



Det Nationale Forskningscenter
for Arbejdsmiljø

Sarah Søs Poulsen
Post Doc, spo@nrcwe.dk
17/3-2021

Sundhedseffekter ved luftforurening og UFP i arbejdsmiljøet

Sarah Søs Poulsen

Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø

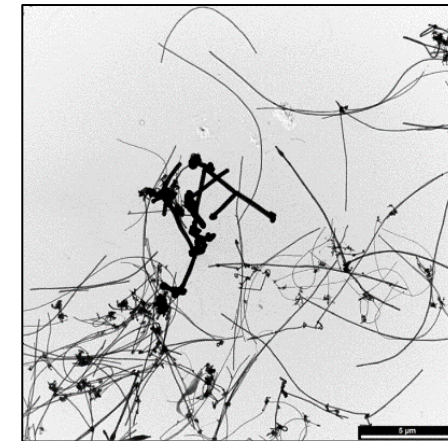
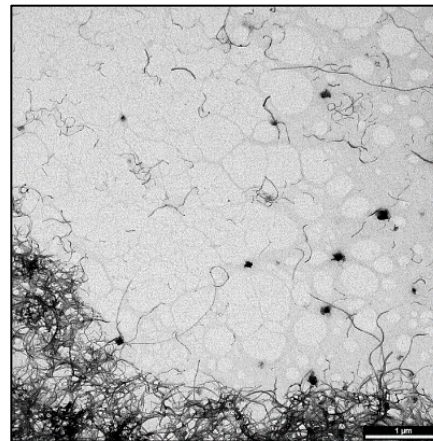
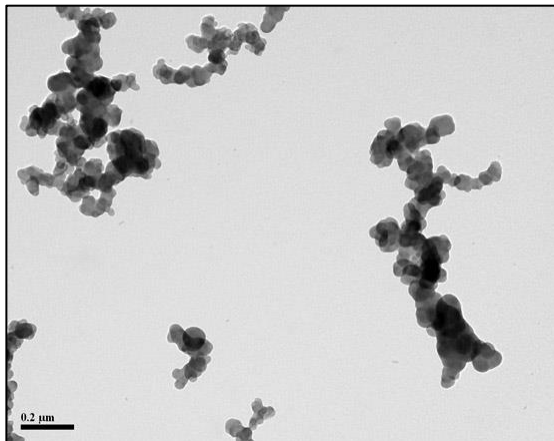
www.nfa.dk

Oversigt

- Kort introduktion
 - UFP og eksponering
- Sundhedseffekter
 - Dyreforsøg
 - Case – togførere

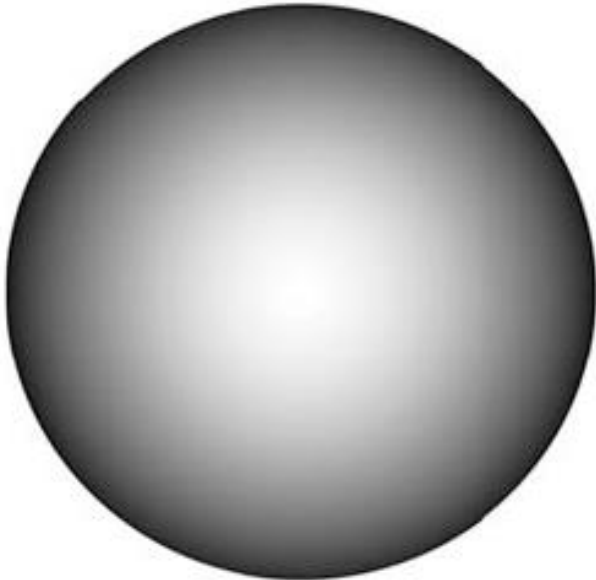
Hvad er ultrafine partikler (UFP)?

- Det er kun et spørgsmål om størrelse!
 - Eneste fællestræk er at de er meget små ($PM_{0.1}$)
- De kan være forskellige på alle andre parametre:
 - Form/morfologi
 - Kemi
 - Atomstruktur
 - Overflademodificeringer



Størrelsen har betydning!

1 partikel
60 μm diameter

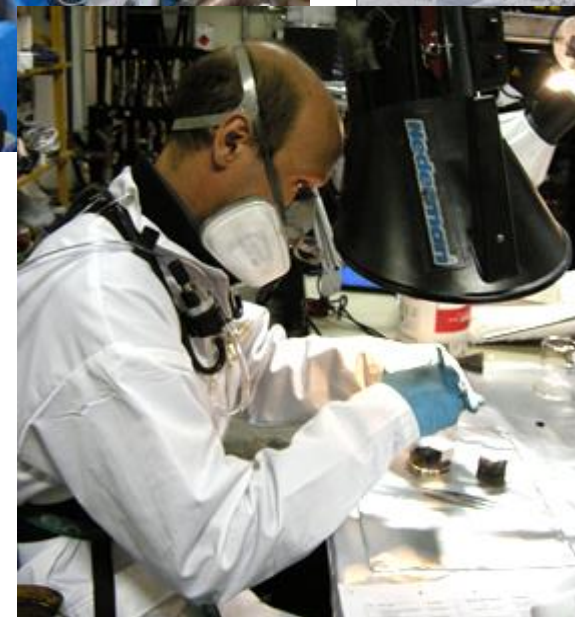


Mindre partikler:
Flere partikler per
vægtenhed
Større
overfladeareal
Mere støvende
- Bliver længere
tid i luften

Hvor bliver man eksponeret for UFP?

Eksempelvis:

- Forbrændingsmotorer
- Andet forbrænding
- Byggeri og nedrivning
- Produktion eller håndtering af nanomaterialer eller applikationer med nanomaterialer
 - TI undersøgelse



