


Visualisering och modellering av urban luftkvalitet – påverkan av vegetation, bebyggelsestruktur och trafikemissioner

Håkan Pleijel, Biologi och miljövetenskap, Göteborgs universitet



CityAirSim - Visualisering och
modellering av urban luftkvalitet -
påverkan av vegetation,
bebyggelsestruktur och trafikemissioner



CityAirSim – struktur och syfte

WP1 – *Koordinering och integration* (Håkan Pleijel, GU)

WP2 – *Urban vegetation och luftkvalitet, processer* (Jenny Lindén, IVL)

WP3 – *Utveckling av luftkvalitetsmodell* (Malin Gustafsson, IVL)

WP4 – *Visualisering av urban luftkvalitet* (Beata Stahre Wästberg, Chalmers)

WP5 – *Implementering – skolor och stadsplanerare* (Thommy Eriksson, Chalmers)

Syftet med projektet är att skapa verktyg för att identifiera, visualisera och kommunicera åtgärder för god urban luftkvalitet med hänsyn till vegetation, bebyggelse och utsläpp från trafik.



CHALMERS



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Swedish Environmental
Research Institute



HÖGSKOLAN VÄST



TYRÉNS



DIGITAL TWIN
CITIES CENTRE



CENTRE FOR SUSTAINABLE URBAN FUTURES



Bild lånad från "Vision om Göteborg 2070" av MTR, Skanska, Sweco, Volvo Cars och Volvokoncernen

Hur kan vi bygga tätt och grönt med god luftkvalitet?

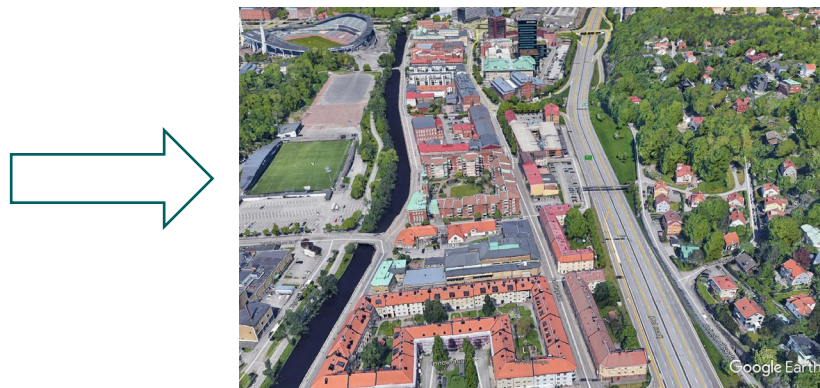
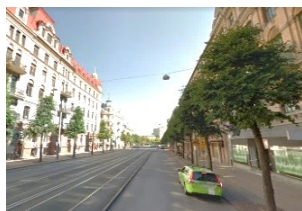
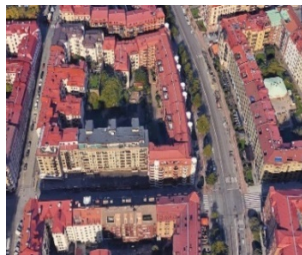
- Tät bebyggelse innebär mer aktivitet
→ ofta mer utsläpp
- Tät bebyggelse och vegetation minskar luftgenomströmning i gaturummen
→ mindre ventilation, högre halter

Viktigt att inkludera luftkvaliteten i stadsutvecklingsprocessen!



Hur påverkas luftkvaliteten av:

- Olika utformning på bebyggelse?
- Olika typ av vegetation?
- Olika utsläpp?
- Olika vindriktningar?

