



PROGNOSE- OG VARSLINGSSYSTEM FOR LUFTKVALITET I KØBENHAVNS KOMMUNE

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 636

2025



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

PROGNOSE- OG VARSLINGSSYSTEM FOR LUFTKVALITET I KØBENHAVNS KOMMUNE

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 636

2025

Steen Solvang Jensen
Jibran Khan
Jesper H. Christensen
Matthias Ketzel
Kaj Mantzius Hansen
Christopher Andersen
Jørgen Brandt
Thomas Ellermann

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 636
Titel:	Prognose- og varslingsystem for luftkvalitet i Københavns Kommune
Forfattere:	Steen Solvang Jensen, Jibran Khan, Jesper H. Christensen, Matthias Ketzel, Kaj Mantzius Hansen, Christopher Andersen, Jørgen Brandt, Thomas Ellermann
Institution:	Institut for Miljøvidenskab (ENVS), Aarhus Universitet, Roskilde
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2025
Redaktion afsluttet:	December 2024
Faglig kommentering:	Anne Sofie Lansø, Institut for Miljøvidenskab
Kvalitetssikring:	Vibeke Vestergaard Nielsen, DCE
Ekstern kommentering:	Københavns Kommune har kommenteret rapporten : https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/KommentarerSR/SR636_komm.pdf
Finansiel støtte:	Københavns Kommune
Bedes citeret:	Jensen, S. S., Khan, J., Christensen, J.H., Ketzel, M., Hansen, K.M., Andersen, C., Brandt, J., Ellermann, T. (2025): Prognose- og varslingsystem for luftkvalitet i Københavns Kommune. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 33 s. - Videnskabelig rapport nr. 636 Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport beskriver et nyt kortidsprognose- og varslingsystem for luftkvalitet i Københavns Kommune. Der er opbygget et operationelt system til beregning af luftkvaliteten de kommende fire døgn på udvalgte gader i København. På baggrund af disse data præsenteres et luftkvalitetsindeks med tilhørende handleanvisninger for borgerne herunder sårbare borgere. Endvidere præsenteres tidsserier for luftkvaliteten for de kommende fire døgn. Følgende luftforurenende stoffer indgår i systemet: PM _{2,5} , PM ₁₀ , kvælstofdioxid og ozon.
Emneord:	Luftforurening, korttidsprognose, luftkvalitetsindeks
Layout:	Majbritt Ulrich, Institut for Miljøvidenskab
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-916-2
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	33

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Baggrund og formål	6
Metode	6
Hovedresultater	6
1 Indledning	8
2 Luftkvalitetsindeks og handleanvisninger for luftkvalitet	9
2.1 Beskrivelse af luftkvalitetsindeks	9
2.2 Beskrivelse af handleanvisninger	10
2.3 Luftforureningskomponenter og tidsopløsning	11
2.4 Forventet fordeling af luftforureningsindekset på kategorier	12
2.5 Beskrivelse af andre luftkvalitetsindeks	13
3 Prognose- og varslingsystem	17
3.1 Lokalteter og luftforureninger	17
3.1 Grafisk præsentation af luftkvalitetsindeks og tilhørende data	19
3.2 Operationel prognose baseret på luftkvalitetsmodeller	22
Referencer	33

Forord

Denne rapport beskriver et nyt kortidsprognose- og varslingssystem for luftkvalitet i Københavns Kommune. Der er opbygget et operationelt system til beregning af luftkvaliteten for de kommende fire døgn på udvalgte gader i København. På baggrund af disse data præsenteres et luftkvalitetsindeks med tilhørende handleanvisninger for borgerne, herunder sårbare borgere. Endvidere præsenteres tidsserier for luftkvaliteten for de kommende fire døgn.

DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet har udført projektet, som er finansieret af Københavns Kommune.

DCE har kun leveret data og Københavns Kommune står selv for kommunikationsdelen via deres egen hjemmeside samt for udvikling af en tilhørende app til smartphones for visning af data.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe med det primære formål at drøfte, hvordan data om luftkvalitet, luftforureningsindeks og informationsvarsling skulle formidles. Fra Københavns Kommunes Sundheds- og Omsorgsforvaltning har deltaget: Katrine Schjønning, Frederikke Stage, Signe Ladegaard, Mikkel Bernt Nielsen, Jeppe Højersgaard, og Susan Jeritslev, og fra Teknik- og Miljøforvaltningen: Camilla Rosendahl Diallo og Frans La Cour. Fra DCE, Aarhus Universitet: Steen Solvang Jensen og Thomas Ellermann.

Sammenfatning

Baggrund og formål

Rapporten beskriver udviklingen af et nyt korttidsprognose- og varslingssystem for luftkvalitet i Københavns Kommune. Formålet med systemet er at forudsige luftkvaliteten for de kommende fire døgn på udvalgte gader i København. Ved hjælp af et letforståeligt luftkvalitetsindeks skal dette hjælpe med at informere borgerne, især sårbare grupper, om forventede niveauer af luftforurening, så de kan tage nødvendige forholdsregler for at minimere helbredsmæssige konsekvenser. Det nye system skal således forbedre informationen om luftkvalitet i København og hjælpe særligt sårbare borgere med at træffe informerede beslutninger for at beskytte deres helbred.

Luftkvalitetsindeks og handleanvisninger er baseret på et forslag, som DCE tidligere har udarbejdet for Københavns Kommune, som er baseret på WHO's nye retningslinjer for luftkvalitet fra 2021 (Ellermann et al., 2023; WHO, 2021).

Metode

Der er opbygget et operationelt korttidsprognosesystem, der beregner luftkvaliteten og tilhørende luftkvalitetsindeks for de kommende fire døgn baseret på luftkvalitetsmodeller. Endvidere vises de seneste 24 timers måledata for Københavns Kommunes tre målestationer og DCE's tre målestationer.

De luftforureninger, der indgår i systemet er $PM_{2,5}$ og PM_{10} , som er hhv. massen af partikler under 2,5 og 10 mikrometer, kvælstofdioxid (NO_2) og ozon (O_3).

Der indgår 103 lokationer i systemet spredt ud over Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune.

Den regionale baggrundsluftforurening for København samt meteorologisk data hentes fra det europæiske program Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). På baggrund heraf beregnes bybaggrundskoncentrationer med UBM og efterfølgende gadekoncentrationerne med OSPM for de gader, som indgår i systemet. UBM og OSPM er udviklet af DCE. Den regionale model, DEHM, som ligeledes er udviklet af DCE, indgår i prognosen fra CAMS.

Der er gennemført en summarisk evaluering af modellerede prognosedata for en periode på tre måneder fra september til december 2024 ved at sammenligne med målinger for de seks målestationer, som indgår i systemet.

Hovedresultater

De modellerede koncentrationer er generelt på niveau med de målte koncentrationer for alle fire komponenter, og overordnet følger den tidslige udvikling i koncentrationerne den målte udvikling. Men der er også enkelte dage, hvor modelberegningerne er væsentligt højere end målinger, som vil kunne resultere i, at den beregnede kategori af luftkvalitetsindekset vil være overvurderet. For den pågældende periode ser modelleret NO_2 ud til at være undervurderet, O_3 passer godt overens med målinger, PM_{10} er overvurderet og $PM_{2,5}$ passer godt overens med målinger. Hvorvidt modelleret PM_{10} reelt er overvurderet i forhold til Københavns Kommunes målinger er usikkert, idet

analyser tidligere har vist, at Københavns Kommunes målestationer underestimerede PM_{10} niveauer, når disse blev sammenlignet med referencemålinger på DCE-målestationer. For til fulde at forstå nøjagtigheden i modelsystemet er det nødvendigt at foretage en grundig evaluering baseret på data for minimum et helt år, som vil være et særskilt projekt.

Der er udarbejdet et forslag til grafisk visning af lokationer på et kort, luftkvalitetsindeks og tilhørende handleanvisninger for de kommende fire døgn for de enkelte lokationer. Endvidere er vist et forslag til tidsserieplots af de seneste 24 timer for de seks målestationer samt for prognosedata for de kommende fire døgn for alle lokationer.

Københavns Kommune henter løbende data fra DCE via en API løsning. Dataleverancen er beskrevet i et separat teknisk dokument (Produktbeskrivelse). Dette muliggør at Københavns Kommune kan visualisere lokationer på kort, luftkvalitetsindeks og handleanvisninger samt tidsserier tilsvarende de visualiseringer, som er beskrevet i denne rapport. Dette gøres for en hjemmeside, som Københavns Kommune selv opbygger samt en app til smartphones, som Københavns Kommune også står for udvikling af.

DCE har endvidere udviklet en webGIS applikation, som visualiser data på lokationer på kort, luftkvalitetsindeks og handleanvisninger samt tidsserier, som beskrevet i denne rapport. Data vil blive vist på en hjemmeside, som DCE opbygger, og som vil blive publiceret efter, at Københavns Kommune lancerer sin hjemmeside.

1 Indledning

Baggrund og formål

Som en del af Indsatser mod luftforurening i byen 2024-27 ønsker Københavns Kommune at udvikle et prognose- og varslingssystem for luftforurening i byen. Systemet skal give et billede af de forventede niveauer af luftforurening frem i tiden og på den baggrund kunne informere særligt sårbare borgere i tilfælde af udsigt til særligt høje niveauer af luftforurening. Det skal give dem mulighed for at tage de relevante forholdsregler, der kan hjælpe dem til at minimere de helbredsmæssige konsekvenser af luftforureningen.

Københavns Kommune har tidligere haft DCE til at udarbejde et forslag til et luftkvalitetsindeks med tilhørende forslag til handleanvisninger ved forskellige luftkvalitetsniveauer baseret på WHO's nye retningslinjer for luftkvalitet fra 2021 (Ellermann et al., 2023; WHO, 2021). Ideen med et luftkvalitetsindeks er på en nem forståelige måde at kommunikere over for borgerne, hvordan luftforureningen er i enkelte kategorier som fx lav, middel, høj og meget høj.

Varslingssystemet skal derfor bygge på det foreslåede luftkvalitetsindeks eller evt. andre luftkvalitetsindeks som det europæiske luftkvalitetsindeks fra Det Europæiske Miljøagentur, der forventes at blive revideret som følge af WHO's nye retningslinjer for luftkvalitet fra 2021.

Formålet med projektet er at opbygge et operationelt system til beregning af luftkvaliteten de kommende fire døgn på udvalgte gader i København, som kan danne baggrund for beregning af luftkvalitetsindeks.

DCE præsenterer et forslag til visning af luftkvalitetsindekset og tilhørende handleanvisninger samt visning af tidsserier for luftkvalitet, men det er Københavns Kommunes opgave at vise data på deres egen hjemmeside samt tilhørende app til smartphones.

