

Testrapport af luftrensere Xsystems Pure Air Medi 400

Rapporten er udarbejdet af dansk Teknologisk Institut





Test af luftrensere

Rapport 110576



TEKNOLOGISK
INSTITUT



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Test af luftrensere

Rapport 110576



Udarbejdet for:

X Systems APS
Holmbladsvej 15
8600 Silkeborg

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

December 2021

Forfattere:

Naja Villadsen, Konsulent, Ph.d.
nvi@teknologisk.dk, +45 7220 1743

Kvalitetssikring:

Stig Koust Hansen, Forretningsleder, Ph.d.
stko@teknologisk.dk, +45 7220 1151

1. Indhold

2.	Opgaven	4
3.	Konklusion	4
4.	Måleprotokol	5
4.1.	Testopstilling	5
4.2.	Test procedure	6
4.3.	Beregning af CADR-værdi:.....	7
5.	Analysemetoder	8
5.1.	Partikelmassekoncentration.....	8
5.2.	Partikelantalskoncentration.....	8
5.3.	Flygtige organiske forbindelser (VOC)	8
5.4.	Ozon.....	8
5.5.	Temperatur og relativ luftfugtighed.....	8
6.	Resultater	8
6.1.	Partikelmassekoncentration.....	9
6.2.	Partikelantalskoncentration.....	9
6.3.	Flygtige organiske forbindelser	10
6.4.	Opsummerende tabel	11
6.5.	Strømforbrug	11

2. Opgaven

X Systems ApS har rekvireret Teknologisk Institut til at udføre test af luftrenseren Pure Air Medi 400 (artikelnummer 70712) med henblik på at dokumentere luftrenserens effektivitet overfor fine og ultrafine partikler, samt flygtige organiske forbindelser ("VOC") i luften.

Målingerne blev udført i et lukket, ikke-ventileret testkammer på 20 m³. Der blev målt på partikler og VOC'er fra cigaretter via kontrolleret frigivelse af røg fra en rygerobot. Cigaretrøg er en god kilde til både fine og ultrafine partikler, idet størstedelen af partiklerne har en størrelse omkring 0,1 µm (100 nm).

Der blev foretaget målinger ved luftrenserens 4 forskellige hastighedstrin P4 (højest) til P1 (lavest) samt en referencemåling på tilrøget testkammer med slukket luftrenser.

Desuden blev det testet hvorvidt luftrenseren gav anledning til ophobning af ozon. Ozontesten vil blive foretaget ved at måle ozonkoncentrationen i testkammeret i 24 timer med tændt luftrenser.

Målingerne blev foretaget på Teknologisk Institut, Aarhus, fra den 13. december 2021.

3. Konklusion

Luftrensernes effektivitet er undersøgt ved fire forskellige hastighedsindstillinger. Rensekapaciteten overfor partikler udtrykkes ud fra en CADR-værdi (Clean Air Delivery Rate, se afsnit 4.3) og effektiviteten overfor VOC er udregnet som procentvis reduktion i den totale koncentration af VOC'er (TVOC) i en periode på 30 minutter.

Tabel 1: Samlet overblik for resultaterne fra effektivitets-test af Pure Air Medi 400 luftrenser

Hastighedsindstilling	CADR [m ³ /time]		TVOC reduktion [%]*
	Partikelantal	Partikelmasse	
Niveau P4	310	348	9
Niveau P3	233	258	8
Niveau P2	141	159	3
Niveau P1	48	58	14

* Beregnet reduktion i det anvendte testkammer 30 minutter efter afsluttet opblandingsfase sammenlignet med referencemålingen.

Ozon: Ved ozontestens afslutning, efter at luftrenseren havde været tændt i 24 timer, blev der målt en ozonkoncentration på under 5 ppb. Dermed vurderes det, at luftrenseren ikke giver anledning til op-hobning af ozon. Til sammenligning er et typisk ozonniveau i udendørsluft på cirka 20 ppb¹.

¹ Aarhus Universitet – Luftkvalitetsmålinger i Århus. <https://envs2.au.dk/Luftdata/Presentation/Graph/Aarhus>

