



Test af luftrensere

Rapport 928554



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Test af luftrensere

Rapport 928554



Udarbejdet for:

Funder Development ApS
Hjulgagervej 4A
7100 Vejle

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

Juli 2020

Forfatter:

Stig Koust Hansen
Konsulent, Ph.d.

stko@teknologisk.dk, +45 7220 1151

Kvalitetssikring:

Søren Legarth Brødsgaard
seniorkonsulent, civilingeniør

slb@teknologisk.dk, +45 7220 1431

Indholdsfortegnelse

1. Opgaven	4
2. Konklusion	4
3. Måleprotokol	5
4. Analysemetoder	7
4.1. Partikelantalskoncentration.....	7
4.2. Partikelmassekoncentration.....	7
4.3. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC).....	7
4.4. Ozon.....	7
4.5. Temperatur og relativ luftfugtighed.....	7
5. Resultater	8
5.1. Partikelantalskoncentration.....	8
5.2. Partikelmassekoncentration.....	8
5.3. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC).....	8
5.4. Ozon.....	8
5.5. Temperatur og relativ luftfugtighed.....	8
5.6. Strømforbrug	8
6. Anneks	9

1. Opgaven

Formålet med opgaven er at dokumentere effektiviteten af en luftrensere overfor partikler og flygtige organiske forbindelser (VOC). Målingerne udføres i et lukket, ikke-ventileret testkammer på 20 m³. Der måles på cigaretrøg via kontrolleret frigivelse af røg fra en rygerobot. Cigaretrøg er en god kilde til både partikler og VOC. Der foretages målinger ved tre forskellige hastighedstrin på luftrenseren (niveau 1, 3 og 5) og hertil kommer en referencemåling på tilrøget testkammer med slukket luftrensere.

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 undersøgte måleområde. Der beregnes en CADR-værdi for hvert af de undersøgte hastighedstrin og forureningsparametre (partikelantal (PN), partikelmasse (PM) og VOC). Foruden effektivitetsmåling testes det, hvorvidt luftrenseren giver anledning til ophobning af ozon ved at måle ozonkoncentrationen i testkammeret i 24 timer med tændt luftrensere.

2. Konklusion

Luftrensersens effektivitet er undersøgt ved tre forskellige hastighedstrin i et lukket testkammer på 20 m³ og i forhold til koncentration af partikelantal, partikelmasse og Total VOC. Effektiviteten ved hver indstilling er udtrykt i en CADR-værdi for hver forureningsparameter, se Tabel 1 nedenfor. Målingerne viser, at partikelreduktionen er mere end 8 gange så effektiv på niveau 5 sammenlignet med niveau 1. Det har ikke været muligt at måle en effekt overfor VOC med den anvendte metode.

Ved ozontestens start blev der målt en baggrunds-ozonkoncentration på 15 ppb, hvilket er et typisk ozonniveau i udendørsluft.¹ Ved ozontestens afslutning, efter at luftrenseren havde været tændt i 24 timer, blev der målt en ozonkoncentration på 10 ppb. Dermed vurderes det, at luftrenseren ikke giver anledning til ophobning af ozon.