Indhold

Kapitel 2 beskriver luftkvalitetsindekset og de tilhørende handleanvisninger opstillet af DCE. Endvidere beskrives det eksisterende luftkvalitetsindeks fra Det Europæiske Miljøagentur, som forventes opdateret i lyset af nye anbefalinger fra WHO (WHO, 2021).

Kapitel 3 viser et forslag til visualisering af luftkvalitetsindeks, handleanvisninger og tidsserier for luftkvalitet og de forskellige valg, som ligger bagved. Endvidere beskrives selve det operationelle system og de luftkvalitetsmodeller, som det bygger på og den tekniske implementering

2 Luftkvalitetsindeks og handleanvisninger for luftkvalitet

Dette kapitel beskriver det luftkvalitetsindeks med tilhørende handleanvisninger, som DCE har opstillet for Københavns Kommune, og som er nærmere beskrevet i en rapport (Ellermann et al., 2023).

2.1 Beskrivelse af luftkvalitetsindeks

Det foreslåede nye luftkvalitetsindeks for Københavns Kommune er baseret på de nyeste anbefalinger fra Verdenssundhedsorganisationen (WHO) og omfatter korttidseksposering for fire primære luftforureningskomponenter: PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid (NO₂) og ozon (O₃). PM_{2,5} og PM₁₀ er massen af partikler med en størrelse under hhv. 2,5 og 10 mikrometer. WHO offentliggjorde nye retningslinjer for luftkvalitet i 2021, hvilket ligger til grund for luftkvalitetsindekset (Ellermann et al., 2023). PM_{2,5} er den luftforurening, som giver anledning til den største helbredsbyrde i Danmark (Nordstrøm et al., 2024).

2.1.1 Opbygning af Indekset

Indekset inddeler luftforureningen i fire niveauer: "Lav", "Middel", "Høj" og "Meget høj", som skitseret i Tabel 2.1. WHO's retningslinjer udgør den øvre grænse for niveauet "Middel", mens grænserne for "Lav" og "Meget høj" er fastsat henholdsvis 50 % under og 50 % over disse værdier. Denne inddeling er designet til at være enkel og transparent, hvilket skal sikre både forståelighed og anvendelighed for offentligheden (Ellermann et al., 2023).

Tabel 2.1. Indeks niveauer i DCE's forslag til nyt luftkvalitetsindeks for Københavns Kommune. Alle koncentrationer er angivet i µg/m³. Tallene med fed skrift svarer til WHO's retningslinjer for korttidseksposering (Tabel 2.2; WHO, 2021). Når luftkvalitetsindekset er lavt er luftforureningen lav, og når luftkvalitetsindekset er højt er luftforureningen høj.

	Lav	Middel	Høj	Meget høj
PM _{2,5}	0-7,5	7,5- 15	15-22,5	Over 22,5
PM ₁₀	0-22,5	22,5- 45	45-67,5	Over 67,5
Kvælstofdioxid	0-12,5	12,5- 25	25-37,5	Over 37,5
Ozon	0-50	50- 100	100-150	Over 150

2.1.2 Vigtigheden af de forskellige komponenter

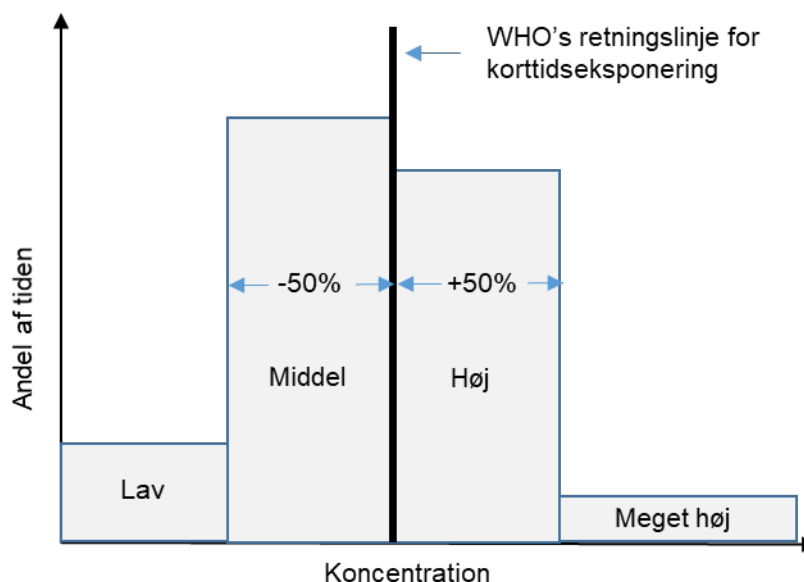
Alle fire luftforureningskomponenter, som indgår i luftkvalitetsindekset, har betydning for helbredseffekter. Partikler er den luftforureningskomponent, som bidrager til de største helbredsbyrder i Danmark (Nordstrøm et al., 2024). Kvælstofdioxid spiller en større rolle på gadeniveau, mens ozon primært påvirker luftkvaliteten i bybaggrund. Dette skyldes ozonens egenskab til at nedbrydes i nærheden af trafikudledninger, men alligevel betragtes den som vigtig i helhedsindekset, især om sommeren. For at undgå modstridende information kommunalt og nationalt, opretholdes også en informering om ozon.

2.1.3 Skitse af indeksets opbygning

Figur 2.3 viser en skitse, der illustrerer principperne bag fastsættelsen af indeks niveauerne for hver forureningskomponent. Denne opbygning afspejler

ønsket om at skabe et forståeligt og tilgængeligt indeks, der samtidig er videnskabeligt funderet og opdateret i overensstemmelse med de nyeste WHO-anbefalinger.

Dette forslag sikrer, at luftkvalitetsindekset kan anvendes effektivt af borgerne i København med klare anvisninger til handling ved høj luftforurening, hvilket er særligt vigtigt for sårbare grupper.



Figur 2.1. Skitse af principperne bag DCE's forslag til fastlæggelse af indeksniveauerne for de enkelte luftforureningskomponenter.

2.2 Beskrivelse af handleanvisninger

En detaljeret beskrivelse af foreslåede handleanvisninger findes i Ellermann et al. (2023). Disse bygger på den nyeste viden om luftforureningens helbredseffekter og har til formål at give klare, sundhedsorienterede anbefalinger til borgerne i København. Forslaget fokuserer både på den generelle befolkning og på særligt sårbare grupper som børn, gravide og personer med kroniske lidelser som astma og hjertesygdomme.

Vigtige overvejelser bag de opdaterede anbefalinger omfatter balancen mellem risiko og fordelene ved udendørs fysisk aktivitet. For eksempel viser undersøgelser, at de sundhedsmæssige fordele ved at cykle overstiger de negative effekter af at blive udsat for trafikrelateret luftforurening. Derudover foreslås det at tilskynde til brug af grønne cykelruter, som typisk har lavere forureningsniveauer, hvilket kan reducere borgernes eksponering uden at afskrække fra en aktiv livsstil (Ellermann et al., 2023).

Handleanvisningerne indeholder desuden geografisk differentiering ved at fremhæve grønne områder i byen, hvor luftkvaliteten ofte er bedre end langs trafikerede veje. For at understøtte denne tilgang foreslås det at skabe et kort over områder med lavere luftforurening, som kan tilgås via et link på den offentlige hjemmeside (Ellermann et al., 2023).

Anbefalingerne i det nye system, som er illustreret i Figur 2.2, er opbygget med fire niveauer: lav, middel, høj og meget høj. For hvert niveau gives specifikke råd til den generelle befolkning og de sårbare grupper. For eksempel rådes særligt sårbare grupper til at undgå fysisk aktivitet ved høje luftforureningsniveauer og søge mod områder med lavere forurening (Ellermann et al., 2023).

Dette opdaterede system sigter mod at give både præcise og overskuelige anbefalinger uden at skabe unødigt bekymring blandt borgerne. Det er en balanceret tilgang, der ikke kun tager hensyn til helbredseffekter, men også til den praktiske anvendelse i bylivet.

Hvordan er luftforureningen?	Sådan kan du forholde dig	Sådan kan du forholde dig, hvis du er særligt sårbar (børn, gravide, personer med astma, KOL og hjertesygdom)
Lav	Normalt	Normalt
Middel	Normalt	Normalt
Høj	Normalt	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader
Meget høj	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader	Begræns din færden på stærkt trafikerede gader Søg mod områder med lavere luftforurening når du er udenfor (link til kort)

Figur 2.2. DCE's forslag til handleanvisninger, hvor første kolonne refererer til de forskellige luftkvalitetsniveauer ved de Københavnske målestationer. Anden kolonne angiver handleanvisning for den generelle befolkning, mens tredje kolonne angiver handleanvisninger for de særligt sårbare. I forklaringen til tabellen angives definition på gruppen af særligt sårbare.

2.3 Luftforureningskomponenter og tidsopløsning

Det er valgt at fokusere på følgende fire luftforureningskomponenter: NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} og ozon (Ellermann et al., 2023). WHO har også opstillet retningslinjer for luftkvalitet for korttidseksponering for disse luftforureningskomponenter (WHO, 2021). Hvis der sammenlignes med luftkvalitetsindeks opstillet af Det Europæiske Miljøagentur indeholder dette også SO₂, men dette er fravalgt i DCE's indeks pga. de meget lave værdier i Danmark. Ultrafine partikler (UFP) og Black Carbon (BC) indgår ikke i luftkvalitetsindekset, da WHO ikke har opstillet retningslinjer for luftkvalitet for korttidseksponering for disse luftforureningskomponenter.

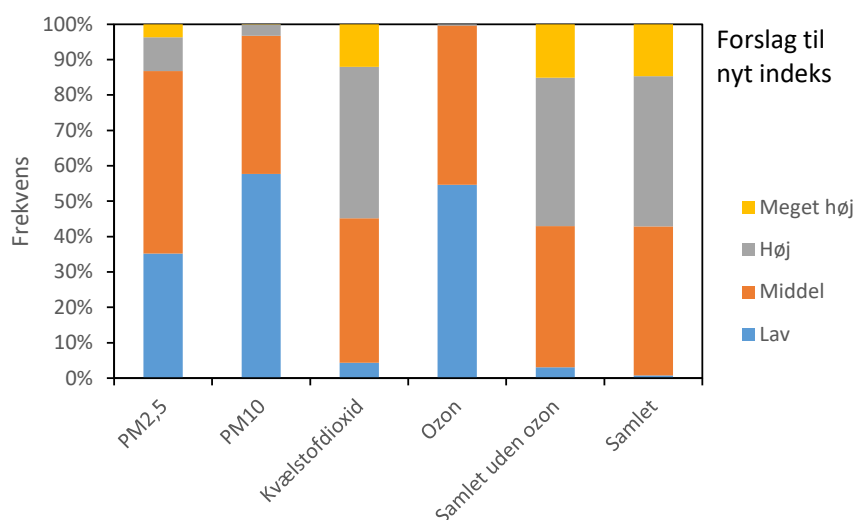
Det foreslåede luftkvalitetsindeks er baseret på de løbende 24-timersmiddelværdier for PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid og løbende 8-timersmiddelværdi for ozon. Prognosesystemet er derfor baseret på timeværdier for disse stoffer, således at de forskellige middelværdier kan beregnes. Timebaseret data vil også kunne bruges til at beregne andre luftkvalitetsindeks som f.eks. det europæiske luftkvalitetsindeks fra Det Europæiske Miljøagentur.

