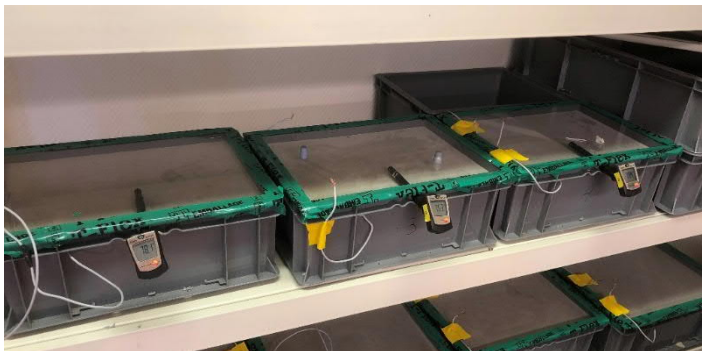


Minimera kemiska golvskador

Delprojekt:

1. Säker uttorkning inför golvläggning
2. Kemiska emissioner efter golvläggning
3. Uppföljning av goda exempel



SBUF projekt nr: 13599, 13752

Lund 2020-10-31

FuktCom



Jörgen Grantén
Civ ing, Dipl fuktsakkunnig



Daniel Granlund
Civ ing, Dipl fuktsakkunnig

Förord

Detta projekt har initierats utifrån ren nyfikenhet och kunskapsbrist då det uppenbart råder stor osäkerhet kring fukt- och emissionsfrågor avseende golv.

När det gäller krav på fuktmätningar inför golvläggning finns det manualer och gränsvärden som preciserar mätvärden med tiondels procent relativ fuktighet inför mattläggning. Vad som sker därefter när mattan är lagd finns det dessvärre för lite kunskap om.

- Varför saknas det kunskap om risken för kemiska golvsador?

När det uppstår akuta hälsosymptom så att personer inte kan vistas i byggnaden, får en skadeutredare ta reda på vad som hänt och försöka finna orsakssamband mellan kemisk golvskada och ohälsa. Då är det redan försent och inte helt lätt.

- Varför saknas det säkra metoder för att bedöma kemiska golvsador?

Vi hade för avsikt att i detta projekt ta reda på vad som sker efter golvläggning avseende fuktomfördelning och kemisk nedbrytning, men det var inte så enkelt som det i förväg kunde tyckas.

Försöken visar varför det krävs en ödmjuk inställning till teknikområdet. Vad som sker i en sammansatt golvkonstruktion är komplext då det är mångfaktoriellt och därmed svårt att tolka resultat och dra säkra slutsatser.

Projektet ger en inblick i problematiken och i bästa fall utgör rapporten en "förstudie" till kommande utvecklings- och forskningsprojekt inom området.

Detta behöver verkligen utredas vidare, så att gemensamma kriterier för mätmetoder och gränsvärden kan fastställas. Forskning krävs för att vi ska få fuktsäkrare byggnader och en sundare inomhusmiljö.

Målgruppen har varit byggbranschens alla aktörer som har fokus på kemiska emissioner från moderna golv. Särskilt tack till Jan Kristensson, Chemik Lab AB och Liselott Egelrud, IVL Svenska Miljöinstitutet och för ert engagemang. Tack till Rickard Wollberg och Peter Christensson, NBI Bygg AB, som varit projektsökande och till alla som hittills visat intresse för rapporten och bidragit med information.

Lycka till med läsningen!

Lund, 2020-10-31

Jörgen Grantén och Daniel Granlund, FuktCom

Innehållsförteckning

Denna innehållsförteckning avser den inledande rapportdelen, sidorna 1 - 12.

För de 3 delprojekten finns en innehållsförteckning för respektive delprojekt 1 – 3.

Läsanvisning	3
Hela projektets bakgrund	4
Övergripande målsättning	5
Referensgrupp	5
Delprojekt 1 – Sammanfattning	6
Säker uttorkning inför golvläggning	6
Genomförande	6
Resultat och slutsatser – Delprojekt 1.....	7
Delprojekt 2 – Sammanfattning	8
Kemiska emissioner efter golvläggning	8
Genomförande	8
Resultat och slutsatser – Delprojekt 2.....	9
Delprojekt 3 – Sammanfattning	11
Uppföljning av "Goda exempel"	11
Genomförande	11
Resultat och slutsatser – Delprojekt 3.....	11

Läsanvisning

Rapporten är en redovisning av tre olika och separat utförda delprojekt 1 – 3.

"Rapportdelen"

I den inledande "Rapportdelen" redovisas en bakgrund till projektet och en kortfattad sammanfattning av varje delprojekts resultat. Syftet är att lätt kunna ta till sig vad som framkommit av delprojekten, utan att behöva läsa varje resultatdel ingående.

"Resultatdel 1 – 3"

För att ge läsaren möjlighet att förstå vad som gjorts mera i detalj har genomförande, resultat och bedömningar för varje delprojekt redovisats fristående i respektive "Resultatdel 1 – 3".

Hela projektets bakgrund

Vid inomhusmiljö-/skadeutredningar är det allmänt känt att fuktrelaterade golvsador är en vanlig orsak till byggnadsrelaterad ohälsa vid vistelse i en byggnad. Det saknas dock vetenskaplig grund för kopplingen mellan ohälsa och kemiska emissioner, vilket lett till att det saknas standardiserade mätmetoder och gränsvärden för att definiera en "tekniskt påvisbar kemisk skada". Istället används metoder för att påvisa om det skett en onormal kemisk förändring av materialen, vilket jämförs med praktiska erfarenhetsvärden och referensmätningar i andra objekt.

Av denna anledning behövs forskning och utveckling kring kemiska golvsador:

- Vilken uttorkningsnivå krävs inför golvläggning?
- Vad sker vid nedbrytning av lim och matta vid olika fuktpåverkan?
- Vilka resultat erhålls vid mätning i fält i normala fall?

Som entreprenör råder det stor osäkerhet kring riskerna för hur och när kemiska golvsador uppstår. Hur säkerställer entreprenören att riskerna minimeras?

Detta projekt belyser samma tillämpningsområde som SBUF-projektet SBUF 13560 "Framtidens golvsystem med modern betong", men fokuserar mer på skadeaspekter och praktiska försök utifrån våra erfarenheter av golvsador. Utförda undersökningar är helt fristående från SBUF-projekt 13560.

Fokus på de undersökningar som genomförts är:

- Delprojekt 1: Praktiska försök avseende fuktomfördelning mellan "Modern betong" med bascement och avjämningsskikt efter tät förslutning.
- Delprojekt 2: Praktiska försök att utvärdera golvemissioner från 5 olika mattyper och 6 olika golvlim, 6 månader efter limning av olika beläggningar på olika fuktiga i underlag.
- Delprojekt 3: Utföra uppföljningsmätningar av golvemissioner 2-4 år efter byggnation.

Övergripande målsättning

Nya betongkvaliteter med bascement som innehåller flygaska har gett nya förutsättningar för uttorkning. Under projektets gång har betongkvaliteterna fortsatt att förändras med nya inblandningar av tillsatsmaterial såsom slagg och kalkfiller etc. Även proportionerna av dessa tillsatsmaterial förändras över tid. Denna utveckling mot mera miljövänliga alternativ till cementen har sannolikt bara börjat. De nya betongkvaliteterna har förändrade och olika fuktegenskaper och kommer inte att kunna specificeras exakt från fall till fall. Det kommer enligt vår uppfattning bli svårt att kunna beskriva varje enskild betongs materialegenskaper så noga att det kan säkerställas hur uttorkning och fuktomfördelning kommer att ske med hjälp av teoretisk modellering. Målsättningen har varit att visa exempel på hur fuktomfördelning sker med praktiska försök.

Samtidigt som förändringen skett hos betongkvaliteter har det utvecklats nya golveläggningar med nya mjukgörare som i skadesammanhang avger nya ämnen. Vi har bara startat detta arbete med relevanta tester/mätningar i praktiska försök. Målsättningen har varit att resultaten ska exemplifiera vad som sker i en limmad konstruktion efter golvläggning. Detta i syfte att visa vägen för hur skaderisker bör minimeras genom relevanta fuktkrav under produktion och rätt krav på materialleverantörer som tydliggör skaderisken.

Våra försök utgör bara "förstudier" inför kommande stora utmaningar för högskola och pågående forskning, som måste gå vidare med detta arbete att tydliggöra vad som sker i en sammansatt golvkonstruktion efter mattläggning.

Varje delprojekts syften beskrivs inledningsvis under respektive resultatdel 1-3.

Referensgrupp

Analyslaboratorium, kemisakkunniga:

- Jan Kristensson, Chemik Lab AB.
- Liselott Egelrud, IVL Svenska Miljöinstitutet.

Sakkunnig, fukt- och uttorkningsmodellering:

- Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic.

RBK-representant:

- Ted Rapp, Sveriges Byggindustrier.

Fuktsakkunniga skadeutredare:

- Ingrid Johansson, AK-konsult.
- Anders Kumlin, Anders Kumlin AB.

Delprojekt 1 – Sammanfattning

Säker uttorkning inför golvläggning

Utifrån tidigare genomförda SBUF-projekt 13197, 13198, 13354 och 13560 finns indikationer på att dagens moderna betong är betydligt tätare än äldre betong med enbart portlandscement, har "nya torkmetoder" diskuterats. En allt tätare betong kan minska risken för fuktvandring till ytan efter mattläggning, vilket kan sänka risken för fuktomfördelning till kritisk nivåer för golvmaterialen. Om teoretiska fuktomfördelningsberäkningar med tätare betongegenskaper stämmer med verkligheten är dock inte helt säkert, vilket vi därför velat testa med dessa praktiska försök.

Försöken syftar till att övervaka fuktomfördelningsförloppet efter att ett avjämningsskikt lagts på fuktig betong och låtit "övertorka" innan tätskikt lagts på.

Delprojekt 1 hade som målsättning att svara på:

- Hur ser förloppet ut vid fuktomfördelning mellan modern betong och avjämnning efter att tätskikt lagts?

Genomförande

Metodupplägg 1

Försöket gjordes parallellt med ett verkligt byggprojekt där betongen hämtades och där betongtjocklek och avjämningsskikt var identiska.

1. Betong med vct 0,36 och ca 15% flygaska (bascement) hämtades från nyproduktion och gjöts i måtförberedda plåthinkar.
2. Efter ca 2 månader torkning inomhus, med RF kring 90% i betongen, avjämnades ytan med 10 respektive 20mm avjämnning.
3. Avjämnningen fick torka under ca 2-8 veckor till RF 80-85%, respektive 70-75%, då ett plåtlock monterades som förslöt plåthinken.
4. Mätningar har övervakat fuktförändringar i betongen, i avjämningsskiktet och i luftvolymen ovanför avjämnningen.

Resultatet av försöken är tänkt att visa vilken maximal RF som avjämnings yta får, i vilken grad avjämnningen fuktas upp underifrån och hur RF i betongen sjunker av självuttorkning.

Vi utnyttjar även den mätmetod för trendmätning i avjämning (SBUF-projekt 12990) med ingjutna mätstift, som gör att vi kan följa uttorkningen noga och kontinuerligt i avjämningsmassans mittskikt. Mätmetoden visar om avjämningsskiktet uppfuktas eller torkar.

Metodupplägg 2

Försöket gjordes för att hantera betonggjutning och torkklimat efter de förutsättningar som råder på en byggarbetsplats så lika verkligheten som möjligt. Detta innebär att betongen exponerades utomhus under en tid innan den göts in etc.

1. Betong med vct 0,38 och ca 15% flygaska (bascement) göts i plastbackar 365x265 mm av Sydsten.
2. Backarna hämtades och placerades utomhus, ej under tak i två veckor, därefter under tak utomhus i 10 veckor (efterlikna byggarbetsplats). Efter ca 3 månader togs backarna in inomhus (tätt hus med uttorkningsklimat).
3. Efter ca 2 veckors torkning inomhus, till RF kring 90% i betongen, avjämnades ytan med 20mm avjämning. Avjämnningen fick torka under ca 2-8 veckor till RF 80-85%, respektive 70-75%, då ett glaslock monterades som förslöt backarna.
4. Mätningar har övervakat fuktförändringar i betongen, i avjämningsskiktet och i luftvolymen ovanför avjämnningen.

Resultat och slutsatser – Delprojekt 1

Försöken hade ambitionen att svara på om omfördelningen av fukt från betongen till avjämnningen är så långsam att RF hinner sjunka under 85% RF med hjälp av självtorkning i betongen före avjämnningen uppfuktats till kritiska nivåer.

Fuktökningen i avjämningsmassan sker långsamt och i vissa fall nåddes 85%RF och i andra fall inte. Det visades att det sker en fuktökning och att det trots en "övertorkning" av avjämningsmassan till 70%RF kan ske en fuktökning till kritiska nivåer på 85% RF.

Vid båda studierna var betongens relativa fuktighet vid slutmätning högre i den underliggande betongen än i den ovanpåliggande avjämningsmassan och luftspalten. I studie 1 var betongen 0 till 2 % fuktigare medan i studie 2 var den 2 till 6 % RF fuktigare. En fullständig omfördelning har således inte hunnit ske i dessa studier trots att omfördelningen pågått i mer än 1 år med ett tätt lock.

Att belägga en fuktig betong med en relativ fuktighet över 85 % RF, med avjämningsmassa som får övertorka (under 70 % RF) kan fungera om avjämningsmassan är tillräckligt tjock.

Försöken i dessa studier utfördes på betong med 90 % relativ fuktighet, vilket ligger väsentligt över den kritiska gränsen. Med en torrare betong som ligger någon enstaka procent över den kritiska och med en tjock avjämningsmassa som övertorkat finns en god möjlighet att fuktnivån i avjämningsmassan inte överstiger den kritiska gränsen.

Delprojekt 2 – Sammanfattning

Kemiska emissioner efter golvläggning

Kemisk nedbrytning av nya golvmaterial på grund av alkalisk fukt har i ett antal skadefall visats ge höga men också olika emissioner av ämnen vid kemisk analys beroende på olika produktinnehåll i lim och matta. Olika mjukgörare i mattorna ger olika kemiska nedbrytningsprodukter eller så kallade "skadeindikeringsämnen". Målsättningen med försöken var att ge exempel på att det uppstår olika "ämnesprofiler" vid gaskromatografisk analys av uttagna materialprov av underlaget under olika typer av limmade mattor.

I försöken har 5 olika mattor med olika uppbyggnad/mjukgörare limmats med samma lim på fuktigt och på torrt underlag av avjämnning respektive betong.

Delprojekt 2 hade som målsättning att svara på:

- Hur påverkas olika golvmaterial vid hög och låg belastning av fukt och alkali?

Genomförande

Försök 1 - Mattester

Fem olika PVC-mattor valdes ut i syfte att ge en bild av hur olika mjukgörare kan ge upphov till olika typer av emissioner vid nedbrytning.

De mattor som valdes ut hade följande mjukgörare:

- PVC- och mjukgörarfri matta.
- PVC med mjukgörare av DINP.
- PVC med mjukgörare av DINCH.
- PVC med mjukgörare av DEHP.
- PVC med mjukgörare av citrater.

I princip utfördes försöken enligt följande:

1. Rostfria provformar ca 20*30cm har gjutits med ca 30mm avjämning och betong som fått torka olika länge.
2. Limning av matta utfördes dels på torra underlag som fått torka till <70% RF, dels på fuktiga underlag som endast torkade till ca 95% RF.
3. Efter 6 månader från mattläggningstillfället togs materialprov ut från provformarna och analyserades avseende avgivningen av lättflyktiga organiska ämnen i kammare, enligt "kammarmetod" som beskrivs i resultatdelen.

Mattorna har även analyserats avseende sina egenemissioner utan inverkan av limning mot ett underlag.

Försök 2 - Limtester

Tyvärr uppstod ett systematiskt fel i försöken med mattprover enligt ovan som inte kunde förutses:

- Resultaten från tester av olika mattor uppvisade onormalt höga emissioner av N-butanol som huvudsakligen bedömdes komma från limskiktet.

En ny tilläggsansökan (SBUF-projekt 13752) för att undersöka vad som skett beviljades, där nya försök utfördes i syfte att jämföra olika typer av lim. På liknande sätt kontrollerades vilka emissioner som enbart uppkommer från limmet genom limning av en glasskiva mot olika fuktiga respektive torra avjämnade underlag.

Syftet vara att jämföra det tidigare använda limmet mot andra liknande produkter. Utvalda limmer bestod av:

- Produkt 1: Normalt vattenbaserat lim.
- Produkt 2: Normalt vattenbaserat lim.
- Produkt 3: Alkaliresistent lim.
- Produkt 4: Lågemitterande lim.
- Produkt 5: Normalt vattenbaserat lim.
- Produkt 6: Vattenbaserat lim som användes vid tidigare mattester.

Resultat och slutsatser – Delprojekt 2

Mattester

Resultatet av den provokation som gjorts genom limning av 5 olika mattprodukter på torr/fuktig avjämning respektive betong visade:

- Limning på fuktig betong (>90%RF) ger kraftig nedbrytning och bildande av 2-etylhexanol, långt över riktvärdet för kraftig nedbrytning.
- Vid limning på avjämning finns ett samband mellan ökad 2-etylhexanol och ökad fuktbelastning. Efter 6 månader är halten kring riktvärdet för förhöjd halt vid limning på fuktig avjämning (>90%RF). Matta med DEHP överstiger riktvärdet tydligt.
- Hög egenemission av N-butanol uppstod på torra underlag som sannolikt är orsakat av egenemissioner från valt lim. Mätresultaten visar på lägre halter vid hög relativ fuktighet, ca en tiondels halt vid 95%RF i underlaget jämfört med halten från underlag med <70%RF.
- Totalhalten av ämnen även då "indikatorämnena" N-butanol och 2-etylhexanol borträknats från kromatogrammen visar på lägre totalhalter vid hög fuktbelastning än vid låg.
- Exempel visas i resultatdelen på mattornas olika ämnesprofiler och på förändringar av emissioner vid olika grad av alkali- och fuktpåverkan.

Resultaten avseende hög halt av N-butanol visade inte vad som förväntades av försöken på grund av limmets inverkan och det har inte varit möjligt att förklara orsakerna till de avvikande resultaten. Vad som dock tydligt visade sig var att limning på betongunderlag med hög alkalitet pH13, innebär en stor risk för kraftig nedbrytning, något som var välkänt sedan tidigare. Även limning på avjämning med pH11 ger upphov till ökad nedbrytning.

Limtester

Limning av glasskiva med 6 olika limprodukter på fuktig respektive torr avjämning har visat:

- Limmet som användes i mattesterna visade återigen höga N-butanolhalter, vilket inte påvisades för övriga limmer.
- Halten av glykoleter dominerar emissionerna från vissa limmer.
- Limmer med hög halt av glykoleter överskrider riktvärden för hög totalhalt vid limning på såväl torr som fuktig avjämning, trots låga övriga ämnen.
- Vid hög fuktpåverkan, 95% RF, uppkommer inga förhöjda halter av vare sig N-butanol eller 2-etylhexanol efter 6 månader (gäller ej för limmet i mattesterna).
- Alkaliresistent lim har låga totalemissioner och halter av enskilda ämnen, dessutom ökar inte avgivningen nämnvärt vid fuktpåverkan.

Det faktum att det inte uppkommer höga halter av N-butanol och 2-etylhexanol efter 6 månader är positivt medan betydelsen av höga halter av glykoleter är oviss.

Det lim som användes i mattesterna uppförde sig på ett "onormalt sätt" med hög N-butanolhalt även vid limtesterna. Orsaken är oklar och det kan finnas många förklaringar.

Betydelsen av limmets egenemissioner och den påverkan som sker på limmet av fukt och alkali har visat sig ha stor betydelse för golvet totala emissioner.

Delprojekt 3 – Sammanfattning

Uppföljning av "Goda exempel"

I ett flertal byggprojekt där fuktillståndet övervakats och kontrollerats av RBK-auktoriserad fukttekniker som utfört RBK-mätningar före mattläggning, har provtagningar utförts ca 2-4 år efter slutbesiktning. Syftet har varit att kontrollera vilka emissioner som golvet har efter en tid.

Genomförande

Fältmätningar har utförts på plats under våren 2018 och våren 2020. Utvalda byggnader har varit förskolor och skolor som uppförts under perioden 2014 – 2016 inom Lunds och Burlövs kommun.

Uppföljning har gjorts genom indikerande fukt- och emissionsmätningar. Mätningarna utfördes på samma sätt som i skadeutrednings sammanhang med:

- Fuktindikator.
- Fuktmätning under matta.
- Ammoniakmätning under matta.
- Emissionsmätning enligt FLEC-stansmetod.

Uttag av materialprov från avjämningen för kammaranalys har ej varit möjlig då golven i flertalet fall består av en lågtempererad golvvärmeislag i avjämningsskiktet. I stället har mätning utförts med fältmetod enligt "FLEC-stansmetod" som beskrivs i resultatdelen.

Syftet var att kontrollera risken för emissionsskador i de fall där fuktnivån godkänts enligt RBK före mattläggning. Uppgifter om exakt matt- och limprodukt har endast redovisats i de fall uppgifter funnits tillgängliga.

Resultat och slutsatser – Delprojekt 3

Resultaten visar att emissionsvärden efter 2-4 år i nyproducerade byggnader ligger på relativt låga nivåer utifrån riktvärden som är en bedömning av skadeutredares erfarenheter och de erfarenheter som anlitat laboratorium har.

De riktvärden som används vid kammarprov har även använts för FLEC-stansmetod.

I objekt där riktvärdena överskridits bedöms det vid skadeutredning att "förhöjda" halter förekommer som kan innebära inomhusmiljöproblem. Det finns dock ingen säker koppling till vare sig att det skett en skada eller till att det påverkar hälsan. Inomhusmiljöproblem måste utredas och förklaras i varje enskilt fall då det kan finnas många andra orsaker till vad som kan ge problem.

Ett undantag som visade sig bland resultaten är den höga N-butanolhalt som förekommer i ett av objekten och som visar på samma problematik som upptäckts i delprojekt 2. Ett lim visade sig i delprojekt 2 ge höga halter avseende N-butanol både då mattor limmades på fuktigt och på uttorkat avjämningsunderlag. Hög halt av N-butanol kan vara orsakad av en hög egenemission från just detta lim, men orsaken är inte fastställd. Tyvärr har det inte gått att få veta exakt vilken produkt som använts i det aktuella objektet.

Resultatdel 1

Säker uttorkning inför golvläggning

Innehållsförteckning

Bakgrund	15
1 FÖRSÖKSSTUDIE 1 - FUKTOMFÖRDELNING	17
1.1 Försöksuppställning 1	17
1.2 Mätresultat – Försöksstudie 1	20
2 FÖRSÖKSSTUDIE 2 - FUKTOMFÖRDELNING	28
2.1 Försöksuppställning 2	28
2.2 Mätresultat – Försöksstudie 2	31
Bedömning av resultat	38

Bakgrund

Beskrivning av delprojekt 1

I byggbranschen läggs stort fokus och ofta stora resurser på att hantera uttorkning av betong. För att minska uttorkningstiden sänks ofta vattencementtalet (vct), förhållandet mellan vatten och cement, för att öka självuttorkning, så att uttorkningskravet på exempelvis 85 % relativ fuktighet (RF) för limmade golvmattor uppnås.

Lägre vattencementtal förändrar betongens porstruktur och då även fukttransporterna som styr uttorkningen. Typiskt är att betongen, med hjälp av självuttorkningen relativt snabbt torkar ned till 90 % RF eller någon procent därunder, men att de sista procentenheterna ned till 85% tar väldigt lång tid.

För ett antal år sedan introducerades tillsatsämnen i cementet, för att minska koldioxidavtrycket, och ersatte då en del av det rena portlandcementet. Tillsatsämnena är kalkstensfiller och flygaska. I Cementas Bascement, som introducerades 2013/2014, utgörs andelarna av cirka 80 % rent portlandcement, 16 % flygaska och 4 % kalksten.

(<https://www.cementa.se/sv/bascement-slite>)

Det finns två publicerade artiklar "Bascement inmätt – PPB beräknar uttorkning", daterad 2019-01-18 och "Självuttorkning och temperatur", daterad 2019-03-15 på SBUFs hemsida som är skrivna av artikelförfattarna Stelmarczyk m. fl. I dessa artiklar beskriver artikelförfattarna att betong med bascement blir avsevärt mycket tätare och får en mycket lägre fukttransportförmåga än motsvarande betong med endast OPC (dvs. rent portlandcement).

För en betong med vct 0,55 får enligt artikelförfattarna, en betong med bascement en transportförmåga som motsvarar en sextiondel av motsvarande betong med OPC. Förklaringen är att flygaskan i bascement, efter att klinkern hydratiserat, med hög sannolikhet delvis täpper igen porssystemet i betongen.

Syfte

Syftet med det här delprojektet är att praktiskt undersöka om det finns möjlighet att utnyttja ett skikt av uttorkad avjämningsmassa som fuktbuffert för att ta upp eventuell kvarvarande byggfukt i underliggande betong. Den fukt som finns i betongen kommer fortsätta att självorka, vid låga vct, och en del kommer att transporteras upp i den torrare avjämningsmassan. I det fall betongen blir väldigt tät så kommer fukttransporten ske mycket långsamt vilket resulterar i att avjämningsmassan sakta fuktas upp men att självuttorkningen i betongen "hinner" under 85% innan avjämningsmassan överstiger 85% RF, till följd av fuktomfördelningen mellan dessa material. Två viktiga frågor har således varit försökens syfte att få svar på:

- Hur uppfuktas avjämningsmassan efter fuktomfördelning från underliggande betong?
- Kommer avjämningsmassan bli fuktigare än 85% RF vid givna förutsättningar?

Problemställning

Den frågeställning som är relevant för detta projekt är att undersöka fuktomfördelningen mellan två olika material som stängs in i en tät behållare. Det nedre materialet utgörs av betong, med lågt vct, som härddar och torkas ned till cirka 90 % relativ fuktighet. Det övre materialet består av avjämningsmassa som torkas ned till olika nivåer under 85 % RF. Uppgiften i projektet är att undersöka om avjämningsmassan under denna fuktomfördelning, som sker parallellt med betongens fortsatta självuttorkning, blir fuktigare än 85 % RF.

Avgränsningar

I projektet har en relativ fuktighet på 85% RF angetts som högsta tillåtna fuktnivå. Detta krav gäller generellt för limmade golvbeläggningar såsom plastmattor. Vid limning av golv mattor tillförs i regel ny fukt till avjämningsmassan då limmet appliceras. Denna fuktbelastning har inte beaktats i detta projekt.

Miljön där provkropparna förvarats under härdning, uttorkning och fuktomfördelning samt fortsatt självuttorkning har varit inomhus i uppvärmda lokaler. Temperaturen har varierat något under projektets gång då den varit högre sommartid och lägre vintertid. Projektet har varat från april 2018 till juni 2020. Möjlighet till förvaring i helt temperaturstabil miljö har saknats. Inför slutmätning av provkropparna förvarades dessa i temperaturstabil miljö.

Felkällor

Mätning av betongens relativa fuktighet inför läggning av avjämningsmassa har utförts enligt RBK. Mätning av betongen har utförts i referensprovkroppar vilket innebär att den exakta fuktnivån i respektive provkropp kan skilja sig något från den fuktnivå som mätts upp i referensprovkroppen inför avjämnning. Vid slutmätning utfördes fuktmätning i samtliga provkroppar.

Detsamma gäller för fuktmätning i avjämningsmassan. Fuktprover togs ut på avjämningsmassan, enligt GBR-metoden, i referensprovkropparna inför förslutning av provkropparna. Den exakta fuktnivån i respektive provkropp kan således skilja sig något mellan de olika provkropparna. Vid slutmätning utfördes fuktmätning i samtliga provkroppar.

Vid förslutning av provkropparna monterades ett tätt plåtlock (försöksstudie 1) eller en glasskiva (försöksstudie 2) över provkroppen. Mellan avjämningsmassan och det täta locket av plåt eller glas fanns en luftspalt. Det täta locket monterades med två olika tätningar för att minska risken för läckage. I provkropparna monterades även mätålar för mätning av fuktnivån i luftspalten. Även mätålar tätades med två olika tätningar för att minska risken för läckage. Antalet mätningar i luftspalten har begränsats för att inte "vädra" luftspalten i för stor utsträckning. Ett visst läckage kan ha funnits via tätning av locket och av mätålet samt att fukt har "vädrats" ur då givare monterats i mätålet och sedan demonterats.

FÖRSÖKSSTUDIE 1 - FUKTOMFÖRDELNING

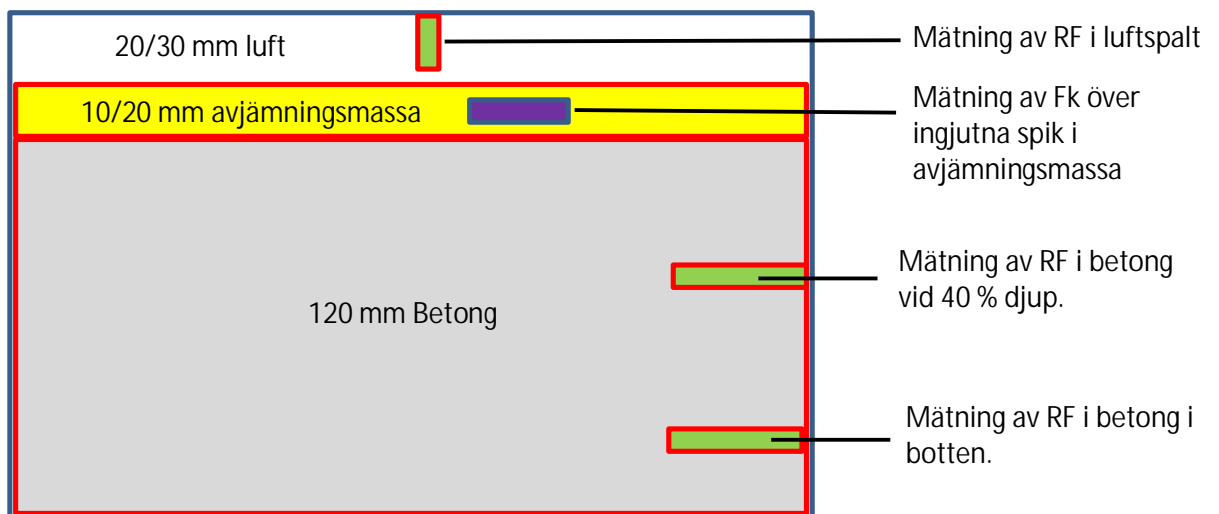
Försöksuppställning 1

1.1.1 Provkroppar

I den första försökstudien gjöts 12 betongprover i fukttäta formar. Den fukttäta formen valdes till 10 liters tomma målarhinkar i plåt med lock. I dessa gjöts 120 mm betong med bascement (CEM II/A-V 52,5n) med vct 0,36 som hämtades från en byggarbetsplats.

