

InventiAir

RDCRE20200915

CRE

-

*Contaminant
Removal
Efficiency*

Resultat från mätningar
vid högskolan i Gävle



CRE - Contaminant Removal Efficiency



TESTFAKTA

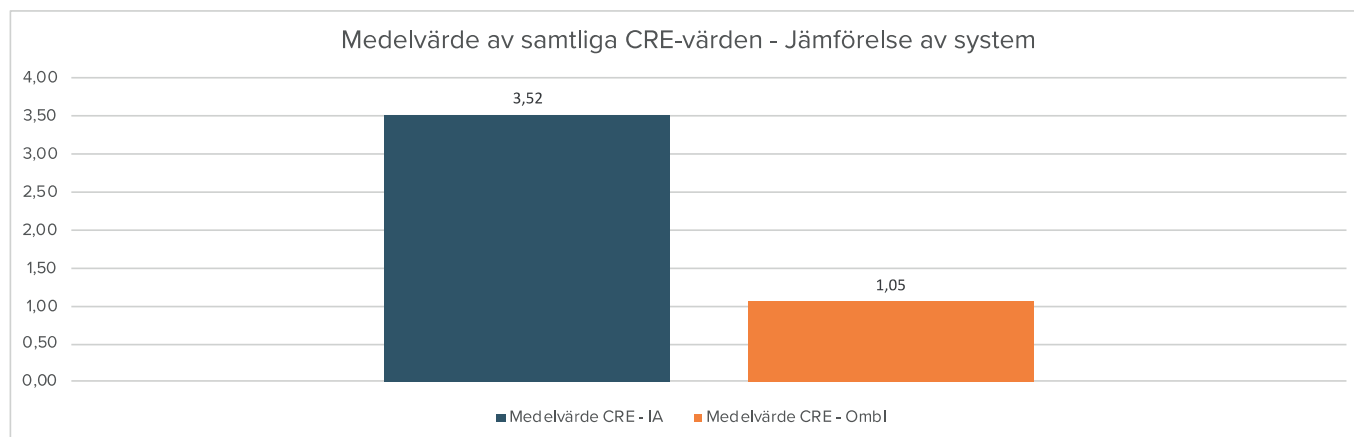
Datum:	År 2014 och 2016
Plats:	Högskolan i Gävle
Lab:	60 m ² /161m ³ (yta/volym)
Produkter:	Omblandande takdon och Tubus Wall dim 200
Luftflöde:	138 l/s (16°C tilluftstemp)
Värmelaster:	1500W (25W/m ²)
Mätpunkter:	47 mätpunkter (utplacerade i rummet)
CFD mesh/modell:	5*10 ⁶ celler

SAMMANFATTNING

Under åren 2014 och 2016 genomfördes omfattande experimentella mätningar och verifierade CFD simuleringar tillsammans med Högskolan i Gävle. Syftet med studierna var att mäta ventilationens lokala effektivitet att föra bort kontaminerad luft. CRE = Contaminant Removal Efficiency

Resultaten påvisade att takdon med luftdistribution enligt konventionell omblandande ventilation hade ett genomsnittligt CRE-värde om 1,05. InventiAirs tilluftsdon med en skiktande luftdistribution hade ett genomsnittligt CRE-värde om 3,52.

Slutsatsen var således att InventiAirs produkter var mer än 3ggr (3,47) effektivare, att föra bort kontaminationer från vistelsezonen kring arbetsplatserna. Det konventionella systemet hade ett minsta/högsta CRE-resultat om 0,97 – 1,14. Att jämföras med värden från InventiAirs system, som CRE-värden med ett spann mellan 1,78 – 6,56.



INTRODUKTION

Ventilationens förmåga att påverka hur effektivt en tillförd kontamination i rummet transporteras bort kan beräknas enligt definitionen av CRE (Contaminant Removal Efficiency).

Att ta bort kontaminationer från inomhusmiljön är synnerligen viktigt från ett hälso- och välmående perspektiv. Varje ventilationssystem har olika flöden och funktion beroende på rummets utformning samt användning. Därför är det viktigt att ha en standardiserad metod att jämföra olika ventilationsystems förmåga att ta bort kontaminationer. Därför används CRE.