Det er valgt at præsentere luftkvalitetsindekset for hvert kalenderdøgn for de næste fire døgn i prognosen, som er baseret på modelberegninger. Der er

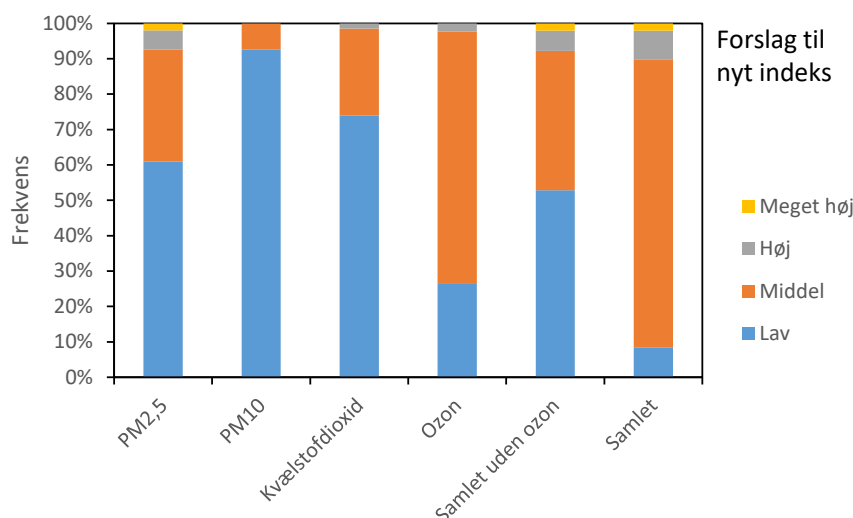
valgt kalenderdøgn, da det er nemt at kommunikere, hvad dette dækker over i modsætning til fx et andet starttidspunkt, fx kl. 9.00 og 24 timer frem.

2.4 Forventet fordeling af luftforureningsindekset på kategorier

I forbindelse med opstilling af luftkvalitetsindekset blev luftkvalitetsindekset fordelt på de fire kategorier undersøgt ud fra målinger (Ellermann et al., 2023). I Figur 2.3 er resultaterne vist for H.C. Andersens Boulevard og i Figur 2.4 for H.C. Ørstedinstitutet, som repræsenterer hhv. gadeforurening og bybaggrundsforurening. Måledata er fra 2021. Som forventet optræder de høje kategorier oftere for H.C. Andersens Boulevard end for H.C. Ørsted Institutet. Da koncentrationsniveauerne er faldende over tid (Nordstrøm et al., 2024) kan det også forventes, at de høje kategorier optræder færre gange i fx 2023 i forhold til 2021.



Figur 2.3. Den procentvise fordeling af de forskellige indeksniveauer ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard i 2021 beregnet ud fra det nye forslag til luftkvalitetsindeks. Figuren inkluderer både et samlet luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid (Samlet indeks uden ozon) og et luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (Samlet). Dette giver mulighed for at vurdere effekten af at inkludere eller ekskludere ozon i luftkvalitetsindekset, som var et diskussionspunkt på daværende tidspunkt.



Figur 2.4. Den procentvise fordeling af de forskellige indeksniveauer ved bybaggrunds-målestationen på taget af H.C. Ørsted Institut i 2021 beregnet på basis af det nye forslag til luftkvalitetsindeks. Figuren inkluderer både et samlet luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid (Samlet indeks uden ozon) og et luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (Samlet).

2.5 Beskrivelse af andre luftkvalitetsindeks

Der er en lang række forskellige luftkvalitetsindeks tilgængelige på internettet og i forskellige apps. Ofte er det ikke tydeligt, hvilke luftkvalitetsdata disse er baseret på, og hvilke overvejelser der ligger til grund for de enkelte luftkvalitetsindeks og de tilhørende handleanvisninger. I det følgende beskrives luftkvalitetsindeks fra Det Europæiske Miljøagentur (EEA).

2.5.1 EEA

Det Europæiske Miljøagenturs (EEA) luftkvalitetsindeks er udviklet for en del år siden for at give borgerne et hurtigt og let forståeligt billede af luftkvaliteten i Europa (<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/-index>). Indekset er baseret på fem primære forureningskomponenter: PM₁₀, PM_{2,5}, ozon (O₃), kvælstofdioxid (NO₂), og svovldioxid (SO₂). Midlingstiden for PM₁₀ og PM_{2,5} er baseret på 24 timer og for O₃, NO₂ og SO₂ på 1 time. Det beregnes løbende på grundlag af målinger fra tusindvis af målestationer i hele Europa og viser luftkvalitetsindekset for de seneste 48 timer, mens fremtidige koncentrationer og indeks er baseret på modelberegninger fra Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS) for de næste 24 timer. Der er seks kategorier af indekset: meget god, god, moderat, dårlig, meget dårlig og ekstremt dårlig. Kategorierne repræsenterer forskellige koncentrationsniveauer, som relaterer til potentielle helbredseffekter.

EEA's luftkvalitetsindeks beregnes på timemålinger fra målestationer og er designet til at give en øjeblikkelig vurdering af luftkvaliteten på en skala fra "meget god" til "ekstremt dårlig." Beregningen følger disse trin:

1. **Indsamling af data:** Indekset beregnes ud fra de nyeste timemålinger for fem forureningskomponenter: PM₁₀, PM_{2,5}, ozon (O₃), kvælstofdioxid (NO₂) og svovldioxid (SO₂). Hver komponent overvåges individuelt på de målestationer, der rapporterer data til EEA.

2. **Beregning af komponenternes individuelle indeks:** Hver komponent tildeles et indeksniveau baseret på sin koncentration. Niveauerne er foruddefinerede intervaller, som EEA har fastsat, og hver komponent får et indeks fra 1 (meget god) til 6 (ekstremt dårlig) baseret på sundhedsrisici for hvert koncentrationsinterval.
3. **Samlet indeksniveau:** For hver time fastsættes det samlede luftkvalitetsindeks på en målestation ved at bruge det højeste af indeksniveauerne for de fem komponenter. Dette betyder, at hvis én forureningskomponent har et indeks på "meget dårlig," bliver det samlede indeks også "meget dårlig," selv hvis de andre komponenter har lavere indekser.
4. **Præsentation og opdatering:** EEA opdaterer indekset time for time for at afspejle den aktuelle luftkvalitet og gør det let tilgængeligt for offentligheden via online platforme og kort.

Denne tilgang gør indekset enkelt at forstå og hjælper med at identificere hvilke forureningskomponenter, der er dominerende i en given periode, hvilket især er nyttigt for offentligheden og sundhedsmyndigheder.

Det Europæiske Miljøagentur (EEA) anvender en farvekodet skala til at klassificere luftkvaliteten i Europa. Denne skala er opdelt i seks niveauer, hver med specifikke koncentrationsgrænser for de primære luftforurenende stoffer: PM_{2,5}, PM₁₀, ozon (O₃), kvælstofdioxid (NO₂) og svovldioxid (SO₂). Nedenfor er en oversigt over disse niveauer og deres tilhørende koncentrationsintervaller:

Pollutant	Index level (based on pollutant concentrations in µg/m ³)					
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor	Extremely poor
Particles less than 2.5 µm (PM _{2,5})	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	75-800
Particles less than 10 µm (PM ₁₀)	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	150-1200
Nitrogen dioxide (NO ₂)	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	340-1000
Ozone (O ₃)	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	380-800
Sulphur dioxide (SO ₂)	0-100	100-200	200-350	350-500	500-750	750-1250

Figur 2.5. Kategorier i EEA's luftkvalitetsindeks og tilhørende koncentrationsniveauer baseret på timeværdier.

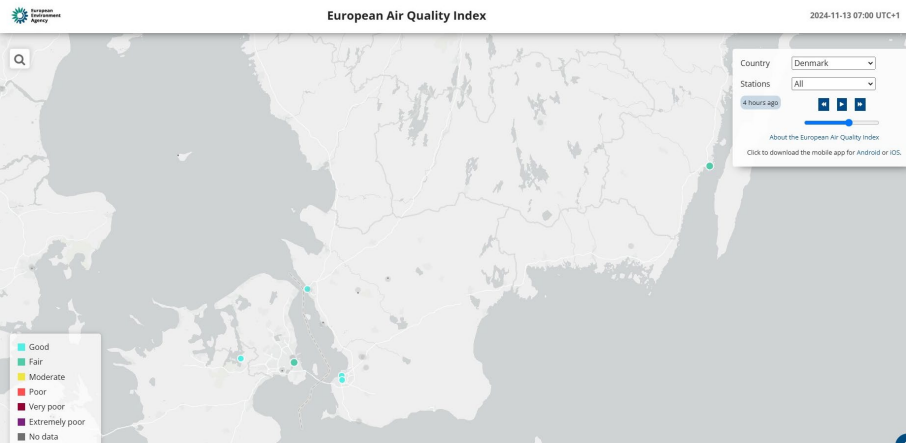
Disse kategorier er fastsat for at informere offentligheden om luftkvaliteten og de potentielle helbredsrisici ved forskellige forureningsniveauer. Det er vigtigt at bemærke, at disse niveauer er baseret på timemålinger og kan variere afhængigt af lokale forhold og kilder til forurening.

Indekset over luftkvaliteten i Europa suppleres af helbredsrelaterede handleanvisninger, som indeholder anbefalinger til både den brede befolkning og sårbare grupper, såsom voksne og børn med luftvejsproblemer og voksne med hjertesygdomme (Tabel 2.2).

Tabel 2.2. Handleanvisninger til EEA's luftkvalitetsindeks.

