

# Overvågning af luftkvalitet i Københavns Kommune

Årlig afrapportering for 2021



[tom side]

Indholdsfortegnelse:

Resumé.....	4
Summary in English.....	6
1 Indledning .....	8
2 Forkortelser .....	8
3 Måleprogram og metoder.....	9
3.1 Datapræsentation på hjemmeside .....	9
3.2 Beskrivelse af målestationer.....	9
3.3 Forureningsparametre .....	11
3.4 Målemetoder.....	12
3.5 Grænseværdier .....	12
4 Måleresultater .....	14
4.1 Partikulær masse, PM <sub>2,5</sub> og PM <sub>10</sub> .....	14
4.2 Partikelantal, PN.....	23
4.3 Black Carbon, BC.....	27
4.4 NO <sub>2</sub> .....	30
5 Variationer i de målte koncentrationer .....	35
5.1 Variationer i luftkvalitet.....	35
5.2 Luftkvaliteten på hverdage.....	39
5.3 Sammenstilling af døgnvariationer.....	42
Bilag A Målemetoder .....	46
Partikulær masse (svævestøv), PM <sub>2,5</sub> og PM <sub>10</sub> .....	46
Partikelantal, PN .....	46
Black Carbon, BC .....	47
NO <sub>x</sub> (NO og NO <sub>2</sub> ) .....	47
Bilag B Datakvalitet og datafangst .....	48
Bilag C Kontaktinformation .....	50
Om FORCE Technology .....	50
Medarbejdere .....	50
Bilag D Timemiddelværdier.....	51
1 PM <sub>2,5</sub> og PM <sub>10</sub> .....	51
2 PN.....	53
3 BC.....	56
4 NO <sub>2</sub> .....	57
Bilag E Korrektion af målte resultater for PM <sub>10</sub> og PM <sub>2,5</sub> i 2020.....	60

## Resumé

Denne rapport beskriver resultatet af luftkvalitetsmålinger udført i 2021 på fem målestationer i Københavns Kommune. Teknik- og Miljøforvaltningen og Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune ønsker med luftkvalitetsmålingerne at indhente ny viden med henblik på at vurdere de sundhedsskadelige virkninger af luftforureningen i kommunen.

Målestationerne blev installeret i august/september 2020 på Krügersgade, Søtorvet, Folehaven, Hillerødgade og Backersvej. Placeringen af målestationerne er valgt med henblik på at opnå mest mulig viden om

- luftforurening fra vejtrafik.
- luftforurening fra brændeovne.
- luftforurening, hvor flest færdes i København, og hvor det må formodes, at man bliver udsat for luftforurening.
- luftforurening, hvor der er tæt beboelse og flere institutioner.

FORCE Technology vurderer, at samtlige fem målestationer lever op til gældende bestemmelser om målemetode og placering. Der måles på partikelmasser ( $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ ), nitrogendioxid ( $NO_2$ ) og partikelantal (PN) på alle fem målestationer og Black Carbon (BC) på Folehaven og Backersvej.

I Danmark er grænseværdier for  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  og  $NO_2$  bestemt ved EU's luftkvalitetsdirektiver. EU's luftkvalitetskrav er i Danmark indført ved lov via Bekendtgørelse nr. 1472 om styring og vurdering af luftkvaliteten. WHO har vejledende grænseværdier for  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  og  $NO_2$ , som Københavns Kommune har fastlagt en ambition om at overholde i 2030. Hverken EU eller WHO har fastsat grænseværdier for PN og BC.

Resultatet af målingerne i 2021 viser, at EU's grænseværdier for  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  og  $NO_2$  er overholdt på alle fem målestationer. WHO's vejledende grænseværdier for  $PM_{10}$  er ligeledes overholdt på alle målestationer. Derimod er WHO's vejledende grænseværdier for  $PM_{2,5}$  og  $NO_2$  som årsmiddelværdier overskredet på alle fem målestationer. WHO's vejledende grænseværdier for døgnmiddelværdier for  $PM_{2,5}$  og  $NO_2$  er ligeledes overskredet på alle målestationer med undtagelse af målestationen på Backersvej for så vidt angår  $NO_2$ .

Målingerne af PN viser, at den gennemsnitlige partikelkoncentration er højest på Folehaven efterfulgt af Hillerødgade. Partikelkoncentrationen på Backersvej var den laveste for de fem målestationer. Målestationen på Backersvej ligger ved en mindre trafikeret vej i et villakvarter, mens målestationen på Folehaven ligger ved en meget trafikeret indfaldsvej til Københavns Kommune. Tilsvarende viser målingen af BC, at årsgennemsnittet på Folehaven er ca. dobbelt så høj som på Backersvej. Disse forskelle skyldes formentlig den langt større trafikintensitet på indfaldsvejen Folehaven ift. Backersvej.

Generelt kommer luftforureningen i København dels fra lokale kilder såsom vejtrafik og brændeovnsfyring og dels i form af langtransporterede gasser og partikler. Lokalt er vejtrafikken typisk en betydelig kilde til  $NO_x$  ( $NO + NO_2$ ) og PN, mens BC både påvirkes af vejtrafik og brændeovne. Ved partikler bestemt som  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  udgør lokale kilder typisk en mindre andel af den samlede koncentration målt ved de fem målestationer. Dominansen af langtransporteret  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  fra kilder placeret udenfor Københavns Kommune i forhold til lokale kilder forklarer, hvorfor de målte gennemsnitskoncentrationer af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  er forholdsvis ens mellem de forskellige målestationer.

Det bemærkes, at denne årsrapport omfatter kalenderåret 2021, der har været præget af perioder med nedlukning i samfundet grundet COVID-19. Trafikintensiteten i 2021 forventes i et vist omfang at være påvirket sammenlignet med perioden før pandemien, og dette kan have influeret på de målte koncentrationer i 2021.

## Summary in English

This report presents the results from air quality measurements performed in 2021 at five monitoring stations in the City of Copenhagen. With the monitoring stations, the Copenhagen Municipality wishes to gain supplemental knowledge of the ambient air quality and potential health effects from air pollution in Copenhagen.

The monitoring stations are installed at the following locations: Krüegersgade, Sørtorvet, Folehaven, Hillerødgade and Backersvej. The monitoring stations have been placed with the objective to focus on the assessment of:

- Air pollution from road traffic.
- Air pollution from wood stoves.
- Air pollution in public areas where air pollution is expected to be elevated.
- Air pollution in areas with high-density housing.

FORCE Technology assess that all five monitoring stations fulfill the requirements of the air quality directive regarding location and method of measurements. Measurements of particulate matter (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>), nitrogendioxide (NO<sub>2</sub>) and particle number concentration (PN) were carried out at all five monitoring stations, while black carbon (BC) was measured at Folehaven and Backersvej.

In Denmark, the limit values for PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> are given by the European Union (EU) legislation. The World Health Organization (WHO) has introduced some lower recommended limit values for PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub>, and the Municipality of Copenhagen aims to meet those limit values in 2030. Neither EU nor WHO have introduced limit values for PN and BC.

The results show that EU limit values for ambient air quality were not exceeded for PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> and NO<sub>2</sub> during 2021. WHO's guidelines for PM<sub>10</sub> exposure limits showed no exceedances during 2021. However, WHO's guidelines for the maximum annual average concentration of PM<sub>2,5</sub> and NO<sub>2</sub> were exceeded at all five monitoring stations. WHO's guideline for diurnally averaged concentrations of NO<sub>2</sub> was exceeded at all monitoring stations except the Backersvej station, which is located in a residential area. WHO's guideline for diurnally averaged concentrations of PM<sub>2,5</sub> was exceeded at all of the monitoring stations.

The results from monitoring of particle number concentrations (PN) show, that the average concentration was highest at Folehaven followed by Hillerødgade. The lowest PN concentrations were measured at Backersvej. Backersvej has a modest traffic intensity, while the monitoring station at Folehaven is located in an environment with high traffic intensity.

Similar differences between Folehaven and Backersvej were observed for BC. The highest annual average BC concentration was found at Folehaven whereas the annual average BC concentration at Backersvej was significantly lower. As for PN, this was most likely caused by the higher traffic intensity at Folehaven compared to Backersvej.

In general, the air pollution in Copenhagen is associated with in part (i) local sources such as road traffic and residential wood stoves, and in part (ii) long-range transported pollution. At the monitoring stations, emissions from local road traffic will typically be the dominant source of NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) and PN, while BC is associated with both road traffic and stoves. When it comes to PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>, the long-range transported particulate matter components are often found to dominate over the local sources at the five monitoring station locations. The significant contribution from PM sources located outside Copenhagen explains why the annually averaged concentrations of PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> are quite similar at the five monitoring stations.

It should be noted that the reported measurements were carried out in 2021 when the COVID-19 pandemic caused reduced road traffic during some periods, which may have influenced the reported results associated with the road traffic intensity.

## 1 Indledning

Denne rapport præsenterer luftkvalitetsmålinger udført af FORCE Technology for Københavns Kommune på fem målestationer i København. Teknik- og Miljøforvaltningen og Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune ønsker med luftkvalitetsmålingerne at indhente ny viden og supplere eksisterende information med henblik på at vurdere de sundhedsskadelige effekter af luftforureningen i kommunen.

Der måles på partikelmasser (PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>), nitrogendioxid (NO<sub>2</sub>) og partikelantal (PN) på alle fem målestationer og Black Carbon (BC) måles på Folehaven og Backersvej. Placeringen af målestationerne er valgt med henblik på mest mulig viden om:

- luftforurening fra vejtrafik.
- luftforurening fra brændeovne.
- luftforurening, hvor flest mennesker færdes i København, og hvor det må formodes, at man bliver udsat for luftforurening.
- luftforurening, hvor der er tæt beboelse og flere institutioner.

EU og WHO har grænseværdier for NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, mens der for nuværende ikke opereres med grænseværdier for PN og BC. Generelt kommer luftforureningen i København dels fra lokale kilder, og dels i form af langtransporterede gasser og partikler. Lokalt er vejtrafikken typisk en betydelig kilde til NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) og partikelantal (PN), mens det lokale bidrag fra partikler bestemt som PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> typisk kun udgør en mindre andel af den samlede koncentration af PM i udeluft.

Denne årsrapport omfatter året 2021, der har været præget af perioder med nedlukning i samfundet grundet COVID-19. Trafikintensitet og kørselsmønstre må forventes at være anderledes i 2021 sammenlignet med perioden før pandemien. Bl.a. må det formodes at den øgede grad af hjemmearbejde har udmøntet sig i færre lette køretøjer på vejene. Det vurderes, at dette vil afspejle sig i lidt lavere koncentrationer af luftforurening sammenlignet med perioden før COVID-19. De målte resultater er vurderet ud fra beregnede nøgletal (gennemsnit og percentiler<sup>1</sup>) samt ud fra udvalgte måleperioder, der dels illustrerer variationerne på de enkelte målestationer og dels illustrerer dage med høje koncentrationer eller særlige, udvalgte episoder.

## 2 Forkortelser

- BC Black Carbon
- BC<sub>WB</sub> Black Carbon Wood Burning
- BC<sub>FF</sub> Black Carbon Fossil Fuel
- NO Nitrogenoxid
- NO<sub>2</sub> Nitrogendioxid
- NO<sub>x</sub> NO + NO<sub>2</sub>
- PM<sub>10</sub> Masse af partikler med en diameter <10 µm <sup>(2)</sup>.
- PM<sub>2,5</sub> Masse af partikler med en diameter <2,5 µm <sup>(2)</sup>.
- PN Partikelantalskoncentration.

<sup>1</sup> Ofte rapporteres information omkring større datasæt ved anvendelse af percentiler, hvilket giver indblik i hvordan data er fordelt. En måde at anskueliggøre percentilen kan være at rangordne målte data fra højest til lavest. Den 90. percentil udgør en værdi som 90% af målepunkterne ligger under (mens de resterende 10% af målepunkterne har højere værdier). Herved kan 99-percentilen for PM<sub>2,5</sub> hhv. PM<sub>10</sub> som defineret iht. WHO's vejledende værdier forstås som den døgnmiddelværdi, der er den 4. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året. Denne døgnmiddelværdi må ikke overskride den angivne grænseværdi.

<sup>2</sup> Størrelsen defineres ud fra partiklernes aerodynamiske diameter, jf. afsnit 3.3.1.



For en nærmere beskrivelse af de enkelte måleparametre henvises til afsnit 3.3.

### 3 Måleprogram og metoder

#### 3.1 Datapræsentation på hjemmeside

Foruden indhentning af ny viden ønsker Københavns Kommune at kunne anvende de målte data til løbende at vurdere de sundhedsskadelige effekter af luftforureningen. Data præsenteres desuden via en hjemmeside for borgerne i København samt andre interesserede. Denne datapræsentation er tilgængelig på websiden [erluftensund.kk.dk](http://erluftensund.kk.dk), hvor måledata for det seneste døgn og den seneste måned præsenteres og vurderes sundhedsmæssigt ud fra et luftkvalitetsindex beregnet ud fra målte koncentrationer af NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>.

#### 3.2 Beskrivelse af målestationer

Der er opstillet fem målestationer til kontinuert monitoring af luftkvaliteten i Københavns Kommune i en 3-årig periode. Målestationerne er placeret på de følgende fem lokationer:

1. Krügersgade 5, Nørrebro
2. Søtorvet 5, Indre By
3. Folehaven 72, Valby
4. Hillerødgade 79, Bispebjerg
5. Trafiklegepladsen ved Backersvej/Formosavej, Amager Øst

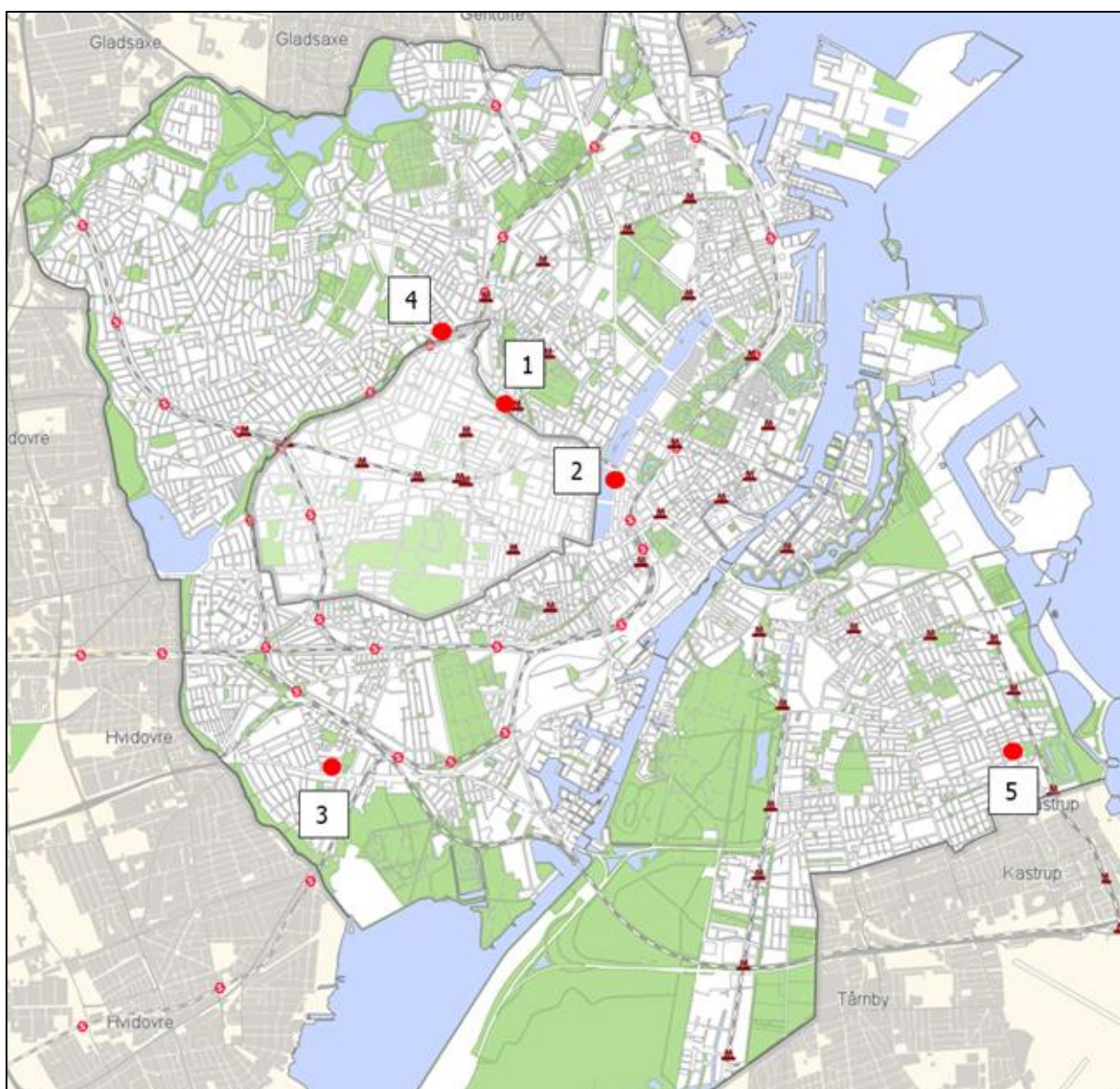
Figur 1 viser et oversigtskort over Københavns Kommune med placeringerne af målestationerne indtegnet. Målestationerne på Søtorvet, Hillerødgade, Folehaven og Backersvej er opstillet, så de opfylder kravene til placering af målesteder som beskrevet i EU direktiv 2008/50/EF samt seneste ændringer i EU direktiv 2015/1480/EF. Dette sikrer, at målingerne er repræsentative for området. Målestationen på Krügersgade vurderes at opfylde EU's retningslinjer idet T-krydset mellem Ågade og Krügersgade ikke regnes som et større vejkryds.

Tabel 1 angiver hvilke luftforureningsparametre, der måles på de enkelte målestationer. En beskrivelse af de enkelte parametre fremgår af afsnit 3.3. Foruden de i Tabel 1 listede parametre bestemmes udetemperatur og den relative luftfugtighed ved hver målestation. Der udføres supplerende målinger af BC på henholdsvis Folehaven og Backersvej. Dette gøres med henblik på at kunne vurdere effekten af emissioner fra brændeovne og vejgående trafik.

Målestationerne er idriftsat i august/september 2020 og måleprogrammet strækker sig frem til december 2023. Datafangst fremgår af Bilag B.

Tabel 1. Måleparametre til bestemmelse af luftkvaliteten, angivet for de enkelte målestationer. En beskrivelse af de enkelte måleparametre er angivet i afsnit 3.3.

Måleparametre	Krügersgade	Søtorvet	Folehaven	Hillerødgade	Backersvej
Stationsnr.	1	2	3	4	5
PM <sub>10</sub>	X	X	X	X	X
PM <sub>2,5</sub>	X	X	X	X	X
PN	X	X	X	X	X
BC, BC <sub>WB</sub> , BC <sub>FF</sub>			X		X
NO, NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>	X	X	X	X	X



Figur 1. Oversigtskort for placeringer af målestationer.

### 3.3 Forureningsparametre

#### 3.3.1 Partikelmasse, PM

PM er en forkortelse for det engelske "Particulate Matter". PM<sub>2,5</sub> bruges som en betegnelse for den del af partikelmassen, der udgøres af partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 2,5 µm. En tilsvarende definition gælder for PM<sub>10</sub>, idet PM<sub>10</sub> omfatter partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 10 µm.

Da luftbårne partikler i udeluften består af partikler, der kan have meget forskellige vægtfylder, og da partiklerne langt fra altid er sfæriske, opererer man med den aerodynamiske diameter. Den aerodynamiske diameter defineres som diameteren af en kugleformet partikel med massefylden 1 g/cm<sup>3</sup>, som falder med samme hastighed som den betragtede partikel.

Når man måler udeluftens indhold af svævestøv i form af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, sker det for at vurdere sundhedsbelastningen. Sundhedspåvirkningen fra partikler afhænger af partiklernes størrelse og deres kemiske sammensætning. Her skelner man imellem de lidt større partikler, der primært afsættes i de øvre luftveje, og de mindre partikler, der kan passere de øvre luftveje og nå ned i lungerne. De lidt større partikler kaldes den thorakiske fraktion, og denne fraktion beskrives ved måling af PM<sub>10</sub>, idet det primært er partikler med en aerodynamisk diameter mindre end 10 µm, der passerer næse og svælg. De mindste partikler, der passerer de øvre luftveje måles i form af PM<sub>2,5</sub>. PM<sub>2,5</sub> udgøres af respirable partikler – dvs. partikler, der passerer de øvre luftveje, og som kan nå helt ud i alveolerne i lungerne og dermed kan indebære en større sundhedsrisiko.

#### 3.3.2 Partikelantal, PN

Partikelantal (PN) er i urbane miljøer typisk forhøjet i forbindelse med forbrændingsprocesser. Dette gælder uanset, om der er tale om forbrænding af fossile eller biobaserede brændsler. Disse partikler emitteres således fra forbrændingsmotorer og er sammen med Black Carbon en vigtig indikator for partikeludledningen fra den vejgående trafik, skibstrafik, entreprenørmaskiner og brændeovne. De ultrafine partikler, som er under 0,1 µm i diameter anses for potentielt at kunne være særlig sundhedsskadelige, da de kan trænge fra alveolerne over i blodkredsløbet<sup>3</sup>. Koncentrationen af ultrafine partikler udgør ofte en meget betydelig andel af partikelantalskoncentrationen. Hverken koncentrationen af PN eller ultrafine partikler er reguleret i luftkvalitetsdirektivet.

#### 3.3.3 Black Carbon, BC

Black Carbon (BC) dannes ligeledes ved forbrænding af fossile eller biobaserede brændsler og er sammen med PN en vigtig indikator for partikeludledningen fra den vejgående trafik, skibstrafik, entreprenørmaskiner og brændeovne. Ufuldstændig forbrænding som i fx brændeovne vil typisk give en højere andel af sodpartikler og kan dermed i villakvarterer om vinteren bidrage relativt meget til koncentrationen af BC. Black Carbon vil typisk bestå af en partikel med en kerne af Elemental Carbon (dvs. kulstof i grundstoffilstanden), med en ydre "belægning" af kondenserede, uforbrændte organiske stoffer (fx tjærestoffer). Elemental Carbon forkortes EC, og EC opsamles på samme måde som for BC, men bestemmes typisk ved en laboratorieanalyse ved at afbrænde det opsamlede partikelmateriale ved en kontrolleret procedure. I Danmark og EU er der netop indført grænseværdier for EC i arbejdsmiljø med henblik på regulering af eksponeringen for dieselpartikler. EC og BC emitteret fra fx dieselmotorer udviser ved måling meget stor korrelation, og derfor vil måling af BC kunne anvendes som en effektiv metode til at estimere/bestemme andelen af EC i udeluft. Måling af BC er interessant for at sammenligne evt. kommende grænseværdier for EC med baggrundskoncentrationer i udeluft. Hverken EC eller BC er i øjeblikket reguleret i luftkvalitetsdirektivet.

<sup>3</sup> Luftforurening med partikler – et sundhedsproblem, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet (2009).

Røg fra brændeovne udgør en stigende andel af den samlede danske udledning af PM<sub>2,5</sub> i takt med, at andre kilder som eksempelvis kraftvarmeværker, dieselmotorer og energianlæg er blevet stærkt reguleret i forhold til udledninger af partikler. Partikler fra brændeovne kan bestemmes eksempelvis som PM<sub>2,5</sub> eller BC. Traditionelt bestemmes andelen af BC fra brænderøg ved hjælp af sporstoffet levoglucosan, som anvendes som en særlig "markør" i emissioner fra forbrænding af biomasse. Dette stof kan dog ikke måles kontinuert med simple analytiske metoder. Derimod kan andelen af BC, som kommer fra fossile kilder (BC<sub>FF</sub>) og andelen, der kommer fra afbrænding af træ (BC<sub>WB</sub>) bestemmes kontinuert ud fra empirisk bestemte støtteparametre fra litteraturen<sup>4</sup>. BC<sub>FF</sub> samt andelen BC<sub>WB</sub> (som primært kommer fra brænderøg) kan vurderes ved hjælp af multispektrale monitorer (syv måleparametre, som alle kan måles med et aethalometer, jf. bilag A).

### 3.3.4 NO, NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>

NO og NO<sub>2</sub> er gasser, der udledes fra bl.a. forbrændingsmotorer. Disse gasser betegnes også kvælstofoxider, og de udledes fra forbrændingsmotorer primært som NO (kvælstofmonoxid) og i mindre omfang som NO<sub>2</sub> (kvælstofdioxid). Den udledte NO oxideres til NO<sub>2</sub> i atmosfæren. Oxidationen af NO til NO<sub>2</sub> sker typisk over nogle timer (afhængig af tilstedeværelsen af ozon). NO<sub>x</sub> betegner summen af NO + NO<sub>2</sub>.

NO<sub>2</sub> er i modsætning til NO en sundhedsskadelig gas. Der er ikke fastsat grænseværdier for NO i udeluft, og reguleringen af kvælstofoxider i byområder sker iht. EU's grænseværdier for NO<sub>2</sub> i udeluften. Målingen af såvel NO og NO<sub>2</sub> i udeluften bidrager med væsentlig viden om den direkte effekt på gadeplan af initiativer vedrørende fx den samlede NO<sub>x</sub>-reduktion fra køretøjer eller entreprenørmaskiner. Inden for transportbranchen har EU-reguleringen fokus på at reducere den samlede emission af NO<sub>x</sub>. Eksempelvis kontrolleres busser i København ved hjælp af miljøsyn, hvor der bl.a. måles NO<sub>x</sub> (og ikke kun NO<sub>2</sub>). Desuden er NO en væsentlig "markør" for påvirkningen fra forbrændingskilder i nærområdet.

## 3.4 Målemetoder

En oversigt over de anvendte måleprincipper er vist i Tabel 2. Målingerne af PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> samt NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> er omfattet af FORCE Technology's akkreditering nr. 51 fra DANAK. En mere detaljeret beskrivelse af målemetoderne findes i Bilag A.

Tabel 2. Oversigt over anvendte målemetoder.

Parameter	Målemetode
PM <sub>2,5</sub> og PM <sub>10</sub>	Optisk måling/lysspredning
NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	Kemiluminescens
Partikelantalskoncentration (PN)	CPC (Condensation Particle Counter)
Black Carbon	Aethalometer (Optisk måling/lysdæmpning)

## 3.5 Grænseværdier

Grænseværdier for luftkvalitet fastsætter hvor meget, der må være af forskellige stoffer i luften. I Danmark er grænseværdier for gasser og partikler i udeluften bestemt ved EU's luftkvalitetsdirektiver. EU's luftkvalitetskrav er i Danmark indført ved lov via Bekendtgørelse nr. 1472<sup>5</sup>. Ud over EU's grænseværdier kan det være relevant at sammenligne resultater af luftkvalitetsmålinger med WHO's vejledende grænseværdier for luftkvalitet.

<sup>4</sup> Helin et al. Atmospheric Environment 190 (2018) 87–98.

<sup>5</sup> BEK nr. 1472 af 12/12/2017. Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten.

WHO giver anbefalinger vedrørende grænseværdier for stoffer ud fra en sundhedsmæssig vurdering<sup>6</sup>. I september 2021 udkom WHO med reviderede anbefalinger vedrørende grænseværdier for stoffer i udeluft, herunder ændringer for PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>2</sub>.

Tabel 3 viser de gældende EU grænseværdier for de stoffer, der er omfattet af måleprogrammet og beskrevet i denne rapport.

Tabel 3. EU's grænseværdier for luftkvalitet i udeluft, implementeret i Danmark ved BEK nr. 1472 af 12/12/2017.

Stof	Grænseværdi (koncentration)	Midlingstid <sup>7</sup>	Højest antal tilladelige overskridelser pr. år
PM <sub>2,5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	1 år	-
PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup>	24 timer	35 <sup>(8)</sup>
	40 µg/m <sup>3</sup>	1 år	-
Nitrogendioxid (NO <sub>2</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup>	1 time	18 <sup>(9)</sup>
	40 µg/m <sup>3</sup>	1 år	-

Tabel 4 viser WHO's reviderede og vejledende grænseværdier for de stoffer, der er omfattet af måleprogrammet og beskrevet i denne rapport.

Tabel 4. WHO's vejledende grænseværdier (2021) for luftkvalitet i udeluft.

Stof	Grænseværdi (koncentration)	Midlingstid	Højest antal tilladelige overskridelser pr. år
PM <sub>2,5</sub>	15 µg/m <sup>3</sup>	24 timer	3 <sup>(10)</sup>
	5 µg/m <sup>3</sup>	1 år	-
PM <sub>10</sub>	45 µg/m <sup>3</sup>	24 timer	3 <sup>(10)</sup>
	15 µg/m <sup>3</sup>	1 år	-
Nitrogendioxid (NO <sub>2</sub> )	25 µg/m <sup>3</sup>	24 timer	3 <sup>(10)</sup>
	10 µg/m <sup>3</sup>	1 år	-

Der er endnu ikke fastsat grænseværdier for ultrafine partikler (målt som partikelantal, PN), og for Black Carbon/Elemental Carbon, hverken i EU eller af WHO. Det skal bemærkes, at EU tidligere har anvendt OECDs grænseværdier for "Black Smoke"<sup>11</sup>. Disse grænseværdier er imidlertid fastsat i 1970'erne af OECD og har i dag kun historisk interesse.

