



Stud. Scient. Nanna Sander og Nickie Heitmann Fogde i gang med at måle på Nørreport Station.

Bærbar partikelmåler til luftforureningsmonitorering

Håndholdte målere viser partikelniveauer på stationer i København, London og Tokyo.

Af Nickie Heitmann Fogde¹, Nanna Sander¹, José Alejandro A. Ravelo¹, Bartosz Gaik², Johan Schmidt², Ole John Nielsen¹ og Matthew S. Johnson^{1, 2}

¹ Kemisk Institut, Københavns Universitet

² Airlabs, Ole Maaløes Vej 3, 2200 København N

Der er en stigende bevidsthed omkring helbredsmæssige og økonomiske konsekvenser af luftforurening. Dårlig luftkvalitet inden- og udendørs er medvirkende til 7-8 millioner dødsfald om året på verdensplan [1]. Selvom luftkvaliteten i dag bliver overvåget af stationære målestationer rundt omkring i landet, er der et stort behov for instrumenter, der kan måle personlig eksponering. I denne artikel beskriver vi konstruktion og brug af en personlig bærbar partikelmonitor - en såkaldt PM_{2,5} måler.

Luftforurening

Luftforureningen stammer både fra kemiske reaktioner i atmosfæren, lokale emissioner (kilder) og bidrag fra ind- og udlan-

Retsch TECHNOLOGY

Reliable particle size and particle shape analysis of powders, granules and suspensions with Dynamic Image Analysis

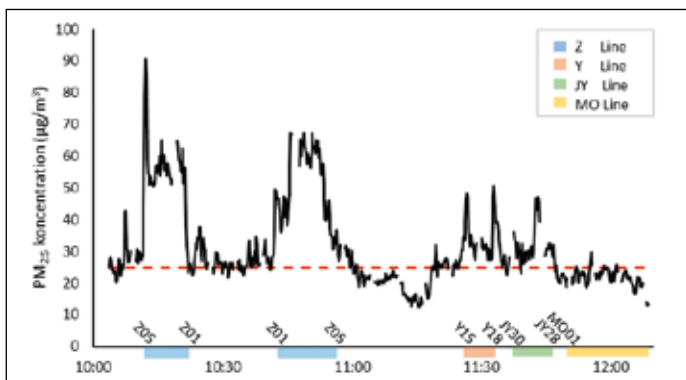
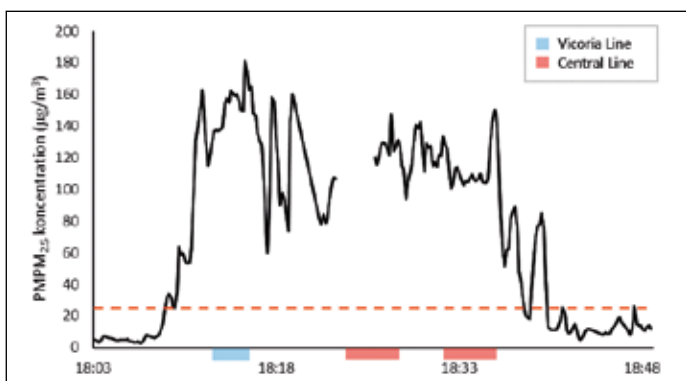
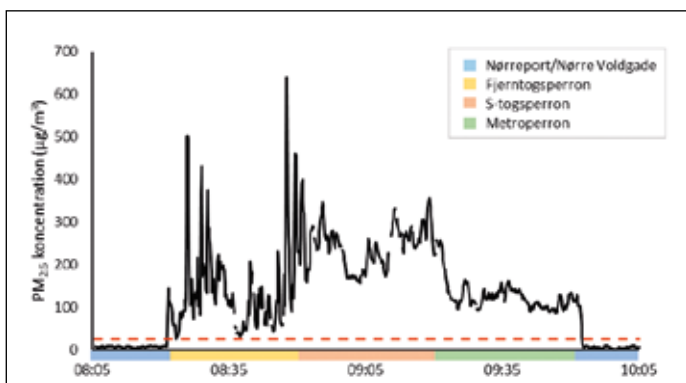
SKANLAB

dual camera technology

Kvinderupvej 30 · 3550 Slangerup · Tlf: 4738 1014 · www.retsch.dk

det, der transporteres med vinden. Kilderne til luftforurening er ikke kun menneskeskabte. Naturen bidrager også til luftforurening. Et gennemsnitligt menneske indånder dagligt 10-15 m³ luft, hvorved betydelige mængder luftforurening kan overføres til organismen.