Luftkvalitetsindeks	Den brede befolkning	Sårbare befolkningsgrupper
God	Luftkvaliteten er god. Udfør dine sædvanlige udendørsaktiviteter.	Luftkvaliteten er god. Udfør dine sædvanlige udendørsaktiviteter.
Rimelig	Udfør dine sædvanlige udendørsaktiviteter	Udfør dine sædvanlige udendørsaktiviteter
Moderat	Udfør dine sædvanlige udendørsaktiviteter	Overvej at reducere intense udendørsaktiviteter, hvis du oplever symptomer.
Dårlig	Overvej at reducere intense udendørsaktiviteter, hvis du oplever symptomer som irriterede øjne, hoste eller ondt i halsen	Overvej at reducere fysiske aktiviteter, især udendørs, især hvis du oplever symptomer.
Meget dårlig	Overvej at reducere intense udendørsaktiviteter, hvis du oplever symptomer som irriterede øjne, hoste eller ondt i halsen	Reducér fysiske aktiviteter, især udendørs, navnlig hvis du oplever symptomer.
Ekstremt dårlig	Reducér fysiske udendørsaktiviteter.	Undgå fysiske udendørsaktiviteter.

På EEA’s hjemmeside vises luftkvalitetsindekset for alle steder, hvor der er målestationer i Europa. I nedenstående figur er vist H.C. Andersens Boulevard, som er den eneste station, som EEA viser for København.



Figur 2.6. EEA luftkvalitetsindeks for København. Måledata stammer fra H.C. Andersens Boulevard og prognose data fra CAMS (<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/index>).

Til sammenligning med det luftkvalitetsindeks, som er opstillet af DCE, inkluderer EEA’s indeks også SO₂, men dette er fravalgt i DCE’s indeks pga. de meget lave værdier i Danmark. EEA’s indeks inkluderer 6 kategorier, mens DCE’s kun indeholder 4 kategorier, hvilket skyldes at meget høje (svarende til EEA-luftkvalitetsindeks ”Meget dårlig” og ekstrem høje koncentrationer (svarende til EEA-luftkvalitetsindeks ”Ekstrem dårlig” ikke forekommer i Danmark. Ellers er principperne for opdeling i den brede befolkning og sår bare grupper samt handleanvisningerne tilnærmelsesvis tilsvarende. EEA’s luftkvalitetsindeks er baseret på ældre data for relativ risiko for korttidseksponering fra WHO fra 2013 fra det såkaldte HRAPIE project (WHO, 2013). EEA er ved at opdatere luftkvalitetsindekset i lyset af WHO’s seneste anbefalinger (WHO, 2021) samt det nye luftkvalitetsdirektiv vedtaget i oktober 2024,

som kræver at medlemslandene tilvejebringer luftkvalitetsindeks til borgerne (EU, 2024).

Når det nye luftkvalitetsindeks fra EEA foreligger, kan Københavns Kommune overveje at benytte dette, idet det ikke er noget større arbejde at beregne EEA's luftkvalitetsindeks for de valgte lokaliteter i København ud fra de genereret måle- og prognosedata.

3 Prognose- og varslingssystem

I dette kapitel beskrives de lokaliteter og luftforurenende stoffer, som indgår i prognose- og varslingssystemet, og der præsenteres et bud på, hvordan informationerne grafisk kan præsenteres. Endvidere gives en beskrivelse af de luftkvalitetsmodeller, som indgår i beregning af prognosedata for de kommende fire døgn, og der gives en summarisk analyse af sammenhængen mellem beregnede og målte niveauer.

3.1 Lokaliteter og luftforureninger

I prognose- og varslingssystemet præsenteres måledata, som vil være det seneste døgn luftkvalitetsdata. Endvidere præsenteres modelleret prognosedata for de kommende fire døgn, som luftkvalitetsindekset er baseret på.

De seneste 24-timers data vil være baseret på målinger fra Københavns Kommunes tre målestationer, som er gadestationer. De er placeret på Folehaven, Hillerødgade og Backersvej. Målinger udføres af FORCE Technology. Desuden suppleres de med målinger fra de to gadestationer under Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej). I tillæg til gademålestationer inkluderer fx Det Europæiske Miljøagenturs luftkvalitetsindeks også land- og bybaggrundsmålestationer. Dette giver mulighed for at orientere sig om forskellen mellem luftkvalitetsindekset i forskellige typer omgivelser som for eksempel forskellen på parkområder og tæt trafikeret gader. Derfor inkluderes også målinger fra bybaggrundsstationen under Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (H.C. Ørsted Institut).

Måledata fra DCE's stationer gennemgår løbende en automatiseret kontrol, men data er først fuldt kvalitetssikret lang tid efter. Data som præsenteres som en tidsserie med 24 timers rullende værdier er derfor ikke fuldt kvalitetssikret, men vil have samme kvalitet, som de online-data DCE løbende præsenterer på sin hjemmeside.

Der er således 6 lokationer, hvor der måles, og for disse lokationer foretages der også prognoseberegninger. Derudover foretages prognoseberegninger for 97 gader, der indgår i det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Nordstrøm et al., 2024). Figur 3.1 viser en oversigt over de til sammen 103 lokationer og Tabel 3.1 viser en oversigt over målte og modellerede komponenter ved de 103 lokationer.

Som det fremgår måles alle fire luftforureninger ikke på alle 6 målestationer.

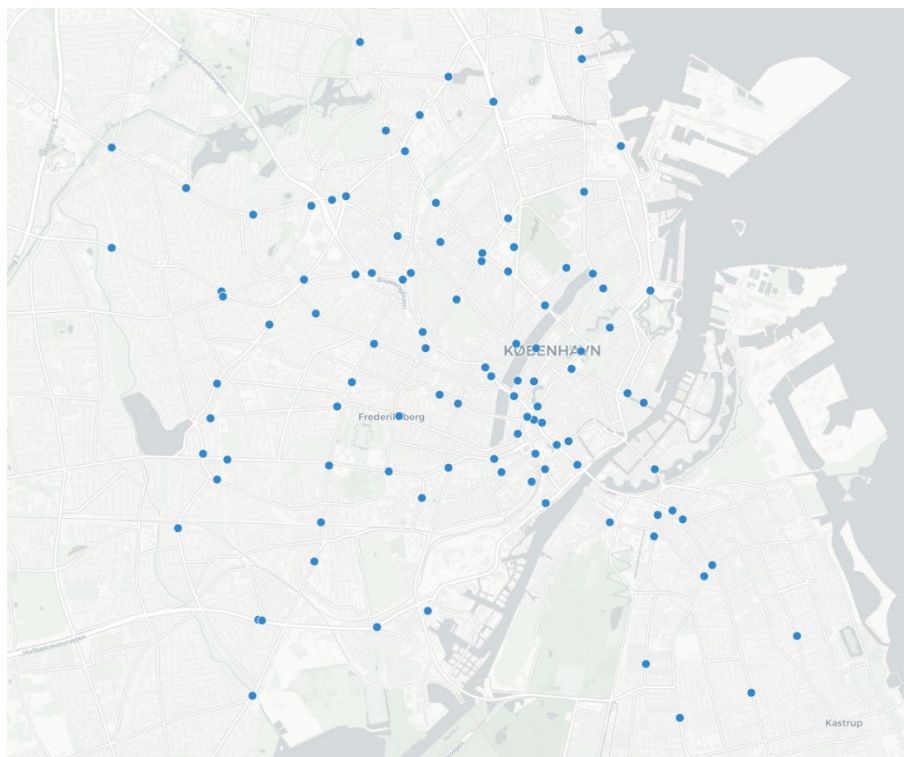
Tabel 3.1. Oversigt over lokaliteter samt midlingstider for målinger, modelprognose og luftkvalitetsindeks.

Antal	Kilde	Type	Gadenavn	Målinger - seneste 24 timer				Model - prognose				Luftkvalitetsindeks			
				NO ₂	O ₃	PM _{2,5}	PM ₁₀	NO ₂	O ₃	PM _{2,5}	PM ₁₀	NO ₂	O ₃	PM _{2,5}	PM ₁₀
1	DCE	Bybaggrund	H.C. Ørsted Instituttet	1h	1h			1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
1	DCE	Gade	H.C. Andersens Boulevard	1h	1h	1h		1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
1	DCE	Gade	Jagtvej	1h				1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
1	Kbh.	Gade	Hillerødgade	1h		1h	1h	1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
1	Kbh.	Gade	Folehaven	1h		1h	1h	1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
1	Kbh.	Gade	Backersvej	1h		1h	1h	1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
97	DCE	Gade	97 gader i København/Frederiksberg					1h	1h	1h	1h	24h	8h	24h	24h
103															

3.1 Grafisk præsentation af luftkvalitetsindeks og tilhørende data

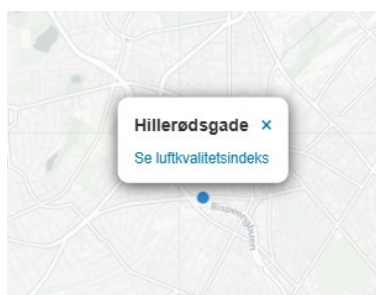
I det følgende vises DCE's forslag til visning af luftkvalitetsindeks og handleanvisninger samt måle- og prognosedata. Københavns Kommune står selv for opbygning af egen hjemmeside samt visning af data.

I Figur 3.1 er vist placering af de 103 lokationer på et webGIS-kort.



Figur 3.1. Placering af 103 lokationer, som indgår i prognose- og varslingssystem.

Når man placerer cursoren over en lokation vises gadenavnet, se Figur 3.2.



Figur 3.2. Visning af gadenavn for en enkelt lokation.

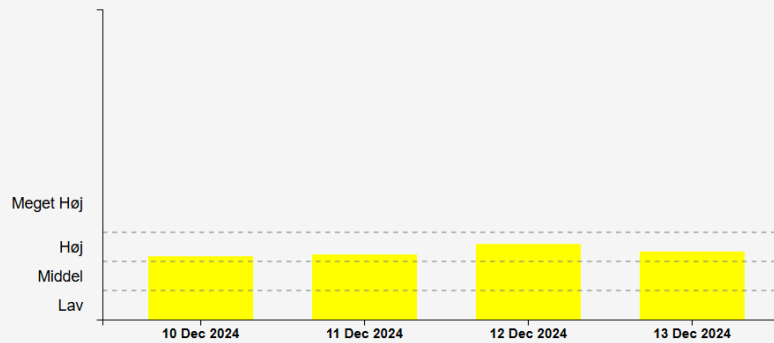
Ved klik på "Se luftkvalitetsindeks" på en af lokationerne vises informationer om luftkvalitetsindekset de kommende fire døgn samt tilhørende handleanvisninger, se Figur 3.3.

