



Luchtkwaliteit Singelgrachtgarage Marnix CFD-onderzoek

Deerns raadgevende ingenieurs bv

Rijswijk, 1 november 2013

HOMEPAGE	www.deerns.nl
PROJECTNUMMER	240-12-00306-0002
STATUS	Definitief
DOCUMENTCODE	Singelgracht_Marnix_CFD_onderzoek_20131101_v3.1
AUTEUR	Peter van den Engel en Marten Valk
PROJECTLEIDER/GROEPSLEIDER	Erik Stegers

PARAAF

PARAAF

I N H O U D

<u>Hoofdstuk</u>		<u>Blad</u>
1.	Inleiding	2
1.1.	Waarom is een aanvullend onderzoek luchtkwaliteit nodig?	2
1.2.	Probleemstelling en Plan van Aanpak	2
2.	Uitgangspunten onderzoek	3
2.1.	Inleiding	3
2.2.	CFD-berekening en ontwerp parkeergarage	3
2.2.1.	Omgeving	3
2.2.2.	Garageontwerp	4
2.2.3.	Uitgangspunten CFD-onderzoek	6
2.3.	Wettelijk kader	6
2.3.1.	Algemene toelichting wetgeving	6
2.3.2.	Uitgangspunten in relatie tot wetgeving	8
2.4.	Gegevens emissie garage	8
2.4.1.	Toelichting berekening luchtkwaliteit	8
2.4.2.	Uitgangspunten in relatie tot de emissieberekening	10
3.	CFD-onderzoek	11
3.1.	Uitgangspunten basisvariant CFD-rekenmodel	11
3.2.	Resultaten CFD-simulaties	13
3.2.1.	Windpatroon uit West-Noord-Westelijke richting	13
3.2.2.	Toelichting concentraties	14
3.2.3.	Windrichting N	14
3.2.4.	Windrichting NNO	15
3.2.5.	Windrichting ONO	15
3.2.6.	Windrichting O	16
3.2.7.	Windrichting OZO	16
3.2.8.	Windrichting ZZO	17
3.2.9.	Windrichting Z	17
3.2.10.	Windrichting ZZW	18
3.2.11.	Windrichting WZW	18
3.2.12.	Windrichting W	19
3.2.13.	Windrichting WNW	19
3.2.14.	Windrichting NNW	20
3.3.	Samenvatting simulatiewaarden controlepunt	21
3.3.1.	Fijnstof, stikstofdioxide en benzeen	21
3.3.2.	Geur	24
3.3.3.	Jaarlijkse overschrijdingen	24
4.	Conclusies	25
4.1.	Algemeen	25
4.1.1.	Eenrichtingsverkeer	25
4.1.2.	Tweerichtingsverkeer	26
4.2.	Eindconclusie	26

1. INLEIDING

1.1. **Waarom is een aanvullend onderzoek luchtkwaliteit nodig?**

Het stadsdeel West van de gemeente Amsterdam wil onder de Singelgracht een parkeergarage bouwen. Nabij de Marnixstraat en het Frederik Hendrikplantsoen is onder de gracht een tweelaagse parkeergarage voor 800 auto's gepland, waarvan ongeveer 80% bestemd is voor vergunninghouders. De overige plaatsen zijn bedoeld voor bezoekers. De in- en uitgang voor de auto's is geprojecteerd aan het Frederik Hendrikplantsoen. De ventilatielucht van de parkeergarage wordt toegevoerd via de ingang en afgevoerd langs de waterkant van het Tweede Marnixplantsoen. Er moet worden nagegaan of het plan voldoet aan de luchtkwaliteitseisen uit de Wet milieubeheer. In dit kader is ook een breder onderzoek door M+P uitgevoerd naar de luchtkwaliteit in het gebied als geheel¹. In deze rapportage is uitgegaan van de meest recente gegevens van M+P uit 2013. Dit rapport is gebaseerd op deze meest actuele gegevens. Voldaan moet worden aan het Activiteitenbesluit², waarin wordt aangegeven aan welke eisen parkeergarages moeten beantwoorden. Indien wordt afgeweken van deze eisen, zoals hier het geval is, is het mogelijk een beroep te doen op het gelijkwaardigheidsbeginsel. In deze notitie wordt een Plan van Aanpak beschreven om de vereiste gelijkwaardigheidstoets te doen.

1.2. **Probleemstelling en Plan van Aanpak**

Om een goede inpassing van de garage in de omgeving mogelijk te maken zijn specifiek technische oplossingen nodig, deels anders dan in het Activiteitenbesluit genoemd. Vanuit stedenbouwkundig oogpunt is het niet gewenst om in of naast de gracht een hoge schoorsteen te maken. Om te bepalen of de luchtkwaliteit voldoet is het nodig om een gedetailleerd luchtstromingsonderzoek van de omgeving van de garage uit te voeren. Dit wordt uitgevoerd met CFD (Computational Fluid Dynamics). Het doel van het CFD-onderzoek is na te gaan of het beoogde luchtafvoersysteem voor de te bouwen parkeergarage onder de Singelgracht voldoet aan de eisen uit de Wet milieubeheer en het Activiteitenbesluit.

¹ M+P. Onderzoek luchtkwaliteit. Bestemmingsplan Singelgrachtgarage. 4 september 2012, met een aanvulling gedateerd op 17 september 2013. In het eerste rapport van M+P was alleen tweerichtingsverkeer onderzocht. De gegevens in de aanvulling van M+P zijn mede geactualiseerd vanwege nieuwe verkeersgegevens. Dit is vastgelegd in het rapport van DIVV, Verkeersonderzoek Actualisatie BP Singelgrachtgarage, "Marnix", 12 september 2013, rapportnummer 130146. In de aanvulling van M+P van 17 september 2013 is het effect van zowel één- als tweerichtingsverkeer bij de in- en uitrit van de parkeergarage beoordeeld.

² Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer (Activiteitenbesluit), 1 januari 2008.

2. UITGANGSPUNTEN ONDERZOEK

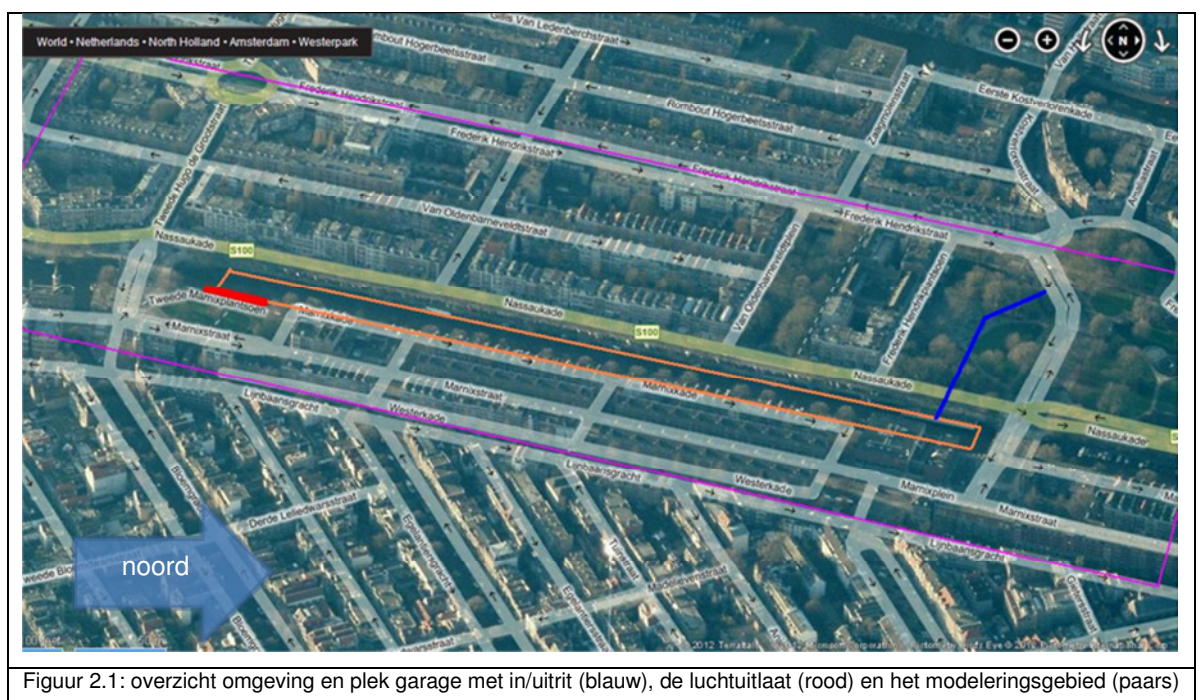
2.1. Inleiding

De uitgangspunten voor het gelijkwaardigheidsonderzoek zijn in het traject beschreven in een door Dienst Milieu en Bouwtoezicht (DMB) goedgekeurde uitgangspuntennotitie (akkoord per e-mail d.d. 30 november 2012 door Stefan Musch) en zijn wat betreft emissies aangepast aan de actualiteit. Deze uitgangspunten zijn geïntegreerd in dit hoofdstuk 2.

2.2. CFD-berekening en ontwerp parkeergarage

2.2.1. Omgeving

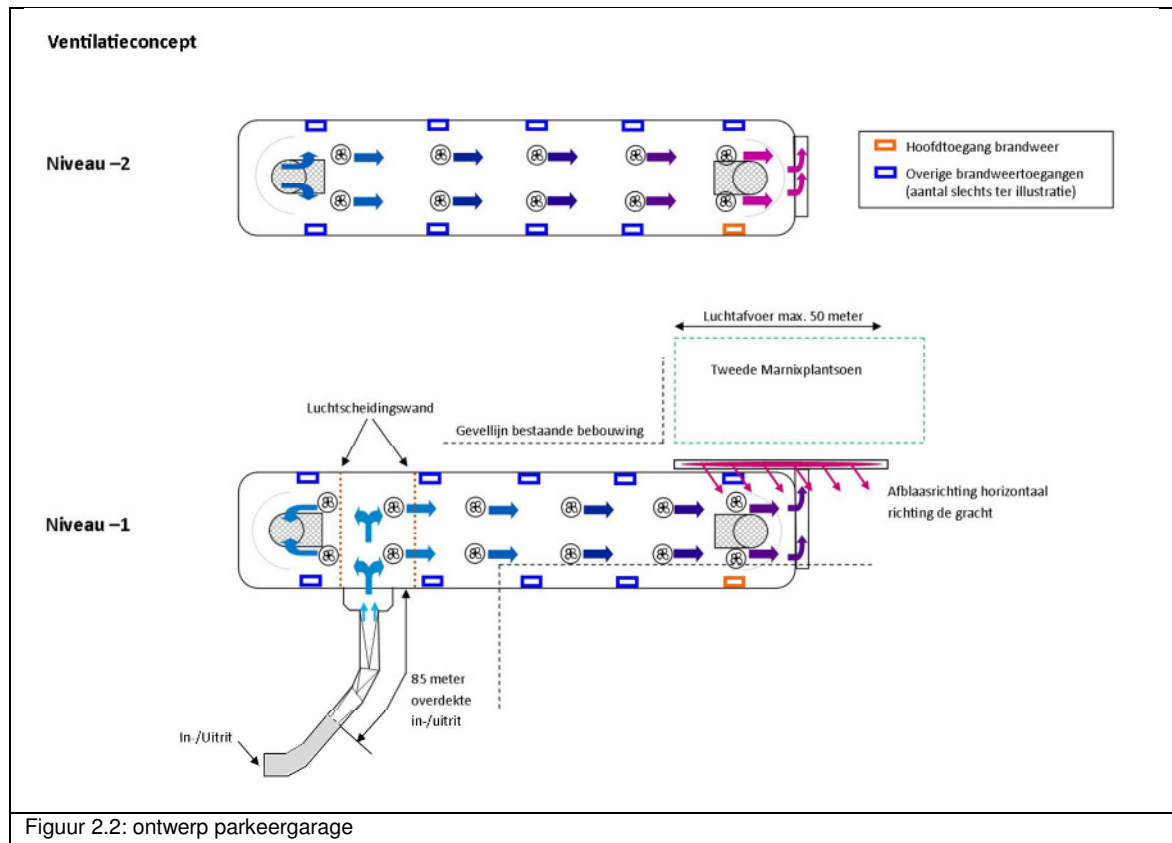
In de volgende figuur is de omgeving van de garage afgebeeld, met daarin aangegeven de in- en uitrit (blauw) en luchtafvoer (rood). Deze bevinden zich in parken, respectievelijk het Frederik Hendrikplantsoen en het Tweede Marnixplantsoen.



