

**Teknisk granskning av
"Utredning kring PPBs uttorkningsmodul –
Slutrapport 2020-02-06"**

Rapport, 2020-03-27

Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic

Ted Rapp, Byggföretagen

Hans Hedlund, Skanska Sverige AB

Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar teknisk granskning och synpunkter på rapporten "Utredning kring PPBs uttorkningsmodul – Slutrapport 2020-02-06", som har genomförts på initiativ av Fuktcentrum och av dem utsedda granskare.

Slutsatsen dragen efter denna granskning är att det inte finns någon saklig grund till en revidering av PPB utöver den nyligen frisläppta uppdateringen till version 2.1.7.0, där en mindre justering av transportdata redan skett, med hänsyn tagen till resultaten i Linderoth & Johansson 2019.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
Innehållsförteckning.....	2
1 Inledning.....	3
1.1 Bakgrund	3
2 Analys och invändningar rörande sakfrågor.....	3
2.1 Missinterpretation av mätning i Linderoth & Johansson 2019	3
2.1.1 Transportförmåga hos betong med bascement Linderoth & Johansson vs. PPB	3
2.1.2 Transportförmåga hos betong med SH vs. Hedenblad	4
2.1.3 Varifrån kommer "60 ggr tätare"?	4
2.2 Ej färdiga mätningar i Nilsson 2019.....	5
2.3 Felaktigt påstående om undanhållna transportdata.....	6
3 Diskussion och slutsatser.....	6
3.1 Missriktad granskning	6
3.2 Slutsatser	6
3.3 Utredningen i ett bredare sammanhang.....	7
4 Rekommendationer.....	7
Referenser	7
Bilageförteckning.....	8

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Fuktcentrum har 2020-02-12 gått ut med en uppmaning till "försiktighet beträffande användandet av beräknings-/prognostiseringsverktyg som räknar med PPB:s materialdata" både på sin hemsida och i form av allmänt mejlutskick. Som motiv därtill angavs att man låtit "utreda fukttransportförmågan hos bascementbetong" och utredningen visat att materialdata som används i PPB skulle varit felaktiga. Rapporten från utredningen i fråga är i skrivande stund fortfarande hemlighållen för den breda publiken som uppmaningen riktat sig till.

Byggföretagen har 2020-03-02 mottagit en kopia av den hemliga rapporten med titeln "Utredning kring PPBs uttorkningsmodul – Slutrapport 2020-02-06", utförd på beställning av Fuktcentrums styrelse av Lars-Olof Nilsson och Kyösti Tuutti.

Detta dokument sammanfattar den tekniska granskning av utredningsrapporten som utförts på uppdrag av Byggföretagen. Vidare i detta dokument kommer "Utredningen" att användas som hänvisning till Nilssons och Tuuttis utredning enligt ovan och "Utredningsrapporten" att hänvisa till den mottagna slutrapporten.

2 Analys och invändningar rörande sakfrågor

Granskningen har funnit ett flertal brister i utredningens redovisade resonemang, bakomliggande data samt de dragna slutsatserna. Nedan belyses de tre viktigaste invändningarna mot utredningen. För en mer komplett lista se bilaga 1.

2.1 Missinterpretation av mätning i Linderoth & Johansson 2019

Linderoth & Johansson 2019 presenterar mättningsresultat för transportförmåga hos cementbruk, vattencementtal 0,45, med rent SH-cement (i artikel felaktigt kallad för Slite Rapid, senare korrigerat i Linderoths presentation på Funkcentrums infodag november 2019) samt 15%-ig inblandning av flygaska. För bruk härdat i 20 °C framkommer det att i intervallet 75–95% RF så är bruket med flygaska ca. 3 ggr tätare än bruket med rent SH-cement. Vidare redovisas en transportförmåga i detta intervall för bruket med flygaska på ca. $1,4e-7$ m²/s. Baserat på detta drar utredningen slutsatsen att transportegenskaperna som används i PPB, samt påståendet att betong med Bascement skulle kunna vara 60 ggr tätare än betong med gammaldags OPC, skulle vara felaktiga. Detta resonemang är behäftat med två grundläggande fel.