Samlet luftkvalitetsindeks er baseret på den luftforureningskomponent, som har det højeste luftkvalitetsindeks af NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} og O₃. Ved at klikke på de enkelte luftforureningskomponenter vises de individuelle luftkvalitetsindeks.

Luftkvalitetsindeks for Hillerødsgade

Luftkvalitetsindeks: Samlet luftkvalitetsindeks er baseret på den luftforureningskomponent, som har det højeste luftkvalitetsindeks af NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} og O₃. I dette tilfælde, PM_{2,5}. Ved at klikke på de enkelte luftforureningskomponenter vises de individuelle luftkvalitetsindeks. NO₂ er kvælstofdioxid, PM₁₀ og PM_{2,5} er hhv. massen af partikler under 10 og 2,5 mikrometer, og O₃ er ozon.

Luftkvalitetsindeks: Samlet baseret på PM_{2,5}



Aktuel tid: 2024-12-10 15:18. Næste dataopdatering: 2024-12-11 08:30.

Handleanvisninger afhængig af samlet luftkvalitetsindeks

Hvordan er luftforureningen?	Sådan kan du forholde dig	Sådan kan du forholde dig, hvis du er særligt sårbar (børn, gravide, personer med astma, KOL & hjertesygdom)
Lav	Normalt	Normalt
Middel	Normalt	Normalt
Høj	Normalt	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader
Meget høj	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader	Begræns din færden på stærkt trafikerede gader. Søg mod områder med lavere luftforurening når du er udenfor.

Bemærk: Prognose- og varslingssystemet er udviklet for Københavns Kommune af DCE (link) og dokumentet i en rapport (link).

Se luftkvalitetsdata

Figur 3.3. DCE's forslag til visning af luftkvalitetsindeks og tilhørende handleanvisninger.

Ved at klikke på knappen "Se luftkvalitetsdata" vises seneste 24-timers måledata for de lokationer med målestationer og for alle lokationer vises 4-døgns prognosedata.

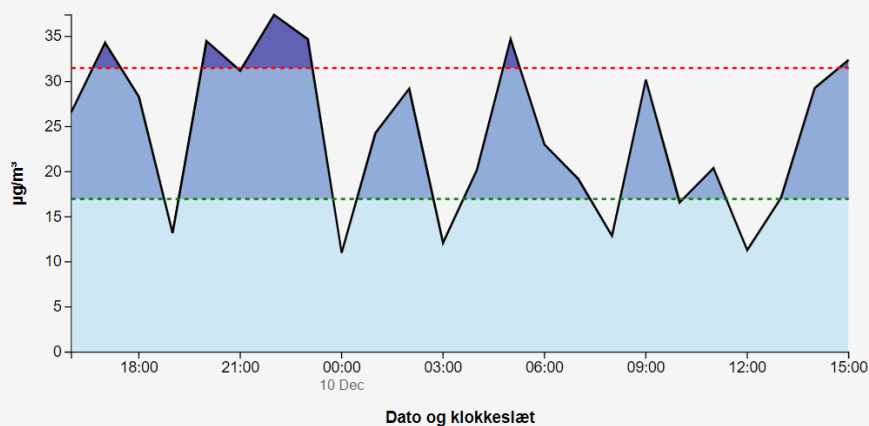
I Figur 3.4 er vist DCE's forslag til visning af de seneste 24-timers måledata for lokationer med målestationer. Der kan vælges mellem de forskellige stoffer for at få vist tidsserien for den pågældende luftforurening. Den stiplede grønne og røde linjer er forklaret på side 22.

Luftkvalitetsdata for Hillerødsgade

Målt

Prognose

Seneste døgn NO₂ koncentrationer



NO₂

PM₁₀

PM_{2,5}

Aktuel tid: 2024-12-10 16:25, Næste dataopdatering: 2024-12-10 16:30.

Hvad betyder farverne på tidsseriegraferne?

Bemærk: Prognosedata for de næste fire døgn eksisterer for alle beregningspunkter, mens måledata kun eksisterer for Københavns Kommunes målestationer (Folehavn, Backersvej og Hillerødsgade) og DCEs målestationer (H.C. Andersens Boulevard, Jagtvej og H.C. Ørsted Institutet).

Figur 3.4. DCE's forslag til visning af seneste 24-timers måledata fra målestationer.

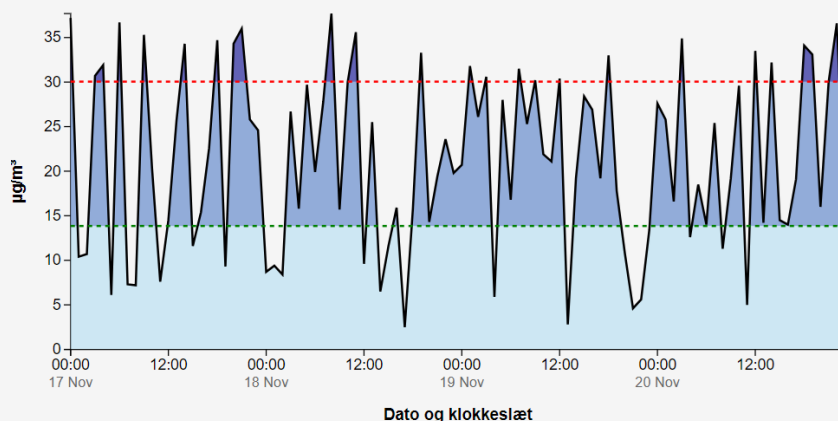
DCE's forslag til visning af prognosedata er vist i Figur 3.5. Der kan vælges mellem de forskellige stoffer for at få vist tidsserien for den pågældende luftforurening.

Luftkvalitetsdata for Hillerødsgade

Målt

Prognose

Prognose for næste fire døgn for NO₂



NO₂

PM₁₀

PM_{2,5}

O₃

Aktuel tid: 2024-12-10 16:30. Næste dataopdatering: 2024-12-11 08:30.

Hvad betyder farverne på tidsseriegraferne?

Bemærk: Prognosedata for de næste fire døgn eksisterer for alle beregningspunkter, mens måledata kun eksisterer for Københavns Kommunes målestationer (Folehavn, Backersvej og Hillerødsgade) og DCEs målestationer (H.C. Andersens Boulevard, Jagtvej og H.C. Ørsted Institutet).

Figur 3.5. DCE's forslag til visning af prognosedata.

Ved klik på linket "Hvad betyder farverne på tidsseriegraferne?" fås følgende tekst i pop-up forklaring: Figuren viser prognose for variation i koncentrationerne de næste fire døgn. De stiplede linjer viser 25%-percentilen (grøn linje) og 75%-percentilen (rød linje) baseret på forrige års luftkvalitetsdata for den pågældende gade. Farverne lyseblå, mellemmeblå og mørkeblå, viser hhv. den del som er under 25%-percentilen, mellem 25%- og 75%-percentilerne, og over 75%-percentilen.

Percentilværdierne er baseret på forrige års data for den pågældende gade, og de seneste 24-timers data for målesteder og 4-døgnsprogno for alle lokationer er sammenlignet hermed.

Bemærk at det ikke er muligt at lave en direkte sammenligning med niveauerne i luftkvalitetsindekset, som er baseret på 24-timers middelværdi for NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀ og 8-timers løbende middelværdier for O₃.

3.2 Operationel prognose baseret på luftkvalitetsmodeller

I det følgende beskrives de luftkvalitetsmodeller, som den operationelle 4-døgnsprogno for luftkvalitet er baseret på. CAMS leverer en regional baggrundskoncentration, som er input til bybaggrundsmodellen UBM, som igen er input til gadeluftkvalitetsmodellen OSPM. I det følgende er modellerne kort beskrevet, og der er givet en summarisk kvalitetssikring af resultaterne

ved at sammenligne målinger og beregninger for den relative korte periode på tre måneder.

CAMS

DCE indgår i den regionale service under CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service), som er et europæisk program (<https://atmosphere.copernicus.eu/>). I CAMS udvikles bl.a. operationelle prognoser for luftkvalitet for Europa, hvori DCE's regionalskala-luftkvalitetsmodel, den Danske Eulerske Hemisfæriske Model (DEHM) indgår som en af 11 modeller fra europæiske forskningsinstitutioner. Resultater fra de 11 modeller kombineres i et ensemble, og syntesen heraf er bedre end resultaterne fra de enkelte modeller. Samlet set giver dette bedre overensstemmelse med målinger, og dermed også bedre resultater end, hvis kun DEHM blev benyttet. De 11 modeller drives af meteorologiske data fra den samme meteorologiske prognosemodel IFS.

Det regionale modelsystem, der anvendes til CAMS regionale realtidsprognosetjeneste evalueres kvartalsvis gennem Evaluerings- og Kvalitetskontrol (EQC) rapporter. Rapporterne indeholder evalueringer for hver model individuelt samt for ensemblet af modeller. Evalueringen fokuserer primært på koncentrationer ved jordoverfladen (<https://atmosphere.copernicus.eu/regional-services>).

Prognosedata for de kommende fire døgn fra det regionale CAMS-ensemble bruges til at beskrive baggrundskoncentrationerne for København.

Urban Background Model (UBM)

Oprindeligt var denne model kun beregnet til at beskrive luftforureningen i baggrundsområder i byer, men den er siden blevet udvidet til at dække hele Danmark. UBM har en geografisk opløsning på 1 km x 1 km, som giver en god beskrivelse af luftforureningen på lokalskala i både by- og landområder. Modellen beskriver spredningen af luftforureningen fra lokale kilder (indenfor 25 km's radius) og indeholder en beskrivelse af de kemiske reaktioner, som det er nødvendigt at inkludere på denne skala. Modellen er nærmere beskrevet i Nordstrøm et al. (2024) og på <http://au.dk/UBM>. En grundig evaluering er beskrevet i Ellermann et al. (2024). Resultater fra det regionale CAMS-ensemble indgår som input til UBM.

Opsætningen af UBM med input fra det regionale CAMS-ensemble er blevet evalueret for NO₂ og O₃ gennem CAMS national samarbejdsprogram for Danmark (CAMS NCP-DK: <https://atmosphere.copernicus.eu/denmark>) og sammenlignet med tre andre opsætninger af modelsystemet. I de tre opsætninger er der benyttet grænsebetingelser til UBM fra 3 forskellige opsætninger af DEHM med emissionsinput fra enten CAMS eller EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), og meteorologiske data fra 3 forskellige modeller (IFS, ETA og WRF). Som input til UBM er der yderligere benyttet detaljerede danske emissioner af forskellig dato, se Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Forskellige opsætninger for evaluering af modellerede baggrundskoncentrationer i forhold til måledata fra de danske overvågningsstationer.

