

## **SBUF-PROJEKT NR: 11427**



### **Fuktsäkerhet vid limning på lågalkalisk avjämning**

Malmö 2004-10-27

## Förord

Mitt engagemang i det här projektet grundar sig på att det finns ett stort intresse hos alla aktörer inom såväl byggbranschen som skadeutredningsbranschen att få svar på frågor kring fukt, emissioner och mätmetoder för avjämningsmassor.

Visst vore det intressant att få veta om limning idag sker på avjämnning som är otillräckligt uttorkad då leverantörers anvisningar följs och i så fall vilka konsekvenserna blir avseende kemiska emissioner? Det råder även oklarheter kring hur fuktnivån i olika tjocka avjämningsskikt av olika typ skall kontrolleras. Ska den kritiska fuktnivån för limmet gälla som krav för det avjämnade underlaget eller kan matta limmas tidigare på exempelvis självtorkande produkter?

I rollen som skadeutredare har frågeställningarna kring detta ämne blivit allt fler. Rapporten har skrivits i syfte att ge ett antal svar på vägen som förhoppningsvis kan vara till nytta för branschen, så att skador på lim och golvbeläggningar kan undvikas.

NCC Construction AB har varit projektansvarig för detta projekt och haft för avsikt att klargöra vilka fuktkrav som skall ställas vid avjämnning. Dessutom hur kraven på ett tillförlitligt sätt följs upp under byggskedet med hjälp av en checklista.

Projektet har finansierats av SBUF, Svenska Byggbranschens UtvecklingsFond. Till projektet har knutits en referensgrupp för att inhämta synpunkter från olika byggaktörer bestående av:

- Eva Sikander, SP Innemiljö och fuktsäkerhet, Borås
- Anders Sjöberg, LTH, Lund
- Anders Kumlin, AK-konsult, Stockholm
- Ted Rapp, Sveriges Byggindustrier, Stockholm
- Larissa Nielsen, Peab, Stockholm
- Jan Kristensson Chemik Lab, Norrtälje
- Johan Alexandersson, Alexanderssonsgolv, Djursholm
- Anders Hansson, Maxit, Stockholm
- Evripidis Vadarlis, Maxit, Malmö
- Göran Ericsson, TM-Progress, Umeå
- Nils-Erik Carlsson, Casco, Stockholm
- Fredrik Gränne, NCC, Stockholm
- Rickard Henriksson, WSP Environmental, Malmö
- Bengt Axelsson, WSP Environmental, Örebro

Tack för visat engagemang!  
Malmö oktober 2004

Jörgen Grantén  
Projektledare, WSP Environmental

Jan Heyman  
Uppdragsansvarig, NCC

**WSP Environmental**  
Slagthuset  
211 20 Malmö  
Besök: Jörgen Kocksgatan 4  
Tel: 040-699 62 00  
Fax: 040 - 30 14 63  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
www.wspgroup.se

## Innehållsförteckning

|  |           |
|--|-----------|
| <b>FÖRORD</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b> .....                          | <b>3</b>  |
| <b>SAMMANFATTNING</b> .....                                | <b>5</b>  |
| SLUTSATSER.....  | 5         |
| PROJEKTUPPLÄGG .....                                       | 5         |
| RESULTAT FRÅN FUKTMÄTNINGAR .....                          | 6         |
| RESULTAT FRÅN KEMISKA EMISSIONSMÄTNINGAR .....             | 6         |
| CHECKLISTA FÖR FUKTSÄKER AVJÄMNING .....                   | 7         |
| <b>1 PROJEKTETS BAKGRUND</b> .....                         | <b>8</b>  |
| 1.1 PROBLEMBILD .....                                      | 8         |
| 1.2 REFERENSGRUPP .....                                    | 8         |
| 1.3 PROJEKTETS SYFTE.....                                  | 9         |
| 1.4 SYFTE MED CHECKLISTA FÖR FUKTSÄKER AVJÄMNING.....      | 10        |
| 1.5 AVGRÄNSNINGAR .....                                    | 11        |
| <b>2 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNINGAR</b> .....                       | <b>12</b> |
| 2.1 ANVÄNDA PRODUKTER .....                                | 12        |
| 2.2 FÖRSÖK 1: .....  | 13        |
| 2.2.1 <i>Försöksuppställning, försök 1</i> .....           | 13        |
| 2.2.2 <i>Mätningar, försök 1</i> .....                     | 14        |
| 2.3 FÖRSÖK 2: .....  | 14        |
| 2.3.1 <i>Försöksuppställning, försök 2</i> .....           | 15        |
| 2.3.2 <i>Mätningar, försök 2</i> .....                     | 17        |
| <b>3 MÄTMETODER</b> .....                                  | <b>18</b> |
| 3.1 FUKTMÄTNINGAR.....                                     | 18        |
| 3.1.1 <i>Kontinuerlig mätning</i> .....                    | 18        |
| 3.1.2 <i>Uttagna prov</i> .....                            | 18        |
| 3.2 EMISSIONSMÄTNINGAR.....                                | 20        |
| 3.2.1 <i>FLEC-mätning enligt Stansmetoden</i> .....        | 20        |
| 3.2.2 <i>FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden 484</i> ..... | 21        |
| 3.2.3 <i>Ammoniakmätning</i> .....                         | 21        |
| <b>4 MÄTRESULTAT, FÖRSÖK 1</b> .....                       | <b>22</b> |
| 4.1 FUKT, FÖRSÖK 1 .....                                   | 22        |
| 4.2 KEMISKA EMISSIONER, FÖRSÖK 1 .....                     | 25        |
| 4.2.1 <i>FLEC-mätningar efter 6 månader</i> .....          | 25        |
| 4.2.2 <i>FLEC-mätningar efter 12 månader</i> .....         | 28        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>MÄTRESULTAT, FÖRSÖK 2</b> .....   | <b>29</b> |
| 5.1      | FUKT, FÖRSÖK 2.....  | 29        |
| 5.1.1    | <i>Torkklimat</i> .....  | 29        |
| 5.1.2    | <i>Förutsättningar för redovisade uttorkningskurvor</i> .....                    | 30        |
| 5.1.3    | <i>Uttorkningskurvor för tunn normaltorkande avjämning</i> .....                 | 30        |
| 5.1.4    | <i>Uttorkningskurvor för tunn snabbtorkande avjämning</i> .....                  | 31        |
| 5.1.5    | <i>Uttorkningskurvor för 50 mm normaltorkande avjämning</i> .....                | 31        |
| 5.1.6    | <i>Uttorkningskurvor för 50 mm snabbtorkande avjämning</i> .....                 | 32        |
| 5.1.7    | <i>Fuktprofiler</i> .....  | 32        |
| 5.2      | KEMISKA EMISSIONER, FÖRSÖK 2.....  | 35        |
| 5.2.1    | <i>Skadeutveckling</i> .....   | 35        |
| 5.2.2    | <i>FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden efter 26 veckor</i> .....                 | 37        |
| 5.2.3    | <i>FLEC-mätning enligt Stansmetoden efter 26 veckor</i> .....                    | 38        |
| 5.2.4    | <i>Ammoniakhalt</i> .....  | 40        |
| <b>6</b> | <b>UTVÄRDERING OCH SLUTSATSER</b> .....  | <b>41</b> |
| 6.1      | FUKT.....  | 41        |
| 6.1.1    | <i>Fukttillstånd vid matläggning enligt leverantör</i> .....                     | 41        |
| 6.1.2    | <i>Uttorkningstider för snabbtorkande avjämning med olika skiktjocklek</i> ..... | 41        |
| 6.1.3    | <i>Jämförande uttorkningstider för normal- och snabbtorkande produkter</i><br>42 |           |
| 6.1.4    | <i>Fuktprofiler och ekvivalent mätdjup</i> .....                                 | 43        |
| 6.2      | KEMISKA EMISSIONER.....  | 44        |
| 6.2.1    | <i>Försökets referensvärden</i> .....  | 44        |
| 6.2.2    | <i>Erfarenhetsmässiga referensvärden</i> .....                                   | 44        |
| 6.2.3    | <i>Ökade emissioner vid högre fuktpåverkan</i> .....                             | 45        |
| 6.2.4    | <i>Skadeutveckling under 6 månader</i> .....                                     | 45        |
| 6.2.5    | <i>Jämförelse mellan mätmetoder</i> .....  | 45        |
| 6.2.6    | <i>Skillnader mellan olika limtyper och limningsmetoder</i> .....                | 46        |
| <b>7</b> | <b>FORTSATTA UNDERSÖKNINGSBEHOV</b> .....  | <b>48</b> |
| 7.1      | PROVTAGNINGSMETOD FÖR MÄTNING AV RELATIV FUKTIGHET.....                          | 48        |
| 7.2      | BEDÖMNINGSKRITERIER VID SKADEFALL.....   | 48        |
| <b>8</b> | <b>CHECKLISTA FÖR FUKTSÄKER AVJÄMNING</b> .....                                  | <b>50</b> |

**BILAGA 1: UTTORKNINGSKURVOR FRÅN FÖRSÖK 2 (14 SIDOR)**

**BILAGA 2: CHECKLISTA FÖR FUKTSÄKER AVJÄMNING (4 SIDOR)**

## SAMMANFATTNING

### Slutsatser

- Mattläggning sker på avjämning med **höga fukttillstånd**, RF > 95% då avjämningsleverantörens anvisningar följs, speciellt för snabbtorkande produkter.
- Tjocka avjämningsskikt > 20 mm kräver **långa torktider**, 60 – 100 dygn för 50 mm avjämning, för att torka ner till 85% RF i mittskiktet oavsett normal- eller snabbtorkande produkt.
- Emissioner från limskiktet ökar vid högre fuktpåverkan från avjämningen.
- Kraftigt förhöjda emissioner har endast uppmätts då limmet utsatts för mycket höga fukttillstånd, dvs RF > 95%.

### Projektupplägg

Lågalkaliska avjämningsmassor har under de senaste 15 åren radikalt minskat risken för alkalisk nedbrytning av matta och framförallt lim vid fuktpåverkan. Detta har kunnat visas i skadeutredningssammanhang och genom en mängd forskning genom åren.

Produkternas goda kemiska egenskaper har inneburit att tiden för uttorkning av lågalkaliska avjämningsmassor krympts mer och mer till att idag för vissa produkter vara mattläggningsskikt efter 1 dygn i skikt upptill 50 mm.

Projektet syftar till att redovisa uttorkningsförhållanden före och efter mattläggning för fyra olika produkter. Utöver uttorkningstider har projektet även avsett studera vilka kemiska emissioner som golvsystemet med avjämning, lim och matta ger upphov till.

Försök har genomförts genom att avjämningsmassa applicerats i provformar på underlag av HD-polyeten, med avsikten att underlaget inte skall påverka resultaten. Avjämning har lagts i skikt från 10 mm upptill 50 mm tjocklek och belagts med limmad PVC-matta efter olika grad av uttorkning. Fuktigast underlag har utgjorts av de snabbtorkande produkterna som belagts med matta efter 2-3 dygn. Vissa avjämningsmassor har tillåtit torka ner till 85% relativ fuktighet (RF) före mattläggning och några avjämningsmassor har torkats ner under 70% RF för att utgöra referens vid mätning av kemiska emissioner. Vid uttorkning har verifierande prov tagits ut för mätning på djup som motsvarar minst 50% av avjämningsmassans tjocklek.

Fuktmätningens resultat från försöken har åskådliggjorts i diagram som visar uttorkningen i yta, mittskikt och botten som kontinuerligt mätts under 6 månader. Resultaten visar både fuktnivån före och efter mattläggning. Parallellt har fuktprov tagits ut på 5 nivåer för noggrann bestämning inför mattläggning samt efter 3 och 6 månader efter avjämning.

## Resultat från fuktmätningar

- Fukttillståndet i avjämnningen när mattläggning skett efter den tid som anges av tillverkaren för produkten har visat sig vara högt i samtliga fall utom för vissa tunna avjämnningar på 10-20 mm. För tjockare avjämnningar har RF i mittskiktet varit högre än 95% vid mattläggning, vilket gäller för både normaltorkande och snabbtorkande produkter.
- Skillnader mellan fabrikaten har varit stora, framförallt för snabbtorkande produkter. För 50 mm skiktjocklek faller den relativa fuktigheten snabbt i början för att sedan plana ut för det ena fabrikatet, medan RF för det andra fabrikatet ligger kring 100% till en början för att sedan sjunka allt snabbare.
- Fuktprofiler för 50 mm avjämnningar efter 20 respektive 62 dygn uppvisar inga tydliga skillnader mellan normaltorkande och snabbtorkande avjämnningar.
- Snabbtorkande avjämnningar har visat sig torka snabbare ner till 95% RF än normaltorkande vid mätning i mittskiktet, men för fortsatt uttorkning har normaltorkande avjämnning visat sig vara minst lika snabb.
- Snabbtorkande avjämnningar i tjocka skikt motsvarande 50 mm tar lång tid att torka ner till 85% RF. I försöken har det krävts 60 – 100 dygn innan RF sjunkit till 85% RF på nivån 30 – 40 mm.
- Fuktnivån i mittskiktet på nivån 20-30 mm har i flera fall visat sig motsvara ekvivalent mätdjup för en 50 mm avjämnning, dvs den högsta relativa fuktighet mattlimmet utsätts för efter fuktomfördelning. Det förekommer stora skillnader i uttorkning mellan olika produkter, vilket gör att uttagna prov måste tas från mittnivån och neråt för att vara dimensionerande inför mattläggning för alla produkter.

## Resultat från kemiska emissionsmätningar

- Referensvärden som uppmätts på golvsystem med uttorkad avjämnning (under 70% RF) överskrids endast av avjämnningar där limmet utsätts för en fuktighet över 85% RF. Dock representerar resultaten endast mätningar efter en relativt kort period efter mattläggning, dvs 3 – 6 månader.
- Emissioner som överskrider erfarenhetsmässiga gränsvärden för skada har endast uppmätts för lim som utsätts för RF över 95%.
- Mätning med FLEC enligt Stansmetoden där en bit av mattan stansas bort före mätning har visat en tydlig korrelation mellan halten av nedbrytningsprodukter mot vilken fuktnivå limmet utsätts för. Dessutom har mätosäkerheten med metoden ej varit stor vid kontrollmätning av lika förhållanden på olika provformar.
- Mätning med FLEC enligt Nordtestmetoden har inte visat på några förändringar på mätbara emissioner som tar sig genom mattan oavsett vilka fuktförhållanden matta limmats på. Metoden har varit alltför trubbig för att möjliggöra tolkning av förändringar hos limmets kemiska status. Uppmätta halter motsvarar nollprov mot glasskiva även i fallet då mätning gjorts efter 6 månader på matta som limmats på avjämnning med 98% RF.

- Skadeutveckling hos lim som utsatts för hög fuktbelastning, dvs över 95% RF, visar sig genom stegvisa förhöjda halter av 2-etylhexanol och n-butanol månad för månad under mätperioden på 6 månader. Värdena kan därmed även förväntas fortsätta öka framöver.
- Jämförande mätningar på vanligt golvlím och sk ”alkaliresistent lim” visar tydligt att nedbrytningsprodukter ej är mätbara från alkaliresistent lim. Dock ökar totalhalten av emissioner tydligt vid ökad fuktbelastning.

### **Checklista för fuktsäker avjämning**

För att ta tillvara avjämningsleverantörers och entreprenörers erfarenheter och utnyttja de resultat som framkommit av gjorda försök har en checklista utarbetats. Syftet med checklistan är att fungera som ett dokument som tydliggör kommunikationen mellan inblandade parter så att rätt förutsättningar är tydliggjorda för alla inblandade i samband med avjämning.

Checklistan finns som bilaga 2 och innefattar bl a:

- Krav på underlaget
- Krav på kritiska fuktnivåer
- Styrning av torkförutsättningar

Checklistan är även tänkt att fungera som kvalitetsdokument för dokumentation av utförande, mätresultat, provningar och eventuella åtgärder.

## 1 Projektets bakgrund

Kraven på en god inomhusmiljö ökar i takt med att befolkningens känslighet för emissioner och dålig luftkvalitet ökat under de senaste decennierna. Den viktigaste gemensamma nämnaren för byggnader drabbade av SBS (sick building syndrome) sk ”sjuka hus” har visat sig vara fukt och dess påverkan på material. Utifrån inomhusmiljöutredningar och skadefallsutredningar har vi fått erfara under 90-talet och även in på 2000-talet att kemiska emissioner från golv orsakade av alkalisk nedbrytning av mjukgörare i lim och golvbeläggning utgör en risk för inomhusmiljöproblem och kan leda till kostsamma saneringar.

### 1.1 Problembild

Fuktsäkerhet vid limning av golvbeläggningar är en viktig faktor för att skapa en god inomhusmiljö för brukarna. Tillverkarna av dagens normal- och snabbtorkande lågalkaliska avjämningsgaranterar att produkten är mattläggningsbar inom en fukttekniskt sett alltför kort tid. Med ”mattläggningsbar” avses när matta kan limmas utan att ge upphov till vidhäftningsproblem vid mekanisk bearbetning av mattan och inte att fuktnivån är garanterat låg. Enligt limleverantörer är den kritiska fuktnivån 85% relativ fuktighet i underlaget för limning av PVC-matta. Många avjämningsprodukter kräver längre torktider, för att nå ner till denna kritiska fuktnivå, än vad som anges i läggningsanvisningar.

Alltför tidig mattläggning riskerar att ge en negativ påverkan på lim och golvbeläggning. Samtidigt som vi som skadeutredare noterat att när matta limmas på fuktiga underlag har frekvensen av skadefall på lågalkalisk avjämnings varit låg.

- Elimineras en lågalkalisk avjämningsrisken för nedbrytning helt?
- Hur höga halter uppstår vid hög fuktbelastning?
- Tar det lång tid för en skada att utvecklas?

Oron inför hälsokonsekvenser och otydliga fuktkrav för entreprenörer initierade detta projekt. Glädjande nog har frågeställningen rönt stort intresse hos branschens alla aktörer, såväl inom forskning som hos tillverkare, golventreprenörer och konsulter.

### 1.2 Referensgrupp

Till projektet har en referensgrupp knutits för att tillföra de kunskaper och erfarenheter som finns inom branschen. Problemställningen har presenterats och synpunkter på ansökan har inkommit. Ett startmöte i december 2003 och ett avslutningsmöte i oktober 2004 har hållits för att fånga och summera frågor och synpunkter under projektets gång.



Referensgruppen har bestått av:

- Eva Sikander, SP Innemiljö och fuktsäkerhet, Borås
- Anders Sjöberg, LTH, Lund
- Anders Kumlin, AK-konsult, Stockholm
- Ted Rapp, Sveriges Byggindustrier, Stockholm
- Larissa Nielsen, Peab, Stockholm
- Jan Kristensson Chemik Lab, Norrtälje
- Johan Alexandersson, Alexanderssonsgolv, Djursholm
- Anders Hansson, Maxit, Stockholm
- Evripidis Vadarlis, Maxit, Malmö
- Göran Ericsson, TM-Progress, Umeå
- Nils-Erik Carlsson, Casco, Stockholm
- Fredrik Gränne, NCC, Stockholm
- Rickard Henriksson, WSP Environmental, Malmö
- Bengt Axelsson, WSP Environmental, Örebro

Utöver referensgruppen har ett informationsutbyte skett mellan projektet och Golvbranschens Riksorganisation genom Karvel Andersen som är sekreterare i GAGG-gruppen. Gruppen behandlar dessa frågeställningar utifrån leverantörers perspektiv och har representanter från 6 st leverantörer av avjämningsmassor:

- Maxit
- TM-progress
- Finja betong
- Bostik
- Kiilto
- Akzo Nobel

Representanter från Maxit och TM-progress återfinns även i referensgruppen.

En utökad omfattning av försöksuppställningar och ett antal extra analyser har finansierats av lika delar från Maxit respektive TM-Progress.

### 1.3 Projektets syfte

Projektets huvudsyften har varit:

1. **Fukt: Visa jämförbara exempel på uttorkning av lågalkalisk avjämnning beroende på tjocklek, typ (snabb- eller normaltorkande) och fabrikat.** Detta genom att följa olika typer av avjämningsmassors uttorkning både ur tidsaspekt och i profil, dvs fuktfördelningen över tvärsnittet. Stämmer de med leverantörens rekommendationer?
2. **Kemi: Visa om förhöjda kemiska emissioner från limskikt uppstår på lågalkalisk avjämnning vid olika fuktnivåer i underlaget.** Mätningar görs med FLEC (Field and Laboratorie Emission Cell) på samma sätt som görs vid bedömning av emissioner från golv i skadeutredningssammanhang, med sk Stansmetod. Mätning utförs parallellt med FLEC enligt Nordtest-metoden 484 för fältmätning.

Mer specificerade frågor som också skall besvaras:

#### Uttorkning

1. Hur lång tid tar det att torka avjämningsmassan ner till kritisk fuktnivå på 85% RF för 10, 20, 30, 40 och 50 mm tjocklek?
2. Hur ser fuktprofilen ut i en 50 mm avjämningsmassa av snabbtorkande respektive normaltorkande lågalkalisk avjämningsmassa på distansmatta av HD-polyeten?
3. På vilket mätdjup och med vilken metod skall fuktmetning ske?
4. Vilket fukttillstånd har avjämningsmassan vid mattläggning enligt leverantörens anvisningar för snabb- respektive normaltorkande avjämningsmassa?

#### Kemiska emissioner

5. Vilken kemisk avgivning erhålls efter mattläggning då leverantörens anvisningar följs?
6. Vilken kemisk avgivning erhålls efter mattläggning på avjämningsmassa uttorkad ner till kritisk nivå för lim på 85% RF, respektive ner till under 70% RF?
7. Hur korrelerar FLEC-mätning enligt Stansmetod som används i skadefall med mätning enligt Nordtestmetoden ovanpå mattan?

#### Val av produkt

8. Finns det skillnader i emissioner mellan användning av normalt golvlim och alkaliresistent lim då detta är ett sätt att ytterligare minska emissionerna?
9. Finns det skillnader i emissions- och uttorkningsegenskaper mellan läggning på snabbtorkande avjämningsmassa respektive normaltorkande?
10. Är skillnaderna, hos mätresultaten avseende fukt och emissioner, mellan liknande produkter från två olika fabriker betydande?

### **1.4 Syfte med checklista för fuktsäker avjämningsmassa**

Utöver svar på ovanstående frågor, fanns det önskemål om att ta fram en checklista till branschens aktörer.

Checklistan skall fungera som styrmedel för fuktsäkra lösningar vid läggning av avjämningsmassa utifrån de erfarenheter som utvunnits från detta projekt. Checklistan är tänkt att användas av byggbranschens aktörer, främst entreprenörer och konsulter som hanterar fuktfrågor.

Checklistan för fuktsäker avjämnning innefattar de faktorer som måste vara kända i byggprocessen inför avjämnning, såsom:

- Underlagets förutsättningar avseende fukt, hållfasthet, föroreningar etc som styr avjämningsförfarandet.
- Faktorer som styr valet av lämplig avjämningsprodukt.
- Krav på erforderligt torkklimat och tider för uttorkning.
- Riskmoment i byggprocessen som innebär ökad risk för fuktskador.
- Fuktkrav som skall gälla för applicering av olika golvbeläggningar (kritisk RF).
- Behov av mätningar, provningar för att säkerställa en fuktsäker avjämnning.

Checklistan avser inte att numeriskt precisera vilka gränsvärden som skall gälla för samtliga typer av underlag och torkklimat, utan syftar till att utgöra en checklista för de risker som måste beaktas för att uppnå ett medvetet och fuktsäkert lägningsförfarande.

