

Revurdering af miljøgodkendelse. Vilkår om luftforurening

Årsrapport 2023

1. udgave 28.05.2024

Indhold

1.	Indledning	2
2.	Resultat af målinger i forhold til grænseværdier	3
3.	Meteorologiske forhold	5
4.	Kvælstofmonooxid (NO)	6
5.	Kvælstofdioxid (NO ₂)	8
6.	Kvælstofmonooxider (NO _x)	10
7.	PM _{2,5}	12
8.	Black Carbon	14
9.	Emissionsopgørelse	15
10.	Vurdering af lufthavnens bidrag til luftkvaliteten	17

BILAG

- A. Måling af luftkvalitet 2022
- B. Opgørelse af emissioner fra flytrafikken

1. Indledning

Denne rapport er afrapportering for 2023 i henhold til vilkår A2, A3 og B1 i ”*Revurdering af Miljøgodkendelse. Vilkår om luftforurening. 14. juli 2008*”:

Vilkår om egenkontrol

- A2. På målestation 1 og 2, jf. vilkår A1, skal der som minimum måles kontinuerligt på parametrene NO, NO₂ og PM_{2,5}.
- A3. Lufthavnen skal udarbejde en opgørelse over emissioner pr. kalenderåret fra flytrafikken. Opgørelsen skal som minimum omfatte parametrene CO, THC, NO_x og SO_x.

Definition: Ved emissioner fra flytrafikken forstås emissioner fra flyenes hoved- og hjælpemotorer ved operationer under 3.000 fods højde.

Indberetning/rapportering

- B1. Lufthavnen skal én gang årligt rapportere resultaterne af overvågningen af luftkvaliteten og opgørelsen af emissioner. Årsrapporten skal som minimum indeholde:

- Resultaterne af målingerne af parametrene NO, NO₂ og PM_{2,5} i det for-gangne kalenderår, jf. vilkår A2.
- Vurdering af måleresultaterne, jf. vilkår A2, i forhold til de til enhver tid gæl-dende luftkvalitetsgrænseværdier.
- Beskrivelse og vurdering af udviklingen i årsmiddelværdier for hver af para-metrene NO, NO₂ og PM_{2,5}. Udviklingen skal omfatte perioden medio 2001 til det aktuelle år for afrapporteringen.
- Vurdering af lufthavnens bidrag til luftkvaliteten
- Beskrivelse og vurdering af udviklingen i emissionen (indekseret) af para-metrene CO, THC, NO_x og SO_x, jf. vilkår A3. Udviklingen skal omfatte perio-den 1996 (indeks 100) til det aktuelle år for afrapporteringen.

2. Resultat af målinger i forhold til grænseværdier

De to målestationer (Station Øst og Station Vest) er placeret som vist på kortet med blå markering:



Det overordnede resultat af luftkvalitetsmålingerne i 2023 fremgår af nedenstående tabel. Aktiviteten i lufthavnen og det omgivne samfund har fortsat været kraftigt stigende i 2023, men aktiviteten i lufthavnen er endnu ikke helt på niveau med det sidste 'normale år' 2019 inden corona-perioden.

Resultatet af målingerne i 2023 opsummeres i nedenstående tabel:

Parameter	Periode	Øst	Vest	Grænseværdi
		µg/m ³		
NO	Årsmiddel	2	1	-
NO ₂	Årsmiddel	12	9	40
NO ₂	19. højeste timemiddel	64	55	200
NO _x (som NO ₂)	Årsmiddel	15	11	-
PM _{2,5}	Årsmiddel	6	7	25

De målte niveauer af NO₂ og PM_{2,5} ligger under de gældende, nationale grænseværdier i 2023.

I den følgende gennemgang vil de foretagne målinger i 2023 blive holdt op mod de meteorologiske forhold.

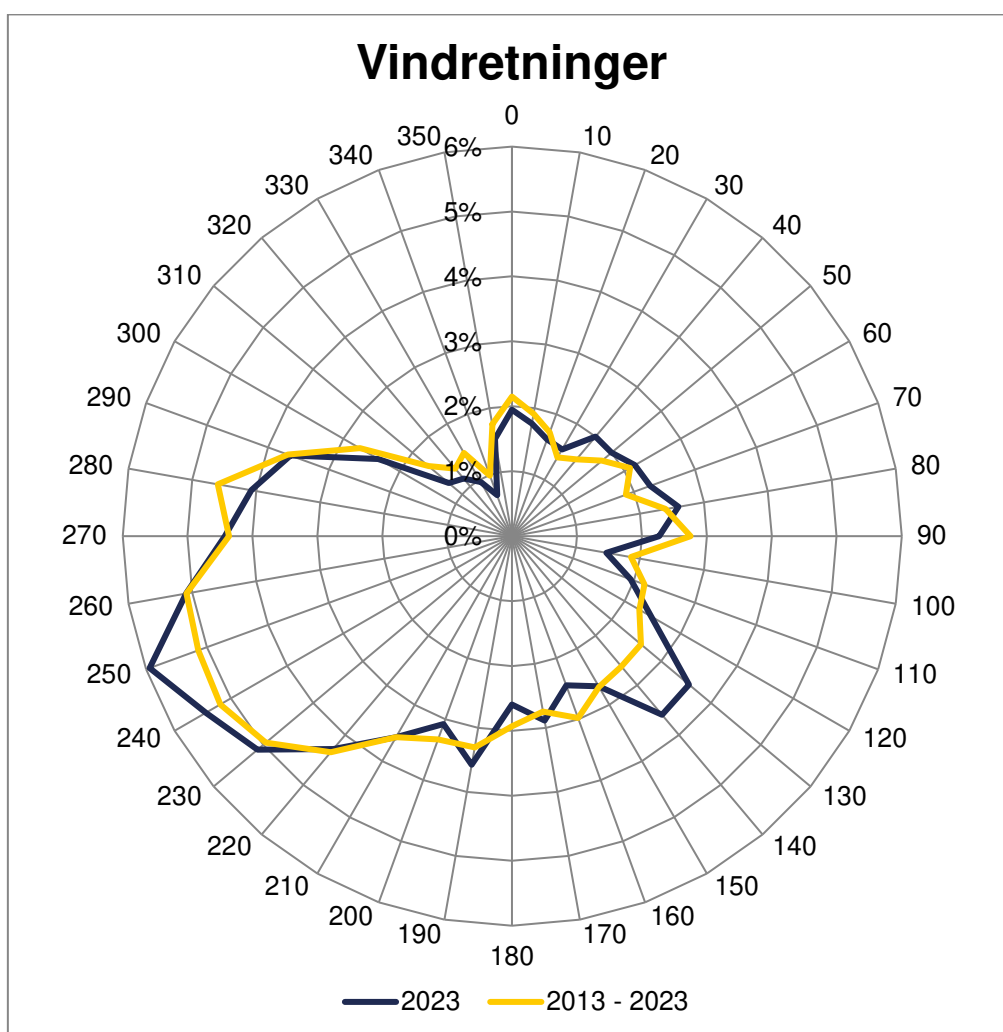
CPH modtager målinger som 5 minutters middelværdier. Disse er kørt sammen med de officielle målinger af vindretningen for hver enkelt måleværdi. Data præsenteres i et spiderweb, som viser den gennemsnitlige koncentration af en given parameter ved forskellige vindretninger (10 graders intervaller). Dette giver en indikation af, hvor kilderne er placeret i forhold til målestationerne og dermed i hvilken grad påvirkningen kommer fra lufthavnen eller fra eksterne kilder.

Derudover holdes årsmiddelværdien op mod tidligere års målinger, med henblik på at vurdere udviklingen.

3. Meteorologiske forhold

Nedenstående Figur 1 viser den procentvise fordeling af vindretningerne i 2023 sammenholdt med perioden 2013 - 2023.

Som det fremgår, har der i 2023 været en større hyppighed af vind fra sydøst. Det var også tilfældet i 2022. Det betyder bl.a., at naboområderne nordvest for lufthavnen oftere end i de foregående 10 år har været udsat for luft, der kommer fra lufthavnen.



Figur 1. Gennemsnitlige vindretninger i perioderne 2023 og 2013 - 2023.

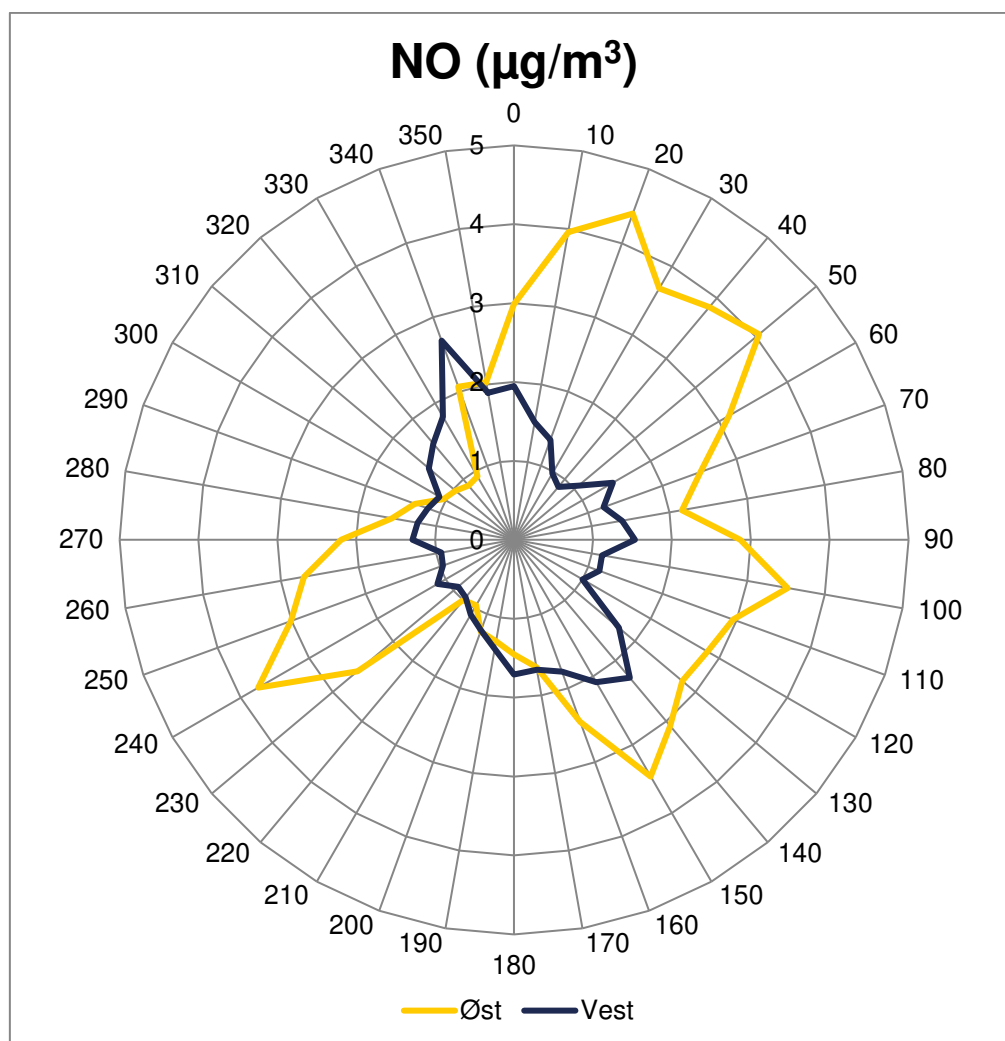
4. Kvælstofmonooxid (NO)

NO omdannes relativt hurtigt i atmosfæren til NO₂ ved reaktion med O₃. Måling af NO viser derfor primært noget om de lokale kilder. NO fra flyene påvirker målingerne mindre end vejtrafikken på grund af afstanden og dermed opholdstiden inden gassen når målestationen.

De største kilder til NO ved station Øst er den offentlige Kystvejen og den interne Sydøstvej, som løber parallelt med Kystvejen mellem målestationen og Kystvejen.

Niveauet ved station Vest ligger noget lavere end ved station Øst, og der er ingen klart største kilde.

Der er mere vejtrafik i øst end i vest, hvilket også kommer til udtryk i Figur 2 og Figur 3.



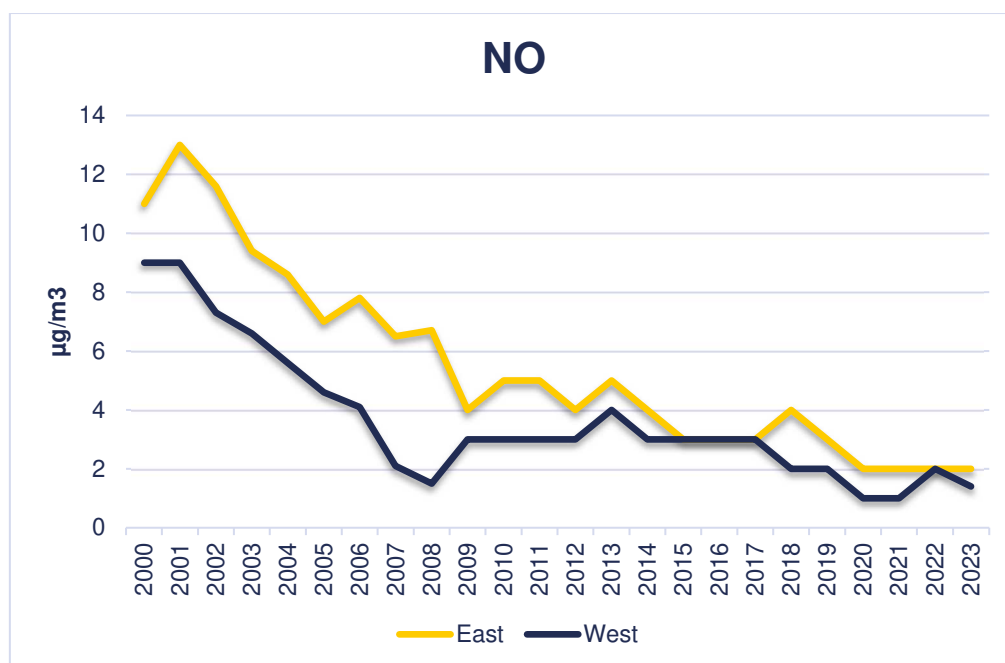
Figur 2. Den gennemsnitlige koncentration af NO ved forskellige vindretninger i 2023.