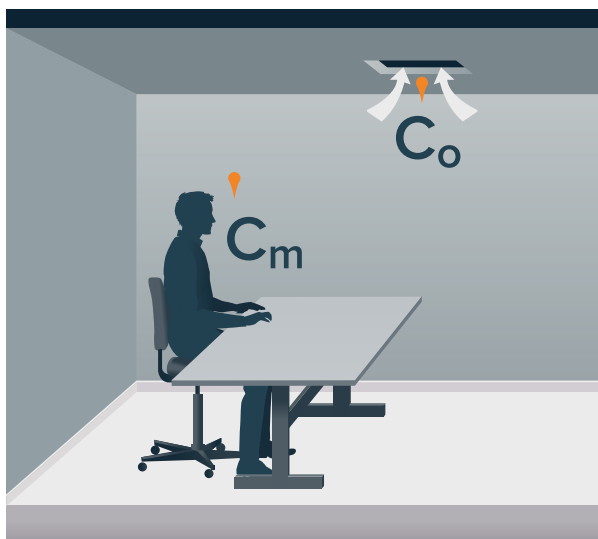
Beräkning av CRE görs enligt samma matematiska formel som det vi i Sverige definierar som Ventilationsindex. Ventilationseffektivitet är ett mått på hur väl den tillförda luften utnyttjas för att ventilera ett utrymme. Lokalt Ventilationsindex är ett mått på hur välventilerad en viss punkt i ett utrymme är. CRE index är definierad enligt följande matematiska formel.

$$\Sigma_c = \frac{C_c - C_i}{C_m - C_i}$$

C_c Uppmätt värde vid frånluften
(genomsnittligt värde 4 frånluftsdon)

C_i Uppmätt värde i tilluften (i detta fall "0", då kontaminationen tillförs från varje person)

C_m Uppmätt värde i önskad punkt (i detta fall ett medelvärde framför näsan och munnen på respektive person)



Ett värde över 1,0 innebär att ventilationen tillför renare luft till punkten än vad som lämnar rummet (Exempelvis innebär CRE-värdet 2,00 att det är mängden uppmätta föroreningar är två gånger större i frånluften än i den aktuella mätpunkten)

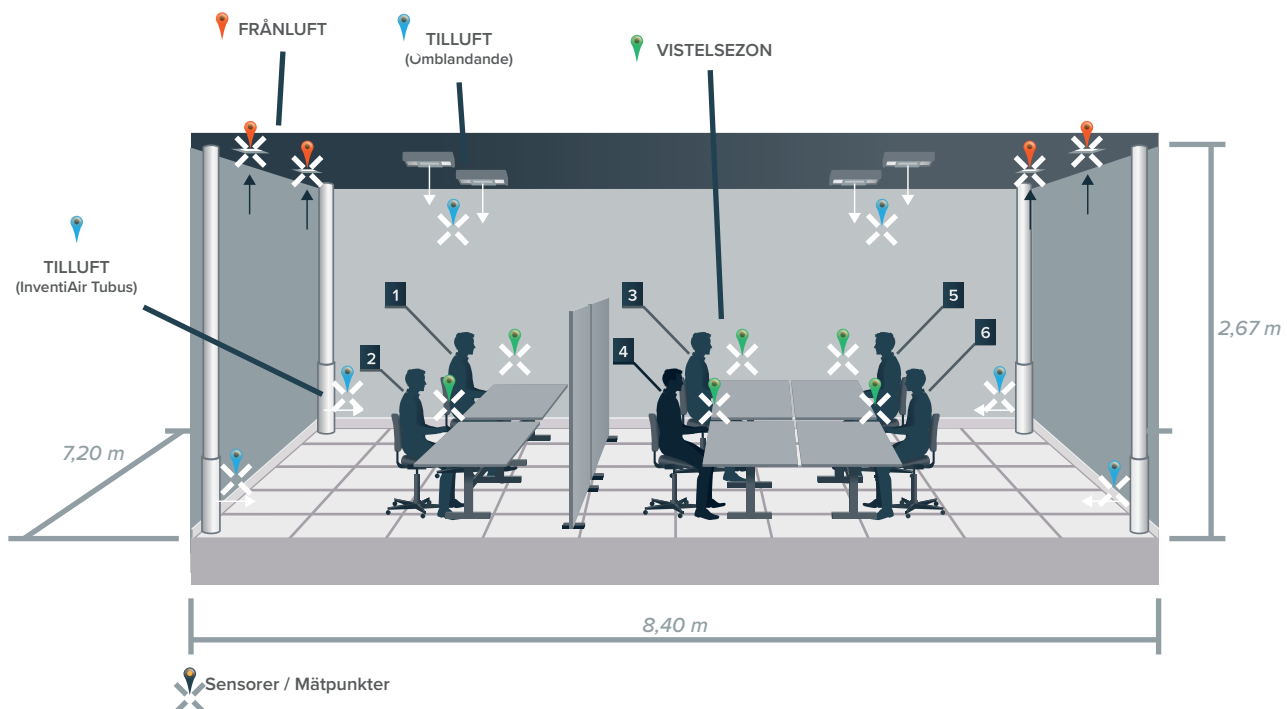
Ett värde på 1,0 indikerar att luftens ålder och utspädning är exakt lika kring personerna såsom i frånluften (100% omblandning)