## 1.5 Avgränsningar

Endast två avjämningsprodukter av två olika fabrikat har studerats. Dessa har inte jämförts avseende materialinnehåll. Produkternas tekniska egenskaper avseende diffusion och kapillaritet har inte undersökts. Ej heller upprättande av jämviktsfuktkurvor, dvs förhållandet mellan fukthalten och den relativa fuktigheten i materialet, har kontrollerats då dessa undersökningar genomförs parallellt av Anders Anderberg på LTH.

Alla försök har utförts på underlag av HD-polyeten, vilket innebär ett tätt underlag som inte påverkar avjämningsens fuktinnehåll eller kemiska sammansättning. Detta fall som utgör ”grundfallet” visar på avjämningsens egenskaper och betydelse för lim och golvbeläggning. Inga undersökningar har gjorts på andra underlag. Komplexiteten blir stor när olika underlag skall undersökas parallellt, vilket dock är något som måste undersökas vidare.

Mätning av kemiska emissioner har gjorts 3-6 månader efter mattläggning, vilket är en relativt kort tid i förhållande till materialens avklingning av egenemissioner och tiden för att en skada skall utvecklas. Tidplanen för uppdraget har inte möjliggjort senare mättillfällen. Alla provformar finns dock kvar och kommer förhoppningsvis att mätas av efter 1-2 år, beroende av intresse och ekonomiskt stöd.

Inom projektet har studerats uppkomsten av emissioner under golvbeläggningen vid olika fukt- och materialförhållanden. Därmed kan inga slutsatser dras av vilka konsekvenser detta får för inomhusmiljön och som eventuell hälsopåverkan.

## 2 Försöksuppställningar

Två separata försök har gjorts som beskrivs nedan. Försök 1 genomfördes under hösten 2003 på en snabbtorkande produkt. Resultaten och vunna erfarenheter från försök 1 låg till grund för det mer omfattande försök 2 som innefattade 4 olika avjämningsprodukter och genomfördes under våren 2004. Försöken har gjorts i WSP:s källarlokalerna i Malmö med ett relativt stabilt rumsklimat. Torkklimatet har under försöksperioderna (speciellt vinterhalvåret) varit bättre än det normalt är ute på byggarbetsplatser. Temperaturen har varit ca 20°C och den relativa fuktigheten 20-40%, vilket redovisas under mätresultat nedan.

### 2.1 Använda produkter

Avjämningsmassor:

Maxit

Snabbtorkande avjämnning: ABS 317

Normaltorkande avjämnning: ABS 312

TM-Progress

Snabbtorkande avjämnning: TM Rotavjämnning K

Normaltorkande avjämnning: TM Express K

Lim: Casco Proff 3448 (Använd limmängd ca 4 m<sup>2</sup>/l)  
Del av försök 1 Casco Proff Solid 3480 (alkaliresistent lim)

Matta: Tarkett Eminent 2,0 mm, homogen PVC-matta

Underlag: Mataki Tenovent (fuktskyddsmatta för ventilerat golv)

Tätningar: Mataki Byggtejp

(Optiroc bytte namn under våren 2004 till Maxit.)

Formarna har tillverkats av träramar som skruvats på en plywoodskiva. I denna har en HD-polyetenmatta lagts, sk distansmatta med noppror. Skiktjockleken på avjämnning påverkas av att även nopprorna fylls ovanifrån. Dessa har ej medräknats när avjämnningens tjocklek anges. Kanterna mot formen har försetts med en ca 1,5 mm tjock byggtejp av aluminiumbelagd butylprodukt, sk Mataki Byggtejp. Efter mattläggning har även mattkanten tätats mot formen med byggtejp för att förhindra uttorkning och avgång av eventuella emissioner denna väg.

Avjämnningen har beställts av avjämningsleverantör som ansvarat för utläggning i förtillverkade formar. Avjämnningen har därmed blandats för hand på plats av erfaren och certifierad personal.

Matta och golvlim som använts har inhandlats från Golv & Kakel i Malmö och hämtats direkt från lager. Den yttre och inre metern matta har inte använts, ej heller matta 0,5 m in från mattkant på rullen i syfte att minska risken för yttre påverkan.

Lim har doserats med mätspruta och jämnats ut med tandad limspackel. Mattan har lagts ca 2 min efter limning, sk våtlimning, och tryckts till med en utbredd last av ca 100 kg/m<sup>2</sup> under 1 dygn för att förhindra att luftskikt uppstår under golvbeläggningen. Därefter har lasten tagits bort och mattkanten försetts med byggtejp.

## 2.2 Försök 1:

Under hösten 2003 gjordes en förstudie av Maxit snabbtorkande avjämning ABS 317. Följande skulle utföras:

- Följa uttorkningsförloppet för olika skiktjocklekar.
- Kontrollera den kemiska avgivningen efter att matta limmats vid olika fuktillstånd.
- Jämföra den kemiska avgivningen från två olika limtyper, dels vanligt golvlím (Casco Proff), dels alkaliresistent lim (Casco Proff Solid).
- Jämföra resultaten av mätning enligt Nordtest-metoden med mätning enligt Stansmetoden, dvs efter att matta stansats upp (se mätmetoder nedan).
- Kontrollera förändringen av kemiska avgivningen ca 1 år efter mattlimning.

### 2.2.1 Försöksuppställning, försök 1



*Bild: Försök 1 bestod av 4 st fack med dimension 0,5 \* 1,0 m.*

Facken avjämnades med 20, 30, 40 mm skiktjocklek och ytterligare ett med 30 mm avjämning för tidig mattläggning. Två typer av lim har använts i varje fack; CascoProff och CascoProff Solid (alkaliresistent).

PVC-matta lades vid olika fuktnivå i underlaget:

- 20 mm avjämning torkades till ca 70%RF (mätdjup 10-20 mm).
- 30 mm avjämning till ca 85% RF (mätdjup 20-30 mm).
- 40 mm avjämning till ca 90% RF (mätdjup 30-40 mm).
- På den andra 30 mm avjämningen lades matta enligt leverantörens anvisningar efter 3 dygn då avjämningen hölls över 95% RF (mätdjup 20-30 mm).

Två lim användes genom att halva ytan per fack limmades med Casco Proff 3448 och den andra halvan samtidigt med Casco Proff Solid alkaliresistent lim.

### 2.2.2 Mätningar, försök 1

Följande mätningar utfördes:

- Loggning av torkklimat i lokalen.
- Loggning var 10:e minut av den relativa fuktigheten i bottenskiktet 0-10 mm ovan HD-polyetenmattan i ingjutna mätrör med Vaisala HMP 44-givare.
- Uttag av prov i skikt om 10 mm för bestämning av den relativa fuktigheten som en fuktprofil inför mattläggning, efter 1 månad och 6 månader efter mattläggning.
- Kemiska emissioner har mätts samtidigt, dvs 4-6 månader efter mattläggning med FLEC-mätning enligt dels Nordtest-metoden, dels Stansmetoden (se mätmetoder, kapitel 3).

### 2.3 Försök 2:

Under våren 2004 utökades omfattningen av provformar i syfte att göra jämförande studier av fyra olika avjämnings uttorknings- och emissionsegenskaper. Följande skulle undersökas:

- Kontrollera uttorkningsprofilen i en 50 mm tjock avjämning.
- Jämföra uttorkningsprofilen för normal- respektive snabbtorkande avjämning.
- Utvärdera provtagningsmetod för RF-mätning på uttagna prov.
- Jämföra den kemiska avgivningen från olika golvavjämnings efter mattläggning vid olika fuktillstånd.
- Följa förändringen av den kemiska avgivningen under 6 månader efter mattläggning på fuktigt underlag.
- Kontrollera skillnaden av kemisk avgivning för dels limning med halva limmängden, dels efter 30 min torktid före mattläggning sk häftlimning.
- Kontrollera eventuell förekomst av ammoniak under golvbeläggning.
- Kontrollera mätmetodernas möjligheter för utvärdering av kemisk avgivning vid skada för Nordtest- respektive Stansmetod.

### 2.3.1 Försöksuppställning, försök 2

Formar har avjämnats med tunn avjämnning ca 10-20 mm respektive 50 mm avjämnning. De tunna avjämnningarna kallas i redovisningen för "10 mm avjämnning" trots att skikt-tjockleken varierat. De tunna avjämnningarna syftar till att ge en mer jämn fuktbelastning på limmet, eftersom fuktomfördelningen antogs ske relativt kort tid efter limning. De tjockare avjämnningarna syftar till att kontrollera uttorkningsprofilen och förändring av denna efter läggning av golvbeläggning.



*Bild: Totalt 26 st formar med dimension 0,5 \*0,5 m avjämnades.*

De olika typerna avjämnning har belagts med limmad PVC-matta vid olika uttorkningsgrad:

1. Enligt leverantörens anvisning (dvs tidig mattläggning), vilket har inneburit:
  - Efter 3 dygn för snabbavjämnning, fabrikat 1.
  - Efter 2 dygn för snabbavjämnning, fabrikat 2.
  - Efter 1 vecka för 10 mm avjämnning för båda normaltorkande avjämningsmassorna.
  - Efter 5 veckor för 50 mm avjämnning för båda normaltorkande avjämningsmassorna.
2. Efter uttorkning till 85% RF på uttaget prov under mittnivån, vilket innebar 30-40 mm mätdjup för 50 mm avjämnning och prov från undre hälften av tunnare avjämnningar.
3. Efter uttorkning till under 70% RF i underkant avjämnningar, dvs uttorkat underlag.

Vald gräns för limning vid 85% RF görs för att följa limtillverkarnas rekommendationer, avseende kritisk fuktnivå för limmet. Endast Casco Proff 3448 har använts vid försök 2, eftersom Casco Proff Solid vid försök 1 inte avgav några förhöjda halter av nedbrytningsprodukter.

Två försöksformor har även gjorts i syfte att kontrollera påverkan av liten limmängd (halva limmängden) respektive lång torktid (ca 30 min) före matläggning, sk häftlimning. Dessa har utförts på tunna avjämningsprodukter som torkats till 85% RF.

Totalt har 26 st formor med dimension 0,5 \*0,5 m avjämnats. Provformarna har bestått av följande avjämningsprodukter, skiktjocklekar och uttorkningsgrad före matläggning:

| Fabrikat                                   | Tjocklek | Typ av produkt | Uttorkningsgrad |
|--|----------|----------------|-----------------|
| Fabrikat 1:                                | 14 mm    | Normaltorkande | Enl leverantör  |
| ”  | 13 mm    | ”              | 85 % RF         |
| ”  | 14 mm    | ”              | < 70 % RF       |
| ”  | 12 mm    | Snabbtorkande  | Enl leverantör  |
| ”  | 12 mm    | ”              | 85 % RF         |
| ”  | 12 mm    | ”              | < 70 % RF       |
| ”  | 50 mm    | Normaltorkande | Enl leverantör  |
| ”  | ”        | ”              | 85 % RF         |
| ”  | ”        | Snabbtorkande  | Enl leverantör  |
| ” (reserv)                                 | ”        | ”              | ”               |
| ” (reserv)                                 | ”        | ”              | ”               |
| ”  | ”        | ”              | 85 % RF         |
| Fabrikat 2:                                | 16 mm    | Normaltorkande | Enl leverantör  |
| ”  | 18 mm    | ”              | 85 % RF         |
| ”  | 18 mm    | ”              | < 70 % RF       |
| ”  | 17 mm    | Snabbtorkande  | Enl leverantör  |
| ”  | 16 mm    | ”              | 85 % RF         |
| ”  | 18 mm    | ”              | < 70 % RF       |
| ”  | 50 mm    | Normaltorkande | Enl leverantör  |
| ”  | ”        | ”              | 85 % RF         |
| ”  | ”        | Snabbtorkande  | Enl leverantör  |
| ” (reserv)                                 | ”        | ”              | ”               |
| ” (reserv)                                 | ”        | ”              | ”               |
| ”  | ”        | ”              | 85 % RF         |
| Fabrikat 1:<br>Halv limmängd               | 13 mm    | ”              | 85% RF          |
| Fabrikat 1:<br>Häftlimning efter<br>30 min | 16 mm    | ”              | 85% RF          |

Tabell: Förekommande provformor i försök 2.

Vid redovisning av mätresultat anges endast om det är fabrikat 1 eller 2 och inte om det är Maxit eller TM-progress produkter.



### 2.3.2 Mätningar, försök 2

Följande mätningar gjordes:

- Loggning av torkklimat i lokalen.
- Loggning (avläsning en gång per vecka) av den relativa fuktigheten i 6 st 50 mm avjämningslager på tre nivåer (0-10 mm, 20-30 mm, 40-50 mm) i ingjutna mätrör med Vaisala HMP 44-givare. Loggning har därmed ej skett i 50 mm normaltorkande avjämningslager som belades med matta efter 5 veckor enligt avjämningsleverantörens anvisningar.
- Uttag av fuktprov i skikt om 10 mm för bestämning av RF inför mattläggning samt efter ca 3 respektive 6 månader.
- Kemiska emissioner har mätts samtidigt, dvs 3-6 månader efter mattläggning med FLEC-mätning enligt dels Nordtest-metoden, dels Stansmetod (se mätmetoder).
- Kemiska emissioner har mätts vid 5 olika tillfällen på två snabbavjämningslager som belades med matta efter 2 respektive 3 dygn för att följa förändringar av emissioner. Mätningarna i dessa fall gjordes enligt Stansmetod.
- Mätning av ammoniak under golvbeläggning gjordes i samband med FLEC-mätning under slutomgången 3-6 månader efter mattläggning.

### 3 Mätmetoder

Alla mätningar har utförts med mätmetoder som normalt används i fält av WSP vid utredning av verkliga skadefall. Metoderna har använts under minst 10 år och det finns därmed erfarenhetsbaserade gränsvärden och referenser för vad som bedöms vara normala respektive onormala tillstånd. Utvärderingen av risken för att en onormal alkalisk nedbrytning skett i golvkonstruktionen görs då av den sammansatta konstruktionen. Resultaten från denna undersökning ger därmed även ett underlag för bedömning av hur väl mätmetoderna fungerar för utvärdering av en skada.

#### 3.1 Fuktmätningar

Fuktmätningar har utförts med stöd av RBK-auktoriserad fuktkontrollant. Eftersom instruktioner av RBK saknas för fuktmätning i avjämningsmassa har provtagning utförts enligt metoder beskrivna nedan.

Alla fuktmätningar har utförts med Vaisala HMP 44. Problem med drift hos dessa prober är kända sedan tidigare. För prober som suttit i ingjutna mätrör i avjämningsmassan och utsatts för höga fukttillstånd och kemikalier från limskiktet har driften varit tydlig. För prober som använts för uttagna prov har denna drift varit försumbar.

Mätosäkerheten har ej beräknats och således har mätresultaten ej korrigerats med hänsyn till mätosäkerhet.

##### 3.1.1 Kontinuerlig mätning

Mätvärdena syftar till att indikativt visa uttorkningshastigheten på olika nivåer.

Mätrör för Vaisala borrhålmätning har gjutits in i avjämningsmassan på olika mätdjup. Mätrören har pluggats i botten med en propp som dragits ut efter ca 1 dygn. Efter ca 1 vecka har Vaisala-prober HMP 44 placerats i mätröret med Vaisala tätplugg.

Prober för kontinuerliga mätningar har suttit i avjämningsmassan under hela perioden, ett halvår för både försök 1 och 2. Detta har inneburit att dessa mätvärden inte kunnat korrigeras för den drift på ca 1-5% som skett under mätperioden. Proberna har kalibrerats före respektive efter mätperioden i fyra salter som i sin tur kontrollerats mot spårbart kalibrerade givare.

##### 3.1.2 Uttagna prov

Prober som använts för mätning på uttagna prov har genomgått en spårbar kalibrering av SP, Borås, inför försöken. Proberna har kontrollerats regelbundet (varje månad) i salt. Avvikelsen har vid dessa kontroller varit mindre än  $\pm 1\%$  RF.

Hammarborrkrona har inte använts, eftersom försök visat att olika avjämningsprodukter har olika hårdhet och hållfasthet. Vid försök med hammarborrkrona bet ej borrarngen i en av produkterna medan en annan produkt smulades i småbitar (pulveriserades).

Prov har tagits ut genom att borrhål gjorts med 8 mm borrhål i en ring med diameter ca 10 cm till rätt provtagningsnivå. Därefter har prov bitats ut med 10 mm skiktjocklek och lagts i ett ca 15 cm provrör som fyllts med hela bitar. När prover tas ut kontrollmäts nivån noga så att en yta erhålls på varje nivå för att inte riskera att provmaterial från fel nivå kommer med i provet. Provhålet dammsugs noga efter varje provtagningsnivå. Nedan visas uttag av prov steg för steg.



*Bild 1: Borrning i ring*



*Bild 2: Hålen bilas till en cirkel*



*Bild 3: Provbitar bilas loss*



*Bild 4: Ytan jämnas av och dammsugs*



*Bild 5: Yta på lägre nivå*



*Bild 6: Färdig provtagning*

Vid utbildning plockas provbitar för att representera hela provdjupsintervallet, så att inte mer material riskerar tas från ytan än från botten.

För att inte hydrationsprocessen i avjämningen skall hinna förändra den relativa fuktigheten under avläsningen har proverna inte konditionerats i 3 dygn före mätning (som RBK föreskriver för betongprover). Givare har monterats ca 1 timme efter provtagning och lästs av efter 1 dygn. Nya prover har sedan monterats så att avläsning av fyra prover gjorts varje dygn.

Avläsning har skett med fyra spårbart kalibrerade givare (Vaisala HMP 44) i temperaturstabil klimat  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  under mätperioden. Mätförloppet loggades var 10:e minut så att mätresultaten kunde följas i diagramform. Kurvan stabiliserades inom ett halvt dygn och avlästes efter 1 dygn, vilket valdes som representativt värde. Stickprovsmässigt har

prov låtits vara kvar under längre mätperiod på 3 – 7 dygn. Slutvärdet har som mest sänkts ca 1% för snabbtorkande produkt vid dessa kontroller.

I tunna avjämnningar som är 12 – 18 mm har prov tagits ut över och under mittnivån. Det undre provet har redovisats.

## 3.2 Emissionsmätningar

Inom WSP Environmental har avdelningen för Byggnadsfysik i Malmö länge arbetat med utredningar av hälsorisker i inomhusmiljön. Metoder har utprovats för att på bästa sätt utvärdera om skador av nedbrytningskaraktär förekommer i golvkonstruktionen.

Sambandet mellan hälsobesvär och uppmätta halter från golv är inte klarlagt och beror på vilka ingående golvmaterial som påverkats. En kemisk skada i golvkonstruktionen orsakad av alkalisk nedbrytning av lim och matta har dock i många fall kunnat visas påverka hälsan då besvären reducerats eller helt uteblivit efter att golvkonstruktionen avskärmats med ett undertrycksventilerat golv. Halterna av 2-etylhexanol och n-butanol har i dessa fall varit onormalt höga och dominerat avgången av VOC.

Emissionsmätning kan utföras på ovansida matta med en sk FLEC-mätning (FLEC = Field and Laboratorie Emission Cell) enligt Nordtest-metoden 484 för fält. Storleken på ämnenas halter som tränger genom mattan beror då till stor del av golvbeläggningens täthet och ytans beskaffenhet. Mätmetodens osäkerheter vid provtagning och analys är stor i förhållande till de mycket låga halter som mäts, vilket gör resultatet osäkert.

På WSP har metoden kompletterats, för att tydliggöra vad som sker i limskiktet under mattan, genom att en bestämd bit av mattan avlägsnas direkt före mätning så att lim och underlagets överyta exponeras mot mätcellen. Mätning utförs därefter i stort sett enligt Nordtest-metoden, med den skillnaden att tiden före provtagning då FLEC-cellen rensköljs kortats. Med denna metod kan jämförande mätningar utföras och en eventuell skada under mattan värderas utan hänsyn till golvbeläggningens egenskaper. I denna undersökning har mätningar även gjorts på underlag som varit helt uttorkade, dvs under 70% relativ fuktighet, för att utgöra referens för en icke fuktskadad limmad golvbeläggning.

Dessa erfarenheter från FLEC-mätningar i fält inom WSP har gett kännedom om hur mätning kan utföras för att ge möjlighet till att lokalisera konstruktioner där nedbrytning pågår. Mätning enligt Nordtest-metoden (beskriven under rubrik 3.2.2 nedan) syftar till att påvisa om emissionerna under matta är mätbara på ovansida matta, men är en trubbig metod för att användas till utvärdering av vad som skett under golvbeläggningen.

### 3.2.1 FLEC-mätning enligt Stansmetoden

Mattan stansas upp med en 25 mm rund stans och mattbiten avlägsnas. FLEC-cellen placeras över ytan med det uppstansade hålet mitt under cellen, inom 5 sekunder. FLEC-cellen tillförs renad luft via ett kolrör och en tenax-adsorbent under 10 minuter. Därefter tas ett prov av utgående luft från FLEC-cellen under 10 minuter. Renad luft pumpas in i FLEC-cellen med 150 ml/min och utgående luft suges ut med 100 ml/min under hela provtagningsperioden. På detta sätt erhålls ett övertryck i cellen som för-

hindrar rumsluft att läcka in. Övertrycket kontrolleras under mätningen genom att flödet av utläckande överluft kontrollmätts.

Tenaxadsorbenten har sänts för gaskromatografisk analys med masspektrometer som utförts av Chemik Lab i Norrtälje. Vid utvärdering av resultaten finns referensvärden från mätningar utförda såväl från skadefall som från normala konstruktioner. Det mest väsentliga för utvärdering av utförda prover i försöken är att de relativt går att jämföra. Den repetitiva metoden kan på så vis tydligt indikera hur totalhalter och nedbrytningsprodukterna 2-etylhexanol och n-butanol varierar för olika produkter och vid läggning på olika fuktiga underlag.



*Foto på uppställning vid FLEC-mätning enligt Stansmetod.*

### 3.2.2 FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden 484

Mätningar har gjorts enligt Nordtest-metod 484 i jämförande syfte och således inte på samtliga provformer. Mätningen har följt standarden med undantag av att tillfört flöde till FLEC-cellen höjts från 100 ml/min till 150 ml/min och provningsflödet från 80 ml/min till 100 ml/min. Dessa förändringar skall dock inte påverka utvärderingen av resultaten.

### 3.2.3 Ammoniäkmätning

Under slutmätningssomgången har ammoniakhalten mätts under golvbeläggning på samtliga provformer. Mätningen har gjorts genom att ett direktvisande reagensrör stuckits in 10 cm under golvbeläggningen varefter 100 ml luft provtagits. Mätningen är att betrakta som en indikering av ammoniakförekomst och används i skadeutredningssammanhang.

## 4 Mätresultat, Försök 1

Nedan redovisas resultat från försök 1 med korta kommentarer. Vidare utvärdering av resultaten görs efter resultatredovisningen under rubrik ”6 Utvärdering och slutsatser”.

### 4.1 Fukt, försök 1

Försök 1 avjämndes den 29 april 2003. Den relativa fuktigheten i underkant avjämning loggades från 3 dygn efter avjämning till och med den 1 oktober 2003, dvs under ca 5 månader. Mätning har skett med givare i mätrör placerade i botten av avjämningen. Loggning har skett var 10:e minut och redovisats som mätdiagram.

Matta limmades på avjämningarna då de torkat till en viss fuktnivå. Uttorkningskurvan påverkas därmed av att matta applicerats.

Matta limmades enligt följande:

- Fack 1: 20 mm avjämning limmades efter 13 dagar vid ca 85 % RF i underkant.
- Fack 2: 30 mm avjämning limmades efter 42 dagar vid ca 83 % RF i underkant.
- Fack 3: 40 mm avjämning limmades efter 22 dagar vid ca 92 % RF i underkant.
- Fack 4: 30 mm avjämning limmades efter 3 dygn enligt avjämningsleverantörens anvisningar vid ca 98% RF i underkant.

