

# PROGRAM FOR KORTLÆGNING AF PARTIKLER I TÅRNBY KOMMUNE

Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 183

2020



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

*[Tom side]*

# PROGRAM FOR KORTLÆGNING AF PARTIKLER I TÅRNBY KOMMUNE

---

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 183

2020

Steen Solvang Jensen  
Thomas Ellermann  
Ole Hertel

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 183
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Program for kortlægning af partikler i Tårnby Kommune
Forfattere:	Steen Solvang Jensen, Thomas Ellermann, Ole Hertel
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	<a href="http://dce.au.dk">http://dce.au.dk</a>
Udgivelsesår:	2020
Redaktion afsluttet:	21. september 2020, rettet side 9 og 47 den 2. november 2020
Faglig kommentering:	Matthias Ketzel
Kvalitetssikring, DCE:	Susanne Boutrup
Ekstern kommentering:	Kommentarerne fra Tårnby Kommune findes her: <a href="\\envsekstra.au.dk\DCEPublikationerTemp\TR183_kommenteringsskema.pdf">\\envsekstra.au.dk\DCEPublikationerTemp\TR183_kommenteringsskema.pdf</a>
Finansiel støtte:	Tårnby Kommune
Bedes citeret:	Jensen, S.S., Ellermann, T., Hertel, O. 2020. Program for kortlægning af partikler i Tårnby Kommune. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 50 s. - Teknisk rapport nr. 183 <a href="http://dce2.au.dk/pub/TR183.pdf">http://dce2.au.dk/pub/TR183.pdf</a>
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver konkrete forslag til et program for kortlægning af partikelforurening i Tårnby Kommune baseret på en kombination af målinger og modelberegninger. Endvidere gives et statusoverblik over eksisterende viden om partikler og dens helbredseffekter, koncentrationsniveauer og vigtige kilder til partikelforurening i Tårnby Kommune. Dette statusoverblik danner baggrund og rammen for det foreslåede kortlægningsprogram. Rapporten giver endvidere et kort resume af statusoverblikket og det foreslåede kortlægningsprogram i et ikke-teknisk sprog.
Emneord:	Kortlægningsprogram, målinger, modelberegninger, partikler, Tårnby Kommune.
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	Google Maps
ISBN:	978-87-7156-527-0
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	50
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <a href="http://dce2.au.dk/pub/TR183.pdf">http://dce2.au.dk/pub/TR183.pdf</a>

# Indhold

<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>1 Ledelsesresume</b>	<b>6</b>
<b>2 Statusoverblik</b>	<b>11</b>
2.1 Beskrivelse af partikler	11
2.2 Spredning og omdannelse af partikler	13
2.3 Målte partikelkoncentrationer	14
2.4 Helbredseffekter relateret til partikler	16
2.5 Kilder til partikler i Tårnby	17
2.6 Lugtkoncentrationer og lugtgrænser	19
<b>3 Forslag til kortlægningsprogram for målinger og beregninger</b>	<b>20</b>
3.1 Integreret monitoring	20
3.2 Forslag til måleprogram	22
3.3 Forslag til program for modelberegninger	32
<b>Referencer</b>	<b>49</b>



# Indledning

Tårnby Kommunes Kommunalbestyrelse ønsker at gennemføre en kortlægning af støj- og partikelforureningen i Tårnby Kommune med fokus på områder med følsom arealanvendelse, så som skoler, institutioner og idrætsanlæg.

Tårnby Kommune har forud for kortlægningen efterspurgt et forslag til, hvordan kortlægningen kan gennemføres og beskrevet den ønskede leverance i et dokument med titlen "Tilbud på opgave vedr. kortlægning af partikler i Tårnby Kommune" fra den 5.3.2020. Opgaven er præciseret i et spørgsmål/svar af 16.3.2020. DCE har den 16.4.2020 fremsendt et tilbud på løsning af opgaven.

Tårnby Kommune har bedt DCE- Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet om at udføre opgaven vedr. et forslag til en kortlægning af partikelforureningen. Det er Institut for Miljøvidenskab under Aarhus Universitet, som er det udførende institut på opgaven. Der har i forløbet med opgaveløsningen været efterfølgende dialog og møder omkring afklaring af den ønskede opgave. Tårnby Kommune har haft mulighed for at fremsende kommentarer til et udkast til rapporten.

Nærværende rapport beskriver DCE's forslag til kortlægning af luftforureningen med fokus på partikler, og med inddragelse af data fra både målinger og modelberegninger. Det er endvidere vurderet, hvad det vil koste at gennemføre forslagene til kortlægningen, samt hvad der vil være en realistisk tidshorisont for gennemførelse af kortlægningen. Rapporten vil kunne danne grundlag for et efterfølgende udbud af opgaven med at gennemføre selve kortlægningen.

Denne rapport indeholder:

- Et ledelsesresume, som giver et kort resume af det foreslåede kortlægningsprogram i et ikke-teknisk sprog.
- Et statusoverblik over eksisterende viden, som er rammesættende for opgaven.
- En beskrivelse af konkrete forslag til et program for kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune.

# 1 Ledelsesresumé

## Helbredseffekter af partikelforurening

Ifølge verdenssundhedsorganisationen WHO er luftforurening den miljøpåvirkning, som har den største negative helbredseffekt i befolkningen, og her regnes partikelforureningen for den mest skadelige. IARC, WHO's internationale agentur for kræftforskning, har kategoriseret luftforurening som kræftfremkaldende, og igen regnes partikelforureningen som den mest skadelige.

Beregninger af helbredseffekter relateret til luftforurening foretages rutinemæssigt som et element i overvågningsprogrammet for luftkvalitet i Danmark. Beregninger for 2018 viser, at der er omkring 4.200 for tidlige dødsfald årligt, som kan tilskrives udsættelse for luftforurening i Danmark. Heraf er langt hovedparten (cirka 90%) relateret til partikelforurening. Beregningerne viser også, at en stor del af de for tidlige dødsfald i Danmark skyldes luftforurenende kilder i udlandet (ca. 70%), mens resten stammer fra kilder i Danmark (30%). Danske kilder bidrager tilsvarende til for tidlige dødsfald i udlandet. I Tårnby Kommune vil en stor del af de for tidlige dødsfald i kommunen derfor stamme fra kilder uden for kommunen. Tilsvarende vil kilder fra kommunen bidrage til for tidlige dødsfald uden for kommunen (herunder også i udlandet).

Ovenstående vurderinger af helbredseffekterne af luftforureningen er baseret på luftens indhold af fine partikler, som er massen af partikler mindre end 2,5 mikrometer (PM<sub>2,5</sub>). En mikrometer er en tusindedel af en millimeter. Helbredseffekter af fine partikler er veldokumenterede for en lang række forskellige helbredsudfald. Anderledes gælder det for de ultrafine partikler, som er partikler mindre end 0,1 mikrometer. Disse har næsten ingen masse, så de bestemmes ved metoder, som tæller antallet af dem. Både ultrafine og fine partikler er så små, at de ikke er synlige for det blotte øje. Studier af ultrafine partikler i cellekulturer og dyr har vist alvorlige helbredseffekter, mens tilsvarende effekter har været vanskelige at påvise i befolkningsundersøgelser af mennesker. Dette er ikke fuldt forklaret, men en del af forklaringen kan tænkes at være den korte tid, ultrafine partikler kan opholde sig i luften, og at de ikke trænger ind i vore boliger. Det sidste er vigtigt, da vi opholder os indendørs i op mod 90% af tiden. Under alle omstændigheder er helbredseffekter af ultrafine partikler fortsat ikke fuldt belyst.

## Overvågning af luftkvaliteten i Danmark

I det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet i Danmark foretages der rutinemæssigt målinger på en række målestationer i Danmark. I hovedstadsområdet er der målestationer i København, Hvidovre og Risø ved Roskilde. Der er ikke inden for de senere år set overskridelser af EU's grænseværdier for luftkvalitet på disse målestationer. EU's grænseværdier er fastsat for at beskytte folkesundheden, men som det fremgår af ovenstående, er der helbredseffekter selvom disse overholdes. Antallet af partikler (ultrafine partikler) måles på nogle af stationerne i overvågningsprogrammet, men der er ingen grænseværdier for ultrafine partikler.

Det nationale overvågningsprogram omfatter ikke en bymålestation for luftkvalitetsmålinger i Tårnby Kommune, men ud fra DCE's samlede viden om luftkvalitet i Danmark vurderes det, at luftkvaliteten i Tårnby Kommune i



store træk vil ligge på niveau med luftkvaliteten i København og dermed uden overskridelse af grænseværdierne.

### **Lugtgener**

Lugtgener er en kompleks problemstilling. Det er meget ressourcekrævende at indsamle luftprøver og have dem vurderet af et lugtpanel for at forsøge at kortlægge lugtgener på denne måde. Derfor har DCE ikke foreslået kortlægning af lugtgener.

### **Kilder til partikler i Tårnby Kommune**

De vigtigste kilder til direkte partikeludledninger i Tårnby Kommune formodes at være vejtrafik, flytrafik og andre aktiviteter i lufthavnen, samt brændefyring i private hjem.

Udledningerne fra vejtrafik er koncentreret omkring motorvejsforbindelsen mod Øresundsbroen, men også ved andre trafikerede hovedfærdselsårer i kommunen.

Flytrafikken i luften udgør en stor kilde til udledninger af partikler, men i tillæg er lufthavnen et stort trafikknudepunkt, som genererer meget vejtrafik. Sammenligninger af målinger udført i lufthavnen med målinger foretaget i København under det landsdækkende overvågningsprogram viser dog, at lufthavnen ikke er en væsentlig kilde til fine partikler, men giver et vist bidrag til kvælstofoxider, som også er helbredsskadelige. Til gengæld er lufthavnen en væsentlig kilde til ultrafine partikler i næromgivelserne til lufthavnen.

I Tårnby Kommune er der udbredt brug af brændefyring i private husstande. Kommunens husstande har i alt 1.148 brændeovne og 18 pejse.

### **Forslag til kortlægningsprogram for partikler for Tårnby Kommune**

DCE foreslår et kortlægningsprogram for Tårnby Kommune, som er baseret på integreret monitoring dvs. en kombination af målinger og beregninger med luftkvalitetsmodeller, hvor fordelene udnyttes for hhv. målinger og modeller. Kortlægningsprogrammet består af et grundelement for hhv. målinger og modelberegninger samt nogle tillægsmoduler til mere detaljerede kortlægninger, således at der kan vælges mellem forskellige ambitionsniveauer.

DCE anbefaler, at grundelementerne for målinger og modelberegninger som minimum gennemføres. Dette vurderes, at kunne gennemføres for mellem 550.000 kr. og 950.000 kr.

Grundelementet for måleprogrammet er en højkvalitetsmålestation, som muliggør sammenligning af luftkvaliteten med EU's grænseværdier og WHO's anbefalinger for retningslinjer for luftkvalitet.

Målingerne i grundelementet kan i to tillægsmoduller suppleres med målinger flere steder af hhv. ultrafine partikler og kvælstofdioxid, og dermed give større geografisk dækning.

Grundelementet i modelberegningerne for Tårnby Kommune består af en kortlægning af luftkvaliteten, dens helbredseffekter samt samfundsmæssige omkostninger. Endvidere foretages en opgørelse af udledning af forurenende stoffer fra forskellige kilder, og det vurderes, hvor meget de påvirker luftkvaliteten. Endelig vurderes den forventede fremtidige luftkvalitet i 2030.

Tre tillægsmoduler til modelberegningerne giver yderligere detaljeret information om tre vigtige kilder i Tårnby Kommune hhv. motorvejen, Københavns Lufthavn og brændeovne.

Det fulde måleprogram (grundelement og to tillægsmoduller) vurderes at kunne gennemføres for 700.000-1.500.000 kr. over en periode på 16-18 mdr. Det anbefales dog, at udskyde opstart af måleprogrammet indtil lufthavnen igen fungerer på næsten normalt niveau for at kunne vurdere bidraget fra lufthavnen til luftkvaliteten under normal drift.

Det fulde modelprogram (grundelement og tre tillægsmoduller) vurderes at kunne gennemføres for 1.150.000-1.650.000 kr. over en periode på 8-12 mdr.

Nedenfor er indhold og pris for de enkelte grundelementer og tillægsmoduler opsummeret for hhv. måleprogram og modelprogram.

### Program for målinger

Da omfanget af måleprogrammet endnu ikke ligger helt fast, og da selve metoderne heller ikke er endeligt valgt, så kan der kun laves et relativt groft skøn over omkostningerne for gennemførelse af det foreslåede måleprogram.

Skøn over omkostningerne for et måleprogram af et års varighed er vist i Tabel 1.1. Måleprogrammets modul 1 og 2 vil godt kunne laves parallelt med grundelementet eller alternativt efter grundelementet. Målingerne tænkes gennemført for et år, og hertil skal lægges tid til etablering af måleprogrammet samt efterfølgende analyse og afrapportering af måledata. I Tabel 1.1 er den samlede tidsramme herfor vist.

**Tabel 1.1.** Skøn over omkostninger og tidsramme for gennemførelse

Navn	Pris (kr. ekskl. moms)	Tidsramme (måned)
Grundelement – (referencestation)	300.000-600.000 kr.	16-18
Modul 1 – ultrafine partikler	200.000-500.000 kr.	16-18
Modul 2 - kvælstofdioxid	200.000-400.000 kr.	16-18
Samlet	700.000-1.500.000 kr.	16-18

Ovenstående skøn dækker både udgifter i forbindelse med selve etableringen af måleprogrammet, den løbende drift og afrapportering af resultaterne fra målingerne.

Tabel 1.2 opsummerer, hvad hovedindholdet er i grundelementet og tillægsmodulerne for målingerne, og dermed, hvad Tårnby Kommune kunne få ud af gennemføre de forskellige forslag.

**Tabel 1.2.** Opsummering af hovedindhold i de forskellige forslag for måleprogram

<b>Forslag:</b>	<b>Hovedindhold:</b>
<b>Målinger grundelement – (referencestation)</b>	Høj kvalitetsmålinger som i det nationale overvågningsprogram på en referencemålestation i Tårnby Kommune, hvor der i mindst 1 år måles ultrafine partikler, PM <sub>2,5</sub> , kvælstofdioxid og kvælstofoxid. Muliggør sammenligning med EU grænseværdier og WHO retningslinjer for luftkvalitet Muliggør sammenligning og dermed vurdering af usikkerhed på målinger i modul 1 og 2, hvis de gennemføres. Muliggør sammenligning med modelberegninger og dermed vurdering af usikkerhed på modelberegninger, hvis disse gennemføres.
<b>Målinger modul 1 – ultrafine partikler</b>	Formålet er at få en større geografisk dækning i Tårnby Kommune ved at måle ultrafine partikler på 3-6 målesteder med middelklasse måleinstrumenter, og med høj tidsopløsning. Kvalitet af målinger kan sammenlignes med referencestation fra grundelementet. Målinger kan bruges til at vurdere usikkerhed på modelberegninger, hvis disse gennemføres.
<b>Målinger modul 2 - kvælstofdioxid</b>	Formålet er at få en større geografisk dækning i Tårnby Kommune ved at måle kvælstofdioxid (NO <sub>2</sub> ) på 15-20 målesteder fx med simple målemetoder, som måler ugemiddet. Der måles i fire målekampanjer fordelt på de fire forskellige årstider for at bestemme variation over året. Kvalitet af målinger kan sammenlignes med referencestation fra grundelementet. Målinger kan bruges til at vurdere usikkerhed på modelberegninger, hvis disse gennemføres.

### Program for modelberegninger

Grundelementet og tillægsmodulerne for modelberegninger forventes at kunne gennemføres, som anført i Tabel 3.5 med hensyn til pris og tidsramme for gennemførelse. Grundelementet og et eller flere af tillægsmodulerne bør kunne gennemføres parallelt, men det kan føre til en længere gennemførelsetid. Grunden til, at der kan være en længere gennemførelsetid er, at det sandsynligvis vil være en udfordring med bemanningen, da de samme eksperter skal gennemføre beregningerne.

Der er også den mulighed først at gennemføre grundelementet, og derefter tage stilling til, om der ønskes gennemført et eller flere af tillægsmodulerne.

Grundelementet og tillægsmodulerne for modelberegninger behøves ikke nødvendigvis at blive gennemført på samme tidspunkt som grundelementet og tillægsmodulerne for målinger. Dog skal målinger være udført før modelberegninger for at sammenligning mellem målinger og modelberegninger kan gennemføres.

**Tabel 1.3.** Skøn over omkostninger og tidsramme for gennemførelse

<b>Navn</b>	<b>Pris (kr. ekskl. moms)</b>	<b>Tidsramme (måneder)</b>
Grundelement - kortlægning	250.000 - 350.000	4-6
Modul 1 - motorveje	200.000 - 300.000	4-5
Modul 2 - Københavns Lufthavn	500.000 - 700.000	6-9
Modul 3 - brændeovne	200.000 - 300.000	4-5
Samlet	1.150.000 - 1.650.000	8-12

Der opnås de bedste kortlægningsresultater ved at kombinere målinger og modelberegninger, som det er argumenteret for under fordele og ulemper ved

målinger og modelberegninger i afsnit 3.1. Forslagene er dog lagt frem, således at det er muligt kun at gennemføre grundelementet for modelberegninger uden grundelementet for målinger, eller omvendt, eller begge to.

Tabel 3.7 opsummerer, hvad hovedindholdet er i grundelementet og tillægsmodulerne for modelberegningerne, og dermed, hvad Tårnby Kommune kunne få ud at gennemføre de forskellige forslag.