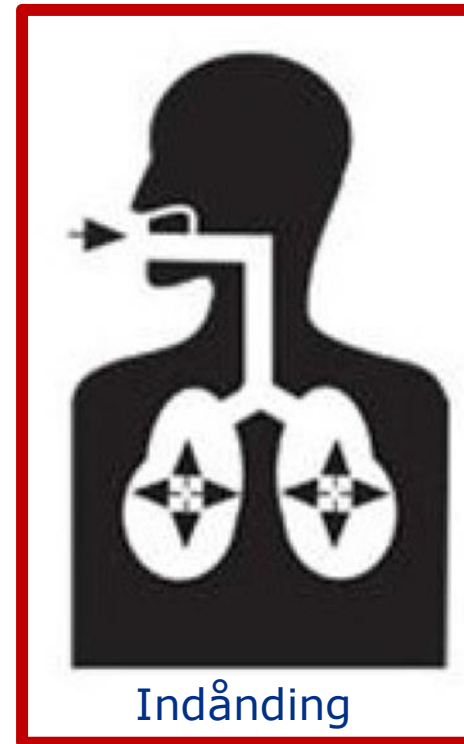
Eksposering for UFP



Hud

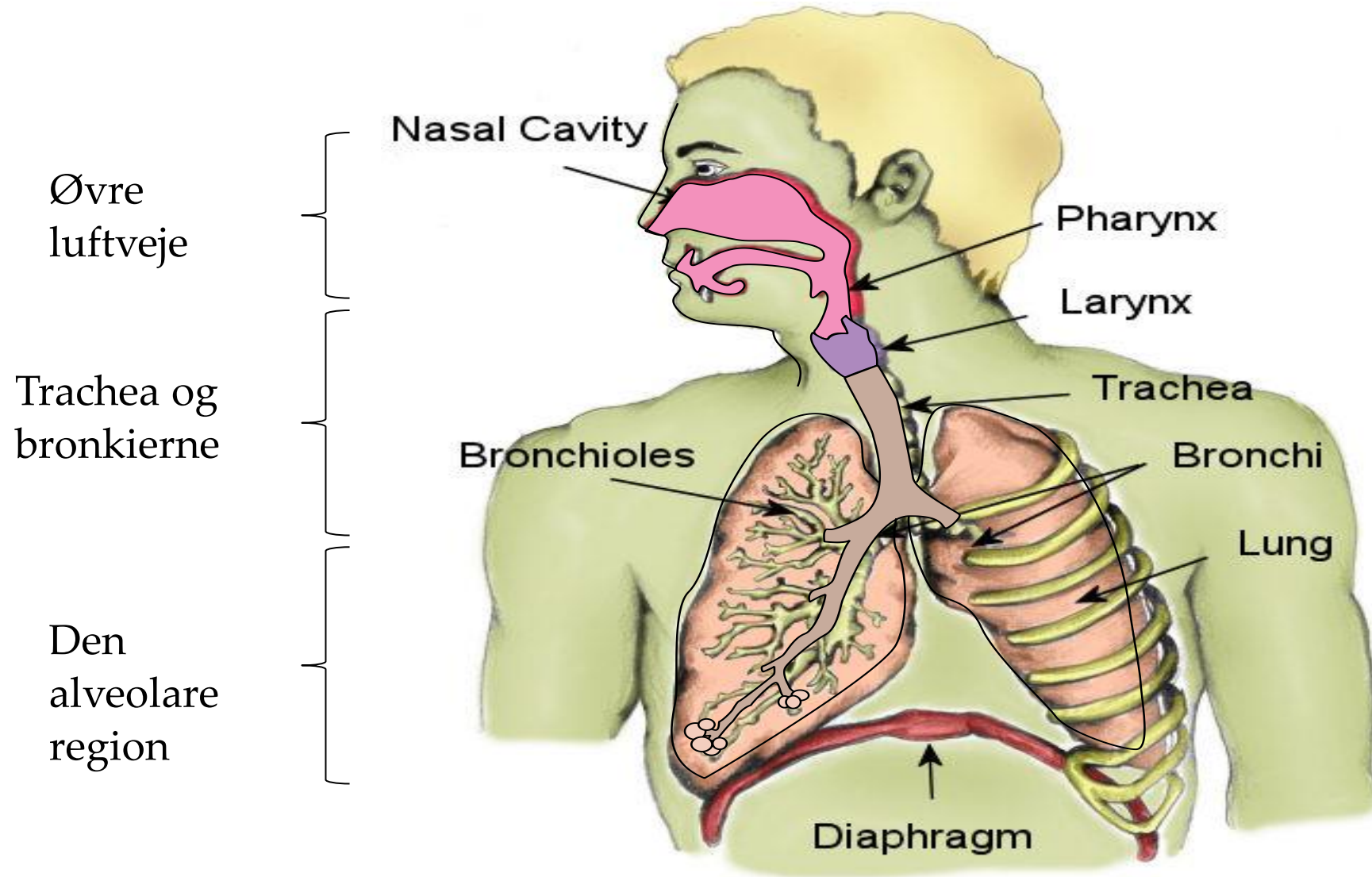


Oralt



Indånding

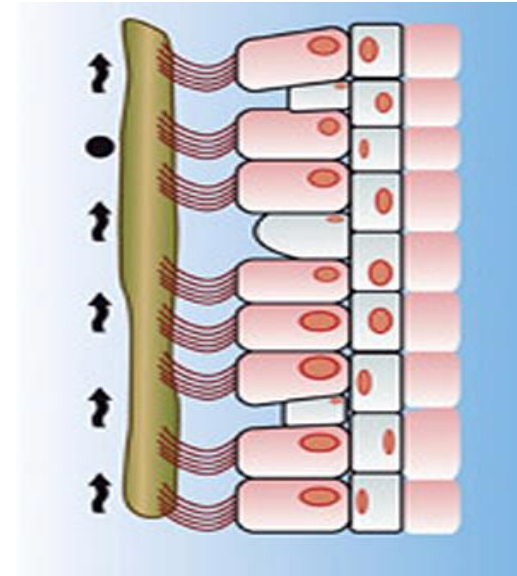
Lunges forsvar



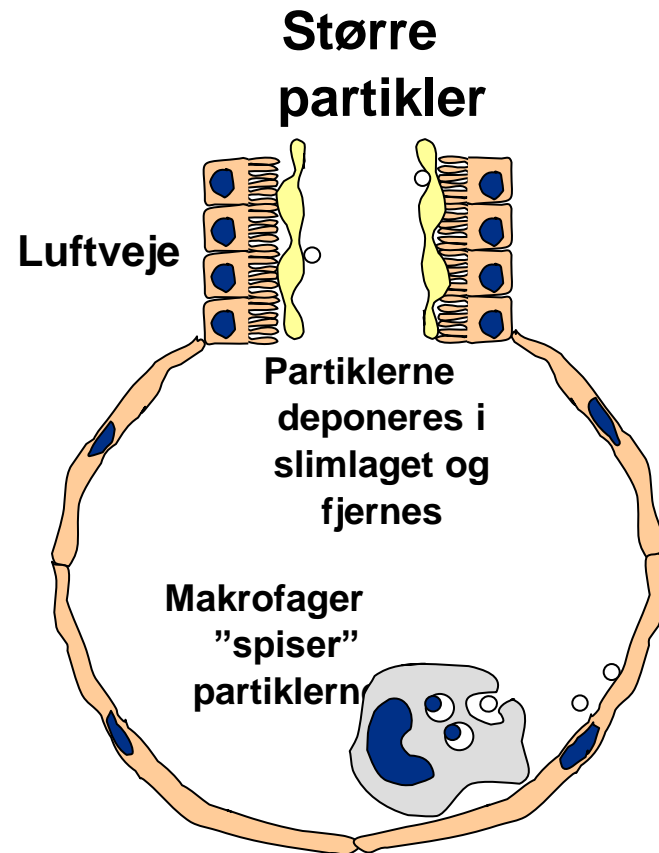
Lunges forsvar



NB – Meget generaliseret!



Alveolerne



Marianne Dybdahl

**Små partikler forbliver i lungerne →
Kronisk inflammation**

Sundhedseffekter

Disse kan måles i forskellige organismer:

- Celler
- Laboratoriedyr
 - Instillation eller inhalation
- Mennesker



Miller and Poland 2020



Sundhedseffekter

- Eksempler dyrestudier (NFA og litteraturen)

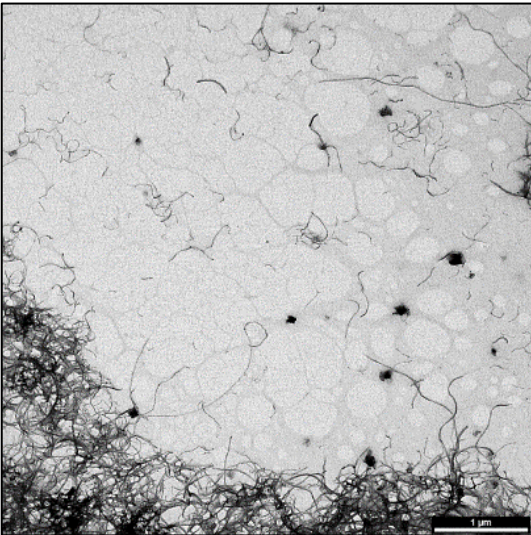
- Inflammation.
- Kræft.
- Hjerte-kareffekter.