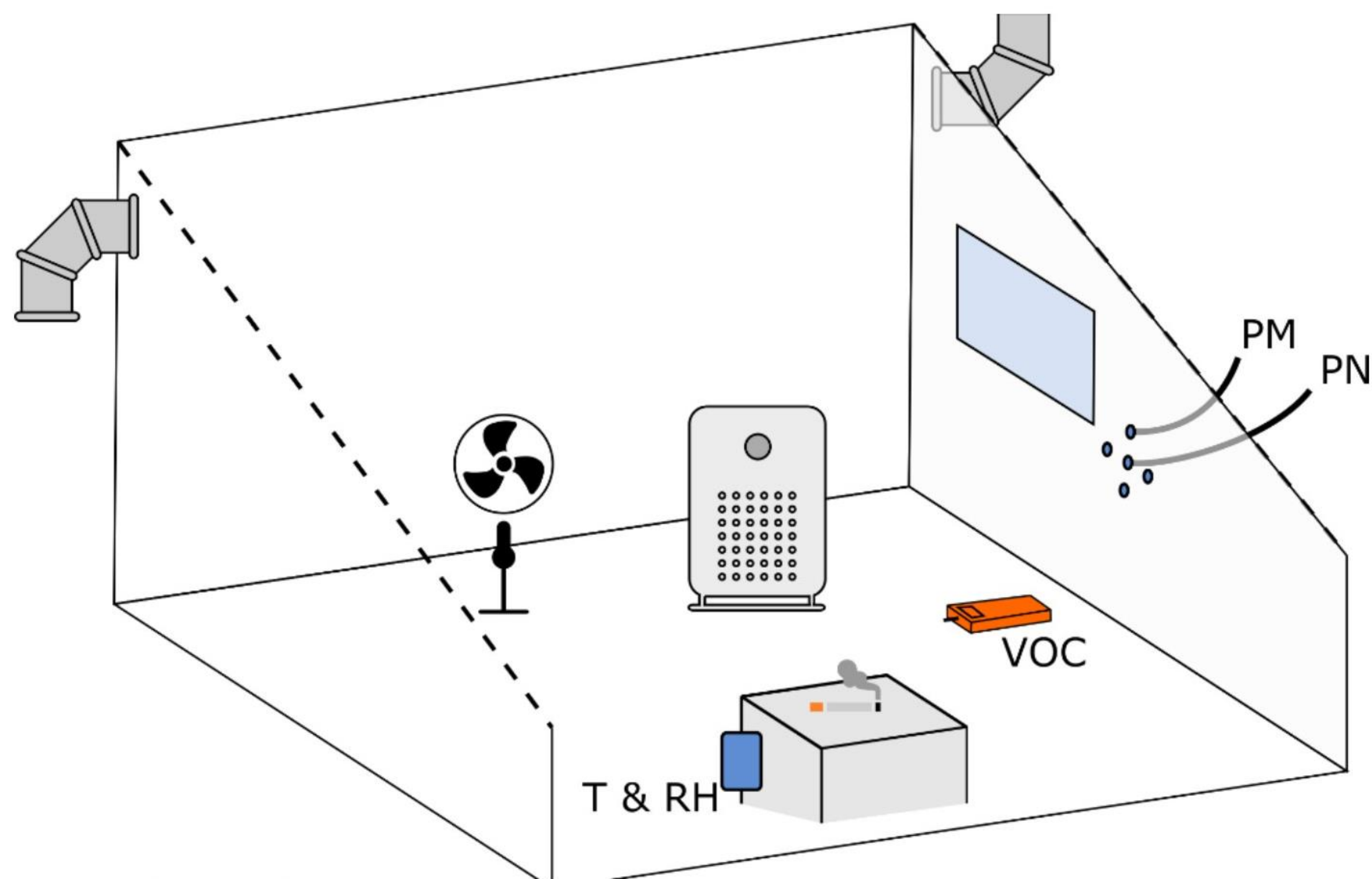
Tabel 2: Overblik over anbefalet rumstørrelse, for hvert hastighedstrin. Anbefalingen laves på baggrund af CADR-værdien og en antaget loftshøjde på 2,5 meter

Hastighedsindstilling	Anbefalet rumstørrelse [m2]	
	Partikelantal	Partikelmasse
Niveau P4	26	29
Niveau P3	19	21
Niveau P2	12	13
Niveau P1	4	5