Navn på opsætning	Meteorologi	Emissioner	Grænsebetingelser	Kommentar
ifs_cams_ensemble	IFS global	CAMS-TEMPO + Danske emissioner	CAMS ensemble	Standard
ifs_cams_dehm	IFS global	CAMS-TEMPO + Danske emissioner	DEHM	DEHM i CAMS-ensemble
eta_thor_dehm	ETA regional	EMEP + Danske emissioner (af ældre dato)	DEHM	DEHM og UBM i THOR systemet
wrf_novana_dehm	WRF regional	EMEP + Danske emissioner (up-to-date)	DEHM	DEHM i NOVANA setup

Resultater fra de fire opsætninger er sammenlignet med måledata fra de danske overvågningsstationer for en 8 måneders periode fra 1/7-2023 til 29/2-2024 (Figur 3.7).

Evalueringen er baseret på følgende statistiske parametre: Bias, R og RMSE. Bias er et udtryk for forskellen mellem den modellerede værdi og den målte værdi. Bias tæt på nul indikerer lille forskel. R er korrelationskoefficienten i en lineær regressionsmodel og er et mål for hvor stærk en lineær sammenhæng, der er mellem de to variable. Jo tættere R er på 1, jo stærkere er sammenhængen mellem model og målinger. RMSE (Root Mean Square Error) måler den gennemsnitlige forskel mellem værdier, der forudsiges af en model, og de faktiske værdier. Den giver et estimat af, hvor godt modellen er i stand til at forudsige målværdien (nøjagtighed), og lavere værdier er bedre end højere værdier.

Evalueringen viser, at CAMS-ensemblet (fs_cams_ensemble), når det anvendes som input til UBM-modellen, giver de bedste resultater for både NO₂ og O₃ i forhold til de andre opsætninger af modelsystemet. Denne opsætning viser højest korrelation (R) og lavest RMSE for ozon (Tabel 3.3), og også de bedste korrelationer for kvælstofdioxid (Tabel 3.4) sammenlignet med standard-opsætningen. Bias er også relativ lav.

Tabel 3.3. Statistikintervaller for daglig maksimum af 8-timers løbende middel af O₃-koncentration sammenlignet med observationerne for hver modelopsætning på tværs af alle målestationer. Den grønne farve fremhæver den bedste præstation for hver statistik

Modelopsætning	Bias (µg/m ³)	R	RMSE (µg/m ³)
ifs_cams_ensemble	-6.19 – 0.86	0.85 – 0.90	6.89 – 10.46
ifs_cams_dehm	2.83 – 8.62	0.79 – 0.85	9.62 – 12.52
eta_thor_dehm	-9.24 – -0.43	0.74 – 0.83	9.65 – 15.14
wrf_novana_dehm	-1.30 – 3.23	0.78 – 0.85	8.78 – 10.57

Tabel 3.4. Statistikintervaller for daglig maksimum af NO₂-koncentration sammenlignet med observationerne for hver modelopsætning på tværs af alle målestationer. Den grønne farve fremhæver den bedste præstation for hver statistik

Modelopsætning	Bias (µg/m ³)	R	RMSE (µg/m ³)
ifs_cams_ensemble	-2.41 – 5.32	0.48 – 0.75	1.83 – 9.27
ifs_cams_dehm	-3.03 – 3.02	0.40 – 0.65	1.74 – 8.98
eta_thor_dehm	1.46 – 12.80	0.54 – 0.64	2.79 – 18.16
wrf_novana_dehm	-2.13 – 2.40	0.45 – 0.67	2.93 – 7.65

CAMS-ensemble underestimerer dog ofte O₃-niveauerne med op til 10 %, især i byområder, men viser samlet set bedre præcision end andre opsætninger.

Som sidste led i modelkæden beregner OSPM® luftkvaliteten i 2 meters højde ved husfacaderne for udvalgte gadestrækninger (www.au.dk/OSPM). OSPM beskriver simple kemiske reaktioner, som er relevante i gaderummet, indflydelsen af de omgivende bygninger på spredningen af luftforurening, samt effekten af den atmosfæriske og den trafikskabte turbulens. Modellen baseres på detaljerede trafikinformationer om trafikintensitet, køretøjssammensætning, rejsehastighed og detaljerede udledningsfaktorer fra trafikudledningsmodellen COPERT 5 (EEA, 2019). Resultater fra UBM indgår som input til OSPM. Modellen og en evaluering af de seneste resultater er nærmere beskrevet i Nordstrøm et al. (2024).

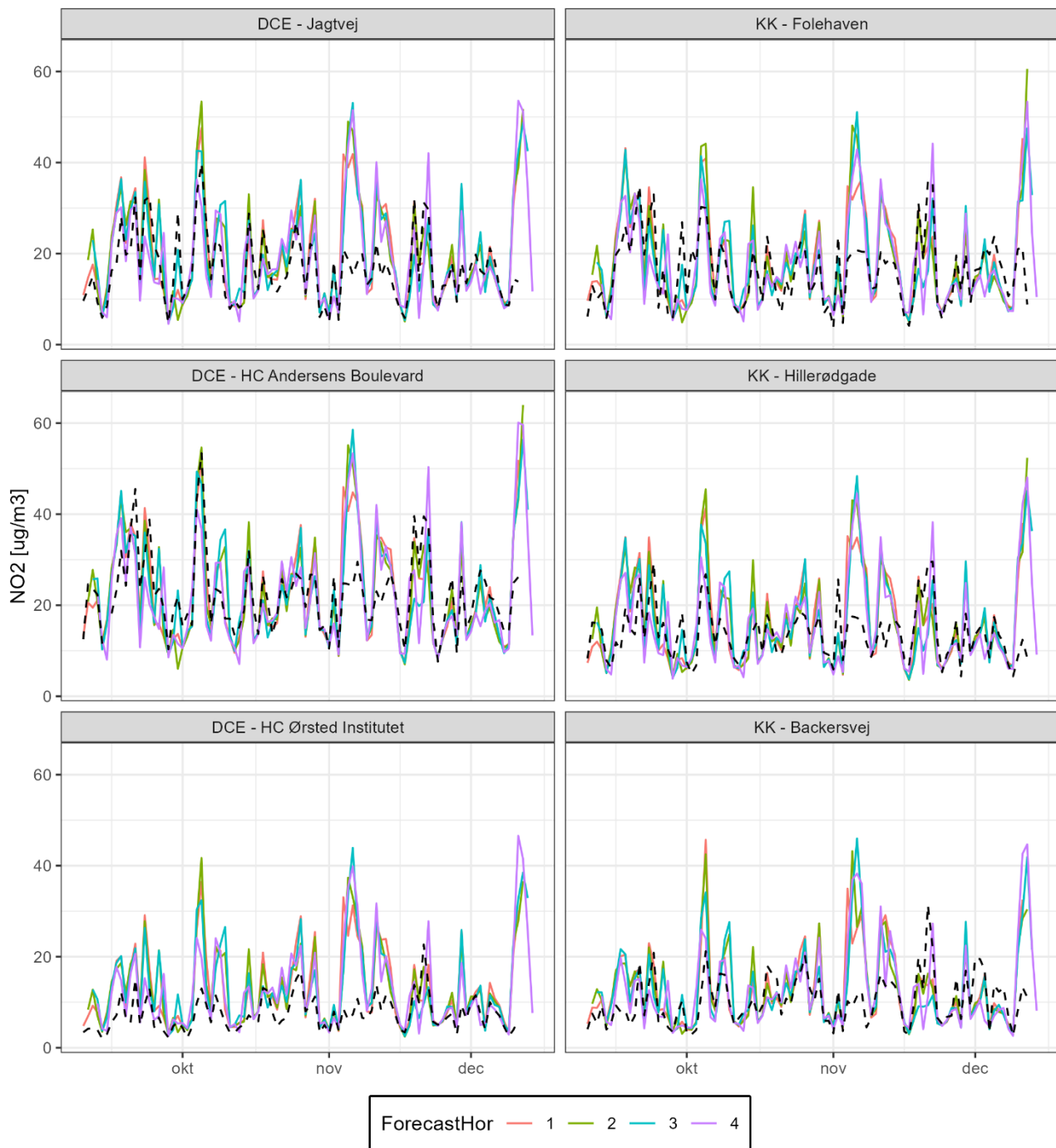
Der er foretaget en summarisk evaluering af det opsatte modelsystem, hvor modellerede daglige middelkoncentrationer af PM₁₀, PM_{2,5}, ozon (O₃), kvælstofdioxid (NO₂) er sammenlignet med målinger fra Københavns Kommunes tre målestationer og DCE's tre målestationer. Alle målestationer er gadestationer undtaget DCE's bybaggrundsmålestation på H.C. Ørsted Institutet. Dette er gjort for tidsperioden fra 10. september til 10. december 2024. Det er ikke alle komponenter, der måles på alle stationer.

De modellerede koncentrationer er generelt på niveau med de målte koncentrationer for alle fire komponenter, og overordnet følger den tidslige udvikling i koncentrationerne den målte udvikling. Men der er også enkelte dage, hvor modelberegningerne er væsentligt højere end målinger, som vil kunne

resultere i, at den beregnede kategori af luftkvalitetsindekset vil være overvurderet. For den pågældende periode ser modelleret NO_2 ud til at være undervurderet, O_3 stemmer godt overens med målinger, PM_{10} er overvurderet og $\text{PM}_{2,5}$ passer godt overens med målinger. Hvorvidt modelleret PM_{10} reelt er overvurderet i forhold til Københavns Kommunes målinger er usikkert, idet analyser tidligere har vist, at Københavns Kommunes målestationer underestimerede PM_{10} -niveauer, når disse blev sammenlignet med referencemålinger på DCE-målestationer.

