LUND UNIVERSITY

Golvsystem på betong : fuktpåverkan, kemisk emission och vidhäftning

Persson, Bertil

2002

Link to publication

Citation for published version (APA):
Persson, B. (2002). *Golvsystem på betong : fuktpåverkan, kemisk emission och vidhäftning*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7165). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

GOLVSYSTEM PÅ BETONG

FUKTPÅVERKAN, KEMISK EMISSION OCH VIDHÄFTNING

Bertil Persson

TVBM-7165, upplaga 2 Lund 2003

ISBN 91-631-1993-5

Lund Institute of Technology
Division Building Materials
P O Box 118
SE-221 00 Lund, Sweden

Phone: +46 46 2227415
Fax: +46 46 2224427

FÖRORD

Ingående studier under mer än tre års tid har visat att tillskottsemissioner (1-butanol + 2-ethylhexanol) kan undvikas från golvsystem efter en korrekt materialkombination av betong, lågalkalisk avjämningsmassa, lim och mattyp. Senare rön tyder på att PVC-ytbeläggning kan ge upphov till astma och bronkit hos barn, varför det f.n. pågår en snabbt utveckling mot klorfria golvmaterial. Exempel på sådana material är polyolefin och gummi. Nya golvsystem och produktionsmetoder tillkommer vilka system resp. metoder bör kontrolleras uppbyggda i full skala med hänsyn till fukt, kemisk emission och vidhäftning. Preliminära försök visar att stora tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-ethylhexanol kan uppstå vid ogynnsamma materialkombinationer. Kan de nya materialen kombineras med befintliga limtyper utan att dessa problem uppstår? Tål alkalibeständiga lim de påkänningar som förekommer i exempelvis sjukhusmiljö då de använts till de nya golvmaterialen? Omfördelas fuktprofilen på ett likartat sätt under ett gummigolv som i ett golv med PVC-ytbeläggning? Detta är ett axplock av frågor som har utretts inför användningen av de nya golvmaterialen. Det var projektets mål att med modern materialteknik och nya produktionsmetoder söka eliminera olägenheter för innemiljön av reaktionsprodukter från golvsystemet, främst av 1-butanol och 2-ethylhexanol. Rekommendationer skall ges härom. Vidare var projektets mål, att klarlägga om de nya produktionsmetoderna gav samma fuktfördelning som fås i PVC-golv samt om limförbandet kunde ta upp aktuella mekaniska påkänningar lika bra som nuvarande golv med PVC-ytbeläggning gör. Slutligen var det även projektets mål att jämföra uttorkning hos betong med resultat enligt datorprogrammet TorkaS. I projektets referensgrupp har följande personer ingått:

- Lars-Göran Areschoug
- Göran Fagerlund
- Joachim Homgren
- Bo Jonasson
- Hans Kappe
- Tomas Kutti
- Nicklas Sahlén
- Anders Sjöberg
- Mikael Sundahl
- Lars Östberg

Till deltagarna i referensgruppen framföres ett varmt tack. Finansiellt stöd har erhållits från följande organisationer och företag:

- Akzo Nobel Deco International AB- Casco
- Bostik Findley AB
- Freudenberg AB
- Mondo Nordic AB
- Munters Torkteknik AB
- PEAB Sverige AB
- Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF
- Svenska Fabriksbetongföreningen, SFF
- Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP
- Tarkett Sommer AB

Till samtliga bidragsgivare framföres ett varmt tack. Hjärtligt tack även till följande personer:

- Nils-Erik Carlsson
- Birgitta Ek-Olausson
- Sarka Langer

för värdefulla synpunkter under arbetets gång. Varmt tack även till följande personer:

- Peter Andersson
- Lars Eriksson
- Peter Fäldt
- Hans-Arne Göransson
- Thomas Linneroth
- Stefan Roslöf
- Birger Steffensen
- Leif Stenlund
- Kjell Svensson

för all hjälp vid genomförandet av fältförsöken, samt till följande personer:

- Britt Andersson
- Stefan Backe
- Peter Friberg
- Björn Johannesson
- Niklas Johansson
- Ingemar Larsson
- Bengt Nilsson
- Per-Olof Rosenkvist
- Lennart Sturefeldt

för rapportsammanställning och laboratoriearbete.

Upplaga 2 innebär att limmärken har tagits bort efter inrådan av Professorerna Göran Fagerlund och Lars-Olof Nilsson och samråd med finansiärerna.

Lund i januari 2003

Bertil Persson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING **SID**

SYMBOLER
SAMMANFATTNING, SYNTES OCH REKOMMENDATIONER
1. BAKGRUND OCH SYFTE 1
1.1 Introduktion 1
1.2 Begränsningar 1
1.3 Syfte 2
2. TIDIGARE FORSKNING 3
2.1 Uttorkning av betong 3
2.2 Uttorkning av betong och emissioner 5
2.3 Ytbehandling och emissioner 8
2.4 Lågalkalisk avjämningsmassa och emissioner 9
2.5 Lim och emissioner 10
2.6 Mattyper och emissioner 11
2.7 Beräkningsprogram TorkaS 13
3. MATERIAL OCH METODER 17
3.1 Material 18
3.2 Metoder 18
4. RESULTAT AV UTTORKNING 21
4.1 Fältmätningar 21
4.2 Betong utan ytbeläggning 21
4.3 Betong med ytbeläggning 23
4.4 Beräkning med TorkaS i jämförelse med uttorkning av betong 25
5. EMISSIONER FRÅN GOLVSYSTEM 27
5.1 Allmänt 27
5.2 Emission av 1-butanol och 2-etylhexanol 27
5.3 Total emissionsnivå, TVOC 28
5.4 Emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol 33
5.5 Emission av fenoxyethanol 38
5.6 Emission av sesquiterpener 41
5.7 Emission av en fraktion av undekyl- och dodekylbenser 44
6. VIDHÄFTNINGSFÖRSÖK 47
6.1 Förprovning av vidhäftning 47
6.2 Huvudprovning av vidhäftning 47
7. FLÄKNINGSPROVNINGAR 55
7.1 Allmänt 55
7.2 Standard (polyakrylat)lim S direkt till rå betong 55
7.3 Alkalibeständigt lim A till rå betong 56
7.4 Standard (polyakrylat)lim S; lågalkalisk avjämningsmassa B 57
7.5 Alkalibeständigt lim A på lågalkalisk avjämningsmassa B 58
7.6 Alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på lågalkalisk avjämningsmassa B 58
7.7 Standard (polyakrylat)lim E eller alkalibeständigt gummilim G på lågalkalisk avjämningsmassa C 59
7.8 Upprepade försök med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong 59
8. FELKÄLLOR OCH NOGGRANNHET 63
9. DISKUSSION 67
9.1 Allmänt 67
9.3 Betong 69
9.4 Limtyp 71
9.5 Mattyp 73
9.6 Brottyper 74
9.7 Syntes 75
9.8 Kompletterande mätning av egenemissioner från limmer 76
10. SLUTSATSER, SYNTES OCH REKOMMENDATIONER 79
REFERENSER 81
APPENDIX 83-157

SYMBOLER

sesq.	sesquiterpener
A	alkalibeständigt lim A
Ad	adhesionsbrott
B	lågalkalisk avjämningsmassa Bostik Flyt med primer Bostik 6000
C	lågalkalisk avjämningsmassa Casco Schönox CP 3618 med primer Schönox KH
D	alkalibeständigt lim D
E	standard (polyakrylat)lim E
Fläk.	fläkningskraft (N/mm)
FR	Freudenberg gummimatta
G	alkalibeständigt lim G
Ko	kohesionsbrott
Mv	medelvärde
MO	gummimatta Mondo Punti
O	lågalkalisk avjämningsmassa Optiroc ABS 148 med primer Optiroc MD 16
Prov 1	fläkningsprov för provkropp nr 1
PO	polyolefinmatta Tarkett Sommer SuperNova 54749
PT	PVC-ytbeläggning, homogen, Tarkett Sommer Optima 3100
PU	PVC-ytbeläggning, homogen, Armstrong Royal 510494
PV	PVC-ytbeläggning, standard, Tarkett Sommer NordicPlus H2 031 (fyllnadsmedel, skiktad, skumbaksida)
R	rå betong
RF	relativ fuktighet (%)
S	standard (polyakrylat)lim S
SP	Statens Provnings- och Forskningsinstitut, Borås
Std	standardavvikelse
Varians	standardavvikelse/medelvärde
Vidh.	vidhäftningshållfasthet (N/mm²)
X	lågalkalisk avjämningsmassa ABS 147
Y	lågalkalisk avjämningsmassa Strå Universal
Z	lågalkalisk avjämningsmassa Vetonit Pronto
2	provomgång 2
2-etyl.	2-etylhexanol
2-fenox.	2-phenoxyethanol
2-(2-but.)	2-(2-butoxyetoxy)ethanol
30	mätdjup 30 mm
75	vattencementtal, vct (%)
fet stil	bästa syntesval av golvsystem

SAMMANFATTNING, SYNTES OCH REKOMMENDATIONER

Sammanfattning

Denna rapport omfattar experimentella studier och analyser av ett stort antal golvsystem på betong. I experimenten undersöktes två gummimattor, en polyolefinmatta eller tre PVC-mattor i kombination med tre avjämningsmassor, fem limmer och fyra betonger i fråga om fukt, kemisk emission och vidhäftning. För ändamålet tillverkades betongprover i fält i full skala, härdades 6 mån. parallellt med ett pågående husbyggnadsprojekt. Därefter torkades proverna i laboratoriemiljö 1 mån. före applicering av ytbeläggningar. En stor del av betongytorna försågs med lågalkalisk avjämningsmassa. Konstant torktid tillämpades för såväl lågalkalisk avjämningsmassa som lim före applicering av mattor. Doseringen av lim skilde något mellan ytbeläggningar av gummimattor och övriga mattor. Före emissionsmätning härdades golvsystemen 6 mån.. Efter omfattande emissionsmätningar vid SP, Borås återtransporterades provkropparna till LTH Byggnadsmaterial, Lund för mätning av fukt, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystemen.

Slutsatser

Följande slutsatser drogs för golvsystem på betong (0.25 m) vilken hade torkat ut dubbelsidigt under 1 mån. med i förekommande fall lågalkalisk avjämningsmassa (10 mm) som i sin tur hade torkat ut under 10 dygn, i bägge fallen vid RF = 60% och 20 °C:

Fukt:

1. En temperaturökning hade större inverkan på uttorkningshastigheten hos ung betong än hos mogen betong till följd av självuttorkningseffekten.
2. Betong med PVC-matta standard erhöll en skillnad i RF mellan 30 och 60 mm mätdjup på ca 3% beroende på större permeabilitet hos PVC-mattan än hos såväl polyolefinmattan som gummimattorna, med vilka golvet uppvisade en vertikal fuktprofil.
3. Beräkningsprogrammet TorkaS överskattade RF med ca 5% för betong med lågt vct.

Emissioner:

1. Små kemiska emissioner av 1-butanol och 2-ethylhexanol erhölls då endera lågalkalisk avjämningsmassa eller alkalibeständigt lim användes på betongytan.
2. Med gummigolv erhölls stor kemisk emission av såväl 2-etylhexanol, TVOC som av 2-(2-butoxyetoxy)etanol då limning skedde direkt till betong med ett standard (polyakrylat)lim i synnerhet då betongen var ung vid limningstillfället.
3. Det fanns ett omvänt samband mellan emissioner och RF i betongen då limning av ytbeläggning skedde med standard (polyakrylat)lim direkt till rå betong.
4. Vid limning av ytbeläggningar på lågalkalisk avjämningsmassa fanns det en tendens till ökande TVOC med ökande RF i golvsystemet.
5. Emissioner av 2-fenoxyetanol kunde relateras till en av de provade avjämningsmassorna.
6. Emissioner av sesquiterpener, vilka härrörde från gummimattorna mer än fördubblades vid ogynnsamt val av lim.
7. Emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener halverades i golvsystemet jämfört med PVC-mattans egenemissioner troligen beroende av att dessa absorberades av betongen, tämligen oberoende av betongens kvalitet.
8. Dominerande egenemissioner av 1-butanol från ett av de provande (polyakrylat)limmerna kunde relateras till små emissioner av 1-butanol från golvsystem med lågalkalisk avjämningsmassa.
9. Dominerande egenemissioner av 2-ethylhexanol från ett av de provande (polyakrylat)limmerna kunde relateras till små emissioner av 2-ethylhexanol från golvsystem med lågalkalisk avjämningsmassa.
10. Såväl en dominerande som en icke dominerande egenemission av sesquiterpener från två av de studerade limmerna kunde relateras till ökande emission av sesquiterpener från golvsystemen.
11. Från fyra av fem provade limmer förekom egenemissioner av 1,4-dioxan, i ett fall dominerande, men dessa kunde ej korreleras till emissioner av 1,4-dioxan från golvsystemen (existerade ej som verklig emission från något golvsystem).

Vidhäftning:

1. Vidhäftningen hos golvsystemet halverades då RF i betongen ökade från 80% till 90% med standard (polyakrylat)lim applicerat på ung betong endast härdad inomhus troligen beroende av att alkalier i betongens yta bröt ned limmet.
2. Mogen betong utomhushärdad under 6 mån. gav ingen effekt på vidhäftningshållfastheten ens vid hög RF troligen till följd av urlakning av alkalier i ytan (karbonatisering för såväl inomhus- som utomhushärdad betong var 1-2 mm.
3. Vidhäftningsbrotten skedde till stor del i övre delen av lågalkalisk avjämningsmassa möjligen beroende på låg hållfasthet hos aluminatcementgelen alternativt på en härdning vid låg RF = 60% direkt efter läggning av avjämningsmassan.
4. Rätt val av lågalkalisk avjämningsmassa och lim mer än fördubblade vidhäftningshållfastheten.
5. Ett av de undersökta alkalibeständiga limmerna var klibbigt även efter lång tid troligen beroende av migration av mjukgörare från PVC-matta standard.
6. Med samtliga studerade mattyper utom polyolefin erhölls fläkningskrafter > 1 N/mm.

Syntes och förprovning

1. En syntes togs fram med vars hjälp inverkan av relativa effekten av emission av 2-ethylhexanol, TVOC, emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft kan sammanvägas med partialkoefficienter
2. Det togs också fram en förprovningsmetod för golvsystem på betong som beaktar fukt, kemisk emission och vidhäftning (förprovning av golv till Lunds och Trelleborgs Lasarett).

Rekommendationer

Under förutsättning att olämpliga ämnen som toluen, 1-butanol, 2-ethylhexanol, och 1,4-dioxan ej förekommer i delmaterialens egenemissioner, att betongen (0.25 m) har torkat ut dubbelsidigt under 1 mån. samt att, vid användning av lågalkalisk avjämningsmassa (10 mm), avjämningsmassan har torkat ut under 10 dygn, bägge i RF = 60% och 20 °C, kan följande rekommendationer ges:

1. Användning av alkalibeständigt lim för linoleummatta, homogen PVC-matta och polyolefinmatta direkt på betong.
2. Användning av lågalkalisk avjämningsmassa och standard (polyakrylat)lim för linoleummatta, homogen PVC-matta och polyolefinmatta och PVC-matta standard (skiktad med fyllnadsmedel).
3. Användning av lågalkalisk avjämningsmassa och alkalibeständigt lim för gummimattor.
4. Använd ej polyolefinmatta då krav finns på fläkningskraft > 1 N/mm.
5. Användning av alkalibeständigt lim till PVC-matta standard lagd på snabbtorkande lågalkalisk avjämningsmassa (10 mm, 3 dygns torktid).
6. Användning av en förprovningsmetod för golvsystem på betong med beaktande av fukt, kemisk emission och vidhäftning (större projekt).

SUMMARY, SYNTHESIS AND RECOMMENDATIONS

Summary

This report outlines experimental studies and analyses of a great number of flooring systems on concrete. Two rubber floorings, one polyolefin flooring, three PVC floorings as combined with three low-alkali screedings, five adhesives and four concrete types were investigated as regards influence of moisture, chemical volatile organic compound, VOC, and adhesion. For this purpose concrete specimens were fabricated in full scale in the field, cured for half a year in parallel with an ongoing dwelling house project. After that the specimens were dried in a laboratory environment for 1 month before the surface flooring was applied. A great deal of the concrete surfaces was provided by low-alkali screeding. A constant drying time was used for both low-alkali screeding and adhesive before application of the surface flooring. The dosage of adhesive differed slightly between the surface floorings of rubber, on one hand, and the surface floorings of polyolefin and PVC, on the other hand. Before the measurement of VOC was performed, the flooring system was cured for six months. After extensive measurements of the VOC were performed at SP, Borås, the specimens were returned to Lund Institute of Technology for measurements of relative humidity, RH, carbonation, adhesive strength and peel force.

Conclusions

General

The following conclusions were drawn for flooring systems on concrete (0.25 m) which had dried out in both directions for one month and, in the case of low-alkali screeding (10 mm), an additional drying time of this layer of 10 days, both in an ambient climate of relative humidity, RH = 60% and 20 °C:

Moisture

1. A temperature increase had a greater effect on the drying velocity of young concrete than on the drying velocity of mature concrete due to the effect of self-desiccation.
2. Concrete with PVC standard flooring showed a difference of 3% RH between 30 and 60 mm measurement depth due to the higher permeability of PVC than of rubber or polyolefin floorings, with which materials the concrete showed a vertical moisture profile.
3. The calculation programme TorkaS overestimated RH by about 5% at low water-cement ratio of the concrete.

Emissions

1. Small chemical VOC of either 1-butanol or 2-ethylhexanol was observed when either a low-alkali screeding or an alkali-resistant adhesive was used in the flooring system on the concrete surface.
2. With rubber flooring, large chemical VOC both totally and of 2-ethylhexanol and 2-(2-butoxyetoxy)ethanol was observed when the rubber was attached directly to the concrete with a standard (polyacrylate) adhesive.
3. An inverse relationship between RH and VOC was observed when attachment of the flooring was performed with standard (polyacrylate) adhesive directly to the concrete.
4. After attachment of the flooring on a low-alkali screeding there was a tendency to increasing total VOC with increasing RH in the concrete of the flooring system.
5. Emissions of 2-phenoxyethanol were related to one of the tested screedings.
6. Emissions of sesquiterphenes, which were related to the rubber materials, more than doubled with unfavourable adhesive.
7. Emissions of a fraction of undekyl- and dodekyl benzene of the flooring system were halved compared with the emission of undekyl- and dodekyl benzene of the PVC carpet independent of the quality of the concrete.
8. Dominating emissions of 1-butanol from one of the tested adhesives could be related to small emissions of 1-butanol from the flooring systems.
9. Dominating emissions of 2-ethylhexanol from one of the tested adhesives could not be related to small emissions of 2-ethylhexanol from the flooring systems.
10. Both dominating and not dominating emissions of sesquiterphenes were related to emissions from two of the investigated adhesives.
11. From four of the five studied adhesives emissions of 1,4-dioxan was observed, from one of them dominating, but this emission was not correlated to emissions of 1,4-dioxan etylhexanol from the flooring systems (did not exist as real emission from any of the flooring systems).

Adhesion

1. The adhesion strength of the flooring system was halved when RH of the concrete increased from 80% to 90% in the case of standard (polyacrylate) adhesive applied on young concrete that was only cured indoors, most probably because alkalis of the surface deteriorated the adhesive.
2. Mature concrete cured outdoors did not affect the adhesion strength even at high RH most probably due to leakage of alkalis from the surface (the carbonation depth was 1-2 mm with both indoor and outdoor curing).
3. The adhesion fracture took place in the upper part of the screeding, possibly due to low strength of the aluminate cement gel or to the initial curing at low RH = 60%.
4. Correct selection of low-alkali screeding and adhesive doubled the adhesion strength.
5. One of the investigated alkali-proof adhesives was sticky even after a long time, probably due to migration of plasticiser from the PVC standard flooring.
6. All studied flooring types except for polyolefin obtained a peel force 1 N/mm.

Synthesis and pre-testing

1. A synthesis was developed with which the relative effect of VOC, both totally and of 2-ethylhexanol and 2-(2-butoxyetoxy)ethanol may be weighed together with partial coefficients.
2. A pre-testing method was also developed which takes into consideration moisture, VOC and adhesion (pre-testing of flooring for Lund and Trelleborg Hospitals).

Recommendations

Recommendations may only be given for adhesives that do not show emissions of unsuitable VOC such as 1-butanol, 2-ethylhexanol or 1,4-dioxan, that the surface of the concrete (0.25 m) has dried out in both directions for 1 month and that, in case of low-alkali screeding (10 mm), this layer has dried out for 10 days, both at RH = 60% and 20 °C:

1. Use of an alkali-proof adhesive for linoleum, PVC homogenous and polyolefin flooring directly attached to the concrete.
2. Use of a low-alkali screeding and standard (polyacrylate) adhesive for linoleum, PVC homogenous, PVC standard and polyolefin flooring.
3. Use of a low-alkali screeding and alkali-proof adhesive for rubber flooring
4. A polyolefin flooring should not be used when the requirement of peel force > 1 N/mm.
5. Use of an alkali-resistant adhesive for a PVC carpet standard attached to a rapid hardening low-alkali screeding that is only dried out for 3 days (10 mm).
6. Use of a pre-testing method, which takes into consideration moisture, VOC and adhesion.

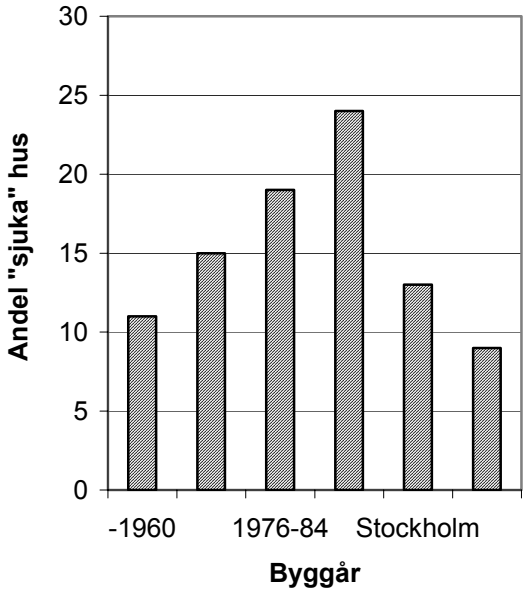
1. BAKGRUND OCH SYFTE

1.1 Introduktion

Diskussioner om inverkan av byggnadens utformning på innemiljön har pågått under många år [1-3]. Problemen accentuerades under slutet av 70-talet i och med energikrisen. Byggnaderna skulle göras mer energisnåla vilket gick ut över uppvärmning och ventilation. Bägge dessa viktiga delar av en byggnads funktion ströps till ett minimum i och med att tilläggsisolering skedde. Därmed fick också emissioner från olika delar av byggnadens delar större betydelse för innemiljön, i synnerhet för luften. Under det så kallade miljonprogrammet, 1965-1974, förekom färre så kallade ”sjuka hus” än därefter. Antalet ”sjuka hus” ökade därefter stadigt, figur 1.1 [4].

Golv är den del av den byggda stommen i ett hus som har den största inverkan på innemiljön. I golvet kombineras ett stort antal material som måste väljas med omsorg om ett lågt emissionsvärde skall fås till gagn för en god innemiljö. Såväl betongens fukt som dess höga pH-värde kan inverka menligt på golvets goda bestånd i fråga om fukt, kemisk emission och vidhäftning. Högre betongkvalitet är ett välkänt sätt att radikalt minska inverkan av fukt på golvets emissionsnivå. Ett så kallat lågalkaliskt skikt, lågalkalisk avjämningsmassa med aluminatcement, bryter på ett effektivt sätt inverkan av betongens höga alkalitet (pH-värde) på limmet och ytbeläggningen.

På senare år har det också tillkommit så kallade alkalibeständiga limtyper vilka motstår betongens eller den lågalkaliska avjämningsmassans alkalitet på ett bättre sätt än vad ett traditionellt (polyakrylat)lim gör. Tillskottsemissioner av ämnen som tyder på att en nedbrytning äger rum av lim/ytbeläggning (1-butanol samt 2-ethylhexanol) kan delvis minskas vid användning av alkalibeständiga limtyper [1]. Dock kan även ytbeläggningens kvalitet vad gäller egenemissioner inverka på tillskottsemissionernas storlek. En ytbeläggning med stora egenemissioner, benämnda TVOC är oftast förutsättningen för att stora tillskottsemissioner skall fås åtminstone då man använder sig av ett ordinärt (polyakrylat)lim [1]. En ytbeläggning med låg egenemission förefaller ge ett lågt tillskott till luften av ämnen som visar på att lim/ytbeläggning bryts ned. Med ett lösningsmedelsbaserat lim kan dock stora emissionstal erhållas även då ytbeläggningen är av lågemitterande typ [1]. Lösningsmedelsbaserade limmer används dock mer sällan i bostäder.



Figur 1.1 - Antalet ”sjuka hus” ökade stadigt efter miljonprogrammet, 1965-1974, [4].

1.2 Begränsningar

Projektet avgränsades till att gälla följande betongtyper med följande vattencementtal:

1. Byggfuktfri betong med vct = 0.37 (kvalitet ca K60)
2. Plattbärlag, prefab, vct = 0.39 (ca K55)
3. Normal betong, vct = 0.48 (K45)
4. Normal betong med vct= 0.75 (K30)

Följande relativ fuktighet, RF, och temperatur tillämpades vid härdningen av proverna:

1. Utomhus fram till 1 mån. före mattlimning
2. Uttorkning i laboratorium under minst 1 mån. vid RF = 60% samt vid endera 15 °C, 20 °C eller 25 °C.
3. Försegling med ytbeläggning vid RF = 60% samt 20 °C.

Betongytan behandlades på följande sätt:

1. Primer Bostik 6000, 0.25 kg/m²
2. Primer Schönox KH, 0.25 kg/m²

Följande avjämningsmetoder tillämpades:

1. Normaltorkande lågalkalisk avjämningsmassa (Bostik golvspackel flyt)
2. Snabbtorkande lågalkalisk avjämningsmassa (Schönox CP 3618)
3. Torktid: 1 dygn/mm
4. Rå betongyta med lätt avslipning

Antalet limtyper och metoden för limning avgränsades enligt följande:

1. Alkalibeständigt lim A, D och G
2. (Polyakrylat)lim standard E och S
3. Öppethållandetid var 5 min. före limning
4. Vätning av hela limytan efter 5 min. öppethållandetid omedelbart före slutlimning.
5. Limmängd endera 0.25 eller 0.33 kg/m² beroende av mattyp (polyolefin och PVC resp. gummi).
6. Belastning 2 kPa under ett dygn efter limning (för att hindra buckling).

Följande mattyper studerades (tjocklek 2 mm):

1. Gummimatta Mondoplan Punti
2. Gummimatta Freudenberg
3. Plastmatta homogen polyolefin Super Nova 54749
4. PVC-ytbeläggning med fyllnadsmedel Tarkett Sommer Nordic Plus H2031

1.3 Syfte

Det var projektets mål att med modern materialteknik och nya produktionsmetoder söka eliminera olägenheter för innemiljön av reaktionsprodukter från golvsystemet, främst av 1-butanol och 2-ethylhexanol. Rekommendationer skall ges härom. Vidare var projektets mål, att klarlägga om de nya produktionsmetoderna gav samma fuktfördelning som fås i PVC-golv samt om limförbandet kunde ta upp aktuella mekaniska påkänningar lika bra som nuvarande golv med PVC-ytbeläggning gör. Slutligen var det även projektets mål att utföra en jämförelse av uttorkning hos betong med Byggcement och Slitecement (beräkningsprogrammet TorkaS).

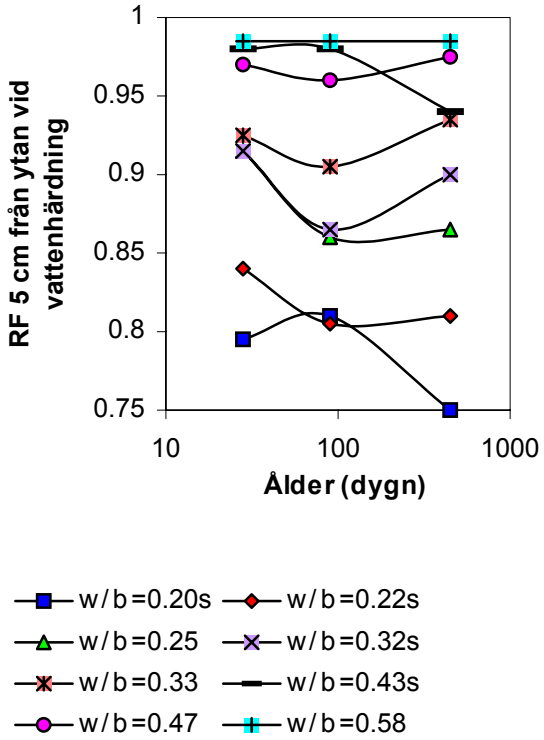
2. TIDIGARE FORSKNING

2.1 Uttorkning av betong

För att täta beläggningar skall kunna limmas på betong krävs en viss uttorkning av betongen till en så kallad kritisk RF. Kritisk RF avser högsta värdet i området närmast under den pålimmade mattan. Före pålimning av mattan mäts RF på ett ekvivalent mätdjup (20% av konstruktionsmåttet vid dubbelsidig uttorkning; 40% vid ensidig uttorkning), där RF anses vara lika stor som den sedan blir under mattan på lång sikt. Verkligt ekvivalent mätdjup är något mindre, ca 15% resp. 33%. Med hänsyn till en ”säkerhetsmarginal” har något högre värden valts [1]. Följande kritisk RF används:

1. 85% RF för gummimattor och homogena plastmattor
2. 90% RF för linoleummattor och plastmattor med mer än 40% fyllnadsmedel
3. 95% RF för olimmad plastfolie

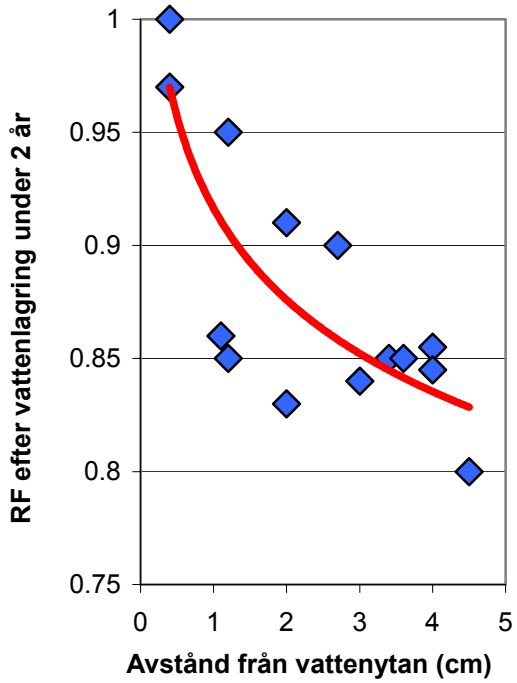
Betongens uttorkning är till största delen beroende av dess kvalitet. Väljs hög kvalitet från början undviks långa och kostsamma uttorkningsåtgärder, förseningar till följd av en uttorkning, etc. En betong med hög kvalitet fortsätter att torka även i vatten [5-16], figur 2.1, vilket ger konstruktionen en inbyggd fuktsäkerhet.



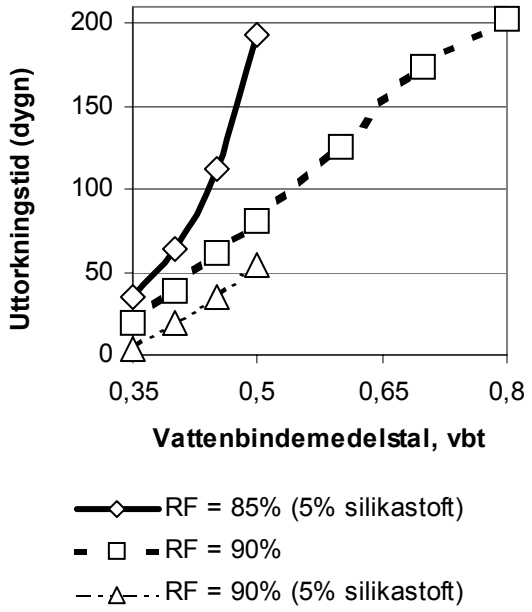
Figur 2.1 - RF, 5 cm från ytan i 1 m vattenlagrade betongpelare med olika vattenbindemedelstal, vbt (w/b). s = 10% av bindemedlet utgör silikastoft.

Även i samband med fuktskador är en byggfuktfri betong att föredra eftersom fukten bara tränger in ett par cm i betongytan, figur 2.2 [17]. I figur 2.3 visas uttorkningstider för ett betongbjälklag med tjockleken 0.25 m baserade på mätningar på ett bjälklag med tjockleken 0.18 m (i sort sett en fördubbling av tiderna med hänsyn till skillnaden i tjocklek på bjälklaget) [18]. En minsta tjocklek för betongbjälklag på 0.25 m är idag gängse med hänsyn till krav på ljudklass B. För ljudklass A krävs i allmänhet 0.30 m betong vilket ökar tiderna i figur 2.3 med ca 40%.

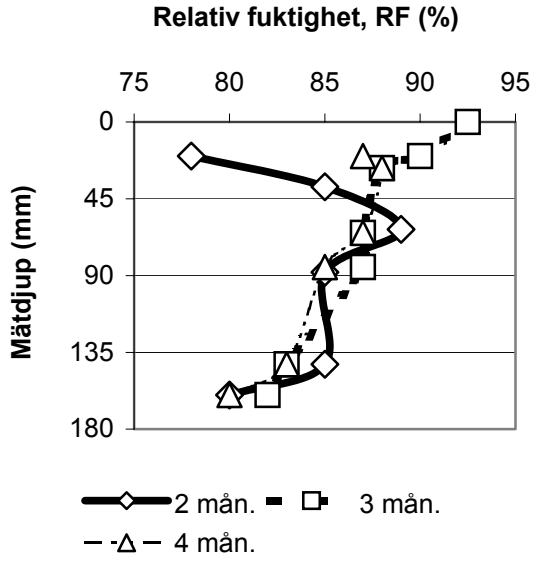
Betong med lågt vbt/vct tar inte upp vatten även efter lång tid, figur 2.2. En fuktanrikning fås i ytan efter mattlimning, figur 2.4 [18]. Därför rekommenderas att avjämna ytan med lågalkalisk avjämningsmassa mellan betong och ytbeläggning. I en avjämningsmassa med uttorkningstiden 1 dygn/mm erhålls ingen fuktanrikning eftersom skiktet kan ta upp limfukten [1], figur 2.5. Vad som ibland förbises är en allt fortgående självuttorkning hos betong med lågt vct. Betong med högre vct behåller sin RF, då den sluts in tät t.ex. av en gummi- eller plastmatta. I figur 2.6 ges exempel på inbyggd fukt hos betong med vct ≈ 0.70 [1]. Fortfarande efter 6 mån. är RF hög i limskiktet i ytan av betong med vct ≈ 0.70.



Figur 2.2 - RF efter 2 år i vattenlagrad betong med vbt = 0.40 (5% silikastoft) [17].

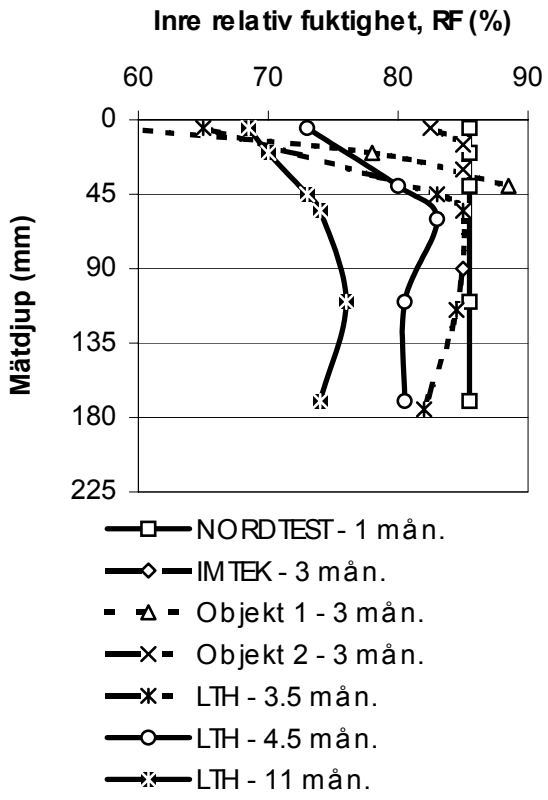


Figur 2.3 - Uttorkningstider för ett betongbjälklag med tjockleken 0.25 m baserade på mätningar på ett bjälklag med tjockleken 0.18 m (en fördubbling med hänsyn till tjockleken) [18].

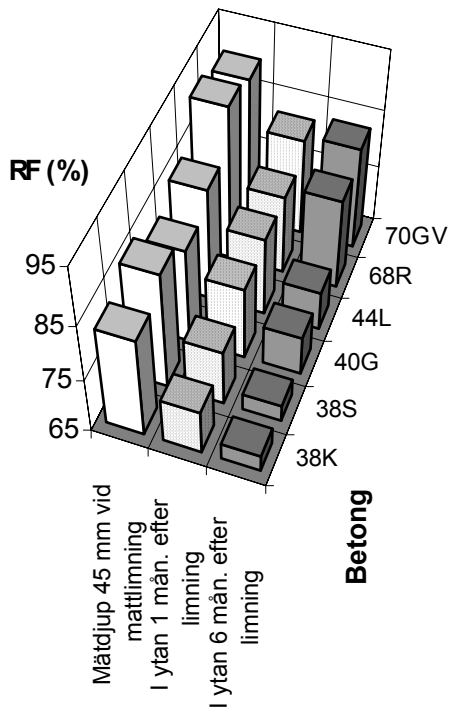


Figur 2.4 - Fuktprofiler i betongbjälklag med vct = 0.40 och tjocklek 0.18 m varierande tider efter mattlimning [18].

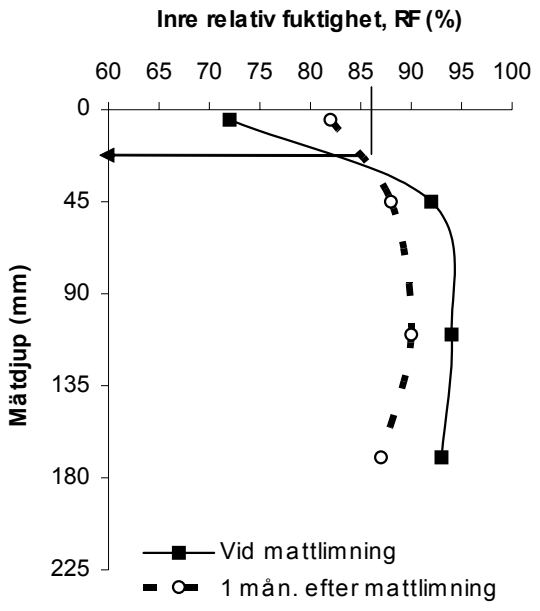
För betong med vct ≈ 0.40 fortsätter självuttorkningen lång tid varför RF sjunker så lågt som till ca 70% efter 6 mån., helt av sig självt. Detta ger hela konstruktionen en inbyggd fuktsäkerhet. Nuvarande ekvivalent mätdjup, 0.2x (betongdimensionen i uttorkningsriktningen) är troligen för stort. Figur 2.7 visar exempel på en beräkning av det ekvivalenta mätdjup i betonggolv (0.23 m), i detta fall 1 mån. efter mattlimning [19,20].



Figur 2.5 - RF-profiler (betong: vct = 0.38; avjämningsmassa och PVC-matta efter 3 mån. [1].



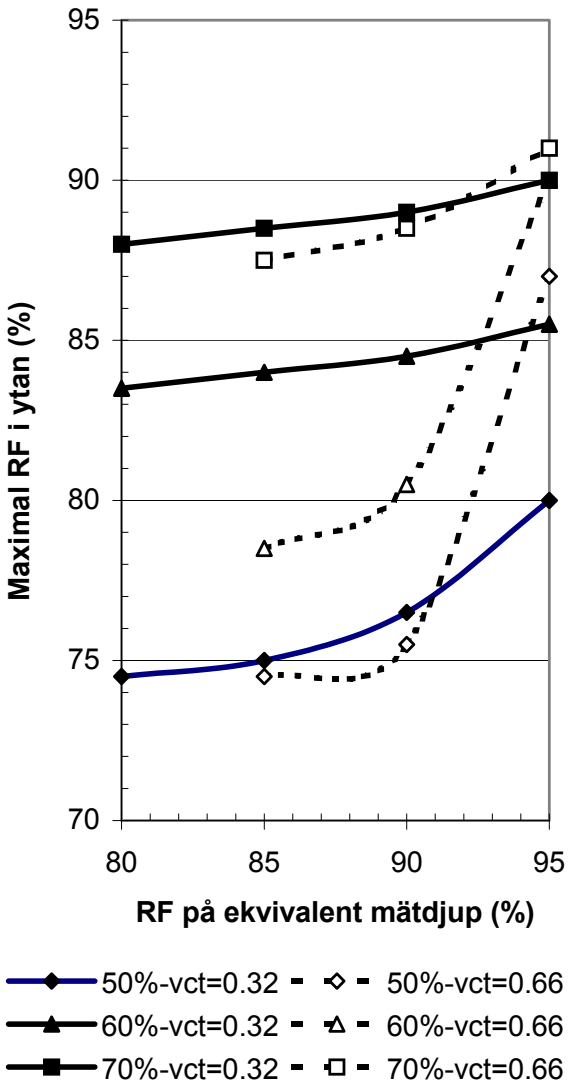
Figur 2.6 - RF hos betong med varierande vct.



Figur 2.7 - Beräkning av ekvivalent mätdjup i betonggolv 1 mån. efter mattlimning [19,20].

På ekvivalent mätdjup erhålls samma RF vid mattlimningen som direkt under mattan efter 1-6 mån. (ekvivalent mätdjup). Enligt 180 RF-mätningar uppgick det ekvivalenta mätdjupet i genomsnitt till 27 mm med en standardavvikelse av 10 mm, vilket totalt sett motsvarade ca 15% av bjälklagstjockleken. Ett mindre ekvivalent mätdjup (15% av bjälklagstjockleken) än nuvarande (20%) betyder att uttorkningen till RF-kravet enligt Hus AMA minskas avsevärt. Inverkan av uttorkningsklimat på erhållen RF direkt under en tät mattbeläggning visas i figur 2.8 [21]. Även av figur 2.8 framgår att ekvivalent mätdjup är för stort. Om ekvivalenta mätdjupet hade varit korrekt så skulle RF direkt under mattan blivit lika med RF på ekvivalent mätdjup före ytbeläggningen.

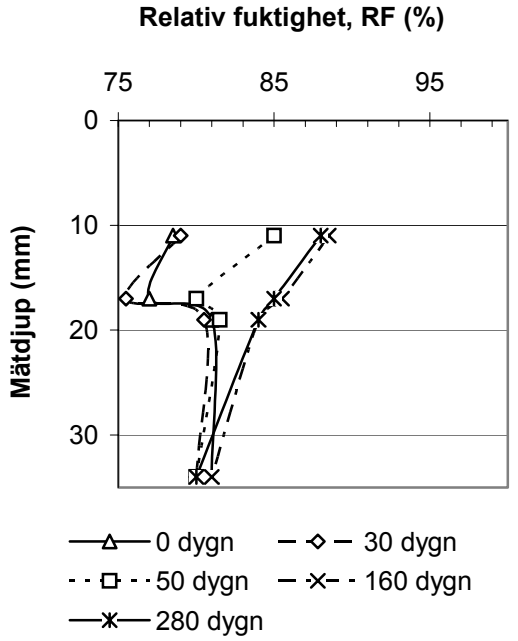
Skillnaden är stor vid låg RF i omgivningen under uttorkningen [21]. Uttorkningsprofilen såg lika ut oberoende av betongkvaliteten, figurerna 2.9-2.10 [21]. Såväl för byggfuktfri betong med vct = 0.32 som för normal betong med vct = 0.66 ökade ytans RF med ca 10% i samband med mattlimning. Skillnaden var att man med byggfuktfri betong börjar vid en betydligt lägre RF och därför ej når kritiska tillstånd för t. ex. limförtvålning, ca 90% RF, figurerna 2.9-2.10 [21].



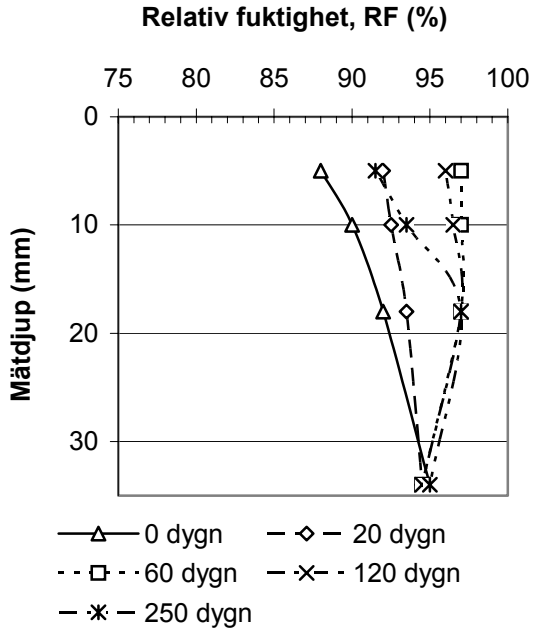
Figur 2.8 - Inverkan av uttorkningsklimat på RF direkt under en tät mattbeläggning [21].

2.2 Uttorkning av betong och emissioner

Det finns ett direkt samband mellan å ena sida RF och å andra sidan tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol från ett golvsystem på betong, figur 2.11 [19,20]. För att erhålla stor TVOC krävs betydligt högre RF > 90% i betongen, figur 2.12 [21]. Detta beror på att förtvålning av lim först sker vid RF > 90%. Tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol från ett golvsystem på betong kan dock konstateras vid betydligt lägre RF vid ogynnsamma materialkombinationer som högemitterande ytmaterial och icke alkalibeständigt lim [19,20]. Emissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol varierar över tiden. Sett i ett tidsperspektiv avklingar emissioner av 2-etylhexanol (irriterande lukt) efter 6 mån. medan emissioner av 1-butanol (arbetsmiljömässiga gränsvärden) fortgår lång tid [21], figur 2.13.

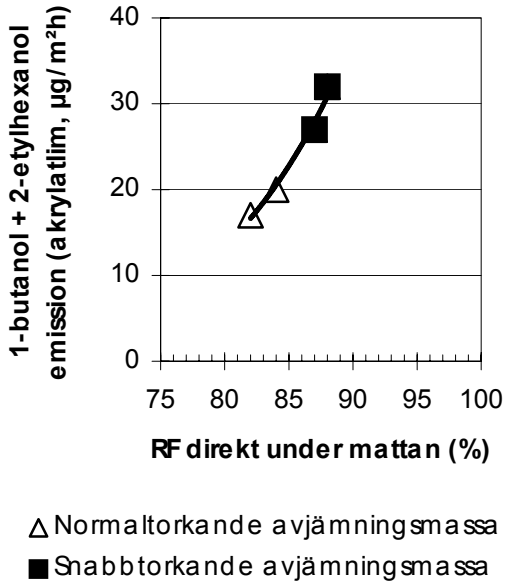


Figur 2.9 - Fuktprofil efter mattlimning på betong med vct = 0.32 [21].

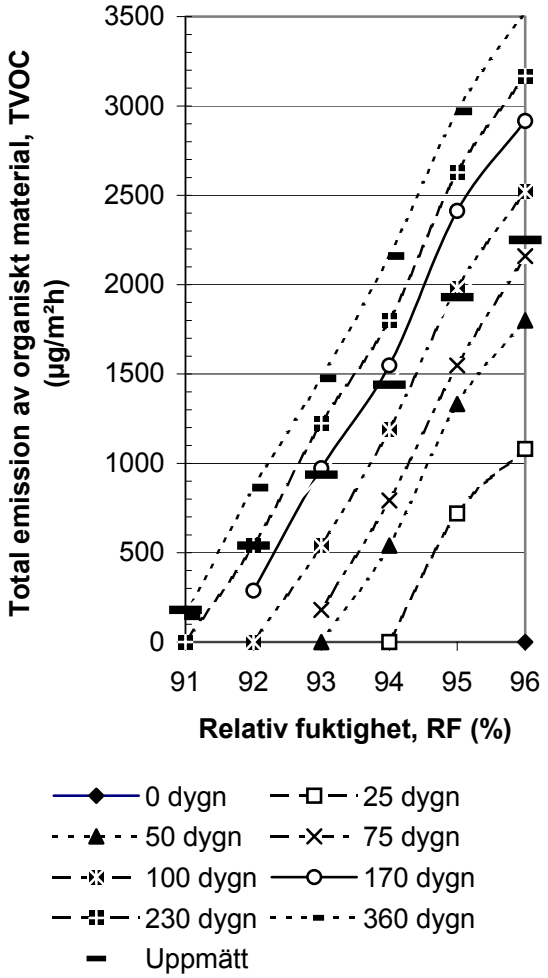


Figur 2.10 - Fuktprofil efter mattlimning på betong med vct = 0.66 [21].

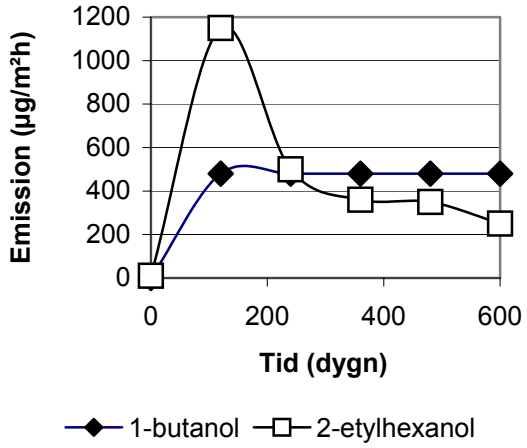
En omfattande undersökning i fråga om ytuttorkning och emissioner visar dess betydelse. Om limning sker på en torr betongyta minskar emissionerna till en bråkdel av de som uppmäts från ett golvsystem där limning skett till en betong med vertikal eller så gott som en vertikal fuktprofil eller en så gott som vertikal fuktprofil utan ytuttorkning, figur 2.14 [22].



Figur 2.11 - Samband mellan RF och tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol (akrylatlim) från ett golvsystem på betong [19,20].



Figur 2.12 - Stora totala emissioner, TVOC, erhålls först vid RF > 90% [21].

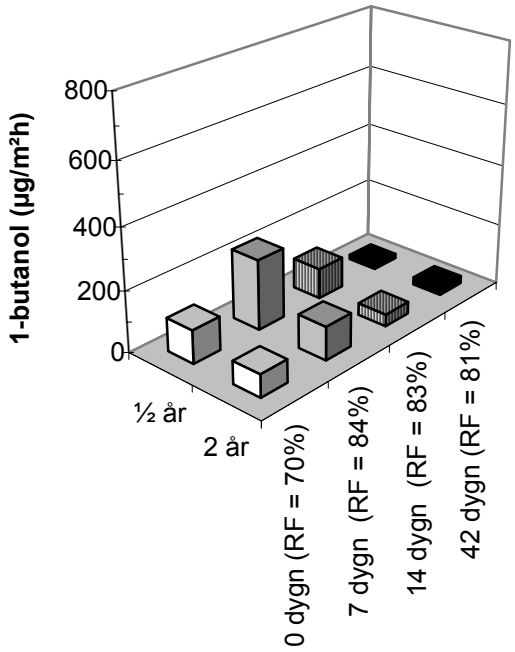


Figur 2.13 - Emission av 2-etylhexanol avklingar, emission av 1-butanol kan fortgå länge [21].

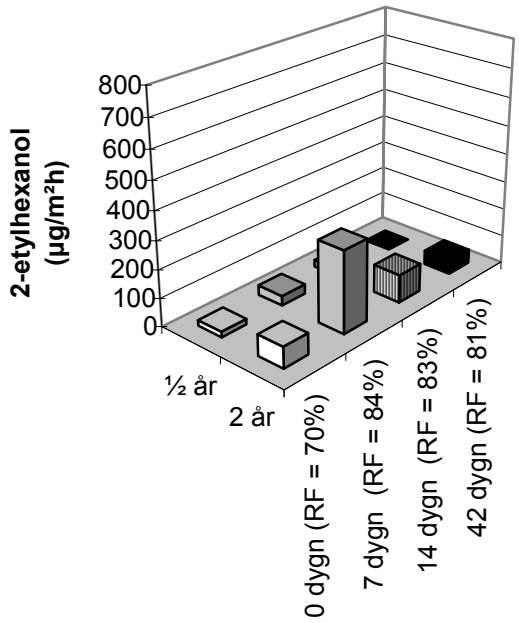
Figur 2.14 visar emissioner av 1-butanol för två betonger: vct = 0.35 (RF = 70%) och vct = 0.55 (RF = 81-84%). I kontrast till figur 2.13 visar figur 2.14 med tiden minskande emissioner av 1-butanol. För betong med vct = 0.35 utan ytuttorkning erhölls i stort sett samma emissioner av 1-butanol som för betong med vct = 0.55 med 14 dygns torktid. För betong med vct = 0.35 utan ytuttorkning erhölls hälften så stora emissioner av 1-butanol som för betong med vct = 0.55 med 7 dygns torktid. Figur 2.15 visar på samma sätt emissioner av 2-etylhexanol för samma golvsystem som i figur 2.14 [22]. Figur 2.15 visar med tiden ökande emissioner 2-etylhexanol [22]. I övrigt kan samma slutsatser dras som för emissioner av 1-butanol: betong med vct = 0.35 hade lägst emissionsnivå vid konstant ytuttorkningstid [22]. Uttorkningen av betongen har stor betydelse även för betong med högre vct = 0.70. Det är således ingen bra lösning att använda avjämningsmassa på en fuktig betong i syfte att eliminera emissioner [22]. Från golvsystem med betong med vct = 0.70 uppstår nämligen ökande emissioner av 1-butanol vid en högt RF = 97%, figur 2.16. Vid RF = 91% och samma golvsystem med betong vct = 0.70 fås istället ökade emissioner av 2-etylhexanol, figur 2.17 [22]. Vid RF = 97% skulle alkalitransport kunna ske i avjämningsmassan [22,23]. Efter 2 år var emissioner av 1-butanol lika stora för betong med som utan avjämningsmassa, figur 2.16 [22]. Vid hög RF = 95% ökande dock ej pH i någon av avjämningsmassor baserade på aluminatcement, figur 2.18:

X: ABS 147; Y: Strå Universal; Z: Vetonit Pronto

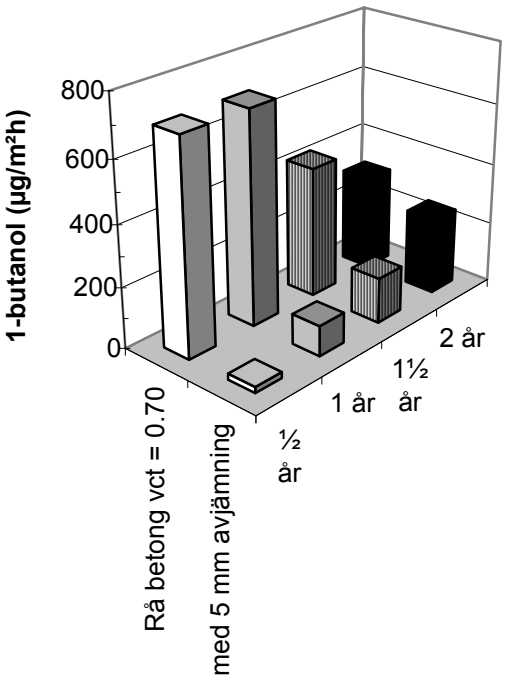
På avjämningsmassorna (tjocklek 10 mm) limmades en ytbeläggning efter 1 dygn.



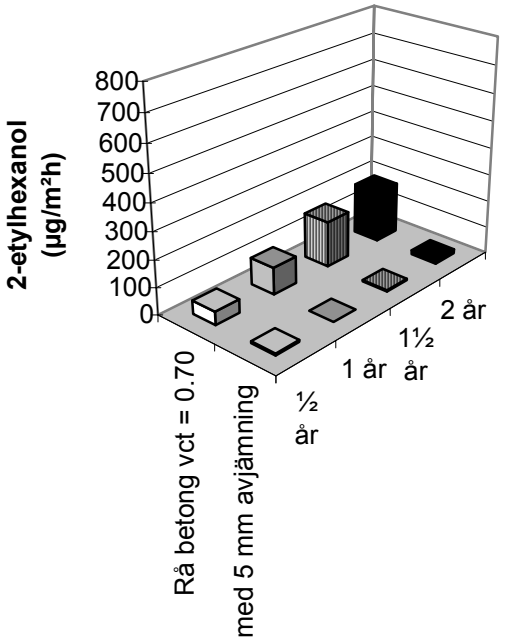
Figur 2.14 - Emission av 1-butanol från golv på betong med vct=0.35 (RF=70%); vct=0.55 (RF = 81-84%). Mättid: 6 mån. eller 2 år [22].



Figur 2.15 - Emission av 2-etylhexanol från golv på betong: vct=0.35 (RF=70%); vct=0.55 (RF=81-84%). Mättid: 6 mån. eller 2 år [22].

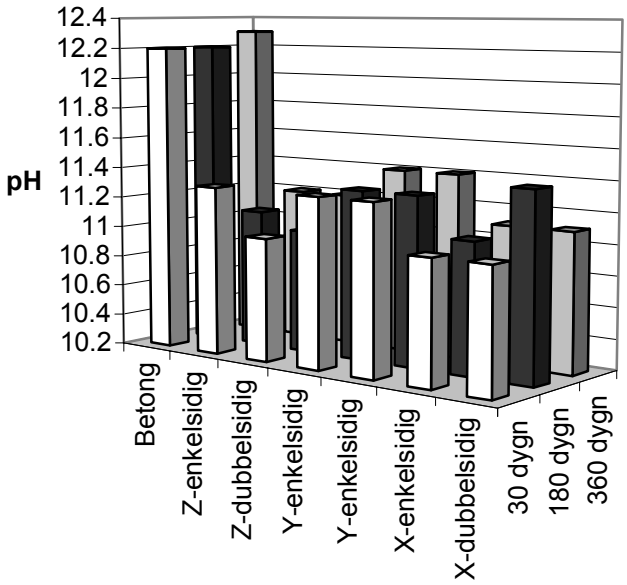


Figur 2.16 - 1-butanol från golvsystem på betong med vct = 0.70 vid RF = 97% [22].



Figur 2.17 - 2-etylhexanol från golvsystem på betong med vct = 0.70 vid en högt RF = 91% [22].

Föreskriven uttorkningstid för de bägge förra var 7-21 dygn. Figur 2.18 visar pH vid RF = 95% för olika tidpunkter efter mattlimning, 0-2 mm från betongen samt i betongen. Ingen eller mycket litet alkali hade vandrat in i avjämningsmassa inom 1 år [23]. Möjligen kan så ske på 2 års sikt vid RF = 97%, dvs. mycket hög RF i golv [22].



Figur 2.18 - pH i betong och avjämningsmassa vid RF = 95% varierande tider efter mattlimning, 0-2 mm från matta, 0-2 mm från betong samt i betong [23]. M.v. 30 d: pH = 11.15; 360 d: pH = 11.23; stdav. = 0.15. z = 0.32 < 1.96 (ej signifikant).

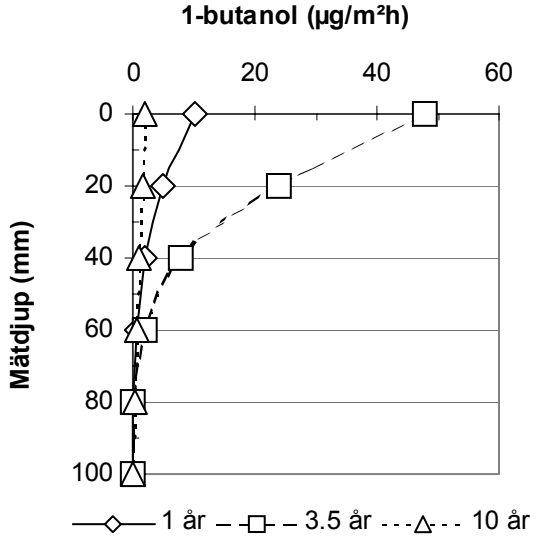
2.3 Ytbehandling och emissioner

Betonger på vilka mattor limmas direkt slipas ibland ca 1-2 mm. Före läggning av avjämningsmassa sker i allmänhet ingen slipning. Däremot läggs 0.25 kg/m² vattenlöslig primer i syfte att förbättra vidhäftningen mellan avjämningsmassan och betongen. I syfte att binda damm läggs ibland 0.25 kg/m² vattenglas (natriumsilikat) på betongytan. Slipning av betongytan har en obetydlig inverkan på ytans alkalitet. Ytalkaliten hos betong som utsätts för regn blir låg eftersom alkalierna är lättlösliga. En ytfuktigt betong har liten karbonatisering varför pH-värdet i ytan ändock blir högre hos en regnutsatt betong än hos en torr betongyta, vilken i sin tur karbonatiseras.

Slipning av betongytan minskar ytalkaliteten något men ytan blir mer svårlimmad. Figur 2.19 visar emissioner från golvsystem på betong efter följande typer av ytbehandling:

- Matta limmad på rå betong vilken luftlagrats
- Matta limmad på vattenlagrad rå betong
- Matta limmad på slipad betong vilken luftlagrats
- Matta limmad på slipad betong vilken vattenlagrats
- Matta limmad på rå betong med avjämningsmassa vilken luftlagrats
- Matta limmad på rå betong med avjämningsmassa vilken vattenlagrats
- Matta enbart (egenemission)
- Avjämningsmassa på rå betong
- Rå betong

Högst emission erhölls från ett golvsystem med matta limmad på rå betong vilken luftlagrats. Luftlagring gav ingen möjlighet för urlakning av alkalier i betongytan som vattenlagring gjorde t. ex. i form av regn [19,20]. Golvsystem på betong med avjämningsmassa erhöll de i särklass lägsta emissionsvärdena. Golvsystem på avjämningsmassa uppvisade små emissioner. Betongen i sig självt uppvisade vissa emissioner av ammoniak även efter lång tid (12-19 µg/m²·h) [19,20]. Emissioner från skiktet mellan betong och ytbeläggning kan tränga ned i betongens porer [21]. Emissionerna lagras lång tid och ger upphov till sekundäremissioner, figurerna 2.20-2.21 [21]. Tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol, avklingar olika snabbt. Förhöjda värden har konstaterats 60 mm under ytan [21].



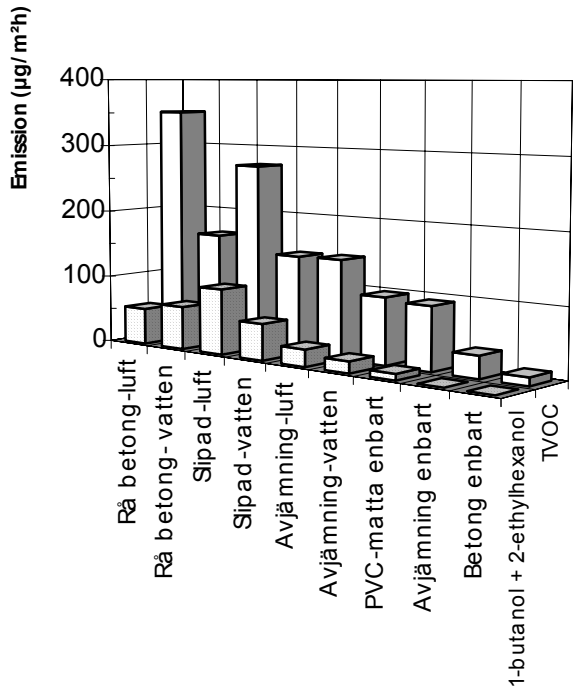
Figur 2.20 -1-butanol på olika mätdjup [21].

2.4 Avjämningsmassa och emissioner

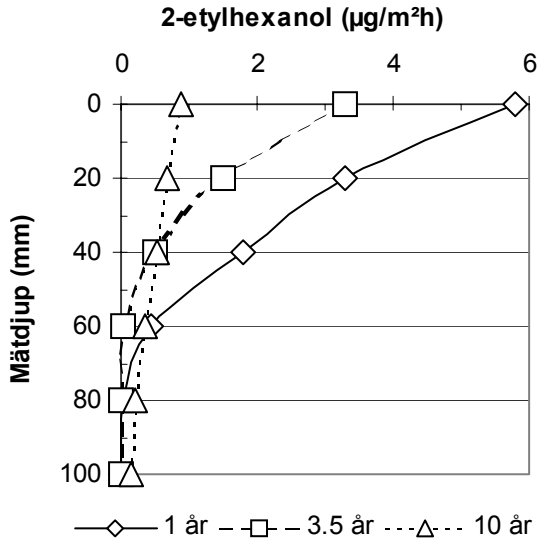
På ca 90% av alla betonggolv läggs avjämningsmassa främst av två skäl:

1. För att ge en jämn yta för mattlimning
2. För att bryta inverkan av betongens höga pH

Tjockleken på en avjämning uppgår till minst ca 5 mm, normalt ca 8 mm. Läggning av avjämningsmassa sker snabbt genom utpumpning. Torktiden varierar med kvaliteten.



Figur 2.19 - Emission från golvsystem (olika typer av ytbehandling) [19,20].

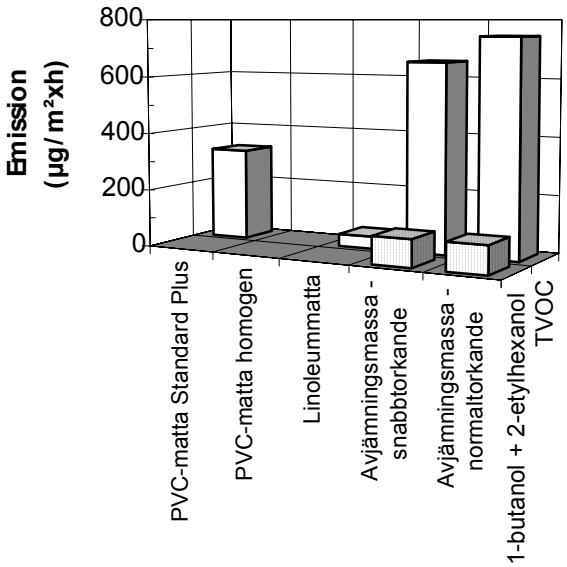


Figur 2.21 - 2-etylhexanol på olika mätdjup [21].

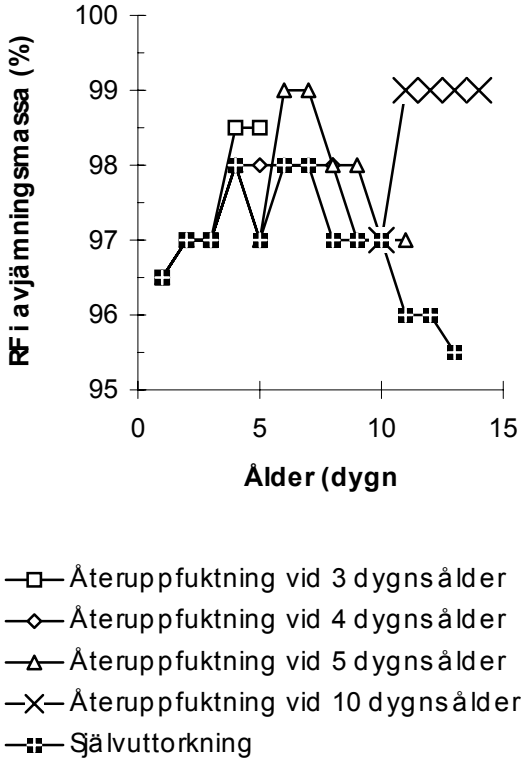
En torktid av ca 1 dygn/mm i uppvärmt utrymme är gängse utom för snabbtorkande avjämningsmassor där torktiden är ca 3 dygn. Avjämningsmassor innehåller olika typer av oorganiska filler, t .ex. dolomitkalk, flygaska eller granulerad masugnsslagg, från vilka irriterande lukt kan uppstå efter utläggning. Figur 2.22 visar exempel på egenemissioner 6 mån. efter läggning av avjämningsmassa, vilken förseglats med aluminiumfolie från 3 dygns ålder. Vid mättillfället var RF = 85%. Efter det att ytan på avjämningsskiktet hade torkat ut, avklingade emissionerna snabbt. Å andra sidan kan en uppfuktning av avjämningsmassan bli aktuell efter t. ex. tätning med plastmatta varför en mätning vid RF ≈ 85% får anses som relevant [1]. Även tillskottsemissioner förekom 6 mån. efter läggning av avjämningsmassan vilket tydde på att en reaktion ägde rum i massan fortfarande 6 mån. efter läggningen [1]. Avjämningsmassans självuttorkning undersöktes, dels efter vattenlagring, dels efter försegling [1]. Figur 2.23 visar uttorkning hos normaltorkande avjämningsmassa, dels efter vattenlagring, dels efter försegling (viss självuttorkning). Som visas i figur 2.19 har en lågalkalisk avjämningsmassa en positiv effekt på emissionernas storlek i och med att kontakten mellan betong och matta/lim bryts på ett effektivt sätt. Figurerna 2.24-2.25 visar att tillskottsemissionerna minskar eller bibehålls med avjämningsmassa på betongen [21].

2.5 Lim och emissioner

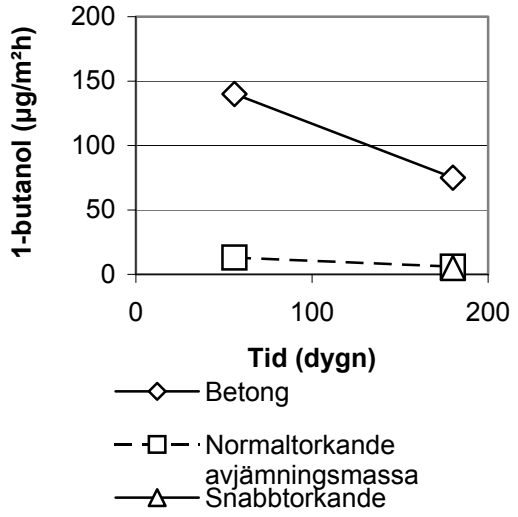
Tillskottsemissioner kan även bemästras med rätt val av lim, figur 2.26 [19,20]. Då kan å andra sidan ytbehandling av betongen inverka på emissionerna, t.ex. ett skikt av vattenglas, figur 2.26 [19,20]. För något 10-tal år sedan var den förhärskande limtypen lösningsbaserad, med stora emissioner som följd. På senare år har vattenbaserade så kallade alkalibeständiga limtyper tillkommit vilka ej innehåller delar som kan nedbrytas till 1-butanol eller 2-etylhexanol. Det är inte alltid tillräckligt att använda alkalibeständigt lim på en rå betongyta i syfte att eliminera emissioner från ett golvsystem. I vissa fall krävs även en lågalkalisk avjämningsmassa mellan betongen och limmet/mattan, figur 2.27. Med avjämningsmassa erhålls något större emissioner med akrylatlim än med alkalibeständigt lim beroende av att det finns en viss mängd Portlandcement i avjämningsmassan i syfte att påskynda reaktionen, figur 2.27. RF i avjämningsmassan före mattlimning inverkar också på emissionerna. Med snabbtorkande avjämningsmassan och torktid 3 dygn erhålls ej tillräckligt låg RF före mattlimning för att ett normalt akrylatlim skall kunna användas, figur 2.28. Limmängden inverkar på emissionernas storlek, figurerna 2.29-2.30 [21].



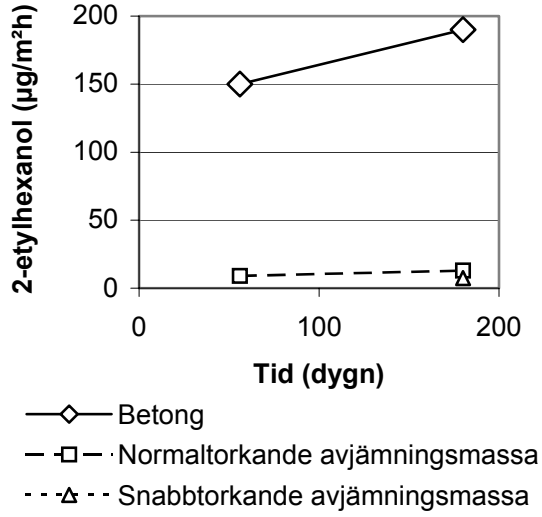
Figur 2.22 - Emissioner efter 6 mån. [1].



Figur 2.23 - RF i avjämningsmassa.



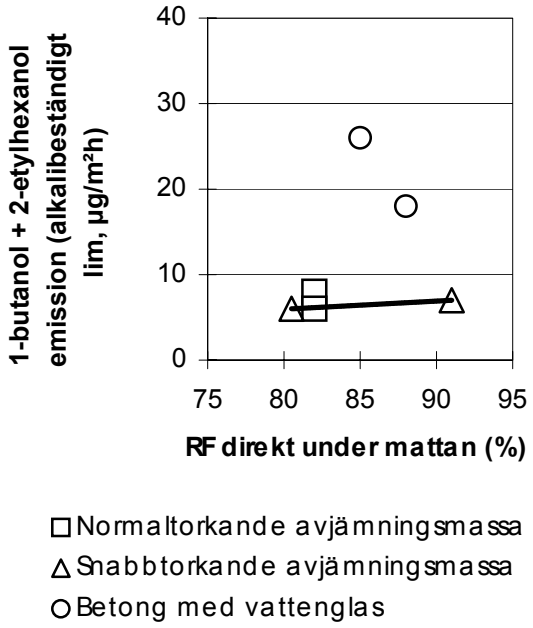
Figur 2.24 - Tillskottsemission av 1-butanol från golvsystem med avjämningsmassa [21].



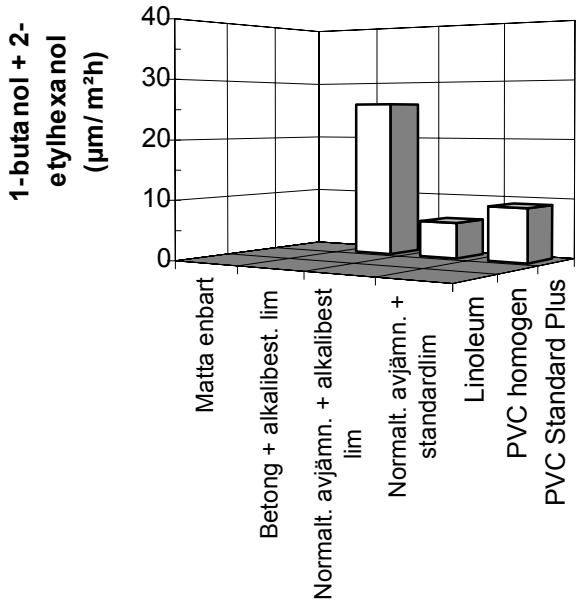
Figur 2.25 - Tillskottsemission av 2-etylhexanol från golvsystem med avjämningsmassa [21].

2.6 Mattyper och emissioner

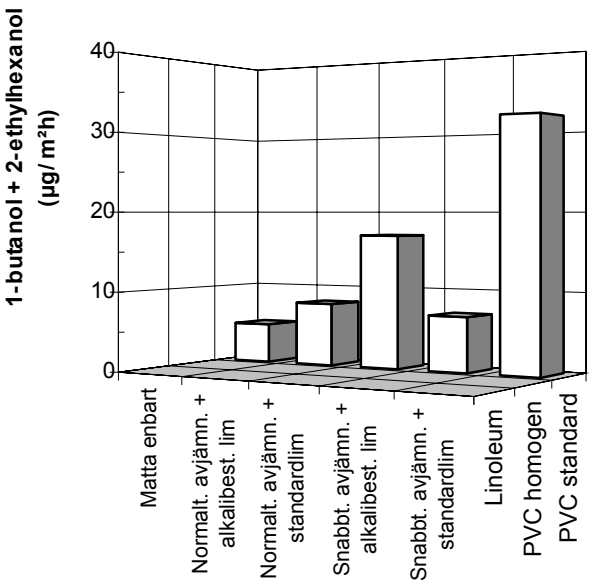
Emissioner från ett golvsystem med en skiktad PVC-matta gav mycket stora emissionsvärden. Denna matta visade sig (olimmad) ha ca 7-falt större egenemissioner de som uppgavs i en varudeklaration, figur 2.31 [1]. I en jämförande undersökning med samma förutsättningar i fråga om lim och betong samt avjämningsmassa erhölls i särklass lägst tillskottsemissioner med en linoleummatta följd av homogen PVC-matta [21]. En skiktad PVC-matta uppvisade högst emissionsnivå från golvsystemet, figurerna 2.32-2.33 [21].



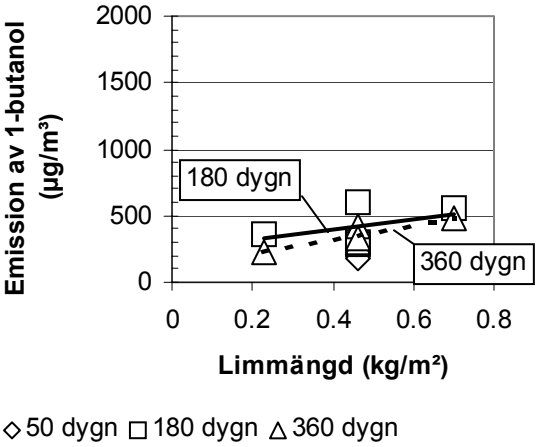
Figur 2.26 - Samband mellan RF och tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol (alkalibeständigt lim) från ett golvsystem på betong.



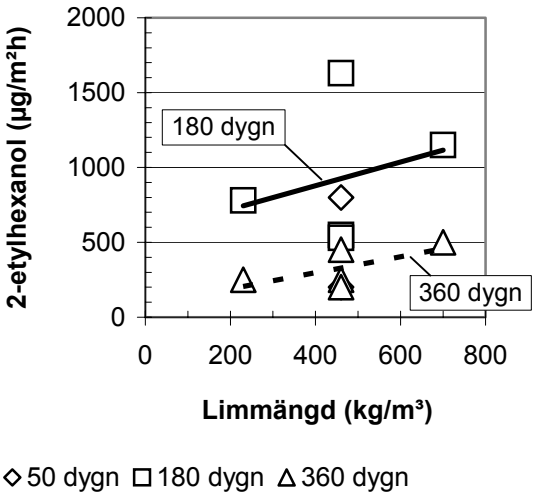
Figur 2.27 - Emission från golvsystem på betong med vct = 0.70 med och utan lågalkalisk avjämningsmassa [1].



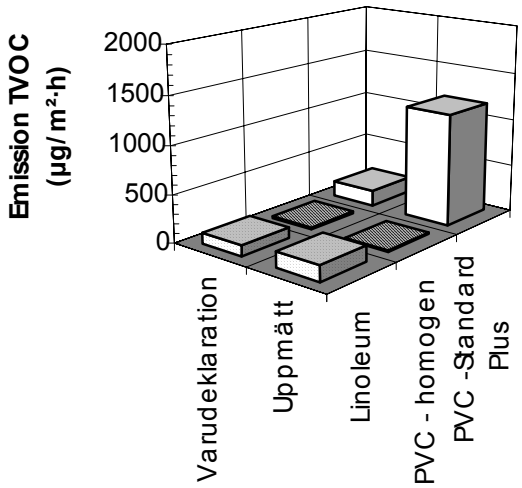
Figur 2.28 - Snabbtorkande avjämningsmassa plus alkalibeständigt lim utan tillskottsemissioner [1].



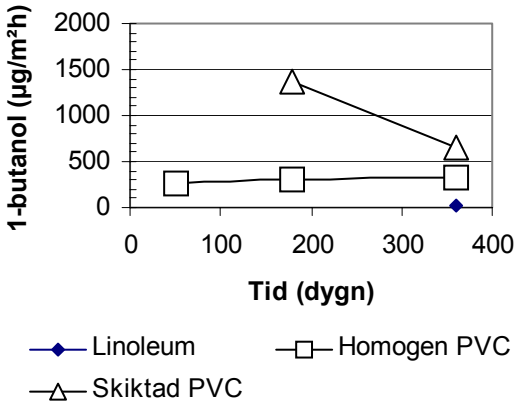
Figurer 2.29 - Limmängd versus 1-butanol 21].



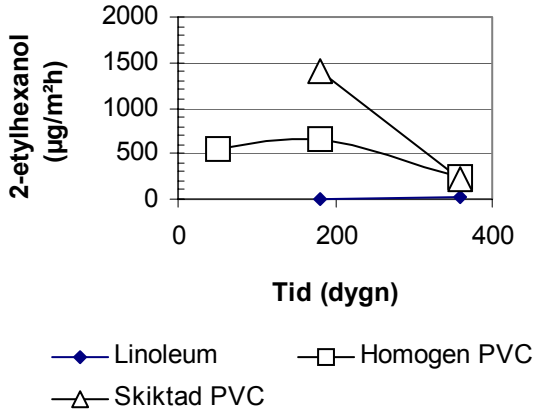
Figurer 2.30-Limmängd versus 2-etylhexanol [21].



Figur 2.31 - Uppmätta och deklarerade emissioner från en lösliggande skiktad PVC-matta [1].



Figur 2.32 - Skiktad PVC-matta uppvisade störst emission av 1-butanol från golvsystemet [21].



Figur 2.33 - Skiktad PVC-matta uppvisade störst emission av 2-etylhexanol från golvsystemet [21].

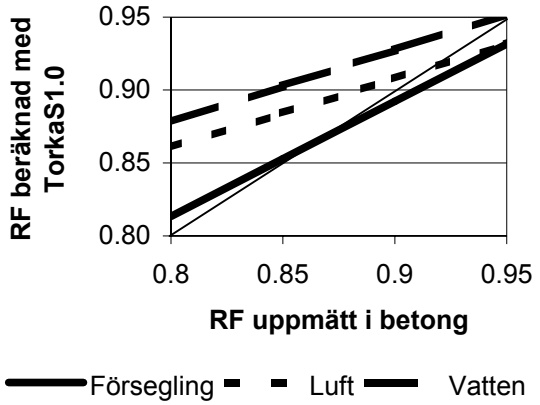
2.7 Beräkningsprogram TorkaS

2.7.1 Uttorkning i luft, vatten eller försegling

En experimentell jämförelse utfördes med ett beräkningsprogram TorkaS. Programmet baseras på försök med betong med Slite Std-cement. För ändamålet tillverkades betongprover i stålcylindrar med diametern 100 mm och längden 200 mm. Efter 1 dygn skedde avformning varefter en aluminiumfolie applicerades runt om provet. Ändytorna var fria från aluminiumfolie. Hälften av proverna härdades direkt med ena änden i 10 mm vatten och andra änden i luft, RF = 60%, hälften av proverna förvarades direkt i RF = 60% (dubbelsidig uttorkning). Även förseglade prover togs med i beräkningen varvid omgivnings-RF passades till den RF som erhölls med TorkaS. Rutiner enligt ovan användes dvs. vid 1 månads ålder togs prover ut och RF-mättes enligt Nordtest 490 [24-29]. Figur 2.34 visar enligt TorkaS beräknad RF som funktion av experimentellt uppmätt RF. Vid självuttorkning överensstämde enligt TorkaS beräknad RF (tunn linje) och uppmätt RF väl. Vid såväl vattenlagring som lufthärdning överskattades RF kraftigt med TorkaS jämfört med de värden som uppmättes vid försöket, speciellt för betong med lågt vct [26]. Vid vct = 0.38 överskattade TorkaS RF med ca 5-6%. Vid högre vct = 0.80 underskattades RF något för förseglad härdning [28]. Uttorkning av betonger med vct = 0.46 och vbt = 0.50 studerades i laboratorium. Recept och hållfasthet för betongerna ges i tabell 2.1 [30]. Uttorkningen skedde dubbelsidigt på en 150 mm tjock provkropp med diametern 275 mm, gjuten i plaströr. Torkklimatet var 22 °C och RF = 60%. RF uppmättes med Humi-Guard RF-givare.

Tabell 2.1 - Recept och hållfasthet för betonger (kg/m³) [30].

Material	Vct=0.46	Vbt=0.50
Ballast 8-16	760	758
Ballast 4-8	324	328
Sand 0-4	713	712
Flygaska		59
Silikastoft		15
Flytmedel	1.9	1.8
Luftporbildare	1.4	1.9
Snabbcement	307	221
Vatten	139	136
Densitet	2245	2231
Hållfasthet, 28 dygn (MPa)	32	36

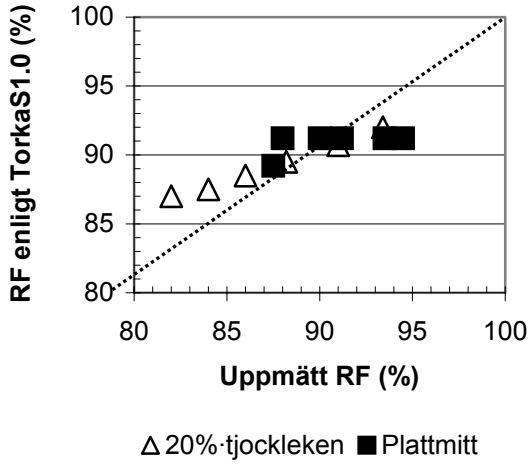


Figur 2.34 - RF enligt TorkaS versus uppmätt RF. Vid självuttorkning överensstämde RF enligt TorkaS (tunn linje) och uppmätt RF väl. I övrigt överskattades RF kraftigt med TorkaS.

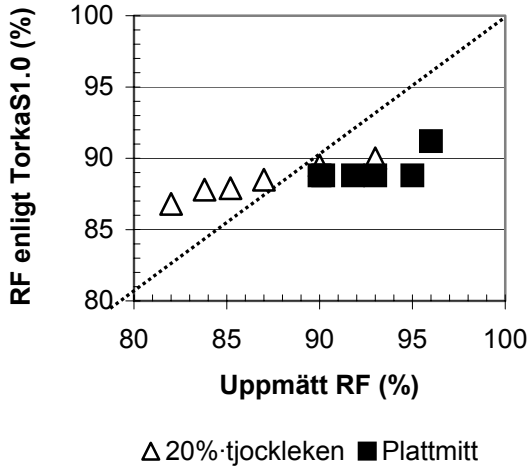
Efter 2 mån. uttorkning uppmättes ungefär 4% lägre RF på 20% av betongtjockleken än vad som beräknades med TorkaS, figur 2.35-36 [30]. Mitt i provkroppen uppmättes ca 2% lägre RF än vad som beräknades med TorkaS. Detta betyder att med TorkaS beräknad uttorkningstid var mer än dubbelt så lång som den som uppmättes i verkligheten. Det är i huvudsak C_3A-innehållet i cementet samt innehållet av C_4AF (1/10-del mycket som C_3A) som betingar uttorkningen av betongen [31]. För Slite Std cement som TorkaS baseras på ingår 8% av klinkerkomponenten C_3A och 7% C_4AF. I dansk snabbcement ingår 7% av klinkerkomponenten C_3A och 11% C_4AF, dvs. en liten skillnad mellan cementen i detta avseende. Resultaten i figurerna 2.35-36 överensstämmer väl med de i figur 2.34, dvs. TorkaS överskattade RF vid RF < 90% uppmätt i verkligheten samt underskattade RF vid RF > 90% uppmätt i verkligheten [30]. I själva verket var underskattningen upp till 5% vid RF = 95% samt överskattningen ca 5% vid RF = 85%. Vid RF = 90% gav TorkaS korrekt värde [30].

2.7.2 Uttorkning i fält

Figur 2.37 visar en jämförelse mellan en beräkning av RF i betong enligt TorkaS och RF enligt ett mycket stort antal fuktmätningar i laboratorium utförda på prover uthuggna på en byggplats [1]. Även i detta fall överskattades RF kraftigt med TorkaS, ca 6% vid betong med vct = 0.38 - 0.44. Figur 2.37 visar att TorkaS överskattade RF med ca 6% vid uppmätt RF = 85%. I TorkaS utförs beräkningen med transportkoefficienter som. ej tar tillräcklig hänsyn till den fördröjande effekt vid uppfuktning som erhålls till följd av självuttorkning [31,32].