I øst ses den største gennemsnitlige koncentration af NO ved østlige vindretninger, dvs. når vinden har været ind over Sydøstvej og Kystvejen.

Peaken i øst ved 240 grader ser større ud i 2023 end normalt, men det skyldes i høj grad et samtidigt fald koncentrationerne ved østlige vinde. 240-peaken kan ikke knyttes til en specifik kilde. Hvis den skyldtes flytrafikken alene, ville den være langt bredere.

I vest er der ikke i samme grad dominerende kilder. Påvirkningen kommer fra alle retninger.

Årsmiddelværdien af NO har været svagt faldende siden 2009. Det skal ses i sammenhæng med, at der i perioden 2000 – 2009 har været et tilnærmelsesvis lineært fald fra et næsten tre gange højere niveau.



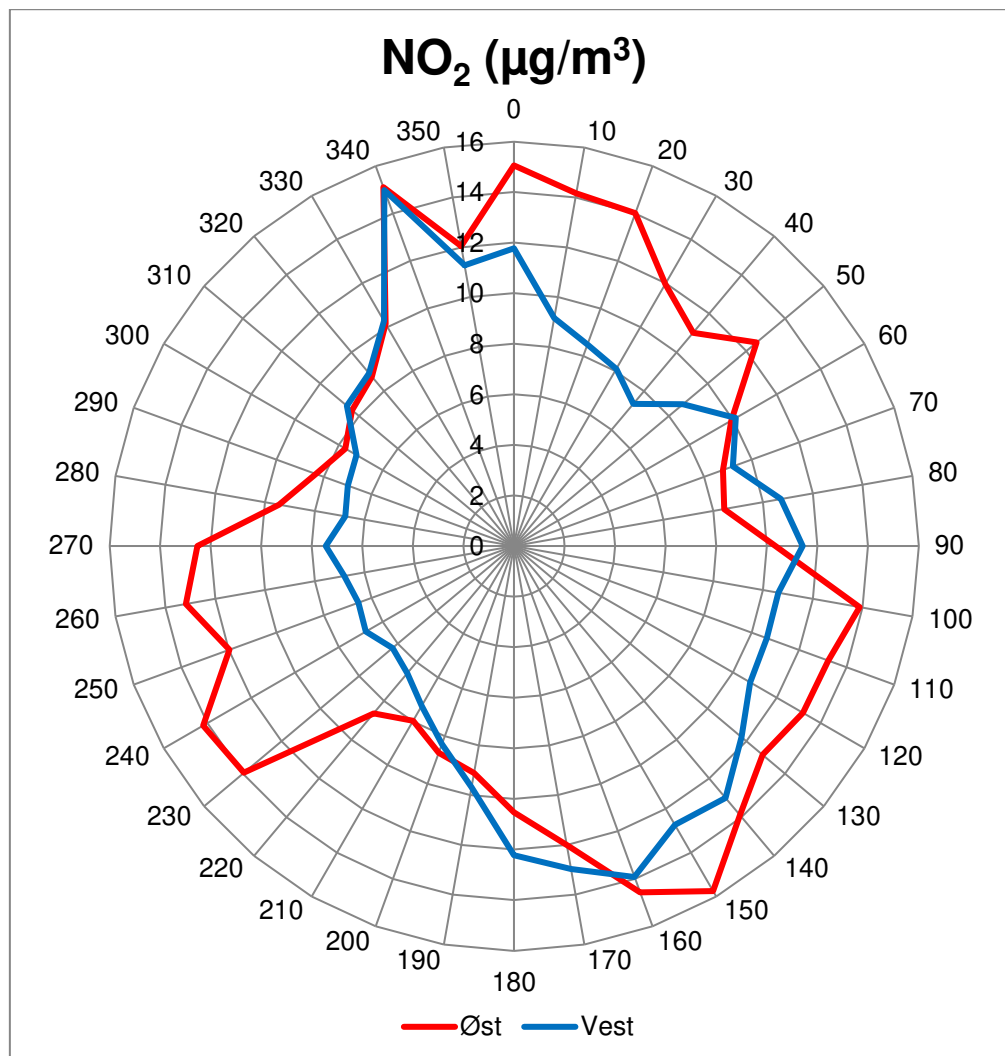
Figur 3. Udviklingen i årsmiddelmiddelværdier af NO i perioden 2000 - 2023.

5. Kvælstofdioxid (NO₂)

Som det fremgår af Figur 4, er afbildningen af den gennemsnitlige koncentration af NO₂ ved forskellige vindretninger mere sammenfaldende for station øst og station vest, end det sås for NO.

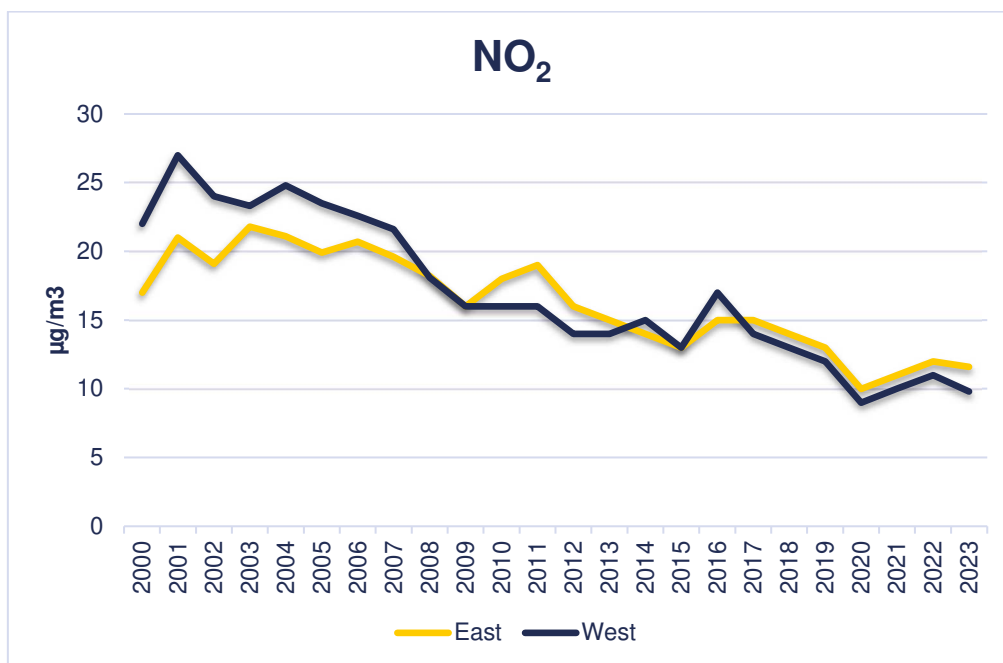
Det er værd at bemærke, at ingen af de to målestationer viser markante udslag ved de vindretninger, hvor vinden kommer fra områder med mange flyaktiviteter.

Den lave årsmiddelværdi antyder da også, at det i lige så høj grad er baggrundsni-
veauet som lufthavsaktiviteterne, der måles på.



Figur 4. Den gennemsnitlige koncentration af NO₂ ved forskellige vindretninger i 2023.

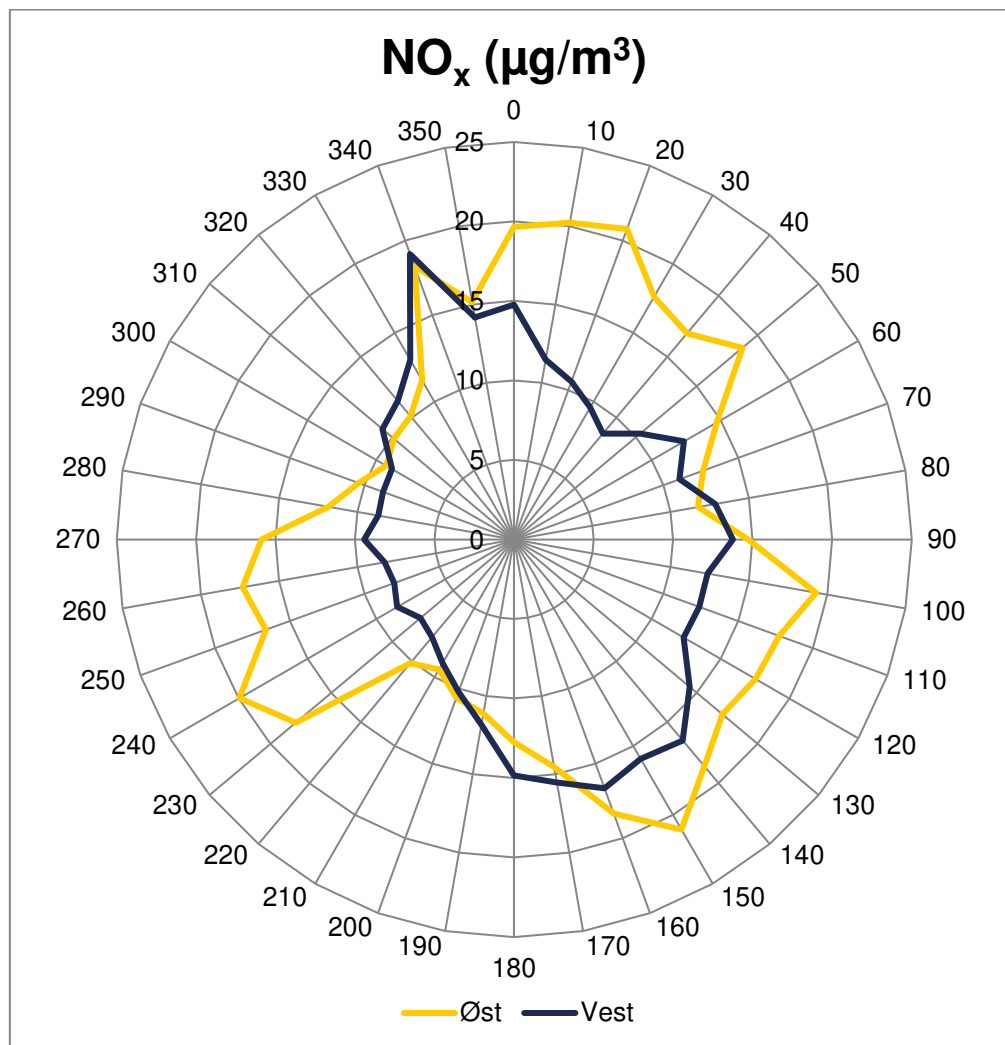
Set over hele den periode, hvor CPH har gennemført systematisk overvågning af luftkvaliteten er der sket et jævnt fald i årsmiddelværdien (Figur 5). I hele perioden har niveauet ligget væsentligt under grænseværdien på 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 5. Udviklingen i årsmiddelmålinger af NO_2 i perioden 2000 - 2023.

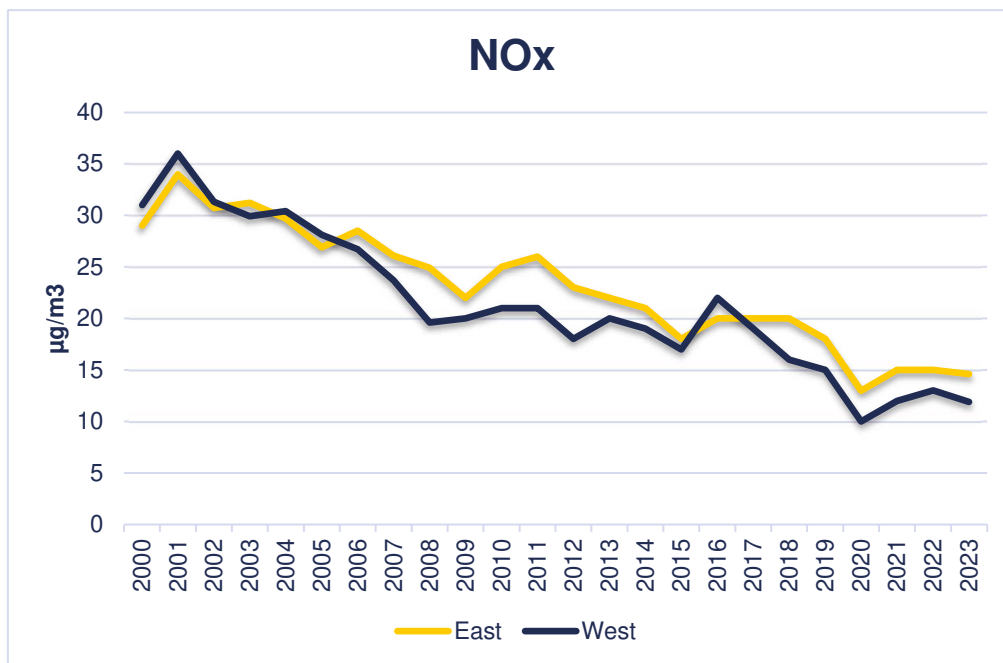
6. Kvælstofmonooxider (NO_x)

Da NO_x er summen af NO og NO₂, går de tidligere beskrevne tendenser igen i Figur 6, som viser den gennemsnitlige koncentration af NO_x ved forskellige vindretninger.