2.1.1 Transportförmåga hos betong med bascement Linderoth & Johansson vs. PPB

Utredningen antar att cementbruket har en transportförmåga för fukt som är likadan som industriell betong baserat på samma bindemedel. Bruket som är optimerat för labbförsök innehåller i regel ca dubbelt så mycket cementpasta som industriell betong vilken till största delen består av ballast. Eftersom ballasten i sig inte transporterar fukt kommer en sådan skillnad i volymen cementpasta att ha en proportionell inverkan på fukttransporten och är lätt att kompensera för, vilket utredningen inte väljer att göra.

Vidare finns även skillnader i ballast, vilket påverkar det s.k. interfacezonen mellan pasta och ballast som brukar vara mer poröst än själva pastan. Denna skillnad är dock väldigt svår att kompensera för då interfacezonens tjocklek är känd att variera med kornstorleken hos ballasten, se Wang 2013, och det finns skäl att misstänka att den också varierar med fysiska och kemiska egenskaper hos ballastkornens yta.

Granskningen har anledning att utgå från att cementbruket i Linderoth & Johansson 2019 har samma sammansättning som cementbruk redovisat i Linderoth 2018. Kompensation för skillnad i pastamängd kan beräknas. Skillnaden i ballast kan inte beräknas. I cementbruket används s.k. normsand, som är en natursand. Betongen bakom PPB:s data är baserad på helkross och innehåller både finpartiklar från kubisering samt stenfraktioner som normsanden saknar. De kan även misstänkas ha skillnader i fysikaliska och kemiska ytegenskaper.

Då korrektionen för pastamängden tas i beaktande samt en ungefärlig jämförelse görs, då Linderoth & Johansson 2019 har mätt in vct 0,45 och PPB 0,40 samt 0,55, visar det sig att i intervallet 75–95% RF är PPB:s data endast ca 2–3 ggr tätare än de Linderoth & Johansson 2019. Denna skillnad är inte särskilt anmärkningsvärd då det åtminstone är två skillnader mellan materialen som det inte kompenseras för (ballast samt faktum att SH-cement med 15% flygaska inte är direkt jämförbart med Bascement).

2.1.2 Transportförmåga hos betong med SH vs. Hedenblad

Utredningen antar vidare att SH-cement är att likställa med gammaldags ren ordinarie portlandcement (OPC). Mot bakgrund av detta är det intressant att jämföra den inmätta fuktförmågan mot tidigare data i litteraturen. Med samma slags jämförelse som ovan, se bilaga 1 för uträkning, visar det sig att SH-cement är ca 4–5 ggr tätare än betong med ren OPC, inmätt i början av 90-talet av Göran Hedenblad, se Hedenblad 1993. Detta är ett mycket intressant resultat som pekar på att det finns skillnader i s.k. ren OPC mellan idag och 90-talet som medför en förändring i betongens transportförmåga för fukt. Som det påpekats i några av publikationerna kring PPB, en sådan skulle kunna vara den ökade närvaron av finpartiklar i cementet p.g.a. dagens rutinmässiga inblandning av ca 4% kalkstensfiller. Utredningen underlåter här att observera att det inte endast är cement med puzzolana tillsatser som ger tätare bruk och betong utan även att dagens OPC gör det jämfört med tidigare.

2.1.3 Varifrån kommer ”60 ggr tätare”?

Den redovisade fukttransportförmågan för betongen i PPB har i jämförelse med Hedenblad 1993 gett en förtätning med en faktor på ca 60, 40 samt 20 för vattencementtal 0,55, 0,40 resp. 0,32. Om man nu sammanfattar de jämförelser redovisade ovan, och baserat på Linderoth & Johansson 2019 framgår det att:

- SH i Linderoth & Johansson 2019 är ca 4–5 ggr tätare jämfört med gammaldags OPC i Hedenblad 1993
- SH med 15% flygaska är ca 3–4 ggr tätare än ren SH, bägge i Linderoth & Johansson 2019
- Bascement i PPB är ca 2–3 ggr tätare jämfört med SH med 15% flygaska i Linderoth & Johansson 2019
- Multipliceras detta ihop hamnar man ungefär strax under 40 ($2,5 \times 3,5 \times 4,5$) vilket snarare bekräftar än motsäger PPB:s förtätningssuppskattningar.

