53.5 MPa.

C50/60 med vct 0.34 har en hållfasthet med medelvärde på 71.1 MPa.

Det framgår även nedan att det inte var några stora skillnader i hållfasthet mellan enskilda kuber inom samma hållfasthetsklass, vilket tyder på att betongen var homogen.

Formel 7: Tryckhållfasthet

$$f_{cc}^{150} = \frac{\text{Last}}{\text{Bredd} \cdot \text{Längd} \cdot 1.05}$$



Figur 8: Tryckning av kuber.



Figur 9: Tillverkning av betongkuber.



Figur 10: Blötläggning av kuber.

C32/40 vct 0,49

För att få perspektiv på betongens hållfasthet pressades sex stycken kuber, tre av dem var av kvalitet C50/60 och de andra var av C32/40.

- a) Massa: 2 416 g
Bredd: 100 mm
Längd: 102 mm
Höjd: 101 mm
Area: 100x102
Volym: 100x102x101
Last: 579 KN

$$f_{cc}^{150} = \frac{579000}{100 \cdot 102 \cdot 1.05} = 54.1 \text{ MPa}$$

- b) Massa: 2 416 g
Bredd: 100 mm
Längd: 102 mm
Höjd: 101 mm
Area: 100x102
Volym: 100x102x101
Last: 579 KN

$$f_{cc}^{150} = \frac{579000}{100 \cdot 102 \cdot 1.05} = 54.1 \text{ MPa}$$

- c) Massa: 2 424 g
Bredd: 100 mm
Längd: 102 mm
Höjd: 101 mm
Area: 100x102
Volym: 100x102x101
Last: 567 KN

$$f_{cc}^{150} = \frac{567000}{100 \cdot 102 \cdot 1.05} = 52.9 \text{ MPa}$$

C50/60 vct 0.34

De andra tryckta kuberna gav värden enligt nedan.

- a) Massa: 2 467 g
Bredd: 100 mm
Längd: 101 mm
Höjd: 101 mm
Area: 100x101
Volym: 100x101x101
Last: 756 KN

$$f_{cc}^{150} = \frac{756000}{100 \cdot 101 \cdot 1.05} = 71.3 \text{ MPa}$$

- b) Massa: 2 465 g
Bredd: 100 mm
Längd: 101 mm
Höjd: 101 mm
Area: 100x101
Volym: 100x101x101
Last: 750 KN

$$f_{cc}^{150} = \frac{750000}{100 \cdot 101 \cdot 1.05} = 70.7 \text{ MPa}$$

- c) Massa: 2 466 g
Bredd: 100 mm
Längd: 102 mm
Höjd: 101 mm
Area: 100x102
Volym: 100x102x101
Last: 764 KN

$$f_{cc}^{150} = \frac{764000}{100 \cdot 102 \cdot 1.05} = 71.3 \text{ MPa}$$

4.1 Betongrecept

Olika mängder material som användes för framställning av betong; 2 betongrecept användes i försöket, se i tabell 2 och 3.

Tabell 2: Betongrecept 1.

<u>Recept 1</u>	vct 0,34	$vct_{ekv} = 0,344$
Projekt:	Uttorkning	
Betongkvalite:	C50/60 16 S4	
Betongrecept:	Vikt:	Enhet:
Vatten	177,0	kg
Byggcement	515,0	kg
Sikament 56/50 ND	8,24	kg
Sten (Ucklum) 0/8	950	kg
Ballast (vikan) 8/16	785	kg
	$\Sigma = 2\,435,24$	kg

Tabell 3: Betongrecept 2.

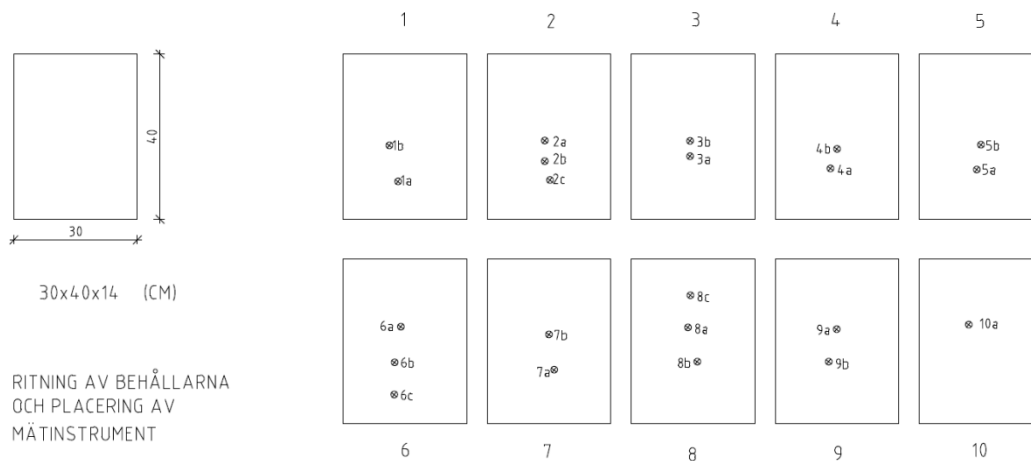
<u>Recept 2</u>	Vct 0,49	$vct_{ekv} = 0,489$
Projekt:	Uttorkning	
Betongkvalitet	C32/40 16 S4	
Betongrecept	Vikt:	Enhet:
Vatten	181,0	kg
Byggcement	370,0	kg
Sikament 56/50 ND	6,3	kg
Sten (Ucklum) 0/8	1 071,9	kg
Ballast (Vikan) 8/16	783,3	kg
	$\Sigma = 2\,412,5$	kg

Den experimentella studien gick ut på att torka ut tio betongplattor, (med måtten 300x400x140 mm³) genom att utsätta betongen för vatten i form av systematisk blötläggning av vissa betongplattor medan de andra fick lufttorkas. RF- värdet på betongplattorna som blötlades jämfördes med plattor som fick lufttorkas. Blötläggningen skulle simulera hur betong i allmänhet blir blött under byggsleden i form av exempelvis regnvatten, spillvatten etc. Därmed skulle vi kunna se skillnaden på RF-värdena och från dessa kunna dra egna slutsatser avseende vilken påverkan uppfuktningen har på RF i olika typer av betong.

4.2 Tidsschema för mätning av fuktnivå och temperatur

RF och temperatur i härdningslokalen enligt tabell 4.

Det gjöts 10 plattor a 300x400x140 mm³, (figur 11), platta 1-5 har vct 0,34 och platta 6-10 vct 0,49.



Figur 11: Ritning av testplattor och placering av mätinstrument.

Tabell 4: Tidsschema för härdningslokalen.

Ålder	Tid	Temperatur °C	Fuktighet %	Notering
14/11	09.00	19,6	47	
17/11	09.00	18,5	49	
21/11	09.30	19,7	48	
26/11	09.00	19,7	48,5	Testplatta 2 och 7 tömdes på vatten. Givare 2b och 7a lades sedan in.
5/12	10.00	19,5	43,3	Givare 3a monterades in. Vatten lades i testplatta 1 och 9
12/12	09.30	17,9	41,4	Givare 4b och 8b monterades in efter att testplattorna tömdes på vatten. 8b givaren är av äldre modell.
15/01	-	-	-	Givarna som kallas för "C" monterades in.
21/01	09.00	20,2	34,8	Testplatta 1 och 9 tömdes på vatten. Givare 1b monterades in.

4.3 Försöksupplägg

Vi tillverkade betong av olika råmaterial, vatten, byggcement, flytmedel, sten 8/16 från Vikan (figur 12) och grus 0/8 från Ucklum (figur 13).

Hela laborationen utfördes hos Betongindustri i Källered.



Figur 12: Sten (Vikan)



Figur 13: Ballast (Ucklum)

Gruset torkades i en mikrovågsugn för att bestämma fuktkvoten. Detta är viktigt för att vattenmängden i betongen skall bli rätt. Vilket innebar att vikten minskades, sedan blandades materialen. Ballasten och stenen lades i betongblandaren och kördes i 15-20 sekunder (figur 14). Vatten och flytmedel hälldes i betongblandaren (figur 15). Vattnet vägdes noggrant för att betongen skulle få rätt vct.



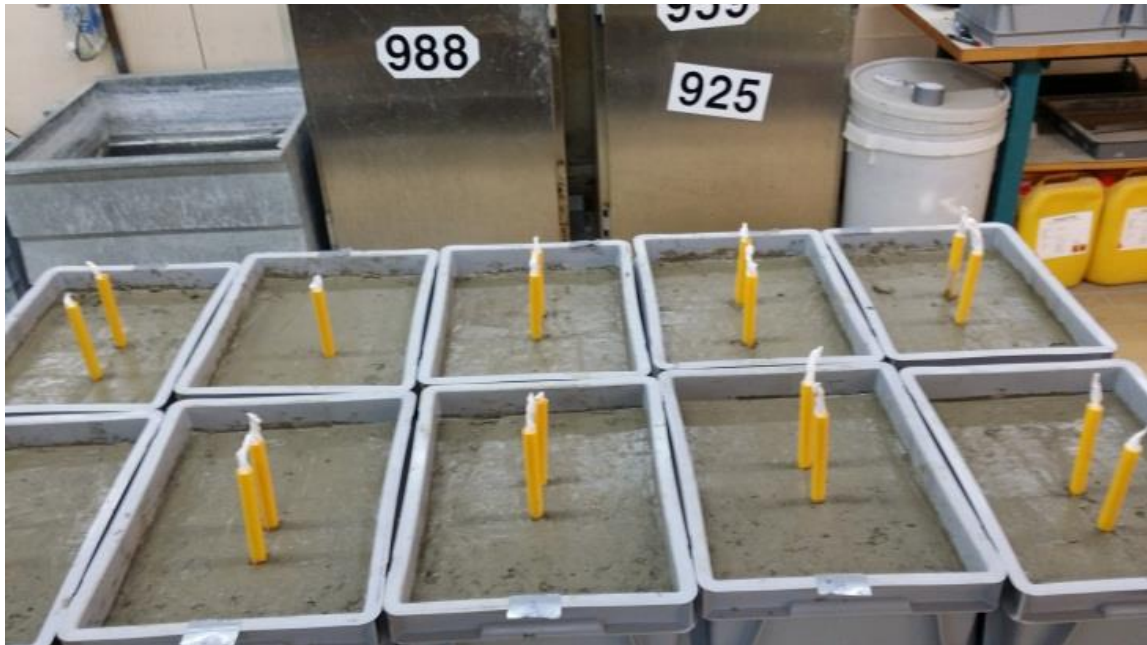
Figur 14: Betongblandaren



Figur 15: Omblandning av cementen

Efter att betongen hade tillverkats lades betongen i behållare med måtten 300x400x140mm. Betongtjockleken var 100 mm. 5 behållare fylldes med betong med kvalitén C50/60 och vct 0,34 och de resterande 5 testplattor med betong med kvalitén C32/40 med vct 0,49.

När vi hade fyllt alla tio testplattorna vibrerades de på ett vibratorbord. Syftet med vibreringen var att jämna ut ytan så att de blev så släta som möjligt så att betongtjockleken skulle vara densamma överallt. Fördelen med att ha så slät yta som möjligt är att det minimerar avvikelser i RF så mycket som möjligt.



Figur 16: Monterade RF rör utan givare i nygjuten betong.

Rör för mätning av RF i betongen placerades direkt i den färska betongen. Montering av mätrören i de fem första testplattorna tog det 25 minuter. Mätrören placerades på 4 cm djup in i betongen, (figur 16). Detta mätdjup motsvarar det så kallade ekvivalenta mätdjupet (**Hedenblad 1995**). Innan betongen hann torka helt monterades de gula RF-behållarna och samtidigt lades även givarna ”a” i alla testplattorna, (figur 17).