Ett värde under 1,0 innebär en kortslutning, där renare luft lämnar rummet innan den når personerna i vistelsezonen.

METOD

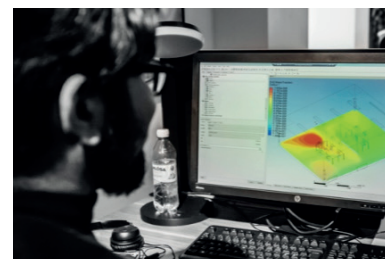
Studierna genomfördes i samarbete med Högskolan i Gävle. En kontorsmiljö om 6 arbetsplatser placerades i ett klimatlaboratorium. Laboratoriet gav oss möjligheter att få stabila förhållande på klimatet i rummet och få korrekta mätningar. Värmekällor (dummys) placerades ut i rummet och vid respektive arbetsplats för att efter skapa en utbredd värmelast om 25W/kvm.

Totalt 4 tilluftsdon med ett flöde om 34,5 l/s per don monterades i taknivå (ombl) eller i hörnen (InventiAir) enligt skissen nedan. Fyra frånluftsdon med ett flöde om 34,5 l/s per don monterades i taknivå. Tilluftstemperaturen var 16°C och rummets klimat var i balans innan mätningarna påbörjades. Mätningarna gjordes under totalt 9 månader och ingick en större studie av mätningar. Denna studie handlar primärt om luftutbyte, där förutom temperatur och lufthastigheter även spårgas gav experimentella data.



Med data från de experimentella mätningarna kunde sedan en CFD-modell byggas upp och verifieras. Antalet celler översteg 5 miljoner och vi kunde således erhålla både noggranna och tillförlitliga simuleringar, utan att behöva göra enskilda mätningar. Totalt gjordes 12 olika CFD simuleringar, en för varje arbetsplats som kontaminations-spridare samt för två omgångar av de olika fallen med olika ventilationssystemen.

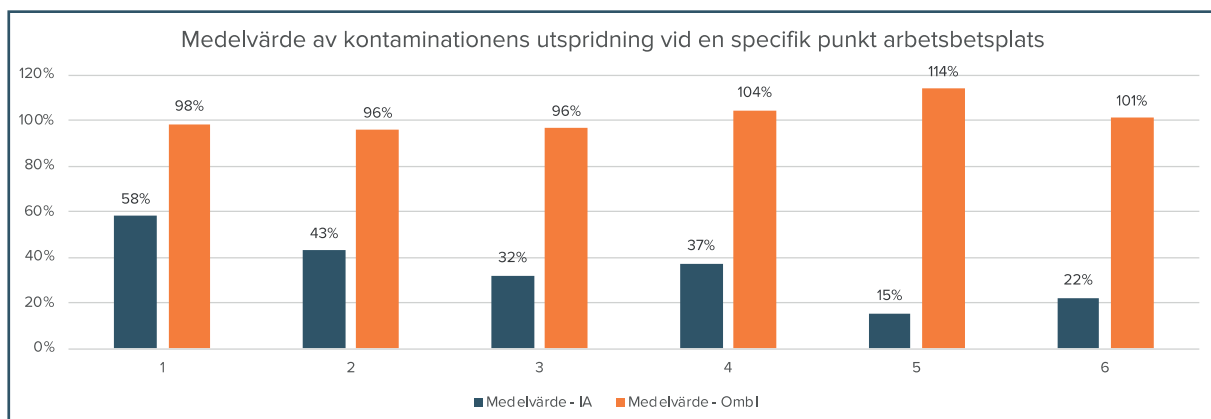
Spårgas:	Koldioxid (finns naturligt i utandningsluften)
Temperatur:	36,2 Celsius
Mängd spårgas:	0,035% av utandningsluften (0,000167568 kg/s)
Värmlaster:	25 W/kvm
Mätpunkter:	Framför varje "dummy" i ansiktshöjd samt medelvärde frånluft



