



Tunnels en luchtkwaliteit

Stijn Vranckx & Jorge Sousa

Hoe luchtkwaliteit evalueren nabij tunnelmonden en sleuven?

Evaluatie van maatregelen ter hoogte van tunnelportalen?

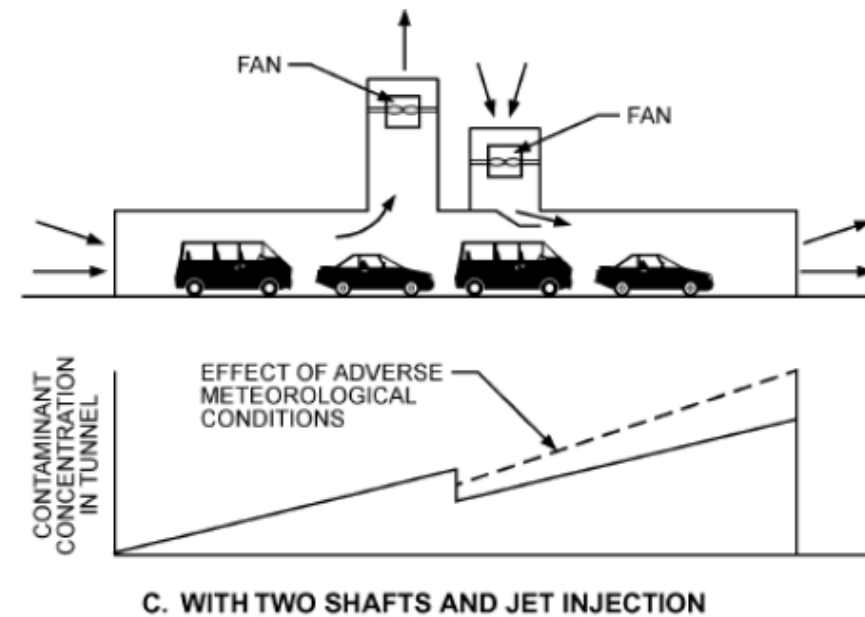
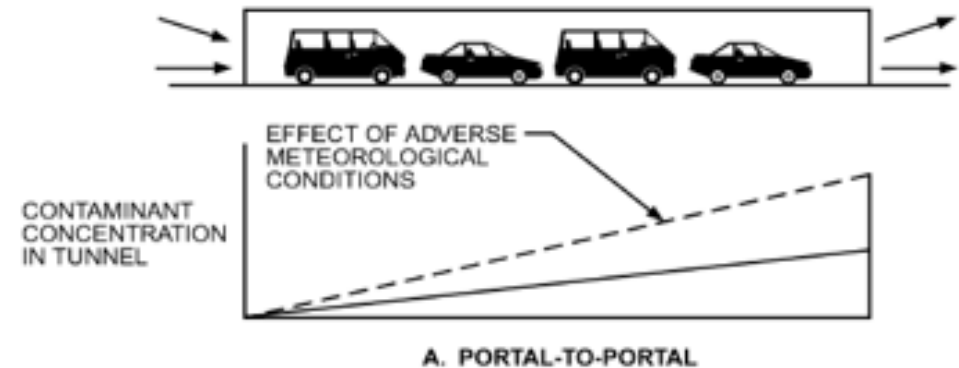




Vlaanderen
is omgeving

1D tunnelmodel

Resultaten “Onderzoek naar impact van tunnelmonden en (half-) open sleuven op luchtkwaliteit en mogelijke milderende maatregelen” – VITO & Tractebel
Engie in opdracht van Departement Omgeving, 2021



1D tunnelmodel

- Emissies aan tunnelportaal
- Concentratie-opbouw in de tunnel
- Effecten van maatregelen in tunnels

VERONDERSTELLINGEN

Tunnel karakteristiek

L	500.0	m
A	56.0	m²
D_h (hydraulic diameter)	7.2	m

$$D_h = \text{Hydraulic diameter} = \frac{4A}{P}$$

A = Cross-sectional area of the tunnel
P = Wetted perimeter of the tunnel's cross-section



2 Aantal rij banen in te geven.

	Eenheid	Verkeer	
		Normaal	Overbelast
Weg type	-	U	
Verontreinigende stof	-	NOX	
Voertuig snelheid V_v	km/h	70	10

Keuze maken: U = Urban (Stedelijk), R = Rural (Platteland), H = Highway (Autostrade)

		Normaal	Overbelast
Voertuig type 1			
Voertuig categorie	-	LV	LV
Voertuig emissie	kg/km³/Voertuig	0.000456	0.000860
	g/h/Voertuig	32.0	8.6
Gemiddelde weerstandscoefficient, C_d	-	0.35	0.35
Gemiddelde frontale oppervlakte A_Voertuig	m²	2.5	2.5
		Normaal	Overbelast

LV = Licht Verkeer (cars and vans)
ZV = Zwaar Verkeer (trucks)

Deze waarden worden automatisch voorgesteld voor LV en ZV. Het is mogelijk om andere waarden in te

Voertuig type 2			
Voertuig categorie	-	ZV	ZV
Voertuig emissie	kg/km³/Voertuig	0.001812	0.008197
	g/h/Voertuig	126.8	82.0
Gemiddelde weerstandscoefficient, C_d	-	0.9	0.9
Gemiddelde frontale oppervlakte A_Voertuig	m²	5	5
		Normaal	Overbelast

LV = Licht Verkeer (auto's en bestelwagens)

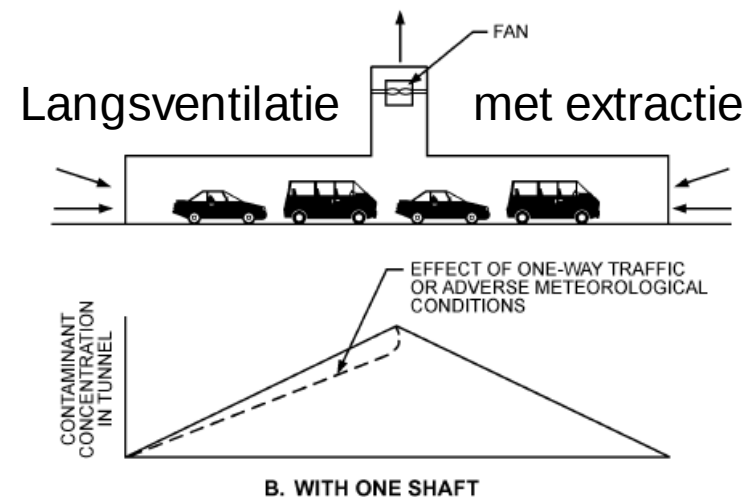
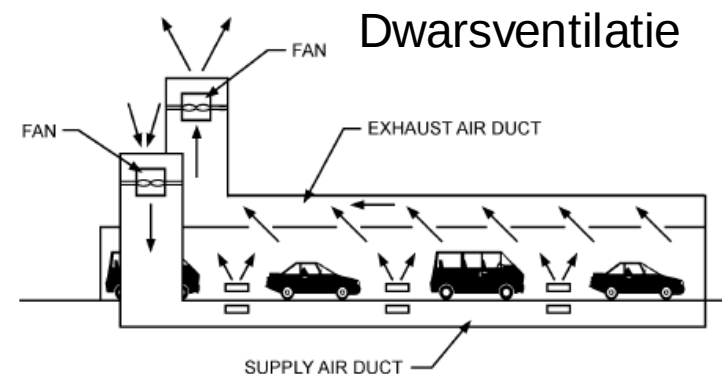
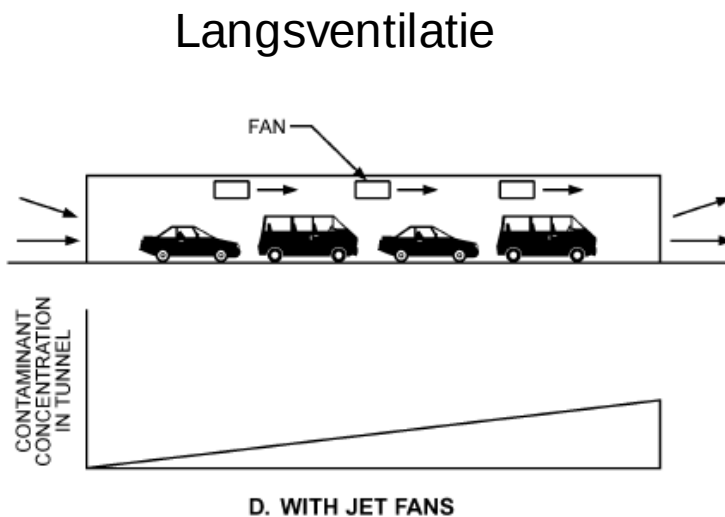
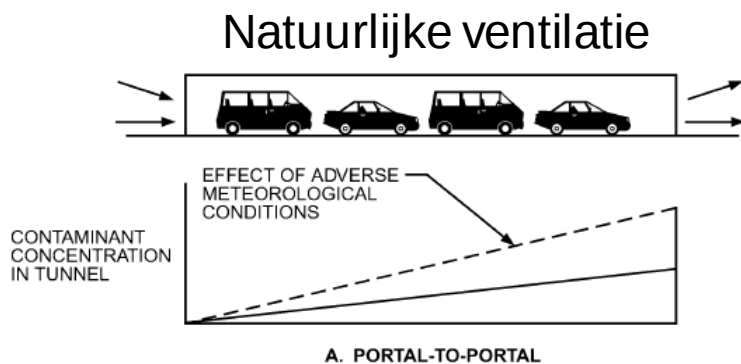
Deze waarden worden automatisch voorgesteld voor LV en ZV. Het is