Figur 6. Den gennemsnitlige koncentration af NO_x ved forskellige vindretninger i 2023.

Set over hele perioden 2000 – 2023 (Figur 7) har der været en faldende tendens i de målte årsmiddelværdier af NO_x. Beregningerne af NO_x-emissionen fra flyene i samme periode viser en relativt stor stigning i de senere år. Omvendt er faldet i emissionerne under corona i 2020/2021 større end faldet i de målte koncentrationer. Dette illustrerer blot, at der ikke er en direkte sammenhæng mellem aktivitetsniveauet i lufthavnen og koncentrationen af NO_x ved lufthavnens hegn.



Figur 7. Udviklingen i årsmiddelkoncentrationer af NO_x i perioden 2000 - 2023.

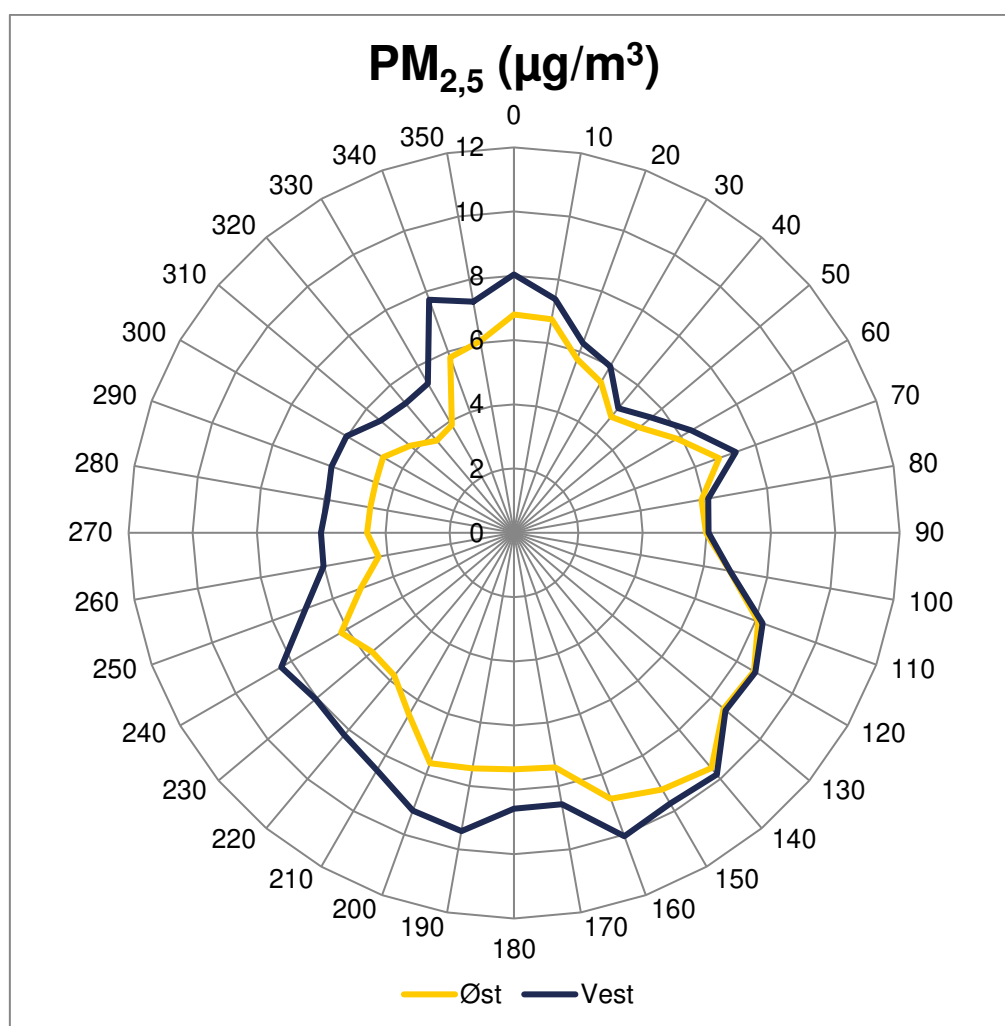
7. PM_{2,5}

PM_{2,5} er massen af fine partikler med diameter mindre end 2,5 µm.

Målingerne i 2023 fastholder den overordnede konklusion fra tidligere år vedr. kilderne til PM_{2,5}:

Målingerne i 2023 viser, at begge målestationer påvirkes på tilnærmelsesvis samme måde ved forskellige vindretninger. Se Figur 8.

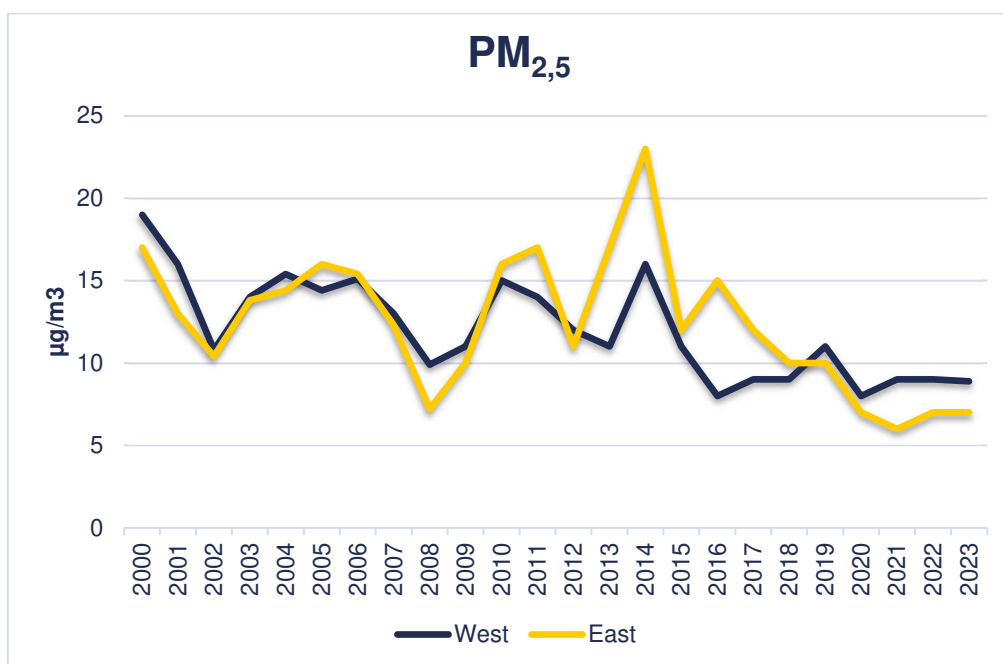
Ved sydøstlige vindretninger er der forhøjede koncentrationer på station vest. Her har vinden været ind over lufthavnsområdet først, hvorfor man kunne tro, at dette var kilden. Imidlertid ses et tilsvarende forhøjet niveau på station øst ved samme vindretninger, men her kommer vinden fra Øresund.



Figur 8. Den gennemsnitlige koncentration af PM_{2,5} ved forskellige vindretninger i 2023.

Det kan tolkes som, at vi måler på baggrundsniveauet for PM_{2,5}, og at den største kilde ligger sydøst for lufthavnen (Østeuropa?), da PM_{2,5} kan transporteres over lange afstande.

Som det fremgår af Figur 9, har der i den periode, hvor der har eksisteret et anlæg til overvågning af luftkvalitet i lufthavnen, været relativt store udsving i årsmiddelkoncentrationen af PM_{2,5}. Den lineære tendens for Station Vest er faldende. Den samme tendens ses for Station Øst, hvis man ser bort fra 2014, der er overestimeret grundet apparat-fejl.



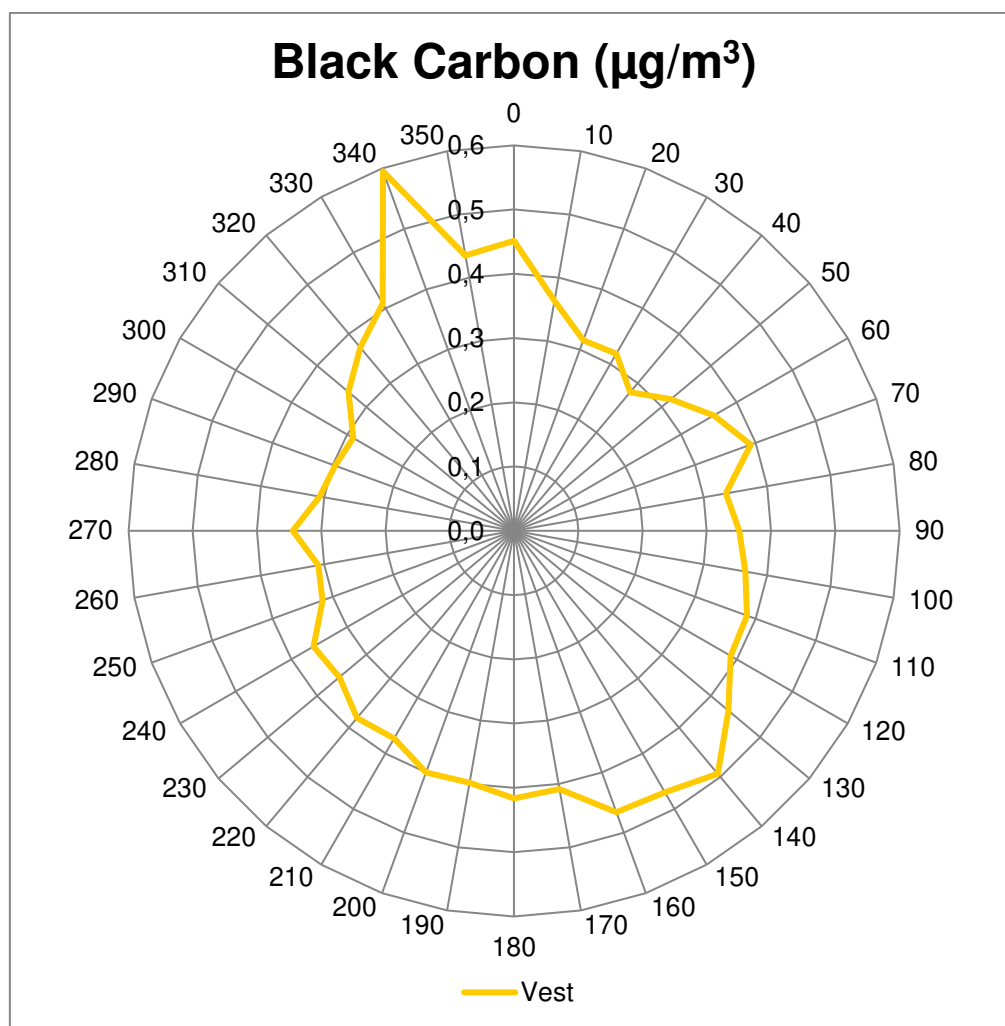
Figur 9. Udviklingen i årsmiddelkoncentrationer af PM_{2,5} i perioden 2000 - 2023.

8. Black Carbon

Forskningen har vist, at den del af partiklerne fra fly, som kan være sundhedsskadelige, overvejende består af Black Carbon. CPH har derfor siden efteråret 2021 foretaget måling af Black Carbon ved den vestlige målestation som supplement til det eksisterende måleprogram.

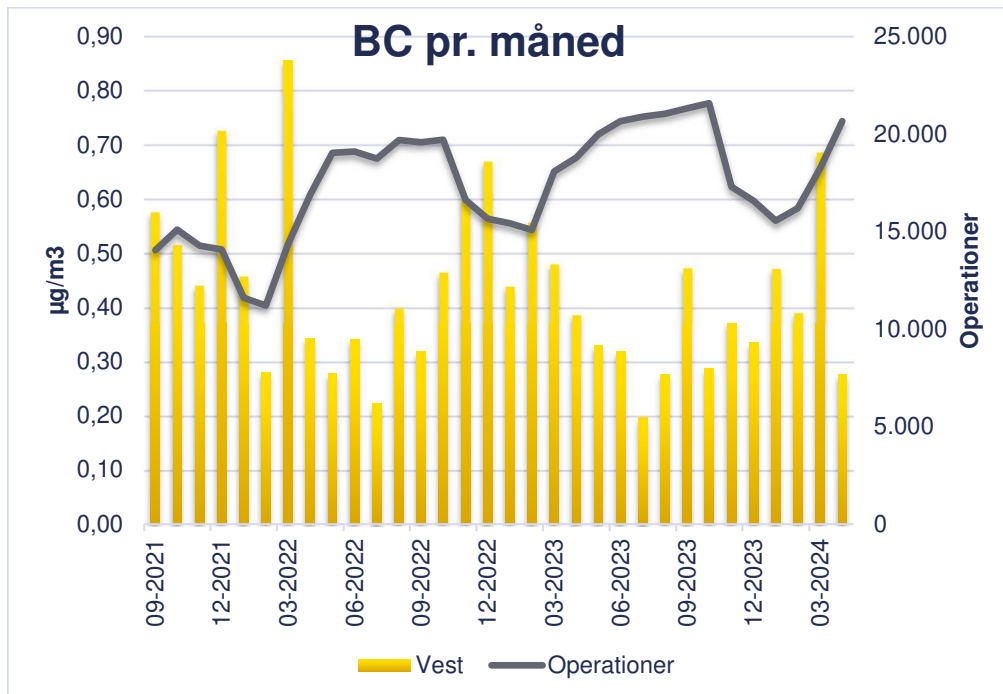
Målingerne er foretaget frivilligt af CPH, og det skal bemærkes, at der ikke er fastsat grænseværdier for BC i CPHs godkendelse eller nationalt i luftkvalitetsbekendtgørelsen.