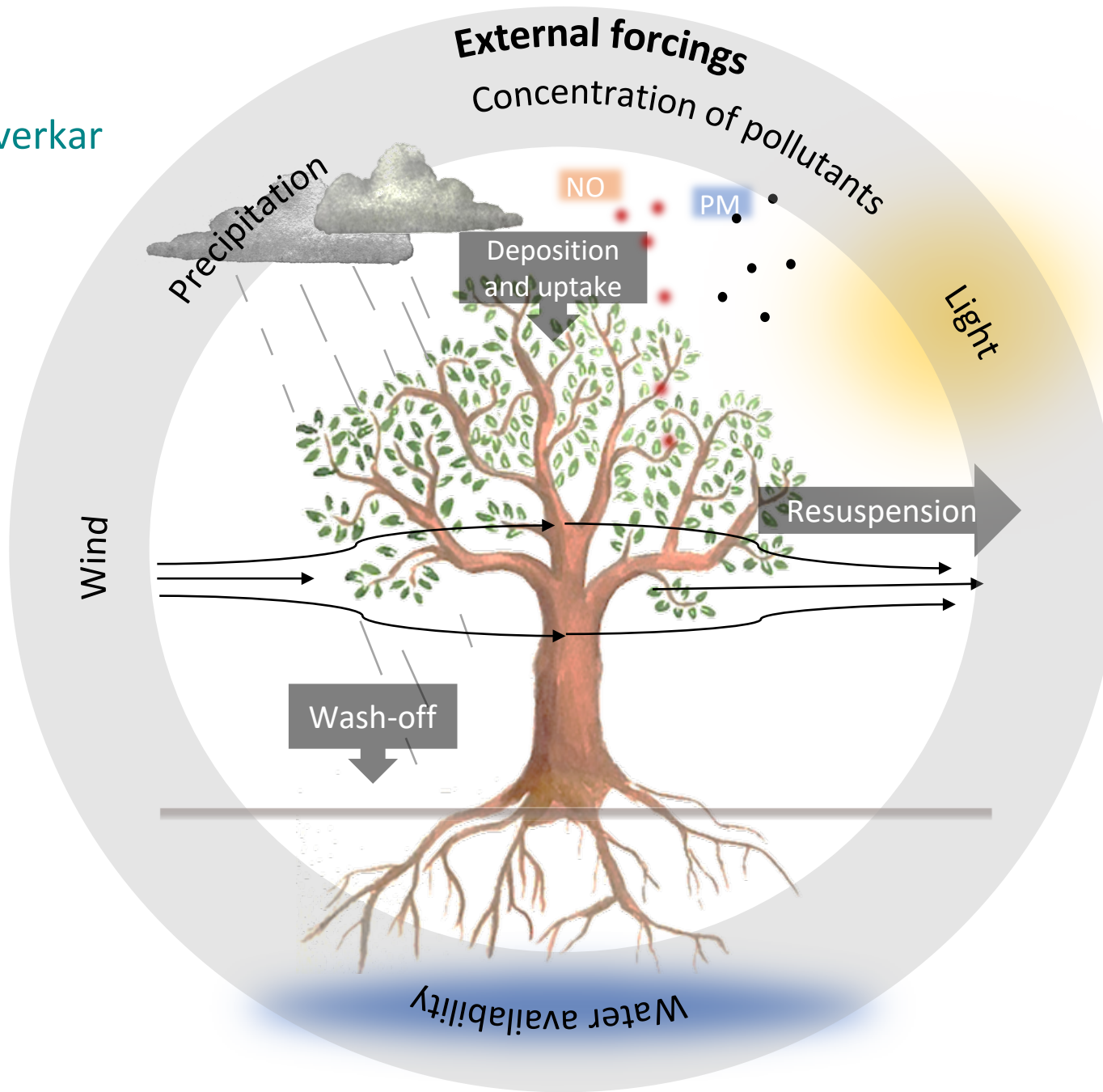


Hur kan dessa kombineras för bästa effekt?



Yttre faktorer som påverkar depositionen:

- Halter i luft
- Meteorologi
 - Vind
 - Regn
 - Solljus/vattentillgång

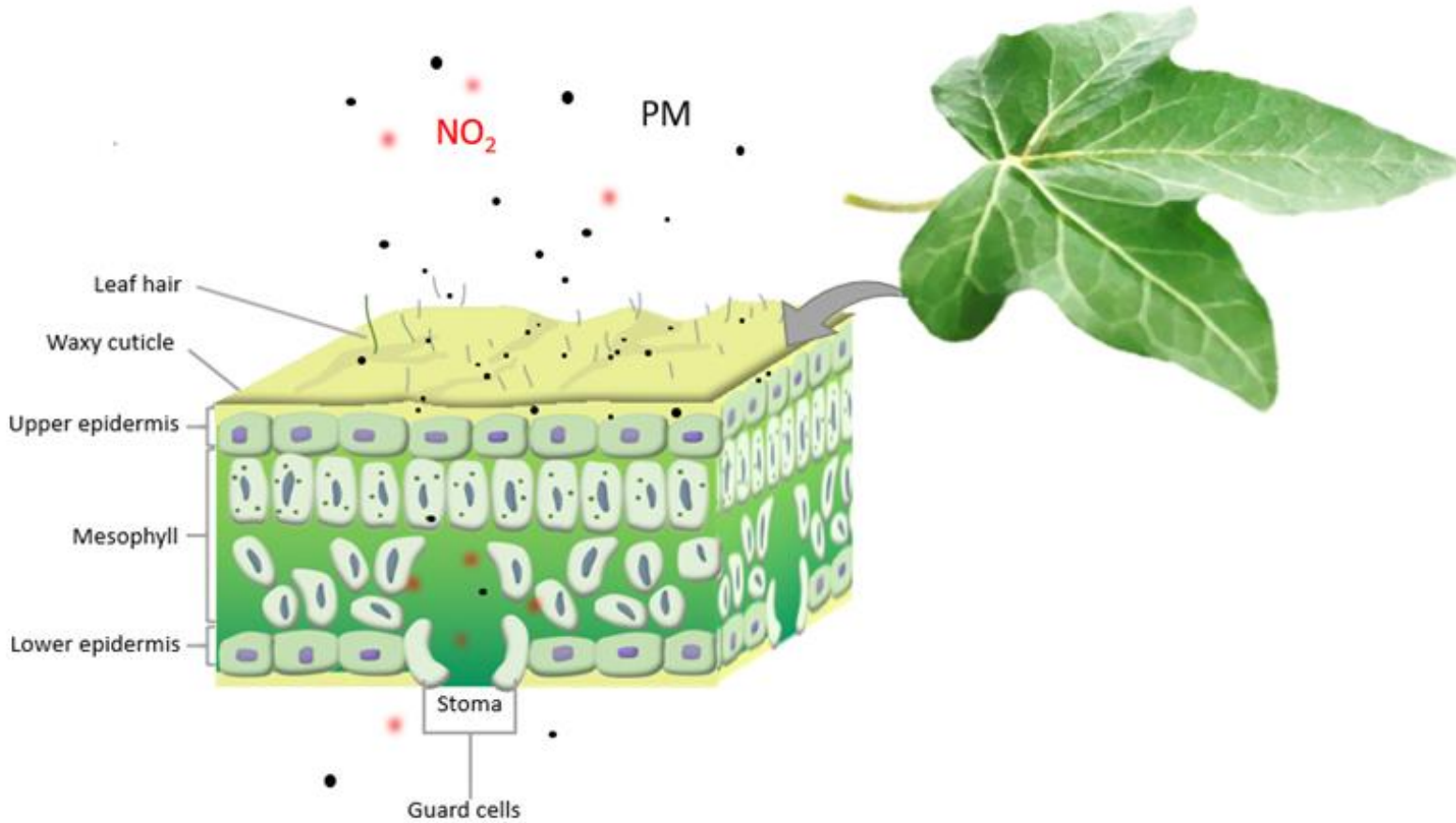


Vegetationsspecifika faktorer som påverkar depositionen:

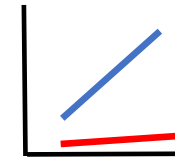
- Täthet och komplexitet hos gren- och lövverk
- Bladegenskaper



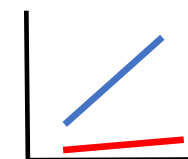
Bladegenskaper:



Hårighet/
skrovlighet

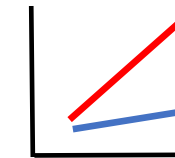


Vaxighet

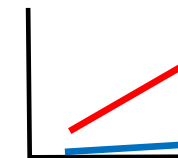


PM
NO₂

Stomata-
konduktans



Vävnadslagrings-
kapacitet



PM storleksberoende



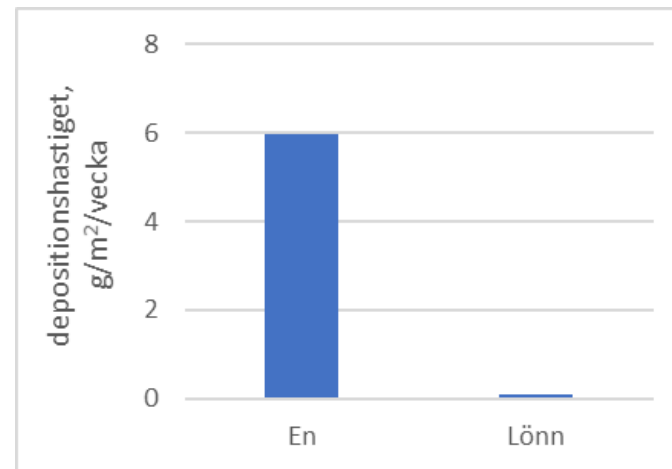
Depositionen kan ha stor påverkan på luftkvaliteten beroende på vegetationens egenskaper!



