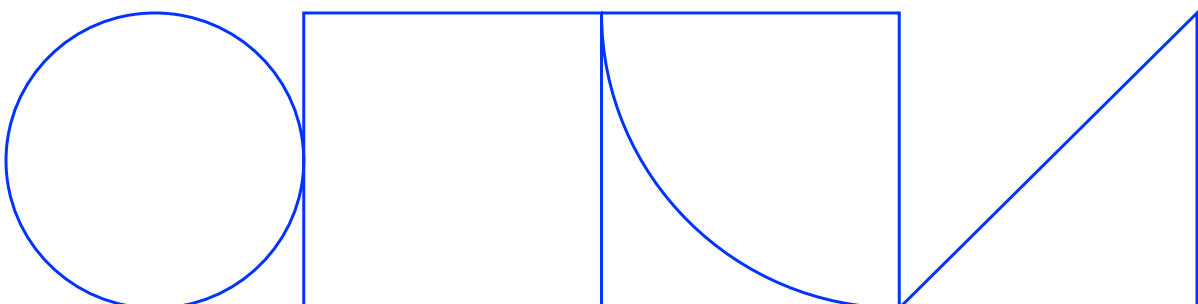
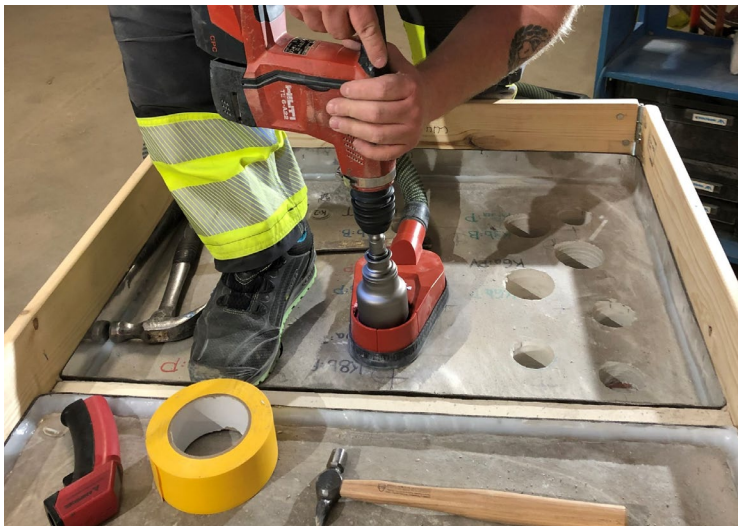


RBK-metod för RF - mätning i golvavjämning

Slutrapport

Ted Rapp
Byggföretagen

2023 -01-11



FÖRORD

Som projektledare och representant för RBK/Byggföretagen vill jag först och främst tacka Golvbranschen, GBR, för att de tillhandahöll sin branschstandard ”Bestämning av relativ fuktighet i golvavjämning”. Den har använts som underlag till detta projekt.

Jag vill även rikta ett stort och varmt tack till samtliga som på ett eller annat sätt deltagit i projektet. Utan er hade inte projektet kunnat genomföras.

Ett särskilt tack riktas till projektets arbetsgrupp samt de experter och specialister som förstärkt arbetsgruppen under projektets gång. De har slitit hårt med utredningar, arbetsmöten och sist men inte minst alla mätningar som utförts för validering av metoden.

Dessa är:

Anders Anderberg, Saint-Gobain Byggprodukter AB, Weber

Daniel Granlund, FuktCom

Hans Hedlund, Skanska Sverige AB

Ingrid Johansson, Polygon Sverige AB

Jörgen Grantén, FuktCom

Kajsa Levander, Byggnadsmiljö Mellansverige AB

Lars Hasselbom, Raksystems

Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic

Nicklas Sahlén, FuktCom

Niklas Stenberg, Polygon Sverige AB

Robert Tael, Raksystems

Sture Lindmark, FuktCom

Slutligen vill jag rikta ett stort och varmt tack till SBUF för finansiering av detta projekt och framför allt till SBUF:s VD Anneli Kouthoofd för sitt tålamod.

2023-01-11



Ted Rapp
Projektledare

SAMMANFATTNING

I detta projekt har en mätmetod utarbetats för RF-mätning i golvavjämning. Metoden är en vidareutveckling av ”GBR branschstandard, Bestämning av relativ fuktighet, RF i golvavjämning”. Standarden togs fram av Golvbranschen. Den har använts för mätning av RF i golvavjämning på byggarbetsplatser sedan den lanserades 2010 och i reviderad form sedan 2017. Syftet med mätningen är i första hand att avgöra om golvavjämningen är tillräckligt torr för att kunna beläggas med ett fukt känsligt ytskikt.

Rådet för ByggKompetens, RBK står bakom ett system för fuktmätning i betong. Det benämns RBK-auktoriserad fuktkontrollant och det förvaltas av Byggföretagen. I detta system ingår en fuktmättningsmanual i vilken ett antal mätmetoder för RF-mätning i betong beskrivs. Metoderna är detaljerat beskrivna i specifika rutinbeskrivningar. I detta projekt har en RBK-metod för RF-mätning i golvavjämning utarbetats. Syftet är att metoden ska infogas i fuktmättningsmanualen för användning inom RBK-systemet. Detta medför att ett antal dokument i den idag befintliga manualen kommer att behöva anpassas till den nya mätmetoden. Manualen kommer därefter att benämnas ”Fuktmättningsmanual – Betong & Golvavjämning”.

Projektresultatet i form av den nya mätmetoden:

- kommer att infogas i ovan nämnda fuktmättningsmanual.
- ska ingå som en del i en fuktmättningsutbildning inom BUC, Byggbranschens utbildningscenter/Byggföretagen från och med 2023.
- ska kunna laddas ner på webbplatsen www.rbk.nu.
- ska ligga till grund för examination av RBK-kontrollanter avseende mätmetoden.
- planeras ersätta GBR:s mätmetod som branschstandard.
- kommer att föreslås ingå som mätmetod för golvavjämning i AMA Hus.

Projektet påbörjades genom att lokalisera olika moment i GBR:s metod där frihetsgraden för användaren, vad gäller utförande och utrustning, misstänktes påverka mätresultatet. Utifrån detta utfördes ett stort antal praktiska försök där olika parametrars inverkan på mätresultatet studerades. Resultaten användes för att modifiera metoden och nya metodbeskrivningar togs fram. Avstämningar gjordes fortlöpande under arbetsmöten via Teams. I projektets slutskede testades den nya RBK-metoden för utvärdering och finjustering. Vid fyra olika tillfällen testades metoden i stor skala. Mätningar utfördes då i golvavjämning med olika tjocklek och varierande fuktnivå. Vid ett tillfälle användes två olika produkter för att säkerställa att det praktiska handhavandet fungerade för olika produkter.

Det är egentligen mätmetoden som är tänkt att vara slutrapporten till projektet. Önskemål har dock framkommit under projektets genomförande att det beskrivs hur GBR- och RBK-metoden skiljer sig åt. I första hand gäller det skillnad i mätresultat beroende på vilken av metoderna som används. Flera detaljstudier och mätningar har utförts i projektet. En kortfattad summering av resultaten kan bidra till att öka förståelsen avseende skillnaderna mellan metoderna. Därför har denna rapport upprättats som ett komplement till mätmetoden. Själva mätmetoden redovisas i ett antal bilagor. Bilagorna är i sidfoten markerade som preliminära. Anledningen är att dokumenten kommer att behöva anpassas något när de infogas i ovan nämnda fuktmättningsmanual. Dokumenten kan därefter laddas ner på webbplatsen www.rbk.nu.

INNEHÅLL

FÖRORD

SAMMANFATTNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	SID 4
1.1	BAKGRUND	SID 4
1.2	PROJEKTETS TILLKOMST	SID 4
2	PROJEKTETS GENOMFÖRANDE	SID 5
2.1	UTFÖRDA FÖRSÖK – PARAMETERSTUDIE	SID 6
2.2	TEST AV RBK-METODEN	SID 10
3	RESULTAT	SID 11
3.1	RESULTAT FRÅN UTFÖRDA FÖRSÖK – PARAMETERSTUDIE	SID 11
3.2	RESULTAT FRÅN TEST AV RBK-METODEN	SID 17
4	SLUTSATSER	SID 17
5	REKOMMENDATIONER	SID 20

BILAGOR

1. FLIK 1 SYFTE
2. FLIK 2 FUKTMÄTNING I BETONG OCH GOLVAVJÄMNING
3. FLIK 3 BETONG OCH GOLVAVJÄMNING
4. FLIK 4 FÖRBEREDELSE, MÄTNING, RAPPORTERING
5. FLIK 7 RUTIN FÖR PROVTAGNING I GOLVAVJÄMNING
6. FLIK 8 RUTIN FÖR BESTÄMNING AV RF PÅ UTTAGET PROV
7. FLIK 28 KORREKTION, MÄTOSÄKERHET OCH SLUTVÄRDE
8. BLANKETTER
9. GBR BRANSCHSTANDARD, BESTÄMNING AV RELATIV FUKTIGHET, RF I GOLVAVJÄMNING, UTGÅVA 2:2017

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Systemet RBK-auktoriseraad fuktkontrollant – betong togs i bruk 1999 då de två första RBK - kontrollanterna auktoriserades. Systemet utvecklades inom ett branschgemensamt SBUF-projekt där en fuktm tningsmanual f r mätning av relativ fuktighet, RF i betong togs fram. Regler för tentamen och examination samt en auktorisationsordning utarbetades inom RBK, Rådet för ByggKompetens, med förvaltning inom Byggföretagen. Syftet med systemet är att säkerställa att fukttillståndet i betong m ts, dokumenteras och rapporteras på ett korrekt och enhetligt sätt.

Mätningarna ska i alla steg utförs av en RBK-auktoriseraad fuktkontrollant.

I huvudsak utförs mätningarna i betongbjälklag och bottenplattor på mark för att avgöra om betongunderlaget  r tillräckligt uttorkat. Detta för att de ska kunna beläggas med ett fuktkänsligt ytskikt, tex limmad plastmatta eller ett parkettgolv, utan risk för att det fuktskadas.

Systemet administreras genom en webbplats, www.rbk.nu som är publik. Webbplatsen har även funktioner som kräver inloggning avsedda för fuktkontrollanterna. Systemets kärna är en fuktm tningsmanual vilken har reviderats vid ett flertal tillfällen. Flera av de mer omfattande revideringarna har baserats på resultat från genomförda SBUF-projekt. Manualen  r ett dokument som består av ett antal delar avsedda att sitta i en pärm med ett register bestående av numrerade flikar. Av denna anledning benämns respektive PDF i det digitala materialet Flik 1, 2, 3 osv. Manualen som kan nedladdas kostnadsfritt på webbplatsen beskriver ett i branschen vedertaget sätt att kontrollera fukttillståndet i betong inför golvlaggning. I AMA Hus 21 hänvisas det i avsnitt YHB.221 till denna manual som en metod för mätning av relativ fuktighet, RF i undergolv av betong.

1.2 Projektets tillkomst

Golvkonstruktioner av betong eller andra material beläggs ofta med avjämningsmassa, golvj mning. Detta för att en slät yta, eller ett fall mot tex en golvbrunn ska erhållas innan ett ytskikt appliceras. Ytskiktet kan tex vara limmade mattor, parkett på plastfolie eller ett tätskikt under en beläggning i ett våtutrymme. Betong med ett lågt vct, vattencementtal och/eller mineraliska tillsatsmaterial såsom slagg eller flygaska kan bli så tät att det uppstår fuktproblem n r ett ytskikt direktlimmas på betongen. Detta trots att betongen  r tillräckligt uttorkad inför beläggning. Vid användning av ett vattenbaserat lim kan limfukten inte tr nga ner i betongen utan stängs inne mellan betongytan och ytskiktet. Detta medför att limmet inte härdar samt att lim och ytskikt fuktskadas. För att detta inte ska ske kan ett lager golvavjämning användas mellan betong och lim. Limfukten har då möjlighet att tas upp av golvavjämningen som  r ett porösare material än betong. Detta förutsätter att golvavjämningen först torkas ut till erforderlig RF innan ytskiktet limmas. Annars riskeras att högsta tillättna fuktnivå f r lim och ytskikt överskrids. För att verifiera golvavjämningens RF så måste en kvalitetssäkrad fuktmätning utföras innan beslut tas om att limma ytskiktet.

RBK-systemet hanterar RF-mätning i materialet betong. När ett betongbjälklag beläggs med golvavjämning så räcker det inte med att bara kontrollera fuktnivån i betongen. Även golvavjämningen behöver kontrolleras innan ett fuktkänsligt ytskikt kan appliceras. Det är inte ovanligt att den som gör mätningar i betong även får frågan om att mäta i golvavjämning. Därför har det funnits önskemål om att komplettera fuktmättningsmanualen med en metod för RF-mätning i golvavjämning. I SBUF-projekten 13197, 13198, 13354, 13560 och 14073 visar resultaten på att dagens betong, med mineraliska tillsatsmaterial, är så tät att fuktproblematiken verkar förskjutas från betongen till golvavjämningen. Betongens täthet verkar kunna medföra att det i princip inte spelar någon roll vilken RF betongen har. Det är RF-nivån i golvavjämningen, i kombination med eventuell limfukt, som kommer att styra vilken RF som uppstår under ytskiktet. Detta medför att RF-mätning i golvavjämning kommer alltmer i fokus och att en kvalitetssäkrad metod för RF-mätning i golvavjämning är nödvändig.

I SBUF-projekt 11791 studerades olika metoder för fuktmätning i avjämningsmassa. Projektets huvudsyfte var att utifrån praktiska försök välja ut och redovisa en lämplig mätmetod för fuktmätning i avjämningsmassor. Projektet visade att mätning av RF på en borrkärna uttagen på hela avjämningsens tjocklek väl överensstämde med uttagna ytprov efter mattläggning. Detta var den mätmetod av de som testats som verkade mest lämpad för fuktmätning i avjämningsmassa inför golvläggning.

Baserat på resultaten från detta SBUF-projekt och med delar av RBK:s fuktmättningsmanual som underlag utarbetade Golvbranschen en branschstandard för RF-mätning i golvavjämning, se Bilaga 9. Den har använts för mätning av RF i golvavjämning inför beläggning av ytskikt på byggarbetsplatser sedan den lanserades 2010, och i reviderad form sedan 2017. Likt RBK:s fuktmättningsmanual hänvisas det i AMA Hus 21 till denna metod.

Tankar fanns redan vid start att GBR-metoden efter en tids användning och utvärdering skulle komplettera RBK-systemet med en mätmetod för golvavjämning. Baserat på ovanstående resonemang kändes tiden mogen varvid detta projekt initierades. Finansiering söktes av SBUF och projektet startade hösten 2019. Syftet med projektet var att utvärdera GBR:s metod och vidareutveckla de delar som behövdes. Detta för att därefter upprätta en RBK-metod för RF-mätning i golvavjämning. Denna metod skulle sedan komplettera RBK-systemet och infogas i tillhörande fuktmättningsmanual.

2 PROJEKTETS GENOMFÖRANDE

Projektet påbörjades genom att lokalisera olika moment i GBR:s metod där frihetsgraden för användaren, vad gäller utförande och utrustning, misstänktes medföra variationer i mätresultat. Under projektets gång uppkom ytterligare frågeställningar som togs i beaktande. Utifrån detta utfördes ett stort antal försök i tre omgångar av Jörgen Grantén och Daniel Granlund där olika parametrars inverkan på mätresultatet studerades. Projektets officiella arbetsgrupp kompletterades med några ytterligare personer och denna grupp har genomfört arbetsmöten via Teams fortlöpande under projektets gång. Kajsa Levander har utfört mätningar för att kontrollera tätheten på ett antal provbehållare för att avgöra vilka av dem som lämpade sig bäst. Sture Lindmark har genomfört en utredning avseende bland annat omfördelning av fukt i materialprov,

inverkan av kondens i provbehållare, läckage avseende provbehållare samt påverkan på RF beroende av givarnas fuktkapacitet.

Omfattande mätförsök har genomförts hos Byggföretagen i Stockholm vid fyra tillfällen för utvärdering av RBK-metoden.

Projektet påbörjades i oktober 2019. Bland annat på grund av pandemin lades projektet på is i oktober 2020. Först i september 2021 återupptogs arbetet efter ett inledande stormöte med alla inblandade i projektet. Ytterligare tre stormöten har genomförts under projektet. Inbjudan till slutmötet i december 2022 gick ut till 34 personer som alla i större eller mindre omfattning varit involverade i projektet. Alla möten har genomförts via Teams.

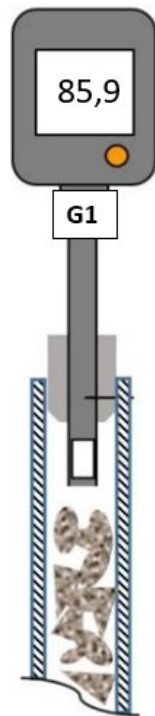
2.1 Utförda försök - parameterstudier

Mätmetoden kan mycket kortfattat beskrivas enligt följande. En borrhärla tas ut genom hela avjämningsens tjocklek med en slagborrmaskin och hammarborrkrona, se Figur 1.



Figur 1. Hammarborrkrona för uttagning av provmaterial.

Kärnan ska därefter krossas med en hammare och bitarna ska omedelbart placeras i en provbehållare. Provbehållaren kan vara ett provrör av plast eller en glasburk. Allt provmaterial förutom borrhax och bitar under en viss storlek ska tas med. Borrhax är finpartiklar som bildas under borrhningen. Provbehållaren transporteras sen till en lokal där själva RF-mätningen utförs, vanligen benämnt lab, laboratorium, vilket används framöver i denna rapport. Lokalen måste ha ett utrymme där temperaturen kan hållas stabil under mätningen, inom några tiondels grader. Efter att provet konditionerats i detta utrymme under angiven tid så monteras en RF-givare i provbehållaren och mätningen påbörjas. Mätningen pågår under 48 timmar under vilket ett antal avläsningar av temperatur och RF utförs. Avläsningarna dokumenteras och efter slutförd mätperiod utvärderas resultatet och ett mätprotokoll kan färdigställas.



Figur 2. RF-givare monterad i provrör innehållandes krossat material av golvavjämning.

I GBR:s metodbeskrivning finns ett antal moment där användaren har möjlighet att göra egna val. Ett exempel är att det vid provtagning i avjämningen tillåts att provet krossas på provtagningsplatsen, alternativt i lokalen där RF-bestämningen ska utföras och placeras i provbehållare inför mätningen. I RBK-metoden styrs detta upp så att krossningen alltid ska utföras på provtagningsplatsen. I GBR-metoden specificeras inte vilken typ av provbehållare som ska användas vilket är fallet i RBK-metoden. Om alla gör på samma sätt och använder specificerad mätutrustning ska samma mätresultat erhållas oavsett vem som utför mätningen, inom metoden angiven mätosäkerhet. Det underlättar även att analysera vad eventuella avvikande resultat kan bero på samt att upptäcka svagheter och förbättringsåtgärder i mätmetoden.

Det är själva provtagningen som är det känsligaste momentet där tillvägagångssätt och hantering av provmaterial har störst påverkan på mätresultatet. RF-bestämningen sker under mer kontrollerade förhållanden i ett temperaturstabil lab varvid risken för påverkan på mätresultatet minskar. I kommande avsnitt beskrivs de väsentligaste parametrarna som har undersökts.

2.1.1 Borrkronans diameter

GBR-metoden föreskriver att en borrkrona med innerdiameter 35 mm ska användas vid provtagning. I projektet har även borrkronor med större diameter testats, ytterdiametern 50 - 68 mm. En större diameter misstänktes medföra att provet inte värms upp lika mycket under borrhningen. Detta skulle i så fall medföra att risken för att fukt avgår under provtagningen minskar. Vid tunna avjämningsskikt kan det även vara en fördel med större diameter för att få ihop tillräckligt material utan att behöva ta fler än en borkärna. En nackdel är dock att det blir en stor mängd material med en större diameter när provtagning görs i tjocka avjämningsskikt.

2.1.2 Prov med eller utan borrhax

Borrhax är finpartiklar som bildas under borrhningen.

Detta test utfördes för att undersöka hur små partiklar inom provet påverkar slutresultatet avseende RF. Även tiden det tar för givare och prov att komma i fuktjämvikt undersöktes. Prover togs ut och krossades till olika grad varvid mätning utfördes. Detta för att se om det gav någon skillnad i slutresultat avseende RF samt om tiden till jämvikt varierade beroende på materialets storlek. Även inverkan på RF och tid till jämvikt då provet innehöll borrhax eller inte testades.

2.1.3 Tid för provtagning

Detta test utfördes för att studera hur RF påverkas beroende på provtagningstid. Med provtagningstid avses tiden från det att borrhningen påbörjades tills det att provmaterialet är krossat och placerat i provbehållaren och den är försluten. Ju längre denna tid är och provmaterialet ligger öppet i luften desto större är risken att fukt hinner avgå till luften vilket i slutänden kommer att ge ett för lågt mätresultat.

2.1.4 Dammsugning under provtagningen

Under själva borrhningen ska borrhax som bildas sugas upp med en dammsugare. Slangens munstycke ska placeras invid borrhkronan och dammsugaren ska vara på under borrhningen. Detta utförs av arbetsmiljöskäl samt för att minska värmeutvecklingen under borrhningen vilken ökar när det bildas borrhax som ligger kvar i borrhspåret under borrhning. Det finns dock en risk att fukt avgår på grund av dammsugningen. Därför testades inverkan av dammsugning genom att hålla munstycket dikt mot borrhkronan jämfört med om borrhning utfördes utan dammsugning.

2.1.5 Klyvning av prov

GBR-metoden föreskriver att allt material ska tas med dvs allt material från den krossade borrhkärnan. Vid tjocka skikt kan mängden bli betydande varvid det kan behövas flera provrör/provbehållare. Upp till fyra provbehållare tillåts. RF-mätning utförs på alla proven och ett medelvärde beräknas. Är skillnaden i RF högre än 1,0 procentenheter mellan högsta och lägsta RF för de olika delproven ska detta hanteras i mätosäkerhetsberäkningen. Det är svårt att bedöma hur detta förfarande påverkar mätresultatet varvid en alternativ metod testades. Metoden gick ut på att klyva borrhkärnan över hela sin längd på hälften eller i fjärdedelar och därefter krossa en av delarna och placera i en provbehållare. Provbehållarens storlek anpassades för att hela mängden skulle få plats. Detta testades genom att jämföra resultatet mellan mätning på en hel krossad borrhkärna och en kluven för att se om en representativ provmängd kunde erhållas trots att kärnan klövs.

2.1.6 Krossning av borrhkärna i plastpåse

GBR-metoden föreskriver att borrhkärnan som avlägsnats ur golvavjämningen ska placeras i en plastpåse som ska förslutas innan kärnan krossas. Provet krossas därefter med en hammare till bitar som inte får vara större än 10 mm som direkt efter krossningen hålls ur plastpåsen ner i provbehållaren. Syftet är att förhindra spridning av material samt fuktavgång från materialet.

Förfarandet upplevs i vissa fall som krångligt och plastpåsen går lätt sönder vid krossningen. När materialet hålls i provbehållaren så kommer även borrkax och småbitar med. För att undvika detta undersöktes om provtagning utan plastpåse kunde tillåtas utan risk för en betydande fuktavgång vid provtagningen.

2.1.7 Storlek på krossade bitar

I GBR-metoden föreskrivs att borrkärnan ska krossas så att alla bitar maximalt är 10 mm. I detta test undersöktes hur graden av krossning påverkade mätresultatet och tiden det tog för provet att komma i jämvikt under RF-mätningen. Misstanke förelåg om att krossning av materialet till olika storlek på bitarna påverkar mätresultatet.



Figur 3 Krossade avjämningsprover i provrör redo för transport

2.1.8 Nedkylning av prov - kondens

För att se om nedkylning av prov vid transport, vilket kan medföra kondens i provbehållaren, påverkar mätresultatet utfördes ett antal försök. Bland annat så skickades prover efter provuttagning med PostNord till två olika platser där RF-bestämningen sedan utfördes. I transportförpackningarna placerades temperaturloggrar vilka registrerade temperaturen under transporten. Loggningen visade att temperaturen hade nått ner till 0°C under transporten.

2.1.9 Olika konditioneringstid

Konditioneringstid är tiden från det att det uttagna provet anlant till lokalen där RF-bestämningen ska utföras till att RF-givaren monteras och mätningen påbörjas. Detta förutsätter att provet förvaras i det klimat, framför allt temperatur, som mätningen utförs i. I GBR-metoden är denna tid 24 timmar. Syftet med denna test var att undersöka om konditioneringstiden kunde minskas utan att påverka resultatet.

2.1.10 Tid till att högst uppnådda RF i provbehållaren inträder

Detta undersöktes genom att logga RF vid ett antal tillfällen för att notera efter hur lång tid som högst uppnådda RF inträder. Anvisningarna i GBR-metoden tillåter att avläsning utförs mellan 12 - 19 timmar efter givarmontage, förutsatt att jämvikt avseende RF då råder. I RBK-metoden måste mätningen pågå i minst 48 timmar från givarmontage. Därefter görs en utvärdering av avlästa värden för att avgöra vilken RF som råder i provet. Testerna avsåg att visa hur RF i provröret förändras under de första 10 dagarna.

2.1.11 Fuktkapacitet

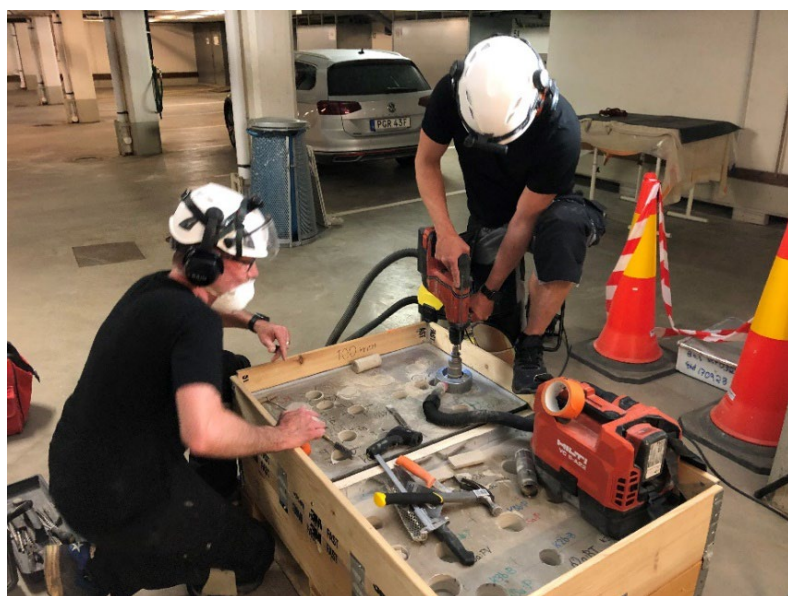
Fuktkapacitet beror på givaren som används kopplat till mängden prov som finns i provbehållaren. En viss mängd fukt i provet åtgår för att fukta upp givaren vilket medför att resultatet i RF kommer att minska. Ju större fuktkapaciteten är desto lägre blir mätresultatet. Strävan är således att fuktkapaciteten för mätmetoden ska vara så låg som möjligt. Detta undersöktes genom att beräkningar utfördes och olika parametrar som påverkar undersöktes.

2.1.12 Jämförelse av uppmätt slutvärde mellan GBR-metod och RBK-metod

En jämförelse mellan mätresultat erhållna med de båda metoderna har inte utförts i stor skala utan enbart vid enstaka försök. I projektet har i stället enstaka parametrar som misstänkts påverka slutresultatet detaljstuderats. Detta för att kunna urskilja de moment som påverkar resultatet i de olika metoderna och hur mycket det påverkar. Detta går inte att urskilja genom att jämföra slutresultat i RF som erhålls vid mätning med de två metoderna. En enstaka jämförande mätning utfördes dock under projektet vilken redovisas i resultatavsnittet.

2.2 Test av RBK-metoden

Under projektet utfördes fyra mätomgångar med syfte att validera metodens tillförlitlighet. I detta ingick att säkerställa att den var praktiskt genomförbar.



Figur 4 Provtagning vid test av RBK-metoden

Under dessa provomgångar tog flera olika personer ut prover i en och samma provkropp. RF-bestämning utfördes på olika lab. Som mest var det fyra personer som tog ut prover och RF-bestämningen, mätning i lab, utfördes därefter på fem olika platser. Till två lab skickades proverna med post. Till resterande lab levererades proverna personligen av de personer som tog ut proverna. Ett lab var lokaliserat i samma fastighet som provtagningarna utfördes i. Försöken som utfördes i projektets slutskede ligger även till grund för bestämning av mätosäkerheten i metoden. Mätresultaten hanteras matematiskt med beräkning av medelvärde och standardavvikelse. Beräkningsmetodiken behandlas inte i denna rapport utan beskrivs detaljerat i rutinbeskrivningen Flik 28, se Bilaga 7.

3 RESULTAT

Här beskrivs summariskt resultaten från de utförda försöken beskrivna i föregående avsnitt. Numreringen i detta avsnitt är direkt kopplat till avsnitt 2.

3.1 Resultat från utförda försök - parameterstudie

Resultaten från de beskrivna försöken har använts för utvärdering av hur respektive moment påverkar mätresultaten. De har även legat till grund för revidering av de praktiska momenten samt för en bedömning av mätmetodens mätosäkerhet. De resultat som redovisas är endast ett axplock från alla försök. Avsikten är att exemplifiera inverkan av olika parametrar.

3.1.1 Borrkronans diameter

Innan borrarbningen påbörjades mättes temperaturen i avjämningens yta vid provpunkten. Efter borrarbning och frigörande av borkärnan mättes yttemperaturen på borkärnans mantelyta. Detta utfördes i avjämningsskikt med olika tjocklek. Två olika borkronor användes vilket resulterade i borkärnor med diametern 35 respektive 65 mm. Utgångstemperaturen på avjämningens yta var i samtliga fall 22°C. I Figur 5 redovisas resultatet från ett av försöken. Kolumnen benämnd temperaturökning avser skillnaden mellan temperaturen i ytan före borrarbning och borkärnans temperatur efter slutförd borrarbning.

Tjocklek avjämning [mm]	Diameter borkärna [mm]	Temperatur avjämning [°C]	Temperaturökning [°C]
35	35	28	6
35	65	24	2
100	35	31	9
100	65	28	6

Figur 5 Borkärnans temperatur mätt på mantelytan efter slutförd borrarbning samt temperaturökningen vid borrarbning

Alla mätvärden visar på en temperatur understigande 35°C efter borrarbning. För 35 mm kärna blir temperaturen högre än för 65 mm och för tjockare avjämning ökar den naturligtvis. Avgörande för temperaturökningen är hur länge borrarbning sker. Detta innebär att det är en fördel att ha en relativt ny och vass hammarborkrona då borrarbningen genom avjämningen går snabbare. Resultaten styrker att det är en fördel ur temperatursynpunkt att använda en borkrona med större diameter.

3.1.2 Prov med eller utan borrkax

De tester som utförts indikerar att det tar längre tid att komma till fuktjämvikt vid RF-bestämningen om borrkax ingår i provet. Utan borrkax är tiden till jämvikt betydligt snabbare. Borrkaxet gör att provmaterialet i provbehållaren blir mer kompakt och verkar fördröja omfördelningen/avgivningen från de större bitarna. Fuktagången från borrkaxet under provtagningen är sannolikt snabb, vilket visat sig öka fuktförlusten då borrkaxet tas med i provet.

3.1.3 Tid för provtagning

I ett test utfördes provtagning under två olika tidsintervall. Prover togs med snabb provtagning, minimitid enligt GBR-metoden, och med långsam provtagning, maxtid enligt GBR. Vid jämförelse visade en provomgång att snabb provtagning gav ett resultat som var 0,5 – 1,5 %-enheter RF högre än vid långsam. Resultatet visar på en mindre påverkan än vad som förväntades. Att notera är att detta resultat erhöles med en borrkrona med diametern 35 mm, så kallad liten borrkrona vilken inte kommer att tillåtas i den nya RBK-metoden.

I ett motsvarande test, fast med en borrkrona med diametern 68 mm, undersöktes inverkan på mätresultatet beroende av hur fort krossningen utfördes efter att borring slutförts. En borrkärna togs ut och klövs i fyra delar. Delarna fick ligga på golvytan under olika lång tid innan de krossades och bitarna lades i provbehållaren. Därefter utfördes RF-bestämningen. Resultatet redovisas i Figur 6. Utifrån detta försök kunde ingen påverkan på slutresultatet i RF noteras orsakad av olika tid mellan borring och krossning av materialet.

Väntetid mellan borring och krossning	Mätresultat RF [%]
0 minuter	78,8
1 minut	77,1
2 minuter	78,7
3 minuter	78,7

Figur 6 Relativ fuktighet för prover som krossats vid olika tidpunkt efter borring

3.1.4 Dammsugning under provtagningen

Dammsugning enligt GBR-metoden har testats i några försök. Dammsugarmunstycket placeras invid borrkronan under borring. Provtagning har utförts under olika långa tidsintervall vilket medfört att dammsugningen har pågått under olika lång tid. Försöken indikerar att dammsugning under längre tid påverkar slutresultatet avseende RF. Ett lägre RF erhålls vid längre tids borring. Prov tagna helt utan dammsugning visade på högre RF.

3.1.5 Klyvning av prov

Det praktiska förfarandet vad gäller klyvning av prov fungerar bra. De försök som utförts avseende klyvning av prov har inte kunnat påvisa någon betydande påverkan på slutresultatet avseende RF. Ingen större påverkan på RF kan heller påvisas om något mer eller mindre bottenmaterial ingår i provet. I RBK-metoden rekommenderas dock att den del som har mest bottenmaterial av de kluvna bitarna ska användas till provet. Detta bör teoretiskt ge ett högre RF

och således vara ”på säkra sidan”. Även en begränsning av hur stor skillnaden får vara mellan bottenmaterial och material från ytan har införts.



Figur 7 Borrkärna efter klyvning

3.1.6 Krossning av borrkärna i plastpåse

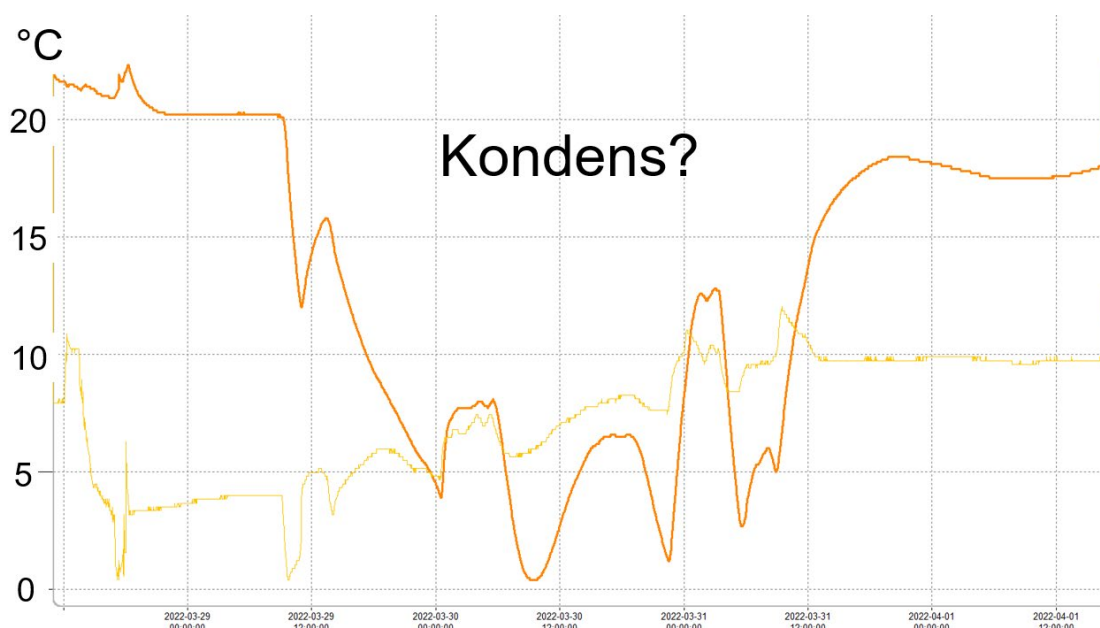
Försök där borrkärnan har placerats i en plastpåse innan den krossas jämfört med krossning utan plastpåse har påvisat liten skillnad i RF. Således verkar inte användning av en plastpåse bidra till att förhindrad fuktavgången från provet under krossningen. En fördel är dock att provbitar inte ”flyger i väg” under krossningen. Detta kan dock förhindras genom att använda någon form av sarg när materialet krossas fritt liggandes på golvet.

3.1.7 Storlek på krossade bitar

De tester som utfördes indikerar att ett prov utan borrkax med krossning till mindre bitar, mindre än 2 mm i detta fall, kommer snabbare till fuktjämvikt än större bitar. Metoden för avlägsnande av borrkax med en sil under provtagningen och hur provet krossats misstänks skapa betydande variationer i mätresultat.

3.1.8 Nedkylning av prov - kondens

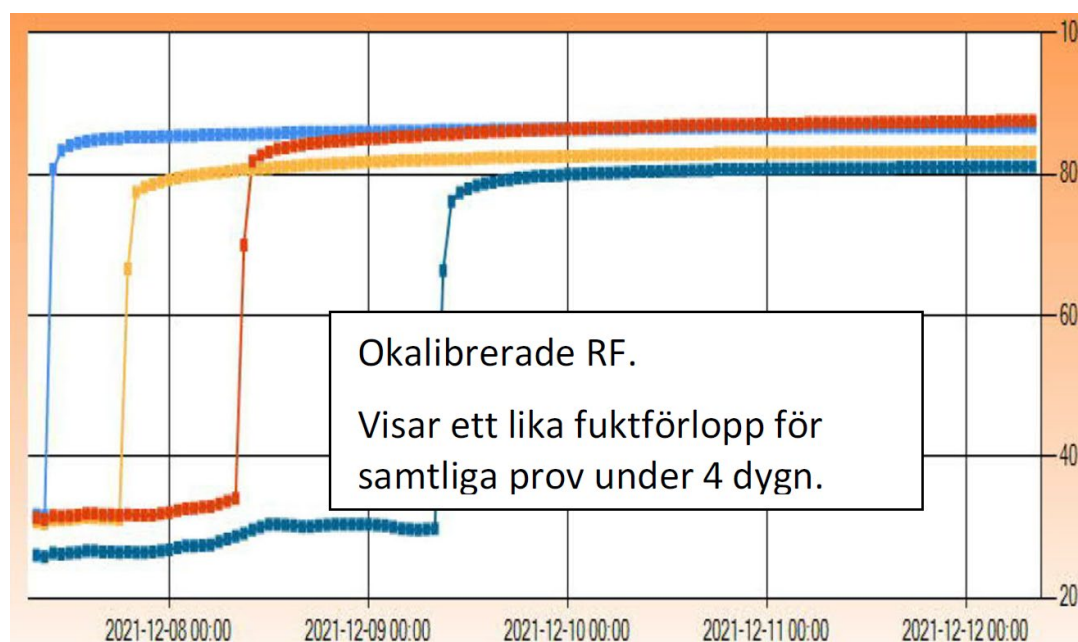
När en provbehållare med provmaterial kyls ner kommer det med stor sannolikhet att uppstå kondens i provbehållaren. Detta kan tex uppstå under transport om ett prov skickas med post. Kondensen återgår till materialet vid uppvärmning och behöver inte vara synlig när provbehållaren anländer till slutdestinationen. Frågan är då om detta påverkar slutresultatet? Prover togs ut varvid några hanterades varmt och några skickades med post varvid temperaturen sjönk under transporten. Ingen kondens kunde ses i provbehållarna när de anlände till labbet där RF-mätningen utfördes. Ingen betydande skillnad erhöles i RF mellan proverna som skickats och de som behandlats varmt varvid slutsatsen kan dras att nedkylningen och därmed kondens under transporten inte påverkade mätresultatet. Temperatur under transport visas i Figur 8.



Figur 8 Temperatur under transport av prov skickat med PostNord, orange grov linje i figuren.

3.1.9 Olika konditioneringstid

I detta försök togs fyra prover ut. Proven placerades i en bil med temperaturen ca 1°C i 19 timmar. Därefter togs de in i labbet, ca 20°C och RF-givare monterades vid olika tidpunkter varvid mätningen påbörjades. Givarontage utfördes 0, 8, 24 och 48 timmar efter att proverna tagits in från bilen. Avlästa värden visas i Figur 9.



Figur 9 Loggad RF för prover med olika konditioneringstid.

Ingen betydande skillnad avseende tid till jämvikt kan noteras, oavsett konditioneringstid. Absolutvärdet i RF skiljer mellan de olika proven vilket beror på att redovisad RF är avlästa värden och inte kalibrerade.

3.1.10 Tid till att högst uppnådda RF i provbehållaren inträder

Under projektet har ett antal mät försök utförts för att fastställa hur lång tid det tar för ett prov att komma i jämvikt efter att RF-givaren monterats i provbehållaren. Syftet var att fastställa en generell tidpunkt när slutavläsning kan utföras och mätningen avslutas. Utifrån de försök som har utförts har det fastlagts att mätningen tidigast får avslutas 48 timmar efter givarmontage och att högst avläst RF under denna tidsperiod ska användas som mätningens slutvärde.

I figuren redovisas resultaten från ett av mät försöken. I tabellen redovisas kalibrerad RF för åtta givare där timmar avser tiden från det att givaren monterades i provbehållaren. Givare 1 – 4 mäter på prover som är tagna ur samma provkropp och givare 5 – 8 mäter på prover från en annan provkropp som har högre RF. De inringade gulmarkerade områdena visar RF för respektive givare under de tidsintervall när RF är som högst. Det horisontella orangefärgade fältet visar RF vid 12 respektive 18 timmar efter montage. Detta är tidsintervallet för avläsning enligt GBR-metoden. Det gröna horisontella fältet visar RF 48 timmar efter givarmontage vilket är tidpunkten för sista avläsning enligt RBK-metoden.

Timmar	Givare 1	Givare 2	Givare 3	Givare 4	Givare 5	Givare 6	Givare 7	Givare 8
0	60,3	56,1	55,6	57,3	71,0	71,0	70,8	66,2
6	65,1	65,3	60,6	64,6	77,0	77,6	78,6	75,5
12	65,3	65,7	60,6	64,9	77,2	77,8	78,8	75,8
18	65,4	65,9	60,4	65,1	77,3	77,8	78,8	76,0
24	65,4	66,0	60,2	65,2	77,4	77,8	78,9	76,1
30	65,5	66,1	60,0	65,3	77,4	77,8	78,8	76,1
36	65,5	66,1	59,8	65,4	77,4	77,8	78,8	76,1
42	65,5	66,2	59,5	65,4	77,5	77,7	78,8	76,1
48	65,5	66,2	59,3	65,4	77,5	77,7	78,8	76,1
54	65,5	66,2	59,1	65,5	77,5	77,7	78,8	76,1
60	65,5	66,2	58,9	65,5	77,5	77,6	78,8	76,1
66	65,5	66,2	58,7	65,5	77,5	77,6	78,8	76,1
72	65,5	66,2	58,6	65,5	77,5	77,5	78,8	76,1
78	65,5	66,2	58,4	65,5	77,5	77,5	78,7	76,1
84	65,5	66,2	58,3	65,6	77,5	77,5	78,7	76,0
90	65,5	66,2	58,2	65,6	77,5	77,4	78,7	76,0
96	65,5	66,2	58,1	65,5	77,5	77,4	78,7	76,0
102	65,5	66,2	58,0	65,5	77,4	77,3	78,6	76,0
108	65,5	66,2	57,9	65,5	77,4	77,3	78,6	75,9
114	65,5	66,2	57,8	65,5	77,4	77,3	78,7	75,9
120	65,5	66,2	57,7	65,5	77,4	77,2	78,6	75,9
126	65,5	66,2	57,5	65,5	77,4	77,2	78,6	75,9
132	65,5	66,2	57,4	65,5	77,4	77,2	78,6	75,8

Figur 10 Kalibrerad RF vid olika tidpunkter efter givarmontage.

Värt att notera från sammanställningen i Figur 10 är:

- att RBK-metoden fångar in maxvärdet för alla givare inom 48 timmar utom givare 3 och 4. Möjligen missas maxvärdet för givare 7 beroende hur lång tid efter montage som den avläsningen utförs som ska göras i spannet 12 – 24 timmar enligt metodbeskrivningen. Skillnaden är dock endast 0,1 % RF.
- att för det tidsintervall avseende avläsning som gäller för GBR-metoden ligger RF 0 – 0,5 procentenheter lägre beroende på när inom tillåten tidsram som avläsningen utförs.
- att det kan tänkas vara någon form av läckage avseende mätningen med givare 3. Kalibrerad RF är betydligt lägre än resultaten från givare 1, 2 och 4. Kalibrerad RF avseende givare 3 sjunker även med tiden från 60,6% till 57,4% vid avläsning 132 timmar efter givarmonteringen. Om avläsningar enbart utförs mellan 12 – 18 timmar efter givarmonteringen kommer detta fenomen inte noteras, baserat på avlästa värden. Utförs däremot en avläsning av givare 3 även vid 48 timmar kan det stärka teorin om läckage då RF sjunkit 1,1 %-enheter från avläsningen som utfördes efter 18 timmar.
- En något sjunkande RF erhålls med tiden för samtliga prover, även för givare 1 om mätningen fortsätter längre tid än 132 timmar. Detta antas bero på en långsam omfördelning av fukt i provbehållaren mellan provbitarna. Detta fenomen har noterats vid merparten av de försök som utförts i projektet. I RBK-metoden används högst avlästa RF under mätperioden som mätningens slutresultat. Detta värde benämns ”Högst jämviktade RF”.

3.1.11 Fuktkapacitet

Fuktkapacitet hänger ihop med den givare som används vid själva RF-mätningen. Lite av fukten i provet åtgår för att fukta upp givaren vilket medför att mätresultatet blir för lågt. I GBR-metoden anges fuktkapaciteten till 0,2% RF vilket ska läggas till slutresultatet för att korrigera mätvärdet för bortfallet. Hur stor påverkan detta fenomen har på resultatet beror förutom på givaren även på provets RF och mängden prov i provbehållaren samt fyllnadsgraden. Fyllnadsgraden är hur stor andel av provbehållarens volym som är fylld med material. Således kommer effekten att variera för varje enskilt prov. Fuktkapaciteten vid mätning enligt RBK-metoden har uppskattats till 0,5%. Detta förutsätter att metoden följs i sin helhet vilket bland annat innebär att provbehållaren ska vara fylld med material till minst två tredjedelar av höjden och att endast föreskrivna provbehållare används.

3.1.12 Jämförelse mellan GBR-metod och RBK-metod

En jämförelse mellan mätresultat erhållna med de båda metoderna har inte utförts i stor skala utan enbart vid enstaka försök varvid resultatet från ett av dem redovisas i Figur 11.

Metod	Borrkrona ø mm	Hel/del av borrhärna	Resultat RF %
GBR	35	Hel	79,4
RBK	35	Hel	81,9
RBK	65	Fjärdedel	83,1

Figur 11 Resultat vid en jämförande mätning mellan GBR- och RBK-metoden

Det bör noteras att detta är resultat från en enstaka mätning och endas en tjocklek på avjämnings ingår i testet. Slutsatsen baserat på just detta försök var att den nya RBK-metoden gav en högre RF jämfört med GBR-metoden. Detta bedöms bero på mindre fuktförluster när RBK-metoden användes. Skillnaden på 1,2% RF mellan 35 och 65 mm borrkrona båda med RBK-metoden beror troligen på olika praktiska skillnader vid provtagningen i detta försök där en större kärna ger mindre fuktförluster. Bland annat av denna anledning så ingår inte borrkronan med 35 mm i RBK-metoden utan minsta tillåtna ytterdiameter är vald till 50 mm.

3.2 Resultat från test av RBK-metoden

Avsikten med de tester som utfördes var att verifiera att de praktiska momenten i metoden fungerade. Detta för avjämnings med olika tjocklek och olika RF. Även två olika fabrikat av golvvävnings undersöktes. Under dessa test togs ett stort antal prover ut av olika personer. Proverna transporterades därefter på olika sätt och RF-bestämningen utfördes på olika platser. Syftet var även att säkerställa att likvärdiga resultat i RF erhöles oberoende av genomförandet. Underlaget har även använts för att bedöma metodens mätosäkerhet vilken uppskattas till ca 3,0% RF. Nedan redovisas resultaten samt den statistiskt beräknade mätosäkerheten.

Platta, tjocklek, produkt	Medelvärde kalibrerad-RF [%]	Min – Max kalibrerad-RF [%]	Diff. RF[%]	Standard-avvikelse	”Mätosäkerhet” täckningsfaktor, k=2	Antal prov
K, 50mm	77,9	75,2 – 80,5	5,3	1,57	± 3,1% RF	16
K, 100mm	95,1	91,3 – 99,6	8,3	-	-	3
K 100mm	90,7	86,7 – 93,1	6,4	1,75	± 3,5% RF	19
AV4, 50mm	80,6	78,7 – 83,2	4,5	1,18	± 2,4% RF	24
AV2, 65mm, Nova	85,8	84,1 – 88,6	4,5	1,45	± 2,9% RF	11
AV2, 60mm, Core	82,1	79,9 – 83,6	3,7	1,10	± 2,2% RF	14

Figur 12 Sammanställning av resultaten från mätförsök utförda med RBK-metoden

4 SLUTSATSER

Projektet har gått ut på att lokalisera de moment i GBR-metoden där det är möjligt för användarna att göra på olika sätt. En stor frihetsgrad medför att det är svårt att bedöma hur detta påverkar mätresultatet. Det har även undersökts hur vissa av momenten i metoden kan justeras för att minska påverkan på slutresultatet. Med detta som underlag har RBK-metoden upprättats. I nedanstående tabell, Figur 13, sammanfattas skillnaden mellan de båda metoderna. I kolumnen benämnd ”Innebörd” noteras hur skillnaderna påverkar den nya RBK-metoden jämfört med GBR-metoden.

Moment/material	GBR-metoden	RBK-metoden	Innebörd
Begränsning i metoden avseende golvavjämning minsta tjocklek	Minst 15 mm	Ingen begränsning	Fler borrhärlor får tas i tunna skikt för att få ut tillräcklig provmängd. Risk för fuktavgång vid tunna skikt.
Diameter borrhärla	Innerdiameter 35 mm	Ytterdiameter 50 – 68 mm	Lägre värmeutveckling vid borrhärlning minskar fuktavgången
Provbehållare för provuttagning	Valfritt tex provrör, plastpåse	Entydigt definierade. Provrör i plast alternativt glasburkar.	Täthetstestade. Storleken styr provmängden.
Dammsugning	Under hela borrhärlningen invid borrhärlkronan. I borrhärlspåret innan kärnan avlägsnas.	Under hela borrhärlningen. Munstycket ska placeras några cm från borrhärlkronan	Mindre risk för fuktavgång under borrhärlningen.
Provtagningsstid från borrhärlstart – försluten provbehållare. Exempel: 40 mm avjämning 90 mm avjämning	40 sek + 20sek/10mm tjocklek + (krossning max 90 sek) 2 min 30 sek 5 min 10 sek	1 minut/10 mm tjocklek inklusive krossning. Max 6 min 4 minuter 6 minuter	Längre tid för hantering av prov ger större risk för fuktavgång men inom rimligt mätfel.
Temperaturkrav före start av borrhärlningen samt avseende borrhärlkärnans mantelyta efter slutförd borrhärlning	Inget krav vad gäller starttemperatur. Borrhärlkärnans mantelyta får efter borrhärlning max vara 35°C	Inget krav vad gäller starttemperatur. Skillnad mellan avjämningsytans temperatur före borrhärlning och borrhärlkärnans mantelyta efter borrhärlning max 15°C. Borrhärlkärnans mantelyta max 45°C	Möjliggör provtagning vid högre inomhustemperatur. Begränsar temperaturökningen i borrhärlkärnan under borrhärlning vilket minskar fuktavgången vid borrhärlningen
Del av kärnan kvar i borrhärllet	Nytt borrhärl alternativt hanteras det som en korrektion av mätresultatet	Om inte allt material går att få upp borrhärls nytt mätvärde	Entydig hantering minskar variationer i mätresultat
Var krossning av borrhärlkärnan ska utföras	Provtagningsplatsen eller i lab.	Provtagningsplatsen	Entydigt definierat på vilken plats som krossningen ska utföras.
Storlek provbitar	Max 10 mm med borrhärlkax. Allt material hålls i provbehållaren från påsen det krossas i	Minst 5 mm utan borrhärlkax. Bitarna plockas för hand från underlaget det krossas på	Jämvikt nås snabbare utan borrhärlkax men långsammare med större bitar.

Moment/material	GBR-metoden	RBK-metoden	Innebörd
Provtagningsmängd	Allt material från hela borrhölet ska med. Vid stor mängd fördelas provet på upp till 4 st provbehållare.	Styrs av provbehållarnas storlek och avjämnings tjocklek. Vid tjocka skikt klyvs borrhölet till en storlek som medför att allt material får plats	Endast en provbehållare per prov minskar felkällorna. Klyvning av prov har inte påvisats påverka RF. Klyvning måste dock utföras så att lika mycket bottenmaterial som toppmaterial erhålls i provet annars blir inte mätresultatet representativt.
Synlig kondens i provbehållare	Provet kasseras	Hanteras inom metoden	Prover kan skickas med post trots att risk för kondens föreligger.
Konditionering före givarmontage	24 timmar	12 timmar	Kortare ledtid. Har inte påvisats påverka mätresultatet.
Provbehållare vid RF-bestämning	Samma som vid provtagning eller så hålls provet över i annan behållare	Samma som vid provtagningen	Minskar risken för fuktavgång om samma behållare används.
Kalibreringsintervall givare	75 – 95 %	75 – 95 %	Ner till 65% rekommenderas.
Minsta mättiden vid RF-bestämning	12 – 19 timmar beroende på förfarandet vid avläsning Finns två alternativ.	48 timmar	Längre ledtid avseende mätningen. Mindre risk att missa högst avläst värde.
Kontroll av provmängdens vikt	Ingen	Provmängden vägs efter mätning	Underlag till rimlighetsbedömning av mätresultat
Fuktkapacitet givare	+0,2 %	+0,5%	Högre mätresultat
Mätosäkerhet. Kan variera beroende på mätutrustning och temperatur vid RF-bestämningen	±1,8 %	±3,0 %	Högre slutvärde. (Samma ingångsdata har använts avseende mätutrustning och temperatur)

Figur 13 Sammanställning av skillnader mellan GBR- och RBK-metoden

Sammantaget medför justeringarna att mätningar med RBK-metoden bör ge ett resultat som bättre överensstämmer med materialets verkliga RF. Det blir även lättare att upptäcka eventuella avvikelser i metoden när alla mätningar utförs på samma sätt med entydigt definierad mätutrustning.

Några av ovan nämnda moment kommer sannolikt bidra till en ökning av slutresultatet i RF vid mätning med RBK-metoden jämfört med GBR-metoden. Att bestämma ökningen för varje enskilt moment har inte varit möjligt inom projektet. Det skulle kräva omfattande försök och frågan är om det ens är möjligt. Ett exempel är val av provbehållare som i princip lämnas helt öppet i GBR-metoden. En provuppställning med avsikt att bedöma hur alla möjliga varianter av provbehållare påverkar uppmätt RF skulle bli mycket omfattande.

En slutsats av projektresultaten är att om RBK-metoden följs fullt ut så borde slutresultatet teoretiskt bli minst 1,5 %-enheter högre än vid mätning med GBR-metoden. Detta baserat enbart på uppgifterna om fuktkapacitet och mätosäkerhet i Figur 13. Även de moment som medför en minskad fuktavgång under provtagningen bidrar till en ökning av slutresultatet. Angiven mätosäkerhet avseende RBK-metoden baseras på en statistisk hantering av resultaten från de försök som utförts i projektet, se Figur 12. En fråga man kan ställa sig är om mätosäkerheten statistiskt verkligen skulle bli $\pm 1,8\%$ RF, vilket gäller för GBR-metoden, om mätningar utförs med alla varianterna av frihetsgrader i metoden. RBK-metoden begränsar antalet frihetsgrader vilket rimligen minskar spridningen och ökar noggrannheten i mätresultaten. Detta resulterar i ett mätresultat som ligger närmare avjämningsens verkliga RF. Dock kvarstår faktum att en mätning med RBK-metoden kommer att ge en högre RF än GBR-metoden. Således finns risken att torktiderna för golvvävning kommer att bli längre för att nå de gränsvärden för högsta tillåtna fuktnivå som gäller idag. Detta när RBK-metoden används i stället för GBR-metoden.