Figur 17: Torkad betong med monterade RF-givare

Uppfuktning

Under de kommande veckorna tillsates vatten på vissa av plattorna medan andra fick stå helt torra och lufttorka. Plattorna vattenlades i olika perioder; vatten hälldes på de två första plattorna direkt efter gjutningen, på två plattor efter 7 dygn och på två andra plattor efter 21 dygn. Anledningen till att plattorna utsattes för vatten under olika perioder var att se hur samma betongtyp reagerar när den ena plattan utsätts för vatten medan de andra står torra, vattentillsättningen skulle simulera regn.

Testplattorna förvarades under härdningsprocessen i labbklimat med luftfuktighet på ca 42 % samt rumstemperaturen låg på ca 20 °C.

4.4 Mätssystemet HumiGuard

Det finns många lösningar för att mäta fukt i betong, utrustningen som användes vid detta experiment var HumiGuard,(figur 18).



Figur 18: Mät dosa av typ HumiGuard

För att få bättre mätsäkerhet monterades vid senare tillfälle flera givare in i varje platta ”b” och ”c”. Anledning till att fler RF-givare monterades in var för att öka trovärdigheten för de tidigare givarna. De nya givarna som monterades in var ett komplement till de tidigare givarna. Detta bekräftade att man fick liknande resultat, därmed kunde slutsatsen dras ifall en tidigare RF-givare var defekt eller inte. Farhågor fanns att härdningsprocessen påverkade fuktgivarna både kemiskt och mekaniskt.

Verktyg för insamling av fuktdata och de flesta mätningarna baserar sig på revitansmätning. Detta gjordes 2015-01-15.

4.4.1 RF-givare

RF-givaren placerades i botten av mätröret så att den kommer så nära betongen utan att vidröra betongen. Givarkontakten fungerar som en länk mellan givaren och ledningarna, (figur 19-20).

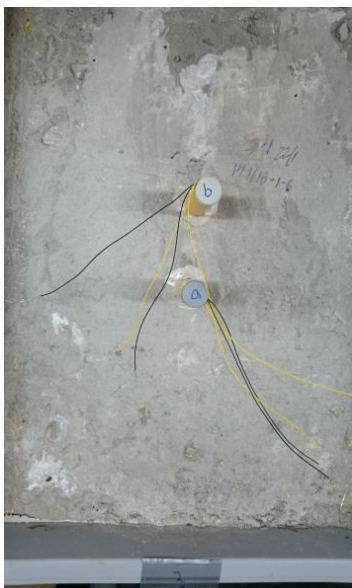
Innan betonggjutningen ägde rum valde vi att markera våra testplattor, för att försäkra oss om att behållarna verkligen fylldes med 100 mm betong. Men vi lade även stor noggrannhet på att trycka in mätrören exakt 40 mm på alla testplattor.

För att minimera luft och vatten åtkomligheten i mätrören och vidare ner till betongplattan valde vi att trycka ner mineralull samt rörplugg överst i mätrören. De täpptes ytterligare med tätningsmassa efter att vi hade borrarat i dem för att montera in ”c” givarna. Tätningsmassan lades för att försäkra givarna mot luftläckage i testplattorna.

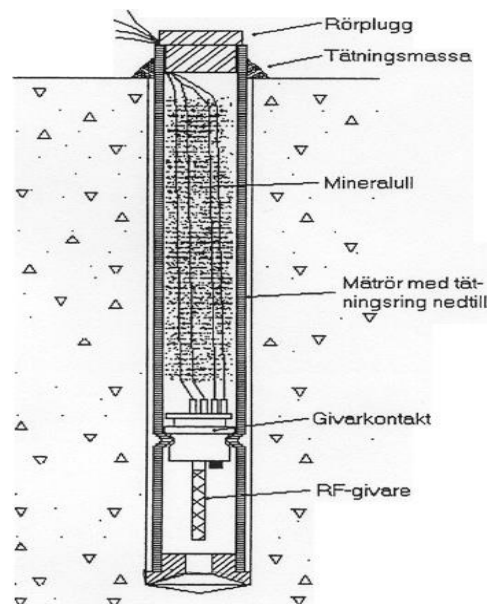
Mätsensorerna bevarades i en lufttät burk, (figur 21), så att de skulle vara helt nollställda innan de kommer till användning. Våra mätsensorer gav information om både RF och temperatur. Dess kapacitet för att göra RF mätningar låg på mellan 75-98%. Mätsensorerna klarar en temperatur differens på 0 – 40 °C.

<http://www.industrifysik.se/Pub/Default.aspx> [Hämtad 2014-11-29]

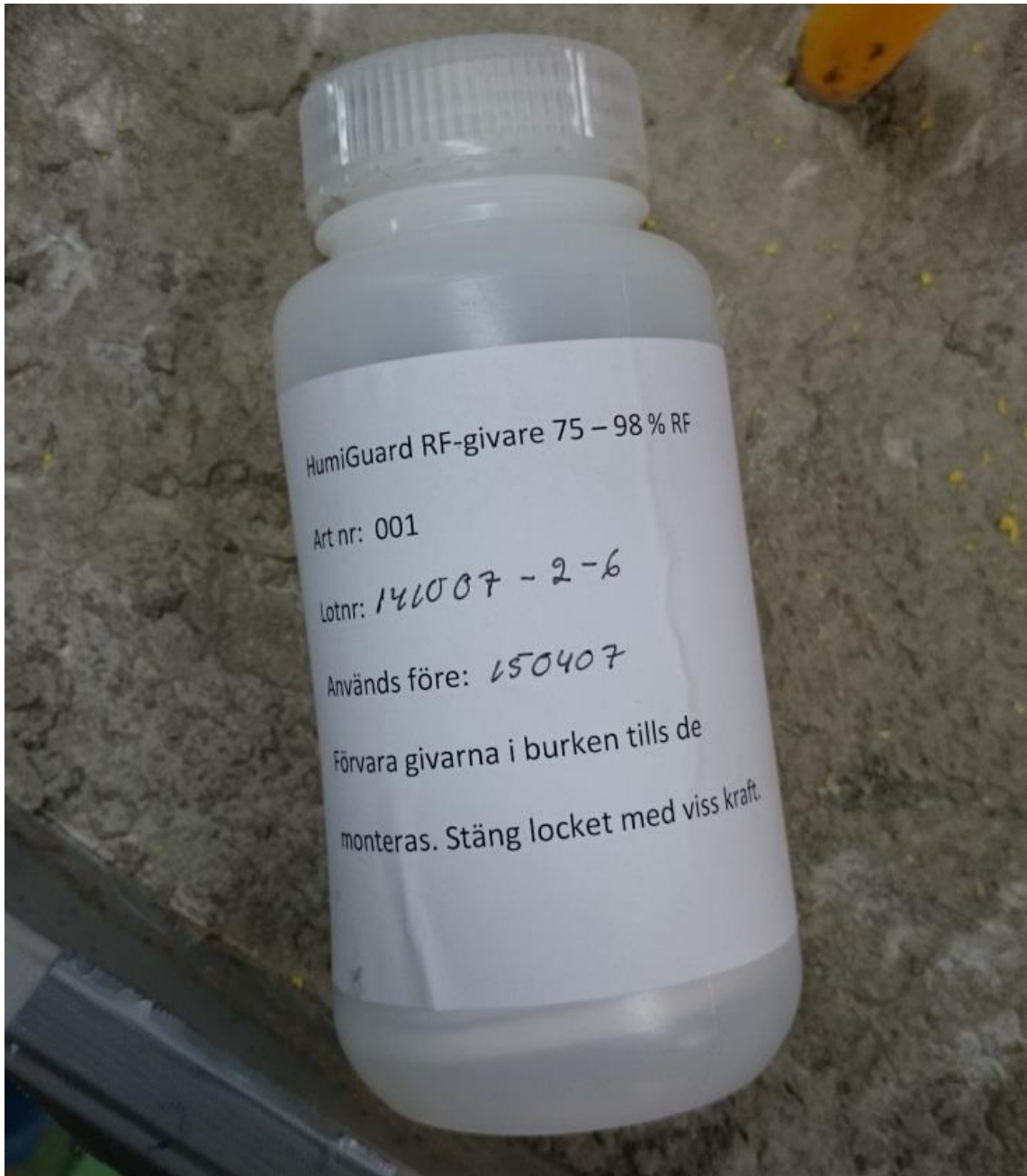
Mätsensorerna monterades ner i mätrören och de fyra ledningar stack utanför rörpluggen, två gula och två svarta. HumiGuard-instrumentet kopplades till mätning av RF och temperatur genom ledningarna. De gula sladdarna gav information om RF-värdet i betongplattan, medan de svarta sladdarna gav information om betongtemperaturen.



Figur 19: Monterad RF-givare.



Figur 20: Illustrering av monterad RF-givare.



Figur 21: Behållare för RF-givare.

I bilden ovan bevaras RF-givare från HumiGuard. Meningen med den lufttäta burken är att mätresultaten skall bli så trovärdigt som möjligt, det vill säga hålla givarna borta från luften.

5. Resultat

Tidschema för plattorna som visar vad som gjordes under specifika dagar ses i tabell 5.

Tabell 5: Tidsschema för fuktmätning i plattorna och utplacering av givarna.

Platta	Gjutning	Uppfuktning	Uttorkning	Montering av givare		
				a	b	c
Vct 0,34						
1	Dag 1	Dag 22	Dag 69	Dag 1	Dag 1	-
2	Dag 1	Dag 1	Dag 13	Dag 1	Dag 13	Dag 69
3	Dag 1	-	-	Dag 22	-	-
4	Dag 1	Dag 7	Dag 29	Dag 1	Dag 32	-
5	Dag 1	-	-	Dag 1	Dag 1	-
Vct 0,49						
6	Dag 1	-	-	Dag 1	Dag 1	Dag 69
7	Dag 1	Dag 1	Dag 13	Dag 1	Dag 22	-
8	Dag 1	Dag 1	Dag 13	Dag 1	Dag 32	-
9	Dag 1	Dag 22	Dag 69	Dag 1	Dag 69	-
10	Dag 1	-	-	Dag 22	-	-

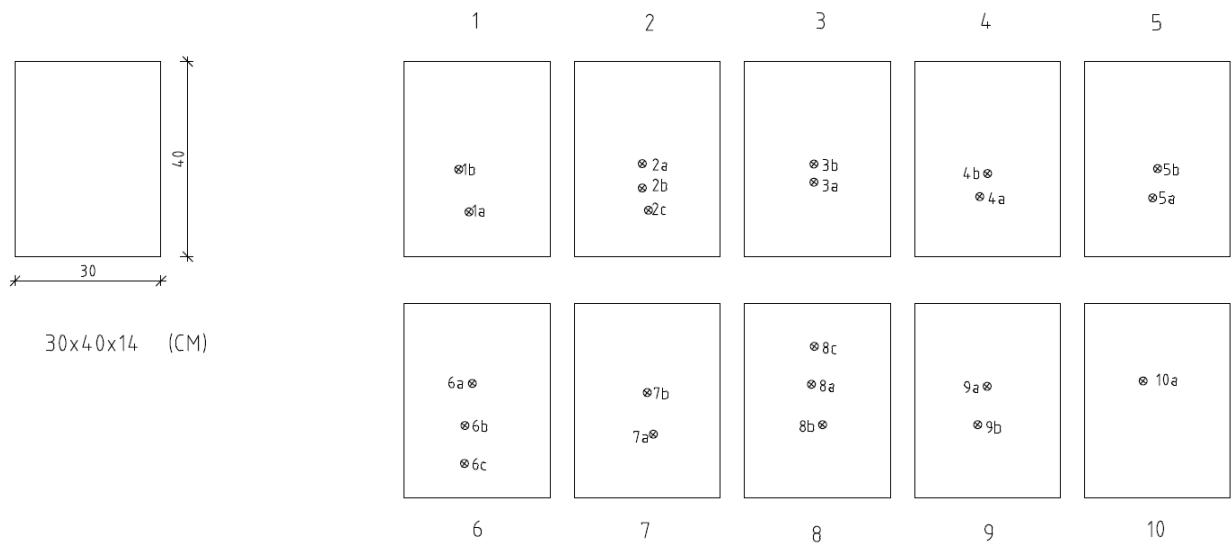
c- givarna monterades efter att betongen hade stelnat och fick borras in.