Målingerne af Black Carbon ved den vestlige målestation viser umiddelbart, at de højeste koncentrationer af Black Carbon kommer ved sydøstlige vindretninger, hvilket vil sige områderne syd for tværbanen. Se nedenstående Figur 10.



Figur 10: Den gennemsnitlige koncentration af Black Carbon ved station vest ved forskellige vindretninger i 2023.

Der forekommer store variationer hen over året. Som det fremgår af nedenstående Figur 11, måles det laveste niveau i de måneder, hvor antallet af flyoperationer er højest.



Figur 11: Månedlige variationer i Black Carbon og antal flyoperationer.

Grundet manglende grænseværdi for indhold af Black Carbon i udeluften, er der ikke noget at holde målingerne direkte op imod.

Københavns Kommune foretager imidlertid målinger af Black Carbon på en målestation placeret lidt mere end 2 km nord for lufthavnen.

Sammenholdt med de resultater, som kan downloades fra [Københavns kommunens hjemmeside](#), ligger niveauet af Black Carbon i lufthavnen på linje med eller under kommunens målinger, når man sammenligner måned for måned.

9. Emissionsopgørelse

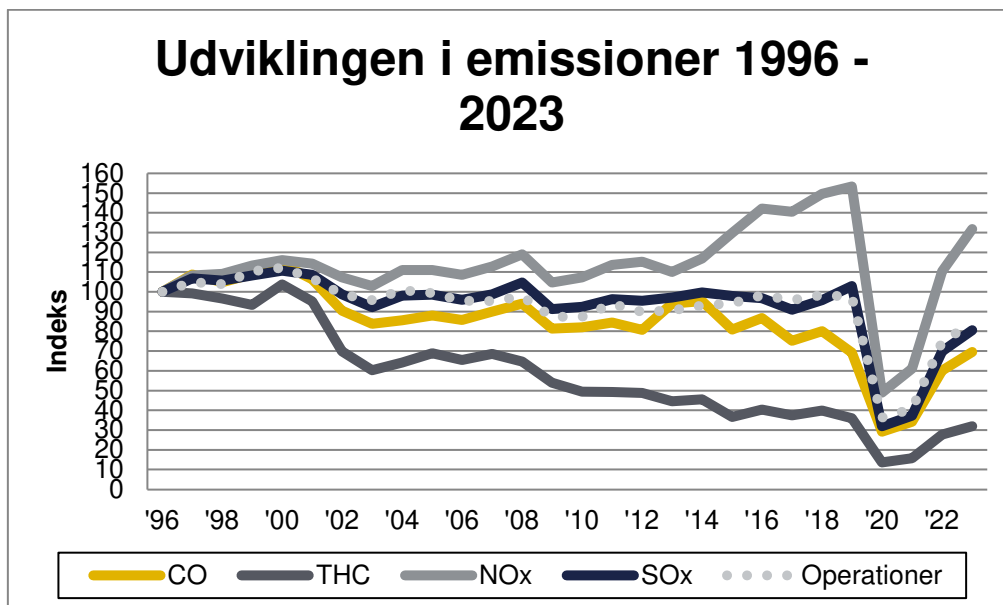
Emissioner i 2023

Flymixet har ændret sig løbende gennem årene. Tendensen er større fly og mere brændstofeffektive motorer, hvilket afspejles i, at antallet af operationer stiger mindre end passagervæksten.

Der har været relativt store udsving i alle parametre siden 1996. Da de beregnede emissioner foregår helt op til en højde på 3.000 fod, ser man ikke det samme billede ved målingerne på jorden, da der sker en stor opblanding.

I 2020 er der et drastisk fald på alle parametre, som først og fremmest skyldes det store fald i antal operationer. Den efterfølgende stigning i antal operationer er fulgt af en tilsvarende stigning i emissionerne.

For CO og THC ses en mindre kraftig stigning efter 2020, hvilket skyldes, at det er de nyeste og mest miljøvenlige fly, som først er blevet genindsat efter nedlukningen i 2020.



Figur 12. Den beregnede udvikling i emissioner fra flyenes APU og hovedmotorer under gennemførte LTO-cykler i perioden 1996-2023.

10. Vurdering af lufthavnens bidrag til luftkvaliteten

Lufthavnens bidrag til luftkvaliteten uden for lufthavnens hegn afhænger først og fremmest af, hvilken vej vinden blæser. Blæser vinden i et givent naboopråde hen mod lufthavnen, vil der ikke være noget lufthavnsbidrag i det pågældende område. Har luftmassen derimod passeret ind over lufthavnen inden den rammer naboopråder, er der mulighed for en påvirkning af luftkvaliteten i området.

Som vist i Kapitel 3 om meteorologiske forhold, vil nogle naboopråder være mere udsat for vind, som har passeret lufthavnsområdet, end andre. Dermed vil lufthavnens bidrag til luftkvaliteten også være forskelligt fra område til område set over et kalenderår.

Vind fra østlige og vestlige vindretninger er de fremherskende. De to målestationer er dermed placeret der, hvor det største årlige lufthavnsbidrag kan forventes, når flyene antages at være den største kilde.

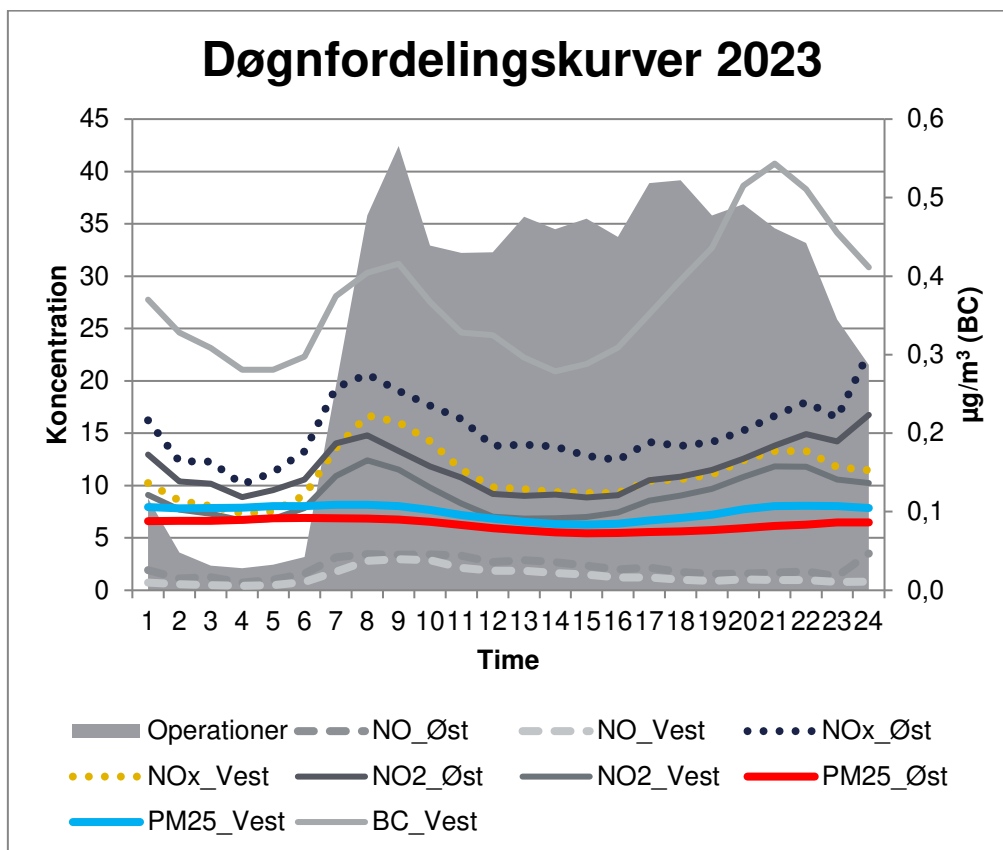
I kapitel 4 – 7 er vist den gennemsnitlige koncentration af de målte parametre ved alle vindretninger i 10 graders intervaller.

Både for NO₂ og PM_{2,5} var følsomheden for vindretningen den samme for station øst og vest, hvilket kan tyde på, at lufthavnens bidrag til den generelle luftkvalitet er lille.

For NO (og dermed også NO_x) kunne man i øst se en tydelig påvirkning ved vindretninger, hvor vinden kom fra øst. Det skyldes dog primært, at der både ligger en intern og en ekstern vej umiddelbart øst for målestationen, og at der derfor primært måles på det lokale NO-bidrag derfra.

En anden måde at undersøge lufthavnens påvirkning af luftkvaliteten er at sammenholde de målte gennemsnitlige koncentrationer i hver af døgnets 24 timer med antallet af flyoperationer i samme tidsrum. En sådan grafisk fremstilling er lavet i Figur 13.

For PM_{2,5} ses ingen variationer hen over døgnnet og dermed heller ingen sammenhæng med variationen i antal operationer. Dette understøttes også i Miljøprojekt Nr. 981 2005: *"Variationen i de målte koncentrationer af PM_{2,5} er ikke afhængige af trafikintensiteten, men er sandsynligvis påvirket af meteorologiske forhold. Dette er i overensstemmelse med at PM_{2,5} fraktionen hovedsageligt består af langtransporterede partikler"*.



Figur 13. Variationen i den gennemsnitlige koncentration i hver af døgnet 24 timer sammenholdt med den tilsvarende fordeling af antal operationer.

For de øvrige parametre ses en større variation hen over døgnet. Der ses en markant stigning i niveauerne samtidig med lufthavnens morgen peak. En tilsvarende stigning ses ikke ved nogen af de senere peaks. Det kan skyldes, at den målte døgnvariation i høj grad også påvirkes af døgnvariationen i det omgivende samfund.

På baggrund af omfanget af aktiviteterne i lufthavnen kunne man forvente en tydeligere sammenhæng mellem flyaktiviteterne og de målte koncentrationer.

Ser man på udviklingen i emissionen af NO_x (Figur 7), kunne man forvente en stigende udvikling i årsmiddelkoncentrationen af NO_x . I stedet ses en svagt faldende årsmiddelkoncentration i den omhandlede periode.

Dette skyldes, at lufthavnen ligger i et åbent, fladt terræn med gode muligheder for spredning af emissionerne. Hertil kommer at lufthavnen er anlagt nær et stort byområde med en relativt høj egenforurening, som delvis maskerer lufthavnens eventuelle bidrag.

Laver man en sammenligning med målinger af samme parametre fra det landsdækkende måleprogram, ser man den samme generelle udviklingstendens.

Ovenstående understreges yderligere af, at faldet i emissionerne fra flyene i 2020/2021 er langt større end faldet i de målte koncentrationer ved lufthavnens hegn.

Konklusionen må derfor være, at set hen over året er lufthavnens påvirkning af luftkvaliteten for de valgte parametre minimal.

Der blev helt tilbage i 1989 i forbindelse med en større undersøgelse af luftkvaliteten i Københavns Lufthavn konkluderet at *"alt i alt er luftforureningen i området dog ikke større end den må formodes at ville være, hvis der i stedet for lufthavnen var en blanding af let industri og boligområder, som man ofte ser i Københavns forstæder"*. Målingerne siden 2000 har ikke sået tvivl om denne antagelse for så vidt angår de valgte parametre.





FORCE Technology

2. april 2024

Luftkvalitetsmålinger i Københavns Lufthavn i Kastrup

Årsrapport 2023



[Blank side]

Indholdsfortegnelse:

Resumé.....	4
1 Indledning	5
1.1 Formål.....	5
2 Beskrivelse af målestederne	5
3 Målemetoder.....	6
3.1 Kvælstofoxider	6
3.2 Partikulær masse (PM _{2,5})	7
3.3 Black Carbon (BC)	7
4 Resultater	7
4.1 Måling af NO og NO ₂	7
4.2 Måling af PM _{2,5}	11
4.3 Måling af black carbon.....	13
5 Konklusion	14

Resumé

FORCE Technology har foretaget overvågning af luftkvaliteten i Københavns Lufthavn i Kastrup i henhold til krav fastsat i Miljøcenter Roskildes miljøgodkendelse¹. Tabel 1 viser de målte resultater for året 2023 sammenlignet med EU's grænseværdier.

Tabel 1. Beregnede middelværdier på målestation Øst og Vest i henhold til EU's grænseværdier.

Parameter	Periode	Øst	Vest	Grænseværdi
		µg/m ³		
NO ₂	Årsmiddel	12	9	40
NO ₂	19. højeste timemiddelværdi	64	55	200
PM _{2,5}	Årsmiddel	6	7	25

De målte koncentrationer af NO₂ og PM_{2,5} var i 2023 markant under EU's grænseværdier.

Thomas Bjerring Kristensen

2024-04-02

Digitally signed by Thomas Bjerring Kristensen

tbkr@forcetechnology.com

Project Leader

Thomas Bjerring Kristensen
Projektleder og rapportering

¹ Revurdering af Miljøgodkendelse. Vilkår om luftforurening. 14. juli 2008, vilkår A2, A3 og B1.

1 Indledning

FORCE Technology har for Københavns Lufthavne A/S i 2023 udført overvågning af luftkvaliteten i Københavns Lufthavn i Kastrup. Denne rapport omfatter måleperioden 1. januar 2023 – 31. december 2023.

Rekvirent: Københavns Lufthavne A/S ved Peter Schøn

Målingerne er udført af: Tommy Hansen og John Stenbring Nielsen

Rapporten er udarbejdet af: Thomas Bjerring Kristensen

Kvalitetssikring: Marcus Levin

Rapporten præsenterer måleresultater for kvælstofmonoxid (NO), kvælstofdioxid (NO₂) og massen af partikler med diameter under 2,5 µm (PM_{2,5}) på to målestationer (station Øst og station Vest) samt black carbon (BC) på målestation Vest.

