



# Forbedring af Duftmiljø i Ældreplejen



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

# Forbedring af Duftmiljø i Ældreplejen

Rapport nr. 171346



## **Udarbejdet for**

Aarhus Kommune - Sundhed og Omsorg  
Rådhuspladsen 2  
8000 Aarhus C

## **Udarbejdet af**

Teknologisk Institut  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C  
Luft og Sensorteknologi

Juni 2023

## **Forfattere**

Stig Koust, Forretningsleder  
[stko@teknologisk.dk](mailto:stko@teknologisk.dk), 7220 1151

Freja Rydahl, Konsulent  
[frer@teknologisk.dk](mailto:frer@teknologisk.dk), 7220 1973

Kvalitetssikring  
Morten Køcks, Sektionsleder



## Indholdsfortegnelse

1.	Formål og motivation .....	4
2.	Konklusion.....	4
3.	Generelle anbefalinger .....	7
4.	Teknologi- og markedsscreening.....	8
5.	Lugtstoffer .....	10
6.	Dokumentation på effekt i laboratoriet .....	11
6.1.	Testmetode .....	11
6.2.	Resultater .....	12
6.3.	Konklusion på laboratorietest.....	15
7.	Målinger på plejehjem.....	15
7.1.	Udvælgelse af lokationer .....	15
7.2.	Baselinemåling.....	16
7.3.	Luftkvalitetssensorer .....	16
7.4.	Opsamling og analyse af luftprøver .....	17
7.5.	Opsætning af luftrensere og sensorer.....	17
8.	Resultater af plejehjemsmålinger .....	19
8.1.	Sensorer .....	19
8.2.	Luftopsamlinger .....	25



## 1. Formål og motivation

Formålet med dette projekt er at forbedre duftmiljøet i vaske- og linnedrum i ældreplejen. Problemstillingen kommer fra beskidt vasketøj der opbevares i rummene i flere dage før det afhentes eller vaskes og dermed kan afgive lugtstoffer. Dette giver ofte anledning til ubehag for personalet og beboere da lugtstofferne kan spredes til gangarealer og omkringliggende rum. Aarhus Kommune ønsker at undersøge hvorvidt problemstillingen kan løses helt eller delvist ved at installere luftrensere i lokalet. Teknologisk Institut indgår i projektet for at kunne hjælpe Aarhus Kommune med følgende:

- Øge forståelsen for teknologier, der gennem luftrensning kan fjerne lugtstoffer.
- Screening af markedet for kommercielt tilgængelige teknologier og produkter og evaluere disse på baggrund af kravspecifikation opstillet af Aarhus Kommune.
- Vurdere en række udvalgte løsninger ved laboratorieforsøg udført af Teknologisk Institut.
- Kvantificere problemet gennem opsætning af sensorer der måler på den samlede koncentration af flygtige organiske forbindelser (TVOC) samt opsamling af luftprøver, som analyseres for specifikke lugtstoffer.
- Implementering af de udvalgte løsninger på udvalgte plejehjem – i alt 4 lokationer.
- Løbende opsamling af luftprøver, der kvantificerer hvorvidt luftrensere forbedrer duftmiljøet.
- Generelle anbefalinger og viden til brug af luftrensere i ældreplejen.

## 2. Konklusion

Dette projekt har på baggrund af en grundig teknologi- og markedsanalyse samt efterfølgende laboratorietest, udvalgt 4 forskellige luftrensere, som er blevet opstillet og anvendt i vaske- og linnedrum over en periode på 10 uger. Målet er at undersøge muligheden for at forbedre problematikker med kraftige lugtgener. Effekten af luftrensere opstillet på fire forskellige plejehjem er blevet kvantificeret ved analyse af data fra luftkvalitetssensorer samt luftprøver.

**Teknologi- og markedsanalyse:** I alt 8 forskellige klasser af renseteknologier, som anvendes i luftrensere, blev identificeret. Adsorption, særligt aktivt kul, blev udpeget som primær renseteknologi til mulig forbedring af duftmiljøet. Herudover viste markedsanalysen, at produktanprisninger og tilhørende dokumentation angående lugtstoffer, VOC'er og andre gasarter er mangelfuld og gør sammenligning af produkter vanskeligt. 7 forskellige produkter blev udvalgt af Aarhus Kommune til yderligere test ud fra en bruttoliste på 20 kommercielle luftrensere.

**Laboratorietest:** Seks af de syv udvalgte luftrensere var i stand til at reducere koncentrationen af acetaldehyd signifikant. Fælles for dem alle var brug af filter med aktivt kul, foruden renseteknologier til andre luftproblematikker. Reduktionen af koncentrationen af acetaldehyd efter 20 minutter lå mellem 18,9 % og 83,4 % for de seks produkter, som anvendte aktivt kul. Det var ikke muligt at måle en signifikant effekt af et produkt, som udelukkende anvendte fotokatalytisk oxidation (PCO).



Der blev for alle 6 produkter, som anvender filtre med aktivt kul, målt afgang af acetaldehyd fra produktet. Hvis afgang forekommer, betyder det at en del af den opfangede acetaldehyd frigives fra luftrenseren til det omkringliggende miljø og har dermed en modvirkende effekt. Afgang bør være et opmærksomhedspunkt til fremtidig undersøgelse af brugen af luftrensere.

Der blev desuden for 5 ud af 7 undersøgte luftrensere detekteret små spor af andre gasarter end acetaldehyd, som karakteriseres som biprodukter. Biprodukterne blev identificeret ved stigning i koncentrationen for specifikke stoffer under testforløbet, som ikke tilsvarende steg under referenceforsøget uden luftrensere. Denne stigning kan skyldes det faktum at renseteknologierne i luftrenseren har potentiale til at omdanne én VOC til et andet stof – potentielt set et mere skadeligt stof. Koncentrationen for alle identificerede biprodukter var dog markant lavere end gældende retningslinjer for de pågældende stoffer. Biprodukterne dannet under den specifikke test med acetaldehyd, blev derfor vurderet til at være negligerbar i henhold til den videre anvendelse af produkterne i projektet. Det noteres at biprodukter er et væsentligt opmærksomhedspunkt til fremtidig brug af luftrensere med relevante teknologier såsom ionisering.

**Forbedring af duftmiljø på plejehjem:** I alt 6 lokationer blev inspiceret hvoraf 4 plejehjem blev udvalgt til at deltage i projektet. Lokationerne blev udvalgt på baggrund af størrelse, brug/formål samt tilgængelighed

I dette projekt anvendes målinger af den totale koncentration af alle de forskellige typer af flygtige organiske forbindelser (VOC'er), hvilket benævnes Total VOC (TVOC). Denne værdi er således en samlet belastning af VOC'er i luften og antages at være en direkte indikator for koncentrationen af lugtstoffer. TVOC er målt kontinuert i hele projektperioden med luftkvalitetssensorer på hver af de fire plejehjem, hvilket er blevet suppleret med opsamling og analyse af luftprøver på udvalgte tidspunkter i løbet af projektperioden.

Overordnet set har det været vanskeligt at lave en entydig konklusion på luftrensernes effekt på lugtgener, da TVOC-koncentrationen varierer meget i sensordata og imellem de forskellige luftprøver, som er opsamlet og analyseret i løbet af projektperioden. Herudover påvirker særligt ethanol i luften, formentlig fra håndsprit, både sensordata og luftprøverne, hvilket særligt for sensordata kan overskygge bidraget fra lugtstofferne i målingerne.

#### **Sensordata:**

Det er lykkedes i projektet at måle relevante luftkvalitetsparametre kontinuert på alle fire plejehjem i hele perioden fra 10. februar 2023 til 8. juni 2023, undtagen en kortere periode på plejehjem 4, hvor sensoren skulle flyttes til nyt rum. De overordnede konklusioner er følgende (Tabel 1)

- For den gennemsnitlige TVOC-koncentration er der for plejehjem 4 en indikation på en positiv effekt af luftrenseren (30 % reduktion), mens der for plejehjem 2 gennemsnitligt er en højere TVOC-koncentration i rummet i perioden med luftrenseren.
- For alle fire plejehjem er der målt en lavere maksimal TVOC-koncentration i perioden med luftrenseren tændt sammenlignet med perioden uden.



- Sensordata viser desuden at der i perioden med luftrensere installeret gennemsnitligt er færre perioder med en TVOC-koncentration over 250 ppb<sup>1</sup> for plejehjem 1, 2 og 4. Der ses særligt en reduktion af TVOC-koncentrationen i de tidsrum, hvor der er en gennemsnitlig høj belastning af rummene.

**Table 1: Samlede TVOC-resultater for sensordata**

	Reduktion mellem perioden med og uden luftrensere		
	Gennemsnitlig TVOC-koncentration	Maksimal TVOC-Koncentration	Mængde af tid over 250 ppb
Plejehjem 1	-3 %	52 %	21 %
Plejehjem 2	-27 %	30 %	-58 %
Plejehjem 3	0 %	21 %	9 %
Plejehjem 4	30 %	54 %	52 %

Partikler (her PM<sub>2.5</sub>) bidrager i udgangspunktet ikke til lugtgener, og er derfor et sekundært fokus i denne analyse. Sensordata viser dog tydeligt en markant reduktion i partikkelkoncentration øjeblikkeligt efter luftrensere indsættes på de fire lokationer. Den gennemsnitlige partikkelkoncentration er i perioden med luftrenseren installeret hhv. 100, 35, 80 og 66 % lavere end perioden uden luftrensere.

Resultaterne fra sensorerne viser desuden ensartede CO<sub>2</sub> og lys-data for de to perioder, hvormed den menneskelige aktivitet i rummene antages at være sammenlignelig.

**Luftprøver:** Der er i løbet af projektet opsamlet og analyseret luftprøver på 5 forskellige datoer for alle plejehjem (i alt 31 luftprøver). Dette inkluderer luftopsamlinger i de udvalgte rum inden luftrensere blev installeret, i de udvalgte rum efter luftrensere blev installeret, samt reference-rum. Reference-rum har været rum, som er tilsvarende de udvalgte rum på de enkelte lokationer (f.eks. på en anden etage).

**Table 2: Samlede TVOC-resultater for luftprøver**

	Reduktion mellem perioden med og uden luftrensere**		
	Gennemsnitlig TVOC-koncentration*	Udvalgte specifikke VOC'er	
		Acetaldehyd	Acetone
Plejehjem 1	57 %	22 %	59 %
Plejehjem 2	54 %	30 %	24 %
Plejehjem 3	50 %	18 %	65 %
Plejehjem 4	17 %	0 %	-42 %

\* Bidraget fra ethanol fraregnet

\*\* Periode uden luftrensere indebærer måling i udvalgt rum før luftrensere installeres, samt i reference-rum efterfølgende

<sup>1</sup> Grænsen mellem "God" og "Medium" luftkvalitet iflg. den tyske Miljøstyrelse "UBA" (Umweltbundesamt - <https://link.springer.com/article/10.1007/s00103-007-0290-y>)



Overordnet set har projektet således vist indikationer på, at de anvendte luftrensere kan reducere koncentrationen af lugtstoffer, i form af TVOC, på de fire udvalgte lokationer. Resultaterne viser tydeligst en effekt på de tidspunkter, hvor den gennemsnitlige TVOC-koncentration har været højest. I disse tidsrum er TVOC-koncentrationen generelt blevet lavere, end i perioden uden luftrensere.