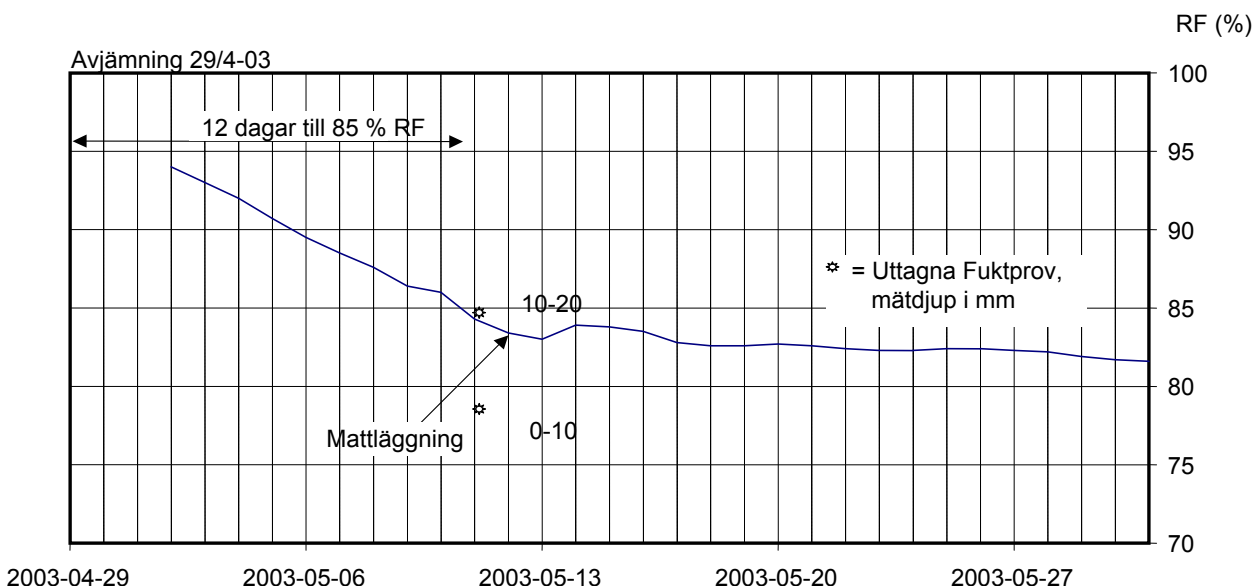


Diagram: Fack 1, uttorkningskurva för 20 mm avjämning.

Av diagrammet ovan framgår att loggningen stämmer relativt väl överens med uttaget prov vid 85% RF. Torktid för limning vid 85% RF i underlaget är 12 dagar, dvs ca 1 veckas torktid per 10 mm avjämning. Detta stämmer dock inte då avjämnings tjocklek ökar till 30 och 40 mm enligt nedan.

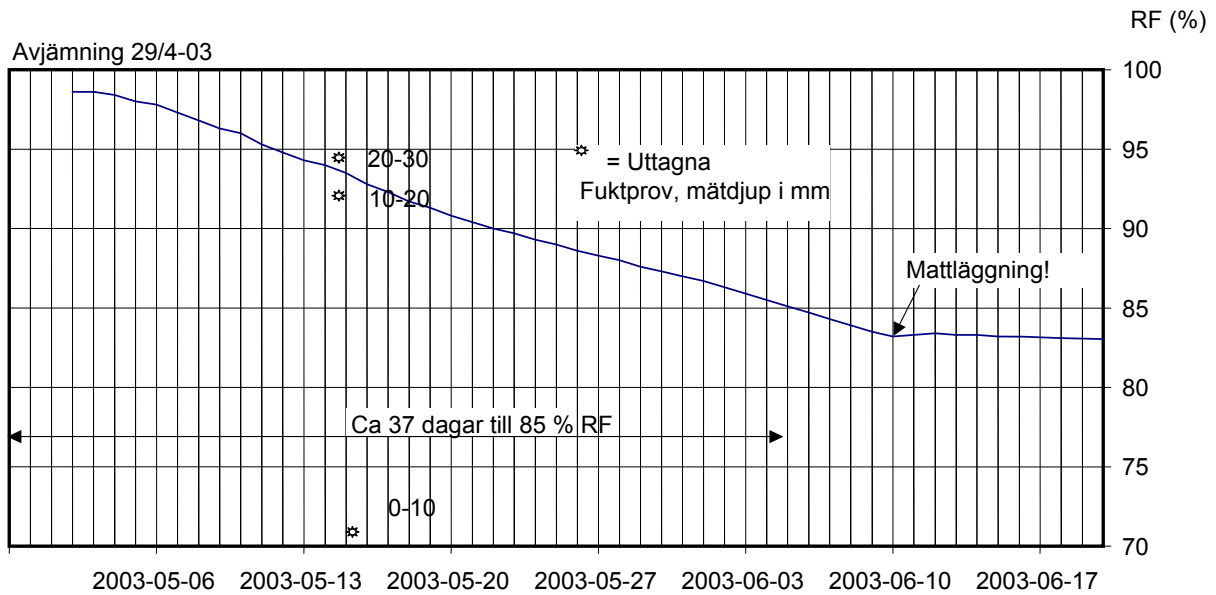


Diagram: Fack 2, uttorkningskurva för 30 mm avjämning.

För 30 mm tog det 37 dygn för att nå ner till 85% RF i underkant avjämning. För denna tar det således 1 dygn per mm + 1 vecka. Kurvan avtar relativt linjärt och tenderar inte att plana ut före mattläggning vid 85% RF.

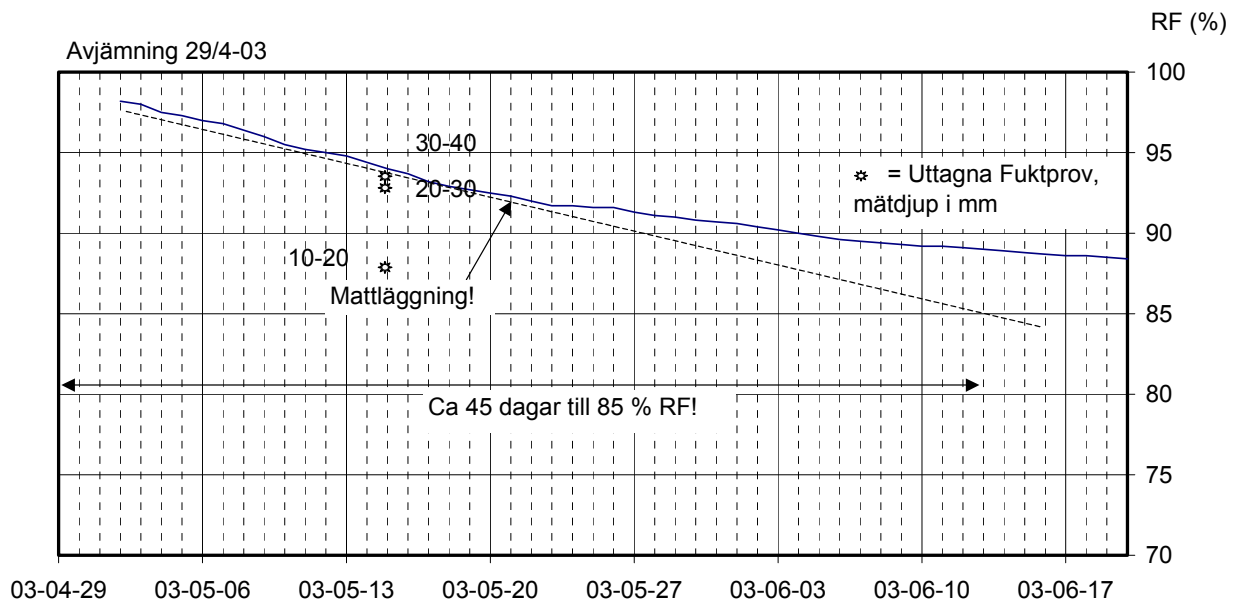


Diagram: Fack 3, uttorkningskurva för 40 mm avjämning.

Matta limmades relativt tidigt på 40 mm avjämningen för att studera skillnaden avseende vilka kemiska emissioner som bildas då uttorkning sker till 90% RF jämfört med 30 mm avjämningen som tilläts torka till 85% RF. I underkant var RF ca 93% efter 16 dygn, matta limmades efter 22 dygn då RF var ca 92% RF i underkant. Om det

antas att uttorkningen fortsätter avta linjärt kan den uppskattas att nå 85 % RF efter ca 45 dygn, vilket stämmer med en tumregel, även för 30 mm avjämning, på 1 mm per dygn + 1 veckas torktid.

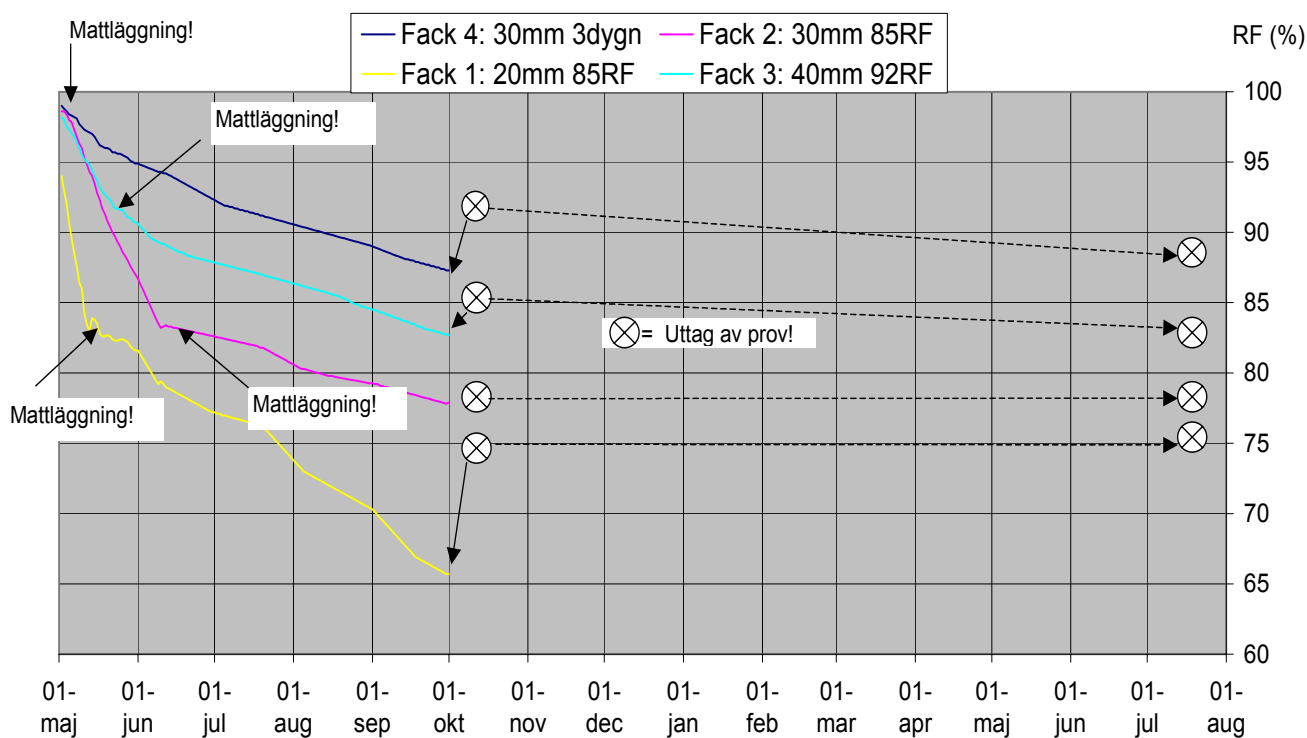


Diagram: Uttorkningskurvor för alla fyra avjämnade fack.

#### Kommentar till uttag av prov

Uttag av prov gjordes som fuktprofiler i skikt om 10 mm. Fuktomfördelningen var relativt klar, vilket innebär att redovisade värden från underkant stämmer väl med den RF som råder i ytan och som limmet utsätts för.

#### Kommentar till 30 mm med mattläggning efter 3 dygn

Den översta kurvan visar hur RF avtar i avjämnings underkant då matta limmades redan efter 3 dygn. Uttagna prov stämmer inte riktigt med loggade värden. Uttagna prov är ett säkrare mätförfarande och har gjorts dels efter 5 månader i samband med mätning av kemiska emissioner, dels efter 15 månader. Det dröjde ca 1 år innan RF sjunkit till ca 90 % och efter 15 månader uppmättes RF till 88%. Skillnaden mellan loggade värden och uttaget prov är i detta fall ca 3 %-enheter pga drift hos proben, där uttaget prov skall betraktas som det riktiga.

#### Kommentar till 20 mm 85 % RF

Orsaken till att denna kurva fortsätter att sjunka mer än vad de uttagna proven visar beror sannolikt på otätheter kring mätröret som konstaterades redan under juli månad. De uttagna proverna skall även här betraktas som de riktiga.



## 4.2 Kemiska emissioner, försök 1

### 4.2.1 FLEC-mätningar efter 6 månader

6 månader efter avjämning gjordes mätningar av kemiska emissioner på de limmade golvytorna. För varje fack gjordes mätning dels på ytor med olika lim, dels med olika mätmetoder. Totalt gjordes därmed 8 st mätningar enligt Nordtest-metoden och 8 st enligt Stansmetoden. Fuktprov som togs samtidigt redovisas tillsammans med emissionsmätningensresultaten i tabeller nedan.

| TVOC-halter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Casco Proff lim |                           |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% | Fack 2: 30 mm<br>RF = 78% | Fack 3: 40 mm<br>RF = 85% | Fack 4: 30 mm<br>RF = 92% |
| Nordtest-metod  | 123                       | 89                        | 104                       | 71                        |
| Stansmetod  | 444                       | 548                       | 658                       | 845                       |

| TVOC-halter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Casco Proff Solid (alkaliresistent) |                           |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% | Fack 2: 30 mm<br>RF = 78% | Fack 3: 40 mm<br>RF = 85% | Fack 4: 30 mm<br>RF = 92% |
| Nordtest-metod  | 54                        | 54                        | 42                        | Mätfel                    |
| Stansmetod  | 214                       | 382                       | 408                       | Mätfel                    |

Tabell: Uppmätta Total-halter VOC i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

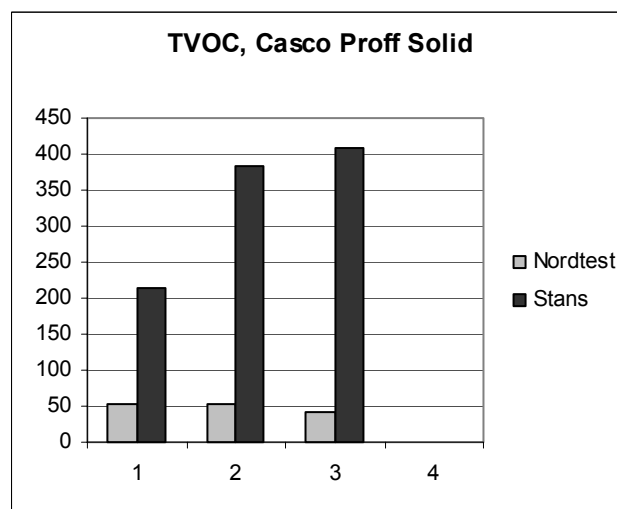
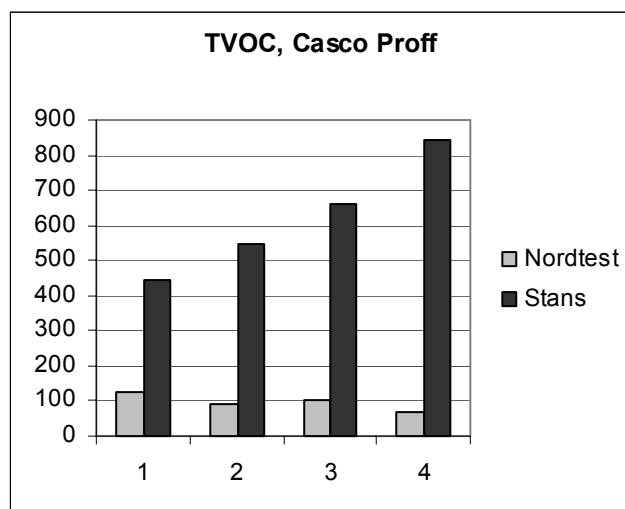


Diagram: Uppmätta Total-halter VOC  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Observera olika skalor.

Av resultaten framgår följande:

- Tydlig korrelation vid mätning enligt Stansmetod mellan TVOC och fuktillstånd vid limning.
- Ingen liknande korrelation vid mätning med Nordtest-metoden.
- Reducerade totalhalter (halverade) från limmade golv med alkaliresistent lim Casco Proff Solid jämfört med Casco Proff enligt båda mätmetoderna.

| <b>2-etylhexanol-halter (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>), Casco Proff lim</b> |                           |                           |                           |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|  | Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% | Fack 2: 30 mm<br>RF = 78% | Fack 3: 40 mm<br>RF = 85% | Fack 4: 30 mm<br>RF = 92% |
| Nordtest-metod   | 4                         | 3                         | 4                         | 3                         |
| Stansmetod   | 77                        | 132                       | 128                       | 204                       |

| <b>2-etylhexanol -halter (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>), Casco Proff Solid (alkaliresistent)</b> |                           |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% | Fack 2: 30 mm<br>RF = 78% | Fack 3: 40 mm<br>RF = 85% | Fack 4: 30 mm<br>RF = 92% |
| Nordtest-metod  | 2                         | 0                         | 1                         | 4                         |
| Stansmetod  | 3                         | 5                         | 4                         | 4                         |

Tabell: Uppmätta 2-etylhexanol-halter VOC i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

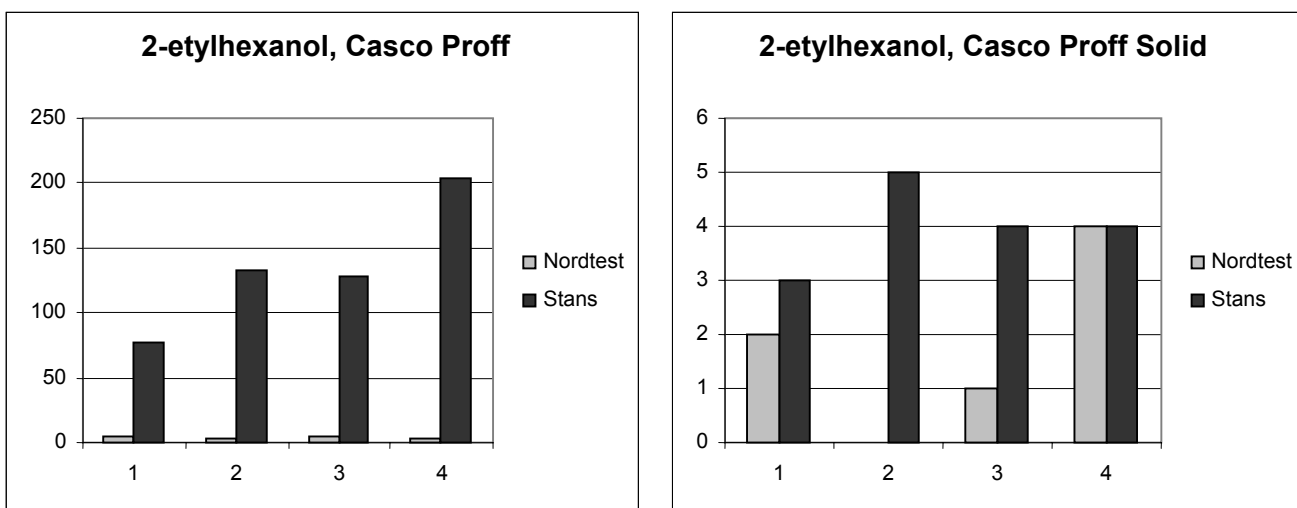


Diagram: Uppmätta 2-etylhexanol-halter i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Observera olika skalor.

Av resultaten framgår följande:

- Korrelation vid mätning enligt Stansmetod mellan TVOC och fuktillstånd vid limning.
- Ingen liknande korrelation vid mätning med Nordtest-metoden.
- Mycket låga halter av 2-etylhexanol från matta limmade med alkaliresistent lim, Casco Proff Solid.

| <b>n-butanol-halter (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>), Casco Proff lim</b> |                           |                           |                           |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|  | Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% | Fack 2: 30 mm<br>RF = 78% | Fack 3: 40 mm<br>RF = 85% | Fack 4: 30 mm<br>RF = 92% |
| Nordtest-metod   | 4                         | 5                         | 5                         | 5                         |
| Stansmetod   | 101                       | 115                       | 140                       | 174                       |

| <b>n-butanol-halter (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>), Casco Proff Solid (alkalisresistent)</b> |                           |                           |                           |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   | Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% | Fack 2: 30 mm<br>RF = 78% | Fack 3: 40 mm<br>RF = 85% | Fack 4: 30 mm<br>RF = 92% |
| Nordtest-metod  | 1                         | 0                         | 1                         | 2                         |
| Stansmetod  | 6                         | 5                         | 4                         | 1                         |

Tabell: Uppmätta n-butanol-halter i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

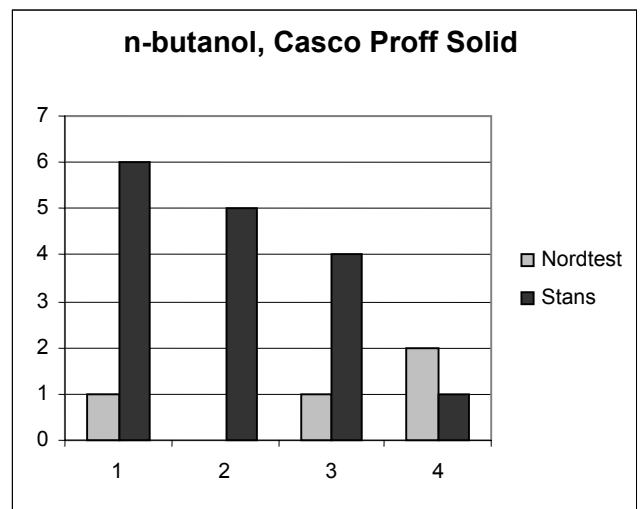
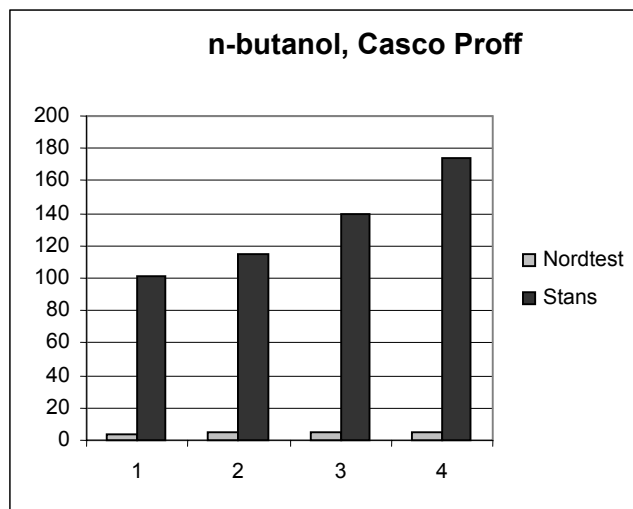


Diagram: Uppmätta n-butanol-halter i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Observera olika skalor.

Av resultaten framgår följande:

- Tydlig korrelation vid mätning enligt Stansmetod mellan TVOC och fuktillstånd vid limning.
- Ingen liknande korrelation vid mätning med Nordtest-metoden.
- Mycket låga halter av n-butanol från matta limmade med alkaliresistent lim, Casco Proff Solid.