Verkeersvolume			
Voertuig type 1	Voertuigen/h	4500	3500
Voertuig type 2	Voertuigen/h	550	350
Verkeer volume N	Voertuigen/h	5,050	3,850
		Normaal	Overbelast

Aerodynamische verkeerskarakteristieken

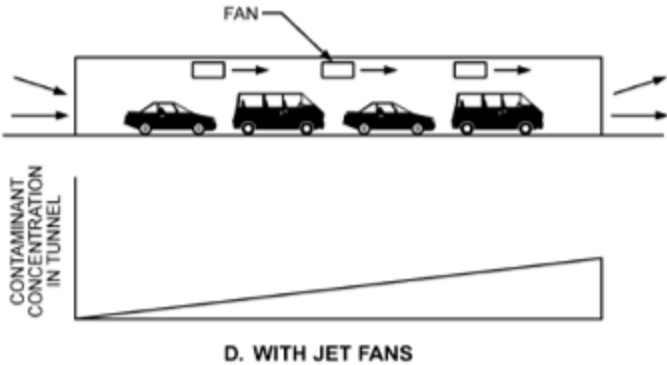
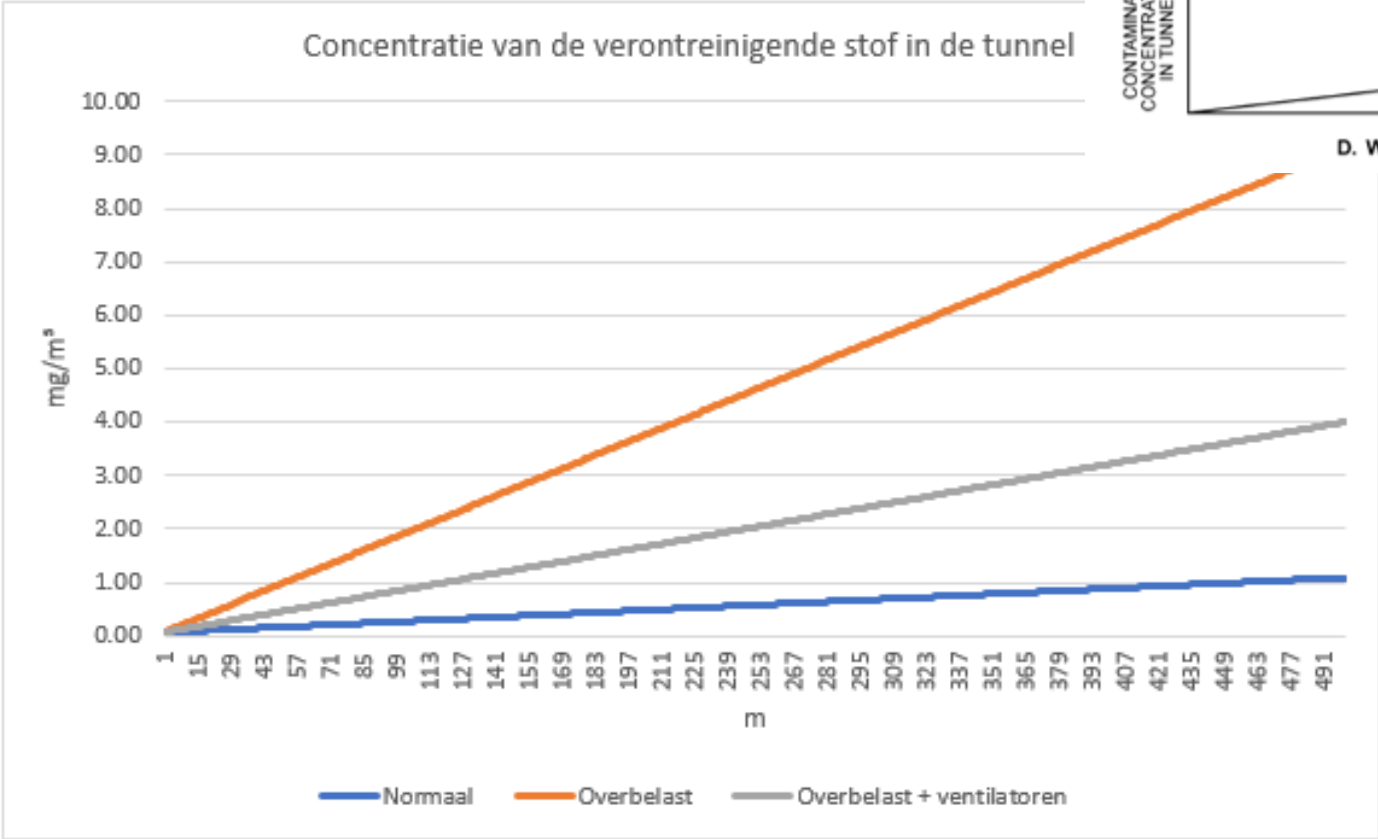
1D tunnelmodel

1. Natuurlijke ventilatie
2. Langsventilatie
3. Schouw
4. Semi-dwarsventilatie
5. Dwarsventilatie



1D tunnelmodel

- Emissies aan tunnelportaal
- Concentratie-opbouw in de tunnel
- Effecten van maatregelen in tunnels



Normaal Overbelast

1.09	9.13	mg/m ³
	4.00	mg/m ³
	3.70	m/s
	2	

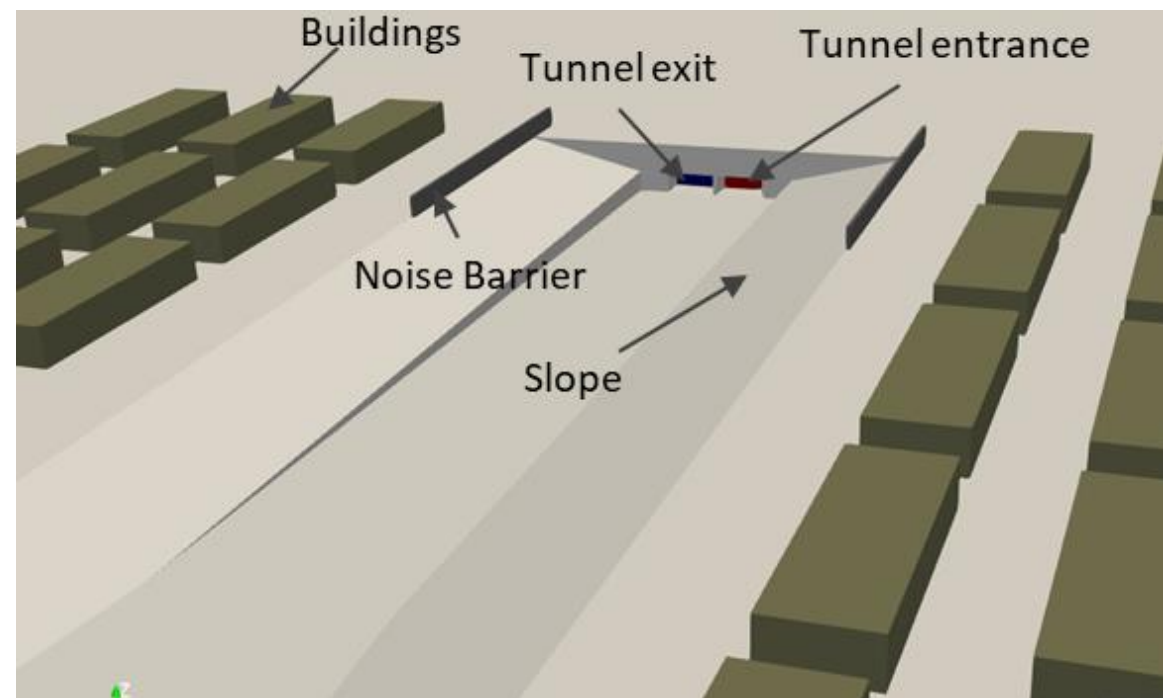
Hoeveelheid van de verontreinigende stof op het einde van de
Hoeveelheid van de verontreinigende stof op het einde van de