**Tabel 1.4.** Opsummering af hovedindhold i de forskellige forslag for modelprogram

<b>Forslag:</b>	<b>Hovedindhold:</b>
<b>Model grundelement – Kortlægning af luftkvalitet og dens helbredseffekter</b>	<p>Godt fundament for udpegning af indsatsområder for politiske tiltag til forbedring af luftkvaliteten i Tårnby Kommune.</p> <p>Beskriver kilderne til luftforurening i Tårnby Kommune, og hvor meget i bidrager til forringelse af luftkvaliteten.</p> <p>Beskriver den geografiske variation af luftkvaliteten i Tårnby Kommune for udvalgte helbredsskadelige luftforureninger (ultrafine partikler, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>).</p> <p>kvantificering af helbredseffekter og tilhørende samfundsmæssige omkostninger af luftforureningen generelt, bidraget fra alle emissionskilder i Tårnby Kommune og deres fordeling på de enkelte kildetyper (vejtrafik, brændeovne, luftfart mv.).</p> <p>Vurdering af den fremtidige luftkvalitet i 2030.</p> <p>Vurdering af usikkerhed på modelberegninger ved sammenligning med målinger (hvis disse gennemføres).</p>
<b>Model Modul 1 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen langs motorvejen</b>	<p>Give detaljerede informationer om luftkvaliteten langs motorvejen af årsmiddelværdier af PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, ultrafine partikler (antal partikler) og NO<sub>2</sub> i op til 1.000 m fra motorvejen.</p> <p>Beskrive antal boliger, som bliver udsat for forskellige koncentrationsniveauer.</p> <p>Visualisering på kort.</p>
<b>Model Modul 2 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra Københavns Lufthavn</b>	<p>Give detaljerede informationer om, hvordan lufthavnen påvirker luftkvaliteten i næromgivelserne uden for lufthavnen i Tårnby Kommune.</p> <p>Indeholder detaljeret kortlægning af aktiviteten i form af flyenes tid ved gate, taxi til startsted på landingsbanen samt take-off og tilsvarende fra landing til gate, og tilhørende udledninger af luftforurening.</p> <p>Visualisering på kort af, hvordan luftkvaliteten påvirkes.</p>
<b>Model Modul 3 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra brændeovne</b>	<p>Give detaljerede informationer om brændefyringsanlæg i Tårnby Kommune, og hvordan de påvirker luftkvaliteten.</p> <p>Beskrive antal brændefyringsanlæg, og deres fordeling på hovedtyper (brændeovn, pillefyr, pejs mv.)</p> <p>Beskrive udledninger brændefyringsanlæggene fordelt på undertyper</p> <p>Beskrive den geografiske fordeling af udledningerne</p> <p>Beskrive brændefyringsanlæggenes bidrag til luftkvaliteten.</p>

## 2 Statusoverblik

Luftforurening er en kompleks størrelse, som omfatter gasser såvel som forureninger på partikelform med en effekt på sundhed, miljø og klima. Dette statusoverblik har fokus på partikelforurening. Der gives en generel introduktion til partikelforurening. Derefter ses der på udledninger og koncentrationsniveauer i Tårnby Kommune.

### 2.1 Beskrivelse af partikler

Særligt partikelforureningen er en kompliceret størrelse. Luftbårne partikler kan være sammensat af diverse forskellige forbindelser i vidt forskellige blandingsforhold, og med helt forskellige former og størrelser. De kan bestå af væske eller fast stof, og de kan være alt fra kugle- og nåleformede (asbest er fx nåleformet) til uregelmæssige sammenhængende samlinger af mindre partikler. Både form og størrelse har betydning for partiklernes skæbne i miljøet, og ligeledes for deres effekt på sundhed, miljø og klima.

#### 2.1.1 Størrelsesfordelinger

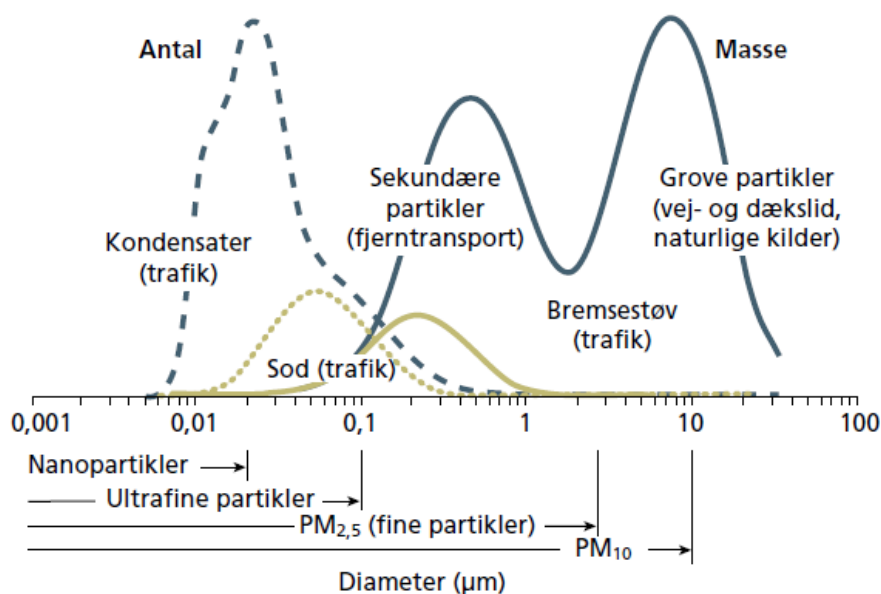
Det er klassisk i forhold til udendørs luftkvalitet at opdele partikler i en række (standard) størrelsesgrupper:

- De mindste partikler med en diameter under  $0,1 \mu\text{m}$  (eller  $100 \text{ nm}$ ) betegnes ultrafine partikler, og massen (vægten) af disse partikler betegnes  $\text{PM}_{0,1}$  ( $\mu\text{m}$  står for mikrometer, mens  $\text{nm}$  står for nanometer). Da massen af ultrafine partikler er meget lille, måles de oftest som antal, og ikke som masse.
- Partikler med en diameter under  $2,5 \mu\text{m}$  kaldes fine partikler, og massen (vægten) af disse partikler betegnes  $\text{PM}_{2,5}$ .
- Partikler med en diameter mellem  $2,5$  og  $10 \mu\text{m}$  betegnes grove partikler. Massen (vægten) af de grove partikler er således  $\text{PM}_{10}$  minus  $\text{PM}_{2,5}$ , hvor  $\text{PM}_{10}$  er massen af partikler med en diameter under  $10 \mu\text{m}$ .  $\text{PM}_{2,5}$  er således indeholdt i  $\text{PM}_{10}$ . I forhold til ultrafine partikler indeholder  $\text{PM}_{2,5}$  og  $\text{PM}_{10}$  meget større og tungere partikler, og derfor er det massen, som måles og ikke deres antal, da deres antal er meget lille i forhold til ultrafine partikler.

De ultrafine partikler har en kort opholdstid i atmosfæren (typisk sekunder til få minutter), da de hurtigt sætter sig på overfladen af andre partikler eller øvrige overflader, de kommer i kontakt med. Helt overordnet er opholdstiden af ultrafine partikler i luften således kort og i størrelsesordenen minutter. Det betyder fx at ultrafine partikler udledt fra trafikken i en gade kun i begrænset omfang spredes væk fra gaden. Ser man på udledninger af ultrafine partikler fra fx en flymotor så vil fortynding og afsætning på overflader betyde at bidraget kun vil kunne forventes at være betydningsfuldt i en afstand af nogle få hundrede meter til en kilometer fra kilden. De fine partikler kan til gengæld transporteres gennem luften over meget store afstande – over  $1.000 \text{ km}$  – da de afsættes meget langsomt til jordoverfladen og opholder sig i atmosfæren op til 7 til 10 dage. Dog er det sådan, at sky- og regndråber er meget effektive til at fjerne de fine partikler fra atmosfæren, og efter selv korte byger er luften typisk stort set fuldstændig rensed for fine partikler. Denne fjernelse af partik-

ler under nedbør er især vigtig for partikler i den fine fraktion, men også ultrafine og grove partikler fjernes med nedbøren. De grove partikler er så tilpas store (og dermed tunge), at tyngdekraften hurtigere fører dem ned til overfladen. Derfor har grove partikler en kortere opholdstid i atmosfæren.

Ser man på fordelingen af antallet af partikler i atmosfæren, så dominerer de direkte udledte ultrafine partikler; specielt tæt ved forbrændingskilder som fx vejtrafik. Til gengæld har disse partikler næsten ingen masse (vægt). Ser man til gengæld på vægten af de partikler, der er i luften, så dominerer de fine og grove partikler. Disse partikler er få i antal, men til gengæld er de tunge. De to måder at betragte partikelfordelingerne er illustreret i Figur 2.1, som viser en skematisk fordeling for en trafikeret gade i en by.



**Figur 2.1.** Typisk størrelsesfordeling af partikler i en trafikeret bygade. Bemærk at x-aksen er logaritmisk, og at der ikke er angivet en y-akse. Y-aksen kan være enten antallet af eller vægten af partikler i luften. De stiplede kurver viser således fordelingen af partikler målt som antal. De fuldt optrukne linjer angiver den samme fordeling, men i dette tilfælde for vægten af luftens indhold af partikler. De faktiske antal og den faktiske vægt vil variere fra gade til gade som funktion af primært trafik, meteorologi og gadens udformning. Sodpartikler fra trafikken (lys farve) har betydning for såvel vægten som det totale antal partikler i luften.

### 2.1.2 Primære og sekundære partikler

Ud over at man kan opdele partikler efter deres størrelse, så kan man ligeledes opdele dem efter oprindelse i såkaldt primære og sekundære partikler. De primære partikler er direkte udledte partikler, mens sekundære partikler dannes fra udledte gasser gennem fysiske og kemiske processer i atmosfæren.

En lang række menneskelige aktiviteter fører til udledning af *primære partikler* til atmosfæren. Det gælder fx vejtrafik, boligopvarmning (især brændefyring), men også energiproduktion og forskellige industrielle processer.

Selv om brændefyring finder sted i et begrænset tidsrum på året, så udgør det den største kildegruppe til direkte udledninger af partikler i den fine partikel-fraktion (PM<sub>2,5</sub>) i Danmark. Selvom brændefyring udgør den største udledningskilde i Danmark, så udgør brændefyring ikke det største bidrag til koncentrationen af fine partikler i luften, fordi langtransporteret luftforurening fra udlandet betyder meget for koncentrationsniveauerne i Danmark.

For vejtrafikken omfatter de primære partikler udledninger i form af udstødning men også bremsestøv, slid fra dæk og vejbelægning og ophvirvlet støv fra vejen.

De *sekundære partikler* dannes blandt andet ved kemisk omdannelse af en række udledninger af gasser som svovldioxid ( $\text{SO}_2$ ), kvælstofoxider ( $\text{NO}_x$ ), og ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). I atmosfæren omdannes gasserne til såkaldte sekundære partikler, som hovedsagelig er i den fine partikelfraktion. Det betyder, at udledninger af gasser fra for eksempel trafik og industri i landene mod syd bidrager til fine partikler i luften over Danmark.

Såvel primære som sekundære partikler kan ligeledes stamme fra naturlige kilder. De primære partikler kan således stamme fra havsprøjt, jordstøv, skov- og andre naturbrande, vulkanudbrud, men også udledninger fra planter og dyr etc. i form af pollen, svampesporer mm. De sekundære partikler kan dannes, når planter udsender en række flygtige organiske forbindelser, eller når havområder, skovbunde, moser, oversvømmede enge udleder gasser som kvælstofmonooxid og forskellige svovlforbindelser og organiske forbindelser.

## 2.2 Spredning og omdannelse af partikler

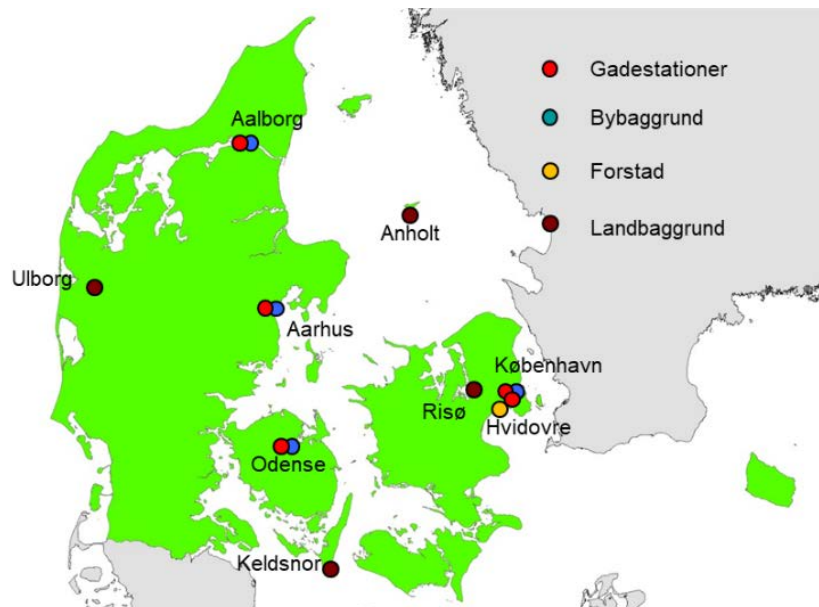
Det er tidligere beskrevet, hvordan udledninger af gasser sammen med kemisk omdannelse i atmosfæren kan føre til dannelse af nye partikler. Tæt ved varme kilder kan der endvidere ofte dannes nye partikler. I varme røgfaner vil en række forbindelser således udledes som gasser for derefter under afkølingen af røggassen at fortættes til fine partikler. Denne form for partikeldannelse ses blandt andet i røgfaner fra brændeovnsskorstene og fra tunge køretøjer uden rensedyr. Endvidere vokser en række partikler i atmosfæren ved optag af vanddamp og andre gasser, men større partikler dannes også ved at mindre partikler klitrer sammen til større partikler.

Når små partikler omdannes til færre men større partikler, påvirker det partiklernes opholdstid og dermed transport i atmosfæren. Tilsvarende påvirkes partiklernes opholdstid og dermed også transport og spredning af ændringer i luftfugtigheden i atmosfæren. En del af luftens partikler kan både optage og afgive vanddamp fra overfladen. Denne evne afhænger af partiklernes kemiske sammensætning specielt på partiklernes overflade. Når luftfugtigheden aftager, sker der en fordampning af vanddamp fra partiklernes overflade, og tilsvarende sker der et optag af vanddamp, når luftfugtigheden stiger. Når partiklerne optager vanddamp, bliver de tungere og falder hurtigere mod overfladen, og derved påvirker luftfugtigheden opholdstid og transport af partikler i atmosfæren.

Tæt ved en kilde vil koncentrationen af luftforurening selvsagt være stor. Det kan fx være røgfanen fra en bil, hvor der er høj koncentration af forskellige gasser. I forbindelse med afkølingen vil røgfanen blive opblandet med omgivende luft og dermed fortyndes. Når røggassen afkøles dannes der samtidig ultrafine partikler ved kondensation. Inde i et gaderum vil de ultrafine partikler spredes på samme måde som luftforurening på gasform, selv om opholdstiden i luften er kort og koncentrationen hurtigt aftager, fordi de sætter sig på overfladen af blandt andet andre partikler.

### 2.3 Målte partikelkoncentrationer

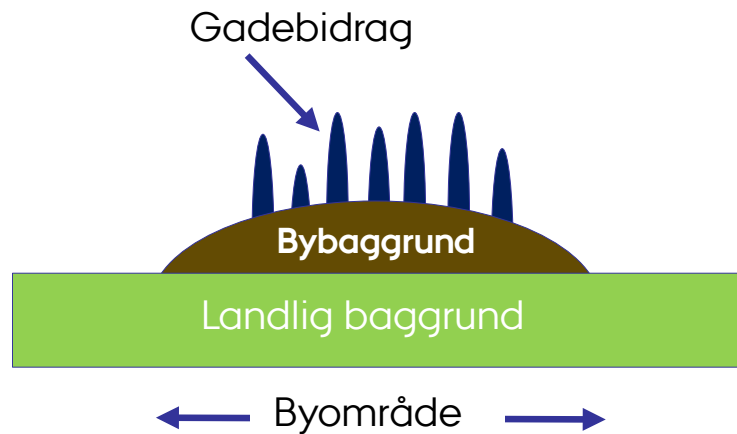
Koncentrationen af partikelforurening i Danmark måles rutinemæssigt inden for det Nationale Overvågningsprogram for Vand og Natur (NOVANA) på en række målestationer fordelt ud over landet (Figur 2.2). Målingerne suppleres med modelberegninger foretaget med matematiske luftkvalitetsmodeller udviklet af DCE. Fordelen ved dette system er blandt andet, at modellerne kan give et bud på koncentrationsniveauerne de steder, hvor der ikke er målestationer.



**Figur 2.2.** Målestationerne i delprogram for luft under NOVANA. Det er kun de målestationer, hvor der måles luftforurening i relation til human sundhed, som vises på kortet. I det følgende har vi fokus på målinger og beregninger for den østlige del af landet.

Målestationerne i overvågningsprogrammet er placeret, så de repræsenterer forskellige typer af områder/lokalteter. De laveste niveauer af partikelforurening og fx kvælstofoxider finder man ved stationer i den såkaldte landbaggrund. Partiklerne her stammer fra langtransport, men også fra danske kildeområder, som ikke ligger i umiddelbar nærhed. Inde i byområdet har man et generelt forureningsniveau, den såkaldte bybaggrund. Her er forureningen et resultat af diverse kilder i byområdet samt landbaggrund. De højeste koncentrationer finder man typisk i de trafikerede bygader, hvor man har bidrag fra trafikken i den specifikke gade, men også fra bybaggrund. Disse forhold er skitse-mæssigt illustreret i Figur 2.3.





**Figur 2.3.** Skitse til illustration af bidrag til luftforurening i og omkring bymiljøet. Figuren viser forløbet af luftforurening på tværs et byområde, x-aksen er en geografisk længde og y-akse er koncentration af luftforurening. Den landlige baggrund er niveauet, der måles på de regionale målestationer placeret på afstand af helt lokale kilder.