#### 4.2.2 FLEC-mätningar efter 12 månader

Efter 12 månader gjordes en ny provtagning med FLEC enligt Stansmetoden. Denna uppföljande mätning gjordes i syfte att se hur stora förändringar som skett sedan mätningen 6 månader efter mattläggning. FLEC-mätning gjordes enbart på det icke alkali-resistenta limmet Casco Proff.

| Avjämningsfack               | Totalhalt VOC<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |            | 2-etylhexanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |            | n-butanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |            | Anm |
|------------------------------|---|------------|---|------------|---|------------|-----|
|                              | 6 mån   | 12 mån     | 6 mån   | 12 mån     | 6 mån                                     | 12 mån     |     |
| Fack 1: 20 mm<br>RF = 75% RF | 444   | <b>565</b> | 77  | <b>126</b> | 101                                       | <b>68</b>  |     |
| Fack 2: 30 mm<br>RF = 78%    | 548   | <b>584</b> | 132   | <b>87</b>  | 115                                       | <b>129</b> |     |
| Fack 3: 40 mm<br>RF = 83% RF | 658   | <b>796</b> | 128   | <b>124</b> | 140                                       | <b>107</b> |     |
| Fack 4: 30 mm<br>RF = 89%    | 845   | <b>892</b> | 204   | <b>212</b> | 174                                       | <b>161</b> |     |

Tabell: Uppmätta kemiska emissioner med FLEC enligt Stansmetod efter 6 respektive 12 månader efter mattläggning.

Uppmätta värden är relativt lika resultaten från den tidigare mätningen efter 6 månader. En svag tendens till ökning kan utläsas avseende totalhalten VOC, vilket dock inte är tydligt avseende 2-etylhexanol eller n-butanol. Uppmätta halter har generellt en låg nivå, vilket kan förklara att halterna för enskilda ämnen även sjunkit i vissa fall. Denna förändring kan ligga inom felmarginalen för mätmetoden. Värdena från 6 till 12 månader bedöms dock samvariera väl då inga helt avvikande halter uppmätts. Resultaten visar att en liknande uppföljning kan vara intressant även för provformar från försök 2 i syfte att klargöra långsiktigare kemiska förändringar särskilt för de som utsatts för höga fuktillstånd.

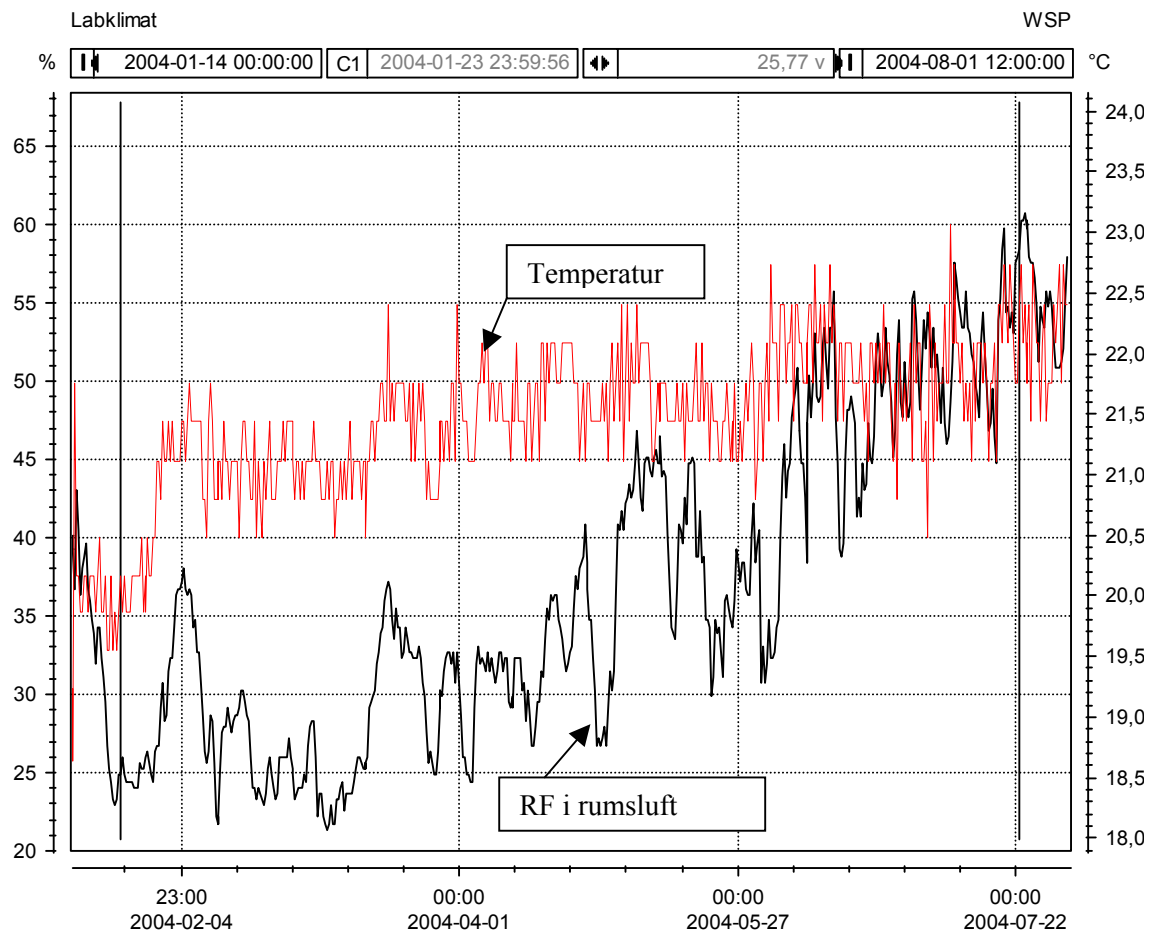
## 5 Mätresultat, Försök 2

Nedan redovisas resultat från försök 2 med korta kommentarer. Vidare utvärdering av resultaten görs efter resultatredovisningen under rubrik ”6 Utvärdering och slutsatser”.

### 5.1 Fukt, försök 2

#### 5.1.1 Torkklimat

Proverna har förvarats i en källarlokal på WSP. Eftersom formarna avjämnades i januari och till största delen låg utan golvbeläggning under tiden januari – april har torkklimatet varit betydligt gynnsammare än det normalt är ute på byggarbetsplatser. Temperaturen har varit 20 – 22°C och den relativa fuktigheten har varierat mellan 20 – 40 % under den tid avjämningsarna legat utan golvbeläggning. Nedan visas torkklimatet som loggats under hela försöksperioden.



Figur: Torkklimat i lokal där proverna förvarats under mätperioden.

### 5.1.2 Förutsättningar för redovisade uttorkningskurvor

Vid avjämning av de tunna avjämningsarna har tjockleken vid provtagning visat sig variera och har konsekvent varit större än 10 mm enligt:

För fabrikat 1: 12-14 mm

För fabrikat 2: 16-18 mm

Det noppriga underlaget av HD-polyetenmatta innebär att nopprorna fylls ovanifrån, vilket också bidrar till avjämningsens tjocklek.

**OBS!** Skiktjockleken har stor betydelse för uttorkningshastigheten och därmed även för vilken fuktnivå avjämningsmassan haft efter att matta limmats. De tunna avjämningsarna kallas dock alla för 10 mm-formarna i projektet.

För 50 mm-formarna har manuell avläsning gjorts 1 gång per vecka under hela våren. Ingen korrigering har gjorts för driften hos de ingjutna proberna som varierar mellan 1-5 % beroende på prob. Detta medför att de loggade kurvorna sjunker och visar lägre värden efter 6 månader än vad de uttagna proven visar. Uttagna prov är att betrakta som mer korrekta värden.

I bilaga 1 redovisas uppmätt relativ fuktighet från samtliga uttagna prover för respektive provform. För diagrammen gäller:

- Loggade värden, 1 gång per vecka, redovisas som en fet linje i diagrammen för 50-mm formarna.
- För uttagna prov har en tunn trendlinje anpassats som sammanbinder punkterna.  
**OBS!** Denna linje stämmer ej med verkligheten efter mattläggning då fukten relativt snabbt fördelas om. Ytskikten fuktas då upp av underliggande skikt som loggningsskurvorna visar, men uttagna prov saknas för att visa denna snabba förändring.

Nedan kommenteras kortfattat resultatdiagrammen i bilaga 1:

### 5.1.3 Uttorkningskurvor för tunn normaltorkande avjämning

#### Matta lagd enligt leverantör (diagram 1 och 2)

Leverantör anger en torktid på 10mm/vecka. Matta lades efter 7 dygn trots att avjämningsarna var något tjockare. Den relativa fuktigheten var ca 85% respektive 90% vid mattläggningstillfället.

RF har 6 månader efter mattläggning sjunkit till 74% respektive 83% i avjämningsen.

#### Matta lagd vid 85% RF (diagram 3 och 4)

Matta lades på fabrikat 1 efter 8 dygn och på fabrikat 2 efter 14 dygn. De olika tiderna för uttorkning är sannolikt beroende av skiktjockleken som för fabrikat 1 var 13 mm och för fabrikat 2 var 18 mm. Uttorkningstiden för dessa stämmer ganska väl med 10 mm per vecka som leverantören anger, vilket dock förutsätter ett lika gott torkklimat.

Efter mattläggning har RF sjunkit ytterligare under 6 månader till 68% respektive 77%.

#### **Matta lagd vid 70% RF (diagram 5 och 6)**

För dessa avjämnings framgår endast av diagrammen att mattläggning skett efter 28 dygn och att den relativa fuktigheten då var lägre än 60% RF för båda fabrikaten.

#### **5.1.4 Uttorkningskurvor för tunn snabbtorkande avjämnings**

##### **Matta lagd enligt leverantör (diagram 7 och 8)**

Mattläggning har skett efter 2 respektive 3 dygn. Den relativa fuktigheten var då 89% för fabrikat 1 och 98% för fabrikat 2.

Efter 6 månader har fuktnivån sjunkit till 81% respektive 95% RF.

##### **Matta lagd vid 85% RF (diagram 9 och 10)**

För snabbavjämnings var uttorkningstiden ner till 85% RF snarlik den för normaltorkande. Mattläggning skedde även här efter 8 dygn för fabrikat 1 och efter 14 dygn för fabrikat 2, då RF uppmättes till 82% respektive 88% RF.

##### **Matta lagd vid 70% RF (diagram 11 och 12)**

Matta lades även på snabbtorkande avjämnings efter 28 dygn då fabrikat 1 torkat till 67% RF och fabrikat 2 till en nivå under 60% RF.

#### **5.1.5 Uttorkningskurvor för 50 mm normaltorkande avjämnings**

##### **Matta lagd enligt leverantör (diagram 13 och 14)**

För normaltorkande avjämnings har matta lagts efter 5 veckor enligt anvisningarna (10 mm/vecka). Fuktnivån var då 96% RF på nivån 20-30 mm och 98% på nivån 30-40 mm för fabrikat 1. För fabrikat 2 var motsvarande RF 95% och 97%.

Vid slutmätningen 5 månader senare var RF 92% för båda fabrikaten i mittskiktet, dvs på mätdjupet 20-30 mm.

Den relativa fuktigheten i ytskiktet, 0-10 mm, var kring 70% RF vid mattläggning för båda fabrikaten, men efter ca 1 månad var RF 90-91%.

##### **Matta lagd vid 85% RF (diagram 15 och 16)**

Dessa diagram åskådliggör även de loggade värdena på tre nivåer i respektive avjämnings.

Mattläggning har skett då prov på nivån 30-40 mm uppvisar värden under 85% RF, vilket skett efter 84 respektive 100 dygn.

För dessa avjämnings tar det 40-50 dygn, dvs 1 dygn per mm, innan RF understiger 95% i mittskiktet.

Den relativa fuktigheten 3 månader efter mattläggning uppmättes till ca 78% RF för båda fabrikaten i ytskiktet.

Loggade värden i ytskiktet visar att RF som understiger 60 % vid mattläggningstillfället stiger till 75% inom några dygn.

### 5.1.6 Uttorkningskurvor för 50 mm snabbtorkande avjämning

#### Matta lagd enligt leverantör (diagram 17 och 18)

Mattläggning har skett efter 2 respektive 3 dygn. Den relativa fuktigheten var då 98% för fabrikat 1 och 99% för fabrikat 2.

För fabrikat 1 har fuktnivån sjunkit till ca 95% RF efter 2 månader, vilket sedan ligger relativt stabilt under mätperiodens 6 månader.

För fabrikat 2 sker ingen nämnvärd uttorkning och värdena ligger kvar strax över 98% under hela försöksperioden ut.

#### Matta lagd vid 85% RF (diagram 19 och 20)

Mattläggning har skett då fuktnivån sjunkit till 85% RF på nivån 30-40 mm. Tiden fram till mattläggning var 100 dygn för fabrikat 1 och 64 dygn för fabrikat 2, vilket visar på stora skillnader mellan fabrikaten.

3 månader efter mattläggning är RF på nivån 0-10 mm 74% respektive 77% och på nivån 30-40 mm 82% respektive 79% RF.

De loggade värdena i ytskiktet visar att RF var kring 60% vid mattläggning och ökade till 83% respektive 75% inom några dygn.

### 5.1.7 Fuktprofiler

Nedan redovisas fuktprofiler för 50 mm avjämningar för normaltorkande respektive snabbtorkande avjämningar. Fuktprofilerna redovisas parallellt för snabb- och normaltorkande avjämning för att jämföra produkterna. Torkklimat och tider för avjämning har varit lika för båda fabrikaten.

Efter 20 dygns torktid:

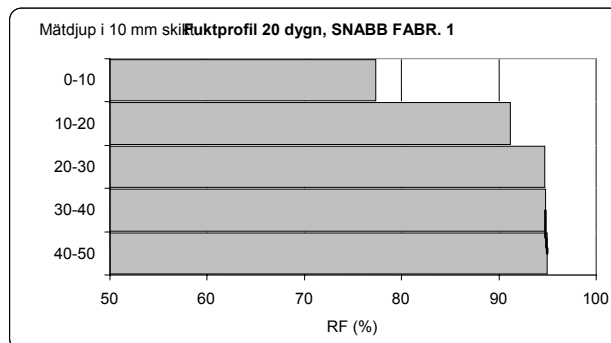
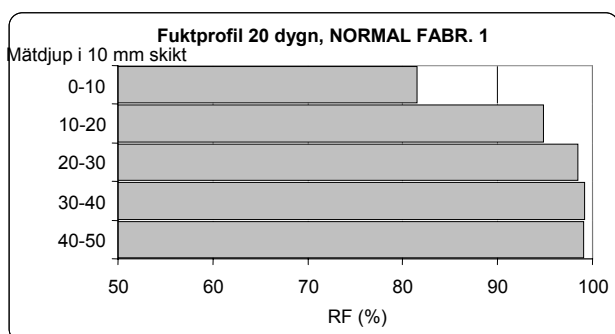


Diagram: Fuktprofiler för fabrikat 1 efter 20 dygn.



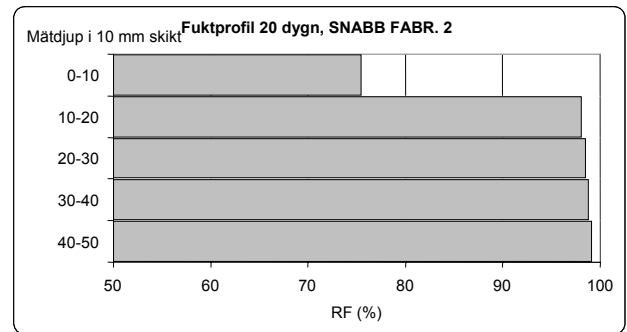
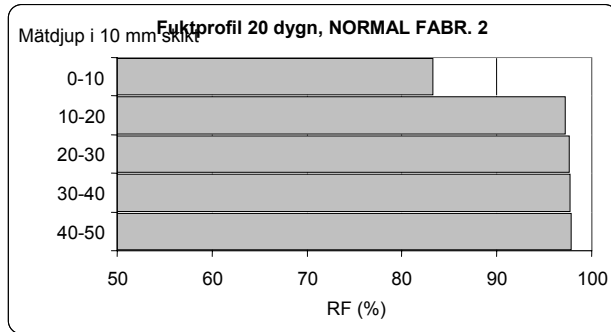


Diagram: Fuktprofiler för fabrikat 2 efter 20 dygn

### Slutsatser:

- Endast ytprov 0-10 mm ligger under 90%RF efter 20 dygn.
- Från mittprov och djupare har RF endast sjunkit till 95-99 % RF.
- Ingen tydlig skillnad noteras mellan normal- och snabbtorkande produkt.
- Båda fabrikaten uppför sig relativt lika. Snabbtorkande produkt för fabrikat 1 har dock torkat något mera än fabrikat 2.

Efter 2 månaders (62 dygn) torktid:

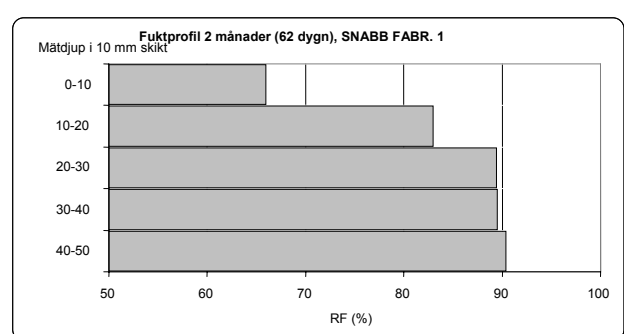
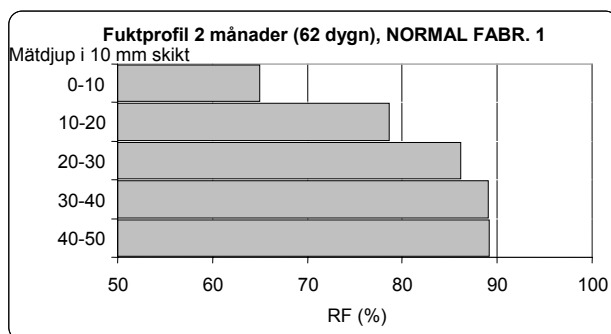


Diagram: Fuktprofiler för fabrikat 1 efter 62 dygn.

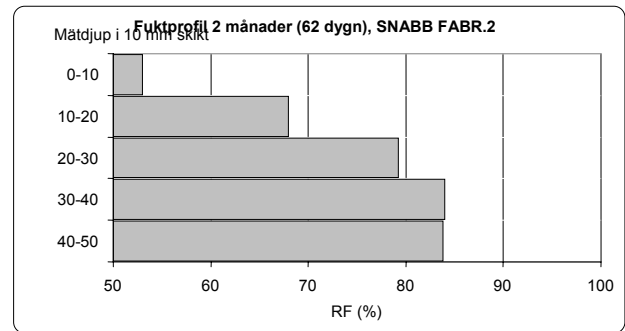
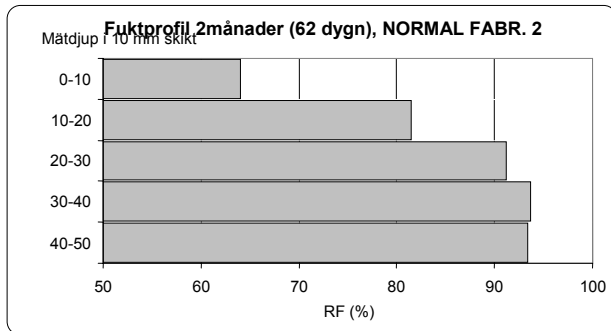


Diagram: Fuktprofiler för fabrikat 2 efter 62 dygn.

### Slutsatser:

- För fabrikat 1 uppför sig normal- och snabbtorkande produkter relativt lika.
- För fabrikat 2 har uttorkningen hunnit längre för snabbtorkande produkt och är efter ca 2 månader nere under 85% RF.
- Uttorkningen av skikt 10-20 mm är relativt lika för normaltorkande och snabbtorkande produkt, vilket innebär att uttorkningen styrs till stor del av avdunstning även för snabbtorkande produkt.

Efter 100 dygns torktid:

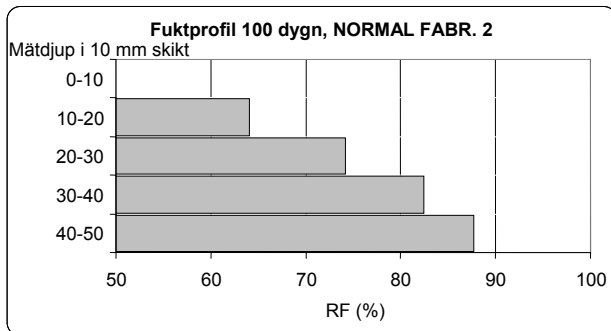


Diagram: Fuktprofil efter 100 dygns torktid för fabrikat 2.

### Kommentar:

- Fuktprofilen är mycket flack vilket tyder på att avdunstning dominerar uttorkningen. Fuktprofiler saknas för övriga avjämnningar eftersom dessa redan belagts med matta då RF var 85% i skiktet 30-40 mm.

## 5.2 Kemiska emissioner, försök 2

Totalhalter i tabellerna nedan är beräknade som toluenekvivalenter medan halterna för enskilda ämnen beräknas med det enskilda ämnet som standard. Detta innebär rent praktiskt att totalhalten inte rakt av kan jämföras med de enskilda ämnernas halter och därmed är inte summan av de enskilda ämnernas halter lika med totalhalten.

### 5.2.1 Skadeutveckling

I syfte att kontrollera vad som sker med limmet då det utsätts för hög fuktbelastning gjordes FLEC-mätningar vid ett flertal tillfällen under det halvår försöket pågick.

Mätningarna utfördes på snabbtorkande avjämning där matta limmades efter 2-3 dygn. Mätmetoden som användes var densamma som vid mätning på uppstansad golvbeläggning, sk Stansmetod. Detta för att tydligt se vilka förändringar som sker under matta.

Mätning gjordes på båda fabrikaten där fuktillståndet, skulle det visa sig, var olika. Avjämningsmassa från fabrikat 1 höll ca 89-92% RF uppmätt i ytskiktet medan avjämningsmassa från fabrikat 2 höll ca 98-100% i ytskiktet.

Limsiktet för fabrikat 2 har således blivit utsatt för högre fuktbelastning än för fabrikat 1, vilket kommenteras efter resultaten.

| <b>Fabrikat 1:</b>                     | <b>RF i ytskikt (%)</b> | <b>RF på 20-30 mm djup (%)</b> |
|--|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Vid mattläggning efter 2-3 dygn</b> | 92                      | 98                             |
| <b>Efter 26 veckor</b>                 | 89                      | 94                             |

| <b>Fabrikat 2:</b>                     | <b>RF i ytskikt (%)</b> | <b>RF på 20-30 mm djup (%)</b> |
|--|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Vid mattläggning efter 2-3 dygn</b> | 98                      | 100                            |
| <b>Efter 26 veckor</b>                 | 98                      | 99                             |

*Tabeller: Fuktnivåer för de provformar (50 mm snabbavjämning med mattläggning enligt leverantör) som kontrollmättes med FLEC vid ett flertal tillfällen under försöks-halvåret.*

Nedan visas resultat från FLEC-mätningar enligt Stansmetod 1, 2, 7, 18 och 26 veckor efter mattläggning.

