



FFI Forsvarets
forskningsinstitutt

Luft, dråpe, aerosol - hva er hva?

Espen Åkervik (Forsvarets forskningsinstitutt – FFI)

Smittevernkonferanse 2021 – 18-20 oktober - Gardermoen



Testing av Terne-missilet på Hardangervidda 1950

Samfunnsansvar

- Et effektivt og relevant forsvar
- Et sikkert samfunn
- Teknologiutvikling

FFI

erettet 1946



Hugin autonom undervannsfarkost



Virusjakt på Gardermoen 2020

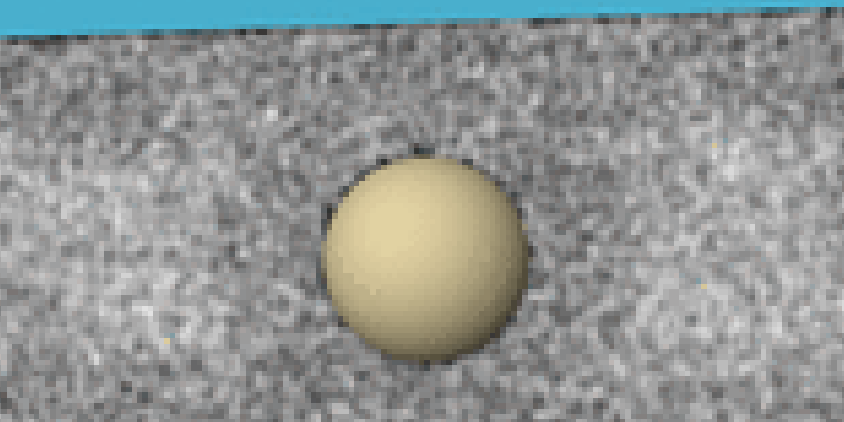
Forsvarssystemer →

Strategiske analyser
og fellessystemer →

Sensor- og
overvåkingssystemer →

Totalforsvar →

Innovasjon og
industriutvikling →



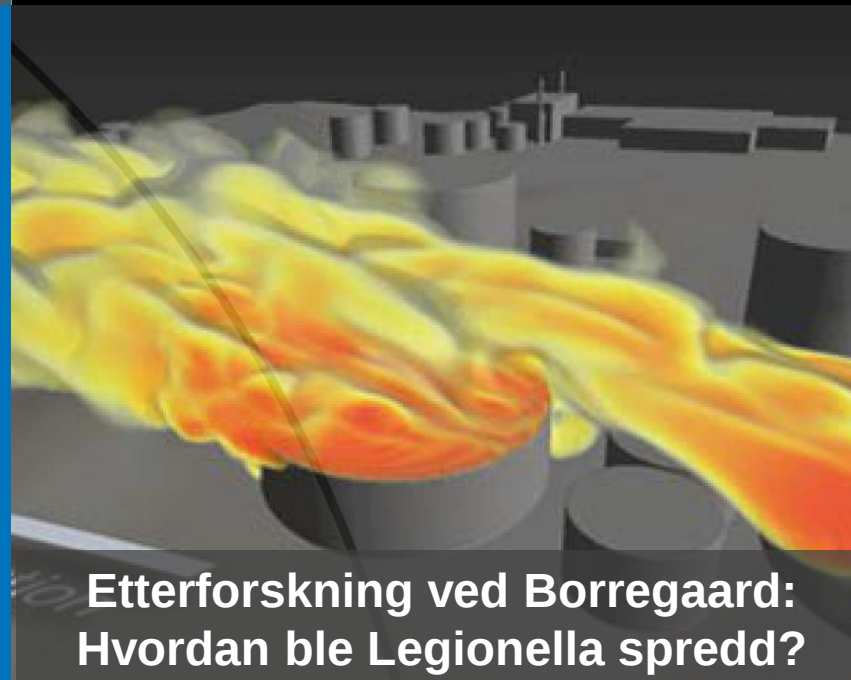
Grunnforskning. Eksempel:
Hvordan interagerer eksplosjoner
med partikler?

Strømning og materialer ved avdeling Totalforsvar



Operasjonelt
spredningsverktøy
for OBRE

Modellering og simulering for CBRNE



Etterforskning ved Borregaard:
Hvordan ble Legionella spredd?

Bruker
fysikkbasert
tungregning for
spredning av
farestoffer

Mediebilde vår 2020

- Et marginalt fenomen

Folkehelseinstituttet antar at luftbåren smitte av koronaviruset er et marginalt fenomen.

- Den dominerende smittemåten er dråpesmitte, altså små spyttdråper som ved tale og hosting slynges rett i ansiktet på andre. I tillegg er det smitte via spyttdråper som havner på hender og gjenstander og derfra via hendene til ansiktet. Selv om virus kan påvises svevende i lufta, tror vi luftbåren smitte er et marginalt fenomen. Et unntak er visse prosedyrer i sykehus der det genereres aerosoler, sier overlege Preben Aavitsland ved Folkehelseinstituttet (FHI) til Nettavisen.

