

# Emhætters evne til effektiv fjernelse af partikler i indeklimaet



Dokumentation af emhætters effektivitet og vurdering af helbredseffekter



Udarbejdet af: Udarbejdet af: Kasper B. Johannsen, Steffen E. Maagaard, Ronnie Holgersen,  
Grethe Elholm, Torben Sigsgaard, Andreas Egholm Nielsen,  
Christian Grønberg Nicolaisen & Asger Skød Søvsø

Dato: 21.12.2023

Rapporten må kun gengives i uddrag, hvis forfatterne skriftligt har godkendt uddraget.

Projektet bag denne rapport er støttet af Realdania.



# 1 ABSTRACT

This report represents a comprehensive investigation into the effectiveness of different types of cooker hoods on the market and their relationship to the removal of particulate pollution during cooking. The studies show crucial conclusions that have great potential to influence the approach to the design and regulation of cooker hoods.

The conclusions include that there is a poor correlation between capture efficiency test methods (odour) and the actual ability of the hood to capture ultrafine particles (UFP), which are the particles that are the most invasive and can reach all human organs. Furthermore, the study results show that the primary parameter for effective particle removal during cooking is airflow – the greater the airflow, the better the particles are removed. The mounting height of the hood also plays

a role, with hoods placed closer to the source of contamination being more effective, especially for UFP. However, it is noted that down-draft systems where the suction is located below the pollution source need a sufficiently high airflow to overcome the thermal buoyancy of the pollution source.

In addition, the study results show that recirculation solutions are not sufficiently effective in removing particulate pollution from cooking. Considering that the primary function of a cooker hood is to maintain air quality by removing airborne health jeopardizing particles from cooking, the report recommends that the current test standards for cooker hoods should be revised to become more accurate in terms of the cooker hood's ability to remove all sizes of particles.

---

Denne rapport repræsenterer en omfattende undersøgelse af effektiviteten af forskellige typer emhætter på markedet samt deres forhold til fjernelse af partikelforurening under madlavning. Undersøgelserne viser afgørende konklusioner, som har stort potentiale for at påvirke tilgangen til design og lovregulering af emhætter.

Konklusionerne inkluderer, at der er en ringe korrelation mellem testmetoder for emopfangsevne og emhættens faktiske evne til at opfange ultrafine partikler (UFP), som er mest invasive og kan nå alle kroppens organer. Ligeledes viser det sig, at den primære parameter for effektiv fjernelse af partikler under madlavning er luftmængde – jo større luftmængde, jo bedre fjernes partiklerne. Monteringshøjden af emhætten spiller også en rolle,

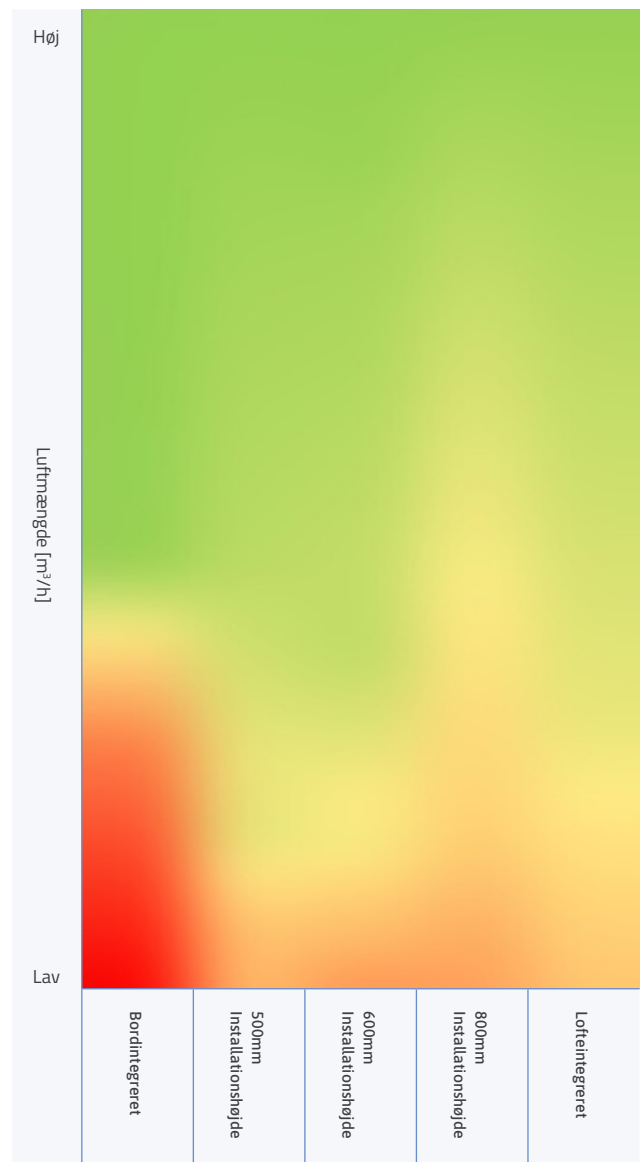
hvor emhætter placeret tættere på forureningskilden er mere effektive, særligt for UFP. Dog bemærkes det, at bordemhætter, hvor suget er placeret under forureningskilden, har brug for tilstrækkelig høj luftmængde for at overvinde den termiske opdrift fra forureningskilden.

Derudover viser undersøgelsens resultater, at recirkuleringsløsninger ikke er tilstrækkeligt effektive til at fjerne partikelforurening fra madlavning. I det perspektiv, at emhættens primære funktion er at opretholde luftkvaliteten ved at fjerne sundhedsskadelig luftbårne partikler fra madlavning, anbefaler rapporten, at de nuværende teststandarder for emhætter revideres for at være mere retvisende i forhold til emhættens evne til at fjerne alle størrelser af partikler.





Figur 1: Luftmængde og afstand til kildens betydning for partikelfjernelsen af ultrafine partikler



Figur 2: Luftmængde og afstand til kildens betydning for partikelfjernelsen af  $PM_{2,5}$

# INDHOLD

## 1

1	Abstract.....	side 4
---	---------------	--------

## 2

2	Introduktion og formål .....	side 8
2.1	Nomenklatur .....	side 8

## 3

3	Baggrund og problemstilling om emhætten .....	side 10
3.1	De forskellige markedssegmenter .....	side 10
3.1.1	Enfamiliehuse.....	side 11
3.1.2	Etageboliger .....	side 11
3.2	Sammenhæng mellem testmetoder og reel emhætteeffektivitet .	side 11
3.3	Recirkulation vs. Direkte aftræk.....	side 12
3.4	Hvad undersøges i forhold til sundhed?.....	side 13
3.5	Sideløbende EUDP-projekt.....	side 13

## 4

4	Lovgivning om emhætter .....	side 16
4.1	Bygningsreglementet .....	side 16
4.2	Ecodesign .....	side 17

## 5

5	Madlavning og sundhed .....	side 18
5.1	Standarder for partikeksposeringer i udeluften .....	side 18
5.2	Indendørs luftforurening .....	side 18
5.3	Partikelforurening i hverdagen.....	side 18
5.4	PM <sub>2,5</sub> og ultrafine partiklers effekt på helbredet.....	side 19
5.5	Partikeksposering og sygdom .....	side 20

## 6

6	Emhættens effektivitet .....	side 22
6.1	Test af emopfangsevne .....	side 22
6.2	Partikelopfangsevne .....	side 23

# 7

<b>7</b>	<b>Metode og forsøgsopstilling</b> .....	<b>side 24</b>
7.1	Testmetode .....	side 24
7.1.1	Forstyrrelser i forbindelse med madlavning .....	side 25
7.2	Måleudstyr .....	side 25
7.3	Generering af partikler .....	side 25
7.4	Testlokale.....	side 26

# 8

<b>8</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>side 28</b>
8.1	Emfangsevne.....	side 28
8.2	Baseline uden emhætte.....	side 29
8.3	Partikelopfangsevne .....	side 31
8.3.1	Generelle iagttagelser.....	side 34
8.4	Partikelopfangsevne vs. emfangsevne.....	side 35
8.4.1	Generelle iagttagelser.....	side 37
8.5	Relativ partikelopfangsevne .....	side 37
8.5.1	Generelle iagttagelser.....	side 39
8.6	Bordemhætte ved høj gryde .....	side 40
8.7	Emhætte i større rum.....	side 41
8.8	Recirkulationsfiltre .....	side 43

# 9

<b>9</b>	<b>Konklusion</b> .....	<b>side 44</b>
----------	-------------------------	----------------

# 10

<b>10</b>	<b>Perspektivering</b> .....	<b>side 46</b>
-----------	------------------------------	----------------

# 11

<b>11</b>	<b>Referenceliste</b> .....	<b>side 48</b>
-----------	-----------------------------	----------------

## 2 INTRODUKTION OG FORMÅL

Madlavning er en af de største syndere i forhold til partikelforurening, lugt og dårligt indeklima i boligen. Emhætter bruges til at fjerne partikler og lugte, dog varierer effektiviteten af emhætter ekstremt meget. I de danske hjem monteres der dagligt nye forskellige emhætteprincipper, hvor slutbrugeren/lægmand ikke har en chance for at vide, hvorvidt den egentligt fungerer efter hensigten eller om emhætten underperformer og resulterer i et dårligt indeklima fyldt med partikler.

Formålet med nærværende projekt har været at undersøge og dokumentere forskellige emhætteprincippers reelle effektivitet, samt understrege emhætternes virkemidler til at bortlede eller fjerne partikler. Med

udgangspunkt i laboratorieforsøg af forskellige emhættekoncepter, vurderes sammenhænge mellem emhætters effektivitet og potentielle sundhedsmæssige gevinster ved at have en effektiv emhætte.

Bygningsreglementet foreskriver en emopfangsevne på 75%. I projektet er det blevet undersøgt hvor stor en mængde forurenende partikler som fjernes ved netop en emopfangsevne på 75%.

Selvom Bygningsreglementet udelukker recirkulerende emhætteløsninger i nybyggeri, finder disse løsninger alligevel indpas i mange danske hjem. Projektet undersøger hvorvidt der er belæg for denne ekskludering ved at belyse recirkulationsløsningers evne til at fjerne partikler.

---

### 2.1 Nomenklatur

#### Emopfangsevne:

Hvor stor en andel af emmen en given emhætte, ved en given luftmængde, opfanget ved madlavning. Den bestemmes ved laboratorieforsøg, testet efter EN61591 for emhætter med egen motor og EN13141-3 for emhætter til central ventilation. I teststandarderne beskrives emopfangsevnen som "Odour reduction factor" forkortet  $O_r$ .

#### Partikelopfangsevne:

Hvor stor en andel af partikler en given emhætte, ved en given luftmængde, opfanget under stegning af en hakkebøf. Partikelopfangsevnen testes for både UFP og  $PM_{2,5}$ . I denne rapport er partikelopfangsevnen forkortet  $\eta_{pOE}$ .

#### UFP:

Ultrafine partikler mindre end 0,1  $\mu\text{m}$ . Måles i antal/ $\text{cm}^3$

#### $PM_{2,5}$ :

Partikler mindre end 2,5  $\mu\text{m}$ . Målt i  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

#### Ecodesign:

Ecodesign forordningen for emhætter fastsætter krav til energieffektivitet. Energimærkerne til emhætter er defineret af Ecodesign.





## 3 BAGGRUND OG PROBLEMSTILLING OM EMHÆTTEN

De mange forskellige typer af emhætter er forventeligt tilpasset som følge af efterspørgsel i markedet. Erfaringer viser, at det ikke altid er effektive løsninger som vinder indpas på markedet. Følgende belyser en række problemstillinger i værdikæden. En stor unavngiven køkkenleverandør på det danske marked, beretter at

når de leverer skabe til et køkken, skelnes der i forhold til om skabet skal understøtte recirkulation eller direkte aftræk. Firmaet fortæller ydermere at 40% af de leverede skabe i 2022 var klargjort til recirkulationsløsninger, mens denne procentsats er steget til ca. 66% i 2023.

---

### 3.1 De forskellige markedssegmenter

Der efterspørges forskellige emhætteløsninger alt efter hvilken boligtypologi som skal opføres/renoveres.



### 3.1.1 Enfamilieshuse

I enfamilieshuse anvendes der ofte decentrale emhætteløsninger, hvor emhætten har en indbygget ventilator. Brugerne har stor indvirkning på valget af emhætteløs-

ning, hvorfor design ofte har stor indvirkning på valget heraf.

Styrende parameter: Design

---

### 3.1.2 Etageboliger

Etageboliger opføres ofte med ventilationsanlæg som agerer motor for emhætten i drift. Dette begrænser den tilgængelige luftmængde, qua ventilationssystemets størrelse/dimensioner som sjældent dimensioneres til højere luftmængde grundet de forøgede omkostninger hertil. Derfor vælges emhætten ofte ud fra en emopfangsevne på 75% ved lavest muli-

ge luftmængde. Derudover har pris ofte en stor indvirkning på valget af emhætte til etageboliger, eftersom bygherre sjældent bygger til sig selv, men nærmere med salg eller udlejning for øje.

Styrende parameter: Pris og 75%  $O_f$  ved lav luftmængde

---

## 3.2 Sammenhæng mellem testmetoder og reel emhætteeffektivitet

Emhætters effektivitet er afgørende for deres evne til at forbedre indeklimaet ved at fjerne madlavningsdamp og lugte. Testmetoder spiller en central rolle i at bestemme denne effektivitet, men det er vigtigt at forstå, at laboratorietest ikke altid fuldt afspejler de reelle forhold i hjemmet.

Testmetoderne, som ofte er baseret på standarder som EN 61591 og EN 13141-3, måler emhættens emopfangsevne under kontrollerede forhold, ved brug af en sporgas. Disse metoder giver en objektiv og sammenlignelig måling af emhættens ydeevne. Det er dog uklart i hvor høj grad denne måling er korreleret med evnen til at fjerne skadelige partikler genereret af madlavning. Et af formålene med dette projekt er at undersøge denne korrelation.

Derfor udføres der for de forskellige emhættetyper først en række målinger, som skal bestemme hvilken luftmængde der skal til for at opnå en emopfangsevne på 75%, som er minimumskravet i bygningsreglementet. Denne luftmængde bliver herefter brugt som reference i resten af projektet.

Der er generelt begrænset viden om, hvilke parametre der er vigtigst for, at en emhætte er effektiv. Derfor undersøges der i dette projekt, hvorledes parametrene: luftmængde, monteringshøjde og emhættetype (frithængende og lofts-, bord- eller vægintegrerede) har indflydelse på effektiviteten af fjernelse af partikler. Der er udelukkende valgt at fokusere på de forskellige emhættetyper og ikke de for-

skellige geometriske designs, for at holde antallet af variable på et rimeligt niveau. Der henvises til sideløbende og forudgå-

ende studier, som viser at det geometriske design, kan have en stor indflydelse på effektiviteten<sup>35</sup>.

### 3.3 Recirkulation vs. Direkte aftræk

Emhætter kan groft sagt inddeles i 2 typer, de er illustreret på Figur 1:

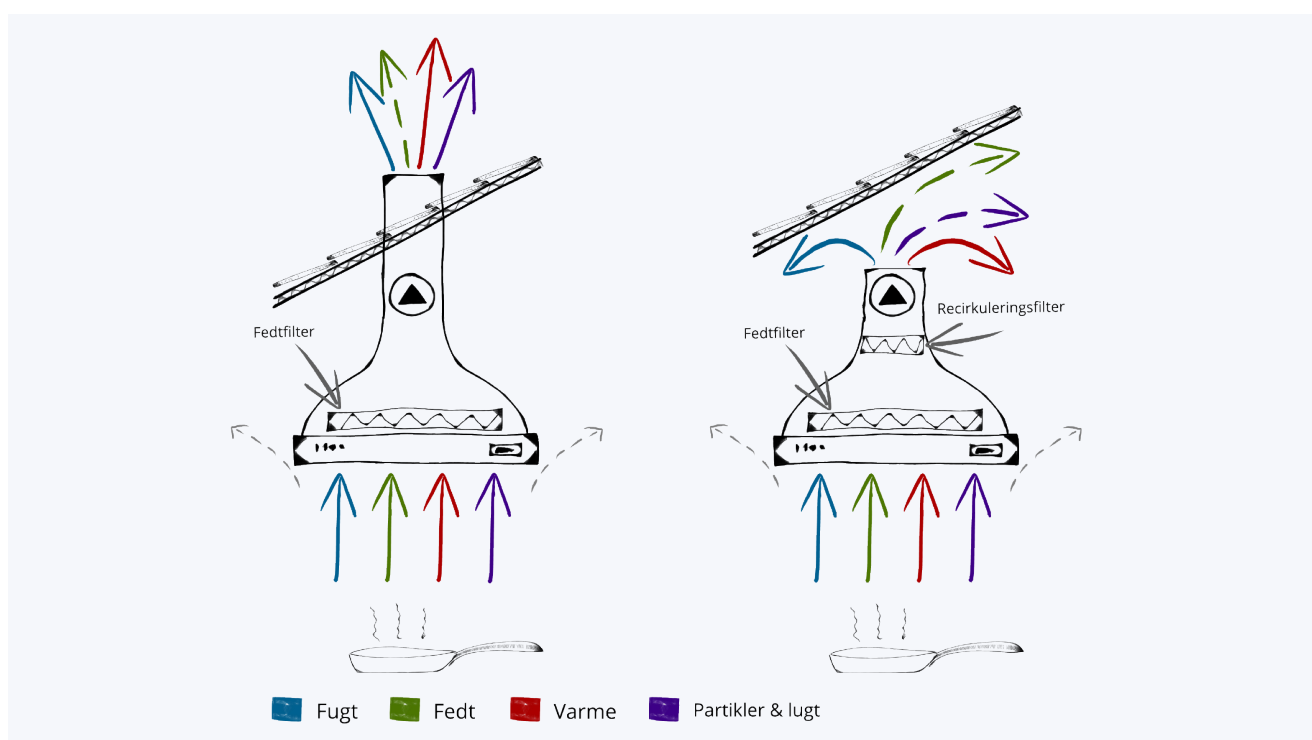
- Emhætte med afkast til det fri
- Recirkulationsemhætter

Emhætter med afkast til det fri sender den opfangede em (fugt, fedt, lugt, partikler og varme) direkte ud af boligen til det fri. Mange nye emhætter kobles på ventilationssystemet, således der kan spares på varmeregnskabet via varmeveksler i ventilationssagregatet (den varme stegeos

blæses dermed ikke direkte ud til gråspurve). Denne løsning benyttes ofte i etagebyggeri.

En recirkulerende emhætte, recirkulerer luften i boligen og forsøger at filtrere luften, typisk gennem et kulfilter. Erfaringen viser, at recirkulationsemhætten kan afhjælpe nogle lugtgener, men har udfordringer med at fjerne partikler og fugt som opstår ifm. madlavning. Partikelforurening forbindes med en række sundhedsmæssige konsekvenser.

Figur 3: Emhætte typer





### 3.4 Hvad undersøges i forhold til sundhed?

I projektet undersøges det, hvor høje koncentrationer man typisk udsættes for i forbindelse med madlavning m./u. en effektiv emhætte. Der er ikke her udført et klinisk studie, men projektgruppen har fundet relevante kilder som peger på sundhedsmæssige konsekvenser ved ophold i partikelforurene miljøer og herudfra vurderet de helbredsmæssige gevinster ved at have en effektiv emhætteløsning.

Især fine og ultrafine partikler udfordrer vores helbred, da de kan trænge dybt ned i luftvejene og kan aflejres i de mindste forgreninger af lungerne (alveolerne).<sup>22</sup> På grund af deres størrelse kan ultrafine partikler transporteres over i blodbanen og derved transporteres rundt i hele kroppen til andre organer som både hjertet og hjernen, og de udgør derfor endnu større

risiko for systemiske helbredspåvirkninger.<sup>23-28</sup> Regelmæssig og langvarig eksponering for indendørs PM kan føre til negative helbredseffekter, selv ved lave koncentrationer. Ydermere er sårbare personer som børn, ældre og kronisk syge personer der allerede lider af luftvejssygdomme, såsom astma og KOL, mere påvirkelige.<sup>3,29</sup>

Eksisterende eksponeringsundersøgelser, der har vurderet potentielle akutte helbredseffekter af eksponering for partikler fra stearinlys og madlavning, har ikke ført til definitive konklusioner. Disse undersøgelser rapporterer dog effekter som nedsat lungefunktion,<sup>30</sup> kardiovaskulære effekter,<sup>27,28,31</sup> og negative påvirkninger på hjerneaktivitet, herunder faldende kognitiv præstation blandt raske individer.<sup>25,26</sup>

---

### 3.5 Sideløbende EUDP-projekt

Projektet har samarbejdet med det igangværende emhætteprojekt "EUDP-64021-2020 Fremtidens grønne emhætter" (FGE).

I FGE arbejdes der, bl.a. på baggrund af resultaterne fra indeværende projekt, på at udvikle en række effektive emhætter, men også på at finde et retvisende testgrundlag, der dels afspejler fjernelsen af partikler og der dels kan opnås enighed på tværs af industrien i EU ifm. den pågående revision af Ecodesign. Her er det vigtigt at emhættens evne til at fjerne forurening fra madlavning, samt det egentlige energiforbrug fremgår.

Den danske og svenske energistyrelse har i samarbejde med Teknologisk Institut, arbejdet intenst på et grundlag der underbygger netop dette, som er blevet stærkt

støttet af de to projekters test og resultater.