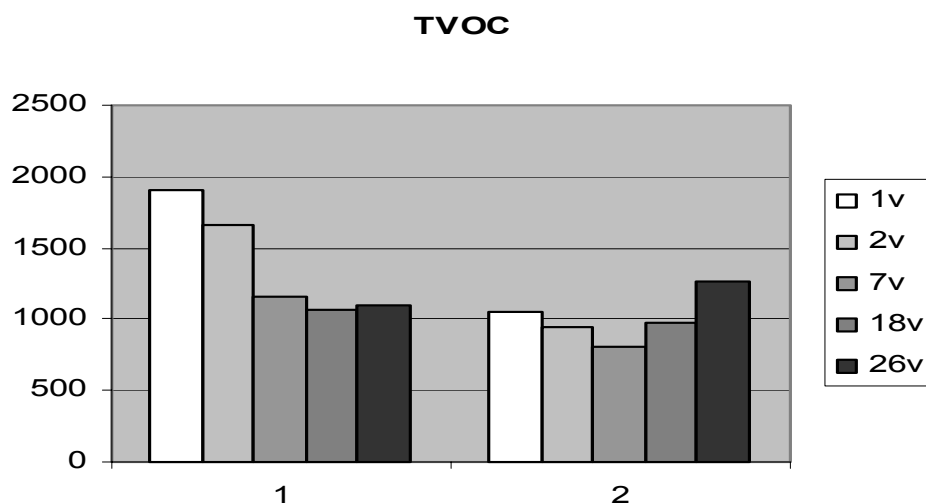


Diagram: Totalhalt av VOC i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Fabrikat 1 tenderar att avta medan fabrikat 2 är relativt jämn och tenderar att svagt öka.

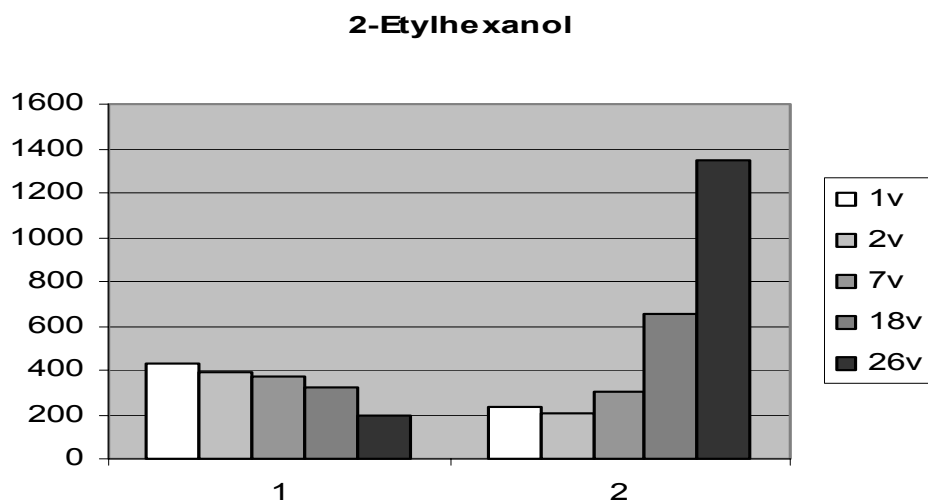


Diagram: Halt av 2-etylhexanol i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  för fabrikat 1 och 2.

2-etylhexanolhalten tenderar att avta för fabrikat 1 medan den tydligt ökar för fabrikat 2. Skillnaden i 2-etylhexanolhalt vid det sista provtagningstillfället är stor mellan fabri- katen, vilket även gäller limmets fuktbelastning. Halten är mer än 6 gånger högre för fabrikat 2.

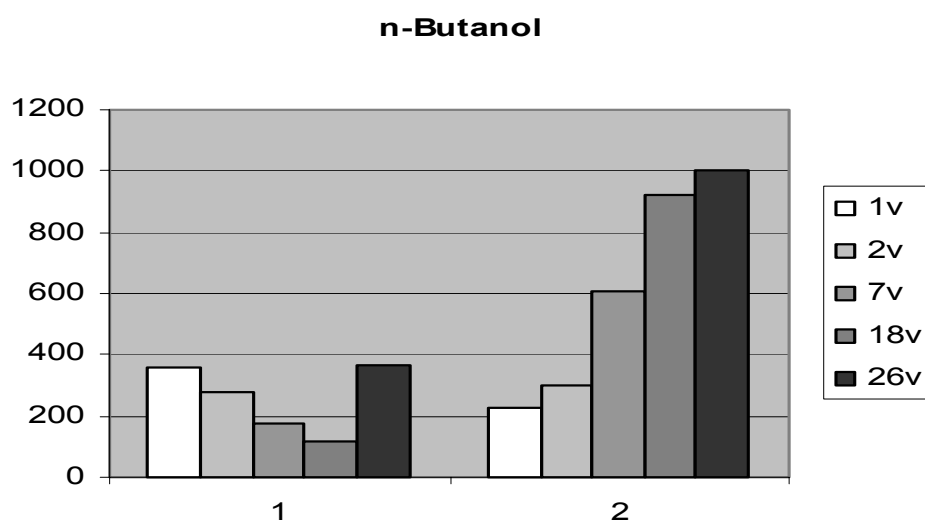


Diagram: Halt av n-butanol i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  för fabrikat 1 och 2.

Fabrikat 1 tenderar att avta bortsett från det sista provet som ökat markant. Fabrikat 2 ökar tydligt mellan varje mättillfälle.

#### Slutsats:

Den högre fuktnivån, som fabrikat 2 utsätter limmet för, verkar medföra ökade emissioner av indikatorämnena 2-etylhexanol och n-butanol medan totalhalten förblir relativt låg.

#### 5.2.2 FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden efter 26 veckor

Mätning enligt Nordtestmetoden har utförts för att undersöka om mätmetoden uppvisar några påvisbara skillnader mellan de olika produkterna.

Prover har valts ut dels från de helt uttorkade avjämnarna där limmet ej utsatts för högre fuktighet än högst 70% RF, dels från de som limmats tidigt som utsatts för en fuktnivå över 90% RF.

| Nordtest   | Fabrikat | Totalhalt<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | n-Butanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-Etylhexanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | RF i ytskikt<br>(%) |
|--|----------|---|---|---|---------------------|
| <b>Nollprov: Mätning mot glasskiva</b>                         |          |   |   |   |                     |
| -  | -        | 74  | 2   | 6   | -                   |
| <b>Limmad matta på uttorkad avjämning till lägre än 70% RF</b> |          |   |   |   |                     |
| <b>Tjocklek: 12-18 mm</b>                                      |          |   |   |   |                     |
| Normaltorkande   | 1        | 86  | 2   | 6   | 61                  |
| ”  | 2        | 64  | 2   | 5   | 59                  |
| Snabbtorkande  | 1        | 77  | 2   | 6   | 68                  |
| ”  | 2        | 85  | 2   | 7   | 32                  |
| <b>Limmad matta enligt leverantör på avjämning med hög RF</b>  |          |   |   |   |                     |
| <b>Tjocklek: 12-18 mm</b>                                      |          |   |   |   |                     |
| Normaltorkande   | 1        | 87  | 4   | 6   | 74                  |
| ”  | 2        | 68  | 6   | 6   | 83                  |
| Snabbtorkande  | 1        | 108                                       | 5   | 7   | 81                  |
| ”  | 2        | 74  | 7   | 8   | 97                  |
| <b>Limmad matta enligt leverantör på avjämning med hög RF</b>  |          |   |   |   |                     |
| <b>Tjocklek: 50 mm</b>   |          |   |   |   |                     |
| Snabbtorkande  | 1        | 79  | 4   | 7   | 89                  |
| ”  | 2        | 61  | 5   | 5   | 98                  |

Tabell: Uppmätta emissioner vid FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden.

Resultaten uppvisar inga förhöjda värden. I jämförelse med nollprovet mot glasskiva är halterna i samma nivå och ligger inom felmarginalen för mätmetoden. Inte ens matta och lim som under ett halvår utsatts för fuktillstånd på 98% RF uppvisar ökade halter i förhållande till nollprov med Nordtest-metoden!

Halten av n-butanol är något högre på fuktig avjämning trots mycket låga halter. För torra avjämningsar är n-butanol halten 2 medan den ökar till 4-7 för fuktigare avjämningsar.

### 5.2.3 FLEC-mätning enligt Stansmetoden efter 26 veckor

Mätning med FLEC enligt Stansmetoden har gjorts ca 26 v efter gjuttillfället på samtliga provformar. Tiden efter mattläggning varierar mellan 3-6 månader beroende på vid vilken relativ fuktighet matta lagts.

Den relativa fuktigheten anges i tabellen nedan som det värde som uppmättes i skiktet 0-10 mm vid emissionsmätningstillfället. Detta värde är inte detsamma som vad limmet maximalt utsatts för, men ger ett riktvärde för fuktnivån i limskiktet vid provtagningstillfället.

| Uppstansad matta   | Fabrikat | Totalhalt<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | n-Butanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-Etylhexanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | RF i ytskikt<br>0-10 mm<br>(%) |
|--|----------|---|---|---|--------------------------------|
| <b>Limmad matta på uttorkad avjämning till lägre än 70% RF</b> |          |   |   |   |                                |
| <b>Tjocklek: 12-18 mm</b>                                      |          |   |   |   |                                |
| Normaltorkande   | 1        | 745                                       | 94  | 84  | 61                             |
| ”  | 2        | 513                                       | 143                                       | 45  | 59                             |
| Snabbtorkande  | 1        | 607                                       | 76  | 98  | 68                             |
| ”  | 2        | 604                                       | 197                                       | 55  | 32                             |
| <b>Limmad matta vid 85% RF i avjämningen</b>                   |          |   |   |   |                                |
| <b>Tjocklek: 12-18 mm</b>                                      |          |   |   |   |                                |
| Normaltorkande   | 1        | 499                                       | 122                                       | 105   | 68                             |
| ”  | 2        | 333                                       | 62  | 139   | 78                             |
| Snabbtorkande  | 1        | 520                                       | 68  | 129   | 69                             |
| ”  | 2        | 399                                       | 100                                       | 33  | 54                             |
| ”, halv limmängd   | 1        | 444                                       | 40  | 101   | 77                             |
| ”, häftlimning 30 min  | 1        | 595                                       | 77  | 183   | 74                             |
| <b>Limmad matta enligt leverantör på avjämning med hög RF</b>  |          |   |   |   |                                |
| <b>Tjocklek: 12-18 mm</b>                                      |          |   |   |   |                                |
| Normaltorkande   | 1        | 470                                       | 133                                       | 114   | 74                             |
| ”  | 2        | 465                                       | 197                                       | 257   | 83                             |
| Snabbtorkande  | 1        | 787                                       | 154                                       | 284   | 81                             |
| ”  | 2        | 756                                       | 798                                       | 419   | 97                             |
| <b>Limmad matta vid 85% RF i avjämningen</b>                   |          |   |   |   |                                |
| <b>Tjocklek: 50 mm</b>   |          |   |   |   |                                |
| Normaltorkande   | 1        | 580                                       | 79  | 161   | 76                             |
| ”  | 2        | 376                                       | 51  | 59  | 78                             |
| Snabbtorkande  | 1        | 593                                       | 116                                       | 153   | 74                             |
| ”  | 2        | 450                                       | 113                                       | 82  | 76                             |
| <b>Limmad matta enligt leverantör på avjämning med hög RF</b>  |          |   |   |   |                                |
| <b>Tjocklek: 50 mm</b>   |          |   |   |   |                                |
| Normaltorkande   | 1        | 668                                       | 147                                       | 250   | 90                             |
| ”  | 2        | 424                                       | 93  | 182   | 92                             |
| Snabbtorkande  | 1A       | 1098                                      | 193                                       | 369   | 89                             |
| ”  | 1B       | 902                                       | 137                                       | 300   | 90                             |
| ”  | 1C       | 957                                       | 128                                       | 349   | 90                             |
| Snabbtorkande  | 2A       | 1269                                      | 1347                                      | 1001  | 98                             |
| ”  | 2B       | 1393                                      | 1457                                      | 1069  | 98                             |
| ”  | 2C       | 1484                                      | 1613                                      | 1181  | 99                             |

Tabell: Uppmätta emissioner vid FLEC-mätning enligt Stansmetoden.

#### **5.2.4 Ammoniakhalt**

Ammoniakhalten under golvbeläggning har mätts i samband med FLEC-mätningen med reagensrör.

För de tunna avjämningarna registrerades 0 ppm ammoniak för avjämningar som torkat till 85 respektive 70 % RF. För tunna avjämningar med matta lagd enligt leverantör uppmättes 1 ppm ammoniak.

För tjockare avjämningar, dvs 50 mm, uppmättes 0-1 ppm på uttorkade avjämningar till 85% RF.

För fuktigare avjämningar där matta lades enligt leverantör uppmättes 1-2 ppm för normaltorkande avjämningar som torkat i 5 veckor före mattläggning, medan snabbtorkande avjämningar som mattbelagts efter 2- 3 dygn uppvisade 2-5 ppm.

Halterna är i samtliga fall låga i jämförelse med skadefall. För fuktiga snabbavjämningar ökar halten något.



## 6 Utvärdering och slutsatser

### 6.1 Fukt

Nedan kommenteras de frågeställningar som varit centrala för utvärdering.

#### 6.1.1 Fukttillstånd vid mattläggning enligt leverantör

##### Snabbtorkande avjämning

Mattläggning efter 2-3 dygn på 50 mm avjämning medför att avjämningen har en relativ fuktighet på ca 95% för fabrikat 1 och 98-100% för fabrikat 2. Dessa förhållanden är inte förenliga med limfabrikanters krav på kritisk fuktnivå på 85 % RF.

Tunnare avjämning (12-18 mm) visar samma tendens att inte nå under kritiska värden. Fabrikat 1 höll ca 90% RF, medan fabrikat 2 höll ca 98% RF vid mattläggning.

##### Normalttorkande avjämning

För tunnare avjämningslager hade fuktnivån nått under ca 90% RF i underkant avjämning efter 1 veckas torktid. Då dessa avjämningslager var tjockare än 10 mm skulle de enligt leverantören ha haft ytterligare ett antal dagar på sig att torka och skulle sannolikt nå ner under 85% RF, vid rådande torkklimat. Detta visar att leverantörens anvisningar stämmer för tunnare avjämningslager än 18 mm i dessa försök.

För tjockare avjämningslager var tiden för uttorkning på 5 veckor, under dessa positiva uttorkningsförutsättningar avseende rumsklimat, ej tillräcklig. För 50 mm avjämning är RF ca 95% vid mattläggning på nivån 30-40 mm för båda fabrikaten.

##### Slutsatser

Leverantörens anvisningar för snabbtorkande produkter garanterar inte att fuktnivån är nere i 85% RF före mattläggning. För tjockare skikt än 15 mm är fuktnivån över 95% RF i midskikten vid mattläggning i försöken.

Leverantörens anvisningar avseende normaltorkande produkter når ner till 85% RF vid försöken för tunnare avjämningslager under 18 mm tjocklek, men ej för tjockare avjämningslager på 50 mm där RF uppmätts till 95-99% efter 5 veckor (mät djup 30-40 mm).

#### 6.1.2 Uttorkningstider för snabbtorkande avjämning med olika skikt tjocklek

Skikt tjockleken även hos snabbtorkande produkter har stor betydelse för uttorkningstiden. Leverantören anger att vatten binds kemiskt i produkten och att den uttorkning som sker med hjälp av avdunstning ej är nödvändig. Utifrån loggning av fuktförhållandena i underkant av olika tjocka avjämningslager visas att sambandet mellan skikt tjocklek och uttorkning dock är tydligt.

Från försök 1 visades att en snabbtorkande produkt som är mellan 30 och 40 mm tjock kräver en torktid motsvarande 1 dygn/mm + 1 vecka. Från försök 2 visades att en 50 mm avjämning krävde 64 respektive 100 dygn innan den relativa fuktigheten var nere i 85% på 30-40mm mät djup, vilket innebär upp till 2dygn/mm.

### Slutsatser

Skiktjtjockleken är avgörande även för snabbtorkande avjämnings om avjämnings skall torkas ner till kritisk fuktnivå på 85% RF.

Torktider för 50 mm snabbavjämnings är mycket långa, i dessa försök krävs upp till 2 dygn/mm för att nå 85% RF på 30-40 mm mätdjup.

### 6.1.3 Jämförande uttorkningstider för normal- och snabbtorkande produkter

Nedan redovisas hur lång tid det tar för uttorkning av 50 mm avjämnings till 95% RF respektive 85% RF. Uttorkningstiden redovisas dels för mittskiktet dvs 20-30 mm, dels för skiktet under på 30-40 mm nivå. Observera att detta är under goda torkbetingelser (torkklimat 20°C och 20-40% RF).

Uppskattade uttorkningstider redovisade nedan har interpolerats från uttagna prov i tidigare redovisade uttorkningsdiagram.

| Avjämningsstyp         | RF 85% i mittskikt<br>Nivå 20-30 mm | RF 85% under mittskikt<br>Nivå 30-40 mm |
|------------------------|-------------------------------------|---|
| Normaltorkande, fabr 1 | 65 dygn                             | 75 dygn                                 |
| Normaltorkande, fabr 2 | 80 dygn                             | 95 dygn                                 |
| Snabbtorkande, fabr 1  | 75 dygn                             | 105 dygn                                |
| Snabbtorkande, fabr 2  | 50 dygn                             | 60 dygn                                 |

Tabell: Torktider till 85% RF för 50 mm avjämnings.

För det ena fabrikatet är uttorkningen långsammare för snabbavjämnings än för normaltorkande, medan resultatet är omvänt för det andra fabrikatet.

Torktider till 95% RF skiljer sig mellan fabrikaten enligt tabell nedan:

| Avjämningsstyp         | RF 95% i mittskikt<br>Nivå 20-30 mm | RF 95% under mittskikt<br>Nivå 30-40 mm |
|------------------------|-------------------------------------|---|
| Normaltorkande, fabr 1 | 34 dygn                             | 39 dygn                                 |
| Normaltorkande, fabr 2 | 38 dygn                             | 50 dygn                                 |
| Snabbtorkande, fabr 1  | 19 dygn                             | 20 dygn                                 |
| Snabbtorkande, fabr 2  | 28 dygn                             | 31 dygn                                 |

Tabell: Torktider till 95% RF för 50 mm avjämnings.

Torkningen går betydligt fortare ner till 95% RF för snabbtorkande produkter än för normaltorkande. Torktiden till 95% RF är nästan halverad för snabbtorkande jämfört med för normaltorkande produkter.

#### **Slutsatser**

Torktiderna till 85% RF är generellt långa, dvs 60 - 105 dygn för skiktet under mittnivån, dvs 30-40 mm. Generellt var därmed torktiden till 85% RF ca 1-2 dygn per mm avjämning, vilket visar mycket varierande torktider och ej tydligt beroende av snabb- eller normaltorkande produkt.

Uttorkning till 95% RF går väsentligt snabbare för snabbprodukter än för normaltorkande. Dock tar även detta minst 20 –30 dygn för 50 mm avjämning. Torktiden till 95% RF är för redovisade fall upp till 1 dygn per mm avjämning för normaltorkande och 0,6 dygn per mm för snabbtorkande.

#### **6.1.4 Fuktprofiler och ekvivalent mätdjup**

För 50 mm avjämningslag som tillåts torka framgår att ytskiktet 0-10 mm torkar ner till ca 80% RF efter ca 20 dygn, eftersom avdunstning från ytan påverkar detta skikt. Efter 20 dygn är den relativa fuktigheten relativt lika för de fyra undre skikten så länge fuktnivån här överstiger 90% RF.

Inga tydliga skillnader har noterats hos fuktprofilerna mellan normaltorkande- och snabbtorkande avjämningslag. Eftersom uttorkningen hos normaltorkande avjämningslag kan förväntas påverkas mer av avdunstning och mindre av kemisk bindning av vatten, förväntades att fuktprofilerna för dessa avjämningslag skulle vara flackare än för snabbtorkande avjämningslag, vilket dock ej har visats av försöken.

Det ekvivalenta mätdjupet för en tjockare avjämningslag som motsvarar den högsta relativa fuktigheten limmet utsatt för från avjämningslagens yta en tid efter matläggning beror på många faktorer. Avjämningslagens fuktegenskaper är avgörande för bestämning av det ekvivalenta mätdjupet, dock varierar detta för olika produkter och olika fabrikat.

Ur redovisade uttorkningsdiagram från 50 mm avjämningslag i försök 2 framgår att den relativa fuktigheten i ytan 2-3 månader efter matläggning relativt väl motsvarar fuktnivån uppmätt vid matläggningstillfället på nivån 20-30 mm. Avvikelsen är inom  $\pm 5\%$ -enheter RF. Uttagna prov från nivån 30 – 40 mm, dvs nivån under mittskiktet, visar i alla fyra fallen ett värde 0-5 %-enheter högre än det fuktillstånd limmet som högst utsätts för. Enligt försöken bör nivån 30-40 mm vara dimensionerande inför matläggning för en viss kritisk fuktnivå. Prov rekommenderas därmed att tas ut under mittnivån för att innefatta ett rimligt mått av säkerhetsmarginal så att det kan betraktas som generellt för alla produkter.

#### **Slutsatser**

Inga avgörande skillnader har påvisats mellan normal- och snabbtorkande avjämningslag hos fuktprofiler efter 20 respektive 62 dygns uttorkning hos 50 mm avjämningslag.

Ekvivalent mätdjup rekommenderas att vara minst 50% av avjämningslagens tjocklek för att motsvara det djup som har den RF limmet som högst kommer att utsättas för.

## 6.2 Kemiska emissioner

### 6.2.1 Försökets referensvärden

Mätning enligt Nordtestmetoden och Stansmetoden på limmad matta på uttorkad avjämning syftar till att utgöra referensvärden. Denna avgivning som uppkommer av golvsystemet utan nämnvärd fuktpåverkan utgör grundfallet och visar följande halter för Stansmetoden avrundade till närmaste 25-tal:

| Produkt                | Totalhalt<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | n-Butanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-Etylhexanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|------------------------|---|---|---|
| Normaltorkande, fabr 1 | 750                                       | 100                                       | 100   |
| Normaltorkande, fabr 2 | 500                                       | 150                                       | 50  |
| Snabbtorkande, fabr 1  | 600                                       | 75  | 100   |
| Snabbtorkande, fabr 2  | 600                                       | 200                                       | 50  |
| <b>Alla produkter:</b> | <b>500-750</b>                            | <b>75-200</b>                             | <b>50-100</b>                                 |

*Tabell: Rikivärden från mätning på limmad matta med Stansmetoden på uttorkad avjämning, lägre än 70% RF.*

Dessa värden överskrids inte för mattläggning vid 85% RF förutom avseende 2-etylhexanolhalten som i några fall överstiger  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

För FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden på torra avjämningar uppvisar dessa halter motsvarande resultat som från mätning på en glasskiva, dvs ingen påverkan från limskiktet kan registreras med denna metod.

### 6.2.2 Erfarenhetsmässiga referensvärden

Från mätningar enligt Stansmetoden i skadefall har erfarenhetsmässiga referensvärden använts som underlag vid bedömning av resultat. Halter som används för att beteckna en skada, dvs en onormal avgivning från limskiktet har då varit:

- Totalhalt  $> 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (toluenekvivalenter)
- 2-etylhexanolhalt  $> 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enskilt ämne som standard)
- n-butanolhalt  $> 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enskilt ämne som standard)

Vid jämförelse med uppmätta värden i försöken överskrider inga totalhalter  $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Högst uppmätta totalhalt i försöken är  $1484 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket också beror på att antalet material i försöken är relativt begränsade jämfört med golv i skadefall som kan bestå av ett antal olika lim och spackelskikt i äldre objekt.

Vid jämförelse av halter av nedbrytningsprodukter har  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  överskridits i fallet då limmet utsatts för en fuktighet på över 95% RF. I försöket har högsta 2-etylhexanolhalten uppmätts till  $1181 \mu\text{g}/\text{m}^3$  och högsta n-butanolhalten till  $1613 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket därmed är att betrakta som onormalt vid jämförelse med erfarenhetsvärden.