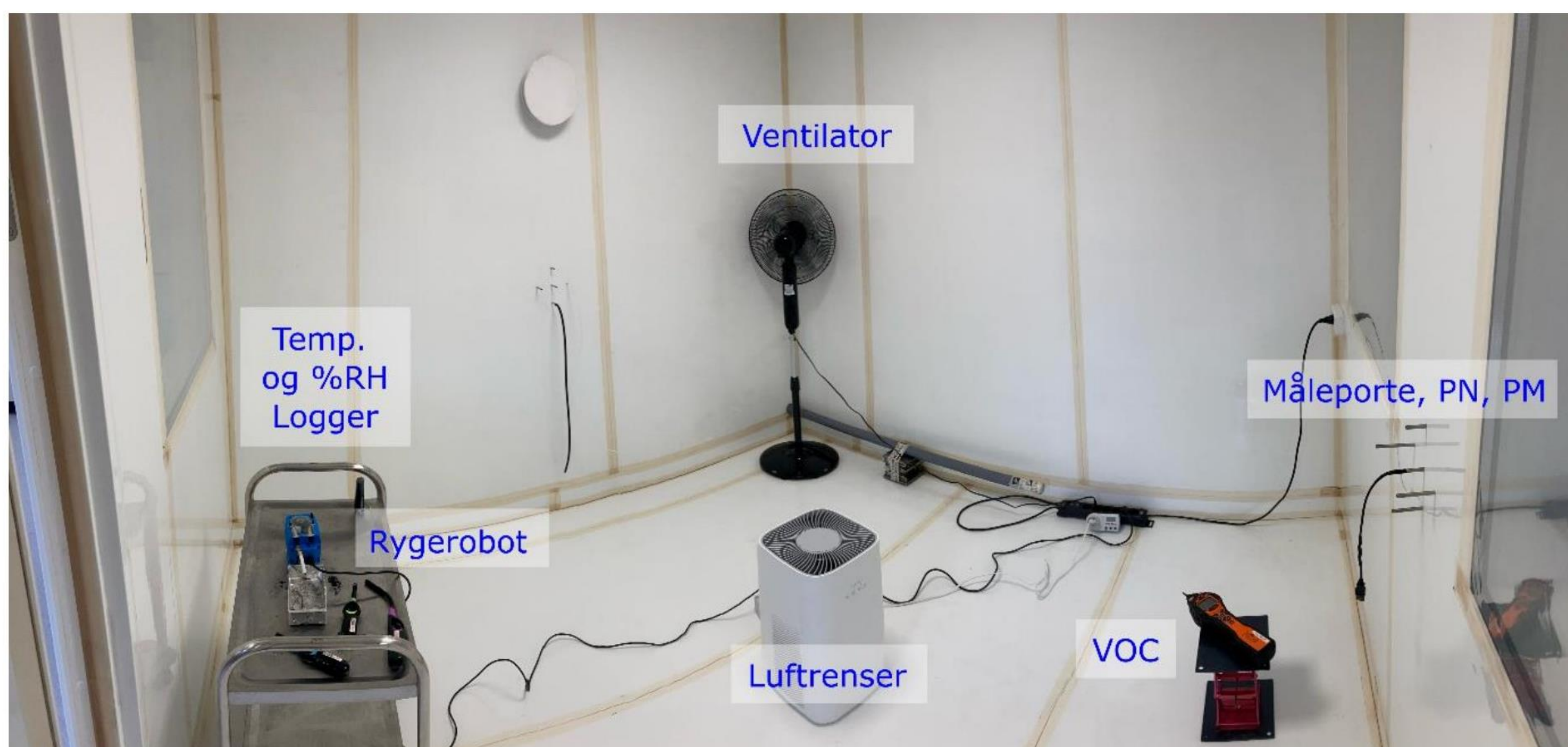
4. Måleprotokol

4.1. Testopstilling

Alle testene blev gennemført i et tillukket, ikke-ventileret 20 m³ testkammer. Væggene er dækket med teflon for at minimere adsorption af partikler og gasser på kammervæggene. Testkammeret er lufttæt og derfor egnet til test af luftrensereffektivitet (se Figur 1).



Figur 1. Skematisk oversigt over testopstilling. PM er instrument til partikelmasse-koncentration; PN er instrument til partikelantals-koncentration; VOC er instrument til måling af flygtige organiske forbindelser.

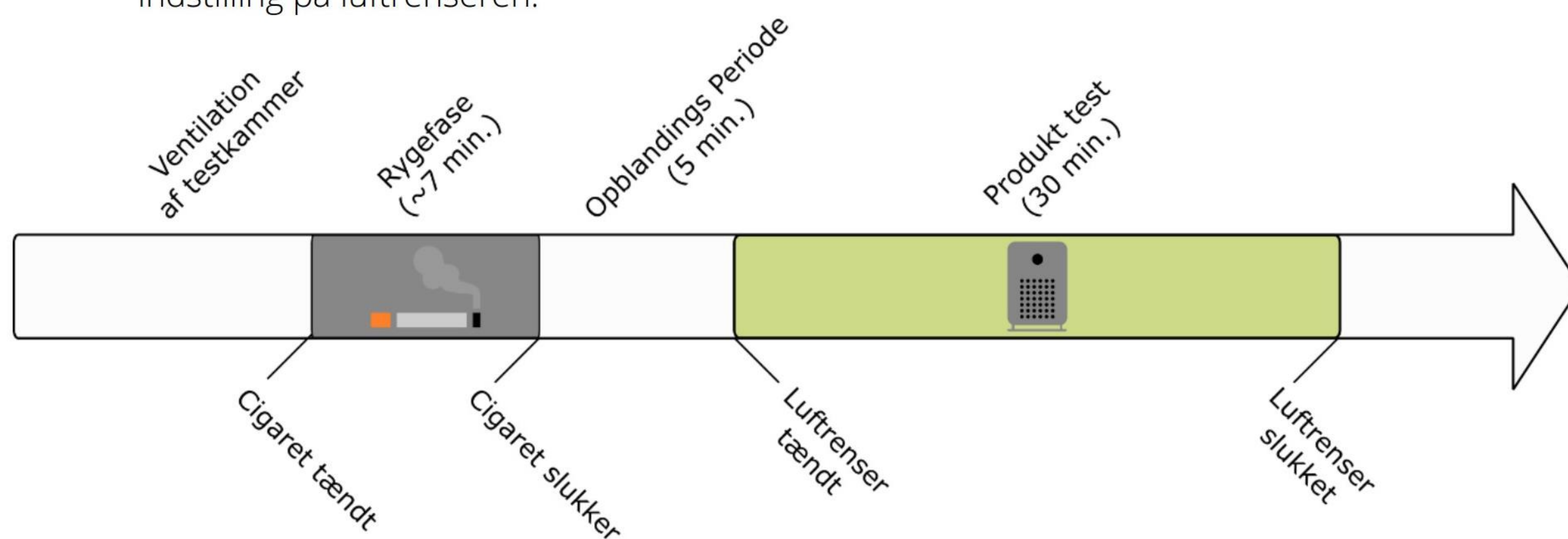


Figur 2: Opstilling i testkammer med luftreenser Pure Air Medi 400.

4.2. Test procedure

Testen af luftreenser foregik efter følgende protokol (se desuden oversigt i Figur 3):