Utredningen gör inga försök till en jämförelse liknande den ovanstående utan nöjer sig med konstaterande i Linderoth & Johansson att betong med Bascement bör vara ca 2–5 ggr tätare än betong med rent OPC baserat på jämförelsen mellan ren SH och SH med 15% flygaska. Då hela branschens tänkande kring fuktsäkerhet samt de materialdata som finns f.n. i Betonghandboken är baserade på betong med OPC från tidigt 90-tal, (Hedenblad 1993, Wengholt Johansson 1995, etc.) är den förenklade jämförelsen med dagens SH irrelevant.

Observeras bör att då hela diskussionen handlar om väldigt låg transportförmåga för fukt bör man inte förvänta sig större noggrannheter än vad som redovisas ovan.

2.2 Ej färdiga mätningar i Nilsson 2019

Utredningen hänvisar till resultat från mätning av transportförmåga hos betong i Nilsson 2019 i en jämförelse med PPB:s transportdata. Denna jämförelse är inte relevant. Nilsson 2019 redovisar data från s.k. koppförsök gjorda på betong med Bascement där 3 cm tjocka skivor används för mätning av transportegenskaper. Då koppförsöket som sådant bygger på att stationärt fuktflöde uppnåtts i provet är kvaliteten i dess mätresultat beroende av att viktförändringen inte avläses för tidigt utan endast då fuktflödet i koppen stabiliserat sig. I Nilsson 2019 baseras transportkoefficienterna på en avläsning av viktförändring i kopparna efter 4 månader.

Som jämförelse kan presenteras information från Olsson 2018. Där används 1,5 cm tjocka skivor av bruk i samma syfte. Olsson 2018 redovisar stabiliseringstider på upp till 2 år. Detta skall dock ses som en grov uppskattning då den nödvändiga stabiliseringstiden varierar med vid vilket RF-intervall mätningen sker samt beroende på provets ursprungliga RF. Baserat på personlig kommunikation mellan Marcin Stelmarczyk och Nilla Olsson kring just stabiliseringstider i dessa försök görs en bedömning att en nödvändig stabiliseringstid i RF-intervall jämförbart med Nilsson 2019 ligger mellan 9 och 12 månader för 1,5cm tjocka bruksskivor.

Då en fördubbling av tjockleken i fukttransportssammanhang normalt medför mer än en fördubbling av den nödvändiga tidsperioden är kopparna i Nilsson 2019 avlästa ca 2 år för tidigt för att man med säkerhet skall kunna hävda att man inte överskattat transportförmågan.

Vidare bör påpekas att:

- I Nilsson 2019 jämförs erhållna transportdata från de för tidigt avlästa kopparna med transportdata uppskattade med en annan metod, den s.k. burkmetoden. Denna jämförelse stärker dock inte trovärdigheten hos någon av dessa. Som förklarats i Stelmarczyk 2018 är burkmetoden behäftad med en störning av viktminskningen pga. fukttransport i utrymmet som uppstår mellan betongen och burken (krympning av betong). Den registrerade viktminskningen blir överskattad och likaså den därpå baserade transportkoefficienten. Det påstås att Åhs 2019 skulle ha motbevisat detta, vilket inte är sant då Åhs 2019 endast visar att RF på ekvivalent djup i burkens mittre delar inte påverkas nämnvärt.
- Transportdata från Nilsson 2019 jämförs även med transportdata från Linderoth & Johansson 2019 och eftersom de ligger relativt nära varandra tolkas detta som att de bör vara korrekta. Som det tidigare förklarats i detta dokument är cementbruket i det ena försöket inte jämförbart med den industriella betongen i det andra och faktum att dessa data ligger på samma nivå tyder snarare på att åtminstone ett av dem är fel.

2.3 Felaktigt påstående om undanhållna transportdata

Utredningen påstår att det under framtagningen av materialdata för betong med Basement till PPB utförts koppförsök i olika RF-intervall och vid olika temperaturer och att resultaten från dessa skulle finnas men undanhållits av det berörda projektet.

Mätningarna av specificerat slag har mycket riktigt planerats inom SBUF 13198. Provkropparna togs fram och konditionering av dessa (kapillärmättnad) påbörjades. Kopporna för proverna med vct 0,55 färdigställdes precis före semestern 2018. I början av oktober sades samarbetet inom projekten upp med BML/LTH. Vid den tidpunkten var kopporna för vct 0,55 långt ifrån stabila – för en tjocklek på 2 cm förväntades ca 12 månaders stabiliseringstid. Inga andra koppar för de övriga vattencementtalen hade då påbörjats.

