

# Framtidens golvsystem med modern, tät betong

*Slutrapport del 2, kortsiktig del: fukt och emissioner i golvsystem med modern tät betong*

**Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic**  
**Ted Rapp, Byggföretagen**  
**Hans Hedlund, Skanska Sverige AB**  
**Fredrik Gränne, NCC Sverige AB**  
**Staffan Carlström, Swerock AB**

**2021-10-28**



# Förord

Projektets arbetsgrupp vill rikta ett stort och varmt tack till samtliga deltagare i projektet. Ett särskilt tack för bidrag till projektresultaten i allmänhet och tolkningen av mätresultat i synnerhet riktas till:

Ingrid Johansson, Polygon | AK

Jan Kristensson, Chemik Lab AB

Liselott Egelrud, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Projektets arbetsgrupp vill slutligen rikta ett stort och varmt tack till SBUF för finansiering av detta projekt.

# Sammanfattning

Denna delrapport sammanfattar den andra delen av projektet SBUF 13560 som innehåller praktiska försök med mätning av fukttillstånd och emissioner i golvsystem med modern tät betong. Projektdelens bakgrund och syfte beskrivs översiktligt. Genomförandet redovisas inklusive detaljerad beskrivning av framtagningen av golvsystemen samt därtill använda material såväl som de utförda mätningarna av fukt och emissioner samt därtill använda mätmetoder. Därefter presenteras resultaten av utförda mätningar. De erhållna resultaten analyseras i syfte att förklara vad som händer i mätobjekten. En kort diskussion kring hur man bör och kan förhålla sig till analysen följer därefter. Slutligen dras huvudsakliga slutsatser av projektarbetet. Konceptet som försöker utnyttja tätheten i betong i kombination med porös avjämning, som föreslagits i SBUF 13354, konstateras validerat i verkligheten. Ackumulering av emissioner i avjämning, som inte kan relateras till en golvskada eller ett utförandefel konstateras i plattorna. Svårigheter med tolkning av resultat från kammarmätningar observeras. Uttorkningskrav på ekvivalent djup konstateras ha spelat ut sin roll baserat på resultaten från de studerade materialkombinationerna. Slutligen ges ett flertal rekommendationer för fortsatt arbete rörande behovet av moderna metoder för säkerställande av god fuktsäkerhet i betongbaserade golvsystem. Även ett förhållningssätt alternativt åtgärder mot de upptäckta ackumulerade emissionerna i avjämningen diskuteras.

# Innehållsförteckning

Förord.....	1
Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
1 Inledning.....	5
1.1 Bakgrund och syfte.....	5
1.2 Rapportens struktur.....	5
2 Projektens genomförande.....	6
2.1 Workshop och möten.....	6
2.2 Materialval och framtagning av mätobjekt.....	6
2.2.1 Modern tät betong.....	6
2.2.2 Referensobjekt.....	7
2.2.3 Ytskikt och lim.....	7
2.3 Mätningar.....	7
2.3.1 Fukt.....	7
2.3.2 Emissioner.....	8
2.3.3 Förväntade nedbrytningsprodukter.....	9
2.4 Extern kommunikation.....	9
3 Resultat.....	10
3.1 Fukt.....	10
3.2 Emissioner ovanför ytskikten.....	12
3.3 Emissioner under ytskikten.....	14
4 Analys.....	18
4.1 Var kommer emissionerna ifrån?.....	18
4.2 Var kan emissionerna ta vägen?.....	19
4.3 Rimlig slutsats.....	21
5 Diskussion.....	24
5.1 Är de ackumulerade emissionerna ett problem?.....	24
5.2 Vad kan man göra åt detta?.....	25
6 Slutsatser.....	26
6.1 Konceptet fungerar.....	26
6.2 Svårigheten med att tolka kammarmätning.....	26

6.3	Emissioner under ytskikt trots god fuktsäkerhet .....	26
6.4	Uttorkningskrav på ekvivalent djup irrelevant.....	27
7	Rekommendationer.....	28
7.1	Huvudfrågor .....	28
7.2	Kompletterande mätning på existerande golvsystem .....	28
7.3	Nonanolers beteende.....	28
	Referenser .....	29
	Bilageförteckning.....	30

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund och syfte

Denna slutrapport del 2 beskriver den andra, mer kortsiktiga, delen av SBUF 13560. Syftet med denna del var relaterat till resultat från SBUF 13354 *Utredning av funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial*. I detta projekt föreslogs ett nytt koncept för framtagning av betongbaserade golvsystem. Det föreslagna konceptet utnyttjar kombinationen av tätheten i modern betong ihop med porös avjämning för att slippa inte invänta uppfyllt uttorkningskrav på ekvivalent djup. Om konceptet fungerar med bibehållen fuktsäkerhet skulle man kunna förkorta byggprocessen. Därför utfördes inom detta projekt en serie praktiska försök inkluderande hela golvsystem för att validera konceptet. Som kontroll användes både mätning av fuktförlopp i golven samt mätning av emissioner både ovanpå ytskikten samt under.

Det bör även nämnas att detta projekt även innehåller en första, långsiktig del som är en diskussionsdel mellan olika branschaktörer där gruppen hade en liknande sammansättning som i SBUF 13498 *Fuktegenskaper för golvkonstruktioner*. Syftet var att utifrån aktörernas perspektiv belysa och analysera fuktproblematiken i allmänhet samt även mer specifikt inom tre konkreta inriktningar. Målet i denna del av projektet var att enas kring gemensam taktik och strategi för hantering av fuktproblem i golv samt att formulera ett klart uttalande av detta genom ett antal gemensamma utlåtanden. Denna projektdel är redan avrapporterad, se Stelmarczyk m.fl. 2020b.

## 1.2 Rapportens struktur

Denna rapport innehåller material vars delar publicerats under projektets gång på Byggföretagens webbsajt, se Stelmarczyk m.fl. 2021a samt Stelmarczyk m.fl. 2021b. Redovisningen av resultaten är dock mer detaljerad än tidigare. Även andra delar är kompletterade så att projektet dokumenteras i sin helhet.

Rapporten är uppdelad i sju delar:

- Inledning
- Projektets genomförande – här redovisas det arbetet som utfördes under projektet.
- Resultat – här redovisas en övergripande bild av resultaten. För detaljer se rapportens bilagedel.
- Analys – mätresultaten analyseras i syfte att förstå händelseförloppet i mätobjekten och bakomliggande anledningar.
- Diskussion – en kort diskussion avseende hur man kan ställa sig till de erhållna resultaten.
- Slutsatser – sammanfattning av analysen och diskussionen i konkreta slutsatser baserade på projektets mätningar
- Rekommendationer – här redovisas vad projektet rekommenderar avseende uppföljningsarbete.

Denna rapport innehåller även bilagor med detaljerad beskrivning av använda mätmetoder samt detaljerad redovisning av mätresultat.

## 2 Projektens genomförande

### 2.1 Workshop och möten

I början av projektet, 2018-09-04, genomfördes en workshop i syfte att bestämma upplägg av försöken samt planera mätningarna. I workshoppen deltog medlemmar av arbets- och styrgruppen samt kompletterande mätexperts på området.

I slutet av projektet genomfördes två informationsmöten, 2021-08-19 samt 2021-09-23, inför publikation av rapport om emissioner på Byggföretagens webbsajt. Projektets hela referensgrupp bjöds in i syfte att få ta del av och diskutera innehållet i den kommande publikationen innan publicering.

### 2.2 Materialval och framtagning av mätobjekt

#### 2.2.1 Modern tät betong

Då det i SBUF 13354 endast utfördes en teoretisk studie av hur den nya, täta betongen fungerar ihop med resten av golvsystemet, se Stelmarczyk m.fl. 2019, startades ett nytt projekt, SBUF 13560, med syfte att bl.a. verifiera det nya fuktkonceptet praktiskt. Upplägget gick i princip ut på att upprepa det som simulerades i SBUF 13354 fast denna gång i verkligt utförande med skarpa provkroppar. Bilder från tillverkningen av provkropparna visas i Figur 1. 110 mm tjocka betongplattor med olika betongrecept gjöts på pallar med krage. Gjutningarna utfördes under hösten 2018 av Swerock och Skanska. Efter en tid av självuttorkning i förseglat tillstånd, under 2 lager av 2mm ålderbeständig byggplast, utsattes toppytorna för en veckas diffusionsuttorkning. Därefter avjämnades plattorna med ca 15–19 mm Weberfloor 140 Nova av teknisk personal från Weber Saint-Gobain. Avjämnningen fick torka ca 3 veckors innan ytskikt i form av limmade mattor applicerades.



Figur 1. Tillverkning av provkroppar till undersökningen: gjutning (vänster), lagring inkl. själv- eller diffusionsuttorkning (mitten) samt avjämnning (höger).



Tre olika sammansättningar av bindemedel valdes för test:

- Cementa Bascement CEM II/A-V, ca 15% flygaska, (det gamla bascementet)
- CEMEX Miljö, ca 42,5% slagg
- Cementa Velox Slite (OPC) + 30% slagg

Två vattencementtal (vct) för varje bindemedelssammansättning valdes för test: 0,40 samt 0,55. Osäkerhet om hur fort tätheten etableras i den hårdnande betongen motiverade valet att låta plattorna hydratisera i förseglat tillstånd i 3 respektive 6 månader innan de avjämnades.

### 2.2.2 Referensobjekt

I enlighet med projektets ambition skulle validering av golvkonceptet inte begränsa sig till endast fuktmätning utan även omfatta emissionsmätning. Det föreligger en undersökning avseende fuktrelaterad alkalisk hydrolys i golvsystem och resulterande emissionsbild som den nuvarande kravnivån på 85 % RF på ekvivalent djup baserar sig på, Wengholt Johnsson 1995. I syfte att kunna jämföra emissionsmätningarna ovanför ytskikten med detta arbete togs det även fram två referensplattor som efterliknade två av objekten i den tidigare undersökningen. Referensplattorna bestod av 110 mm betong utan ovanpåliggande avjämnning. Som bindemedel i betongen valdes Velox Slite från Cementa, dvs. Ordinarie Portlandcement (OPC) utan tillsatser av slagg eller flygaska. Cementet hade en specifik yta på 375 m<sup>2</sup>/kg. Detta cement motsvarade bäst cementet som användes i den tidigare undersökningen. En skillnad föreligger dock. Velox Slite har en inblandning av ca 4% kalkstensfiller, vilket inte var brukligt 1995. Detta misstänks ge en tätare betong i enlighet med resonemang i Stelmarczyk m.fl. 2020a samt resultat i Linderoth & Johansson 2019. Vct för betongen valdes till samma som i den tidigare undersökningen, dvs 0,66. Ett utav referensobjekten uttorkades till 85% RF på ekvivalent djup innan mattläggning och kallas fortsättningsvis den torra referensen. För det andra objektet utfördes mattläggning en månad efter gjutning, då objektet fått hydratisera i förseglat tillstånd. RF på ekvivalent djup vid mattläggning var ca 94%. Det objektet kallas vidare för den blöta referensen.

### 2.2.3 Ytskikt och lim

Ytskikt limmades på plattorna av teknisk personal från Ekenhuset (Ekens Golv AB), i enlighet med rekommendation från både Forbo och Tarkett.

Som lim användes CascoProff Extra LE för samtliga mätobjekt.

För plattor med modern tät betong användes Forbo Sphera samt Tarkett iQ Granit som ytskikt. Tillverkarna fick själva välja en produkt de säljer mycket av med en idag genomsnittlig täthet för ångtransport (ca 2 500 000 – 3 000 000 s/m).

När det gäller ytskikt för referensobjekten användes en matta från Tarkett, iQ Optima. Denna matta har ett ånggenomgångsmotstånd motsvarande den i den tidigare undersökningen fast innehåller idag en annan mjukgörare.

## 2.3 Mätningar

### 2.3.1 Fukt

Fukt kontrollerades i provobjekten på olika sätt under projektets gång. RF i betong mättes på ekvivalent djup i enlighet med RBK 2017 med givare av fabrikat Vaisala samt HumiGuard monterade i

betongen se Figur 2 vänster. RF i avjämning mättes i enlighet med GBR 2017 med uttaget prov. Utöver detta monterades resistiva elektriska givare i avjämningen, se Figur 2 höger, som avlästes på kontinuerlig basis. Då dessa värden inte kalibrerades mot kända RF-nivåer skall de endast ses som en indikering på hur fuktnivån rör sig i avjämningen och inte tolkas ensamma utan jämförelse med RF uppmätt i uttaget prov.



Figur 2. Givare för avläsning av fuktnivå, Vaisala HMP40S för RF i betong (vänster) samt resistiv givare som gjöts in i avjämningen för fuktnivåindikation (höger).

Det bör noteras att samtliga fuktnivåer i denna rapport redovisas utan mätosäkerheten pålagd som säkerhetsmarginal, dvs. inte som ett slutvärde enligt RBK. Detta för att lättare jämföra mot tidigare forskningsresultat, t.ex. Wengholt Johnsson 1995, från vilka det kritiska värdet av 85% baserar sig på. I nedanstående fall var mätosäkerheterna 2,0–2,4 % RF för betong och 1,7–1,8 % RF för avjämning. Den som önskar jämföra mätningarna nedan med slutvärden bör själv lägga på respektive mätosäkerhet. Den resistiva indikationen uppvisade en hög känslighet med avseende på omgivande temperatur. Då temperaturen varierade något i förvaringsutrymmet bör den långsiktiga trenden i indikationen beaktas och inte mindre variationer.

### 2.3.2 Emissioner

Emissionsmätning för jämförelse mot den tidigare utredningen utfördes på ovansidan av mätobjekten, mot ytskiktets yta enligt FLEC, se Figur 3 vänster. Mätningen av emissioner utfördes av Polygon | AK och vidare analys av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Som komplettering utfördes även kammarmätning på materialprover uttagna under ytskikten, se Figur 3 höger. För samtliga betongplattor utom referenserna bestod provet av avjämning, ca 30–40 g. För referensobjekten bestod provet av betong närmast lim och ytskikt, ca 60 g. Provtagningen utfördes av Polygon | AK, kammarmätning av Chemik Lab AB och analys av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. För detaljer kring mät- och analysmetoder se bilaga 1.

Kompletterande mätningar av bakgrundsemissioner, egenemissioner samt emissioner från delobjekt och specialbehandlade objekt har också utförts i projektet. Bakgrunds- och egenemissionerna visade inte några anmärkningsvärda resultat. Emissioner från vissa delobjekt samt specialbehandlade objekt redovisas då de tillför värde i analysen av resultaten.



Figur 3. Mätning av emissioner: vänster - ovanpå ett ytskikt med FLEC (foto: Polygon | AK), höger – kammarmätning (foto: Jan Kristensson).

### 2.3.3 Förväntade nedbrytningsprodukter

Som tidigare konstaterats i Stelmarczyk m.fl. 2020b (slutrapport SBUF 13560 del 1) är det av vikt att förbereda tolkningen av de uppmätta emissionerna genom att analysera möjliga nedbrytningsprocesser och fastställa vilka slutprodukter man förväntar sig från alkalisk hydrolys. För detta krävs kunskap om ingående delmaterial i golvsystemet, inkl. bindemedel, lösningsmedel samt mjukgörare i lim och ytskikt. För ytskikten är detta relativt lätt då mjukgörare framgår av byggvarudeklarationen. I detta fall handlar det om DINCH, med nonanoler, respektive DOTP, med 2-etylhexanol, som förväntade emissioner. Limmen brukar vara polymerdispersioner, där de ingående monomererna vanligen domineras av butylakrylat. Byggvarudeklarationen för limmen brukar tyvärr inte specificera ingående monomerer i tillräcklig detalj för att dra säkra slutsatser om förväntade emissioner. Här ger en kammarmätning av egenemissioner en bra fingervisning om förväntade nedbrytningsresultat då samma ämnen ingår som lösningsmedel. De förväntade ämnena i detta fall sammanfattas i tabellen nedan.

Material	Mjukgörare	Förväntade emissioner		
		n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
CascoProff Extra LE	-	Ja*	(Ja)*	Nej
Tarkett iQ Granit	DINCH	Nej	Nej	Ja
Tarkett iQ Optima	DINCH	Nej	Nej	Ja
Forbo Sphera	DOTP	Nej	Ja	Nej

Tabell 1. Förväntade emissioner från alkalisk hydrolys av lim resp. ytskikt. \*Observera att n-butanol förväntas som huvudemission från nedbrytning av lim och 2-etylhexanol endast som sidoemission, dvs. i märkbart mindre omfattning än n-butanol.

## 2.4 Extern kommunikation

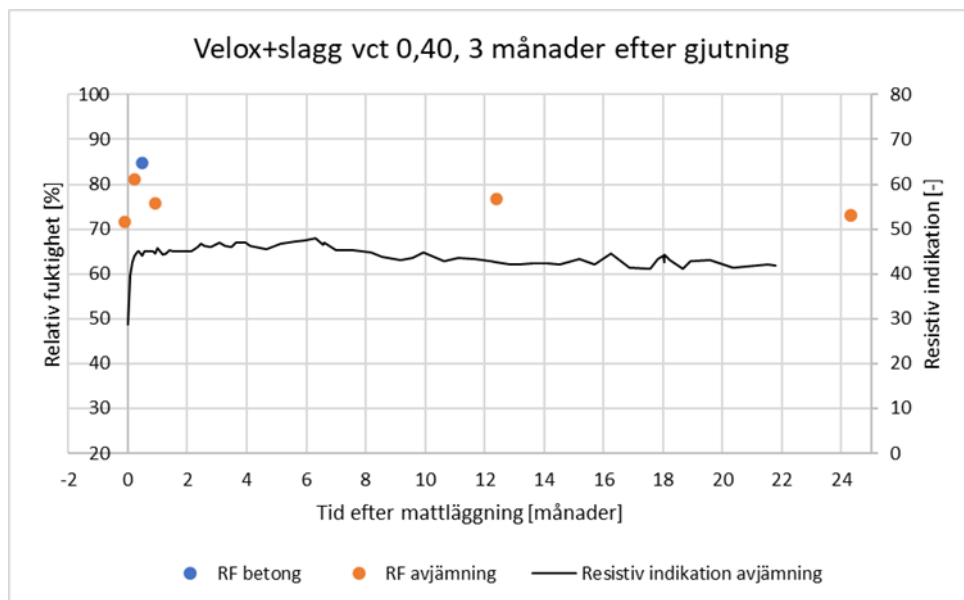
Projektets resultat har kommunicerats till branschen löpande i form av rapporter på Byggföretagens webbsajt samt artiklar i branschpressen. Detta har skett i samarbete med SBUF 13873. För dessa rapporter och artiklar se slutrapport för SBUF 13873, Stelmarczyk m.fl. 2021c.

## 3 Resultat

### 3.1 Fukt

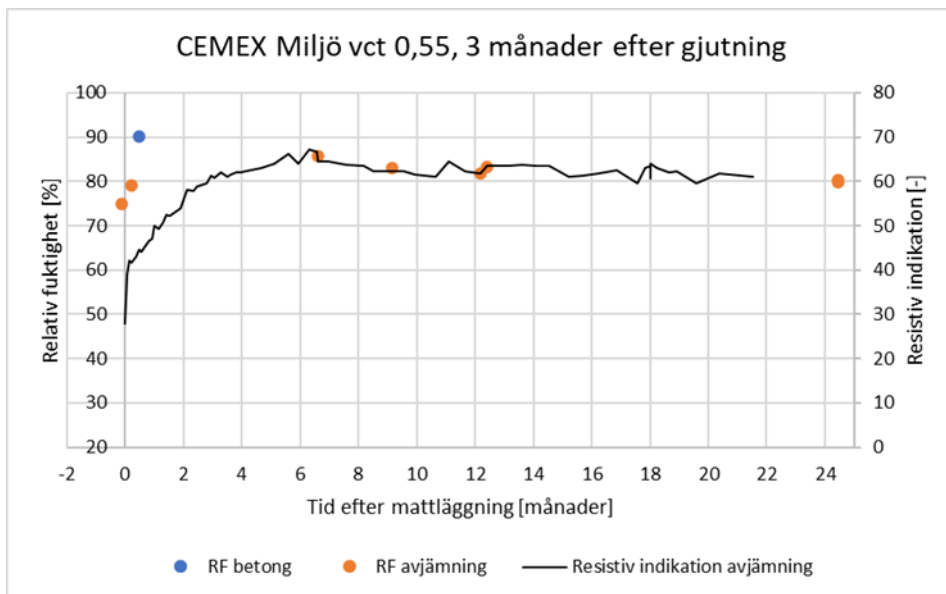
Fuktförloppet i plattorna med modern tät betong har varit huvudfokus i detta projekt. Därför har det övervakats under hela projektets gång. Fuktförloppet i referensplattorna har antagits följa gängse uppfattning för mer porös betong med diffusionsuttorkning och omfördelning därefter. Då referensplattorna använts endast som jämförelse i emissionsmätningar har fuktnivåerna där endast kontrollerats före mattläggning för att säkerställa rätt starttillstånd i materialet och vid projektets slut. Dessa ingår inte i jämförelsen av fuktförlopp nedan. För detaljer se bilaga 2.

En typisk bild av fuktförloppet i en av plattorna med modern tät betong visas i Figur 4. Vi ser att det initialt sker en ökning av RF i avjämningen. Detta är förväntat då fukten från limmet måste ta vägen någonstans och tränger då ner i avjämningen. Sedan visar den samlade bilden att RF stabiliserar sig under 80% för att efter ca 6 månader övergå i väldigt långsam uttorkning genom det täta ytskiktet. Detta är exakt som predikterats av simuleringarna i SBUF 13354!



Figur 4. Relativ fuktighet i betong, avjämning samt resistiv fuktindikation i avjämning som funktion av tid efter mattläggning för betong med Velox (OPC)+30% slagg, vct 0,40, självuttorkad i 3 månader före avjämning.

Verkar alla kombinationer fungera? Nej. I projektet valdes medvetet att testa att avjämna efter två olika åldrar på betong med två olika vct. Då bägge parametrarna påverkar tätheten i betongen förväntades man kunna se någon av de tidiga objekten med höga vattencementtalen erhålla högre RF i avjämningen. Så var också fallet för objektet vars förlopp visas i Figur 5.



Figur 5. Relativ fuktighet i betong, avjämning samt resistiv fuktindikation i avjämning som funktion av tid efter matläggning för betong med CEMEX Miljö, vct 0,55, självuttorkad i 3 månader före avjämning.

Här verkar kombinationen av fukttinhåll i betongen och dess täthet inte fungera för att RF i avjämningen inte ska stiga. En viss omfördelning sker och det resulterar i att RF i avjämningen överstiger kritisk RF på 85% en aning för att sedan övergå i långsam uttorkning. Då betongen fortfarande är tätare än motsvarande betong med gammaldags OPC med samma vct, erhålls ingen omfördelning av större vikt. Men den lilla ökningen som sker kan fortfarande vara för mycket för att undvika alkalisk hydrolys. Man bör också komma ihåg att de redovisade RF-nivåerna inte innehåller några säkerhetsmarginaler.

En sammanfattning av de uppmätta nyckelvärdena för de berörda provobjekten ges i Tabell 2. För en detaljerad bild av fuktutvecklingen för samtliga betongplattor se bilaga 2.

Ålder (mån.) vid avjämning	Bindemedel	Vct (-)	Start RF (%) betong	Max RF (%) avjämning	
				Uppmätt	Uppskattad
3	Basement CEM II-A/V	0,40	86,3	79,2	83
3	Basement CEM II-A/V	0,55	88,5	80,7	85
3	CEMEX Miljö	0,40	86,8	78,6	80
3	CEMEX Miljö	0,55	90,1	85,6	-
3	Velox + 30% slagg	0,40	84,8	76,8	78
3	Velox + 30% slagg	0,55	88,2	79,4	81
6	Basement CEM II-A/V	0,40	85,5	73,2	-
6	Basement CEM II-A/V	0,55	86,8	76,4	-
6	CEMEX Miljö	0,40	86,2	73,4	-
6	CEMEX Miljö	0,55	88,7	80,1	-
6	Velox + 30% slagg	0,40	84,8	74,2	-
6	Velox + 30% slagg	0,55	86,4	75,8	-

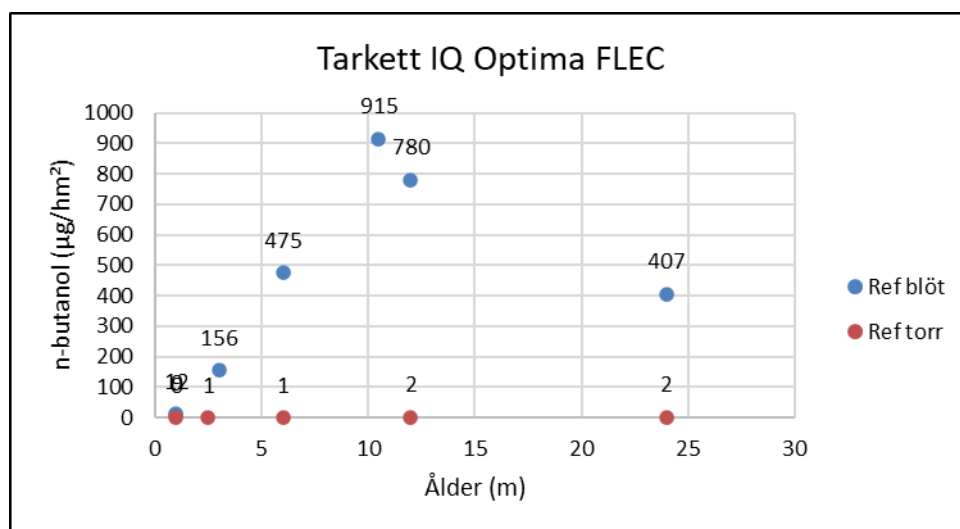
Tabell 2. Jämförelse av uppmätt RF i betong och avjämning samt maximal RF i avjämning uppskattat ifrån både mätning av RF samt jämförelse med resistiv indikation för fuktutvecklingen. Om ingen uppskattad RF anges, anses den vara samma som den uppmätta.

De olika objekten hade inte endast skillnader i transportförmåga för fukt. De blev självtorkade till olika nivåer. Det bör noteras att om mätosäkerheten adderas till redovisade resultat för RF i betongen så uppfyller ingen av plattorna kravet på 85% RF på ekvivalent djup vid tidpunkten för mattläggning. En av plattorna, 3 månaders CEMEX Miljö vct 0,55, har spräckt kravet på max 85% RF i avjämnningen och ytterligare en, 3 månaders Bascement CEM II/A-V vct 0,55, misstänks ligga i farozonen. Detta är inte förvånansvärt då bägge tillhör de blötare plattorna med högst förväntad transportförmåga avseende fukt. Detta är en indikation på att det finns en gräns avseende täthet för när konceptet inte fungerar.

För de övriga plattorna har kravet på kritiskt RF i avjämnningen uppnåtts med upp till 10 % RF som marginal även med pålagd mätosäkerhet för att därefter övergå i långsam uttorkning. Detta trots att ingen av plattorna uppfyllde dagens krav på uttorkning inför mattläggning. Försöken bekräftar simuleringsresultaten från SBUF 13354. Det går alltså att utnyttja den nya betongens täthet i kombination med väl uttorkad avjämnning för att undvika att en RF på 85% uppkommer i lim och ytskikt. Detta trots att betongens RF överskrider 85% på ekvivalent djup vid tillfället för mattläggning!

### 3.2 Emissioner ovanför ytskikten

Emissioner på ovansidan av referensobjekten efterliknade väl försöken i Wengholt Johnsson 1995. Ett exempel ges i Figur 6, där emissioner för n-butanol visas. Den blöta referensen visar höga värden som toppar vid ca ett år för att sedan avta något. Den torra referensen ligger väldigt lågt, nästan i nivå med bakgrundsemissioner. 2-etylhexanolen liknar n-butanolen, men håller en lägre totalnivå för den blöta referensen, vilket är förväntat då den kommer från limmet och inte från ytskiktet.

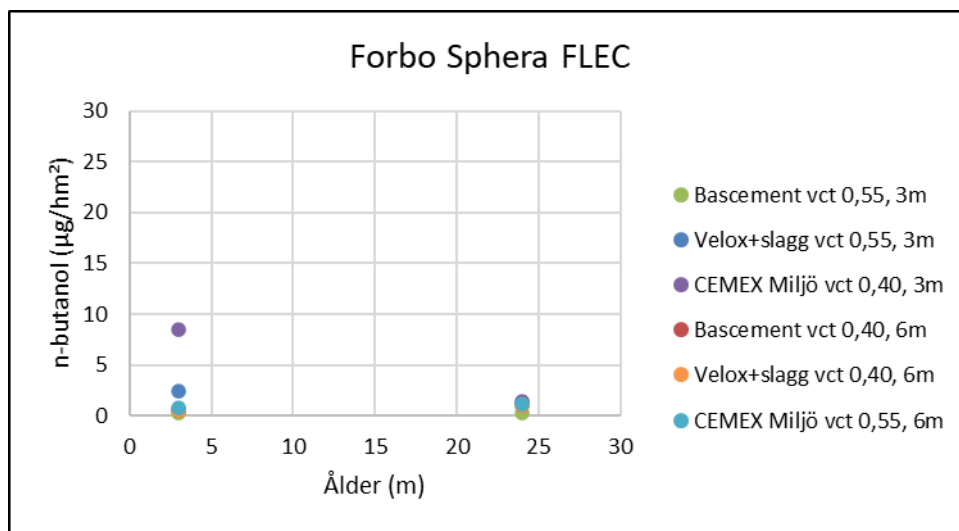


Figur 6. Emissioner av n-butanol på ovansidan (FLEC) av referensobjekten med Tarkett iQ Optima som ytskikt.

Emissioner av nonanoler från ytskiktet utvecklas för den blöta referensen något senare i tid än limemissionerna. Den torra referensen har för 2-etylhexanolen samt nonanoler lika låga emissionsbild som i Figur 6. Observera att i sammanställningen nedan visas endast vissa diagram, som åskådliggör huvudtrender i mätningen. För fullständiga detaljer se bilaga för respektive betongplatta. Detta ger en god överrensstämmelse med den tidigare undersökningen, trots vissa skillnader i de ingående materialen.

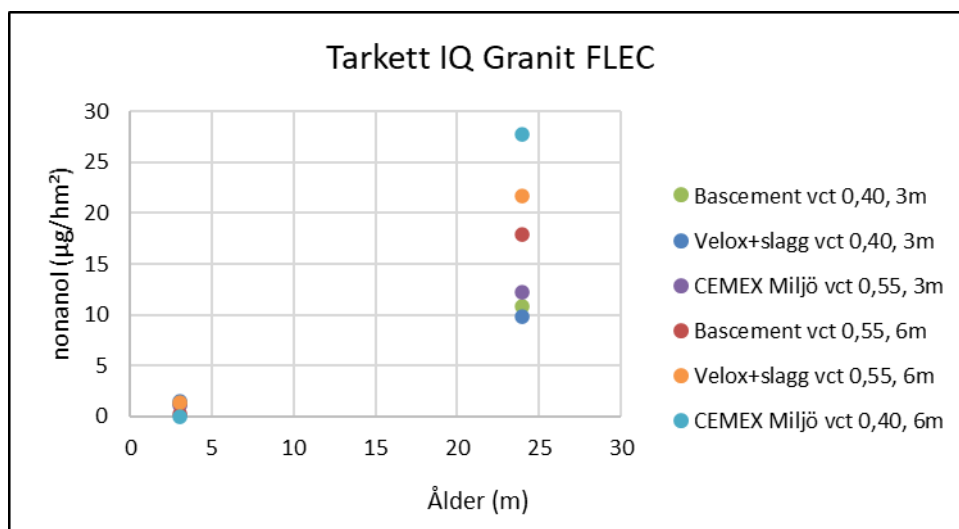


När det kommer till mätobjekten med modern tät betong är emissionerna av n-butanol sam 2-etylhexanol på ovansidan (FLEC) också mycket låga. Exempel på detta ges i Figur 7 med n-butanol, som förväntas från limmets hydrolys, för samtliga betongplattor med Forbo Sphera som ytskikt.



Figur 7. Emissioner av n-butanol på ovansidan (FLEC) av mätobjekt med modern tät betong och Forbo Sphera som ytskikt.

Emissioner av nonanoler från ytskikt med DINCH som mjukgörare, se Figur 8, är också under laboratoriets praktiska gräns (ca 34 µg/hm<sup>2</sup>), se bilaga 1 för detaljer om gränser. Här finns dock en möjlig växande tendens (då det endast finns resultat vid två tidpunkter får man vara något försiktig avseende slutsatser om tendens).



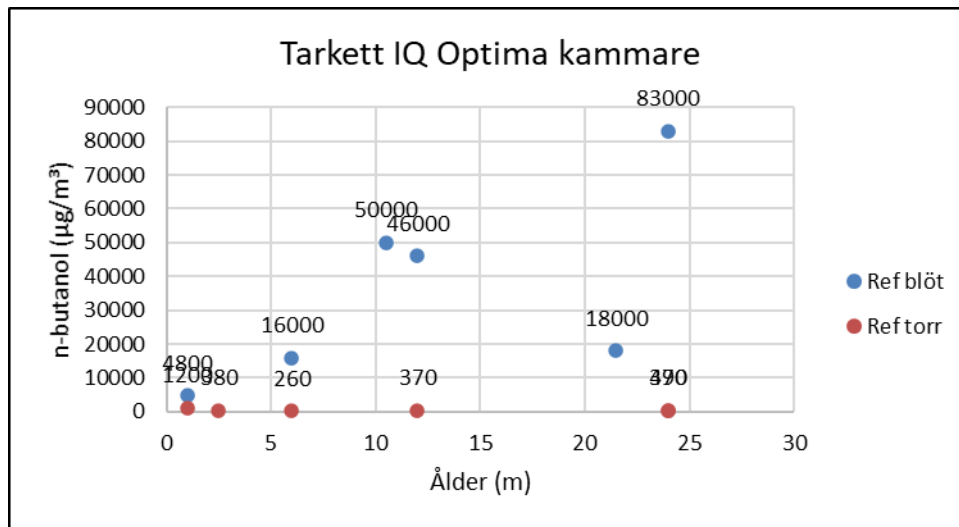
Figur 8. Emissioner av nonanoler på ovansidan (FLEC) av mätobjekt med modern tät betong och Tarkett iQ Granit som ytskikt.

Någon skillnad i emissionsnivåer ovanför ytskikten kan inte konstateras mellan de två plattorna som överskridit eller misstänks överskridit gränsen på 85 % RF i avjämnningen, dvs 3 månaders CEMEX vct 0,55 samt Basement vct 0,55. Då det tidigare konstaterats att det över lag inte föreligger andra misstänkta fuktproblem i mätobjekten med modern tät betong, dvs RF överstiger inte kritiskt

gränsvärde i anslutning till lim och ytskikt, ser totalbilden av emissioner på ovensidan av betongplattorna rimlig ut.

### 3.3 Emissioner under ytskikten

Bilden av emissionerna under ytskikten är mycket mer komplex än den på ovensidan. Den går inte heller att jämföra med Wengholt Johnsson 1995 då sådana mätningar inte utfördes i den undersökningen. Emissionerna av n-butanol i referensplattorna är i princip enligt förväntning, se Figur 9.



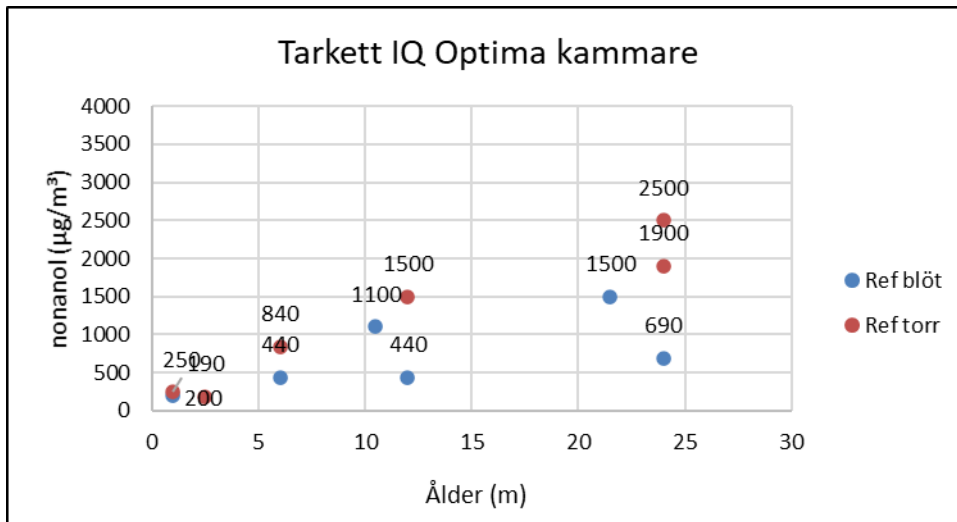
Figur 9. Emissioner av n-butanol under ytskiktet (kammarmätning) för referensobjekten med Tarkett iQ Optima som ytskikt.

För den blöta referensen erhålls mycket höga värden samtidigt som den torra ligger på en mycket mer acceptabel nivå. Här bör observeras att den tidiga toppen för den torra referensen (ca 1200 µg/m³) rimligen bör vara kopplad till primär hydrolys p.g.a. limfukten. Dessa emissioner tycks därefter avta med tiden. En liknande bild erhålls för 2-etylhexanolen, som för referensplattorna härstammar från limmen.

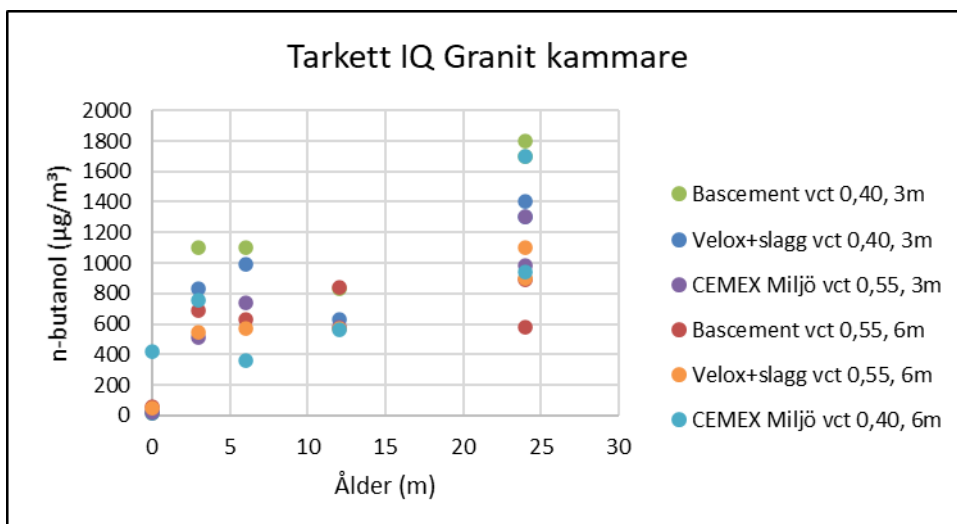
Emissionerna från ytskiktet i form av nonanoler för referensplattorna visas i Figur 10. Här är initialt skillnaden mellan den blöta och den torra plattan inte särskilt tydlig. Mot slutet av mätningen har den torra referensen något högre värden än den blöta. Detta samtidigt som nivåerna för båda plattorna är klart över gränsen för när laboratoriet normalt anmärker för enskilda ämnen i en kammarmätning.

