

# De “digitale” windtunnel

CFD modellen.



Erik den Tonkelaar(DGMR), Hannes Sanders(ARCADIS)

Imagine the result

# De “digitale” windtunnel

In deze presentatie:

- CFD in het algemeen
- Onderzoek WinMiskan in kader van COB
- Voor- en nadelen van CFD





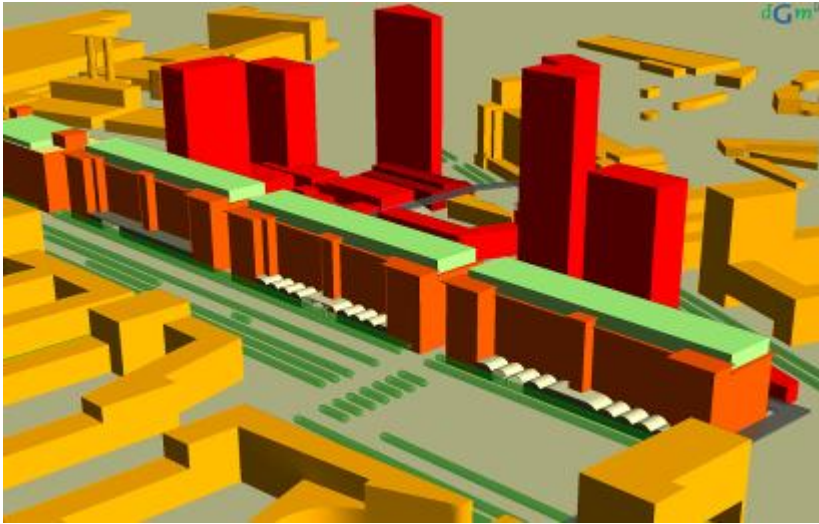
# CFD inleiding

## Computational Fluid Dynamics

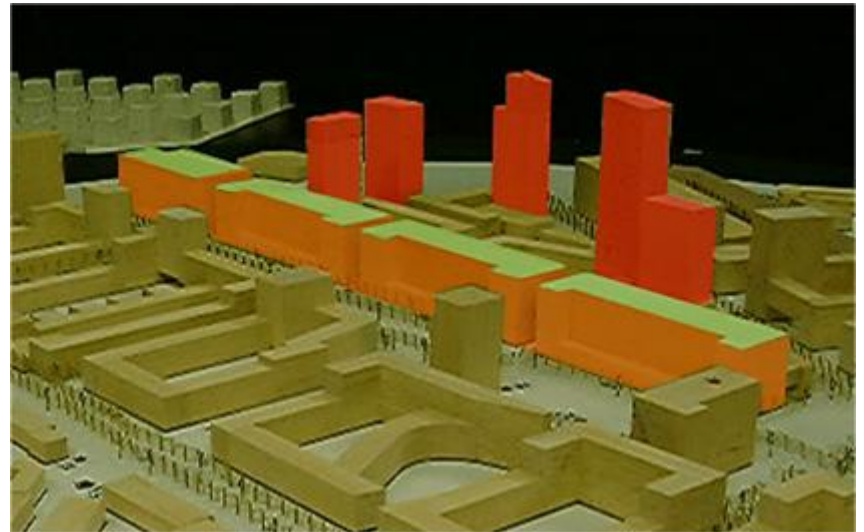
- Berekenen van stroming en verspreiding van luchtvervuilende stoffen in 3D.
- Ten bate van concentratie berekeningen nog in ontwikkeling