Inflammation

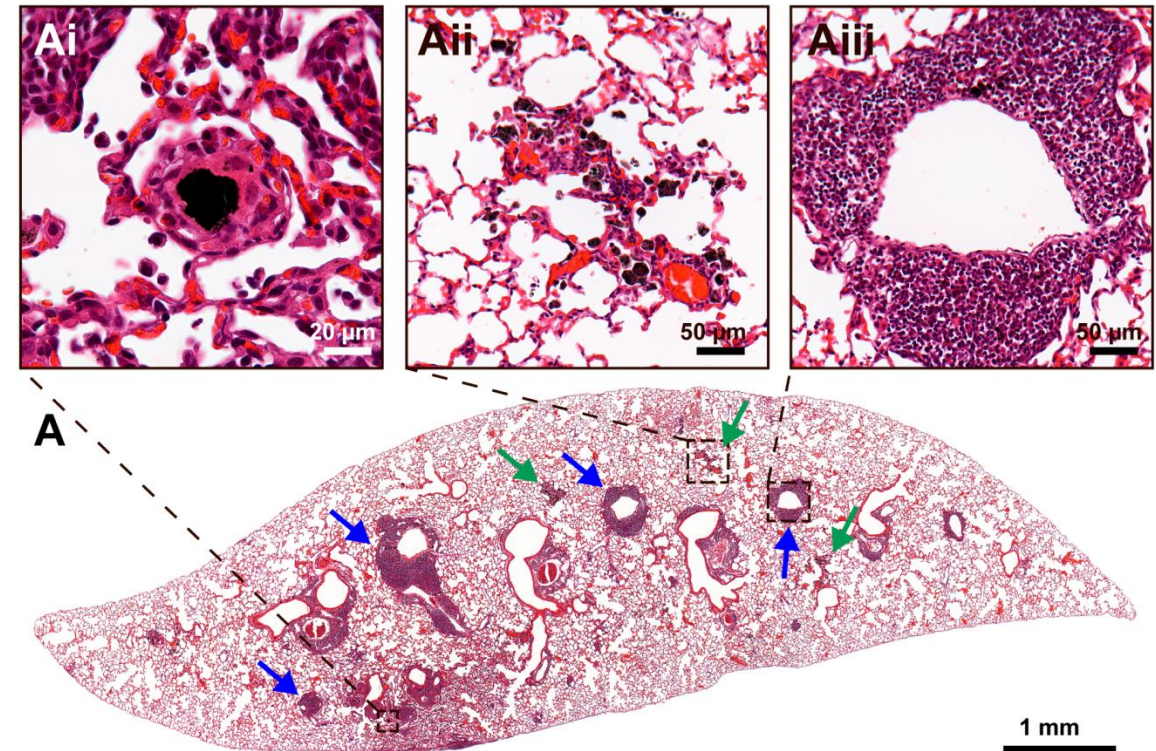
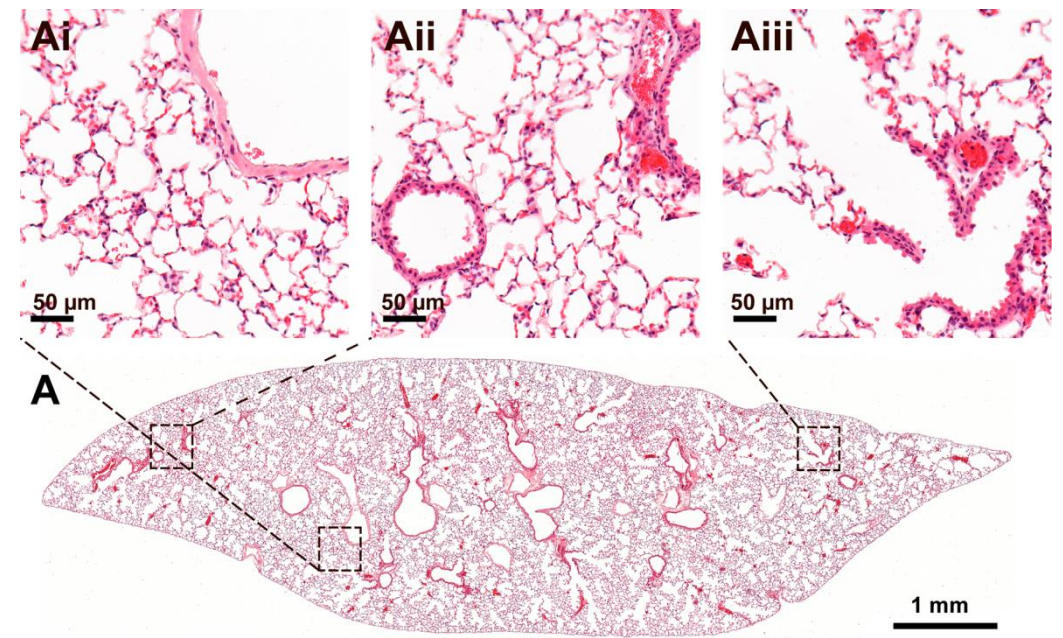
- Inflammation kroppens reaktion på fremmedlegemer og patogener.
- Akut inflammation er nødvendig.
 - Fjernelse af materiale og afslutning inflammationen er vigtigt!
- Stort set alle de nanomaterialer vi har testet har givet akut inflammation.
- Flere materialer giver ligeledes langvarig inflammation (28+ dage).
- Langvarig inflammation kan føre til følgesygdomme.
 - Nedsat lungefunktion.
 - Kræft.
 - Hjertekarsygdomme.

Langvarig inflammation

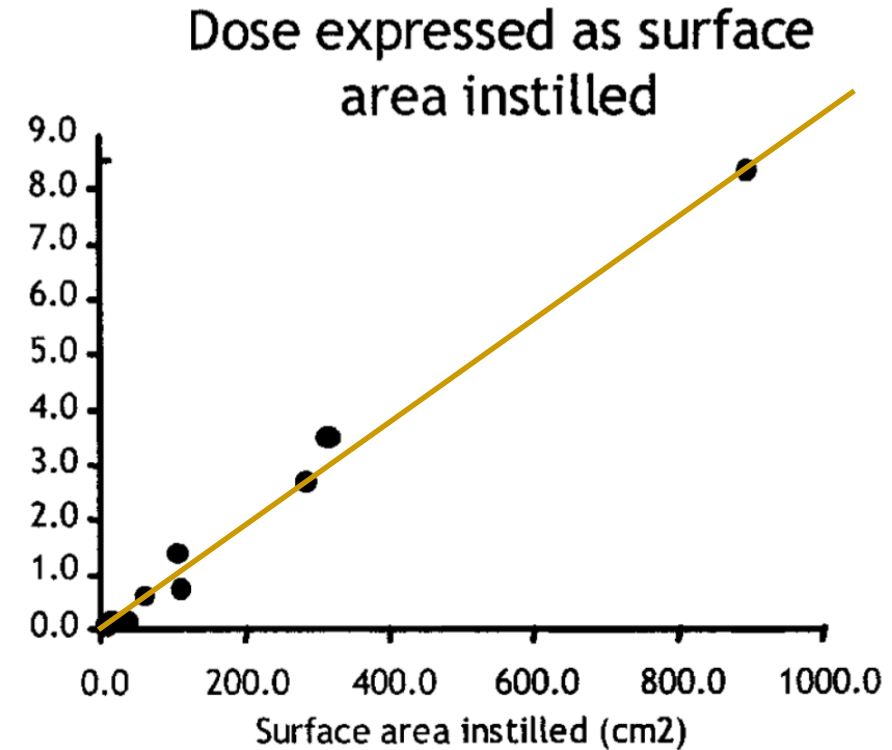
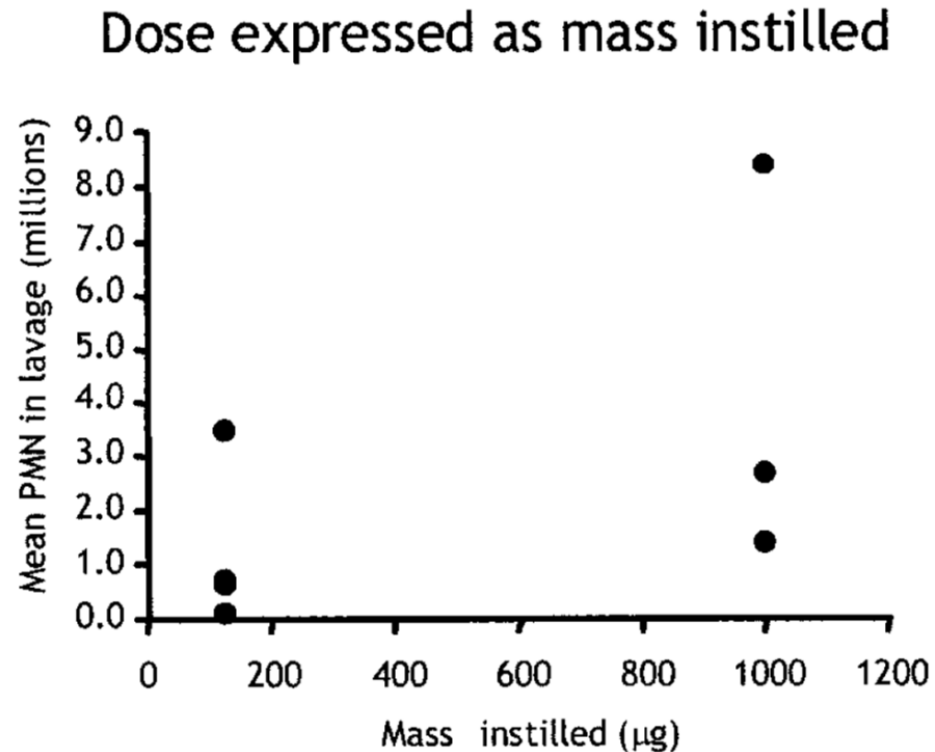
- 1 år efter eksponering med kulstofnanorør
- Store histologiske forandringer.
- Store forskelle på tværs af forskellige UFP.