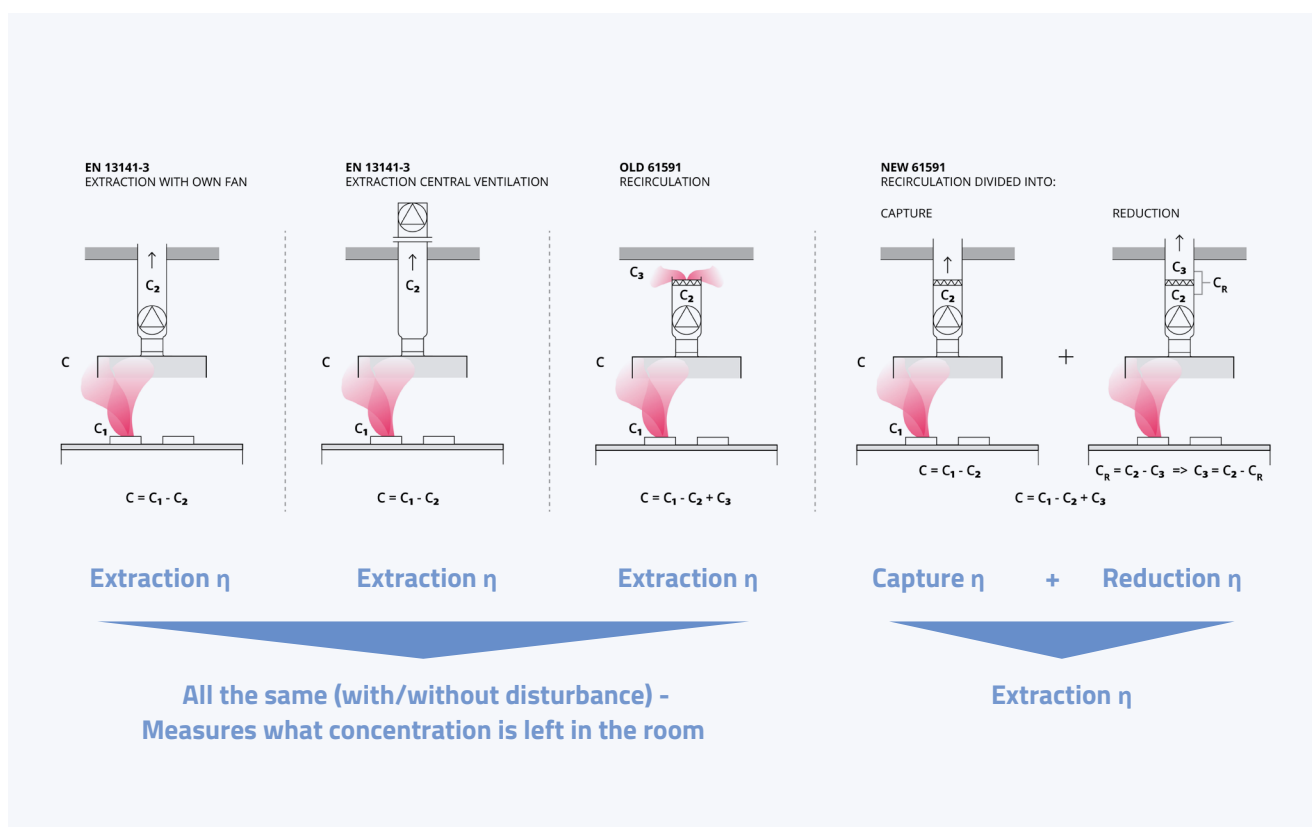
Enhver emhætte kan blive effektiv ved at øge luftmængde, da effektiviteten i højere og højere grad bliver en afspejling af rummets gennemskylning, fremfor dens evne til at fange og udsuge forureningen. Denne luftforøgelse afstedkommer samtidig et øget energiforbrug til lufttransport og opvarmning af erstatningsluft, hvorfor en reel effektiv emhætte fås ved at udforme emhættens geometriske design, så dens evne til at fange og udsuge forureningen opnås med et lavt luft- og dermed energiforbrug, hvilket er undersøgt og bevist i FGE.

Der er ingen tvivl om at effektivitetsmålingen på partikler, vil være den mest ret-

visende metode. Det er dog ikke en metode standardiseringsudvalgene har kunnet nå til enighed om. I stedet har IEC fremsat forslag om at adaptere en amerikansk standard (ASTM E3087-18).

I FGE er der udført en lang række målinger hvor de forskellige teststandarder sammenlignes, herunder også metoden udviklet i dette projekt samt en revideret version af ASTM E3087-18. Disse tests viser en god korrelation mellem ASTM E3087-18 og evnen til at fjerne ultrafine partikler. Herudover er det også blevet påvist at et geometrisk optimeret design giver en signifikant mere effektiv emhætte. Dette er blandt andet en del af undersøgelsens konklusion, som der viderebehandles i Ecodesign regi, hvor der dog sættes stor fokus på følgende:

- At ASTM E3087-18 revideres som vist i FGE, til bl.a. at introducere forstyrrelsen fra EN 13141-3
- At alle emhætter skal reguleres ved brug af ASTM E3087-18, som foreslået af IEC (kræver at effektiviteten for recirkulerende emhætter opdeles i to hhv. capture og reduction)
- At denne "reduction efficiency" (filter) ikke bør opmåles med MEK, da det ikke afspejler de partikler eller gasser som forekommer og skal fjernes fra madlavningen. Derudover bør filteret i stedet testes overfor fjernelsen af NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, Ozon (Plasma filter) og fugt og at dette kan gøres ved brug af nuværende standarder for test af filtre samt luftrensere.









## 4 LOVGIVNING OM EMHÆTTER

På det danske marked er emhætter primært underlagt to lovgivninger, det nationale bygningsreglement og den europæiske Ecodesign forordning (energimærket).

Nærværende afsnit om lovgivning er et øjebliksbillede som kan ændre sig løbende, hvorfor det til en hver tid anbefales at fremsøge nyeste version.

### 4.1 Bygningsreglementet

I lovgivning stilles der følgende krav til emhætter:

§443 - Stk. 3. Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til det fri, samt tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning.

§443 - Stk. 4. En emhætte skal for at have en tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen have en emfangsevne på mindst 75 pct. i overensstemmelse med DS/EN 61591 eller DS/EN 13141-3. Det er også muligt at dokumentere en tilstrækkelig effektivitet ved en minimumsluftmængde på 120 l/s. Denne luftmængde kan reduceres, såfremt emhættens udformning og placering understøtter dette i en konkret byggesag.

Selvom det står tydeligt i lovgivningsteksten at emhætter skal have afkast til det fri og der i vejledningsteksten nævnes at recirkulationsemhætter normalt ikke opfylder kravet, findes der flere eksempler for fortolkning som har resulteret i recirkulationsløsninger i nybyggeri.

Der er i øjeblikket et stort pres fra producenterne for at få lov til at bruge recirkulationsemhætter på det danske marked. Det er derfor vigtigt for brugere, rådgivere, developere, myndigheder, m.fl., at få be-lyst de recirkulerende emhætters evne til at fjerne partikler fra madlavning.

Der findes som udgangspunkt to måder at efterleve Bygningsreglementets krav til emhætters effektivitet:

Dokumentation med luftmængder	Dokumentation med test
<p>Ved at have tilstrækkelig luftstrøm i forhold til placering og udformning af emhætten. Bygningsreglementet kræver en luftstrøm på mindst 120 l/s fra emhætten, men denne luftmængde kan reduceres, hvis placering og udformning af emhætten tillader det.</p> <p>Såfremt det vælges at dokumentere emhættens effektivitet med luftmængder, kan luftmængden korrigeres ud fra emhættens placering i boligen (zoneinddelt eller åbent køkken), samt placeringen af emhætten i forhold til kogepladen.</p> <p>Korrektionsfaktorer findes på Bygningsreglementets hjemmeside.</p>	<p>Ved en test, der dokumenterer en emfangsevne på mindst 75 % opnået efter gældende standarder for det aktuelle produkt.</p> <p>Såfremt der vælges at anvende en test som dokumentationsmetode, er de relevante teststandarder DS/EN 61591 og DS/EN 13141-3. Hvilken af de to teststandarder, der anvendes, følger af standardernes scope.</p>



Der er på nuværende tidspunkt ikke tilstrækkelig viden om, hvor effektivt emhætter fjerner partikler, når de lever op til kravet i bygningsreglementet.

I forbindelse med renovering af eksisterende boliger, bliver der ofte installeret nye recirkulationsløsninger. En 1:1 udskiftning ligger på kanten lovgivningsmæssigt, ef-

tersom ”renoveringsprojekter” de facto kan argumenteres for at aktivere gældende krav for emhætter i nybyggeri og dermed et forbud på recirkulation. Det samme gælder ved ændret anvendelse af byggeri. Argumenterne mod efterlevelse af kravet om direkte aftræk er oftest noget med svære føringsveje, lugtgener på altaner og æstetik (gennembrydning af facader).

## 4.2 Ecodesign

Ecodesign forordningen fastsætter minimumskrav til energieffektiviteten af emhætter. Formålet med forordningen er at reducere energiforbruget fra emhætter på det europæiske marked.

Der er i forordningen krav til:

- Hvor effektivt emhætten kan flytte luft
- Fedtfilterets effektivitet
- Lyskildens effektivitet
- Emhættens støjniveau

Der er ikke nogen krav til hvor effektiv emhætten er til at udføre dens primære

funktion, at fjerne den forurening der genereres ved madlavning, herunder partikler.

Ecodesign forordningen for emhætter trådte i kraft i 2015, og der er gradvist blevet indført skærpede krav siden da. Forordningen er nu under revision, hvor meget tyder på at den nye revision vil indføre en ny metode at måle emhættens hydrauliske effektivitet, der i højere grad afspejler realistiske brugscenarier. Det er håbet at resultaterne af denne rapport kan være med til at få effektiviteten af den primære funktion inkluderet.



# 5 MADLAVNING OG SUNDHED

Luftforurening fra både indendørs og uden-dørs kilder er skyld i øget sygelighed og dø-

delighed med mere end syv millioner for tidlige dødsfald på verdensplan hvert år.<sup>1</sup>

---

## 5.1 Standarder for partikeleksponeringer i udeluften

Mange undersøgelser har vist, at ekspone-ring for partikler fra f.eks. trafik og rygning er forbundet med negative helbredseffek-ter såsom luftvejssymptomer, allergiske og betændelsestilstande i lungerne, kræft og hjerte-kar-sygdomme.<sup>2-6</sup>

EU Kommissionen har udstedt standarder i forhold til eksponeringsniveauer for for-skellige forurenende faktorer i udeluften. For  $PM_{2,5}$  anbefales den gennemsnitlige årlige eksponering siden 2020 at være på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eller lavere.<sup>7</sup>

---

## 5.2 Indendørs luftforurening

Da vi tilbringer op til 90% af vores liv in-dendørs og ca. 16 timer om dagen i vores egne hjem, har luftforureningen i vores boliger forventeligt en stor indflydelse på vores helbred og velbefindende.<sup>8,9</sup>

Vores indendørs forurening består af flere forskellige komponenter så som kemika-

lier, støv, fugt og partikler. Især partike-leksponering er bekymrende, og dette er både de store ( $PM_{10}$ ), de fine ( $PM_{2,5}$ ) og ultrafine partikler.<sup>10</sup> Især madlavning og afbrænding af stearinlys har vist sig at bi-drage til høje partikelniveauer i hjemmet, herunder både fine ( $PM_{2,5}$ ) og de ultrafine ( $PM_{0,1}$ ) partikler.<sup>11-13</sup>

---

## 5.3 Partikelforurening i hverdagen

Hvor møder man forurening i sin hverdag, og hvilke niveauer af partikelforurening forekommer? Mange forskellige aktiviteter kan føre til partikeleksponeringer i hjem-met.  $PM_{2,5}$  kilder og koncentrationer kan variere betydeligt på tværs af lokationer på grund af forskellige klimatiske forhold, emissionskilder og spredningsmønstre. Mange videnskabelige studier har allere-

de givet os indblik i hvor store partikelniveauer man kan opleve i forbindelse med forskellige aktiviteter i hjemmet. Til illu-stration er her givet nogle eksempler på, hvor man kan være eksponeret for  $PM_{2,5}$  og også de potentielle eksponeringsniveauer. Det ses af tabellen at eksponering for partikler forekommer i hjemmet, og at niveauerne ofte er høje.

Eksposering	Forfatter	Land	Niveau PM <sub>2,5</sub>
Brændeovn (udendørs)	Yli-Tuomi 2015 <sup>14</sup>	Finland	0,006 mg/m <sup>3</sup> (i opvarmingsæsonen)
Brændeovn (Indendørs)	Fleish 2020 <sup>15</sup>	USA	0,00665 mg/m <sup>3</sup> Median (IQR) household
	Wyss 2016 <sup>16</sup>	Norge	0,0156 mg/m <sup>3</sup> (gennemsnitlig indendørs PM <sub>2,5</sub> pr time i 14 hjem)
Madlavning	Patel 2020 <sup>17</sup>	USA	0,250 mg/m <sup>3</sup> (peak)
	He 2004 <sup>18</sup>	Australien	0,037 mg/m <sup>3</sup> (peak værdi)
Stegning	He 2004 <sup>18</sup>	Australien	0,745 mg/m <sup>3</sup> (peak værdi)
Madlavning med biobrændsel	Benka-Coker 2020 <sup>19</sup>	Honduras	0,079 mg/m <sup>3</sup> (median 24-t gennemsnit)
Inde luft	Li 2018 <sup>20</sup>	Kina	0,0531 mg/m <sup>3</sup> (24-h gennemsnit)
	Wallace 2003 <sup>21</sup>	USA	27,7 ug/m <sup>3</sup> (SD 35,9) gennemsnit i inkluderede hjem
Cigaretrøg indendørs	He 2004 <sup>18</sup>	Australien	79 ug/m <sup>3</sup> (peak værdi)

Som yderligere sammenligningsgrundlag, blev der i 2022 målt et partikelniveau på 200 µg/m<sup>3</sup> i udendørsmiljøet under skovbrande i Californien. Ved dette niveau blev folk frarådet udendørs aktiviteter<sup>34</sup>. Derudover har projektgruppen selv målt partikelniveauer under myldretidstrafik på HC

Andersens Boulevard. Der blev målt kontinuert over én time ca. 3 meter fra vejbanen, hvor niveauerne for ultrafinepartikler gennemsnitligt blev registreret til 30.000 µg/m<sup>3</sup>. Sidstnævnte to sammenligningsgrundlag er tilføjet til grafer for at billedliggøre forureningsniveauerne.

## 5.4 PM<sub>2,5</sub> og ultrafine partiklers effekt på helbredet

Fine og ultrafine partikler udfordrer især vores helbred, da de kan trænge dybt ned i luftvejene og kan aflejres i alveolerne.<sup>22</sup> På grund af deres størrelse kan ultrafine partik-

ler transporteres over i blodbanen og derved transporteres rundt i hele kroppen til andre organer som både hjertet og hjernen, og de udgør derfor endnu større risiko for syste-

miske helbredspåvirkninger.<sup>23-28</sup> Regelmæssig og langvarig eksponering for indendørs PM kan føre til negative helbredseffekter, selv ved lave koncentrationer. Ydermere er sårbare personer som børn, ældre og kronisk syge personer der allerede lider af luftvejssygdomme, såsom astma og KOL, mere påvirkelige.<sup>3,29</sup>

Eksisterende eksponeringsundersøgelser, der har vurderet potentielle akutte hel-

bredseffekter af eksponering for partikler fra stearinlys og madlavning, har ikke ført til definitive konklusioner vedrørende virkningen af partikler fra madlavning og stearinlys. Disse undersøgelser rapporterer dog effekter som nedsat lungefunktion,<sup>30</sup> kardiovaskulære effekter,<sup>27,28,31</sup> og negative påvirkninger på hjerneaktivitet, herunder faldende kognitiv præstation blandt raske individer.<sup>25,26</sup>

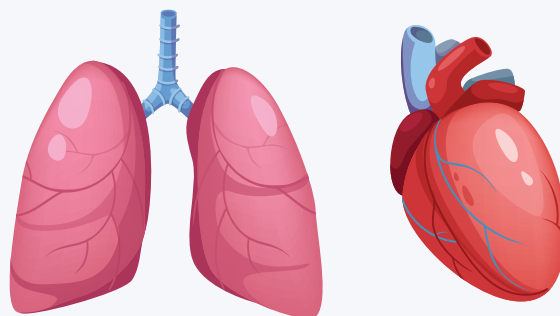
## 5.5 Partikeleksponering og sygdom

Partikeleksponering kan føre til varierende grad af helbredspåvirkninger. Det er vigtigt at forholde sig til eksponeringskoncentrationen og hvorvidt der er tale om kroniske eller akutte eksponeringer.

Det er derfor vigtigt at beskytte sårbare grupper i befolkningen, som børn med luftvejslidelser og ældre med luftvejs- og hjerte-karlidelser.

## Sygdom som følge af partikeleksponering

Eksponeringsniveau + tid = helbredseffekt



Inflammatorisk skade, oxiativt stress og andre biologiske effekter







## 6 EMHÆTTENS EFFEKTIVITET

Emfangsevnen anvendes som indikator for, hvor god en emhætte er til at fjerne forurening fra madlavning. Emfangsevnen bestemmes ved et standardiseret forsøg, som benytter en sporgas til at måle emhættens effektivitet.

Dette kan potentielt være et problem, da det ikke vides i hvor høj grad en emhættes

emfangsevne korrelerer med dens evne til at fjerne de partikler, der genereres i forbindelse med madlavning.

Derfor er der i dette projekt målt på de reelle partikler fra madlavning, hvor de differentieres størrelsesmæssigt, så emhættens effektivitet på fjernelse af partikler kan udtrykkes ved forskellige partikelstørrelser.

### 6.1 Test af emfangsevne

Emfangsevnen testes efter hhv. EN61591 og EN13141-3 alt efter emhættetype. Effektiviteten udregnes på samme måde i de to standarder, og bestemmes ved brug af en sporgas (MEK). Under testen doseres spor-

gassen på en varm pande, mens koncentrationen af sporgassen i rummet måles. Denne test laves både med og uden emhætte, på den måde kan effektiviteten bestemmes:

$$O_f = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$$

$O_f$  Odour reduction factor (emfangsevne I dansk kontekst)

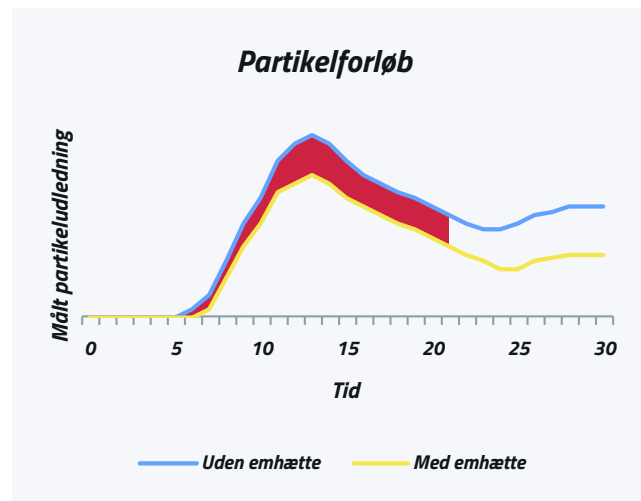
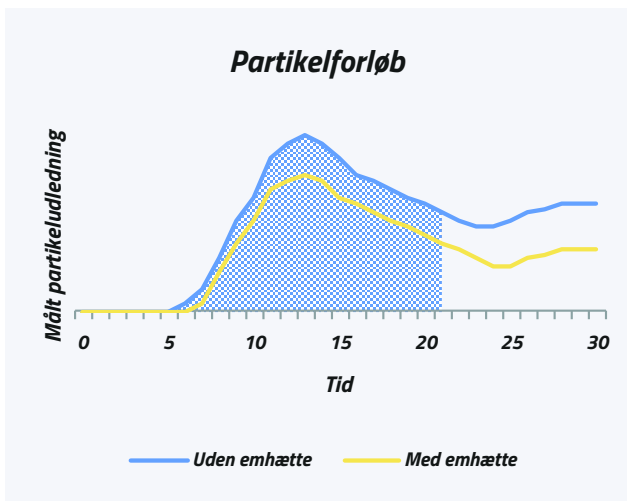
$C_1$  MEK koncentration uden emhættedrift

$C_2$  MEK koncentration med emhættedrift

## 6.2 Partikelopfangsevne

For at beskrive hvor effektiv en emhætte er til at fjerne eller opfange madlavningspartikler, er begrebet "partikelopfangsevne" defineret. Partikelopfangsevnen findes ud

fra forholdet mellem målt partikelforurening ved forsøg med og uden emhætte summeret over hele logningsperioden:



$$\eta_{POE} = 1 - \frac{\sum C_{emhætte}}{\sum C_{uden.emhætte}}$$

$\eta_{POE}$	Partikelopfangsevne
$C_{emhætte}$	Målt koncentration ved emhættedrift
$C_{uden.emhætte}$	Målt koncentration uden emhættedrift

# 7 METODE OG FORSØGS-OPSTILLING

Alle standardiserede emhætteforsøg udføres i Teknologisk Instituts opbyggede klimakammer og emhættelaboratorie, som er akkrediteret til test af emhætters emopfangsevne, jævnfør gældende europæiske standarder. I forsøget udføres både test i forhold til emhætternes evne til at fjerne partikler, men også på emhætternes emopfangsevne jævnfør de europæiske standarder.

Der testes i alt på ni forskellige emhætter som repræsenterer det danske marked. Da analysen ikke har til formål at fremme eller modarbejde enkelte producenter, anonymiseres resultaterne, så de blot er opgivet ved emhættetype, monteringshøjde over kogeplade og luftmængder.

Udgangspunktet for testene er at undersøge sammenhængen mellem emopfangsevnen og emhætters evne til at fjerne partikler under madlavning. Derfor tager alle tests udgangspunkt i den luftmængde der skal til for at en given emhætte opnår en emopfangsevne på 75%.