CFD-modell

RESULTAT

Den första resultaten påvisar andelen uppmätt koncentration av kontaminationen i en viss punkt, där den uppmätta mängden i frånluften är densamma som medelvärdet för koncentrationen i den totala volymen i rummet (100%). Diagrammet nedan ger således en tydlig bild av hur en kontamination sprider ut sig i rummet, givet en viss specifik källa. Värdet anger alltså det samlade medelvärdet vid en specifik arbetsplats, givet att det sprids ut från någon av de övriga arbetsplatserna.



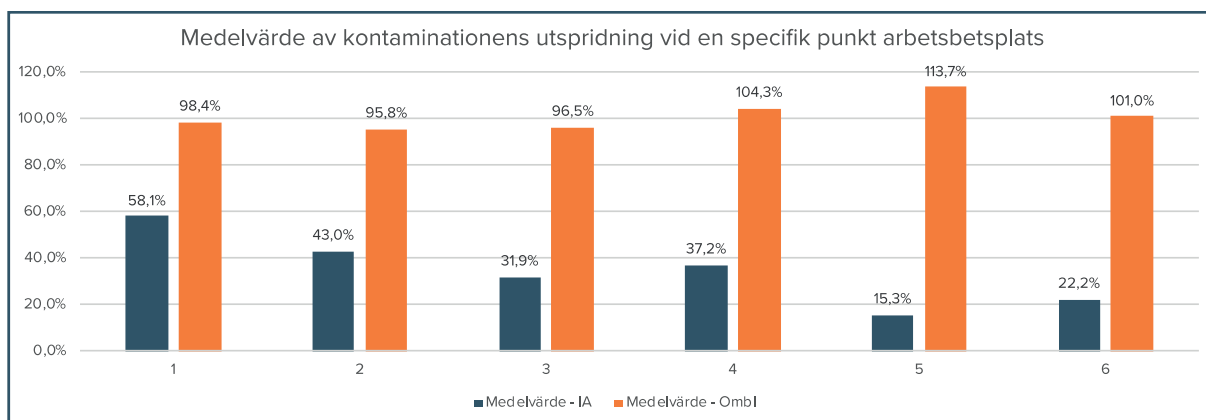
Medelvärdet av kontaminationens utbredning blev betydligt lägre med InventiAirs inblåsnings-teknik, i jämförelse med motsvarande medelvärde för den ombländade ventilationen. Spridningen av kontaminationen i de olika fallen är endast 35% i medelvärde, att jämföra med 102% för det ombländande fallet.

De gula cellerna markerar det högsta beräknade värdet av kontaminationen och de gröna cellerna markerar det lägsta markerade värdet av kontaminationens utbredning