Knudsen et al., BCPT 2018.



Overfladeareal og inflammation



Donaldson et al., 2002

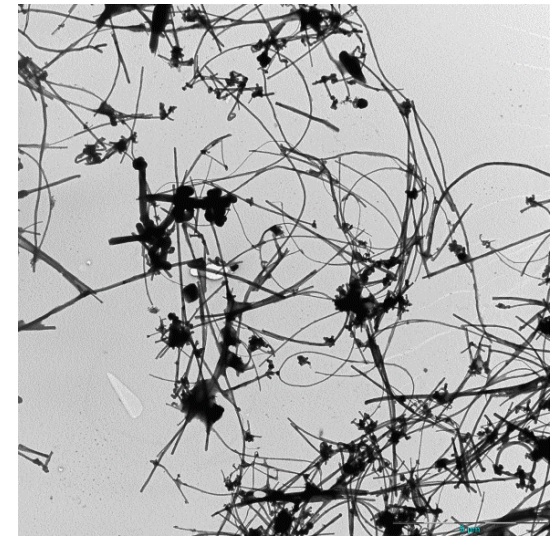
**UFP har større overflade per masseenhed
→ Mere inflammogent end større partikler**

Kræft

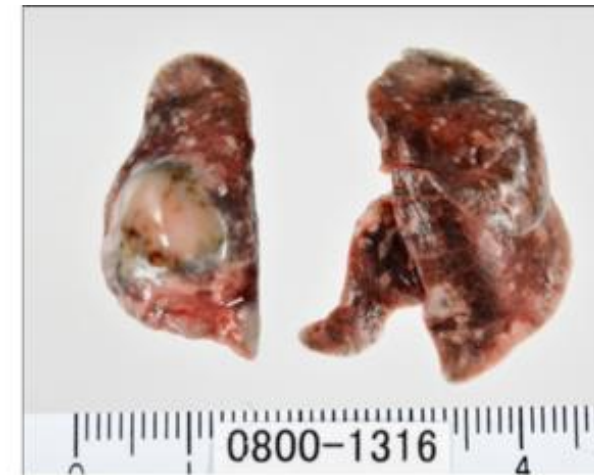
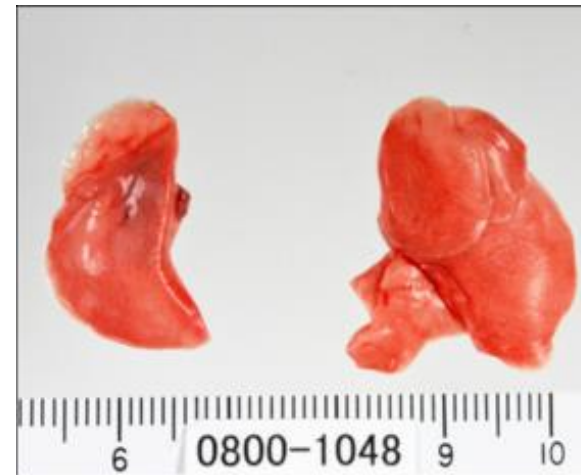
- Kræft skyldes skader eller forandringer i DNAet.
 - Forskellige UFP er klassificeret som kræftfremkaldende.
- Vores undersøgelser har vist at formen på UFP har betydning for hvor kræftfremkaldende de er.
 - Fiberlignede nanomaterialer er generelt mere kræftfremkaldende end runde partikler.

Kulstofnanorør -et studie i rotter

- Inhalation
- Fiberlignende kulstofnanorørstype
- 2, 0.2, 0.02 mg/m³
- 6 time/dag, 5 dage/ugen
- Eksponeret i 2 år
- Lungekræft ved 2 og 0.2 mg/m³
- Den gamle danske grænseværdi for kulstofmaterialer var 3.5 mg/m³
- NFA har foreslået en ny grænseværdi på 0.003 µg/m³ (1:10,000 overskydende kræfttilfælde)



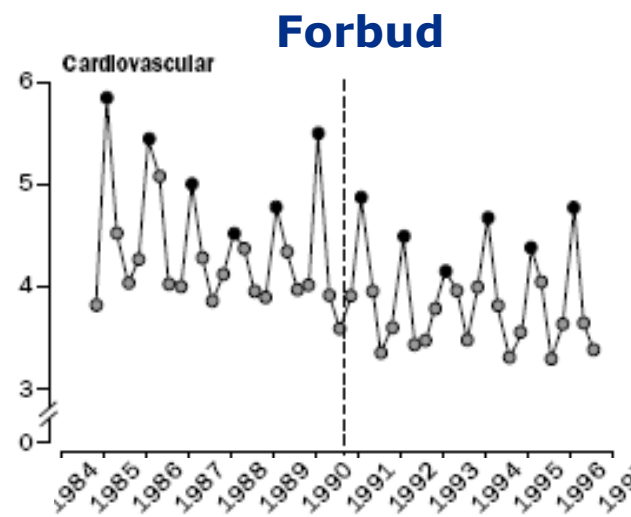
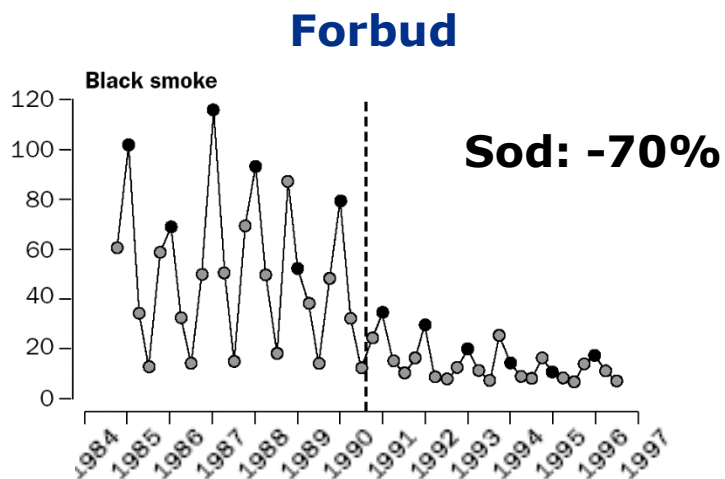
Mitsui-7