Overvågningsprogrammet er opbygget således, at man kan vurdere bidraget fra trafikken i den enkelte gade ved at fratække bidraget fra bybaggrund, og tilsvarende kan vurdere byens bidrag ved at tage udgangspunkt i bybaggrund og fratække landbaggrund.

Tabel 2.1 viser målte årsmiddelmålinger af partikelforurening i 2019. Hverken koncentrationen af fine partikler ( $PM_{2,5}$ ) eller fine og grove partikler ( $PM_{10}$ ) viser overskridelser af EU's grænseværdier for luftkvalitet, og sådan har situationen været gennem de senere år. For koncentrationen af fine partikler er der kun lille forskel mellem koncentrationerne ved landbaggrund og bybaggrund i København. Dette illustrerer den store betydning af langtransport af fine partikler i luften. For antallet af partikler, som primært er ultrafine partikler, er der ingen grænseværdier, hvilket vi kommer tilbage til i afsnittet om helbredseffekter. Hvidovre er en forstad til København, hvor der er ganske udbredt brug af fyring med fast brændsel. I fyringssæsonen kan der således være forhøjede niveauer, men som det fremgår giver det ikke høje årsmiddelniveauer.

Målingerne af fine og grove partikler ( $PM_{10}$ ) påbegyndtes i 2001, mens målingerne af fine partikler ( $PM_{2,5}$ ) først startede i 2007/2008. Der er registreret ganske betydelige fald i partikelforureningen siden målingerne blev påbegyndt. Koncentrationen af fine partikler er således faldet med 20% til 40%, og koncentrationen af  $PM_{10}$  med 35% til 40% siden opstart af målingerne i henholdsvis 2007/2008 og 2001. For antallet af partikler i luften er faldet endnu kraftigere. Siden 2001 er antallet af partikler i luften faldet med henholdsvis 70% og 45% på gadestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsstationen på H.C. Ørsteds Instituttet. I Hvidovre startede målingerne først i 2005, men antallet af partikler er faldet med cirka 20% siden målingernes påbegyndelse (Ellermann et al., 2020a).

**Tabel 2.1.** Resultater og grænseværdier for fine partikler (PM<sub>2,5</sub>), fine og grove partikler (PM<sub>10</sub>) og partikelantal i 2018. For PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> angives årsmiddelværdien og de tilhørende grænseværdier fra EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008). For PM<sub>10</sub> er der endvidere grænseværdi for korttidseksponering for PM<sub>10</sub>, som angiver, at døgnmiddelværdien for PM<sub>10</sub> ikke må overskride 50 µg/m<sup>3</sup> mere end 35 gange i et kalenderår (EU, 2008). Til sammenligning med korttisgrænseværdien angives antallet af dage med overskridelse af 50 mg/m<sup>3</sup>. Endelig angives årsmiddelværdien for antallet af partikler med diameter mellem 40 nm og omkring 500 nm (svarer til lidt mere end PM<sub>0,1</sub>, se tidligere Figur 2.1). Der er ingen grænseværdi for partikelantal. Grænseværdier og måleresultater er angivet ved ambient tryk og temperatur (Ellermann et al., 2020b).

	PM <sub>2,5</sub> Årsmiddel µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> Årsmiddel µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> Antal dage med døgnmiddelværdi over 50 µg/m <sup>3</sup>	Partikelantal Antal partikler med diameter mellem 40 og 500nm Antal/cm <sup>3</sup>
<b>Grænseværdi</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	
<i>Gade</i>				
København, H.C. Andersens Boulevard	13	26		3.400
København, Jagtvej	12	21		
<i>Bybaggrund</i>				
H.C. Ørsteds Institut, København	11	17	2	1.700
<i>Forstad</i>				
Hvidovre	10			1.900
<i>Landbaggrund</i>				
Keldsnor		18	9	
Risø	10	16	2	1.500

Verdenssundhedsorganisationen WHO har opstillet anbefalede retningslinjer for luftkvalitet. De er lavere end EU's grænseværdier for årsmiddel af PM<sub>2,5</sub> (10 µg/m<sup>3</sup>) og for årsmiddel af PM<sub>10</sub> (20 µg/m<sup>3</sup>). I forhold til ovenstående målinger er WHO's retningslinjer tangeret i landbaggrund og overskredet i bybaggrund og de to gader i København for PM<sub>2,5</sub>, og overskredet for PM<sub>10</sub> i to gader i København.

## 2.4 Helbredseffekter relateret til partikler

Ifølge WHO er luftforurening den miljøpåvirkning, som har den største negative helbredseffekt i befolkningen, og her regnes partikelforureningen for den mest skadelige. IARC, WHO's internationale agentur for kræftforskning, har kategoriseret luftforurening som kræftfremkaldende, og igen regnes partikelforureningen som den mest skadelige.

Helbredseffekter af luftforurening studeres i henholdsvis toksikologiske og epidemiologiske undersøgelser. De *toksikologiske* studier foregår under kontrollerede forhold i laboratorie, hvor man studerer skadevirkning i celler, dyr eller mennesker. I de *epidemiologiske* studier kobler man luftforurenings- og helbredsdata for befolkningsgrupper, og undersøger om der er en sammenhæng. Før man konkluderer, at der er en sammenhæng mellem luftforurening og specifikke helbredseffekter, kræves det, at flere uafhængige forskergrupper kan fundet de samme sammenhænge. Endvidere skal der gerne kunne påvises sammenhænge i både toksikologiske og epidemiologiske studier, og gives en såkaldt kausal sammenhæng mellem påvirkning og sygdom. Det sidste betyder, at man skal kunne forklare, hvordan luftforureningen påvirker celler, hormonelle processer med mere i kroppen, og dermed fører til sygdom. Luftforurening kobles i dag til en række både korttids- og langtidseffekter. Korttidseffekter er helbredseffekter efter kortvarige episoder med forhøjede luftforureningsniveauer, mens langtidseffekter opstår efter udsættelse for forhøjet luftforurening gennem mange år.

**Tabel 2.2.** Eksempler på korttids- og langtidseffekter af luftforurening

<b>Korttidseffekter</b>	<b>Langtidseffekter</b>
Død af hjerte og luftvejssygdomme	Død af hjerte og lungesygdomme, lungekræft
Indlæggelser for hjerte- og lungesygdomme	Nye tilfælde af lungekræft
Indlæggelser for slagtilfælde	Nye tilfælde af hjerte- og lungesygdomme
Astmaanfald (børn og voksne)	Fosterpåvirkning, nedsat fødselsvægt
Bronkitis, nedre luftvejssymptomer, hoste (børn og voksne)	Nedsat udvikling af lungefunktion hos børn
Sygedage (nedsat aktivitet)	Udvikling af sukkersyge
Medicinforbrug (astma)	Sukkersyge (diabetes II)

Luftforurening kommer stort set kun ind i kroppen gennem åndedrætssystemet. Partikelstørrelsen spiller en vigtig rolle for helbredseffekten. Epidemiologiske studier har især vist helbredseffekter af fine partikler (PM<sub>2,5</sub>) i luften. De største partikler tilbageholdes af fimrehår i de øvre luftveje, mens de mindste partikler trænger dybt ned i luftvejene. Luftforurening og herunder partikler kan medføre betændelsestilstand i blandt andet lunger og blodbane, men også til dannelse af blodpropper samt give skader på arvematerialet i kroppens celler.

Helbredseffekter af fine partikler er veldokumenterede for en lang række forskellige helbredsudfald. Anderledes gælder det for de ultrafine partikler, hvor toksikologiske studier af blandt andet dieselpartikler viser alvorlige helbredseffekter, mens tilsvarende effekter af ultrafine partikler har været vanskelige at påvise i epidemiologiske studier. Dette er ikke fuldt forklaret, men en del af forklaringen har tænkes at være den korte opholdstid af ultrafine partikler, og at de ikke trænger ind i vore boliger. Det sidste er vigtigt, da vi opholder os indendørs i op mod 90% af tiden. Under alle omstændigheder er helbredseffekter af ultrafine partikler fortsat ikke fuldt belyst.

Beregninger af helbredseffekter relateret til luftforurening foretages rutinemæssigt som et element i overvågningsprogrammet. Beregninger for 2018 viser, at cirka 4.200 for tidlige dødsfald årligt kan tilskrives udsættelse for luftforurening i Danmark (Ellermann et al., 2020a). Heraf er langt hovedparten (cirka 90%) relateret til partikelforurening. Beregningerne viser også, at en stor del af de for tidlige dødsfald i Danmark skyldes luftforurenende kilder i udlandet (ca. 70%), mens resten stammer fra kilder i Danmark (30%). Danske kilder bidrager tilsvarende til for tidlige dødsfald i udlandet. I Tårnby Kommune vil en stor del af de for tidlige dødsfald i kommunen derfor stamme fra kilder uden for kommunen. Tilsvarende vil kilder fra kommunen bidrage til for tidlige dødsfald uden for kommunen (herunder også i udlandet).

## 2.5 Kilder til partikler i Tårnby

De vigtigste kilder til direkte partikeludledninger i Tårnby Kommune formodes at være vejtrafik, flytrafik og andre aktiviteter i lufthavnen, samt brændefyring i private hjem.

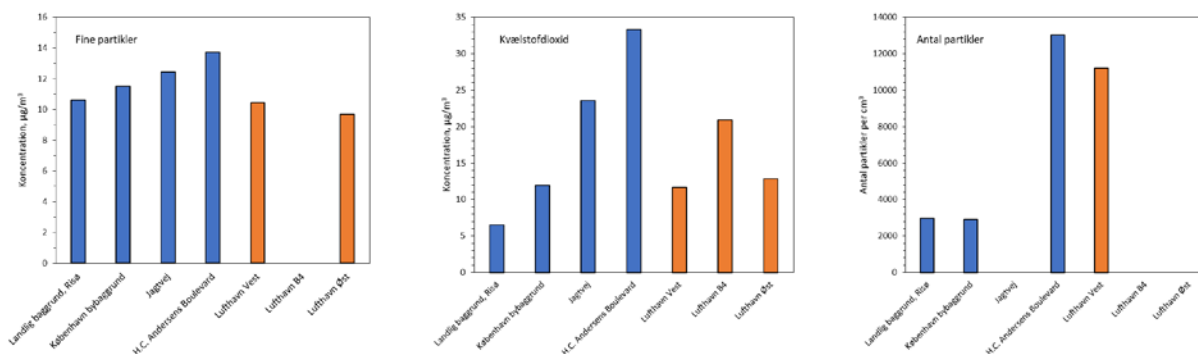
## Vejtrafik

Udledningerne fra vejtrafik er koncentreret omkring motorvejsforbindelsen mod Øresundsbroen, men også omkring andre stærkt trafikerede hovedfærdssårer i kommunen. Det er muligt at kortlægge forureningen fra trafikken i kommunen ved hjælp af luftkvalitetsmodeller samt information om trafik og udledningsfaktorer for de enkelte køretøjskategorier.

## Lufthavnen

Flytrafikken i luften udgør en stor kilde til udledninger af partikler, men i tillæg hertil er lufthavnen et stort trafikknudepunkt, som genererer meget vejtrafik. Dermed er lufthavnen et hot spot for luftforurening (og støj) i Tårnby Kommune.

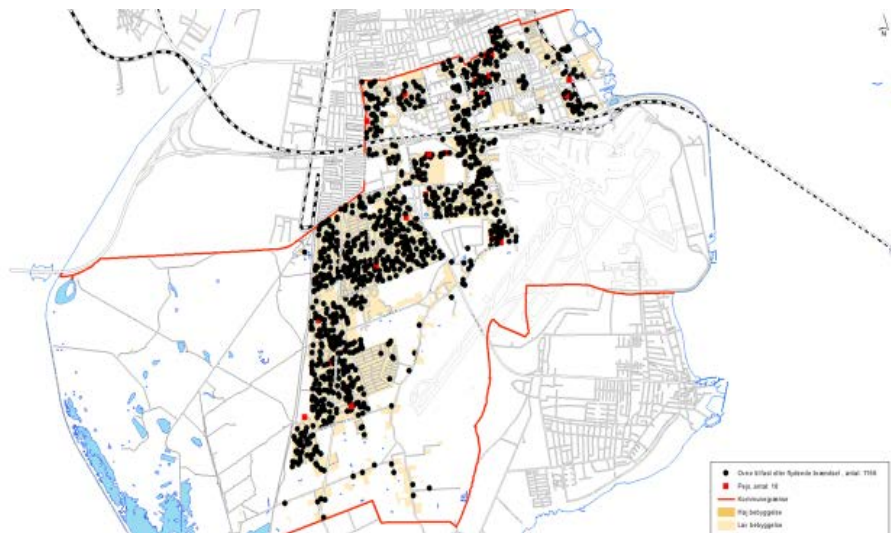
I Figur 2.3. er luftforureningen i lufthavnen sammenholdt med forureningsniveauer målt på bybaggrundsstationen på H.C. Ørsteds Institutet i København og gadestationerne på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard. For de fine partikler er niveauerne på linje med regional baggrund målt på stationen ved Risø. Endvidere viser målingerne, at lufthavnen ikke er en væsentlig kilde til fine partikler. Målingerne af kvælstofoxider viser forhøjede niveauer ved gate B4 og et lille bidrag fra lufthavnens kilder. Når det gælder partikelantal (svarende stort set til ultrafine partikler) viser målingerne derimod niveauer i lufthavnen, der er sammenlignelige med Københavns stærkt trafikerede gade H.C. Andersens Boulevard.



**Figur 2.3.** Målte koncentrationsniveauer i Københavns Lufthavn ved Gate B4 samt målestationer i østlige og vestlig del af lufthavnsområdet (orange), samt til sammenligning: regional baggrundsstation Risø, bybaggrundsstation i København, gadestationerne på Jagtvej og H.C. Andersens Boulevard i København (blå). Til venstre: Årsmiddelkoncentrationen af fine partikler (PM<sub>2,5</sub>) i luften i 2019. I midten: Årsmiddelkoncentrationen af kvælstofdioksid i luften i 2019. Til højre: Årsmiddel for partikelantal i luften i 2016. Kilde til måledata fra Lufthavnen: Peter Schøn, personlig kommunikation, august 2020, og øvrige målinger er fra det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet.

## Brændefyring

I Tårnby Kommune er der en udbredt brug af brændefyring i private huse. Kommunens huse har i alt 1.148 brændeovne og 18 pejse. Figur 2.4 viser placeringen af huse i Tårnby Kommune med ovne til fast brændsel.



Figur 2.4. Husholde med ovne til fast brændsel i Tårnby Kommune.

## 2.6 Lugtkoncentrationer og lugtgrænser

Lugtgener er en kompleks problemstilling. Der findes endnu ikke objektive fysisk-kemiske metoder til måling af lugt, selv om der er forsket i forskellige metoder, som kan fungere i forhold til kendte lugtstoffer. Derfor er lugtvejledningen baseret på en række begreber, som er knyttet til den subjektive lugtopfattelse hos et antal personer i et lugtpanel. Det vigtigste af disse begreber er lugttærskelværdien, som bestemmes af panelet på baggrund af referencelugtstoffer og fortynding. Hovedprincippet i lugtvejledningen er, at koncentrationen ved jordoverfladen ikke må overstige 5-10 gange lugttærskelkoncentrationen under fastlagte meteorologiske forhold (neutrale til let ustabile spredningsforhold og vindhastighed på 4,5 m/s). Erfaringer viser, at dette normalt giver tilfredsstillende forhold. Som det fremgår af ovenstående vil der være meget ressourcekrævende at indsamle luftprøver og have dem vurderet af et lugtpanel for at forsøge at kortlægge lugtgener på denne måde. Derfor har DCE ikke foreslået kortlægning af lugtgener.

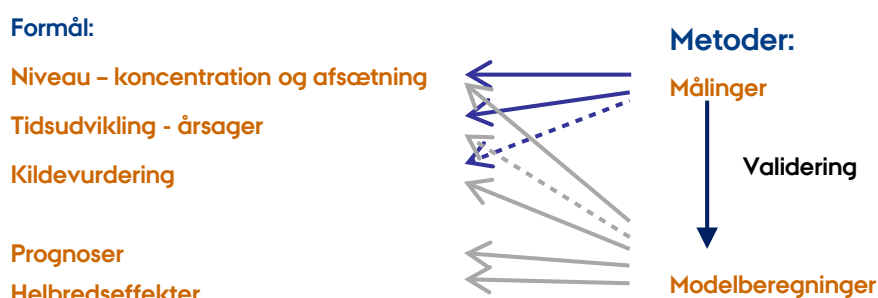
### 3 Forslag til kortlægningsprogram for målinger og beregninger

I dette kapitel belyses først integreret monitoring, hvor en kombination af målinger og modeller benyttes for at udnytte fordelene ved hhv. målinger og modeller.

Herefter gives der konkrete forslag til et kortlægningsprogram, som udnytter både målinger og modelberegninger for at belyse, hvordan primært partikel-forureningen er i Tårnby Kommune, hvad kilderne er, og hvilke konsekvenser det har for helbredsbelastning og tilhørende samfundsmæssige omkostninger. Kortlægningsprogrammet er bygget op med et grundelement for målinger og modelberegninger samt nogle tillægsmoduler for både målinger og modelberegninger, som kan tilvejebringe yderligere detaljeret kortlægning. Kortlægningen kan således gennemføres med forskellige detaljeringsgrader, og dermed også inden for forskellige økonomiske rammer.

#### 3.1 Integreret monitoring

DCE foreslår et kortlægningsprogram, som er baseret på integreret monitoring dvs. en kombination af målinger og modeller, hvor fordelene udnyttes for hhv. målinger og modeller. I Figur 3.1 er vist forskellige formål til belysning af luftforurening, og hvorvidt målinger eller modelberegninger er mest egnede til at belyse disse formål.



**Figur 3.1.** Skematisk figur over forskellige formål, og hvorvidt målinger eller modelberegninger er egnede til at belyse disse formål.