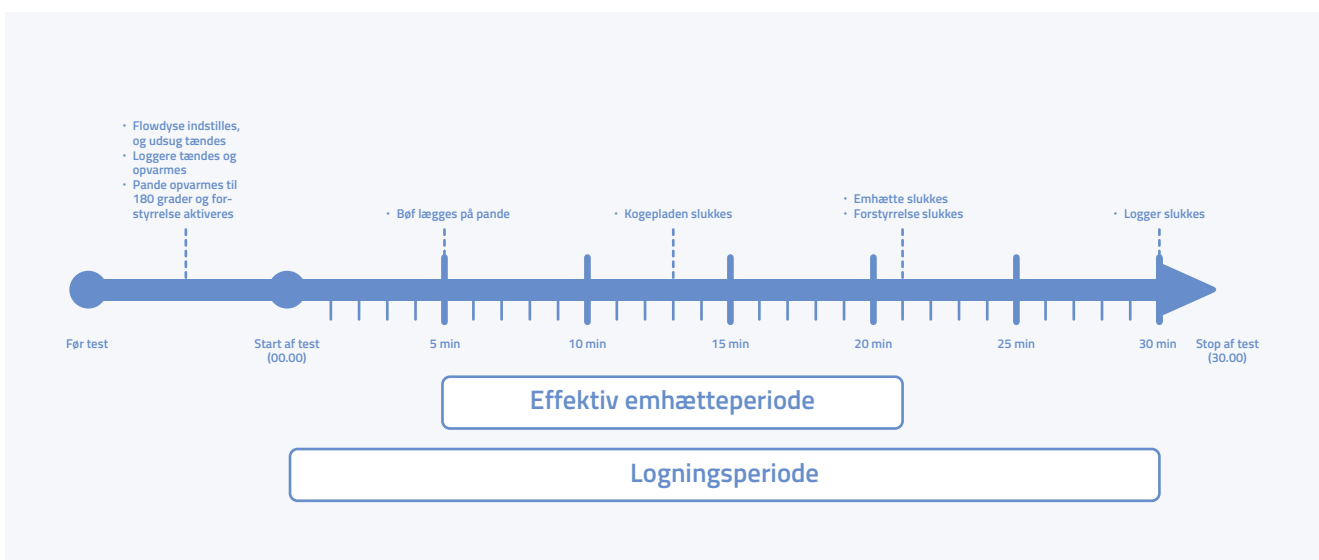
For at gøre resultaterne sammenlignelige, bestræbes det at testmetoden ligger tæt op ad hvordan emopfangsevnen testes.

Alle tests udføres 2 gange hvorefter resultater sammenlignes. Ved afvigelse bliver testen udført igen.

## 7.1 Testmetode

Der blev indledningsvist udført seks baseline forsøg uden emhætter for at fastlægge "standard-eksponeringen" for partikler, samt hvilken fordeling af partikelstørrelser, der forekommer i de forskellige faser af stegning.

I forsøgsdesignet blev der anvendt en pande med en temperatur på 180°C. Bøfferne blev kun stegt på én side, for at undgå forstyrrelser i rummet i forbindelse med vending.



### 7.1.1 Forstyrrelser i forbindelse med madlavning

I et køkken vil der oftest være personer som bevæger sig rundt, mens der laves mad. Hvor meget bevægelse der forekommer, afhænger af mange parametre, og det er svært at standardisere.

For dette projekt er det valgt at benytte det forstyrrende element, som er beskrevet i DS/EN13141-3. Det betyder at der under testen er en plade på 0,5 m<sup>2</sup> som bevæger

sig frem og tilbage foran kogestedet, hvert 4. sekund.

Indledende forsøg viste, at når der laves forsøg uden et forstyrrende element, vil den varme em stige op og lægge sig som en varm pude under loftet. Dette giver et misvisende billede på effektiviteten af de forskellige typer emhætter.

---

## 7.2 Måleudstyr

Der måles på partikler ved hjælp af følgende udstyr, som monitorerer forskellige partikelstørrelser:

1. **TSI DustTrak DRX** måler mængden af partikler med størrelser i intervallet 0,1µm-10µm. Måleudstyret differentierer på partikelstørrelse, således målingerne kan separeres i PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>. Resultater opgøres i mg/m<sup>3</sup>.

2. **TSI P-Trak** måler antallet af partikler med størrelser i intervallet 0,02µm-1,0µm.

Resultater opgøres i antal/cm<sup>3</sup> (antal).

Udover partikler måles luftmængden i emhætten efter metoden beskrevet i ISO5801. Emopfangsevne måles iht. hhv. EN61591 og EN13141-3 og med udstyr der opfylder kravene hertil.

---

## 7.3 Generering af partikler

I projektet blev der stegt standardiserede hakkebøffer af oksekød med 3% fedtindhold. Bøfferne blev bestilt fra tyske "Testmaterialen", som specialiserer sig i fødevarer til laboratorieundersøgelser. Formålet var at generere en sammenlignelig forurening fra gang til gang. Projektgruppen valgte en standardiseret hakkebøf som testmedie gennem hele projektet.

Der opstod midlertidigt et spørgsmål om mulig variation af partikelsammensætning ved stegning af hakkebøffer versus andre fødevarer. Fællesnævneren ved stegning er dog at der grundlæggende dannes so-dpartikler i forbindelse med den "afbrændingsproces" som forekommer på panden når fødevarer steges ved temperaturer over 180 grader.

Figur 4: Bøf efter endt stegning



Bøfferne steges ved præcis 180 grader for at undgå forkulning. Som det fremgår af Figur 2 får bøffen en brun stegeskorpe

uden at blive forkullet. Stegetiden er fastsat ud fra Danish Meat Research Institutes guide til stegning af hakkebøffer<sup>32</sup>.

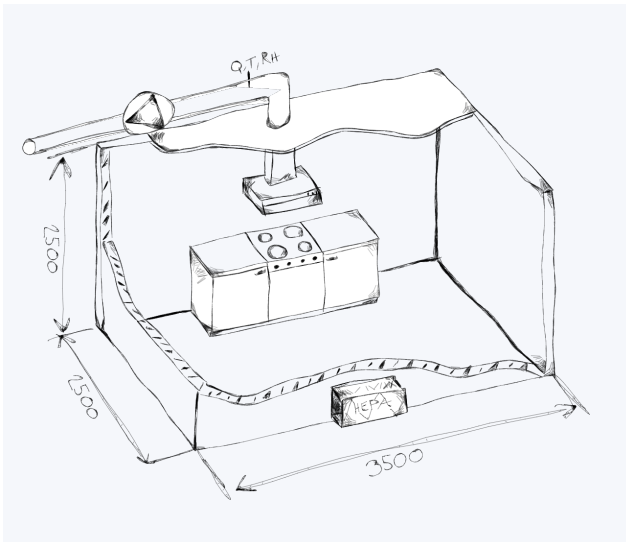
## 7.4 Testlokale

De fleste af forsøgene blev udført i Teknologisk Instituts emhættelaboratorie. Dette er opbygget som beskrevet i EN61591 og EN13141-3 og vist på Figur 3. Derudover blev der udført test i Teknologisk Instituts indeklimalaboratorie som er større end emhættelaboratoriet. Undersøgelserne fra

indeklimalab blev anvendt til at kontrollere hvor vidt rummets størrelse havde indflydelse på resultaterne.

Under hele testen måles partikelniveauet løbende, foran komfuret i tre højder; 1m, 1,7m og 2,2m.





Figur 5: Emhættelaboratorie



Figur 6: Indeklimalaboratorie





## 8 RESULTATER

Alle forsøg blev minimum gentaget to gange, hvormed resultater afspejler en middelværdi af de to udførte tests, samt som en middelværdi af de tre målehøjder.

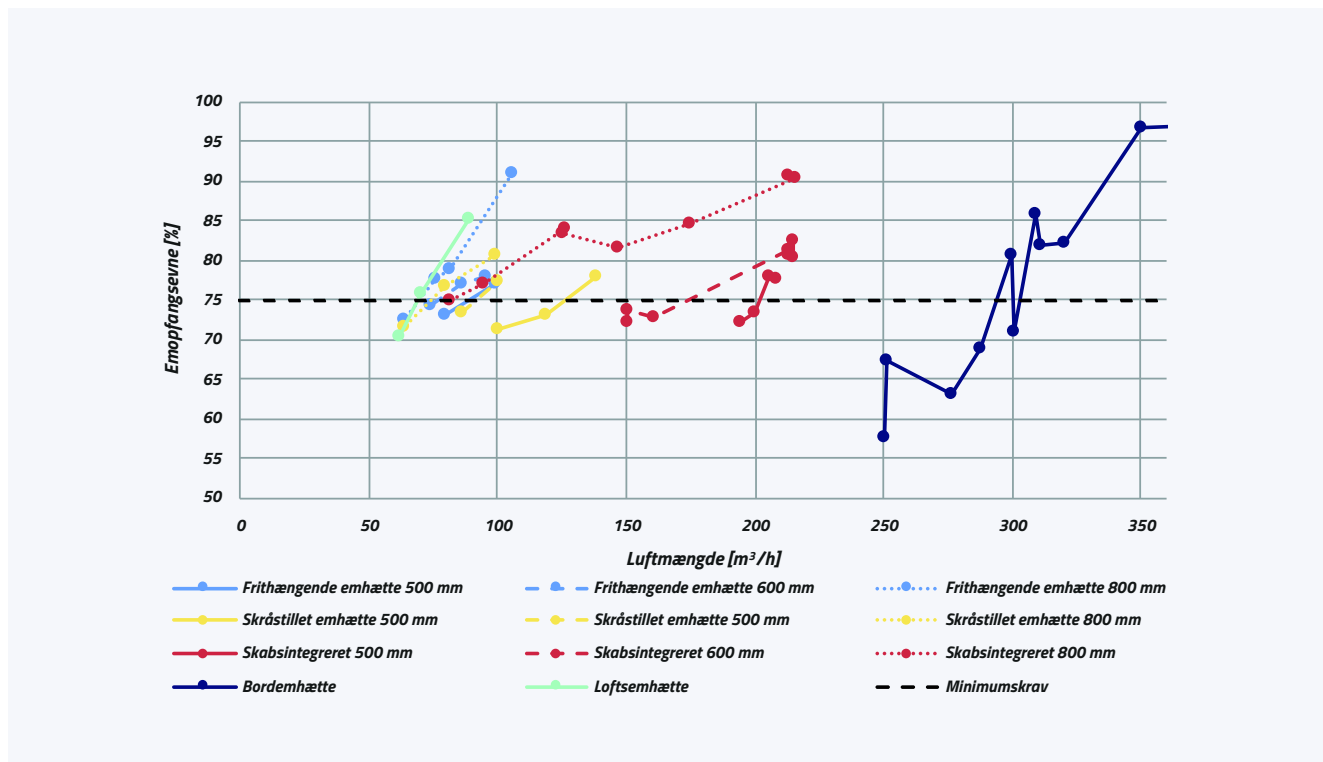
Dermed vurderes den samlede eksponering og fjernelse af partikler. De respektive målinger for de individuelle højder kan ses i Appendiks A.

### 8.1 Emopfangsevne

Figur 7: Emopfangsevnen målt i henhold til EN61591 (uden forstyrrelse)

Emopfangsevnen er blevet målt for alle emhættetyper i nærværende projekt. Emhætteerne testes ved flere forskellige luft-

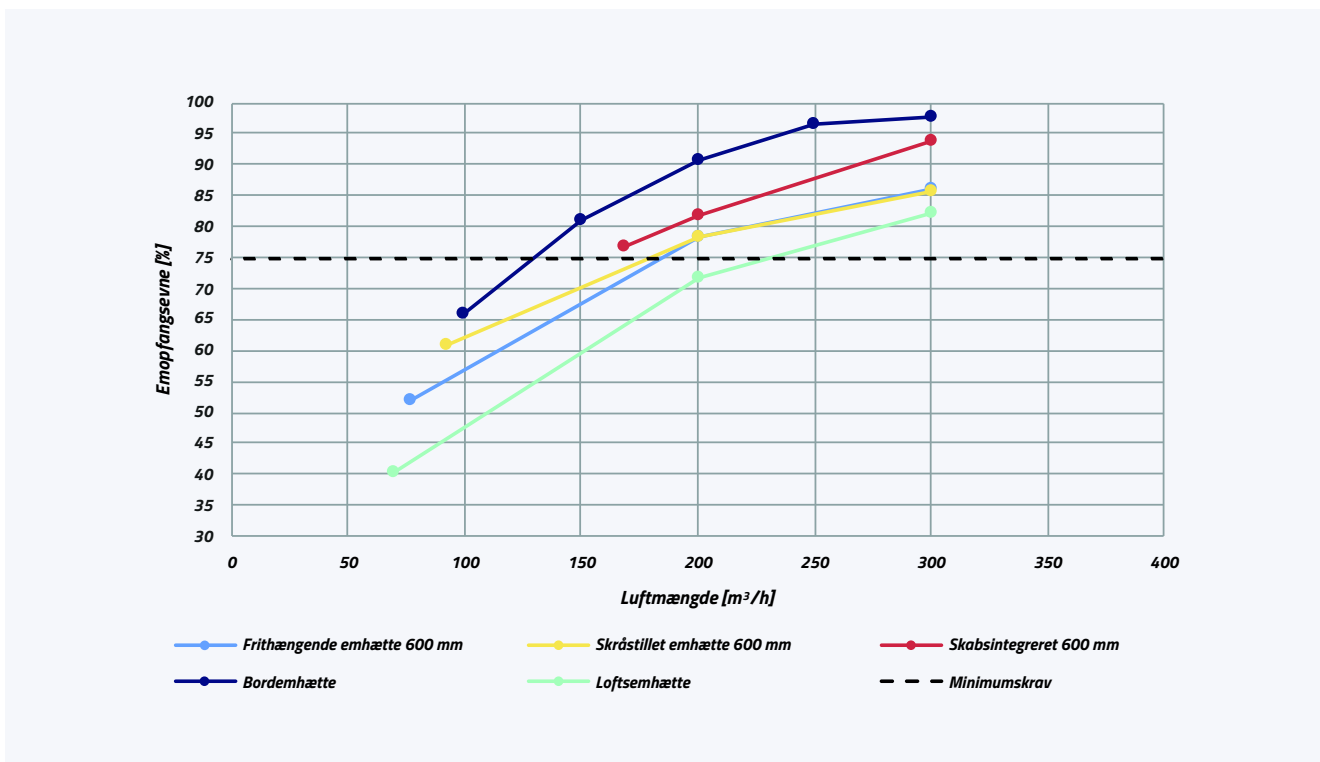
mængder for at bestemme, hvilken luftmængde der er nødvendig for at opnå en emopfangsevne på 75%.



På Figur 5 ses at den nødvendige luftmængde for at opnå en emopfangsevne på 75%, ændrer sig meget alt efter emhættetype og installationshøjde. Luftmængden svarende til en emopfangsevne på 75%, bliver som udgangspunkt brugt til første målepunkt ifm. fastlæggelse af partikelop-

fangsevne – med andre ord, så er det første målepunkt ved fastlæggelse af partikelopfangsevnen svarende til luftmængden hvor emhætten opnår en emopfangsevne på 75% jf. EN61591 (som er lovkravet til emhætter).

Figur 8: Emopfangsevnen målt i henhold til EN13141-3 (med forstyrrelse)

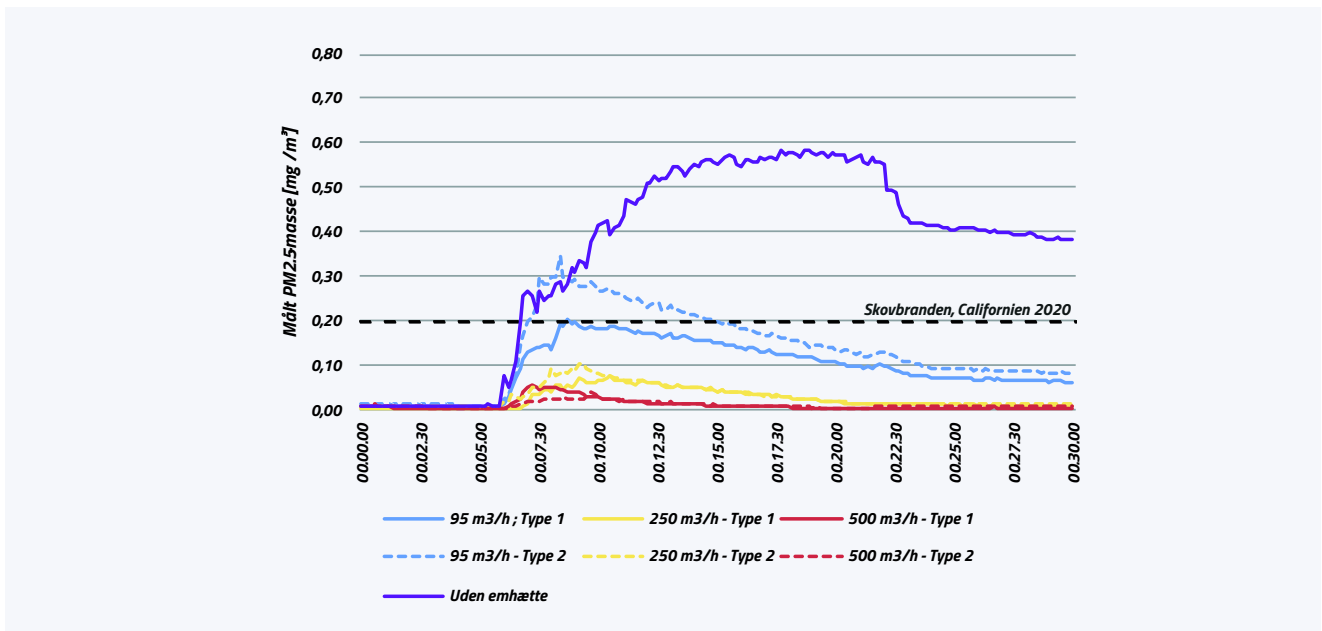


## 8.2 Baseline uden emhætte

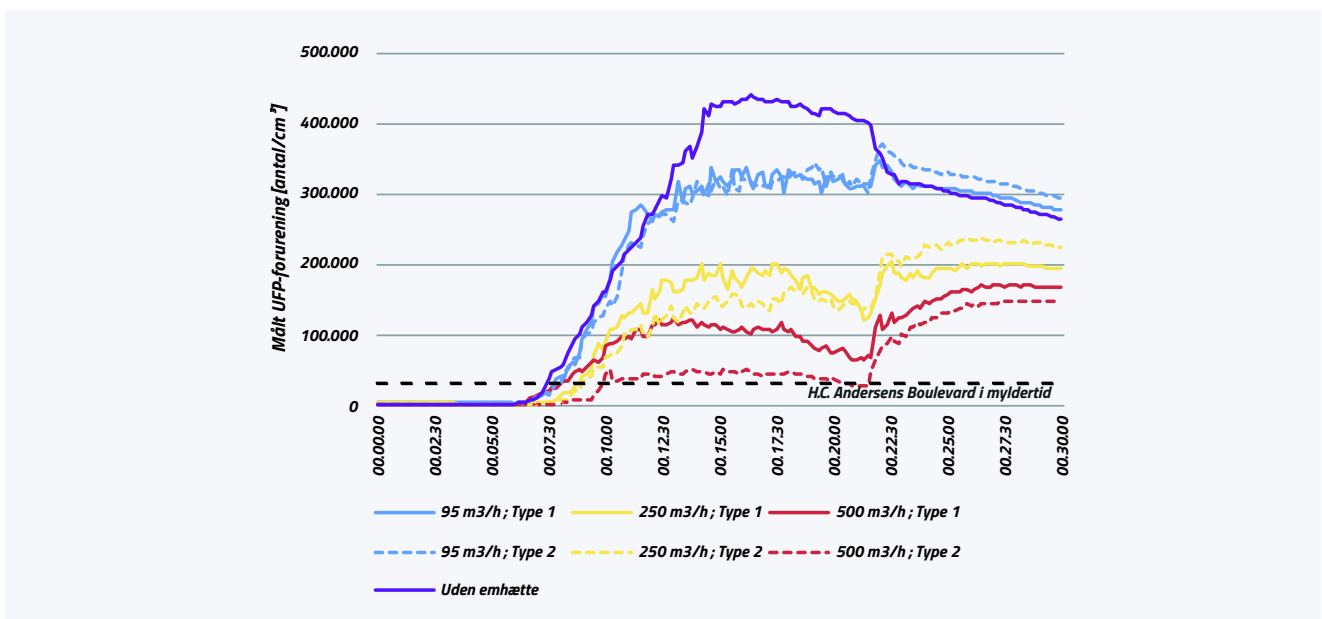
Alle resultater for partikelopfangsevne er beregnet ud fra måling af partikler uden emhætte versus forsøg med emhætte. Følgende graf viser et eksempel på varierende

effektivitet qua forskellige luftmængder på samme emhætte. Resterende plots kan ses i Appendiks A.