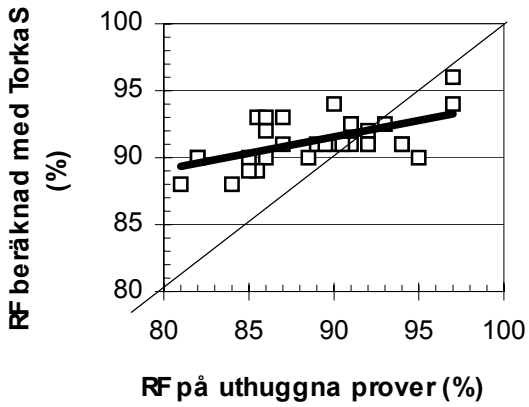
Figur 2.35 - RF i betong med vct = 0.46 beräknad med TorkaS versus uppmätt RF [30].



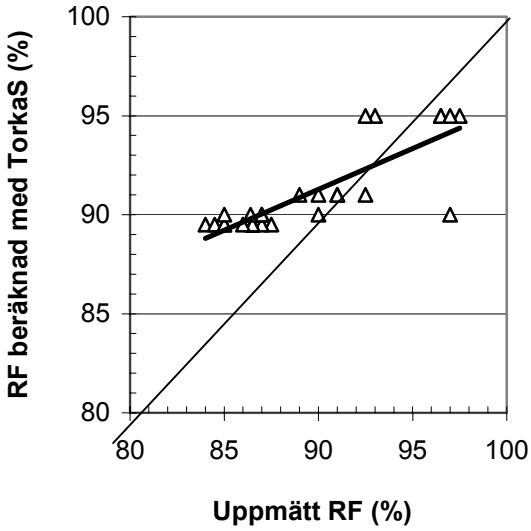
Figur 2.36 - RF i betong med vbt = 0.50 beräknad med TorkaS versus uppmätt RF [30].

2.7.3 Självuttorkning

RF-resultat från självuttorkning av ett stort antal betonger jämfördes med en beräkning med TorkaS med data från ett tidigare BRF/SBUF-projekt [30,31] enligt ovannämnda Nordtest-metod 490 [29]. Vid beräkningen med TorkaS sattes yttre RF lika med inre RF beräknat med TorkaS (självuttorkning). Slutresultat erhölls efter ca 3 passningsberäkningar med TorkaS. Figur 2.38 visar med TorkaS beräknad RF som funktion av uppmätt RF på uthuggna betongprover vid självuttorkning [29]. Beräknade RF-värden vid självuttorkning överensstämde ej generellt med uppmätta värden på prover från försök [1], figur 2.38. Vid RF = 90% överensstämde beräknad RF med uppmätt men vid RF = 85% överskattade TorkaS RF-värdena kraftigt (upp till 5%). Motsatt förhållande gällde för RF > 90% dvs. RF underskattades, figur 2.38.



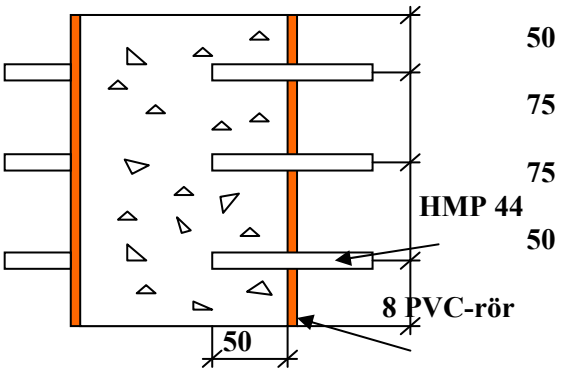
Figur 2.37 - RF i betong enligt TorkaS och RF på prover uthuggna på en byggplats [1].



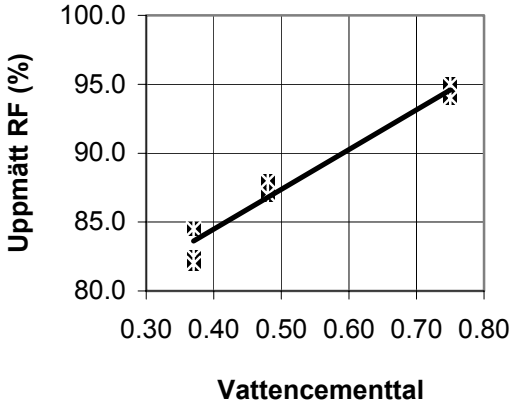
Figur 2.38 - Med TorkaS beräknade RF-värden vid självuttorkning versus uppmätta värden [32,33].

2.7.4 Inverkan av temperatur

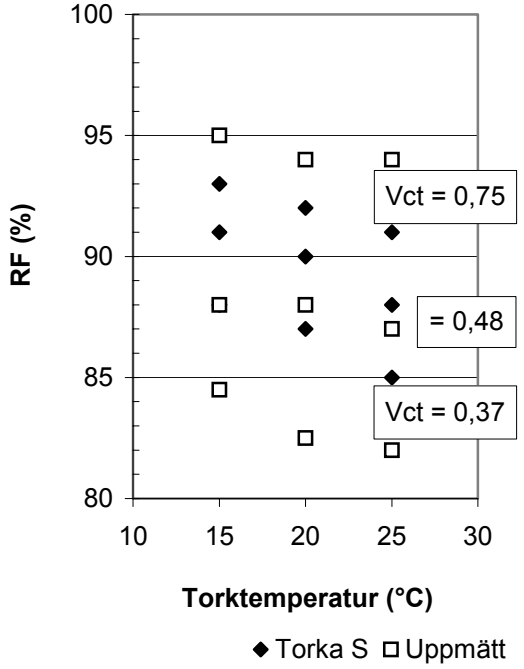
Uttorkningen mättes för tre olika betonger med vattencementtal, 0.37, 0.48 och 0.75, appendix 2.1 [34,35]. Tre provkroppar tillverkades av var betong, höjd 250 mm, diameter 150 mm. Proverna förseglades fram till 4 dygns ålder. Därefter härdades provkropparna en månad vid 15, 20 resp. 25 °C. RF i omgivningen var 60% för samtliga fall Fuktmätningarna utfördes vid 20 °C med Vaisala fuktgivare HMP 44. Uttorkningen var dubbelsidig [32,33], figur 2.39. De uppmätta värdena jämfördes med beräknade värden från TorkaS. Alla mätresultat och beräkningar med TorkaS har redovisats utan korrektion med avseende på temperatur och mätosäkerhet. Betongerna med vct = 0.48 och vct = 0.37 hade bättre uttorkningsegenskaper än betong med vct = 0.75, figur 2.40 [34,35]. Resultaten visade även att temperaturen hade liten inverkan på uttorkningen i intervallet 15 -25°C, figur 2.41 [34,35]. RF blev ca 1.5% högre vid 15 °C än vid 25 °C.



Figur 2.39 - Mätning med dubbla Vaisala HMP 44 sensorer på varje mätdjup. Mått i mm [34,35].



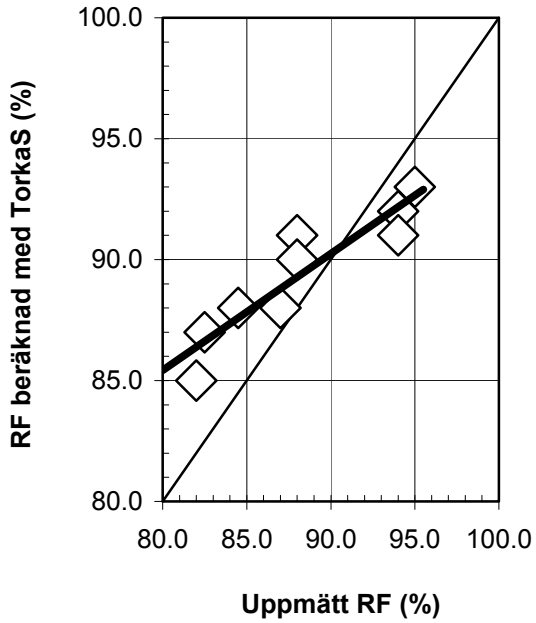
Figur 2.40 - Uppmätt RF i betong versus vct [34,35]. Övre värden: 15 °C; nedre 25 °C.



Figur 2.41 - Inverkan av temperatur mellan 15 -25 °C på uttorkningsförloppet [34,35]. RF blev i genomsnitt ca 1.5% högre vid 15 °C än vid 25 °C.

Beräkning med TorkaS visade en dubbelt så stor inverkan av temperaturen jämfört med vad RF-mätningarna gav vid handen, ca 3% högre RF vid 15 °C än vid 25 °C. Jämförelsen mellan mätningarna och beräkningsresultaten från TorkaS visar att det finns en signifikant skillnad mellan beräkningarna och mätningarna, ca 4% högre RF i snitt med TorkaS jämfört med uppmätta värden [34,35]. För RF < 90% visar TorkaS större värden än vad som uppmättes. För RF > 90% visar TorkaS värden som var lägre än vad som uppmättes. Detta tyder på att TorkaS visade värden som var ogynnsamma för val av betong med vct < 0.50, figur 2.42. Å andra sidan föreföll TorkaS ge värden på osäkra sidan för betong med vct = 0.75 [31,32].

Orsaken till skillnaden mellan uppmätta RF-värden och beräknade kan vara att TorkaS ej tog hänsyn till betongens självuttorkning vid låga vct [36,37]. I figur 2.43 visas fuktprofiler för provkropparna vid 20 °C mättemperatur. I provkroppens mitt var inverkan av ändringar i yttre temperatur särskilt stor, ca 1.5% lägre RF efter härdning vid 25 °C jämfört med härdning vid 15 °C, således en liten skillnad. En ökning av temperaturen med 10 °C från 15 °C till 25 °C motsvarade en minskning av vct med 0.05, jfr figurerna 2.43 och 2.44. I bägge fallen erhölls en skillnad på 1.5% RF mellan 15 °C och 25 °C härdningstemperatur.

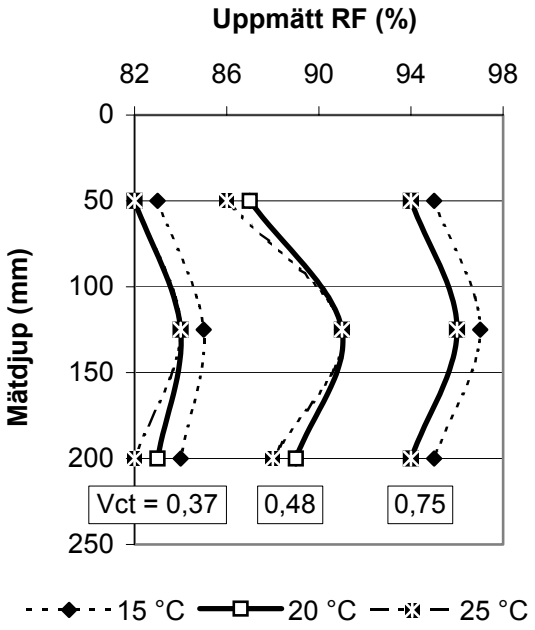


Figur 2.42 - TorkaS visade för höga värden för betong med vct < 0.50. TorkaS visade för låga värden (på osäkra sidan) för vct = 0.75 [34,35].

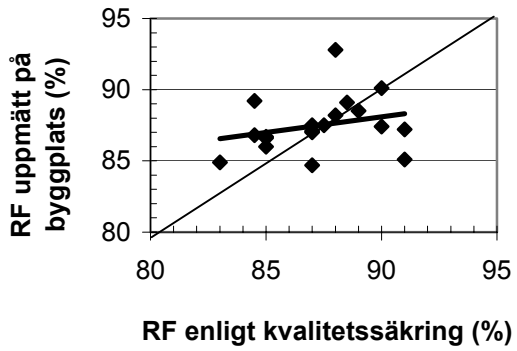
2.7.5 Kvalitetssäkring

Vid ett nytt Barn- och Ungdomssjukhus, Lund, utfördes en kvalitetssäkring av byggplatsens fuktmätningar [38]. Kvalitetssäkringen innebar att byggplatsens fuktmätningar kontrolleras genom fuktmätning i laboratorium av fukten i på byggplatsen utbilade bitar av betong [38]. Appendix 2.2 visar sammansättningen för de bägge betongerna som användes. Figur 2.44 visar att RF enligt byggplatsens mätning och RF uppmätt inom kvalitetssäkringen överensstämde väl [38]. I genomsnitt var RF inom platsmätningarna 0.3% lägre än vad som uppmättes inom kvalitetssäkringen. Standardavvikelsen var 2.7% och variationskoefficienten 9%. På byggplatsen utfördes även mätningar av temperatur och RF i luften, klimatuppgifter som var ingångsdata för en beräkning med i TorkaS, figur 2.45 [38]. Därefter utfördes beräkningar med TorkaS, figur 2.46 [38].

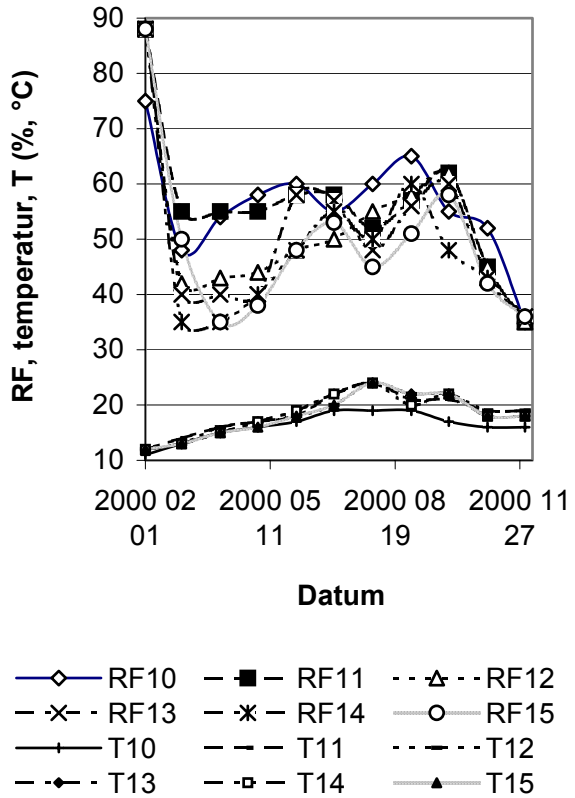
Med en genomsnittlig uttorkningshastighet av 0.05 %/dygn gav TorkaS 50 dygns länge uttorkningstid än den som förekom i verkligheten, såväl enligt byggplatsens mätningar som enligt kvalitetssäkringen av RF [38]. I synnerhet vid låg RF (vct = 0.38) överskattades RF kraftigt med TorkaS, upp till 11% vid vct = 0.38. TorkaS gav ett systematiskt fel på + 2.5%, dvs. TorkaS överskattade RF med 2.5% [38]. Detta innebar att TorkaS förutspådde längre uttorkningstider än vad som blev fallet i verkligheten [38].



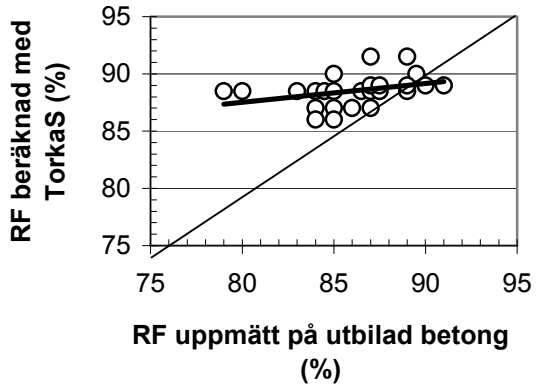
Figur 2.43 - Fuktprofil för betong (20 °C) [31,32].



Figur 2.44 - RF på byggplatsen versus RF inom kvalitetssäkringen [40].



Figur 2.45 - Temperatur, T, och RF [38]. T10 = temperatur på våningsplan 10.



Figur 2.46 - RF beräknad med TorkaS versus uppmätt RF (ca 2.5% lägre än beräknad RF) [38].

3. MATERIAL OCH METODER

3.1 Material

3.1.1 Betong

I appendix 3 ges en allmän översikt av försöken, recept samt egenskaper i färskt tillstånd för betongerna. Följande vct studerades:

- Vct = 0.37 (byggfuktfri, ca K60)
- Plattbärlag, 45 mm, vct = 0.39 (K55)
- Vct = 0.48 (kvalitet ca K 45)
- Vct = 0.75 (kvalitet ca K 30)

Betongerna tillverkades av EssBetong, Trelleborg. Parallellt med betongleveransen till arbetsplatsen tillverkades provkroppar för laboratorieförsök. Följande provstorlekar användes:

- Diameter 250 mm samt längd 250 mm (emissionsmätningar)
- Diameter 250 mm samt längd 130 mm (emissioner och uttorkning)
- Diameter 150 mm samt längd 250 mm (fuktmätningar)

I botten av formen fanns 45 mm betong med vct = 0.39 förtillverkad i Kalmar, appendix 3.3. Proverna härdades 1 dygn förseglat med kraftig plastfolie samt därefter utomhus fram till 1 mån. före mattlimning, då proverna togs in i laboratorium med RF = 60% samt 20 °C. Vissa fuktprover härdades vid 15 °C resp. 25 °C. I fält skedde uttorkningen på en arbetsplats som en del av ett ordinarie projekt. Omgivningsklimatet på byggnadsplatsen uppmättes efter det att uppvärmningen hade påbörjats. Från tidigare försök var det känt att inblandning av glasfiller inte hade någon betydelse för betongens uttorkning med de små mängder filler som användes [42]. Vissa laboratorieprover tillverkades med recept enlig appendix 2.1, dvs. med samma vct, glasfillermängd och cementinnehåll som prover i huvudförsöket men med annan ballast. Denna ändring hade ingen betydelse för betongernas uttorkning (kompletterande prover med ensidig uttorkning). De senare proverna hade diametern 250 mm samt längden 130 mm (ensidig uttorkning under 1 mån. före mattlimning). De kompletterande proverna härdades 4 dygn under kraftig förseglad plastfolie samt därefter 1 månad i RF = 60 °C och 20 °C fram till dess att mattlimningen utfördes. Vid den kompletterande provningen studerades endast betong med vct = 0.37 samt med vct = 0.75.

3.1.2 Primer

Följande typer av primer användes:

- Bostik 6000
- Schönox KH

Elva dygn före mattlimning belades de prover, som senare skulle förses med avjämningsmassa, med 250 g/m² primer. Primerbeläggning skedde 1 dygn före avjämning i syfte att förbättra vidhäftningen mellan betong och avjämningsmassa. Härdning av primern skedde i RF = 60% samt 20 °C.

3.1.3 Avjämningsmassa

Följande typer av avjämningsmassa användes:

- Normaltorkande avjämningsmassa (Bostik golvspackel flyt)
- Snabbtorkande avjämningsmassa (Schönox CP 3618)

Tillredning och blandning av avjämningsmassan skedde med den vattenmängd som anvisades av leverantören. Avjämning skedde med en skikttjocklek av 10 mm, 10 dygn före mattlimning. Avjämningen härdades i RF = 60% samt 20 °C fram till mattlimning, dvs. 1 dygn/mm.

3.1.4 Lim

Följande limtyper kom till användning:

- Alkalibeständigt lim A
- Alkalibeständigt lim D
- Alkalibeständigt lim G
- (Polyakrylat)lim standard golv- och vägglim S
- (Polyakrylat)lim standard E

Före applicering av lim slipades ytan jämn med sandpapper eller slipmaskin. Som framgår att kapitel 2 ovan hade ytslipningen ingen betydelse för emissionernas storlek. Normalt slipades en bråkdel av 1 mm bort från betongytan men i vissa fall upp till 2 mm i fall av smärre nedsänkningar, upphöjningar, bucklor eller knölar på ytan. Efter slipningen var ytan helt jämn. Lim lades med 0.25 kg/m² för plastmattor samt med 0.33 kg/m² för gummimattor 5 min. före det att ytbeläggningen applicerades, figur 3.1. Därvid vättes mattan först genom att läggas på och dras hastigt av en gång från ytan på provkroppen, figur 3.2.

Figur 3.1 - Lim lades 5 min. före ytbeläggning.

Figur 3.2 . Mattan vättes först genom att läggas på och dras av en gång från ytan på provkroppen.

3.1.5 Ytbeläggningar

Följand mattyper användes, appendix 3.1-2 (tjocklek 2 mm):

- Gummimatta Mondoplan Punti
- Gummimatta Freudenberg
- Plastmatta homogen polyolefin Super Nova 54749
- Plastmatta med fyllnadsmedel Nordic Plus H2 031

Efter limning av mattorna fästes en adhesiv aluminiumtejp runt provkroppens kant i syfte att förhindra uttorkning mellan mattan och PVC-formen, figur 3.3. Mattan belastades med 2 kPa under 1 dygn i syfte att hindra mattbuckling, i synnerhet av polyolefinmattan. Härdning skedde i RF = 60% samt 20 °C fram till emissions-, fukt- och vidhäftningsmätning. Vissa fuktprover förvarades dock vid 15 °C resp. 25 °C.

Figur 3.3 - Limmade mattor med en adhesiv aluminiumtejp runt provkroppens kant.

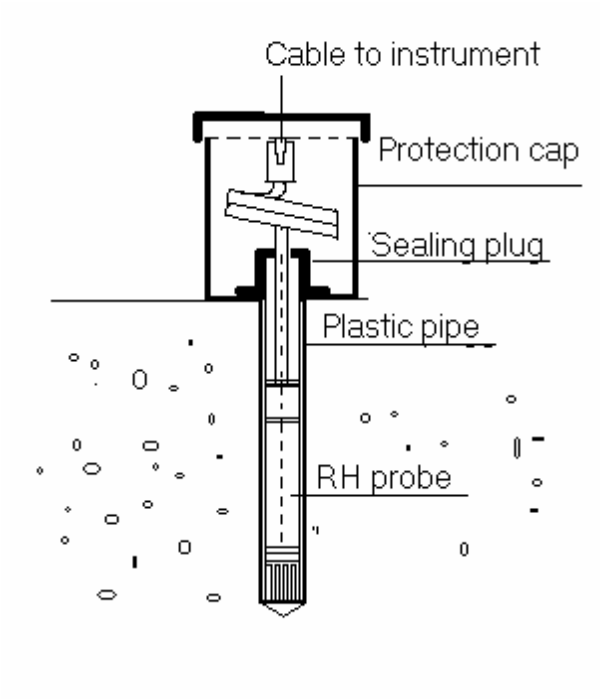
3.2 Metoder

3.2.1 Emissionsmätning

Proven transporterades i uppvärmt utrymme från Lund till SP, Borås, för emissionsmätningar. Emissionsmätningarna genomfördes med FLEC-utrustning (Field and Laboratory Emission Cell) enligt Nordtest Method 438 vid tidpunkten 6 mån. efter mattlimning, appendix 1 [43]. Mätcellen placerades på den cylindriska provkroppens yta och cellen ventilerades med ett luftflöde av 100 ml/min. Den utgående luftströmmen passerade ett adsorbentmaterial, Tenax TA®, där flyktiga organiska ämnen (Volatile Organic Compund, VOC) anrikades. Analysen av VOC utfördes med gaskromatografisk teknik (GC) efter en termisk desorption enligt SP-metod 601. För identifiering av enskilda ämnen användes en till gaskromatografen kopplad masspektrometer (GC-MSD). För kvantifiering användes flamjonisationsdetektor (GC-FID). Enligt SP-metod 601 avses VOC som på Tenax adsorberbara och desorberbara flyktiga organiska ämnen, i huvudsak ämnen med en kokpunkt i intervallet ca 70 °C till ca 320 °C (motsvarar hexan till oktadkan) och detekterbara med flamjonisationsdetektor. Vid SP uppsamlades emissioner från en provyta med diametern 220 mm med en så kallad FLEC under 1 dygn för analys senare i en gaskromatograf [43].

3.2.2 Fuktmätning

Fuktmätning såväl i fält som i laboratorium utfördes med Vaisala HMP 44 sensor, figur 3.4. Fuktsensorerna kalibrerades i en fuktgenerator före och efter det att mätningen utfördes. Noggrannheten bedömdes till ± 2% RF. I samband med fuktmätning i fält borrades först plaströr ned till 20% av bjälklagstjockleken, dvs. 50 mm.



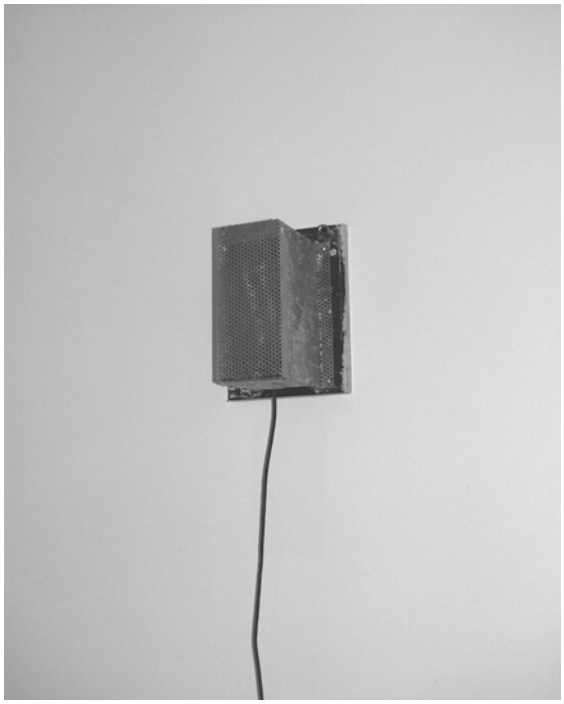
Figur 3.4 - Fuktmätning i laboratorium och fält utfördes med Vaisala HMP44 sensor.

Efter dammsugning sattes ett plaströr in i det borrade hålet med en tätningsfog av silikon runt om. Gummiproppar sattes i mätrören. Borrningen utfördes en vecka före det att sensorn sattes i plaströret och fuktmätningen utfördes. Mätningen utfördes under minst 2 dygn. Avläsning skedde av temperatur och resistivitet, vilken kalibrerades till RF genom en föregående kalibrering. Vid fuktmätning i laboratorium borrades mäthål parallellt med den plana ytan av provkroppen på varierande avståndet från ytan. I övrigt förfors som i fält, figurerna 3.5-3.7. I fält mättes även luftfuktighet och temperatur med en MITEC-sensor, figur 3.8. Laboratoriemätningen utfördes vid 20 °C samt i vissa fall även vid 15 °C resp. 25 °C. Efter det att proverna emissionsmätts borrades mäthål för RF 30 mm under mattan (för fuktmätning nära ytan) samt 60 mm från ytan, figur 3.8. Fuktmätningarna utfördes under 2 dygn.

Figur 3.5 - Borrningen en vecka före montering av sensorn i plaströr och fuktmätningen.

Figur 3.6 - Mätningen utfördes under 2 dygn eller till dess RF stabiliserats (normalt 1 dygn).

Figur 3.7 - Vid fuktmätningen borrades två mäthål tvärs provkroppen på avståndet 50 mm från ytan.



Figur 3.8 - I fält mättes även luft och temperatur med en MITEC-sensor.

3.2.3 Vidhäftnings- och fläkningsprovning

Efter återtransport av provkropparna från Borås till Lund utfördes fuktmätning på 30 och 60 mm från ytan. Därefter skars ett hål i mattan med diametern 25 mm. På den utskurna mattdelen limmades en stålskiva vilken sedan drogs loss med en Säberg provningsutrustning i syfte att fastställa mattans vidhäftning till provet, figur 3.9 [44]. Tre eller 5 prov utfördes för varje provkropp (vid stor spridning ökades antalet), figur 3.9. Dragkraften uppmättes och omräknades till en brottspänning [44]. Även fläkningsprov utfördes på samma prover som vidhäftningsprovet. I detta fall fläktes en 3 cm bredd mattremsa med hastigheten 10 cm/60 s från övriga delar av provet [45], figur 3.10. Efter det att vidhäftnings- och fläkningsprov hade utförts gjordes även bedömning av brottypen, adhesion eller kohesion, samt fördelning mellan de olika brottyperna, figur 3.11. Eventuell klibbighet i ytan noterades samt var i golvsystemet fläkningsbrottet hade skett

Figur 3.9 - Stålskiva med diametern 25 mm limmad till en utskuren mattdel vilken drogs loss i syfte att prova vidhäftningshållfastheten [44].

Figur 3.10 - Fläkningsprov på en 3 cm matta med hastigheten 10 cm/60 s [45].

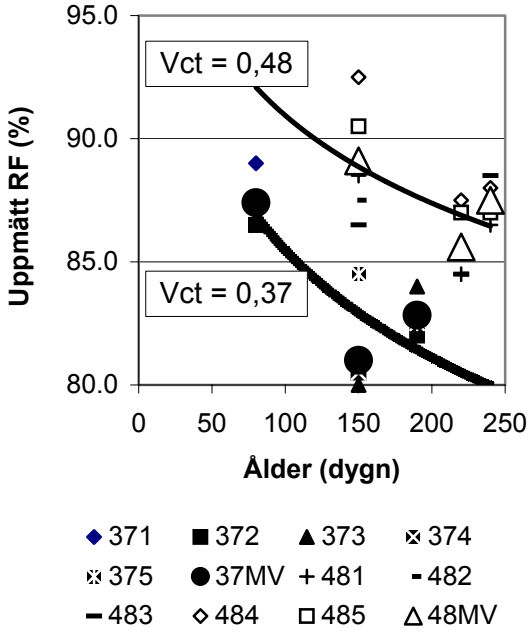
Figur 3.11 - Bedömning för att fastställa på vilket sätt fläkningsbrottet hade skett.

4. RESULTAT AV UTTORKNING

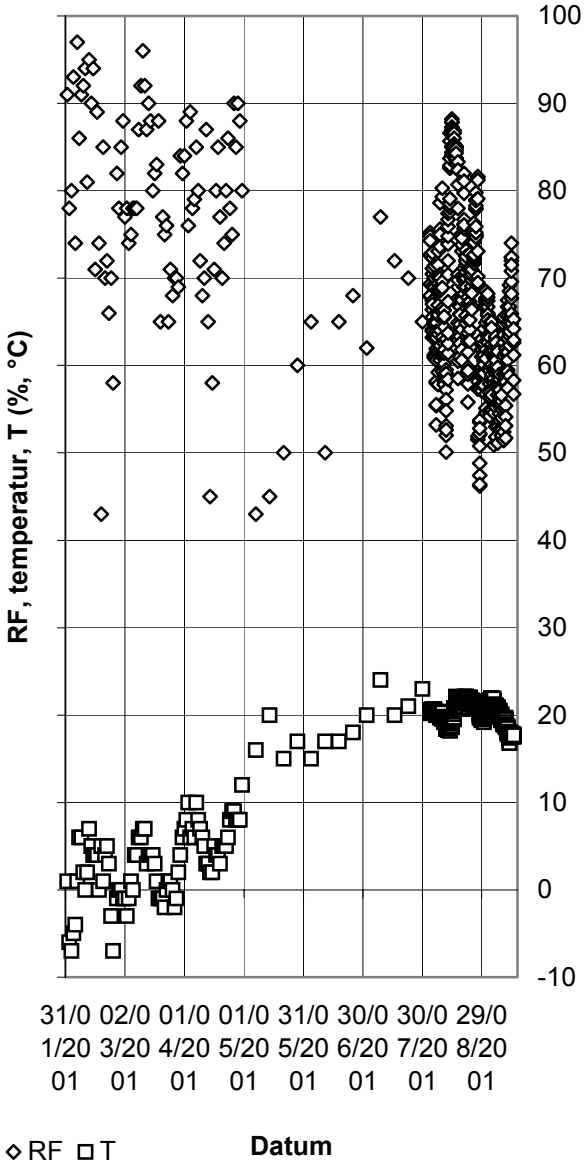
4.1 Fältmätningar

Så snart byggnaden blivit tät mot nederbörd samt uppvärmningen påbörjats sattes mätrör för Vaisala-sensorer i bjälklagen. Betong med vct = 0.37 och vct = 0.48 studerades (vct = 0.75 användes ej på byggplatsen). Fuktmätningen utfördes under 2 dygn en vecka efter det att mätrören satts på plats, appendix 4.1 och figur 4.1. Noggrannheten var ± 2% RF vid mätningarna. Standardavvikelsen var 1.5% RF per bjälklag samt variationskoefficienten 1.7% RF.

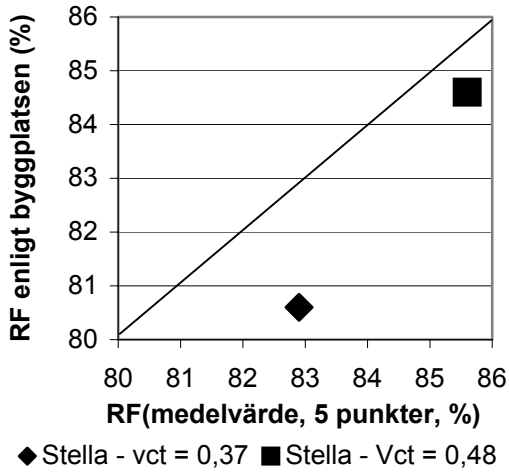
Parallellt med platsmätningarna registrerades även RF samt temperatur, T, i luften, figur 4.2, för att det skulle bli möjligt att utföra en beräkning med TorkaS. Slutligen gjordes en jämförelse mellan arbetsplatsens egenkontroll av RF i betongen och mätresultat enligt figur 4.1, figur 4.3 [46]. Få mätpunkter fanns att tillgå på arbetsplatsen, dels därför att några mätpunkter hade skadats, dels därför arbetsplatsen ansåg betong med vct = 0.37 som helt ”fuktsäker.” Av denna anledning koncentrerade man platsmätningarna till andra våningsplan i husen, dvs. till våningsplan som hade en mindre tidsmarginal från gjutning till golvläggning än vad det aktuella planet hade.



Figur 4.1 - Fuktmätning vid arbetsplatsen Kv Stella, Svedala. 371 = mätpunkt 1 för betong med vct = 0.37%. MV = medelvärde.



Figur 4.2 RF samt temperatur, T, i luften.



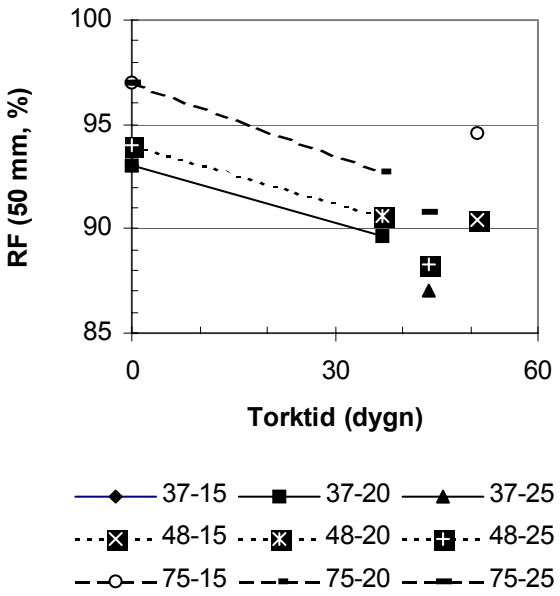
Figur 4.3 - Arbetsplatsens egenkontroll av RF och mätresultat av RF enligt figur 4.1 [46].

4.2 Betong utan ytbeläggning

De prover som studerades, härdades parallellt med de prover som användes vid emissionsförsöken. Prover härdades utomhus fram till 1 mån. före fuktmätning. Två sensorer borrades in i provkroppen 50 mm från ytan, figur 3.7. Temperaturerna 15 °C, 20 °C och 25 °C studerades. Mätningen utfördes vid resp. temp. med en kalibrering till 20 °C med 0.2 %RF/°C [47]. Sensorer kalibrerades före och efter mätning av RF. Figur 4.4 och appendix 4.2 visar fuktutvecklingen hos laboratorieprover, medelvärde av 3 prover för vardera betongtyp. Figur 4.5 visar uttorkningens beroende av vct efter uttorkning 1 mån. samt figur 4.6 temperaturberoendet. Vid torkning av ung betong direkt efter gjutning motsvarade en ökning av temperaturen med 10 °C från 15 °C till 25 °C en minskning av vct med 0.05, figurerna 4.4-4.5. Vid 200 dygns ålder hos betongen krävdes en minskning av vct med 0.40 för att nå samma effekt på uttorkningen som med 10 °C temperaturökning. Relationen temperatur/vct, ΔT/Δvct, på RF vid uttorkning i intervallet 15-25 °C hade följande tidsberoende (°C/% RF):

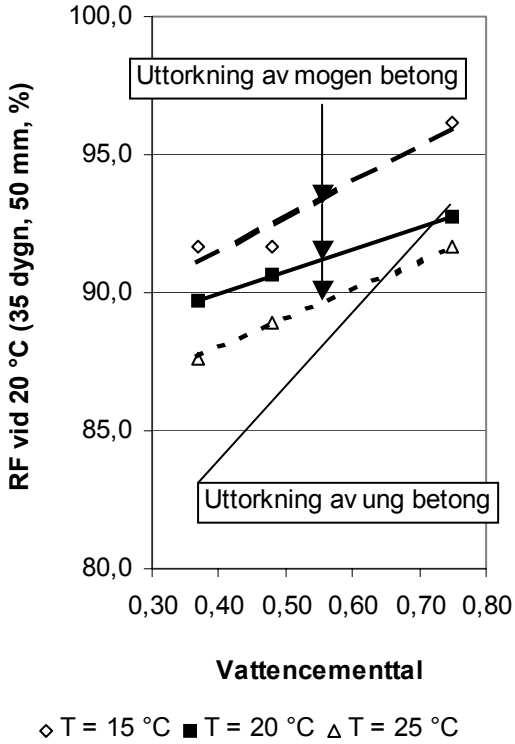
$\Delta T/\Delta vct = 0.0051$ (ung betong) (4.1)
$\Delta T/\Delta vct = 0.039$ (200 dygns ålder) (4.2)

Relationen temperatur/vct varierade med betongens ålder beroende på effekten av självuttorkning. Vid lågt vct inverkade självuttorkningen kraftigt på RF-minskningen hos ung ålder men lite på mogen betong, figur 4.7.

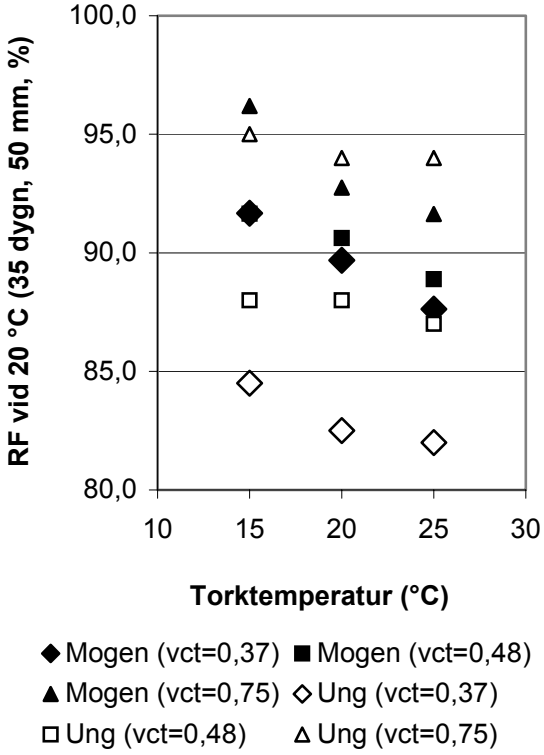


Figur 4.4 - RF hos laboratorieproverna. 37-15 betecknar vct = 0.37 vid 15 °C.

Vid vct = 0.75 torkade betongen oberoende av ålder eftersom självuttorkningen då var liten. I figurerna 4.4 och 4.8 och appendix 4.3-4.4 visas RF efter lång tid. I samband med fuktmätningar vid 15 respektive 20 °C fastställdes även inverkan av en temperaturförändring från 15 °C till 20 °C på RF i betongen, figur 4.9.

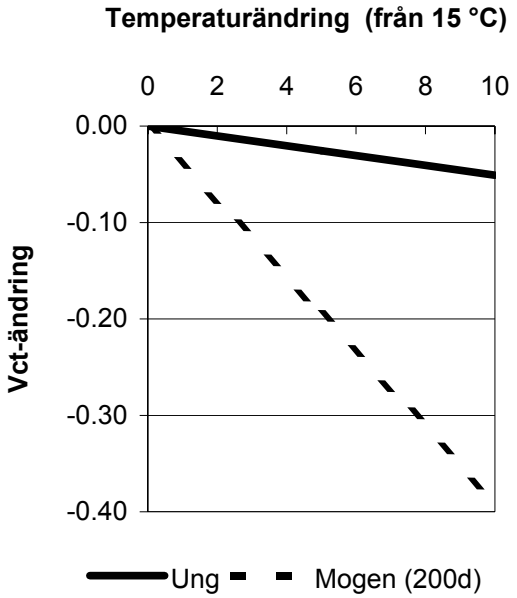


Figur 4.5 - Uttorkning av mogen resp. ung betong.

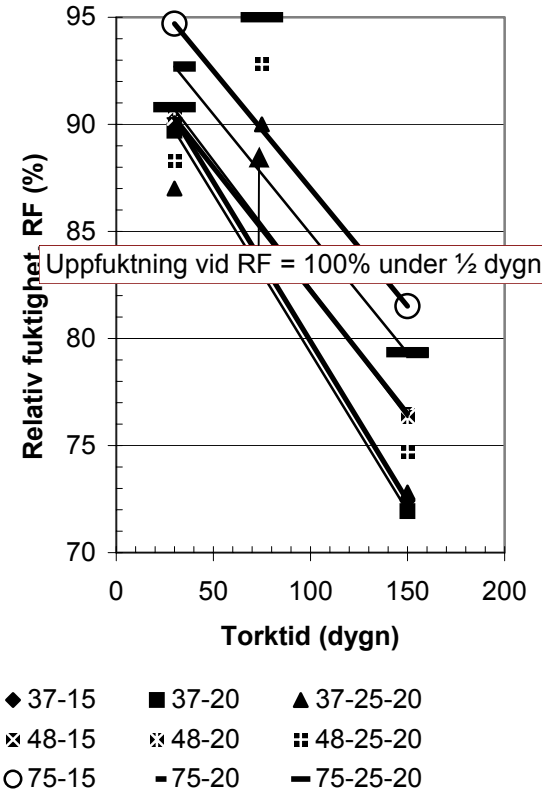


Figur 4.6 - Uttorkning av mogen och ung betong.

Ca 5 st prover av vardera betongkvaliteten, vct = 0.37, vct = 0.48 och vct = 0.75 användes. Det var möjligt att observera uttorkningshastighetens beroende av vct, figur 4.10. Lägre vct = 0.37 i betongen gav större inverkan på RF och uttorkningshastigheten än högre vct = 0.75. Följande ekvationer beräknades:



Figur 4.7 - Ändring av vct som funktion av temperaturändring vid uttorkning i syfte att nå samma effekt på RF. d = dygn.

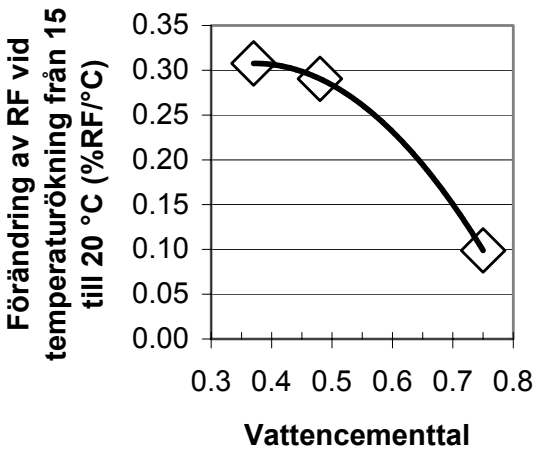


Figur 4.8 - RF vid långtidsuttorkning av mogen betong utan ytbeläggning.

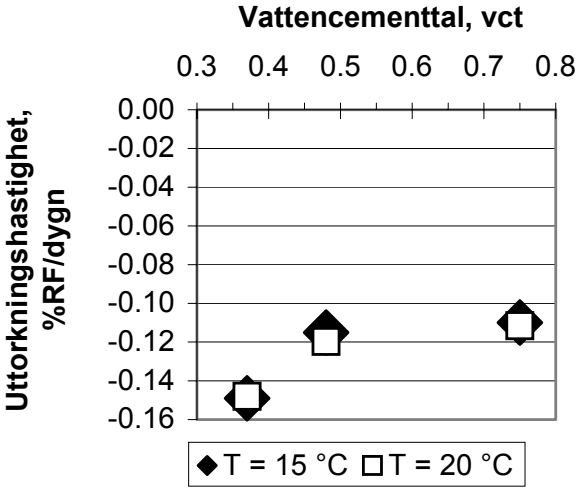
$$\Delta RF/\Delta T = 0.1455\cdot(w/c)^2 + 1.0808\cdot(w/c) + 0.1069 \quad (4.3)$$

$$\Delta RF/\Delta t = 0.096\cdot(w/c)^{0.385} \quad (4.4)$$

w/c betecknar vct



Figur 4.9 - Inverkan på RF av en temperaturförändring från 15 till 20 °C.

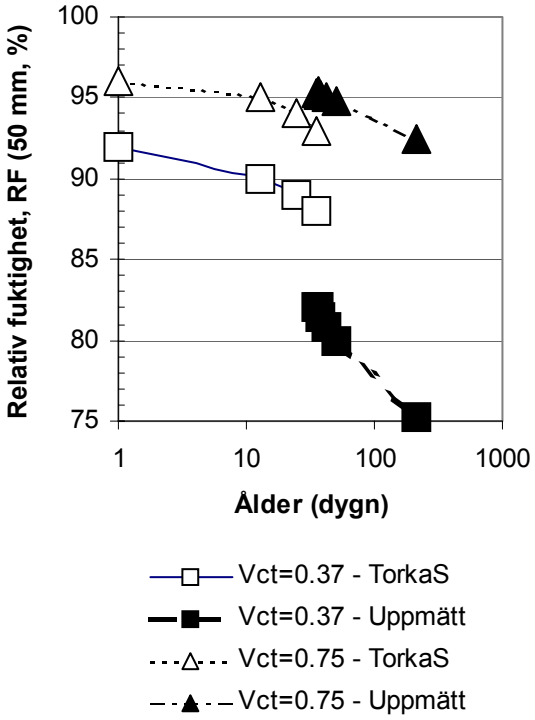


Figur 4.10 Uttorkningshastighetens beroende av vct för 0.25 m dubbelsidigt uttorkad betong.

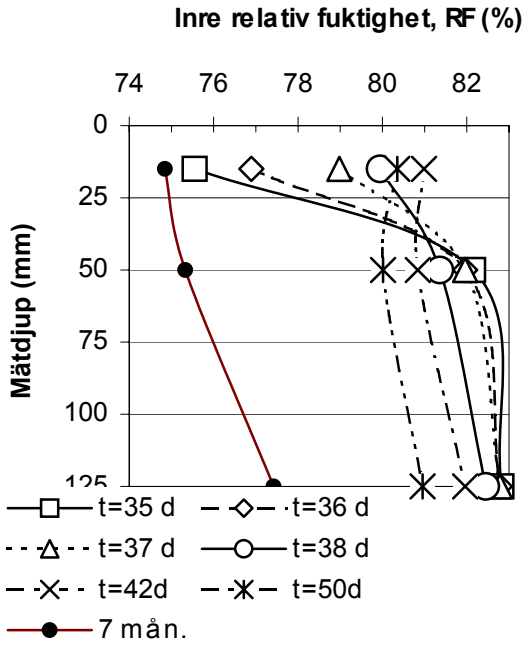
4.3 Betong med ytbeläggning

I samband med beläggning av proverna 69-76, appendix 3.2, med skiktad PVC-matta utfördes mätningar av uttorkningen och fuktprofilen på provkropparna i syfte att utröna inverkan av limfukt på provets RF, figurerna 4.11-4.13. I figur 4.11 har även med TorkaS beräknad uttorkning markerats. TorkaS beräknade 2.5% RF för lågt värde vid betong med vct = 0.75 samt 6% RF för högt värde vid vct = 0.37. För betong med vct = 0.37 uppstod en i det närmaste rak fuktprofil vid ytan till följd av en allt fortgående uttorkning.

Betong med vct = 0.75 erhöll en likartad fuktprofil som rådde före uttorkningsstarten. Mätning vid 7 mån. avser tidpunkten för vidhäftningsprov. Efter emissionsprovningen hade utförts mättes RF, dels på 30, dels på 60 mm mätdjup, figur 4.14, appendix 4.5-6.

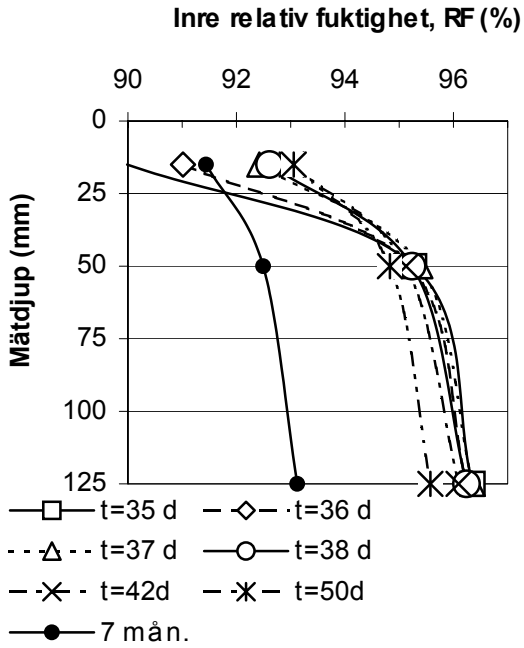


Figur 4.11 - Ensidig uttorkning av 130 mm betong belagd med 0.25 kg/m³ lim och skiktad PVC-matta vid 1 mån. ålder.

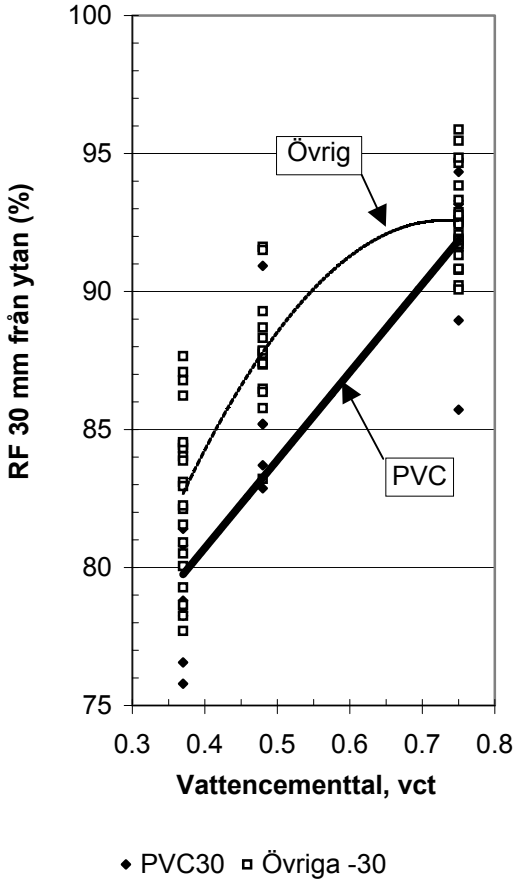


Figur 4.12 - Ensidig uttorkning av 130 mm betong med vct = 0.37 efter läggning av lim och skiktad PVC matta vid 1 mån. ålder. d = dygn.

Betong med vct = 0.37 uppfyllde kravet på RF < 90%. RF-skillnaden mellan 30 och 60 mm mätdjup beräknades, figur 4.15.

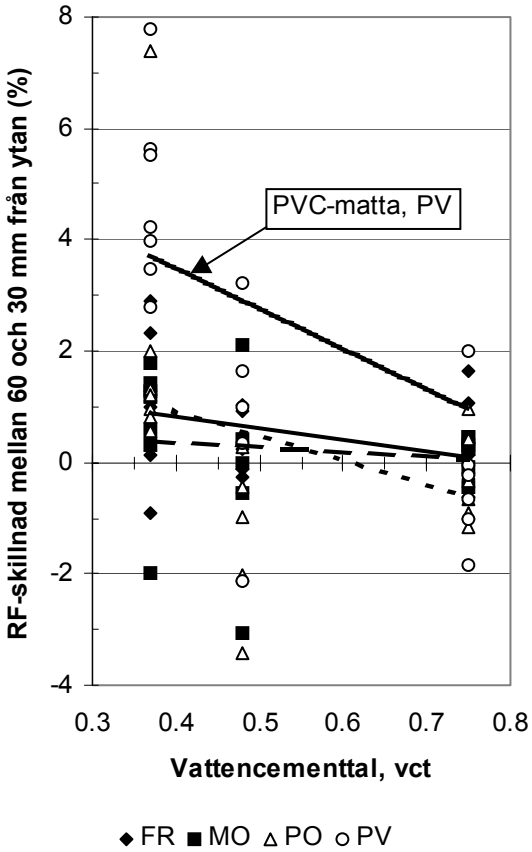


Figur 4.13 - Ensidig uttorkning av 130 mm betong med vct = 0.75 efter läggning av lim och skiktad PVC-matta vid 1 mån. ålder. d = dygn.



Figur 4.14 - RF på 30 mm:s mätdjup. Mattyper.

Stor skillnad i RF uppmättes mellan 30 mm och 60 mm mättdjup för golv med PVC-matta. RF-profilen för golv med övriga mattyper blev i det närmaste vertikalt dvs. det skedde ingen uttorkning genom gummi eller polyolefinmattorna. Viss uttorkning skedde troligen genom PVC-mattan, speciellt vid vct = 0.37, figur 4.15. RF på 30 mm mätdjup var i genomsnitt 2.5 % lägre för en beläggning med PVC-matta än för övriga mattyper, polyolefin eller gummigolv. Orsaken till denna skillnad var troligen PVC-mattans högre permeabilitet jämfört med övriga mattypers permeabilitet.



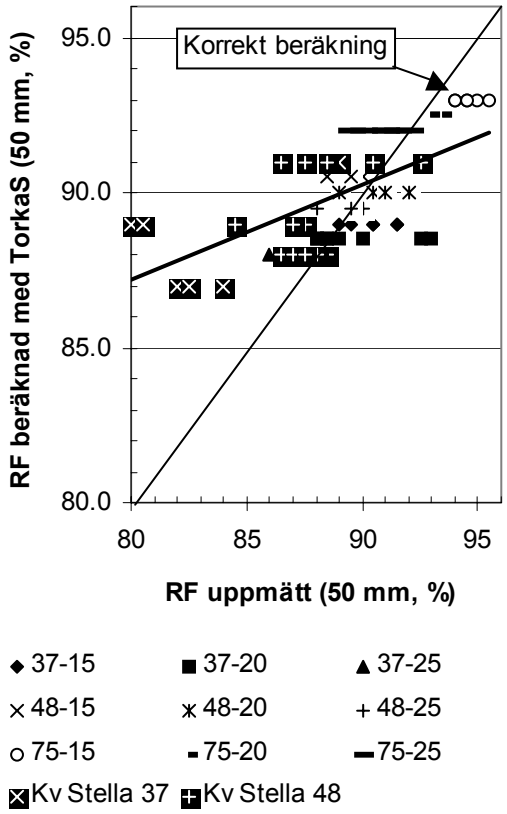
Figur 4.15 - Skillnad i RF mellan 30 och 60 mm mätdjup efter emissionsprovning vid SP, Borås.

4.4 Beräkning med TorkaS i jämförelse med uttorkning av betong

Inom projektets ram jämfördes uttorkningen hos de studerade betongerna med resultat av beräkningar enligt TorkaS. Följande mätdata nyttjades:

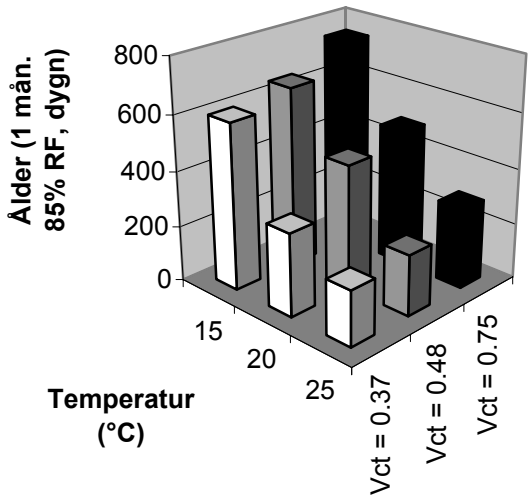
1. Från fält (Kv Stella, Svedala) med ålder varierande från 80 till 240 dygn
2. Från laboratorium från 30 till 240 dygn ålder

Figur 4.16 visar med TorkaS beräknad RF som funktion av uppmätt RF. Samma tendens erhölls som tidigare: TorkaS överskattade RF vid låga vct samt underskattade RF (något) vid vct = 0.75. Genomsnittligt uppgick överskattningen med TorkaS till ca 1%, men var stor, speciellt i fält, vid låga vct. Orsakerna till de stora skillnaderna mellan uttorkningstider beräknade med TorkaS och de som uppmäts i fält kan förmodligen spåras i försöksuppställningen. TorkaS bygger i huvudsak på fuktmätning av betong i rörformade prover med tjockleken 0.18 m (dubbelsidig uttorkning). Numera utförs betongbjälklag ca 0.25 m tjocka med hänsyn till ljudkrav. En annan anledning till att TorkaS beräknar för lång uttorkningstid skulle kunna vara den rörformiga provkroppen. Röret hindrar tredimensionell uttorkning med längre uttorkningstider som följd [48]. Å andra sidan skulle rörformen inverkat lika mycket på uttorkningstider för betong med lågt vct som högt, vilket ej är fallet då en beräkning sker med TorkaS. Det var enbart vid låga vct som TorkaS kraftigt överskattar RF och därmed uttorkningstiden. I verkligheten är bjälklaget tjockare än de provkroppar som ligger till grund för en beräkning med TorkaS. Därmed blir värmeutvecklingen kraftigare i fält direkt efter gjutning än vad den blir hos de prover som legat till grund för en beräkning TorkaS.

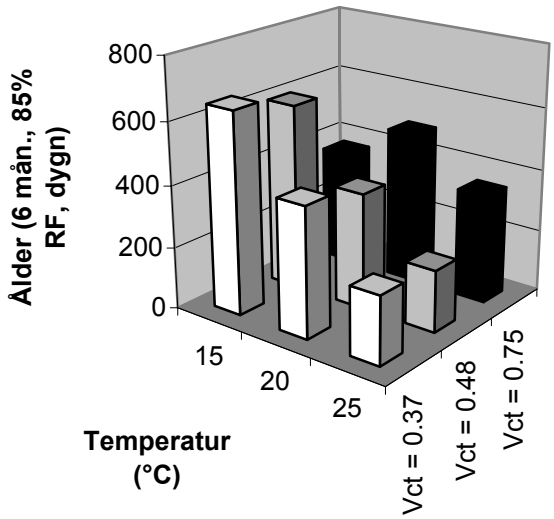


Figur 4.16 - Med TorkaS beräknad RF som funktion av uppmätt. 37-15 betecknar betong med vct = 0.37 torkad vid 15 °C. Alla RF avser 20 °C.

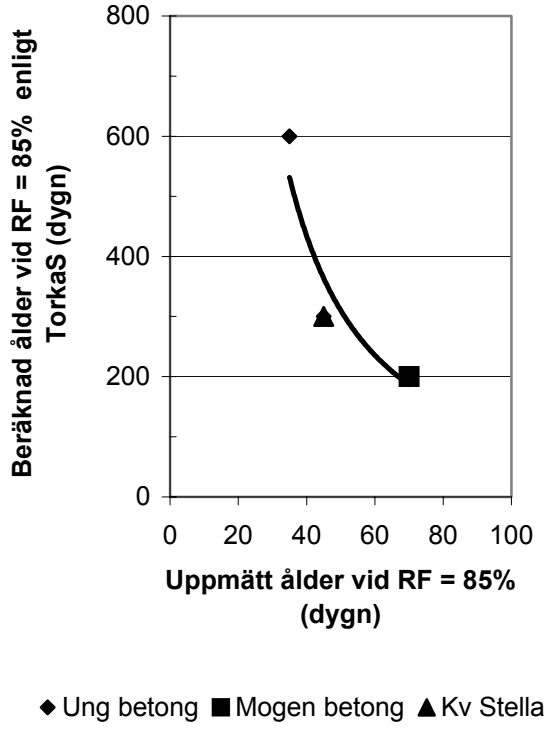
Betong med lågt vct erhåller således en kraftigare självuttorkning i fält än vad som beräknas av TorkaS. I och med att de bjälklag som studerats i fält var tjockare än den provkroppstjocklek som låg till grund för en beräkning med TorkaS blir också inverkan av yttre fukt mindre i fält. Fukten tränger in som mest 2-3 cm i betong med lågt vct, figur 2.2. Detta innebär att ca 15 % av provtjockleken påverkades enligt en beräkning med TorkaS baserad på 0.18 m betongprover. I fält inverkade yttre fukten endast på 10% av bjälklagets tjocklek. Betong med lågt vct torkar även i vatten. Provkroppstjockleken och värmeutvecklingen bör få en större inverkan vid en beräkning med TorkaS än vad som nu är fallet, figurer 4.17-18. I figurerna 4.17-18 utförs beräkningar av ålder vid RF = 85% för 0.25 m betong med recept enligt appendix 3.3. Betongen göts på kvarsittande form av betong, 15/2-01 samt härdades med 1 mån. eller 6 mån. regn vid 15 °C till 25 °C och RF = 60%. Vid 15 °C visar TorkaS kortare uttorkningstider för betong med vct = 0.75 än för betong med vct = 0.37, vilket ej observerats i verkligheten. Figur 4.19 visar med TorkaS beräknad uttorkningstid versus i projektet uppmätt uttorkningstid.



Figur 4. 17 - Ålder för 0.25 m betong vid RF = 85% beräknad med TorkaS. Kvarsittande betongform. Betong gjuten 15/2-01 följt av 1 mån. regn och uttorkning vid RF = 60%.



Figur 4.18 - Ålder vid RF = 85% för 0.25 m betong med kvarsittande betongform. Betong gjuten 15/2-01 följt av 6 mån. regn och uttorkning vid RF = 60%.



Figur 4.19 - Beräknad ålder vid RF = 85% versus uppmätt ålder vid RF = 85%.

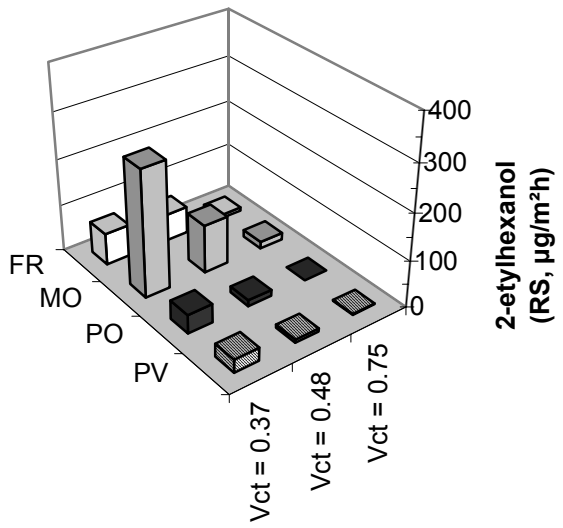
5. EMISSIONER FRÅN GOLVSYSTEM

5.1 Allmänt

I appendix 5 och 10 visas resultat från emissionsförsök [49]. Noggrannheten i emissionsmätningen var ± 15%. Emissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol tas som ett tecken på att en nedbrytning sker av matta och lim i golvsystemet. Här redovisas därför i första hand emissioner av 2-etylhexanol i kombination med RF som anses som en relevant parameter i sammanhanget (små emissioner förekom av 1-butanol). Därefter ges en sammanställning emissioner av TVOC, 2-(2-butoxyetoxy)etanol, 2-fenoxyetanol, sesquiterpener och en fraktion av undekyl- och dodekylbensener, samtliga emissioner i kombination med RF i golvsystemet. I tabeller och figurer redovisade medelvärden av emissioner från golvsystem med betong vct = 0.37, vct = 0.48 och vct = 0.75 kan endast användas som en grov indikation.

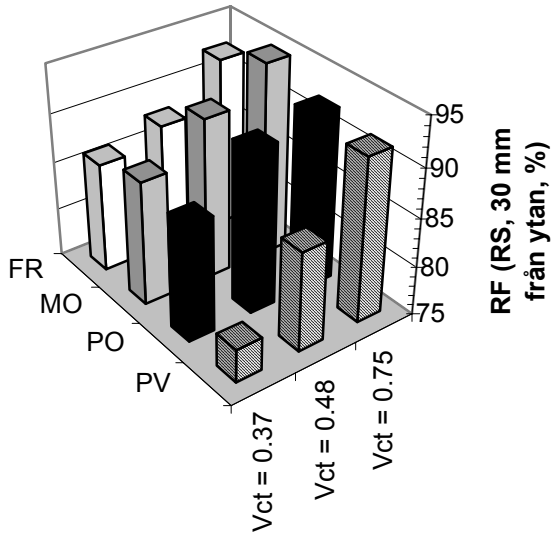
5.2 Emission av 1-butanol och 2-etylhexanol

Resultat av 2-etylhexanol-emissioner ges i figurerna 5.1-2 samt i Appendix 5 [49]. Golvmaterialen hade inga egenemissioner av 1-butanol eller 2-etylhexanol. I målet för projektet ges 1-butanol och 2-etylhexanol som gränssättande ämnen i fråga om tillskottsemissioner från golvsystemen. Tillskottsemissioner av dessa ämnen tyder på en fortgående reaktion mellan betong/avjämningsmassa, lim och matta.

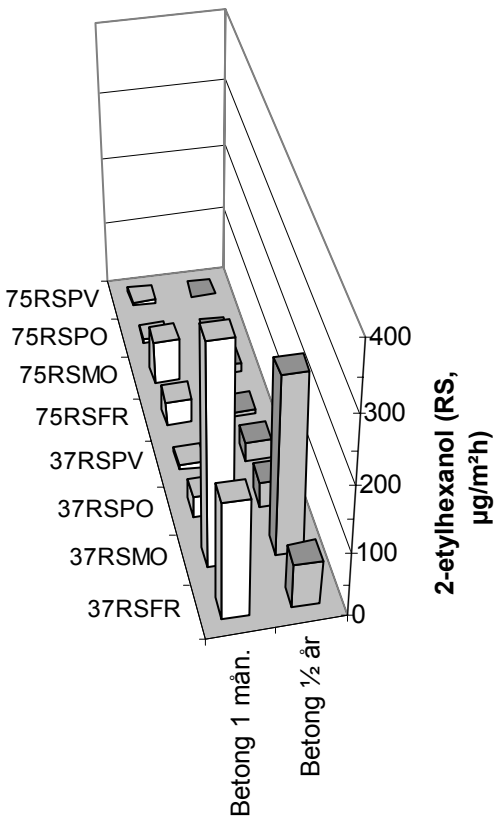


Figur 5.1 - Emission av 2-etylhexanol. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

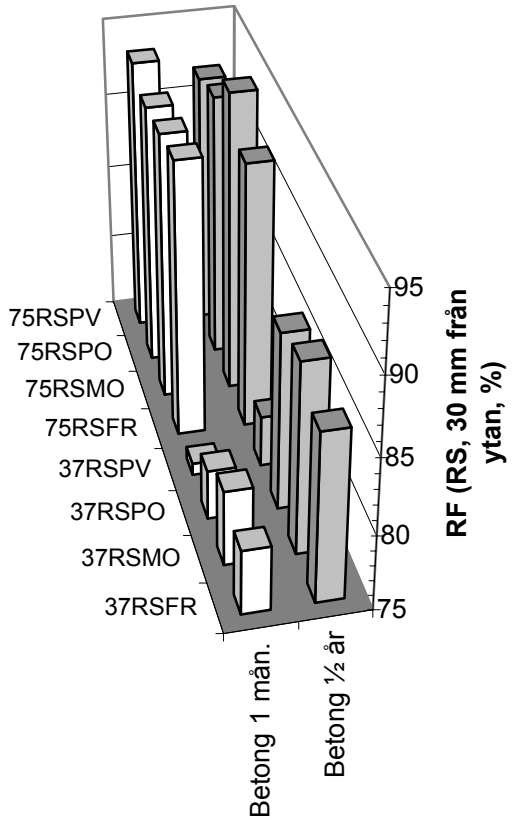
Resultaten från försöken tyder på att det förekom små emissioner av 1-butanol samt att emissioner av 2-etylhexanol begränsades till golvsystem med standard (polyakrylat)lim anbringat direkt till betong, beteckning RS, RS2 (figurerna 5.1-2). Störst emissioner erhölls med betong med lågt vct, vilket är liktydigt med låg porositet hos betongen. Trots en låg RF < 85% nära ytan på betongen var emissionerna av 2-etylhexanol stora för gummigolven, figur 5.2. Med golv av polyolefin uppmättes små emissioner även vid RF = 85%. Vid RF < 80%, vilket uppmättes för golv med PVC-matta blev emissionerna också små. För golv med betong med vct = 0.75 erhölls i samtliga fall RF > 90% nära golvytan utan att nämnvärda emissioner erhölls av 2-etylhexanol från golvsystemet. Golvsystem med gummimatta i kombination med betong med vct = 0.48 gav kraftiga emissioner även vid RF varierande mellan 85 och 90% nära ytan. För polyolefin och PVC golv erhölls inga nämnvärda emissioner av 2-etylhexanol i kombination med betong med vct = 0.48 (RF = 92 resp 85%). RF var generellt sett lägre nära betongytan för PVC-mattan till följd av mattans lägre täthet jämfört med de övriga golvmaterialens täthet. I golv med polyolefinmatta var RF något lägre än i golv med gummimatta. Detta kan endera bero på att mer lim användes för gummigolven (0.33 kg/m² jämfört med 0.25 kg/m² för polyolefinmatta) eller att gummit var tätare än polyolefinen. Figurerna 5.3-4 visar resultat från upprepade försök med samma material, dels användes betong som torkat 1 mån. direkt efter gjutning, dels betong som var 6 mån. då golvmaterialet anbringades.



Figur 5.2 - RF 30 mm från golvytan. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.



Figur 5.3 - Emission av 2-etylhexanol.



Figur 5.4 - RF 30 mm från ytan. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

I bägge fallen användes 1 mån. uttorkningstid och RF = 60% samt 20 °C som torkklimat.

Av upprepade mätningarna kan följande slås fast:

1. Inga nämnvärda tillskottsemissioner erhölls av 2-etylhexanol med polyolefin eller PVC-golv limmade med (polyakrylat) standardlim direkt till betong med vct = 0.75 efter 1 mån. uttorkning i RF = 60% samt 20 °C.
2. Måttliga tillskottsemissioner av 2-etylhexanol erhölls med gummigolv limmade med (polyakrylat) standardlim direkt till betong med vct = 0.75 efter 1 mån. uttorkning i RF = 60% samt 20 °C.
3. Måttliga tillskottsemissioner av 2-etylhexanol erhölls med polyolefin eller PVC-golv limmade med (polyakrylat) standardlim direkt till betong med vct = 0.37 och betong med vct = 0.48 efter 1 mån. uttorkning i RF = 60% samt 20 °C.
4. Stora tillskottsemissioner av 2-etylhexanol erhölls med gummigolv limmade med (polyakrylat) standardlim direkt till betong med vct = 0.37 och betong med vct = 0.48. En mån. uttorkning i RF = 60% samt 20 °C.
5. Emissioner av 2-etylhexanol blev större från golvsystem med betong som torkats direkt efter gjutning än från betong som först härdats utomhus beroende av urlakning av alkalier.

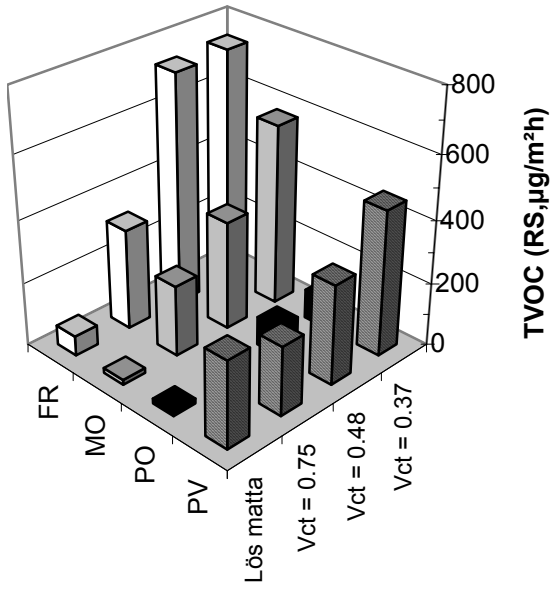
5.3 Total emissionsnivå, TVOC

5.3.1 Allmänt

Stora tillskottsemissioner av 2-etylhexanol begränsades till golv där materialet limmats med standard (polyakrylat)lim direkt till betongen. TVOC kan användas i jämförande syfte i brist på en annan parameter. Inget samband har konstaterats mellan god luftkvalité eller reaktioner mellan matta och lim/underlag och TVOC. TVOC användes som en jämförande parameter vid val av golvmaterial till Barn- och Ungdomssjukhuset vid Lunds Lasarett [50]. Här sattes en gräns vid TVOC < 100 µg/m²h för att materialet skulle få räknas som lågemitterande. Denna gräns sattes även för hela golvsystemet. Inga tillskottsemissioner av vare sig 1-butanol eller 2-etylhexanol tilläts [51]. TVOC redovisas här i jämförande syfte kombinerad med RF.

5.3.2 Standard (polyakrylat)lim S direkt till rå betong R

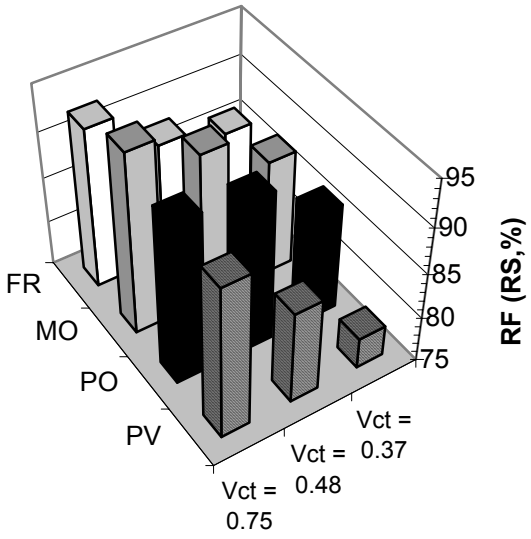
Figurerna 5.5-6 visar TVOC och RF 30 mm under ytan vid limning av olika golvmaterial direkt till betong med varierande vct.



Figur 5.5 - Emissioner, TVOC. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

För gummigolv erhölls mycket större emissioner än för övriga golvmaterial. För PVC-golv erhölls ökning av TVOC vid vct = 0.37 och vct = 0.48. Detta visar att betong med högre vct = 0.75 kan absorbera emissioner, TVOC, till följd av en högre porositet (för ett golvsystem med PVC-matta på betong med vct = 0.75 erhölls lägre TVOC än vad som erhölls vid mätning på lös PVC-matta, figur 5.5). För golvsystem med polyolefinmatta erhölls TVOC < 100 µg/m²h. Följande slutsatser drogs ($TVOC_{medel}$ = 344 µg/m²h):

1. TVOC ökade då gummi limmades med standardlim direkt till betong.
2. TVOC ökade något då PVC-golv limmades med standard (polyakrylat)lim direkt till rå betong med vct = 0.37 trots lågt RF = 78% under mattan.
3. TVOC ökade måttligt då polyolefingolv limmades med standard (polyakrylat)lim direkt till rå betong med vct = 0.37 och vct = 0.48 (RF = 86 % resp. RF = 91%).
4. Någon TVOC kunde ej uppmätas då polyolefingolv limmades med standard (polyakrylat)lim direkt till rå betong med vct = 0.75 trots hög RF = 93% under mattan.

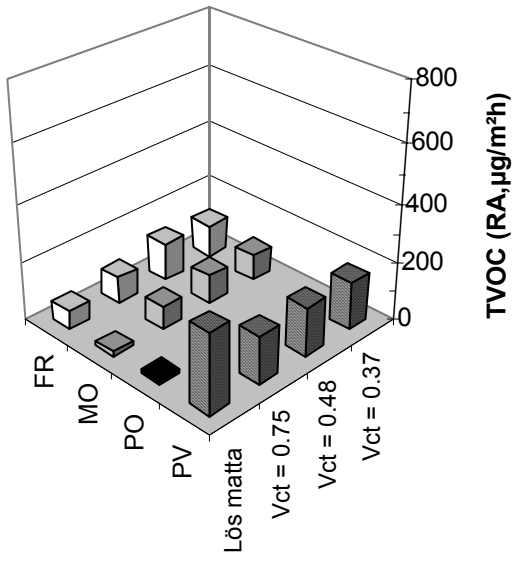


Figur 5.6 - RF 30 mm under ytan. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

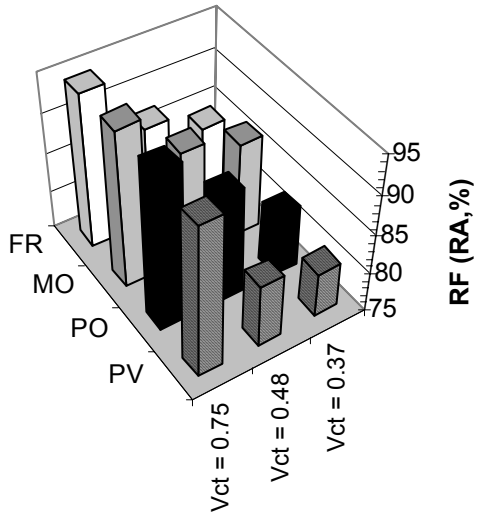
5.3.3 Alkalibeständigt lim A direkt till rå betong R

För golvsystem limmade med ett alkalibeständigt lim erhölls små tillskottsemissioner av 1-butanol eller 2-etylhexanol. För gummimattor ökade emissionerna av TVOC i förhållande till emissionen från lös matta även om limning till den råa betongen skedde med ett alkalibeständigt lim, figurerna 5.7-8. För golv med polyolefinmatta uppmättes ingen egenemissionen då mattan limmades till rå betong med alkalibeständigt lim. Efter limning av PVC-matta med alkalibeständigt lim direkt på rå betong halverades i stort sett de egenemissioner som mättes från en löst liggande matta. Detta tyder på att TVOC till en del absorberades av betongen under PVC-mattan. RF i betongen var lägre för golvsystemet med PVC-matta än för övriga material troligen beroende av PVC-mattans lägre täthet, figur 5.8. Från emissionsförsöken med golvsystem med alkalibeständigt lim A direkt på rå betong kan följande slutsatser dras ($TVOC_{medel}$ =93 µg/m²h):

1. Små tillskottsemissioner erhölls av 1-butanol eller 2-etylhexanol.
2. För gummimattor ökade emissionerna av TVOC i förhållande till emissionen från lös matta.
3. För polyolefinmattan kunde ingen emission uppmätas för golv på betong med vct = 0.75.
4. För PVC-matta halverades de egenemissioner som mättes från en löst liggande matta.



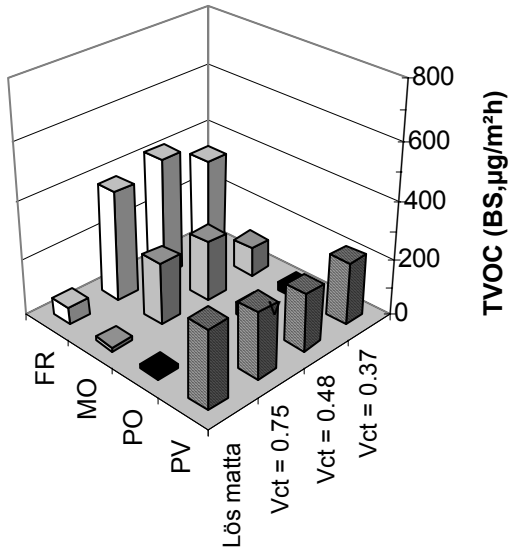
Figur 5.7 - Emissioner, TVOC. A = alkalibeständigt lim R = rå betong.



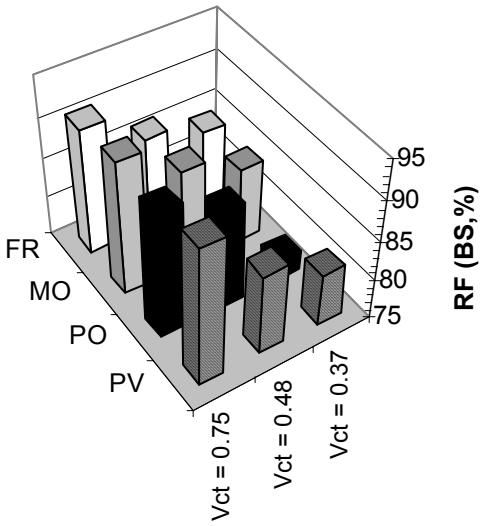
Figur 5.8 - RF 30 mm under ytan. A = alkalibeständigt lim. R = rå betong.

5.3.4 Standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B

TVOC framgår av figurerna 5.9-10. För gummimattor erhölls större emissioner för golvsystem med avjämningsmassa och standardlim än med golvsystem med alkalibeständigt lim anbringat direkt till betong. För golvsystem med polyolefin- eller PVC-matta erhölls ungefär samma emissioner av TVOC som från löst liggande matta vilket kan tyda på att



Figur 5.9 - Emissioner, TVOC. B = avjämningsmassa. S = standard (polyakrylat)lim.



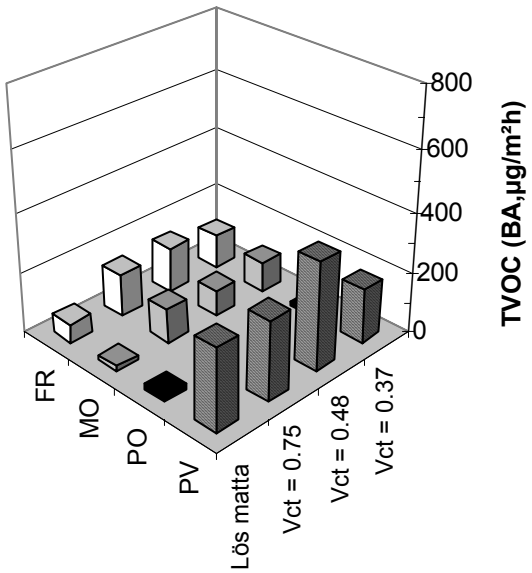
Figur 5.10 - RF 30 mm under ytan. B = avjämningsmassa. S = standard (polyakrylat)lim.

TVOC delvis absorberades av underliggande betong. Tillskottsemissionerna kan även härröra från avjämningsmassan. Inga effekter föreföll att finnas av RF 30 mm under ytan, figur 5.10. Följande slutsatser kan dras i fråga om emissioner TVOC från golvsystem vid limning med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B ($TVOC_{medel}$ = 204 µg/m²h):

1. För golvsystem med gummimattor och avjämningsmassa erhölls större emissioner än för golvsystem med alkalibeständigt lim direkt på betong.
2. För polyolefin- eller PVC-matta erhölls ungefär samma emissioner TVOC som från löst liggande matta.
3. Inga effekter föreföll av finnas av RF 30 mm under ytan och TVOC.

5.3.5 Alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B

Figurerna 5.11-12 visar TVOC då golvsystemet limmats på avjämningsmassa B med alkalibeständigt lim A.

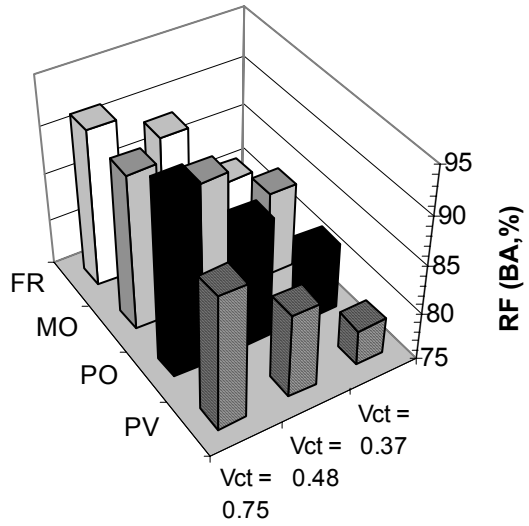


Figur 5.11 - Emissioner, TVOC. A = alkalibeständigt lim. B = avjämningsmassa.

En normal lösning för att erhålla låga emissioner från golvsystem är att lägga en lågalkalisk avjämningsmassa mellan betong och lim/matta. Som visats ovan var det tillräckligt att använda ett alkalibeständigt lim direkt på rå betong för att undgå nämnvärda tillskottsemissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol. I likhet med limning direkt på rå betong med ett alkalibeständigt lim ökade TVOC rätt avsevärt för de bägge gummigolven i förhållande till egenemissionerna.

För polyolefin- och PVC-mattorna erhölls i stort sett samma TVOC som egenemissionen vid löst liggande matta om hänsyn tas till mätnoggrannheten, ± 15%. Ej heller i detta fall synes RF 30 mm under ytan ha påverkat TVOC. Följande slutsatser drogs av TVOC vid limning med alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B ($TVOC_{medel}$ = 129 µg/m²h):

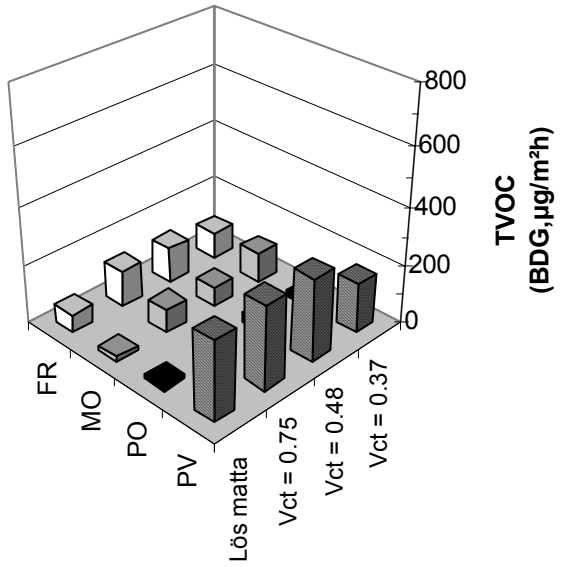
1. TVOC ökade för de bägge gummigolven i förhållande till egenemissionerna.
2. För polyolefin- och PVC-mattorna erhölls i stort sett samma TVOC som egenemissionen vid löst liggande matta om hänsyn tas till mätnoggrannheten, ± 15%.



Figur 5.12 - RF 30 mm under ytan. A = alkalibeständigt lim. B = avjämningsmassa.

5.3.6 Alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B

Figurerna 5.13-14 visar TVOC resp. RF för golvsystem med limning med alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B. I tabell 5.1 ges en sammanställning av uppmätt TVOC på lös matta (egenemission) resp. på golvsystemet, appendix 5 [49]. Totalt sett var TVOC låg från golvsystemet. Även med denna materialkombination ökade emissionerna kraftigt med gummigolv jämfört med egenemissionerna, en fördubbling för gummigolv FR och en femdubbling för gummimaterial MO jämfört med de emissioner som mättes från lösliggande matta.



Figur 5.13 - Emissioner, TVOC. B = avjämningsmassa. D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Tabell 5.1 - Sammanställning av TVOC från lös matta (egenemission) resp. från golvsystem, appendix 5 [49] (µg/m²h).