Kasai et al. 2016

Hjertekareffekter –luftforurening

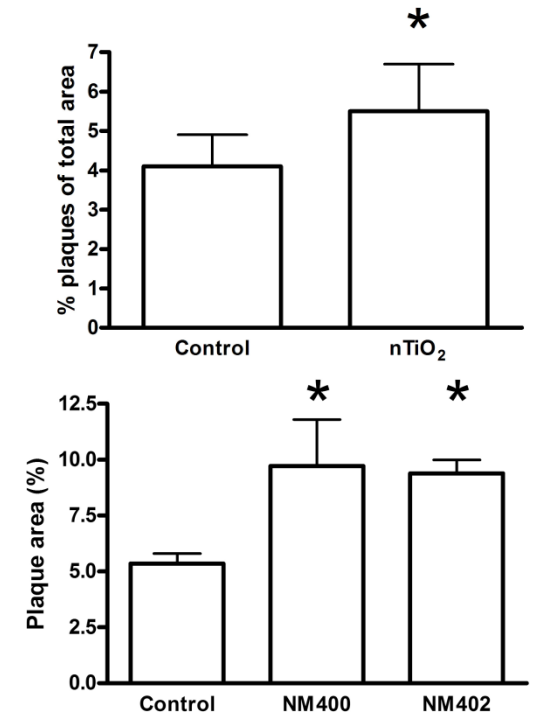
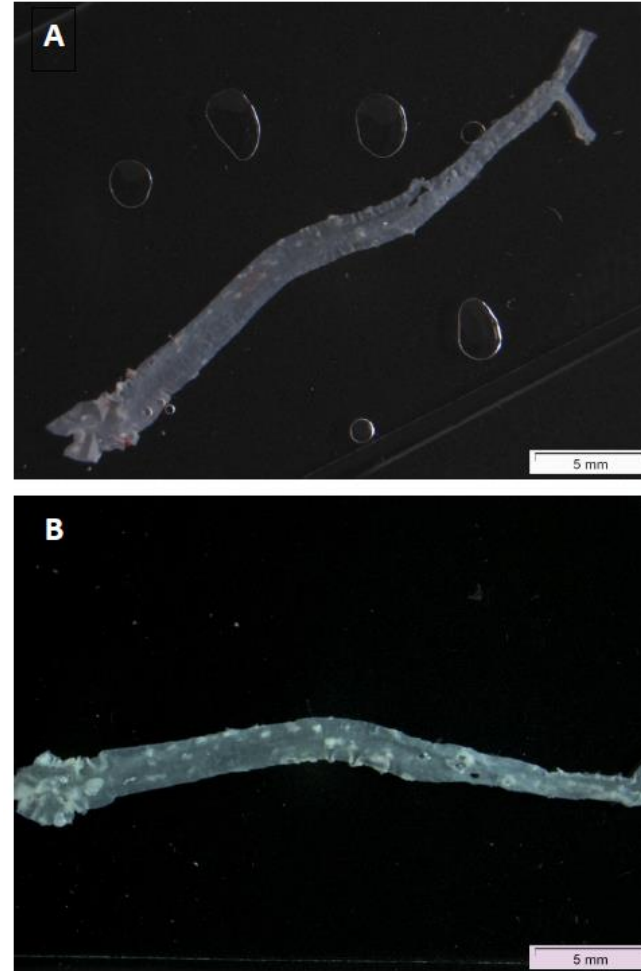
- Direkte sammenhæng mellem dødlighed og koncentration af små partikler (PM_{2.5}) i luften.
- Inhalation af partikler påvirker helbredet:
Sod i luften og hjertedød per 1000 personer årene før og efter kul blev forbudt i Dublin:



Clancy et al. 2002,
Lancet.

Inhalation af partikler øger risikoen for at udvikle hjertekarsygdom

- Rygning tredobler risikoen.
- Inhalation af nanomaterialer øger risikoen:
- Effekterne er additive.
- Mulige mekanismer:
 - Inflammation og følgevirkninger.
 - Direkte effekter på blodkarrene.
- Små partikler inducere disse virkninger meget kraftigere end større partikler!



Mikkelsen et al. 2011;
Cao et al. 2014

Fra dyr til mennesker - case med dieseltog

Biomonitorering af togførerne



BIOTRACK – Maria Helena Andersen



- Dieseltog vs elektriske tog.
- Eksponeringsniveauer
- Måles i forreste vogn.
- Fysiologiske ændringer i forsøgspersonerne.