Figur 9: **PM<sub>2.5</sub>** for væghængt emhætte 600 mm over kogeplade



Figur 10: **UFP** for væghængt emhætte 600 mm over kogeplade

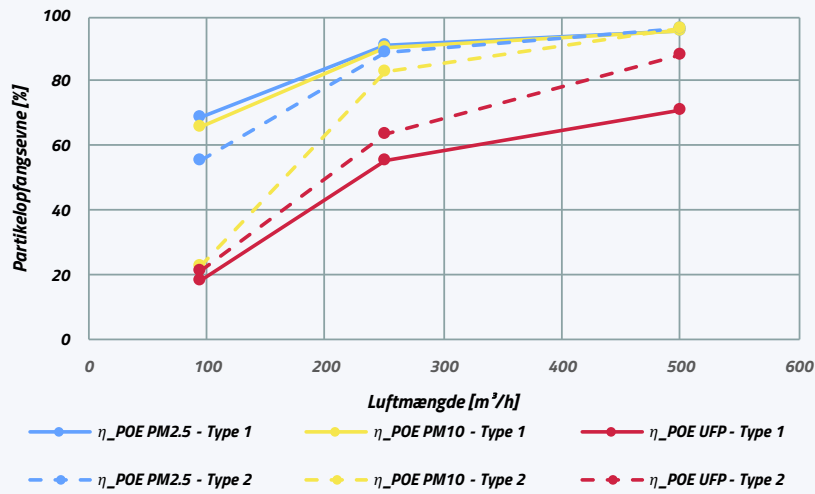


### 8.3 Partikelopfangsevne

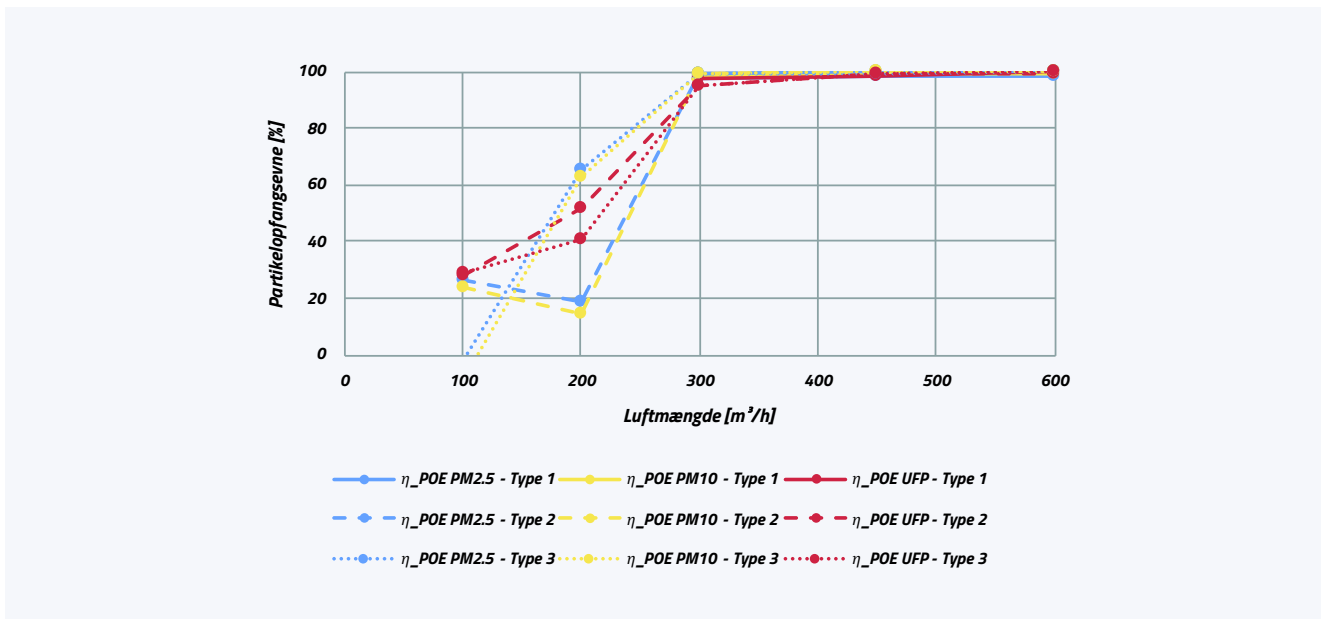
For at have en sammenlignelig størrelse på tværs af emhættetyper og partikelstørrelser, er begrebet partikelopfangsevne defineret i afsnit 6.2. Partikelopfangsevnen er et mål for, hvor effektiv en emhætte, med en given luftmængde og i en given afstand fra forureningskilden, er til

at fjerne partikler fra madlavning. Nedenfor præsenteres grafer for partikelopfangsevne fordelt på forskellige typer af emhætter. Bemærk at nedenstående linjer repræsenterer forskellige emhætter, mens farverne på graferne repræsenterer partikelstørrelser.

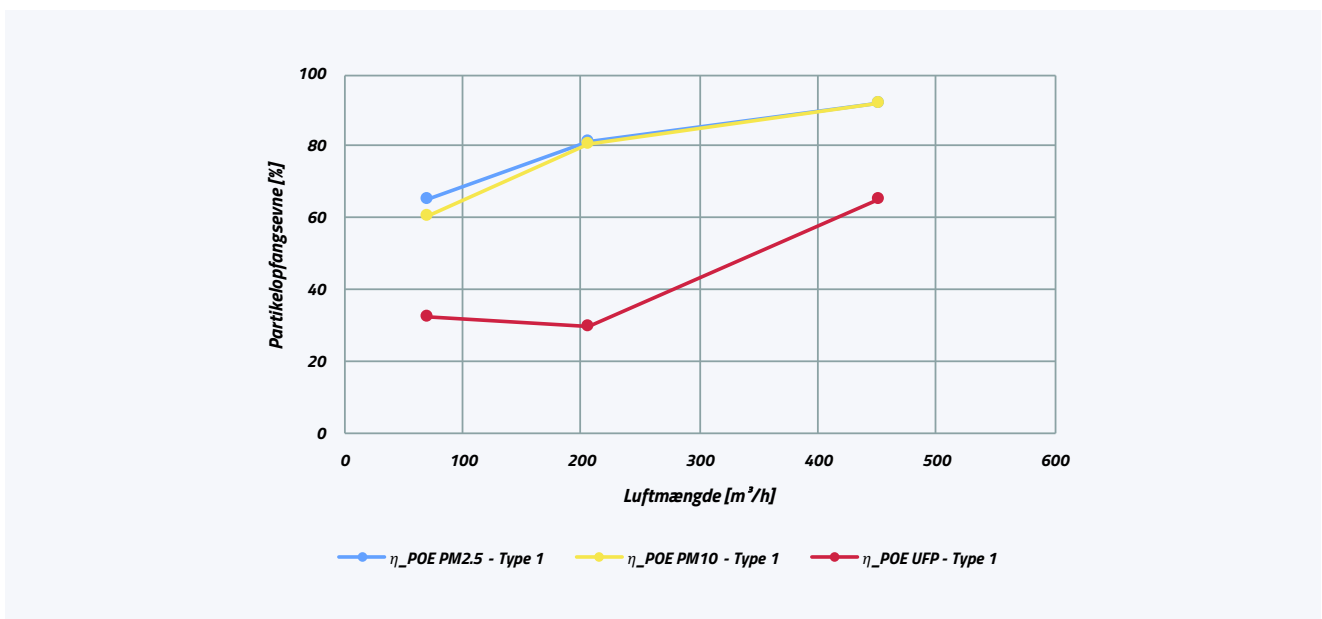
Figur 11: Partikelopfangsevne for vægmonteret emhætte 600 mm over kogeplade



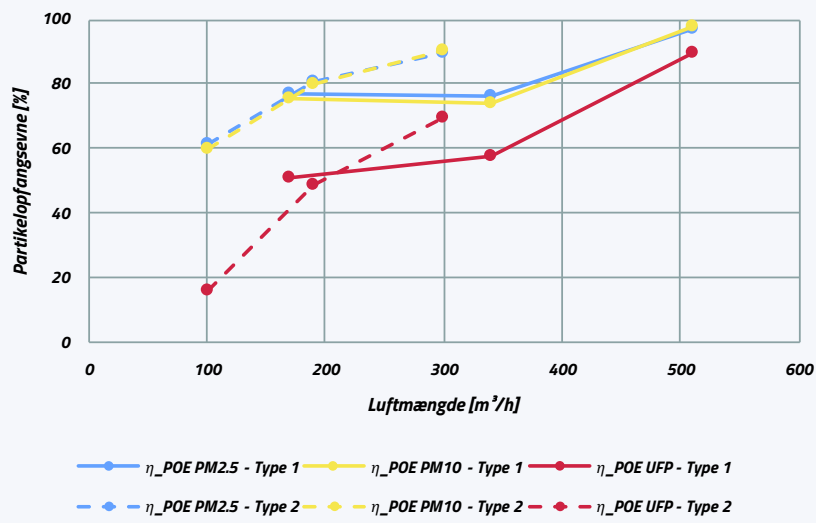
Figur 12: Partikelopfangsevne for bordintegrerede emhætter



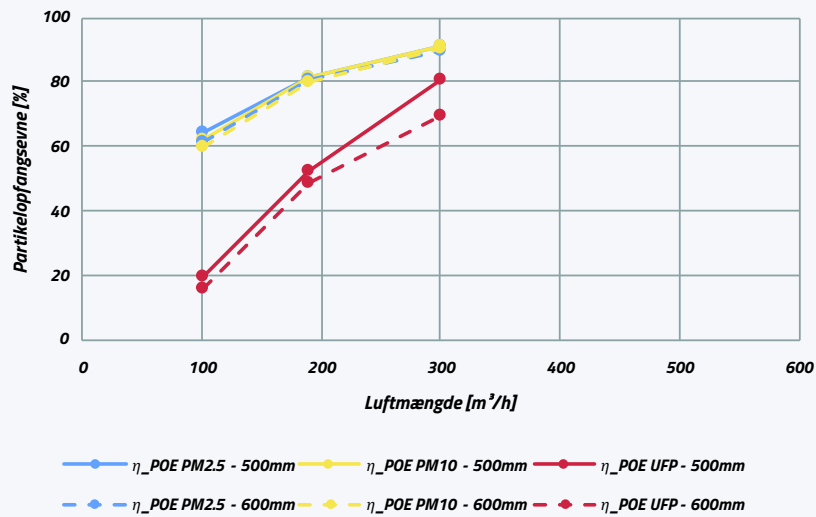
Figur 13: Partikelopfangsevne for loftsintegreret emhætte 1700 mm over kogeplade



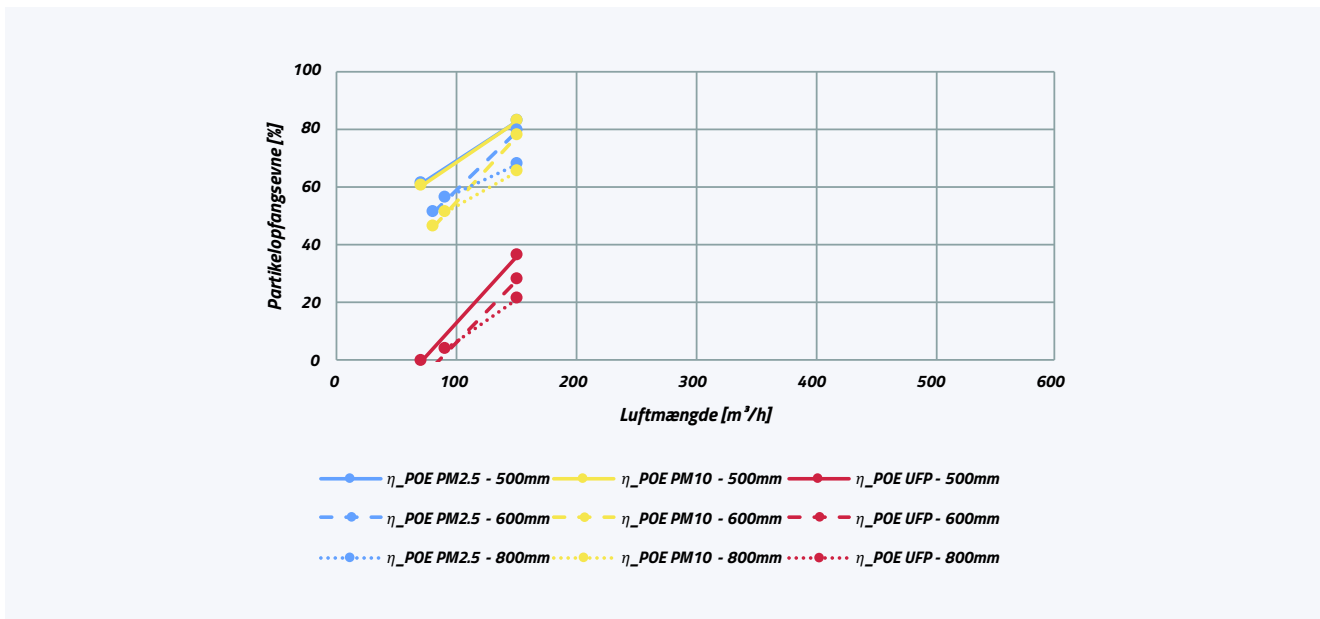
Figur 14: Partikelopfangsevne for skabsintegreret emhætte 600 mm over kogeplade



Figur 15: Partikelopfangsevne for skabsintegreret emhætte i forskellige installationshøjder



Figur 16: Partikelopfangsevne for frithængende emhætte i forskellige installationshøjder



### 8.3.1 Generelle iagttagelser

Ovenstående grafer viser blandt andet følgende:

- Der er en generel tendens til stigende partikelopfangsevne i takt med stigende luftmængde, uagtet partikelstørrelse.
- Partikelopfangsevnen er i de fleste tilfælde en del lavere for de ultrafine partikler end for de øvrige målte partikelstørrelser.
- De ultrafine partikler fjernes først effektivt ved højere luftmængde end udgangspunktet (luftmængde for opnåelse af 75% emopfangsevne).
- I de målinger hvor højden fra forureningskilden er varieret for samme emhætte, observeres der generelt lavere partikelopfangsevne for emhætten, i takt med at den placeres længere væk fra forureningskilden.
- Udformningen/designet af emhætten har betydning for partikelopfangsevnen. Forskellige vægmonterede og identiske monteringshøjder, har forskellig effektivitet.

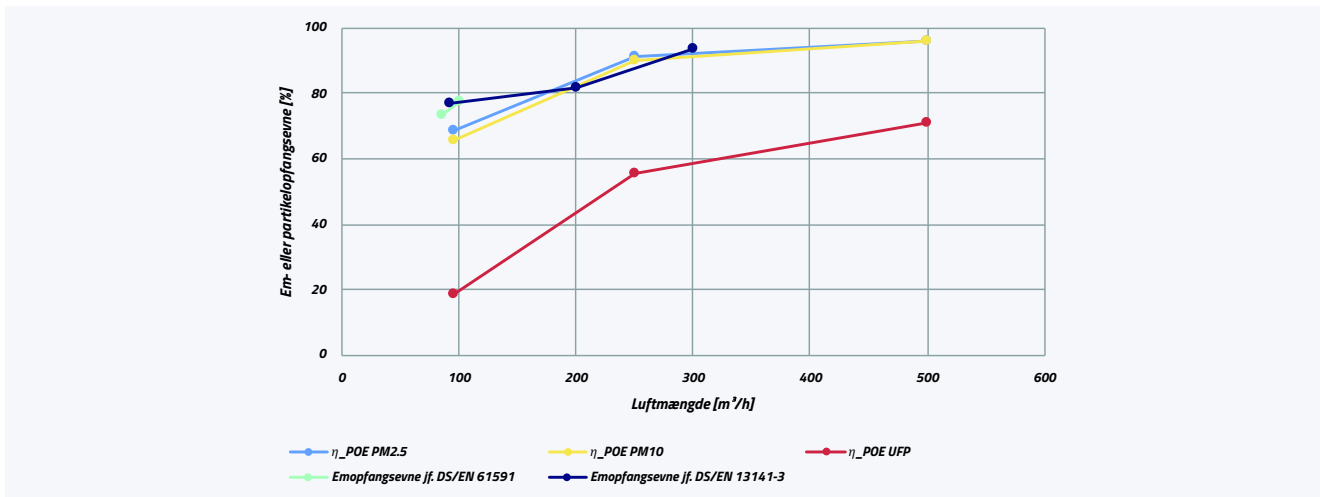


## 8.4 Partikelopfangsevne vs. emopfangsevne

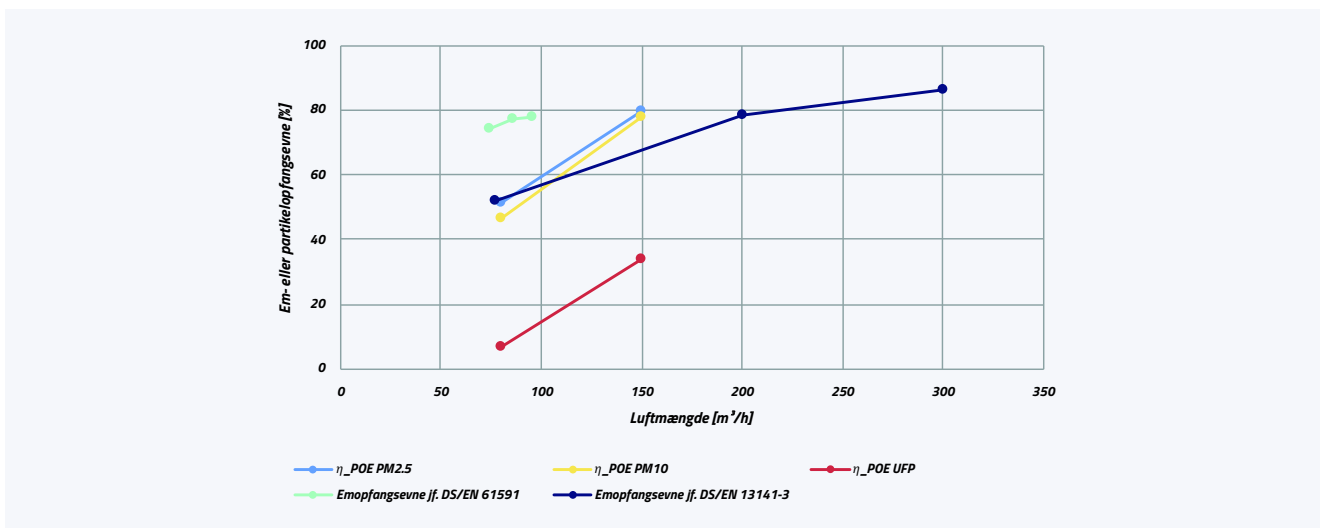
I projektet har der været en målsætning om at undersøge, hvor korreleret em- og partikelopfangsevne er. Derfor er der foretaget

test af emopfangsevne jf. både DS/EN 61591 og DS/EN 13141-3, som herunder sammenholdes med de fundne partikelopfangsevner.

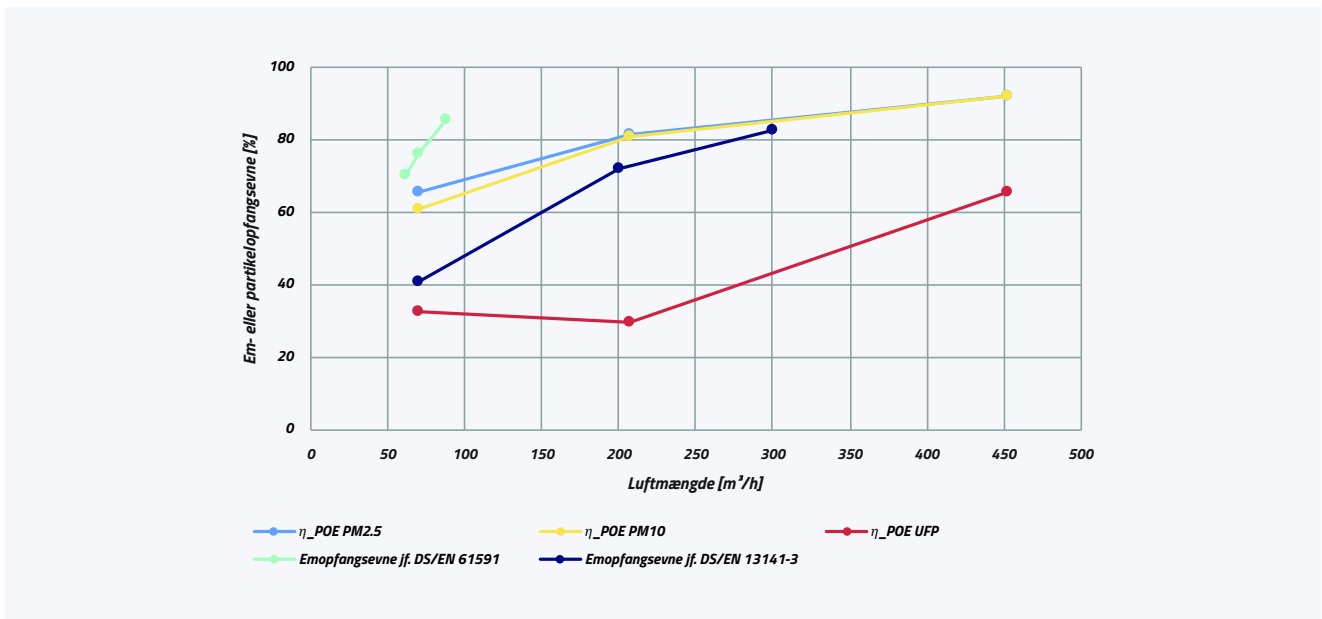
Figur 17: Vægmonteret - Type 1 - 600 mm over kogeplade