# De windtunnel

digitaal



analoog





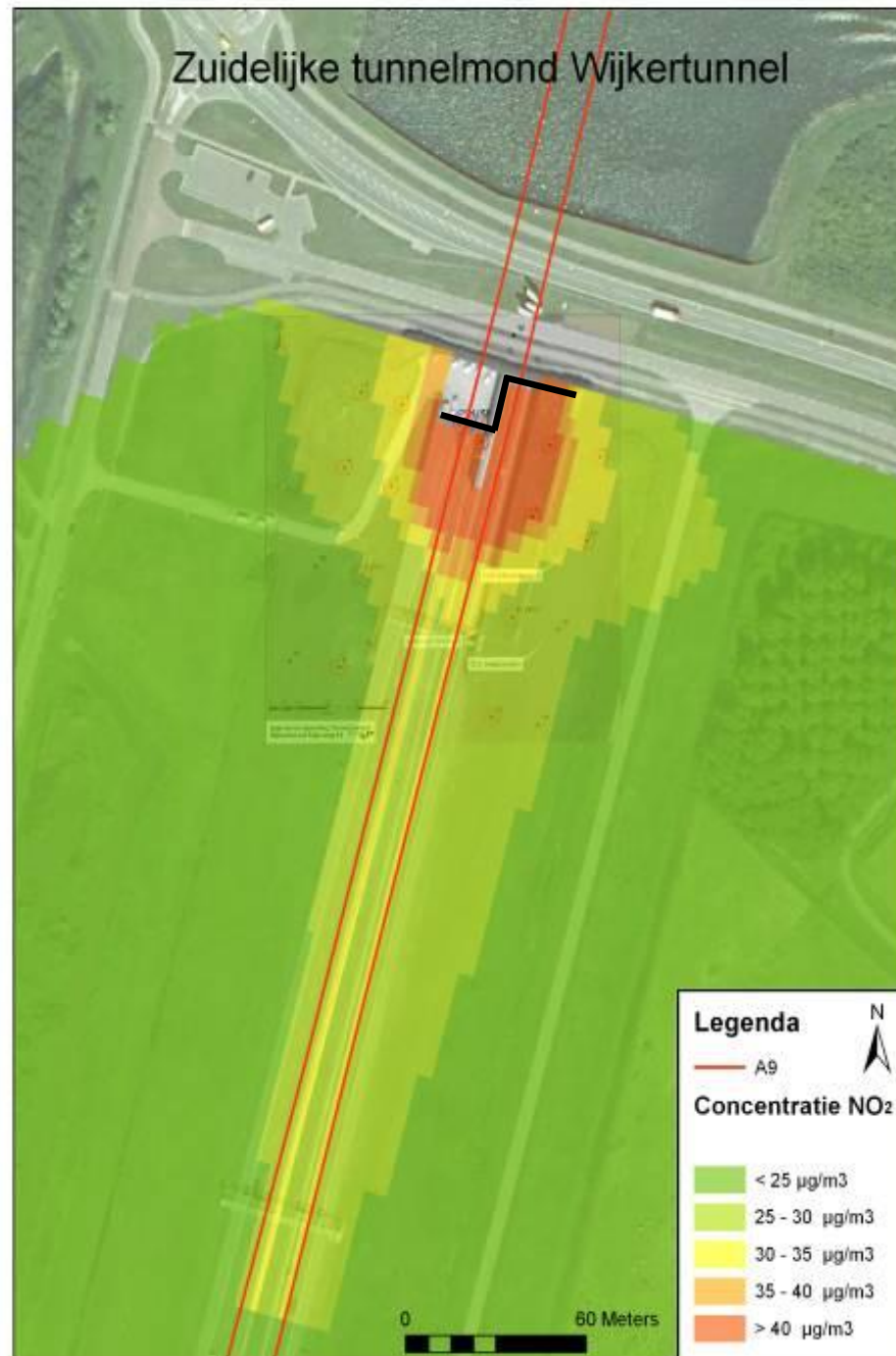
# COB onderzoek

Binnen het COB onderzoek heeft ARCADIS CFD berekeningen (WinMISKAM) uitgevoerd naar de tunnelmonden A4 Delft-Schiedam en de Wijkertunnel.

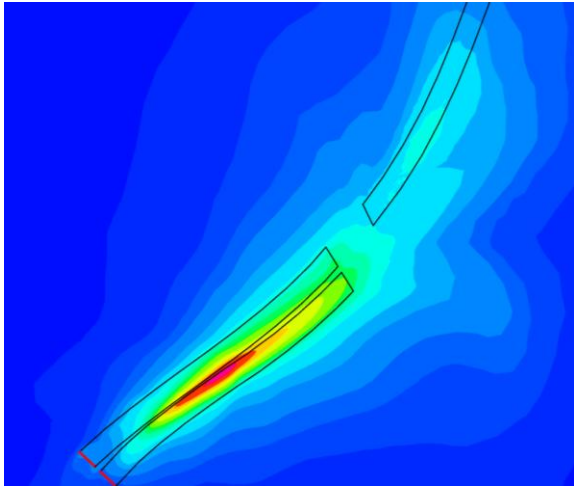
De resultaten van de CFD berekeningen zijn vergeleken met de gemeten waarden in de windtunnel (A4 Delft-Schiedam) en die van de veldmeting (Wijkertunnel)

## Wijkertunnel in COB onderzoek

- In vergelijking met de windtunnelmeting (A4 Delft Schiedam) en de veldmeting (Wijkertunnel), zijn de concentraties dicht bij de tunnelmonden vrij hoog en nemen zij op verdere afstand snel af.
- Mogelijke verklaring: WinMISKAM heeft niet de mogelijkheid om de 'jetwerking' te simuleren.



Emissies komen door de zuigende en duwende werking van het verkeer niet direct bij de tunnelmonden vrij.



## • Jetwerking

- WinMISKAM kent geen mogelijkheid om horizontale snelheid aan emissies mee te geven.
- DGMR heeft met een ander CFD-pakket (Ansys CFX) aangetoond dat het wel of niet meenemen van deze jetwerking een significant verschil geeft in de concentraties (A2-tunnel in Maastricht).



# Voordelen en valkuilen van CFD

- WinMiskam
- Ansys Fluent
- Ansys CFX
- Fluidyn

# Voordelen van de “digitale windtunnel”

- De vrije beschikbaarheid van CFD zorgt voor een potentiële toename van capaciteit, terwijl er maar enkele windtunnels zijn
- CFD geeft overal resultaat, de windtunnel alleen op gekozen meetpunten
- CFD geeft het gehele 3D-stromingspatroon waardoor de uitkomsten beter te begrijpen zijn.
- Met CFD kunnen ook thermische en chemische processen berekend worden. Een voorbeeld hierbij is de absorptie van  $\text{NO}_x$  met behulp van titaniumoxide
- Schaalproblemen bij de windtunnel en niet bij CFD: stromingen door openingen kunnen niet kleiner zijn dan ca. 3 meter; ook is er een grens aan domeingrootte

Een aantal  
voorbeelden  
van verschillen ten  
opzichte van de  
“analoge”  
windtunnel.