För betongplattorna med den moderna täta betongen är emissionsbilden inte lika enkel att tolka. När det gäller emissioner från lim ges i Figur 11 en bild av n-butanol. Figuren visar emissioner för plattor med Tarkett iQ Granit men plattorna med Forbo Sphera har mycket likartat beteende. Det finns en initial uppgång, antagligen kopplad till limfukten, därefter en minskning för att slutligen övergå i en långsiktig höjning av värden. Nivån är jämförbar med emissioner av n-butanol från limfukten i den torra referensplattan.



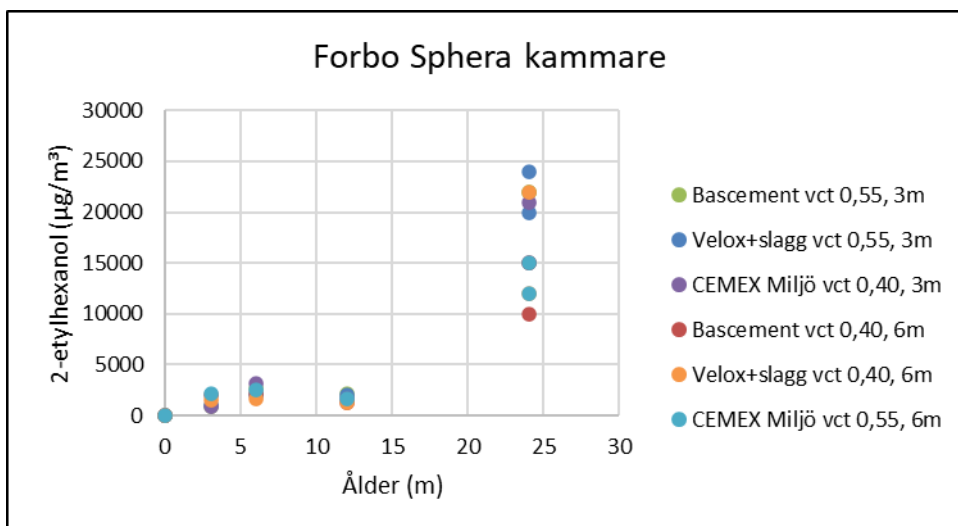


Figur 10. Emissioner av nonanoler under ytskiktet (kammarmätning) för referensobjekten med Tarkett iQ Optima som ytskikt.

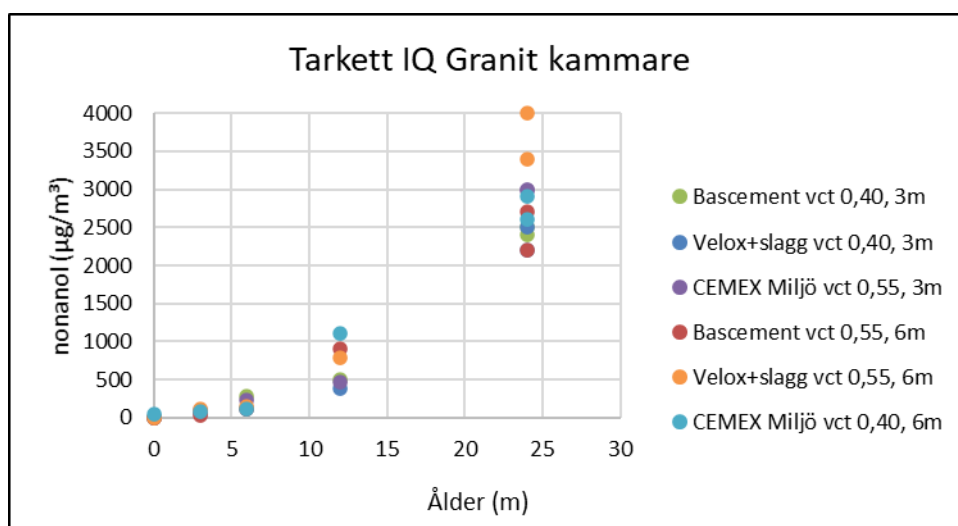


Figur 11. Emissioner av n-butanol under ytskiktet (kammarmätning) för plattor med modern tät betong och Tarkett iQ Granit som ytskikt.

Emissioner avseende 2-etylhexanol och nonanoler från ytskikt för modern tät betong sammanställs i Figur 12 samt Figur 13. Emissionerna av 2-etylhexanol från Forbo Sphera kommer ungefär samtidigt tidsmässigt som de för n-butanol. Det som skiljer är överraskande höga värden efter två år. Emissioner av nonanoler från Tarkett iQ Granit ser ut att växa successivt över tid, med tvåårsvärden oproportionerligt höga jämfört med år ett, dock inte i samma extrema nivå som för 2-etylhexanol avseende Forbo Sphera i Figur 12.



Figur 12. Emissioner av 2-etylhexanol under ytskiktet (kammarmätning) för plattor med modern tät betong och Forbo Sphera som ytskikt.



Figur 13. Emissioner av nonanoler under ytskiktet (kammarmätning) för plattor med modern tät betong och Tarkett IQ Granit som ytskikt.

Som jämförelse med emissionsnivåer ovan redovisas även värden för ytterligare två typer av objekt. Det första är ett delobjekt där avjämning (ca 17 mm tjock) lades ut på metallfolie, uttorkades till en nivå av 62,8 +/- 1,8 % RF och därefter limmades ytskikt (Forbo Sphera) på avjämningen. Objektet innehåller således inte någon betong, som potentiell källa till hydroxidjoner eller fukt. För detta objekt redovisas emissioner från två kammarmätningar. De andra två mätningarna är FLEC-mätningar ovanpå plattor med modern tät betong med höga emissionsvärden under ytskiktet där en punktering av ytskiktet initierats med hjälp av ett ca 2 cm långt hugg med ett stämjärn.

Här bör noteras att emissionsnivån för 2-etylhexanol från objektet utan betong är i sammastorleksordning som emissionerna i Figur 12. När det gäller de punkterade ytskikten med höga emissionsvärden under, framgår en omedelbar höjning av emissioner på ovansidan för n-butanol och 2-etylhexanol men inte för nonanoler, där sådana förväntas.

Objekt / mätning	Ålder (m)	Emissioner		
		n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
Avjämnning på metallfolie med lim och Forbo Sphera, mitten / kammarmätning	27,5	990 µg/m <sup>3</sup>	14000 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>
Avjämnning på metallfolie med lim och Forbo Sphera, kant / kammarmätning	27,5	810 µg/m <sup>3</sup>	14000 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>
3 månaders Velox + slagg vct 0,55 med Forbo Sphera, snittad / FLEC	27,5	26 µg/hm <sup>2</sup>	41 µg/hm <sup>2</sup>	0 µg/hm <sup>2</sup>
3 månaders Bascement vct 0,40 med Tarkett iQ Granit, snittad / FLEC	27,5	18 µg/hm <sup>2</sup>	3 µg/hm <sup>2</sup>	22 µg/hm <sup>2</sup>

Tabell 3. Emissioner från enstaka mätningar på specialobjekt. Observera att de översta två raderna är kammarmätning och redovisas som koncentration, till skillnad från de två nedersta som är en FLEC-mätning och redovisas som emissionsfaktor.

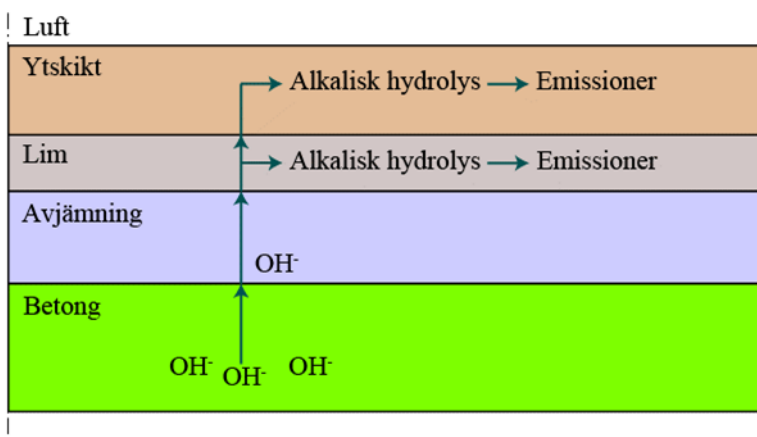
## 4 Analys

Emissionsbilden vid mätning ovanpå ytskikten är förväntad och samstämmig med resultaten av fuktmätningarna i betongplattorna. Referenserna uppför sig som i Wengholt Johnsson 1995. Den nya moderna betongen, som inte uttorkats till 85% på ekvivalent djup, tillsammans med väl uttorkad avjämning fungerar som koncept.

Tittar man under ytskikten blir bilden mycket mer komplex och svårtolkad. Någon hjälp i jämförelse och tolkning från Wengholt Johnsson 1995 eller andra undersökningar från den tiden fås inte då man inte mätte systematiskt under ytskikten. Tolkningen av dessa resultat underlättas av en teoretisk analys av vad som kan hända i golvsystemet.

### 4.1 Var kommer emissionerna ifrån?

Den schematiska bilden i Figur 14. visar förutsättningar för alkalisk hydrolys i lim och ytskikt.



Figur 14. Alkalisk hydrolys i lim och ytskikt i golvsystemet och tillhörande transport av hydroxidjoner från underliggande delar av golvsystemet.

Vad som alltid kommer att inträffa då vattenbaserat lim används på cementbaserat underlag är en s.k. primär hydrolys. Det stora fuktmängden från limmet kommer initialt att mätta porsystemet i det översta skiktet av underlaget (betong eller avjämning). Detta öppnar upp transportvägar för hydroxidjoner som vandrar från underlaget in i limmet och möjligen vidare in i ytskiktet. Limfukten kvarstannar inte i hög koncentration i den översta delen av underlaget utan fördelas vidare in i golvet. Efter en tid har den spritts ut och fuktigheten har återgått till lägre nivåer där transporten av hydroxidjoner inte är lika hög och den primära hydrolysen avtar i intensitet. Detta förlopp påverkas av det underliggande materialet:

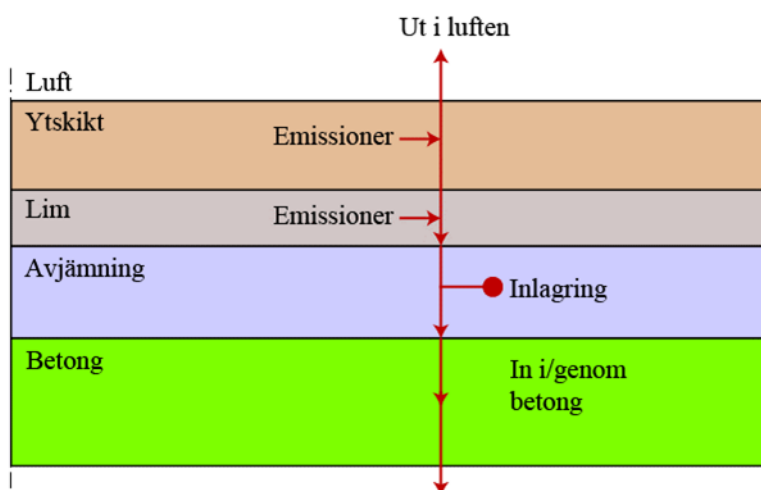
- hur mycket fukt som kan lagras in i det
- hur torrt/blött det är innan limning
- dess transportförmåga för fukt
- dess pH

Man kan genom användning av porös avjämning mellan betong och lim samt god uttorkning av avjämningen inför limning förkorta perioden av primär hydrolys och möjligen begränsa dess intensitet. Det är däremot svårt att eliminera den helt och hållet.

När vägen av limfukt är omfördelad kvarstår det alltid fukt i golvet under limmet och avjämningen. Transporten av hydroxidjoner är beroende av tillgång på kondenserat vatten som medium. Hur mycket av fukten i betongen och avjämningen som finns i form av kondenserat vatten beror dels på RF och dels på materialets sorptionsegenskaper. Tyvärr är det inte rimligt att innan mattläggning torka ut dessa material så att allt kondenserat vatten i respektive porsystem elimineras. Detta skulle kräva uttorkning till RF-nivåer långt under dagens krav och kan inte betraktas som praktiskt genomförbart. Som resultat av detta måste man acceptera att det alltid kommer att finnas helt vätskefyllda vägar i porsystemen hos betong och avjämning där transport av hydroxidjoner äger rum. Detta innebär att sekundär hydrolys, alltså den som är kopplad till fukt från den underliggande golvkonstruktionen och inte från limmet, i princip alltid kommer att uppstå. Ju torrare golvet är desto lägre intensitet kommer denna process att ha men det är inte rimligt att förvänta sig att denna intensitet är noll även i ett golv som uppfyller dagens uttorkningskrav.

Till detta tillkommer det faktum att lim och ytskikt är behäftade med egenemissioner, åtminstone initialt. Det är alltså klart att eliminering av emissioner från alkalisk hydrolys inte är praktiskt möjligt genom uttorkning och fuktsäkerhetstänk för betong och avjämning i golvsystemet. Vad händer då med dessa emissioner och när blir de till ett problem?

## 4.2 Var kan emissionerna ta vägen?



Figur 15. Schematisk bild över vad som kan hända med emissioner i golvsystem.

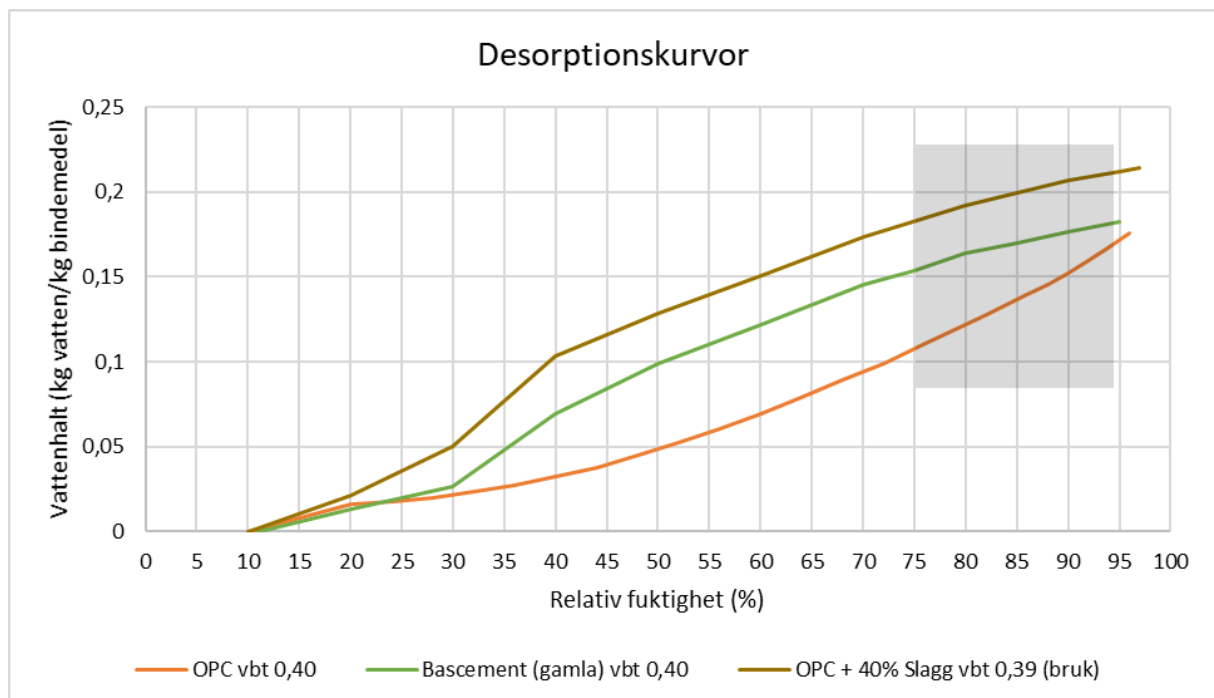
Som framgår av Figur 15 finns det tre saker som kan hända med emissioner från alkalisk hydrolys i lim och/eller ytskikt:

- Ut genom ytskiktet – emissionerna kan penetrera ytskiktet och ta sig ut i luften ovanför golvet. Det är den delen av emissionerna som mäts med hjälp av FLEC.

- Ner i/genom golvet – emissionerna kan transporteras ner i avjämningen/betongen under limmet och fördelas inom golvet och/eller komma ut på andra sidan. Flera kammarmätningar på varierande djup kan ge en bild av denna process.
- Ackumulering/inlagring i avjämningen – om betongen under är mycket tät och inte transporterar emissioner särskilt väl kommer de att ackumuleras i anslutning till var de bildas. Då porös avjämning normalt sett kombineras med tät betong för att få bukt med limfukten kommer emissionerna att ackumuleras just där. Kammarmätning av avjämningen ger en bild av detta.

I denna undersökning kan konstateras att utflöde av emissioner genom ytskiktet inte är särskilt hög baserat på de låga emissionsnivåerna som erhöles vid FLEC-mätningarna, utom för den blöta referensen. Då mätningarna av RF i underlaget inte heller gav resultat som visar på att fuktproblem förekommer, utom för den blöta referensen är denna bild logisk och samstämmig med Wengholt Johnsson 1995.

Eftersom samtliga betongplattor med avjämning är gjutna med modern tät betong är det rimligt att förvänta sig en försämrade transportförmåga hos betongen jämfört med gammaldags betong. Detta gäller inte bara för fukt utan även för andra, särskilt större molekyler. Detta bör innebära att transportförmågan för n-butanol, en kedja med fyra kolatomer, bör vara reducerad i förhållande till gammaldags betong med ren OPC. För 2-etylhexanol, med åtta kolatomer, och nonanoler, med nio kolatomer, bör transportförmågan vara ännu mer reducerad. Skillnader i desorptionskurvor visar även att större total porvolym fördelas på porer med mindre öppningar, se Figur 16.



Figur 16. Desorptionskurvor, vattenhalt (kg vatten / kg bindemedel) som funktion av relativ fuktighet (%) för betong med OPC vbt 0,40 från Betonghandboken 1980, betong med gamla bascementet vbt 0,40 från Stelmarczyk m.fl. 2019b samt bruk med OPC och 40% slagg vbt 0,39 från Olsson m.fl. 2018.

Skillnad i vattenhalt samt kurvornas lutning medför att en större del av porsystemet i den moderna betongen är blockerad med kondenserat vatten vid ca 75–90 % RF. Detta försvårar ytterligare transporten av luftburna molekyler som inte är vattenlösliga, som 2-etylhexanol samt nonanoler.

Detta leder till misstanken att emissionerna i princip inte transporteras in i betongen utan ackumuleras i avjämningen.

### 4.3 Rimlig slutsats

För att dragna slutsatser skall kunna betraktas som rimliga bör man inte endast nöja sig med första misstänkta förklaringen. Ett antal rimliga ifrågasättanden och kontrollfrågor är i allra högsta grad på sin plats:

- **Varför syns n-butanolen före de andra emissionerna?**
  - N-butanol är den primära emissionen från nedbrytning av lim. När hydroxidjoner transporteras från underlaget når de lim innan de når ytskiktet.
  - Transportvägen tillbaka för n-butanolen är också kortare från lim än från ytskiktet till underliggande material.
  - Vidare är n-butanol en mindre molekyl än de som bildas vid de två andra emissionerna, vilket bör föranleda en lättare/snabbare transport.
- **Varför blir tvåårsvärden för 2-etylhexanol och nonanoler så oproportionerligt stora jämfört med vid ett år?**
  - Den mest sannolika förklaringen till detta är mättnad i avjämningens porsystem avseende dessa molekyler. När väggarna av porsystemet är mättade med adsorberade molekyler kommer mer emissioner endast lagras in i luften i porsystemet. Detta kommer att resultera i mycket högre koncentrationer avlästa genom en kammarmätning. För detaljer kring detta fenomen se bilaga 1.
- **Varför blir tvåårsvärden för n-butanol inte lika extrema som vid mätning av de andra emissionerna?**
  - N-butanolen är till viss del vattenlöslig, vilket de andra ämnena inte är. Detta möjliggör en annan inlagring av n-butanol i avjämningen och lägre koncentrationvärden vid kammarmätning. För detaljer kring detta fenomen se bilaga 1. Detta fenomen misstänks även kunna bidra till andra störande effekter vid mätning av emissioner, se Grantén & Granlund 2020.
  - Vidare är n-butanolen mindre som molekyl, vilket borde kunna bidra till att den fördelas lättare till resten av golvet.
- **Kan man vara säker på att detta inte beror på omfattande sekundär hydrolys?**
  - Att hävda detta med fullständig säkerhet baserat på befintligt mätunderlag bedöms inte som möjligt. Fukttillståndet i underlaget är inte så högt att det borde orsaka en omfattande sekundär hydrolys. Samtidigt är det tyngsta argumentet mot omfattande sekundär hydrolys resultatet från emissionsmätningen i avjämning på metallfolie med limmad matta. Resultatet från mätningen av 2-etylhexanolen vid 27,5 månader är i samma storleksordning som tvåårsvärdena för betongplattorna med samma ytskikt. Detta gäller alltså för ett underlag som inte innehåller den största källan till hydroxidjoner och annan möjlig byggfukt, dvs. betongen. Dessutom för en avjämning som innan mattläggning uttorkats till ca 63% RF. De gemensamma egenskaperna mellan detta objekt och en avjämning på underliggande betongplatta är dock tätheten under avjämningen, vilket stöder tolkningen avseende ackumulering av emissioner samt mättnad i avjämningen.

- **Har mattor och lim fått högre egenemissioner och/eller blivit känsligare avseende alkalisk hydrolys än tidigare?**
  - Denna fråga går inte att besvara baserat på resultaten i detta projekt. Syftet med mätningarna var att undersöka betongens och avjämnings inverkan på resultatet. De undersökta ytskikten är homogena mattor, valda för att representera genomsnittliga volymprodukter på marknaden. Inte heller limvalet medger en jämförelse.
  - Olika ytskikt och lim kommer att ge olika inverkan på emissionsbilden, vilket redovisas i Grantén & Granlund 2020. För att ovanstående fråga skall kunna besvaras krävs ytterligare undersökning.
- **Kan man jämföra dessa resultat med andra studier?**
  - Den huvudsakliga jämförelsen med Wengholt Johnsson 1995, som redovisas ovan, täcker endast FLEC-mätningar på ovansidan då kammarmätning inte utfördes i den tidigare undersökningen.
  - Andra systematiska undersökningar av större omfattning från den tiden, t.ex. Sjöberg 2001, Alexanderson 2000 eller 2004, använder också FLEC som huvudsaklig metod. Det förekommer undantag, t.ex. Sjöberg som använder kammarmätning på olika djup för att uppskatta betongens transportförmåga för emissioner, men de är av för liten omfattning för att möjliggöra en jämförelse.
  - När det gäller mer moderna studier är naturligtvis Grantén & Granlund 2020 av intresse. Där används kammarmätning på ett systematiskt sätt och även avjämnings utan betong under förekommer som underlag till limning av ytskikt. Det som däremot begränsar jämförelsen mellan undersökningarna är att Grantén & Granlund 2020 endast mäter emissioner t.o.m. sex månader efter mattläggning. Dessa mätningar gav resultat avseende emissioner under ytskiktet i samma storleksordning som mätresultaten i denna undersökning upp till ett år efter mattläggning. Jämförelsen kan dock inte säga någonting om vidare ackumulering och mättnadsfenomenet då sex månader inte räcker för att kunna observera detta.

Den sannolika bilden är att det alltid finns emissioner under ytskikten, även om få har mätt dem tidigare på ett systematiskt sätt. Vidare är det mycket sannolikt att den förändrade tätheten i dagens betong medför en annan spridning och inlagring av emissioner i ett golvsystem. Om den relativa fuktigheten i golvet är för hög blir hydrolysen så intensiv att emissionerna går igenom ytskiktet och kan mätas med FLEC på ovansidan. Vid godkända fuktförhållanden finns det också sekundär hydrolys men i mycket mindre omfattning. Huruvida en kammarmätning föranleder en anmärkning från analyslaboratoriet verkar idag vara kopplat till inlagringen, dvs. golvet konstruktion samt materialegenskaperna och inte bara till förekomsten av sekundär hydrolys. Observeras bör att gränser som tillämpas av laboratorier vid bedömning av emissioner i kammarmätning bygger på tidigare statistik och inte är absoluta. Då material och konstruktion utvecklas, t.ex. betongen blir tätare och avjämnings används oftare än tidigare, kommer de statistiska gränserna under en period att vara baserade på material och konstruktion som inte motsvarar verkligheten. Detta problem är tyvärr oundviklig med statistiskt betingade gränser.

Ytterligare en begränsning i denna undersökning är att testerna har fokuserat på endimensionellt flöde av fukt och emissioner genom golvsystemet, dvs. längs med golvet djupdimension. Provkropparna har tillverkats och hanterats så att inverkan av kanteffekter minimerats. I verkligheten



tillkommer naturligtvis inverkan av spridning av både fukt och emissioner i tre dimensioner beroenden på hur golvkonstruktionen ansluter till väggar och hörn.

## 5 Diskussion

### 5.1 Är de ackumulerade emissionerna ett problem?

En möjlig åsikt är att det som finns under ytskiktet inte är relevant utan att det endast är emissionerna som kommer ut i luften ovan golvet som räknas. Resonemanget är rimligt så till vida att så länge emissionerna inte finns i luften i lokalen kan de inte påverka människor som vistas där. I enlighet med detta är det endast resultat av mätning ovan golvet med FLEC som är intressanta och det är denna typ av emissionsvärdering som uttorkningsgränsen på ekvivalent djup på 85% RF bygger på. Samtliga FLEC-mätningar är inom av labbet tillämpade praktiska gränsvärden. Den samlade bilden av fuktförhållanden i golven med modern tät betong understiger 85% RF under limmet och ytskikten, utom för ett eller två av de minst täta objekten. Detta ger ett klart godkännande till det undersökta konceptet där täthet i betongen utnyttjas för att slippa invänta uppfyllt uttorkningskrav på ekvivalent djup innan avjämning och limning av matta.

Samtidigt får man inte glömma att det förekommer kritik mot ovanstående där det menas att en FLEC-mätning inte alltid ger hela bilden. Analysen av emissioner från mätning omfattar endast s.k. indikatorämnen och inte allt som påverkar människor. Det finns redovisade exempel då människor har mått illa i utrymmen där FLEC inte visat förekomsten av emissioner, se Bornehag 1994. Detta har bidragit till att man allt oftare mäter under ytskikten med t.ex. kammarmätning för att utröna om en golvskada föreligger eller ej.

Hur man än ställer sig till mätningarna på ovansidan av betongplattorna bör mätresultaten från undersidan föranleda en vidare analys. Det finns tre potentiella problemställningar baserat på de uppmätta emissionerna under ytskikten:

- Allt högre koncentration - Tidsutvecklingen av mätvärdena under ytskikten tyder på fortsatt ackumulering även efter två år. Detta kan med tiden ge allt högre koncentrationer av emissionerna under ytskikten. Då transport av dessa genom ytskiktet ut i luften ovan drivs av skillnader i just koncentration, kan även transporten öka med tiden. Risken finns att detta efter ytterligare en tid blir mätbart även med FLEC på ovansidan av ytskikten.
- Skadat ytskikt - Även om transporten genom ett obrutet ytskikt inte blir ett problem, finns det risk att emissionerna läcker ut vid eventuell skada, t.ex. punktering av ytskikt med vasst föremål. Ett enkelt test avseende detta har utförts i projektet med blandat resultat. För två av ämnena erhöles en klar ökning av emissionerna på ovansidan av ytskiktet, för det tredje observerades ingen större skillnad. I vilket mån detta verkligen blir ett problem återstår att se då effekten av enstaka skador på ytskikten kommer att spädas ut i rumsluften över hela golvet och emissionsfaktorer uppmätta över snittat ytskikt inte kan jämföras med genomsnittlig emissionsfaktor för hela golvet.
- Byte av ytskikt - Ytterligare en problemställning kopplad till ackumulerade emissioner i avjämningen är underhåll av lokalen i fråga. Förr eller senare blir ytskiktet slitet och man kommer att vilja byta ut det. I samband med borttagning av det gamla ytskiktet kommer de tidigare ackumulerade emissionerna att frisläppas över tid från golvet. Är detta ett skadat golv? Skall man bara ventileras ut och limma på ett nytt ytskikt? Skall man även byta avjämning?

## 5.2 Vad kan man göra åt detta?

Möjligheter att undvika hela denna problemställning tycks spontant vara något begränsade. En sak som är enkel att konstatera är att uttorkning till en lägre RF än 85% inte kommer att lösa problemet med emissioner under ytskiktet. Beviset på detta är emissionsmätningen under ytskiktet limmat på väl uttorkad avjämning med endast en metallfolie som underlag, alltså utan betong med dess höga pH och ev. byggfukt. Den begränsade spridningen av emissioner inom golvet är tillräcklig för att skapa ackumulering av emissioner i avjämningen även vid mycket fördelaktiga fuktförhållanden. Andra konstateranden som rimligen kan dras idag är:

- Återgången till mer porös och öppen betong ser inte ut som ett praktiskt tänkbart alternativ, åtminstone för tillfället. Under trycket från miljökraven lär varken kalkstensfiller eller puzzolana/halvpuzzolana tillsatser kunna tas bort från betongrecepten. Den moderna täta betongen är att betrakta som något man får lov att leva med.
- Man skulle kunna lägga tjockare avjämning för att sprida ut emissionerna. Detta kommer att reducera koncentrationen av dem men då det fortfarande kommer att finnas tät betong under, kommer emissionerna ändå att stanna i avjämningen. Detta kan vara ett sätt att reducera problemets omfattning men det kommer inte att ta bort det. Kvar blir frågan om vad som skall ske med avjämningen vid byte av matta.
- Förändring av samverkan mellan materialen i golvsystemet är antagligen vad som krävs för att eliminera eller begränsa ackumuleringen av emissionerna i avjämningen. Sätt att åstadkomma denna kan vara olika. Förändrade egenskaper i ytskikt och lim eller konstruktion av golvsystemet skulle kunna vara sådana åtgärder. Huruvida någon av dessa löser problemet måste dock visas genom en praktisk undersökning som bör omfatta ett tillräckligt långt tidsspann för att kunna jämföras med resultaten från detta projekt.
- Man kan också bestämma sig för att leva med problemställningen. I ett sådant fall bör man planera för hur inlagring av emissioner i avjämning skall hanteras i samband med byte av matta.

Hur man än ser på dessa alternativ är det hög tid för en diskussion om vad som skall betraktas som en golvskada. Mätningarna i projektet visar tydligt på svårigheten att tolka resultat av kammarmätningar. Höga värden är inte nödvändigtvis ett bevis på pågående hydrolys, då de kan vara ackumulerade från den primära hydrolysen p.g.a. limfukten. Även mycket höga värden kan mätas upp utan att underlaget innehåller fukt som överskrider gängse gränsvärden. Att likställa förhöjda emissioner under mattan med ett fuktskadat golv är alltså direkt fel. Dessa kan bero på en fuktskada, men de kan även förekomma utan problem med fukt.

## 6 Slutsatser

### 6.1 Konceptet fungerar

Skarpa försök visar att den låga förmågan till fukttransport i den moderna, täta betongen kan utnyttjas tillsammans med avjämning för att undvika att kritisk RF uppnås i anslutning till lim och ytskikt. Detta trots att betongen inte är uttorkad till kritisk RF på ekvivalent djup innan ett ytskikt appliceras. Denna effekt är beroende av betongens täthet, vilket i sin tur ställer vissa krav på betongens ålder och sammansättning. Tillvägagångssättet skulle kunna användas med syfte att förkorta tiden som behövs för betonguttorkning inför limning av ytskikt med vattenbaserat lim utan att dessa utsätts för högre RF än tillåtet. Även emissionsmätningar, utförda i enlighet med hur dagens uttorkningskrav är framtagna (FLEC), bekräftar ovanstående.

**Konceptet, som föreslogs ursprungligen i SBUF 13354, se Stelmarczyk m.fl. 2019, har nu bekräftats av både fuktmätningar och emissionsmätningar på ovasidan av de undersökta golvsystemen.**

Samtidigt skall man ha klar för sig att dessa resultat endast skall ses som validering av ett koncept. Vad vi visat med mätningarna i SBUF 13560 är att konceptet mycket väl kan ge det önskade resultatet. Detta är dock inte att jämföra med en färdigutvecklade och kvalitetssäkrade arbetsmetodik som hjälper utföraren att undvika eventuella risker. En sådan återstår att utveckla. När kravet som ställs på betongen skiftar från uttorkning till täthet, bör detta på något sätt kunna valideras under produktion av golvkonstruktioner i skarpa projekt.

### 6.2 Svårigheten med att tolka kammarmätning

Det konstateras att utvärdering av resultat från kammarmätning av emissioner under ytskikten kan vara svår att utföra även med god kunskap om de förväntade emissionerna från alkalisk nedbrytning av lim och ytskikt. Detta beror på att mätmetodens resultat är beroende av många faktorer, vilket kan göra att två olika mätningar i princip är ojämförbara. Det krävs god kunskap om både metodens beroenden samt golvkonstruktionen och de ingående materialerna i kombination med flera mätningar för att kunna förstå vad som pågår i golvet.

**En kammarmätning med förhöjd eller t.o.m. mycket förhöjda emissioner bevisar inte en fuktskada. Ett exempel på detta är projektets kammarmätning med mycket höga resultat ca 27 månader efter mattläggning i ett stycke avjämning på metallfolie, uttorkat till ca 63% RF innan mattläggning.**

### 6.3 Emissioner under ytskikt trots god fuktsäkerhet

Vidare visar kammarmätningarna att en ackumulation av emissioner sker över tid i avjämningen. Detta gäller främst de större molekylerna, dvs. 2-etylhexanol samt nonanoler. Mellan ett och två års tid efter mattläggning observeras en skarp höjning av nivåerna, vilket tyder på mättnad av avjämningens adsorptionsförmåga för ämnen i fråga. Den höga inlagringen av emissionerna under ytskikten ser inte ut att påverka emissionerna ovanför ytskikten under samma tidsperiod. Detta kan dock vara ett potentiellt problem över tid eftersom:

- Möjlig växande koncentration under mattan med tiden kommer att medföra ökad transport genom mattan ut i luften ovan.

- Eventuell skada på mattan kan öppna upp en mer direkt väg för de lagrade emissionerna att komma ut.
- Byte av matta kan resultera i frisläppande av stora emissionsmängder.

**Detta potentiella problem är inte fuktrelaterat och kan inte ses som ett utförandeproblem. Det är mycket sannolikt att det förvärras av fuktproblem i golvet men det kommer att finnas där även vid god fuktsäkerhet.** Beviset för detta är ovan nämnda emissionsmätning under matta limmat på väl uttorkad avjämning på metallfolie i stället för på betong. Om en nivå av uttorkning i avjämningen på 63% RF, utan närvaro av betong som extra källa till hydroxidjoner och ev. byggfukt, inte räcker till för att förhindra en ansamling av emissioner under matta så kommer detta problem definitivt inte att lösas med åtgärder gällande fukt i golvet.

Den aktuella problemställningen tycks vara kopplad till golvkonstruktionens uppbyggnad och egenskaper för de ingående materialen. En enskild aktör kommer sannolikt inte att lösa detta problem utan det krävs en tvärsatsning inom bygg- och golvbranschen.

## **6.4 Uttorkningskrav på ekvivalent djup irrelevant**

Det är hög tid att sluta fokusera enbart på specifika uttorkningskrav på ekvivalent djup i betongen, t.ex. 85% RF. Som visas inom SBUF 13560 går det att uppnå god fuktsäkerhet med moderna material utan att uppfylla dessa. Samtidigt räcker inte ett uppfyllande för att förhindra bildning och ansamling av emissioner i golvsystemet. Uttorkningskravet på ekvivalent djup har spelat ut sin roll men bör ersättas av andra sätt och parametrar för kravställning, då begränsning av emissioner från alkalisk hydrolys samt god fuktsäkerhet fortfarande är viktiga för ett sunt byggande.

## 7 Rekommendationer

### 7.1 Huvudfrågor

Den moderna täta betongen fungerar fuktsäkerhetsmässigt väl i kombination med väl uttorkad avjämning. Detta förhindrar dock inte att tätheten på annat sätt bidrar med utmaningar för hantering av emissioner från alkalisk nedbrytning av lim och ytskikt i golvsystem. Den successiva ackumuleringen av emissioner från så väl primär som lågintensiv sekundär hydrolys samt materialens egenemissioner bygger upp en ansamling i avjämningen som redan idag överskrider labbens praktiska gränser för anmärkning med mer än en tiopotens. Detta kan även medföra fler problem på sikt. Det är av vikt att branschen i närtid adresserar två öppna frågeställningar, som gjorts gällande genom undersökningen i SBUF 13560:

- Hur skall det potentiella problemet med ackumulerade emissioner i golvet under ytskiktet hanteras? Skall man försöka förhindra att de uppstår och i så fall hur? Uttorkning och fuktsäkerhet löser inte detta problem. Eller skall man planera för att leva med emissionerna? I så fall på vilket sätt och på vems bekostnad?
- Vad är en golvskada och när föranleder den reparationsansvar från entreprenören? En kammarmätning under mattan i ett golv utan fuktproblem kan ändå ge höga emissionsvärden. Detta är inte nog bevis för en golvskada med påföljande skadeansvar från utförarens sida.

### 7.2 Kompletterande mätning på existerande golvsystem

En av huvudförutsättningarna för att detta projekt kunnat få fram de redovisade resultaten har varit den långa tidsperioden (två år efter matläggning) under vilken mätningarna har gjorts. Som tidigare noterat, få projekt utför mätningar under så lång tid. Mätningarna är av förstörande karaktär och de framtagna golvplattorna förbrukas allteftersom man mäter på dem. Just nu finns det utrymme på de använda mätobjekten för ytterligare en omgång mätningar av både fukt och emissioner. Samtidigt vore det av stor vikt att:

- Bekräfta de observerade trenderna under ytterligare en tid och specifikt kontrollera vidare utveckling av de växande tendenserna i vissa resultat.
- Komplettera de utförda emissionsmätningarna med någon enstaka profilmätning av emissioner i hela den underliggande betongen för att ytterligare underbygga de dragna slutsatserna om vad som skedde i golven.

Projektet rekommenderar därför att ett nytt SBUF-projekt startas omedelbart för att komplettera resultaten från detta projekt med en sista mätomgång på de befintliga objekten 3 år efter matläggning. Detta i syfte att maximera den mängd information branschen kan få ur den redan tillverkade och unikt i mätsammanhanget åldrade mätobjekten. De ordinarie mätningarna bör kompletteras med skiktmätning av uttaget prov med kammaren för den underliggande betongens hela djup för några av plattorna.

