

Måling af luftkvaliteten ved Langeliniekaen

Hvor meget belaster krydstogtskibene luftkvaliteten i København og nærområdet? FORCE Technology har for Copenhagen Malmø Port (CMP) udført målinger af ultrafine partikler og af kvælstofoxider (NO_x) på Langelinie i perioden juni-september 2018 for at finde svar på dette spørgsmål.

Af Karsten Fuglsang,
Arne Oxbøl og Ismo K. Koponen,
FORCE Technology

Målingerne viser, at koncentrationerne af NO_2 og ultrafine partikler på Langeliniekaen er høj i kortvarige perioder med vind fra krydstogtskibe, der ligger ved kaj, men at koncentrationerne målt som gennemsnit over længere tid ikke er markant forhøjet.

Hvordan kortlægger man luftkvaliteten bedst muligt?

Man kan vurdere belastningen i et om-

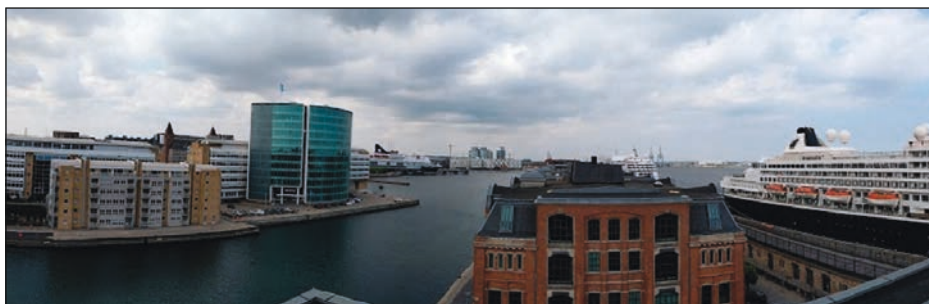
råde nær en kilde til luftforurening ved to principielt forskellige metoder: ved beregning af spredningen af forureningen under forskellige meteorologiske forhold, eller ved måling i omgivelserne. Beregningen har klare fordele, da den oftest vil være mindre ressourcekrævende og dermed billigere, hvis man har de nødvendige emissionsdata og oplysninger om for eksempel højderne på skibenes skorsten. Omvendt er beregning af ultrafine partiklers spredning i atmosfæren vanskelig, blandt andet fordi de ultrafine partikler "klumper sammen",



Figur 1. Illustration af havneområdet.



Figur 2. Udsigt fra tagterrassen, hvor målingerne blev foretaget, ud over havnen.



og da de kan fordampe efter udslip fra skorstenen. Dermed ændrer antallet og størrelsen af de mindste partikler sig, når røgfanen fra for eksempel et krydstogtskib forlader skorstenen og bevæger sig ind over byen. Da der i forbindelse med diskussionen omkring krydstogtskibe ved Langelinie kajen har været stor fokus dels på ultrafine partikler, og dels på gener, der af naboerne opleves over meget kort tid (minutter), var det nærliggende at foretage kortlægningen ved en måling i omgivelserne. Indflydelse af de meteorologiske parametre (vindretning, vindhastighed) er afgørende for påvirkningen fra skibenes emissioner.

Det Økologiske Råd foretog i 2017 en række korttidsmålinger, der viste relativt

høje koncentrationer af ultrafine partikler. Men hvad er belastningen af luftkvaliteten set over en længere periode? Og er koncentrationerne højere end i trafikerede byområder i København og end relevante grænseværdier?

Udførelse af målinger

Målingerne blev foretaget på taget af en beboelsesejendom på Langelinie Allé i København. På taget var en stor terrasse med borde og stole, og positionen er derfor relevant i forhold til påvirkning af naboerne. Den korteste afstand til skibe ved kaj er ca. 150 meter (ved de sydligste kajpladser på Langelinie kajen). Den længste afstand er ca. 3.000 meter (ved den fjerneste ende af Oceankaj).

Det samlede antal partikler i størrelsesområdet 3-1.000 nm blev målt ved hjælp af en CPC (Condensation Particle Counter) mrk. TSI 3776. Koncentrationen af NO og NO₂ blev målt ved hjælp af et kemiluminescensinstrument mrk. Teledyne T200. Desuden er der i ca. fire uger målt Black Carbon ved hjælp af et aethalometer mrk. McGee AE33. Instrumenterne var placeret indendørs, og udeluften blev målt via en sonde, der blev ført ud til det fri, ca. fire meter over tagterrassens gulv. Meteorologiske data er indhentet fra DMI's målestation i Kastrup.