5 REKOMMENDATIONER

I takt med att mätmetoderna som används för validering av RF utvärderas, utvecklas och anpassas till dagens material måste även de fuktkänsliga golvsiktens högsta tillåtna fuktnivåer utvärderas. När precisionen i mätmetoderna ökar så är det olyckligt om tidigare pålagda säkerhetsmarginaler kvarstår avseende vid vilken högsta fuktnivå som golvsikten får appliceras. De gränsvärden som används idag baseras i vissa fall på resultat från mätförsök som utförts för länge sedan. Dessa mätningar har gjorts med dåtidens mätmetoder som hade en mätosäkerhet som var högre än dagens och ibland fanns den inte ens redovisad. Detta medförde att en betydande säkerhetsmarginal ansågs nödvändig vad gäller högsta tillåtna fuktnivå avseende golvsikten. Anledningen var således att dåtidens mätmetoder levererade resultat behäftade med en hög och ibland odefinierad mätosäkerhet. Det är nu hög tid att se över de gränsvärden som gäller för olika material så att inte arbetet med att vidareutveckla kvalitetssäkrade mätmetoder leder till förlängda uttorkningstider i onödan.

Bilaga 1

FLIK 1 SYFTE

1 SYFTE

Idag är insikten om fuktproblematiken hög hos många konsulter, entreprenörer och beställare. Även med pressade produktionstider måste vi försäkra oss om att vi levererar en produkt som håller önskad kvalitet. En viktig del i detta arbete är att använda mätinstrument och mätmetoder, bland annat vad gäller fuktmätning i betong och golvavjämning, som ger tillförlitliga resultat. Vi måste kunna lita på de mätresultat som levereras för att tex kunna ta beslut om underlaget är tillräckligt torrt för att belägga med ett ytskikt.

Fuktmätning i betong och golvavjämning kräver både kunskap och noggrannhet hos den som ska utföra mätningar och tolka resultat. Mätinstrumenten som används ska vara kalibrerade och egenkontroller ska utföras kontinuerligt. En felaktigt utförd RF-mätning ger oftast ett för lågt mätresultat. Detta resulterar i att materialets RF, relativa fuktighet, underskattas. Om golvläggning utförs baserat på detta mätresultat finns risk att en fuktskada uppstår.

Denna manual ska tillämpas vid fuktmätning i betong och/eller golvavjämning när ett fuktkänsligt material/ytskikt ska appliceras. Med fuktkänsligt avses att materialet/ytskiktet riskerar att skadas om betongens eller golvavjämningsens RF är för hög. För materialet anges ett högsta tillåtna fukttillstånd vilket inte får överskridas för att det inte ska riskera att fuktskadas i kontakt med betong och/eller golvavjämning.

Manualen kan även tillämpas när mätningar utförs av annan anledning. Detta kan gälla vid såväl nyproduktion som vid om- och tillbyggnad eller efter en fuktskada i det fall ett mätvärde önskas på ett väldefinierat mätdjup med angiven noggrannhet.

Syftet med denna manual är att säkerställa att fukttillståndet i betong eller golvavjämning mäts, dokumenteras och rapporteras på ett korrekt och enhetligt sätt. RBK-kontrollanten ansvarar inte för hur resultatet används av den som beställt mätningen. De blanketter som finns i denna manual får endast användas för rapportering av RBK-mätningar vilket förutsätter att den som utför mätningen är RBK-auktoriserad.

Fuktmätningar som utförs måste ge överensstämmande resultat oberoende av vem som utför mätningen och vilken metod som används. För att säkerställa att resultaten är tillförlitliga, oavsett metodval och mättekniker, beskrivs valda mätmetoder ingående i ett antal rutinbeskrivningar vilka ska följas av den som utför mätningen. Det förutsätts att den person som utför mätningen har god kunskap om det material som mätningen utförs i, mätutrustningen, osäkerhet och felkällor i mätningarna. Rapportsystem för mätresultat och egenkontroll redovisas i manualen.

Mätmetoder i kombination med mätinstrument som bedöms ha tillräcklig tillförlitlighet för att kunna användas beskrivs i denna manual. Kan det påvisas att andra metoder uppvisar likvärdig eller bättre noggrannhet kan dessa infogas i manualen efter granskning och godkännande av RBK, Rådet för ByggKompetens. RBK förvaltar systemet RBK-auktoriserad fuktkontrollant vilket inkluderar denna manual.

Denna manual är tillämplig vid mätning av RF, relativ fuktighet, i betong eller golvavjämning när ett resultat önskas med specificerad mätosäkerhet på ett väldefinierat mätdjup i betong eller i snitt för hela golvavjämningsens tjocklek.

Manualen är utarbetad i en första version 1999 av Sveriges Byggindustrier med projektbidrag från SBUF och reviderad 2023 till version 7 av Byggföretagen med projektbidrag från SBUF.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK:	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		1	1(1)

Bilaga 2

FLIK 2 FUKTMÄTNING I BETONG OCH GOLVAVJÄMNING

INNEHÅLL FLIK 2

FUKTMÄTNING I BETONG OCH GOLVAVJÄMNING

2.1	RF-mätning i betong och golvavjämning	sida 2
2.2	Definition av mätdjup	sida 3
2.3	Ekvivalent mätdjup	sida 4
2.3.1	Plattbärlag och pågjutten underbetong	sida 6
2.3.2	Håldäckselement	sida 8
2.4	Annan verifiering av uttorkning i golvsystem	sida 10
2.5	Andra syften för mätning av RF i golvsystem	sida 10
2.6	Borrhålmätning	sida 11
2.6.1	Borring av mäthål	sida 11
2.7	Uttaget prov	sida 13
2.7.1	Uttaget prov i golvavjämning	sida 13
2.7.2	Uttaget prov i betong	sida 15
2.8	Givare för RF-mätning	sida 16
2.8.1	HumiGuard	sida 16
2.8.2	Vaisala HMP40S	sida 16
2.8.3	Testo 605-H1	sida 17
2.9	Kalibrering av givare – kalibreringskurva	sida 18
2.10	Drift och egenkontroll av RF-givare	sida 20
2.10.1	Mättade saltlösningar	sida 22
2.10.2	Kontrollintervall	sida 22
2.11	Fuktmätning under inverkan av golvvärme	sida 23
2.12	Mätosäkerhet vid fuktmätning i betong och golvavjämning	sida 25
2.12.1	Exempel på systematiska och slumpmässiga faktorer	sida 27
2.13	Prognos avseende uttorkningstid	sida 29
2.14	Definitioner	sida 31

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	1(32)

2 FUKTMÄTNING I BETONG OCH GOLVAVJÄMNING

För att kunna utföra fuktmätningar, granska fuktmättningsresultat samt mätmetoder krävs kunskap. I detta kapitel beskrivs grunderna avseende fuktmätning, mätdjup, mätmetoder, tillvägagångssätt för borring av mäthål, kalibrering av givare samt felkällor. Delar av materialet under denna flik är hämtat ur skriften ”Uttorkning av byggfukt i betong” av Göran Hedenblad /1/.

2.1 RF-mätning i betong och golvavjämning

Syftet med att utföra en fuktmätning är att erhålla ett mätresultat som redovisar vilken fuktnivå som råder i materialet. Storheter som kan användas är tex fukthalt, fuktkvot, relativ fuktighet eller kapillär mätnadsgrad. Med RBK:s borrhålmetod för betong mäts RF på ett väldefinierat mätdjup. Det bör noteras att mätmetoder som redovisar mätresultat med samma storhet principiellt kan vara helt olika och därmed systematiskt ge avvikande mätresultat. Exempel är Kupmetoden i Storbritannien som likt RBK:s borrhålmetod för betong mäter RF. Metoden ger dock ett resultat som representerar betongens RF i ytan. Detta gäller även Kalciumkloridmetoden i USA men med denna metod mäts mängden absorberad fukt under en viss tid, inte RF. Karbidmetoden CM-metoden i Tyskland och ugnsmetoden som används i Sverige mäter båda fuktkvot, den ena fukt i relation till vått material, den andra i relation till torrsvikt av materialet. Vilken mätmetod och storhet som bör användas beror i första hand på syftet med mätningen och vilket material som den ska utföras i men även vilken noggrannhet som önskas avseende uppmätt värde.

Denna manual är framtagen för att användas vid fuktmätning i betongkonstruktioner, bjälklag eller betonggolv som även kan vara belagda med golvavjämning. Syftet med mätningen är ofta att avgöra om betongen och/eller golvavjämningen är tillräckligt torr för att beläggas med ett ytskikt. Relativ fuktighet, RF, är i detta fall en lämplig storhet. En mätning kan även utföras i ett tidigare skede för att bedöma hur lång tid det är vara kvar innan beläggning kan ske eller för en omfördelningsberäkning dvs. kunna beräkna fuktstatus i en hel konstruktion. Även fuktstatus efter en vattenskada för att kunna bedöma torktider och åtgärder kan föranleda en mätning.

RF i betongen ligger ofta i intervallet 85 – 95% då ett ytskikt kan appliceras. För golvavjämning kan RF i detta skede vara betydligt lägre. Vilken RF som ska råda beror på vilket ytskikt och eventuellt lim som ska användas och dess kritiska RF. Kritisk RF är den högsta RF som materialet tål utan att det riskerar att fuktskadas. Kritisk RF kan skilja mellan olika material. Det är viktigt att det mätvärde som levereras är korrekt så att materialet inte utsätts för en högre RF än vad det tål.

Mätning i betong ska utföras i ett borrhål i betongen och inte på betongytan. Under uttorkningen av nygjuten betong erhåller ytan snabbt samma RF som omgivande luft. Längre in i materialet är RF högre. RF varierar således över betongens tvärsnitt. RF-fördelningen brukar redovisas med en så kallad fuktprofil. Vilket mätdjup som ska användas beror på konstruktionens utformning och betongens möjlighet att torka ut. Utifrån detta kan ett ekvivalent mätdjup bestämmas. RF på detta djup motsvarar den RF som maximalt kommer att erhållas under ett tätt ytskikt efter att det applicerats och en fullständig fuktomfördelning har inträtt. Detta beskrivs utförligare i *avsnitt 2.3*. Mätning i betong kan av olika skäl utföras även på andra djup än ekvivalent djup, se *avsnitt 2.4* och *2.5*. Om mätdjupet inte explicit anges vid beställning av RBK-mätning ska ekvivalent djup användas.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	2(32)

Vid RF-mätning i golvavjämning används mätmetoden uttaget prov. En cylinder borrar ut genom hela avjämningens tjocklek. Materialet krossas och placeras i en provbehållare varefter RF-bestämningen utförs på ett laboratorium, temperatur stabil plats. Denna metod har visat sig ge den bästa uppskattningen av vilken RF som kommer att uppstå under ett ytskikt som appliceras på golvavjämningen. Detta förutsätter dock att det inte tillskjuter fukt från underlaget avjämningen vilar på. Metoden medför att hela avjämningens tjocklek ska ingå i provet och gör att begreppet mätdjup inte är relevant för RF-mätning i avjämning. För att ett korrekt resultat ska kunna erhållas vid RF-mätningen måste följande uppfyllas.

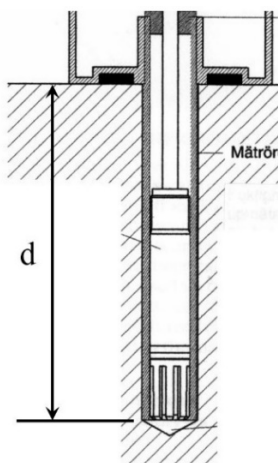
- Fukt- och temperaturjämvikt mellan givare och material
- Stabil temperatur under mätningen
- Kalibrerad mätutrustning

Kan inte ovanstående säkerställas så ska inte mätningen utföras. En mätning som utförs utan att ovanstående är uppfyllt riskerar att ge ett felaktigt resultat. Mätningen ger då ofta en lägre RF än vad som råder i materialet. Risken är stor att ytskiktet fuktskadas om tidpunkten för att montera ytskiktet baseras på detta mätresultat.

Det behövs även kunskap om materialet som mätningen utförs i, byggt teknik, byggritningar och hur det praktiskt går till på en byggarbetsplats för att kunna utföra RF-mätningar på ett tillförlitligt och korrekt sätt. Mer om betong och golvavjämning se *Flik 3* i denna manual.

2.2 Definition av mätdjup

Mätdjupet när det gäller betong är djupet från betongens överyta till den nivå i betongen där RF ska bestämmas. Se *Figur 2.1*. Efter att ett hål borrar i betongen ska djupet kontrolleras genom mätning med ett skjutmått. Mätningen ska utföras utmed hålets mantelyta och inte till hålets centrum vilket ligger något djupare. Om överytan på betongen är ojämn, eller om borrhålet inte är helt lodrätt, så kommer uppmätt djup att variera beroende på var i hålet som mätningen utförs. I detta fall får ett medelvärde bestämmas utifrån största och minsta djup.



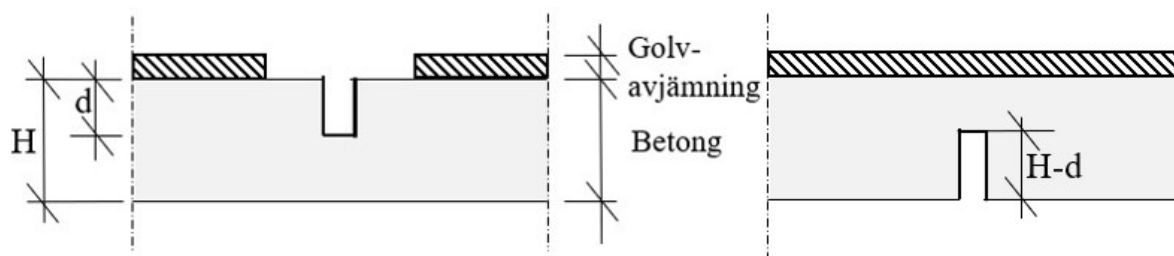
Figur 2.1 Mätdjup, d , i ett borrarat hål anges i hela millimeter. Mätröret ger ett väl definierat mätdjup eftersom fukt endast kan avgå från borrhålets botten.

Vid mätning i golvavjämning är mätdjupet hela avjämningens tjocklek. Det kan bestämmas genom att mäta höjden på den cylinder som borrar ut ur avjämningen med ett skjutmått. Alternativt kan den mätas i hålet som uppstår efter att cylindern avlägsnats. I protokollet ska alltid mätdjupet anges i millimeter, utan decimaler.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	3(32)

Om en mätning ska utföras i en betongkonstruktion som är belagd med golvvavjämning så ska avjämningen avlägsnas innan mät hålet borrar. En betongyta måste friläggas som är tillräckligt stor för att borrar och tätning av mätrör ska kunna utföras. Används Vaisala HMP40S måste även skyddsburken få plats. Tätning av mätrörets övre del ska alltid utföras direkt mot betongytan, inte mot golvvavjämning eller annat material.

Mätning av RF i golvvavjämning och betong kan utföras i en och samma mätpunkt i de fall det är aktuellt. Ett uttaget prov tas då först i golvvavjämningen. Därefter borrar mät hålet i betongen. Detta förutsätter att betongytan i mätpunkten är helt frilagd från golvvavjämning och att betongytan inte har skadats vid uttagning av avjämningsprovet. Den frilagda betongytan måste vara tillräckligt stor för att montage och tätning av mätröret ska vara praktiskt möjligt. Golvvavjämningens tjocklek ska inte ingå i mätdjupet d avseende borrhålet i betongen. Mätdjupet anges i montageprotokollet som avståndet från betongytan till botten av mät hålet, se *Figur 2.2*. Alternativt kan mätningen utföras från undersidan på mätdjupet $H-d$ från undersidan. Ekvivalent mätdjup beräknas enligt *avsnitt 2.3* med golvvavjämningen borträknad. Det ska dock skrivas in i montageprotokollet att det finns golvvavjämning vid mätpunkten och skiktets tjocklek ska anges.



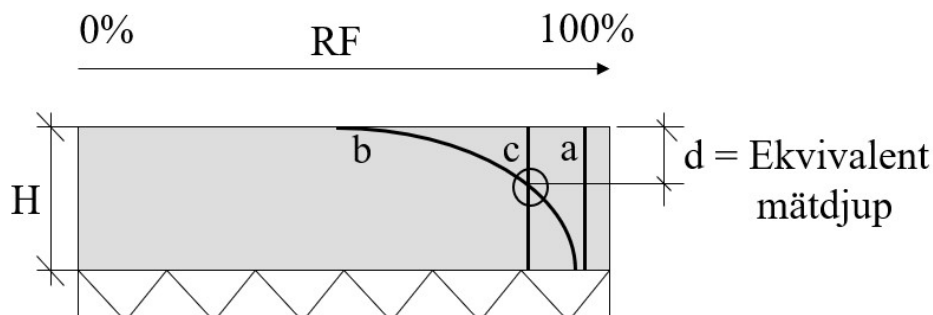
Figur 2.2 Mätdjup, d , är avståndet från betongens överyta till botten av mät hålet. H är betongens tjocklek. Mätning kan även utföras underifrån, om det är praktiskt genomförbart. Mätdjupet ska i så fall vara $H-d$ från betongens undersida.

2.3 Ekvivalent mätdjup

Syftet med att utföra en fuktmätning är att säkerställa att underlaget är tillräckligt torrt för att ytskiktet som används inte ska utsättas för en högre fuktbelastning än vad materialet tål. När det gäller fukt i betong och golvvavjämning används oftast storheten relativa fuktigheten, RF. Fukttillståndet varierar genom betongtvärsnittet, även i golvvavjämningen, under uttorkningen vilket kan redovisas med en fuktprofil se *Figur 2.3*. RF i ytan erhåller snabbt samma RF som den omgivande luften. Längre in i materialet är RF betydligt högre. En mätning i ytan ger inte ett resultat som motsvarar den fuktbelastning ytskiktet med tiden kommer att utsättas för. När ytskiktet appliceras tätas underliggande material till, vilket förhindrar ytterligare uttorkning. Den kvarvarande fukten kan därefter komma att omfördelas vilket innebär att de torrare delarna under ytskiktet kommer att fuktas upp av den fuktigare botten. För att bedöma hur stor fuktbelastningen blir under ytskiktet görs en förenklad betraktelse av problemställningen. Det antas att ett ogenomsläppligt skikt läggs på betongen utan hänsyn till inverkan av limfukt. Utifrån denna betraktelse fastställs ett mätdjup. På detta djup ska fukttillståndet under uttorkning överensstämma med maximalt fukttillstånd under ytskiktet vilket uppstår efter fullständig omfördelning av fukten. Detta brukar benämnas ekvivalent mätdjup och är endast tillämpligt för RF-mätning i betong.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	4(32)

Det finns två principiellt skilda fall av uttorkning vilka styr valet av ekvivalent mätdjup i betong, enkelsidig- och dubbelsidig uttorkning. Principen för enkelsidig uttorkning visas i *Figur 2.3*. Där visas fuktprofiler för en bottenplatta gjuten på ett underlag av cellplast där uttorkningen endast kan ske uppåt dvs enkelsidig uttorkning. Om plattan är gjuten på underliggande mineralull erhålls en viss uttorkning nedåt, förutsatt att isoleringen är torr. Detta beaktas normalt inte vid bestämning av ekvivalent mätdjup. Även ett mellanbjälklag gjutet på kvarsittande plattform behandlas som enkelsidig uttorkning.



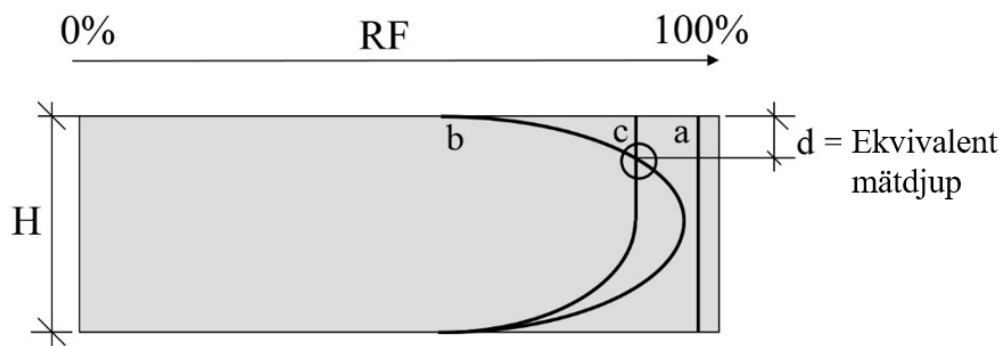
Figur 2.3 Ekvivalent mätdjup, d , vid enkelsidig uttorkning. Figuren visar fuktprofiler avseende relativ fuktighet, RF, genom ett betongbjälklag vid olika tidpunkter. a = fuktprofil direkt efter gjutning, b = fuktprofil under uttorkning, c = fuktprofil efter golvläggning och fullständig omfördelning av fukt. H = bottenplattans tjocklek.

Vid enkelsidig uttorkning används ekvivalent mätdjup, $d = 0,4 \times H$.

På detta djup, se *Figur 2.3*, motsvarar uppmätt värde den RF som kommer att uppnås under golvbeläggningen efter fullständig omfördelning av fukten. Ekvivalent mätdjup varierar beroende på om betongen kan torka ut åt ett håll, två håll eller något mellanting. Det ekvivalenta djupet är även beroende av golvmaterialets täthet. Högst RF under ytskiktet erhålls vid helt tätt golvmaterial och är det fall som generellt används för att bestämma mätdjupet.

Dubbelsidig uttorkning är när konstruktionen kan torka åt två håll. Exempel på detta kan vara ett mellanbjälklag, eller en innervägg. Se *Figur 2.4*.

Vid dubbelsidig uttorkning används ekvivalent mätdjup, $d = 0,2 \times H$.



Figur 2.4. Ekvivalent mätdjup, d , vid dubbelsidig uttorkning. Figuren visar fuktprofiler avseende relativ fuktighet, RF, genom ett mellanbjälklag. a = fuktprofil direkt efter gjutning, b = fuktprofil under uttorkning, c = fuktprofil efter golvläggning och omfördelning av fukt. H = bjälklagets tjocklek.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	5(32)

Det är viktigt att beakta att ekvivalent mätdjup förutsätter att fuktprofilen överensstämmer med kurva b i *Figur 2.3* eller *2.4* under pågående uttorkning. Efter en vattenskada eller vid renovering av en gammal byggnad måste fuktprofilen fastställas innan mätdjupet kan bestämmas vilket kan vara komplicerat. En annan förutsättning som måste vara uppfylld är att temperaturen i betongkonstruktionen ska vara konstant över tvärsnittet. Är det stor temperaturskillnad mellan över- och underyta finns risk för stora mätfel. Det är därför lämpligt att kontrollera yttemperaturen på båda sidor av ett mellanbjälklag när en RF-mätning utförs.

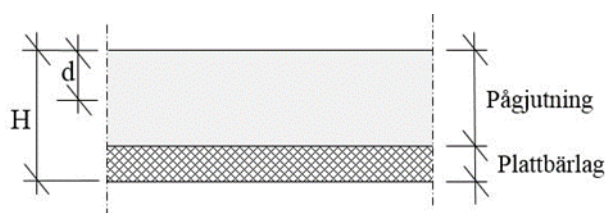
När det gäller en platta på mark så är en förutsättning att det finns en underliggande isolering eller ett diffusionstätt material, tex plastfolie mellan mark och betong, för att ekvivalent mätdjup ska kunna användas. Om det saknas kommer betongen, efter fuktutjämning, att erhålla samma RF som marken, vanligen 100 % RF. En mätning under uttorkning på ekvivalent djup är i detta fall således missvisande avseende vilken RF som med tiden kommer att uppstå under ett ytskikt.

OBS! Om mätning utförs på ett annat djup än ekvivalent djup, eller om ekvivalent mätdjup inte är tillämpligt, så ska ekvivalent mätdjup inte anges i mätprotokollet. I rutan för denna uppgift görs en hänvisning till kommentarsfältet i montageprotokollet där en förklaring ska anges om varför ekvivalent djup inte anges. Det kan tex vara att en fuktprofil ska upprättas med RF på olika djup i betongen.

2.3.1 Plattbärlag och pågjuten underbetong

Ett bjälklag, eller en bottenplatta, behöver inte bestå av betong gjuten vid ett och samma tillfälle. Det kan vara en flerskiktsskonstruktion där en pågjutning utförs på ett tidigare gjutet bjälklag i ett eller flera skikt. Bjälklag som pågjuts kan vara platsgjutet eller prefabricerat, till exempel plattbärlag, varav det senare är vanligt förekommande. Bjälklag med plattbärlag är ett specialfall av dubbelsidig uttorkning. Mer om plattbärlag se *Flik 3*.

Ekvivalent mätdjup styrs av vct i plattbärlaget respektive pågjutning, se *Figur 2.5*.



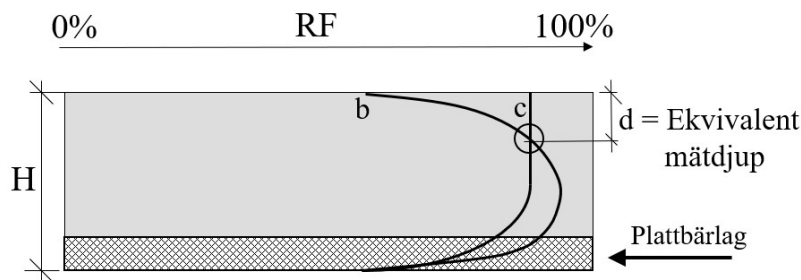
Figur 2.5. Ekvivalent mätdjup, d, för ett bjälklag bestående av ett pågjutet plattbärlag.

Om pågjutningen har samma, eller lägre, vct än plattbärlaget är mätdjupet: $d = 0,2 \times H$
 Om pågjutningens vct är högre, eller uppgift om vct saknas: $d = 0,25 \times H$

En förutsättning är att plattbärlagets tjocklek är avsevärt mindre än pågjutningen. Observera att höjden H avser hela bjälklaget dvs pågjutning inklusive plattbärlagets höjd. Orsaken till det större mätdjupet, $0,25 \times H$, är att uttorkningen nedåt går långsammare ju lägre vct plattbärlaget har. Lågt vct ger en tätare betong som försämrar uttorkningen nedåt och fuktprofilen förskjuts nedåt varvid ekvivalent mätdjup ökar, se *Figur 2.6*. Om plattbärlaget däremot är gjutet med samma vct som pågjutningen, eller högre, förutsätts uttorkningen ske symmetriskt dubbelsidigt motsvarande *Figur 2.4*.

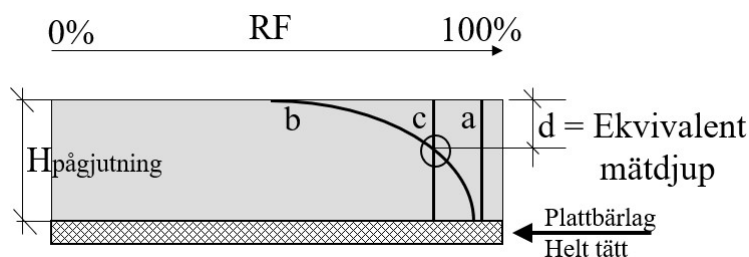
Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	6(32)

I mätrapporten ska både plattbärlagets höjd/tjocklek och pågjutningens anges. Om plattbärlaget tex är 50 mm och pågjutningen 200 mm anges 50+200 i rutan för betongtjocklek i montageprotokollet. Även respektive vct ska anges. Som alternativ kan kommentarsfältet i protokollet användas för att notera dessa uppgifter.



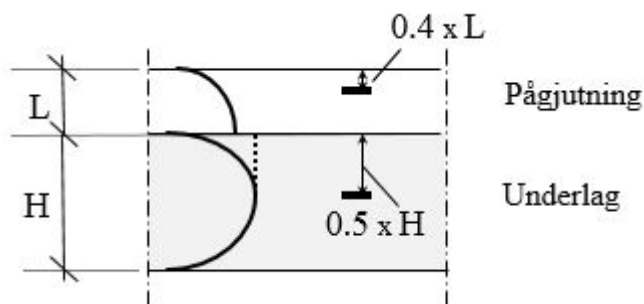
Figur 2.6 Ekvivalent mätdjup, d , är $0,25 \times H$ när plattbärlagets vct är lägre än pågjutningens. Kurva b är fuktprofil under uttorkning och kurva c fuktprofil efter golvläggning och fuktutjämning.

Om plattbärlaget skulle vara helt tätt erhålls samma fuktprofil och mätdjup som vid enkelsidig uttorkning, se *Figur 2.7*. Notera att höjden, H , i detta fall enbart avser pågjutningen vid bestämning av ekvivalent mätdjup, inte hela bjälklagshöjden. Om plattbärlaget är gjutet med betong som har lågt vct och innehåller mineraliskt tillsatsmaterial och pågjutningen utförs med betong som har betydligt högre vct utan tillsatsmaterial så är ett mätdjup som närmar sig det i *Figur 2.7* ingen omöjlighet.



Figur 2.7 Ekvivalent mätdjup, d , är $0,4 \times H_{\text{pågjutning}}$ om plattbärlaget förutsätts vara helt tätt. H är i detta fall således inte den totala bjälklagshöjden utan avser själva pågjutningen.

Om plattbärlaget har en tjocklek som närmar sig pågjutningens, eller är större, eller när en pågjutning utförs på ett befintligt bjälklag är valet av ekvivalent mätdjup mer komplicerat och svårt att generalisera. Faktorer som spelar in är tex vct, fuktprofil, RF och ålder avseende plattbärlag eller befintligt bjälklag i kombination med vct, fuktprofil, RF och ålder för pågjutningen vid den tidpunkt som mätningen ska utföras. Mätningen måste utföras i både underlag och pågjutning. Ett förslag till mätdjup som bör ge ett resultat på säkra sidan visas i *Figur 2.8*.



Figur 2.8 Förslag avseende mätdjup vid en sammansatt betongkonstruktion. Underlaget förutsätts torra dubbelsidigt före pågjutning. Pågjutningen antas torra enkelsidigt.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	7(32)

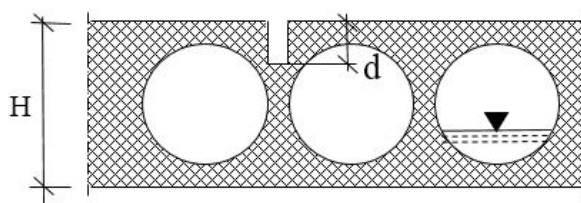
Mätning utförs i två punkter med mätdjupet enligt *Figur 2.8*. Ytskiktets gränsvärde avseende högsta tillåtna RF ska understigas i båda mätpunkterna innan det kan appliceras. Att hantera mätdjupet enligt *Figur 2.8* kan medföra längre uttorkningstid än vad som egentligen skulle behövas. Det kan därför löna sig att låta utföra en beräkning av mätdjupet för det aktuella fallet. Detta ska göras av en person med erforderlig kompetens. Beräkningen kräver indata enligt ovan avseende ingående material och noggrannheten på resultatet blir inte bättre än de indata som används, se *avsnitt 2.4*.

I mätprotokollet ska det framgå att mätning utförs i en sammansatt konstruktion och både underlagets tjocklek samt pågjutningens tjocklek ska anges. Detta gäller även vct.

2.3.2 Håldäckselement

Ett håldäckselement är ett prefabricerat betongelement som tex används vid byggnation av bjälklag. Elementet är vanligen armerat i underkant med förspänd armering och betecknas då HD/F. Håldäckselement och håldäcksbjälklag beskrivs utförligare under *Flik 3*.

När RF-mätning ska utföras i ett håldäckselement ska mätdjupet $0,2 \times H$ användas där H är elementets höjd. Mätpunkten placeras mitt mellan kanalerna enligt *Figur 2.9*. Om håldäcket är pågjutet med överbetong så ska håldäckets och pågjutningens tjocklek anges i mätrapporten. För bjälklaget i *Figur 2.12* anges tex 320+100 i rutan för betongtjocklek i montageprotokollet. Även respektive vct ska framgå. Alternativt kan kommentarsfältet i protokollet användas.

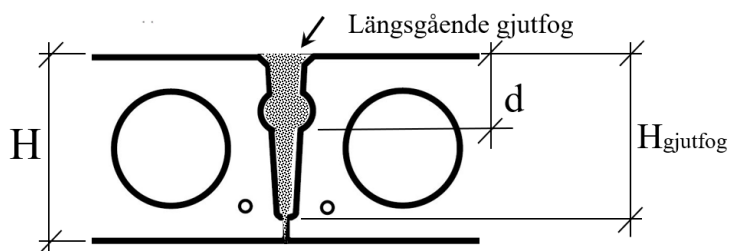


Figur 2.9. Mätdjup, d, i håldäckselement. H är håldäckets höjd.

Fritt vatten kan förekomma i håldäckselementets kanaler utan att det upptäcks vid RF-mätning i HD/F-element. Det är inte säkert att det vattnet som står i den högra kanalen i *Figur 2.9* upptäcks genom mätningen på redovisat mätdjup, d, även om mätpunkten skulle flyttas till höger bredvid denna kanal i stället. Detta måste kontrolleras på annat sätt vilket tex skulle kunna utföras genom RF-mätning underifrån. Ett alternativ är att kontrollera de dräneringshål som är borrade från undersidan in i kanalerna ute vid elementets kortsidor. Dräneringshålen är avsedda för att eventuellt vatten ska kunna ta sig ut. Ibland kan de vara tilltäppta av slam eller bruk och måste då rensas ur för att de ska uppfylla sin funktion och kvarstående vatten ska kunna ta sig ut. Nya hål kan borrar på andra platser där det misstänks kunna finnas vatten.

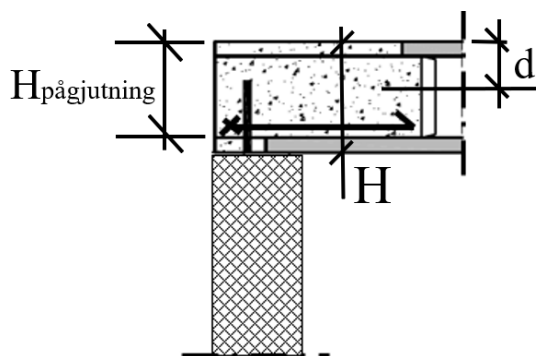
För att håldäckselementen ska bilda ett bjälklag så måste de gjutas ihop till en enhet. Efter montage på byggarbetsplatsen utförs en foggjutning utmed elementens långsidor. Vid upplagen utmed elementens kortsidor gjuts de ihop med upplagen, eller varandra, efter att erforderlig armering och infästning har utförts. Vid mätning i dessa punkter ska ett mätdjup på 40% av höjden avseende den platsgjutna betongen användas vilket illustreras i *Figur 2.10* och *2.11*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	8(32)



Figur 2.10. Mät djup, d, i en längsgående gjutfog mellan två håldäckselement. H är håldäckets höjd.

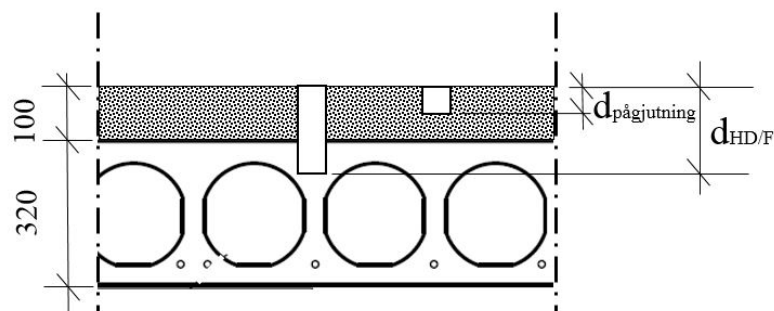
Mät djup i längsgående gjutfog $d = 0,4 \times H_{\text{gjutfog}}$
 Mät djup i pågjutning vid bjälklagsände $d = 0,4 \times H_{\text{pågjutning}}$



Figur 2.11. Mät djup, d, i den platsgjutna betongen vid elementändan. H är håldäckets höjd.

Mätning i homogena prefabricerade betongelement och igengjutna ursparningar, som är utförda genom hela elementets höjd, ska utföras på mät djupet $0,2 \times H$. Det förutsätter att uttorkningen är dubbelsidig och H avser elementets respektive igjutningens höjd.

Som ett exempel avseende pågjutna håldäcksbjälklag visas i *Figur 2.12* ett mellanbjälklag uppbyggt av håldäckselement pågjutna med överbetong. HD/F-elementen har tjockleken 320 mm och pågjutningen är 100 mm.



Figur 2.12 Två mät punkter placerade i ett mellanbjälklag bestående av pågjutna håldäckselement, HD/F-element.

Ett förslag till hur fuktkontrollen skulle kunna utföras är att använda mät djupet 40 mm i pågjutningen, $d_{\text{pågjutning}}$, och 64 mm i HD/F-elementet, dvs 164 mm från över yta pågjutning, $d_{\text{HD/F}}$. Detta baserat på antagandet att pågjutningen torkar enkelsidigt uppåt utan att fukt tillkommer från, eller avgår till, HD/F-elementet. Mät djupet i pågjutningen blir i så fall 40%

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	9(32)

av pågjutningens höjd. Mätning i HD/F-elementet utförs mitt mellan hålskanalerna på 20% av håldäckets höjd. Om högsta tillåtna RF är 85% för ett ytskikt som ska placeras ovanpå pågjutningen så får denna RF, inklusive mätosäkerhet, inte överskridas i någon av mätpunkterna innan ytskiktet appliceras.

Det är troligt att detta sätt att bestämma mätdjupet är på säkra sidan vilket medför att betongen torkas till en lägre RF än vad som egentligen behövs. En del av fukten i pågjutningen kommer troligen avgå till HD/F-elementet i stället för att diffusionstorka uppåt. Detta förutsatt att HD/F-elementet är torrare än pågjutningen när den utförs. Efter att ytskiktet har applicerats och fukten omfördelats blir RF under ytskiktet lägre än vad som antagits. För mer information om fuktrisker i håldäcksbjälklag se /20/.

2.4 Annan verifiering av uttorkning i golvsystem

Ekvivalent mätdjup för fuktmetning i betongplattor baseras på beräkningar gjorda av Nilsson (1979) /17/. I många fall kan det finnas skäl att frågå denna förenkling. Skälen kan tex vara:

- Mer komplex konstruktion, tex två eller flera olika material
- Material med andra egenskaper än gammal betong, tex modern tät betong eller golvavjämning
- Hänsyn ska tas till inverkan av limfukt

Det finns idag beräkningsverktyg med vilka det går att räkna mer detaljerat på fuktomfördelning och ekvivalent mätdjup eller andra placeringar av mätpunkter för relativ fuktighet. Det är viktigt att ha den kunskap som behövs för att utföra dessa beräkningar. Det behövs även relevanta, och aktuella fuktdata avseende de byggmaterial som används i byggprojekten, som indata till beräkningarna. Förutsatt att tillräcklig kunskap, lämpligt beräkningsverktyg och aktuella indata finns tillgängligt kan en beräkning av fuktomfördelningen efter applicering av ytskikt utföras. Syftet med en sådan beräkning är att säkerställa att det högsta tillåtna fuktillstånd inte överskrids i golvsystemets del som är i kontakt med ytskikt och lim. Verifieringen av uttorkning kan i ett sådant fall ske genom kontroll av fuktillstånd i en eller flera mätpunkter med krav på RF-nivå som baserar sig på beräkningen i fråga. För vidare information kring hur en sådan beräkning kan ske hänvisas till t.ex. SBUF 13701 Praktiska vägledningar för säkrare uttorkningstider hos betongbjälklag /31/ Bilaga 9: Vägledning förfuktomfördelningsberäkningar i betonggolvsystemkonstruktioner.

Resultaten ska sammanfattas i en tydlig instruktion till kontrollanten som ska utföra mätningen, innan den påbörjas. Det ska framgå var mätning ska utföras, på vilket djup, antal mätpunkter som behövs och vilket mätvärde som ska uppnås för att högsta tillåtna fuktillstånd inte ska överskridas.

2.5 Andra syften för mätning av RF i golvsystem

Det kan även finnas andra anledningar till att mätning av RF i golvsystem ska utföras tex:

- Tidig kontroll av hur uttorkning fortskrider
- Bestämmande av fuktillstånd i ett golvmaterial eller fuktprofil i golvsystemet

I dessa fall ska en tydlig instruktion ges till kontrollanten som ska utföra mätningen, innan den påbörjas. Det ska framgå var mätning ska utföras, på vilket djup, antal mätpunkter som behövs och att mätningen inte syftar till verifiering av uttorkning dvs. att inget maximalt tillåtet fuktillstånd ska kontrolleras.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	10(32)

2.6 Borrhålsmätning

Vid en borrhålsmätning borras ett hål i betongen som därefter fodras med ett mätrör för att mätning ska ske på ett väldefinierat mätdjup. En tid efter utförd borring monteras en RF-givare i mät hålet, se *Figur 2.1*. HumiGuard-givare monteras dock i samband med borringen. Givaren ska sitta monterad i mät hålet till det att fuktjämvtikt, och temperaturjämvtikt, råder mellan botten på mät hålet och givaren. Först då får avläsning utföras. Efter att mätningen slutförts är borrhålet förbrukat. Ett nytt mät hål måste borras inför nästa mätning.

2.6.1 Borring av mät hål

Borringen ska utföras med ett borrstål som har en diameter anpassad till vald mätmetod. Hålet borras till ekvivalent mätdjup, om inte annat anges, vilket bestäms enligt *avsnitt 2.3*. Kontroll av djupet utförs med ett skjutmått, utmed hålets sidor, enligt *avsnitt 2.2*. Toleransen på djupet är 0 - 2 mm, för djupt, vilket innebär att hålet inte får vara grundare än det mätdjup som eftersträvas men upp till två millimeter djupare.

Om hålet skulle bli för djupt kan det inte användas och således måste ett nytt borras. För att minska risken för mät fel får ett nytt mät hål inte placeras för nära det tidigare.

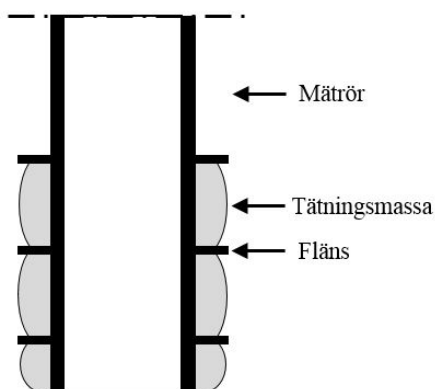
Centrumavståndet mellan två borrhål ska minst vara minst tre gånger borrhålets djup.

Det gamla borrhålet får i detta fall inte lämnas öppet utan måste tätas med ett mätrör som försluts med tillhörande tätningsplugg. Tätningsmassa ska appliceras mellan mätröret och betongytan.

Efter borringen måste hålet dammsugas ur ordentligt så att allt borrhax avlägsnas. Finns det borrhax kvar i mät hålet kan ett felaktigt RF-värde erhållas. En borste ska användas för att rensa mät hålet varvat med dammsugning vilket utförs ett antal gånger.

Botten på hålet ska kontrolleras så att det inte finns synlig sten, armering eller annat som blockerar fuktavgången från betongytan i botten på hålet. Om tillräcklig fuktavgång inte kan säkerställas måste ett nytt mät hål borras.

Borrhålet fodras därefter med ett plaströr med syfte att säkerställa att fuktavgången från betongen till mätpunkten sker från botten av mät hålet och inte från hålets väggar. För att detta ska vara möjligt behövs en tätning mellan rör och betong i borrhålets botten. Tätningen utförs på olika sätt beroende på vilken mätmetod som används. Till givare av fabrikat HumiGuard används ett mätrör med en mjuk tätningsring i änden som tätar mot betongen, se *Flik 12*. För givare av fabrikatet Vaisala och Testo används ett annat mätrör med tre plastflänsar i kombination med tätningsmassa, se *Figur 2.13*.



Figur 2.13 Nedre delen av ett mätrör. Tätningsmassa har applicerats mellan flänsarna och under den nedersta flänsen.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	11(32)

Tätningssmassan appliceras runt röret, mellan flänsarna och under den nedersta flänsen, och bearbetas med fingrarna så att den inte sticker ut utanför flänsarna. Lämpligen används massa i den mängd att bara yttersta kanten på flänsarna syns. Tätningssmassa får inte tränga ut på botten av borrhålet efter att röret monterats. Den tätningssmassa som används ska vara en som föreskrivs för respektive mätmetod. Massan ska vara testad så att den inte avger eller tar upp fukt eller påverkar givarens sensor på något sätt. I respektive rutin framgår vilket fabrikat som ska användas.

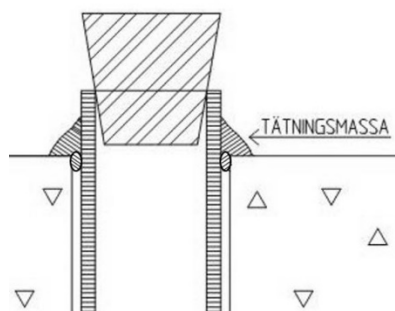
Därefter monteras röret i borrhålet genom att trycka, vrida eller försiktigt slå ner röret till det når botten av borrhålet. Vid montage av mätröret i *Figur 2.13* kan tex ett montagedon användas för att med handkraft trycka ner röret. Det är ofta mycket trögt i början men på slutet går det vanligen lättare. Då är det lämpligt att minska kraften på trycket, så att röret går ner mycket långsamt den sista biten, för att montaget ska bli tätt. Om plötsligt mothållet från röret släpper och det sjunker snabbt ner till botten brukar tätheten inte vara uppfylld. När röret väl är på plats kontrolleras att det inte trängt ut någon tätningssmassa i botten på hålet. Om det är massa i botten, och den inte går att avlägsna, så måste montaget göras om eller ett nytt mät hål borrar. Eventuell tätningssmassa som följt med upp till ytan, utmed rör och betong, under montaget ska inte bearbetas eller avlägsnas innan godkänd täthetskontroll är utförd.

Kontroll av tätningen utförs med en täthetsprovare i form av en gummiblåsa med pip. Blåsan pressas ihop, pipen monteras i överkant på mätröret och därefter släpps gummiblåsan. Om mätröret är tätt så kommer gummiblåsan att förbli ihoppresad och om det är otätt så kommer blåsan att återgå till sin ursprungliga form. Täthetskontrollen är godkänd förutsatt att ingen återgång av gummiblåsan kan noteras under minst 15 sekunder från att den släpps.

När kontrollen är godkänd ska mätröret dammsugas ur igen för att avlägsna eventuellt skräp som kan ha följt med ner i borrhålet vid montage av röret. Mätröret försluts sedan med en för metoden avsedd tätningsslugg.

Därefter ska en tätning mellan mätröret och betongytan utföras med tätningssmassa. Se *Figur 2.14*. Lägga en liten sträng med massa runt röret. Massan ska noggrant och metodiskt pressas fast mellan mätrör och betong, tex med en liten skruvmejsel, runt om mätröret. Slutligen bearbetas massan med fingrarna så att den fyller ut ordentligt runt om mätröret. Eventuellt behövs lite mer massa för att slutresultatet ska motsvara det i *Figur 2.14*.

Innan borrhålet lämnas ska ett skydd, tex en plastkon, monteras över mät punkten. Det är en fördel om skyddet sluter tätt mot betongytan för att minska risken för att mätningen påverkas av temperaturvariation och luftens RF i omgivningen.



Figur 2.14. Tätning mellan mätrör och betongyta.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	12(32)

Det är av största vikt att tätningarna mellan mätrör och betong utförs med omsorg. Ett litet läckage kan medföra att RF i mätstålet sjunker med tiden om fukt avgår från mätstålet till omgivningen, alternativt stiger om fukt tillförs mätstålet. Tätning ska finnas både upptill och nertill mellan betongen och plaströret för att förhindra läckage och fuktvandring mellan betong och luft på önskat sätt.

Ett nytt mätstål måste alltid borras inför varje mätning för att minimera risken för påverkan av läckage. RF i mätstålet kan med tiden sjunka på grund av läckage om det används vid flera tillfällen eller får stå oanvänt under en längre tid. Detta kan felaktigt tolkas som att betongen torkar när det i själva verket beror på ett läckande mätstål.

Rutin för borrning av mätstål återfinns under *Flik 6*.

2.7 Uttaget prov

Vid fuktmätning på uttaget prov avlägsnas en bit av det material som önskas undersökas och placeras i en provbehållare. Själva mätningen utförs normalt på annan plats än provtagningsplatsen/byggarbetsplatsen under kontrollerade förhållanden, främst avseende temperatur. Det finns flertalet olika metoder för uttaget prov beroende av vilket material som provtagningen utförs i samt vilken storhet som ska bestämmas tex relativ fuktighet, fuktkvot, kapillär mätnad mm. I detta avsnitt beskrivs övergripande principen för metoden RF-mätning på uttaget prov av golvavjämning och betong.

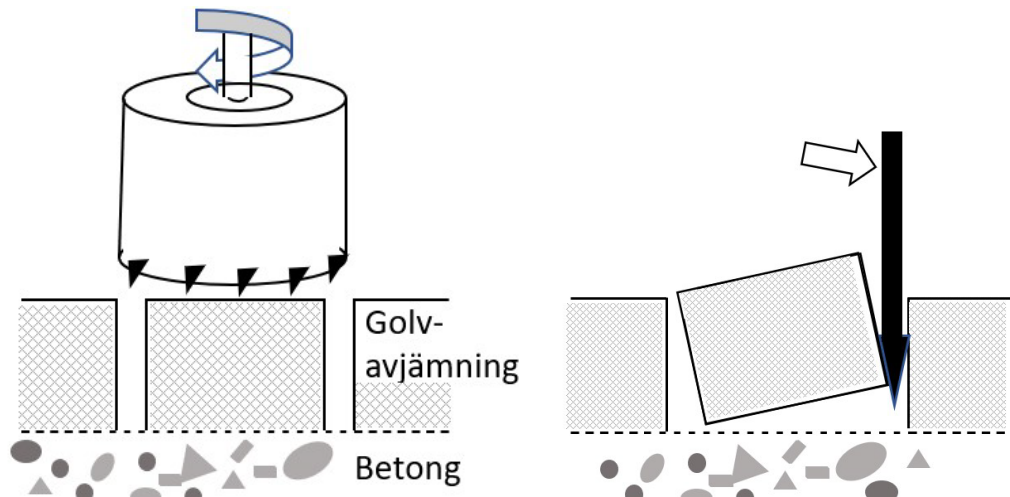
2.7.1 Uttaget prov i golvavjämning

Vid fuktmätning i golvavjämning så ska mätmetoden RF-mätning på uttaget prov beskriven i denna manual användas. Till skillnad från mätning i betong där mätning utförs på ett specifikt mätdjup så tas ett prov genom hela avjämningsskiktets tjocklek. Borrning sker med en hammarborrkrona ner till underlaget varvid en borrkärna knäcks loss med en mejsel. Det uttagna provet krossas och placeras omedelbart i en provbehållare. RF-bestämningen utförs därefter i laboriemiljö, ett labb där temperaturen kan regleras inom angivna toleranser. Med labb, vilket används som benämning i denna manual, avses en lokal med ett utrymme där temperaturvariationen över tid kan begränsas till någon tiondels grad Celsius. Det är även en fördel om temperaturen är nära 20,0°C men kravet är att den inte får understiga 15,0°C eller överstiga 25,0°C.

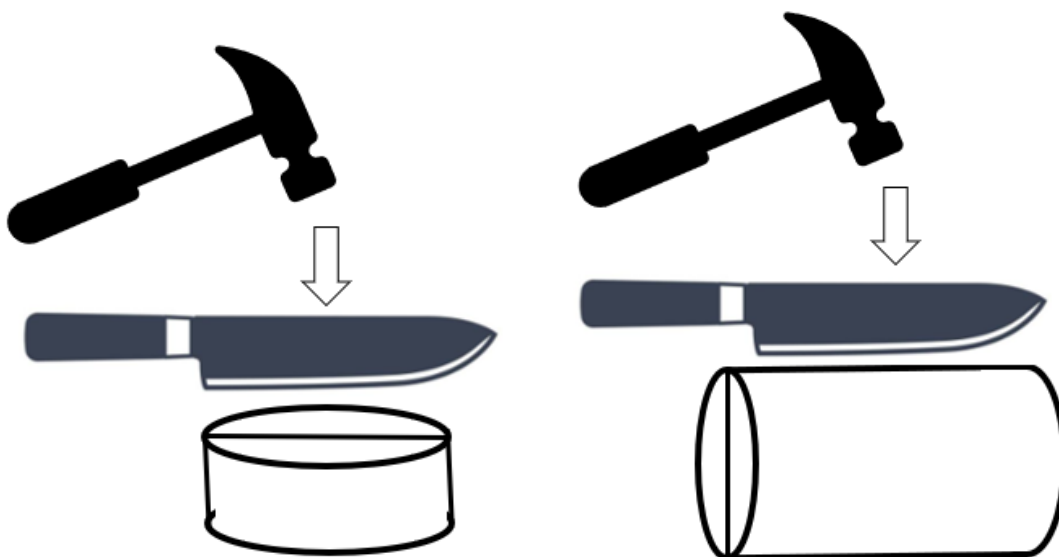
Syftet med mätningen är att uppskatta den maximala fuktbelastningen som lim och/eller ytskikt kan utsättas för efter fuktomfördelning i golvavjämningen. Helt avgörande för fuktinnehållet är avjämnings tjocklek. Tjockleken kan variera efter att en golvavjämning tex har gjutits på en bottenplatta. Det är därför väsentligt att känna till var avjämnningen kan förväntas vara tjockast vid val av mätpunkternas placering.

I SBUF-projekt 11791, Metoder för fuktmätning i avjämningsmassor /32/, testades ett antal olika mätmetoder. En av slutsatserna var att den bäst lämpade metoden för detta ändamål är att en borrkärna tas ut över hela golvavjämnings tjocklek ner till underlaget. Vid vidareutveckling av metoden i SBUF-projekt 13754, RBK-metod för RF-mätning i golvavjämning /33/, fastställdes att krossning av provet bör utföras på provtagningsplatsen och RF-bestämningen på ett så kallat labb.

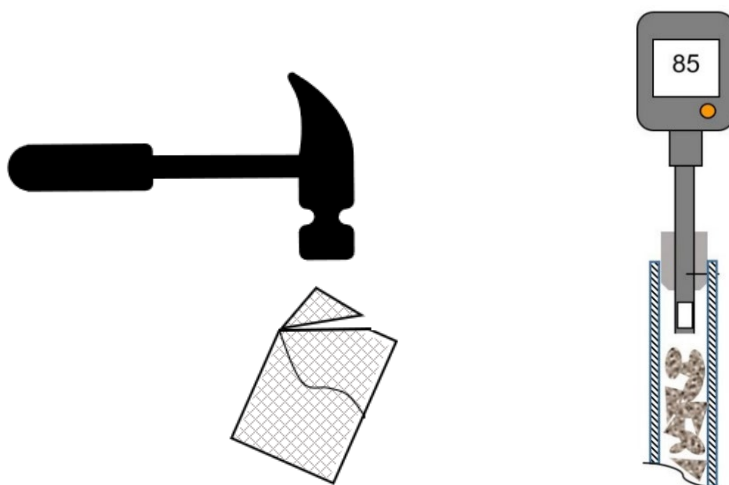
Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	13(32)



Figur 2.15 Provtagning i golvavjämning på betongunderlag.



Figur 2.16 Klyvning av borrkärna.



Figur 2.17 Krossning och RF-bestämning på uttaget prov av golvavjämning.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	14(32)

För att få ut tillräckligt med material vid tunna skikt kan flera borrkärnor behövas. Alternativt kan en större dimension på borrkrona användas. Vid tjocka skikt är det lämpligt att rotera bormaskinen något under borrhningen. Detta för att undvika att borrkronan fastnar. Om avjämningen ligger med vidhäftning mot ett betongunderlag används lämpligen slag på bormaskinen till det att det är någon centimeter kvar ner till betongytan. Om borrhning därefter sker utan slag så är det enklare att känna, och höra när borrkronan når betongytan och borrhningen avslutas.

Vid tjocka skikt av golvvavjämning kan borrkärnan behöva klyvas för att minska mängden material så att det får plats i provbehållaren. Kärnan kan klyvas i hälften eller fjärdedelar. Det är då viktigt att en representativ mängd material erhålls över hela tvärsnittet dvs lika mycket material från toppen av borrkärnan som från botten. Detta beskrivs ytterligare i provtagningsrutinen under *Flik 7*.