### 7.3 Nonanolers beteende

Projektresultaten föranleder ytterligare en rekommendation rörande vidare undersökning av nonanoler som emissionsämne. Den alkaliska hydrolysen av DINCH i de undersökta ytskikten samt transporten och inlagringen av dessa molekyler tycks åtminstone delvis påvisa ett annorlunda

beteende än för 2-etyhexanol, som är i jämförbar storlek. Mer kunskap om nonanolernas beteende samt huruvida dessa upplevs som ett problem av människor är mycket önskvärd.

## Referenser

**Alexanderson 2000** – J. Alexanderson, Secondary emissions from alkali attack on adhesives and PVC floorings, AMA-nytt 1/2000

**Alexanderson 2004** – J. Alexanderson, Emissioner vid nedbrytning av limmade golvbeläggningar, Lund 2004

**Betonghandboken 1980** - Betonghandboken, fig. 14.3:6, 1980

**Bornehag 1994** – C.-G. Bornehag, Mönsteranalys av inomhusluft, R23:1994 Byggforskningsrådet

**GBR 2017** – Bestämning av relativ fuktighet, RF i golvvjämnings, Utgåva 2:2017, GBR

**Grantén & Granlund 2020** – J. Grantén, D. Granlund, Minimera kemiska golvskador, Slutrapport SBUF 13599 samt 13752, 2020 SBUF

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

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

**RBK 2017** – RBK, Manual – Fuktmätning i betong, version 6, kap 2.3

**Sjöberg 2001** – A. Sjöberg, Sekundära emissioner från betonggolvs med limmade golvmaterial, Chalmers Tekniska Högskola 2001

**Stelmarczyk m.fl. 2019a** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, Utredning av funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial, SBUF 13354 Slutrapport, 2019

**Stelmarczyk m.fl. 2019b** - M. Stelmarczyk, Rapp T., Hedlund H., Carlström S., *Utveckling av beräkning av uttorkning i programmet Produktionsplanering Betong samt Inmätning av Bascement för uttorkningsberäkning i Produktionsplanering Betong*, Slutrapport SBUF 13197 & 13198, 2019

**Stelmarczyk m.fl. 2020a** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, Teknisk granskning av "Utredning kring PPBs uttorkningsmodul – Slutrapport 2020-02-06", [www.sbuf.se/ppb](http://www.sbuf.se/ppb) 2020, numera [www.byggforetagen.se/ppb](http://www.byggforetagen.se/ppb) under delen *Öka din kunskap*

**Stelmarczyk m.fl. 2020b** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, Framtidens golvsystem med modern, tät betong, Slutrapport del 1, långsiktig del: en gedigen grund för framtiden, Slutrapport del 1 SBUF 13560, 2020

**Stelmarczyk m.fl. 2021a** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, S. Carlström, Kan täthet ersätta uttorkning i produktion av betongbaserade golvsystem?, Byggföretagen 2021, [www.byggforetagen.se/ppb](http://www.byggforetagen.se/ppb) under delen *Öka din kunskap*

**Stelmarczyk m.fl. 2021b** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, F. Gränne, S. Carlström, Förekommer emissioner i golvsystem med modern tät betong?, Byggföretagen 2021, [www.byggforetagen.se/ppb](http://www.byggforetagen.se/ppb) under delen *Öka din kunskap*

**Stelmarczyk m.fl. 2021c** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, Faktabaserad branschinformation kring fukt i modern betong, Slutrapport SBUF 13873, 2021

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

## Bilageförteckning

1. Metoder för emissionsmätning
2. Mätresultat



# SBUF 13560 Slutrapport del 2

## Bilaga 1 Metoder för emissionsmätning

### 1 FLEC

Emissionsmätning mot ytor har utförts enligt Nordtests fältapplikation för FLEC-mätning (NT Build 484) med några modifieringar, vilka listas nedan. Uppmätta halter vid FLEC-mätning anges som emissionsfaktor, EF, vilket är emissionshastighet per yt- och tidsenhet med enheten  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ .

FLEC är en mätcell i rostfritt stål som möjliggör riktad mätning av kemiska ämnen som emitteras från en materialyta genom att filtrerad luft tillförs mätcellen via en spalt längs dess perimeter och evakueras via den centralt belägna utgången genom en adsorbent, vilken sedan analyseras. Vid mätningen inväntas alltså inte jämviktsförhållanden mellan mätobjekt och den analyserade luften utan metoden bygger på ett specifikt mätförfarande som upprepas på samma sätt vid varje mätning.



Figur 1. Mätning av emissioner ovanpå ett ytskikt med FLEC. Foto: Polygon | AK.

Provytan avgränsas mot omgivningen genom att mätcellens egen tyngd pressar ner tätningringen av silikon, som löper längs ytterkant på mätcellens undersida, tätt mot underlaget. För att säkerställa att mätning görs på luft som passerat över provytan utan okontrollerade bidrag från omgivningen skapas ett övertryck i mätcellen genom att tilluftsflödet, som filtreras genom en koladsorbent, överstiger provtagningsflödet. Restflödet leds ut genom en av kopplingarna vid utgången.

En mätserie består av att systemet monteras mot den aktuella provytan som ventileras med filtrerad luft under 60 minuter varefter provtagning utförs. I detta projekt har provtagning utförts på tenaxadsorbent (Tenax TA) under 30 minuter med ett tilluftsflöde på 110 ml/min och ett provtagningsflöde på 80 ml/min.

Mätningarna har utförts med två FLEC-utrustningar. Bakgrundsmätning mot en plåt av rostfritt stål har utförts med aktuell utrustning vid varje måttillfälle. Provytan torkades av med torrt papper innan systemet monterades. Mellan mätningarna torkades FLEC:ens undersida av med torrt papper. Efter provtagning har tenaxadsorbenterna lämnats till IVL för VOC-analys.

## Bilaga 1 Metoder för emissionsmätning

Följande modifieringar av metoden har gjorts vid mätning:

- vid provtagning har adsorbenten monterats på den mittre av de 3 kopplingarna på utgång med restflödet kopplat till en av de andra, i stället för tvärtom
- restflödets storlek har inte bestämts under mätning, däremot har det kontinuerligt verifierats under varje mätning att restflöde, och därmed övertryck i mätkammaren, föreligger
- vid mätning mot skrovliga ytor, såsom ren betong- respektive avjämningsyta, uppnåddes inte i några fall övertryck i mätcellen med stabilt restflöde med tätningssringen av silikon varför tätning i stället utfördes med latexslang vid de inledande mättillfällena – i dessa fall utfördes även bakgrundsmätningen på samma sätt
- några mätningar har utförts med tilluftsflöde 115 ml/min, i syfte att åstadkomma ett övertryck i mätcellen

## 2 Kammarmätning

### 2.1 Beskrivning

Kammarmätning är en form av s.k. Static Headspace-Gas Chromatography (HS-GC), för detaljer se Kolb & Ettre 2006. Vid kammarmätningen inväntar man inte jämvikt vid utbyte av emissionerna mellan provet och den omgivande luften. Man baserar mätningens jämförbarhet på att processen utförs likadant varje gång. Mätningen utförs på uttagna prover av avjämning och/eller betong under golvbeläggningen, vilka tas ut med kärnborr. För exempel på mätuppställning se Figur 2. Mätningar utförs enligt följande procedur:

- Provbitar på ca 30–60 gram lades vid provtagningen i flera lager aluminiumfolie samt plastpåse för transport till labbet.
- Materialprov i aluminiumfolie och påse temperaturkonditioneras i laboratorielokalen under minst 1 dygn.
- Därefter placerades provet i en mätkammare vid ca 23°C i 3 timmar, innan ett luftprov tas ur kammaren. Provet placeras på ett "hyllplan" mitt i kammaren. Botten förses med 10 ml destillerat vatten för att skapa en RF på 100% i kammaren under mätningen.
- Kammaren tillförs renad luft med 100ml/min och luftprovet fångas på en adsorbent, Tenax TA, med ett flöde av 100 ml/min i 30 min.
- Adsorbenten sänds till IVL för gaskromatografisk analys med identifiering av ämnen och haltbestämning med masspektrometer.

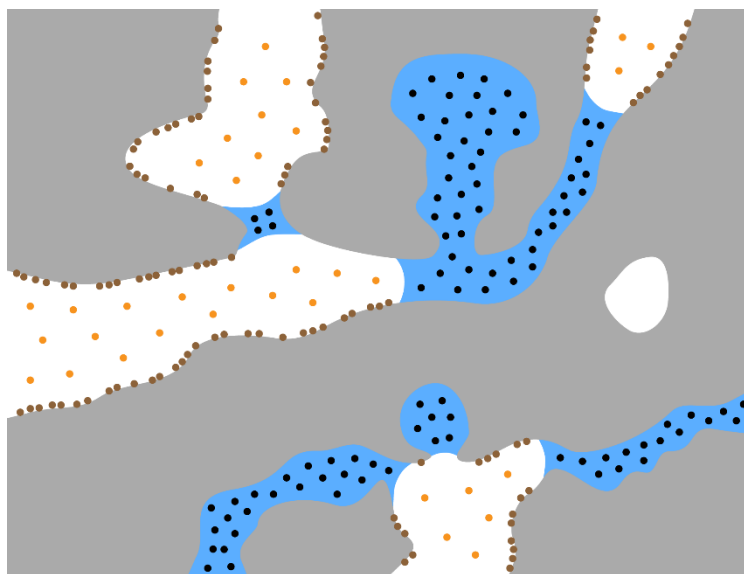


Figur 2. Mätuppställning för kammarmätning. Foto: J. Kristensson.

## 2.2 Känslighet i tillämpning och jämförelse av mätresultat

Kammarmätning ger inte ett kvantitativt resultat som är ett direkt mått på hur mycket av det uppmätta ämnet som finns inlagrat i provkroppen. Mätvärdet är inte proportionerligt mot innehållet av emissionen i fråga i provkroppen. Mätningen ger endast ett semikvantitativt resultat som under specifika förutsättningar kan jämföras med resultat från andra kammarmätningar. Detta är delvis kopplat till grundutförande hos HS-GC och dels till att metoden inte medför att jämvikt uppnås mellan provkroppen och luften i kammaren. Kammarmätningen fungerar alltså annorlunda än FLEC som ger ett mer direkt mått på hur mycket som emitteras genom en viss yta under en viss tid.

I sitt grundutförande inväntas jämvikt mellan provkroppen och luften i kammaren avseende koncentrationen av emissionerna som man mäter med HS-GC. Då detta kan vara en mycket tidsödande procedur när emissioner skall mätas i betong eller avjämning utförs kammarmätningen på ett snabbare sätt där jämvikt inte inväntas. För att förstå vad som verkligen mäts och vad mätningen påverkas av är det lämpligt att ta en närmare titt på bägge varianter av metoden. Redan den jämviktsbaserade HS-GC påverkas av hur ämnen vars koncentration man mäter lagras in i provkroppen i fråga. För porösa material som betong och avjämning sker inlagringen av emissionerna i porsystemet. Där finns det huvudsakligen tre sätt för inlagring, i luften, adsorberat till porväggar samt i vatten, vilket visas i Figur 3.



Figur 3. Inlagring av emissionsämnen i betongens/avjämningens (grått) porsystem, luftfyllt (vitt) och vattenfyllt (blått): i luften (orange), adsorberat till porväggar (brunt) samt löst i vatten (svart) om ämnet är vattenlösligt.

I kammarmätningen mäter man koncentration av emissionerna i en del av luften i kammaren. Man uppskattar att förfarandet ovan låter ca 70% av kammarens ursprungliga luftvolym på 3 liter passera Tenax-adsorbenten. Den ursprungliga mängden av emissioner, inlagrade på olika sätt i provkroppen kommer vid mätögonblicket att fördela sig mellan luften i kammaren och provkroppen med sina respektive inlagringssätt. Man tömmer alltså inte provkroppen på alla emissioner utan snarare en del av dem – hur stor del beror på bl.a. hur inlagringen sker, hur mycket som finns i provkroppen, hur porsystemet ser ut och hur mycket av porsystemet som är vätskefyllt. Detta kan ge upphov till en rad problem vid jämförelse av mätvärden:

## Bilaga 1 Metoder för emissionsmätning

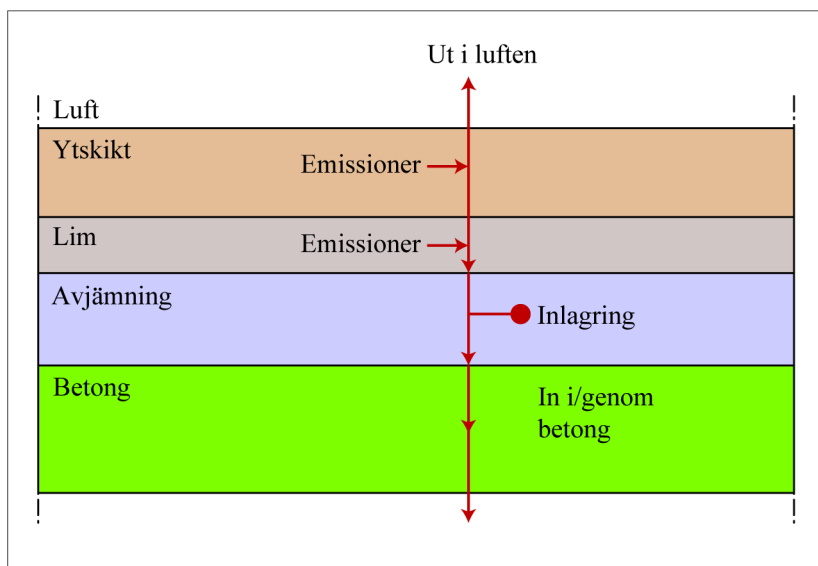
- Om mätvärdet för olika ämnen i ett och samma prov är lika behöver det inte innebära att det finns lika mycket av dessa ämnen i provet. Detta beror på att olika molekyler lagras in i materialet på olika sätt. För kvantifiering av innehållet av de mätta ämnena behövs sorptions samband mellan dessa och porsystemen i materialet och dessa är inte kända.
- Om prov från golv A ger ett mätvärde dubbelt så stort, för ett specifikt ämne, som prov från golv B behöver det inte innebära att golv A innehåller dubbelt så mycket av ämnet som golv B. Detta beror snarare på att golven inte består av samma material. Proven från de två golvsystemen har olika porsystem vilket ger skilda inlagringsegenskaper för samma emissioner som i sin tur påverkar mätningen.
- Om prov X ger ett mätvärde dubbelt så stort som prov Y från samma material, t.ex. samma golv vid senare tidpunkt, behöver det inte innebära att prov X innehåller dubbelt så mycket av ämnet som prov Y. En anledning till detta kan vara skillnaden i hur vätskefyllt porsystemet är i respektive prov. Om golvet torkat eller blivit uppfuktat under tiden mellan att proverna tagits uppstår skillnad i hur stor del av porsystemet som är tillgänglig för inlagring i luft och adsorption av ämnet i fråga samt hur mycket vatten som finns för inlagring om ämnet är vattenlösligt.
- Om prov X ger ett mätvärde dubbelt så stort som prov Y från samma material med samma vatteninnehåll i porsystemet, behöver det inte innebära att prov X innehåller dubbelt så mycket av ämnet som prov Y. En anledning till detta kan vara att inlagring genom, t.ex. adsorption på porväggar, inte kan fortgå på grund av att prov X har blivit mättat. I ett sådant fall sker fortsatt inlagring endast i luften i porsystemet, vilket påverkar sorptionsegenskaperna och resultatet av mätningen.
- Temperaturen har också inverkan på utbytet av ämnen mellan provet och luften i kammaren. Samtliga mätningar har utförts vid konstant temperatur, 23°C, vilket eliminerar denna effekt.
- Även RF i luften i kammaren påverkar utbytet vilket har hanterats genom närvaro av vatten i kammaren, som skapar ca. 100 % RF i den omgivande luften.

Vid kammarmätningen inväntas inte jämvikt vid utbytet av emissionerna mellan provet och luften. Mätningen bygger på att man ger hela uppställningen lika mycket tid för utbyte varje gång man mäter. Detta gör att metodens resultat blir beroende av faktorer som påverkar hastigheten för utbytet i fråga. Transportegenskaper för emissionerna i provet är en sådan faktor. Provets storlek och fördelning är en annan. Här försöker man hålla de olika provernas vikt någorlunda konstant, men detta påverkar inte hur vikten är fördelad. Ett prov kan bestå en av en stor bit samtidigt som ett annat kan vara fördelat i flera mindre bitar. Denna fördelning påverkar hur stor yta hos provet som exponeras mot luften i kammaren, vilket i sin tur påverkar hastigheten för utbyte av emissioner mellan provet och luften i kammaren. Man skulle kunna krossa varje prov till små bitar av ungefär samma storlek för att eliminera stora skillnader i transporten mellan prov och luft. Vid krossande av provet tillförs värme till själva provkroppen och då detta skulle påverka provets temperatur har man valt att inte påverka provkropparna mekaniskt.

Ytterligare en källa som kan påverka tolkningen av resultaten vid en jämförelse mellan kammarmätningar är möjliga skillnader i golvkonstruktioner och egenskaper hos de olika materialen. Emissionerna som bildas kan transporteras ut från, eller lagras in i golvet, se schematisk bild i Figur 4. Vad som sker beror på skillnader i materialens transportegenskaper för emissioner. Mattans täthet påverkar hur mycket som transporteras ut i luften ovanför golvet. Betongens täthet påverkar hur mycket som transporteras in i golvet och ut på andra sidan av konstruktionen. Kombinationen av tät matta och tät betong kan t.ex. resultera att emissioner ackumuleras i avjämningen och väldigt liten del av den lämnar golvet. Detta kan t.ex. resultera i höga mätvärden vid kammarmätning även vid

## Bilaga 1 Metoder för emissionsmätning

väldigt låg intensitet på alkalisk hydrolys om man låtit emissionerna ackumuleras i avjämningen under en längre tid. I ett golv med öppnare betong och/eller matta kan höga mätvärden mycket väl vara en klar indikation på högintensiv pågående alkalisk hydrolys.



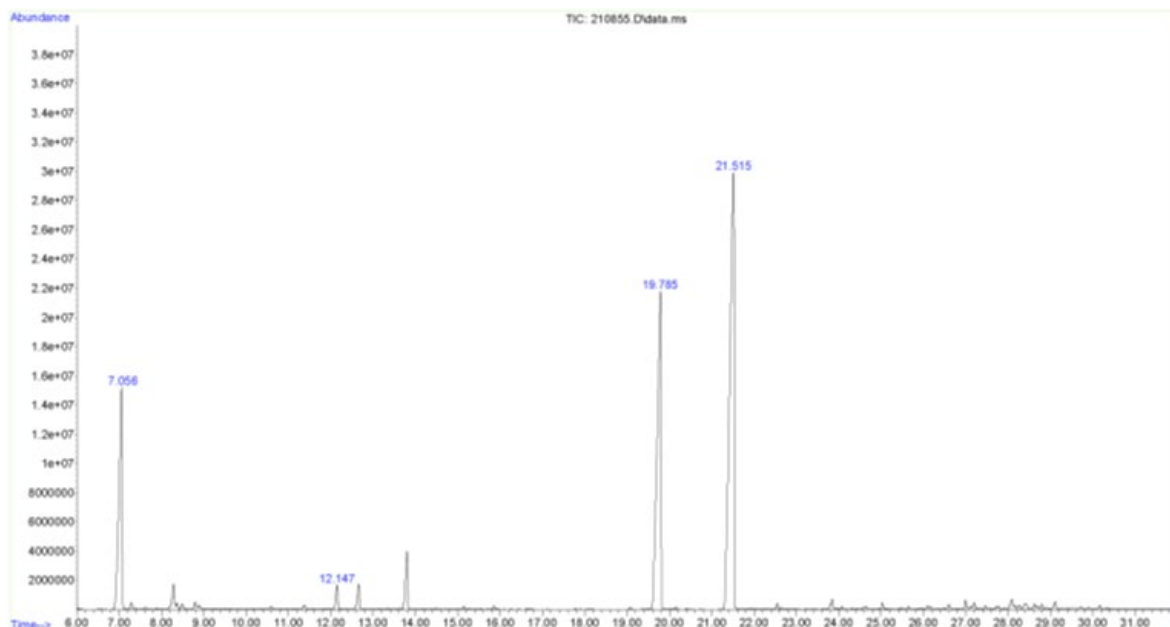
Figur 4. Schematisk bild över vad som kan hända med emissioner i golvsystem.

Avslutningsvis bör understrykas att ovanstående svårigheter vid jämförelse och tolkning av resultat från kammarmätningar inte bör resultera i att metoden diskvalificeras för mätningar av emissioner i golvsystem. Visserligen verkar emissionsfaktorn, uppmätt med FLEC på ytskiktets ovansida, enklare i tolkning och jämförelse. Denna metod bygger dock inte heller på jämviktsförhållanden och levererar endast semi-kvantitativa resultat. Den uppmätta emissionshastigheten är inte heller ett bra mått på kvaliteten i inomhusluften då emissionerna späds ut i rummet ovanför ytskiktet och påverkas även av ventilationen i rummet.

Kammarmätning på uttaget prov från golvsystem är idag den mätmetod som ger den bästa bilden av vad som pågår emissionsmässigt under ytskikten. Utmaningarna ovan bör resultera i att man anstränger sig för att eliminera störande effekter så långt som möjligt. Slutsatser bör inte dras av enstaka resultat. Tolkning av kammarmätningar är en krävande uppgift som förutsätter kunskap om golvsystemets konstruktion, de ingående materialen samt dess tillstånd. En anmärkning/kommentar i protokollen från ett analyslaboratorium, som baseras på statistiskt underlag, är inte ett absolut konstaterande om en golvskada. Detta bör i stället föranleda vidare undersökning och analys inför en slutgiltig tolkning.

### 3 Analys

Prover från kammarmätning samt FLEC som insamlats på fast adsorbent, Tenax TA, desorberas termiskt och genomgår gaskromatografisk analys. Med denna metod kan man analysera ämnen med kokpunkter från ca. 50°C till ca. 300°C. Resultaten för varje prov redovisas i form av tabeller och kromatogram, se Figur 5. Samtliga provresultat kompenseras för bakgrundvärden från analys av ett blankprov.



Figur 5. Exempel på ett kromatogram med intensiteter uppmätta för ämnen med olika retentionstider (motsvarande olika molekyler).

Den provtagnings- och analysmetod som används följer de anvisningar och förslag som kommer från EU och WHO (World Health Organisation) (SIS ISO 16000 serien). Analysen är utförd under IVL:s ackreditering, men inte provtagningen eftersom den inte har utförts av IVL:s personal. Mer information om provtagningsmetoder och bedömningar av provresultat finns på IVL:s hemsida, [www.ivl.se](http://www.ivl.se).

#### 3.1 Specifika halter

De specifika ämnena vars halter anges i tabellform, är beräknade i absoluthalter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) med kända halter av det specifika ämnet som referens vid kalibrering. Nonanoler ingår normalt inte som standard i denna redovisning. Uträkning av totalhalten nonanoler för SBUF-projektet 13560 har utförts utöver standardanalysen på följande sätt:

- 1-nonanol är en av de fyra nonanolerna som ingår i totalhalt nonanoler.
- De övriga tre nonanolerna har retentionstider i kromatogrammet nära 1-nonanol.
- 1-nonanol användes för att kvantifiera totalhalten nonanoler.
- Kalibreringskurva för 1-nonanol upprättades och faktor gentemot toluen beräknades.
- Den sammanslagna halten av de fyra nonanolerna, som misstänks vara nedbrytning från mjukgöraren DINCH, baseras på kalibreringen för 1-nonanol och redovisas numeriskt i tabellform som absoluthalt ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Totalhalter av flyktiga organiska ämnen, TVOC, anges i toluenekvivalenter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Detta innebär att beräkningarna har gjorts som om alla flyktiga organiska ämnen enbart var toluen. Detta görs för att man ska få en uppfattning om totalkoncentrationens storlek. Observera att TVOC är ett mycket ospecifikt värde, som inte kan kopplas till medicinska hälsoeffekter. Man måste även bedöma de enskilda ämnena.

### 3.2 Praktiska gränser

Labbet tillämpar praktiska gränser vid bedömning av emissionsnivåer. Gränserna baserar sig på ett statistiskt underlag av tidigare utförda analyser och korrelation av dessa mot separat indikerade golvsador. Detta gör gränserna beroende av typ av konstruktion och egenskaper för inblandade material. Så länge dessa förutsättningar inte skiljer sig från majoriteten i det statistiska underlaget blir jämförelsen relevant. När materialegenskaper och golvkonstruktion förändras kommer det alltid att finns en tidsmässig eftersläpning mellan använd statistik och prov från objekt med ny konstruktion eller nya material, t.ex. tätare betong med porös avjämning ovanpå. En statistiskt baserad bedömning kan i ett sådant läge misstolka vad som hänt i golvet.

Den gräns, som används praktiskt för TVOC i inomhusluft, är  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket motsvarar ca  $102 \mu\text{g}/\text{hm}^2$  för emissioner enligt FLEC. Gränserna gäller för icke-industriell inomhusluft. För enskilda ämnen tillämpas gränsen  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket motsvarar ca  $34 \mu\text{g}/\text{hm}^2$  för emissioner enligt FLEC.

Den gräns, som används praktiskt för TVOC i materialprover från kammarmätning är 3000 - 5000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Även för materialprover är ämnesfördelningen av stor betydelse för bedömningen. För enskilda ämnen tillämpas gränsen  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 4 Referenser

**NT Build 484**– BUILDING MATERIALS:EMISSION OF VOLATILE COMPOUNDS - On-site measurements with Field and Laboratory Emission Cell (FLEC), NT Build 484, Approved 1998-11, ISSN 0283-7153, NORDTEST

**Kolb & Ettre 2006** – B. Kolb, L. S. Ettre, Static Headspace-gas Chromatography, John Wiley & Sons Inc.2006



# **SBUF 13560 Slutrapport del 2**

## **Bilaga 2 Mätresultat**

### **1 Allmänt om utförda mätningar**

#### **1.1 Fukt**

Samtliga resultat av mätning av relativ fuktighet i betong och avjämning presenteras utan pålagd mätosäkerhet. Mätosäkerheterna var 2,0–2,4 % RF för betong och 1,7–1,8 % RF för avjämning. I de fall RF redovisas numeriskt anges mätosäkerheten explicit.

Utöver mätning av RF monterades resistiva elektriska givare i avjämningen och avlästes på kontinuerlig basis. Då dessa värden inte kalibrerades mot kända RF-nivåer skall de endast ses som en indikering på hur fuktnivån rör sig i avjämningen och inte tolkas ensamma utan jämförelse med RF uppmätt i uttaget prov. Den resistiva indikationen uppvisade en hög känslighet med avseende på omgivande temperatur. Då temperaturen varierade något i förvaringsutrymmet bör den långsiktiga trenden i indikationen beaktas och inte mindre variationer.

#### **1.2 Emissioner**

I resultat från kammarmätning anges halt för TVOC i  $\mu\text{g}$  toluenekvivalenter/ $\text{m}^3$ . Övriga halter anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . I resultat från FLEC-mätningar är samtliga koncentrationer enligt ovan omräknade till emissionsfaktorer, dvs  $\mu\text{g}$  toluenekvivalenter/ $\text{hm}^2$  för TVOC samt  $\mu\text{g}/\text{hm}^2$  för övriga.

Vid samtliga tillfällen för FLEC-mätningar utfördes även bakgrundsmätningar. Resultat återges i detalj i kapitel 21. Erhållna emissionsnivåer var mycket låga till knappt mätbara och inga trender kunde urskiljas. Med anledning av detta redovisas inte vilka bakgrundsmätningar som hör ihop med vilka FLEC-mätningar.

## 2 Blöt referens

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox Slite, vct 0,66
Uttorkning	1 månad förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	94,4 +/- 2,4 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Optima

### 2.1 Fukt

Då referensbetongen användes huvudsakligen som jämförelse avseende emissionsbilden, kontrollerades inte fukten i den utom i samband med mattläggning och vid avslutad mätning, dvs. 24 månader efter mattläggning.

Tillfälle	RF (%)	Mätosäkerhet (+/- %)
Vid mattläggning	94,4	2,4
24 månader efter mattläggning	89,3	2,3

### 2.2 Emissioner

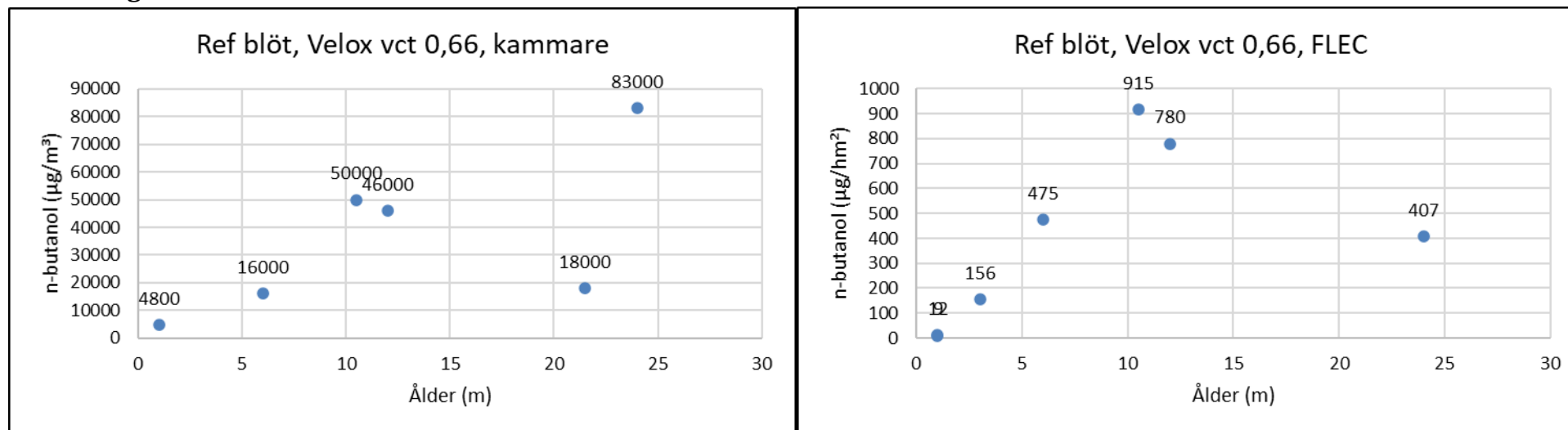
#### 2.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

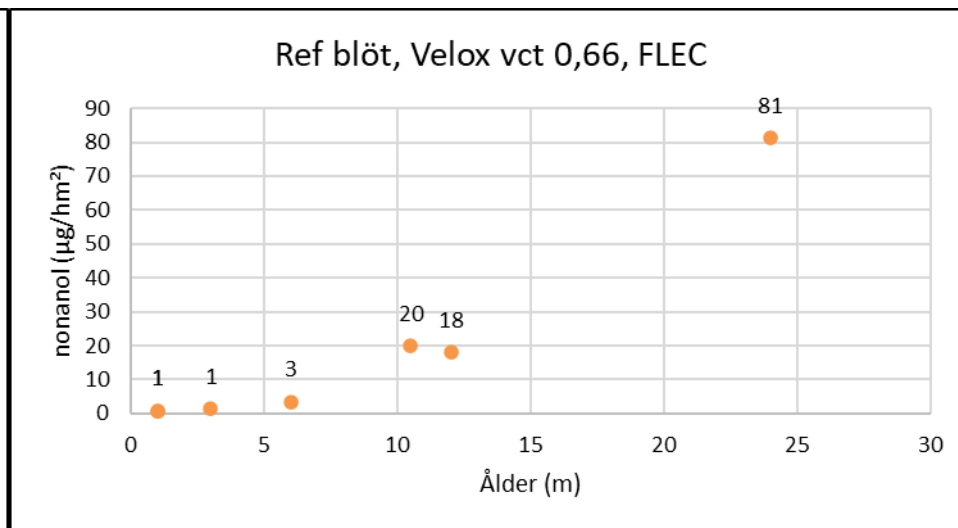
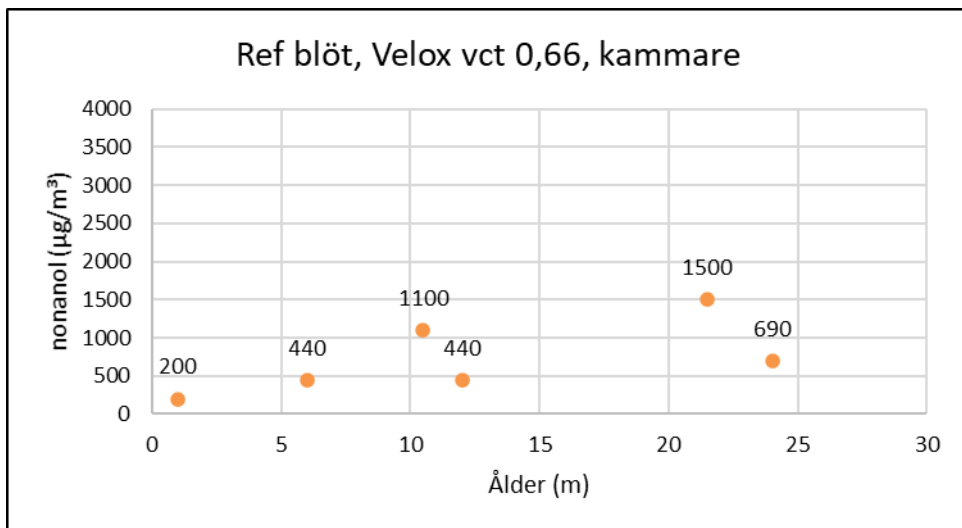
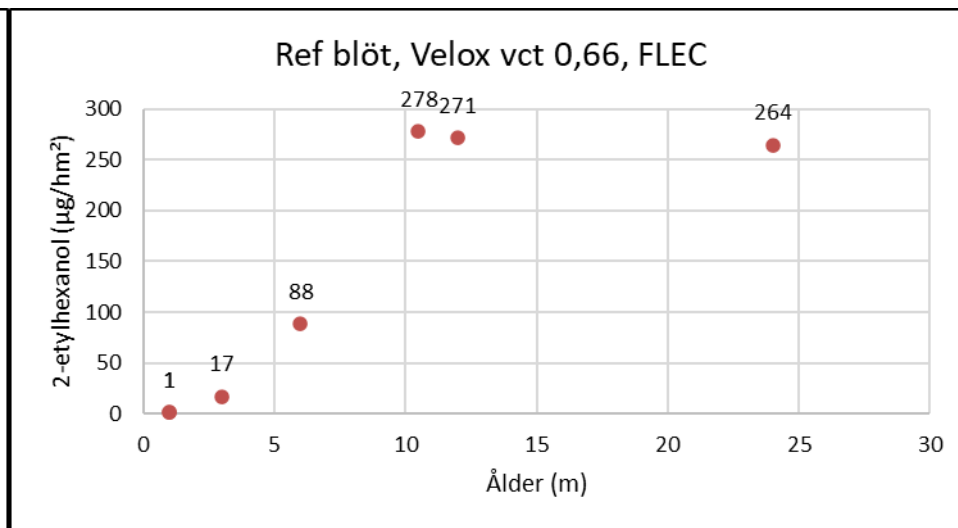
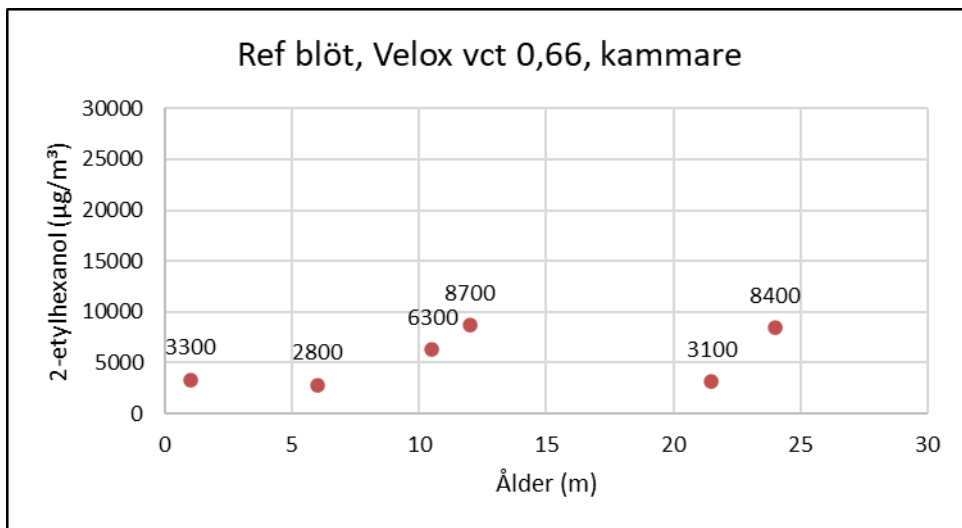
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
1	7400	< 1	< 1	< 1	< 1	19	4800	< 1	< 1	1,5	< 1	3300	< 1	< 1	< 1	200
6	12000	2,7	< 1	1,2	4,3	3,1	16000	< 1	< 1	< 1	< 1	2800	< 1	< 1	< 1	440
10,5	41000	3,6	< 1	1,6	4	21	50000	< 1	< 1	< 1	< 1	6300	< 1	< 1	< 1	1100
12	28000	2,8	18	10	1,9	< 1	46000	< 1	7,2	< 1	< 1	8700	< 1	< 1	< 1	440
21,5	17000	-	2,9	110	2,6	3,4	18000	< 1	42	< 1	< 1	3100	1,1	< 1	< 1	1500
24	31000	2,5	< 1	11	1,8	< 1	83000	< 1	4,8	< 1	< 1	8400	300	< 1	< 1	690

## 2.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluenn	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
1	32	<1	0	1	0	2	12	<1	1	1	<1	1	<1	<1	<1	1
1	22	<1	<1	<1	<1	1	9	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	1
3	142	<1	<1	1	<1	2	156	<1	0	1	<1	17	<1	<1	<1	1
6	373	<1	<1	1	<1	3	475	<1	0	<1	<1	88	<1	<1	<1	3
10,5	746	<1	<1	<1	<1	<1	915	<1	<1	<1	<1	278	<1	<1	<1	20
12	576	<1	<1	<1	<1	<1	780	<1	<1	<1	<1	271	<1	<1	<1	18
24	373	-	<1	<1	<1	<1	407	<1	<1	<1	<1	264	<1	<1	<1	81

## 2.2.3 Diagram för valda indikatorämnen





## 3 Torr referens

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox Slite, vct 0,66
Uttorkning	Ensidig fram till ca 85% utan påslag för mätosäkerhet på ekvivalent djup
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	84,6 +/- 2,0 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Optima

### 3.1 Fukt

Då referensbetongen användes huvudsakligen som jämförelse avseende emissionsbilden, kontrollerades inte fukten i den utom i samband med mattläggning och vid avslutad mätning, dvs. 24 månader efter mattläggning.