Provkropparna härdade inomhus i 22 °C och 50 % RF i cirka 3 veckor.

Efter erforderlig uttorkning avjämnades 10 eller 20 mm avjämningsmassa (Weber Nova 140 normaltorkande) ovan betongen. Mellan avjämningsmassan och det täta plåtlocket fanns en 20 till 30 mm luftspalt. Efter montering av plåtlocket på hinken monterades även en extra tätning av butylgummiband över skarven mellan lock och hink. Över butylgummibandet monterades en T-Flex tejp för att inte butylgummibandet ska klibba fast med mätkablar från mätning av fuktkvot i avjämningsmassan.



Figur 1. Provmödel.

Av de 12 provkropparna utgjordes 2 av dessa referensprovkroppar för fuktprovtagning av betong och avjämningsmassa. Ytterligare 2 av de 12 provkropparna utgjordes av referensprovkroppar där inga fuktmätningar bortsett från loggning av fuktkvoten utfördes. Detta för att åsamka så lite påverkan som möjligt på dessa.

Mätningarna i betongen och i luftspalten ovan avjämningsmassan utgjordes av kabelförskruvningar (IP68) som fästes i plåthinkens sida respektive lock. Förskruvningarna tätades med tätmassa (enl. RBK) på både in och utsida. Genom förskruvningen monterades

ett Testo-mät rör som tätades på insidan med tejp. Utsidan tätades med en gummikork, se bild 1.

Inför gjutning av avjämningsmassa monterades två "trendgivare" för en indikativ resistensfuktätning av fuktkvoten med ett mellanrum på 20 mm. Givarna monterades cirka 5 mm ovan betong. Syftet med denna mätning är att följa uttorkningen fram tills locket monterades och därefter följa fuktomfördelningen mellan betong och avjämningsmassa, se mätmetoder nedan. Mellan betong och plåthink monterades en fogmassa för att tät eventuell springa som bildas mellan plåt och betong. Tec7 valdes som fogmassa.



Bild 1. Montering av mätrör i betong. Förskruvningar har tätats på in och utsida med tätmassa.

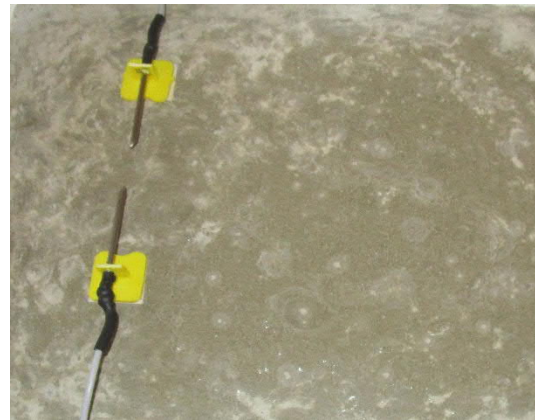


Bild 2. Montering av mätspek för loggning av "fuktkvot" i avjämningsmassan.



Bild 3. Mätning av relativ fuktighet i avjämningsmassa i referensprovkropp 3 genom uttaget prov.



Bild 4. Efter montage och tätning av lock. Mätning av RF i betong pågår med Testogivare vid 40 % mätdjup.

Tabell 1. Följande schema och metodik planerades för försökstudie 1.

Provkropp	Betong [mm] Gjutdag 2018-04-17	Avjämnning [mm] Gjutdag 2018-05-07	Mål RF i avjämnning
Ref 1	120	19	70%
Ref 2	120	9	70%
Ref 3	120	18	-
Ref 4	120	9	-
Prov 1	121	17	85%
Prov 2	120	10	85%
Prov 3	119	17	85%
Prov 4	121	10	85%
Prov 5	120	17	70%
Prov 6	120	9	70%
Prov 7	122	17	70%
Prov 8	120	12	70%

Som syns i ovanstående schema är följande prov i princip identiska:

- Prov 1 och 3
- Prov 2 och 4
- Prov 5, 7 och Ref 1
- Prov 6, 8 och Ref 2

Skillnader förekommer i avjämningsmassans tjocklek som uppkommit av praktiska skäl. Detta kommenteras i samband med utvärdering av resultat.

1.1.2 Mätmetoder

Relativ fuktighet

Mätning av relativ fuktighet och temperatur i betong utfördes med Testo 605. Vid den första mätningen i mät hålet vid 40 % djup borrades hålet upp, dvs. genom den förmonterade tejen. Hålet rengjordes och provtrycktes. Mät hålet tätades med gummikork och efter cirka 3 dygn monterades givare. Avläsning gjordes efter ytterligare 3 dygn. Efter den första mätningen i det övre hålet (40 % mätdjup) var detta förbrukat. Enligt RBK metoden ska det värde som mäts vid 40 % djup motsvara det värde som betongen får då uttorkningsprofilen i betongen jämnas ut.

Det nedre hålet, i botten av hinken lämnades orört fram till slutmätning vid slutet av försöket. I referensprov 1 och 2 utfördes inga mätningar i burkarna under försökstiden, endast slutmätning utfördes.

Mätning av relativ fuktighet och temperatur i luften ovan avjämningsmassan i den förslutna burken utfördes med Testo 605 som monterades via en kabelförskruvning i det täta locket. Kabelförskruvningen tätades likt förskruvningarna som gjöts in i betongen med tätmassa på såväl insida som utsida.

Indikativ resistensmätning

De ingjutna mätstiften, se bild 2, i avjämningsmassan är en indikativ trendmätning i avjämningsmassan i syfte att se förändringar i ledningsförmåga eller så kallad resistiv mätning. Mätmetoden testades och beskrivs utförligt i tidigare SBUF-rapport nr 12990 – "Metod för trendmätning av fuktillstånd i tjocka avjämningsskikt".

Mellan de ingjutna spikarna mäts ett värde med Protimeter Surveymaster via kabelklämmor. Då instrumentet kopplas på de ingjutna spikarna skickas en svag spänning för att mäta resistansen. Då avjämningsmassan torkar visar instrumentet ett lägre värde då resistansen i materialet ökar. Omvänt minskar resistansen då materialet fuktas upp. Värdena lästes av regelbundet där intervallerna anpassades till hur värdena förändrades. Vid mätning kopplades kablarna på de ingjutna givarna och instrumentet slogs därefter på. Ett värde lästes av direkt och instrumentet kopplades från givarna.

Indikatorvärdet påverkas troligen av tjockleken på avjämningsmassa och avståndet till betongen under, eftersom ledningsförmågan inte bara mäts den närmaste vägen mellan mätstiften utan även påverkas av materialet under och över. Därför kan indikatorvärden inte riktigt jämföras från provkropp till provkropp, utan måste ses som just ett indikatorvärde för den provkroppen och främst i syfte att se en relativ förändring över tid.

Mätresultat – Försöksstudie 1

1.1.3 Trendmätning med ingjutna givare i avjämningsmassa

Trendmätningen initierades omgående efter gjutning av avjämningsmassa för att följa uttorkningsförloppet. Provkropparna gjöts med avjämningsmassa den 7 maj 2018, vilket benämns som dygn 0 i kommande tabeller och diagram. Som syns i diagram 1 sker en snabb förändring där indikatorvärdet faller snabbt då avjämningsmassan torkar. Då avjämningsmassan bedömdes ha torkats erforderligt togs ett avjämningsprov ut i referensprov 3 respektive referensprov 4 inför förslutning av provkropparna. Datum och indikatorvärde vid förslutning av provkroppar kan ses i tabell 2. Uppmätt RF i referensprov 3 och 4 vid förslutning kan även ses i tabell 2.

Tabell 2. Försöksuppställning på provkroppar likt tabell 1 men där värden från uppmätning av RF i referensprovkroppar utförts inför förslutning av provkroppar med tätt lock. Vid förslutning lästes även indikatorvärdet i avjämning av.

Provkropp	Betong [mm] Gjutdag 2018-04-17	Avjämning [mm] Gjutdag 2018-05-07	Mål RF i avjämning	Uppmätt RF i avj. i referensprov 3 och 4	Indikatorvärde	Förslutning av lock (dygn efter avjämning)
Ref 1	120	19	70%	69,8 % (Ref 3)		2018-05-28 (21)
Ref 2	120	9	70%	70,8% (Ref 4)	28,1	2018-05-14 (7)
Ref 3	120	18	-			
Ref 4	120	9	-			
Prov 1	121	17	85%	82,3% (Ref3)	28,1	2018-05-14 (7)
Prov 2	120	10	85%	81,1% (Ref 4)	24,1	2018-05-09 (2)
Prov 3	119	17	85%	82,3% (Ref3)	33,1	2018-05-14 (7)
Prov 4	121	10	85%	81,1% (Ref 4)	28,8	2018-05-09 (2)
Prov 5	120	17	70%	69,8 % (Ref 3)	15,5	2018-05-28 (21)
Prov 6	120	9	70%	70,8% (Ref 4)	14,0	2018-05-14 (7)
Prov 7	122	17	70%	69,8 % (Ref 3)	15,0	2018-05-28 (21)
Prov 8	120	12	70%	70,8% (Ref 4)	20,1	2018-05-14 (7)

Som syns i diagram 1 faller indikatorvärdet snabbt de första 10 till 20 dygnen efter förslutning för att sedan förändras långsammare. Vid förslutning med det täta locket sker en viss ökning av indikatorvärdet, i synnerhet för provkropparna 5 till 8 som torkats ned till cirka 70 % RF. I dessa prover finns bedömningsvis en större fuktprofil (torrare upptill och fuktigare nedtill) vilket får indikatorvärdet att öka då fukten inom avjämningsmassan fördelas om.

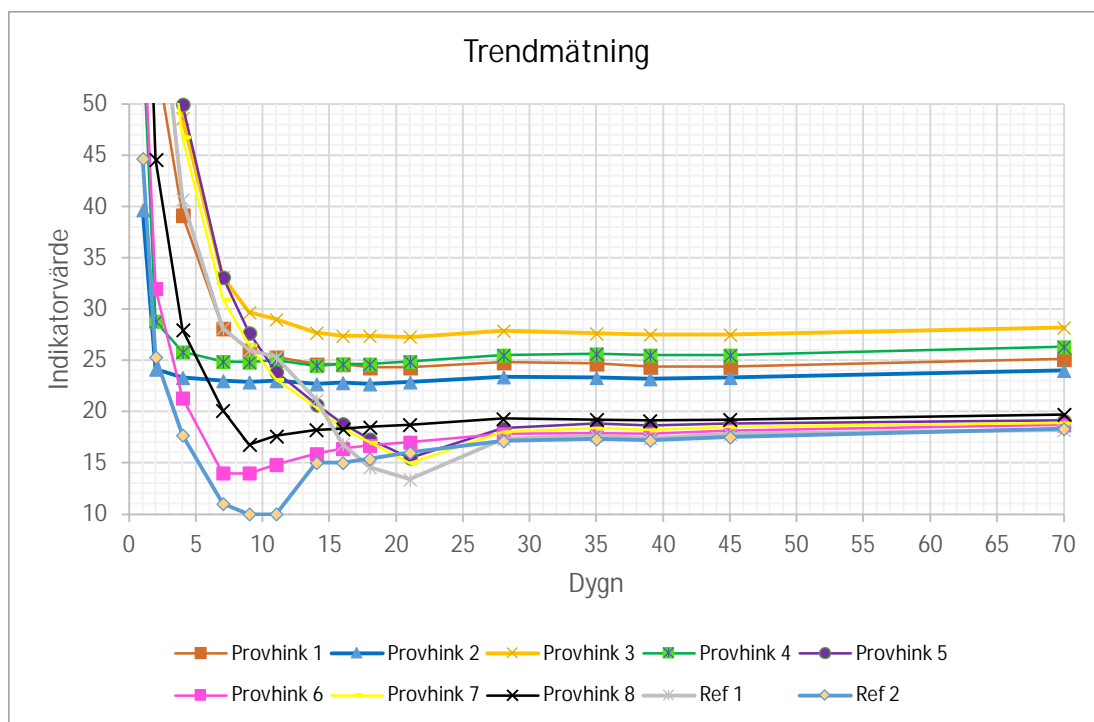


Diagram 1. Diagrammet visar uppmätta indikatorvärden från avläsning av ingjutna givare i avjämningsmassan med Protimeter Surveymaster. X-axeln avser antalet dygn efter att provkropparna avjämnades. Tätt lock sattes på efter 2 (provhink 2 och 4), 7 (provhink ref2, 1, 3, 6 och 8) och 21 dygn (resterande).

Efter dygn 30, stabiliseras värdena och det sker en mycket långsam ökning av indikatorvärdena.

Som framgår av diagram 2 nedan, så minskar indikatorvärdet för provkropp 1 efter dygn 270, vilket går emot de övriga kurvorna.

I provkropp 2, 3 och 4 ökar indikatorvärdet med cirka 1,2 till 1,9 enheter mellan dygn 70 och 620 vilket är en väldigt liten och långsam ökning.

I provkropp 5 till 8 är denna ökning av indikatorvärdet mellan 0,5 och 0,9 mellan dygn 70 och 620 vilket är en än mindre ökning.

I diagram 2 visualiseras denna ökning där endast uppmätta värden från dygn 70 till 620 redovisas.

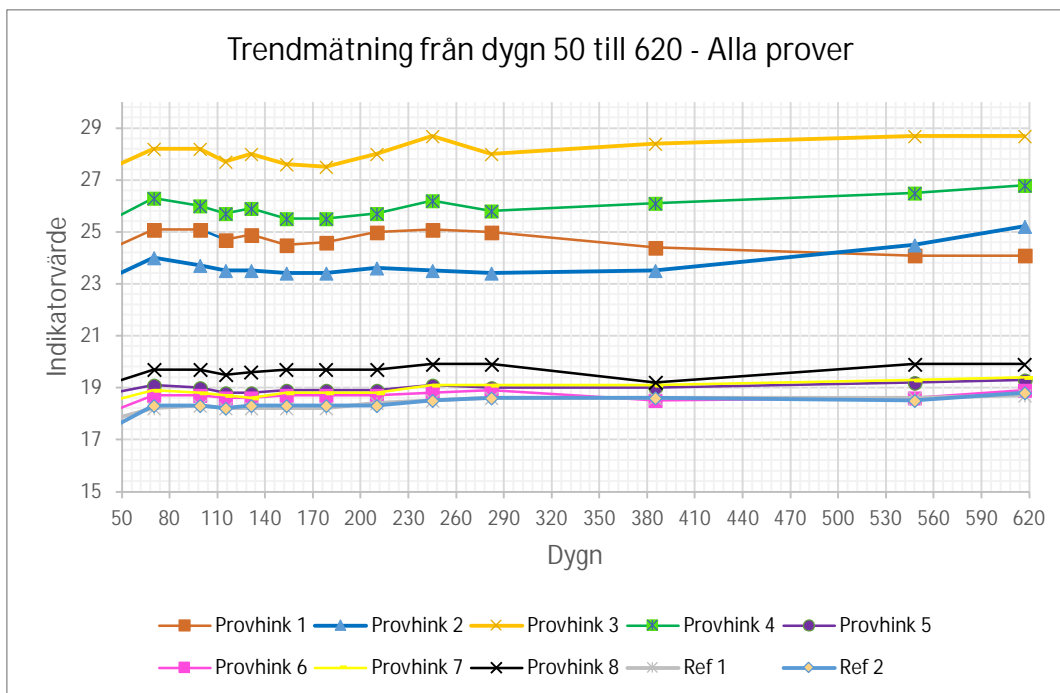


Diagram 2. Trendmätning i samtliga provkroppar från dygn 70 till 620 efter avjämning.

I diagram 3 redovisas värden från prov 1 till 4, dvs de prover där avjämningen endast fick torka ned till cirka 80 till 85 % innan förslutning.

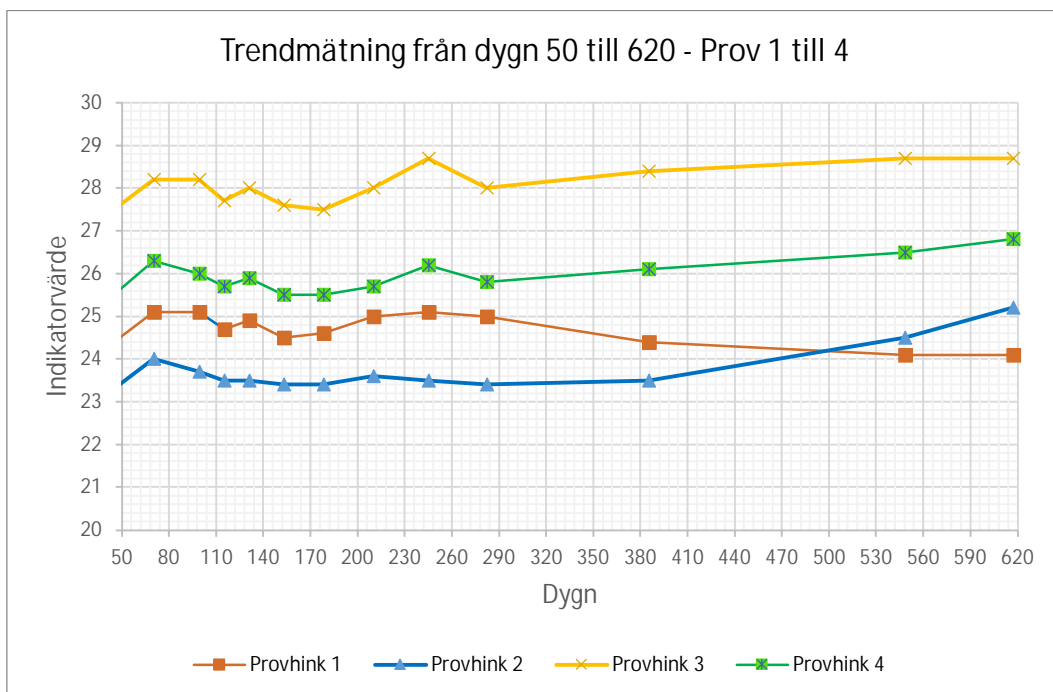


Diagram 3. Trendmätning i provkroppar 1 till 4 från dygn 70 till 620 efter avjämning.

I diagram 4 redovisas resterande prover där avjämnningen torkades ned till cirka 70 % RF.

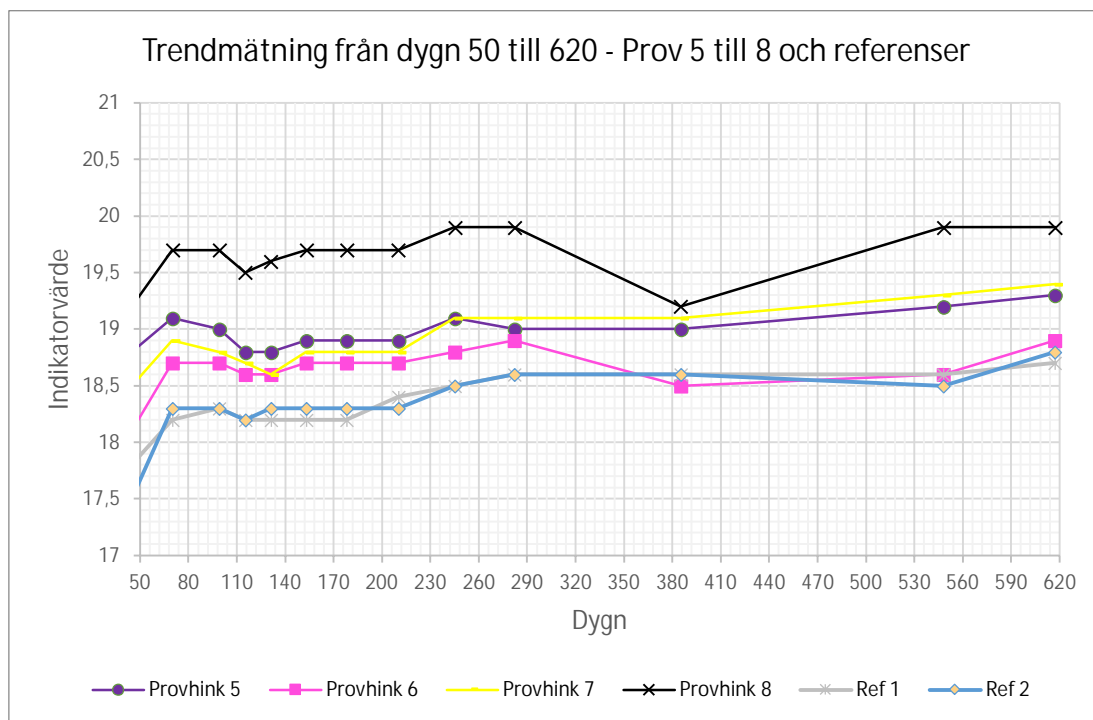


Diagram 4. Trendmätning i provkroppar 5 till 8 från dygn 70 till 620 efter avjämnning.

1.1.4 Mätning av relativ fuktighet i luftspalt ovan avjämningsmassa

Mätning av relativ fuktighet i luftspalten mellan det täta locket och avjämningsmassan utfördes via mäthål i locket. Antalet mätningar begränsades för att minska det läckage som uppstår då givare monteras och demonteras vid mättillfällena.

Mätningarna visar på att den relativa fuktigheten initialt ökar i luftspalten efter att provkropparna förslutits och når en "topp" efter cirka 50 till 100 dygn. Därefter sjunker den relativa fuktigheten sakta i alla provkroppar utom nummer 5 där fuktnivån ökade.

Tabell 3. Mätning av relativ fuktighet i luftspalt ovan avjämningsmassa.

Prov-kropp	Tjocklek [mm]	Mål-RF vid förslutning [% RF i betong]	Dygn 100 [% RF i luft]	Dygn 630 [% RF i luft]	Differens 100 till 630 dygn [% RF i luft]
1	20	80-85	83,6	82,5	-1,1
2	10	80-85	84,3	81,4	-2,9
3	20	80-85	84,3	81,5	-2,8
4	10	80-85	84,1	79,5	-4,6
5	20	70	79,9	81	+1,1
6	10	70	82,9	81,4	-1,5
7	20	70	80,2	79,9	-0,3
8	10	70	83,2	80,2	-3,0

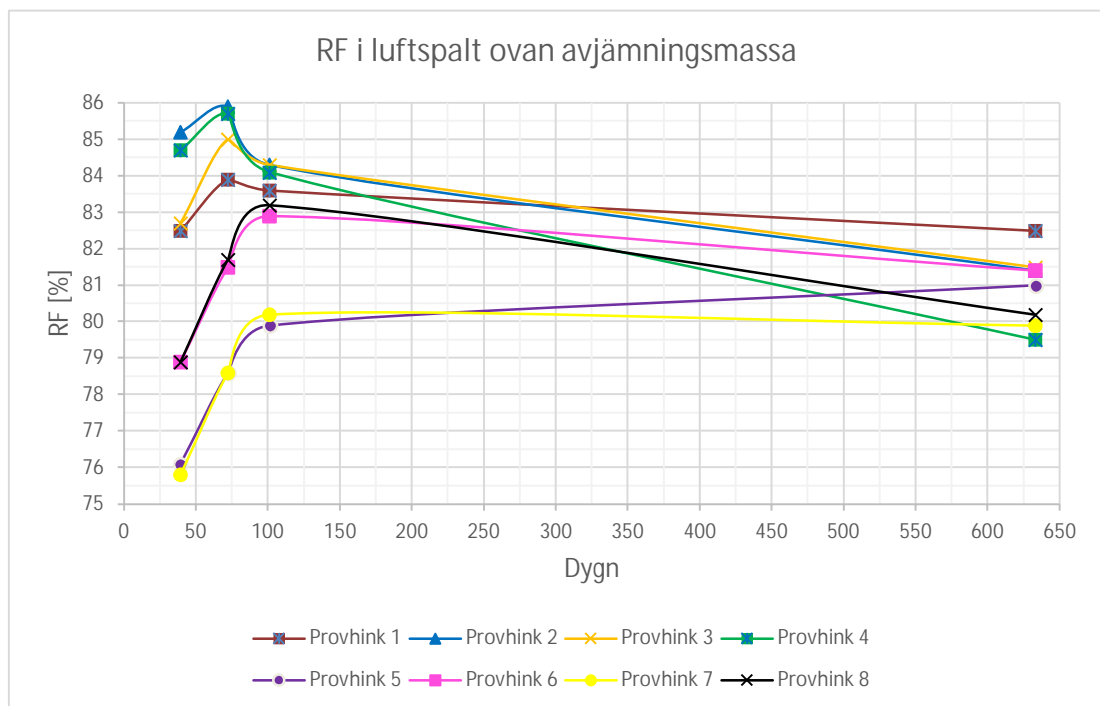


Diagram 5. Mätning av relativ fuktighet i luftspalt ovan avjämningsmassa. X-axeln avser antalet dygn efter att provkropparna avjämnades.

Då provkropparna förslöts med det täta locket sker initialt en ökning av den relativa fuktigheten i luften ovanför provkropparna. Provkropparna 1 till 4, de som torkats ned till 80 – 85 % i avjämningsmassan innan förslutning, får en liten topp som sedan avtar relativt snabbt. Detta kan bero på hystereseffekter. Avjämningsens yta uppfuktas först av fukt

underifrån och hoppar över på uppfuktningsskurvan, dvs RF stiger, sen vänder den troligen tillbaka till uttorkningskurvan då den relativa fuktigheten i avjämningsytan börjar minska igen. Denna fukt omfördelas i avjämningsmassan och därefter får de precis som för provkropp 5 till 8 en långsam uttorkning från dygn 100 till slutavläsning dygn 630, vilket bedömningsvis följer betongens självuttorkning. I diagram 5 syns tydligt att den relativa fuktigheten under en period på 50 dygn överstiger 85 % RF vilket kan vara en hystereseffekt.

1.1.5 Mätning av relativ fuktighet i betong

I betongen utfördes referensmätningar vid dygn 1, dvs. efter det att provkropparna avjämnades i referensprovkropp 3 och 4. I dessa provkroppar mättes 89,9 respektive 88,6 % relativ fuktighet vid 40 % mätdjup den 7 maj, avjämningsdagen. I de övriga provkropparna utfördes en mätning, via mäthål enligt mätmetoder under rubrik 2.1.2, runt dygn 100 och slutligen en mätning vid dygn 647. Mätning utfördes inte i samma mäthål. Efter avslutad mätning var mät hålet kasserat och förslöts.

Som syns i tabell 4 sjönk mätvärdena i samtliga provkroppar från dygn 100 till dygn 647, bortsett från provkropp 7, med 1,5 till 7,7 % RF.

Tabell 4. Mätning av relativ fuktighet i betong.

Prov-kropp	Tjocklek [mm]	Mål-RF vid förslutning [% RF i betong]	Dygn 100 [% RF i luft]	Dygn 630 [% RF i luft]	Differens 100 till 630 dygn [% RF i luft]
1	10	80-85	87,7	82,6	-5,1
2	20	80-85	87,1	79,4	-7,7
3	10	80-85	88,0	81,9	-6,1
4	20	80-85	88,3	80,5	-7,8
5	10	70	85,4	81	-4,4
6	20	70	85,8	84,3	-1,5
7	10	70	85,0	85,2	+0,2
8	20	70	85,8	82,9	-2,9
Ref 1	10	70	-	78,2	-
Ref 2	20	70	-	83,1	-

Den avtagande RF-nivån visar sannolikt betongens fortsatta självtorkning. Dock kan det inte helt uteslutas att fuktminskningen också är orsakat av läckage trots omfattande tätningar.

1.1.6 Mätning av relativ fuktighet i avjämningsmassa

Mätning av avjämningsmassa utfördes enligt GBR-metoden enligt beskrivning ovan under mätmetoder. Vid mätning demonterades det täta locket och en kärna av avjämningsmassan togs ut. Resultaten finns sammanställt i tabell 5 nedan där även resultatet från slutmätning av betong och luftspalt redovisas för att jämföra dessa värden sinsemellan.

- Vad som är väldigt intressant i denna tabell är att alla avjämningsprover ligger flera procent lägre än mätning av RF i såväl luftspalten ovan som i betongen under!

Orsaken till detta är inte klarlagd men kan bero på ett mätfel där fukt avgår under själva provtagningen av avjämningsmassan. En mindre trolig orsak är att det finns luftförbindelse längs provkroppens sidor mellan luftspalten och betongen. Dock borde avjämningsmassan efter mer än 500 dygn i så fall ha fuktomfördelats och därmed haft samma RF som i luftspalten ovan då skiktet inte är mer än 10 till 20 mm tjockt. Bedömningsvis har fukt avgått vid själva provtagningen vid uttag av avjämningsprov som därmed ger ett lägre RF vid avläsning än det egentliga RF. Mätfel i GBR-metoden är under utredning inom SBUF-projekt nr 13754.

Tabell 5. Redovisning av slutmätningar i luftspalt, avjämningsmassa och betong samt skillnader mellan luftspalt och betong samt luftspalt och avjämningsmassa. Värdena anges i % relativ fuktighet.

Prov-kropp	Betong [% RF i btg]	Avj. [% RF i avj.]	Luftspalt [% RF i luft]	Differens Betong-avj. [% RF]	Differens Betong-luftsp. [% RF]	Differens luftspalt-avj. [% RF]
1	82,6	75,7	82,5	+6,9	+0,1	+6,8
2	79,4	77,5	81,4	+1,9	-2	+3,9
3	81,9	77,8	81,5	+4,1	+0,4	+3,7
4	80,5	77,2	79,1	+3,3	+1,4	+1,9
5	81	77,3	81	+3,7	+0	+3,7
6	84,3	75,4	81,4	+8,9	+2,9	+6
7	85,2	75,6	79,9	+9,6	+5,3	+4,3
8	82,9	77,6	80,2	+5,3	+2,7	+2,6
Ref 1	78,2	77,6	80,2	+0,6	-2	+2,6
Ref 2	83,1	76,3	81,1	+6,8	+2	+4,8

FÖRSÖKSSTUDIE 2 - FUKTOMFÖRDELNING

Försöksuppställning 2

1.1.7 Provkroppar

I den andra försökstudien gjöts 8 betongprover i fukttäta formar. Den fukttäta formen valdes i denna studie till plastbackar med innerdimensionerna 365x265x140 (LxBxH). I dessa gjöts 100 mm betong med bascement (CEM II/A-V 52,5n) med vct 0,38 (C40/50), levererad av Sydsten gjuten direkt på betongfabrik.