<sup>6</sup> WHO's vejledende grænseværdier er typisk baseret på NOAEL (No Observed Adverse Effect Level).

<sup>7</sup> Midlingstiden er varigheden af den måleperiode, som den enkelte måling skal udføres over. En midlingstid på en time for fx NO<sub>2</sub> betyder derfor, at NO<sub>2</sub> skal måles som et gennemsnit for hver time i døgnet.

<sup>8</sup> Den højest tilladelige 90,4-percentil for PM<sub>10</sub> defineres iht. EU's grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 36. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året.

<sup>9</sup> Den højest tilladelige 99,8-percentil for NO<sub>2</sub> defineres iht. EU's grænseværdier som den timemiddelværdi, der er den 19. højeste af alle de målte timemiddelværdier over året.

<sup>10</sup> Den højest tilladelige 99-percentil for PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> defineres iht. WHO's vejledende grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 4. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året.

<sup>11</sup> Kilde: EEA, <https://www.eea.europa.eu/publications/2-9167-057-X/page020.html>

## 4 Måleresultater

### 4.1 Partikulær masse, PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>

Figur 2 – Figur 11 viser døgnmiddelværdier samt årsgrenseværdien for de enkelte målestationer<sup>12</sup>. Resultaterne er sammenlignet med EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier (se evt. Tabel 3 og Tabel 4). Det skal bemærkes, at de enkelte døgnmiddelværdier gerne må overskride årsmiddelværdien, så længe det målte årsgennemsnit ikke overskrider årsgrenseværdien.

Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer er vist i Bilag D. Antallet af overskredne percentilværdier er angivet i Tabel 5 og Tabel 6.

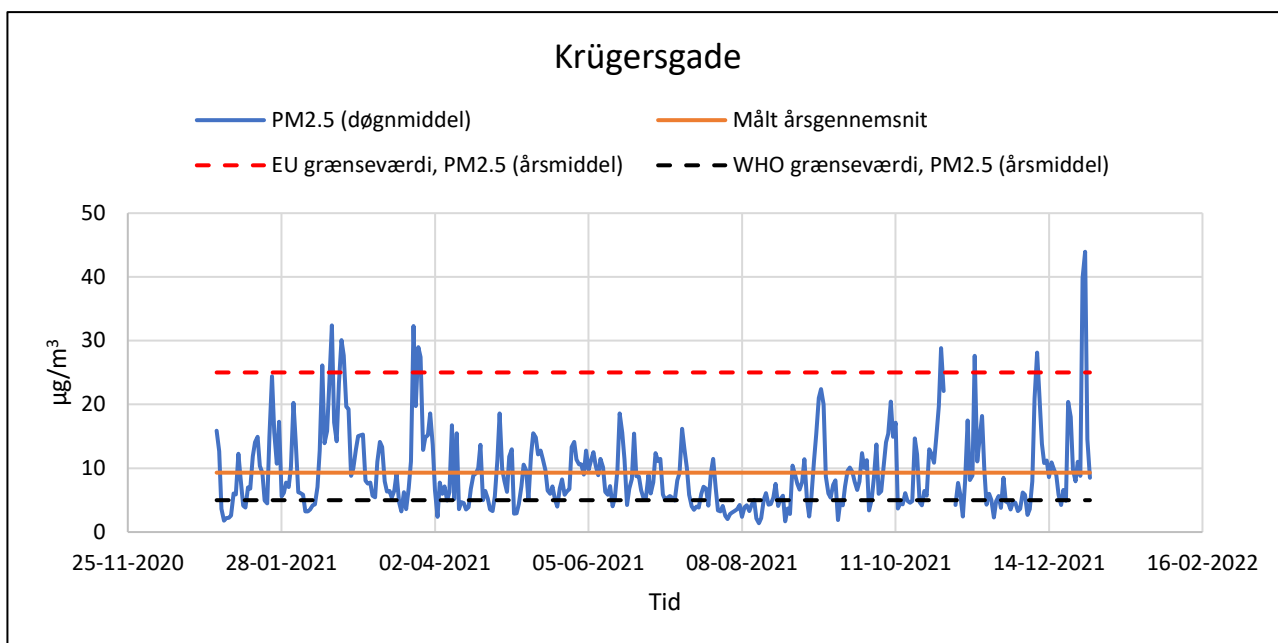
Tabel 5. PM<sub>10</sub>: Antal tilladte samt overskredne døgnmiddel percentilværdier på de enkelte målestationer i 2021. EU's grænseværdi samt WHO's anbefalede grænseværdi for tilhørende percentil er ikke overskredet på nogen af målestationerne.

PM <sub>10</sub>		EU's grænseværdi (50 µg/m <sup>3</sup> , døgnmiddelværdi)	WHO's vejledende grænseværdi (45 µg/m <sup>3</sup> , døgnmiddelværdi)	Andel af dage med overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi udover det tilladte
Antal tilladte værdier over grænseværdi		35	3	
Antal overskredne værdier	Krügersgade	0	2	0%
	Søtorvet	0	2	0%
	Hillerødgade	0	1	0%
	Folehaven	0	1	0%
	Backersvej	0	1	0%

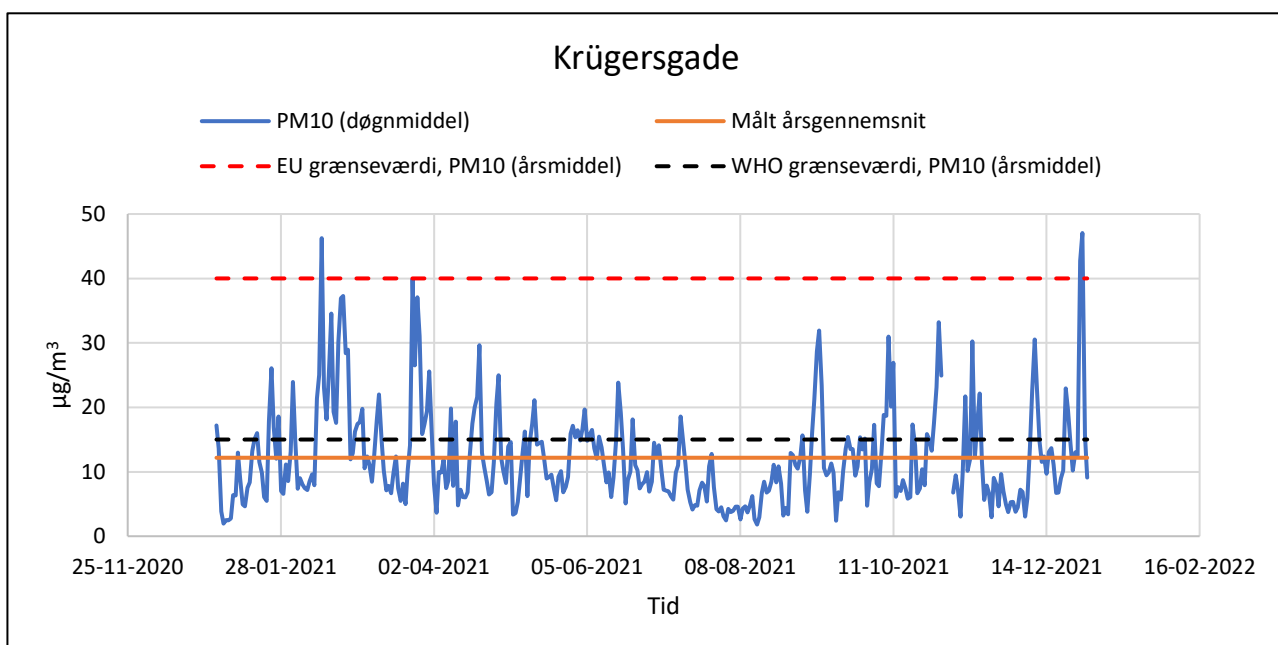
Tabel 6. PM<sub>2,5</sub>: Antal tilladte samt overskredne døgnmiddel percentilværdier på de enkelte målestationer i 2021. For WHO's vejledende grænseværdi for tilhørende percentil overskrides 12 – 16% af årets døgn ud over de maksimalt anbefalede 3 døgn på et år. EU's grænseværdi for percentilen er ikke overskredet på nogle af målestationerne.

PM <sub>2,5</sub>		EU's grænseværdi	WHO's vejledende grænseværdi (15 µg/m <sup>3</sup> , døgnmiddelværdi)	Andel af dage med overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi udover det tilladte
Antal tilladte værdier over grænseværdi		Ikke fastsat	3	
Antal overskredne værdier	Krügersgade	-	53	14%
	Søtorvet	-	52	14%
	Hillerødgade	-	58	15%
	Folehaven	-	60	16%
	Backersvej	-	45	12%

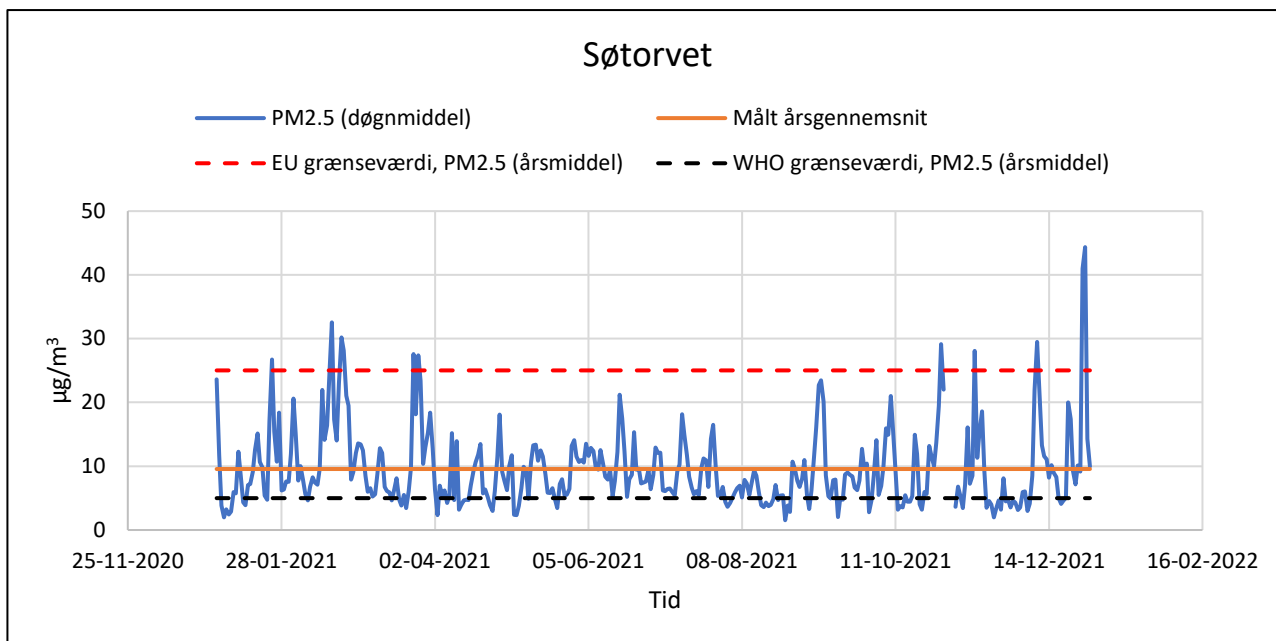
<sup>12</sup> Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



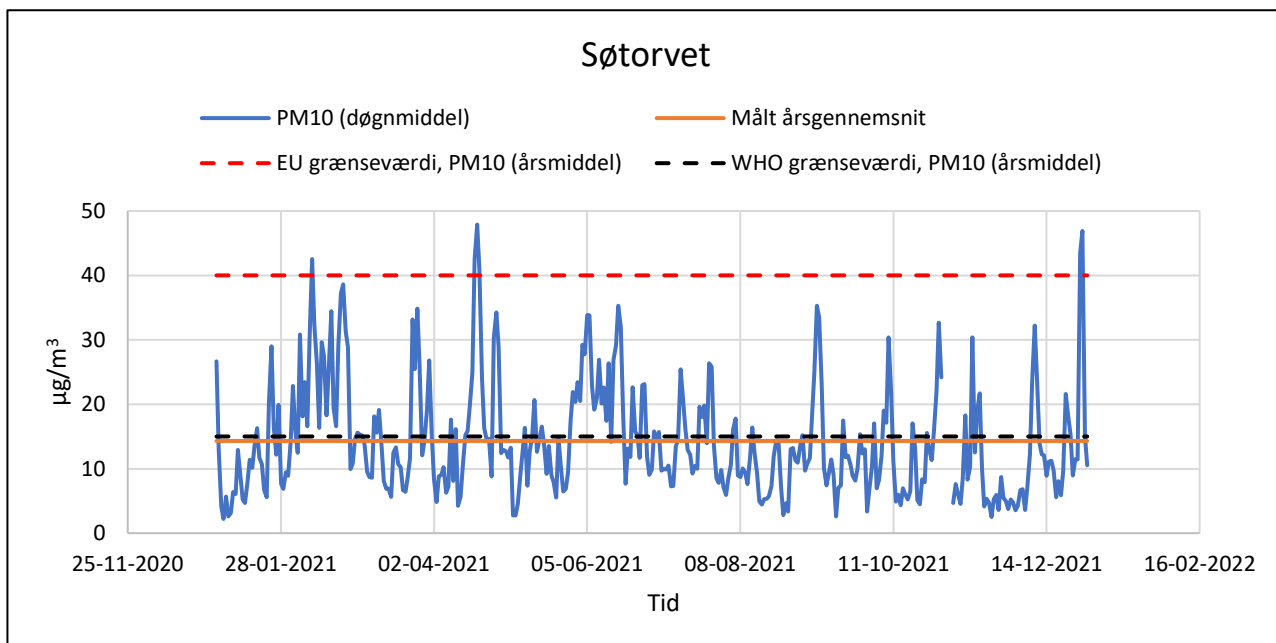
Figur 2. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>2,5</sub> fra målestationen på Krügersgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>2,5</sub> over et år.



Figur 3. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>10</sub> fra målestationen på Krügersgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>10</sub> over et år.

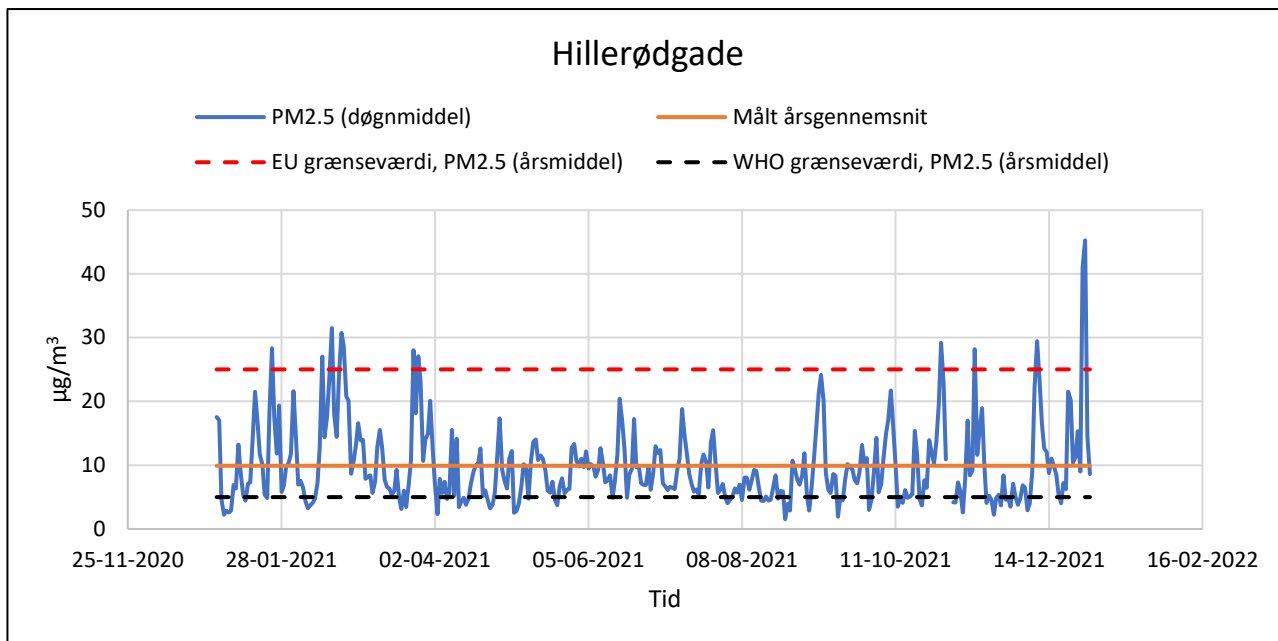


Figur 4. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>2,5</sub> fra målestationen ved Søtorvet. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU’s grænseværdi samt WHO’s vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>2,5</sub> over et år.

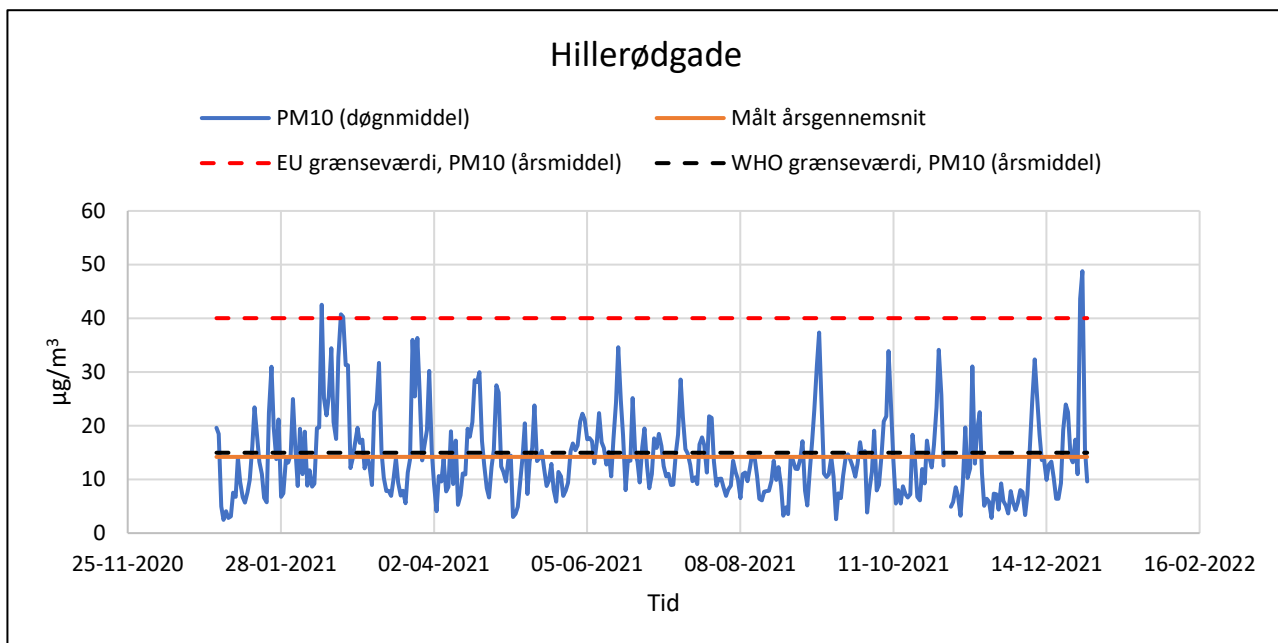


Figur 5. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>10</sub> fra målestationen på Søtorvet. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU’s grænseværdi samt WHO’s vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>10</sub> over et år.

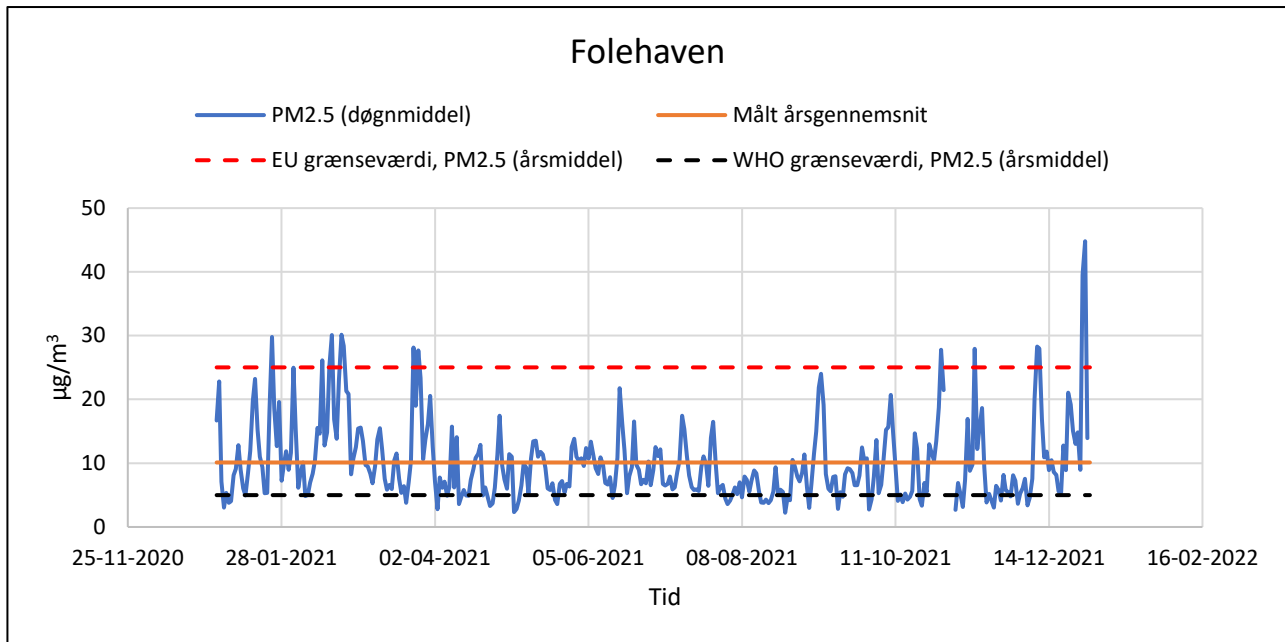




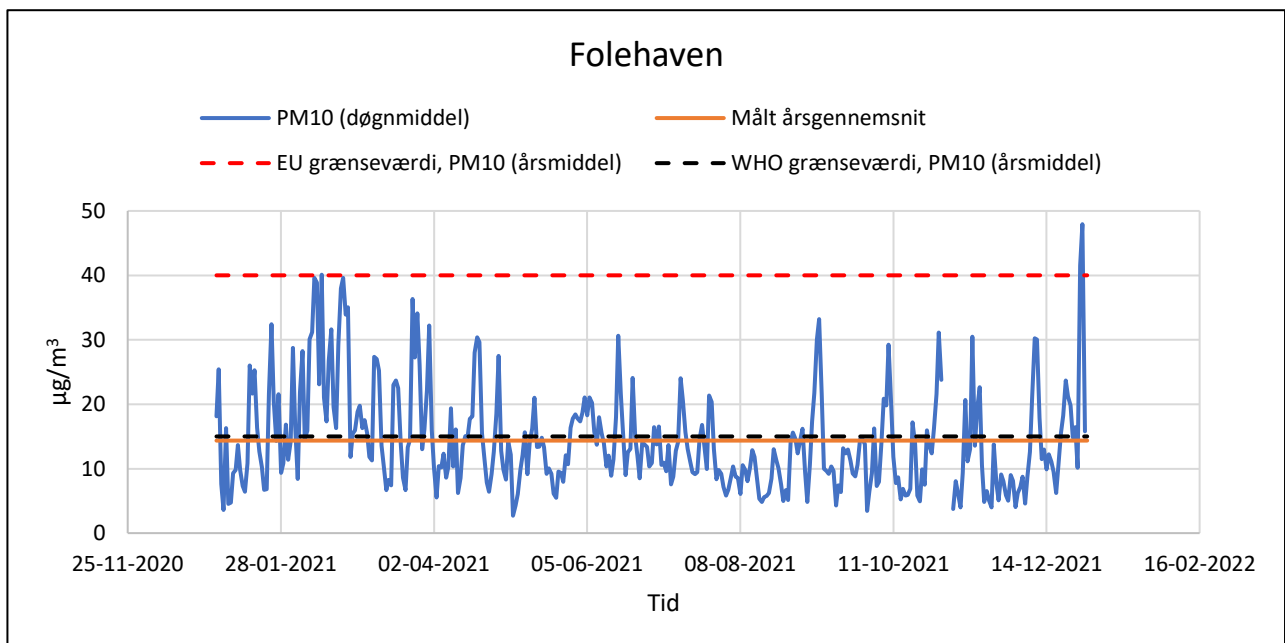
Figur 6. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>2,5</sub> fra målestationen på Hillerødgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>2,5</sub> over et år.



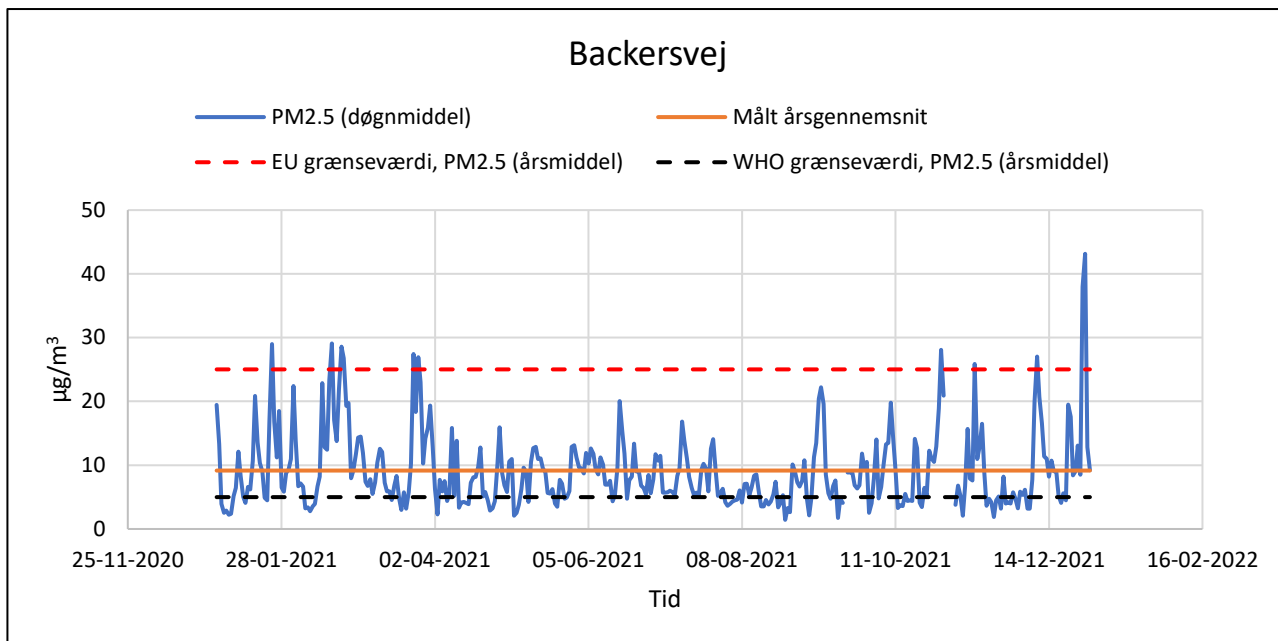
Figur 7. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>10</sub> fra målestationen på Hillerødgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>10</sub> over et år.



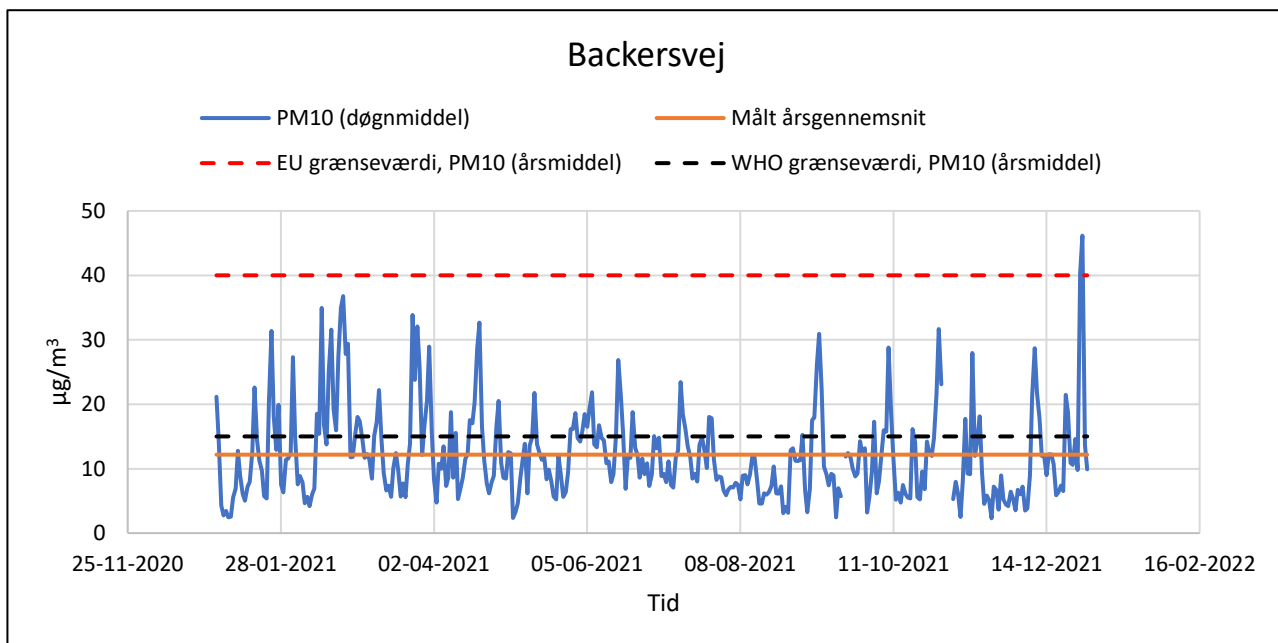
Figur 8. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>2,5</sub> fra målestationen på Folehaven. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>2,5</sub> over et år.