Nettavisen 17. mars 2020

**å skjule mulige
! | Bjørg Marit**

Aftenposten 20. mars 2020

Nyttig med oppklaring av begreper



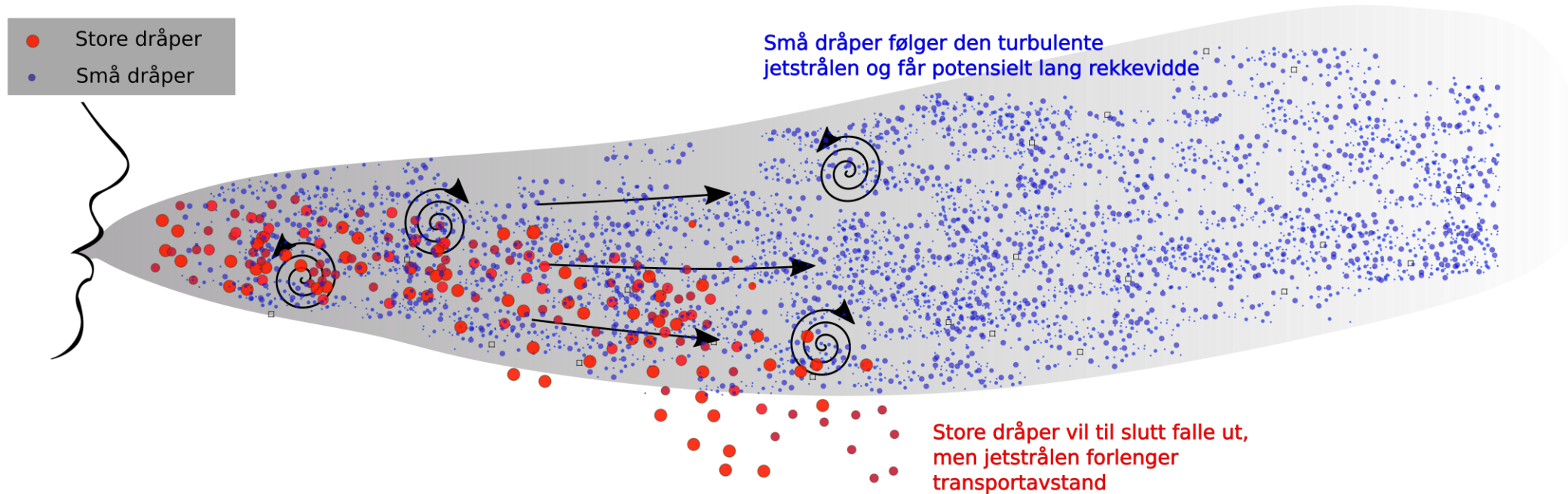
Dråpefysikk - krefter, bevegelse og fordamping.

Aerosoldefinisjon – hvor store er aerosoler?

Transport fra individ til individ – ekshalering, innhalering, ventilasjon og svevetider.

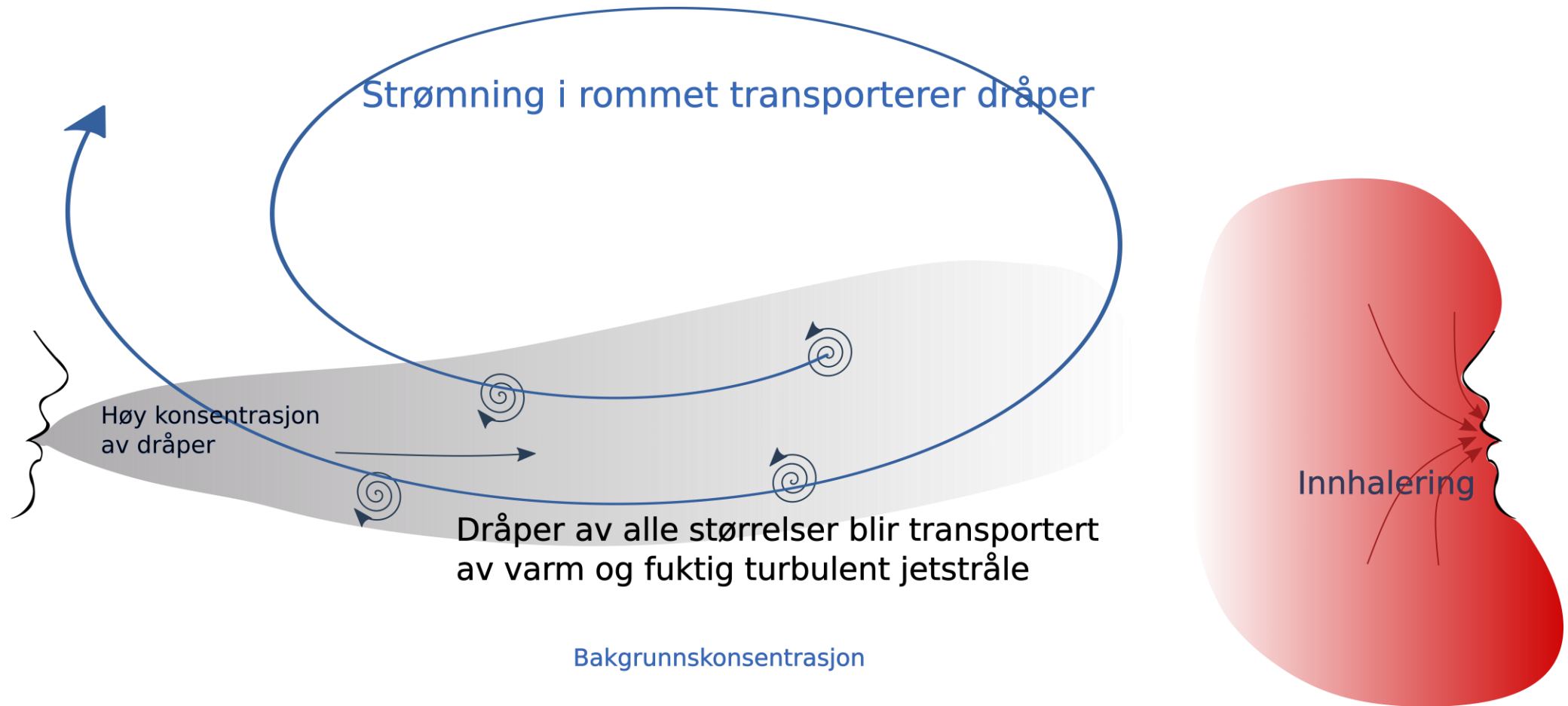
Kunnskapshull – hva trengs for å kunne predikere smitteveier?