# Analoog:

een paar  
discrete  
punten

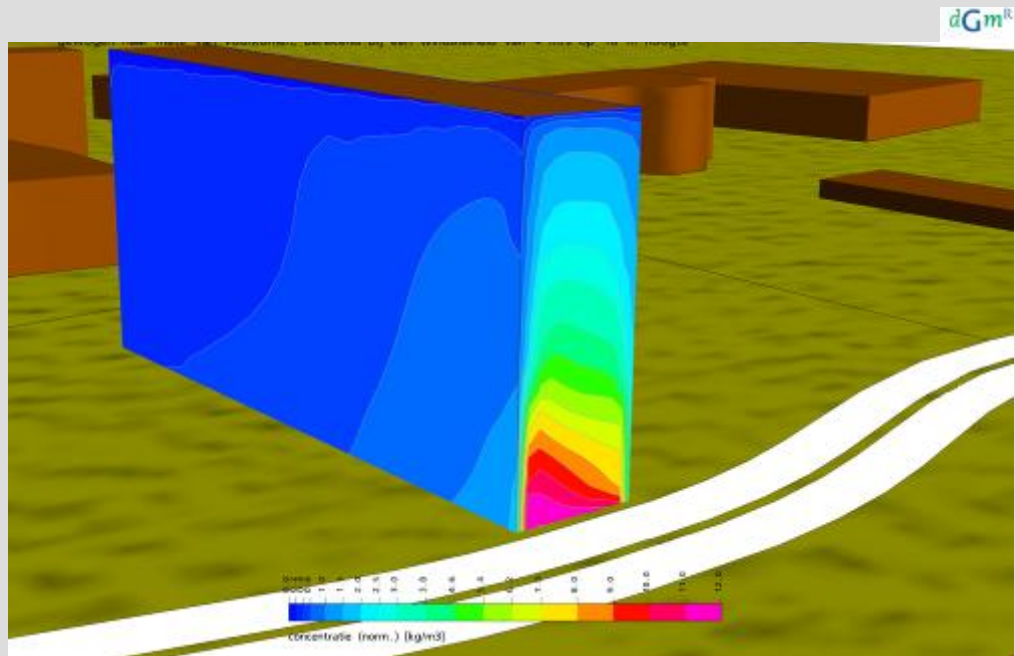
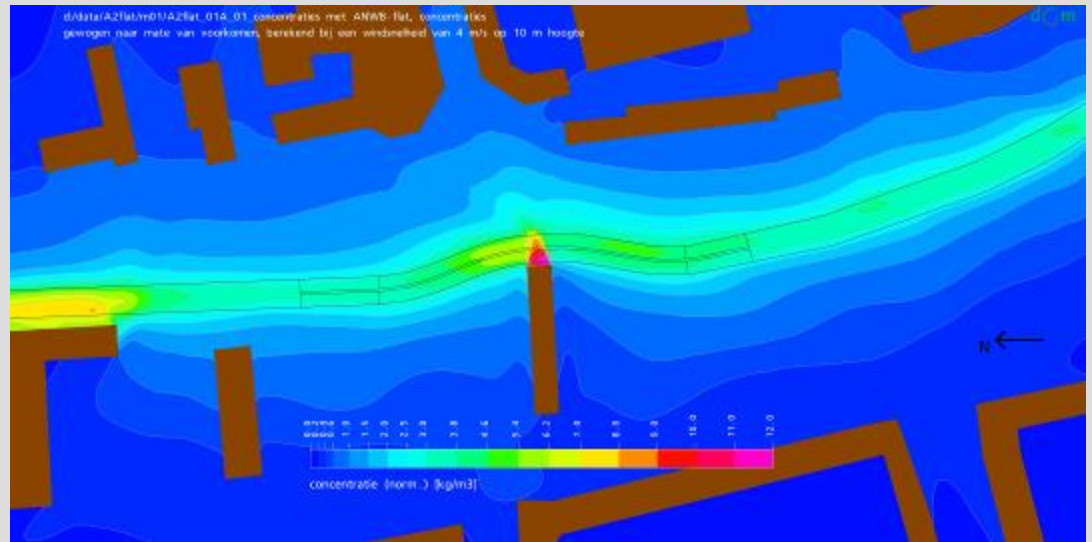