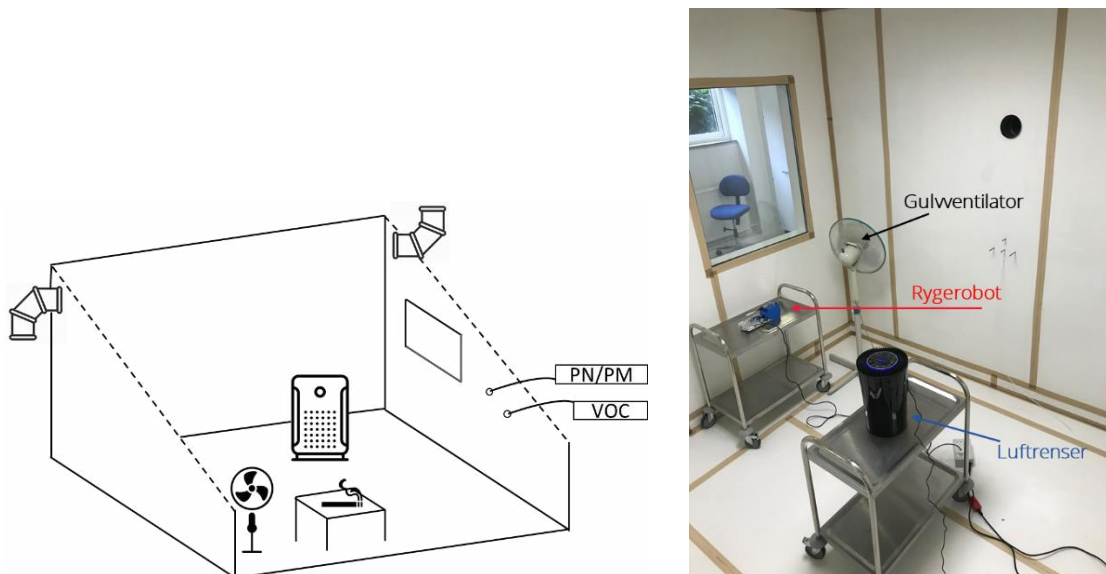
Tabel 1: Samlet overblik for resultaterne fra effektivitets-test

Luftrensere – indstilling	CADR (m ³ /time)	
	Partikelantal	Partikelmasse
Niveau 1	13	14
Niveau 3	56	62
Niveau 5	109	120

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

3. Måleprotokol

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, samt billede af opstilling taget inde fra testkammeret.

Testen af luftrenseren foregår efter følgende protokol (se desuden oversigt i Figur 2):

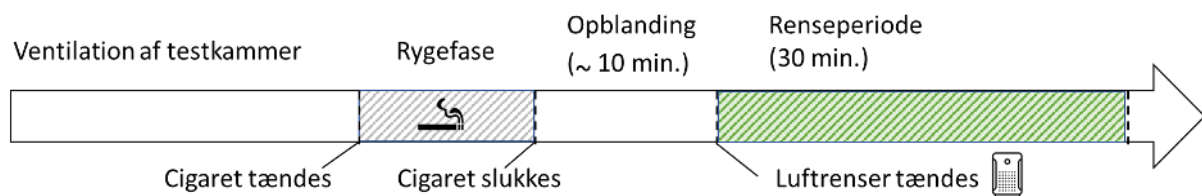
- Testkammeret rengøres og ventileres grundigt.
- Ventilationen i rummet stoppes og måleinstrumenter tilkobles kammeret.
- I testkammeret opstilles luftrenseren (slukket), gulventilator og rygerobot. Luftrenseren og rygerobot er placeret på bord (Figur 1).
- Gulventilator tændes (laveste niveau og drejende frem og tilbage). Denne sikrer en homogen opblanding af partikler i testkammeret.
- Baggrundsniveau måles i minimum 10 minutter.
- Rygefasen faciliteres af en rygerobot, som kontrolleret ryger en cigaret (rød Marlboro) over en periode på cirka 7 minutter. Rygerobotten slukkes ved hjælp af fjernstyring.
- Efter rygefasen opblandes luften i testkammeret i yderligere 5-10 minutter for at sikre stabil og ensartet udgangspunkt for koncentrationen af forureningskilden i hver test.
- Når passende koncentration af partikler og gasser opnås, starter renseperioden.
- Renseperioden startes ved at luftrenseren tændes og koncentrationen af PN, PM og TVOC logges fortsat kontinuert. Renseperioden har en varighed på minimum 30 minutter. Det har ikke været muligt at fjernstyre luftrenseren, så luftrenseren er manuelt blevet tændt ved at gå ind testkammeret.
- Herefter ventileres testkammeret grundigt, inden forsøget gentages ved en anden indstilling på luftrenseren.