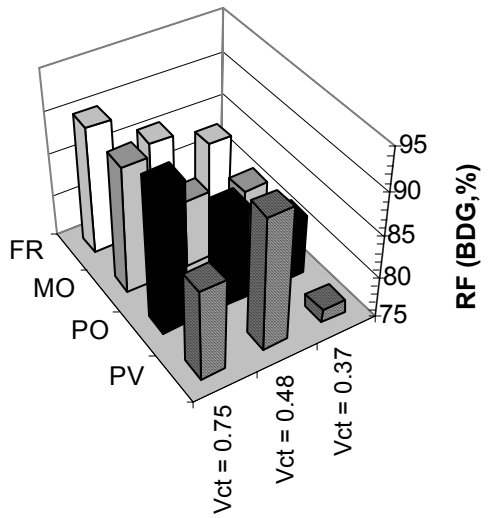
Mattyp	Lös matta	Golvsystem
FR	63	113
MO	16	85
PO	16	31
PV	274	250
Medel	92	120

För polyolefinmattan fördubblades TVOC i golvkombinationen jämfört med egenemissioner (från lim eller avjämning). PVC-golv visade TVOC ungefärligen lika med egenemissionerna. Följande slutsatser kan dras av TVOC från golvsystem med alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B ($TVOC_{medel}$ = 120 µg/m²h):

1. Med gummigolv blev emissionerna TVOC mycket större än egenemissionerna.
2. För polyolefinmattan fördubblades TVOC från golvet jämfört med egenemissionen.
3. För PVC-golv blev TVOC lika med egenemissionerna.

5.3.7 Standard (polyakrylat)lim E eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa C

TVOC jämfördes för golvsystem med olika typer av avjämningsmassa. Samtidigt ändrades ett av limmerna från alkalibeständigt lim D till standard (polyakrylat)lim E.



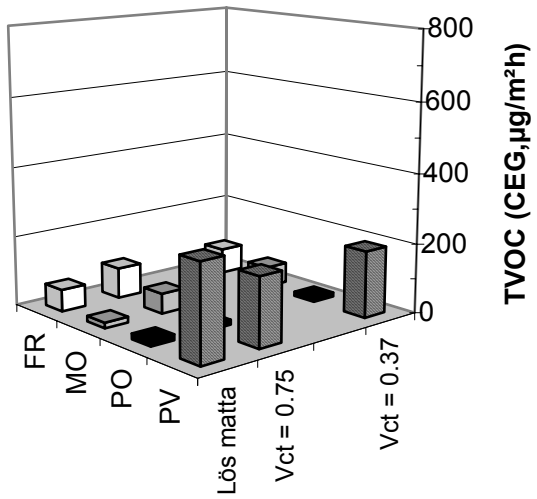
Figur 5.14 - RF 30 mm under ytan. B = avjämningsmassa, D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

TVOC med avjämningsmassa C blev mindre än med avjämningsmassa B då övriga variabler var konstanta, figurerna 5.15-5.16. Jämförelsen av TVOC gjordes endast för golvsystem med vct = 0.38 och vct = 0.75 eftersom betong med vct = 0.48 ej ingick i studien av TVOC med limning med standard (polyakrylat)lim E eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa C, tabell 5.2. Det bör dock understrykas att TVOC är låg i bägge fallen samt att mätnoggrannheten var ± 15%. Skillnaden i TVOC mellan de bägge golvsystem med endera avjämningsmassa B eller C var signifikant.

Tabell 5.2 - TVOC från golvsystem med avjämningsmassa B (limmer D och G, BDG) eller avjämningsmassa C (limmer E och G), på betong med vct = 0.38 och vct = 0.75 (µg/m²h).

Mattyp	Lös matta	BDG	CEG
FR	63	109	81
MO	16	93	59
PO	16	30	13
PV	274	233	194
Medel	92	116	87

B = avjämningsmassa, C = avjämningsmassa. D = alkalibeständigt lim, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.



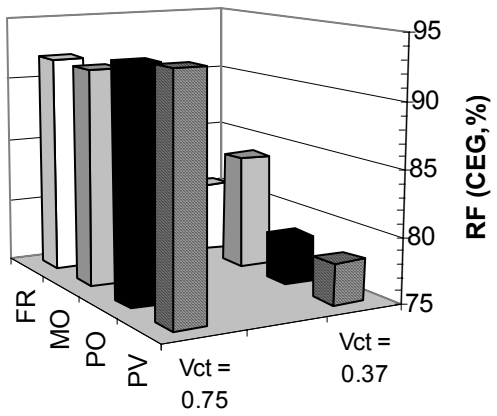
Figur 5.15 -TVOC. C = avjämningsmassa. E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

5.3.8 Upprepade försök med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong

Eftersom limning av golvmaterial med standardlim direkt till betong är en stor skadeorsak även med problem för luftkvaliten fanns det anledning att upprepa emissionsförsöken före denna typ av golvsystem. Vid första provomgången användes ett betongunderlag som härdats under en normal byggprocess med ca 6 mån. i utomhusmiljö. En stor del av tiden fanns vatten på provytan som däremellan hade möjlighet att karbonatisera. Vid andra provomgången simulerades ett snabbt byggande med 1 mån. uttorkning direkt från gjutning. I andra gjutomgången användes slutna kvarsittande formar vid gjutningen (halva provkroppstjockleken med ensidig uttorkning, figur 3.6). Figurerna 5.17-18 visar TVOC resp. RF 30 mm från ytan på proverna i omgång 2. I tabell 5.3 ges en sammanställning av uppmätt TVOC för golvsystem med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong.

Tabell 5.3 - TVOC för golvsystem med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong R (µg/m²h).

Mattyp	Lös matta	RS	RS2
FR	63	601	347
MO	16	382	437
PO	16	62	42
PV	274	332	368
Medel	92	344	299



Figur 5.16 - RF 30 mm under ytan. C = avjämningsmassa. E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Liknande skillnader i TVOC erhölls i provomgång 2 som i provomgång 1, figur 5.19.

I figur 5.20 och tabell 5.4 ges en sammanställning av TVOC med avseende på underlag och limtyp.

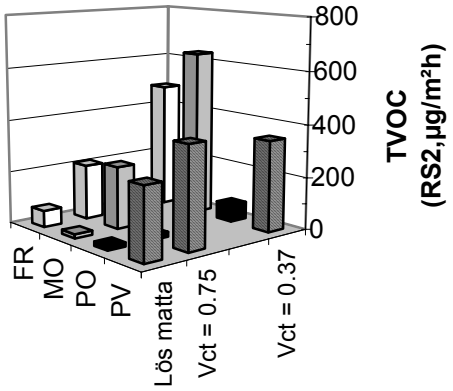
5.4 Emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol

5.4.1 Allmänt

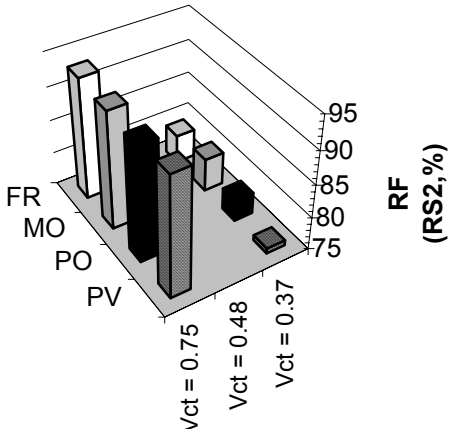
Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol kan endast användas i jämförande syfte i brist på en annan parameter. Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol kan eventuellt härröra från lim. Inget samband mellan god luftkvalité eller reaktioner mellan matta och lim/underlag och emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol har heller kunnat konstateras. Här redovisas 2-(2-butoxyetoxy)etanol enbart i jämförande syfte eftersom nämnvärd 2-(2-butoxyetoxy)etanol ej förekommer i egenemissionerna från golvmattorna.

5.4.2 Standard (polyakrylat)lim S direkt till rå betong R

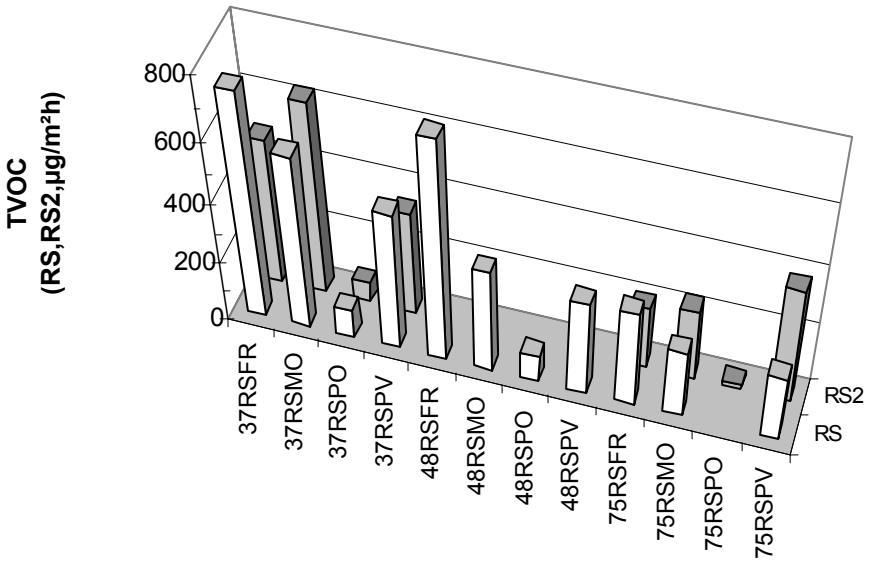
Figur 5.21 visar emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol vid limning av olika golvmaterial direkt på betong med varierande vct. För gummigolv erhölls mycket större emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol än för övriga golvmaterial. För PVC-golv erhölls större emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol vid vct = 0.37 och vct = 0.48 än vid vct = 0.75. Med polyolefinmatta erhölls lägst mission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol = 39 µg/m²h, tabell 5.5.



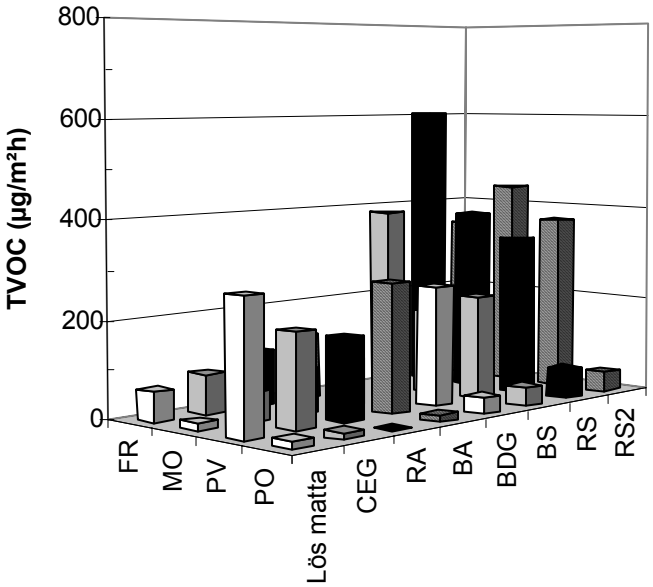
Figur 5.17 - Emissioner, TVOC. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2 (ung betong, 1 mån. ålder vid mattläggning).



Figur 5.18 - RF 30 mm från ytan. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2.



Figur 5.19 - TVOC. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2 (ung betong, 1 mån. ålder vid mattläggning).



Figur 5.20 - Sammanfattning av TVOC med avseende på underlag och limtyp (µg/m²h).

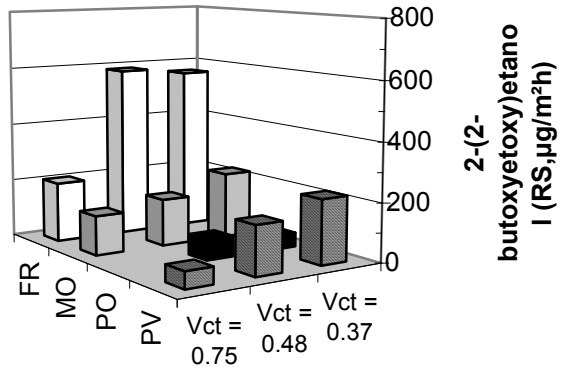
Tabell 5.4 - TVOC med avseende på underlag och limtyp (µg/m²h).

Golvsystem	Matta	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v
FR	63	136	113	384	81	115	601	347	254
MO	16	99	85	176	59	92	382	437	190
PO	16	13	32	38	13	0	62	42	29
PV	274	267	250	219	194	167	332	368	257
Medelvärde	92	129	120	204	87	93	344	299	182

Beteckningar: se SYMBOLER ovan.

Följande slutsatser drogs om emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol$_{medel}$ = 148 µg/m²h:

- En gummimatta (FR) gav i kombination med limning med standardlim S på rå betong nästan tre ggr så stora emissioner av (2-(2-butoxyetoxy)etanol som ett golvsystem med en annan gummimatta (MO).
- Ett golvsystem med polyolefinmatta gav i sin tur mycket små emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol.
- Emissionerna ökade vid lägre vct i betongen vilket endera kan tyda på att en nedbrytning ägde rum som gav upphov till emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol eller att betong med lägre vct var så tät i förhållande till normal betong varför emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol inte absorberades.



Figur 5.21 - Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim [49].

Tabell 5.5 - Emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol vid limning med standardlim S direkt på rå betong R (µg/m²h).

Matta	Vct = 0.37	0.48	0.75	M.v.
FR	565	586	205	452
MO	225	161	134	173
PO	48	70		39
PV	220	167	57	148

M.v. = medelvärde

5.4.3 Alkalibeständigt lim A direkt till rå betong R

Inga emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol erhölls när limning till den råa betongen skedde med det alkalibeständiga limmet A.

5.4.4 Standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B

Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol framgår av figur 5.22 och tabell 5.6. För ena gummimattan (FR) erhölls störst emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol för golvsystem vid limning med standardlim till avjämningsmassa B. För andra gummimattan (MO) och PVC-mattan var de ca hälften så stora som för gummimattan FR, för polyolefinmattan var emissionerna små.

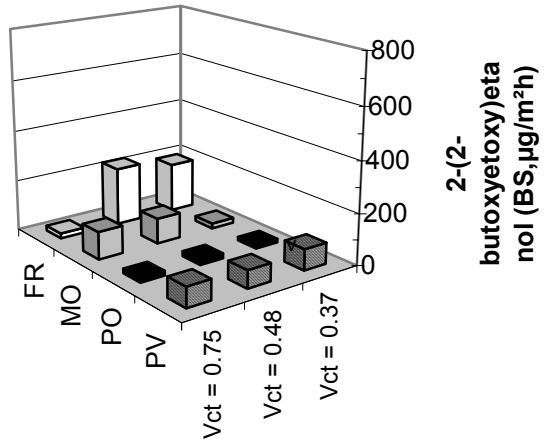
Tabell 5.6 - Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol vid limning med standardlim S till avjämningsmassa B.

Matta	Vct = 0.37	0.48	0.75	M.v.
FR	194	228	20	147
MO	20	100	108	76
PO	14	20	18	17
PV	83	70	79	77

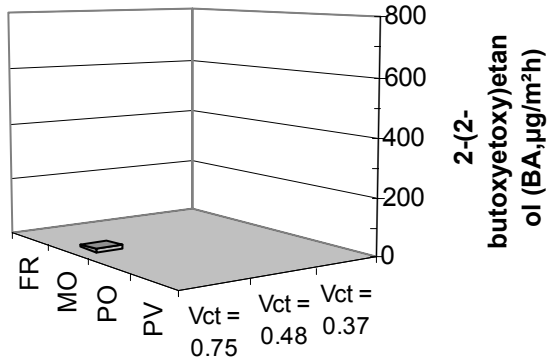
M.v. = medelvärde

5.4.5 Alkalibeständigt lim A eller D, alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B alternativt standard (polyakrylat)lim E eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa C

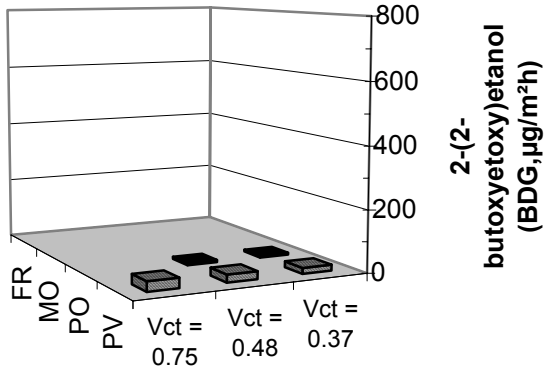
Små emissioner erhölls för golvsystem med PVC-matta och polyolefinmatta - inga emissioner från gummimattor med alkalibeständigt gummilim G, figurerna 5.23-25.



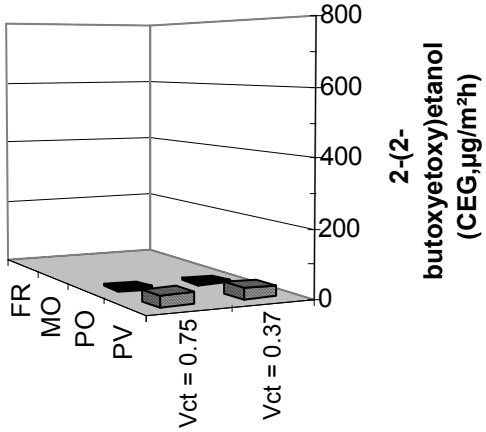
Figur 5.22 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol. B = avjämningsmassa. S = standard (polyakrylat)lim.



Figur 5.23 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol. A = alkalibeständigt lim. B = avjämningsmassa.



Figur 5.24 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol. B = avjämningsmassa. D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

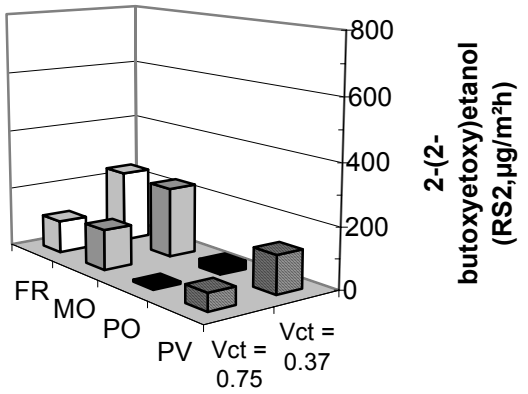


Figur 5.25 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol. C = avjämningsmassa. E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol från golvsystem med gummimattor kunde så gott som helt elimineras med ett alkalibeständigt lim A.

5.4.5 Upprepade försök med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till ung rå betong R2

Vid första provomgången användes ett betongunderlag som härdats under en normal byggprocess med ca 6 mån. i utomhusmiljö. Vid andra provomgången simulerades ett snabbt byggande med 1 mån. uttorkning direkt från gjutning. I andra gjutomgången användes slutna kvarsittande formar vid gjutningen (halva provkroppstjockleken med ensidig uttorkning, figur 5.26). I bägge fallen torkades betongytan 1 mån. i RF = 60% vid 20 °C.



Figur 5.26 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol vid limning med standardlim till rå betong. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2.

I tabell 5.7 ges en sammanställning av uppmätta emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol för golvsystem med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong. Framförallt från golvsystemet med gummimattan FR erhölls mindre emissioner vid provomgång 2 än vid provomgång 1. Skillnader erhölls för 2-(2-butoxyetoxy)etanol mellan provomgång 2 och provomgång 1, figur 5.27. Skillnaderna kan bero på olika RF vid de bägge provtillfällena, figur 5.4. I figur 5.27 ges ett sammandrag av uppmätta emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol vid limning direkt på rå betong. Figur 5.28 samt tabell 5.8 visar en sammanställning av uppmätta emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol för samtliga typer av golvsystem. Med alkalibeständigt lim A bemästrade således emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol så gott som helt även vid limning direkt på betong, med alkalibeständigt lim D samt med alkalibeständigt gummilim G och med standard (polyakrylat)lim E erhölls små emissioner vid limning på avjämningsmassa. En kombination av avjämningsmassa och standard (polyakrylat)lim A gav måttliga emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol samt limning med standard (polyakrylat)lim stora emissioner vid limning av mattor till rå betong.

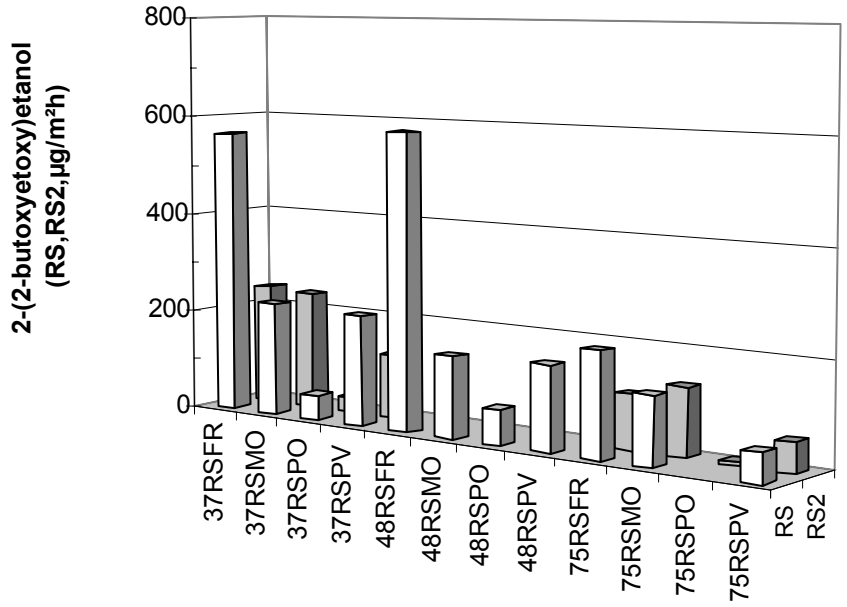
Tabell 5.7 - Sammanställning av uppmätt 2-(2-butoxyetoxy)etanol från golvsystem med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong (µg/m²h).

Mattyp	Vct = 0.37	= 0.75	RS2	RS
FR	239	107	173	452
MO	232	133	183	173
PO	28	7	18	39
PV	126	58	92	148
Medel	156	76	117	203

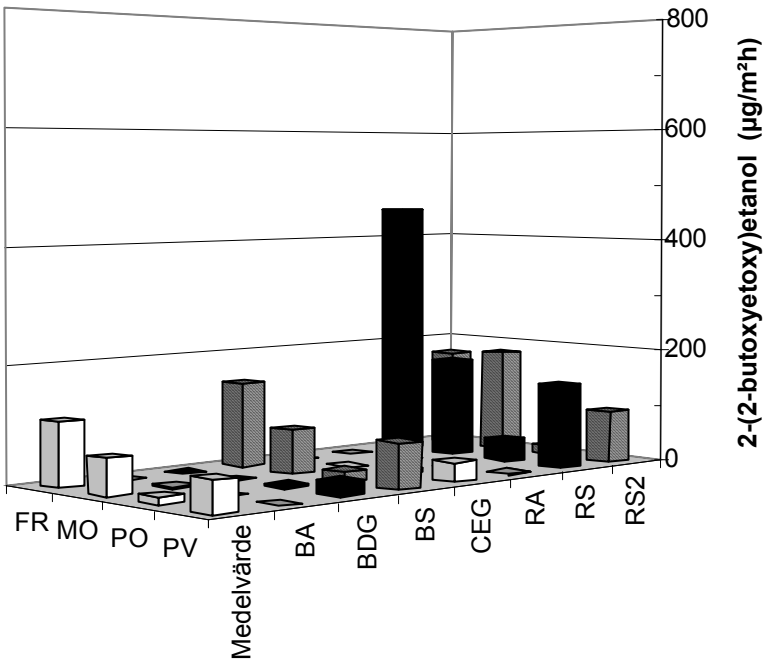
Beteckningar: R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2 (ung betong, 1 mån. ålder vid mattläggning).

Tabell 5.8 - Emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol med avseende på underlag och limtyp (µg/m²h).

Golvsystem	Matta	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	Medelvärde
FR	0			147			452	173	110
MO	0	3		76			173	183	62
PO	0		4	17	7		39	18	12
PV	0		25	77	33	2	148	92	54
Medelvärde	0	1	7	80	10	0	203	116	60



Figur 5.27 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol från golvsystem vid limning på betong. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2 (ung betong, 1 mån. ålder vid mattläggning).



Figur 5.28 - Emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol med avseende på underlag och limtyp (µg/m²h).

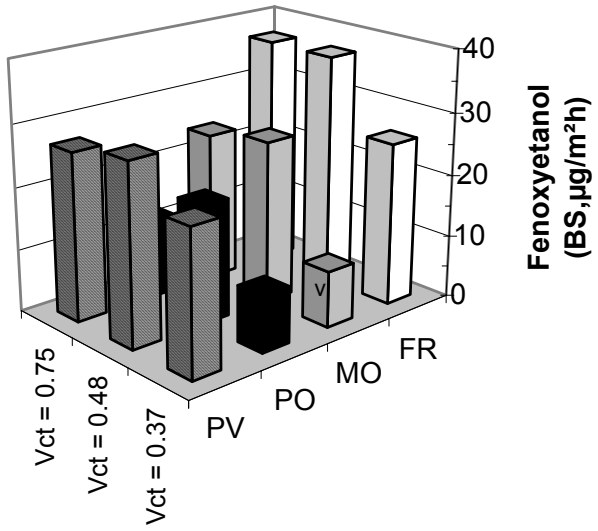
5.5 Emission av 2-fenoxyetanol

5.5.1 Allmänt

Emissioner av 2-fenoxyetanol kan endast användas i jämförande syfte i brist på en annan parameter. Emissioner av 2-fenoxyetanol kan eventuellt härröra från en reaktion i avjämningsmassan. Inget samband mellan god luftkvalité eller reaktioner mellan matta och lim/underlag och emission av 2-fenoxyetanol har heller kunnat konstateras. Här redovisas 2-fenoxyetanol enbart i jämförande syfte eftersom 2-fenoxyetanol ej förekommer i egenemissionerna från golvmattorna dock som en del av TVOC.

5.5.2 Standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B

Figur 5.29 visar emission av 2-fenoxyetanol vid limning av olika golvmaterial med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B. För gummigolv och PVC erhölls dubbelt så stora emissioner av 2-fenoxyetanol som för polyolefinmatta, vilket kan tyda på att det även finns ett materialsamband (2-fenoxyetanol$_{medel}$ = 23 µg/m²h). Figur 5.30 visar att det förekom ett visst samband mellan emissioner av 2-fenoxyetanol och RF 30 mm från ytan av konstruktionen för PVC-matta och ena gummimattan FR (ökande emissioner med ökande RF).

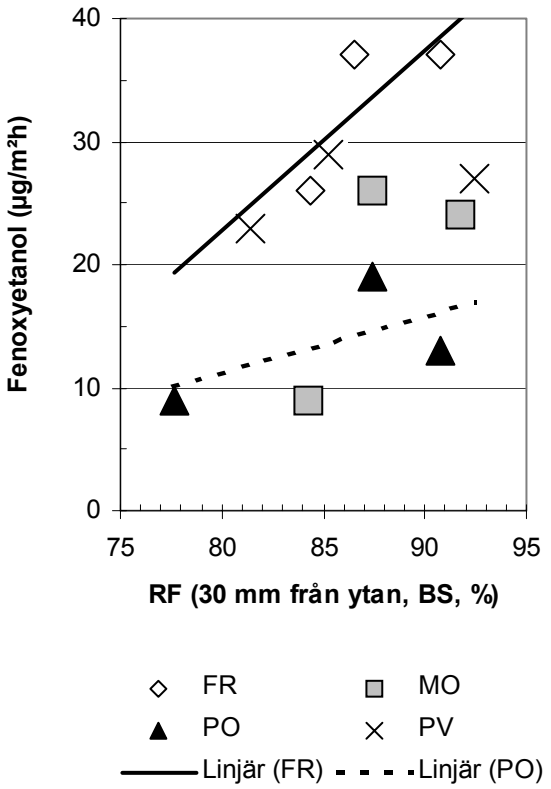


Figur 5.29 - Emissioner av 2-fenoxyetanol. B = avjämningsmassa B, S = standard (polyakrylat)lim [49].

Tabell 5.9 - Emission av 2-fenoxyetanol vid limning med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B (µg/m²h).

Matta	Vct = 0.37	0.48	0.75	M.v.
FR	26	37	37	33
MO	9	26	24	20
PO	9	19	13	14
PV	23	29	27	26

M.v. = medelvärde



Figur 5.30 - Samband mellan emissioner av 2-fenoxyetanol och RF 30 mm från ytan.

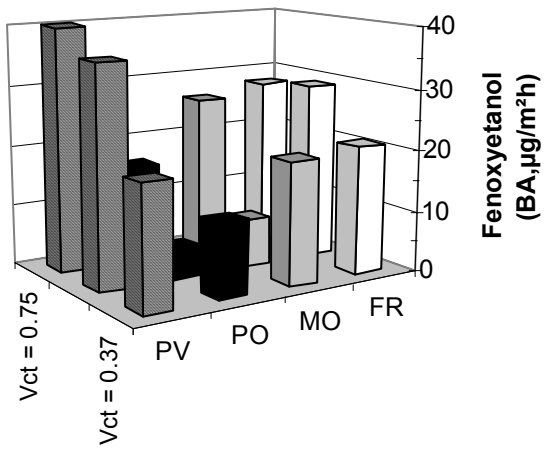
5.5.3 Alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B

Emissioner av 2-fenoxyetanol framgår av figur 5.31 och tabell 5.10. För ena gummimattan (FR) och PVC-mattan erhölls störst emissioner av 2-fenoxyetanol för golvsystem vid limning med alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B. För andra gummimattan (MO) och PVC-mattan var de ca hälften så stora som för gummimattan FR, för polyolefinmattan mycket små. Detta tyder, förutom på ett samband med avjämningsmassan B, på ett materialberoende. Figur 5.32 visar att samband mellan RF och emissioner av 2-fenoxyetanol endast förekom för gummimatta FR (för alla mattor erhölls medelvärdet 2-fenoxyetanol$_{medel}$ = 22 µg/m²h).

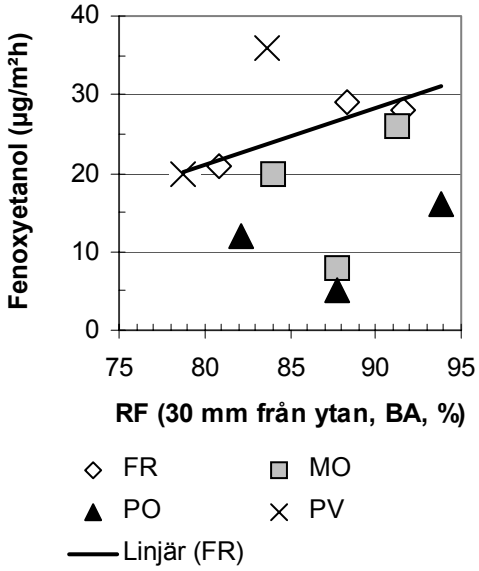
Tabell 5.10 - Emissioner av 2-fenoxyetanol vid limning med alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B (µg/m²h).

Matta	Vct = 0.37	0.48	0.75	M.v.
FR	21	29	28	26
MO	20	8	26	18
PO	12	5	16	11
PV	20	36	44	33

M.v. = medelvärde



Figur 5.31 - Emissioner av 2-fenoxyetanol med alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B.



Figur 5.32 - Samband mellan RF och emissioner av 2-fenoxyetanol endast för gummimatta FR.

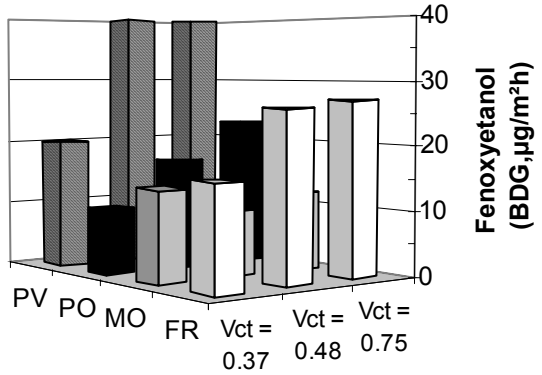
5.5.4 Alkalibeständiga lim D eller gummilim G på avjämningsmassa B

Även i detta fall får emissionerna av fenoxyetanol relateras till avjämningsmassa B, störst för gummimatta FR och PVC-mattan, figur 5.33 och tabell 5.11. Ett klart RF-samband fanns, figur 5.34 (2-fenoxyetanol$_{medel}$ = 21 µg/m²h).

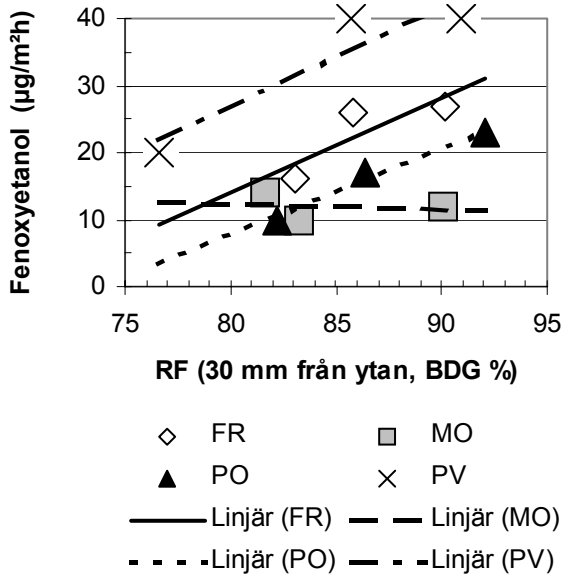
Tabell 5.11 - Emissioner av 2-fenoxyetanol med alkalibeständiga lim D eller gummilim G på avjämningsmassa B (µg/m²h).

Matta	Vct = 0.37	Vct = 0.48	Vct = 0.75	M.v.
FR	16	26	27	23
MO	14	10	12	12
PO	10	17	23	17
PV	20	40	40	33

M.v. = medelvärde



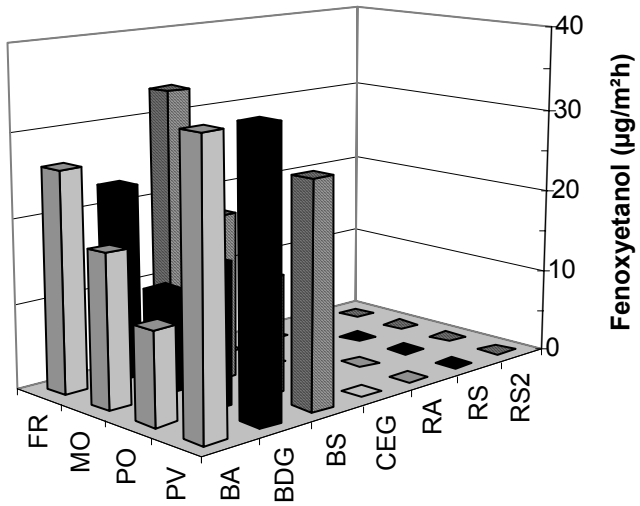
Figur 5.33 - Emissioner av 2-fenoxyetanol med alkalibeständiga lim D eller gummilim G på avjämningsmassa B.



Figur 5.34 - Emissioner av 2-fenoxyetanol med alkalibeständiga lim D eller gummilim G på avjämningsmassa B versus RF.

5.5.5 Sammanställning av emissioner av 2-fenoxyetanol

I figur 5.35 och tabell 5.12 ges en sammanställning av emissioner av 2-fenoxyetanol vilka enbart var relaterade till avjämningsmassan B.



Figur 5.35 - Emission av 2-fenoxyetanol från golvsystem vid limning på betong och avjämningsmassa.

Tabell 5.12 - En sammanställning av emissioner av av 2-fenoxyetanol [49] (µg/m²h).

Matta	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	26	23	33	0	0	0	0	12
MO	18	12	20	0	0	0	0	7
PO	11	17	14	0	0	0	0	6
PV	33	33	26	0	0	0	0	13
M.v.	22	21	23	0	0	0	0	10

M.v. = medelvärde

5.6 Emissioner av sesquiterpener

5.6.1 Allmänt

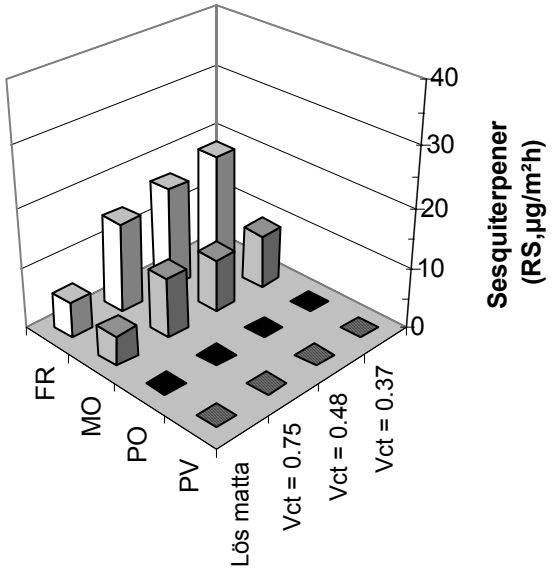
Från en stor del av proverna förekom små emissioner av sesquiterpener vilka ej heller kan relateras till huruvida luftkvaliten är god eller ej. Eftersom sesquiterpener ingår i TVOC kan det dock vara av intresse att studera olika parametrars och golvmaterials inverkan på emissioner av sesquiterpener i det fall att det finns en ambition att minimera TVOC.

5.6.2 Limning med standardlim S direkt på rå betong R

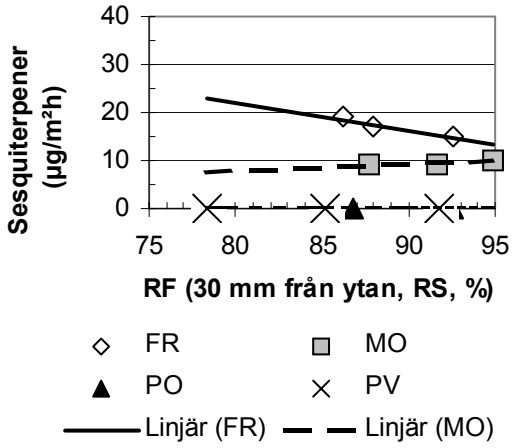
I samband med limning av gummimattor direkt på rå betong med standardlim S fördubblades eller fyrdubblades emissionerna av sesquiterpener, figur 5.36, vilket uppenbart berodde på en tillskottsemission vid limmets reaktion med mattan. Figur 5.37 visar att det fanns ett omvänt RF-beroende för emissionerna av sesquiterpener för den ena gummimattan, FR, men att inget samband fanns för andra gummimattan.

5.6.2 Limning med alkalibeständigt lim A direkt på rå betong R

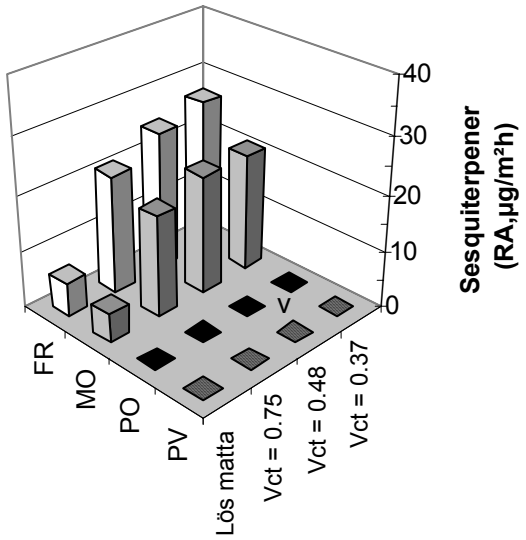
Med alkalibeständigt lim A blev förstoringseffekten något större för emissionerna av sesquiterpener vid limning direkt till betong än med standardlim S, figur 5.38. För bägge gummimattorna erhölls i detta fall ett omvänt samband med RF, figur 5.39.



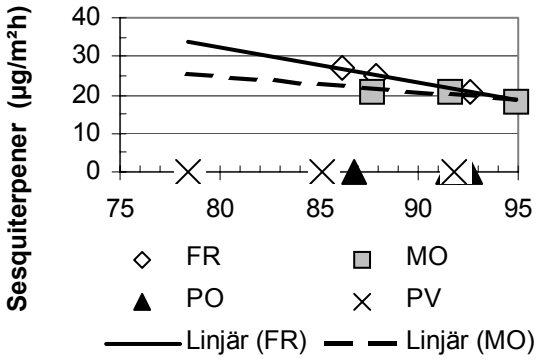
Figur 5.36 - Sesquiterpener vid limning av mattor direkt på betong R med standardlim S.



Figur 5.37 - Emissioner av sesquiterpener versus RF vid limning på betong R med standardlim S.



Figur 5.38 - Sesquiterpener vid limning av mattor direkt på betong R med alkalibeständigt lim A.



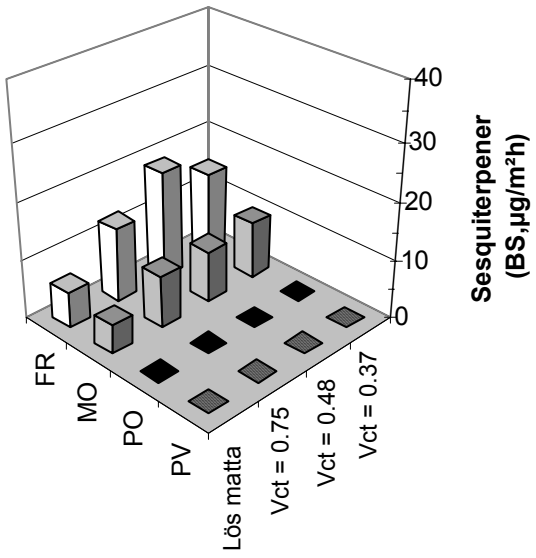
Figur 5.39 - Emissioner av sesquiterpener versus RF vid limning på betong R med alkalibeständigt lim A.

5.6.3 Limning med standardlim S till avjämningsmassa B

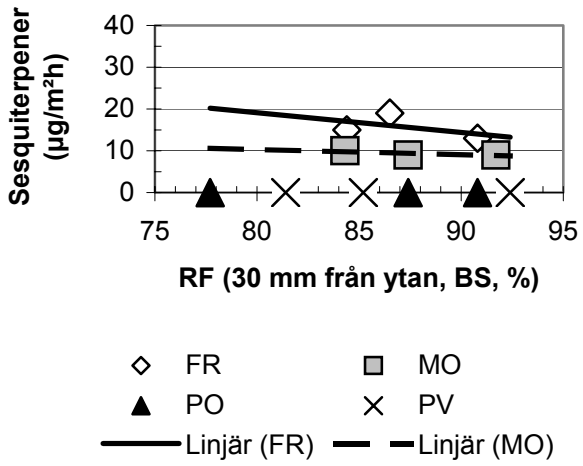
En fördubbling skedde av emissioner av sesquiterpener jämfört med mattornas egenemissioner då en limning skedde med standardlim till avjämningsmassa B, figur 5.40. Eftersom det även förelåg ett visst beroende av RF kan avjämningsmassan ha gjort att RF i ytan minskats något i förhållande till den RF som uppmättes på 30 mm under mattan, figur 5.41.

5.6.4 Limning med alkalibeständigt lim A till avjämningsmassa B

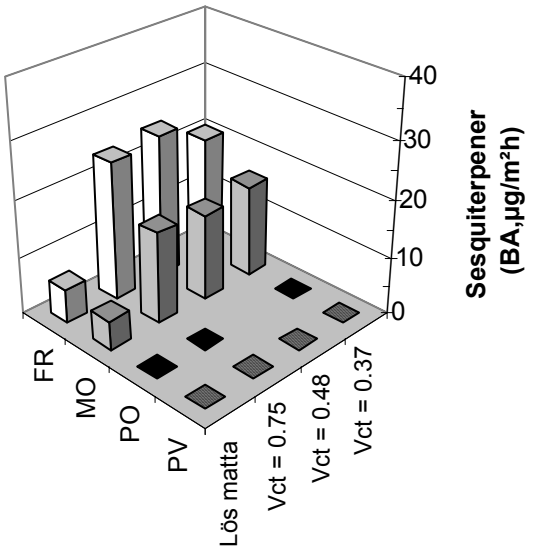
I stort sett samma emissioner erhölls av sesquiterpener vid limning med alkalibeständigt lim A till avjämningsmassa B som vid limning med alkalibeständigt lim A till rå betong. I bägge fallen var tillskottsemissionerna ungefär dubbelt så stora som vid limning med standardlim, dvs. det var det alkalibeständiga limmet A som var förklaringen till ökningen av emissioner av sesquiterpener, figur 5.42. RF-beroendet var obetydligt, figur 5.43.



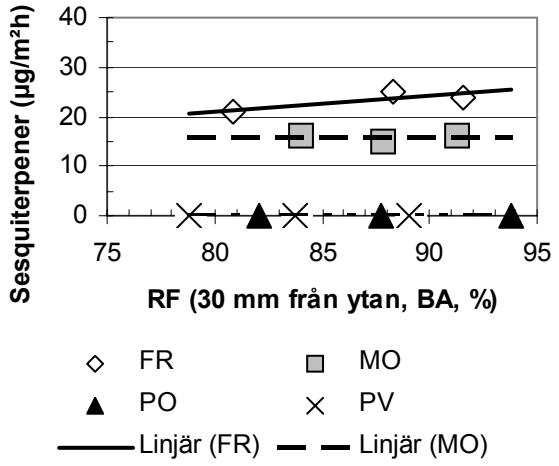
Figur 5.40 - Emission av sesquiterpener vid limning med standardlim S till avjämningsmassa B.



Figur 5.41 - Emissioner av sesquiterpener versus RF med standardlim S till avjämningsmassa B.



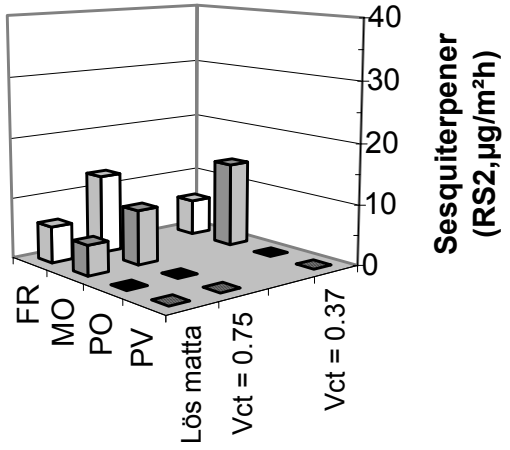
Figur 5.42 - Emission av sesquiterpener vid limning med alkalibeständigt lim A till avjämningsmassa B.



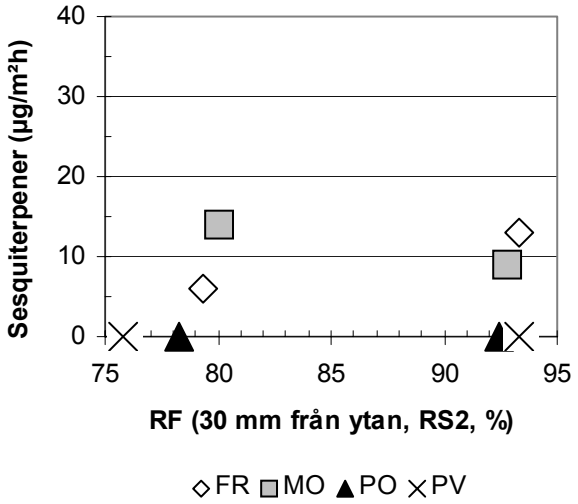
Figur 5.43 - Emissioner av sesquiterpener versus RF med alkalibeständigt lim A till avjämningsmassa B.

5.6.5 Upprepade mätningar vid limning med standardlim S direkt till rå betong R.

I samband med limning av gummimattor direkt till rå betong R med standardlim S fördubblades eller fyrdubblades emissionerna av sesquiterpener även vid de upprepade mätningarna där ytalkaliteten var större än vid de ursprungliga mätningarna, figur 5.44. Visst samband emellan emissioner av sesquiterpener och RF fanns enbart för gummimattan FR, ej för gummimattan MO, figur 5.45. Repeterbarheten i mätning av emissionerna av sesquiterpener i samband med limning av gummimattor direkt till rå betong R med standardlim S jämfört med de ursprungliga mätningarna får betraktas som god, figur 5.46.



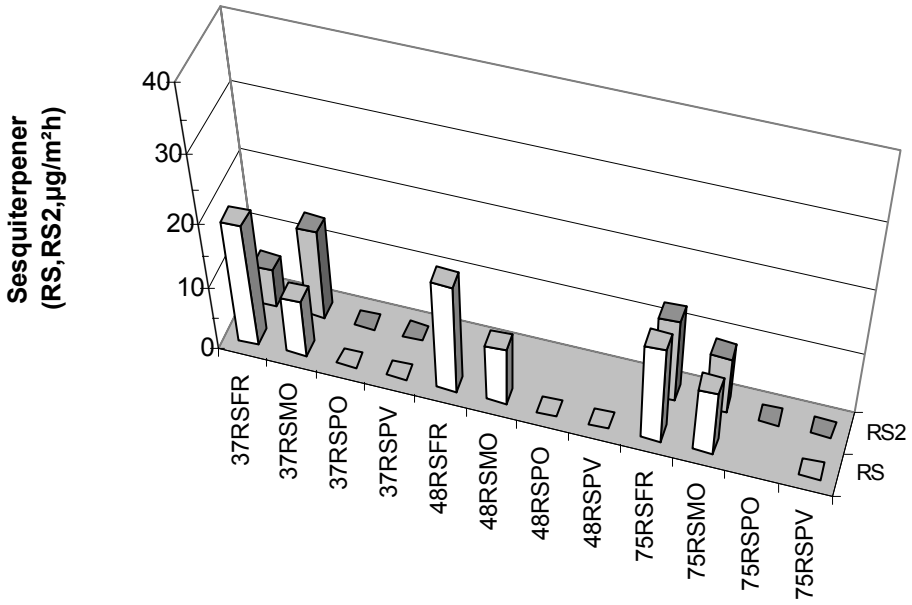
Figur 5.44 - Upprepade mätningar av emissioner av sesquiterpener i samband med limning av gummimattor till rå betong R med standardlim S.



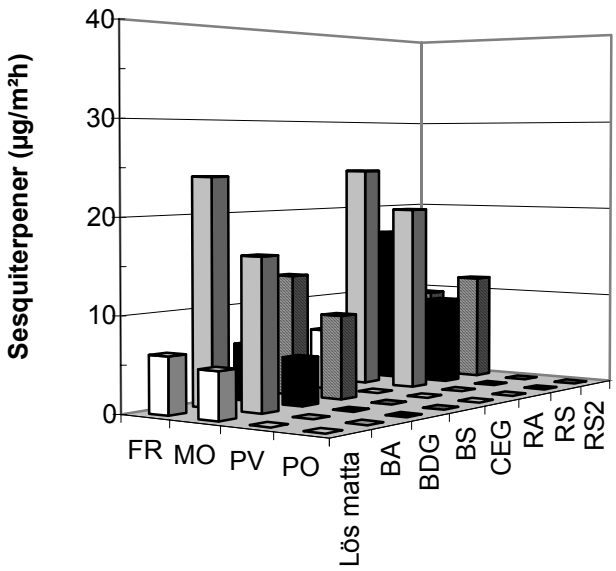
Figur 5.45 - RF versus emissioner av sesquiterpener vid upprepade mätningar med limning av gummimattor ill rå betong R med standardlim S.

5.6.6 - Sammanställning

Figur 5.47 och tabell 5.13 visar en sammanställning av emissioner av sesquiterpener. Dessa förekom endast för gummimattor men förstorades i kombination med alkalibeständigt lim A. Med det alkalibeständiga gummilimmet G skedde ingen förstoring av emissionerna av sesquiterpener jämfört med egenemissionerna resp. med standardlim S en obetydlig ökning av emissioner av sesquiterpener oberoende om avjämningsmassa användes på betongen eller ej.



Figur 5.46 - Repeterbarheten i mätning av emissionerna av sesquiterpener i samband med limning av gummimattor direkt till rå betong R med standardlim S jämfört med de ursprungliga mätningarna. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim, 2 = provomgång 2 (ung betong, 1 mån. ålder vid mattläggning).



Figur 5.47 - Emission sesquiterpener från golvsystem vid limning på betong och avjämningsmassa.

Tabell 5.13 - Emissioner av sesqiuterpener från golvsystem på betong och avjämningsmassa (µg/m²h).

Matta	Lös matta	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	6	24	6	13	7	24	17	10	13
MO	5	16	5	9	0	20	9	12	10
PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M.v.	3	10	3	6	2	11	7	5	6

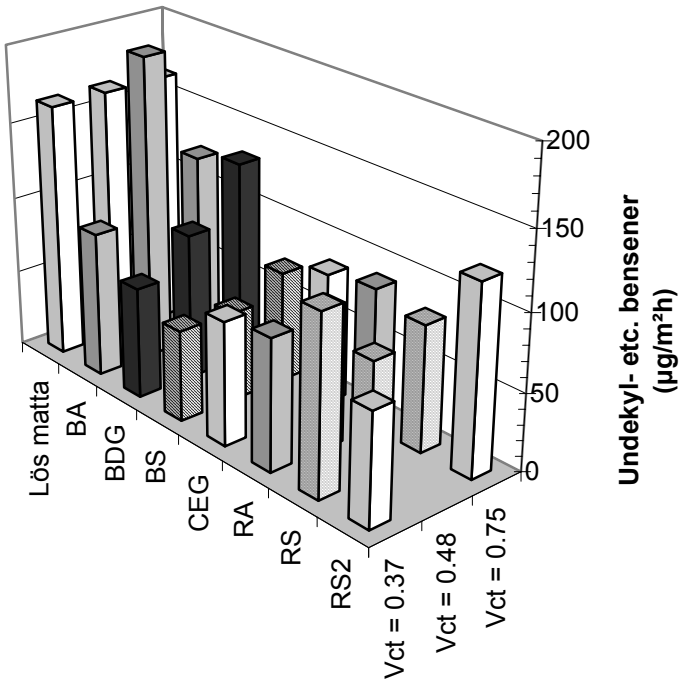
M.v. = medelvärde

5.7 Emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener

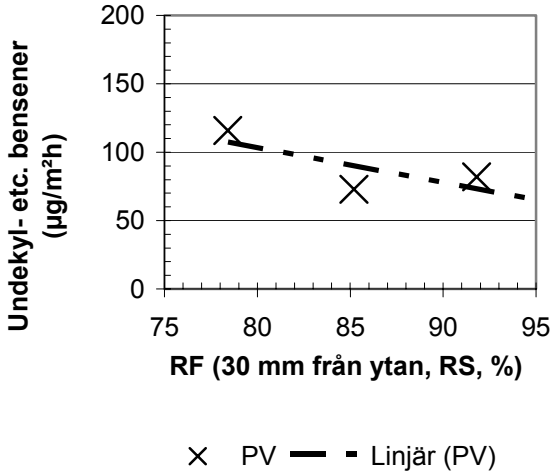
Tabell 5.14 och figur 5.48 ger en sammanställning av emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener. Stora egenemissioner förekommer av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener från PVC-mattan, 165 µg/m²h, appendix 5 [49]. Ej heller denna emissionstyp kan hänföras till en god luftkvalité men i det fall exempelvis TVOC < 100 µg/m²h stipuleras, som vid Barnsjukhuset, Lund, kan det vara svårt att uppfylla kraven [50,51]. Vid projektet observerades att emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener minskade för i det allra närmaste alla golvsystem i förhållande till egenemissionen. Det var därför av intresse att undersöka av vilket skäl egenemissionen minskade, om minskningen var material- eller RF-beroende, etc. Egenemissioner kan inte försvinna spårlöst utan endera absorberas de i lim, avjämningsmassa eller betong. Det fanns inget klart samband mellan emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener från golvsystemet och vct utan dessa halverades i stort sett för samtliga materialkombinationer. Detta visar att egenemissioner från en fraktion av undekyl- och dodekylbensener ytbeläggningen absorberades av betongen oberoende av dess vct. Betongens porositet och RF spelar mindre roll, figurerna 5.48-5.55. Betongens porositet är tillräcklig för absorption skulle kunna uppstå, även vid lågt vct [21].

Tabell 5.14 - En fraktion av undekyl- och dodekylbensener från golvsystem med PVC-matta (i huvudsak egenemission, µg/m²h) [49].

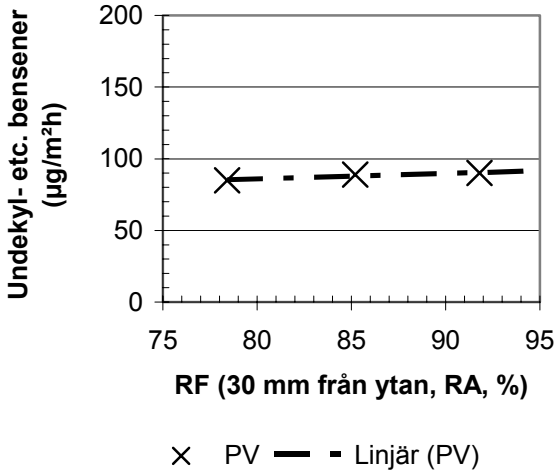
PV	Lös matta	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
Vct = 0.37	165	94	72	59	80	85	116	73	83
Vct = 0.48	165	198	95	58		89	73		73
Vct = 0.75	165	123	131	72	85	90	82	123	101
M.v	165	138	99	63	55	88	90	65	86



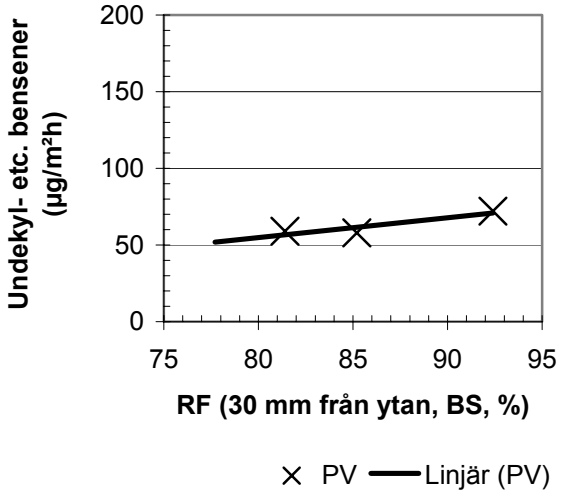
Figur 5.48 - Emission av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener från golvsystem med PVC-matta (i huvudsak egenemission) [49].



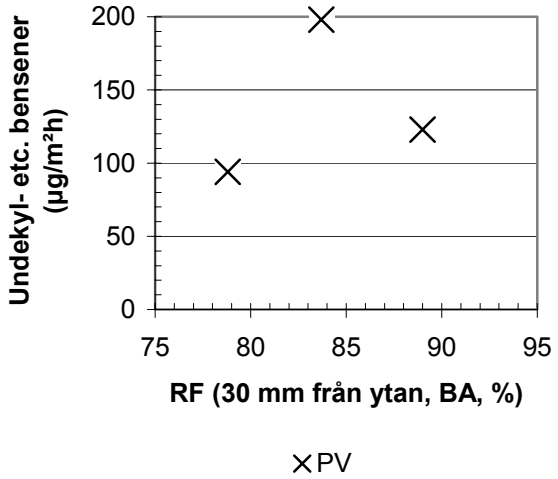
Figur 5.49 – Emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med standard (polyakrylat)lim S direkt på rå betong med 6 mån. ålder [49].



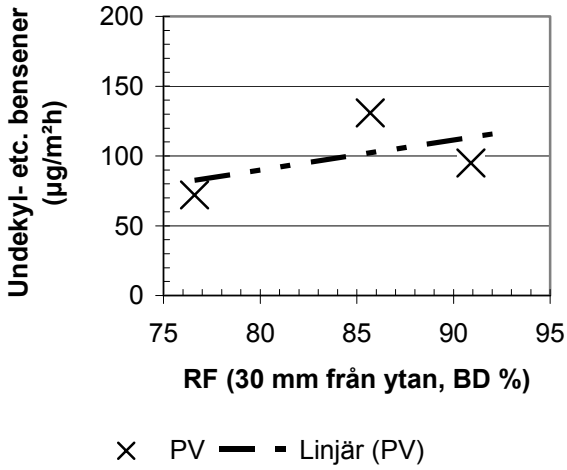
Figur 5.50 – Emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med alkalibeständigt lim A direkt på rå betong med 6 mån. ålder [49].



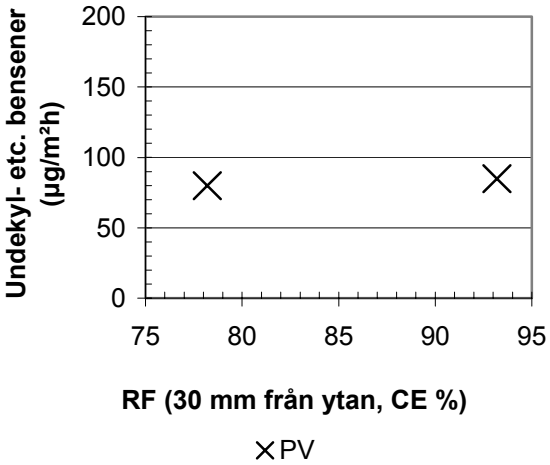
Figur 5.51 –En fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B.



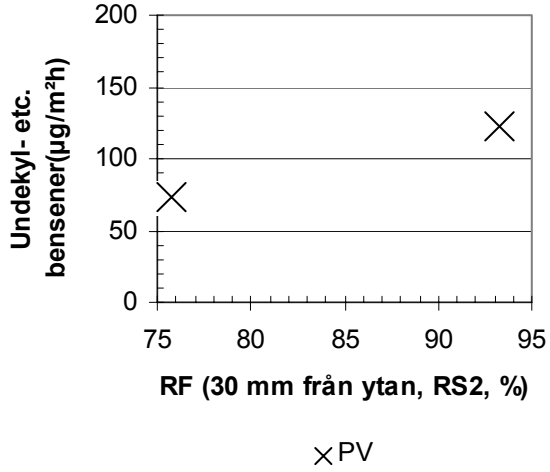
Figur 5.52 –En fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B.



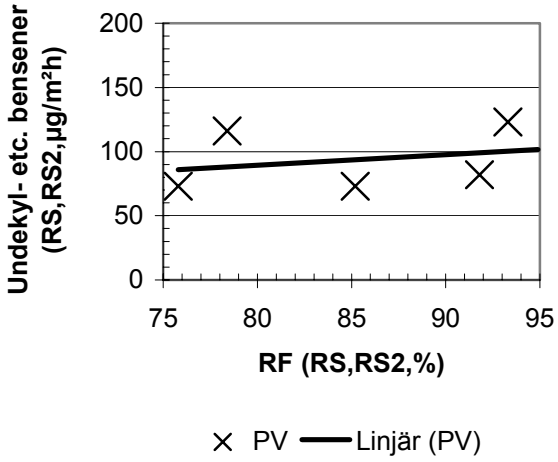
Figur 5.53 –En fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med alkalibeständigt lim D på avjämningsmassa B.



Figur 5.54 –En fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med (polyakrylat)lim E på avjämningsmassa C.



Figur 5.55 –En fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med (polyakrylat)lim S på betong med 1 mån. ålder.



Figur 5.56 –Upprepad mätning av emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener versus RF från PVC-matta limmad med (polyakrylat)lim S på rå betong.

6. VIDHÄFTNINGSFÖRSÖK

6.1 Förprovning av vidhäftning

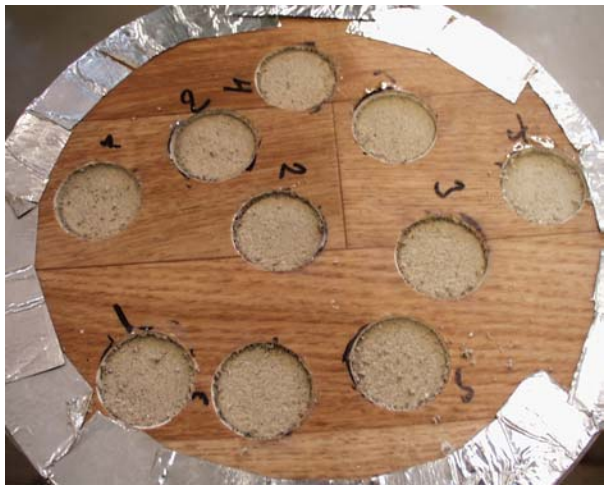
Förprov utfördes på dubblerade prover, dels proverna 37RSPvV3 och 75RSPvV3, dels proverna 38RMAPhV2 och 38RMAPhL2 ur en annan provserie, 4 år gammal. Beteckningar:

A	Ecotac alkalibeständigt lim
L	lufthärdning 1 mån.
M	betong med glasfiller
Ph	PVC-matta, homogen
Pv	PVC-matta, skiktad
R	rå betong
S	standardlim
V	vattenhärdning 1 mån. + lufthärdning ca 1 vecka före mattlimning
2-3	ensidig uttorkning av 125 mm betong
75	vattencementtal, vct (%)

Fukt i proverna var RF = 75% resp. 91.5% direkt under mattan för proverna 37RSPvV3 och 75RSPvV3, dels i figur 6.1, RF = 71% resp. 77% direkt under mattan för proverna 38MFEL2 och 38MEPhV2. Tabell 6.1 visar signifikanstester för provningarna. Prov 37RSPvV3 med vidhäftningshållfasthet, σ_{vf} = 0.37 MPa hade således signifikant större (z > 1.96) vidhäftningshållfasthet än provet 75RSPvV3. I sin tur hade ett lufthärdad yta större vidhäftningshållfasthet, σ_{vf} = 0.84 MPa (prov 38RMFEL2) än ett vattenlagrat prov med σ_{vf} = 0.53 MPa (prov 38RMEPhV2). För prov med RF = 91.5% vid vidhäftningsprovningen skedde dragbrottet mellan lim och betong (adhesion), figur 6.1, medan övriga dragbrott skedde i limskiktet (kohesion), figur 6.2. Sammanfattningsvis visade förprovningarna att Säbergapparaten var relevant att använda för provning av vidhäftningshållfastheten hos mattbeläggning på betong. Förprovningarna gav också en indikation på effekten av sen vattenlagring av betongytan före limning: lägre vidhäftningshållfasthet än för en betongyta som hade luftlagrats 1 mån. före limning. Slutligen kunde att viss samband skönjas i fråga om effekten av RF: vid hög RF = 91.5 % erhölls adhesionsbrott i stället för kohesionsbrott.

Tabell 6.1 Signifikanstest för provningarna (MPa).

Signifikanstest	z	mv1	mv2
37RSPvV3 > 75RSPvV3	9.84	0.37	0.21
38RMAPhV2 > 38RMAPhL2	2.61	0.84	0.53



Figur 6.1 - Förprov 75RSPvV3 med RF = 91.5% (dragbrott mellan lim och betong (adhesion)).

Figur 6.2 - Förprov 37RSPvLV3 med RF = 75% (dragbrott i limmet (kohesion)).

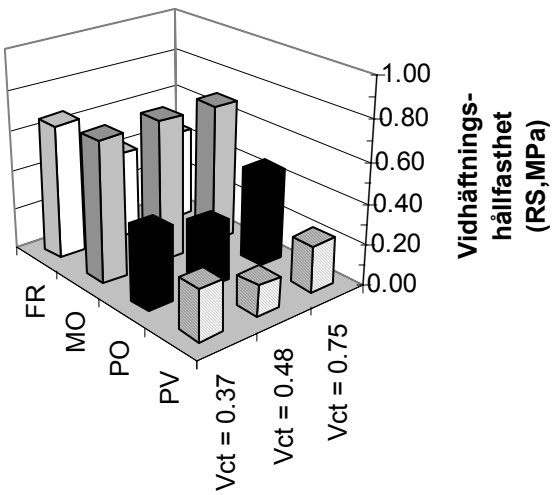
6.2 Huvudprovning av vidhäftning

6.2.1 Allmänt

Resultat ges i Appendix 6. Resultaten relaterades i första hand till typ av lim, avjämningsmassa och fukt.

6.2.2 Standard (polyakrylat)lim S direkt till rå betong R

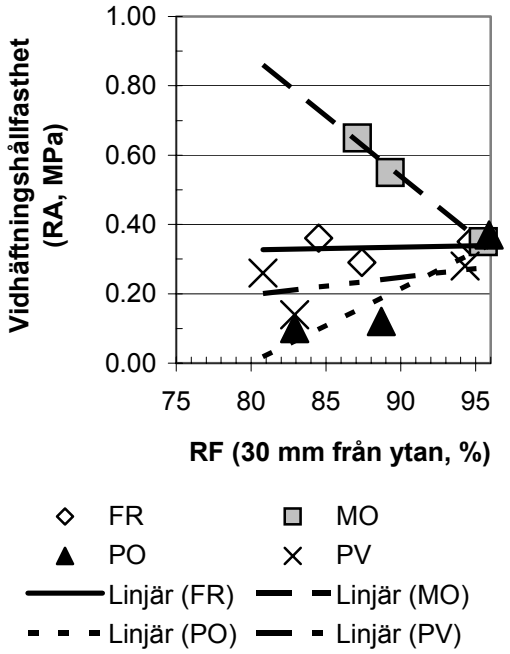
Resultat av vidhäftningsprovning av golvsystem med limning med standard (polyakrylat)lim S direkt till rå betong ges i figur 6.3. Figur 6.4 visar vidhäftningshållfastheten versus RF 30 mm under ytan av provkroppen. Vidhäftningshållfastheten var dubbelt så stor för polyolefinmattan som för PVC-mattan samt två till tre gånger så stor för gummimattorna som för PVC-mattan.



Figur 6.3 - Vidhäftningshållfasthet för golvmaterial. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

Något samband mellan vidhäftningshållfastheten och RF 30 mm under ytan av provkroppen kunde ej fastställas, figur 6.4. Även vid RF = 95% var vidhäftningshållfastheten hög för gummimattorna, mellan 0.44 och 0.71 MPa att jämföra med vidhäftningshållfastheten 0.21 MPa för PVC-mattan vid motsvarande RF, figur 6.3. Det kan vara skäl att än en gång påpeka provernas förhistoria: ca ½ lagring utomhus, delvis med vatten på ytan följt av uttorkning inomhus i RF = 60% samt 20 °C under 1 mån. före det att avjämningsmassa påfördes och limning skedde av ytbeläggningen. Följande slutsatser kan dras (vidhäftningshållfastheten, medelvärde = 0.45 MPa):

1. Vidhäftningshållfastheten var dubbelt så stor för polyolefinmattan som för PVC-mattan
2. Vidhäftningshållfastheten var 2-3 ggr så stor för gummimattorna som för PVC-matta
3. Något samband mellan vidhäftningshållfastheten och RF 30 mm under ytan av provkroppen kunde ej fastställas.

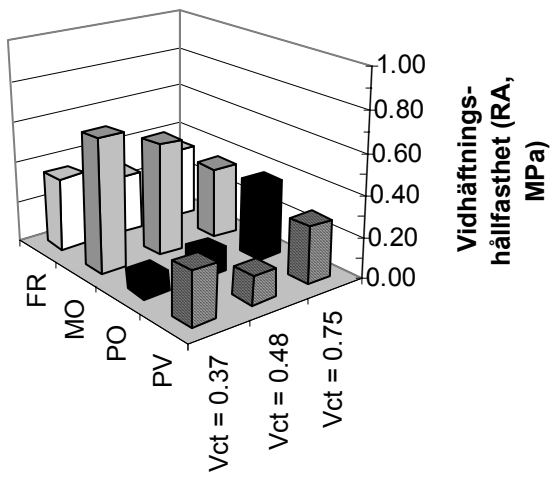


Figur 6.4 - Vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

6.2.3 Alkalibeständigt lim A direkt till rå betong R

Figur 6.5 visar vidhäftningshållfasthet för golvmaterial med rå betong och alkalibeständigt lim. Av figur 6.6 framgår vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under provytan. Även i detta fall var vidhäftningshållfasthet högst för gummimattor, dubbelt så hög som för polyolefin- resp. för PVC-mattan. En anledning kan vara den högre limmängden för gummimattor, 0.33 kg/m² mot 0.25 kg/m² för polyolefin- och PVC-mattorna. Vid hög RF var dock vidhäftningshållfastheten ungefär lika stor för gummimattor som för polyolefin- och PVC-matta, ca 0.38 MPa, figur 6.6. För lägre RF uppmättes mycket låg vidhäftningshållfasthet för polyolefinmattan, ca 0.10 MPa, figur 6.6. Följande slutsatser drogs (vidhäftningshållfastheten, medelvärde = 0.32 MPa):

1. Högst vidhäftningshållfasthet uppmättes för gummimattor
2. Polyolefin- resp. för PVC-matta hade hälften så stor vidhäftningshållfasthet som en gummimatta
3. Skillnaden i vidhäftningshållfasthet kan bero av den högre limmängden för gummimattor, 0.33 kg/m² mot 0.25 kg/m² för polyolefin- och PVC-matta

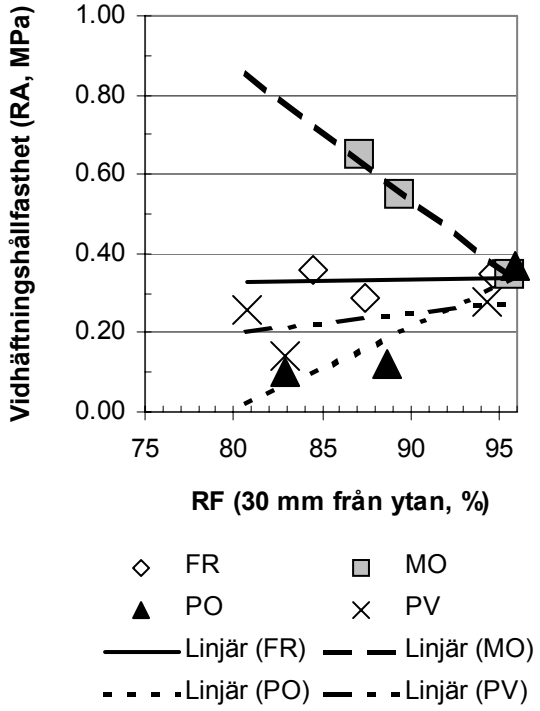


Figur 6.5 - Vidhäftningshållfasthet för golvmaterial. R = rå betong, A = alkalibeständigt lim.

4. Vid hög RF var vidhäftningshållfastheten ungefär lika stor för gummimattor som för polyolefin- och PVC-mattorna
5. För lägre RF uppmättes mycket låg vidhäftningshållfasthet för polyolefinmattan
6. Lägre medelvärde för vidhäftningshållfastheten erhölls för alkalibeständigt lim än för standard (polyakrylat)lim

6.2.4 Limning med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B

Vidhäftningshållfasthet för golvmaterial vid limning med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B framgår av figur 6.7. Figur 6.8 visar vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. Vidhäftningshållfasthet var betydligt lägre vid limning till avjämningsmassa än vid limning till rå betong vilket tyder på att avjämningsmassa var avgörande för vidhäftningshållfasthet i förbandet. Visuell besiktning visade att ett mycket tunt skikt av avjämningsmassa fanns kvar på limskiktet efter det att brott hade inträffat (i avjämningsmassan). Det fanns heller inget samband mellan vidhäftningshållfastheten och RF, figur 6.8. Samtliga prover uppvisade vidhäftningshållfasthet kring 0.30 MPa. Följande slutsatser drogs (vidhäftningshållfastheten, medelvärde = 0.32 MPa):

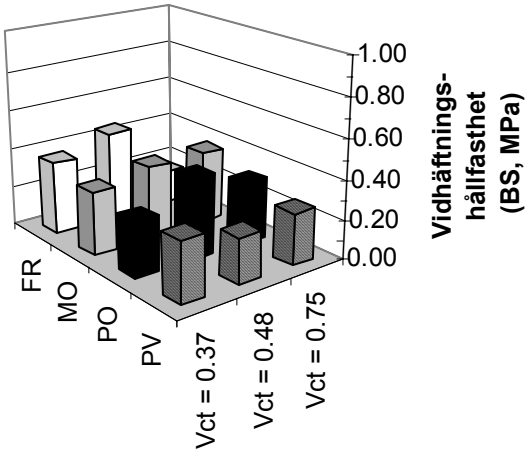


Figur 6.6 - Vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. R = rå betong, A = alkalibeständigt lim.

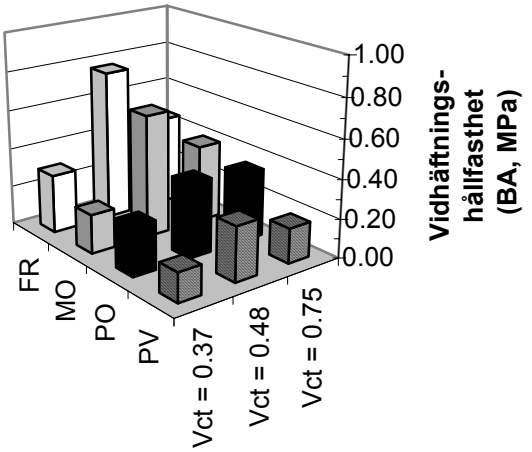
1. Samtliga prover uppvisade i stort sett samma vidhäftningshållfasthet
2. Vidhäftningshållfastheten var lägre vid limning till avjämningsmassa än till rå betong
3. Ett mycket tunt skikt av avjämningsmassa fanns kvar på limskiktet efter det att brott hade inträffat (i avjämningsmassan)
4. Det fanns inget samband mellan vidhäftningshållfastheten och RF

6.2.5 Alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B

Vidhäftningshållfastheten för golvmaterial vid användning av alkalibeständigt lim och avjämningsmassa var i stort sett lika stor som vid användning av standard (polyakrylat)lim på samma underlag, figur 6.9. För gummimattor erhölls dock högre vidhäftningshållfasthet resp. för PVC-mattan lägre vidhäftningshållfasthet med alkalibeständigt lim än med standard (polyakrylat)lim. För gummimattorna var vidhäftningshållfastheten låg vid låg RF 30 mm under ytan på provet (vidhäftningshållfastheten ökade med ökande RF). Följande slutsatser drogs (vidhäftningshållfastheten, medelvärde = 0.36 MPa):

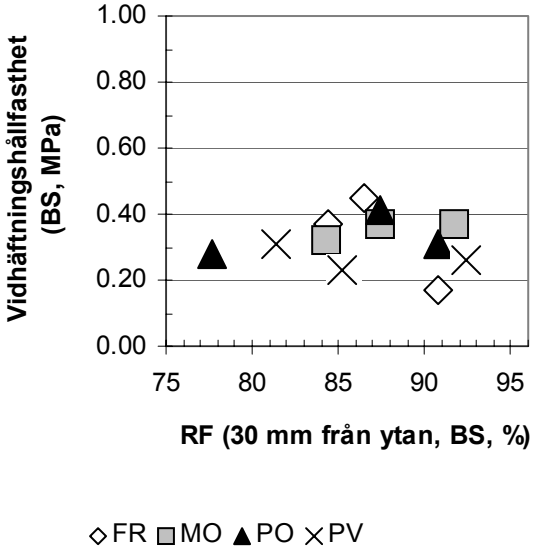


Figur 6.7 - Vidhäftningshållfasthet för golvmaterial. B = avjämningsmassa, S = standard (polyakrylat)lim.

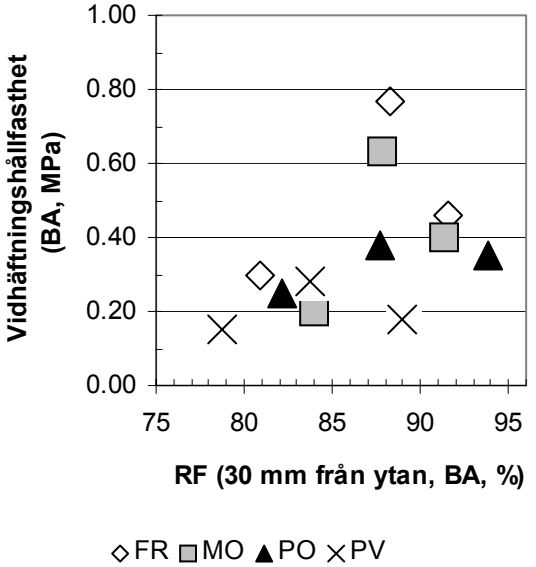


Figur 6.9 - Vidhäftningshållfasthet för golvmaterial. A = alkalibeständigt lim, B = avjämningsmassa.

1. För gummimattor erhölls högre vidhäftningshållfasthet resp. för PVC-mattan lägre vidhäftningshållfasthet med alkalibeständigt lim än med standard (polyakrylat)lim
2. För gummimattorna var vidhäftningshållfastheten låg vid låg RF 30 mm under ytan på provet
3. Vidhäftningshållfastheten ökade med ökande RF



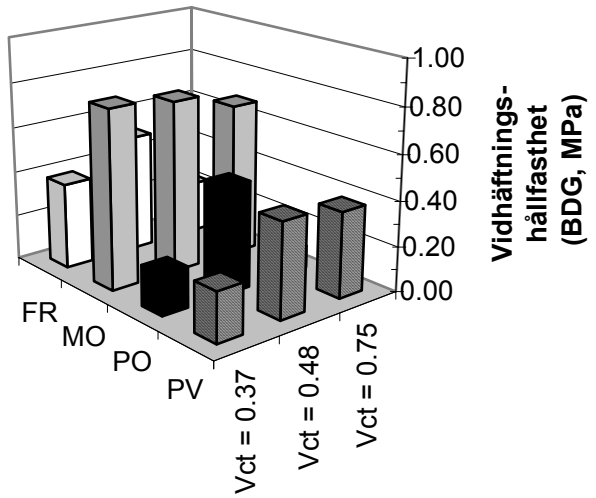
Figur 6.8 - Vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. B = avjämningsmassa, S = standard (polyakrylat)lim.



Figur 6.10 - Vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. A = alkalibeständigt lim, B = avjämningsmassa.

6.2.6 Alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B

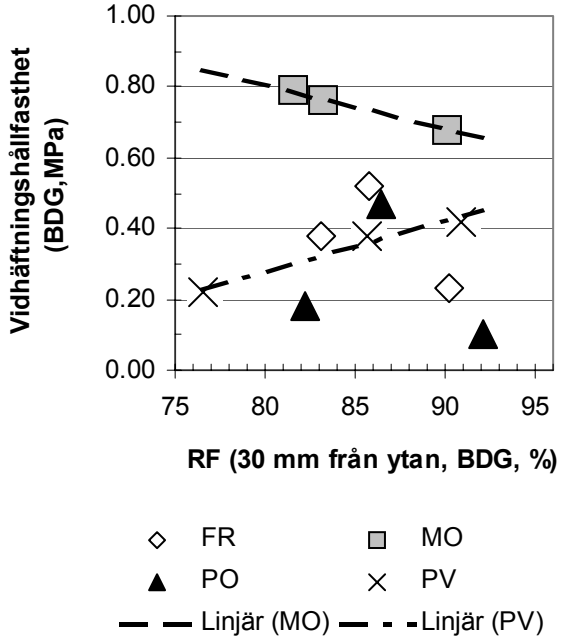
Figur 6.11 visar vidhäftningshållfastheten resp. figur 6.12 vidhäftningshållfastheten versus RF 30 mm under ytan för golvsystem med alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B. För en av gummimattorna, MO, erhölls hög vidhäftningshållfasthet, 0.74 MPa.



Figur 6.11 - Vidhäftningshållfasthet för golv. B = avjämningsmassa, D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Denna högre vidhäftningshållfasthet erhölls även med avjämningsmassa B vilket tyder på att valet av lim (alkalibeständigt gummilim G) påverkade brottypen, i avjämningsmassan eller i limmet. För andra gummimattan erhölls bara hälften så stor vidhäftningshållfasthet resp. för polyolefinmattan 1/3-del av den vidhäftningshållfasthet som erhölls för gummimattan MO (PVC-mattan erhöll ungefär samma vidhäftningshållfasthet som gummimattan FR). Ej heller i detta fall fanns något klart samband mellan RF och vidhäftningshållfasthet, figur 6.12. För ena gummimattan fanns dock ej tendens till minskande vidhäftningshållfasthet med ökande RF (FR). För PVC-mattan ökade vidhäftningshållfastheten med RF, från 0.20 MPa vid RF = 77% till 0.40 MPa vid RF = 89%. Följande slutsatser kan dras (vidhäftningshållfastheten, medelvärde = 0.43 MPa):

1. För en av gummimattorna, MO, erhölls hög vidhäftningshållfasthet, vilket tyder på att valet av lim påverkade brottypen.
2. För andra gummimattan, FR, erhölls halva vidhäftningshållfasthet resp. för polyolefinmattan 1/3-del av den vidhäftningshållfasthet som erhölls för gummimattan MO.
3. PVC-mattan erhöll samma vidhäftningshållfasthet som gummimattan MO.
4. Något klart samband fanns ej mellan RF och vidhäftningshållfasthet.



Figur 6.12 - Vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. B = avjämningsmassa, D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

6.2.7 Standard (polyakrylat)lim E eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa C

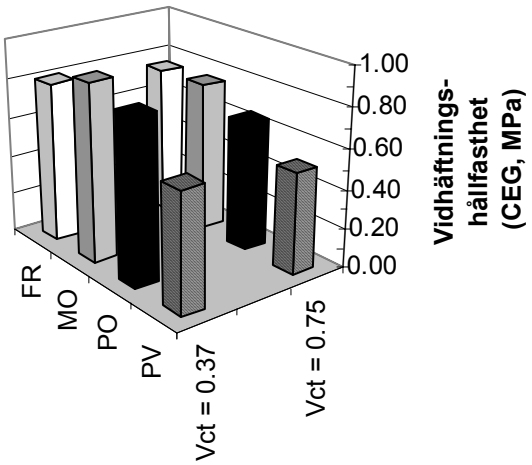
Avjämningsmassan ändrades till fabrikat samtidigt som standard (polyakrylat)lim valdes i stället för alkalibeständigt lim. Det är således endast gummimattornas vidhäftning som kan jämföras vad gäller variationen av avjämningsmassa, figur 6.13. Endast betong med vct = 0.37 och vct = 0.75 undersöktes. Figur 6.14 visar vidhäftningshållfastheten versus RF 30 mm under ytan. I tabell 6.2 ges en sammanställning av resultaten för golvsystemen (endast betong med vct = 0.37 och vct = 0.75).

Tabell 6.2 - Resultat för golvsystemen (betong med vct = 0.37 och vct = 0.75, MPa).

Golvsystem	BDG	CEG
FR	0.31	0.78
MO	0.74	0.83
PO	0.14	0.74
PV	0.30	0.56
Medelvärde	0.37	0.73

C = avjämningsmassa, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Ökningen av vidhäftningshållfastheten var stor för gummimattan FR troligen beroende av att avjämningsmassan C var hade högre hållfasthet än avjämningsmassan B. Samma resultat erhölls för polyolefin- och PVC-matta.



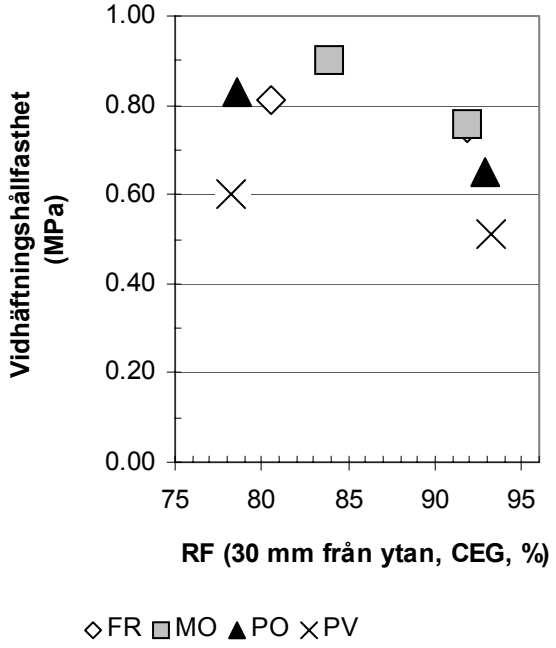
Figur 6.13 - Vidhäftningshållfasthet för golvmaterial. C = avjämningsmassa, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Här varierades emellertid även limtypen. Vidhäftningshållfasthet, medel, för golvsystemet BDG: 0.37 MPa samt för systemet CEG: 0.73 MPa talar sitt tydliga språk - mer än en fördubbling i vidhäftningshållfasthet. Följande slutsatser drogs (vidhäftningshållfasthet, medel för BDG: 0.37 MPa; för CEG: 0.73 MPa):

1. Ökningen i vidhäftningshållfasthet var markant för gummimattan FR troligen beroende av att avjämningsmassan C var starkare än avjämningsmassan B
2. Ökning erhölls för polyolefin- och PVC-matta men då varierades även limtypen, från alkalibeständig till standard (polyakrylat)lim
3. Vidhäftningshållfastheten minskade med 15% då RF ökade från 80% till 92.5 i golvsystemet

6.2.8 Upprepade försök med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong R

Figur 6.15 visar resultat från upprepade prov av vidhäftning för olika typer av golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S. För ena gummimattan, MO, var vidhäftningshållfastheten betydligt lägre vid det upprepade försöket än vid ursprungsförsöket, tabell 6.3. Figur 6.16 visar RF 30 mm under ytan vid de upprepade provningarna för olika golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S.