Ultrafine partikler



Sodpartikler



Nitrogen oxides



Aldehydes

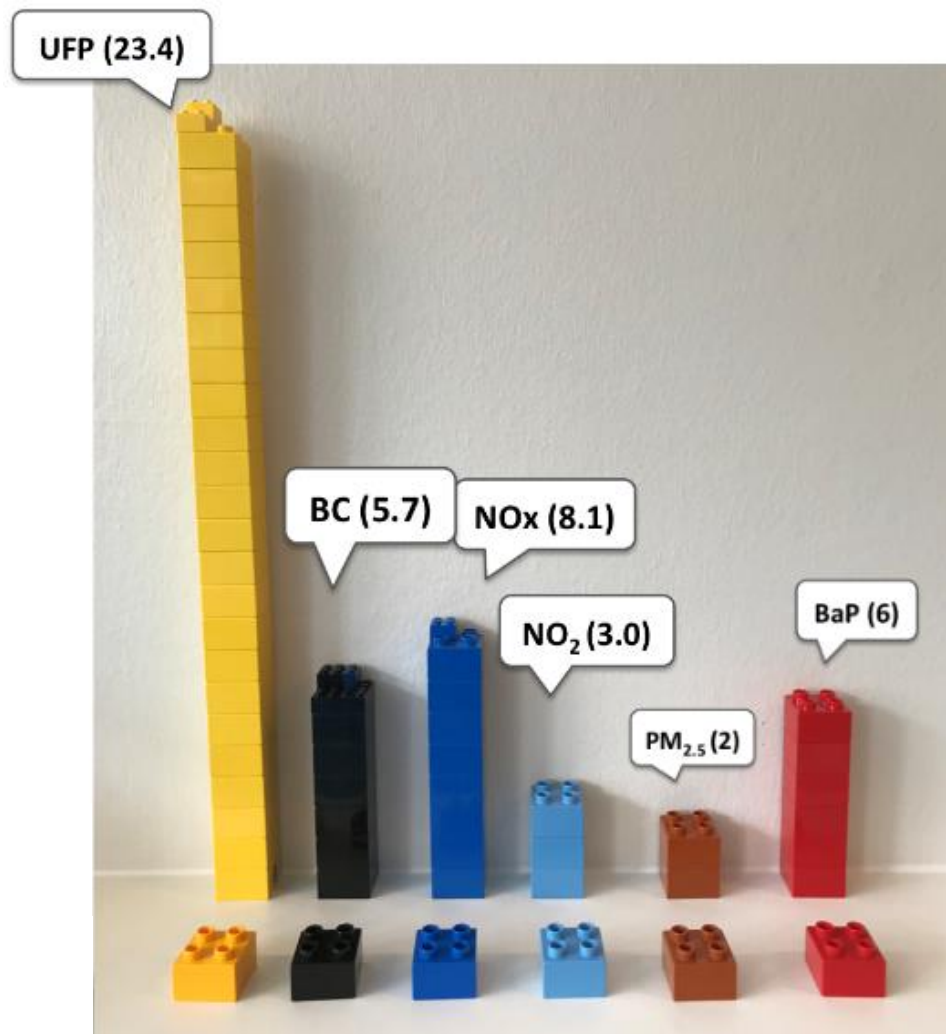


PM_{2.5}



Andersen et al., Environ. Sci. Technol.
2019, 53, 4579–4587

Foldforskkel i luftforurening

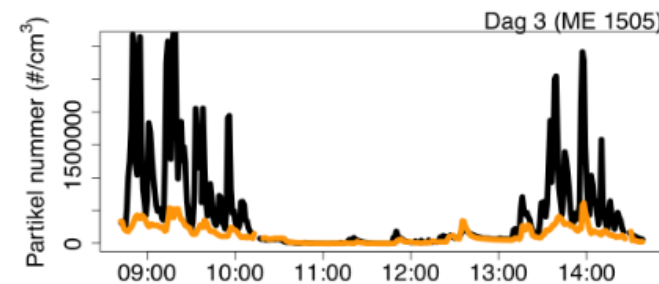
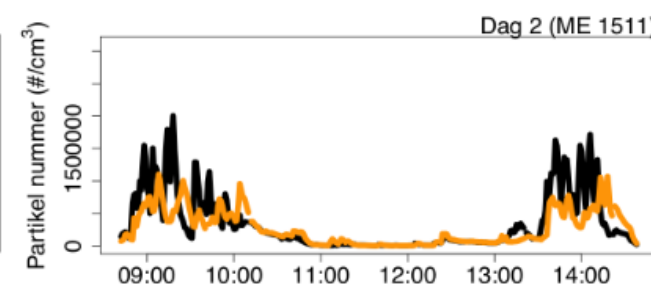
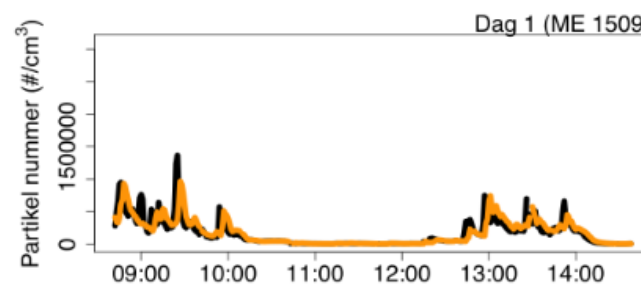
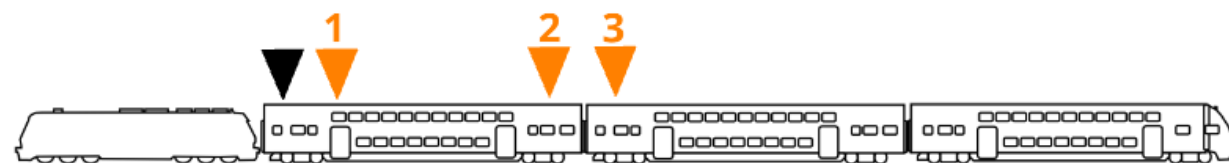
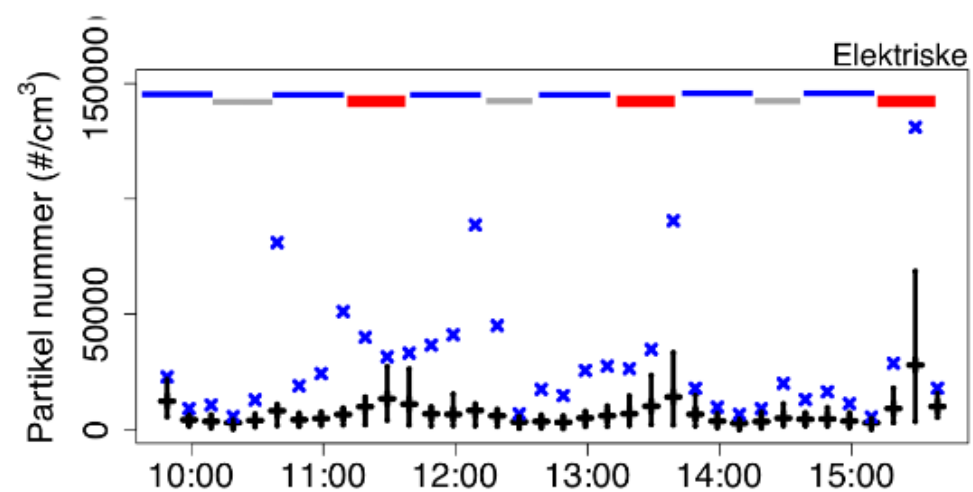
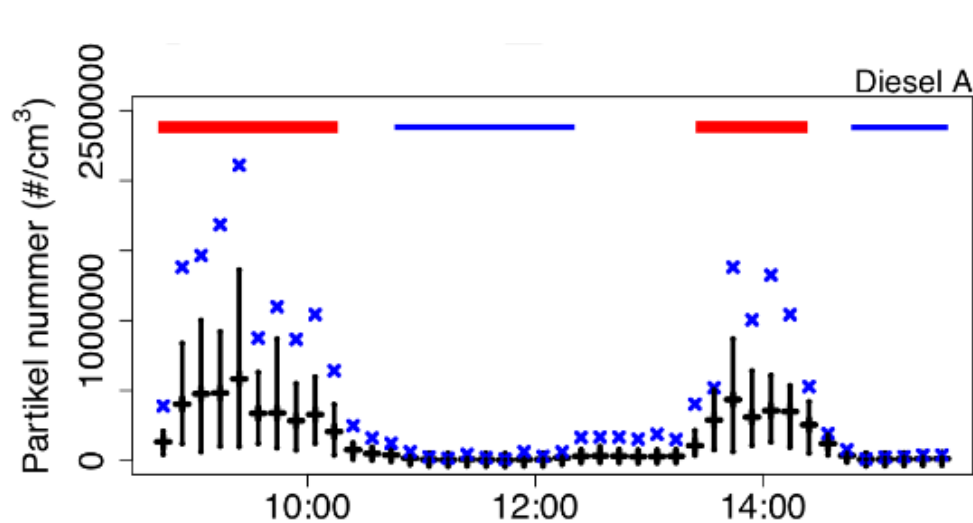


UFP ligger på niveau med Nørreport St. (før ombygning) og 5 gange højere end HC Andersens boulevard.