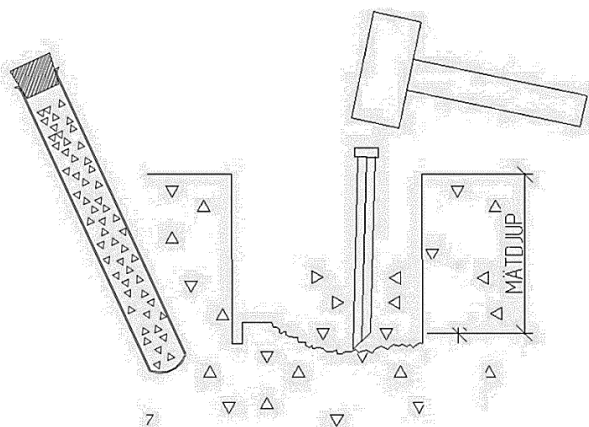
2.7.2 Uttaget prov i betong

En mätmetod som inte används längre vid RBK-mätningar är RF-bestämning på uttaget prov i betong. Vid denna mätning kan en hammarborkrona användas för att borra ner till det djup där provtagningen ska påbörjas. Den ovanföriggande betongen avlägsnas och provet tas därefter på ett mätdjup, motsvarande borrhålmätning. På detta djup bilas betongbitar ut och placeras i en provbehållare tex ett provrör. Provröret försluts omedelbart för att transporteras till ett laboratorium för RF-bestämning.

Det har visat sig att denna mätmetod inte lämpar sig för RF-mätning i den betong som används idag dvs betong med lågt vct och/eller betong med olika tillsatsmaterial. Vid själva provtagningen finns risk att fukt avgår vilket kan ge betydande mätfel. Faktorer som påverkar mätresultatet är:

- Vilken sammansättning betongen har, vct, tillsatsmaterial mm
- Tiden som provbitarna hanteras i omgivande luft
- Storleken hos de uttagna provbitarna
- Värme som tillförs provet på grund av borrhningen
- Andelen ballast hos betongen samt ballastens storlek

Detta medför ett resultat som underskattar betongens RF. /28/ Av denna anledning rekommenderas inte mätmetoden för RF-mätning i betong och ingår således inte i denna fuktmättningsmanual avseende RBK-mätningar.



Figur 2.18 Uttaget prov i betong för RF-bestämning i lab.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	15(32)

2.8 Givare för RF-mätning

Det finns ett antal olika givare som kan användas vid RF-mätning enligt denna manual. En rutinbeskrivning finns upprättad för varje givare, under respektive flik, vilken ska följas steg för steg när en mätning utförs. Borrhålmätning i kombination med ett specifikt givarfabrikat kallas i denna manual för en egen mätmetod. Nedan beskrivs de olika givarna kortfattat.

2.8.1 HumiGuard

HumiGuard används enbart vid borrhålmätning i betong. Den skiljer sig från övriga givare genom att den är en engångsgivare med tidsbegränsad användningstid. Den installeras bara en gång i en mätpunkt och är därefter förbrukad. Givaren levereras i en förpackning (en eller flera plastburkar), som innehåller det antal givare som beställts. Givarna i förpackningen bildar en lot, med ett unikt lot-nummer, vilket är centralt för denna mätmetod. Används föredatum anges på givarförpackningen.

Montering utförs i ett mätrör, anpassat speciellt för denna mätmetod, med hjälp av ett monteringsdon. Minsta mätdjup är 35 mm och största är som standard ca 140 mm respektive 340 mm vid borrhålmätning i betong beroende av vilken längd på mätrör och monteringsdon som används. Det längre mätröret gör metoden lämplig för mätning i vöter där mätdjupet kan vara stort.

Givaren monteras i samband med att borringen av mätområdet utförs.

När givare och betong kommit i fukt- och temperaturjämvikt så kan avläsning utföras. Avläsning får tidigast utföras sex dygn efter givarmontage och ska som regel inte avläsas senare än tio dygn efter givarmontage. Ett avläsningsinstrument ansluts till trådar som sticker upp ur mätröret vartefter avläsningen utförs direkt. Avlästa värden har enheten mikrosiemens, μS , och en webbplats används för att omvandla avlästa värden till RF och temperatur samt generera ett mätprotokoll. Givarna behöver inte sändas i väg på kalibrering vilket gäller för övriga givarfabrikat. I stället för gängse kalibrering (kalibrering av enskild givare) ska för varje lot två i fabrik utvalda givare (som är representativa för loten i fråga) monteras i ett referensblock. I samband med att avläsning utförs av givaren i ett borrhål ska även givarna i referensblocket läsas av. Avlästa värden från referensblocket behövs på webbplatsen för att RF avseende betongen ska kunna beräknas.

Rutinbeskrivningen för mätmetoden HumiGuard med webbplats finns under *Flik 12*.

2.8.2 Vaisala HMP40S

Vaisala HMP40S är en givare som består av en probe med kabel som ansluts till ett mätinstrument vid avläsning. Kabeln går att avlägsna från proben tex för byte av en skadad kabel. Givaren ska kalibreras tillsammans med avläsningsinstrumentet. Alternativt kan en referensprobe användas. Se *avsnitt 2.9*. Efter kalibreringen måste fortlöpande egenkontroller utföras av användaren. Givaren kan användas både för mätning i betong och golvavjämning. RF-bestämning på uttaget prov av golvavjämning beskrivs under *Flik 8*.

Vid mätning i betong monteras givaren tidigast tre dygn och senast fem dygn efter borring av mätområdet. Det är viktigt att givaren har samma temperatur som betongen, eller högre, när den monteras för att undvika kondens på givaren. Givaren ska då även ha lägre RF än betongen. Detta kontrolleras omedelbart före montage genom att göra en avläsning med

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	16(32)

avläsningsinstrumentet. Betongens temperatur kan tex kontrolleras med en IR-temperaturmätare.

Avläsning av betongens RF och temperatur utförs när givare och betong kommit i fukt- och temperaturjämvikt. Avläsning får tidigast utföras tre dygn efter givarmontage och ska som regel inte utföras senare än tio dygn efter att mät hålet borras. Det avläsningsinstrument som givaren kalibrerats ihop med ska användas. Alternativt används en referensprobe. Avlästa värden vid mätning måste korrigeras med hjälp av givarens unika kalibreringskurva för att korrekt RF ska erhållas.

Minsta mätdjup är 35 mm. Det finns två olika längder avseende mätrör vilket medför ett maximalt mätdjup på 90 mm respektive 170 mm.

En skyddsburk monteras ovanpå mätröret mot betongytan där givarkabeln förvaras fram till avläsning. Efter slutförd mätning avlägsnas givaren från mätpunkten.

Rutinbeskrivningen för mätning i betong med Vaisala HMP40S finns under *Flik 11*.

2.8.3 Testo 605-H1

Testo 605-H1 består av en kombination av probe och avläsningsinstrument. Överst på givaren sitter en display, vridbart monterad. Avläsning av RF och temperatur utförs direkt på displayen efter att givaren har aktiverats med strömknappen.

Givaren måste kalibreras innan den tas i bruk. Därefter måste fortlöpande egenkontroller utföras av användaren. Givaren kan användas både för mätning i betong och golvavjämning. RF-bestämning på uttaget prov av golvavjämning beskrivs under *Flik 8*.

Vid mätning i betong måste mätröret som används kapas till längden 100 mm innan det monteras. Anledningen till detta är att givaren efter montage ska nå ner till botten på mät hålet. Givaren monteras tidigast tre dygn och senast fem dygn efter borring av mät hålet.

Det är viktigt att givaren har samma temperatur som betongen, eller högre, när den monteras för att undvika kondens på givaren. Givaren ska då även ha lägre RF än betongen. Detta kontrolleras omedelbart före montage genom att göra en avläsning på displayen. Betongens temperatur kan tex kontrolleras med en IR-temperaturmätare.

Avläsning av betongens RF och temperatur utförs när givare och betong kommit i fukt- och temperaturjämvikt. Avläsning får tidigast utföras tre dygn efter givarmontage och ska som regel inte utföras senare än tio dygn efter att mät hålet borras. Avlästa värden vid mätning måste korrigeras med hjälp av givarens unika kalibreringskurva för att korrekt RF ska erhållas. Minsta mätdjup är 35 mm och maximalt mätdjup är 90 mm.

En skyddskon ska monteras över givaren under mätning. Efter slutförd mätning avlägsnas givaren från mätpunkten.

Givaren används i betong för mätmetoden Kapacitiv givare Testo. Rutinbeskrivningen finns under *Flik 10*.

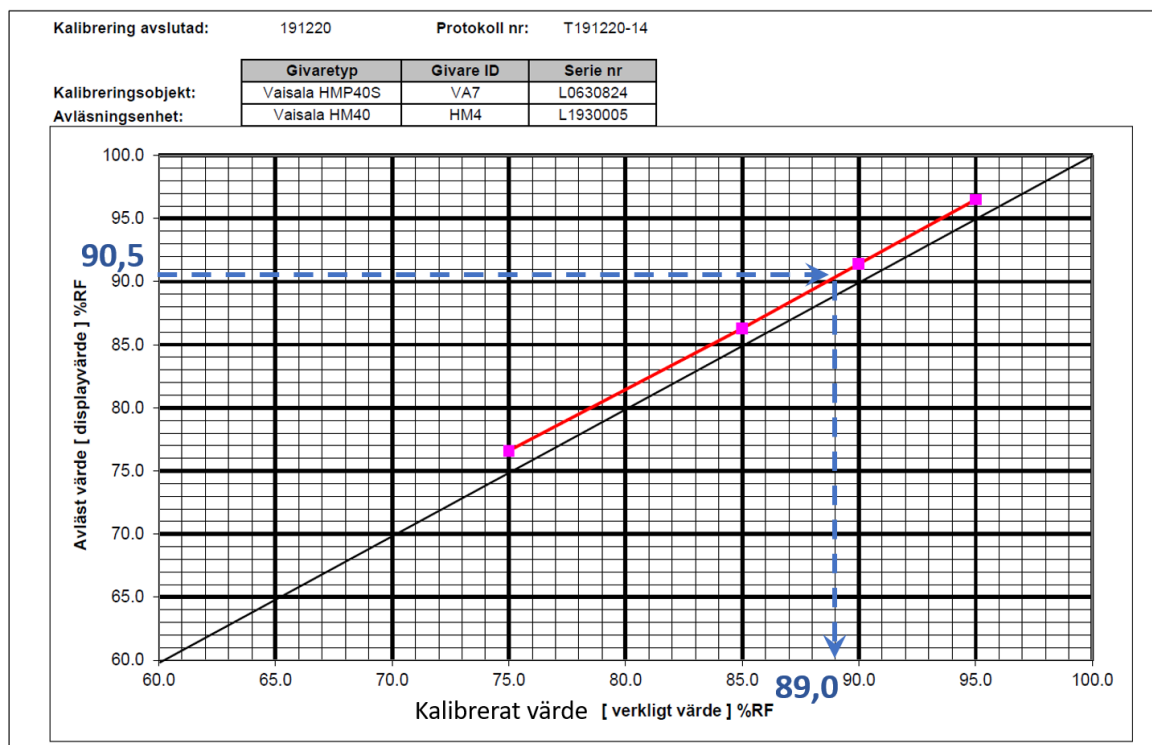
Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	17(32)

2.9 Kalibrering av givare – kalibreringskurva

Kalibrering är en jämförande mätning vid vilken avläst RF för en givare dokumenteras vid mätning mot en känd RF. Avsikten med en kalibrering är att upprätta en kalibreringskurva som därefter används för att korrigera avläst RF från en fuktmätning till verkligt RF, kalibrerad RF. Avläst värde kan avvika med flera procentenheter från verkligt RF utan att givaren för den skull är obrukbar. Däremot måste alltid en givare som ska användas vid RF-mätning vara kalibrerad innan den används. Det är vanligt att avläst värde för en givare över tid ändras för samma RF-nivå. Detta brukar kallas för att givaren driver vilket beskrivs i *avsnitt 2.10*.

Med kalibrering avses i denna manual, kalibrering av RF-givare vid en mätplats där RF är spårbar till ett erkänt institut. Spårbarheten kan tex vara till NIST i USA eller NPL i England. Kalibrering ska utföras minst en gång per år från föregående kalibrering eller när givarens drift överstiger tillåtet gränsvärde. Kalibreringen resulterar i en kalibreringsrapport. Denna innehåller en kalibreringskurva med tillhörande dokumentation avseende avlästa värden, kalibreringens mätosäkerhet, spårbarhet och rådande temperatur vid kalibreringen. Kalibreringskurvan gäller enbart den givare i kombination med avläsningsinstrumentet som användes vid kalibreringen. Datum när senaste kalibreringen utförts ska framgå i mätprotokollet för använd givare.

Vid kalibreringen placeras givaren i en känd relativ fuktighet under konstant temperatur. Givarens utslag läses av och markeras som en punkt i ett diagram se *Figur 2.19*. Diagrammet har det avlästa värdet på ena axeln och normalens RF, benämnd verkligt RF eller kalibrerad RF, på den andra axeln. Förfarandet upprepas vid ett antal förutbestämda RF-nivåer. Mellan de punkter som erhålls dras räta linjer vilket resulterar i givarens kalibreringskurva. Varje givare med tillhörande avläsningsinstrument har sin egen unika kalibreringskurva. Kurvan ska användas för att korrigera avläst värde för att erhålla kalibrerad RF.

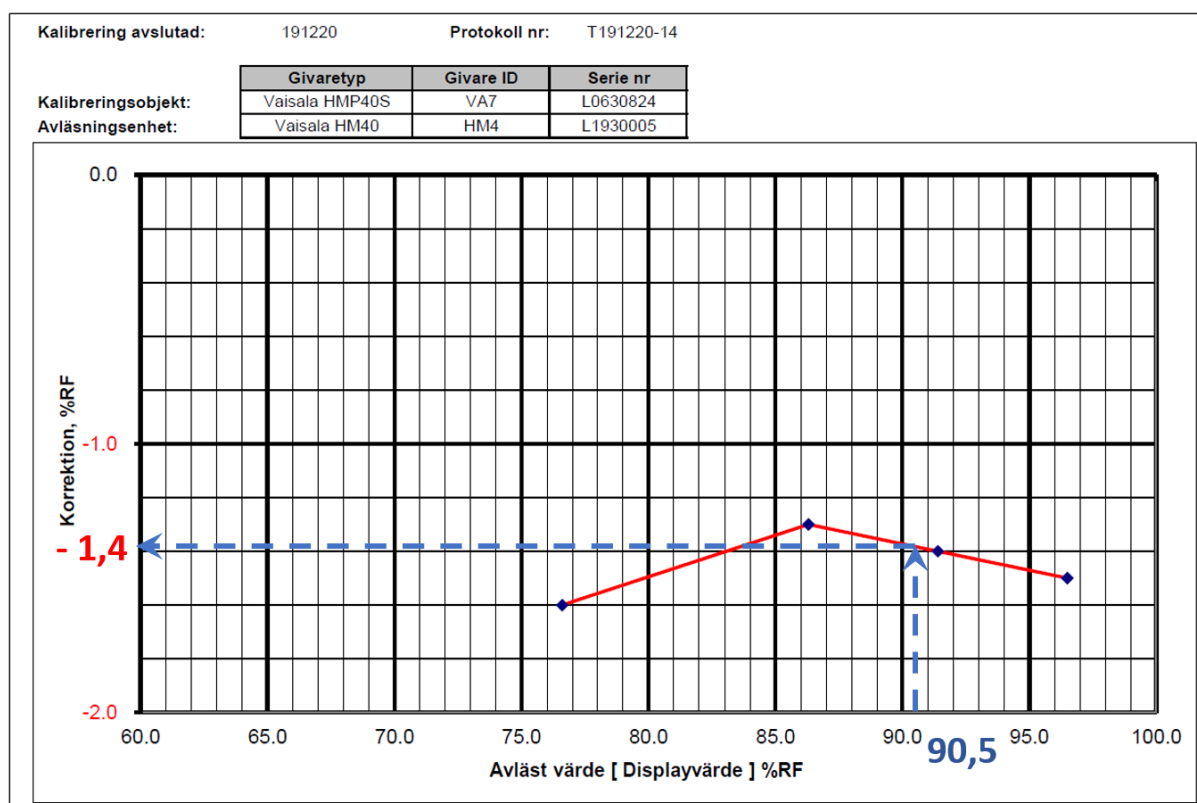


Figur 2.19 Exempel på en kalibreringskurva för givare VA7 med tillhörande avläsningsinstrument HM4. Enligt de inritade pilarna i figuren ger avläst RF 90,5% en kalibrerad RF 89,0%.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	18(32)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Ett alternativ till kalibreringskurvan i *Figur 2.19* är att redovisa en korrektionsterm avseende RF i stället för kalibrerat värde. För att erhålla kalibrerat RF summeras korrektionstermen till avläst värde. I *Figur 2.20* visas ett diagram för korrektion för samma givare som i *Figur 2.19*. Detta diagram har en upplösning som medför att det går att läsa av med större precision. Om detta diagram används är det viktigt att ta hänsyn till att korrektionstermen kan vara negativ såväl som positiv. Observera även att avläst värde nu presenteras på den horisontella axeln i diagrammet. Kalibreringsrapporten som erhålls efter genomförd kalibrering innehåller ofta både en kalibreringskurva och en så kallad korrigeringskurva. Vilken av dem som använd för framtagande av kalibrerat RF vid en mätning är valfritt.



Figur 2.20 Exempel på kalibreringskurva för samma givare som i *Figur 2.19* fast som visar korrektion i stället för kalibrerat RF. Avläst RF 90,5% ger i detta fall kalibrerat RF 89,1 %. ($90,5 - 1,4 = 89,1$)

Mätning får endast utföras i det RF-intervall som givarna är kalibrerade för. Vid RF-mätning i betong är det oftast tillräckligt om givarna är kalibrerade i intervallet 75 – 95 % RF. Vid RBK-mätningar ska givarna kalibreras vid RF-nivåerna 75, 85, 90 och 95 %. Mellan dessa kalibreringspunkter dras räta linjer och kalibreringskurvan får utseendet enligt *Figur 2.19*.

Om mätning ska utföras vid lägre RF än 75% kan kalibreringskurvan kompletteras med ytterligare RF-nivåer. I detta fall ska nivåerna väljas i steg om tio procentenheter, 65%, 55% osv. Detta för att mätosäkerheten avseende icke-linearitet beskriven under *Flik 28* ska gälla. Naturligtvis kan även en RF som överstiger 95% väljas om det är önskvärt. Kalibrering vid högre RF än 95% ligger dock utanför RBK-systemet.

Om avsikten är att en givare ska användas för RF-mätning avseende golvavjämning så är rekommendationen att komplettera med RF-nivån 65% vid kalibreringen. Anledningen är att det förekommer att tex tunnare skikt av golvavjämning torkar till en lägre nivå är 75 % RF. Om ett resultat med specificerad mätosäkerhet ska kunna presenteras så måste mätresultatet ligga inom givarens kalibreringsintervall.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	19(32)

Temperaturen vid vilken givaren kalibreras bör överensstämma med den temperatur som råder i materialet som mätning kommer att utföras vid. Detta för att minska mätosäkerheten. Vid RBK-mätningar som utförs i intervallet 15,0 – 25,0°C ska kalibrering utföras vid 20,0°C.

Givarna ska acklimatiseras till omgivande klimat i det utrymme där kalibreringen ska utföras innan kalibreringen påbörjas för att komma i temperatur- och fuktjämvikt med omgivningen. Kalibreringen ska utföras i samma ordning som mätningen kommer att ske, dvs från lägsta RF till högsta. Givaren ska således också ha lägre RF än materialet som mätningen ska utföras i inför givarmontage. I annat fall kan hysteres uppstå. Hysteres är ett fel orsakat av att jämviktsfuktkurvan för uppfuktning och uttorkning är olika, se *Figur 2.28*.

Givare och avläsningsinstrument hör ihop. Elektroniken i avläsningsinstrument kan ge upphov till avvikelser mellan olika instrument varvid kalibrering ska utföras med givare och avläsningsinstrument som en enhet. Den kalibreringskurva som erhålls gäller enbart för samma kombination av givare och avläsningsinstrument som använts vid kalibreringen. Kalibreringskurvan i *Figur 2.19* gäller således enbart för Vaisalagivaren märkt VA7 i kombination med avläsningsinstrument HM4.

Om det däremot finns en metod för att kontrollera själva avläsningsinstrumentet så möjliggör det att olika avläsningsinstrument ska kunna användas till en och samma RF-givare. Mätinstrument som används avseende mätmetoden HumiGuard med webbplats kontrolleras tex med en kontrollkonduktans innan avläsning av givarna utförs. Ett valfritt instrument kan således användas förutsatt att kontrollen är godkänd. För kontroll av avläsningsinstrumentet Vaisala HM40 finns möjlighet att använda en referensprobe vilket beskrivs under *Flik 11*.

2.10 Drift och egenkontroll av RF-givare

RF-givare åldras och påverkas av den miljö som de utsätts för. Detta medför att avläst värde ändras med tiden för samma RF-nivå. Detta brukar benämnas drift. Driften varierar för olika givarfabrikat, givarindivider, ålder och användningssätt. Driften kan med tiden medföra att vissa givare visar en RF som avviker med flera procentenheter från verklig RF. Trots detta kan givaren vara fullt funktionsduglig. Egenkontroll i detta avsnitt gäller inte HumiGuard.

Syftet med att utföra egenkontroll av RF-givare är att kontrollera:

- att givarens drift är inom angivna gränser
- att inget hänt med givaren under transport till och från den plats där kalibreringen utförts
- att inget gått fel under kalibreringen, eller egenkontrollen
- att kalibreringskurvan fortfarande gäller för givaren eller om ny kalibrering behövs

Vid kalibrering av en givare erhålls ett dokument, en kalibreringskurva, som visar sambandet mellan avläst RF och verklig RF vid ett antal RF-nivåer. Kalibreringskurvan används vid mätning för att korrigera avläst värde till kalibrerat värde. Användandet av kalibreringskurvan förutsätter att givaren är stabil dvs att den inte driver med tiden. Detta antagande är emellertid orimligt eftersom alla givare driver i någon omfattning. Problematiken hanteras genom att tillåta ett visst mått av drift, som då ökar mätosäkerheten. Med ökande drift stiger naturligtvis mätosäkerheten så det är en fördel om driften kan minimeras. När driften överstiger tillåtet värde är kalibreringskurvan inaktuell och en ny kalibrering måste utföras. Driften får inte ligga utanför RF-intervallet $\pm 1,5$ %-enheter för givare som används vid RBK-mätning.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	20(32)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Egenkontrollen ska utföras vid RF-nivån 85 %. Denna RF-nivå har valts eftersom 85% RF ofta är gällande högsta tillåtna fuktnivå för ytskikt på betong och golvväxning. Kontrollen ska utföras enligt "Rutin för egenkontroll av RF-givare", *Flik 5*, och dokumenteras i *Blankett F2, Egenkontroll av RF-givare*, som finns under *Flik 29*. Kontrollen ska utföras i temperaturintervallet 15,0 – 25,0°C och med fördel så nära 20,0°C som möjligt. Egenkontroll vid samma temperatur som kalibreringen medför att felkällorna minimeras.

Egenkontrollen utförs genom att givaren placeras över en mättad saltlösning. Alternativt kan en fuktgenerator eller annan fuktalstrande utrustning användas.

När jämvikt inträder utförs en avläsning av RF och temperatur. Avvikelsen dvs skillnaden mellan avläst RF för givaren och saltlösningens RF beräknas och jämförs med motsvarande avvikelse från tidigare avläsningar. Om avvikelsen ökar systematiskt med tiden, eller minskar, så driver givaren.

Temperatur °C	15,0	20,0	25,0
RF salt %	85,9	85,1	84,3

Figur 2.21 Temperaturens inverkan på RF avseende en mättad saltlösning med Kaliumklorid, KCl,

Det är viktigt att notera att saltets RF är beroende av temperaturen, se *Figur 2.21*.

Vid jämförelse mellan avläsningar måste därför en korrektion av saltets RF utföras innan avvikelse och drift beräknas eftersom saltlösningens RF varierar med temperaturen.

Osäkerheten avseende saltets RF, Kaliumklorid, uppgår till ca $\pm 0,3$ % RF men den försummas vid kontrollen. Anledningen till detta är att driften beräknas som skillnaden mellan två avläsningar över samma saltlösning. Saltlösningen förutsätts ha samma "fel" vid varje avläsning varvid absolutvärdet avseende RF är av mindre intresse.

En egenkontroll ska även utföras innan givaren skickas på kalibrering och direkt efter att givaren kommer tillbaka från kalibreringen, det vill säga innan givaren tas i bruk igen. Erhålls samma avvikelse vid dessa två kontroller verifierar det att inget hänt med givaren under transporten. Vid egenkontrollen direkt efter kalibreringen ska även avvikelsen jämföras med den avvikelse som kan utläsas i kalibreringsprotokollet. För en perfekt givare ska naturligtvis avvikelsen vara lika vid kalibreringen som vid egenkontrollen över saltlösningen. Skillnaden mellan avläst RF och "verklig" RF ska ju vara densamma oavsett fuktkälla, förutsatt att den alstrar 85 % RF. Men ju större felkällorna i egenkontrollen är, och mätosäkerheten vid utförd kalibrering, dess då större skillnad erhålls. Gränsvärdet vid dessa två kontroller är $\pm 1,5$ % RF, dvs samma gränsvärde som för tillåten drift. Om en RF erhålls som ligger utanför angivna gränser kan det bero på:

- att något har hänt med givaren under transporten
- fel på saltlösningen
- ostabil temperatur vid egenkontrollen
- att lokalen där egenkontrollen utförs är olämplig för ändamålet
- att givaren inte har kommit i fuktjämvikt
- att kalibreringen är felaktig

Om detta inträffar ska givaren sitta kvar över saltlösningen ytterligare minst 12 timmar varefter en ny avläsning utförs. Kvarstår avvikelsen kan kontroll utföras mot en annan saltlösning med samma RF om det finns tillgängligt. Om för stor avvikelse föreligger även vid denna kontroll måste en ny kalibrering utföras innan givaren åter kan tas i bruk.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	21(32)

2.10.1 Mättade saltlösningar

För saltkontroll kan behållare med färdig saltlösning köpas i vilken givarna monteras vid egenkontroll. Alternativt kan salt köpas för egen blandning.

Vid kontroll över saltlösningar ska saltet vara av kvalitet ”pro analysi” och vattnet till saltlösningen ska antingen vara destillerat eller avhärdat med jonbytarfilter. Råd avseende blandning se /1/.

Olika salter ger olika RF vilket redovisas i *Figur 2.22*. De värden som anges med ± efter saltets RF är osäkerheten avseende saltlösningarna. Det ska tolkas som att det korrekta värdet avseende RF inte är helt känt. Under ideala förhållanden ligger saltlösningens jämvikts-RF mellan de angivna gränserna. Detta skapar inget problem vad gäller kontrollen av drift förutsatt att givaren hela tiden kontrolleras i samma behållare med samma saltlösning.

Salt	RF vid 20°C
Magnesiumklorid MgCl ₂	33.1±0.2
Natriumklorid NaCl	75.5±0.1
Kaliumklorid Kcl	85.1±0.3
Kaliumnitrat KNO ₃	94.6±0.7
Kaliumsulfat K ₂ SO ₄	97.6±0.6

Figur 2.22 RF för mättade saltlösningar vid temperaturen 20°C.

Givarna ska placeras i täta behållare med mättade saltlösningar. Behållarna ska stå i temperaturstabil klimat och lämpligen vid en temperatur runt 20,0°C.

Givarna ska sitta i minst 12 timmar i behållaren för att jämvikt ska erhållas. Avläsning utförs avseende RF och temperatur och avlästa värden dokumenteras i ett protokoll.

2.10.2 Kontrollintervall

Egenkontroll ska utföras före kalibrering och direkt efter att mätutrustningen returnerats från kalibreringen. Därefter ska kontroll utföras med tillräckligt täta intervall för att säkerställa att driften inte överskrider tillåtna gränsvärden, men minst en gång per månad. Datum när senaste egenkontroll utförts ska anges i mätprotokollet vid RF-mätning. Det är datum för senaste egenkontrollen som utförts omedelbart före en RF-mätning som ska anges.

Hos vissa leverantörer är det möjligt att köpa en RF-givare som är färdigkalibrerad vid leverans. I detta fall har användaren naturligtvis inte någon möjlighet att göra en egenkontroll före kalibrering utan kan enbart göra en egenkontroll efter att givaren levererats. Det är då extra viktigt att resultatet vid egenkontrollen har en god överensstämmelse med resultatet från kalibreringen. Om inte så måste kontakt tas med leverantören för en eventuell omkalibrering. Användaren måste förse givaren med en unik märkning direkt efter leverans som även ska noteras på kalibreringsdokumenten för att undvika förväxlingar vid mätning.

Vad som styr hur ofta egenkontrollen måste utföras är hur givaren används samt typ av givare. Driften är ofta mindre för en givare som aldrig flyttas från laboratoriet jämfört med en givare som används vid borrhålmätningar på byggarbetsplatser. Risker för problem med drift är större om givaren används flitigt i mycket fuktig eller förorenad miljö.

En givare som används vid borrhålmätningar i fält kan behöva kontrolleras oftare än en gång per månad. Nya givare kan ha en tendens att driva mer än när det använts en tid och behöver således kontrolleras med tätare intervall i början. Varje givare är en unik individ och driften kan skilja väsentligt mellan givare av samma fabrikat.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	22(32)

Om en givare inte använts för mätning på ett tag eller om misstanke uppstår om att något kan ha hänt med givaren under en mätning bör en egenkontroll utföras innan givaren används igen. Det är en lämplig åtgärd för att kontrollera att det inte är givaren det beror på om ett avvikande mätresultat erhållits vid en mätning.

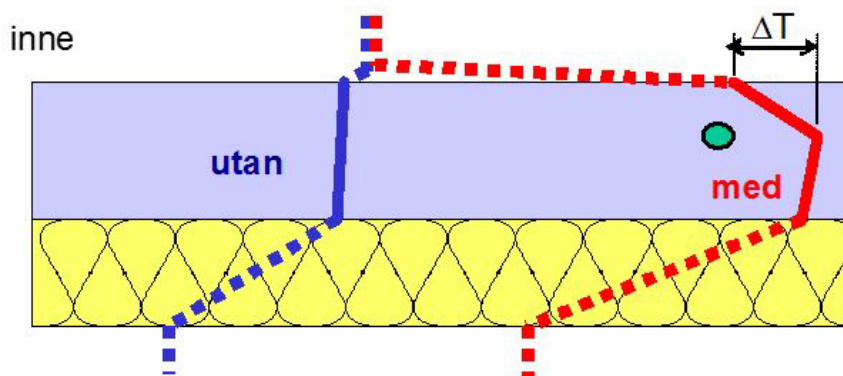
Att utföra en egenkontroll är ett enkelt sätt att försäkra sig om givarens tillförlitlighet och att givarens kalibreringskurva fortfarande är aktuell.

2.11 Fuktmätning under inverkan av golvvärme

Fuktmätning under inverkan av golvvärme, beskrivet i följande avsnitt, förutsätter att golvvärmeslingorna är ingjutna i en bottenplatta av betong. Om golvvärmen är placerad mellan bottenplattan och ytskiktet, och således monteras efter att betongen torkats ut, gäller naturligtvis samma förutsättningar som för mätning i betong utan golvvärme. Det förutsätts också att värmen har varit, eller är, påslagen innan mätningen utförs.

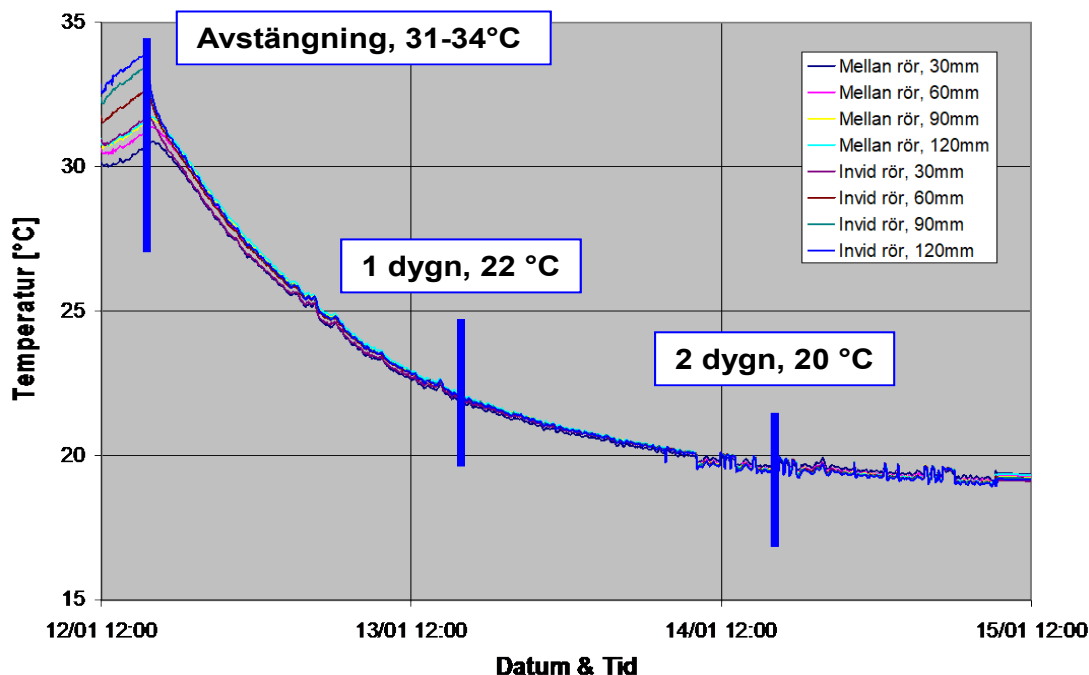
En borrhålsmätning ska inte utföras utan att plattan har kallnat först. Om borrhålsmätning utförs när golvvärmen är på finns stor risk att temperaturgradienter i plattan och temperaturskillnader mellan sensor och betong medför orimliga mätvärden. Temperaturen kan även ge upphov till kondens i mätroret eller på givare. Ett tidigare använt borrhål får inte användas igen, på grund av risk för kondens och hysteres, om golvvärmen varit på mellan mätningarna. Alltså måste ett nytt mäthål borraras vid varje mättillfälle.

Anledningen till att det är problematiskt att mäta RF i betonggolvet med golvvärme är den höga temperaturen och ojämna temperaturfördelning i golvet. Risken för att dessa problem uppstår minskas genom att golvvärmen stängs av två dygn innan mätningen påbörjas och är avstängd under hela mätförloppet. Se *Figur 2.24*.



Figur 2.23 Temperaturfördelning i en platta på mark med och utan golvvärme
(Figur 1 i rapport TVBM-3140, LTH /25/)

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	23(32)



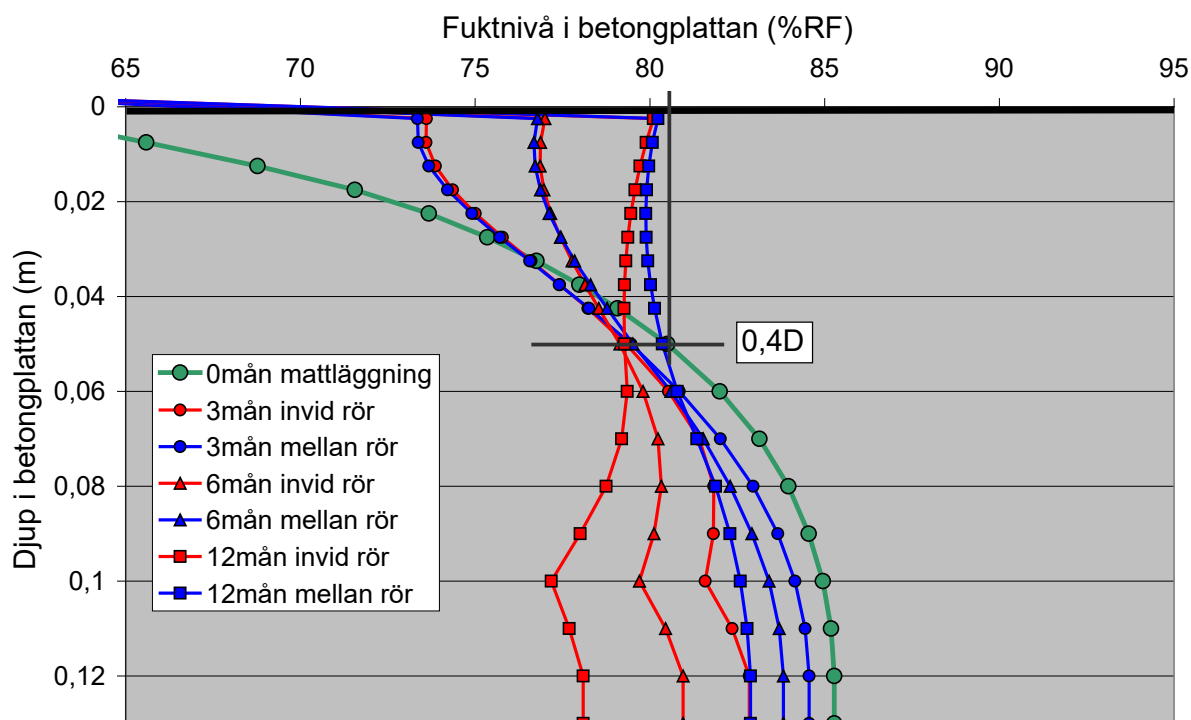
Figur 2.24 Avsvlningsförloppet, i en 120 mm tjock betongplatta på underliggande värmeisolering, efter avstängning av golvvärmen. (Figur 2.5.1 i rapport TVBM-3141, LTH /26/)

Av praktiska skäl utförs mätningen mitt mellan värmeslingorna. Lämpligt mätdjup är ca 40% av plattans tjocklek oavsett på vilken höjd värmeslingorna är placerade. Detta avser en bottenplatta med enkelsidig uttorkning. Mätdjupet är baserat på att antal försök och beräkningar utförda vid LTH, /25/, med olika förutsättningar som ingångsparametrar. Ett beräkningsexempel visas i *Figur 2.25*.

Bottenplattan kommer under brukstiden att ha en högre temperatur än en bottenplatta utan golvvärme. Den RF som enligt praxis redovisas i mätprotokollet är trots detta RF vid 20°C. Med stigande temperatur ökar RF. Detta innebär att det ytskikt som finns ovanpå betongen kommer att påverkas av en högre RF under bruksskedet än vad som anges i mätprotokollet. Temperaturen kan uppgå till 30°C. Om RF vid 20°C skulle räknas om till denna temperatur skulle redovisad RF erhålla en orimligt stor osäkerhet. Det bör noteras att den kemiska nedbrytning av material går snabbare när temperaturen ökar. Högsta tillåtna RF, för olika ytskikt, som redovisas i AMA Hus baseras på att temperaturen i underlaget är 20°C. Det står uttryckligen att angivna värden inte gäller för golv med golvvärme eller vid en ojämn temperaturfördelning i bottenplattan. Högsta tillåtna fuktnivå enligt AMA Hus gäller således inte vid högre temperatur än 20°C vilket är fallet vid golvsystem med golvvärme. Det är tillverkarna av avjämningsmassa, lim, och ytskikt som ska ange vilket gränsvärde som gäller för deras produkt för aktuellt golvsystem.

För att uppmärksamma beställaren av mätningen på detta måste det tydligt framgå i mätprotokollet att mätning utförts i en bottenplatta med ingjuten golvvärme. Mätresultatet anges på samma sätt som för mätning i golv utan golvvärme d.v.s. RF vid 20°C. Mätningen utförs enligt Rutin för RF-mätning i betongplatta med golvvärme, *Flik 17*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	24(32)



Figur 2.25 Beräknade RF-profiler, under fuktomfördelning efter mattläggning, avseende en bottenplatta med ingjutna golvvärmerör. (Figur 32a. i rapport TVBM-3140, LTH /25/)

I Figur 2.25 redovisas resultatet från en av de beräkningar som har utförts för att bestämma ekvivalent mätdjup för en bottenplatta med ingjutna värmeslingor. I denna beräkning har värmeslingorna placerats 100 mm från bottenplattans överkant. Bottenplattan är 120 mm tjock, gjuten på cellplast, med vct 0,60. Plattan torkades i 6 månader innan mattan lades och värmen sattes på. I figuren visar röda linjer RF 5 mm ifrån värmeröret vid olika tidpunkter. Blå är RF mitt mellan rören. Grön profil är RF vid tiden för mattläggning och värmepåsläpp. Ekvivalent mätdjup är enligt denna beräkning $0,4 \times D$, ca 48 mm, där D är plattjockleken.

Mer information och underlaget till detta avsnitt återfinns i Publikation P-02:1 från Chalmers /24/ och rapporterna TVBM-3140 /25/ samt TBVM-3141 /26/ från Avd. Byggnadsmaterial vid LTH.

2.12 Mätosäkerhet vid fuktmätning i betong och golvavjämning

Vid RF-mätning i betong och golvavjämning finns det flera olika felkällor som bidrar till den totala osäkerheten avseende fuktmätningen. Varje felkälla studeras först var för sig och dess storlek bestäms med ett siffervärde i procent RF. När alla felkällor som kan tänkas påverka mätningen har behandlats ska de sammanfogas matematiskt till ett siffervärde som motsvarar den totala mätosäkerheten. Mätosäkerheten adderas därefter alltid till mätvärdet som erhålls från mätningen.

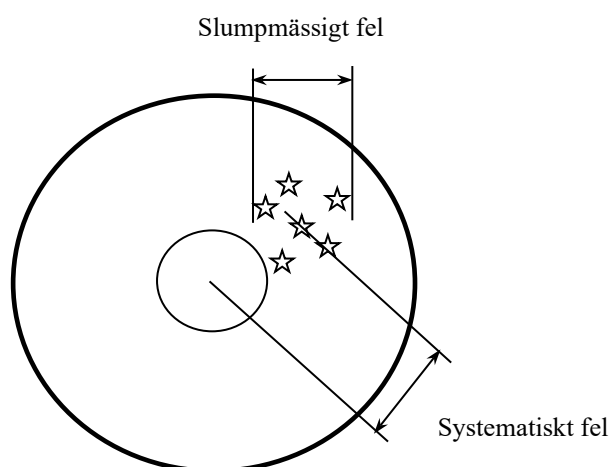
Vid RF-mätning, enligt denna manual, ska den totala mätosäkerheten högst uppgå till ca $\pm 3 \% \text{ RF}$. En mätosäkerhet som ligger utanför detta intervall bedöms ge ett mätresultat med för dålig skärpa för att använd som underlag till om betongen och/eller golvavjämningen är tillräckligt torr för att beläggas med ett ytskikt. Det ska även visas hur osäkerheten har bestämts.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	25(32)

Mätosäkerheten ska adderas till uppmätt värde innan jämförelse görs med högsta tillåtna fuktnivå för respektive material. Det innebär att om högsta tillåtna fuktnivå är 90,0 % RF och osäkerheten är bestämd till $\pm 2,5$ % RF ska uppmätt RF, korrigerad för temperatur och fuktkapacitet, som högst vara 87,5 % för att säkerställa att RF i betongen och/eller golvavjämningen inte överstiger 90,0 %.

I skriften ”Uttorkning av byggfukt i betong” /1/ av Göran Hedenblad beskrivs kalibreringsfel och mätfel vid fuktmätning. Skriften ligger även till grund för rapporten ”Mätosäkerhet vid fuktmätning i betong med kapacitiva fuktgivare – en bedömning av faktorer som påverkar osäkerheten samt hur de kan minskas” /15/ av Anders Sjöberg. Innehållet i detta avsnitt är till stor del hämtat ur dessa båda skrifter.

Osäkerheten i en mätning kan definieras som den ”oskärpa” ett mätvärde har. Avvikelsen från det ”sanna” värdet är ett fel som uppstår vid mätningen. Felet består både av systematiska och slumpmässiga fel. Skillnaden mellan dessa fel kan beskrivas med hjälp av en träffbild på en måltavla enligt *Figur 2.26*. Systematiska fel återkommer vid varje mätning medan slumpmässiga fel utgörs av oförutsägbara variationer mellan mätvärdena.



Figur 2.26 Illustration av slumpmässiga och systematiska fel med hjälp av träffbild på en måltavla.

Utöver de systematiska och slumpmässiga felen förekommer även grova fel. Exempel på grova fel är att borrhålet inte är tätat mot omgivande luft, vilket medför att mätområdet torkas ut och ett för lågt RF-värde erhålls. Andra exempel är att ett avläsningsinstrument används som inte är kalibrerat ihop med den aktuella givaren, användning av fel kalibreringskurva eller avläsningsfel. De grova felen är inte matematiskt hanterbara och får inte förekomma. Beroende på val av mätmetod och mätinstrument finns det olika faktorer som inverkar på mätosäkerheten. Det finns bland annat egenskaper hos materialen, i mätinstrumenten och faktorer vid kalibreringen som bidrar till osäkerheten. Dessutom kan osäkerheten i mätningen bli stor om handhavandet inte är korrekt.

I detta avsnitt beskrivs kortfattat några faktorer som inverkar på mätosäkerheten. För de mätmetoder som beskrivs i denna manual finns även anvisningar om hur mätosäkerhet ska bestämmas och beräknas under *Flik 28*.

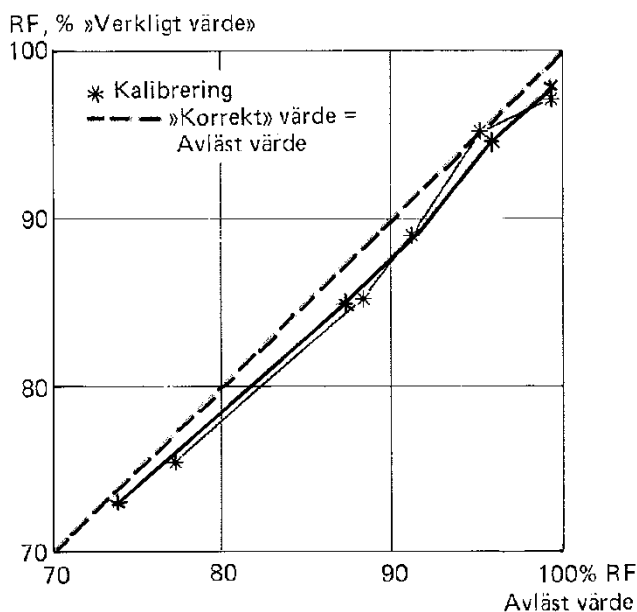
Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	26(32)

I första hand ska man försöka undvika de systematiska felen. Om inte det går får man korrigera mätresultatet och ta hänsyn till osäkerheten i korrigeringen. I de fall det finns systematiska fel vet man i regel inte felets exakta storlek. Därför delar man upp felet i en systematisk del och en slumpmässig del. Den systematiska delen är den troliga korrigerings- termen för felet och den slumpmässiga delen "tar hand" om osäkerheten i uppskattningen av det systematiska felet.

När storleken på de systematiska och slumpmässiga faktorerna är bestämda kan en korrigerig utföras, för de systematiska felen, och den utvidgade mätosäkerheten beräknas för de slumpmässiga. Om osäkerheten är för stor kan man upprepa mätningarna, genom att mäta i fler borrhål bredvid varandra, och därmed reducera en del av de slumpmässiga faktorerna. De systematiska faktorerna reduceras inte genom upprepade mätningar.

2.12.1 Exempel på systematiska och slumpmässiga faktorer

Ickelinearitet hos givare är en systematisk faktor som innebär att RF-givaren inte är linjär över hela intervallet 0 till 100 % RF. För att minska linearitetsfelet kalibreras givare med tillhörande avläsningsinstrument vid flera RF-nivåer. Det mest intressanta RF-intervallet för betong är 75 till 95 %. Fyra stycken RF-nivåer brukar användas, 75, 85, 90 och 95 %. Inom detta område upprättas en kalibreringskurva. Kalibreringskurvan används därefter för att korrigera avlästa värden efter mätning. Kurvan upprättas genom att dra räta linjer mellan kalibreringspunkterna. Men även detta är en uppskattning med ett litet fel. Om kalibreringen i *Figur 2.27* skulle utföras även vid 80 % RF är det inte troligt att avläst värde från givarna skulle hamna exakt på linjen mellan de två närliggande RF-nivåerna. Således minskar felet på grund av icckelinearitet ju fler RF-nivåer som används vid kalibreringen. Mätning får endast utföras inom det RF-intervall som givaren kalibrerats i. Om nedanstående kalibreringskurvor ska kunna användas vid mätning ner till tex 70 % så måste kalibrering av givarna utföras även vid RF-nivån 70 % RF.

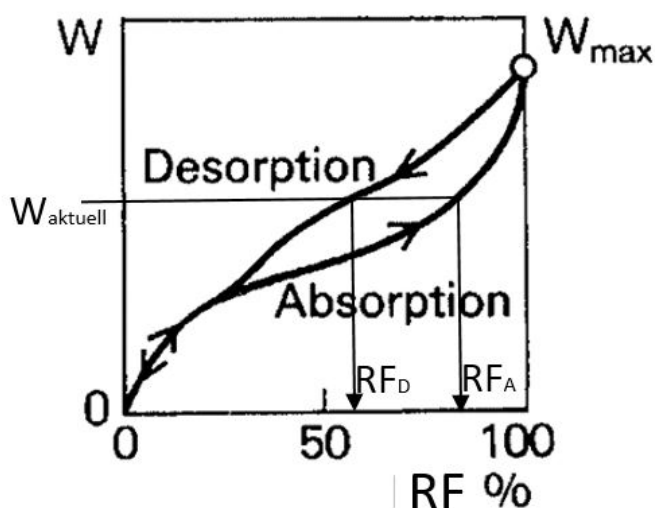


Figur 2.27 Exempel på icckelinearitet hos två olika RF-givare /1/.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfördad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	27(32)

Hysteres hos RF-givare innebär att givaren följer olika jämviktsfuktkurvor vid uppfuktning respektive uttorkning. För samma RF-nivå kan således avläst RF skilja sig åt beroende på om givaren vid montaget har lägre RF, och fuktas upp, eller högre RF, torkar ut. Effekten av hysteres gällande RF-givaren undviks genom att kalibrera givaren i samma ordning som mätningen därefter utförs i, oftast från lägre RF till högre. Hysteres betraktas som ett grovt fel som ska undvikas.

Hysteres förekommer även för olika material dvs jämviktskurvorna för materialet är olika vid uppfuktning, absorption, och uttorkning, desorption. Se *Figur 2.28*.



Figur 2.28 Principiellt förlopp avseende absorption och desorption för ett material / 7/.

I figuren visas att stor skillnad i RF erhålls vid en och samma fukthalt, W_{aktuell} , beroende på om materialet är under uppfuktning, absorption, eller uttorkning, desorption. Det behövs betydligt lägre RF för att torka ut ett material till samma fukthalt än när materialet fuktas upp.

Temperaturvariationer under mätning måste reduceras till ett minimum. Mätosäkerhet orsakad av denna faktor vid mätning i betong kan reduceras genom att välja lämplig placering för borrhål, placera en skyddskon eller skyddsburk över givaren och anpassa mätperioden efter aktiviteten på bygget. RF-bestämning på uttaget prov i golvavjämning utförs inte på den plats där proverna tas ut. Mätningen utförs på en plats där temperaturvariationen kan reduceras till ett minimum, vanligen några tiondels grader under hela mätperioden. Temperaturvariationen under mätningen är ett slumpmässigt fel som medför ett bidrag till beräkningen av den utvidgade mätosäkerheten.

Fuktmätning utförd vid annan temperatur än i bruksskedet är en systematisk faktor som det går att korrigera för. Högsta tillåtna fuktnivå som anges för fuktkänsliga ytskikt gäller vanligtvis vid temperaturen $20,0^{\circ}\text{C}$. Av denna anledning korrigeras den RF som uppmäts vid annan temperatur enligt *avsnitt 28.1.1* till RF vid $20,0^{\circ}\text{C}$, vilket ska redovisas i protokollet. För mätning i betong används kurvorna i *Figur 28.1*. Om temperaturen är lägre än $20,0^{\circ}\text{C}$ vid mättillfället är uppmätt RF för lågt och mätvärdet korrigeras uppåt. Efter korrigeringen kvarstår en slumpmässig osäkerhet vilken beror på osäkerheter vid framtagandet av kurvorna i *Figur 28.1*. Denna osäkerhet ska tas med när den utvidgade mätosäkerheten beräknas.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	28(32)

Fuktkapacitet hos RF-givaren bidrar till mätosäkerheten vid mätning och kan variera för olika givartyper och material. En viss mängd av fukten i materialet går åt för att fukta upp RF-givaren. Detta medför att avläst värde blir något för lågt. Fuktkapacitet är ett systematiskt fel som korrigeras genom att lägga till en korrektionsfaktor till mätresultatet.

Givarnas fuktkapacitet har bestämts genom ett antal mätförsök. I dessa försök finns naturligtvis även slumpmässiga variationer som ska tas med när den utvidgade mätosäkerheten beräknas.

Temperaturskillnad mellan RF-sensor och betong är ett grovt fel som inte kan hanteras matematiskt och således inte får förekomma. Temperaturskillnaden inträffar när sensorn inte har samma temperatur som betongen och luften i mätålet. Med hjälp av en isolering, mätkon eller skyddsburk över RF-givaren minskas risken för detta fel. Felet kan även uppstå när det råder en temperaturgradient över betongtvärsnittet tex när mätning utförs i ett mellanbjälklag där undersidan är betydligt kallare än översidan.

2.13 Prognos avseende uttorkningstid

För att kunna planera ett projekt tidsmässigt bör en prognos av torktiden utföras. Uttorkningstiden beror bland annat på val av konstruktionsutförande, ytskikt, betongsammansättning, golvavjämningens sammansättning, gjutförhållande, torkinsats, och tidpunkt för applicering av ytskikt. Utförs denna prognos i tidigt skede finns möjlighet att korrigera tidsplanen, byta konstruktionslösning eller ytskikt. Detta för att möjliggöra att betong och/eller avjämning ska hinna torka inom den tid som finns till förfogande. Utan en prognos finns risk att ett olämpligt val av konstruktionslösning eller produktionsmetod senare visar sig medföra att torktiden är otillräcklig. Uttorkning av betong och golvavjämning är ofta den kritiska aktiviteten i ett byggprojekt dvs den aktivitet som styr den totala byggtiden. För den person som utför en fuktmätning är en prognos ett hjälpmedel att använda vid en rimlighetsbedömning av mätresultat. Det ger en möjlighet att upptäcka eventuella grova fel som kan ha uppkommit vid mätning eller protokollföring. En uppskattning av torktiden för aktuellt projekt ska utföras med ett för ändamålet lämpligt beräkningshjälpmedel.

Några faktorer som påverkar uttorkningstiden är:

- Cementtyp
- Cementmängd
- Betongens vct
- Tillsatsmaterial
- Ballastens sammansättning
- Temperaturen i betongen vid gjutningen och de efterföljande dagarna
- Fukthårdning av betongen
- Temperatur och RF i luften från gjutning av betongen innan byggnaden är tät
- Hur fort efter gjutning som uttorkningen påbörjas, dvs när byggnaden är tät så att ingen mer fukt tillförs och ett torkklimat kan skapas.
- Typ och fabrikat av golvavjämning
- Om golvavjämningen gjuts i ett eller två skikt
- Konstruktionens/materialets tjocklek
- Om uttorkningen är enkel- eller dubbelsidig
- Temperatur och RF i luften under uttorkningen
- Om betongen eller golvavjämningen återuppfuktas under uttorkningen
- Fukt i underliggande material, om sådant finns

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	29(32)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Ett prognosverktyg för uttorkning av en betongkonstruktion, inklusive golvvajämning, är Produktionsplanering Betong (PPB). PPB kan laddas ner kostnadsfritt på Byggföretagens webbplats <https://byggforetagen.se/ladda-ner-ppb/>

Programmet PPB, vars fuktmodul lanserades 2018, kan simulera uttorkning av betong med Cementas Basement från 2017. Detta cement innehöll ca 14,4% flygaska. Simuleringar kan utföras för betong med ett vct mellan 0,32 och 0,55. Uttorkningstider kan beräknas för bjälklag på konventionell eller kvarsittande form och för platta på mark med eller utan isolering. Det går även att simulera pågjutning av golvvajämning i ett eller två skikt med efterföljande uttorkning. Ett ytskikt kan appliceras på ytan varefter fuktfördelningen i hela konstruktionen över tid presenteras tex i diagramform eller som animerade färgkartor. Programmet tar hänsyn till:

- Självtuttorkning
- Diffusionsuttorkning
- Fuktomfördelning
- Insugning av fukt från mark och regn
- Hysteres i sorption och transport vid växling mellan uttorkning och uppfuktning (så kallad skanning mellan desorption och absorption)
- Temperatureffekter i hydratation, fukttransport, sorption och materialegenskaper.

Det finns leverantörer av betong och golvvajämning som har egenutvecklade prognosverktyg. De kan vara behjälpliga med torkprognoser avseende sina egna produkter.

Ett äldre prognosverktyg är TorkaS. Programmet utvecklades för prognostisering av uttorkningstid för betongkonstruktioner gjutna med Slite Standardcement, vilket inte finns längre. I början av 2000-talet ersattes Slite Standardcement av Byggcement, vilket då i stället infördes i programmet. Flera av de väsentliga fuktegenskaperna, se punkter ovan, beaktas endast delvis eller i vissa fall inte alls i TorkaS. Detta minskar skärpan i det prognosticerade resultatets noggrannhet. Beräknad RF för ett angivet datum med TorkaS ska korrigeras, manuellt, om betongens vct är lägre än 0,55.