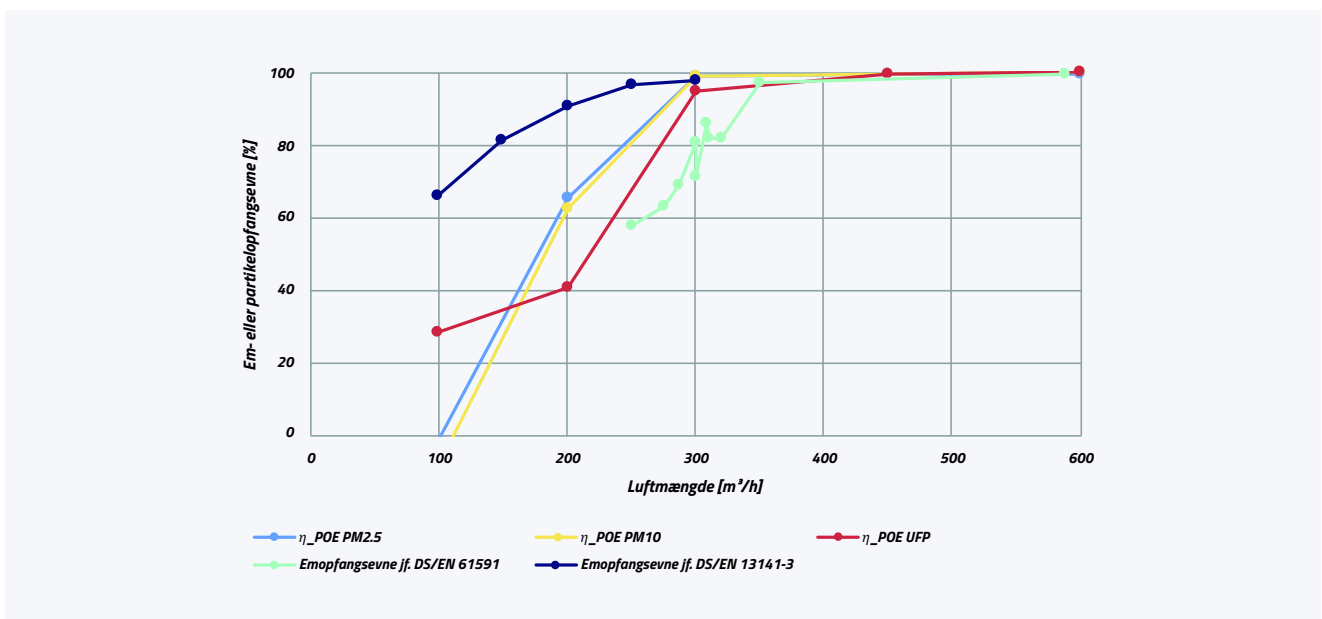
Figur 18: Frithængende emhætte - Type 1 - 600 mm over kogeplade



Figur 19: Loftsintegreret - Type 1 - 1700 mm over kogeplade



Figur 20: Bordintegreret - Type 3 - 0 mm over kogeplade



### 8.4.1 Generelle iagttagelser

- For emhætter som er placeret 500–800mm over kogepladen, er der korrelation mellem em- og partikelopfangsevnen af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ . Partikelopfangsevnen for UFP er betydeligt lavere.
- Der opfanges typisk væsentligt mindre andel af UFP end  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ . Den eneste undtagelse er for den testede bordemhætte, som opfanger stort set alle partikler – uagtet størrelse – ved en luftmængde på 300 m<sup>3</sup>/h eller højere.
- Bordemhætterne synes at have en ”alt-eller-intet” effekt i forhold til partikler. Imellem 100–300 m<sup>3</sup>/h stiger partikelopfangsevnen fra ekstrem ringe til yderst effektiv.
- Emopfangsevne ≠ Partikelopfangsevne
- Der ses tendenser omkring forskelle i testmetode versus placering af emhætten, som ligger uden for scopet af nærværende projekt. Noget tyder dog på, at bordemhætter opnår gode resultater når der testes i henhold til emhætte-teststandarden med et forstyrrende element, hvorimod loftsemhætter opnår ringe resultater. Det modsatte gør sig gældende ved standarden uden forstyrrelse.

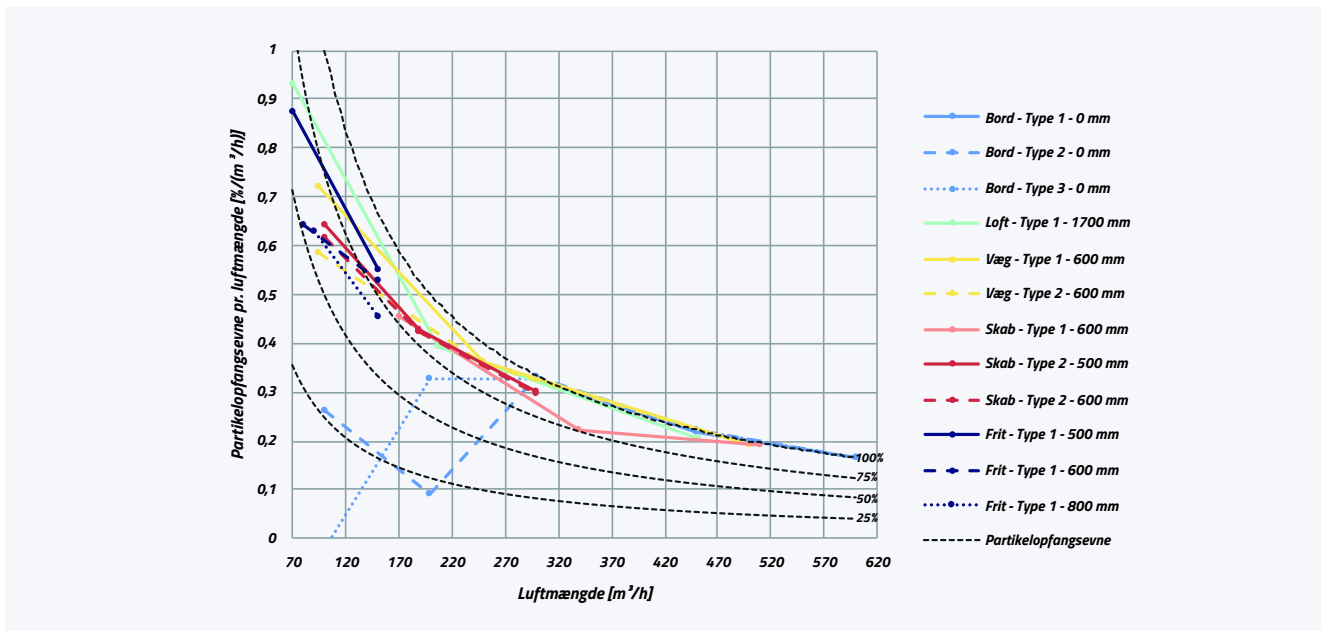
---

## 8.5 Relativ partikelopfangsevne

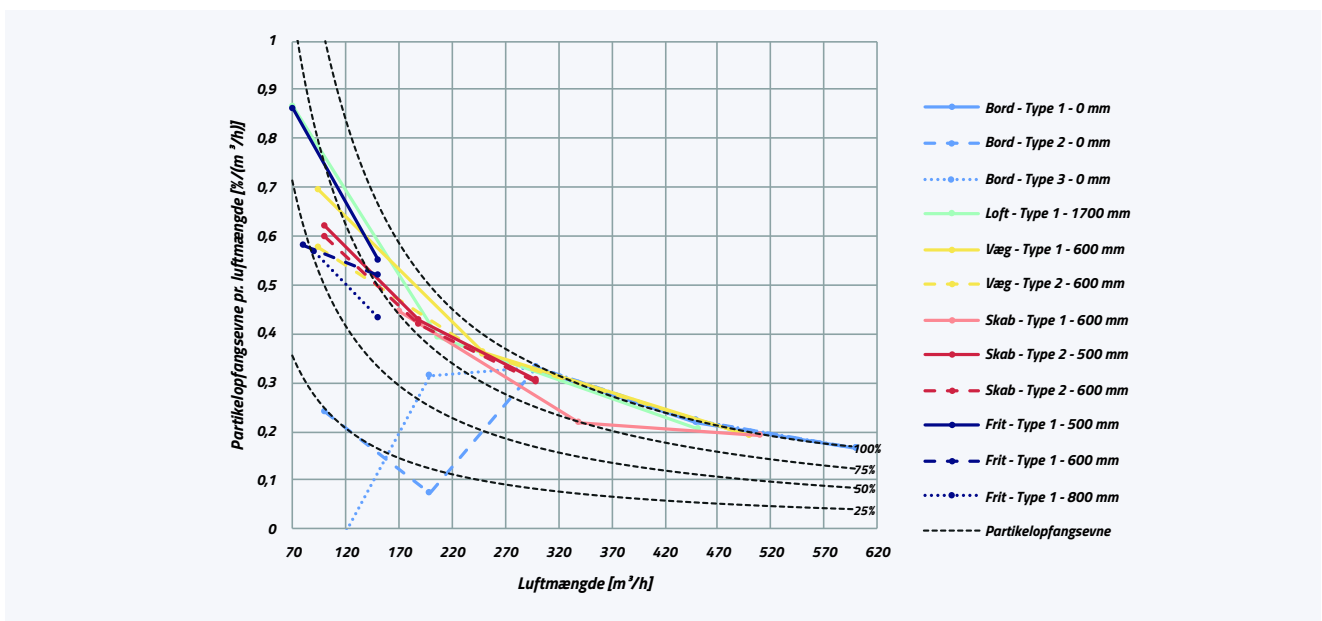
Relativ partikelopfangsevne er defineret som partikelopfangsevne pr. luftmængde. Fra et energimæssigt udgangspunkt, ønskes en så høj relativ partikelopfangsevne som muligt, da der fjernes flest partikler pr. luftmængde.

Følgende grafer viser hvor effektiv den respektive emhætte er ved forskellige luftmængder. Det kan aflæses i graferne hvor høje luftmængder der skal til for at opnå en partikelopfangsevne på 75%.

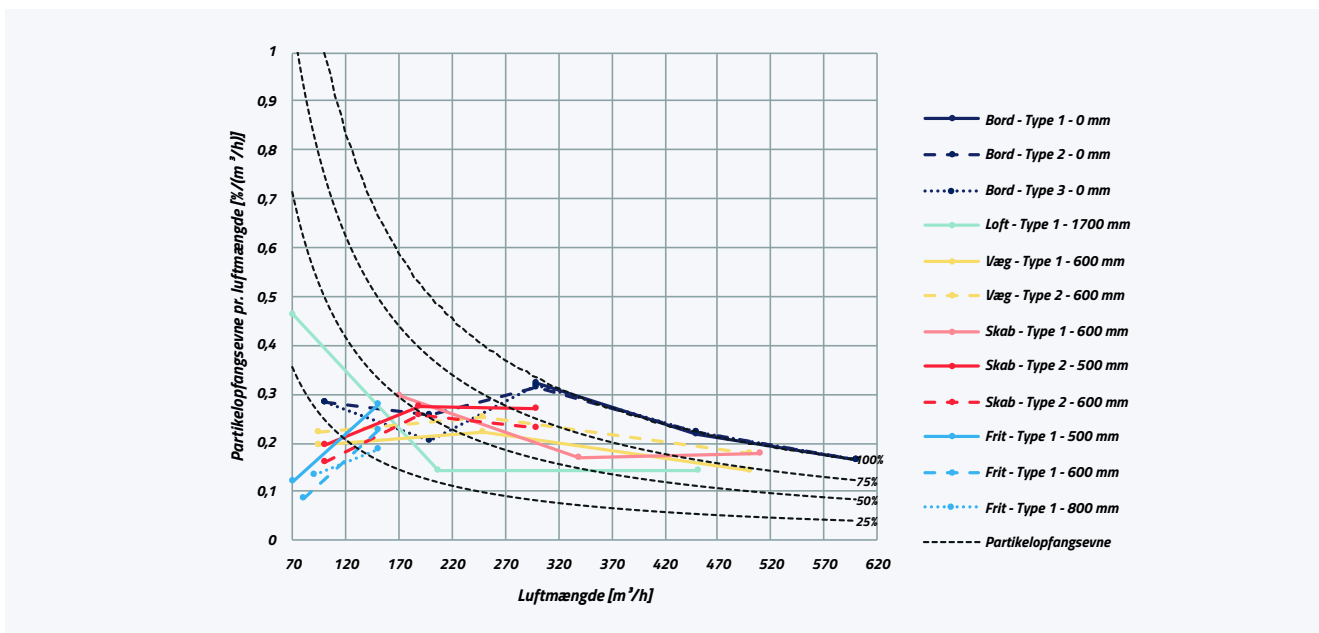
Figur 21: Relativ partikelopfangsevne for PM<sub>2,5</sub>



Figur 22: Relativ partikelopfangsevne for PM<sub>10</sub>



Figur 23: Relativ partikelopfangsevne for UFP



### 8.5.1 Generelle iagttagelser

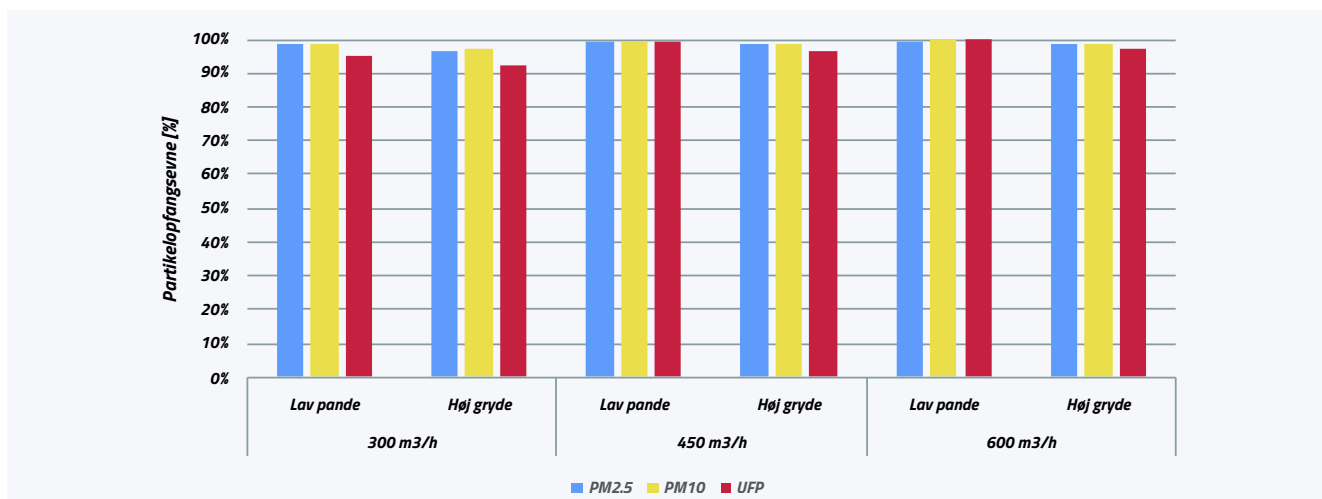
- Langt de fleste emhætter kan indfange  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$  ved relativt lave luftmængder, hvilket underbygger at der er en korrelation mellem em- og partikelopfangsevne for disse partikelstørrelser.
- Der skal en relativ høj luftmængde til for at opnå 75% partikelopfangsevne inden for UFP.
- Bordemhætter kræver relativt høje luftmængder for at opnå en høj partikelopfangsevne v.  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$  sammenlignet med emhættene som hænger over kogepladen.
- Bordemhætter kræver de laveste luftmængder for at opnå en høj partikelopfangsevne v. UFP sammenlignet med emhættene som hænger over kogepladen.

## 8.6 Bordemhætte ved høj gryde

Figur 24: Partikelopfangsevne for bordemhætte type 3 – Lav pande vs. høj gryde

Ved bordemhætter er udsuget placeret under forureningskilden, hvorfor den må overvinde den termiske opdrift fra panden. For at undersøge indvirkningen af afstan-

den fra kilde til udsug, er der lavet et ekstra forsøg, hvor stegningen i stedet er foretaget i en dyb gryde med højde på 150 mm. Forløbskurverne kan ses i Appendiks B.





Som det fremgår af figur 22, så er reduktionen i partikelopfangsevne minimal

ved stegning i høj gryde fremfor lav pande.

## 8.7 Emhætte i større rum

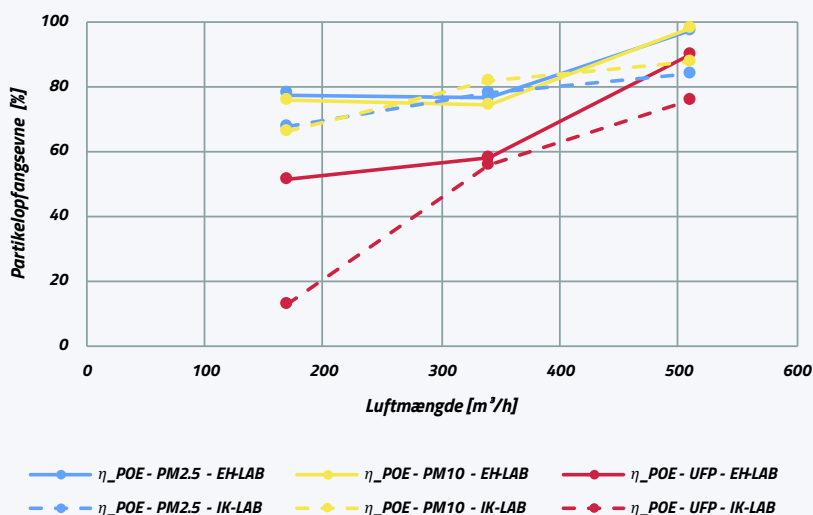
Alle partikelopfangsevneforsøg blev testet i et rum med specifikke dimensioner jævnfør standarderne DS/EN 61591 og DS/EN 13141-3. I nærværende projekt blev det undersøgt hvorvidt et øget rumvolumen kunne have en indflydelse på resultaterne. Nedenstående grafer afspejler partikelopfangsevne målt i indeklimalaboratoriet (Teknologisk Instituts klimakammer)

som var tilpasset til at være 114 m<sup>2</sup> med en loftshøjde på 2,6 m. Forløbskurverne kan ses i Appendiks B.

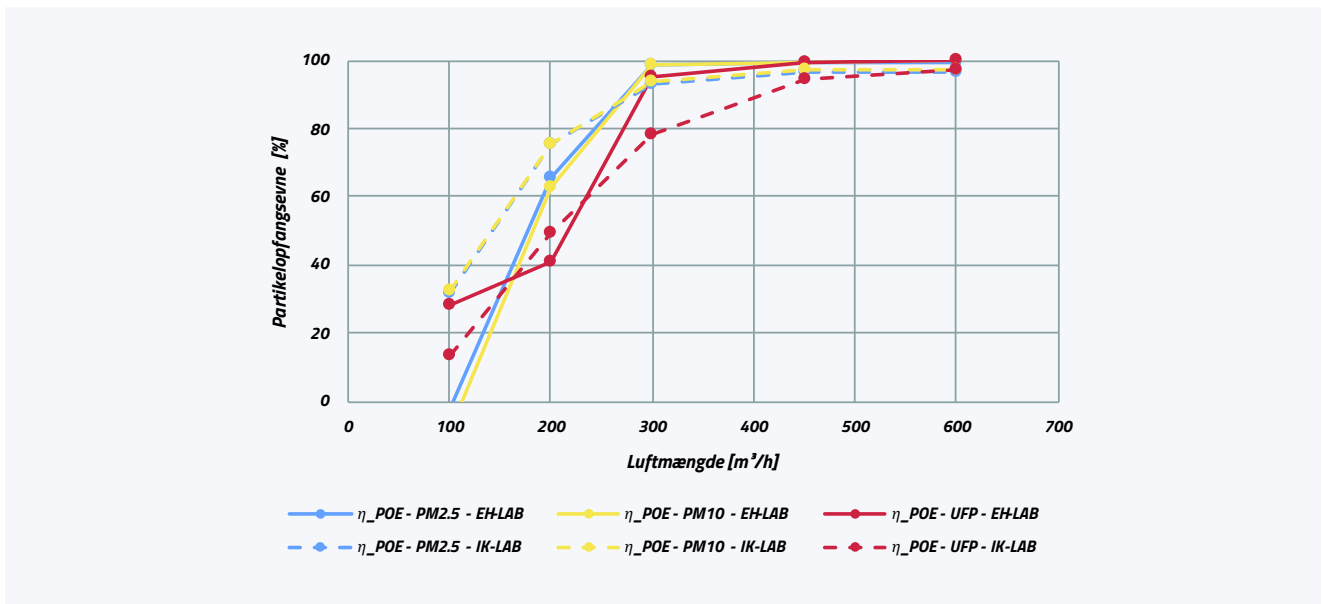
**EH-LAB:** Emhættelaboratoriet (dimensioner jf. standarder)