Luchtsnelheid op het einde van de tunnel

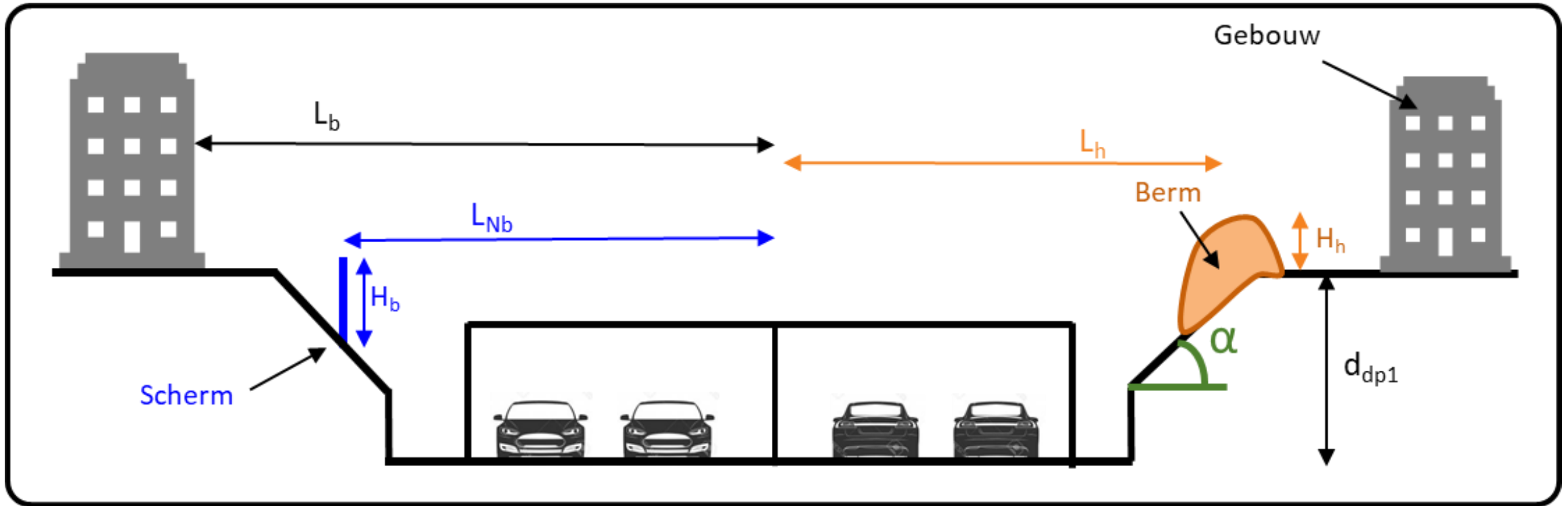
Aantal te starten ventilatoren

Screeningsmodel luchtkwaliteit nabij tunnelportalen & impact maatregelen

Resultaten “Onderzoek naar impact van tunnelmonden en (half-) open sleuven op luchtkwaliteit en mogelijke milderende maatregelen” – VITO & Tractebel
Engie in opdracht van Departement Omgeving, 2021

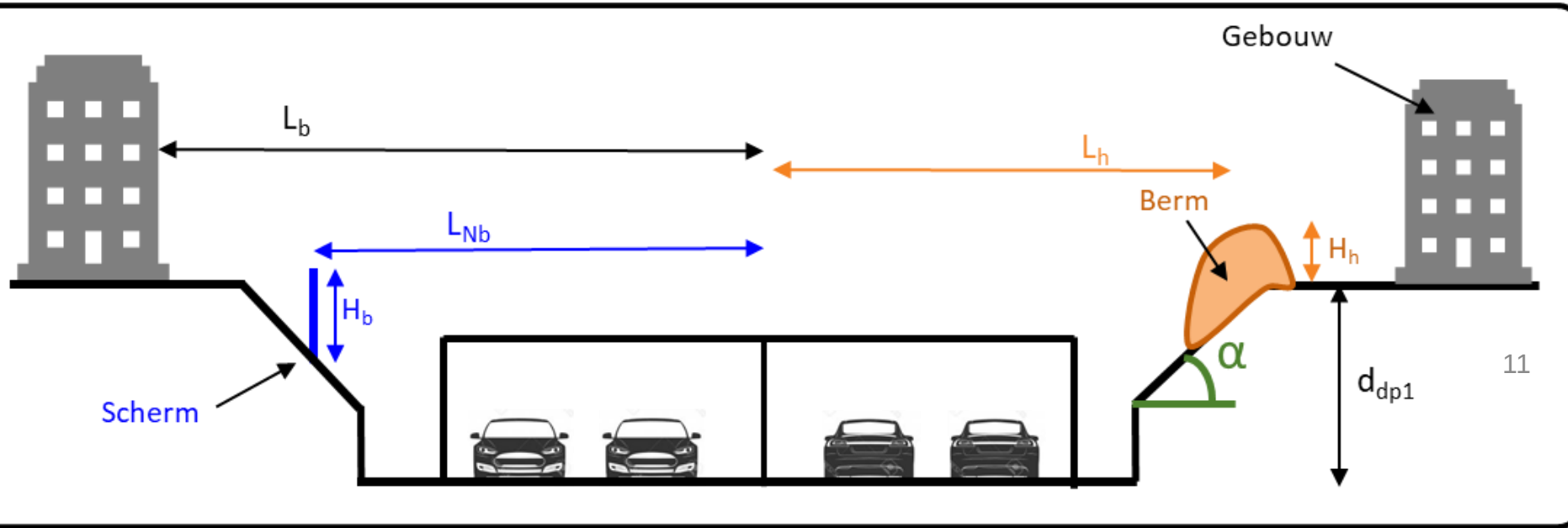


Screeningsmodel luchtkwaliteit bij tunnelportalen



Screeningsmodel luchtkwaliteit bij tunnelportalen

- CFD-berekeningen aan de hand van OPENFOAM
- Verschillende ontwerpparameters
- 3625 CFD-berekeningen
- Jaargemiddelde resultaten op basis van uurlijkse meteodata



- L_b : afstand tussen de eerstelijns bebouwing en de middenberm van de weg.
- H_b : hoogte van een geluidsscherm.
- L_{Nb} : afstand tussen de middenberm van de weg en het geluidsscherm
- L_h : afstand tussen de middenberm van de weg en het hoogste punt van een verhoogde berm
- H_h : hoogte van een verhoogde berm
- α : helling van de wegberm
- d_{dp1} : diepte van ingesleufde weg ten opzichte van het maaiveld.

Dit rekenblad vergelijkt de impact van geluidsschermen en bermen nabij een tunnelmond op de concentraties ter hoogte van de bebouwing.

De windrichtingsstatistieken worden via het rekenblad 'Wind stats' ingelezen. De gebruiker kan volgende parameters aanpassen:

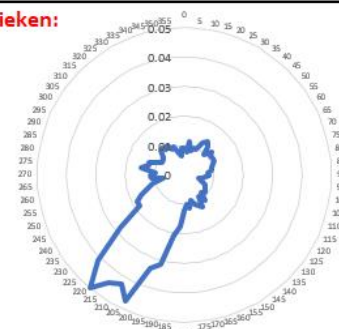
stroomsnelheid en concentratie aan het tunnelportaal, gemiddelde atmosferische windsnelheid op 10m hoogte, achtergrondconcentratie en de oriëntatie van de tunnel.