Måleresultater

Oplysninger om ankomst, ophold og afgang af krydstogtskibe er leveret af Copenhagen Malmø Port.

Figur 3 på side 16 viser resultatet af målingerne af ultrafine partikler (partikelantal) i perioden 26. august - 2. september 2018. I vindretninger fra nord til syd (0 grader - til 190 grader fra nord) føres luft fra havneområdet mod Langelinie Allé 7. Den 29. august ankom fire skibe til de tre kajer i perioden kl. 6:25 til 6:50, og i perioden 18:00 til 20:35

GERSTEL



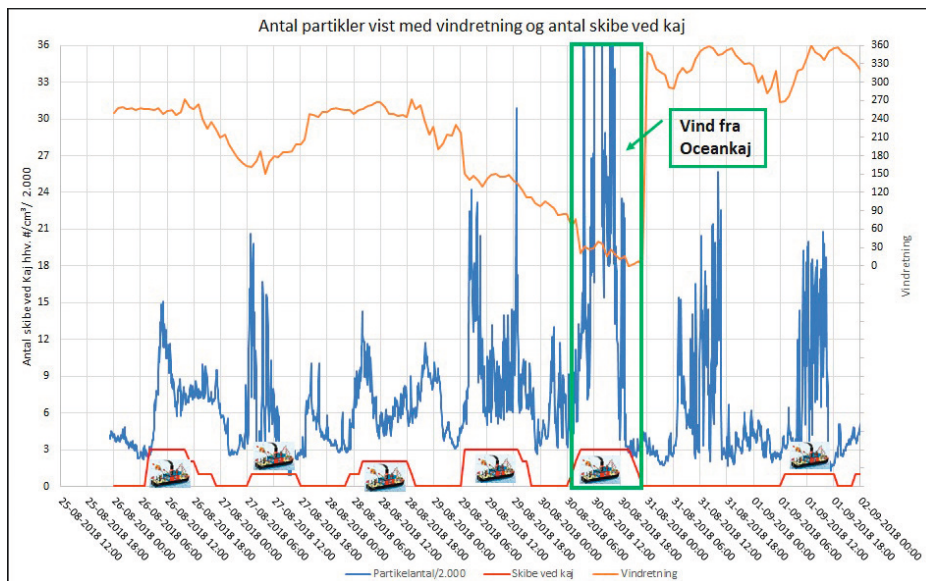
Automatiseret

Dynamisk Headspace

- til GC og GCMS
- ppt niveau
- følsomhed 50 x statisk headspace
- følsomhed 10 x SPME
- DHS - large volume
- mulighed for DHS-FE



MSCi Bøgesvinget 8 DK-2740 Skovlunde +45 44 53 93 66 info@msconsult.dk www.msconsult.dk



Figur 3. Partikelkoncentrationer, vindretninger og tilstedeværelse af krydstogtskibe i havnen i en udvalgt uge. Partikelantallet er angivet som fem minutters middelværdier. Vindretning er angivet som 1-times middelværdier. Resultater: Forhøjede koncentrationer i de minutter, vinden blæser fra skibet, men ingen overskridelser af de gældende grænseværdier

afsejlede de igen. Vinden var hele dagen fra havneområdet, og det er sandsynligt, at den forhøjede koncentration kl. 18:00 stammer fra et forbigående skib. Den 30. august ankom seks skibe fra kl. 6:05 til 12:40. Alle skibe afsejlede igen samme dag i perioden kl. 18:00 til 21:50. Vinden var hele dagen i nordøstlige retninger.

Den 31. august er der igen høje koncentrationer af partikler i perioden kl. ca. 7 til ca. 17, men der er ingen krydstogtskibe, og vinden er skiftet til nordvestlige retninger. Der er således en betydende kilde i denne retning, som intet har med krydstogtskibe at gøre. Dette mønster gentager sig den 1. september, hvor vinden også er fra nordvestlige retninger.