Prøveudtagning og analyse er gennemført i overensstemmelse med FORCE Technologys akkreditering nr. 51 fra DANAK.

Følgende parametre er ikke omfattet af akkreditering 51:

- Black carbon

Vilkår og grænseværdier er oplyst af Københavns Lufthavn.

1.1 Formål

Overvågningen er udført for Københavns Lufthavne A/S med henblik på at overholde vilkår stillet i "Revurdering af miljøgodkendelse, vilkår om luftforurening", meddelt af Miljøcenter Roskilde den 14. juli 2008.

FORCE Technology's opgave har været at føre tilsyn med, vedligeholde og indhente data fra Københavns Lufthavns to målestationer, som er placeret i periferien af Københavns Lufthavn i Kastrup (station Øst og station Vest). Ved de to målestationer måles kvælstofmonoxid (NO), kvælstofdioxid (NO₂) og massen af partikler med diameter under 2,5 µm (PM_{2,5}), mens black carbon måles på station Vest.

2 Beskrivelse af målestederne

Lufthavnens to målestationer er placeret i hhv. den vestlige og østlige periferi af lufthavnsområdet, se Figur 1. Målestationerne er forsynet med klimaanlæg til stabilisering af temperaturen i målestationerne.



Figur 1. Placering af de to målesteder.

3 Målemetoder

3.1 Kvælstofoxider

Måling af NO_x udføres med NO_x-monitører af typen Teledyne T200. Disse måler kontinuerligt koncentrationen af kvælstofmonoxid (NO) og kvælstofoxider (NO_x = NO + NO₂). NO₂ bestemmes som forskellen mellem NO_x og NO. Målemetoden følger den anbefalede referencemetode iht. EU's luftkvalitetsdirektiver (CLD, kemiluminescens).

Data opsamles som fem minutters middelværdier og rapporteres kvartalsvis til Københavns Lufthavn. Måledata er i denne rapport omregnet til time- og døgnmiddelværdier.

Nøjagtigheden af målingerne sikres ved jævnlige, automatiske nulcheck og spangascheck med en certificeret referencegas med en NO koncentration på ca. 500 ppb. Monitorerne er forsynet med udstyr, som sikrer, at der i et fast tidsvindue tilføres referencegas og nulluft til monitorerne. Nulluft består af udeluft rensat for NO ved hjælp af en rensespatron bestående af kaliumpermanganat og aktivt kul. På basis af nulpunkts- og spangasmålingerne foretages en løbende kalibrering af monitorerne.

Den rutinemæssige drift af monitorerne følger procedurer fastlagt i forbindelse med FORCE Technology's akkreditering. Proceduren for måling af NO_x følger standarden EN 14211:2012, som foreskrives af Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvalitet og renere luft i Europa.

3.2 Partikulær masse (PM_{2,5})

Måling af PM_{2,5} er udført med monitoren af typen Grimm Environmental Dust Monitor, model EDM 180+. Monitoren er godkendt i henhold til EN 12341, EN 14907 og US-EPA-standarder. Instrumenterne er forsynet med et indtag for alle suspendede partikler (TSP), og der sker således ingen størrelsesfraktionering i indtaget. Målemetoden er baseret på en optisk måling: en lysstråle sendes gennem målekammeret, og partikler heri spreder lyset. Det spredte lys detekteres med en diode (modtager), og lysets intensitet måles. Partikler af forskellig størrelse spreder lyset forskelligt, hvilket giver mulighed for at kvantificere antallet af partikler af forskellig størrelse. Massen af partiklerne beregnes ud fra det målte partikelantal, en massefylde samt en antagelse om sfærisk geometri for partiklerne. Massefylden af partiklerne er i princippet ukendt, og der er derfor foretaget en sammenligning med gravimetrisk målinger. De målte resultater for PM_{2,5} korrigeres med en faktor 0,91 i henhold til de udførte sammenlignende målinger.

Data rapporteres kvartalsvis til Københavns Lufthavn som fem minutters middelværdier. Disse er i denne rapport omregnet til time- og døgnmiddelværdier.

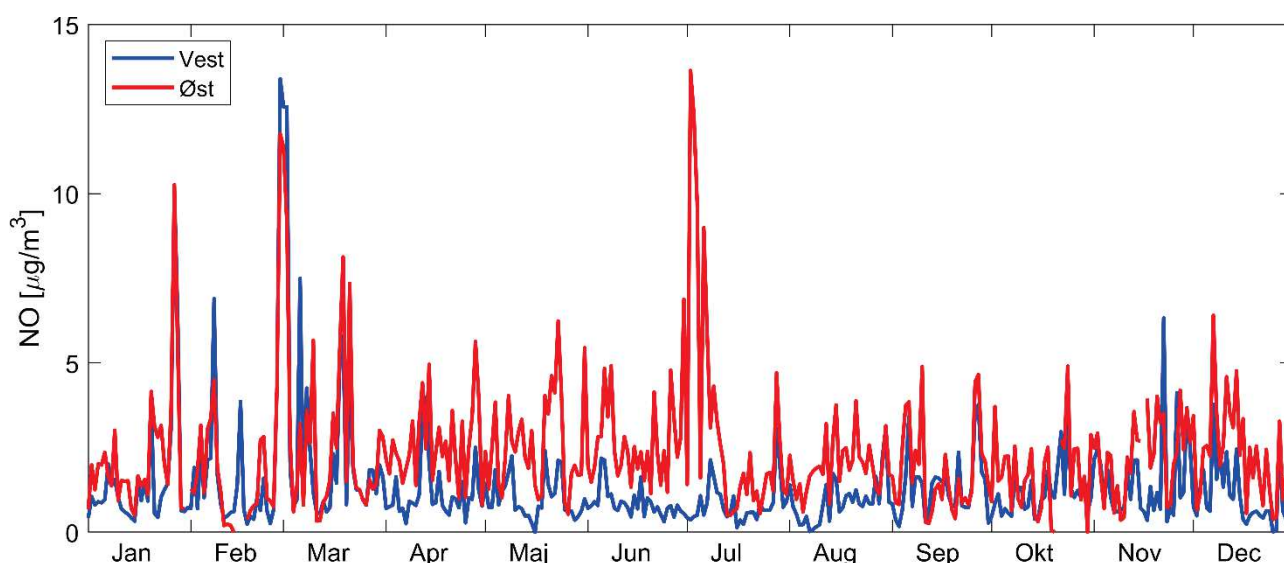
3.3 Black Carbon (BC)

Black carbon måles med et aethalometer model AE33 fra Magee Scientific. En kendt gasstrøm passerer gennem instrumentet, hvori partiklerne deponeres på et filter. En lyskilde med tilhørende sensorer måler, hvor meget lyset ved en række specifikke bølgelængder absorberes af partikler deponeret på 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. Koncentrationen af black carbon bestemmes ud fra absorptionen af lys med en bølgelængde på 880 nm.

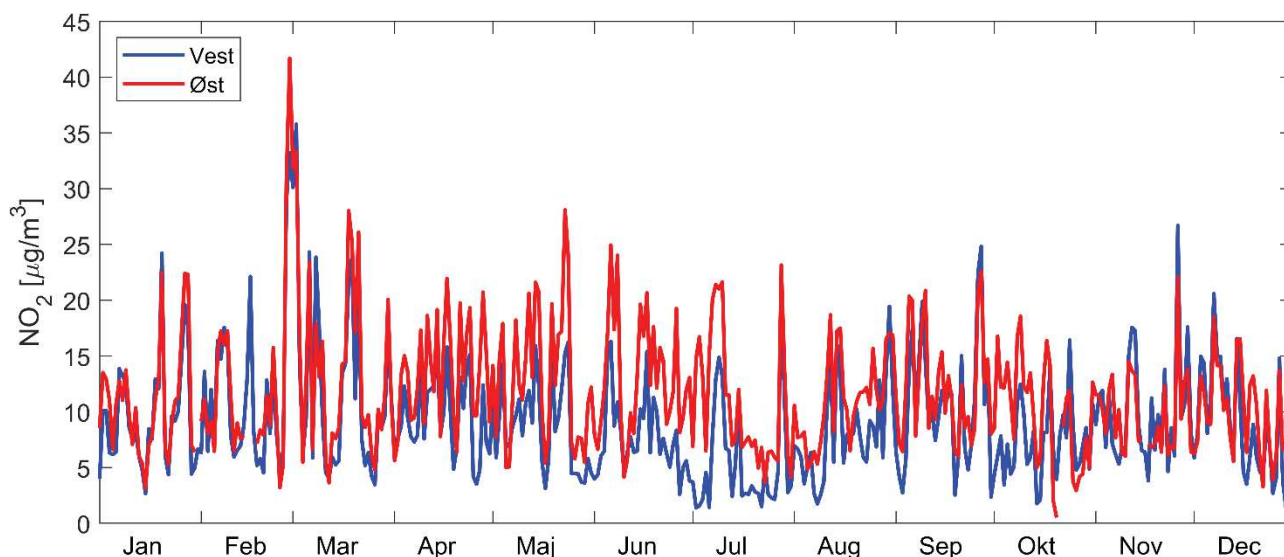
4 Resultater

4.1 Måling af NO og NO₂

I Figur 2 og Figur 3 ses døgnmiddelværdier for NO hhv. NO₂ i 2023.



Figur 2. Døgnmiddelværdier for koncentrationen af NO ved station Øst og Vest i 2023.



Figur 3. Døgnmiddelværdier for koncentrationen af NO₂ målt ved station Vest og Øst i 2023.

Tabel 2 viser årsmiddelkoncentrationerne og datafangsten ved station Vest og Øst. Kravet til datafangst for årsmiddelværdier er 90% valide timer over et helt år², hvilket var opfyldt for kvælstofoxider på begge målestationer i 2023. En valid time indeholder minimum 45 minutter med valide målinger. For koncentrationen af NO_x i µg per m³ er NO vægtet med samme molarmasse som NO₂.

Tabel 2. Årsmiddelkoncentrationer og datafangst for NO, NO₂ og NO_x.

Station	Datafangst i % af årets timer	NO	NO ₂	NO _x
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³ som NO ₂
Øst	98	2	12	15
Vest	99	1	9	11

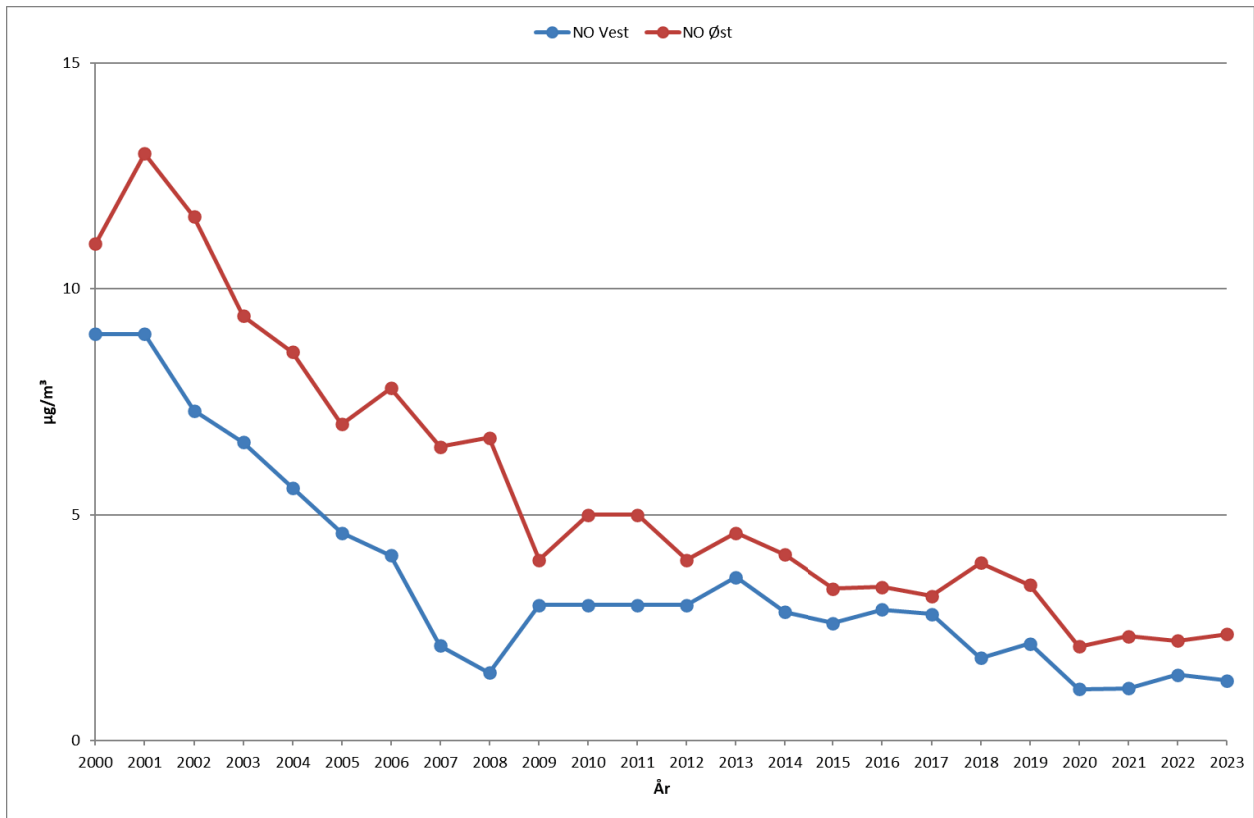
Tabel 3 viser måleresultater, som kan sammenlignes med EU's grænseværdier² for NO₂. Den 19. højeste timemiddelværdi for NO₂ var 64 µg/m³ og 55 µg/m³ på henholdsvis station Øst og Vest. Den højest målte timemiddelværdi for NO₂ var 93 µg/m³ på station Øst, og 71 µg/m³ på station Vest i 2023. Såvel årsmiddelværdier som 19. højeste timemiddelværdi for NO₂ var markant under EU's grænseværdier i 2023.