WE is West-Oost, EW is Oost-West, NS is Noord-Zuid, SN is Zuid-Noord.

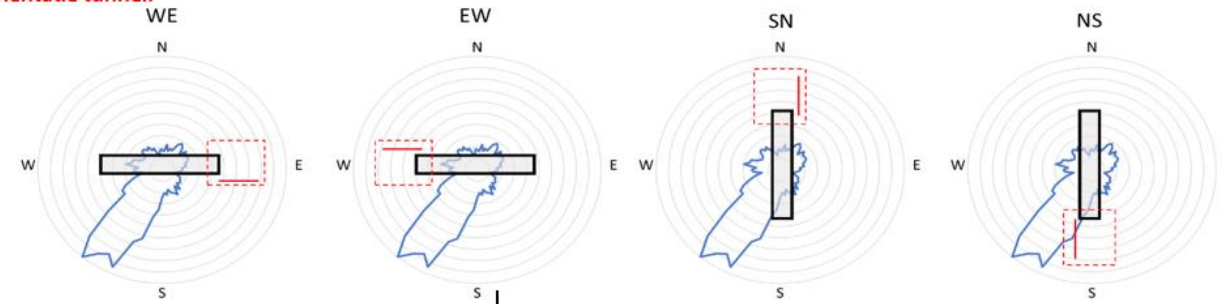
Invoer gebruikers - grijze cellen

Invoerdata gebruiker	Waarde	Eenheid	Beschikbare opties
Stroomsnelheid tunnel:	3	m/s	[1,3,7]
Diepte insleuving:	10	m	10
Gem. Windssnelheid @10m:	2	m/s	0.1-10
Hoogte scherm of berm:	0,4,6,8		
Concentratie tunnelportaal:	1500	ug/m3	
Achtergrondconcentratie:	30	ug/m3	
Tunneloriëntatie:	SN		[WE,NS,EW,SN]
Gebouwhoogte	10		
Afstand tot gebouwen	90		

Windstatistieken:



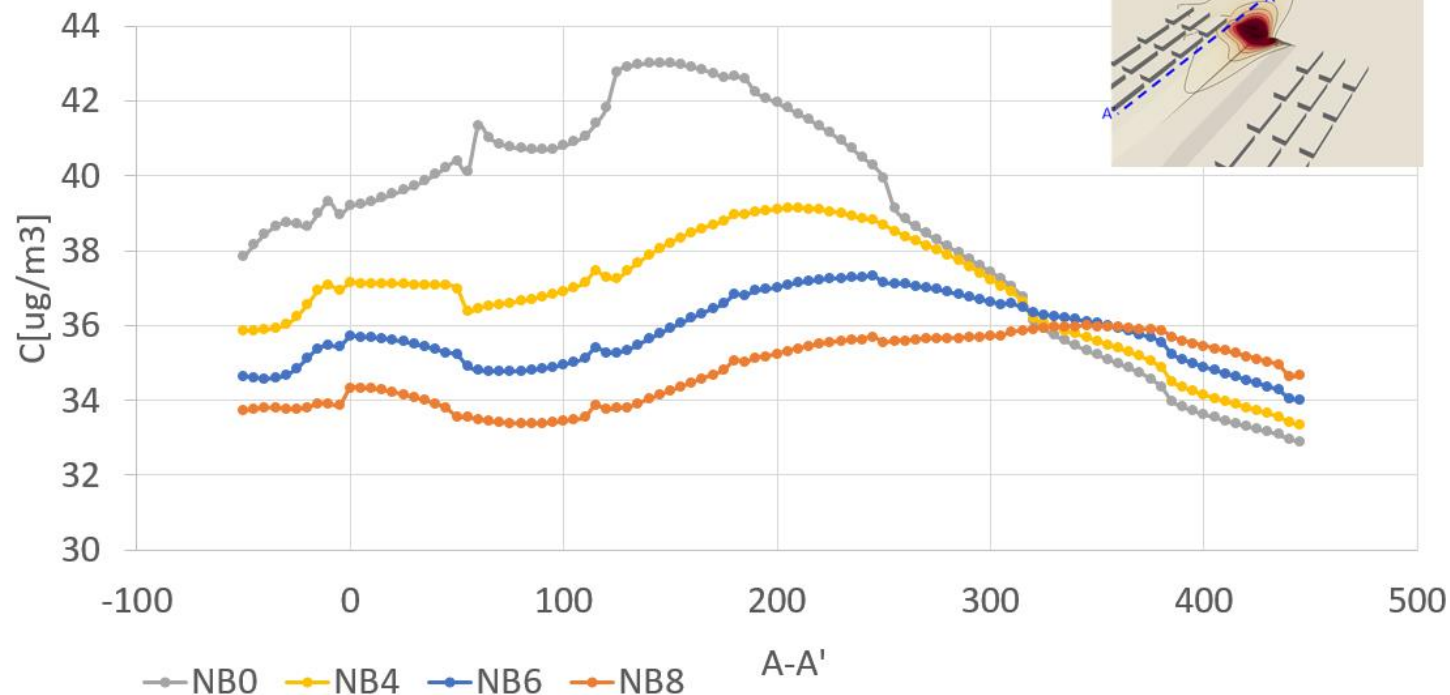
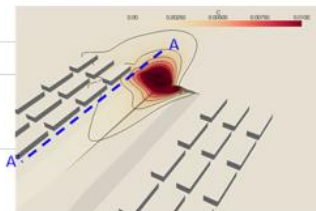
Oriëntatie tunnel:



Jaargemiddelde concentratieprofielen langs de façade van de gebouwen

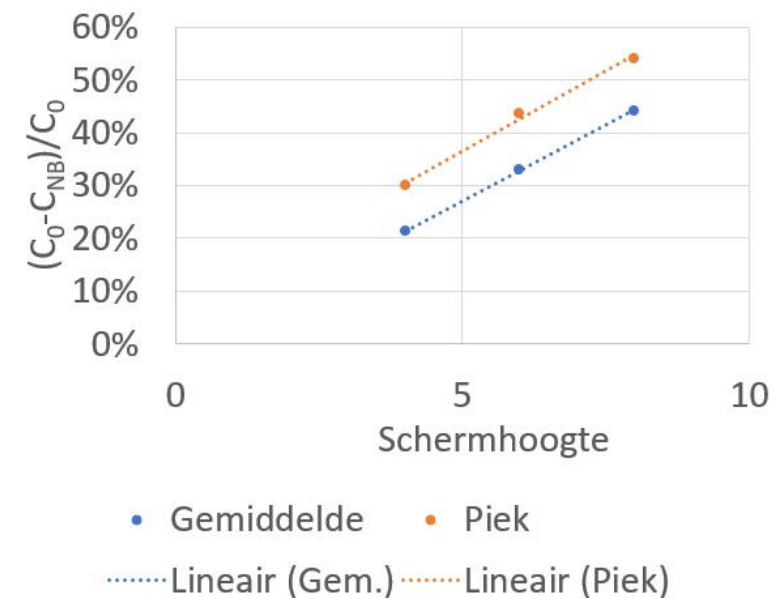
Schermhogtes: 0m (NB0), 4m (NB4), 6m (NB6) en 8m (NB8)

Geluidsschermen



Inloed van scherm op de concentraties - tunnelbijdrage

Hoogte m	Gemiddelde µg/m³	Ratio	Piek µg/m³	Ratio
0	8.76	-	13.02	-
4	6.89	21%	9.12	30%
6	5.87	33%	7.33	44%
8	4.89	44%	5.98	54%



Dit rekenblad vergelijkt alle bestudeerde maatregelen op basis van **jaargemiddelde profielen**. De stroomsnelheid uit de de tunnel is 3m/s. De gebruiker kan de concentratie aan het tunnelportaal, de tunneloriëntatie, de achtergrondconcentratie en de atmosferische windsnelheid instellen. De windrichtingsstatistieken worden via het rekenblad 'Wind stats' ingelezen.