Den respiratoriske jetstrålen og dråper



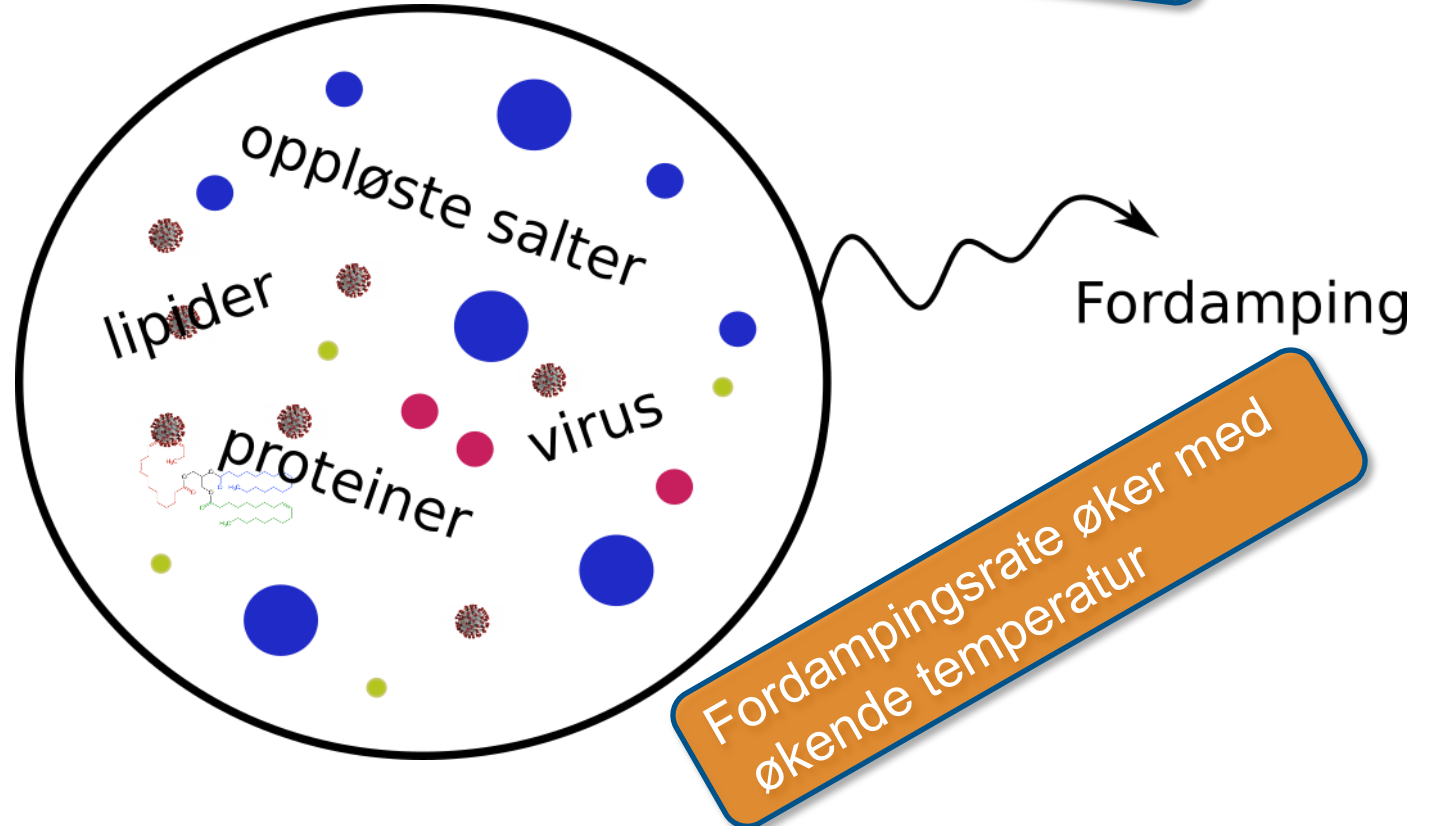
- Kraftige nys: Opp til 7-8 meter (Bourouiba, 2020)
- Vanlig tale: 1 til 2 meter (Akbarkian et al., 2020)

Den luftbårne veien



En respiratorisk dråpe

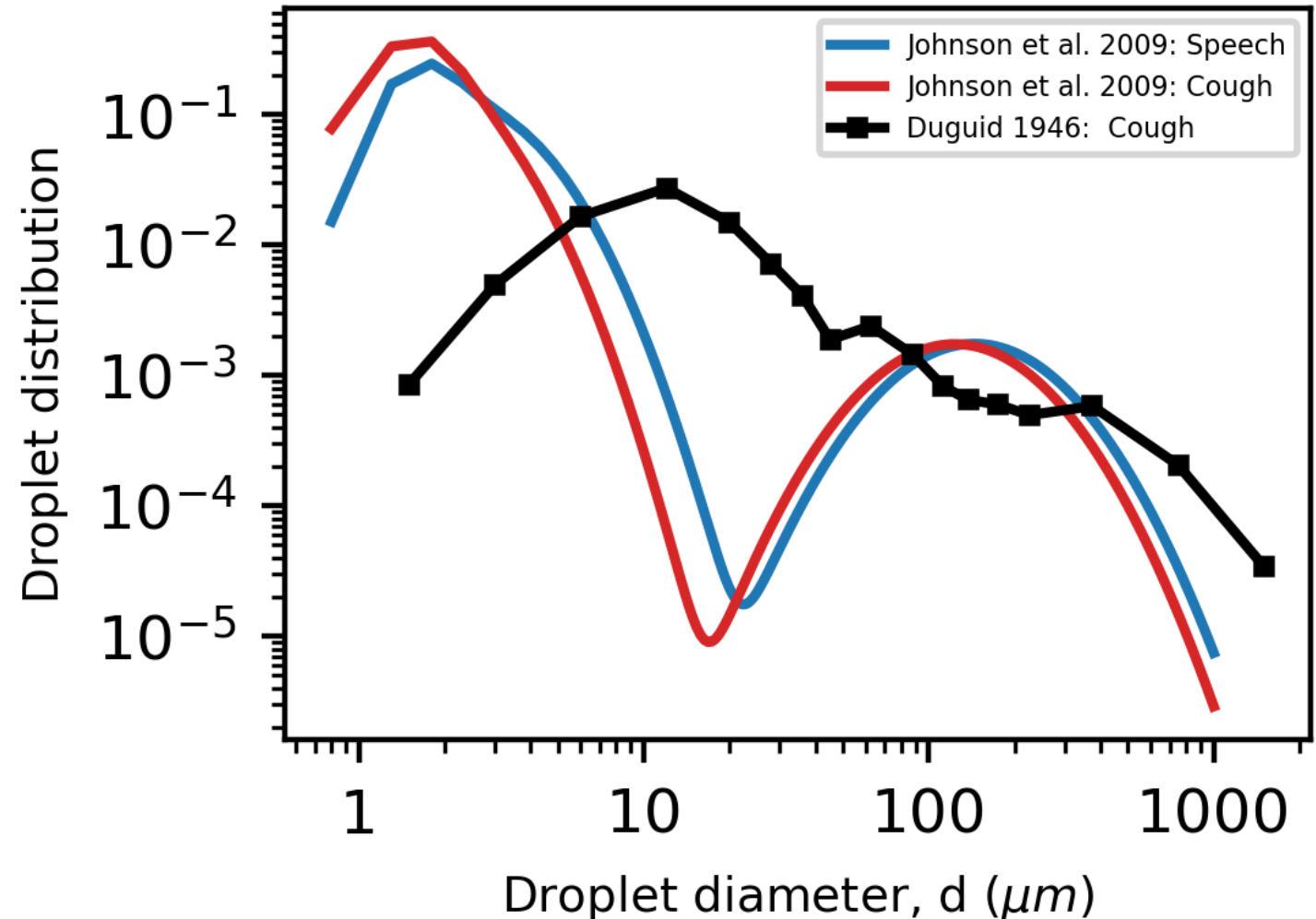
- Inneholder faste stoffer og oppløste salter
- Faste stoffer er typisk proteiner, lipider, karbohydrater og DNA
- Litteratur gir stort spenn av faststoff-innhold, fra 2 g/liter til 78 g/liter
- Oppløste salter har omtrent en konsentrasjon på 100 mmol/liter