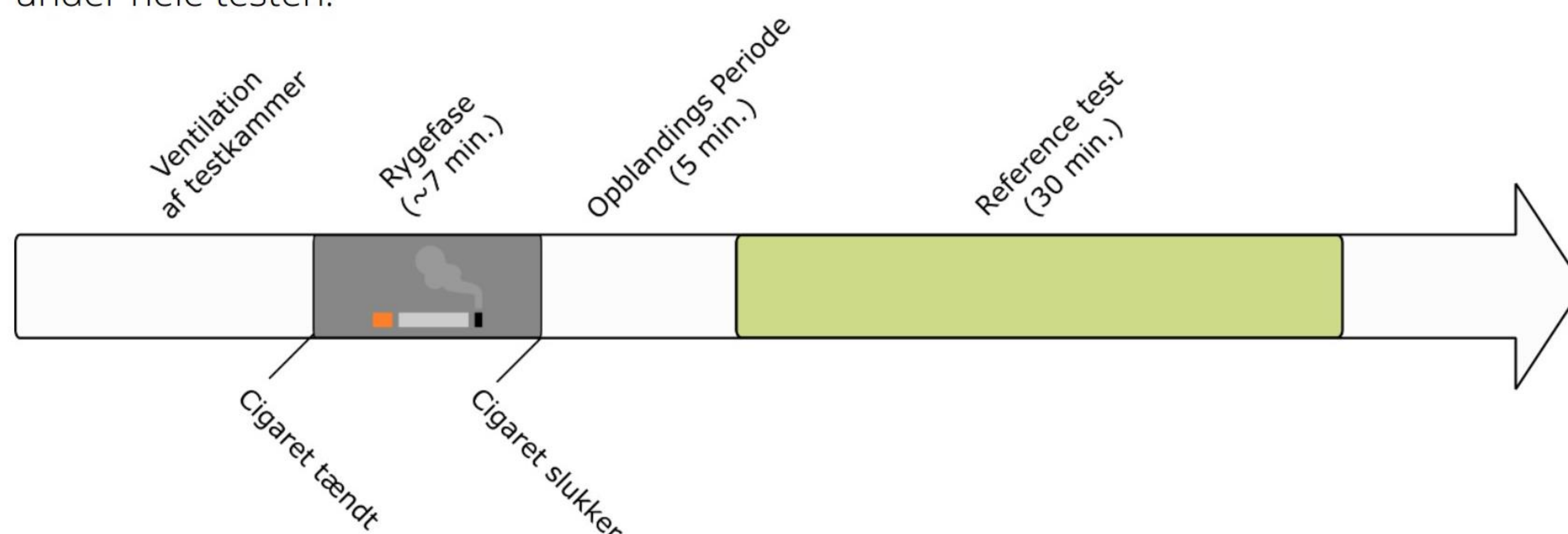
- Testkammeret blev rengjort og ventileret grundigt.
- Ventilationen i rummet blev stoppet og måleinstrumenter tilkoblet kammeret.
- I testkammeret blev luftreenser (slukket), gulvventilator og rygerobot opstillet.
- Gulvventilator blev tændt (laveste niveau og drejende frem og tilbage). Denne sikrede en homogen opblanding af partikler i testkammeret.
- Baggrunds niveau blev målt i minimum 10 minutter.
- Rygefasen blev startet og faciliteret af en rygerobot, som kontrolleret ryger en cigaret (rød Marlboro) over periode på cirka 7 minutter.
- Efter cigaretten blev slukket og fjernet fra testkammeret, samt en passende koncentration af partikler og gasser var opnået, startede renseperioden (angivet som Produkt test i figur 3).
- Renseperioden startede ved at luftreenser blev tændt. Koncentrationen af TVOC, partikelantal og partikelmasse blev fortsat logget kontinuert. Renseperioden havde en varighed på minimum 30 minutter.
- Slutteligt blev testkammeret grundigt ventileret, inden forsøget blev gentaget ved en anden indstilling på luftreenser.



Figur 3 Skematisk overblik over protokol for test af luftreenserens evne til at fjerne cigaret røg.

Referencemåling:

For at karakterisere det naturlige henfald af TVOC og partikler i testkammeret blev en test magen til beskrivelsen ovenfor foretaget, men med luftrensere slukket under renseperioden (Angivet som "Reference Test" i figur 4). Koncentrationen af partikelantal og partikelmasse blev ligeledes målt kontinuert under hele testen.



Figur 4 Skematisk overblik over protokol for referencemåling af henfald af cigaret røg.

4.3. Beregning af CADR-værdi²:

Luftrensersens effektivitet udtrykkes som *Clean Air Delivery Rate* (CADR), hvilket beregnes som beskrevet i metoden ANSI/AHAM AC-1-2015. CADR er et udtryk for den mængde ren luft, som luftrenseren kan levere i timen. For eksempel betyder en CADR-værdi på 100, at luftrenseren på en time leverer 100 m³ ren luft fri for den pågældende forureningskilde i det målte område af partikelstørrelser (se afsnit 5.1 og 5.2 nedenfor).

Der er beregnet en CADR-værdi for hvert af de undersøgte hastighedstrin og forureningsparametre (partikelantal (PN), partikelmasse (PM)). Det giver i alt 8 CADR-værdier (se Tabel 1).

Denne fremgangsmåde giver et godt indblik i luftrensersens samlede ydeevne, da luftrenseren kan have forskellig effektivitet overfor forskellige forureningsparametre. CADR-værdien beregnes ud fra den eksponentielle henfaldskonstant af koncentrationerne over tid i renseperioden.

Da reduktionen af TVOC-koncentrationen ikke fulgte et eksponentielt fald var det ikke muligt at udregne en CADR-værdi for TVOC. En procentvis-reduktion over 30 minutter er derfor beregnet i stedet for.

Foruden effektivitetsmåling blev det testet, hvorvidt luftrenseren gav anledning til ophobning af ozon ved at måle ozonkoncentrationen i testkammeret i 24 timer med tændt luftrenser.

Beregning af anbefalet rumstørrelse³:

Den anbefalede rumstørrelse for luftrenseren beregnes for hvert hastighedstrin baseret på CADR-værdien for partikelantal og partikelmasse. Der regnes med en loftshøjde på 2,5 m. Rumstørrelsen er baseret på luftrensersens evne i CADR til at reducere koncentrationen af partikler i et rum ved steady-

² Beregning ifølge "ANSI/AHAM AC-1-2015", afsnit 8.2 – 8.4.