Placering av RF-givare

Figur 22 illustrerar placering av RF-givare i de olika testplattorna.

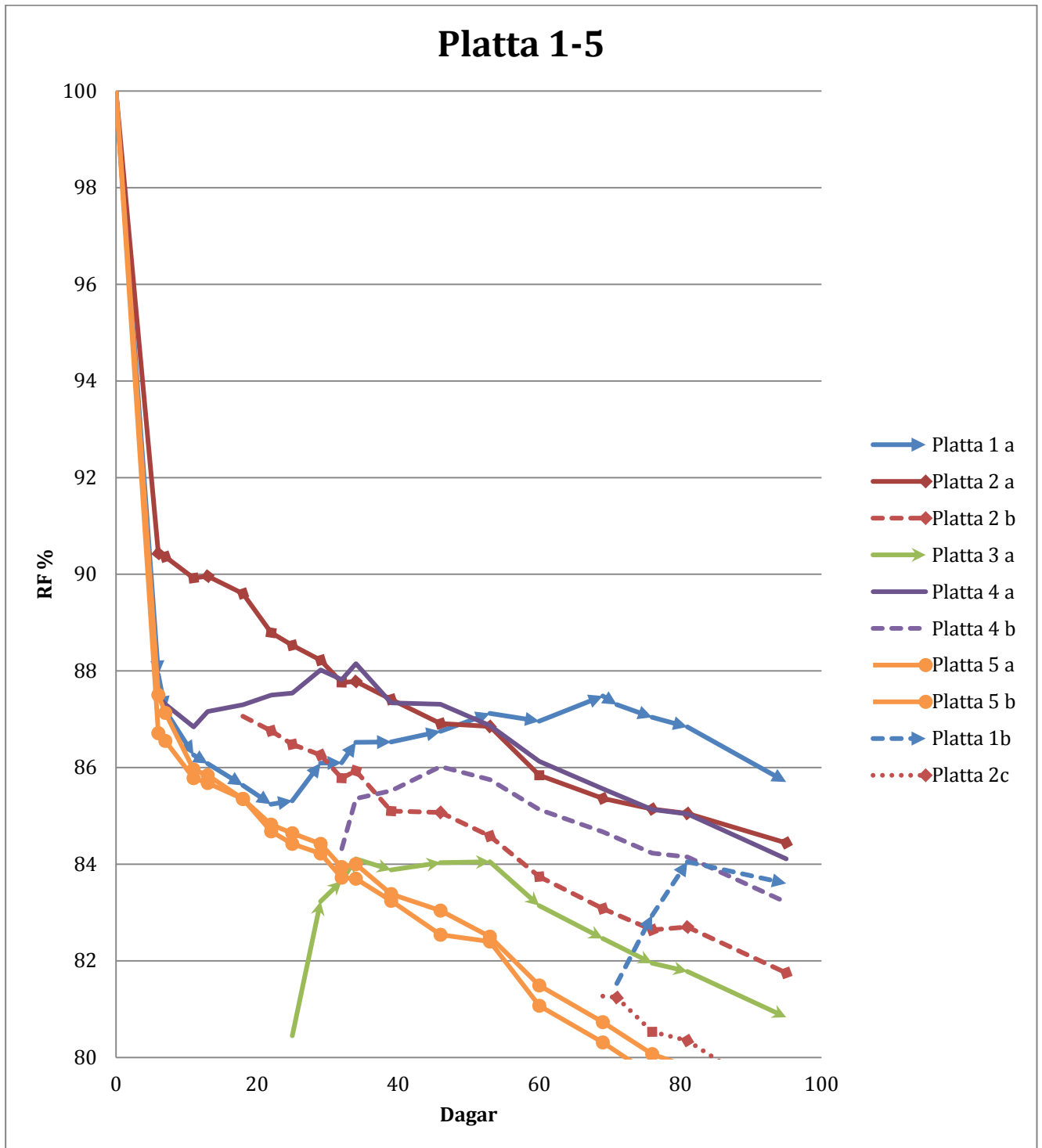
Testplatta 1 -5 = VCT 0,34

Testplatta 6- 10 = VCT 0,49

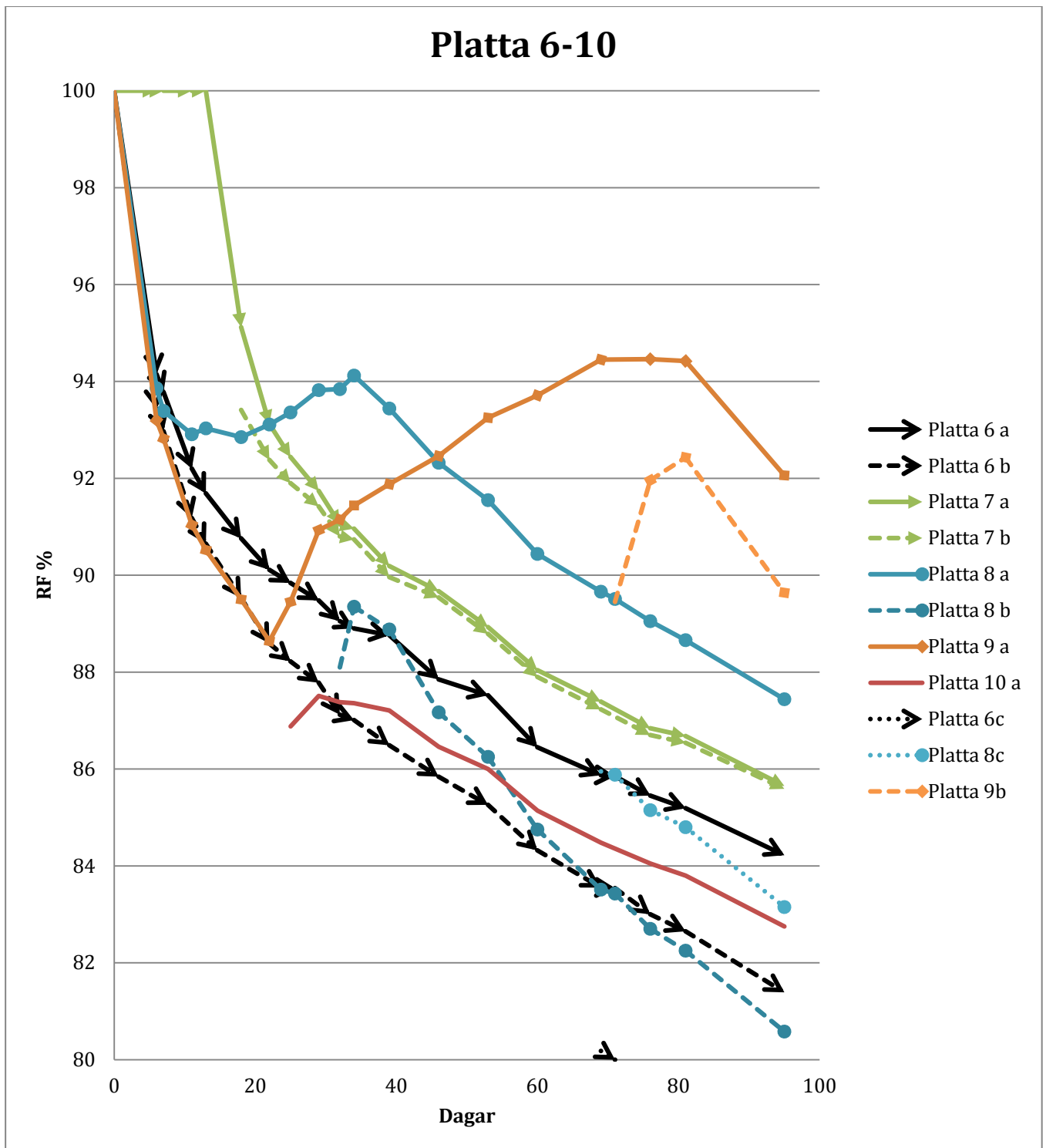


Figur 22: Ritning av testplattor och placering av mätinstrument.

I figurerna 23-24 redovisas alla testplattor och deras uppfuktning och uttorkningsprocess från första dagen. Tabellerna 5 och 6 redovisar hur länge varje platta var blötlagd.



Figur 23: Givarmätningar från testplatta 1-5 med vct 0,34, högprestandabetong.



Figur 24: Givarmätningar från testplatta 1-6 med vct 0,49, normalbetong.

Tabell 6: Antal dagar plattorna var blöta, ålder efter gjutningsdagen.

Platta	Uppfuktning	Uttorkning	Blöt i antal dagar
1	Dag 22	Dag 69	47
2	Dag 1	Dag 13	13
3	Lufttorkning	Lufttorkning	0
4	Dag 7	Dag 29	22
5	Lufttorkning	Lufttorkning	0

Tabell 7: Antal dagar plattorna var blöta, ålder efter gjutningsdagen.

Platta	Uppfuktning	Uttorkning	Blöt i antal dagar
6	Lufttorkning	Lufttorkning	0
7	Dag 1	Dag 13	13
8	Dag 7	Dag 29	22
9	Dag 22	Dag 69	47
10	Lufttorkning	Lufttorkning	0

Resultaten av 8a och 8b skiljer sig stort. Med största sannolikhet på grund av att 8b givaren är av en äldre modell, samt att den monterades in vid ett senare skede. Givare 8c monterades in vid ett senare skede. Utifrån kurvan kan man konstatera att uttorkningskurvan 8c går parallellt med uttorkning av 8a och 8b.

2:an har samma uttorkningsförlopp som 8an. Det går att se att 2c hamnar mellan 2a och 2b, vilket tyder på att det är en bra idé att placera en givare vid ett senare skede.

Slutsatsen av dessa två plattor är att en tredje givare behövdes för att säkerställa att de andra två givarnas resultat var godtyckliga, c- givaren fungerade som en referens mellan de andra två givarna.

Som exempel kan vi titta på givarna 8a som vid dag 80 hade 88 % RF och 8b som hade 81 % RF. Beroende på vilken givare man väljer att utgå ifrån kan kravet på 85 % RF från BBR både uppnås och inte uppnås. Eftersom vi valde 85 % som max krav skulle det inte vara möjligt att applicera PVC-matta om man följde givare 8a men det skulle vara fullt möjligt om man valde givare 8b.

Analys av mätresultaten:

I tabell 8 visas uppfuktning/uttorkningsprogram som testplattorna jämfördes.
1-5 vct 0,34 med C50/60.
6-10 vct 0,49 med C32/40.

Tabell 8: Jämförelse mellan testplattor, vct 0,34 och 0,49.