Referencemåling:

For at karakterisere det naturlige henfald af partikler og gasser i testkammeret foretages en test magen til beskrivelsen ovenfor, med den undtagelse at luftrenseren ikke er tændt under renseperioden. Koncentrationen af partikelantal, partikelmasse og VOC måles kontinuert under hele testen.

Beregning af CADR-værdi²:

Der udregnes en separat CADR-værdi for hver forureningsparameter, for hver af de undersøgte indstillinger på luftrenseren. Det giver således i alt 6 CADR-værdier (se Tabel 1). Denne fremgangsmåde giver et godt indblik i luftrenserens samlede ydeevne, da luftrenseren kan have forskellig effektivitet overfor forskellige forureningsparametre. CADR-værdien beregnes ud fra koncentrationsprofilerne over tid i renseperioden med udgangspunkt i de respektive eksponentielle henfaldskonstanter.



Figur 2: Oversigt over protokol for test af luftrensere

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

4. Analysemetoder

4.1. Partikelantalskoncentration

Partikelantalskoncentration blev målt kontinuerligt med en "Condensation Particle Counter" CPC (model 3007, TSI Inc). Instrumentet tæller partikler i størrelsesintervallet 10-1000 nm (0.01-1 µm) med en tidsopløsning på 10 sekunder.

4.2. Partikelmassekoncentration

Partikelmassekoncentration blev målt kontinuerligt med en DustTrak DRX (model 8533, TSI Inc.). Instrumentet måler partikelmasse i størrelsesområdet ~0.1-15 µm og i koncentrationsområdet 0.001–150 mg/m³. Apparatet måler i størrelsesfraktionerne PM₁, PM_{2.5}, PM₄, PM₁₀ og PM_{total} med en tidsopløsning på 10 sekunder. Massebestemmelsen er baseret på laserdiffraktion.

4.3. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC)

Målinger af den totale koncentration af flygtige organiske forbindelser (Total VOC) blev udført med en Tiger VOC Detector fra ION Science. Instrumentet måler VOC-koncentration ved brug af fotoioniserings (PID)-teknologi i området fra 0 til 20.000 ppm med en sensitivitet på 0.001 ppm. Der er målt med en tidsopløsning på 10 sekunder.

4.4. Ozon

Ozon-koncentrationen er kontinuert blevet målt med en Teledyne API Ozone Analyzer model 430. 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.

4.5. Temperatur og relativ luftfugtighed

Temperatur og luftfugtighed i testkammeret er målt med USB data logger (MC USB-500/600 Series) med et målepunkt hver 5. minut.

5. Resultater

5.1. Partikelantalskoncentration

Luftrensertesten (renseperioden) er startet ved en partikelantalskoncentration på cirka 250.000 partikler/cm³. Der er målt en CADR-værdi på 13 m³/time for niveau 1, 56 m³/time for niveau 3 og 109 m³/time for niveau 5.

5.2. Partikelmassekoncentration

Luftrensertesten (renseperioden) er startet ved en partikelmassekoncentration på cirka 1 mg/m³. Der er målt en CADR-værdi (gældende for både PM_{2.5} og PM₁₀) på 14 m³/time for niveau 1, 62 m³/time for niveau 3 og 120 m³/time for niveau 5.

For niveau 5 svarer det til, at partikelkoncentrationen (både antal og masse) i testkammeret stort set når tilbage på baggrundsniveauet i løbet af den halve time, hvor luftrenseren står tændt.

Se Figur 3 og Figur 4 for grafer over partikelkoncentrationerne over tid for de forskellige hastighedstrin.

5.3. Flygtige organiske forbindelser (Total VOC)

Luftrensertesten (renseperioden) er startet ved en Total VOC-koncentration på cirka 0,2 ppm. Det har ikke været muligt at eftervise en reduktion i Total VOC-koncentrationen i rensperioden sammenlignet med referenceforsøget uden luftrensere.