En prognos avseende uttorkningstid, vilken har utförts för att uppskatta uttorkningstiden på en byggarbetsplats, ska alltid följas upp och verifieras med mätningar. Detta för att säkerställa att betong och golvvajämning innefattar nu gällande krav innan läggning av ytskikt påbörjas.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	30(32)

2.14 Definitioner

I det här avsnittet definieras ett antal termer som används i manualen. Definitioner på de flesta termer inom den byggnadstekniska fuktläran återfinns i Fukthandboken /16/.

relativ fuktighet – RF

kvot av verklig ånghalt, v , och mätnadsånghalt, v_m , vid samma temperatur.
Ånghalt och mätnadsånghalt anges vanligen i enheten g/m^3 , och RF i %.

$$RF = \frac{v}{v_m}$$

kritisk relativ fuktighet, RF_{krit}

kritisk RF är den högsta RF som materialet tål utan att det riskerar att fuktskadas

högsta tillåtna fuktnivå

kritisk RF plus säkerhetsmarginal

målvärde

den RF som betong eller golvvävjämning ska torkas till, kan men behöver inte vara högsta tillåtna fuktnivå

hygroskopisk sorptionskurva

när den relativa luftfuktigheten överstiger ett visst värde tar ett hygroskopiskt material upp vatten från luften. En sorptionskurva visar sambandet mellan fukthalt, eller fuktkvot, i ett hygroskopiskt material och den relativa fuktigheten i omgivande luft vid jämvikt och konstant temperatur. Ett annat namn för sorptionskurva är jämviktsfuktkurva eller sorptionsisoterm.

hysteres

jämviktsfuktkurvan ser olika ut beroende på om ett material fuktas upp eller torkas ut. Detta kallas hysteres. Innebörden av detta är att ett material kommer att innehålla olika mängd fukt vid samma RF beroende på om materialet är under uppfuktning eller uttorkning. Se *Figur 2.28*.

Även för en RF-givare förekommer hysteres. För samma RF kommer RF-givaren visa olika beroende på om givaren är under uppfuktning eller uttorkning.

vattencementtal – vct

$vct = \text{vatten} / \text{cement}$ (vatten och cement i kg/m^3 betong)

vattenbindemedeltal – vbt

$vbt = \text{vatten} / (\text{cement} + \text{tillsatsmaterial})$

(vatten, cement och tillsatsmaterial i kg/m^3 betong)

ekvivalent vattencementtal – vct_{ekv}

$vct_{ekv} = \text{vatten} / (\text{cement} + k \times \text{tillsatsmaterial})$

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	31(32)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

effektivitetsfaktor, k

används för att beskriva ett tillsatsmaterials effekt på hållfastheten. Den anger hur stor del av tillsatsmaterialet som kan ersätta cementet som bindemedel.

ekvivalent mätdjup

under uttorkning av betongen motsvarar RF på detta djup den RF som maximalt kommer att erhållas under ett ytskikt efter att det är applicerat på betongytan. Detta är en förenklad betraktelse som förutsätter att ytskiktet är helt tätt och att en fullständig omfördelning av fukten har inträtt.

kalibrering

kalibrering är en jämförande mätning vid vilken avläst RF för en givare dokumenteras vid mätning mot en känd RF. Avsikten med en kalibrering är att upprätta en kalibreringskurva som därefter används för att korrigera avläst RF från en fuktmätning till verkligt RF, kalibrerad RF. Kalibreringen ska alltid utföras vid en mätplats där RF är spårbar till ett erkänt institut.

drift

RF-givare åldras och påverkas av den miljö som de utsätts för. Detta kan medföra att avläst värde ändras med tiden för samma RF-nivå. Detta brukar benämnas drift.

egenkontroll av RF-givare

är en kontroll av att givarens drift inte överstiger tillåtet värde. Kontrollen utförs mot en mättad saltlösning med känd RF. Egenkontroller utförs fortlöpande och resultatet används som underlag för att bedöma när ny kalibrering behöver utföras. En egenkontroll utförs även innan och efter det att givaren skickats för kalibrering. Syftet är då att kontrollera att inget hänt med givare under transporten till och från den plats där kalibreringen utförs.

justering

innebär ett fysiskt ingrepp i givare och/eller avläsningsinstrument genom mekanisk/elektronisk justering av utrustningen eller modifiering av programvara. Avsikten med justering av givare och avläsningsinstrument är att avläst värde ska överensstämma med verklig RF, kalibrerad RF.

RBK-mätning

är en mätning utförd och dokumenterad enligt gällande version av "Fuktmätningmanual – Betong & Golvavjämning". Samtliga moment ska vara utförda av en RBK-auktoriserad fuktkontrollant och mätningen, projektet, ska vara registrerat på webbplatsen www.rbk.nu.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		2	32(32)

Bilaga 3

FLIK 3 BETONG OCH GOLVAVJÄMNING

INNEHÅLL FLIK 3

BETONG OCH GOLVAVJÄMNING

3.1	Betong	sida 2
3.1.1	Materialbetong	sida 2
3.1.2	Betongtillverkning	sida 5
3.1.3	Hållfasthet	sida 5
3.1.4	Gjutning	sida 6
3.1.5	Fukthärdning	sida 7
3.1.6	Uttorkning – materialberoende	sida 7
3.1.7	Självtorkande betong	sida 8
3.1.8	Fuktmätning	sida 9
3.1.9	Ytfukt	sida 9
3.1.10	Voter Uttorkning – materialberoende	sida 10
3.2	Prefabricerade betongkonstruktioner	sida 11
3.2.1	Håldäcksbjälklag	sida 11
3.2.2	Plattbärlag	sida 14
3.3	Golvavjämning	sida 14
3.3.1	Material golvavjämning	sida 14
3.3.2	Utläggning	sida 16
3.3.3	Fukthärdning	sida 17
3.3.4	Uttorkning	sida 17
3.3.5	Fuktmätning	sida 18
3.3.6	Användningsområden	sida 18
3.3.6.1	Golvavjämning på håldäcksbjälklag	sida 19

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	1(19)

3 BETONG OCH GOLVAVJÄMNING

För att kunna utföra och utvärdera fuktmätningar räcker det inte med kunskap om mätutrustning och mätmetoder. Minst lika viktigt för att mätningen ska kunna utföras korrekt är kunskap om det material som mätningen ska utföras i. Detta avsnitt behandlar kortfattat materialen betong samt golvavjämning med tyngdpunkt på det som är viktigt att veta i samband med fuktmätningar. Mer om betong från tillverkningen fram till slutanvändandet kan läsas i skriften Betong- och Armeringsteknik /27/.

3.1 Betong

3.1.1 Materialiet betong

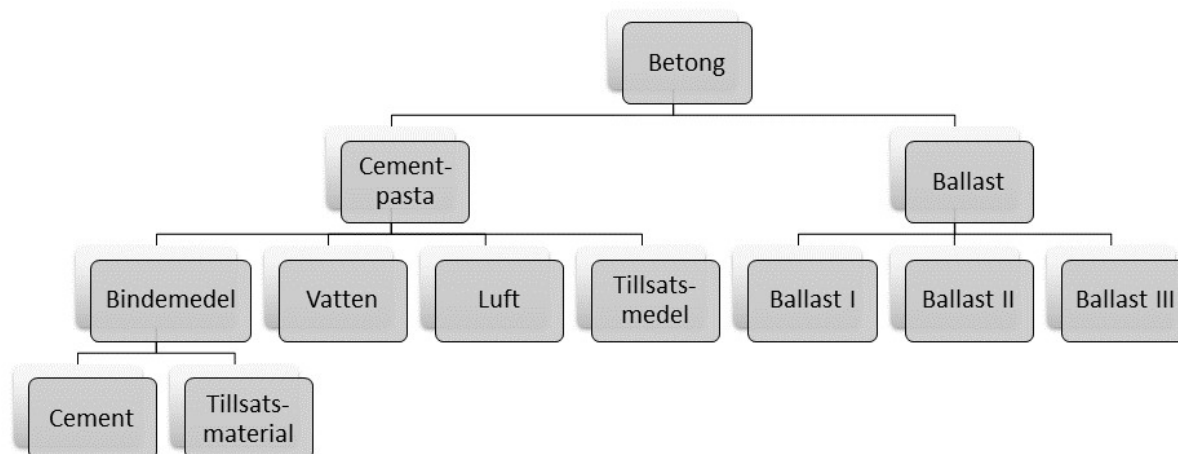
Betong är i grunden en blandning av cement, sand, sten och vatten. I betong ingår nästan alltid kemiska tillsatser, i mindre mängd, som tex flytmedel och luftporbildare. Betong kan även innehålla mineraliska tillsatsmaterial som tex slagg, flygaska och silika.

Sand och sten benämns med ett samlingsnamn för ballast. Ballast delas in i ett antal olika fraktioner beroende på kornstorlek från filler som är den minsta fraktionen, med en kornstorlek på under 0,125 mm, till sten som är det grövsta materialet med en kornstorlek mellan 4 mm upp till 32mm, eller mer. Ballast kan vara naturgrus, singel, eller krossat material, makadam. Beroende på vilka kornfraktioner som används i betongen, och om ballasten består av singel eller makadam, så erhåller betongen olika egenskaper. Detta gäller vid tillverkningen såväl som vid gjutning, härdning, uttorkning och fuktmätning. Även den färdiga konstruktionens beständighet påverkas av ballastens egenskaper.

Grundmaterialiet till cement är kalksten och lermineral. Cement tillverkas genom bränning av en finmald blandning av kalksten och lermineral vid ca 1400°C i en lång roterande ugn. Vid bränningen bildas klinker och mindre mängder av andra ämnen tex alkalier, aluminium- och järnoxider. Klinkern mals och blandas med olika andra material beroende på vilka egenskaper som eftersträvas. Malningsgraden, hur pass finkornigt klinkern mals, tillsammans med klinkerns kemiska innehåll styr cementets reaktionshastighet. Finmalen klinker reagerar snabbare än grovmalen vilket medför en högre värmeutveckling. Gips blandas i cementet för att styra tiden betongen är bearbetbar vid gjutning. Slagg, flygaska och kalkstensmjöl är andra material som kan ingå. Det kan tillsättas direkt i cementet vid tillverkningen men även vid betongblandningen på betongfabriken. Vanliga cement som används idag är Bascement, Byggcement och Anläggningscement. De två förstnämnda innehåller tillsatsmaterial som blandats in vid cementtillverkningen. Byggcement innehåller kalkstensmjöl medan Bascement innehåller både kalkstensmjöl och flygaska.

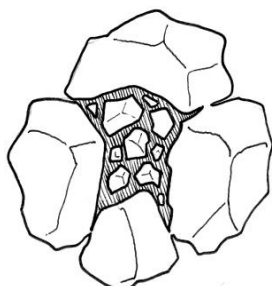
När cement, vatten och ballast blandas erhålls en formbar massa. Cementet reagerar med vattnet relativt snabbt och så småningom kommer betongen att hårdna och få en betydande hållfasthet. Blandningen av bindemedel och vatten kallas för cementpasta och utgör det lim som binder samman ballastkornen till en homogen massa. Cementpasta är finporös, har lägre hållfasthet och påverkas mer av fukt- och temperaturändringar än ballast. Därför strävar man efter att minimera mängden cementpasta och maximera mängden ballast i betong.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	2(19)



Figur 3.1. Betongens beståndsdelar./27/

För att erhålla en ur alla aspekter lämplig betong, sammansätts ballastmaterialet av partiklar med varierande kornstorlek från några hundradels millimeter till flera centimeter, se *Figur 3.2*. Betongens hållfasthet, täthet, fukttinnehåll samt uttorkningsegenskaper bestäms till övervägande del av mängden vatten i förhållande till mängden bindemedel, det så kallade vattencementtalet, vct , se *Figur 3.3*. Ett lågt vct ger en liten utspädning av limmet och är därför gynnsamt ur hållfasthets- och täthetssynpunkt. Å andra sidan kan man inte använda hur lite vatten som helst eftersom vätskemängden påverkar betongmassans arbetbarhet. Ju mindre vatteninnehåll, desto styvare betongmassa och till slut blir den inte gjutbar.



Figur 3.2. De allra minsta hålrummen samt alla partikeltytor fylls respektive omsluts av cementpasta som limmar ihop alla partiklar./27/

$$vct = \frac{vatten}{cement}$$

Figur 3.3 Vattencementtal är förhållandet mellan mängden, oftast i kg, vatten och cement i betongen.

I vissa betongsammansättningar används tillsatsmaterial vilka kan fungera som bindemedel tillsammans med cementet. Dessa tillsatsmaterial beaktas genom användande av ett ekvivalent vattencementtal, vct_{ekv} . För att beskriva ett tillsatsmaterials effekt på hållfastheten används ofta en effektivitetsfaktor, k , se *Figur 3.4*.

$$vct_{ekv} = \frac{vatten}{(cement + k \times tillsatsmaterial)}$$

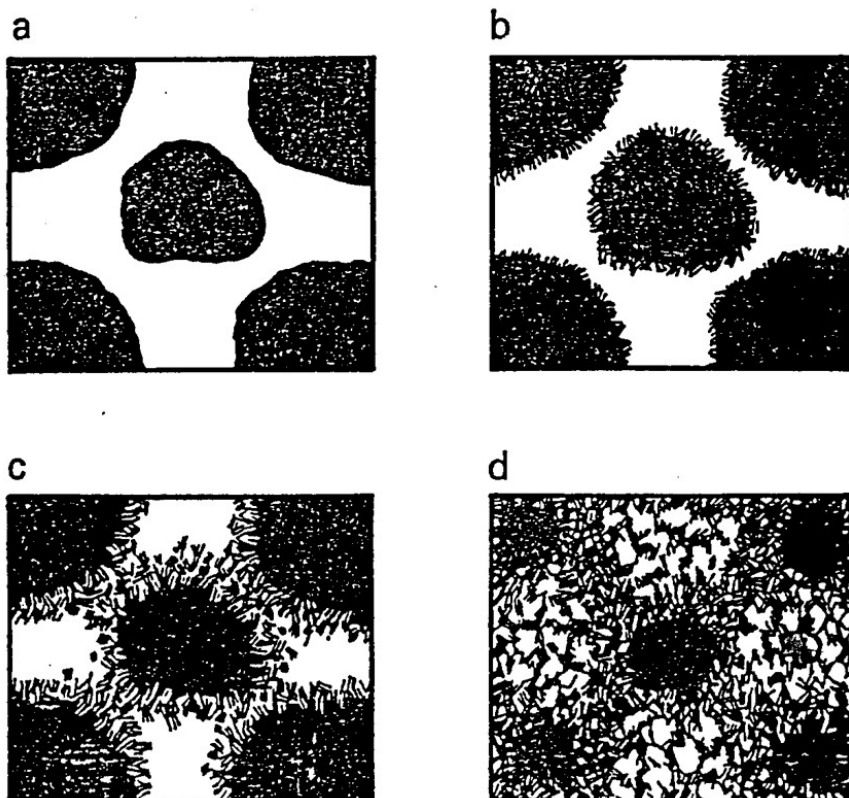
Figur 3.4 Ekvivalent vattencementtal.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	3(19)

Tillsatsmaterial utgörs vanligen av slagg eller flygaska. Även silikastoft är ett tillsatsmaterial som kan användas i betong men det är inte vanligt förekommande numera. Tillsatsmaterialen kan blandas direkt i cementet vid tillverkningen, tillsättas vid betongblandning eller både och. Tillsatsmaterial ska inte förväxlas med tillsatsmedel. Betongtillsatsmedel är kemikalier som tillsätts i små mängder för att påverka betongens egenskaper, i färskt eller hårdnat tillstånd, tex flyttillsats eller luftporbildare.

I *Figur 3.5, a – d*, illustreras cementkornets reaktion i vatten. Figur a visar fria cementkorn i vatten direkt vid blandning. Så fort vattnet kommer åt cementkornen så påbörjas en reaktion. Små ”nålar” börjar växa ut från cementkornen, figur b. Först när nålarna börjar nå varandra, figur c, mellan cementkornen så börjar betongen styvna till. Slutligen erhålls full kontakt mellan cementkornen, figur d.

I denna process så bildas två sorters porer, kapillärporer och gelporer. Gelporererna är helt slutna medan kapillärporerna bildar ett öppet porsystem i betongen i vilket vatten och vattenånga kan transporteras. Det är fukten i detta porsystem som styr vilken RF det är i betongen. Detta kan mätas i ett borrhål med en RF-givare. När vct i betongen är hög blir porerna större och betongen kan således innehålla en större mängd fukt än när vct är lägre. Däremot går fuktransporten långsammare vid lågt vct, som ger en tätare betong med små porer, än i ett öppnare system dvs när vct är högre. Porsystemets uppbyggnad beror även på temperaturen vid cementreaktionen samt tillgången av vatten i tidigt skede.



Figur 3.5. Reaktion mellan cement och vatten. Betonghandbok Material /7/

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	4(19)

3.1.2 Betongtillverkning

Tillverkning av betong med de kontroller och provningar som fordras är ett relativt komplicerat arbete. Därför faller det sig ganska naturligt att betong beställs från en betongfabrik där det finns kompetens och utrustning för att säkerställa en hög kvalitet på den färska betongen.

Betongfabrikerna är oftast av typen tornfabrik. Cement och ballast transporteras upp i silotorn för en kortare lagringstid. Vid uppvägning och blandning får materialen falla fritt från silo till stora vågar och därefter till blandare där även vatten, tillsatsmedel och eventuellt tillsatsmaterial tillsätts. Blandaren roterar därefter i en halv till någon minut, vilket styrs av den produkt som blandas, varefter betongmassan töms ner i betongbilen. Beroende på blandarens storlek kan det räcka med en blandning för att fylla en betongbil, som vanligen tar maximalt 7,5 m³ betong. Om inte så blandas betongen i två omgångar till en och samma bil. All manövrering sker från angränsande rum för att skydda personalen från damm och buller. De flesta betongfabriker är automatiserade och datoriserade.

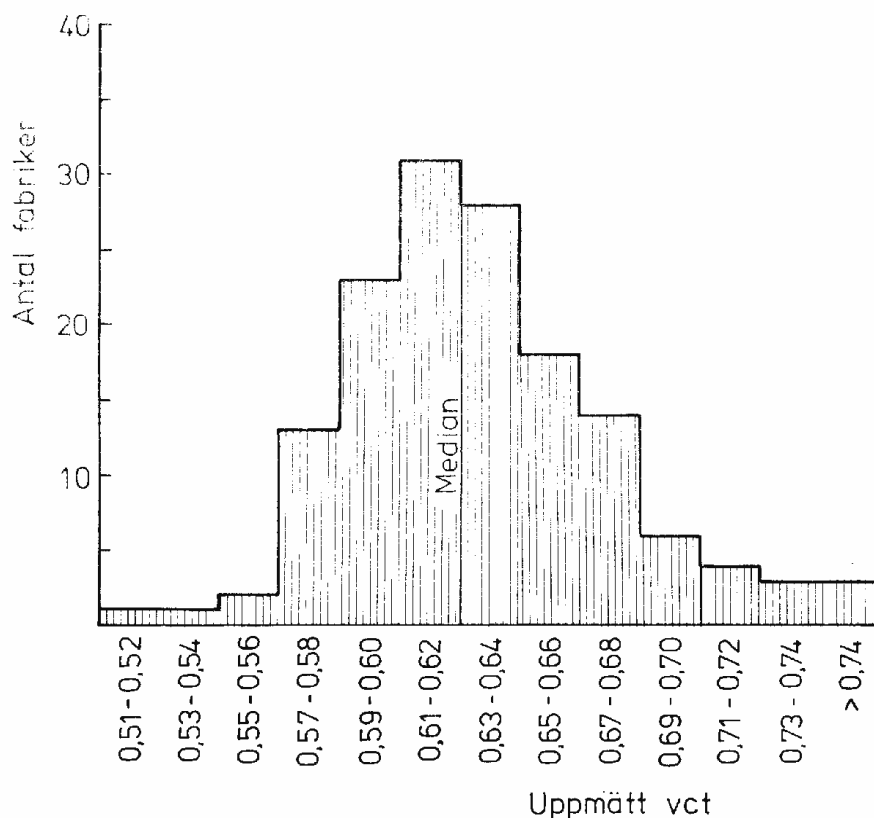
På betongstationen används ett stort antal förprovade betongrecept. För varje recept finns det en viss möjlighet till justering vilken utförs av den person som sköter tillverkningen. Möjlighet finns att tex tillsätta en i förväg begränsad mängd spädvatten vid blandningen för att tex erhålla en lösare konsistens. Alternativt kan det behövas mer finmaterial för att få en styvare konsistens. Detta innebär att vct förändras något vilket i sin tur medför att vct kan variera från lass till lass. Vct får dock inte överstiga det som specificerats i receptet. Däremot kan det bli något lägre än vad som beställts och som står angivet på följesedeln. Detta innebär i sin tur att vct kan variera något i olika delar av en betongkonstruktion beroende på justeringar som utförts vid blandning till respektive betongbil eller eventuella justeringar på byggarbetsplatsen.

3.1.3 Hållfasthet

Vid dimensionering av betongkonstruktioner samt vid beställning av betong specificeras betongen bland annat med avseende på tryckhållfasthet. Hållfasthet för betong betecknas med bokstaven C följt av två sifferpar, till exempel C25/30, där C står för Concrete vilket är engelska för betong. Den första siffran, 25, står för cylinderhållfasthet och den andra, 30, står för kubhållfasthet i enheten MPa, Mega Pascal, enligt Svensk Standard SS-EN 206:2013./29/

En angiven hållfasthetsklass avseende betong ger inte med automatik ett bestämt vct. Visserligen följer vct och hållfasthet varandra på så sätt att lägre vct ger högre hållfasthet än ett högre vct men de är inte direkt översättningsbara. Därför räcker det inte med att ange hållfasthetsklass när ett specifikt vct är väsentligt. Beroende på vilken fabrik som tillverkar betongen kan olika vct erhållas för samma hållfasthetsklass. Spridningen beror bland annat på vilket cement som används, ballastens sammansättning och fukthalt, doseringsnoggrannhet och variation i vattenhalt. Exempel på variation visas i *Figur 3.6*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	5(19)



Figur 3.6. Uppmätt variation i vct för betong, från olika betongstationer, i hållfasthetsklass K30. /8/.
K30 är en gammal beteckning avseende hållfasthet och kan liknas vid dagens hållfasthetsklass C 25/30.

Det är således viktigt att även vct specificeras vid beställning av betong i de fall det är väsentligt för betongens egenskaper. Det måste i så fall påpekas för betongtillverkaren och ska då stå angivet på följesedeln vid leverans. Konstruktören måste alltid meddelas om ett annat vct önskas användas än vad som står föreskrivet på ritningen. Detta kan påverka erforderlig armeringsmängd. Den betong som levereras till husbyggnadsprojekt idag kan ha stor variation i vct. Vct varierar mellan ca 0,3 – 0,7 beroende på användningsområde.

3.1.4 Gjutning

Transport av betong utförs vanligen med en roterbil. Bilen har en stor trumma som kan rotera i vilken betongen transporteras. Rotationen medför att betongen hålls homogen och inte separerar under transporten. Separation innebär att de grövre partiklarna, ballast, sjunker ner till botten och vatten och cementpasta flyter upp till ytan vilket medför att betongen blir oanvändbar. Gjutning sker ofta med en betongpump. Betongbilen tömmer betongen i en ficka på pumpen varvid betongen pumpas ut i en slang som styrs av den person som lägger ut betongen vid gjutning av tex en bottenplatta. Efter att betongen lagts ut ska den vibreras för att flyta ut och fylla formen samt omsluta armeringen. Vibrering utförs oftast med en vibratorstav som systematiskt sticks ner i betongen. När ytan på betongen blir blank dras staven upp och en nytt nedstick görs på nästa ställe. Om vibrering sker för länge på ett och samma ställe finns risk att betongen separerar. Detta kan medföra sämre hållfasthet och ge en dammande yta som är ojämn och har låg slitstyrka.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	6(19)

Det finns även självkompakterande betong som fyller ut form och omsluter armeringen utan att den behöver vibreras. Om den ändå skulle vibreras finns risk för separation. När betongen styvnat till så pass att den precis kan beträdas så är det dags för ytbehandling och ytan bearbetas till önskat resultat. Detta kan göras tex genom stålslipning av ytan.

3.1.5 Fukthärdning

Efter ytbehandlingen, och ibland även mellan gjutning och ytbehandling, så måste betongytan fukthärdas. Syftet med detta är att förhindra fuktavgång från betongytan. Det blandningsvatten som finns i betongen behövs till cementreaktionen. Om detta avgår från betongen avstannar cementreaktionen och hållfastheten minskar. Det finns även risk för att betongen spricker. Fukthärdning kan utföras genom bevattning, täckning med diffusionstät material, användning av membranhärdare eller en kombination. Se SS-EN 13670:2009. /30/

Bevattning utförs tex vid gjutning av broar. Vattenspridare placeras ut på den gjutna ytan och håller betongen blöt. Detta är inte lämpligt vid bostadsproduktion på ytor som senare ska torkas ut och beläggas med fukt känsliga material. Om det står fritt vatten på ytan finns risk att betongen suger åt sig vatten som fyller kapillärporerna i tidigt skede och stängs in när betongen hårdnar. Detta vatten kan sen ta mycket lång tid att torka ut. Vatten kan användas i syfte att skapa hög luftfuktighet över betongytan. Med hjälp av ett högtrycksaggregat kan en vattendimma skapas ovanför betongen vilket hindrar fuktavgång. Det är då viktigt att det inte blir fritt vatten stående på ytan.

Täckning, tex med diffusionstät plast eller presenningar, är att föredra om betongen senare ska torkas. Fuktavgången hindras och cementreaktionen kan fortgå utan att extra vatten tillsätts betongen. När betongen har nått erforderad hållfasthet kan täckningen tas bort och eventuell uttorkning påbörjas.

Membranhärdning är användning av en vätska, membranhärdare, som sprutas på betongytan för att hålla kvar blandningsvattnet. Verkan är begränsad i tiden och är beroende av att ett jämnt lager appliceras och att inga ytor blir utan.

Vilken metod som väljs när det gäller fukthärdning och hur den utförs kan påverka den kommande uttorkningen av betongen med risk för oförutsedda förseningar.

3.1.6 Uttorkning - materialberoende

Ballastfraktioner, cement, vct, tillsatsmaterial, vattentillgång i tidigt skede, temperatur vid härdning, fukthärdning som beskrivs i tidigare avsnitt är alla saker som påverkar betongens uttorkningsförmåga och hur mycket vatten som behöver torkas ut för att nå önskad RF i betongen. Det styr även metodval och förfarande vid en fuktmätning.

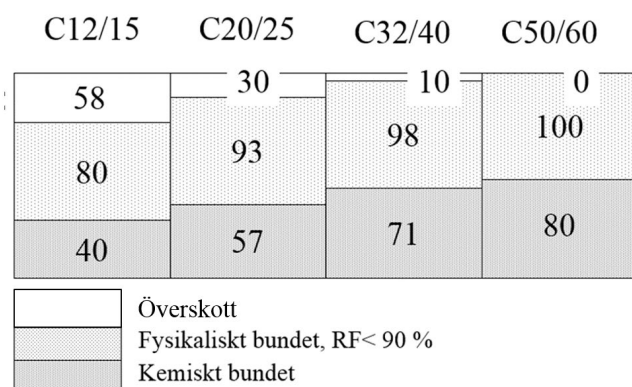
Uttorkning av betong sker i huvudsak genom självtuttorkning, dvs. bindemedlens bindande av vatten genom hydratation. Ytterligare uttorkning kan ske genom diffusion, där en skillnad i ånghalt skapas mellan betong och omgivande luft varvid ånghalten strävar efter utjämning. En fukttransport från betong med hög ånghalt i porsystemet sker mot omgivande luft, förutsatt att den har lägre ånghalt. Diffusion är en långsam process och tar längre tid ju tätare betongen är. Detta innebär att diffusionen går långsammare i betong med lågt vct än med högt.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	7(19)

Betongens uttorkningstid sammanhänger främst med dess fukttinnehåll, förmåga att binda vatten kemiskt och täthet. Dessa egenskaper avgörs i huvudsak av betongens sammansättning. Även användning av tillsatsmaterial kan medföra att betongen får avvikande fuktegenskaper vad gäller fuktransport, uppbindning av vatten och uttorkning jämfört med betong utan tillsatsmaterial. Finpartiklar i betongblandningen ger en tätare betong och användningen av filler, minsta ballastfriktionen, skapar en tätare struktur. De tillsatsmaterial som används har en liten partikelstorlek vilket medverkar till en tätare betong men även det sätt de samverkar med cement och vattnet vid betongens hydratation kan medföra en mycket tät betong med låg fuktransportförmåga.

3.1.7 Självtorkande betong

Ett begrepp som förekommer när det gäller betong och uttorkning är självtorkande betong. Att betong självtorkar är en sanning med modifikation. Vid hydratationen av betong binds vatten kemiskt på grund av cementreaktionen. Detta medför att RF i porsystemet sjunker utan att något vatten behöver torkas bort genom diffusion. En sänkning av RF erhålls oavsett betongens vct men effekten ökar med sjunkande vct och är i princip försumbar vid höga. Sänkningen av vct innebär att mängden cement ökar i förhållande till mängden vatten samtidigt som mer cement kräver en större mängd vatten vid cementreaktionen. Mer av blandningsvattnet blir således kemiskt bundet vatten. Detta medför i sin tur en minskande mängd fysikaliskt bundet vatten i betongens porsystem dvs RF i betongen sjunker.



Figur 3.7. Överskottsvatten, liter per kubikmeter betong, som måste torkas genom diffusion för att RF ska understiga 90%.

Figur 3.7. avser att visa ett exempel på hur mycket av det fysikaliskt bundna vattnet i betongens porsystem som måste torkas bort, överskott, för att RF i betongen ska understiga 90%. Ökande hållfasthetsklass och därmed lägre vct gör att mängden vatten som behöver torkas genom diffusion, överskottsvatten, minskar. För hållfasthetsklass C50/60 krävs ingen uttorkning alls för att nå 90% RF. Cementreaktionen binder 80 liter vatten per kubikmeter betong kemiskt vilket ger hela sänkning av RF till 90%. Notera att detta är ett principresonemang för en specifik betong och gäller således inte generellt för betong i redovisade hållfasthetsklasser. När cementreaktionen klingat av kräver en ytterligare sänkning av RF uttorkning genom diffusion. Diffusion går långsammare vid lägre vct jämfört med betong med högre vct. Betong med högre vct har en grövre porstruktur vilket är gynnsamt för uttorkningen genom diffusion.

Val av betongkvalitet bör utredas redan vid projekteringen för att möjliggöra uttorkning till önskad RF inom erforderlig tid. Det är viktigt att välja vct med god marginal utifrån vilken RF-nivå som eftersträvas, om avsikten är att nyttja den självtorkande effekten.

Tillsatsmaterial i betongen kan påverka den självtorkande förmågan avsevärt. De minskar mängden kemiskt bundet vatten. Mineraltillsatser förändrar även porstrukturen, vilket inverkar på betongens förmåga att binda vatten fysikaliskt.

Tilltänkt betongleverantör bör alltid konsulteras i förväg om avsikten är att använda en självtorkande betong. Betongleverantören kan då rekommendera en produkt som uppfyller ställda krav vad gäller uttorkning. Risken finns annars att cementreaktionen hinner avta innan önskad RF har uppnåtts varvid en fortsatt RF-sänkning genom diffusion kan ta mycket lång tid.

3.1.8 Fuktmätning

Vid RF-mätning kan betong med lågt vct och betong med tillsatsmaterial ökar risken för mätfel. En tät betong med låg fukttransportförmågan kräver robusta mätmetoder och ett noggrant utförande. Tiden mellan givarmontage och avläsning ökar, jämfört med en öppnare betong, till det att fuktjämvikt erhålls mellan betong och givare. Ett litet läckage i mätpunkten kan ge ett stort fel i mätresultatet eftersom fukttransporten från betong till givare går mycket långsamt. Om läckaget är större än betongens fukttransport sjunker RF med tiden.

Om botten på mät hålet delvis täcks av ballast så minskas avdunstningsytan. Detta riskerar att ge ett större mätfel vid tät betong än för betong där fukttransporten går snabbare. Det tar då längre tid för fuktjämvikt att inträda i mät hålet och om avläsning utförs för tidigt så kommer ett för lågt mätvärde att erhållas.

Även gjutskedet och härdningen kan i förlängningen påverka uttorkningen och fuktmätningen. Som nämnts tidigare så riskerar vatten som tillförs betong med tillsatsmaterial i tidigt skede stängas in i betongen när den väl härdar. Exempel är om gjutningen har utförts när det regnar eller om betongen har fukthärdats med vatten. Detta kan vara en orsak till att höga mätvärden erhålls trots att betongen enligt prognos borde ha varit mycket torrare. Temperaturen i tidigt härdningsskede, från gjutning och någon vecka framåt, kan påverka betongens porstruktur. Således kan två konstruktioner gjutna med exakt samma betongrecept få olika fukttransportegenskaper beroende av temperaturen vid cementhydratationen.

3.1.9 Ytfukt

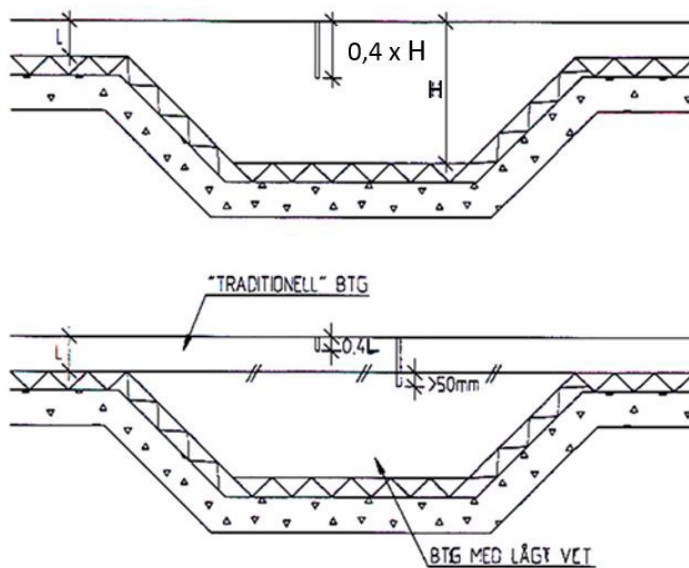
En betongyta kan vara så tät att en fuktbelastning i ytan inte märks på mätdjupet i ett borrhål. Det kan gälla en betong med lågt vct, med tillsatsmaterial eller båda delarna. Fukten tränger kanske bara in några millimeter i ytan. Således kan ytan ha en mycket hög RF trots att RF är betydligt lägre på ekvivalent mätdjup. Eftersom det inte finns något vedertaget sätt att mäta ytfukt rekommenderas att hålla betongytan under uppsikt för att säkerställa att den är helt fri från fukt från att byggnaden är tät fram till golvläggning. En fuktindikator kan vara ett hjälpmedel att kontrollera ytan med om det finns misstanke om att någon del av ytan har utsatts för vatten. Se även /11/ och /12/.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	9(19)

3.1.10 Voter

Voter är förstyrningar i bottenplattor som används statiskt för att ta hand om laster från t.ex. väggar, pelare eller pålar. I en bottenplatta förekommer det ofta voter utmed ytterväggar och under bärande innerväggar.

Voter i en bottenplatta är en utmaning i fukthänseende eftersom de innehåller stora mängder fukt som tar lång tid att torka ut. Vid RF-mätning i voten ska mätdjupet $0,4 \times H$ användas. H är i detta fall votens höjd inklusive bottenplatta, se övre skissen i *Figur 3.8*. Eftersom tiden det tar att torka ut voten är mycket längre än för den tunnare plattan så är en alternativ lösning önskvärd om betongytan ska beläggas med ett fuktkänsligt ytskikt. Det bästa alternativet är om detta kan lösas under projekteringen genom att använda en annan konstruktionslösning där tex platta och vot skiljs åt. Om möjligt kan ett annat ytskikt väljas som tål en högre fuktbelastning eller välja ett ventilerat övergolv där fukten ventileras bort över tid.



Figur 3.8 Mätdjup vid RF-mätning i voter

En alternativ lösning visas i den nedre skissen i *Figur 3.8*. Vot och platta delas med en horisontell gjutfog. Först gjuts själva voten med en betong som har en sammansättning som medför att voten självtorkar till önskad RF-nivå. Detta brukar innebära att ett mycket lågt vct krävs. Begreppet självtorkande betong förklaras i *avsnitt 3.1.7*. Efter att betongen i voten hårdnat, så att en gjutfog erhålls, kan plattan gjas. En betong väljs som har en sammansättning anpassad till erforderlig torktid för den tunnare konstruktionen, i *Figur 3.8* benämnd "traditionell betong". Plattan hanteras sedan i fukthänseende som en enkelsidigt uttorkande konstruktion, utan något fuktutbyte med voten. Först när plattans underkant når en lägre RF än i voten börjar voten avge fukt till plattan. Fuktmätning över voten utförs i detta fall på djupet $0,4 \times L$ där L är plattans tjocklek dvs på samma mätdjup som för den del av plattan som inte ligger över voten. En kontroll av att voten självtorkat till önskad RF bör utföras. Ett mätdjup på minst fem centimeter ner under gjutfogen är lämpligt.

En självtorkande betong torkar mycket långsamt efter att cementreaktionen klingat av. En fortsatt RF-sänkning sker endast genom diffusion vilket tar mycket lång tid. Om voten ska utföras på ovanstående sätt måste först betongleverantören konsulteras för att säkerställa att de kan leverera en betongsammansättning som garanterat självtorkar till aktuell RF-nivå. Även konstruktören måste informeras. En gjutfog mellan voten och plattan kan medföra att det behövs extra armering, i statiskt hänseende, jämfört med om vot och platta gjuts samtidigt med samma betongkvalitet.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	10(19)

3.2 Prefabricerade betongkonstruktioner

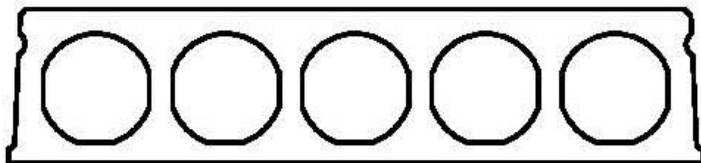
Att bygga med prefabricerade betongelement är vanligt idag. Betongelement tillverkade i hel- eller halvfabrikat på fabrik transporteras till byggsplatsen för snabb montering. Det kan gälla pelare, väggar, balkar, bjälklag, trappor, färdiga fasader, hissgröpar mm. Prefabelement som kan användas till bjälklag är tex håldäckselement, homogena plattor och plattbärlag. Elementen kan vara spännarmerade eller slakarmerade. I detta avsnitt behandlas endast prefabelement som används till bjälklag. Det är oftast bjälklagen som ska beläggas med fukt känsliga ytskikt och där en fuktmätning således måste utföras.

3.2.1 Håldäcksbjälklag

Håldäckselement, HD/F, är prefabricerade betongelement med längsgående hålskanaler och förspänd armering, spännlinor, som placeras i underkant. Hålskanalerna medför att materialåtgången och därmed egenvikten minskar vilket möjliggör större spännvidder jämfört med ett homogent element. Spännvidder på upp till 17 meter kan erhållas som standard. Bredden på elementen håller modulmättet 1,2 meter men anpassning i bredd kan erhållas genom längsgående sågning i fabrik. Vanligt är att elementen användas till bjälklag vid produktion av kontor och bostäder. Den släta undersidan ger en färdig takyta medan översidan har en grövre struktur som oftast kräver en pågjutning eller avjämning beroende på val av ytskikt. Exempel på ytskikt är direktlimmade mattor, flytande trägolv eller uppreglade installationsgolv.

Tillverkningen utförs i en industriell miljö i stora hallar och är delvis automatiserad. På långa gjutbäddar av stål, upp till 150 meter, gjuts elementen i full bredd med en läggare som kontinuerligt fylls på med betong. Vid gjutningen används en betong med jordfuktig konsistens vilket skiljer sig mot konsistensen som används vid gjutning på en byggarbetsplats. För att erhålla en snabb produktionstakt är vanligen vct 0,40 eller lägre. Detta möjliggör att tiden från gjutstart till det att elementen lyfts av gjutbädden kan minimeras.

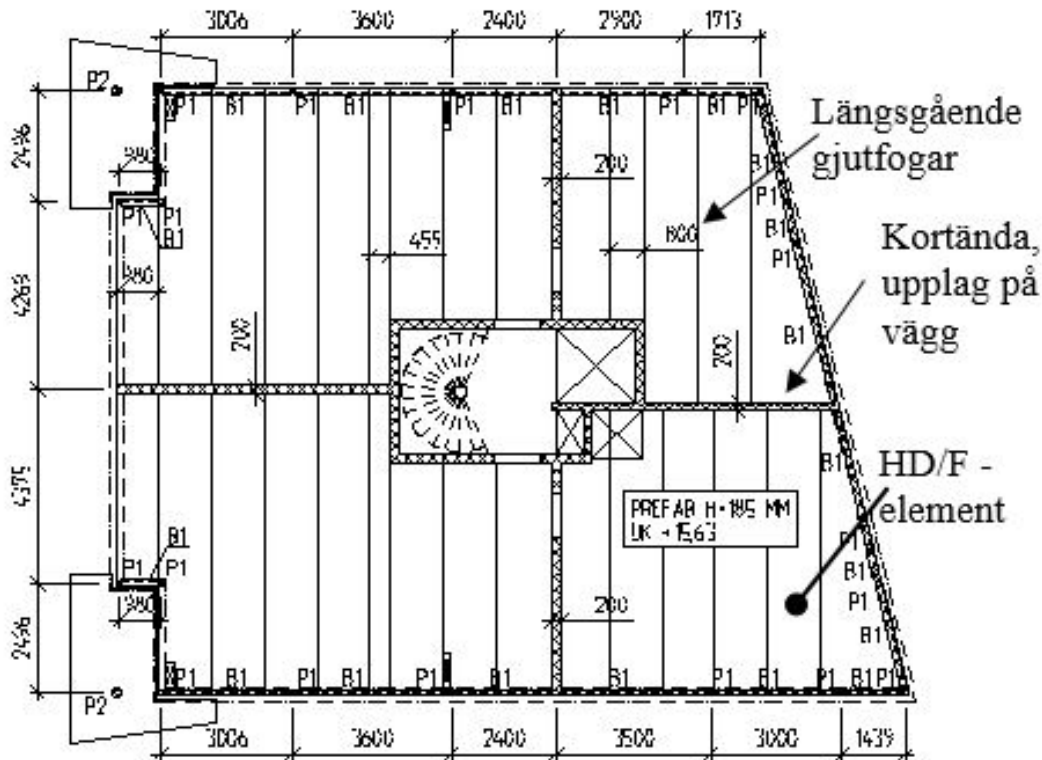
När gjutningen är klar och elementen har härdnat påbörjas sågning av elementen, till föreskriven längd. På undersidan vid betongelementets kortsidor borrar ett hål in i varje kanal. Avsikten är att eventuellt vatten som tränger in i kanalerna ska kunna dräneras ut. Det bör säkerställas att det inte står vatten kvar i kanalerna. Vatten i kanalerna kan orsaka frysskador under byggtiden men även fuktproblem efter att byggnaden är färdigställd. På grund av den täta betongen som erhålls vid detta tillverknings sätt kan det stå fritt vatten i kanalerna utan att detta upptäcks vid en fuktmätning. För att säkerställa att det inte finns vatten i kanalerna så måste dräneringshål kontrolleras och kanske rensas från betongrester för att vattnet ska kunna ta sig ut.



Figur 3.9 Håldäckselement i genomskärning

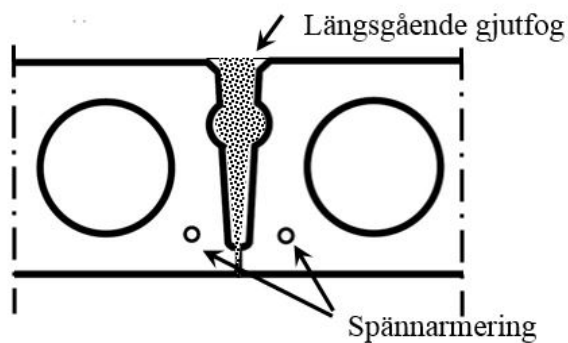
Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	11(19)

Ett håldäcksbjälklag är ett bjälklag uppbyggt av prefabricerade håldäckselement. Elementen monteras med kran och väggar, pelare och balkar används som upplag.



Figur 3.10 Planritning/montageritning avseende ett håldäcksbjälklag.

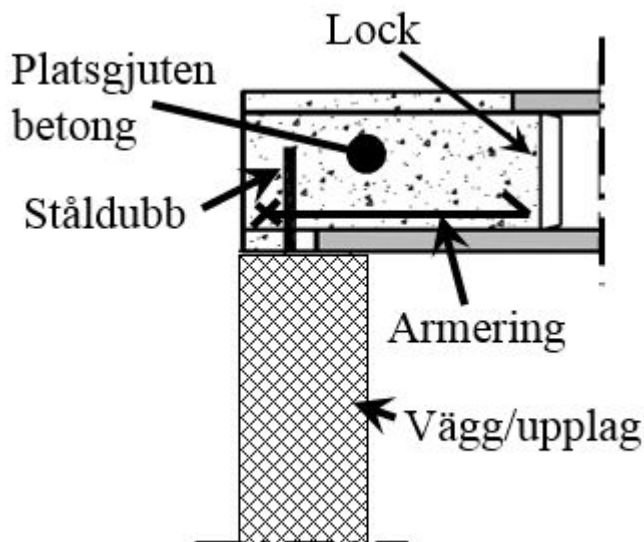
Efter montage gjuts längs- och tvärgående skarvar mellan elementen ihop för att skapa ett sammanhängande bjälklag som samverkar statiskt. Det kan förekomma att betong/bruk med betydligt högre vct än i håldäcksbjälklagen används vid gjutning av de längsgående fogarna som visas i *Figur 3.10*.



Figur 3.11 Foggjutning mellan håldäcksbjälklagens långsidor.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	12(19)

Elementens kortändor kan ligga upplagda på betongväggar, betong- eller stålbalkar i vilka elementen måste förankras. Ett erforderligt antal av hålskanalerna är förberedda från fabrik i vilka armering placeras och gjutning utförs enligt *Figur 3.12*. Lock är monterade för att stänga av kanalerna så att det inte rinner in betong längre än avsett vid gjutning. Dessa foggjutningar kan vara kritiska i fukthänseende om ett fukt känsligt ytskikt senare ska limmas på den färdiga bjälklagsytan.



Figur 3.12 Schematisk skiss avseende statisk förankring mellan upplag och håldäckselementets kortsida.

I ett håldäcksbjälklag kan även homogena betongplattor förekomma tex på ställen där geometrin inte medger att ett helt håldäckselement monteras. Dessa betongplattor är viktiga att lokalisera inför en fuktmätning eftersom de kan vara fuktigare än HD/F-elementen.

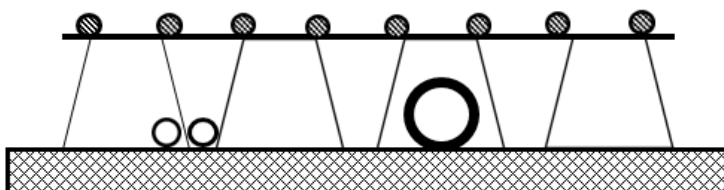
Det är vanligt förekommande med ursparningar i håldäckselement avsedda för genomgående installationer, statiska förankringar och schakt. Dessa hål gjuts oftast igen när armering och installationer färdigställts. Det är således många saker att beakta när fuktmätning ska utföras i ett håldäcksbjälklag. Beroende på vilket ytskikt som ska användas kan olika punkter vara intressanta för fuktmätning. Om ett uppreglat golv ska monteras på bjälklaget kan det vara genomsnittlig RF-nivå i bjälklaget som är av intresse. I detta fall utförs lämpligen mätning i håldäckselementen, som till ytan utgör den största delen av bjälklaget, och inte i foggjutningarna. Ska däremot en matta limmas på betongbjälklaget måste de fuktigaste punkterna lokaliseras. HD/F-elementen kan i detta fall vara av mindre intresse eftersom de vanligen har bättre förutsättning att torka än foggjutningarna och de homogena bjälklagselementen.

För mer information om fuktrisker i håldäcksbjälklag se /20/.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	13(19)

3.2.2 Plattbärlag

Plattbärlag är en tunn armerad betongplatta vilken fungerar som kvarsittande form på byggarbetsplatsen. De tillverkas både slakarmerade och spännarmerade. De slakarmerade elementens höjd är som minst 45 mm och de spännarmerade är 70 eller 120 mm. Gjutning av elementen utförs i fabrik på liggande formbord där armering först monteras, motsvarande gjutning av ett bjälklag på en arbetsplats. Undersidan på elementen ger en färdig innertaksyta medan överytan blir skrovlig vilket lämpar sig för pågjutning.



Figur 3.13 Plattbärlag, klart för pågjutning, armerat med överkantsarmering samt installationer placerade på överytan

Montage på byggarbetsplatsen utförs med kran och upplag är underliggande väggar, pelare eller balkar. Armeringsstegar är ingjutna i elementen på vilka överkantsarmeringen placeras på byggarbetsplatsen. Avlopp, elrör, eventuell extra underkantsarmering och andra installationer kan placeras på plattbärlagets ovansida innan gjutningen utförs. Elementen samverkar statiskt efter att pågjutningen till färdig bjälklagshöjd utförts. Normalt är den färdiga bjälklagshöjden minst 150 mm men bostadsbjälklag utförs oftast med en höjd av 250 mm beroende på ljudkrav och installationer. Normalbredden är 2,4 meter och längden kan uppgå till 12 meter

3.3 Golvavjämning

Med golvavjämning avses uppbyggnad av eller justering av en befintlig golvyta med avjämningsmassa, spackelmasa eller golvbruk vilka kan läggas ut med pump eller för hand. Tjockleken kan variera från några millimeter upp till flera centimeter och kan läggas i ett eller flera skikt.

3.3.1 Materialet golvavjämning

Golvavjämning utgörs av en blandning av bindemedel, ballast, tillsatsmedel och vatten. Materialet tillverkas som ett färdigt torrbruk där endast vatten tillsätts på arbetsplatsen. Den vanligaste formen av golvavjämning i Sverige är så kallad cementbaserad golvavjämning, men även andra former förekommer i mindre omfattning, som exempelvis kalciumsulfatbaserad golvavjämning. När kalciumsulfat reagerar med vatten bildas gips, varför kalciumsulfatbaserad golvavjämning ibland även kallas för gipsavjämning.

Ballasten utgör den största andelen av en golvavjämnings innehåll och delas upp i en findel som kallas filler samt sand och i vissa fall även grus som har kornstorlek över 2 mm. Filler består normalt av krossat och malt finmaterial av kalksten eller dolomit. Sanden finns i många

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	14(19)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

olika fraktioner och utgörs normalt av natursand. Ju finare golvavjämning desto finare är ballasten. Maximal kornstorlek varierar beroende på användningsområde från ca 0,5 mm till ca 3 mm.

Bindemedlen i en cementbaserad golvavjämning är vanligen en kombination av portlandcement, aluminatcement och kalciumsulfat. Slutprodukten får då en relativt finporös struktur, dock inte lika finporös som en betong och följaktligen fuktegenskaper som också delvis skiljer sig från betong.

I en kalciumsulfatbaserad produkt är bindemedlet olika former av kalciumsulfat och oftast en mindre mängd portlandcement. En kalciumsulfatbaserad golvavjämning har generellt en lite grövre porstruktur än cementbaserad golvavjämning. En grövre porstruktur innebär att fuktegenskaperna blir annorlunda där en större andel av fukten binds vid höga RF och endast en liten mängd fukt finns kvar i golvavjämningen vid 85% RF. Ibland kan en ansamling av finmaterial uppstå i ytan på dessa produkter vilket hindrar ytavdunstningen och därmed fördröjer uttorkningen. En aspekt med gips är att det är vattenlösligt och därför inte ska utsättas för höga fuktnivåer över tid.

Det kan även förekomma kompletterande bindemedel så som flygaska och slagg i golvavjämning liksom de förekommer i betong. De bidrar till viss del till produktens egenskaper, men fuktegenskaperna förändras normalt inte väsentligt jämfört med betong.

En golvavjämning blandas generellt sett med mer vatten än en betong. Normalt anges vattentillsatsen i procent av torrbruksmängden, exempelvis 20% av torrbruksmängdes vikt. Vct / vbt som i många avseenden anses vara en viktig parameter för att beskriva en betongs egenskaper används dock inte för att beskriva en golvavjämnings egenskaper eftersom relationen mellan vbt för en golvavjämnings egenskaper inte relevant.

Både cementbaserad och kalciumsulfatbaserad golvavjämning har enligt ovan en annorlunda kemisk uppbyggnad och porstruktur än betong och nedan beskrivs några skillnader. Golvavjämnings porstruktur är något grövre än betongens vilket innebär att diffusionsuttorkning generellt är snabbare, men uttorkning av golvavjämning i tjocka skikt kan ändå vara en tidsmässig utmaning eftersom uttorkningstiden normalt ökar väsentligt med ökad skiktjocklek.

En stor del av golvavjämnings egenskaper kommer från de tillsatsmedel som används i produkterna. Dessa tillsatsmedel används för att framhäva de egenskaper som är viktiga för golvavjämning. Alla tillsatsmedel tillsätts vid tillverkning av golvavjämning i fabrik. Endast vatten tillsätts vid byggarbetsplatsen.

Här följer de vanligaste tillsatsmedlen och deras funktion.

- Flytmedel, används liksom för betong för att minska den inre friktionen och därmed skapa bättre flytegenskaper.
- Retarder, används för att skapa en lagom lång öppethållandetid / bearbetningstid för golvavjämnings. Öppethållandetiden, tiden till bindning kan normalt vara ca 20 minuter. Dvs betydligt kortare än för betong.
- Accelerator. När väl öppethållandetiden är förbi är önskemålet att de kemiska reaktionerna ska ske så snabb som möjligt och skapa en produkt som tidigt är gångbar och kan justeras. För att påskynda och reglera denna process används acceleratorer. De flesta golvavjämnings är gångbara efter ca 1 till 3 timmar.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	15(19)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

- Skumdämpare, används för att få ut luftbubblor ur massan i ett tidigt skede så att de inte kommer upp till ytan under härdningsprocessen. Luft som kommer upp till ytan under härdningsprocessen kan ge upphov till ojämnheter i ytan och en svagare yta.
- Plastpolymer, används för att ge produkten en starkare yta och högre böjdraghållfasthet.

Uttorkningsmässigt brukar man dela in golvavjämning i två kategorier, så kallad normaltorkande och självtorkande golvavjämning.

I en normaltorkande golvavjämning är den kemiska och fysikaliska uttorkningen begränsad och produkterna måste därför främst torka ut genom diffusion.

I en självtorkande golvavjämning är den kemiska bindningen av blandningsvattnet betydligt större. Enligt leverantörernas anvisning kan ytbeläggning ske redan inom ett par dagar. Detta bygger på att en viss kemisk uttorkning samt ytavdunstning för att ge yttorrhet sker före ytbeläggning. Principen för självtorkande golvavjämning är att den kemiska uttorkningen och därmed uttorkningsprocessen fortsätter även efter att ytbeläggning utförts. Fuktmätning i självtorkande produkter anses därför inte relevant för att utvärdera när en tidig ytbeläggning kan ske. Detta eftersom en fortsatt inre torkning förutsätts ske efter ytbeläggning. Om man däremot låter självtorkande produkter torka under en längre tid, kan mätresultaten användas precis som för normaltorkande produkter och en fuktmätning kan göras inför ytbeläggning. Om en mätning ändå utförs i tidigt skede i en självtorkande avjämning erhålls dock en ögonblicksbild av aktuell RF i avjämningen, men det är frågan om hur denna bild ska tolkas som skiljer självtorkande- från normaltorkande golvavjämning.

3.3.2 Utläggning

Golvavjämning tillverkas i smäsäckar som väger upp till 25 kg, storsäckar som vanligen väger ca 1000 kg eller i lösvikt så kallad bulk. Åtgången av golvavjämning mäts i kg torrbruk.

Produkterna blandas sedan med vatten med tre olika typer av blandningsutrustningar.

De är handhållen blandningsutrustning, blandningsmaskin med visp där en eller flera smäsäckar blandas i en hink eller blandning i en tunna. Alla typer av golvavjämning,

spackelmassor, avjämningsmassor och golvbruk, kan blandas med handhållna maskiner.