Tillfälle	RF (%)	Mätosäkerhet (+/- %)
Vid mattläggning	84,6	2,0
24 månader efter mattläggning	84,4	2,1

### 3.2 Emissioner

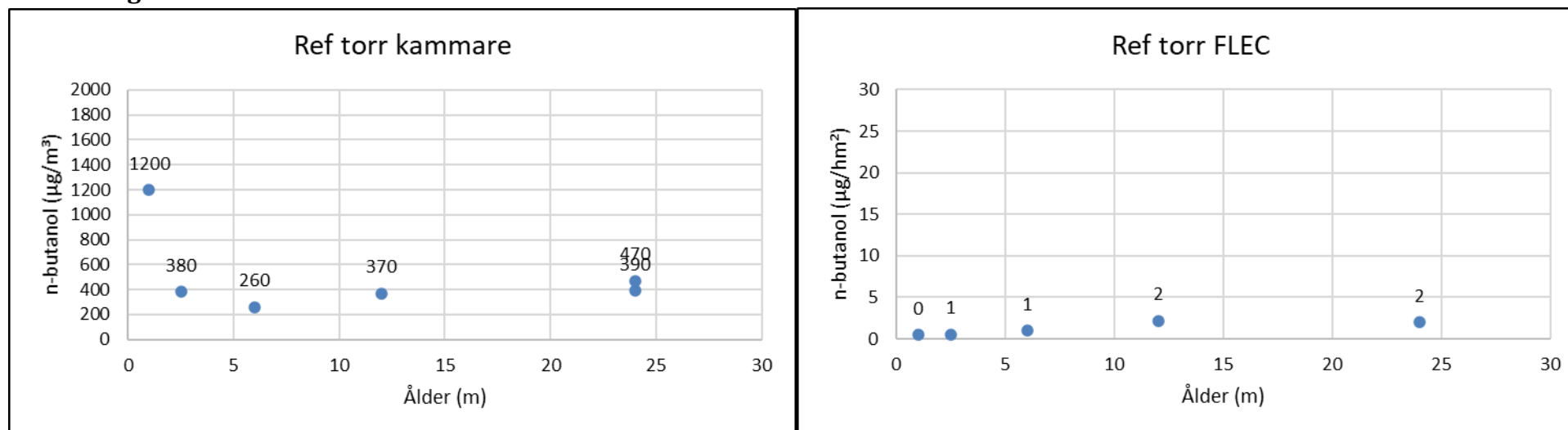
#### 3.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

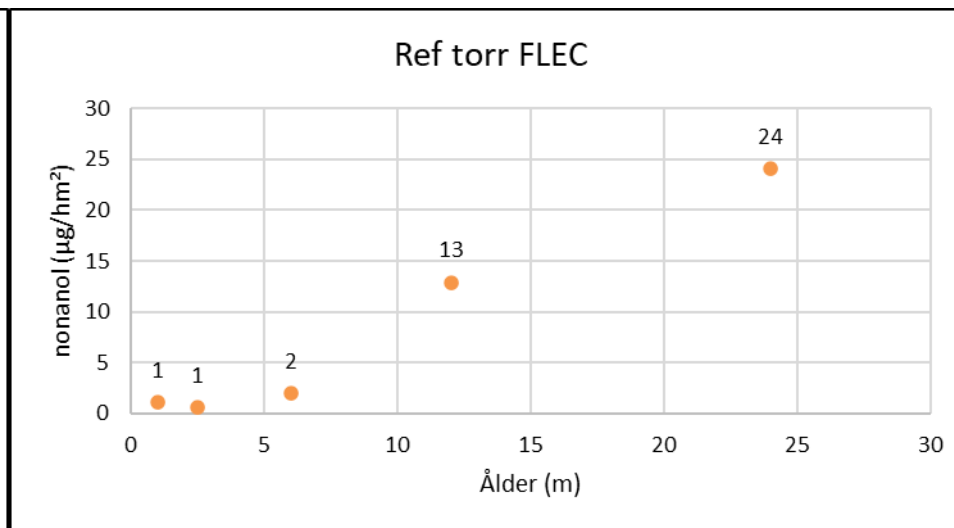
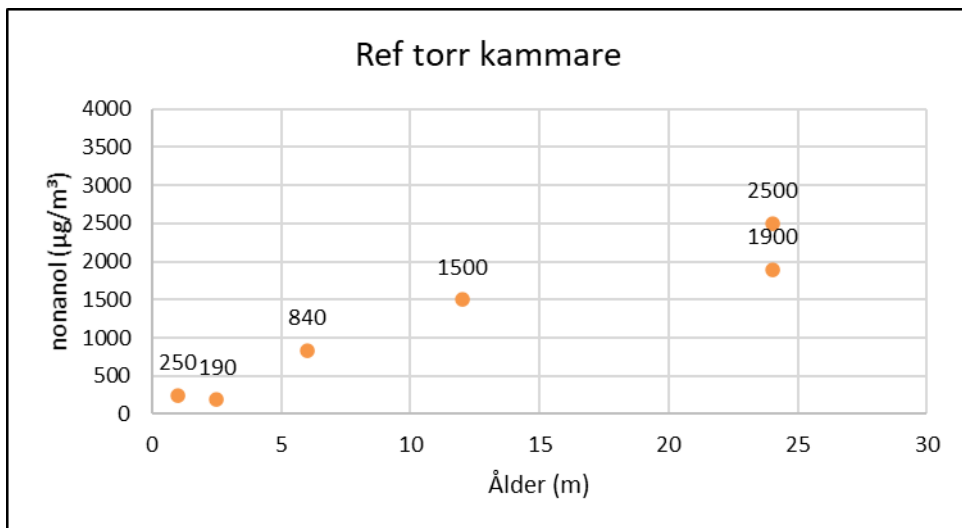
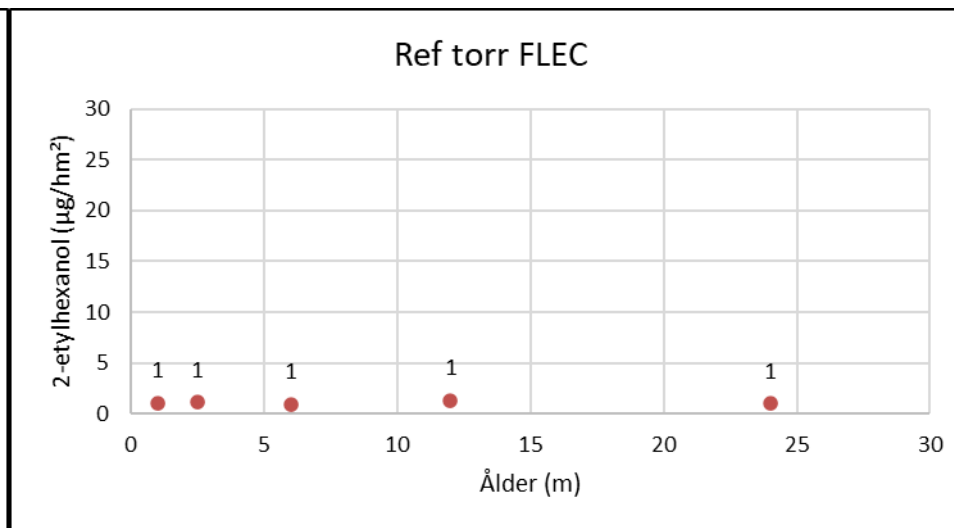
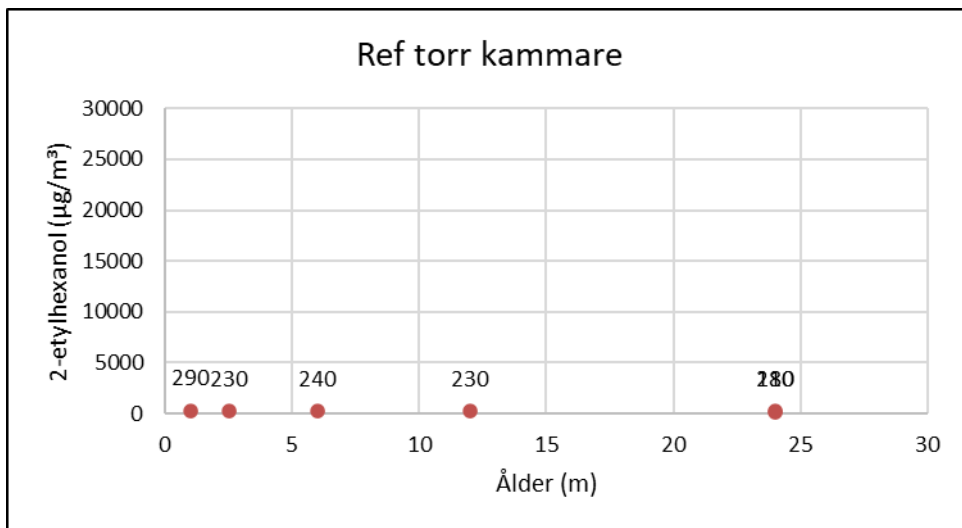
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
1	5500	5,3	< 1	10	5,4	46	1200	1	5,6	1,9	< 1	290	1,2	< 1	< 1	250
2,5	3100	3,4	5,2	19	4,6	< 1	380	1,5	12	2	< 1	230	< 1	< 1	< 1	190
6	3300	-	1,4	17	3,9	2	260	< 1	19	2,2	< 1	240	1,1	< 1	< 1	840
12	6400	-	4,7	300	2,8	6	370	6,1	140	2,8	< 1	230	1,3	< 1	< 1	1500
24	4200	3,8	1,1	4,3	2,2	< 1	390	< 1	2,6	1,6	< 1	180	< 1	< 1	< 1	1900
24	5200	3,5	1,2	3,9	2,3	11	470	< 1	2,4	2,2	< 1	210	1,2	< 1	< 1	2500

### 3.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-caren	limonen	1-okten-3-ol	2-ethylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
1	16	<1	<1	<1	<1	1	0	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	1
2,5	12	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	1
6	26	-	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	2
12	64	0	<1	5	0	2	2	<1	2	<1	<1	1	<1	<1	<1	13
24	47	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	1	0	<1	<1	24

### 3.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



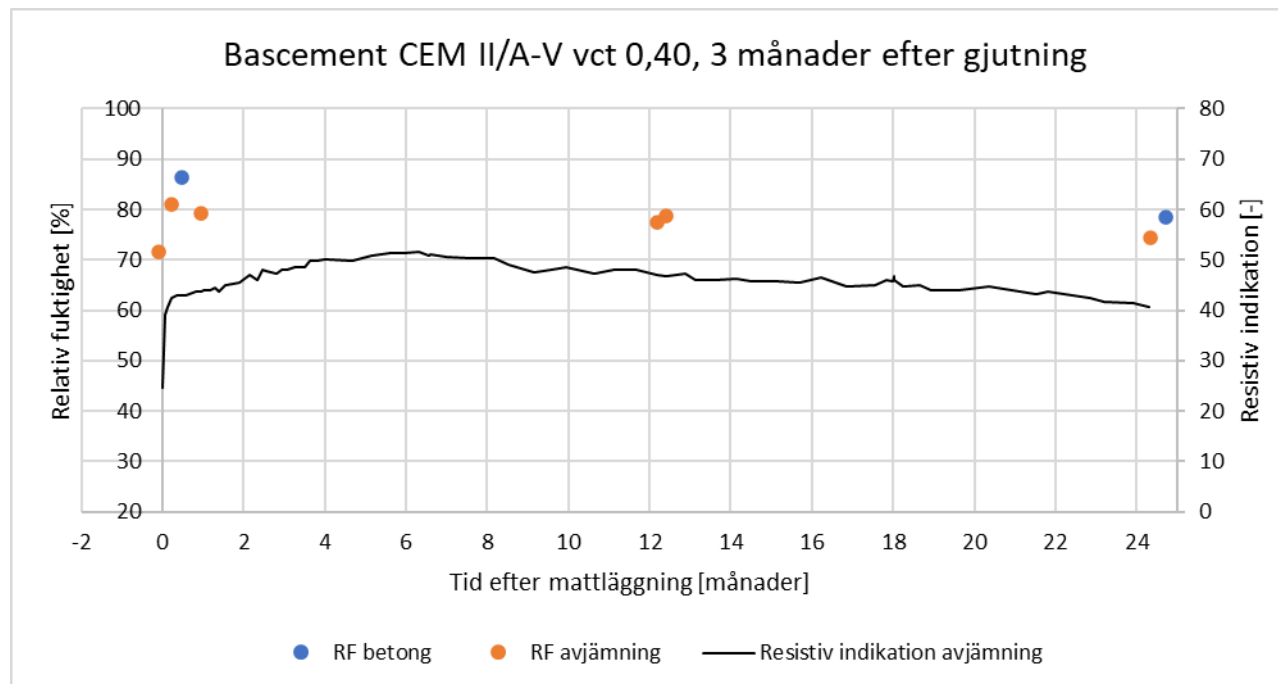


## 4 Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 3 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,40
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	86,3 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	71,6 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

### 4.1 Fukt





## 4.2 Emissioner

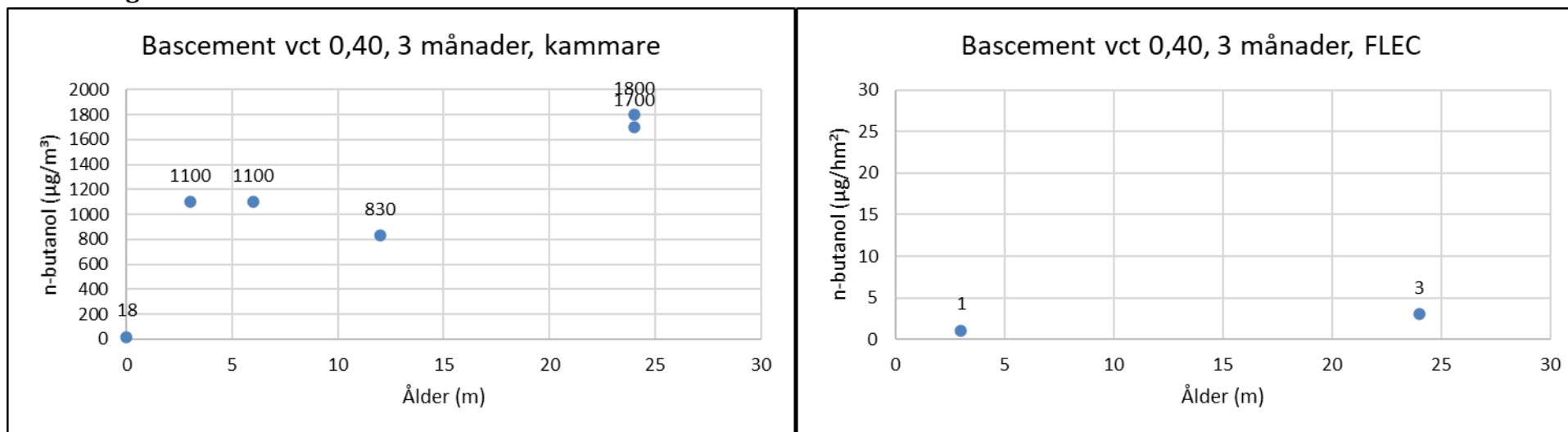
### 4.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

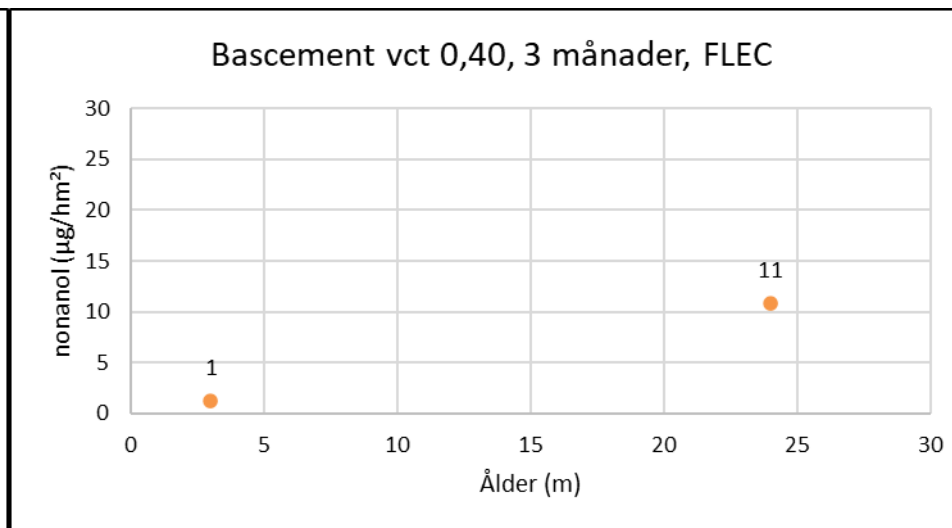
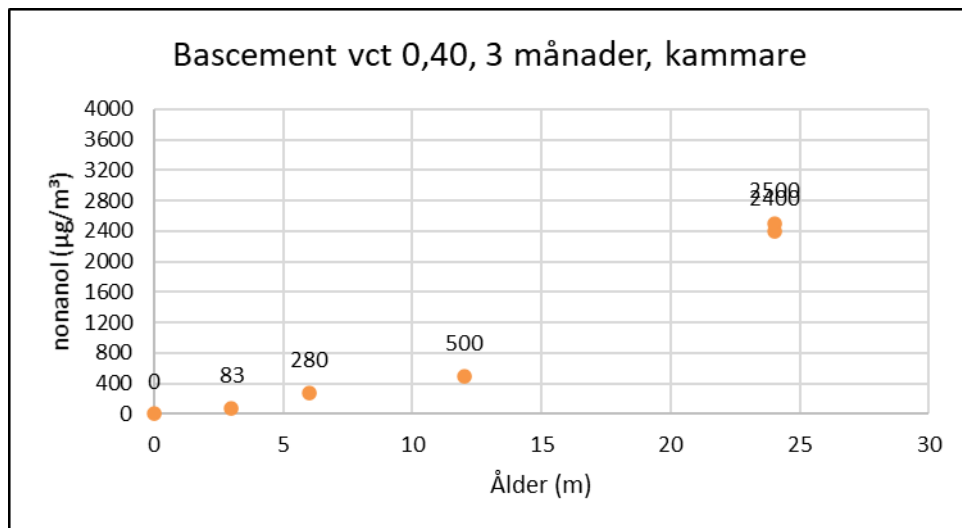
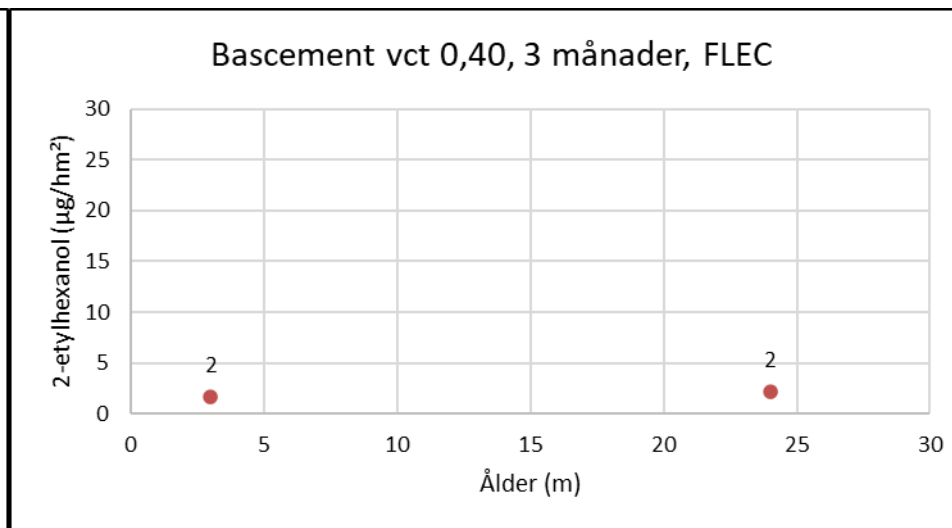
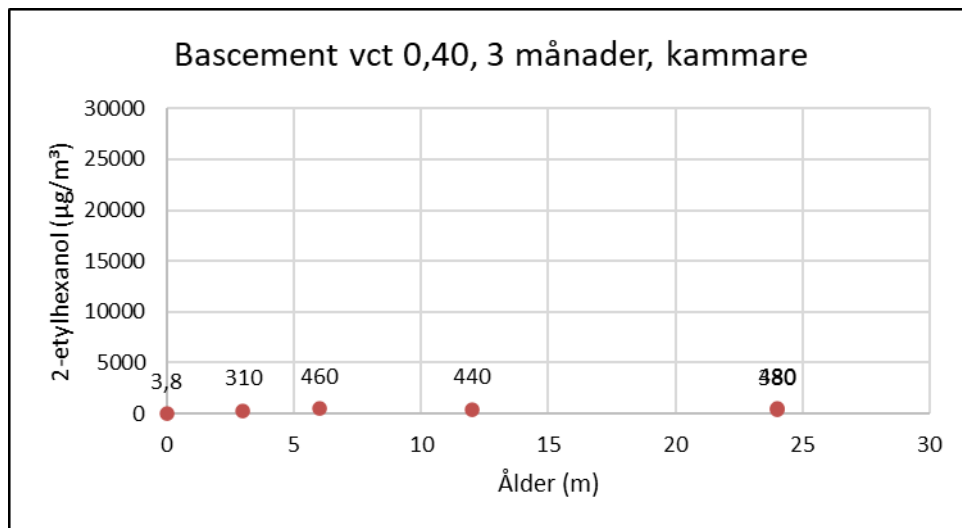
Ålder (m)	TVOC*	bensen	n-dekan	a-pinen	toluenn	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	250	1,9	1,6	9,1	3,7	5,2	18	1,5	5	2,4	< 1	3,8	1,6	< 1	< 1	0
3	4900	5,6	5,2	11	4,4	13	1100	1,5	< 1	1,8	< 1	310	2,1	< 1	< 1	83
6	6700	7,8	6,2	180	8,5	< 1	1100	2,6	34	7,1	< 1	460	1,9	< 1	< 1	280
12	4600	-	7,7	130	75	7,2	830	1,9	49	3,8	< 1	440	1,8	< 1	< 1	500
24	15000	-	4,8	260	2,2	< 1	1800	< 1	76	10	< 1	380	1	< 1	< 1	2400
24	17000	-	3,5	150	2,2	< 1	1700	< 1	39	3,7	< 1	480	1,1	< 1	< 1	2500

### 4.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC*	bensen	n-dekan	a-pinen	toluenn	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	37	< 1	< 1	< 1	< 1	2	1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	1
24	44	-	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	11

### 4.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



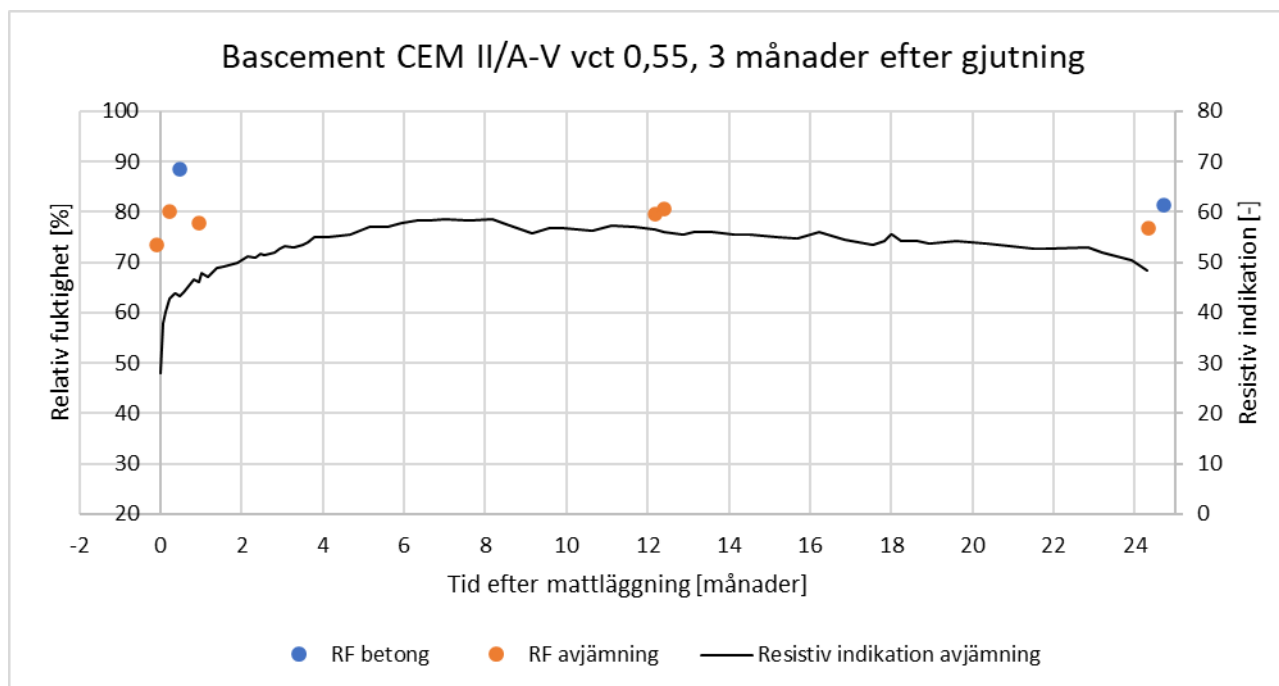


## 5 Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 3 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,55
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	88,2 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	73,5 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

### 5.1 Fukt



## 5.2 Emissioner

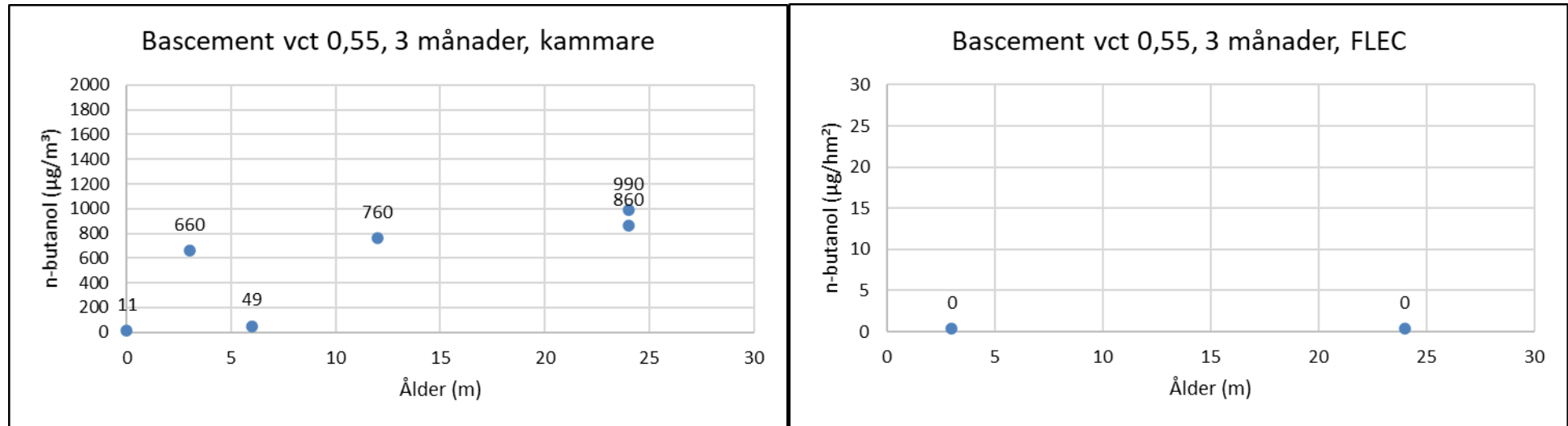
### 5.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

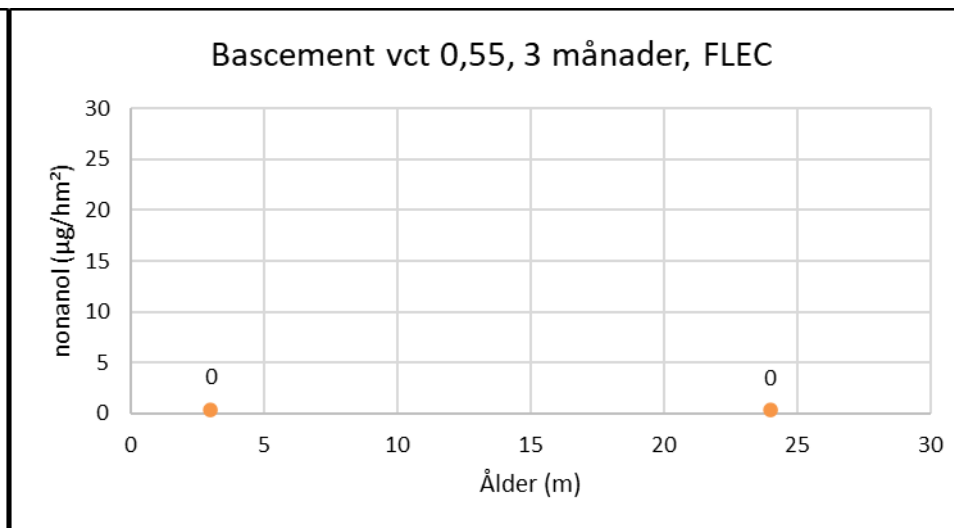
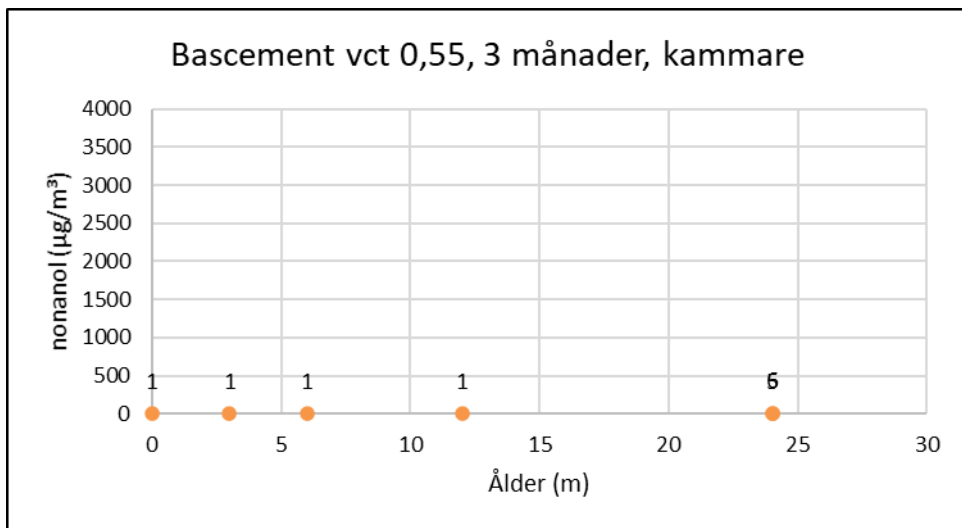
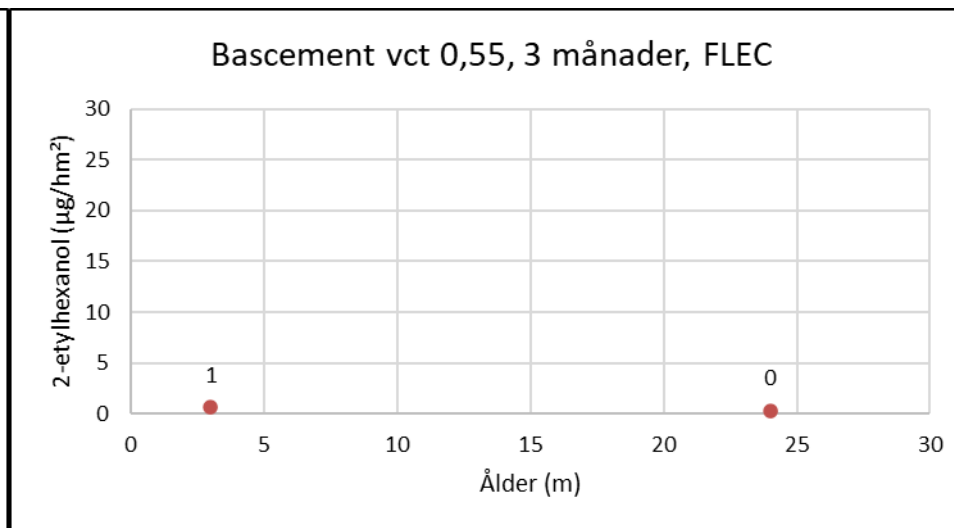
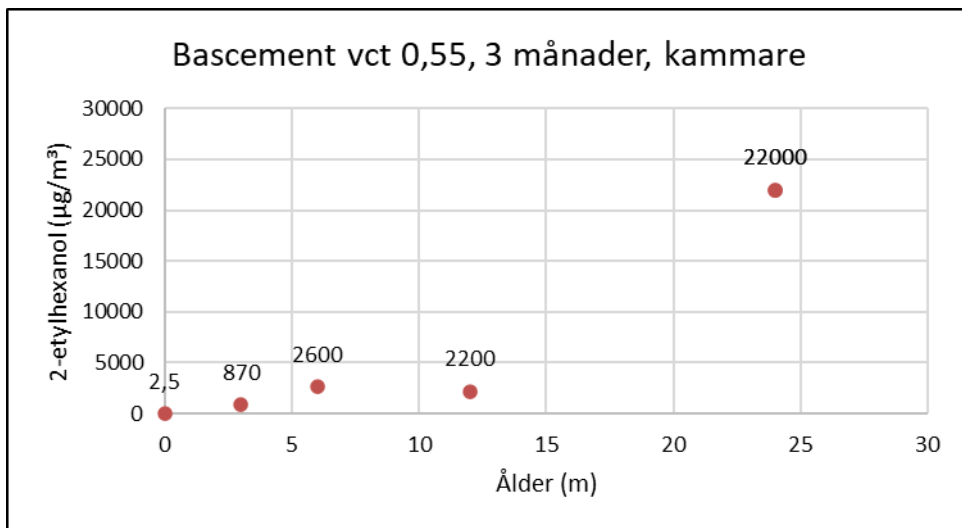
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	260	1,9	1,5	15	3,1	4,6	11	1,4	10	2,9	<1	2,5	<1	<1	<1	1
3	5600	<1	7,8	9,3	4,7	<1	660	1,7	<1	1,7	<1	870	1,7	<1	<1	1
6	10000	7,2	<1	110	8,4	<1	49	2,7	<1	14	<1	2600	<1	<1	<1	1
12	6800	-	<1	78	16	<1	760	1,3	47	5,3	<1	2200	1,9	<1	<1	1
24	25000	-	19	270	3,3	<1	860	1,3	65	15	<1	22000	1,3	<1	<1	5
24	27000	-	19	190	3,5	<1	990	1,5	46	6,9	<1	22000	<1	<1	<1	6

### 5.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	21	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
24	1	-	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0

### 5.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



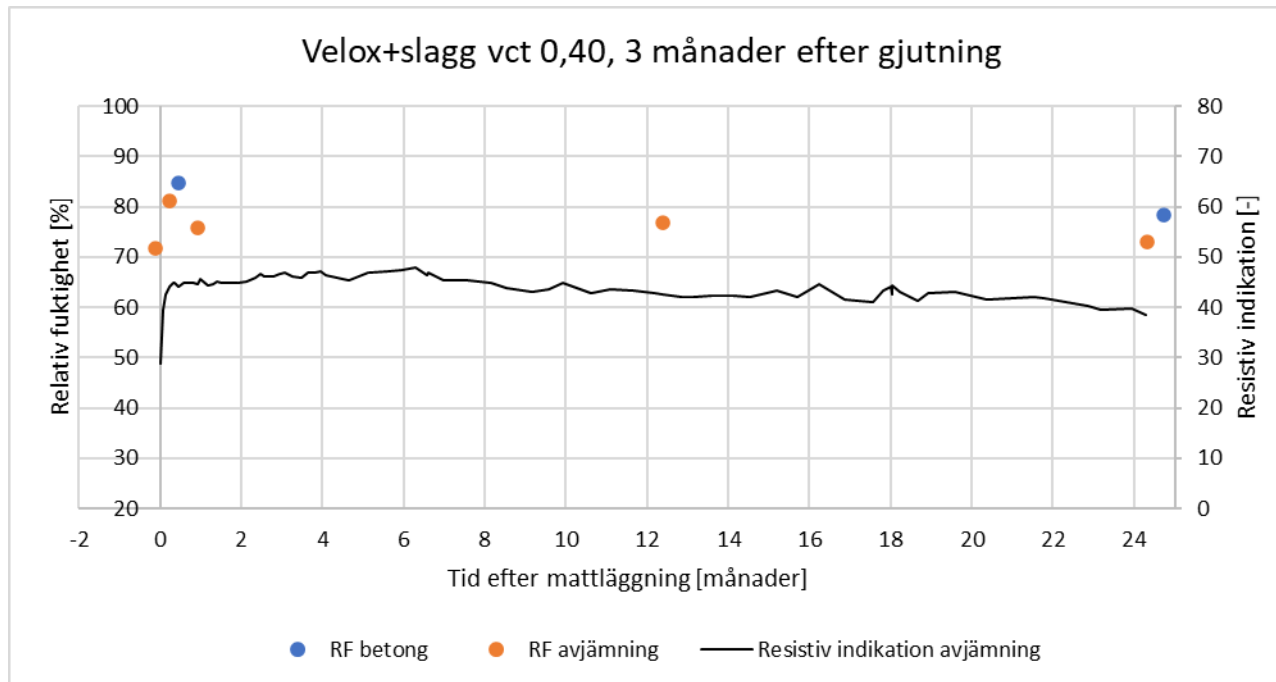


## 6 Velox + 30% slagg vct 0,40, 3 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,40
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	84,8 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	71,7 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

### 6.1 Fukt



## 6.2 Emissioner

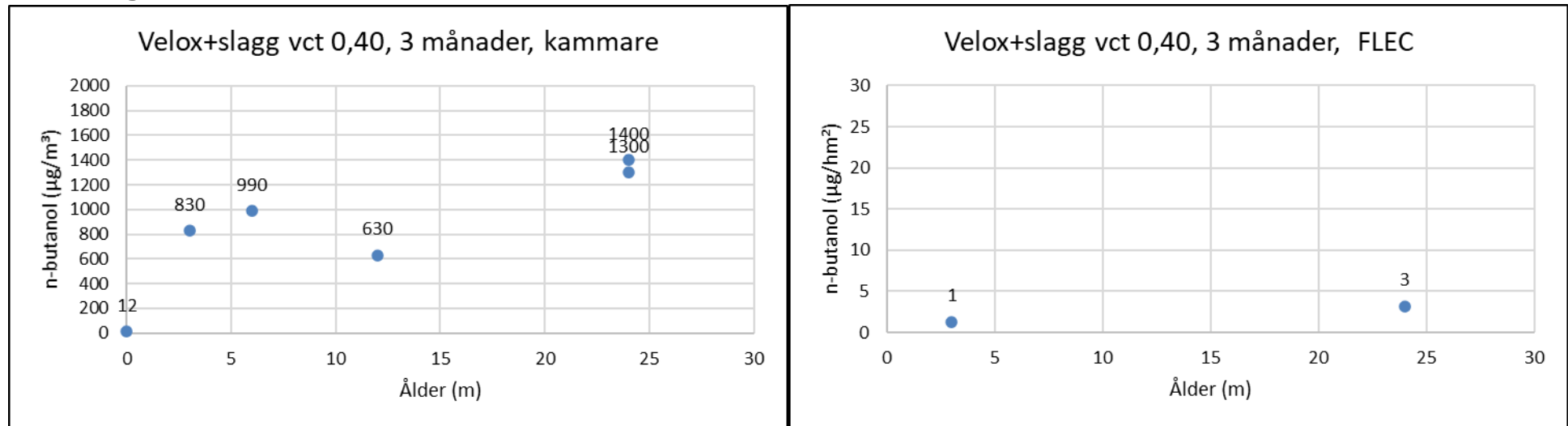
### 6.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

