

Fyrtårnsprojekt i Greve Kommune: Adaptiv ventilation med ESP filtre og sensorstyring

Ryan Johansen
Tværfaglig
projektleder

Greve Kommune:
Ca. 226.000 m²

Lars Nannerup
Airzens



Greve
Kommune

ENERGIFORUM

Kirzens

(EPBD 2018)

Det samlede luftskifte skal som minimum være 0,35 liter pr. sekund pr. m² opvarmet brugsareal.

Der skal desuden tilføres mindst 10 liter frisk luft pr. sekund pr. person. For at sikre et sundt indeklima bør CO₂-niveauet i opholdsrum ikke overstige 1000 ppm

EPBD (2024)

Ventilation kan være behovsstyret og understøttet af sensorer, der overvåger indeklima og energiforbrug.

De nye EPBD-regler stiller skærpede krav til et dokumenteret indeklima, som skal sikre, at CO₂-niveauet i opholdsrum ikke overstiger 1000 ppm, og at koncentrationen af fine partikler (PM_{2.5}) holdes under 10 µg/m³.

EPBD 2024: Datadrevet ventilation erstatter faste krav – muligheder for energibesparelse

Implementering:

- **Indføres i Danmark fra maj 2026 med gradvis indfasning frem mod 2030–2031.**
- **Fokus på offentlige bygninger:** Offentlig sektor (inkl. hospitaler) går forrest med tidligere krav – bl.a. nulemission fra 2028 – og driver implementeringen.
- **Nybyg & eksisterende:** Offentligt nybyg nulemission fra 2028 (øvrige fra 2030). Eksisterende bygninger indfases frem mod 2030–2033 med fokus på de dårligst performende – især offentlige bygninger og hospitaler.

Nøglekrav:

- **Skærpet dokumentation:** Faktisk energiforbrug og drift skal måles og dokumenteres løbende – ikke kun beregnes.
- **Krav til indeklima (IEQ):** Indeklima bliver et eksplicit krav – skal måles, overvåges og indgå i vurdering (fastlægges nationalt).
- **Krav til intelligent bygningsstyring:** BACS bliver centralt – fra 2026 for anlæg >290 kW, og fra 2030 for anlæg >70 kW, med krav om automatisering, overvågning og optimering

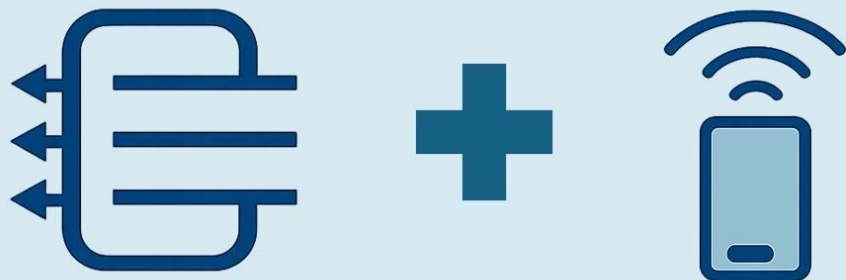
INTRODUKTION

ELEKTRONISKE FILTRE (ESP)

- Reduceret tryktab
- Øget renseseffekt muliggør genbrug af afkastluften
- Reduktion af affald uden engangefiltre
- Skaber grundlag for ADAPTIV styring

ADAPTIV STYRING

- Implementering af high Grade sensorpakke .
- Dokumentation af alle processer
- Ventilation 100% styret af IAQ og grænseværdier
- Udnyt data til behovsstyret service og alarmer



BESPARELSER & FORBEDRINGER

- Ventilator drift
- Varme og køling
- Affaldsreduktion
- Reducerede serviceomkostninger
- Dokumenteret forbedret indeklima
- Lavere klimaaftryk (energi og affald)

AZ01**MONITORERING & SERVICE NOTIFIKATIONER**

- High-grade sensorpakke og energimålere
- Servicenotifikationer og energirapporter via IoT
- Filterrensnotifikation

AZ02**DUAL-FLOW styring – CAV til VAV**

- High-grade sensorpakke og energimålere
- Servicenotifikationer og energirapporter via IoT
- Elektroniske filtre (ESP)
- PLC baseret

AZ03**ADAPTIV VENTILATION**

- Balanceret IAQ-regulering
- Grænseværdier til styring baseret på gældende standarder (EPBD, ISO, WHO)
- High-grade sensorpakke og energimålere
- Servicenotifikationer og energirapporter via IoT
- Elektroniske filtre (ESP)
- PLC- eller CTS-baseret styring



- Ventilationen styres 100 % adaptivt på basis af multi-sensoriske indeklimadata (IAQ)
- Diverse grænseværdier fastsættes i overensstemmelse med gældende lovgivning og anbefalinger.
- Et sundt og energieffektivt indeklima opnås gennem en kombination af adaptiv styring og elektronisk filtrering.
- Den øgede datamængde muliggør besparelser via øget behovsstyring af ventilation og service.
- Baseret på krav og anbefalinger fra Dansk Arbejdsmiljø, WHO, EPBD samt ISO 14644-1