Figuur 2.1: overzicht omgeving en plek garage met in/uitrit (blauw), de luchtuitleet (rood) en het modeleringsgebied (paars)

2.2.2. Garageontwerp

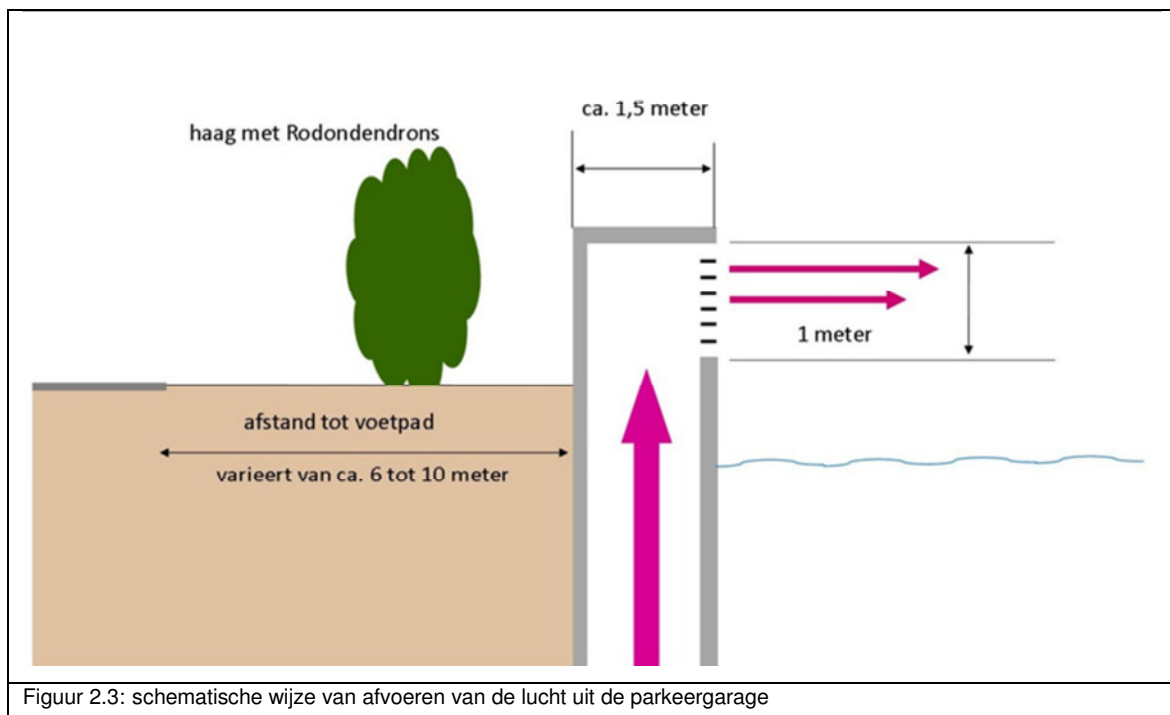
In het volgende schema is een mogelijke hoofdopzet van de garage weergegeven. De ventilatielucht van de parkeergarage wordt toegevoerd via de ingang en afgevoerd langs de waterkant van het Tweede Marnixplantsoen.



De volgende factoren hebben belangrijke invloed op de luchtkwaliteit:

- de bronsterkte (aantal auto's en mate van emissie);
- de hoeveelheid afgevoerde lucht (verduunning);
- de windsnelheid (verduunning);
- de vorm van de afvoer.

De lucht wordt direct boven de Singelgracht afgevoerd via een verticaal georiënteerde afvoer van 50 m lang en 1 m hoog. Hiermee blijft de hinder voor langslopende personen zo klein mogelijk. In de volgende figuur wordt het uitblaasprincipe weergegeven:



2.2.3. Uitgangspunten CFD-onderzoek

In de volgende figuur worden de uitgangspunten voor het CFD-onderzoek/model samengevat:

Algemeen, ruimtelijk en meteorologisch
- Begrenzings simulatiegebied. Zie figuur 1.
- Aantal windrichtingen definitieve variant: 12, analoog aan de NEN 8100.
- Windsnelheid 2 m/s.
- Omgevingstemperatuur 20 °C.
Rekentechnische uitgangspunten, die passen bij een stedenbouwkundig stromingsmodel
- Softwarepakket Phoenix, Flair, versie 2011
- Maximaal circa 200.000 cellen
- KE-RNG turbulentiemodel
- MINMOD convectief differentieschema
- Toepassing Parsol (betere scheiding volumes van lucht)
- Logaritmisch instroomprofiel aan rand rekendomein

Figuur 2.4: eisen aan de modellering van de CFD-berekening

2.3. Wettelijk kader

2.3.1. Algemene toelichting wetgeving

De volgende wetgeving is van toepassing:

1. Wet milieubeheer (Wm), 11 oktober 2007.

2. Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 (Rbl 2007).