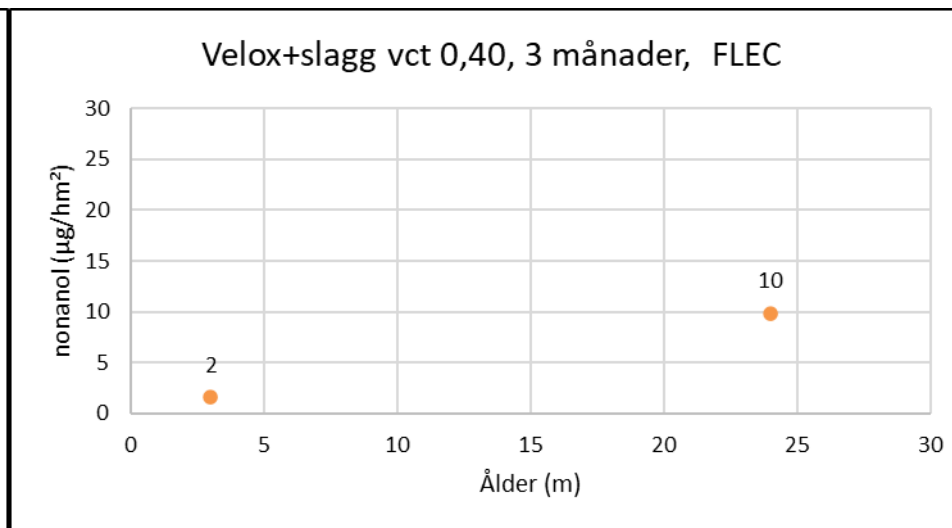
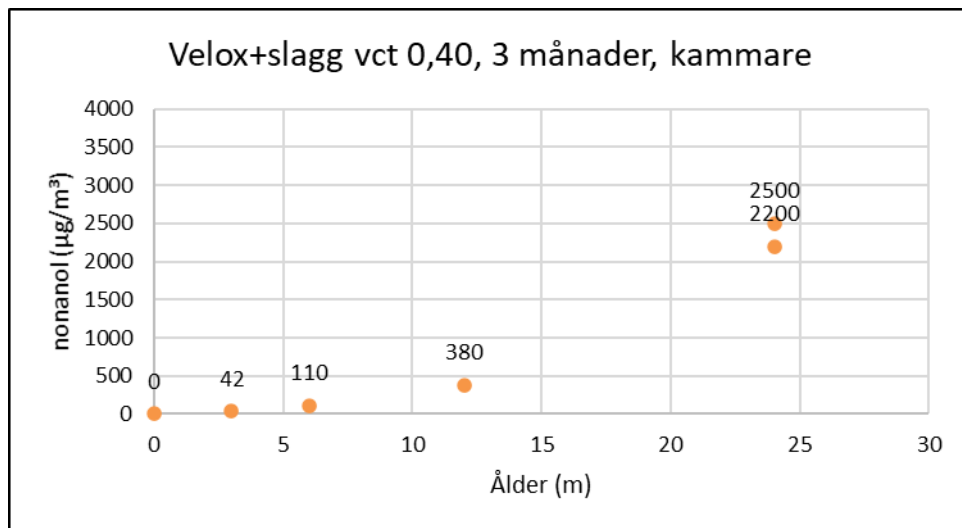
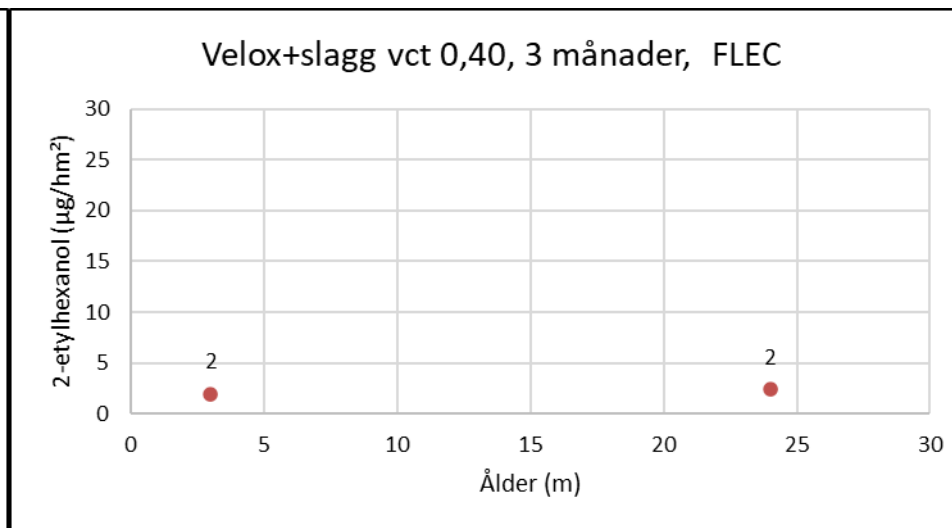
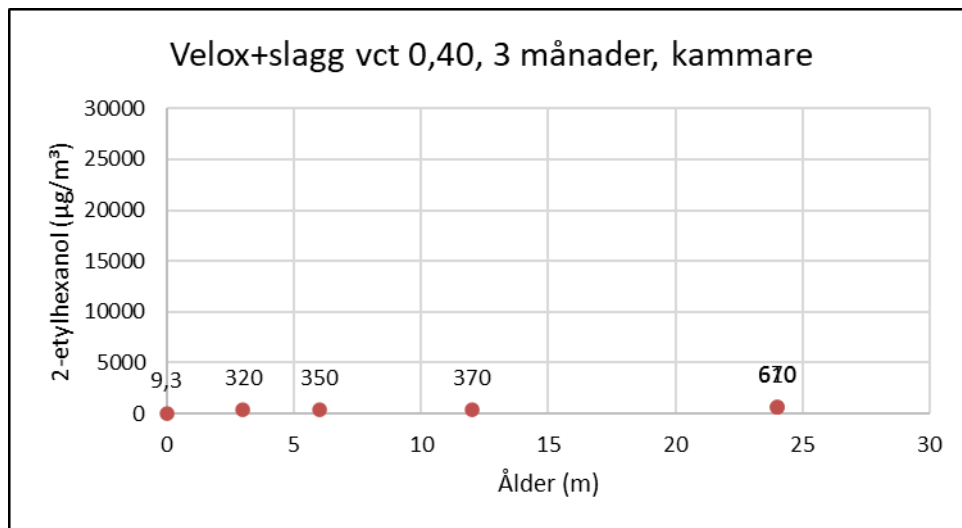
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	610	1,8	2,5	10	3,3	3,7	12	1,5	7,8	22	< 1	9,3	< 1	< 1	< 1	0
3	4800	4,8	8,1	9,9	6,1	6,2	830	1,9	< 1	1,7	< 1	320	< 1	< 1	< 1	42
6	6000	5,2	4	19	5,7	< 1	990	1,4	3,6	1,6	< 1	350	< 1	< 1	< 1	110
12	4000	-	6,1	73	79	4,4	630	1,6	31	2,8	< 1	370	< 1	< 1	< 1	380
24	17000	-	5,2	240	2,4	< 1	1300	< 1	55	9	< 1	670	< 1	< 1	< 1	2500
24	15000	-	3,7	130	2	< 1	1400	< 1	39	3,3	< 1	610	3,8	< 1	< 1	2200

### 6.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	54	< 1	< 1	< 1	< 1	2	1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	2
24	41	-	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	10

### 6.2.3 Diagram för valda indikatorämnen





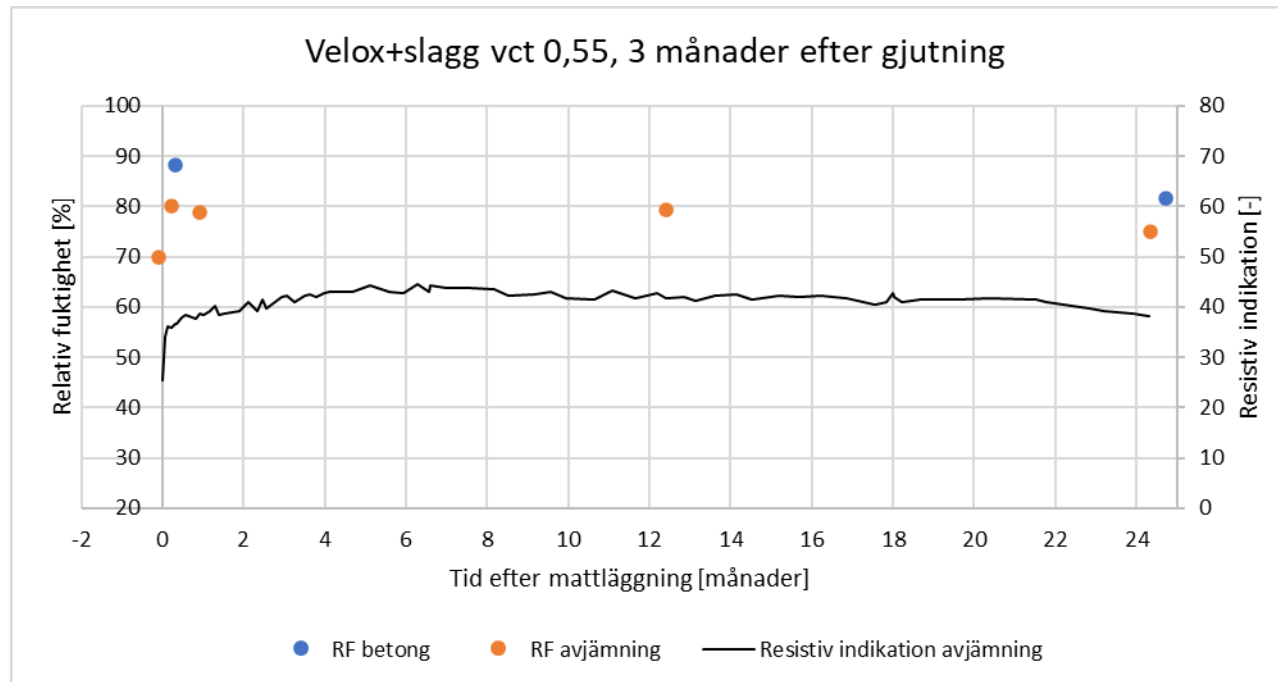


## 7 Velox + 30% slagg vct 0,55, 3 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,55
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	88,2 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	69,9 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

### 7.1 Fukt



## 7.2 Emissioner

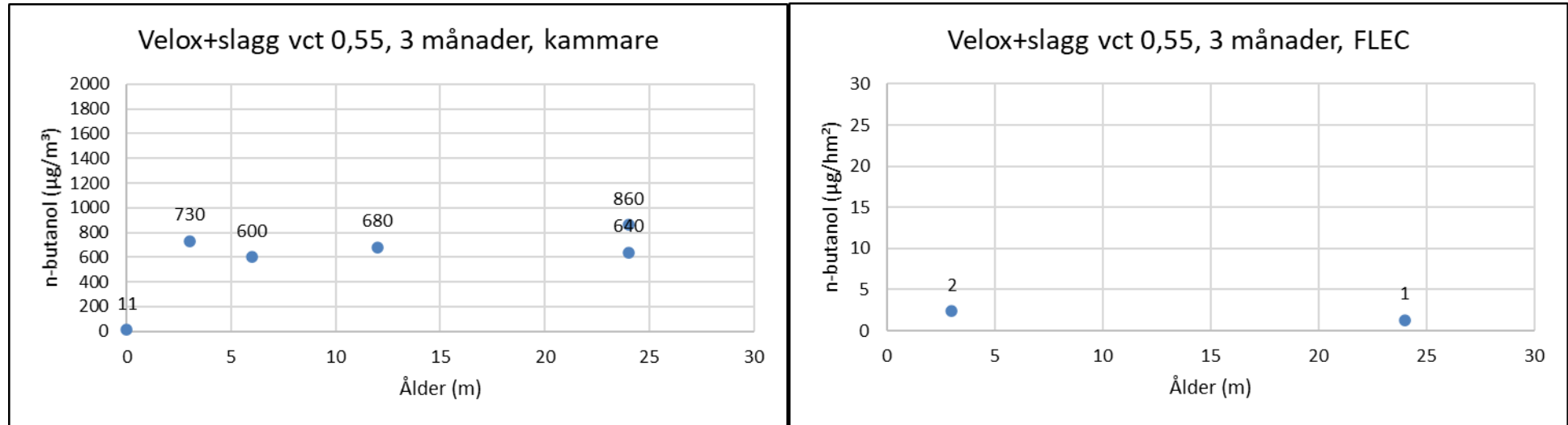
### 7.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

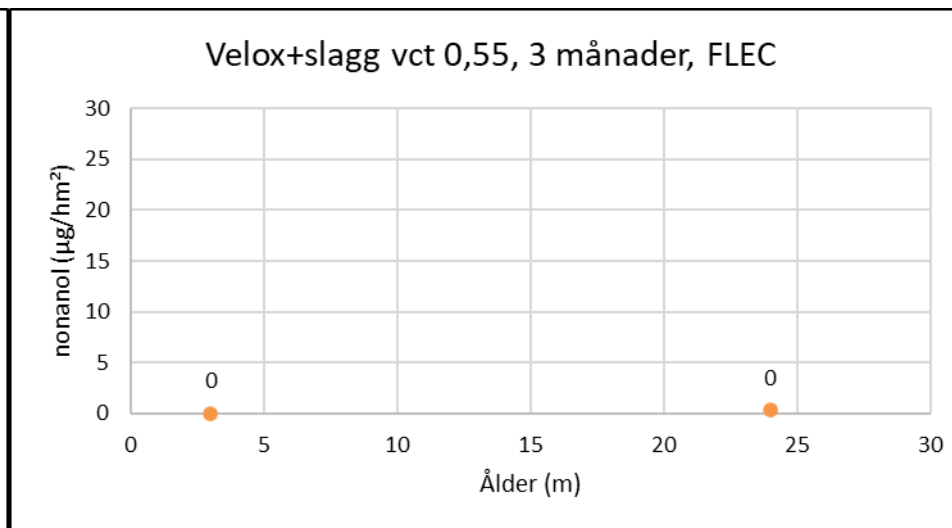
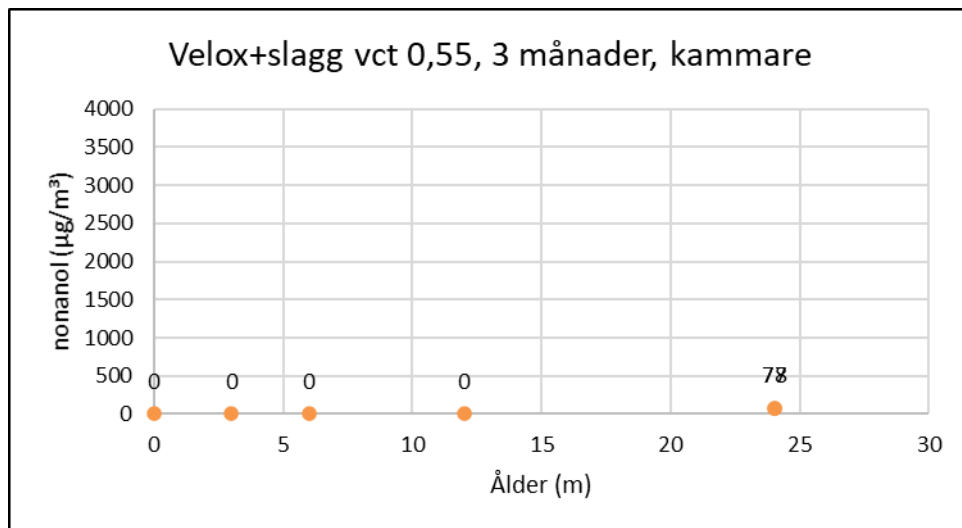
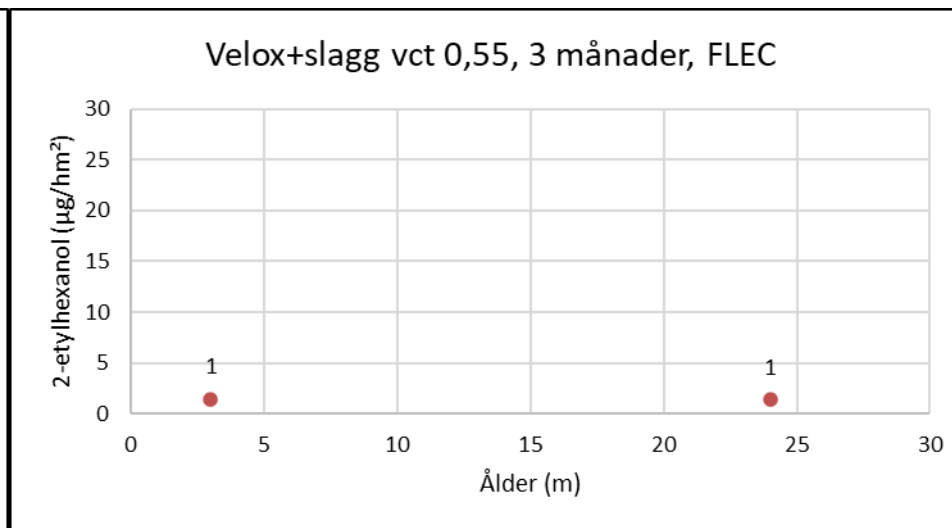
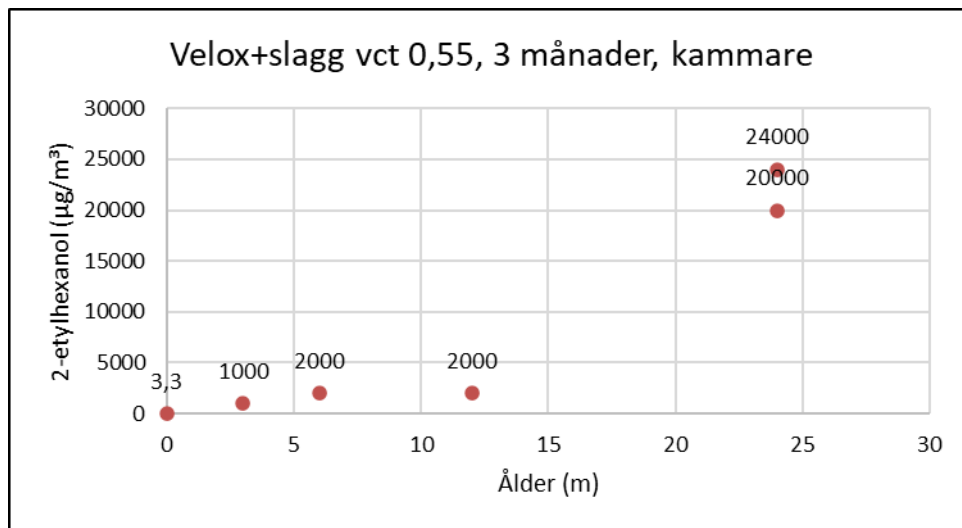
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	230	2,3	1,6	9,5	6,4	3,7	11	1,6	5,1	2,8	<1	3,3	<1	<1	<1	0
3	6200	<1	6,2	56	6,3	<1	730	2,4	<1	1,7	<1	1000	<1	<1	<1	0
6	8700	6,1	<1	220	5,7	<1	600	1,8	48	3,1	<1	2000	<1	<1	<1	0
12	7200	-	<1	140	59	10	680	1,9	39	4,2	<1	2000	<1	<1	<1	0
24	28000	-	16	340	2,7	<1	640	<1	170	12	<1	24000	1,1	<1	<1	78
24	26000	-	10	220	2,3	<1	860	1	62	4,1	<1	20000	<1	<1	<1	77

### 7.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	24	<1	<1	1	<1	2	2	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
24	9	-	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0

### 7.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



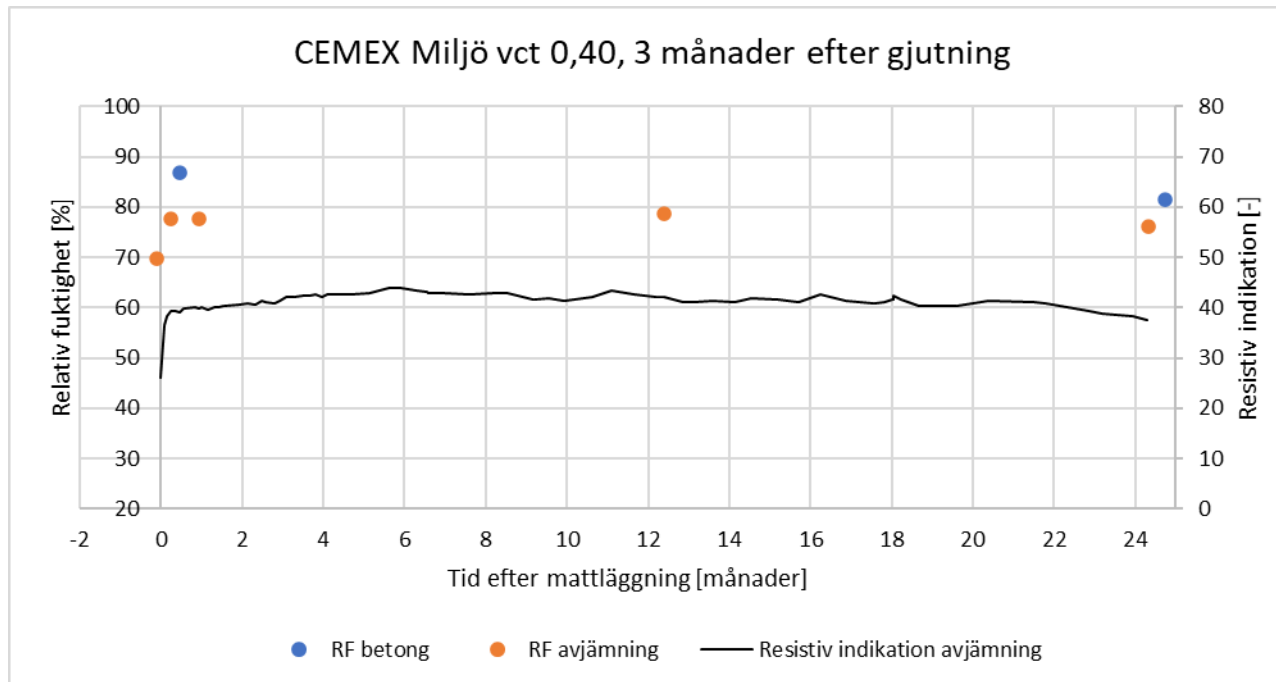


## 8 CEMEX Miljö vct 0,40, 3 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,40
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	86,5 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	69,7 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

### 8.1 Fukt



## 8.2 Emissioner

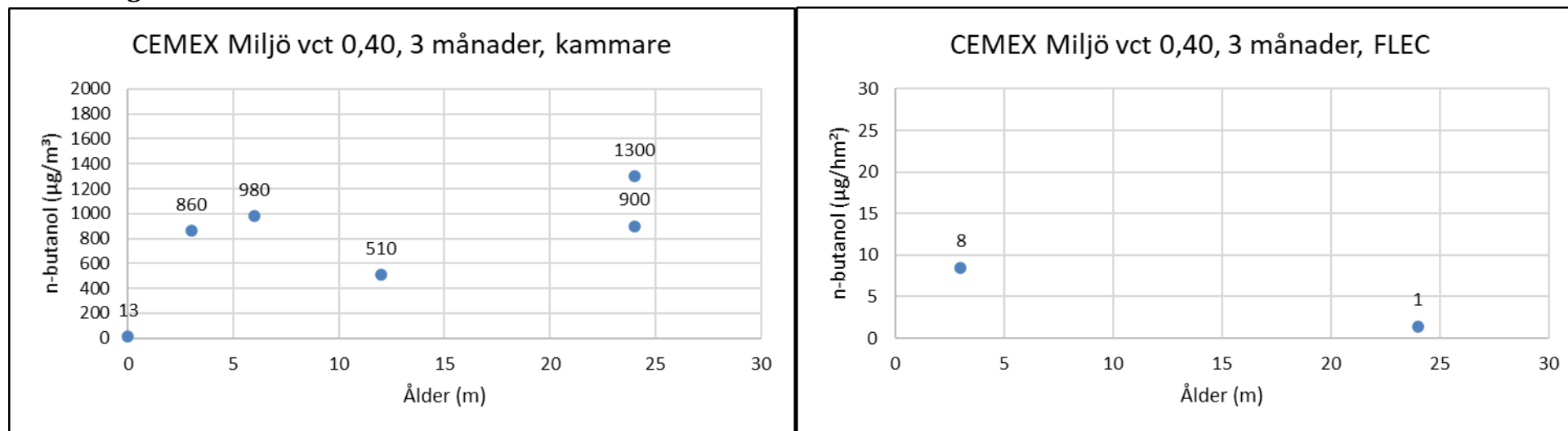
### 8.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

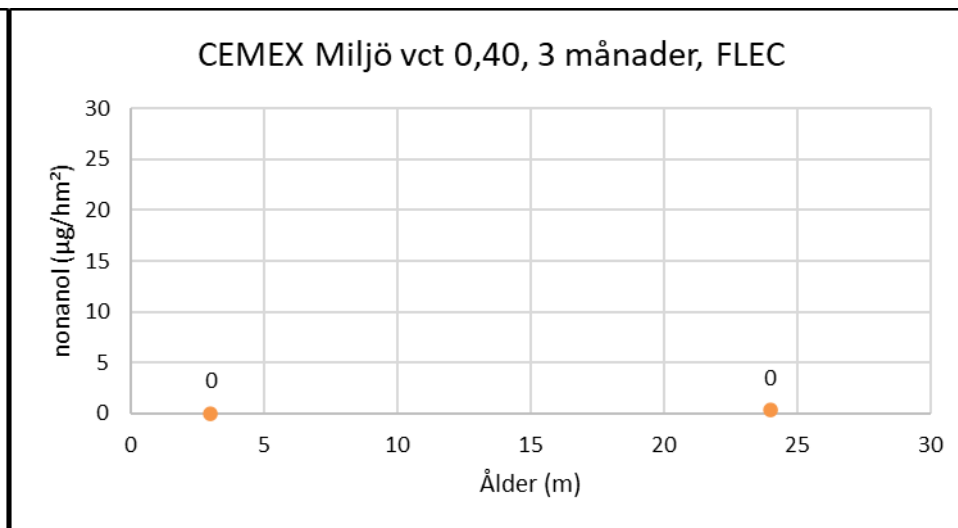
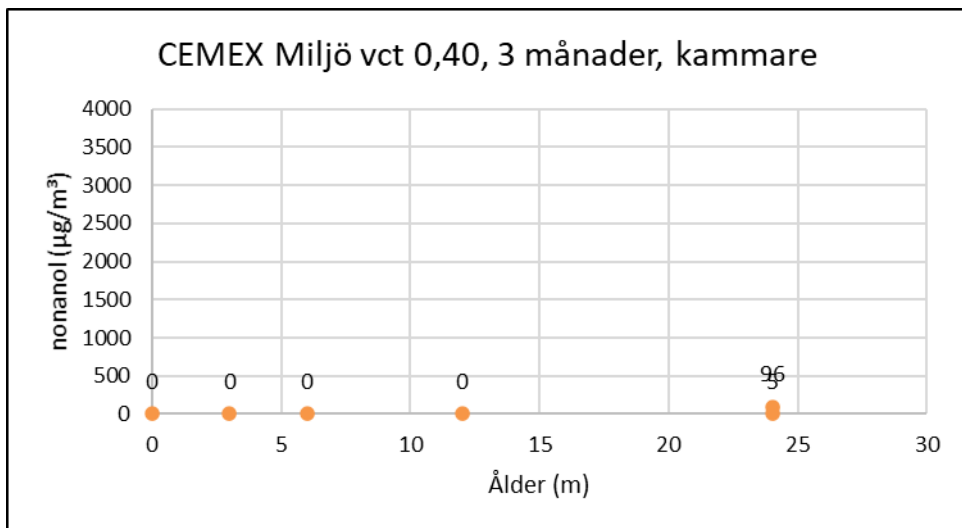
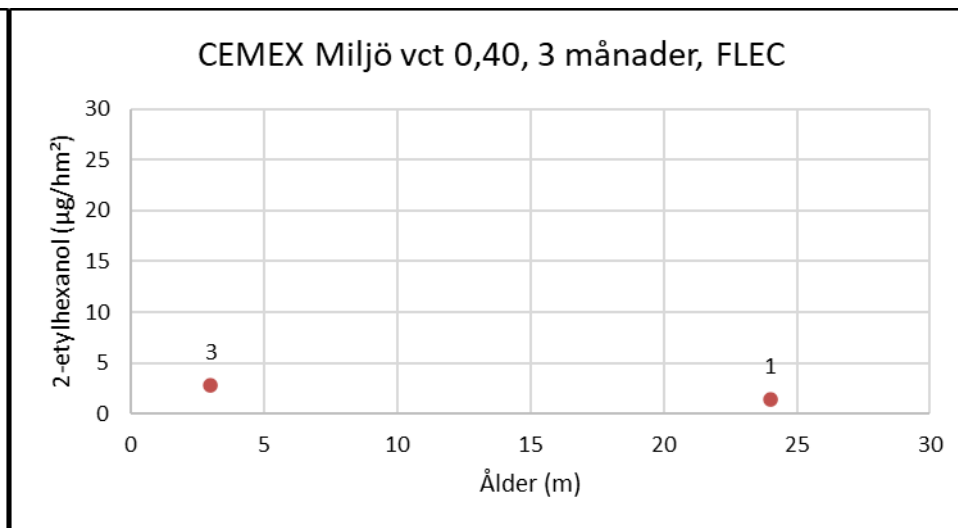
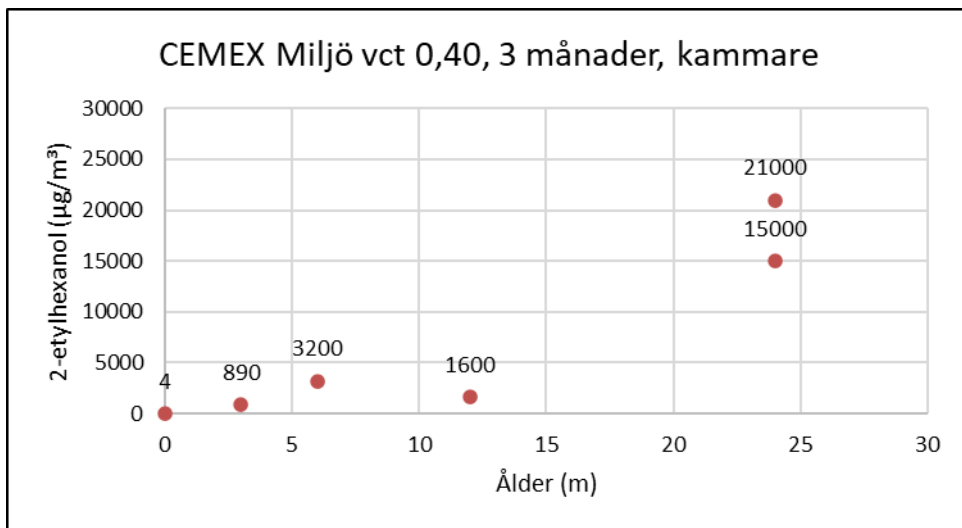
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	170	2,1	1,3	11	3,6	4,8	13	1,3	6,4	2,6	< 1	4	1,5	< 1	< 1	0
3	6100	< 1	12	23	5,4	< 1	860	1,7	< 1	2,2	< 1	890	3,9	< 1	< 1	0
6	12000	6,5	< 1	130	7,2	< 1	980	3,3	< 1	7,9	< 1	3200	3	< 1	< 1	0
12	5700	-	< 1	61	54	< 1	510	1,7	26	3,2	< 1	1600	2,5	< 1	< 1	0
24	27000	-	22	150	4	< 1	900	1,9	70	16	< 1	21000	2,1	< 1	< 1	96
24	23000	-	17	210	3,3	< 1	1300	1,8	56	5,5	< 1	15000	1,7	< 1	< 1	5

### 8.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	33	< 1	< 1	1	< 1	2	8	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	0
24	8	-	< 1	< 1	< 1	0	1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	0

### 8.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



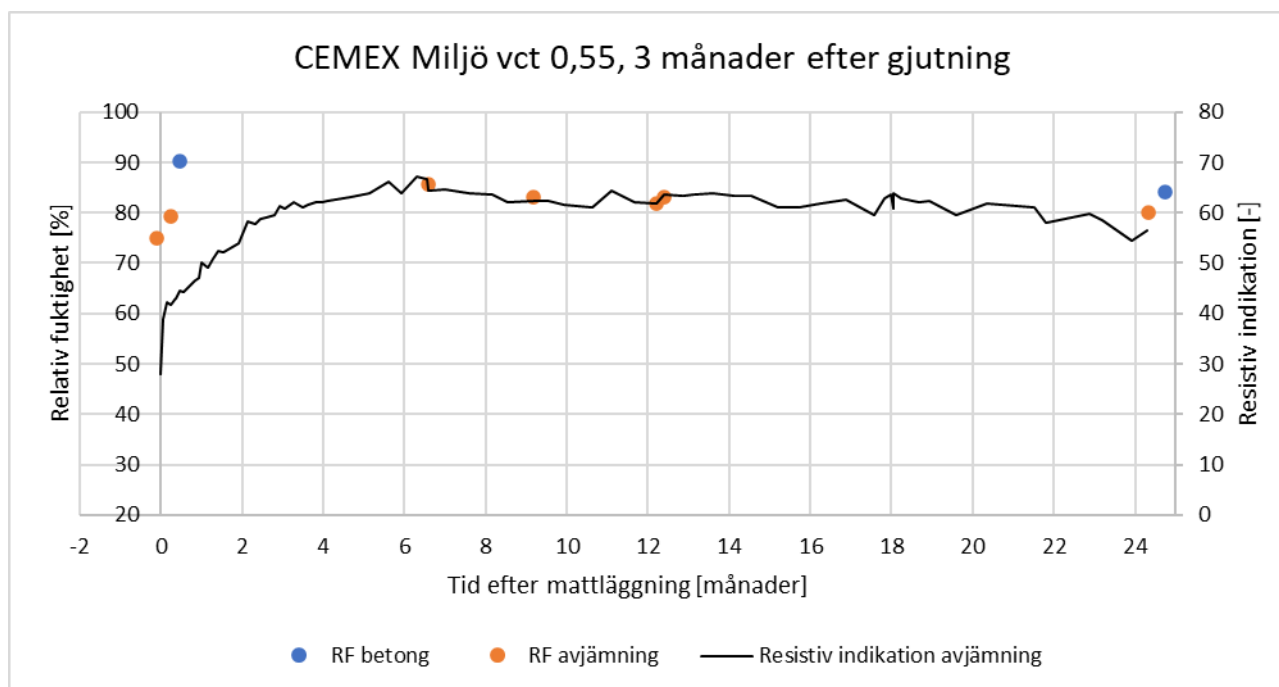


## 9 CEMEX Miljö vct 0,55, 3 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,55
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	90,4 +/- 2,1 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	74,9 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

### 9.1 Fukt



## 9.2 Emissioner

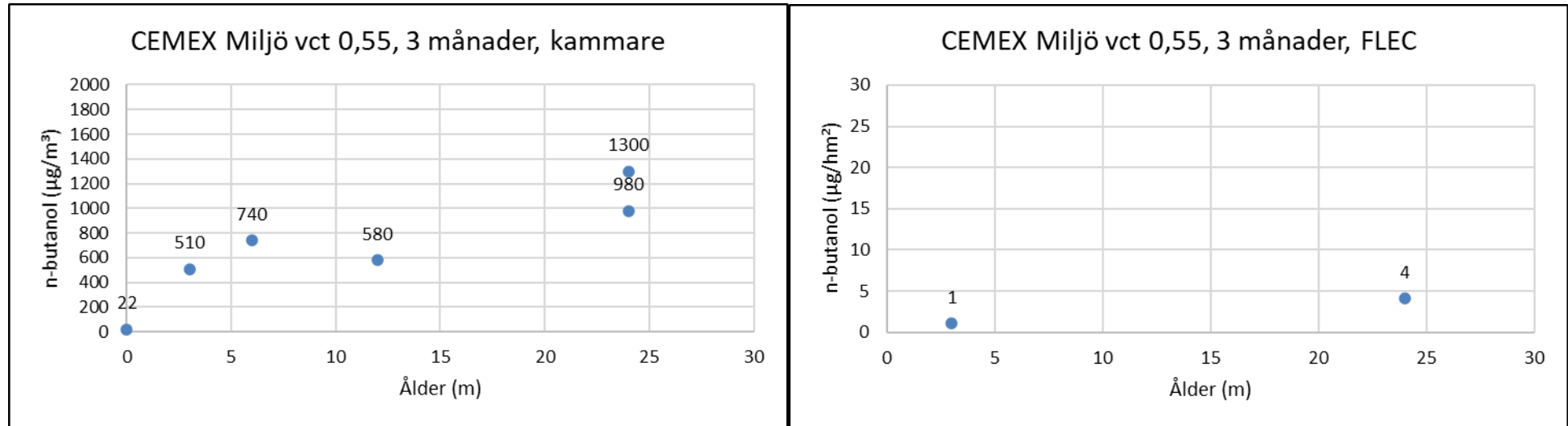
### 9.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	250	1,8	2	9,2	13	9,6	22	3,8	5,6	2,5	<1	3,2	<1	<1	<1	1
3	4300	5,2	5,2	9,5	3,6	8,4	510	1	<1	1,6	<1	340	<1	<1	<1	91
6	6200	5,9	7,3	38	19	<1	740	2,4	<1	5,1	<1	540	<1	<1	<1	240
12	4700	-	7,3	60	65	4,1	580	1,5	27	3	<1	780	<1	<1	<1	460
24	13000	-	5,3	200	5	13	980	<1	44	12	<1	710	1,4	<1	<1	3000
24	14000	-	5,3	220	2,5	<1	1300	<1	68	4,3	<1	690	<1	<1	<1	3000