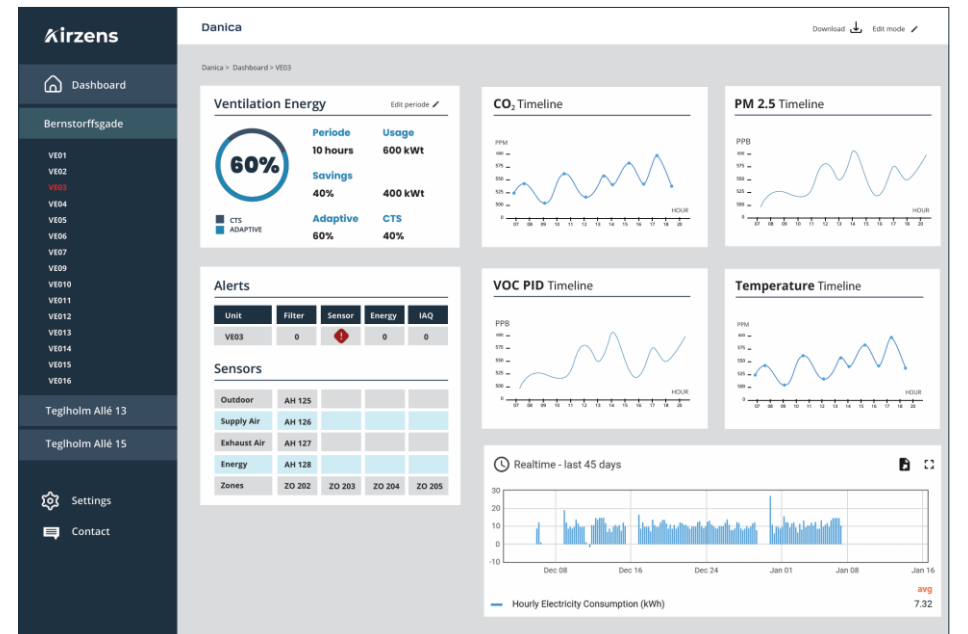
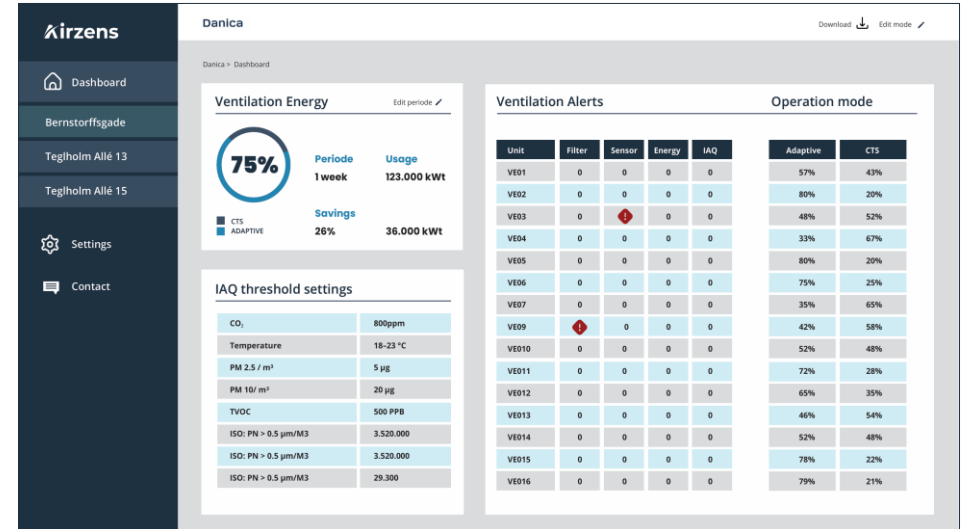
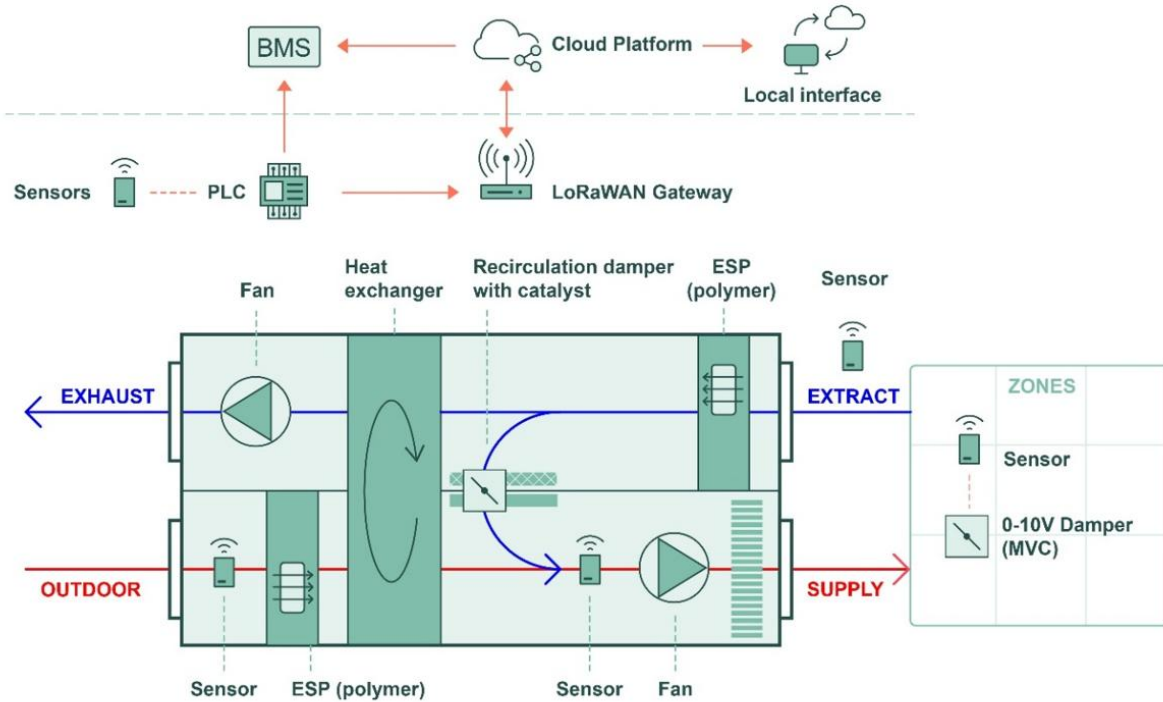
CO ₂	TVOC	Partikelmasse
ppm	ppb	< PM 10 per m ³
800	500 (15 min)	20 µg/m ³