Testplatta	Jämförelse av de två betongrecepten
1 och 9	<i>Testprogram:</i> 1 och 9 uppfuktades dag 22. Av kurvorna kan det utläsas att i 1:an sker det inte stora förändringar medan 9:an visar raka motsatsen.
2 och 4	<i>Testprogram:</i> 2 och 4 uppfuktades vid olika skeden. Av kurvorna kan vi konstatera att om man uppfuktat tidigt, då ökar inte RF, men om man uppfuktat senare så stiger RF.
3 och 10	<i>Testprogram:</i> 3 och 10 monterades dag 22. Platta 10 har ett parallellt uttorkningsmönster medan 3:an har ett ojämnt uttorkningsmönster. Bägge plattor behandlades på samma sätt. De uppfuktades aldrig.
5 och 6	<i>Testprogram:</i> 5 och 6 var referenser och uppfuktades aldrig. Dessa fick lufttorkas. 5:an har ett jämnt uttorkningsmönster medan det i 6:an går att se att det skiljer sig i ett tidigt skede i testet.
7 och 2	<i>Testprogram:</i> 7 och 2 uppfuktades under lika lång tid, från dag 1. Från kurvan kan det utläsas att 7:an inte sjunker under de första 13 dagarna. 2 sjunker redan från dag 1.
7 och 6	<i>Testprogram:</i> 7 och 6 har samma parallella uttorkningsmönster. Trots att 7:an var uppfuktad men inte 6:an.
7 och 9	<i>Testprogram:</i> 7:an uppfuktades tidigt och får en jämn uttorkningskurva medan 9:an uppfuktades vid senare skede och får en dramatisk kurva.

Analys och diskussion

Vi gjöt två separata betongtyper med olika vct tal och cementkvalitet. Vi gjorde ett medvetet val genom att ta ett lite högre vct tal och en lägre det vill säga 0,34 och 0,49 och det gjordes för att se hur uttorkningsprocessen ter sig.

Vi märkte ganska omgående att vct talet har ganska stor betydelse för uttorkningsprocessen. I plattorna 5 (vct: 0,34) och 6 (vct: 0,49) var våra referenser som aldrig kom i kontakt med vatten, där kan man tydligt se hur RF värdet sjunker i en snabb fart i platta 5 medan RF värdet sjunker långsammare i platta 6.

Vi fördjupade oss i vår studie ytterligare och jämförde två andra plattor med andra förutsättningar, det vill säga vi höllde vatten på plattorna direkt efter gjutning, platta 2 med vct: 0,34 och platta 7 med vct 0,49. Där kunde vi konstatera att även där blev det skillnader. Platta 2 med ett lägre vct tal reagerade först på vattnet efter 7 dagar. Det skedde en snabb sänkning av RF tills betongen hade sugit åt sig vattnet och sedan bromsade RF kurvan ned rejält. I platta 7 sögs vatten troligen in direkt eftersom uttorkningsprocessen inte kom igång förrän efter vattnet hade tagits bort, ca två veckor efter gjutning.

För att konstatera att det inte bara var en tillfällighet med skillnader mellan RF värdena valde vi att jämföra två ytterligare plattor som lufttorkades i 25 dagar innan vatten påfördes. Denna gång jämfördes platta 1 (vct: 0,34) med platta 9 (vct: 0,49). Efter 55 dagars uppföljning kunde vi konstatera att plattan med högre vct tal låg på ca: RF 95 % medan platta med lägre vct tal låg på RF 87 %. Betong med högre vct påverkas med andra ord betydligt mer av fuktbelastning på ytan.

RF i betongen mättes i de flesta plattor med två mätsensorer. Avsikten med detta var att få en bättre mätsäkerhet. I de plattor som vattnades monterades en givare innan vatten påfördes medan den andra givaren sattes på plats först efter att vattnet hade tagits bort. Det framgår av mätningarna att det i vissa fall blev stora skillnader mellan de båda mätvärdena. En möjlig orsak till detta skulle kunna vara att givarna påverkas om fuktigheten ökar markant. I några fall där skillnaden mellan de två givarna var väldigt stor monterades även en tredje givare i ett senare skede för att försöka verifiera vilket av värdena som var "rätt". Som synes gav inte dessa givare särskilt mycket hjälp vid utvärderingen.

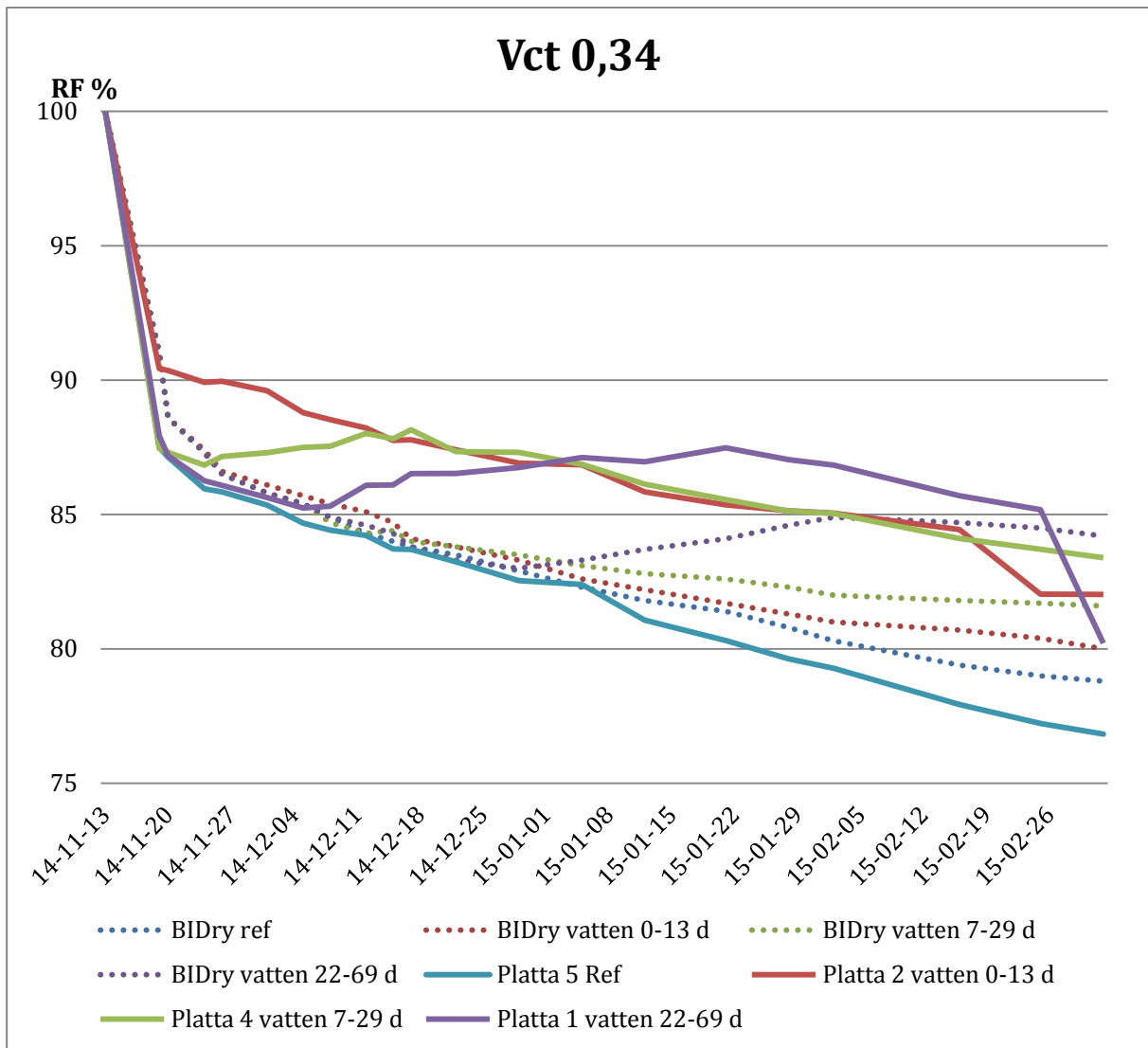
En möjlig orsak till stora skillnader kan ha varit att givaren i något fall var felmonterad (satt löst eller för långt ner).

En slutsats som kan dras är att vct talet har en stor påverkan ur RF synvinkel. Ju högre vct tal desto långsammare sjunker RF och tvärtom.

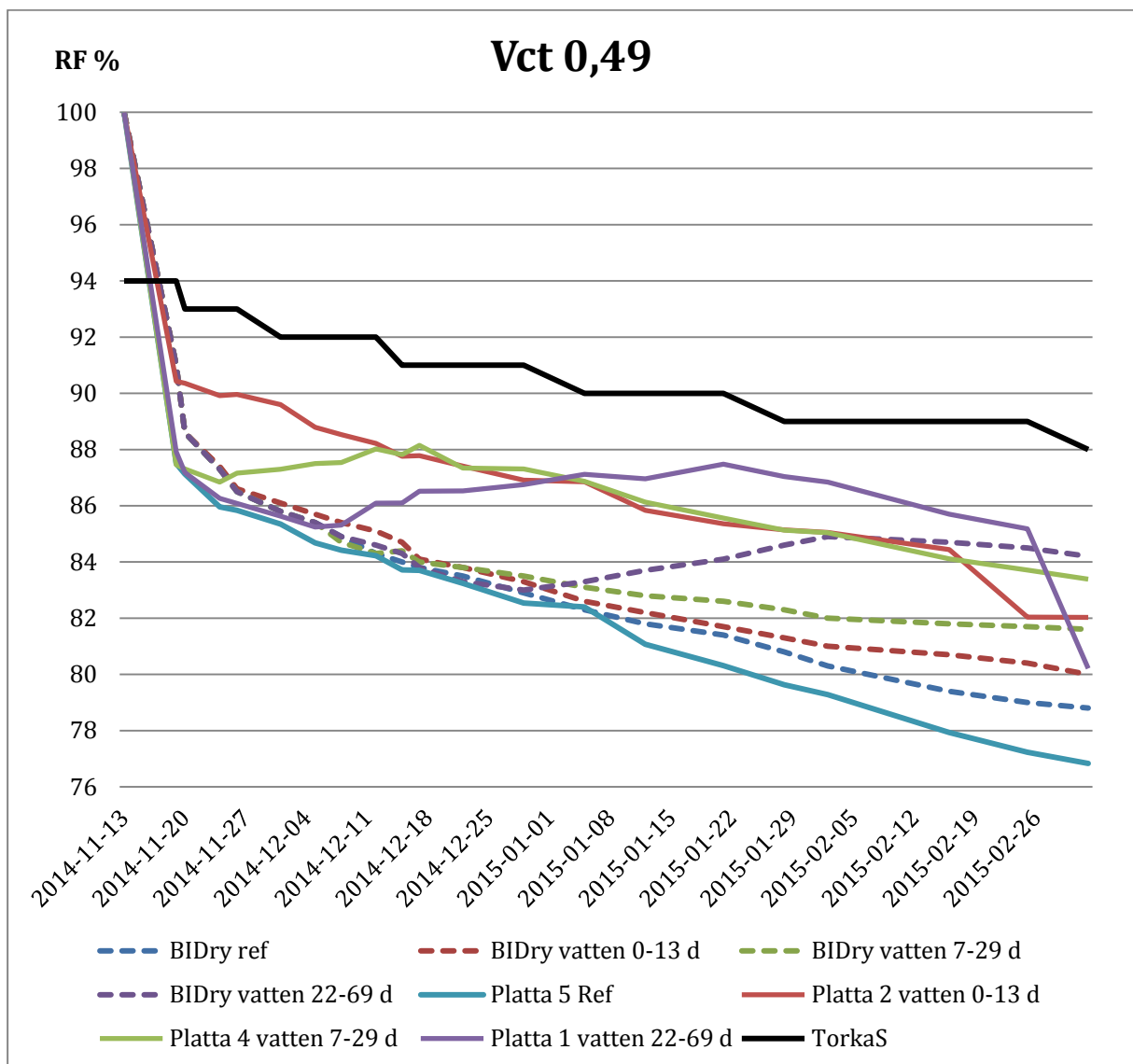
5.1 Uttorkningsberäkning med BI Dry och uppmätta värden

I detta avsnitt har beräkningsprogram som BI Dry jämförts med verkliga mätningar, (figur 25-26).