Versus digitaal:  
overall  
resultaten

horizontaal

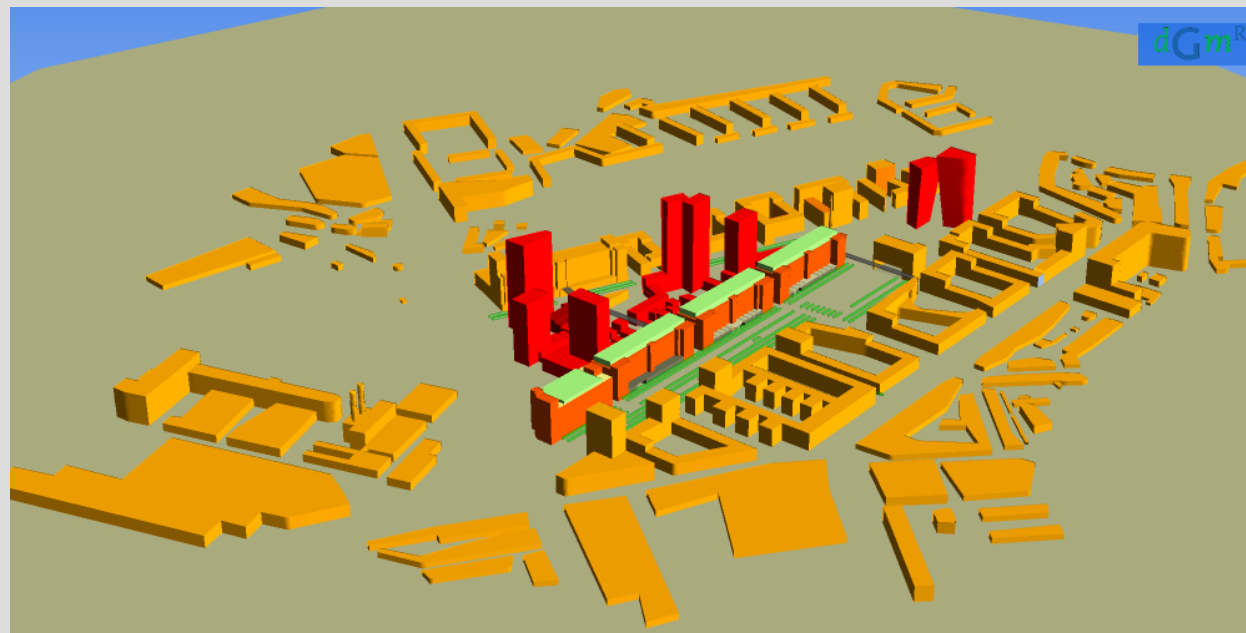
en

vertikaal



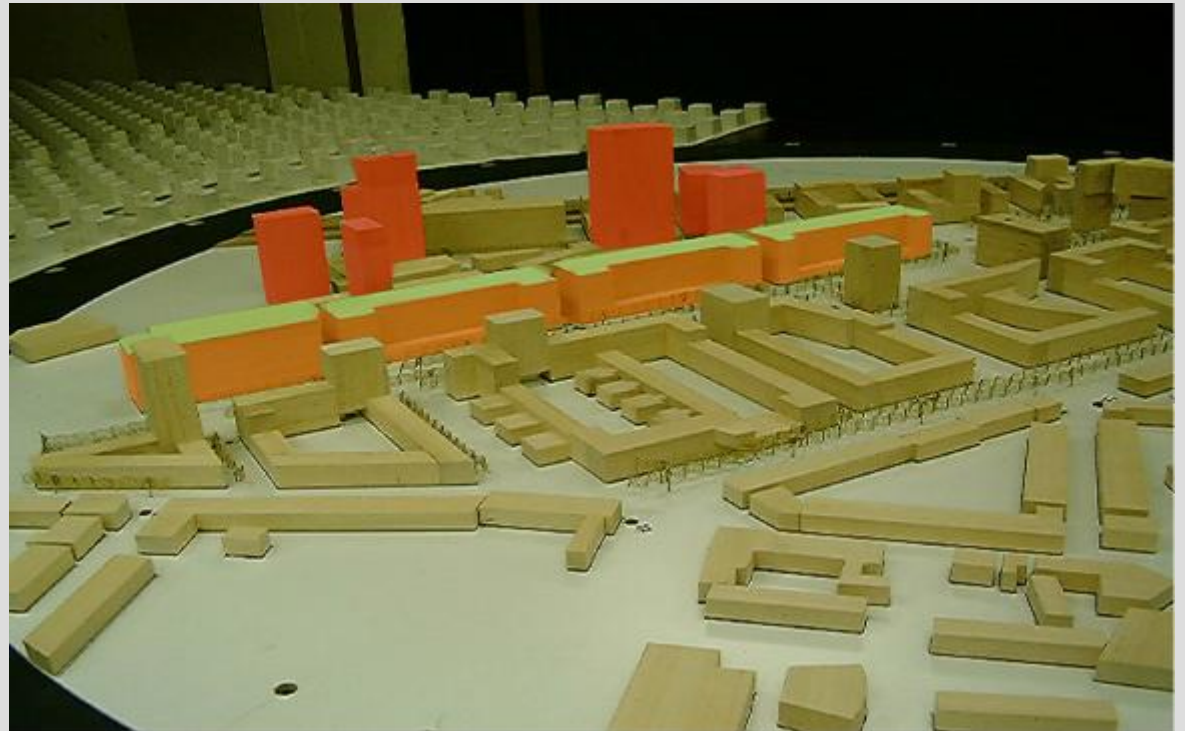
# Digitaal:

“Oneindig”  
domein



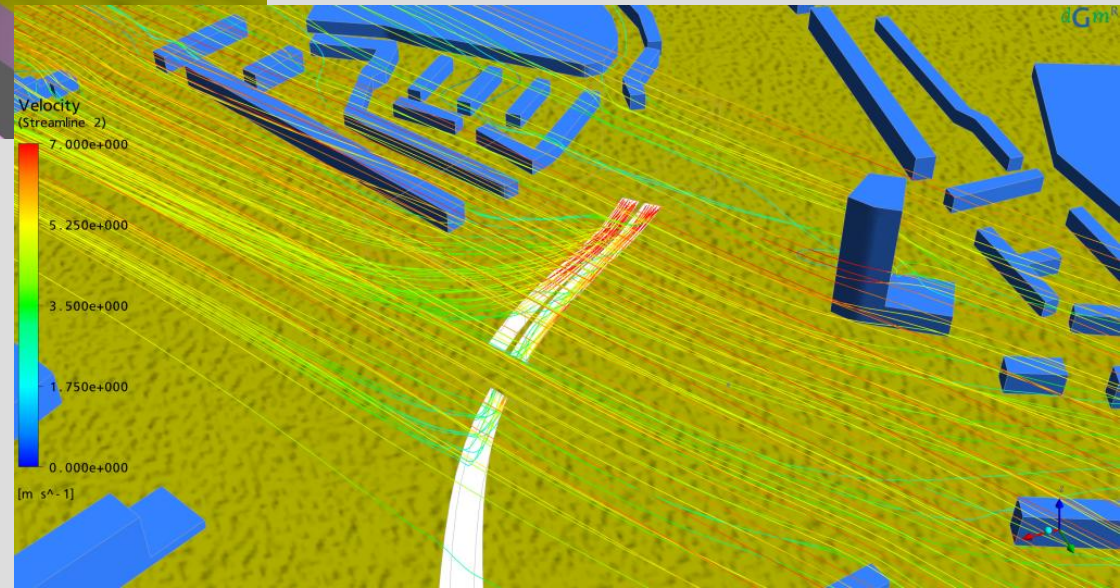
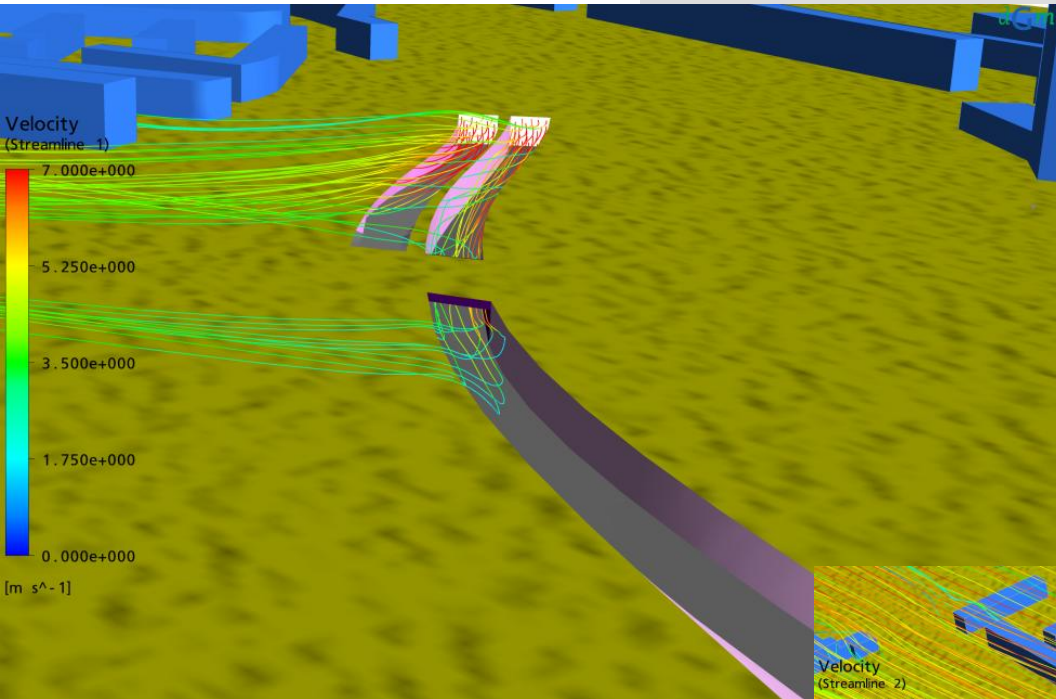
# Analoog:

Vaste grootte  
draaischijf.  
Uitbreiding  
model niet meer  
mogelijk.