Partikelmasse
< PM 2.5 per m ³
5 µg/m ³

..... Kun hospitaler or plejesektor

Partikel No	Partikel No	Partikel No
> 0,5 µm per m ³	> 1.0 µm per m ³	> 5,0 µm per m ³
3.520.000	832.000	29.300

Primære reguleringsparametre er temperatur og CO₂ i zoner (1000 ppm)



DATA & ØKONOMI



Kontorbyggeri I København

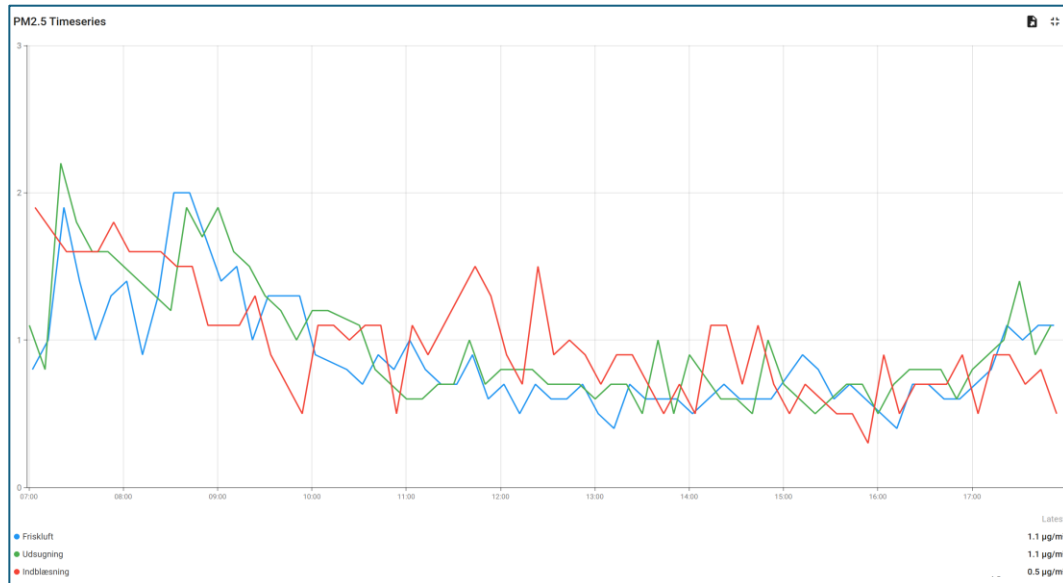
- 27.000 m² kontor I Københavns Kommune
15 x aggregater med I alt 270.000 m³/h
- Installeret med systempakke erhversvsbyggeri



Langagergaard Plejecenter

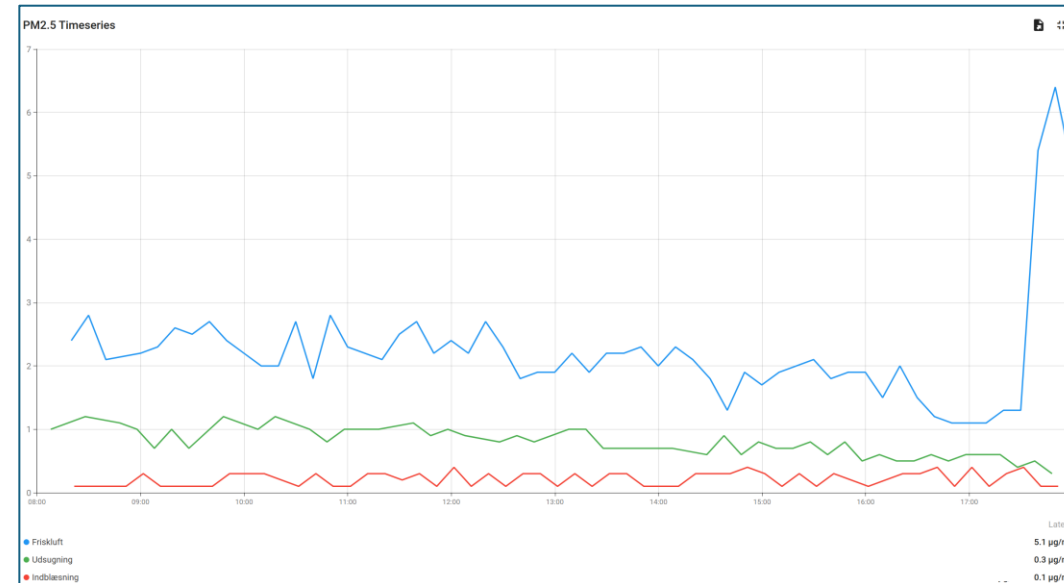
- 8.800 m² plejecenter i Greve Kommune
2 x aggregater med hver 10.000/12.000 m³/h
44.000 m³/t i alt
- Installeret med systempakke til hospitaler og
plejecentre (ISO-normer)