Det er især det kardiovaskulære system og luftvejene, der bliver påvirket, når man bliver udsat for dårlig luftkvalitet. Mange dødsfald og en række alvorlige sygdomme, der inkluderer hjerte-kar-sygdomme, astma, KOL og lungekræft, kan tilskrives luftforurening.



Figur 1. Målinger på Nørreport Station (top), London (midt) og Tokyo (bund) metro. Bemærk de forskellige enheder på y-akserne, og bemærk at man kan se effekten af hvert enkelt tog. Den del af måleserien, hvor tog eller placering ikke er angivet med farvekode, er målingerne foretaget på vej fra et tog til et andet, enten på gadeniveau eller under jorden. Den stiplede røde linje angiver EU's luftkvalitetsgrænse for PM_{2,5} på 25 µg/m³.

Flere tusinde komponenter bidrager til luftforurening, men det er især gasserne kvælstofdioxid (NO₂), ozon (O₃), svovldioxid (SO₂), kulmonoxid (CO) og de luftbårne partikler (PM), der medfører negative helbredseffekter. Det er ofte ikke muligt at afgøre, om et specifikt sygdomstilfælde er forårsaget af luftforurening. Men helbredseffekter af luftforurening ses tydeligt i store befolkningsgrupper.

F.eks. har epidemiologiske studier vist, at en 10 µg/m³ forøgelse i koncentrationen af partikler mindre end 2.5 nm (engelsk particulate matter, PM_{2,5}) er associerede med en 11% stigning i kardiovaskulær mortalitet [2].

Sundhedsskadelige partikler

Luftbårne partikler adskiller sig fra andre komponenter i luften ved ikke at være gasser, men derimod en blanding af fast og flydende stof. PM inddeles almindeligvis i tre partikelfraktioner: PM₁₀, PM_{2,5} og PM_{0,1}, dvs. partikler med en aerodynamisk diameter på 10, 2,5 og 0,1 µm. De tre fraktioner kaldes hhv. grove, fine og ultrafine. PM₁₀ er således vægten af alle de partikler mindre end 10 µm. Størrelsen måles i enheden µg/m³. En stor del af partiklerne skyldes udstødningen fra bilerne samt slid af vej, dæk og bremses. Partiklernes små størrelser betyder, at de ved inhalering kan penetrere dybt ned i lungerne og helt ud i blodstrømmen. Ydermere gør deres små størrelser, at de har store overflader, hvorpå der kan befinde sig sundhedsskadelige molekyler og metaller.

Måling af luftforurening

I Danmark findes der tæt på 20 stationære målestationer, der måler koncentrationerne af de forskellige størrelser partikler samt af udvalgte gasser [3]. Denne måde at måle niveauet af luftforureningen er generelt god og præcis, men for at få et mere nøjagtigt billede af de helbredsmæssige effekter af eksponering til for høje koncentrationer af partikler, er små personlige målere nødvendige. Mennesker befinder sig ofte i miljøer med højere forureningskoncentrationer end gennemsnittet, f.eks. i køretøjer, på travle gader og i tog.

I samarbejde med firmaet Airlabs har Kemisk Institut på Københavns Universitet arbejdet med en low-cost partikelmåler til bestemmelse af PM_{1,0}, PM_{2,5} og PM₁₀. Denne måler indeholder en partikelsensor, der er produceret af Beijing Climbing Rattan Technology Co., Ltd.

Sensoren bygger på egenskaberne ved lysspredning. Inde i sensoren sidder en laserlyskilde, der belyser et område. Når partiklerne krydser lyskilden, vil de sprede lyset i alle mulige retninger. Det spredte lys bliver derefter opfanget ved specifikke vinkler af en detektor, hvorved man opnår en tidsafhængig intensitetskurve for det spredte lys. Efterfølgende analyserer en mikroprocessor denne kurve ved hjælp af en algoritme, der bygger på Mie spredningsteori. Dermed bestemmes koncentrationen af de forskellige størrelser partikler.

Sensorens lave pris (få hundrede til få tusind kroner) gør det økonomisk muligt at lave distribuerede målinger over et stort geografisk område (f.eks. en bydel) eller intensivt i mindre områder (f.eks. en gade). Herved opnås et mere fintmasket billede af luftforurening og eventuelle "hot-spots". Den lave pris gør det ligeledes muligt at anvende sensorerne til måling af personlig eksponering mod luftforurening. Et generelt problem

ved brugen af små, håndholdte sensorer er deres manglende selektivitet og stabilitet i forhold til de etablerede målestationer.