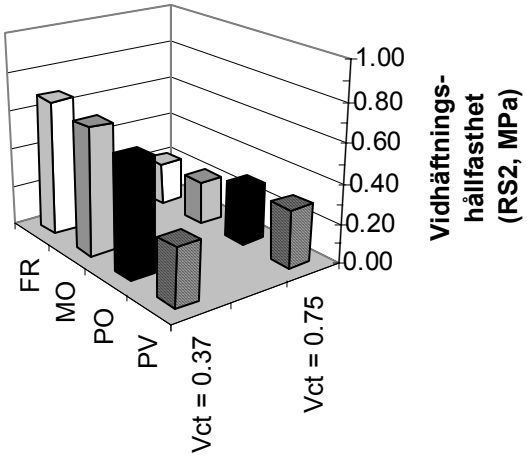


Figur 6.14 - Vidhäftningshållfasthet versus RF 30 mm under ytan. C = avjämningsmassa, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

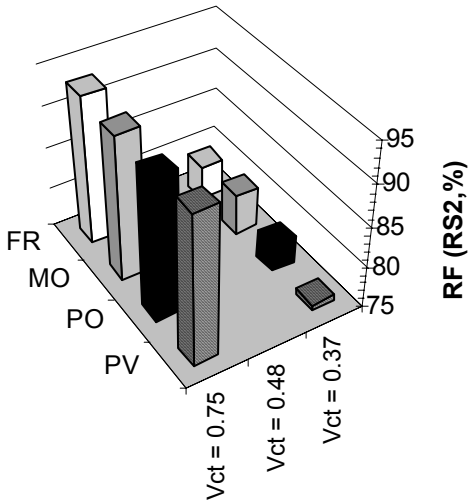
Fuktpåverkan var större vid det upprepade försöket än vid det ursprungliga, figur 6.17. Då RF ökades från 80% till 92% halverades vidhäftningshållfastheten, figur 6.17. Figur 6.18 visar ett sammandrag av vidhäftningshållfastheten vid direktlimning (RS). Figur 6.19 visar vidhäftningshållfastheten som funktion av RF. Vidhäftningen hos betong med ½ års ålder vid limning av gummimatta MO påverkades mycket mindre av hög RF än betong som endast var 1 mån. vid limningstillfället. Orsaken till detta är troligen karbonatisering av betongen vilket minskar dess pH-värde från ca 13.5 till pH = 8.5 [1] alternativ att en urlakning sker av alkalier i ytan. Limmas en matta med standardlim mot en okarbonatiserad yta av betong bryts troligen limmet ned med mer än om limningen sker mot en karbonatiserad yta (vct = 0.75). I övrigt kan följande slutsatser dras av de upprepade försöken:

Tabell 6.3 - Vidhäftningshållfasthet vid upprepade försök med lim S på rå betong (MPa).

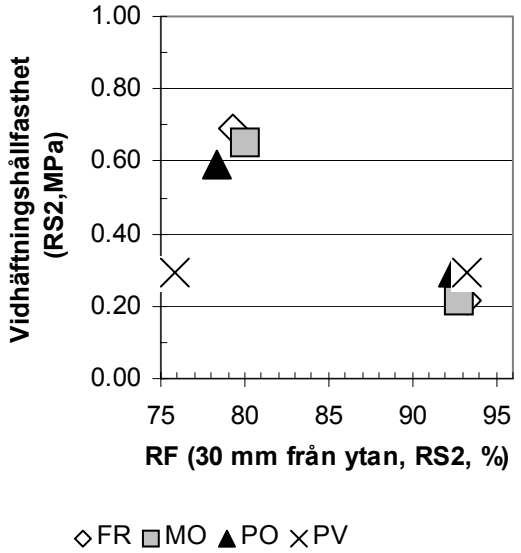
Golvmaterial	RS2	RS
FR	0.45	0.52
MO	0.44	0.70
PO	0.44	0.38
PV	0.29	0.21
Medelvärde	0.41	0.45



Figur 6.15 - Upprepat vidhäftningsprov av för olika golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S.

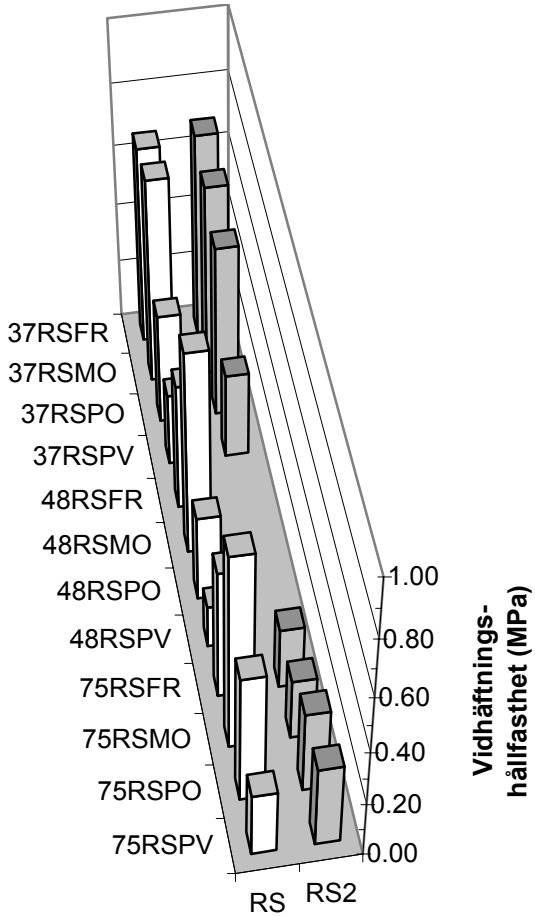


Figur 6.16 - RF 30 mm under ytan vid de upprepade provningarna med standardlim S.

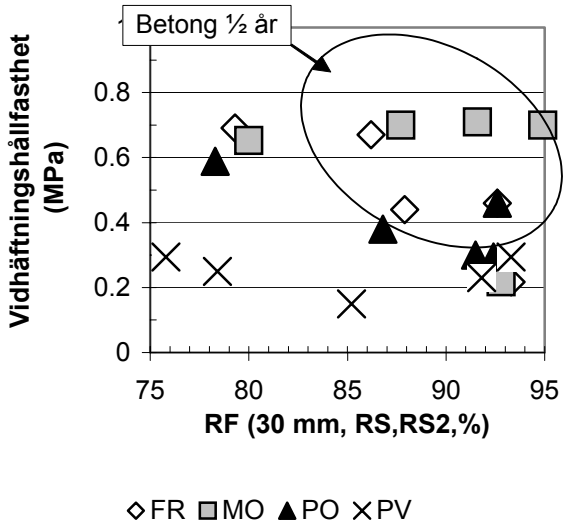


Figur 6.17 - Upprepat försök med golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S.

1. För gummimattan, MO, var vidhäftningen sämre vid det upprepade försöket
2. Fuktpåverkan var större vid det upprepade försöket än vid det ursprungliga
3. Då RF ökades från 80% till 92% halverades vidhäftningshållfastheten
4. Orsaken till detta är troligen att betongen ej blivit karbonatiserad vid högre RF alternativ att en urlakning sker av alkalier i ytan



Figur 6.18 - Sammandrag av försök med limning med standardlim S direkt till rå betong R.

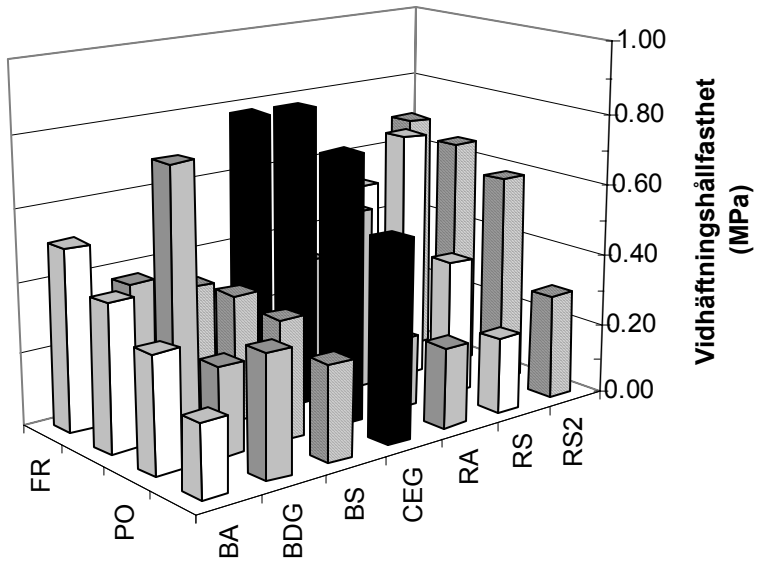


Figur 6.19 - Vidhäftningshållfastheten versus RF, upprepat försök. R = rå betong, S = standardlim S.

Figur 6.20 och tabell 6.4 visar medelvärde av vidhäftningshållfasthet oberoende av betongtyp. Sett till limtyp enbart erhölls ca 40% större vidhäftningshållfasthet med lim S än med lim A vid limning direkt mot rå betong. Sett till kombinationen av lim och avjämningsmassa erhölls dubbelt så stor vidhäftningshållfasthet med CEG som med BDG/BS. Hållfastheten hos enbart avjämningsmassan spelade stor troligen roll. Även limtypen har dock inverkat på vidhäftningshållfasthet, kombinaten BA och BDG, bägge med alkalibeständiga limtyper (i det senare kombinatet användes dock gummilim vilket i sig ökades vidhäftningshållfasthet med ca 20%). Sett till mattyp erhölls lägst vidhäftningshållfasthet gav PVC-mattan med ca 60% av vidhäftningshållfastheten för den gummimatta som uppvisade högst vidhäftningshållfasthet (MO). Vidhäftningen för polyolefinmattan låg mellan gummi- och PVC-mattan.

Tabell 6.4 - Medelvärden av vidhäftningshållfasthet oberoende av betongtyp (MPa).

Golvtyp	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	Medelvärde
FR	0.51	0.38	0.33	0.78	0.33	0.52	0.45	0.47
MO	0.41	0.74	0.35	0.83	0.52	0.70	0.44	0.57
PO	0.33	0.25	0.33	0.74	0.20	0.38	0.44	0.38
PV	0.20	0.34	0.27	0.56	0.23	0.21	0.29	0.30
Medelvärde	0.36	0.43	0.32	0.73	0.32	0.45	0.41	0.43



Figur 6.20 - Medelvärden av vidhäftningshållfasthet oberoende av betongtyp.

7. FLÄKNINGSPROVNINGAR

7.1 Allmänt

Resultat ges i Appendix 7. Resultaten relaterades i första hand till typ av lim, avjämningsmassa och fukt. Figur 7.1-2 visar exempel på fläkningsprovningar. Provningarna utfördes som ett komplement till vidhäftningsprovningarna [45]. För fläkningskraften anges ett godkänts värde av 1 N/mm. Fläkningskraften avgörs, dels av vidhäftningshållfastheten (provad ovan), dels av mattans styvhet. En styv matta förvänta fördela påkänningarna vid fläkning till en mindre yta än vad en mjuk matta gör. Styvast av de provade golvmaterialen var polyolefinmattan, mjukast var PVC-matta eftersom den till stor del bestod av fyllnadsmaterial. Som vid provning av vidhäftningshållfastheten kan brottet vid provning av fläkningskraften ske endera i ytan av materialen (adhesion, A) eller i materialen (kohesion, K). Följande brottyper kan tänkas (uppifrån räknat):

1. K matta
2. A matta-lim
3. K lim
4. A matta-betong
5. K betong
6. A matta-avjämning
7. K avjämning
8. A avjämning-betong

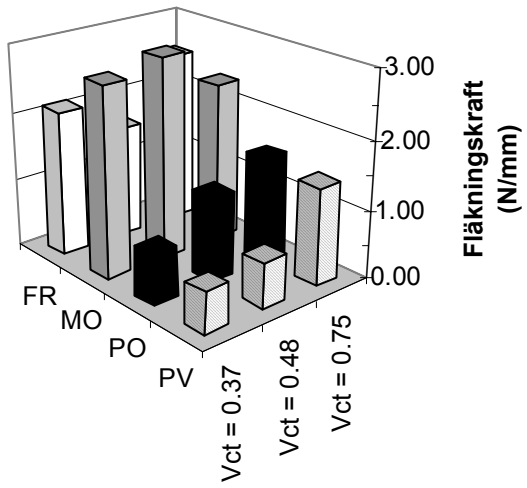
Såväl fläknings- som vidhäftningsresultaten blir beroende av brottypen. Det kan därför vara diskutabelt att använda ett medelvärde som skett här, med tanke på att brottypen, slumpmässigt avgör värdet. Längre fram sker därför en brottanalys, där typen av brott relateras till värdet genom att man fastställer hur stor del av brottytan som tillhör ena eller andra brottypen (subjektivt). Å andra sidan är brukaren föga intresserad av hur brottet sker. Brukaren är intresserad av att golvet skall ha en tillräckligt stor vidhäftningshållfasthet till underlaget under tillräckligt lång tid. Då kan den här använda (objektiva) medelvärdesmetoden vara mer intressant och relevant än en subjektiv bedömning av brottypen förutsatt att ett tillräckligt stort antal prov genomförs. Materialleverantören är givetvis mer intresserad av att analysera brottypen än någon annan för att kunna utveckla komponenterna i sina produkter. Tyvärr saknas kännedom om i avjämningsmassor ingående andel aluminatcement eller om den kemiska sammansättningen i övrigt.

Figur 7.1 - Fläkningsprovning [45].

Figur 7.2 - Fläkningsprovning [45].

7.2 (Polyakrylat)lim S direkt till rå betong R

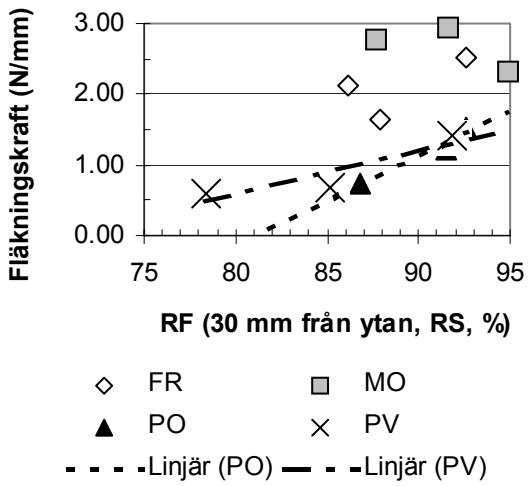
Figur 7.3 ger resultat av fläkningsprovning av golvsystem med (polyakrylat)lim S direkt till betong. Figur 7.4 visar fläkningskraften versus RF 30 mm under ytan. Fläkningskraften var ungefär lika stor för polyolefin- som för PVC-mattan samt två till tre gånger så stor för gummimattorna som för PVC-mattan. Resultaten överensstämde väl med vidhäftningsresultaten. Något samband mellan fläkningskraften och RF 30 mm under ytan av provkroppen kunde ej fastställas, figur 7.4.



Figur 7.3 - Fläkningskraft för golvmaterial. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

Vid RF > 85% var fläkningskraften som störst för gummimattorna, mellan 1.5 och 3 N/mm att jämföra med fläkningskraften 1.5 N/mm för PVC-mattan vid motsvarande RF, figur 7.4. Vid lägre RF var fläkningskraften mindre för PVC-mattan, vilket tyder på att betongens porositet inverkat. Låg porositet i betongytan som för betong med vct = 0.37 gav låg fläkningskraft för PVC-mattan. För polyolefinmattan uppmättes ungefär 1 N/mm. Följande slutsatser drogs (fläkningskraft, medelvärde = 1.71 N/mm):

1. Fläkningskraften var lika stor för golvsystem med polyolefinmatta som med PVC-matta samt 2-3 gånger så stor med gummimatta som för golvsystem med PVC-matta.
2. Resultaten överensstämde väl med vidhäftningsresultaten.
3. Samband mellan fläkningskraften och RF kunde ej fastställas.
4. Vid RF > 85% var fläkningskraften som störst för gummimattorna, mellan 1.5 och 3 N/mm
5. Låg porositet i betongytan (som för betong med vct = 0.37) gav låg fläkningskraft för golvsystem med PVC- eller polyolefinmatta.

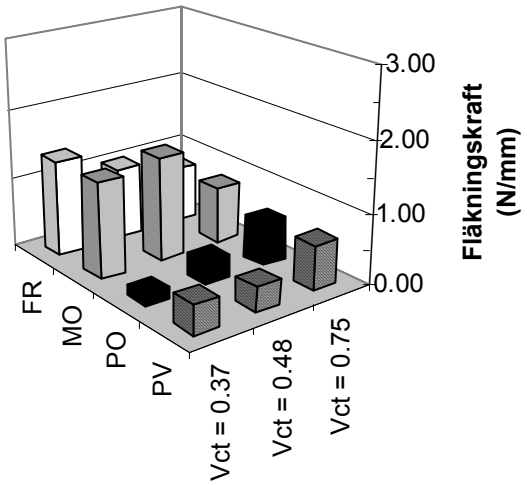


Figur 7.4 - Fläkningskraft versus RF 30 mm under ytan. R = rå betong, S = standard (polyakrylat)lim.

7.3 Alkalibeständigt lim A till rå betong

Figur 7.5 visar fläkningskraft för golvsystem med rå betong och alkalibeständigt lim. Av figur 7.6 framgår fläkningskraft versus RF 30 mm under provytan. Även i detta fall var fläkningskraft störst för gummimattor, minst dubbelt så stor som för polyolefin- resp. för PVC-mattan. För betong med högt vct var dock fläkningskraften ungefär lika stor för gummimattor som för polyolefin- och PVC-matta, ca 0.7 N/mm, figur 7.6. För lägre RF uppmättes mycket låg fläkningskraft för polyolefinmattan, ca 0.16 N/mm, figur 7.6, troligen på grund av att lim och underlag ej samverkade för betong med låg porositet. Följande slutsatser drogs (fläkningskraften, medelvärde = 0.78 N/mm):

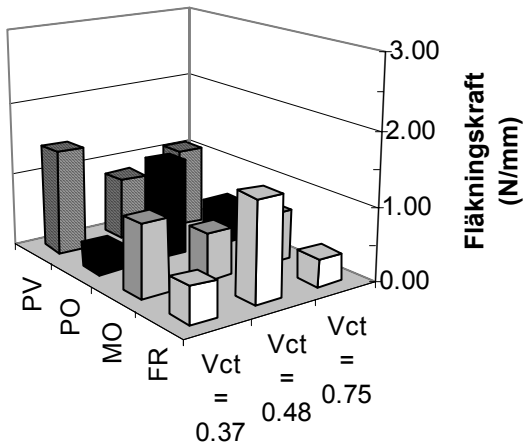
1. Fläkningskraften var ungefär hälften så stor med alkalibeständigt lim A som med ett standardlim S vid i övrigt samma förutsättningar.
2. Fläknings- och vidhäftningsprovningarna gav resultat som överensstämde väl.
3. Fläkningskraft var störst för gummimatta, dubbelt så stor som för polyolefin- resp. för PVC-mattan
4. Vid betong med högt vct var dock fläkningskraften lika stor för gummimattor som för polyolefin- och PVC-matta, ca 0.7 N/mm
5. För lägre RF uppmättes mycket låg fläkningskraft för polyolefinmattan, ca 0.16 N/mm
6. Med PVC- eller polyolefinmatta samverkade lim och underlag ej för betong med lågt vct.



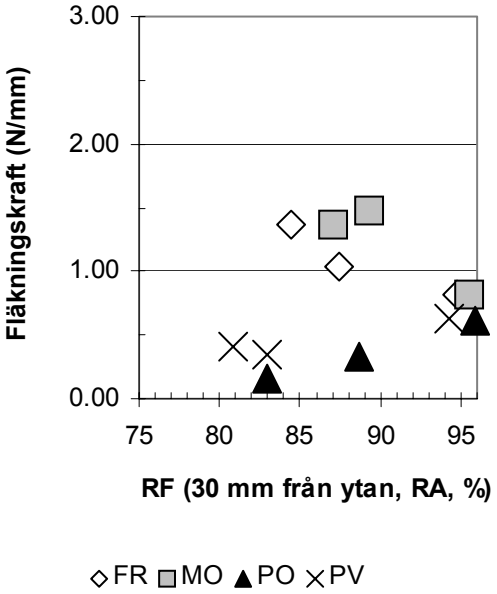
Figur 7.5 - Fläkningskraft för golvmaterial. R = rå betong, A = alkalibeständigt lim.

7.4 Standard (polyakrylat)lim S; avjämningsmassa B

Fläkningskraften för golvsystem vid limning med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B framgår av figur 7.7. Figur 7.8 visar fläkningskraft versus RF 30 mm under ytan. Fläkningskraft var hälften så stor vid limning till avjämningsmassan B som vid limning till rå betong Avjämningsmassan B var avgörande för fläkningskraft en.

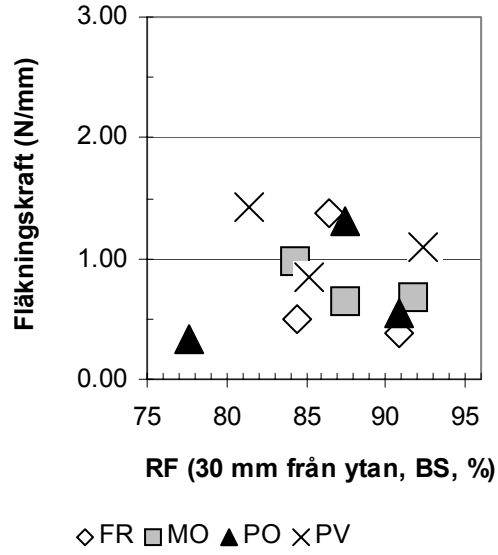


Figur 7.7 - Fläkningskraft för golvmaterial. B = avjämningsmassa, S = standard (polyakrylat)lim.



Figur 7.6 - Fläkningskraft versus RF 30 mm under ytan. R = rå betong, A = alkalibeständigt lim.

Visuell besiktning visade att ett mycket tunt skikt av avjämningsmassa fanns kvar på limskiktet efter det att brott hade inträffat (i avjämningsmassan). Anmärkningsvärt är den stora fläkningskraften för PVC-mattan (50% större än för övriga mattyper) troligen beroende av att denna mattyp fördelade kraften till en större del av avjämningsmassan än vad de styvare polyolefin- och gummimattorna gjorde. Fläkningskraften och RF visade inget samband mellan, figur 7.8. Följande slutsatser drogs (medelvärde = 0.84 N/mm):

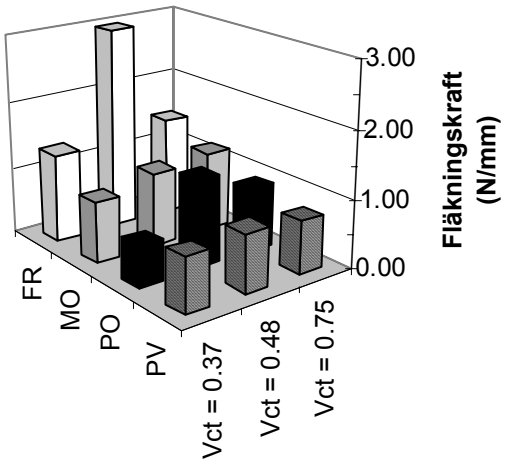


Figur 7.8 - Fläkningskraft versus RF 30 mm under ytan. B = avjämningsmassa, S = standard (polyakrylat)lim.

1. Fläkningskraft var hälften så stor vid limning till avjämningsmassan B som vid limning till rå betong
2. Stor fläkningskraften erhölls för PVC-mattan
3. Troligen fördelade PVC-mattan kraften till en större del av avjämningsmassan än vad de övriga mattorna gjorde
4. Det fanns inget samband mellan fläkningskraften och RF

7.5 Alkalibeständigt lim A på avjämningsmassa B

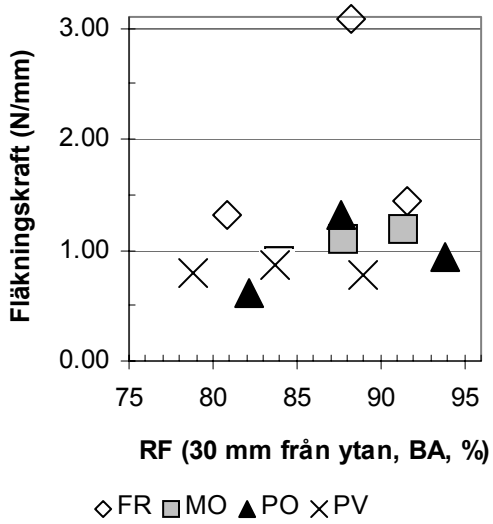
Figur 7.9 visar fläkningskraften för golvsystem med alkalibeständigt lim A samt avjämningsmassa B. Figur 7.10 visar fläkningskraften versus RF 30 mm under ytan.



Figur 7.9 - Fläkningskraft för golvmaterial. A = alkalibeständigt lim, B = avjämningsmassa.

Fläkningskraften för golvsystem vid användning av alkalibeständigt lim och avjämningsmassa var i stort sett 50% större än vid användning av standard (polyakrylat)lim på samma underlag. För gummimattan FR erhölls dock högre fläkningskraft resp. för PVC-mattan lägre fläkningskraft med alkalibeständigt lim än med standard (polyakrylat)lim. Gummimattorna erhölls ett medelvärde på fläkningskraften som översteg 1 N/mm medan polyolefin- och PVC mattan erhöll fläkningskrafter under 1 N/mm (0.95 resp. 0.81 N/mm). Resultat av vidhäftnings- och fläkningsmätningar överensstämde väl. Följande slutsatser drogs (medelvärde = 1.20 N/mm):

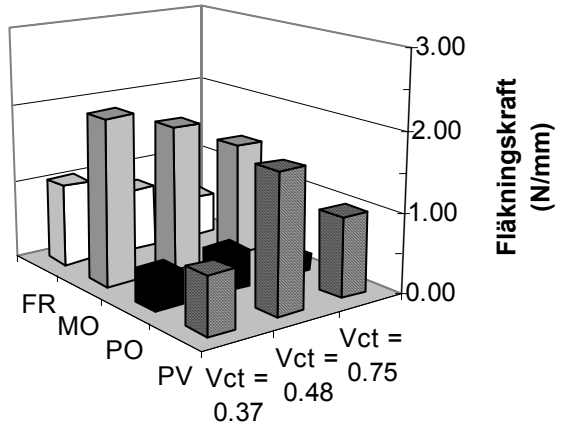
1. Vid användning av alkalibeständigt lim var fläkningskraften för golvsystem på avjämningsmassa ca 50% större än med standard (polyakrylat)lim på samma underlag
2. Med gummimattan FR erhölls dock större fläkningskraft resp. för PVC-mattan lägre fläkningskraft med alkalibeständigt lim än med standard (polyakrylat)lim
3. Med gummimattorna erhölls medelvärden på fläkningskraften över 1 N/mm medan polyolefin- och PVC mattan erhöll fläkningskrafter under 1 N/mm (0.95 resp. 0.81 N/mm)
4. Resultat av vidhäftnings- och fläkningsmätningar överensstämde väl.



Figur 7.10 - Fläkningskraft versus RF. A = alkalibeständigt lim, B = avjämningsmassa.

7.6 Alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B

Figur 7.11 visar fläkningskraften resp. figur 7.12 fläkningskraften versus RF 30 mm under ytan för golvsystem med alkalibeständigt lim D eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa B. För en av gummimattorna, MO, erhölls hög fläkningskraft, 1.80 N/mm, även med avjämningsmassa B vilket tyder på att valet av lim (alkalibeständigt gummilim G) påverkade brottypen, i avjämningsmassan eller i limmet. För andra gummimattan erhölls mindre än hälften så stor fläkningskraft resp. för polyolefinmattan 1/5-del av den fläkningskraft som erhölls för gummimattan MO (PVC-mattan erhöll ungefär hälften så stor fläkningskraft som gummimattan MO). I detta fall fanns ett klart samband mellan RF och fläkningskraft för alla mattyper utom för PVC-mattan för vilken fläkningskraften ökade med RF, figur 7.12. Resultat av vidhäftnings- och fläkningsmätningar överensstämde ganska väl. Följande slutsatser drogs (medelvärde = 1.03 N/mm):

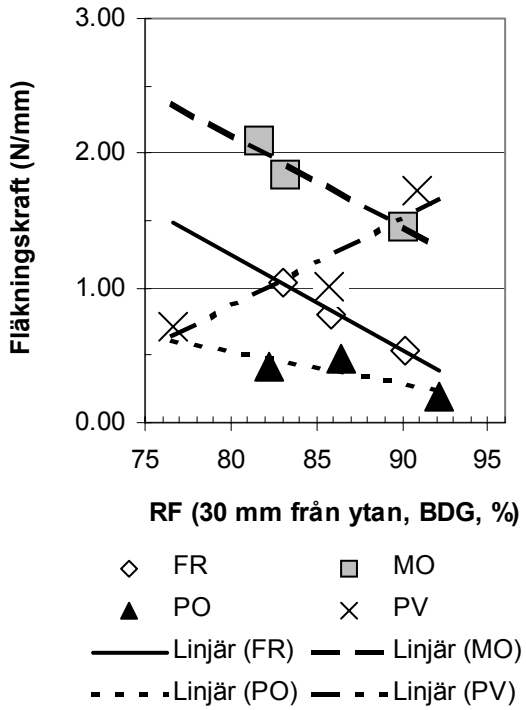


Figur 7.11 - Fläkningskraft för golvmaterial. B = avjämningsmassa, D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

1. Med en av gummimattorna, MO, erhölls hög fläkningskraft även med avjämningsmassa B vilket tyder på att valet av lim påverkade brottypen
2. Med andra gummimattan erhölls hälften så stor fläkningskraft
3. Med polyolefinmattan erhölls 1/5-del av den fläkningskraft som erhölls för gummimattan MO
4. Med PVC-matta erhölls ungefär hälften så stor fläkningskraft som gummimattan MO
5. Det fanns ett klart samband mellan RF och fläkningskraft för alla mattyper utom för PVC-mattan
6. Resultat av vidhäftnings- och fläkningsmätningar överensstämde ganska väl

7.7 Standard (polyakrylat)lim E eller alkalibeständigt gummilim G på avjämningsmassa C

Avjämningsmassan ändrades till fabrikat samtidigt som standard (polyakrylat)lim valdes i stället för alkalibeständigt lim. Det är således endast gummimattornas fläkningskraft som kan jämföras vad gäller variationen av avjämningsmassa, figur 7.13. Endast betong med vct = 0.37 och vct = 0.75 undersöktes. Figur 7.14 visar fläkningskraften versus RF 30 mm under ytan. I tabell 7.1 ges en sammanställning av resultaten för golvsystemen (endast betong med vct = 0.37 och vct = 0.75). Speciellt markant var ökningen i fläkningskraft för gummimattan FR. Troligen hade avjämningsmassan C en högre hållfasthet än avjämningsmassan B.



Figur 7.12 - Fläkningskraft vs RF 30 mm under ytan. B = avjämningsmassa, D = alkalibeständigt lim, G = alkalibeständigt gummilim.

Tabell 7.1 - Resultat för golvsystemen (betong med vct = 0.37 och vct = 0.75, N/mm).

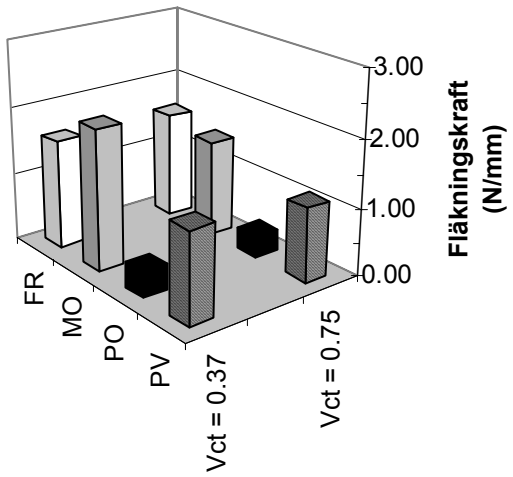
Golvsystem	BDG	CEG
FR	0.79	1.60
MO	1.78	1.76
PO	0.31	0.36
PV	0.87	1.23
Medelvärde	0.93	1.24

Beteckningar: C = avjämningsmassa, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

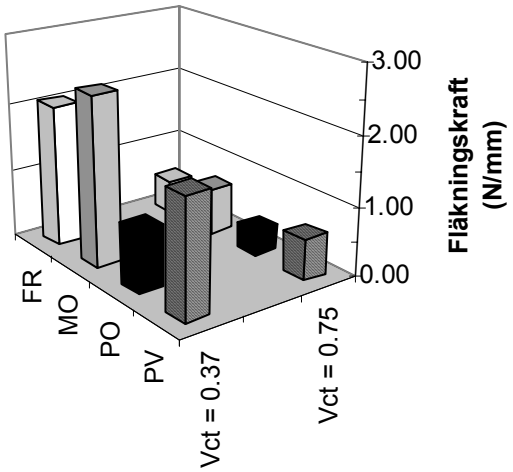
För polyolefinmattan var värdena låga vid fläkningsprovning med golvsystem CEG, lång under 1 N/mm. Inget nämnvärt samband erhölls mellan fläkningskraft och RF, figur 7.14.

7.8 Upprepade försök med standard (polyakrylat)lim S påfört direkt till rå betong

Figur 7.15 visar resultat från upprepade prov av fläkning för olika typer av golvmaterial limmat direkt till betong med standardlim S. För bägge gummimattorna var fläkningskraften betydligt mindre vid det upprepade försöket än vid det första försöket med samma golvsystem, tabell 7.2. Figur 7.16 visar RF 30 mm under ytan vid de upprepade provningarna för olika golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S. Fuktpåverkan var större vid det upprepade försöket än vid det ursprungliga, figur 7.17.

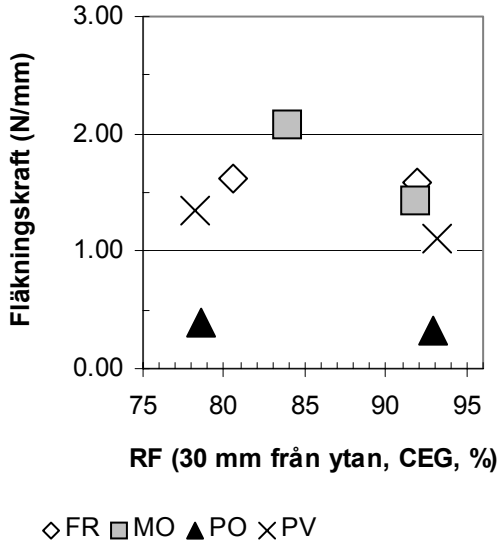


Figur 7.13 - Fläkningskraft för golvmaterial. C = avjämningsmassa, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.

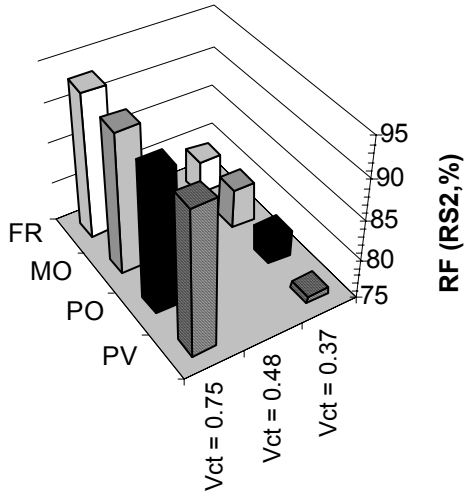


Figur 7.15 - Upprepat vidhäftningsprov av för olika golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S.

Då RF ökades från 80% till 92% halverades fläkningskraften, figur 7.17. Figur 7.18 visar ett resultatsammandrag från fläkningsproven (RS,RS2).



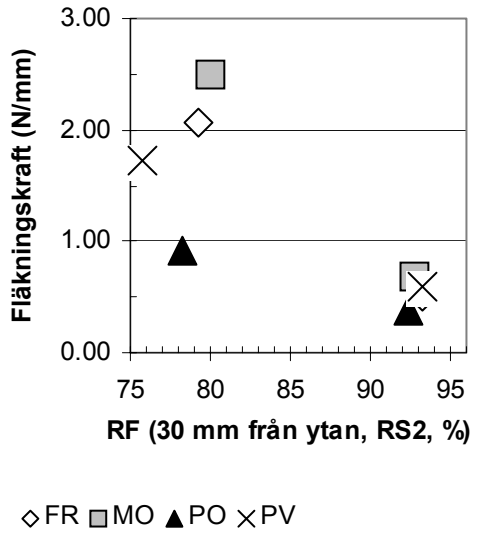
Figur 7.14 - Fläkningskraft versus RF 30 mm under ytan. C = avjämningsmassa, E = standard (polyakrylat)lim, G = alkalibeständigt gummilim.



Figur 7.16 - RF 30 mm under ytan vid de upprepade provningarna för olika golvmaterial limmade direkt till betong med standardlim S.

Tabell 7.2 - Vidhäftning vid upprepade försök med lim S på rå betong (N/mm).

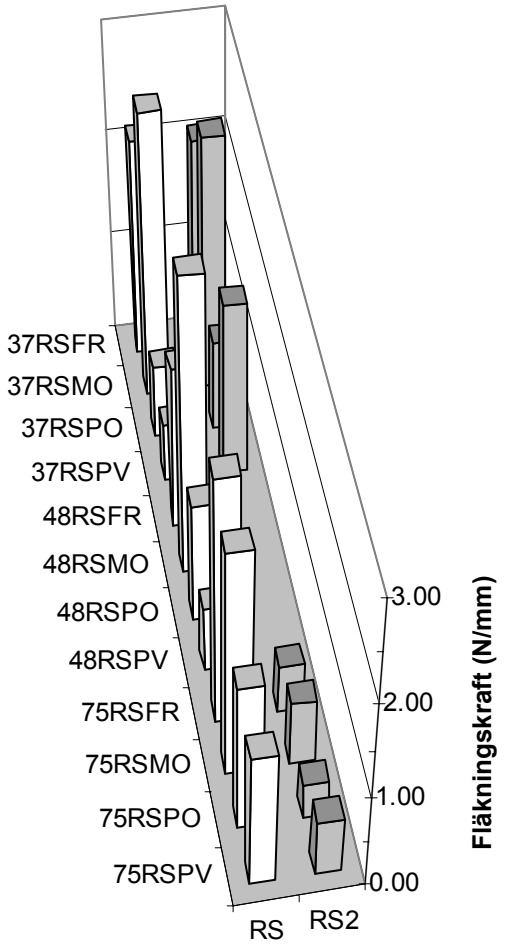
Golvmaterial	RS2	RS
FR	1.29	2.09
MO	1.59	2.69
PO	0.65	1.16
PV	1.17	0.90
Medelvärde	1.17	1.71



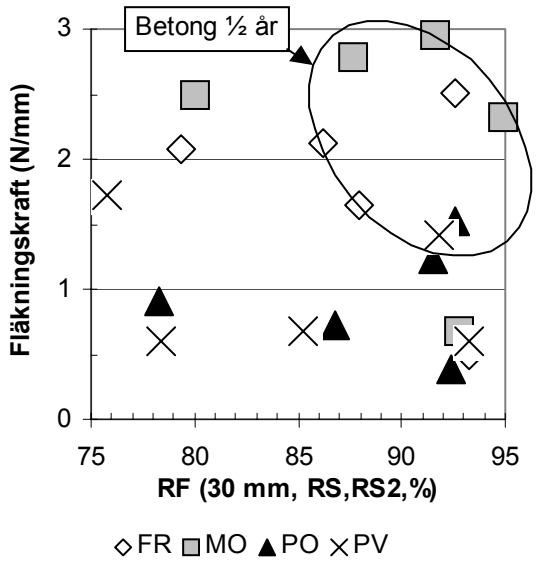
Figur 7.17 - Upprepade försök med golvmaterial limmat direkt till betong med standardlim S.

Figur 7.19 visar fläkningskraften som funktion av RF. Fläkningskraften hos betong med ½ års ålder vid limning av gummimattorna påverkades mycket mindre av hög RF än betong som endast var 1 mån. vid limningstillfället. Orsaken till detta är troligen en urlakning av alkalier i betongytan vilket minskar dess aggressivitet mot golvlimmer [1]. Limmas en matta med standardlim mot en betongyta med hög alkalihalt bryts troligen limmet ned med mer än om limningen sker mot en karbonatiserad yta (vct = 0.75). Följande slutsatser dras av försöken:

1. För bägge gummimattorna var fläkningskraften betydligt mindre vid det upprepade försöket än vid det första försöket.
2. Fuktpåverkan var större vid det upprepade försöket än vid det ursprungliga.
3. Då RF ökades från 80% till 92% mer än halverades fläkningskraften.
4. Fläkningskraften hos betong med 1 mån. ålder vid limning av mattorna påverkades mer av hög RF än betong som var ½ år vid limning
5. Orsaken till detta är troligen urlakning av betongytan på alkalier.
6. Limmas en matta med standardlim mot en okarbonatiserad yta av betong bryts troligen limmet ned mer än om limningen sker mot en karbonatiserad yta.



Figur 7.18 - Sammandrag av försök med limning med standardlim S direkt till rå betong (R).

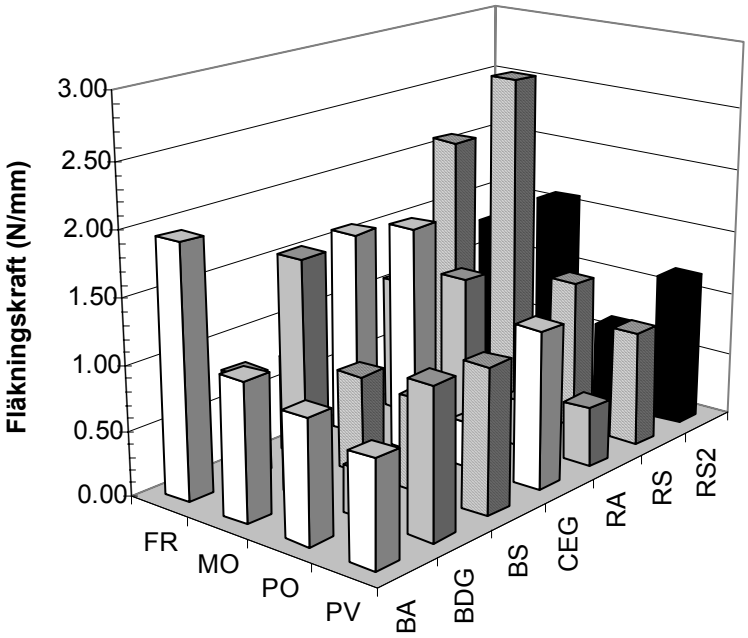


Figur 7.19 - Fläkningskraft som funktion av RF, upprepade försök. R = rå betong, S = standardlim S.

Figur 7.20 och tabell 7.3 visar medelvärde av fläkningskraft oberoende av betongtyp. Sett till limtyp enbart erhölls ca 40% större fläkningskraft med lim S än med lim A vid limning direkt mot rå betong. Detta resultat överensstämmer väl med vidhäftningsprovningarna. Vid limning till en avjämningsmassa erhölls däremot ca 20% större fläkningskraft med ett alkalibeständigt lim än med ett standard (polyakrylat)lim. Sett till en kombination av lim och avjämningsmassa erhölls nästan dubbelt så stor fläkningskraft med kombinationen CEG som med kombinationen BS. Hållfastheten hos avjämningsmassan enbart spelade således stor roll även vid fläkningsprovningarna. Även limtypen har dock inverkat på fläkningskraft, kombinaterna BA och BDG. Lägst fläkningskraft gav golvsystem med polyolefinmatta, ca hälften så stor fläkningskraft som med gummimatta. Vidhäftningshållfastheten med PVC-mattan låg mellan gummi- och polyolefinmattornas.

Tabell 7.3 - Medelvärden av fläkningskraft oberoende av betongtyp (N/mm).

Material	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS2	RS	Medelvärde
FR	0.79	1.29	1.07	1.6	0.75	1.36	1.95	1.26
MO	1.8	1.59	1.22	1.76	0.77	1.56	1.07	1.40
PO	0.36	0.65	0.37	0.36	0.73	0.65	0.95	0.58
PV	1.15	1.17	0.46	1.23	1.12	0.98	0.81	0.99
Medelvärde	1.03	1.18	0.78	1.24	0.84	1.14	1.20	1.06



Figur 7.20 - Medelvärden av fläkningskraft oberoende av betongtyp.

8. FELKÄLLOR OCH NOGGRANNHET

8.1 Allmänt

Det var viktigt att undersöka felkällor och noggrannhet i projektet. I huvudsak kan följande felkällor finnas:

1. Variation i vct vid betongtillverkning
2. Variationer i RF och temperatur i klimatrum
3. Feldosering av primer
4. Feldosering av lim
5. Feldosering av avjämningsmassa
6. Felaktig öppethållandetid
7. Olika presstryck på prover
8. Läckage i RF-mätrör
9. Felaktig mättid för RF
10. Felaktiga mätprober för RF
11. Felaktig kalibrering
12. Transportskador
13. Variationer i emissionsmätningar
14. Noggrannhet hos utrustning för mätning av vidhäftningshållfasthet
15. Noggrannhet hos utrustning för mätning av fläkningskraft

8.2 Variation i vct vid betongtillverkning

Så gott som alla provkroppar tillverkades i en trekubmetersblandare vid Essbetong i Trelleborg. Varje dag togs ett grusprov vid tillverkningen. Vid tillverkning av provkropparna togs dessutom densiteten på betongen varefter en omräkning skedde till korrekt volym med hjälp att en dataut-skrift av inblandade materialmängder. Erfarenhetsmässigt torde variationerna i vct under produktion uppgår till ± 0.02. En fördel med tillverkning av provkroppar i stor skala var att samtliga prover med en viss betongkvalitet i sånt fall erhöll samma fel, dvs. golvsystemen blev jämförbara även om vct = 0.53 erhölls i stället för vct = 0.55, exempelvis.

8.3 Variationer i RF och temperatur i klimatrum

En sammanställning av variationer av RF och temperatur i klimatrum visar att temperaturen varierade mellan 20 ± 0.6 °C samt RF mellan 58 ± 3%. Ett undantag var vecka 2002-31 då RF varierade mellan 60 och 65 % samt temperaturen mellan 23 och 22°C.

8.4 Feldosering av primer, lim eller avjämningsmassa

Primer doserades till en väl vätt yta erhållits. Till limfördelningen användes förtillverkade tandade stålspacklar, endera no 3 (gummimattor) eller no 4 (polyolefin- och PVC-matta). Eftersom samma operatör använde spacklarna torde ett eventuellt fel ha blivit systematiskt dvs. jämförelsen av värdena för de olika golvsystemen äventyrades ej. Avjämningsmassan viktsdoserades enligt leverantörens anvisningar varför blandningsnoggrannheten på denna torde vara god.

8.5 Öppethållandetid och presstryck

En felaktig öppethållandetid undveks genom att tiden från limfördelning till mattläggning, 5 min., mättes med en noggrannhet av ± 1 min. Presstryck erhölls med inbördes lika stålskivor som normalt används till en krypningsutrustning, dvs. lika tjocka stålskivor lades på mattorna efter limning fram till 1 dygns limtid för att åstadkomma ett lika stort tryck på samtliga prover, ca 2 kPa.

8.6 Läckage hos RF-mätrör och felaktig mättid för RF

Från borrning till mätning av RF tillämpades 3 dygns avsvalningstid så att provet kunde anta klimatrummets temperatur och fuktbalansen återställas i provkroppen (under borrning upphettas provet närmast borrhållet varvid RF ökas). Felaktig mättid för RF undveks genom mätning under 2 dygn med en delavläsning efter 1 dygn. Oftast erhölls högst avläst RF efter 1 dygn vilket tyder på att litet läckage kan ha ägt rum runt mätröret, figur 3.4, vilket kan ha gett ett systematiskt fel på ca 0.5 %RF. Varje probe tätades dessutom runt om med tätningsmassa.

8.7 Felaktiga mätprober för RF eller felaktig kalibrering

Vaisala HMP 44 sensor visade sig vara mycket robust. Under hela mätperioden, ca 1 år, erhölls inget fel på någon av de 24 sensorerna som användes. Kalibrering utfördes månadsvis i en fuktgenerator. Fuktgenerator hade i sin tur kalibrerats mot en NIST-givare ca 1 år tidigare. Kalibreringsdata infördes med automatik i resultaten, se Appendix 4, varför eventuella avläsningsfel undveks. Noggrannheten vid RF-mätningen i fält beräknades till ± 1.8%, Appendix 4.

8.8 Transportskador

Vid ett felaktig transportsätt resp. om proverna lämnas utomhus i samband med transport mellan Lund och Borås kunde helt förödande skador ha uppstått. Därför användes värmetransport samt direkt telefonkontakt vid varje transporttillfälle. Samma procedur upprepades i samband med transporten mellan Borås och Lund (mätning av RF, fläkningskraft och vidhäftningshållfasthet.

8.9 Variationer i emissionsmätningar, vidhäftnings- och fläkningsmätningar

Endast ett prov användes av var materialvariation. Noggrannheten uppgavs till ± 15%. Denna noggrannhet måste beaktas då slutsatser dras av emissionsmätningarna i jämförande syfte. Resultaten från mätningar av vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft uppvisade stora variationer beroende av brottyp (uppifrån räknat, Ad = adhesionsbrott; Ko = kohesionsbrott):

1. Ko matta
2. Ad matta-lim
3. Ko lim
4. Ad matta-betong
5. Ko betong
6. Ad matta-avjämning
7. Ko avjämning
8. Ad avjämning-betong

Huvudproblemet var en låg hållfasthet i övre delen av avjämningsmassa som plötsligen gav en annan brottyp. Utvärdering av vidhäftningshållfasthet och fläkningsförsöken kommer därför att ske såväl med hänsyn till medelvärde som med hänsyn till brottyp enligt ovan.

8.10 Förprovning av golvsystem vid Trelleborgs lasarett

8.10.1 Allmänt

Vid två större projekt, dels vid US, Lund (18.000 m²), dels vid Trelleborgs lasarett (ca 5000 m²) fanns det skäl att utföra en förprovning av golvsystemet i syfte att dokumentera fukt och emissioner [50,51,52]. En förprovning var ett enkelt sätt att försäkra sig om ett golvsystems goda bestånd vad gäller fukt ock emissioner (vid Trelleborgs Lasarett studerades även vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft). En förprovning sker lämpligen enligt följande rutiner:

1. Bestämning av kortaste härdningstid - kortaste produktionscykel
2. Gjutning av tio prover i plåtrör med diametern ca 250 mm med tjocklek, eventuellt med ett ingjutet plattbärlag, försänkning för avjämningsmassa enligt objektet
3. Härdning av provkropparna enligt kortaste härdningstid - kortaste produktionscykel vid objektet
4. Läggning av primer, avjämningsmassa samt torkning av dessa enligt leverantören
5. Limning av golvmaterial
6. Härdning vid RF = 60% samt temperaturen 20 °C fram till emissionsmätning
7. Emissionsmätning av tre prover 1 mån. efter mattlimning samt av tre prover ½ år efter mattlimning
8. Parallellmätning av fukt, dels före, dels omedelbart efter resp. emissionsmätning (en provkropp per tillfälle dvs. totalt 4 st. prover
9. Mätning av vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft.

8.10.2 Material och metoder

I arbetet ingick åtta provkroppar av betong som tillverkades av Peab (vct = 0.35, C = 515 kg/m³). Provstorlek: diameter 310 mm, tjocklek utan avjämning 140 mm. Proverna göts 2002-04-18 i plåtcylindrar med diameter 310 mm och längden 160 mm med tät plåtbotten, vattenhärdades 4 dygn samt levererades därefter till LTHs laboratorium 2002-04-22 för konditionering vid RF = 60%. Följande delmaterial levererade:

- Primer Optiroc MD 16
- Avjämningsmassa ABS 148
- Standard (polyakrylat)lim E och alkalibeständigt lim A
- Homogen 2 mm PVC-matta Armstrong Royal (PU) tillverkningsdatum 2002-02, batchnr 3100 (lim E)
- Homogen 2 mm PVC-matta Tarkett Optima (PT) tillverkningsdatum 2002-04-17, batchnr 510494 (lim A)

Mattorna var inlagda i aluminiumfolie och plastfolie. Avjämning med 10 mm avjämningsmassa skedde 2002-05-07 samt limning av PVC-mattor 2002-05-16 med 0.25 kg/m² lim. Öppethållandetid mellan limning och beläggning var 5 min. Runt kanten på proverna mellan matta och plåtcylindern tejpades en aluminiumfolie i syfte att hindra uttorkning horisontellt av det simulerade golvet. Därefter sändes 6 prover 2002-06-06 till SP, Borås, för emissionsmätning. Provningen skedde 2002-06-12. Noggrannheten i emissionsmätningen antogs vara +/- 15 %. Parallellt mättes fukten (RF) i två likadana prover i Lund. RF-mätningen utfördes under 2 dygn med inborrade Vaisalagivare HMP44. Mellan borrning och mätning anpassades temperaturen i provet till klimatrummet under 5 dygn. RF-provningen skedde 2002-06-13--15. Noggrannheten i RF-mätningen var +/- 2 %. Konditioneringen av proverna fram till mätningarna kan sammanfattas enligt följande:

1. Vattenhärdning 4 dygn
2. Uttorkning i RF = 60% under 15 dygn
3. Uttorkning med 10 mm avjämningsmassa under 9 dygn
4. Försegling med homogen PVC-matta under 26-29 dygn

8.10.3 Fuktutveckling

Resultat av fuktmätningar ges i Appendix 4. I Appendix 8 ges en signifikansanalys som inte visar någon skillnad i RF mellan de bägge golvtyperna (ca 1 mån. efter mattlimning). Standardavvikelsen var 1.7 resp. 1.5% RF, figur 8.1.

8.10.4 TVOC

Resultat av TVOC-mätningar ges i Appendix 5 samt i Appendix 8. Inga nämnvärda emissioner erhölls av vare sig 1-butanol eller 2-etylhexanol. TVOC var dock signifikant ca 50% större för golvsystemet med standardlim E jämfört med alkaliresistent lim A (olika mattyper). Noggrannheten i emissionsmätningen var +/- 19 %.

8.10.5 Vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft

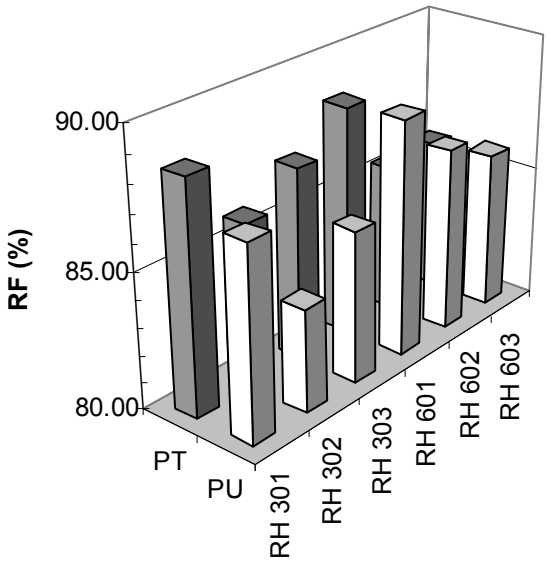
Resultat av mätningar av vidhäftningshållfasthet ges i Appendix 6 samt i Appendix 8. Fläkningskraften var i stort sett lika för de bägge golvsystemen, ca 1.2 N/mm) medan stora skillnader erhölls för vidhäftningshållfastheten. För golvsystemet med standardlim erhölls mer än dubbelt så stor vidhäftningshållfasthet som för golvet med alkalibeständigt lim, figur 8.3

8.11 Slutsatser

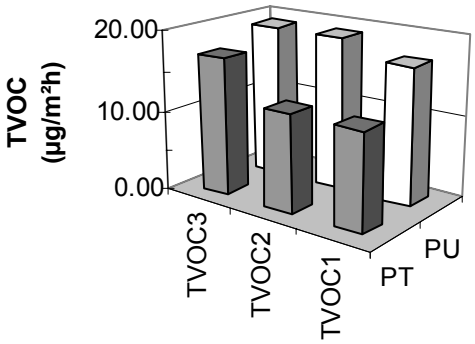
Följande slutsatser drogs beträffande noggrannheten i försöksresultaten:

- RF: ± 2%
- TVOC: ± 20%

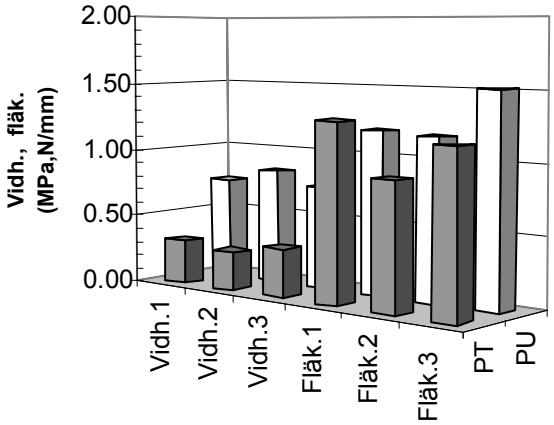
Vidhäftnings- och fläkningsprovningarna visade stor resultatspridning beroende av att brottypen helt styrde utfallet - brott i avjämningsmassa eller ej. Brott i avjämningsmassan gav så låga värden att medelvärdet av resultaten kan användas.



Figur 8.1 - Fukt i 3 parallella prover, 30 mm och 60 mm från ytan [53]. PT, PU = mattyp.



Figur 8.2 - TVOC från 3 prover [52].



Figur 8.3 - Vidhäftningshållfasthet (Vidh.) och fläkningskraft (Fläk.) hos 3 parallella prover (MPa, N/mm) [52].

9. DISKUSSION

9.1 Allmänt

En syntes av olika studerade parametrarna diskuteras i syfte att leda fram till en rekommendation för val av lämpliga golvsystem. I tabellerna 9.1-5 ges en resultatsammanställning i fråga om fukt, kemisk emission och vidhäftning. Följande delmaterial diskuteras i fråga om fukt, kemisk emission och vidhäftning: avjämningsmassa, betong, lim och mattyp.

9.2 Avjämningsmassa

9.2.1 Avjämningsmassa och fukt

Ingen skillnad erhölls i fråga om uttorkning av betong, med eller utan avjämningsmassa möjligen beroende av att avjämningsmassan torkade ut 1 dygn/mm samtidigt som i övrigt identiskt samma golvsystem utan avjämningsmassa fortsatte att torka ut parallellt (10 dygn). Tidigare har det konstaterats att 10 mm snabbtorkande avjämningsmassa som torkats ut under endast 3 dygn ger en förhöjd RF i ytan av golvsystemet. Detta ledde i sin tur till en ökad kemiskt emission i förhållande till en normaltorkande avjämningsmassa som torkade ut under 10 dygn (10 mm) [1]. Emissioner till följd av en högre RF i snabbtorkande avjämningsmassa i förhållande till emissionerna med en normaltorkande avjämningsmassa bemästrades med ett alkalibeständigt lim i stället för ett standardlim.

9.2.2 Avjämningsmassa och kemisk emission

Med gummigolv erhölls liten kemisk emission av 1-butanol samt stor kemisk emission av såväl 1-etylhexanol, TVOC som av 2-(2-butoxyetoxy)etanol då limning skedde direkt till betong med ett standarlim isynnerhet då betongen var ung vid limningstillfället. Små kemiska emissioner av 1-butanol eller 2-etylhexanol erhölls vid dessa försök då avjämningsmassa eller alkalibeständigt lim användes i golvsystemen, tabell 9.1.

Tidigare har det konstaterats att en avjämningsmassa i sig självt kan ge stora egenemissioner vid hög RF [1]. Egenemissioner från avjämningsmassor har ej undersökts i detta projekt eftersom syftet var att studera golvsystemet i sin helhet. Avjämningsmassan B gav i kombination med gummimattor ungefär dubbelt så stor kemisk emission TVOC som avjämningsmassan C vid i övrigt lika förhållanden (alkalibeständigt lim), tabell 9.2. Från golvsystem med polyolefin- eller PVC-matta erhölls inget nämnvärt tillskott av TVOC i förhållande till egenemissionen, tabell 9.2. I fråga om kemisk emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol erhölls ej heller någon tillskottsemission med avjämningsmassan B och alkalibeständigt lim A. I fall av gummimatta reagerar tydligen limmet och betongen kraftigare med materialet än om polyolefin- eller PVC-matta användes. En avjämningsmassan bryter på ett effektivt sätt inverkan av betongens höga pH men gummimattan påverkas ändock - uppenbarligen av den alkalitet som finns i avjämningsmassan (en viss andel Portlandcement förutom aluminatcement som bindemedel). Figur 9.1 visar hur pH hos avjämningsmassor X, Y och Z utvecklas, dels i luft, dels under en homogen PVC-matta. I detta fall hade avjämningsmassan torkat ut under 1 dygn mot föreskrivna 14-21 dygn (X och Y) och därmed karbonatiserats lite [53]. Med en föreskriven uttorkningstid hade förmodligen avjämningsmassorna X och Y genomkarbonatiserats och problem med nedbrytning av matta och lim blivit mindre i ett golvsystem [1].

Med tillräckligt aggressiva lösningar lika okarbonatiserad betong kan de flesta limemulsioner och PVC-mattyper med fyllnadsmedel och gummimattor bringas att brytas ned [54]. En homogen PVC-matta motstår högt pH betydligt bättre liksom linoleum- och polyolefinmattor [1]. Karbonatisering är emellertid en alltför osäker parameter att räkna med i byggandet. Karbonatisering kan ibland förklara varför inga emissioner uppstår även om RF är hög. Urlakning av alkalier till följd av regn kan också vara en förklaring till detta. Avjämningsmassa är ett sätt att bryta betongens höga pH från att påverka lim och mattor av typ PVC standard eller av gummi [1]. Emissioner av 2-fenoxyetanol härrörde enbart från avjämningsmassan B, se ovan.

9.2.3 Avjämningsmassa och vidhäftning

Ett fabrikat, B, gav i stort sett samma vidhäftningshållfasthet som erhölls vid limning direkt till betong. En annan avjämningsmassa, C, gav ca 70% högre vidhäftningshållfasthet än den som erhölls med limning direkt till betong, tabell 9.4. Fläkningskraften med avjämningsmassa B var ca 40% mindre än vid limning direkt till betong oberoende av limtyp. Med avjämningsmassa C erhölls något större fläkningskraft än med avjämningsmassa B, tabell 9.5. Av samtliga golvsystem uppvisade i genomsnitt bara avjämningsmassa med standardlim värden lägre än riktvärdet 1 N/mm. Figur 9.2 visar vidhäftningshållfastheten versus fläkningskraften. Recept saknas för avjämningsmassorna varför en parameterstudie ej kan göras i fråga om en optimering av ingående delmaterial.

Tabell 9.1 - Sammanställning av kemisk emission av 1-butanol och 2-etylhexanol från golvsystem (µg/m²h).

	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0	0	1^1+6	0	0	44	2^1 +108	23
MO	0	0	5	0	0	130	3^1+199	48
PO	0	1^1	0	1^1	0	18	1^1+19	5
PV	0	2^1	1	3^1	0	12	3^1 +7	3
M.v.	0	1^1	2	1^1	0	51	2^1+83	19

Beteckningar: se SYMBOLER; 1) = 1-butanol

Tabell 9.2 - Sammanställning av kemisk emission TVOC från golvsystem (µg/m²h).

	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.	Mtrl
FR	136	113	384	81	115	601	347	254	63
MO	99	85	176	59	92	382	437	190	16
PO	13	32	38	13	0	62	42	29	16
PV	267	250	219	194	167	332	368	257	274
M.v.	129	120	204	87	94	344	299	182	92

Beteckningar: Mtrl = egenemission, i övrigt se SYMBOLER

Tabell 9.3 - Sammanställning av kemisk emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol från golvsystem (µg/m²h).

	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0	0	147	0	0	452	173	110
MO	3	0	76	0	0	173	183	62
PO	0	4	17	7	0	39	18	12
PV	0	25	77	33	2	148	92	54
M.v.	1	7	79	10	1	203	117	60

Beteckningar: se SYMBOLER

Tabell 9.4 - Sammanställning av vidhäftningshållfasthet hos golvsystem (MPa).

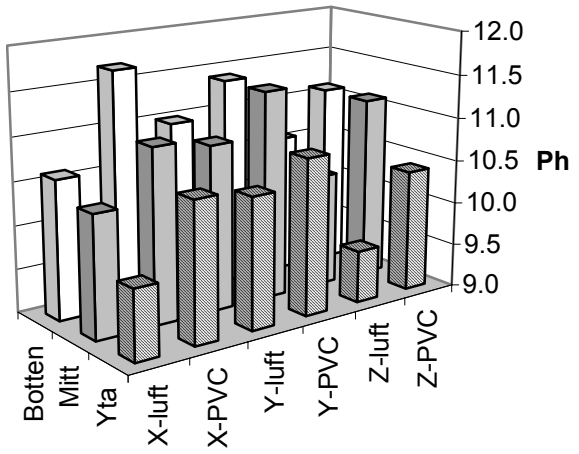
	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.51	0.38	0.33	0.78	0.33	0.52	0.45	0.47
MO	0.41	0.74	0.35	0.83	0.52	0.70	0.44	0.57
PO	0.33	0.25	0.33	0.74	0.20	0.38	0.44	0.38
PV	0.20	0.34	0.27	0.56	0.23	0.21	0.29	0.30
M.v.	0.36	0.43	0.32	0.73	0.32	0.45	0.41	0.43

Beteckningar: se SYMBOLER

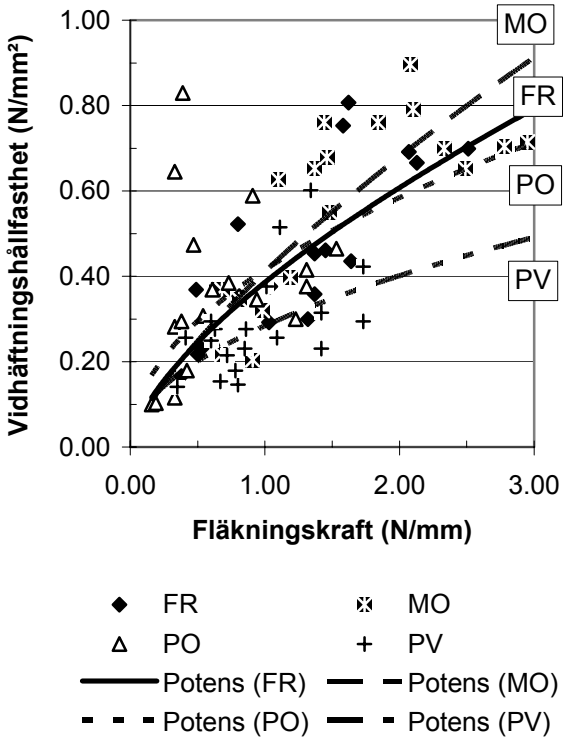
Tabell 9.5 - Sammanställning av fläkningskraft hos golvsystem (N/mm).

	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.79	1.29	1.07	1.60	0.75	1.36	1.95	1.26
MO	1.80	1.59	1.22	1.76	0.77	1.56	1.07	1.40
PO	0.36	0.65	0.37	0.36	0.73	0.65	0.95	0.58
PV	1.15	1.17	0.46	1.23	1.12	0.98	0.81	0.99
M.v.	1.03	1.18	0.78	1.24	0.84	1.14	1.20	1.06

Beteckningar: se SYMBOLER



Figur 9.1 - Utveckling av alkalitet i 10 mm avjämningsmassa X, Y och Z i luft samt under en homogen PVC-matta (1 dygns torktid) [54].



Figur 9.2 - Vidhäftningshållfasthet hos samtliga golvsystem versus fläkningskraft.

För vidhäftningshållfastheten, σ_{vf}, erhölls i relation till fläkningskraften, F_{fl}, följande ekvation:

$$\sigma_{vf} = 0.375 \cdot F_{fl}^{0.5555} \qquad \{R^2 = 0.55\} \qquad (1)$$

där

σ_{vf} betecknar vidhäftningshållfastheten (MPa)
F_{fl} betecknar fläkningskraften (N/mm)
F_{fl} = 1 N/mm motsvarade σ_{vf} = 0.38 MPa.

9.3 Betong

9.3.1 Betong och fukt

En av de i särklass mest diskuterade parametrarna inom byggandet är betongfukt speciellt med de klimatiska betingelser som råder i Sverige - regn under någon del av produktionsförloppet. En högre betongkvalitet löser fuktproblemen men kan ge andra icke önskvärda effekter. I detta projekt har det visats att fuktprofilen är olika beroende på val av ytbeläggning. PVC-matta standard gav en skillnad i RF på ca 3% mellan 30 och 60 mm mätdjup beroende på att denna mattyp är mindre tät för fukttransport än vad såväl polyolefin- som gummimattor är. Det är också möjligt att skumbaksidan på en skiktad PVC-matta standard kan absorbera en del fukt som gör att RF närmast ytan blir lägre än för övriga studerade mattyper. Minskningen av RF var speciellt märkbar hos golvsystem på betong med lägre vct, figurerna 4.14-15. En ofta förbisedd egenskap hos betongen är karbonatisering som minskar ytans pH, figur 9.1. Tabell 9.6 visar karbonatiseringsdjup för de betonger inom projektet som direkt belades med lim och mattor, dels efter enbart 1 mån. luftlagring, dels efter ½ års lagring utomhus i regn, tidvis, följt av 1 mån luftlagring, tabell 9.6. Karbonatiseringen, 0-2 mm, berodde främst av betongens vct, 0.37 eller 0.75. Vid vct = 0.37 skedde ingen karbonatisering. En-två mm är dock troligen ett alltför tunt skikt för att på sikt bryta en långtidsverkan av betongens höga pH på lim och ytbeläggning, tabell 9.6.

Tabell 9.6 - Karbonatisering hos betong belagd med matta, dels efter 1 mån. luftlagring, dels efter 6 mån. utomhuslagring plus 1 mån i luft (mm).

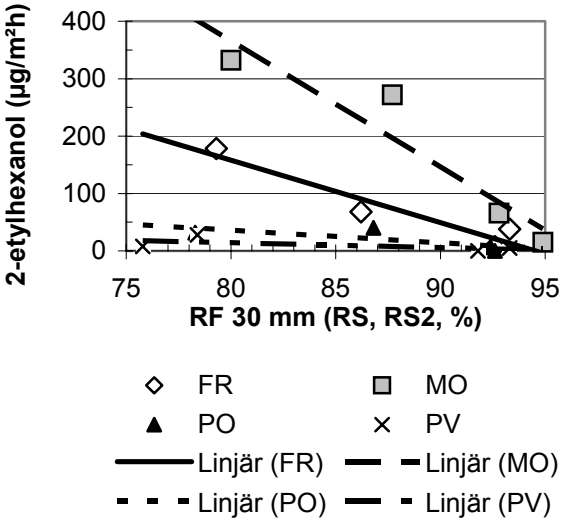
No	Beteckning	Ålder	Karbonatisering
21	37RSFR	6 mån. utomhus + 1 mån. inomhus	0
22	37RSMO		0
23	37RSPO		0
24	37RSPV		0
65	75RSFR		0.5
66	75RSMO		0.5
67	75RSPO		1.5
68	75RSPV		1.5
69	37RSFR2	1 mån. inomhus	0
70	37RSMO2		0
71	37RSPO2		0
72	37RSPV2		0
73	75RSFR2		1
74	75RSMO2		2
75	75RSPO22		1.5
76	75RSPV2		1

Inom projektet har det också visats hur stor temperaturändring som krävs för att motsvara en ändring av vct hos betongen från uttorkningssynpunkt, figur 4.7. Hos en ung betong motsvarar 10 °C temperaturökning under uttorkningen en minskning av vct med ca 0.05. Hos en mogen betong krävs en minskning av vct med ca 0.40 för att motsvara en ökning av temperaturen 10 °C från uttorkningssynpunkt, figur 4.7. Skillnaden beror på betongens självuttorkning vilken är kraftig hos en ugn betong men obetydlig hos en mogen, ca ½ år.

9.3.2 Betong och kemisk emission

Det kan vara på sin plats att påpeka att samliga ytor generellt torkats 1 mån. i RF = 60% vid 20 °C i likhet med en rimlig byggprocess. Av bl. a. figur 2.14 framgår att emissionernas storlek till stor del avgörs av ytuttorkningstiden [22]. Detta har även visats i ett föregående projekt med traditionella ytbeläggningar som linoleum, homogen PVC-matta och PVC-matta standard [1].

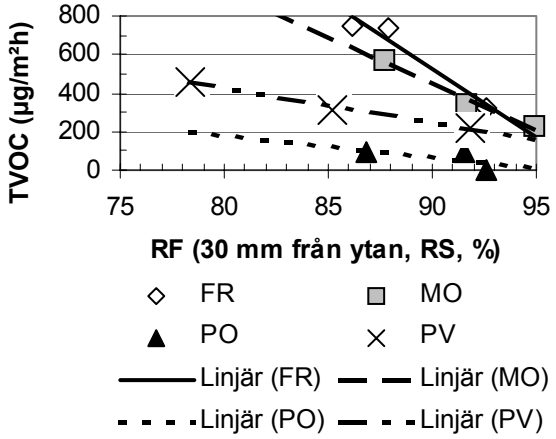
Mycket liten fuktinverkan på emissionerna från golvsystemet fanns i fråga om ytbeläggningar av linoleum och homogen PVC-matta. Bägge kunde limmas direkt till betongen med ett alkalibeständigt lim oberoende av RF på s.k. normenligt förutsatt att ytan först torkats ut 1 mån. [1]. Figur 9.3 visar att det fanns ett omvänt samband mellan RF och kemisk emission av 2-etylhexanol då ytbeläggningar av gummimattor limmats med standardlim direkt till betong. Förfarandet att limma ytbeläggningar till betong med standard (polyakrylat)lim är dock olämpligt eftersom emissioner uppkommer även om ytan har yttorkats 1 mån. Skillnaden i emission av 2-etylhexanol mellan polyolefin- och gummimattor torde bero av mattornas kemiska sammansättning eftersom de är ungefär lika täta.



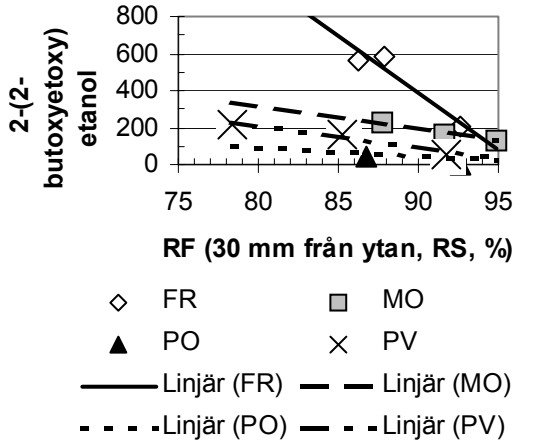
Figur 9.3 - Emission av 2-etylhexanol versus RF vid beläggning med standardlim direkt till betong.

Figurerna 4.14-15 visar att PVC-mattans lägre täthet resulterade i 3-4 % lägre RF på mätdjupet 30 än för övriga mattyper dvs. troligen ännu större RF-skillnad vid ytan av golvsystemet. Det går dock att på kemisk väg simulera en betongyta och visa att emissioner kan uppkomma även vid mycket låg RF [53,54]. Limfukten är tillräcklig för att starta processen. I sånt fall skulle PVC-mattans lägre emission av 2-etylhexanol i förhållande till övriga mattors, polyolefin och gummi, enbart vara materialberoende. Figur 9.4 visar liknande resultat för TVOC. Isynnerhet för gummimattor fanns ett omvänt samband mellan TVOC och RF även om ytan först torkats ut 1 mån. För gummimattorna erhölls ett TVOC-värde som var mångfalt större än egenemissionen, för polyolefin erhölls ca 5 ggr större TVOC jämfört med egenemissionen, för PVC-matta obetydligt större TVOC än vad mätnigarna av egenemission visade, tabell 9.2 samt figur 9.4.

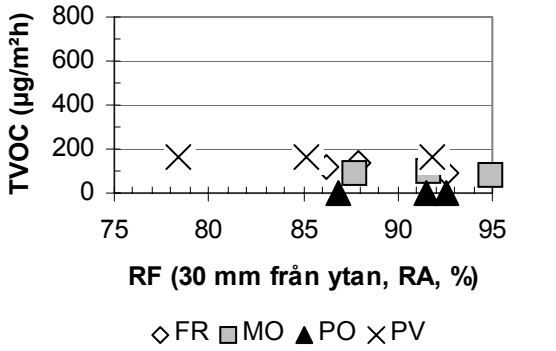
Figur 9.5 visar att även emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol var omvänt fuktoberoende. Lägre emissioner från betong med högre RF kan förutom betongens pH (betong med högre vct karbonatiseras) vara beroende av betongens porositet, dvs. betong med högre vct är mer porös. En betong med högre porositet kan kanske ackumulera mer emissioner än en låg-vct-betong kan [1]. Det är dock knappast en fördel att emissioner byggs in i en konstruktion för att sedan avges under lång tid, sekundärt [21]. Mätning av emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbenser, som ingår som egenemission från PVC-mattan, tydde dock inte på att betong med högt vct skulle assimilera mer emissioner än betong med lågt vct, figur 5.48. Betongens högre alkalitet vid lägre vct är en förklaring till högre TVOC för en tätare betong än för en betong med högt vct. Lika stor del av egenemissionerna av en fraktion av undekyl- och dodekylbenser absorberades av golvsystemet som uppsamlades ovanför med FLEC-apparaturen. Då ytbeläggningarna limmades med alkalibeständigt lim direkt till betong uppmättes små tillskottsemissioner av 1-butanol eller 2-etylhexanol för någon av mattyperna, ingen tillskottsemission TVOC för polyolefinmatta eller PVC-matta men fortfarande vissa tillskottsemission TVOC för de gummimattor som studerades inom projektet, figur 9.6 och tabell 9.2. Tydligen reagerar gummimattan även med alkalibeständigt lim så att ett tillskott av TVOC uppmätes, isynnerhet för fabrikatet MO (ca 6 ggr större TVOC än egenemissionen) med även för fabrikatet FR, ca en fördubbling av TVOC. Ingen emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol uppmättes med alkalibeständigt lim, tabell 9.3.



Figur 9.4 - TVOC versus RF vid ytbeläggning med standardlim direkt till betong.



Figur 9.5 - 2-(2-butoxyetoxy)etanol versus RF vid ytbeläggning med standardlim direkt till betong.



Figur 9.6 - Samband mellan TVOC och RF vid limning med alkalibeständigt lim direkt på betong.

9.3.3 Betong och vidhäftning

För karbonatiserad betong fanns en betydande påverkan av ålder på vidhäftningen, figur 6.19 och figur 7.19. Uppenbarligen bröts limfogen ned under påverkan av en reaktion med i synnerhet gummimattorna. Halvårsgamla utomhuslagrade prover hade utsatts för regn. Därvid hade alkalierna, som är lättlösliga, troligen lakats ur ytan på betong med en lägre aggressivitet som följd, figur 6.19 och figur 7.19. Vidhäftningen var betydligt bättre för

dessa utomhuslagrade prover än för de betonger som endast lagrats inomhus. Karbonatiseringen var ca 1 mm för den utomhuslagrade betongen samt ca 1.5 mm för den inomhuslagrade. Karbonatisering kan således inte ha avgjort den sämre vidhäftningen för de enbart inomhuslagrade betongerna utan det är troligen alkaliinnehållet i betongytan som inverkat. Regn är emellertid en alltför irrationell parameter att räkna med. Effekten av vattenlagring är stor på såväl vidhäftningen som på emissionerna. Härdningsbetingelserna har dock inte inverkat på TVOC från golvsystemen men väl på emissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol, figurerna 5.3 och 5.19 samt tabell 9.1-2. En betongyta som ej utsatts för regn erhöll efter 6 mån. i genomsnitt ca 50% större emissioner av 2-etylhexanol efter limning med 1 mån. ytuttorkning jämfört med emissioner från en utomhuslagrad provkropp vid i övrigt lika förhållanden, tabell 9.1.

I stort sett samma inverkan erhölls av RF på fläkningskraften som för vidhäftningshållfastheten vid limning på utomhushärdad betong därefter torkad i ytan före applicering av mattorna med standardlim: fläkningskraften ökade med RF 30 mm från betongytan. En betong med högre RF har också högre vct. En betong med högre vct är också mer porös varvid limmet kanske får ett bättre förband än mot en låg-vct-betong. Förutsättningen är att standardlimmet klarar den kemiska belastningen från betongytans höga pH. Så var tydligen fallet för en utomhushärdad betong, från vilken alkalier troligen lakat ur, men ej för en inomhushärdad betong, figur 7.17. Här har betongytans höga halt av alkalier troligen påverkat standardlimmet och brutit ned detta men enbart vid hög RF. Det krävs en tillräcklig mängd fukt för att alkalierna skall kunna påverka limmets fläkningshållfasthet. Figur 7.17 visar en fördel med att använda låg-vct-betong nämligen en större fläkningskraft vid limning av mattor med standardlim direkt till ung rå betong. Metoden är ändock inte gångbar eftersom emissionskravet ej uppfylls. Emissionerna ökade med ökande fläkningskraft.

9.4 Limtyp

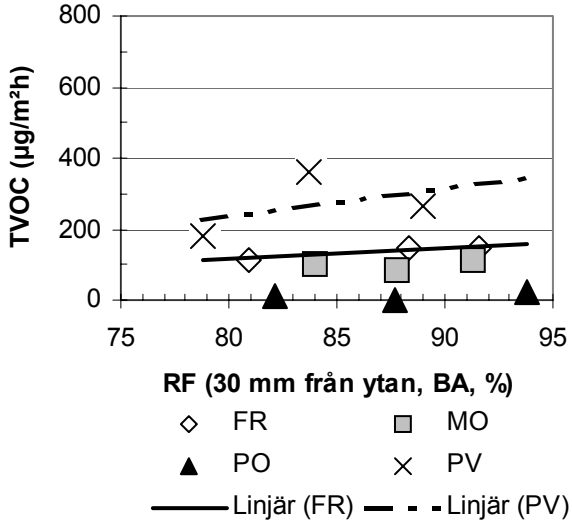
9.4.1 Limtyp och fukt

Samtliga limmer påfördes endera efter 1 mån. ytuttorkning av betong eller, i förekommande fall, efter 10 dygns torkning av avjämningsmassan, i bägge fallen vid RF = 60% samt 20 °C. Det fanns således inga direkta appliceringsproblem med den aktuella öppenhållandetiden, 5 min. Efter fläkningsprov var dock ytor med PVC-matta och lim A fortfarande klibbiga efter lång tid (fuktiga), vilket kan tyda på att mjukgöraren från mattan migrerat ned i limmet A. Prov med klibbiga PVC-mattytor gav förhållandevis liten vidhäftningshållfasthet, för golvsystem BA: 0.20 MPa, för RA: 0.23 MPa samt för OA: 0.32 MPa, tabell 9.4. Fläkningskraften var däremot ganska stor för prov med fuktiga/klibbiga PVC-mattytor, BA: 1.15 MPa, för RA: 1.12 MPa samt för OA: 1.12 MPa, tabell 9.5 samt Appendix 8. I och med att limmet A fortfarande var klibbigt efter lång tid kunde det fördela fläkningskraften till en större yta än vad ett stelt lim skulle ha kunnat gjort.

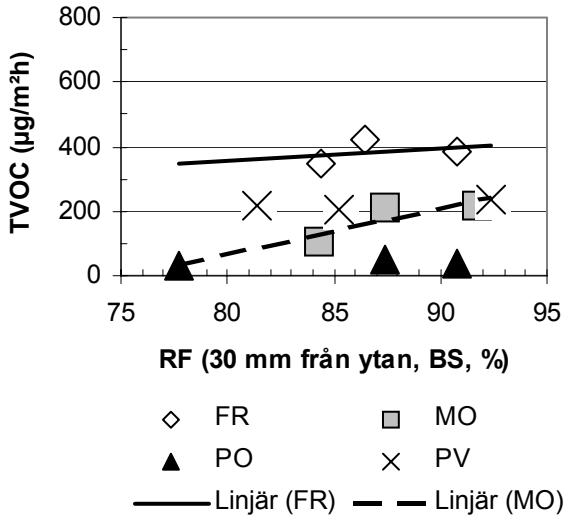
9.4.2 Limtyp och kemisk emission

Det är möjligt att jämföra emissioner av såväl 1-butanol, 2-etylhexanol, TVOC och 2-(2-butoxyetoxy)etanol med avseende på limtyp, tabellerna 9.1-3. Den mest märkbara förändringen inträffade då alkalibeständigt lim användes i stället för standardlim. För rå betong blev emissioner av såväl 1-butanol som 2-etylhexanol små. Emissioner av 2-(2-butoxyetoxy)etanol upphörde med användning av alkalibeständigt lim samt minskade TVOC till hälften. TVOC-minskningen var speciellt märkbar för gummimattorna där dock TVOC fortfarande var betydligt större än egenemissionen, jfr RA och RS i tabell 9.2.

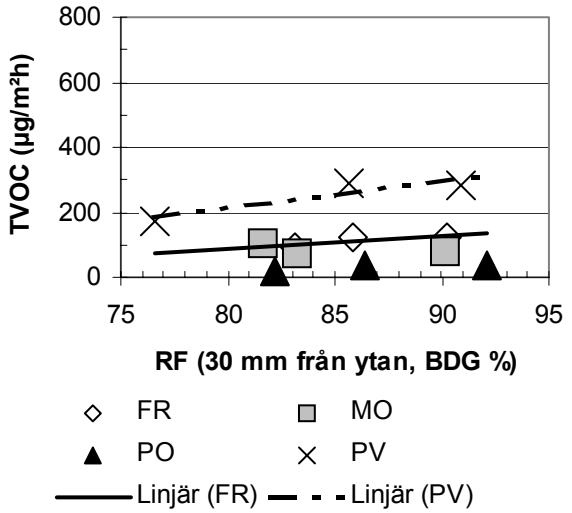
För PVC-mattan standard inträffade det egendomliga att TVOC efter mattlimning blev mindre än egenemissionen för mattan vilket endast kan förklaras av att en del av TVOC absorberades troligen av betongen. Samma förhållande i fråga om TVOC inträffade då alkalibeständigt resp. standardlim användes på avjämningsmassa B: TVOC halverades, jfr BA och BS i tabell 9.2. Ett visst samband erhölls mellan RF i betongen och emissionsnivån TVOC vid användning av olika alkalibeständiga limmer, figurerna 9.7-10. En tendens fanns till ökande TVOC med ökande RF, t.ex. för följande golvsystem: BAFR, BAPV, BDGFR, BDGPV, BSFR och BSMO. Inget omvänt samband kunde konstateras mellan RF i betongen och emissionsnivån TVOC som för golvsystemen med lim direkt på betong. Detta tyder på att avjämningsmassan hade tillräckligt stor porositet för att rymma limfukten, figurerna 9.7-10. Mätning av emissioner av sesquiterpener, vilka ingår som en egenemission från gummimattorna, förstorades ca fyra gånger i kombination med det alkalibeständiga limmet A, fördubblades i kombination med (polyakrylat)limmet S men bibehölls i kombination med det alkalibeständiga limmet G. Rätt materialkombination med lim och ytbeläggning kan vara en möjlighet att minimera TVOC. Tyvärr saknas kännedom som kemin hos de provade limmerna varför ingen parameterstudie kan göras här i frågan om påverkande faktorer.