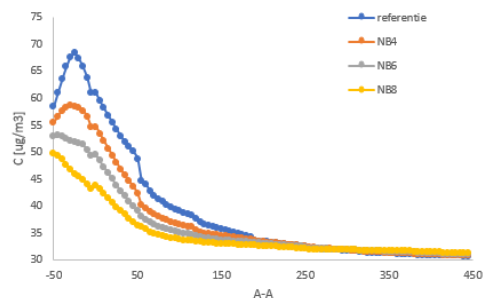
Invoer gebruikers - grijze cellen

	Waarde	Eenheden	Beschikbare opties
Stroomsnelheid tunnel:	3	m/s	3
Gemiddelde windssnelheid @10m:	2	m/s	0.1-10
Concentratie tunnelportaal:	1500	ug/m3	
Achtergrondconcentratie:	30	ug/m3	
Tunneloriëntatie:	EW		[WE,NS,EW,SN]
Tunnelrecirculatie?	Yes		Yes / No *
Gebouwhoogte	10		
Afstand tot gebouwen	90		

*: Indien YES wordt gewerkt met tunnelrecirculatie. Er wordt rekening gehouden met de recirculatie van een deel van de emissies uit het tunnelportaal aan de andere zijde van de tunnel (identiek ingericht).

Indien NO, wordt dit niet meegenomen, maar kan dit apart worden berekend met het 1D-tunnelmodel.

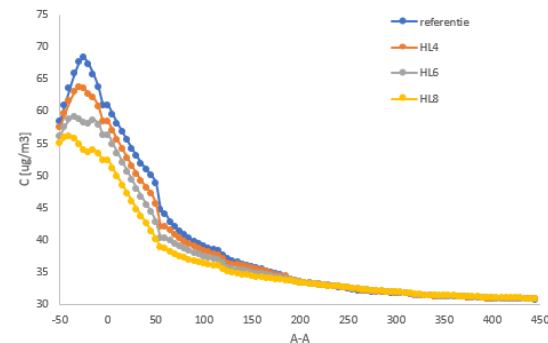
Geluidsschermen



NAAM	HOOGTE	Gemiddelde (ug/m³)	Piek (ug/m³)	% naar ingang
NB0	0	36.43	60.94	22%
NB4	4	35.08	54.63	25%
NB6	6	34.22	49.43	27%
NB8	8	33.38	43.83	30%

Tunnelbijdrage			Totaal	
NAAM	Afname Gemiddelde	Afname Piek	Afname Gemiddelde	Afname Piek
NB4	21.0%	20.4%	3.7%	10.4%
NB6	34.4%	37.2%	6.1%	18.9%
NB8	47.4%	55.3%	8.4%	28.1%

Bermen



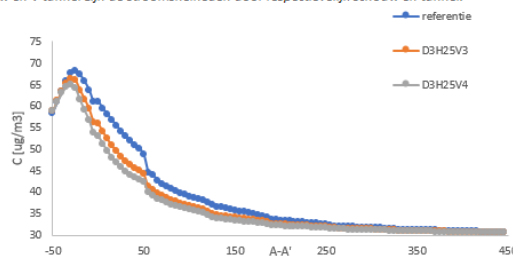
NAAM	HOOGTE	Gemiddelde (ug/m³)	Piek (ug/m³)	% naar ingang
HL0	0	36.43	60.94	22%
HL4	4	35.92	58.38	23%
HL6	6	35.39	56.27	24%
HL8	8	34.73	52.30	26%

Tunnelbijdrage			Totaal	
NAAM	Afname Gemiddelde	Afname Piek	Afname Gemiddelde	Afname Piek
HL4	7.9%	8.3%	1.4%	4.2%
HL6	16.1%	15.1%	2.8%	7.7%
HL8	26.4%	27.9%	4.7%	14.2%

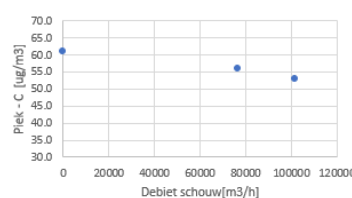
Schouwen

Hoogte	Diameter	V schouw (m/s)	Debiet [m³/h]	V Tunnel (m/s)	Gemiddelde (ug/m³)	Piek [x>0] (ug/m³)
0	0	0	0	3.0	36.4	60.9
5	3	3	76341	2.5	34.8	54.9
15	3	3	76341	2.5	34.8	55.5
25	3	3	76341	2.5	34.9	55.8
25	3	4	101788	2.3	34.3	53.0

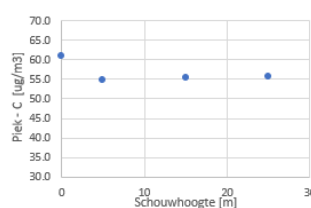
V schouw en V tunnel zijn de stroomsnelheden door respectievelijk schouw en tunnel.



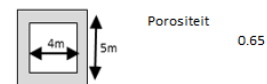
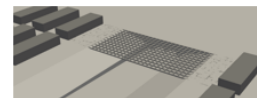
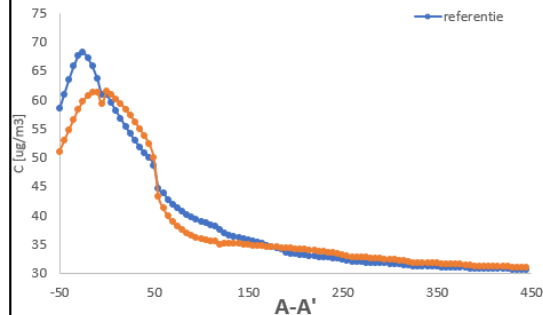
Invloed van debiet schouw