Figur 9. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>10</sub> fra målestationen på Folehavnen. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>10</sub> over et år.



Figur 10. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>2,5</sub> fra målestationen på Backersvej. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>2,5</sub> over et år.



Figur 11. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM<sub>10</sub> fra målestationen på Backersvej. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM<sub>10</sub> over et år.

Tabel 7 og Tabel 8 angiver årgennemsnittet for henholdsvis  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ . Resultatet af målingerne viser, at EU's grænseværdier for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  i 2021 var overholdt i forhold til årsmiddel samt døgnmiddel (percentilværdier).

Ved sammenligning med WHO's vejledende og reviderede grænseværdier ses det, at disse er overholdt i forhold til årsmiddel og 99-percentil gældende for  $PM_{10}$ . WHO's vejledende grænseværdi gældende for  $PM_{2,5}$  som årsmiddel samt døgnmiddel (99-percentil) er dog ikke overholdt på nogen af de fem målestationer. Selvom forbrændingsprocesser fra trafik og industri samt evt. støvende anlægsarbejde bidrager til den lokale udledning af  $PM_{2,5}$ , langtransporteres størstedelen af  $PM_{2,5}$  fra kilder, der er placeret udenfor Københavns Kommune. Dette er årsagen til, at de målte gennemsnits koncentrationer af  $PM_{2,5}$  er forholdsvis ens på målestationerne.

Tabel 9 viser, hvor meget koncentrationerne for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  vil skulle reduceres, for at årgennemsnittene lever op til WHO's reviderede vejledende grænseværdier.

Overvågning af luftkvalitet i Københavns Kommune

Tabel 7. Beregnede middelværdier for PM<sub>2,5</sub> i 2021 på målestationerne sammenlignet med EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier og percentiler 2021				
	Grænseværdi for	µg/m <sup>3</sup>	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m <sup>3</sup>				
PM <sub>2,5</sub>	EU	25	Årsmiddelværdi	9	10	10	10	9
PM <sub>2,5</sub>	WHO (vejledende)	5	Årsmiddelværdi	9	10	10	10	9
PM <sub>2,5</sub>	WHO (vejledende)	15	Højest tilladelige døgnmiddel (99-percentil af døgnmiddelværdier over året) <sup>13</sup>	31	30	30	30	29

Tabel 8. Beregnede middelværdier i 2021 for PM<sub>10</sub> på målestationerne i henhold til EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier og percentiler 2021				
	Grænseværdi for	µg/m <sup>3</sup>	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m <sup>3</sup>				
PM <sub>10</sub>	EU	40	Årsmiddelværdi	12	14	14	14	12
PM <sub>10</sub>	EU	50	Højest tilladelige døgnmiddel 90,4-percentil <sup>14</sup>	22	28	25	26	22
PM <sub>10</sub>	WHO (vejledende)	15	Årsmiddelværdi	12	14	14	14	12
PM <sub>10</sub>	WHO (vejledende)	45	Højest tilladelige døgnmiddel (99-percentil af døgnmiddelværdier over året) <sup>13</sup>	38	43	40	40	35

<sup>13</sup> 99-percentil for PM<sub>2,5</sub> hhv. PM<sub>10</sub> defineres iht. WHO's vejledende grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 4. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året. Denne døgnmiddelværdi må ikke overskride den angivne grænseværdi.

<sup>14</sup> Den højest tilladelige 90,4 percentil defineres iht. EU's grænseværdier for PM<sub>10</sub> som den døgnmiddelværdi, der er 36. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året. Denne døgnmiddelværdi må ikke overskride den angivne grænseværdi.

Tabel 9. Påkrævet, procentuel reduktion af udeluftens koncentrationer af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> i forhold til de målte 2021-koncentrationer, såfremt årsmiddelværdierne på de enkelte stationer skal leve op til WHO's reviderede, vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
		%				
PM <sub>2,5</sub>	Årsmiddelværdi	46%	48%	50%	51%	45%
PM <sub>10</sub>	Årsmiddelværdi	*	*	*	*	*

\*Ingen behov for yderligere reduktion af koncentrationer.

Tabel 10 og Tabel 11 viser de sammenholdte årsmiddelværdier for de fem målestationer for 2021 med tilsvarende årsmiddelværdi for 2020. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker årets fjerde kvartal, hvilket gør sammenligningen vanskelig. Generelt ses faldende koncentrationer af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> i 2021 sammenlignet med de sidste 3 - 4 måneder af 2020. Sammenlignes 2020 med data kun fra 4. kvartal 2021 ses et ligende fald i PM koncentrationer. Bemærk, at resultaterne fra 2020 er blevet korrigeret med de opdaterede korrektionsfaktorer, som blev bestemt i 2022 som beskrevet i Bilag E.

Tabel 10. Årsgennemsnit for PM<sub>2,5</sub> målt på de fem målestationer i 2020 og 2021. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker årets fjerde kvartal.

PM <sub>2,5</sub>	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m <sup>3</sup>				
2020	13	13	13	13	11
2021	9	10	10	10	9

Tabel 11. Årsgennemsnit for PM<sub>10</sub> målt på de fem målestationer i 2020 og 2021. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker årets sidste kvartal.

PM <sub>10</sub>	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m <sup>3</sup>				
2020	15	16	16	17	14
2021	12	14	14	14	12

## 4.2 Partikelantal, PN

Figur 12 - Figur 16 viser døgnmiddelværdier<sup>15</sup> for partikelantal (PN)<sup>16</sup> i 2021. Der foreligger ikke grænseværdier for PN i udeluft. WHO vurderer dog, at en døgnmiddelværdi på 10.000 antal/cm<sup>3</sup> eller en timemiddelværdi på 20.000 antal/cm<sup>3</sup> er høj i byområder<sup>17</sup>. Det kan af figurerne 12 til 16 ses, at der på alle målestationer med mellemrum forefindes høje døgnmiddelværdier for PN overstigende niveauet på 10.000 antal/cm<sup>3</sup>. I Tabel 12 kan ses antallet af døgn med forhøjede PN døgnmiddelværdier samt andelen af døgn med forhøjede værdier. For Krügersgade, Søtorvet og Backersvej er det omtrent 6% af måledøgnene i 2021, hvor forhøjede PN niveauer observeres. For Hillerødgade og Folehaven er de tilsvarende andele hhv. 13% og 20%. Så der er en markant forskel i omfanget af døgn, hvor forhøjede PN observeres mellem stationerne, og de højere niveauer på Folehaven er sandsynligvis koblet til højere trafikintensitet.

Tabel 12. Døgn med forhøjede middelværdier af partikelantalskoncentration (PN).

Parameter	Parameter	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
PN	Antal døgnmiddelværdier overstigende 10000 cm <sup>-3</sup>	23	21	46	69	21
PN	Måledøgn	354	356	362	354	358
Andel	Døgn m. forhøjet PN	6%	6%	13%	19%	6%

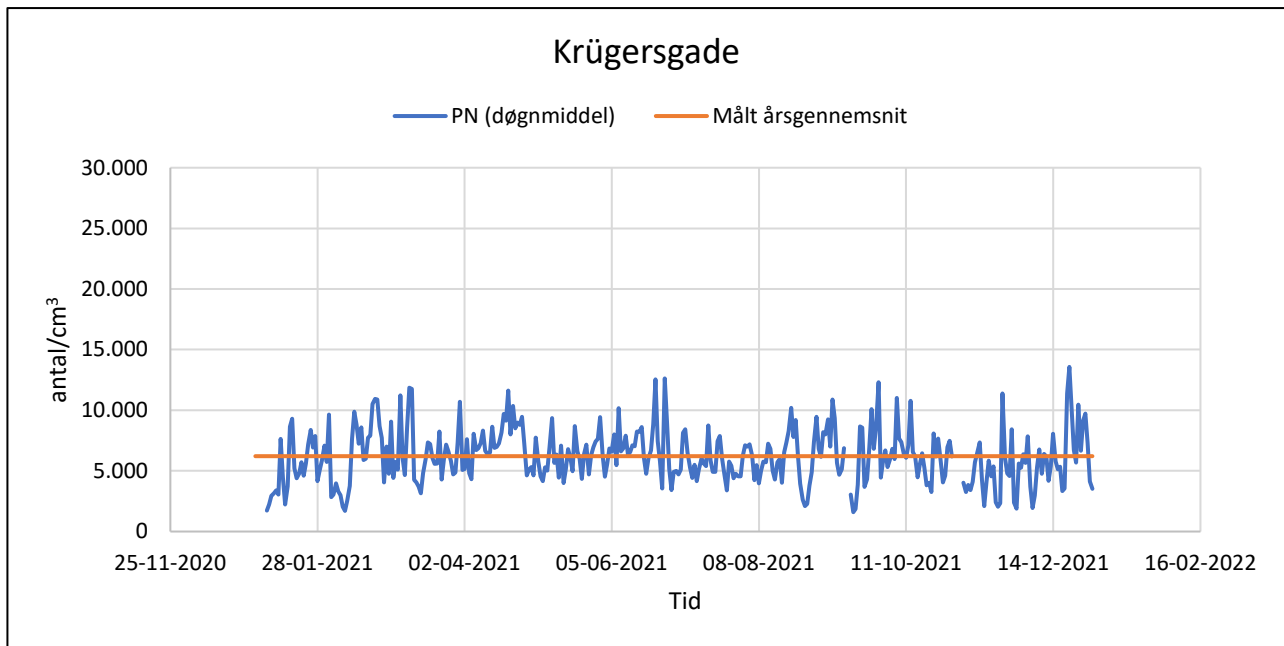
Tabel 13 angiver årgennemsnittet for PN for de enkelte målestationer. Resultatet af målingerne viser, at den gennemsnitlige partikelkoncentration var højest på Folehaven (ca. 7600 antal/cm<sup>3</sup>) efterfulgt af Hillerødgade (ca. 7000 antal/cm<sup>3</sup>). Partikelkoncentrationen på Backersvej (ca. 5600 antal/cm<sup>3</sup>) var den laveste for de fem målestationer. Målestationen på Backersvej ligger ved en mindre trafikeret vej og omgivet af et villa-kvarter. Målestationen på Folehaven ligger derimod ved en meget trafikeret indfaldsvej til Københavns Kommune. Dette forklarer, hvorfor der måles højere partikelkoncentrationer ved Folehaven i forhold til Backersvej. De målte partikelkoncentrationer fra henholdsvis Krügersgade og Søtorvet har været meget ens i den målte periode (6200 – 6400 antal/cm<sup>3</sup>).

Målinger af PN viser generelt store tidsmæssige udsving, der kan variere med en faktor 5 – 10 i løbet af døgnet. Om natten og i perioder med høje til moderate vindhastigheder, er koncentrationen af PN generelt lav. Omvendt er koncentrationen særlig høj i myldretiden og i perioder med lave vindhastigheder. Se evt. afsnit 5.3 for en beskrivelse af de gennemsnitlige tidsmæssige variationer af PN på ugedage. Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer, er vist i Bilag D.

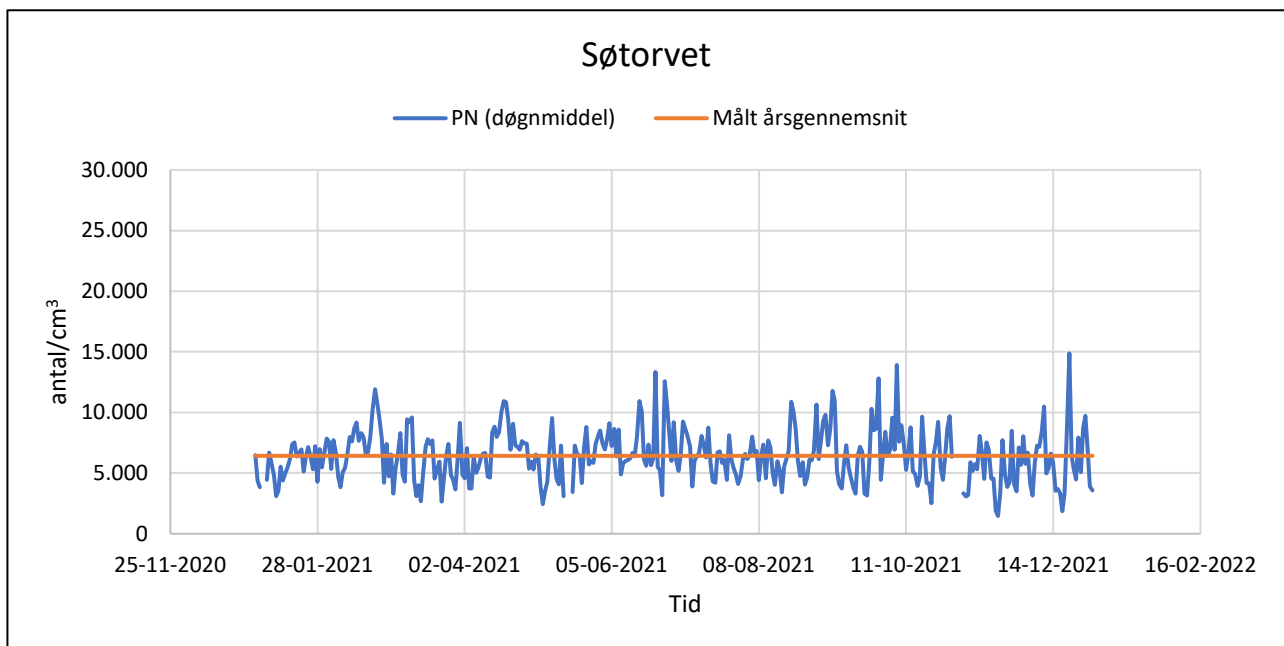
<sup>15</sup> Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.

<sup>16</sup> Som beskrevet i bilag B er partikelantallet målt for partikler i størrelsesområdet 7-1000 nm.

<sup>17</sup> WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.

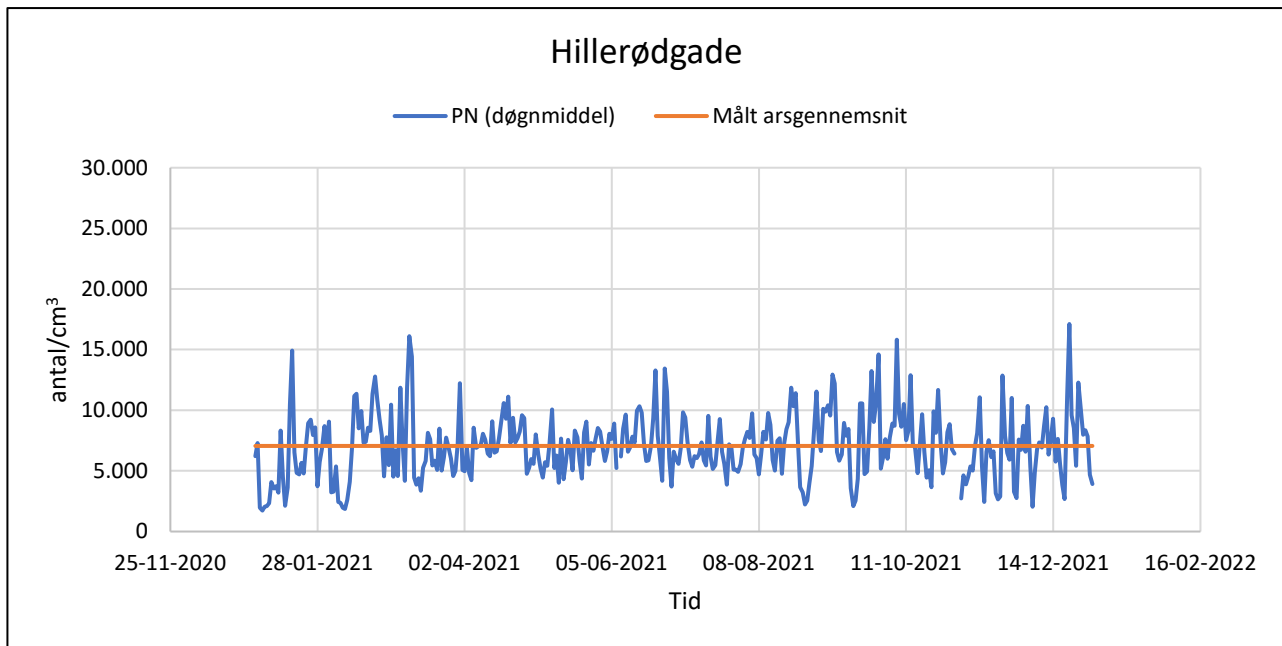


Figur 12. Døgnmiddelværdier for PN på Krügersgade.

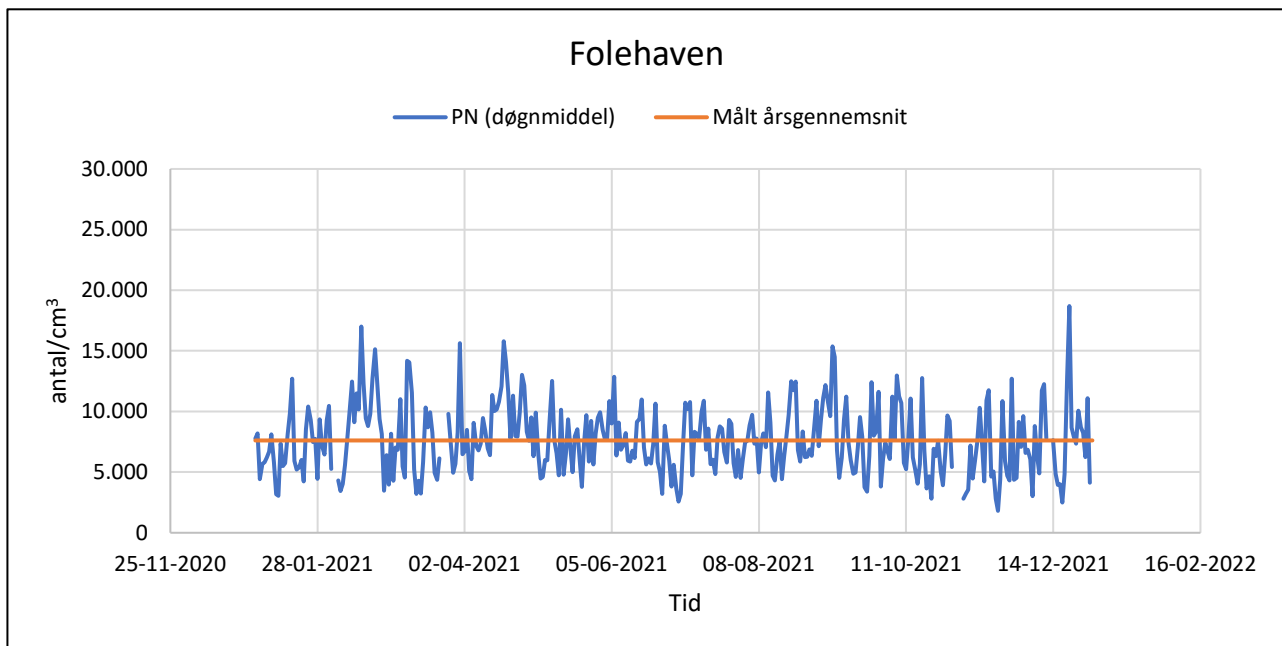


Figur 13. Døgnmiddelværdier for PN på Søtorvet.

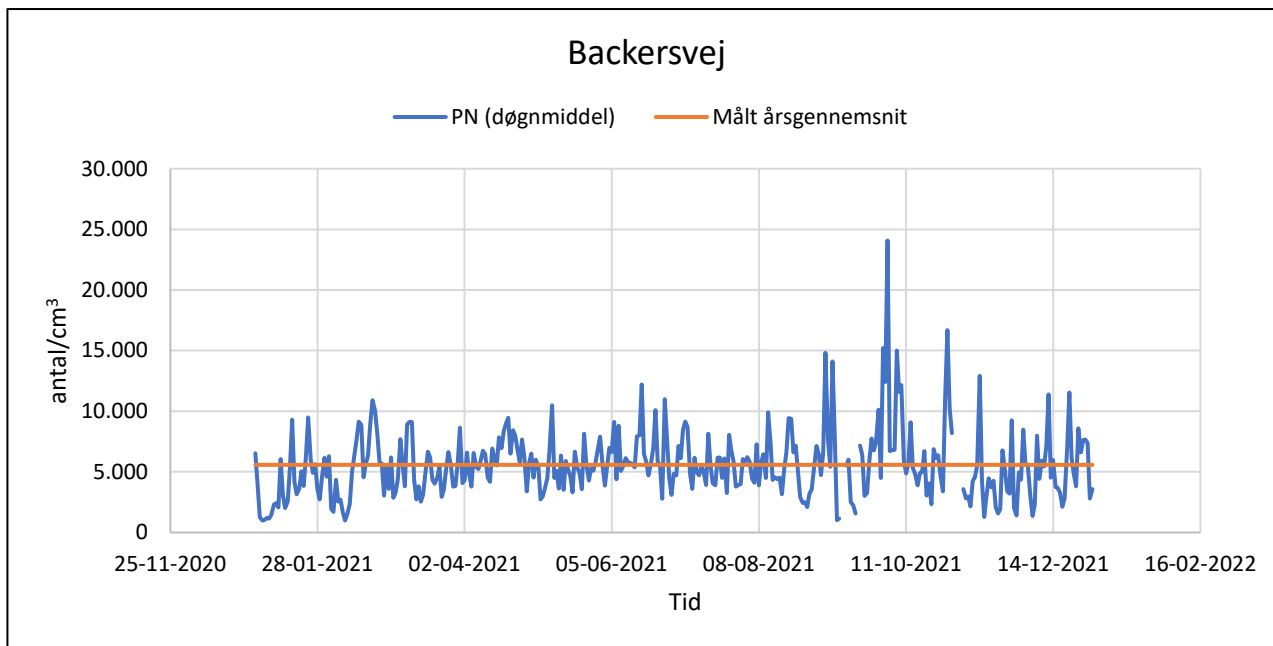




Figur 14. Døgnmiddelværdier for PN på Hillerødgade.



Figur 15. Døgnmiddelværdier for PN på Folehaven.



Figur 16. Døgnmiddelværdier for PN på Backersvej.

Tabel 13. Beregnede årsmiddelværdier af PN for de enkelte målestationer i 2021. Der foreligger ikke grænseværdier for PN i udeluft. Det målte partikelantal gælder for partikler i området 7-1000 nm.

Parameter	Periode	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
		antal/cm <sup>3</sup>				
PN	Årsmiddelværdi	6200	6400	7000	7600	5600

Tabel 14 viser de sammenholdte årsmiddelværdier af PN for de fem målestationer fra 2021 med årsmiddelværdierne for 2020. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker de sidste 3 - 4 måneder. Generelt er koncentrationen af PN højere på alle målestationer i 2021 sammenlignet med de sidste 3 - 4 måneder af 2020. Derudover ses samme tendens, hvor de højeste koncentrationer måles på Folehaven og de laveste koncentrationer måles på Backersvej.

Tabel 14. Årsgennemsnit for PN målt på de fem målestationer i 2020 og 2021. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker det sidste kvartal, hvilket gør en direkte sammenligning vanskelig. Det målte partikelantal gælder for partikler i området 7-1000 nm.

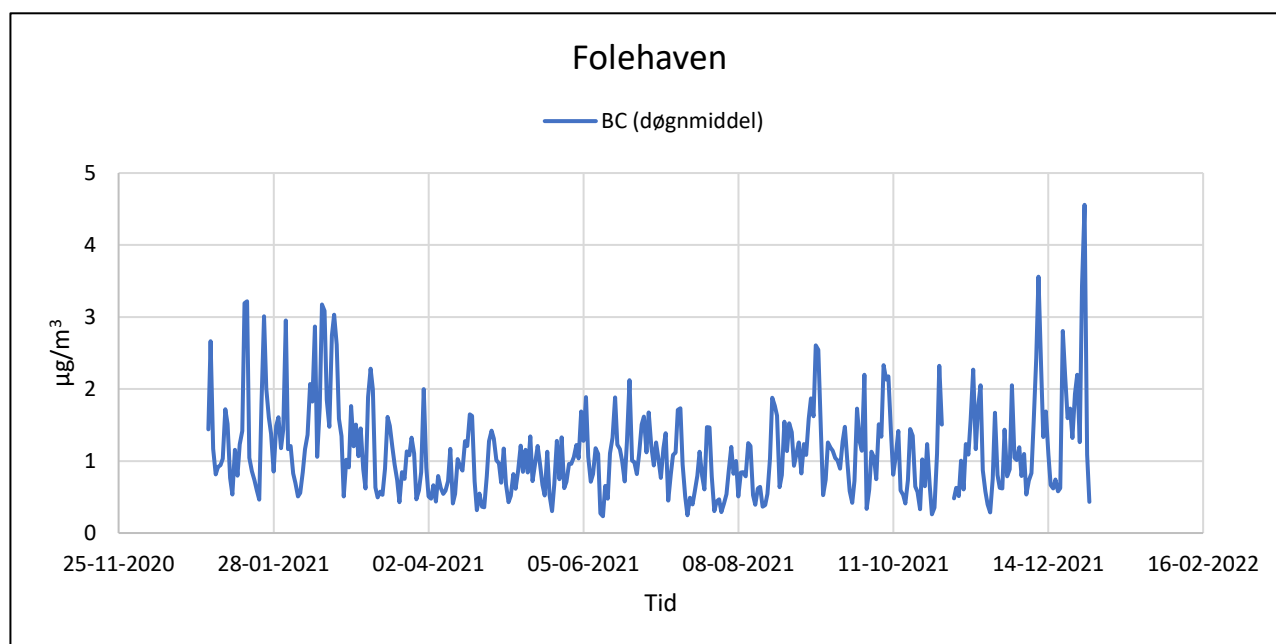
UFP	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	antal/cm <sup>3</sup>				
2020	5400	5600	6300	7400	5300
2021	6200	6400	7000	7600	5600

### 4.3 Black Carbon, BC

Figur 17 – Figur 18 viser døgnmiddelværdier<sup>18</sup> for BC målt på Folehaven og Backersvej. Tabel 15 angiver årgennemsnittet for BC for de enkelte målestationer. Arbejdstilsynet indførte i 2021 en grænseværdi for dieselpartikler i arbejdsmiljøet på 10 µg/m<sup>3</sup>, målt som EC (Elemental Carbon). Der foreligger imidlertid endnu ikke grænseværdier for hverken dieselpartikler, eller EC/BC i udeluft.