³ Beregning ifølge "ANSI/AHAM AC-1-2015", Annex E: derivation of effective room size.

state til en ny steady-state koncentration, der er 80 % mindre end udgangspunkten, når luftrenseren er i drift.

5. Analysemetoder

5.1. Partikelmassekoncentration

Partikelmassekoncentration blev målt kontinuerligt med en DustTrak DRX (model 8533, TSI Inc.). Instrumentet måler partikelmasse i størrelsesområdet ~ 0.1 - $15 \mu\text{m}$ og i koncentrationsområdet 0.001 – 150 mg/m^3 . Apparatet måler i størrelsesfraktionerne PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_4 , PM_{10} og PM_{total} med en tidsopløsning på 10 sekunder. Massebestemmelsen er baseret på laserdiffraktion.

5.2. Partikelantalskoncentration

Partikelantalskoncentration blev målt kontinuerligt med SMPS Nanoparticle Sizer (TSI NANOSCAN 3910). Instrumentet tæller partikler i størrelsesintervallet 10 - 420 nm ($0,01$ - $0,42 \mu\text{m}$) med en tidsopløsning på 60 sekunder. De fleste partikler der afgives fra cigaretrykning, er kendt til at være mindre end 100 nm ($0,1 \mu\text{m}$).

5.3. Flygtige organiske forbindelser (VOC)

Måling af flygtige organiske forbindelser (Volatile Organic compounds (VOC)) blev foretaget med en Tiger VOC Detector fra ION Science. Instrumentet måler koncentrationen af flygtige organiske forbindelser ved hjælp af fotoionisering (PID) teknologi i et koncentrationsområde på 0 to $20,000 \text{ ppm}$ med en sensitivitet på 0.001 ppm . Målingen har en tidsopløsning på 10 sekund.

5.4. Ozon

Ozon-koncentrationen er kontinuert blevet målt med en Teledyne API Ozone Analyzer model 430 inde i testkammeret. Instrumentet kan måle ozon-koncentration i området fra 0 – 20.000 ppb (20 ppm) med en præcision på 0.5 ppb og en nedre detektionsgrænse på 2 ppb . Der er målt med en tidsopløsning på 10 sekunder.

5.5. Temperatur og relativ luftfugtighed

Temperatur og luftfugtighed i testkammeret blev målt med USB data logger (MC USB-500/600 Series) med et målepunkt hvert minut.