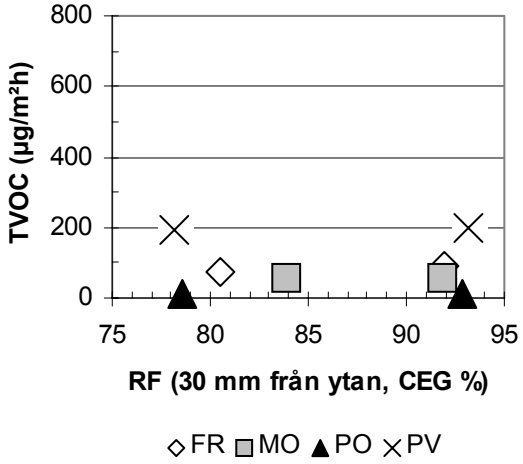
Figur 9.7 - Samband mellan RF i betongen och TVOC vid användning av golvsystemet BA.



Figur 9.8 - Samband mellan RF i betongen och TVOC vid användning av golvsystemet BS.



Figur 9.9 - Samband mellan RF i betongen och TVOC vid användning av golvsystemet BDG.



Figur 9.10 - Samband mellan RF i betongen och TVOC vid användning av golvsystemet CEG.

9.4.3 Limtyp och vidhäftning

Tillskottsemissioner för polyolefinmatta och PVC-matta standard kan troligen bemästras, dels med alkalibeständigt lim direkt på betong eller med avjämningsmassa plus standard (polyakrylat)lim. För att bemästra tillskottsemissioner krävs såväl avjämningsmassa som alkalibeständigt lim vid användning av gummimattor, isynnerhet MO. Frågan är på vilket sätt val av limtyp påverkar mattans vidhäftning till underlaget och vilka möjligheter som finns att optimera golvsystemet med föreliggande delmaterial. För det första fanns ingen samband mellan RF i betongen och vidhäftningshållfastheten hos golvsystemet, figurerna 6.4, 6.6, 6.8 och 6.10 utan i ett fall: limning med standardlim direkt till ung rå betong.

Vid limning med standarlim direkt till ung rå betong minskade vidhäftningshållfastheten från ca 0.60 MPa till ca 0.25 MPa i samband med att RF ökade från ca 80% till ca 92.5%RF. Orsaken var enligt avsnitt 9.3.3 sannolikt att alkalier i betongens yta bröt ned limmet. Man kan därför fortsättningsvis bortse från effekten av fukt i samband med en jämförelse av de olika limmernas vidhäftningshållfasthet - förutsatt att inte fråga är om ung rå betong. Till rå betong bör ändock inte standardlim användas - från emissionssynpunkt. (Fallet med alkalibeständigt lim direkt på ung betong har dock ej prövats här.) Tabell 9.4 och Appendix 9 ger en jämförelse mellan vidhäftningshållfastheten hos golvsystem med varierande limtyper. Som konstaterats i avsnitt 9.2.3 har även avjämningsmassan en avgörande inverkan på vidhäftningshållfastheten. Sannolikt gav standardlimmet S ca 35% större vidhäftningshållfasthet än det alkalibeständiga limmet A, jfr RA, RS och RS2. Jämförelser mellan vidhäftningshållfast med limmer på avjämningsmassa B kan inte göras eftersom avjäm-

ningsmassans draghållfasthet troligen avgjorde vidhäftningshållfastheten hos golvsystemet, ca 0.33 MPa. Avjämningsmassan C i kombination med, dels ett standardlim E, dels ett alkalibeständigt gummilim G gav i särklass högsta vidhäftningshållfastheten: 0.73 MPa tämligen oberoende mattyp, tabell 9.4 och Appendix 9.

Limtypen kan dock ha inverkat på vidhäftningshållfastheten, figur 8.3. I detta fall användes avjämningsmassa O samt två olika homogena PVC-mattorna. PVC-matta med lim A gav vidhäftningshållfastheten 0.32 MPa medan andra PVC-mattan med lim E gav vidhäftningshållfastheten 0.77 MPa. Det kan således vara så att limmet avgör vidhäftningshållfastheten även om brottet till största delen sker i överkanten av avjämningsmassan, appendix 7. Sammantaget fås följande vidhäftningshållfasthet, Appendix 9:

- avjämningsmassa B med lim A: 0.29 MPa
- avjämningsmassa C med lim E,G: 0.70 MPa

Appendix 9 visar vidhäftningshållfastheten med avjämningsmassa B med varierande limtyp:

- lim A: 0.27 MPa
- limmer E,G: 0.35 MPa
- lim S: 0.24 MPa

Fläkningskraften för samma golvsystem var annorlunda, figur 9.2 och tabell 9.5. Här samverkar lim, matta och underlag på annat sätt än vid rakt dragbrott (vidhäftning). En styvare matta, polyolefin, ger troligen en förhållandevis större påkänning än en mjuk vid fläkningsprovningen. I tabell 9.7 ges en sammanställnings av vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystemen. I genomsnitt uppfylldes således kravet på fläkningskraft 1 N/mm för golvsystem utom för BS och RA. För golvsystemet BS var dock fläkningskraften beroende av mattyp: gummimattor klarade kravet men ej övriga mattyper, polyolefin och PVC-matta standard. För golvsystemet RA erhölls en fläkningskraft > 1 N/mm för PVC-matta standard än för övriga. Enligt Appendix 9 fås följande fläkningskraft:

- avjämningsmassa B med lim A: 1.0 N/mm
- avjämningsmassa C med lim E,G: 1.2 MPa

Appendix 9 visar fläkningskraften för golvsystem med avjämningsmassa B med varierande limtyp:

- lim A: 0.90 MPa
- limmer E,G: 0.77 MPa
- lim S: 0.63 MPa

Med avjämningsmassa B var fläkningskraften < 1 N/mm för samtliga limmer; för avjämningsmassa C var fläkningskraften ≥ 1 N/mm för samtliga lim.

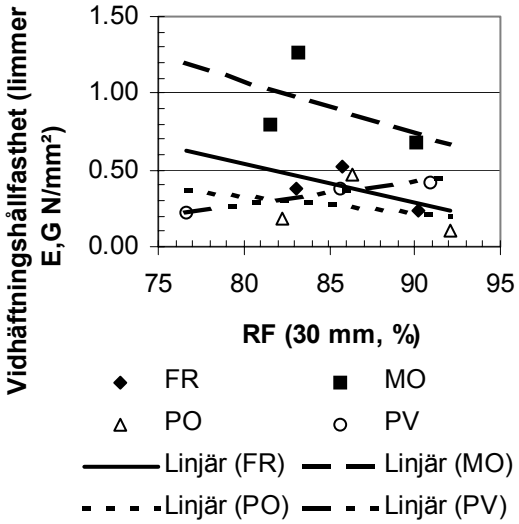
Tabell 9.7 - Vidhäftning och fläkningskraft.

Golv	Vidhäftningshållfasthet (N/mm²)	Fläkningskraft (N/mm)
BA	0.36	1.03
BDG	0.43	1.18
BS	0.32	0.78
CEG	0.73	1.24
OA	0.32	1.12
OE	0.77	1.29
RA	0.32	0.84
RS	0.45	1.14
RS2	0.41	1.20

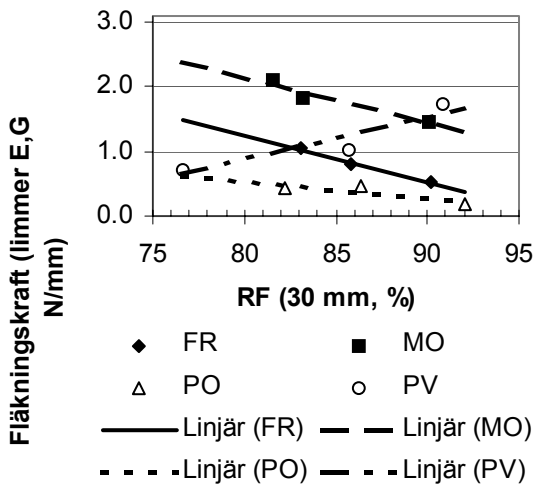
9.5 Mattyp

9.5.1 Mattyp och fukt

Figur 4.15 visar att PVC-matta standard på sikt gav en lägre RF i golvsystemet än övriga mattyper, polyolefin eller gummi troligen beroende av att de senare hade lägre permeabilitet. Vid vct = 0.37 uppgick RF-skillnaden mellan PVC-matta standard och övriga mattor till 4% medan den vid vct = 0.75 var mindre, ca 1%. Vid vct = 0.75 finns mer fukt i betongen. Högre RF gav därför såväl högre vidhäftningshållfasthet som fläkningskraft med PVC-standardmatta (lutande fuktprofil), figurerna 9.11-12, men bara med limmer E,G. Övriga limtyper var inte så fuktberoende som lim av typ E,G. RF i ytan var lägre än på 30 mm mätdjup för PVC-mattor, figur 4.15, lika i ytan och på 30 mm för övriga.



Figur 9.11 -Vidhäftningshållfasthet och RF för lim C med varierande mattyper.



Figur 9.12 - Samband mellan fläkningskraft och RF för limmer E,G med varierande mattyper.

9.5.2 Mattyp och kemisk emission

Med avjämningsmassa B var TVOC för gummimattorna betydligt större än deras respektive egenemissioner enligt en sammanställning i tabell 9.8 (medelvärde av tre golv, tabell 9.2). Tillskottsemissioner TVOC för gummigolv kunde inte bemästras med ens med alkalibeständigt lim utan blev flerfalt större än egenemissionen för gummimattan. Det saknas kännedom om TVOC kan innebära någon försämring för innemiljön. Så länge okunskap råder gäller dock försiktighetsprincipen. Å andra sidan översteg TVOC 100 µg/m²m endast med standard (polyakrylat)lim S på avjämningsmassa B, golvsystem BS [49]. Lägre tillskottsemission TVOC uppmättes med det alkalibeständiga gummilimmet G, jfr BA, BDG och CEG i tabell 9.2, enligt tabell 9.9 (tre provgolv). Användning av avjämningsmassa till gummigolv bör således kombineras med alkalibeständiga limmer. TVOC för golvsystemet blev för övrigt lika stor med alkalibeständigt lim på avjämning som på betong.

Tabell 9.8 - Ökning av TVOC från gummigolv med lim A och S.

Golvsystem	x egenemission $TVOC_{matta}$
BAFR	ca 2 ggr
BAMO	ca 6
BSFR	ca 6
BSMO	ca 11

Tabell 9.9 -TVOC från gummigolv med lim G.

Golvsystem	x egenemissin $TVOC_{matta}$
BGFR	ca 2 ggr
BGMO	ca 5
CGFR	ca 1
CGMO	ca 4

9.4.3 Mattyp och vidhäftning

Mattypen hade stor inverkan på vidhäftningshållfastheten enligt tabell 9.10. Lägst vidhäftningshållfasthet erhölls genomgående för PVC-mattan standard i synnerhet i kombination med lim A och S. Med PVC-matta standard noterades för lim A och delvis för lim S en fuktig/klibbig yta även lång tid efter det att vidhäftningsprovningen hade utförts. Orsaken till den låga vidhäftningshållfastheten kan därför vara migration av mjukgörare från mattan in i limmet. Tabell 9.11 visar fläkningskraften för mattyperna.

Tabell 9.10 - Vidhäftningshållfasthet (MPa)

	BA, BS, RA	BDG, CEG	RS, RS2	M.v.
FR	0.39	0.58	0.49	0.47
MO	0.43	0.79	0.57	0.57
PO	0.29	0.50	0.41	0.38
PV	0.23	0.45	0.25	0.30
M.v.	0.33	0.58	0.43	0.43

Tabell 9.11 - Fläkningskraften för studerade mattyper (N/mm).

	BA, BS, RA	BDG, CEG	RS, RS2	M.v.
FR	0.87	1.42	1.26	1.26
MO	1.26	1.64	1.02	1.40
PO	0.49	0.55	0.68	0.58
PV	0.91	1.13	0.80	0.99
M.v.	0.88	1.19	0.94	1.06

Fläkningskraften avgörs till stor del av mattans styvhet varför låga värden erhölls för polyolefinmatta tämligen oberoende av limtyp, tabell 9.11. Övriga mattyper erhöll i genomsnitt en fläkningskraft som översteg 1 N/mm men med värden strax under 1 N/mm för PVC-mattan i kombination med limmer A och S.

9.6 Brottyp

9.6.1 Dragbrott i avjämningsmassa

En subjektiv bedömning av brottyper i samband med fläkningsprovningarna (Appendix 7) visade att en mycket stor andel av brotten berodde på dragbrott (kohesionsbrott) i övre delen av avjämningsmassan [56]. Innehållet av aluminatcement kan ha spelat roll efter dess hållfasthet sätts ned i fuktig miljö [55]. Det förefaller också som om limtypen kan ha spelat roll för att brottet skulle inträffa i avjämningsmassan. Ett fuktigt/klibbigt lim just i anslutning till avjämningsmassan kan ha påverkat aluminatcementgelens draghållfasthet negativt. Aluminatcement får normmässigt ej användas i konstruktivt syfte till husstommar eller dylikt till följd av en mycket låg tryckhållfasthet, långsiktigt, i fuktig miljö som t.ex. råder vid hög RF under en

tät ytbeläggning [55]. Med tryckhållfastheten försämras även draghållfastheten i avjämningsmassan. Viss andel av bindemedlet är dock Portlandcement i avjämningsmassan. Denna andel Portlandcement förefaller inte ha givet tillräckligt stor draghållfasthet för vissa av de studerade golvsystemen. Alternativt kan dragbrottet i ytan av avjämningsmassan bero på tidig härdning i RF = 60%, vilket kan ha förhindrat hydratation att ske.

9.6.2 Brottandelar

Figur 9.2 visar att låg fläkningskraft i golvsystemen (< 1 N/mm) berodde på liten draghållfasthet i avjämningsmassan enligt följande samband (%) [56]:

$$Ko_{Avjämn.} \approx 69 - 20 \cdot \ln(F) \qquad (2)$$

där
($Ko_{Avjämn.}$ = andel kohesionsbrott i avjämning (%)
F betecknar fläkningskraften (N/mm)

Resterande brottyper fördelades på endera adhesionsbrott i limmet eller adhesionsbrott mot mattan enligt ekvationer, figurerna 9.13-14 [56]:

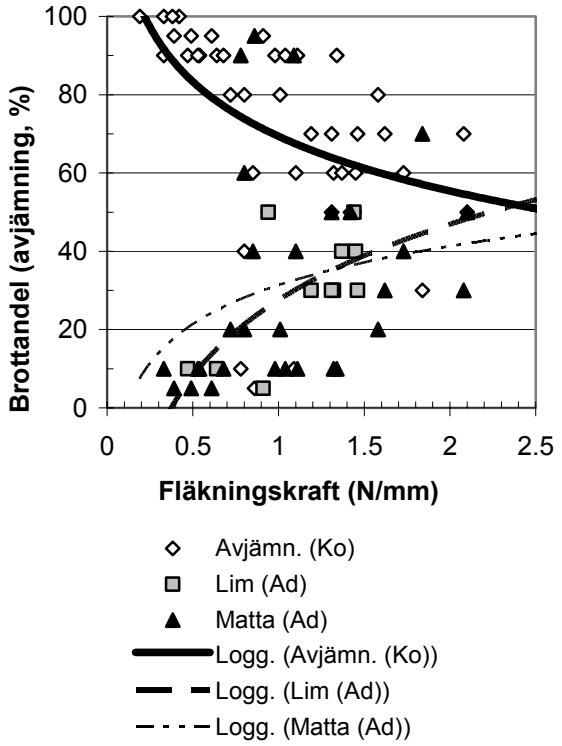
$$Ad_{lim} \approx 28 + 28 \cdot \ln(F) \qquad (3)$$
$$Ad_{matta} \approx 14 + 31 \cdot \ln(F) \qquad (4)$$
$$F_{FR} = 8.5 - 1.66 \cdot \ln(Ko_{Avjämn.}) \qquad (5)$$
$$F_{MO} = 5.6 - 1.03 \cdot \ln(Ko_{Avjämn.}) \qquad (6)$$
$$F_{PO} = 6.1 - 1.2 \cdot \ln(Ko_{Avjämn.}) \qquad (7)$$
$$F_{PV} = 0.72 + 0.1 \cdot \ln(Ko_{Avjämn.}) \qquad (8)$$

Ad_{lim} andel adhesionsbrott i limmet (%)
Ad_{matta} andel adhesionsbrott i mattan (%)

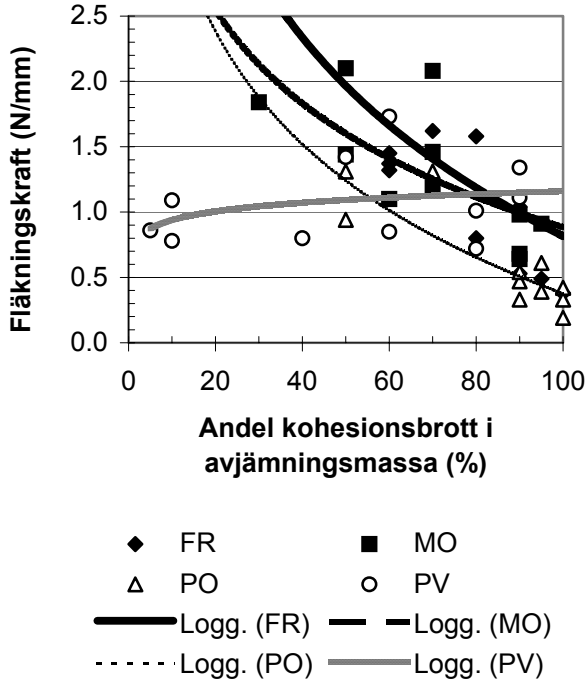
Fläkningskraften för PVC-mattan var oberoende av andel dragbrott i avjämningsmassan till följd av limmets klibbighet i sin tur troligen beroende av migration av mjukgörare. Vid 100% brott i avjämningsmassan erhålles dess draghållfasthet.

9.7 Syntes

Med relativ effekt av ett golvsystem avses här värdet av en egenskap hos ett specifikt golvsystem dividerat med medelvärdet av egenskapen för samtliga studerade golvsystem. Relativa effekten av emission av 2-etylhexanol, TVOC, emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft kan sedan sammanvägas med partialkoefficienter. Först bör dock egenemissioner samt materialens vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft subtraheras. Av egenemissioner är TVOC känd medan vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft ej kan subtraheras eftersom dessa egenskaper ej är kända (de senare räknas i stället som positiva i syntesen). Tabellerna 9.12-16 och Appendix 9 visar relativa effekterna för de olika egenskaperna. I tabell 9.17 ges en sammanställning av partialkoefficienter för resp. 2-etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxyetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft. Tabellerna 9.18-24 och Appendix 9 ger synteseffekten av golvsystemen (fet stil = bästa golvval).



Figur 9.13 - Andel brott i avjämningsmassa som funktion av fläkningskraft.



Figur 9.14 - Fläkningskraft versus andel brott i avjämningsmassan vid varierande mattyper.

9.8 Kompletterande mätningar av egenemissioner från limmer

9.8.1 Metoder

Egenemissioner undersöktes för samtliga limmer. En kvantitativ provningsmetod för egenemissioner från limmer är utstrykning på gipsskiva samt torkning i RF = 50% under lång tid. Då torkar limytan till en, för ett golvsystem, orealistiskt låg RF. En annan kvantitativ kammarmetod användes för mätning av egenemissioner då limmet fått torka under 1 dygn före mätning. Ytan på limmet torkar under det dygn som en genomblåsning sker med kvävgas. Här genomfördes enbart en kvalitativ Purge/Trap, P/T, -analys där en mindre mängd lim appliceras i en glasflaska som försluts med septum och får stå tillsluten under ett dygn [57]. Därefter tillförs kvävgas till flaskan. Efter en kort tids sköljning (5 min.) ansluts ett absorbentrör av typen Tenax TA till utgången från flaskan, varvid de flyktiga ämnena från limmet fastar [57]. Det bör understrykas att P/T-provningen var kvalitativ [57]. Alla i limmet förekommande ämnen registreras vid denna P/T-analys [57].

9.8.2 Resultat

I tabell 9.25 ges resultat från P/T-analysen [57]. En dominerande förekomst av 2-(butoxyetoxy)etanol kunde som förväntat var spåras till de bägge använda (polyakrylat)limmerna, E och S [57]. Mer överraskande var dominerande förekomst av 1-butanol, 2-etylhexanol och 1,4-dioxan i limmen.

Tabell 9.25 - Kvalitativ limemissionsmätning [57]

Lim	Identifierade ämnen
A	2-butanon, etylacetat, 2-butenal, 1-metoxy-2-propanol, 1,4-dioxan, propylenglykol, 2-hexanon, grenat alifatiskt kolväte, cyklohexanol, 2-(2-butoxyetoxy)etanol, 2-(2-butoxyetoxy)etylacetat, sesquiterpener
D	1,4-dioxan, aromatiskt kolväte, oidentifierat ämne
E	1-butanol, butylacetat, α-pinen, β-pinen, 2-etylhexanol, 3-metylheptylacetet, 2-(2-butoxyetoxy)etanol, 2-(2-butoxyetoxy)etylacetat
G	2-butanon, etylacetat, 1,4-dioxan, 2-hexanon, grenade alifatiska kolväten
S	2-butanon, etylacetat, 1-butanol, 1,4-dioxan, toluen, butylacetat, 2-butoxyetanol, α-pinen, β-pinen, 2-etylhexanol, undekan, 2-etylhexylacetet, 2-(2-butoxyetoxy)etanol, 2-(2-butoxyetoxy)etylacetat, sesquiterpener

understrykning = dominerande kemiskt emission.

Dominerande förekomst av 1-butanol och 2-etylhexanol i lim E kunde relateras till utförda emissionsprover av golvsystem med detta lim, appendixen 5 och 10 [49,57]. En-butanol eller 2-etylhexanol kan troligen inte ha uppkommit till följd av en alkalisk nedbrytning av limförbandet eftersom en lågalkalisk avjämningsmassa användes. Små emissioner av 1-butanol förekom i följande prover, appendixen 5 och 10 [49]:

- 15 (37CEPO)
- 16 (37CEPV)
- 59 (75CEPO)
- 60 (75CEPV)

Små emissioner av 2-etylhexanol förekom i följande prover, appendixen 5 och 10 [49]:

- 16 (37CEPV)
- 59 (75CEPO)
- 60 (75CEPV)

Lim S innehöll en dominerande förekomst av 2-etylhexanol samt även en mindre förekomst av 1-butanol som på samma sätt kunde relateras till emissionsprover av golvsystem med detta delmaterial, appendix 5 och 10 [49,57]. Emission av 2-etylhexanol förekom från följande prover (2-etylhexanol kan troligen inte ha uppkommit till följd av en alkalisk nedbrytning av limförbandet eftersom en lågalkalisk avjämningsmassa användes), appendixen 5 och 10 [49,57]:

- 5 (37BSFR)
- 6 (37BSMO)
- 29 (48BSFR)
- 30 (48BSMO)
- 49 (75BSFR)
- 50 (75BSMO)

Emission av 1-butanol förekom från följande prover (1-butanol kan troligen inte ha uppkommit till följd av en alkalisk nedbrytning av limförbandet eftersom en lågalkalisk avjämningsmassa användes), appendixen 5 och 10 [49,57]:

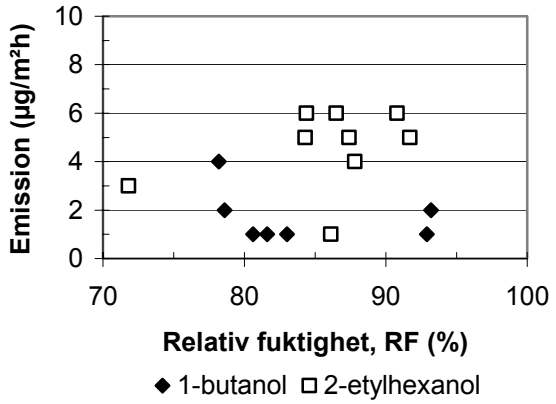
- 5 (37BSFR)
- 29 (48BSFR)
- 30 (48BSMO)

Fyra av de fem studerade limmerna gav emission av 1,4-dioxan. Det förekom egenemission av 1,4-dioxan från alla de tre studerade alkalibeständiga limmerna (A, D och G) varav dominerande i ett av limmerna (D, R340: viss risk för cancer kan inte uteslutas efter ofta upprepad exponering) [58]. En kompletterande emissionsmätning enligt kammar-

metoden gav emellertid inga egenemissioner av 1,4-dioxan från det av de alkalibeständiga limmer som uppvisade en dominerande egenemissionen enligt P/T-analysen (D). Egenemissionen av 1,4-dioxan från detta alkalibeständiga lim (D) avklingade tydligen snabbt [57]. Egenemissioner av 1,4-dioxan fanns dock efter 5 min. vid P/T-analysen. Förekomsten av 1,4-dioxan kunde dessutom ej uppmätas från något av golvproverna av golvsystem, ens vid mycket hög RF (frågan berör dock troligen arbetsmiljön). Emission av 1,4-dioxan förekom även i P/T-analysen från ett av de bägge studerade (polyakrylat)limmerna (S) dock inte som dominerande [57]. Slutligen kunde en dominerande egenemission av sesquiterpener från lim A enligt P/T-analysen relateras till en ökande emission av sesquiterpener från golvsystemen dock endast med gummimattor, tabell 5.13 och figur 5.47 [49,57]. En icke dominerande egenemission av sesquiterpener från lim S enligt P/T-analysen kunde relateras till en ökande emission av sesquiterpener från golvsystemen dock endast med gummimattor, tabell 5.13 och figur 5.47.

9.8.3 Diskussion

Målet för projektet avsåg emissioner från golvsystemet - inte från delmaterialen, varför dominerande egenemission av 1-butanol (lim E) och 2-etylhexanol (lim S) från limmer kopplad till emissioner från golvsystemen är anmärkningsvärd. Den observerade dominerande emissionen av 1,4-dioxan i ett av de studerade alkalibeständiga limmerna (lim D) är ett observandum. Även från de andra alkalibeständiga limmerna (lim A och gummilim G) samt från ett standard (polyakrylat)lim (lim S) uppmättes 1,4-dioxan dock inte i dominerande förekomst [57]. Den kompletterande mätningen av egenemissioner vid hög RF visar som helhet att en standardiserad mätmetod är irrelevant. RF = 50% i ett golvsystem nås kanske först efter mycket lång tid om någonsin. Här föreligger således ett starkt behov av att utveckla en mätmetod för egenemissioner från limmer där mätningen kan utföras vid konstant RF, t. ex. RF = 90% eller mer. En liknande fråga uppkom vid ett tidigare projekt där egenemissioner från avjämningsmassor mättes vid RF = 85% [1]. Emissionerna blev mångfalt större än de som uppmättes normerat vid RF = 50%, figur 2.22. Uppmätta emissioner från golvsystemet kunde dock inte härledas till egenemissioner från avjämningsmassan eftersom bägge typerna av avjämningsmassa gav i stort sett samma emissionstyp [1]. Påverkan på innemiljön var förmodligen liten men med en mer relevant mätmetod hade en korrelation kunnat ha ske. Det var intressant att söka relatera de små emissionerna av 1-butanol och 2-etylhexanol från golvsystem på en lågalkalisk avjämningsmassa till RF i golvsystemet. I figur 9.15 visas de små emissionerna av 1-butanol och 2-etylhexanol från golvsystem med standard (polyakrylat)limmerna E och S, bägge på lågalkalisk avjämningsmassa. Som framgår av figur 9.15 fanns det inget som helst fuktberoende för de små emissionerna av 1-butanol och 2-etylhexanol som uppmättes från golvsystemen. Ungefär lika mycket 1-butanol och 2-etylhexanol emitterandes såväl vid låg som hög RF, figur 9.15. Detta talar emot att limmerna enbart skulle egenemittera 1-butanol och 2-etylhexanol vid hög RF.



Figur 9.15 – Små emissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol (golvsystem på lågalkalisk avjämningsmassa med dominerande limegenemissioner enligt P/T-analys) versus RF i golvet, 30 mm från ytan. (Polyakrylat)limmerna E eller S [49,57].

De små emissionerna av 1-butanol och 2-etylhexanol från golvsystemen som härrörde från dominerande egenemissioner från limmer enligt P/T-analysen [57], var generella dvs. oberoende av mattyp Att så var fallet visar att de observerade små emissionerna av 1-butanol och 2-etylhexanol ej enbart var reaktionsprodukter som golvsystemets övriga delar utan härrörde från limmerna.

9.8.4 Slutsatser

Eftersom det ingick i målsättningen före hela projektet att 1-butanol och 2-etylhexanol ej skulle förekomma, kan limmer som innehåller dessa ämnen som egenemissioner rimligen ej rekommenderas i synnerhet som små emissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol kunnat uppmätas från de golvsystem där limmerna visade en dominerande förekomst av 1-butanol och 2-etylhexanol vid P/T-analysen [57]. Egenemissioner av 1,4-dioxan från limmerna kunde däremot inte korreleras till golvsystem i vilka lim med en dominerande förekomst av 1,4-dioxan ingick enligt P/T-analysen [57]. Användning av limmer med egenemission av 1,4-dioxan enligt P/T-analysen kan dock rimligen ej accepteras från arbetsmiljösynpunkt [58].

Tabell 9.12 - Relativ effekt av 2-etylhexanol.

	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2
FR	0.00	0.00	-0.21	0.00	0.00	-2.32	-5.68
MO	0.00	0.00	-0.26	0.00	0.00	-6.84	-10.47
PO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.95	-1.00
PV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.63	-0.34

Tabell 9.13 - Relativ effekt av TVOC.

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2
FR	-0.40	-0.27	-1.76	-0.10	-0.29	-2.96	-1.56
MO	-0.46	-0.38	-0.88	-0.24	-0.42	-2.01	-2.31
PO	0.02	-0.09	-0.12	0.02	0.09	-0.25	-0.14
PV	0.04	0.13	0.30	0.44	0.59	-0.32	-0.52

Tabell 9.14 - Relativ effekt av kemisk emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol.

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2
FR	0.00	0.00	-2.45	0.00	0.00	-7.53	-2.88
MO	-0.05	0.00	-1.27	0.00	0.00	-2.88	-3.05
PO	0.00	-0.07	-0.28	-0.12	0.00	-0.65	-0.30
PV	0.00	-0.42	-1.28	-0.55	-0.03	-2.47	-1.53

Tabell 9.15 - Relativ effekt av vidhäftningen.

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2
FR	1.19	0.88	0.77	1.81	0.77	1.21	1.05
MO	0.95	1.72	0.81	1.93	1.21	1.63	1.02
PO	0.77	0.58	0.77	1.72	0.47	0.88	1.02
PV	0.47	0.79	0.63	1.30	0.53	0.49	0.67

Tabell 9.16 - Relativ effekt av fläkningskraften.

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2
FR	0.75	1.22	1.01	1.51	0.71	1.28	1.84
MO	1.70	1.50	1.15	1.66	0.73	1.47	1.01
PO	0.34	0.61	0.35	0.34	0.69	0.61	0.90
PV	1.08	1.10	0.43	1.16	1.06	0.92	0.76

Tabell 9.17 -Valda partialkoefficienter.

Tabell	2-etylh.	TVOC	2-(2-butoxy)	Vidh.	Fläk.
9.18	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
9.19	0.25	0.25	0	0.25	0.25
9.20	0.33	0.33	0	0	0.34
9.21	0.25	0.25	0	0	0.50
9.22	0.50	0	0	0	0.50
9.23	0.33	0	0	0.00	0.67
9.24	0.67	0	0	0	0.33

Tabell 9.18 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter 0.2+0.2+0.2+0.2+0.2).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.31	0.37	-0.53	0.64	0.24	-2.06	-1.45	-0.36
MO	0.43	0.57	-0.09	**0.67**	0.30	-1.73	-2.76	-0.37
PO	0.22	0.21	0.14	0.39	0.25	-0.07	0.10	0.18
PV	0.32	0.32	0.02	0.47	0.43	-0.40	-0.19	0.14
M.v.	0.32	0.37	-0.11	0.54	0.30	-1.07	-1.08	-0.10

Tabell 9.19 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter: 0.25+0.25+0+0.25+0.25).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.38	0.46	-0.05	0.81	0.30	-0.69	-1.09	0.02
MO	0.55	0.71	0.21	**0.84**	0.38	-1.44	-2.69	-0.21
PO	0.28	0.28	0.25	0.52	0.31	0.07	0.19	0.27
PV	0.40	0.51	0.34	0.73	0.54	0.12	0.14	0.40
M.v.	0.40	0.49	0.19	0.72	0.38	-0.49	-0.86	0.12

Tabell 9.20 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter: 0.33+0.33+0+0+0.33).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.11	0.31	-0.32	0.47	0.14	-1.33	-1.80	-0.34
MO	0.41	0.37	0.00	0.47	0.10	-2.46	-3.92	-0.72
PO	0.12	0.17	0.08	0.12	0.26	-0.20	-0.08	0.07
PV	0.37	0.41	0.25	**0.53**	0.55	-0.01	-0.03	0.30
M.v.	0.26	0.32	0.00	0.40	0.26	-1.00	-1.46	-0.17

Tabell 9.21 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter: 0.25+0.25+0+0+0.50).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.27	0.54	0.01	0.73	0.28	-0.68	-0.89	0.04
MO	0.74	0.66	0.29	**0.77**	0.26	-1.48	-2.69	-0.21
PO	0.17	0.28	0.14	0.17	0.37	0.01	0.16	0.19
PV	0.55	0.58	0.29	0.69	0.68	0.22	0.17	0.46
M.v.	0.43	0.52	0.18	0.59	0.40	-0.48	-0.81	0.12

Tabell 9.22 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter: 0.50+0+0+0+0.50).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.37	0.61	0.40	0.75	0.35	-0.52	-1.92	0.01
MO	**0.85**	0.75	0.44	0.83	0.36	-2.69	-4.73	-0.60
PO	0.17	0.31	0.17	0.17	0.34	-0.17	-0.05	0.14
PV	0.54	0.55	0.22	0.58	0.53	0.15	0.21	0.40
M.v.	0.48	0.55	0.31	0.58	0.40	-0.81	-1.62	-0.01

Tabell 9.23 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter: 0.33+0+0+0+0.67).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.50	0.81	0.60	1.01	0.47	0.08	-0.67	0.40
MO	**1.13**	1.00	0.68	1.11	0.48	-1.30	-2.81	0.04
PO	0.23	0.41	0.23	0.23	0.46	0.09	0.26	0.27
PV	0.72	0.74	0.29	0.77	0.70	0.41	0.40	0.58
M.v.	0.64	0.74	0.45	0.78	0.53	-0.18	-0.70	0.32

Tabell 9.24 - Relativ effekt av golvsystem (partialkoefficienter: 0.67+0+0+0+0.33).

Golv	BA	BDG	BS	CEG	RA	RS	RS2	M.v.
FR	0.25	0.41	0.20	0.50	0.24	-1.12	-3.18	-0.39
MO	**0.57**	0.50	0.21	0.55	0.24	-4.07	-6.65	-1.24
PO	0.11	0.20	0.12	0.11	0.23	-0.43	-0.37	0.00
PV	0.36	0.37	0.14	0.39	0.35	-0.11	0.03	0.22
M.v.	0.32	0.37	0.17	0.39	0.26	-1.43	-2.54	-0.35

Fet stil: bästa golvval med givna koefficienter.

10. SAMMANFATTNING, SYNTES OCH REKOMMENDATIONER

10.1 Sammanfattning

Denna rapport omfattar experimentella studier och analyser av ett stort antal golvsystem på betong. I experimenten undersöktes två gummimattor, en polyolefinmatta eller tre PVC-mattor i kombination med tre avjämningsmassor, fem limmer och fyra betonger i fråga om fukt, kemisk emission och vidhäftning. För ändamålet tillverkades betongprover i fält i full skala, härdades 6 mån. parallellt med ett pågående husbyggnadsprojekt. Därefter torkades proverna i laboratoriemiljö 1 mån. före applicering av ytbeläggningar. En stor del av betongytorna försågs med lågalkalisk avjämningsmassa.

Konstant torktid tillämpades för såväl lågalkalisk avjämningsmassa som lim före applicering av mattor. Doseringen av lim skilde något mellan ytbeläggningar av gummimattor och övriga mattor. Före emissionsmätning härdades golvsystemen 6 mån.. Efter omfattande emissionsmätningar vid SP, Borås återtransporterades provkropparna till LTH Byggnadsmaterial, Lund för mätning av fukt, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystemen.

10.2 Slutsatser

10.2.1 Allmänt

Slutsatser drogs för golvsystem på betong (0.25 m) vilken hade torkat ut dubbelsidigt under 1 mån. med i förekommande fall lågalkalisk avjämningsmassa (10 mm) som i sin tur hade torkat ut under 10 dygn, i bägge fallen vid RF = 60% och 20 °C.

10.2.2 Fukt

Beträffande fuktpåverkan kunde följande slutsatser dras:

1. En temperaturökning hade större inverkan på uttorkningshastigheten hos ung betong än hos mogen betong till följd av självuttorkningseffekten.
2. Betong med PVC-matta standard erhöll en skillnad i RF mellan 30 och 60 mm mätdjup på ca 3% beroende på större permeabilitet hos PVC-mattan än hos såväl polyolefinmattan som gummimattorna, med vilka golvet uppvisade en vertikal fuktprofil.
3. Beräkningsprogrammet TorkaS överskattade RF med ca 5% för betong med lågt vct.

10.2.3 Emissioner

Beträffande emissioner kunde följande slutas:

1. Små kemiska emissioner av 1-butanol och 2-etylhexanol erhölls då endera lågalkalisk avjämningsmassa eller alkalibeständigt lim användes på betongytan.
2. Med gummigolv erhölls stor kemisk emission av såväl 2-etylhexanol, TVOC som av 2-(2-butoxyetoxy)etanol då limning skedde direkt till betong med ett standard (polyakrylat)lim i synnerhet då betongen var ung vid limningstillfället.
3. Det fanns ett omvänt samband mellan emissioner och RF i betongen då limning av ytbeläggning skedde med standard (polyakrylat)lim direkt till rå betong.
4. Vid limning av ytbeläggningar på lågalkalisk avjämningsmassa fanns det en tendens till ökande TVOC med ökande RF i golvsystemet.
5. Emissioner av 2-fenoxyetanol kunde relateras till en av de provade avjämningsmassorna.
6. Emissioner av sesquiterpener, vilka härrörde från gummimattorna mer än fördubblades vid ogynnsamt val av lim.
7. Emissioner av en fraktion av undekyl- och dodekylbensener halverades i golvsystemet jämfört med PVC-mattans egenemissioner troligen beroende av att dessa absorberades av betongen, tämligen oberoende av betongens kvalitet.
8. Dominerande egenemissioner av 1-butanol från ett av de provande (polyakrylat)limmerna kunde relateras till små emissioner av 1-butanol från golvsystem med lågalkalisk avjämningsmassa.
9. Dominerande egenemissioner av 2-etylhexanol från ett av de provande (polyakrylat)limmerna kunde relateras till små emissioner av 2-etylhexanol från golvsystem med lågalkalisk avjämningsmassa.
10. Såväl en dominerande som en icke dominerande egenemission av sesquiterpener från två av de studerade limmerna kunde relateras till ökande emission av sesquiterpener från golvsystemen.
11. Från fyra av de fem provade limmerna förekom egenemissioner av 1,4-dioxan, i ett fall dominerande, men dessa kunde ej korreleras till emissioner av 1,4-dioxan från golvsystemen (existerade ej som verklig golvemission).

10.2.4 Vidhäftning

Från vidhäftningsstudierna kunde följande slutsatser dras:

1. Vidhäftningen hos golvsystemet halverades då RF i betongen ökade från 80% till 90% med standard (polyakrylat)lim applicerat på ung betong endast härdad inomhus troligen beroende av att alkalier i betongens yta bröt ned limmet.
2. Mogen betong utomhushärdad under 6 mån. gav ingen effekt på vidhäftningshållfastheten ens vid hög RF troligen till följd av urlakning av alkalier i ytan (karbonatisering för såväl inomhus- som utomhushärdad betong var 1-2 mm.
3. Vidhäftningsbrotten skedde till stor del i övre delen av lågalkalisk avjämningsmassa möjligen beroende på låg hållfasthet hos aluminatcementgelen alternativt på en härdning vid låg RF = 60% direkt efter läggning av avjämningsmassan.
4. Rätt val av lågalkalisk avjämningsmassa och lim mer än fördubblade vidhäftningshållfastheten.
5. Ett av de undersökta alkalibeständiga limmerna var klibbigt även efter lång tid troligen beroende av migration av mjukgörare från PVC-matta standard.
6. Med samtliga studerade mattyper utom polyolefin erhölls fläkningskrafter > 1 N/mm.

10.3 Syntes och förprovning

Inom projektet drogs följande slutsatser:

1. En syntes togs fram med vars hjälp inverkan av relativa effekten av emission av 2-etylhexanol, TVOC, emission av 2-(2-butoxyetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft kan sammanvägas med partialkoefficienter
2. Det togs också fram en förprovningsmetod för golvsystem på betong som beaktar fukt, kemisk emission och vidhäftning (förprovning av golv till Lunds och Trelleborgs Lasarett).

10.4 Rekommendationer

Under förutsättning av att olämpliga ämnen som toluen, 1-butanol, 2-etylhexanol, och 1,4-dioxan ej förekommer i delmaterialens emissioner, att betongen (0.25 m) har torkat ut dubbelsidigt under 1 mån. samt att, vid användning av lågalkalisk avjämningsmassa (10 mm), avjämningsmassan har torkat ut under 10 dygn, bägge i RF = 60% och 20 °C, kan följande rekommendationer ges:

1. Användning av alkalibeständigt lim för linoleummatta, homogen PVC-matta och polyolefinmatta direkt på betong.
2. Användning av lågalkalisk avjämningsmassa och standard (polyakrylat)lim för linoleummatta, homogen PVC-matta och polyolefinmatta och PVC-matta standard (skiktad med fyllnadsmedel).
3. Användning av lågalkalisk avjämningsmassa och alkalibeständigt lim för gummimattor.
4. Använd ej polyolefinmatta då krav finns på fläkningskraft > 1 N/mm.
5. Användning av alkalibeständigt lim till PVC-matta standard lagd på snabbtorkande lågalkalisk avjämningsmassa (10 mm, 3 dygns torktid).
6. Användning av en förprovningsmetod för golvsystem på betong med beaktande av fukt, kemisk emission och vidhäftning (större projekt).

REFERENSER

1. Bertil Persson. Kompatibilitet mellan golvmaterial och betong – Effekt av produktionsmetoder på emissioner, fukt och karbonatisering. Rapport TVBM-7149. LTH Byggnadsmaterial. (2000) 133 sid.
2. l Jouni J.K. Jaakkola et al. Interior Surface Materials in the Home and the Development of Bronchial Obstruction in Young Children in Oslo, Norway. American Journal of Public Health. Vol. 89. No. 2. (1999) 188-192.
3. Bertil Persson. PVC-matta – ett nödvändigt ont på barnklinik i Lund. Husbyggaren 3/2000 (2000) 8-11.
4. Karin Engvall, Christina Norrby. Upplevt inomhusklimat i Stockholms bostadsbestånd. Utrednings och statistikkontoret. Stockholms Stad. 1992.
5. Bertil Persson. Högpresterande betongs hydratation, struktur och hållfasthet. Rapport TVBM-1009. LTH Byggnadsmaterial. 1992, 400 sid.
6. Bertil Persson. Högpresterande betong – en match för management. Byggforskning 90/6. Stockholm, 26-27.
7. Bertil Persson. En fuktfri platta på mark. Cementa 91/1. Stockholm, 11-13.
8. Bertil Persson. Högpresterande betong ger fuktfri platta på mark. Betong 91/1, 8-10.
9. Bertil Persson. Högpresterande betong – möjligheternas material. Byggforskning 91/5, 26-27.
10. Bertil Persson. Högpresterande betong – framtidens byggnadsmaterial. Bygginformation Norr. 91/4, 14-15.
11. Bertil Persson. Högpresterande betong torkar även i vatten. Betong 92/1, 14-16.
12. Bertil Persson. Optimal betong i 90talets byggande. Byggforskning 93/5, 16-17.
13. Bertil Persson. Byggfuktfri betong fyller tio år. Husbyggaren 2/2001, 812.
14. Bertil Persson. Hög lönsamhet med högpresterande betong. Bygg & Teknik 07/2001, 22-25.
15. Bertil Persson. Hög betongkvalitet utesluter fuktproblem. Husbyggaren 5/2001, 10-14.
16. Bertil Persson. Byggfuktfri betong blev 10 år. Föreningen Sveriges Byggnadsinspektörer. 2/2001, 27-28.
17. LarsOlof Nilsson; Göran Hedenblad; Kristina Mjörnell Norling. Vatteninsugning. Ur Handboken Högpresterande Betong. Svensk Byggtjänst. Red.: Christer Ljungkrantz. 2000, 221-225.
18. Göran Hedenblad. Uppmätta fuktfördelningar respektive viktminskningar vid uttorkning av högpresterande betong. Interna rapporter M8:1a och M8:1b. Ur Handboken Högpresterande Betong. Svensk Byggtjänst. Red.: Christer Ljungkrantz. 2000, 220-222.
19. Bertil Persson. Samverkan mellan golvmaterial och betong. Rapport U 98.09. LTH Byggnadsmaterial. 1998, 112 sid.
20. Bertil Persson. Compatibility between Flooring Materials and Concrete. RILEM Materials and Structures. 35. 2002, 170-182.
21. Anders Sjöberg. Secondary Emissions from Concrete Floors with Bonded Flooring Materials – Effects of Alkaline Hydrolysis and Stored Decomposition Products. Publikation P01:2. Chalmers. Göteborg, 2001,188 sid.
22. Johan Alexandersson. Emissions Resulting from Alkali Attack on Adhesives and Floor Coverings. International FLEC Symposium. National Institute of Occupational Health. Copenhagen. 2001, 76-79.
23. Folke Björk, Carl-Axel Eriksson. Measurements of Alkalinity in Concrete by Simple Procedure, to Investigate Transport of Alkaline Material from the Concrete Slab to a Self-levelling Screed. Construction and Building Materials. 2002, 8 sid.
24. Bertil Persson. A Nordtest Method for Verification of Self-desiccation in Concrete. Cement and Concrete Research. 31. 2001, 199-203.
25. Bertil Persson. Nordtest för kontroll av självuttorkning hos betong. Bygg & Teknik 5/99. Stockholm. 1999, 5: 49-52
26. Bertil Persson. Nordtest för kontroll av självuttorkning hos betong. Bygg & Teknik 56/99. Stockholm. 1999, 6: 58-60.
27. Bertil Persson. Betonguttorkning med Byggcement. Bygg & Teknik 07/2000, 30-32.
28. Andreas Allansson, Dan Gren, Petter Flodén-Nilsson. Självuttorkning och torkning av betong. Laborationsuppgift. LTH Byggnadsmaterial. 2000, 19 sid.
29. E. J. Hansen; Kurt Kielsgaard Hansen; Bertil Persson, Concrete, hardened: Self-desiccation. Nordtest Method NT Build 490, Nordtest OY, Espoo, Finland. 1999, 8 sid.
30. Kurt Kielsgaard Hansen, Mette Geiker, A. Kjeldsen, P. Nygaard. Drying of Concrete. NCR. Helsingör. Utgivare Norsk betongförening. Box 2312. Solli. Oslo. Red.: Bager och Glavind. 2002, 283-285.

31. François Beltzung, Folker Wittmann. Influence of Cement Composition on Endogenous Shrinkage. Self-desiccation and Its Importance in Concrete Technology. Report TVBM3104. ISBN 9163119935. LTH Byggnadsmaterial. Red.: Bertil Persson, Göran Fagerlund. 2002, 113-126.
32. Bertil Persson. Deformationer hos husbyggnadsbetong – inverkan av produktionsmetoder på elasticitetsmodul, krypning och krympning. Rapport U99.19. LTH Byggnadsmaterial. 1999, 26 sid.
33. Bertil Persson. Deformationer hos husbyggnadsbetong – inverkan av produktionsmetoder på elasticitetsmodul, krypning och krympning". Rapport TVBM3088 LTH Byggnadsmaterial. Lund. 1999, 71 sid.
34. Peter Friberg, Peter Weywardt. Självuttorkning och torkning av betong. FK 2001. LTH Byggnadsmaterial. 2001, 11 sid.
35. Bertil Persson. Hög betongkvalitet utesluter fuktproblem. Husbyggaren 5/2001, 10-14.
36. Bertil Persson. Self-desiccation and Its Importance in Concrete Technology. Materials and Structures 30. 1997, 293-305.
37. Bertil Persson. Moisture in Concrete Subjected to Different Kinds of Curing. Materials and Structures 30. 1997, 533-544.
38. Petter Flodén-Nilsson. Kvalitetssäkring av fuktmätningar samt uttorkning av betong vid Barnkliniken, Universitetssjukhuset, Lund. Rapport TVBM-5047. LTH Byggnadsmaterial. 2000, 49 pp.
39. Karin Adalberth. Building and Environment. Elsevier. London. Vol. 32. No 4, sid. 317-320.
40. Anders Axelsson, Lars Andrén. Värmeboken. Wahlström & Widstrand. 2000, sid.99.
41. Bertil Persson, Anders Johansson, Peter Johansson. The Benefit of Using High-Performance Concrete. Concrete International. 1999, sid. 58-62.
42. Bertil Persson. Uttorkning och emissioner hos belagda betonggolv med glasfillerinblandning. Rapport U 99.02. LTH Byggnadsmaterial. 1999, 97 sid.
43. Birgitta Ek-Olausson. PM angående emissionsmätningar. SP. 2002, 1 sid.
44. Ove Säberg. Mätning av målningsfärgers vidhäftning. Nordiska Institutet för Färgforskning. Köpenhamn. Korrosion och Ytskydd. 3/1972, 4 sid.
45. Europeisk provnorm Peel test , prEN 1372.
46. Thomas Linneroth. Fuktmätningsprotokoll nr. 194, 204, 223 och 234. Monomet AB. 2001, 8 sid.
47. Lars-Olof Nilsson. Temperature effects in relative humidity measurements on concrete some preliminary studies. Fuktgruppen informerar Rapport 1987:1. Byggforskningsrådet. 1987, sid 84.
48. David Lange. Personlig information. dlange@uiuc.edu
49. Birgitta Ek-Olausson. Emissionsprovning av material. SP rapport KMo 6324:17. 2002, 76 sid.
50. Bertil Persson. Fukt och emissioner i provgolv till US, Lund. Rapport U00.01 (PEAB AB, Förslöv). LTH Byggnadsmaterial. Lund. 2000, 8 sid.
51. Bertil Persson. Golv till Barnkliniken, Universitetssjukhuset, Lund. Rapport U99.20. LTH Byggnadsmaterial. Lund. 1999, 19 sid.
52. Bertil Persson. Fukt- och emissionsmätning av golv till Trelleborgs lasarett. Rapport U02.03, LTH Byggnadsmaterial. Lund. 2002, 16 sid.
53. Folke Björk, Carl-Axel Eriksson. Degradation of Components in Flooring Systems in Humid and Alkaline Environments. Construction and Building Materials. 2002, 8 sid.
54. Jan Kristensson. Personlig inforamtion. Lund. 2002.
55. Anders Thorsén. Aluminatcement i byggnader från 1926-1941 kan bli kostsamt för fastighetsägare. Bygg&Teknik 07/2002, 32-33.
56. Lennart Sturefeldt. Sammanställning och visuell bedömning av typ av vidhäftningsbrott i lim, golvbeläggningar och underlag efter utförd hållfasthetstest. Nyhamnsläge. 2002.
57. Birgitta Ek-Olausson. Resultat av emissioner från golvsystem. PM. SP. Borås. 2002, 8 sid.
58. Utdrag ur klassificeringslistan. Cancerframkallande ämnen. www.kemi.se/klass/mark/ut/klass/97/5/Cancer.htm.

APPENDIX

Appendix 1 – FLEC mätapparatur

Appendix 2 – Tidigare forskning

Appendix 3 – Material och metoder

Appendix 4 – Resultat av uttorkningsförsök

Appendix 5 – Resultat av emissionsförsök

Appendix 6 – Resultat av vidhäftnings

Appendix 7 – Resultat av fläkningsförsök

Appendix 8 – Felkällor och noggrannhet

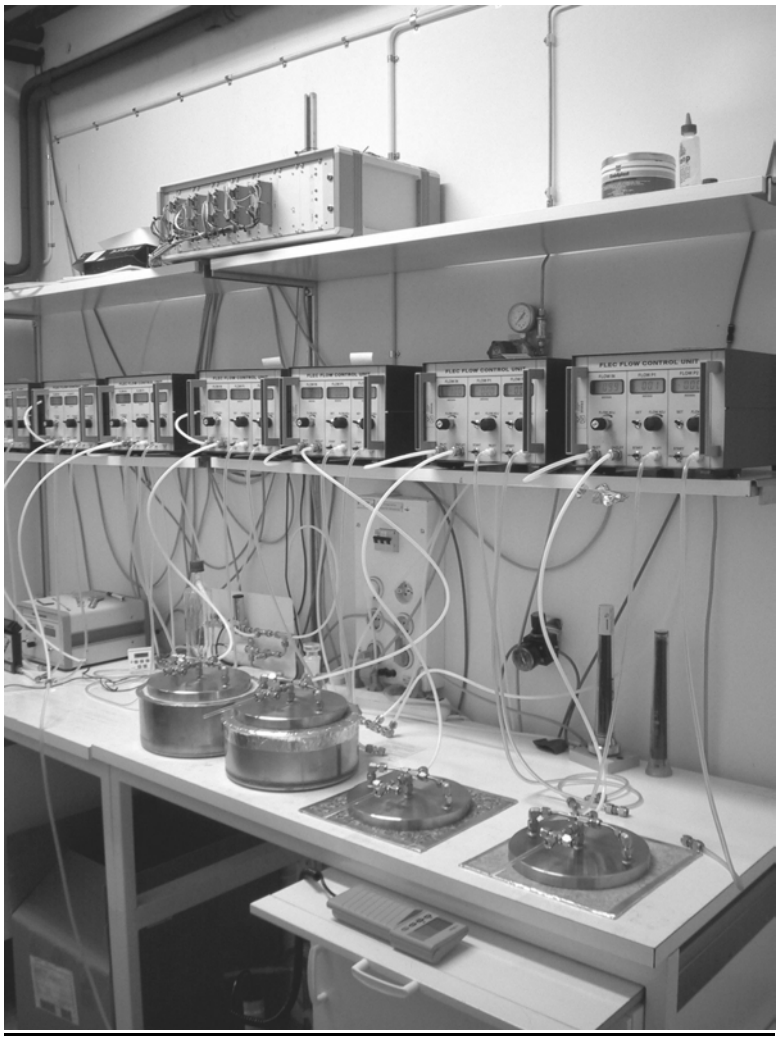
Appendix 9 – Diskussion

Appendix 10 – Rådata från emissionsmätningar [49]

Beteckningar:

sesq.	sesquiterpener
A	alkalibeständigt lim A
Ad	adhesionsbrott
B	lågalkalisk avjämningsmassa Bostik Flyt med primer Bostik 6000
C	lågalkalisk avjämningsmassa Casco Schönox CP 3618 med primer Schönox KH
D	alkalibeständigt lim D
E	standard (polyakrylat)lim E
Fläk.	fläkningskraft (N/mm)
FR	Freudenberg gummimatta
G	alkalibeständigt lim G
Ko	kohesionsbrott
Mv	medelvärde
MO	gummimatta Mondo Punti
O	lågalkalisk avjämningsmassa Optiroc ABS 148 med primer Optiroc MD 16
Prov 1	fläkningsprov för provkropp nr 1
PO	polyolefinmatta Tarkett Sommer SuperNova 54749
PT	PVC-ytbeläggning, homogen, Tarkett Sommer Optima 3100
PU	PVC-ytbeläggning, homogen, Armstrong Royal 510494
PV	PVC-ytbeläggning, standard, Tarkett Sommer NordicPlus H2 031 (fyllnadsmedel, skiktad, skumbaksida)
R	rå betong
RF	relativ fuktighet (%)
S	standard (polyakrylat)lim S
SP	Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås
Std	standardavvikelse
Varians	standardavvikelse/medelvärde
Vidh.	vidhäftningshållfasthet (N/mm²)
X	lågalkalisk avjämningsmassa ABS 147
Y	lågalkalisk avjämningsmassa Strå Universal
Z	lågalkalisk avjämningsmassa Vetonit Pronto
2	provomgång 2
2-etyl.	2-etylhexanol
2-fenox.	2-fenoxyetanol
2-(2-but.)	2-(2-butoxyetoxy)etanol
30	mätdjup 30 mm
75	vattencementtal, vct (%)

Appendix 1 – FLEC mätapparatur



Appendix 2 – Tidigare forskning

Appendix 2.1 – Sammansättning av betonger för mätning av uttorkning (kg/m³)

Material	Recept	Vct = 0.37	Vct = 0.48	Vct = 0.75
Makadam	Hardeberga 11-16	915	815	855
Naturgrus	Kvidinge 0-8	775	920	1045
Cement	Byggcement	450	415	250
Filler	Microfiller	60	20	17
Flytmedel	Glenium 51	2.7	2.5	0
Luftporbildare	Microair	0.1	-	-
Vatten	Från kran	163.5	198	188
Densitet	Våt	2366	2371	2355

Appendix 2.2 – Sammansättning av betonger till Barn- och Ungdomssjukhus vid Lunds Lasarett (kg/m³)

Material	Beteckning	Vct = 0.38	Vct = 0.55
Makadam	11-18	1047	832
Naturgrus	0-8	702	1013
Cement	Slite Std	450	340
Filler	Glasfiller	59	20
Flytmedel	Peramin FS	2	1
Luftporbildare		0.06	0.55
Vatten		167	187

Appendix 3 – Material och metoder

Appendix 3.1 - Sammanställning av provkroppar 1-40

Nr	Beteckn.	Vct	Gjut.	Avjämning	Avj.	Limtyp	Limn.	Mattyp
1	37BAFR	0.37	7/3-01	Bostik Flyt	17/9-01	Lim A	27/9-01	Freudenberg
2	37BAMO		7/3	”	17/9	”	27/9	Mondo
3	37BAPO		7/3	”	17/9	”	27/9	Tarkett polyolefin
4	37BAPV		7/3	”	17/9	”	27/9	Tarkett PVC
5	37BSFR		7/3	„	17/9	Lim S	27/9	Freudenberg
6	37BSMO		7/3	“	17/9	“	27/9	Mondo
7	37BSPO		7/3	“	17/9	“	27/9	Tarkett polyolefin
8	37BSPV		7/3	”	17/9	”	27/9	Tarkett PVC
9	37BGFR		7/3	„	17/9	Lim G	27/9	Freudenberg
10	37BGMO		7/3	“	17/9	Lim G	27/9	Mondo
11	37BDPO		7/3	“	17/9	Lim D	27/9	Tarkett polyolefin
12	37BDPV		7/3	”	17/9	Lim D	27/9	Tarkett PVC
13	37CGFR		7/3	Schönox CP3618	17/9	Lim G	27/9	Freudenberg
14	37CGMO		7/3	Schönox CP3618	17/9	Lim G	27/9	Mondo
15	37CEPO		7/3	Schönox CP3618	17/9	Lim E	27/9	Tarkett polyolefin
16	37CEPV		7/3	Schönox CP3618	17/9	Lim E	27/9	Tarkett PVC
17	37RAFR		7/3	Rå betong		Lim A	27/9	Freudenberg
18	37RAMO		7/3			”	27/9	Mondo
19	37RAPO		7/3			”	27/9	Tarkett polyolefin
20	37RAPV		7/3			”	27/9	Tarkett PVC
21	37RSFR		7/3			Lim S	27/9	Freudenberg
22	37RSMO		7/3			“	27/9	Mondo
23	37RSPO		7/3			“	27/9	Tarkett polyolefin
24	37RSPV		7/3			”	27/9	Tarkett PVC
25	48BAFR	0.48	24/1	Bostik Flyt	18/9	Lim A	28/9	Freudenberg
26	48BAMO		24/1	”	18/9	”	28/9	Mondo
27	48BAPO		24/1	”	18/9	”	28/9	Tarkett polyolefin
28	48BAPV		24/1	”	18/9	”	28/9	Tarkett PVC
29	48BSFR		24/1	„	18/9	Lim S	28/9	Freudenberg
30	48BSMO		24/1	“	18/9	“	28/9	Mondo
31	48BSPO		24/1	“	18/9	“	28/9	Tarkett polyolefin
32	48BSPV		24/1	”	18/9	”	28/9	Tarkett PVC
33	48BGFR		24/1	„	18/9	Lim G	28/9	Freudenberg
34	48BGMO		24/1	“	18/9	Lim G	28/9	Mondo
35	48BDPO		24/1	“	18/9	Lim D	28/9	Tarkett polyolefin
36	48BDPV		24/1	”	18/9	Lim D	28/9	Tarkett PVC
37	48RAFR		24/1	Rå betong		Lim A	28/9	Freudenberg
38	48RAMO		24/1			”	28/9	Mondo
39	48RAPO		24/1			”	28/9	Tarkett polyolefin
40	48RAPV		24/1			”	28/9	Tarkett PVC

Appendix 3.2 - Sammanställning av provkroppar 41-82

Nr	Beteckn.	Vct	Gjut.	Avjämning	Avjämning	Limtyp	Limn.	Mattyp
41	48RSFR		24/1			Lim S	28/9	Freudenberg
42	48RSMO		24/1			“	28/9	Mondo
43	48RSPO		24/1			“	28/9	Tarkett polyolefin
44	48RSPV		24/1			”	28/9	Tarkett PVC
45	75BAFR	0.75	28/3	Bostik Flyt	19/9	Lim A	29/9	Freudenberg
46	75BAMO		28/3	”	19/9	”	29/9	Mondo
47	75BAPO		28/3	”	19/9	”	29/9	Tarkett polyolefin
48	75BAPV		28/3	”	19/9	”	29/9	Tarkett PVC
49	75BSFR		28/3	„	19/9	Lim S	29/9	Freudenberg
50	75BSMO		28/3	“	19/9	“	29/9	Mondo
51	75BSPO		28/3	“	19/9	“	29/9	Tarkett polyolefin
52	75BSPV		28/3	”	19/9	”	29/9	Tarkett PVC
53	75BGFR		28/3	„	19/9	Lim G	29/9	Freudenberg
54	75BGMO		28/3	“	19/9	Lim G	29/9	Mondo
55	75BDPO		28/3	“	19/9	Lim D	29/9	Tarkett polyolefin
56	75BDPV		28/3	”	19/9	Lim D	29/9	Tarkett PVC
57	75CGFR		28/3	Schönox CP3618	19/9	Lim G	29/9	Freudenberg
58	75CGMO		28/3	Schönox CP3618	19/9	Lim G	29/9	Mondo
59	75CEPO		28/3	Schönox CP3618	19/9	Lim E	29/9	Tarkett polyolefin
60	75CEPV		28/3	Schönox CP3618	19/9	Lim E	29/9	Tarkett PVC
61	75RAFR		28/3	Rå betong		Lim A	29/9	Freudenberg
62	75RAMO		28/3			”	29/9	Mondo
63	75RAPO		28/3			”	29/9	Tarkett polyolefin
64	75RAPV		28/3			”	29/9	Tarkett PVC
65	75RSFR		28/3			Lim S	29/9	Freudenberg
66	75RSMO		28/3			“	29/9	Mondo
67	75RSPO		28/3			“	29/9	Tarkett polyolefin
68	75RSPV		28/3			”	29/9	Tarkett PVC
69	37RSFR2	0.37	11/12	Rå betong		Lim S	15/1	Freudenberg
70	37RSMO2			”		“	15/1	Mondo
71	37RSPO2			”		“	15/1	Tarkett polyolefin
72	37RSPV2			”		”	15/1	Tarkett PVC
73	75RSFR2	0.75	11/12	„		Lim S	15/1	Freudenberg
74	75RSMO2			“		“	15/1	Mondo
75	75RSPO22			“		“	15/1	Tarkett polyolefin
76	75RSPV2			”		”	15/1	Tarkett PVC
77	35OAPT1	0.35	14/4-02	ABS 148	7/5-02	Lim A	15/5-02	Tarkett Optima PVC homogen
78	35OAPT2							
79	**35OAPT3**							
80	**35OEPU1**	0.35	14/4-02	ABS 148	7/5-02	Lim E	15/5-02	Armstrong Royal PVC homogen
81	35OEPU2							
82	35OEPU3							

Appendix 3.3 – Sammansättning av betonger (kg/m³)

Recept	Sort	Vct = 0.37	Vct = 0.39 (plattbärlag)	Vct = 0.48	Vct = 0.75
Sten	8 - 18		805		
Sten	11 - 18	915		815	855
Grus	0 - 8	775	1023	920	1045
Cement	Byggcement	450	383	415	250
Filler	Microfiller	60		20	17
Flytmedel	Conpac 30	2.7		2.5	0
Flytmedel	Flyt 92M		3.1		
Luftporbildare	Peramin HPA	0.1			
Vatten	Från kran	163.5	148	198	188
Densitet	Våt	2366	2369	2371	2355
Lufthalt	%	2.9		1.4	2.3
Sättmått	mm	230		140	125
Temperatur	°C	18		21	16
Hållfasthet	28 dygn. MPa	63		62	40
Gjutdag		7/3-01	2/1-01	24/1-01	28/3-01
Våningsplan		3		2	

Appendix 4 – Resultat av uttorkningsförsök

Appendix 4.1 – Fuktmätningar på arbetsplats (%RF)
Appendix 4.2 - Uttorkning vid olika temperaturer av betongcylindrar (diameter 150, längd 250 mm)
Appendix 4.3 – Fuktmätning i uttorkade prover utan beläggning
Appendix 4.4 – Fukt i uttorkade prover utan beläggning (%RF)
Appendix 4.5 – Fukt i prover 1-44 efter emissionsmätningar (%RF)
Appendix 4.6 – Fukt i prover 45-82 efter emissionsmätningar (%RF)

Appendix 4.1 –Fuktmätningar på arbetsplats (%RF)

Punkt	371	372	373	374	375	37MV	481	482	483	484	485	48MV	Std37	Std48	Var37	Var48
Ålder:																
80 d	89.0	86.5	86.5	87.5	87.5	87.4							1.0		0.012	
150							88.5	87.5	86.5	92.5	90.5	89.1		2.4		0.027
150	79.5	80.5	80.0	80.5	84.5	81.0							2.0		0.025	
220							84.5	84.5	84.5	87.5	87.0	85.6		1.5		0.018
190		82.0	84.0		82.5	82.8							1.0		0.013	
240							86.5		88.5	88.0	87.0	87.5		0.9		0.011
M.v.													1.4	1.6	0.016	0.019

d = dygn; M.v. = medelvärde; Std = standardavvikelse; Var = variationskoefficient; 371 = mätpunkt 1 för betong med vct = 0,37%.

Appendix 4.2 - Uttorkning vid olika temperaturer av betongcylindrar

Prov	Givare	Avläst RF	Temp	Kalibr. RF%	Härdn. klimat	Mätdatum	Mättid. h	Kalibr. (20 °C)
0.50/1	V15	89	19.6	92	+20/60%	2001-10-03	48	92
	V16	87	19.6	90.5				90.5
0.50/2	V19	86.5	19.8	89	+20/60%	2001-10-03	48	89
	V20	88	19.7	91				91
0.50/3	V16	86.4	25.4	89.5	+25/60%	2001-10-10	48	88.5
	V17	87.2	25.6	90				89
0.50/4	V29	85.7	25.7	88	+25/60%	2001-10-10	48	87
	V30	87.4	25.4	89.5				88.5
0.50/5	V29	86.9	15.3	89.5	+15/60%	2001-10-17	48	90.5
	V30	86.3	15.1	88.5				89.5
0.50/6	V17	87.6	15.7	90	+15/60%	2001-10-17	48	91
	V18	87.4	15.6	89.5				90.5
0.38/1	V23	84.0	19.6	88.5	+20/60%	2001-10-03	48	88.5
	V24	84.5	19.6	88.5				88.5
0.38/2	V25	89.3	19.7	92.5	+20/60%	2001-10-03	48	92.5
	V26	89.3	19.7	93				93
0.38/3	V27	83.2	19.8	88	+20/60%	2001-10-03	48	88
	V28	87	19.8	90				90
0.38/4	V29	85.6	19.8	88	+20/60%	2001-10-03	48	88
	V30	87	19.5	89				89
0.38/5	V10	80.6	25.5	89	+25/60%	2001-10-10	48	88
	V11	81.4	25.4	87.5				86.5
0.38/6	V18	86.9	25.3	89	+25/60%	2001-10-10	48	88
	V19	85.5	25.3	88				87
0.38/7	V13	85.0	25.6	87	+25/60%	2001-10-10	48	86
	V14	85.6	25.6	87.5				86.5
0.38/8	V19	87.5	15.4	90.5	+15/60%	2001-10-17	48	91.5
	V20	87.4	15.3	90.5				91.5
0.38/9	V25	85.2	15	88	+15/60%	2001-10-17	48	89
	V26	86.1	15.1	89.5				90.5
0.38/10	V15	86.1	15.6	88.5	+15/60%	2001-10-17	48	89.5
	V16	86.3	15.6	89.5				90.5
0.76/1	V17	90.5	19.9	93.5	+20/60%	2001-10-03	48	93.5
	V18	91	19.7	93				93
0.76/2	V21	90	19.6	93	+20/60%	2001-10-03	48	93
	V22	90	19.7	93.5				93.5
0.76/3	V20	89.3	25.4	92.5	+25/60%	2001-10-10	48	91.5
	V21	90.1	25.3	93				92
0.76/4	V25	88.4	25.4	92	+25/60%	2001-10-10	48	91
	V26	87.3	25.4	91				90
0.76/5	V27	86.6	25.6	92	+25/60%	2001-10-10	48	91
	V28	87.4	25.6	90.5				89.5
0.76/6	V13	90.8	15.3	93.5	+15/60%	2001-10-17	48	94.5
	V14	90.9	15.3	94				95
0.76/7	V10	84	15.2	93	+15/60%	2001-10-17	48	94
	V11	86.7	15.1	93				94
0.76/8	V27	88.9	15.3	94.5	+15/60%	2001-10-17	48	95.5
	V28	90.3	15.4	93.5				94.5

Appendix 4.3 – Fuktmätning i uttorkade prover utan beläggning

Givare	Prov	15 °C	Kal	20 °C	Kal	Prov	20 °C (25 °C)	Kal	Prov	20 °C (20 °C	Kal	Givare
10	75	70.0	77.9	70.5	78.5	75	68.1	75.7	48	68.0	75.6	10
11	37	64.8	69.2	66.1	70.7	37	64.5	68.9	37	65.2	69.7	11
12	37	66.5	71.1	67.7	72.4	37	66.3	70.9	37	65.8	70.3	12
13	75		-5.3		-5.3	76	73.3	75.1	37	68.1	69.4	13
14	48	71.1	72.3	72.4	73.8	48	69.3	70.3	75	74.4	76.0	14
15	75	80.3	83.1	80.8	83.7	75	79.3	82.0	37	72.6	74.5	15
16	48	75.5	78.2	76.9	79.8	48	74.3	76.9	75	78.2	81.2	16
17	37	68.1	69.6	69.6	71.3	37	68.0	69.5	75	73.4	75.5	17
18	48	74.8	76.2	76.0	77.6	48	73.3	74.6	37	71.4	72.5	18
19	37	74.7	77.2	75.9	78.5	37	74.5	77.0	75	81.0	84.3	19
20	37					37	73.1	75.9	48	74.1	77.0	20
21									37	72.0	74.1	21
22												22
23	75	78.8	82.6	79.3	83.1	75	77.4	81.0	37	70.3	73.1	23
24	48	75.1	79.2	76.4	80.6	48	73.2	77.0	48	72.0	75.7	24
25	37	73.2	75.0	74.9	76.9	37	73.0	74.8				25
26	75	78.2	81.2	78.6	81.7	75	77.8	80.8	75	76.8	79.7	26
27	75	78.0	82.7	78.3	83.0	75	76.9	81.4	48	73.0	77.0	27

Appendix 4.4 – Fukt i uttorkade prover utan beläggning (%)

Vct	ΔRF/ΔT	RF	20 °C (15 °C)	RF	20 °C (25 °C)	RF	20 °C (20 °C)	RF	
0.37	0.308	72.4	0.37	74.0	0.37	72.8	0.37	71.9	Medelvärde
0.48	0.290	76.5	0.48	77.9	0.48	74.7	0.48	76.3	
0.75	0.099	81.5	0.75	82.0	0.75	79.4	0.75	79.3	
0.37		3.5	0.37	3.5	0.37	3.5	0.37	2.1	Stdav
0.48		3.0	0.48	3.0	0.48	3.1	0.48	0.8	
0.75		2.1	0.75	2.1	0.75	3.1	0.75	3.7	
		2.9		2.9		3.2		2.2	Stdavmv

Appendix 4.5 – Fukt i prover 1-44 (%RF)

										Skillnad: 60 - 30 mm			
Nr	Beteckn.	Avl. 30	Givare	RH 30	Avl 60	Givare	RH 60	RH50	Vct	FR	MO	PO	PV
1	37BAFR	80.1	31	80.9	83.4	32	83.8	83.2	0.37	2.9			
2	37BAMO	74.7	10	84.0	81.9	18	85.8	85.5	0.37		1.8		
3	37BAPO	80.2	33	82.1	78.8	14	83.4	83.2	0.37			1.3	
4	37BAPV	75.3	17	78.8	78.8	19	82.8	82.0	0.37				4.0
5	37BSFR	80.6	28	84.4	80.9	29	84.9	84.8	0.37	0.4			
6	37BSMO	83.9	32	84.3	83.8	31	84.9	84.8	0.37		0.6		
7	37BSPO	77.7	23	77.7	82.9	33	85.1	83.7	0.37			7.4	
8	37BSPV	77.6	21	81.4	82.2	20	87.0	86.0	0.37				5.6
9	37BGFR	79.4	28	83.1	82	33	84.1	83.9	0.37	1.0			
10	37BGMO	77.6	19	81.6	79.1	29	82.8	82.6	0.37		1.3		
11	37BDPO	73	10	82.2	78.8	16	83.2	83.0	0.37			1.0	
12	37BDPV	76.1	31	76.6	81.8	32	82.1	81.0	0.37				5.5
13	37CGFR	77.1	28	80.5	77.6	15	81.8	81.6	0.37	1.3			
14	37CGMO	79.1	13	83.9	80.3	21	84.2	84.1	0.37		0.3		
15	37CEPO	74.2	20	78.6	76.1	21	79.9	79.6	0.37			1.2	
16	37CEPV	71.8	12	78.2	77.5	29	81.0	80.5	0.37				2.8
17	37RAFR	80.5	19	84.5	80.7	29	84.7	84.6	0.37	0.1			
18	37RAMO	83.1	18	87.1	81.6	17	88.3	88.0	0.37		1.2		
19	37RAPO	79.1	21	82.9	79.1	20	83.8	83.6	0.37			0.8	
20	37RAPV	74.3	12	80.8	79.6	14	84.3	83.6	0.37				3.5
21	37RSFR	79.6	17	86.2	81.4	18	85.3	85.5	0.37	-0.9			
22	37RSMO	81	17	87.7	81.2	16	85.7	86.0	0.37		-2.0		
23	37RSPO	82.3	16	86.8	82.9	15	87.3	87.2	0.37			0.6	
24	37RSPV	74.1	16	78.4	81.6	23	86.2	84.7	0.37				7.8
25	48BAFR	83.4	14	88.3	81.4	12	88.1	88.1	0.48	-0.3			
26	48BAMO	78.3	10	87.8	83.3	13	88.2	88.2	0.48		0.4		
27	48BAPO	83.6	19	87.7	83	29	87.3	87.4	0.48			-0.5	
28	48BAPV	80.3	25	83.7	80.3	22	84.0	84.0	0.48				0.3
29	48BSFR	81.6	13	86.5	81.9	14	86.7	86.7	0.48	0.2			
30	48BSMO	83	15	87.4	80.8	12	87.5	87.5	0.48		0.0		
31	48BSPO	83.9	25	87.4	83.1	22	85.3	85.7	0.48			-2.0	
32	48BSPV	77.7	11	85.2	81.8	15	86.2	86.0	0.48				1.0
33	48BGFR	81.4	15	85.8	82.7	28	86.8	86.6	0.48	1.0			
34	48BGMO	82.2	26	83.2	81.2	27	85.3	84.9	0.48		2.1		
35	48BDPO	82.3	28	86.4	83.4	30	86.7	86.6	0.48			0.3	
36	48BDPV	84.2	17	90.9	83.7	27	88.8	89.2	0.48				-2.1
37	48RAFR	85	33	87.4	84.9	30	88.3	88.2	0.48	0.9			
38	48RAMO	84.9	28	89.3	84.3	29	88.8	88.9	0.48		-0.5		
39	48RAPO	83.6	27	88.7	84	26	85.3	85.9	0.48			-3.4	
40	48RAPV	81.9	26	82.9	81.1	27	86.1	85.5	0.48				3.2

Appendix 4.6 – Fukt i prover 45-82 (%RF)

										Skillnad: 60 och 30 mm			
Nr	Beteckn.	Avl. 30	Givare	RH 30	Avl 60	Givare	RH 60	RH50	Vct	FR	MO	PO	PV
41	48RSFR	86.5	31	87.9	83.1	23	87.7	87.8	0.48	-0.1			
42	48RSMO	83.9	11	91.6	86.2	22	88.5	89.1	0.48		-3.1		
43	48RSPO	81.8	10	91.5	83.8	12	90.5	90.7	0.48			-1.0	
44	48RSPV	80.2	24	85.2	79.3	11	86.8	86.5	0.48				1.6
45	75BAFR	90.7	32	91.6	87.5	14	92.7	92.5	0.75	1.1			
46	75BAMO	86.7	15	91.3	84.8	12	91.5	91.5	0.75		0.2		
47	75BAPO	92	31	93.8	90.2	30	94.3	94.2	0.75			0.4	
48	75BAPV	86.6	22	89.0	87.4	25	90.9	90.6	0.75				2.0
49	75BSFR	86.7	21	90.8	87.3	13	92.4	92.1	0.75	1.6			
50	75BSMO	84	11	91.7	86	24	91.3	91.4	0.75		-0.4		
51	75BSPO	84.1	12	90.8	89	33	91.8	91.6	0.75			1.0	
52	75BSPV	85.6	17	92.4	87.1	16	91.7	91.8	0.75				-0.7
53	75BGFR	85.2	13	90.2	85.8	16	90.4	90.3	0.75	0.1			
54	75BGMO	85.3	23	90.1	85.1	24	90.4	90.3	0.75		0.3		
55	75BDPO	87.8	19	92.1	86.4	20	91.4	91.5	0.75			-0.6	
56	75BDPV	81.8	18	85.7	87.3	10	97.3	93.5	0.75				11.6
57	75CGFR	88.1	30	91.9	83.9	11	91.6	91.7	0.75	-0.3			
58	75CGMO	90.9	32	91.8	90.1	31	91.8	91.8	0.75		-0.1		
59	75CEPO	86.1	17	92.9	87.5	18	91.7	91.9	0.75			-1.2	
60	75CEPV	87.8	24	93.2	89.3	26	91.3	91.7	0.75				-1.8
61	75RAFR	90.3	18	94.7	90.4	25	94.0	94.1	0.75	-0.6			
62	75RAMO	90.2	29	95.5	90.8	28	95.9	95.8	0.75		0.5		
63	75RAPO	90.5	14	95.9	90.2	15	95.0	95.1	0.75			-0.9	
64	75RAPV	90	19	94.3	89.1	13	94.3	94.3	0.75				0.0
65	75RSFR	88.3	19	92.6	86.9	20	91.9	92.1	0.75	-0.6			
66	75RSMO	93.7	32	94.9	92	33	95.1	95.0	0.75		0.2		
67	75RSPO	87.9	14	92.6	91.5	32	92.5	92.5	0.75			-0.1	
68	75RSPV	88	30	91.8	89.9	31	91.6	91.6	0.75				-0.2
69	37RSFR2	74.5	24	79.3	77.9	18	81.6	81.2	0.37	2.3			
70	37RSMO2	77.5	30	80.0	77.1	16	81.5	81.2	0.37		1.4		
71	37RSPO2	74.4	19	78.3	76.5	21	80.3	79.9	0.37			2.0	
72	37RSPV2	72.9	29	75.8	75.9	15	80.0	79.2	0.37				4.2
73	75RSFR2	88.1	14	93.3	86.3	12	93.1	93.1	0.75	-0.2			
74	75RSMO2	87.9	23	92.8	89.6	25	93.2	93.2	0.75		0.5		
75	75RSPO22	88.4	22	92.4	87.8	27	92.1	92.2	0.75			-0.3	
76	75RSPV2	86.5	17	93.3	87.2	20	92.3	92.5	0.75				-1.0
77	35OAPT1	84.4	18	88.5	80.9	11	88.5	88.5	0.37			0.1	
78	35OAPT2	82.6	25	86.0	83.2	22	85.4	85.5	0.37			-0.6	
79	35OAPT3	80.5	17	87.1	81.5	27	85.6	85.9	0.75			-1.5	
80	35OFPU1	77.6	10	87.1	85.2	30	88.7	88.4	0.75			1.6	
81	35OFPU2	79.9	21	83.8	82.4	15	86.8	86.2	0.75			3.0	
82	35OFPU3	79.0	12	85.6	81.0	20	85.8	85.7	0.75			0.2	
Nr	Beteckn.	Avl. 30	Givare	RH 30	Avl 60	Givare	RH 60	RH50	Vct	FR	MO	PO	PV
Genomsnittlig skillnad mellan RF på 60 mm mätdjup och RF på 30 mm										0.5	0.2	0.2	2.5

Appendix 5 – Resultat av emissionsförsök

Appendix 5.1– Emissionsmätningar av prover 1-44 (µg/m²h) [49]

Nr	Beteckning	RH 30 (%)	TVOC	1-butanol	2-(2-butoxyetoxy)etanol	2-etylhexanol	2-fenoxyetanol	sesquiterpener	Fraktion av undekyl- och dodekylbensen
1	37BAFR	80.9	115		0		21	21	
2	37BAMO	84.0	99		0		20	16	
3	37BAPO	82.1	14		0		12		
4	37BAPV	78.8	180		0		20		94
5	37BSFR	84.4	345	ca 1	194	6	26	15	
6	37BSMO	84.3	103	< 1	20	5	9	10	
7	37BSPO	77.7	29	< 1	14		9		
8	37BSPV	81.4	217	ca 1	83	ca 1	23		59
9	37BGFR	83.1	93	< 1	0		16	5	
10	37BGMO	81.6	102	< 1	0		14		
11	37BDPO	82.2	20	ca 2	6		10		
12	37BDPV	76.6	175	ca 3	19	ca 2	20		72
13	37CGFR	80.5	74		0			6	
14	37CGMO	83.9	59	< 1	0				
15	37CEPO	78.6	12	ca 2	7				
16	37CEPV	78.2	191	ca 4	33	ca 3			80
17	37RAFR	84.5	117		0			27	
18	37RAMO	87.1	90		0			21	
19	37RAPO	82.9	< 10		0				
20	37RAPV	80.8	166		0				85
21	37RSFR	86.2	746	< 1	565	68		19	
22	37RSMO	87.7	576		225	272		9	
23	37RSPO	86.8	94	< 1	48	40			
24	37RSPV	78.4	462	< 1	220	28			116
25	48BAFR	88.3	148		0	6	29	25	
26	48BAMO	87.8	86		0	5	8	15	
27	48BAPO	87.7	< 10		0		5		
28	48BAPV	83.7	358		0		36		198
29	48BSFR	86.5	421	ca 1	228	6	37	19	
30	48BSMO	87.4	209	ca 1	100	5	26	9	
31	48BSPO	87.4	47	< 1	20		19		
32	48BSPV	85.2	205	< 1	70		29		58
33	48BGFR	85.8	123	< 1	0		26	7	
34	48BGMO	83.2	71		0		10		
35	48BDPO	86.4	36	ca 2	7		17		
36	48BDPV	90.9	284	ca 2	25	ca 2	40		95
37	48RAFR	87.4	132		0			25	
38	48RAMO	89.3	103		0			21	
39	48RAPO	88.7	< 10						
40	48RAPV	82.9	168		5				89

Appendix 5.2– Emissionsmätningar av prover 45-82 samt egenemission (µg/m²h) [49]

Nr	Beteckning	RH 30 (%)	TVOC	1-butanol	2-(2-butoxyetoxy)etanol	2-etylhexanol	2-fenoxyetanol	Sesquiterpener	Fraktion av undekyl- och dodekylbensen
41	48RSFR	87.9	737	< 1	586	58		17	
42	48RSMO	91.6	345		161	104		9	
43	48RSPO	91.5	91	< 1	70	13			
44	48RSPV	85.2	316	< 1	167	7			73
45	75BAFR	91.6	144			6	28	24	
46	75BAMO	91.3	112		8	5	26	16	
47	75BAPO	93.8	24				16		
48	75BAPV	89.0	262				44		123
49	75BSFR	90.8	385	< 1	20	6	37	13	
50	75BSMO	91.7	217	< 1	108	5	24	9	
51	75BSPO	90.8	38	< 1	18		13		
52	75BSPV	92.4	234		79		27		72
53	75BGFR	90.2	124				27	7	
54	75BGMO	90.1	83				12		
55	75BDPO	92.1	39	< 1			23		
56	75BDPV	85.7	290	ca 2	32	ca 2	40		131
57	75CGFR	91.9	88					7	
58	75CGMO	91.8	58						
59	75CEPO	92.9	14	< 1	7	ca 1			
60	75CEPV	93.2	197	ca 2	32	ca 4			85
61	75RAFR	94.7	95					21	
62	75RAMO	95.5	83					18	
63	75RAPO	95.9	< 10						
64	75RAPV	94.3	166						90
65	75RSFR	92.6	320	< 1	205	7		15	
66	75RSMO	94.9	225		134	15		10	
67	75RSPO	92.6	< 10		7				
68	75RSPV	91.8	219	< 1	57	ca 2			82
69	37RSFR2	79.3	483	ca 4	239	178		6	
70	37RSMO2	80.0	635	ca 4	232	332		14	
71	37RSPO2	78.3	66	< 1	28	32			
72	37RSPV2	75.8	348	ca 4	126	8			73
73	75RSFR2	93.3	211		107	38		13	
74	75RSMO2	92.8	239	ca 2	133	66		9	
75	75RSPO2	92.4	18	ca 2	7	6			
76	75RSPV2	93.3	388	ca 2	58	5			123
77	35OAPT1	88.5	12						
78	35OAPT2	86.0	12						
79	35OAPT3	87.1	17						
80	35OEPU1	87.1	17						
81	35OEPU2	83.8	19						
82	35OEPU3	85.6	19						
	FR	55	63					6	
	MO	55	16						
	PO	55	16						
	PV	55	274		5				165
Nr	Beteckning	RH 30 (%)	TVOC	1-butanol	2-(2-butoxyetoxy)etanol	2-etylhexanol	2-fenoxyetanol	Sesquiterpener	Fraktion av undekyl- och dodekylbensen