Fordamping stopper når faste stoffer er tettpakket, eller saltkonsentrasjon har blitt høy. Dråpen har da blitt til en *dråpekjerne*

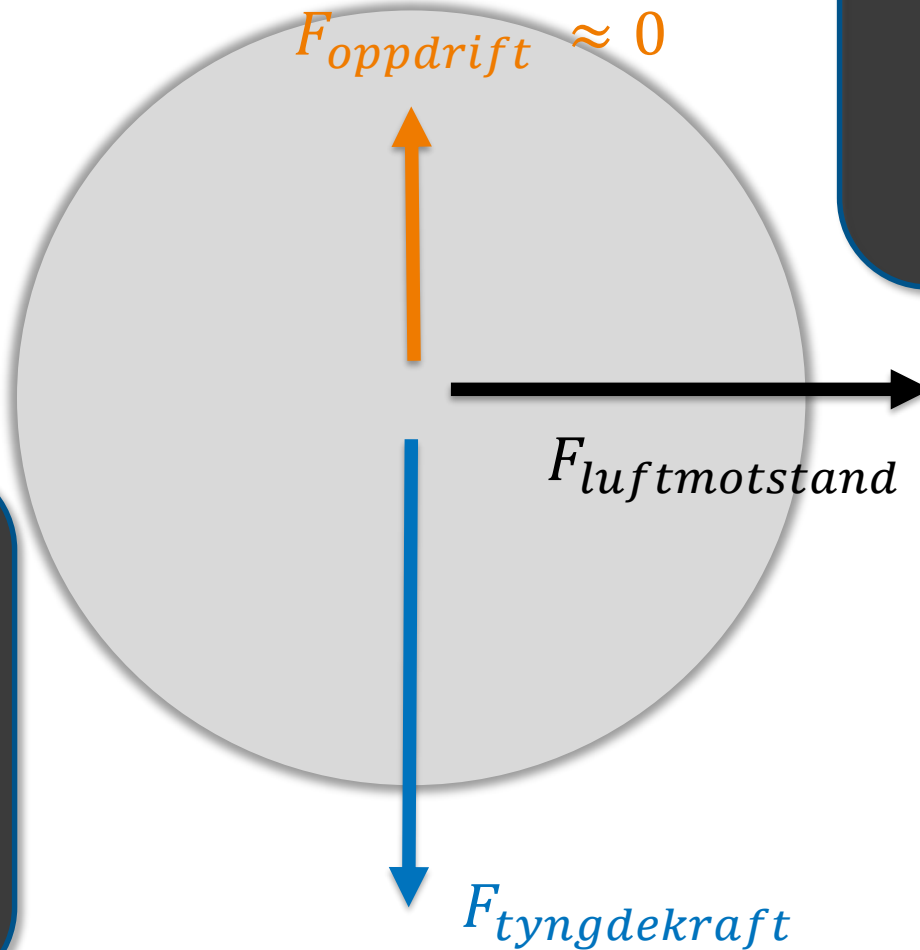
Dråpestørrelser ved utånding

- De aller fleste dråpene er mindre enn 10 mikrometer
- Men nesten alt volumet er i de store dråpene (fordi volum går som diameter i tredje)
- Usikkerhet knyttet til hvor mange dråper som finnes i området under 1 mikrometer



Krefter som virker på en dråpe

Dråpen **synker** fordi tettheten er **større** enn tettheten til luft



Bevegelsen til dråpen er gitt ved Newtons andre lov: **masse ganger akselerasjon er lik summen av kreftene**