Deze wetgeving stelt vast wat de maximale concentraties van stoffen in de buitenlucht zijn die mogen voorkomen. Het gaat hierbij om jaar- en uurgemiddelden. In de volgende figuur zijn de grenswaarden van PM₁₀ (fijnstof), NO₂ (stikstofdioxide) en benzeen (C₆H₆) weergegeven. Aansluitend op de rapportage van M+P zijn deze stoffen het meest kritisch. De volgende grenswaarden zijn van toepassing:

Stof	Grenswaarde	Toetsingperiode
PM ₁₀ (fijnstof)	40 µg/m ³	Jaargemiddelde
	50 µg/m ³	24-uurgemiddelde, mag maximaal 35 x per kalenderjaar worden overschreden
NO ₂ (stikstofdioxide)	40 µg/m ³ (vanaf 2015)	Jaargemiddelde
	200 µg/m ³ (vanaf 2015)	Uurgemiddelde, mag maximaal 18 x per kalenderjaar worden overschreden
C ₆ H ₆ (benzeen)	5 µg/m ³	Jaargemiddelde

Figuur 2.5: overzicht eisen grenswaarden meest kritische stoffen

3. Wet wijziging van de Wet milieubeheer. 12 maart 2009.

Deze wet regelt de omzetting van EU-richtlijnen naar Nederlandse regelgeving.

4. Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer (Activiteitenbesluit), 1 januari 2008.

Deze wet geeft de technische eisen aan waaraan een parkeergarage moet voldoen. Voor de luchtafvoer geldt de volgende eis:

- De afvoerlucht moet op 5 meter boven het straatniveau worden afgevoerd.
- Indien er binnen 25 m van de uitblaasopening een gebouw ligt, moet de afvoer ten minste 1 m boven de daklijn van dat gebouw uitkomen.

Omdat het stedenbouwkundig niet mogelijk is om de afvoer op meer dan 25 m vanaf de garage te positioneren en een schoorsteen in het stadsbeeld zeer onwenselijk is, moet naar een gelijkwaardige oplossing worden gezocht.

In het kader van de Rbl 2007 worden jaarlijks door het ministerie van I&M de emissiefactoren voor fijnstof (PM₁₀), stikstofdioxide (NO₂) en benzeen (C₆H₆) vastgesteld³. Deze zijn in de volgende figuur weergegeven:

Stof	Emissiefactor
Fijnstof (PM ₁₀)	0,038 g/km/voertuig
Stikstofdioxiden (NO ₂)	0,100 g/km/voertuig
Benzeen (C ₆ H ₆)	0,050 g/km/voertuig
Figuur 2.6: emissiefactoren voor personenvoertuigen met snelheidstype "stagnerend stadsverkeer" voor het jaar 2018	

De emissiefactoren nemen door verbeterde technologie in de tijd verder af.

³ Ministerie van I&M. Emissiefactoren in het kader van de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007. Versie maart 2013.

2.3.2. Uitgangspunten in relatie tot wetgeving

In de volgende figuur worden de uitgangspunten in relatie tot de wetgeving samengevat:

- PM₁₀ en NO₂ zijn maatgevend voor de luchtkwaliteit (zie ook rapportage M+P). Deze zijn representatief voor de andere stoffen. Deze worden bij dit onderzoek nader getoetst. Aanvullend wordt ook de benzeenconcentratie onderzocht.
- Volgens de Wet milieubeheer zijn 24-uurgemiddelden en het jaargemiddelde bij fijnstof het uitgangspunt.
- Volgens de Wet milieubeheer zijn maximum uurgemiddelden en het jaargemiddelde bij NO₂ het uitgangspunt.
- Volgens de Wet milieubeheer is een maximum jaargemiddelde bij benzeen (C₆H₆) het uitgangspunt.
- Geur wordt in de beoordeling kwalitatief beschouwd.
- De productie van PM₁₀, NO₂ en C₆H₆ per auto wordt afgeleid uit de emissiefactoren die jaarlijks door het ministerie van I&M in het kader van de Rbl 2007 worden vastgesteld. Voor 2018 is dit 0,038 gram PM₁₀, 0,100 gram NO₂ en 0,050 gram C₆H₆ per km voertuig.
- De toetsing van gelijkwaardigheid volgens het Activiteitenbesluit vindt plaats met een CFD-berekening.
- De in- en uitrit van de garage kan als luchttoevoer worden gebruikt. Deze wordt als voldoende verkeersluw beschouwd en dit is analoog aan de oplossing bij andere garages.

Figuur 2.7: uitgangspunten onderzoek luchtkwaliteit parkeergarage in relatie tot wettelijk kader

2.4. Gegevens emissie garage⁴

2.4.1. Toelichting berekening luchtkwaliteit

De bijdrage aan het fijnstof-, stikstofdioxide- en benzeenniveau kan als het meest maatgevend worden beoordeeld als indicator van de luchtkwaliteit. Geur wordt kwalitatief beschouwd. Hieronder wordt de emissie van fijnstof bij wijze van voorbeeld het meest uitgewerkt. Bij de CFD-berekening wordt een maatgevende woning of verblijfsruimte in de directe omgeving van de garage gekozen, waarvan de mate van verandering in luchtkwaliteit wordt beoordeeld.

Fijnstof (PM₁₀)

Voor de omgeving gelden de volgende uitgangspunten voor fijnstof:

- Door M+P is het jaargemiddelde aan de Nassaukade⁵ voor 2018 berekend op maximaal 27,4 µg/m³, hetgeen ruim onder het toelaatbare jaargemiddelde van 40 µg/m³ blijft. In 2022 is dit 26,9 µg/m³.
- Het toelaatbare 24-uurgemiddelde is 50 µg/m³, wat 35 keer per jaar mag worden overschreden. Volgens de berekeningen van M+P wordt dit in het referentiejaar 2018 maximaal 18 maal per jaar overschreden. In 2022 17 maal.