Før opgradering



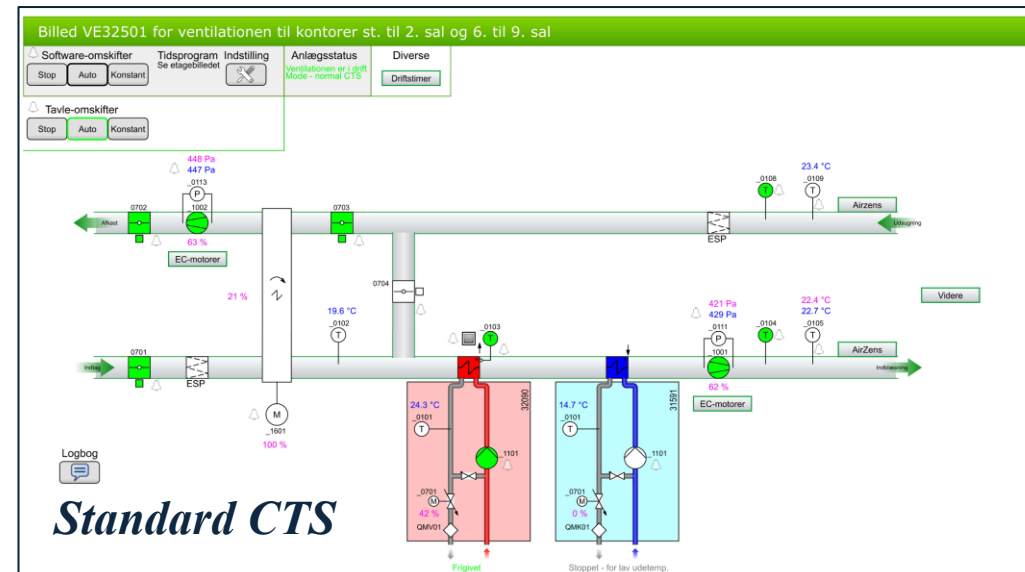
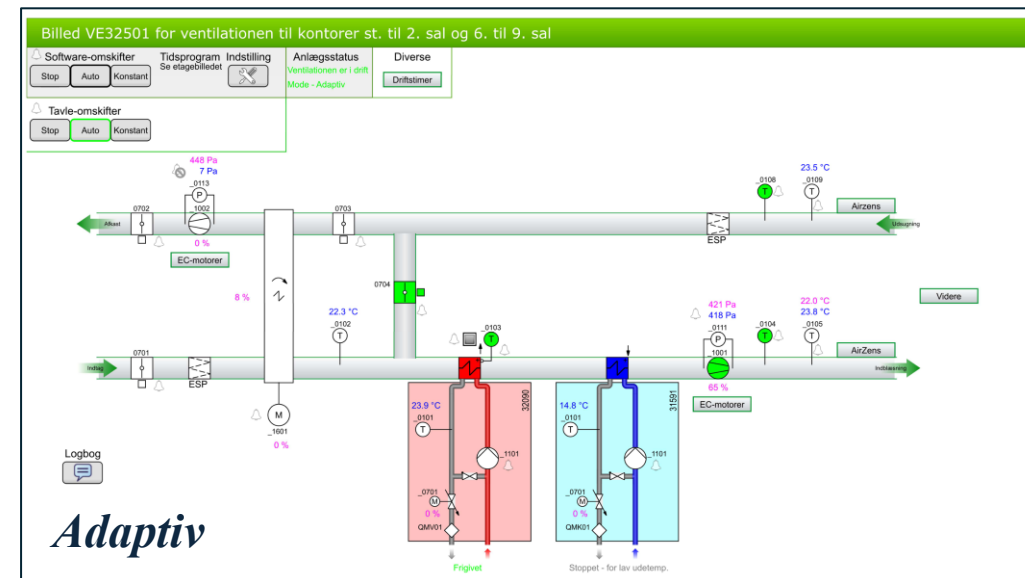
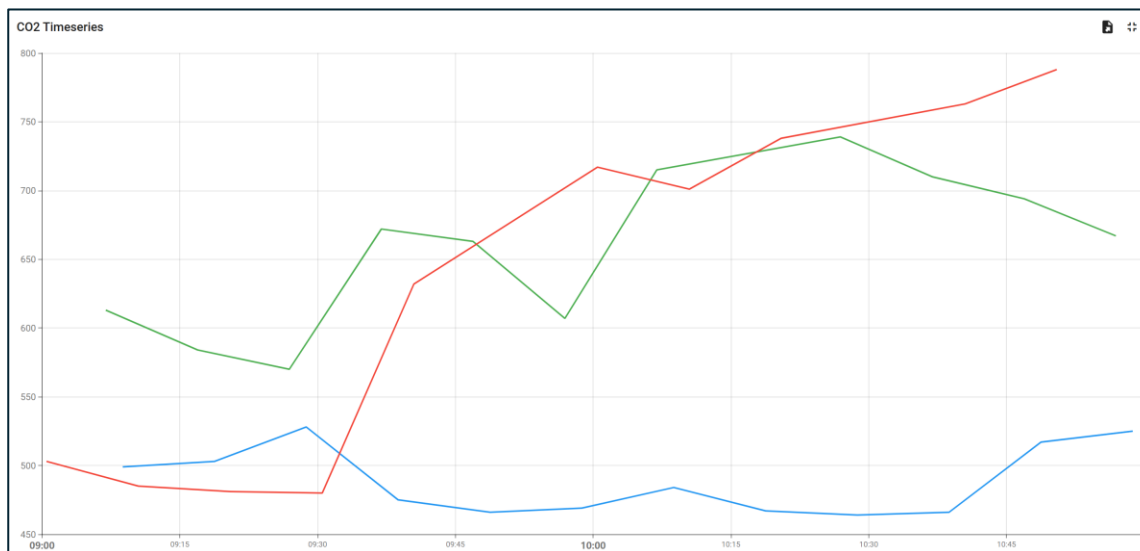
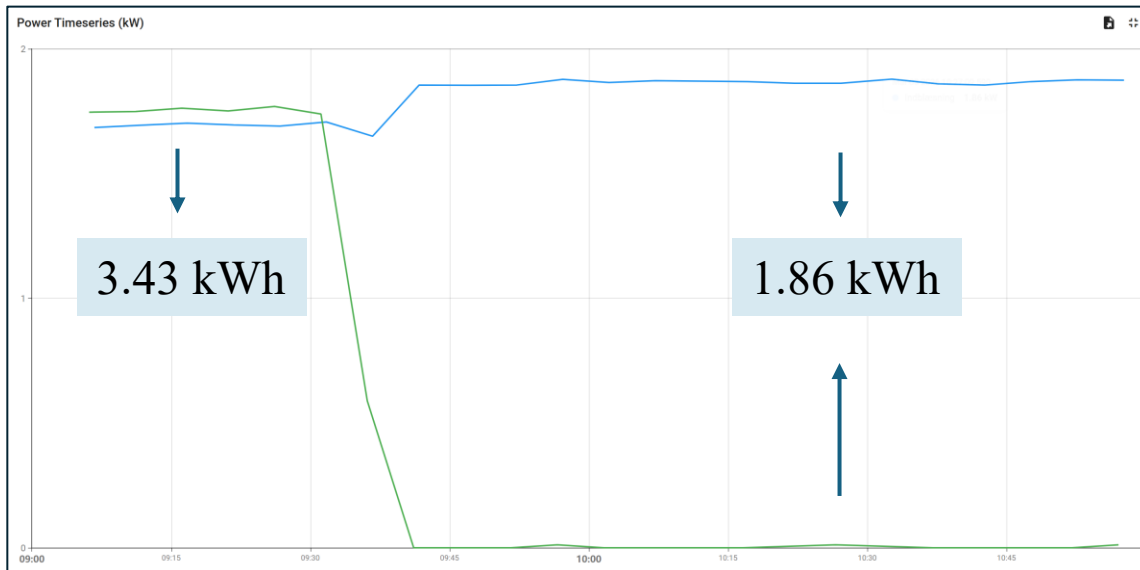
Renseeffekt 55% (PM 2.5 fine partikler)