# Inzicht in luchtstromingen

Invloed luchtstroom uit  
tunnelmond

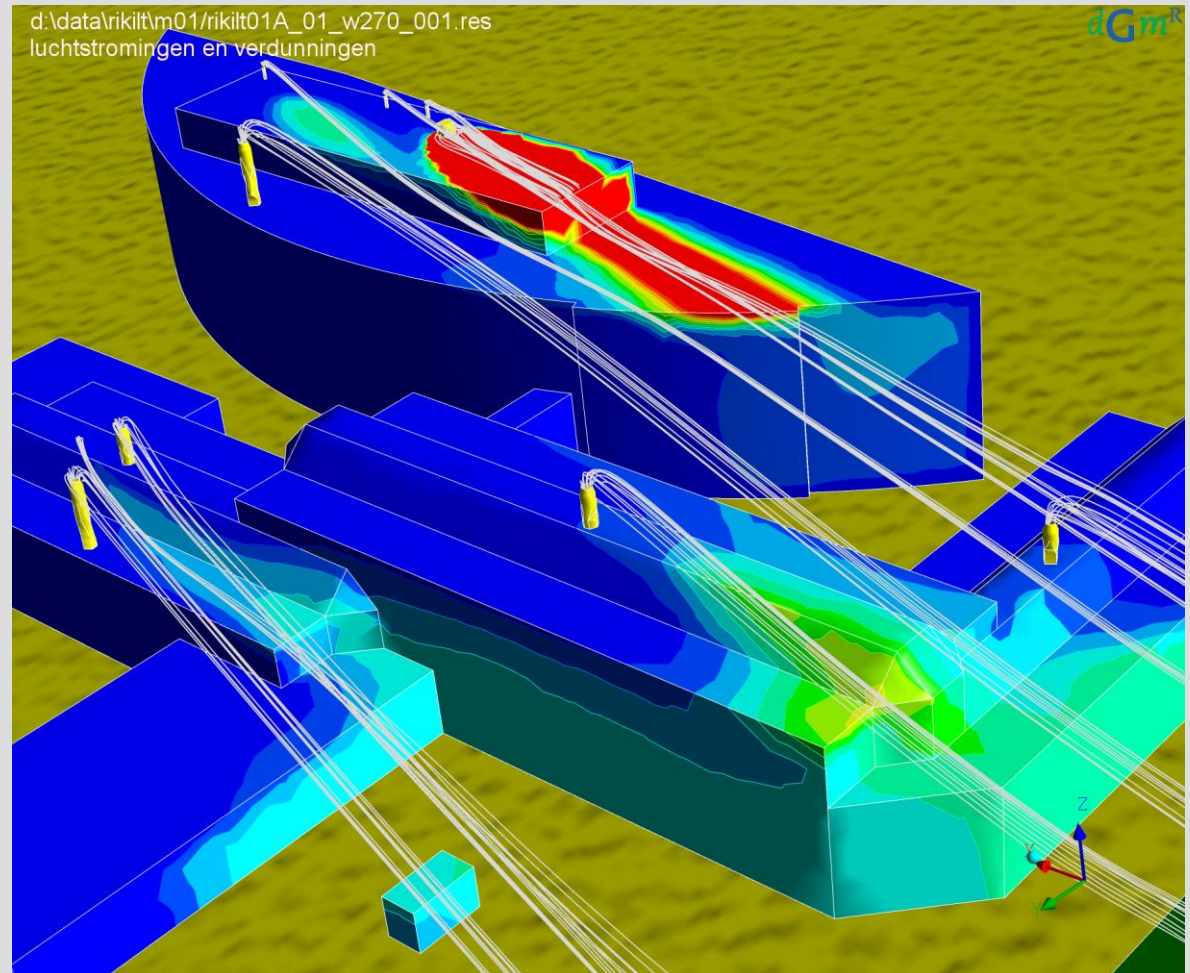


Hoe groot is  
de "worp" ?

# Inzicht in luchtstromingen

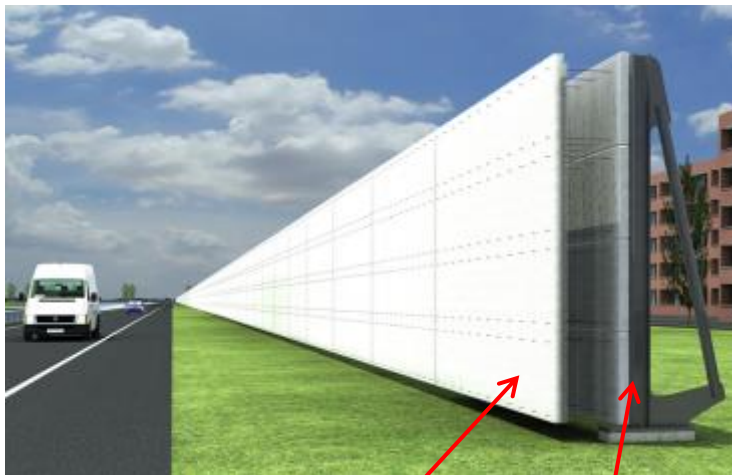
Hoe ver gaat de verspreiding ?