Appendix 6 – Resultat av vidhäftningsförsök

Appendix 6.1–Resultat av prover 1-82

Nr	Beteckning	Vidhäftning (N/mm²)	Nr	Beteckning	Vidhäftning (N/mm²)
1	37BAFR	0.30	45	75BAFR	0.46
2	37BAMO	0.20	46	75BAMO	0.40
3	37BAPO	0.25	47	75BAPO	0.35
4	37BAPV	0.15	48	75BAPV	0.18
5	37BSFR	0.37	49	75BSFR	0.17
6	37BSMO	0.32	50	75BSMO	0.37
7	37BSPO	0.28	51	75BSPO	0.31
8	37BSPV	0.31	52	75BSPV	0.26
9	37BGFR	0.38	53	75BGFR	0.23
10	37BGMO	0.79	54	75BGMO	0.68
11	37BDPO	0.18	55	75BDPO	0.10
12	37BDPV	0.22	56	75BDPV	0.38
13	37CGFR	0.81	57	75CGFR	0.75
14	37CGMO	0.90	58	75CGMO	0.76
15	37CEPO	0.83	59	75CEPO	0.65
16	37CEPV	0.60	60	75CEPV	0.51
17	37RAFR	0.36	61	75RAFR	0.35
18	37RAMO	0.65	62	75RAMO	0.35
19	37RAPO	0.10	63	75RAPO	0.37
20	37RAPV	0.26	64	75RAPV	0.28
21	37RSFR	0.67	65	75RSFR	0.46
22	37RSMO	0.70	66	75RSMO	0.70
23	37RSPO	0.38	67	75RSPO	0.46
24	37RSPV	0.25	68	75RSPV	0.23
25	48BAFR	0.77	69	37RSFR2	0.69
26	48BAMO	0.63	70	37RSMO2	0.65
27	48BAPO	0.38	71	37RSPO2	0.59
28	48BAPV	0.28	72	37RSPV2	0.29
29	48BSFR	0.45	73	75RSFR2	0.22
30	48BSMO	0.37	74	75RSMO2	0.22
31	48BSPO	0.41	75	75RSPO22	0.29
32	48BSPV	0.23	76	75RSPV2	0.29
33	48BGFR	0.52	77	35OAPT1	0.32
34	48BGMO	0.76	78	35OAPT2	0.28
35	48BDPO	0.47	79	35OAPT3	0.35
36	48BDPV	0.42	80	35OEPU1	0.74
37	48RAFR	0.29	81	35OEPU2	0.84
38	48RAMO	0.55	82	35OEPU3	0.74
39	48RAPO	0.12			
40	48RAPV	0.14			
41	48RSFR	0.44			
42	48RSMO	0.71			
43	48RSPO	0.30			
44	48RSPV	0.15			

Appendix 6.2–Mätningar av prover

Nr	Beteckn.	Mv	Std	Varians	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	Nr	Beteckn.	Mv	Std	Varians	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
1	37BAFR	0.30	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13			42	48RSMO	0.71	0.18	0.26	0.20	0.18	0.26	0.14	0.15
2	37BAMO	0.20	0.02	0.11	0.05	0.05	0.06			43	48RSPO	0.30	0.05	0.17	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10
3	37BAPO	0.25	0.08	0.33	0.04	0.06	0.07	0.06	0.10	44	48RSPV	0.15	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04		
4	37BAPV	0.15	0.02	0.15	0.06	0.06	0.07			45	75BAFR	0.46	0.10	0.21	0.12	0.09	0.12	0.11	0.16
5	37BSFR	0.37	0.11	0.30	0.12	0.09	0.13	0.08	0.06	46	75BAMO	0.40	0.02	0.06	0.10	0.11	0.10		
6	37BSMO	0.32	0.02	0.07	0.08	0.08	0.09			47	75BAPO	0.35	0.16	0.46	0.05	0.15	0.10	0.05	0.10
7	37BSPO	0.28	0.04	0.16	0.08	0.08	0.06			48	75BAPV	0.18	0.02	0.12	0.05	0.04	0.05		
8	37BSPV	0.31	0.06	0.20	0.10	0.09	0.06	0.07	0.09	49	75BSFR	0.17	0.02	0.13	0.04	0.05	0.04		
9	37BGFR	0.38	0.08	0.22	0.08	0.13	0.09	0.08	0.11	50	75BSMO	0.37	0.10	0.28	0.13	0.10	0.06	0.08	0.11
10	37BGMO	0.79	0.10	0.13	0.22	0.24	0.17	0.20	0.20	51	75BSPO	0.31	0.04	0.12	0.07	0.08	0.09		
11	37BDPO	0.18	0.02	0.12	0.05	0.04	0.05			52	75BSPV	0.26	0.02	0.09	0.06	0.07	0.07		
12	37BDPV	0.22	0.08	0.39	0.08	0.06	0.02	0.06	0.06	53	75BGFR	0.23	0.09	0.39	0.05	0.06	0.10	0.05	0.04
13	37CGFR	0.81	0.00	0.00	0.21	0.21	0.21			54	75BGMO	0.68	0.04	0.07	0.17	0.17	0.19		
14	37CGMO	0.90	0.04	0.05	0.22	0.24	0.24			55	75BDPO	0.10	0.02	0.22	0.03	0.03	0.02		
15	37CEPO	0.83	0.37	0.44	0.07	0.27	0.17	0.30	0.27	56	75BDPV	0.38	0.05	0.13	0.09	0.09	0.12	0.09	0.10
16	37CEPV	0.60	0.04	0.07	0.15	0.15	0.17			57	75CGFR	0.75	0.13	0.17	0.19	0.15	0.21	0.19	0.24
17	37RAFR	0.36	0.04	0.12	0.10	0.08	0.10			58	75CGMO	0.76	0.08	0.11	0.17	0.19	0.22	0.22	0.19
18	37RAMO	0.65	0.17	0.26	0.12	0.16	0.17	0.16	0.24	59	75CEPO	0.65	0.11	0.17	0.18	0.13	0.20	0.18	0.15
19	37RAPO	0.10	0.02	0.22	0.04	0.05	0.04			60	75CEPV	0.51	0.06	0.12	0.16	0.12	0.13	0.12	0.14
20	37RAPV	0.26	0.02	0.09	0.06	0.07	0.07			61	75RAFR	0.35	0.05	0.14	0.090	0.07	0.10	0.10	0.10
21	37RSFR	0.67	0.04	0.07	0.16	0.18	0.18			62	75RAMO	0.35	0.08	0.22	0.08	0.12	0.10	0.07	0.08
22	37RSMO	0.70	0.02	0.03	0.18	0.19	0.18			63	75RAPO	0.37	0.02	0.06	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10
23	37RSPO	0.38	0.04	0.10	0.11	0.10	0.09			64	75RAPV	0.28	0.02	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07
24	37RSPV	0.25	0.03	0.11	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	65	75RSFR	0.46	6.22	0.03	0.00	0.18	0.17		
25	48BAFR	0.77	0.04	0.05	0.21	0.19	0.20			66	75RSMO	0.70	0.09	0.13	0.20	0.19	0.19	0.14	0.19
26	48BAMO	0.63	0.04	0.07	0.17	0.17	0.15			67	75RSPO	0.46	2.39	0.05	0.02	0.16	0.18		
27	48BAPO	0.38	0.11	0.29	0.06	0.10	0.14	0.10	0.09	68	75RSPV	0.23	2.05	0.00	0.00	0.09	0.09		
28	48BAPV	0.28	0.11	0.39	0.12	0.06	0.07	0.06	0.05	69	37RSFR2	0.69	0.10	0.15	0.14	0.17	0.19	0.19	0.21
29	48BSFR	0.45	0.11	0.24	0.14	0.15	0.10	0.12	0.08	70	37RSMO2	0.65	0.19	0.29	0.14	0.24	0.12	0.15	0.20
30	48BSMO	0.37	0.07	0.19	0.08	0.08	0.12	0.09	0.11	71	37RSPO2	0.59	0.02	0.04	0.15	0.16	0.15		
31	48BSPO	0.41	0.14	0.33	0.11	0.10	0.16	0.11	0.06	72	37RSPV2	0.29	0.02	0.08	0.08	0.07	0.08		
32	48BSPV	0.23	0.00	0.00	0.06	0.06	0.06			73	75RSFR2	0.22	0.02	0.10	0.06	0.05	0.06		
33	48BGFR	0.52	0.15	0.28	0.17	0.18	0.13	0.11	0.09	74	75RSMO2	0.22	0.02	0.10	0.05	0.06	0.06		
34	48BGMO	0.76	0.14	0.19	0.21	0.17	0.24	0.22	0.15	75	75RSPO22	0.29	0.06	0.20	0.09	0.06	0.08		
35	48BDPO	0.47	0.02	0.05	0.12	0.12	0.13			76	75RSPV2	0.29	0.02	0.08	0.08	0.07	0.08		
36	48BDPV	0.42	0.13	0.31	0.10	0.11	0.06	0.15	0.13	77	35OAPT1	0.32	0.02	0.07	0.08	0.08	0.09		
37	48RAFR	0.29	0.04	0.15	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	78	35OAPT2	0.28	0.02	0.08	0.07	0.07	0.08		
38	48RAMO	0.55	0.02	0.04	0.14	0.14	0.15			79	35OAPT3	0.35	0.04	0.11	0.08	0.10	0.09		
39	48RAPO	0.12	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03			80	35OEPU1	0.74	0.19	0.26	0.24	0.20	0.14		
40	48RAPV	0.14	0.02	0.16	0.03	0.04	0.04			81	35OEPU2	0.84	0.27	0.32	0.30	0.17	0.19		
41	48RSFR	0.44	0.02	0.05	0.11	0.12	0.11			82	35OEPU3	0.74	0.16	0.21	0.17	0.24	0.17		

Appendix 7 – Resultat av fläkningsförsök

Appendix 7.1–Resultat av provningar

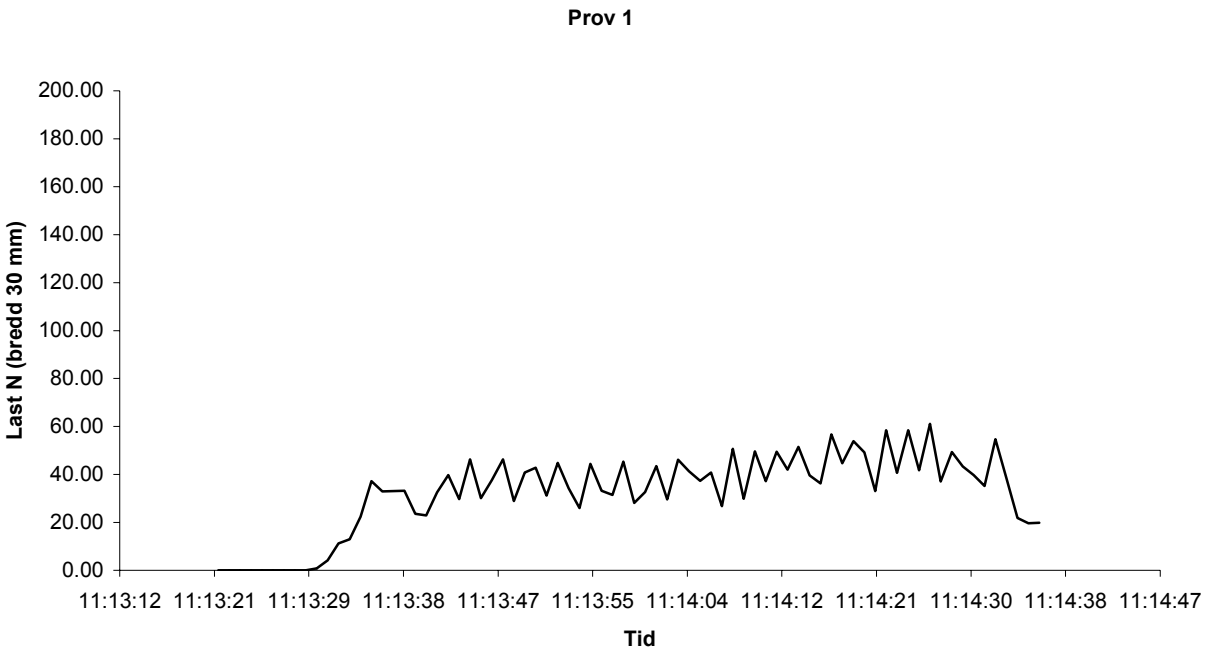
Nr	Beteckning	Fläkningskraft (N/mm)	Nr	Beteckning	Fläkningskraft (N/mm)
1	37BAFR	1.32	45	75BAFR	1.45
2	37BAMO	0.91	46	75BAMO	1.19
3	37BAPO	0.61	47	75BAPO	0.94
4	37BAPV	0.80	48	75BAPV	0.78
5	37BSFR	0.49	49	75BSFR	0.38
6	37BSMO	0.98	50	75BSMO	0.68
7	37BSPO	0.33	51	75BSPO	0.54
8	37BSPV	1.42	52	75BSPV	1.09
9	37BGFR	1.04	53	75BGFR	0.53
10	37BGMO	2.10	54	75BGMO	1.46
11	37BDPO	0.42	55	75BDPO	0.19
12	37BDPV	0.72	56	75BDPV	1.01
13	37CGFR	1.62	57	75CGFR	1.58
14	37CGMO	2.08	58	75CGMO	1.44
15	37CEPO	0.39	59	75CEPO	0.33
16	37CEPV	1.34	60	75CEPV	1.11
17	37RAFR	1.37	61	75RAFR	0.81
18	37RAMO	1.37	62	75RAMO	0.81
19	37RAPO	0.16	63	75RAPO	0.61
20	37RAPV	0.41	64	75RAPV	0.63
21	37RSFR	2.13	65	75RSFR	2.51
22	37RSMO	2.78	66	75RSMO	2.33
23	37RSPO	0.73	67	75RSPO	1.53
24	37RSPV	0.60	68	75RSPV	1.42
25	48BAFR	3.08	69	37RSFR2	2.07
26	48BAMO	1.10	70	37RSMO2	2.49
27	48BAPO	1.31	71	37RSPO2	0.91
28	48BAPV	0.86	72	37RSPV2	1.73
29	48BSFR	1.37	73	75RSFR2	0.50
30	48BSMO	0.64	74	75RSMO2	0.68
31	48BSPO	1.31	75	75RSPO22	0.38
32	48BSPV	0.85	76	75RSPV2	0.60
33	48BGFR	0.80	77	35OAPT1	1.28
34	48BGMO	1.84	78	35OAPT2	0.91
35	48BDPO	0.47	79	35OAPT3	1.16
36	48BDPV	1.73	80	35OEPU1	1.19
37	48RAFR	1.03	81	35OEPU2	1.17
38	48RAMO	1.48	82	35OEPU3	1.51
39	48RAPO	0.33			
40	48RAPV	0.35			
41	48RSFR	1.64			
42	48RSMO	2.95			
43	48RSPO	1.23			
44	48RSPV	0.67			

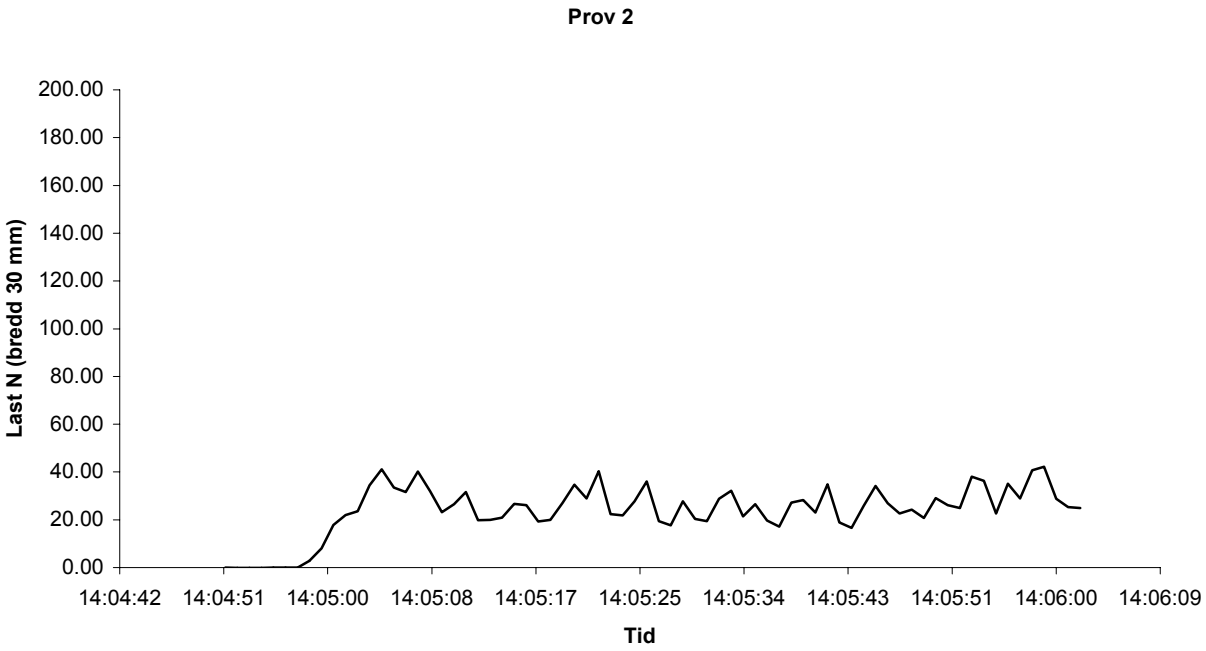
Appendix 7.2 – Bedömning av vidhäftnings- och fläkningsförsök [48 (1-68)]

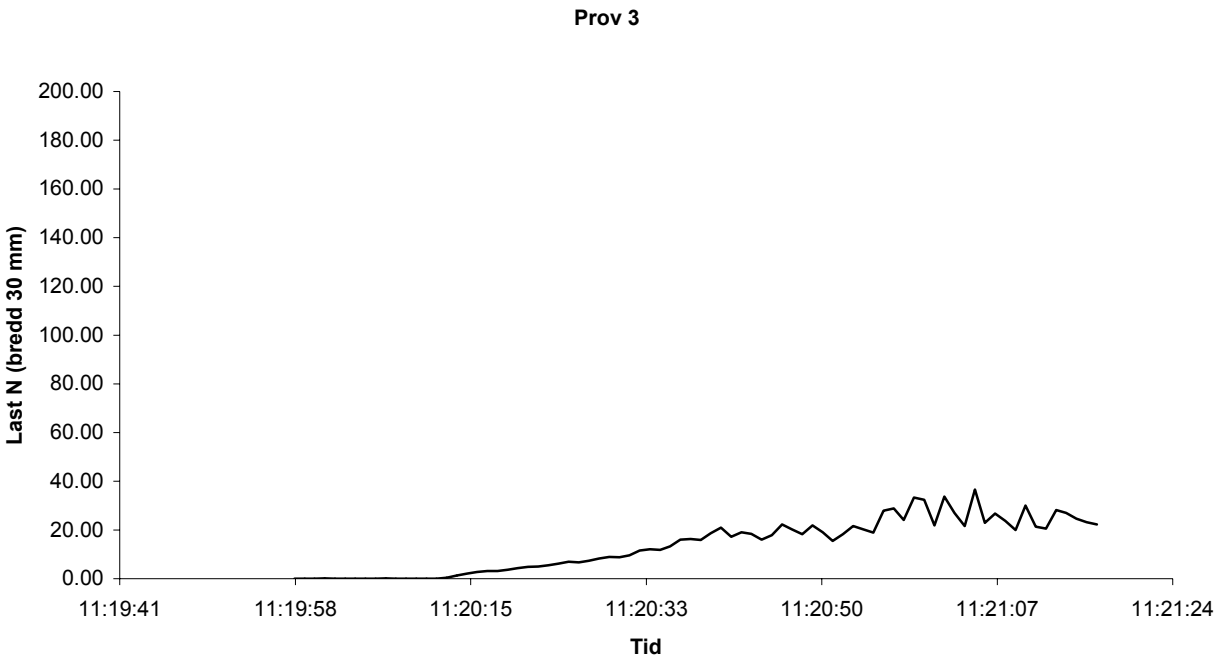
Nr	Beteckning	Visuell bedömning	Nr	Beteckning	Visuell bedömning
1	37BAFR	60% K avjämn., 30% A avjämn., 10% A matta	45	75BAFR	60% K avjämn., 40% K lim
2	37BAMO	95% K avjämn., 5% K lim	46	75BAMO	70% K avjämn., 30% K lim
3	37BAPO	95% K avjämn., 5% A matta	47	75BAPO	50% K avjämn., 50% K lim
4	37BAPV	40% K avjämn., 60% A matta [1)]	48	75BAPV	10% K avjämn., 90% A matta [1)]
5	37BSFR	95% K avjämn., 5% A matta	49	75BSFR	100% K avjämn.
6	37BSMO	90% K avjämn., 10% A matta	50	75BSMO	90% K avjämn., 10% A matta
7	37BSPO	100% K avjämn.	51	75BSPO	90% K avjämn., 10% A matta
8	37BSPV	50% A avjämn., 50% A matta	52	75BSPV	10% K avjämn., 90% A matta
9	37BGFR	90% K avjämn., 10% A matta	53	75BGFR	90% K avjämn., 10% A matta
10	37BGMO	50% K avjämn., 50% A matta	54	75BGMO	70% K avjämn., 30% K lim
11	37BDPO	100% K avjämn.	55	75BDPO	100% K avjämn.
12	37BDPV	80% K avjämn., 20% A matta	56	75BDPV	80% K avjämn., 20% A matta
13	37CGFR	70% K avjämn., 30% A matta	57	75CGFR	80% K avjämn., 20% A matta
14	37CGMO	70% K avjämn., 30% A matta	58	75CGMO	50% K avjämn., 50% K lim
15	37CEPO	95% K avjämn., 5% A matta	59	75CEPO	90% K avjämn., 10% A matta
16	37CEPV	70% K avjämn., 10% A matta	60	75CEPV	90% K avjämn., 10% A matta
17	37RAFR	80% A betong., 20% A matta	61	75RAFR	100% A betong
18	37RAMO	80% A betong., 20% A matta	62	75RAMO	100% A betong
19	37RAPO	100% A matta	63	75RAPO	100% A betong, 5% A matta
20	37RAPV	80% A betong., 20% A matta [1)]	64	75RAPV	80% A betong, 20% A matta
21	37RSFR	90% A betong., 10% A matta	65	75RSFR	90% A betong, 10% A matta
22	37RSMO	30% A betong., 70% A matta	66	75RSMO	50% A betong, 50% A matta
23	37RSPO	20% A betong., 80% A matta	67	75RSPO	50% A betong, 50% A matta
24	37RSPV	5% A betong., 95% A matta [1)]	68	75RSPV	100% A matta
25	48BAFR	80% A avjämn., 20% A matta	69	37RSFR2	30% A betong, 70% K lim
26	48BAMO	60% K avjämn., 40% A matta	70	37RSMO2	20% K lim, 80% A matta
27	48BAPO	50% K avjämn., 50% A matta	71	37RSPO2	50% A betong, 50% A matta
28	48BAPV	5% K avjämn., 95% A matta [1)]	72	37RSPV2	80% K lim, 20% K matta
29	48BSFR	60% K avjämn., 40% K lim	73	75RSFR2	100% A betong
30	48BSMO	90% K avjämn., 10% K lim	74	75RSMO2	90% A betong, 10% A matta
31	48BSPO	70% K avjämn., 30% K lim	75	75RSPO22	50% A betong, 50% A matta
32	48BSPV	60% K avjämn., 40% A matta	76	75RSPV2	100% A betong
33	48BGFR	80% K avjämn., 20% A matta	77	35OAPT1	20% A betong, 80% K lim [1)]
34	48BGMO	30% K avjämn., 70% A matta	78	35OAPT2	20% A betong, 80% K lim [1)]
35	48BDPO	90% K avjämn., 10% K lim	79	35OAPT3	20% A betong, 80% K lim [1)]
36	48BDPV	60% K avjämn., 410% K matta	80	35OEPU1	20% K lim, 80% A matta
37	48RAFR	90% A betong., 10% A matta	81	35OEPU2	10% K lim, 90% A matta
38	48RAMO	100% A betong.	82	35OEPU3	10% K lim, 90% A matta
39	48RAPO	5% A betong., 95% A matta			
40	48RAPV	90% A betong., 10% A matta [1)]			
41	48RSFR	70% A betong., 30% A matta			
42	48RSMO	50% A betong., 50% A matta			
43	48RSPO	20% A betong., 80% A matta			
44	48RSPV	10% A betong., 90% A matta [1)]			

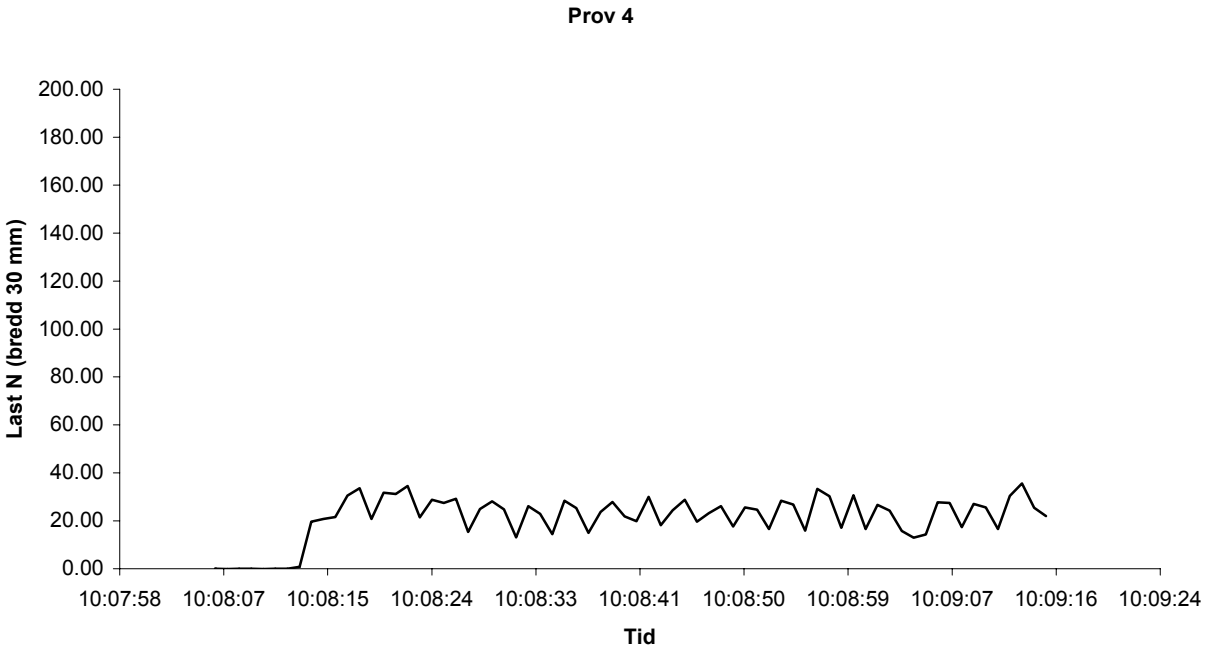
A = adhesionsbrott; K = kohesionsbrott, 1) = klibbigt

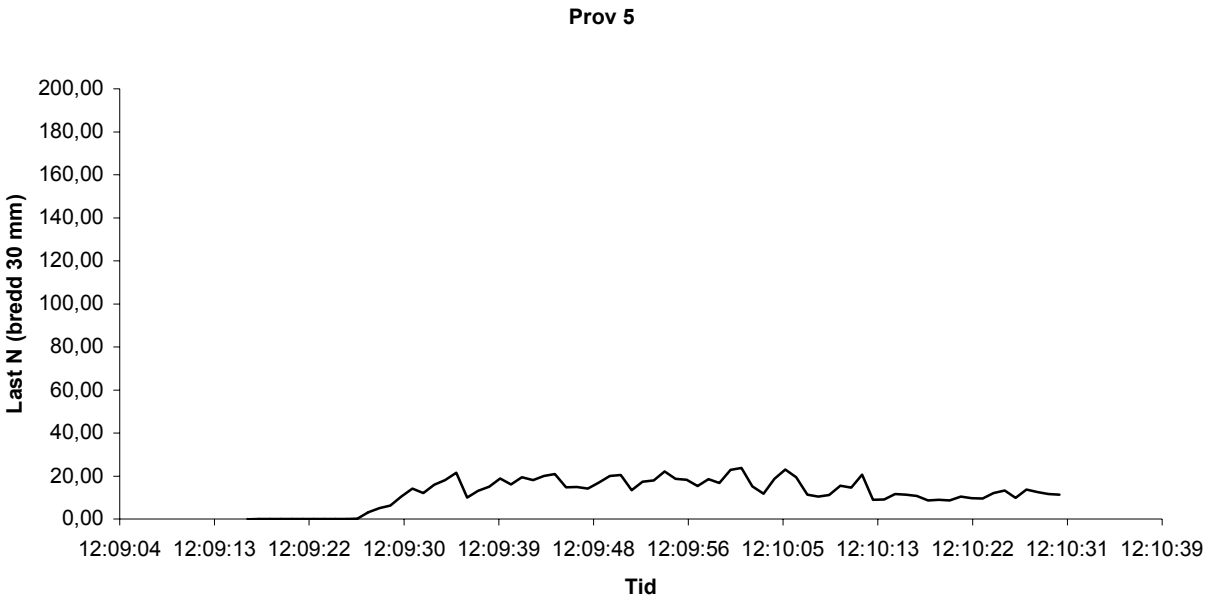
Appendix 7.3 – Resultat från fläkningsförsök (N/30 mm)

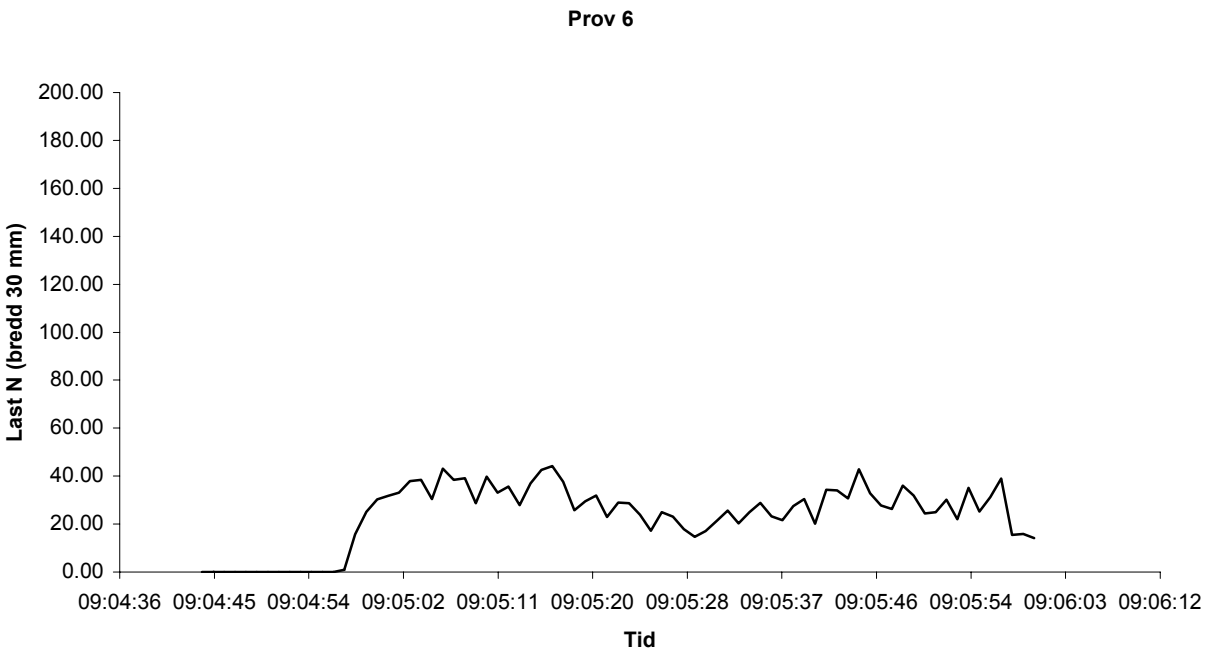


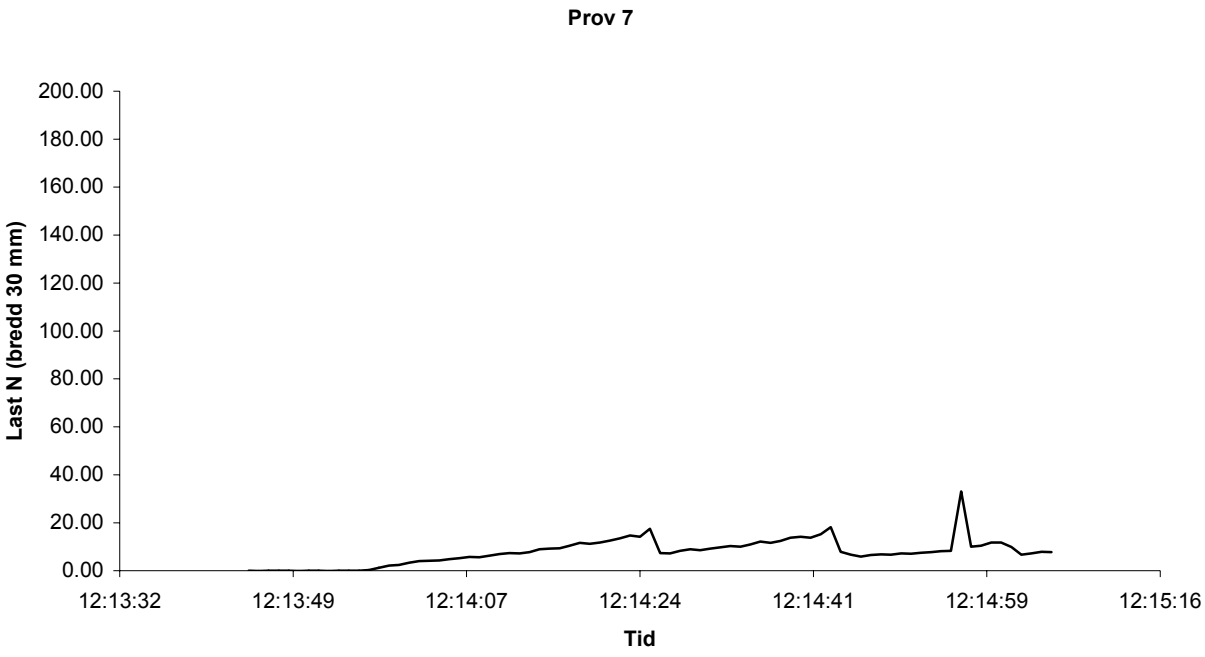


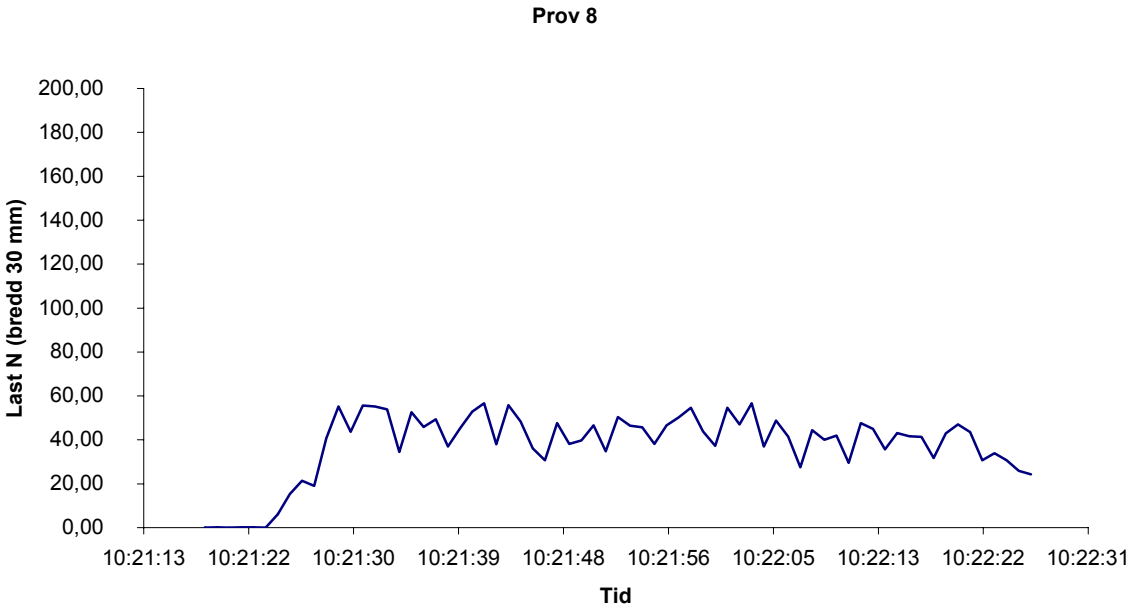

Prov 3
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
11:19:41
11:19:58
11:20:15
11:20:33
11:20:50
11:21:07
11:21:24
Tid

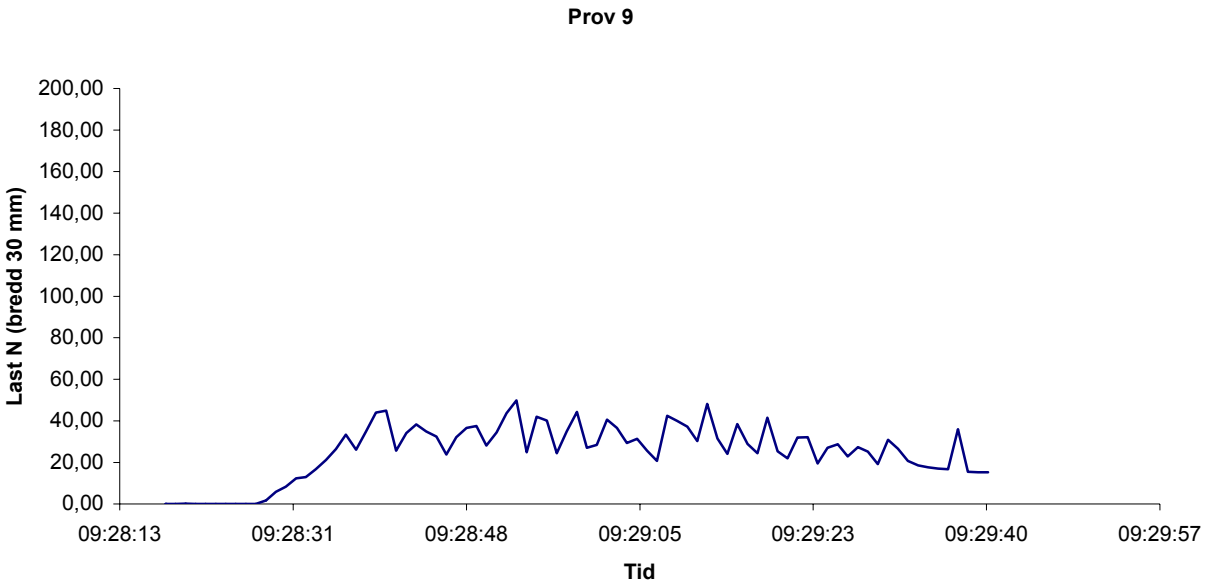

Prov 4
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
10:07:58
10:08:07
10:08:15
10:08:24
10:08:33
10:08:41
10:08:50
10:08:59
10:09:07
10:09:16
10:09:24
Tid

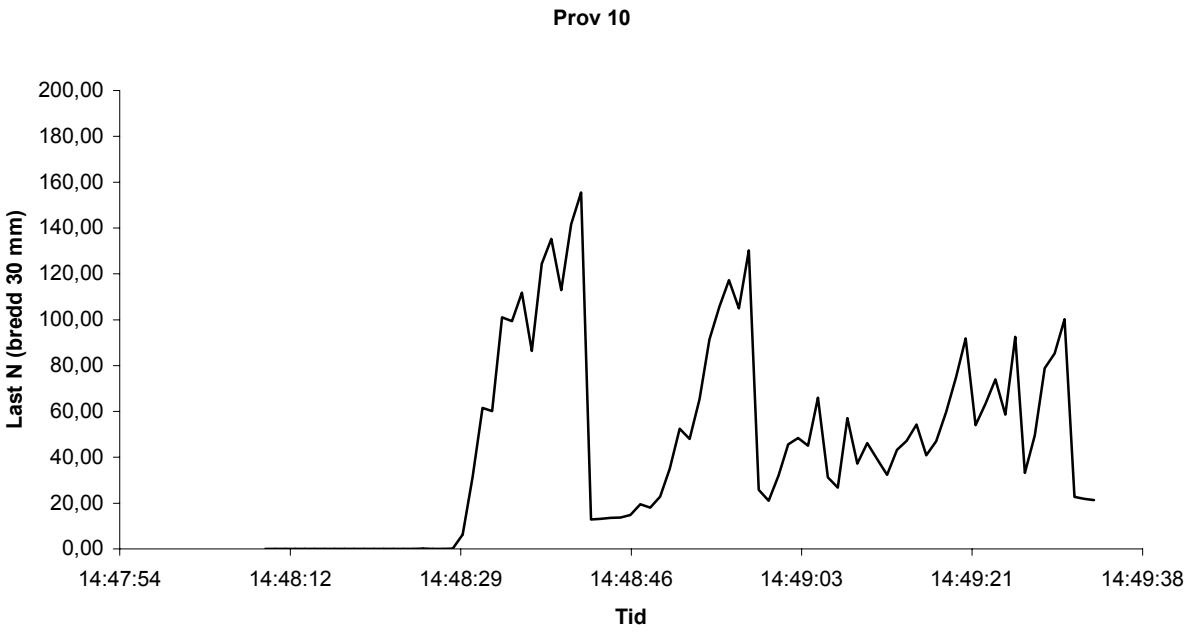

Prov 5
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Last N (bredd 30 mm)
12:09:04
12:09:13
12:09:22
12:09:30
12:09:39
12:09:48
12:09:56
12:10:05
12:10:13
12:10:22
12:10:31
12:10:39
Tid

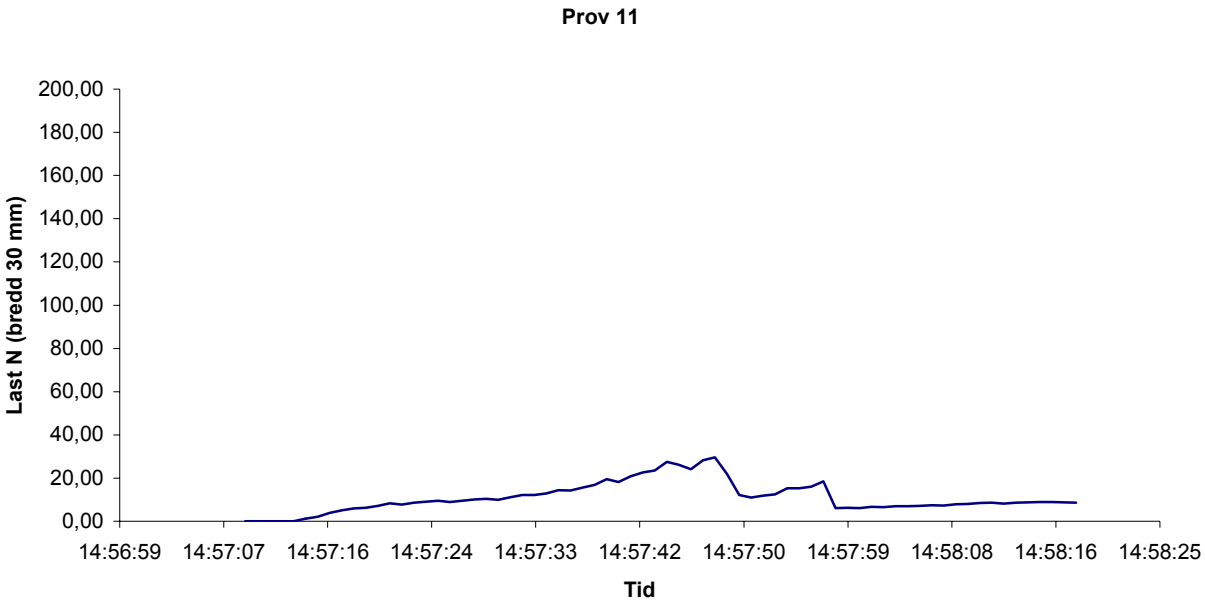

Prov 6
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
09:04:36
09:04:45
09:04:54
09:05:02
09:05:11
09:05:20
09:05:28
09:05:37
09:05:46
09:05:54
09:06:03
09:06:12
Tid

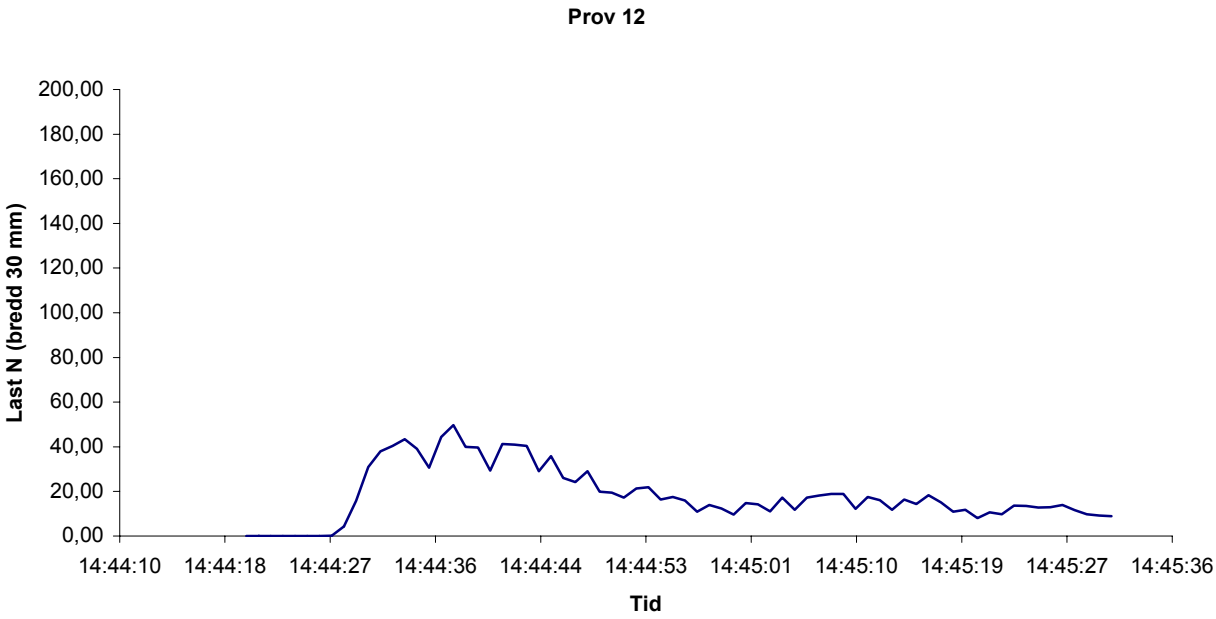

Prov 7
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
12:13:32
12:13:49
12:14:07
12:14:24
12:14:41
12:14:59
12:15:16
Tid

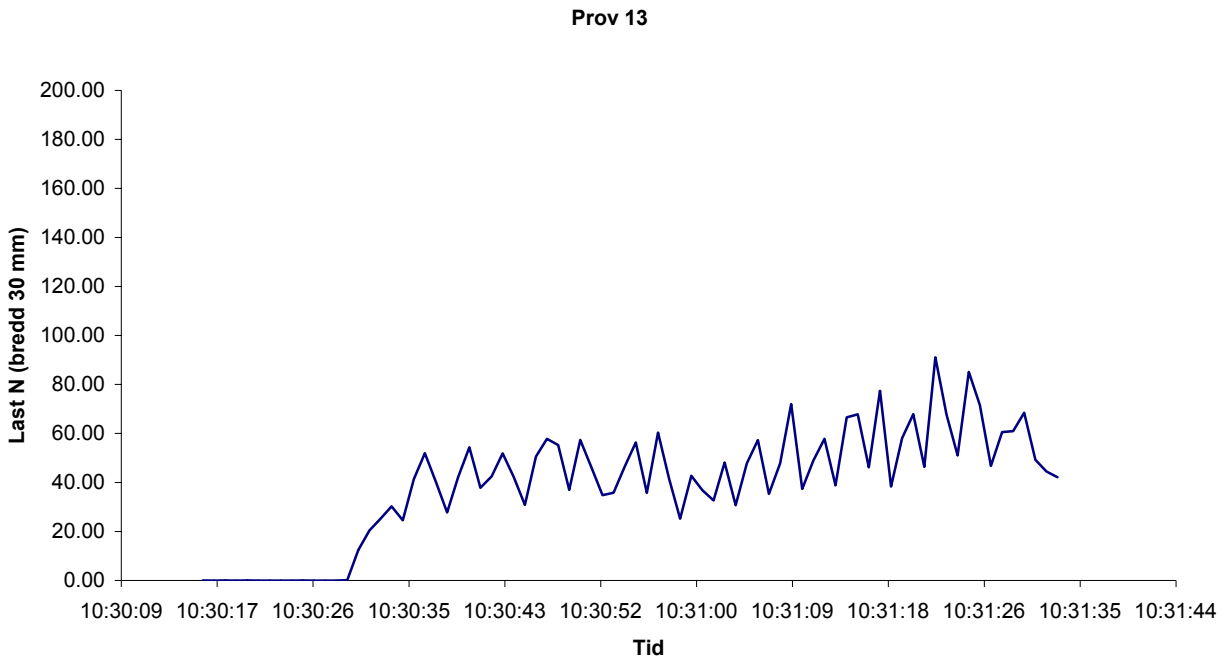

Prov 8
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Last N (bredd 30 mm)
10:21:13
10:21:22
10:21:30
10:21:39
10:21:48
10:21:56
10:22:05
10:22:13
10:22:22
10:22:31
Tid

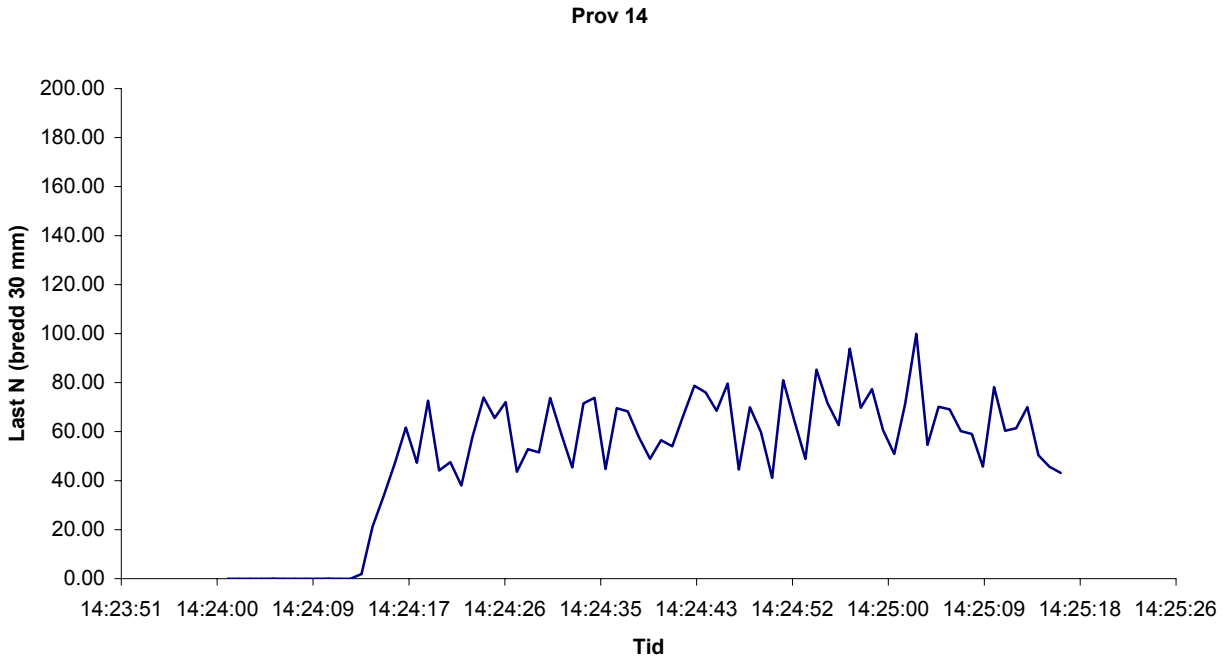

Prov 9
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:28:13
09:28:31
09:28:48
09:29:05
09:29:23
09:29:40
09:29:57
Tid

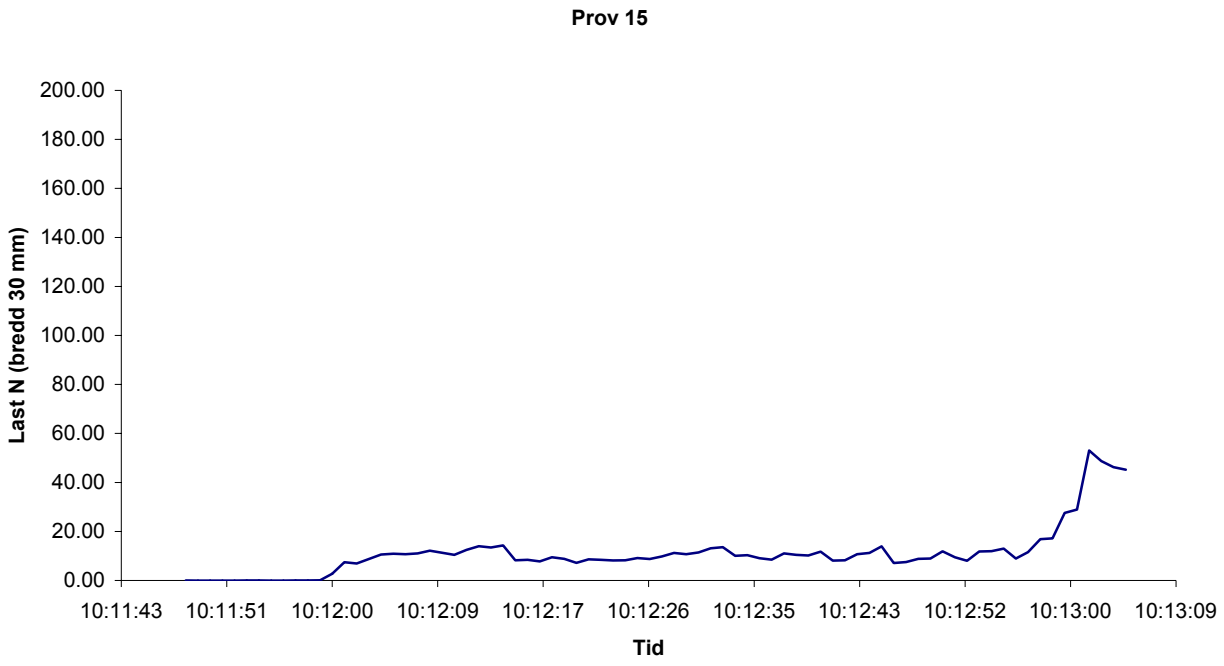

Prov 10
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:47:54
14:48:12
14:48:29
14:48:46
14:49:03
14:49:21
14:49:38
Tid

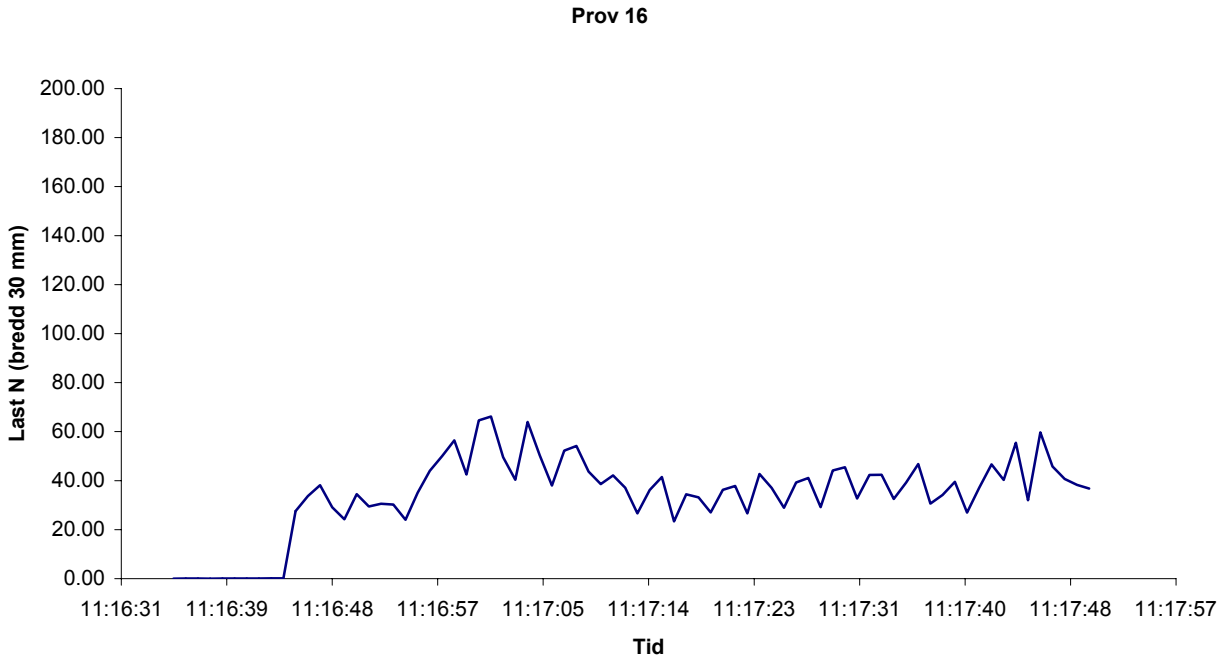

Prov 11
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:56:59
14:57:07
14:57:16
14:57:24
14:57:33
14:57:42
14:57:50
14:57:59
14:58:08
14:58:16
14:58:25
Tid

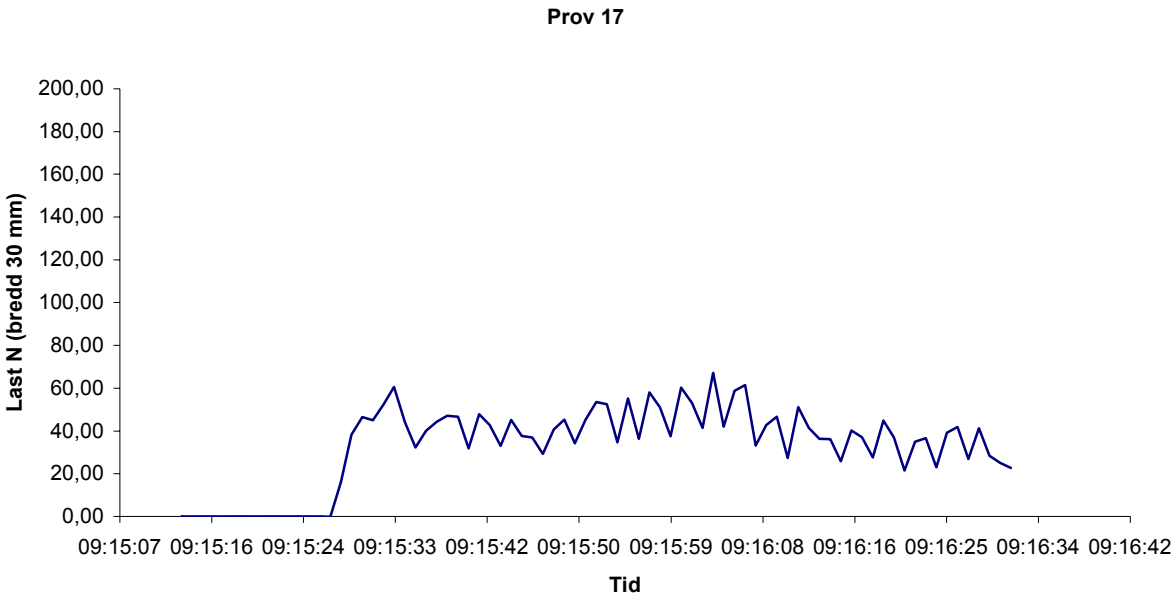

Prov 12
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:44:10
14:44:18
14:44:27
14:44:36
14:44:44
14:44:53
14:45:01
14:45:10
14:45:19
14:45:27
14:45:36
Tid

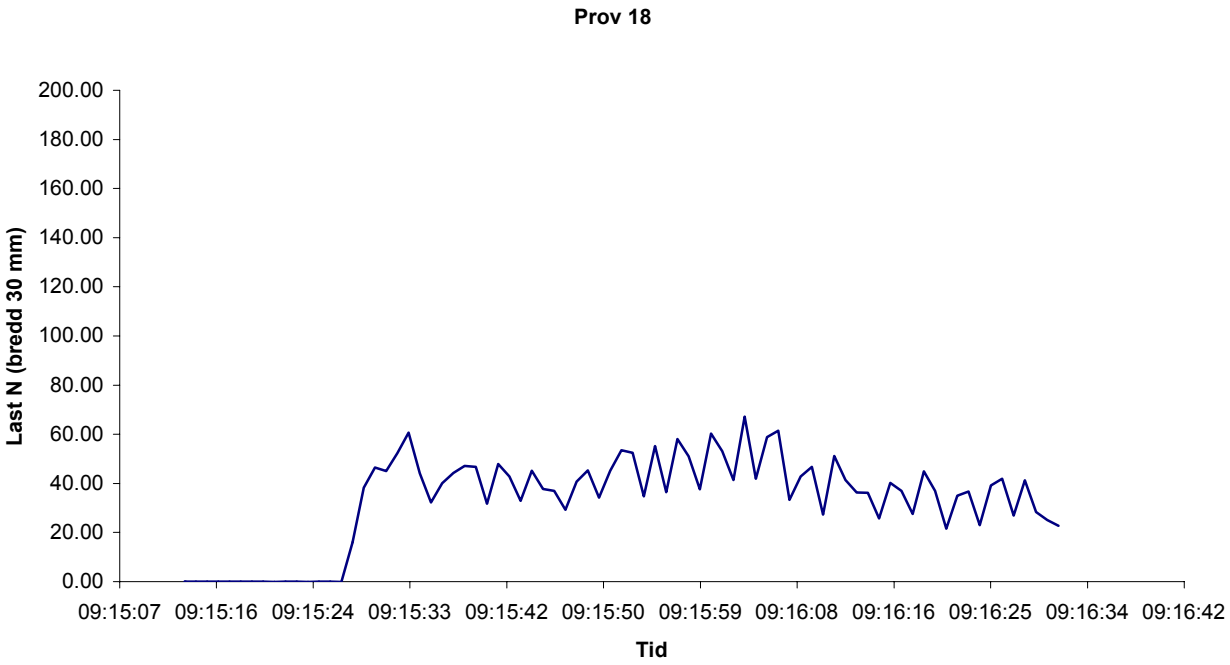

Prov 13
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
10:30:09
10:30:17
10:30:26
10:30:35
10:30:43
10:30:52
10:31:00
10:31:09
10:31:18
10:31:26
10:31:35
10:31:44
Tid

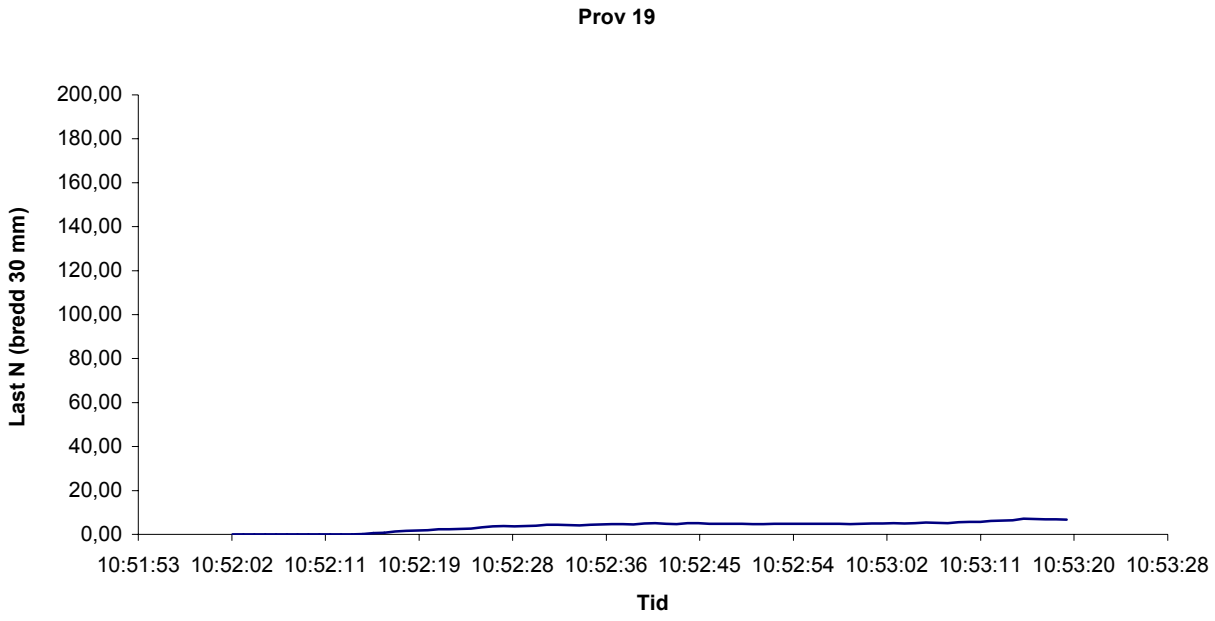

Prov 14
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
14:23:51
14:24:00
14:24:09
14:24:17
14:24:26
14:24:35
14:24:43
14:24:52
14:25:00
14:25:09
14:25:18
14:25:26
Tid

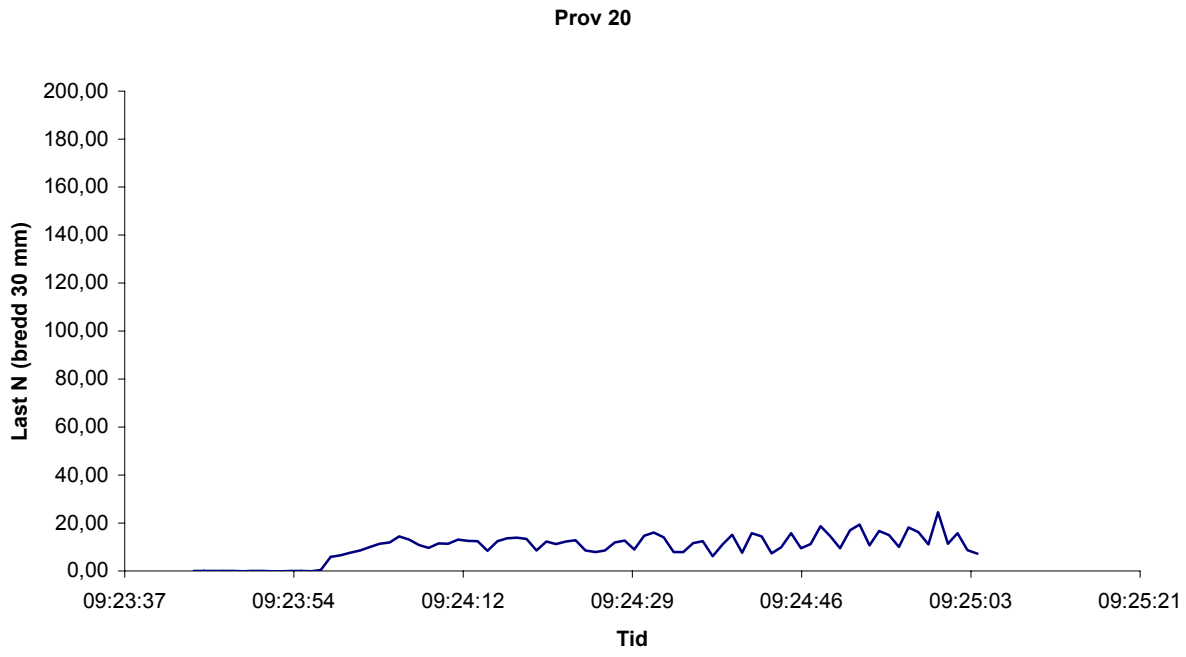

Prov 15
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
10:11:43
10:11:51
10:12:00
10:12:09
10:12:17
10:12:26
10:12:35
10:12:43
10:12:52
10:13:00
10:13:09
Tid

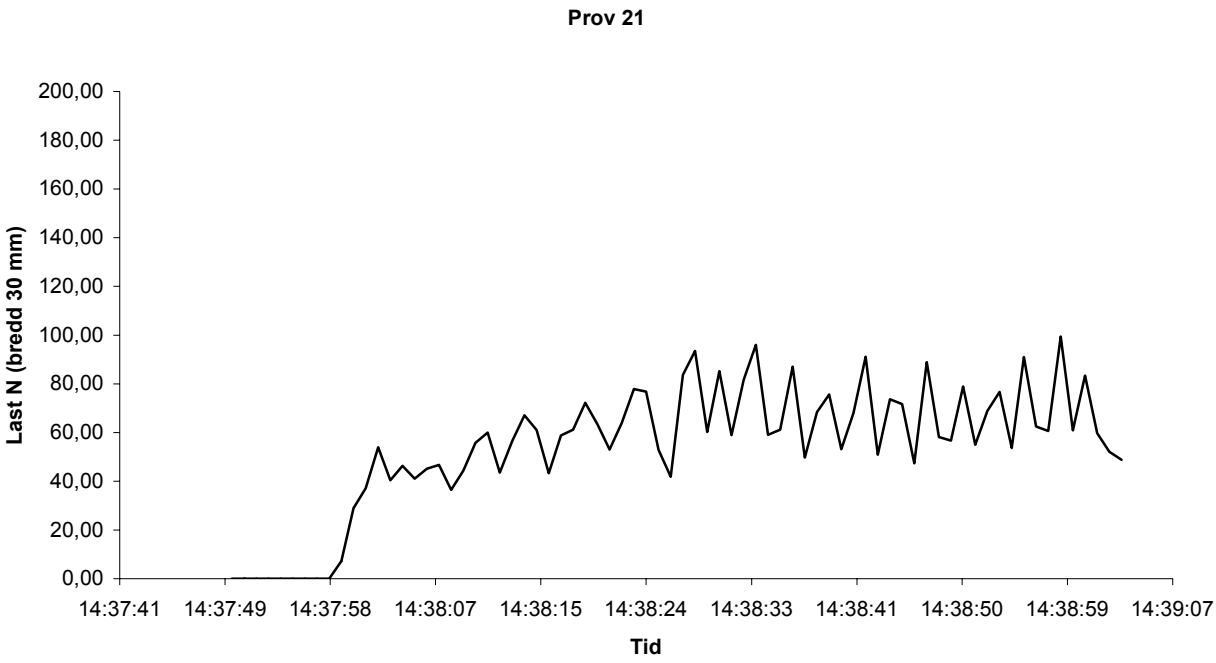

Prov 16
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:16:31
11:16:39
11:16:48
11:16:57
11:17:05
11:17:14
11:17:23
11:17:31
11:17:40
11:17:48
11:17:57
Tid

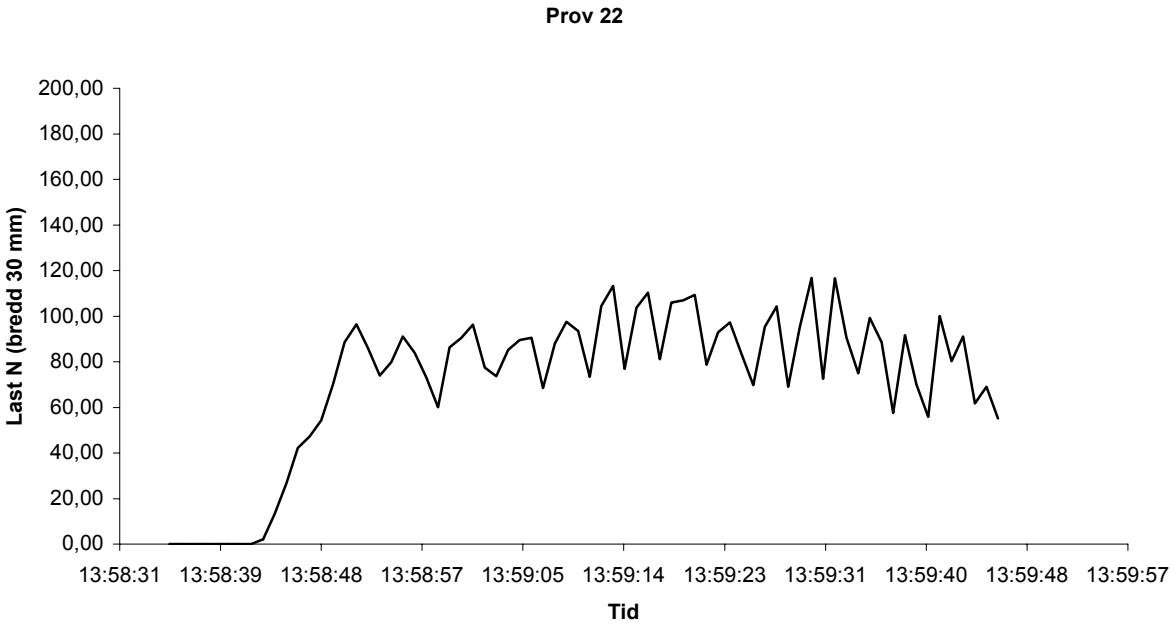

Prov 17
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Last N (bredd 30 mm)
09:15:07 09:15:16 09:15:24 09:15:33 09:15:42 09:15:50 09:15:59 09:16:08 09:16:16 09:16:25 09:16:34 09:16:42
Tid


Prov 18
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
09:15:07 09:15:16 09:15:24 09:15:33 09:15:42 09:15:50 09:15:59 09:16:08 09:16:16 09:16:25 09:16:34 09:16:42
Tid

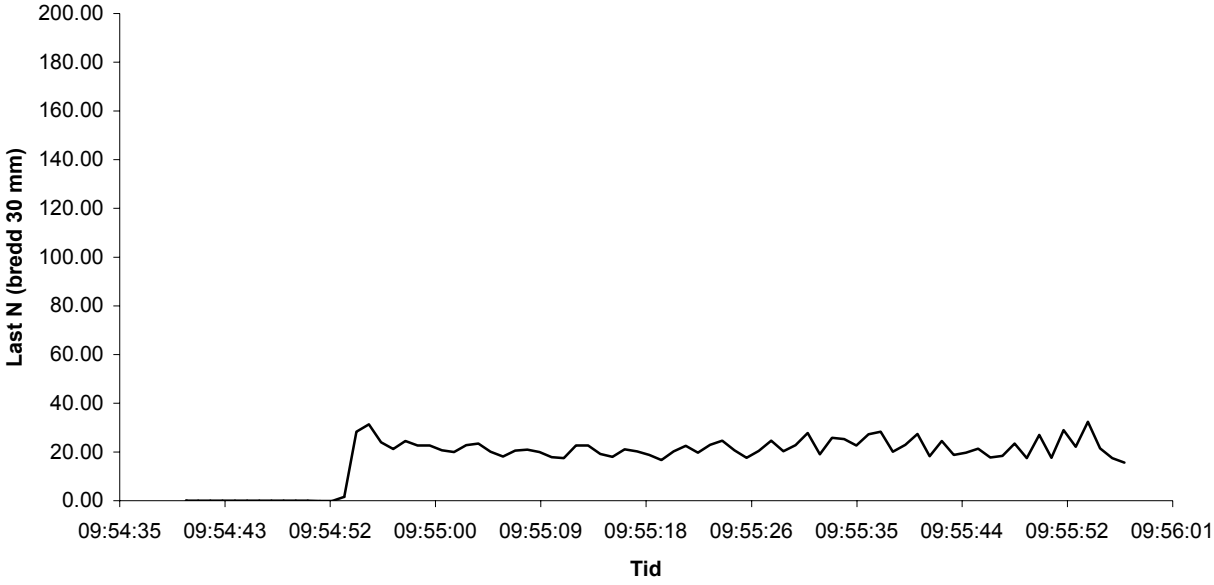

Prov 19
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
10:51:53
10:52:02
10:52:11
10:52:19
10:52:28
10:52:36
10:52:45
10:52:54
10:53:02
10:53:11
10:53:20
10:53:28
Tid


Prov 20
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:23:37
09:23:54
09:24:12
09:24:29
09:24:46
09:25:03
09:25:21
Tid

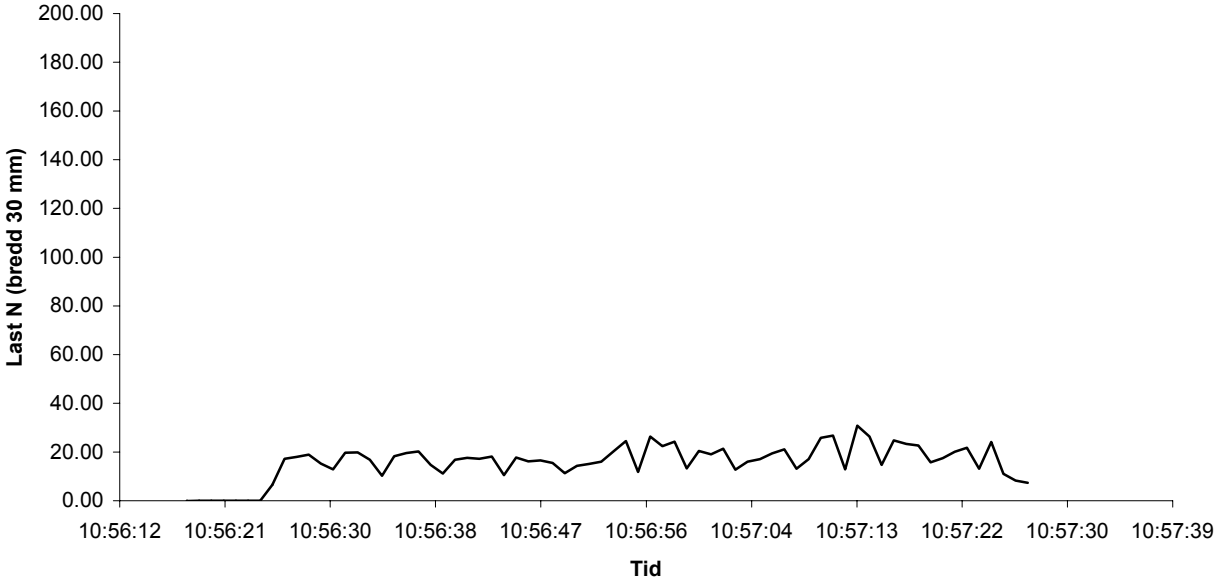

Prov 21
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:37:41
14:37:49
14:37:58
14:38:07
14:38:15
14:38:24
14:38:33
14:38:41
14:38:50
14:38:59
14:39:07
Tid

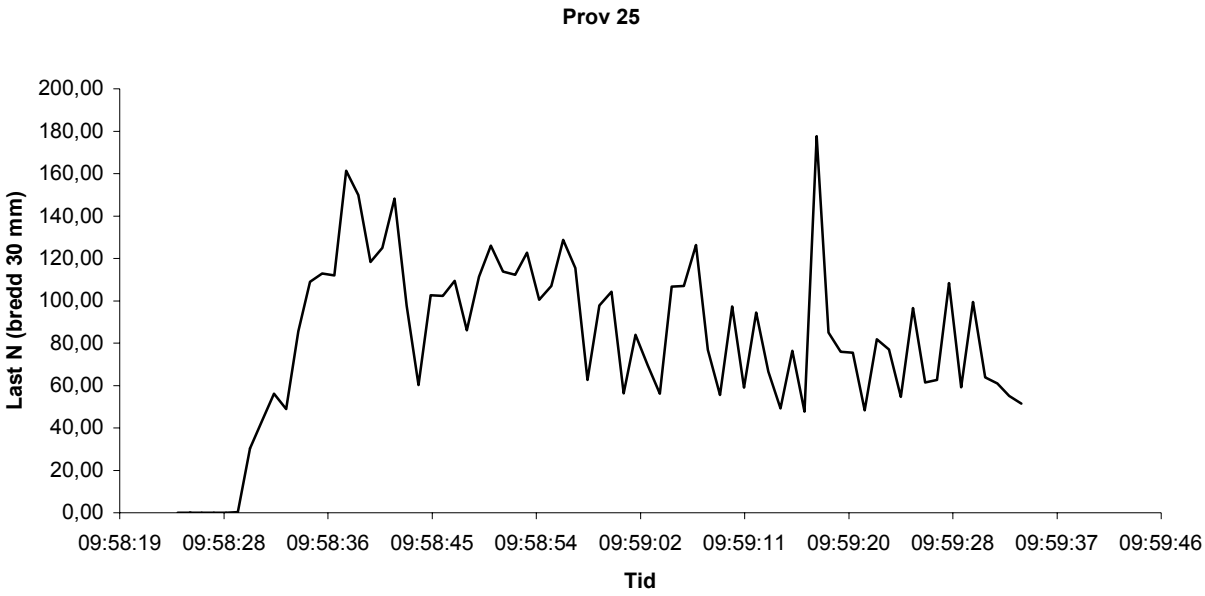

Prov 22
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
13:58:31
13:58:39
13:58:48
13:58:57
13:59:05
13:59:14
13:59:23
13:59:31
13:59:40
13:59:48
13:59:57
Tid

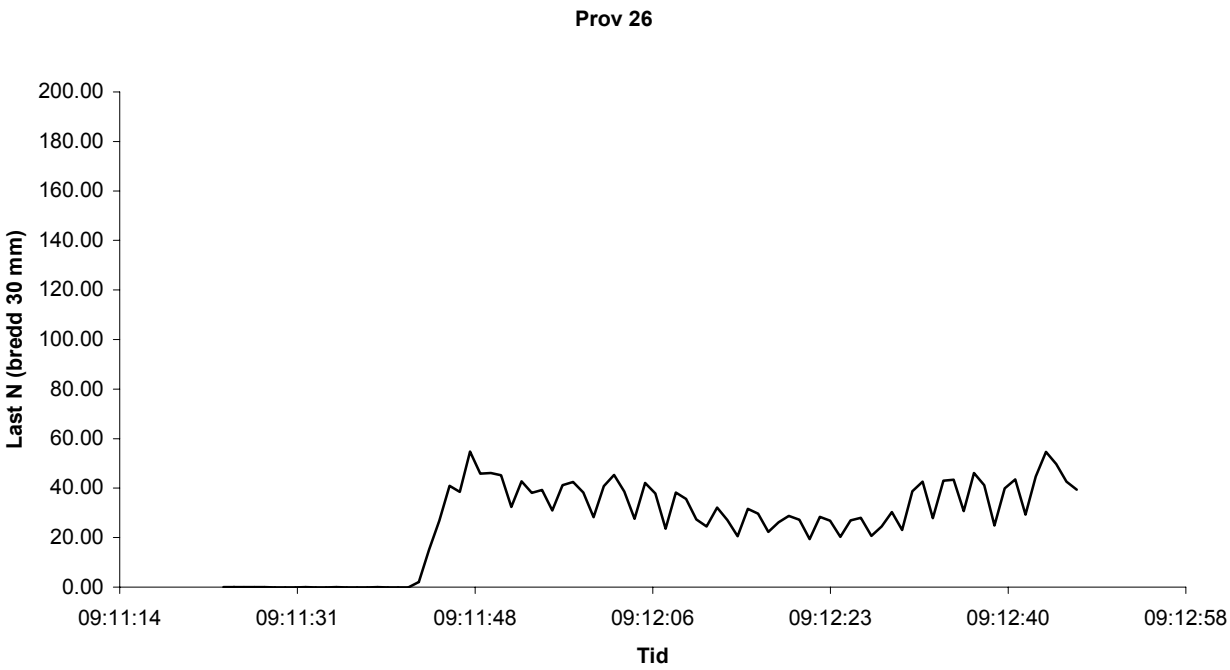
Prov 23

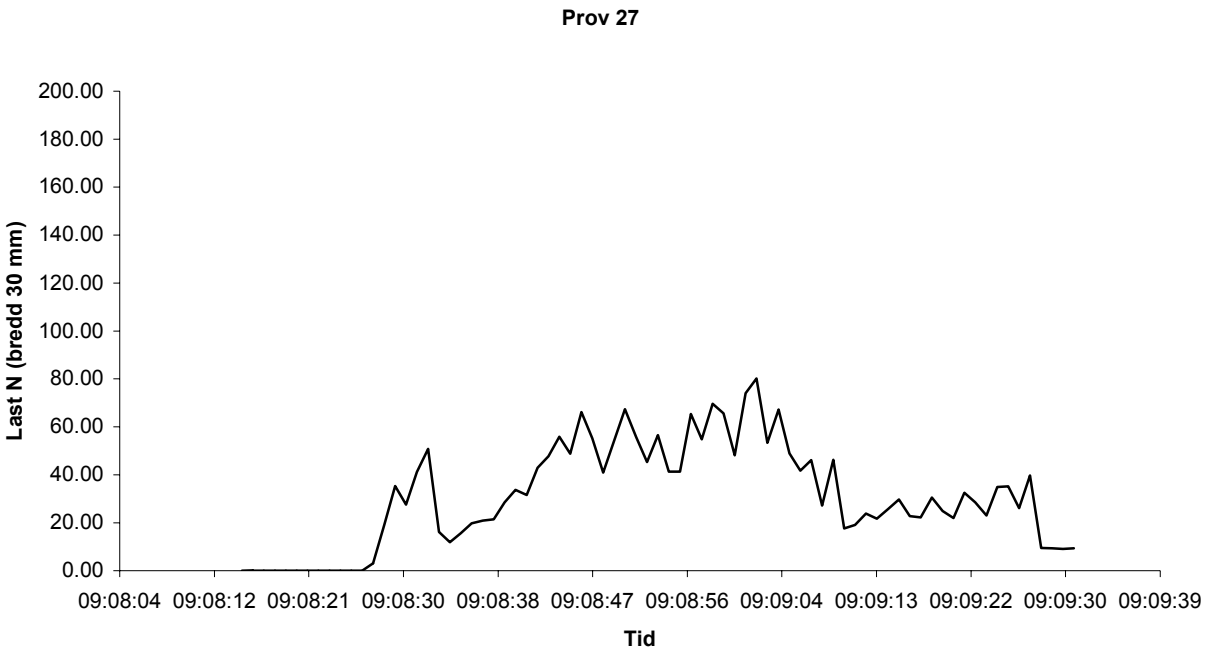


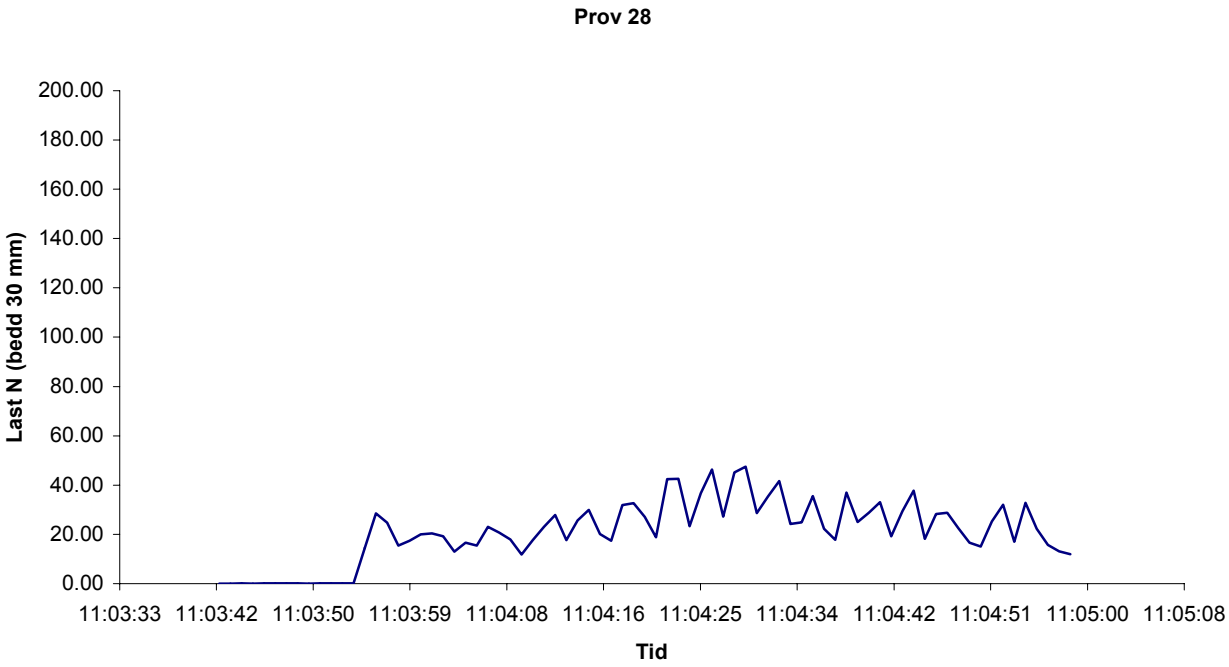
Prov 24



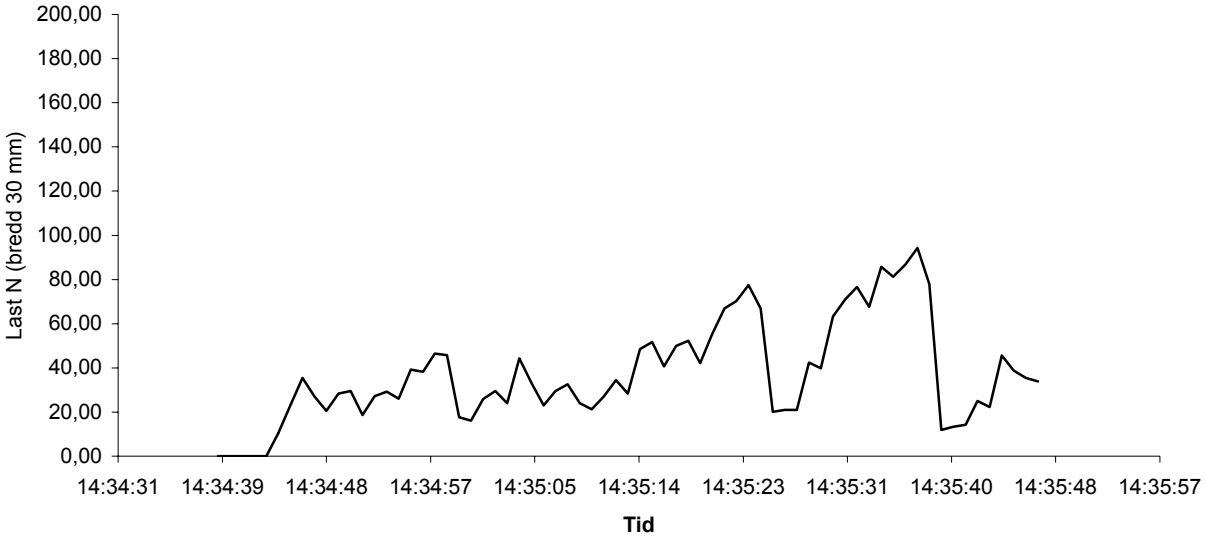

Prov 25
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:58:19
09:58:28
09:58:36
09:58:45
09:58:54
09:59:02
09:59:11
09:59:20
09:59:28
09:59:37
09:59:46
Tid