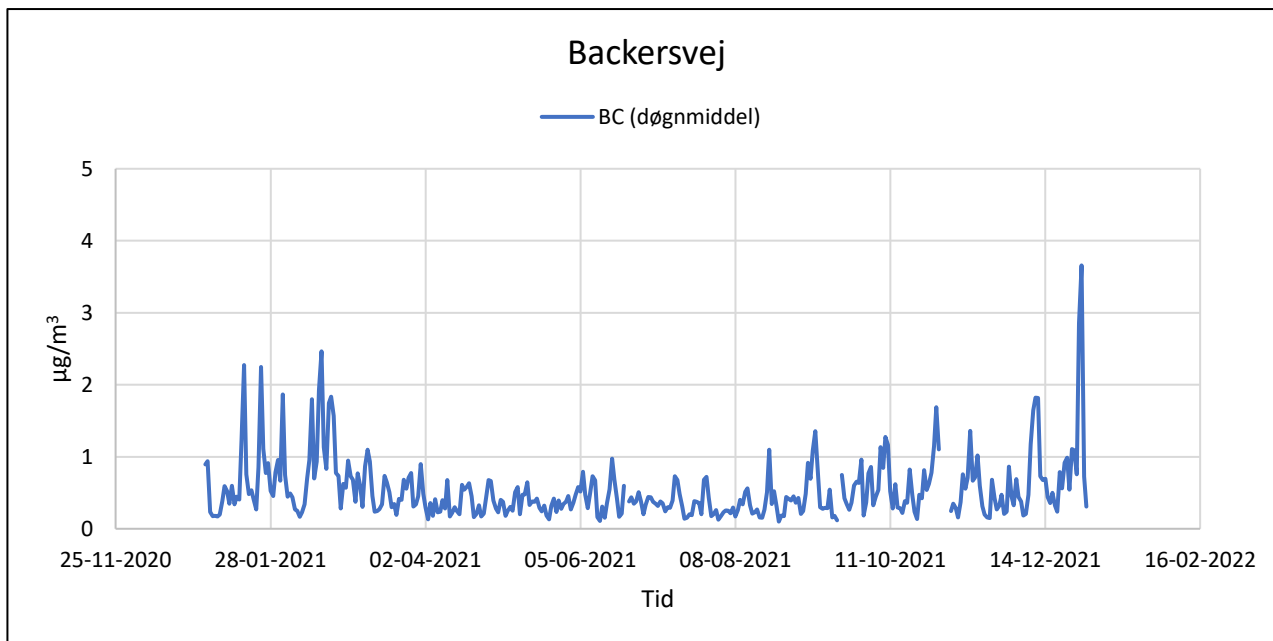
Resultatet viser, at årgennemsnittet for målingerne af BC på Folehaven (1,14 µg/m<sup>3</sup>) er over dobbelt så højt som på Backersvej (0,54 µg/m<sup>3</sup>). Dette skyldes den langt større trafikintensitet på indfaldsvejen Folehaven ift. Backersvej, som er beliggende i et villakvarter. Som beskrevet i afsnit 4.2 blev der af samme grund målt en væsentlig højere koncentration af PN på Folehaven ift. Backersvej.

Målinger af BC viser generel store tidsmæssige udsving i løbet af døgnet. Om natten og i perioder med høje til moderate vindhastigheder, er koncentrationen af BC generelt lav. Omvendt er koncentrationen særlig høj i myldretiden og i perioder med lave vindhastigheder. De tidsmæssige udsving følger samme mønster som for fx PN. Se afsnit 5.3 for en beskrivelse af de gennemsnitlige tidsmæssige variationer af BC på ugedage. Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer, er vist i Bilag D.



Figur 17. Døgnmiddelværdier for BC på Folehaven.

<sup>18</sup> Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



Figur 18. Døgnmiddelværdier for BC på Backersvej.

Tabel 15. Beregnede middelværdier af BC på Folehaven samt Backersvej i 2021. Der måles ikke BC på de resterende tre målestationer.

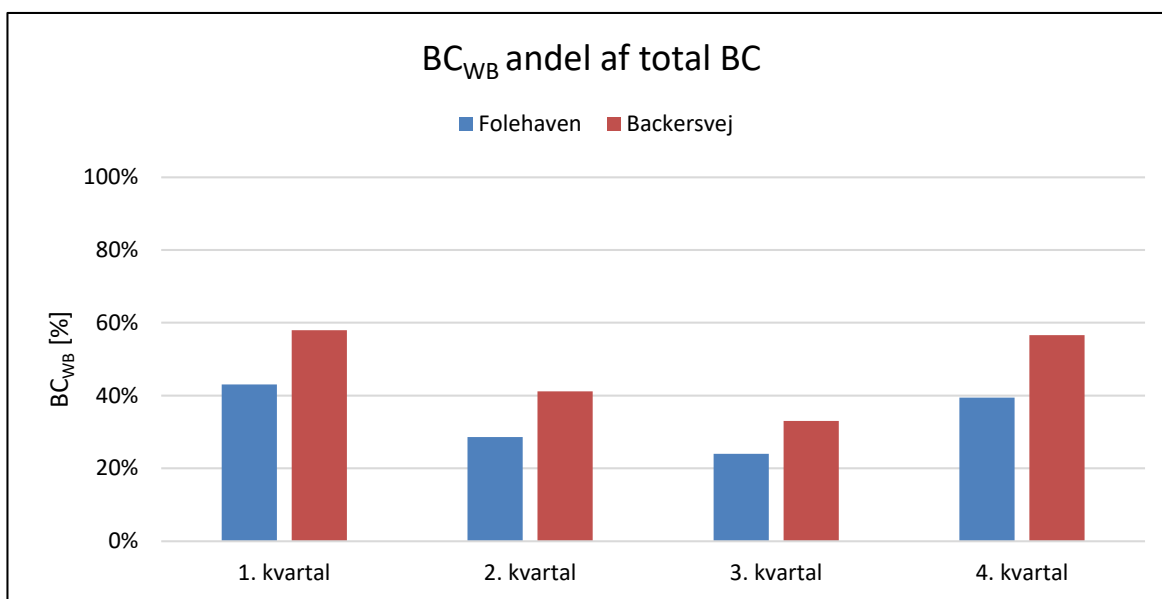
Parameter	Periode	Folehaven	Backersvej
		µg/m <sup>3</sup>	
BC	Målt årsmiddelværdi	1,14	0,54
BC <sub>WB</sub>	Målt årsmiddelværdi	0,40	0,27
BC <sub>FF</sub>	Målt årsmiddelværdi	0,74	0,27

Den beregnede andel af BC, der stammer fra afbrænding af fossilt brændsel (BC<sub>FF</sub>) udgør ca. 65% af den totale målte BC på Folehaven for hele 2021. Tilsvarende udgør BC<sub>FF</sub> ca. 50% af den totale målte BC på Backersvej. Den andel af BC, der tilskrives afbrænding af træ (BC<sub>WB</sub>) beregnes som BC<sub>WB</sub> = BC – BC<sub>FF</sub>. På Backersvej udgør BC<sub>WB</sub> derfor ca. 50%, mens den udgør ca. 35% på Folehaven for 2021.

Tabel 16 og Figur 19 viser, hvordan henholdsvis BC, BC<sub>WB</sub> og BC<sub>FF</sub> er fordelt mellem årets fire kvartaler. Det ses, at andelen af BC<sub>WB</sub> er størst i 1. og 4. kvartal, hvor det må forventes at aktiviteten med fyring i brændeovne er størst. Dette er mest udtalt for målingerne på Backersvej, hvor der er en relativ høj forekomst af registrerede brændeovne. Ved målestationen på Folehaven er trafikintensiteten højere og derfor er BC<sub>WB</sub> lavere i forhold til den samlede målte BC koncentration. Det skal bemærkes, at der i området nordvest for Folehaven også er registreret brændeovne. Det er med til at forklare, hvorfor der også ses en sæsonvariation i BC<sub>WB</sub> ved Folehaven.

Tabel 16. Gennemsnitlige koncentrationer af BC, BC<sub>WB</sub> og BC<sub>FF</sub> for kvartaler fra henholdsvis Folehaven og Backersvej i 2021.

	Folehaven			Backersvej		
	µg/m <sup>3</sup>			µg/m <sup>3</sup>		
2021	BC	BC <sub>WB</sub>	BC <sub>FF</sub>	BC	BC <sub>WB</sub>	BC <sub>FF</sub>
1. kvartal	1,37	0,59	0,78	0,71	0,41	0,30
2. kvartal	0,93	0,27	0,67	0,38	0,16	0,22
3. kvartal	1,02	0,25	0,78	0,39	0,13	0,26
4. kvartal	1,23	0,49	0,75	0,68	0,38	0,30



Figur 19. Fordeling af BC<sub>WB</sub> andelen af BC mellem kvartaler i 2021, målt på Folehaven og Backersvej. I gennemsnit måles ca. 2,8 gange mere BC<sub>WB</sub> på Backersvej i vinterhalvåret (1. og 4. kvartal) sammenlignet med sommerhalvåret (2. og 3. kvartal). Tilsvarende måles ca. 2 gange mere BC<sub>WB</sub> på Folehaven i vinterhalvåret i forhold til sommerhalvåret.

Tabel 17 viser de sammenholdte årsmiddelværdier for 2021 med årsmiddelværdien for 2020. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker de sidste 3-4 måneder af året. Faldet i de beregnede middelkoncentrationer for BC fra 2020 til 2021 er forventelig, da de højest målte koncentrationer ligesom i 2021 forventes at findes i 4. kvartal (eller 1. kvartal).

Tabel 17. Årgennemsnit for BC målt på Folehaven og Backersvej i 2020 og 2021. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker de sidste 3 - 4 måneder, hvilket gør en direkte sammenligning vanskelig.

BC	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m <sup>3</sup>				
2020	-	-	-	1,4	0,7
2021	-	-	-	1,1	0,5

#### 4.4 NO<sub>2</sub>

Figur 20 – Figur 24 viser døgnmiddelværdier samt årsmiddelværdien for de enkelte målestationer<sup>19</sup>. Resultaterne er sammenlignet med EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi. Det skal bemærkes, at de enkelte time- og døgnmiddelværdier gerne må overskride grænseværdien for årsmiddelværdien, så længe det målte årsgennemsnit ikke overskrider årsgrenseværdien. Det skal dog bemærkes at antallet af målte timemiddelværdier over et år højst 18 gange må overskride EU's grænseværdi på 200 µg/m<sup>3</sup>, gældende for 99,8-percentilen for timemiddelværdierne over et år. Tabel 18 angiver antal tilladte samt antal overskredne døgnmiddelværdier på de enkelte målestationer.

Tabel 20 angiver årsgennemsnittet for NO<sub>2</sub>. Resultatet af målingerne viser, at EU's grænseværdier er overholdt i forhold til årsmiddel samt døgnmiddel (percentilværdier). WHO's reviderede og vejledende grænseværdier for årsgennemsnittet er ikke overholdt på nogen af de fem målestationer. I forhold til WHO's reviderede og vejledende grænseværdi for døgnmiddel (percentilværdi) er denne kun overholdt på Backersvej.

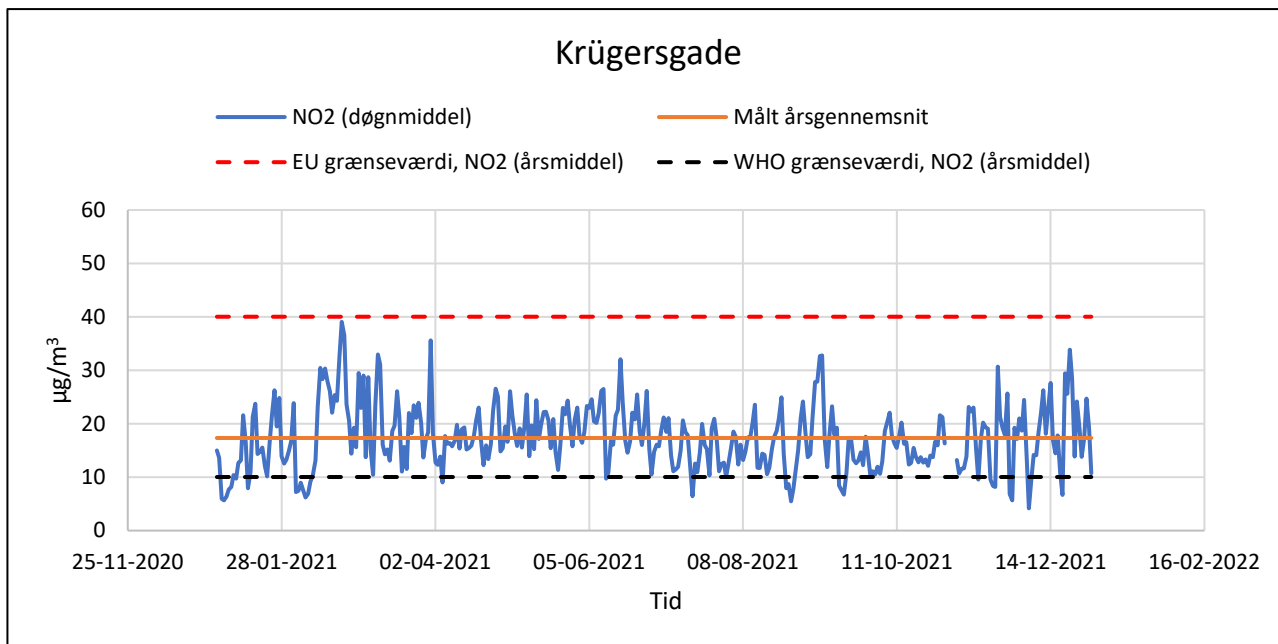
De højeste gennemsnitskoncentrationer (årsmiddel) er målt på Folehaven (27 µg/m<sup>3</sup>) efterfulgt af Hillerødgade (22 µg/m<sup>3</sup>). Herefter følger Søtorvet (18 µg/m<sup>3</sup>) og Krügersgade (17 µg/m<sup>3</sup>), mens årsmiddel på Backersvej (11 µg/m<sup>3</sup>) er noget lavere. Målestationen på Søtorvet ligger øst for og tæt ved Peblinge Sø. Når vinden kommer fra vest vil luftforureningen fra trafikken derfor være mere fortyndet end fra andre vindretninger. Dette kan muligvis forklare hvorfor årsgennemsnittet for NO<sub>2</sub> på en gade med forholdsvis høj trafikintensitet er lidt lavere end på fx Hillerødgade. På Krügersgade forventes lavere trafikthed end på henholdsvis Folehaven og Hillerødgade. Målestationen på Krügersgade er dog placeret tæt på Åboulevarden, hvor trafiktheden også er høj. Målestationen på Backersvej er placeret ud til en mindre trafikeret vej i et villakvarter. Dette forklarer, hvorfor årsmiddelværdien for Backersvej er den lavest målte på de fem målestationer. Spidskoncentrationerne er ligeledes højest på Folehaven efterfulgt af Hillerødgade og Søtorvet.

Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer er vist i Bilag D.

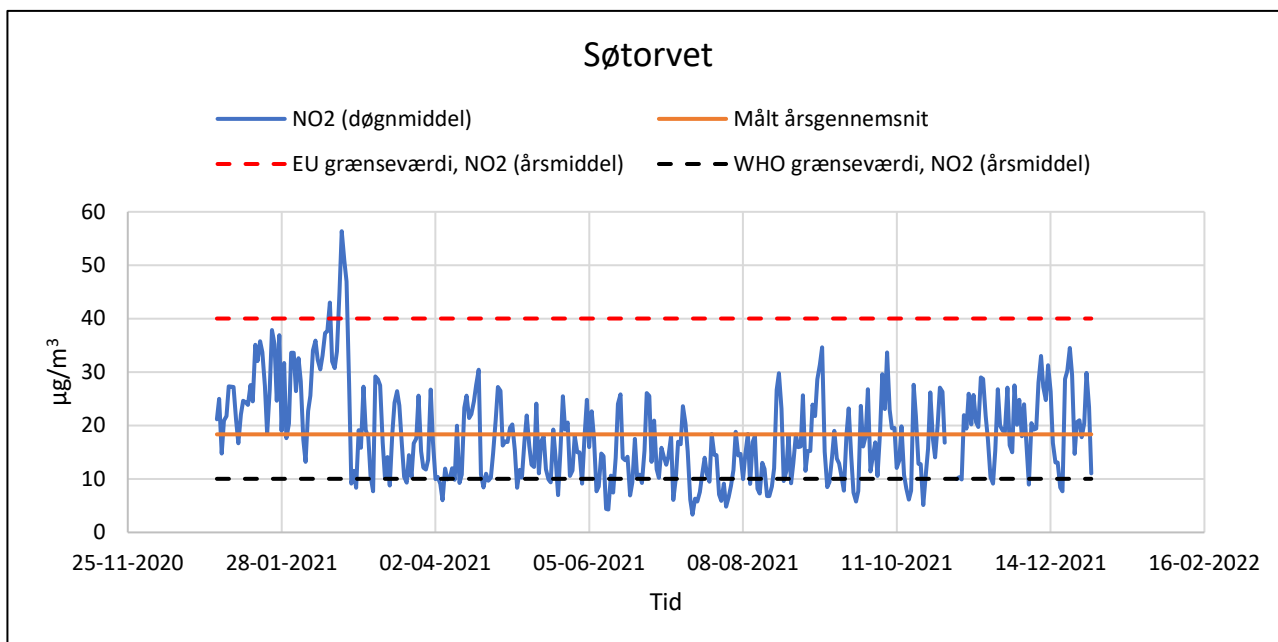
Tabel 18. NO<sub>2</sub>: Antal tilladte samt overskredne døgnmiddelværdier på de enkelte målestationer i 2021. For WHO's vejledende grænseværdi ses der på fire ud af fem målestationer, at percentilværdierne overskrides 10 – 53% af årets dage ud over de maksimalt anbefalede 3 dage på et år. EU's grænseværdi for timemiddel (percentilværdi) er ikke overskredet på nogle af målestationerne.

NO <sub>2</sub>		EU's grænseværdi (200 µg/m <sup>3</sup> , timemiddelværdi)	WHO's vejledende grænseværdi (25 µg/m <sup>3</sup> , døgnmiddelværdi)	Andel af dage med overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi udover det tilladte
Antal tilladte værdier over grænseværdi		18	3	
Antal overskredne værdier	Krügersgade	0	38	10%
	Søtorvet	0	82	22%
	Hillerødgade	0	114	31%
	Folehaven	0	195	53%
	Backersvej	0	1	0%

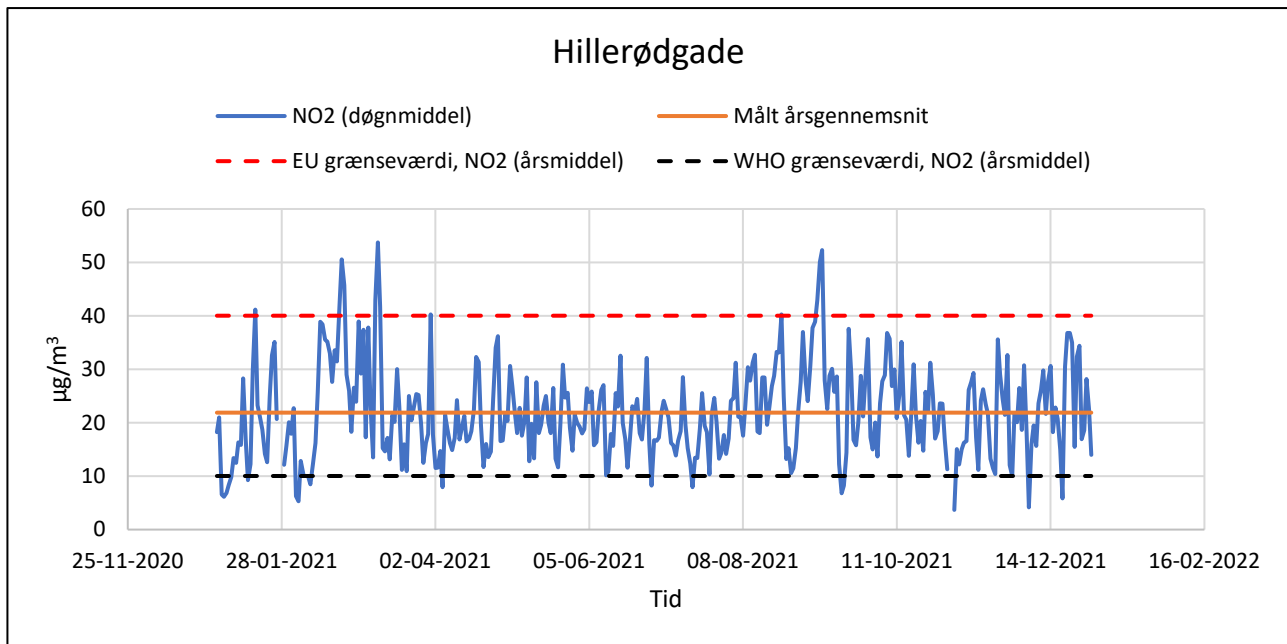
<sup>19</sup> Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



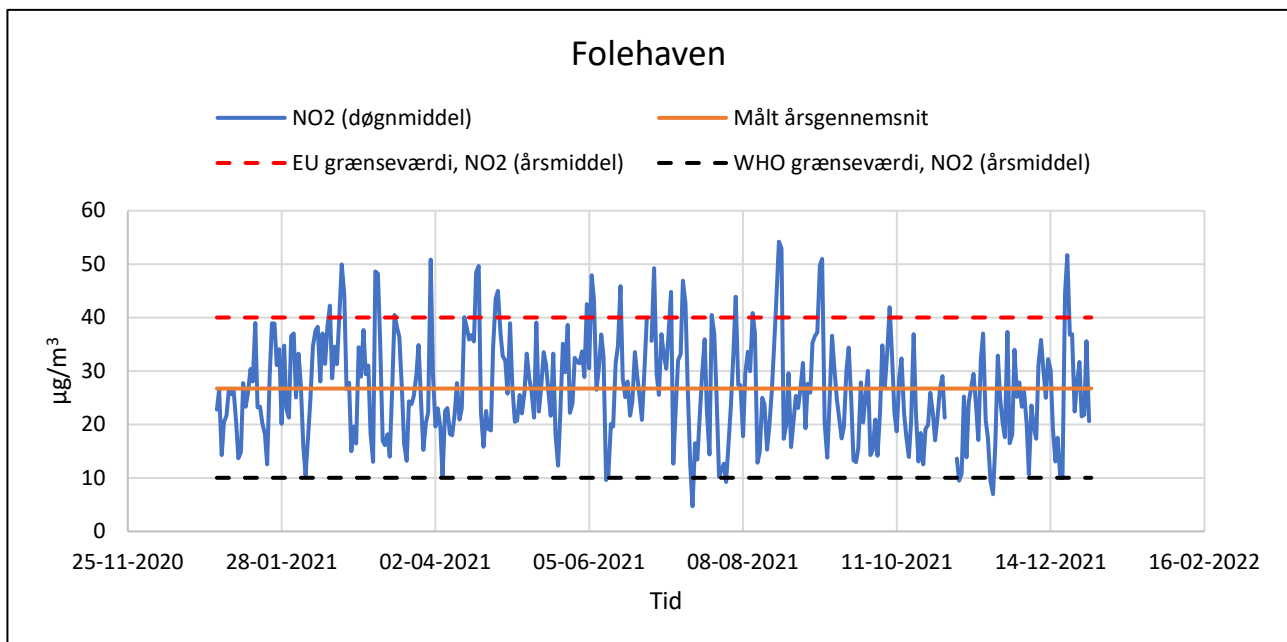
Figur 20. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO<sub>2</sub> på Krügersgade. Den røde og sorte stiplede linje angiver henholdsvis EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO<sub>2</sub> over et år.



Figur 21. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO<sub>2</sub> på Søtorvet. Den røde og sorte stiplede linje angiver henholdsvis EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO<sub>2</sub> over et år.

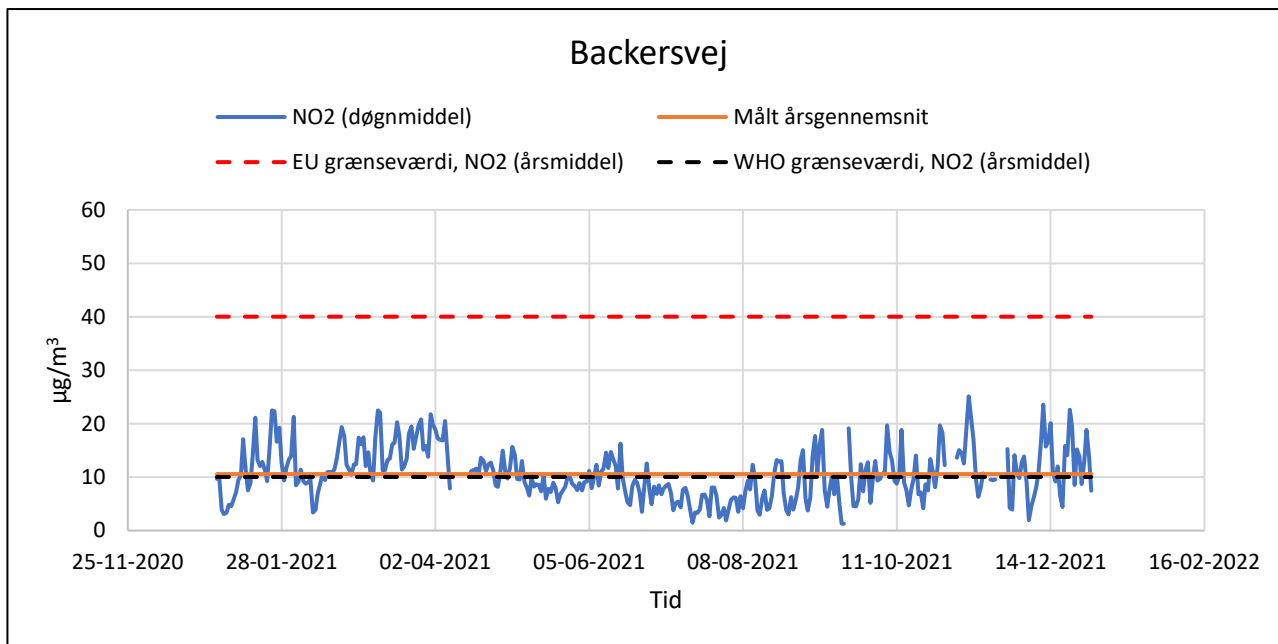


Figur 22. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO<sub>2</sub> på Hillerødgade. Den røde og sorte stiplede linje angiver henholdsvis EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO<sub>2</sub> over et år.



Figur 23. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO<sub>2</sub> på Folehaven. Den røde og sorte stiplede linje angiver henholdsvis EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO<sub>2</sub> over et år.





Figur 24. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO<sub>2</sub> på Backersvej. Den røde og sorte stiplede linje angiver henholdsvis EU’s grænseværdi samt WHO’s vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO<sub>2</sub> over et år.

Tabel 19 viser de sammenholdte årsmiddelværdier for NO<sub>2</sub> fra 2021 med årsmiddelværdien for 2020 for de fem målestationer. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker årets sidste 3-4 måneder. En direkte sammenligning mellem 2020 og 2021 skal derfor tages med forbehold. Bortset fra Søtorvet er årgennemsnittet på alle stationer steget fra 2020 til 2021.

Tabel 19. Årgennemsnit for NO<sub>2</sub> i 2020 og 2021 målt på de fem målestationer. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker de sidste 3 - 4 måneder, hvilket gør en direkte sammenligning vanskelig.

NO <sub>2</sub>	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m <sup>3</sup>				
2020	15	21	20	23	10
2021	17	18	22	27	11

Overvågning af luftkvalitet i Københavns Kommune

Tabel 20. Beregnede middelværdier og percentiler for NO<sub>2</sub> på målestationerne i henhold til EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier og percentiler 2021				
	Grænseværdi for	µg/m <sup>3</sup>	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m <sup>3</sup>				
NO <sub>2</sub>	EU	40	Årsmiddelværdi	17	18	22	27	11
NO <sub>2</sub>	WHO (vejledende)	10	Årsmiddelværdi	17	18	22	27	11
NO <sub>2</sub>	EU	200	99,8-percentil af timemiddelværdier over året <sup>20</sup>	57	70	77	86	40
NO <sub>2</sub>	WHO (vejledende)	25	99-percentil af døgnmiddelværdier over året <sup>21</sup>	33	44	48	51	22

Tabel 21. Påkrævet, procentuel reduktion af udeluftens koncentrationer af NO<sub>2</sub> i forhold til de målte 2021-koncentrationer, såfremt årsmiddelværdierne på de enkelte stationer skal leve op til WHO's reviderede, vejledende grænseværdi.

Parameter	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
		%				
NO <sub>2</sub>	Årsmiddelværdi	42	45	54	63	5

<sup>20</sup> 99,8-percentilen defineres iht. EU's grænseværdier for NO<sub>2</sub> som den timemiddelværdi, der er 19. højeste af alle de målte timemiddelværdier over året. Denne time-middelværdi må ikke overskride den angivne grænseværdi.

<sup>21</sup> 99-percentilen for NO<sub>2</sub> defineres iht. WHO's vejledende grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 4. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året. Denne døgnmiddelværdi må ikke overskride den angivne grænseværdi.