Det första dygnet efter gjutning stod backarna med betong i uppvärmt lager hos betongleverantören i Malmö. Klimatet var cirka 18 till 20°C. För att efterlikna en byggprocess placerades backarna därefter utomhus, exponerade för väder och vind, under två veckor. Temperatur mellan 0 till 5 °C och 80 till 95 % RF. Under denna period förekom rikligt med nederbörd och en vattenfilm noterades på betongytan under hela perioden. Därefter lyftes backarna in under tak, utomhus, för vidare härdning i 10 veckor. Temperatur mellan 0 till 5 °C och 75 till 95 % RF. Därefter förvarades backarna inomhus i uppvärmd lokal i en vecka innan RBK-mätning utfördes via borrhålsmätning.

Tabell 6. Datum för gjutning, härdning av betong och avjämningsmassa.

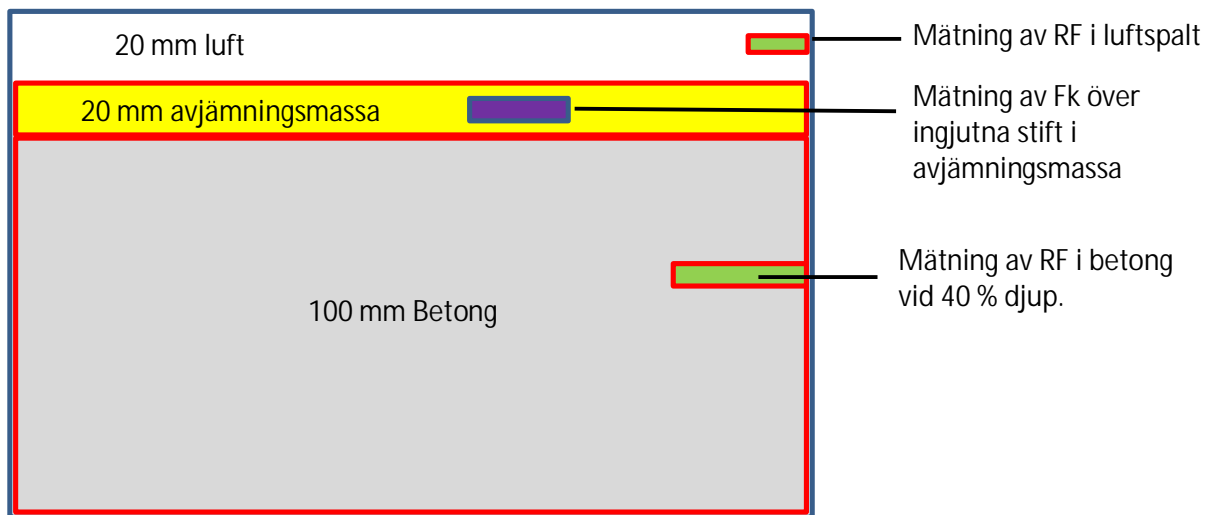
Aktivitet	Datum
Gjutdag	2018-12-11
Härdning utomhus under bar himmel.	2018-12-12
Härdning i carport under tak	2018-12-26
Härdning inomhus i uppvärmd lokal	2019-03-03
RBK-mätning, avläsning	2019-03-19 (borrhål 2019-03-10, montering av givare 2019-03-14).
Primning av betong	2019-03-19
Applicering av avjämnning	2019-03-20

Av de 8 provkropparna utgjorde 1 av dessa referensprov (Back 1) för fuktprovtagning av betong och avjämningsmassa inför förslutning av provkroppar.

Inför gjutning av avjämningsmassa monterades två mätstift som trendgivare med ett mellanrum på 20 mm. Givarna monterades cirka 5 mm ovan den primade betongytan. Syftet med denna mätning är att följa uttorkningen fram tills locket monterades och

därefter i syfte att följa fuktomfördelningen mellan betong och avjämningsmassa, se mätmetoder nedan, efter förslutning. Mellan betong och plastback monterades en fogmassa för att täta eventuell springa som bildas mellan plast och betong. Tec7 valdes som fogmassa.

Efter erforderlig uttorkning primades betongen med primer Weber Floor 4716. Därefter avjämnades provkropparna med 20 mm avjämningsmassa (Weber Nova 140 normaltorkande). Mellan avjämningsmassan och det täta locket av glas fanns en 20 mm luftspalt. Vid montering av glasskivan monterades ett butylgummiband på backens övre kant. Glasskivan pressades fast mot butylgummibandet som sedan även veks upp över glasskivan. Över butylgummibandet monterades en T-Flex tejp för att inte butylgummibandet skulle klibba fast med mätkablar från mätning av fuktkvot i avjämningsmassa.



Figur 2. Provmodell.



Bild 5. Härddning utomhus i två veckor under bar himmel. Därefter i carport i utomhusklimat i 10 veckor under tak.



Bild 6. Förvaring inomhus i 2 veckor innan avläsning enligt RBK och applicering av avjämningsmassa.



Bild 7. RBK-mätning i back 1 och 5.

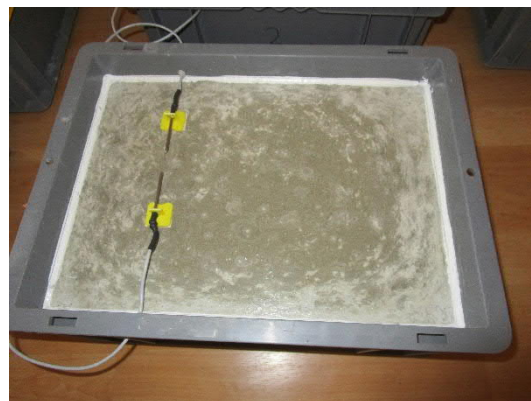


Bild 8. Montering av trendgivare.

Tabell 7. Följande schema och metodik sattes upp för försökstudie 2.

Provkropp	Betong [mm] Gjutdag 2018-12-11	Mål RF i betong [%]	Avjämnning [mm] Gjutdag 2019-03-20	Mål RF i avjämnning [%]
Back 1 - Ref	100	90	20	-
Back 2	100	90	20	85
Back 3	100	90	20	75
Back 4	100	90	20	70
Back 5	100	90	20	70
Back 6	100	90	20	85
Back 7	100	90	20	75
Back 8	100	90	20	70

Som syns i ovanstående schema är följande prov i princip identiska:

- Back 2 och 6
- Back 3 och 7
- Back 4, 5 och 8

Efter cirka 9 månader från gjutning av betong, den 26 augusti 2019, demonterades den täta glasskivan på back 2, 3, 4 och 5 för torkning av avjämningsmassan i 4 veckor för att sedan återförslutas. Betongen har då fått härda i 9 månader och erhållit ytterligare täthet. Syftet är att se om fukt från betongen återigen återfuktar avjämningsmassan då avjämningsmassan efter torkning kommer ligga lägre än betongen under i fukthinnehåll.

1.1.8 Mätmetoder

Enligt mätmetoder under 1.1.2.

Mätning av betong inför avjämningsmassa utfördes enligt RBK-metoden av RBK- auktoriserad fuktkontrollant från företaget Monomeet.

Mätpunkterna i luftspalten ovan avjämningsmassan utgjordes av mätbehållare genom backens sida. Hålen tätades med gummikork och tätmassa mellan mätningarna. Mätbehållare i betongen utfördes genom borrhål i sidan på backen enligt RBK-metoden med Testo mätrör och tätning med tätmassa. Mätning utfördes endast 1 gång per upptaget mätbehållare.



Bild 9. Provbackar med pågående mätning av relativ fuktighet i luftspalt.

Mätresultat – Försöksstudie 2

1.1.9 Mätning av relativ fuktighet i betong och avjämningsmassa inför tätning av provbackar

Mätning av relativ fuktighet i betongback 1 och 5 avlästes den 20 mars 2019 (ca 14 veckors torktid) till 91,4 % RF i back 1 och 90,7 % RF i back 5. Resultatet från mätningen stämmer med den mål RF som sattes upp i studien på 90%.

Trendmätningen initierades omgående efter gjutning av avjämningsmassa för att följa uttorkningsförloppet. Provkropparna gjöts med avjämningsmassa den 20 mars 2019 vilket benämns som dygn 0 i kommande tabeller och diagram. Som syns i diagram 6 sker en snabb förändring där indikatorvärdet faller snabbt då avjämningsmassan torkar. Då avjämningsmassan bedömdes ha torkat erforderligt togs ett avjämningsprov ut i back 1 för att avgöra när provbackarna skulle förslutas. Datum, relativ fuktighet och indikatorvärde vid förslutning av provkroppar kan ses i tabell 8.

Tabell 8. Försöksuppställning på provkroppar likt tabell 1 men där värden från uppmätning av RF i referensprovkroppar utförts inför förslutning av provkroppar med tätt lock. Vid förslutning lästes även indikatorvärdet av.

Prov	Förslutning av lock	Torktid avjämning	Mål RF i avjämning [%]	Uppmätt RF i avj. i referens back 1 [%]	Indikatorvärde
Back 2	2019-04-08	19 dygn	85	80,4	38
Back 6					30
Back 3	2019-04-15	26 dygn	70	74,9	26
Back 7					26
Prov 4	2019-05-02	43 dygn	70	68,4	16,9
Prov 5					14,7
Prov 8					16,8

1.1.10 Trendmätning med ingjutna givare i avjämningsmassa

Trendmätningen i försöksstudie 2 visade precis som för försöksstudien 1 på att indikatorvärdena faller snabbt till en början, under tiden avjämningsmassan torkades ned. Vilket indikatorvärde som mättes upp vid förslutning i de respektive backarna kan ses i tabell 8 ovan. Efter att den täta glasskivan monterats noterades en ökning av det uppmätta värdet vid trendmätningen. Värdet ökade långsamt under hela försöksperioden. Viss variation förekommer vilket kan bero på mätfel men även på grund av att temperaturen i rummet svänger någon grad med årstiderna.

I diagram 6 och 7 visas den långsamma ökningen med en linjär inritad trendlinje. Trendlinjens lutning är nära identisk i samtliga backar.

Notera att tidsperioden för backarna 2 till 5 är betydligt kortare än för back 6 till 8, vilket beror på att dessa torkades under 4 veckor efter att betongen härdat i 9 månader. I diagram 8 syns hur indikatorvärdet ökar efter att dessa backar återförslutits igen. Vid ökningen efter den andra förslutningen sker även en viss ökning av indikatorvärdet men den är relativt liten.

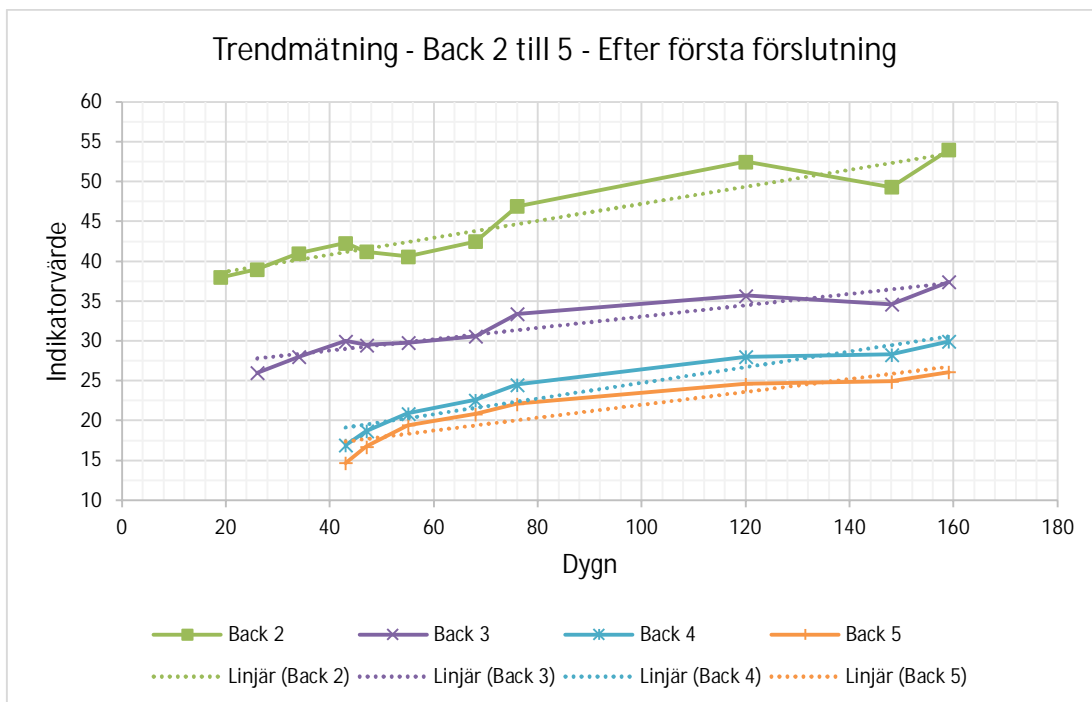


Diagram 6. Trendmätning i back 2 till 5 från förslutning till dygn 160 då backarna öppnades upp för torkning. Som syns ökar värdena relativt linjärt från det att backarna förslöts.

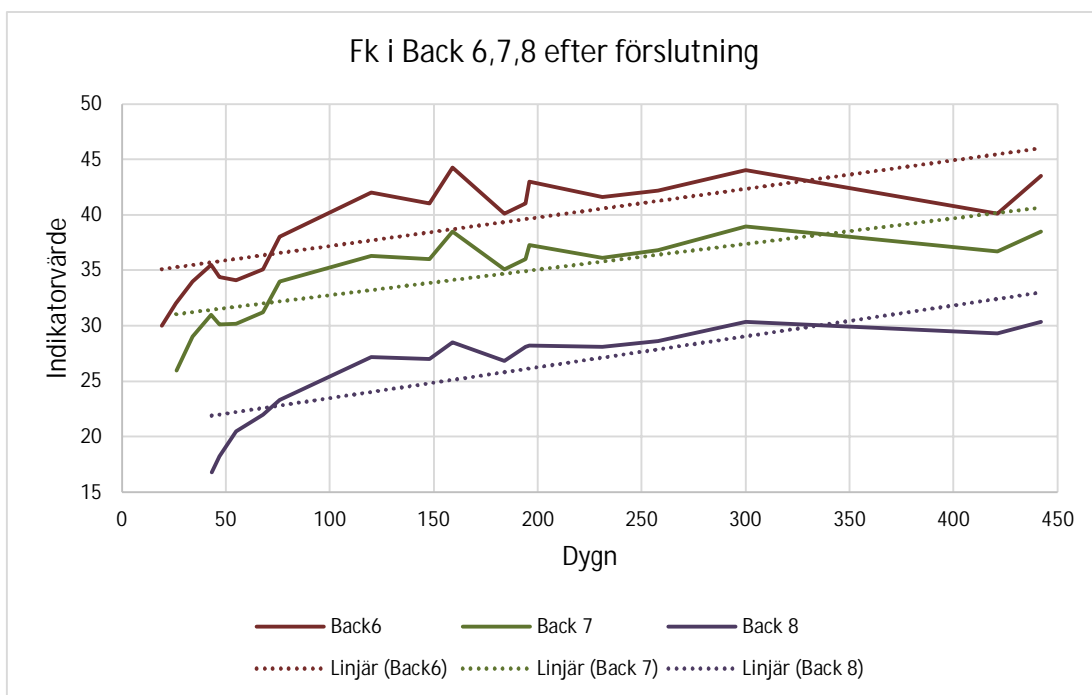


Diagram 7. Trendmätning i back 6 till 8 från förslutning till slutmätning vid dygn 442. Ökningen ser lite annorlunda ut där det till en början visar på en tydlig ökning och för att sedan avta.

Efter förslutning ökar indikatorvärdet mellan 12 och 16 enheter i alla backarna fram till dygn 159 (den 26 augusti 2019 då back 2 till 5 öppnades upp för torkning). Störst ökning under denna första period 0 – 159 dygn, noterades i back 2 och 6 där avjämningsmassan torkades till 80 % RF.

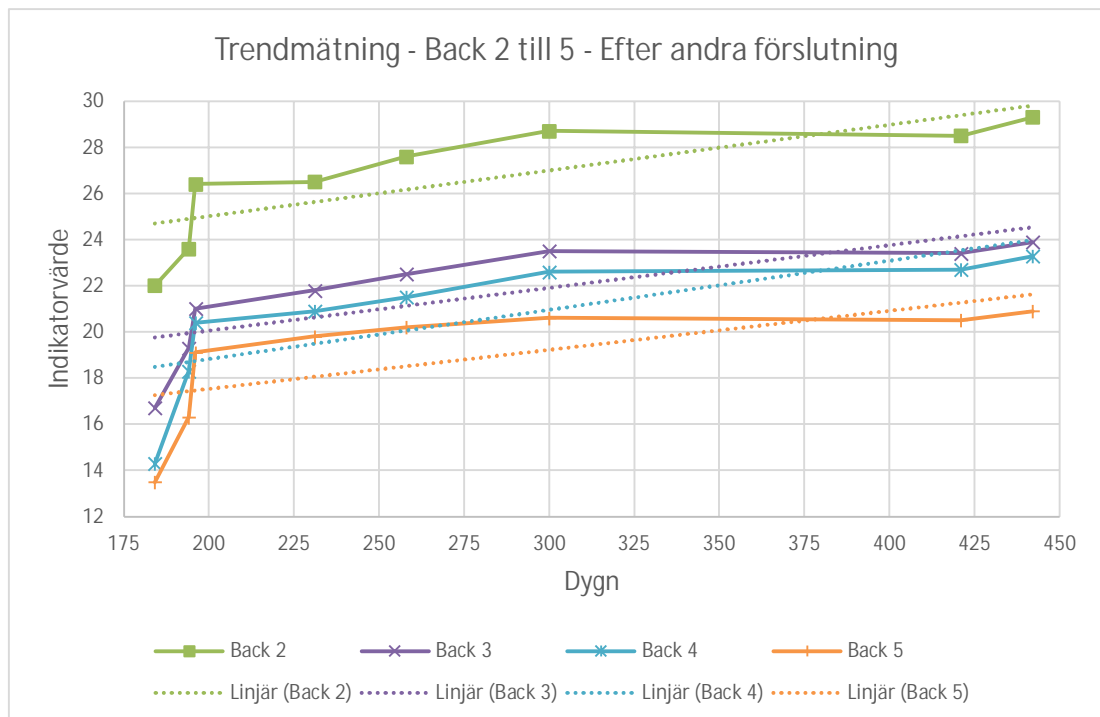


Diagram 8. Efter att back 2 till 5 torkat och åter förslutits sker en snabb ökning de första 20 dygnen för att sedan avta och öka väldigt långsamt.

Efter den andra förslutningen, perioden från dygn 180 till 442, sker en större ökning i de backar som "luftats" under fyra veckor. Ökningen av indikatorvärdet i dessa backar ligger runt 7 till 9 enheter medan i back 6 till 8 som inte "luftats" ligger ökningen på cirka 3 enheter.

1.1.11 Mätning av relativ fuktighet i luftspalt ovan avjämningsmassa och i betong vid slutmätning

Mätning av relativ fuktighet i luftspalten mellan det täta locket och avjämningsmassan utfördes via mätthål i sidan av backen. Antalet mätningar begränsades för att minska det läckage som uppstår då givare monteras och demonteras vid mättillfällena. I back 6 till 8 utfördes endast ett fåtal mätningar för att inte störa klimatet i dessa.

I tabell 9 redovisas uppmätta relativa fuktigheter i luftspalten ovan avjämningsmassan i back 2 till 5.

I tabell 9 redovisas även slutmätningen av den relativa fuktigheten via borrhålmätning in i betongen i backens sida. Metod enligt RBK med mätrör, tätmassa och Testogivare.

Tabell 9. Uppmätta relativa fuktigheter i back 2 till 5 under försöksperioden.

Prov-back	Betong start [%RF]	Avj. start [% RF]	Luftspalt Dygn 69 [% RF i luft]	Luftspalt Dygn 159 [% RF i luft]	Luftning efter 9 månader	Luftspalt Dygn 196 [% RF i luft]	Luftspalt Dygn 442 [% RF i luft]	Betong slutmätning [% RF i btg]
2	≈91	80,4	83,2	88,5	Ja	75,3	81,1	84,7
3	≈91	74,9	80,3	85,9	Ja	72,2	80,2	83,1
4	≈91	68,4	75,1	83,5	Ja	70,4	79,1	83
5	≈91	68,4	74,9	82,2	Ja	66,7	78,5	84,5
6	≈91	80,4	-	86,8	Nej	-	86,9	88,7
7	≈91	74,9	-	84,6	Nej	-	84,7	87,7
8	≈91	68,4	-	82,5	Nej	-	84,3	86,5

Som syns i tabellen ökar den relativa fuktigheten snabbt efter att backarna förslutits. I back 2 och 3 överstiger den relativa fuktigheten 85 % RF. I back 4 och 5 där avjämningsmassan torkats ned till under 70 % ligger den relativa fuktigheten i luftspalten på några procent under denna gräns på 85% RF. Efter att avjämningsmassorna fått torka under 4 veckor och betongen fått härda i 9 månader sker även en ökning av den relativa fuktigheten i luftspalten med minst 6 till 10 %-enheter efter det att de återförslutits.

Värden från mätning i luftspalten åskådliggörs i diagrammet nedan:

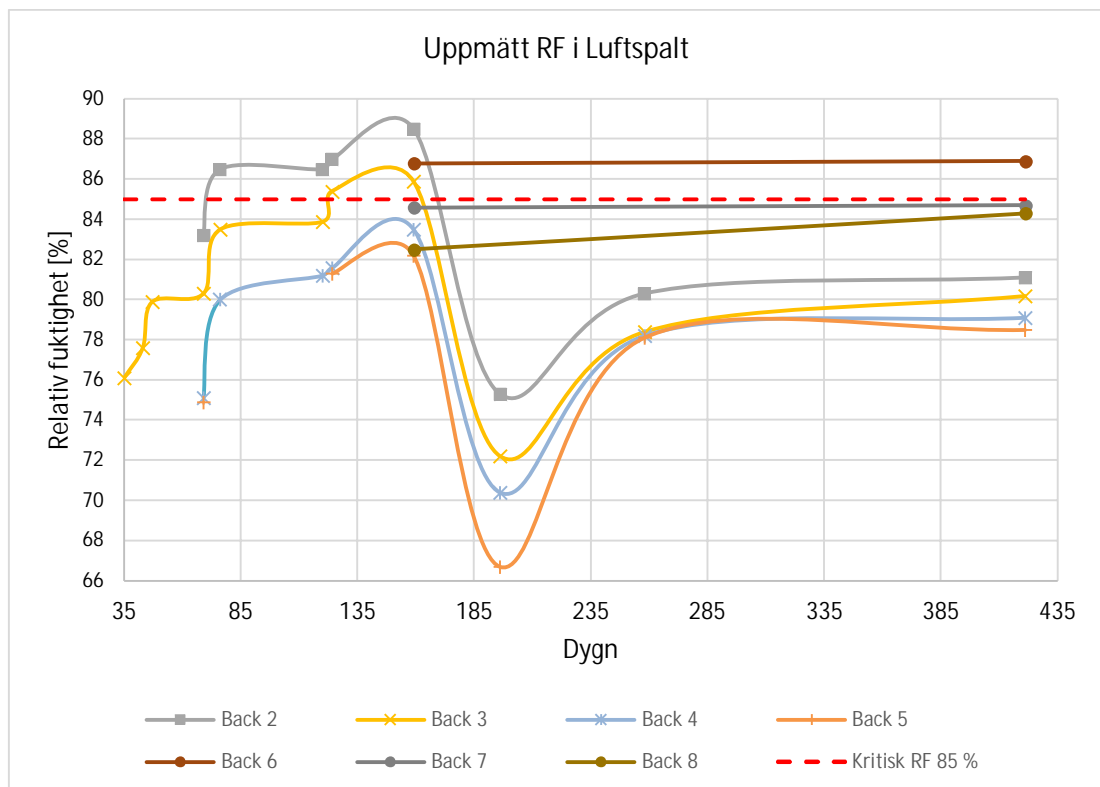


Diagram 9. Mätning av relativ fuktighet i luftspalt under glasskiva.

I back 6 till 8 gjordes inte lika många mätningar av den relativa fuktigheten i luftspalten för att undvika att klimatet i backarna skulle störas. Vid den första mätningen, i samband med att back 2 till 5 luftades, visade uppmätt relativ fuktighet i luftspalten på värden över 85 % RF i back 6 och strax under i back 7. Vid slutmätning var RF i luftspalten var denna relativt oförändrad i back 6 och 7 men ökat i back 8 jämfört med mätningen efter 159 dygn.

Vid slutmätningen ligger RF i luftspalten över 85 % i back 6 och strax under i back 7 och 8. Slutmätningen i betongen visade dock fortfarande på RF-nivåer på 86,5 till 88,7 % RF.

Värdena visar på att den uppmätta relativa fuktigheten är tydligt lägre både i betong och i luftspalt i de backar vars avjämningsmassa fått torka ytterligare. Dock ligger betongens relativa fuktighet fortfarande över 85 % i alla backar trots över 400 dygns "självuttorkning och fuktomfördelning till avjämningsmassan". Hade försöken fått fortgå är det möjligt att den relativa fuktigheten i luftspalten hade ökat ytterligare.

1.1.12 Slutmätning av relativ fuktighet i avjämningsmassa och betong

Efter slutmätning av den relativa fuktigheten i luftspalten borrades nya hål in i sidorna på backarna för slutmätning av den relativa fuktigheten i betong. Mätningen utfördes enligt RBK-manualen. Resultaten kan ses i tabell 10.

Slutmätning av RF i avjämningsmassa utfördes enligt GBR-metoden enligt beskrivning ovan under mätmetoder.

Vid mätning demonterades det täta glaslocket och en kärna av avjämningsmassan togs ut. Resultaten finns sammanställda i tabell 10 på nästa sida där även resultatet från slutmätning av betong och luftspalt redovisas för att jämföra dessa värden sinsemellan.

Vad som syns i denna tabell och som är väldigt intressant är att fuktnivån i betongen är 2 till 6 % fuktigare än både luftspalten och avjämningsmassan ovan. En intressant frågeställning är om det med tiden och i sådant fall hur lång tid det hade tagit för att nå en fullständig fuktomfördelning mellan betong och avjämningsmassa/luft. Fuktomfördelningen går väldigt långsamt.

Skillnaden mellan luftens och avjämningsmassans relativa fuktighet är liten. Luften är cirka 0,5 till 2 % fuktigare vilket kan bero på fuktavgång vid uttag av prov på avjämningsmassan då viss fukt avgår, vilket var tydligare i försöksstudie 1.

Tabell 10. Redovisning av slutmätningar i luftspalt, avjämningsmassa och betong samt skillnader mellan luftspalt och betong samt luftspalt och avjämningsmassa. Värden anges i % relativ fuktighet.

Prov-back	Betong [% RF i btg]	Avj. [% RF i avj.]	Luftspalt [% RF i luft]	Differens Betong-avj. [% RF]	Differens Betong-luftsp. [% RF]	Differens luftspalt-avj. [% RF]
2	84,7	80,5	81,1	+4,2	+3,6	+0,6
3	83,1	79,4	80,2	+3,7	+2,9	+0,8
4	83	79,0	79,1	+4	+3,9	+0,1
5	84,5	78,0	78,5	+6,5	+6,0	+0,5
6	88,7	85,5	86,9	+3,2	+1,8	+1,4
7	87,7	84	84,7	+3,7	+3	+0,7
8	86,5	82,6	84,3	+3,9	+2,2	+1,7

Bedömning av resultat

Beskrivning av försöken

Båda studierna har utförts genom att belägga fuktig betong med avjämningsmassa, dvs. betong med en relativ fuktighet på ca 90% RF som därmed överstiger 85 % RF, vilket är den kritiska relativa fuktigheten för limmade golvmattor. Den valda betongen har haft ett vct-tal, vattencementtal, på 0,36 i försöksstudie 1 och 0,38 i försöksstudie 2, för att få en god självuttorkning hos betongen. Betongproverna innehöll bascement med flygaska.

Efter applicering av avjämningsmassa har denna fått torka ned till olika relativa fuktigheter, från 85 % RF till under 70 % RF, för att sedan täckas in i en helt tät plåthink eller plastback med plåt- eller glaslock. Syftet med detta försök har varit att se hur mycket avjämningsmassan fuktas upp samt den luftspalt som finns mellan avjämningsmassa och det täta locket på hinken eller backen. Fuktnivån i luftspalten visar vilken fuktbelastning en tät golvbeläggning utsätts för. Parallellt med att fukt avgår från betongen upp i avjämningsmassan och luftspalten så sker en fortsatt självuttorkning hos betongen.

Mätresultat

I avjämningsmassan gjöts trendgivare in för att följa fuktförändringarna över tid. Med trendgivarna har resistansen mätts med en Protimeter Surveymaster där ökad ledningsförmåga, ökat indikatorvärde, tyder på att fuktnivån i avjämningsmassan ökar och vice versa. I båda försöken har en tydlig men långsam ökning av indikatorvärdet mätts upp då provhinkarna/-backarna förslutits med ett tätt lock. Med tiden minskar denna ökning men den avstannade aldrig helt. I försöksstudie 1, som gjöts med vct 0,36 hos betongen, var denna fuktökning i avjämningsmassan betydligt mindre än i försöksstudie 2 där betongen hade ett vct-tal på 0,38.

Självuttorkning

Ovanstående tyder på att betongen med vct 0,36 visade sig vara tätare.

I slutet av försöksstudie 1 mättes mellan 79 och 85 % RF i betongen, vilket dels kan bero på ett lägre vct-tal, dels på att denna betong fått självtorka i nästan 200 dygn längre än i försöksstudie 2. I försöksstudie 2 var den relativa fuktigheten i betongen avtagande från 89% RF till 83%RF vid mätningens slut.

Fullständig fuktomfördelning

Vid båda studierna var betongens relativa fuktighet vid slutmätning högre i den underliggande betongen än i den ovanpåliggande avjämningsmassan och luftspalten. I studie 1 var betongen 0 till 2 % fuktigare medan i studie 2 var den 2 till 6 % RF fuktigare. En fullständig omfördelning har således inte hunnit ske i dessa studier efter 2 år, vilket bedöms vara anmärkningsvärt.