#### Fordele og ulemper ved målinger

Højkvalitetsmålinger kan måle luftkvaliteten i et punkt med høj nøjagtighed. Sådanne målinger egner sig derfor godt til at bestemme koncentrationen af luftforurenende stoffer på et givent sted. Det er vigtigt, at målinger gennemføres over relativ lang tid, da der er store variationer i koncentrationerne fra dag til dag og også sæsonvariation. Det skyldes primært variation i meteorologi (vindhastighed, vindretning mv.), men også variationer i emissioner - fx er der mere trafik på hverdage i forhold til weekend, og brændeovne bruges kun i fyringssæsonen. Det er dyrt at opstille højkvalitetsmåleudstyr i et målskur og drive det over lang tid. Af økonomiske grunde indebærer det, at højkvalitetsmålinger typisk kun kan gennemføres for få udvalgte partikelparametre på få steder. For at målinger kan sammenlignes direkte med grænseværdier, skal målingerne leve op til krav til såvel placering, målemetode som måleperiode.

Målinger gennemført over lang tid giver et godt billede af tidsudviklingen i luftkvaliteten. Eksempelvis er der i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet gennemført målinger på de samme lokaliteter siden starten af 1980'erne.

Analyse af målinger kan også sige noget om, hvilke kilder der bidrager til luftforureningen det pågældende målested. Hvis der kun er et målested, kan vindretningsanalyser fx bidrage til at forstå, hvilke kilder der bidrager det pågældende sted. Hvis man fx har målinger uden for en by (landbaggrund), på et hustag i byen (bybaggrund) og i en gade (gadekoncentration) kan analyse af målinger sige noget om, hvor meget der langtransporteres til byen, hvor meget byen selv bidrager, og hvor meget trafikken i den pågældende gade bidrager til luftkvaliteten i gaden. Analyse af målinger kan derfor også bruges til kildevurdering på dette overordnede niveau.

Af økonomiske årsager er højkvalitetsmålinger ikke egnede til at kortlægge luftforureningen over et større område, da det kræver mange målestationer. Til det formål kan der vælges billigere målemetoder som fx passive målinger, men det er vigtigt at bemærke, at der er større usikkerhed på sådanne målinger.

Målinger kan i sagens natur ikke sige noget om fremtiden, og man kan derfor ikke lave fremtidsprognoser alene baseret på målinger. Man kan heller ikke ud fra målinger direkte opgøre helbredsbelastninger og tilhørende samfundsmæssige omkostninger. Her kan modeller være nyttige. Dette er beskrevet i det følgende afsnit.

### **Fordele og ulemper ved luftkvalitetsmodeller**

En fordel ved luftkvalitetsberegninger er, at der kan gives en god beskrivelse af den geografiske variation i luftforureningen både for baggrundskoncentrationer og gadekoncentrationer. Der er generelt højere usikkerhed på modelberegninger i forhold til gode målinger, og derfor sammenlignes modelberegninger løbende med målinger fra målestationer under det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2020a). Sammenligningen mellem målinger og modelberegninger kaldes validering, og bruges bl.a. til at vurdere usikkerhed på modelberegningerne. For at vurdere usikkerheden på modelberegninger for Tårnby Kommune foreslås det derfor at gennemføre sammenligning mellem et udvalg af de foreslåede målinger under måleprogrammet og modelberegninger for samhörørende lokaliteter. Målestederne vil dermed understøtte modelberegninger, og vurdering af usikkerheden på modelberegninger.

En fordel ved modelberegninger er, at de indsamlede input data kan give information om bidraget fra forskellige kilder i Tårnby Kommune til de samlede udledninger (emissioner) af luftforurening. Dette giver vigtig information om hvilke emissionskilder, der betyder noget, og som det kunne være relevant at have indsatser over for med henblik på at reducere luftforureningen. Dette kaldes også en emissionsopgørelse, og er fundamentet for, at man kan lave luftkvalitetsberegninger. En yderligere fordel ved modelberegninger er, at man kan beregne, hvor meget de forskellige emissionskilder bidrager til luftkvaliteten dvs. hvor meget de enkelte kilder bidrager til koncentrationen af forskellige forurenende stoffer. Dette kaldes også kildebidrag. Det er således muligt at beregne, hvor meget kilder i Tårnby Kommune som fx vejtrafik, brændeovne og lufthavnen bidrager til baggrundskoncentrationen af forskellige forurenende stoffer.

Endvidere er det muligt at beregne den fremtidige luftkvalitet på baggrund af en prognose for udviklingen i emissioner.

Samtidig er luftkvalitetsmodeller grundlaget for integrerede modeller, som fx kan beregne helbredseffekter og tilhørende samfundsmæssige omkostninger af luftforureningen generelt, men også af bidraget fra fx alle emissionskilder i Tårnby Kommune og deres fordeling på de enkelte kildetyper (vejtrafik, brændeovne, luftfart mv.).

### 3.2 Forslag til måleprogram

Forslaget til måleprogram består af et grundelement og to forskellige fleksible moduler (Modul 1 og 2), som kan bygges oven på grundelementet og tilpasses den mulige økonomiske ramme for måleprogrammet.

Grundelementet i sig selv vil i samspil med modelberegningerne give et godt fundament for politiske tiltag til forbedring af luftkvaliteten i Tårnby Kommune. De to fleksible moduler vil imidlertid bidrage med en væsentlig forbedring af beskrivelsen af den geografiske fordeling af luftforureningen ud fra målingerne. Samtidig vil de to moduler også kunne bidrage med ekstra information om kilderne til luftforureningen og til en forbedret validering af modelberegningerne.

#### Grundelementet

Grundelementet består af en referencemålestation. Formålet med referencemålestationen er følgende:

- Udføre målinger, som har en kvalitet, der er sammenlignelig med målingerne, der foretages i forbindelse med det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2020). Dette har vi kaldt højkvalitetsmålinger.
- Udføre målinger, som kvalitetsmæssigt er i overensstemmelse med kravene i EU's luftkvalitetsdirektiv og som gør det muligt at vurdere om der er overskridelse af grænseværdierne i EU's luftkvalitetsdirektiv og WHO's anbefalinger til grænseværdier.
- Udføre målinger, som kan danne rygraden i måleprogrammet og sikre en tilstrækkelig kvalitet af det samlede måleprogram. Dette gøres ved, at målingerne under Modul 1 og Modul 2 med passende frekvens sammenlignes med målingerne fra referencemålestationen (frekvensen afpasses med den konkrete målemetode, typisk en til to gange om måneden).

Ved referencemålestationen måles følgende luftforureningskomponenter:

- Fine partikler (PM<sub>2,5</sub>)
- Ultrafine partikler
- Kvælstofdioxid og kvælstofoxid (samme instrument)

Gennemførelse af disse målinger kræver etablering af en egentlig målestation (se yderligere i afsnit 3.2.3)

#### Modul 1 – ultrafine partikler

Formålet med Modul 1 er at udføre robuste målinger til beskrivelse af den geografiske fordeling af de ultrafine partikler i Tårnby Kommune (se afsnit



3.2.5). Det er endvidere formålet med målingerne at skaffe yderligere data til tjek af kvaliteten af modelberegningerne.

Målinger af ultrafine partikler foretages ved hjælp af middelklasse måleinstrumenter på tre til seks målesteder. Disse måleinstrumenter kræver el-tilslutning og et simpelt overdække til beskyttelse mod nedbør. Ved regelmæssig kontrol af instrumenterne mod målingerne på referencemålestationen opnås en tilstrækkelig god målekvalitet set i forhold til formålet. Samtidig bliver det økonomisk set muligt at måle på flere (tre til seks) målesteder.

### **Modul 2 - kvælstofdioxid**

Formålet med Modul 2 er at udføre målinger af kvælstofdioxid på et stort antal målesteder fordelt ud over Tårnby Kommune. Målingerne vil kunne give et godt overblik over de geografiske variationer af luftforureningen i Tårnby Kommune. Kvælstofdioxid er en god indikator for luftforureningen fra forbrændingsprocesser og navnlig for luftforureningen fra trafik. Det foreslås derfor at udføre fire måleperioder af to til fire ugers varighed på 15-25 lokaliteter i Tårnby Kommune. De fire målekampagner fordeles på de fire forskellige årstider, så man samlet set opnår målinger, der giver en god viden om den gennemsnitlige årlige geografiske variation i Tårnby Kommune. Det er endvidere formålet med målingerne under Modul 2 at skaffe yderligere data til tjek af kvaliteten af modelberegningerne.

Målinger af kvælstofdioxid foretages ved hjælp af en simpel metode, hvor kvælstofdioxid opsamles på et filter placeret i et lille rør. Efter opsamling indsamles filtrene og indholdet af kvælstofdioxid på filtret bestemmes ved en kemisk laboratorieanalyse. Metoden kaldes passiv opsamling. Fordelen ved den passive opsamling er, at den er billig og robust. En ulempe er, at koncentrationerne af kvælstofdioxid kun måles som gennemsnit for til eksempel en uge, hvilket dog er tilstrækkeligt til formålet med disse målinger.

De passive opsamlings stiller kun krav om en "pind", som opsamlingerne kan fastgøres til i passende højde (vejskilt, lysmast m.m.).

Antallet af målesteder samt antal og længde af måleperioderne kan tilpasses til den økonomiske ramme. Dog er der grænser for, hvor langt ned i omfang det giver mening af gå.

#### **3.2.1 Hvilke luftforureningskomponenter indgår i måleprogrammet?**

Tårnby Kommune har stillet krav om, at måleprogrammet mindst skal dække ultrafine og fine partikler ( $PM_{2,5}$ ) og at det i øvrigt skal have fokus på den helbredsskadelig effekt af luftforurening. Det foreslåede måleprogram er derfor bygget op om følgende tre luftforureningskomponenter:

##### **Ultrafine partikler**

Partikler med diameter mindre end 100 nm ( $PM_{0,1}$ ) bestemmes som antal partikler per  $cm^3$ . Langt hovedparten af de i dag anvendte instrumenter måler imidlertid det samlede antal partikler per  $cm^3$ , hvor partikler i området fra 6 - 700 nm typisk indgår. Partikelantal er skønsmæssigt omkring 15-20 % højere end antallet af ultrafine partikler.

De ultrafine partikler udledes hovedsageligt fra forbrændingsprocesser og lokalt tæt på kilden kan der være meget høj forekomst. De eksisterer imidlertid

ganske kort tid i atmosfæren, så derfor aftager forekomsten hurtigt med afstand til kilden. Der er stor geografisk variation.

De ultrafine partikler menes at have stor betydning for de helbredsskadelige effekter af luftforureningen. Dette er baseret på toksikologiske studier, men er ikke eftervist i epidemiologiske studier. Derfor er der endnu ikke etableret konsensus om den helbredsskadelige effekt af ultrafine partikler, og de indgår endnu ikke i de danske beregninger af de helbredsskadelige effekter af luftforureningen.

#### **Fine partikler (PM<sub>2,5</sub>)**

Massen af fine partikler med diameter mindre end 2,5 µm (enhed µg/m<sup>3</sup>). De ultrafine partikler er altså en delmængde af PM<sub>2,5</sub>, men massen af de ultrafine partikler er meget lille, så derfor udgør de ultrafine partikler en ubetydelig andel af PM<sub>2,5</sub>.

De fine partikler er en samlet betegnelse for de mange hundrede forskellige partikeltyper, hvor både de kemiske og fysiske egenskaber varierer. Der er stor videnskabelig enighed om at den samlede masse af fine partikler er den bedste parameter, som man i dag kan anvende til at opgøre de helbredsskadelige effekter af luftforureningen.

De fine partikler kan opholde sig fra dage til uger i atmosfæren. Derfor kan de transporteres langt via luften og en stor del af de fine partikler stammer fra udenlandske kilder. Der er kun en relativt lille geografisk variation.

#### **Kvælstofdioxid og kvælstofoxider**

Kvælstofoxiderne (NO<sub>x</sub>) består af summen af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) og kvælstofmonooxid (NO). Det er kun kvælstofdioxid som er direkte sundhedsskadelig, men begge komponenter kan omdannes til fine partikler og har derved også en indirekte effekt på de helbredsskadelige effekter.

Kvælstofoxiderne udledes stort set udelukkende fra forbrændingsprocesser og i byområder udgør trafikken langt hovedparten af kilderne til luftkoncentrationerne af NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>. Den største del stammer fra relativt lokale kilder og der ses stor geografisk variation.

De tre ovenfor nævnte luftforureningskomponenter anses for at være langt de væsentligste for de helbredsskadelige effekter af luftforureningen. De fine partikler og kvælstofdioxid giver i dag anledningen til over 95% af helbredseffekterne af luftforurening i Danmark (Ellermann et al., 2020). Næst efter disse udgør ozon den væsentligste helbredsskadelige komponent. Ozon stammer imidlertid langt overvejende fra udenlandske kilder, så derfor vurderes overvågningen i forbindelse med det nationale måleprogram for luftkvalitet at være tilstrækkeligt dækkende for Tårnby Kommune.

### **3.2.2 Hvor lang tid vil den foreslåede kortlægningen tage at udfør?**

Tårnbys geografiske placering tæt på kysten med København placeret i vestlig retning og Kastrup Lufthavn i østlig retning gør, at de meteorologiske forhold spiller en særlig stor og afgørende rolle for luftkvaliteten i Tårnby. Det er derfor vigtigt, at målingerne foretages i en tilstrækkelig lang periode, så der opnås en repræsentativ monitoring af luftforureningsforholdene i Tårnby. På den baggrund foreslås følgende:

- Målingerne ved referencemålestationen foretages i et til to år med et år som minimum for at sikre, at der bliver målt gennem alle fire sæsoner.
- Målingerne i Modul 1 gennemføres optimalt set i et år ved hver måleposition.
- Målingerne i Modul 2 gennemføres optimalt set i fire måleperioder af fire ugers varighed. Dog vil dette kunne reduceres til to uger varighed om end dette vil give mindre robuste data.

### 3.2.3 Hvilke krav der er til eventuelle målesteder og målestationer?

Der er dels en række generelle krav til målesteder og målestationer og dels en række krav, som er forskellige for de tre forskellige elementer i måleprogrammet.

De generelle krav til nærområdet omkring målestationen stammer fra krav angivet i EU's luftkvalitetsdirektiv:

- Ved måling langs større vej må målestationen højest være placeret 10 m fra midten af den inderste vejbane, mens der ikke er krav om mindste afstand.
- Der skal mindst være 25 meter til større vejkryds.
- Der må ikke måles direkte op ad en betydelig lokal kilde. Dette er for at sikre, at målingerne alene viser noget om den lokale kilde. Dette krav skal dog vejes op mod de specifikke mål med referencemålestationen.
- Afstand til større træer skal mindst være 3 meter.
- Afstand til facade skal mindst være 1 meter.

Ovenstående krav skal så vidt muligt overholdes, således at målingerne bliver sammenlignelige med målingerne i det nationale netværk, og så resultaterne kan sammenlignes med grænseværdierne opstillet i EU's luftkvalitetsdirektiv.

#### Referencemålestationen

Målingerne i forbindelse med referencemålestationen kræver etablering af en egentlig målestation, idet måleinstrumenterne skal beskyttes mod vind og vejr samt hærværk. Samtidigt er der krav om, at målingerne skal foretages ved omkring 23 °C, så det er nødvendigt med klimaanlæg til kontrol af temperaturen. Målestationen skal tilsluttes el og der skal af hensyn til service af instrumenterne være let adgang med bil. Målestationen vil typisk være 1,5 m bred, 1-2 meter lang og 2-2,5 m høj lidt afhængigt af valg af måleinstrumenter. Figur 3.2 viser eksempler på DCE's målestationer i det nationale netværk.

Der er også en række krav til nærområdet omkring målestationen, hvilket hænger sammen med krav angivet i EU's luftkvalitetsdirektiv, som beskrevet ovenfor.

Ovenstående krav skal så vidt muligt overholdes, så målingerne bliver sammenlignelige med målingerne i det nationale netværk og så resultaterne kan sammenlignes med grænseværdierne opstillet i EU's luftkvalitetsdirektiv.



**Figur 3.2.** Eksempler på målestationer fra det nationale målenetværk. Venstre billede viser midlertidig målestation opstillet i boligområde i Hvidovre. Højre billede viser bybaggrundsmålestationen i Aarhus.

#### **Modul 1 - ultrafine partikler**

Målingerne af ultrafine partikler stiller langt mindre krav, idet de kun kræver mulighed for el og en simpel beskyttelse mod nedbør og hærværk. Måleinstrumenterne skal endvidere kunne placeres forsvarligt i 2-2,5 m's højde. Der skal være adgang til instrumenterne i forbindelse med service og kontrol af instrumenterne. Måleinstrumenterne vil typisk være relativt små (for eksempel 10 x 20 x 30 cm).

#### **Modul 2 - kvælstofdioxid**

Målingerne af kvælstofdioxid med passiv opsamling kræver kun en "pind" (vejskilt, lysmast m.m.), som opsamlingerne kan fastgøres til i 2-2,5 m's højde. Endvidere skal der være adgang til at skifte de passive opsamlere. Figur 3.3 viser eksempel på passive opsamlere.



**Figur 3.3.** Eksempel på opsamling af kvælstofdioxid med passiv opsamling. Den hvide "spand" beskytter mod nedbør. Den blå og hvide "pind" under spanden er de passive opsamlere, som binder kvælstofdioxid kemisk på et filter inde i opsamlere. Efter endt opsamlingsperiode samles de passive opsamlere ind og indholdet af kvælstofdioxid analyseres i laboratoriet.

### 3.2.4 Hvilke krav er der til målemetoder?

Krav til målemetoderne er primært, at de er veldokumenterede (præcision og nøjagtighed), og at der gennemføres en grundig løbende kvalitetskontrol af måleinstrumenterne og resultaterne fra målingerne. Det er endvidere essentielt, at målingerne udføres med målemetoder, som giver resultater, der er sammenlignelige med målingerne i det nationale netværk. Dette vil sikre, at resultaterne kan perspektiveres ud fra målingerne i det nationale netværk og EU's grænseværdier og WHO's anbefalinger for luftkvalitet.