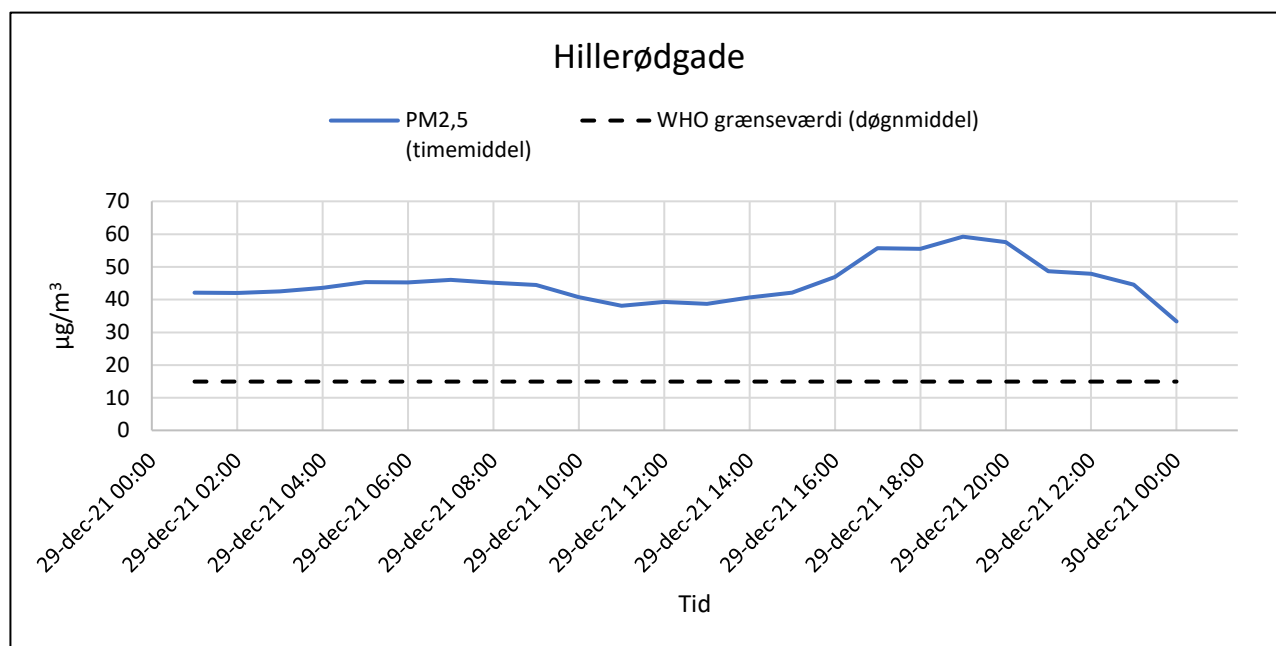
## 5 Variationer i de målte koncentrationer

### 5.1 Variationer i luftkvalitet

I det følgende afsnit vises udvalgte eksempler med henholdsvis *worst case* og *best case* døgn, vurderet ud fra de målte værdier for de enkelte parametre i måleperioden. Med *worst case* menes her et eksempel på et døgn i måleperioden, hvor den pågældende parameter vurderes at have haft et særligt højt bidrag i forhold til belastningen af luftkvaliteten. Med *best case* menes et eksempel på et døgn, hvor måleparameteren har haft et særligt lavt bidrag til belastningen af luftkvaliteten. Variationerne i luftkvaliteten er udført på baggrund af et ønske fra Københavns Kommune om at vurdere forskellene mellem *worst case* og *best case* døgn for PM<sub>2,5</sub>, BC og NO<sub>2</sub>.

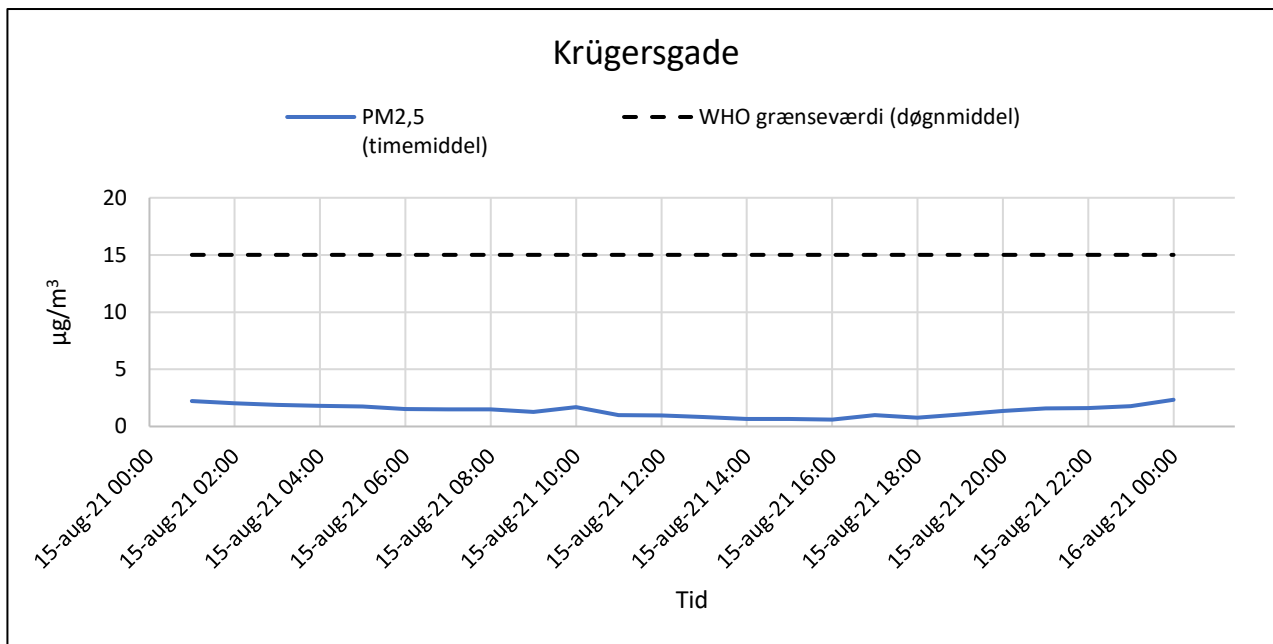
#### 5.1.1 Worst case og best case døgnmålinger for PM<sub>2,5</sub>

Figur 25 viser en graf for en vurderet *worst case* døgnmåling for PM<sub>2,5</sub>. Målingen er foretaget den 29. december 2021 på Hillerødgade. Vinden har været fra østlig retning frem til formiddagen, hvorefter vinden er drejet og kommer fra sydlig retning. Vindhastigheden var <2 m/s det meste af dagen, og dermed meget lav. I den periode måles der generelt højere partikelkoncentrationer i forhold til andre perioder af tilsvarende længde. Se evt. døgnmiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> for de enkelte målestationer i afsnit 4.1. De forholdsvis lave vindhastigheder og muligvis brug af fyrværkeri i nærheden, er formentlig årsag til de relativt høje koncentrationer.



Figur 25. *Worst case* døgn for måling af PM<sub>2,5</sub>. Målingen er foretaget på Hillerødgade den 29. december 2021. Døgn gennemsnittet er målt til 41,6 µg/m<sup>3</sup>. Den sorte stiplede linje angiver WHO's vejledende grænseværdi for døgnmiddel (percentilværdi).

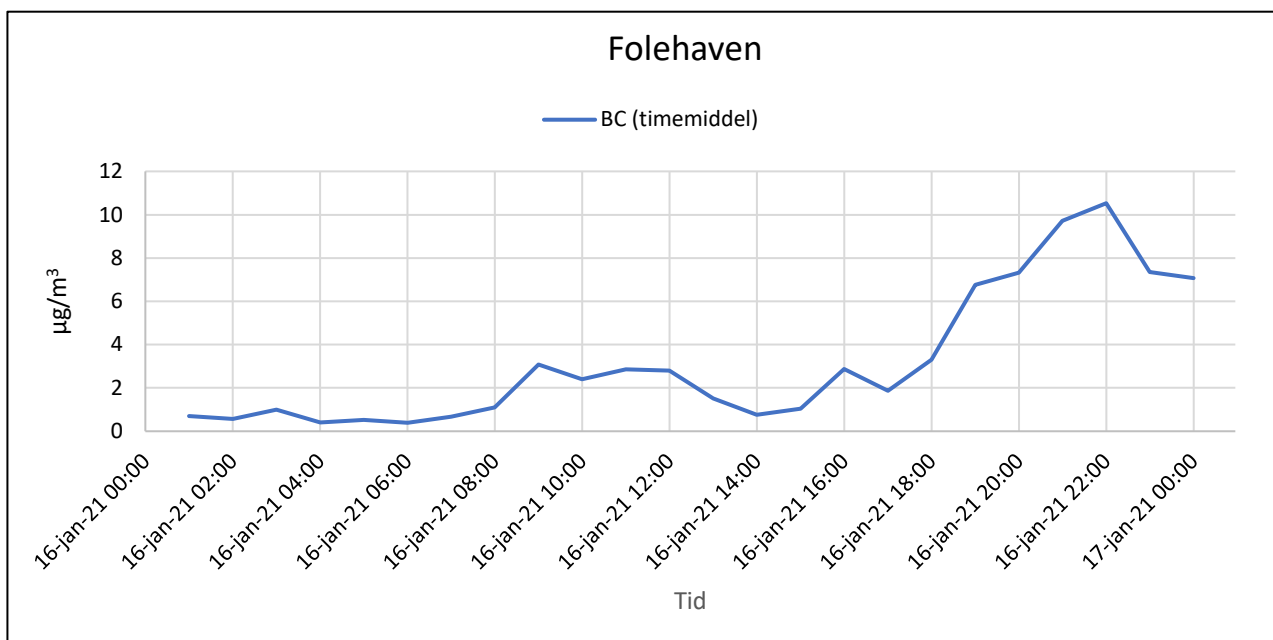
Figur 26 viser en tilsvarende *best case* døgnmåling for PM<sub>2,5</sub> fra søndag den 15. august 2021. Målingen er foretaget på Krügersgade. Vinden kom fra sydvestlig retning og middelvindhastigheden var omkring 4 - 7 m/s. Den 15. august 2021 var en søndag, hvor trafikintensiteten på vejen har været begrænset.



Figur 26. *Best case* døgn for måling af PM<sub>2,5</sub>. Målingen er foretaget på Krügersgade den 15. august 2021. Døgn gennemsnittet er målt til 1,3 µg/m<sup>3</sup>. Den sorte stiplede linje angiver WHO’s vejledende døgnmiddel grænseværdi (percentilværdi).

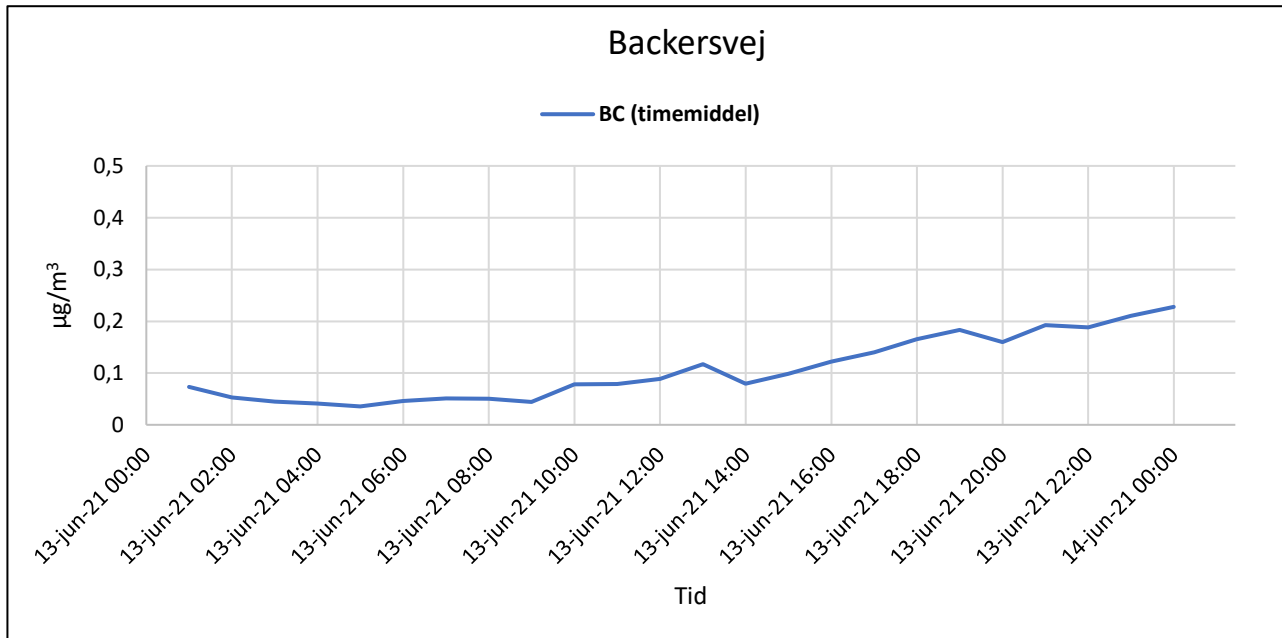
### 5.1.2 Worst case og best case døgnmålinger for Black Carbon

Figur 27 viser en *worst case* døgnmåling for BC. Målingen er foretaget på Folehaven den 16. januar 2021 og viser især en forholdsvis høj koncentration fra kl. 19 – 24. Den relativt høje koncentration af BC sammenfalder med lav vindhastighed: Middelvindhastigheden i aften timerne var <1 m/s, og luftskiftet omkring målestationen har derfor været forholdsvis lavt på dette tidspunkt.



Figur 27. *Worst case* døgn for måling af BC. Målingen er foretaget på Folehaven den 16. januar 2021. Døgn gennemsnittet er målt til 3,2 µg/m<sup>3</sup>.

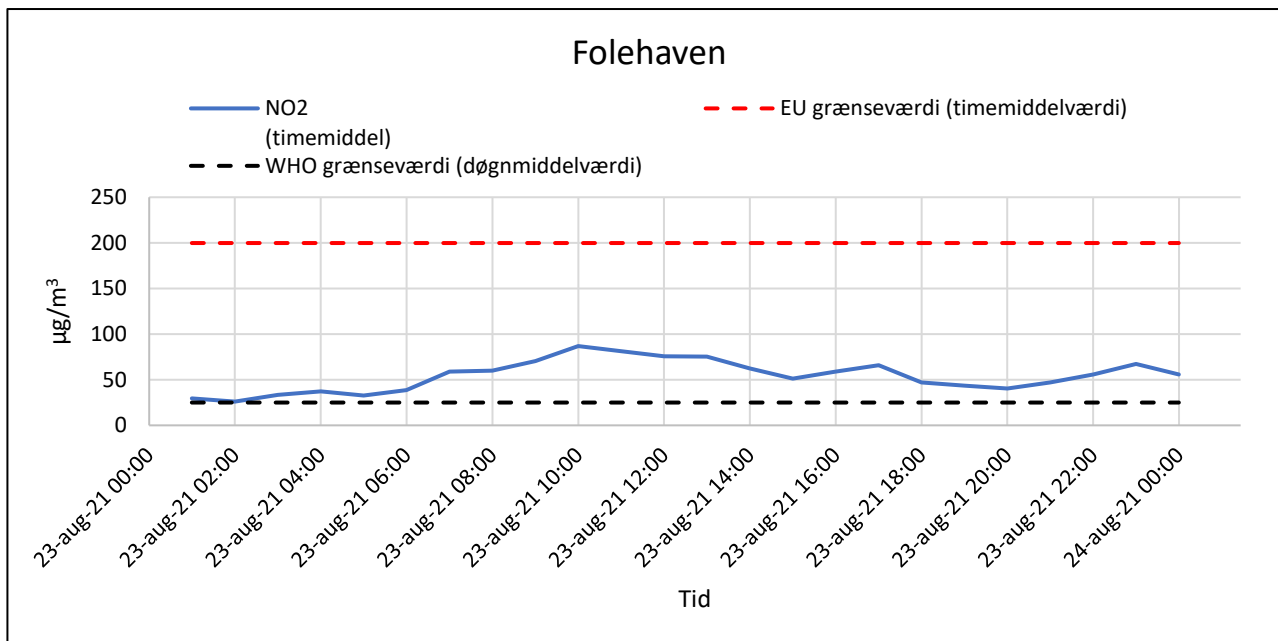
Figur 28 viser en tilsvarende *best case* døgnmåling for BC fra søndag den 13. juni 2021 på Backersvej. Mid-delvinden var 5 – 8 m/s fra vestlig retning. Disse vejræssige forhold samt den forventede lave aktivitet på vejene om søndagen er formentlig skyld i at koncentrationen af BC har været lav den pågældende dag. Temperaturen i dagtimerne har ligget mellem 16 – 20 °C, så der forventes ikke at have været bidrag fra brændeovne i perioden.



Figur 28. *Best case* døgn for måling af BC. Målingen er foretaget på Backersvej den 13. juni 2021. Døgngennemsnittet er målt til 0,1 µg/m<sup>3</sup>.

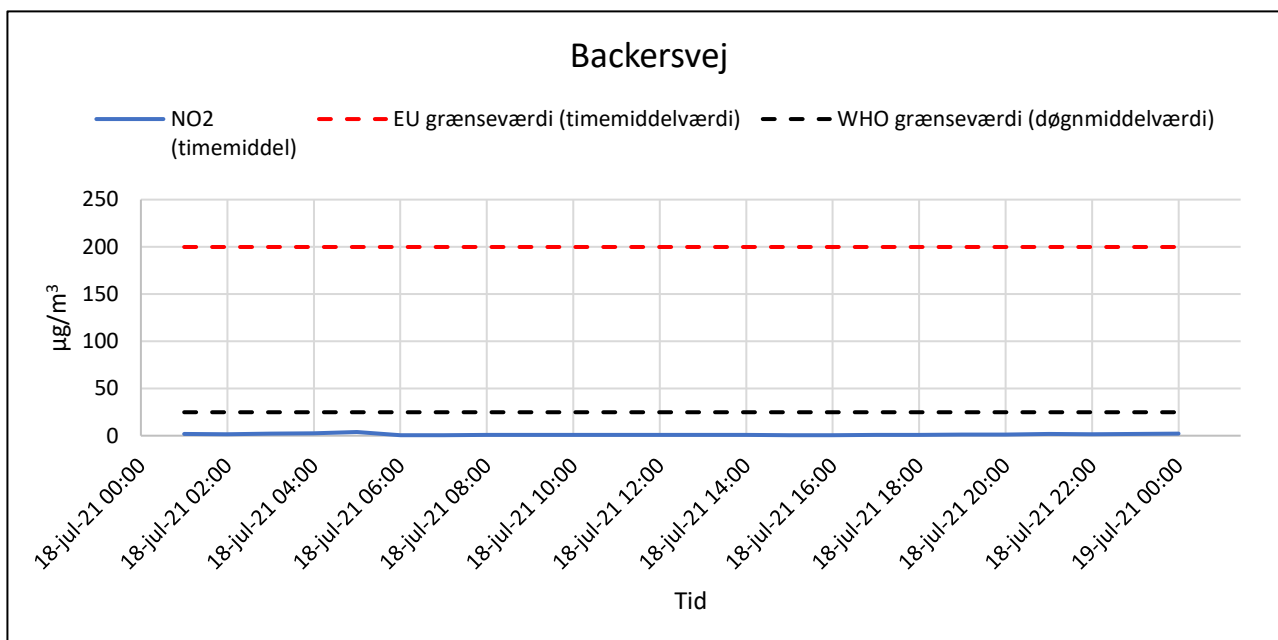
### 5.1.3 Worst case og best case døgnmålinger for NO<sub>2</sub>

Figur 29 viser en *worst case* døgnmåling for NO<sub>2</sub>. Målingen er foretaget på Folehaven mandag den 23. august 2021. Grafen viser en forholdsvis høj koncentration i morgen- og dagtimerne fra kl. 7 – 14. Vinden har været svag (2 m/s) fra nordlig retning. Om eftermiddagen øgedes vindhastigheden til ca. 4 m/s. De relativt høje koncentrationer skyldes muligvis en kombination af høj trafikintensitet og lave vindhastigheder.



Figur 29. *Worst case* døgn for måling af NO<sub>2</sub>. Målingen er foretaget på Folehaven den 23. august 2021. Døgn gennemsnittet er målt til 54 µg/m<sup>3</sup>.

Figur 30 viser en *best case* døgnmåling for NO<sub>2</sub>. Målingen er foretaget på Backersvej søndag den 18. juli 2021. Middelvinden har ligget omkring 5 – 8 m/s fra vestlig retning. Trafikintensiteten i weekenden må desuden forventes at være lavere end på tilsvarende hverdage. Disse forhold er formentlig skyld i at koncentrationen af NO<sub>2</sub> har været lav den pågældende dag. Temperaturen har ligget mellem 20 – 22 °C, så der forventes ikke at have været bidrag fra brændeovne i perioden.



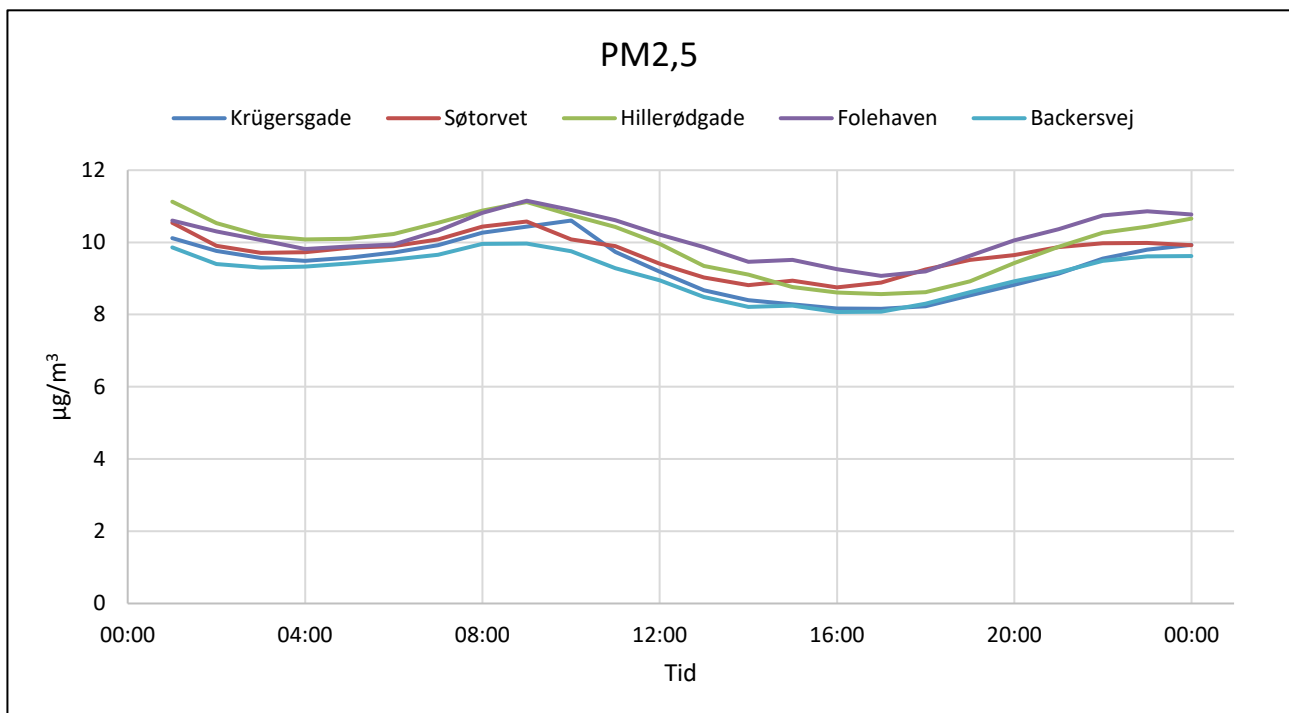
Figur 30. *Best case* døgn for måling af NO<sub>2</sub>. Målingen er foretaget på Backersvej den 18. juli 2021. Døgn gennemsnittet er målt til 1,5 µg/m<sup>3</sup>.

## 5.2 Luftkvaliteten på hverdage

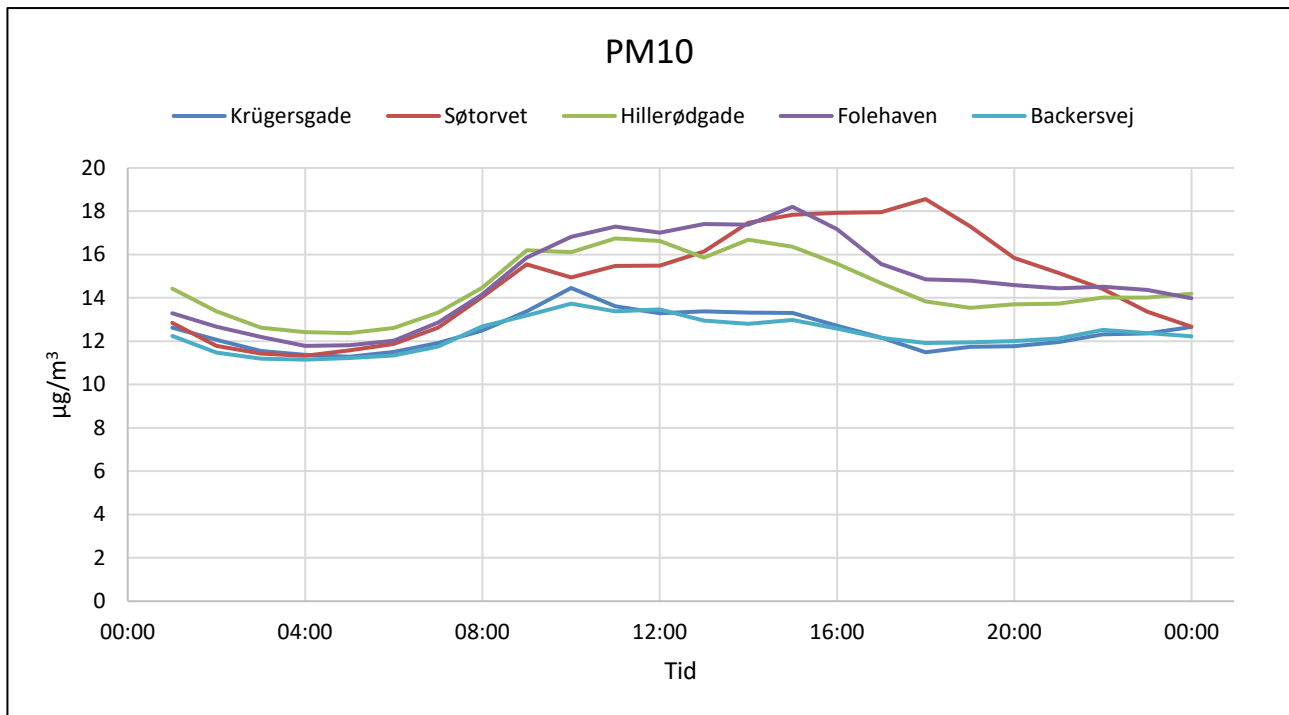
Figur 31 – Figur 35 viser grafer, der repræsenterer gennemsnitlige døgn for henholdsvis PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PN, BC og NO<sub>2</sub>. Resultaterne angives som timeværdier baseret på valide timemiddelværdier på hverdage for de enkelte målestationer. Bemærk at timerne er slutstempet, dvs. perioden mellem fx kl. 13 – 14 er angivet som kl. 14 på graferne.

På graferne ses en variation af de gennemsnitlige timemiddelværdier, beregnet ud fra de enkelte timer i døgnet på alle hverdage i måleperioden. De gennemsnitlige timemiddelværdier følger generelt døgnrytmen for intensiteten af vejtrafikken. Specielt morgen- og formiddagstrafikken kan identificeres for de fleste parametre. De gennemsnitlige timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> viser dog lidt forskudte koncentrationstoppe i forhold til PN, BC og NO<sub>2</sub>. De gennemsnitlige timemiddelværdier for PN, BC og NO<sub>2</sub> er tydeligt højere på Folehaven sammenlignet med Hillerødgade, Backersvej og Krügersgade. Den generelle døgnvariation for PM<sub>2,5</sub> er meget ens for målestationerne. Laveste koncentrationer ses på de mindre trafikerede veje fx Backersvej og Krügersgade. Døgnvariationerne for PM<sub>10</sub> viser ligeledes, at højeste koncentrationer generelt måles på Folehaven. Målinger fra Sørtorvet viser dog en lidt atypisk koncentrationsfordeling for PM<sub>10</sub>. Det kan muligvis tilskrives ophvirvlet støv i tørre perioder grundet færdslen og aktivitetsniveauet på de grusbelagte stier nærved.