I dessa båda försök har ytan varit helt tät av plåt- och glaslock, medan det i verkliga fall finns en något genomsläppligare matta. Detta inverkar till en fuktomfördelning som ger något lägre värde under mattan i verkliga fall.

I försöksstudie 1 var den slutliga relativa fuktigheten i betongen under 85 % RF i samtliga plåthinkar. Det intressanta är således om luftspalten någon gång under denna fuktomfördelning och samtidigt självuttorkning varit över 85 % RF. I provhink 1 och 3 överstegs 85% RF under en kort period, cirka 50 dygn, varpå dessa värden sjönk till under kritiska nivåer därefter. Provhink 1 och 3 avjämnades med 10 mm avjämningsmassa som fick torka ned till cirka 82 % RF innan dessa förslöts.

I försöksstudie 2 var den slutliga relativa fuktigheten i betongen över 85 % i de provbackar som inte luftades under försöken. I de backar som luftades var den slutliga relativa fuktigheten under 85 %.

I de backar som inte luftades var back 6, med 20 mm avjämningsmassa som fick torka ned till 80 % RF, över den kritiska relativa fuktigheten under nästan hela mätperioden. I back 7 och 8 var den relativa fuktigheten i avjämningsmassan strax under den kritiska relativa fuktigheten vid slutet av mätningen, 84,3 respektive 84,7 %. Detta sammantaget med att betongen under var mellan 86,5 till 88 % RF och att trendgivarna visade på fortsatt ökning så bedöms även dessa med tiden ha hamnat över den kritiska gränsen på 85 % RF. Återigen ska det hållas i åtanke att det var helt täta lock/förslutningar i dessa projekt.

I back 2 till 5, där locket demonterades under 4 veckor, var den slutliga relativa fuktigheten i betongen under 85 % vilket inte är konstigt med tanke på att dessa fått torka mer än back 6 till 8. Det som är intressant i dessa försök är att fuktnivån i avjämningsmassan och i luftspalt efter den andra förslutningen fortsatte att öka långsamt. Detta trots att betongen vid luftningen hade uppnått en mognadsgrad på nio månader och då troligen blivit tätare.

Slutsatser

Att belägga en fuktig betong, med en relativ fuktighet över 85 % RF, med avjämningsmassa som får övertorka under 70 % RF, skulle enligt försöksresultaten kunna fungera. Avgörande för detta är dock att betongens täthet är känd och att avjämningsmassan är tillräckligt tjock.

Försöken i dessa studier utfördes på betong med 90 % relativ fuktighet vilket ligger väsentligt över den kritiska gränsen på 85% RF. Med en torrare betong som ligger någon enstaka procent över den kritiska och med en tjock avjämningsmassa som övertorkas finns en möjlighet att fuktnivån i avjämningsmassan inte kommer överstiga den kritiska gränsen.

Om detta finns teoretiska beräkningar gjorda av Sture Lindmark, FuktCom i SBUF-projekt nr 13660. Tyvärr saknas säkra materialegenskaper för modern betong, för olika avjämningsmassor och för mattor. Anledning till utförda försök var just att testa hur fuktomfördelningen sker genom praktiska försök, då de teoretiska bedömningarna är osäkra.

Det finns en kvarstående viktig parameter som försöksstudierna inte tagit hänsyn till och som sannolikt har en avgörande roll för fuktillståndet under mattan och det är limfukten. Limfukt är den fukt som tillkommer från vattenspädbara limmer då en plastmatta limmas mot avjämningsmassan. Limfukten kommer att fukta upp avjämningsmassan vilket innebär att dess fuktbufferingskapacitet minskar, alternativt helt försvinner. Detta är en viktig aspekt som måste vägas in och studeras vidare.

Resultatdel 2

Kemiska emissioner efter golvläggning

Innehåll

Bakgrund	43
Använda mätmetoder	44
1 Försök 1 - Mattester, 2018	49
1.1 Val av olika mattyper.....	49
1.2 Metod för test av olika mattor	49
Mätresultat – Försök 1 Mattester	52
1.3 Fuktstatus vid mattester	52
1.4 Emissioner från enskilda material vid mattester	54
1.5 Emissioner från limmade mattprov på avjämning, försök 1	58
1.6 Emissioner från limmade mattprov på betong, försök 1.....	61
1.7 Resultat från FLEC-Nordtestmetod.....	69
2 Försök 2 - Limtester, 2019	73
2.1 Val av olika limtyper	73
2.2 Metod för test av olika limmer.....	74
Mätresultat - Försök 2 Limtester	75
2.3 Fuktstatus limtester	75
2.4 Emissioner från limmade glasskivor på avjämning.....	76
Bedömning av resultat från matt- och limtester	80

Bakgrund

Beskrivning av delprojekt 2

I byggbranschen råder stor osäkerhet kring vilka kemiska emissioner som uppstår från limmade golvbeläggningar. Hur höga halter som kan accepteras och vilka ämnen som utgör en risk för inomhusmiljön.

Mätmetoder och riktlinjer för vad som anses vara förhöjda golvemissioner varierar mellan olika aktörer såsom entreprenörer, skadeutredare, forskare och analyslaboratorier.

Golvmaterialens kemiska sammansättning ändras hela tiden och alkalisk fuktpåverkan med förändrade emissioner på nya golvmaterial ser annorlunda ut idag än för 20 år sedan. Tidigare visades att en nedbrytning av lim och matta hade skett främst genom en ökad avgivning av indikatorämnena 2-etylhexanol och n-butanol, men idag uppstår en stor mängd andra ämnen beroende på mattornas olika innehåll. Olika uppbyggnad ger olika kemiska nedbrytningsprodukter eller så kallade "skadeindikeringsämnen". Utifrån denna problematik behövs mer forskning kring vad som anses vara "normala" emissioner och vad som kan definieras vara en "kemisk golvskada".

Syfte

Syftet med delprojektet har varit att genom praktiska försök undersöka hur olika golvmaterial påverkas av torra respektive fuktiga alkaliska underlag. Målsättningen har varit att få svar på:

- Ger olika golvmaterial upphov till olika kemiska nedbrytningsprodukter?
- Kan dessa nedbrytningsprodukter förutsägas?

Problemställning

För att få svar på vad som sker med olika golvmaterial då de påverkas av alkalisk fukt har 5 olika mattor med olika uppbyggnad/mjukgörare limmats med samma lim på fuktig respektive torr avjämning och betong.

För att kunna tolka resultaten behöver försöken även ge svar på:

- Vilka totalhalter och enskilda ämnen som uppkommer i normala fall, vid låg fuktbelastning?
- Vilka totalhalter och enskilda ämnen ökar vid fuktbelastning?

Avgränsningar

I projektet har endast några få mattyper undersökts, då det finns närmast oändligt många. Det är dessutom svårt att säkerställa vilket kemisk innehåll de valda mattorna har då byggvarudeklarationer saknas för äldre versioner av mattor och inte säkert kunnat kopplas till den undersökta mattan. Istället har "mjukgörartypen" kontrollerats och fått representera matta med viss mjukgörare.

För att få en rimlig tidplan för försöken gjordes all provtagning efter endast 6 månader. Därefter har provformarna förbrukats, då fuktpåverkan förändras vid provtagning på grund av otätheter efter lagning av provhåll. Försök gjordes att mäta efter 24 månader, men resultaten visar att det tyvärr inte är representativa värden och har därmed inte redovisats.

Felkällor

Avseende mätning av kemiska emissioner är mätmetod för FLEC-mätning mot yta standardiserad, medan uttag av prov och mätning av kammарprov saknar standardisering. Detta beskrivs vidare under "Mätmetoder". Mätfelen avseende provtagningen är okänd och resultaten får endast bedömas som indikativa resultat vid bedömning. Inga absolutvärden mäts då mätresultaten inte visar vad uttagna prov har för kemisk avgivning vid jämvikt. Metoden är repetitiv då den kan upprepas genom att utföras på samma sätt från gång till gång, se vidare under "Mätmetoder".

Använda mätmetoder

Fuktmätningar

För att verifiera fukttillståndet som mattor och lim utsätts för har fuktprov tagits ut enligt GBR-metoden. Mätning utförs genom att en hel kärna borrar ut från yta till botten, varefter provet krossas och läggs i provrör för bestämning av RF i temperaturstabil fuktlaboratorium. Metoden beskrivs i GBR:s branschstandard 2:2017, som finns på www.golvbranschen.se och beskrivs därför inte närmare här.

Mätmetoden är framtagen för mätning av fukttillstånd i avjämningsmassa och inte i betong. Uttaget prov är inte godkänd för mätning i betong enligt RBK. Därför måste mätresultat från mätning i betong med denna metod betraktas som endast indikativ och kan ha stora mätfel överstigande 5% RF.

Tillfällen då prov tagits ut för fuktmätning har dels varit inför limning och mattläggning, dels i samband med övrig kemisk provtagning 6 månader senare.

Specifikt för gjorda provtagningar i försöken:

- Till resultatet har inte något mätfel lagts till, vilket det normalt skall göras motsvarande ca 2,1% vid mätning i objekt inför läggning av golv och tätskikt.
- För bestämning av RF har proven avlästs i FuktComs fuktlaboratorie som har spårbar kalibrering på använda RF-givare.
- Borrning har utförts med 50 mm Hiltiborr för tegel och lättbetong, då detta borr är enklare att hantera och bedöms alstra mindre friktionsvärme än jämförande 35 mm diamantborr. Enligt GBR-metoden ska 35mm borr användas.

Olika mätmetoder för kemisk analys

Huvudsyftet för försöken har varit att bedöma vilka emissioner golvsystemet ger upphov till. Det finns tyvärr lika många mätmetoder för kemiska emissioner från golv som det finns fuktskadetredare i landet och det saknas en branschstandard för mätmetoder med riktvärden som är gemensamma. Detta gör tolkningen av mätresultat otydligt och det är svårt att jämföra resultat mellan olika analyslaboratorier då även analysmetoderna skiljer sig åt.

Undertecknad har utfört praktiska golvutredningar på likartat sätt i samarbete med IVL och Chemik Lab i närmare 30 år och har därmed testat och utvärderat de metoder som finns tillgängliga. Utifrån dessa erfarenheter görs mätningar så nära källan som möjligt för att resultatet ska bli tydligt att tolka. Detta har resulterat i användningen av en mätmetod vid kemiska emissioner som kallas "Kammar-metod" där materialprov tas ut och analyseras. Andra provtagningar som används i utredningssammanhang där luften i rummet eller mätningar ovanpå golvbeläggning görs bedöms vara osäkrare och kommenteras nedan.

Kommentar till provtagning i rumsluft

Mätmetoder där luftprovtagning sker i rumsluft, långt från källan, för att bedöma om det föreligger höga halter under golvbeläggningen är ofta missvisande då halterna som mäts i rumsluft är låga, nära detektionsgränsen för mätmetoden. Om emissionerna är så höga att det ger en tydlig onormal lukt i rummet eller på ovasida matta kan mätning i rumsluft ofta visa detta, men i sådana fall är det sällan relevant att mäta alls. Anledningen är att avgivningen från golv är så låg i förhållande till andra material och föroreningar i inomhusmiljön att det inte går att särskilja från annat. De ämnen som bildats vid nedbrytning av golvmaterial kan variera i halt inom rummet beroende på ventilationsgraden i mätpunkten och hur luften i rummet cirkulerar. Halter som vid rumsluftprovtagning indikerar en golvproblematik, ligger nära detektionsgränsen för mätmetoden och gör bedömningen mycket osäker. De flesta laboratorier anger att det endast "indikerar" en onormal halt som kan komma från golvet och att det krävs materialprovtagning för att säkrare verifiera att emissionerna kommer från golv. Trots detta får denna typ av provtagningar ofta avgörande betydelse vid skadetredning och kan leda till långtgående beslut om kostsamma åtgärder.

Kommentar till riktad provtagning mot golvyta

En annan metod som ofta används och som av erfarenhet bedöms vara "näst sämst" är riktad mätning med FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) eller exsickatorlock (lock av glas) mot golvytan. De olika metoderna skiljer sig från varandra avseende provtagningstid, adsorbent etc. Metoden med FLEC kallas Nordtest-metod 484 och utgör en ISO-standard för mätning mot materialytor i laboratoriemiljö och används även för fältmätningar. Denna används främst för att materialdeklarerar byggmaterials egenemissioner. Metoden har använts i detta projekt i syfte att kontrollera vad metoden visar i jämförelse med materialprovtagning för kammar-analys. Resultaten har jämförts mellan golvbeläggningar lagda på torra och fuktiga underlag för att tolka förekomst av emissioner under golvbeläggning.

Mätmetoden används av många utredare som då motiverar användandet av metoden med att emissioner som uppstår på grund av nedbrytning under golvbeläggning ska gå att påvisa på ovansida matta för att påverka personer som vistas i rummet. Anledningen till vår skepsis mot metoden är främst följande:

- Emissioner tränger så långsamt igenom mattan att halterna ligger på eller under detektionsgränsen för analysmetoden. Felmarginalen blir mycket stor.
- Golvytan ventileras i FLEC-cellen (under locket) med ca 172 oms/h, både i förväg under 1 timme och under mätning, vilket ger en utspädning av de emissioner.
- Olika ämnen tränger igenom mattan olika lätt och ger en "felaktig" bild av vilka ämnen som finns under mattan.
- Olika mattor har olika täthet mot emissioner, vilket innebär att en tätare matta kan medföra att högre halter byggs upp under mattan och accepteras.

Kommentar till materialprovtagning under matta, kammarmetod

Den metod som enligt vår erfarenhet ger den säkraste bedömningen för att avgöra om onormala halter uppstått är uttag av materialprov som läggs i kammare och mäts på laboratorium under kontrollerade former.

Fördelarna med mätmetoden är:

- Kemiska ämnen är hårt bundna i cementbaserade material och bibehåller sin koncentration av ämnen under lång tid vid uttag och transport av prov.
- Halterna från materialprovet med höga emissioner blir höga i kammaren och visar tydligt en skillnad i halter mellan onormala och normala emissioner.
- De avvikande och dominerande ämnena blir tydligt dominanta och kan identifieras.

Nackdelarna är att materialproven läggs i en annan miljö i kammare och det finns oklarheter kring hur detta påverkar mätresultaten. Även för kammarmetoden finns en mängd olika sätt att mäta på. Valet av metod beror på vilka laboratorium som anlitas och innebär att många olika faktorer varierar mellan metoder. Resultaten varierar då olika förutsättningar råder avseende; styrning av tid i kammare, temperatur, fuktnivå, luftflöden, adsorbenter och analysmetod. Därför kan analysvar från olika laboratorier skilja sig

väsentligt åt. Avsaknaden av fastställda riktvärden gör analysvaren omöjliga för andra än laboratoriet att tolka.

Kammarmetoden som använts i detta projekt är samma mätmetod som använts under lång tid där laboratoriets och egna erfarenheter av analysvar gett ett stort antal referenser som underlag för bedömning av analysvar. Under de senaste 10-20 åren har dock en rad nya golvmaterial med nya mjukgörare gjort tolkningen allt svårare, då det inte är bara kända indikatorämnen som N-butanol och 2-etylhexanol som ska bedömas, utan även ett flertal andra ämnen.

Det var för att visa vad olika mattyper ger upphov till för ämnen som dessa försök startades upp.

Riktad provtagning, FLEC-Nordtest 484

Avgången av VOC (lättflyktiga organiska ämnen) från golvmaterialen har mätts med hjälp av en mätkammare. Mätkammaren som används benämns FLEC (Field and Laboratory Emission Cell), där VOC fångas upp från golvytan och pumpas genom en Tenax-adsorbent. Adsorbenten analyserades av IVL Svenska Miljöinstitutet för bestämning av halter och dominerande ämnen.

Provtagningen utförs enligt följande: Under 60 min ventileras FLEC-cellen med renad luft, därefter fångas utgående luft på en Tenax-adsorbent under 60 min med flödet 100 ml/min. I nedanstående bild visas uppställningen vid mätning i fält.



Bild 1: FLEC-uppställning vid mätning i fält. Rumsluften renas och pumpas in i FLEC-lockets ytterkant. Luften sköljer över provytan och suges ut från mitten av locket. En Tenaxadsorbent fångar VOC som avgått från provytan.

Materialprov för kemisk analys, Kammarmetod

Prov av avjämning/betong under golvbeläggningen togs ut med 50 mm kärnborr av hela skiktjockleken för mätning av mängden deponerade nedbrytningsprodukter i underlaget.

Provbitar på ca 50-100 gram lades i aluminiumfolie och plastpåse för provtagning enligt Chemik Labs metod för kammarmetod:

- Materialprov i aluminiumfolie och påse temperaturkonditioneras i laboratorielokalen under minst 1 dygn.
- Därefter placerades provet i en mätkammare (3 liters exsickator) vid ca 23°C i 3 timmar, innan ett luftprov tas ur kammaren. Provet placeras på ett "hyllplan" mitt i kammaren, medan botten förses med 100ml destillerat vatten som har till syfte att mätning alltid sker vid samma luftfuktighet, dvs 100%RF i kammaren.
- Kammaren tillförs renad luft med 100ml/min och luftprovet fångas på en Tenax-adsorbent med ett flöde av 100ml/min.
- Tenax-adsorbenten sänds till IVL för gaskromatografisk analys med identifiering av ämnen och haltbestämning med masspektrometer.

Även materialprov tas för bestämning av egenemissioner. Materialprov av mattor är 1 dm² stora och analyseras på samma sätt som kammarmetod.

Avjämning som inte belagts med lim och matta utan istället försetts med en glasskiva under 6 månader tas ut och analyseras i kammare. Syftet är att kontrollera egenemissionen från underlaget.

Observera att totalhalter av flyktiga organiska ämnen, TVOC, anges i toluenekvivalenter. Detta innebär att beräkningarna har gjorts som om alla flyktiga organiska ämnen var enbart toluen. Detta görs för att man ska få en uppfattning om totalkoncentrationens storlek. De specifika ämnena vars halter anges, är beräknade i absoluthalter dvs. med kända halter av det specifika ämnet, som referens vid kalibrering.

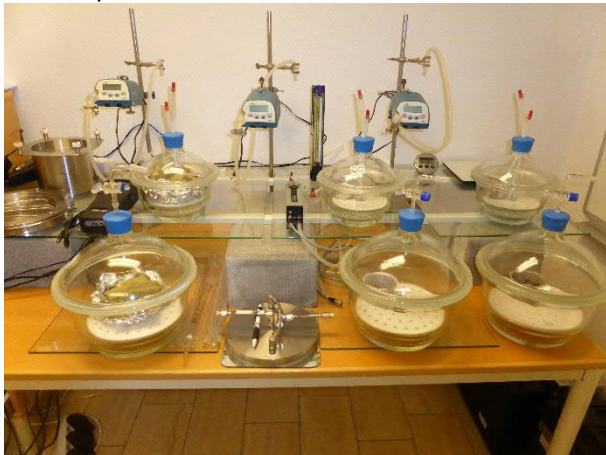


Bild 2: Mätning med kammarmetoden där provbit läggs i exsickator och provtas efter 3 timmar.

Försök 1 - Mattester, 2018

Val av olika mattyper

De mattor ("M" = Matta) som valts ut har följande mjukgörare:

- M1: PVC- och mjukgörarfri matta.
- M2: PVC med mjukgörare av DINP.
- M3: PVC med mjukgörare av DINCH.
- M4: PVC med mjukgörare av DEHP.
- M5: PVC med mjukgörare av citrater.

Metod för test av olika mattor

Målsättningen har varit att fuktstatusen i underlaget inför limning av golvbeläggning ska uppfylla kravet på att visa en tydlig skillnad mellan torra och fuktiga underlag. Den relativa fuktigheten i underlaget har en god marginal över och under gällande kritisk fuktnivå för limmade golvbeläggningar som är 85%RF. Följande ska uppfyllas:

1. "Torr avjämning" respektive betong med <70% RF.
2. "Fuktig" avjämning respektive betong motsvarande 90-95%RF.

På grund av "obefogad oro" att RF skulle vara för låg för de fuktiga avjämningsproven gjordes ytterligare en testomgång som motsvarar en vattenskadad avjämning genom att 0,5dl vatten tillfördes avjämningen 2 timmar före mattläggning.

3. "Våt/Vattenskadad" avjämning motsvarande 95-100% RF.

Till försöken har "Weberfloor 140 Nova" använts som avjämning. Som betongunderlag har "Weber Finbetong" använts, som innehåller byggcement och blandats till vct 0,51. Båda produkterna har blandats på plats från säck om 20kg enligt anvisning.

Som underlag för att uppskatta uttorkningstider för avjämning har tidigare SBUF-rapporter använts.

För betong har samma torktid använts för att få en torr betong, medan den fuktiga betongen har erhållits genom att belägga ett tunnare skikt, motsvarande 10mm betong på ett avjämningskikt som torkat till 95% RF i syfte att få en mera lika och jämnare fuktnivå i betongen som i motsvarande avjämning. Ingen vattenskadad betong användes. Mätresultat saknas före mattläggning.

Nedan beskrivs "principerna" steg för steg för hur testerna genomförts:

1. Avjämning respektive betong gjöts i rostfria formar 300 * 400mm. Skiktjockleken framgår av tabell nedan.

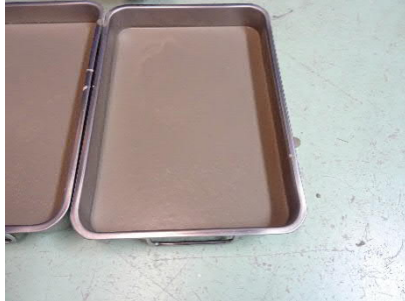


Bild 3: Provform med avjämning.

2. Torra underlag fick torka i ca 3 månader inomhus till RF<70%. Fuktiga underlag fick endast torka i ca 3 veckor till ca 95% RF.
3. Limning av alla golvbeläggningar utfördes vid samma tidpunkt och med samma lim. Limmet fördelades med limspridare som fördelar ut ca 4 m²/liter, enligt produktblad för limmet. Kanten mot formen förseglades med silikon.
4. Fukttillståndet mättes före limning och efter 6 månader genom uttaget prov enligt GBR-metoden.



Bild 4: Lim i provform. Bild 5: Matta lagd med silikonsträng utmed kant.

5. Efter 6 månader utfördes följande mätningar:
 - Emissionsmätning enligt FLEC-Nordtest metod utfördes ovanpå golvbeläggningen.
 - Fuktmätning utfördes på uttaget prov enligt GBR-metoden.
 - Materialprov togs ut från underlaget av betong och avjämning för emissionsprov enligt kammarmetoden.
 - Materialprov togs även av underlag med enbart limmad glasskiva.

6. Utöver dessa prov utfördes även "referensprov":
- Mätning av egenemissioner från 1 dm² olagd matta enligt kammarmetod.
 - Mätning av egenemissioner från betong och avjämningsmassa genom att matta och lim ersattes av glasskiva.
 - Nollprover avseende utrustning och mätkammare.



Bild 6: Mattprov under mätning med kammarmetoden.

Provformer vid test av olika mattor

För varje mattyp 1-5 testades läggning på 5 olika underlag enligt nedan. Mattyper betecknas M1 – M5, beroende på olika innehåll av mjukgörare som redovisats ovan.

De olika underlagen har beteckningar som valts utifrån uttorkningsgrad enligt följande:

- TA = "Torr Avjämning", <70% RF.
- FA = "Fuktig Avjämning", 90-95% RF.
- VA = "Våt/Vattenskadad Avjämning", avjämningen tillfördes 0,5 dl vatten.
- TB = "Torr betong", <70% RF.
- VB = "Våt betong", 90-100% RF.

Tabell 1: Olika underlag inför mattläggning.

BETECKNING	PRODUKT	TORKTID	TJOCKLEK	CA RF	PH
TA	Avjämning	3 månader	20mm	<70%	11
FA	"	3 veckor	30mm	90-95%	11
VA	"	3 veckor	30mm	95-100%	11
TB	Betong	3 månader	20mm	<70%	13
VB	Betong ovanpå avjämning	2 veckor avjämning + 1v betong	20+10mm*	90-100%	13

Anm: *=Betong gjöts med 10mm ovanpå 20mm FA (fuktig avjämning), för att få en "lika" fuktnivå som avjämningen, dvs 90-95%RF. Angivet värdet för pH är inte uppmätt, utan hämtat från leverantör.

Mätresultat – Försök 1 Mattester

Fuktstatus vid mattester

Eftersom alla formar med samma torkförutsättningar hanterades lika har endast ett fuktprov tagits från respektive torr och fuktig avjämning före mattläggning. Resultaten visade:

- Torr avjämning = 56% RF.
- Fuktig avjämning = 96% RF.
- För "vattenskadad" avjämning kunde prov ej tas då matta lades 2 timmar efter att vatten tillförts formen.

Dessa båda mätresultat verifierar inte med säkerhet vilken RF alla provformar har. Det är endast ett antagande att provformarna har samma RF.

I samband med provtagningen efter 6 månader togs fuktprov från alla formar enligt nedan.

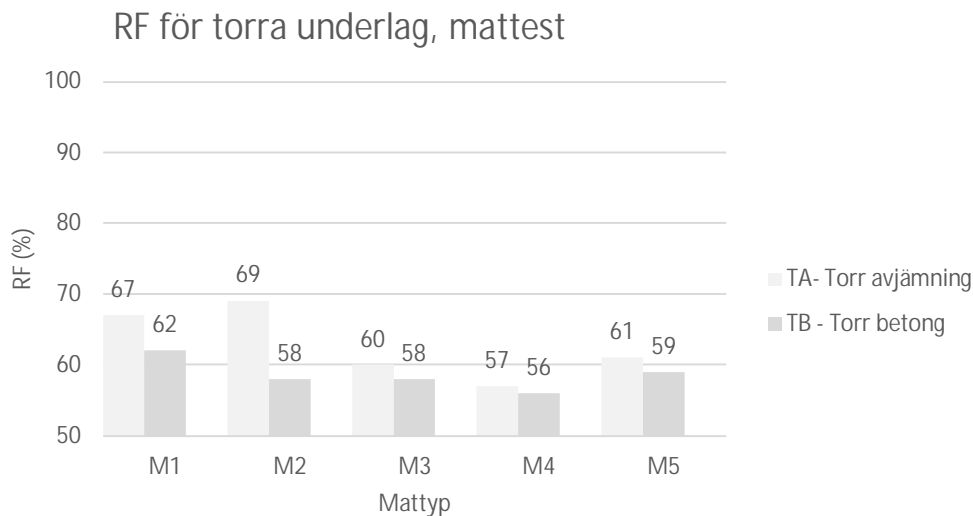


Diagram 1: Fuktmätning efter 6 månader i torra underlag.

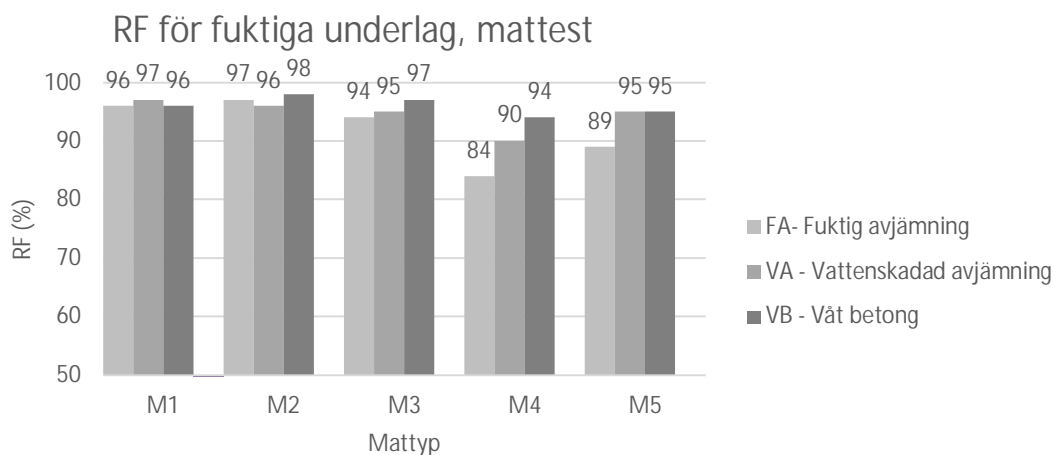


Diagram 2: Fuktmätning efter 6 månader i fuktiga underlag.

Orsak till att prov M4 och M5 ligger under 90% RF är okänd, men kan bero på mattornas olika täthet. Då tätningen med silikon skett utmed mattkant mot formen kan detta förklara olikheter om tätningen varit olika tät.

Observera att stora osäkerheter råder i resultaten av fuktmätning i betong då metoden med uttaget prov inte är godkänd enligt RBK på grund av stora mätfel. Mätningen i fuktig betong har dessutom gjorts genom flera borrkärnor av det 10mm skikt som ligger på fuktig avjämning. Mätfelen kan vara stora, men syftar bara till att visa med stor sannolikhet att fuktnivån varit långt över respektive under 85% RF, vilket är kritisk fuktnivå för limmad matta.

Emissioner från enskilda material vid mattester

De fem olika matttypernas egenemissioner har analyserats som 1dm² materialprov utan att ha varit i kontakt med lim eller underlag. Proven har provtagits i kammare på samma sätt som uttagna prov av avjämning och betong.

Avjämnings egenemission vid olika fuktillstånd har kontrollerats genom uttag av prov efter 6 månader. Provformarna har varit förseglade med glasskiva och silikonsträng utmed formens kanter.

Även det lim som användes till samtliga mattester analyserades i kammare genom att prov togs ut av torr respektive fuktig avjämning och betong efter 6 månader som endast varit belagd med limmad glasskiva.

Riktvärden som används vid bedömning anges i nedanstående tabell. Riktvärdena baseras på skadeutredares och analyslaboratoriets erfarenheter och rutan med värdet har skrafferats med olika gråton enligt bedömningen:

Bedömning	TVOC	Enskilda ämnen
Kraftigt förhöjd	>5000 µg/m ³	>1000 µg/m ³
Förhöjd	>3000 µg/m ³	>500 µg/m ³
Låg	<3000 µg/m ³	<500 µg/m ³

Observera att totalhalter av flyktiga organiska ämnen, TVOC, anges i toluenekvivalenter. Detta innebär att beräkningarna har gjorts som om alla flyktiga organiska ämnen var enbart toluen. Detta görs för att man ska få en uppfattning om totalkoncentrationens storlek. De specifika ämnena vars halter anges, är beräknade i absoluthalter dvs. med kända halter av det specifika ämnet, som referens vid kalibrering.