Tabel 3. Resultater i forhold grænseværdier for NO₂.

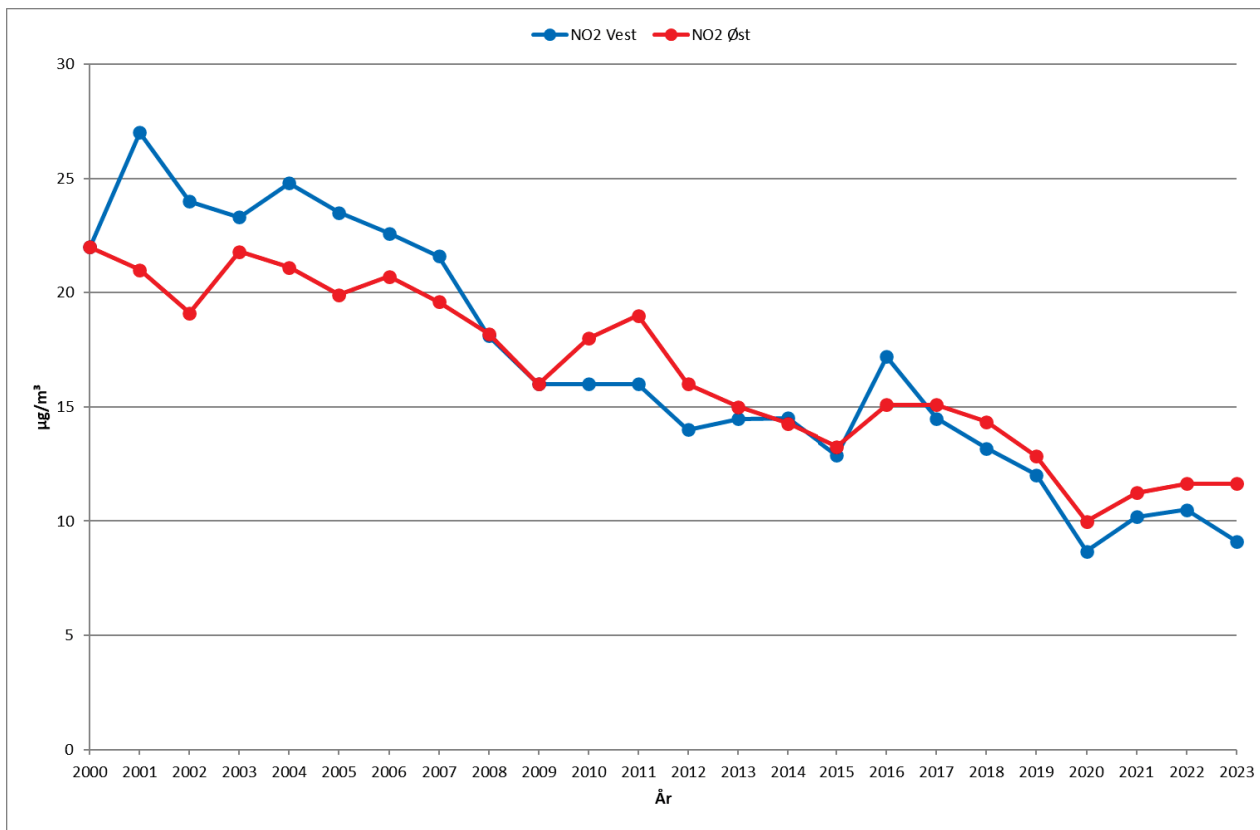
Parameter	Periode	Øst	Vest	Grænseværdi
		µg/m ³		
NO ₂	Årsmiddel	12	9	40
NO ₂	19. højeste timemiddelværdi	64	55	200

² Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa. Den Europæiske Unions Tidende, 11.06.2008.

Figur 4 og Figur 5 viser udviklingstendensen for årsmiddelkoncentrationerne på Station Vest og Øst for henholdsvis NO og NO₂. Resultaterne for 2000 til 2012 stammer fra hhv. CPH's årsrapport for luftkvalitet i 2008 (CPH, 2008) og målinger udført af DCE fra 2009 til 2012.

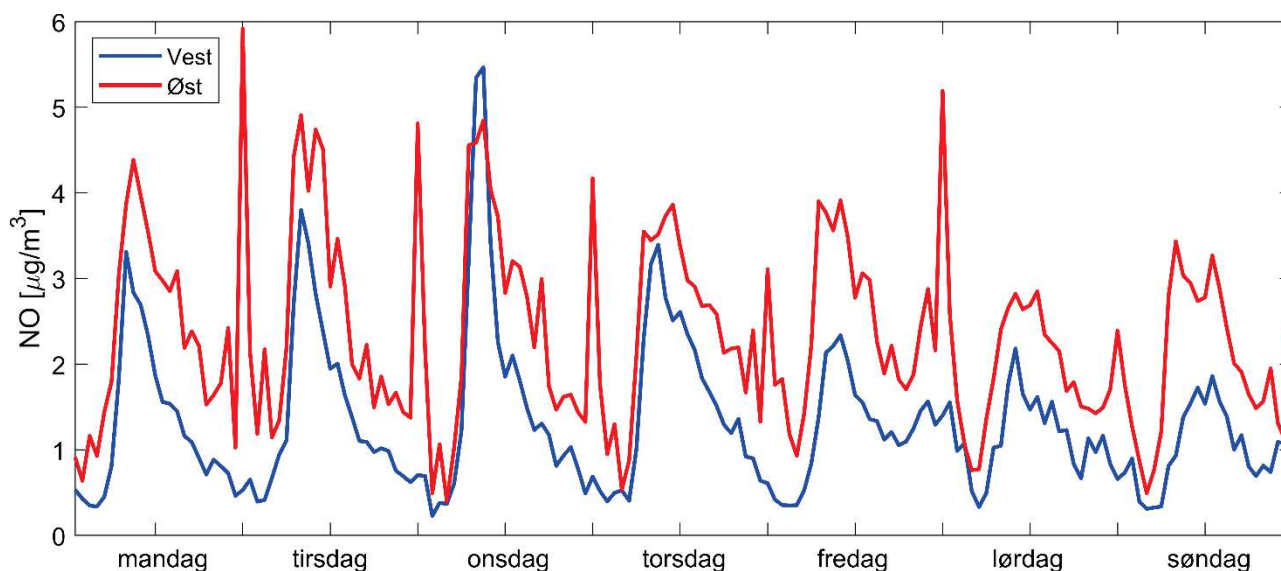


Figur 4. Udviklingstendens for NO i årene 2000 – 2023 (årsmiddelværdier).



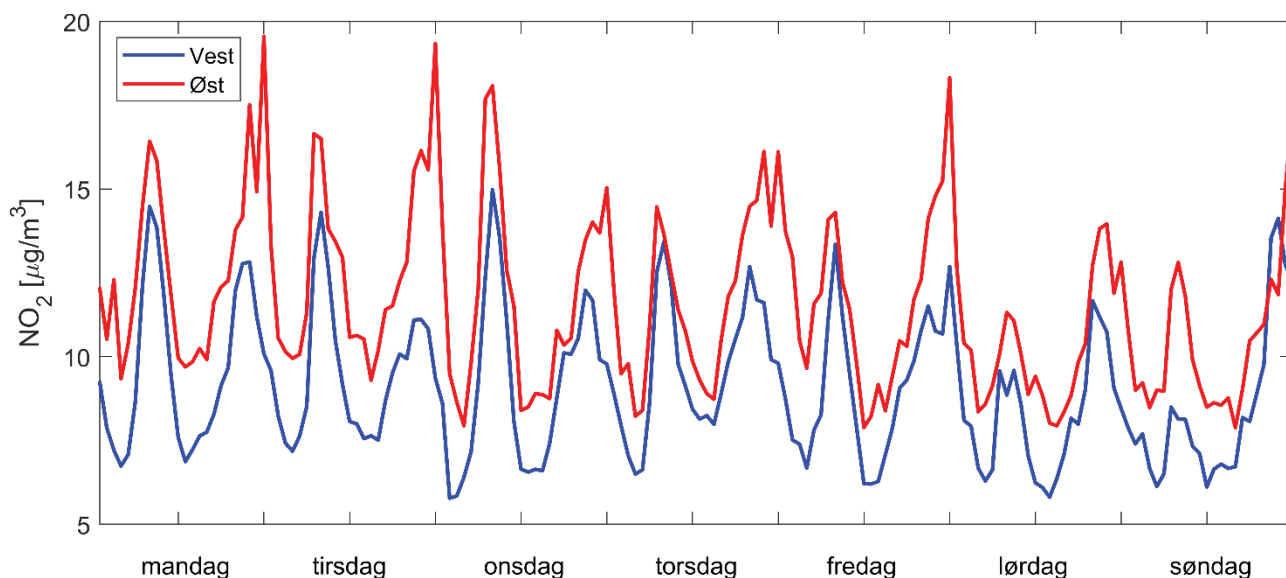
Figur 5. Udviklingstendens for NO₂ i årene 2000 – 2023.

Figur 6 viser den gennemsnitlige døgnvariation i 2023 af koncentrationen af NO på station Vest og Øst. Kl. 12:00 middag samt midnat er indikeret på figuraksen for alle ugens dage. Data er slutstemplet, så værdien afbildet kl 12:00 repræsenterer middelværdien over timen fra 11:00 til 12:00.



Figur 6. Gennemsnitlig døgnvariation i 2023 af koncentrationen af NO på Station Vest og Øst.

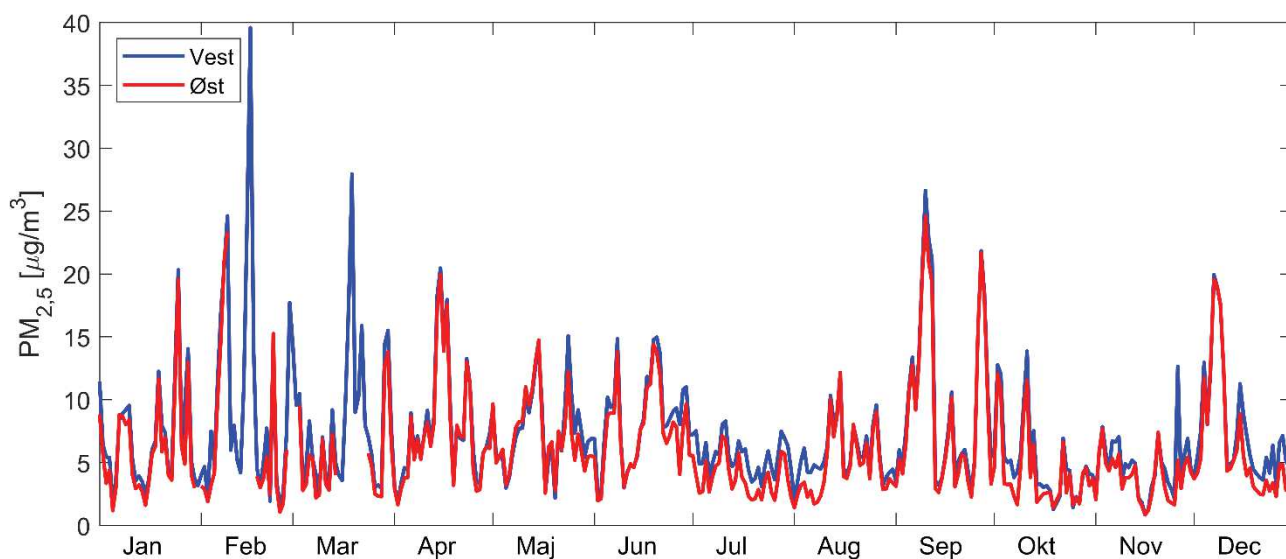
Figur 7 viser den gennemsnitlige døgnvariation i 2023 af koncentrationen af NO₂ på station Vest og Øst. Kl. 12:00 middag samt midnat er indikeret på figuraksen for alle ugens dage. Data er slutstemplet, så værdien afbildet kl 12:00 repræsenterer middelværdien over timen fra 11:00 til 12:00.



Figur 7. Gennemsnitlig døgnvariation i 2023 af koncentrationen af NO₂ på Station Vest og Øst.

4.2 Måling af PM_{2,5}

I Figur 8 præsenteres døgnmiddelværdier for PM_{2,5} for 2023. Gab i tidsserierne skyldes vedligeholdelse af instrument.