Flytprodukter kan även blandas och appliceras med hjälp av småpumpar som kontinuerligt matas med smäsäckar. Smäsäckarna töms på sitt torrbruksinnehåll ner i ett torrtråg där pulvret sedan matas fram till en blandare och pump där vatten tillsätts för blandningen. Kapaciteten på en småpump brukar vara ca 1 - 5 ton per timme. Möjlig slanglängd är normalt 20 - 80 m.

Flytprodukter kan även blandas och appliceras med större blandningsutrustning som matas med storsäckar eller bulkmaterial. Den vanligaste lösningen är en integrerad logistik och blandning i så kallade pumpbilar som är lastbils ekipage som har silos för transport av torrbruket samt blandnings- och pumputrustning på ekipaget. Kapaciteten är ca 10 - 25 ton per timme och möjlig slanglängd är normalt 40 - 120 m. En pumpbil kan fyllas på externt via en bulkbil med överblåsning eller storsäckar varför det är möjligt att pumpa stora volymer under en arbetsdag.

Önskas pumpning över längre distans eller höga höjder kan även en mellanpumpstation användas.

På ojämna underlag, vid tjocka läggningar och på stora ytor brukar man först väga av golvytan och sedan sätta ut höjdmärkörer som markerar nivå för färdig golvavjämningsyta. Det underlättar arbetet med att skapa plana golv och att hitta rätt färdig höjdnivå. För icke flytande produkter kan avdragsbanor användas.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	16(19)

I samband med avvägning är det lämpligt att lokalisera de platser där avjämningen blir som tjockast. Det är på dessa platser som avjämningen troligen torkar långsammast och således där som uppföljande fuktmätningar bör utföras. Om möjligt dokumenteras detta tex på en ritning eller om höjdmärkörer som används vid avjämningen kan lämnas kvar så att det i efterhand går att lokalisera dessa platser.

Flytande golvavjämning hålls ut eller pumpas ut på golvet i våder så att varje våd läggs i den tidigare våden. Ett par minuter efter utläggning av golvavjämningen slätas ytan av för att ta bort eventuella ojämnheter och skumbildningar i ytan. Slätningen kan ske med olika typer av verktyg beroende av typ av produkt och applikation, exempelvis tandad spackel som lätt dras över ytan eller en piggröller som rullas genom massan. Spackelmassor fördelas över golvytan och spacklas till ett jämt lager med slät spackel och golvbruk fördelas över ytan och bearbetas med släta verktyg, exempelvis en stålspackel eller en kanitz vilket är ett träverktyg för ytbehandling.

3.3.3 Fukthärdning

Golvavjämning ska normalt inte fukthärdas eller membranhärdas. Det är dock viktigt att golvavjämning inte utsätts för drag eller förhållanden med exempelvis höga temperaturer och samtidig hög ventilation under de första dygnet av härdningen. Detta kan i så fall resultera i att vatten vilket är avsett att reagera med bindemedlen och skapa den färdiga produkten i stället avdunstar från ytan. Resultatet kan bli en svagare yta och oönskad sprickbildning.

3.3.4 Uttorkning

Golvavjämning kan ta lång tid att torka ut om den läggs i tjocka skikt. Tillverkaren kan ge anvisningar om vilken RF-nivå betongen bör ha torkat till före avjämning. Det bör noteras att diffusionsuttorkningen av betongen avstannar när den beläggs med golvavjämning. Först när avjämningsmassan är torrare än betongytan närmast under så fortgår uttorkningen av underliggande betong. Om fuktutbyte kan ske mellan golvavjämning och underlaget måste även underlaget tas i beaktning vid utvärdering av hela golvkonstruktionens fuktillstånd.

Porstrukturen i golvavjämning gör att golvavjämningen tar upp vatten i vätskefas snabbare än en normal betong. Det innebär att vatten från vattenläckage på en avjämnad yta som inte tas bort kan suga in i golvavjämningen och därmed väsentligt förlänga torktiden. Precis som för betong så sker uttorkning efter blandning som en kombination av självtorkning och ytavdunstning. Om golvavjämningen utsätts för vatten under eller efter uttorkningen så finns liten eller ingen förmåga till vidare självtorkning kvar eftersom de kemiska reaktionerna redan har skett. Vattnet från en vattenskada måste därför torka ut enbart genom diffusion.

Kemisk bindning av vatten är en del av självtuttorkningen. En cementbaserad golvavjämning binder betydligt högre andel vatten än betong per andel bindemedel medan en golvavjämning baserad på kalciumsulfat binder ungefär lika mycket vatten kemiskt som en betong. Den andra delen av självtuttorkningen, fysikalisk bindning av vatten beror av porstrukturen i materialet.

Två andra egenskaper som påverkas av porstruktur och bindemedelssammansättning är produkternas krymp och frostbeständighet. Golvavjämnings kemiska sammansättning gör att de normalt har lägre kemisk krympning än en betong och porstrukturen leder till att även

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	17(19)

krympning till följd av uttorkning är låg. Normal golvväjämnung är dock inte frostbeständig varför användning utomhus generellt sett inte rekommenderas.

3.3.5 Fuktmätning

Mätmetoden Uttaget prov i denna manual är avsedd för mätning av relativ fuktighet, RF i cementbaserad och kalciumsulfatbaserad golvväjämnung av olika tjocklekar. Mätning kan ske när golvväjämnungen är under uttorkning eller vid kontroll av RF efter ytbeläggning. Den eller de personer som utför de olika momenten som ingår i mätrutinen ska vara väl förtrogen med mätmetoden. Golvväjämnung brukar delas upp i normal- och självtorkande produkter. Mätmetoden beskriven i denna manual kan användas för båda.

3.3.6 Användningsområden

Golvväjämnung används i många olika applikationsområden på flertalet olika typer av underlag.

Syftet kan vara olika där det vanligaste är att skapa plana och jämna golv för en vald ytbeläggning. Det är också vanligt att golvväjämnung används för att anpassa nivån på ett golv till givna höjder vid exempelvis dörrar. Ett annat användningsområde är att addera massa till en konstruktionsdel för att förbättra akustiska egenskaper eller stabilitet. I vissa fall önskar man även gjuta in installationer eller golvvärme.

Golvväjämnung kan användas på alla fasta bärande underlag med vidhäftning där golvväjämnung gjuts direkt på underlaget och sitter fast i underlaget. Normalt används en primer för förbehandling av underlaget innan golvväjämnung sker. Primerns funktion är att skapa en jämn och bra vidhäftning till underlaget. För en del underlag som exempelvis betong så hindrar primern även luft från underlaget att komma upp till golvväjämnungens yta vilket annars kan skapa ojämnheter. Primern minskar även fuktransport mellan avjämnungen och underlaget. Vanliga golvprimers är diffusionsöppna.

Golvväjämnung kan även läggas i så kallade flytande skikt vilket också kallas flytande konstruktion. Flytande konstruktion används exempelvis när underlaget inte är av sådan kvalitet att vidhäftning är lämpligt. Det kan vara underlag som är svaga, har föroreningar som förhindrar vidhäftning eller att det finns rörelse i underlaget som riskerar att ge upphov till oönskad sprickbildning. En vanlig applikation för flytande konstruktion är ljudisolerande övergolvskonstruktionen där ett ljuddämpande mellanlägg placeras mellan golvväjämnungen och underlaget. På så sätt minskar man överföring av ljud till angränsande rum. En annan applikation är när luftspaltbildande mattor används, exempelvis för att hantera tillskjutande fukt från underlaget. I båda dessa fall är det viktigt att golvväjämnungen skiljs från både underlag, väggar och genomföringar. Mot väggar och genomföringar appliceras kantlister av skumgummi som ger rörelsemån och bidrar även till att minska ljudspridning horisontellt. I flytande skikt läggs alltid ett armeringsnät vilket kan vara av intresse när en fuktmätning ska utföras.

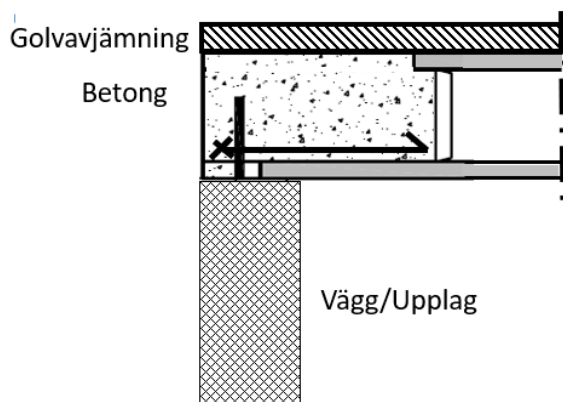
Vid användning av betong med lågt vct kan det vara nödvändigt med ett skikt golvväjämnung mellan betong och matta. Detta eftersom betongen är så tät att limfukten inte tränger ner i betongen vid direktlimning mot ytan. Någon exakt gräns vad gäller vct finns inte och även tillsatsmaterial kan bidra till en tät betong. Detta kan leda till att limmet lägger sig som en

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	18(19)

vattenfilm mellan betong och matta. Fuktblastning under mattan blir då hög, även om betongen torkat så att RF understiger kritiskt gränsvärde. Risken för en fuktskada är då överhängande. För att undvika detta rekommenderas att en lågalkalisk avjämningsmassa med ett skikt på minst fem millimeter läggs ut på betongen. Syftet med detta är att limfukten ska kunna tas upp av avjämningsmassan men även att dess låga alkalitet ska hindra den alkaliska fukten som finns i den underliggande betongen att nå lim och matta.

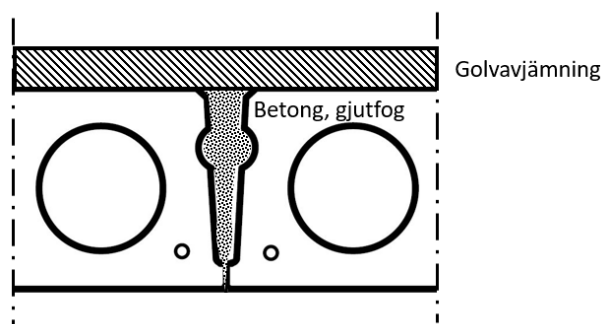
3.3.6.1 Golvavjämning på håldäcksbjälklag

Ett vanligt förekommande underlag vid golvavjämning är bjälklag uppbyggda av prefabricerade håldäckselement, se *Figur 3.10*. Håldäckselementen, HD/F tillverkas på fabrik och har armering i form av förspända ställinor i underkant vilket beskrivs i *avsnitt 3.2.1*. Tillverkningsprocessen medför att elementen blir bågformade, överhöjda vilket gör att elementens överyta är högre i mitten än ute vid ändarna när de ligger monterade mellan två underliggande väggar. Följden av överhöjningen är att det behövs ett tjockare skikt med golvavjämning i bjälklagsändarna än på mitten av bjälklaget för att skapa ett plant golv. Detta måste beaktas vid val av mätpunkter vid fuktmätning både i betong och golvavjämning. Där bjälklagsändarna är upplagda är hålskanalerna på vissa ställen fyllda med betong för att hålla ihop konstruktionen. På dessa platser kan uttorkningen av avjämningsmassan gå långsammare än över resterande delar av håldäcksbjälklaget.



Figur 3.14 Tvärsnitt genom änden på en HD/F-platta upplagd på en underliggande vägg

Även över de längsgående foggjutningarna kan avjämningsmassan vara fuktigare än på resterande del av bjälklaget. Det kan bero på att betongen i gjutfogen är fuktigare än håldäckselementen varvid avjämningsmassan torkar långsammare över gjutfogen.



Figur 3.15 Foggjutning mellan två håldäckselement med ovanpåliggande golvavjämning

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		3	19(19)

Bilaga 4

FLIK 4 FÖRBEREDELSE, MÄTNING, RAPPORTERING

INNEHÅLL FLIK 4

Förberedelser, mätning, rapportering

4.1	Förberedelser	sida 2
4.2	Val av antal mätpunkter	sida 3
4.2.1	Antal mätpunkter i betong	sida 4
4.2.2	Antal mätpunkter i golvavjämning	sida 5
4.3	Placering av mätpunkter	sida 6
4.3.1	Placering av mätpunkter i betong	sida 6
4.3.2	Placering av mätpunkter i golvavjämning	sida 7
4.4	Avläsning och kontroll av temperatur vid borrhålmätning i betong	sida 8
4.5	Rimlighetsbedömning av mätresultat	sida 12
4.6	RBK-mätning och avvikelser	sida 13
4.7	Mätrapport	sida 13

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	1(15)

4 Förberedelser, mätning, rapportering

4.1 Förberedelser

Det är en fördel att ta reda på så mycket som möjligt om projektet innan ett uppdrag påbörjas. En checklista, *Blankett F1* under *Flik 29*, används för att samla in viktig information och ska därefter ingå som en del i mätrapporten. Förutom vid själva mätningen så är uppgifterna väsentliga för utförande av en torkprognos och vid rimlighetsbedömning av mätresultat.

Några uppgifter måste ovillkorligen vara kända i förväg för att en mätning i betong ska kunna utföras över huvud taget. Dessa uppgifter är:

- konstruktionens uppbyggnad, tex om det är en bottenplatta, plattbärlag, pågjutet HD/F-bjälklag mm. Uppgift behövs för att bestämma mätdjup
- betongtjocklek behövs för att bestämma mätdjup
- vct behövs för omräkning av RF till RF vid 20,0°C men även för att bestämma mätdjup för en konstruktion bestående av ett pågjutet plattbärlag
- golvvärme, ja/nej, styr mätförfarandet samt var mätpunkter kan placeras
- dubbel- eller enkelsidig uttorkning behövs för att bestämma mätdjupet

Om någon av dessa uppgifter saknas så går det inte att utföra en RF-mätning i betong!

När det gäller mätning i golvavjämning så behöver följande tas i beaktande inför uttag av prov:

- hur golvavjämnings skiktjocklek varierar över golvytan så att de uttagna proven blir representativa för den aktuella golvytan.
- vad det är för underlag tex homogen betong, håldäcksbjälklag, spånskiva mm.
- hur stor yta som avjämnats vid ett tillfälle, läggningsetapp, som delvis är en bidragande faktor till hur många mätpunkter som behövs.
- om golvvärme eller andra installationer finns i golvavjämningen för att inte riskera att borra sönder elslingor eller vattenslingor
- om det finns ett känsligt underlag, exempelvis vid flytande golv och spärrskikt som inte får göras åverkan på eller behöver åtgärdas om åverkan sker.
- om avjämningsskiktet är armerat för att ha möjlighet att undvika att borra i armeringsstålet

Eftersom avjämnings skiktjocklek kan variera över en yta är det bra om provtagaren har en uppfattning om var skiktet är som tjockast. Dessa platser blir ofta dimensionerande för uttorkningen. Om möjlighet finns så är det lämpligt att i förväg dokumentera var avjämnningen kommer att bli tjockast. Lämpligt tillfälle är när avvägning av underlaget utförs inför gjutning av avjämnningen. Detta skulle kunna utföras av golvavjämningsentreprenören men i så fall på ett direkt uppdrag av beställaren.

Det är lämpligt att inhämta alla uppgifter som behövs i god tid innan mätuppdraget påbörjas. I detta läge finns möjlighet att avråda beställaren från en onödig mätning. Det kan tex vara om förutsättningarna visar att betongen eller golvavjämningen omöjligt kan vara torr eller inte kommer att torka inom en rimlig framtid. Det kan kanske hjälpa beställaren att tänka om vad gäller materialval och tidsplanering. Av denna anledning kan det vara en fördel att ha kunskap om högsta tillåtna fukttillstånd som föreskrivs för olika ytskikt, se *Figur 4.1*, eller uppgift om till vilken RF-nivå beställaren avser att torka underlaget.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	2(15)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Informera beställaren om att en RBK-mätning i betong inte är meningsfull att utföra innan byggnaden är tät och att betongen måste ha en temperatur mellan 15,0 och 25,0°C vid mätningen för att ett resultat, slutvärde, ska kunna levereras.

Vid mätning i golvvavjämning finns ingen absolut temperaturgräns inför uttagning av prov. Krav ställs däremot på temperaturdifferens mellan avjämnings yta i provpunkten före provtagning och temperaturen på provmaterialet direkt efter borring och uttagning. Temperaturdifferensen får inte överstiga 15°C. Provmaterialets temperatur avser mantelytan på den cylinder som plockas ut ur avjämnings ytan. Mantelytans temperatur får dock inte överstiga 45°C.

Exempel på högsta tillåtna RF i underlaget före golvläggning redovisat i AMA Hus 21 Kapitel M

(Förutsatt att materialtillverkare inte anger andra krav)

Beläggning av trä inomhus utan fuktskydd av plastfilm	RF ≤ 60 %
Beläggning av trä inomhus med underliggande fuktskydd av plastfilm	RF ≤ 90 %
Hellimmad parkett på betong	Enligt limtillverkare, <u>dock max</u> 90% RF
Matta eller plattor av gummi	RF ≤ 85 %
Matta eller plattor av plast och tätskikt av plastmatta	Enligt tillverkare
Matta eller plattor av linoleum	Enligt tillverkare

Ovanstående RF avser RF vid temperaturen 20°C i betongen och golvvavjämningen.

Figur 4.1 OBS! Texten i AMA Hus revideras vid behov vilket då redovisas i AMA-nytt, Beskrivningsdel Hus. Detta kan således även gälla högsta tillåtna RF ovan. /9/, /10/

Blankett F1 ska användas för att samla in de uppgifter som behövs inför en mätning. Den kan skickas till beställaren när en beställning av en fuktmätning erhålls. När blanketten returneras ifylld kan uppdraget påbörjas. Ett alternativ är att blanketten fylls i tillsammans med beställaren i samband med att uppdraget påbörjas. Blanketten kan användas både inför borrhålsmätning i betong och/eller uttaget prov på golvvavjämning. Vilken typ av mätning som avses markeras i början av blanketten och endast de uppgifter som är relevanta behöver fyllas i. Om så behövs kan flera blanketter användas tex för olika byggdelar, gjutetapper, våningsplan mm inom samma projekt. Det är inte säkert att alla uppgifter finns att tillgå men flertalet av uppgifterna krävs för att mätningen ska kunna genomföras och får därför inte utelämnas, se ovanstående punktlista. *Blankett F1* ska ingå som en del i mätapporten.

4.2 Val av antal mätpunkter

En fuktmätning ska utföras innan ett fuktkänsligt material ska appliceras på en yta av betong eller golvvavjämning. Detta för att säkerställa att underlagets RF inte överstiger materialets högsta tillåtna RF. Det handlar om att säkerställa att underlaget är tillräckligt uttorkat för att

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	3(15)

materialet inte ska riskera att fuktskadas. En fuktmätning kan även utföras för att undersöka fuktstatus i en konstruktion, inför exempelvis bedömning av torktider, omfördelningsberäkning, mm. Men hur många mätpunkter ska väljas? Räcker det med en mätpunkt för att säkerställa att en yta på flera hundra kvadratmeter är tillräckligt uttorkad för att limma en matta? Sannolikt inte. Antalet mätpunkter måste bestämmas utifrån de förutsättningar som råder i varje projekt och utifrån erhållet uppdrag.

Ett uppdrag kan var att enbart göra en mätning i en punkt på anvisad plats. I detta fall kan den som mäter bara ansvara för resultatet exakt på den plats där mätningen utförts. Om det är fuktigare någon annanstans kan den som mäter knappast ställas till svars för det. Om uppdraget däremot går ut på att avgöra om ett helt bjälklag är tillräckligt torrt inför mattläggning så är det en annan sak. Det måste då göras en bedömning av hur många mätpunkter som behövs och var de ska placeras. I detta läge kan det bli fråga om ganska många mätpunkter vilket kan medföra en kostnad som beställaren inte är villig att acceptera. Det blir då kanske en dialog om hur många mätpunkter som är acceptabelt.

Detta avsnitt är tänkt att vara ett underlag och stöd i dialogen mellan beställare och fuktkontrollant avseende antal mätpunkter och deras placering. Om RF-nivån inte kan säkras med antalet mätpunkter enligt miniminivån i *Figur 4.2* och *4.3* rekommenderas att antalet ökas i erforderlig omfattning. Denna bedömning måste göras i varje projekt. Miniminivån avser även mätning i stommar med håldäcksbjälklag. Om beställaren av mätningen inte accepterar denna miniminivå men ändå vill ha en mätning utförd ska det tydligt anges i mätprotokollet att avsteg gjorts från miniminivån.

Om det i projektet finns en fuktsakkunnig bestäms antal mätpunkter i samråd med denne alternativt att fuktsäkerhetsansvarig i produktion gör en bedömning. Grunden till valet för antal mätpunkter ska då baseras på resultatet från fuktsäkerhetsarbetet under produktion och utförda fuktronder.

4.2.1 Antal mätpunkter i betong

Miniminivån baseras på att en gjutetapp vid ett bostadsprojekt kan tänkas variera från ca 200 till 400 m². Detta kan sägas motsvara den yta som lägenheterna i ett trapphus på ett plan i ett flerbostadshus upptar. Vid gjutning av tunna bottenplattor som förekommer vid tex byggande av kontor kan en gjutetapp antas uppgå till ca 500 m².

För att uppskatta RF-nivån i betongen för en enskild gjutetapp, med stor utbredning, är tre mätpunkter ett minimum. Om mätning däremot utförs i ett flerbostadshus, där det finns ett stort antal mätpunkter att utvärdera samtidigt, kan ett system erhållas där mätresultat som avviker från systemet kan upptäckas och kan studeras ytterligare. På grund av detta är miniminivån för antalet mätpunkter i betongen lägre än vid en enskild gjutetapp.

Ur ett kundperspektiv kanske antal mätpunkter ska väljas på ett annat sätt. Det kan vara lämpligt att placera minst en mätpunkt i varje lägenhet, även om antalet mätpunkter då överskrider miniminivån. Det kan vara svårt att förklarat för en lägenhetsköpare varför det inte gjorts någon mätning i den lägenhet som är till salu men däremot i lägenheten bredvid. Att en mätning borde utföras i alla lägenheter är nog i kundens ögon en självklarhet. Detta är naturligtvis i så fall ett beslut att ta för den som beställer fuktmätningen, inte den som mäter.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	4(15)

<u>Typ av konstruktion</u>	<u>Minsta antalet mätpunkter, betong</u>
Småhus	
Bottenplatta	2st per hus
Mellanbjälklag	1st per hus
Flerbostadshus	
Bottenplatta	2st per trapphus*
Mellanbjälklag**	1st per trapphus och våningsplan*
Kontor, butiker, publika lokaler, industri, enskild gjutetapp	
Bottenplatta	3st*
Mellanbjälklag**	3st*
* Gäller en yta ≤ 500 m ² . Vid en yta > 500 m ² tillkommer en extra mätpunkt per påbörjad 250 m ² avseende den del av ytan som överstiger 500 m ² .	
** Vid HD/F-bjälklag kan igjutningar och gjutfogar medföra att fler mätpunkter behövs än angivet ovan.	

Figur 4.2 Miniminivå avseende antal mätpunkter för olika konstruktionstyper vid borrhålmätning i betong

Vid RF-mätning i bottenplattor på mark rekommenderas fler mätpunkter per gjutetapp än vid mellanbjälklag. Detta beror på att det är svårare att gjuta en exakt jämntjock platta mot mark jämfört med ett mellanbjälklag som gjuts mot en slät formyta. Risken är större för en variation i plattjocklek än för ett mellanbjälklag, vilket påverkar uttorkningen inom samma gjutetapp

4.2.2 Antal mätpunkter i golvavjämning

För mätning i golvavjämning anges minsta antalet mätpunkter i *Figur 4.3*.

<u>Typ av konstruktion</u>	<u>Minsta antalet mätpunkter, golvavjämning</u>
Småhus	
Bottenplatta	2st per hus
Mellanbjälklag	1st per hus
Flerbostadshus	
Bottenplatta	2st per trapphus*
Mellanbjälklag**	1st per trapphus och våningsplan*
Våtutrymme	1st per trapphus och våningsplan
Kontor, butiker, publika lokaler, industri, enskild läggningsetapp	
Bottenplatta	2st*
Mellanbjälklag**	2st*
* Gäller en yta ≤ 500 m ² . Vid en yta > 500 m ² tillkommer en extra mätpunkt per påbörjad 250 m ² avseende den del av ytan som överstiger 500 m ² .	
** Vid HD/F-bjälklag måste antalet mätpunkter ovan utökas om dokumentation saknas avseende var avjämningen är som tjockast.	

Figur 4.3 Miniminivå avseende antal mätpunkter i golvavjämning för olika konstruktionstyper.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	5(15)

Även valet av antal mätpunkter i golvavjämning styrs av konstruktionstyp. Om avjämning utförs i etapper som överstiger 500 m² så rekommenderas ytterligare mätpunkter för den del av ytan som överstiger 500 m². Minst en extra mätpunkt per påbörjad yta om 250 m² ska i så fall användas. I flerbostadshus ska mätning utföras i minst ett våtutrymme per trapphus och våningsplan. Detta förutom en mätpunkt per trapphus och våningsplan i valfritt utrymme. Det är ofta svårt att lokalisera de platser där avjämningen är som tjockast i efterhand. En fördel är om tjockleken har dokumenterats i samband med gjutningen av avjämningen eller om de höjdmärkörer som används vid gjutningen har lämnats kvar. Om detta inte är fallet så kan fler mätpunkter erfordras än miniminivån som anges i *Figur 4.3*. Observera att angivet antal mätpunkter ska utökas vid mätning i avjämning på HD/F-bjälklag om dokumentation avseende tjocklek saknas.

Det bör noteras att mätning även måste utföras i underliggande betong. Lämpligt kan vara att utföra borrhålmätningen i samma punkt som avjämningsprovet är taget. Det minskar arbetsinsatsen samt ger en bättre uppfattning om fuktförhållandet i golvkonstruktionen än om mätningarna utförs långt ifrån varandra.

4.3 Placering av mätpunkter

Beroende på typ av projekt och uppdragets omfattning så fastställs antal mätpunkter utifrån *avsnitt 4.2*. Fuktkontrollanten föreslår var i byggnaden mätpunkterna ska placeras utifrån ritningsunderlag, ytskikt som ska användas och övriga uppgifter från den som beställer mätningen, fuktsakkunnig eller fuktsäkerhetsansvarig.

När det gäller en enskild mätpunkts placering så är det många saker som måste beaktas för att mätresultatet ska bli rättvisande. Mätningen ska i första hand alltid utföras där det kan antas vara fuktigast. Detta är en självklarhet men det kan finnas skäl till att det faktiskt inte går att placera en mätpunkt just där. Placeringen blir ofta en kompromiss och i denna kompromiss spelar temperaturen ofta en avgörande roll framför allt när det gäller borrhålmätning i betong.

Rådgör även med arbetsplatsledningen så att mätpunkterna inte hamnar olämpligt med hänsyn till byggarbetsplatsens verksamhet och kommande produktion. Om en mätpunkt av någon anledning inte placeras där det kan antas vara fuktigast, trots att alla mättekniska krav kan uppfyllas, ska detta noteras i protokollet. Detta gäller även om en mätning utförs på en plats anvisad utav den som beställer mätningen, utan att den som mäter har möjlighet att påverka placeringen.

Mätpunkterna ska gå att lokalisera upp till tio år efter slutförd mätning. Placeringen ska dokumenteras på en ritning, där mätpunkterna markeras, som bifogas mätprotokollet. Mätpunkterna bör måttsättas så att det inte går att misstolka var de är placerade. Det är viktigt att måttsättningen utgår från väggar, pelare, hisschakt mm som inte kan tänkas flyttas med tiden. Adressen till byggnaden måste tydligt framgå på ritningen eller i mätprotokollet.

4.3.1 Placering av mätpunkter i betong

Följande bör beaktas vid placering av mätpunkter vid borrhålmätning i betong.

- Lokalisera det ställe som troligen är fuktigast. En bottenplatta kan tex vara fuktigare ut mot en kall yttervägg än i mitten av plattan.
- För prefabricerade bjälklag är det viktigt att kontrollera om det finns igjutningar i bjälklaget som kan medföra att uttorkningen är sämre än på resterande del av

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	6(15)

bjälklaget. Det kan tex vara foggjutningar och igjutna ursparningar i HD/F-bjälklag, se *Flik 3*.

- Stäm av så att du har rätt ritningsunderlag. På en planritning syns inte alltid voter och förstävningar i en bottenplatta, en sektionsritning kanske krävs. Mellanbjälklag kan vara olika tjocka på olika våningsplan eller variera på samma plan.
- Undvik solinstrålning direkt på eller i närheten av mätpunkten. Stora temperaturvariationer under en borrhålsmätning kan ge felaktiga resultat.
- Placera inte borrhålet där det utsätts för drag tex vid en ytterdörr. Plötsliga temperaturvariationer under mätning kan medföra mätfel.
- Placera inte mätpunkten i närheten av byggtorkar eller avfuktningssystem. Uttorkningen kan här vara snabbare än längre ifrån, temperaturen från maskinerna kan påverka mätningen.
- Placera inte mätpunkten där byggnaden ännu ej är tät då det medför risk för temperaturpåverkan, regn, läckage mm.
- Placera mätpunkten skyddad från mekanisk påverkan. Pågående byggverksamhet kan riskera att mätpunkten skadas.
- Placera inte mätpunkten där någon kan snubbla på den. Detta skapar en arbetsmiljörisk och mätpunkt samt givare riskerar att bli skadade eller gå sönder.
- Placera inte mätpunkten i ett mellanbjälklag där det är kallare, eller varmare, i utrymmet under. En temperaturgradient över bjälklaget kan skapa stora mätfel vid borrhålsmätning i betong.

Temperaturen är en viktig faktor, både för uttorkning och själva mätningen. Vid mätning i betong rekommenderas att temperaturen ligger i intervallet 15 – 25°C redan vid borringen av ett mäthål. Detta för att möjliggöra att temperaturkraven inför slutavläsning ska kunna uppfyllas. För att temperaturen inte ska få för stor påverkan på mätresultatet finns även ett krav på variation i tiden dvs hur temperaturen i betongen svänger, upp och ner, under själva mätningen. Temperaturvariationen i betongen, nere i mät hålet, får inte överskrida $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ under en period av 48 timmar fram till att avläsningen utförs. Temperaturen får inte heller vara konstant stigande eller konstant sjunkande under denna period. Det är således mycket viktigt att välja en placering av mätpunkten på en så temperaturstabil plats som möjligt. Placeringen måste även väljas så att temperaturen i betongen vid slutavläsningen inte understiger 15,0°C eller överstiger 25,0°C.

4.3.2 Placering av mätpunkter i golvavjämning

På samma sätt som för betong väljs antal mätpunkter beroende på typ av projekt och uppdragets omfattning samt med *avsnitt 4.2* som stöd. Antal mätpunkter är kopplat till hur stor yta som avjämnas vid ett tillfälle, läggningsetapp. Mätningen ska alltid utföras där det kan antas vara fuktigast. Detta är oftast där avjämningen är som tjockast. Problemet är att detta kan variera för en och samma läggningsetapp. Hur stor variationen i tjocklek är beror på underlaget. Variationerna blir oftast mindre vid avjämning på en bottenplatta eller ett platsgjutet mellanbjälklag av betong än för ett mellanbjälklag uppbyggt av HD/F-element. Dessa är överspända vilket kommer att medföra att avjämningskiktet är tjockare ute vid kanterna än i bjälklagsmitt. Om tjockleken har dokumenterats i samband med gjutningen av avjämningen eller om de höjdmärkörer som används vid gjutningen har lämnats kvar så placeras mätpunkterna med detta som beslutsunderlag.

Det är viktigt att beakta de skillnader som finns i materialegenskaper och i provtagningsförfarande mellan RF-mätning i betong och avjämning vid val av mätpunkternas

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	7(15)

placering. Materialens olika täthet skiljer sig väsentligt ifrån varandra, vilket både påverkar materialens uttorkningstider och uttorkningsförlopp men även fuktavgång vid provtagning. Mätresultatet från mätning av RF i avjämning har därför en större spridning i resultat inom en och samma läggningsetapp än vid borrhålmätning i betong. Följande bör beaktas vid placering av en mätpunkt för uttagning av prov i golvavjämning.

- Storleken på läggningsetapp
- Undersök om avjämnings tjocklek har dokumenterats i samband med avvägning och gjutning och använd i så fall denna dokumentation vid val av placering.
- Lokalisera det ställe som troligen är fuktigast. I första hand så är det oftast där avjämningsen är som tjockast. Det bör även beaktas att det kan vara fuktigare ut mot en kall yttervägg än i mitten av ett bjälklag.
- Förändringen av RF under uttorkning i avjämningssskikt går väsentligt fortare än för betong. Detta kan skapa stora skillnader i RF mellan olika delar av en läggningsetapp trots att avjämningsen har samma tjocklek.
- Skikt tjockleken hos avjämningsen kan variera avsevärt i en byggnad och även inom ett rum, vilket kan ge stora skillnader i mätresultat mellan olika provpunkter.
- om avjämnings utförts på ett HD/F-bjälklag kan avjämningsen vara betydligt tjockare vid bjälklagsändarna.
- Vid golvavjämnings på prefabricerade bjälklag är det viktigt att kontrollera om det finns igjutningar i bjälklaget under avjämningsen som kan medföra att uttorkningsen går långsammare än på resterande del av bjälklaget. Det kan tex vara foggjutningar och igjutna ursparningar i HD/F-bjälklag, se *Flik 3*.
- Placera inte mätpunkten i närheten av byggtorkar eller avfuktningssaggregat. Uttorkningsen kan här ske snabbare än längre ifrån.

4.4 Avläsning och kontroll av temperatur vid borrhålmätning i betong

Eftersom RF-mätning i betong utförs på en arbetsplats så är möjligheten att påverka och styra framför allt temperaturen betydligt svårare än vid RF-mätning på golvavjämnings som utförs på annan temperaturstabil plats. RF-bestämning på golvavjämnings kräver ett utrymme där temperaturen under mätningen maximalt varierar med några tiondels grader. Avläsning och kontroll av temperatur vid mätning på golvavjämnings beskrivs vidare i *Flik 8*. Nedanstående behandlar borrhålmätning i betong.

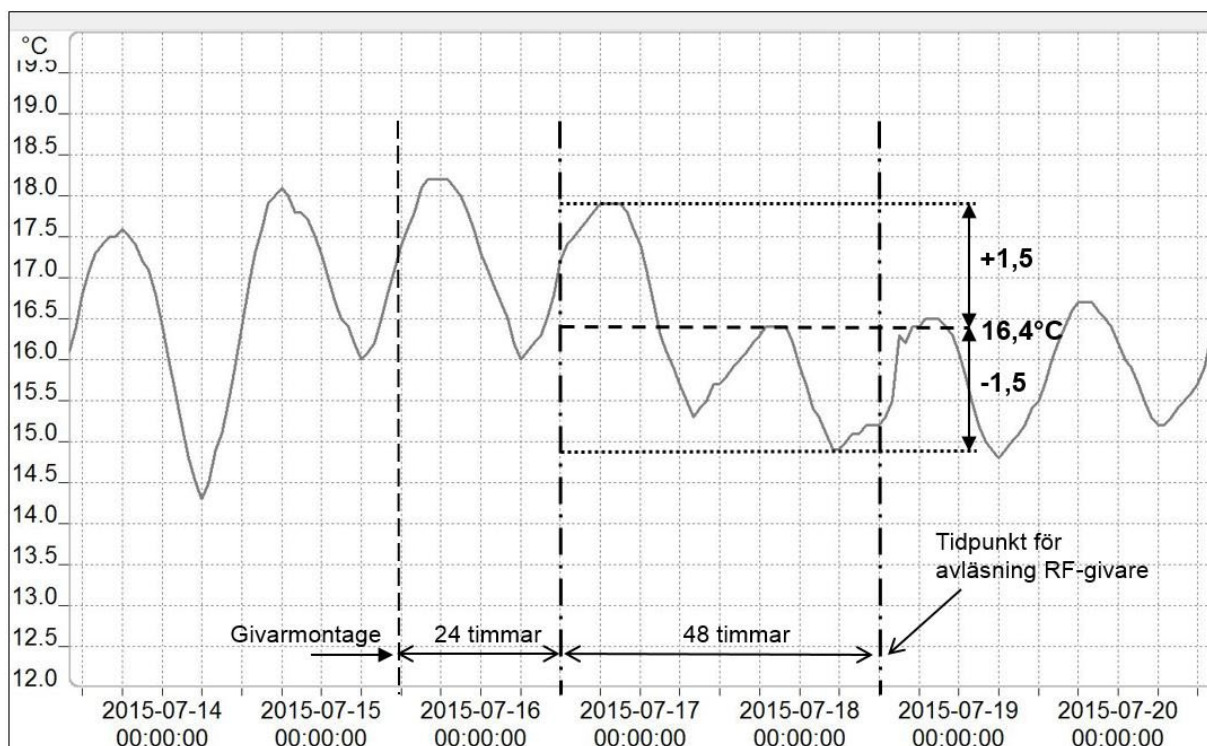
Efter att givare och betong kommit i fukt- och temperaturjämvikt kan avläsning utföras.

Avläsningens genomförande beror på vilken mätmetod som används och beskrivs i respektive givares rutinbeskrivning.

Avläsning får utföras vid flera tillfällen i samma mätpunkt förutsatt att tidsgränserna i respektive rutinbeskrivning följs. Fler avläsningar, förskjutna i tiden, är alltid att rekommendera för att kunna upptäcka eventuella felkällor som tex läckage i mätpunkten eller temperatureffekter.

Det är inte att rekommendera att ett mäthål används längre tid än 10 dygn från borrhållstillfället. För att ett mäthål ska få användas ytterligare något dygn, med givaren sittandes kvar, krävs att en tidigare avläsning har utförts och dokumenterats inom de första tio dyggen. Detta för att kunna göra en rimlighetsbedömning av resultatet. Om ett lägre resultat avseende RF erhålls senare än tio dygn efter borrhåll ska det inte användas förutsatt att det inte finns en väl underbyggd förklaring till att det högre värdet är felaktigt. Att betongen torkat på ett eller två dygn är inte en rimlig förklaring.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	8(15)



Figur 4.4 Utvärdering av temperaturloggning som utförts avseende lufttemperatur vid en mätpunkt.

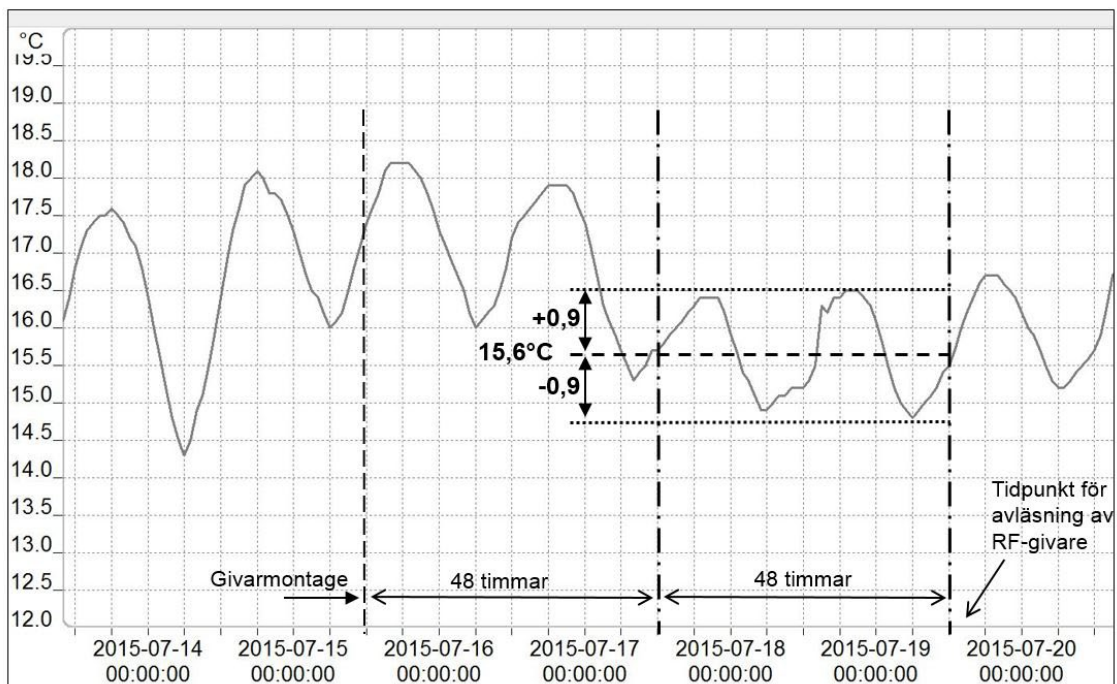
För att kontrollera temperaturvariationen under mätningen används en temperaturlogger. Loggning av temperaturen ska utföras i minst en mätpunkt i varje projekt, i den mätpunkt där temperaturvariationen kan antas vara störst. En rekommendation är att logga i fler mätpunkter, helst i samtliga. Loggning skapar en möjlighet att utesluta temperaturstörning som en felkälla om ett tveksamt mätresultat avseende betongens RF uppstår.

I stället för att logga betongens temperatur i mätområdet kan luften invid mätpunkten loggas. En temperaturvariation på maximalt $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ godtas i luften med ansatsen att detta medför en variation på $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ i betongen på mätdjupet. Temperaturloggern ska vara placerad i mätpunktens omedelbara närhet, tex i skyddskonerna om sådan används. Loggning ska utföras med max fem minuters intervall. I protokollet ska det tydligt dokumenteras i vilka mätpunkter loggning utförts. Utvärdering av temperaturloggningen visas i *Figur 4.4*.

Kravet är att temperaturen i luft maximalt får variera med $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$. Detta gäller en period på 48 timmar fram till att avläsningen utförs, se *Figur 4.4*. Ett medelvärde uppskattas i diagrammet för dessa 48 timmar baserat på de yttre gränserna. Resultatet blir i detta fall $16,4 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ vilket är markerat i figuren. Observera att detta inte är betongens temperatur utan luftens. Betongens temperatur, som ska anges i mätprotokollet, är temperaturen i mätområdet vilken läses av på RF-givarens display. Det spelar ingen roll om luftens temperatur svänger ner under $15,0^{\circ}\text{C}$, som i *Figur 4.4*. Detta så länge det inte medför att temperaturen i betongen är utanför intervallet $15,0 - 25,0^{\circ}\text{C}$ vid avläsningstillfället. Skulle inte temperaturkraven vara uppfyllda så kan givaren lämnas kvar ytterligare en tid fram till en ny avläsning om temperaturpåverkan kan begränsas. Om givaren som använts i *Figur 4.4* lämnas kvar i mätområdet ytterligare ett dygn skulle temperaturvariationen under 48 timmar fram till avläsning minska, se *Figur 4.5*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	9(15)

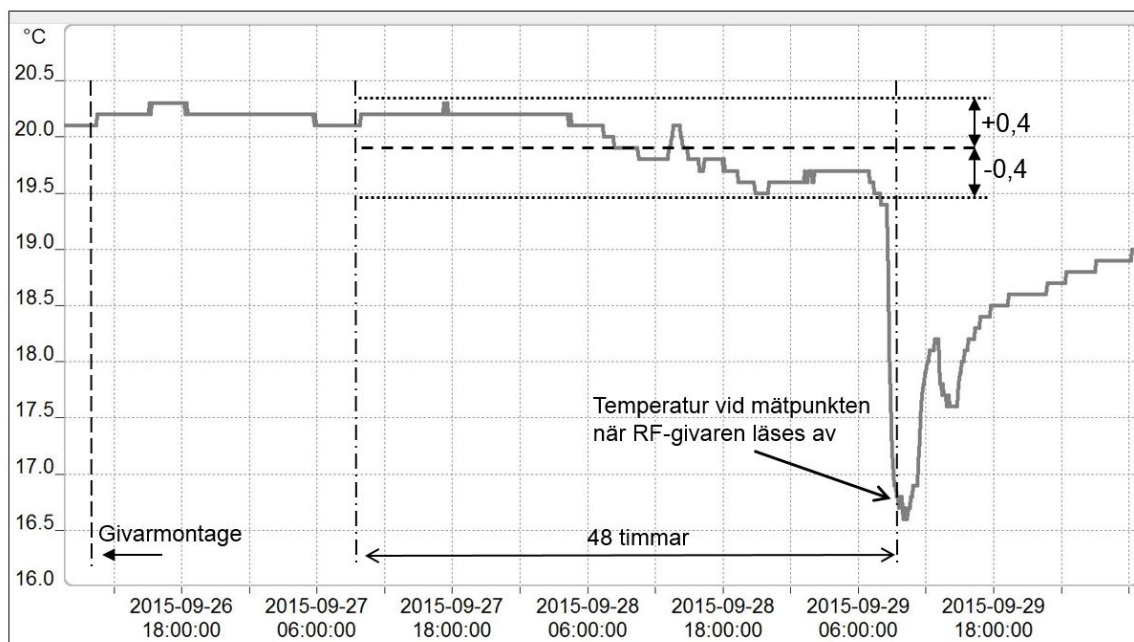
RBK-auktoriserad fuktkontrollant



Figur 4.5 Utvärdering av temperaturloggning som utförts avseende lufttemperatur vid en mätpunkt. Givaren har fått sitta kvar ytterligare ett dygn jämfört med i *Figur 4.4*.

Perioden av 48 timmar förskjuts framåt i tiden och temperatursvängningarna är då mindre vilket visas i *Figur 4.5*.

Det är viktigt att givaren inte utsätts för ett kallras eller en temperaturchock under avläsningen eller strax där innan. En öppen ytterdörr kan orsaka ett temperaturfall vilket visas i *Figur 4.6*.



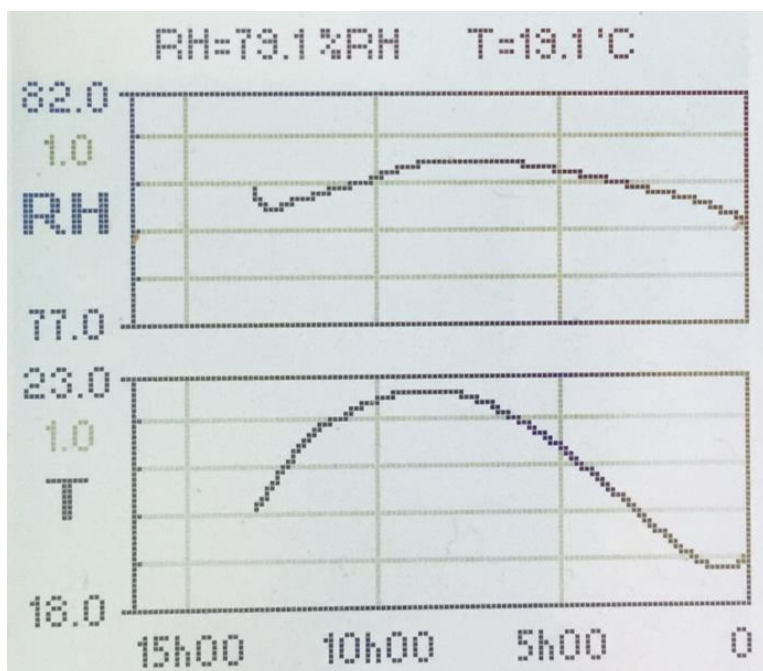
Figur 4.6 En öppen dörr har orsakat en mycket snabb sänkning av lufttemperaturen vid mätpunkten i samband med avläsning av RF-givaren.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	10(15)

Detta kan medföra att ett mätfel uppstår trots att temperaturen varit mycket stabil, $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$, under de föregående 48 timmarna vilket är markerat i *Figur 4.6*.

Ett exempel på hur temperaturvariationen kan påverka uppmätt RF visas i *Figur 4.7*.

Temperaturökningen ger initialt en liten RF-sänkning i betongen innan RF börjar att stiga i takt med att temperaturen stiger. När temperaturen börjar att sjunka så följer RF i betongen efter, med viss fördröjning. Den horisontella axeln visar förfluten tid i timmar där nollan är aktuell tidpunkt.



Figur 4.7 Loggad temperatur och RF under mätning med Vaisala HMP40S. Observera att kurvorna avser RF och temperatur i betongen. Temperaturvariationen är i princip dubbelt så stor som tillåtet, vilket är $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$.

Om temperaturkraven inte går att uppfylla så måste en ny plats väljas med gynnsammare förhållanden vad gäller temperaturens variation i tiden och en ny mätning utföras.

När ett avläst värde erhållits så används kalibreringskurvan, webbplats för HumiGuard, för att ta fram det verkliga RF-värdet dvs kalibrerad RF. Efter korrigerig för temperatur, fuktkapacitet och tillägg av mätosäkerhet erhålls slutvärdet. Slutvärdet är den RF som representerar mätresultatet vilket ska jämföras med högsta tillåtna RF för ytskiktet. Detta för att avgöra om betongen är tillräckligt torr för att ytskiktet ska kunna läggas utan risk för fuktskada.

Avgörandet om ett ytskikt ska läggas eller inte bör tas av beställaren av mätningen, inte den som utför mätningen. Som underlag används mätprotokoll och eventuella anmärkningar samt stöd från den person som utfört mätningen. Mätningens osäkerhet ska framgå av mätprotokollet och ingå i mätresultatet, slutvärdet. Vid avgörandet bör i första hand materialtillverkarnas anvisningar beaktas men även tillämpliga delar i AMA Hus samt eventuella kontrollplaner, avtal, kvalitetsplaner och checklistor. Med detta som underlag avgörs om ytskikt kan appliceras på underlaget eller om vidare torkning med eventuellt ökade torkinsatser krävs.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	11(15)

4.5 Rimlighetsbedömning av mätresultat

Ett mätresultat får aldrig levereras till beställaren innan det gjorts en rimlighetsbedömning av mätresultatet!

Syftet med rimlighetsbedömningen är att upptäcka eventuella grova fel eller andra faktorer som kan ha påverkat mätresultatet, se *avsnitt 2.12 i Flik 2* samt *Flik 28*. Om tveksamhet uppstår vid rimlighetsbedömningen ska detta noteras i protokollet eller på en bilaga till mätrapporten. Detta gäller både mätvärden som misstänks vara för höga eller för låga. Det ska tydligt framgå vad som upptäckts, vilken åtgärd som rekommenderas och att mätresultatet anses felaktigt.

En rimlighetsbedömning kan utföras genom:

- en jämförelse mellan mätresultat och beräknade värden, en torkprognos
- inbördes jämförelse av mätresultat mellan mätpunkter i samma projekt
- en erfarenhetsmässig bedömning baserat på tidigare kunskaper och mätningar
- jämförelse mot resultat från tidigare avläsning i samma mätpunkt
- jämförelse mot tidigare utförda mätningar från andra projekt
- en avstämning med kollega eller annan person med kunskap på området

Om en orimligt stor avvikelse erhålls måste detta undersökas för att försöka fastställa orsaken. Om avvikelser beror på mätutrustningen är det ju viktigt att det åtgärdas så att inte utrustningen orsakar avvikelser i kommande projekt. Nedan listas några tänkbara orsaker som kan bidra till felaktiga mätresultat:

- givaren har drivit eller skadats under mätningen – utför en egenkontroll
- stora temperatursvängningar under mätningen - kontrollera logger, om loggning utförts. För borrhålsmätning i betong se *Figur 4.4 och 4.5*.
- temperaturen har sjunkit eller stigit på våningen nedanför vid borrhålsmätning i bjälklag
- en dörr som öppnats någon timme före avläsning vilket medfört en snabb temperatursänkning – kontrollera logger, om loggning utförts, se *Figur 4.6*.
- vatten som har spillts invid mätpunkten ute på byggarbetsplatsen, ytan kan ha torkat före avläsning/innan provtagning
- golvavjämning har utförts direkt mot mätpunkten vilket kan påverka resultatet vid borrhålsmätning i betong
- mätpunkten vid borrhålsmätning har utsatts för mekanisk påverkan och blivit otät
- tätningen av mätröret läcker
- givarens tätning läcker
- tätning mellan gummiplogg och givare/provbehållare läcker vid RF-bestämning på golvavjämning

Ofta erhålls ett lägre RF-värde än det verkliga när ett mätfel begås. Detta är olyckligt eftersom risken ökar för att en fuktskada ska uppstå om ett ytskikt läggs på underlaget baserat på det felaktiga RF-värdet.

Ett resultat som avviker från förväntat behöver inte vara ett mätfel. Om mätresultatet jämförs mot en utförd beräkning, torkprognos, ska det beaktas att prognosen är en uppskattning

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	12(15)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

baserad på ett antal antaganden som kan vara mer eller mindre korrekta. Nedan listas några saker som kan bidra till att en prognos inte överensstämmer med verkligt uttorkningsförlopp.

- uppgift om väderlek vid gjutningen saknas
- uppgift om hur materialet fukthärdats i tidigt skede saknas
- uppgift om gjuttemperatur och lufttemperatur i tidigt skede saknas
- antaget torkklimat i prognosen överensstämmer inte med verkligheten
- konstruktionen är gjuten med betong med annat vct eller en annan golvavjämning än vad som antagits i prognosen
- golvavjämningen har större variationer i tjocklek än vad som antagits i prognosen
- uppgift saknas om eventuella tillsatsmaterial i betongen
- att prognosverktyget inte kan hantera de materialparametrar som behövs

4.6 RBK-mätning och avvikelser

En RBK-mätning är en RF-mätning som i alla moment uppfyller föreskrifterna i detta dokument, som i alla led utförs av en RBK-auktoriserad fuktkontrollant och där projektuppgifterna registrerats på www.rbk.nu.

Om en avvikelse från systemet skulle uppkomma under en mätning ska detta dokumenteras. Dokumentationen kan vara en kommentar i mätprotokollet eller i en bilaga till respektive dokument i rapporten. Bilagan ska numreras och hänvisning ska anges i mätprotokollet. Det ska tydligt framgå av texten vad som inträffat och vad avvikelsen innebär för mätresultatet. Bilagan för avvikelserapportering, *Blankett F6* under *Flik 29*, kan även användas för att notera viktiga observationer under projektets gång. Detta kan vara värdefull dokumentation vid utvärdering av mätresultat eller vid en eventuell tvist.

Om en avvikelse uppstår som medför att mätosäkerhetsberäkningen inte är tillämplig dvs mätningen är utförd utanför systemets gränser ska inte några avlästa resultat eller slutvärde redovisas. Den mät punkt det gäller ska tas bort i protokollet eller strykas över. Det finns dock några undantag då det tillåts att redovisa ett resultat trots att mätningen utförts utanför tillåtna gränser om så önskas. Detta gäller:

- om temperaturen i materialet vid avläsning är utanför intervallet 15,0 – 25,0°C
- om temperaturvariationen i betongen/luften under mätperioden har varit utanför tillåtna gränser vid borrhålmätning i betong
- om kalibrerad RF ligger utanför givarens kalibreringsintervall

Hur detta hanteras i mätprotokollet beskrivs med ett antal exempel i *Flik 28*.

4.7 Mätrapport

En tydlig mätrapport ska överlämnas till uppdragsgivaren. En mätrapport avseende en RBK-mätning ska alltid vara fullständig när den överlämnas, postas, mejlas eller kopieras. Detta åligger den som utfört mätningen och ansvarar för uppdraget att säkerställa. Inga lösryckta blad, sidor, ”kladdpapper” eller mejl där det hänvisas till RBK får komma i omlopp. Om rapporten redovisas digitalt ska alla dokument sammanfogas till en enda fil. Filen ska vara låst och inte gå att redigera i efterhand.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	13(15)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Mätrapporten avseende en RBK-mätning ska alltid ha en enhetlig förstasida. *Blankett F11* ska användas, se *Flik 29*. På nästa sida i rapporten ska mätresultaten sammanfattas tillsammans med uppgift om vem som utfört mätningen samt underskrift. *Blankett F12* eller *Blankett F7* ska användas för betong och *Blankett F12AV* för golvavjämning. Därefter följer montage- och avläsningsprotokoll, mätosäkerhetsberäkning, ritningar med redovisning av mätpunkternas placering och eventuella bilagor. *Blankett F1*, *Uppgifter inför fuktmätning*, ska ingå i rapporten. Borrning, provtagning, montage och avläsning ska dokumenteras i mätprotokoll som signeras av den som utför de olika momenten, se *Flik 29*. Naturligtvis ska samtliga uppgifter vara ifyllda så att de går att läsa. Protokollen ska bifogas mätrapporten.

Pappersoriginal av mätrapporten eller kopieringsbar kopia av original ska av kontrollanten, **personligen, arkiveras i tio år**. Alternativt arkiveras mätrapporten digitalt under samma tid. Mätrapporter och eventuell övrig dokumentation ska i så fall arkiveras samlat under en katalog med ett namn som ska innehålla aktuellt projektnummer enligt RBK. Digital backup ska finnas.

Arkivering ska ske på ett sådant sätt att materialet utan extra åtgärd kan medtas vid byte av arbetsgivare eller vid en revision, tex på CD-skiva, USB-minne, extern hårddisk eller i en separat pärm.