Zuurkasten  
op het dak



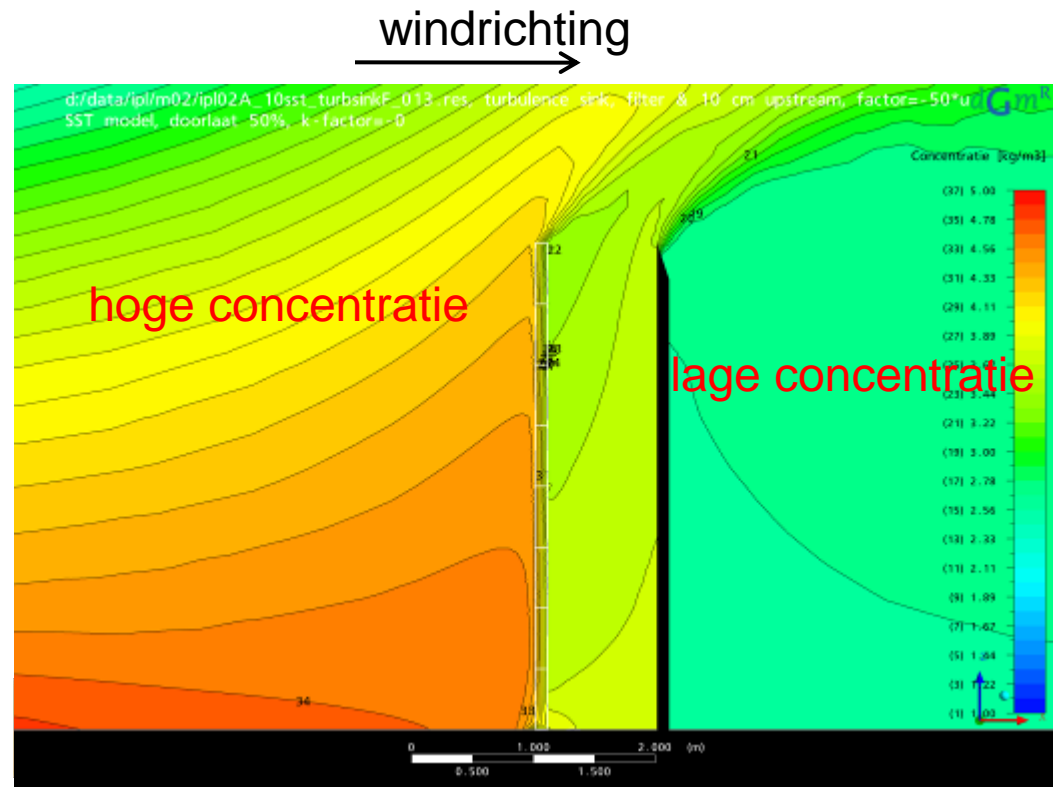
# Chemische processen

- omzetting  $\text{NO}_2$  mogelijk
- absorptie m.b.v.  $\text{TiO}$  mogelijk



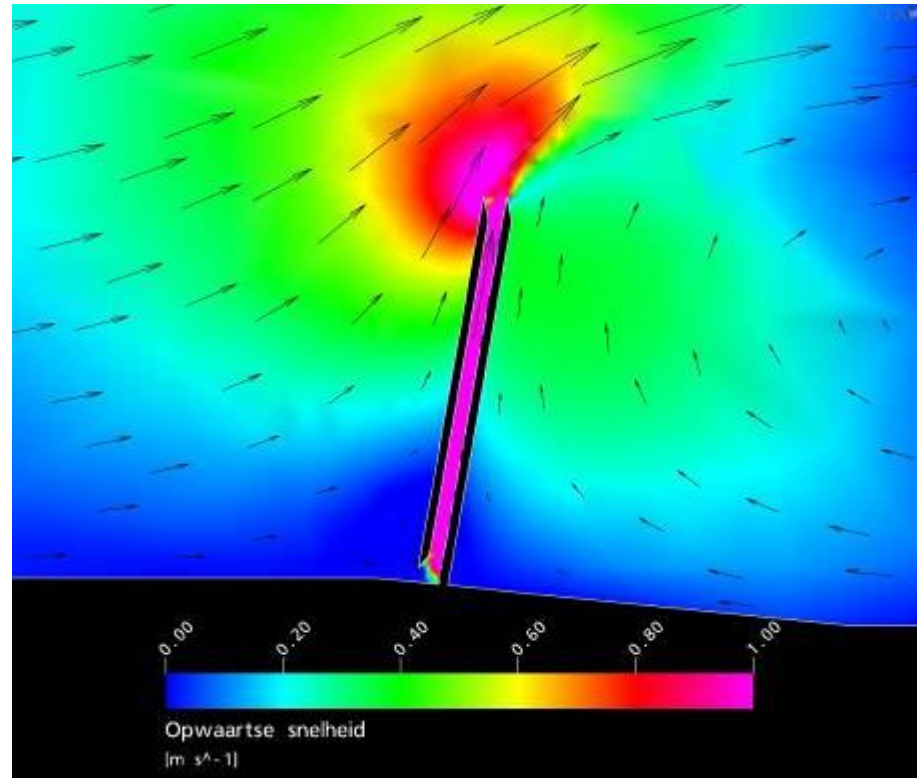
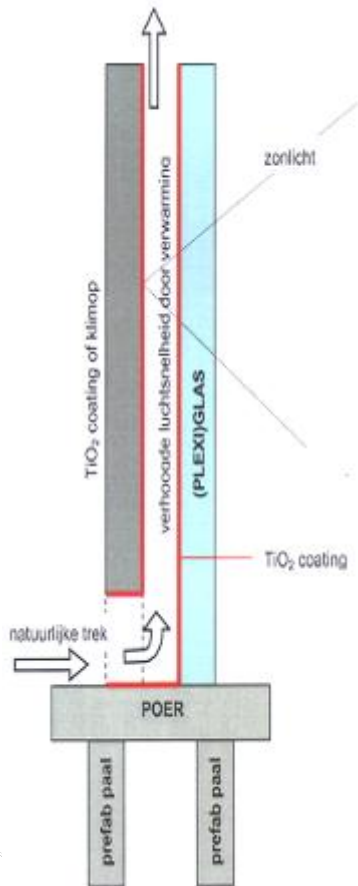
50 % doorlatend  
absorberend  
scherm