Figur 25: Mätningar med BI Dry och verkliga mätningar.



Figur 26: Mätningar med BI Dry och verkliga mätningar.



I diagrammen ovan går det att konstatera att beräkningsprogramet BI Dry beräknade fel när man jämför det med verkliga uppmätta resultat. Det går att konstatera från diagrammet att den teoretiska vatteninträningen är för långsam.

Jämfört med verkliga mätningar går det att konstatera att BI Dry har ett jämnt uttorkningsförlopp de första dagarna, ju längre tiden fortlöper desto större blir skillnaderna mellan de verkliga mätresultaten och de beräknade.

Vår bedömning är att uppfuktning går betydligt fortare i verkligheten än med BIDry.

Med andra ord behöver den teoretiska modellen för vatteninsugning/uppfuktning justeras.

6. Frågor till Ted Rapp på RBK.

Ted Rapp är projektledare och tekniskt sakkunnig för RBK och har hand om bland annat problematik kring fukt i betong.

1. Vad tycker Du om mätsystemen, (Vaisala, Testo, och HumiGuard) som finns ute i byggbranschen idag?

– Bra fungerande mätsystem.

2. Av dessa tre mätinstrument, vilken skulle Du föredra att mer byggarbetsplatser använder sig utav?

– Det spelar egentligen ingen roll. Val av system med tillhörande mätinstrument görs av användaren beroende på tycke och smak. Mätinstrumenten har olika för- och nackdelar och hur användarens verksamhet ser ut spelar också in vid val av instrument/system.

3. Vad anser Du har förändrad mest gällande fukt i betong sedan du började med ditt yrke?

– Användningen av betong med lågt vct, vattencementtal, i uttorkningssyfte har ökat i husbyggnadssammanhang. Medvetenheten om vilka problem fukt i betong kan ställa till har ökat hos både beställare och entreprenörer men varierar rejält beroende på ort i landet.

4. Skulle du kunna tänka dig se RBK släppa eller ta mer ansvar i framtiden, och i så fall hur?

– Om ni syftar på RBK-systemet för RF-mätning skulle jag gärna se att även RF-mätning i avjämningsmassa infogades i systemet. GBR, Golvbranschens riksorganisation står bakom ett liknande system för avjämningsmassa som baseras på RBK-systemet och tanken är att det ska infogas i RBK-systemet men arbetet har gått i stå av olika anledning men kommer förhoppningsvis igång igen.

När det gäller ansvar så skulle ju ett scenario kunna vara att auktorisationen övergick till att bli en tredjepartscertifiering och RBK helt släppte sin roll. För att detta ska fungera kostnadsmissigt, både från certifieringsorganet och fuktkontrollanterna, så måste efterfrågan på tjänsten öka t.ex. genom kravställande på RF-mätningar i byggreglerna vilket skulle göra detta till ett tvingande moment i byggprocessen.

5. Hur tycker Du utbytet av information gällande fukt i betong kan förbättras mellan olika aktörer i byggbranschen idag?

– Oj, det var inte lätt att svara på. Tyvärr är det ofta bara tvingande regler som medför att ett problem hanteras eller en aktivitet utförs. Om fukt fanns med som en lika självklar disciplin som statiken vid projekteringen tror jag det skulle se annorlunda ut.

6. Hur kommer det sig att det fortfarande sker en hel del fel och brister trots att man har så goda kunskaper om fukt idag?

– Kort byggtid, betongen hinner inte torka. Delade entreprenader d.v.s. många aktörer i samma projekt med dålig samordning. Pengar. Vädskydd ses enbart som en kostnad trots att det faktiskt kan ge produktionsmässiga fördelar och tidsbesparing. Det finns tyvärr även en form av chanstagningsmentalitet. ”Det brukar ju gå bra ändå.”

7. TorkaS är ett standardprogram i de flesta Högskolor men används inte mycket hos företag ute på marknaden, skulle Du vilja ha ett standardiserat program som alla använder sig utav och i så fall varför ”Ja eller ”Nej”?

– Jag håller nog inte med. TorkaS är ganska välkänt i branschen även hos entreprenörerna. Däremot kommer programmet på sikt troligen att försvinna eftersom ingen vidareutveckling är planerad. Det börjar användas nya cement, importerade cement samt tillsatsmaterial i betongen vilket programmet inte klarar att hantera. Ett nytt program håller på att utvecklas, PPB-Fukt, vilket finansieras av SBUF. Programmet planeras att vara klart under 2016 och ska vara fritt att använda av alla. I programmet kommer nya materialdata att kunna läggas in fortlöpande vartefter den kommer nya cement och tillsatsmaterial på marknaden.

8. Hur ska pågjutningar hanteras fuktmässigt?

– Fuktp Problemen hamnar inte hos RBK utan hos beställare och entreprenörer. Däremot är nog den fråga som oftast ställs till RBK hur pågjutningar ska hanteras fuktmättningsmässigt. Det kan vara pågjutning på ett HD/F-bjälklag eller pågjutning på ett massivt Prefab element eller tidigare gjuten konstruktion. Detta hanteras inte i fuktmättningsmanualen idag.

7. Diskussion

Våra förhoppningar gällande experimentet var att det skulle leda till en klar insikt i hur betongens uttorkningsprocess går till. I början av arbetet hade vi mycket tidigare forskning att förlita oss på. Trots det kom vi fram till att det inte är så lätt att beräkna uttorkningsprocessen hos betong, och att betong är ett ämne som kan bete sig väldigt olika från fall till fall. Därför är det viktigt att det finns kompetens hos sakkunniga individer som kan bidra med sin expertis.

Eftersom betong är ett oberäkneligt material som kan bete sig väldigt olika bara man skiftar på en faktor, oavsett om det är vct talet, rummets temperatur, vilken tid det blötläggs etc. Därför tycker vi att erfarenhet kan vara den viktigaste egenskapen att ha när det gäller betong. Vi lärde oss att vara kritiska mot beräkningsprogram som mäter fuktigheten i betong. Mätvärdena skiljde sig i vissa fall mycket från teoretiska värden.

Det som fick arbetet att flyta på var för vi fick en hel del handledning av Jonas Carlswärd och Betongindustri som även bidrog med material som gjorde det möjligt för oss att fullfölja våra planerade tester.

En viktig faktor som hjälpte oss på vägen var att vi var pålästa inom ämnet samt hade tillgång till mycket litteratur som bidrog med en djupare och bredare förståelse inom ämnet.

8. Slutsats

Vi har kommit fram till att beräkningsprogrammen inte överensstämmer fullkomligt med verkligheten. Vi såg även att uttorkningsprocessen för samma betong skiljde sig och inte följde något mönster, trots att det hade samma vct och blötlades lika lång tid.

Slutsatsen kan dras att expertis krävs för framställning och framtida hanteringar av betong för att förhindra komplikationer och åtgärda de problemen som uppkommer.

Resultat visar att fukt på betongytan kan leda till ganska stora förskjutningar i uttorkningsprocessen. Det är således viktigt att ta hänsyn till eventuell fuktbelastning under byggtiden när man gör fuktprognoser.

Beräkningsprogrammet BI Dry ger bättre överensstämmelse än TorkaS.

TorkaS är begränsat då det inte tar hänsyn till uppfuktning och detta kan leda till att problem uppstår när betongen blir blött igen av diverse olika anledningar som nämnts i tidigare kapitel och måste torkas ut igen. BIDry tar inte heller hänsyn till uppfuktning på ett korrekt sätt.

Jämförelser visar att uppfuktningen i verkligheten är snabbare.

Med andra ord bör man inte förlita sig för mycket på de prognosverktyg som finns på marknaden. Vi anser att regelbundna kontroller av RF nivåer i betongen bör göras för att det i vissa fall kan skilja några procentenheter mellan beräknad RF och verklig RF.

Som vi nämnde i början anser vi att den avgörande faktorn för att förhindra problematik med fuktig betong är att sakkunniga drar den avgörande beslut kring beräkningsprogrammets utdata, att det tolkas resultaten, och tar rätt beslut utifrån resultaten.

Mätningarna som gjordes i detta försök visade att RF-givarna i samma betong ibland gav olika resultat, detta hände i vissa fall där vi hade två eller tre givare i samma betongblock. En slutsats man kan dra från detta är att i mätningar ute på byggplatser där man bara har en RF-givare i betongen och ska dra ett slutgiltigt beslut om att exempelvis applicera matta på betongen kan vara fördömande och kan kosta både tid samt pengar.

Som vi nämnde i början anser vi att den avgörande faktorn för att förhindra problematik med fuktigt betong är sakkunniga som med hjälp av erfarenhet kan dra avgörande beslut kring beräkningsprogrammets utdata och tar rätt beslut utifrån resultaten.

Referenser

Litteratur:

Gillberg, F. J, T.(1999). Betong och miljö. Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Hedenblad, G. (1995) Uttorkning av byggfukt i betong: torktider och fuktmätning

HEIDELBERGCEMENTGroup. Koncept för fuktsäkert betongbyggande, BI Dry 2.0.

HusAMA 2011. Allmänna material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten. Svensk Byggtjänst, Stockholm: 2011

Johansson, N. (2005). Uttorkning av betong. Lund: Studentlitteratur

Nevander, L.E, Elmarsson, B. Fukthandbok – praktik och teori. Svensk Byggtjänst, Stockholm: 1994

Petersson, B.Å. (2004). Tillämpad byggnadsfysik. Lund: Studentlitteratur

Malaga, K. & Svahn Garreau, H. (2012).

Titel på artikel: International Workshop, *concrete conservation and preservation*. Göteborg, Sverige 6-7 december 2012.