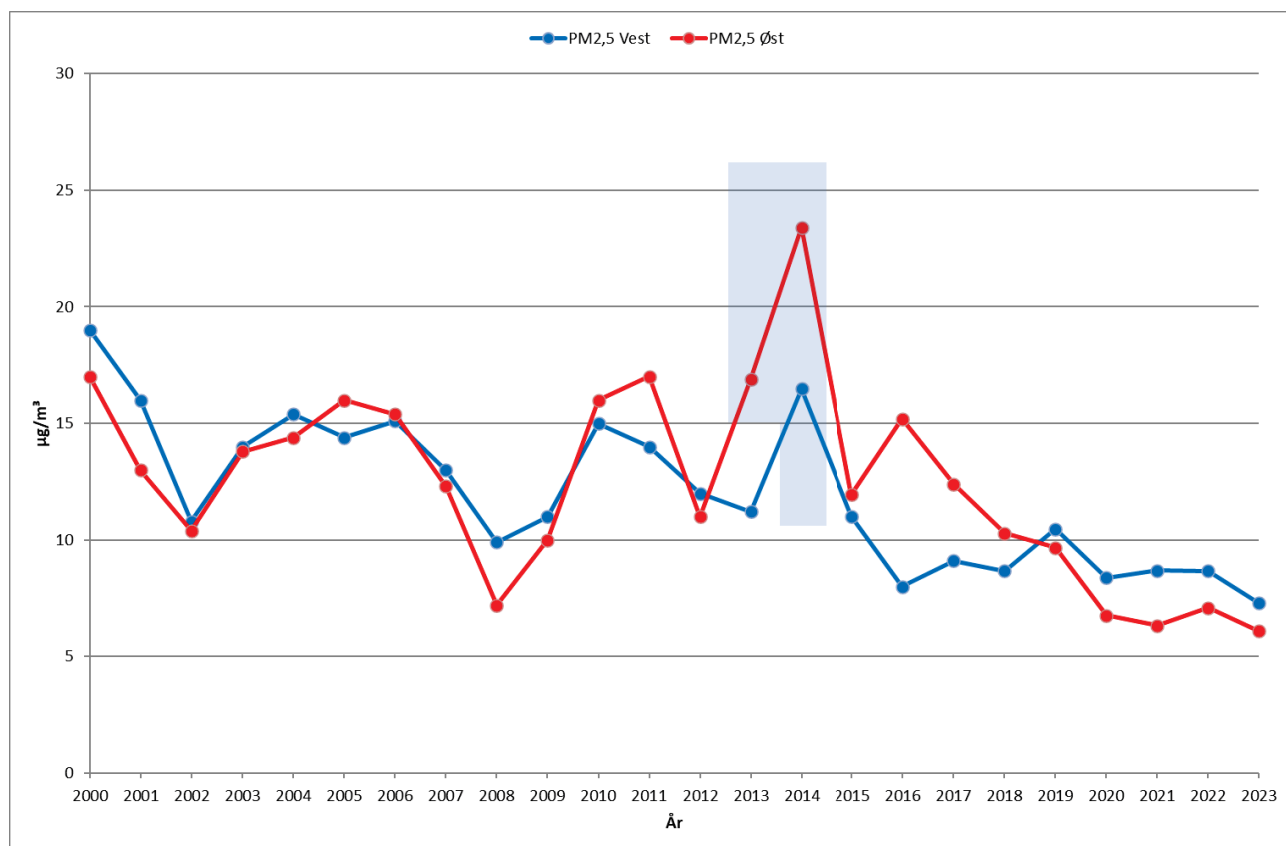
Figur 8. Døgnmiddelværdier for koncentrationen af PM_{2,5} målt ved station Vest og Øst i 2023.

Tabel 4 viser årsmiddelkoncentrationer af PM_{2,5} ved station Vest og Øst. Kravet til datafangst for årsmiddelværdier er 90% valide timer over et helt år², hvilket var opfyldt på begge målestationer i 2023. En valid time indeholder resultater for minimum 45 minutter. De målte årsmiddelkoncentrationer af PM_{2,5} var i 2023 markant under EU's grænseværdi² på 25 µg/m³.

Tabel 4. Datafangst samt årsmiddelkoncentrationer for PM_{2,5} i 2023.

Station	Datafangst i % af årets timer	PM _{2,5}
		µg/m ³
Øst	95	6
Vest	100	7

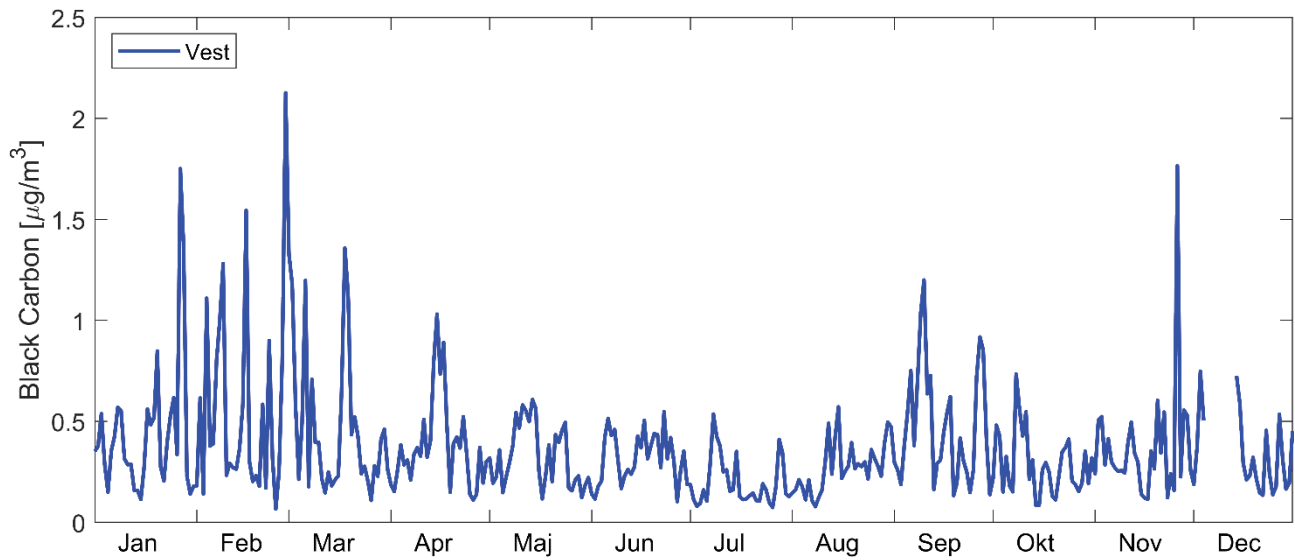
Figur 9 viser udviklingstendensen for årsmiddelkoncentrationerne af PM_{2,5} på station Vest og Øst. Resultaterne for station Øst 2013 og 2014 samt for station Vest 2014 er markeret i henhold til redegørelse i årsrapporten for 2013, afsnit 4.3. De pågældende værdierne for 2013 og 2014 anses ikke for at være valide. Resultaterne for 2000 til 2012 stammer fra hhv. CPH's årsrapport for luftkvalitet i 2008 (CPH, 2008) og målinger udført af DCE i 2009 til 2012.



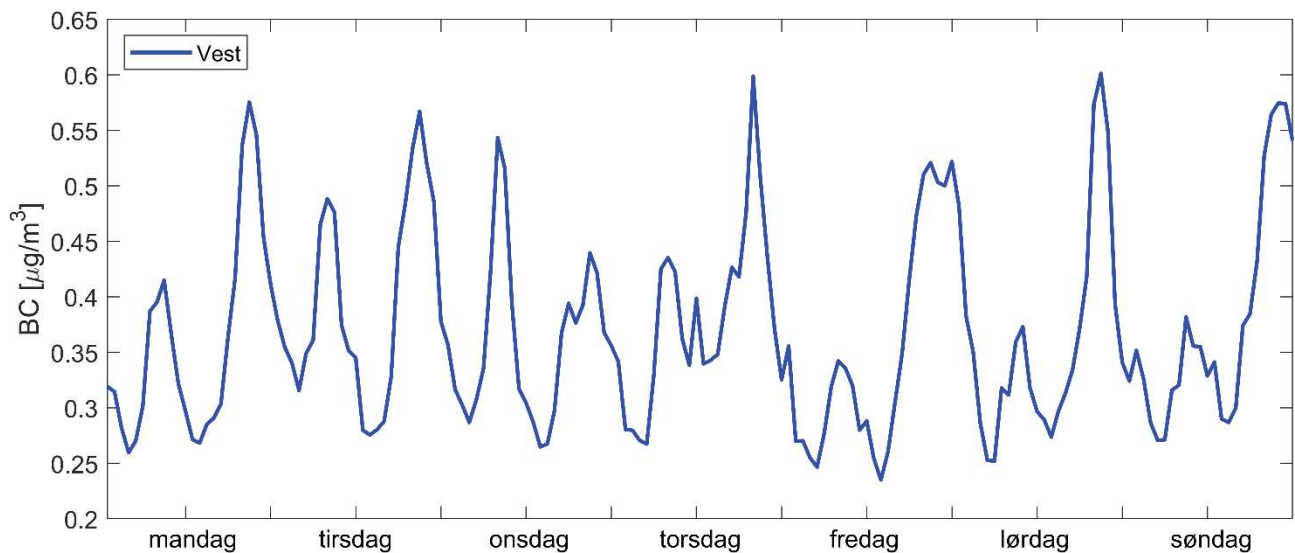
Figur 9. Udviklingstendens for PM_{2,5} i årene 2000 – 2023 på station Vest og Øst. De tre punkter fra 2013 og 2014, som er indikeret med farvet baggrund, anses ikke for valide.

4.3 Måling af black carbon

Tidsserien for døgnmiddel af black carbon målt på station Vest præsenteres i Figur 10. Gab i tidsserien skyldes vedligeholdelse af måleinstrument. Timemiddelværdierne for black carbon fordelt på forskellige ugedage præsenteres i Figur 11. Årsgennemsnittet for black carbon på station Vest var i 2023 på 0,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 10. Tidsserie for døgnmiddelværdier af black carbon målt på station Vest i 2023.



Figur 11. Gennemsnitlig døgnvariation for black carbon på Station Vest i 2023.

5 Konklusion

Grænseværdierne for såvel årsmiddel- som timemiddelværdier er for NO₂ overholdt på begge målestationer. Tilsvarende er grænseværdien for PM_{2,5} overholdt på begge målestationer.

De målte koncentrationer viste i 2023 i forhold til tidligere år, at:

- Årsmiddelkoncentrationerne for NO var i 2023 på begge stationer på samme niveau som i 2022.
- Årsmiddelkoncentrationerne for NO₂ viste et fald fra 11 µg/m³ til 9 µg/m³ på station Vest, mens niveauet på station Øst forblev uændret på 12 µg/m³ fra 2022 til 2023.
- For PM_{2,5} blev årsmiddelkoncentrationerne i 2023 målt til 6 og 7 µg/m³ for henholdsvis station Øst og Vest. I 2022 var værdierne hhv. 7 og 9 µg/m³, så der blev observeret et fald på begge målestationer fra 2022 til 2023.

[Blank side]

Kontakt

Afdeling: Clean Air Technologies

Projektleder:

Thomas Bjerring Kristensen

FORCE Technology

Park Allé 345
2605 Brøndby
Danmark

Revurdering af miljøgodkendelse. Vilkår om luftforurening. 14. juli 2008. Vilkår B1.

Opgørelse af emissioner fra flytrafikken

28.05.2024

Indhold

1.	Emissionsopgørelser	3
2.	Metode til emissionsopgørelser	7
2.1	Formål	7
2.2	Datagrundlag	7

1. Emissionsopgørelser

I henhold til vilkår B1 i "Revurdering af miljøgodkendelse. Vilkår om luftforurening af 14. juli 2008" skal CPH i den årlige rapportering til Miljøcenter Roskilde (nu Miljøstyrelsen) levere en beskrivelse og vurdering af udviklingen i emissionen (indekseret) af parametrene CO, THC, NO_x og SO_x, jf. vilkår A3. Udviklingen skal omfatte perioden 1996 (indeks 100) til det aktuelle år for afrapporteringen.

Der skal gøres opmærksom på, at beregningerne omfatter emissionerne under den såkaldte LTO (Landing and Take Off cycle), dvs. alle flyenes emissioner ved aktiviteter under 3.000 fod. Resultaterne – herunder udviklingstendenserne - kan således ikke overføres til den samlede flyrejse.

Denne rapport er derfor resultaterne af opgørelsen af emissionerne fra fly i kalenderårene 1996 – 2023.

Beregningsmodellerne udvikles hele tiden, og det er i de senere år blevet muligt også at beregne emissionen af fx fine partikler (PM_{2,5}) og ultrafine partikler (nvPM Number). Der er derfor også medtaget en grafisk fremstilling med ekstra parametre af emissionerne siden 2019. 2019 var det sidste år med normal drift inden corona og giver derfor god mening at anvende som baseline for udviklingen af de enkelte parametre. I den forbindelse er der foretaget en genberegning af 2019 med den nyeste version af beregningsmodellen, hvilket har givet anledning til en mindre forskydning i nogle af parametrene i det år.

Den anvendte metode fremgår af kapitel 2. Metoden og datagrundlaget er løbende blevet forbedret/udbygget. Der anvendes ved hver årlig opgørelse den nyeste metode/data.

Formålet med emissionsopgørelsen er at foretage en kvalitativ vurdering af udviklingen i emissionerne fra år til år og ikke en kvantificering af de samlede emissioner fra Københavns Lufthavn. Derfor er alle data præsenteret på indekseret form.