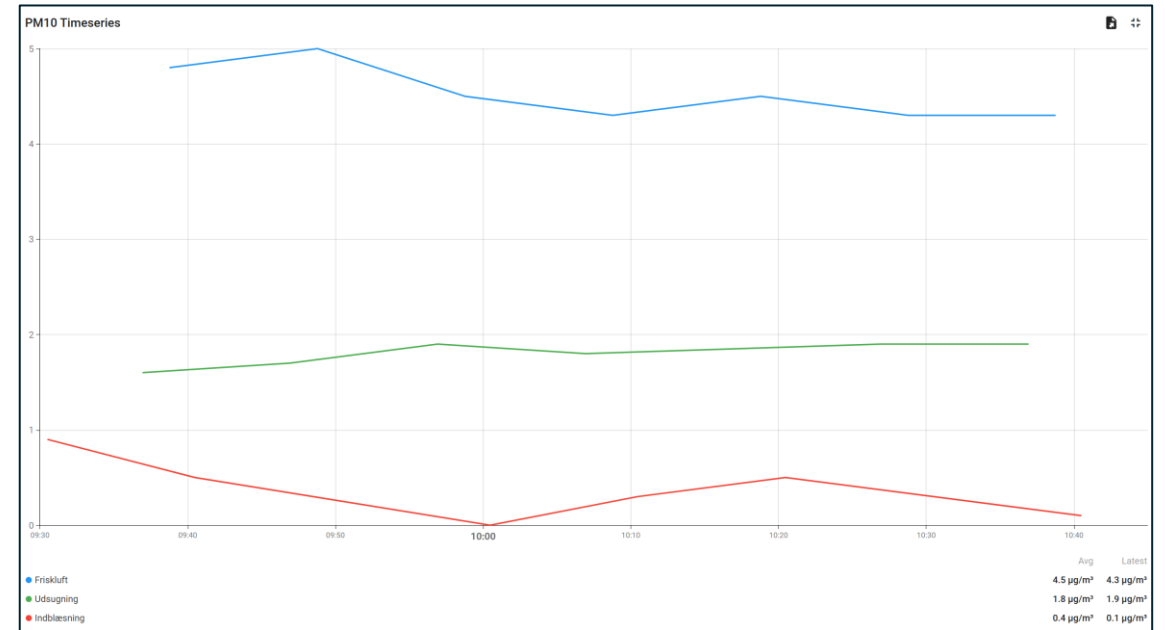
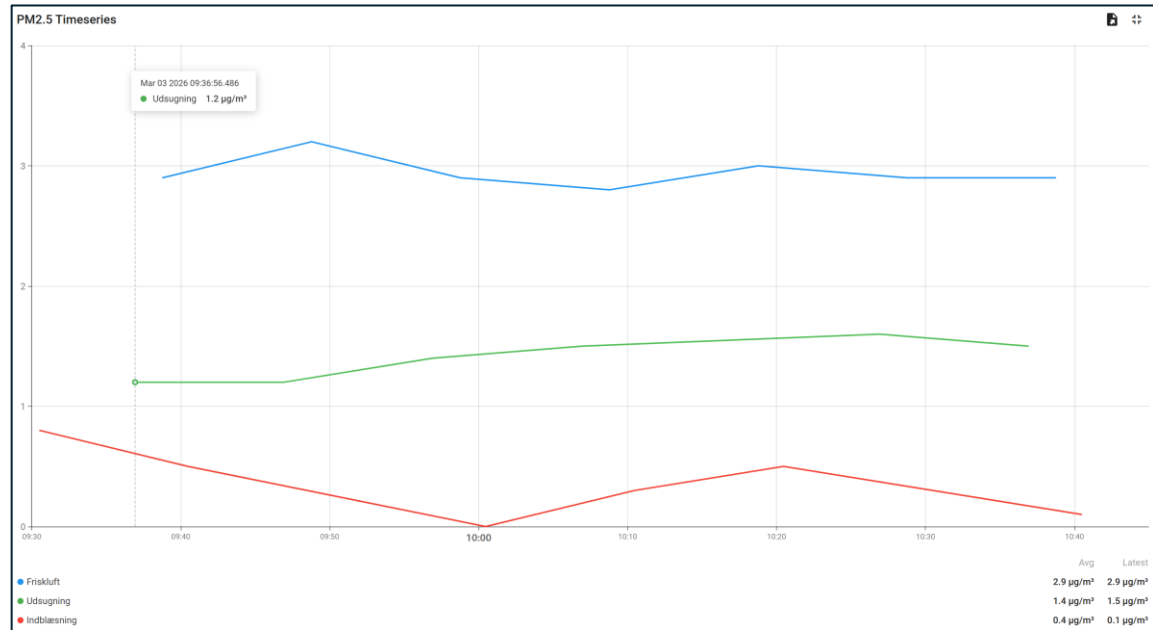
Efter opgradering