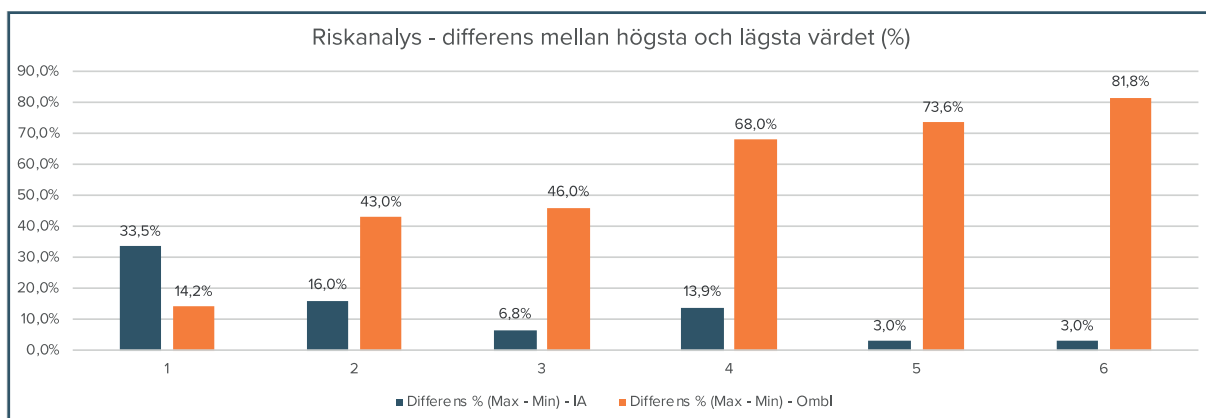
InventiAir	1	2	3	4	5	6
1	Source	53,3%	30,9%	29,9%	14,5%	21,4%
2	81,0%	Source	28,3%	36,1%	13,7%	20,7%
3	51,3%	39,4%	Source	36,4%	17,0%	23,0%
4	59,2%	43,5%	35,0%	Source	16,0%	21,6%
5	47,5%	36,7%	32,9%	43,8%	Source	24,4%
6	51,4%	42,1%	32,2%	39,9%	15,5%	Source
Medelvärde - IA	58,1%	43,0%	31,9%	37,2%	15,3%	22,2%
					Medel 1-6	34,6%
Differens % (Max - Min) - IA	33,5%	16,0%	6,8%	13,9%	3,0%	3,0%

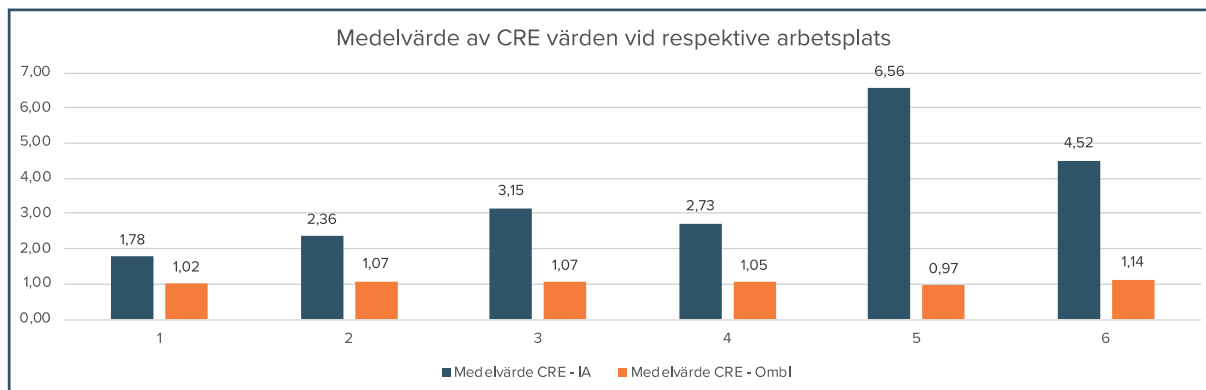
Ombl	1	2	3	4	5	6
1	Source	120,4%	79,4%	67,4%	73,5%	58,7%
2	91,2%	Source	76,9%	71,2%	75,2%	61,7%
3	102,6%	80,0%	Source	130,1%	143,4%	127,1%
4	97,5%	102,7%	103,8%	Source	129,2%	140,5%
5	105,4%	77,4%	122,8%	117,4%	Source	117,3%
6	95,2%	98,2%	99,4%	135,4%	147,1%	Source
Medelvärde - Ombl	98,4%	95,8%	96,5%	104,3%	113,7%	101,0%
					Medel 1-6	101,6%
Differens % (Max - Min) - Ombl	14,2%	43,0%	46,0%	68,0%	73,6%	81,8%

En intressant analys var att studera differensen i absoluta tal (%) mellan det högsta värdet och det lägsta värdet. Eller på ett annat sätt beskrivet, risken att du sitter på "fel" eller "rätt" arbetsplats.