Som jämförelse kan också nämnas att skadefall med lågalkalisk avjämning utretts där samma typ av avjämning, lim och golvbeläggning använts och där totalhalter på  $5500\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2-etylhexanolhalt på  $5400\mu\text{g}/\text{m}^3$  och n-butanolhalt på  $3900\mu\text{g}/\text{m}^3$  uppmätts enligt Stansmetoden.

### 6.2.3 Ökade emissioner vid högre fuktpåverkan

Emissionsmättningsresultat från försök 1 visar tydligt hur fuktillståndet i avjämningen påverkar graden av nedbrytningsprodukter. Emissionerna är högre vid mätning enligt Stansmetod för limning på underlag som överskrider 90% RF jämfört med torrare underlag där limning utfördes efter uttorkning till 85% RF. Emissionerna ökade från 450 till  $850\mu\text{g}/\text{m}^3$  för totalhalten, från 75 till  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  för 2-etylhexanol och från 100 –  $170\mu\text{g}/\text{m}^3$  för n-butanol.

Trots tidig mattläggning efter 3 dygn på 30 mm snabbavjämning visade försök 1 dock inte värden som nämnvärt överstiger referensvärdena angivna ovan.

### 6.2.4 Skadeutveckling under 6 månader

För fabrikat 1 som utsätter limmet för en fuktbelastning på ca 90-95% RF har emissionerna tenderat att avta under det första halvåret. För fabrikat 2 som utsätter limmet för ca 95-98% RF tenderar emissionerna att öka markant under samma tid.

Detta förhållande är mycket tydligt för nedbrytningsprodukterna 2-etylhexanol och n-butanol, medan totalhalten är relativt oförändrad. Detta visar att en tydlig nedbrytningsprocess som tenderar att öka först uppstår då RF i avjämningen är över 95%. Dock kan nedbrytningsförloppet förändras och antas öka på längre sikt även vid lägre RF, vilket ej kontrollerats i försöken.

### 6.2.5 Jämförelse mellan mätmetoder

Mätning enligt Stansmetoden har visat sig lämpad för bedömning av förändringar hos limskiktet pga alkalisk nedbrytning. Detta åskådliggörs tydligt av försök 1 som visar en gradvis ökning av emissioner för golvbeläggning limmad på allt fuktigare underlag.

Mätosäkerheten och därmed repeterbarheten hos Stansmetoden har kontrollerats genom jämförande mätningar. På 50 mm avjämningar som framställts likadant (i syfte att utgöra reservprovformar) har mätningar gjorts på 3 provformar för respektive fabrikat. Trots de praktiska moment det innebär att tillverka, avjämna och limma golvbeläggningar har mätresultaten varit förbluffande lika, vilket redovisas i nedanstående tabeller:

| Produkt                       | Totalhalt ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | n-Butanol ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-Etylhexanol ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|-------------------------------|--|--|--|
| Form A: Snabbtorkande, fabr 1 | 1098                                   | 193                                    | 369  |
| Form B: Snabbtorkande, fabr 1 | 902                                    | 137                                    | 300  |
| Form C: Snabbtorkande, fabr 1 | 957                                    | 128                                    | 349  |

| Produkt                       | Totalhalt<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | n-Butanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-Etylhexanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|-------------------------------|---|---|---|
| Form A: Snabbtorkande, fabr 2 | 1269                                      | 1347                                      | 1001  |
| Form B: Snabbtorkande, fabr 2 | 1393                                      | 1457                                      | 1069  |
| Form C: Snabbtorkande, fabr 2 | 1484                                      | 1613                                      | 1181  |

Tabell: Jämförande resultat från FLEC-mätning enligt Stansmetod på olika 50 mm provformar med samma förutsättningar.

Avvikelsen hos mätvärdena är liten i förhållande till de mätfel som finns med metoden och med tanke på olikheter som lätt uppstår vid tillverkning av provformarna.

Resultat från FLEC-mätning enligt Nordtestmetoden har inte visat någon samvariation med fuktbelastningen hos limmet. Halterna är så låga av nedbrytningsprodukter att resultatet inte går att utvärdera.

### 6.2.6 Skillnader mellan olika limtyper och limningsmetoder

Vid limning med alkaliresistent lim, Casco Proff Solid, erhålls mätvärden med minimala halter av indikatorämnena 2-etylhexanol och n-butanol som är i nivå med mätning mot glasskiva. Detta visar att limmet inte innehåller komponenter som bryts ner till dessa ämnen.

Totalhalterna är lägre än hälften för alkaliresistent lim än för icke alkaliresistent utifrån mätvärden från försök 1. Totalhalten tenderar att öka vid ökad fuktbelastning även för alkaliresistent lim, vilket kan innebära en negativ påverkan på limmet som vore intressant att undersöka vidare. Om alkaliresistent lim ger upphov till ökade emissioner som kan innebära hälsobesvär för brukarna är idag okänt.

Vid provning av halv limmängd och häftlimning har inga tydliga skillnader noterats avseende alkalisk nedbrytning jämfört med mattläggning inom 2 min med normal limmängd. Försöket gjordes på tunn avjämnings (tjocklek 12 - 14 mm) som tilläts torka till 85% RF i underkant före mattläggning. Uppmätta emissioner från jämförande mätningar enligt Stansmetod framgår av tabell nedan:

| Snabbtorkande produkt  | Limmetod                        | Totalhalt<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | n-Butanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-Etylhexanol<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|------------------------|---------------------------------|---|---|---|
| Fabrikat 1 (ca 85% RF) | Normal                          | 520                                       | 68  | 129   |
| ”                      | Halv limmängd                   | 444                                       | 40  | 101   |
| ”                      | Häftlimning,<br>efter ca 30 min | 595                                       | 77  | 183   |

Tabell: Emissionsmätningens resultat för provformar med olika limningsteknik.

Värden är mycket lika oavsett om halv limmängd använts eller häftlimning utförts efter 30 min. Limfukten har av fuktmätningarna tydligt visat sig påverka ytfukten, vilket därmed bör öka risken för förhöjda emissioner. Dessa resultat visar dock inte att emissionerna tydligt minskat då halv limmängd eller häftlimning tillämpats, vilket dock även beror på att halterna var låga vid normal limningsteknik. Om halterna varit onormalt höga vid normal limningsteknik vore det intressantare att analysera om mindre mängd nedbrytningsprodukter bildades vid annan limningsteknik.

## 7 Fortsatta undersökningsbehov

### 7.1 Provtagningsmetod för mätning av relativ fuktighet

Försök har gjorts att kärnborra med en diameter på 100 mm. Avjämningsmetoden har då för ett av fabriken smulats sönder så att inga större bitar kunnat läggas i provrör. För en avjämningsmetod uppförde sig avjämningsmetoden som plast så att kärnborret ”inte bet” i underlaget.

Svårigheten med liggande ingjutna rör har varit att bestämma vilken nivå mätroren representerar. Vid montering av stående mät rör, sk borrhålmätning, måste avjämningsmetoden vara tillräckligt tjock för att tätning kring mät rör och påverkan från underlaget inte skall påverka mätresultatet. Detta försvårar denna metod betydligt och medför tveksamheter i tolkning av resultat.

Den säkraste metoden för att erhålla hela provbitar på rätt nivå har varit att borra med mindre borrar i en cirkel till rätt provtagningsdjup och därefter bila loss bitar som lagts i provrör. För att fuktfördelningen inom provet ej skall påverka resultatet bör skikt-tjockleken inte vara större än 10 mm.

I praktiken är det viktigt att provställen utses före avjämningsmetod för att de djupaste ställen på ett ojämnt underlag där avjämningsmetoden är tjockast skall kontrolleras. Detta eftersom avjämningsmetodens tjocklek visar sig mycket väsentlig för torktiden.

Avsaknaden av riktlinjer för fuktmetning i avjämningsmetod har hittills inneburit att väldigt få mätningar utförs i dagsläget. Tydliga riktlinjer för hur mätning skall utföras och vilka krav som skall ställas på mätning av den relativa fuktigheten måste framarbetas för att undvika att höga fukttillstånd byggs in i konstruktioner som kan bli till besvär för brukarna och innebära kostsamma saneringskostnader.

Även om uppmätta halter av kemiska emissioner i försöken ej påvisat kraftigt förhöjda halter innebär instängd fukt över 90% RF i konstruktionen en stor risk för att skador uppkommer om något känsligt material råkar finnas i konstruktionen. Kritisk fuktnivå bör därmed bestämmas även för snabbtorkande eller självtorkande avjämningsmetoder. Därmed föreslås:

- Standardiserad mätmetod för fukttillstånd i avjämningsmetod.
- Tydliga kritiska gränsvärden för säkra fukttillstånd.

### 7.2 Bedömningskriterier vid skadefall

De halter som uppmätts även för de mest fuktpåverkade limmen är inte i nivå med de halter som uppmätts med samma mätmetoder ute i skadefall (redovisat ovan). Sannolikt har detta att göra med andra omständigheter såsom underlagets egenskaper avseende främst fuktförhållanden, materialinnehåll och pH-värden. Eventuellt kan andra limfabrikat och mattor uppvisa andra mönster avseende nedbrytningsprodukter och vara mer eller mindre fuktkänsliga än de som testats i dessa försök. Då fukttillståndet i avjämningsmetoden är högt finns förutsättningar för att en skada ska ske om någon ytterligare komponent också inverkar.



I skadefall med lågalkalisk avjämning har höga ammoniakhalter, högre än 20 ppm, uppmätts med reagensrör under golvbeläggning då nedbrytning av limmet varit tydlig. Eventuellt har förekomsten av ammoniak, som sannolikt inte kommer från avjämningen i det aktuella fallet, en accelererande betydelse för nedbrytningsprocessen.

Avjämningsens fukttillstånd har sannolikt stor betydelse för om föroreningar av ammoniak, höga pH-värden eller andra kemiska föreningar från underliggande betongkonstruktioner kan transporteras upp och nå limskiktet och påverka det. Om avjämningsen har ett fukttillstånd med RF över 95% finns en kapillärförbindelse genom avjämningsen, vilken inte finns om avjämningsen är uttorkad. Vilken betydelse fukttillståndet hos avjämningsen har för påverkande faktorer från underlaget har ej studerats, men kan sannolikt ha en avgörande betydelse som vore intressant att studera.

Försöken har inte kunnat visa vad som sker på längre sikt. De avjämnade provformarna som nu finns och där förhållandena är väldokumenterade kan mätas av vid ett senare tillfälle exempelvis om ett och två år för att konstatera vilka förändringar som då skett.

Därmed föreslås:

- Uppföljningsmätning av långtidseffekter från försök 2 efter 1 respektive 2 år.
- En branschgemensam standardiserad mätmetod för bestämning av kemisk nedbrytning i limskiktet.
- För metoden bestämda gränsvärden för vad som kan anses vara onormala emissioner från sammansatta verkliga konstruktioner.



*Bild: Förvaring av provformar efter slutmätningssomgången, juli 2004.*

## 8 Checklista för fuktsäker avjämnning

Möten har hållits med avjämningsleverantörer och entreprenörer i syfte att klargöra vilka faktorer som måste vara kända inför avjämnning. Då många aktörer är inblandade i processen vid beställning av avjämnning har de tillfrågade ansett det nödvändigt med ett dokument som tydliggör frågeställningarna för alla inblandade. De som ofta berörs vid avjämnning är:

- Bygglédare som styr tidplanen.
- Byggentreprenören som samordnar byggets aktörer.
- Avjämningsleverantören som utför läggningen.
- Fuktkontrollant för fuktmätning.
- Golvläggare som måste ha besked om tid för matläggning.

Avjämningsleverantören vill ha klargjort vilka förutsättningar som gäller inför avjämnning. Tanken med checklistan är att den person som ansvarar för uttorkningen (vilket kan vara bygglédare, byggentreprenör eller fuktkontrollant) fyller i checklistan tillsammans med avjämningsleverantören. Utifrån dessa förutsättningar utförs eventuella provningar eller åtgärder av underlaget. Därefter väljs lämplig produkt och tider för uttorkning och fuktmätning.

Checklistan ligger som bilaga 1 till denna rapport. Den ifylls därmed enligt följande:

1. Projektuppgifter och fuktkrav ifylls inför avjämnning av fuktansvarig.
2. Avjämningsförutsättningar såsom underlagets beskaffenhet och behov av provningar och/eller åtgärder fylls i av avjämningsleverantör, gärna tillsammans med den fuktansvarige.
3. När alla obligatoriska (gråmarkerade) fält är ifyllda inför avjämnning är man överens om förutsättningarna avseende genomförandet av en fuktsäker avjämnning.
4. Ev provningar och åtgärder som utförs dokumenteras och fylls i av fuktansvarig.
5. Slutligen fylls en resultattabell i av den fuktansvarige som redovisar produkt, skikt-tjocklek, torktider och fuktmättningsresultat.

Förhoppningen är att detta hjälpmedel förenklar och samtidigt tydliggör kommunikationen mellan den fuktansvarige i projektet och avjämningsleverantören. Dessutom erhålls en dokumentation som utgör ett kontroll- och kvalitetsredskap som kan redovisas för byggherren.

Vid diskussioner med referensgruppen framkom tydliga önskemål om en fungerande checklista för att förbättra kommunikationen mellan inblandade parter. Checklistan föreslogs att man skulle använda praktiskt i ett antal projekt av Peab respektive NCC för att därefter utvärdera och eventuellt förbättra.