$$m a = \sum F$$

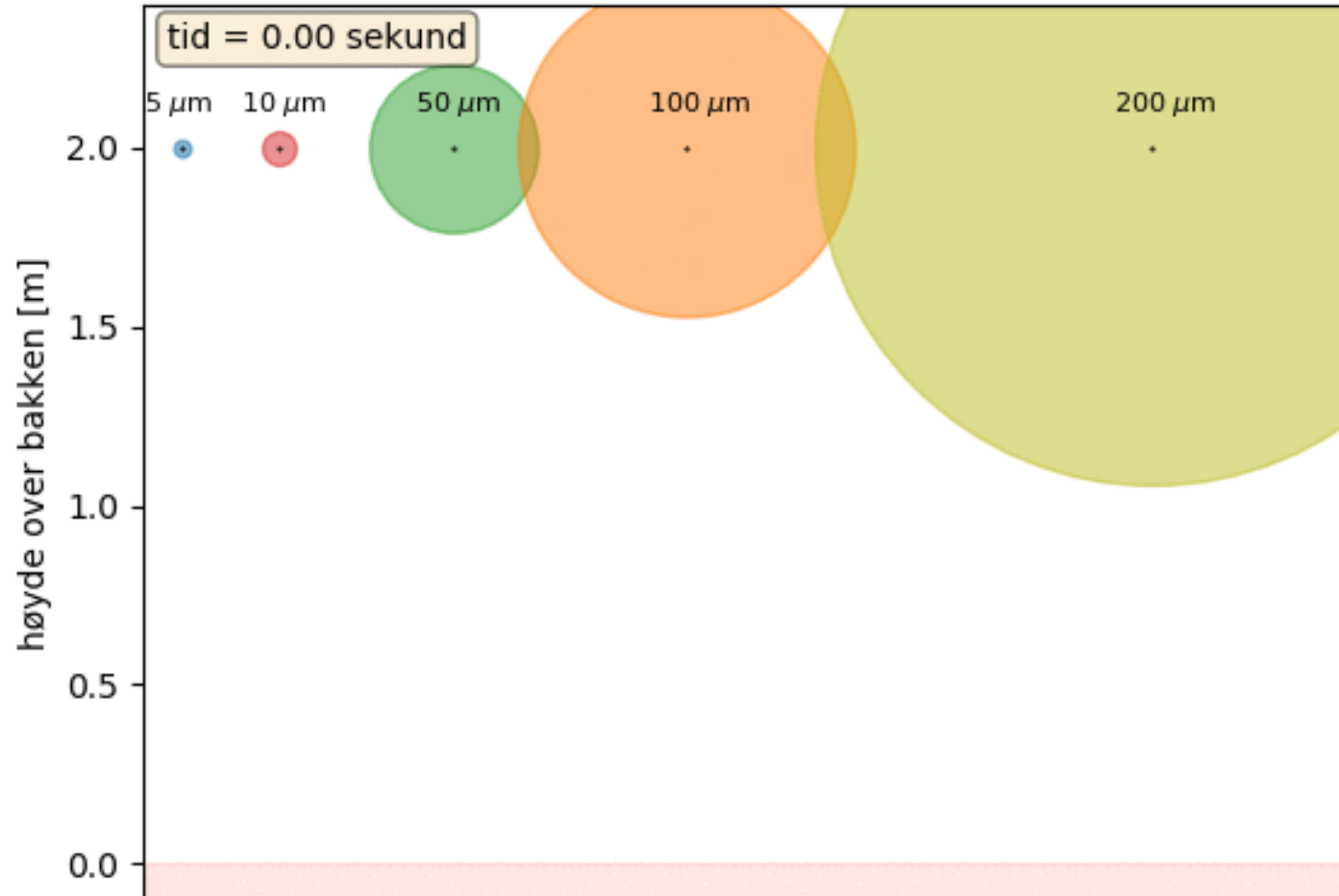
Aerosoldefinisjon

Aerosoler er partikler eller dråper som svever i luft i minst noen sekunder.

(Hinds, W. C. Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles, John Wiley & Sons, 1999)

Dråper som faller mens de fordamper

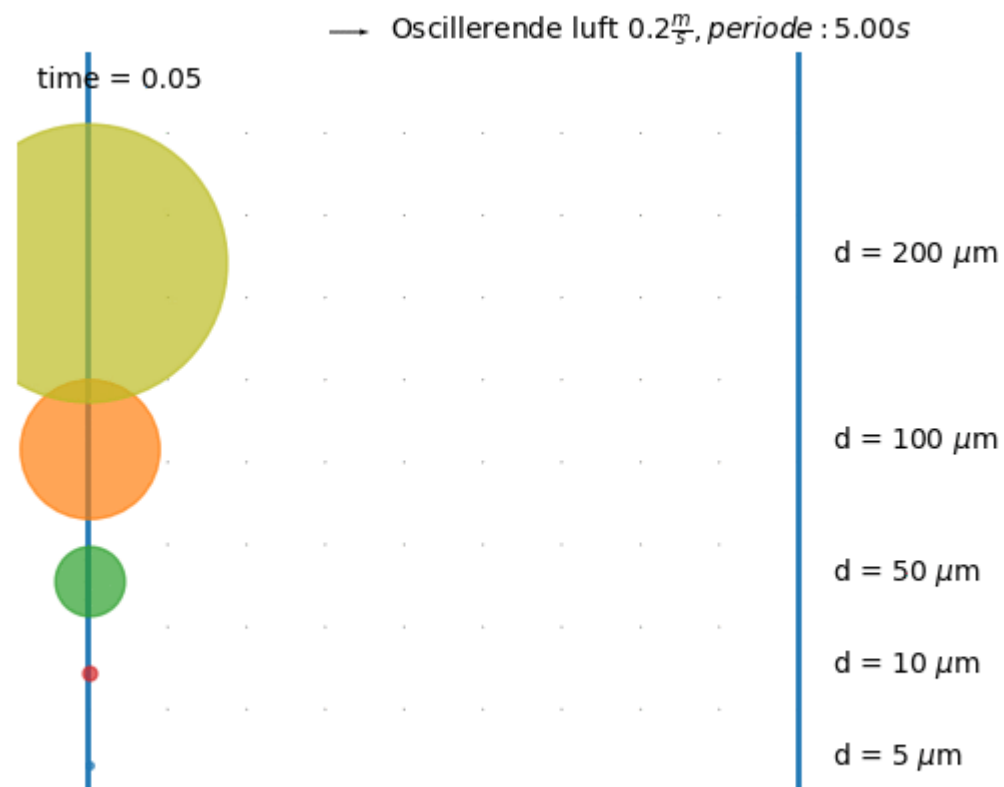
- Vindstille forhold.
- Store dråper faller raskere enn små.
- Små dråper fordamper raskere enn store.
- Respiratoriske dråper fordamper til mellom 20% og 50% av opprinnelig størrelse.



Hvordan dråper reagerer på endringer i luftstrømmen

Relativt langsomme endringer i luften : 5 sekund (som pusting)

- Her ser vi bort fra gravitasjon.
- Dersom dråpen klarer å nå de blå linjene før luften endrer retning er den passiv (altså oppfører seg som et aerosol).
- Små dråper akselerer fort og følger strømmingen lettere.
- Men for denne langsomme strømmingen klarer til og med de største å nå linjene.



Hvordan dråper reagerer på endringer i luftstrømmen: del 2

Rakere endringer i luften : 0.5 sekund (som turbulens i luften)

- de større dråpene får problem med å henge med.

- Hva som regnes som aerosol og ikke, må vurderes ut fra sammenhengen
- Dråpestørrelse alene gir ingen god aerosoldefinisjon
- For innendørs strømning og respiratoriske aktiviteter er et sted mellom 50 og 100 μm en ganske god tilnærming
 - Følger strømningen bra (i fysikken kjent som lavt *Stokestall*)
 - Har ikke for høy fallhastighet
- Hvor kommer 5 μm definisjonen fra?