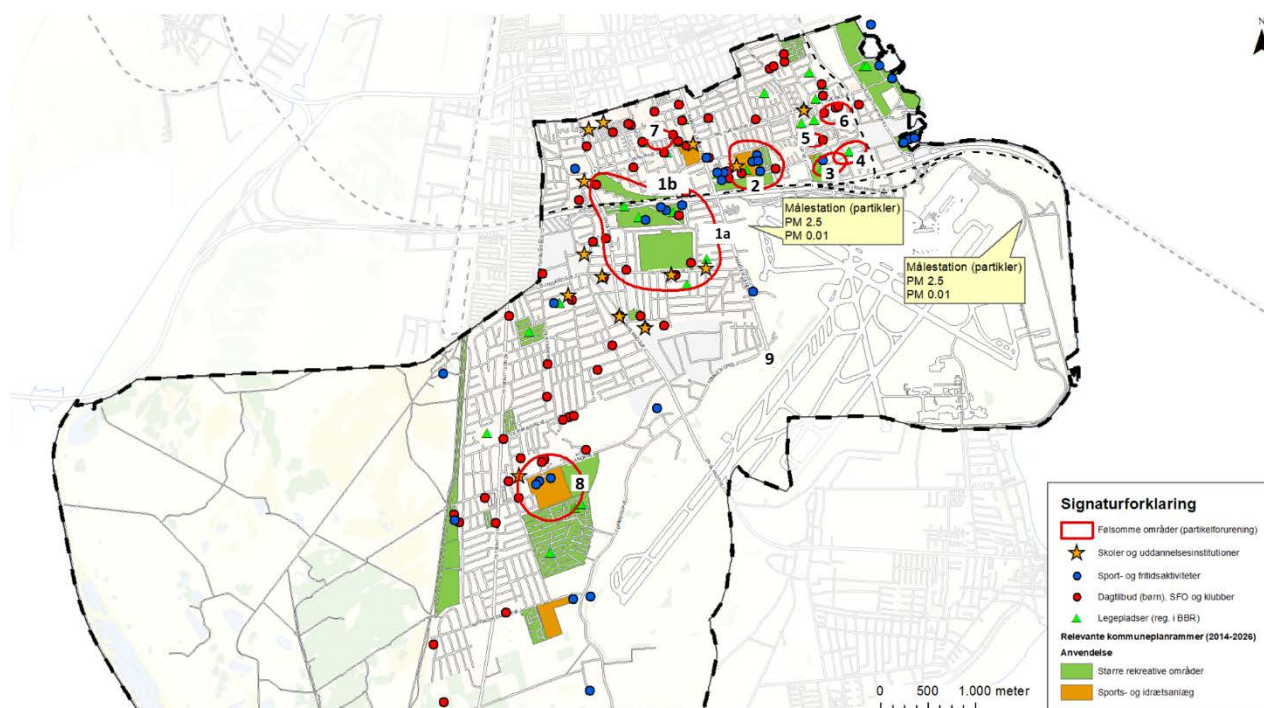
For målingerne ved referencemålestationen gælder endvidere, at målingerne skal udføres med de referencemetoder, som er angivet i EU's luftkvalitetsdirektiv eller at målingerne udføres med målemetoder, som skal være dokumenteret ækvivalente med EU's referencemetoder. Dette vil sikre, at det er muligt at fortage en reel sammenligning af resultaterne med EU's grænseværdier og WHO's anbefalinger.

Det er endvidere et krav, at der skal foreligge kvalitetsgodkendte resultater for 85% af måleperioden for at sikre, at målingerne kan leve op til EU's kvalitetskrav (i EU's luftkvalitetsdirektiv er angivet en tidsmæssig dækning på 90%, men når der tages hensyn til tid til nødvendig kalibrering, servicering m.m., så bliver kravet på 85%).

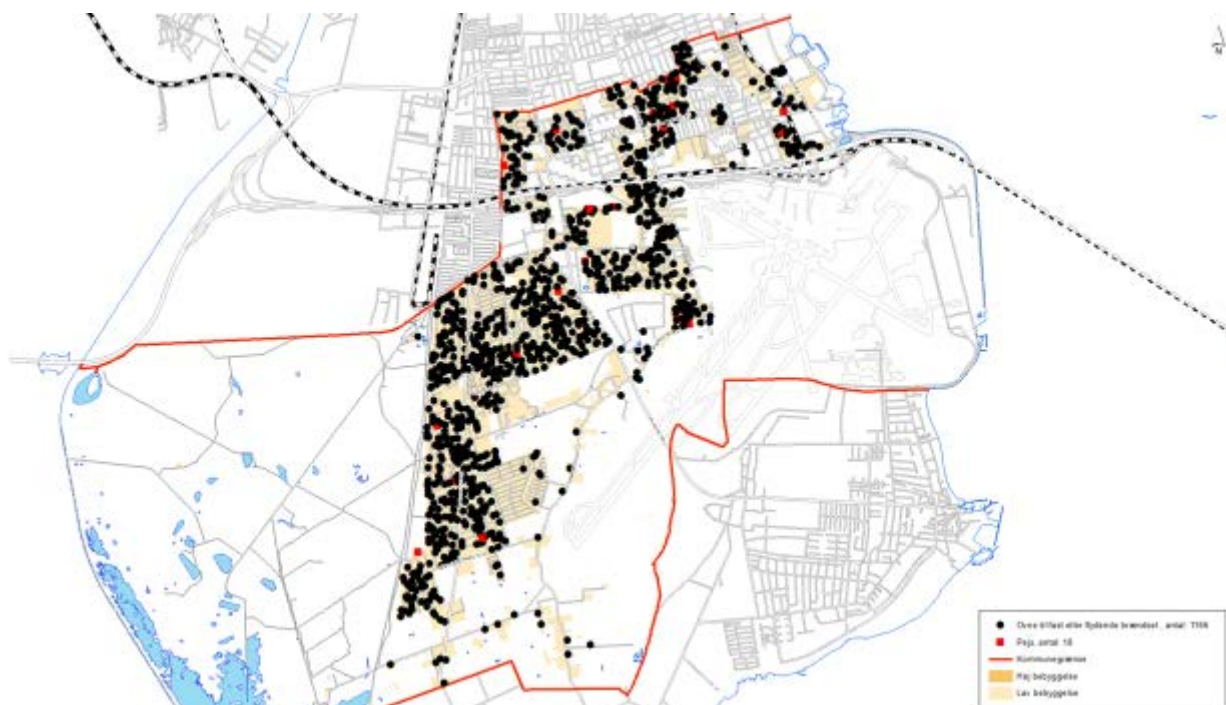
### 3.2.5 Hvordan kan kortlægningen udføres med udgangspunkt i den geografisk prioritering fra Tårnby Kommune?

I det følgende præsenteres DCE's forslag til placering af målestederne i måleprogrammet. Dette forslag er baseret på følgende grundlag:

- Tårnby Kommune har i forbindelse med den udbudte opgave udpeget en række følsomme områder (bilag 2; Figur 3.4), som kommunen har særlig fokus på i forbindelse med kortlægning af luftkvaliteten i kommunen. Tårnby Kommune har endvidere også leveret kort over placering af boliger med ovne til fastbrændsel (oftest brænde) (Figur 3.5).
- EU's luftkvalitetsdirektiv angiver, at målingerne skal udføres på lokaliteter, som forventes at repræsentere de steder, hvor befolkningen udsættes for den højeste eksponering for sundhedsskadelig luftforurening.
- Målingerne skal ses i samspil med modelberegningerne og til sammen skal målinger og modelberegninger give en god geografisk dækning af Tårnby Kommune. Endvidere skal målingerne give et godt grundlag for vurdering modelberegningernes kvalitet.
- Målingerne skal sammen med modelberegninger kunne bruges til at vurdere, hvilke kilder der er de vigtigste kilder til luftforureningen i Tårnby Kommune.



**Figur 3.4.** Udsnit af Tårnby Kommune med angivelse af de følsomme områder, som kommunen har særlig fokus på i forbindelse med kortlægning af partikelforureningen. DCE har endvidere nummeret de enkelte områder. DCE har angivet et 9. område (omkring Flyvergrillen), som bør inddrages i forbindelse med prioritering af målesteder. Kilde til kort: Tårnby Kommune.



**Figur 3.5.** Kort med angivelse af placering af ovne til boligopvarmning med fast (brænde o. lignende) eller flydende brændsel. Ovne til flydende brændsel udgør under 2% af det samlede antal ovne. Kilde: Tårnby Kommune.

I det følgende beskrives DCE's forslag til placering af de enkelte elementer i måleprogrammet.

#### Referencemålestationen

Referencemålestationen placeres centralt i Tårnby Kommune i den østlige ende af Område 1a, der er et af de følsomme områder udpeget af Tårnby Kommune (Figur 3.4). Denne placering ligger tæt på Kastrup Lufthavn, motorvejen og ligger i et område med relativt mange ovne med fast brændsel. Det er derfor et område, hvor der forventes relativ høj luftforurening, navnlig i forbindelse med vindretninger fra lufthavnen og motorvejen.

Samtidigt hermed vil Referencemålestationen komme til at ligge på en linje, som går fra lufthavnens østlige målestation (Lufthavn Øst), forbi målestationen ved gate B4 (Lufthavn B4) og den vestlige målestation (Lufthavn Vest) og hen til referencemålestationen (Figur 3.6). På denne måde kan man sammenligne resultater fra de fire målestationer og herved vurdere, hvor meget for eksempel lufthavnen og København bidrager til luftforureningen i Tårnby Kommune.



**Figur 3.6.** Skitse af linjen med målestationer fra Københavns Lufthavns målestation i vest til referencemålestationen i vest. Placeringen af Referencemålestationen ligger ikke helt fast, hvilket er årsag til, at den er markeret med en stor cirkel. Kort: Krak.

### Modul 1 – ultrafine partikler

De tre til seks målesteder med målinger af ultrafine partikler udvælges mellem de følsomme områder udpeget af Tårnby Kommune. Den højeste prioritet har Område 1b, den sydlige del af Område 2 (Figur 3.7), Område 3 og Område 4. Denne prioritering er udvalgt på basis af, at disse områder potentielt set kunne være områder med relativt høj luftforurening grundet nærheden til motorvejen og lufthavnen (Figur 3.4, Figur 3.7).

Området omkring Flyvergrillen (Område 9) foreslås ligeledes prioriteret, idet dette område ligger tæt på startbanerne, og der i området er en relativt stor tæthed af huse opvarmet med fast brændsel (Figur 3.5).

Den endelige placering af Modul 1's målesteder aftales i samarbejde med Tårnby Kommune, når antallet af målesteder er fastlagt.



**Figur 3.7.** Billeder fra to lokaliteter, som bør prioriteres højt i forbindelse med placering af målestederne grundet nærhed til motorvejen og lufthavnen. Venstre Område 1b og højre Område 2.

### Modul 2 – kvælstofdioxid

De 15 til 25 målesteder med passiv opsamling af kvælstofdioxid fordeles ud over Tårnby Kommune, så alle de følsomme områder bliver dækket. De resterende målesteder placeres, så der opnås en god geografisk dækning af Tårnby Kommune.



Endvidere prioriteres, at der opsættes passiv opsamling af kvælstofdioxid ved Referencemålestationen og målestederne i forbindelse med Modul 1. Dette er et led i kvalitetskontrollen af de mange måleresultater, idet sammenligning mellem resultaterne for de forskellige luftforureningsparametre og fra de forskellige metoder udgør et vigtigt element i kvalitetssikringen. Disse sammenligninger er med til at sikre, at der i måleprogrammets forskellige elementer bliver udført sammenlignelige målinger.

Den endelige placering af Modul 2's målesteder aftales i samarbejde med Tårnby Kommune, når antallet af målesteder er fastlagt.

### **3.2.6 Er der mulighed for digital tilgængelighed til resultater?**

Der vil være mulighed for digital tilgængelighed for alle analyseresultater, men det er ikke alle målemetoder, som vil kunne give mulighed for digital tilgængelighed til aktuelle måleresultater (foreløbige ikke kvalitetskontrollede data, som kan leveres 15-30 minutter efter endt måling). Generelt gælder følgende:

#### **Ultrafine partikler**

Alle målemetoder vil kunne give digital adgang til aktuelle måleresultater.

#### **Fine partikler (PM<sub>2,5</sub>)**

EU's referencemetode er baseret på vejning af den opsamlede partikelmasse på filtre, så hvis denne metode vælges, vil der kunne være digital adgang til måldata efter ½-1 måned efter endt prøveopsamling.

Der vil også være mulighed for at benytte alternative monitormetoder, som vil kunne give adgang til digital adgang til aktuelle måleresultater.

DCE er udpeget som Nationalt Referencelaboratorium for luftkvalitet af Miljø- og Fødevarerministeriet og i denne sammenhæng har DCE adgang til information om test af mange af disse alternative monitormetoder. Disse test er udført af de norske, svenske og finske referencelaboratorier. Baseret på disse tests er det DCE's erfaring, at disse alternative monitormetoder har væsentligt forøget usikkerhed set i forhold til EU's referencemetode. Det anbefales, at denne viden inddrages ved vurdering af, om der skal være digital adgang til aktuelle måleresultater for fine partikler.

#### **Kvælstofoxider og kvælstofdioxid**

Målingerne med referencemetoden vil for alle instrumenttyper give mulighed for digital adgang til aktuelle måleresultater. Målingerne med passiv opsamling kræver laboratorieanalyse, så adgang til resultaterne vil kunne gives efter 1-2 måneder efter endt prøveopsamling.

### **3.2.7 Hvor hurtigt kan måleprogrammet udføres og med hvilken tidshorisont?**

Måleprogrammet vil typisk kunne blive etableret i løbet af 3-4 måneder efter underskrevet kontrakt. Der er imidlertid fortsat en væsentligt nedsat aktivitet i Kastrup Lufthavn grundet corona-krisen, og det vil der formentlig være en rum tid endnu. Opstart af målingerne i en situation med væsentligt nedsat aktivitet i Kastrup Lufthavn vil sætte spørgsmålstegn ved, om måleprogrammet giver et retvisende billede af luftkvaliteten i Tårnby. Derfor foreslås det

at udskyde opstart af måleprogrammet til aktiviteten i Kastrup Lufthavn har nået et niveau, som svarer nogenlunde til forholdene før corona-krisen.

Hvis der måles i en periode, hvor lufthavnen ikke er tilbage til normal drift, så vil bidrag fra Lufthavnen blive undervurderet. Det gælder også, at man vil få den bedste bestemmelse af bidraget fra Lufthavnen under normal drift, da det giver et mere sikker bestemmelse jo mere en kilde skiller sig ud fra de øvrige kilder.

Hvis man både skal måle i en periode med nedsat drift og i en periode med normal drift, så vil det blive væsentligt dyrere. Hvis man for eksempel tager udgangspunkt i en måleperiode på 1 år under nedsat drift og 1 år, når lufthavnen er kommet i normal drift, så vil det være næsten dobbelt så dyrt, som hvis man kun måler i en periode på 1 år. Den eneste besparelse vil ligge i selve etableringsomkostninger på Referencemålestationen.

### **3.3 Forslag til program for modelberegninger**

I det følgende beskrives et forslag til et kortlægningsprogram baseret på modelberegninger. Kortlægningsprogrammet er som for målinger bygget op omkring et grundelement, som kan suppleres med en række tillægsmoduler. Indledningsvis forklares hvad en luftkvalitetsmodel er, og hvilke hovedforureningskilder kortlægningen belyser.

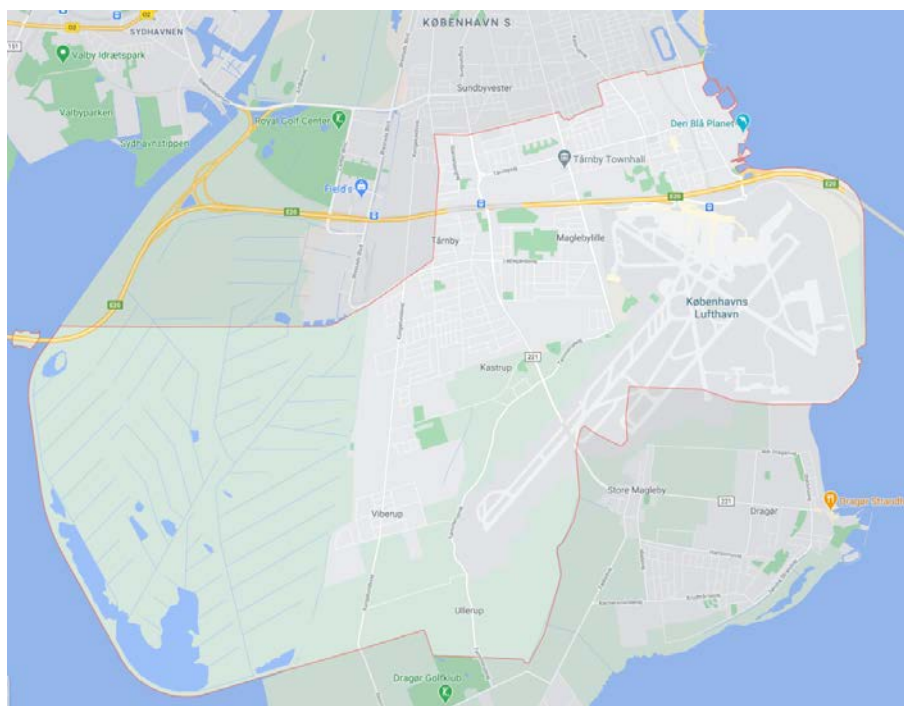
#### **3.3.1 Hvad er en luftkvalitetsmodel?**

En luftkvalitetsmodel er en matematisk beskrivelse af de processer, som bestemmer koncentrationen på et givet sted. Overordnet er processerne: emissionen, spredning og transport, kemisk omdannelse i atmosfæren, samt afsætning af stoffer som følge af udvaskning og afsætning på vegetation/jordoverflade (deposition). Meteorologi som vindretning, vindhastighed, atmosfærisk stabilitet og turbulens betyder meget for spredning og transport, og topografi (fx bygninger i en gade) betyder meget for, hvordan luftforurening spredes i et gaderum. Vigtig input til luftkvalitetsmodeller er derfor informationer om emission, meteorologi og topografi. Hvis sådanne input data ikke allerede er tilgængelige, kan det være ressourcekrævende at generere det.