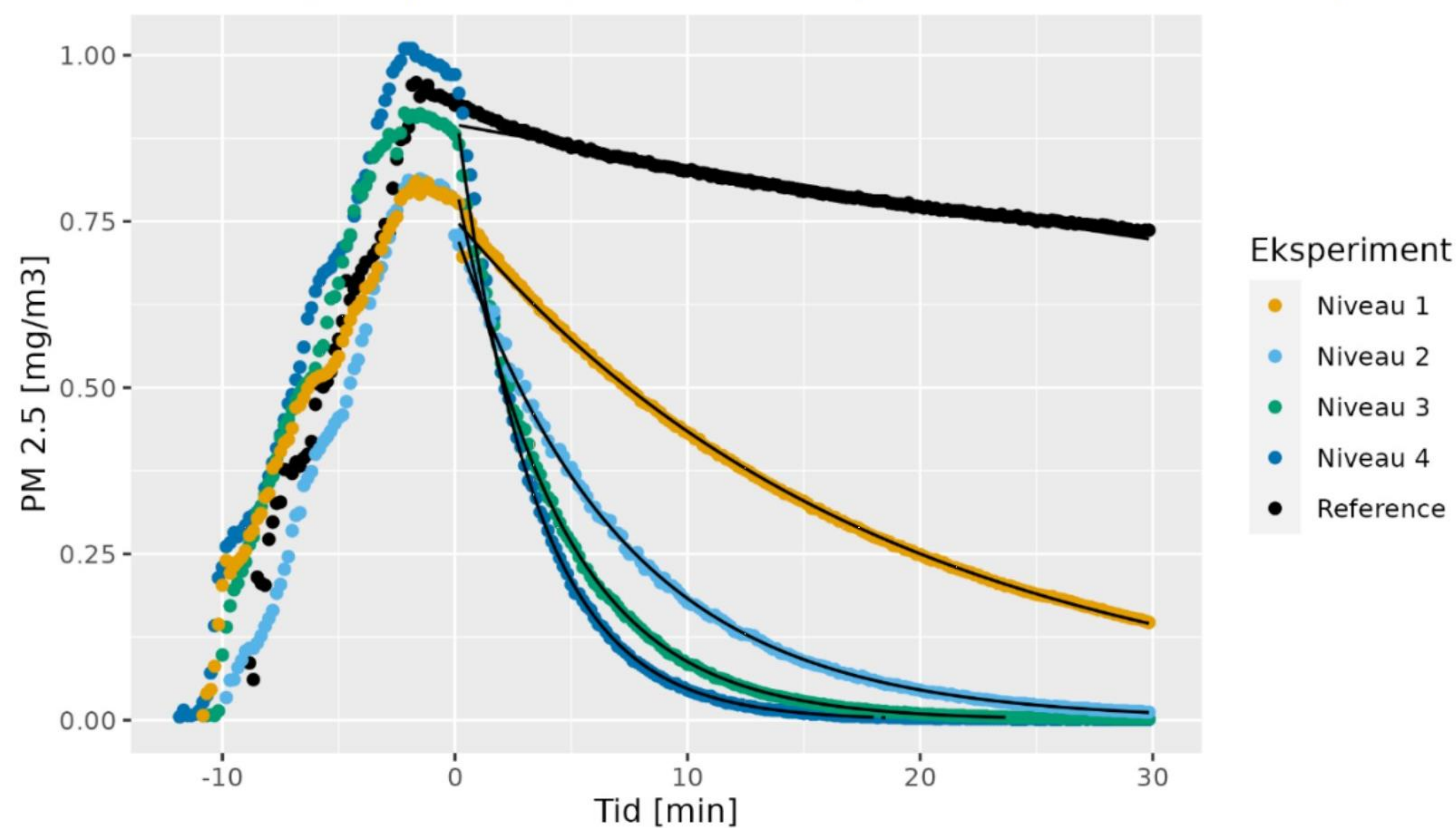
6. Resultater

Alle resultater er opsummeret i Tabel 1 i konklusionen, samt uddybet Tabel 3. Grafer med måledata for de forskellige parametre kommer i de efterfølgende underafsnit.

Den gennemsnitlige temperatur i testkammeret under forsøgene var 21°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). Den gennemsnitlige relative luftfugtighed var $49 \% \text{RH}$ ($\pm 5 \% \text{RH}$).

6.1. Partikelmassekoncentration

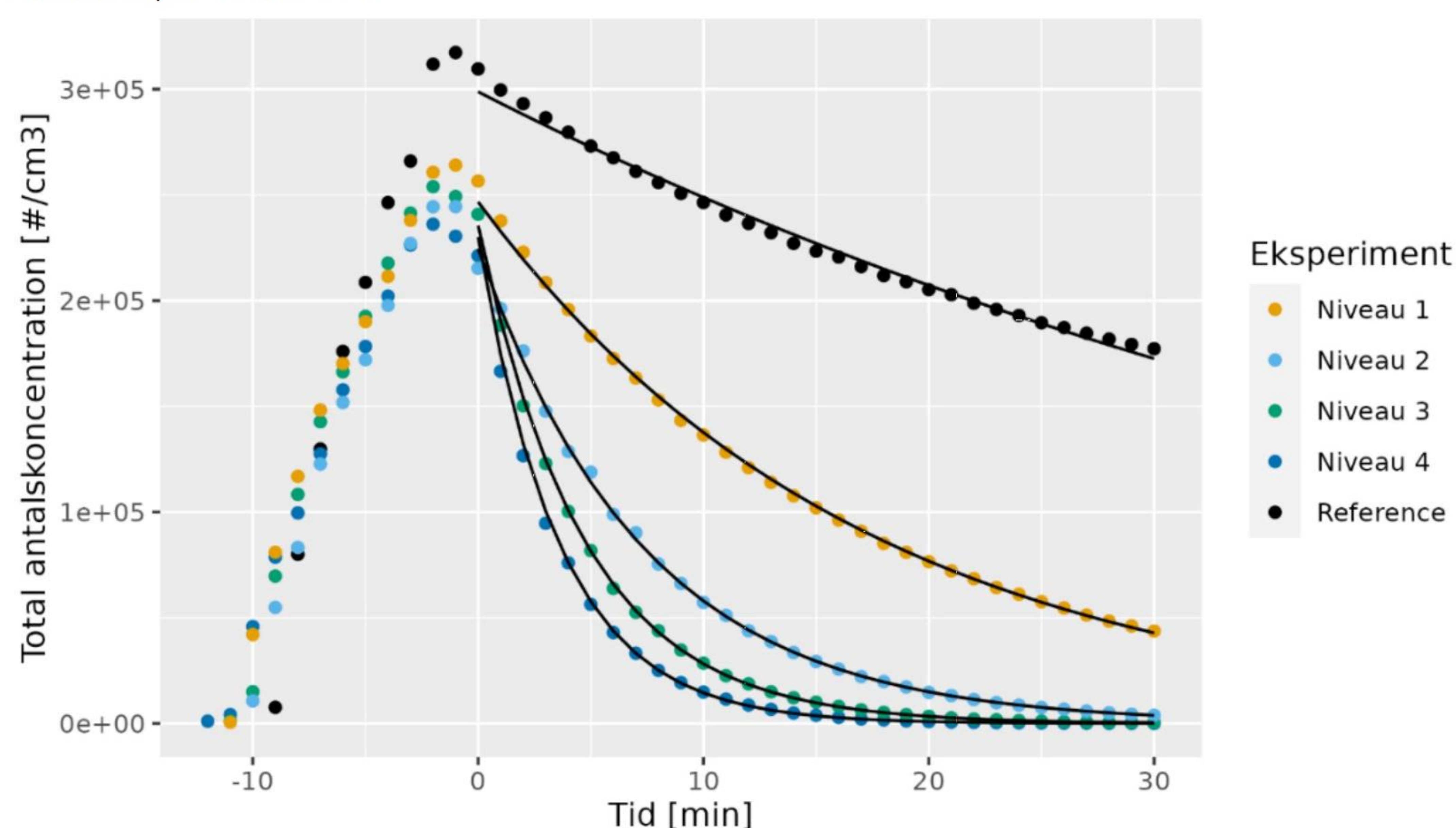
Luftrensertesten (renseperioden) startede ved en partikelmassekoncentration på cirka 1 mg/m^3 .