→ Oscillerende luft $0.2 \frac{m}{s}$, periode : 0.50s

time = 0.01

d = 200 μm

d = 100 μm

d = 50 μm

d = 10 μm

d = 5 μm

Ifølge Randall et al (2021): Respiratorisk andel og tuberkulose

ISO 7708:1995

- Respiratorisk andel er 4 mikrometer.
- Bakteriene som forårsaker tuberkulose trenger å deponeres direkte.
- Men dette kan ikke uten videre overføres til andre patogen.
- Mer naturlig å bruke innhalerbar andel.

Respiratorisk andel

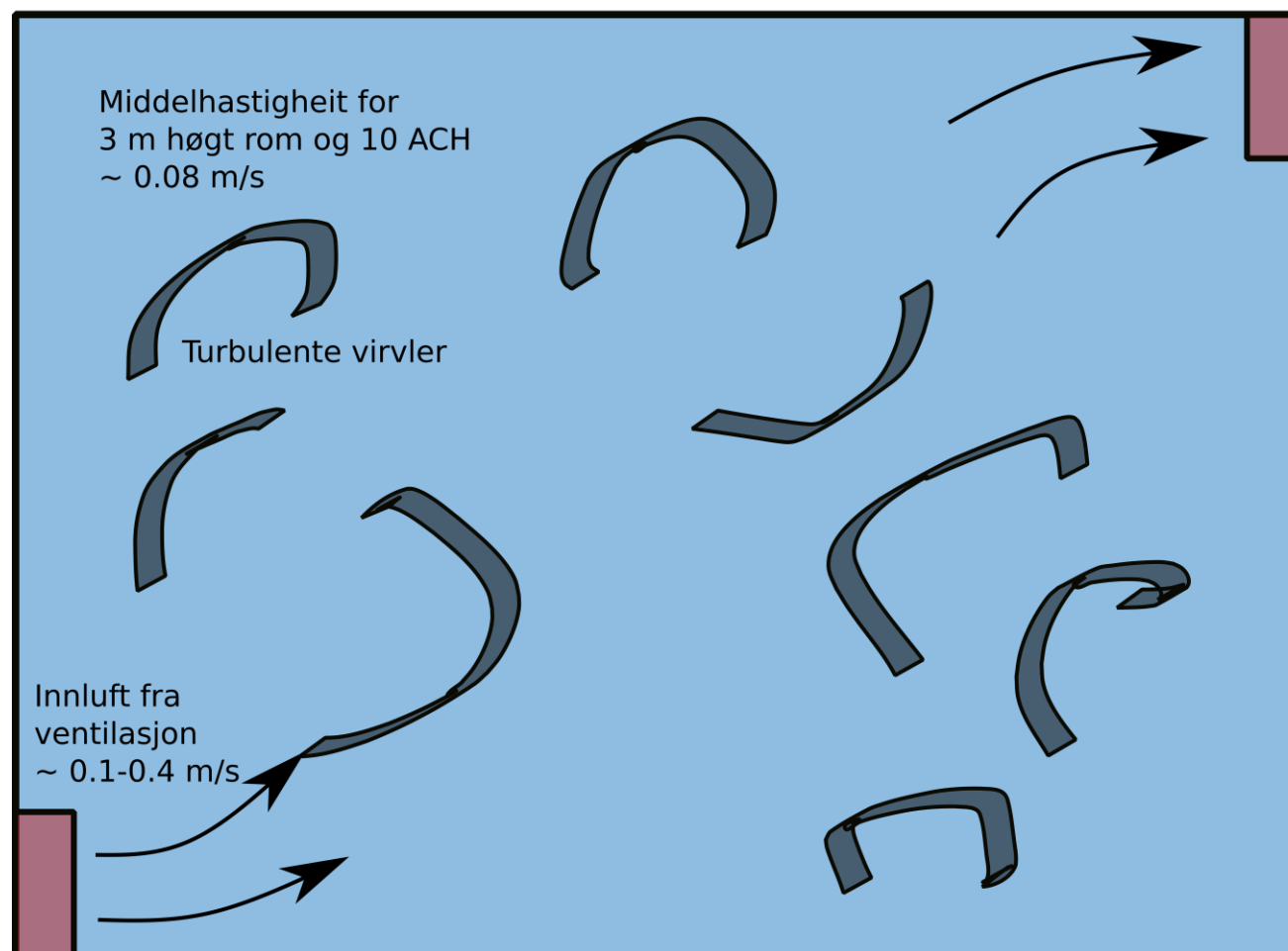
For dråper mindre enn 4 μm kan mer enn 50% deponere direkte i nedre luftveier