Dieseltog

Elektriske tog

Kørselsretning og placering i toget



Måling på forsøgspersoner

Studiedesign	Randomiseret crossover
Eksponerings scenarie	3 dage i et diesel tog (6t/dag); Gentaget 2 gange
Kontrolscenarie	3 dage i et elektrisk
Wash out periode	21 dage
Forsøgspersoner	Sunde, ikke-rygere frivillige (n=29; 14 mænd & 15 kvinder; ældre mel.21-71)
Tidsperiode	7 indsamlingsperioder (7 måneder, fra Maj til November 2017)

Lungefunktion



Blodkarfunktion



Systemisk inflammation



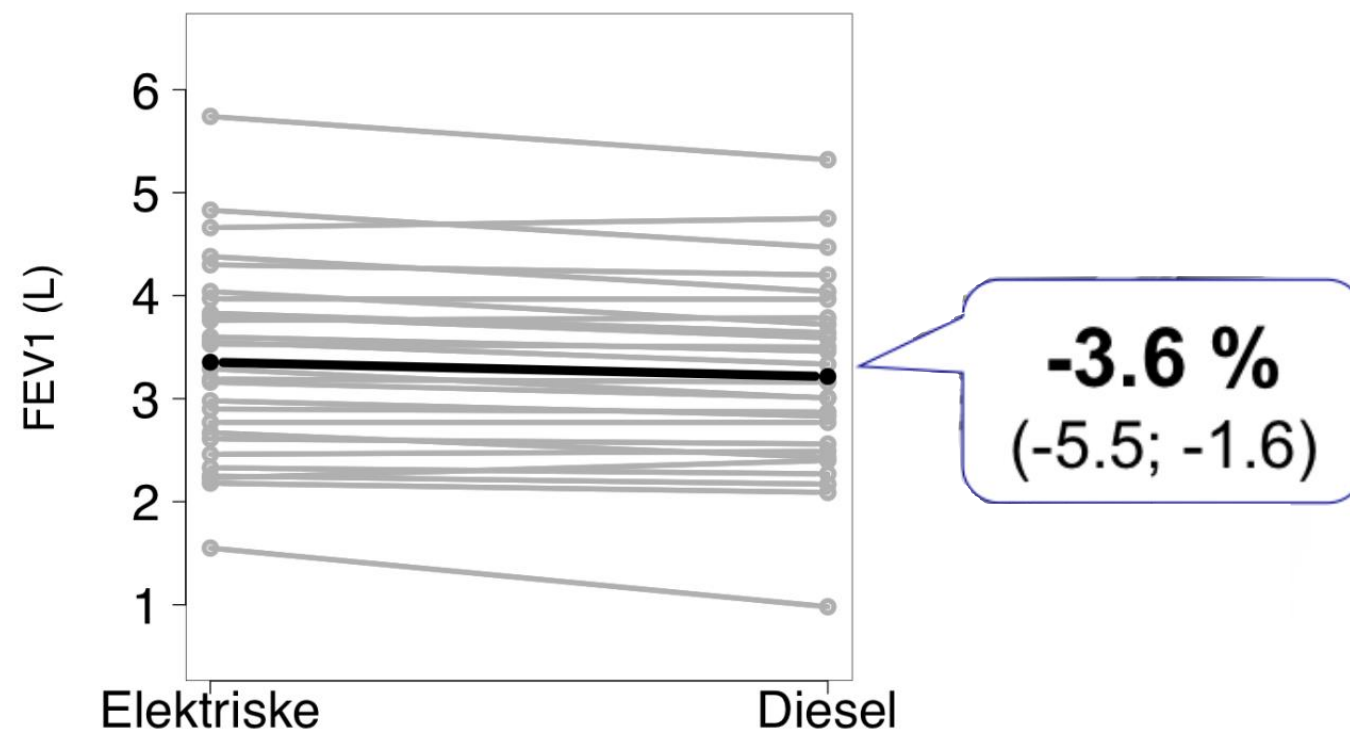
DNA skader



Resultater - forsøgspersoner

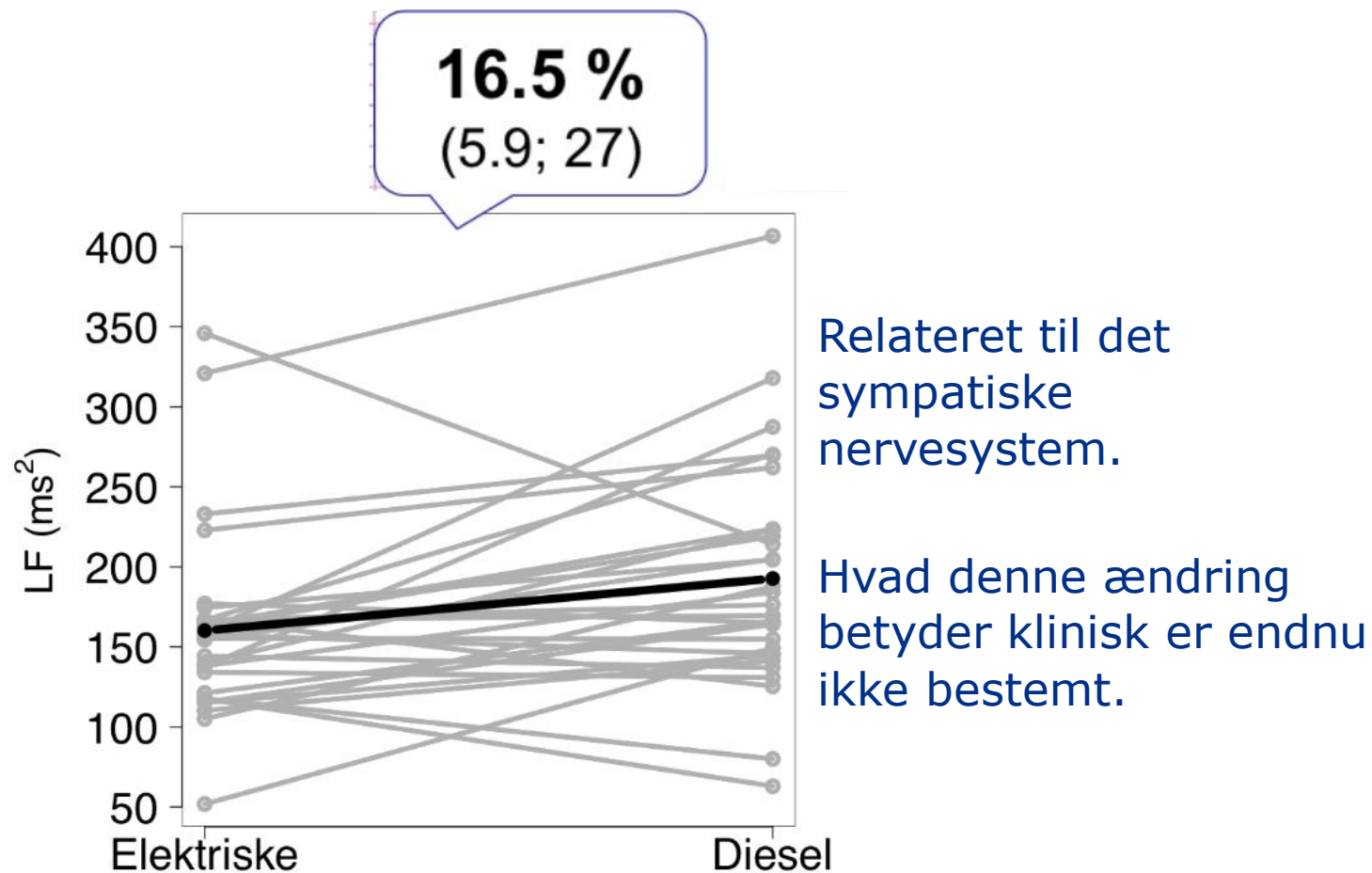
Biomarkører	BIOTRACK
Lungefunktion	↓
Hjerterytmevariation	LF ↑
Mikrovaskulær funktion	÷
Stivhed	÷
Systemisk inflammation	÷
DNA-skader	↑

FEV1 = Forced Expired Volume = Hvor mange liter luft, man kan puste ud i det første sekund.