Invloed van schouwhoogte



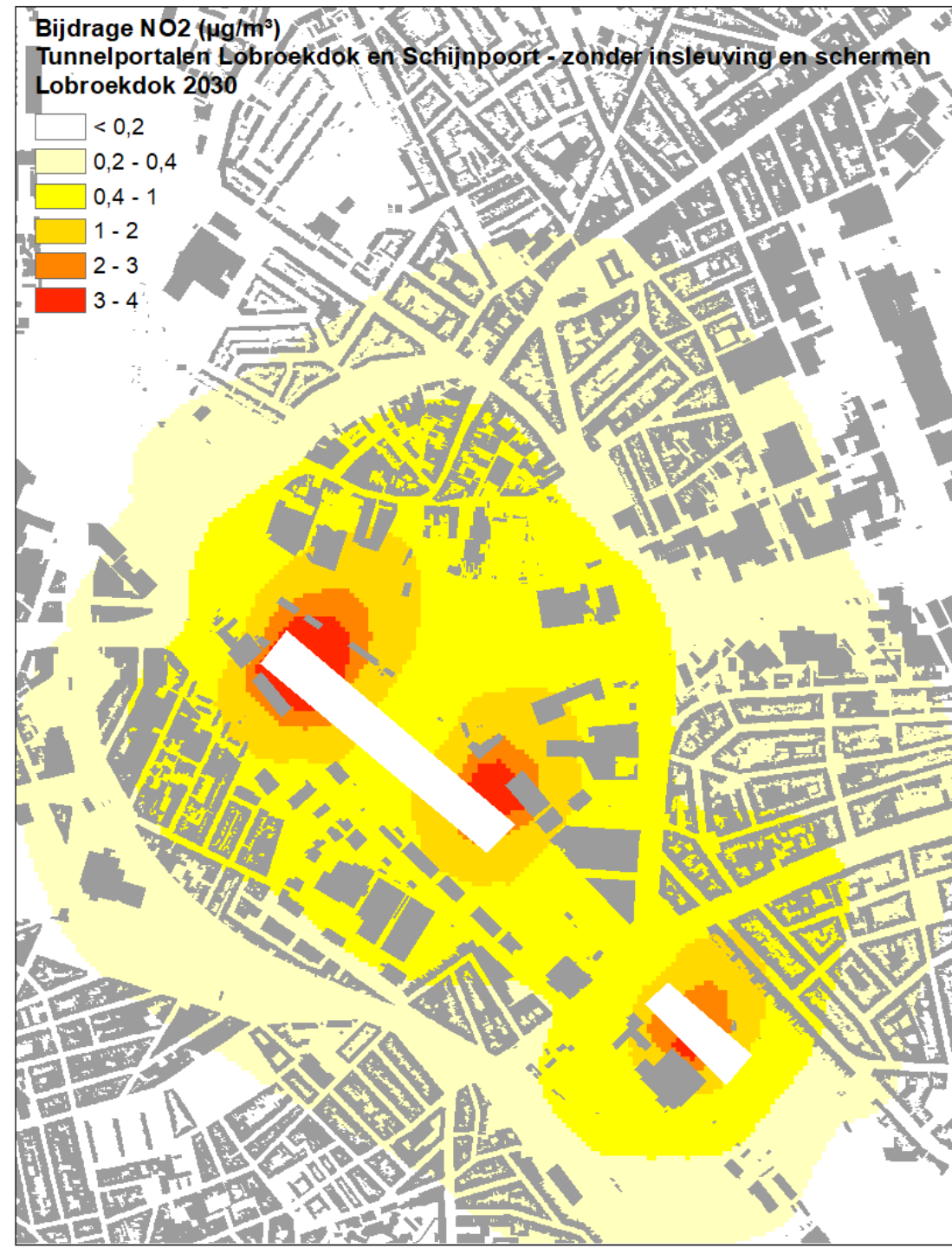
Poreuze overkapping



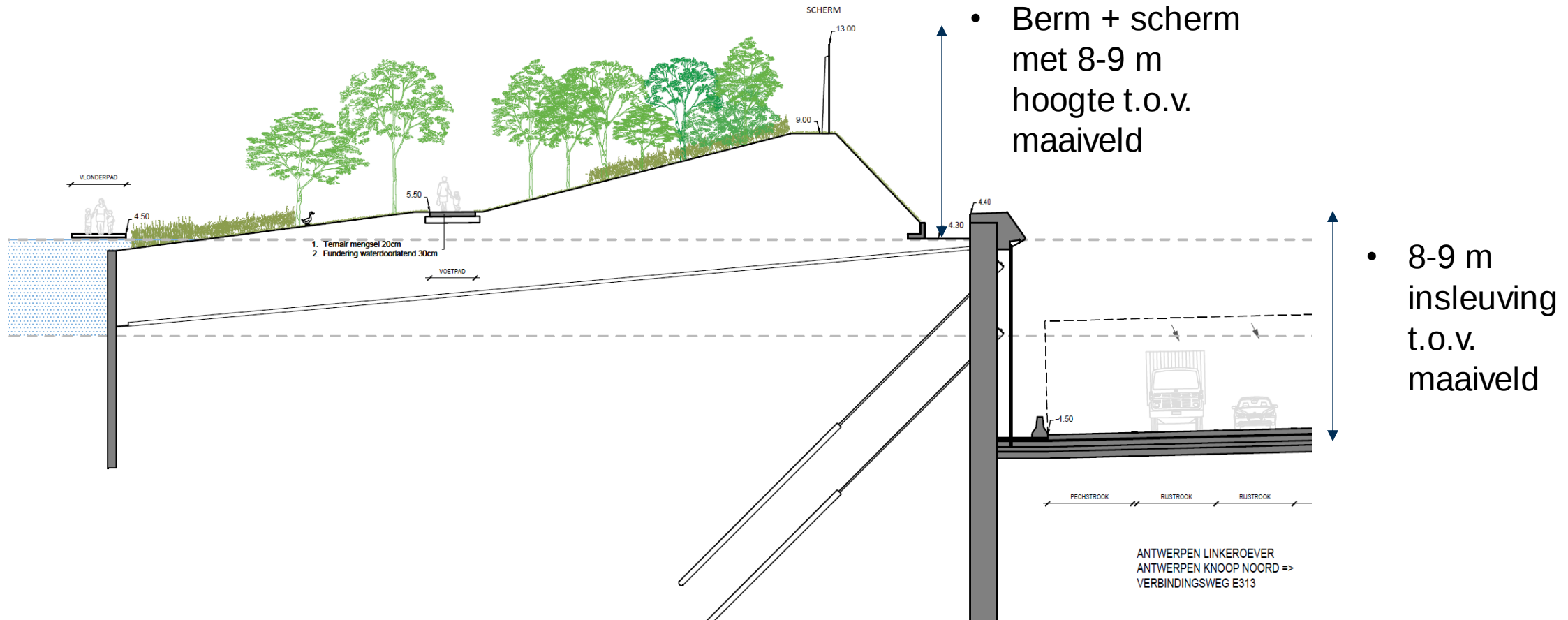
NAAM	Gem. [x>0] (ug/m³)	Piek [x>0] (ug/m³)	% naar ingang
Referentie	36.4	60.9	22.5%
Por. Overkapping	36.6	61.4	28.1%

Tunnelbijdrage			Totaal	
NAAM	Afname Gemiddelde	Afname Piek	Afname Gemiddelde	Afname Piek
P. overkapping	-2.1%	-1.6%	-0.4%	-0.8%

Tunnelportalen ontwikkeling Lobroekdok



Toepassing voor Lobroekdok

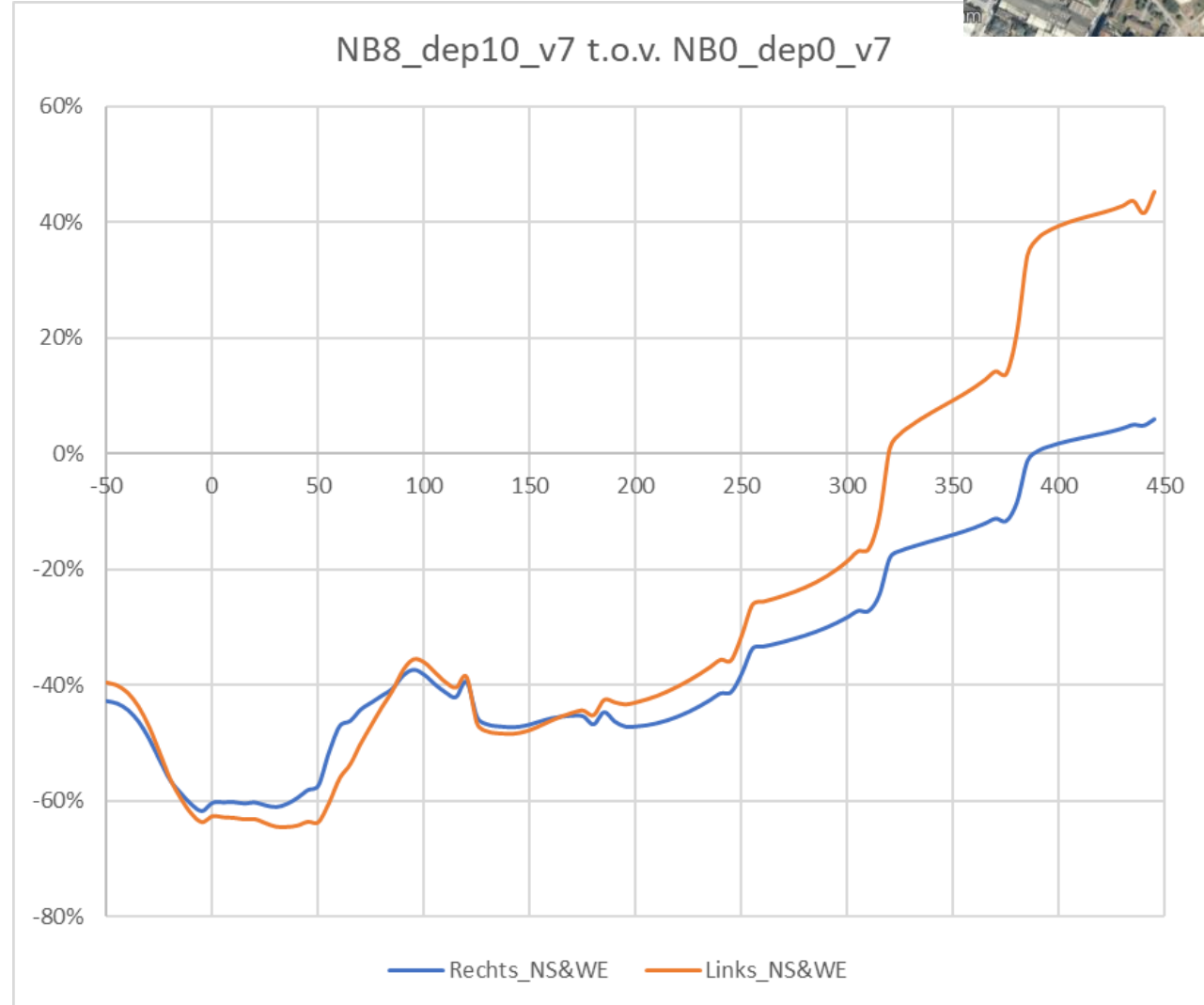


- Totaal: 17 m hoogte verschil tussen wegdek en top scherm
- +/- match met case screeningsmodel 10 m insleuving + 8 m hoog scherm