Prov 26
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:11:14
09:11:31
09:11:48
09:12:06
09:12:23
09:12:40
09:12:58
Tid

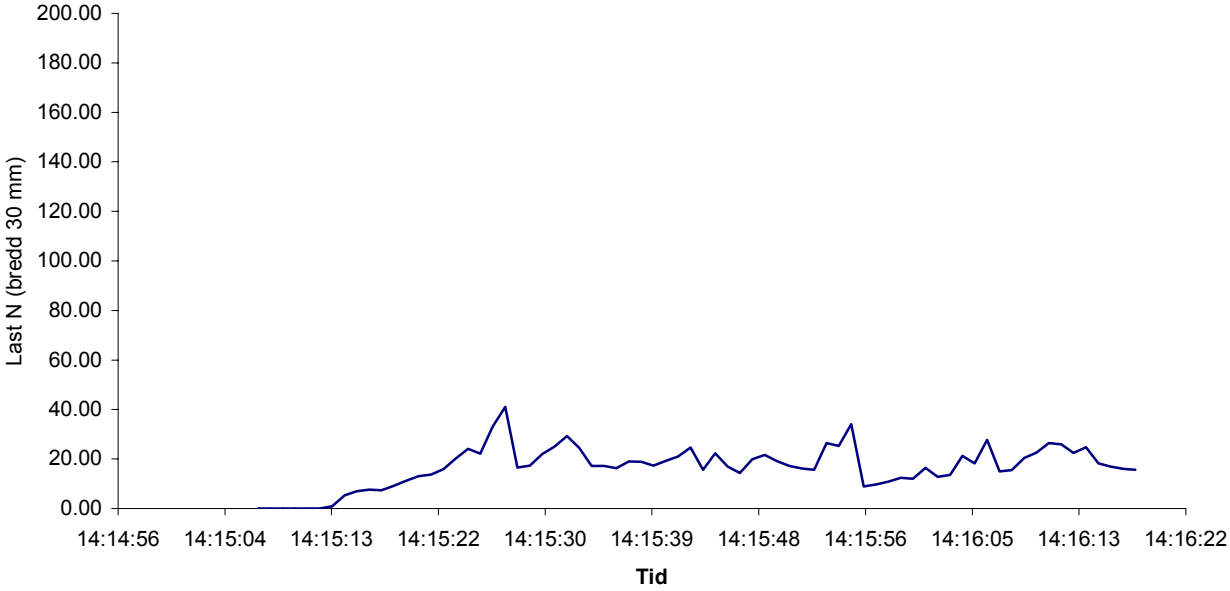

Prov 27
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:08:04
09:08:12
09:08:21
09:08:30
09:08:38
09:08:47
09:08:56
09:09:04
09:09:13
09:09:22
09:09:30
09:09:39
Tid

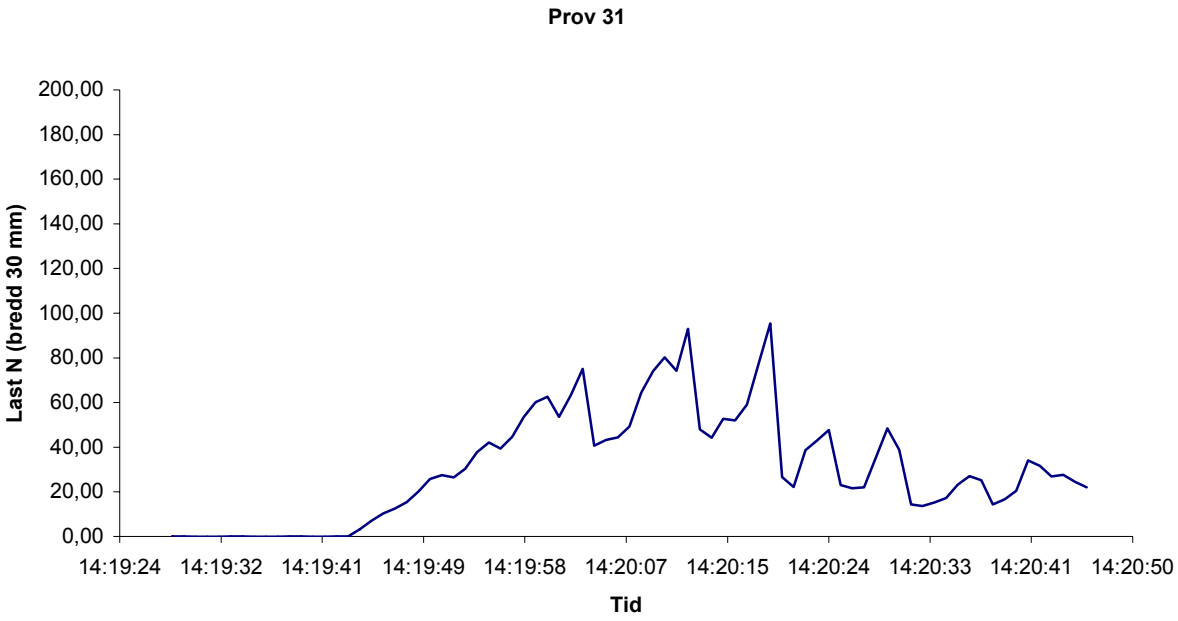

Prov 28
Last N (bedd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:03:33
11:03:42
11:03:50
11:03:59
11:04:08
11:04:16
11:04:25
11:04:34
11:04:42
11:04:51
11:05:00
11:05:08
Tid

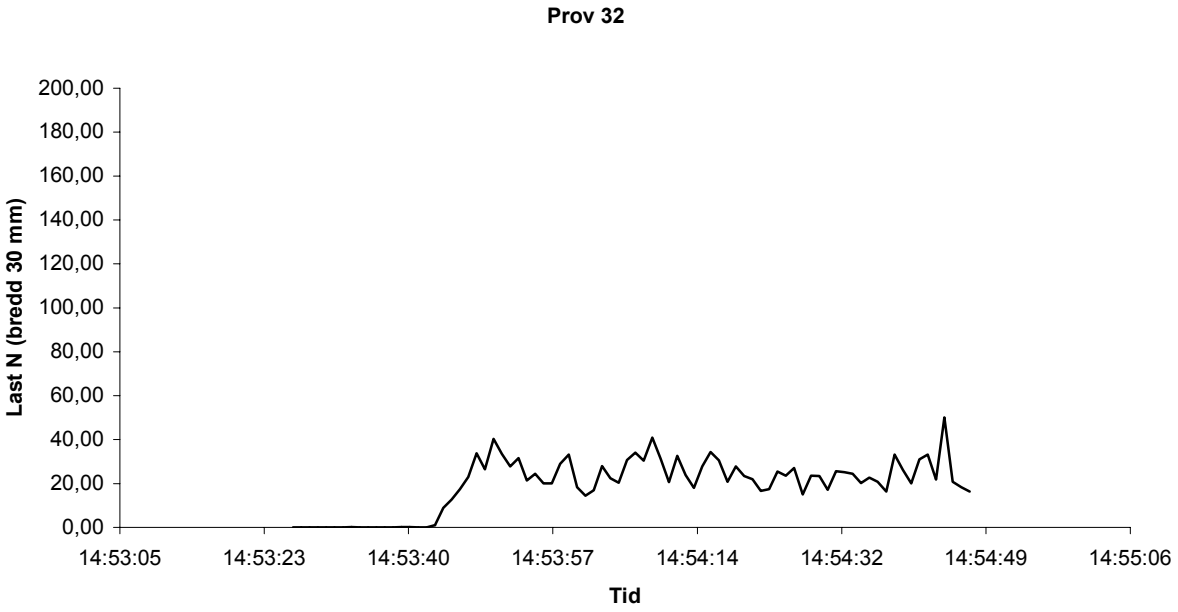
Prov 29

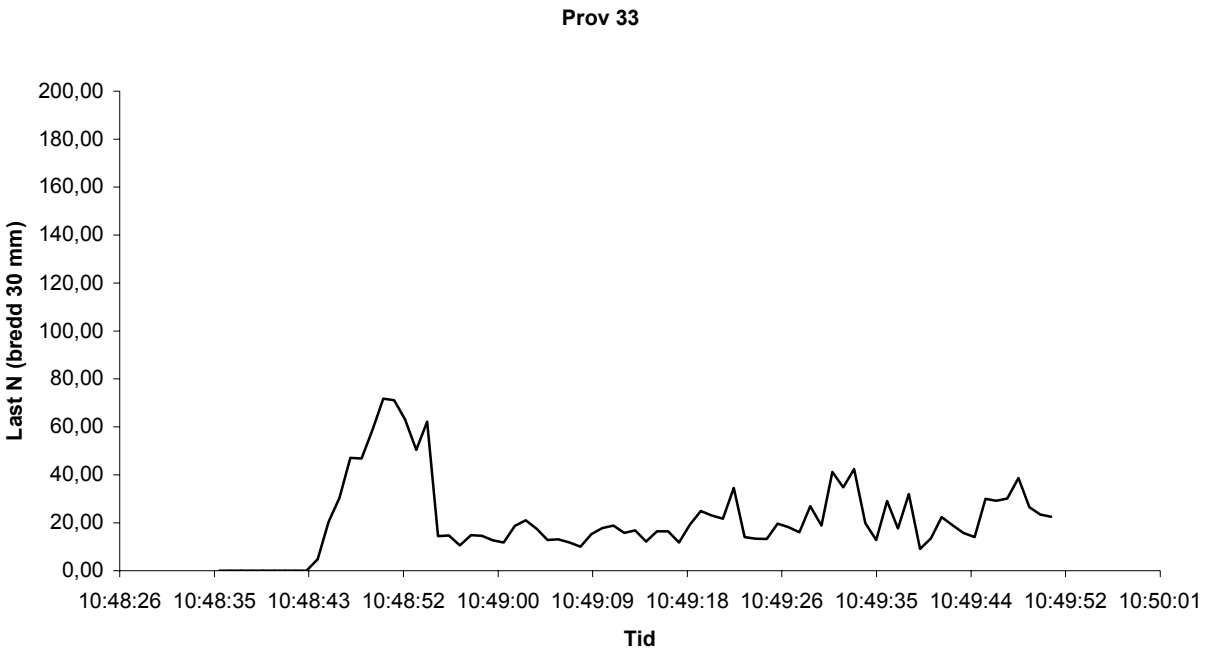


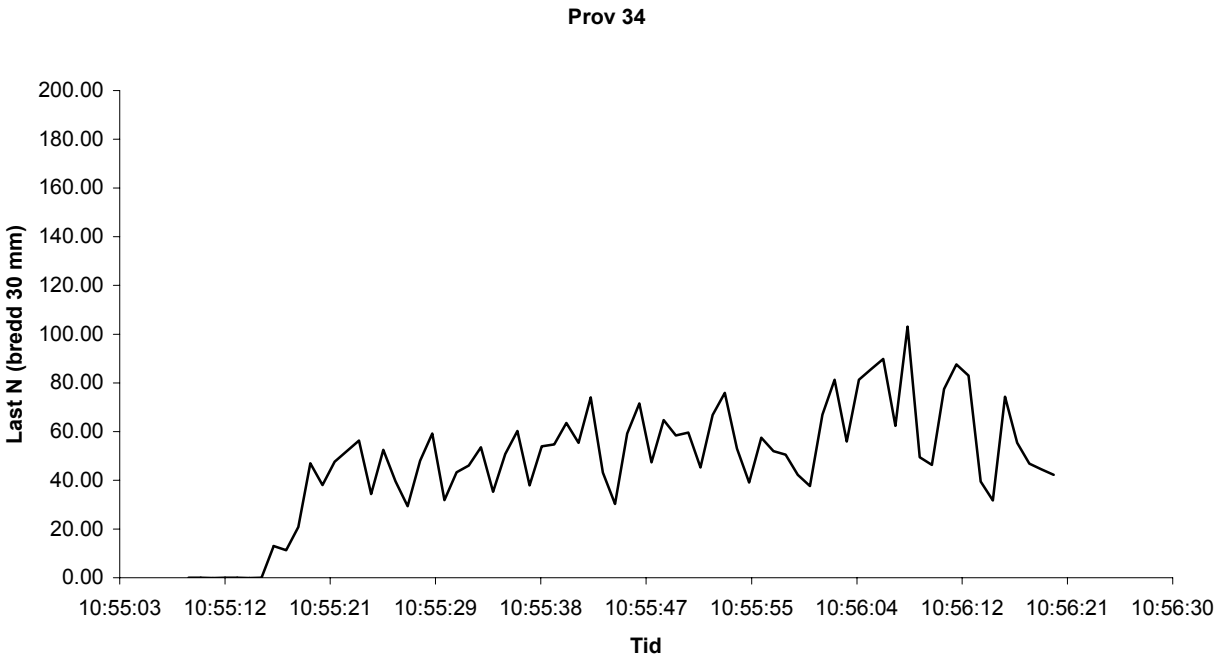
Prov 30



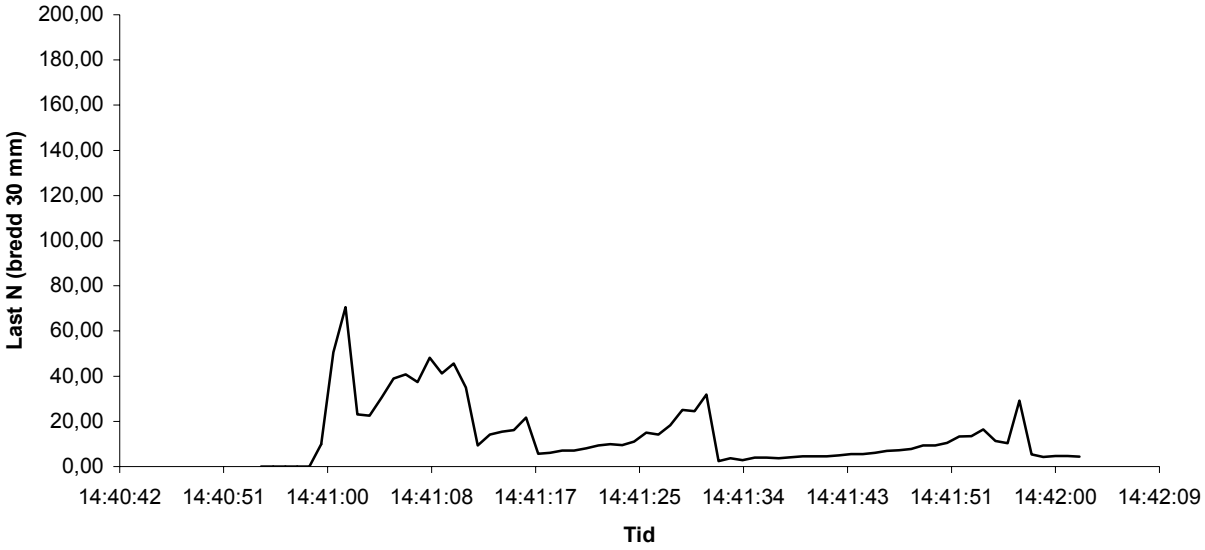

Prov 31
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:19:24
14:19:32
14:19:41
14:19:49
14:19:58
14:20:07
14:20:15
14:20:24
14:20:33
14:20:41
14:20:50
Tid


Prov 32
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:53:05
14:53:23
14:53:40
14:53:57
14:54:14
14:54:32
14:54:49
14:55:06
Tid

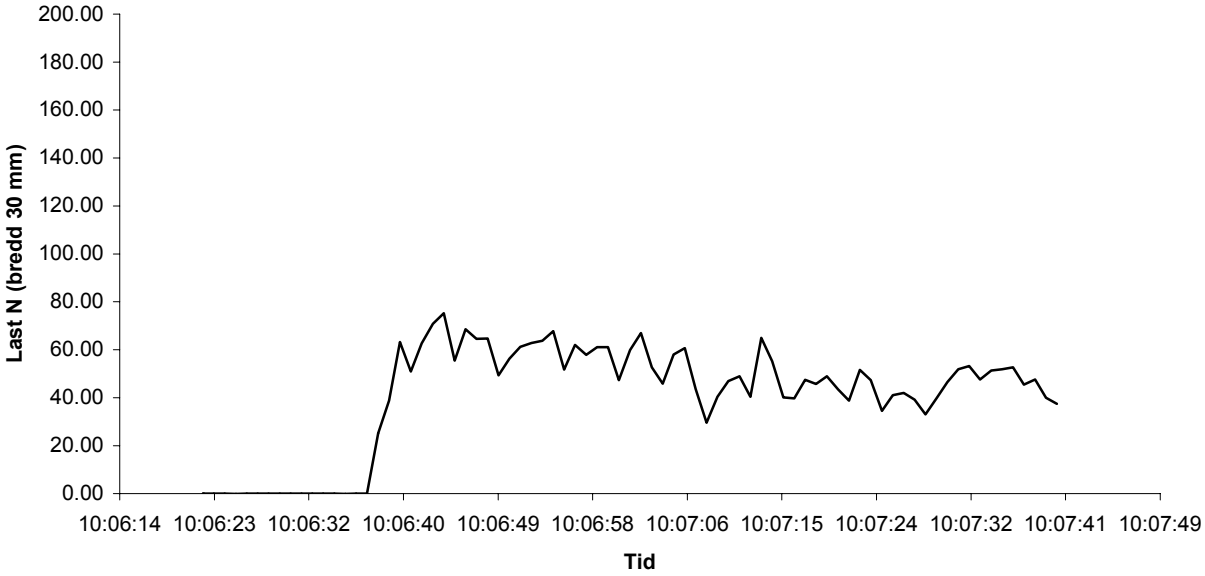

Prov 33
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
10:48:26
10:48:35
10:48:43
10:48:52
10:49:00
10:49:09
10:49:18
10:49:26
10:49:35
10:49:44
10:49:52
10:50:01
Tid

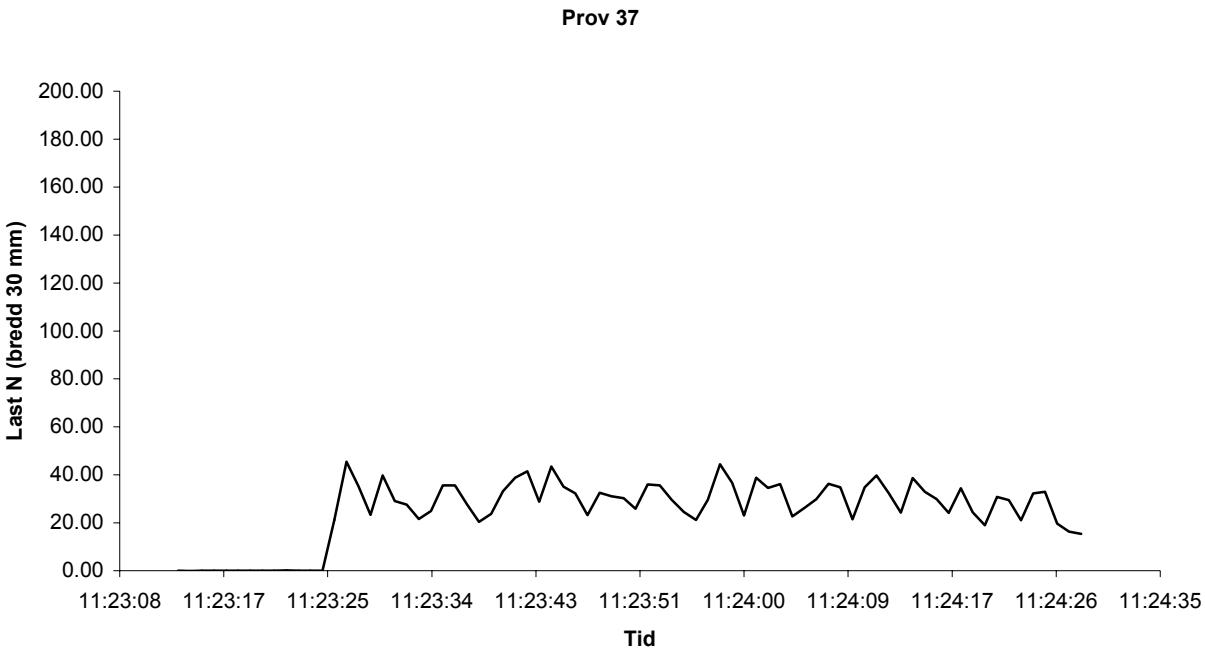

Prov 34
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
10:55:03
10:55:12
10:55:21
10:55:29
10:55:38
10:55:47
10:55:55
10:56:04
10:56:12
10:56:21
10:56:30
Tid

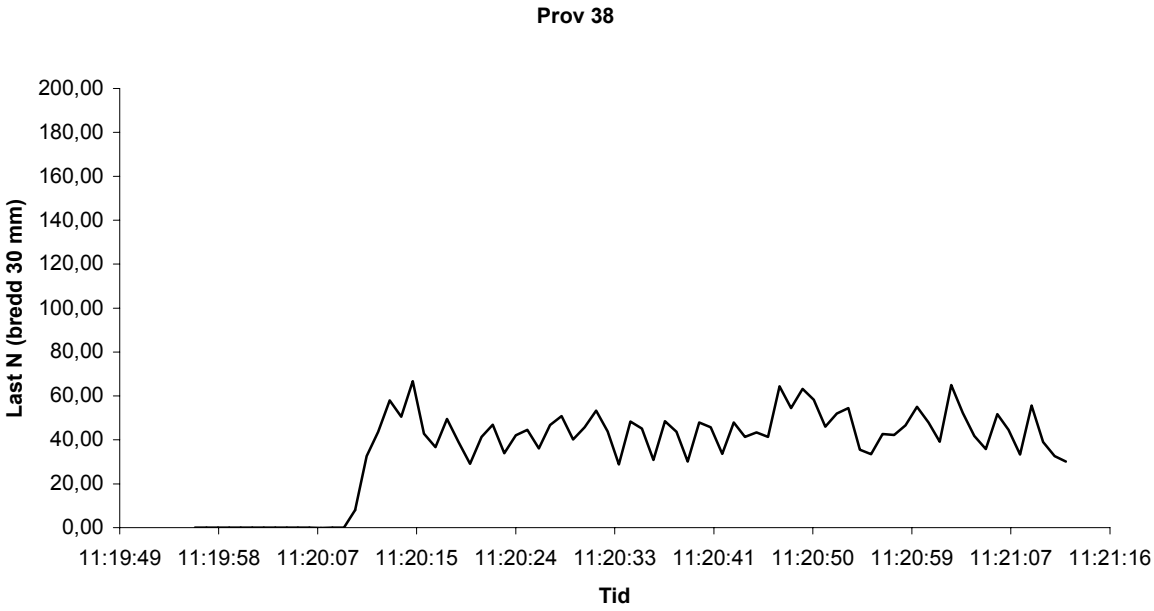
Prov 35

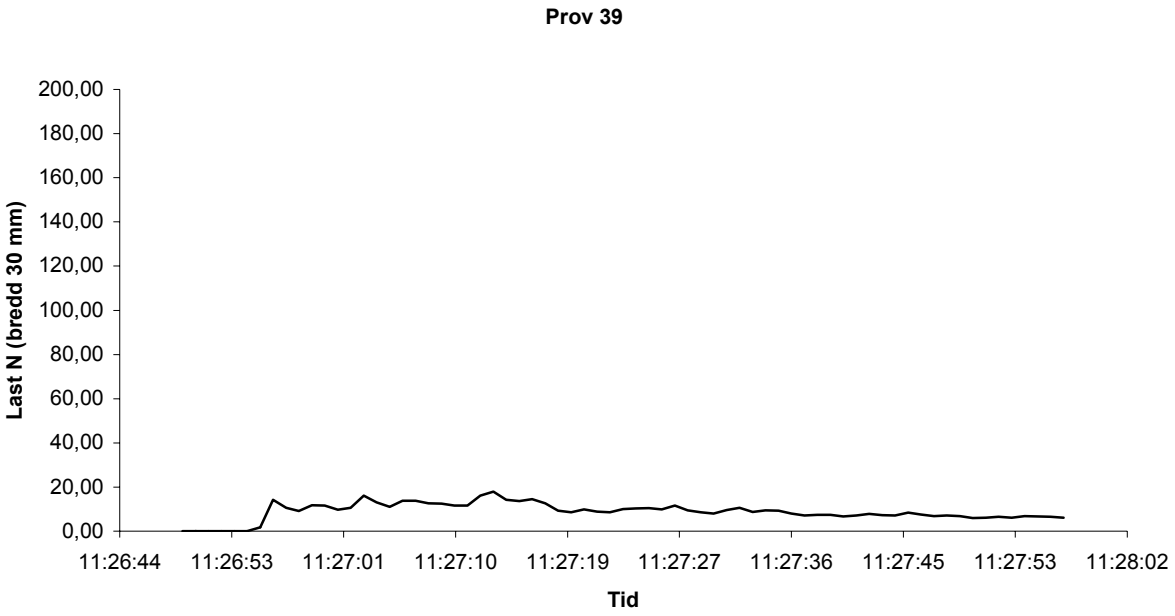


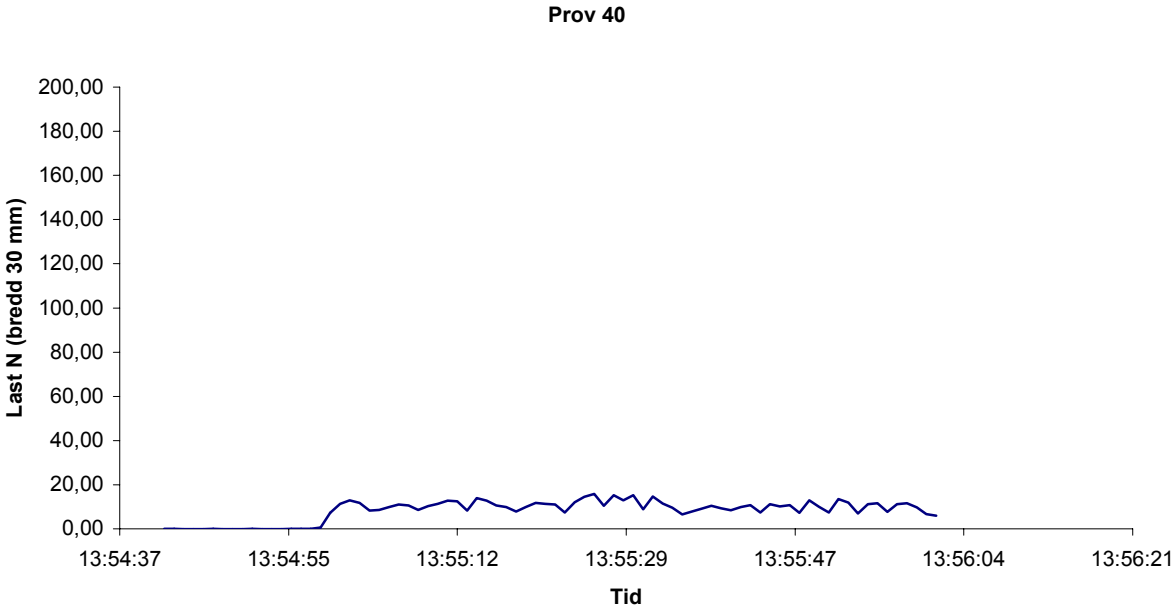
Prov 36

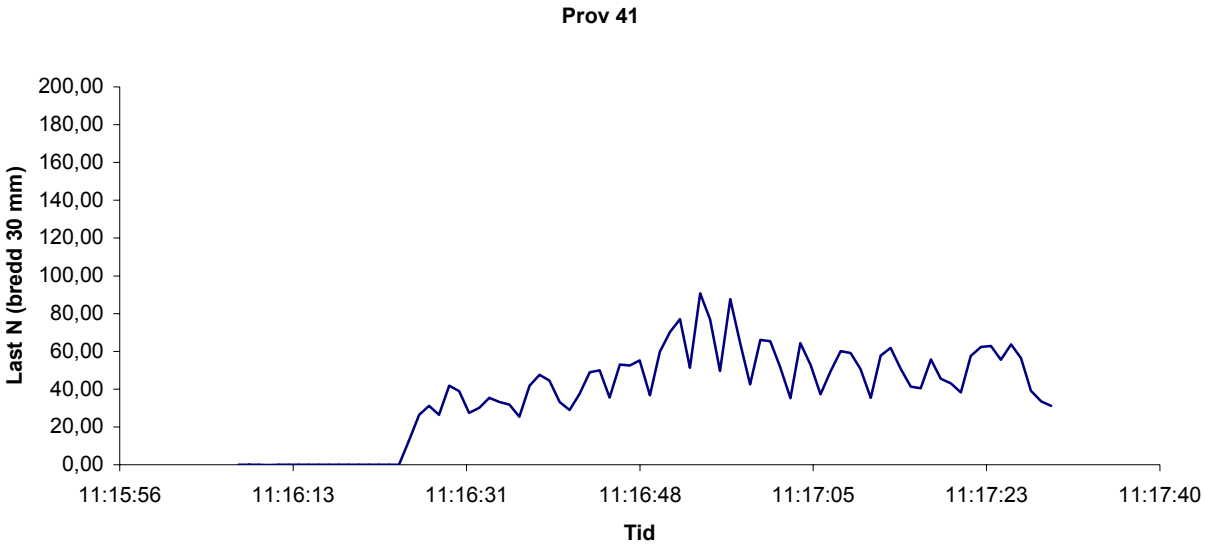


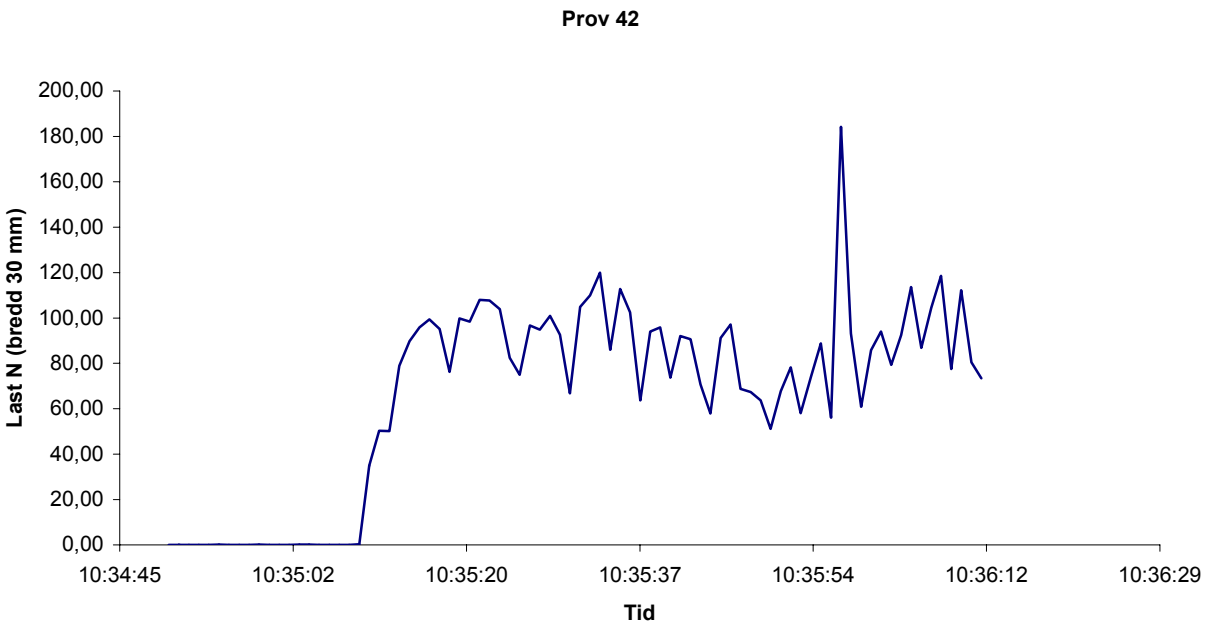

Prov 37
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:23:08
11:23:17
11:23:25
11:23:34
11:23:43
11:23:51
11:24:00
11:24:09
11:24:17
11:24:26
11:24:35
Tid

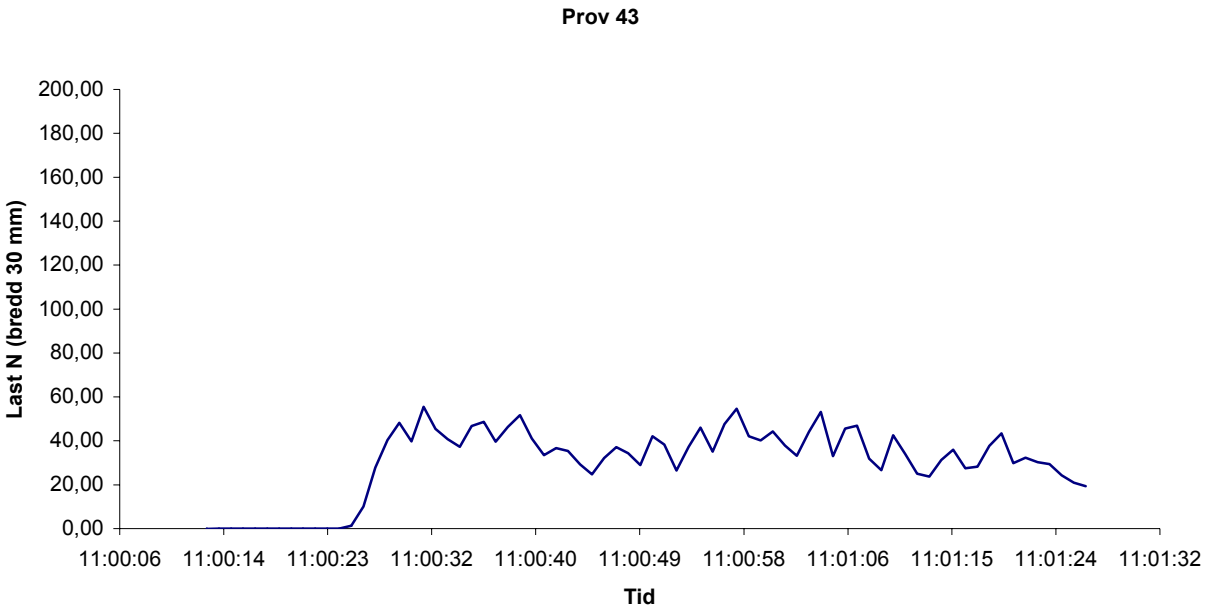

Prov 38
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:19:49
11:19:58
11:20:07
11:20:15
11:20:24
11:20:33
11:20:41
11:20:50
11:20:59
11:21:07
11:21:16
Tid

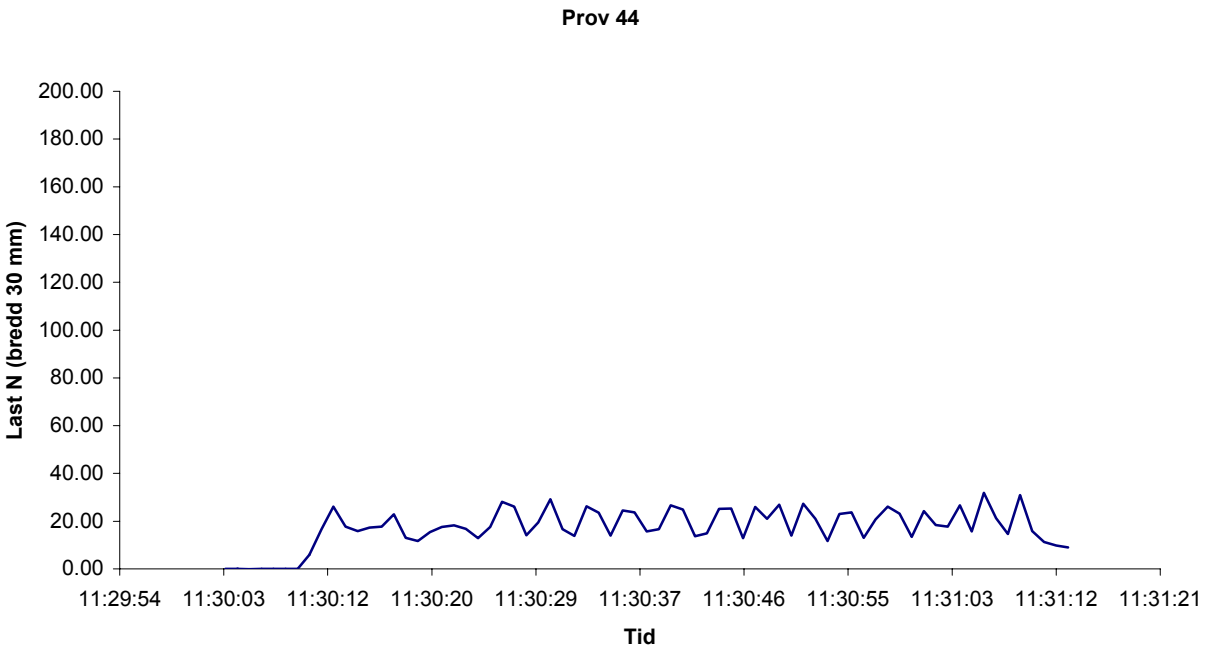

Prov 39
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:26:44
11:26:53
11:27:01
11:27:10
11:27:19
11:27:27
11:27:36
11:27:45
11:27:53
11:28:02
Tid

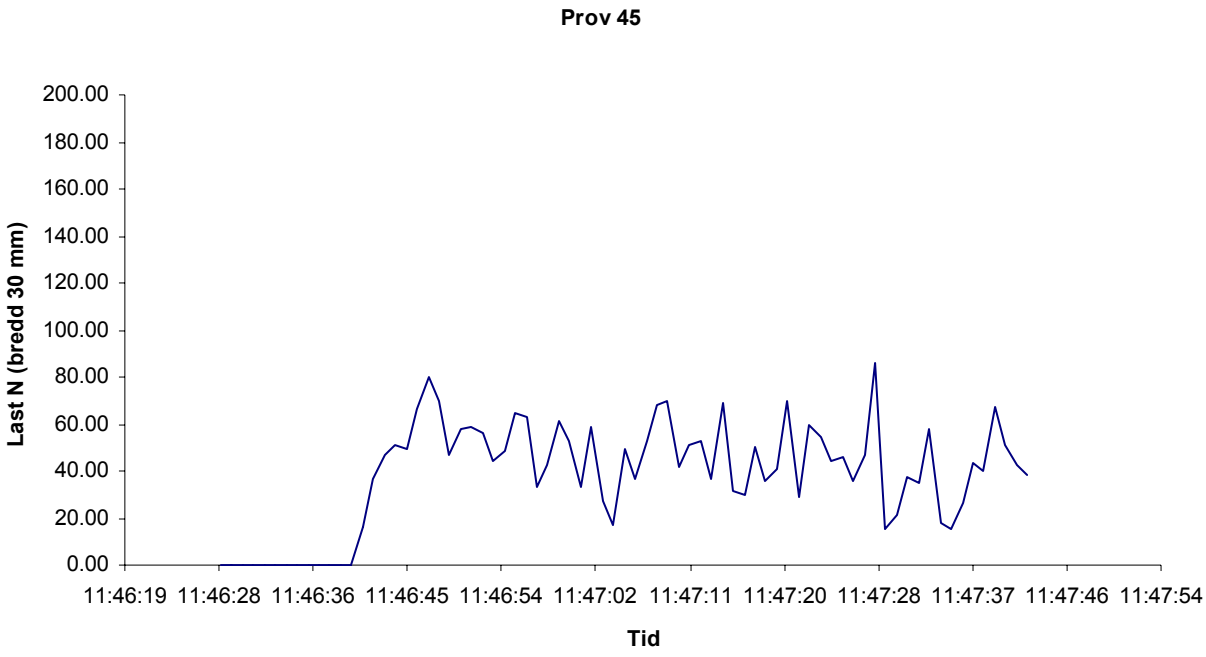

Prov 40
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
13:54:37
13:54:55
13:55:12
13:55:29
13:55:47
13:56:04
13:56:21
Tid

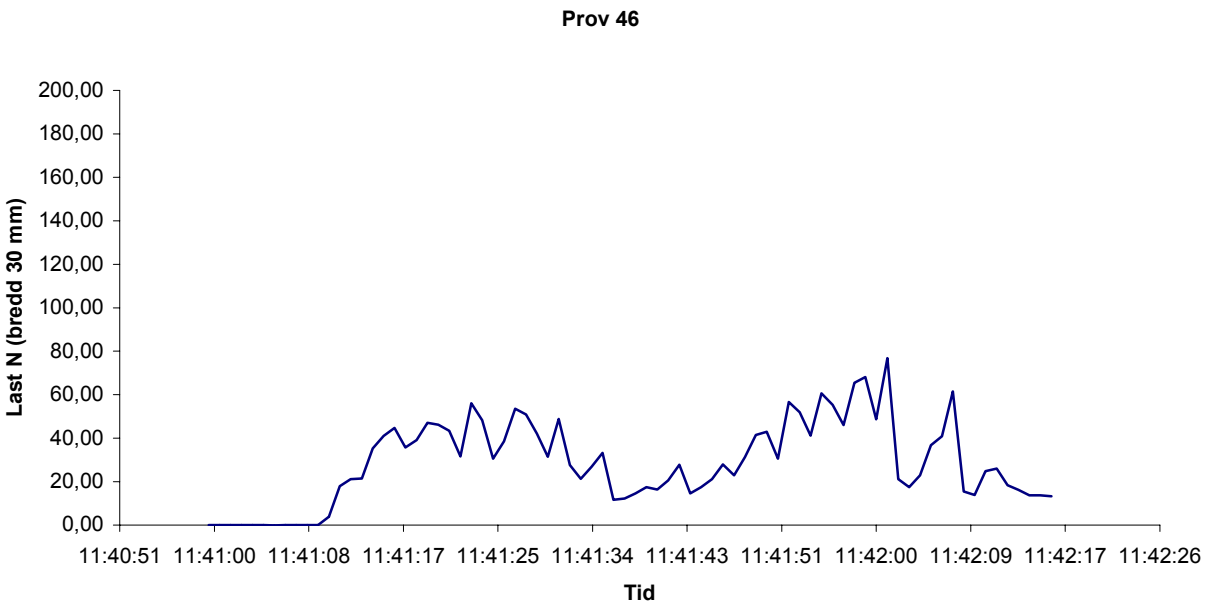

Prov 41
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:15:56
11:16:13
11:16:31
11:16:48
11:17:05
11:17:23
11:17:40
Tid

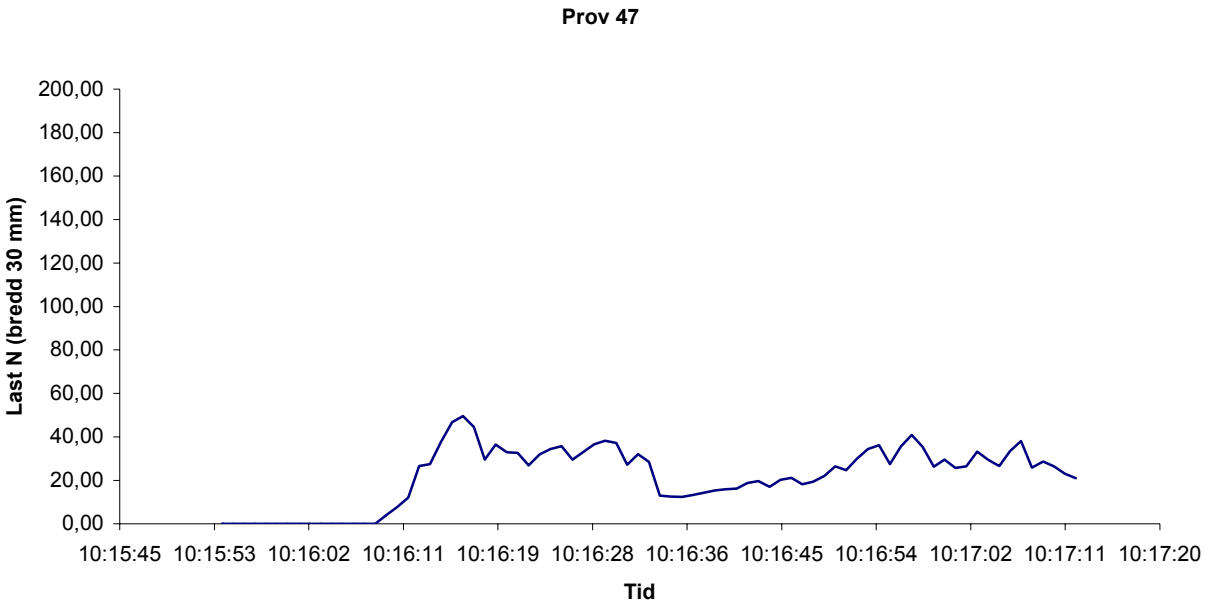

Prov 42
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
10:34:45
10:35:02
10:35:20
10:35:37
10:35:54
10:36:12
10:36:29
Tid

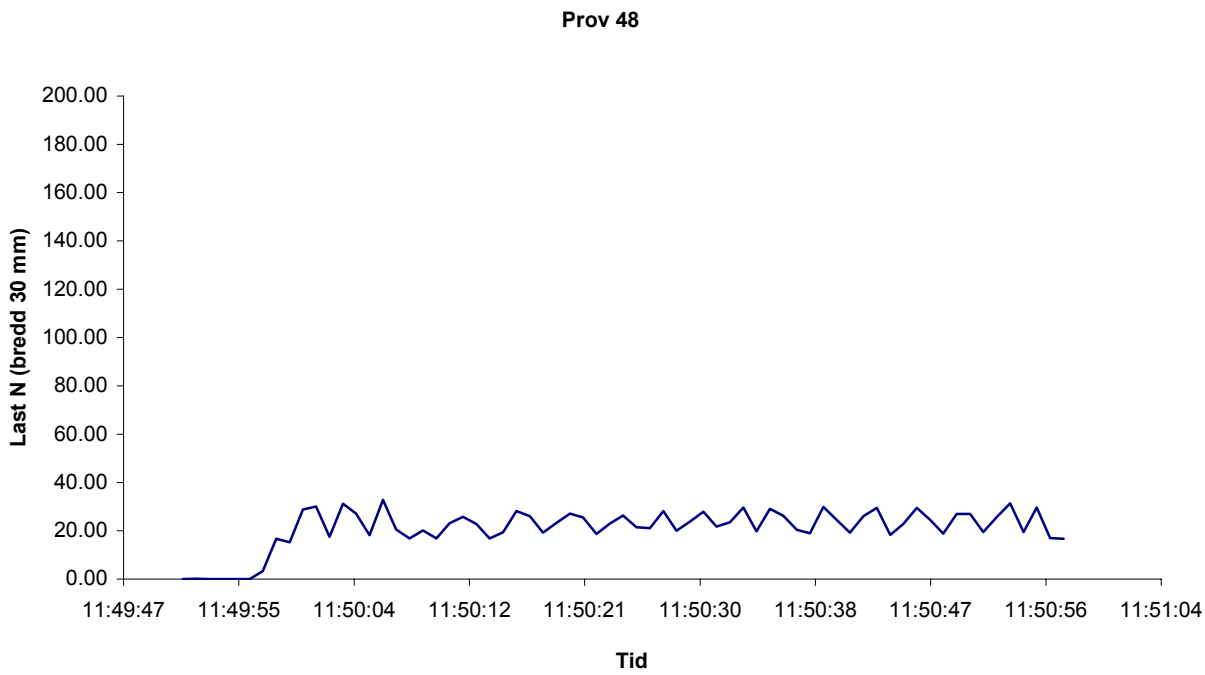

Prov 43
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:00:06
11:00:14
11:00:23
11:00:32
11:00:40
11:00:49
11:00:58
11:01:06
11:01:15
11:01:24
11:01:32
Tid

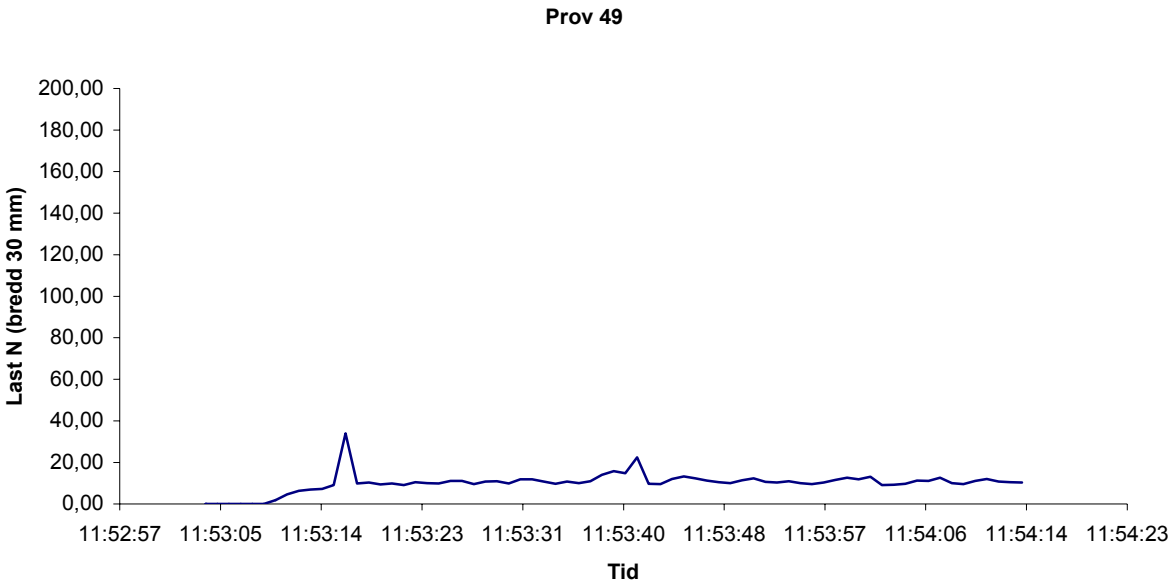

Prov 44
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:29:54
11:30:03
11:30:12
11:30:20
11:30:29
11:30:37
11:30:46
11:30:55
11:31:03
11:31:12
11:31:21
Tid

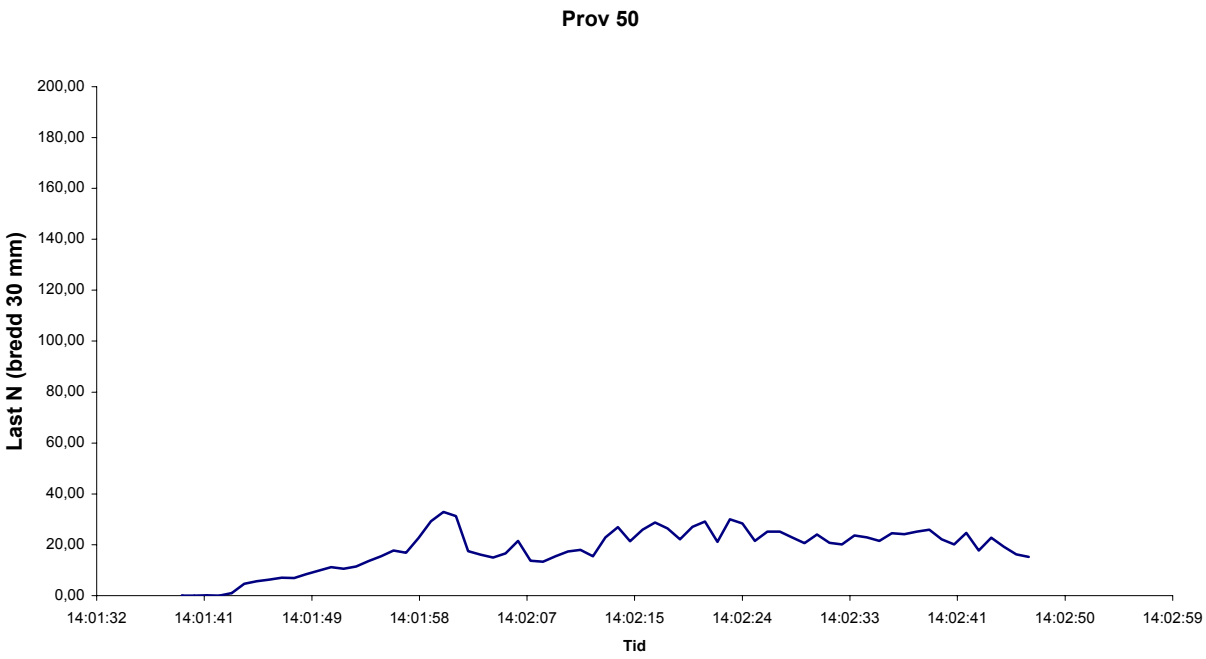

Prov 45
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:46:19
11:46:28
11:46:36
11:46:45
11:46:54
11:47:02
11:47:11
11:47:20
11:47:28
11:47:37
11:47:46
11:47:54
Tid

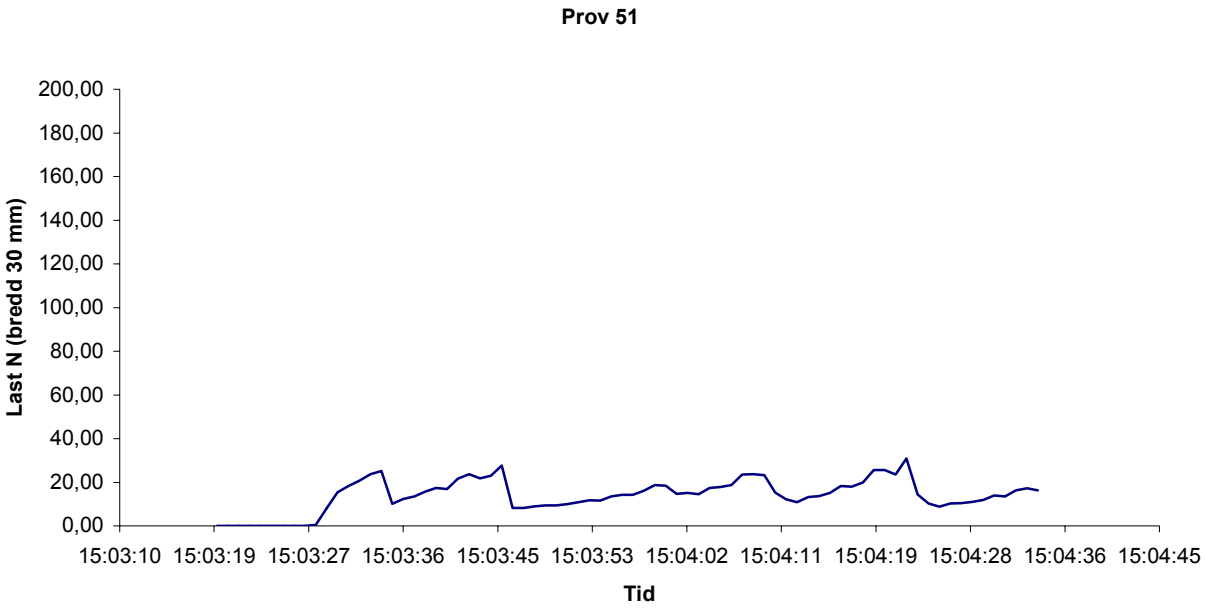

Prov 46
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:40:51
11:41:00
11:41:08
11:41:17
11:41:25
11:41:34
11:41:43
11:41:51
11:42:00
11:42:09
11:42:17
11:42:26
Tid

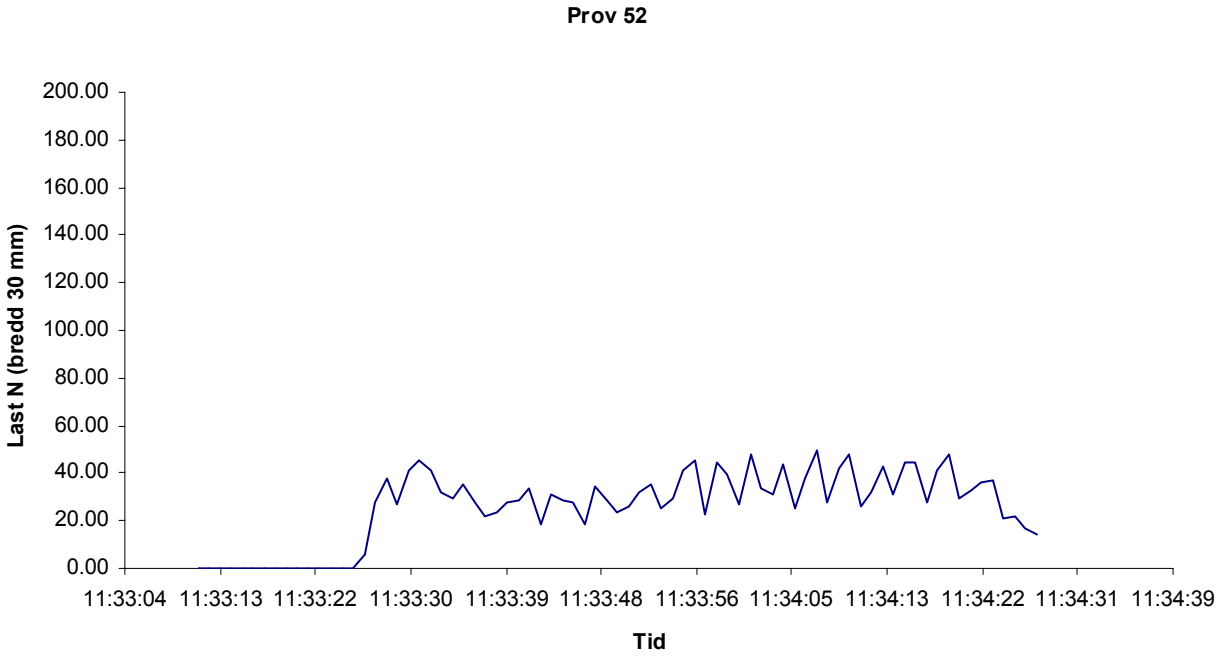

Prov 47
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Last N (bredd 30 mm)
10:15:45
10:15:53
10:16:02
10:16:11
10:16:19
10:16:28
10:16:36
10:16:45
10:16:54
10:17:02
10:17:11
10:17:20
Tid

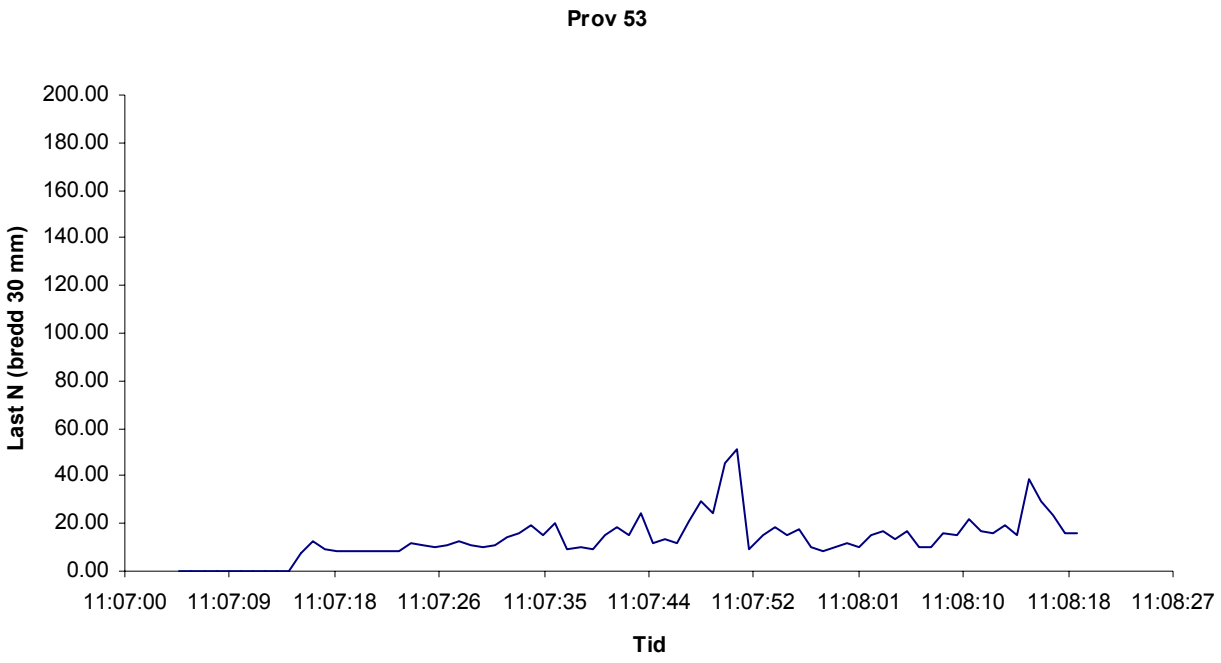

Prov 48
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
11:49:47
11:49:55
11:50:04
11:50:12
11:50:21
11:50:30
11:50:38
11:50:47
11:50:56
11:51:04
Tid

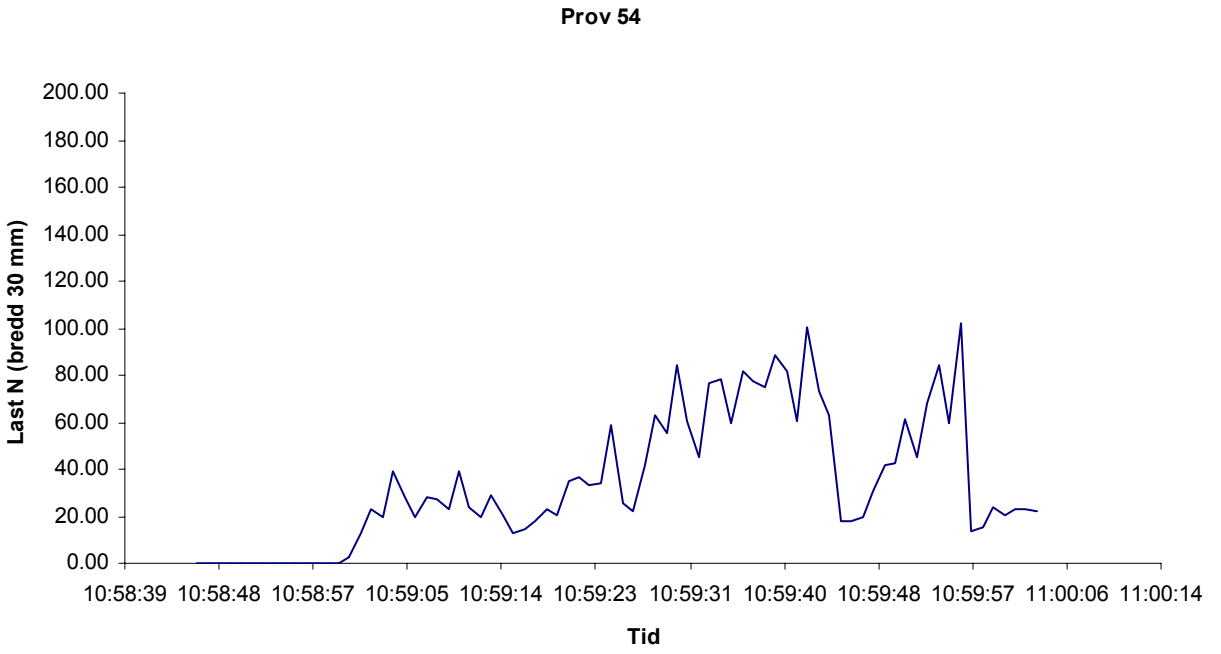

Prov 49
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:52:57
11:53:05
11:53:14
11:53:23
11:53:31
11:53:40
11:53:48
11:53:57
11:54:06
11:54:14
11:54:23
Tid

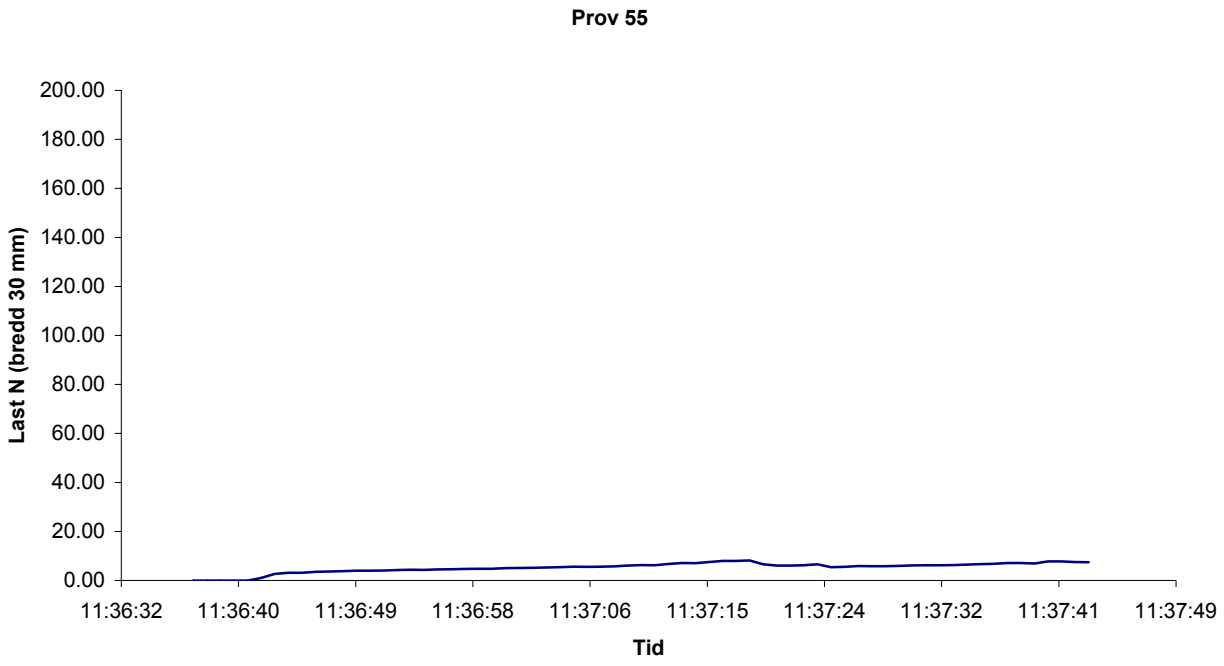

Prov 50
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
14:01:32
14:01:41
14:01:49
14:01:58
14:02:07
14:02:15
14:02:24
14:02:33
14:02:41
14:02:50
14:02:59
Tid

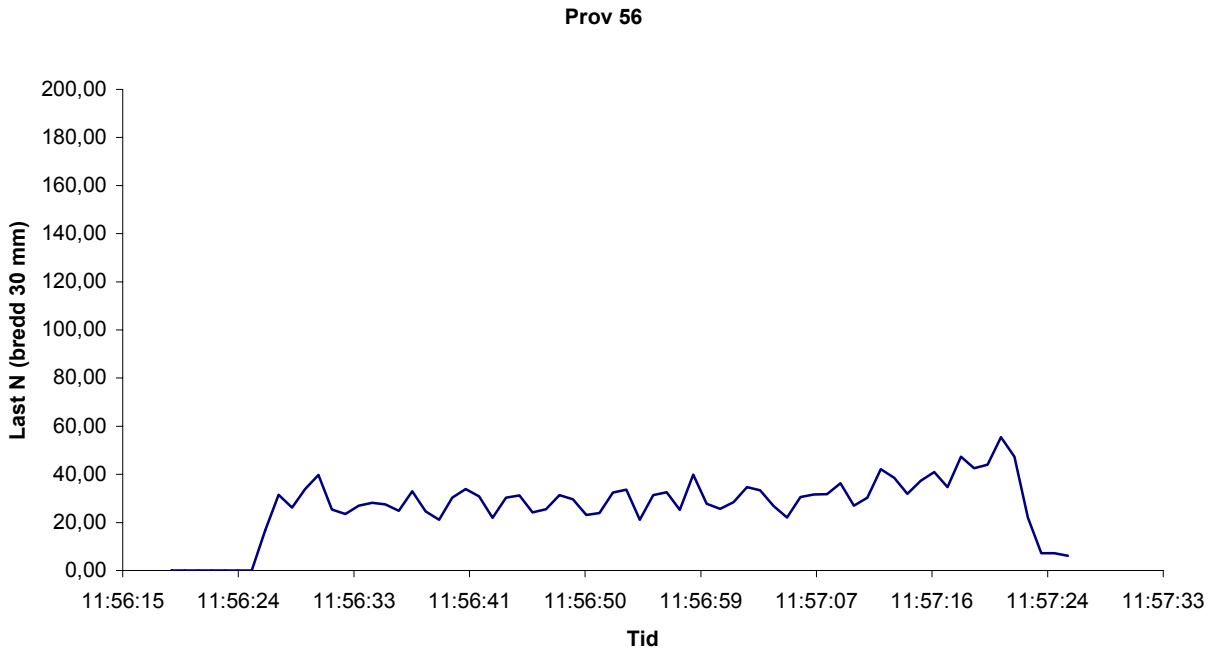

Prov 51
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
15:03:10
15:03:19
15:03:27
15:03:36
15:03:45
15:03:53
15:04:02
15:04:11
15:04:19
15:04:28
15:04:36
15:04:45
Tid

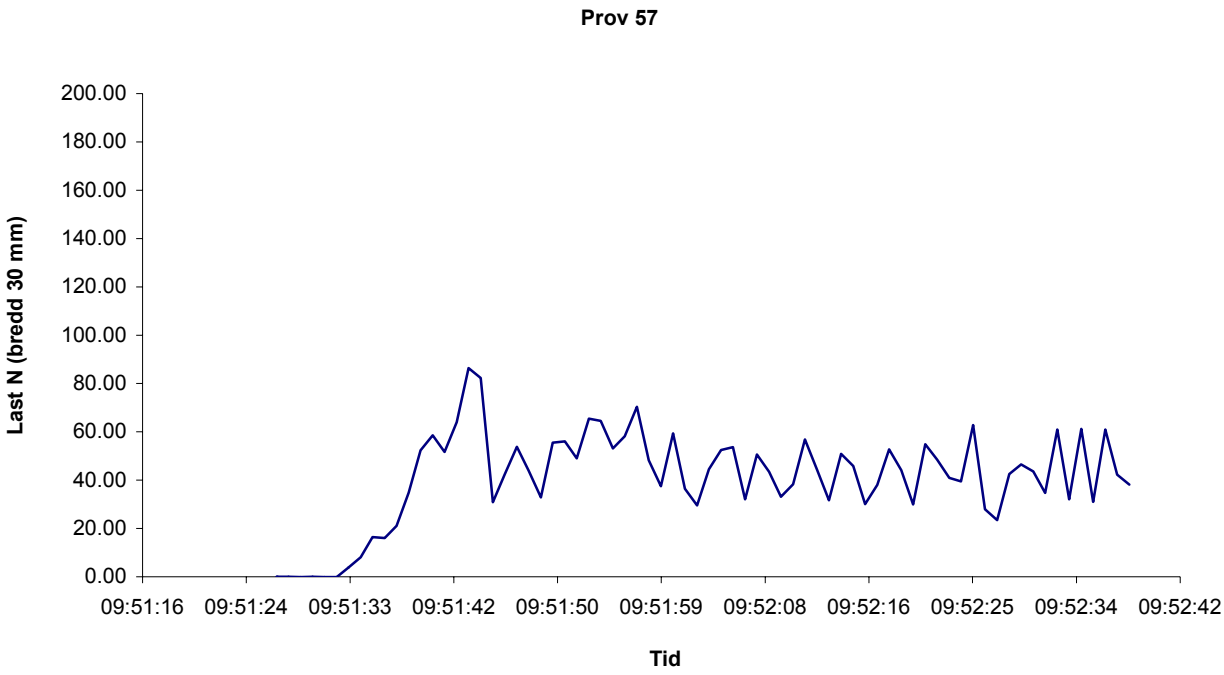

Prov 52
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:33:04
11:33:13
11:33:22
11:33:30
11:33:39
11:33:48
11:33:56
11:34:05
11:34:13
11:34:22
11:34:31
11:34:39
Tid

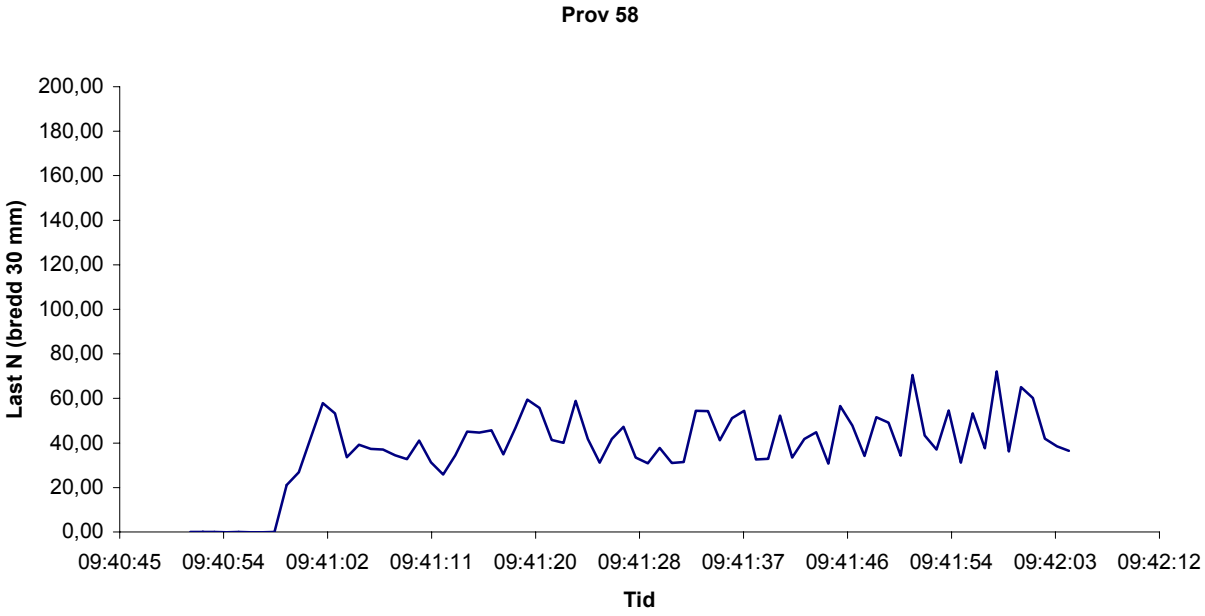

Prov 53
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:07:00
11:07:09
11:07:18
11:07:26
11:07:35
11:07:44
11:07:52
11:08:01
11:08:10
11:08:18
11:08:27
Tid

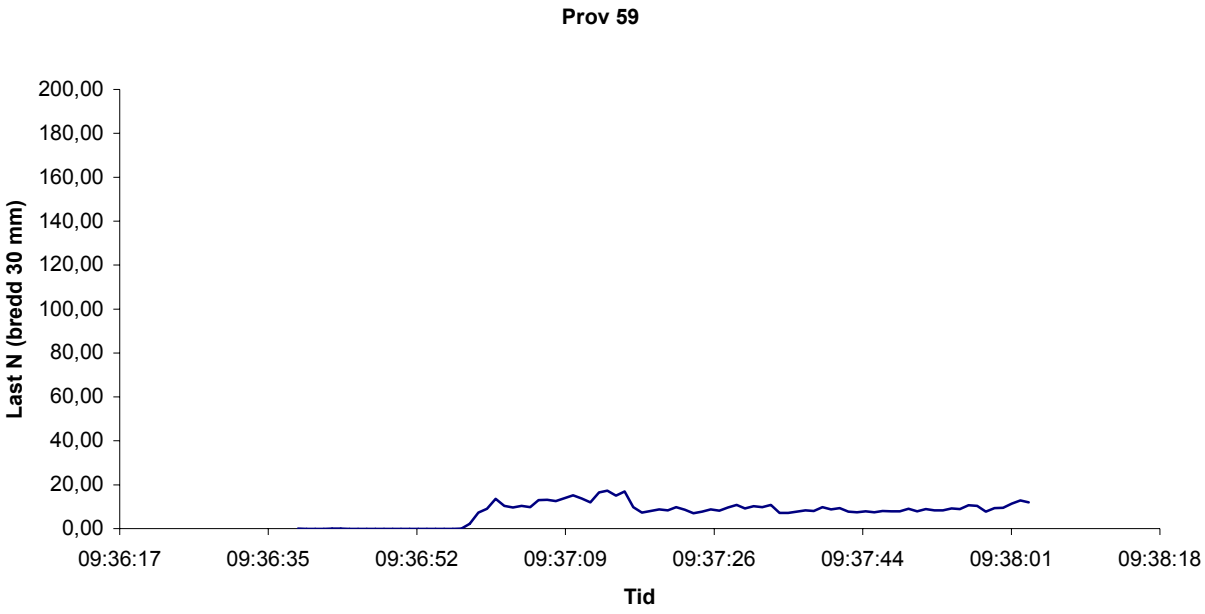

Prov 54
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
10:58:39
10:58:48
10:58:57
10:59:05
10:59:14
10:59:23
10:59:31
10:59:40
10:59:48
10:59:57
11:00:06
11:00:14
Tid

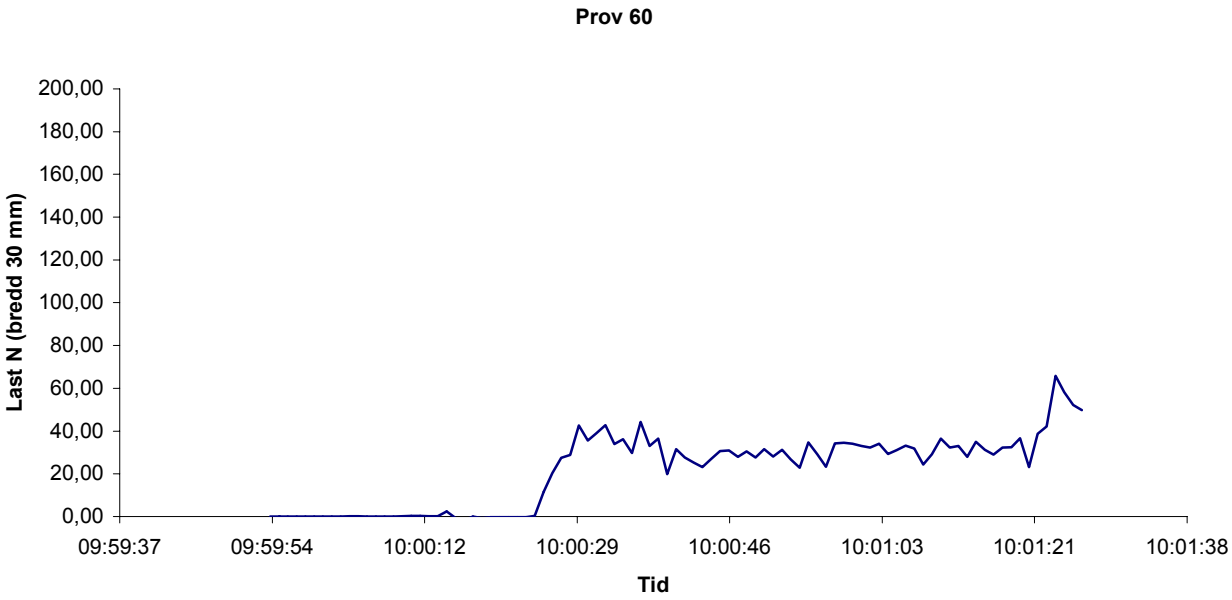

Prov 55
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
11:36:32
11:36:40
11:36:49
11:36:58
11:37:06
11:37:15
11:37:24
11:37:32
11:37:41
11:37:49
Tid

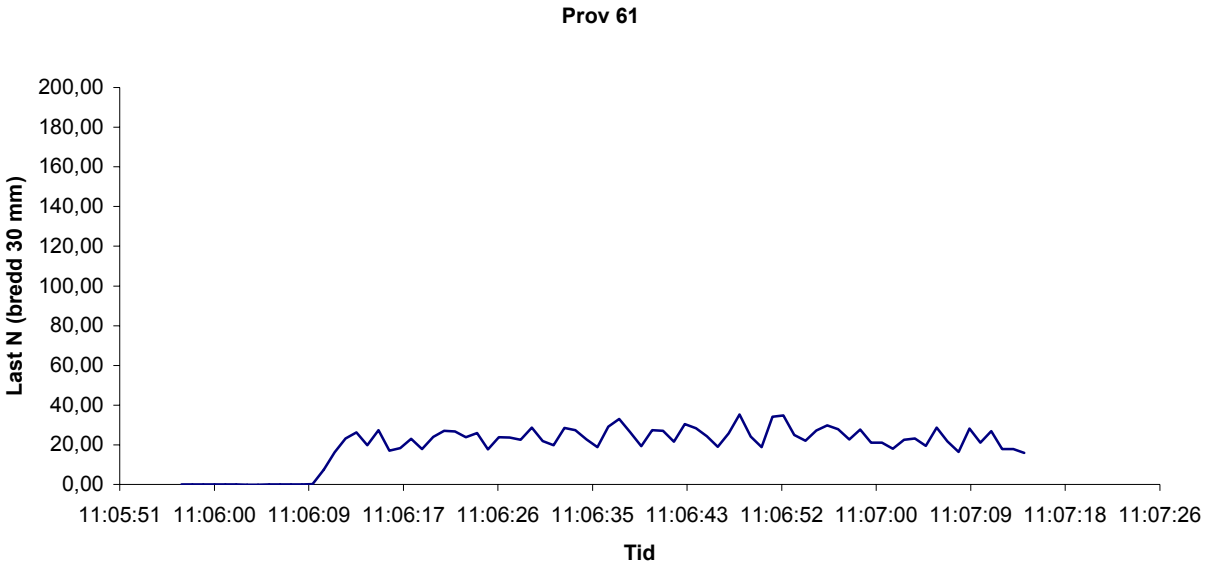

Prov 56
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:56:15
11:56:24
11:56:33
11:56:41
11:56:50
11:56:59
11:57:07
11:57:16
11:57:24
11:57:33
Tid

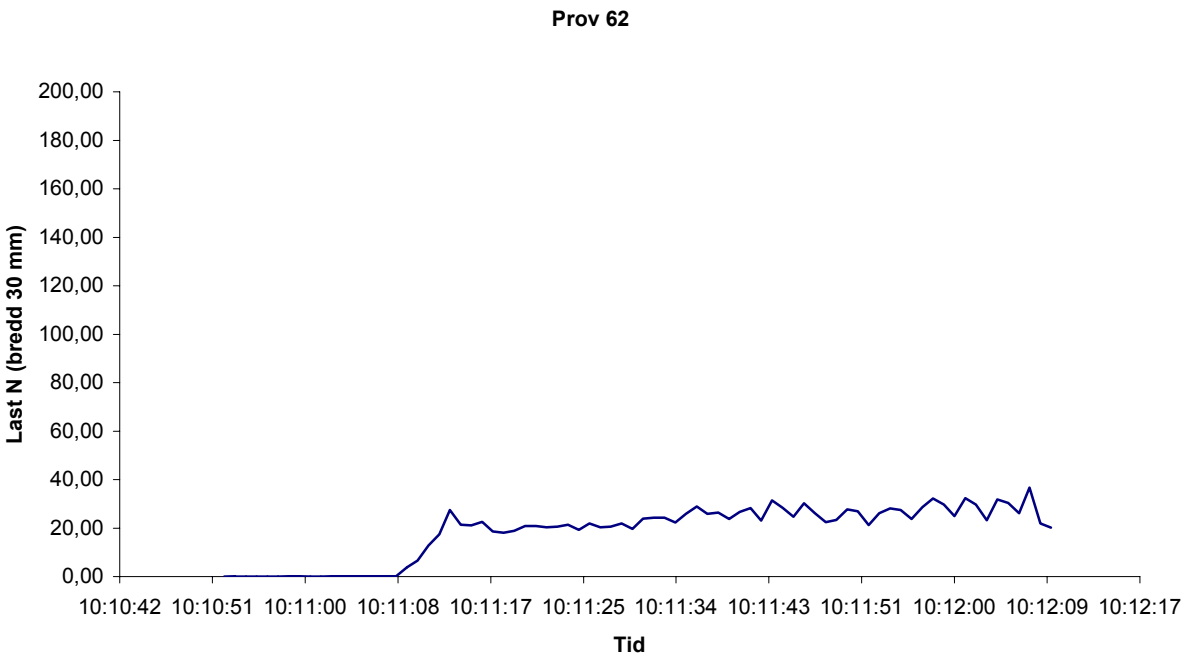

Prov 57
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:51:16
09:51:24
09:51:33
09:51:42
09:51:50
09:51:59
09:52:08
09:52:16
09:52:25
09:52:34
09:52:42
Tid