Målingerne bekræfter således, at der forekommer forhøjede koncentrationer af ultrafine partikler i minutter, hvor vinden blæser fra krydstogtskibe ved

Oceankajen. De målte korttidsværdier for partikelantallet bekræfter resultatet af de korttidsmålinger, der blev udført af Det Økologiske Råd i 2017.

Med til billedet af luftkvaliteten på målepositionen hører, at vinden ofte blæser fra andre retninger end fra kajpladserne. Gennemsnitskoncentrationen for hver enkelt time i døgnet over hele måleperioden (79 døgne med måledata) for alle vindretninger viser, at der ikke er tydelig forskel på perioder med krydstogtskibe ved kaj og perioder uden krydstogtskibe ved kaj. Det skal siges, at antallet af timer, hvor der om dagen lå krydstogtskibe ved kaj, var langt større end det antal timer, hvor der ikke lå krydstogtskibe ved kaj. Dette bevirker, at usikkerheden på middelværdierne vist i tabel 1 og 2 under kategorien "mindst ét skib ved kaj" er væsentligt mindre end de tilsvarende dagtimer for "intet skib ved kaj".

Tabel 1 illustrerer påvirkningen af ultrafine partikler fra krydstogtskibene i dagtimerne, hvor de fleste skibe ankommer, opholder sig og afsejler. Den gennemsnitlige koncentration er beregnet for tre vindsektorer – vind fra Øresund (0-190 grader fra nord), vind fra ét byafsnit (190-330 grader fra nord) og et andet byafsnit (330-360 grader fra nord). Det kan konkluderes, at når vinden blæser fra de kajområder, hvor der ligger krydstogtskibe, og der samtidig ligger et eller flere krydstogtskibe ved kaj, er den gennemsnitlige koncentration af ultrafine partikler signifikant højere, end når der under de samme vindretninger ikke ligger krydstogtskibe ved kaj. Samtidig fremgår det (ikke overraskende), at når vinden blæser fra byen, afhænger koncentrationen af ultrafine partikler ikke af, om der er krydstogtskibe til stede ved kaj.

Samtidig med målingerne for partikler er der målt kvælstofoxider, som er en velegnet parameter til belysning af påvirkningen fra trafik. Tabel 2 illustrerer påvirkningen af kvælstofdioxid fra krydstogtskibene i dagtimerne.

Der er en tydeligt forhøjet påvirkning, når vinden blæser fra havnen, når der samtidig er ét eller flere skibe i havnen. Grænseværdien for NO_2 er $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddelværdi, og de målte koncentrationer med skibe i havnen og vind fra havnen er langt under denne værdi. Vi har målt i en meget stor del af sæsonen for krydstogtskibe, og set over året vil det ekstra bidrag med NO_2 blive meget lille.

Det gælder for sammenligningerne i både tabel 1 og tabel 2, at antallet af timer uden skibe i havnen er lavt sammenlignet med antal timer med skibe i havnen. Det har en betydning for den statistiske sikkerhed, men sammenholdt med illustrationen i figur 3 er det tydeligt, at der er en korttidspåvirkning fra krydstogtskibene.

Tabel 3 (se side 18) viser en sammenfatning af måleresultaterne fra Længeli-

Partikelkoncentrationer i perioden kl. 7 til 19				Antal timer	
Vindretning ° fra nord	Middel		Øget partikel- koncentration ved skib ved kaj %		
	# /cm³				
	Mindst ét skib ved kaj	Intet skib ved kaj		Mindst ét skib ved kaj	Intet skib ved kaj
Fra vandet (0-190)	16.440	10.407	58	371	25
Fra byafsnit 1 (190-330)	11.357	12.071	-6	400	76
Fra byafsnit 2 (330-360)	13.809		-	56	

Tabel 1. Den gennemsnitlige koncentration af ultrafine partikler (antal pr. cm³ i dagtimerne (kl. 7-19)).