Mätrapporten avseende en RBK-mätning ska innehålla följande uppgifter:

- namn och adress på den som utfört mätningen
- auktorisationsnummer enligt RBK
- **Projektnummer RBK**, på alla bifogade dokument. (Ett femsiffrigt projektnummer erhålls när projektet registreras på www.rbk.nu.)
- namn, företag och telefonnummer till beställaren av fuktmätningen
- mätningens syfte (högst tillåtna RF, målvärde avseende RF, annat syfte)
- val av mätplatser (markeras noggrant på ritning, måttsättning om så behövs)
- beskrivning av mätobjekt (adress, våningsplan, rum, mått)
- uppgifter om byggkonstruktionen (tjocklek, prefab/platsgjutet, enkel-dubbelsidig uttorkning, om det finns ingjuten golvvärme)
- uppgifter om ingående material (vct, cementsort och tillsatsmaterial för betong. Fabrikat/typ avseende avjämning)
- tidpunkt för borrning/provtagning
- tidpunkt för montage av givare
- tidpunkt då avläsning sker
- i vilka mätpunkter som temperaturloggning har utförts för betong
- temperaturens max- och minvärde under mätperioden för avjämning
- mätutrustning, typ och ID-nummer
- datum för senaste kalibrering
- datum för senaste egenkontroll
- mätmetod

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	14(15)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

- eventuella avvikelser från metoden och systemet
- samtliga mätvärden från utförda avläsningar
- betongens/avjämnings temperatur vid avläsningstillfället
- osäkerheten i mätvärdena samt hur dessa har bestämts
- samtliga mätresultat omräknade till RF vid 20,0°C ökade med fukt-mätningens osäkerhet
- underskrift och datum

Underskriften får vara digital förutsatt att föranmälan görs till RBK av den person som vill signera digitalt. Signaturen ska finnas hos RBK för möjlighet till framtida identifikation. Om två RBK-auktoriserade kontrollanter varit inblandade i mätningen ska den som ansvarar för uppdraget signera rapporten. Samma person ska registrera uppdraget på www.rbk.nu.

RF ska räknas om till RF vid 20,0°C vilket antas motsvara konstruktionens brukstemperatur. Detta är den temperatur vid vilken högsta tillåtna RF för ytskikt vanligen anges. Korrigering utförs enligt *avsnitt 28.1.1* i *Flik 28*. Uppgift om kalibrerad RF och betongens vct behövs för att kunna beräkna korrigeringen när det gäller betong. Resultatet avseende RF som redovisas i rapporten, benämnt slutvärdet, ska alltid vara kalibrerad RF, korrigerad avseende fuktkapacitet och temperatur, redovisad vid 20°C samt ökad med mätosäkerheten.

Observationer under mätuppdraget som kan tänkas påverka mätningen ska noteras i protokollet eller i separat bilaga. Exempel på detta kan vara:

- att mätpunkterna inte placerats där det antas vara fuktigast
- att placeringen har anvisats av beställaren
- att antal mätpunkter avviker från miniminivån enligt *avsnitt 4.2*.
- vattenläckage eller inläckande regn i byggnaden
- fuktalstrande aktiviteter som tex avjämnning eller målning
- dörrar och fönster som står öppna
- montage av ny givare om mätpunkt/givare blivit förstörd vid mätning i betong
- rekommendation om ny mätning/uttagning av prov för kontroll av tveksamma resultat
- mekanisk åverkan på givare och/eller mätpunkt vid mätning i betong
- temperaturvariationer utanför systemets gränser
- ett torkklimat i byggnaden som skiljer sig väsentligt från planerat
- fortlöpande beslut och besked från beställaren avseende mätuppdraget

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		4	15(15)

Bilaga 5

FLIK 7 RUTIN FÖR PROVTAGNING I GOLVAVJÄMNING

7 RUTIN FÖR PROVTAGNING I GOLVAVJÄMNING

Provtagning ska utföras enligt denna rutin och RF-bestämning på det uttagna provet ska utföras i lokal med stabilt klimat enligt rutin i *Flik 8 Rutin för bestämning av RF på uttaget prov*.

Prov ska tas genom hela avjämningsskiktets tjocklek med syfte att avgöra vilken RF som råder i avjämningsen vid provtagningstillfället. Provtagningen ska alltid dokumenteras i provtagningsprotokoll, *Blankett F3AV*.

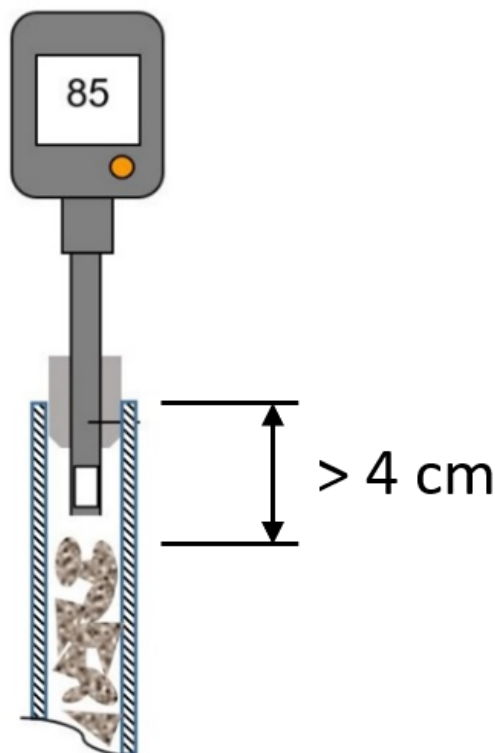
Om RF-bestämningen/mätningen inte ska utföras av provtagaren måste avstämning först utföras med tilltänkt person/laboratorium innan provtagning utförs. Detta för att säkerställa att rätt utrustning används, bestämma hur proverna ska transporteras samt säkerställa att resurser finns så att provtagning och RF-bestämning utförs inom tillåten tidsram. Tid från uttagning av prov till det att RF-bestämningen slutförts är maximalt 10 dygn.

7.1 Utrustning

- Rekommenderad skyddsutrustning (halvmask med partikelfilter, skyddsglasögon, hörselskydd, skyddsskor, knäskydd, åtsittande handskar)
- Dammsugare med god sugförmåga, lämpligen komplettera med dammuppsamlare
- Slagborrmaskin
- Hammarborrkrona med en utvändigt diameter mellan 50 - 68 mm.
Det är lämpligt att ha med sig två borrkronor att alternera mellan för att de ska hinna svalna mellan provtagningarna.
- Provbehållare i olika storlekar, se nedan
- Självhäftande etiketter till provbehållare alternativt elastisk byggtejp
- Borrmall för styrning av borrkronan vid borrstart rekommenderas, centrumborr får inte användas
- Lämplig transportbehållare (väska, kylväska)
- Skjutmått, måttstock
- Yttermometer, IR-termometer för kontroll av avjämningsytans, borrkärnan/provets och borrkronans temperatur
- Hammare, mejsel, kniv
- Någon form av sarg för att fånga upp provbitarna under krossningen (valfritt)
- Provtagningsprotokoll golvavjämnings, *Blankett F3AV*
- Ritning och penna för att markera var proverna tagits

Provbehållarens storlek ska anpassas till provmängden. Mängden beror både på avjämningsskiktets tjocklek och borrkronans diameter. Provbehållaren ska efter provtagningen vara fylld till minst två tredjedelar av provbehållarens höjd. När allt material som ska tas med är placerat i provbehållaren måste det fortfarande finnas utrymme kvar för givare och gummiplugg. Provbehållaren får således inte vara fylld ända upp till kanten, se *Figur 7.1*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		7	1(6)



Figur 7.1 Givare med gummiplugg monterad i provrör.

Två borrkärnor kan behövas vid tunna skikt för att erhålla tillräcklig mängd material. Vid tjocka skikt kan borrkärnan behöva klyvas innan krossning.

Provbehållare som ska användas måste vara täthetstestad. Detta för att säkerställa att påverkan på uppmätt RF orsakad av det material som behållaren är tillverkad av och dess förslutning är av försumbar storlek. Provbehållarna ska vara rena och oskadade. Skadade förslutningar och gummipluggar som tappat sin elastiska förmåga eller har sprickor ska inte användas.

Testade och godkända provbehållare är:

- Transparent plaströr (PVC, utvändigt diameter \varnothing 25 mm, godstjocklek 1,5 mm) med en gummiplugg i varje ände (Paragummi, konisk \varnothing 27/21x30 mm). Längd plaströr 190 eller 280 mm. Kan tex beställas hos fuktbutiken.se
- Glasburk (Borosilikat 3,3 glas, GL45-gänga PP skruvlock) med volym 100 ml eller 250 ml. Kan tex beställas hos se.vwr.com/store/

7.2 Inför provtagning

1. Inhämta de uppgifter om projektet som behövs inför mätningen, använd *Blankett FI*, samt en ritning som underlag för redovisning av var provpunkterna placeras.
2. Kontrollera alltid med beställaren om det finns golvvärme i avjämningen och i så fall var mätpunkterna kan placeras. Kontrollera även med beställaren om det finns armering i golvvävningen där provtagningen ska utföras samt vilket underlag det är under golvvävningen.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		7	2(6)

3. Påpeka för beställaren att det är viktigt att hålen som uppkommer vid provtagningen fylls igen direkt för att hinna torka ut inför beläggning av ytskikt.
4. Uppgift om avjämnings tjocklek är viktig för att kunna avgöra hur provtagningen ska utföras och vilken storlek på provbehållare som behövs.
Om möjligt väljs provtagningspunkter redan efter avvägning av golvunderlaget innan avjämning utförs. Då finns uppgifter om tjocklek och det tjockaste skiktet kan väljas och markeras in på ritning. Avståndet till golvkant/vägg ska vara minst 200mm för att undvika kanteffekter.
5. Läs igenom hela denna rutin och säkerställ att all nödvändig utrustning som behövs för provtagningen är införskaffad.

Om det vid borring görs åverkan på underliggande plastfolie, luftspaltbildande matta eller ljudisolering är det viktigt att säkerställa att dessa åtgärdas enligt anvisningar från leverantören av respektive produkt. Eventuell åverkan meddelas beställaren och noteras alltid som en kommentar i mätprotokollet.

7.3 Klyvning av borrhärna efter uttagning av prov

Klyvning, om så behövs, utförs direkt på plats när borrhärnan knäckts loss. Efter klyvning krossas omedelbart den del av kärnan som ska användas enligt punkt 18 i *avsnitt 7.4.3 Rutin för provtagning*. Kärnan kan klyvas stående eller liggande beroende på avjämnings tjocklek. Om tjockleken på avjämning är mindre än kärnans diameter klyvs provet lämpligen stående, eftersom det ger ökad stabilitet, se *Flik 2 avsnitt 2.7*. Klyvs kärnan liggande kan det underlätta med någon form av mothåll för att den ska ligga stabilt under klyvningen. Det är viktigt att det blir raka snitt och jämn fördelning mellan material från botten till toppen av cylindern. Eftersom kärnan är fuktigast i botten är det viktigast att andelen bottenmaterial är representativt.

1. Placera borrhärnan på avjämningsytan/golvet.
2. Använd en kniv som placeras mot cylinderns yta där snittet önskas.
3. Slå till med en hammare så att cylindern klyvs i två halvor.
4. Om snittet blir snett så att ingen av delarna kan anses representativ för ett prov taget genom hela avjämnings tjocklek, dvs olika mycket material från botten respektive toppen av borrhärnan, så måste provet kasseras.
Som en tumregel bör skillnaden vid mätning av avståndet från centrum till kant på topp- respektive bottenytan högst vara ca 5 mm. (behöver inte noteras i protokollet).
5. För tjock avjämning och/eller vid användning av borrhärna med stor diameter kan klyvning göras igen för att erhålla en fjärdedel av borrhärnan.
Notera i protokollet hur stor del av borrhärnan som används för att placera i provbehållaren, Hel, Halv, eller Kvart (fjärdedel).
6. Välj den del av kärnan som har störst bottenyta i förhållande till toppen.
7. Fortsätt till punkt 18 i *avsnitt 7.4.3 Rutin för provtagning*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		7	3(6)

7.4 Uttagning av prov

7.4.1 Volym provmängd i provbehållare

Vid användning av plaströren beskrivet i 7.1 kan följande tumregel användas för att bedöma hur mycket av provröret som fylls med provmaterial uttryckt i cm rörlängd: ”5 mm tjock avjämning ger 2 cm material i provröret” För olika dimensioner på borrhälskrona gäller:

Borrhälskrona ytterdiameter [mm]	Tjocklek avjämning [mm]	Del av uttaget prov	Fylld längd i provrör [cm]
50	0 - 60	Halv	2 cm per 5 mm avjämning
68	0 - 60	Kvart	2 cm per 5 mm avjämning

Figur 7.2 Uppskattning av provmängd vid bedömning av vilken storlek på provbehållare som ska användas vid provtagning.

För en och samma tjocklek på avjämning erhålls ungefär samma volym provmängd för halv kärna med 50 mm och kvarts kärna med 68 mm borrh. Måtten avser utvändigt diameter med hammarborrhälskrona från Hilti avsedd för lättbetong.

OBS! Plaströren får inte fyllas till mer än ca 4 cm från rörkanten, se *Figur 7.1*. Detta för att lämna plats åt gummiplugg med nedstickande RF-givare vilka monteras vid RF-bestämningen.

Kort provrör är 19 cm långt och har 14 cm utrymme för prov vilket därmed fungerar upp till 35 mm tjock avjämning. Det långa röret som är 28 cm har 23 cm utrymme för prov, vilket fungerar upp till 55 - 60 mm. Hur mycket plats materialet tar beror dock även på till vilken grad materialet krossas. Således är ovanstående att betrakta som en vägledning, se *Figur 7.2*.

Vid tjockare skikt när det längsta provröret inte räcker till måste glasburk användas för att materialet ska få plats.

7.4.2 Tid till förfogande vid provtagning

Som en tumregel får tid från att borrhningen påbörjas till det att provbitarna är i provbehållaren och den är försluten vara högst 1 min per 10 mm avjämning men maximalt 6 minuter. För att kunna klara av detta måste all utrustning som behövs placeras inom en armlängds avstånd från mätpunkten innan borrhning påbörjas. Det finns inte utrymme för att leta efter eller hämta utrustning under provtagningen.

7.4.3 Rutin för provtagning

1. Bestäm var provhålet ska placeras och skriv in mätpunktens beteckning/numrering i protokollet, *Blankett F3AV*. Avståndet till golvkant/vägg ska vara minst 200 mm för att undvika kanteffekter.
2. Förbered provtagningen genom att gå igenom provtagningsförfarandet och ta fram all utrustning som behövs. Välj provbehållare i lämplig storlek baserat på uppskattad tjocklek och val av diameter på borrhälskrona, se 7.4.1 *Volym provmängd i provbehållare* Se till att ha ytterligare några provbehållare med olika storlek tillhands. Provbehållarna ska inte vara kalla.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		7	4(6)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

- Om plaströr ska användas så montera gummipluggen i ena änden genom att vrida fast den med kraft så att god anliggning erhålls mellan insida rör och gummiplugg.
- Ta på skyddsutrustningen
- Notera diameter i protokollet avseende den borrkrona som ska användas.
- Mät yttemperaturen på golvytan i mätpunkten och notera i protokollet, heltal.
- Mät borrkronans temperatur före borring (behöver inte noteras i protokollet). Om borrkronan är betydligt varmare än avjämnings yta finns risk att kommande prov blir för varmt. Kyl borrkronan genom dammsugning om så behövs eller byt till en annan borrkrona.
- Skapa ett styrsår med borrkronan, tex med hjälp av bormallen. Centrumborr får inte användas.
- Placera dammsugarens munstycke några centimeter från sidan på borrkronan, inte direkt mot borrkronan. Alternativt används dammupsamlare.
- Borra därefter med eller utan slag genom hela avjämnings under samtidig dammsugning. Lämpligt kan vara med slag i början och utan slag när borren närmar sig underliggande material för att inte borra för djupt. Borrkax kan dammsugas bort under borringen genom att lyfta borrkronan, snabbt dammsuga spåret och sedan fortsätta borra.
- Knäck loss borrkärnan med mejsel och plocka upp kärnan ur borrhålet. Dammsugarmunstycket kan användas till att suga fast provet då det plockas upp.
- Mät omedelbart yttemperaturen på den frigjorda borrkärnans mantelyta och notera i protokollet utan decimal. Om temperaturen är över 45°C så ska kärnan kasseras.
- Om skillnaden mellan borrkärnans temperatur och den tidigare uppmätta temperaturen på golvytan överstiger 15°C så kasseras provet och ny provpunkt väljs.
- Knacka borrkärnan/provbiten i golvet för att avlägsna borrkax från provet.
- Om något av materialet det är avjämnat på, tex betong eller trä, följer med och sitter fast på borrkärnans undersida så ska det tas bort.
- Om kärnan inte kan plockas ut hel utan att rester av avjämnings sitter kvar nere i hålet så bilas omedelbart resterna bort och stoppas direkt i provbehållaren. Alla bitar större än 5 mm ska ingå i provet. Alternativt borras ett nytt hål.
- Om avjämnings är tjock kan kärnan behöva klyvas vartefter endast en del av provet används. Detta för att materialet ska få plats i provbehållaren. Klyvning utförs innan nedanstående punkter genomförs. Se 7.3 *Klyvning av borrkärna efter uttagning av prov*.
- Placera provet på avjämningsytan/golvet, placera sargen runt provet om sådan används och krossa därefter provet försiktigt med hammaren/mejseln. Bitarna ska vara så stora som möjligt men inte större än 20 mm.
- Plocka materialet med fingrarna, med eller utan handskar, och placera det i provbehållaren. Allt material förutom borrkax och bitar som är mindre än 5 mm ska tas med.
- Provbehållaren ska vara fylld till minst två tredjedelar när allt material är upplockat och placerat i behållaren. Det måste minst vara 4 cm kvar mellan

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		7	5(6)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

- provmaterialiet och provbehållarens öppning för att skapa ett utrymme för RF-givaren.
21. Om provbehållaren är för liten för att allt material ska få plats så håll snabbt över materialet i en större behållare och fortsätt plocka upp eventuellt kvarvarande material som ska tas med.
 22. Om mängden material inte är tillräckligt förslut snabbt provbehållaren varvid ytterligare en borrhäns tas ut. Börja om från punkt 5 och använd en ny rad i protokollet för dokumentation.
 23. Förslut provbehållaren ordentligt. Vid användning av plaströr med gummiplugg ska insida rör torkas av varefter gummipluggen vrids fast med kraft för att mycket god anliggning och täthet ska erhållas mellan rörets innervägg och gummipluggen.
 24. Notera i protokollet vilken typ av provbehållare som har använts, datum och klockslag för provtagningen.
 25. Fäst en etikett/tejp på provbehållaren och märk den med beteckning/numrering enligt provtagningsprotokollet.
 26. Mät golvväggens tjocklek med ett skjutmått och notera i protokollet med en mm noggrannhet.
 27. Kontrollera att provbehållaren är ordentligt försluten och placera den därefter i transportförpackningen.
 28. Notera i protokollet hur proverna ska transporteras/fraktas och var RF-bestämningen ska utföras.
 29. Markera provhålets placering på ritningen och notera ritningsnumret i protokollet.
 30. Fyll i kvarvarande uppgifter i protokollet samt eventuella kommentarer. Kommentarer kan även redovisas i separat bilaga vilken i så fall ska numreras och hänvisas till.
 31. Datera slutligen protokollet och signera med namnteckning.
 32. Ta ett foto av protokollet för egen dokumentation varefter det ska placeras i transportbehållaren ihop med provbehållarna inför transport/frakt.

7.5 Transport av prover

Beakta att prov ska skyddas mot temperaturvariationer under transport och lagring. Transport av provet ska ske på ett sådant sätt att provbehållarna skyddas mot mekanisk åverkan som kan medföra att de går sönder eller att gummiplugg/lock lossnar eller går sönder.

Vid mottagningskontroll undersöks så att provbehållaren är oskadad och att gummiplugg/lock inte har lossnat eller gått sönder samt om det är synlig kondens i provbehållaren. Om det efter denna kontroll är uppenbart att ett felaktigt mätresultat kommer att erhållas så kasseras provet. Ett prov med synlig kondens vid ankomst kan eventuellt användas om kondensen återgår, se *Flik 8*. Provtagningsprotokollet, *Blankett F3AV*, ska alltid bifogas och transporteras ihop med proverna till den lokal där RF-bestämningen ska utföras.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		7	6(6)

Bilaga 6

FLIK 8 RUTIN FÖR BESTÄMNING AV RF PÅ UTTAGET
PROV

8 RUTIN FÖR BESTÄMNING AV RF PÅ UTTAGET PROV

Denna rutinbeskrivning gäller enbart för RF-bestämning på uttaget prov av golvavjämning. RF-bestämning kan göras på olika sätt. I detta kapitel beskrivs metoder för de enligt denna mätrutin godkända givarna i respektive avsnitt.

RF-mätningen utförs i en lokal med ett utrymme där variationen i temperatur under mätningen kan minimeras till någon tiondels grad, i texten benämnt labb eller laboratorium.

Mätningen sker på prover i samma provbehållare som de placerades i vid provtagningen och RF bestäms enligt rutinen beskriven i *avsnitt 8.6 Montage av givare, jämviktning och avläsning*. RF-mätningen ska ske vid en temperatur mellan 15,0 och 25,0°C.

Vid ankomst av proverna ska en mottagningskontroll utföras. Provbehållarna kontrolleras så att de är oskadade, att gummiplugg/lock inte har lossnat eller gått sönder och att det inte är synlig kondens i behållaren. Om det vid denna kontroll är uppenbart att ett felaktigt mätresultat kommer att erhållas så kasseras provet tex om en gummiplugg sitter löst eller lossnat helt.

Provet ska konditioneras under minst 12 timmar i samma klimatrum eller klimatskåp som RF-mätningen ska utföras i innan givaren monteras. Om kondens syns i behållaren när den anländer till laboratoriet ska konditionering göras dubbelt så lång tid som gått sedan provet togs ut på arbetsplatsen. Om kondens därefter fortfarande syns ska provet kasseras. Tid för start av konditionering ska noteras i avläsningsblanketten som används under RF-bestämningen, *Blankett AVL*. I blanketten ska alla avläsningar dokumenteras, se *avsnitt 8.3*.

8.1 Provbehållare

RF-bestämning ska utföras i den provbehållare som har använts vid provtagningen utan att provbitarna avlägsnas ur behållaren eller hålls över i annan behållare.

En gummiplugg med ett förborrat hål ska monteras på den givare som ska användas vid mätning. Denna gummiplugg måste således införskaffas innan mätning kan utföras. Hålet måste vara anpassat till givaren så att god passform uppnås utan läckage mellan givare och gummiplugg. Storleken på gummiplugg måste vara anpassad till öppningen i provbehållaren. För utförligare beskrivning av provbehållare se *Flik 7, Rutin för provtagning i golvavjämning*.

8.2 Kalibrering och egenkontroll

Testo 605-H1 och Vaisala HMP 40S ska kalibreras enligt *Flik 2 avsnitt 2.9*.

Kalibreringskurvan ska användas vid avläsning för korrigerande av avläst värde. Kalibrering ska utföras innan givaren tas i bruk första gången och därefter minst en gång per år.

Det är att rekommendera att givarna enbart används för mätning i golvavjämning i laboratoriemiljö och inte för mätning på andra material eller för borrhålmätning i betong.

Egenkontroll av givare som enbart används för mätning i golvavjämning ska utföras minst en gång var annan månad enligt rutin i *Flik 5*, och när den så påvisar ska ny kalibrering utföras. Vad gäller drift så gäller samma förutsättningar avseende mätosäkerhet som för givare som används vid mätning i betong, se *avsnitt 28.2.1. Rutin för beräkning av mätosäkerhet, punkt c Drift hos RF-givare*.

Datum för senaste kalibrering och egenkontroll av givare ska noteras i mätprotokollet.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		8	1(5)

8.3 RF-bestämning

Under RF-bestämningen ska avläsningar utföras momentant och protokollföras i avläsningsprotokollet, *Blankett AVL*, som därefter är ett underlag till upprättande av mätprotokollet, *Blankett F5AV*. *Blankett AVL* ska ingå som en del i den slutliga mätrapporten. Avläsningsprotokollet används för att dokumentera att slutlig avläsning ej utförts innan givare och prov kommit i jämvikt, att så kallad högst jämviktade RF har uppnåtts samt för att eventuellt läckage i tätningen ska upptäckas. Ett läckage kan ge ett kraftigt sjunkande RF-värde med tiden. Om läckage uppstår ska provet kasseras då mätresultatet är felaktigt. Tid från givarmontage till slutlig avläsning ska minst vara 48 timmar. Minst sex avläsningar avseende RF och temperatur ska utföras och protokollföras under RF-bestämningen. (Givaren/proben Vaisala HMP110 kan användas ihop med specialanpassad utrustning för loggning av mätdata varvid *Blankett AVL* och separat temperaturlogger kan utgå)

8.3.1 Tidsintervall mellan avläsningar

I samband med givarmontaget ska två avläsningar utföras. Den första ca en timme efter givarmontage och den andra ca en timme senare. Därefter utförs ytterligare en avläsning i intervallet 12–24 timmar efter givarmontage. Avläsning utförs åter minst 46 timmar efter givarmontage. En timme senare görs ytterligare två avläsningar med minst en timmes mellanrum. Om avläst RF då är betydligt lägre jämfört med avläsningen som utfördes 12–24 timmar efter montage eller är lägre än förväntat kan ett läckage misstänkas. Om ett läckage kan konstateras så ska provet kasseras och resultatet förkastas. Om RF däremot sjunker något, ca en halv till någon procent, kan det bero på fuktomfördelning i provröret. Högst noterad RF vid avläsningarna som utförts minst 12 timmar efter givarmontage ska användas som slutavläsning. Detta förutsatt att inte de sista avläsningarna tydligt indikerar en fortsatt stigande RF. Om så är fallet ska ytterligare en avläsning utföras minst 12 timmar senare för att avgöra om avläst RF fortfarande stiger. Om så är fallet måste mätningen fortgå tills jämvikt inträder. Högst avläst RF med tillhörande avläst temperatur ska skrivas in på raden ”Högsta jämviktade RF” i *Blankett AVL*. Dessa värden förs in som avlästa värden i mätprotokollet, *Blankett F5AV*, där kalibrerad RF beräknas för att använda vid framtagande av mätningens slutvärde.

8.3.2 Temperaturvariation under RF-bestämningen

Temperaturvariationen under RF-bestämning ska kontrolleras genom loggning i nära anslutning till givarna. Loggning ska ske med ett intervall på högst 5 minuter. Min- och maxtemperatur vid loggningen under mätningen, ska noteras i mätprotokollet för att ligga till grund för beräkning av mätosäkerheten. Temperaturvariationen den första timmen efter givarmontage behöver inte inkluderas eftersom givarmontaget kan medföra en betydande temperaturstörning.

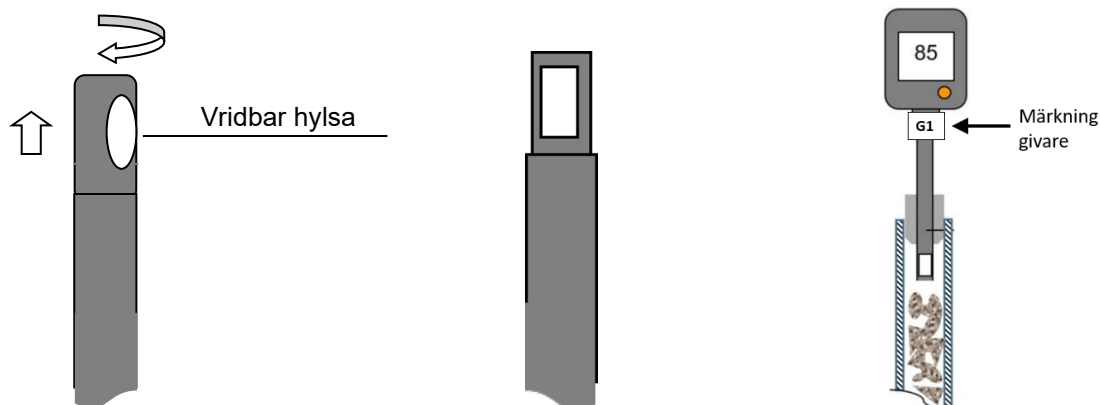
8.4 Kapacitiv givare - Testo

RF-bestämning ska ske med kapacitiv givare av fabrikatet Testo 605-H1. Denna givare bygger på en kapacitiv mätprincip. RF-sensorn är tillverkad av ett hygroskopiskt material. Kapacitansen ökar starkt med ökande fukttinnehåll. Givare 605-H1 har inbyggd skärm där RF, temperatur och daggpunkt presenteras. Vid mätning ska den vridbara hylsan i änden av 605-H1 tas bort, vrid den till halvöppet läge och dra av den. Om givaren inte ska användas under en längre tid så ska hylsan återmonteras som sensorskydd under förvaring. Även när givaren

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		8	2(5)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

skickas på kalibrering så ska skyddet först monteras, se *Figur 8.1*. Innan givaren tas i bruk efter inköp ska användaren fästa en etikett på givaren med en egen, unikt, givarmärkning. Lämplig placering är övers runt skaftet, se *Figur 8.1*.



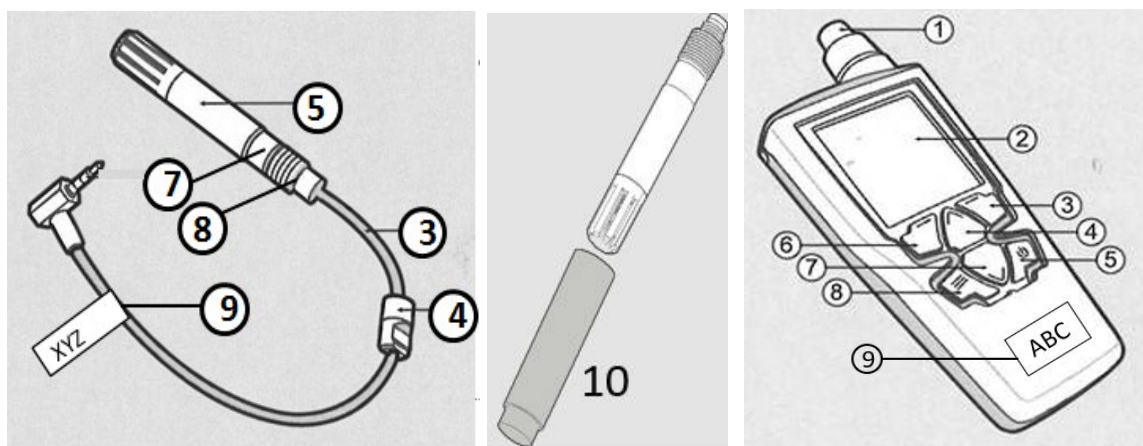
Figur 8.1 Principfigur för demontering av hylsan på Testo 605-H1 samt givare monterad i provbehållare.

8.5 Vaisala HMP40S

Denna givare bygger på en kapacitiv mätprincip. RF-sensorn, Humicap[®], är tillverkad av ett hygroskopiskt material. Kapacitansen ökar med ökande fuktinnehåll. Givarens kabel kopplas till ett avläsningsinstrument, HM40-indikator, där RF och temperatur kan avläsas.

RF-bestämning ska ske med givare av fabrikatet Vaisala HMP40S. Givaren består av probe HMP110 i kombination med en kabel som ansluts till proben, se *Figur 8.2*. Kabeln ska endast avlägsnas från proben om ett eventuellt byte är nödvändigt. HM40-indikator, se *Figur 8.3*, används för att utföra avläsning av givaren. En indikator kan användas ihop med flera givare.

Innan givaren tas i bruk efter inköp ska användaren fästa en etikett på kabeln med en egen, unikt, givarmärkning. Även avläsningsinstrumentet ska förses med en unik märkning.



Figur 8.2 Givare Vaisala HMP40S

3. Kabel för anslutning
4. Gummiplugg (används ej vid uttaget prov)
5. Probe HMP110
7. Etikett med serienummer, tillverkare
8. Anslutning mellan kabel och probe
9. Etikett med egen märkning/givarmärkning
10. Skyddshuv (gul färg)

Figur 8.3 Avläsningsinstrument

- Vaisala HM40-indikator
1. Kabelanslutning
 2. Display
 - 3–8 se *Flik 11 avsnitt 11.1*.
 9. Etikett med egen märkning

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		8	3(5)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Vid mätning ska skyddshuven tas bort, se *Figur 8.2*. Om givaren inte ska användas under en längre tid så ska skyddshuven återmonteras som sensorskydd under förvaring. Även när givaren skickas på kalibrering så ska skyddshuven först monteras. Information om Vaisala finns på www.vaisala.com.

(Möjlighet finns även att använda HMP110 i kombination med specialanpassad utrustning för loggning av mätdata i stället för att utföra momentanavläsningar med indikator HM40)

8.6 Montage av givare, jämviktning och avläsning

Provet ska konditioneras under minst 12 timmar innan givare monteras i samma klimatrums eller klimatskåp som RF-mätningen utförs i. Tid för start av konditionering noteras i avläsningsprotokollet. En temperaturlogger ska användas för att kontrollera temperaturvariationen under RF-mätningen. Efter slutförd konditionering utförs mätning enligt följande.

1. Demontera skyddshylsan (Testo) / skyddshuven (Vaisala) från givaren som ska användas.
2. Montera gummiplugg med hål på givaren anpassad till provbehållarens öppning, om detta inte redan är gjort. Minst två cm av givaren ska sticka ut på andra sidan.
3. Kontrollera provbehållaren. Om provbehållaren är trasig eller gummiplugg/locket sitter löst så kasseras provet då detta kan ge ett felaktigt RF-värde.
4. Justera gummipluggen på givaren med hänsyn till hur mycket material det är i provbehållaren den ska monteras i. Givaren ska sitta minst en centimeter ovanför provmaterialet efter att den är monterad.
5. Gummipluggen/locket på provbehållaren avlägsnas och gummiplugg med RF-givare monteras omedelbart i provbehållaren.
6. Tryck och vrid samtidigt ner gummipluggen med givaren så att den sluter tätt mot provbehållaren och god anliggning erhålls mellan gummiplugg och provbehållare.
7. Kontrollera att givaren sitter lagom långt från provmaterialet. Om ej så justera.
8. Notera mätpunktsbeteckningen som står på provbehållarens etikett, givarens märkning, datum och klockslag avseende givarmonteringen i avläsningsprotokollet, *Blankett AVL*.
9. Starta loggern som ska registrera temperaturvariationen under mätningen om detta inte redan är gjort.
10. Läs av RF och temperatur ca en timme efter givarmonteringen. Avläsning sker direkt efter att instrumentet aktiverats och mätvärdet är stabilt. Notera avlästa värden i avläsningsprotokollet samt tidpunkten då avläsningen utförs och din signatur. Stäng därefter av instrumentet.
11. Utför samma procedur efter ytterligare ca en timme och därefter enligt tidsangivelserna i avsnitt 8.3.1 *Tidsintervall mellan avläsningar*.
12. Efter sista avläsningen utförs en utvärdering av samtliga resultat avseende avläst RF i avläsningsprotokollet enligt avsnitt 8.3.1. Förutsatt att RF kan anses ha slutat stiga avslutas mätningen och slutresultatet avseende RF och givarens temperatur förs in längst ned i avläsningsprotokollet på raden ”Högst jämviktade RF”.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		8	4(5)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

(Vaisala HMP110 kan användas ihop med specialanpassad utrustning för loggning av RF och temperatur. I detta fall väljs den högst uppmätta RF som erhålls under mätperioden som slutresultat. Detta värde, avläst temperatur avseende givaren/provet vid samma tidpunkt samt min- och maxtemperatur under mätperioden förs in i mätprotokollet)

13. Efter att mätningen avslutats ska innehållet i respektive provbehållare vägas. Vikten för respektive prov noteras i avläsningsprotokollet.
14. ”Högst jämviktade RF” samt tillhörande temperatur förs in i kolumnerna för avlästa värden i mätprotokollet, *Blankett F5AV*, och uppgift om Mätpunkt/märkning prov.
15. Givarbeteckning för använd givare, datum och klockslag för givarmontage respektive avläsning överförs till mätprotokollet.
16. Avläst RF används för att ta fram kalibrerad RF med hjälp av den kalibreringskurva som gäller för använd givare vilket noteras i mätprotokollet.
Om kalibrerad RF hamnar utanför givarens kalibreringsintervall redovisas resultatet enligt *avsnitt 28.4 Redovisning av slutvärde vid mätning utanför tillåtna gränser*.
17. Om temperaturen vid avläsningen skiljer sig från 20,0°C beräknas Korrektionen för RF vid 20,0°C och noteras i mätprotokollet, se *avsnitt 28.1.1.2 Temperaturkorrigering för golvavjämning*.
18. Temperaturvariationen från loggning under RF-bestämningen, min-maxtemperatur, ska noteras i mätprotokollet med en decimal och användas som underlag vid beräkning av mätosäkerheten.
19. Korrektion på grund av givarens fuktkapacitet och osäkerheten i mätningen bestäms och noteras i mätprotokollet varefter ett slutvärde räknas fram och noteras i kolumnen slutvärde, se *Flik 28 Korrektion, Mätosäkerhet och Slutvärde*.
20. Resterande uppgifter i mätprotokollet fylls i varefter det dateras och signeras av den som utfört RF-bestämningen.

Efter att mätningen avslutats, och vägning har utförts av materialet i provbehållaren så kan provet kasseras. Provbehållaren ska därefter rengöras och märkningen/etiketten avlägsnas inför användning vid nästa provtagning. Gummipluggar, lock och provbehållare som är skadade eller förlorat sin funktion ska kasseras och ersättas med nya.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp		8	5(5)

Bilaga 7

FLIK 28 KORREKTION, MÄTOSÄKERHET OCH SLUTVÄRDE

INNEHÅLL FLIK 28

KORREKTION, MÄTOSÄKERHET OCH SLUTVÄRDE

28.1	Beräkning och redovisning av korrektion	sida 2
28.1.1	Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0°C	sida 2
28.1.1.1	Temperaturkorrektion för betong	sida 3
28.1.1.2	Temperaturkorrektion för golvavjämning	sida 4
28.1.2	Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet	sida 5
28.2	Rutin för beräkning av mätosäkerhet	sida 6
28.2.1	Standardosäkerhet för varje felkälla	sida 6
28.2.2	Sammanräkning och redovisning av mätosäkerhet	sida 13
28.2.3	Möjlighet till reduktion av mätosäkerheten	sida 14
28.3	Beräkning och redovisning av slutvärde	sida 15
28.3.1	Slutvärde vid mätning i betong	sida 15
28.3.2	Slutvärde vid mätning i golvavjämning	sida 16
28.4	Redovisning av slutvärde vid mätning utanför tillåtna gränser	sida 17
28.4.1	Kalibrerad RF överstiger givarens kalibreringsintervall	sida 18
28.4.2	Kalibrerad RF understiger givarens kalibreringsintervall	sida 19
28.4.3	Temperaturen i materialet utanför intervallet 15,0 – 25,0 °C	sida 21
28.4.4	Temperaturvariation större än ± 1,0 °C	sida 22

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			1(22)

28 KORREKTION, MÄTOSÄKERHET OCH SLUTVÄRDE

Förutsättningen för att korrektion, osäkerhet och slutvärdet avseende en RF-mätning ska kunna bestämmas enligt detta avsnitt är att mätningen är utförd helt i enlighet med de mätrutiner och dess begränsningar som beskrivs i denna manual. Rutinen för beräkning av mätosäkerhet ger användaren en möjlighet att för vissa faktorer välja olika värden på standardosäkerhetens storlek beroende på hur RF-mätning eller kalibrering utförs. På anmodan ska användaren kunna redovisa dokumentation som styrker valet av standardosäkerhet. Om användaren har ett förfinat arbetssätt som ger en lägre osäkerhet får denna användas förutsatt att dokumentation finns som styrker detta. Ett exempel på detta är om kalibrering och egenkontroll av givare utförs med så täta intervall att en lägre drift kan säkerställas än vad som föreskrivs i denna manual. Slutvärde är det värde som representerar mätningens resultat och som ska jämföras med högsta tillåtna fuktnivå för vald ytbeläggning.

28.1 Beräkning och redovisning av korrektion

Korrektion kan sägas vara ett sätt att hantera de systematiska felen, se 2.12. Om vi vet att det sätt vi mäter på medför ett fel i RF som blir lika stort vid varje mätning under samma förhållanden så kan vi uppskatta felets storlek och korrigera mätresultatet för detta fel. Den korrektion vi gör är i sig en uppskattning av felet som i sin tur är behäftad med en viss osäkerhet vilken behandlas i 28.2. De systematiska felen ger således upphov till både en korrigerad mätresultat och ett bidrag till mätosäkerhetsberäkningen. Detta medför att de faktorer som ger upphov till en korrigerad mätresultat behandlas på två ställen i denna manual. De korrektioner som behandlas i detta avsnitt på grund av systematiska fel är:

- Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0°C
- Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

Redovisning av korrektioner och resultat i mätprotokollen ska anges med högst en decimal. Vid avrundning gäller följande. Avrundning sker uppåt om talet efterföljs av siffran 5 eller högre. Avrundning sker nedåt om talet efterföljs av siffran 4 eller lägre.

Exempel: 4,5 avrundas till heltalet 5 men 4,4 till 4. Vid avrundning till en decimal avrundas 2,25 till 2,3 men 2,24 till 2,2.

28.1.1 Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0°C

Jämviktsfuktkurvan för betong respektive golvavjämning är temperaturberoende. Det innebär att om temperaturen i materialen ändras men vattenhalten hålls konstant så kommer RF att ändras något. Hur stor ändring i RF som erhålls beror för betong på temperaturen, RF-nivå och vilket vct betongen har. Både för betong och golvavjämning gäller att om temperaturen i materialet sänks så kommer RF i materialet att sjunka något, trots att samma mängd fukt finns i materialet och om temperaturen ökar stiger RF. Observera att vid hög RF och högt vct kan det för betong faktiskt vara tvärt om. Se *Figur 28.1*.

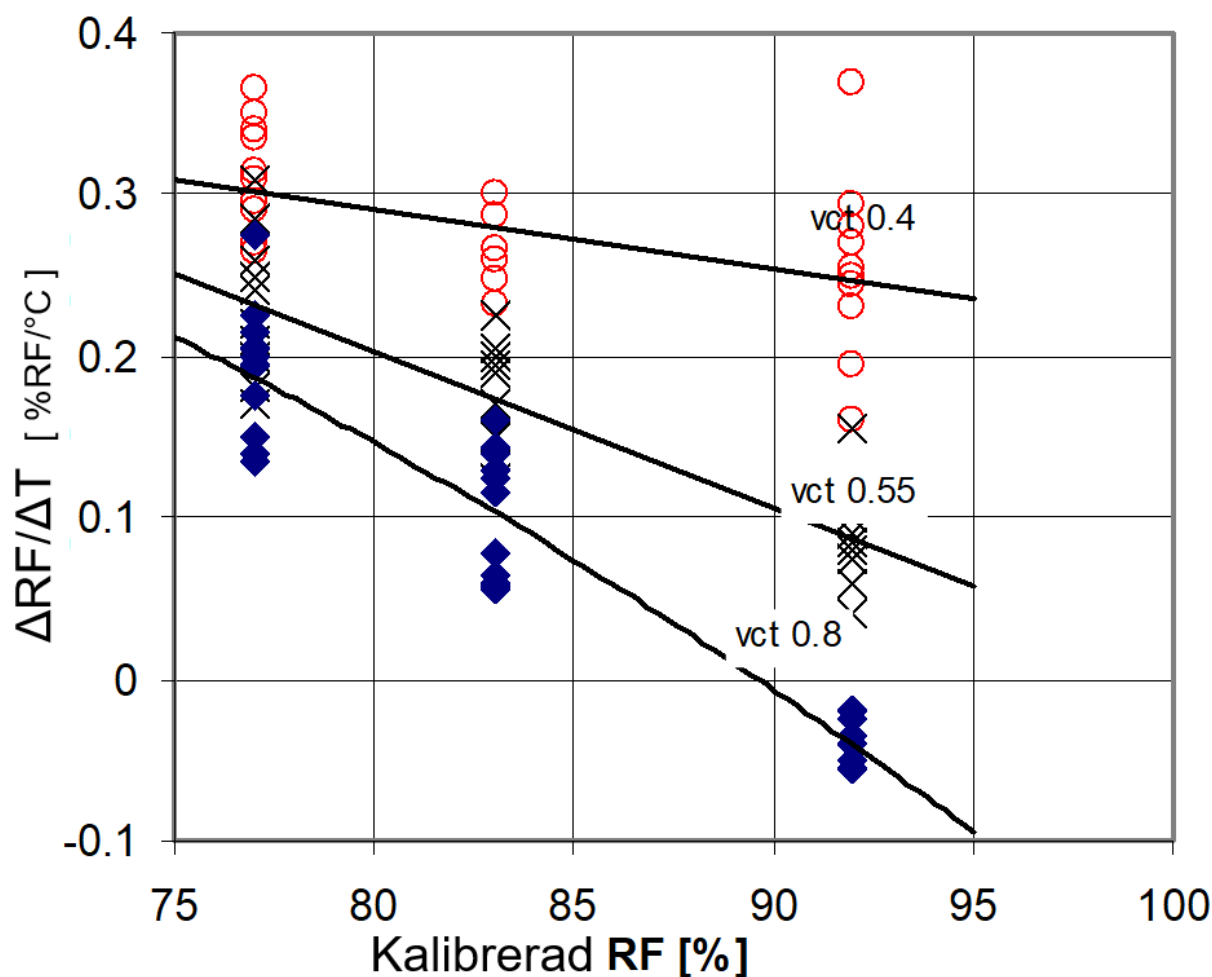
Riktlinjerna för högsta tillåtna RF i betong och golvavjämningen före ytbeläggning enligt AMA Hus, gäller RF vid 20,0 °C (om annat ej anges) vilket antas vara konstruktionens brukstemperatur. Av denna anledning och för att underlätta jämförelsen av mätresultat utförda vid olika temperaturer redovisas resultaten från en RF-mätning vid 20,0 °C. Detta innebär att

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			2(22)

RF-värden från mätningar vid annan temperatur måste räknas om, korrigeras, till RF vid 20,0 °C. Korrektionens storlek bestäms av en korrektionsfaktor, $\Delta RF/\Delta T$, som multipliceras med skillnaden i temperatur mellan brukstemperaturen, 20,0°C, och temperaturen i materialet vid mätningen. För att korrektionen ska få rätt tecken, plus eller minus, är det viktigt att alltid beräkna temperaturskillnaden genom att ta brukstemperaturen minus uppmätt temperatur och även hålla reda på tecknet avseende korrektionsfaktorn $\Delta RF/\Delta T$.

28.1.1.1 Temperaturkorrektion för betong

För betong beror korrektionens storlek på betongens vct, kalibrerad RF samt en korrektionsfaktor, $\Delta RF/\Delta T$, som kan utläsas ur *Figur 28.1*. Kurvorna i figuren baseras på försök där resultat från utförda RF-mätningar vid olika temperaturer redovisas som cirklar, kryss eller romber för olika vct. RF i figuren avser kalibrerad RF, inte avläst RF vilket är viktigt att beakta för att erhålla ett korrekt resultat. Figuren får användas för korrektion av RF till RF vid 20,0 °C i temperaturintervallet 15,0 – 25,0 °C där temperaturen avser betongens temperatur.



Figur 28.1 Diagram för bestämning av korrektionsfaktor $\Delta RF/\Delta T$, data från Sjöberg et al 2002 /24/.

Korrektionen, K, beräknas $K = \Delta RF/\Delta T \times (20,0 - t)$ [% RF]

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			3(22)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Interpolera mellan kurvorna för olika vct vid behov. Om betongen har lägre vct än 0,4 används kurvan för vct 0,4. I formeln ovan avser t betongens temperatur vid avläsning. OBS! Håll reda på plus- och minustecken!

Beräknad korrektion avrundas till en decimal och förs därefter in i mätprotokollet, med tecken + eller -, i kolumnen Korr för RF vid 20,0°C. Se *Figur 28.7*.

Exempel: En mätning har utförts i betong med vct 0,40 och kalibrerad RF är 90,0 %. Beräkna korrektionen för att räkna om RF till RF vid 20,0°C om temperaturen i betongen vid mätningen är:

- a) 17,0°C
- b) 24,0°C

Svar a) Diagrammet ger korrektionsfaktorn $\Delta RF/\Delta T = +0,26$
 $K = +0,26 \times (20,0 - 17,0) = +0,78 \text{ \% RF}$
Korrektionen som ska föras in i protokollet är +0,8 % RF

Svar b) Korrektionsfaktorn är densamma, $\Delta RF/\Delta T = +0,26$
 $K = +0,26 \times (20,0 - 24,0) = +0,26 \times (-4,0) = -1,04 \text{ \% RF}$
I mätprotokollet avrundas korrektionen till -1,0 % RF.
Korrektionen är negativ och kommer att ge en lägre RF.

Om temperaturen i betongen vid avläsningen inte hamnar inom tillåtet temperaturintervall, +15,0°C till +25,0°C, så gäller inte diagrammet i *Figur 28.1*. Detta innebär att det inte går att beräkna någon temperaturkorrektion. Om ett resultat ändå önskas så måste RF redovisas vid aktuell temperatur, inte korrigerad till 20,0°C. I protokollet utelämnas temperaturkorrektionen och mätosäkerheten anges till >3%. Redovisning utförs enligt *avsnitt 28.4.3*.

28.1.1.2 Temperaturkorrektion för golvavjämning

För golvavjämning beror korrektionens storlek enbart på temperaturen i materialet. Korrektionsfaktorn $\Delta RF/\Delta T$ sätts till 0,2 procentenheter RF per grad temperaturavvikelse från 20,0°C. /34/Anderberg, A. and Wadsö, L., Moisture in Self-levelling Flooring Compounds. Part II.

$$\text{Korrektionen } K \text{ beräknas } K = \Delta RF/\Delta T \times (20,0 - t) \quad [\% \text{ RF}]$$

Om mätning av RF sker vid temperatur över 20,0°C sänks RF vid denna korrigerig och omvänt då mätning av RF sker vid temperatur som understiger 20,0°C. Korrektionen förs in i mätprotokollet, med tecken + eller - och avrundat till en decimal, i kolumnen *Korr för RF vid 20,0°C*.

Exempel: Mätning har utförts i golvavjämning och kalibrerad RF är 80,0 %. Beräkna korrektionen för att räkna om RF till RF vid 20,0°C om temperaturen i golvavjämningen vid mätning var:

- a) 18,0°C
- b) 23,0°C

Svar a) Korrektionsfaktorn $\Delta RF/\Delta T = +0,2$
 $K = +0,2 \times (20,0 - 18,0) = +0,4 \text{ \% RF}$
Korrektionen är således +0,4 % RF

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			4(22)

Svar b) Korrektionsfaktorn är densamma, $\Delta RF/\Delta T = +0,2$
 $K = +0,2 \times (20,0 - 23,0) = +0,2 \times (-3,0) = -0,6 \text{ \% RF}$
 Korrektionen är negativ och kommer att ge en lägre RF.

28.1.2 Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

När en RF-givare monteras i ett borrhål eller i en provbehållare kommer en del av fukten i materialet att åtgå för att fukta upp givaren. RF-givaren själv tar således upp fukt (den har fuktkapacitet) vilket kan medföra att fukten från betongen eller golvavjämningen inte är tillräcklig för att erhålla rätt RF. Hur stor avvikelser blir beror på givarens sensor, filter, vid vilken RF givaren förvarats i innan den monteras och materialets förmåga att transportera fukt. Även provets storlek och fuktkapacitet påverkar vid mätning på uttaget prov avseende golvavjämning. De värden som finns att tillgå på givarnas fuktkapacitet visas i *Figur 28.2*.

	RF	Fukt-kapacitet	Borrhål betong	Uttaget prov avjämning
			Korrektion K % RF	Korrektion K % RF
HumiGuard	75 – 95 %	0,2 -0,6 mg	0	/
Testo	40 – 97 %	4 mg	+0,5	+0,5
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	+0,5	+0,5

Figur 28.2. Korrektion på grund av givarens fuktkapacitet.

HumiGuard-givaren, som enbart används för mätning i betong, förvaras före montering i en förpackning där RF är ca 85 %. Givaren har från början fuktinnehållet ca 0,3 mg och behöver uppta högst 0,3 mg fukt eller avge högst 0,1 mg för att komma i jämvikt med betongen i området 75 – 95 % RF vilket ger en försumbar inverkan på grund av fuktkapacitet.

Vid mätning enligt denna manual ska korrektion av mätresultatet på grund av fuktkapacitet utföras med de värden som anges i *Figur 28.2*. Korrektionen förs in i mätprotokollet i kolumnen **Korr pga fuktkapacitet**. Se *Figur 28.6*.

Den korrigerings som utförs av mätresultatet är även behäftad med ett slumpmässigt fel vilket behandlas i rutinen för beräkning av mätosäkerhet, i *avsnitt 28.2*.

28.2 Rutin för beräkning av mätosäkerhet

Syfte: Att sätta ett siffervärde, standardosäkerhet, på varje felkälla som förekommer vid mätning enligt denna manual. Vidare kombineras osäkerheten för dessa felkällor till ett värde, utvidgad mätosäkerhet, som representerar den totala osäkerheten i mätningen. Mätosäkerheten ska adderas till mätresultatet.

Denna rutin beskriver i punktform, **a – s**, de olika felkällor som bidrar till den totala osäkerheten i mätningen. I rutinen anges standardosäkerheten för varje felkälla eller så ges vägledning till hur man bestämmer storleken. Villkor som måste vara uppfyllda för att angiven storlek på standardosäkerhet ska få användas anges under respektive punkt.

Standardosäkerheterna, som är framtagna med beräkningar och uppskattningar, under punkt **a – s**, grundar sig bland annat på skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong /23/, GBR Branschstandard för bestämning av relativ fuktighet, RF i golvvävning /36/ samt utförda mätningar inom SBUF-projekt 13754 /33/.

28.2.1 Standardosäkerhet för varje felkälla

För att bestämma standardosäkerheten för varje felkälla ska följande avsnitt gås igenom punkt för punkt. Använd mätmetod, samt vilket material som mätningen utförs i, styr vilka felkällor nedan som är aktuella vilket beskrivs under varje punkt. Standardosäkerheten för de felkällor som är aktuella ska noteras i *Blankett F8*, se *Flik 29*, där sedan den totala mätosäkerheten beräknas. I diagram och tabeller får interpolering utföras mellan angivna värden. En uppskattning av standardosäkerheten utanför de yttre gränserna i tabeller och diagram får inte ske utan särskild redovisning.

De grova fel som beskrivs i detta avsnitt kan inte behandlas matematiskt och redovisas därför inte i *Blankett F8*. Grova fel undviks genom korrekt utförd borring/provtagning, hantering av mätutrustningen och kontroller. Skulle ett grovt fel inträffa ska inte något mätresultat redovisas och rekommendationen är att göra en ny mätning.

a. Spridning, konduktans (gäller HumiGuard)

Standardosäkerhet för denna felkälla är **0,42 % RF**.

Värdet är en kombination av å ena sidan den spridning inom en lot som uppmäts vid 85 % RF i samband med tillverkningen (alla loter, alla givare i loten, kontrollmäts), vilken är 0,3 % RF, och å andra sidan den spridning som tillkommer under tiden från tillverkningen fram till Används före-datum hos givare i förpackning, vilken är 0,3 % RF.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			6(22)

b. Ickelinearitet (gäller Vaisala och Testo)

De använda RF-givarna ska kalibreras vid 75, 85, 90 och 95 % RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. Kalibreringen kan även kompletteras med lägre RF-nivåer maximalt tio procentenheter i RF från närmast föregående tex 65% vid en extra nivå. En viss icckelinearitet kan dock förekomma mellan kalibreringspunkterna. De yttre gränserna (a+ och a-) inom vilket den olinjära kalibreringskurvan antas ligga är $\pm 0,5$ % RF från den linjära kalibreringskurvan. Denna osäkerhet på $\pm 0,5$ % RF antas vara rektangelfördelad, vilket medför att standardosäkerheten blir $0,5/\sqrt{3} = 0,29$ % RF.

c. Drift hos RF-givare

RF-givare av fabrikat Vaisala och Testo ska kalibreras minst en gång per år samt däremellan när egenkontrollen påvisar behov av ny kalibrering på grund av drift. För HumiGuard används i stället avläsningar från referensgivare. Standardosäkerheten för HumiGuard avseende drift sätts till **0,5 % RF**. Denna siffra avser den drift, i kombination med hysteres, som kan uppkomma under tiden en RF-givare befinner sig i ett borrhål i betong.

För Vaisala- och Testogivare är tillåtet värde avseende drift $\pm 1,5$ % RF. Detta ger en standardosäkerhet på grund av drift som är **0,87 % RF**.