Tabell 2: Resultat av kemiska emissioner från enskilda material.

Prov	TVOC (µg/m ³)	N-butanol (µg/m ³)	2-Etyl-hexanol (µg/m ³)	Anm
Kammaranalys av tom kammare:				
Tom	180	1	2,3	
Kammaranalys av enbart mattprov M1 – M5:				
M1	1600	21	4,7	
M2	370	2	42	
M3	1000	4,4	7,7	
M4	200	3,5	6,7	
M5	160	4	5,3	

Prov	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N-butanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2-Etyl-hexanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anm
Kammaranalys av enbart avjämning och betong med glasskiva efter 6 mån:				
TA	260	140	5,2	
VA	230	56	61	
TB	220	250	6,4	
VB	-	-	-	Fel vid provtagning
Kammaranalys av avjämning och betong limmad med glasskiva efter 6 mån:				
TA – Lim	2200	5200	120	Extremt hög N-butanol
VA – Lim	980	690	440	
TB - Lim	4000	10000	140	Extremt hög N-butanol
VB - Lim	12000	8600	10000	Extremt hög N-butanol och 2-etylhexanol

Kommentarer till nollprov

Nollprov i kammare visar en relativt låg bakgrund av TVOC. Metoden är så grov att detta saknar avgörande betydelse, då gränsen för förhöjd TVOC från materialprov är satt till 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Denna bakgrund beror på att kammaren inte rengörs med alkohol och värms i ugn mellan provtagningar för att helt eliminera bakgrundsemissioner.

Kommentarer till egenemissioner från mattprov

TVOC och enskilda ämnen från mattproven är inte i något fall förhöjda, men har olika innehåll av ämnen vilket visuellt framgår av nedanstående kromatogram. Obs: Skalan på lodrät axel med halter är olika för diagrammen.

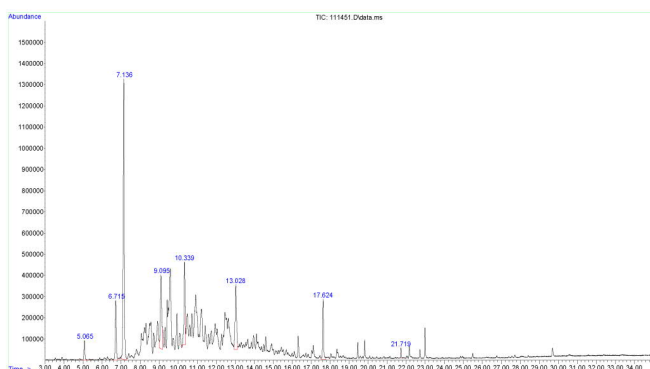


Diagram 3: Kromatogram Mattprov M1 – mjukgörarfri PVC. Många ämnen mellan 7-16 min som består av en rad olika alifatiska kolväten.

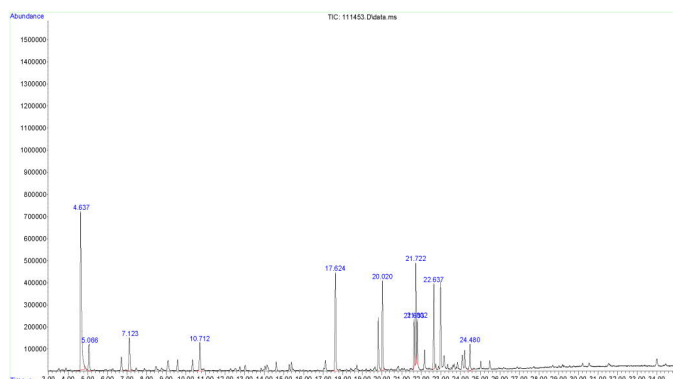


Diagram 4: Kromatogram Mattprov M2 – mjukgörare DINP. Topp av tetrylamin vid 4min, cyklohexanol vid 17min och flera glykoletrar vid 20-22 min.

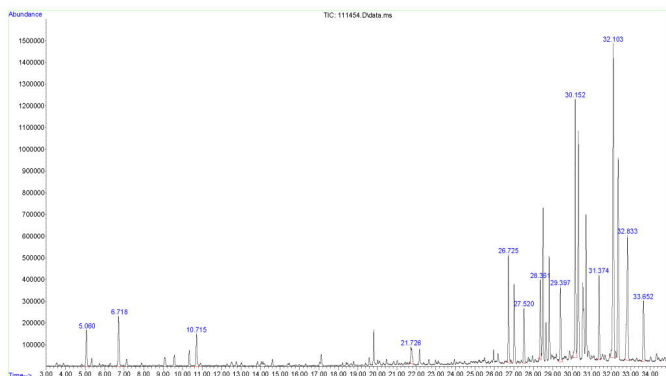


Diagram 5: Kromatogram Mattprov M3 – mjukgörare DINCH: Många högkokande substituerade aromater vid 26-35min.

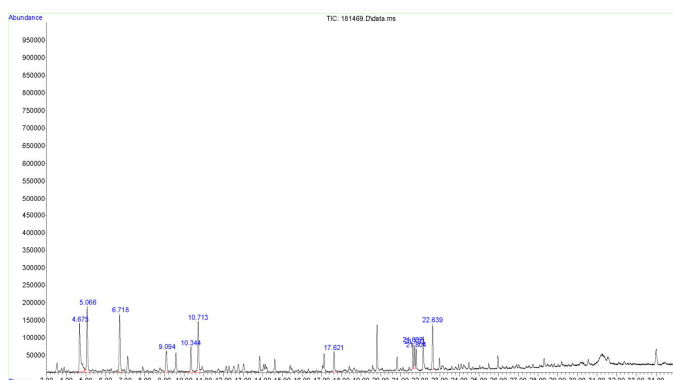


Diagram 6: Kromatogram Mattprov M4 – mjukgörare DEHP: Provet innehåller många ämnen i låga halter däribland; trimetylamin 4 min, tre silaner 5, 7 och 10min, a-pinen 9min, hexanal 11min, N-butanol 12min, 3-carenen 13min, 2-etylhexanol 22min och flera glykoletrar 21-22min.

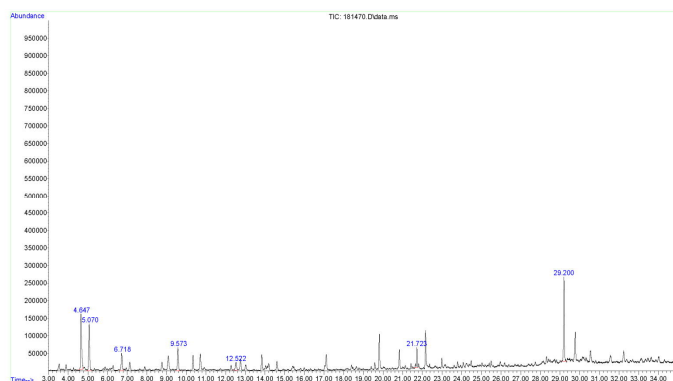


Diagram 7: Kromatogram Mattprov M5 – mjukgörare av citrater: Provet innehåller också många ämnen i låga halter, förutom ämnena som M4 uppvisar finns även TXIB vid 29 min.

Av ovanstående framgår att mattorna avger olika "mönster av ämnen" och därmed även kan förväntas att brytas ner till olika ämnen vid en alkalisk nedbrytning.

Kommentarer till egenemissioner från avjämning och betong

Egenemissioner från avjämning efter 6 månader som enbart varit belagd med glasskiva visar såväl låga totalhalter som halter av enskilda ämnen. Halten av TVOC är 220-260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket kan jämföras med nollprovet i tom kammare som visade 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Halten av N-butanol är 56-250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket är som högst hälften av riktvärdet för förhöjda värden. Värt att notera är att det lägsta värdet är för fuktig avjämning och 3-5 gånger högre halt av N-butanol för torr avjämning respektive betong, något som återkommer även vid mattesterna och som kommenteras längre fram i rapporten.

Halten av 2-etylhexanol varierar mellan 5 och 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, där högsta värdet är för fuktig avjämning (provresultat saknas för fuktig betong).

Provsvaren från dessa mätning visar även att den silikonsträng som använts i samtliga försök för att försluta glasskivan mot provformens kanter inte visar sig i kromatogrammen. Halten av ämnen från silikon kan räknas bort, men bedöms inte kräva någon korrigering.

Kommentarer till emissioner från limmad glasskiva

Resultaten från kammарprov där enbart lim och inte matta lagts på torr respektive fuktig avjämning och betong var överraskande utifrån erfarenheter från golvstatusutredningar under alla år, där så höga halter av N-butanol alltid bedömts vara onormala och skaderelaterade. Höga halter av N-butanol från torr avjämning som försetts med limmad glasskiva tyder på att limmet i kontakt med underlaget ger höga halter eller avgav höga halter redan vid läggning. Orsaken är inte fastställd.

Liknande samband visar sig för både avjämning och betong, vilket även kommenteras senare vid utvärdering av limmade mattprov där limmet får en avgörande roll.

N-butanol från lim

Halten av N-butanol dominerar proven fullständigt. Halten uppmättes till 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som högst på torr betong.

Dessutom visades något som vi inte har konstaterat tidigare:

- Halten av N-butanol är lägre vid hög RF än vid låg.

Provet består nästan helt av N-butanol, vilket framgår av kromatogrammet nedan i prov från torr avjämning med limmad glasskiva.

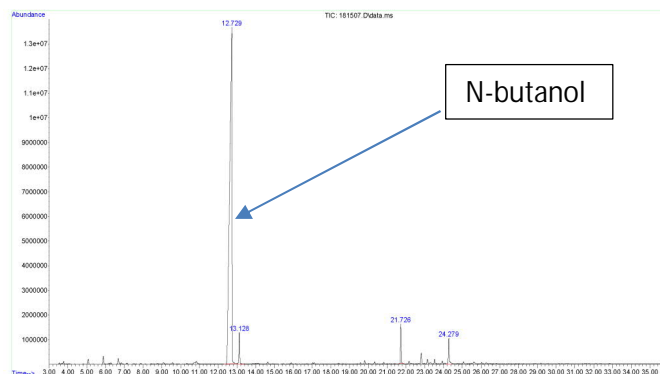


Diagram 8: Kromatogram av prov från torr avjämning med limmad glasskiva.

2-ethylhexanol från lim

Samtidigt framgår det att halten av 2-ethylhexanol visar följande:

- Relativt låga halter på fuktig avjämning.
- Mycket höga halter vid limning på fuktig betong med högt pH.

Torr avjämning ger 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2-ethylhexanol, medan fuktig avjämning ger 440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (strax under riktvärdet på 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Torr betong ger 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ av 2-ethylhexanol, medan fuktig betong ger 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Resultatet bekräftar att det bildas 2-ethylhexanol vid uppfuktning och att denna är beroende av vilken alkalitet underlaget har. Försöken har bara gjorts i 6 månader och nedbrytningsförloppet fortsätter så länge fuktnivån är förhöjd.

Emissioner från limmade mattprov på avjämning, försök 1

Efter 6 månader togs en 50mm borrhärna så att prov från avjämning kunde analyseras. Provet ska visa vad som skett under matta med inverkan av underlaget. Uppmätta halter ska normalt inte påverkas i den grad av N-butanol från mattlim som det nu gjorts. Därav har halterna från nedbrytning av mattorna överskuggats av emissioner från limmet, vilket kommenteras efter tabellen nedan.

Riktvärdena är desamma som ovan och gråtonas enligt bedömningen nedan.

Bedömning	TVOC	Enskilda ämnen
Kraftigt förhöjd	>5000 µg/m ³	>1000 µg/m ³
Förhöjd	>3000 µg/m ³	>500 µg/m ³
Låg	<3000 µg/m ³	<500 µg/m ³

Tabell 3: Resultat av kemiska emissioner från avjämningsprov som haft olika mattor och olika fuktiga underlag, försök 1.

Prov	TVOC (µg/m ³)	N-butanol (µg/m ³)	2-Etylhexanol (µg/m ³)	Anm
Kammaranalys av avjämnning under limmade mattor på <u>torr avjämnning (TA)</u> :				
M1-TA	3900	7000	110	Låga halter av alifatiska kolväten
M2-TA	2700	6000	120	"
M3-TA	4300	3800	300	
M4-TA	5600	7100	1000	Hög 2-etylhexanol
M5-TA	2700	5800	170	
Kammaranalys av avjämnning under limmade mattor på <u>fuktig avjämnning (FA)</u> :				
M1-FA	2100	3600	200	Lägre N-butanol än TA
M2-FA	2300	4700	230	"
M3-FA	5500	1800	420	"
M4-FA	8100	7800	1800	Hög 2-etylhexanol
M5-FA	2000	3100	240	Lägre N-butanol än TA
Kammaranalys av avjämnning under limmade mattor på <u>våt/vattenskadad avjämnning (VA)</u> :				
M1-VA	1500	1500	350	Lägre totalhalter än TA och FA
M2-VA	1500	1600	510	"
M3-VA	2400	600	440	"
M4-VA	4700	3700	1000	Hög 2-etylhexanol
M5-VA	1600	1500	660	Lägre totalhalter än TA och FA

Som framgår av tabellen ovan dominerar N-butanol från limmet nästan alla prov.

Kommentar till sambandet mellan fukt och indikatorämnen

Vid limning på avjämningsmassa visar inte resultaten på någon allvarlig eller hög grad av nedbrytning av mjukgörare där det bildas höga halter 2-etylhexanol vid jämförelse av vad som sker vid limning på betong.

Sambandet mellan uppmätta halter av indikatorämnen och fuktnivå visar dock på intressanta förhållanden som vi inte kunnat förklara.

Det är tydligt att N-butanolhalten är lägre vid hög fuktighet än vid låg. Detta åskådliggörs i diagrammet nedan:

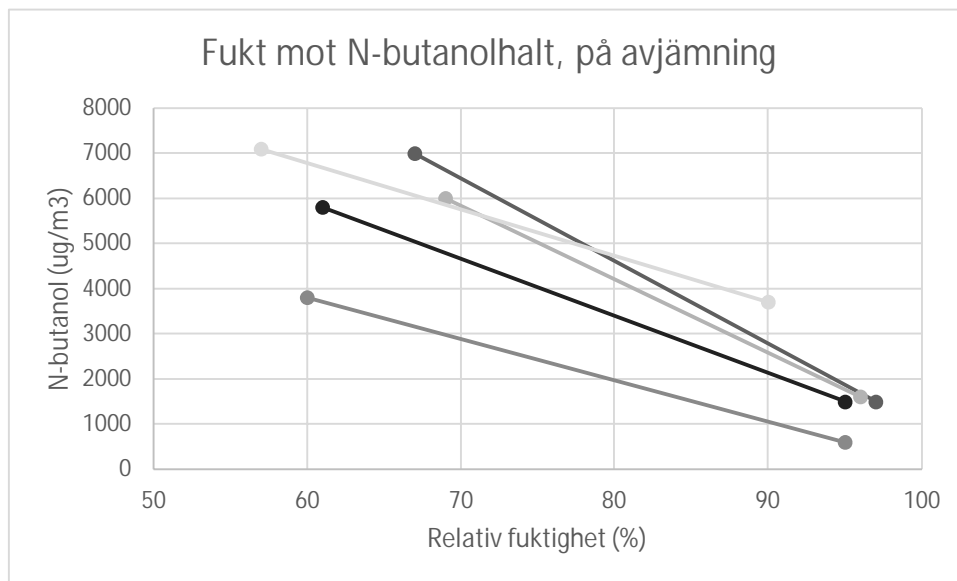


Diagram 9: Samband mellan fukt och N-butanol på avjämning, M1 – M5.

Vid högre fuktnivå tenderar dock 2-etylhexanol öka enligt:

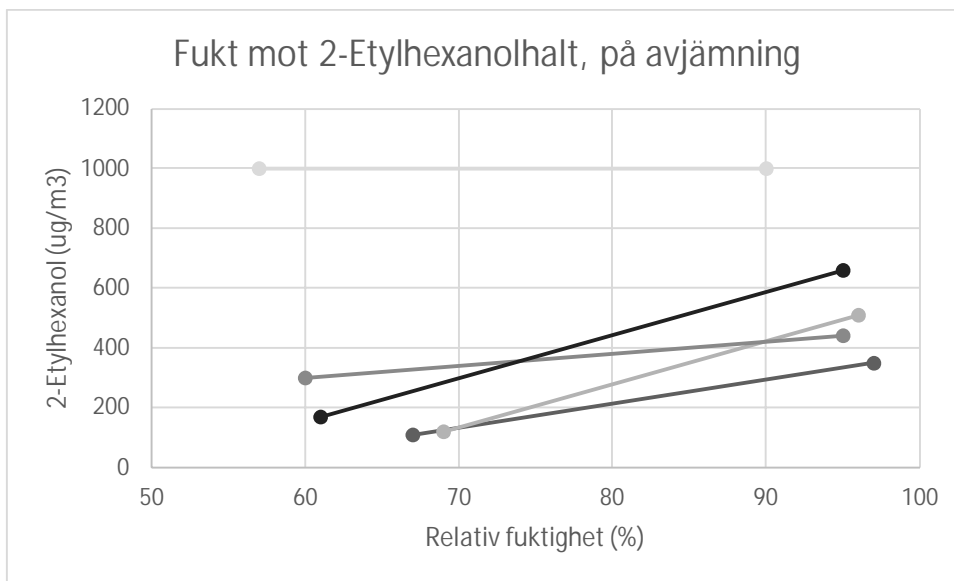


Diagram 10: Samband mellan fukt och 2-etylhexanol, M1 – M5.

För 2-etylhexanol avviker mattprov 4 som består av DEHP-mjukgörare. Denna visar höga värden ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) både på torr och fuktig avjämning. Riktvärdet för förhöjda värden är $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för kraftigt förhöjt är $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Emissioner från limmade mattprov på betong, försök 1

Samtidigt som avjämningsproven, som redovisats ovan, togs betongprov ut efter 6 månader. Proven togs med en 50mm borrkärna för provtagning i kammare. Provet ska visa vad som skett under matta med inverkan av fukt och det högre pH-värdet i betong i underlaget. Uppmätta halter har påverkats av de onormala halterna från N-butanol i limmet, vilket tyvärr gjort det svårt att utvärdera vad som skett med mattorna, då härkomsten av emissioner kan vara både från matta och lim.

Riktvärdena är desamma som ovan och gråtonas enligt bedömningen nedan. Eftersom N-butanol dominerar proven blir riktvärden för TVOC inte användbara för bedömning av totalhalt av övriga ämnen:

Bedömning	TVOC	Enskilda ämnen
Kraftigt förhöjd	$>5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$>1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Förhöjd	$>3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$>500 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Låg	$<3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$<500 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabell 4: Resultat av kemiska emissioner från betongprov med olika mattor och olika fuktiga underlag, försök 1.

Prov	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N-butanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2-Etylhexanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anm
Kammaranalys av betong under limmade mattor på <u>torr betong (TB)</u> :				
M1-TB	6900	17000	190	Hög N-butanol, låg 2-etylhexanol
M2-TB	6300	16000	140	"
M3-TB	8100	9100	210	"
M4-TB	8900	11000	770	", något högre 2-etylhexanol
M5-TB	8600	19000	210	Hög N-butanol
Kammaranalys av betong under limmade mattor på <u>våt betong (VB)</u> :				
M1-VB	17000	2700	21000	Hög N-butanol och 2-etylhexanol
M2-VB	11000	6400	12000	"
M3-VB	15000	11000	13000	"
M4-VB	20000	1900	18000	"
M5-VB	14000	1900	16000	"

Resultaten visar på tydlig alkalisk nedbrytning på våt betong utifrån att 2-etylhexanolhalten tydligt ökat till höga nivåer. Som tidigare är N-butanolhalten hög på grund av limmet. Halterna visar också här att halterna är högre på torr betong än på fuktig (med undantag av M3), något som inte kunnat förklaras.

Kommentar till sambandet med fukt och indikatorämnen

Sambandet mellan fukt och 2-etylhexanol är tydligt, medan sambandet för N-butanol är svagt och dessutom det omvända, utom för M3. Låg fuktnivå ger högre N-butanol.

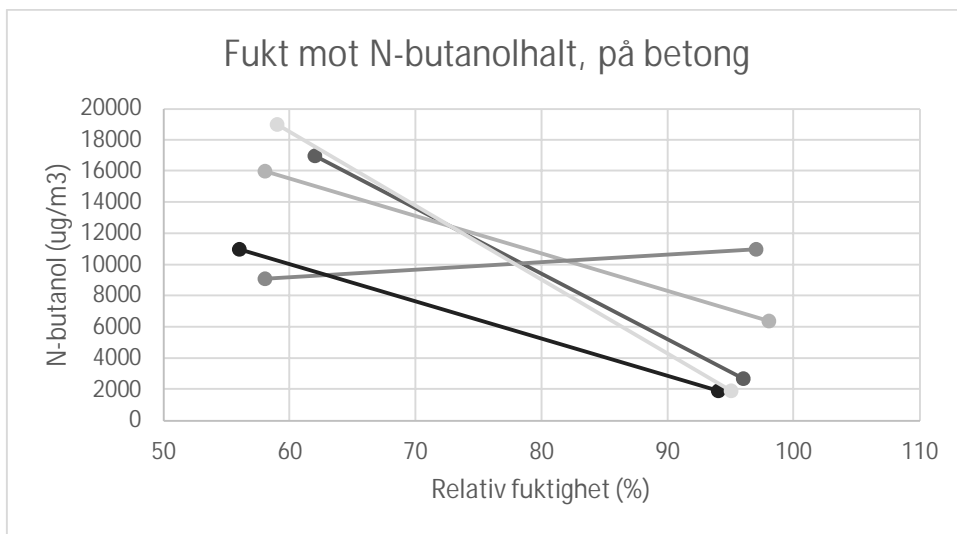


Diagram 11: Samband mellan fukt och N-butanol på betong.

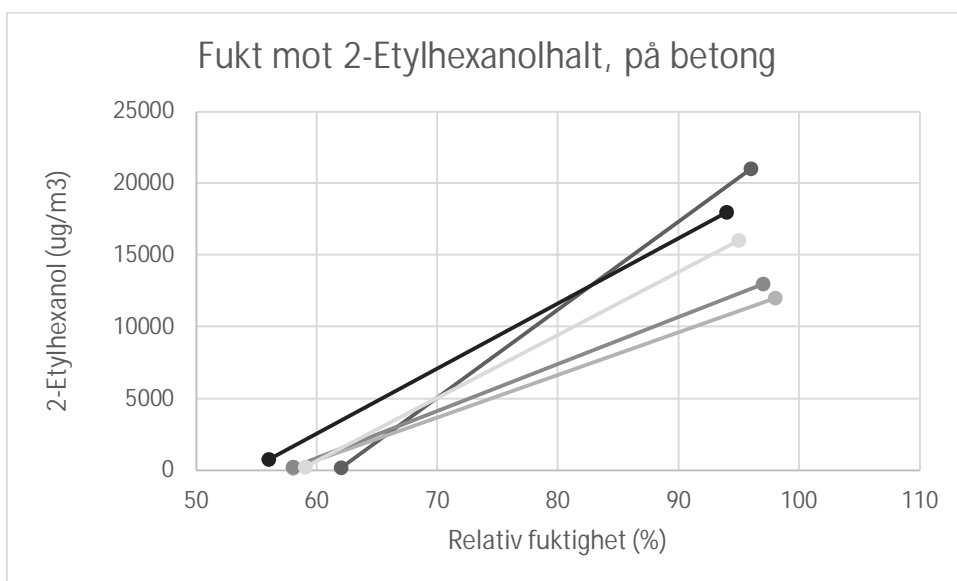


Diagram 12: Samband mellan fukt och 2-etylhexanol på betong.

Kommentar till sambandet mellan olika underlag och indikatorämnen

För att tydliggöra skillnader mellan vad som sker vid fuktpåverkan från avjämningsmassa med pH ca 11 och betong med pH ca 13 redovisas nedan alla resultat för respektive indikatorämne gruppvis för de olika underlagen. Även lim som bara limmats med glasskiva redovisas som första stapel, därefter M1-M5.

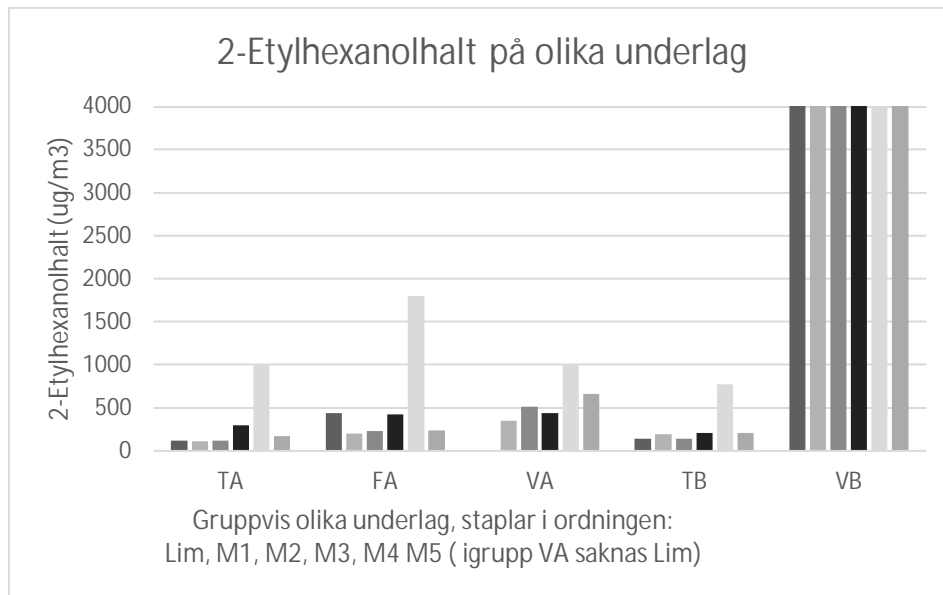


Diagram 13: Förekomst av 2-etylhexanol på olika underlag och fuktnivåer. I diagrammet ovan har skalan på halt begränsats till 4000 µg/m³, medan halterna på våt betong (VB) uppgår till mellan 12000 och 21000 µg/m³.

Halten av 2-etylhexanol ökar med ökad fuktpåverkan och alkalitet i underlaget. På underlag av torr betong sker ingen tydlig nedbrytning, medan det vid våt betong uppstår höga halter.

När det gäller avjämning är nedbrytningen mera måttlig och halterna har endast ökat till en nivå kring riktvärdet för förhöjda värden på 500 µg/m³ efter 6 månader, förutom för matta M4 innehållande DEHP som ger betydligt högre 2-etylhexanol vid fuktpåverkan med en halt på 1800 µg/m³ på fuktig avjämning.

Det framgår tydligt att den äldre mattan med mjukgörare av DEHP bryts ner med högre avgivning av 2-etylhexanol än övriga. Det framgår även att halten av 2-etylhexanol är högre på fuktig avjämning än på torr betong.

I diagrammen nedan visas samma sak för N-butanol. Halten har redovisats från 0 till 20000 µg/m³ för att visa skillnader mellan torr betong (TB) och våt betong (VB).

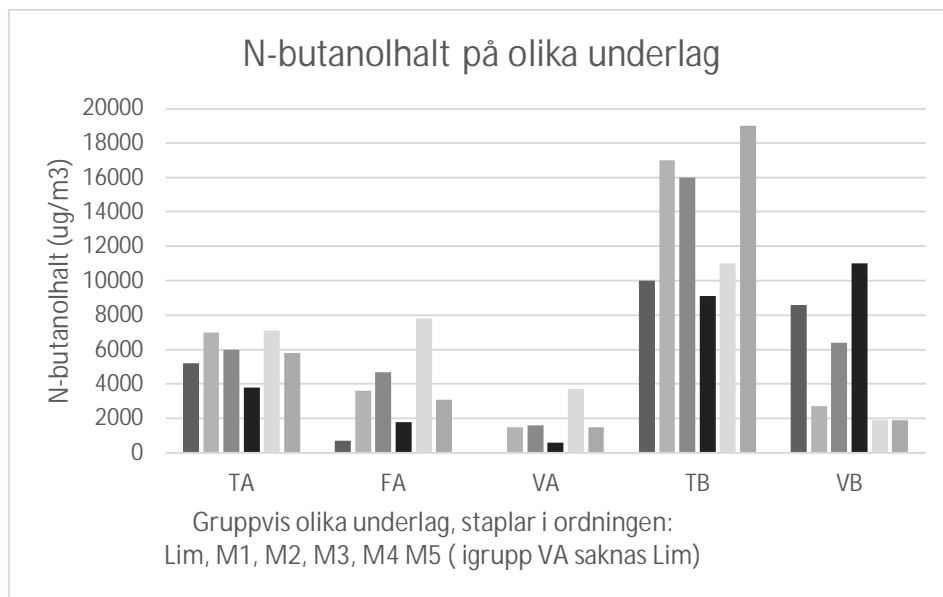


Diagram 14: Förekomst av N-butanol på olika underlag och fuktnivåer.

Utifrån resultaten i diagrammet kan N-butanol inte tolkas som en nedbrytning orsakad av fuktbelastning då halterna är högre vid låg fuktpåverkan. Vi kan inte förklara varför det omvända sambandet med fukt uppkommer, men det kan finnas andra orsaker.

Det omvända sambandet kan även vara orsakat av mättekniska fel, då avgången av N-butanol från provet kan påverkas av fukttinnehållet i kammaren som ligger på 100% RF. Ämnet N-butanol är vattenlösligt till skillnad från många av de övriga ämnena som analyseras. Fukttinnehållet i provet och i provets omgivning har därför sannolikt en stor inverkan på vad som avgår och vad som fångas vid provtagning i kammare. Detta har inte tidigare varit känt för oss och är bara en hypotes. Anledningen att det inte visat sig tidigare är troligen att det krävs riktigt fuktiga prov med RF > 95% som jämförs med torrare för att det ska framgå. Denna fråga utreds inte vidare i detta projekt och är föremål för vidare forskning. Det faktum att limmet avger höga halter vid limning på torrt underlag bedöms dock vara ett faktum, då detta inte visar sig i normala fall.

Emissioner utan N-butanol och 2-etylhexanol

I syfte att kontrollera vad som skett avseende nedbrytning av mattorna, utan inverkan av limmets påverkan och höga egenemission av N-butanol, har resultaten sammanställts utan N-butanol och 2-etylhexanol. IVL har räknat bort det bidrag N-butanol och 2-etylhexanol ger till TVOC för att kontrollera "övriga emissioner".