**IK-LAB:** Indeklimalaboratoriet (Rumvolumen = 296,4m<sup>3</sup>)

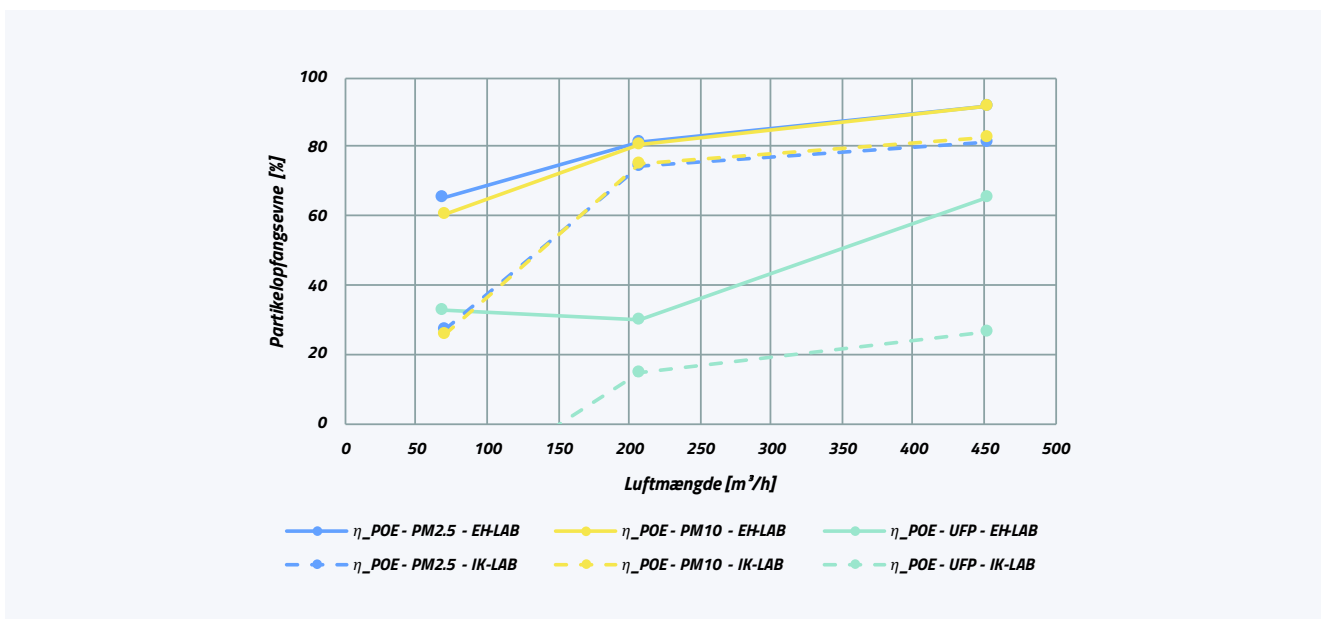
Figur 25: Partikelopfangsevne for skabsintegreret emhætte 600 mm over kogeplade i forskellige rum



Figur 26: Partikelopfangeevne for bordintegreret emhætte i forskellige rum



Figur 27: Partikelopfangeevne for loftsintegreret emhætte 1700 mm over kogeplade i forskellige rum



Generelt er der ikke stor forskel på partikelopfangsevne for tests foretaget i emhættelaboratoriet og indeklimalaboratoriet ift.  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$ . Til gengæld er der relativt stor forskel på testene, når der observeres på UFP. Generelt set er partikelopfangsevnen for UFP lavere i det

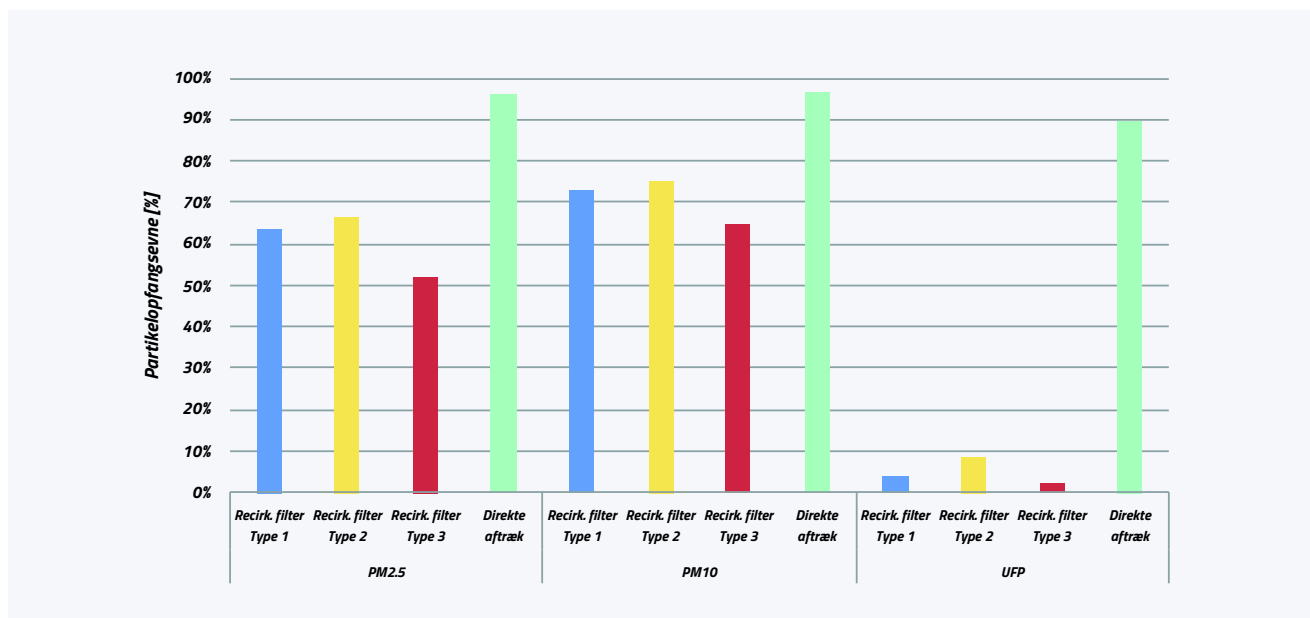
store rum end i emhættelaboratoriet med dimensioner jf. standarden. Dette gælder i særlig grad loftsintegrerede emhætter. Dette må formodes at skyldes at hele køkkenet, til en vis grad, kommer til at fungere som emhætte ved små rum størrelser.

## 8.8 Recirkulationsfiltre

Forsøg med recirkulation blev udført med en skabsintegreret emhætte ved en relativt høj luftmængde på 510 m<sup>3</sup>/h. Emhætten blev testet med tre forskellige typer af

rene recirkulationsfiltre, samt med direkte aftræk for at etablere et sammenligningsgrundlag. Forløbskurverne kan ses i Appendix B.

Figur 28: Partikelopfangsevne for recirkulerende emhætter



De undersøgte recirkulerende filtre opfanget mellem 50-75% af  $PM_{2.5}$  og  $PM_{10}$  ifølge Figur 26, hvor der med direkte aftræk opfanges ca. 96-97% af partiklerne. Den største udfordring ved recirkulationsfiltre er den ringe opfangsevne af UFP, som uanset recirkulationsfilter ligger under

10%, mens der for direkte aftræk opfanges ca. 90%. Det bør i øvrigt understreges, at recirkulationsmålingerne er udført med nye, rene filtre, hvorfor partikelopfangsevnen må forventes at være højere end et typisk filter, som har siddet dage, uger, måneder eller sågar år i husholdningen.

## 9 KONKLUSION

Denne rapport har belyst effektiviteten af forskellige emhættetyper på markedet, hvordan testmetoder korrelerer med emhætters reelle effektivitet og hvilken betydning forskellige parametre, herunder luftmængde og monteringshøjde, har på partikelforureningen under madlavning. De tre vigtigste konklusioner fra projektet:

1. Ringe korrelation mellem emopfangsevne og evnen til at opfange UFP. Resultaterne viser at der generelt for alle de testede emhættetyper er behov for langt højere luftmængder til at fjerne UFP sammenlignet med MEK og  $PM_{2,5}$ . Hvorimod korrelationen mellem emopfangsevne og partikelopfangsevne for  $PM_{2,5}$  er stærkere.
2. Den vigtigste parameter for effektivt at fjerne partikler i forbindelse med madlavning er luftmængden, jo mere jo bedre. Derefter kommer afstanden til kilden, jo tættere jo bedre. Det skal dog nævnes at det for bordemhætter, hvor udsuget er under forureningskilden, er nødvendigt at luftmængden er høj nok til at overvinde den termiske opdrift, når dette sker, viser resultaterne at

bordemhætter er meget effektive, især til at fjerne UFP.

3. Recirkuleringsløsninger er ikke tilstrækkeligt effektive til at fjerne partikelforurening fra madlavning. Særligt for UFP fjerner filtrene mindre end 10% af partiklerne.

Emhætternes primære funktion er at opretholde luftkvaliteten ved at fjerne luftbårne partikler fra madlavning. Da partikeleksponering kan føre til en negativ helbredspåvirkning både på kort og lang sigt. Det er især vigtigt at beskytte sårbare grupper i befolkningen, som børn med luftvejslidelser og ældre med luftvejs- og hjerte-karlidelser.

Resultaterne fra undersøgelserne viser, at effektiviteten af den standardiserede måde at teste emhætter ikke reflekterer hvor effektivt især UFP bliver fjernet. Det anbefales derfor, at den nuværende emopfangsevne test revideres for at være mere retvisende i forhold til emhætters evne til at fjerne alle former for partikler. Herudover er det vigtigt at der i testmetoden medtages en form for bevægelse foran forureningskilden.



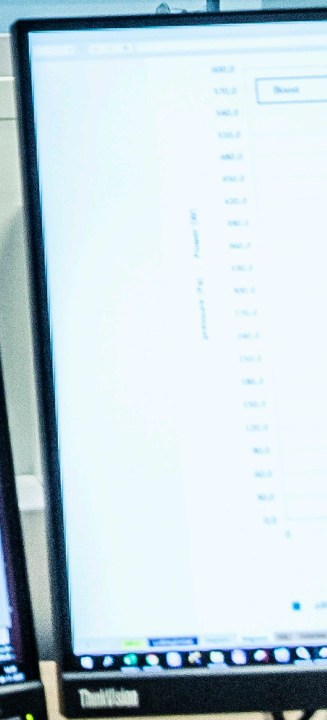
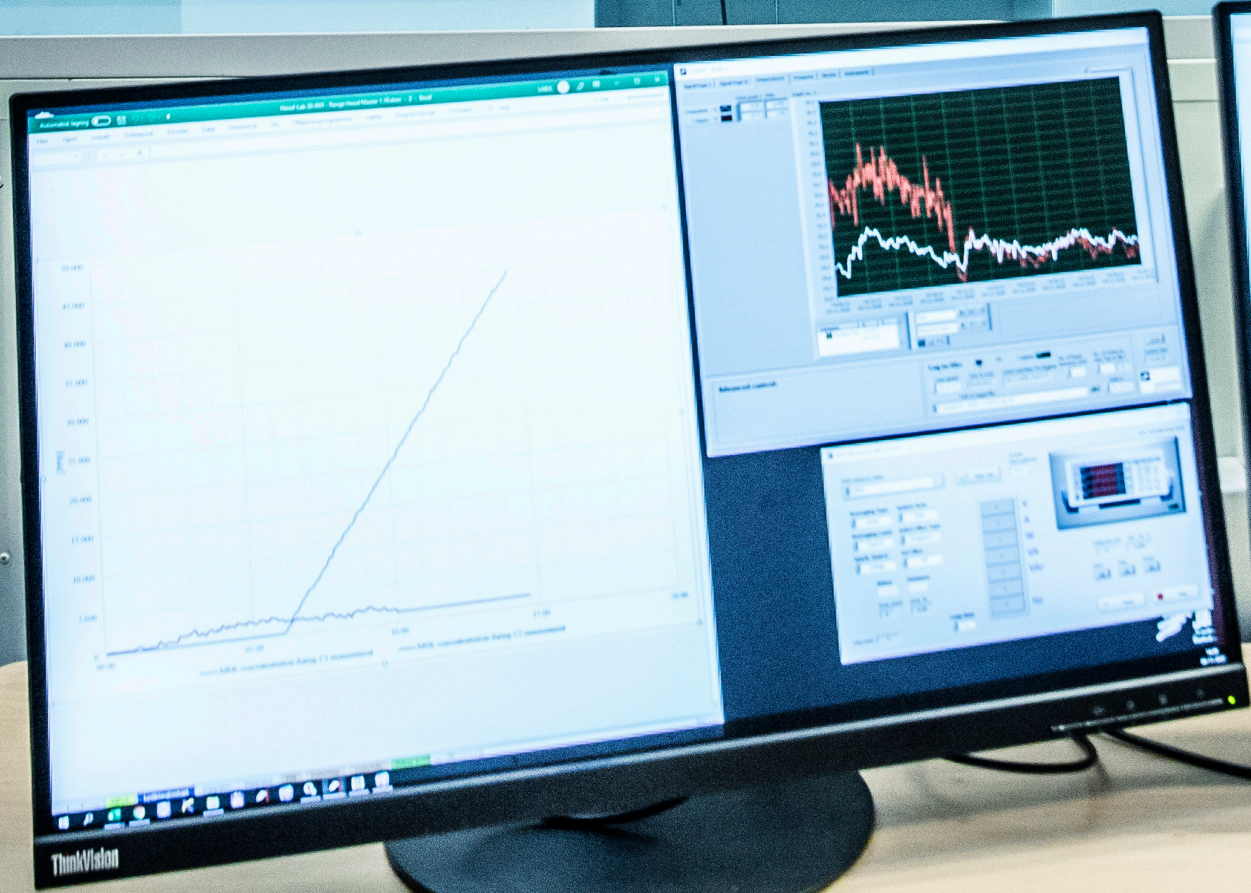




# 10 PERSPEKTIVERING

- Det faktum at der er behov for relativt høje luftmængder for at fjerne UFP, er problematisk i forhold til bygninger hvor emhætten er tilsluttet ventilationen. I forhold til en typisk dimensionering af ventilationssystemets kapacitet, er det urealistisk at sikre 300 m<sup>3</sup>/h på boligens emhætte.
- For emhætter med indbygget motor, er langt størstedelen i stand til at udsuge med mere end 300 m<sup>3</sup>/h, og dermed sikre en tilfredsstillende partikelopfangsevne.
- Hvis luftmængden for emhætten øges, vil det resultere i et øget energiforbrug. Øges luftmængden fra 100 til 300 m<sup>3</sup>/h og emhætten bruges 30 min dagligt, vil det typisk give øget energiforbrug på 170 og 9 kWh for hhv. varme- og elforbrug. Dette svarer til en stigning på 0,9% og 0,2% for en gennemsnitlig familie<sup>33</sup>. For emhætter tilsluttet ventilationsanlæg vil det øgede energiforbrug være væsentligt mindre, grundet varmegenvinding af den udsugede em.
- I projektet har vi ikke stilet efter at undersøge effekten af efterløb på emhætter, men et luftskifte efter endt madlavning via efterløb bør i teorien have en positiv effekt på at fjerne tilbageværende partikler.
- Mange køber en bolig uvidende om emhættens effektivitet. Der bør være et krav til formidling i forbindelse med salg, i tilfælde af at recirkulerende emhætteløsning.
- I europæisk regi overvejes at indføre en standard, hvor der er bedre overensstemmelse mellem fjernelse af partikler og målt emopfangsevne. Der bør fokuseres på at testmetoden repræsenterer partikelopfangsevnen for UFP, da disse kan trænge ind i alle organer og dermed forårsage mest skade i menneskekroppen.
- Effektive emhætter opnås ved at optimere det geometriske design, så forureningen fjernes med et lavt luft- og energiforbrug, i stedet for bare at øge luftmængden. Dette er blevet undersøgt og bevist i et sideløbende projekt. Og det er konkluderet, at effektivitetsmålingen på partikler vil være den mest retvisende metode.
- Et sideløbende projekt har udført mange målinger sammenlignet forskellige teststandarder, herunder metoden udviklet i dette projekt og en revideret version af den amerikanske standard ASTM E3087-18. Disse tests viser en god korrelation mellem ASTM E3087-18 og evnen til at fjerne ultrafine partikler. Denne metode vil være et godt udgangspunkt til at vurdere emhætters effektivitet fremadrettet.
- Ved høje luftmængder, med direkte aftræk, kan de fleste emhætter opnå en høj effektivitet. Der rettes fokus på potentielle støjgener, samt mulige udfordringer med etablering af erstatningsluft.
- Der er behov for at kortlægge hvor stort problemet med madpartikler egentligt er i de danske hjem. Udover generel madlavning på komfur, forekommer der forventeligt store forureninger fra madlavning i ovn – forureninger som muligvis kan reduceres med en emhætte eller alternative løsninger.
- Madlavning har vist sig at bidrage til høje partikel niveauer i hjemmet, herunder både fine (PM<sub>2,5</sub>) og de ultrafine (PM<sub>0,1</sub>) partikler<sup>11-13</sup>. At nedbringe partikel niveauer i forbindelse med madlavning vil derfor være sundhedsgavnligt.







# 11 REFERENCELISTE

- World Health Organization. Burden of Disease from the Joint Effects of Household and Ambient Air Pollution for 2016 Summary of Results, Vol. 2. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2018
- Ohlwein S, Kappeler R, Kutlar Joss M, Künzli N, Hoffmann B. Health effects of ultrafine particles: a systematic literature review update of epidemiological evidence. *Int J Public Health*. 2019;64(4):547– 559. 6.
- Jantunen M, Oliveira Fernandes E, Carrer P, Kephelopoulos S. Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ); 2011. 7.
- Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(21):2331– 2378. 8.
- Weichenthal S, Dufresne A, Infante-Rivard C. Indoor ultrafine particles and childhood asthma: exploring a potential public health concern. *Indoor Air*. 2007;17(2):81– 91. 9.
- Rückerl R, Schneider A, Breitner S, Cyrus J, Peters A. Health effects of particulate air pollution: a review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol*. 2011;23(10):555– 592.
- EU air quality standards (europa.eu)
- Farrow A, Taylor H, Golding J. Time spent in the home by different family members. *Environ Technol*. 1997;18(6):605– 613. 3.
- Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2001;11(3):231– 252.
- Pizzorno J, Crinnion W. Particulate matter is a surprisingly common contributor to disease. *Integr Med*. 2017;16(4):8– 12.
- He C, Morawska L, Hitchins J, Gilbert D. Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses. *Atmos Environ*. 2004;38(21):3405– 3415. 11.
- Afshari A, Matson U, Ekberg LE. Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full– scale chamber. *Indoor Air*. 2005;15(2):141– 150. 12.
- Bekö G, Weschler CJ, Wierzbicka A, et al. Ultrafine particles: exposure and source apportionment in 56 Danish homes. *Environ Sci Technol*. 2013;47(18):10240– 10248.
- Yli-Tuomi T, Siponen T, Taimisto P, et al. Impact of wood combustion for secondary heating and recreational purposes on particulate air pollution in a suburb in Finland. *Environ Sci Technol*. 2015 Apr 7;49(7):4089–96. doi: 10.1021/es5053683. Epub 2015 Mar 12.
- Fleisch A, Rokoff L R, Garshick E, et al. Residential wood stove use and indoor exposure to PM<sub>2.5</sub> and its components in Northern New England. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2020 Mar;30(2):350–361. doi: 10.1038/s41370-019-0151-4. Epub 2019 Jun 28.
- Wyss A B, Jones A C, Bølling A K, et al. Particulate Matter 2.5 Exposure and Self-Reported Use of Wood Stoves and Other Indoor Combustion Sources in Urban Nonsmoking Homes in Norway. *PLoS One*. 2016 Nov 17;11(11):e0166440. doi: 10.1371/journal.pone.0166440. eCollection 2016.
- Patel S, Sankhyan S, Boedicker E K, et al. Indoor Particulate Matter during