Påståendet att det skulle finnas undanhållna transportdata för betong med Basement är felaktigt.

3 Diskussion och slutsatser

3.1 Missriktad granskning

SBUF beviljar bidrag till både forsknings- och utvecklingsprojekt. Forskningsprojekten förväntas producera resultat som genomgår oberoende vetenskaplig granskning. Detta sker normalt genom publicering av artiklar i vetenskapliga journaler, där oberoende granskare anlitas, eller som försvar av publicerade akademiska avhandlingar. Utvecklingsprojekten, å andra sidan, ställs det inga sådana krav på. Resultaten förväntas redovisas och spridas på ett sätt som specificeras i ansökan till resp. projekt. Det brukliga är att projektet presenterar en slutrapport. Många projekt levererar även andra former av resultat. Kvaliteten säkerställs genom val av personer som ingår i projektens styr-, arbets- och referensgrupper.

Framtagningen av fuktegenskaper för betong med Basement och utveckling av mjukvara för själva fuktberäkningen i PPB har skett i form av utvecklingsprojekt, SBUF 13197 och 13198. Det har inte varit tanken från början att presentera resultaten som vetenskaplig forskning och inte heller att utsätta dem för oberoende granskning. Detta är ett normalt förfarande vid framtagning av industriella verktyg. Som exempel på andra verktyg som inte heller genomgått oberoende granskning avseende sin vetenskaplighet kan nämnas Torka S, Hett 97, ConTeSt samt värme- och hållfasthetsberäkningen i PPB.

Det har inte varit industrins intention att i första hand säkerställa en kvalitetsnivå avseende materialdata bakom PPB så att dessa inte skall kunna ifrågasättas vetenskapligt. Samma sak gällde vid framtagande av Torka S. Industrin som beställare och finansiär har i bägge fallen nöjt sig med en lägre kvalitetsnivå för att möjliggöra en hanterbar kostnadsnivå samt erhålla projektresultat inom en rimlig tidsram. Att utreda ett sådant arbete i efterhand med en högre kvalitetsribba än den ursprungligen planerade kommer alltid att resultera i ifrågasättanden. En vetenskaplig granskning i detta skede tillför inget konstruktivt i den industriella beställarens ögon.

3.2 Slutsatser

Mot bakgrund av de resonemang som redovisas i detta dokument samt i dess bilagor drar granskarna av Utredningsrapporten följande slutsatser:

- Utredningen innehåller ett flertal vetenskapligt undermåliga resonemang.
- Utredningen feltolkar mätdata från Linderoth & Johansson, när den påstår att dessa skulle motsäga PPB:s materialdata, då de i själva verket närmast bekräftar grundnivån i PPB:s materialdata.
- Utredningen använder sig av felaktigt avlästa mätdata i Nilsson 2019.
- Utredningen använder sig av direkt felaktig information då utredningen påstår att det skulle finnas oredovisade mätdata för fukttransport framtagna för PPB.
- Utredningen för teoretiska resonemang utan relevans för den industriella tillämpningen.
- Utredningen visar bristande kunskap om metoder för preparation av mätobjekt och utförande av mätning.
- Den totala mängden brister och felaktigheter i utredningen eller materialet den baserar sig på är så stor att inga av dess huvudsakliga slutsatser avseende ev. brister i materialdata för fuktberäkning i PPB kan ses som relevanta.

3.3 Utredningen i ett bredare sammanhang

Det har tidigare konstaterats att en utredning som försöker hitta sätt att vetenskapligt ifrågasätta resultat från industriell utveckling är missriktad. Utredningen angriper RBK-metoden, som är den enda systematiskt kvalitetssäkrade metoden för RF-mätning, som valideringsmetod för verktyget. Den allmänna kvaliteten på utredningens redovisade argumentation och resonemang måste ses som ganska låg då den resulterar i 19 enskilda invändningar från granskarna. Mot bakgrund av ovanstående finner granskarna det som sannolikt att utredningens mål inte är förbättring av det verktyg som branschen finner användbart på området (ca 1500 registrerade användare) utan att det finns andra skäl bakom utredningen som inte främjar branschens allmänna intresse.