Der er udviklet mange forskellige luftkvalitetsmodeller, som beskriver luftkvaliteten på forskellige skalaer. Det kan være lokalskalamodeller fx som specifik beskriver, hvordan en motorvej påvirker luftkvaliteten langs motorvejen, eller som specifik beskriver luftkvaliteten i et gaderum med trafik og bygninger på begge sider, eller hvordan en lufthavn påvirker luftkvaliteten i omgivelserne. Andre modeller, som langtransport modeller, kan beskrive, hvordan kilder langt væk fx i udlandet påvirker luftkvaliteten lokalt i Tårnby Kommune.

#### **3.3.2 Kilder i Tårnby Kommune**

I Figur 3.8 er vist et kort over Tårnby Kommune. Ud fra generelt kendskab til forholdene i Tårnby Kommune vurderes de største lokale emissionskilder at være vejtrafikken herunder motorvejen, brændeovne samt Københavns Lufthavn. Der er ingen kraftværker placeret i selve Tårnby Kommune.



**Figur 3.8.** Kort over Tårnby Kommune. Kommunegrænse er markeret med en rød linje (Google Maps).

I den tidligere viste Figur 3.5 er placeringen af brændeovne og pejse vist i Tårnby Kommune. Brændeovnene er jævnt fordelt i den bebyggede del af kommunen, og primært i den del med lav bebyggelse. Der er i alt 1.148 brændeovne og 18 pejse baseret på oplysninger fra Tårnby Kommune.

Det er ikke kun emissionskilder i Tårnby Kommune, som bidrager til luftkvaliteten i Tårnby Kommune.

Langtransporteret luftforurening fra det øvrige Danmark og udlandet bidrager meget til fine og større partikler (hhv.  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ ), mens bidraget er mindre for ultrafine partikler og kvælstofoxider ( $NO_x$ ), hvor de lokale kilder i Tårnby Kommune betyder mere.

Netop luftkvalitetsmodeller egner sig godt til at kvantificere bidragene til luftkvaliteten fra de forskellige kilder i Tårnby Kommune, og bidragene fra kilder uden for kommunen.

### **3.3.3 Overordnet beskrivelse af forslag til program for modelberegninger**

Forslaget til program for modelberegninger er bygget op af et grundelement og tre forskellige tillægsmoduler (Modul 1, 2 og 3), som kan bygges oven på grundelementet og tilpasses den mulige økonomiske ramme for modelberegningerne. Det vil sige at grundstrukturen er som for måleprogrammet.

Grundelementet i sig selv vil i samspil med grundelementet for målingerne give et godt fundament for udpegning af indsatsområder for politiske tiltag til forbedring af luftkvaliteten i Tårnby Kommune.

De tre tillægsmoduler giver yderligere detaljeret information om tre vigtige kilder i Tårnby Kommune hhv. motorvejen, Københavns Lufthavn og brændeovne.

### **Grundelement – Kortlægning af luftkvalitet og dens helbredseffekter**

Grundelementet består af:

- En kildeopgørelse, som består af en emissionsopgørelse og kildebidrag til luftkvaliteten.
- Luftkvalitetsvurdering baseret på luftkvalitetsberegninger for at vise den geografiske variation af luftkvaliteten i Tårnby Kommune for udvalgte helbredsskadelige luftforureninger.
- En vurdering af den fremtidige luftkvalitet i 2030 baseret på eksisterende undersøgelser og relateret til Tårnby Kommune.
- En kvantificering af helbredseffekter og tilhørende samfundsmæssige omkostninger af luftforureningen generelt, bidraget fra alle emissionskilder i Tårnby Kommune og deres fordeling på de enkelte kildetyper (vejtrafik, brændeovne, luftfart mv.).

#### **Tillægsmoduler:**

Modul 1 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen langs motorvejen.

Modul 2 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra Københavns Lufthavn.

Modul 3 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra brændeovne.

I det følgende beskrives grundelementet og tillægsmodulerne mere udførligt.

#### **3.3.4 Grundelement – Kortlægning af luftkvalitet og dens helbredseffekter og samfundsmæssige omkostninger**

Grundelementet skal forsøge at svare på følgende spørgsmål:

Hvilke kilder bidrager til luftkvaliteten, og hvor meget stammer fra Tårnby Kommune og uden for kommunen?

Hvordan er luftkvaliteten i Tårnby Kommune i dag, og hvordan kan den forventes at blive i fremtiden?

Hvordan er luftkvaliteten i forhold til gældende grænseværdier for luftkvalitet samt WHO's retningslinjer for luftkvalitet?

Hvad er usikkerhed på modelberegninger for Tårnby Kommune i sammenligning med målinger? (afhænger af grundelement for målinger og Modul 1 og 2)

Hvad er helbredseffekterne af luftforureningen og de tilhørende samfundsmæssige omkostninger?

#### **Kildeopgørelse – emissioner og kildebidrag**

En kildeopgørelse skal beskrive totale emissioner og deres fordeling på kilder i Tårnby Kommune, samt deres geografiske fordeling for udvalgte hovedkilder. Endvidere skal den beskrive, hvor meget de enkelte kilder i Tårnby Kommune bidrager til baggrundskoncentrationen i Tårnby Kommune.

### Emissionsopgørelse

Emissionskilder i Tårnby Kommune kan eksempelvis kvantificeres på baggrund af udtræk fra den nationale emissionsdatabase. Emissionerne kan fx opsummeres på følgende måde, se Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** SNAP-koder for de forskellige kilder/emissionssektorer.

SNAP* kode	Emissionskilder
SNAP01	Kraftvarme- og fjernvarmeværker, herunder affaldsforbrændingsanlæg
SNAP0201	Ikke-industriel forbrænding, handel og service
SNAP0202	Ikke-industriel forbrænding, husholdninger
SNAP0203	Ikke-industriel forbrænding, i landbrug, skovbrug og fiskeri
SNAP03	Fremstillingsvirksomhed og bygge- og anlægsvirksomhed
SNAP04	Industrielle processer
SNAP05	Udledninger i forbindelse med udvinding, behandling, lagring og transport af olie og gas
SNAP06	Anvendelse af produkter
SNAP0701	Vej transport -personbiler
SNAP0702	Vej transport -varebiler
SNAP0703	Vej transport -lastbiler
SNAP0704	Vej transport -knallert og motorcykler under 50 cm <sup>3</sup>
SNAP0705	Vej transport -motorcykler over 50 cm <sup>3</sup>
SNAP0706	Vej transport -fordampning af NMVOC fra benzinbiler
SNAP0707	Vej transport -dæk- og bremseslid
SNAP0708	Vej transport -vejslid
SNAP0801	Militær
SNAP0802	Jernbaner
SNAP080402	National søfart
SNAP080403	Nationalt fiskeri
SNAP080501	National LTO (start og landing, < 1000 m)
SNAP080502	International LTO (start og landing, < 1000 m)
SNAP080503	National flytrafik (> 1000 m)
SNAP0806	Maskiner og redskaber i landbrug
SNAP0807	Maskiner og redskaber i skovbrug
SNAP0808	Maskiner og redskaber i industri – inklusiv ikke-vejgående maskiner
SNAP0809	Maskiner og redskaber i have/hushold
SNAP0811	Maskiner og redskaber i handel og service
SNAP09	Affaldsbehandling, eksklusiv affaldsforbrænding
SNAP3B	Landbrug, husdyrgødning
SNAP3D	Landbrug, landbrugsjorde
SNAP3F	Landbrug, øvrigt

\*SNAP er en international nomenklatur for kildetyper til luftforurening – Selected Nomenclature for Air Pollution.

Ud fra tidligere undersøgelser vurderes trafik og brændeovne til at være væsentlige lokale kilder i Tårnby Kommune. Lufthavnen vil dog formentligt også være en vigtig emissionskilde i Tårnby Kommune. Disse kilder bør derfor belyses mere detaljeret.

*Trafik:* Fordelingen af emissioner på køretøjsgrupper kan fx illustreres for køretøjsgrupperne: personbiler, varebiler, lastbiler under/over 32 t og busser. For partikler kan fordelingen på udstødning og ikke-udstødning også belyses. Ikke-udstødning er vej-, dæk- og bremseslid.

*Brændeovne:* En emissionsopgørelse bør beskrive antallet af brændeovne i Tårnby Kommune, samt fordeling på typer og emissionsbidraget fra de forskellige typer.

*Københavns Lufthavn:* En emissionsopgørelse for lufthavnen kan fx indeholde oplysninger om antal flyvninger og deres fordeling på flytyper som grundlag for beregning af emissionerne. Den tidsmæssige variation over døgnet og over året bør også beskrives.

Ovenstående emissionsopgørelse for Tårnby Kommune kan fx baseres på den nationale emissionsopgørelse, som DCE administrerer. Det vil være muligt for andre aktører at rekvirere særudtræk herfra baseret på omkostningerne ved at foretage selve udtrækket, og det afregnes således efter medgået tid dvs. at data regnes som gratis.

Der er tidligere lavet en række undersøgelser af luftforureningen fra Københavns Lufthavn, og hovedresultaterne herfra bør opsummeres i forbindelse med kortlægningen. Det drejer sig om følgende studier:

- I 2006 udgav Danmarks Miljøundersøgelser (nu DCE) med bistand fra dk-Teknik (nu FORCE Technology) en rapport om lugt fra flytrafik i Københavns Lufthavn (Fenger et al., 2006).
- DCE udførte fra 2009 til 2011 en undersøgelse for Københavns Lufthavn A/S af luftkvalitet på forpladsen i Københavns Lufthavn i relation til arbejdsmiljø. Der blev gennemført både målinger og detaljerede modelberegninger ved forpladsen. I forbindelse med undersøgelsen blev det også beregnet, hvor meget emissioner fra flyene på forpladsen, taxi til startsted på landingsbanerne samt take-off og landing betyder for luftkvaliteten i omgivelserne uden for lufthavnen i Tårnby Kommune (Ellermann et al., 2011).

#### *Kildebidrag fra hovedemissionssektorerne*

Beregning med luftkvalitetsmodeller af de koncentrationsbidrag, som ovenstående hovedemissionssektorer giver anledning til i baggrundskoncentrationen over Tårnby Kommune, bør gennemføres. Dette vil eksempelvis give information om, hvor mange mikrogram pr. kubikmeter af PM<sub>2,5</sub> brændeovne giver anledning til af den gennemsnitlige baggrundskoncentration over Tårnby Kommune.

Koncentrationsbidragene bør beregnes for følgende stoffer: PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> og SO<sub>2</sub>.

For at illustrere hvor meget trafikken bidrager med, og hvor meget baggrundsluften bidrager med til gadekoncentrationen, bør der foretages en kildeopgørelse for en konkret trafikeret gade i Tårnby Kommune. Koncentrationsbidraget kunne illustreres for: personbiler, varebiler, lastbiler under/over 32 t og busser. For partikler bør koncentrationsbidragene fra udstødning og ikke-udstødning også blive belyst. Udpegning af stedet sker i samarbejde med Tårnby Kommune, og bør være et sted med trafiktællinger, og hvis der ikke foreligger trafiktællinger, bør der gennemføres nye tællinger det pågældende sted.

Beregning af kildebidrag, som beskrevet oven for, kan udføres med luftkvalitetsmodeller. Eksempler på sådanne modeller vil blive givet i det følgende.

### Luftkvalitetskortlægning

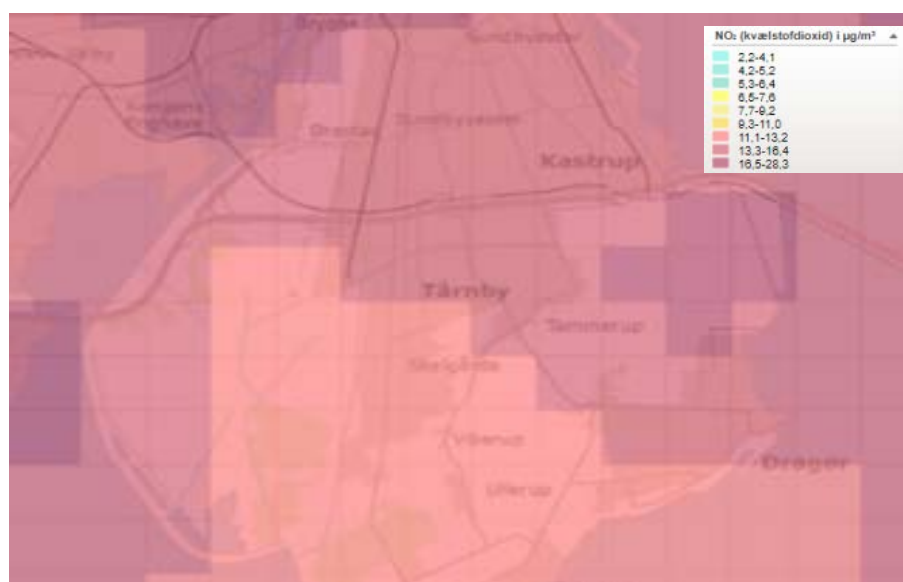
En kortlægning af luftkvaliteten i Tårnby Kommune vil vise den geografiske variation af luftforureningen i kommunen. Den kan således bruges til at udpege steder med forhøjede koncentrationer, og den kan give et tentativt bud på, hvordan koncentrationer ligger i forhold til EU grænseværdier og WHO's retningslinjer for luftkvalitet.

Det offentligt tilgængelige datasæt "Luften på din vej" er et eksempel på et datasæt, som en kortlægning kan baseres på. Men det er også muligt at basere en kortlægning på andre luftkvalitetsmodeller end dem, der ligger til grund for "Luften på din vej".

Datasættet "Luften på din vej" viser pt. modelberegninger for 2012 for alle adresser i Danmark for årsmiddelværdien af PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO, og opdaterede modelberegninger for 2019 forventes offentliggjort i slutningen af 2020. Ud over ovenstående stoffer vil det opdaterede datasæt også indeholde ultrafine partikler (antallet af partikler). Datasættet og modellerne bag er udviklet af DCE.

Modelberegningerne er baseret på modelkæden: en regional model (DEHM), som beregner bidraget fra langtransporteret luftforurening, en baggrundsmodel med høj opløsning (UBM) og en gadeluftkvalitetsmodel (OSPM). DCE bruger samme model setup i det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet, og modellerne er kort beskrevet heri (Ellermann et al., 2020a).

Modelberegningerne for 2019 vil derfor kunne bruges til en beskrivelse af den geografiske variation i luftkvaliteten i Tårnby Kommune, som også kan sammenlignes med EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer. Data er offentligt tilgængelige via hjemmesiden (luftenpaadinvej.au.dk). Dette datasæt viser også den geografiske fordeling af luftkvaliteten i Tårnby Kommune. Eksempler på resultater er vist i Figur 3.9 (baggrundskoncentrationer) og Figur 3.10 (gadekoncentrationer) for 2012.



**Figur 3.9.** Eksempel på baggrundskoncentrationer på 1 km x 1 km opløsning for Tårnby Kommune fra Luften på din vej. Årsmiddelværdier af NO<sub>2</sub> i 2012.



**Figur 3.10.** Udsnit af gadekoncentrationer i Tårnby Kommune på adresseniveau fra Luften på din vej. Årsmiddelværdier af NO<sub>2</sub> i 2012. Rød prik i midten af kortet er placering af rådhuset i Tårnby Kommune, og viser ikke koncentrationsniveauet.

Tårnby Kommune har nogle af de højeste NO<sub>2</sub> baggrundskoncentrationer i Danmark på linje med resten af Storkøbenhavn. Bidraget fra lufthavnen ses også. Gadekoncentrationer af NO<sub>2</sub> viser forhøjede koncentrationer langs de befærdede veje. I beregningerne er motorvejens bidrag inkluderet i baggrundskoncentrationerne, og de forhøjede koncentrationer langs motorvejen er ikke særskilt beregnet.

Koncentrationerne har været faldende siden 2012 og frem til i dag (Ellermann et al., 2020a,b). Koncentrationsniveauerne er derfor lavere i dag end i 2012, men den geografiske variation af luftforureningen forventes ikke at have ændret sig væsentligt.

### Fremtidig luftkvalitet i 2030

Kortlægningen af luftkvaliteten bør også beskrive den fremtidige luftkvalitet.

Den fremtidige luftkvalitet for Tårnby Kommune kan fx beskrives ud fra tidligere fremførte fremskrivninger, som relateres til Tårnby Kommune. Den fremskrevne luftforurening frem til 2030 er tidligere beskrevet på basis af eksisterende fremskrivning af de nationale emissionsopgørelser og på basis af modelberegninger udført for Københavns Kommune (Jensen et al. 2019). Der vil være store paralleller mellem udviklingen i Tårnby Kommune og Københavns Kommune, så derfor kan der drages paralleller mellem de to kommuner. Tårnby Kommune har dog en særlig påvirkning fra Københavns Lufthavn, hvilket der bør tages hensyn til i vurderingerne. Vurderingen af udviklingen af den fremtidige luftkvalitet kan således baseres på offentlig tilgængelig viden.

### Sammenligning af modelberegninger og målinger

For at vurdere usikkerhed på modelberegninger bør der gennemføres luftkvalitetsberegninger for samme steder som målingerne dvs. målestedet for referencestationen foreslået i grundelementet for måleprogrammet, samt for målinger i tillægsmodul 1 og 2. Usikkerheden vurderes ved at sammenligne resultaterne af modelberegninger og målinger. Sammenligningen mellem målinger og modelberegninger bør indeholde en statistisk analyse fx i form af scatterplots og statistiske parametre (gennemsnit, bias mv.).