Den gennemsnitlige TVOC-koncentration er dog ikke entydigt lavere i perioden med luftrenseren installeret sammenlignet med perioden uden, når der ses på både sensordata og luftprøver.

### 3. Generelle anbefalinger til brug af luftrensere i det offentlige

**Identificer problemet:** I det tilfælde, hvor man mistænker problemer med luftforurening, er det vigtigt at få klarlagt problematikken. Dette værende sig både i type af forurening (støv, partikler, gasarter, lugtstoffer, pollen, mikroorganismer, mv.), samt omfanget af problemet, hvilket indebærer identifikation af kilde(r), måling af koncentration i luften (evt. sammenlignet med Arbejdstilsynets grænseværdiliste) og kortlægning af eksponering til personale og borgere.

**Valg af renseteknologi:** Som vist i Tabel 3 kan forskellige typer af teknologier afhjælpe forskellige typer af luftforurening. Ingen teknologi kan løse alle problemer. Nogle luftrensere kombinerer flere forskellige renseteknologier i ét produkt, og kan derfor potentielt fjerne flere typer af luftforurening samtidigt. Medvidere skal produktets luftrensningskapacitet tilpasses omfanget (koncentration) af luftforureningen, samt størrelsen af det rum, hvor luftrenseren anvendes.

**Kræv dokumentation på effektivitet:** Markedet for luftrensere er præget af mangel på fælles standarder til test og krav til effektivitet. Af denne grund er markedet ugenomsommeligt, hvilket især er tydeligt for renseteknologier til lugtstoffer og andre gasarter. Dette projekt har vist en betydelig mangel på sammenlignelig dokumentation af effektivitet overfor lugtstoffer og andre gasarter. Rensning af gasarter ved hjælp af f.eks. filtre med aktivt kul, er meget fagligt komplekst, og en omregning af testresultater for at skabe et ensartet sammenligningsgrundlag er derfor associeret med store usikkerheder. Ligeledes er termen "aktivt kul" ikke en veldefineret og certificeret teknologi, som f.eks. kendes fra HEPA-filtre. Derfor er tilstedeværelsen af et filter med aktivt kul i luftrenseren ikke en garanti for en reduktion af f.eks. VOC. Aktivt kul er dog typisk effektivt overfor en lang række VOC'er og en dokumenteret effekt overfor én type VOC kan derfor til nogen grad antages at være sigende for en bredere gruppe af VOC'er (f.eks. TVOC).

**Verificer effekt:** Når luftrensere anvendes på luftforureningsproblematikker på f.eks. plejehjem kan resultaterne variere meget fra kontrollerede laboratorietest. En lang række parametre, såsom placering af luftrensere i forhold til luftbevægelsen i rummet, samt afstand til kilde og personer i rummet, kan have stor betydning på den reelle effekt. Dette projekt viser desuden, at diverse arbejdsprocesser giver meget varierende koncentrationer af VOC'er i de pågældende rum. Brug af luftrensere til forbedring af luftkvaliteten bør derfor følges op med både kvantitative (f.eks. sensordata eller luftopsamlinger) og kvalitative (f.eks. interview med personale) undersøgelser. Dette for at sikre at de anvendte produkter medfører den ønskede effekt og dermed giver en værdi for personalet.



Herudover vil en løbende verificering af effekten på luftkvalitet også bidrage til bedre vedligeholdelse af luftrensere, som kræver løbende filterskift og rengøring.

#### 4. Teknologi- og markedsscreening

Følgende teknologier er blevet identificeret, som værende på markedet for luftrensning:

**Tabel 3: Oversigt over renseteknologier anvendt i luftrensere**

Teknologi	Primær anvendelse	Opmærksomhedspunkter
Mekanisk Filtrering (f.eks. HEPA-filter)	Partikler	Håndtering/skift af filter Ingen virkning på gasarter
Elektronisk Filtrering (f.eks. ionisering)	Partikler	Potentiale for skadelige biprodukter Potentielt skadelig effekt fra ioniseret luft Rensning af filter
Adsorption (f.eks. aktivt kul)	Gasarter, herunder VOC'er og lugtstoffer.	Stor variation i effektivitet mellem produkter Ingen effekt på partikler Usikkerhed om levetid af filter Håndtering/skift af filter Afgasning fra filter Er påvirket af relativ luftfugtighed
Ultraviolet (UV) Fotolyse	Mikroorganismer, herunder bakterier og virus	Kræver tilstrækkelig eksponering (tid, intensitet) Kan producere skadelige biprodukter Ingen effekt på partikler
Fotokatalytisk oxidation (PCO)	Gasarter, herunder VOC og lugtstoffer	Kræver tilstrækkelig eksponering (tid, intensitet) Ring dokumentation på effektivitet Kan producere skadelige biprodukter Er påvirket af relativ luftfugtighed Levetid for katalysator (TiO <sub>2</sub> )
Ozon	Mikroorganismer, Gasarter, herunder VOC og lugtstoffer	Ozon er skadeligt og bør derfor ikke anvendes til kommercielle husstands-/kontorprodukter
Ikke-Termisk Plasma (NTP)	Partikler	Ozon og NO <sub>x</sub> -produktion (Skadelige biprodukter) Er påvirket af relativ luftfugtighed
Biofiltrering	Gasarter, herunder VOC og lugtstoffer	Kan udlede partikler eller mikroorganismer Typisk meget lille mængde luft som kan renses





Ud af disse 8 overordnede klasser af teknologier er adsorption udvalgt som primær fokus i projektet, og fotokatalytisk oxidation (PCO) som sekundært fokus.

I markedsscreeningen er der indsamlet information om i alt 20 forskellige kommercielle produkter fra 17 forskellige producenter/leverandører. Et endnu større antal luftrensere er blevet identificeret, men fravalgt til yderlige informationsindsamling grundet mangel på anprisning eller dokumentation på lugtstoffer, VOC eller andre gasarter.

De 20 udvalgte produkter er vurderet ud fra parametre udvalgt af Aarhus Kommune. Følgende information er, om muligt, indhentet om hvert produkt fra producenters eget tilgængelige materiale:

- Type af Teknologi
- Pris - indkøb
- Pris - driftsudgifter
- Effektivitet (partikler, VOC, lugtstoffer)
- Dokumentation på effekt overfor VOC og/eller lugtstoffer
- CE-mærkning
- Størrelse
- Vægt
- Strømforbrug
- Støj
- Vedligehold (herunder indikator på filterskift, samt. brug af værktøj til filterskift)
- Levetid af filtre
- Placerbarhed (mulighed for vægophængt)
- Brugervenlighed
- Anvendelse af duftstoffer
- Dokumentation på ozon-fri teknologi
- Begrænsninger på anvendelse (f.eks. temperatur og relativ luftfugtighed)
- Anbefalet rum størrelse
- Sikkerhed

Herudfra er 7 produkter udvalgt til en sammenlignelig laboratorietest ved Teknologisk Institut hvor dokumentation på effektivitet imod en udvalgt VOC udføres. Herudover indebar testen af hver luftrensere en undersøgelse af dannelse af biprodukter, samt afgasning fra filter (se sektion 6). Disse tests udføres blandt andet fordi der på markedet for luftrensere ikke findes en harmoniseret standard for test mod gasarter, VOC eller lugtstoffer. Derfor var der på tværs af alle produkternes anprisning, kun 2 produkter som havde direkte sammenlignelig dokumentation på effektivitet overfor VOC. Herudover brugte 11 ud af 20 produkter ikke-kvantificerbare anprisninger (f.eks. "*kan afhjælpe lugtproblemer*"), som gik på effektivitet overfor lugt, VOC eller gasarter, men uden tilgængelig dokumentation.



De 7 udvalgte luftrensere er anonymiseret i denne rapport, men anvender følgende teknologier (foruden forfilter), samt har en luftrensningskapacitet på følgende:

Produkt	Teknologi	Luftrensnings-kapacitet <sup>2</sup>
1	Filter med aktivt kul, EPA-filter, Ionisering	300
2	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, Ionisering	250
3	Filter med aktivt kul, HEPA-filter	100
4	Fotokatalytisk Oxidation (PCO)	Ikke oplyst
5	Filter med aktivt kul, HEPA-filter	750
6	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, Ionisering og Fotokatalytisk Oxidation (PCO)	600
7	Filter med aktivt kul og zeolit, HEPA-filter	400

## 5. Lugtstoffer

Problematikker med lugtstoffer er blevet et problem der i højere grad er kommet i fokus især i det offentlige. Lugtstoffer og flygtige organiske forbindelser (VOC) er tæt forbundet. VOC refererer til kemiske forbindelser, der kan fordampe ved stuetemperatur og derved påvirke luftkvaliteten. En stor del af de lugtstoffer, som stammer fra f.eks. urin, vil således være en VOC (f.eks. acetone og acetaldehyd), mens enkelte andre lugtstoffer såsom ammoniak og svovlbrinte ikke kan karakteriseres som en VOC. Lugtbelastningen fra urin og andre menneskelige lugtgener udgøres af hundredvis af forskellige kemiske forbindelser og er således en kompleks størrelse at kvantificere.

I dette projekt anvendes målinger af den totale koncentration af alle de forskellige typer af VOC'er, hvilket benævnes Total VOC (TVOC). Denne værdi er således en samlet belastning af VOC'er i luften og antages at være en direkte indikator for koncentrationen af lugtstoffer. Denne tilgang har primært to usikkerheder. For det første måles på TVOC, som ikke inkluderer alle lugtstoffer. F.eks. er særligt ammoniak et meget ildelugtende lugtstof, som ikke vil blive medtaget i VOC-målinger. For det andet vil der måles på VOC'er, som ikke nødvendigvis bidrager til lugtproblematikken i de pågældende linned- og skyllerum. Et eksempel på det sidstnævnte kunne være ethanol (fra f.eks. håndsprit). Ethanol er ikke forventeligt en del af lugtproblematikken fra urin og lignende, men kan til tider måles i høje koncentrationer i de pågældende rum. Det gælder dog for både ethanol og VOC'er generelt, at man fra et arbejdsmiljø-synspunkt ønsker at minimere eksponeringen, da en lang række VOC'er er sundhedsskadelige.