4 Rekommendationer

Baserat på ovan presenterade slutsatser av denna granskning, rekommenderar granskarna följande åtgärder:

- Inga åtgärder rörande PPB eller dess materialdata ska vidtas, utöver den nyligen frisläppta uppdateringen till version 2.1.7.0, där en mindre justering av transportdata redan skett, med hänsyn tagen till resultaten i Linderoth & Johansson 2019.

Referenser

Hedenblad 1993 – Hedenblad G., *Moisture Permeability of Mature Concrete, Cement Mortar and Cement Paste*, Lunds Universitet, 1993

Linderoth & Johansson 2019 – Linderoth O, Johansson P., *Fuktegenskaper hos cementbundet material med flygaskinblandning*, Bygg & Teknik nr 7, 2019

Nilsson 2019 – Nilsson L.-O., *Burkmetoden – för bestämning av fukttransportegenskaper hos betong*, Rapport 1922, 2019-10-03, Moistenginst AB

Olsson m.fl. 2018 – N. Olsson, L.-O. Nilsson, M. Åhs, samt V. Baroghel-Bouny, *Moisture transport and sorption in cement based materials containing slag or silica fume*, Cement and Concrete Research, 2018.

Stelmarczyk m.fl. 2018 – Stelmarczyk M., Rapp T., Hedlund H., Gränne F., *Självuttorkning och temperatur, dvs. hur man får uttorkning att fungera*, 2018, www.sbuf.se/ppb

Wang 2013 – Wang Y., *Performance Assessment of Cement-based Materials Blended with Micronized sand: Microstructure, Durability and Sustainability*, doktorsavhandling, Technische Universiteit Delft, 2013

Wengholt Johnsson 1995 – H. Wengholt Johnsson, *Kemisk emission från golvsystem – effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning*, Chalmers Tekniska Högskola 1995,

Åhs 2019 - Åhs, M., *Simulering av uttorkning i betong med COMSOL Multiphysics*. Presentation vid Fuktcentrums Informationsdagar 2019

Bilageförteckning

Bilaga 1, Kompletterande sammanställning av brister i utredningen

Bilaga 1

Kompletterande sammanställning av brister i utredningen

Nedan redovisas en lista på de brister som funnits i utredningen och dess slutsatser med tillhörande invändningar.

Utredningsrapport:

”Byggbranschen i Danmark har inte rapporterat om svårigheter att torka ut betong vilket således verifierar att Bascementet inte nämnvärt skiljer sig från tidigare cement.”, kap. 1.2.

Invändning:

I en broschyr från 2013 avråder Dansk Beton från användning av flygaska i betong där krav på uttorkning förekommer, se Dansk Beton 2013.

Utredningsrapport:

”Fukttransportkoefficienterna i PPB, om de vore riktiga, skulle få märkliga konsekvenser:

- a. Betong behöver inte längre torkas alls; den är tätare än förekommande golvbeläggningar. Det är ”bara” avjämnningen som nu behöver torkas.
- b. RBK-mätningar i betong behövs inte mer; betongens fuktillstånd är ointressant.
- c. PPBs uttorkningsmodul är överflödig, pga. pkt a.”, kap. 1.2.

Invändning:

Punkt a. har inom SBUF 13354 visats kunna fungera medels simulering av fuktförlopp baserade på mätdata från både Saeipour & Wadsö 2016, Olsson m.fl. 2018 samt från PPB, Stelmarczyk m.fl. 2019b, se Stelmarczyk m.fl. 2019a. Detta undersöks vidare medels praktiska försök i SBUF 13560.

Punkt b och c missar hela idén med fuktsäkerhet. Om inte fuktsäkerheten garanteras av betongens fuktillstånd utan av dess täthet så måste den senare på något sätt, direkt eller indirekt, verifieras i fält innan mattläggning. RBK-systemet för fuktmetning i betong kommer i sådana fall behöva kompletteras med ny mätmetodik. Vidare kommer PPB att behövas för att räkna på fuktillståndet i hela golvet för att kontrollera om betongen är tillräckligt tät i jämförelse med mattan, vilken uttorkningsnivå som krävs i avjämnning för att klara av limfukten samt hur mätpunkter för valideringsmätning skall väljas.

Utredningsrapport:

Hela kap. 3 samt sista 2 stycken i kap. 4, påståendet att det skulle finnas opublicerade mätningar av transportdata framtagna medelst koproförsök inom SBUF 13198.