dicht  
scherm

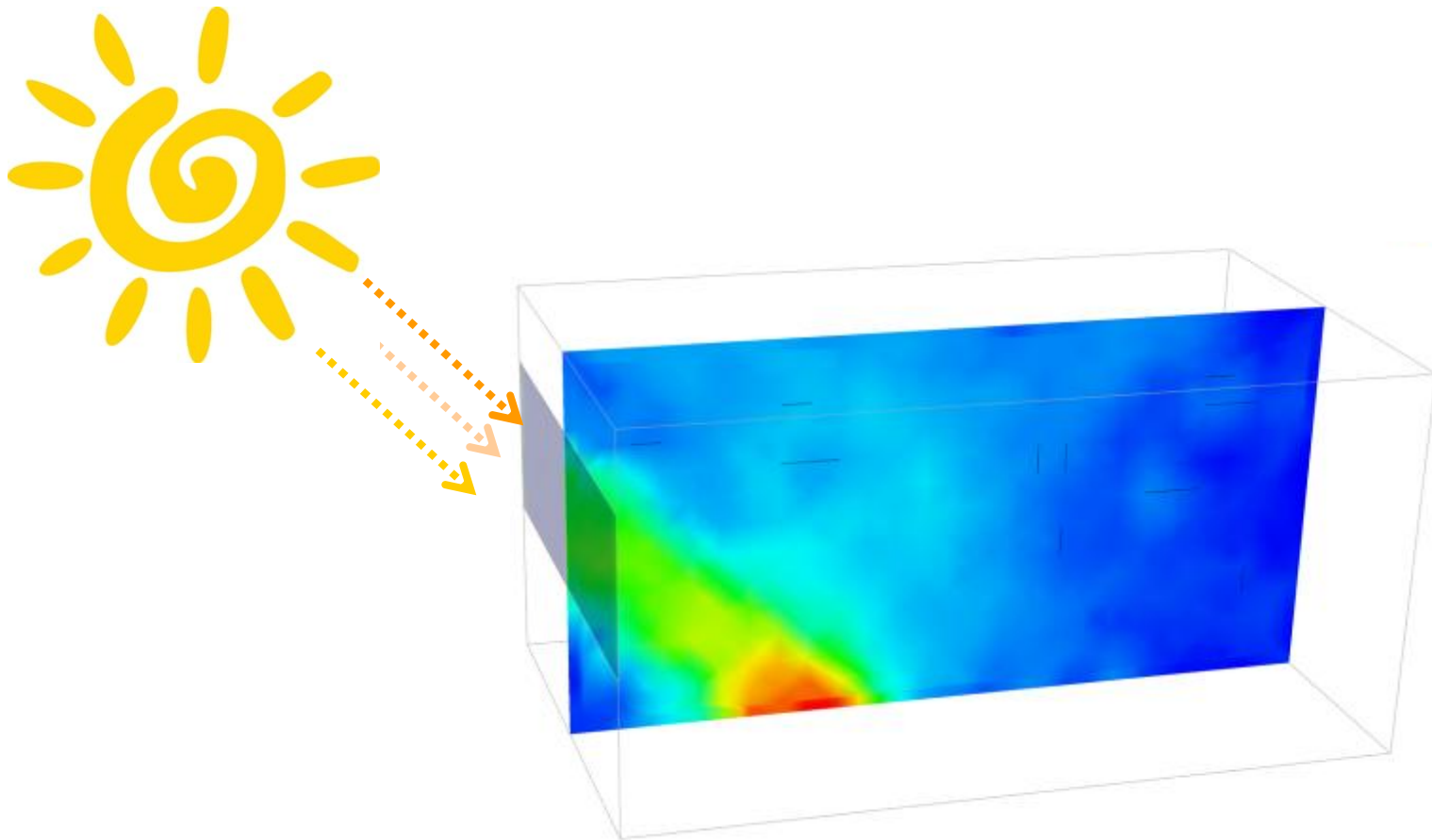


# Invloed van bijzondere schermen

- Windtunnel: schaal 1 op 250,
- details als een "dubbel" scherm,
- of een fijn raster boven tunnelmond niet mogelijk



# Thermische processen



# Nadelen van de “digitale windtunnel”

- Tijdrovend: geometrie opzetten, grid maken, rekenprocedures
- Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid: resultaten hangen sterk af van keuze ten aanzien van geometrie, grid, numerieke methoden
- beschikbaarheid -> wildgroei. Wie doet het goed ?
- modellering gebouwen versus randen van tunnel
- windprofiel moet goed zijn. Niet altijd evident.
- mesh/grid: Voldoende resolutie is noodzakelijk
- keuze turbulentie-model: beïnvloedt resultaten

# CFD als aanvulling op de windtunnel

- Windtunnel als validatie van CFD
- Deelstudies in windtunnel t.b.v. “fine-tuning” CFD (turbulentiemodellering, wandruwheid.
- Vanwege rekentijden in CFD kan de windtunnel gebruikt worden voor gevoeligheidsstudies waar het schaalmodel min of meer gelijk blijft.
- CFD weer een aanvulling op windtunnel bij grote wijzigingen schaalmodel.



# Het vakgebied verandert constant

- Betere modellen
- Betere hardware
- “Morgen” doen we het beter.
  - Soms een voordeel
  - Soms een nadeel, want....
- Standaard methode is gewenst.

Bedankt voor uw aandacht