---

<sup>2</sup> Udtrykt som Clean Air Delivery Rate (CADR), som udtrykker den mængde luft som produktet kan rense for partikler i timen [m<sup>3</sup> / timen]. Værdierne er cirka-værdier



Målingen af TVOC ved brug af luftkvalitetssensorer (se afsnit 7.3) er i dette projekt suppleret med regelmæssige detaljerede målinger af den specifikke sammensætning af kemiske forbindelser i luften med laboratorie-udstyr (se afsnit 7.4).

## 6. Dokumentation på effekt i laboratoriet

I alt syv luftrensere blev testet i laboratoriet for at vise en dokumenteret effekt for en specifik VOC. Den udvalgte VOC blev acetaldehyd, da denne blev detekteret på alle lokationer i forbindelse med baseline-måling (se afsnit 7.2). Acetaldehyd<sup>3</sup> kan give anledning til ubehagelige lugtgener i tilpas høje koncentrationer, men kan ved lave koncentrationer opfattes frugttagtig. Det er velkendt, at acetaldehyd er en væsentlig komponent i lugtstoffer afgivet fra urin<sup>4</sup>. Acetaldehyd er desuden på Arbejdstilsynets Grænseværdiliste for luftforurening<sup>5</sup>. Endeligt anvendes acetaldehyd ofte som surrogat for det kræftfremkaldende stof formaldehyd i forbindelse med test af luftrensningsløsninger.

### 6.1. Testmetode

Testen af de 7 udvalgte luftrensere ved Teknologisk Institut er udført i lufttæt 20 m<sup>3</sup> testkammer. Testkammeret er beklædt med teflon, for at minimere adsorption af gasser og partikler på væggene, og hermed særdeles egnet til test af luftrensere. Protokollen for test har været som følger:

- Forud for hver enkelt test ventileres testkammeret grundigt indtil koncentrationen af acetaldehyd er på baggrundsniveau.
- Acetaldehyd doseres til kammeret indtil en koncentration på 15 – 20 ppm opnås.
- En ventilator i rummet opblander luften i testkammeret i yderligere 5 minutter, hvorefter den slukkes.
- Luftrenser tændes på højeste niveau og kører i en periode på 40 minutter, hvorefter luftrenser slukkes.
- Testkammeret ventileres i 10-15 minutter.
- Herefter tændes luftrenseren igen og der måles for afgang i 15 minutter.

Under hele testen måles koncentrationen af acetaldehyd kontinuert, samtidig med at der udtages luftprøver til efterfølgende analyse for biprodukter til tiderne 0, 20 og 40 minutter. Både acetaldehyd og mulige biprodukter måles med instrumentet PTR-MS (Proton Transfer Reaction – Mass Spectrometry) med en tidsopløsning på 1 sekund.

---

<sup>3</sup> <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/acetaldehyde.pdf>

<sup>4</sup> Videnskabelig artikel: Sensors 2013, 13, 8523-8533; doi:10.3390/s130708523

<sup>5</sup> <https://at.dk/media/5941/graensevaerdier-stoffer-materialer-c-0-1.pdf> Grænseværdi på 25 ppm

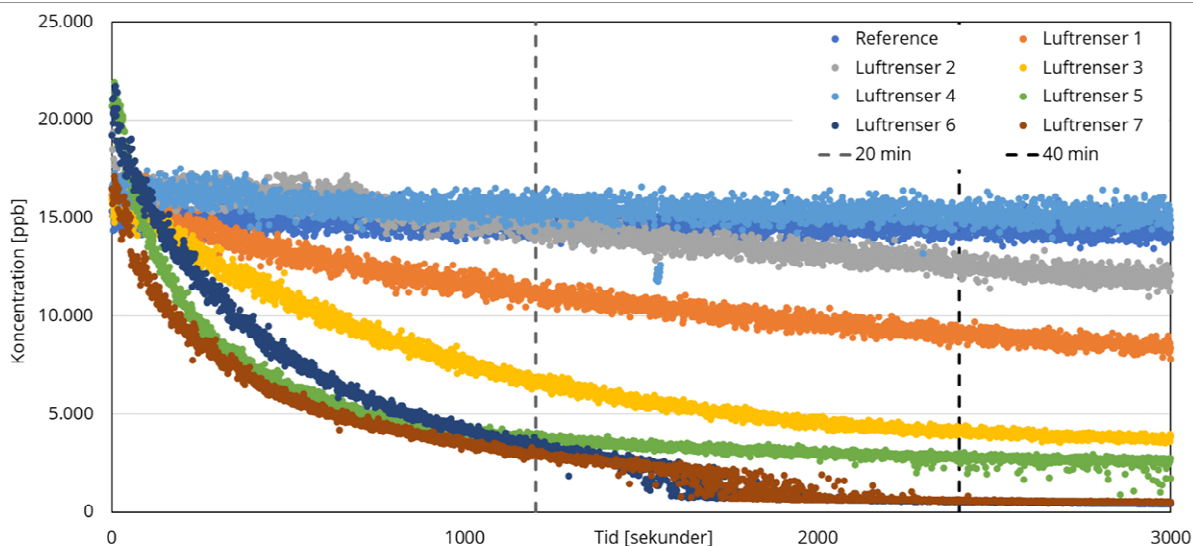


## 6.2. Resultater

**Reduktion:** Effektiviteten af de syv undersøgte luftrensere er udregnet som den relative forskel i koncentration mellem starttidspunktet for testen og efter hhv. 20 og 40 minutter med luftrenseren kørende på højeste niveau (se Tabel 4). Koncentrationen af acetaldehyd målt i testperioden med hver af de syv luftrensere tændt ses i Figur 1.

**Tabel 4: Oversigt over resultater for laboratorietest af de 7 udvalgte luftrensere**

Produkt	Teknologi	Reduktion – 20 min	Reduktion – 40 min	Afgasning?
Reference		2,3%	2,4%	
1	Filter med aktivt kul, EPA-filter, Ionisering	32%	44%	Ja
2	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, Ionisering	19%	31%	Ja
3	Filter med aktivt kul, HEPA-filter	57%	73%	Ja
4	Fotokatalytisk Oxidation (PCO)	6,1%	8,0%	Nej
5	Filter med aktivt kul, HEPA-filter	82%	86%	Ja
6	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, Ionisering og Fotokatalytisk Oxidation (PCO)	83%	97%	Ja
7	Filter med aktivt kul og zeolit, HEPA-filter	82%	96%	Ja



Figur 1: Koncentration af acetaldehyd målt for hver af de 7 luftrensere, samt referencen, i laborietesten. Tiden ( $t=0$ ) er defineret som tidspunktet for start af luftrenseren. De stiplede linjer angiver hhv. 20 og 40 minutter, hvortil reduktionen er udregnet.

Overordnet viser testen, at luftrensere som anvender filtre med aktivt kul, er i stand til at reducere koncentrationen af acetaldehyd. Reduktionen varierer dog signifikant fra produkt til produkt. Reduktionen efter 20 minutter ligger mellem 18,9 % og 83,4 % for produkter, som anvender aktivt kul.

Særligt produkterne 6, 7 og til nogen grad 5, har en høj reduktion overfor acetaldehyd efter både 20 og 40 minutter. Disse 3 produkter har også det højeste luftflow, men højt luftflow er ikke ensbetydende med høj reduktion af acetaldehyd. For eksempel har produkt 5 et luftflow, som er næsten dobbelt så højt som produkt 7, hvorimod reduktionen efter 40 minutter for disse to er henholdsvis 86,7 % og 96,4 %. Dette skyldes, at kvaliteten og mængden af aktivt kul har stor betydning for effektiviteten overfor acetaldehyd og andre VOC'er. Oplysninger om kvaliteten og mængden af aktivt kul anvendt i luftrensere er sjældent tilgængelige, og har derfor ikke været muligt at indsamle for de undersøgte luftrensere.

Produkterne 4, 6 og 7 benytter desuden alternative teknologier (PCO og zeolit), som potentielt kan have en effekt overfor VOC. Bemærk, at teknologierne HEPA-/EPA-filtre og ionisering ikke forventes at have en indflydelse på gasarter, herunder VOC og lugtstoffer. For produkt 6 og 7 er det ikke muligt at adskille og vurdere effekten af disse alternative teknologier, idet luftrensere er testet med alle teknologier isat / tændt. For produkt 4, som udelukkende anvender PCO, blev der målt en lav reduktion sammenlignet med de andre produkter, som anvender aktivt kul. Desuden er den målte reduktion efter 40 minutter på 8,0 %, ikke signifikant forskellig fra referenceforsøget. Det er derfor ikke muligt at eftervise en effekt af dette produkt, som signifikant adskiller sig fra det naturlige henfald af acetaldehyd i testkammeret.

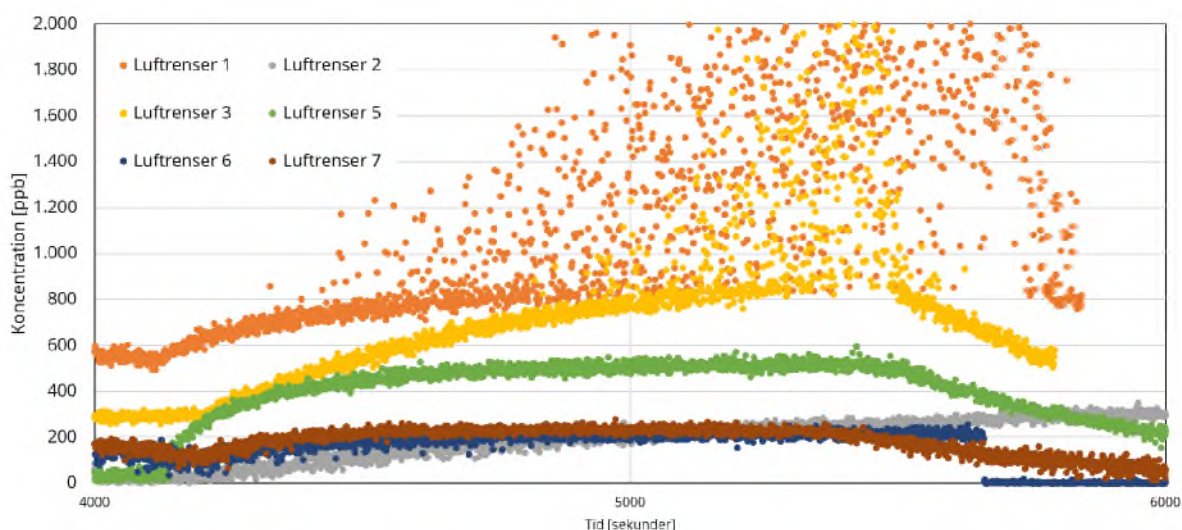
Testen viser desuden det kendte faktum, at effektiviteten af aktivt kul afhænger af koncentrationen af forureningen. Det skal forstås således, at luftrensere fjerner acetaldehyd med en højere rate i starten



af forsøget, hvor koncentrationen er høj, end i slutningen af forsøget hvor koncentrationen er lav. Halveringstiden i løbet af testen ændres altså løbende, hvilket man f.eks. ikke ser når man f.eks. tester luftrensere med HEPA-filtre overfor partikler. Dette kan have den betydning, at luftrensere i højere grad kan sænke spidsbelastningen (korterevarende høje koncentrationer) ved VOC-forureningen, men ikke i lige så høj grad sænke baggrunds niveauet markant.