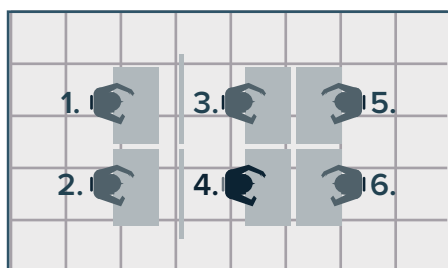
Diagrammet ovan ger således en tydlig bild att variansen mellan det högsta och lägsta värdet är betydligt större för det omblandade systemet på arbetsplatserna 2 - 6. Vid arbetsplats 1 är variansen större med InventiAirs teknik ($81 - 48 = 33\%$) att jämföras med det konventionella omblandande systemet ($105 - 91 = 14\%$).





InventiAirs system har oavsett arbetsplats eller kontaminationsspridare alltid ett högre CRE-värde.

InventiAir	1	2	3	4	5	6
1	Source	1,88	3,24	3,34	6,90	4,67
2	1,23	Source	3,54	2,77	7,28	4,83
3	1,95	2,54	Source	2,75	5,90	4,34
4	1,69	2,30	2,85	Source	6,24	4,63
5	2,10	2,72	3,04	2,28	Source	4,10
6	1,94	2,37	3,10	2,50	6,46	Source
Medelvärde CRE - IA	1,78	2,36	3,15	2,73	6,56	4,52
					Medel 1-6	3,52



Ombi	1	2	3	4	5	6
1	Source	0,83	1,26	1,48	1,36	1,70
2	1,10	Source	1,30	1,41	1,33	1,62
3	0,97	1,25	Source	0,77	0,70	0,79
4	1,03	0,97	0,96	Source	0,77	0,71
5	0,95	1,29	0,81	0,85	Source	0,85
6	1,05	1,02	1,01	0,74	0,68	Source
Medelvärde CRE - Ombi	1,02	1,07	1,07	1,05	0,97	1,14
					Medel 1-6	1,05

ANALYSER OCH SLUTSATSER

I linje med andra studier kring CRE och Lokalt Ventilationsindex, spreds sig kontaminationen relativt jämt ut i lokalen. Den uppmätta koncentrationen av kontaminationen påverkades också positivt/negativt av ett större/mindre mängd luftflöde/tilluft som tillfördes ut i lokalen.

Det högsta CRE-värdet för InventiAirs system var upp till 6 gånger bättre och erhöles kring arbetsplats (5). Den positionen gynnades eventuellt av att frånluften var positionerad precis ovanför arbetsplatsen och att den använda luften kunde med en kortare väg lämna rummet. Även arbetsplats (6) erhöles höga CRE-värden, vilket troligen var beroende av frånluftens placering.

Vidare kunde konklusioner dras kring skärmväggens betydelse och påverkan av CRE-värden. I fallet med InventiAirs ventilationssystem hade arbetsplatserna 1 - 4, som var belägna närmast skärmväggen lägre CRE-värden oavsett vilken arbetsplats som spred kontaminationen. Skärmväggen bidrog således eventuellt till att minska den naturliga strömningskraften kring arbetsplatserna. Dessa fenomen bör utredas och studeras noggrannare innan djupare slutsatser dras.

I fallet med det omblandade systemet var det främst de stora variationerna mellan det högsta och lägsta CRE-värdet som väckte uppmärksamhet. Arbetsplats 4 och 6 hade både låga CRE-värden kring 0,7-0,8 långt under medelvärdet (1), vilket påvisar att ventilationen fungerar som en riktad spridare av en kontamination istället för en föra bort den. Arbetsplats 1 och 2 var i dessa studier betydligt renare med CRE-värden kring 1,5 och över. Det innebär att "risken" att ta fel skrivbord vid ett co-working landskap kan skilja sig åt nästan 100%.