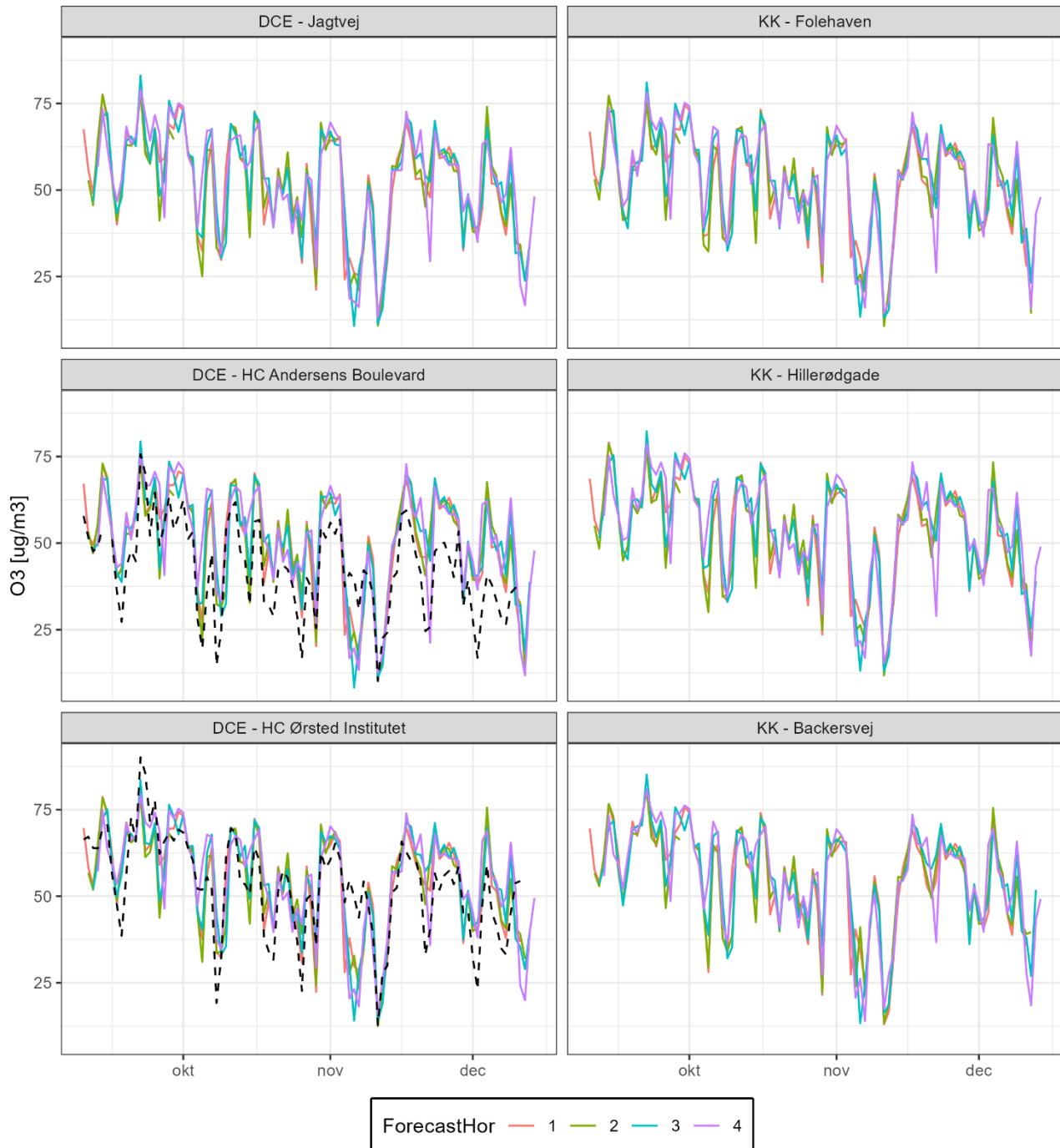
Bemærk at kurverne for de fire prognosedøgn ofte ligger oven i hinanden som indikation på, at 4. prognosedøgn ikke afviger markant fra 1. prognosedøgn for det pågældende døgn, men dog således at 1. prognosedøgn er mere i overensstemmelse med målinger end 4. prognosedøgn, som indikeret med stigende BIAS, faldende R og stigende RMSE fra 1. til 4. prognosedøgn i Tabel 3.5 til Tabel 3.8.

OSPM



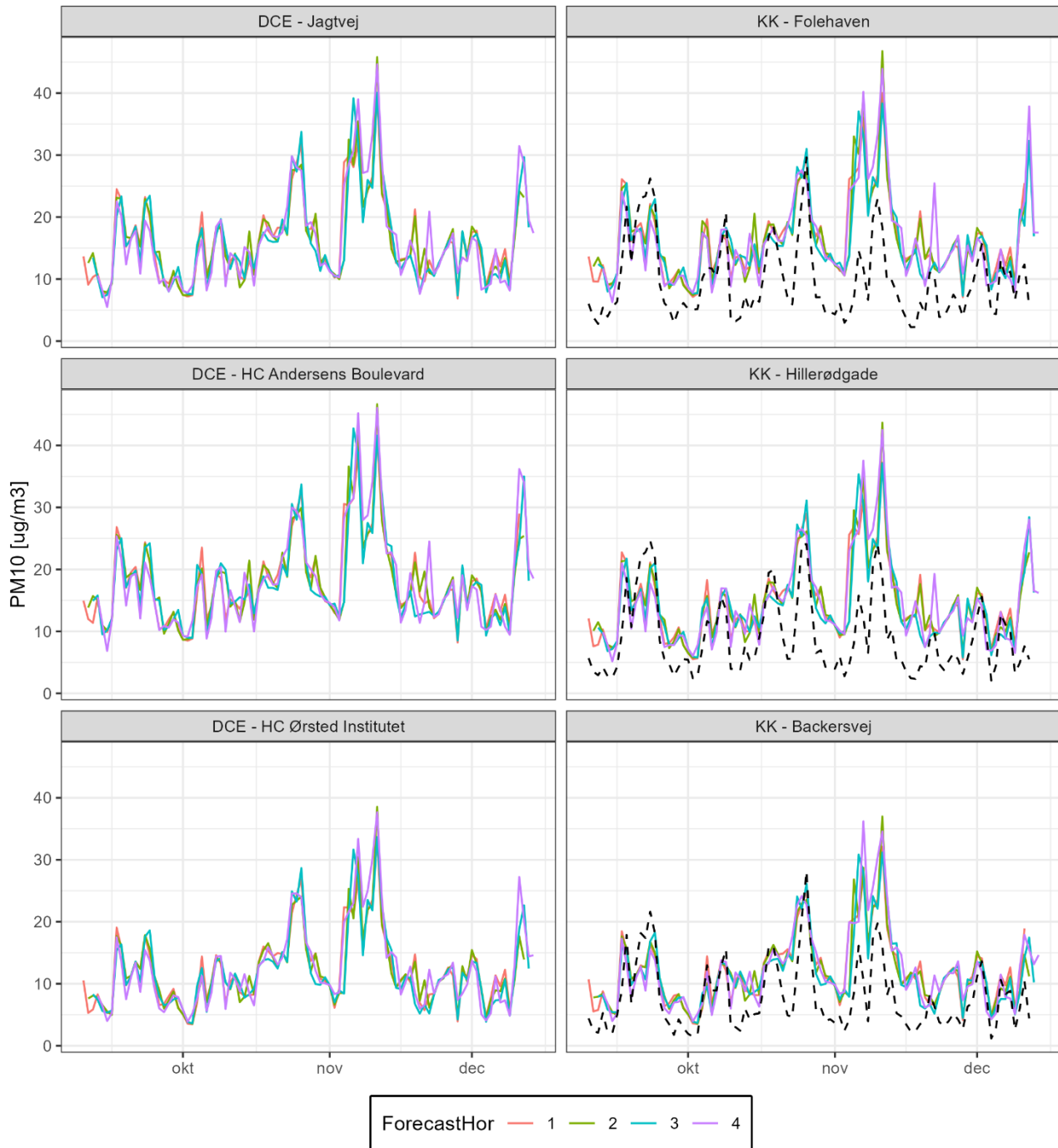
Figur 3.7. Målte (sort stiplede linje) og modellerede (farvede linjer) døgnkoncentrationer af kvælstofdioxid (NO₂). De fire forskellige farver angiver hhv. 1., 2. 3. og 4. prognosedøgn. Tidsperioden er 10. september til 10. december 2024.

OSPM



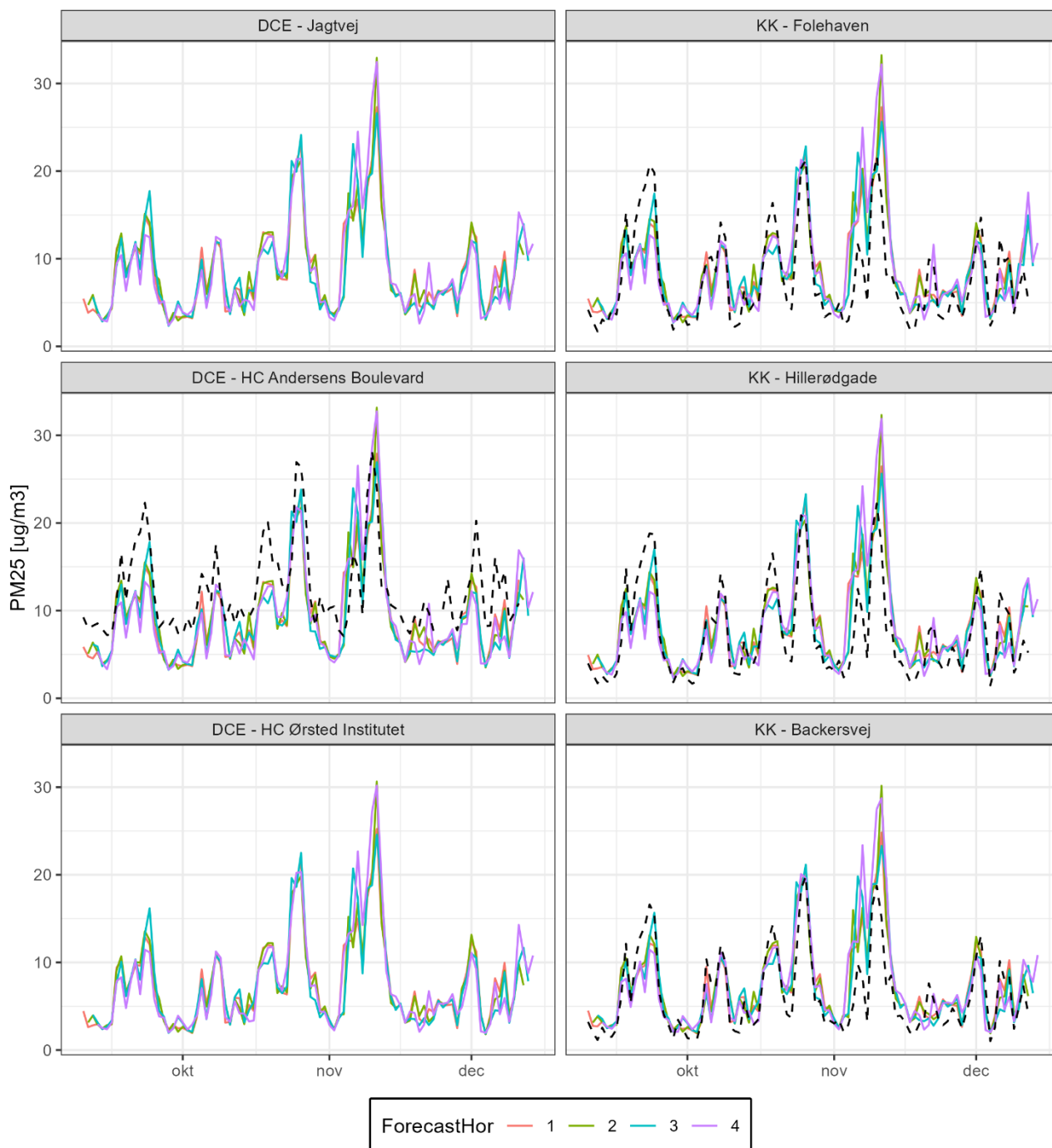
Figur 3.8. Målte (sort stiplede linje) og modellerede (farvede linjer) døgnkoncentrationer af ozon. De fire forskellige farver angiver hhv. 1., 2. 3. og 4. prognosedøgn. Tidsperioden er 10. september til 10. december 2024.