**Bilaga 1: Uttorkningskurvor från försök 2**  
**(14 sidor)**

Diagram 1

### Uttorkningskurva för Fabrikat 1 Normaltorkande

Tjocklek 12-14mm, matta lagd efter 7 dygn enligt leverantörs anvisningar

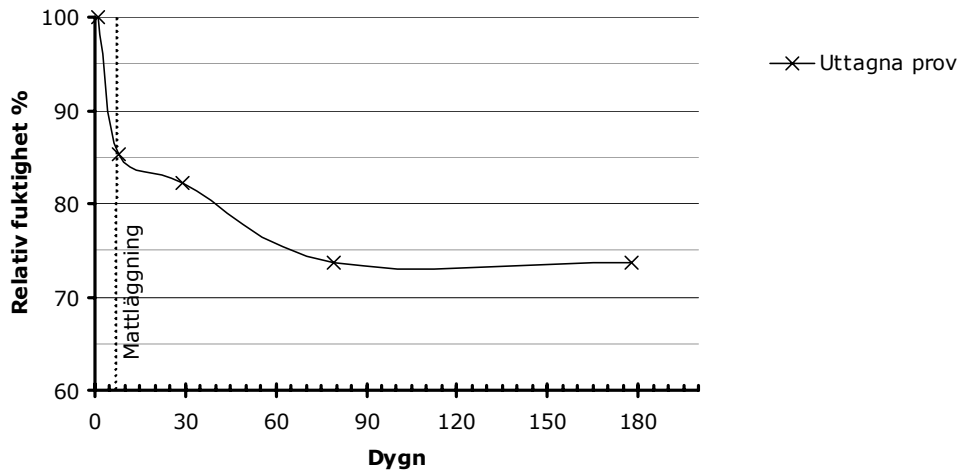


Diagram 2

### Uttorkningskurva för Fabrikat 2 Normaltorkande

Tjocklek 16-18mm, matta lagd efter 7 dygn enligt leverantörs anvisningar

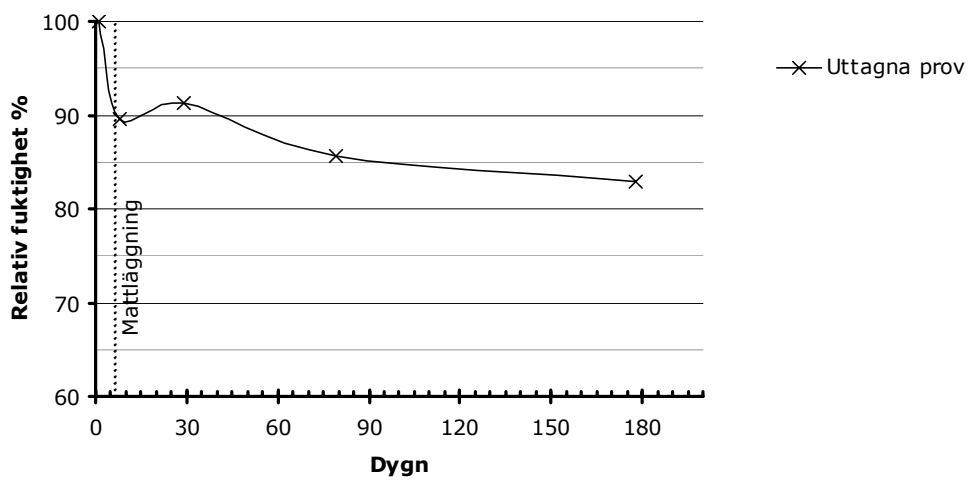


Diagram 3

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Normaltorkande

Tjocklek 12-14mm, matta lagd efter 8 dygn vid 85% RF

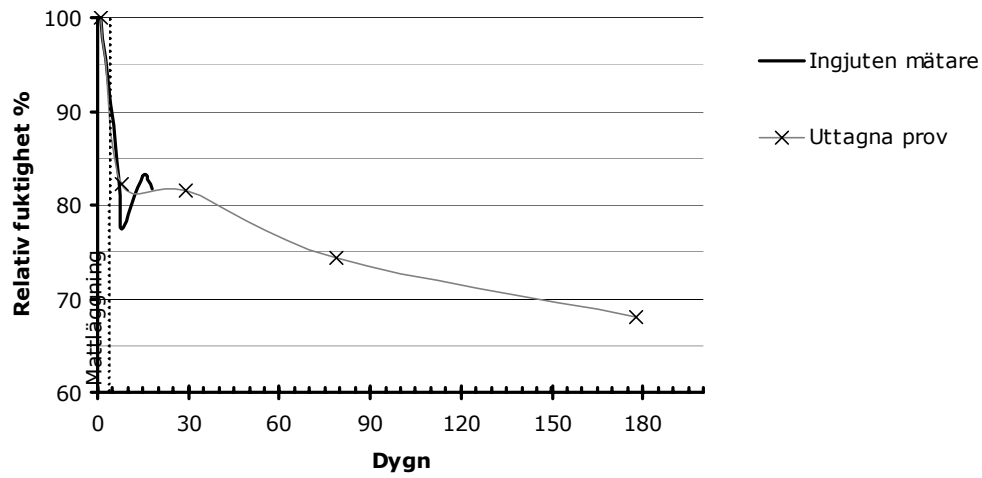


Diagram 4

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Normaltorkande

Tjocklek 16-18mm, matta lagd efter 14 dygn vid 85% RF

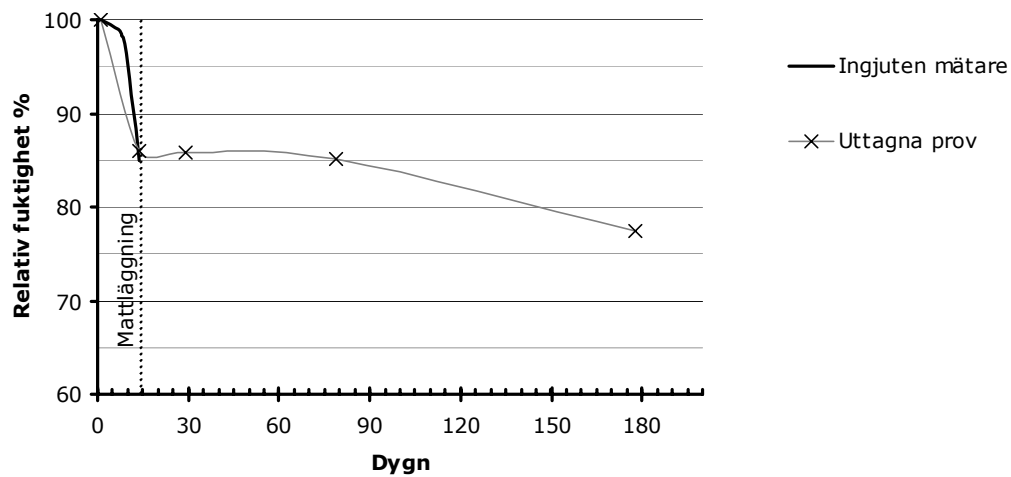


Diagram 5

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Normaltorkande

Tjocklek 12-14mm, matta lagd efter 28 dygn vid <70% RF

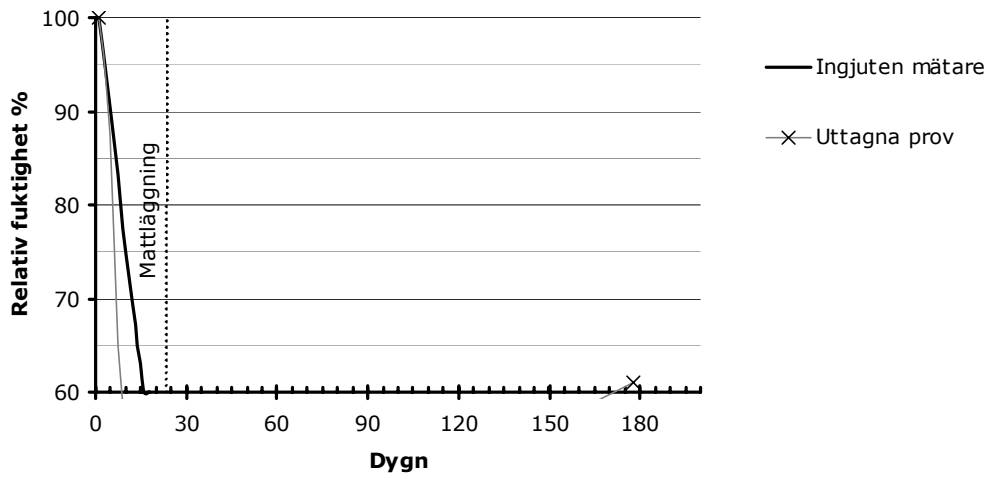


Diagram 6

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Normaltorkande

Tjocklek 16-18mm, matta lagd efter 28 dygn vid <70% RF

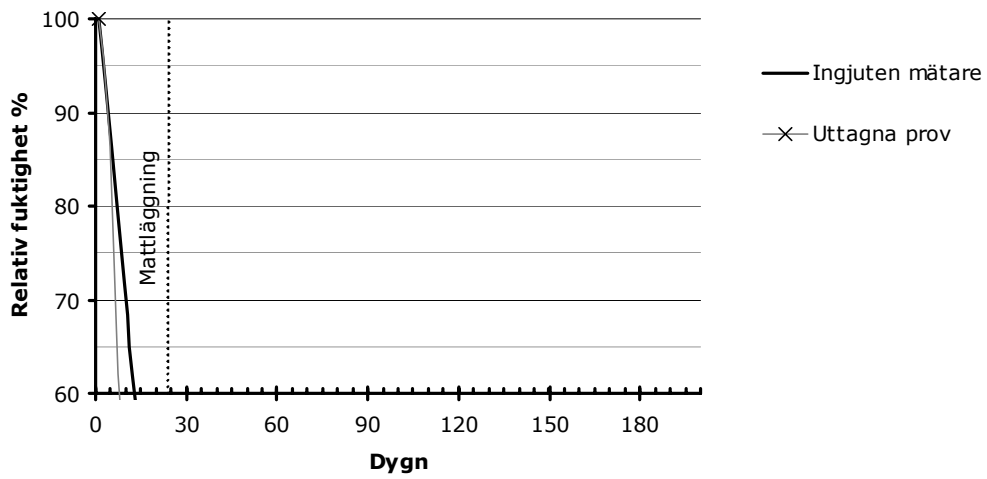


Diagram 7

### Uttorkningskurva för Fabrikat 1 Snabbtorkande

Tjocklek 12-14mm, matta lagd efter 3 dygn enligt leverantörs anvisningar

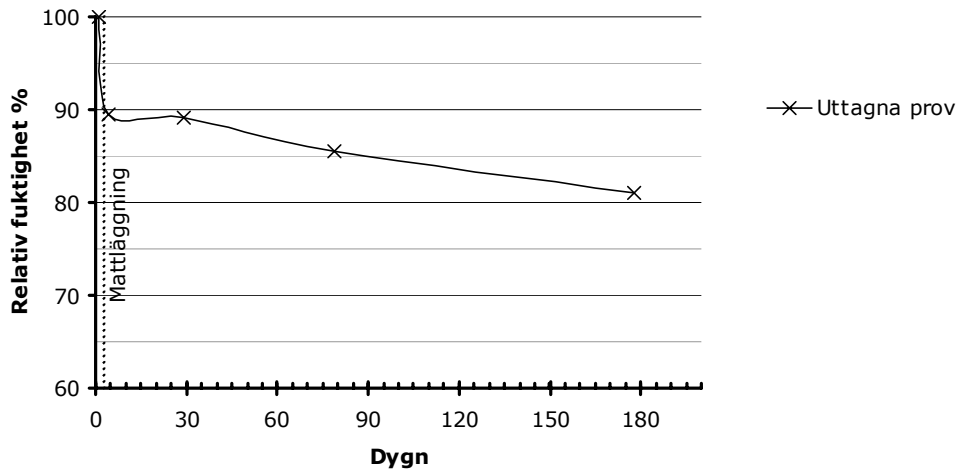


Diagram 8

### Uttorkningskurva för Fabrikat 2 Snabbtorkande

Tjocklek 16-18mm, matta lagd efter 2 dygn enligt leverantörs anvisningar

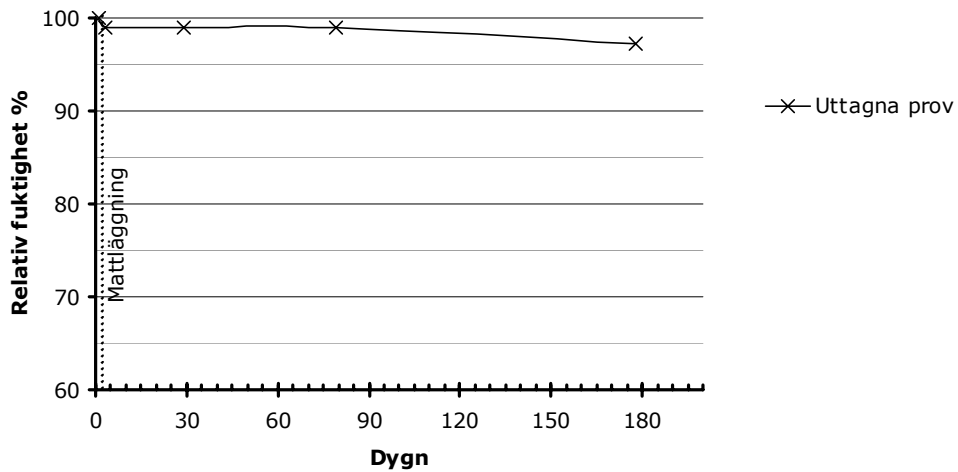


Diagram 9

**Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Snabbtorkande**

Tjocklek 12-14mm, matta lagd efter 8 dygn vid 85% RF

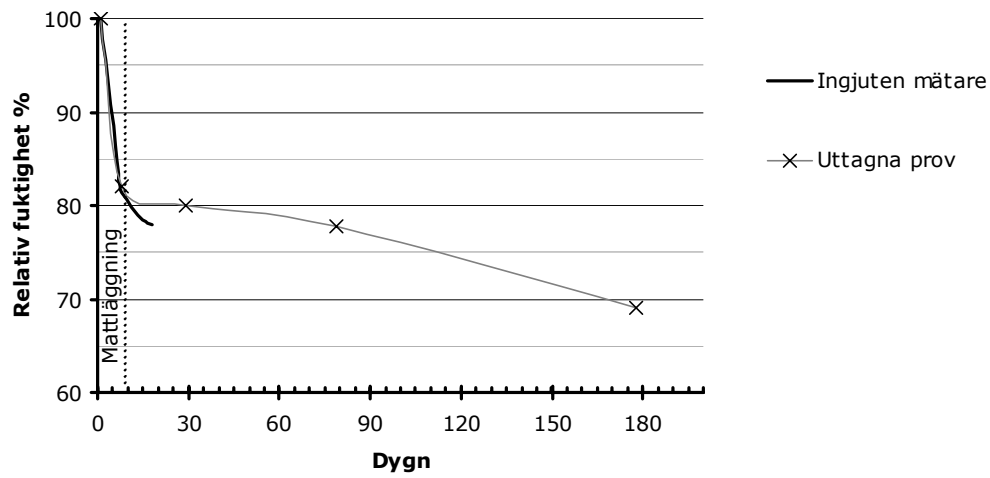


Diagram 10

**Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Snabbtorkande**

Tjocklek 16-18mm, matta lagd efter 14 dygn vid 85% RF

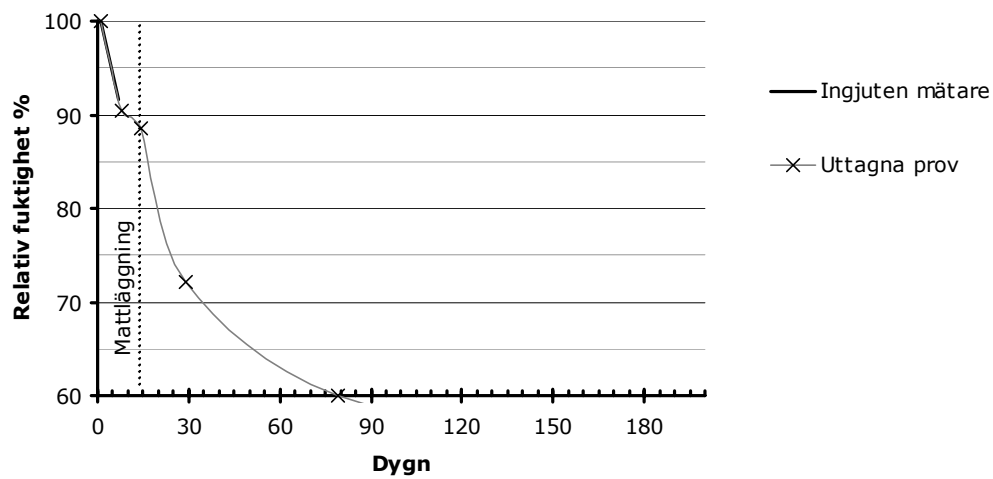




Diagram 11

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Snabbtorkande

Tjocklek 12-14mm, matta lagd efter 28 dygn vid <70% RF

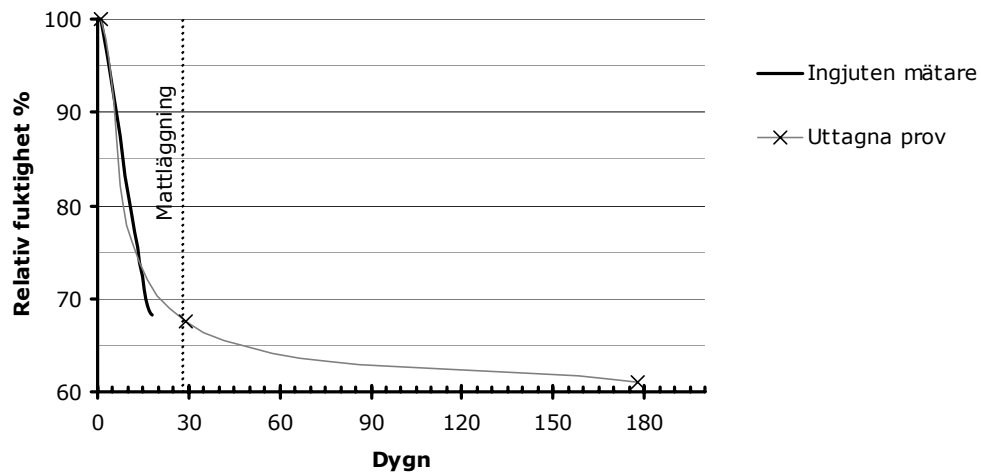


Diagram 12

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Snabbtorkande

Tjocklek 16-18mm, matta lagd efter 28 dygn vid <70% RF

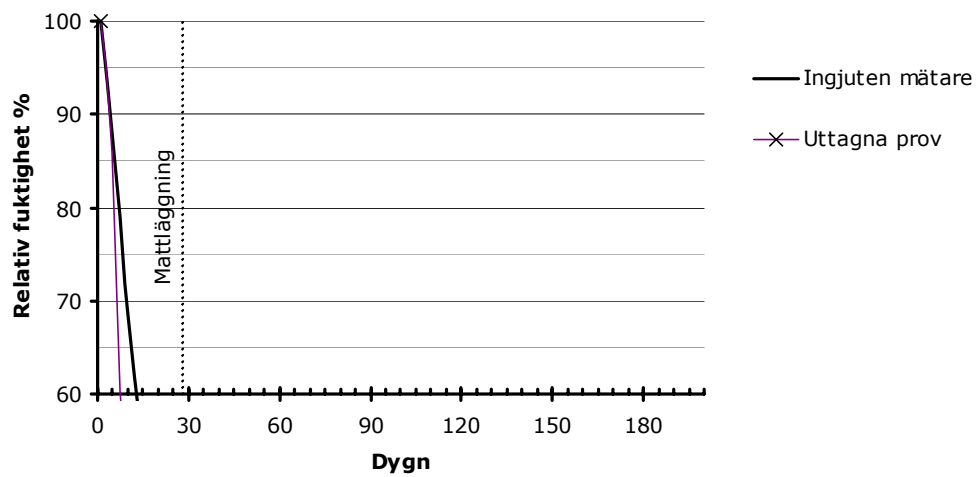


Diagram 13

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Normaltorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 35 dygn enligt leverantörs anvisningar

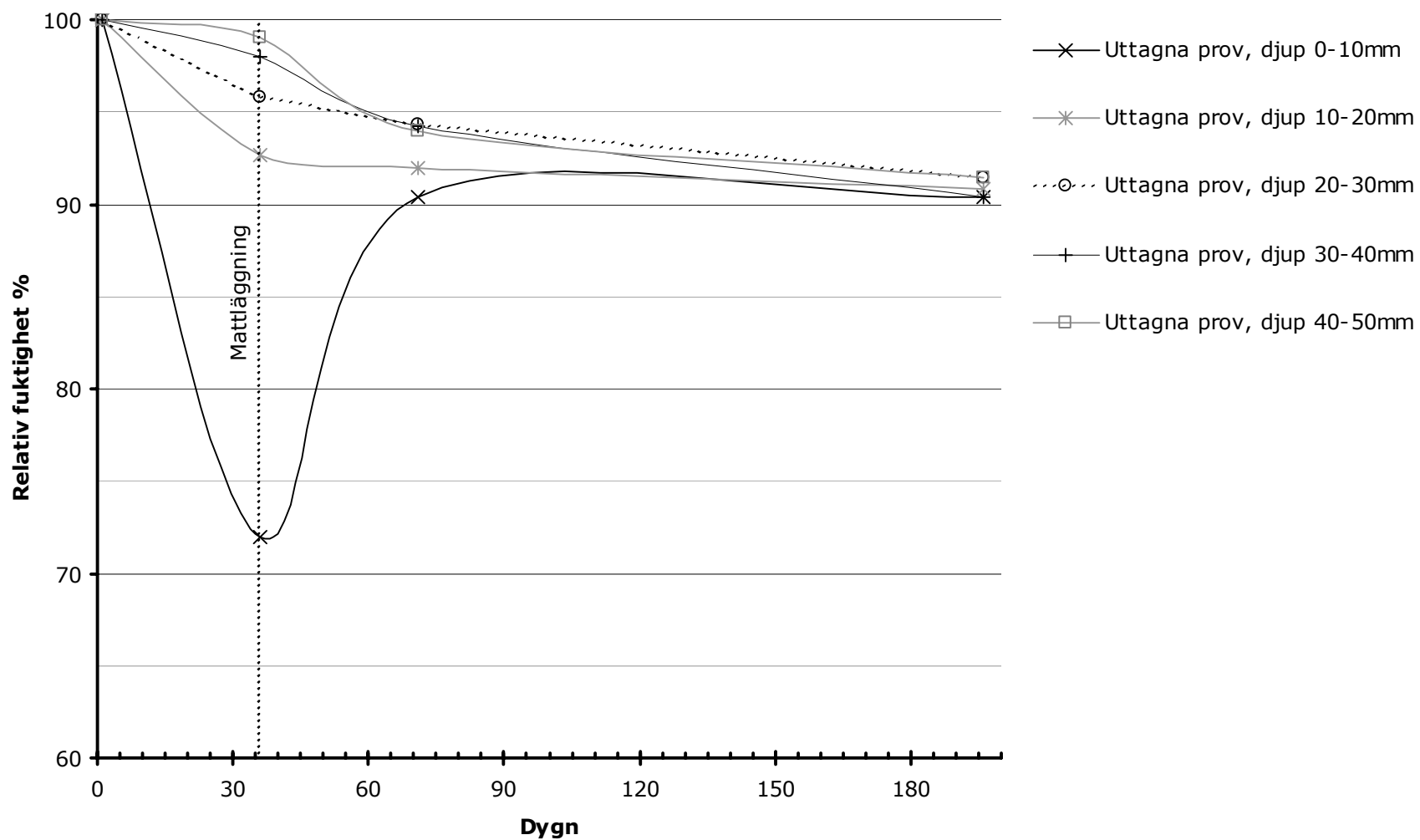


Diagram 14

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Normaltorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 35 dygn enligt leverantörs anvisningar

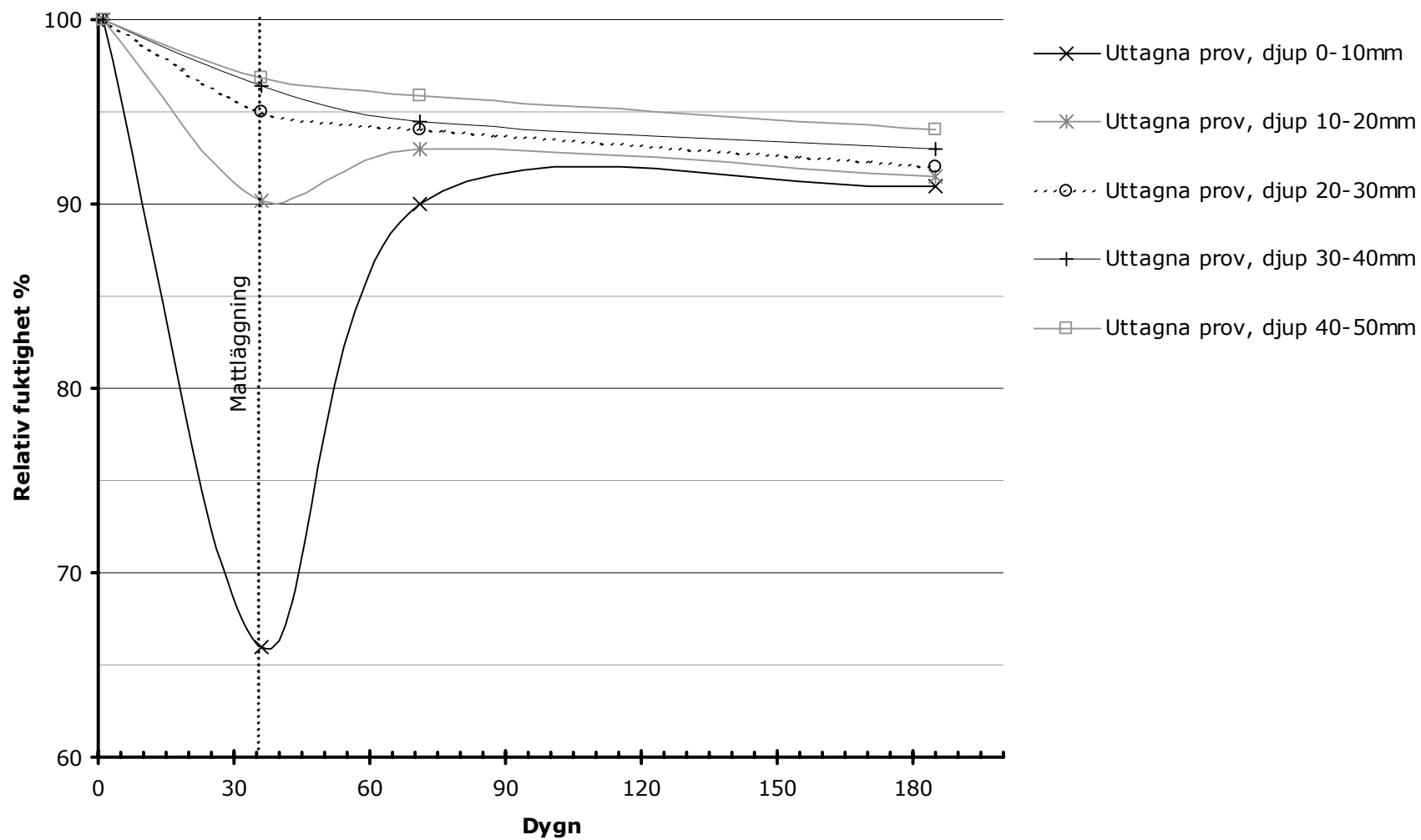


Diagram 15

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Normaltorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 84 dygn vid 85% RF

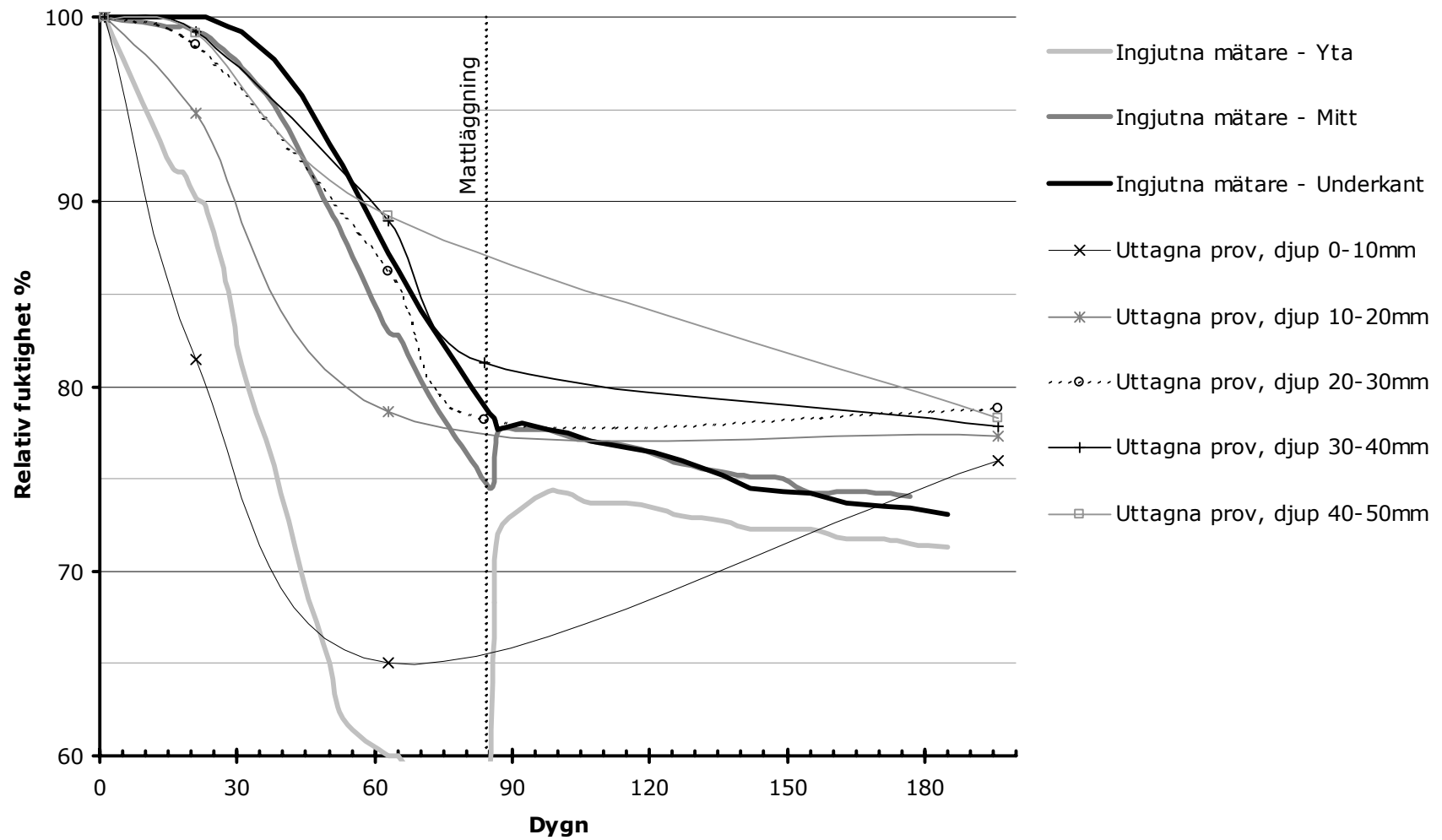


Diagram 16

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Normaltorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 100 dygn vid 85% RF

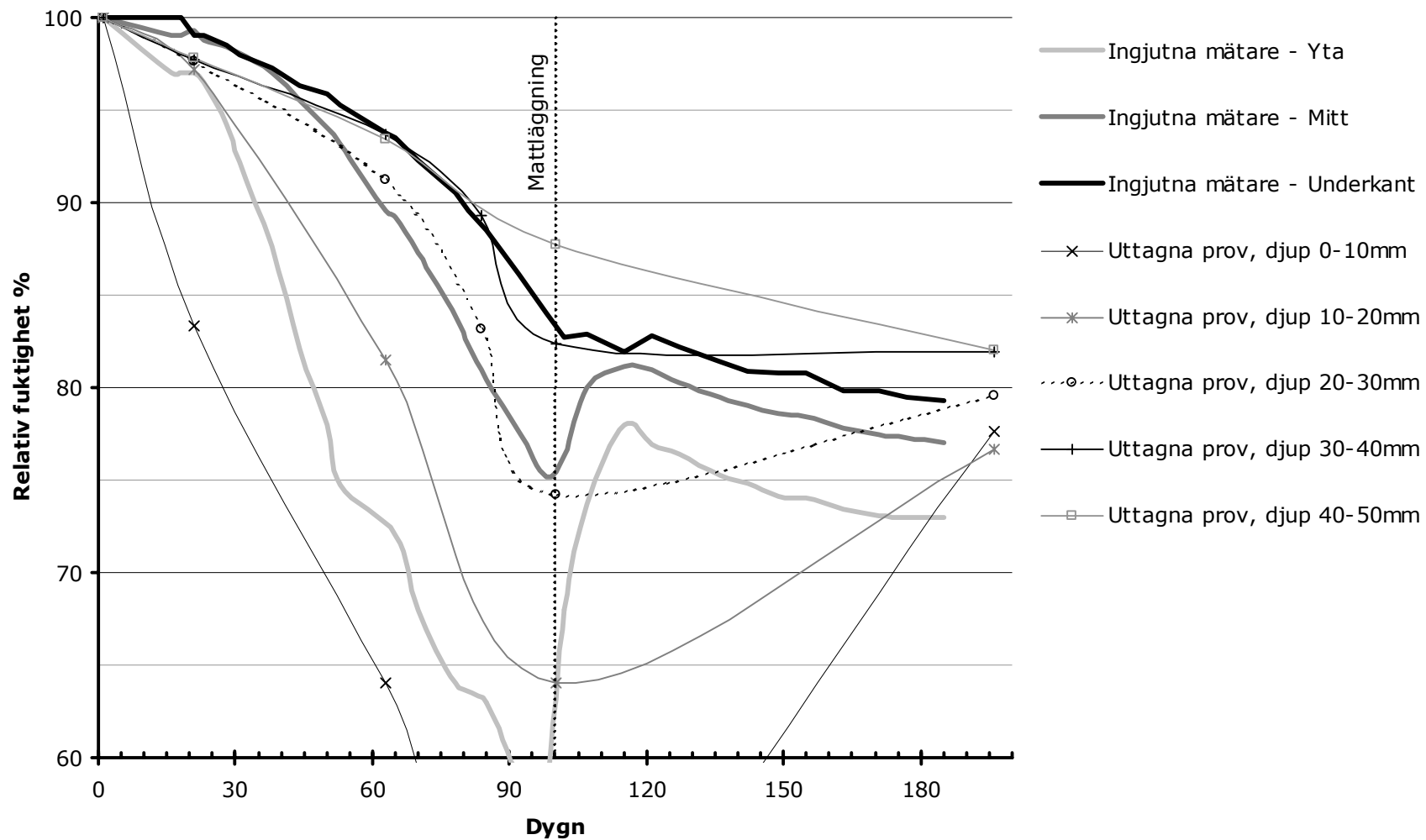


Diagram 17

### Uttorkningskurvor för Fabrik 1 Snabbtorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 3 dygn enligt leverantörs anvisningar