5.4. Ozon

Ved ozontestens start blev der målt en ozonkoncentration på 15 ppb i testkammeret, hvilket er et sammenligneligt ozonniveau i udendørsluft. Ved ozontestens afslutning, efter at luftrenseren havde været tændt i 24 timer, blev der målt en ozonkoncentration på 10 ppb. Dermed vurderes det, at luftrenseren ikke giver anledning til ophobning af ozon.

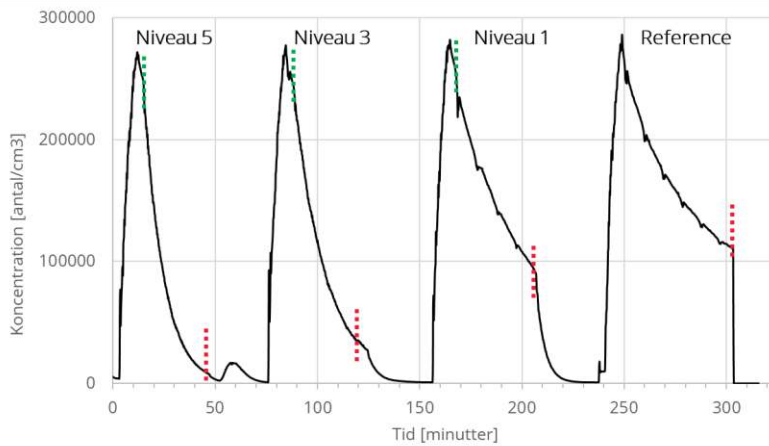
5.5. Temperatur og relativ luftfugtighed

Den gennemsnitlige temperatur i testkammeret under forsøgene var 21,9°C (±0,1 °C). Den gennemsnitlige relative luftfugtighed var 32,2 %RH (±1,3 %RH).

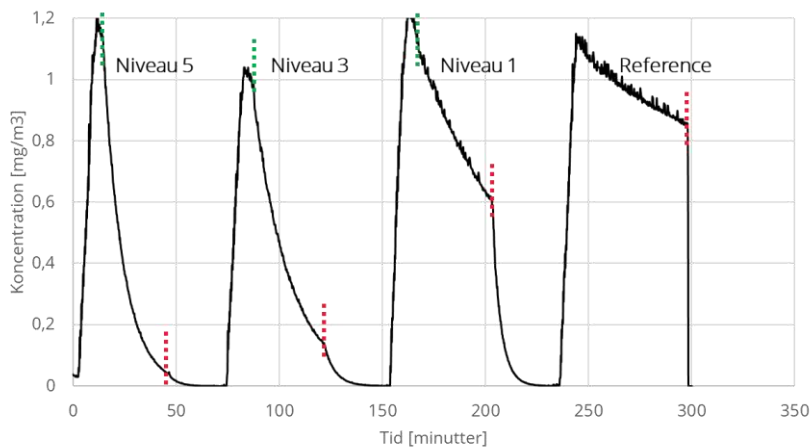
5.6. Strømforbrug

Den målte effekt var cirka 4 W for niveau 1, for niveau 3 var den målte effekt på cirka 7 W og cirka 17 W for niveau 5.

6. Anneks



Figur 3: Udvikling af partikelantalskoncentration over tid for de forskellige hastighedstrin på luftrenseren. De grønne stiplede linjer angiver starten på renseperioden, hvor luftrenseren tændes. De røde stiplede linjer angiver slutningen på renseperioden af minimum 30 minutters varighed.



Figur 4: Udvikling af partikelmassekonzentration over tid for de forskellige hastighedstrin på luftrenseren. De grønne stiplede linjer angiver starten på renseperioden, hvor luftrenseren tændes. De røde stiplede linjer angiver slutningen på renseperioden af minimum 30 minutters varighed.