⁴ De uitgangspunten uit de rapportage van M+P van 17 september 2013 worden hier weergegeven en wel de worst-case situatie met eenrichtingsverkeer. Een overzicht van de resultaten van de berekeningen is weergegeven in § 3.3.

⁵ Codering Nassaukade zuid pl 1r

Voor de Singelgrachtgarage zelf gelden ten aanzien van de berekening van fijnstof de volgende uitgangspunten:

- Op basis van de verkeersprognose van de Singelgrachtgarage Marnix⁶ is (uitgaande van 800 auto's) het gesommeerde maximaal aantal in- en uitrijdende auto's op de maatgevende dag in de week (donderdag) 1.426. Voor de emissie wordt van een worst-case-scenario uitgegaan met 1.600 verkeersbewegingen. Dit komt overeen met een keer in- en uitrijden per parkeerplaats per dag. Dit worst-case scenario houdt rekening met 12 % meer autobewegingen dan de pieksituatie op basis van het aangeleverde model.
- Een tijd van circa 2 minuten is nodig om de gemiddelde afstand van 280 m (uitgaande van twee lagen) te overbruggen, te parkeren dan wel de garage te verlaten. In dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat gemiddeld genomen over een etmaal er 2,2 auto's rondrijden of parkeren. Op basis van het aantal parkeerbewegingen is de fijnstofproductie maximaal 10,9 gram per etmaal.

NO₂

Voor de omgeving gelden de volgende uitgangspunten voor NO₂:

- Door M+P is het jaargemiddelde aan de Nassaukade voor 2018 berekend op maximaal 33,5 µg/m³, hetgeen onder het toelaatbare jaargemiddelde van 40 µg/m³ (2015) blijft. In 2020 is dit berekend op 30,3 µg/m³.
- Het toelaatbare uurgemiddelde is 200 µg/m³ (2015), wat 18 keer per jaar mag worden overschreden. Aangezien deze waarde in de berekening van M+P geen enkele keer wordt overschreden is het de vraag of nadere toetsing met een CFD-berekening zinvol is. Toch zal een nadere toetsing plaatsvinden met als uitgangspunt maximaal 120 verkeersbewegingen per uur. Dit is hetzelfde als 4 in de garage rondrijdende of parkerende auto's per minuut ('pieksituatie' in spits voor uurgemiddelde beoordeling). Dit is een "worst-case" scenario dat 6% meer autobewegingen bevat dan de pieksituatie (donderdag tussen 19.00 en 20.00 uur) op basis van het aangeleverde model.

Benzeen

- Het toelaatbare jaargemiddelde is 5 µg/m³.
- Bij de berekening wordt naast de emissie van parkerende auto's, rekening gehouden met de gemiddelde achtergrondconcentratie van 1,0 µg/m³ in de stad (in 2013).

⁶ Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau (Excel-file)

2.4.2. Uitgangspunten in relatie tot de emissieberekening

In de volgende figuur worden de uitgangspunten in relatie tot de emissie uit de garage samengevat:

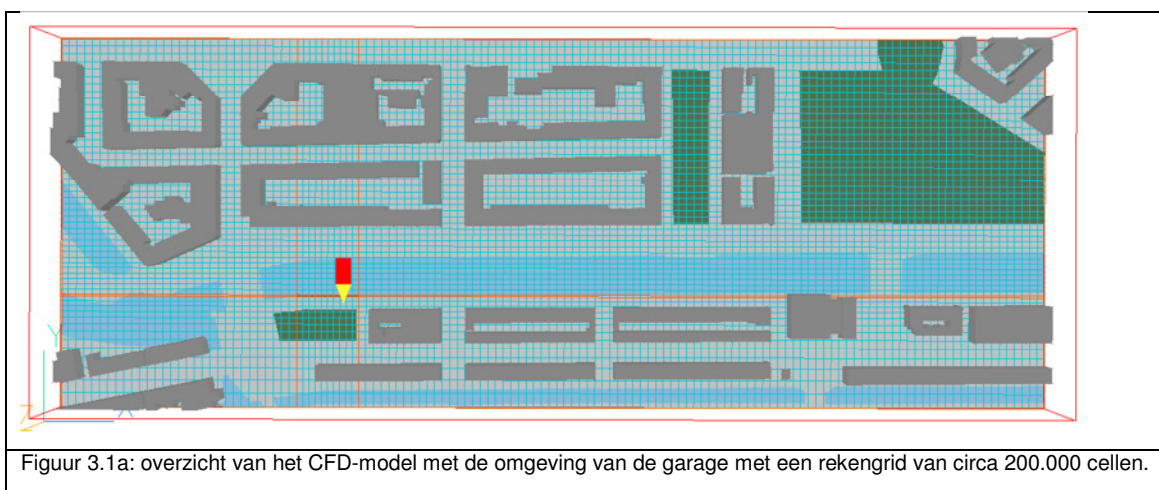
- Voor fijnstof geldt een etmaalgemiddelde waarde conform de Wet milieubeheer. De emissie wordt hiervan afgeleid.
- Er wordt bij de berekening van fijnstofemissie uitgegaan van gemiddeld 2,2 rondrijdende of parkerende auto gedurende het hele etmaal. Elke auto heeft daarbij gemiddeld twee minuten nodig om de parkeerplaats in de garage te bereiken of te verlaten.
- Voor NO₂ geldt een maximum uurgemiddelde waarde conform de Wet milieubeheer. De emissie wordt hiervan afgeleid.
- Er wordt bij de berekening van NO₂-emissie uitgegaan van maximaal 120 verkeersbewegingen per uur. Dit is hetzelfde als 4 in de garage rondrijdende of parkerende auto's per minuut.
- Voor benzeen geldt alleen een jaargemiddelde waarde, conform de Wet milieubeheer. Bij de berekening wordt uitgegaan van het aantal parkeerbewegingen zoals bij de berekening van fijnstof, waar een etmaalgemiddelde waarde bepalend is. Tevens wordt rekening gehouden met de benzeenemissie van stilstaande auto's.