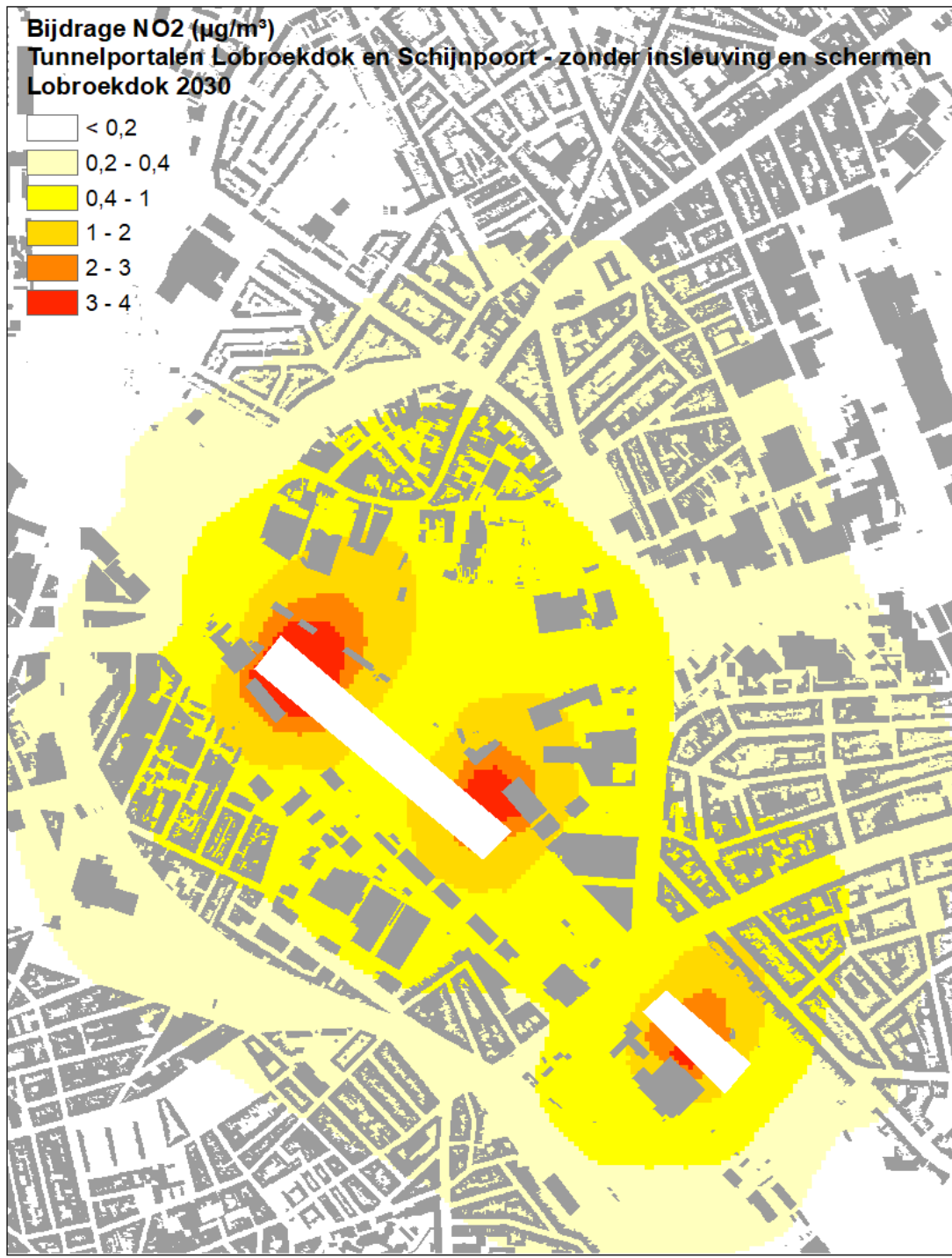
Relatieve effect van insleuving + berm + scherm



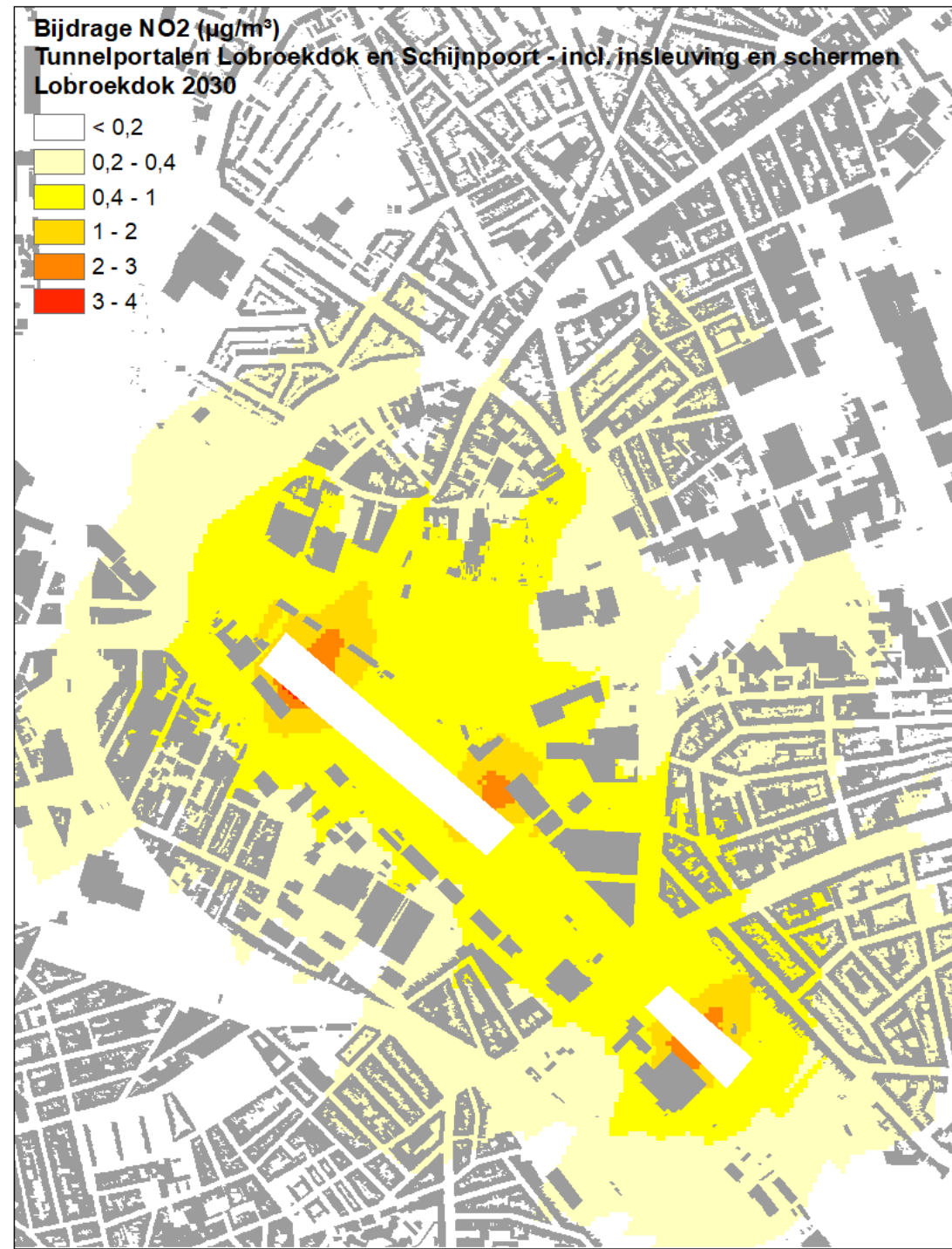
- Effect van afscherming bij 10 m diepe insleuving, 8 m hoge schermen bij rijsnelheid 90 km/u (tunneljet aan 7 m/s):
- Bebouwde omgeving: effecten op 90 m afstand middenberm = +/- afstand tot eerste bebouwing