Bild från www.goodfreephotos.com



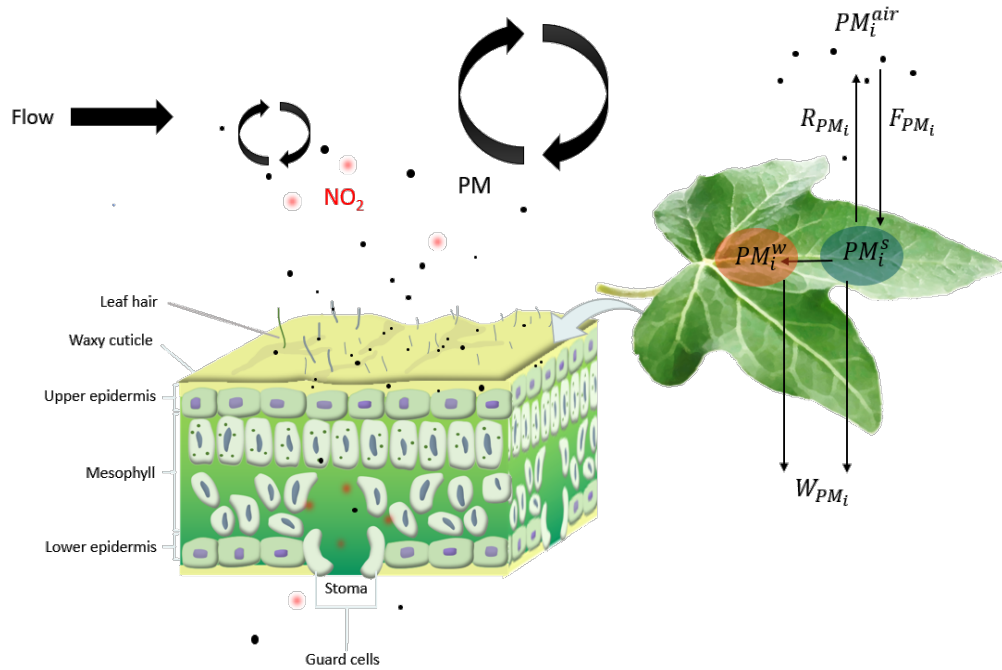
Bild från [wikipedia](https://www.wikipedia.org)



Data från: Cai, M., Xin, Z. and Yu, X., 2017. Spatio-temporal variations in PM leaf deposition: A meta-analysis. *Environmental Pollution*, 231: 207-218.



Vegetationsmodellen



Ekvationer

$$\frac{dPM_i^s}{dt} = F_{PM,i}S_s - W_{PM,i} - \beta_{PM,i} + \left(F_{PM,i}S_s - F_{PM,i}S_s \left(1 - \frac{PM_i^w}{PM_{i,max}^w} \right) \right)$$

$$\frac{dPM_i^w}{dt} = F_{PM,i}S_w \left(1 - \frac{PM_i^w}{PM_{i,max}^w} \right) - W_{PM,i} - \beta_{PM,i} - R_i$$

$$F_{PM,i} = C_{PM,i}V_d PM_i$$

$$V_d = \frac{V_s}{1 - e^{-\left\{ V_s \left[r_{a+1} / \left(\frac{1}{r_{ab}} + \frac{1}{r_{ii}} + \frac{1}{r_i + r_{ti}} \right) \right] \right\}}}$$

$$C_c = 1 + \frac{\delta}{a_p} \left(2.514 + 0.8e^{-\frac{0.55d_p}{\delta}} \right)$$

$$r_{ab} = \frac{\mu_* S_c}{V_s} \mu_*^{-2/3} \quad \mu_* = \frac{k\mu_z}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

$$S_t = \frac{V_s \mu_*^2}{g V_a} \quad r_{ti} = \frac{\mu_* m_+}{1}$$

$$r_a = \frac{1}{k\mu_*} \left(\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \varphi_h \right)$$

$$\varphi_h = -5 \frac{z}{L} \quad \text{when } \frac{z}{L} > 0 \quad (\text{stable atmospheric conditions})$$

$$\varphi_h = e^{\left\{ 0.598 + 0.390 \ln\left(-\frac{z}{L}\right) - 0.09 \left[\ln\left(-\frac{z}{L}\right) \right]^2 \right\}} \quad \text{when } \frac{z}{L} < 0 \quad (\text{unstable atmospheric conditions})$$

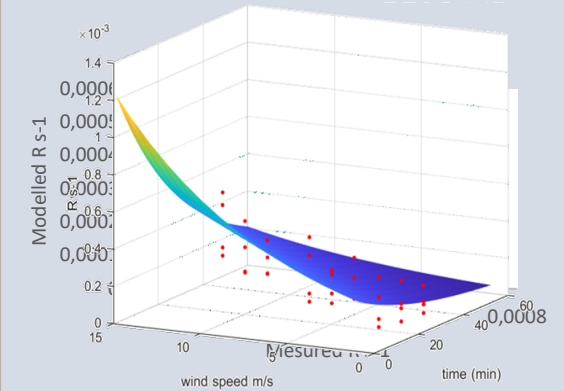
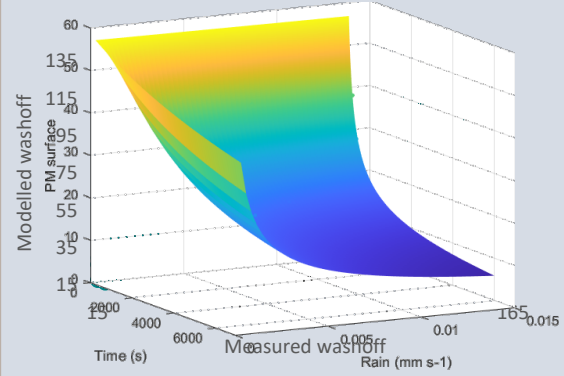
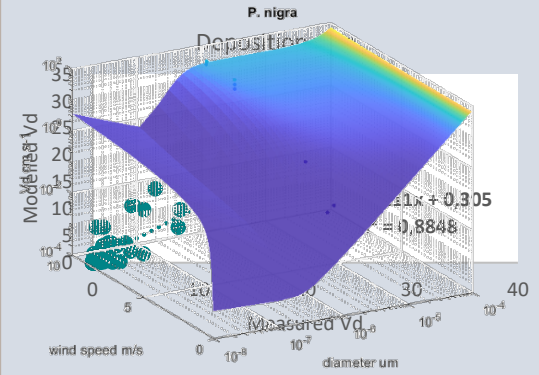
$$r_{ii} = \frac{1}{\mu_* \left(\frac{S_t^2}{S_t^2 + 1} \right)}$$