Resultaten med InventiAirs luftdistribution gav i genomsnitt av samtliga kontaminationsspridare och arbetsplatser ett CRE-värde om 3,52. Att jämföras med 1,05 för det omblandade fallet.

Slutsatsen är således att det omblandande systemet är just omblandande och uppfyller sina kriterier att späda ut kontaminationen maximalt i rummet. InventiAirs system blandar runt kontaminationerna mindre och har en lägre koncentrationen kring arbetsplatserna och en högre koncentration i takhöjd. Detta förklarar den signifikanta skillnaden i resultaten.

VIDARE STUDIER

Fördjupade studier med olika typer av rumsmöblering och positionering av värmekällor. Andra typer av ventilationsdon och klimatprodukter såsom kylbafflar och Air Condition apparater skulle ge ett bredare perspektiv och förståelse för kontaminationernas spridning. Vidare önskar tester göras där olika partikelstorlekar mäts och simuleras.

InventiAir AB

Martin Sellö

Petter Lundgren

Bromma 2020-09-15

BILAGOR

Data från CFD-simuleringar

Source of contaminants-	Tubus InventiAir - 1500W					
Data - Avg. CO2 mass fraction						
Position of data averaged	1	2	3	4	5	6
1	0,035	1,85E-05	1,18E-05	1,07E-05	5,32E-06	7,68E-06
2	2,91E-05	0,035	1,08E-05	1,29E-05	5,05E-06	7,42E-06
3	1,85E-05	1,36E-05	0,035	1,30E-05	6,23E-06	8,25E-06
4	2,13E-05	1,51E-05	1,34E-05	0,035	5,89E-06	7,75E-06
5	1,71E-05	1,27E-05	1,26E-05	1,56E-05	0,035	8,74E-06
6	1,85E-05	1,46E-05	1,24E-05	1,43E-05	5,69E-06	0,035
Outlets (Avg)	2,59E-05	2,41E-05	2,74E-05	2,45E-05	2,36E-05	2,63E-05
Outlets (Mass abs avg)	3,60E-05	3,47E-05	3,84E-05	3,57E-05	3,68E-05	3,59E-05
Supply air kg/s	0,1691715	0,1691715	0,1691715	0,1691715	0,1691715	0,1691715
Supply air temperature K	289	289	289	289	289	289
Exhaust air temp (Mass abs.avg)	297,8568	297,8544	297,8726	297,843	297,9176	297,8949
Air released from mouth Temp	309,15	309,15	309,15	309,15	309,15	309,15
Mouth release air flow kg/s	0,000175922	0,00017593	0,000175924	0,000175929	0,000180087	0,000175926

Source of contaminants-	Mixing - 1500W					
Data - Avg. CO2 mass fraction						
Position of data averaged	1	2	3	4	5	6
1	0,035	4,17E-05	2,75E-05	2,34E-05	2,55E-05	2,03E-05
2	3,17E-05	0,035	2,66E-05	2,47E-05	2,61E-05	2,14E-05
3	3,56E-05	2,77E-05	0,035	4,51E-05	4,97E-05	4,40E-05
4	3,38E-05	3,56E-05	3,59E-05	0,035	4,48E-05	4,86E-05
5	3,66E-05	2,68E-05	4,25E-05	4,07E-05	0,035	4,06E-05
6	3,31E-05	3,40E-05	3,44E-05	4,69E-05	5,10E-05	0,035
Outlets (Avg)	3,43E-05	3,13E-05	3,33E-05	3,37E-05	3,58E-05	3,09E-05
Outlets (Mass abs avg)	3,47E-05	3,46E-05	3,46E-05	3,46E-05	3,47E-05	3,46E-05
Supply air kg/s	0,1691777	0,1691777	0,1691777	0,1691777	0,1691777	0,1691777
Supply air temperature K	289	289	289	289	289	289
Exhaust air temp (Mass abs.avg)	297,7163	297,7111	297,7171	297,7054	297,6941	297,6845
Air released from mouth Temp	309,15	309,15	309,15	309,15	309,15	309,15
Mouth release air flow kg/s	0,000167568	0,000167568	0,000167565	0,000167568	0,000167571	0,000167568