**Afgasning:** Afgasning er undersøgt ved at tænde luftrensere i et rent testkammer umiddelbart efter afslutningen på reduktionstesten. Hvis afgasning forekommer, betyder det at en del af den opfangede acetaldehyd frigives fra luftrenseren til det omkringliggende miljø.

Testen viser, at alle produkter, undtagen produkt 4, frigiver acetaldehyd igen efter reduktionstesten er afsluttet. Denne test er kvalitativ, idet mængden af afgasning delvist afhænger af effektiviteten af luftrenseren. For eksempel har produkterne 3 og 5 opfanget væsentligt mere acetaldehyd og har derfor meget at frigive, hvorimod produkt 2 har opfanget relativt lidt og dermed ikke har lige så meget at frigive. Det ses dog, at produkterne 6 og 7, som har den højeste reduktion, samtidig har en relativ lille afgasning. Dette kan skyldes at kvaliteten af aktivt kul i disse produkter er højt. Resultaterne fra testen kan ses i Figur 2



Figur 2: Koncentration af acetaldehyd i afgasningstest- Reference og luftrensere 4 udeladt fra afgasning

**Biprodukter:** Der er for produkterne 1, 2, 3, 5 og 6 detekteret små spor af andre gasarter end acetaldehyd, som karakteriseres som biprodukter. Biprodukterne er identificeret ved stigninger i koncentrationer i testens løbetid for specifikke stoffer i luften, som ikke tilsvarende steg under referenceforsøget uden luftrensere. Biprodukter kan stamme fra en kemisk omdannelse af gasarter eller afgasning fra komponenter i luftrenseren (f.eks. fra plastik som opvarmes under brug). Koncentrationen for alle



identificerede biprodukter var dog markant lavere end gældende retningslinjer (f.eks. fra arbejdstilsynet<sup>6</sup> og NIOSH<sup>7</sup>) for de pågældende stoffer. Biprodukterne dannet under den specifikke test med acetaldehyd, blev derfor vurderet til at være negligerbar i henhold til den videre anvendelse af produkterne i projektet.

Alle luftrensere blev testet for udledning af ozon ved at måle direkte i deres luftudtag. Ingen af de syv udvalgte luftrensere udledte ozon.

### 6.3. Konklusion på laboratorietest

På baggrund af denne undersøgelse af de syv udvalgte luftrensere, har Aarhus Kommune valgt at luftrensere 3, 6, 7 og 8 skal anvendes videre i projektet og opstilles på de udvalgte plejehjem. Produkterne er primært udvalgt på grund af høj effektivitet.

## 7. Målinger på plejehjem

### 7.1. Udvalgelse af lokationer

I alt 6 lokationer blev inspiceret hvoraf 4 blev udvalgt til at deltage i projektet. Lokationerne blev udvalgt på baggrund af størrelse, brug/formål samt tilgængelighed (se Figur 4 for billeder). De valgte lokationer er følgende:

**Plejehjem 1:** Det undersøgte rum er et kvadratisk linnedrum, hvor beskidt linned (typisk 3-4 bure) opbevares indtil afhentning til vaskeri. Enkelte andre genstande er også opbevaret i rummet. Rummet er aflukket med skydedør mod forrum, hvor rent vasketøj opbevares. Rummet beskrives af personalet som ildlugtende og derfor er skydedør til forrum oftest lukket. Rummet har ingen vinduer. **Luftreenser 5** er anvendt i dette rum.

**Plejehjem 2:** Det undersøgte rum er et kvadratisk vaskerum, hvor der er en vaskemaskine og en tørretumbler. Sække og kurve med beskidt vasketøj opbevares i rummet. Rummet har ingen vinduer og døren er oftest åben, da der bliver meget varmt derinde når tørretumbler kører. Dette betyder at lugtgejerne tit spreder sig til gangarealerne. **Luftreenser 3** er anvendt i dette rum.

**Plejehjem 3:** Det undersøgte rum er et aflangt, smalt vaskerum, hvor der er to vaskemaskiner og to tørretumbler. Vogne og kurve med beskidt vasketøj opbevares i rummet. Herudover foldes og opbevares rent vasketøj på bordarealer i rummet. Rummet har mulighed for udluftning ved at åbne vinduer.

---

<sup>6</sup> <https://at.dk/regler/at-vejledninger/graensevaerdier-stoffer-materialer-c-0-1/>

<sup>7</sup> <https://osha.europa.eu/da/themes/dangerous-substances/practical-tools-dangerous-substances/niosh-pocket-guide-chemical-hazards>



Døren derind er oftest lukket, da rummet ligger lige ud til spiseareal. **Luftrenser 6** er anvendt i dette rum.

**Plejhjem 4:** Det undersøgte rum er et kvadratisk vaskerum, hvor der er en vaskemaskine og en tørretumbler. Vogne og kurve med beskidt vasketøj opbevares i rummet. Rummet har ingen vinduer og døren derind er oftest lukket, da rummet ligger lige ud til spiseareal. Undervejs i projektet er sensor og luftrenser flyttet fra først-udvalgte rum til et identisk rum på etagen over. Dette skyldes problemer med el-netværket i rummet. **Luftrenser 7** er anvendt her.

Plejhjem 1	Luftrenser 5	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, op til 750 m <sup>3</sup> /timen
Plejhjem 2	Luftrenser 3	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, op til 100 m <sup>3</sup> /timen
Plejhjem 3	Luftrenser 6	Filter med aktivt kul, HEPA-filter, Ionisering og Fotokatalytisk Oxidation (PCO), op til 600 m <sup>3</sup> /timen
Plejhjem 4	Luftrenser 7	Filter med aktivt kul og zeolit, HEPA-filter, op til 400 m <sup>3</sup> /timen

## 7.2. Baselinemåling

En baselinemåling af TVOC-koncentrationen på de fire udvalgte lokationer blev foretaget forud for opsætning af luftrensere. Denne baselinemåling udgør således omfanget af lugtproblematikken før en eventuel forbedring af luftkvaliteten. Baselinemåling er udført med luftkvalitetssensorer, som kontinuert måler TVOC, samt en række andre relevante luftkvalitetsparametre. Baselinemålingen er foretaget over en relativ lang periode på ca. 7 uger - i alt 52 dage. Dette er for at sikre, at der i den endelige evaluering af luftrensernes virkning kan tages højde for variationer i belastningen af rummene (f.eks. mængden og tilstand af vasketøj, menneskelig tilstedeværelse, naturlig ventilation og temperaturforhold). Den kontinuerede måling med luftkvalitetssensorer er suppleret med opsamling af luftprøver udtaget på enkelte dage. Disse luftprøver er efterfølgende blevet analyseret for specifikke stoffer, for et mere detaljeret indblik i lugtproblematikken, som sensorerne ikke kan tilbyde.

## 7.3. Luftkvalitetssensorer

Airthings View Plus sensorer blev anvendt til kontinuerede målinger af følgende luftkvalitetsparametre:

- Partikler (PM1 og PM2.5) - målt i µg/m<sup>3</sup>
- TVOC - målt i parts per billion (ppb)
- CO<sub>2</sub> - målt i parts per million (ppm)
- Relativ luftfugtighed
- Temperatur
- Lufttryk - målt i hPa
- Støj - målt i dBA
- Lys

Sensorerne blev opsat på de 4 lokationer fredag den 10. februar 2023 og nedtaget igen torsdag den 8. juni 2023. Sensorerne blev placeret i hovedhøjde og med fri luftbevægelse omkring sig, så vidt muligt. Ved placeringen af sensorerne blev der taget hensyn til adgang til strøm og personalets arbejds gange.





Alle sensorer, undtagen sensoren ved plejehjem 4, har målt uafbrudt i hele perioden med ét målepunkt ca. hvert 5. minut for hver af ovenstående parametre. Luftkvalitetsmålinger fra plejehjem 4 mangler i perioden 28. april til 10. maj, idet sensoren var blevet slukket af personalet.



Figur 3: Foto af sensor opsat ved Plejehjem 4.

#### 7.4. Opsamling og analyse af luftprøver

Luftprøver blev opsamlet løbende i perioden, for at identificere specifikke VOC'er som ikke er muligt med de opsatte sensorer. Der er optaget og analyseret luftprøver på følgende dage:

Tabel 5: Oversigt over luftopsamlinger på de 4 plejehjem

Dato	Plejehjem 1	Plejehjem 2	Plejehjem 3	Plejehjem 4
17/01	Rum uden luftrensere	Rum uden luftrensere	Rum uden luftrensere	Rum uden luftrensere
19/04	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Ingen måling
23/05	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere
	Forum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere
30/05	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere
	Forum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere
08/06	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere	Rum med luftrensere
	Forum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere	Tilsvarende rum uden luftrensere

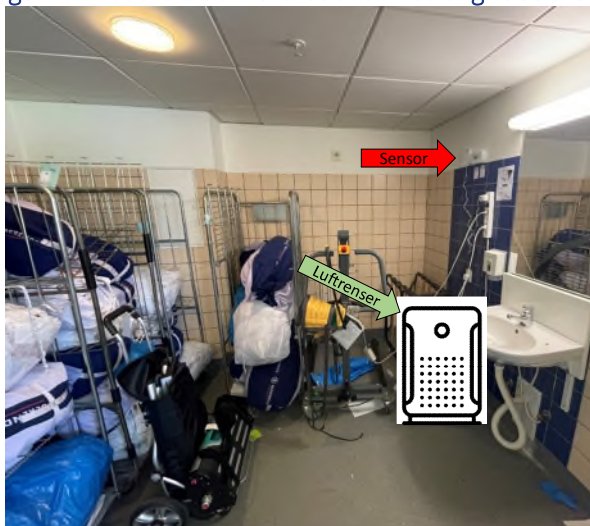
Luftprøver blev opsamlet ved hjælp af en pumpe sat til en kasse, som presser luften ned i en pose. Disse poser med luft blev transporteret tilbage til Teknologisk Institut og analyseret med PTR-MS kort tid efter opsamling.