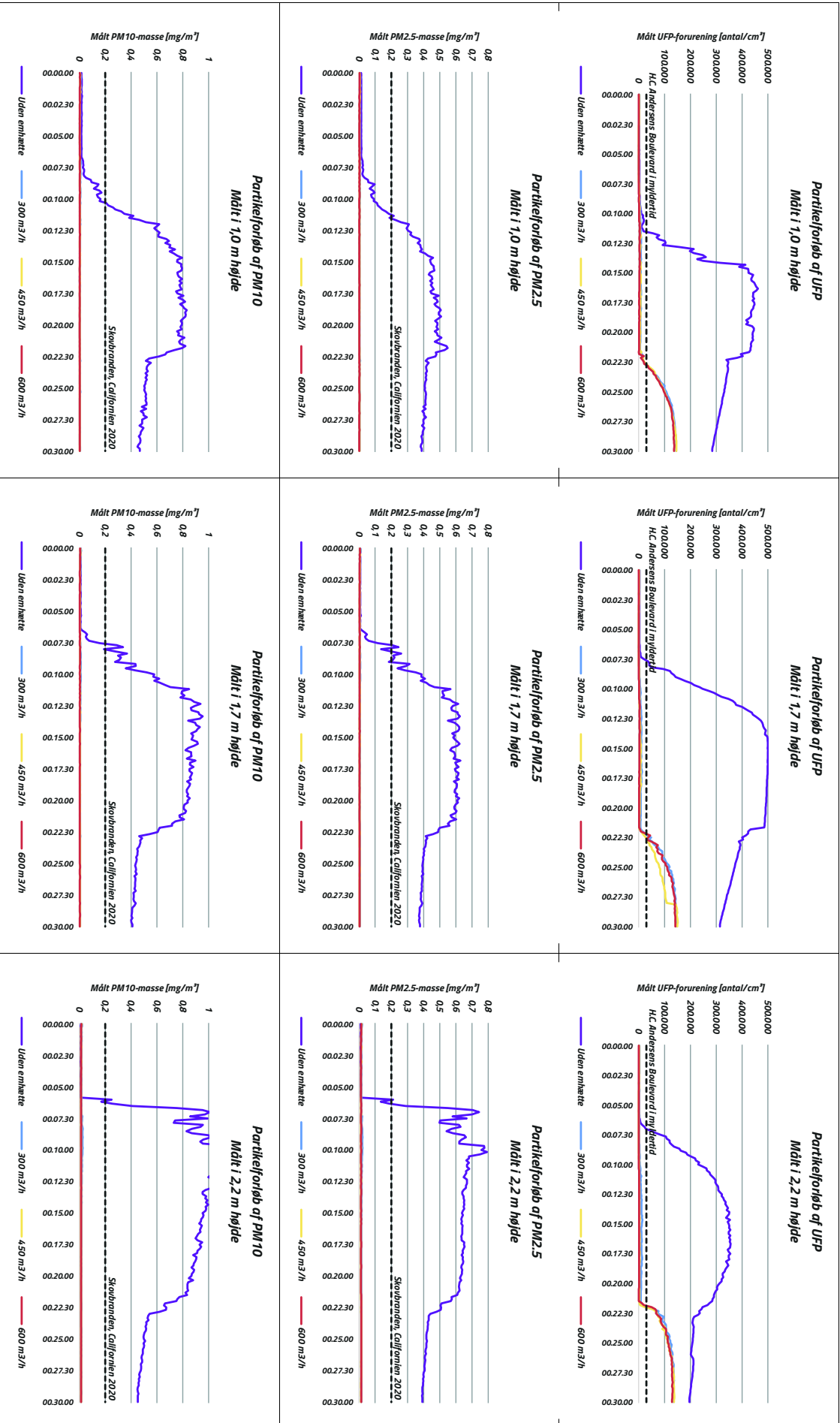
- HOMEChem: Concentrations, Size Distributions, and Exposures. *Environ. Sci. Technol.* 2020, 54, 12, 7107–7116
18. He C, Morawska L, Hitchins J, et al. Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses. *Atmospheric Environment*. Volume 38, Issue 21, July 2004, Pages 3405–3415
  19. Benka-Coker M L, Peel J L, Volckens J, et al. Kitchen concentrations of fine particulate matter and particle number concentration in households using biomass cookstoves in rural Honduras. *Environmental Pollution* Volume 258, March 2020, 113697
  20. Li H, Chen R, Cai J, et al. Short-term exposure to fine particulate air pollution and genome-wide DNA methylation: A randomized, double-blind, crossover trial. *Environ Int.* 2018 Nov;120:130–136.
  21. Wallace L A, Mitchell H, O'Connor G T, et al. Particle concentrations in inner-city homes of children with asthma: the effect of smoking, cooking, and outdoor pollution. *Environ Health Perspect.* 2003 Jul; 111(9): 1265–1272.
  22. Löndahl J, Pagels J, Boman C, et al. Deposition of biomass combustion aerosol particles in the human respiratory tract. *Inhal Toxicol.* 2008;20(10):923– 933.
  23. Kennedy IM. The health effects of combustion-generated aerosols. *Proc Combust Inst.* 2007;31(2):2757– 2770. 15.
  24. Terzano C, Di Stefano F, Conti V, Graziani E, Petroianni A. Air pollution on ultrafine particles: toxicity beyond the lung. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2010;14(10):809– 821. 16.
  25. Naseri M, Jouzizadeh M, Tabesh M, et al. The impact of frying aerosol on human brain activity. *Neurotoxicology.* 2019;74:149–161.
  26. Shehab MA, Pope FD. Effects of short-term exposure to particulate matter air pollution on cognitive performance. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–10. 18.
  27. Hagerman I, Isaxon C, Gudmundsson A, et al. Effects on heart rate variability by artificially generated indoor nano-sized particles in a chamber study. *Atmos Environ.* 2014;88:165–171. 19.
  28. Soppa VJ, Schins RPF, Hennig F, et al. Arterial blood pressure responses to short-term exposure to fine and ultrafine particles from indoor sources – A randomized sham-controlled exposure study of healthy volunteers. *Environ Res.* 2017;158:225–232.
  29. Postma DS, Kerstjens HAM. Characteristics of airway hyperresponsiveness in asthma and chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(Supplement\_2):S187– S192.
  30. Soppa VJ, Schins RPF, Hennig F, et al. Respiratory effects of fine and ultrafine particles from indoor sources – a randomized sham-controlled exposure study of healthy volunteers. *Int J Environ Res Public Health.* 2014;11(7):6871– 6889.
  31. Soppa VJ, Shinnawi S, Hennig F, et al. Effects of short-term exposure to fine and ultrafine particles from indoor sources on arterial stiffness – A randomized sham-controlled exposure study. *Int J Hyg Environ Health.* 2019;222(8):1115– 1132.
  32. Steg hakkebøffen sikkert – DMRI: <https://www.teknologisk.dk/hakke-boef-folder/30990>

33. Der er taget udgangspunkt i en inde temperatur på 23°C. Det gennemsnitlige energiforbrug er baseret på følgende Bolius artikel: <https://www.bolius.dk/saa-meget-el-vand-og-varme-bruger-en-gennemsnitsfamilie-279>
34. <https://www.nytimes.com/interactive/2019/12/02/climate/air-pollution-compare-ar-ul.html>
35. EUDP-64021-2020 Fremtidens grønne emhætter

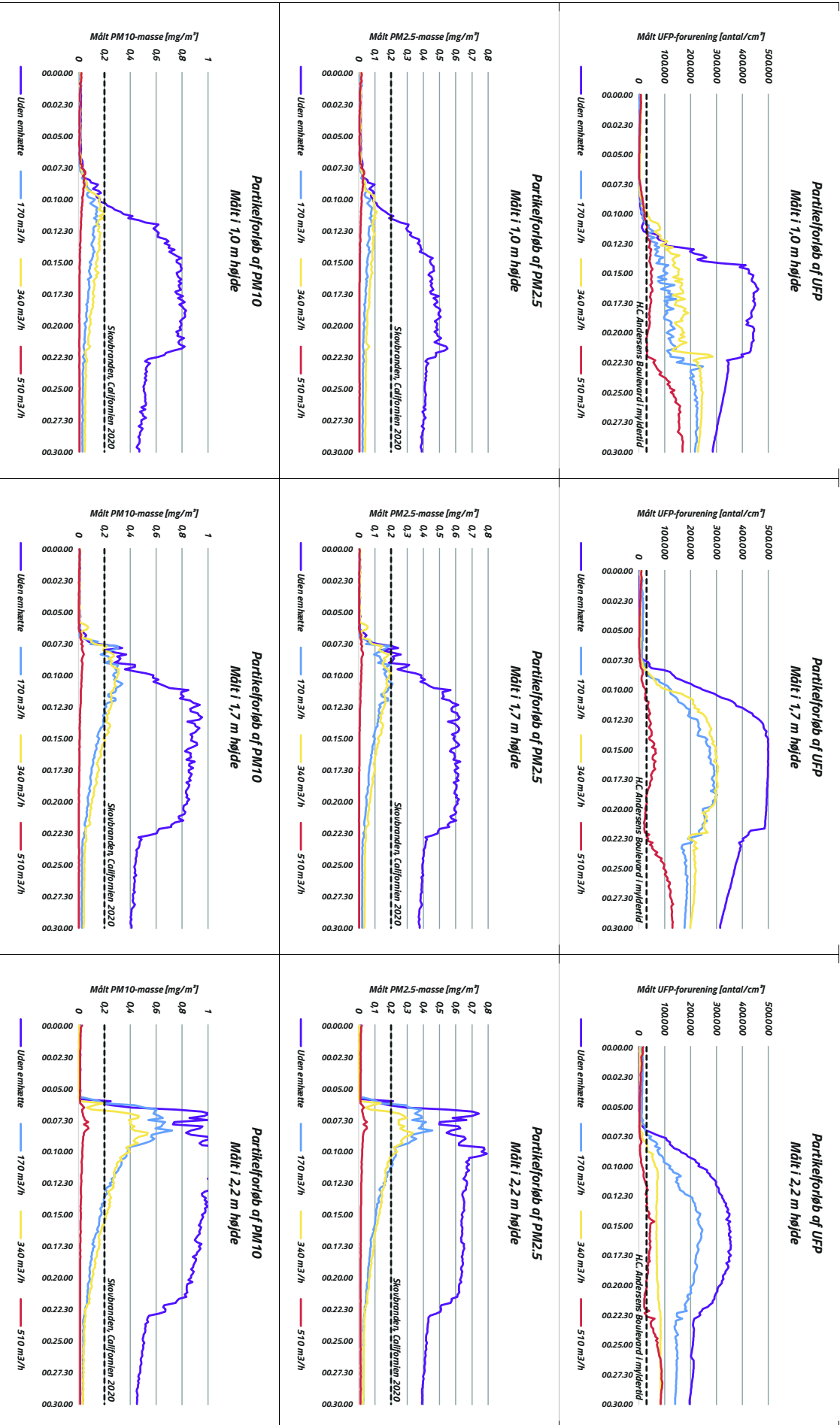




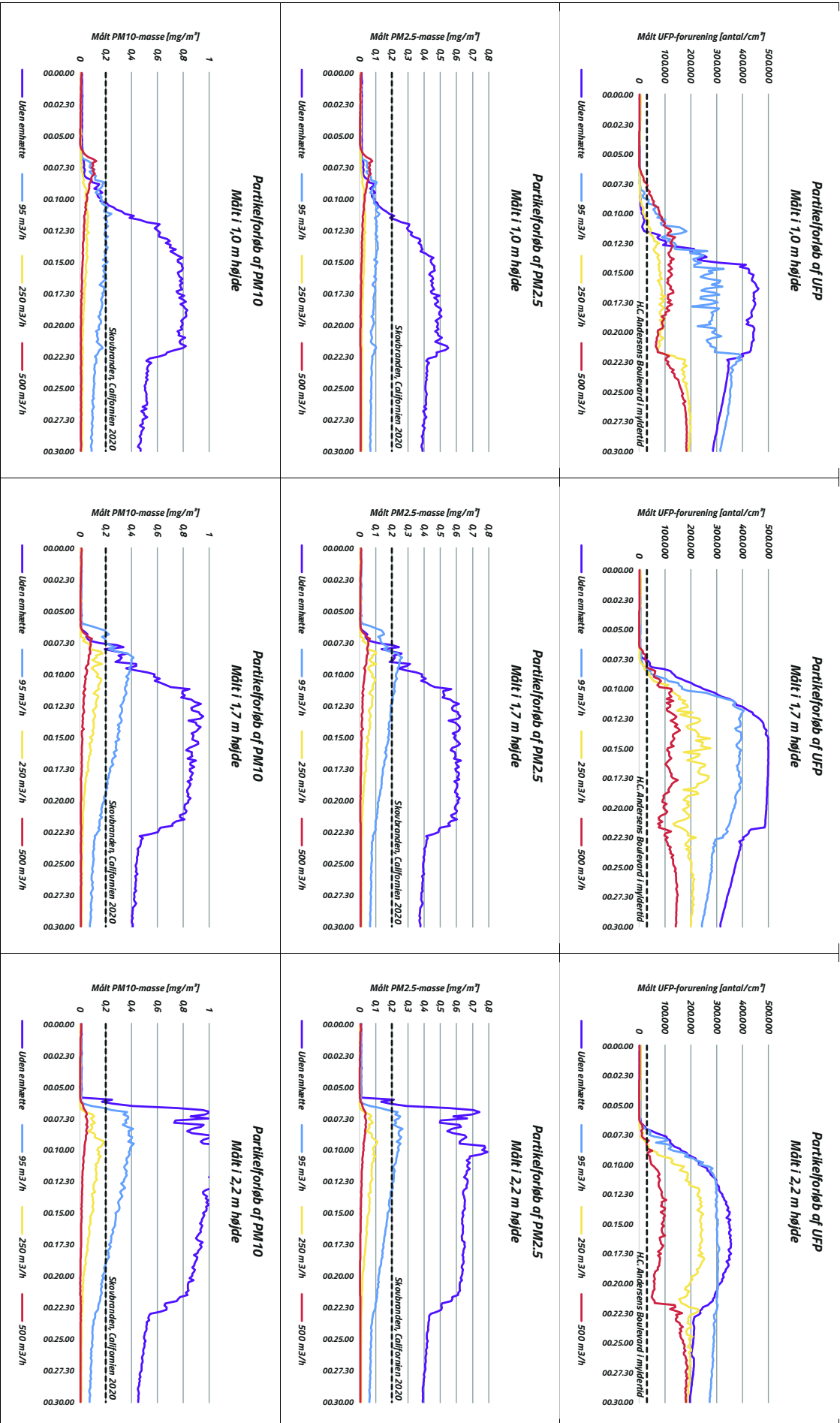
# BORDINTEGRERET – TYPE 1 – 0 MM OVER KOGEPLADE



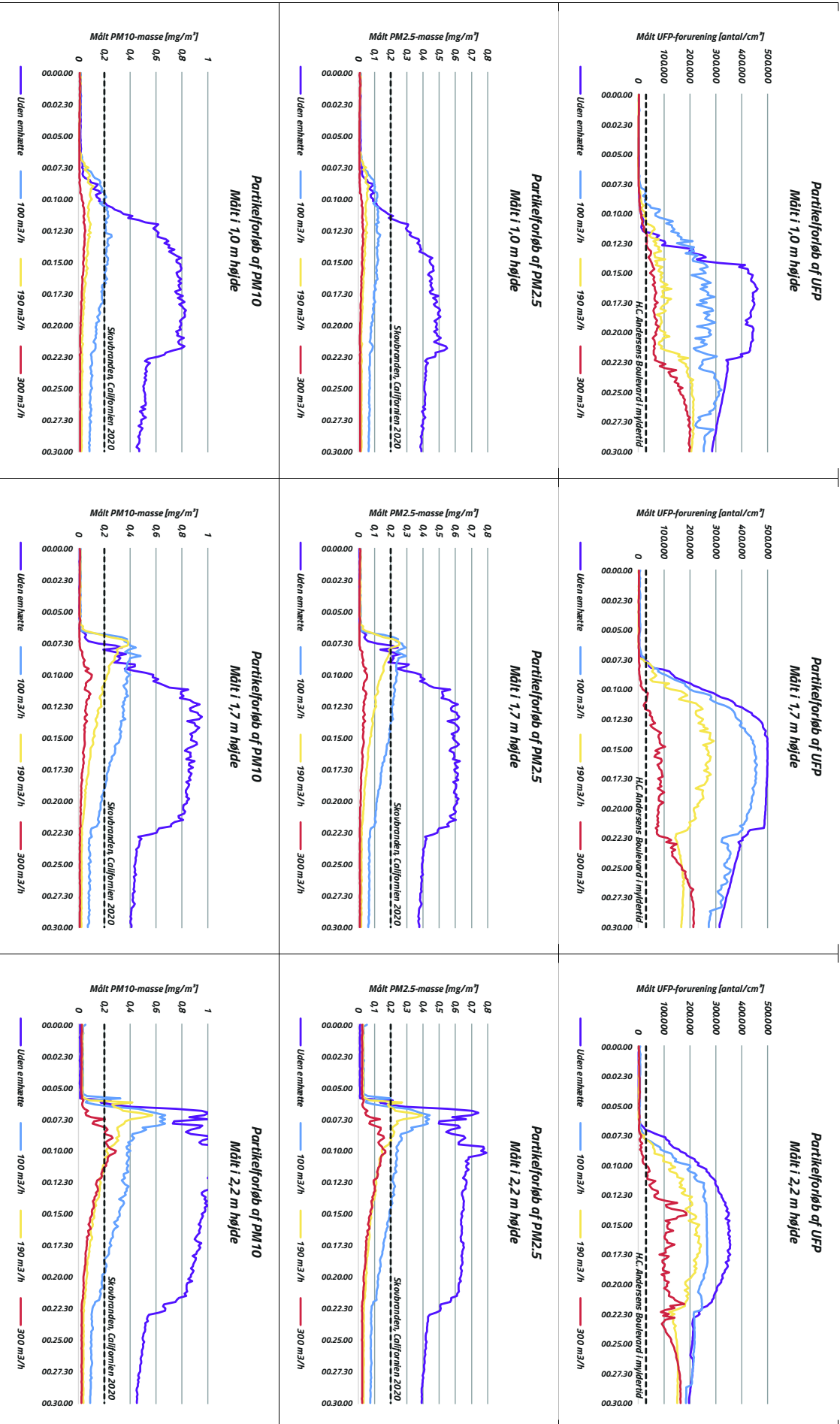
# SKABSINTEGRERET – TYPE 1 – 600 MM OVER KOGEPLADE



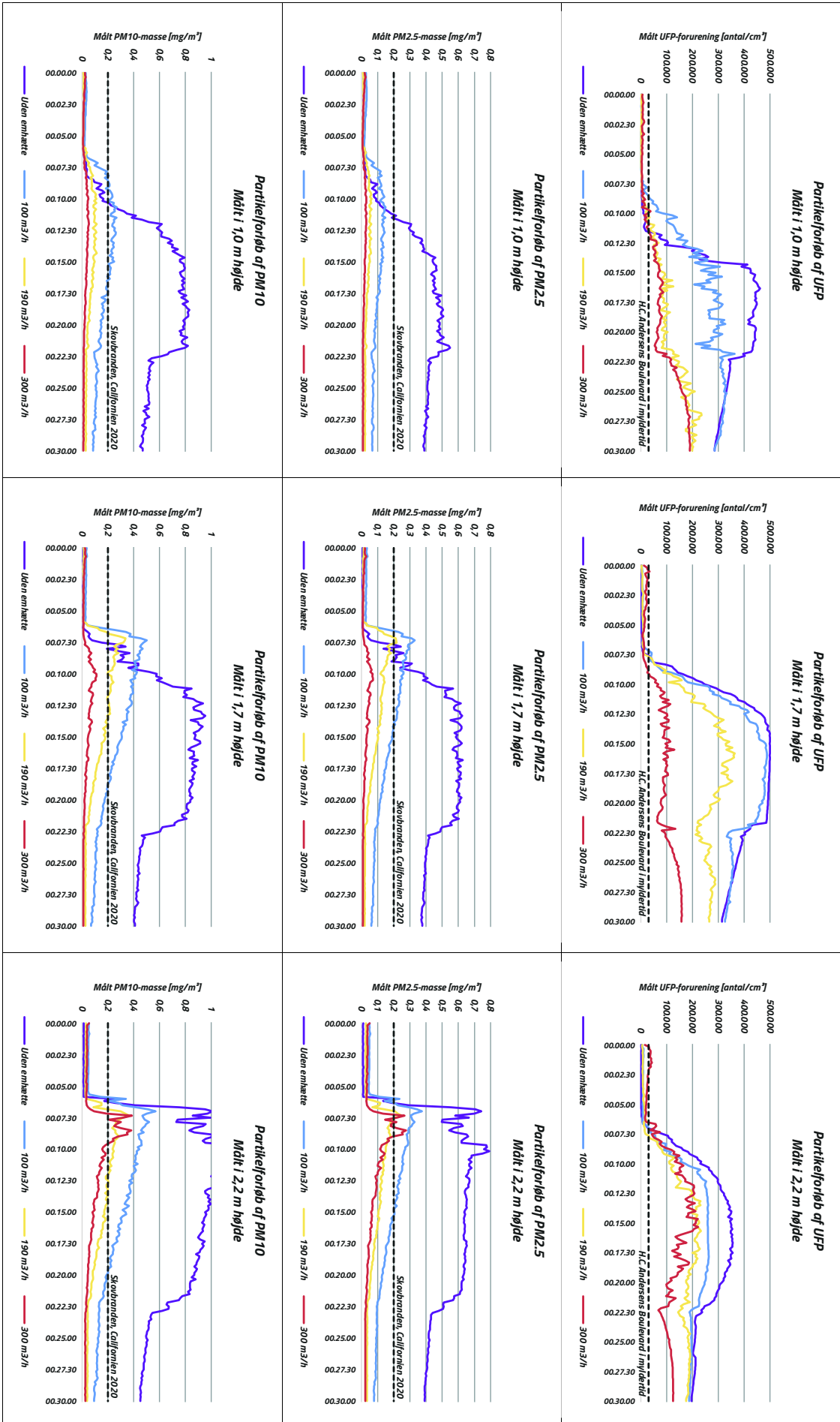
# VÆGMONTERET – TYPE 1 – 600 MM OVER KOGEPLADE



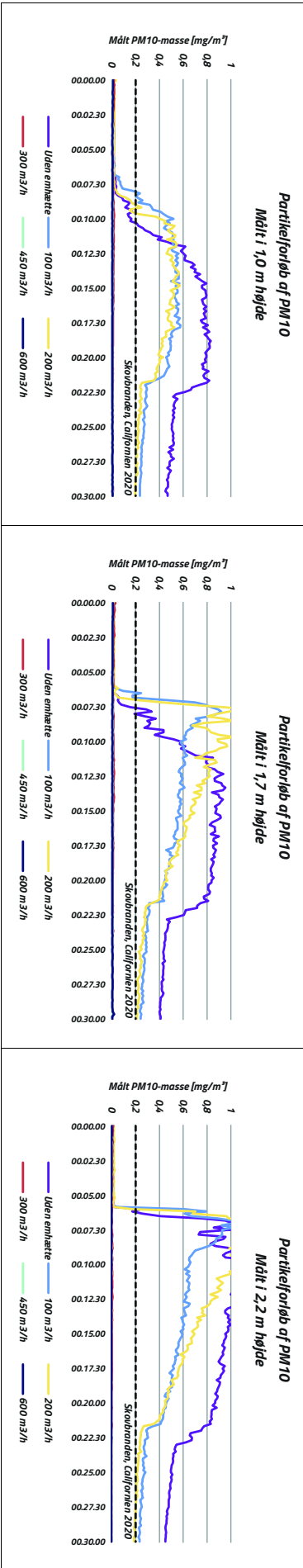
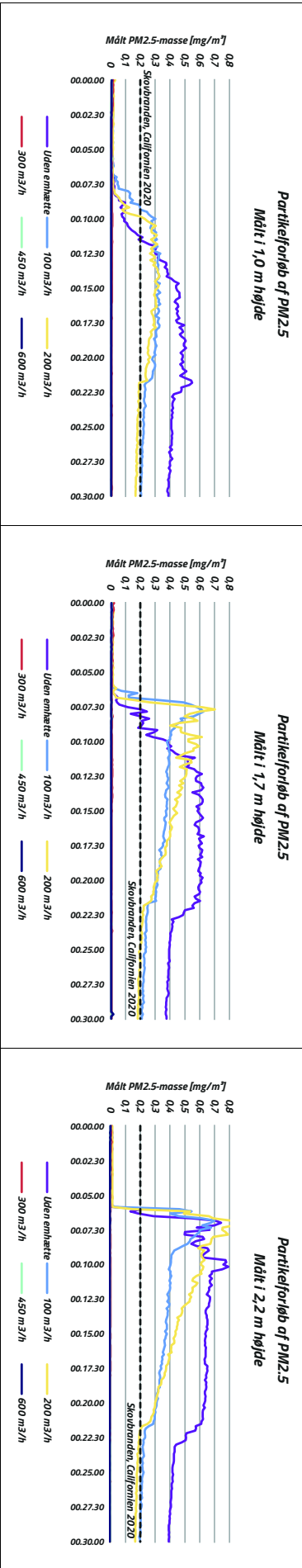
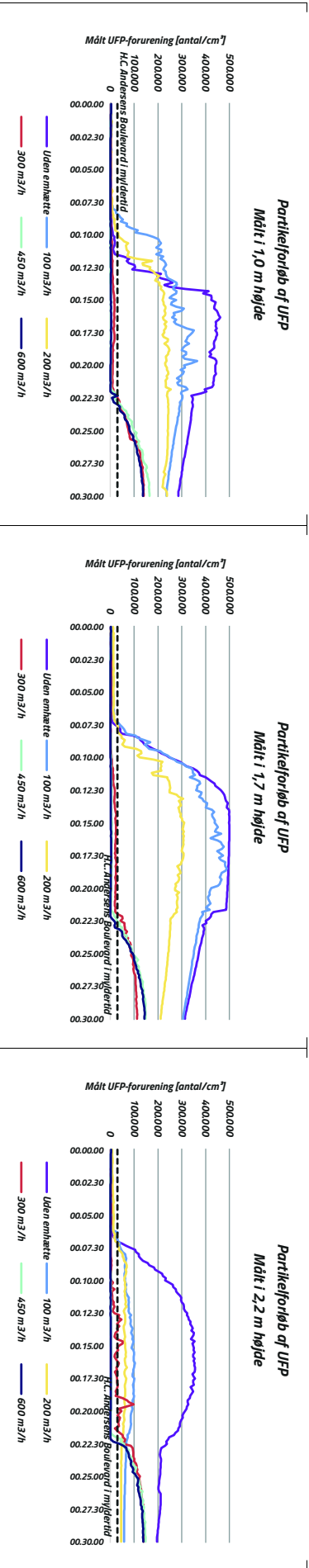
# SKABSINTEGRERET – TYPE 2 – 500 MM OVER KOGEPLADE