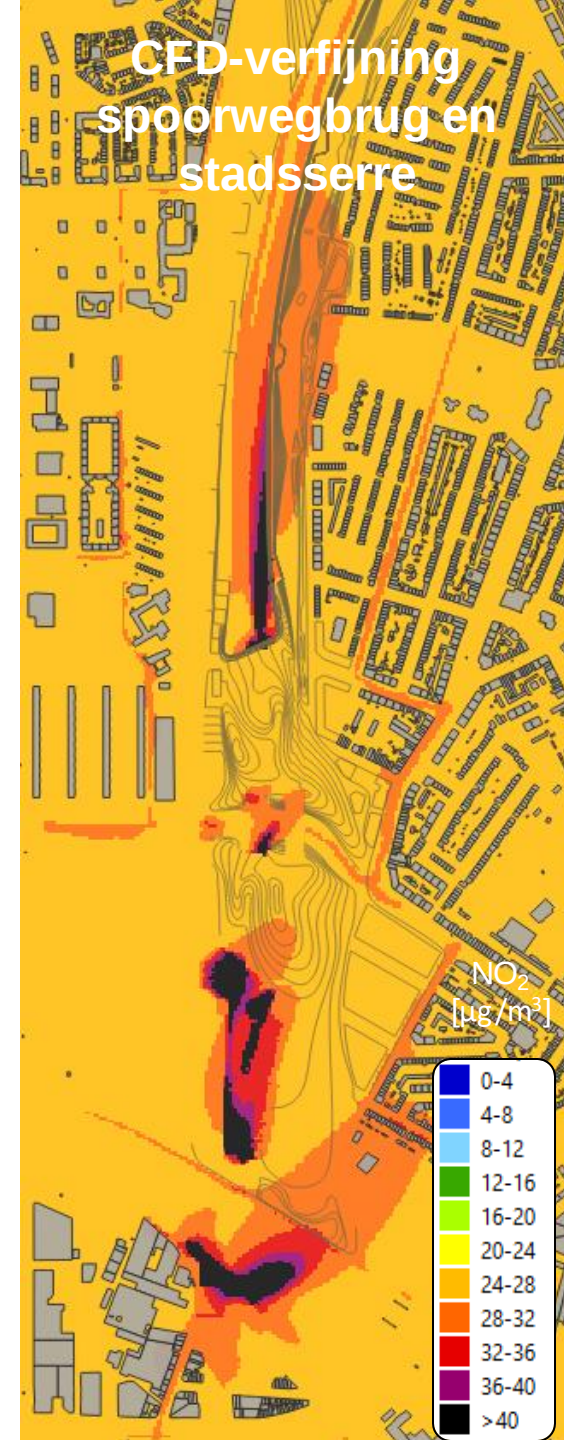
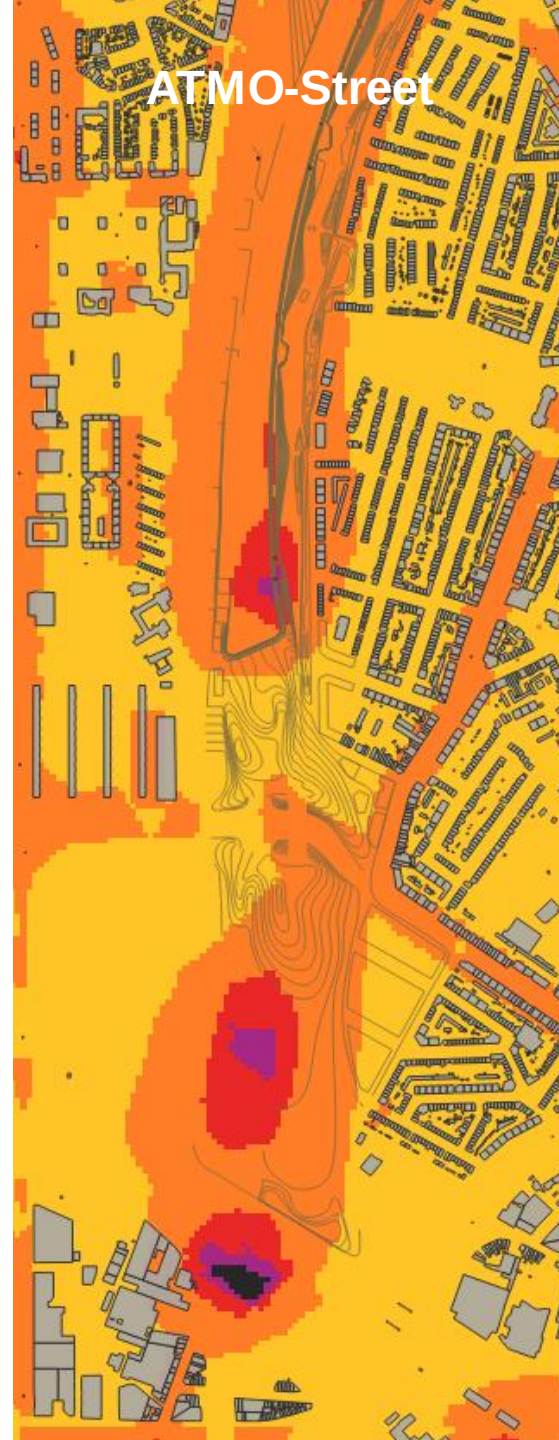
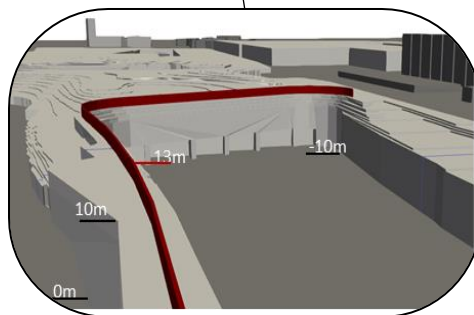
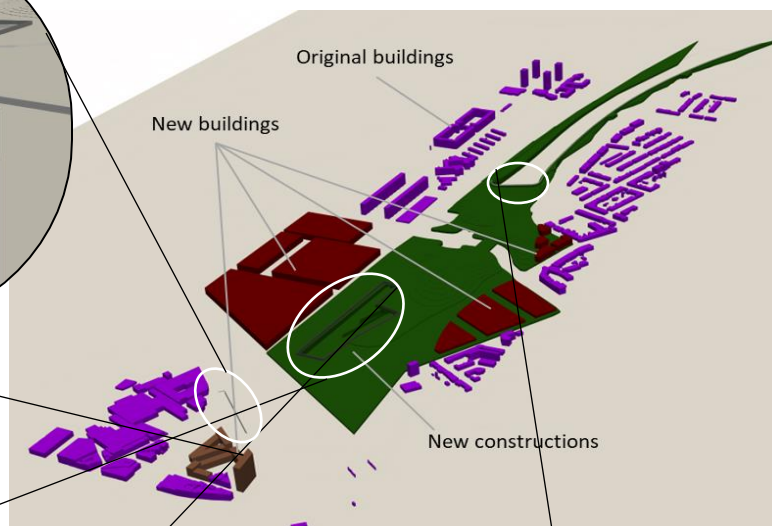
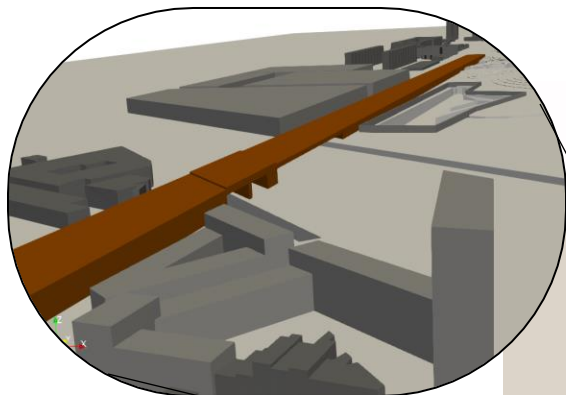
1. ATMO-Street output 3 tunnelmonden
zonder impact schermen en insleuvingen



2. Correcties voor impact schermen en
insleuvingen



Ringpark Groenendaal



Vragen?

Stijn.Vranckx@vito.be

Jorge.sousa@vito.be

Uitgebreide documentatie via: [Richtlijnsysteem lucht \(milieuinfo.be\)](https://richtlijnsysteem.lucht.milieuinfo.be)