$$W = \frac{R_{hast}}{R_{max}} PM_s \left(\frac{PM_s}{2PM_{s,max}} \right)^2$$

$$u_c^* = \left[\frac{M_{ad} C_c}{\pi \rho \gamma d_p^3 \left(\frac{3}{4} f_D (1 + 0.15 Re_p^{0.678}) \right)} \right]^{-1/2}$$

$$M_{ad} = \frac{(3\pi)^4}{8} \left(\frac{d_p^5 W_A^4}{K} \right) \exp\left(-\frac{2.4}{\Delta_c^2}\right)$$

$$V_s = \frac{d_p^2 g (\rho_a - \rho_w) C_c}{18\mu_a}$$



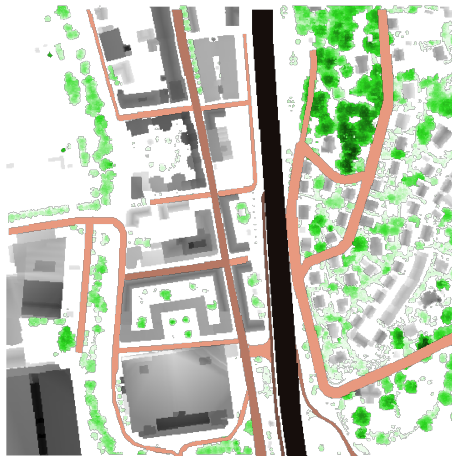
Utvärdera mera!



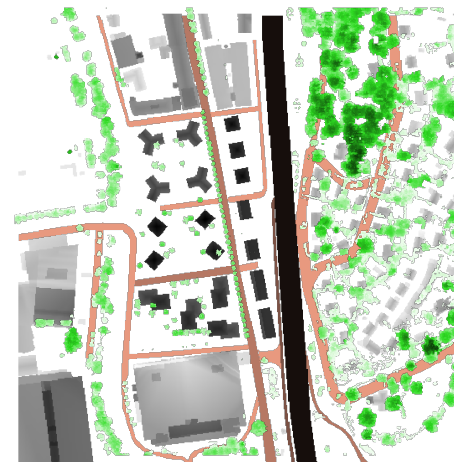
Hur påverkas luftkvaliteten av:

- Olika utformning på bebyggelse
 - 4 byggnads scenarier
- Olika typ av vegetation
 - Rad av träd
 - Olika täthet
 - Grönväggar
- Olika utsläpp
 - Nutidsscenario
 - Framtidsscenario
- Olika meteorologi
 - Vindriktning
 - Vindhastighet
 - Omblandningshöjd