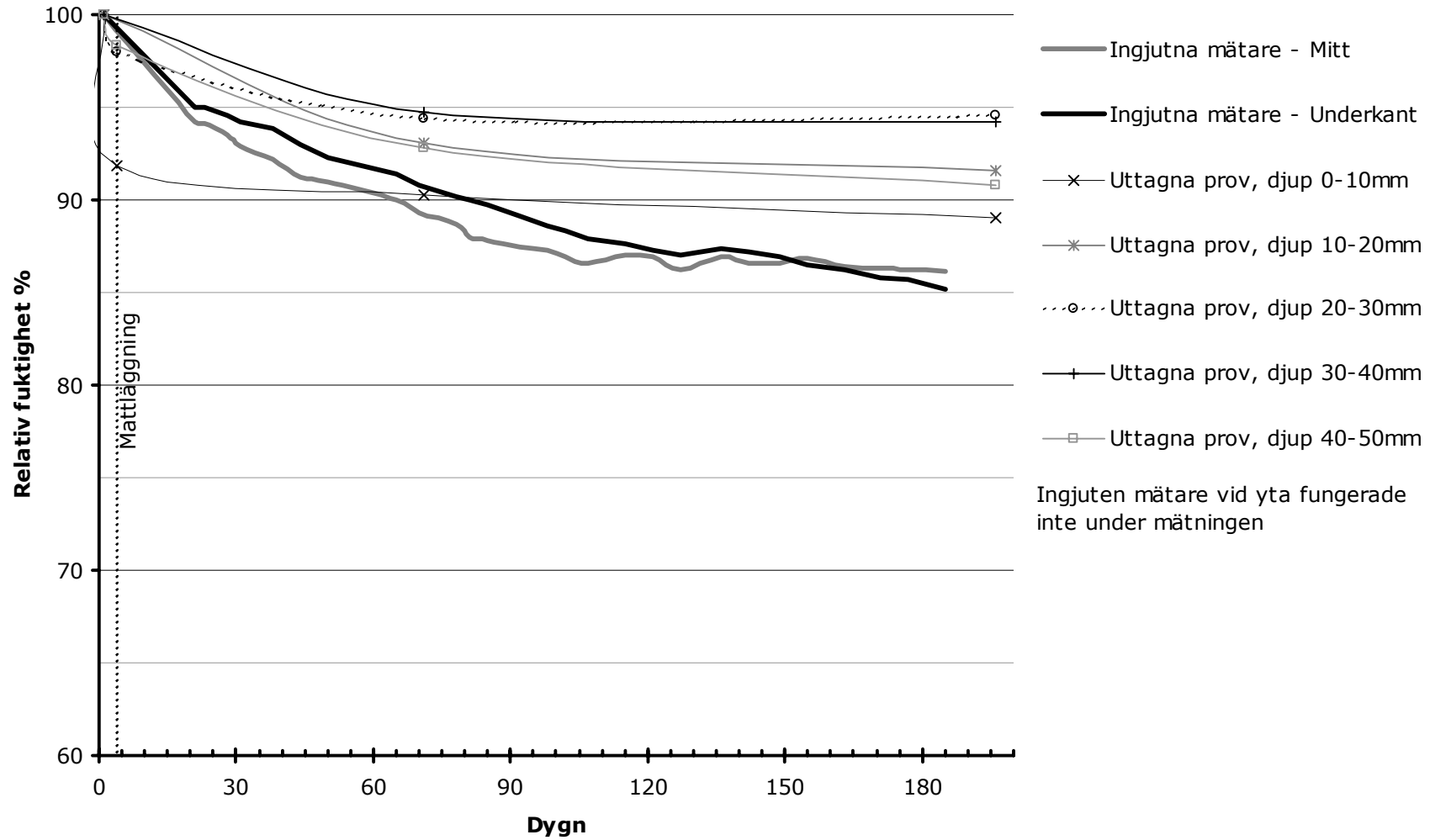


Diagram 18

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Snabbtorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 2 dygn enligt leverantörs anvisningar

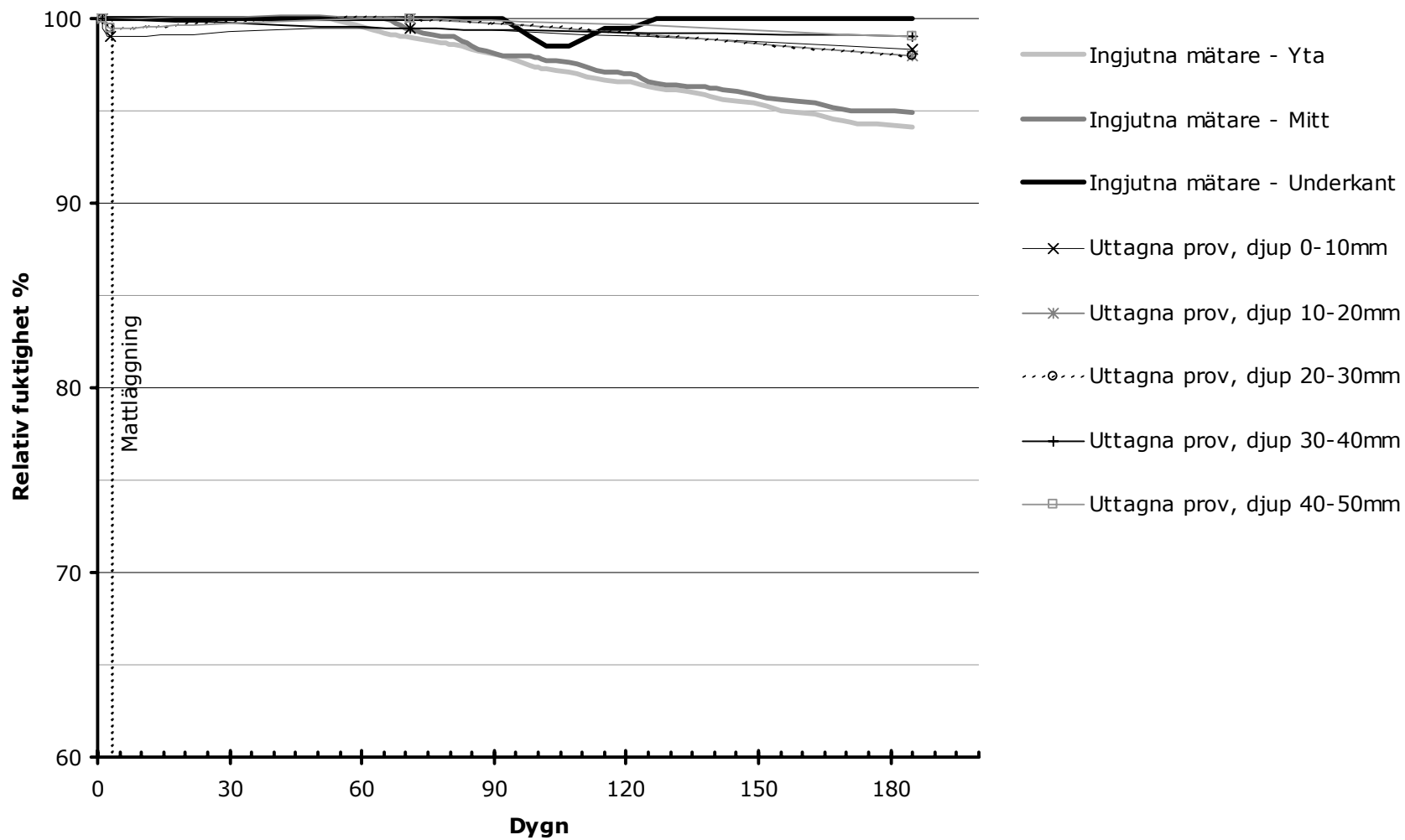


Diagram 19

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 1 Snabbtorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 100 dygn vid 85% RF

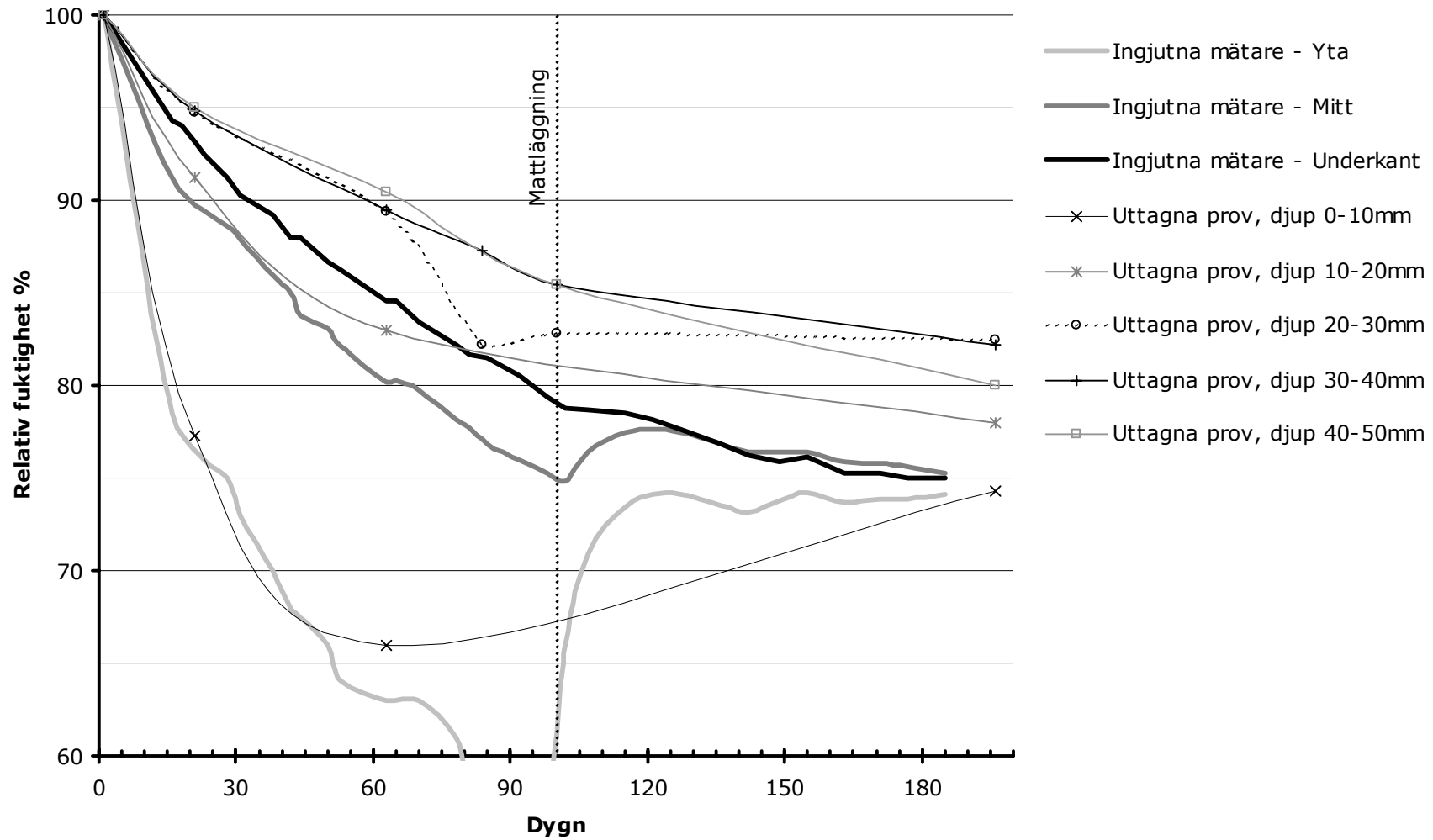
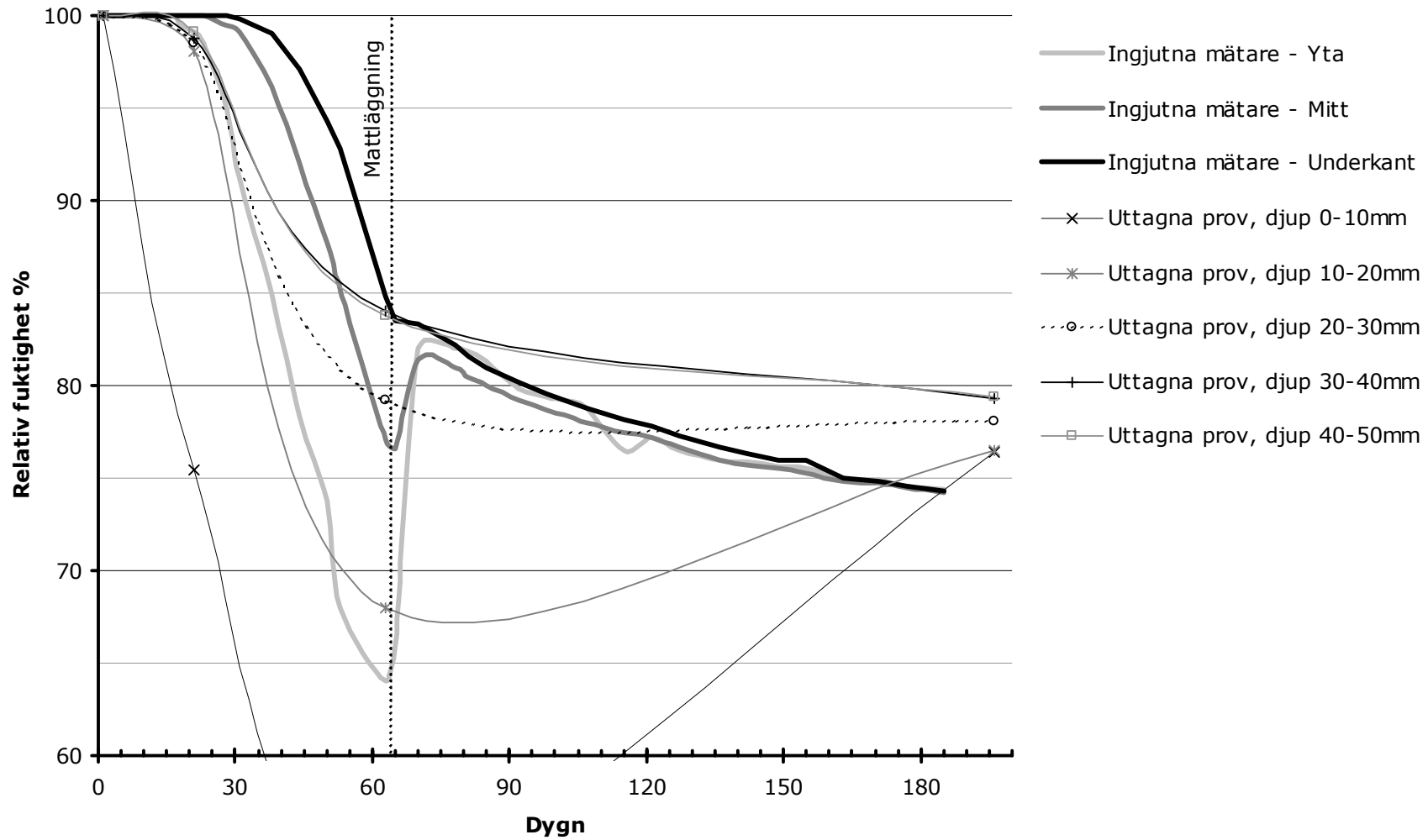




Diagram 20

### Uttorkningskurvor för Fabrikat 2 Snabbtorkande

Tjocklek 50mm, matta lagd efter 64 dygn vid 85% RF



**Bilaga 2: Checklista för fuktsäker avjämning  
(4 sidor)**

# Checklista vid fuktsäker avjämnning

(Alla gråmarkerade fält skall fyllas i!)

## Projektuppgifter av fuktansvarig

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| Fastighet:                | Fastighetsägare:             |
| Huvudentreprenör:         | Avjämningsentreprenör:       |
| Golvläggare:              | Fuktkonsult:                 |
| Arbetsplatsadress:        | Etapp:                       |
|                           | Yta (m <sup>2</sup> ):       |
| Planerad avjämningsdatum: | Planerad mattläggningsdatum: |

## Uppgifter inför avjämnning av avjämningsleverantör

| Underlag:              |  | Uppmätt fukt i underlag = <u>          </u> % RF |    |                  |           |
|------------------------|--|--|----|------------------|-----------|
| Kontrollpunkter        | Risk   | NEJ  | JA | Provning (datum) | OK (sign) |
| 1. RF i betongunderlag | Mätning enligt RBK   |  |    |                  |           |
| 2. Förorenat underlag  | Oljeförorening   |  |    |                  |           |
|                        | Limrester  |  |    |                  |           |
|                        | Andra ytmaterial än betong   |  |    |                  |           |
| 3. Rengöring           | Behov av: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dammsugning</li> <li>▪ Fräsning</li> <li>▪ Slipning</li> <li>▪ Blästring</li> </ul> |  |    |                  |           |
| 4. Ythållfasthet       | Draghållfasthetsprov   |  |    |                  |           |
| 5. Sprickor            | Karteringsbehov  |  |    |                  |           |
| 6. Vidhäftning         | Primningsbehov   |  |    |                  |           |
| 7. Tillskjutande fukt  | Golv under marknivå  |  |    |                  |           |
|                        | Ingen isolering under betongplatta   |  |    |                  |           |
| 8. Boom i underlag     | Kartläggningsbehov   |  |    |                  |           |
|                        | Åtgärdsbehov   |  |    |                  |           |
| 9. Rörelsefogar        | I underlag   |  |    |                  |           |
|                        | I avjämnning   |  |    |                  |           |
| 10. Nygjutet undergolv | Torktid < 28 dygn  |  |    |                  |           |
| 11. Lokalanvändning    | Stor rullbelastning  |  |    |                  |           |
|                        | Stor punktbelastning   |  |    |                  |           |
|                        | Stor linjelast   |  |    |                  |           |

## Uppgifter inför avjämnning av avjämningsleverantör

| <b>Tjocklek:</b>       |   | <b>Uppskattad maxtjocklek = _____ mm</b> |           |                         |                  |
|------------------------|---|--|-----------|-------------------------|------------------|
| <b>Kontrollpunkter</b> | <b>Risk</b>                                       | <b>NEJ</b>                               | <b>JA</b> | <b>Provning (datum)</b> | <b>OK (sign)</b> |
| 12. Buktighet          | Avvägningsbehov                                   |  |           |                         |                  |
| 13. 2-skiktssläggning  | Primning mellan skikten som påverkar uttorkningen |  |           |                         |                  |
| 14. Falluppbyggnad     | Påverkar tjockleken                               |  |           |                         |                  |
| 15. Armering           | Behov av armeringsnät                             |  |           |                         |                  |
|                        | Behov av glasfibernät                             |  |           |                         |                  |

## Uppgifter inför avjämnning av fuktansvarig

| <b>Torktider:</b>       |                                       | <b>Uppskattad torktid = _____ dygn</b> |           |                         |                  |
|-------------------------|---------------------------------------|--|-----------|-------------------------|------------------|
| <b>Kontrollpunkter</b>  | <b>Krav på fuktkontroll</b>           | <b>NEJ</b>                             | <b>JA</b> | <b>Provning (datum)</b> | <b>OK (sign)</b> |
| 16. Provplats           | Utsedd före avjämnning                |  |           |                         |                  |
|                         | Maximal skikt tjocklek                |  |           |                         |                  |
| 17. Fuktkontrollant     | RBK-auktoriserad för mätning i betong |  |           |                         |                  |
| 18. RF i avjämnning     | Uttaget prov under mittnivå           |  |           |                         |                  |
|                         | Uttaget prov av hel kärna             |  |           |                         |                  |
|                         | Annan metod                           |  |           |                         |                  |
| 19. Torkklimat          | Ingen styrning                        |  |           |                         |                  |
|                         | Endast vädring dagtid                 |  |           |                         |                  |
|                         | Mekaniskt ventilerad hela dygnet      |  |           |                         |                  |
|                         | Fläktomblandning                      |  |           |                         |                  |
|                         | Byggvärme: Temp 6 – 15°C              |  |           |                         |                  |
|                         | Avfuktning nattetid                   |  |           |                         |                  |
|                         | Avfuktning helg                       |  |           |                         |                  |
| 20. Uppskattad torktid: | Styrt klimat: 15-20°C, 20-60%RF       |  |           |                         |                  |
|                         | Enligt leverantörens anvisningar      |  |           |                         |                  |
|                         | 0,5 mm/dygn till 85% RF               |  |           |                         |                  |
|                         | 1 mm/dygn till 85% RF                 |  |           |                         |                  |
| 21. Risker              | 2 mm/dygn till 85% RF                 |  |           |                         |                  |
|                         | Risk för otät byggnad                 |  |           |                         |                  |
|                         | Risk för vatten vid håltagningar      |  |           |                         |                  |
|                         | Risk för slang-/ rörläckage           |  |           |                         |                  |
|                         | Kantresning                           |  |           |                         |                  |
|                         | Sprickor i avjämnning                 |  |           |                         |                  |

## Uppgifter inför avjämning av fuktansvarig

| Golveläggningar:         |   | Kritisk RF = _____ % RF |    |                  |           |
|--------------------------|---|-------------------------|----|------------------|-----------|
| Kontrollpunkter          | Risk  | NEJ                     | JA | Provning (datum) | OK (sign) |
| 22. Fuktkrav             | Följs kritisk RF för golveläggningar?<br>▪<br>▪<br>▪                    |                         |    |                  |           |
| 23. Mekanisk ventilation | Finns angiven kritisk RF då avjämning läggs under ett ventilerat golv?  |                         |    |                  |           |
|                          | Finns angiven kritisk RF då avjämning läggs ovanpå ett ventilerat golv? |                         |    |                  |           |
| 24. Golvvärme            | Elburen   |                         |    |                  |           |
|                          | Vattenburen   |                         |    |                  |           |
|                          | Placering i:<br>Övergolv<br>Avjämning<br>Undergolv                      |                         |    |                  |           |
| 25. Ljudkrav             | Skikt av stegljudsisoleringar   |                         |    |                  |           |

## Ifylls av fuktansvarig

| Resultattabell   |          | Val av avjämningsprodukt: _____. |           |
|------------------|----------|----------------------------------|-----------|
| Mätning av       | Resultat | Provning (datum)                 | OK (sign) |
| Fukt i underlag  | RF (%) = |                                  |           |
| Fukt i avjämning | RF (%) = |                                  |           |
|                  |          |                                  |           |
|                  |          |                                  |           |
| Maximal tjocklek |          |                                  |           |
| Avjämningsdatum  |          |                                  |           |
| Mattningsdatum   |          |                                  |           |