Webb:

<http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/materialegenskaper/omraekning-av-enheter/> [Hämtad 2014-11-14]

<http://www.isover.se/konstruktionsl%C3%B6sningar/bbr/fukt> [Hämtad 2014-11-14]

<http://www.industrifysik.se/Pub/Default.aspx> [Hämtad 2014-11-29]

<http://www.fuktskadeteknik.com/wp-content/uploads/2013/05/Alkalisk-fukt-i-betong.pdf> [Hämtad 2014-12-12]

http://www.fuktsakerhet.se/sv/fakta/Documents/SP_RAPP_2005_11.pdf [Hämtad 2015-01-20]

<http://www.sp.se/sv/index/services/SPmonitor/Documents/Kritiska%20fukttillst%C3%A5nd%20mikrobiell%20p%C3%A5v%C3%A4xt.pdf> [Hämtad 2015-01-21]

<http://www.svenskbetong.se/betongens-egenskaper/fukt.html> [Hämtad 2015-01-24]

<http://www.fuktsakerhet.se/sv/fukt/fuktkallor/Sidor/default.aspx> [Hämtad 2015-01-28]

<http://www.isover.se/konstruktionsl%C3%B6sningar/bbr/fukt> [Hämtad 2015-01-28]

<http://www.cmtinter.com/conreg/wp-content/uploads/2011/03/Plastiska-krympsprickor.pdf> [Hämtad 2015-01-28]

<http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/mellanbjalklag/betong/fukttekn/Sidor/default.aspx> [Hämtad 2015-01-28]

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/grundvatten-1.6857> [Hämtad 2015-01-28]

http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/PDF-filer/ByggaF_Branschstandard/1_ByggaF_branschstandard.pdf [Hämtad 2015-02-21]

http://www.rbk.nu/om-rbk_85 [Hämtad 2015-02-21]

<http://www.dry-it.se/Avsnitt%206-5%20Fukt%20ur%20BFS2006-12%20%28BBR12%29.pdf> [Hämtad 2015-02-21]

<http://www.sp.se/sv/about/Sidor/default.aspx> [Hämtad 2015-02-21]

<http://www.sjukahus.se/handbook.asp?c=3> [Hämtad 2015-02-25]

www.rbk.nu [Hämtad 2015-02-25]

<http://www.sjukahus.se/handbook.asp?c=11> [Hämtad 2015-02-25]

<http://www.byggcert.se/index.php/information/byggnadsmaterial/28-byggnadsmaterial/82-betong> [Hämtad 2015-03-09]

<http://bohuslaningen.se/nyheter/vastsverige/1.3632254-byggfel-pa-bade-nal-och-sahlgrenska>
[Hämtad 2015-04-21]

<http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>
[Hämtad 2015-04-21]

http://www.botaniskanalys.se/files/Hur_svamp.pdf [Hämtad 2015-04-21]

<http://www.fuktinfo.se/las-mer-om-fukt-mogel-och-fuktskador/fukt-allmant-2/>
[Hämtad: 2015-05-07]

<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=101&artikel=6149018>
[Hämtad 2015-05-07]

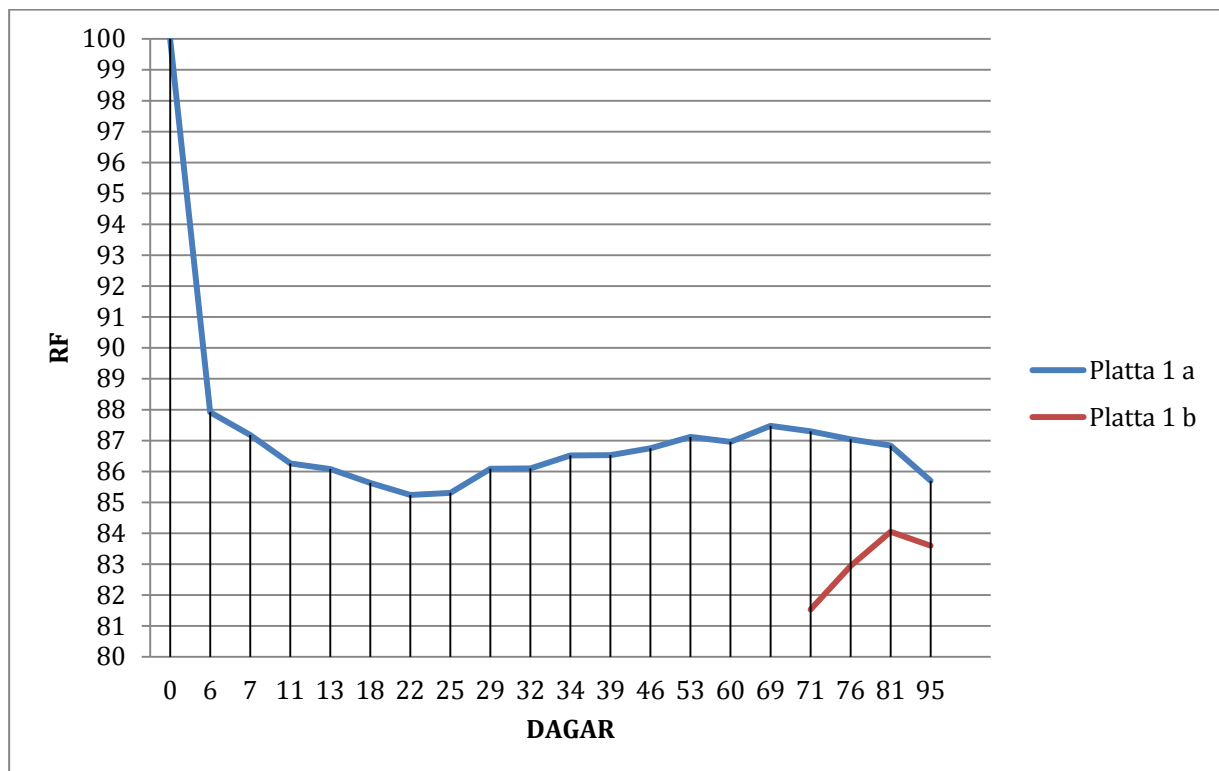
<http://www.expressen.se/gt/de-maste-bygga-om-skolan-for-71-miljoner/>
[Hämtad 2015-05-07]

<http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/windows-baserad-dator-program/torkas/> [Hämtad 2015-05-07]

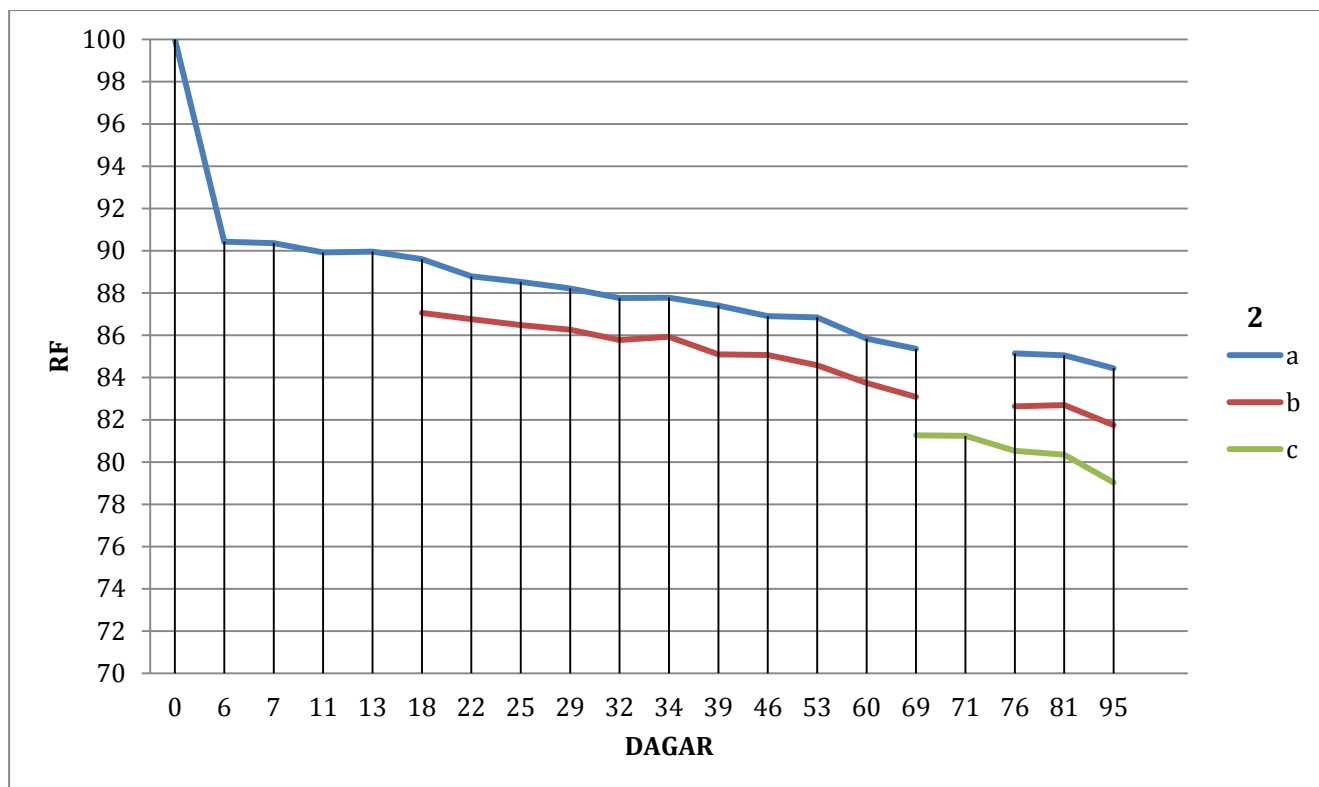
<http://www.bidry.se/page.php?id=info> [Hämtad: 2015-05-07]

Mätningar med HumiGuard

Med mätdosan HumiGuard har följande resultat erhållits.

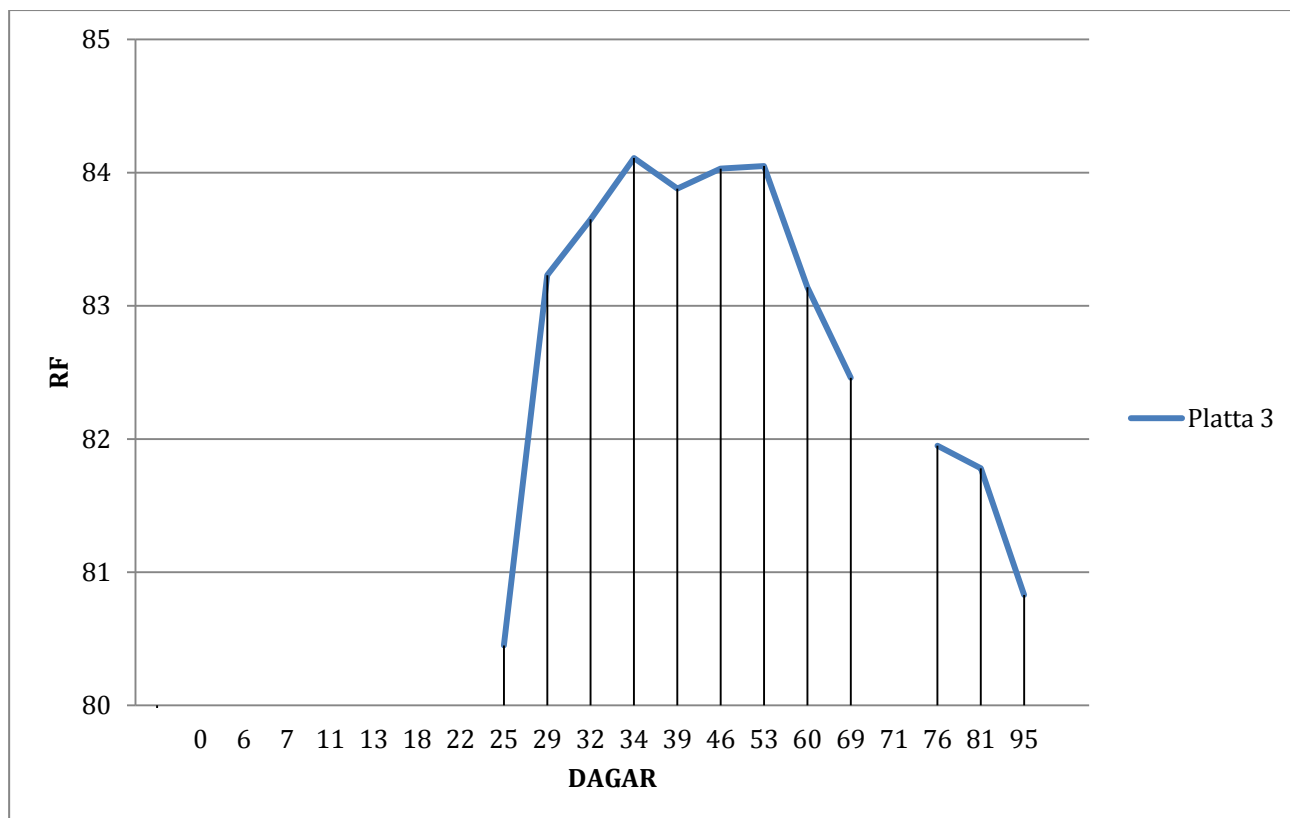


Tid	Testplatta 1	
	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Uppfuktning och mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Tömdes på vatten, och givare 1b monterades
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning



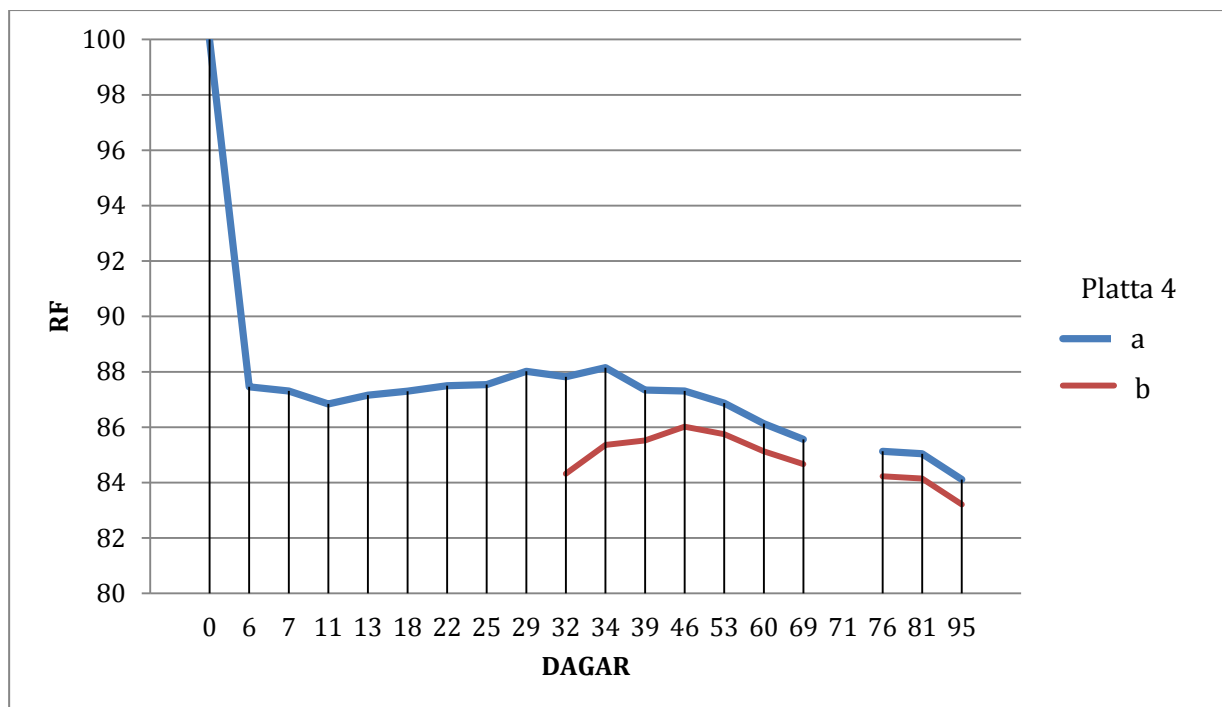
Testplatta 2

Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning och Uppfuktning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Tömdes på vatten, givare 2b monterades och mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Givare 2c monterades
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning

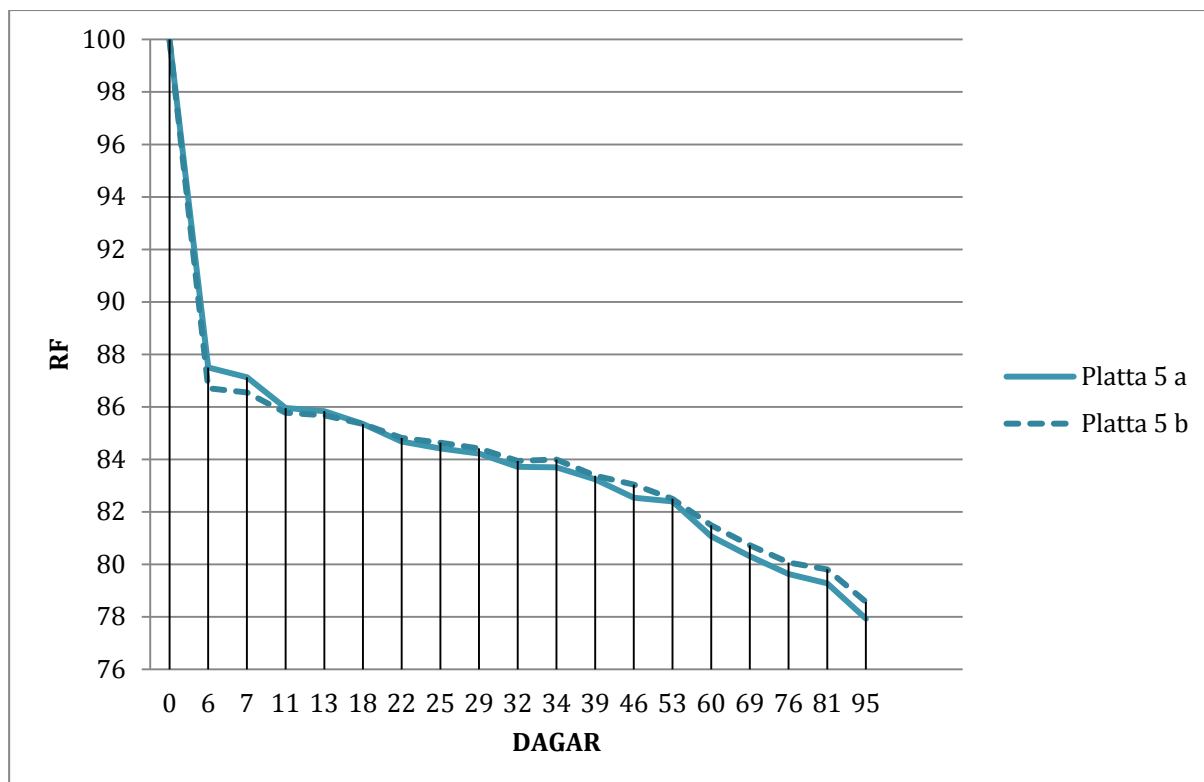


Testplatta 3

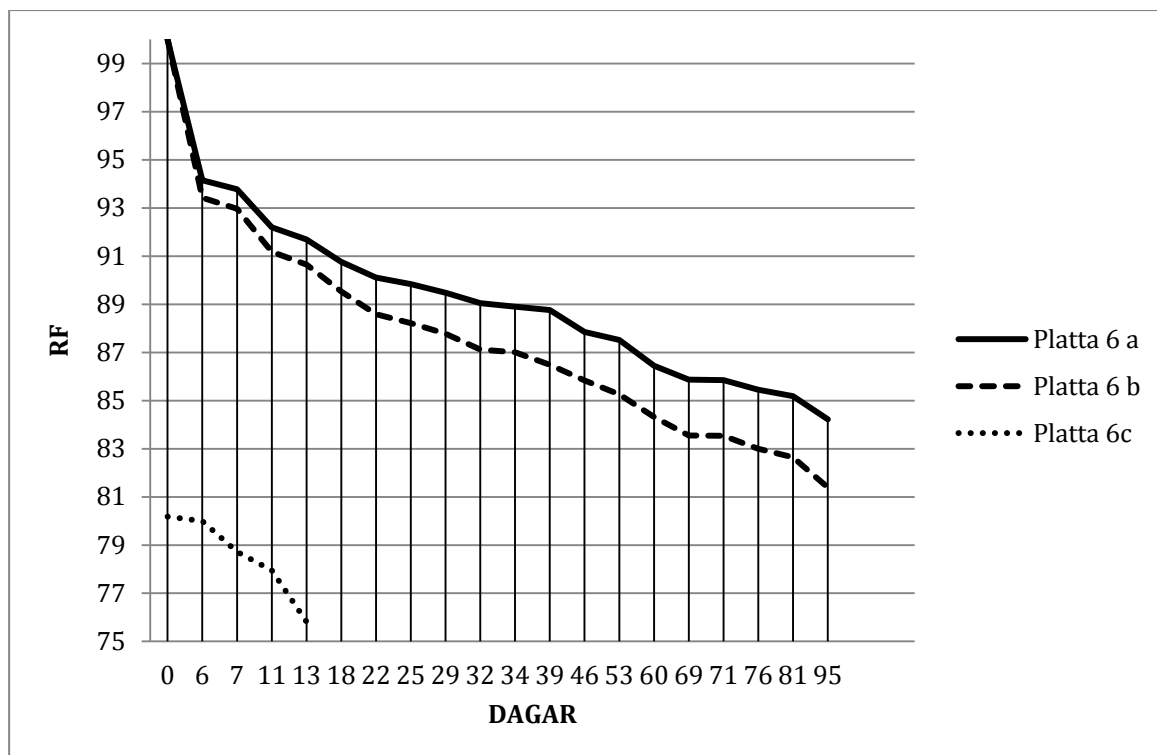
Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	-
2014-11-20	7	-
2014-11-24	11	-
2014-11-26	13	-
2014-12-01	18	-
2014-12-05	22	Givare 3a monterades och mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning



Testplatta 4		
Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Uppfuktning och mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Tömdes på vatten och mätning
2014-12-15	32	Givare 4b monterades och mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning

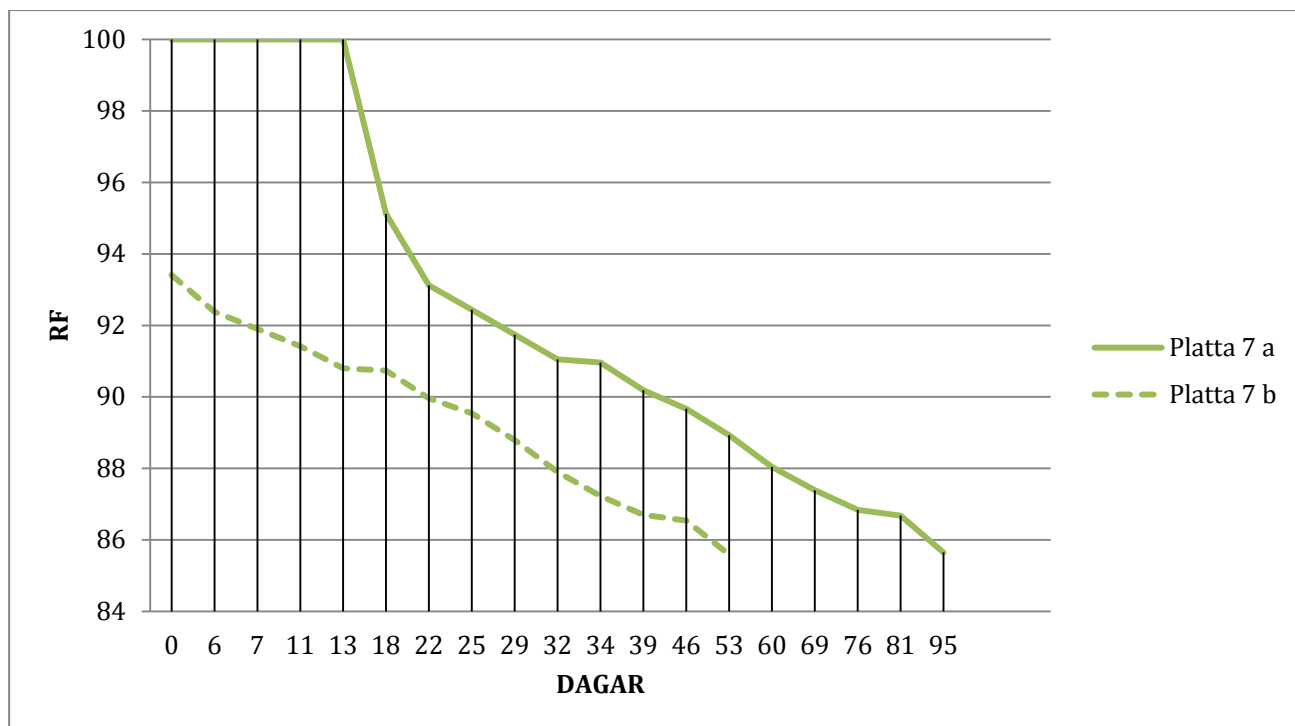


Testplatta 5		
Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning

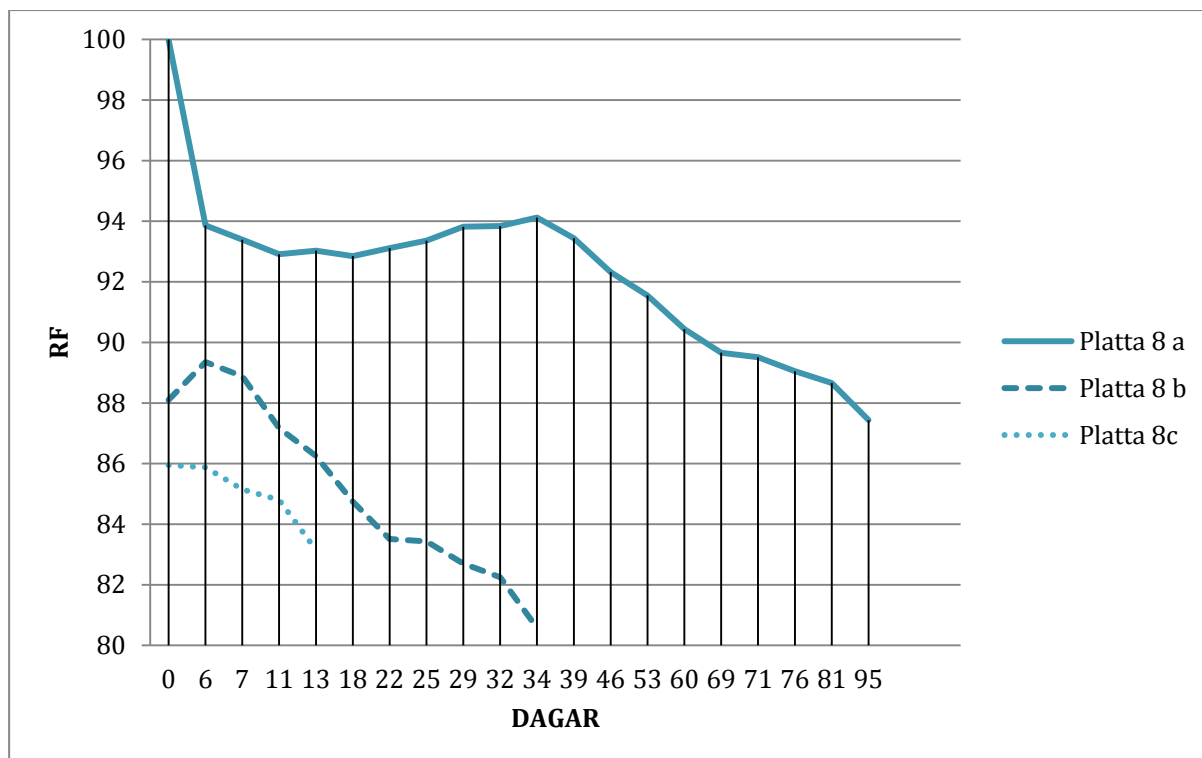


Testplatta 6

Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Givare 6c monterades och mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning

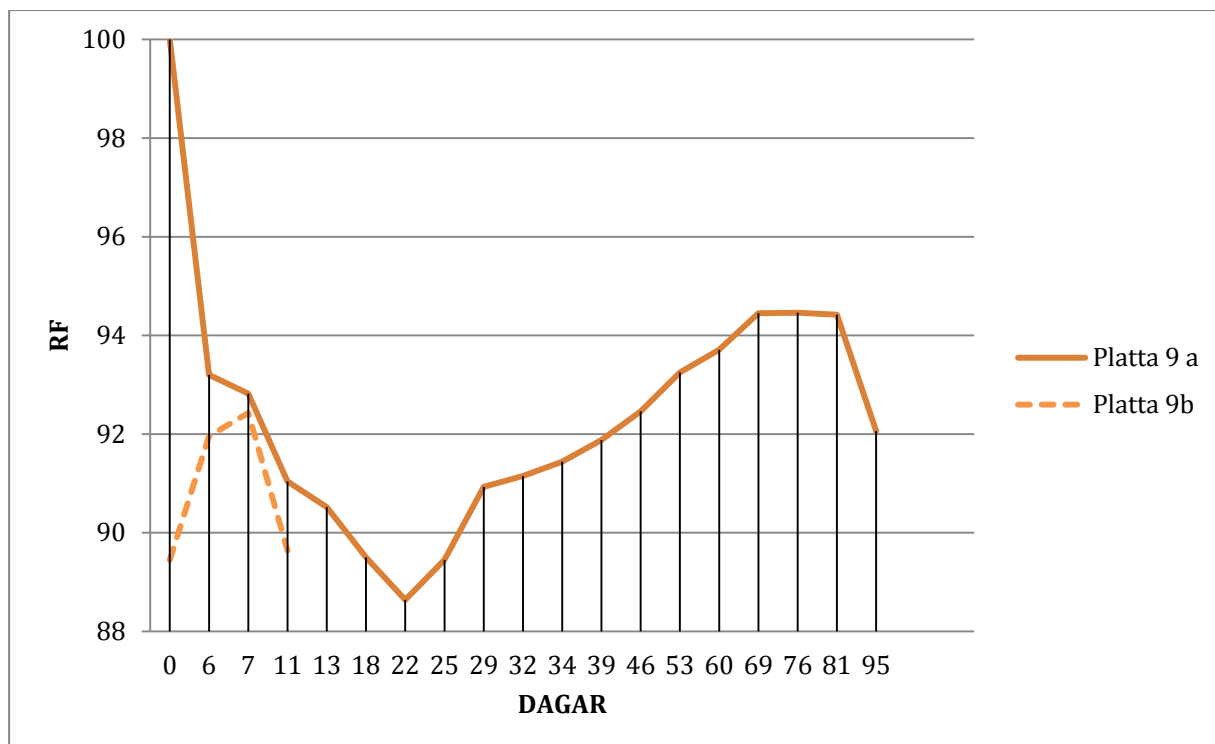


Testplatta 7		
Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning och uppfuktning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Tömdes på vatten och mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Givare 7b monterades och mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning

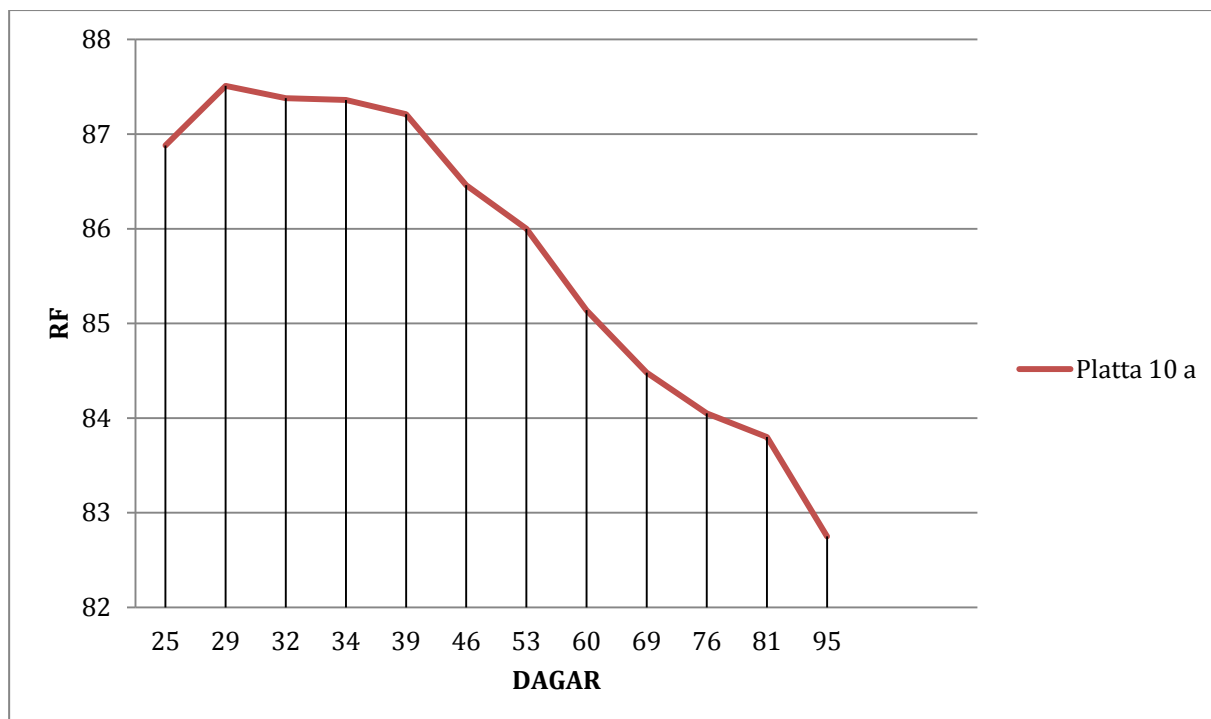


Testplatta 8

Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Mätning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Gjutning och uppfuktning Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Tömdes på vatten och mätning
2014-12-15	32	Montering av 8b, givaren är av en äldre modell
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning



Tid	Dag	Testplatta 9 Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	Mätning
2014-11-20	7	Mätning
2014-11-24	11	Mätning
2014-11-26	13	Mätning
2014-12-01	18	Mätning
2014-12-05	22	Uppfuktning och mätning
2014-12-08	25	Mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Tömdes på vatten och Givare 9b monterades (givaren är av en annan batch)
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning



Testplatta 10		
Tid	Dag	Notering
2014-11-13	1	Gjutning
2014-11-19	6	-
2014-11-20	7	-
2014-11-24	11	-
2014-11-26	13	-
2014-12-01	18	-
2014-12-05	22	-
2014-12-08	25	Montering av givare och mätning
2014-12-12	29	Mätning
2014-12-15	32	Mätning
2014-12-17	34	Mätning
2014-12-22	39	Mätning
2014-12-29	46	Mätning
2015-01-05	53	Mätning
2015-01-12	60	Mätning
2015-01-21	69	Mätning
2015-01-23	71	Mätning
2015-01-28	76	Mätning
2015-02-02	81	Mätning
2015-02-16	95	Mätning