Dessutom har gaskromatogrammen redovisats som en ren visuell jämförelse utan att dess ämnen och olikheter kommenterats. Syftet är att visa hur olika mönster av ämnen som bildas vid limning av olika golvbeläggningar på olika underlag. Varje topp i kromatogrammet är ett enskilt kemiskt ämne.

1. Egenemission av mattprov M1-M5.
2. Betongprov från torr betong, 6 mån efter limning av matta M1 – M5 på betong.
3. Betongprov från våt betong, 6 mån efter limning av matta M1 – M5 på betong.

Tabell 5: Jämförelse av TVOC utan indikatorämnena för limmade mattor på betong. Med "indikatorämnena" nedan menas N-butanol och 2-etylhexanol. Med indikatorämnena redovisade inom parentes.

TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	M1-Mjukfri	M2-DINP	M3-DINCH	M4-DEHP	M5-Citrater
1. Mattprov	1600	370	1000	200	160
2. På torr betong	1400 (6900)	890 (6300)	4700 (8100)	4600 (8900)	1800 (8600)
3. På våt betong	420 (17000)	340 (11000)	2000 (15000)	5700 (20000)	1100 (14000)

Av tabell framgår tydligt att indikatorämnena helt dominerar TVOC i de limmade proven. Detta gör utvärderingen av hur mattproven förändrats i det närmaste omöjliga att tolka. Kommentarer till nedanstående redovisning av kromatogram utelämnas.

Enbart limmet har gett upphov till höga halter N-butanol medan övriga ämnen är relativt låga. I kromatogrammet nedan visas vad limmet gett upphov till då en glasskiva limmat mot en torr avjämning.

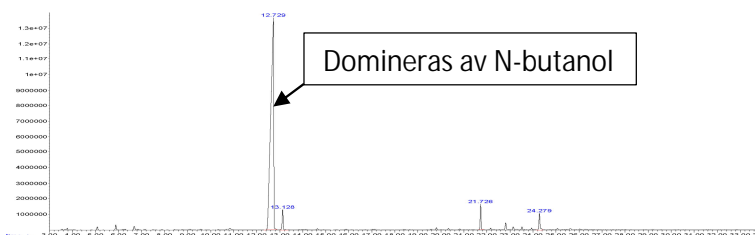
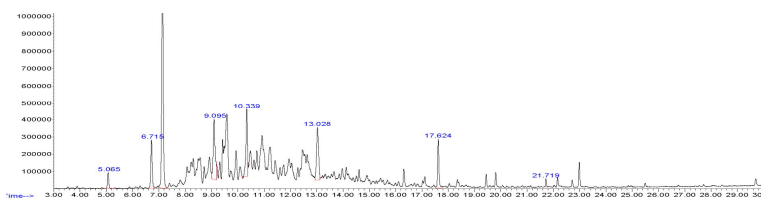


Diagram 15: Prov av torr avjämning under limmad glasskiva.

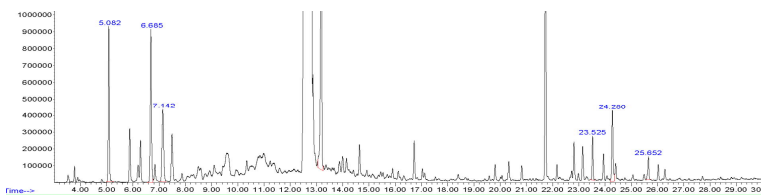
IVL har sammanställt kromatogrammen under varandra för varje matttyp M1 – M5, med lika skala för att förenkla jämförelsen:

Jämförande diagram för matta 1 – M1 av mjukgörarfri PVC – utan indikatorämnen



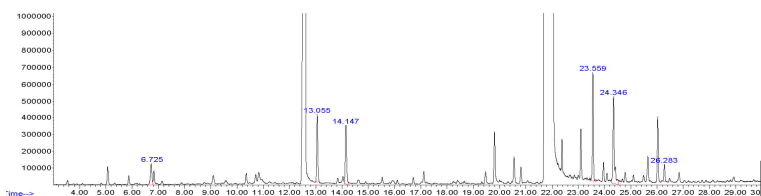
Egenemission M1

Diagram 16: Egenemission från mattprov M1 som är mjukgörarfri.



Prov av torr betong under M1

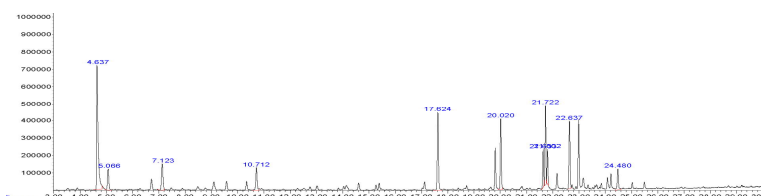
Diagram 17: Prov av torr betong under M1.



Prov av våt betong under M1

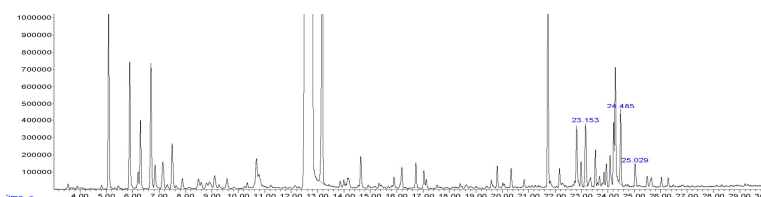
Diagram 18: Prov av våt betong under M1.

Jämförande diagram för matta 2 – M2 med mjukgörare av DINP – utan indikatorämnen



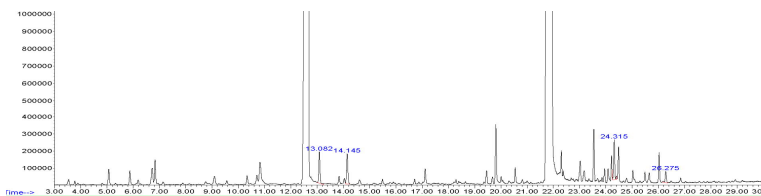
Egenemission M2

Diagram 19: Egenemission från mattprov M2 som har mjukgörare av DINP.



Prov av torr betong under M2

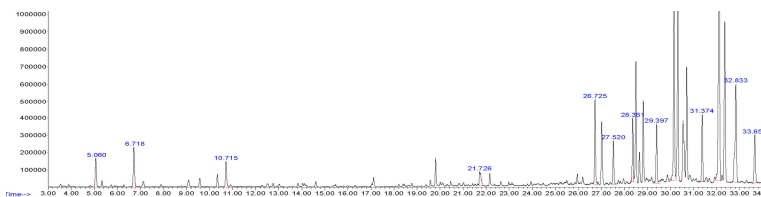
Diagram 20: Prov av torr betong under M2.



Prov av våt betong under M2

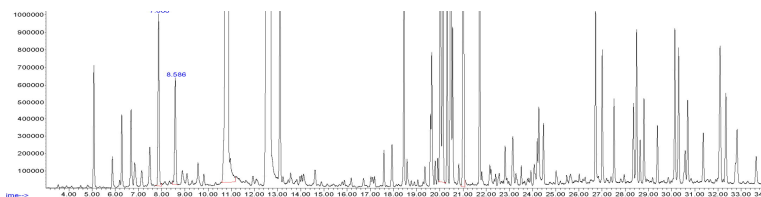
Diagram 21: Prov av våt betong under M2.

Jämförande diagram för matta 3 – M3 med mjukgörare av DINCH – utan indikatorämnen



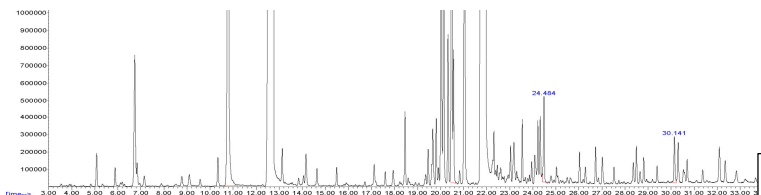
Egenemission M3

Diagram 22: Egenemission från mattprov M3 som har mjukgörare av DINCH.



Prov av torr betong under M3

Diagram 23: Prov av torr betong under M3.



Prov av våt betong under M3

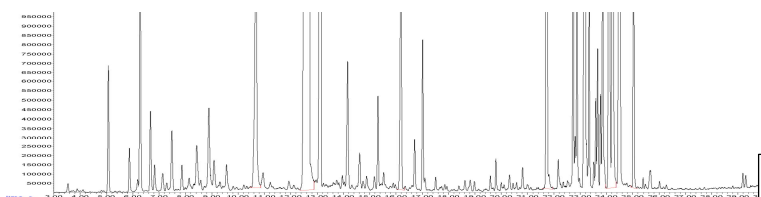
Diagram 24: Prov av våt betong under M3

Jämförande diagram för matta 4 – M4 med mjukgörare av DEHP – utan indikatorämnen



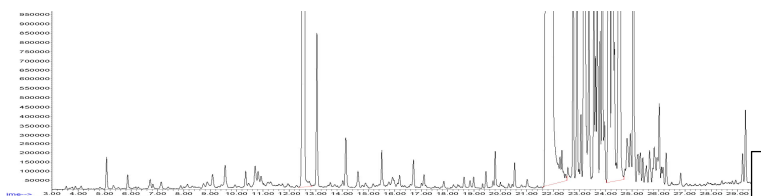
Egenemission M4

Diagram 25: Egenemission från mattprov M4 som har mjukgörare av DEHP.



Prov av torr betong under M4

Diagram 26: Prov av torr betong under M4.



Prov av våt betong under M4

Diagram 27: Prov av våt betong under M4.

Jämförande diagram för matta 5 – M5 med mjukgörare av Citrater – utan indikatorämnen

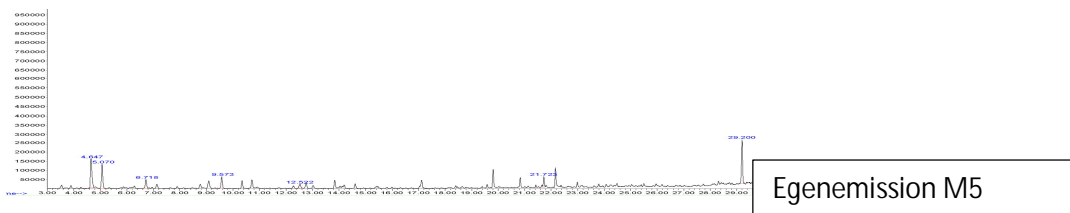


Diagram 28: Egenemission från mattprov M5 som har mjukgörare av citrater.

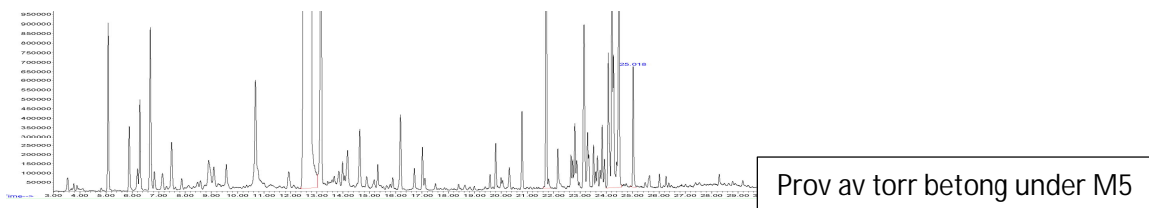


Diagram 29: Prov av torr betong under M5.

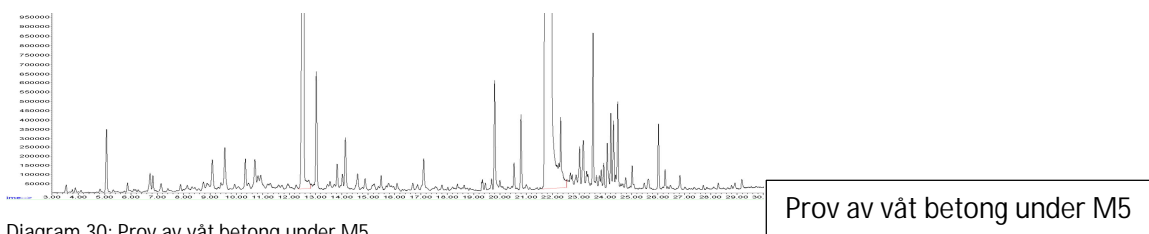


Diagram 30: Prov av våt betong under M5.

Resultat från FLEC-Nordtestmetod

Före utborrade prover togs för mätning i kammare efter månader, gjordes mätning med FLEC på golvytan i varje provform med avjämning. Mätningen gjordes för att visa vilka emissioner som kan mätas med denna metod i förhållande till mätning på uttagna prover. Metoden används av många inom branschen för att det är den metod som är standardiserad (enligt ISO 16000-10:2006(E)) och som fastställer hur mätning ska utföras på ett laboriemässigt sätt och som är repeterbart.

Själva analysen av Tenax-adsorbenten kan göras av olika laboratorier som har olika analysmetodik. Därmed kan analysvaren skilja sig åt och bedömningen kan göras olika från olika analyslaboratorier.

Nedan sammanställs analysvaren på samma sätt som vid kammarmätningen ovan, dock är det andra riktvärden som används och som förklaras efter tabellen. Dessa gråtonas enligt bedömningen:

Bedömning	TVOC	Enskilda ämnen
Kraftigt förhöjd	>500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Förhöjd	>200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Låg	<200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabell 6: Resultat av kemiska emissioner från Nordtest-mätningar med FLEC ovanpå golvbeläggning, försök 1.

Prov	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N-butanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2-Etylhexanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anm
FLEC-Nordtest, nollprov mot glasskiva:				
Glasskiva	46	7,5	1,1	
FLEC-Nordtest, mätning mot M1-M5 på <u>torr avjämning</u> (TA):				
M1-TA	96	11	5	
M2-TA	180	29	26	
M3-TA	1100	130	300	
M4-TA	140	26	3,9	
M5-TA	250	55	73	
FLEC-Nordtest, mätning mot M1-M5 på <u>fuktig avjämning</u> (FA):				
M1-FA	150	17	3,5	
M2-FA	160	39	26	
M3-FA	1500	140	270	
M4-FA	130	28	4,5	
M5-FA	240	54	50	

Riktvärden för mätning enligt FLEC-Nordtest redovisas i SBUF-rapport 11625 av Kristina Gabrielli och Clas Engström, där den anges som Emissionsfaktor "EF" med enheten $\text{ug}/\text{m}^2\cdot\text{h}$. Omräknat till den halt uttryckt som ug/m^3 , som används vid kammarmätning och som redovisas i tabellen ovan, kan göras genom;

EF = Halt vid FLEC-Nordtestmätning * 0,339

- Gränsvärde inom golvindustrin för TVOC anges till EF=40 $\text{ug}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, vilket motsvarar ca 120 ug/m^3 vid FLEC-Nordtestmätning. Detta gäller för egenemissioner från enbart olimmad golvbeläggning.
- Gränsvärden vid mätning enligt GBR-standard anges TVOC till EF=200 $\text{ug}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, vilket motsvarar ca 600 ug/m^3 vid FLEC-Nordtestmätning. Gäller vid limning av matta på "standard betong" enligt GBR-standard för golvemissioner från golvsystem.
- Från Johan Alexandersson -94 anges för enskilda emissioner att de ej bör vara över EF=30 $\text{ug}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, vilket motsvarar ca 90 ug/m^3 vid FLEC-Nordtestmätning.

I förhållande till dessa stämmer våra riktvärden relativt bra.

Slutsatser av resultat av FLEC-Nordtestmetoden

Ovan redovisade resultat visar att ingen betydande förändring av resultat går att urskilja mellan matta limmad på torr avjämning jämfört med matta limmad på fuktig avjämning.

Skillnaden mellan matta limmad på avjämning med RF under 70% och RF över 90% bedöms vara inom felmarginalen för mätmetoden.

Anledningen till att matta 3 och matta 5 har högre, såväl totalhalter som halt av enskilda ämnen, bedöms inte vara att halterna är högre under mattan. Varken egenemissioner från matta 3 och 5 eller emissioner från underlaget har tidigare visat sig varit högre i dessa prover. Istället är det sannolikt mattans egenskaper som är avgörande för resultaten, exempelvis:

- Vilken täthet respektive matta har för de olika ämnena som mäts är sannolikt olika för olika matttyper.
- Mattytans ytbeläggning, textur och renhet kan troligen påverka emissionsavgången.

Det är också intressant att konstatera att den höga halten av N-butanol under mattan, där kammarproven visat halter på 2000 – 7000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, inte är förhöjda vid mätning enligt FLEC-Nordtestmetod på ovasida matta. En jämförelse mellan provtagningsmetoderna för halten av N-butanol enligt tabell nedan visar ingen samvariation mellan metoderna avseende N-butanol.

Tabell 7: Jämförelse av resultat mellan uttaget kammarprov och FLEC-Nordtest, försök 1. Trots höga halter N-butanol under matta visar FLEC-Nordtest låga halter ovanpå matta.

N-butanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kammarprov avjämning ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FLEC-Nordtest ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
M1-TA	7000	11
M1-FA	3600	17

Nedan visas parvis resultaten från Nordtestmätning ovanpå golvbeläggning på torr avjämning och fuktig avjämning med limmad matta M1 – M5 efter 6 månader. Skillnaderna mellan fuktigt och torrt underlag bedöms vara inom felmarginalen för mätmetoden, vilket visar att metoden inte bedöms vara lämplig till att kontrollera vad som skett under en golvbeläggning.

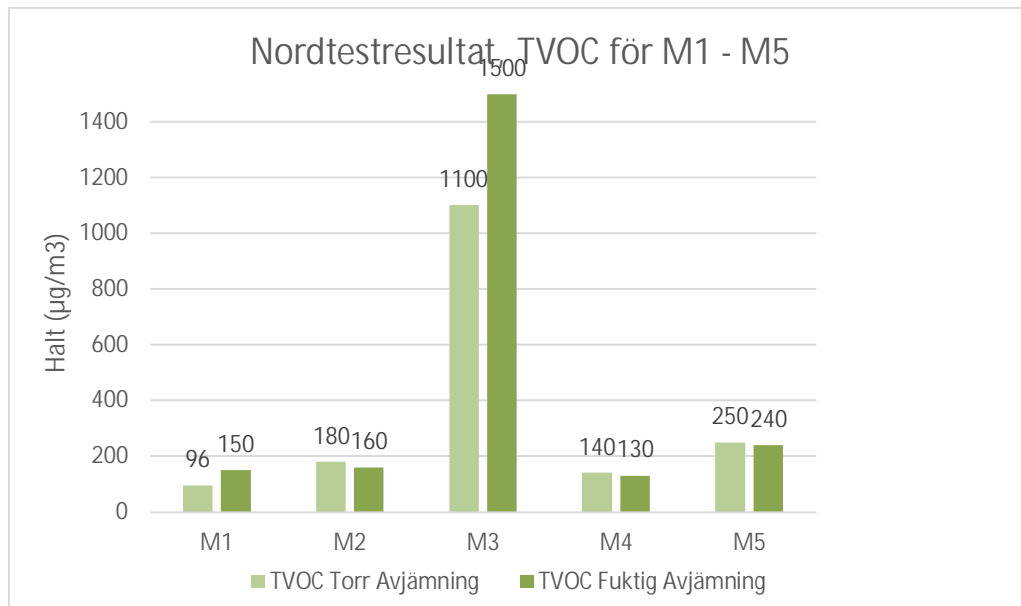


Diagram 31: Jämförelse av TVOC- halt mellan torr och fuktig avjämning för de olika mattorna.

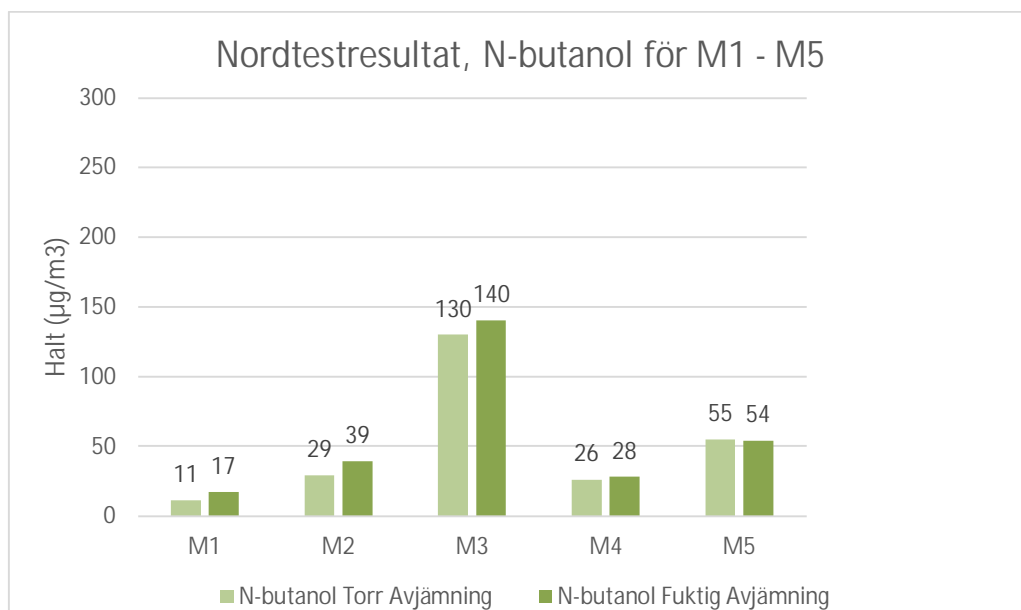


Diagram 32: Jämförelse av n-butanol mellan torr och fuktig avjämning för de olika mattorna.

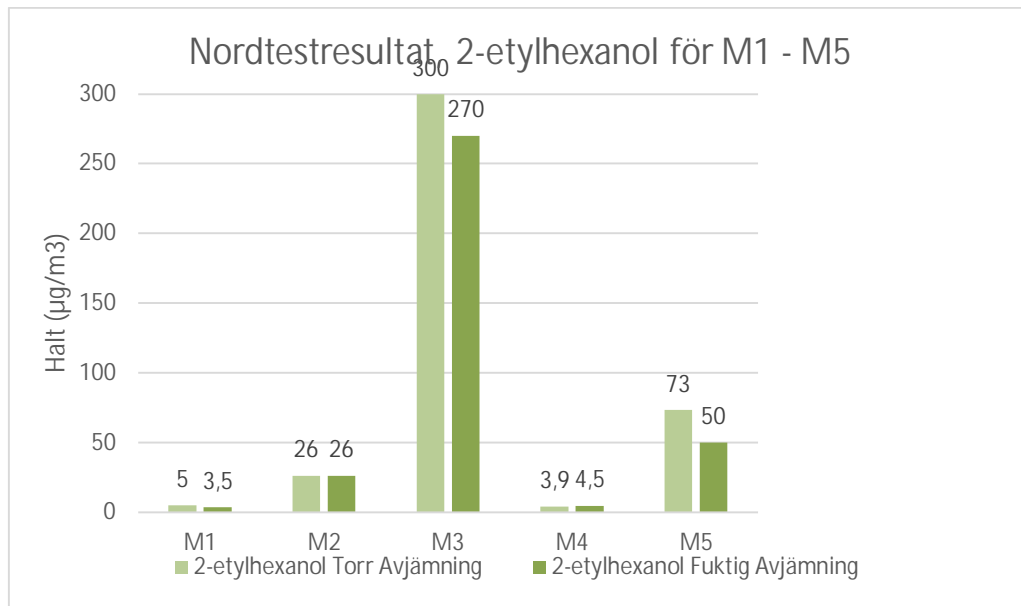


Diagram 33: Jämförelse av 2-etylhexanol mellan torr och fuktig avjämning för de olika mattorna.

Försök 2 - Limtester, 2019

Då resultaten från mattester, försök 1, visade att det använda limmet avgav onormalt höga halter av N-butanol som försvårade utvärderingen av resultaten ansöktes om extra medel av SBUF för att kontrollera andra vanliga limmer på marknaden.

Syftet med limtesterna var att kontrollera om det fanns andra lim med liknande egenskaper och samtidigt kontrollera på vilket sätt limmet påverkades av fuktigt respektive torrt underlag.

Val av olika limtyper

Utvalda limmer ("L"=Lim) bestod av:

- L1: Normalt vattenbaserat lim.
- L2: Normalt vattenbaserat lim.
- L3: Alkaliresistent lim.
- L4: Lågemitterande lim.
- L5: Normalt vattenbaserat lim.
- L6: "Onormalt" vattenbaserat lim som användes vid tidigare mattester.

Lim 6 som använts vid limtesterna markeras nedan med en asterix * i syfte att förenkla läsningen.

Metod för test av olika limmer

Det senare testet av olika limmer genomfördes på likande sätt som mattesterna genom att:

1. Ett skikt av avjämning, Weber 140 Nova, gjöts i rostfria formar 300 * 400mm. Avjämningsens tjocklek redovisas i tabell nedan. Ingen betong användes.
2. Torra underlag fick torka i ca 3 månader inomhus till RF<70%. Fuktiga underlag fick endast torka i ca 3 veckor till ca 95% RF.
3. Limning av glasskivor utfördes vid samma tidpunkt. Kanterna förseglades med silikon (silikon kan räknas bort från analysvaret av IVL om den förekommer som störning vid emissionsmätning).



Bild 7: Limmad glasskiva i provform med silikonsträng utmed kanter. Bild 8: flera provformar.

4. Efter 6 månader togs materialprov ut från underlagets avjämning.
5. Fukttillståndet mättes före limning och efter 6 månader med uttaget prov.
6. Emissionsmätning av avjämningsprov utfördes i kammare och analyserades av IVL.

Provformar vid test av olika limmer

För varje limtyp, 6st, testades läggning på 2 olika fuktiga avjämningsunderlag enligt tabell nedan. I tabellen anges även de beteckningar som används vidare i rapporten för respektive prov.

De olika underlagens uttorkningsgrad och beteckningar har valts enligt följande:

- TA = "Torr Avjämning, <70%RF.
- VA = "Våt Avjämning, 90-95%RF.
- Numreringen 1 – 6 är de olika typerna av lim.

Tabell 8: Olika underlag inför matläggning.

BETECKNING	PRODUKT	TORKTID	TJOCKLEK	CA RF	PH
TA	Avjämning	3 månader	20mm	<70%	11
VA	Avjämning	3 veckor	30mm	90-95%	11

Kommentar: Angivet pH-värde angivet av tillverkaren.

Mätresultat - Försök 2 Limtester

Fuktstatus limtester

Prov av avjämningar togs ut strax före glasskiva limmades på i två provformar. Resultatet visade:

- Torr avjämning = 58% RF.
- Fuktig avjämning = 97% RF.

Proven avjämnades med samma produkt och blandningsförhållande (samma sats). Provformarna förvarades på samma plats under torkningen, vilket gör att de bör ha haft samma RF vid limning av glasskiva.

Vid provtagning efter 6 månader togs prov ut från varje provform för att bestämma RF, vilket redovisas i nedanstående diagram.

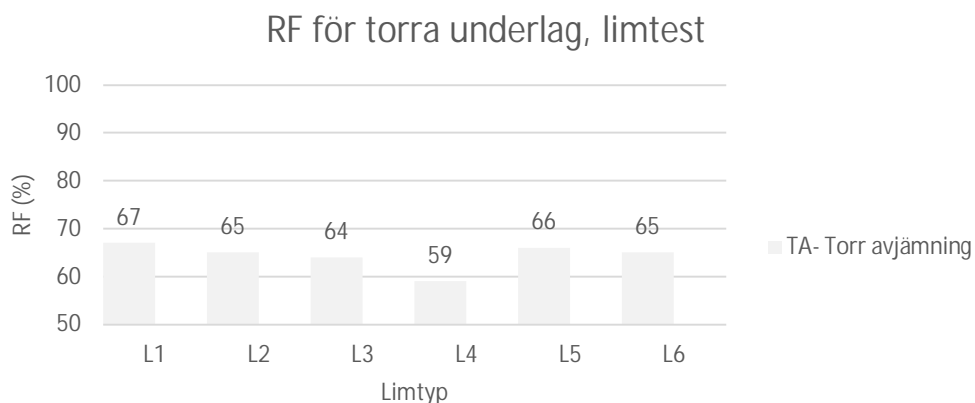


Diagram 34: Fukttillstånd för torra avjämningar med limmad glasskiva efter 6 månader.

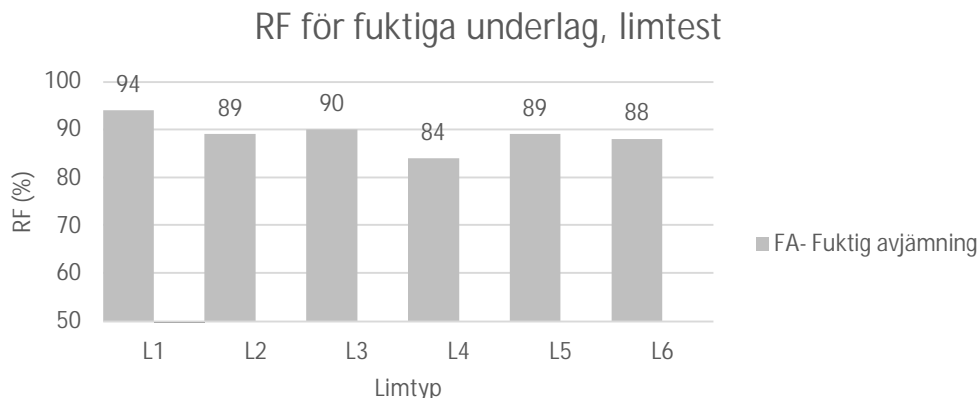


Diagram 35: Fukttillstånd för fuktiga avjämnings med limmad glasskiva efter 6 månader.

Fuktnivån har enligt ovan sjunkit från ca 97% RF vid läggningstillfället till mellan 84 – 94% RF vid provtagning efter 6 månader. Orsaken är oklar men kan gissningsvis bero på flera orsaker såsom mindre otätheter hos silikontätningen utmed glasskivans kanter eller av diffusion genom mattorna beroende av mattornas olika täthet. Sannolikt har fuktnivån varit över 90% RF under huvuddelen av tiden, då utgångsförutsättningarna vara lika enligt ovan för alla torra respektive fuktiga provformar.

Emissioner från limmade glasskivor på avjämning

Vid provtagningen krossades glasskivan och en 50mm borrhärd togs ut för kammaranalys.