### Eksempler på luftkvalitetsmodeller

DCE ville gennemføre ovenstående luftkvalitetsberegninger med samme model setup som i det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (DEHM/UBM/OSPM) (Ellermann et al., 2020a,b).

Beregningerne kan også gennemføres med kommercielt tilgængelige modeller fra DCE i form af THOR-AirPAS, som er et system, som integrerer en baggrundsmodel med høj opløsning (UBM) for beregning af bybaggrundsforureningen og OSPM til luftkvalitetsberegninger for gaderum. Der er også udarbejdet brugervejledninger til anvendelse af THOR-AirPAS (Jensen et al., 2014a) og til OSPM, som en del af modellen (<https://au.dk/ospm/>). Andre udenlandske modelsystemer kan noget tilsvarende fx AirQUIS (NILU, Norge), Enviman (OP SIS, Sverige), SIMAIR (SMHI, Sverige) og ADMS-Urban (CERC, UK).

### Helbredseffekter og samfundsmæssige omkostninger

I forbindelse med kortlægningen bør der også foretages en estimering af helbredseffekter og tilhørende eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Tårnby Kommune. De eksterne omkostninger er de samfundsmæssige omkostninger som følge af helbredseffekterne.

Sådanne beregninger kunne fx belyse:

- Helbredseffekter og eksterne omkostninger i Tårnby Kommune fra alle kilder (Tårnby Kommune samt uden for Tårnby Kommune, herunder øvrige Danmark og udland).
- Helbredseffekter og eksterne omkostninger i Tårnby Kommune fordelt på lokale kilder i Tårnby Kommune (kun bidraget fra kilder i Tårnby Kommune).
- Ovenstående helbredseffekter kan endvidere underopdeles på emissionskilderne i Tårnby Kommune. Tilsvarende kan opgøres de eksterne omkostninger. Det vil således vise hvilke kilder i Tårnby Kommunen, som bidrager mest til helbredseffekter og samfundsmæssige omkostninger.
- Ud fra ovenstående den det beregnes, hvor meget emissionskilder i Tårnby Kommune bidrager til helbredseffekter og eksterne omkostninger i forhold til bidraget fra kilder uden for Tårnby Kommune.

Helbredseffekterne bør beskrive både dødelighed og sygelig, og opgøres totalt og med underopdeling for relevante stoffer.

I Tabel 3.2 er vist et eksempel på de helbredseffekter, som indgår i EVA-systemet, udviklet af DCE. Antal tilfælde af hver helbredseffekt kan her opgøres totalt og med underopdeling for PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> og SO<sub>2</sub> for den totale luftforurening fra kilder både i Tårnby Kommune og kilder uden for kommunen dvs. øvrige Danmark og udland. Tilsvarende kan de eksterne omkostninger opgøres.

**Table 3.2.** Helbredseffekter som indgår i EVA-systemet

---

**Dødelighed**

For tidlige dødsfald fra korttidseksposering (PM2,5, SO2, NO2, O3)

For tidlige dødsfald fra langtidseksposering (PM2,5, NO2)

Dødsfald blandt spædbørn (PM2,5)

Totalt antal for tidlige dødsfald (PM2,5, SO2, NO2, O3)

**Sygelighed**

Hospitalsindlæggelser for luftvejslidelser (PM2,5, NO2, O3)

Hospitalsindlæggelser for cerebro-vaskulære lidelser (PM2,5, O3)

Tilfælde med astma blandt børn (PM2,5)

Tilfælde med bronkitis (PM2,5)

Tilfælde med bronkitis børn (PM2,5)

Dage med tabt arbejde (PM2,5)

Dage med nedsat aktivitet (sygedage) (PM2,5)

Dage med delvist nedsat aktivitet (O3)

Lungecancer (PM2,5)

---

**Modelværktøjer til beregning af helbredseffekter**

DCE har udviklet et modelsystem til beregning af luftforureningens helbredseffekter og tilhørende eksterne omkostninger (EVA-systemet, se <https://au.dk/eva/>).

EVA-systemet er ikke kommercielt tilgængeligt, men metoden er detaljeret beskrevet i en række artikler og rapporter, som det står alle frit for at udnytte. Det gælder både beregning af helbredseffekterne samt forudsætninger for værdisætning af helbredseffekterne. Der er andre tilgængelige metoder til beregning af helbredseffekter. For eksempel har Københavns Universitet udviklet en metode til beregning af helbredseffekter af luftforurening, se Brønnum-Hansen et al. (2018). WHO har også udviklet metoder og værktøjer til helbredsvurderinger af luftforurening, som er offentligt tilgængelige, se <https://www.who.int/hia/en/>. Der er således lignende værktøjer til rådighed for beregning af helbredseffekter og tilhørende eksterne omkostninger samt aktører med kompetencer inden for området.

**Udarbejdelse af rapport**

Resultaterne af grundelementet for modelberegningerne bør afrapporteres i en offentlig tilgængelig rapport.

Resultaterne af kortlægningen med luftkvalitetsmodeller, kildeopgørelse samt helbredseffekter og eksterne omkostninger kunne fx i struktur og emneindhold opbygges som en tidligere udarbejdet rapport for Frederiksberg Kommune (Jensen et al., 2020), men selvfølgelig med data for Tårnby Kommune og i øvrigt opdateret datagrundlag.

**3.3.5 Modul 1 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen langs motorvejen**

Motorvejen gennem Tårnby Kommune med forbindelse til Øresundsbroen er meget trafikeret, og med stigende trafikmængde. Samtidig er der mange boliger, som ligger tæt på motorvejen, og derfor mange mennesker, som er udsat for forhøjede koncentrationer.

**Detaljeret kortlægning langs motorvejen**

DCE foreslår, at der gennemføres en detaljeret kortlægning af luftkvaliteten langs med motorvejen. Det vil give informationer om luftkvaliteten langs

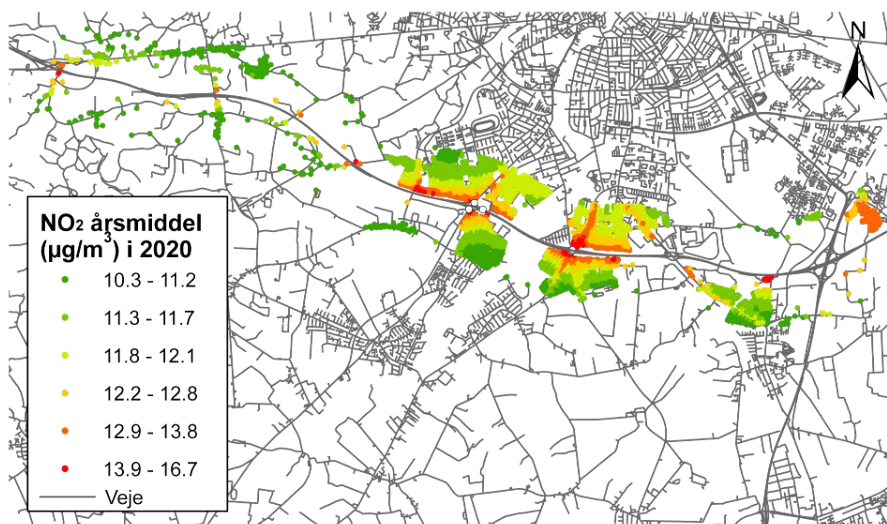
motorvejen. Beregningerne kunne gennemføres for årsmiddelværdier af PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, ultrafine partikler (antal partikler) og NO<sub>2</sub> og opgøres for berørte boliger langs motorvejen.

Beregningerne kan fx gennemføres for beregningsskud i forskellige afstande fra vejen ud til 1.000 m (forskellige bufferzoner). Bidraget fra motorvejen er marginalt ud over de 1.000 m. Koncentrationsberegningerne kan fx knyttes til adresserne i de respektive bufferzoner, så de kan visualiseres på kort. Endvidere kan antallet af berørte boliger opgøres i forskellige koncentrationsintervaller, og yderligere underopdeles på boligtyper ud fra oplysninger fra BBR (Bygnings- og Boligregistret). De boligtyper, som indgår i opgørelsen af støjbelastede boliger, kan således indgå i opgørelsen af luftforureningsbelastede boliger, se Tabel 3.3 som et eksempel.

**Tabel 3.3.** Boligtyper som indgår i antal støj- og luftforureningsbelastede boliger

Anvendelseskode i BBR	Kort beskrivelse	Indgår i antal støj- og luftforureningsbelastede boliger	Belyses særskilt
110	Stuehus	X	
120	Parcelhus	X	
130	Række/kædehus	X	
140	Etagebolig	X	
150	Kollegium	X	
160	Døgninstitution	X	
190	And. helårsbolig	X	
510	Sommerhus	X	
520	Feriebygning		X
540	Kolonihavehus		X
590	Anden fritidsbygning		X

Et eksempel på visualisering af beregnede koncentrationer langs en motorvej er vist i Figur 3.11 (Jensen et al., 2014b).



**Figur 3.11.** Et eksempel. Årsmiddelkoncentrationen af NO<sub>2</sub> i 2020 på alle boligadresser i en afstand af 1.000 m fra motorvejsudvidelsen ved Odense Syd motorvejen (Jensen et al., 2014b).

Metode og resultater bør afrapporteres i en offentligt tilgængelig rapport.

### **OML-Highway modellen**

OML-Highway modellen er et eksempel på en model, som kan beregne luftkvaliteten langs motorveje. Den er udviklet af DCE.

OML-Highway modellen kræver information om vejnettet med trafikdata, baggrundskoncentrationer, meteorologi samt beregningspunkter.

OML-Highway har et eksisterende værktøj til generering af beregningspunkter langs vejnettet, hvor brugeren kan definere afstande mellem beregningspunkter vinkelret på vejstrækningen, og med hvilken afstand beregningspunkter skal dannes langs vejstrækningen.

Trafikmængder kunne tilvejebringes fra Sund & Bælt, som er vejbestyrelse for motorvejen gennem Tårnby Kommune. Alternativt kan data skaffes fra Landstrafikmodellen fra Transport DTU. Data om rejsehastigheder kan fås fra SpeedMap fra Vejdirektoratet (<http://speedmap.dk/portal>).

Der kan ses bort fra indflydelse af støjskærme, støjvolde, og dæmninger og broer, fordi indflydelsen herfra på luftkvaliteten er begrænset.

Baggrundskoncentrationer kan fx beregnes med den regionale model Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) og bybaggrundsmodellen Urban Background Model (UBM) med tilhørende emissions- og meteorologidata for alle 1x1 km<sup>2</sup> gitterceller i Danmark, hvor der er beregningspunkter langs vejnettet. For Danmark er emissioner baseret på emissionsmodellen SPREAD, som har emissioner for hele Danmark fra alle kilder på 1x1 km<sup>2</sup> gitterceller. Modeller og data er udviklet af AU/DCE. Alternativt kan benyttes udenlandske modelsystemer, som kan noget tilsvarende fx AirQUIS (NILU, Norge), Enviman (OP SIS, Sverige), SIMAIR (SMHI, Sverige) og ADMS-Urban (CERC, UK).

DCE har tidligere gennemført en kortlægning af luftkvaliteten langs hele statsvejnettet i Danmark (Jensen et al., 2015). Motorvejen i Tårnby Kommune indgik ikke i dette studie, da Sund & Bælt er vejbestyrelse for motorvejsstykket.

OML-Highway modellen er kommerciel tilgængelig via DCE, og der er udarbejdet en vejledning i, hvordan OML-Highway bruges til luftkvalitetsvurdering langs motorveje (Jensen et al., 2014b). OML-Highway modellen er solgt til flere institutioner i udlandet.

### **3.3.6 Modul 2 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra Københavns Lufthavn**

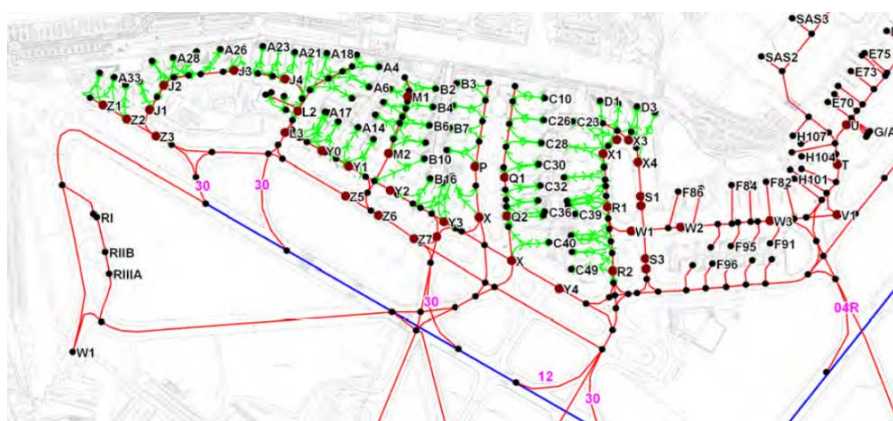
Københavns Lufthavn er en vigtig kilde til luftforurening, og den har også betydning for luftkvaliteten i næromgivelserne uden for lufthavnen i Tårnby Kommune.

DCE foreslår, at der gennemføres en detaljeret kortlægning af emissionerne fra lufthavnen, og hvordan de påvirker næromgivelserne uden for lufthavnen i Tårnby Kommune. Det kunne fx være en opdatering i forhold til den tidligere gennemførte undersøgelse (Ellermann et al., 2011), hvor metode og resultater er nærmere beskrevet. Der behøves ikke at blive udført særkilte målinger, da de målinger, som lufthavnen rutinemæssigt udfører, kan lægges til

grund for sammenligning med modelberegninger for at vurdere usikkerheden på modelberegningerne.

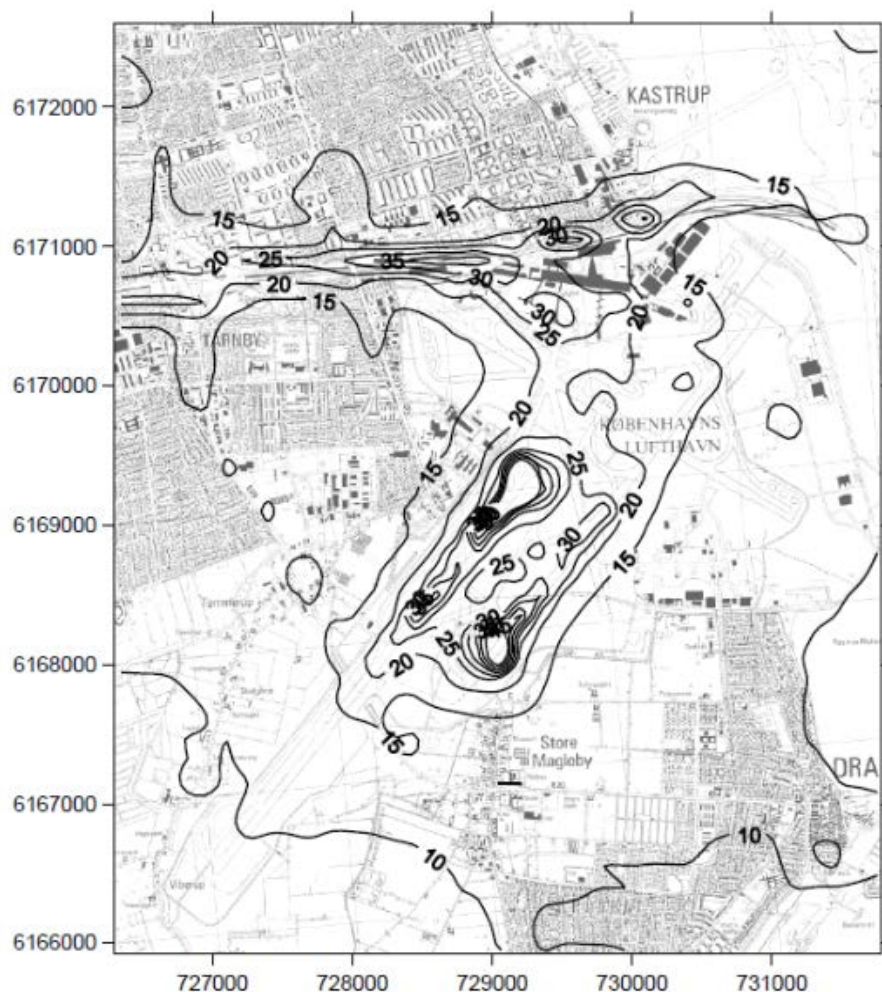
For at kunne udføre modelberegningerne kræves en detaljeret emissionsopgørelse både i tid og sted. Udgangspunktet er en detaljeret kortlægning af aktiviteten i form af flyenes tid ved gate, taxi til startsted på landingsbanen samt take-off og tilsvarende fra landing til gate. Dette kræver detaljerede oplysninger fra Københavns Lufthavn. På baggrund af disse oplysninger kan der udarbejdes en emissionsopgørelse med geografisk og tidsmæssig opløsning, som kan bruges som input til modelberegninger. Det er ressourcekrævende af indsamle og analysere aktivitetsdata, beregne emissioner, og ikke mindst beskrive dem i tid og sted.

Som et eksempel er vist detaljeringsgraden i Figur 3.12 for forpladsen og dele af landingsbanerne fra den tidligere undersøgelse (Ellermann et al., 2011; Winther et al., 2015).



**Figur 3.12.** Detaljeret kort over forpladsen af Københavns Lufthavn med angivelse af standpladser, opstartsmærker, rulleveje (rød) og et udsnit af start og landingsbaner (blå) (Ellermann et al., 2011).