Innhalerbar andel

For dråper mindre enn 100 μm kan mer enn 50% innhaleres

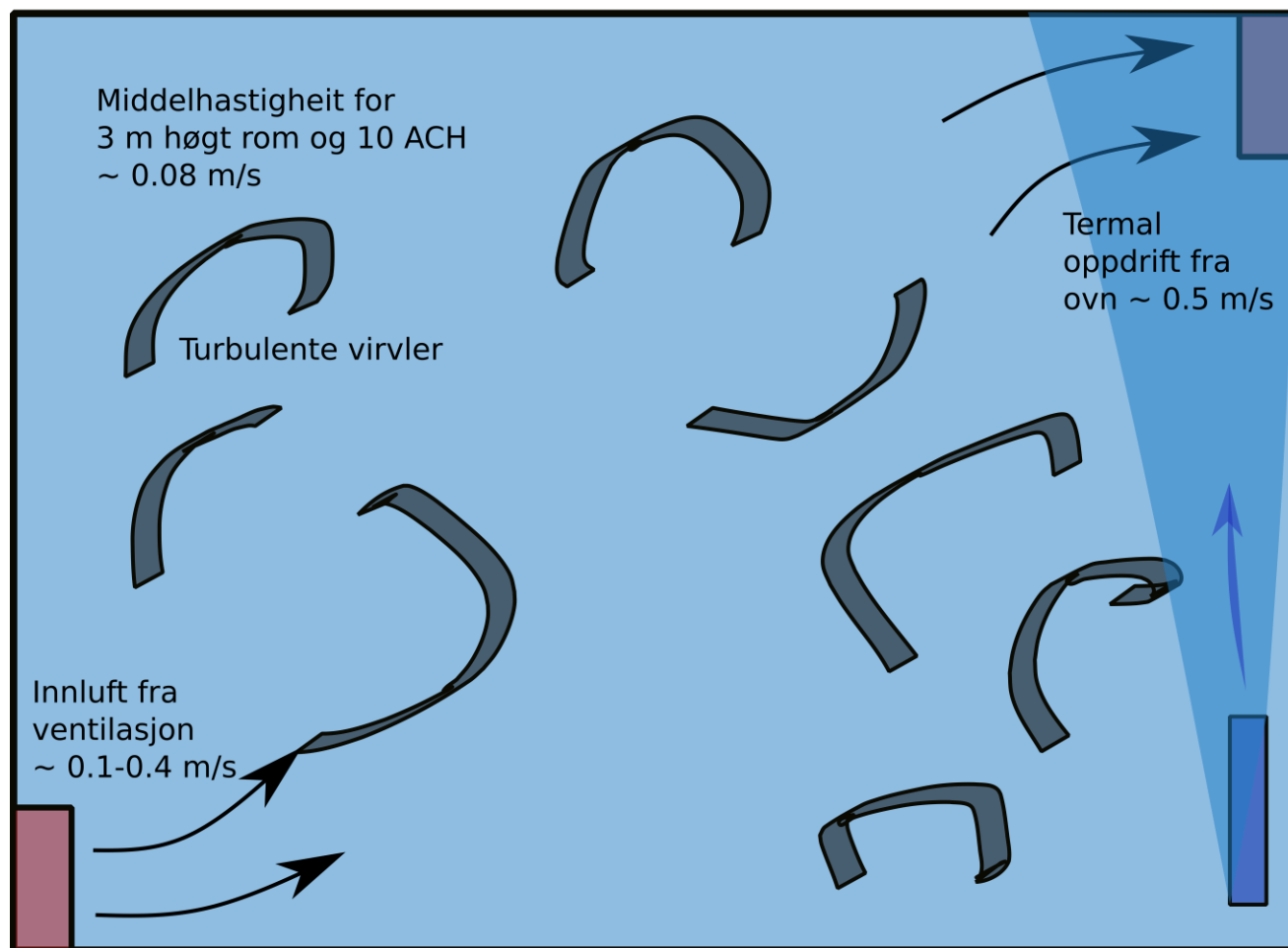
Transport i rommet: En oversikt over hastigheter