Riktvärden som används vid bedömning anges i nedanstående tabell och är desamma som vid mattesterna. Riktvärdena baseras på skadeutredares och analyslaboratoriets erfarenheter och rutan med värdet har skrafferats med olika gråton enligt bedömningen:

Bedömning	TVOC	Enskilda ämnen
Kraftigt förhöjd	>5000 ug/m ³	>1000µg/m ³
Förhöjd	>3000 ug/m ³	>500µg/m ³
Låg	<3000 ug/m ³	<500µg/m ³

Tabell 9: Resultat av kemiska emissioner från avjämningsprov som haft olika limtyper och olika fuktiga underlag, försök 2. Resultaten jämförs även med nollprov från en tom kammare "Tom".

Prov	TVOC (µg/m ³)	N-butanol (µg/m ³)	2-Etylhexanol (µg/m ³)	Anm
Nollprov i tom kammare:				
Tom	73	1,4	4,8	Låg totalhalt. 2-etylhexanol ev rest.
Kammaranalys av egenemission från torr avjämning (TA) med glasskiva (utan lim):				
TA	230	24	6,2	Låga halter från enbart avjämning.
Kammaranalys av avjämning med limmad glasskiva på <u>torr avjämning</u> (TA):				
L1 - TA	1100	450	130	Låga halter
L2 - TA	2700	400	98	Hög halt glykoleter
L3 - TA	360	61	16	Låga halter
L4 - TA	4200	330	76	Hög halt glykoleter
L5 - TA	1700	1100	81	Förhöjd halt N-butanol
L6* - TA	2100	3800	280	Kraftigt förhöjd halt N-butanol
Kammaranalys av avjämning med limmad glasskiva på <u>våt avjämning</u> (VA):				
L1 - VA	2000	400	310	Något ökad TVOC, låga indikatorämnen
L2 - VA	6100	460	280	Hög halt glykoleter
L3 - VA	570	46	52	Låga halter
L4 - VA	6300	300	120	Hög halt glykoleter
L5 - VA	2400	800	120	Förhöjd halt N-butanol
L6* - VA	4000	3700	630	Kraftigt förhöjd halt N-butanol

Anm: "L" = Limtyp 1 – 6, * markerar det lim som användes vid mattesterna.

Kommentarer till höga N-butanolhalter i lim

Resultaten visade återigen på kraftigt förhöjda halter N-butanol från det lim som användes vid mattesterna. Lim 5 visar också en tendens att innehålla förhöjd halt av N-butanol, men inte lika kraftigt förhöjd. Övriga limmer avger inte någon N-butanol som överstiger normala nivåer och värdena ligger under hälften av riktvärdet för förhöjda värden.

Det är också intressant att jämföra nya resultat från försök 2 (limtester) med resultat från försök 1 (mattester), där samma test gjordes vid kontroll av limmets emissioner vid limning av glasskiva. Testerna utfördes på ett repeterbart sätt med samma avjämning, provformar,

torktider och läggning av glasskiva. Resultaten jämförs i tabellen nedan där den enda skillnaden är att den fuktiga avjämningsen höll 95% RF efter 6 månader i försök 1, medan det nya försökets avjämnings visade 88% RF vid provtagning efter 6 månader.

Tabell 10: Jämförelse av resultat från försök 1 och 2 med samma lim.

	Försök	RF (%)	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N-butanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2-etylhexanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anm
Torr avjämnings	1	68	2200	5200	120	
"	2	65	2100	3800	280	Lika halter
Fuktig avjämnings	1	95	980	690	440	Lägre N-butanol
"	2	88	4000	3700	630	

Av tabellen framgår att resultaten var väldigt lika i försök 1 och 2 för torr avjämnings, vilket visar på mätmetodens noggrann- och repeterbarhet. För fuktig avjämnings är sannolikt resultaten olika på grund av den relativt stora skillnaden i fuktnivå hos proven i försök 1 och 2. Halten av N-butanol är uppenbarligen lägre då RF är hög, som i försök 1 var ca 95%RF och i försök 2 ca 88%RF.

Anledningen till att egenemissioner av N-butanol verkar avta vid hög RF är oklart, men fortfarande en intressant iakttagelse. Vid RF 88% i försök 2 är halten av N-butanol lika hög som halten som uppmätts på torra underlag med under 70% RF. Detta indikerar att halten N-butanol sjunker vid provtagning endast då fuktnivån är högre än 88%RF i detta försök. Enligt tidigare diskussion kan orsaken vara att fuktnivån i provet eller i mätkammaren påverkar avgivningen av N-butanol vid mätning, vilket måste undersökas närmare.

Kommentarer till hög halt av glykoleter

Emissioner från två av limmerna L2 och L4 dominerades av glykoleter, vilket gav oväntat höga halter.

Glykoleter är en egenemission från lim som enligt leverantörer har denna tillsats för att ställa limmets "öppentid". Med öppentid menas den tid som limmet är fuktigt innan nedläggning av mattan försvåras av att limmet torkat. Halten av ämnet glykoleter påverkar TVOC väsentligt för dessa limmer och det är oklart vilken betydelse ämnet har för eventuell påverkan på inomhusmiljön genom lukt och hälsorisk. I tabellen nedan redovisas av IVL, i vilken grad TVOC består av glykoleterinnehåll.

Tabell 11: Uträkning av TVOC med och utan glykoleter.

PROV	TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TVOC UTAN GLYKOLETER ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ANDEL GLYKOLETER AV TVOC
L1 – TA	1100	1100	0
L2 – TA	2700	460	83%
L3 – TA	360	340	6%
L4 – TA	4200	620	85%
L5 – TA	1700	970	43%
L6* – TA	2100	2100	0%
L1 – VA	2000	2000	0%
L2 – VA	6100	1300	79%
L3 – VA	570	560	2%
L4 – VA	6300	920	85%
L5 – VA	2400	1300	46%
L6* – VA	4000	4000	0%

Då glykoleter plockas bort från TVOC har alla limmer relativt låga totalhalter. TVOC underskrider riktvärdet $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid provtagning för alla utom för det lim som användes vid mattester (hög egenemission av n-Butanol). Exempelvis har "L4 – VA" TVOC = $6300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med glykoleter och TVOC = $930 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utan.

Det kan diskuteras om detta lim L4 som redovisas som ett "lågemitterande lim" kan anses vara lågemitterande med så höga halter av glykoleter.

Lim "L6" som användes vid mattesterna och som har höga halter av N-butanol uppvisar inget innehåll av glykoleter. Limmernas emissioner skiljer sig således åt i hög grad.

Kommentar till limmets påverkan av fukt avseende indikatorämnen

Då samma lims emissioner jämförs mellan torr respektive fuktig avjämning kan följande noteras:

För lim L1-L4:

- N-butanol är i princip på samma låga nivå på torr som på fuktig avjämning.
- Ingen nedbrytning som bildar N-butanol vid hög fuktbelastning har påvisats.
- Halten av 2-etylhexanol är något högre på fuktig avjämning, en faktor ca 2-3 gånger högre, men överstiger fortfarande inte riktvärdet för förhöjda värden efter 6 månader för något av de 4 olika limmerna.

För lim L5-L6:

- N-butanol ligger på relativt lika hög halt på både torr och fuktig avjämning.
- Ingen nedbrytning som bildar ytterligare ökad N-butanol har påvisats vid hög fuktbelastning.
- Halten av 2-etylhexanol är högre på fuktig avjämning, även här en faktor ca 3 gånger högre för limmet som användes i mattesterna. För detta lim har 2-etylhexanolhalten överstigit riktvärdet, medan det andra limmets halt är fortsatt låg.

Generellt syns att en ökad emission av 2-etylhexanol uppmätts från lim på fuktig avjämning, men inom normala nivåer efter 6 månader. På längre sikt kan nedbrytningen fortsätta för att senare överstiga riktvärdena, vilket ej kontrollerats.

Det kan samtidigt tolkas att N-butanol inte har visats öka på grund av nedbrytning under de 6 månader limmen utsatts för hög fuktbelastning från avjämningen. Dock är detta oklart då egenemission och nedbrytning inte går att skilja åt. En minskning av N-butanol kan därför även betyda att egenemissionen avtagit mer än nybildandet av N-butanol på grund av nedbrytning.

Bedömning av resultat från matt- och limtester

Olika mattyer med olika emissionsprofiler

Mätning av egenemissioner från mattprov i kammare visar hela mattprovets emissioner, både emissioner från fram- och baksida. Resultaten visar tydligt hur olika emissionerna är från olika material. Inget av de undersökta materialen hade en totalhalt som överskrider riktvärden vid bedömning. Totalhalten varierade dock mellan 160 – 1600 µg/m³.

Mattornas innehåll dominerades av olika ämnen. Som exempel visas nedan att PVC-fri matta dominerades av alifatiska kolväten, medan matta med mjukgörare av DINCH visade många substituerade aromater med högre kokpunkt i andra sidan av kromatogrammet.

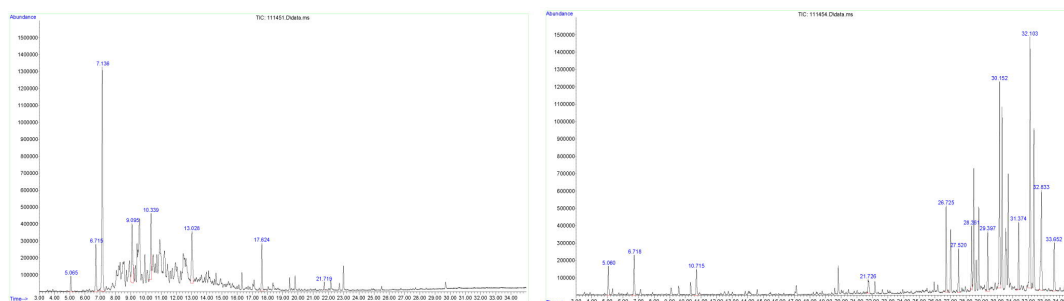


Diagram 36, 37: Exempel på hur olika egenemissioner är från olika typer av mattor. Tv PVC och mjukgörarfri matta och Th matta med mjukgörare av DINCH.

För att bedöma en mattas egenemissioner är det enda sättet idag att avgöra om mattprover har för hög totalhalt av emissioner eller om mattan har något enskilt dominerande ämne som sticker ut med onormal hög halt.

Eftersom det vid limning av mattorna i försöket uppstod extremt hög halt N-butanol är det svårt att utvärdera vilka emissioner som bara kommer från mattan. För mattor limmade på fuktig och på torr betong har kromatogram utan inverkan av "indikatorämnena" N-butanol och 2-etylhexanol redovisats. Detta för att visuellt visa hur de olika matttyperna påverkats. Generellt var TVOC högre från prov limmade på torra underlag än på fuktiga och visuellt framgår det av diagrammen. Orsakerna kan vara flera, men har ej kunnat förklaras.

Olika limmer med olika emissionsprofiler

I försöken med olika limmer visar flera av proven att de dominerades av glykoletrar. Dessa halter överskred riktvärdena för enskilda ämnen och gjorde även att totalhalten var förhöjd för dessa lim. Glykoleter tillsätts av limtillverkarna för att styra limmets "öppentid" (den tid det tar för limmet innan det ger ett hugg i mattan så att den fastnar). Om glykoleter är ett "harmlost ämne", vilket vi inte vet idag, så kan resultatet vara ett exempel på att det lim som avger högst totalhalter kan vara det lim som ger minst konsekvenser för de som vistas i byggnaden. Om detta är kunskapen sannolikt låg på samma sätt som att kopplingen mellan övriga enskilda ämnen och ohälsa saknas. Så länge vi inte vet bättre bör försiktighetsprincipen råda och bedömningen vara att hålla nere den totala emissionsnivån och undvika höga halter av enskilda ämnen.

Det lim som användes i mattesterna och som avgav onormalt hög N-butanolhalt, visades avge dessa höga halter oavsett matttyp eller underlag. Fuktnivån i underlaget visade sig påverka uppmätt halt av N-butanol. Halten var högst på de torra underlagen och visade sig ge betydligt lägre halter vid limning på fuktiga underlag kring 95% RF. Anledningen till detta kan vi inte förklara.

Orsaken till den höga halten N-butanol kan vara att limmets egenemissioner från början var höga, att limmet är extra känsligt för alkaliska underlag eller att det funnits ett fel vid tillverkning eller förvaring. Det kan också vara orsakat av den mätmetodik som använts. Anledningarna kan vara många, vilket behöver studeras vidare.

Ämnet N-butanol utgör ett av "indikeringsämnena" vid skadeutredning och bör inte förekomma i så hög halt. Analysresultaten kan tolkas som en indikation på att något onormalt skett.

Påverkan av alkalisk fukt

Resultat av mattesterna

Resultatet av den provokation som gjorts genom limning på torr/fuktig avjämning respektive betong har visat:

- Limning på betong ger kraftig nedbrytning och bildande av 2-etylhexanol, långt över riktvärdet för kraftig nedbrytning på fuktig betong (>90%RF).
- Vid limning på avjämning finns ett samband mellan 2-etylhexanol och ökad fuktbelastning. Efter 6 månader är halten kring riktvärdet för förhöjd halt vid limning på fuktig avjämning (>90%RF). För matta med DEHP tydligt förhöjd.
- Hög egenemission av N-butanol på torra underlag är sannolikt orsakat av valt lim. Mätresultaten visar på lägre halter vid hög relativ fuktighet, ca en tiondels halt vid 95%RF i underlaget jämfört med halten från underlag med <70%RF.
- Totalhalten av ämnen även då "indikatorämnen" N-butanol och 2-etylhexanol borträknats från kromatogrammen visar på lägre totalhalter vid hög fuktbelastning än vid låg.

Orsaken till att såväl halten av N-butanol som totalhalter minskar vid hög fuktbelastning, kring 95%RF, har inte kunnat förklaras. Resultaten är intressanta då det visar på behovet av vidare forskning kring utvärdering av golvemissioner.

Resultat av limtesterna

Limning av glasskiva på fuktig respektive torr avjämning har visat:

- Limmet som användes i mattesterna visade återigen avge höga N-butanolhalter, vilket övriga limmer inte gjorde.
- Halten av glykoleter dominerar emissionerna från vissa limmer.
- Limmer med hög halt av glykoleter överskrider riktvärden för hög totalhalt vid limning på såväl torr som fuktig avjämning.
- Vid hög fuktpåverkan, 95% RF, uppkommer inga förhöjda halter av vare sig N-butanol eller 2-etylhexanol efter 6 månader (gäller ej för limmet i mattesterna).
- Alkaliresistent lim har låga totalemissioner och halter av enskilda ämnen, dessutom ökar inte avgivningen nämnvärt vid fuktpåverkan.

För att riktigt höga halter av 2-etylhexanol ska bildas har det av försöken visat sig kräva hög alkali som vid limning på betong eller att mattan innehåller DEHP.

Limmerna har utsatts för alkali från avjämning med ca pH11. Normalt finns alltid ett betongbjälklag under med ännu högre alkali, kring ca pH13. Vad detta har för inverkan har

inte studerats, men eftersom det av erfarenhet från skadefall kan uppkomma höga halter av nedbrytningsprodukter även vid limning på avjämning och inte bara på betong kan alkalivandring från betong ha betydelse.

Då skador med hög 2-etylhexanol uppstår i skadefall på avjämning kan det ha skett en alkalivandring från betongen till limskiktet. Vid limning tillförs fukt som "blötlägger" avjämningskiktet. Antingen på grund av limfukt eller på grund av att avjämnningen inte tillåtit torka finns det en risk för alkalitransport från betongen, då det finns en kapillär förbindelse mellan betong och lim/matta.

Detta visar exempel på hur komplex problemställningen är och att matta och lim kan vara extra känsliga för alkalisk nedbrytning om:

- Betongen är mycket tät, så att avjämningskiktet är fuktigare.
- Avjämning av självtorkande typ används så att mattläggning sker efter något dygn med hög RF kring 95%.
- Om avjämningskiktet är tunt < 10mm.
- Om alkaliteten är högre hos modern betong.

Alkaliteten hos lågalkaliska avjämningar kring pH11 innebär dock att det finns tillräcklig tillgång till alkali för att alkalisk nedbrytning riskerar ske.

Lämplig mätmetod för kemiska emissioner

FLEC-Nordtestmetod

Mätning ovanpå limmad golvbeläggning på avjämning med FLEC-Nordtest metod har i försöken inte visat på någon korrelation av uppmätta halter mot vare sig emissioner från materialprov av matta eller mot uttagna prov från underlag. Metoden bedöms utifrån erhållna resultat inte möjlig att använda för utvärdering av vilka emissioner som uppkommer på undersida matta.

Halten som mäts ovanpå golvbeläggningen enligt FLEC-Nordtestmetod påverkas även av andra faktorer än av kemin under mattan som till exempel; ytans beskaffenhet, städkemikalier, egenemissioner från ytan och hur tät mattan är mot olika ämnen.

Tillräcklig kunskap saknas om vad som är avgörande för bedömning av emissioner till rumsluft och vilket samband ämnena har med ohälsa. Det är ofta missvisande, som i resultaten från försöken, och bedöms vara ointressant att utreda vad som kan mätas på ovasida mattan då det inte kan tolkas.

Kammarprovtagning av materialprov

Repeterbarheten, dvs att mätning utförs lika varje gång, vid mätning på materialprov enligt kammarmetod är avgörande. Mätfelen vid provtagning är inte uppskattade och kontrollerade. Jämförande tester på uttagna prov i skadefall har visat på god överensstämmelse, inom 0 - 25% skillnader i TVOC. Metoden är indikativ, ger inga absolut- eller jämviktsvärden och syftar till att visa höga eller låga värden inom ett mätområde som är lämpligt för gaskromatografisk analys. Uppmätta halter ligger inte vid detektionsgränsen för analysen som den gör vid rumsluftsmätningar och vid FLEC-Nordtestmätning mot golvyta.

Emissionsavgivningen från materialen i kammare ger inte någon stabil halt som är i jämvikt. Då materialprovet läggs i kammare ökar halten successivt och provtagning sker efter 3 timmar, varefter mätning sker under utspädning av luften i kammaren under 30 minuter. Hur väl uppmätta emissioner återspeglar de rådande emissionerna under golvbeläggning är inte undersökt. Tiden till jämvikt i kammaren är sannolikt betydligt längre. Det finns ett stort behov av en utvecklad och mera säkerställd mätmetod för materialprov.

Riktvärden och gränsvärden

De riktvärden som används vid bedömning av analysresultaten grundar sig i huvudsak på erfarenheter av vilka nivåer som i skadefall visat sig vara kopplade till golvskador.

Då det helt saknas evidens för dos-responssamband mellan kemiska emissioner och ohälsa är riktvärdena inte ett mått på risk för ohälsa, utan utgör en ren teknisk bedömning av vad som kan anses vara "normala" emissioner. Ingen värdering görs heller av enskilda ämnen avseende vilka ämnen som kan anses vara mer eller mindre relevanta emissioner för bedömning av hälsopåverkan, då det helt saknas kunskap inom detta område. Resultaten visar endast vad som "sticker ut" från mängden.

Vidare behov av forskning

Det vore önskvärt utifrån erhållna resultat att branschen kunde enas om ett synsätt på kemiska emissioner med målsättning att ta fram:

1. Emissionsdeklarationer för golvmaterial utifrån dess totala egenemissioner.
2. Funktionsprovning av golvmaterial utifrån påverkan av alkalisk fukt.
3. Branschstandard för en fältmetod för bedömning av ett golvs kemiska status som tar hänsyn till kemin under matta.
4. Gemensamma riktvärden för metoden som kan indikera och avgöra tydliga fel.

Det som med säkerhet framgår av utförda försök är att all limning av golvbeläggningar med vattenbaserade lim inte rekommenderas direkt på betongunderlag. Skiktjockleken på lågalkalisk avjämning rekommenderas idag av limtillverkare genom GBR (GolvBranschens Riksförbund) vara minst 5mm, vilket sannolikt inte är tillräckligt med hänsyn till limfukt och allt tätare betongunderlag.

Resultatdel 3 Uppföljning av goda exempel

Innehåll

Bakgrund	88
Urval av byggnader	89
Mätmetoder	92
Fuktindikering	92
Ammoniakmätning	93
Mätning av relativ fuktighet.....	93
Riktad provtagning, FLEC-stansmetod	93
Mätresultat	94
Utvärdering av resultat	101
Allmänt om materialuppgifter	101
Bedömning av lukter	101
Ammoniak.....	102
Relativ fuktighet under matta.....	102
Kemiska emissioner	102
Bedömning av resultat	105
Rekommendationer.....	105

Bakgrund

Beskrivning av delprojekt 3

Under produktion av nya byggnader har fuktsakkunniga ofta rollen att övervaka att fuktsäkerheten hanteras rätt och följs upp. I objekt där detta gjorts och mattläggningen kontrollerats med fuktmätningar görs aldrig en uppföljande mätning av emissioner. Detta trots att det ställs krav på lågemitterande material och att läggningen ska uppfylla ett antal kriterier vid val av material och hantering.

Anledningen är sannolikt flera och en av dem är att det sällan är av intresse att få veta att resultatet inte blev som förväntat. En annan anledning är att mätmetoderna skiljer sig åt och inte kan jämföras då de utförs av olika konsulter och laboratorier.

I detta projekt har undertecknad varit fuktsakkunnig och följt flera kommunala byggprojektet där det finns en fuktsäkerhetsdokumentation både avseende fukthanteringen, vilka material som använts och med resultat från RBK-mätningar.

Emissionsmätningar har utförts i fyra färdigställda projekt som slutbesiktigats för 2-4 år sedan.

Syfte

Mätning utförs på samma sätt som i skadeutredningssammanhang och med de metoder som används i tester av nya golvmaterial som beskrivs nedan.

Dessa metoder består av mätning med FLEC-stansmetod och uttag av materialprov för kammaranalys. Syftet har varit att utifrån erhållna resultat få ett referensmaterial som dels kan bedömas utifrån aktuella förhållanden, dels kan utgöra bedömningsunderlag för framtida mätningar.

Avgränsningar

Antalet objekt har begränsats av projekt som färdigställts inom lämpligt tidsintervall 2014 – 2017, så att det gått minst 2 år efter färdigställande till mätning.

I flera av byggnaderna har golvvärme lagts i avjämningskiktet med tunna slangar. Detta innebär att det inte var möjligt att borra ut materialprov av avjämnningen. För att få ett lika mätunderlag har därför denna metod inte använts.

Urval av byggnader

Byggnader som valts ut har varit skol- och förskolebyggnader byggda inom Lunds och Burlövs kommun under tiden 2014 – 2016. Följande objekt har följts upp.

Skola	Byggår	Mätunderlag	Golvtyp	Mätning
Skola Burlöv	2016	Plan 2 med HDF-bjälklag	PVC	2018
Förskola1 Lund	2014	Plan 1, platta på mark	Linoleum	2018
Skola Dalby	2014	Plan 1, platta på mark	Linoleum	2018
Förskola Dalby	2015	Plan 1, platta på mark	PVC	2018
Förskola2 Lund	2017	Plan 1, platta på mark	Linoleum	2020
Skola Lund	2017	Plan 1, platta på mark	Linoleum	2020

I samtliga byggnader har FuktCom varit fuksakkunnig i projekten med bevakning av uttorkning, fuktronder och sammanställning av fuksäkerhetsdokumentation. Byggnaderna har haft vissa gemensamma förutsättningar för att minimera risken för fuktskador:

- Minst 1 års torktid från gjuttillfälle av betong till mattläggning.
- Avjämningsskikt motsvarande minst 10mm av normaltorkande produkt.
- RBK-mätningar som redovisar <85% RF före mattläggning.
- GBR-mätningar i avjämningsskikt som visar <80%RF före mattläggning.

Valet av material såsom betongkvalitet, avjämnning, golvbeläggning, lim etc har varierat enligt:

Skola	Betong	Avjämnning	Lim	Golvbeläggning
Skola Burlöv	HDF, vct 0,40	30mm, NFM	Oklart	PVC Ehrenborg Acoustic, 2mm skumbaksida
Förskola1 Lund	120mm, vct 0,40	10mm, oklart	Casco Proff	Forbo Marmoleum, tunn vit stegljud av 1mm polyolefinskum
Skola Dalby	150mm, vct 0,45	25mm, Weber 140 Nova	Casco Proff	Forbo Marmoleum, tunn vit stegljud av 1mm polyolefinskum
Förskola Dalby	150mm, vct 0,45	10mm, TM Express K	Oklart	PVC Ehrenborgs Acoustic, 2mm skumbaksida
Förskola2 Lund	120mm, vct 0,40	10mm, Weber 140 Nova	Casco Proff Solid	Forbo Marmoleum Decibel 3, stegljud av 1mm polyolefinskum
Skola Lund	100mm, vct 0,43	10mm, TM Express K	Casco Proff	Forbo Marmoleum Decibel 3, stegljud av 1mm polyolefinskum

Val av lim, mattyp och dess baksida är avgörande för mätresultaten. Uppgifterna är hämtade från fuktsäkerhetsdokumentationen. Oklarheter i limtyp beror ofta på att det föreskrivits en typ av lim som sedan byts ut av aktuell golvläggare som vill använda den typ av lim som hen är van vid och har erfarenheter av att använda.

Linoleum

Forbo Marmoleum består av ca 2mm linoleum med jutebaksida på undersidan, därunder sitter en pålimmad stegljudsmatta av 1mm polyolefinskum. Ser ut enligt foto nedan:



Bild 1: Linoleum med vävbaksida och en tunn vit stegljudsdämpare från Förskola1 Lund.



Bild 2: Lika uppbyggnad av mattan på Skola Dalby. Rester av avjämningskiktet sitter fast i mattan.



Bild 3: Förskola2 Lund av Forbo Marmoleum, Decibel 3, med tunn vit stegljudsmatta av polyolefin.



Bild 4: Skola Lund av Forbo Marmoleum med tunn vit stegljudsmatta av polyolefin. Limskiktet sitter kvar på mattprovet.

Av ovanstående bilder framgår att mattorna har lika utseende och stegljudsbaksida.

PVC

I båda objekten har Ehrenborgs Acoustic lagts med ljuddämpande skumbaksida. Utseendet framgår av bilden nedan:



Bild 5: Mattprov från skola Burlöv med tunn PVC och 2mm stegljudsdämpare på baksidan.



Bild 6: Matta Ehrenborg Acoustic från förskola Dalby. Baksidan till vänster i bild och den tunna ytbeläggningen till höger.

Mätmetoder

Fuktindikering

Inför provtagning har fuktindikering gjorts ovanpå golvbeläggningen med ytfuktindikator Gann Uni-1 och Protimeter Surveymaster. Värdena visar inte vilken relativ fuktighet underlaget har, men bedöms utifrån erfarenhetsvärden och relativt mellan provpunkter.

Motiv: Värdena ger vägledning om lämplig provtagningspunkt och relativa skillnader.

Ammoniakmätning

Provtagning av 100 ml luft togs under golvbeläggningen direkt efter att denna skurits upp med ett 1 dm snitt. Mätningen utfördes efter att mattan lossats från underlaget och mätröret stuckits in ca 1 dm från snittet i mattan. Instrument: Kitagawa handpump och direktvisande reagensrör 0 – 20 ppm.

Motiv: Ammoniakavgång under mattorna kan indikera nedbrytningsprocesser av kaseinhaltigt flytspackel. Även andra orsaker som nedbrytning av lim och egenemissioner från betong kan avge ammoniak. Vid förhöjda värden över 5 ppm finns en markant stickande lukt under golvbeläggningen.

Mätning av relativ fuktighet

Uttaget prov kunde inte tas då det förekom golvvärme i avjämningskiktet i flertalet av objekten.

I stället användes Gann Hydromette vars mätprob fördes in under mattan via snittet i mattan från ammoniakmätningen. Därefter tätades mattan omsorgsfullt med tejp varefter avläsning gjordes efter 15 minuter. Värdet är endast indikativt och syftar till att visa om RF ligger i nivå med kritisk RF på 85% eller tydligt under. Mätmetoden följer inte GBR:s Branschstandard och är endast indikativ. Kalibrering av givaren har gjorts med egenkontroll i 85%-salt före mätning.

Motiv: Indikativ bedömning om den relativa fuktigheten utgör en nuvarande skaderisk.

Riktad provtagning, FLEC-stansmetod

Avgången av VOC (flyktiga organiska föreningar) från golvmaterialen har mätts med hjälp av en mätkammare. Mätkammaren som används benämns FLEC (Field and Laboratory Emission Cell), där VOC fångas upp från golvytan och pumpas genom en Tenax-adsorbent. Adsorbenten analyserades av IVL Svenska Miljöinstitutet för bestämning av halter och dominerande ämnen.

Mätningen har utförts enligt metoden "FLEC-stans" där en cirkulär yta, med diametern 25 mm, av golvbeläggningen stansas bort. Därefter placeras FLEC-cellen direkt över den öppnade mattan för att fånga emissioner från matta, frilagt lim och avjämnad yta.

Provtagningen utförs enligt följande: Under 10 min ventileras först FLEC-cellen med renad luft, därefter fångas utgående luft på en Tenax-adsorbent under 10 min med flödet 100 ml/min. I nedanstående bild visas uppställningen vid mätning i fält.

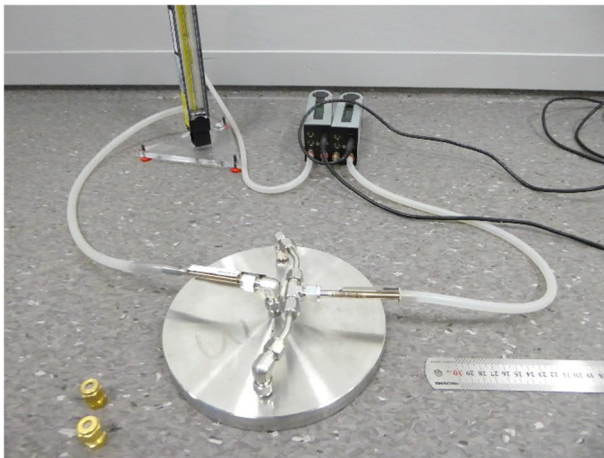


Bild 7: FLEC-uppställning vid mätning i fält. Rumsluften renas och pumpas in i FLEC-lockets ytterkant. Luften sköljer över provytan och sugs ut från mitten av locket. En Tenaxadsorbent fångar VOC som avgått från provytan.

Motiv: En eventuell skada uppstår på undersidan av mattan och genom att mäta direkt mot denna yta med frilagt lim kan en kemisk skada bedömas.

Resultaten syftar till att bedöma vilka emissioner golvsystemet av matta, lim och avjämning avger och i vilken omfattning materialen påverkats av alkalisk fukt.