NO2-koncentrationer i perioden kl. 7 til 19				Antal timer	
Vindretning ° fra nord	Middel		Øget NO2- koncentration ved skib ved kaj %		
	µg/m³				
	Mindst ét skib ved kaj	Intet skib ved kaj		Mindst ét skib ved kaj	Intet skib ved kaj
Fra vandet (0-190)	19	10	97	513	48
Fra byafsnit 1 (190-330)	10	11	-1	555	100
Fra byafsnit 2 (330-360)	16		-	90	

Tabel 2. Den gennemsnitlige koncentration af kvælstofdioxid (µg/m³) i dagtimerne (7-19).

nie Allé, sammenholdt med målinger fra andre dele af København. Det kan her konkluderes, at selv om der forekommer forhøjede koncentrationer af ultrafine partikler, når vinden blæser fra krydstogtskibe ved kaj, så er den beregnede middelværdi af det målte partikelantal over længere tid ikke højere end det, der for eksempel måles på en ensrettet gade på Vesterbro i København.

Den gennemsnitlige koncentration af NO₂ målt på Langelinie var 12 µg/m³, og dette er væsentligt lavere end gennemsnitlige koncentrationer af NO₂ i trafikerede områder i det centrale København. Koncentrationen svarer i højere grad til det, der måles i forstæder til København, dog med den forskel, at de målte spidsværdier var højere end de spidsværdier, der normalt forekommer i

forstadsområder. Dette må tillægges de kortvarige påvirkninger fra udstødningsgasser fra de nærværende liggende krydstogtskibe.

Der er ikke fastsat grænseværdier for ultrafine partikler. De målte koncentrationer af NO₂ var væsentlig under EU's fastsatte grænseværdier for NO₂ i udeluften: 40 µg/m³ som årsmiddelværdi, og 200 µg/m³ som 99,8 percentil.

Vi skræddersyr dit skab til dine behov

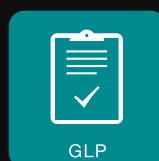
-Biostorage you can depend on



ATEX
- Muliggør placering i områder hvor der kan forekomme eksplosive atmosfærer.



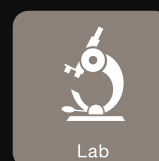
GMP
- Sikker opbevaring under fremstilling af fødevarer eller lægemidler.



GLP
- Sikrer kvaliteten af kostbare kliniske afprøvninger af lægemidler m.m.



Medicine
- Skabe der er i stand til at levere ydeevne og funktioner som er relevante for opbevaring af lægemidler og vacciner.



Lab
- Skabe til f.eks. indledende forskningsundersøgelser eller "proof of concept".

Få professionel rådgivning, ring 73 20 13 00



Gram Commercial A/S | Aage Grams Vej 1 | DK-6500 Vojens | Tlf. 73 20 13 00 | info@gram-bioline.com | www.gram-bioline.com



Biostorage you can depend on

	Enhed	2018 ¹	2014 ²	2015 ²	2016 ³	2016 ³	2018 ⁴	Grænseværdi
		Langelinie Allé	Vej på Vesterbro	Før ensretning Efter ensretning	Forstad til København	HCAB	HCAB	
Måletimer for NO ₂	Antal	2.630	2.362	2.667	8.248	7.720	729	-
NO ₂ middelværdi	µg/m ³	12	29	23	13	47	34	40
NO ₂ – 99,8 percentil	µg/m ³	96	80	76	65	129	110	200
NO _x middelværdi	µg/m ³ NO ₂	18	45	33	18	116	70	-
NO _x – 99,8 percentil	µg/m ³ NO ₂	381	213	231	281	556	389	-
Måletimer for ultrafine partikler	antal	1.909	2.362	1.797	-	-	-	-
Ultrafine partikler middelværdi (målt i intervallet 3-1000 nm)	antal/cm ³	11.200	13.200	11.100	Note 5	Note 5	-	-