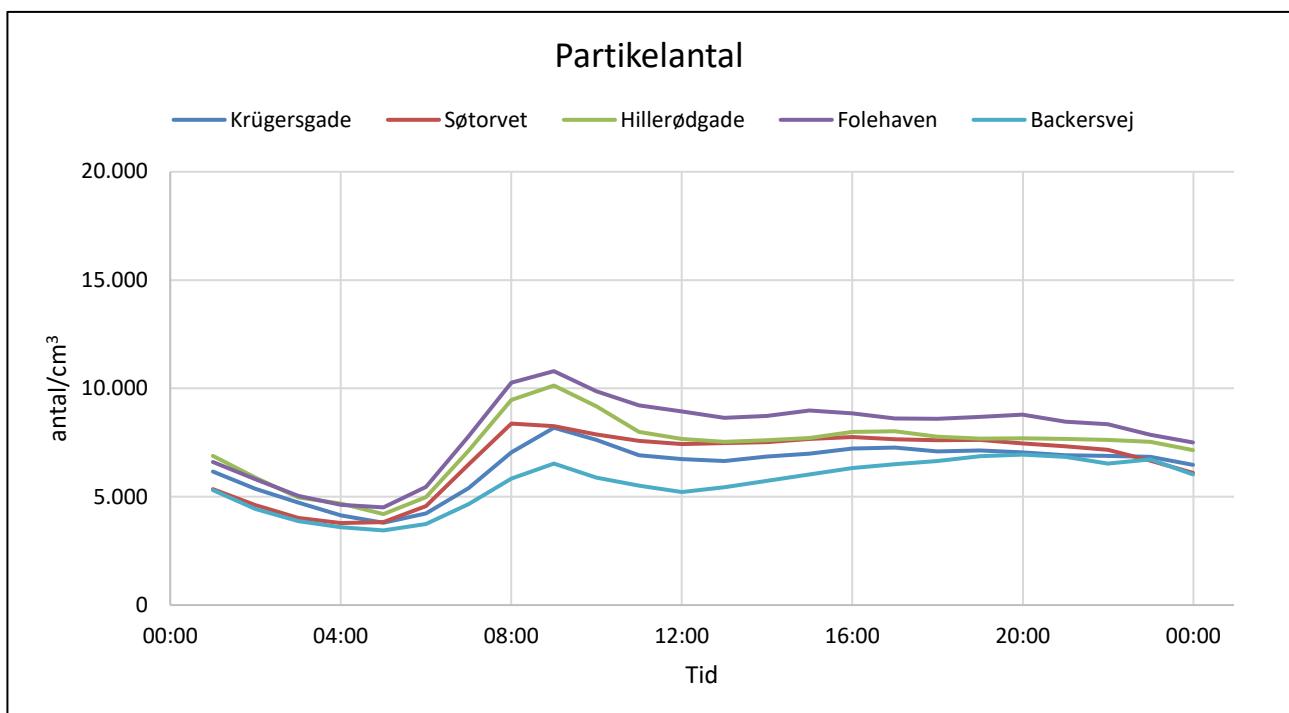
Tydeligst ses variation af de gennemsnitlige timemiddelværdier for NO<sub>2</sub>. Denne parameter er forbundet med udledningen fra dieselmotorer. Højeste koncentrationer ses i myldretiden omkring kl. 7 – 9. Om eftermiddagen ses den næste koncentrations-top omkring kl. 15 – 17. Koncentrationstoppen om eftermiddagen er mindre udtalt, hvilket kan skyldes, at eftermiddagstrafikken i København er spredt ud over et større tidsrum i forhold til morgentrafikken. Måleperioden har dog været præget af perioder med COVID-19 nedlukning og forskudte arbejdstider, hvilket formodes at have influeret på antallet af biler på vejene, og dermed i nogen grad på de målte koncentrationer.



Figur 31. Gennemsnitlige timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> på hverdage.

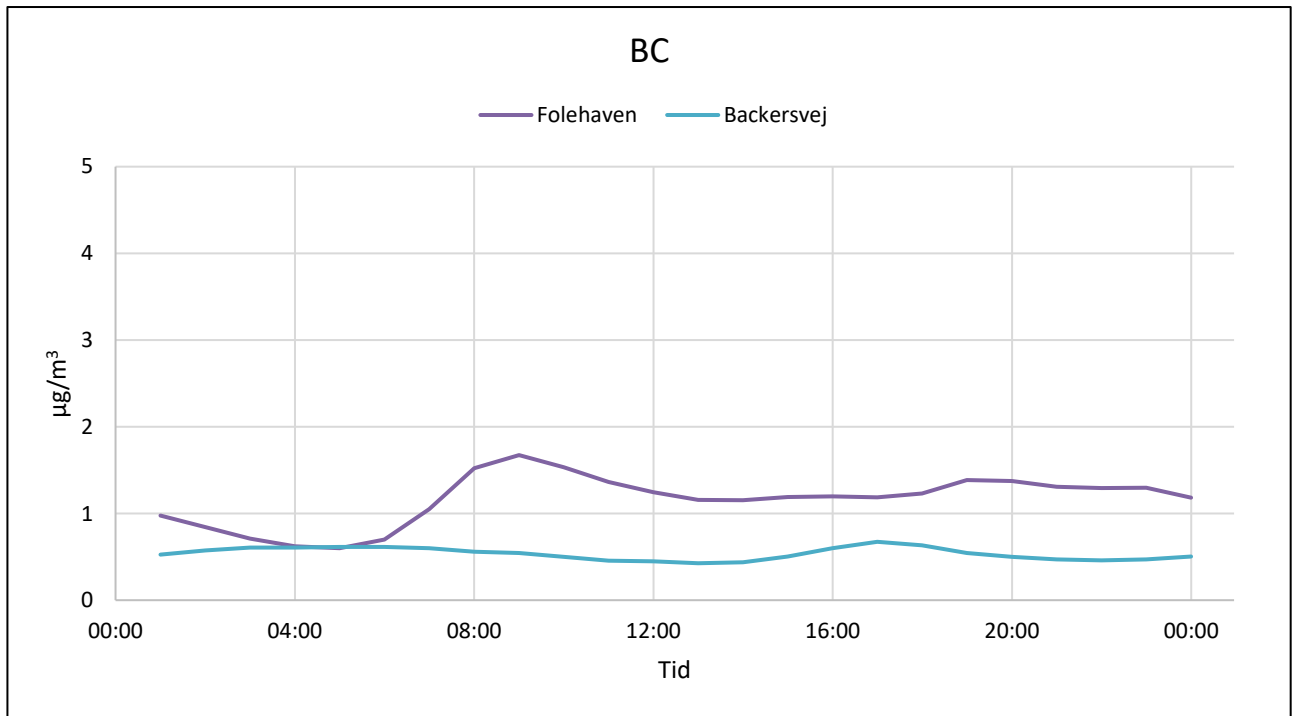


Figur 32. Gennemsnitlige timemiddelværdier for PM<sub>10</sub> på hverdage.

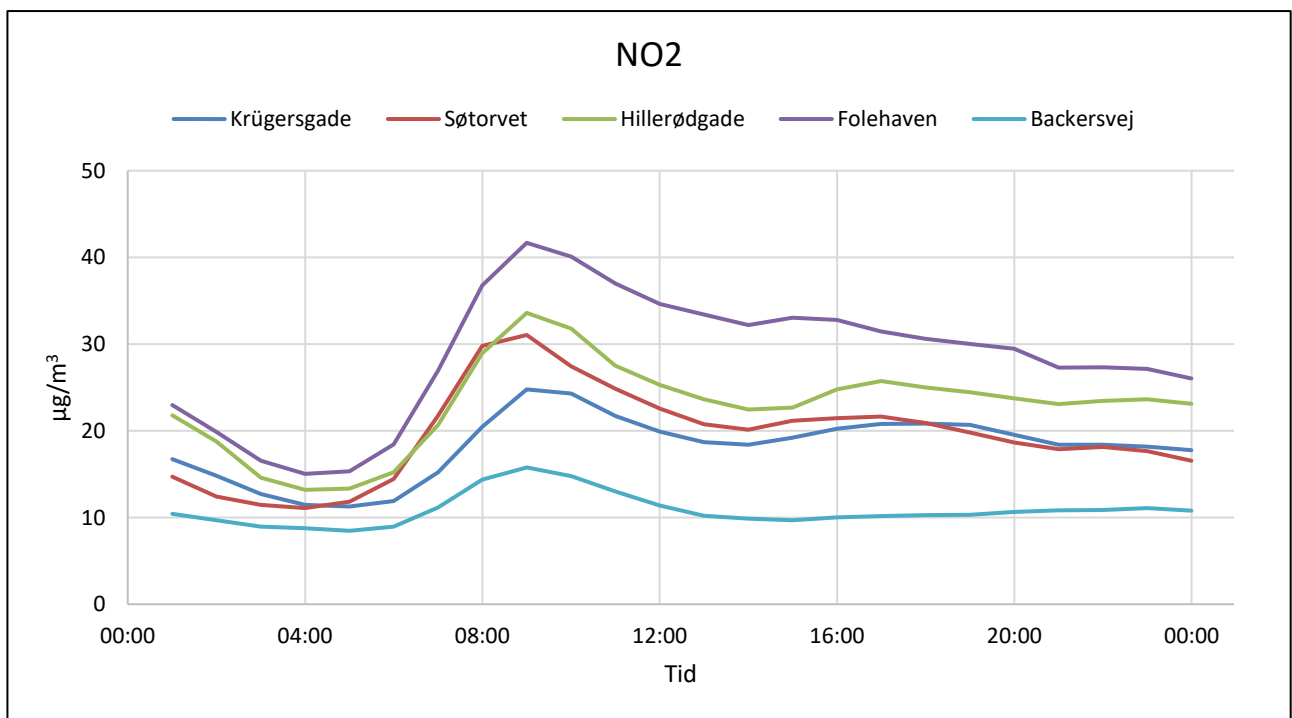


Figur 33. Gennemsnitlige timemiddelværdier for PN på hverdage.





Figur 34. Gennemsnitlige timemiddelværdier for BC på hverdage.



Figur 35. Gennemsnitlige timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> på hverdage.

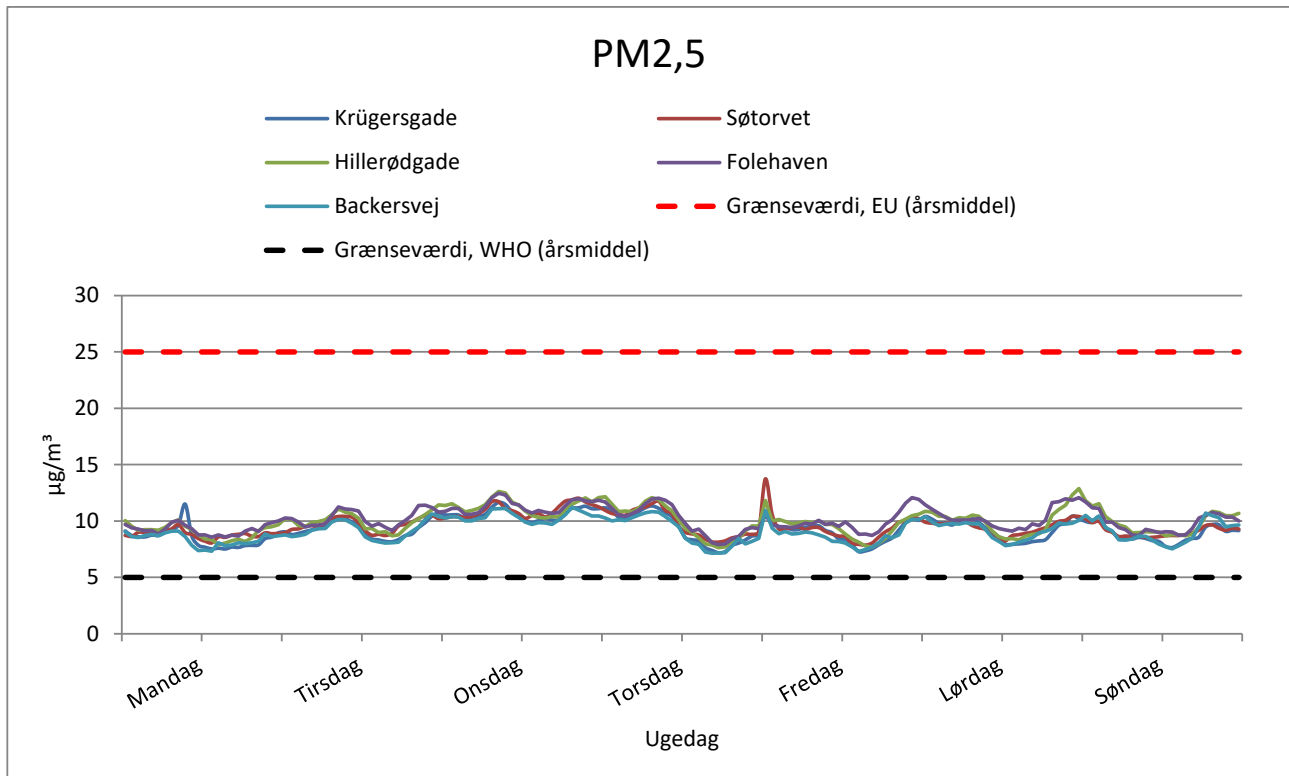
### 5.3 Sammenstilling af døgnvariationer

Figur 36 – Figur 40 viser en sammenstilling af det gennemsnitlige forureningsniveau for henholdsvis PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PN, BC og NO<sub>2</sub> for de enkelte ugedage. EU's Grænseværdier (årsmiddel) samt WHO's anbefalede grænseværdier (årsmiddel) for henholdsvis PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>2</sub> er angivet på graferne.

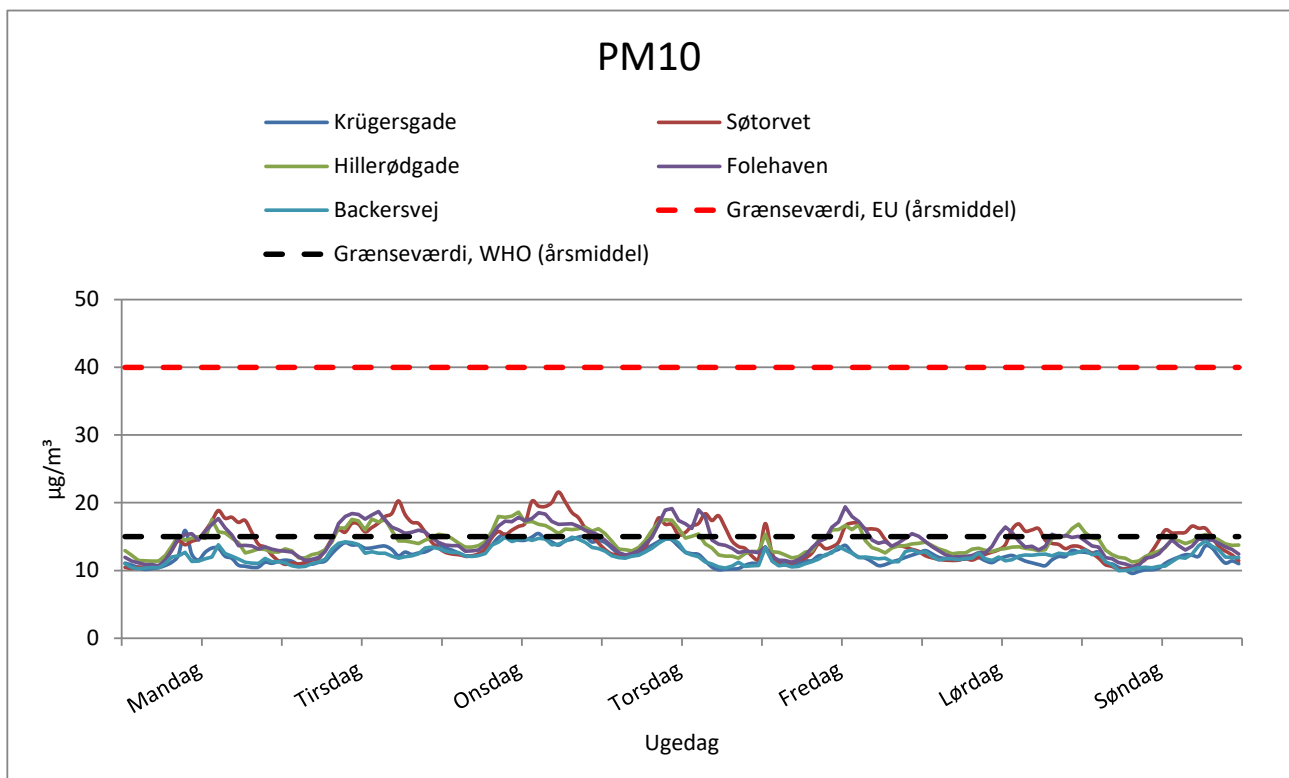
De gennemsnitlige døgnvariationer for PM<sub>2,5</sub> viser kun begrænsede tegn på at udledningen er betinget af trafik. Forskellen i de målte koncentrationer mellem de enkelte målestationer viser at PM<sub>2,5</sub> generelt er mere regionalt betinget og et udtryk for langtransport af partikler. Koncentrationen af PM<sub>10</sub> er lavere i weekenden, hvilket eventuelt kan tilskrives en lavere trafikintensitet (vejstøv), og at støvende anlægsarbejde mm. primært foretages i hverdagene. De gennemsnitlige døgnværdier for PM<sub>10</sub> ligger generelt under EU's grænseværdi mens WHO's vejledende grænseværdi overholdes det meste af tiden. De gennemsnitlige døgnværdier for PM<sub>2,5</sub> ligger generelt under EU's grænseværdi, men WHO's vejledende og reviderede grænseværdi er overskredet alle ugedage i måleperioden. Der forefindes en tydelig spidsværdi omkring midnat mellem torsdag og fredag for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>. Dette skyldes i særdeleshed de høje koncentrationer, som blev målt lige efter midnat nytårsaftensdag (fredag den 1. januar 2021). De forhøjede PM-niveauer i de første timer af 2021 kan observeres fra tidsserierne præsenteret i Bilag D.

De gennemsnitlige døgnvariationer for PN, BC og NO<sub>2</sub> viser mere tydelige tegn på udledninger, der er forbundet med trafikintensiteten. Dette kan dels observeres via korrelationer med forventet trafikintensitet i løbet af et typisk døgn, og dels via tydelige forskelle mellem hverdage og lørdage/søndage, hvor intensiteten i pendlertrafik typisk er meget forskellige. Målingen af BC på Backersvej er dog en undtagelse, hvilket skyldes, at målestationen ligger i et villakvarter, hvor variationer i trafikintensiteten i løbet af et døgn ikke er så udtalt som på fx Folehaven. For PN (Figur 38) er partikelkoncentrationen som forventet lavere i weekenden i forhold til hverdage. Måleperioden har dog været præget af perioder med COVID-19 nedlukning og forskudte arbejdstider, hvilke kan influere på antallet af biler på vejene.

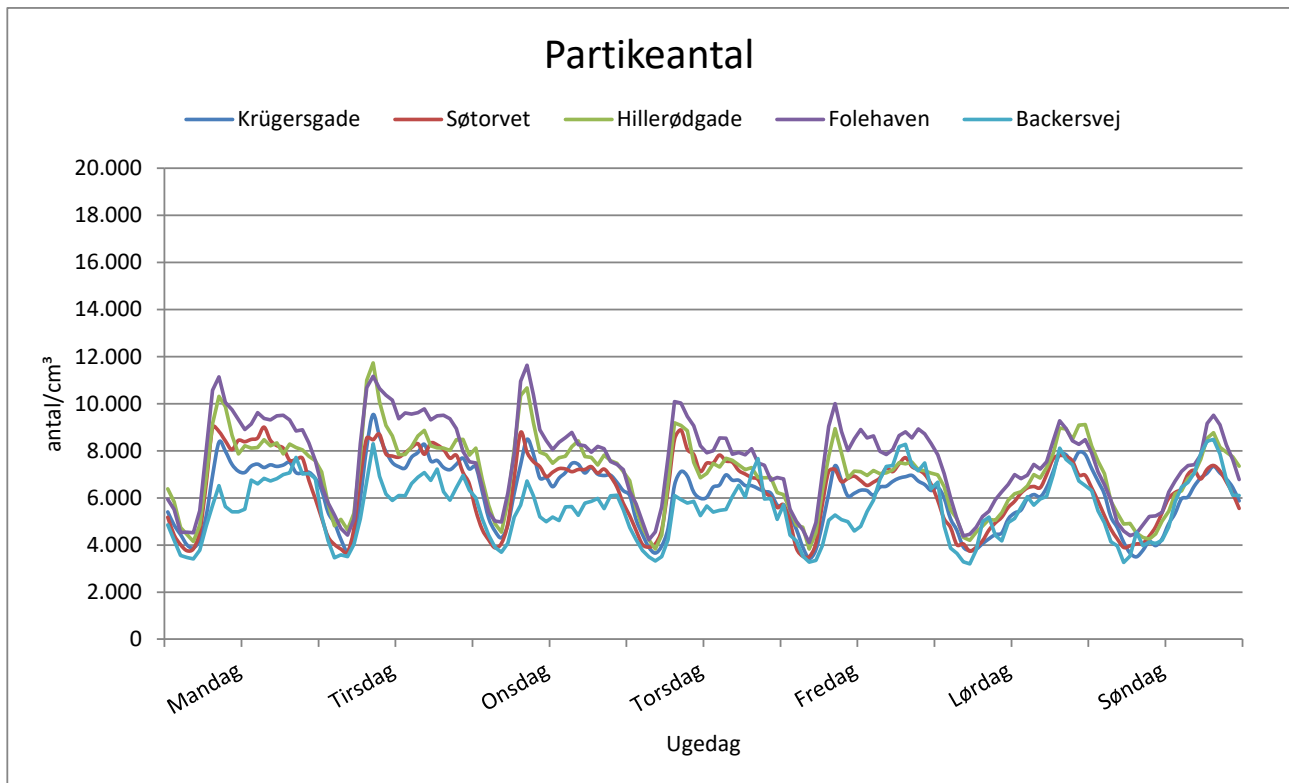
Figur 40 viser de gennemsnitlige døgnvariationer af NO<sub>2</sub>. Her ses en tydeligere variation af koncentrationer målt på hverdage og i weekenden. Målingerne på Backersvej er generelt lavest, mens især Folehaven topper de målte koncentrationer i perioden. EU's grænseværdi (årsmiddel) er dog i gennemsnit overholdt de fleste dage bortset fra hverdagens morgenmyldretid på Folehaven. De i Tabel 18 viste overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi for NO<sub>2</sub> skyldes som illustreret i Figur 40 i høj grad myldretidstrafikken.



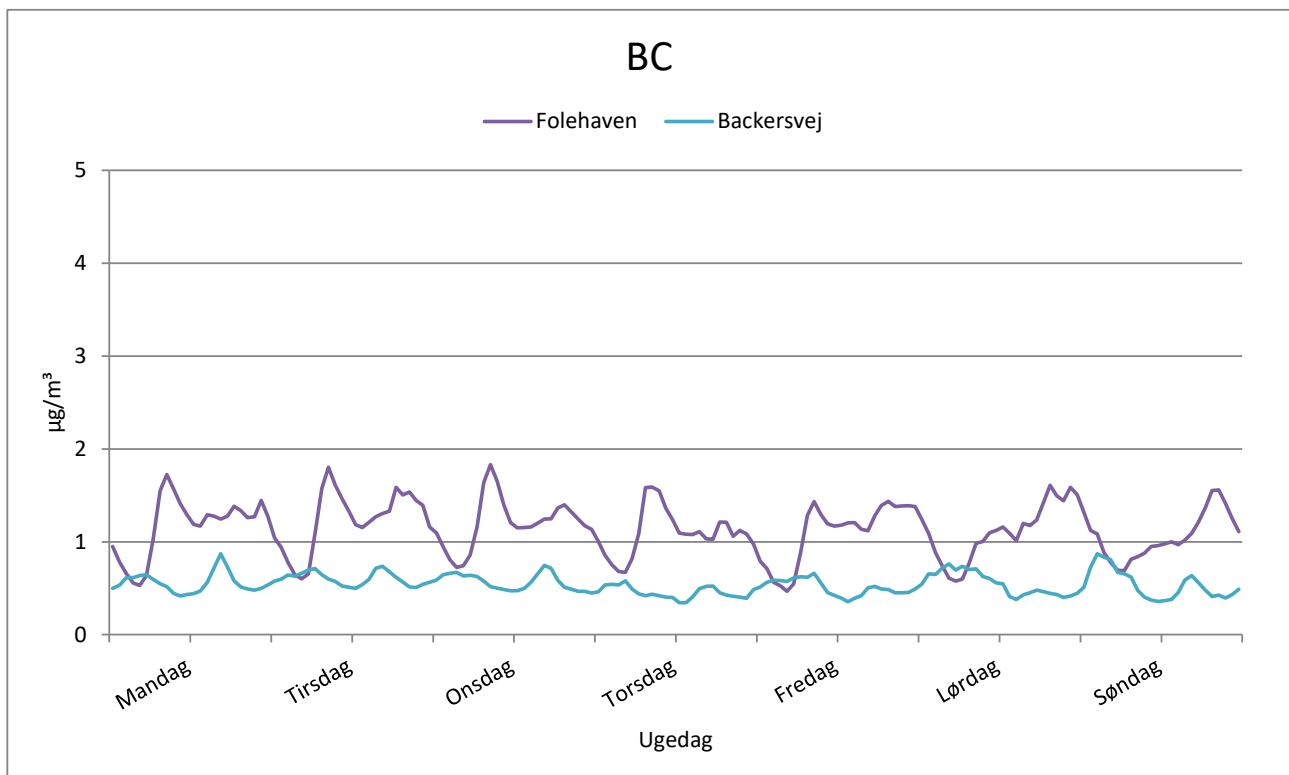
Figur 36. Gennemsnitlige døgnvariationer for PM<sub>2,5</sub> fordelt på ugedage.



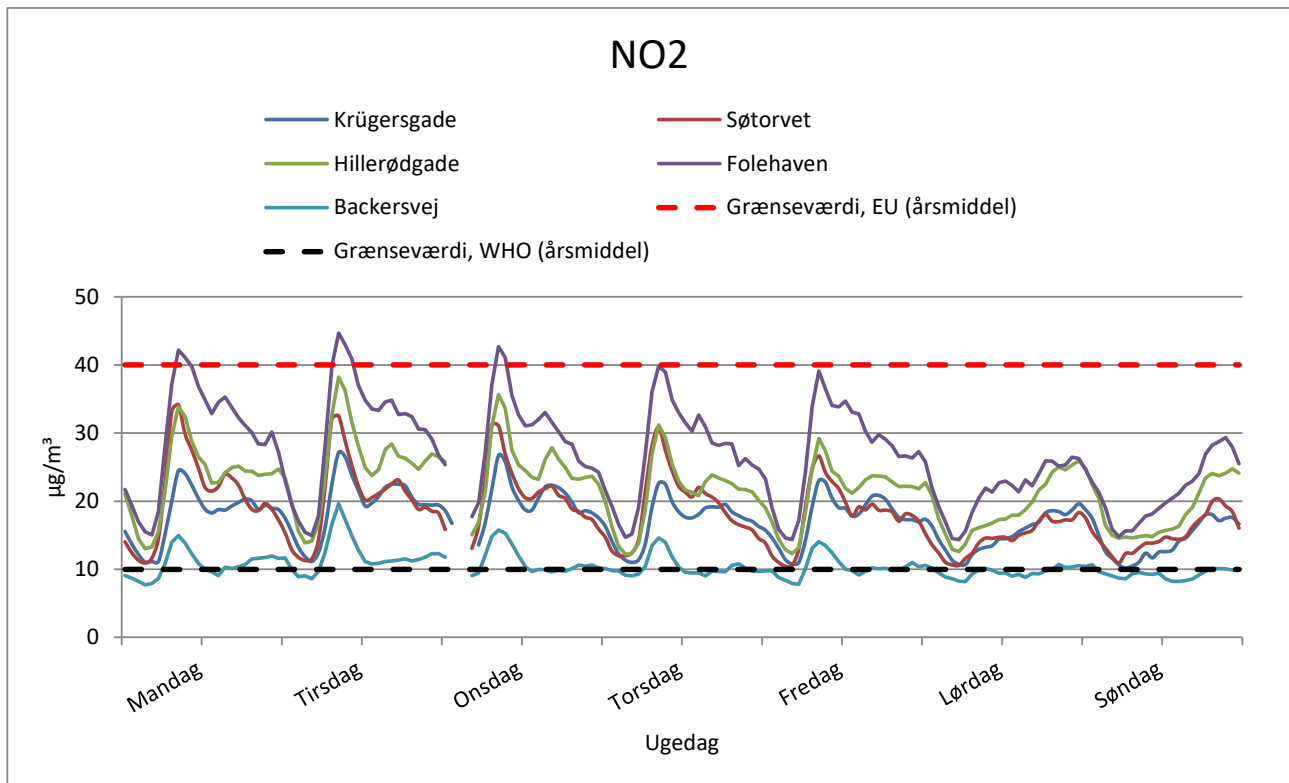
Figur 37. Gennemsnitlige døgnvariationer for PM<sub>10</sub> fordelt på ugedage.



Figur 38. Gennemsnitlige døgnavariationer for PN fordelt på ugedage.



Figur 39. Gennemsnitlige døgnavariationer for black carbon (BC) fordelt på ugedage.



Figur 40. Gennemsnitlige døgnvariationer for NO<sub>2</sub> fordelt på ugedage.