Ud fra den detaljerede emissionsopgørelse vil det være muligt med luftkvalitetsmodeller at beregne, hvordan lufthavnen påvirker luftkvaliteten i omgivelserne af lufthavnen. Et eksempel på resultater fra den tidligere undersøgelse er vist i Figur 3.13, hvor koncentrationsniveauet er vist på lufthavnsområdet og i næromgivelserne til lufthavnen. Bidraget fra motorvejen er også tydelig.



**Figur 3.13.** Geografisk variation af NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) som årsmiddelværdi i 2010. Beregningspunkter i et gitternet af 150 m x 150 m er anvendt. Iso-kurver er fra 10 til 50 µg/m<sup>3</sup> (Ellermann et al., 2011).

### OML-modellen

Beregninger kan fx gennemføres med OML modellen, som er udviklet af DCE og kommerciel tilgængelig. En lang række konsulentfirmaer i Danmark har købt modellen, da den også bruges til beregning af skorstenshøjder i forbindelse med miljøgodkender af fx virksomheder.

Baggrundskoncentrationer kan fx beregnes med den regionale model Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) og bybaggrundsmodellen Urban Background Model (UBM) med tilhørende emissions- og meteorologidata for alle 1x1 km<sup>2</sup> gitterceller i Danmark. Andre modelsystemet kan også anvendes, som beskrevet tidligere.

### 3.3.7 Modul 3 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra brændeovne

I den nationale emissionsopgørelse er den største kilde til partikeludledning i Danmark fra brændefyriansanlæg, hvor størstedelen kommer fra brændeovne. Det er forventningen, at brændefyriansanlæg og især brændeovne også er en betydelig kilde i Tårnby Kommune til partikelforureningen.

DCE foreslår, at der udarbejdes en detaljeret kortlægning af emissionen fra brændefyriansanlæg i Tårnby Kommune med henblik på at få mere detaljeret

viden om den geografiske variation af emissionerne, og hvordan emissionerne påvirker luftkvaliteten i Tårnby Kommune. Undersøgelsen kan laves for fx PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>2</sub>.

En sådan kortlægning skal belyse følgende:

- Antallet af brændefyringsanlæg, og deres fordeling på hovedtyper (brændeovn, pillefyr, pejs mv.)
- Emissionerne fra brændefyringsanlæggene fordelt på undertyper
- Den geografiske fordeling af emissionerne
- Luftkvalitetsberegninger af brændefyringsanlæggenes bidrag til luftkvaliteten.

#### **Eksempel på tilvejebringelse af oplysninger om ovenstående**

I den nationale emissionsopgørelse er den geografiske opløsning af emissioner fra brændefyringsanlæg på 1 km x 1 km, hvilket er en relativ lav opløsning for en kommune som Tårnby Kommune, som har en lille geografisk udstrækning. Den nationale emissionsopgørelse er baseret på oplysninger fra skorstensfejerregistrene, som har præcise oplysninger om, hvor brændeovne og pillefyrer befinder sig (adresse), og hvilken hovedtype de er (brændeovn, pillefyr, pejs mv.). Emissioner fra brændefyringsanlæg beregnes ud fra brændeforbruget og emissionsfaktorer fra de forskellige typer, hvor hovedtyperne er yderligere underopdelt. Brændeovne er fx underopdelt i otte typer. Emissionsfaktorer er udledningerne pr. energienhed fx gram partikler pr. GJ. Brændeforbruget opgøres nationalt bl.a. på baggrund af interviews omkring brændeforbrug, solgt brænde mv. Brændeforbruget fordeles efterfølgende på kommunerne ud fra antal brændefyringsanlæg og typer, hvor der også tages hensyn til at forbrug af brænde er forskellig afhængig af lav/høj bebyggelse, kollektiv varmforsyning mv. (Plejdrup et al., 2016; 2018).

I den tidligere viste Figur 3.5 er placeringen af brændeovne og pejse vist i Tårnby Kommune. Der er 1.148 brændefyringsanlæg. Emissioner kan beregnes for disse brændefyringsanlæg ved at antage samme metode, som beskrevet ovenfor i den nationale emissionsopgørelse.

Såfremt man skulle have en endnu større nøjagtighed i emissionsopgørelsen, skulle der gennemføres en interviewundersøgelse blandt alle ejere af brændefyringsanlæg i Tårnby Kommune. En sådan interviewundersøgelse kunne indsamle information om den specifikke brændeovn samt brændeforbruget. Det er dog ressourcekrævende at gennemføre en sådan undersøgelse, og vurderes heller ikke at være nødvendigt for kunne give et tilstrækkeligt godt billede af emissionernes geografiske fordeling og bidrag til koncentrationerne i omgivelserne.

Den geografiske fordeling af emissionerne kan vises i en høj opløsning fx 250 m x 250 m.

Til luftkvalitetsberegningerne kræves endvidere oplysninger om bl.a. skorstenshøjde, som kan skønnes ud fra BBR oplysninger om antal etager og tagtype.

Beregningerne kan fx gennemføres med OML modellen, som er udviklet af DCE og kommerciel tilgængelig.

Brændefyringsanlæggenes bidrag til omgivelsernes koncentrationer kan beregnes og illustreres på kort tilsvarende den tidligere viste Figur 3.13 for lufthavnen.

### 3.3.8 Skøn over omkostninger ved de foreslåede muligheder for måle- og modelprogram

#### Program for målinger

Da omfanget af måleprogrammet endnu ikke ligger helt fast, og da selve metoderne heller ikke er endeligt valgt, så kan der kun laves et relativt groft skøn over omkostningerne for gennemførelse af det foreslåede måleprogram.

Skøn over omkostningerne for et måleprogram af et års varighed er vist i Tabel 3.4. Måleprogrammets modul 1 og 2 vil godt kunne laves parallelt med grundelementet eller alternativt efter grundelementet. Målingerne tænkes gennemført for et år, og hertil skal lægges tid til etablering af måleprogrammet samt efterfølgende analyse og afrapportering af måledata. I Tabel 3.4 er den samlede tidsramme herfor vist.

Det anbefales dog at udskyde opstart af måleprogrammet indtil Københavns Lufthavn igen fungerer på næsten normalt niveau.

**Tabel 3.4.** Skøn over omkostninger og tidsramme for gennemførelse

Navn	Pris (kr. ekskl. moms)	Tidsramme (måned)
Grundelement – (referencestation)	300.000-600.000 kr.	16-18
Modul 1 – ultrafine partikler	200.000-500.000 kr.	16-18
Modul 2 - kvælstofdioxid	200.000-400.000 kr.	16-18
Samlet	700.000-1.500.000 kr.	16-18

Ovenstående skøn dækker både udgifter i forbindelse med selve etableringen af måleprogrammet, den løbende drift og afrapportering af resultaterne fra målingerne.

Tabel 3.5 opsummerer, hvad hovedindholdet er i grundelementet og tillægsmodulerne for målingerne, og dermed, hvad Tårnby Kommune kunne få ud af at gennemføre de forskellige forslag.



**Tabel 3.5.** Opsummering af hovedindhold i de forskellige forslag for måleprogram

<b>Forslag:</b>	<b>Hovedindhold:</b>
<b>Målinger grundelement – (referencestation)</b>	Høj kvalitetsmålinger som i det nationale overvågningsprogram på en referencemålestation i Tårnby Kommune, hvor der i mindst 1 år måles ultrafine partikler, PM <sub>2,5</sub> , kvælstofdioxid og kvælstofoxid. Muliggør sammenligning med EU grænseværdier og WHO retningslinjer for luftkvalitet Muliggør sammenligning og dermed vurdering af usikkerhed på målinger i modul 1 og 2, hvis de gennemføres. Muliggør sammenligning med modelberegninger og dermed vurdering af usikkerhed på modelberegninger, hvis disse gennemføres.
<b>Målinger modul 1 – ultrafine partikler</b>	Formålet er at få en større geografisk dækning i Tårnby Kommune ved at måle ultrafine partikler på 3-6 målesteder med middelklasse måleinstrumenter, og med høj tidsopløsning. Kvalitet af målinger kan sammenlignes med referencestation fra grundelementet. Målinger kan bruges til at vurdere usikkerhed på modelberegninger, hvis disse gennemføres.
<b>Målinger modul 2 - kvælstofdioxid</b>	Formålet er at få en større geografisk dækning i Tårnby Kommune ved at måle kvælstofdioxid (NO <sub>2</sub> ) på 15-20 målesteder fx med simple målemetoder, som måler ugemiddet. Der måles i fire målekampagner fordelt på de fire forskellige årstider for at bestemme variation over året. Kvalitet af målinger kan sammenlignes med referencestation fra grundelementet. Målinger kan bruges til at vurdere usikkerhed på modelberegninger, hvis disse gennemføres.

### Program for modelberegninger

Grundelementet og tillægsmodulerne for modelberegninger forventes at kunne gennemføres, som anført i Tabel 3.5 med hensyn til pris og tidsramme for gennemførelse. Grundelementet og et eller flere af tillægsmodulerne bør kunne gennemføres parallelt, men det kan føre til en længere gennemførelses-tid. Grunden til, at der kan være en længere gennemførelsestid er, at det sandsynligvis vil være en udfordring med bemanningen, da de samme eksperter skal gennemføre beregningerne.

Der er også den mulighed først at gennemføre grundelementet, og derefter tage stilling til, om der ønskes gennemført et eller flere af tillægsmodulerne.

Grundelementet og tillægsmodulerne for modelberegninger behøves ikke nødvendigvis at blive gennemført på samme tidspunkt som grundelementet og tillægsmodulerne for målinger. Dog skal målinger være udført før modelberegninger for at sammenligning mellem målinger og modelberegninger kan gennemføres.

**Tabel 3.6.** Skøn over omkostninger og tidsramme for gennemførelse

<b>Navn</b>	<b>Pris (kr. ekskl. moms)</b>	<b>Tidsramme (måned)</b>
Grundelement - kortlægning	250.000 - 350.000	4-6
Modul 1 - motorveje	200.000 - 300.000	4-5
Modul 2 - Københavns Lufthavn	500.000 - 700.000	6-9
Modul 3 - brændeovne	200.000 - 300.000	4-5
Samlet	1.150.000 - 1.650.000	8-12

Der opnås de bedste kortlægningsresultater ved at kombinere målinger og modelberegninger, som det er argumenteret for under fordele og ulemper ved

målinger og modelberegninger i afsnit 3.1. Forslagene er dog lagt frem, således at det er muligt kun at gennemføre grundelementet for modelberegninger uden grundelementet for målinger, eller omvendt, eller begge to.

Tabel 3.7 opsummerer, hvad hovedindholdet er i grundelementet og tillægsmodulerne for modelberegningerne, og dermed, hvad Tårnby Kommune kunne få ud at gennemføre de forskellige forslag.

**Tabel 3.7.** Opsummering af hovedindhold i de forskellige forslag for modelprogram

<b>Forslag:</b>	<b>Hovedindhold:</b>
<b>Model grundelement – Kortlægning af luftkvalitet og dens helbredseffekter</b>	<p>Godt fundament for udpegning af indsatsområder for politiske tiltag til forbedring af luftkvaliteten i Tårnby Kommune.</p> <p>Beskriver kilderne til luftforurening i Tårnby Kommune, og hvor meget i bidrager til forringelse af luftkvaliteten.</p> <p>Beskriver den geografiske variation af luftkvaliteten i Tårnby Kommune for udvalgte helbredsskadelige luftforureninger (ultrafine partikler, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>).</p> <p>kvantificering af helbredseffekter og tilhørende samfundsmæssige omkostninger af luftforureningen generelt, bidraget fra alle emissionskilder i Tårnby Kommune og deres fordeling på de enkelte kildetyper (vejtrafik, brændeovne, luftfart mv.).</p> <p>Vurdering af den fremtidige luftkvalitet i 2030.</p> <p>Vurdering af usikkerhed på modelberegninger ved sammenligning med målinger (hvis disse gennemføres).</p>
<b>Model Modul 1 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen langs motorvejen</b>	<p>Give detaljerede informationer om luftkvaliteten langs motorvejen af årsmiddelværdier af PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, ultrafine partikler (antal partikler) og NO<sub>2</sub> i op til 1.000 m fra motorvejen.</p> <p>Beskrive antal boliger, som bliver udsat for forskellige koncentrationsniveauer.</p> <p>Visualisering på kort.</p>
<b>Model Modul 2 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra Københavns Lufthavn</b>	<p>Give detaljerede informationer om, hvordan lufthavnen påvirker luftkvaliteten i næromgivelserne uden for lufthavnen i Tårnby Kommune.</p> <p>Indeholder detaljeret kortlægning af aktiviteten i form af flyenes tid ved gate, taxi til startsted på landingsbanen samt take-off og tilsvarende fra landing til gate, og tilhørende udledninger af luftforurening.</p> <p>Visualisering på kort af, hvordan luftkvaliteten påvirkes.</p>
<b>Model Modul 3 – Detaljeret kortlægning af luftforureningen fra brændeovne</b>	<p>Give detaljerede informationer om brændefyringsanlæg i Tårnby Kommune, og hvordan de påvirker luftkvaliteten.</p> <p>Beskrive antal brændefyringsanlæg, og deres fordeling på hovedtyper (brændeovn, pillefyr, pejs mv.)</p> <p>Beskrive udledninger brændefyringsanlæggene fordelt på undertyper</p> <p>Beskrive den geografiske fordeling af udledningerne</p> <p>Beskrive brændefyringsanlæggenes bidrag til luftkvaliteten.</p>

DCE anbefaler, at grundelementerne for målinger og modelberegninger som minimum gennemføres. Dette vurderes, at kunne gennemføres for mellem 550.000 kr. og 950.000 kr.

## Referencer

Brønnum-Hansen, H., Bender, A.M., Andersen, Z.J., Sorensen, J., Bonlokke, J.H., Boshuizen, H., Becker, T., Diderichsen, F., Loft, S. 2018. Assessment of impact of traffic-related air pollution on morbidity and mortality in Copenhagen Municipality and the health gain of reduced exposure. *Environment International* 121 (2018) 973–980.

Ellermann, T., Massling, A., Løfstrøm, P., Winther, M., Nøjgaard, J. K. & Ketzel, M. 2011. Undersøgelse af luftforureningen på forpladsen i Københavns Lufthavn Kastrup i relation til arbejdsmiljø. DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet. 148 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 5. <http://www2.dmu.dk/Pub/TR5.pdf>

Ellermann, T., Brandt, J., Frohn, L.M., Geels, C., Christensen, J.H., Ketzel, M., Jensen, S.S., Nordstrøm, C., Nøjgaard, J.K., Nygaard, J., Monies, C., Nielsen, E, I. 2019. Luftkvalitet og helbredseffekter i Danmark, status 2018. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi Dato: 21-08-2019.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C. & Jensen, S.S. 2020a. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2018. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 83 pp. Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy No. 218. <http://dce2.au.dk/pub/SR360.pdf>

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Nygaard, J., Massling, A. 2020b. Status for måling af luftkvalitet i 2019. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s. - - Notat nr. 2020|41. [http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020\\_41\\_komm.pdf](http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_41_komm.pdf)

Fenger, J., Bastholm, N. H., Bossi, R., Kousgaard, U., Løfstrøm, P., Winther, M., Øksbøl, A. (2006): Undersøgelser af lugt fra flytrafik i Københavns Lufthavn. Udarbejdet for Københavns Lufthavn. DMU, december 2006.

Jensen, S.S., Ketzel, M., Brandt, J., Plejdrup, M., Nielsen, O.K., Winther, M. Evdokimova, O., Gross, A. (2014a): Manual for THOR-AirPAS - Air Pollution Assessment System. Technical project Report for AirQGov Regional Pilot Project 3 (AirQGov:RPP3). Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 51 pp. Technical Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy No. 46. <http://dce2.au.dk/pub/TR46.pdf>

Jensen, S.S., Ketzel, M., Hertel, O., Becker, T., Løfstrøm, P., Olesen, H.R. (2014b): Vejledning i luftkvalitetsvurdering af motorveje. Udgivet af Vejdirektoratet. Report 455-2013.

Jensen, S.S., Im, U., Ketzel, M. Løfstrøm, P. & Brandt, J. 2015. Kortlægning af luftkvalitet langs motor- og landeveje i Danmark. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 41 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 154 <http://dce2.au.dk/pub/SR154.pdf>

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. 2019. Udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. - Videnskabelig rapport nr. 300. <http://dce2.au.dk/pub/SR300.pdf>

Jensen, S. S., Brandt, J., Frohn, L.M., Ketzel, M., Winther, M., Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., 2020: Kortlægning af luftforureningen i Frederiksberg Kommune. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 76 s. - Videnskabelig rapport nr. 342, <http://dce2.au.dk/pub/SR342.pdf>

Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Brandt, J. (2016): Spatial emission modelling for residential wood combustion in Denmark. *Atmospheric Environment* 144 (2016) 389-396.

Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Gyldenkerne, S. & Bruun, H.G. (2018): Spatial highresolution distribution of emissions to air – SPREAD 2.0. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 186 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 131. <http://dce2.au.dk/pub/SR131.pdf>

Winther, M, Kousgaard, U, Ellermann, T, Massling, A, Nøjgaard, JK & Ketzel, M 2015, 'Emissions of NO<sub>x</sub>, particle mass and particle numbers from aircraft main engines, APU's and handling equipment at Copenhagen Airport' *Atmospheric Environment*, vol 100, pp. 218-229.

[Tom side]

## PROGRAM FOR KORTLÆGNING AF PARTIKLER I TÅRNBY KOMMUNE

Rapporten beskriver konkrete forslag til et program for kortlægning af partikelforurening i Tårnby Kommune baseret på en kombination af målinger og modelberegninger. Endvidere gives et statusoverblik over eksisterende viden om partikler og dens helbredseffekter, koncentrationsniveauer og vigtige kilder til partikelforurening i Tårnby Kommune. Dette statusoverblik danner baggrund og rammen for det foreslåede kortlægningsprogram. Rapporten giver endvidere et kort resume af statusoverblikket og det foreslåede kortlægningsprogram i et ikke-teknisk sprog.