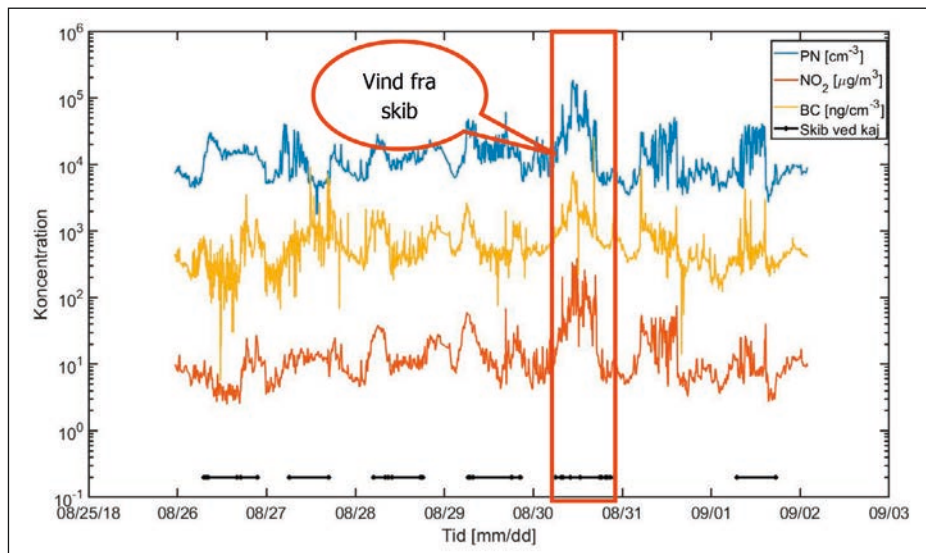
Tabel 3. Sammenfatning af måleresultater fra Langelinie Allé sammenholdt med målinger i andre områder i København.

Noter: ¹ Måling juni-september 2018 udført af FORCE Technology ² Rapport til Københavns Kommune 2015, FORCE Technology ³ Det Landsdækkende Måleprogram, Rapport 2016, Aarhus Universitet ⁴ Baseret på måledata for perioden sept-okt 2018 fra AU (som endnu ikke er kvalitetssikrede og derfor behæftet med forhøjet usikkerhed): <http://envs2.au.dk/Luftdata/Presentation/table/Copenhagen/HCAB> ⁵ Måles ikke i samme størrelsesinterval.

Bidrag fra Black Carbon?

Samtidigt med de kortvarige høje bidrag fra ultrafine partikler og NO₂, som forekommer, når der er skibe ved kajen, kan der måles spidsværdier for Black Carbon. Black Carbon er ”markør” for udslip fra forbrændingsprocesser, herunder fra krydstogtskibenes dieselmotorer. Black Carbon udgør en delmængde af de fine partikler (PM_{2,5}) i udeluften. Black Carbon anvendes ofte som en markør for en række sundhedsskadelige stoffer (såsom tjærestoffer) i sodpartikler, og WHO har vurderet, at en reduktion af indholdet af Black Carbon i udeluften vil lede til en reduktion i forekomsten af sundhedseffekter fra luftforurening¹. Udslippet af Black Carbon fra en dieselmotor er afhængigt af typen af brændstof, motortypen og de aktuelle driftsforhold. Hvordan black carbon varierede i en udvalgt periode i august og september, fremgår af figur 4 – bemærk den logaritmiske skala.

Som det fremgår af figur 4, er der tegn på, at der forekommer sammenfald mellem høje koncentrationer af Black Carbon (BC), partikelantal (PN) og NO₂, når der ligger skibe ved kaj, og når vinden samtidig blæser fra skibet. Det skal understreges, at koncentrationsniveauet for Black Carbon i det meste af måleperioden ligger inden for de niveauer, der normalt måles i byområder [1-3].



Figur 4. Sammenligning mellem målt (fem minutters gennemsnit) indhold af NO_x, ultrafine partikler (PN) og Black Carbon (BC). Desuden er det markeret, i hvilke perioder der lå skib ved Langelinie kajen.

E-mail:

Karsten Fuglsang: kfu@force.dk

Referencer

1. E. Gramsch, F. Reyes, P. Oyola, M.A. Rubio, G. López, P. Pérez, and R. Martínez., Particle size distribution and its relationship to black carbon in two urban and one rural site in Santiago de Chile, J Air Waste Management Assoc. 2014 Jul;64(7):785-96.
2. Isiugo, K., Jandarov, R., Cox, J., Chillrud,

- S., Grinshpun, S.A., Hyttinen, M., Yermakov, M., Wang, J., Ross, J., Reponen, T., Predicting Indoor Concentrations of Black Carbon in Residential Environments, Atmospheric Environment, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.053>.
3. Jeonghoon Lee, Jeongseok Yun, Kyeong Jun Kim., Monitoring of black carbon concentration at an inland rural area including fixed sources in Korea, Chemosphere. 2016 Jan;143:3-9.