#### 7.5. Opsætning af luftrenser og sensorer

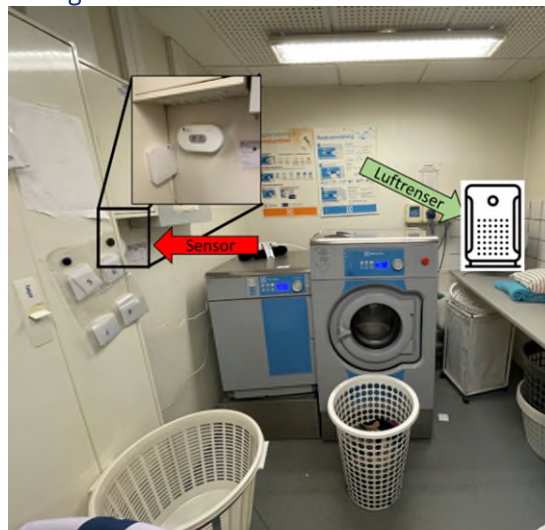
Ved installation af luftrenser blev der på forhånd bestemt hvilket niveau ("fan speed") luftrenseren skulle stå på. Dette blev baseret på støjniveau sammenlignet med hvad der ellers var af larmende maskiner (tørretumbler, vaskemaskine). Luftrenserne blev sat op mandag d. 3. april og kørte i perioden 3. april til 8. juni uafbrudt undtagen Luftrenser 7 på plejehjem 4. Herudover har der for luftrenser 6 på plejehjem 3 været en periode hvor luftrenserne er skruet ned for. Dette ses tydeligt i støjdata der er analyseret senere i afsnittet.



Figur 4: Billeder fra de fire lokationer med angivelse af sensor og luftrenser



**Plejehjem 1:** Sensoren er placeret på væg i højden 2,0 m. Luftrenseren (nr. 5, anonymiseret) er placeret frit i rummet på gulvet og sat på maksimum fan speed (niveau 3 ud af 3.)



**Plejehjem 2:** Sensoren er placeret på væggen mellem to skabe (se lille billede) i højden 1,5 m. Luftrenseren (nr. 3, anonymiseret) er placeret ovenpå bordet i det fjerne hjørne af rummet og er sat på maksimalt niveau.



**Plejehjem 3:** Sensoren er placeret på væggen over bordet i højden 1,80 m. På bordet bliver der oftest foldet og opbevaret rent vasketøj. Luftrenseren (nr. 6, anonymiseret) er placeret under bordet i det fjerneste hjørne af rummet og sat på niveau 3 ud af 5. Der er sikret tilpas frihøjde mellem luftrenser og bordkant, så luftbevægelsen ikke begrænses



**Plejehjem 4:** Sensoren er placeret på bagvæggen i højden 1,8 m. Luftrenseren (nr. 7, anonymiseret) er placeret under bordet i det fjerneste hjørne af rummet på niveau 4 ud af 6. Der er sikret tilpas frihøjde mellem luftrenser og bordkant, så luftbevægelsen ikke begrænses. Billedet er taget i det første rum, hvor sensor og luftrenser blev opsat. Sensor og luftrenser blev senere i projektet flyttet til identisk rum på en anden etage.



## 8. Resultater af plejehjemsmålinger

### 8.1. Sensorer

Den samlede TVOC-koncentration målt på de 4 plejehjem for hele perioden er vist i Figur 5. For plejehjem 1 og 4 er der data i hele perioden. For plejehjem 2 og 3 er udeladt data i perioder hvor luftrenseren har været slukket eller uventet skruet ned af personalet. På graferne ses en lang række kortvarige høje koncentrationer af TVOC for alle plejehjem, både i perioder med og uden luftrensere. Den nøjagtige årsag til disse er ukendt, men det formodes, at brugen af håndsprit, som medfører ethanol i luften, kan være en væsentlig årsag til disse toppe. Herudover er der på figuren ikke umiddelbart en tydelig forskel i TVOC-koncentration mellem perioderne med og uden luftrensere.

For at belyse en eventuel effekt af luftrensere er der udført en dybdegående analyse af TVOC-sensordata (se Tabel 6) for hver af de 4 lokationer, som indeholder følgende parametre for perioderne med og uden luftrensere:

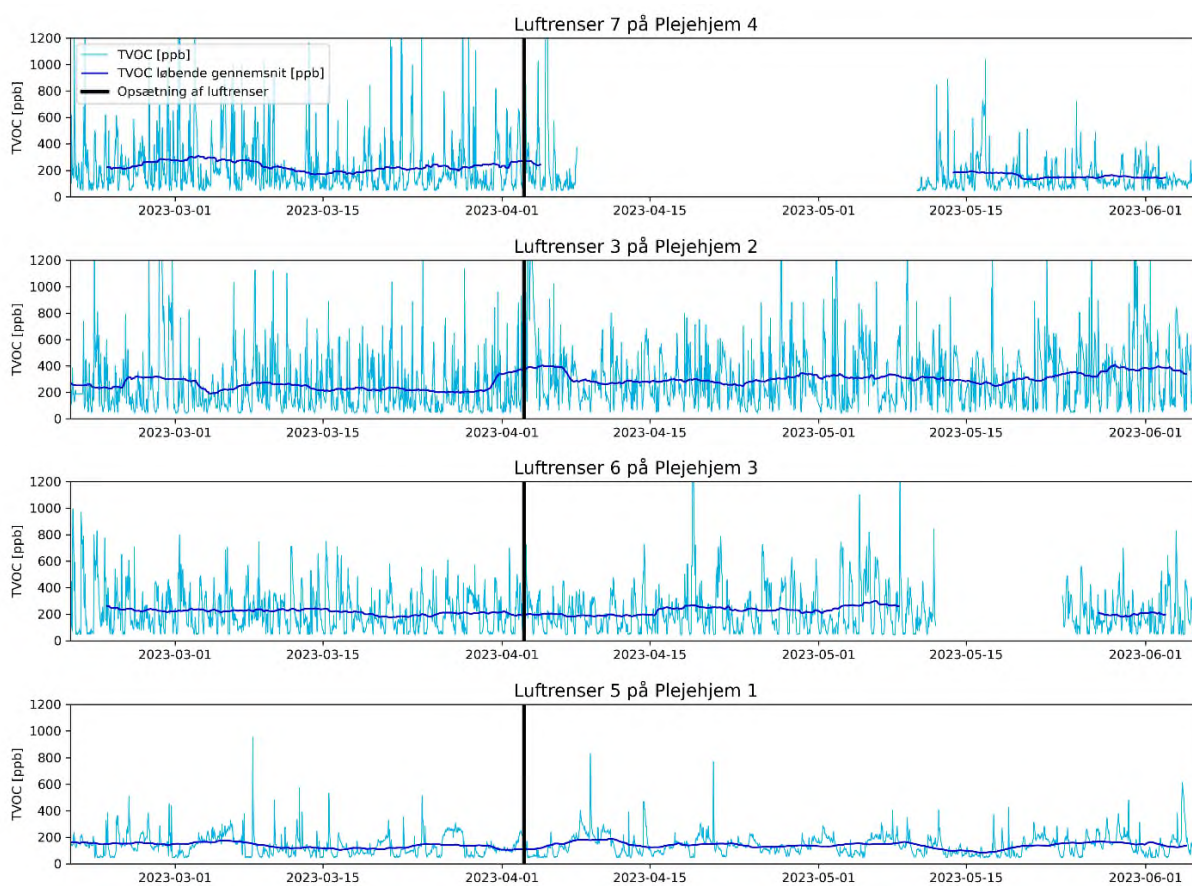
- Gennemsnit
- Median
- Maksimum koncentration
- Koncentration på timebasis
- Antal af målinger af koncentration over hhv. 100 ppb og 250 ppb<sup>8</sup>
- Mængde af tid med en koncentration over hhv. 100 ppb og 250 ppb

De to sidste parametre er udvalgt for at undersøge om luftrensere er i stand til henholdsvis at begrænse meget høje koncentrationer af TVOC samt hurtigt at nedbringe koncentrationen af TVOC på tidspunkter med høj luftforurening. Herudover er de resterende målte parametre (se afsnit 7.3) fra sensoren analyseret kvalitativt.

Særligt CO<sub>2</sub> og lys-data er anvendt til at estimere, hvorvidt forhold om brug af de udvalgte rum har været sammenlignelige i de to perioder. Resultaterne viser ensartede CO<sub>2</sub> og lys-data for de to perioder, hvormed den menneskelige aktivitet i rummene antages at være sammenlignelig.

---

<sup>8</sup> TVOC-koncentration på 250 ppb svarer i den tyske Den tyske Miljøstyrelse "UBA" (Umweltbundesamt - <https://link.springer.com/article/10.1007/s00103-007-0290-y>) til skiftet mellem god og medium luftkvalitet



Figur 5: Målinger af TVOC-koncentration [ppb] for de 4 plejehjem. Den vertikale sorte linje indikerer tidspunkt for opsætning af luftrenserne. Den mørkeblå linje, som løber i horisontal retning, er løbende gennemsnit. For plejehjem 1 og 4 er der data i hele perioden. For plejehjem 2 og 3 er udeladt data i perioder hvor luftrenseren har været slukket eller skruet ned.



Tabel 6: Oversigt over analyseresultater for TVOC sensordata opsamlet på de 4 plejehjem

Parameter	Luftrensener?	Plejehjem 1	Plejehjem 2	Plejehjem 3	Plejehjem 4
Gennemsnitlig TVOC-koncentration (ppb)	Uden	138	244	223	232
	Med	142	310	222	163
Median (ppb)	Uden	123	163	174	152
	Med	131	264	171	119
Maksimum TVOC-koncentration (ppb)	Uden	1963	3607	2364	5796
	Med	946	2515	1866	2667
# målepunkter per dag over 100 ppb	Uden	55,3	41,3	50,2	46,3
	Med	57,7	55,3	51,4	48,2
Mænde af tid over 100 ppb (%)	Uden	64,0	72,0	74,9	74,3
	Med	66,7	86,7	75,4	64,7
# Målepunkter per dag over 250 ppb	Uden	8,1	19,8	26,4	17,6
	Med	6,3	36,0	23,0	9,2
Mængde af tid over 250 ppb (%)	Uden	8,57	33,2	35,7	27,3
	Med	6,79	52,4	32,6	13,0

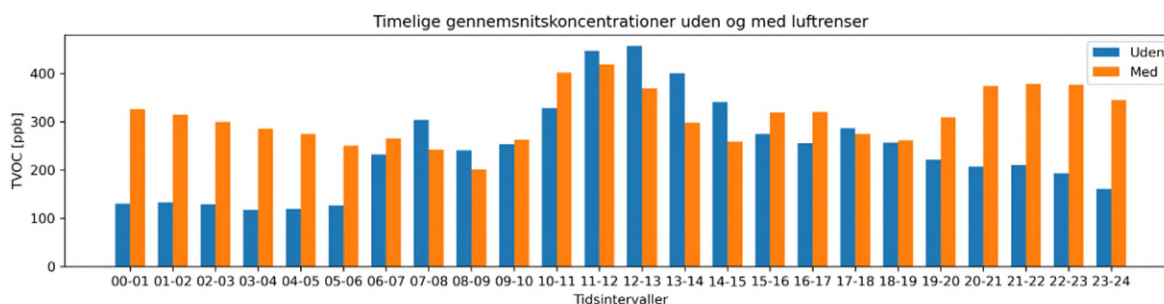
For **plejehjem 1** er der ikke målt en reduktion i de gennemsnitlige TVOC-koncentrationer mellem perioderne med og uden luftrensener. Ligeledes er der målt et næsten ens antal af målinger og mængde af tid over både 100 og 250 ppb for de to perioder. Den maksimale TVOC-koncentration målt for hver af de to perioder er signifikant lavere for perioden med luftrenseneren tændt.