Renseeffekt 91% (PM 2.5 fine partikler)

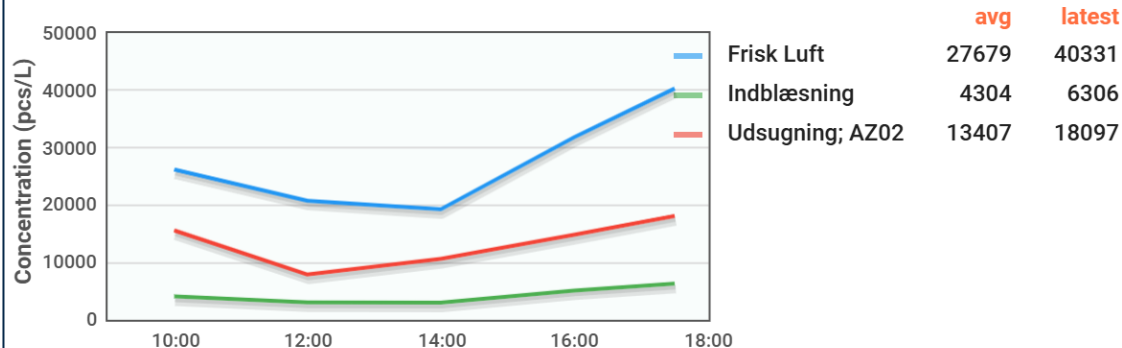
Massen af fine partikler skal reduceres for at muliggøre adaptiv drift.



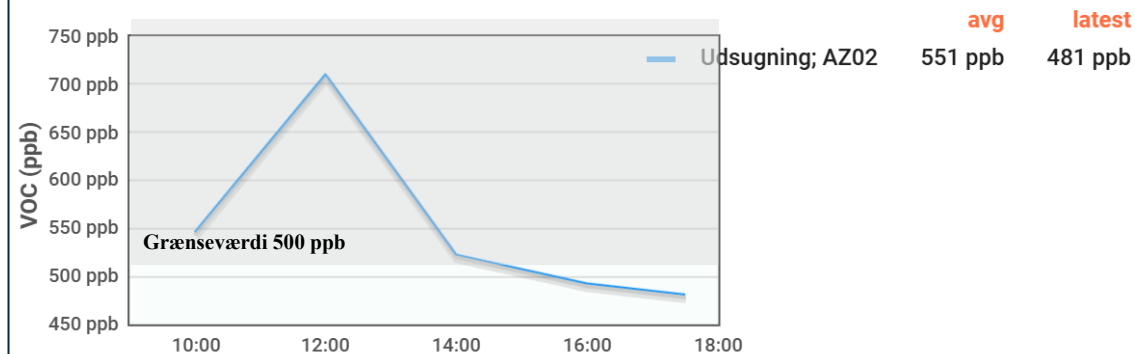


Steady-state PM partikelkoncentrationen fastholdes under adaptiv drift

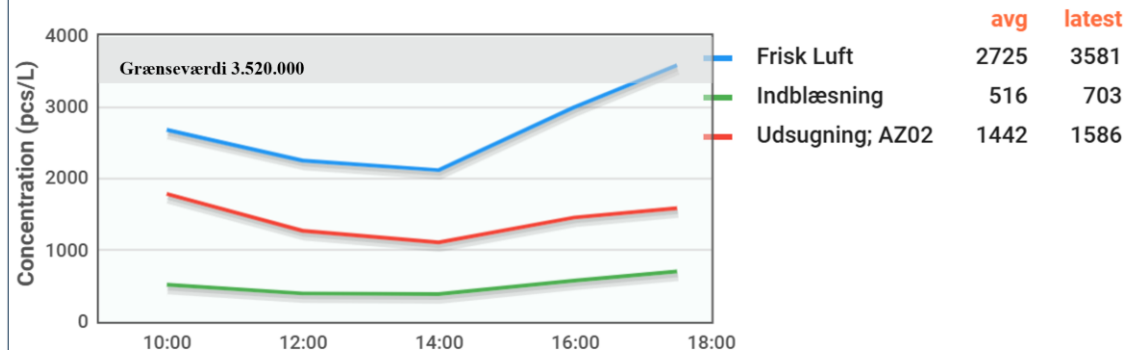
PN >0.3 μm NUMBER CONCENTRATION TIMELINE