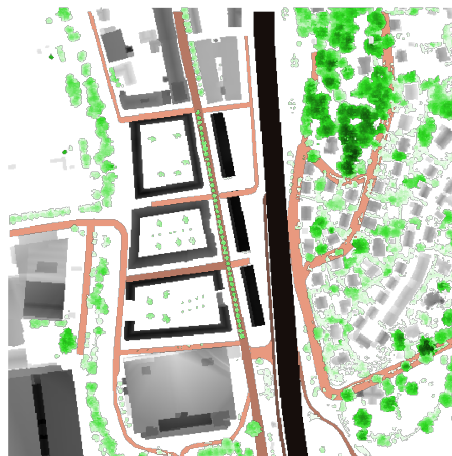
1. Nutid



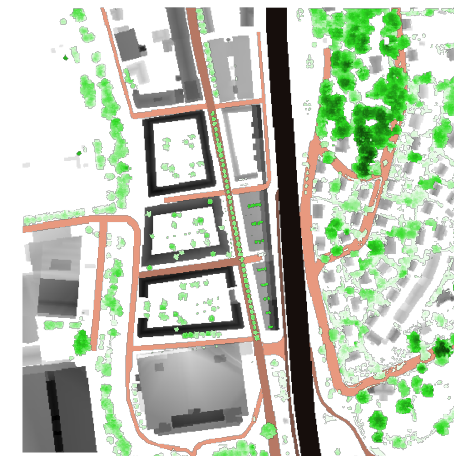
2. Punkthus



3. Gårdshus och lamellhus



4. Gårdshus och blockerande hus mot E6





Byggnadsscenarioer

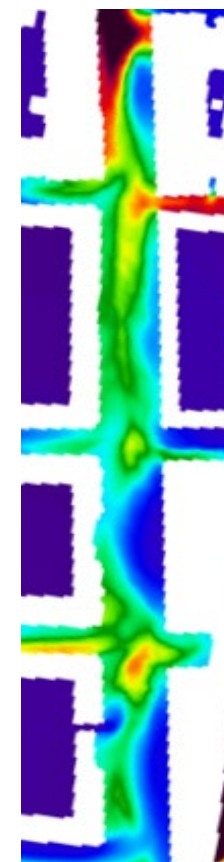
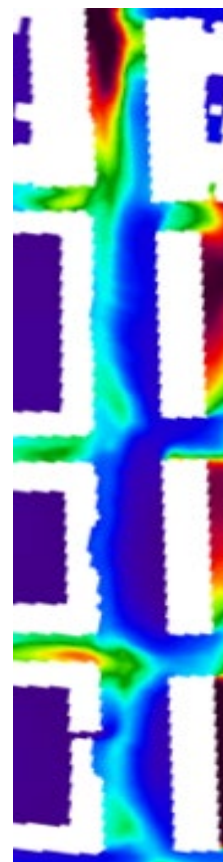
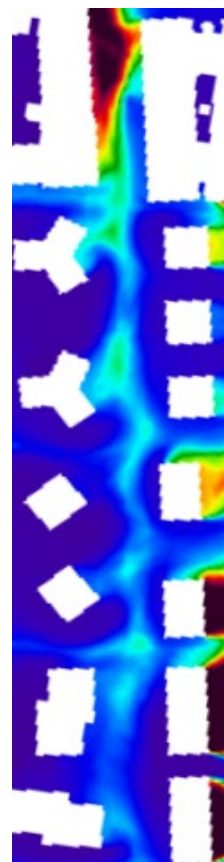
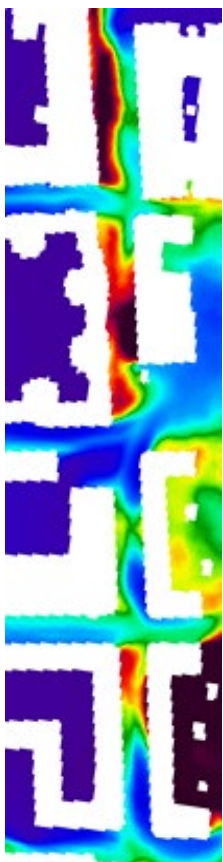
- Fabrikgatan

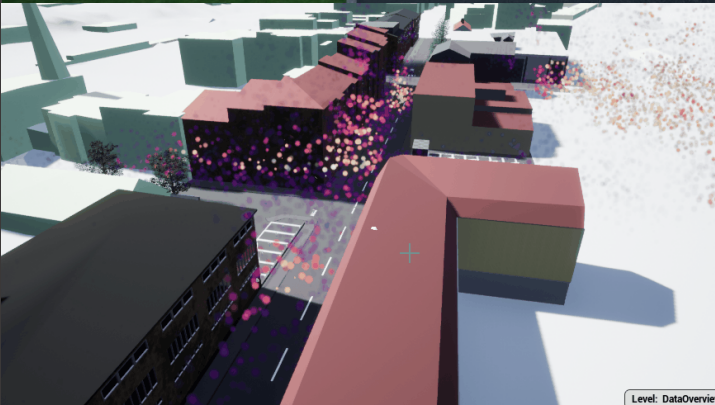
Scenario 1

2

3

4





Arbetspaket 4: Visualisering av luftkvalitet i stadsmiljö

Utveckla metoder för att visualisera resultat från WP 3:

- Designkoncept för visualisering av scenarier i en interaktiv stadsmodell
- Prototyp till utbildningsverktyg för VR och desktop

Utförande:

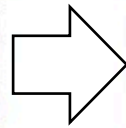
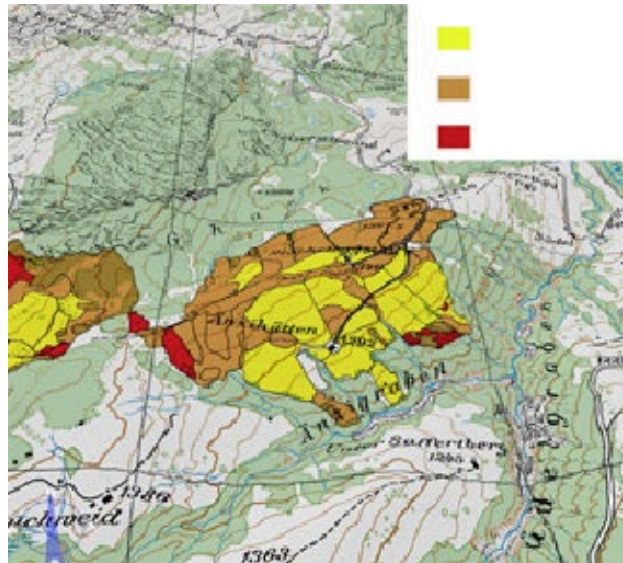
- Modellering av data – stadsmodell i 2 versioner: för VR och desktop
- Representation av data – koncept för visualisering av luftkvalitet
- Genomförande av användarstudie för slutlig testversion

Mål:

- En prototyp (testversion)

Forskningsfrågor

- Hur kan vi representera osynliga parametrar som miljödata på ett begripligt sätt i en stadsmodell / VR?
- Vad krävs av representationen i en modell för att olika målgrupper ska förstå informationen?



Hayek UW. Which is the Appropriate 3D Visualization Type for Participatory Landscape Planning Workshops? A Portfolio of Their Effectiveness. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2011;38(5):921-939.

1.



2.



3.



4.



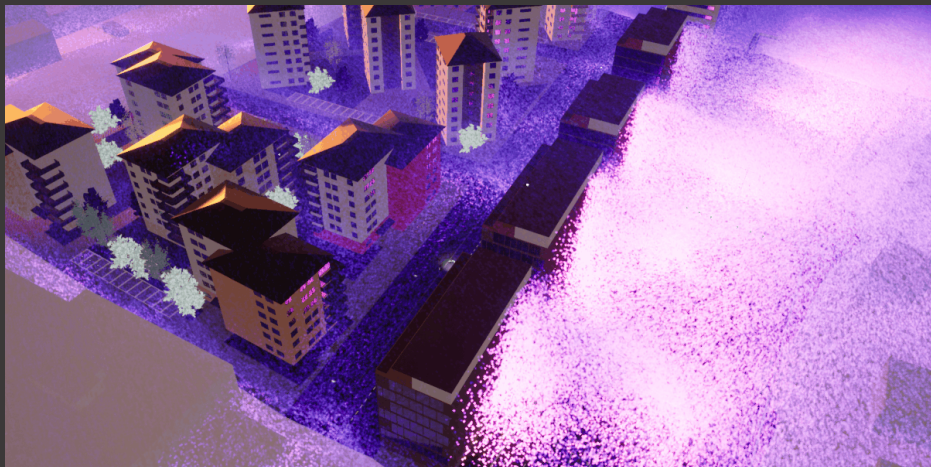
Modellering av data: Stadsmodell med olika scenarier

1. Dagens bebyggelse
2. Punkthus
3. Kvartershus
4. Barriärhus mot E6 i kombination med 2 och 3

Kombinerat med:

- Dagens gatubredd
- Bredare gata
- Vegetation:
 - Träd
 - Gröna väggar
- Utan vegetation





Representation av data: Koncept för luftvisualisering

Vad:

1. NO₂
2. Partiklar

Hur:

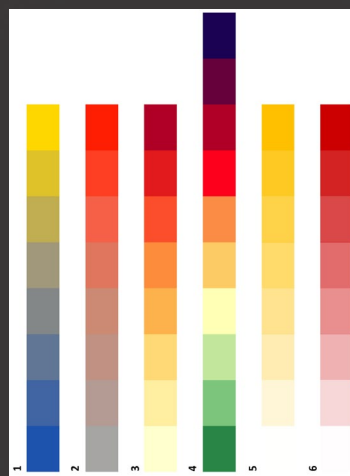
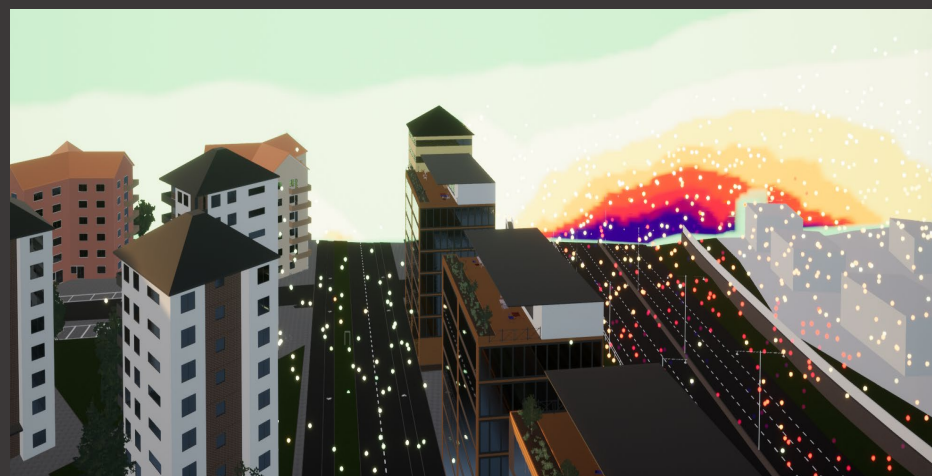
- Point cloud
- Sektionsplan med heatmap