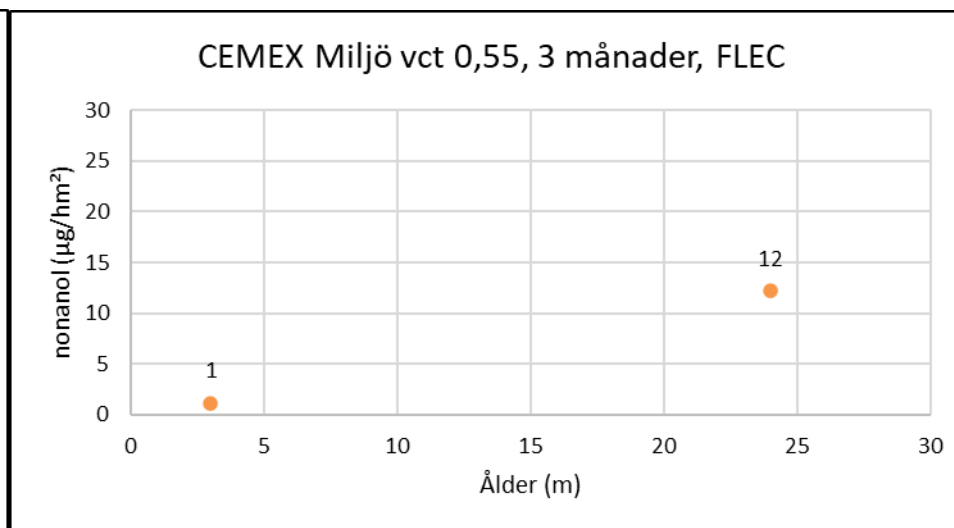
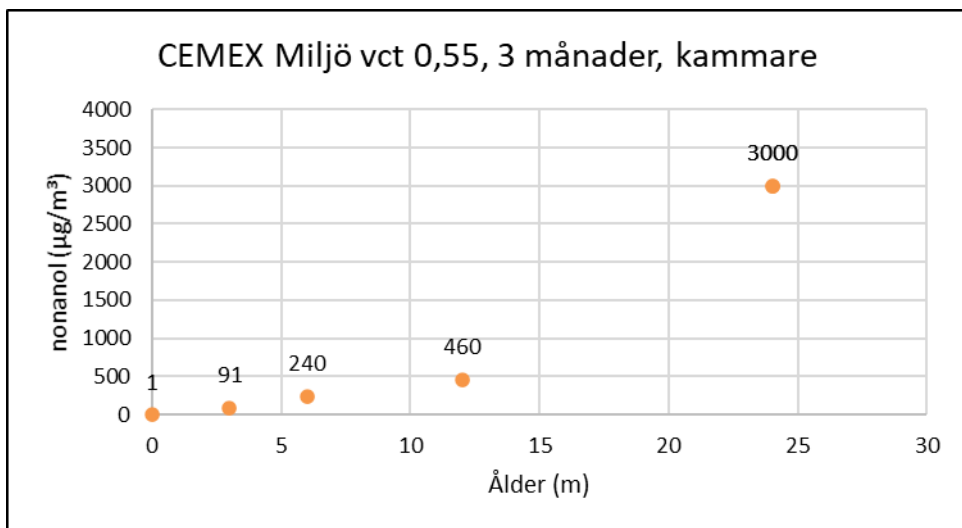
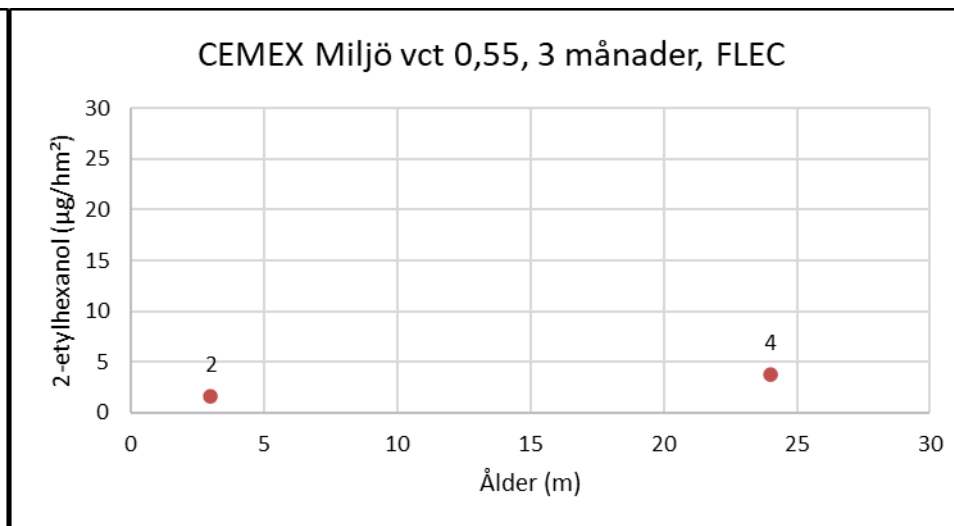
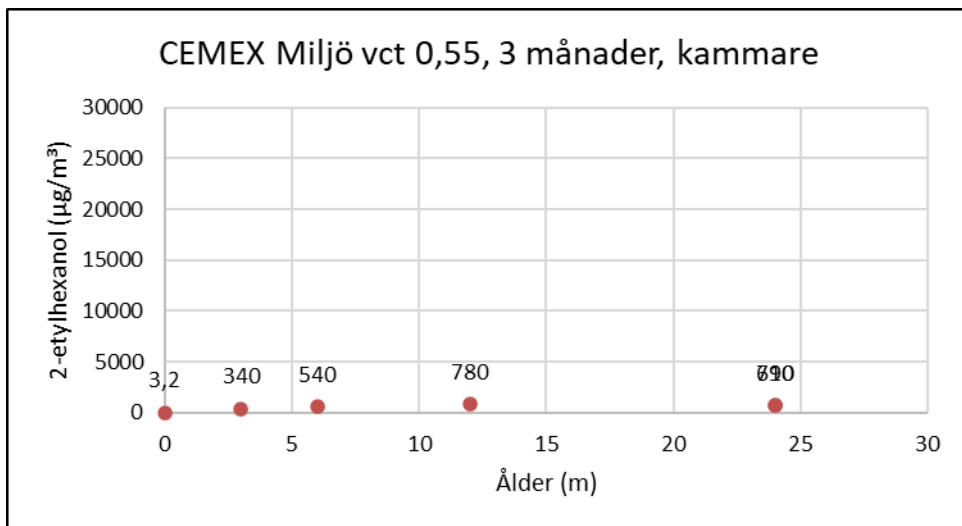
### 9.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	32	<1	<1	<1	<1	2	1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	1
24	51	-	<1	<1	<1	1	4	<1	<1	<1	<1	4	<1	<1	<1	12

### 9.2.3 Diagram för valda indikatorämnen





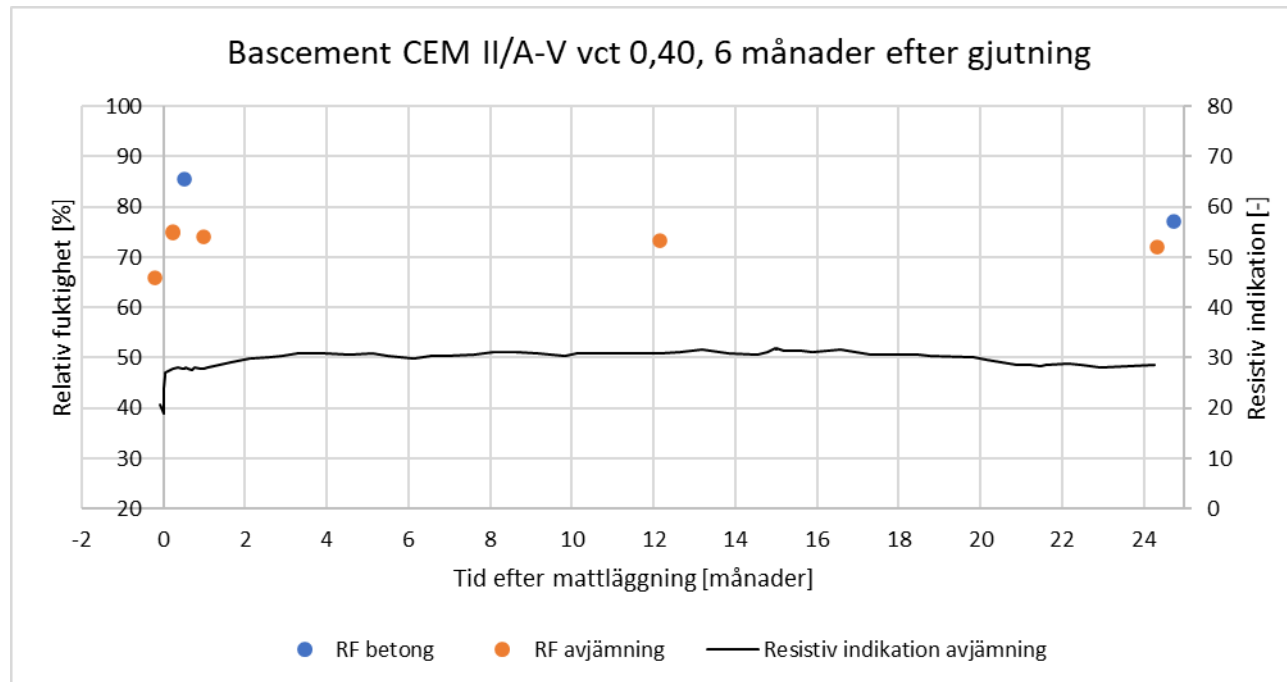


# 10 Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 6 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,40
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	85,3 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	66,0 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

## 10.1 Fukt



## 10.2 Emissioner

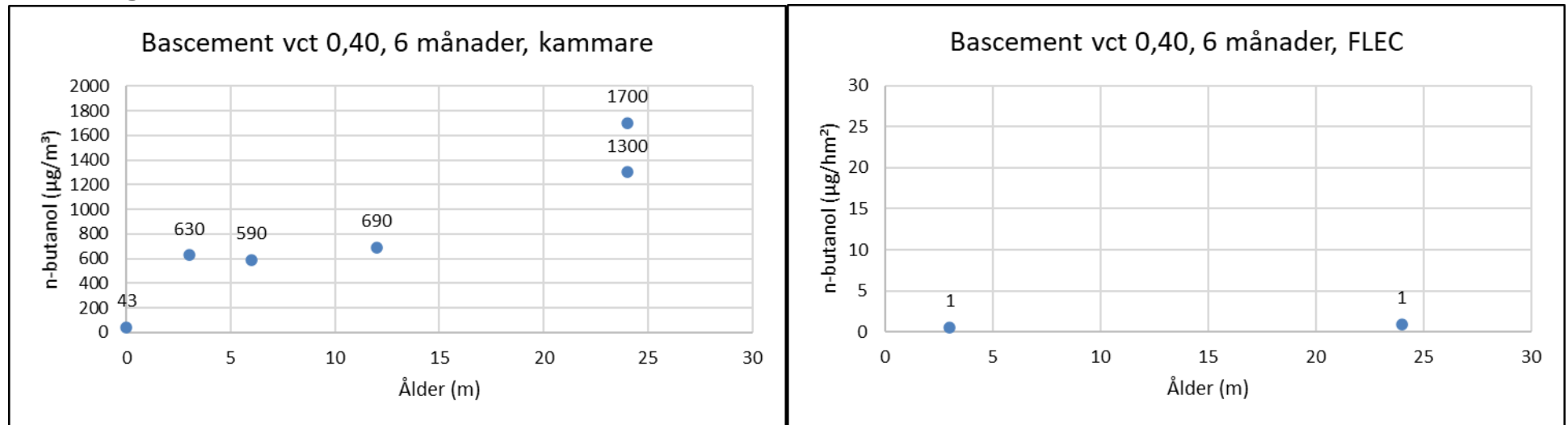
### 10.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

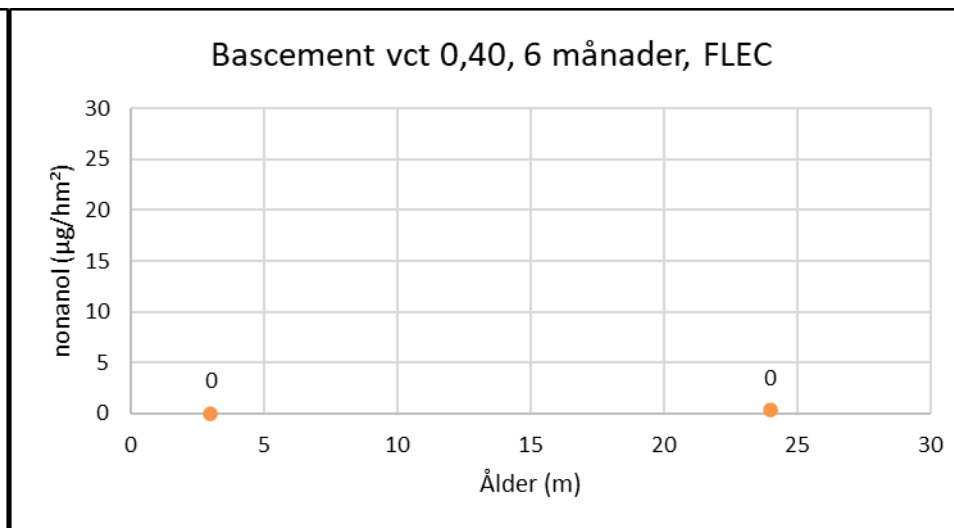
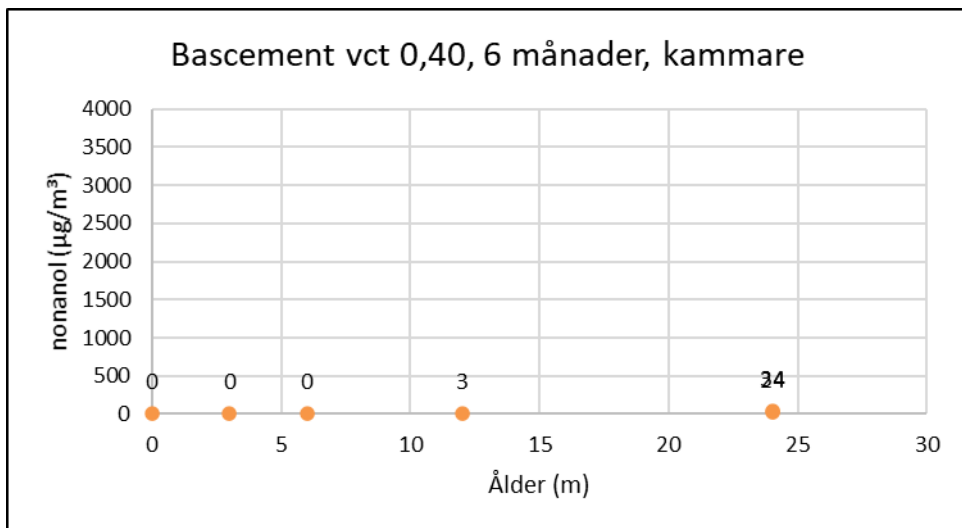
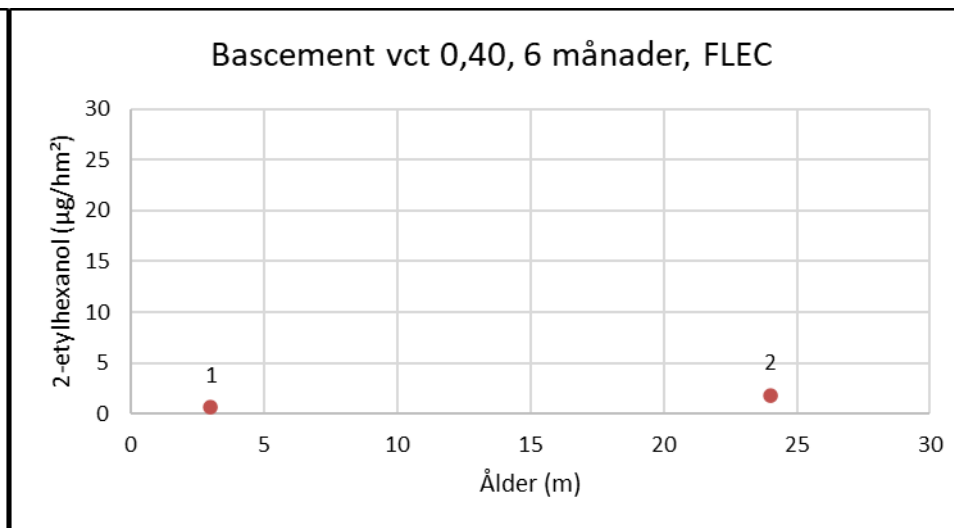
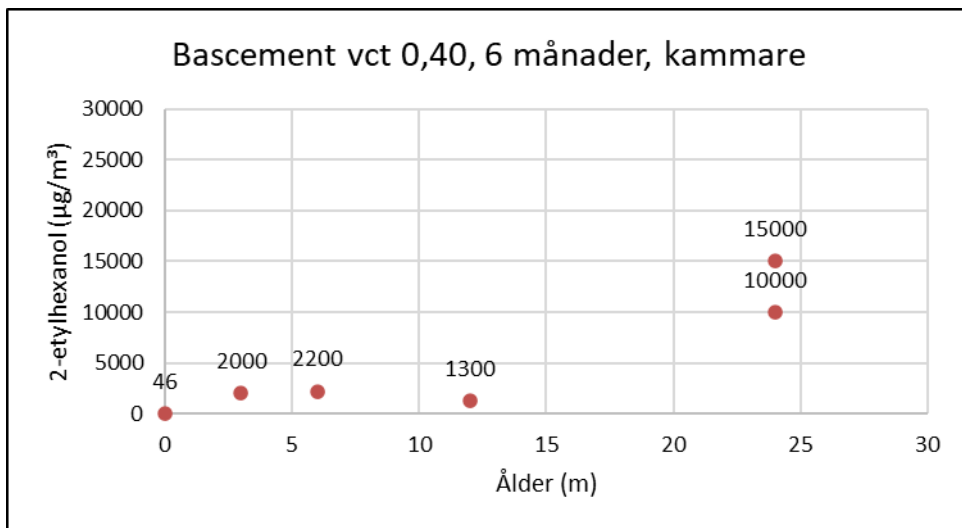
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	520	6	2,7	12	7,4	3	43	3,1	6,1	1,3	<1	46	1,4	<1	<1	0
3	8800	6,9	<1	32	10	<1	630	3,4	<1	2,6	<1	2000	1,1	<1	<1	0
6	9500	2,2	18	140	4,9	<1	590	1,9	<1	3,8	<1	2200	<1	<1	<1	0
12	7600	-	<1	160	8,3	<1	690	2,4	17	2,1	<1	1300	<1	<1	<1	3
24	21000	2,6	18	190	5,5	<1	1700	1,6	<1	8,3	<1	10000	<1	<1	<1	24
24	25000	2,3	20	100	5,4	<1	1300	1,9	<1	3,8	<1	15000	<1	<1	<1	34

### 10.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	10	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
24	9	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	0

### 10.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



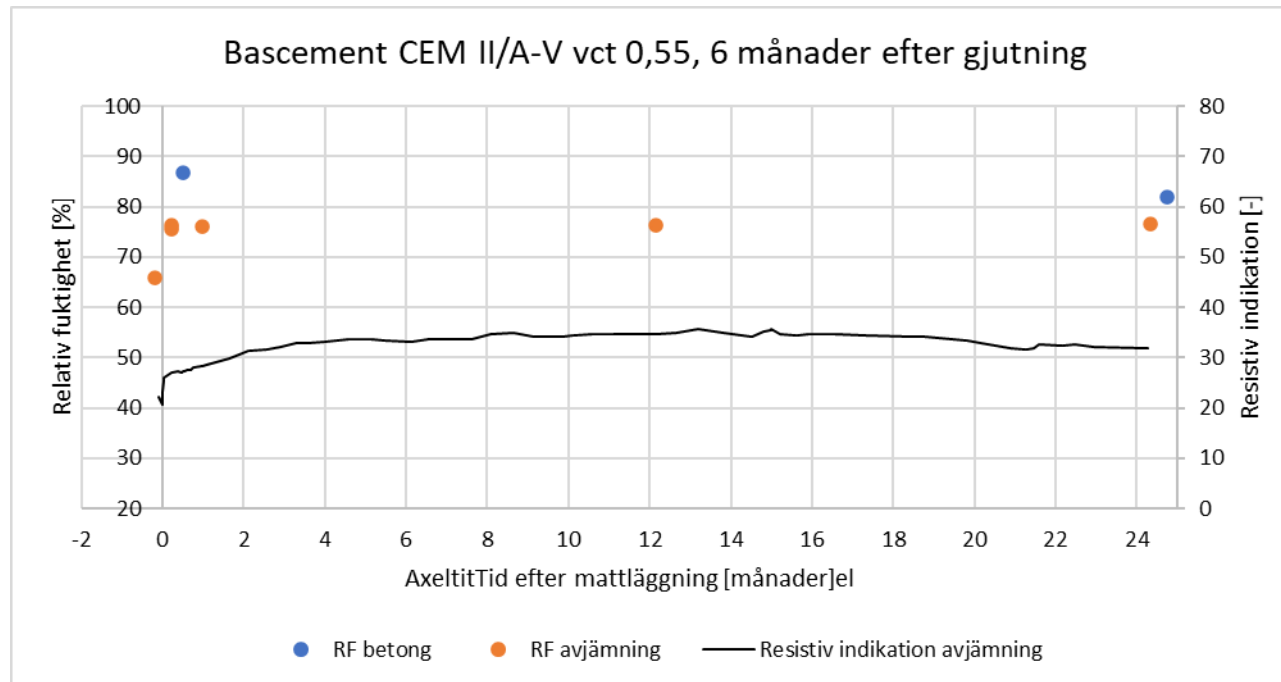


# 11 Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 6 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämnning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,55
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	86,8 +/- 2,0 % RF
Avjämnning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämnning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	65,9 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

## 11.1 Fukt



## 11.2 Emissioner

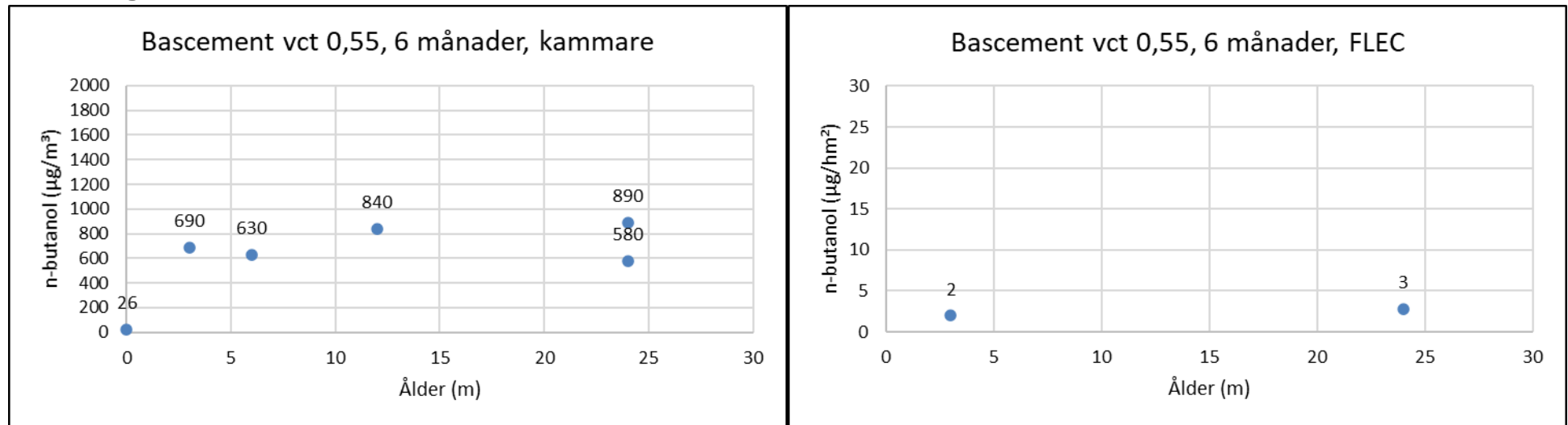
### 11.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

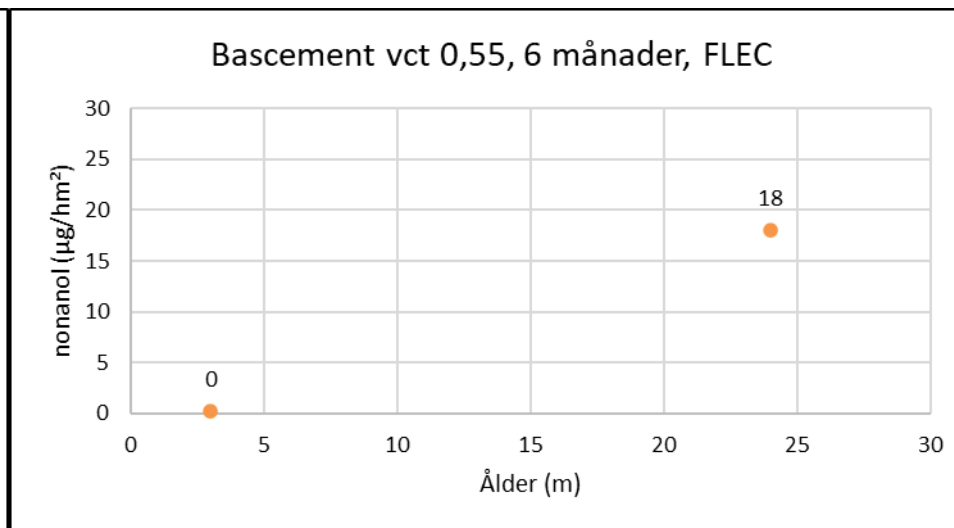
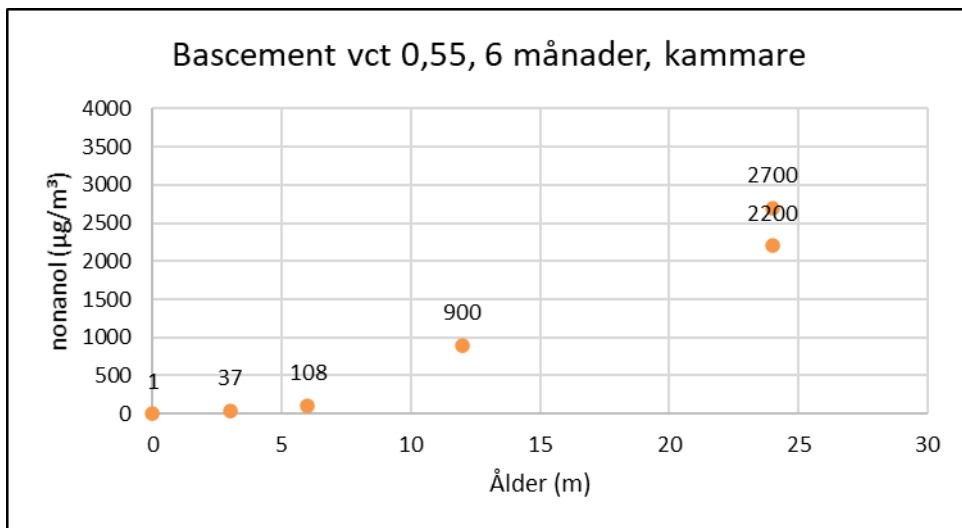
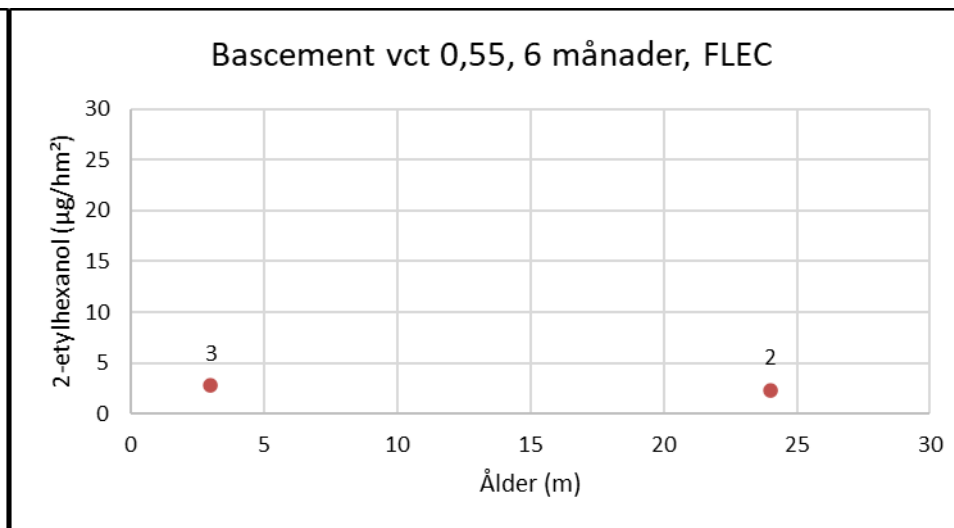
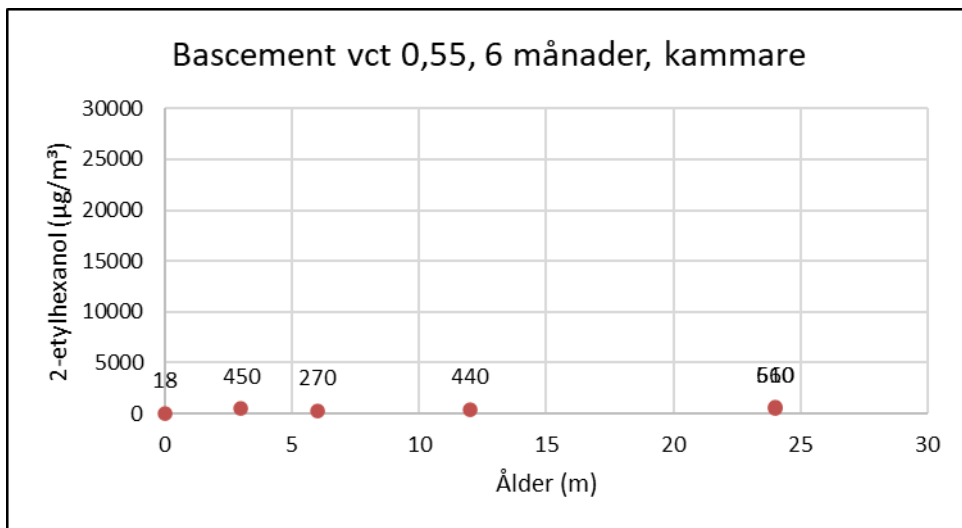
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluenn	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-ethylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	760	5,1	2,1	14	7	3,2	26	3	7,9	1,7	<1	18	<1	<1	<1	1,1
3	5200	8,3	2,8	56	12	<1	690	3,3	11	2,7	<1	450	1,2	<1	<1	37
6	5300	2,8	17	39	4	<1	630	1,5	9,7	3,1	<1	270	1,4	<1	<1	108
12	7100	-	7,8	350	14	8,2	840	2,5	120	5,1	<1	440	1,9	<1	<1	900
24	9400	4,7	3,6	68	4,4	<1	580	<1	6,8	13	<1	560	<1	<1	<1	2700
24	11000	5,2	3	42	4,5	<1	890	<1	6,8	2,1	<1	610	<1	<1	<1	2200

### 11.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluenn	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-ethylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	37	<1	<1	<1	<1	1	2	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	0
24	32	<1	<1	<1	<1	0	3	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	18

### 11.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



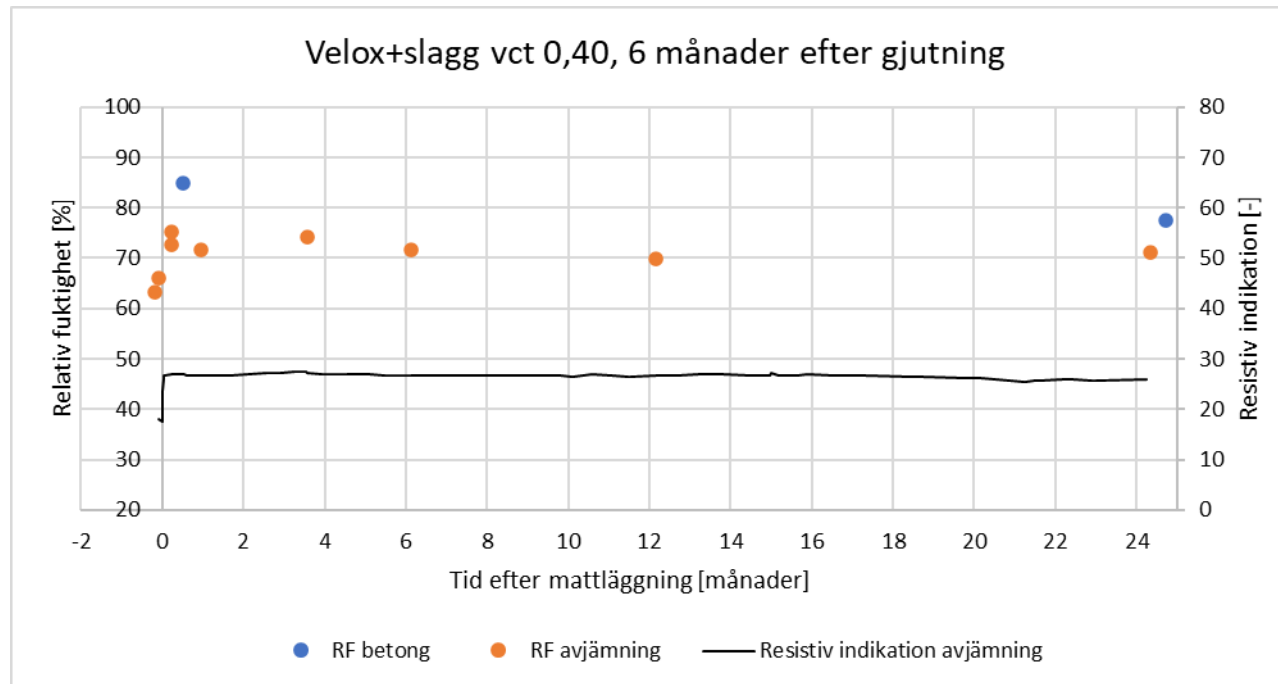


## 12 Velox + 30% slagg vct 0,40, 6 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämnning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,40
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	84,5 +/- 2,0 % RF
Avjämnning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämnning vid matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	66,0 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

### 12.1 Fukt





## 12.2 Emissioner

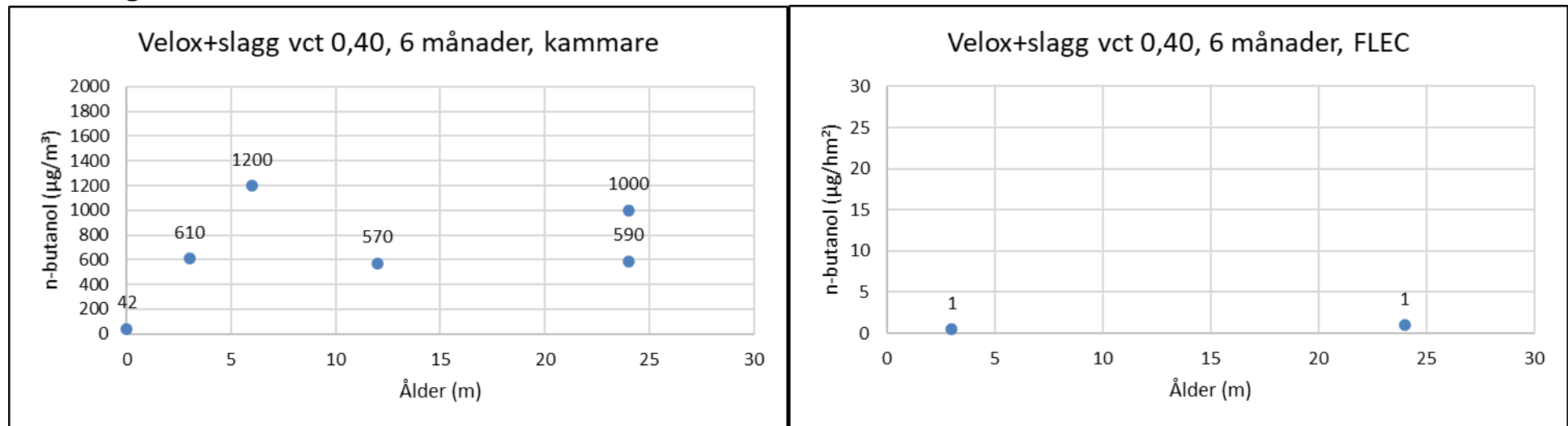
### 12.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