For **plejehjem 2** er der målt højere gennemsnitlige værdier for alle parametre, på nær maksimum, i perioden med luftrenseneren tændt. Ud fra de tilgængelige data er det ikke muligt at lave en entydig forklaring. Mulige forklaringer kunne være, at rummet i perioden med luftrenseneren har oplevet øget menneskelig aktivitet og belastning. Dog tyder CO<sub>2</sub> og lys-data (ikke vist i denne rapport) fra rummet på en nogenlunde ens aktivitet i de to perioder. Den anden mulighed kan være, at luftbevægelsen fra luftrenseneren medfører en bedre opblanding af luften i rummet og sensoren dermed oplever en højere koncentration. Med henvisning til de indledende laboratorieforsøg for denne luftrensener, vurderes det at de øgede koncentrationer ikke skyldes dannelsen af biprodukter fra luftrenseneren.

En mere dybdegående analyse af TVOC-data fra **plejehjem 2** er vist i Figur 6. Denne figur viser timelige gennemsnitskoncentrationer for henholdsvis hele perioden med og uden luftrensener. Hver søjle i figuren er således gennemsnittet over alle målinger fra én bestemt time i hver af de to perioder. Det ses, at der i perioden uden luftrenseneren er de højeste koncentrationer i tidsrummet fra 11 – 14. I perioden med luftrenseneren tændt er de gennemsnitlige TVOC-koncentrationer målt i denne periode lavere. For stort set alle andre tidsrum er TVOC-koncentrationen dog større, hvilket igen kan skyldes en bedre opblanding af luften forårsaget af luftrenseneren, dog uden målbar rensning af luften. Luftrenseneren er placeret på et bord, og dette kan bidrage til at opblandingen i rummet øges og at sensoren dermed måler gennemsnitligt højere koncentrationer. Denne luftrensener er også mindre end de andre luftrensener hvilket desuden kan betyde at filteret ikke har samme kapacitet og dermed er blevet fyldt hurtigere



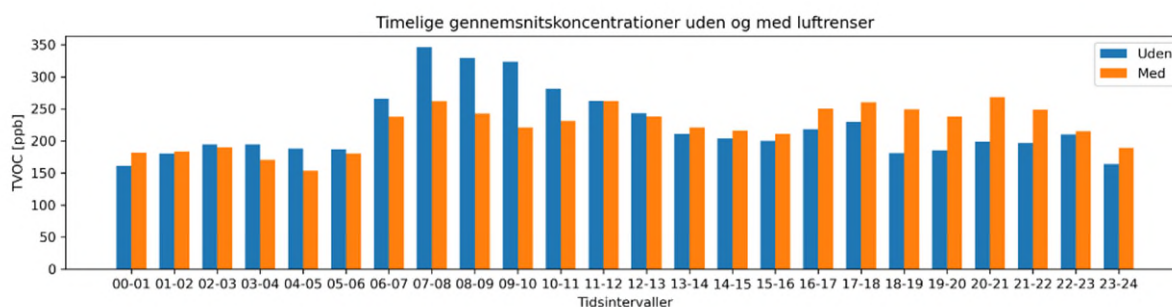
end for de andre luftrensere. Dette er dog ikke blevet undersøgt yderligere, da det ikke var en del af projektet.



Figur 6: Timelige gennemsnitskoncentrationer med og uden luftrensere for plejehjem 2.

For **plejehjem 3** er der målt ensartede værdier for alle parametre. Der kan dog bemærkes minimale forskelle målt for den maksimale TVOC-koncentration, antal målinger per dag over 250 ppb og mængden af tid over 250 ppb. For disse tre er værdierne for perioden med luftrenseren tændt minimalt lavere end perioden uden luftrensere, hvilket kunne indikere en effekt af luftrenseren på luftforurening af TVOC.

Den timelige TVOC-gennemsnitskoncentration for plejehjem 3 er vist i Figur 7. Det ses, at der dagligt omkring kl. 06 og cirka 3 timer frem, sker en stigning i TVOC-koncentrationen i rummet. Dette kunne skyldes, at personalet møder ind omkring dette tidspunkt og påbegynder aktiviteter i rummet. I perioden med luftrenseren tændt er de gennemsnitlige koncentrationer i tidsrummet 06 – 11 lavere end perioden uden luftrenseren. Dette kunne, ligesom for plejehjem 2, indikere, at luftrenseren er i stand til at tage en smule af spidsbelastningen i lige netop denne periode, men ikke kan nedbringe det gennemsnitlige baggrunds niveau i rummet.

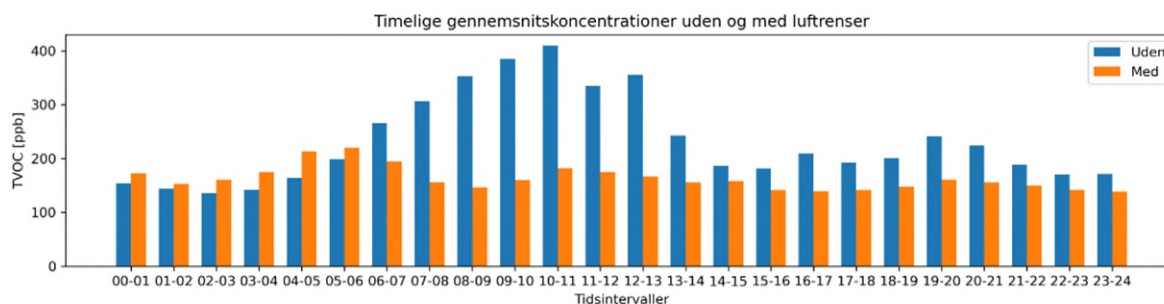


Figur 7: Timelige gennemsnitskoncentrationer med og uden luftrensere for plejehjem 3.

For **plejehjem 4**, skal det fremhæves at målingerne i perioden med og uden luftrensere er foretaget i to forskellige rum. Det er således en væsentlig fejlkilde, at den menneskelige aktivitet og belastning i de to rum kan være markant forskellige. Med det in mente, viser de gennemsnitlige værdier dog et markant fald i perioden med luftrenseren tændt, hvilket indikerer en positiv effekt af luftrenseren. Særligt for den gennemsnitlige TVOC-koncentration, antallet af målepunkter og mængde af tid over 250 ppb, er der målt en signifikant reduktion for perioden med luftrenseren tændt. Antallet af målinger over 100 ppb er dog stort set ens i de to perioder. Den timelige gennemsnitskoncentration præsenteret i Figur



8, viser at der særligt er et fald i TVOC-koncentration i tidsrummet 07-11, som er det tidsrum med højest koncentration i perioden uden luftrensere.

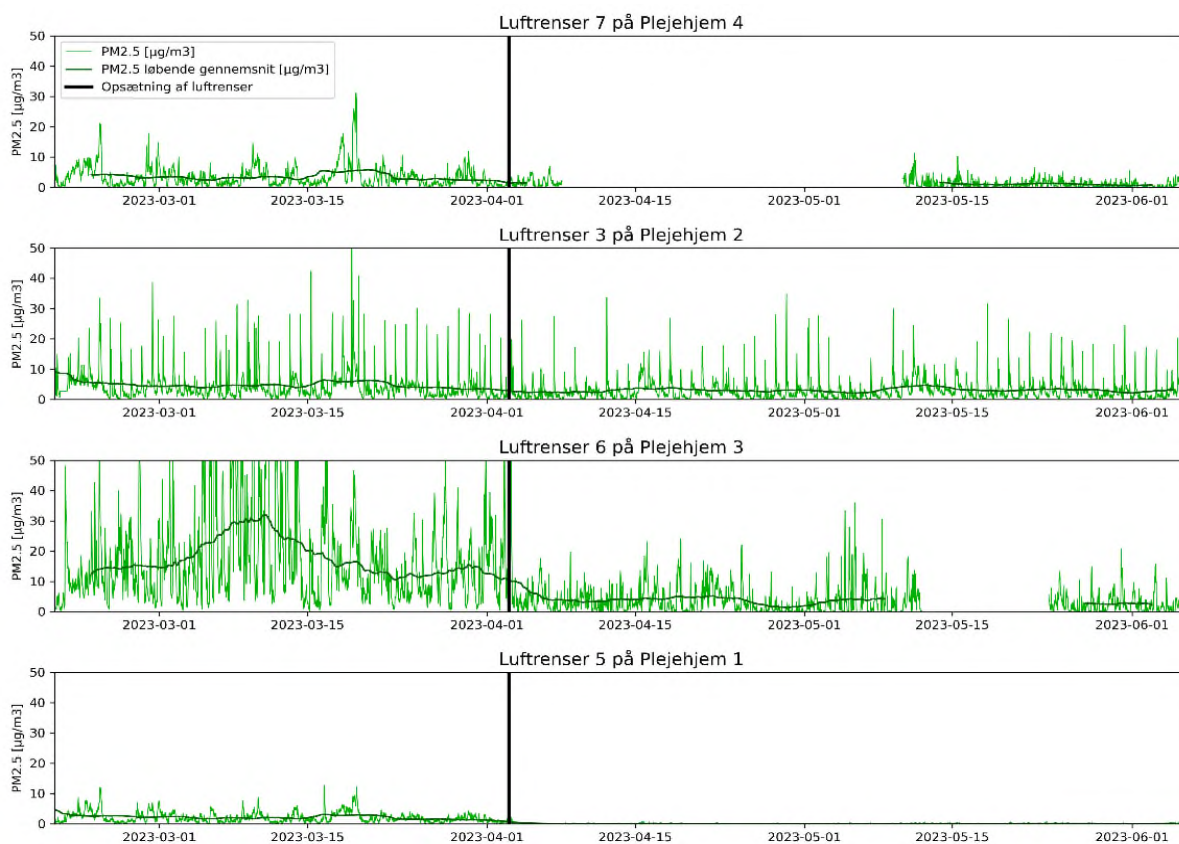


Figur 8: Timelige gennemsnitskoncentrationer med og uden luftrensere for plejehjem 4.