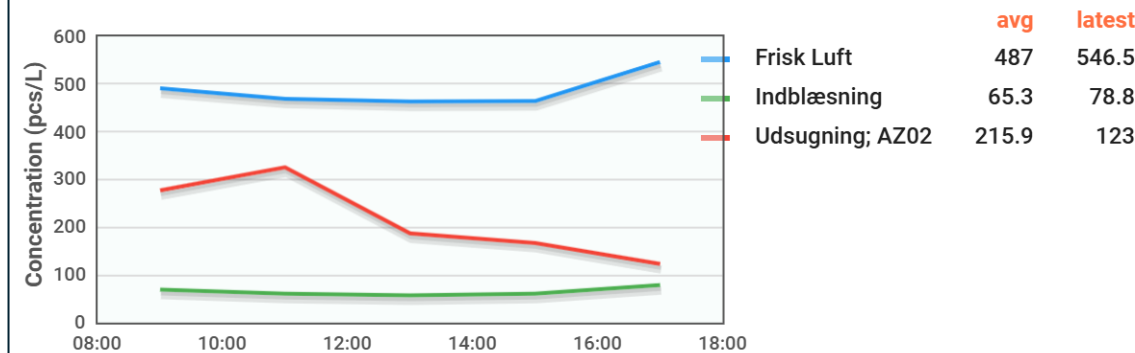
VOC (PID) TIMELINE



PN >0.5 μm NUMBER CONCENTRATION TIMELINE



PN >1.0 μm NUMBER CONCENTRATION TIMELINE



Steady-state PN partikelkoncentrationen fastholdes under adaptiv drift efter overskridelse af VOC-grænseværdier.

Udvalgt VE:	Greve	København
Type	Hospital/ plejecenter	Kontor
Luftmængde (ind/ud)	20.545 m ³ /h	20.740 m ³ /h
Driftstimer per år	8.760	3.640
Energiforbrug før opgradering	6.24 kWh	6.03 kWh
Adaptiv tilstand	60%	50%
Energiforbrug efter opgradering/CTS	2.67 kWh	3.43 kWh
Energiforbrug efter opgradering/ADAPTIV	0.73 kWh	1.86 kWh
Effektivt energiforbrug	1.51 kWh	2.65 kWh
Besparelser per. år kWt:		
• Ventilator	40.997 kWh	12.303 kWh
• Varme	26.882 kWh	10.360 kWh
• Køl	-	11.200 kWh
Totalt	67.879 kWh	33.863 kWh
Besparelser per. år kr:		
Ventilator, varme og køl	81.994 kr	44.055kr
Service og filterskift	21.400 kr	10.860 kr
Totalt	103.394 kr	54.915
TBT	3.63 år	3.87 år
Total besparelse	47%	41%

Opgradering:

- Installation af EC motor (fra 20år gamle AC motorer)
- Etablering af recirkulations spjæld
- AZO3 sensor pakke til kontorer
- AZO3 – ISO sensorpakke til hospital/plejecenter
- Ombygning af CTS til adaptiv styring
- Installation af ESP (elektroniske filtre).
- Indregulering

IMPLEMENTERING

- 1 Gennemgang af bygningsmassen (kommune/hospital/ejendomselskab)
- 2 Mulig implementering af diverse systempakker
- 3 Energi og indeklimamålinger
- 4 Udregning af det samlede potentiale for besparelser og forbedringer – **rapport**
- 5 Investering samt finansiering – **klimalån**
- 6 **Stop/go**
- 7 Fuld implementering samt installation

- 8 **Drift** – overvågning til behovsstyret service samt energi og indeklima optimering

KONTAKT

Norway, Sweden & Finland:

Filip Mielow

Telefon: +47-47485756

Mail: pm@airzens.com

Denmark:

Jonas Jørgensen

Telefon +45- 50 21 67 68

Mail: jj@airzens.com

General support:

Documentation & data:

Lars Nannerup

Telefon: +45-22424455

Mail: ln@airzens.com

Sensors:

Johan Schmidt

Telefon +45- 29462904

Mail: js@airzens.com

Filters & installations:

Jonas Jørgensen

Telefon +45- 50 21 67 68

Mail: jj@airzens.com



BACK-UP

Trin	Forudsætning / beregning	Værdi
1	Samlet energiforbrug i offentlige (kommunale) bygninger	35 GWh/år
2	Andel der er ventilerede 70%	
3	Energiforbrug i ventilerede bygninger ($1 \times 0,70$)	24,8 GWh/år
4	Andel af energien i ventilerede bygninger til HVAC	75%
5	HVAC-energi i ventilerede bygninger ($3 \times 0,75$)	18,6 GWh/år
6	Andel til varmt brugsvand (trækkes ud)	10%
7	Energi til varmt brugsvand ($3 \times 0,10$)	2,5 GWh/år
8	HVAC uden varmt brugsvand ($5 - 7$)	16,1 GWh/år
9	Reduktion i ventilation + varme + køl	40%
10	Samlet besparelse	6,4 GWh/år