Möjlighet finns att minska standardosäkerheten vad gäller drift avseende Vaisala och Testo, för vilka egenkontroll utförs enligt *Flik 5*. Det är två krav som då måste uppfyllas:

- 1.) Skillnaden mellan ”**Avvikelse** RF vid kalibreringen” och ”**Avvikelse** RF vid egenkontroll efter kalibrering” måste ligga inom intervallet $\pm 1,0$ % RF. Detta värde återfinns i ”Ruta 2” på *Blankett F2*, se *Flik 29*. (Se även punkt 6 och 7 i *avsnitt 5.2, Flik 5*).
- 2.) Driften för samma givare måste ligga inom intervallet $\pm 1,0$ % RF.

Förutsatt att båda dessa krav uppfylls får standardosäkerheten sättas till **0,58 % RF**.

d. Hysterés hos RF-givare

Hysteres är ett grovt fel som undviks genom korrekt hantering av givarna.

Mätning med Vaisala och Testo förutsätter att kalibrering och RF-mätning utförs från lägre RF till högre. Givarna ska ”torka ut” innan de monteras för kalibrering eller mätning i betong eller golvavjämning. När givaren kommit i jämvikt och avläsning utförts så höjs RF till nästa nivå (vid kalibrering) och vid mätning så avläses givarens RF innan den monteras i betong eller golvavjämning för att säkerställa att den är torrare än materialet i vilket mätningen ska utföras. Detta medför att RF-givaren hela tiden befinner sig på jämviktsfuktkurvan för uppfuktning och hysteres undviks vilket annars kan ge stora mätfel. Standardosäkerheten för Vaisala och Testo kan sättas till **0% RF** när detta förfarande används.

HumiGuard givaren används som kvarsittande givare. Detta innebär att givaren först fuktas upp för att sedan torka ut i takt med att betongen torkar och effekten av hysteres måste således beaktas. På grund av givarens konstruktion, förpackning och hantering är effekten förhållandevis liten och inkluderas i punkt **c**, drift hos RF-givare. Under denna punkt, **d**, sätts därför standardosäkerheten för HumiGuard till **0% RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			7(22)

e. Fuktkapacitet

Fuktkapaciteten som är framtagen för respektive givare är behäftad med en viss osäkerhet. Detta innebär att förutom den korrektion som utförs enligt *avsnitt 28.1* så måste hänsyn tas till osäkerheten i denna korrektion. Standardosäkerheten avseende denna korrektion anges i *Figur 28.3*.

	RF	Fukt-kapacitet	Borrhål betong	Uttaget prov avjämnig
			Std.osäkerhet % RF	Std.osäkerhet % RF
HumiGuard	75 – 95 %	0,2 -0,6 mg	0	
Testo	40 – 97 %	4 mg	0,29	0,29
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	0,29	0,29

Figur 28.3. Standardosäkerhet avseende korrektion på grund av givarens fuktkapacitet.

f. Noggrannhet på temperaturangivelse

Försumbar mätosäkerhet hos HumiGuard.

Vaisalas och Testos mätprincip bygger på kapacitansändring i en polymerfilm på grund av fuktupptagning i filmen. Felkällan avseende noggrannhet på temperaturangivelse är försumbar.

Således redovisas inte denna felkälla i *Blankett F8* för någon av givarna ovan.

g. Osäkerhet i kalibreringen (gäller Vaisala och Testo)

Standardosäkerheten avseende kalibreringen återfinns i kalibreringsrapporten.

Kalibrering ska utföras enligt *avsnitt 2.9* vid en mätplats med spårbarhet avseende RF och temperatur. Efter slutförd kalibrering erhålls en kalibreringsrapport innehållandes avlästa värden vid kalibreringen, kalibreringskurva och uppgift om kalibreringens mätosäkerhet och spårbarhet. Vid mätplatsen där kalibrering utförs har de felkällor som påverkar kalibreringen utretts och den totala mätosäkerheten avseende själva kalibreringsförfarandet beräknats, på liknande sätt som i denna rutin. Vanligt är att osäkerheten redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor $k = 2$, se *avsnitt 28.2.2*. Ta aldrig detta för givet utan läs noga i kalibreringsrapporten vad gäller täckningsfaktor.

De standardosäkerheter, standardavvikelse, som ska användas för beräkning i *Blankett F8* ska vara angivna med täckningsfaktor $k = 1$. Således måste uppgiften om kalibreringens osäkerhet divideras med två innan den noteras i *Blankett F8*, om standardosäkerheten avseende kalibreringen är angiven med täckningsfaktor $k = 2$. Vanligt är att mätosäkerheten avseende kalibrering kan ligga någonstans mellan $\pm 0,8 \%$ RF och $\pm 1,4 \%$ RF med täckningsfaktor $k = 2$. Detta medför att standardosäkerheten som ska användas i *blankett F8* avseende kalibrering i så fall kan ligga mellan 0,4 och 0,7 %

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			8(22)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

RF. Vilken täckningsfaktor som används beror på var någonstans, vid vilket företag, kalibreringen utförts. Mätosäkerheten beror även på vid vilken RF-nivå kalibreringen utförs. Generellt blir osäkerheten större vid högre RF.

Om mätosäkerhetsberäkningen enligt *Blankett F8* ska gälla vid godtycklig RF-nivå ska standardosäkerheten avseende punkt **g** anges som kalibreringens mätosäkerhet vid 95% RF, vilket är den till värdet största mätosäkerheten.

h. Kalibreringstabell, temperatur (gäller HumiGuard)

Standardosäkerheten för denna felkälla styrs av betongens temperatur vid mätningen, betecknad **T**.

Felkällans storlek beräknas enligt nedan, förutsatt att **T** är inom intervallet 15,0 – 25,0°C.

$$T < 20^{\circ}\text{C} \quad \text{Standardosäkerheten} = 0,03 \times (20 - T)$$

$$T > 20^{\circ}\text{C} \quad \text{Standardosäkerheten} = 0,03 \times (T - 20)$$

(Vid användning av webbplatsen beräknas och inkluderas denna osäkerhet automatiskt. Maximalt blir standardosäkerheten 0,15 % RF vilket uppkommer vid temperaturintervallets yttre gränsvärden.).

i. Kalibreringstabell, RF (gäller HumiGuard)

Standardosäkerheten för denna felkälla styrs av betongens RF (utan temperaturkorrektion eller mätosäkerhet) vid mätningen, betecknad **RF**.

Felkällans storlek beräknas enligt nedan, förutsatt att RF är inom intervallet 75,0 – 95,0%.

$$\text{RF} < 85\% \quad \text{Standardosäkerheten} = 0,08 \times (85 - \text{RF})$$

$$\text{RF} > 85\% \quad \text{Standardosäkerheten} = 0,08 \times (\text{RF} - 85)$$

(Vid användning av webbplatsen beräknas och inkluderas denna osäkerhet automatiskt. Maximalt blir standardosäkerheten 0,8 % RF vilket uppkommer vid RF-intervallets yttre gränsvärden).

j. Referenscell (gäller HumiGuard)

Kalibreringsintyg från NPL i England styrker att standardosäkerheten avseende referenscellens kalibreringsvärde (85 % RF) är 0,5 % RF. Standardosäkerheten innefattar såväl NPL:s interna kalibreringsosäkerhet som osäkerheten hos de undersökta referenscellerna. Osäkerheten är angiven med täckningsfaktor $k = 1$.

Använd standardosäkerheten **0,5 % RF**.

k. Mättemperatur annan än kalibreringstemperaturen (gäller Vaisala, och Testo)

Får försummas förutsatt att givaren är kalibrerad vid 20,0°C och mätningen utförs i intervallet 15,0 – 25,0°C. Denna punkt redovisas därför inte i *Blankett F8*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			9(22)

l. Mättemperatur annan än 20,0°C

En korrektion görs för varje mätvärde i mätprotokollet enligt 28.1.1. Kurvorna i *Figur 28.1* som används för att beräkna korrektionen för mätning i betong baseras på de mätresultat som är inritade i samma diagram. Spridningen i dessa mätresultat medför att uppritade kurvor är behäftade med en viss slumpmässig osäkerhet som ska tas med i mätosäkerhetsberäkningen. Även för golvavjämning är framtaget underlag för temperaturkorrektion behäftat med ett slumpmässigt fel vilket måste beaktas. Standardosäkerhetens storlek beror på vid vilken temperatur, T, i betong eller golvavjämning som mätningen är utförd och beräknas enligt nedan.

$$T < 20,0^{\circ}\text{C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (20,0 - T)$$

$$T > 20,0^{\circ}\text{C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (T - 20,0)$$

alternativt används alltid standardosäkerheten **0,18% RF**.

m. Olika temperatur mellan givare och betong, eller golvavjämning

Vid mätning av RF ska temperaturskillnad mellan material och RF-sensor undvikas. Det går inte att ange några korrigeringsanvisningar för denna typ av fel. Felet kan uppskattas teoretiskt, men den uppskattningen behöver inte alltid stämma med verkligheten.

Standardosäkerheten sätts till **0 % RF** förutsatt att det inte förekommer en temperaturskillnad mellan material och givare under mätning, vilket är ett grovt fel.

n. Borringens inverkan

Betong, borrhålmätning

Vid mätning i borrar hål ska erforderlig tid gå enligt manualen mellan borring och montage av RF-givare. Standardosäkerheten sätts då till **0 % RF**.

Om givare monteras för tidigt så är detta ett grovt fel.

Golvavjämning, uttaget prov

Under provtagning ställs krav på tid mellan borrarstart och färdiguttaget prov, hantering av dammsugare samt temperatur. Förutsatt att detta uppfylls kan standardosäkerheten sättas till **0 % RF**. Om kraven inte uppfylls så räknas det som ett grovt fel.

o. Mättid

Under förutsättningen att manualtexten följs vad avser mättid mellan givarmontage och avläsning, dvs erforderlig tid för att givare och material ska komma i jämvikt, sätts standardosäkerheten till **0 % RF**.

Det är viktigt att notera att tiderna som anges i manualen är minsta tillåtna tidsskillnaden mellan givarmontage och avläsning. Ibland krävs det längre tid för att uppnå fuktjämvikt. För kort mättid betraktas som ett grovt fel.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			10(22)

p. Temperaturvariation under mätning

För att kontrollera att gränserna avseende maximal temperaturvariation inte överskrids under mätning måste loggning av temperaturen i luften utföras i mätpunktens omedelbara närhet samt vid mätning på golvavjämning i omedelbar närhet till givare och provbehållare.

Betong, borrhålmätning

En förutsättning för att kunna mäta ”rätt” RF är att temperaturvariationen som råder under mätningen inte är för stor. Vid borrhålmätning kan det vara svårt att uppfylla detta. När mindre temperaturvariationer förekommer, enligt nedan, kan dessa behandlas som slumpmässiga fel. Stora temperaturvariationer är att betrakta som ett grovt fel. Vid borrhålmätning tillåts temperaturen i betongen under mätning variera maximalt $\pm 1,0$ °C (yttre gränser).

Uppskattningsvis motsvarar detta en temperaturvariation i omgivande luft med ca ± 2 °C. Varaktigheten hos temperaturvariationerna i luften har betydelse för förhållandet mellan temperaturvariationerna i luften och i betongen.

Om rektangelfördelning antas blir standardosäkerheten $1,0/\sqrt{3} = 0,58$ °C. Detta ger enligt /23/ att standardosäkerheten i RF blir ca **0,3 % RF**.

Golvavjämning, uttaget prov

Vid RF-bestämning i laboratorium ger temperaturvariationen $\pm 0,2$ °C (yttre gränser) under mätningen att standardosäkerhet som vid antagen triangelfördelning blir $0,2/\sqrt{6} = 0,08$ °C. Detta ger att standardosäkerheten i RF blir ca 0,4 % RF. Inverkan på RF av olika temperaturvariationer visas i *Figur 28.4*.

Maximal temperaturvariation, se ovan [°C]	Standardosäkerhet i RF [% RF]
0	0
$\pm 0,1$	0,2
$\pm 0,2$	0,4
$\pm 0,3$	0,6
$\pm 0,4$	0,8
$\pm 0,5$	1,0
$\pm 1,0$	2,0

Figur 28.4 Standardosäkerhet beroende på temperaturvariation under RF-bestämning på uttaget prov avseende golvavjämning

q. Avvikelse i mätdjup

Betong, borrhålmätning

Borrhål ska borras 0 – 2 mm djupare än det beräknade ekvivalenta mätdjupet. Mätdjupet antas bestämmas på ± 3 mm.

Beräkning enligt /23/ med förutsättningen att plattjockleken ej får vara mindre än 80 mm vid enkelsidig uttorkning och 160 mm vid dubbelsidig ger standardosäkerheten **0,26 % RF**.

Golvavjämning, uttaget prov

Provet ska borras ut med kärnborr och provet omfattar hela golvavjämningens tjocklek. Mätdjupet är således lika med golvavjämnings tjocklek varvid standardosäkerheten sätts till **0 % RF**.

r. Avvikelse i konstruktionstjocklek

Betong, borrhålmätning

Avvikelse i betongtjocklek från konstruktionshandlingarna för en platsgjuten bottenplatta på mark förutsätts ligga inom intervallet ± 10 %.

Motsvarande avvikelse för ett platsgjutet mellanbjälklag förutsätts ligga inom intervallet ± 5 %. Beräkning enligt /23/ med förutsättningarna enligt ovan samt att betongtjockleken ej får vara mindre än 80 mm vid enkelsidig uttorkning och 160 mm vid dubbelsidig ger standardosäkerheten **0,19 % RF**.

Golvavjämning, uttaget prov

Om avjämningsens verkliga tjocklek avviker från konstruktionshandlingarna så kommer det inte att bidra till mätosäkerheten. Denna avvikelse är inte aktuell i fallet uttaget prov då en borrhärna tas ut på hela tjockleken. Standardosäkerheten sätts därför till **0 % RF**

s. Provuttagning golvavjämning

Vid uttagning av prov i golvavjämning dvs borring, klyvning, krossning, uppsamling och transport av prov i provbehållare förekommer ett antal slumpmässiga fel som är svåra att bestämma till sin storlek. Tex påverkar storleken på bitarna efter krossning uppmätt RF. Klyvningen av en borrhärna kan medföra en överrepresentation av torrare- eller fuktigare material i ett prov. Tidsåtgången från borrhärstart till dess att provbitarna är i provbehållaren och den är försluten har en viss påverkan liksom temperaturhöjningen vid borring. För att göra en skattning av hur detta påverkar mätosäkerheten har ett antal mät försök utförts och utifrån resultaten statistiskt beräknat mätosäkerheten. Utifrån detta underlag har nedanstående standardosäkerhet bestämts.

Förutsatt att alla moment utförs enligt metodbeskrivningen så uppskattas standardosäkerheten för dessa slumpmässiga fel till **1,2 % RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			12(22)

28.2.2 Sammanräkning och redovisning av mätosäkerhet

När standardosäkerheten för samtliga felkällor har bestämts är det dags att räkna ihop dessa till ett värde. Detta värde representerar den totala osäkerheten för mätningen och brukar betecknas kombinerad mätosäkerhet. Kombinerad mätosäkerhet anges som ett intervall, \pm , inom vilket mätresultatet förutsätts ligga. 80 % RF med kombinerad mätosäkerhet $\pm 1\%$ RF innebär således att RF ligger mellan 79 och 81 %.

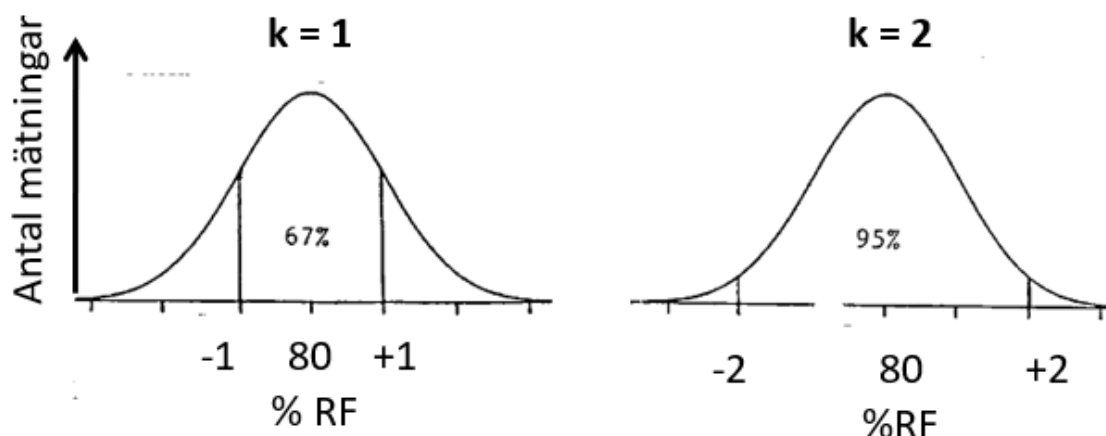
För att beräkna den kombinerade mätosäkerheten används en ”statistisk kompromiss” som innebär att felkällorna summeras enligt formeln $\pm\sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + s^2)}$. I Blankett F8 som ska användas utförs beräkningen i flera steg.

När den kombinerade mätosäkerheten beräknas och anges på detta sätt innebär det statistiskt att ca 67 % av de mätningar som utförs kommer att ligga inom angivet intervall vad gäller mätosäkerheten. Resterande mätningar kommer att hamna utanför intervallet. Dvs. om den kombinerade mätosäkerheten beräknas till $\pm 1\%$ RF enligt ovan så kommer 67 % av de mätningar som utförs ligga inom intervallet 79 – 81 % RF. Resterande 33 % av mätningarna ligger utanför intervallet och har således en större mätosäkerhet än $\pm 1\%$ RF.

Det är naturligtvis oacceptabelt att 33 % av de mätningar som utförs har en större mätosäkerhet än vad som anges i protokollet. Det kan leda till en underskattning av betongens eller golvvävnings RF, vilket kan medföra risk för fuktskada om mätresultatet används som underlag till att bedöma om materialet är tillräckligt uttorkat för att golvläggning ska kunna utföras.

För att kunna ange hur stor andel av mätningarna som ligger inom angiven mätosäkerhet används begreppet täckningsfaktor. Täckningsfaktorn, som vanligen betecknas k , multipliceras med den kombinerade mätosäkerheten vilket ger en utvidgad mätosäkerhet. Om ett högre värde på täckningsfaktorn används, tex $k = 2$ istället för $k = 1$, så kommer fler mätningar ligga inom intervallet. Detta innebär dock att storleken på mätosäkerheten ökar.

Med täckningsfaktorn $k = 1$ är det ca 67 % av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet enligt ovan. Ökas täckningsfaktorn till $k = 2$ så är det ca 95% av mätningarna som ligger inom angiven mätosäkerhet samtidigt som mätosäkerheten ökar med det dubbla. Används $k = 3$ så är det ca 99 % av mätningarna som ligger inom mätosäkerheten som nu har tredubblats från ursprungligt värde. Antalet mätningar som ligger inom angiven mätosäkerhet ökar när intervallet för mätosäkerheten utökas. I Figur 28.5 visas detta grafiskt.



Figur 28.5 Täckningsfaktorns inverkan på mätosäkerheten

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			13(22)

Om vi som ett exempel utför ett stort antal mätningar, tex 40st, i en betongplatta som vi vet har en RF på 80 % så kommer de flesta mätningarna att ge ett resultat i närheten av 80 % RF. På grund av att det förekommer ett antal felkällor så kommer en mindre del av mätningarna ge ett lägre eller högre resultat. Detta åskådliggörs i *Figur 28.5*. Puckeln i diagrammen visar att de flesta mätningarna ligger runt 80 %. ”Svansarna” däremot visar de mätningar som avviker från detta värde. Ju högre kurvan är ju fler av mätningarna är det som ger den RF som visas på den horisontella axeln. Om vi har beräknat den kombinerade mätosäkerheten till ± 1 % RF och använder täckningsfaktorn $k = 1$ så ser vi i figuren att bara 67 % av mätningarna kommer att ligga inom intervallet 79 – 81 % RF, 80 ± 1 . Resterande mätningar ligger utanför. Används däremot $k = 2$ så måste vi multiplicera osäkerheten med två vilket ökar intervallet avseende RF till mellan 78 och 82 % RF, 80 ± 2 . Fler av mätningarna hamnar då inom tillåtet intervall, närmare bestämt 95 % men på bekostnad av att mätosäkerheten ökar. Några av mätningarna kommer fortfarande att ligga utanför intervallet. I figuren ovan framgår att 2,5 % av mätningarna kommer att få en lägre RF än 78 % och lika många får högre än 82 %.

När det gäller fuktmätning i betong och golvavjämning ska täckningsfaktor $k = 2$ användas. Det innebär dock en acceptans av att ett fåtal av mätningarna ligger utanför intervallet. Mätosäkerheten ska alltid adderas till mätvärdet. Anledningen till detta är att eftersom vi inte vet var inom osäkerhetsintervallet mätresultatet ligger så lägger vi till osäkerheten till uppmätt värde för att inte underskatta RF i materialet.

Den utvidgade mätosäkerheten med täckningsfaktor $k = 2$ beräknas enligt formeln $\pm 2 \times \sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + s^2)}$ och ger det värde som ska noteras längst ner på *Blankett F8*. Detta värde ska därefter redovisas i mätprotokollet i kolumnen för osäkerhet. Den utvidgade mätosäkerheten ska beräknas med minst två decimaler men avrundas därefter matematiskt korrekt till en decimal och redovisas i mätprotokollet. Angiven osäkerhet i mätprotokollet är således mätosäkerheten som gäller för utförd mätning med täckningsfaktor $k = 2$.

Om ytterligare förklaring önskas av hur detta hänger ihop så rekommenderas någon form av litteratur eller utbildning i matematisk statistik.

28.2.3 Möjlighet till reduktion av mätosäkerheten

Det är önskvärt att mätningen utförs med en så liten mätosäkerhet som möjligt. En minskning av mätosäkerheten innebär ett mätresultat med större skärpa. Mätningen närmar sig det ”verkliga” värdet avseende materialets RF. Detta i sin tur möjliggör en kortare torktid för att säkerställa att materialets RF inte överstiger högsta tillåtna, baserat på resonemanget i avsnitt 28.2.2. Mätosäkerheten ska ju alltid adderas till mätresultatet för att därefter jämföras mot högsta tillåtna RF.

För att kunna minska mätosäkerheten måste de olika punkterna **a – s** gås igenom för att bedöma om det finns möjlighet att minska någon av dessa faktorer. Det är alltid den till värdet största standardosäkerheten som ger störst effekt vid beräkning av kombinerad mätosäkerhet. Således är det den som bör studeras och minskas i första hand, om möjligt.

Det är tex vanligtvis punkten **c**, drift, som ger den största påverkan på mätosäkerheten vid beräkningen om Vaisala- eller Testogivare används vid borrhålsmätning i betong. Mätosäkerheten på grund av drift kan minskas genom att sätta hårdare krav för kontroll efter kalibrering och minska intervallet avseende tillåtet värde för drift. Detta beskrivs under punkt **c**, *Drift hos RF-givare* i avsnitt 28.2.1.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			14(22)

Men att sätta ett hårdare krav har sitt pris. Egenkontrollen måste utföras med tätare intervall och risk finns för att givaren måste skickas på kalibrering med tätare intervall. Detta ökar både arbetsinsatsen och kostnaden för kontroll av utrustningen vilket naturligtvis i förlängningen även ökar kostnaden för själva RF-mätningen.

Ett annat sätt att minska mätosäkerheten är att mäta i flera mätpunkter. Mätpunkterna ska i så fall placeras bredvid varandra för att representera en och samma plats. Ju fler mätpunkter som används ju lägre blir mätosäkerheten men detta är mer ett teoretiskt resonemang än praktiskt och ekonomiskt genomförbart. Detta går det att läsa mer om i skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong /23/.

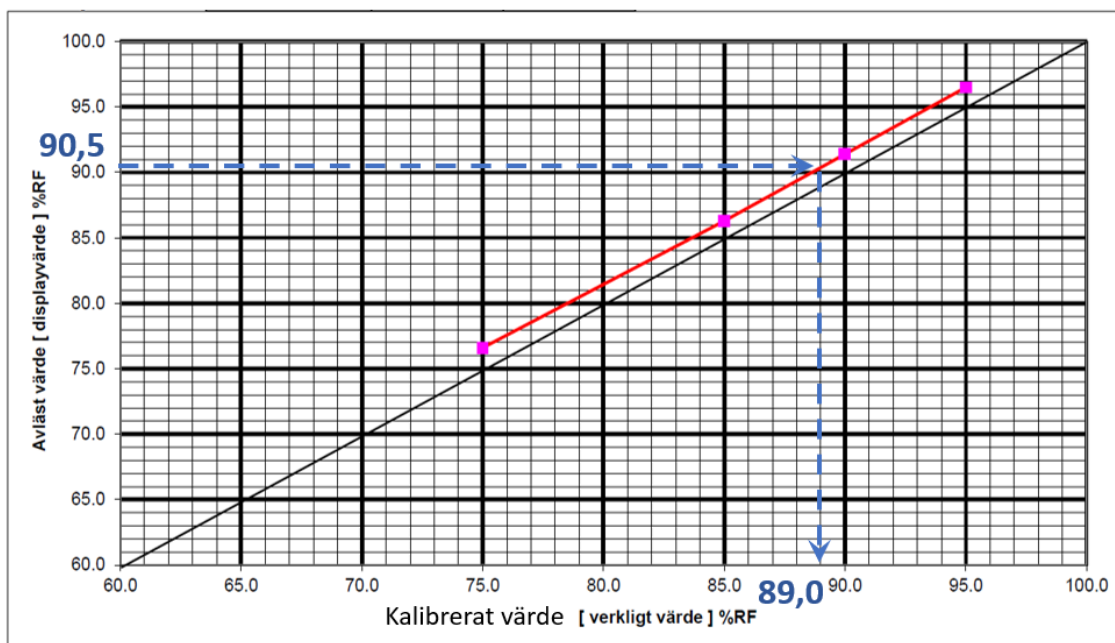
28.3 Beräkning och redovisning av slutvärde

Slutvärdet är som beskrivits tidigare det värde som representerar mätningens resultat. Resultatet kan användas för att jämföra med högsta tillåtna fuktnivå för vald ytbeläggning alternativt ett angivet målvärde eller för att göra en bedömning av vilken RF det är i materialet under pågående uttorkning. I slutvärdet ingår de korrektioner som ska utföras samt mätosäkerheten. Slutvärdet är kalibrerad RF plus/minus korrektioner plus mätosäkerheten.

Redovisning av korrektioner och resultat i mätprotokollen ska redovisas med högst en decimal. Vid avrundning gäller följande. Avrundning sker uppåt om talet efterföljs av siffran 5. Avrundning sker nedåt om talet efterföljs av siffran 4. Exempel: 4,5 avrundas till heltalet 5 men 4,4 till 4. Vid avrundning till en decimal avrundas 2,25 till 2,3 men 2,24 till 2,2.

28.3.1 Slutvärde vid mätning i betong

Först redovisas ett exempel när mätningen utförts i betong inom tillåtna gränsvärden. Slutvärdet är då = kalibrerad RF +/- korrektion för RF vid 20°C + korrektion pga fuktkapacitet + mätosäkerheten.



Figur 28.6 Kalibreringskurva för framtagande av kalibrerad RF utifrån avläst RF.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			15(22)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Exempel: Vct är 0,55
 Vid avläsning erhålls avläst RF 90,5% och betongtemperatur 23,5°C
 Givarens fuktkapacitet är + 0,5%
 Beräknad mätosäkerheten är ±2,4% RF.

Avläst RF 90,5% ger kalibrerad RF 89,0% vilket avläses i kalibreringskurvan, se streckade linjer i *Figur 28.6*.

Korrektionen för RF vid 20,0°C erhålls utifrån *Figur 28.1* där vct 0,55 och kalibrerad RF 89,0% används för att avläsa ca 0,12 i figuren.

Korrektionen beräknas till $0,12 \times (20,0 - 23,5) = -0,42$ vilket avrundas till -0,4%.

Redovisning i protokollet utförs enligt nedan.

Avläst RF [%]	Avläst temp. [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
90,5	23,5	89,0	-0,4	+0,5	+2,4	91,5	

Figur 28.7 Redovisning av slutvärde för mätning utförd i betong

28.3.2 Slutvärde vid mätning i golvavjämning

Vad som skiljer sig vid redovisning av slutvärdet mellan betong och golvavjämning är att Korrektionen för RF vid 20,0°C beräknas på olika sätt samt att slutvärdet för betong redovisas med en decimal medan slutvärdet för avjämning redovisas med heltal dvs utan decimal.

Korrektionen för RF vid 20,0°C, K, beräknas enligt avsnitt 28.1.1.2, $K = \Delta RF / \Delta T \times (20,0 - t)$.

Exempel: Beräkna och redovisa slutvärdet
 Vid avläsning erhålls avläst RF 90,5% och temperaturen 20,7°C
 Kalibreringskurva *Figur 28.6*
 Givarens fuktkapacitet är + 0,5%
 Beräknad mätosäkerheten är ±2,9% RF.

$\Delta RF / \Delta T$ är alltid 0,2 för golvavjämning varvid $K = 0,2 \times (20,0 - 20,7) = -0,14$ vilket avrundas till -0,1. Kalibrerad RF är 89,0% vilket erhålls ur *Figur 28.6*. Beräkning av Slutvärdet ger 92,3% vilket redovisas avrundat till ett heltal enligt nedan.

Avläst RF [%]	Avläst temp. avjämn [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
90,5	20,7	89,0	-0,1	+0,5	+2,9	92	

Figur 28.8 Redovisning av slutvärde för mätning på uttaget prov, golvavjämning

Version: Preliminär	Datum: 2023-01-11	Gäller från:	Utfärdad av: Ted Rapp	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida: 16(22)
---------------------	-------------------	--------------	-----------------------	---------------------------	-------	--------------

28.4 Redovisning av slutvärde vid mätning utanför tillåtna gränser

Redovisning av ett slutvärde förutsätter att mätningen är utförd inom givna gränsvärden. Tex får temperaturen i materialet inte understiga 15,0°C vid slutavläsningen för att ett resultat inom angiven mätosäkerhet ska kunna redovisas. Om temperaturen tex är lägre än tillåtet är huvudalternativet att den mätpunkt det gäller stryks i protokollet. Det ska också tydligt anges i en kommentar varför den är struken och lämpligen rekommenderas att en ny mätning utförs. Hänvisning till kommentaren görs i kolumnen Kom. Med en siffra, 1.) se *Figur 28.9*.

Avläst RF [%]	Avläst betong temp. [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
90,5	14,5						1.)

Figur 28.9 Exempel på redovisning då temperaturen understiger tillåtet gränsvärde.

I vissa fall kan ett resultat redovisas trots att toleranserna inte är uppfyllda. Detta värde är då en grov skattning av materialets RF och inte ett resultat som ska användas som ett beslutsunderlag. Rekommendationen är att en ny mätning utförs när/om förutsättning för att toleranserna ska kunna uppfyllas föreligger. Självklart får inte en mätning behäftad med ett grovt fel redovisas som tex om mätpunkten är otät, avläsning har utförts innan jämvikt avseende temperatur och RF, mätningen har utförts med en givare som inte är kalibrerad mm. I detta fall ska inga resultat redovisas i protokollet över huvud taget.

Det finns tre fall när ett resultat tillåts att redovisas trots att toleranserna inte uppfylls:

- Mätningen utförs utanför givarens kalibreringsintervall
- Temperaturen i materialet vid avläsning ligger utanför intervallet 15,0 – 25,0 °C
- Temperaturvariationen i materialet under mätningen är större än $\pm 1,0$ C°, gäller enbart borrhålsmätning i betong.

I följande avsnitt behandlas ett antal exempel på hur detta ska redovisas i mätprotokollet. Ett urklipp från *Blankett F5* används i alla exemplen. Blanketten används vid mätning i betong. Vid mätning i golvvavjämning används *Blankett F5AV* vars utseende skiljer sig något men de två blanketterna har samma innehåll vad gäller beräkning av slutvärdet för en mätning.

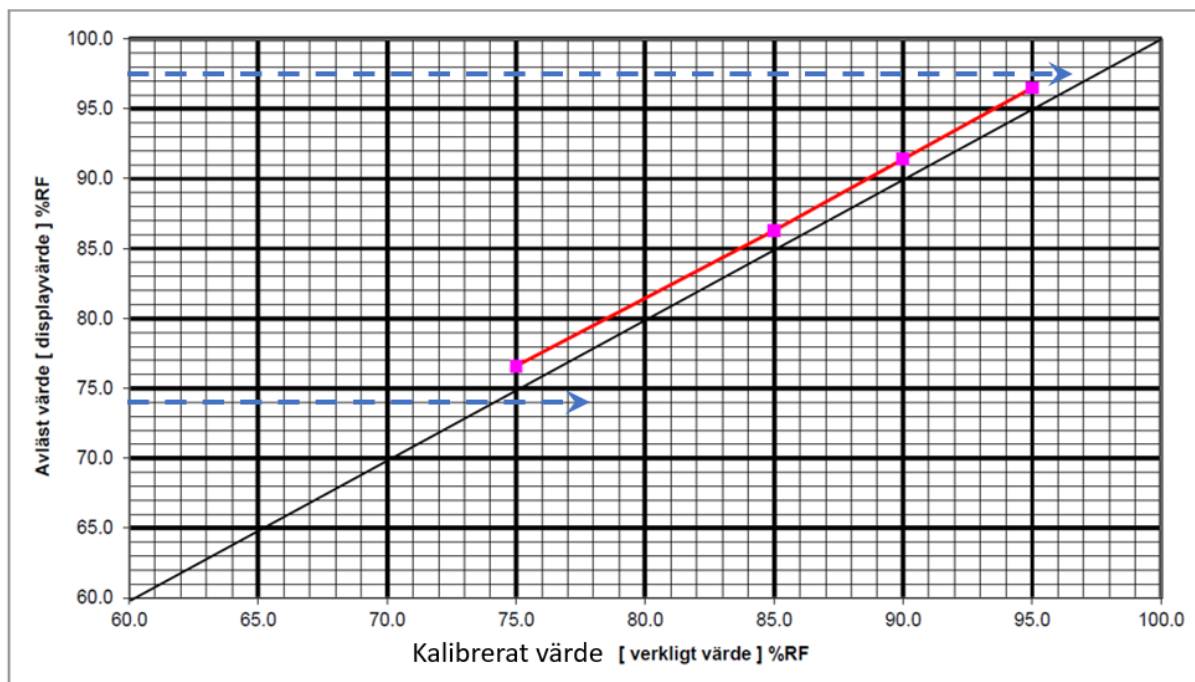
28.4.1 Kalibrerad RF överstiger givarens kalibreringsintervall

Om avläst värde tex är 97,6% så överskrider kalibreringsintervallet se *Figur 28.10*. Den övre, långa streckade pilen ligger ovanför givarens högsta kalibreringspunkt.

Slutvärdet som redovisas är då = högsta kalibreringspunkt +/- korrektion för RF vid 20°C + korrektion pga fuktkapacitet + mätosäkerheten

Mätosäkerheten anges till >3, utan decimal, oavsett vad som beräknats på *Blankett F8*.

Slutvärdet redovisas avrundat till ett heltal med tecken > framför, dock aldrig högre än 100% vilket i så fall inte ska ha tecknet > framför.



Figur 28.10 Kalibreringskurva med avläst värde som överstiger högsta, respektive understiger lägsta kalibreringspunkten.

Exempel: Beräkna och redovisa slutvärdet
 Avläst RF 97,6% och temperatur 18,9°C
 Kalibreringskurva *Figur 28.10*
 Fuktkapacitet + 0,5%
 Beräknad mätosäkerheten är ±3,1%.

Detta redovisas i princip på samma sätt vid mätning i betong och golvavjämning. Tecknet större än, >, används i protokollet för att visa att värdet inte kan specificeras.

Kalibrerad RF anges till 95,0% i protokollet, högsta kalibreringspunkt. Det som skiljer sig åt är beräkningen av Korrektion för RF vid 20°C. För golvavjämning beräknas den på samma sätt som i tidigare exempel och blir i detta fall $0,2 \times (20,0 - 18,9) = +0,22 \Rightarrow +0,2\%RF$.

Slutvärdet beräknas till 98,7% och avrundas till ett heltal, se *Figur 28.11*.

Lämplig kommentar i detta exempel är, 1.) Kalibrerad RF ligger utanför givarens kalibreringsintervall. Denna kommentar ska för golvavjämning även anges på sammanställningsblanketten, *Blankett F12AV*

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			18(22)

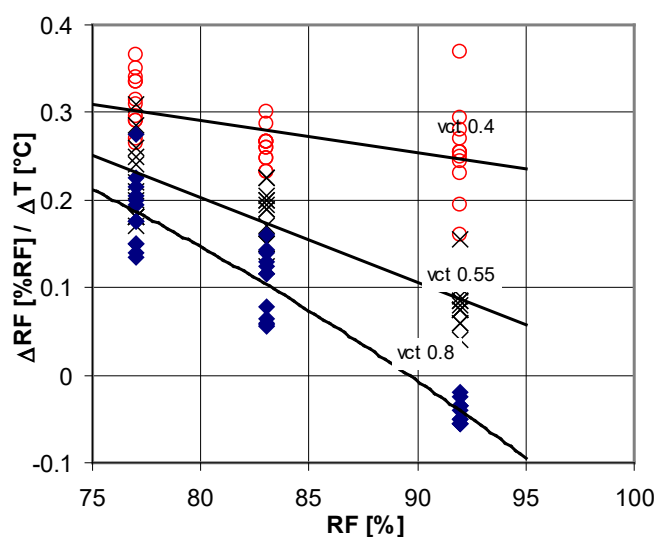
RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Avläst RF [%]	Avläst temp. golvvav [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
97,6	18,9	95,0	+0,2	+0,5	>3	>99	1.)

Figur 28.11. Redovisning när kalibrerad RF överskrider givarens kalibreringsintervall, golvvavjämning.

Om mätningen utförs i betong beräknas Korrektion för RF vid 20°C enligt *avsnitt 28.1.1.1* till $K = \Delta RF / \Delta T \times (20,0 - t)$. Korrektionens storlek är förutom temperaturen beroende av kalibrerad RF och vct för att kunna bestämma $\Delta RF / \Delta T$ med hjälp av *Figur 28.1*. Detta diagram gäller enbart i kalibreringsintervallet 75 – 95% varvid värdet för $\Delta RF / \Delta T$ vid 95% ska användas. Om kalibrerad RF i stället ligger under 75% så ska $\Delta RF / \Delta T$ för 75% användas vid avläsning i diagrammet.

Om samma ingångsdata används som i exemplet ovan och vct antas till 0,55 blir $\Delta RF / \Delta T$ ca 0,07 och $K = 0,07 \times (20,0 - 18,9) = +0,077$ vilket avrundas till +0,1. Slutvärdet blir då på samma sätt som ovan $95,0 + 0,1 + 0,5 + 3 = 98,6$ vilket avrundas till 99 och anges som >99 i mätprotokollet.



Figur 28.1 från sida 2.

28.4.2 Kalibrerad RF understiger givarens kalibreringsintervall

Om avläst värde tex är 74,0% så underskrids kalibreringsintervallet se *Figur 28.10*. Den nedre, korta streckade pilen ligger nedanför givarens lägsta kalibreringspunkt vilken är 75,0%. Kalibrerad RF anges i detta fall i mätprotokollet till 75,0%, lägsta kalibreringspunkten.

Slutvärdet som redovisas är då = lägsta kalibreringspunkt +/- korrektion för RF vid 20°C + korrektion pga fukt-kapacitet + mätosäkerheten.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			19(22)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Mätosäkerheten anges med en decimal utifrån beräknad i *Blankett F8*. Slutvärdet föregås med tecknet <, mindre än. Med samma resonemang som i 28.4.1 redovisas slutvärde för avjämning samt betong enligt exemplet nedan.

Exempel: Beräkna och redovisa slutvärdet för en mätning utförd i golvavjämning
 Avläst RF 74,0% och temperatur 21,2°C
 Kalibreringskurva i *Figur 28.10*
 Fuktkapacitet + 0,5%
 Beräknad mätosäkerhet ±2,9%.

Kalibrerad RF anges till 75,0%.

För golvavjämning beräknas Korrektionen för RF vid 20,0°C till $0,2 \times (20,0 - 21,2) = -0,24$ vilket avrundas till -0,2.

Slutvärdet redovisas med en decimal och tecken < framför, se *Figur 27.12*.

Avläst RF [%]	Avläst temp. golvav [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
74,0	21,2	75,0	-0,2	+0,5	+2,9	<78,2	1.)

Figur 28.12 Redovisning avseende golvavjämning när kalibrerad RF understiger givarens kalibreringsintervall.

Även för betong används lägsta kalibreringspunkten som kalibrerad RF, se *Figur 28.10*.

Däremot redovisas inte lägre RF än 75% i *Figur 28.1* för beräkning av temperaturkorrektion. För betong används därför lägsta RF som redovisas i *Figur 28.1* dvs 75% RF, vid beräkning av korrektionen för RF vid 20,0°C.

Med vct 0,55 och RF 75% kan $\Delta RF/\Delta T = 0,25$ utläsas ur figuren. $K = 0,25 \times (20,0 - 21,2) = -0,30$. Slutvärdet redovisas enligt *Figur 28.13*.

Avläst RF [%]	Avläst temp. betong [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
74,0	21,2	75,0	-0,3	+0,5	+2,9	<78,1	1.)

Figur 28.13 Redovisning avseende betong när kalibrerad RF understiger givarens kalibreringsintervall.

Lämplig kommentar i mätprotokollet är i båda fallen,

1.) Kalibrerad RF ligger utanför givarens kalibreringsintervall. Denna kommentar ska även anges tydligt på sammanställningsblanketten, *Blankett F12/F12AV*.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
Preliminär	2023-01-11		Ted Rapp			20(22)

28.4.3 Temperaturen i materialet utanför intervallet 15,0 – 25,0 °C

Detta fall gäller i princip enbart för borrhålsmätning i betong. Vid mätning i golvavjämning utförs RF-bestämningen inte ute på en arbetsplats utan på en plats där temperaturen kan regleras och strävan är att ligga så nära 20,0°C som möjligt. Vid mätning på en byggarbetsplats kan det förekomma att temperaturen i betongen understiger 15,0°C, eller överstiger 25°C vid avläsningstillfället. Mätpunkten kan då strykas helt ur protokollet alternativt redovisas slutvärdet enligt nedanstående exempel.

Exempel: Beräkna och redovisa slutvärdet
 Avläst RF 84,5% och temperatur 14,5°C
 Kalibreringskurva i *Figur 28.6*
 Fuktkapacitet + 0,5%
 Beräknad mätosäkerheten är ±2,4%.

Kalibrerad RF blir 83,0%, *Figur 28.6*.

Korrektionen för RF vid 20,0°C enligt *avsnitt 28.1* gäller enbart mellan 15,0°C – 25,0°C. Eftersom temperaturen understiger detta intervall så gäller inte korrektionsförfarandet. Inget siffervärde redovisas utan markeras med ett streck i protokollet. Mätosäkerheten redovisas som >3% och slutvärdet som ett heltal med tecknet > framför. Det är viktigt att beakta att redovisad RF är RF vid 14,5°C och inte RF vid 20,0°C vilket är definitionen av begreppet Slutvärde. Detta måste framgå tydligt i kommentaren till mätningen.

Lämplig kommentar i mätprotokollet är i detta exempel:

1.) Temperaturen i betongen understiger tillåten temperatur. Redovisat slutvärde är RF vid avläst temperatur och inte RF korrigerat till 20°C. En ny mätning rekommenderas när temperaturen i betongen överstiger 15,0°C.

Denna kommentar ska även anges tydligt på sammanställningsblanketten, *Blankett F12*.

Avläst RF [%]	Avläst betong temp. [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
84,5	14,5	83,0	—	+0,5	>3	>87	1.)

Figur 28.14 Redovisning då temperaturen i materialet vid avläsning ligger utanför tillåtet intervall.

27.4.4 Temperaturvariation större än $\pm 1,0$ °C

Detta gäller enbart borrhålmätning i betong. Vid RF-bestämning på uttaget prov av golvavjämning hanteras temperaturvariationen under mätningen enligt punkt **p**, *avsnitt 28.2.1*. Kravet på maximal temperaturvariation gäller betongtemperaturen i botten på mätstålet under mätningen. Kravet är att temperaturvariationen under 48 timmar innan slutavläsning ska ligga inom intervallet $\pm 1,0$ °C i betongen. Detta kan i stället för att logga temperaturen i betongen kontrolleras genom att använda en temperaturlogger som loggar temperaturen i luften. Loggern ska vara placerad i givarens omedelbara närhet. Tillåtet intervall vid denna loggning är $\pm 2,0$ °C vilket förutsätts motsvara en variation på $\pm 1,0$ °C i betongen. Redovisning av en mätning där temperaturvariationen överstiger tillåtet intervall redovisas i *Figur 28.15*.

Exempel: Beräkna och redovisa slutvärdet
 V_{ct} är 0,55
 Avläst RF 84,5% och temperatur i betongen 18,5 °C
 Kalibreringskurva i *Figur 27.6*
 Temperaturvariation i luften var $\pm 2,9$ °C under 48 timmar före avläsning.
 Fuktkapacitet + 0,5%
 Beräknad mätosäkerheten är $\pm 2,4\%$.

Kalibrerad RF blir 83,0% enligt *Figur 28.6*.

Korrektionen för RF vid 20,0 °C enligt *avsnitt 28.1* blir $0,17 \times (20,0 - 18,5) = +0,255$ vilket avrundas till +0,3.

Eftersom temperaturvariationen i luften under mätningen överstiger $\pm 2,0$ °C ska mätosäkerheten anges till >3% och slutvärdet anges med ett heltal och tecknet > framför.

Avläst RF [%]	Avläst betong temp. [°C]	Kalibrerad RF [%]	Korr för 20°C +/- [%]	Korr pga fukt-kapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 +[%RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
84,5	18,5	83,0	+0,3	+0,5	>3	>87	1.)

Figur 28.15 Redovisning då temperaturvariationen under mätningen är utanför tillåtet intervall.

Lämplig kommentar i detta fall är,

1.) Temperaturvariationen under mätningen överstiger tillåtet temperaturintervall. En ny mätning rekommenderas. Denna kommentar ska även anges tydligt på sammanställningsblanketten, *Blankett F12*.

Bilaga 8

BLANKETTER

Projektnamn			
Projektadress & ort			
Beställare, namn & företag			
Telefon & e-postadress			
Mätning ska utföras i:	Betong <input type="checkbox"/>	Golvavjämning <input type="checkbox"/>	Betong & golvavjämning <input type="checkbox"/>

Uppgifter avseende konstruktionen i vilken RF-mätning ska utföras

Etapp/del/hus	
Bottenplatta/mellanbjälklag	
Platsgjutning/håldäck/annan prefab?	
Kvarsittande form, om ja ange typ. Plåt/plattbärlag/annat	
Underliggande isolering/tätskikt, om ja ange mineralull/cellplast/plast/annat	
Finns voter i konstruktionen	
Tjocklek, gjutning betong	
Vct/vctekv betong	
Cement: tex Bygg-, Bas-, Anläggning-	
Tillsatsmaterial: flygaska/slagg/?	
Fukthårdning betong: Vatten/plast/membran/regn/inget	
Leverantör: Betong/prefab/avjämning	
Gjutdatum betong/golvavjämning	
Ingjuten golvvärme i betong/avjämning?	
Yta läggningsetapp avjämning [m ²]	
Tjocklek golvavjämning? varierande?	
Finns dokumentation avseende avjämnings tjocklek?	
Underlag golvavjämning, betong/annat?	
Finns stålarmring eller installationer i golvavjämnings?	
Fabrikat/typ av avjämning	
Datum tätt hus	
Datum styrd torkning	
Torkklimat, temperatur och RF i luften?	
Målvärde RF/högsta RF/ytskikt	
Datum för start av fuktmätning	
Planerat datum för ytskikt	
Ritning för dokumentation överlämnad?	
Är torkberäkning utförd?	
Övrigt	

Provtagningsprotokoll golvavjämning

BLANKETT F3AV

Projektamn:	
Projektadress:	
Beställare av fuktmätning, namn:	Telefon:
Företag:	
Provtagning utförd av, namn:	Telefon:
Företag:	
Golvavjämning, lägningsdatum:	
Fabrikat och produktnamn:	

Mätpunkter

Borrkärna avser det uttagna provet

Mätpunkt, märkning prov (beteckning, numrering)	Tjocklek golvavjämning [mm]	Borr diam. utv. [mm]	Temp golvyta avj. [°C]	Temp borrkärna [°C]	Del av borrkärna Hel, Halv Kvart	Provbehållare	Datum provtagning	Klockslag	Placering mätpunkt (Ritningsnummer)	Kommentar

A Plaströr 190mm **B** Plaströr 280mm **C** Glasburk 100ml **D** Glasburk 250ml

Transport av prover:

Transporterar själv Fraktas av/med: _____

Företag & ort, RF-bestämning:
Kommentar:

Kommentarer i separat bilaga: Nej Ja Numrerad:

Datum: _____ Underskrift provtagare: _____

Mätprotokoll RF-bestämning golvvävjämning

BLANKETT F5AV

Projektnamn: _____
 RF-bestämning utförd av: _____
 Företag: _____ Telefon: _____
 LAB/lokal RF-bestämning: _____
 Ankomst prover, datum: _____ Klockslag: _____
 Provtagare, namn: _____
 Givare (Fabrikat och modell) _____

Avläsningsinstr. (Fabr.mod.märkning) _____ Kontroll vid 85,0% 20,0°C
 OBS! Kontroll gäller endast Vaisala

Givar-beteckning	Kalibrering Datum	Egenkontroll Datum

Givar-beteckning	Kalibrering Datum	Egenkontroll Datum

Givarmontage och avläsning

Slutvärde=Korrigerad RF vid 20,0 °C inkl. mätosäkerhet(k = 2)

Mätpunkt, märkning prov (beteckning, numrering)	Tjocklek [mm]	Givarbeteckning	Mättid				Avläst värde		Kalibrerad RF [%]	Korr. för RF vid 20,0°C +/- [%]	Korr. pga fukt-kapacitet +[%]	Osäkerhet k=2 +[%]	Slutvärde RF [%]	Kommentar
			Givarmontage		Avläsning		RF [%]	Temp. [°C]						
			Datum	Klockslag	Datum	Klockslag								

Temperatur under mätperioden Min temp °C Max temp °C

Kommentarer: _____

Kommentarer i separat bilaga: Nej Ja Numrerad:
 Datum: _____ Underskrift RF-bestämning: _____

Beräkning av osäkerhet i RF-mätning

BLANKETT F8

Mätmetod:	
Beräkning utförd av:	Datum:

	Std.osäk.	(Std.osäk.) ²
a. Spridning, konduktans	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
b. Ickelinearitet	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
c. Drift hos RF-givare	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
e. Fuktkapacitet	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
g. Osäkerhet i kalibreringen	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
h. Kalibreringstabell, temperatur	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
i. Kalibreringstabell, RF	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
j. Referenscell	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
l. Mättemperatur annan än 20,0°C	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
p. Temperaturvariation under mätning	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
q. Avvikelse i mätdjup	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
r. Avvikelse i konstruktionstjocklek	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>
s. Provtagning golvavjämning	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 80%; height: 20px;" type="text"/>

Summa =

→ $\sqrt{\text{Summa}}$ =

Utvidgad mätosäkerhet, k = 2

→ x 2 =

Utvidgad mätosäkerhet avrundas till en decimal och förs in i kolumnen **Osäkerhet** i mätprotokollet

Projektnamn: _____

Mät punkt, märkning prov (beteckning, numrering)	Tjocklek [mm]	Temp yta avj. [°C] 1)	Placering mät punkt (ritnings- nummer)	Datum avseende provtagning	Mätresultat		RF 4) Målvärde avjämning [%]	Kommentar
					Temp 2) mätning [°C]	RF 3) avjämning [%]		

- 1) Avser temperaturen på golvvävningens yta vid provtagningstillfället
- 2) Avser temperaturen i provbehållaren vid slutavläsningen under RF-bestämningen
- 3) Redovisad RF är slutvärdet dvs Korrigerad RF vid 20°C inklusive mätosäkerhet (k = 2).
- 4) Målvärde tex högsta tillåtna fuktnivå i golvvävningen. Anges av beställaren av mätningen.

Kommentar:

Ansvarig för mätningen/provtagare,namn: _____

Nås på telefon: _____

Företag: _____

Postadress: _____

Datum: _____ Underskrift provtagare: _____

Avläsningsblankett för RF-bestämning, Golvavjämning

BLANKETT AVL

Projektnamn: _____

RF-bestämning/avläsning utförs av: _____

Start konditionering, datum och klockslag: _____

Givarmontage datum & kockslag: _____

Mätpunkt, märkning													Sign avläsn				
Givarbeteckning																	
Nr Datum kl	RF	T	RF	T	RF	T	RF	T	RF	T	RF	T	RF	T	RF	T	
1.																	
2.																	
3.																	
4.																	
5.																	
6.																	
Högsta jämviktade RF																	
Vikt prov [gram]																	

Bilaga 9

GBR BRANSCHSTANDARD, BESTÄMNING AV RELATIV
FUKTIGHET, RF I GOLVAVJÄMNING, UTGÅVA 2:2017



GBR Branschstandard

Bestämning av relativ fuktighet, RF i golvavjämning

Metod utvecklad av Golvbranschen, GBR

Utgåva 2:2017

Bakgrund

Fuktfrågan är för byggbranschen en stor angelägenhet. Att på ett enkelt och tillförlitligt sätt kunna säkerställa en byggnadsdels eller enskilt materials fuktstatus under byggprocessen är väsentligt för att kunna säkerställa byggnadens långsiktiga funktion. Det finns en standardiserad metod för att mäta fukt i betong. Något som saknats och efterfrågats är en metod för fuktmätning i golvavjämning. Mot bakgrund av detta initierades ett projekt med finansiering av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, för att utreda och föreslå en lämplig metod. I projektet undersöktes ett flertal olika provningsmetoder som då förekom på marknaden, för att kunna bestämma vilken eller vilka som var bäst lämpade för bestämning av relativ fuktighet, RF, i golvavjämning. (Projektet finns presenterat som en SBUF-rapport, med SBUF-projekt nr: 11791.)

En slutsats som kan dras utifrån projektet var att den bäst lämpade metoden var den i vilket ett prov tas ut över hela golvavjämnings tjocklek med en 35 mm borrhärla. Det uttagna provet krossas sedan och därefter bestäms RF i laboratoriemiljö.

Golvbranschen, GBR, är en rikstäckande branschorganisation som representerar Sveriges främsta företag med golv som verksamhetsområde. GBR arbetar med information, forskning och utbildning och behandlar branschgemensamma frågeställningar och projekt. I organisationen finns både golventreprenörer och golvleverantörer representerade.

Bland golvleverantörerna i GBR finns landets ledande leverantörer av golvavjämning. De har testat och vidareutvecklat den metod som föreslogs i ovan nämnda SBUF-projekt och tagit fram rutiner och dokumentation för att underlätta för verksamma fuktkontrollanter och tydliggöra hur bestämning av RF i golvavjämning praktiskt ska gå till.

Vid framtagning av dokumentation för metoden har mallar för fuktmätning i betong legat till grund, utformade av Rådet för byggkompetens, RBK. Detta eftersom mätmetoden riktar sig till samma målgrupp som mäter fukt i betong och för att användaren ska känna igen sig och endast behöva hantera *ett* system.

Golvbranschen, GBR, står bakom denna mätmetod och rekommenderar den som standard vid fuktmätning i golvavjämningsprodukter.

Aktuell utgåva är andra versionen av standarden. Den första versionen gavs ut år 2010.

Golvbranschen, GBR

Folkungagatan 122
116 30 Stockholm

TELEFON: 08-702 30 90

E-POST: info@golvbranschen.se

www.golvbranschen.se

Tack!