Metoden har använts under 20 år och mätvärdena kan erfarenhetsmässigt bedömas utifrån fördelning och halter av ingående ämnen.

Kommentar: Metoden är utvecklad för fältmätning i skadefall och syftar till att bedöma skador på undersida matta, i motsats till FLEC-mätning ovanpå en tät golvbeläggning enligt Nordtest-metoden, som mäter vad som emitterar från golvvytskiktet. Nordtestmetoden har vid skadeutredning visat sig vara för okänslig för bedömning av skador under golvbeläggning, vilket också framgår av laboratorieförsök enligt SBUF-rapport 11427.

Mätresultat

I tabeller på kommande sidor redovisas alla resultat från respektive objekt.

Bifogade kromatogram syftar bara till att visa visuellt hur de skiljer sig från varandra och vad som framkommer där varje topp i diagrammet representerar ett enskilt ämne. Observera att enheten på y-axeln i infogat kromatogram endast är en relativ enhet vid gaskromatografisk analys och inte ett "användbart" värde för haltbestämning. I kromatogrammen har högsta värdet skrivits ut för att ge en uppfattning om den relativa skillnaden mellan olika diagram.

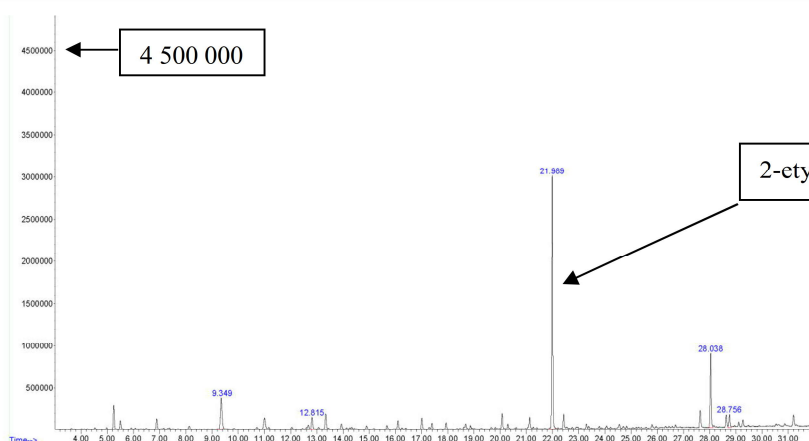
Uppföljning "Skola Burlöv" Golvstatusbedömning

Lund 2018-03-16

Provplats: Gruppum, Plan 2

Avstånd vägg: 0,3m

Ytskikt:	- Golvbeläggning, typ:	PVC
	- Limtyp,	Vattenbaserat
	- Avjämning (mm)	Ca 30mm
Konstruktion:	- Betongunderlag	HDF-bjälklag
Bedömning:	- Utseende, mattans baksida	Normala limränder
	- Lukter	Tydlig plastlukt i rummet, normal under matta
	- Limmets vidhäftning	Normal, limmet släpper
	- Golvvärme	Nej
Indikeringsmätningar:	- Gann-matta	53 = låg fuktindikation
	- Protimeter-genom matta	6 = låg fuktindikation
	- NH3	1ppm = lågt
	- Övrigt, yttemp	22,2°C
Fuktmätning:	- Mätning under matta	62%RF (indikativt)
Emissionsmätning:	- FLEC-stans	Ja
	- Totalhalt, TVOC	1400 µg/m ³ (riktvärde 3000)
	- Indikatorämne, N-butanol	85 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Indikatorämne, 2-etylhexanol	540 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Dominerande ämnen	2-etylhexanol
Utseende kromatogram:	- Kommentar från lab	Låg TVOC, 2-etylhexanol något förhöjd



Uppföljning "Förskola1 Lund" Golvstatusbedömning

Lund 2018-03-17

Provplats: Grupperum, Plan 2

Avstånd vägg: 0,3m

Ytskikt:	- Golvbeläggning, typ:	Linoleum
	- Limtyp,	Vattenbaserat
	- Avjämning (mm)	Ca 10mm
Konstruktion:	- Betongunderlag	Platta på mark
Bedömning:	- Utseende, mattans baksida	Normala limränder
	- Lukter	Tydlig linoleumlukt i rummet och under matta
	- Limmets vidhäftning	Normal, limmet släpper
	- Golvvärme	Ja
Indikeringsmätningar:	- Gann-matta	72 = låg fuktindikation
	- Protimeter-genom matta	12 = låg fuktindikation
	- NH3	0ppm = lågt
	- Övrigt, yttemp	23,0°C
Fuktmätning:	- Mätning under matta	65%RF (indikativt)
Emissionsmätning:	- FLEC-stans	Ja
	- Totalhalt, TVOC	580 µg/m ³ (riktvärde 3000)
	- Indikatorämne, N-butanol	110 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Indikatorämne, 2-etylhexanol	14 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Dominerande ämnen	Endast låga haltyer
Utseende kromatogram:	- Kommentar från lab	Låg TVOC, inga dominerande ämnen, några kolväten och syror

Chromatogram showing detector response over time. The y-axis ranges from 0 to 4,500,000. The x-axis is labeled 'Time-->' and ranges from 4.00 to 31.00 minutes. A prominent peak is observed at 5.248 minutes, reaching a response of approximately 4,500,000. Other smaller peaks are labeled at 3.643, 12.814, and 21.979 minutes.

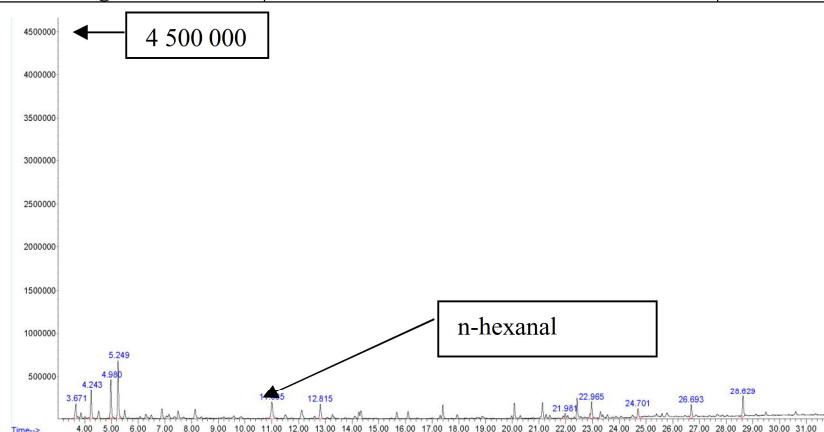
Uppföljning "Skola Dalby" Golvstatusbedömning

Lund 2018-03-18

Provplats: Klassrum, Plan 1

Avstånd vägg: 0,5m

Ytskikt:	- Golvbeläggning, typ:	Linoleum
	- Limtyp,	Vattenbaserat
	- Avjämnning (mm)	25mm
Konstruktion:	- Betongunderlag	Platta på mark
Bedömning:	- Utseende, mattans baksida	Normala limränder
	- Lukter	Tydlig linoleumlukt
	- Limmets vidhäftning	Normal, limmet släpper
	- Golvvärme	Ja, i avjämnningen
Indikeringsmätningar:	- Gann-matta	74 = låg fuktindikation
	- Protimeter-genom matta	13 = låg fuktindikation
	- NH3	0ppm
	- Övrigt, yttemp	19,5°C
Fuktmätning:	- Mätning under matta	77%RF (indikativt)
Emissionsmätning:	- FLEC-stans	Ja
	- Totalhalt, TVOC	710 µg/m ³ (riktvärde 3000)
	- Indikatorämne, N-butanol	100 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Indikatorämne, 2-etylhexanol	10 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Dominerande ämnen	n-hexanal, n-butanol, låga halter
Utseende kromatogram:	- Kommentar från lab	Låg TVOC, låga halter övrigt



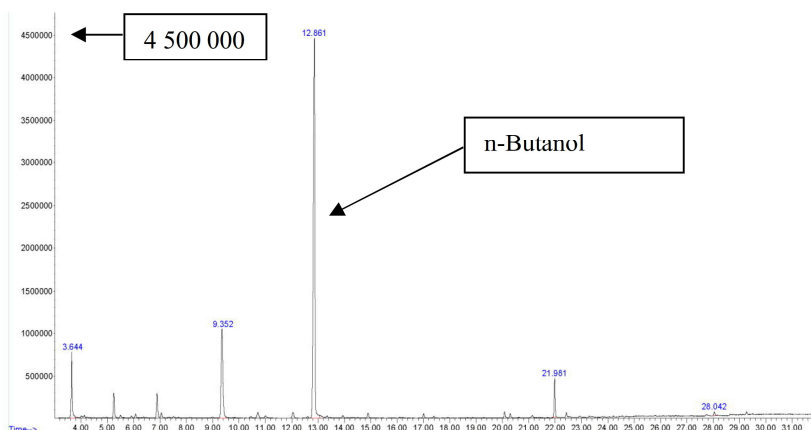
Uppföljning "Förskola Dalby" Golvstatusbedömning

Lund 2018-03-19

Provplats: Lekrum, Plan 1

Avstånd vägg: 0,3m

Ytskikt:	- Golvbeläggning, typ:	PVC
	- Limtyp,	Vattenbaserat
	- Avjämnning (mm)	Ca 10mm
Konstruktion:	- Betongunderlag	HDF-bjälklag
Bedömning:	- Utseende, mattans baksida	Normala limränder
	- Lukter	Ingen onormal
	- Limmets vidhäftning	Normal, limmet släpper
	- Golvvärme	Nej
Indikeringsmätningar:	- Gann-matta	65= låg fuktindikation
	- Protimeter-genom matta	11= låg fuktindikation
	- NH3	2ppm
	- Övrigt, yttemp	18,7°C
Fuktmätning:	- Mätning under matta	68%RF (indikativt)
Emissionsmätning:	- FLEC-stans	Ja
	- Totalhalt, TVOC	1700 µg/m ³ (riktvärde 3000)
	- Indikatorämne, N-butanol	3200 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Indikatorämne, 2-etylhexanol	85 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Dominerande ämnen	n-Butanol
Utseende kromatogram:	- Kommentar från lab	Låg TVOC, Hög halt av n-Butanol



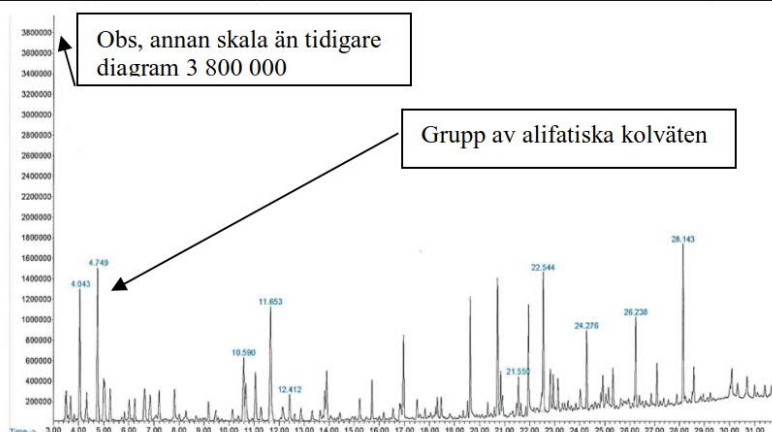
Uppföljning "Förskola 2 Lund" Golvstatusbedömning

Lund 2020-04-29

Provplats: Matrum, Plan 1

Avstånd vägg: 0,3m

Ytskikt:	- Golvbeläggning, typ:	Linoleum
	- Limtyp,	Vattenbaserat, alkaliresistent
	- Avjämning (mm)	Ca 10mm
Konstruktion:	- Betongunderlag	Platta på mark
Bedömning:	- Utseende, mattans baksida	Normala limränder
	- Lukter	Svag linoleumlukt i rummet och under matta
	- Limmets vidhäftning	Normal, limmet släpper
	- Golvvärme	Nej
Indikeringsmätningar:	- Gann-matta	63 = låg fuktindikation
	- Protimeter-genom matta	14 = låg fuktindikation
	- NH3	2ppm = lågt
	- Övrigt, yttemp	19,6°C
Fuktmätning:	- Mätning under matta	Ja: 58% RF (indikativt)
Emissionsmätning:	- FLEC-stans	Ja
	- Totalhalt, TVOC	2000 µg/m ³ (riktvärde 3000)
	- Indikatorämne, N-butanol	47 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Indikatorämne, 2-etylhexanol	13 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Dominerande ämnen	n-hexanal, låga halter (170 µg/m ³)
Utseende kromatogram:	- Kommentar från lab	Låg TVOC, låga halter alifatiska kolväten ofta av tvåskiktsslim



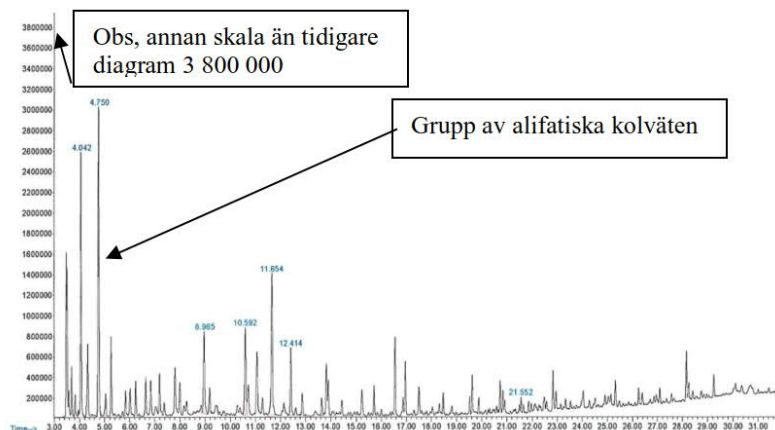
Uppföljning "Skola Lund" Golvstatusbedömning

Lund 2020-04-30

Provplats: Arbrum, Plan 1

Avstånd vägg: 0,3m

Ytskikt:	- Golvbeläggning, typ:	Linoleum
	- Limtyp,	Vattenbaserat
	- Avjämnning (mm)	Ca 10mm
Konstruktion:	- Betongunderlag	Platta på mark
Bedömning:	- Utseende, mattans baksida	Normala limränder
	- Lukter	Svag linoleumlukt i rummet och under matta
	- Limmets vidhäftning	Normal, limmet släpper
	- Golvvärme	Nej
Indikeringsmätningar:	- Gann-matta	75 = låg fuktindikation
	- Protimeter-genom matta	17 = medel fuktindikation
	- NH3	8ppm = lågt
	- Övrigt, yttemp	22,1°C
Fuktmätning:	- Mätning under matta	Ja: 72% RF (indikativt)
Emissionsmätning:	- FLEC-stans	Ja
	- Totalhalt, TVOC	1600 µg/m ³ (riktvärde 3000)
	- Indikatorämne, N-butanol	130 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Indikatorämne, 2-etylhexanol	5 µg/m ³ (riktvärde 500)
	- Dominerande ämnen	n-hexanal, låga halter (170 µg/m ³)
Utseende kromatogram:	- Kommentar från lab	Låg TVOC, låga halter alifatiska kolväten ofta av tvåskiktsslim



Utvärdering av resultat

Allmänt om materialuppgifter

Det är av erfarenhet mycket svårt att få fram rätt uppgifter om produkter. I efterhand är det oftast inte möjligt att få fram uppgifter om produkter, då uppgifterna från tillverkarna förändras löpande.

Uppgifter om golvkonstruktioner och fuktmättningsresultat under produktion finns i de flesta fall där kraven ställts i förfrågan. Däremot finns exakta materialval avseende produkter för golvbeläggning och lim inte alltid, då dessa handlas upp i ett senare skede under produktion. Istället anges i handlingar och beskrivningar ofta typen av matta och lim. Anledningen till att det är svårt att finna i dokumentationen är dels att uppgifter saknas, dels att uppgiften måste kompletteras med vilket exakt innehåll matta och lim har genom redovisning av aktuell byggvarudeklaration (BVD).

Svårigheterna att få fram uppgifter om matta och lim beror på:

- Föreskriven matta är ofta inte den som är lagd.
- Val av lim föreskrivs sällan och följs aldrig upp.
- Produktnamn på golvbeläggningar kan vara samma, men innehållet i mattan förändras år från år.
- Byggvarudeklarationer uppdateras oregelbundet, vilket gör det svårt att veta vilken BVD som gäller för vilken matta som är tillverkad vid detta tillfälle.
- Innehållet av mjukgörare i en skiktad golvbeläggning avser ofta bara ytskiktet och inte materialet i stegljudsdämpare och det lim som använts för att sammanfoga dessa.

Bedömning av lukter

I nybyggda hus är avgivningen av egenemissioner från materialen tydliga och upplevs sällan som ett problem. I de besökta objekten noterades en tydlig materiallukt från golvbeläggningar i vissa objekt. Dessa lukter har dock inte bedömts vara någon skadelukt utan är avgivning från exempelvis linoleum- och plastlukt.

Vid skadeutredning är luktintrycket och om det förekommer stickande och onormala lukter väsentligt för att få en uppfattning om förhållandena i undersökta lokalerna. Även en bedömning av lukt och skaderelaterad lukt under golvbeläggning är en viktig parameter att ta ställning till.

I de undersökta objekten upplevdes inga skaderelaterade lukter under golvbeläggning. Lukten från PVC-matta i Skola Burlöv var tydlig, men normal. Likaså var avgivningen av linoljelukt från linoleummattorna tydlig i samtliga fyra objekt.

Ammoniak

Inga förhöjda halter ammoniak har uppmätts under golvbeläggningar i de undersökta objekten. Ny betong kan av erfarenhet ge upphov till halter på 10-20ppm, men oftast är då samtidigt även den relativa fuktigheten förhöjd, dvs över 80%. I uppmätta fall kan de låga värdena här även tolkas som att fuktillståndet generellt varit lågt i mätpunkterna.

Om det förekommer ammoniak i halter över 5ppm är ofta lukten tydligt stickande under golvbeläggningen, vilket kan tolkas som en skaderelaterad lukt. Det finns dock ingen koppling mellan uppmätt ammoniakhalt under matta och förhöjd halt av ammoniak i rumsluften. Risken för att ammoniak i betongen påverkar hälsan är obefintlig i de halter som tillförs rumsluften. Ammoniakmätning används ändå vid skadeutredning som en indikator på att nedbrytning av protein förekommit som kan ge upphov till en rad andra skaderelaterade ämnen. Ammoniak förekommer ofta i förhöjd halt vid nedbrytning av mattor och golvlim och är relativt lätt att kontrollera. Dessutom används den som indikator om ett spackel innehåller kasein och utsatts för fukt.

Relativ fuktighet under matta

Endast indikativa fuktmetningar har gjorts som samtliga visar låga värden och bedöms vara generellt under 80% i samtliga mätpunkter. Detta betyder att ingen pågående nedbrytning av lim och golvbeläggningar förväntas pågå.

Mätresultaten är dock mycket indikativa och kan ha stora mätfel. De fuktindikeringar som gjorts med ytfuktindikator stärker bedömningen av att fuktnivåerna är låga och under högsta tillåtna fuktillstånd som inför mattläggning var 85%RF.

Kemiska emissioner

Ämnesprofiler

Mätresultaten har visat generellt låga värden, med något undantag. Förutom de exakta halterna av ämnen är det av intresse att jämföra de olika kromatogrammen med varandra. Olika material ger upphov till olika ämnen, vilket tydligt framgår. Exempelvis har samma produkt av linoleum gett upphov till mycket lika ämnesprofiler. Nedan från "Förskola2 Lund" och "Förskola Dalby":

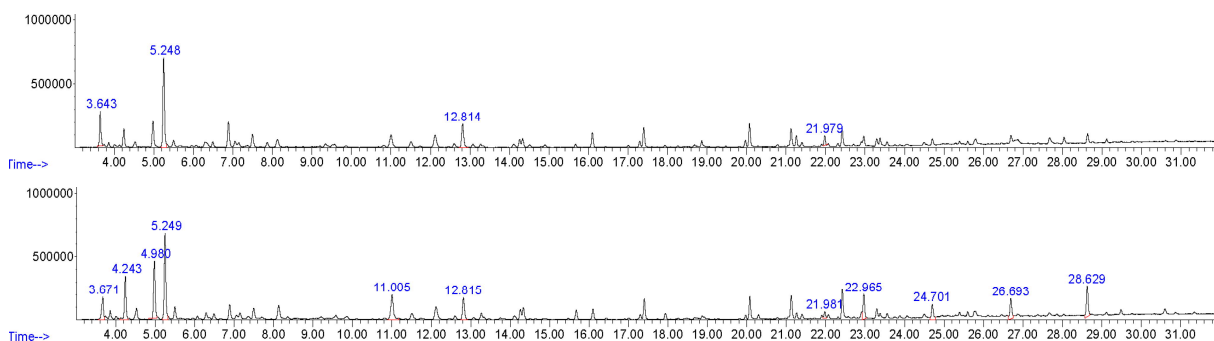


Bild 8: Kromatogram för jämförelse av två mätningar från olika byggnader med samma golvbeläggings- och limprodukt.

Mattor med olika materialtyp som PVC jämfört med Linoleum ger upphov till helt olika ämnesprofiler. Jämförelse mellan "Skola Burlöv" med PVC och "Skola Lund" med linoleum:

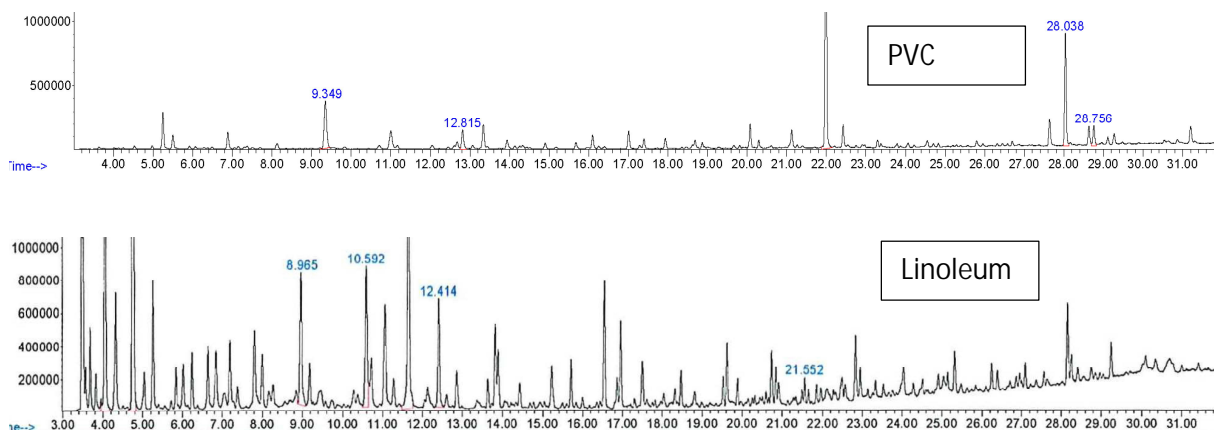


Bild 9: Kromatogram för jämförelse av två mätningar med olika golvbeläggning, PVC och linoleum.

Vid tolkning av mätresultat framgår det tydligt av ovanstående att det inte kan bedömas på samma sätt om det är två olika typer av golvmaterial såsom PVC och Linoleum. På samma sätt uppstår skillnader om två olika PVC-mattor består av två helt olika innehåll av mjukgörare etc. Eftersom det inte går att fastställa varje ämnes kritiska fuktnivå då en onormal kemisk skada inträffar är det lämpligt att utifrån nuvarande kunskapsläge grovt inrikta bedömningen på totalhalt och högsta halt av enskilda ämnen, så att dessa hålls nere. Det kan dock vara ett av de små staplarna som är det ämne som all uppmärksamhet borde riktas mot, men tills detta klarlagts måste "onormala halter" minimeras.

Riktvärden

I den aktuella tolkningen av resultaten saknas det riktvärden för vad varje enskild matta har för egna kritiska gränsvärden för vilken halt som är "normal". För den mätmetod som använts här, "FLEC-Stans", har laboratoriet inga egna redovisade riktvärden då denna metod är en fältmätningssmetod. Det finns liknande fältmätningssmetoder som används vid

skadeutredningar där exempelvis 1 dm² skärs bort och ett exsickatorlock (glaslock) läggs över ytan. Olika laboratorier och olika utredare har sina egna metoder och riktvärden.

För FLEC-stansmätning har undertecknad i tidigare SBUF-projekt (11427 och 11680 från 2004 och 2006) tagit fram referensvärden för vad som visat sig vara normala värden för limning av PVC-matta på avjämning. Dessa värden är inga riktvärden avseende förhöjda halter, utan visade för normalfallet följande halter:

- Totalhalt, TVOC, normalt 500 - 700 µg/m³.
- N-butanolhalt, normalt 75 - 200 µg/m³.
- 2-etylhexanolhalt, normalt 50 - 100 µg/m³.

Vid tolkning av emissioner från materialprov som läggs i kammare har laboratoriet ChemikLab/IVL egna riktvärden för att avgöra om halterna är förhöjda eller ej.

Riktvärden är helt ospecifika för olika material och olika ämnen. Det är nivåer som av 20 års erfarenhet visats ge problem av lukt och/eller hälsobesvär i byggnader när de överskridits.

Det är viktigt att betona att det inte finns något säkerställt och vetenskapligt bevisat samband mellan en halt av ett ämne och hälsobesvär, så kallat dos-respons-samband. Istället är riktvärdena ett sätt att indikera om onormala förhållanden råder och om en teknisk förändring av materialen påvisats. Riktvärdena som ChemikLab/IVL använder vid kammaranalys är 3000 µg/m³ för totalhalt, TVOC, och 750 µg/m³ för enskilda ämnen.

Vid bedömning av uppmätta resultat med FLEC-stansmetod framgår sammanfattningsvis:

- Inga totalhalter, TVOC, överskred riktvärdet på 3000 µg/m³.
- Inga halter 2-etylhexanol överskred riktvärdet på 750 µg/m³.
- Halten av n-butanol låg långt under riktvärdet 750 µg/m³ för 5 objekt, men låg långt över i 1 objekt motsvarande 3200 µg/m³.
- Inga övriga ämnen dominerade proverna.
- För linoleummattor var n-hexanal ett av de dominerande ämnena. Detta ämne förekommer alltid från linoleummattor, men kan öka till onormala nivåer vid felaktig våtstädning av mattor. Halterna var som högst ca 170 µg/m³ och bedöms därmed ligga inom normala värden i jämförelse med skadefall där nivåerna överskrider 500 µg/m³.

Kommentar avseende förhöjd halt N-butanol

Den tydligt förhöjda halten av N-butanol är liknande den som uppstått i det tidigare redovisade projekt 2 avseende matt- och limemissioner. Halten som uppmättes är 3200 µg/m³, vilket med denna metod sannolikt motsvarar en ännu högre halt om avjämningsprov skulle tagits ut och mätts enligt kammarmetod.

Det har tyvärr inte gått att få fram uppgifter om vilket lim som använts i detta objekt. Det skulle vara mycket intressant att få veta om det är samma lim som vid försöken i projekt 2. Vi har inga tidigare erfarenheter av att N-butanol har så höga halter och har ingen förklaring till resultaten.

Bedömning av resultat

Resultaten ger nya erfarenheter av vilka riktvärden som kan användas vid bedömning av vad som anses vara normala halter vid skadeutredningar av golvproblem, vilket var huvudsyftet med mätningarna. Resultaten visar att mätvärden under golvbeläggning efter 2-4 år i nyproducerade byggnader ligger på relativt låga nivåer utifrån bedömning av skadeutredares erfarenheter och de erfarenheter som anlitat laboratorium har.

De totalhalter, TVOC, som används vid kammarprov kan även användas för FLEC-stansmetod och innebär att följande riktvärden bör gälla:

- TVOC < 3000 µg/m³.
- Enskilda ämnen < 500 µg/m³.

I objekt där riktvärdena överskridits kan det innebära att "onormala" halter förekommer. Det finns dock ingen säker koppling till vare sig att det skett en skada eller till om det påverkar hälsan. Detta måste utredas och förklaras i varje enskilt fall då det finns många andra aspekter på vad som kan ha skett och på vilken betydelse det har för inomhusmiljön.

Ett undantag som visade sig bland resultaten är den höga N-butanolhalt som förekommer i ett av objekten och som visar på samma problematik som upptäckts i delprojekt 2. Ett lim visade sig i delprojekt 2 ge höga halter avseende N-butanol både då mattor limmades på fuktigt och på uttorkade underlag. Hög halt av N-butanol kan vara orsakad av en hög egenemission från just detta lim, men orsaken är inte fastställd. Tyvärr har det inte gått att få veta exakt vilken produkt som använts i det aktuella objektet.

Rekommendationer

För att i framtiden få ökad klarhet i emissionsfrågor bör fokus riktas på:

1. Tester av material:

Produkter som ska limmas på alkaliska underlag måste testas/provoceras så att det kan visas att produkten inte är extra känslig för alkalisk fukt och nedbrytning eller om produkten i sig uppvisar höga egenemissioner. Mätningar måste då ske för aktuell materialkombination och med metod som kontrollerar vad som sker under mattan i kontakten med underlag.

2. Provtagningar i fält:

Det går utmärkt att göra uppföljningsmätningar för att konstatera om emissionerna som bildats under en golvbeläggning har en normal halt eller inte. Metoden måste dock specificeras och det måste tas fram en gemensam branschstandard för lämplig metod och gällande riktvärden.

3. Dokumentation i byggprocessen:

Golvprodukter såsom avjämning, primer, lim och golvbeläggning måste alltid dokumenteras i byggprojekt tillsammans med utförda fuktmätningar.

Uppgifterna måste sammanställas som byggvarudeklarationer för varje golvtyp om det ska vara möjligt att följa upp.

Kommentar till emissionsredovisningar för miljöbedömningar

Idag redovisas endast emissionsavgången från ett golvmaterials yta med FLEC-Nordtestmetod och anges som emissionsfaktor. Denna typ av mätning säger ingenting om materialets totala egenemissioner och ingenting om vad som sker om den påverkas av alkalisk fukt. Halten anges nästan alltid ligga under detektionsgränsen för analysmetoden.

Mattor som uppvisar låga halter med Nordtest-metod (ovanpå matta) kan vid analys i kammare (hela materialet) uppvisa 100 gånger högre emissioner då avgången även från mattans baksida provtas. Det är materialet i kontakt med underlaget som är av intresse, då ytan oftast består av ett stabilt lågemitterande PUR-skikt.