Figuur 2.8: uitgangspunten onderzoek luchtkwaliteit parkeergarage in relatie tot emissie

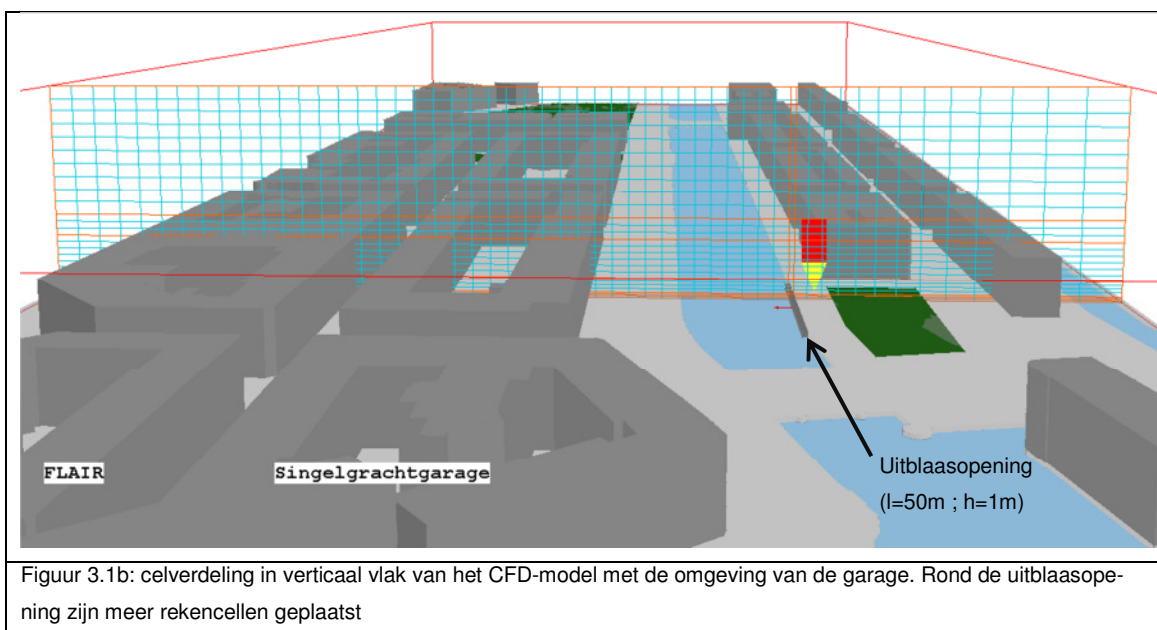
3. CFD-ONDERZOEK

3.1. Uitgangspunten basisvariant CFD-rekenmodel

- De afvoer is 50 m lang⁷ en 1 m hoog en blaast uit boven de Singelgracht. Via de afvoer wordt 250.000 m³/h lucht uitgeblazen.
- De windsnelheid is 2 m/s op 10 m hoogte boven het maaiveld. Dit is een gebruikelijk uitgangspunt bij vergelijkbare onderzoeken.
- Het rekenmodel heeft een afmeting van l x b x h = 900 x 300 x 60 m. Dit model heeft circa 200.000 cellen.
- Het aantal iteraties per berekening is 500 - 1.000.
- Onderzocht worden 12 windrichtingen. In alle figuren worden de berekende windrichting en het noordpijl aangegeven. De concentratie vervuiling op het als meest kritisch beschouwde punt wordt weergegeven.



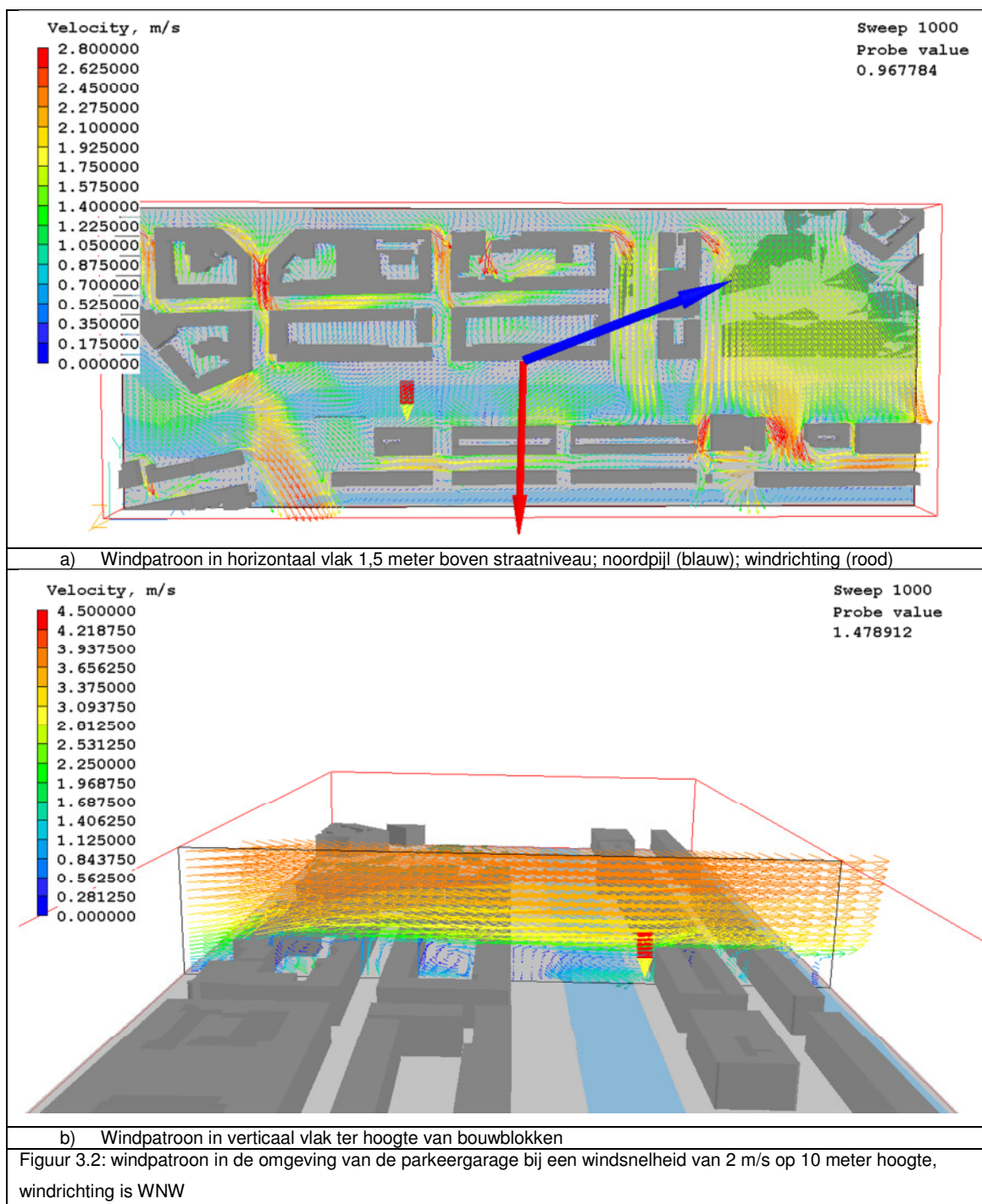
⁷ De afmeting is aangepast aan het profiel van de kade. Bij de eerste serie berekeningen is een horizontale afvoer van 65 m lang in het Tweede Marnixplantsoen gesimuleerd. Gebleken is dat deze variant voldoet. Uiteindelijk is toch besloten om een verticaal georiënteerde afvoer van 50 m lang in de kade te onderzoeken. Deze geeft nog minder mogelijke hinder aan de bezoekers van het park.