Invändning:

Påståendet är inkorrekt, se kap 2.3 i granskningsrapporten.

Utredningsrapport:

Referens till Linderoth & Johansson 2019 samt slutsatsen som baseras därpå, kap. 4.

Invändning:

Feltolkning av mätdata och felaktig slutsats, se kap. 2.1 i granskningsrapporten.

Utredningsrapport:

Referens till Nilsson 2019a samt slutsatsen som baseras därpå, kap. 4.

Invändning:

För tidig avläsning av koppförsök som ger överskattning av fukttransportdata, se kap. 2.2 i granskningsrapporten.

Utredningsrapport:

Referens till Nilsson 2019b samt slutsatsen som baseras därpå, kap. 4.

Invändning:

Samma invändning som för Nilsson 2019a.

Utredningsrapport:

Sammanfattande resonemang att en så liten inblandning som 15% flygaska inte kan ge den förtätning av betong som PPB redovisar, kap. 4.

Invändning:

PPB utgick från Hedenblad 1993 när jämförelsen av fukttransportdata presenterades. Dåtidens cement skiljer sig på fler sätt än vad utredarna uppger, t.ex. på innehåll av finpartiklar från kalkstensfiller. Detta misstänks ge en del av förtätningen, vilket styrks av den låga transporten för SH-cement i Linderoth & Johansson 2019, se kap. 2.2 och 2.3 i granskningsrapporten.

Utredningsrapport:

Påståendet att Åhs 2019 skulle ha bevisat att spalten runt betongen i hinken/burken inte stör mätning av fukttransport i densamma genom vägning och att burkmetoden i Nilsson 2019a därför är tillförlitlig, kap. 4.

Invändning:

Åhs 2019 visar endast att RF i de centrala delarna av burken/hinken inte störs av transporten i spalten. Hur stor påverkan den extra transporten ger på det totala fuktflödet ur burken/hinken, dess tillhörande viktförlust samt dess inverkan på uträkning av transportdata berörs inte i Åhs 2019. Utredningen använder följaktligen Åhs 2019 på ett felaktigt sätt och kommer fram till en felaktig slutsats.

Utredningsrapport:

Hela kap. 5, beskrivning av PPB:s sätt att bestämma fukttransportdata.

Invändning:

Utredningen missar att transportdata bestämts i två steg - först för bruk som används i undersökning i sorptionsvåg och sedan genom multiplikativ justering tillsammans med självuttorkning mot RF-mätningar i uttorkningsförsök (utredningen kallar det första steget för bestämning av fuktberoendet i kap. 8). Det första steget ger alltså inte bara ett fuktberoende utan kompletta data för fukttransport för det material som undersöks, se tidigare tillämpning av denna metod i Anderberg & Wadsö 2008. I PPB:s fall fanns två störande faktorer (större ballast var bortplockad från provet i sorptionsvågen, geometrin för provkroppen var inte lika väldefinierad som i Anderberg & Wadsö 2008) som behövde kompenseras för. Denna kompensation skedde i steg två av framtagningen.

Utredningsrapport:

Hela kap. 5, kritik mot användning av RF-mätning i uttorkningsförsök för slutkorrigering av fukttransportdata.

Invändning:

PPB används för att prediktera uttorkning i golv, i syfte att underlätta planering av byggprocessen. PPB är i sig inte ett valideringsverktyg för golv tillstånd. Att använda sig av samma systematiska mätförfarande som under byggprocessen, se RBK 2017, för slutjustering av PPB:s beräkningar är ett utmärkt sätt att eliminera systematiska skillnader mellan PPB:s beräkningar och de mätvärden som RBK- auktoriserade kontrollanter upplever. Då SBUF 13198 är ett industriellt utvecklingsprojekt utan ursprungliga krav på att inte kunna ifrågasättas vetenskapligt är val av industrins enda metod med systematisk kvalitetssäkring för bestämmande av fukt tillstånd i betonggolv tämligen självklart.

Utredningsrapport:

”Temperaturberoendet finns knappast ”inmätt”. Resultaten för konstanta temperaturnivåer ligger i princip inom mätosäkerheten; sådana effekter finns dock i litteraturen. Det som behövs för modellering i en härdande betong är effekten av en temperaturhistoria under första dygnet. Någon sådan mätning har inte gjorts.”, kap. 6.