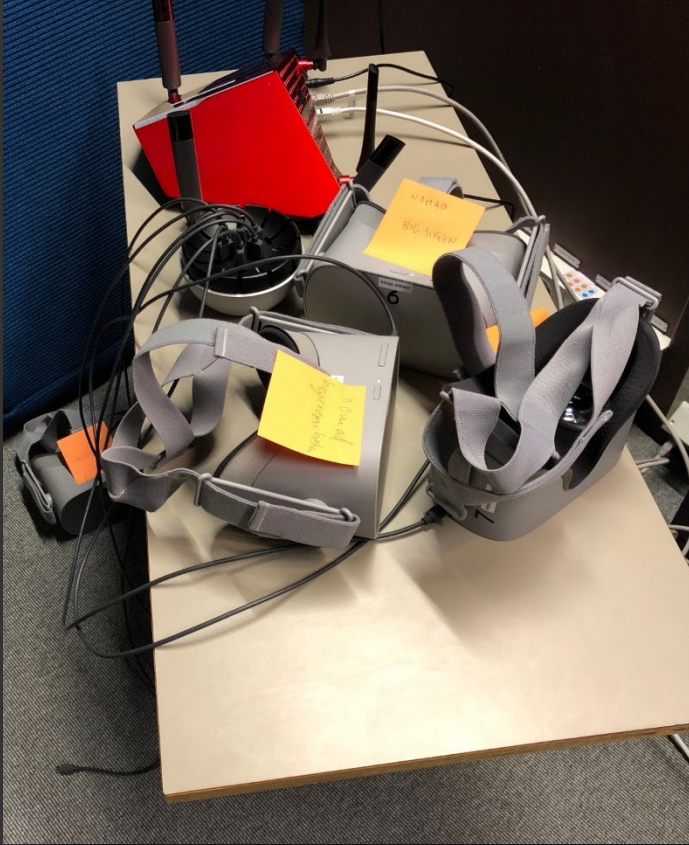
Exempel på utmaningar:

- Förståelse: Kunna tolka både i gatunivå och fågelperspektiv
- Kunna visa fler parametrar samtidigt

Undersökta attribut:

- Färgskalor
 - relation till omgivning (transparens)
 - anpassning till avvikande färgseende
- Form – densitet, mängd, skala, rörelse





Arbetspaket 5: fältstudier av läraktiviteter

Forskningsfrågor:

- Vilka fördelar och nackdelar finns det pedagogiskt med att använda en visualisering i VR i en läraktivitet?
- Hur bör en sådan läraktivitet vara uppbyggd
 - för gymnasieelever (naturvetenskapligt program)
 - för stadsplanerare
- Hur väl fungerar VR-visualiseringen för de olika målgrupperna?
- Hur väl fungerar de olika visualiseringsmetoderna vi valt?
- Vilka fördelar och nackdelar finns med de olika perspektiv vi valt?
 - gatunivå, mänsklig skala
 - uppifrån-perspektiv

Användartester

Juni 2021

Labbtester

Hitta fel att åtgärda vad gäller interaktionsdesign och visualisering

”Förstår man?”



Fälttester

Vinter 2021-2022

Etnografiska studier av autentiska läraaktiviteter vid flera gymnasiskolor. Planerat även för stadsplanerare.

”Hur förstår man?”



Vad händer nu?

- Användartester och fälttester med skolor och stadsplanerare
- Vetenskaplig publicering och presentation vid konferenser
- Populärvetenskaplig artikel
- En avslutande konferens höstterminen 2022
- Undervisningsmaterial/Guide och Applikation färdigställs
- Sörja för att det vi levererat får en framtid efter projektets avslutning
- Vi välkomnar era idéer ...



Kontakt CityAirSim

- **Håkan Pleijel** (projektledare)
Institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs universitet
hakan.pleijel@bioenv.gu.se
- **Jenny Lindén**
IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg
jenny.linden@ivl.se
- **Malin Gustafsson**
IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg
malin.gustafsson@ivl.se
- **Beata Stahre Wästberg**
Institutionen för data och informationsteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, beata.wastberg@chalmers.se
- **Thommy Eriksson**
Institutionen för data och informationsteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, thommy@chalmers.se