**Partikler:** De fire anvendte luftrenserne har alle foruden et filter med aktivt kul også et HEPA-filter. Derfor har det været interessant at kigge på sensordata for partikler, idet HEPA-filtre er meget effektive overfor lige netop disse. Partikler bidrager i udgangspunktet ikke til lugtgener, og er derfor et sekundært fokus i denne analyse. Partikelkoncentrationen (PM<sub>2.5</sub>) målt over hele perioden for alle fire lokationer er præsenteret i Figur 9 og resultaterne i Tabel 7. Særligt for plejehjem 1, 3 og 4, ses tydeligt en markant reduktion i partikelkoncentration øjeblikkeligt efter luftrenserne indsættes. For plejehjem 2 viser den detaljerede analyse ligeledes en reduktion i partikelkoncentration. De høje koncentrationer for plejehjem 3 sammenlignet med de andre plejehjem skyldes med stor sandsynlighed det faktum at placeringen af sensoren er lige over bordet. Dette betyder, at når personalet lægger tøj sammen ved bordet kommer der meget støv omkring sensoren. Dette har ikke nogen betydning for VOC-målinger.

Tabel 7: Oversigt over gennemsnitlige værdier for relevante partikelmålingerne

Parameter	Luftrensere?	Plejehjem 1	Plejehjem 2	Plejehjem 3	Plejehjem 4
Gennemsnit [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Uden	2,1	4,8	17,2	3,5
	Med	0,0	3,1	3,4	1,2
# Målepunkter per dag over $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Uden	0,7	4,9	26,1	3,97
	Med	0,0	3,2	5,9	0,43
Mængde af tid over $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [%]	Uden	0,53	8,3	56,6	4,4
	Med	0,0	4,2	8,1	0,2



Figur 9: Målinger af partikelmassekoncentration (PM<sub>2.5</sub>) for de 4 plejehjem. Den vertikale sorte linje indikerer tidspunkt for opsætning af luftrenserne. Den sorte linje, som løber i horisontal retning, er løbende gennemsnit. For plejehjem 1 og 4 er der data i hele perioden. Det bemærkes for plejehjem 1, at der *ikke* mangler data, men at der er målt en koncentration på 0 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] i længere perioder. For plejehjem 2 og 3 er udeladt data i perioder hvor luftrenseren har været slukket eller skruet ned.

**Støj:** Ved indsætning af luftrensere er særligt støj en af de væsentligste ulemper. Set fra et arbejdsmiljøperspektiv er støj ligeledes en vigtig faktor. I Figur 10 er støjmålinger for hele perioden for alle fire lokationer præsenteret. For plejehjem 2, 3 og 4 kan det observeres at baggrunds niveauet / minimumsniveauet hæves efter luftrenserne indsættes dog bemærkes det, at maksimumsniveauet ikke hæves. Det indikerer, at luftrenserne medvirker til at der ikke opnås stille perioder, som det var tilfældet uden luftrensere, og at de højeste støjniveauer skyldes andre aktiviteter end luftrenserne.

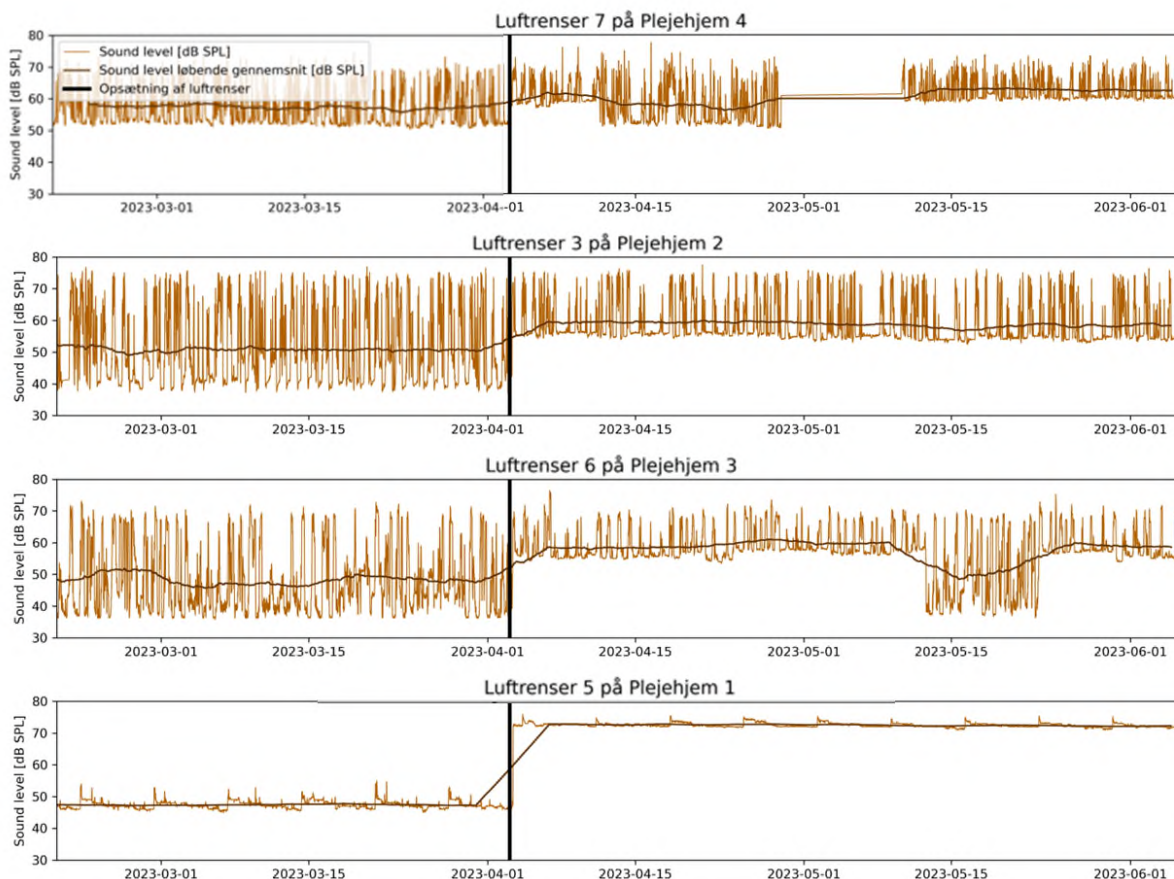
Herudover kan støjdata også anvendes i dette projekt til at sikre, at luftrenserne rent faktisk har været tændt i de forventede perioder. Der ses f.eks. for plejehjem 3 en længere periode omkring 2023-05-15, hvor minimum for lyd niveauet falder tilbage til samme niveau, som før luftrenseren blev indsat. Det var således muligt at identificere, at luftrenseren i denne periode ikke kørte på det valgte niveau, hvilket blev bekræftet af personalet på plejehjemmet. Disse perioder er fjernet fra datasættet til den videre analyse af TVOC-reduktion.

Disse støjdata indikerer således også at luftrenserne på plejehjem 1 og 2 har kørt i hele den forventede periode fra installation til nedtagning. For plejehjem 1, hvor sensoren og luftrenseren er placeret i et aflukket linnedrum med begrænset menneskelig aktivitet, er lyd niveauet forholdsvis stabilt i perioden





før luftrenseren indsættes. Her ses det at luftrenseren medfører en markant stigning til et højere liggende stabilt støjniveau. Dette har dog minimal betydning for arbejdsmiljøet, da personalet ikke befinder sig i dette rum i længere perioder, som det er tilfældet i de fleste andre udvalgte rum.



Figur 10: Målinger af støjniveau (Sound level [dB]) for de 4 plejehjem. Den vertikale sorte linje indikerer tidspunkt for opsætning af luftrensere. Den sorte linje, som løber i horisontal retning, er løbende gennemsnit. For plejehjem 1 og 4 er der data i hele perioden.

## 8.2. Luftopsamlinger

Resultaterne for luftopsamlingerne er grupperet i henholdsvis målingerne foretaget i rum *uden* luftrensere og i rum *med* luftrensere. Rum *uden* luftrensere indebærer for plejehjem 2, 3 og 4 baselinemålinger i de udvalgte rum forud for indsættelse af luftrenseren, samt målingerne i tilsvarende rum på lokationen i perioden, hvor luftrensere har været sat op. Der er ikke optaget sensordata i de tilsvarende rum uden luftrensere. For plejehjem 1 har der været foretaget baselinemålinger i det udvalgte linnedrum, hvor det beskidte linned opbevares, én gang inden opstilling af luftrenser og efterfølgende i tilstødende forrum, hvor rent vasketøj opbevares, da der her ikke fandtes et tilsvarende rum. Sensordata er optaget fra linnedrum.

Analysen af luftprøverne har fokuseret på relevante specifikke gasarter (se Tabel 8), samt den totale koncentration af VOC'er (TVOC) (Tabel 9). De samme data er desuden præsenteret Figur 11.



De specifikke gasarter er udvalgt på baggrund af deres hyppige og forventede forekomst i indeklimaer med lugtgener. TVOC-koncentrationen er angivet med og uden ethanol, da denne er meget høj.

Der er forbundet nogen usikkerhed med disse prøver, da tidspunkt for opsamling varierer fra gang til gang samtidig med at aktiviteter i rummet har en stor indflydelse på f.eks. koncentrationen af ethanol. De fleste luftopsamlinger blev foretaget om formiddagen mellem 9-12 med undtagelse af en enkelt måling som blev foretaget om eftermiddagen. Udover dette er der forskellige ugedage hvor vasketøj afhentes, som også har en indflydelse. Det var således varierende hvorvidt der var beskidt vasketøj i rummet på tidspunkterne for opsamling af luftprøverne.

For **plejehjem 1** indikerer luftprøverne en reduktion af VOC-koncentrationen i rummet i perioden med luftrenseren tændt. For hver af de specifikke VOC'er er der ligeledes målt en lavere gennemsnitlig koncentration i perioden med luftrenseren tændt. Ved sammenligning af rummet med luftrenseren og det tilstødende forrum, er der ikke fundet signifikante forskelle i de gennemsnitlige VOC-koncentrationer, undtagen for ethanol. Dette kan forklares ved at forrummet er et lokale, hvor håndsprit anvendes og dermed giver anledning til ethanol i luften. Herudover vil de andre typer af VOC'er formentlig være fra linnedrummet som spreder sig til forrummet når døren åbnes og lukkes og derfor må en nogenlunde ensartet VOC-koncentration forventes i de to rum.

For **plejehjem 2** har ethanol haft en stor indflydelse på den samlede TVOC-koncentration, og der er ved 2 målinger målt over 1000 ppb. Luftprøverne fra plejehjem 2 indikerer en reduktion i TVOC-koncentration i perioden med luftrenseren tændt, hvis der ses bort fra ethanol.

For denne lokation er der desuden målt en gennemsnitlig reduktion i koncentrationen af acetaldehyd i perioden med luftrenseren, men en højere gennemsnitlig koncentration af eddikesyre i perioden med luftrenseren. Konklusionen er dog forbundet med stor usikkerhed, da der er en stor standardafvigelse på de gennemsnitlige koncentrationer grundet enkelte luftprøver med meget høje koncentrationer af f.eks. eddikesyre.