Invändning:

Utredningen försöker förklara bort en trend baserat på ett flertal mätningar med mätosäkerheten hos en enskild mätning. Utredningens slutsats medför att de slumpmässiga mätfelen i över 100 enskilda mätningar per vattencementtal av sig själva skulle forma en trend som stämmer överens med vad som redovisas i litteraturen. Utredningen har inte förstått inverkan av mätosäkerheten i detta sammanhang och slutsatsen faller på sin egen orimlighet.

När man vill modellera ett beroende av en specifik parameter är det brukligt att arrangera försöken så att denna parameter hålls konstant vid olika nivåer under försökens utförande. Detta underlättar utvärderingen och anpassningen av en modell senare. Inom SBUF 13198 är det precis en sådan undersökning som utförts. Då betongprover hydratiserade i vattenbad vid olika temperaturer och har olika temperaturhistorik under både de första dygnet och senare ser inte granskarna vad utredarna finner bristande i denna mätupställning.

Utredningsrapport:

Resonemang om "icke-Fickska" effekter och osäkerhet i slutnivå för desorption samt vilken stabiliseringskurva man anpassar transportdata mot, ett flertal ställen i kap. 7 samt kap. 8.

Invändning:

Det förekommer "icke-Fickska" effekter vid mätning av sorption och transport. De är dock inte det huvudsakliga problemet. Ett mycket större problem som utredningen missar är längden på stabiliseringstiden för varje enskilt steg i sorptionsvågen. Figur 7 i utredningsrapporten, från Olsson m.fl. 2018, visar detta tydligt. Ju större hopp i fukthalt ett enskilt steg i RF har desto sämre uppskattning då endast ett initialt förlopp på kurvan för stegen hinner mätas utan att kurvorna får en chans att börja plana ut. De största stegen i mitten av diagrammet visar inte ett "icke-Fickst" förlopp utan ett sorptionssteg med för kort stabiliseringstid. För att komma till rätta med detta fenomen har sorptionsmätningar inom SBUF 13198 fått utökade stabiliseringstider, från initialt 14 dygn för ett desorptions- och absorptionsförlopp till som max. 90 dygn. Det har observerats ett "icke-Fickst" beteende hos betongen på enstaka RF-intervall vid absorption. Efter justering av stabiliseringstiderna har det dock haft marginell inverkan på resultaten.

Utredningsrapport:

"Ett självklart sätt att kontrollera att systemet kemiskt bundet vatten och desorptionskurva ger korrekt resultat är att mäta RF efter ren självuttorkning, dvs på provkroppar som varit konstant förseglade. Några sådana mätningar har inte redovisats", kap. 7.

Invändning:

Vissa av uttorkningsmätningarna innehåller långa perioder då provkroppen varit förseglad. Olika grader av diffusionsuttorkning och självuttorkning har således använts vid validering av PPB.

Utredningsrapport:

"Desorptionskurvorna vid olika ålder (6 & 12 månader) samlas i samma punkt vid 100 % RF, vilket skulle innebära att porositeten inte skulle ändras under tiden däremellan", kap. 7.

Invändning:

Inkorrekt påstående. Kurvorna möts inte alls vid samma punkt. Kapillärporositeten har bestämts i separata försök och funnits skilja mellan dessa två åldrar, dock relativt litet.

Utredningsrapport:

"Det framgår inte av "Slutrapporten" i vilken utsträckning man lyckats skydda de små proverna från karbonatisering.", synpunkt avs. misstänkt karbonatisering av små prover under lång försök i sorptionsvåg, kap. 8.

Invändning:

Utredningen har inte förstått hur mätningen i en sorptionsvåg går till. Sorptionsvågen använder sig av nitrogen som atmosfär för proverna.

Utredningsrapport:

”Vidare kan man väl också tänka sig att flygaska inte beter sig som tänkt i så små, krossade prover då flygaska kräver viss miljö för att reagera med cementets hydratationsprodukter.”, synpunkt avs. misstänkt försök med små korn av bruk i sorptionsvåg, kap. 8.

Invändning:

Utredningen har inte förstått hur preparation av prover för mätning i en sorptionsvåg går till. Proven lagras 6 resp. 12 månader i förseglad tillstånd som cylindrar med 10 cm i diameter. De krossas precis innan mätning i sorptionsvåg. Flygaskans hydratation påverkas inte under lagringstiden av provstorleken.