OSPM



Figur 3.9. Målte (sort stiplede linje) og modellerede (farvede linjer) døgnkoncentrationer af PM₁₀. De fire forskellige farver angiver hhv. 1., 2. 3. og 4. prognosedøgn. Tidsperioden er 10. september til 10. december 2024.

OSPM



Figur 3.10. Målte (sort stiplede linje) og modellerede (farvede linjer) døgnkoncentrationer af PM_{2.5}. De fire forskellige farver angiver hhv. 1., 2. 3. og 4. prognosedøgn. Tidsperioden er 10. september til 10. december 2024.

Tabel 3.5. Statistikintervaller for NO₂-døgnkoncentrationer sammenlignet med observationer for hvert prognosedøgn på tværs af alle målestationer.

Prognosedøgn	Bias (µg/m ³)	R	RMSE (µg/m ³)
1	0.06 – 5.21	0.56 – 0.78	6.34 – 8.25
2	0.29 – 5.43	0.47 – 0.72	7.63 – 8.81
3	0.28 – 5.37	0.36 – 0.66	7.48 – 9.35
4	-0.31 – 4.64	0.37 – 0.59	7.85 – 9.27

Tabel 3.6. Statistikintervaller for O₃-døgnkoncentrationer sammenlignet med observationer for hvert prognosedøgn på tværs af alle målestationer.

Prognosedøgn	Bias (µg/m ³)	R	RMSE (µg/m ³)
1	1.77 – 7.75	0.80 – 0.83	9.12 – 11.2
2	1.05 – 7.10	0.65 – 0.69	12.2 – 13.2
3	2.44 – 8.32	0.70 – 0.74	11.2 – 13.0
4	3.16 – 9.11	0.70 – 0.72	11.0 – 14.1

Tabel 3.7. Statistikintervaller for PM₁₀-døgnkoncentrationer sammenlignet med observationer for hvert prognosedøgn på tværs af alle målestationer.

Prognosedøgn	Bias (µg/m ³)	R	RMSE (µg/m ³)
1	0.39 – 6.32	0.49 – 0.68	6.03 – 8.44
2	0.44 – 6.39	0.43 – 0.66	6.20 – 8.84
3	0.14 – 6.01	0.45 – 0.68	6.01 – 8.24
4	0.32 – 6.18	0.39 – 0.57	7.07 – 9.11

Tabel 3.8. Statistikintervaller for PM_{2.5}-døgnkoncentrationer sammenlignet med observationer for hvert prognosedøgn på tværs af alle målestationer.

Prognosedøgn	Bias (µg/m ³)	R	RMSE (µg/m ³)
1	-3.08 – 0.94	0.80 – 0.85	2.70 – 4.30
2	-3.05 – 0.95	0.77 – 0.82	3.09 – 4.51
3	-3.17 – 0.86	0.77 – 0.81	3.13 – 4.67
4	-3.11 – 1.00	0.70 – 0.75	3.85 – 5.01

Grundig evaluering af performance af modelsystem

Prognoserne for de forskellige dage følger overordnet den samme udvikling. Dette indikerer at systemet er robust, hvilket giver en vis troværdighed til prognoserne flere dage ud i fremtiden.

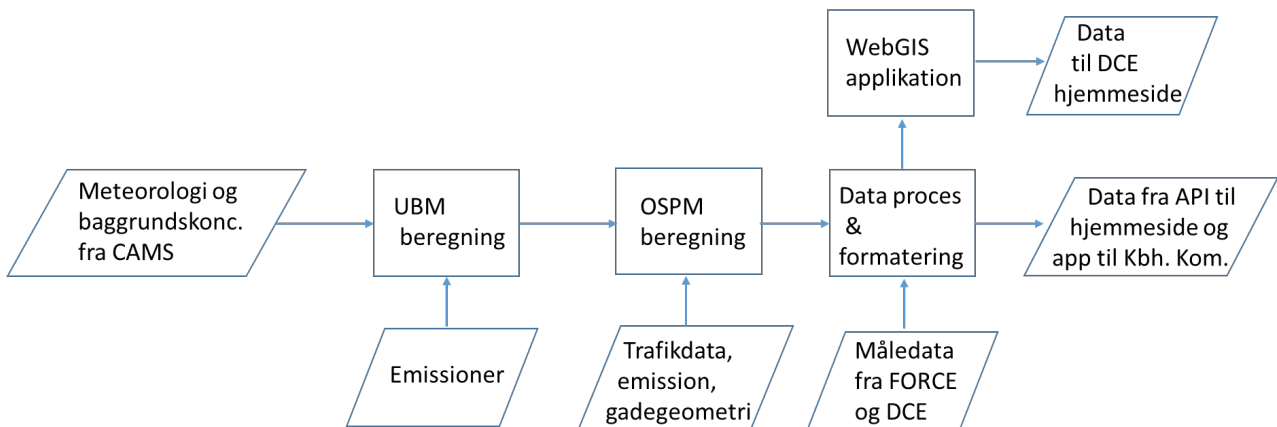
For til fulde at forstå nøjagtigheden i modelsystemet er det nødvendigt at foretage en grundig evaluering baseret på data for minimum et helt år. En sådan analyse skulle indeholde sammenligning af modellerede tidsserier med målinger både visuelt og statistisk, som illustreret ovenfor, og skulle fokusere på gadekoncentrationerne, som ligger til grund for luftkvalitetsindeks, men også bybaggrundsmålestationen. Den skulle også analysere, hvor godt modellen forudsiger prognosen for hhv. 1., 2., 3. og 4. døgn. Endelig skal analysen evaluere, hvor godt luftkvalitetsindekset forudsiges for hhv. 1., 2., 3. og 4. døgn, både for det samlede indeks og indekset for de enkelte stoffer.

DCE vil løbende gemme beregnet prognosedata, således det vil være muligt at lave en sådan analyse, når et større datagrundlag foreligger. Det er også muligt at gennemføre beregninger tilbage i tid, så fx et datasæt for hele 2023 kunne genereres.

Det vil være et særskilt projekt at foretage en sådan analyse og afrapportere den.

Teknisk implementering

Dataflowet i det operationelle system for prognose- og varslingssystemet er skematisk illustreret i Figur 3.11.



Figur 3.11. Skematisk illustration af dataflowet i operationelt system for prognose- og varslingssystemet.

CAMS leverer meteorologidata fra IFS og baggrundskoncentrationer fra ensemble-modellering med 11 regionale modeller i Europa, hvoraf DEHM er en af disse. Opdaterede data foreligger om morgenen først for 1. døgnsprognoze og lidt senere for de øvrige prognosedøgn. Opdaterede data vil typisk foreligge senest kl. 8.00.

UBM beregner bybaggrundskoncentrationer på de 103 lokationer, som indgår i systemet, med input fra CAMS.

OSPM beregner gadekoncentrationen på alle gadelokationer med input fra UBM.

Både UBM- og OSPM-beregninger for fire døgn tager kort computertid.

Herefter beregnes luftkvalitetsindeks og data formateres til et format, som ønsket af Københavns Kommune. Københavns Kommune henter data løbende fra en database via en REST API. Dataleverance og API er beskrevet i et separat teknisk dokument (Produktbeskrivelse).

Data bruger Københavns Kommune til visualisering af lokationer på kort, luftkvalitetsindeks og handleanvisninger samt tidsserier alla visualisering beskrevet i kapitel 3. Dette gøres for en hjemmeside, som Københavns Kommune selv opbygger samt en app til smartphones, som Københavns Kommune står for udvikling af.

DCE har udviklet en webGIS applikation, som visualiser data på lokationer på kort, luftkvalitetsindeks og handleanvisninger samt tidsserier, som beskrevet i kapitel 3. Data vil blive vist på en hjemmeside, som DCE opbygger, og som vil blive publiceret efter, at Københavns Kommune lancerer sin hjemmeside.

Referencer

Ellermann, T., Jensen, S.S., Sigsgaard, T. 2023. Forslag til opdatering af Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 38 s. - Teknisk rapport nr. 270.

Ellermann T., Nordstrøm C., Brandt J., Christensen J., Ketzel M., Massling A., Bossi R., Frohn L. M., Geels C., Jensen S. S., Nielsen O., Winther M., Poulsen M. B., Sørensen M. B., Andersen M. S. & Sigsgaard T., 2024. Luftkvalitet 2022. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 154 s. - Videnskabelig rapport nr. 580.

EU, 2024. Directive of The European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast). Brussels, 2 October 2024.

Nordstrøm, C., Ellermann, T., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Solvang Jensen, S., Nielsen, O-K., Winther, M., Poulsen, M.B., Sørensen, M. B., Skou Andersen, M., og Sigsgaard, T., 2024. Luftkvalitet 2023. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 158 s. - Videnskabelig rapport nr. 627

WHO, 2013. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. 54 p. WHO, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

PROGNOSE- OG VARSLINGSSYSTEM FOR LUFTKVALITET I KØBENHAVNS KOMMUNE

Denne rapport beskriver et nyt prognose- og varslings-
system for luftkvalitet i Københavns Kommune. Der er opbyg-
get et operationelt system til beregning af luftkvaliteten de
kommende fire døgn på udvalgte gader i København. På
baggrund af disse data præsenteres et luftkvalitetsindeks
med tilhørende handleanvisninger for borgerne herunder
sårbare borgere. Endvidere præsenteres tidsserier for luft-
kvaliteten for de kommende fire døgn. Følgende luftfor-
ureninger indgår i systemet: $PM_{2,5}$, PM_{10} , kvælstofdioxid og
ozon.

ISBN: 978-87-7156-916-2
ISSN: 2244-9981