# SKABSINTEGRERET – TYPE 2 – 600 MM OVER KOGEPLADE

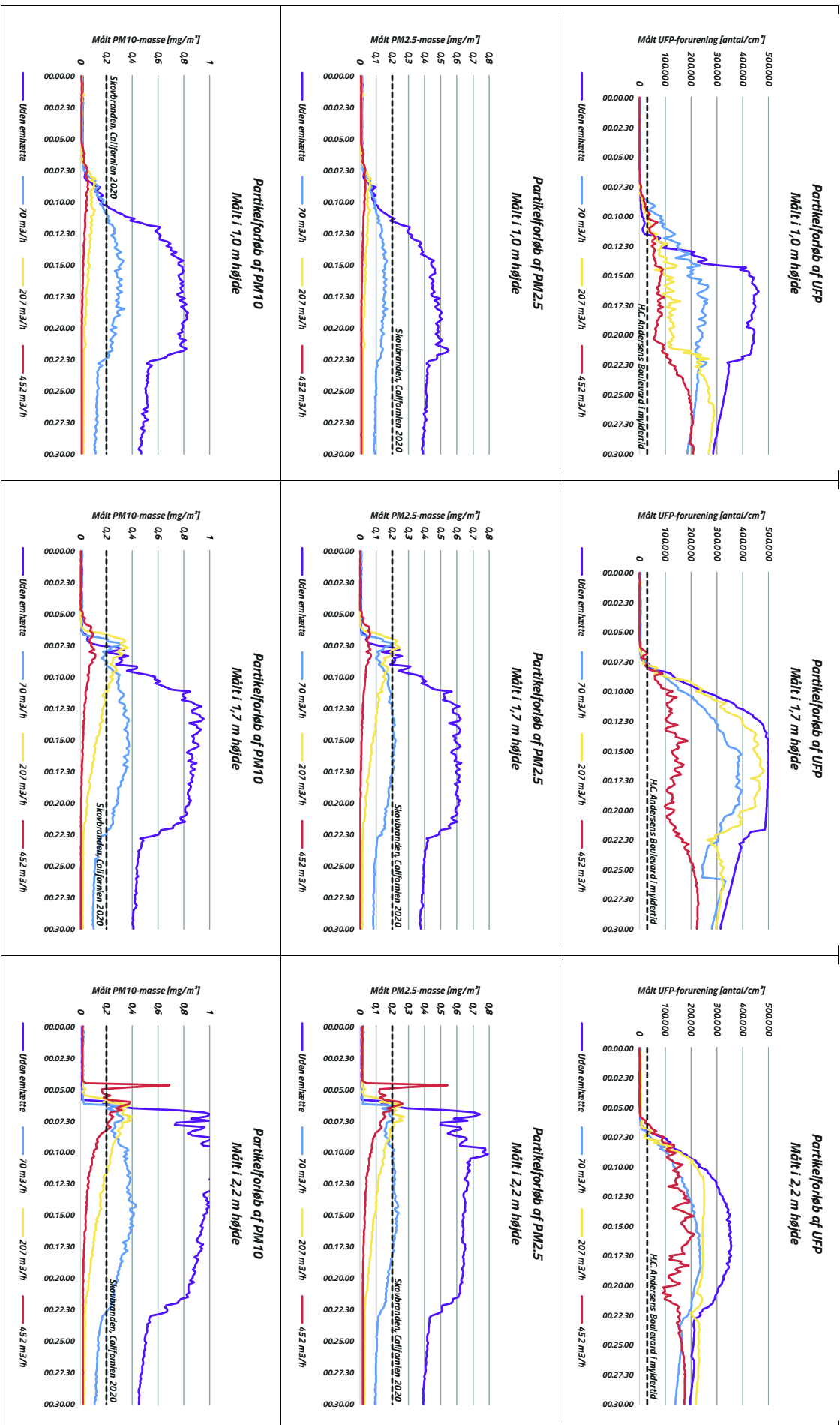


# BORDINTEGRERET – TYPE 2 – 0 MM OVER KOGEPLADE

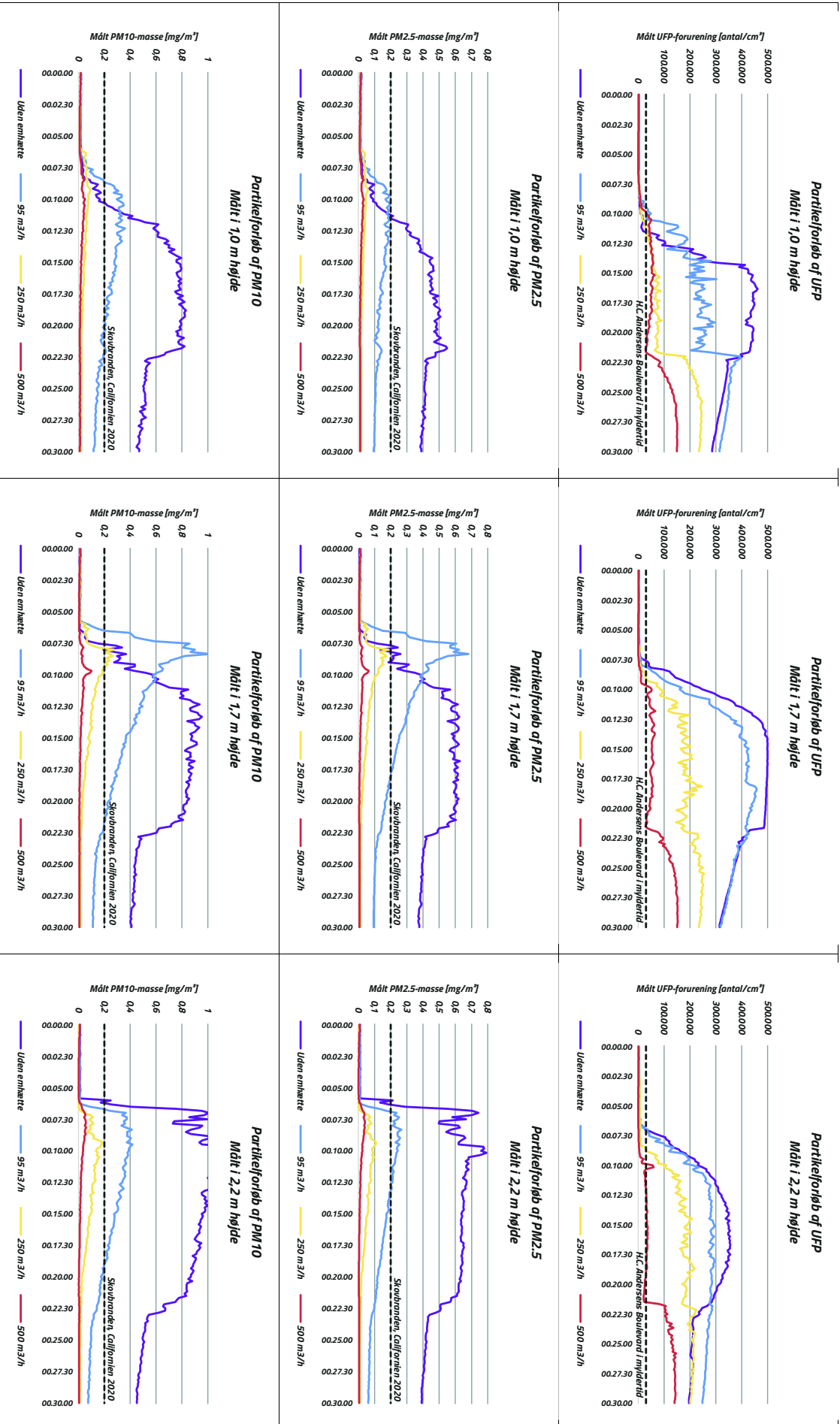




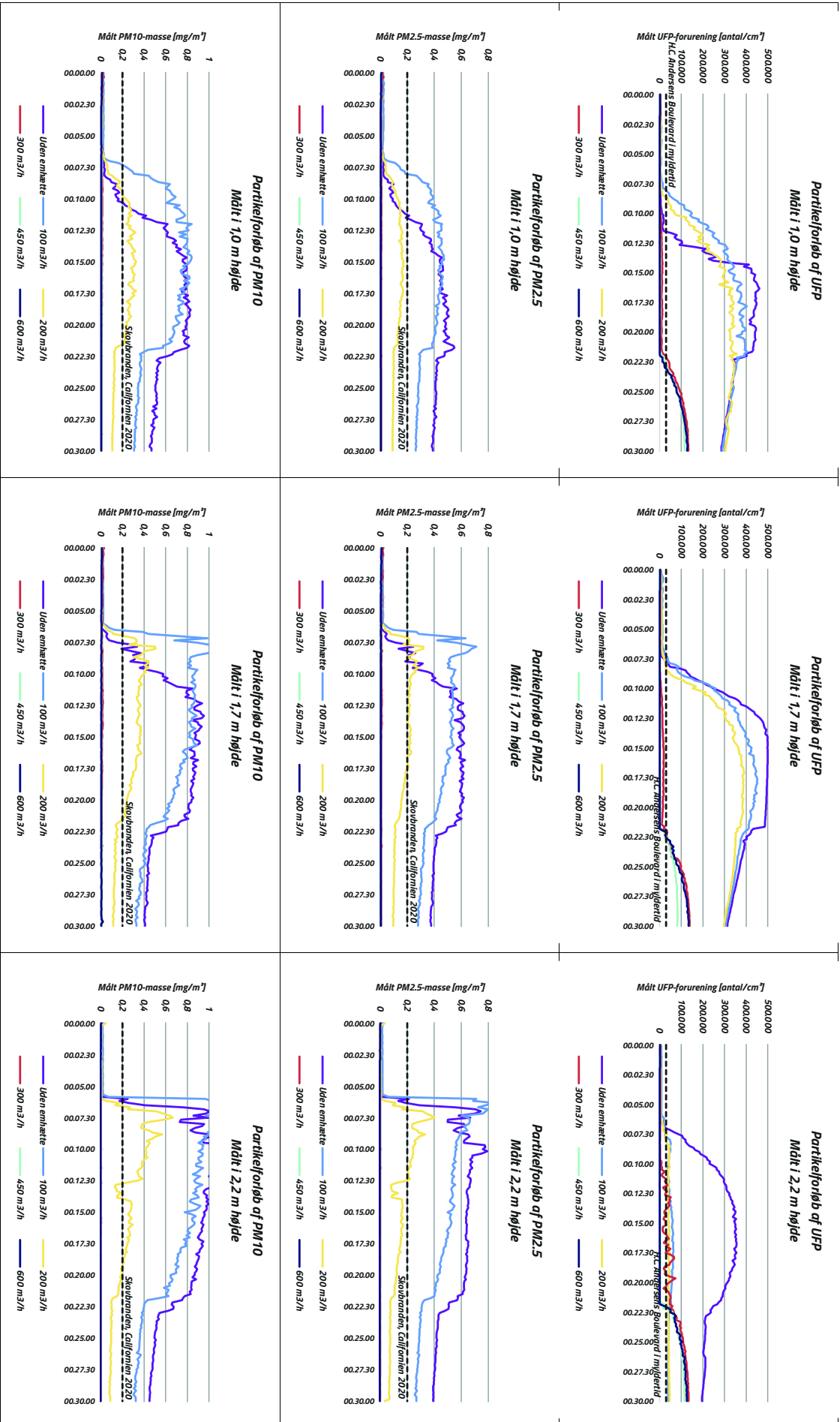
# LOFTSINTEGRERET – TYPE 1 – 1700 MM OVER KOGEPLADE



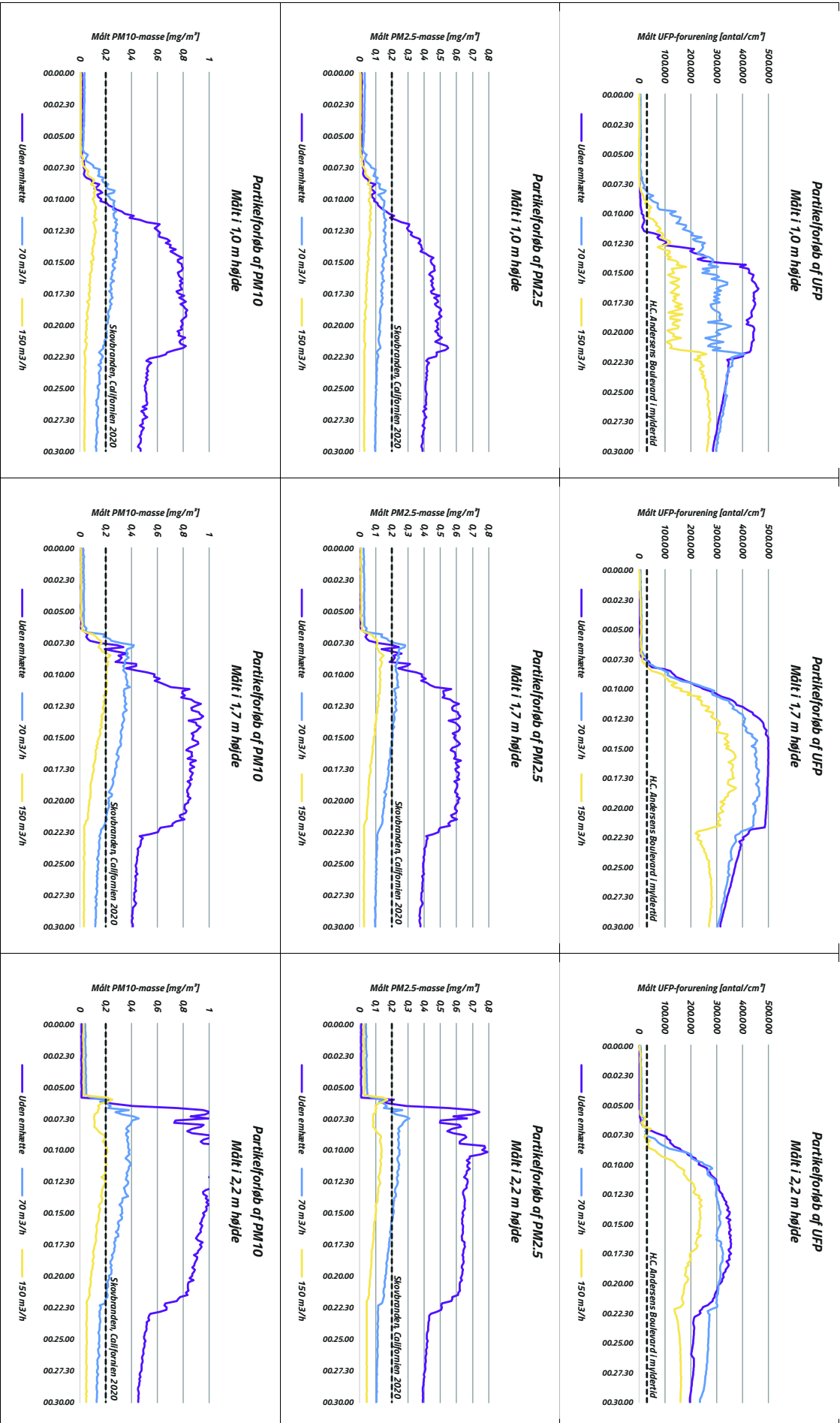
# VÆGINTEGRERET – TYPE 2 – 600 MM OVER KOGEPLADE



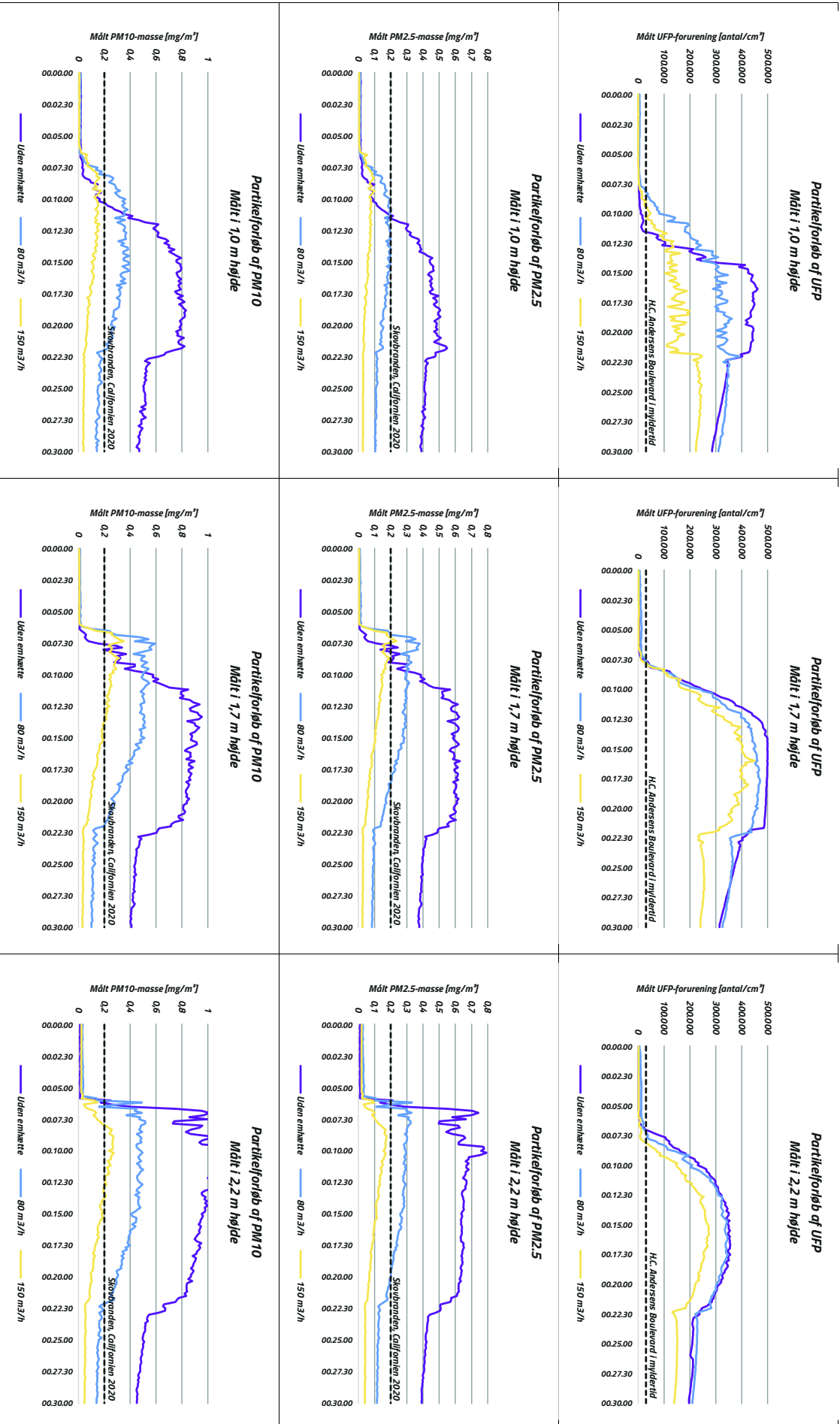
# BORDINTEGRERET – TYPE 3 – 0 MM OVER KOGEPLADE



# FRITHÆNGENDE – TYPE 1 – 500 MM OVER KOGEPLADE



# FRITHÆNGENDE – TYPE 1 – 600 MM OVER KOGEPLADE





# FRITHÆNGENDE – TYPE 1 – 800 MM OVER KOGEPLADE