Et typisk rom med ventilasjon

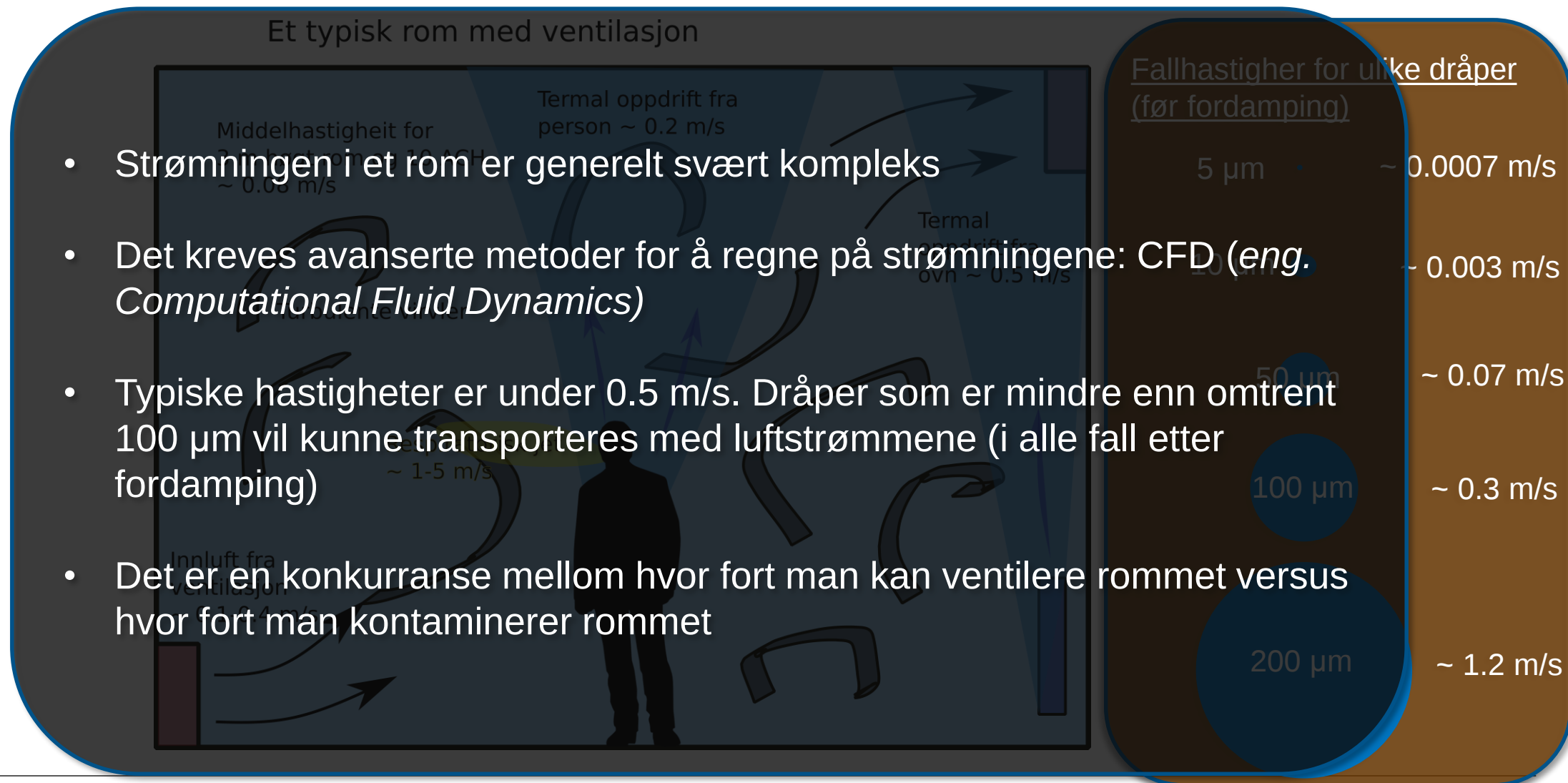


Transport i rommet: En oversikt over hastigheter

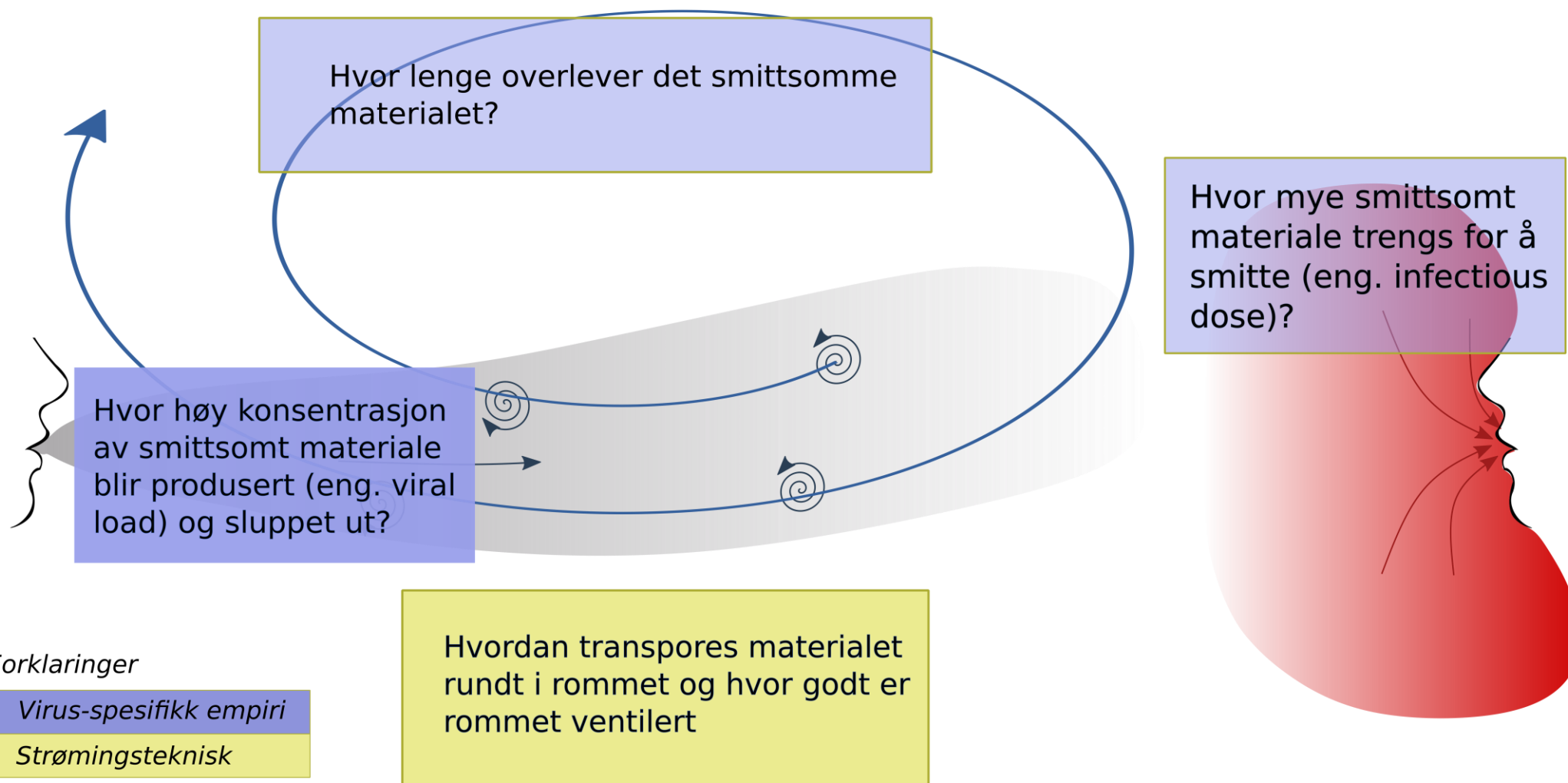
Et typisk rom med ventilasjon



Transport i rommet: En oversikt over hastigheter



Kunnskapshull



Konklusjoner

- Hva som kan karakteriseres som aerosol avhenger både av dråpestørrelse og strømmingen den utsettes for.
- Dråper mindre enn omtrent 100 μm har lav nok fallhastighet til å holde seg flytende over en noe lenger tid og følger innendørs luftstrømmer godt.
- Dråper større enn omtrent 150 μm , vil under innendørs forhold raskt deponere på bakken.

Kunnskapshull

- *Virusspesifikk empiri:* For eksempel informasjon om viruskonsentrasjonen i respiratoriske dråper, infeksjonsdose og virusets stabilitet i aerosolform.
- *Empiri om respiratoriske dråper.* Typiske dråpestørrelsesfordelinger og variabilitet i befolkningen kan kartlegges langt bedre.
- *Modellering.* Eksisterende CFD-modeller for turbulent transport er pålitelige, og kan med fordel brukes for å beregne både luftstrømning i rom samt innpust/utpust. Sistnevnte trenger mer validering mot eksperiment.

Ekstramateriale

Hvor bra fungererer munnbind?



21/01099

FFI-RAPPORT

Efficacy of face masks as source control and respiratory protection against transmission of SARS-CoV-2

Marius Dybwad
Else Marie Fykse
Thor Gjesdal
Agnieszka Anna Gorzkowska-Sobas
Anders Helgeland
Espen Åkervik

Flow effects of the mask

Leakage occurs in gaps between mask and face

Flow resistance in mask diffuses the respiratory jet

The turbulent jet is rendered into a buoyant plume

Droplet effects of the mask

- Large droplets
- Small droplets

Almost all large and medium-sized droplets are blocked and can not follow leakage flows out of the mask

A substantial fraction of the small droplets may follow leakage flows out of the gaps.

Fungerer munnbind?

- Hva menes med å fungere?
- I følge klassisk beskyttelsestankegang, altså standarder som gir FFP så: Nei – kan ikke ha lekkasjer mellom maske og ansikt
- I en praktisk sammenheng på befolkningsnivå så: Ja
- Hovedgrunn: Blokkering av respiratorisk jet. Dråper blir blandet med bakgrunnsluft. Effektiv uttynning.