For **plejehjem 3** har ethanol ligeledes haft en stor indflydelse på den samlede TVOC-koncentration, og der er ved 4 af målinger målt over 400 ppb. Luftprøverne fra plejehjem 3 indikerer en reduktion i TVOC-koncentration i perioden med luftrenseren tændt. Konklusionen er dog forbundet med stor usikkerhed, da der er en stor standardafvigelse på de gennemsnitlige koncentrationer.

For **plejehjem 4** er der ikke målt nogen signifikant forskel i koncentrationerne af TVOC eller af de enkelte VOC'er i perioderne med og uden luftrensere.



Tabel 8: Oversigt over gennemsnitlige koncentrationer ( $\pm$  standardafvigelse) for relevante specifikke VOC'er fra luftopsamlinger på de 4 plejehjem.

Plejehjem	Luftrenser	Koncentration [ppb]					
		Methanol	Eddikesyre	Acetaldehyd	Ethanol	Butanol	Acetone
1	Uden	16	85	104	810	44	55
	Forrum	4 $\pm$ 1	15 $\pm$ 7	55 $\pm$ 9	185 $\pm$ 244	1 $\pm$ 0	10 $\pm$ 4
	Med	5 $\pm$ 4	24 $\pm$ 31	52 $\pm$ 8	30 $\pm$ 23	2 $\pm$ 1	9 $\pm$ 6
2	Uden	15 $\pm$ 6	52 $\pm$ 238	91 $\pm$ 10	325 $\pm$ 559	5 $\pm$ 3	27 $\pm$ 16
	Med	7 $\pm$ 5	142 $\pm$ 239	63 $\pm$ 10	332 $\pm$ 554	1 $\pm$ 1	20 $\pm$ 14
3	Uden	23 $\pm$ 6	76 $\pm$ 41	77 $\pm$ 13	503 $\pm$ 312	10 $\pm$ 14	29 $\pm$ 15
	Med	13 $\pm$ 4	39 $\pm$ 24	63 $\pm$ 19	150 $\pm$ 193	3 $\pm$ 3	10 $\pm$ 5
4	Uden	10 $\pm$ 4	58 $\pm$ 31	65 $\pm$ 10	89 $\pm$ 52	7 $\pm$ 10	19 $\pm$ 8
	Med	9 $\pm$ 4	35 $\pm$ 34	65 $\pm$ 5	102 $\pm$ 44	1 $\pm$ 11	27 $\pm$ 11

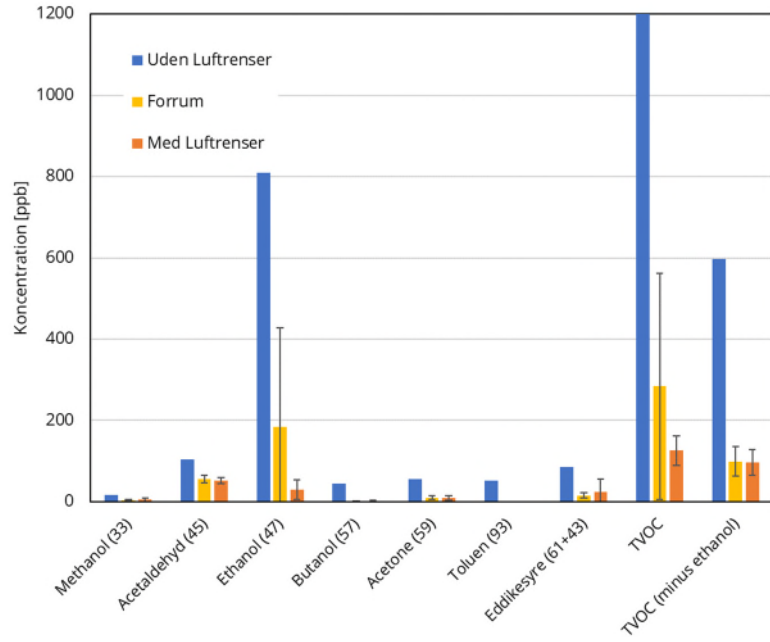
Tabel 9: Oversigt over gennemsnitlige koncentrationer ( $\pm$  standardafvigelse) for TVOC fra luftopsamlingerne på de 4 plejehjem

Plejehjem	Luftrenser	TVOC*	TVOC (ethanol fratrukket)
1	Uden	1408	598
	Forrum	284 $\pm$ 278	99 $\pm$ 36
	Med	126 $\pm$ 36	96 $\pm$ 32
2	Uden	584 $\pm$ 929	259 $\pm$ 227
	Med	639 $\pm$ 927	120 $\pm$ 373
3	Uden	812 $\pm$ 431	310 $\pm$ 154
	Med	304 $\pm$ 235	155 $\pm$ 60
4	Uden	298 $\pm$ 81	209 $\pm$ 66
	Med	275 $\pm$ 55	173 $\pm$ 57

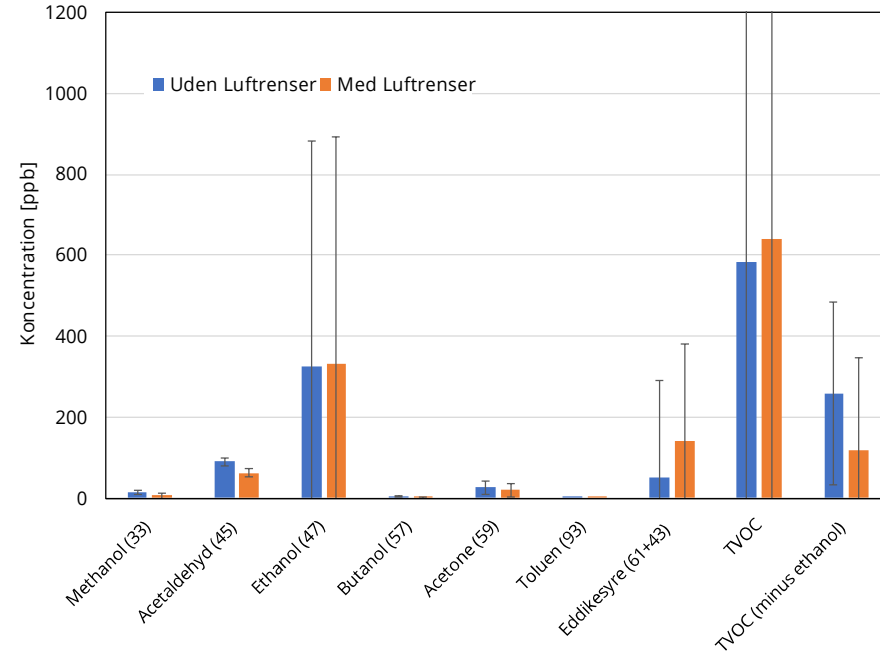
\* Summeret koncentration af VOC'er (22 – 180 m/z). Masserne 30, 32, 34, 37, 55 og 73 er ekskluderet i summen. Detektionsgrænsen defineret som 3,4 ppb



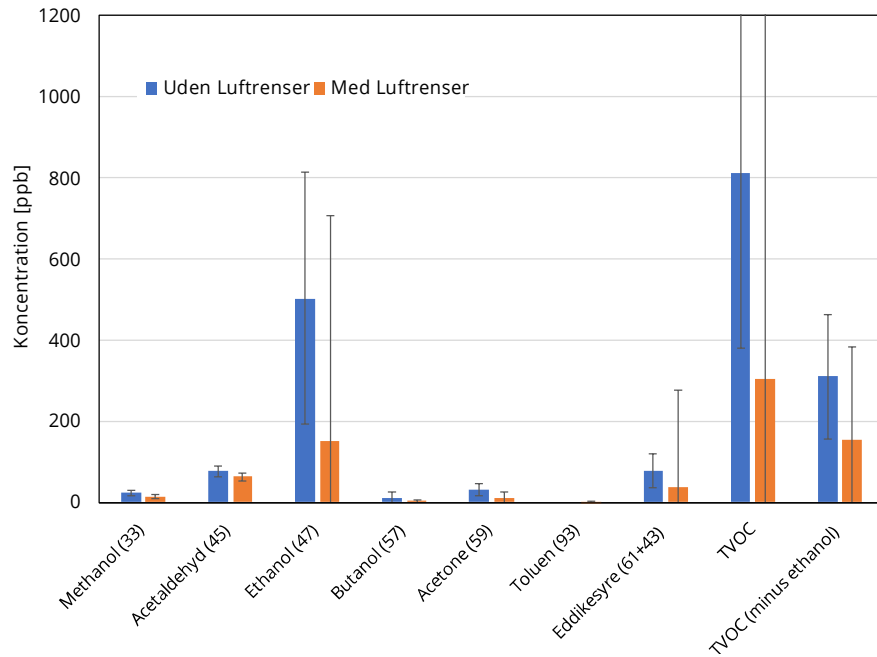
Plejhjem 1 - Luftrenser 5



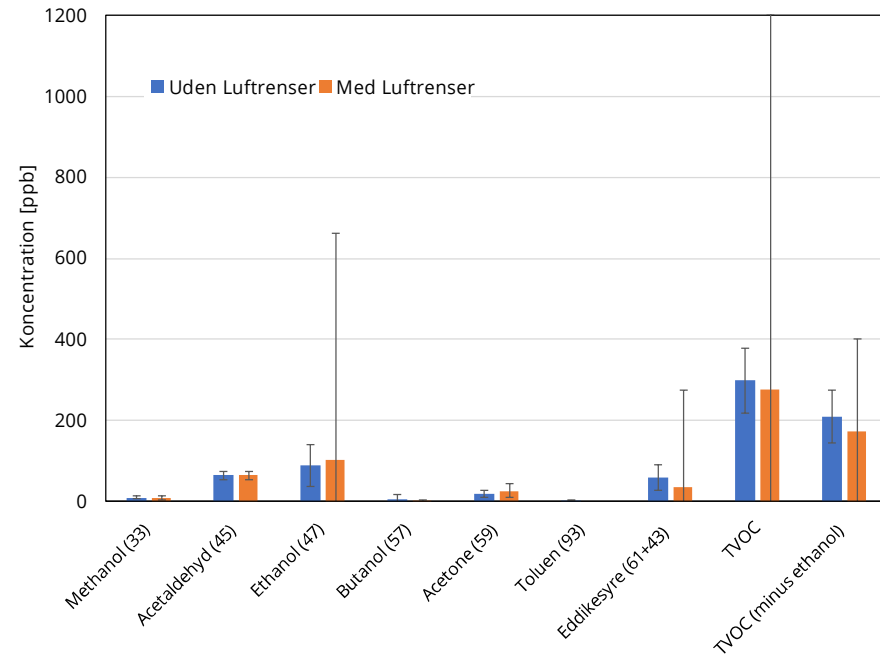
Plejhjem 2 - Luftrenser 3



Plejhjem 3 - Luftrenser 6



Plejhjem 4 - Luftrenser 7



Figur 11: Gennemsnitlig koncentration af specifikke VOC'er samt TVOC målt ved hjælp af luftprøver for de fire plejehjem



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**