Figur 5 Udvikling af partikelmassekoncentration over tid for niveau P1 til P4 for luftrenseren. Renseperioden starter til $t=0$ min. Før det ses en stigning under rygefasen samt et mindre fald i opblandingsfasen. Den sorte kurve repræsenterer referencemålingen, de farvede punkter repræsenterer luftrenseren ved forskellige hastigheder. De tynde sorte linker angiver det eksponentielle fit til hver af kurverne.

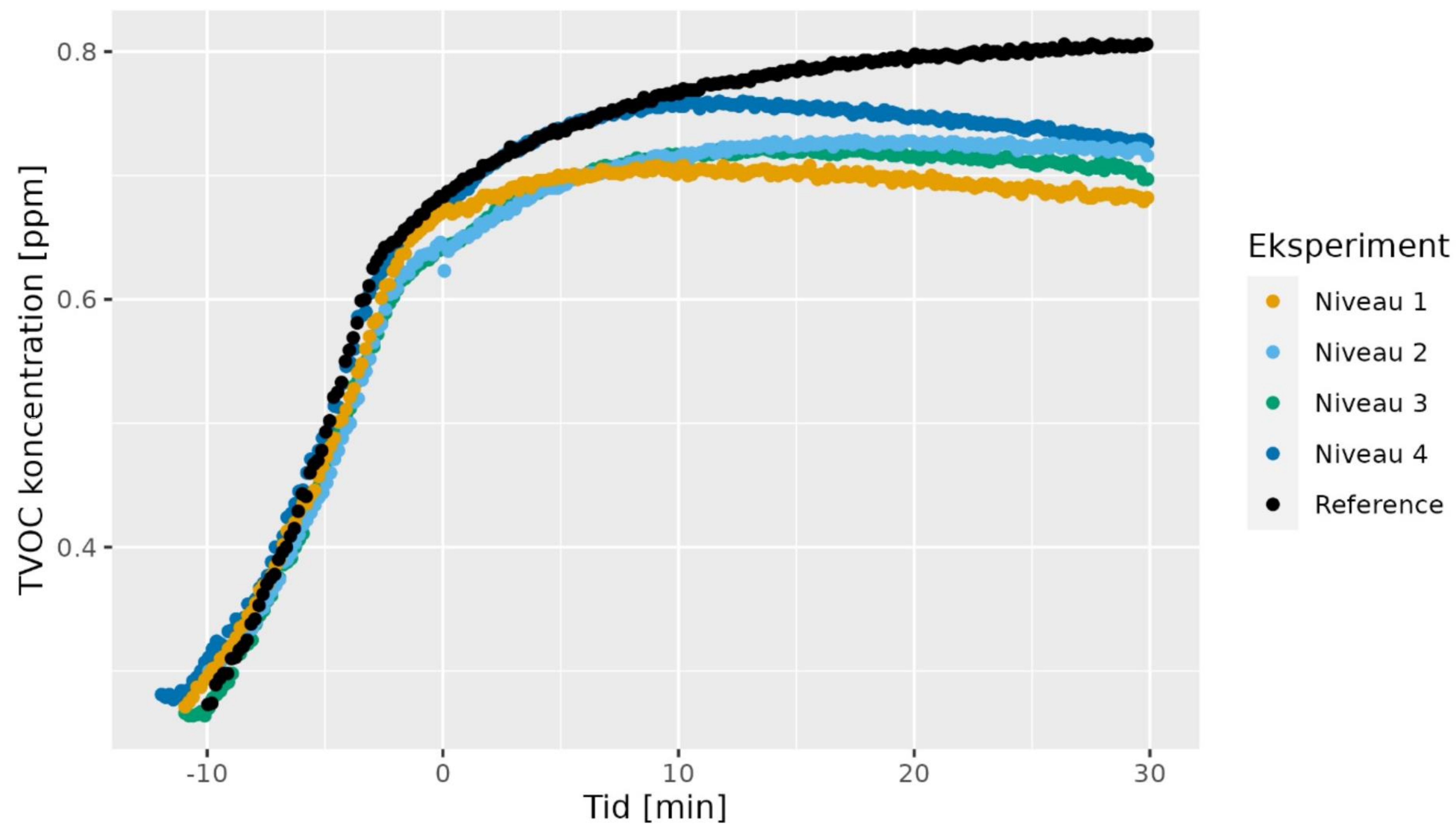
6.2. Partikelantalskoncentration

Luftrensertesten (renseperioden) startede ved en partikelantalskoncentration på cirka 250.000-300.000 partikler/ cm^3 .