3.2. Resultaten CFD-simulaties

3.2.1. Windpatroon uit West-Noord-Westelijke richting

Weergegeven is een simulatie met wind uit west-noord-westelijke richting. De windsnelheid op 2 meter wordt afgebeeld in figuur 10a. Aan de WNW-zijde (boven) is de windsnelheid laag door de ruwheidshoogte aan de rand van het model van 1,6 meter, welke karakteristiek is voor een dichte bebouwing



3.2.2. Toelichting concentraties

In de onderstaande figuren worden de relevante vervuilingconcentraties bij 12 verschillende windrichtingen weergegeven. Deze zijn weergegeven in relatieve concentraties waarbij in de monding van de uitblaasopening een concentratie van 1,00 heerst. In de figuren wordt een contour weergegeven met een minimale relatieve concentratie van 0,05. Een relatieve concentratie van 0,05 betekent hierbij een 20-voudige verdunning ten opzichte van de concentratie in de uitgeblazen lucht

De relatieve concentratie van 1,00 komt overeen met de absolute concentraties van de beschouwde stoffen bij de monding van de uitblaasopening. De absolute concentraties bij de monding van de uitblaasopening zijn:

Fijnstof (PM_{10}) = $1,44 \mu g/m^3$

Stikstofdioxide (NO_2) = $6,89 \mu g/m^3$

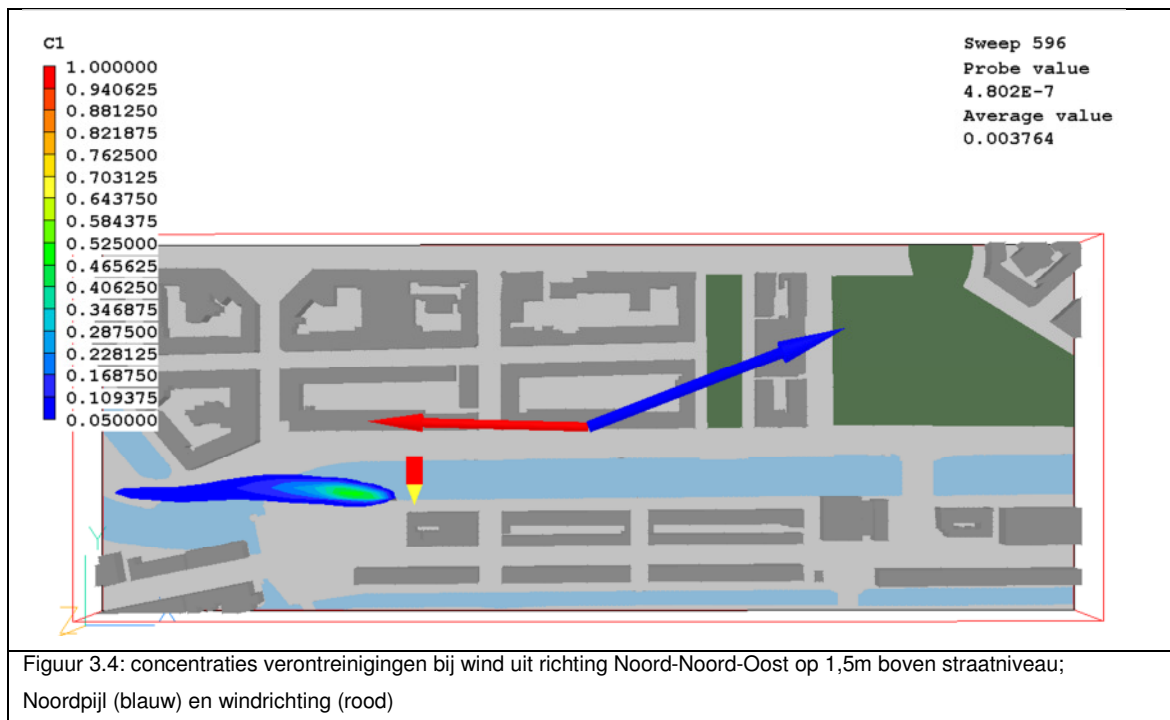
Benzeen (C_6H_6) = $1,89 \mu g/m^3$

Verderop in dit rapport worden de relatieve concentraties omgerekend naar absolute concentraties per beschouwde stof.