## Bilag A Målemetoder

### Partikulær masse (svævestøv), PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>

PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> angiver den masse af de opsamlede partikler, der har en aerodynamisk diameter, som er mindre end henholdsvis 2,5 µm og 10 µm. Partiklerne måles optisk når partiklerne eksponeres for laserlys i instrumentets målekammer. Når lyset rammer partiklerne i gasstrømmen, spredes lyset, og et sæt af detektorer måler intensiteten af lysspredningen. Intensiteten af det reflekterede lys er proportional med størrelsen på partiklerne, og antallet af lyspulser er en funktion af koncentrationen af partikler og flowet af gassen. På den måde kan lysspredningen omregnes til koncentration af partikler som funktion af både antal og størrelse. I udregningen til partikelmasse indgår nogle antagelser omkring de optiske egenskaber og massefylden for de målte partikler. Disse gennemsnitlige partikelegenskaber kan forventes at være forskellige i miljøer, hvor forskellige partikeltyper dominerer. Derfor er det almindeligt at sammenligne de optisk målte partikelmasser med en referencemetode. Derved kan der bestemmes en korrektionsfaktor til de optiske målinger, således at der opnås god overensstemmelse i forhold til referencemetoden. Den optiske måler er ved forskellige lejligheder blevet sammenlignet med gravimetriske målinger efter EN12341.

Tidligere har der på de fem målestationer i Københavns Kommune været anvendt en korrektionsfaktor (K) på 0,91 til PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> data. Fra juni til august, 2022 blev der gennemført en ny række sammenlignende målinger på HC Andersens Boulevard (HCAB) i et samarbejde mellem FORCE Technology og Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE), Aarhus Universitet. Der blev opnået 62 data punkter for både PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, hvor forholdende på HCAB vurderedes 'almindelige' (2 døgn (8.+9. juni) med omfattende vejarbejde og deraf følgende usædvanlige forureningsforhold er blevet ekskluderet fra analysen). I tillæg udførte FORCE Technology sammenlignende målinger på målestationen i Hillerødgade i april, 2022 – med en total på 5 målepunkter for PM<sub>10</sub>. Ovennævnte aktiviteter har muliggjort opnåelse af en mere velbestemt korrektionsfaktor til den optiske måler, når instrumentet anvendes i trafikerede miljøer i København.

De udledte korrektionsfaktorer (K) er som følger:

For PM<sub>2,5</sub>: K<sub>PM<sub>2,5</sub></sub> er bestemt til 0,99 med en usikkerhed på ± 4.0% på 95% konfidensniveau baseret på 62 målepunkter fra HCAB.

For PM<sub>10</sub>: K<sub>PM<sub>10</sub></sub> er bestemt til 1,03 med en usikkerhed på ± 4.1% på 95% konfidensniveau baseret på 67 målepunkter (62 fra HCAB samt 5 fra Hillerødgade)

I Bilag E nedenfor præsenteres en sammenligning af PM niveauerne for 2020 udledt baseret på den tidligere korrektionsfaktor relativt til anvendelse af de nye korrektionsfaktorer fra 2022.

Måleområde: 0 - 1.500 µg/m<sup>3</sup>

### Partikelantal, PN

Der anvendes en Condensation Particle Counter (CPC) til at måle partikelkoncentrationer i den omgivende luft. Prøvegassen ledes gennem et kammer med mættede butanoldampe. Efterfølgende afkøles gassen i en kondensator så den partikelholdige prøvegass overmættes. Dette får butanolen til at kondensere på partiklerne så de vokser sig store nok til, at de kan bestemmes optisk. En CPC kan måle partikler større end en bestemt cut-off størrelse, som er en funktion af den overmætning, der opnås i kondensatorafsnittet for en given CPC.

Måleområde (partikelstørrelse): 7 - 1000 nm

Måleområde (partikelantal): op til  $10^7$  antal/cm<sup>3</sup>

## **Black Carbon, BC**

En kendt gasstrøm passerer gennem et aethalometer, hvori partiklerne deponeres på et filter. En lyskilde med tilførende sensorer måler, hvor meget lyset ved en række specifikke bølgelængder dæmpes over filteret. Lysdæmpningen er proportional med koncentrationen af lysabsorberende stof i den opsamlede luftstrøm. Ud fra den målte lysdæmpning foretages en beregning af den gennemsnitlige koncentration af absorberende partikler i gasstrømmen.

Resultaterne fra den multispektrale analyse kan anvendes til vurdering af partikulært black carbon fra henholdsvis fossile kilder (BC<sub>FF</sub>) og afbrænding af biomasse (BC<sub>WB</sub>).

Måleområde: 0 – 100 µg/m<sup>3</sup>

## **NO<sub>x</sub> (NO og NO<sub>2</sub>)**

NO<sub>2</sub>-koncentrationen bestemmes med en kemiluminiscens monitor (CLD) med indbygget konverter (NO<sub>2</sub> til NO). Måleværdien for NO<sub>2</sub> er differencen mellem de målte værdier for NO<sub>x</sub> og NO. Denne målemetode er referencemetoden til luftkvalitetsmålinger af NO<sub>x</sub> og NO i udeluft, der anvendes til bestemmelse af NO<sub>2</sub>.

Måleområde: 0 – 1000 ppb (parts per billion)

Reference: EN 14211

## Bilag B Datakvalitet og datafangst

Tabel 22 - Tabel 26 viser en oversigt over datafangst, dvs. hvor stor en andel af valide data, der er opnået ved måling i perioden jf. kravene i Luftkvalitetsdirektivet EN 2008/50/EF samt opgavens udbudsmateriale.

Parameter	Datafangst		Minumumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM <sub>10</sub>	99%	99%	90%
PM <sub>2,5</sub>	99%	99%	90%
BC	-	-	75%
PN	98%	97%	75%
NO <sub>2</sub>	98%	99%	90%

Tabel 22. Krügersgade. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minumumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM <sub>10</sub>	99%	99%	90%
PM <sub>2,5</sub>	99%	99%	90%
BC	-	-	75%
PN	98%	98%	75%
NO <sub>2</sub>	97%	99%	90%

Tabel 23. Søtorvet. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minumumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM <sub>10</sub>	99%	99%	90%
PM <sub>2,5</sub>	99%	99%	90%
BC	-	-	75%
PN	99%	99%	75%
NO <sub>2</sub>	97%	99%	90%

Tabel 24. Hillerødgade. Datafangst for perioden.



Parameter	Datafangst		Minimumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM <sub>10</sub>	99%	99%	90%
PM <sub>2,5</sub>	99%	99%	90%
BC	99%	99%	75%
PN	97%	97%	75%
NO <sub>2</sub>	99%	99%	90%

Tabel 25. Folehaven. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minimumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM <sub>10</sub>	99%	99%	90%
PM <sub>2,5</sub>	99%	99%	90%
BC	99%	98%	75%
PN	99%	98%	75%
NO <sub>2</sub>	95%	95%	90%

Tabel 26. Backersvej. Datafangst for perioden.

## Bilag C Kontaktinformation

### Om FORCE Technology

FORCE Technology er en selvejende organisation og GTS-Institut, der udbyder en bred vifte af uvildig service og rådgivning til myndigheder og industrivirksomheder. Opgaver vedrørende luftkvalitetsmålinger er forankret i Afdelingen for Clean Air Technologies.

Afdelingen for Clean Air Technologies beskæftiger sig med målinger af immissioner (luftkvalitet i udeluft), emissioner, spredningsberegninger, indeklima, lugt og livscyklusanalyser (LCA) af produkter. Desuden er afdelingen udpeget som Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for måling af emissioner til luften. Afdelingen har mange års erfaring med opsætning og drift af monitorer til måling af luftkvalitet samt rådgivning og rapportering af data.

### Medarbejdere

#### **Frantz Bræstrup, specialist, ph.d. (projektleder)**

Ekspert i partikel- og gasmålinger fra stationære og mobile kilder. Har arbejdet med luftkvalitetsmålinger gennem 9 år.

#### **Thomas Bjerring Kristensen, specialist, ph.d.**

Specialist i aerosolfysik og atmosfærekemi. Har stor ekspertise omkring aerosolpartikler gennem 15 års forskningsarbejde indenfor feltet.

#### **Marcus Levin, specialist, ph.d.**

Specialist i nanopartikler. Har arbejdet med luftkvalitetsmålinger og luftforureningens skadelige virkninger gennem sit tidligere arbejde hos Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.

#### **Karsten Fuglsang, F&U koordinator og fagområdeansvarlig for luftkvalitet**

Projektkoordinator og ansvarlig for udviklingen af teknologiske serviceydelser til luftkvalitet. Karsten Fuglsang er desuden fagområdeansvarlig for afdelingens aktiviteter inden for luftkvalitet.

#### **Tommy Hansen, Tekniker**

Erfaren tekniker inden for drift, kalibrering og service af målestationer og monitorer til luftkvalitet.

#### **Dan Eckberg, Tekniker**

Erfaren tekniker inden for drift, kalibrering og service af målestationer og monitorer til luftkvalitet.

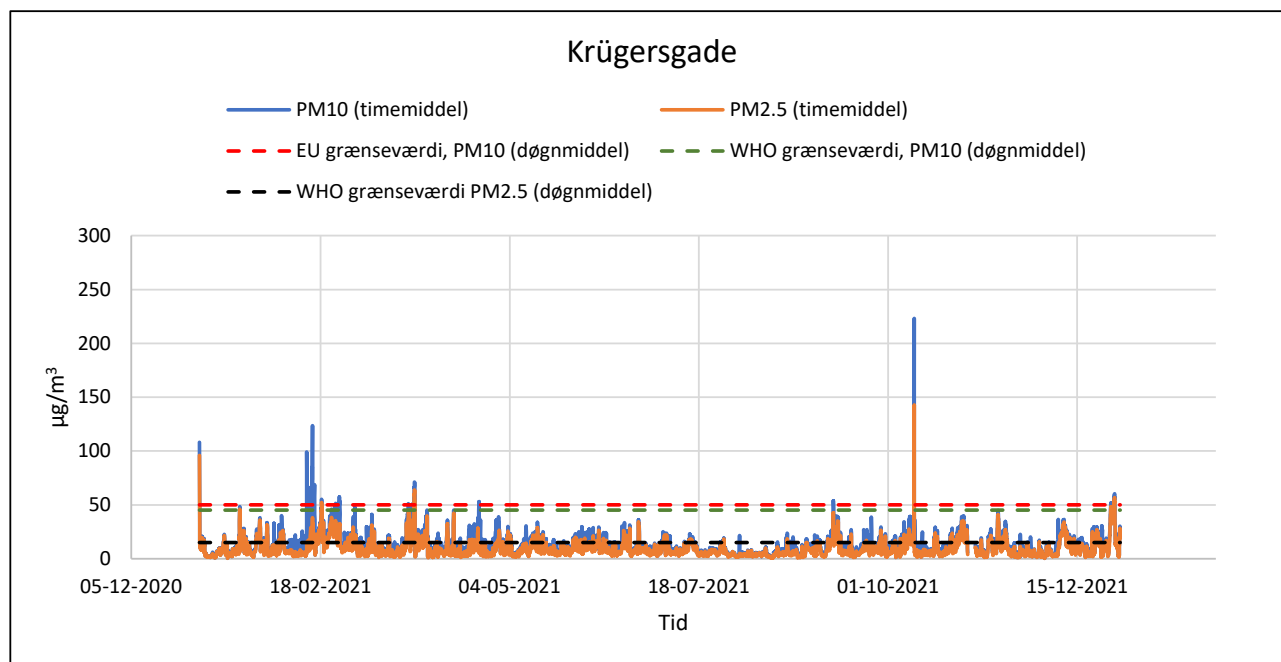
#### **John Stenbring Nielsen, Maskinmester**

Erfaren tekniker inden for drift, kalibrering og service af målestationer og monitorer til luftkvalitet.

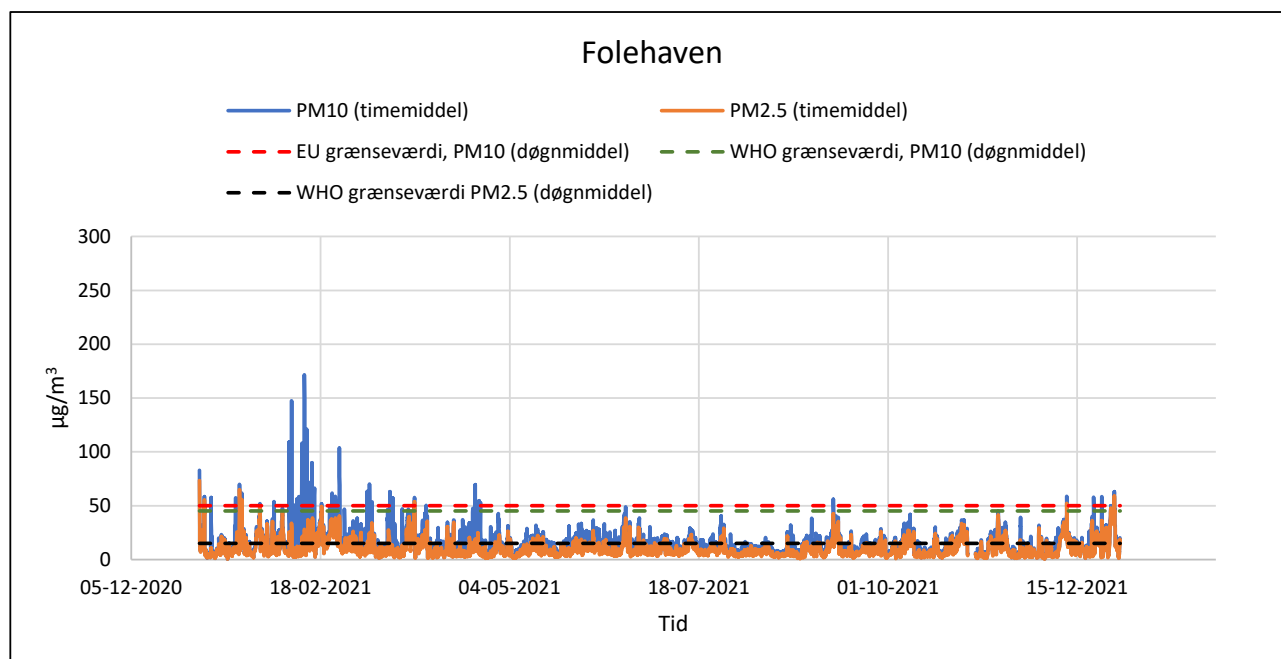
## Bilag D Timemiddelværdier

### 1 PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>

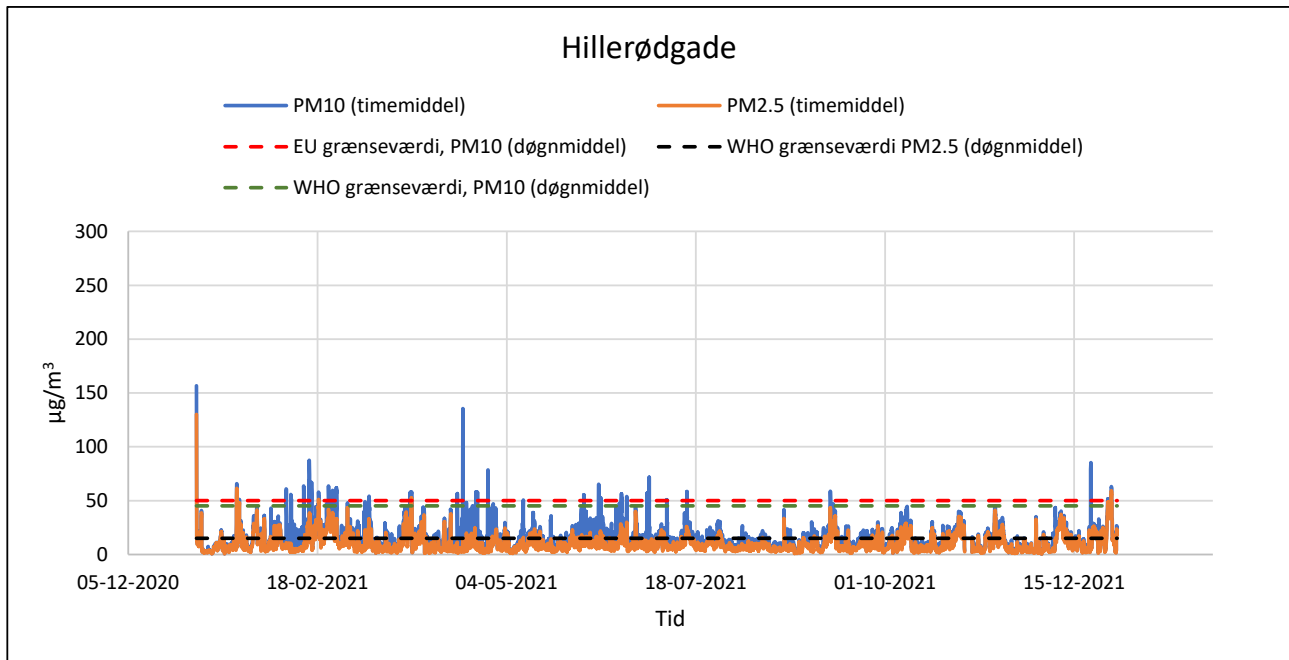
Figur 41 – Figur 45 viser de målte timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> for perioden.



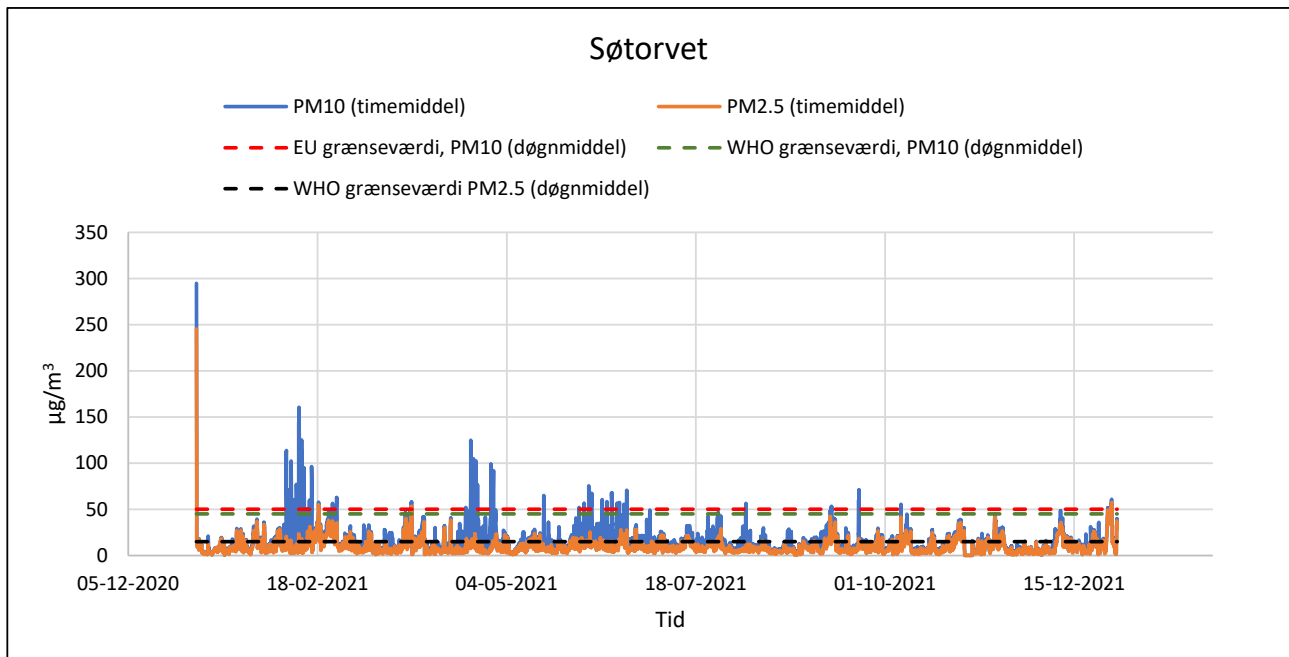
Figur 41. Timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> fra målestationen på Krügersgade.



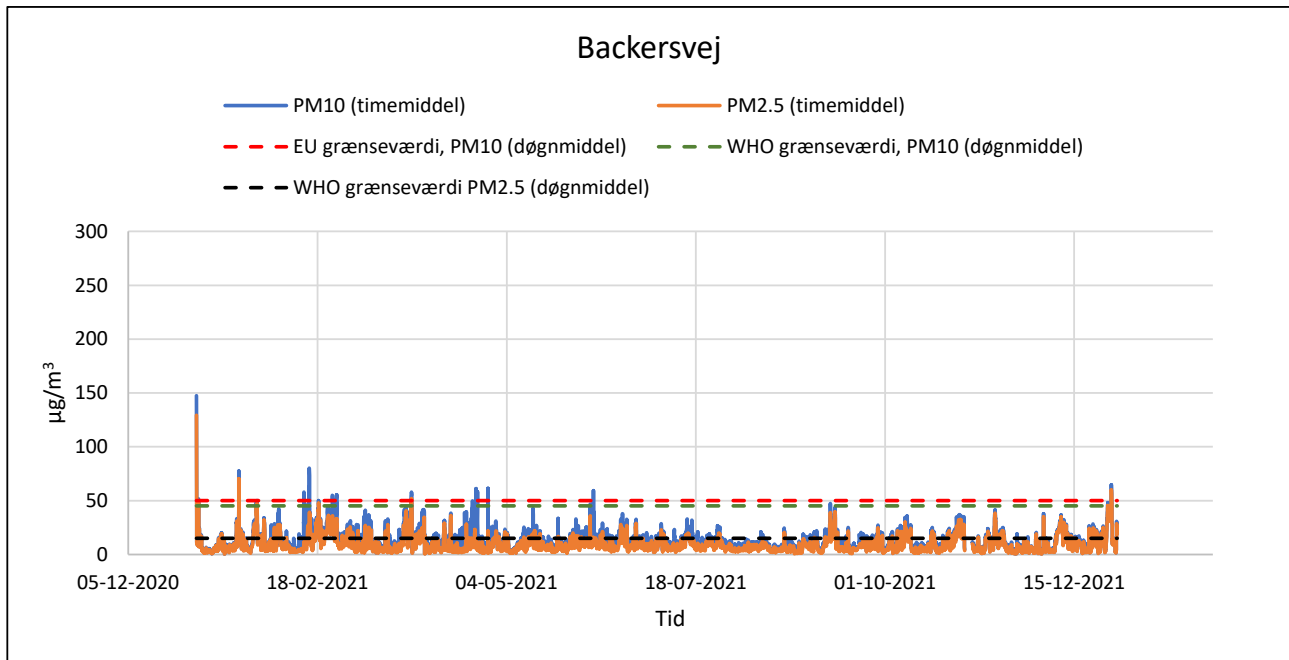
Figur 42. Timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> fra målestationen på Folehaven.



Figur 43. Timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> fra målestationen på Hillerødgade.



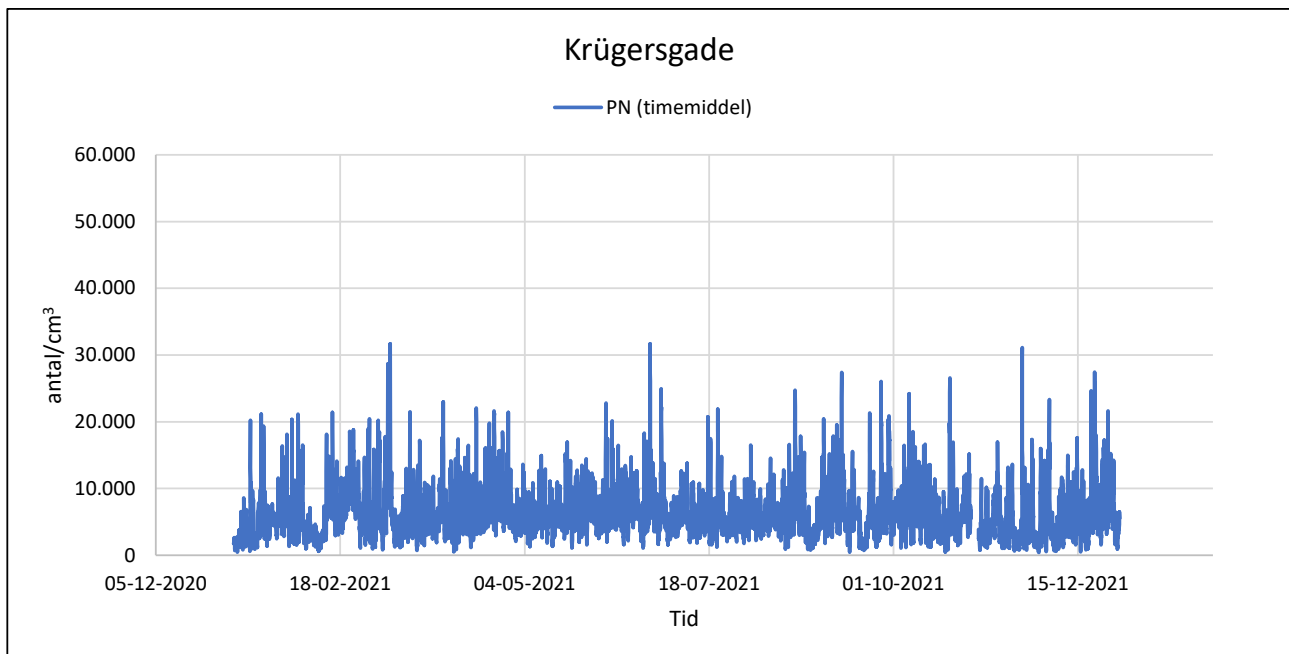
Figur 44. Timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> fra målestationen på Søtorvet.



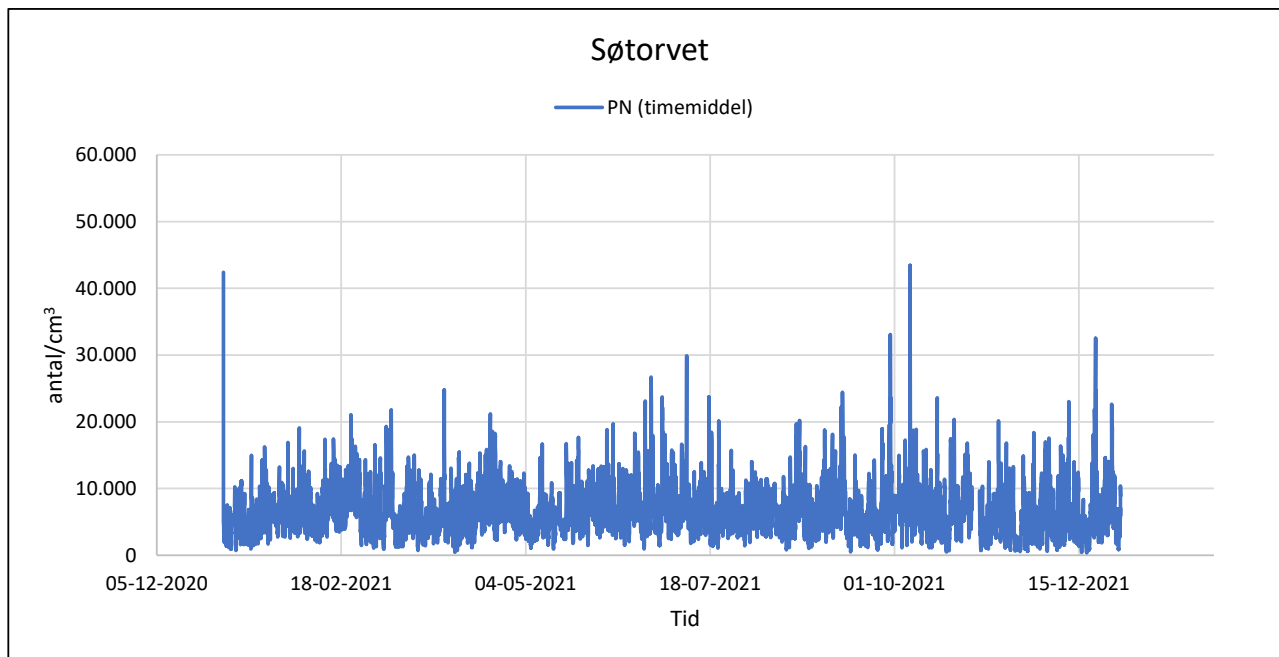
Figur 45. Timemiddelværdier for PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> fra målestationen på Backersvej.