Trin	Forudsætning / beregning	Værdi
1	Samlet energiforbrug i offentlige (kommunale) bygninger	1.958 GWh/år
2	Andel der er ventilerede	70%
3	Energiforbrug i ventilerede bygninger ($1 \times 0,70$)	1.370 GWh/år
4	Andel af energien i ventilerede bygninger til HVAC	75%
5	HVAC-energi i ventilerede bygninger ($3 \times 0,75$)	1.027 GWh/år
6	Andel til varmt brugsvand (trækkes ud)	10%
7	Energi til varmt brugsvand ($3 \times 0,10$)	137 GWh/år
8	HVAC uden varmt brugsvand ($5 - 7$)	890 GWh/år
9	Reduktion i ventilation + varme + køl	40%
10	Samlet besparelse	356 GWh/år

KUNDER

C.W.OBEL
EJENDOMME

Metro

F R E D E R I K S B E R G
K O M M U N E




RØDOVRE KOMMUNE

SKI 

REGION



**Region
Hovedstaden**



NorgesGruppen

Sydbank



**Greve
Kommune**

Danica
Ejendomme

HALDOR TOPSØE 



M. Goldschmidt
Ejendomme A/S

SYSTEMPAKKERNE

	Sensor & installation	Data og styring
AZ01	▪ CO₂ (ppm) ▪ Fugt (%RH) ▪ Temperatur (°C) ▪ PM_{2.5} (µg/m³) ▪ PM₁₀ (µg/m³) ▪ Bimåler ▪ Elektrostatisk filter (ESP)	▪ IAQ: indblæsning ▪ IAQ: udsugning ▪ Energimålinger ▪ lot aflæsning
AZ02	▪ CO₂ (ppm) ▪ Fugt (%RH) ▪ Temperatur (°C) ▪ PM_{2.5} (µg/m³) ▪ PM₁₀ (µg/m³) ▪ Bimåler ▪ Elektrostatisk filter (ESP)	▪ IAQ: indblæsning ▪ IAQ: udsugning ▪ Energimålinger ▪ lot aflæsning ▪ PLC (dual-flow control)
AZ03	▪ CO₂ (ppm) ▪ Fugt (%RH) ▪ Temperatur (°C) ▪ PM_{2.5} (µg/m³) ▪ PM₁₀ (µg/m³) ▪ Bimåler ▪ TVOC (PID) ▪ (PN_{0.3-10} (partikler/m³) ▪ Elektrostatisk filter (ESP) ▪ Zone sensor (AZ00)	▪ IAQ: indblæsning ▪ IAQ: udsugning ▪ IAQ udeluft ▪ Energimålinger ▪ lot aflæsning ▪ PLC/CTS (dual-flow control og recirkulerings spjæld)

TEKNOLOGI – FILTERE

Elektroniske filtre (ESP)

Elektrostatisk filter (ESP) er kendetegnende ved at de renser luften meget effektivt for fine partikler < PM 2,5 µm.

PM2.5-partikler er ekstremt små og lette, hvilket gør, at de kan forblive svævende i luften i timevis eller endda dage, afhængigt af ventilation, luftstrømme og fugtighed. I bygninger, hvor luft recirkuleres, kan disse partikler akkumuleres og cirkulere gentagne gange gennem ventilationssystemet, hvis de ikke fjernes effektivt.

For at sikre en stabil luftkvalitet og undgå ophobning af partikler i recirkuleret luft, er det nødvendigt at fjerne PM2.5 med effektive filtreringsmetoder. Dette kan opnås ved brug af HEPA-filtre eller elektrostatisk udfældning (Esp).

Derudover kan sensorbaseret overvågning anvendes til løbende at måle PM2.5-niveauer og sikre, at recirkulation kun tillades, når luftkvaliteten overholder fastsatte grænseværdier.

Ved at kombinere effektiv filtrering med APDATIV styring af ventilation kan bygningens energiforbrug reduceres, samtidig med at driften optimeres og behovet for udelufttilførsel minimeres



Måling af F7 Posefilter (Københavns Metro)

	Før filter	Efter filter	Effekt
>PN 0.3 µm	41.557	19.622	52,78%
>PN 0.5 µm	11.760	3.374	71,31%
>PN 1.0 µm	2.357	365	84,51%
>PN 2.5 µm	411	36	91,31%
>PN 5.0 µm	96	7	93,09%
>PN 10.0 µm	19	1	95,34%
>PM 2.5 µg	3	2	41,12%

Måling af ESP (Københavns Metro)

	Før filter	Efter filter	Effekt
>PN 0.3 µm	368.414	18.608	94,95%
>PN 0.5 µm	319.024	3.712	98,84%
>PN 1.0 µm	304.087	499	99,84%
>PN 2.5 µm	317.928	56	99,98%
>PN 5.0 µm	317.588	9	100,00%
>PN 10.0 µm	317.510	1	100,00%
<PM 2.5 µm	5,93	1,18	80,10%

POSEFILTER VS. ESP

	Pose filter	ESP	Forskel
>PN 0.3 µm	52,78%	94,95%	42,17%
>PN 0.5 µm	71,31%	98,84%	27,53%
>PN 1.0 µm	84,51%	99,84%	15,32%
>PN 2.5 µm	91,31%	99,98%	8,67%
>PN 5.0 µm	93,09%	100,00%	6,91%
>PN 10.0 µm	95,34%	100,00%	4,66%
<PM 2.5 µm	41,12%	80,10%	38,98%