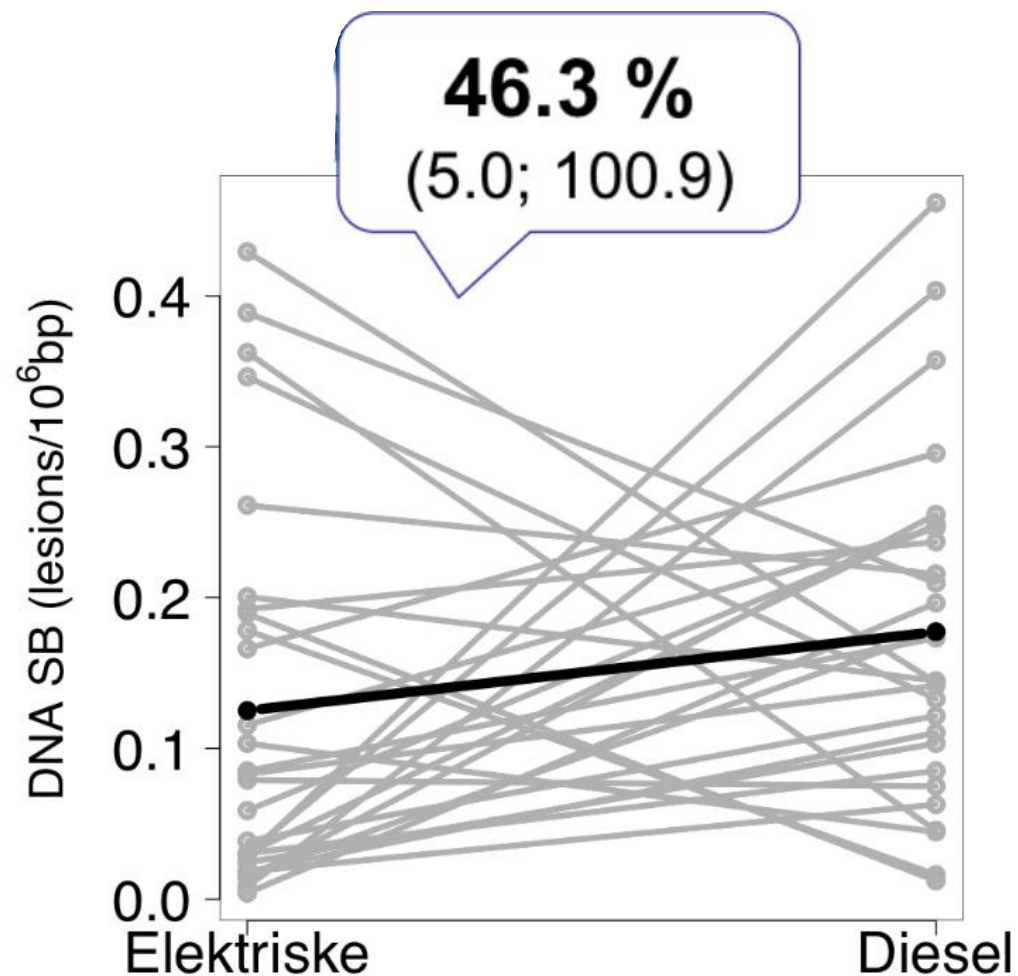
Resultater - forsøgspersoner

Biomarkører	BIOTRACK
Lungefunktion	↓
Hjerterytmevariation	LF ↑
Mikrovaskulær funktion	÷
Stivhed	÷
Systemisk inflammation	÷
DNA-skader	↑



Resultater - forsøgspersoner

Biomarkører	BIOTRACK
Lungefunktion	↓
Hjerterytmevariation	LF ↑
Mikrovaskulær funktion	÷
Stivhed	÷
Systemisk inflammation	÷
DNA-skader	↑

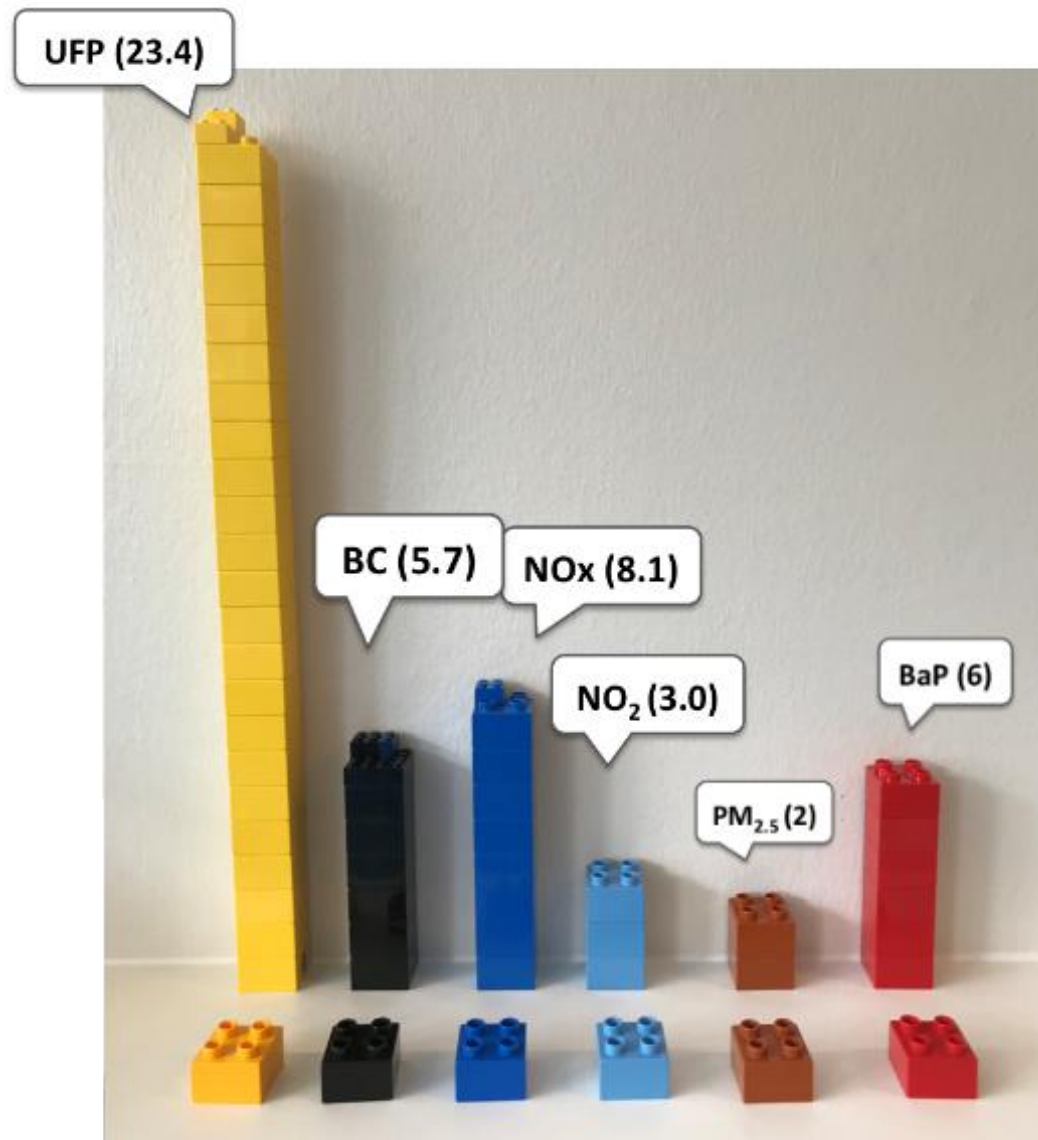


Opsummering

- Problemet med UFP er:
 - Flere partikler.
 - Større overflade.
 - Støver mere.
- Inhalation er den hyppigste eksponeringsvej i arbejdsmiljøet.
- UFP trænger dybere ned i lungerne.
 - og bliver der længere tid.
- Eksponering for UFP kan resultere i:
 - Inflammation.
 - Øget kræftrisiko.
 - Øget risiko for at udvikle hjertekarsygdomme.
- Men luftforurening er ikke kun UFP.

Luftforurening

- Større partikler.
- Polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH).
- Svovl og kvælstof.
- Nok et helt seminar i sig selv!



Tak for jeres opmærksomhed!
spo@nfa.dk