GBR vill rikta ett stort tack till Anders Anderberg, som varit en drivande kraft i att ta fram rutiner och dokumentation för metoden. Tack även till Rådet för byggkompetens, RBK, som generöst har ställt sitt material till förfogande.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	2
1.1	Förutsättningar.....	2
1.2	Översikt över mätmetod.....	2
1.3	Mätprogram.....	3
2	UTTAGNING, KROSSNING OCH TRANSPORT AV PROV	3
2.1	Förberedelser.....	3
2.2	Rutin för uttagning av prov med hjälp av borrhjäl.....	4
2.3	Krossning av uttaget prov.....	5
2.4	Transport av prover.....	6
2.5	Felkällor speciella för detta moment.....	6
3	RUTIN FÖR BESTÄMNING AV RF PÅ UTTAGET PROV	7
3.1	Kalibrering och egenkontroll.....	7
3.2	Allmänt om avläsning/RF-bestämning.....	7
3.3	Kapacitativa givare - Testo®.....	7
3.4	Kapacitiv givare Vaisala.....	10
4	BERÄKNING AV KORREKTION OCH MÄTOSÄKERHET	12
4.1	Beräkning och redovisning av korrektion.....	12
4.2	Rutin för mätosäkerhet utanför kalibreringsintervall.....	14
4.3	Rutin för beräkning av mätosäkerhet inom kalibreringsintervall.....	15
5	REDOVISNING OCH DOKUMENTATION	20
5.1	Rimlighetsbedömning.....	20
6	REFERENSER	20

BILAGOR

- Bilaga 1 Bildserie – uttag av prov
- Bilaga 2 Försättsblad
- Bilaga 3 Mätprotokoll – uttag av prov
- Bilaga 4 Mätprotokoll – avläsning av RF
- Bilaga 5 Osäkerhetsberäkning
- Bilaga 6 Avvikelsesrapport
- Bilaga 7 Rimlighetsbedömning

1 Inledning

1.1 Förutsättningar

Följande mätmetod är avsedd för mätning av relativ fuktighet, RF i cementbaserad och kalciumsulfatbaserad golvavjämning av olika tjocklekar. Vid skiktjocklekar över 100 mm kan av praktiska skäl även borrhålmätning för betong enligt aktuell RBK-manual användas. Mätning kan ske när golvavjämningen är under uttorkning och vid kontroll av RF efter ytbeläggning.

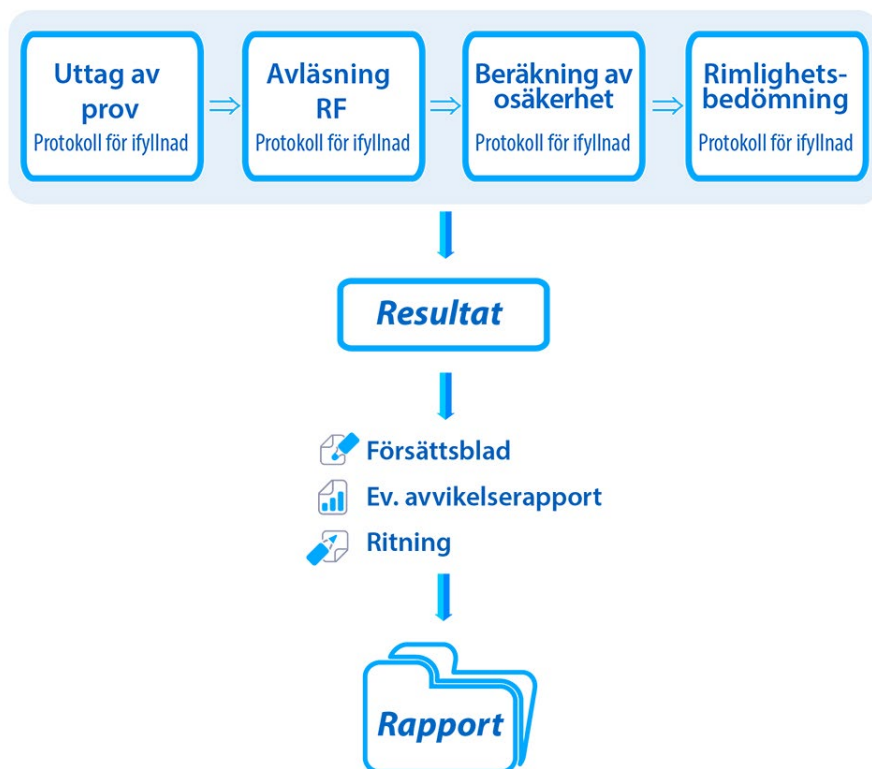
Den eller de personer som utför de olika momenten som ingår i mätrutinen ska vara väl förtrogen med mätmetoden.

Observera att vid användning av så kallad självtorkande golvavjämning¹ kan ytbeläggning ske redan inom ett par dagar. Funktionen bygger på att en viss kemisk uttorkning samt ytavdunstning för att ge yttorrhet sker före ytbeläggningen. Efter den tidiga ytbeläggningen fortgår den kemiska uttorkningen och därmed uttorkningsprocessen. Fuktmätning i tidigt skede av självtorkande golvavjämning ger därför inte relevanta mätvärden.

Kan fuktutbyte ske mellan golvavjämning och underlag måste även underlaget tas i beaktning vid utvärdering av hela golvkonstruktionens fuktillstånd.

1.2 Översikt över mätmetod

Nedanstående figur illustrerar de olika momenten i metoden. För varje moment finns ett förklarande kapitel. De protokoll som ska fyllas i, återfinns som bilagor till denna metod.



¹ För information om vilka golvavjämningar som är normaltorkande/självtorkande se www.golvbranschen.se

Slutvärdet för mätningen (avläst värde samt korrigeringar och mätosäkerhet) jämförs med uttorkningskrav för aktuell golvyta. Rapporteringen av mätningen ska omfatta försättsblad, ovanstående protokoll, ritning med mätpunkterna utmärkta, samt en rimlighetsbedömning, se vidare under *kapitel 5*. Samtlig dokumentation ska arkiveras i minst 10 år.

1.3 Mätprogram

Val av mätpunkter görs alltid utefter aktuella förutsättningar. En rimlig provplan kan vara en mätpunkt per lägenhet där läggningsetapper utgörs av enskilda lägenheter eller per våningsplan i flerbostadshus, dvs. en mätpunkt per ca. 300 m². Har golvavjämning utförts även i våtrum bör en extra mätpunkt tas i våtrum enligt ovan. Vid avjämning av större ytor på platsgjuten betong eller prefabricerade bjälklag är en mätpunkt per ca. 500 m² lämplig.

Vid val av mätpunkt ska eftersträvas att välja plats där torktiden är dimensionerande för aktuell yta. Dimensionerande plats är vanligtvis där skiktjockleken är som störst och golvytan som kallast.

Notera i provprotokollet om provpunkt valts på plats där vattenbegjutning misstänkts uppkommit efter läggning av golvavjämning genom läckage etc. Detta för att underlätta utvärdering av mätresultat.

2 Uttagning, krossning och transport av prov

I detta kapitel beskrivs rutiner för uttagning av prov samt för transport av prov till laboratorium. Innan en RF-mätning utförs bör förutsättningarna beskrivna i *kapitel 1.1* vara uppfyllda. Innan uttagning av prover påbörjas ska också rutinerna beskrivna i denna mätmetod noga studeras. Observera att krossning av provkropp kan ske både i fält och i laboratorium och att transport av prov alltid ska ske enligt *kap 2.4* nedan.

2.1 Förberedelser

Provbehållare med förslutning, exempelvis provrör, samt transportbehållare, anpassade till förutsättningarna (med hänsyn till kornstorlek, provmängd m.m.) ska användas.

Utrustning:

- Skyddsutrustning (skyddsglasögon, hörselskydd, andningsmask, skyddshandskar, skor med skyddståhätta)
- Borrmaskin
- Borrstativ som passar till borrmaskinen, med tillräcklig slaglängd, alternativt borrmall för styrning av borrkrona.
- Kärnborr med 35 ± 3 mm innerdiameter
 - Innerhöjden bör vara sådan att borret kan rymma hela borrkärnan
- Dammsugare med god sugförmåga, eller likvärdigt för borttagning av borrkax² i borrhål
- Provbehållare med tillräcklig volym samt förslutning till provbehållare
- Transportbehållare som kan förslutas
 - För att minimera risken för kondens bör ett material med låg värmeledningsförmåga väljas
- Skjutmått eller likvärdigt för bestämning av skiktjocklek
- Yttermometer eller likvärdigt

² Damm som uppstår vid borring.

- Hammare, mejsel och tång för att lösgöra borrhärnan
- Vattenfast markeringspenna
- Plastpåse

Provbehållare och förslutning kan köpas från labbgrossist. Där är det ofta även möjligt att beställa håltagning för givaren i de gummipluggar som används till provrör vid RF-bestämning.

2.2 Rutin för uttagning av prov med hjälp av borrhärna

2.2.1 Inför borrhärning

Kontrollera följande punkter innan borrhärning:

1. Uttagning av prover ska dokumenteras i det mätprotokoll som används vid RF-bestämningen. Mätpunkterna ska numreras och placering ska anges på ritning som bifogas mätprotokollet. För att få tillräckligt med material ska en minst 15 mm tjock kärna urborras.
2. Uttagning av prov kan ske vid godtycklig temperatur så länge som övriga krav i denna mättrutin beaktas.

Vid golvvärme märks punkt för provtagning ut vid appliceringen av golvvävjämningen, alternativt kan värmekamera användas för att i efterhand lokalisera var värmerör eller slingor är belägna. I armerad golvvävjämning används lämpligen metalldetektor för att undvika borrhärning i armeringen.

Om det vid borrhärning görs åverkan på underliggande plastfolie, luftspaltbildande matta eller ljudisolering är det viktigt att säkerställa att dessa åtgärdas enligt anvisningar från leverantören av respektive produkt. Eventuell åverkan meddelas beställaren och noteras alltid som en kommentar i mätprotokollet.

2.2.2 Borrhärning

Borrhärning sker utan styrborrhär genom hela skiktet av golvvävjämning. Vid borrhärning i golvvävjämning höjs temperaturen tillfälligt hos både borrhären och borrhärprovet. Eftersom en för stor uppvärmning av borrhärprovet kan ge ett felaktigt resultat är det mycket viktigt att värmealstringen minimeras under borrhärningen. Dessutom fastnar borrhären lättare om det blir för varmt eftersom det då expanderar. Borrhärens kvalitet, precisionen vid borrhärning, effektiv dammsugning, minimal borrhärstid i kombination med ett lagom tryck på borrhären är faktorer som alla påverkar värmealstringen.

Följande beaktas vid borrhärning:

1. Tid mellan kärnborrhärans påbörjande till dess att kärnan frigjorts och ligger i provbehållare alternativt plastpåse ska maximalt vara 40 sekunder, plus 20 sekunder per 10 mm tjocklek. Exempel, maximal tid för en 35 mm golvvävjämning är 40 sekunder plus 70 sekunder, dvs. 1 minut och 50 sekunder.
2. För att minska risken för kondens är det viktigt att provbehållaren/plastpåsen är varm när provmaterialet placeras i denna. Förvärm gärna provbehållaren/plastpåsen med händerna innan borrhärning påbörjas och placera sedan provbehållaren/plastpåsen på ett underlag med låg värmeledning, exempelvis isolering. Alternativt kan provbehållaren/plastpåsen förvaras i innerfickan.
Om kondens uppstår ska provet kasseras.
3. Borrhärning sker för uttag av borrhärkärna för hela golvvävjämningens tjocklek. Borrhärning sker utan styrborrhär och utan användning av kylvatten, s k torrborrhärning. Använd borrhärstativ eller borrhärmall för att styra borrhären. För försiktigt ner borrhären mot avjämningen. Använd lagom med kraft vid borrhärning. Dammsugning sker parallellt med borrhärning för att avlägsna borrhärkaxet och minimera borrhärens och borrhärprovets temperatur. Lyft gärna upp borrhären ca. var 20:e sekund. Avbryt när borrhären nått underliggande skikt.

4. Dammsug hålet före lösgörning av material. Borrkärnan knäcks loss med mejsel eller likvärdigt. Använd vid behov tång för att få upp materialet ur borrhålet. Avlägsna eventuella rester av underlaget från borrkärnan.
5. Materialet placeras omedelbart i plastpåse om krossning ska ske på plats eller provbehållare om krossning sker i lab. Knip omedelbart ihop påsens öppning med handen för att minimera fuktutbytet med omgivningen. Mät borrkärnans ytemperatur mitt på sidan av borrkärnan medan kärnan fortfarande ligger i påsen. Om kärnan har en ytemperatur under 35 °C noteras denna i mätprotokollet för uttagning av prov. Om ytemperaturen överstiger 35 °C förkastas borrhålet.
6. Kontrollera att det inte sitter rester av golvavjämning i borrhålet. Om hela borrkärnan inte kunde tas ur hålet rekommenderas att ett nytt prov tas, alternativt att en kommentar görs i mätprotokollet att del av kärnan saknas i provvolymen. Korrektion görs sedan vid beräkning av slutvärdet enligt rutin för osäkerhetsberäkning. Exempelvis kan detta ske om brottet vid knäckning av borrkärnan till hälften skedde några mm ovan underliggande material och denna del av kärnan sedan inte kunde tas ur hålet.
7. Mät golvavjämningsskiktets tjocklek med skjutmått.
8. Märk provbehållaren med samma märkning som i protokollet och märk ut mätpunkten på ritning.
9. Notera övriga efterfrågade uppgifter i protokollet såsom tidpunkt, antal provbehållare (om fler än en), eventuella avvikelser och andra kommentarer.
10. Om krossning av provkroppen ej sker direkt efter uttag av provet ska provkroppen förvaras i provbehållare fram till krossning sker.

2.3 Krossning av uttaget prov

Krossning av prov kan ske antingen direkt på provtagningsplatsen eller på annan plats som exempelvis där RF-bestämning sker.

2.3.1 Inför krossning

För krossning av prov behövs följande:

- Hammare
- Underlagsskiva
- Plastpåse, för att förhindra spridning av material samt minimera fuktutbyte med omgivningen
- Tratt eller likvärdigt, som hjälpmedel vid placering av krossat material i provbehållare
- Provrör med storlek anpassad till provmängd samt förslutning. Provröret ska fyllas till mellan hälften och två tredjedelar.

2.3.2 Krossning

Följande beaktas vid krossning:

1. Tid från påbörjad krossning till placering i provbehållare får ej överstiga 90 sekunder. Efter krossning får kornstorleken högst vara 10 mm, definierat som att allt material ska kunna passera en 10 mm sikt.
2. Krossning sker på underlagsskiva. För att förhindra spridning av material och fuktavgång krossas provet i en plastpåse. Se till att påsen är försluten (förslagsvis med handen) tills krossningen är avslutad.
3. Placera påsen med provmaterialet på underlagsskivan. Krossa provet genom att knacka med hammaren till avsedd kornstorlek uppnås.

4. Håll omedelbart ner allt provmaterial, från både plastpåsen samt större partiklar från underlagsplattan, i provröret. Får allt material inte plats i ett provrör kan materialet placeras i två eller flera provrör, max fyra, för att sedan meddelas (fördelas representativt mellan provrören) i laboratoriet. Används fler än ett provrör noteras detta som en kommentar i mätprotokollet.
5. Tänk på att provrör som fuktmätning sker i ska vara fyllda till mellan hälften och två tredjedelar.
6. Förslut provrören.
7. Märk provet enligt protokoll och benämning på ritning. Varje individuellt provrör ska märkas.

2.4 Transport av prover

Beakta att prov ska skyddas mot temperaturvariationer under transport och lagring. Transport av provet ska ske på ett sådant sätt att risk för kondensutfällning i provbehållaren på grund av temperaturvariationer elimineras.

Vid mottagningskontroll undersöks tecken på kondens, läckage etc. Om så föreligger kasseras provet.

Kopia av uttagningsprotokollet ska skickas med till laboratoriet eftersom detta behövs för att kunna beräkna mätosäkerheten.

2.5 Felkällor speciella för detta moment

Följande felkällor har identifierats:

- Hela avjämnings tjacklek har inte tagits ut för RF-bestämning.
- Material har förlorats vid borring eller krossning
- Läckande eller trasig provbehållare
- Svett droppar i provhålet vid urtagning av provbitar
- Materialet har inte omedelbart lagts i provbehållaren
- Hantering eller transport av prover som medför att kondens uppstår i provbehållaren
- För liten provvolym
- Fördelning av provmängden över flera provbehållare har inte gjorts representativt

3 Rutin för bestämning av RF på uttaget prov

RF-bestämning kan göras på olika sätt. I detta kapitel beskrivs metod för de enligt denna mät rutin godkända givare från *Testo*[®] och *Vaisala*.

Provrör och förslutning (plugg) kan köpas från labbgrossist. Där är det ofta även möjligt att beställa håltagning för givaren i de gummipluggar som används vid RF-bestämning. Provrör och förslutning får inte vara hygroskopiska, dvs. fuktupptagande.

RF-mätningen sker i laboratoriemiljö där man kan eliminera felorsaker såsom större temperaturvariationer. Mätningen sker på prover i provrör och RF bestäms enligt följande rutin. Bestämning av RF får ske vid temperatur mellan 15 och 25 °C.

Vid ankomst till laboratoriet inspekteras provet – kontroll görs avseende tecken på kondens, trasig/läckande provbehållare, ej tättslutande/fastsittande plugg. Om något av detta föreligger kasseras provet. Provet ska under 24 timmar konditioneras i samma klimatrum eller klimatskåp som RF-mätningen äger rum. Tid för start av konditioneringen noteras i protokollet.

3.1 Kalibrering och egenkontroll

Givare med tillhörande avläsningsinstrument ska kalibreras i intervallet 75–95 % RF och kalibreringskurva ska användas vid avläsning för korrigerig av avläst värde. Kalibrering ska utföras minst en gång per år. Kalibrering ska ske vid 75, 85, 90 och 95 % RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. Kalibrering kan även ske vid lägre RF-värden än 75 %. Dock får stegen mellan varje kalibreringspunkt vara max 10 procentenheter för att de nya punkterna ska kunna inkluderas i mätosäkerhetsintervallet.

Kalibrering och översyn av instrumenten ska ske hos part som har rutin och vana av kalibrering av aktuell mätutrustning och som har spårbarhet avseende RF.

Egenkontroll av givare ska utföras regelbundet och när den så påvisar ska ny kalibrering utföras. För givare accepteras en drift på $\pm 1,0$ procentenhet RF.

Datum för senaste kalibrering och egenkontroll av givare noteras i mätprotokollet.

För vidare rutiner kring kalibrering och egenkontroll hänvisas till aktuell version av RBKs manual *Fuktmätning i betong*. Hänvisningen gäller såväl allmänna rutiner som specifika rutiner för givare enligt nedan.

3.2 Allmänt om avläsning/RF-bestämning

RF-bestämning ska vara slutförd inom tio dygn efter provtagningen och protokollföras i mätprotokoll. Vid kondens i provbehållaren kasseras provet. Om kondens uppstår på givaren måste den genomgå egenkontroll före fortsatt användning.

Eftersom provmängden kan variera väsentligt beroende på skiktjocklek finns rekommendationer då allt provmaterial inte får plats i en provbehållare, se 2.3.2. Slutvärde avseende RF från de olika provrören får inte avvika från varandra med mer än 1 procentenhet för att osäkerheten för parametern ska kunna sättas till 0 % RF, se rutin för osäkerhetsberäkning.

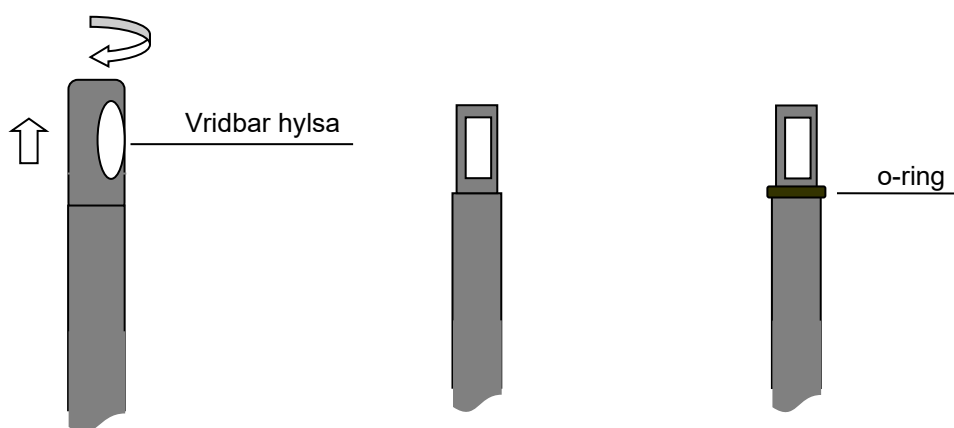
3.3 Kapacitativa givare - Testo[®]

Dessa givare bygger på en kapacitiv mätprincip. RF-sensorn, Testo, är tillverkad av ett hygroskopiskt material. Kapacitansen ökar starkt med ökande fuktinnehåll. Givare 605-H1 har inbyggd skärm där RF, temperatur och dagpunkt presenteras. Givare 0636.9769 kopplas till avläsningsinstrumentet Testo 635 där RF, temperatur och dagpunkt presenteras.

RF-bestämning ska ske med kapacitiv givare av fabrikatet Testo. Givare 605-H1 med inbyggd skärm eller givare 0636.9769 med tillhörande avläsningsinstrument, Testo 635, ska användas i kombination med tillhörande förbrukningsmaterial.

Till förbrukningsmaterial räknas bland annat dammskyddet på givaren. Kontakta Testos representant för aktuell information om dammskydd.

Vid mätning ska den vridbara hylsan i änden av 605-H1 tas bort, vridas till halvöppet läge och sedan dras av. Därefter skall o-ringen rullas på/monteras enligt bild nedan. En ny oanvänd o-ring ska monteras vid varje mättillfälle. Hylsan ska återmonteras mellan mätningar som sensorskydd. *Se Fig. 1.*



Figur 1. Principfigur för demontering av hylsan på Testo 605-H1 samt placering av o-ring

3.3.1 Kalibrering och egenkontroll specifikt för Testo

Egenkontroll av givare ska utföras regelbundet och när den så påvisar ska ny kalibrering utföras. Vid kalibrering och egenkontroll ska avläsning av RF och temperatur, efter det att givare och fuktalstraren stabiliserats (jämvikt ska uppnås), utföras 5–10 sekunder efter det att instrumentets strömbrytare sätts på. Därefter ska instrumentet stängas av till nästa avläsning.

3.3.2 Montage av givare, jämviktning och avläsning

1. Om dammskydd används kontrolleras dessa så att de inte är nedsmutsade eller skadade då de i så fall ska rengöras eller bytas ut. Vid byte av smutsigt eller skadat dammskydd på givare 605-H1 ska ny applicering ske enligt anvisningarna ovan.
2. Kontrollera provbehållaren. Om provröret är trasigt eller gummipluggen sitter löst så kasseras provet då detta kommer att ge ett felaktigt RF-värde.
3. Gummipluggen avlägsnas och RF-givaren monteras omedelbart på provröret.
4. Tryck ned mätaren och gummipluggen så att de sluter tätt mot provröret.
5. Notera datum och klockslag i mätprotokollet avseende givarmontage.
6. Temperaturen ska dokumenteras vid RF-bestämning, antingen genom kontinuerlig avläsning av temperatur i givare eller med hjälp av temperaturlogger i nära anslutning till givaren. Denna loggning ska ligga till grund för bestämning av mätosäkerheten.

Avläsning av RF och temperatur sker sedan antingen:

- a) genom att initialt läsa av minst tre värden med en timmes intervall, därefter vänta minst 12 timmar och sedan göra ytterligare minst fyra avläsningar med en timmes mellanrum tills mätvärdet har stabiliserats och fuktjämvikt råder under fyra avläsningar i rad.

... eller:

- b) kontinuerligt under minst 12 timmar. Låt givaren stå tills mätvärdet stabiliserats och fuktjämvikt råder.

Avläsningarna ska protokollföras och protokollet ska arkiveras tillsammans med mätresultatet. Detta för att dokumentera att slutlig avläsning ej skett innan givare och prov kommit i jämvikt samt för att eventuellt läckage i tätningen ska upptäckas vilket kan ge ett sjunkande RF-värde med tiden. Om läckage uppstår ska provet kasseras då mätresultatet är felaktigt.

7. Vid avläsning, sätt på instrumentet och läs av RF och temperatur. Avläsning sker efter 5-10 sekunder, samma inställetid som använts vid kalibrering. Notera avlästa värden i protokollet samt tidpunkten då avläsningen utförs. Stäng därefter av instrumentet.
8. Efter slutlig avläsning går man in i den kalibreringskurva som gäller för använd givare med inbyggd display, eller kombination av givare och avläsningsinstrument, för att få fram kalibrerad RF. Avläst värde samt värdet framtaget med kalibreringskurvan noteras i protokollet.
9. Korrektion för att omvandla kalibrerad RF till RF vid 20,0 °C, om RF-bestämning ej utförts vid 20,0 °C, beräknas enligt rutin för *Beräkning av korrektion och osäkerhet* och noteras i protokollet, se 4.1.1.
10. Om hela kärnan inte kommit med vid uttag av prov görs korrigerig enligt 4.1.3.
11. Osäkerheten i mätningen och korrektion på grund av givarens fuktkapacitet bestäms och noteras i protokollet och varefter ett slutvärde räknas fram och noteras i kolumnen slutvärde.
12. Temperaturvariationer under RF-bestämningen, max- och mintemperatur, ska noteras i protokollet med en decimal och användas som underlag vid beräkning av osäkerheten.

3.3.3 Felkällor speciella för denna mätmetod

Följande felkällor har identifierats:

- Läckande tätning eller trasigt provrör.
- Prover som ej konditionerats tillräckligt länge, dvs. minst 24 timmar, vid en temperatur som överensstämmer med den som råder vid RF-bestämningen.
- Avslutad mätning sker senare än 10 dygn efter provtagning.
- Avläsning av RF innan givare och provmaterial kommit i jämvikt.
- Avläsning sker senare än 5-10 sekunder efter det att avläsningsinstrumentets strömbrytare sätts på.
- Läckage mellan gummiplugg och provrör eller gummiplugg och givare vid mätning.
- Givarens filter är igensatt av smuts eller bormjöl vilket påverkar mättiden.
- Givare 0636.9769 används med ett avläsningsinstrument som den ej kalibrerats tillsammans med.
- Provmaterial förloras vid krossning/neddelning på flera provrör.
- Icke representativ fördelning av provmaterial mellan provrören, då flera provrör används.
- Fuktutbyte med omgivningen vid provhantering.

3.4 Kapacitiv givare Vaisala

Dessa givare bygger på en kapacitiv mätprincip. RF-sensorn, Humicap®, är tillverkad av ett hygroskopiskt material. Kapacitansen ökar starkt med ökande fuktinnehåll. Givaren kopplas till ett avläsningsinstrument där RF, temperatur och daggpunkt presenteras.

RF-bestämning ska ske med kapacitiv givare av fabrikatet Vaisala enligt Vaisalas anvisningar. RF-mätningen sker i laboratoriemiljö där man kan eliminera felorsaker såsom större temperaturvariationer. Mätningen sker på golvavjämningsprover i provrör. Proverna packas upp, bereds och RF-bestäms enligt följande rutin.

3.4.1 Kalibrering och egenkontroll specifikt för Vaisala

Allmänna riktlinjer för kalibrering och egenkontroll ges i *kapitel 3.1*.

Om givare och instrument ska kalibreras enligt Vaisalas rutin där offset-/gain-koefficienter³ lagras för specifik prob i avläsningsinstrumentets minne måste detta utföras före kalibrering. Dessa koefficienter får sedan inte ändras utan att ny kalibrering utförs och användaren måste vid varje avläsning förvissa sig om att rätt kanal används för respektive givare så att inte avläsning sker med fel offset-/gain-koefficienter.

Vid kalibrering och egenkontroll av givaren ska avläsning av RF och temperatur, efter det att givare och fuktalstrare stabiliserats (jämvikt ska uppnås), utföras inom 15 sekunder efter det att instrumentets strömbrytare sätts på. Därefter ska instrumentet stängas av till nästa avläsning.

3.4.2 Montage av givare, jämviktning och avläsning

Montering, jämviktning och avläsning

1. Kontrollera givarens filter och montera RF-givaren på provröret och kontrollera att gummipluggen inte sitter löst.
2. Se till att anslutningen mellan givare och mätbehållare blir tät.
3. Notera datum och klockslag i mätprotokollet avseende givarmontage.
4. Temperaturen ska dokumenteras med loggning vid RF-bestämning, antingen genom loggning av temperatur i givare eller med hjälp av temperaturlogger i nära anslutning till givaren. Denna loggning ska ligga till grund för bestämning av mätosäkerheten.

Avläsning av RF och temperatur sker sedan antingen:

- a) kontinuerligt genom loggning under minst 12 timmar. Låt givaren stå tills mätvärdet stabiliserats och fuktjämvikt råder.
...eller:
 - b) genom att initialt läsa av minst tre värden med en timmes intervall, därefter vänta minst 12 timmar och sedan göra ytterligare minst fyra avläsningar med en timmes mellanrum tills mätvärdet har stabiliserats och fuktjämvikt råder under fyra avläsningar i rad. Anslut givarsladden till avläsningsinstrumentet om detta inte redan är utfört.
5. Om offset-/gain-koefficienter är inlagda i avläsningsinstrumentet för den givare som ska avläsas kontrolleras att rätt kanal (1-10) används på avläsningsinstrumentet för den givare som används före avläsning.

Avläsning ska utföras inom 15 sekunder efter det att instrumentets strömbrytare slås på. Efter avläsning slås instrumentet av till nästa avläsningstillfälle.

Avläsningarna ska protokollföras och protokollet ska arkiveras tillsammans med mätresultatet. Detta för att säkerställa att slutlig avläsning ej sker innan givare och prov kommit i jämvikt

³ Offset- och gainkoefficienter används för justering av mätproben vid kalibrering.

samt för att eventuellt läckage i tätningen ska upptäckas vilket kan ge ett sjunkande RF-värde med tiden. Om läckage uppstår ska provet kasseras då mätresultatet är felaktigt.

6. Vissa givare kräver korrigerings efter avläsning för att få fram kalibrerad RF. Använd den kalibreringskurva som gäller för aktuell kombination av givare och avläsningsinstrument för att få fram kalibrerad RF. Avläst värde och värdet framtaget med kalibreringskurvan samt avläst temperatur noteras i protokollet.
7. Korrektion för att omvandla kalibrerad RF till RF vid 20,0 °C, om RF-bestämning inte utförts vid 20,0 °C, beräknas enligt rutin för osäkerhetsberäkning och noteras i protokollet.
8. Osäkerheten i mätningen och korrektion på grund av givarens fuktkapacitet bestäms enligt rutin för osäkerhetsberäkning och noteras i protokollet och därefter räknas det slutgiltiga mätresultatet fram och noteras i kolumnen slutvärde.
9. Givarens temperaturvariationer under RF-bestämningen, max- och mintemperatur, ska noteras i protokollet med en decimal och användas som underlag vid beräkningen av osäkerheten.

3.4.3 Felkällor speciella för denna mätmetod

Följande felkällor har identifierats:

- Läckande tätning eller trasig provbehållare.
- Provmaterial förloras vid borring, krossning och/eller neddelning.
- Fuktutbyte vid krossning och överföring av provmaterial till mätbehållare.
- Prover som inte konditionerats tillräckligt länge vid en temperatur som överensstämmer med den som råder vid RF-bestämningen.
- Avläsning av RF sker innan givare och golvavjämning kommit i jämvikt.
- Givare avläses med ett avläsningsinstrument som den inte kalibrerats ihop med.
- Fel kanal på avläsningsinstrumentet används så givare får fel offset/gain-koefficienter.
- Offset-/gain-koefficienter ändras utan att ny kalibreringskurva tas fram.
- Givarens filter är igensatt av smuts eller borrkax.
- Givarens sensor kan påverkas om den används eller lagras i närheten av polystyren, silikon, etanol eller golvlím. Detta kan orsaka drift.
- Avläsning sker senare än 15 sekunder efter det att avläsningsinstrumentets strömbrytare sätts på. Samma tid till avläsning måste användas som vid kalibreringsförfarandet.
- Icke representativ fördelning av provmaterial mellan provrören, då flera provrör används.
- Fuktutbyte med omgivningen vid provhantering.

4 Beräkning av korrektion och mätosäkerhet

Förutsättningen för att korrektion och osäkerhet i en RF-mätning ska kunna bestämmas enligt detta avsnitt är att provtagning, hantering av provkropp och RF-mätningen är utförd helt i enlighet med de mätrutiner och deras begränsningar som beskrivs i denna manual. Rutinen för beräkning av mätosäkerhet ger användaren en möjlighet att för vissa faktorer välja olika värden på standardosäkerhetens storlek beroende på hur RF-mätning eller kalibrering utförs. På begäran ska användaren kunna redovisa dokumentation som styrker valet av standardosäkerhet.

Om användaren har ett förfinat arbetssätt som ger en lägre osäkerhet får denna användas förutsatt att dokumentation finns som styrker detta. Ett exempel på detta är om kalibrering och egenkontroll av givare utförs med hårdare krav så att en lägre osäkerhet kan användas eller så täta intervall att en lägre drift kan säkerställas än vad som föreskrivs i denna manual.

4.1 Beräkning och redovisning av korrektion

Korrektion kan sägas vara ett sätt att hantera de systematiska felen. Om vi vet att det sätt vi mäter på medför ett fel i RF som blir lika stort vid varje mätning under samma förhållanden så kan vi uppskatta felets storlek och korrigera mätresultatet för detta fel. Den korrektion vi gör är i sig en uppskattning av felet som i sin tur är behäftad med en viss osäkerhet vilken behandlas nedan i *kapitel 4.1.1*. De systematiska felen ger således upphov till både en korrektion av mätresultatet och ett bidrag till mätosäkerhetsberäkningen. Detta medför att de faktorer som ger upphov till en korrigerig av mätresultatet behandlas på två ställen i denna manual.

De korrektioner som behandlas i detta avsnitt är:

- Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0 °C
- Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet
- Korrektion för bortfall av material vid uttaget prov

4.1.1 Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0 °C

Jämviktsfuktkurvan för golvavjämning är temperaturberoende vilket innebär att om temperaturen i golvavjämningen ändras, men vattenhalten hålls konstant, så kommer RF att ändras något. Om temperaturen sänks så kommer RF att sjunka trots att samma mängd fukt finns i golvavjämningen och om temperaturen ökar stiger RF.

När en korrektion beräknas är det kalibrerad RF och inte avläst RF som ska ligga till grund för korrektionens storlek.

Riktlinjerna för högsta tillåtna RF i golvavjämningen före ytbeläggning enligt AMA Hus, gäller RF vid 20,0 °C vilket antas vara konstruktionens brukstemperatur. Av denna anledning och för att underlätta jämförelsen av mätresultat utförda vid olika temperaturer redovisas resultaten från en RF-mätning vid 20,0 °C. Detta innebär att RF-värden från mätningar vid annan temperatur måste räknas om, korrigeras, till RF vid 20,0 °C.

Korrektionens storlek bestäms av en korrektionsfaktor, dRF/dT , som multipliceras med skillnaden i temperatur mellan brukstemperaturen, 20,0 °C, och temperatur i golvavjämningen vid mätningen. För att korrektionen ska få rätt tecken, plus eller minus, är det viktigt att alltid beräkna temperaturskillnaden genom att ta brukstemperaturen minus uppmätt temperatur och även hålla reda på tecknet avseende korrektionsfaktorn dRF/dT , se exempel nedan.

Korrektionen, K, beräknas:

$$K = dRF/dT \times (20,0 - t) \quad [\% \text{ RF}]$$

Korrektionsfaktorn dRF/dT sätts till 0,2 procentenheter RF per grad temperaturavvikelse från 20,0 °C / 1 /

Om mätning av RF sker vid temperatur över 20,0 °C sänks RF vid denna korrigering och omvänt då mätning av RF sker vid temperatur som understiger 20,0 °C.

Korrekturen förs därefter in i mätprotokollet, med tecken + eller -, i kolumnen *Korr för RF vid 20,0 °C*.

Exempel:

Mätning har utförts i golvavjämning och uppmätt RF (kalibrerad RF) är 80,0 %. Beräkna korrekturen för att räkna om RF till RF vid 20,0 °C om temperaturen i golvavjämningen vid mätning var:

- a) 18 °C
- b) 23 °C

Svar a): Korrektionsfaktorn $dRF/dT = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 18) = +0,4 \% \text{ RF}$$

Korrekturen är således +0,4 % RF

(RF vid 20 °C är: $80,0 + 0,4 = 80,4 \% \text{ RF}$)

Svar b): Korrektionsfaktorn är densamma, $dRF/dT = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 23) = +0,2 \times (-3) = -0,6 \% \text{ RF}$$

Korrekturen är negativ och kommer att ge en lägre RF.

(RF vid 20 °C är: $80,0 - 0,6 = 79,4 \% \text{ RF}$)

4.1.2 Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

När en RF-givare monteras kommer en del av fukten i golvavjämningen att åtgå för att fukta upp givaren. RF-givaren själv tar således upp fukt (den har fuktkapacitet) vilket kan medföra att fukten från golvavjämningen inte är tillräcklig för att erhålla rätt RF. Hur stor avvikelser blir beror på givarens sensor, filter, vid vilken RF givaren förvarats i innan den monteras och provets storlek, fuktkapacitet och förmåga att transportera fukt. De värden som finns att tillgå på givarnas fuktkapacitet visas i *Tabell 1*.

	RF	Fuktkapacitet	Uttaget prov
			Korrektion, K [% RF]
Testo	40 – 97 %	4 mg	+ 0,2
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	+ 0,2

Tabell 1. Korrektion pga. givarnas fuktkapacitet

Vid mätning enligt denna manual ska korrektion av mätresultatet på grund av fuktkapacitet utföras med de värden som anges i *Tabell 1*. Korrekturen förs in i mätprotokollet i kolumnen *Korr pga. fuktkapacitet*.

Den korrigering som utförs av mätresultatet är även behäftad med ett slumpmässigt fel vilket behandlas i rutinen för beräkning av mätosäkerhet.

4.1.3 Korrektion för bortfall av material vid uttag av prov

Om hela kärnan inte fås ur borrhålet måste detta noteras som en kommentar i mätprotokollet och korrigeras för. Saknas en del av toppen av kärnan (exempelvis om kanten är kraftigt naggad) kommer detta leda till att för högt RF-värde erhålls. Detta anses vara på säkra sidan och osäkerheten sätts därför till 0 %. Skulle en bit av botten av borrhölet inte fås med, exempelvis om brottet vid knäckning av kärnan helt eller delvis sker strax ovanför underliggande material och resterande del av golvavjämningen inte får ur hålet måste detta beaktas.

Följande formel används:

$$\text{Korrektion i \%} = 15 \times \Delta h/h$$

Där Δh är antal mm tjocklek av kärnans nedre del som saknas och h är skiktets totala tjocklek.

Exempel:

Vid knäckning av borrarad kärna fastnar ungefär hälften av de nedersta 2 mm av kärnan i underlaget och fås inte loss. Total skikt tjocklek (inklusive de 2 mm) är 35 mm.

Då kärnan endast till hälften har fastnat i underlaget anses dessa 2 mm motsvara 1 mm av hela kärnan.

Korrektionen blir då: $15 \times 1/35 = 0,43 \%$ vilken adderas till övriga korrektioner i kolumn "Korr pga. ej hel kärna" i mätprotokoll för avläsning av RF.

4.2 Rutin för mätosäkerhet utanför kalibreringsintervall

Vid kalibrerad RF högre än 95 % RF adderas först korrektioner enligt *avsnitt 4.1* ovan och därefter sätts osäkerheten till $> \pm 3 \%$ RF och 3 procentenheter adderas till summan varefter svaret anges som heltal avrundat uppåt, dock ej högre än 100 %.

Vid kalibrerad RF lägre än lägsta kalibreringspunkt beräknas svar som hade erhållits om slutvärdet hade varit lika med lägsta kalibreringspunkt plus korrigering enligt *avsnitt 4.1* och mätosäkerhet enligt *avsnitt 4.3*. Svaret redovisas som mindre än framräknat värde med kommentar om att slutvärde är utanför kalibreringsintervall.

Exempel:

Aktuella givare är kalibrerade i intervallet 75-95 % RF. På projektets fyra mätpunkter är kalibrerad RF,

- a) 72,9 %
- b) 82,6 %
- c) 93,6 %
- d) 97,5 %.

Korrektioner enligt *kap 4.1* är + 0,2 % och den beräknade mätosäkerheten är 1,8 % inom kalibreringsintervallet.

Slutvärde beräknas enligt följande:

- a) Kalibrerad RF är lägre än lägsta kalibreringspunkt. Slutvärdet beräknas då som värdet för lägsta kalibreringspunkt, 75% RF + 0,2 % i korrigering enligt *avsnitt 4.1* plus 1,8 % i osäkerhet. Slutvärdet redovisas som < 77,0 % med en kommentar om att mätvärdet ligger utanför kalibreringsområdet.
- b) Slutvärdet beräknas enligt vanlig rutin; $82,6 + 0,2 + 1,8 = 84,6 \%$ RF
- c) Slutvärdet beräknas enligt vanlig rutin; $93,6 + 0,2 + 1,8 = 95,6 \%$ RF

- d) Kalibrerad RF är högre än högsta kalibreringspunkt varför en osäkerhet om 3 % adderas utöver korrektion enligt *kap. 4.1* $97,5 + 0,2 + 3 = 100,7$ %. Svaret avrundas till närmaste heltal uppåt 101 % RF. Slutvärdet redovisas som 100 % med en kommentar om att mätvärdet ligger utanför kalibreringsområdet.

4.3 Rutin för beräkning av mätosäkerhet inom kalibreringsintervall

Syftet är att sätta ett siffervärde, standardosäkerhet, på varje felkälla som förekommer vid mätning enligt denna manual samt att kombinera osäkerheten för dessa felkällor till ett värde, utvidgad mätosäkerhet, som representerar den totala osäkerheten i mätningen vilken ska adderas till mätresultatet.

Denna rutin beskriver i punktform, **a–u**, de olika felkällor som bidrar till den totala osäkerheten i mätningen samt anger standardosäkerheten för varje felkälla eller ger vägledning till hur man bestämmer storleken. Villkor som måste vara uppfyllda för att angiven storlek på standardosäkerhet ska få användas anges under respektive punkt.

Standardosäkerheterna, som är framtagna med beräkningar och uppskattningar, under punkt **a–s**, grundar sig på skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong / 2 /. Samtliga punkter enligt denna skrift finns medtagna i detta dokument enligt samma numrering **a–s** även om alla felkällor inte är aktuella för de givare som finns föreskrivna i mätrutinen.

4.3.1 Standardosäkerhet för varje felkälla

För att bestämma standardosäkerheten för varje felkälla ska följande avsnitt gås igenom punkt för punkt. Använd mätmetod styr vilka felkällor nedan som är aktuella vilket beskrivs under varje punkt. Standardosäkerheten för de felkällor som är aktuella ska noteras i blankett för osäkerhetsberäkning, där sedan den totala mätosäkerheten beräknas enligt nästa avsnitt.

I diagram och tabeller får interpolering utföras mellan angivna värden. En uppskattning av standardosäkerheten utanför de yttre gränserna i tabeller och diagram medges inte utan särskild redovisning.

a. Spridning, konduktans
Gäller ej Vaisala och Testo.

b. Icke-linjäritet

De använda RF-givarna ska kalibreras vid 75, 85, 90 och 95 % RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. Kalibrering kan även ske vid lägre RF-värden än 75 %. Dock får stegen mellan varje kalibreringspunkt vara max 10 procentenheter för att de nya punkterna ska kunna inkluderas i mätosäkerhetsintervallet. En viss icke-linjäritet kan dock förekomma mellan kalibreringspunkterna. De yttre gränserna (a^+ och a^-) inom vilka den icke-linjära kalibreringskurvan antas ligga är $\pm 0,5$ % RF från den linjära kalibreringskurvan. Denna osäkerhet på $\pm 0,5$ % RF antas vara rektangelfördelad, vilket medför att standardosäkerheten blir $0,5/\sqrt{3} = 0,29$ % RF.

c. Drift hos RF-givare

RF-givarna ska kalibreras minst en gång per år samt däremellan när de regelbundna egenkontrollerna påvisar behov av ny kalibrering. När egenkontrollen påvisar en drift som avviker med mer än tillåtet värde ska ny kalibrering utföras.

Uttaget prov:

För givare som används i laboratorium vid uttaget prov är tillåtet värde avseende drift $\pm 1,0$ % RF. Drift antas vara rektangelfördelad, varvid standardosäkerheten blir $1,0/\sqrt{3} = 0,58$ % RF. För definition av drift, se aktuell version av *RBK Manual Fuktmetning i betong*.

d. Hysterés hos RF-givare

Mätning enligt manualen förutsätter att kalibrering och RF-mätning utförs från lägre RF till högre. Givarna ska "torka ut" innan de monteras för kalibrering eller mätning i avjämningen och när givaren kommit i jämvikt och avläsning utförts så ökas RF (vid kalibrering) alternativt så demonteras givaren inför nästa mätning. Detta medför att RF-givaren hela tiden befinner sig på jämviktsfuktkurvan för uppfuktning och att hysterés⁴ undviks vilket annars kan ge stora mätfel.

Standardosäkerheten för Vaisala och Testo kan sättas till noll när detta förfarande används.

e. Fuktkapacitet

Fuktkapaciteten som är framtagen för respektive givare är behäftad med en viss osäkerhet. Detta innebär att förutom den korrektion som utförs enligt 4.1.2 ovan så måste hänsyn tas till osäkerheten i denna korrektion. Standardosäkerheten avseende denna korrektion anges i *Tabell 2*.

	Uttaget prov		
	RF	Fuktkapacitet	Std. osäkerhet [% RF]
Testo	40 – 97 %	4 mg	0,12
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	0,12

Tabell 2. Standardosäkerhet avseende korrektion pga. givarnas fuktkapacitet

f. Noggrannhet på temperaturangivelse

Vaisalas och Testos mätprincip bygger på kapacitansändring i en polymerfilm på grund av fuktupptagning i filmen. Felkällan är försumbar.

g. Osäkerhet i kalibreringen

Kalibrering ska utföras vid en mätplats med spårbarhet avseende RF. Efter slutförd kalibrering ska dokumentation erhållas innehållandes en kalibreringskurva och uppgift om kalibreringens mätosäkerhet och spårbarhet. Vid mätplatsen där kalibrering utförs har de felkällor som påverkar kalibreringen utretts och den totala mätosäkerheten avseende kalibreringsförfarandet beräknats på liknande sätt som i denna rutin. Vanligt är att osäkerheten redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor $k = 2$ (täckningsfaktor betecknas vanligen k). Se även nästa avsnitt.

De standardosäkerheter som ska användas för beräkning i blankett för osäkerhetsberäkning ska vara angivna med en standardavvikelse dvs. täckningsfaktor $k = 1$. Således måste uppgiften om kalibreringens osäkerhet divideras med 2 innan den noteras i blankett för osäkerhetsberäkning förutsatt att den är given med täckningsfaktor $k = 2$.

Mätosäkerheten avseende kalibrering kan exempelvis vara $\pm 1,4$ % RF med täckningsfaktor $k = 2$. Detta medför att standardosäkerheten som ska föras in i blankett för osäkerhetsberäkning avseende kalibrering blir 0,7 % RF beroende på var någonstans kalibreringen utförts och vid vilken RF-nivå kalibreringen utförts. Generellt blir osäkerheten större vid högre RF-nivå.

⁴ Hysterés innebär att givarens fuktegenskaper, och därmed även mätutslag, kan påverkas av vilka fuktnivåer givaren har blivit utsatt för tidigare.

Om mätosäkerhetsberäkningen enligt blankett för osäkerhetsberäkning ska gälla vid godtycklig RF-nivå ska standardosäkerheten avseende punkt g anges som kalibreringens mätosäkerhet vid 95 % RF vilken utläses ur kalibreringsprotokollet.

h. Kalibreringstabell, temperatur

Gäller ej Vaisala och Testo.

i. Kalibreringstabell, RF

Gäller ej Vaisala och Testo.

j. Referenscell

Gäller ej Vaisala och Testo.

k. Mättemperatur annan än kalibreringstemperaturen

Kapacitiva givare kan vara något känsliga för temperatur. Detta medför att utslaget för en viss RF ändras med temperaturen på grund av givaren.

Avvikelse i temperatur kan försummas förutsatt att givaren är kalibrerad vid 20,0 °C och att mätningen utförs i intervallet 15–25 °C.

l. Mättemperatur annan än 20,0 °C

En korrektion görs för varje mätvärde i mätprotokollet enligt *avsnitt 4.1*. Angivna värden som används för att beräkna denna korrektion är behäftade med en viss osäkerhet som ska tas med i mätosäkerhetsberäkningen. Standardosäkerhetens storlek beror på vilken temperatur, T, som mätningen är utförd vid och beräknas enligt nedan.

$$T < 20,0 \text{ °C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (20 - T)$$

$$T > 20,0 \text{ °C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (T - 20)$$

Alternativt används alltid standardosäkerheten 0,18 % RF.

m. Olika temperatur mellan givare och golvavjämning

Vid mätning av RF ska temperaturskillnad mellan golvavjämning och RF-sensor undvikas.

Det går inte att ange några korrigeringsanvisningar för denna typ av fel. Felet kan uppskattas teoretiskt, men den uppskattningen behöver inte alltid stämma med verkligheten.

Standardosäkerheten sätts till 0 % RF vilket förutsätter att temperaturskillnad inte förekommer mellan golvavjämning och givare under mätning.

n. Borrningens inverkan

Vid mätning vid uttagning av prover ska erforderlig tid gå, enligt manualen, från det att provet är i det klimatstabiliserade utrymmet till avläsning av RF. Standardosäkerheten sätts då till 0 % RF.

o. Mättid

Under förutsättningen att manualtexten följs vad avser mättid mellan givarmontage och avläsning, dvs. erforderlig tid för att givare och golvavjämning ska komma i jämvikt, sätts standardosäkerheten till 0 % RF.

p. Temperaturvariationer under mätning

Uttaget prov

Vid RF-bestämning i laboratorium ger temperaturvariationen $\pm 0,2 \text{ °C}$ (yttre gränser) under mätningen att standardosäkerhet som vid antagen triangelfördelning blir $0,2/\sqrt{6} = 0,08 \text{ °C}$.

Detta ger att standardosäkerheten i RF blir ca 0,4 % RF. Inverkan på RF av olika temperaturvariationer visas i *Tabell 3*.

Maximal temperaturvariation, se ovan [°C]	Standardosäkerhet i RF [% RF]
0	0
± 0,1	0,2
± 0,2	0,4
± 0,5	1,0
± 1,0	2,0

Tabell 3. Standardosäkerhet beroende på temperaturvariation under RF-bestämning vid uttaget prov

q. Ojämnt uttaget prov

Denna felkälla avser fallet att man vid uttagning av provbitar får en överrepresentation från någon del av det djupintervall som man tar provbitarna ur. Vid uttag av prov med borrhärdarna bedöms detta fel bli försumbart. Standardosäkerheten sätts därför till 0 % RF.

r. Avvikelse i mätdjup

Provet ska borras ut med kärnborrhär där provet omfattar hela golvavjämningens tjocklek. Standardosäkerheten sätts därför till 0 % RF.

s. Avvikelse i skiktthjocklek

Avser om verklig tjocklek avviker från på konstruktionsritning angiven tjocklek. Denna avvikelse är inte aktuell i fallet uttaget prov med borrhärdarna på hela tjockleken. Standardosäkerheten sätts därför till 0 % RF.

t. Fuktutbyte med omgivning vid krossning samt hantering av provmaterial

Fuktutbyte med omgivning sker vid uttag av provmaterial, krossning och överföring till provrör. Under förutsättningen att manualtexten följs minimeras fuktutbytet med omgivningen och standardosäkerheten kan då sättas till 0.

u. Osäkerhet vid beräkning av medelvärde i olika provrör

Används flera provrör för ett materialprov framräknas slutvärde RF som medelvärdet av resultatet från RF för varje delprov. Är skillnaden mellan högsta och lägsta RF för de olika delproven mindre eller lika med 1,0 procentenheter sätts osäkerheten till 0. För skillnader över 1,0 procentenheter antas att en rektangelfördelad osäkerhet råder och en standardosäkerhet läggs till mätresultatet enligt följande:

$$\frac{HögstaRF - lägstaRF}{\sqrt{3}}$$

4.3.2 Sammanräkning och redovisning av mätosäkerhet

När standardosäkerheten för samtliga felkällor har bestämts är det dags att räkna ihop dessa till ett värde som representerar den totala osäkerheten för mätningen som brukar betecknas kombinerad mätosäkerhet. Kombinerad mätosäkerhet anges som ett intervall, \pm , inom vilket mätresultatet förutsätts ligga. 80 % RF med kombinerad mätosäkerhet ± 1 % innebär således att RF i golvvajämningen ligger mellan 79 – 81 %.

För att beräkna den kombinerade mätosäkerheten används en ”statistisk kompromiss”, där normalfördelning antas råda, som innebär att felkällorna summeras enligt formeln:

$$\pm\sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + u^2)}$$

I blankett för osäkerhetsberäkning utförs denna beräkning i flera steg.

När den kombinerade mätosäkerheten beräknas på detta sätt innebär det att för ca 67 % av de mätningar som utförs så kommer mätresultatet att ligga inom angivet intervall vad gäller mätosäkerheten. Resterande mätningar kommer statistiskt att hamna utanför intervallet. Dvs. om den kombinerade mätosäkerheten beräknas till ± 1 % RF enligt ovan så kommer 67 % av de mätningar som utförs ge ett mätresultat som ligger inom intervallet ”golvvajämningens RF” ± 1 % RF. Resterande mätningar har en större mätosäkerhet än 1 % RF och ligger utanför intervallet!

För att kunna ange hur stor del av mätningarna som ligger inom angiven mätosäkerhet används begreppet täckningsfaktor som vanligen betecknas k. Täckningsfaktorn multipliceras med den kombinerade mätosäkerheten vilket ger en utvidgad mätosäkerhet. Är täckningsfaktorn k = 1 är det ca 67 % av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet enligt ovan. Ökas täckningsfaktorn till k = 2 så är det ca 95 % av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet samtidigt som mätosäkerheten ökar med det dubbla! Är k = 3 så är det ca 99 % av mätningarna som ligger inom mätosäkerheten som nu har tredubblats från ursprungligt värde. Dvs. antalet mätningar som ligger inom angiven mätosäkerhet ökar när intervallet för mätosäkerheten utökas.

När det gäller fuktmätning i golvvajämning ska täckningsfaktor k = 2 användas. Det är viktigt att beakta att detta innebär att 5 % av de mätningar som utförs enligt denna manual statistiskt kommer att ligga utanför angiven mätosäkerhet.

Den utvidgade mätosäkerheten med täckningsfaktor k = 2 beräknas således enligt formeln:

$$\pm 2 \times \sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + u^2)}$$

och är värdet som ska noteras längst ner på blankett för osäkerhetsberäkning.

Detta värde, avrundat uppåt till en decimal, ska redovisas i mätprotokollet i kolumnen Osäkerhet. Detta är osäkerheten som gäller för utförd mätning.

Kalibrerad RF [%]	Korrektion för RF vid 20,0 °C +/- [%]	Korrektion pga. fuktkapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 + [% RF]	Korrektion pga. ej hel kärna	Slutvärde RF [%]	Kommentar
87,8	- 0,6	+ 0,2	+ 2,0	0	89,4	

Tabell 4. Del av Mätprotokoll golvvajämning uttaget prov

I Tabell 4 ses del av Mätprotokoll golvvajämning uttaget prov, ifylld med värden från följande exempel:

Kalibrerad RF (RF) 87,8 %, korrektion för RF vid 20,0 °C – 0,6 %, korrektion pga. givarens fuktkapacitet +0,2 % RF, utvidgad mätosäkerhet k = 2 \pm 2,0 % RF, ingen korrektion för ej hel kärna.

I kolumnen Slutvärde RF redovisas summan av kolumnerna: *Kalibrerad RF; Korrektion för RF vid 20,0 °C; Korrektion pga. fuktkapacitet; Osäkerhet $k = 2$ (med plustecken)* samt *Korrektion för ej hel kärna*.

5 Redovisning och dokumentation

Slutvärde är det värde som representerar mätningens resultat och är det värde som ska jämföras med kritisk RF-nivå för vald ytbeläggning, dvs. den RF som ska underskridas för att ytskiktet som appliceras på golvavjämningen inte ska ta skada.

Följande ska ingå i redovisning:

- Försättsblad
- Mätprotokoll uttag av prov
- Mätprotokoll avläsning av RF
- Korrektion och osäkerhetsberäkning
- Rimlighetsbedömning
- Eventuella avvikelserapporter
- Ritning med markerade mätpunkter

Provtagare ansvarar för att samtlig dokumentation upprättas och i förekommande fall arkiveras. Det är möjligt att delegera ansvaret för delar av upprättandet och arkivering till exempelvis fuktlaboratoriet.

5.1 Rimlighetsbedömning

En rimlighetsbedömning bör utföras vid varje mättillfälle. Vid rimlighetsbedömningen görs exempelvis jämförelse med beräknade värden, med andra mätvärden från samma projekt eller enligt tidigare erfarenheter.

Vid avvikelser i rimlighetsbedömningen kommenteras dessa och om möjligt diskuteras eventuella orsaker.

6 Referenser

- 1 A. Anderberg och L. Wadsö. Moisture properties of self-levelling flooring compounds. Part II. Sorption isotherms. Nordic Concrete Research, 32 (2), pp. 16-30, 2004.
- 2 G. Hedenblad. Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1999.