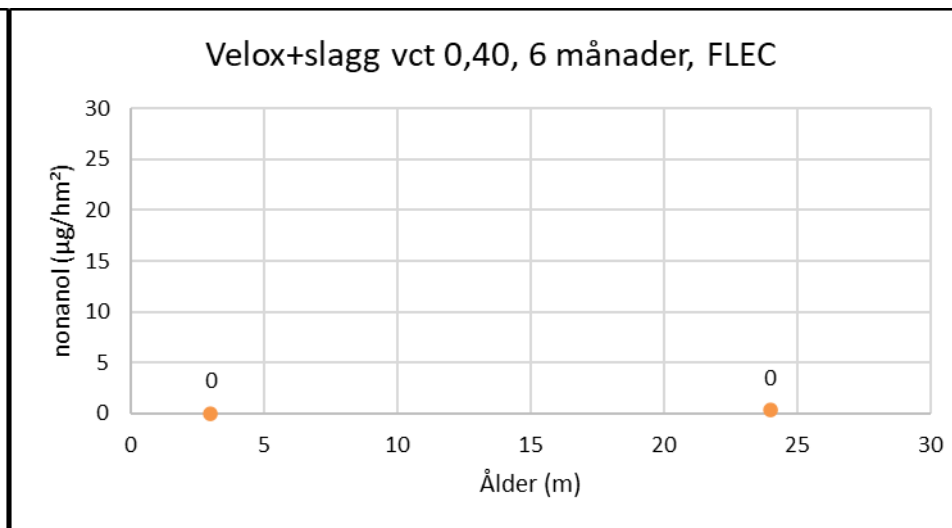
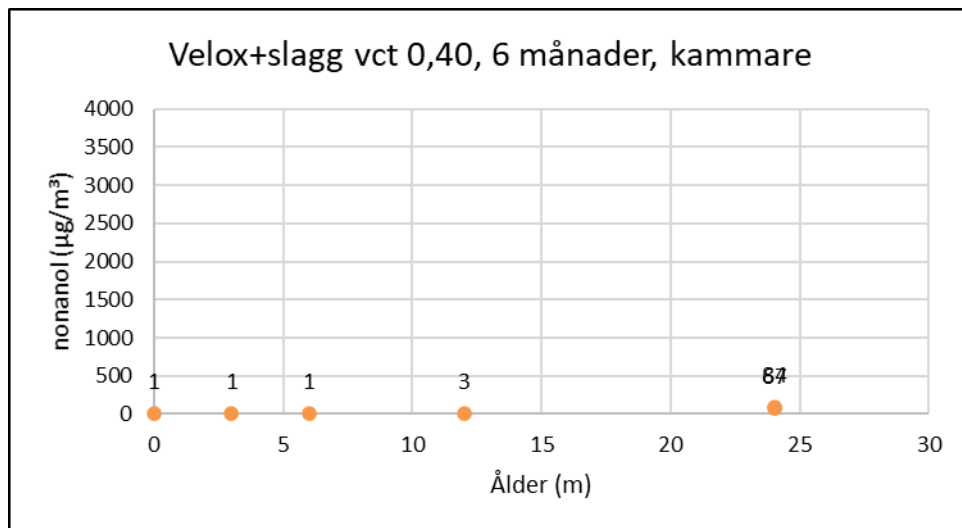
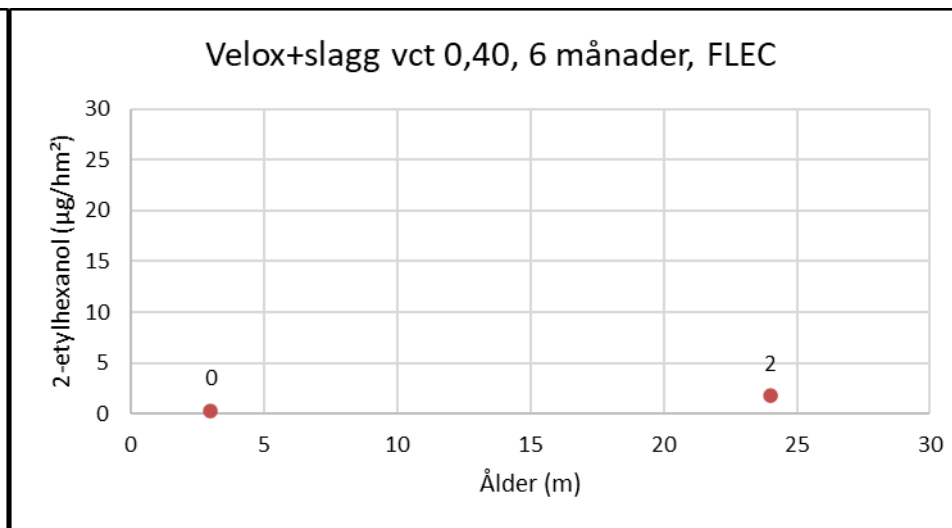
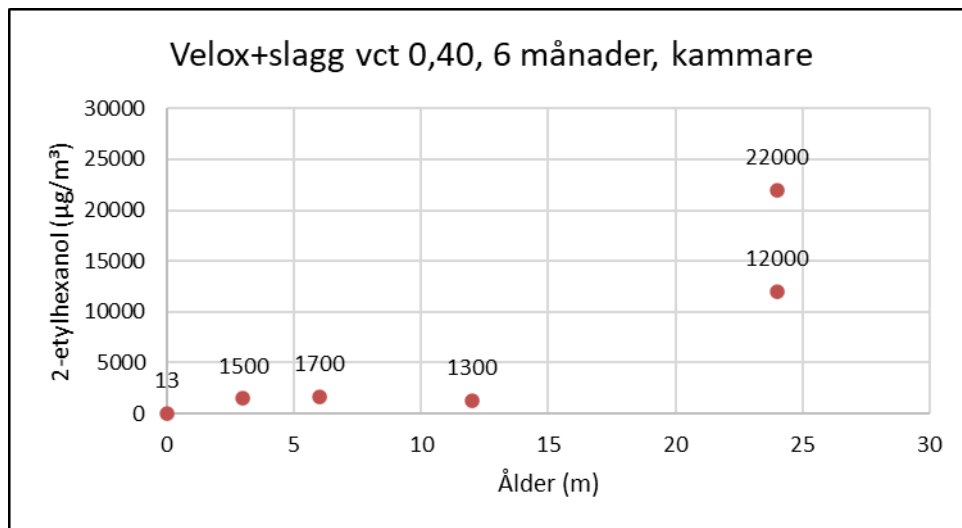
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-ethylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	440	5,2	2,4	10	6,8	4,5	42	2,6	5,8	1,4	<1	13	<1	<1	<1	1
3	8600	7,7	<1	53	6,5	<1	610	2,5	19	2,6	<1	1500	<1	<1	<1	1
6	9400	2,7	22	61	2,7	<1	1200	1,3	<1	2,5	<1	1700	<1	<1	<1	1
12	6900	-	<1	62	7,1	<1	570	2,3	17	2	<1	1300	<1	<1	<1	3
24	19000	2,9	17	50	4,4	<1	590	1,2	6	6,7	<1	12000	<1	<1	<1	84
24	29000	2,7	18	20	4,2	<1	1000	1,3	<1	2,6	<1	22000	<1	<1	<1	67

### 12.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-ethylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	19	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
24	11	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	0

### 12.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



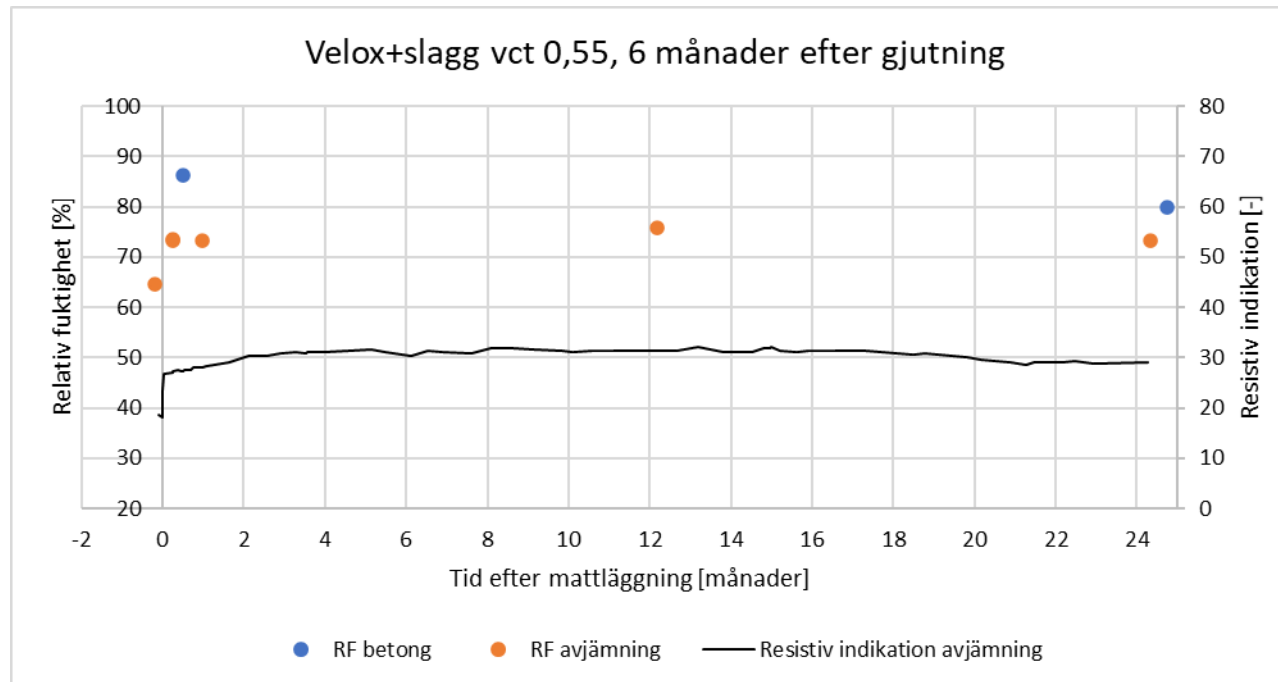


## 13 Velox + 30% slagg vct 0,55, 6 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,55
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	86,4 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	64,6 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

### 13.1 Fukt



## 13.2 Emissioner

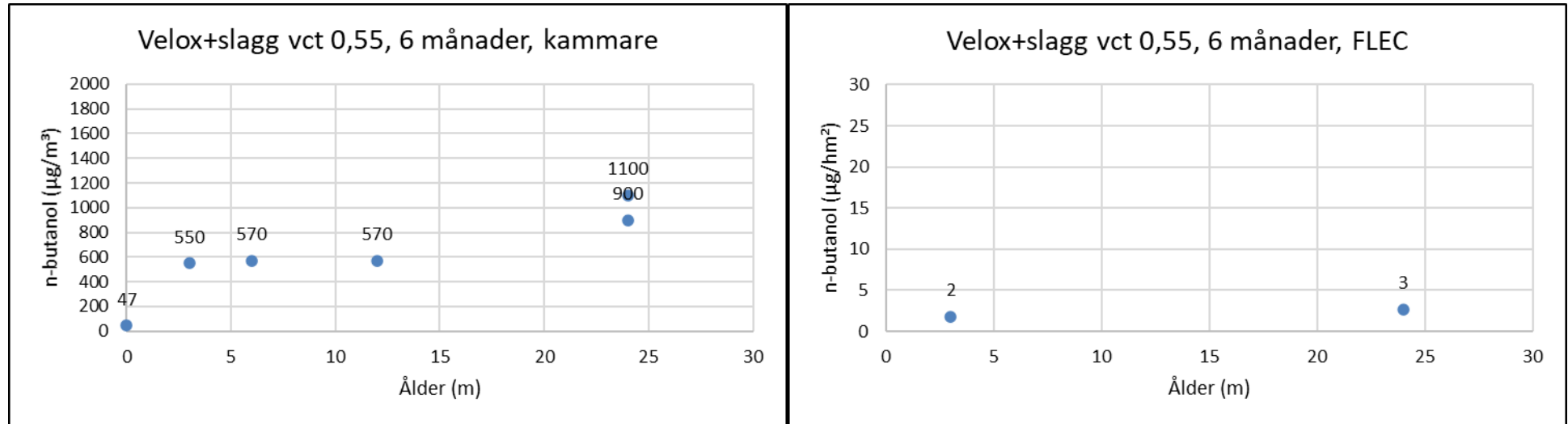
### 13.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

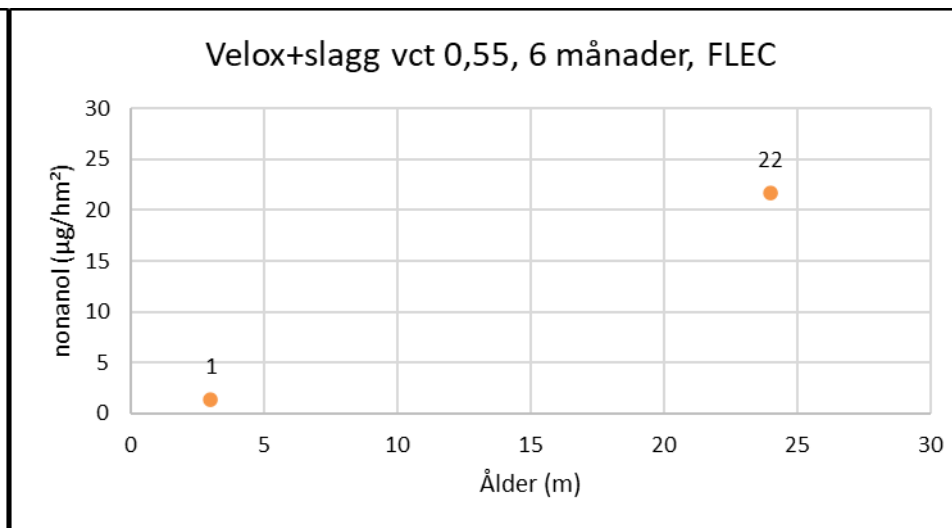
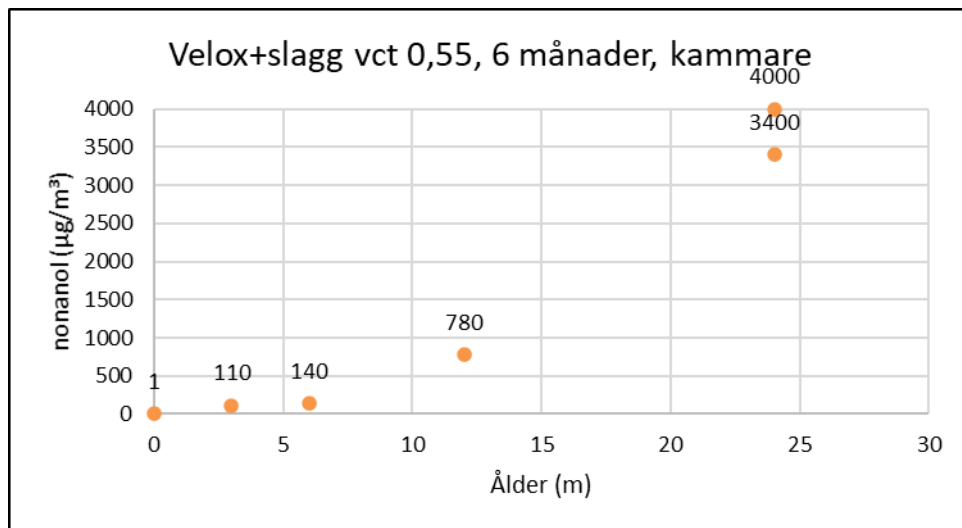
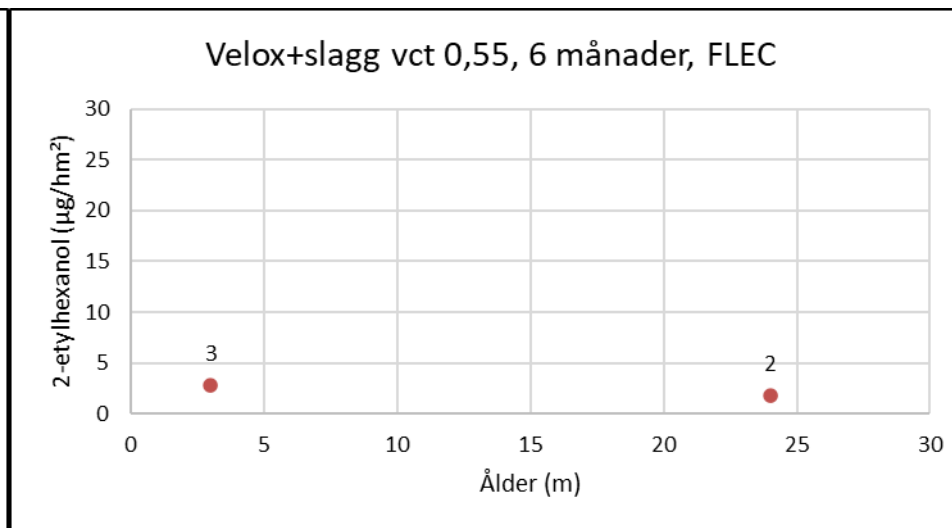
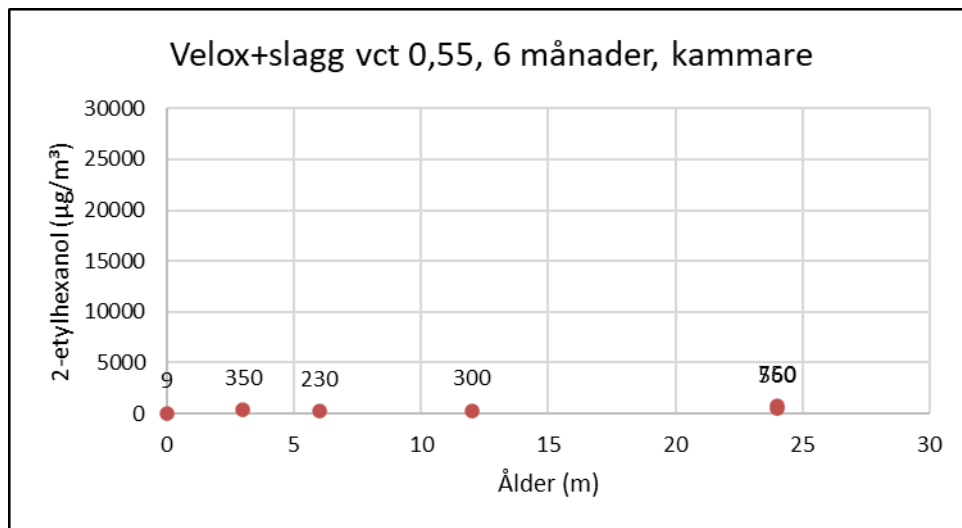
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	450	7,7	2,4	8	5,4	<1	47	2	<1	1,6	<1	8,9	<1	<1	<1	1
3	4900	5,8	2,8	33	7,4	<1	550	2,4	10	1,8	<1	350	<1	<1	<1	110
6	5100	2	19	35	3,1	<1	570	1,2	12	1,7	<1	230	<1	<1	<1	140
12	5500	-	3,7	87	6,5	<1	570	1,8	16	1,4	<1	300	<1	<1	<1	780
24	11000	5,4	4,4	35	3,9	<1	900	<1	5,8	3,9	<1	560	<1	<1	<1	3400
24	13000	5,6	3,9	25	4,6	<1	1100	<1	<1	1,4	<1	750	<1	<1	<1	4000

### 13.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	47	<1	<1	<1	<1	1	2	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	1
24	31	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	22

### 13.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



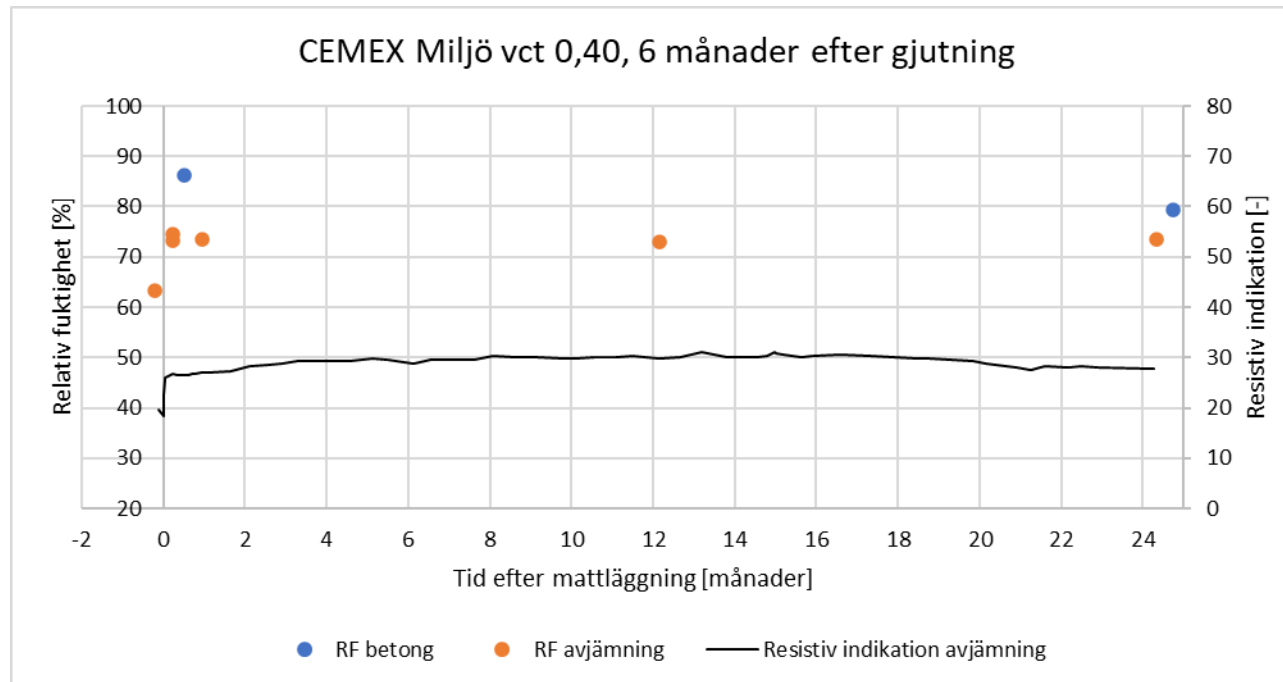


# 14 CEMEX Miljö vct 0,40, 6 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,40
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	86,1 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	63,2 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

## 14.1 Fukt



## 14.2 Emissioner

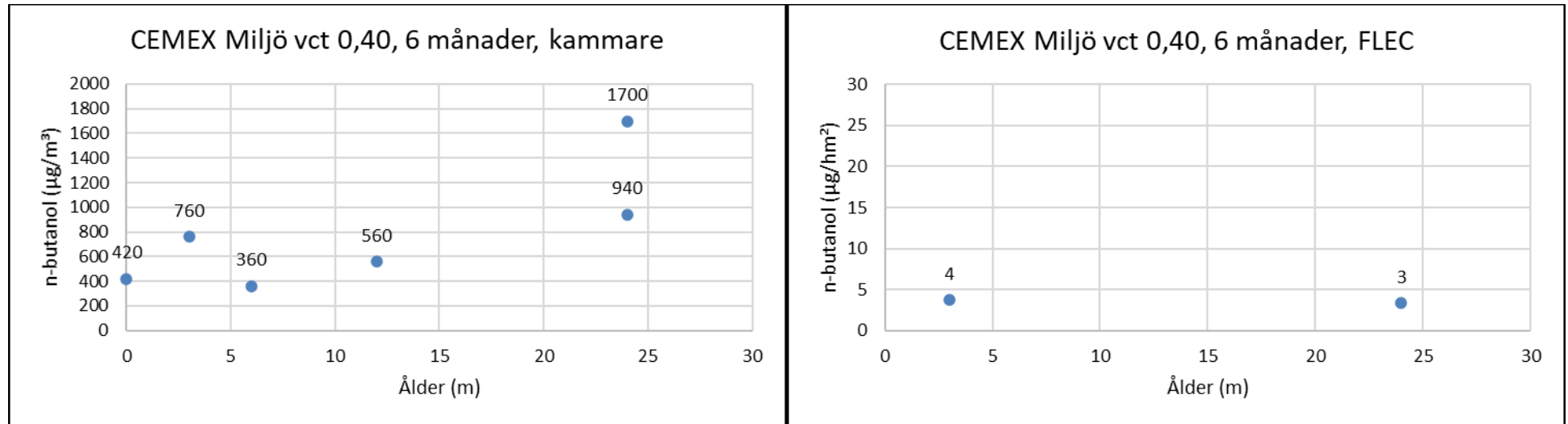
### 14.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

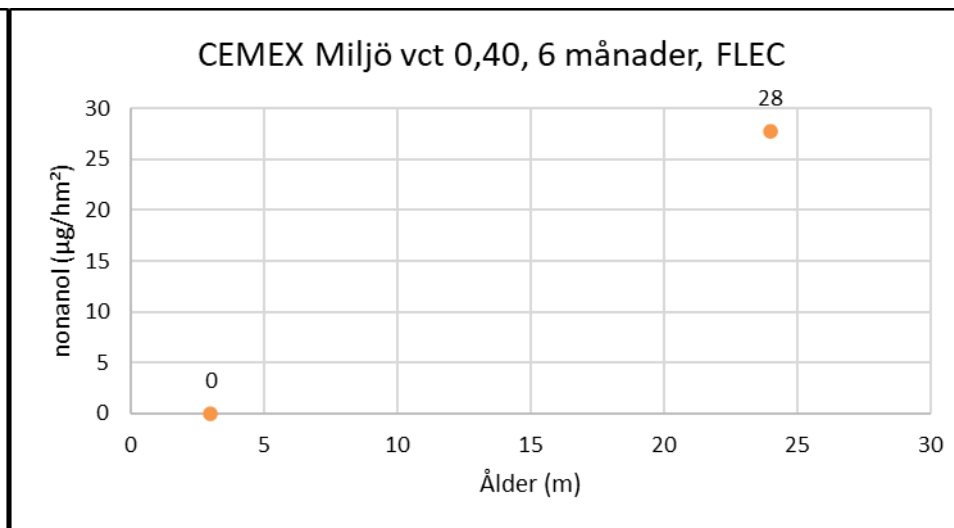
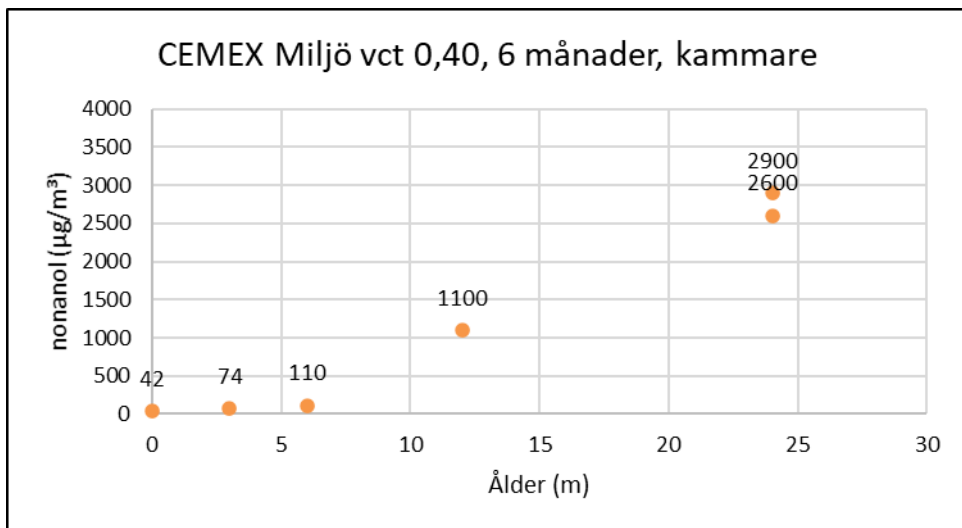
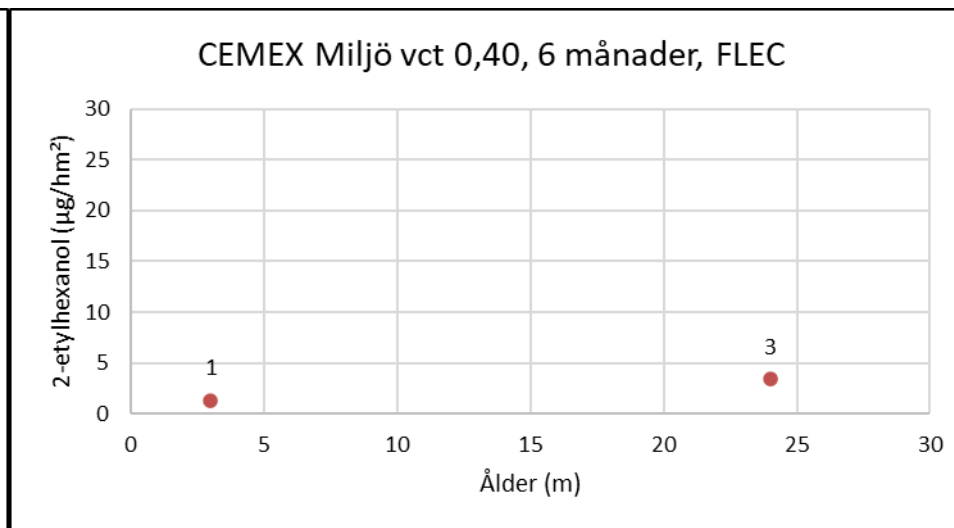
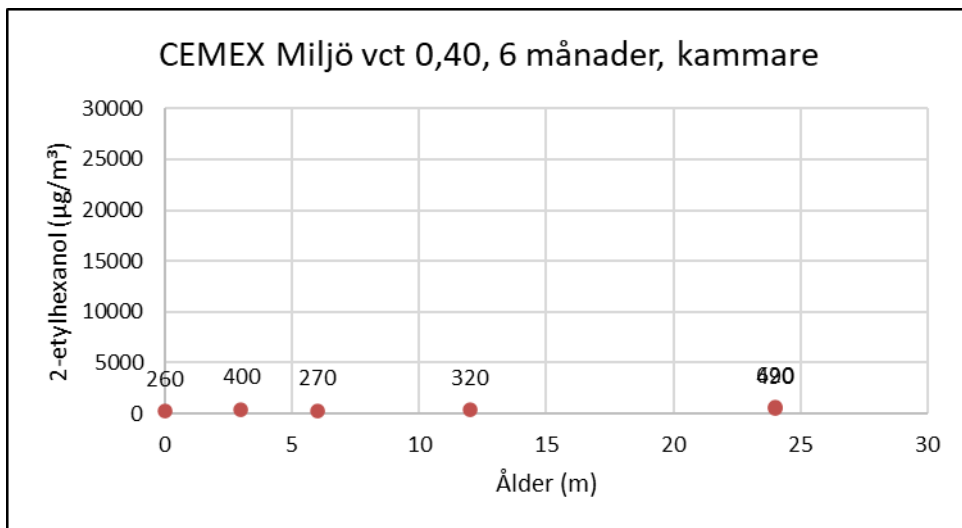
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	1500	4,8	2,6	11	7,9	4,3	420	2,5	6,4	1,9	<1	260	3,5	<1	<1	42
3	5400	8,8	4,6	57	12	15	760	3,2	16	2,7	<1	400	2,3	<1	<1	74
6	4400	2,8	4,5	80	6,1	<1	360	1,8	24	1,7	<1	270	1,6	<1	<1	110
12	5700	-	5,6	260	20	9,9	560	2,1	120	5	<1	320	2,1	<1	<1	1100
24	12000	4	3,2	70	3,4	<1	940	<1	15	5,1	<1	490	<1	<1	<1	2900
24	14000	4,8	3,6	58	3,6	<1	1700	<1	<1	1,8	<1	620	1,8	1,3	<1	2600

### 14.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	14	<1	<1	<1	<1	<1	4	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
24	47	<1	<1	<1	<1	1	3	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	28

### 14.2.3 Diagram för valda indikatorämnen





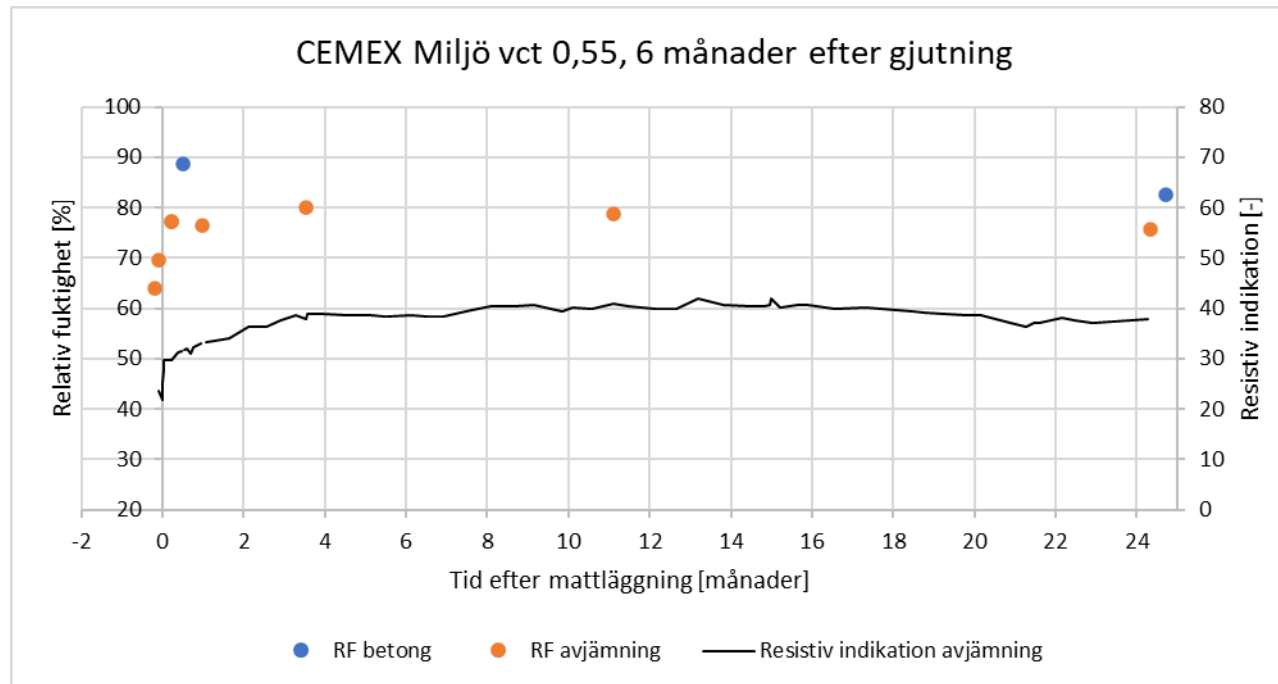


# 15 CEMEX Miljö vct 0,55, 6 månaders

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,55
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup vid matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	88,7 +/- 2,1 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning vid matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	69,6 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

## 15.1 Fukt



## 15.2 Emissioner

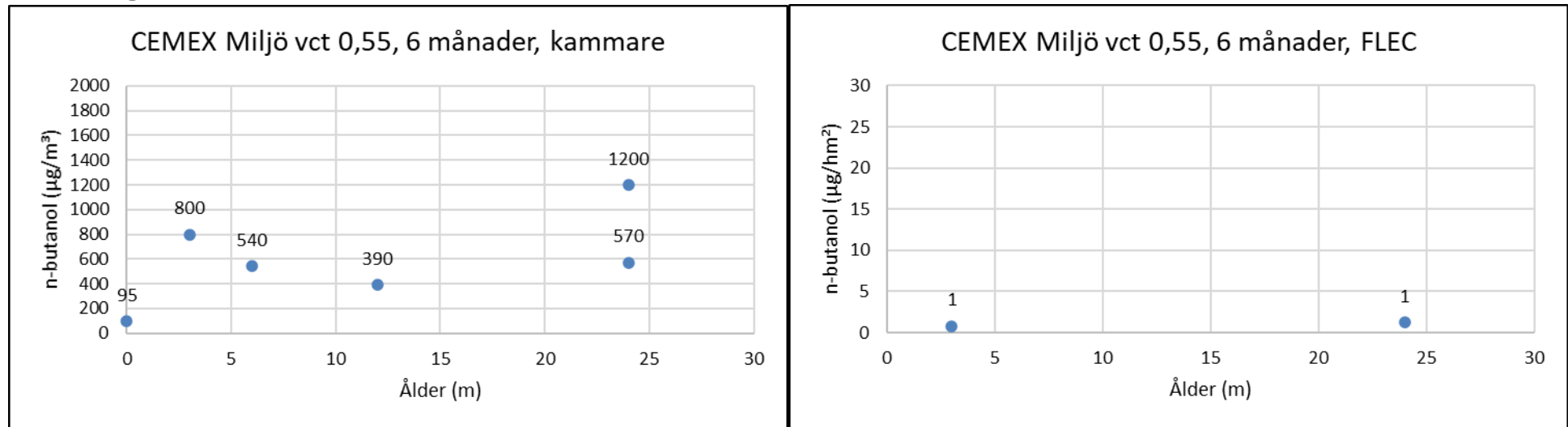
### 15.2.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

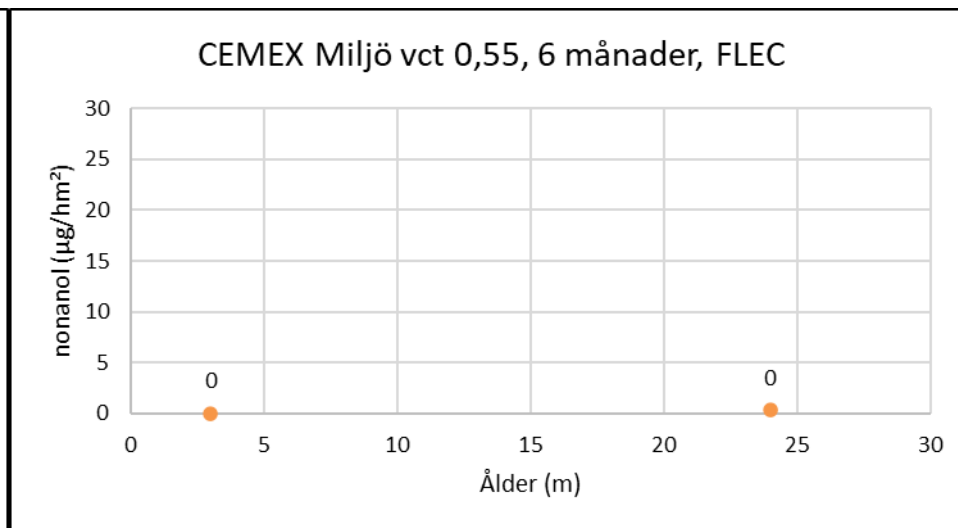
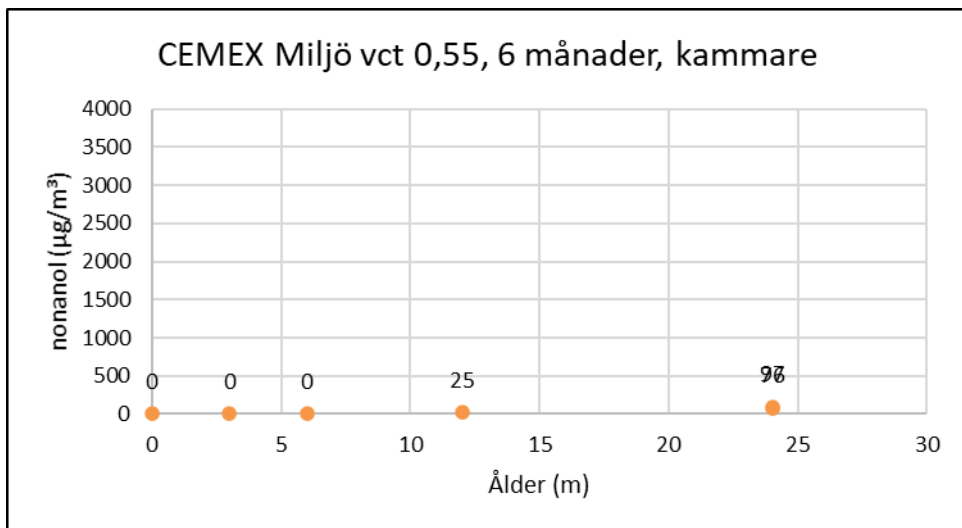
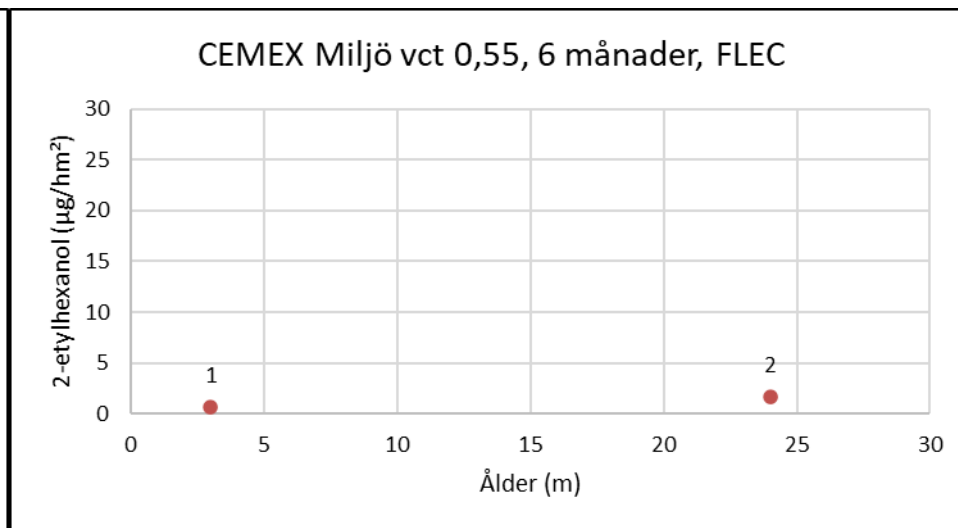
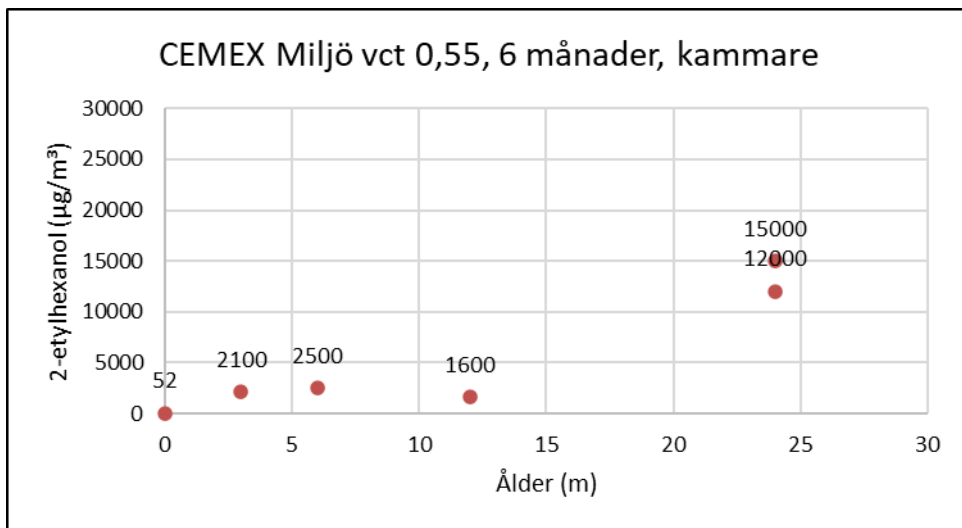
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
0	530	5,7	2,2	7,7	6,4	3,9	95	1,9	5,3	1,5	<1	52	1,4	<1	<1	0
3	11000	7,2	<1	140	9,6	<1	800	3,5	<1	3,3	<1	2100	<1	<1	<1	0
6	8600	2,2	9,8	73	3,6	<1	540	1,6	<1	4,3	<1	2500	<1	<1	<1	0
12	7500	-	<1	220	11	<1	390	2,3	100	4,9	<1	1600	<1	<1	<1	25
24	18000	2,3	17	54	4,6	<1	570	1,4	11	5,4	<1	12000	<1	<1	<1	97
24	24000	2,1	19	70	3,8	<1	1200	1,7	<1	2,7	<1	15000	<1	<1	<1	76