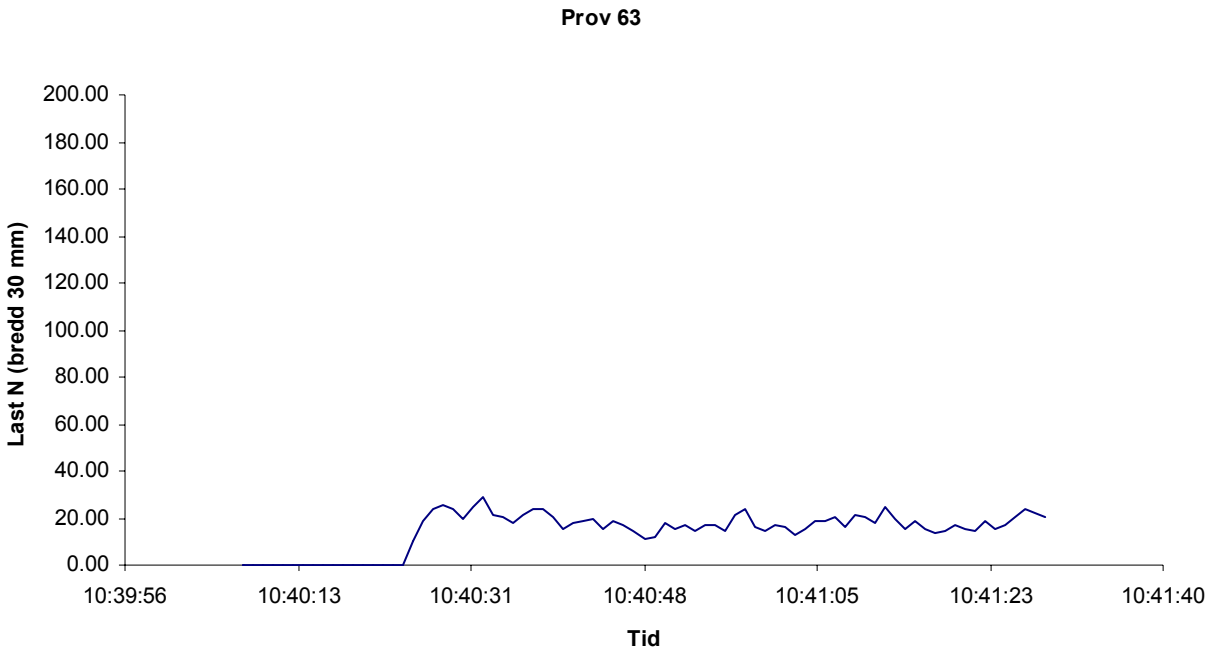

Prov 58
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:40:45
09:40:54
09:41:02
09:41:11
09:41:20
09:41:28
09:41:37
09:41:46
09:41:54
09:42:03
09:42:12
Tid

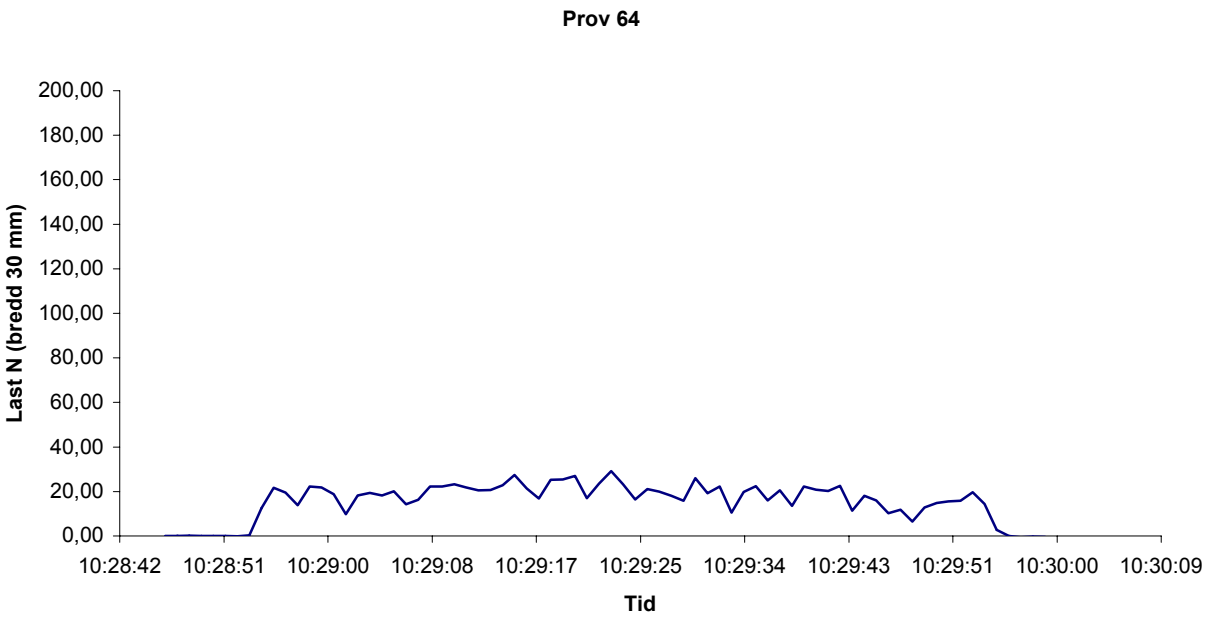

Prov 59
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Last N (bredd 30 mm)
09:36:17
09:36:35
09:36:52
09:37:09
09:37:26
09:37:44
09:38:01
09:38:18
Tid

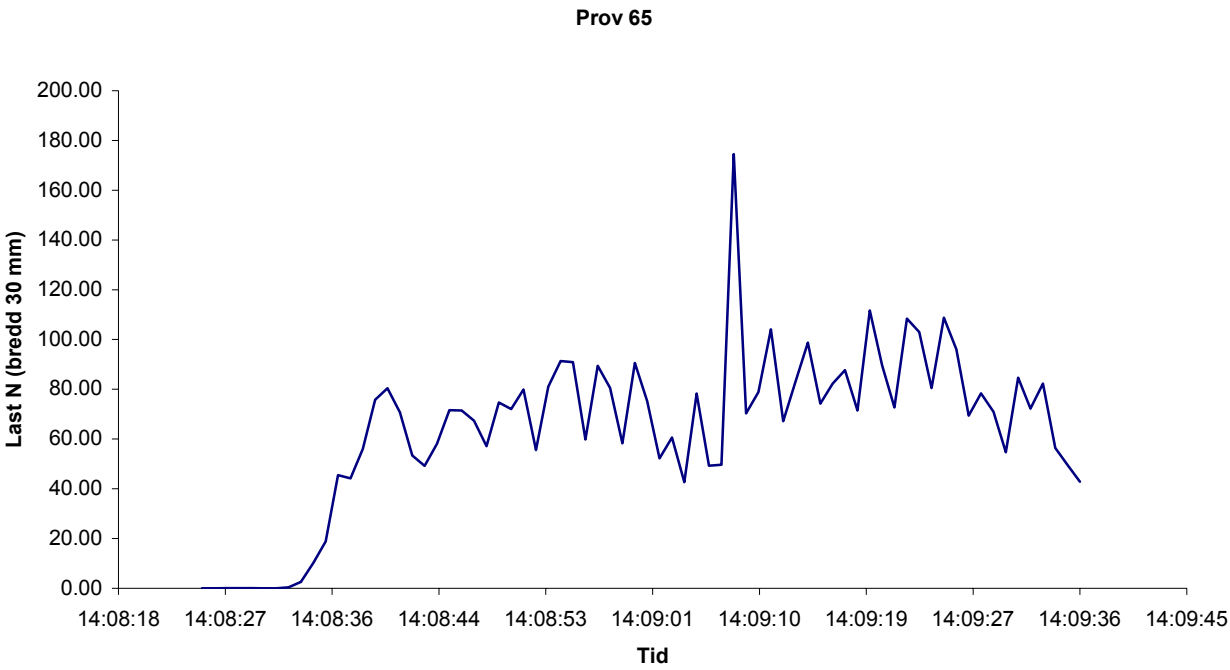

Prov 60
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Last N (bredd 30 mm)
09:59:37
09:59:54
10:00:12
10:00:29
10:00:46
10:01:03
10:01:21
10:01:38
Tid

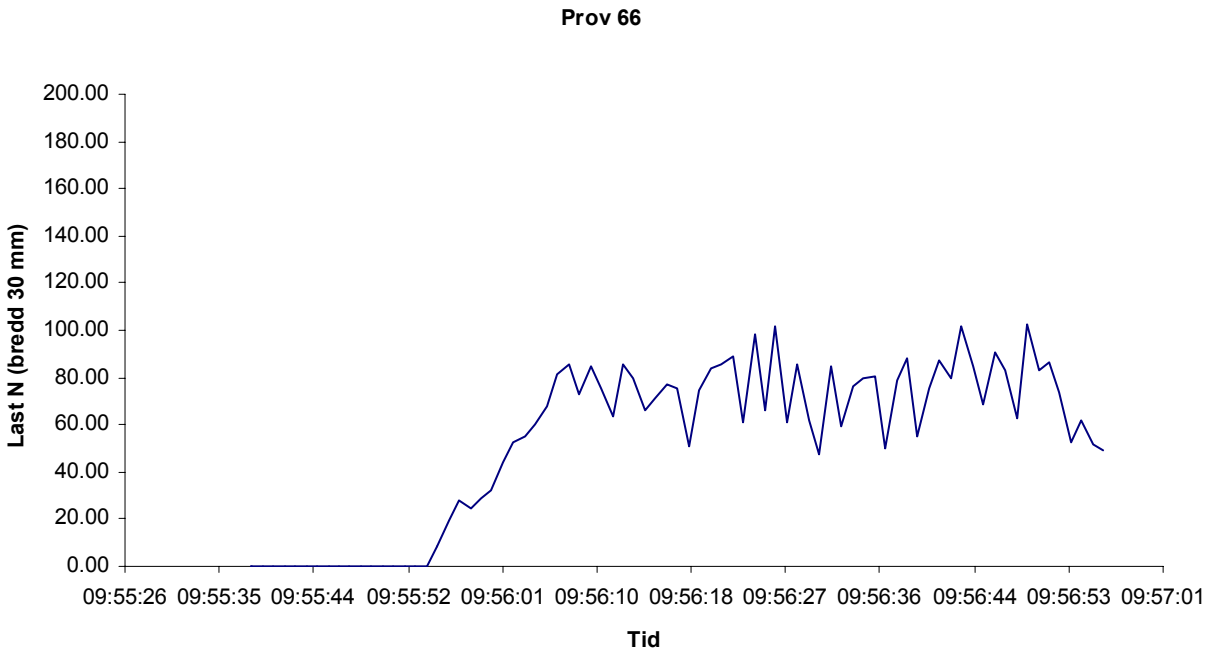

Prov 61
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
11:05:51
11:06:00
11:06:09
11:06:17
11:06:26
11:06:35
11:06:43
11:06:52
11:07:00
11:07:09
11:07:18
11:07:26
Tid

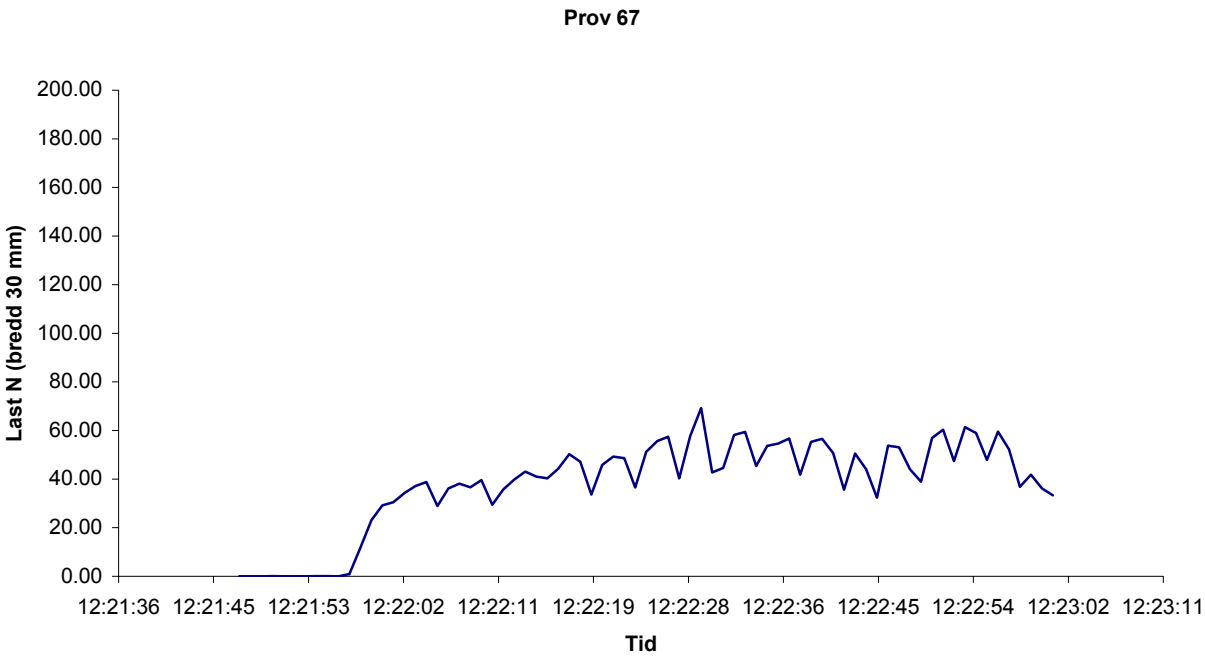

Prov 62
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
10:10:42
10:10:51
10:11:00
10:11:08
10:11:17
10:11:25
10:11:34
10:11:43
10:11:51
10:12:00
10:12:09
10:12:17
Tid

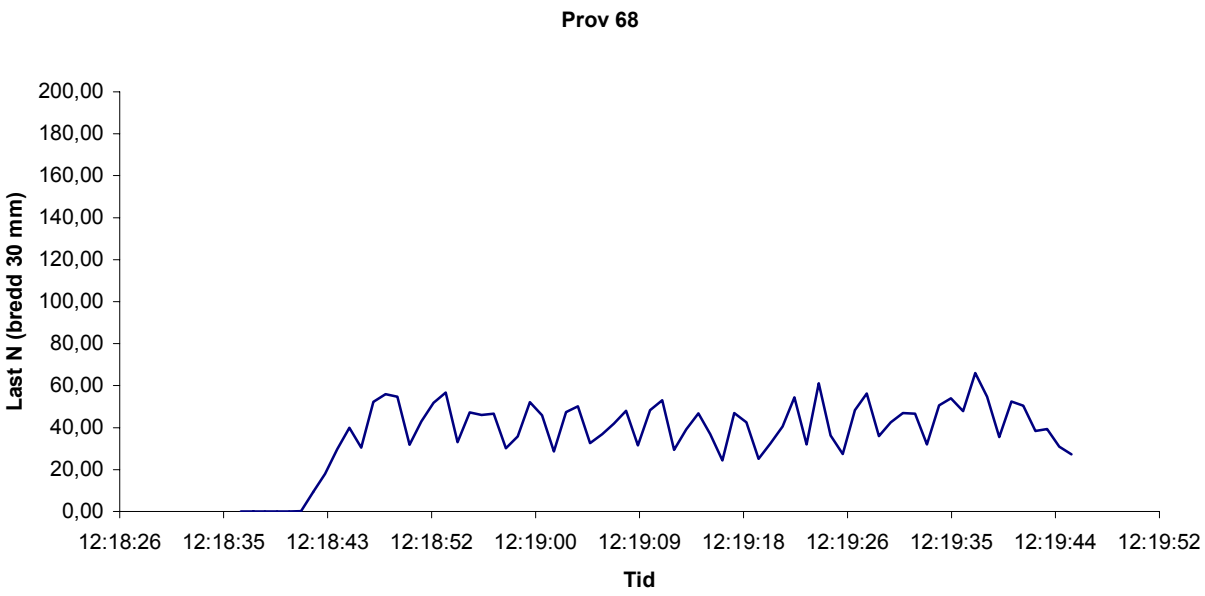

Prov 63
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
10:39:56
10:40:13
10:40:31
10:40:48
10:41:05
10:41:23
10:41:40
Tid

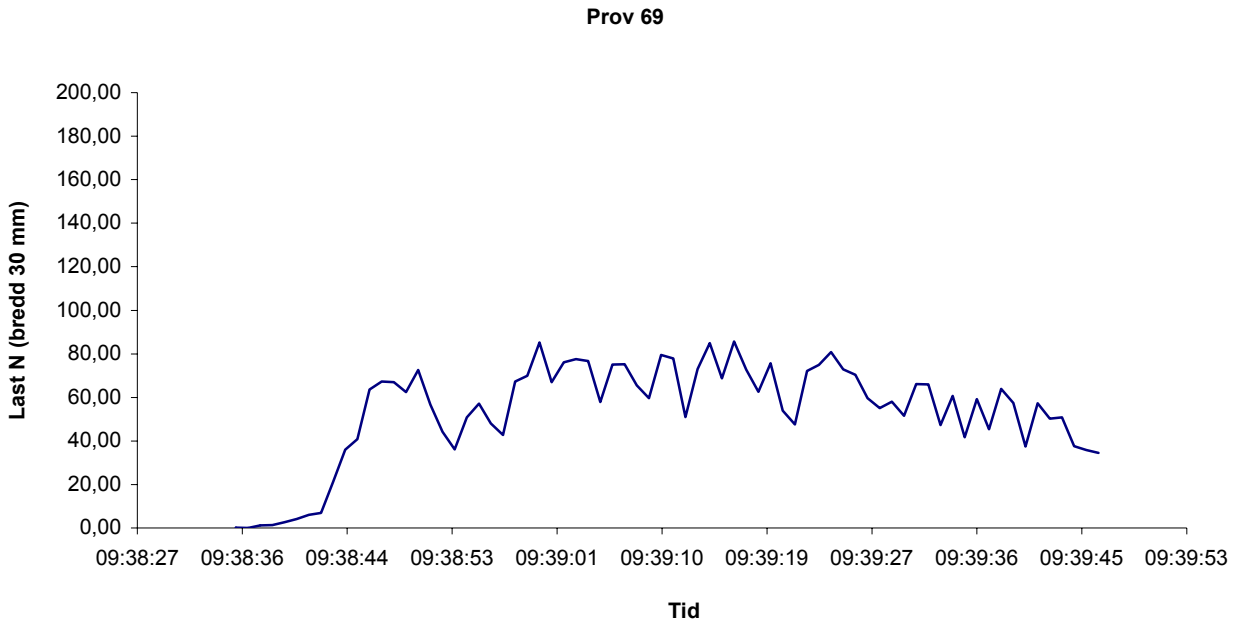

Prov 64
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
10:28:42
10:28:51
10:29:00
10:29:08
10:29:17
10:29:25
10:29:34
10:29:43
10:29:51
10:30:00
10:30:09
Tid

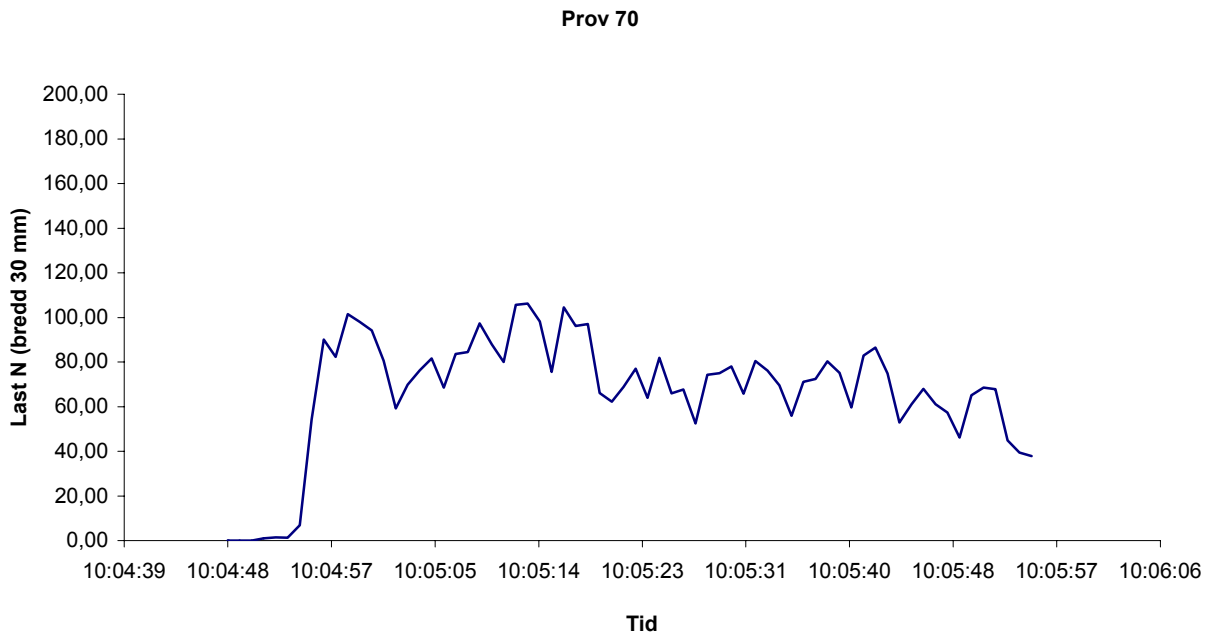

Prov 65
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
14:08:18
14:08:27
14:08:36
14:08:44
14:08:53
14:09:01
14:09:10
14:09:19
14:09:27
14:09:36
14:09:45
Tid

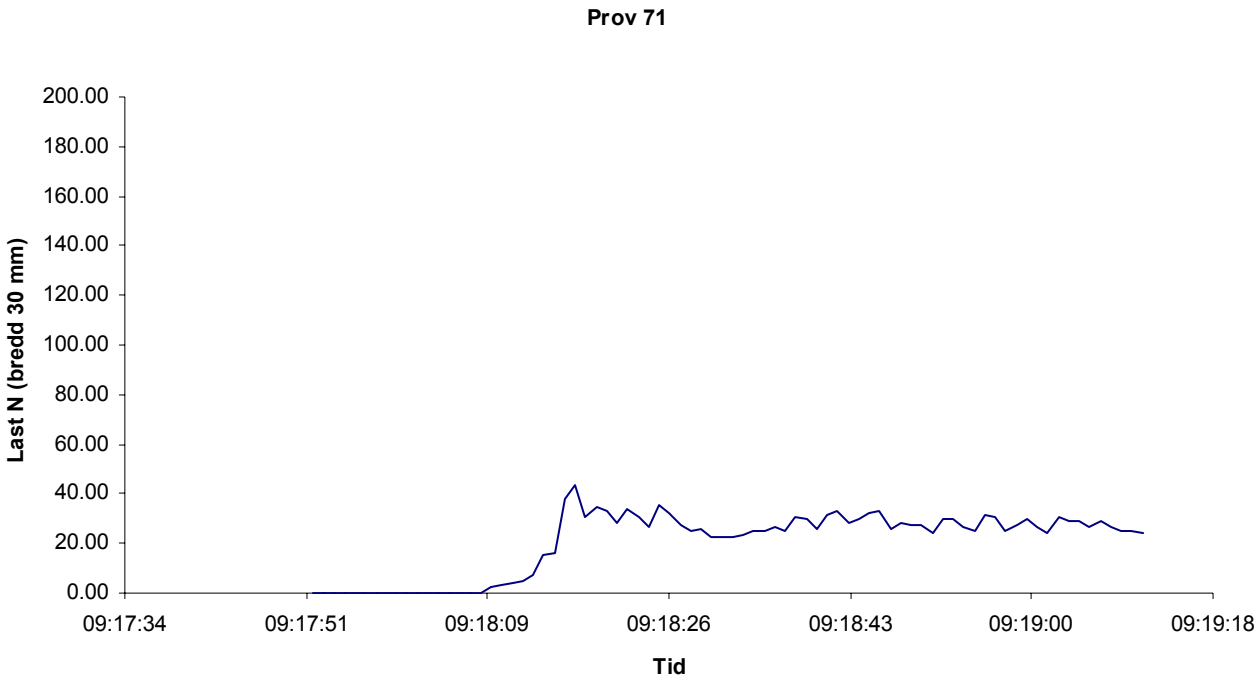

Prov 66
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:55:26
09:55:35
09:55:44
09:55:52
09:56:01
09:56:10
09:56:18
09:56:27
09:56:36
09:56:44
09:56:53
09:57:01
Tid

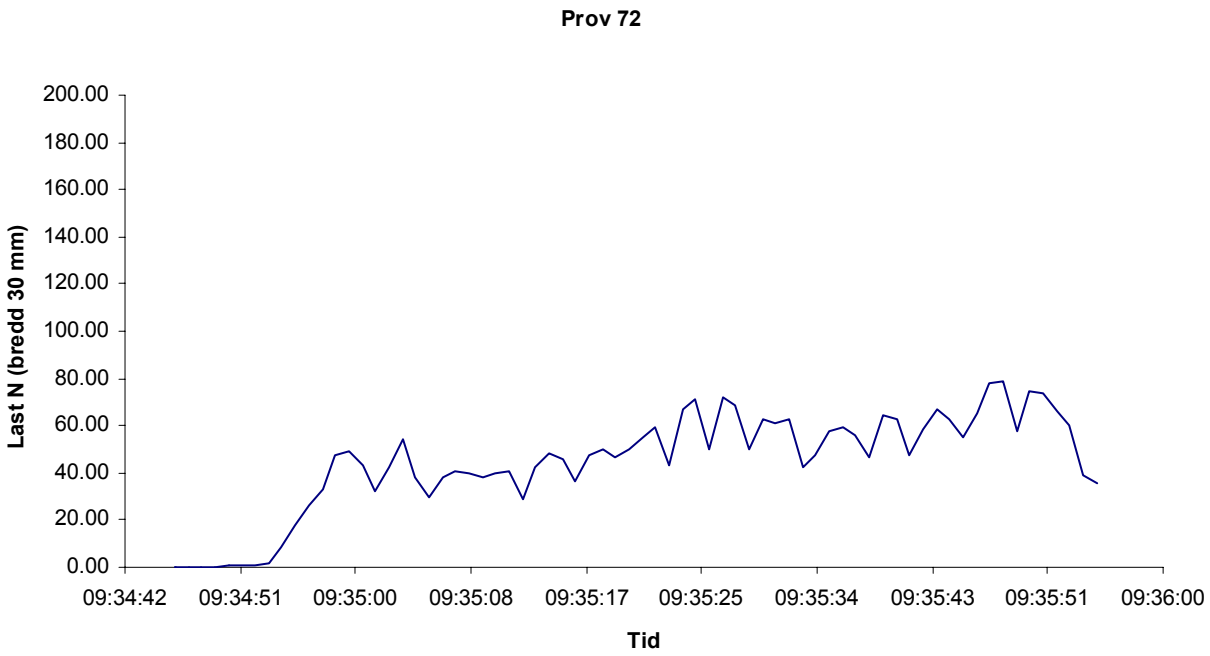

Prov 67
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
12:21:36
12:21:45
12:21:53
12:22:02
12:22:11
12:22:19
12:22:28
12:22:36
12:22:45
12:22:54
12:23:02
12:23:11
Tid

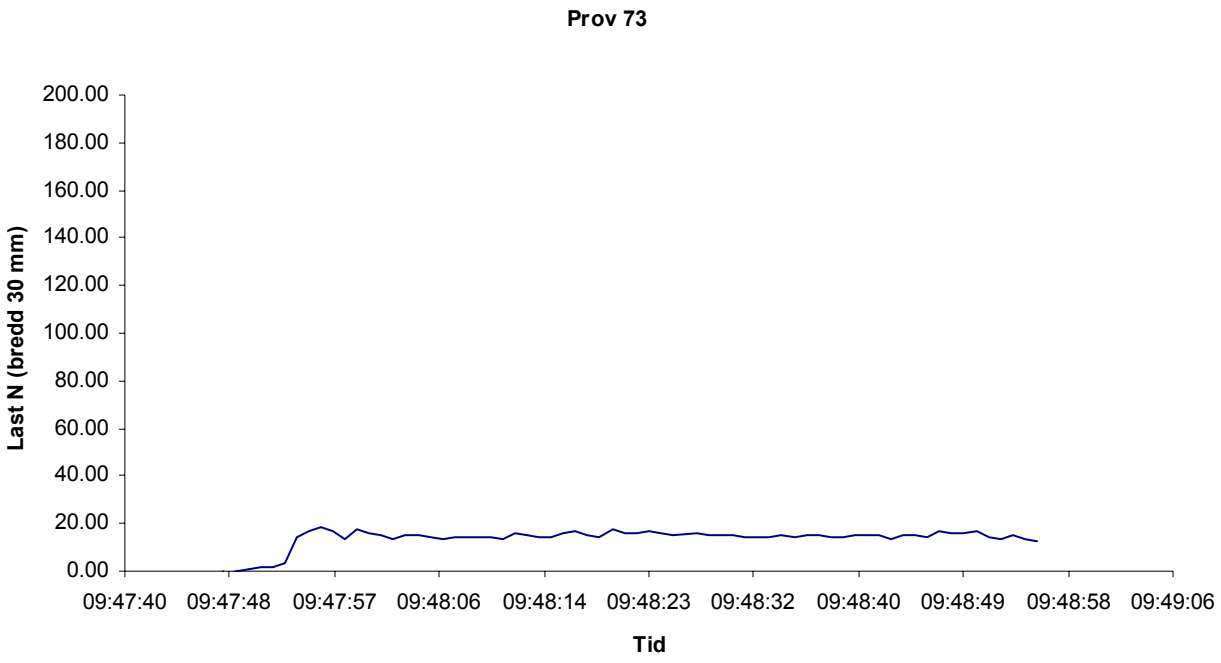

Prov 68
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
12:18:26
12:18:35
12:18:43
12:18:52
12:19:00
12:19:09
12:19:18
12:19:26
12:19:35
12:19:44
12:19:52
Tid

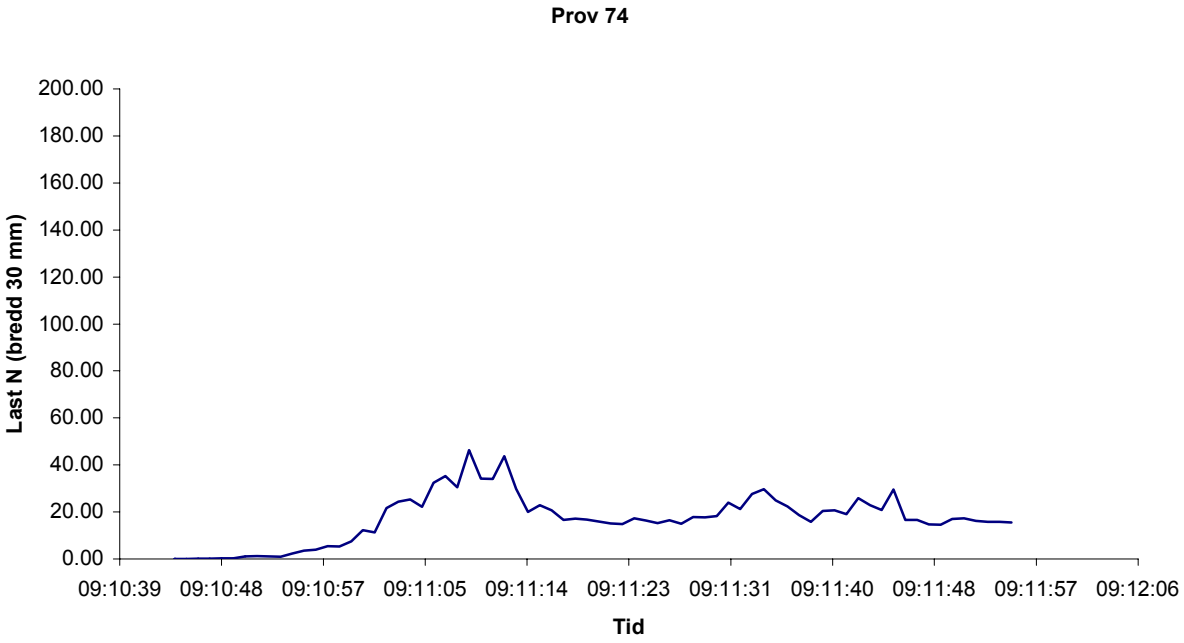

Prov 69
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:38:27
09:38:36
09:38:44
09:38:53
09:39:01
09:39:10
09:39:19
09:39:27
09:39:36
09:39:45
09:39:53
Tid

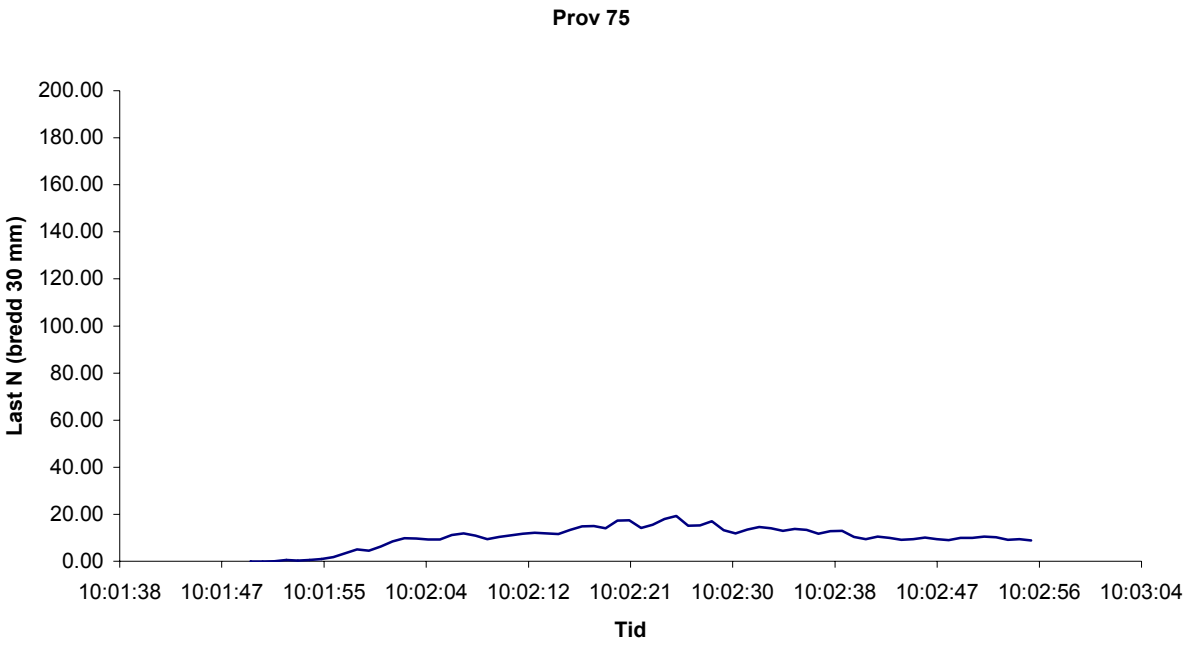

Prov 70
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
10:04:39
10:04:48
10:04:57
10:05:05
10:05:14
10:05:23
10:05:31
10:05:40
10:05:48
10:05:57
10:06:06
Tid

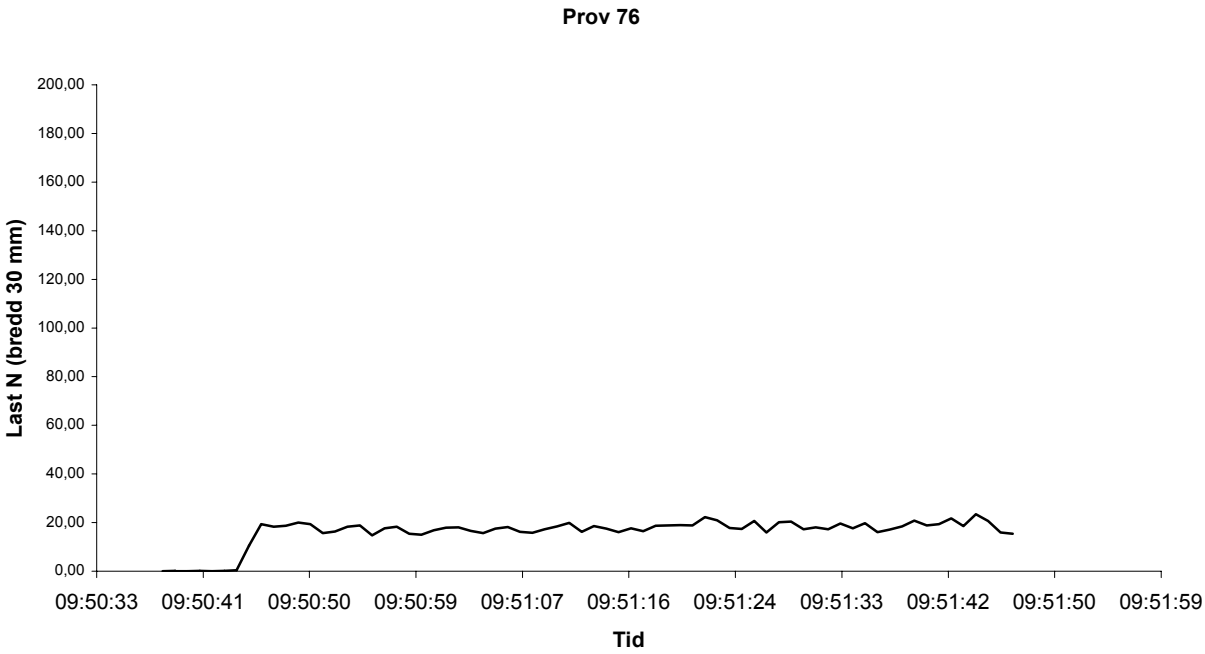

Prov 71
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
09:17:34
09:17:51
09:18:09
09:18:26
09:18:43
09:19:00
09:19:18
Tid

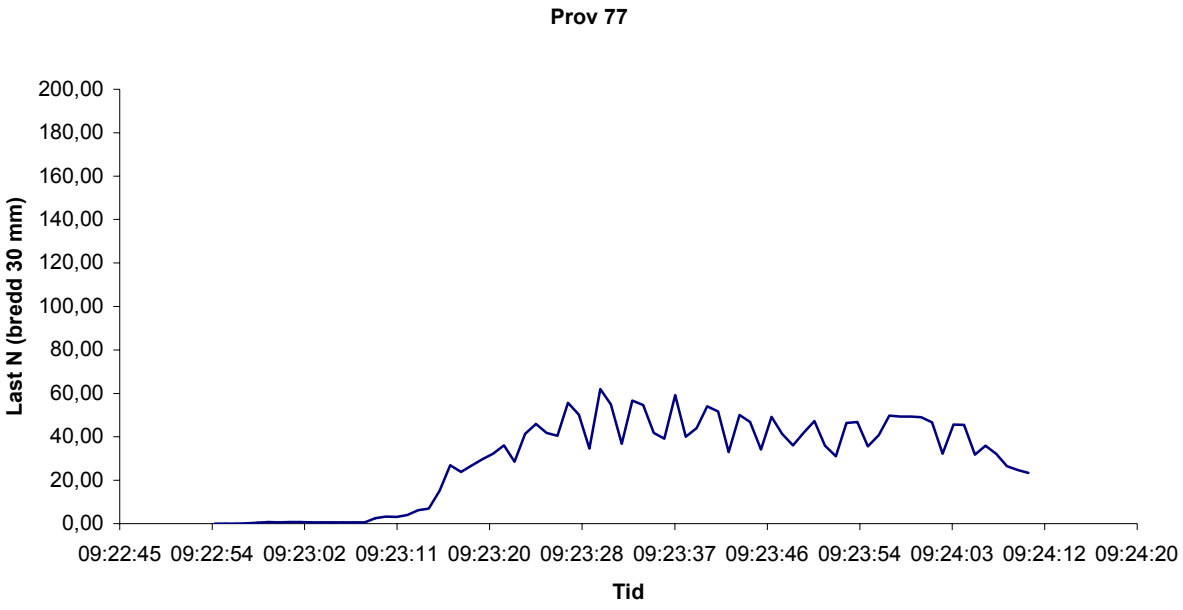

Prov 72
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Last N (bredd 30 mm)
09:34:42
09:34:51
09:35:00
09:35:08
09:35:17
09:35:25
09:35:34
09:35:43
09:35:51
09:36:00
Tid

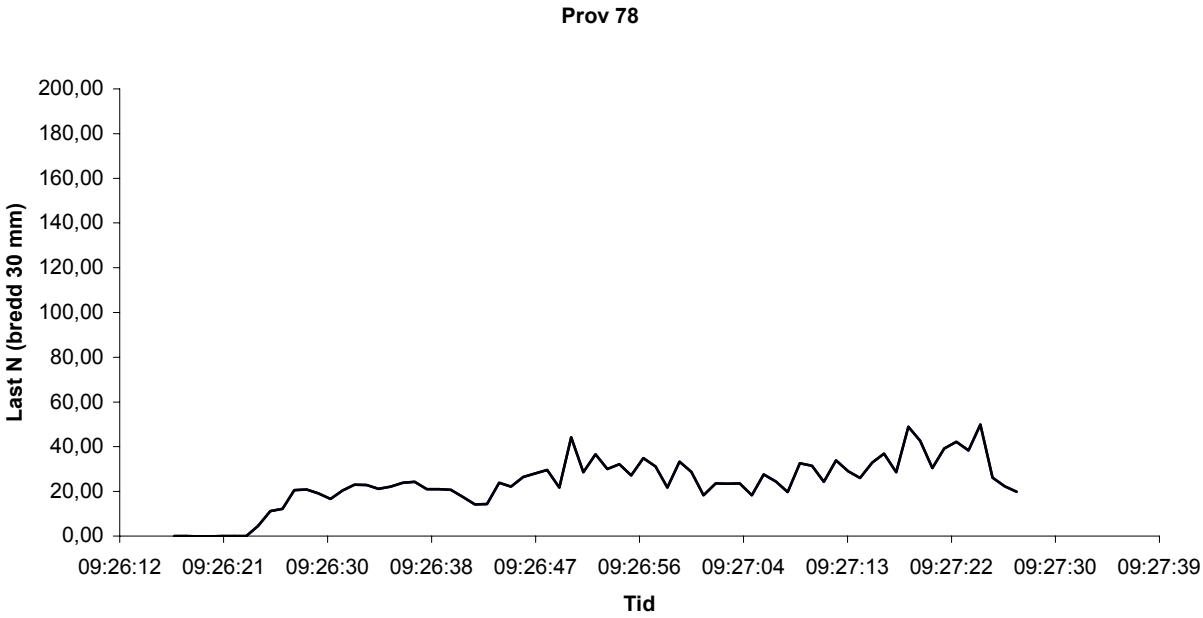

Prov 73
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:47:40
09:47:48
09:47:57
09:48:06
09:48:14
09:48:23
09:48:32
09:48:40
09:48:49
09:48:58
09:49:06
Tid

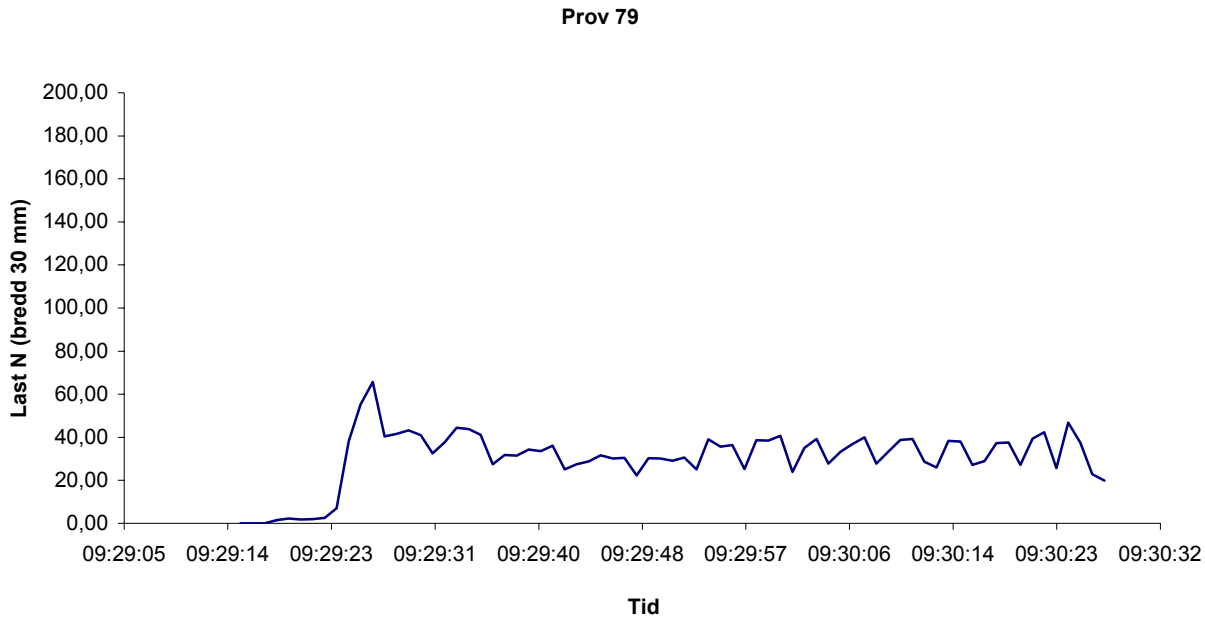

Prov 74
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:10:39
09:10:48
09:10:57
09:11:05
09:11:14
09:11:23
09:11:31
09:11:40
09:11:48
09:11:57
09:12:06
Tid

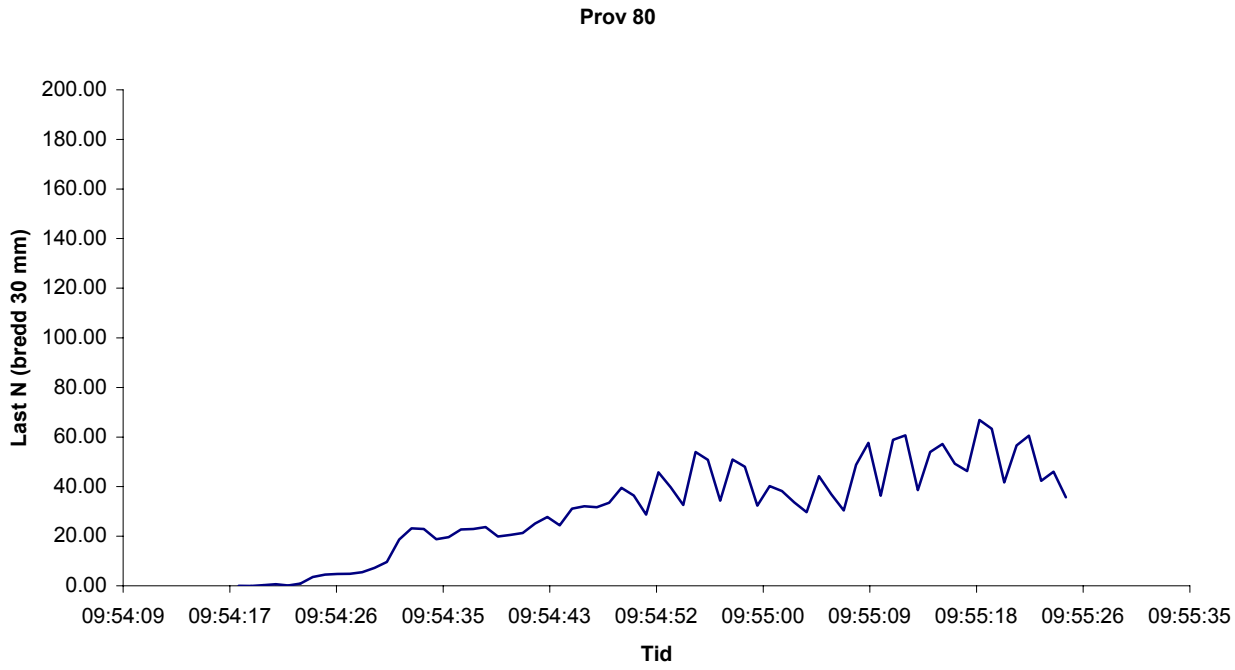

Prov 75
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
10:01:38
10:01:47
10:01:55
10:02:04
10:02:12
10:02:21
10:02:30
10:02:38
10:02:47
10:02:56
10:03:04
Tid

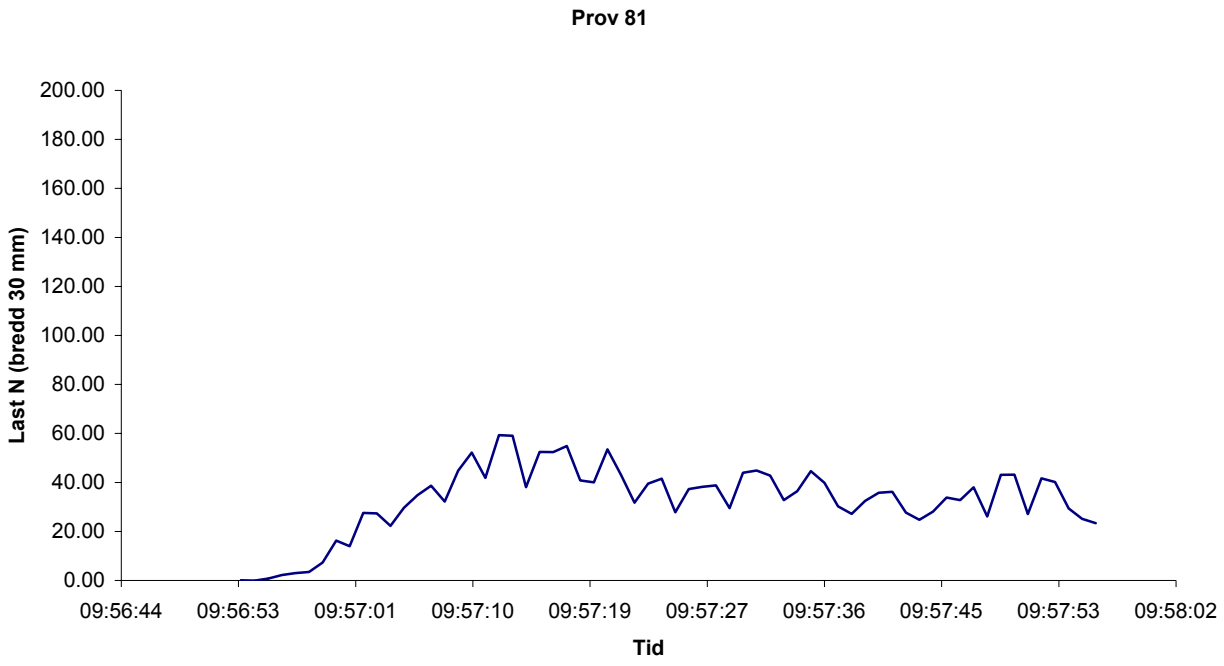

Prov 76
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:50:33
09:50:41
09:50:50
09:50:59
09:51:07
09:51:16
09:51:24
09:51:33
09:51:42
09:51:50
09:51:59
Tid

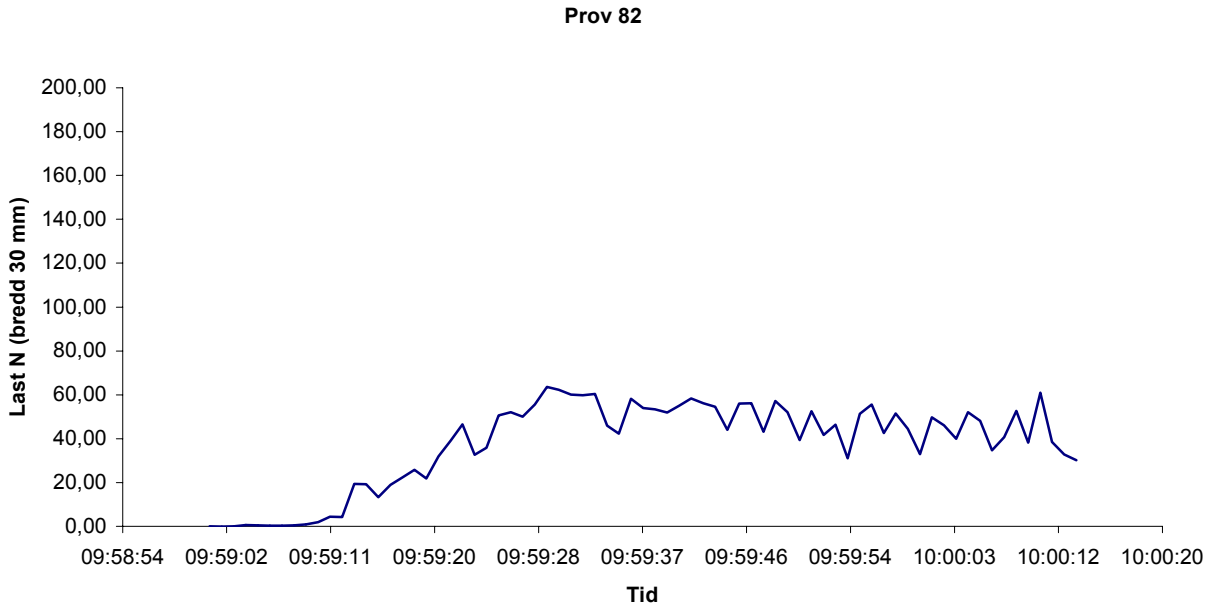

Prov 77
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:22:45 09:22:54 09:23:02 09:23:11 09:23:20 09:23:28 09:23:37 09:23:46 09:23:54 09:24:03 09:24:12 09:24:20
Tid


Prov 78
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:26:12 09:26:21 09:26:30 09:26:38 09:26:47 09:26:56 09:27:04 09:27:13 09:27:22 09:27:30 09:27:39
Tid


Prov 79
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:29:05
09:29:14
09:29:23
09:29:31
09:29:40
09:29:48
09:29:57
09:30:06
09:30:14
09:30:23
09:30:32
Tid


Prov 80
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:54:09
09:54:17
09:54:26
09:54:35
09:54:43
09:54:52
09:55:00
09:55:09
09:55:18
09:55:26
09:55:35
Tid


Prov 81
Last N (bredd 30 mm)
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
09:56:44
09:56:53
09:57:01
09:57:10
09:57:19
09:57:27
09:57:36
09:57:45
09:57:53
09:58:02
Tid


Prov 82
Last N (bredd 30 mm)
200,00
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
09:58:54
09:59:02
09:59:11
09:59:20
09:59:28
09:59:37
09:59:46
09:59:54
10:00:03
10:00:12
10:00:20
Tid

Appendix 8 – Felkällor och noggrannhet

Appendix 8.1 – Signifikansanalys av fuktmätningar (%)

	RH 301	RH 302	RH 303	RH 601	RH 602	RH 603	M.v. 30	Std 30	M.v. 60	Std 60	x30	x60	z30	z60
PT	88.50	86.00	87.10	88.50	85.40	85.60	87.20	1.25	86.50	1.73	1.20	1.31	1.42	-0.46
PU	87.10	83.80	85.60	88.70	86.80	85.80	85.50	1.65	87.10	1.47	Signifikans		nej	nej

M.v. = medelvärde; Std = standardavvikelse; z = signifikansnivå > ± 1.96 vid 5%-nivån.

Appendix 8.2 – Signifikansanalys av emissionsmätningar (µg/m²h)

	TVOC1	TVOC2	TVOC3	M.v. TVOC	Std TVOC	xTVOC	zTVOC
PT	12.00	12.00	17.00	13.67	2.89	1.80	-2.60
PU	17.00	19.00	19.00	18.33	1.15	Signifikans	ja

M.v. = medelvärde; Std = standardavvikelse; z = signifikansnivå > ± 1.96 vid 5%-nivån.

Appendix 8.3 – Signifikansanalys av vidhäftningshållfasthet (Vidh., MPa) och fläkningkraft (Fläk.,N/mm)

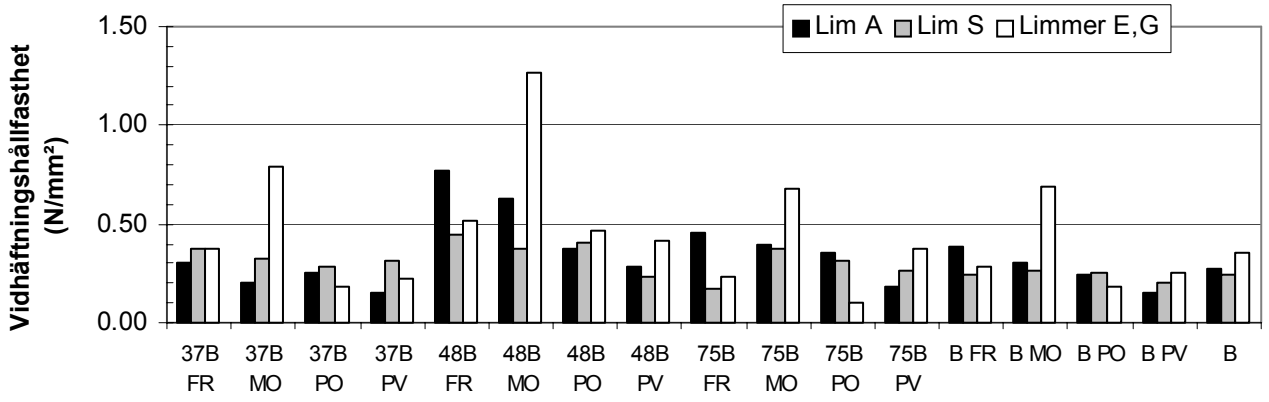
	Vidh. 1	Vidh. 2	Vidh. 3	Fläk. 1	Fläk. 2	Fläk. 3	M.v. vidh.	Std Vidh.	M.v. Fläk.	Std Fläk.	xVidh.	xFläk.	zVidh.	zFläk.
PT	0.32	0.28	0.35	1.28	0.91	1.16	0.32	0.04	1.12	0.19	0.04	0.15	-11.7	-1.12
PU	0.74	0.84	0.74	1.19	1.17	1.51	0.77	0.06	1.29	0.19	Signifikans		ja	nej

M.v. = medelvärde; Std = standardavvikelse; z = signifikansnivå > ± 1.96 vid 5%-nivån.

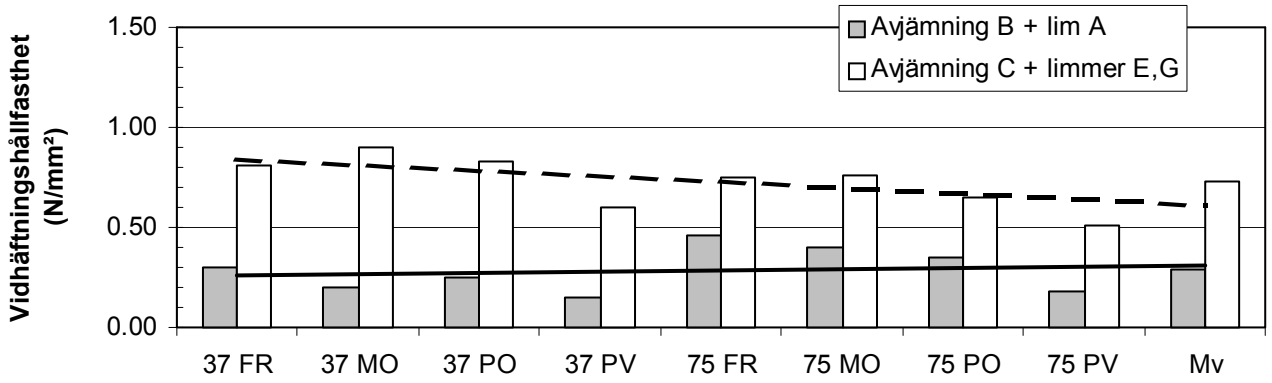
Appendix 9

Appendix 9.1 – Vidhäftningshållfasthet för bolvsystem med avjämningsmassa B
Appendix 9.2 – Vidhäftningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B och lim A eller avjämningsmassa C och limmer E+G
Appendix 9.3 – Fläkningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B
Appendix 9.4 – Fläkningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B och lim A eller avjämningsmassa C och limmer E+G
Appendix 9.5 – Relativ effekt av 2–etylhexanol från olika golvsystem
Appendix 9.6 – Relativ effekt av TVOC från olika golvsystem
Appendix 9.7 – Relativ effekt av 2-(2-butoxoetoxy)etanol från olika golvsystem
Appendix 9.8 – Relativ effekt av vidhäftningshållfasthet hos olika golvsystem
Appendix 9.9 – Relativ effekt av fläkningskraft hos olika golvsystem
Appendix 9.10 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.2+0.2+0.2+0.2+0.2)
Appendix 9.11 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.25+0.25+0+0.25+0.25)
Appendix 9.12 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.33+0.33+0+0+0.34)
Appendix 9.13 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.25+0.25+0+0+0.50)
Appendix 9.14 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.33+0+0+0+0.67)
Appendix 9.15 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.67+0+0+0+0.33)
Appendix 9.16 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.50+0+0+0+0.50)

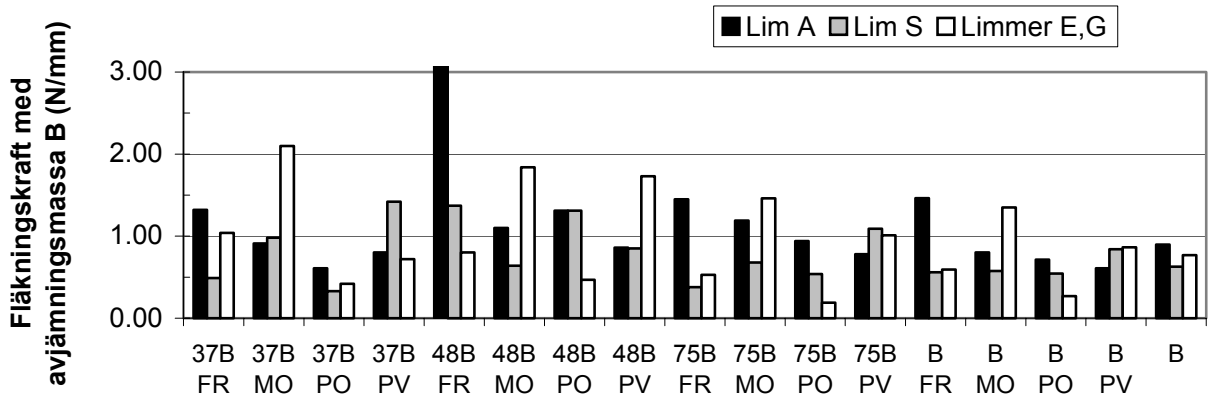
Appendix 9.1 – Vidhäftningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B



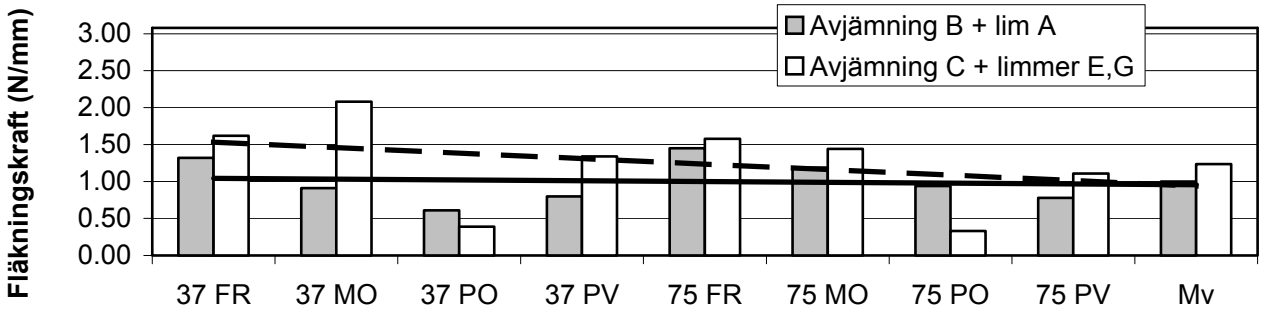
Appendix 9.2 – Vidhäftningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B och lim A eller avjämningsmassa C och limmer E+G.



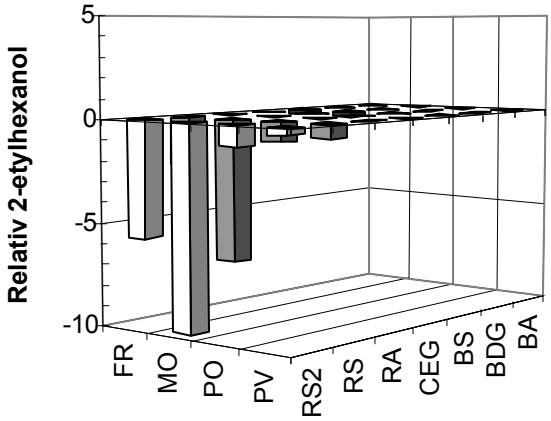
Appendix 9.3 – Fläkningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B



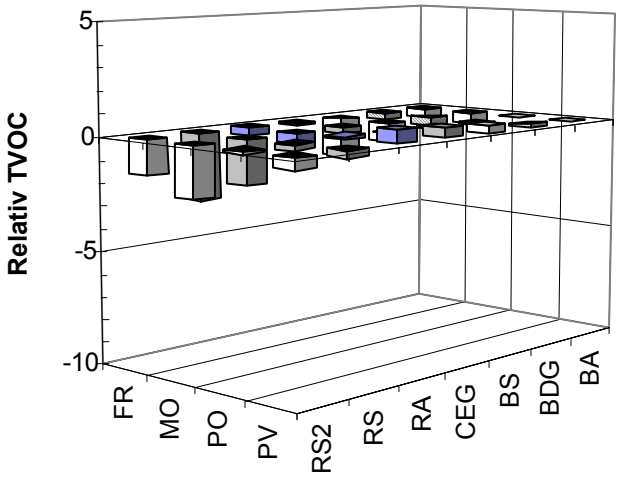
Appendix 9.4 – Fläkningshållfasthet för golvsystem med avjämningsmassa B och lim A eller avjämningsmassa C och limmer E+G.



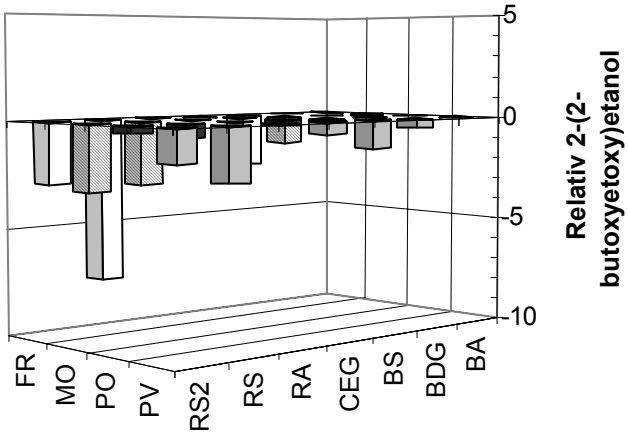
Appendix 9.5 – Relativ effekt av 2–etylhexanol från olika golvsystem



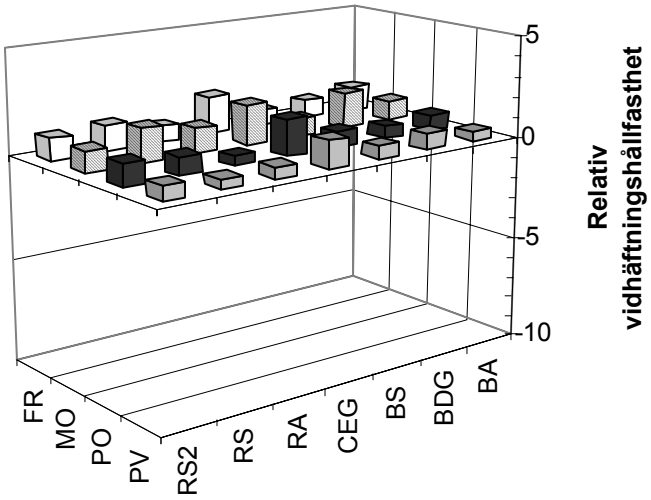
Appendix 9.6 – Relativ effekt av TVOC från olika golvsystem



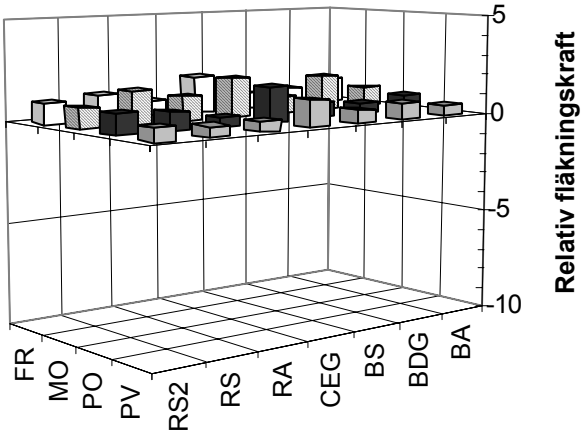
Appendix 9.7 – Relativ effekt av 2-(2-butoxoetoxy)etanol från olika golvsystem



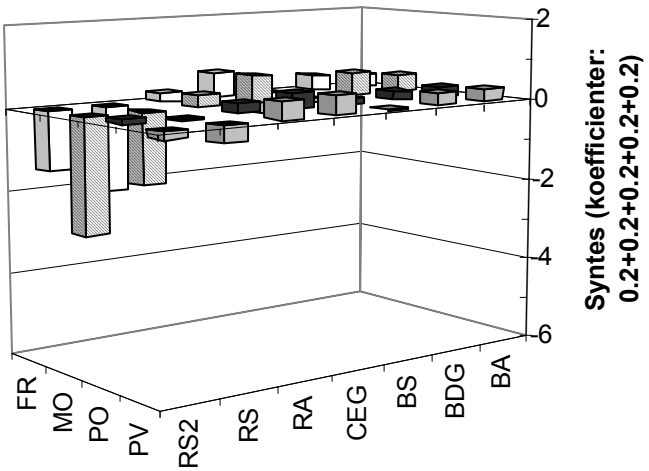
Appendix 9.8 – Relativ effekt av vidhäftningshållfasthet hos olika golvsystem



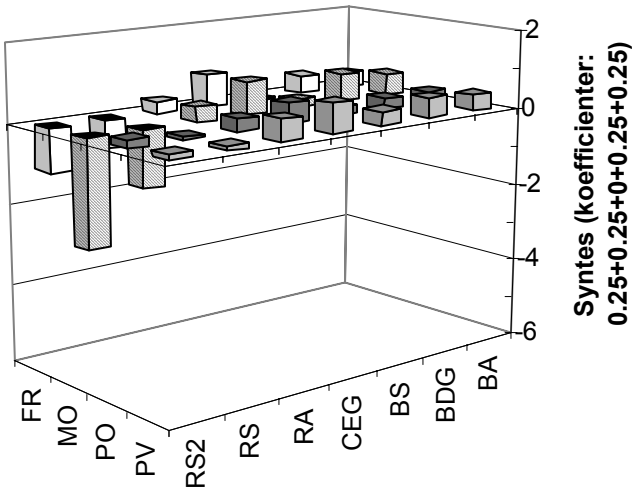
Appendix 9.9 – Relativ effekt av fläkningskraft hos olika golvsystem



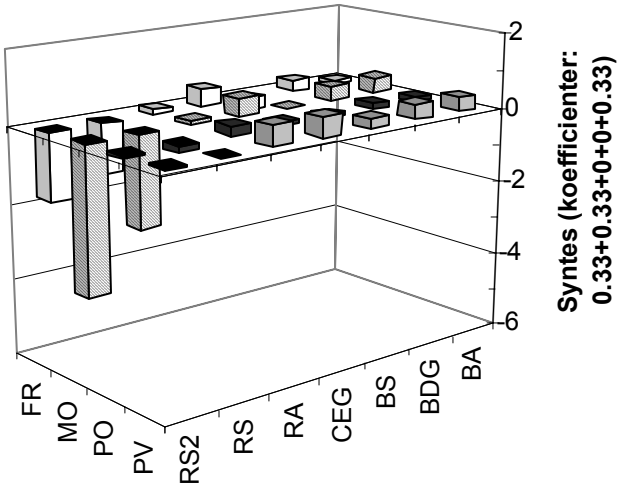
Appendix 9.10 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.2+0.2+0.2+0.2+0.2)



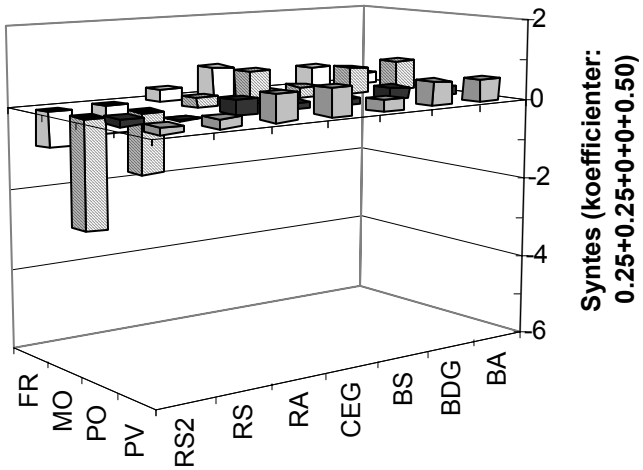
Appendix 9.11 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.25+0.25+0+0.25+0.25)



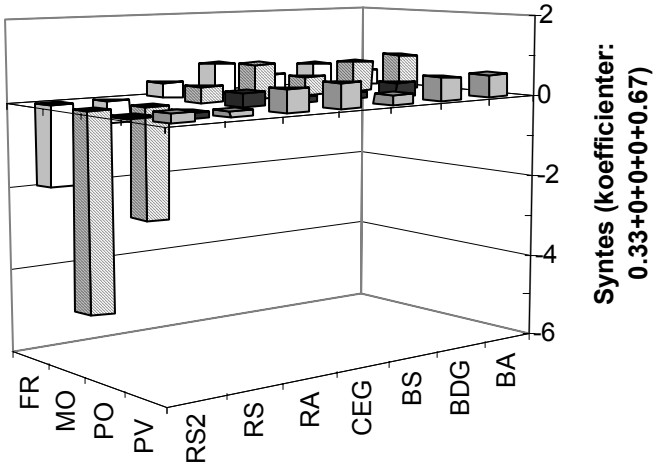
Appendix 9.12 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.33+0.33+0+0+0.34)



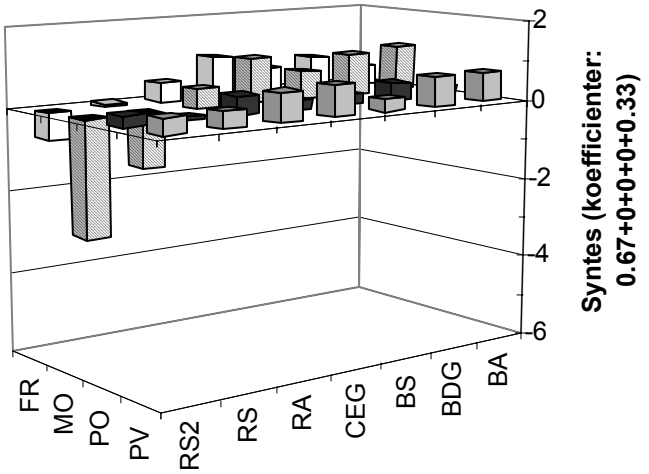
Appendix 9.13 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.25+0.25+0+0+0.50)



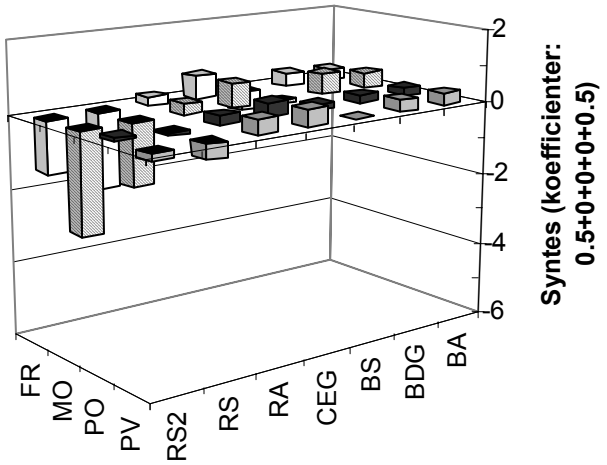
Appendix 9.14 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.33+0+0+0+0.67)



Appendix 9.15 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.67+0+0+0+0.33)



Appendix 9.16 – Syntes av 2–etylhexanol, TVOC, 2-(2-butoxoetoxy)etanol, vidhäftningshållfasthet och fläkningskraft hos golvsystem (partialkoefficienter: 0.50+0+0+0+0.50)



Appendix 10 – Rådata från emissionsmätningar [49,57].

Appendix 10.1 – Resultat av emissioner från golvsystem och mattor [49].
Appendix 10.2 – Resultat av emissioner från golvsystem och limmer [57].

Appendix 10.1 – Resultat av emissioner från golvsystem och mattor [49].

Prov	TVOC (µg/(m² × h))	Identifierade ämnen	Emissionsfaktor efter 26 veckor, toluenekvivalenter, µg/(m² × h)	Provningsdatum och antal veckor efter mattläggning
Nr 1 37BAFR	115	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-fenoxyetanol Bensotiazol Sesquiterpener	14 21 7 21	020402 27 veckor
Nr 2 37BAMO	99	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-fenoxyetanol Sesquiterpener Spår av 1-butanol	< 5 20 16 < 1	020304 23 veckor
Nr 3 37BAPO	14	2-fenoxyetanol	12	020402 27 veckor
Nr 4 37BAPV	180	2-fenoxyetanol Aromat med molvikt 176 Aromater, molvikt 190 Aromat med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	20 < 5 < 5 < 5 94	020402 27 veckor
Nr 5 37BSFR	345	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Bensotiazol Sesquiterpener 1-butanol	22 6 194 26 7 15 ca 1	020311 24 veckor
Nr 6 37BSMO	103	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Sesquiterpener 1-butanol	5 20 10 9 < 1	020325 26 veckor
Nr 7 37BSPO	29	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Spår av 1-butanol	14 9 <1	020311 24 veckor
Nr 8 37BSPV	217	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener 1-butanol	ca 1 83 23 59 ca 1	020304 23 veckor
Nr 9 37BCFR	93	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-fenoxyetanol Bensotiazol En sesquiterpen Spår av 1-butanol	14 16 6 5 < 1	020327 26 veckor

Nr 10 37BCMO	102	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten Limonen 2-fenoxyetanol Spår av 1-butanol	7 5 14 < 1	020321 25 veckor
Nr 11 37BCPO	20	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol 1 butanol	6 10 ca 2	020321 25 veckor
Nr 12 37BCPV	175	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Fraktion av undekyl- och dodekylbensener 1-butanol	ca 2 19 20 17 72 ca 3	020321 25 veckor
Nr 13 37CCFR	74	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol Bensotiazol En sesquiterpen	18 < 5 6	020402 27 veckor
Nr 14 37CCMO	59	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 1-butanol	6 < 1	020304 23 veckor
Nr 15 37CCPO	12	2-(2-butoxyetoxy)etanol 1-butanol	7 ca 2	020402 27 veckor
Nr 16 37CCPV	191	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Fraktion av undekyl- och dodekylbensener 1-butanol	ca 3 33 18 80 ca 4	020402 27 veckor
Nr 17 37RAFR	117	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol Bensotiazol Sesquiterpener	13 7 27	020327 26 veckor
Nr 18 37RAMO	90	Sesquiterpener	21	020325 26 veckor
Nr 19 37RAPO	< 10	Enskilda ämnen	< 5	020327 26 veckor
Nr 20 37RAPV	166	2-(2-butoxyetoxy)etanol Aromat med molvikt 176 Aromater, molvikt 190 Aromat med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	< 5 < 5 < 5 < 5 85	020402 27 veckor

Nr 21 37RSFR	746	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Bensotiazol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Sesquiterpener 1-butanol	22 68 565 9 6 19 < 1	020321 25 veckor
Nr 22 37RSMO	576	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Bensotiazol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Sesquiterpener	< 5 272 225 < 5 < 5 9	020304 23 veckor
Nr 23 37RSPO	94	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Spår av 1-butanol	40 48 < 1	020325 26 veckor
Nr 24 37RSPV	462	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Aromatiska kolväten med molvikt 190 Aromatiskt kolväte med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener 1-butanol	28 220 < 5 < 5 116 < 1	020313 24 veckor
Nr 25 48BAFR	148	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-fenoxyetanol Bensotiazol Sesquiterpener	12 29 7 25	020325 26 veckor
Nr 26 48BAMO	86	2-fenoxyetanol Sesquiterpener	8 15	020325 26 veckor
Nr 27 48BAPO	< 10	2-fenoxyetanol	5	020325 26 veckor
Nr 28 48BAPV	358	2-fenoxyetanol Aromat med molvikt 176 Aromater, molvikt 190 Aromat med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	36 6 19 9 198	020325 26 veckor
Nr 29 48BSFR	421	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Bensotiazol Sesquiterpener 1-butanol	24 6 228 37 8 19 ca 1	020321 25 veckor

Nr 30 48BSMO	209	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Sesquiterpener 1-butanol	< 5 5 100 26 9 ca 1	020304 23 veckor
Nr 31 48BSPO	47	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Spår av 1-butanol	20 19 < 1	020304 23 veckor
Nr 32 48BSPV	205	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener Spår av 1-butanol	70 29 58 < 1	020321 25 veckor
Nr 33 48BCFR	123	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-fenoxyetanol Bensotiazol En sesquiterpen 1-butanol	21 26 7 7 < 1	020327 26 veckor
Nr 34 48BCMO	71	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-fenoxyetanol	5 10	020325 26 veckor
Nr 35 48BCPO	36	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol 1-butanol	7 17 ca 2	020402 27 veckor
Nr 36 48BCPV	284	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Fraktion av undekyl- och dodekylbensener 1-butanol	ca 2 25 40 19 95 ca 2	020313 24 veckor
Nr 37 48RAFR	132	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol Bensotiazol Sesquiterpener	17 7 25	020307 23 veckor
Nr 38 48RAMO	103	Heptan + etylenglykol 2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten Sesquiterpener	< 5 5 21	020307 23 veckor
Nr 39 48RAPO	< 10	Enskilda ämnen	< 5	020307 23 veckor
Nr 40 48RAPV	168	2-(2-butoxyetoxy)etanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	5 89	020311 24 veckor

Nr 41 48RSFR	737	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Bensotiazol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Sesquiterpener 1-butanol	17 58 586 12 6 17 < 1	020311 24 veckor
Nr 42 48RSMO	345	Etylenglykol 2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Sesquiterpener	< 5 < 5 104 161 9	020307 23 veckor
Nr 43 48RSPO	91	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 1-metyl-2-pyrrolidon 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Spår av 1-butanol	13 70 < 5 < 5 < 1	020307 23 veckor
Nr 44 48RSPV	316	Fenol 2-etyhexanol 2-etylhexansyra 2-(2-butoxyetoxy)etanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener Spår av 1-butanol	< 5 7 < 5 167 73 < 1	020307 23 veckor
Nr 45 75BAFR	144	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-fenoxyetanol Bensotiazol Sesquiterpener	21 28 6 24	020313 24 veckor
Nr 46 75BAMO	112	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Sesquiterpener	8 26 16	020313 24 veckor
Nr 47 75BAPO	24	2-fenoxyetanol	16	020318 25 veckor
Nr 48 75BAPV	262	2-fenoxyetanol Aromat med molvikt 176 Aromater, molvikter 190 Aromat med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	44 < 5 5 < 5 123	020313 24 veckor
Nr 49 75BSFR	385	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Bensotiazol Sesquiterpener 1-butanol	26 6 214 37 8 13 < 1	020313 24 veckor

Nr 50 75BSMO	217	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Sesquiterpener 1-butanol	< 5 5 108 24 9 < 1	020311 24 veckor
Nr 51 75BSPO	38	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Spår av 1-butanol	18 13 < 1	020321 25 veckor
Nr 52 75BSPV	234	2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol Aromat med molvikt 176 Aromater, molvikter 190 Aromat med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	79 27 < 5 < 5 < 5 72	020311 24 veckor
Nr 53 75BCFR	124	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-fenoxyetanol Bensotiazol En sesquiterpen	19 27 7 7	020327 26 veckor
Nr 54 75BCMO	83	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-fenoxyetanol	7 12	020327 26 veckor
Nr 55 75BCPO	39	2-fenoxyetanol 1-butanol	23 < 1	020313 24 veckor
Nr 56 75BCPV	290	2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-fenoxyetanol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Fraktion av undekyl- och dodekylbensener 1-butanol	ca 2 32 40 16 131 ca 2	020313 24 veckor
Nr 57 75CCFR	88	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol Bensotiazol En sesquiterpen	16 6 7	020327 26 veckor
Nr 58 75CCMO	58	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten	6	020327 26 veckor
Nr 59 75CCPO	14	1-butanol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol	< 1 ca 1 7	020321 25 veckor
Nr 60 75CCPV	197	1-butanol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol 2-(2-butoxyetoxy)etyl-acetat Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	ca 2 ca 4 32 14 85	020318 25 veckor

Nr 61 75RAFR	95	2,2-dimetyl-1,3-propan-diol Bensotiazol Sesquiterpener	14 5 21	020307 23 veckor
Nr 62 75RAMO	83	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten Sesquiterpener	< 5 18	020318 25 veckor
Nr 63 75RAPO	< 10	Enskilda ämnen	< 5	020304 23 veckor
Nr 64 75RAPV	166	Aromatiska kolväten med molvikt 190 Aromatiskt kolväte med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	< 5 < 5 90	020307 23 veckor
Nr 65 75RSFR	320	Styren + oidentifierat ämne 2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Bensotiazol Sesquiterpener 1-butanol	< 5 15 7 205 9 15 < 1	020304 23 veckor
Nr 66 75RSMO	225	2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)etanol Sesquiterpener	< 5 15 134 10	020318 25 veckor
Nr 67 75RSPO	< 10	2-(2-butoxyetoxy)etanol	7	020311 24 veckor
Nr 68 75RSPV	219	2-etylhexanol Fraktion av alkoholer 2-(2-butoxyetoxy)etanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener Spår av 1-butanol	ca 2 12 57 82 < 1	020311 24 veckor
Nr 69 37RSFR2	483	1-butanol 2-butoxyetanol 2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)-etanol Bensotiazol Sesquiterpener	ca 4 8 14 178 239 6 6	020708 25 veckor
Nr 70 37RSMO2	635	1-butanol 2-butoxyetanol 2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)-etanol Sesquiterpener	ca 4 8 6 332 232 14	020708 25 veckor

Nr 71 37RSPO2	66	1-butanol 2-etylhexanol 1-metyl-2-pyrrolidon 2-(2-butoxyetoxy)-etanol	< 1 32 5 28	020708 25 veckor
Nr 72 37RSPV2	348	2-metyl-1-propanol 1-butanol 2-butoxyetanol Fraktion av alkoholer 1-heptanol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)-etanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	7 ca 4 < 5 60 10 8 121 73	020708 25 veckor
Nr 73 75RSFR2	211	2-butoxyetanol 2,2-dimetyl-1,3-propan-diol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)-etanol Bensotiazol Sesquiterpener	6 18 38 107 < 5 13	020708 25 veckor
Nr 74 75RSMO2	239	1-butanol 2-butoxyetanol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)-etanol Sesquiterpener	ca 2 5 66 133 9	020710 25 veckor
Nr 75 75RSPO2	18	1-butanol 2-etylhexanol 1-metyl-2-pyrrolidon 2-(2-butoxyetoxy)-etanol	ca 2 6 5 7	020708 25 veckor
Nr 76 76RSPV2	388	1-butanol 2-metyl-1-propanol Fraktion av alkoholer 1-heptanol Isooktanol 2-etylhexanol 2-(2-butoxyetoxy)-etanol Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	ca 2 5 67 10 10 5 58 123	020710 25 veckor

Matta ”PVC“	274	Fenol 2-(2-butoxyetoxy)etanol + lite dodekan Aromat med molvikt 176 Aromat med molvikt 190 Aromat med molvikt 190 Aromat med molvikt 204 Fraktion av undekyl- och dodekylbensener	8 5 < 5 7 6 7 165	020404
Matta “Polyolefin”	16	1-metyl-2-pyrrolidon	15	020404
Matta ”Mondo”	16	2,2,4,6,6-pentametyl-heptan 2,2,4,6,6-pentametyl-3-hepten Nonanal Bensotiazol En sesquiterpen	< 5 < 5 < 5 < 5 < 5	020404
Matta Freudenberg	63	2,2-dimetyl-1,3-propandiol 2,2,4,6,6-pentametyl-heptan Bensotiazol En sesquiterpen	27 < 5 6 6	020404
Prov	TVOC (µg/(m² × h))	Identifierade ämnen	Emissionsfaktor efter 26 veckor, toluenekvivalenter, µg/(m² × h)	Provningsdatum och antal veckor efter mattläggning