## 2 PN

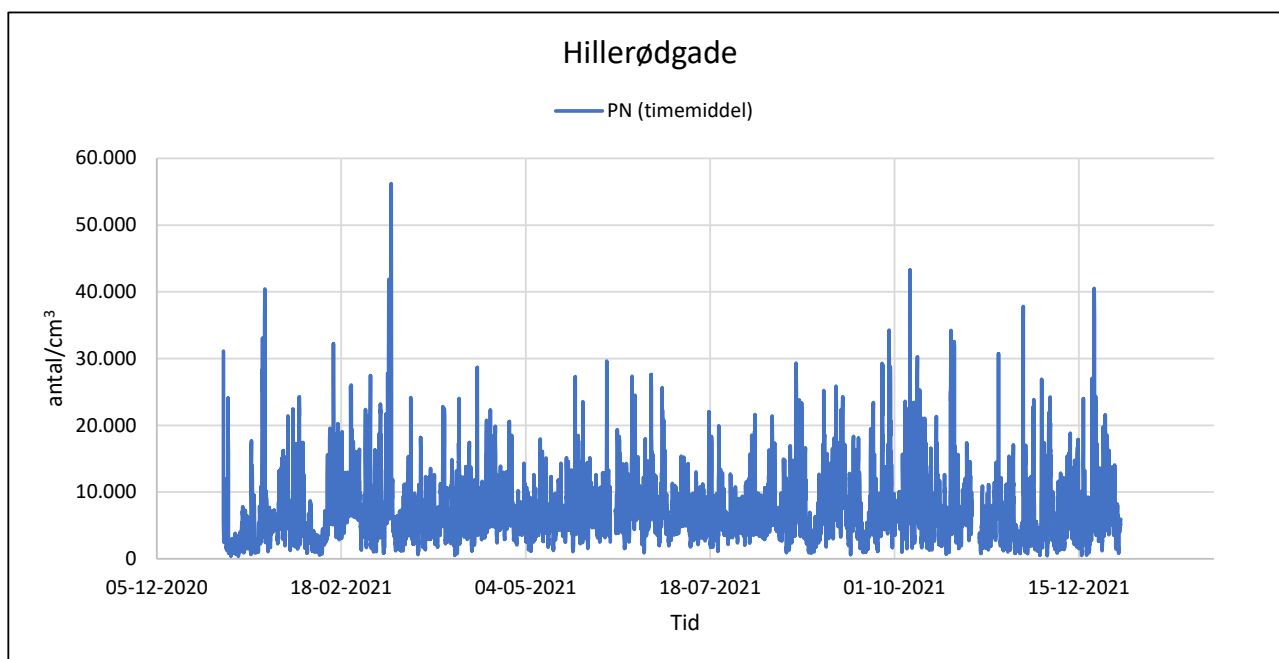
Figur 46 - Figur 50 viser timemiddelværdier for måling af PN på de enkelte målestationer.



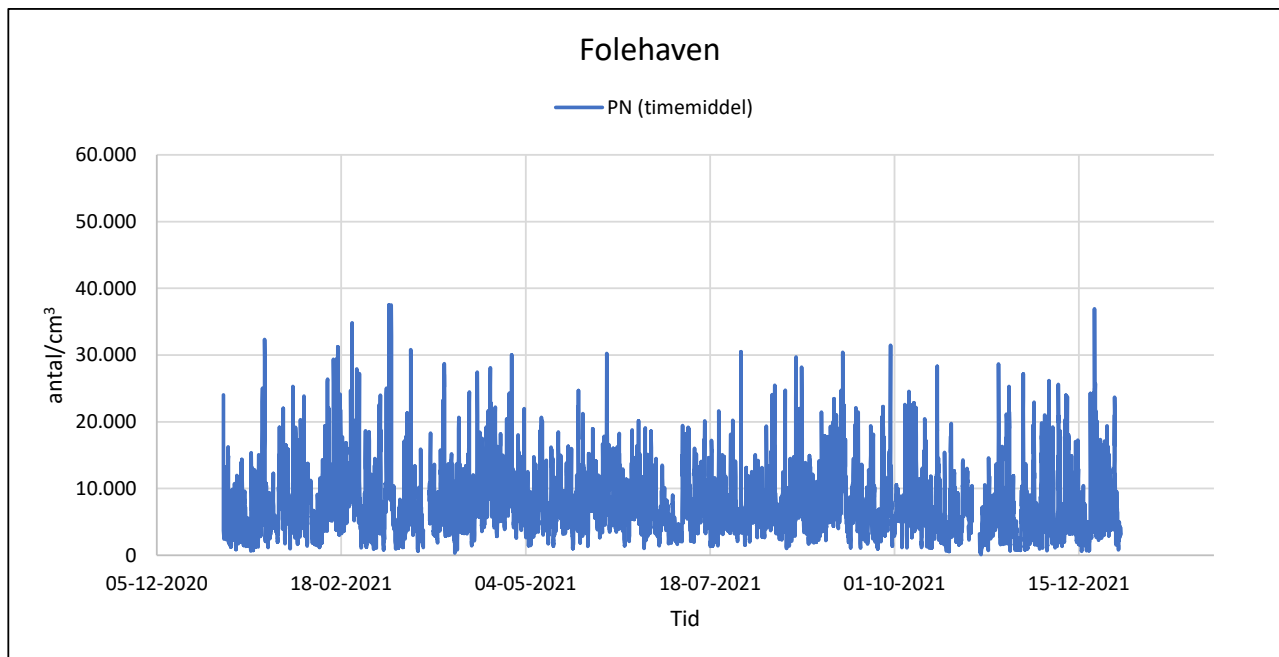
Figur 46. Timemiddelværdier for PN på Krügersgade.



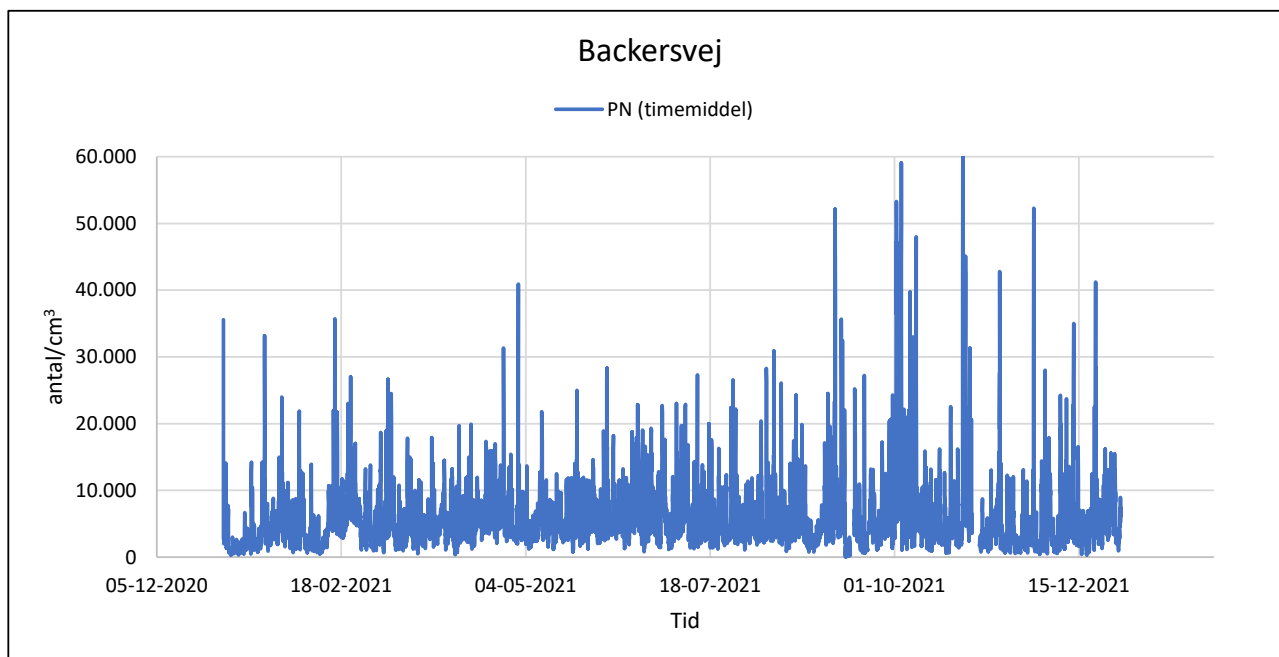
Figur 47. Timemiddelværdier for PN på Søtorvet.



Figur 48. Timemiddelværdier for PN på Hillerødgade.



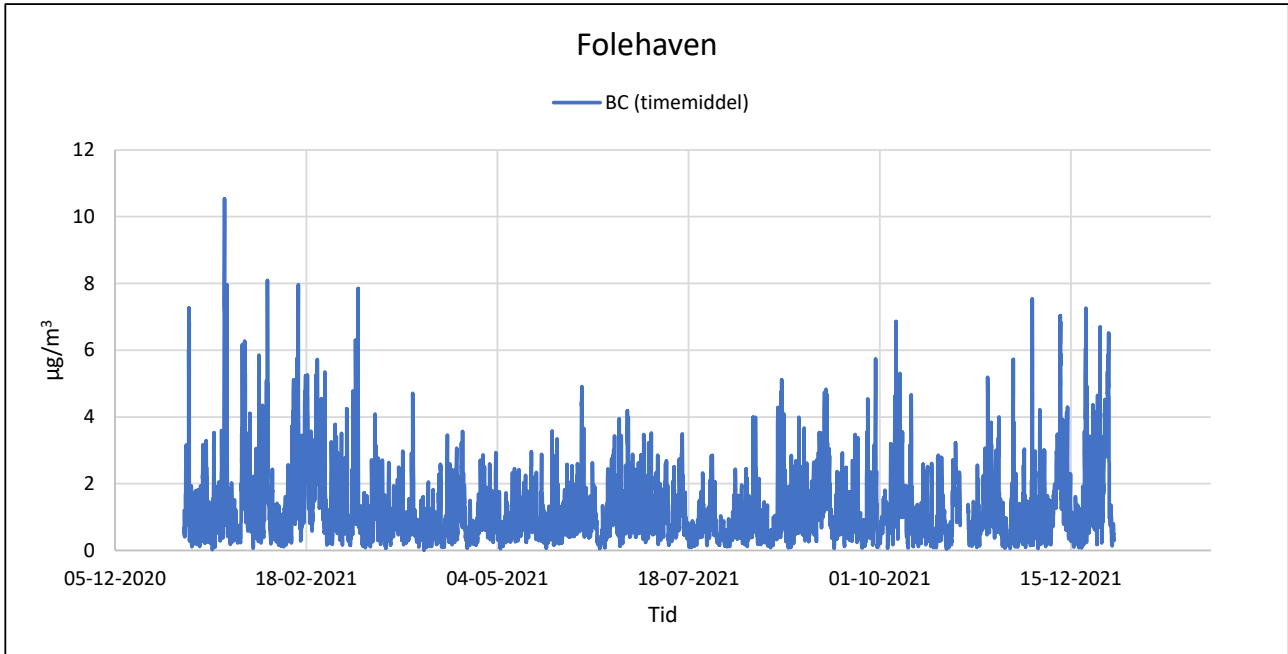
Figur 49. Timemiddelværdier for PN på Folehaven.



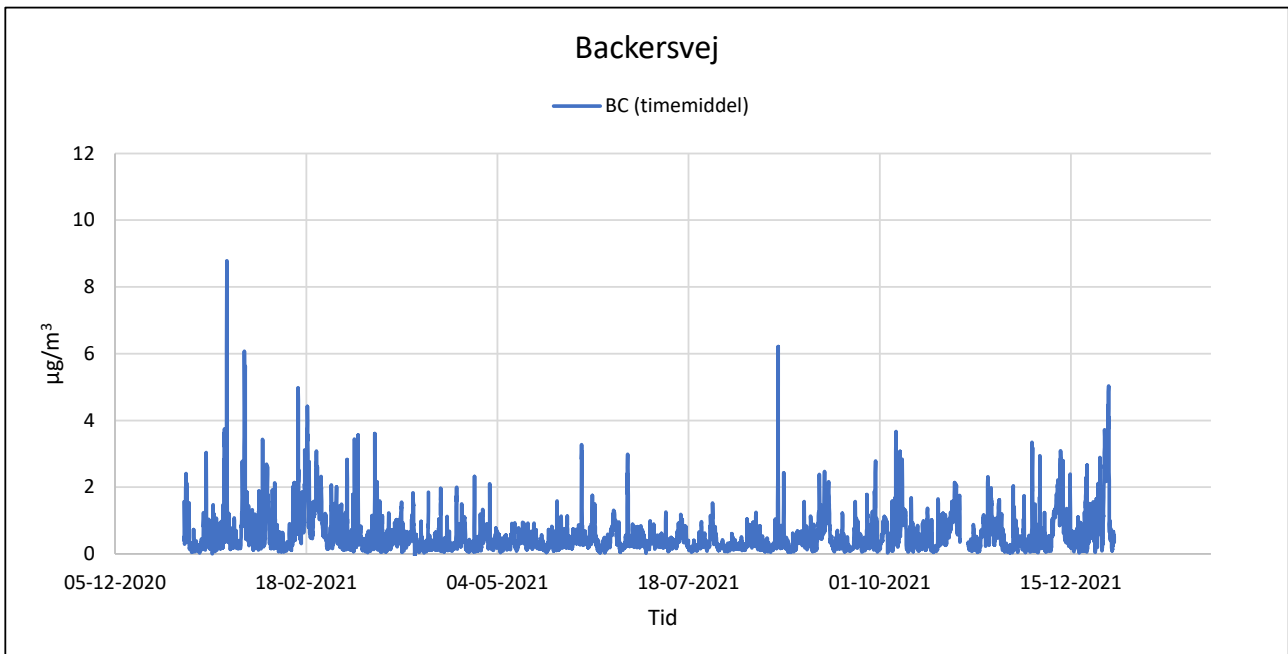
Figur 50. Timemiddelværdier for PN på Backersvej.

### 3 BC

Figur 51 – Figur 52 viser timemiddelværdier for måling af BC på de to målestationer, hvor BC måling udføres: Folehaven og Backersvej.



Figur 51. Timemiddelværdier for BC på Folehaven.

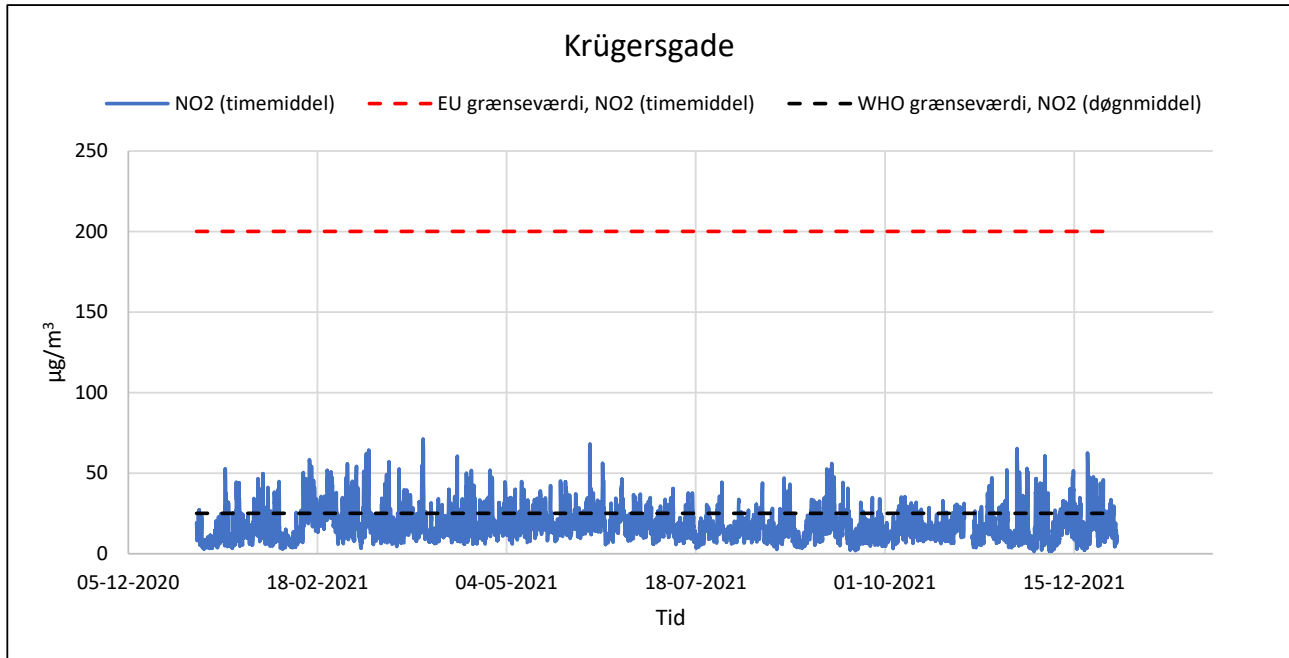


Figur 52. Timemiddelværdier for BC på Backersvej.

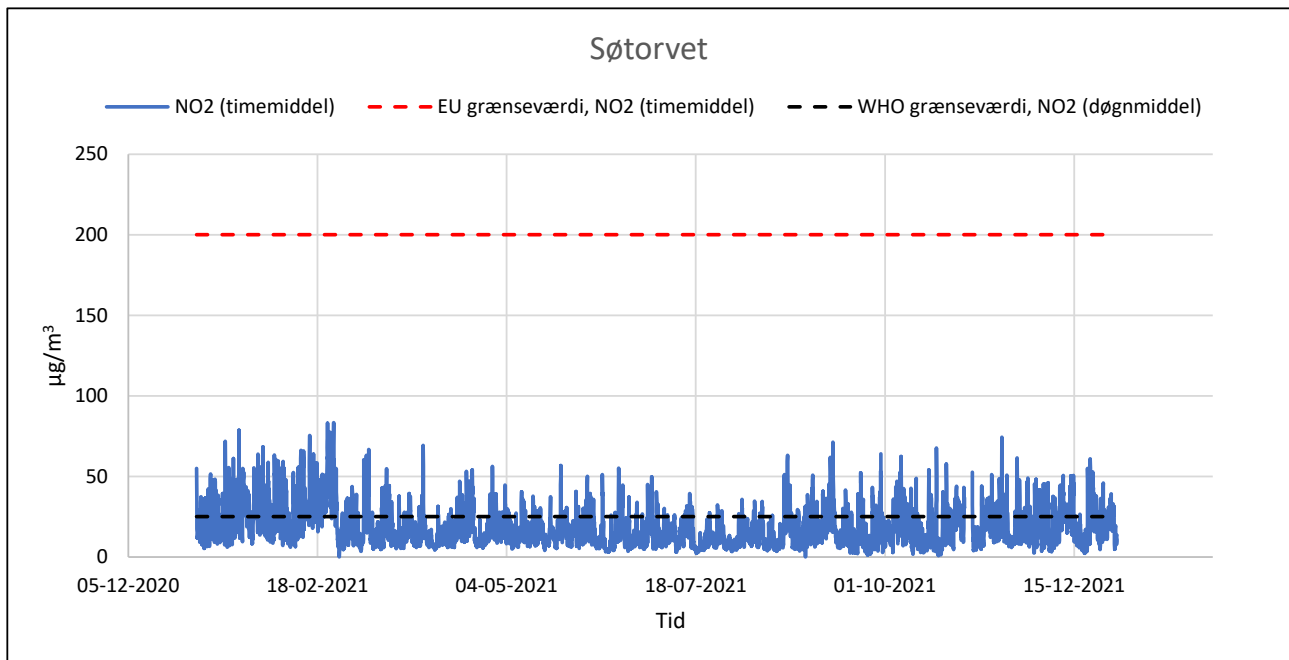


## 4 NO<sub>2</sub>

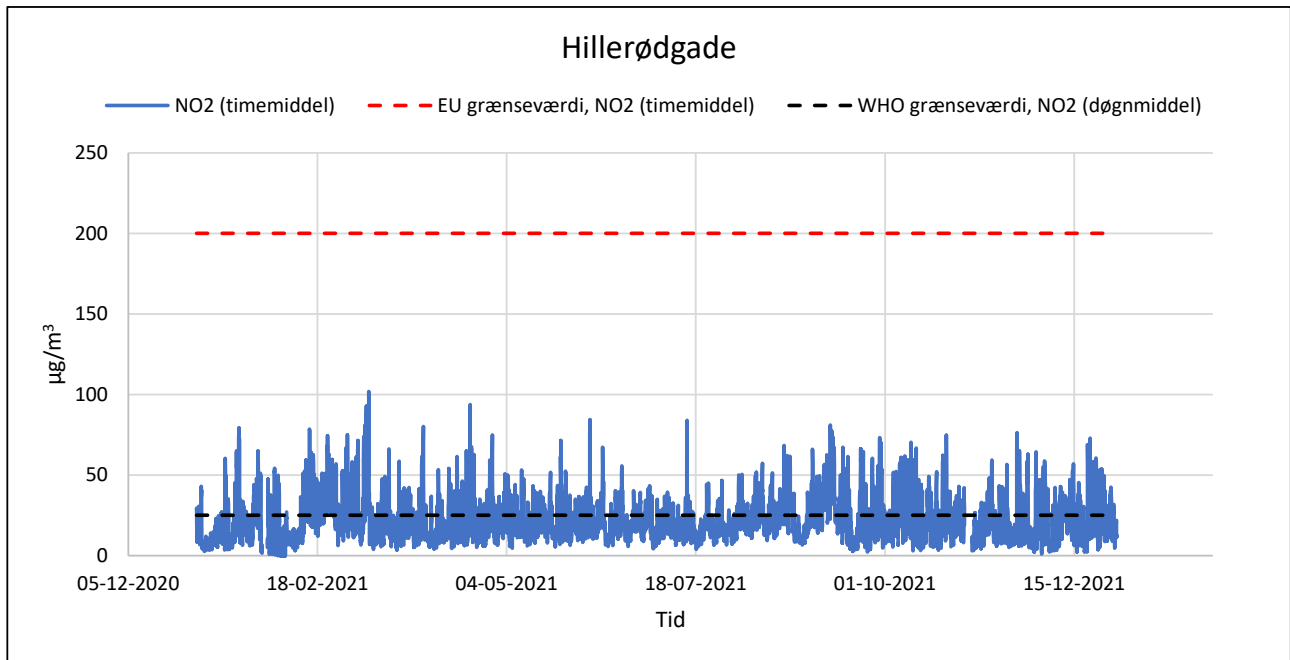
Figur 53– Figur 57 viser timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> for perioden.



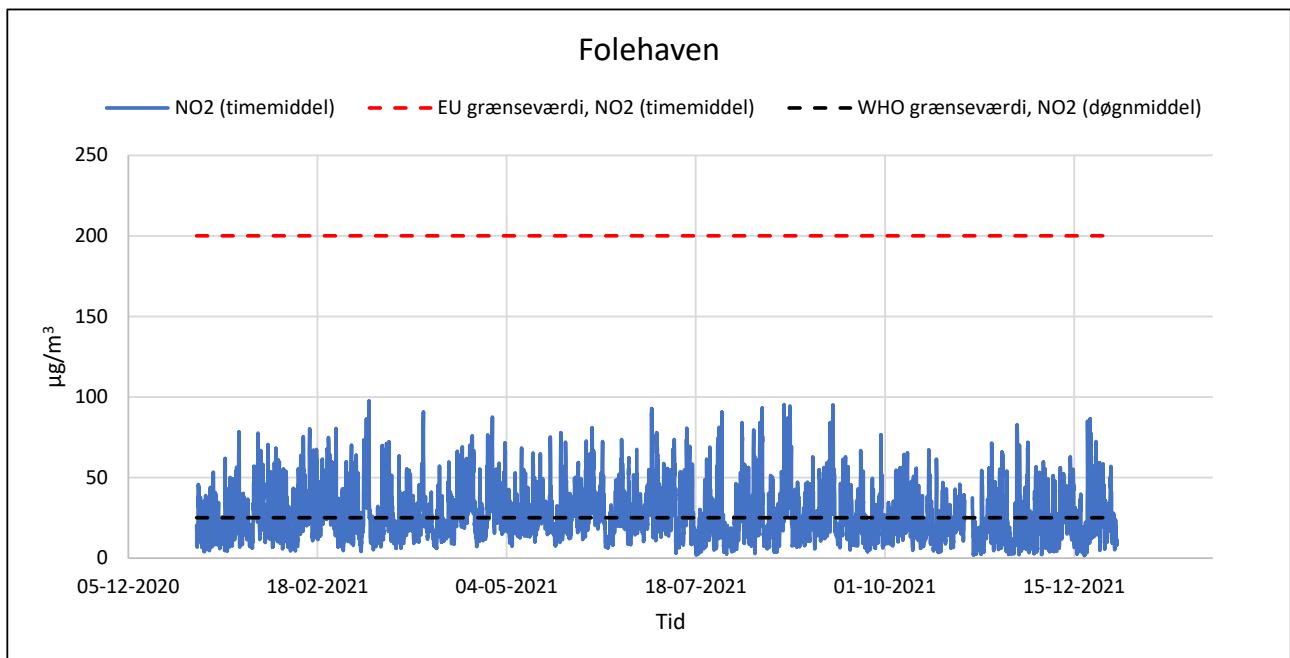
Figur 53. Timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> på Krügersgade.



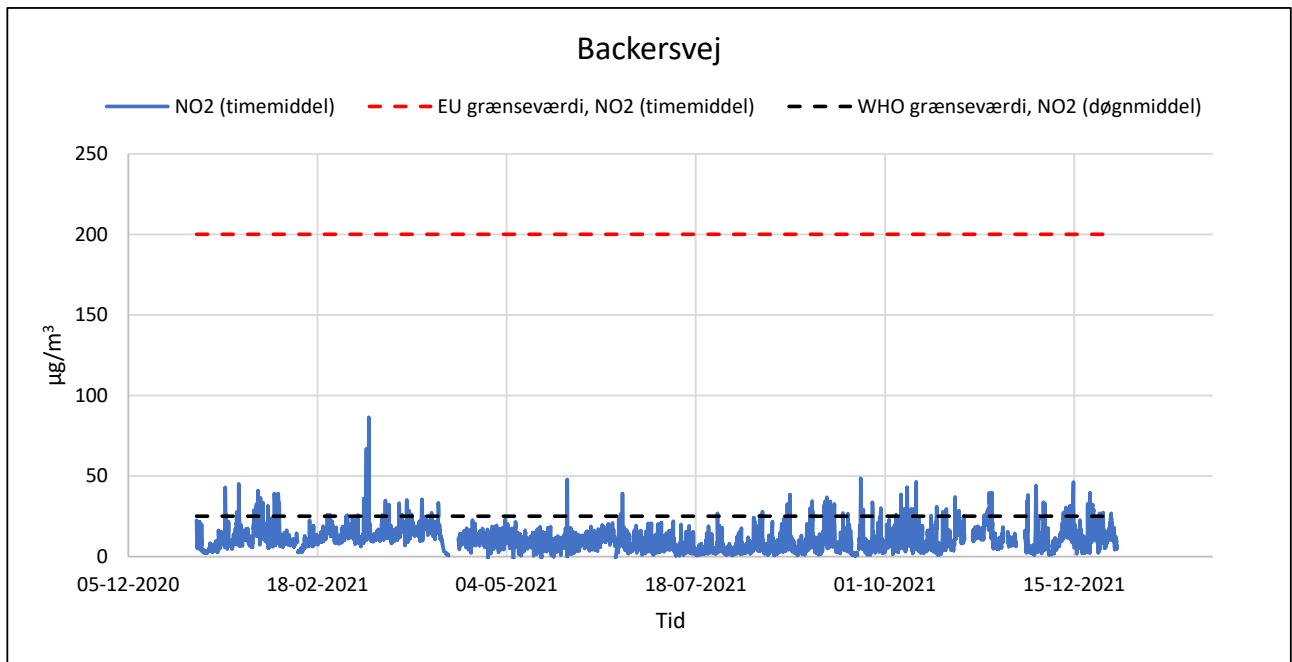
Figur 54. Timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> på Søtorvet.



Figur 55. Timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> på Hillerødgade.



Figur 56. Timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> på Folehaven.



Figur 57. Timemiddelværdier for NO<sub>2</sub> på Backersvej.

## Bilag E Korrektion af målte resultater for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> i 2020

På baggrund af de opdaterede korrektionsfaktorer for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>, som blev bestemt i 2022 jf. Bilag A, er de tidligere rapporterede resultater fra 2020 blevet korrigeret. Dette er gjort for bedre at kunne sammenligne resultater fra 2020 med resultaterne fra 2021. Tabel 27 og Tabel 28 viser forskellen mellem de rapporterede årsmiddelværdier for 2020 og de tilsvarende årsmiddelværdier, der er korrigeret med de opdaterede korrektionsfaktorer.

Tabel 27. Sammenligning af data fra 2020 mellem de rapporterede årsmiddelværdier for for PM<sub>10</sub> og de tilsvarende årsmiddelværdier, der er korrigeret med de opdaterede korrektionsfaktorer.

PM <sub>10</sub> Årsmiddelværdier 2020	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m <sup>3</sup>				
Tidligere rapporterede årsmiddelværdier	13	14	14	15	12
Årsmiddelværdier korrigeret med ny korrektionsfaktor.	15	16	16	17	14

Tabel 28. Sammenligning af data fra 2020 mellem de rapporterede årsmiddelværdier for for PM<sub>2,5</sub> og de tilsvarende årsmiddelværdier, der er korrigeret med de opdaterede korrektionsfaktorer.

PM <sub>2,5</sub> Årsmiddelværdier 2020	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m <sup>3</sup>				
Tidligere rapporterede årsmiddelværdier	12	12	12	12	10
Årsmiddelværdier korrigeret med ny korrektionsfaktor.	13	13	13	13	11

[tom side]

**Kontakt**

Afdeling: Clean Air Technologies

**Forfattere:**

Frantz Bræstrup  
Karsten Fuglsang  
Thomas Bjerring Kristensen

**FORCE Technology**

Park Allé 345  
2605 Brøndby  
Danmark