### 15.2.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

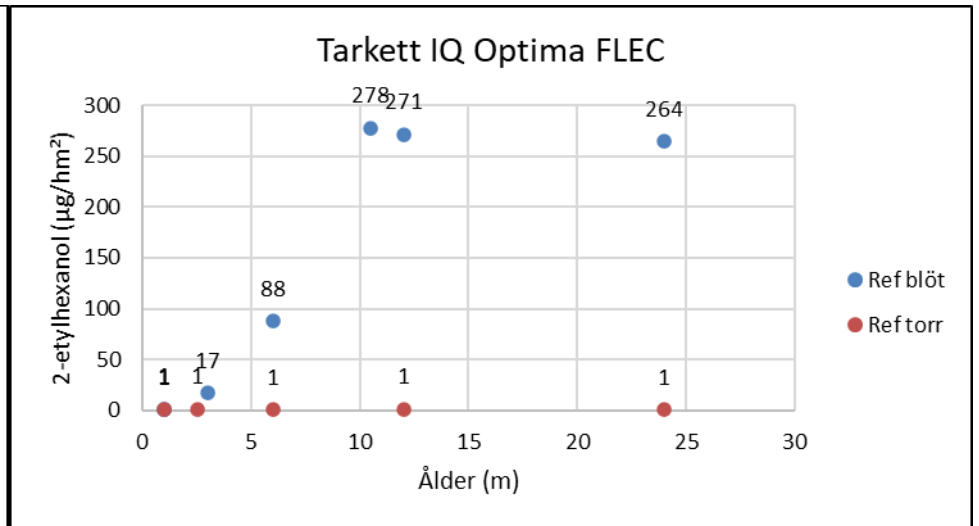
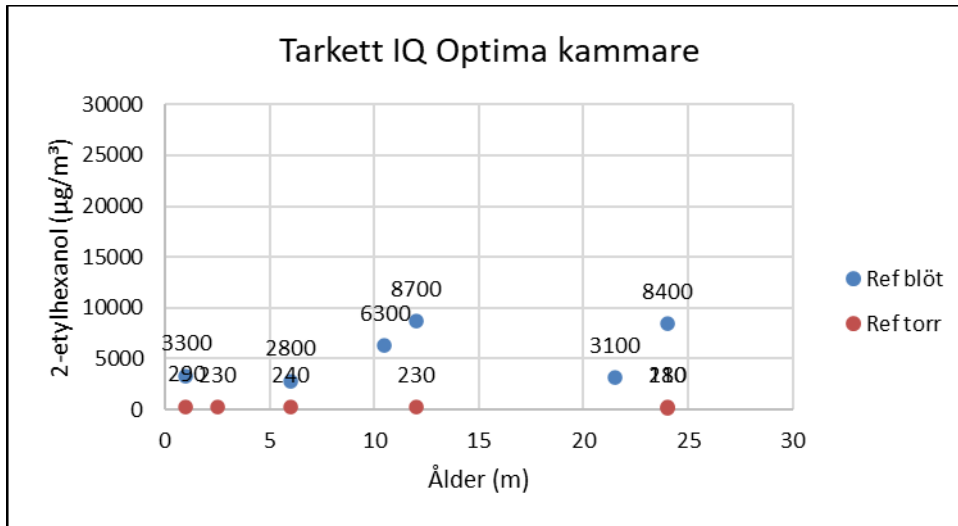
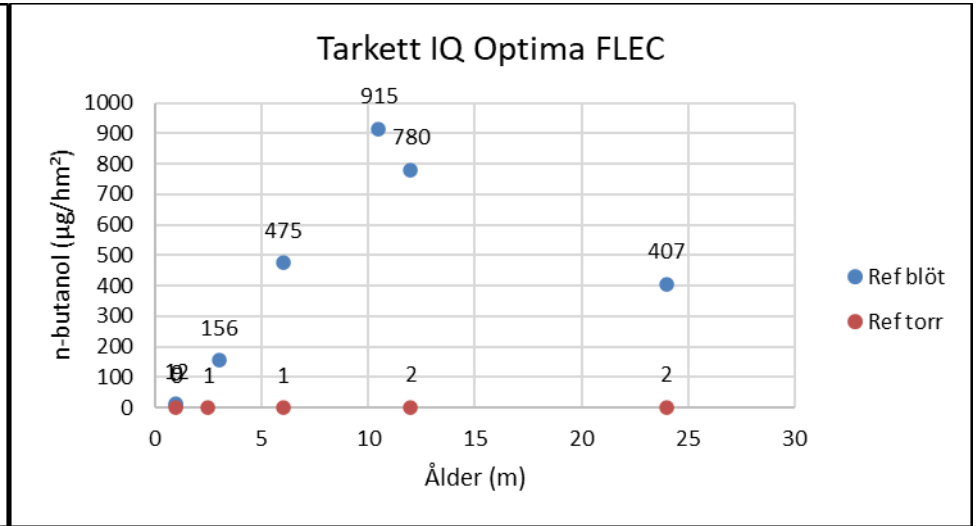
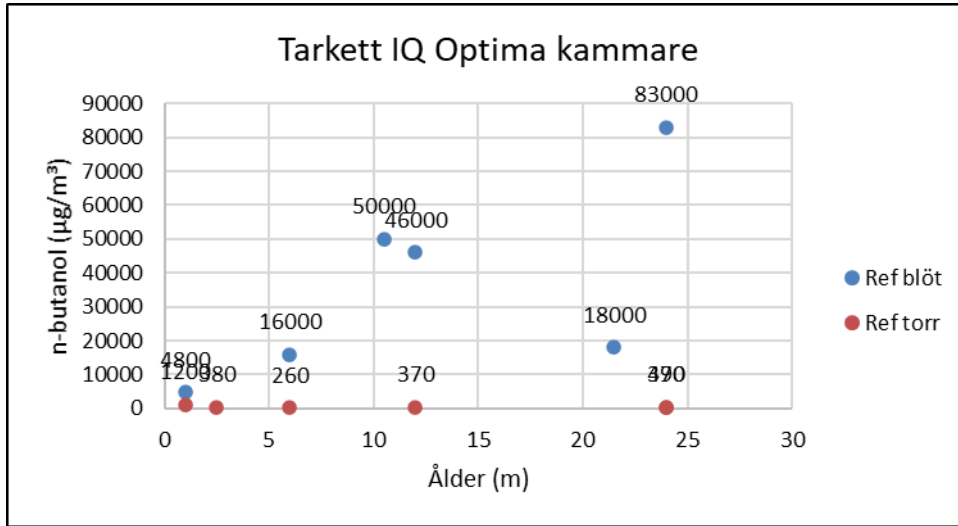
Ålder (m)	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
3	16	<1	<1	<1	1	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	0
24	20	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	0

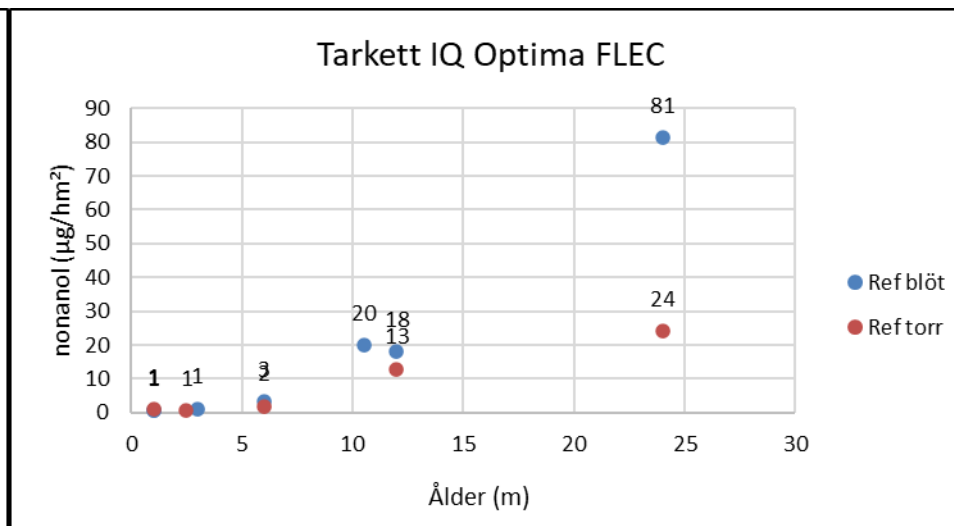
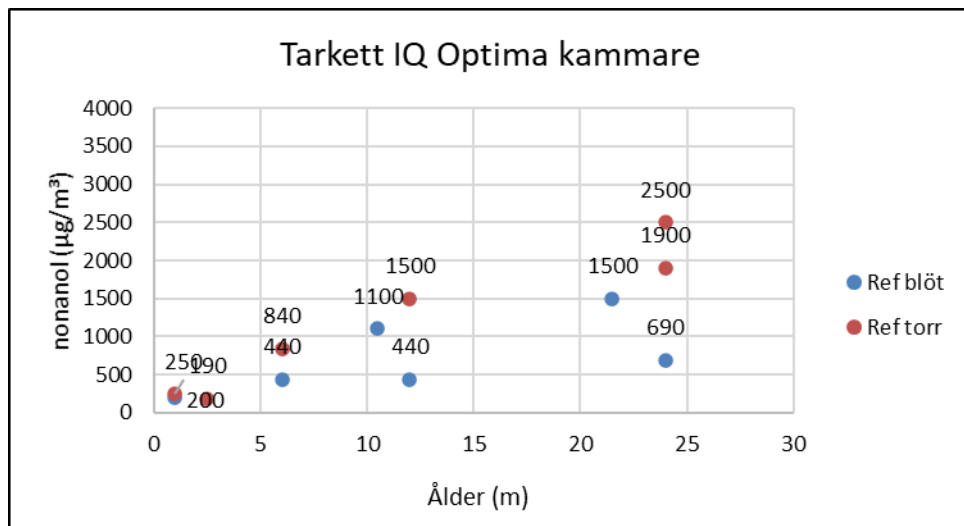
### 15.2.3 Diagram för valda indikatorämnen



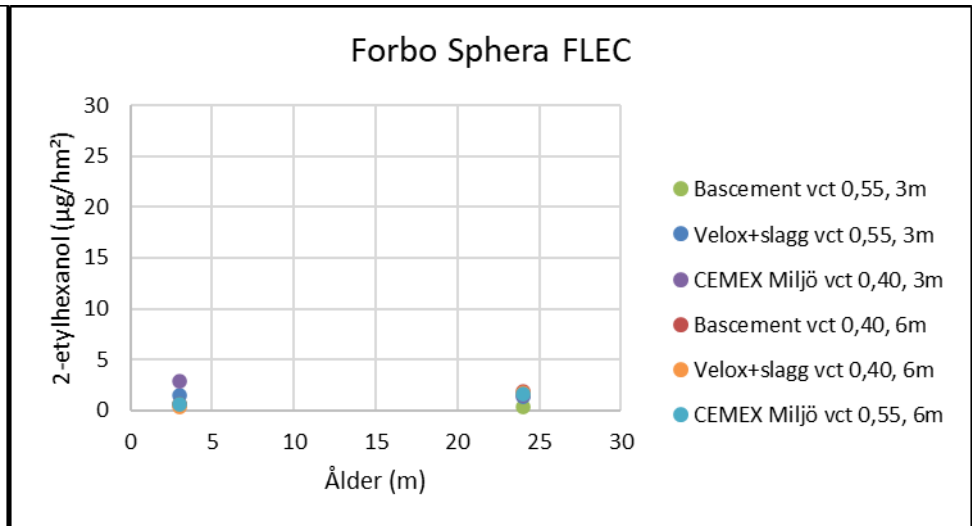
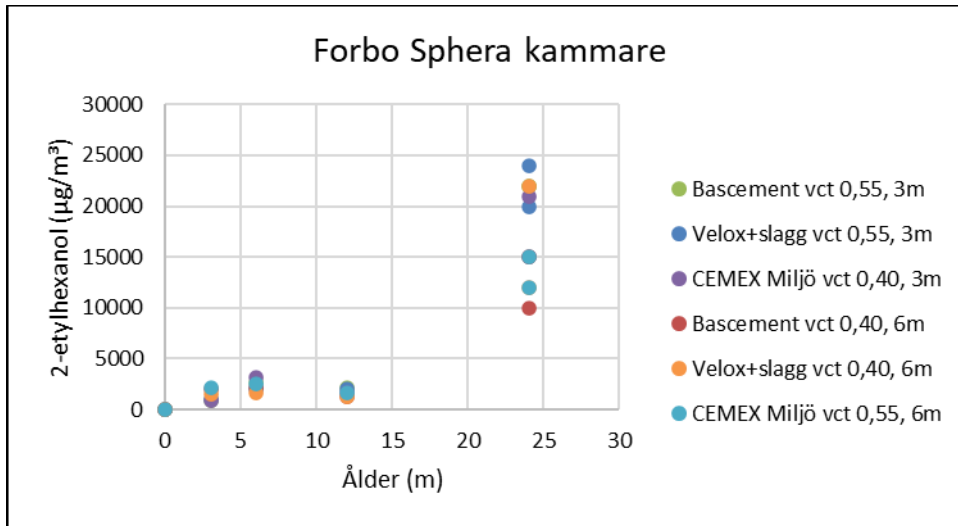
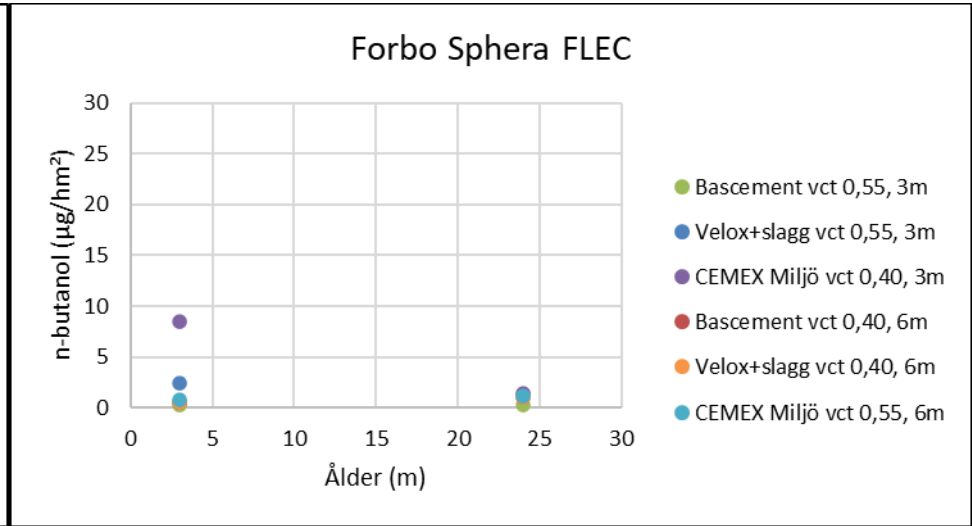
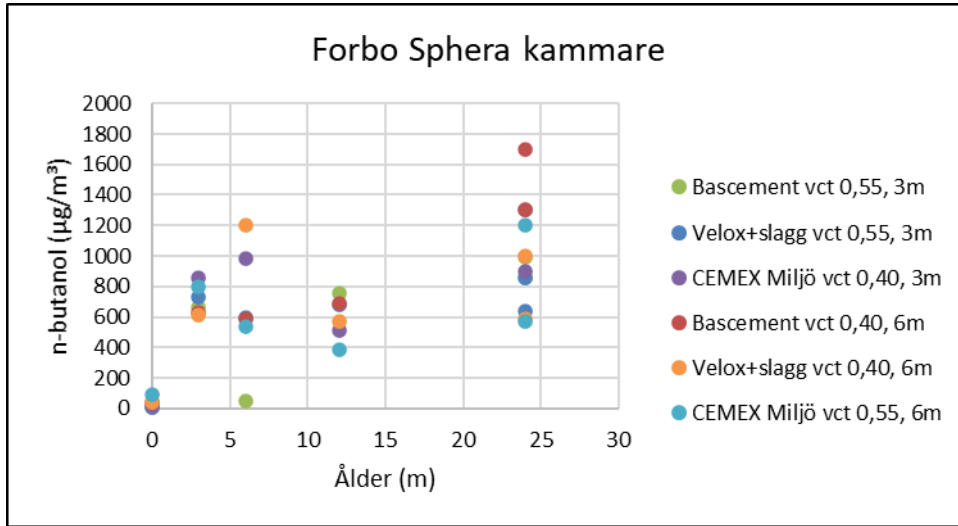


# 16 Sammanställning av emissioner för plattor med Tarkett iQ Optima

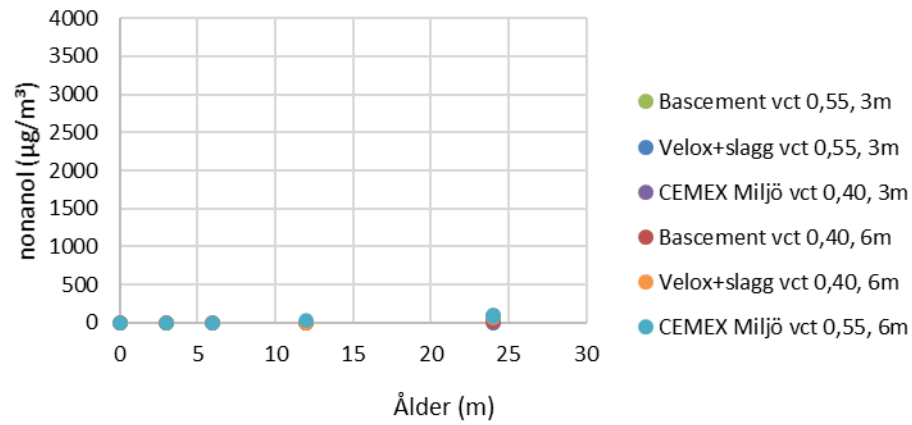




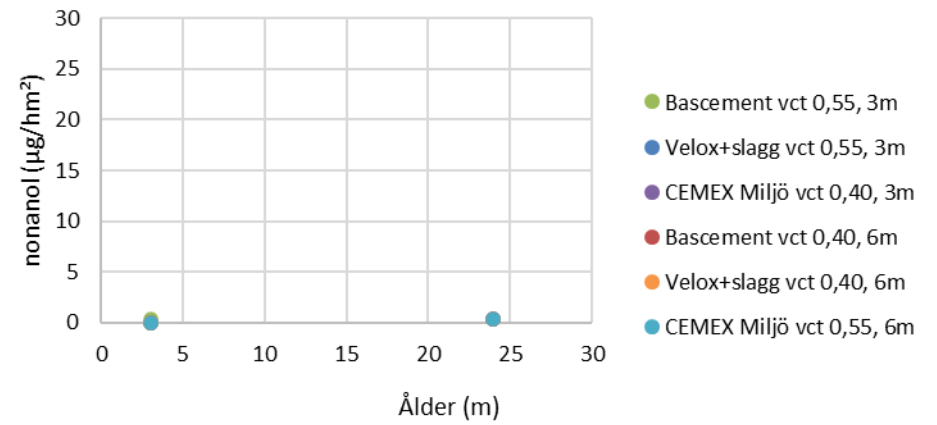
# 17 Sammanställning av emissioner för plattor med Forbo Sphera



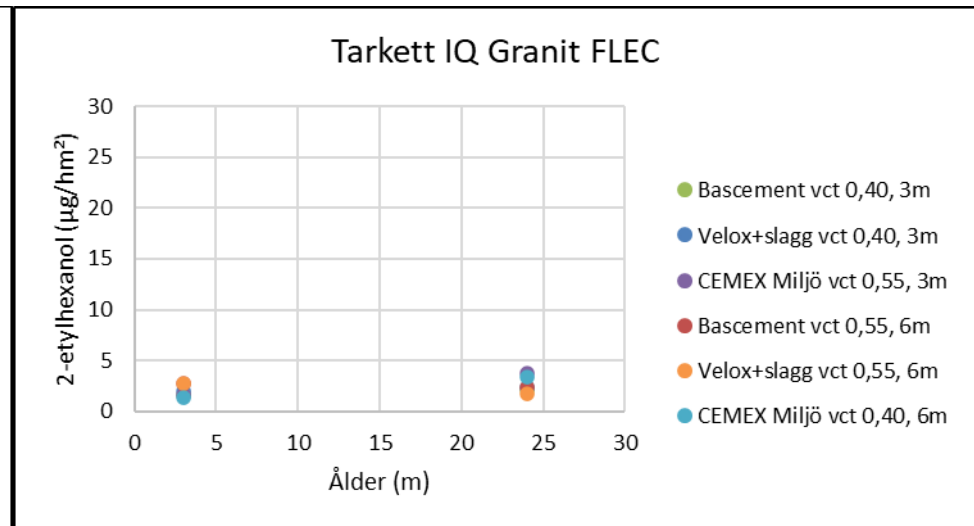
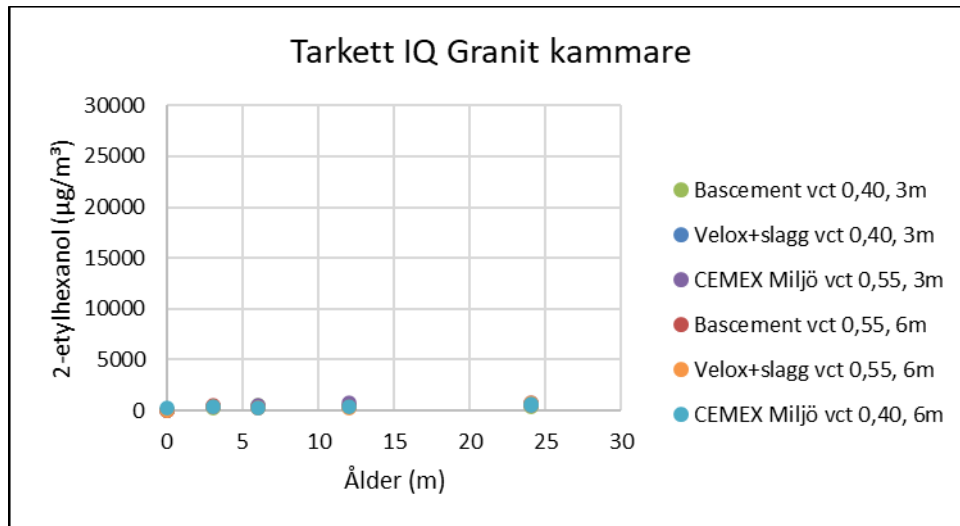
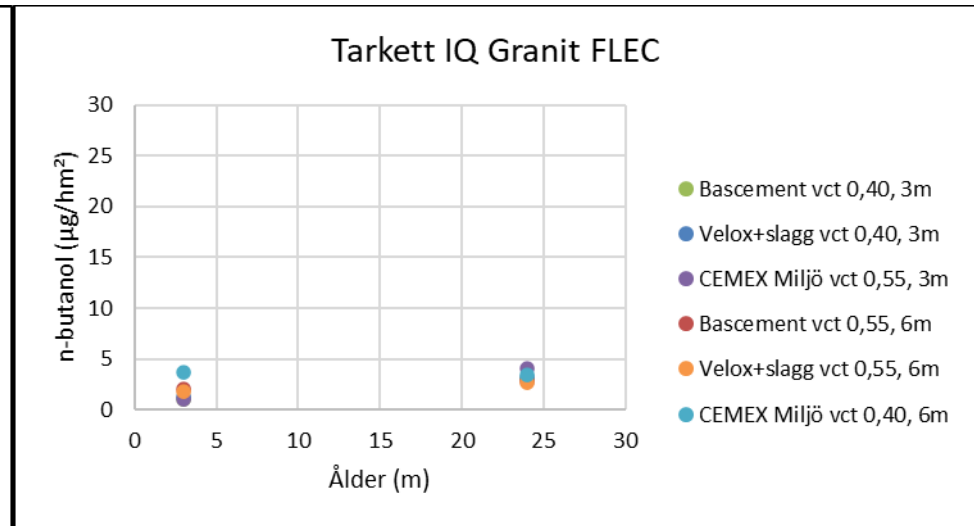
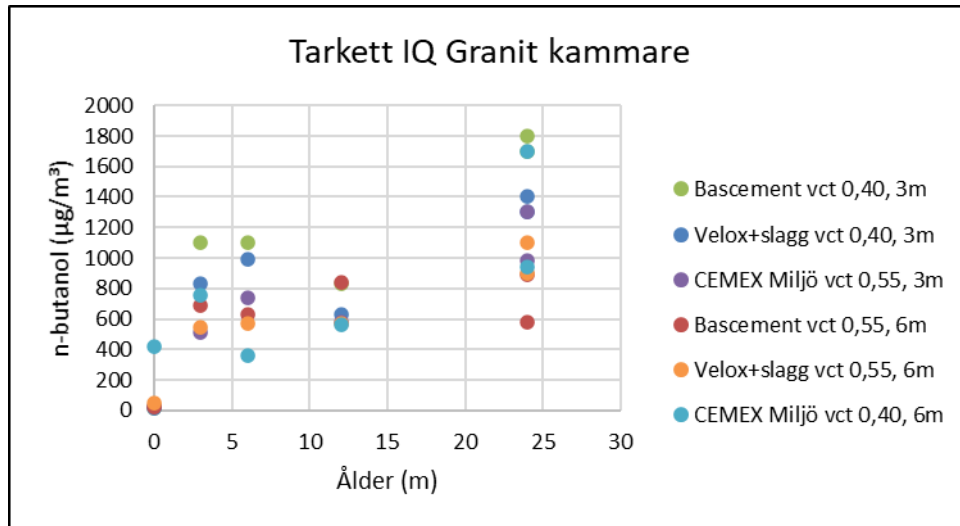
### Forbo Sphera kammare



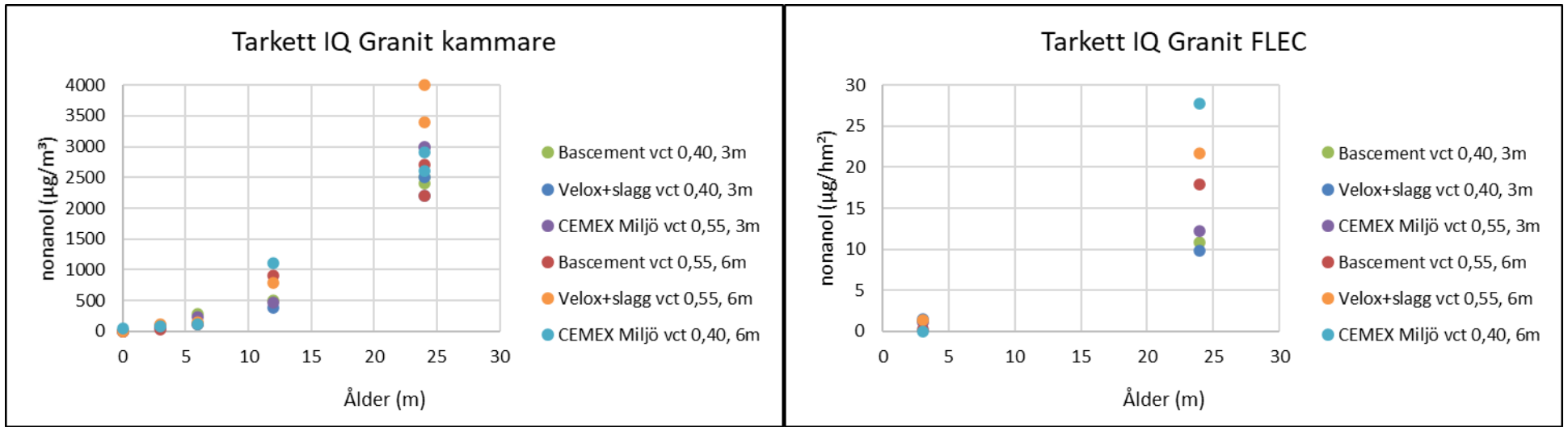
### Forbo Sphera FLEC



# 18 Sammanställning av emissioner för plattor med Tarkett IQ Granit







## 19 Specialobjekt

### 19.1 Avjämnings på metallfolie med lim och ytskikt

Objektet för mätningarna är avjämnings ca 17 mm tjock som lagts ut på metallfolie och uttorkats till en nivå av 62,8 +/- 1,8 % RF. Därefter limmades ytskikt, Forbo Sphera på avjämnings med samma lim som för de övriga objekten.

Mätningarna nedan är kammarmätningar på uttaget prov från avjämnings, med  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som enhet.

Omständigheter	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
Före mattläggning	530	3,1	3,3	7,7	4,1	6,5	3,7	1,5	4,3	3,4	< 1	6,6	< 1	< 1	< 1	5,7
27,5 m efter mattläggning, miten	22000	16	< 1	13	22	< 1	990	1,2	< 1	< 1	< 1	14000	1,3	1,6	11	1
27,5 m efter mattläggning, kant	23000	14	< 1	10	13	< 1	810	1,3	< 1	< 1	< 1	14000	1,6	< 1	7,9	1

### 19.2 Punkterade mattor på plattor

Objekten för mätningar är två ordinarie plattor med modern tät betong, avjämnings, lim och ytskikt. Bägge plattorna har tidigare, dvs efter 24 månader, uppvisat höga nivåer avseende emissioner från hydrolys från ytskikt vid kammarmätning. Ytskikten har punkterats med hjälp av ett ca 2 cm långt hugg med ett stämjärn innan mätning. Objekten har olika ytskikt med olika förväntade emissionsämnen (2-etylhexanol resp. nonanoler).

Mätningarna nedan är FLEC-mätningar mot ytskiktet med snittet under mätcellen, med  $\mu\text{g}/\text{hm}^2$  som enhet.

Objekt	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
Velox+30% slagg vct 0,55, 3 m	115	< 1	< 1	7	< 1	< 1	26	< 1	1	< 1	< 1	41	< 1	< 1	< 1	0
Basement vct 0,40, 3 m	75	< 1	< 1	2	< 1	0	18	< 1	1	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	22

## 20 Egenemissioner

### 20.1 Kammarmätning ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Objekt	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-ethylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
Blöt referensbetong <sup>1</sup>	370	1,5	1,7	11	8,6	16	5,1	<1	3,4	16	<1	14	<1	1,8	<1	0,8
Torr referensbetong <sup>1</sup>	310	7,4	1,2	6,7	4,4	11	12	1	4,7	3,2	<1	15	2	1,4	<1	2,3
CEMEX vct 0,40, 3 månaders + avjämning <sup>2</sup>	170	2,1	1,3	11	3,6	4,8	13	1,3	6,4	2,6	<1	4	1,5	<1	<1	0
CEMEX vct 0,55, 3 månaders + avjämning <sup>2</sup>	250	1,8	2	9,2	13	9,6	22	3,8	5,6	2,5	<1	3,2	<1	<1	<1	1
Basement vct 0,40, 3 månaders + avjämning <sup>2</sup>	250	2	2	9	4	5	18	2	5	2	<1	4	2	<1	<1	0
Basement vct 0,55, 3 månaders + avjämning <sup>2</sup>	260	2	2	15	3	5	11	1	10	3	<1	3	<1	<1	<1	1
Velox+30% slagg vct 0,40, 3 månaders + avjämning <sup>2</sup>	610	1,8	2,5	10	3,3	3,7	12	1,5	7,8	22	<1	9,3	<1	<1	<1	0
Velox+30% slagg vct 0,55, 3 månaders + avjämning <sup>2</sup>	230	2,3	1,6	9,5	6,4	3,7	11	1,6	5,1	2,8	<1	3,3	<1	<1	<1	0
CEMEX vct 0,40, 6 månaders + avjämning <sup>2</sup>	1500	4,8	2,6	11	7,9	4,3	420	2,5	6,4	1,9	<1	260	3,5	<1	<1	42
CEMEX vct 0,55, 6 månaders + avjämning <sup>2</sup>	530	5,7	2,2	7,7	6,4	3,9	95	1,9	5,3	1,5	<1	52	1,4	<1	<1	0
Basement vct 0,40, 6 månaders + avjämning <sup>2</sup>	520	6	2,7	12	7,4	3	43	3,1	6,1	1,3	<1	46	1,4	<1	<1	0
Basement vct 0,55, 6 månaders + avjämning <sup>2</sup>	760	5,1	2,1	14	7	3,2	26	3	7,9	1,7	<1	18	<1	<1	<1	1,1
Velox+30% slagg vct 0,40, 6 månaders + avjämning <sup>2</sup>	440	5,2	2,4	10	6,8	4,5	42	2,6	5,8	1,4	<1	13	<1	<1	<1	1
Velox+30% slagg vct 0,55, 6 månaders + avjämning <sup>2</sup>	450	7,7	2,4	8	5,4	<1	47	2	<1	1,6	<1	8,9	<1	<1	<1	1

1 – kammarmätning på betongprov före mattläggning

2 – kammarmätning på avjämningsprov före mattläggning

Objekt	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
Tarkett IQ Optima	870	7,6	< 1	9,1	29	210	10	1,3	3,6	14	< 1	67	1,7	1,1	< 1	63
Tarkett IQ Granit	1100	5,7	1,1	2,6	26	80	4,8	3	1,8	2,8	< 1	58	2	< 1	< 1	29
Forbo Sphera	2800	< 1	< 1	< 1	4,8	< 1	1	< 1	< 1	2,2	< 1	130	< 1	< 1	< 1	0
CascoProff Extra LE	79000	8,6	< 1	3,7	11	< 1	44000	< 1	< 1	< 1	< 1	11000	2,7	< 1	< 1	1
Tätningssmassa med aluminiumfolie	12000	15	14	12	20	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	130	1,1	1,3	34	1
Tätningssmassa	5600	25	3,6	13	14	< 1	1	1	< 1	< 1	< 1	44	1,3	< 1	5,4	1
Avjämning	530	3,1	3,3	7,7	4,1	6,5	3,7	1,5	4,3	3,4	< 1	6,6	< 1	< 1	< 1	5,7

## 20.2 FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Objekt	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
Tarkett IQ Optima ovansida	12	< 1	< 1	< 1	< 1	1	0	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	1
Tarkett IQ Optima undersida	61	< 1	< 1	< 1	< 1	9	0	< 1	< 1	1	< 1	8	< 1	< 1	< 1	7
Tarkett IQ Granit ovansida	41	< 1	< 1	1	11	4	1	< 1	0	1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	2
Tarkett IQ Granit undersida	71	< 1	< 1	1	3	18	1	< 1	1	1	< 1	14	< 1	< 1	< 1	9
Forbo Sphera ovansida	16	< 1	< 1	1	< 1	1	1	< 1	0	1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	0
Forbo Sphera undersida	193	< 1	< 1	1	5	2	0	< 1	< 1	1	< 1	26	< 1	< 1	< 1	0
Avjämning på metallfolie	31	< 1	< 1	2	1	1	1	1	1	1	< 1	0	< 1	< 1	< 1	0
Blöt referensbetong <sup>1</sup>	37	< 1	< 1	< 1	< 1	2	2	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	0
Avjämning på 3 månaders CEMEX vct 0,55 <sup>2</sup>	44	< 1	< 1	3	2	2	3	1	1	1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	0
Avjämning på 6 månaders CEMEX vct 0,55 <sup>2</sup>	92	< 1	1	5	5	2	8	2	2	1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	0

1 – FLEC-mätning mot betongyta före mattläggning

2 – FLEC-mätning mot avjämningsyta före mattläggning

## 21 Bakgrundsmätningar FLEC ( $\mu\text{g}/\text{hm}^2$ )

Bakgrundsmätning nr	TVOC	bensen	n-dekan	a-pinen	toluen	n-hexanal	n-butanol	m-xylen	3-careen	limonen	1-okten-3-ol	2-etylhexanol	benzylalkohol	TXIB	naftalen	nonanol
1	8	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
2	11	<1	<1	1	<1	2	0	<1	1	1	<1	1	<1	<1	<1	0
3	11	<1	<1	1	<1	2	0	<1	<1	0	<1	1	<1	<1	<1	0
4	11	<1	<1	1	<1	1	0	<1	0	1	<1	0	<1	<1	<1	0
5	21	<1	<1	1	<1	3	0	<1	1	<1	<1	0	<1	<1	<1	1
6	34	<1	<1	<1	<1	1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
7	10	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
8	18	<1	<1	<1	<1	1	3	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
9	8	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
10	11	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
11	9	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
12	13	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
13	41	-	<1	<1	1	1	0	<1	<1	<1	<1	0	1	<1	<1	0
14	22	0	<1	<1	<1	1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
15	15	-	<1	<1	<1	1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
16	11	-	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
17	20	-	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	0
18	5	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
19	23	<1	<1	<1	<1	1	0	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	0
20	18	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
21	21	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0
22	14	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	0	1	<1	<1	<1