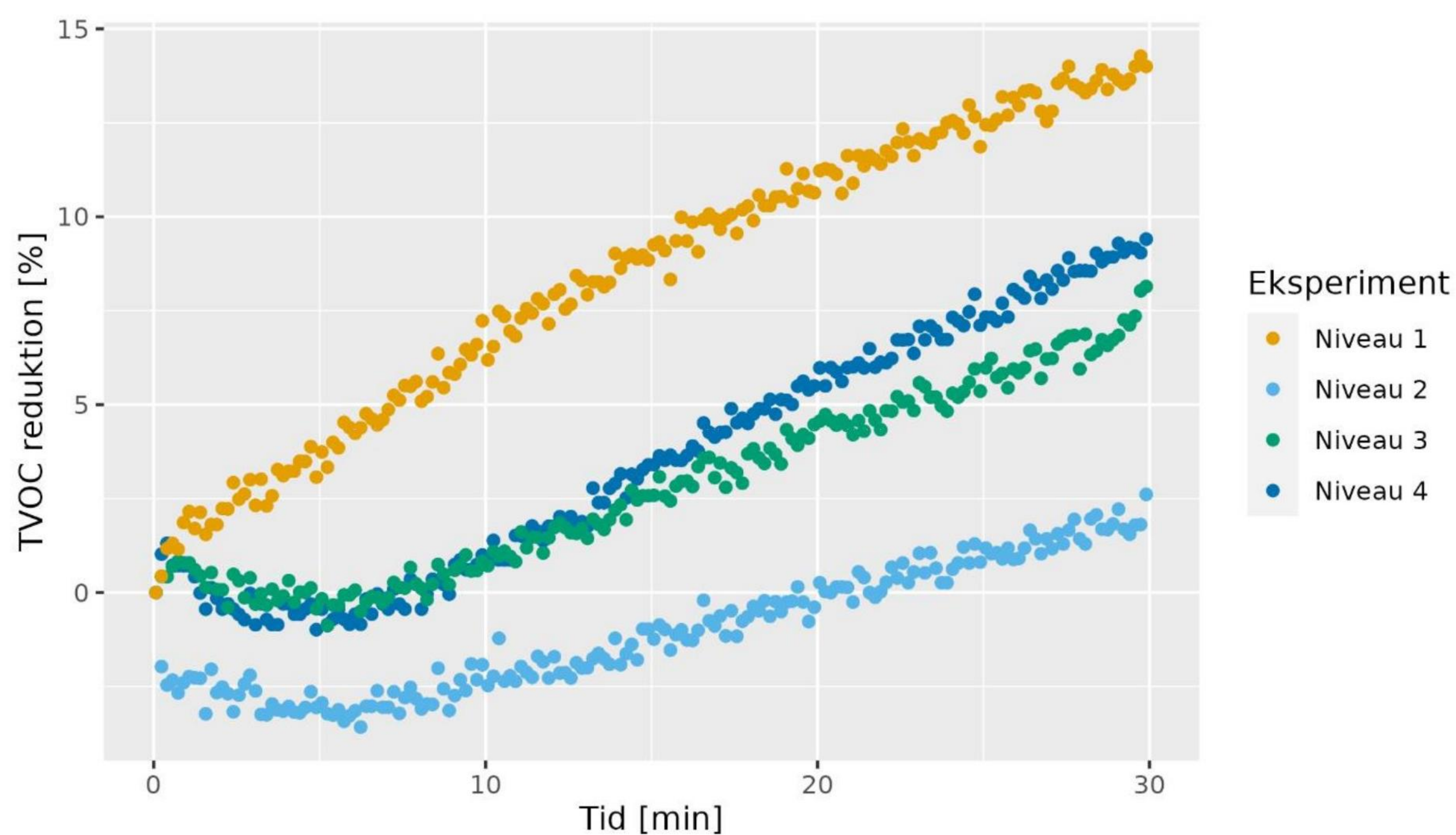


Figur 6 Udvikling af partikelantalskoncentration over tid for niveau P1 til P4 for luftrenseren. Renseperioden starter til $t=0$ min. Før det ses en stigning under rygefasen samt et mindre fald i opblandingsfasen. De sorte punkter repræsenterer referencemålingen, de farvede punkter repræsenterer luftrenseren ved forskellige hastigheder. De tynde sorte linker angiver det eksponentielle fit til hver af kurverne.

6.3. Flygtige organiske forbindelser



Figur 7 Total koncentration af flygtige organiske forbindelser (TVOC) målt over tid. En stigning i koncentration ses under rygefasen. Stigningen forsætter i de første minutter efter at luftrenseren er tændt til t=0 min. De sorte punkter kurve repræsenterer referencemålingen, de farvede punkter repræsenterer luftrenseren ved forskellige hastigheder.



Figur 8 Reduktion i totalkoncentration af flygtige organiske forbindelser over tid efter at luftrenseren er blevet tændt. Farverne repræsenterer de forskellige hastigheder af luftrenseren.

6.4. Opsummerende tabel

Tabel 3: Henfaldskonstanter fra eksponentielt fit samt beregnet CADR og reduktion efter 30 minutter. Beregninger er foretaget for hver af de fire testede hastighedsniveauer.

	Partikelmasse			Partikel antal			TVOC
	Henfalds-konstant [s ⁻¹]	CADR [m ³ /h]	Reduktion 30 min	Henfalds-konstant [s ⁻¹]	CADR [m ³ /h]	Reduktion 30 min	Reduktion 30 min
Reference	1,19•10 ⁻⁴			3,05•10 ⁻⁴			
Niveau P4	4,96•10 ⁻³	348	>99,9 %	4,61•10 ⁻³	310	99,33 %	9 %
Niveau P3	3,71•10 ⁻³	258	99,7 %	3,54•10 ⁻³	233	99,27 %	8 %
Niveau P2	2,32•10 ⁻³	159	96,9 %	2,26•10 ⁻³	141	97,89 %	3 %
Niveau P1	9,19•10 ⁻⁴	58	70,2 %	9,72•10 ⁻⁴	48	76,23 %	14 %

6.5. Strømforbrug

Det målte strømforbrug for renseperioden på 30 minutter ses i tabellen nedenfor

Tabel 4: Oversigt strømforbrug under test

Indstilling	Strømforbrug	Beregnet effekt
Niveau P1	0,001 kWh	2 Watt
Niveau P2	0,004 kWh	8 Watt
Niveau P3	0,009 kWh	18 Watt
Niveau P4	0,020 kWh	40 Watt



TEKNOLOGISK
INSTITUT