Utredningsrapport:

Resonemanget kring mätning med RBK-metoden, kap. 9.

Invändning:

Utredningen ifrågasätter RBK-metoden för fuktmätning i betong på ett flertal punkter utan att kvantifiera ev. tillhörande problem. En sådan kritik kan alltid tas fram mot en metod att utföra en komplex och känslig uppgift. Utredningen bortser ifrån att RBK erbjuder den enda metoden för mätning av RF med systematisk kvalitetssäkring samt auktoriseringsförfarande för personal som utför mätningarna. Detta är alltså den bästa industriella angreppssättet på området och det är högst rimligt att ett verktyg för prediktering av just uttorkning och fuktillstånd i golv använder sig av samma metod vid validering av utförda beräkningar. Utredningens kritik är av teoretisk art och saknar industriell relevans.

Utredningsrapport:

”Branschens erfarenheter är dock att materialet inte beter sig signifikant annorlunda än tidigare produkter utan flygaskatillsats”, kap. 10.

Invändning:

Utredningen antar att det endast är flygaska som skiljer gammaldags OPC-baserad betong från betong med Bascement. Mätresultat för SH-cement från Linderoth & Johansson visar annorlunda. Vidare visar slutsatserna i SBUF 13358 att uttorkning av betong mycket väl upplevs som förändrad av branschen, se Svensson Tengberg 2018.

Utredningsrapport:

”Andra undersökningar har dock kommit till helt andra resultat än i PPB-projekten.”, kap. 10.

Invändning:

Resultaten i Nilsson 2019a och Nilsson 2019b håller inte på grund av för tidig avläsning. Resultaten i Linderoth & Johansson 2019 bekräftar snarare än motsäger PPB:s resultat efter en noggrann analys.

Referenser

Anderberg & Wadsö 2008 – Anderberg A., Wadsö L., ”Method for simultaneous determination of sorption isotherms and diffusivity of cement-based materials”, Cement and Concrete Research, 2008

- Dansk Beton 2013** – "Selvudtørrende beton - til gavn for byggeriet", Dansk Beton, Fabrikbetongruppen, 2013
- Hedenblad 1993** – Hedenblad G., *Moisture Permeability of Mature Concrete, Cement Mortar and Cement Paste*, Lunds Universitet, 1993
- Linderoth & Johansson 2019** – Linderoth O, Johansson P., *Fuktegenskaper hos cementbundet material med flygaskinblandning*, Bygg & Teknik nr 7, 2019
- Nilsson 2019a** – Nilsson L.-O., *Burkmetoden – för bestämning av fukttransportegenskaper hos betong*, Rapport 1922, 2019-10-03, Moistenginst AB
- Nilsson 2019b** – Nilsson L.-O., *Fukttransportegenskaper hos betong med olika bindemedel. Koppmätningar för betonger med vbt 0.36*, Rapport 1923, 2019-12-03, Moistenginst AB
- Olsson m.fl. 2018** – N. Olsson, L.-O. Nilsson, M. Åhs, samt V. Baroghel-Bouny, *Moisture transport and sorption in cement based materials containing slag or silica fume*, Cement and Concrete Research, 2018.
- RBK 2019** – RBK, *Manual – Fuktmätning i betong*, version 6:1
- Saeidpour & Wadsö 2016** – M. Saeidpour, L. Wadsö, *Moisture diffusion coefficients of mortars in absorption and desorption*, Cement and Concrete Research, 2016
- Stelmarczyk m.fl. 2019a** – Stelmarczyk M., Rapp T., Hedlund H., *Utredning av funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial*, Slutrapport SBUF 13354, 2019
- Stelmarczyk m.fl. 2019b** – Stelmarczyk M., Rapp T. Hedlund H., Carlström S., *Utveckling av beräkning av uttorkning i programmet Produktionsplanering Betong samt Inmätning av Bascement för uttorkningsberäkning i Produktionsplanering Betong*, Slutrapport SBUF 13197 & 13198, 2019, SBUF
- Svensson Tengberg 2018** – Svensson Tengberg Ch., *Inventering: Uttorkning av betong*, Slutrapport SBUF 13358, 2018
- Åhs 2019** - Åhs, M., *Simulering av uttorkning i betong med COMSOL Multiphysics*. Presentation vid Fuktcentrums Informationsdagar 2019