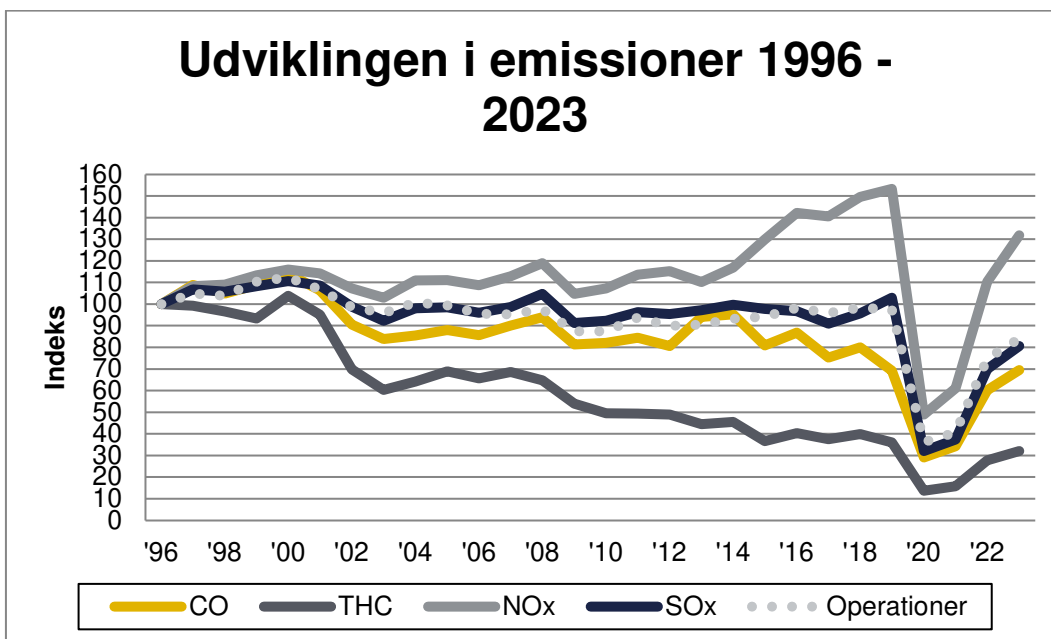
Emissionsopgørelsen omfatter alene emissioner fra flyenes hovedmotorer og APU, som er langt de største kilder inden for lufthavnens hegn.

1.1 PERIODEN 1996 - 2023

Udviklingen i de indekserede emissioner i perioden 1996 – 2023 fremgår af Figur 1.

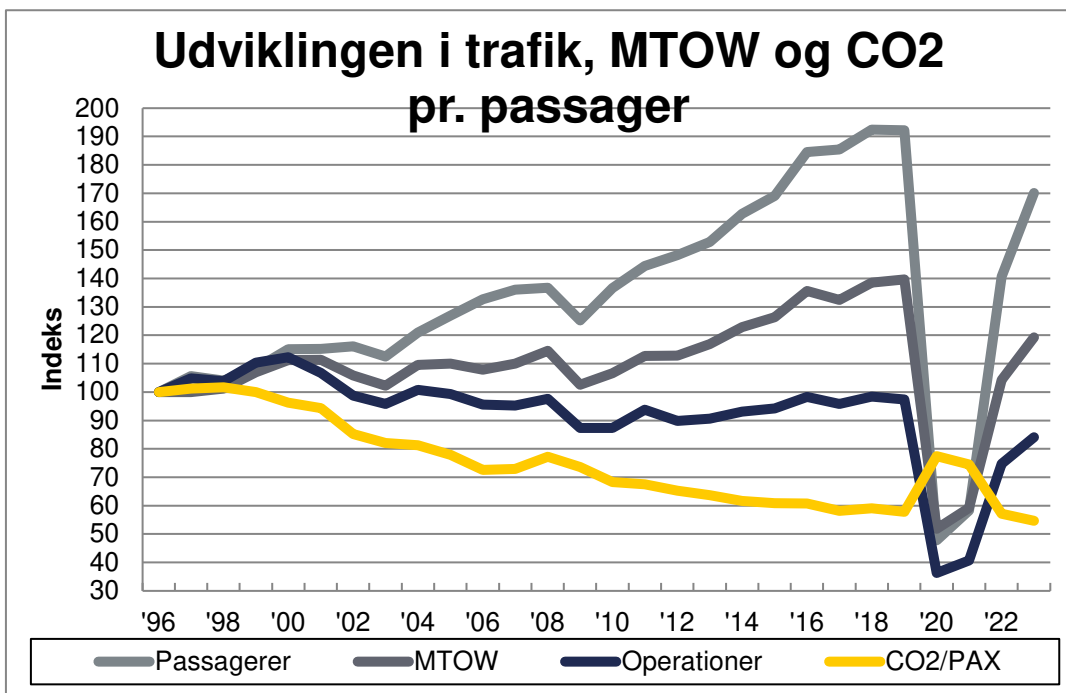
Det generelle billede af emissionerne siden 1996 er et fald i alle parametre på nær NO_x'erne, hvor der sker en kraftig stigning i perioden 2013-2016. Den efterfølgende udvikling er stagnerende frem mod 2020.

I 2020 er der naturligt sket et drastisk fald i alle parametre grundet den meget lave produktion under corona-krisen. I 2023 ligger antallet af flyoperationer stadig under 2019-niveauet, hvilket smitter tilsvarende af på emissionerne.



Figur 1: Udviklingen i emissioner fra fly i perioden 1996 – 2023.

I nedenstående Figur 2 er emissionen af CO₂ pr. passager medtaget som et samlet udtryk for 'emission/brændstofforbrug pr. produceret enhed'. Her ses et væsentligt og jævnt fald i perioden 1996-2019. Stigningen i 2020/2021 skyldes, at der har været langt færre passagerer pr. fly. I 2022/2023 fortsætter faldet og ligger således under 2019-niveauet.



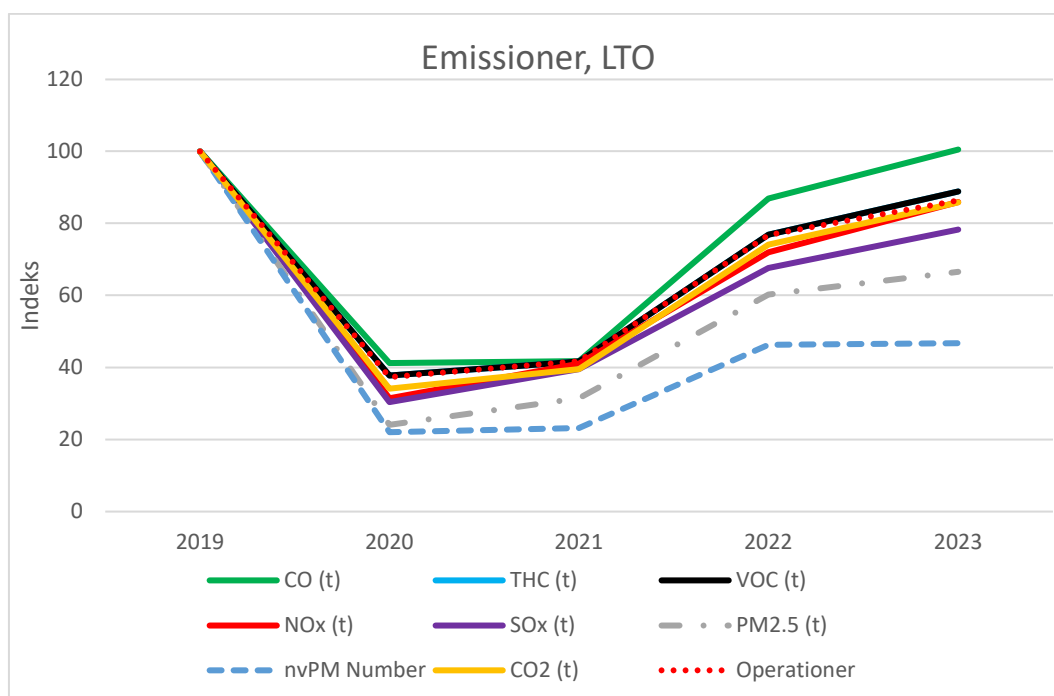
Figur 2: Udviklingen i trafik, MTOW og CO₂/passager i perioden 1996 – 2023 (indekseret)

1.2 PERIODEN 2019 – 2023

Som beskrevet i indledningen udvikler beregningsmodellerne sig hele tiden, og det er i de senere år blevet muligt at opgøre emissionen af flere parametre som fine partikler (PM2.5) og ultrafine partikler (nvPM Number). Det giver derfor god mening også at kigge på 2019 som en ny baseline og inddrage nogle af de nye parametre.

Samtidig vises også en delmængde af LTO-beregningen, nemlig den del af emissionerne der sker mens flyene opholder sig på jorden. Denne andel er langt mere relevant for lufthavnens nære omgivelser, da det er tvivlsomt hvor stor en andel af de øvrige emissioner, der påvirker den lokale luftkvalitet.

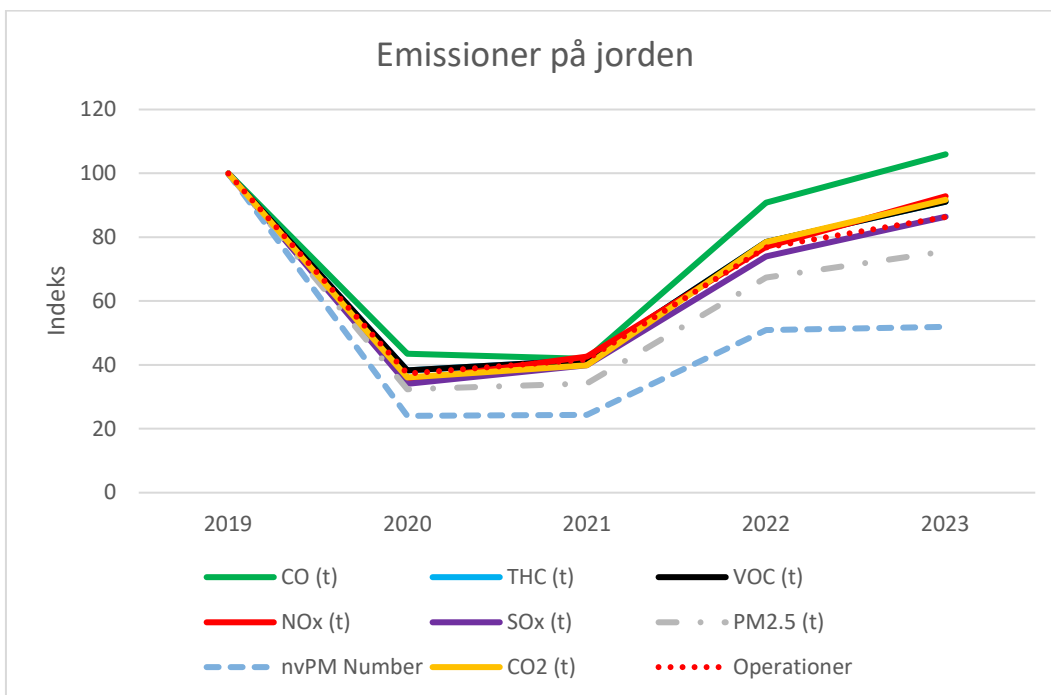
Ser man på de samlede emissioner under LTO (Figur 3), ses en større stigning i CO end i samlet antal operationer fra 2019 til 2023. Både de fine og ultrafine partikler samt SOx er steget mindre end antal operationer, mens de øvrige parametre tilnærmelsesvist følger antal operationer.



Figur 3: Trafik og emissioner udsendt i hele LTO-cyklen (alle aktiviteter under 3.000 fod)

Ser man alene på de emissioner, som sker mens flyene er på jorden, er billedet en smule anderledes: Samtlige parametre ligger i et lidt højere indeks end det var tilfældet med emissionerne i hele LTO-cyklen. Partiklerne ligger dog stadig på et noget lavere indeks end antal operationer.

Dette skyldes især, at der efter corona er sket et større skifte i fly-mikset hen imod flytyper med lavere emissioner, end det var tilfældet i 2019 og tidligere.



Figur 4: Trafik og emissioner udsendt mens flyene opholder sig på jorden.

2. Metode til emissionsopgørelser

I det følgende beskrives, hvordan emissionsopgørelsen for et kalenderår er udarbejdet.

2.1 FORMÅL

Formålet med emissionsopgørelsen er at foretage en kvalitativ vurdering af udviklingen i emissionerne fra år til år og ikke en kvantificering af de samlede emissioner fra Københavns Lufthavn.

Emissionsopgørelsen omfatter alene indekserede emissioner fra flyenes hovedmotorer og APU, som er langt den største gruppe af kilder inden for lufthavnens hegn.

I det følgende beskrives, hvordan emissionsopgørelsen for et kalenderår er udarbejdet.

2.2 DATAGRUNDLAG

Datagrundlaget udgøres af nedenstående kilder:

Datatype	Kilde
Trafiktal	CPHs trafiksystem
Fly- og motortyper	Flightglobal og www.airfleets.net
Emissionsrater	Federal Aviation Administration: Aviation Environmental Design Tool (AEDT) version 3f

2.2.1 Bestemmelse af LTO-cykler pr. flytype

Fra CPHs trafiksystem er der for hvert kalenderår trukket følgende operationsdata:

Flyregistrering, Flytype, Flytype (ICAO) og Antal operationer

Udtrækkene er grupperet efter flyregistrering. Det giver typisk en fordeling af kalenderårets operationer på ca. 2.600 unikke fly.

De enkelte fly i hvert udtræk kombineres med oplysning om motor fra tabellen med data fra Flightglobal. Der er således hæftet en motortype på de unikke fly.

Samkøringen af trafikudtrækkene og fly/motor tabellen giver 350 – 400 unikke fly/motorkombinationer. Dette er efterfølgende reduceret, da ikke alle fly/motorkombinationerne findes i AEDT. Typisk anvendes omkring 100-150 forskellige fly/motorkombinationer i den videre beregning. Disse registreres i AEDT.

2.2.2 Bestemmelse af taxitider pr. flytype

Fra CPH's trafiksystem er der trukket on/off block og runway-tider for hver enkelt operation. For henholdsvis ankomne og afgående fly er den gennemsnitlige forskel mellem on/off block-tiden og runway-tiden beregnet.