Et vigtigt element i studiet er kalibrering og kvalitetssikring af byggede partikelmålere. Målerne blev kalibreret mod en TSI Dusttrak partikelmåler, og yderligere kvalitetssikring blev foretaget ved at måle ved siden af en professionel målestation i London (Marylebone Road AQ station).

Nørreport Station og metrostationer i London og Tokyo

Mere end 160 millioner mennesker benytter dagligt metrosystemer. Koncentrationen af partikler er ofte forhøjet i metrosystemerne, da togenes bremseklodser, hjul samt skinner frigiver partikler ved slidtage. Hvis metrosystemerne er forbundet til stationer, hvor dieseltogtrafik forekommer, er dette yderligere en kilde til partikelbaseret luftforurening.

Lavpris partikelmålere er et godt supplement til stationære målestationer, når man skal vurdere personlig eksponering eller undersøge effekten af trafikgenererede partikler.

I vores studie blev koncentrationen af $PM_{2.5}$ målt på Nørreport Station samt på en strækning af metrosystemerne i London og Tokyo. Resultaterne kan ses i figur 1. Nørreport Station er et oplagt valg, da stationen med sine 147.000 daglige tog- og metropassagerer [4,5] er Danmarks travleste. Ydermere er Nørreport Station et godt eksempel på en station, hvor udviklingen af håndholdte sensorer har stort potentiale, da stationen ligger under jorden, og man derfor ikke kan benytte målinger fra de omkringliggende målestationer. Miniprocessoren er indstillet til at tage et gennemsnit over flere målinger, der modtages fra sensoren, som måler hvert sekund. Det betyder, at tidsopløsningen er meget højere end for de traditionelle instrumenter, og derfor er det også muligt at tracke togene, der passerer Nørreport Station.

Ud fra denne målekampagne blev de højeste koncentrationer målt på Nørreport. Her blev koncentrationerne målt i 30 minutter på hver perron og gennemsnitskoncentrationen af $PM_{2.5}$ blev målt til at være 150, 242 og 120 $\mu g/m^3$ på hhv. fjerntogs-, S-togs- og metroperronen. I London blev koncentrationen af $PM_{2.5}$ målt på forskellige perroner og i metroen i Londons Underground. To af de metrolinjer, der blev undersøgt, var Victoria Line og Central Line. Her var partikelkoncentrationen henholdsvis 144 og 117 $\mu g/m^3$. Dermed var koncentrationerne, der blev målt i London, lavere end dem målt på Nørreport med undtagelse af metroperronen. I Tokyo viste tilsvarende målinger også partikelkoncentrationer højere end EU's luftkvalitetsstandard på 25 $\mu g/m^3$. I Tokyo blev de højeste koncentrationer fundet på Hanzomon (Z) linjen, hvor der blev målt 56 $\mu g/m^3$.

Næste skridt for lavpris partikelmålere

Denne nye måde at måle luftforurening på har et stort potentiale. Prisen på en lavpris partikelsensor er typisk mellem 1% og 0,1% af prisen på de instrumenter, der benyttes i professionelle luftkvalitetsmålestationer. Netop den lave omkostning ved brugen af disse sensorer, gør det muligt at installere lavpris partikelmålere i hele verden. Dermed kan man udvikle et verdenskort, der viser detaljeret real-time luftforurening. Ydermere er målet med næste generation af bærbare sensorer, at de skal gøres mindre, så det vil være muligt at bære dem på armen under f.eks. en løbetur.

Konklusion

Nye lavpris luftforureningsmålere åbner for mere intensiv monitoring af luftforurening og personlig eksponering.

E-mail:

Ole John Nielsen: ojn@chem.ku.dk

Litteratur

1. <http://www.who.int/mediacentre/releases/2014/air-pollution/en/>.
2. Hoek et al.: "Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review". *Environmental Health* 12 (2013) 43.
3. Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A. & Jensen, S.S. 2016. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2015. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 65 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 201. <http://dce2.au.dk/pub/SR201.pdf>.
4. <https://www.trafikstyrelsen.dk/~media/Dokumenter/06%20Kollektiv%20trafik/05%20Trafikale%20analyser/Publikationer/Optimering%20af%20stationsstrukturen%20marts%202014.pdf>.
5. <http://www.m.dk/#!/om+metroen/facts+om+metroen/statistik/passagertal/passagertal+per+station>.



autoriseret forhandler
i Skandinavien for



Wyatt er internationalt anerkendt for deres
forskning og udvikling af

light scattering instrumenter



Information om alle Wyatt light scattering instrumenter

www.md-scientific.dk