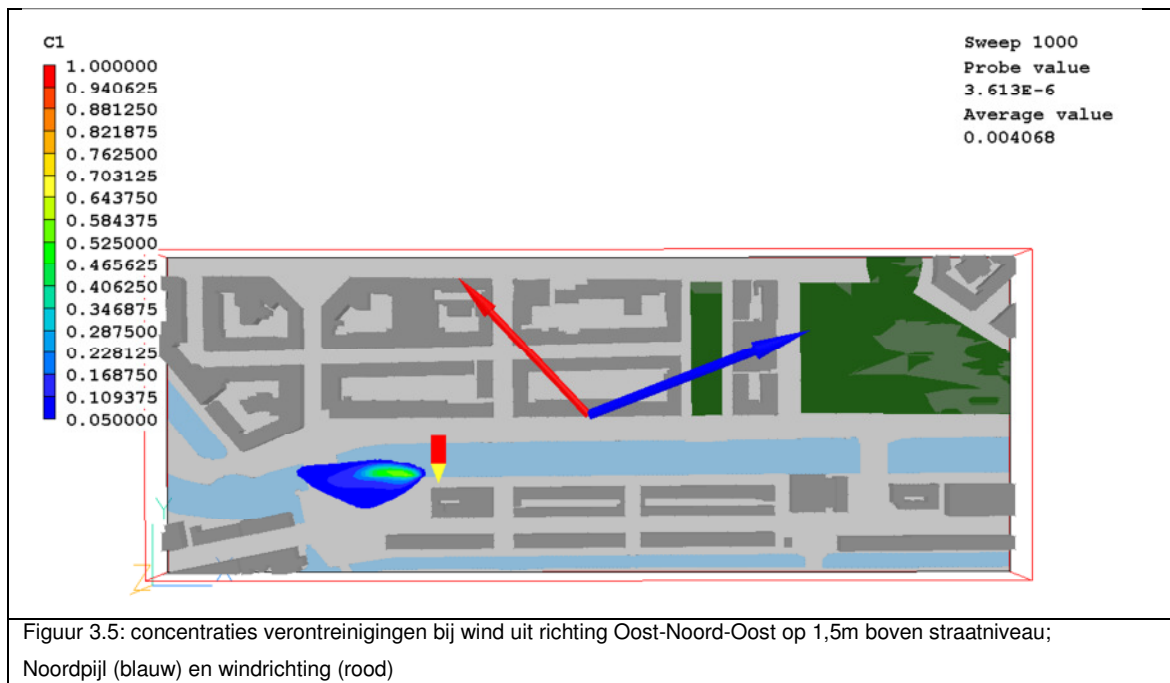
3.2.3. Windrichting N



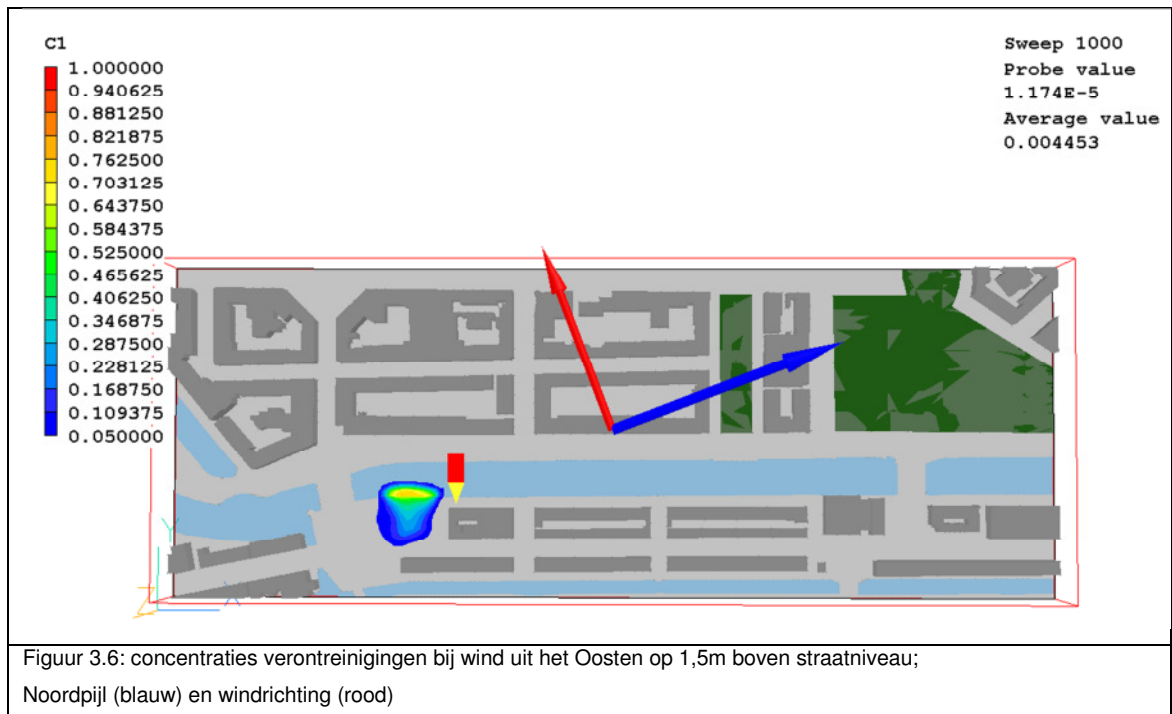
3.2.4. Windrichting NNO



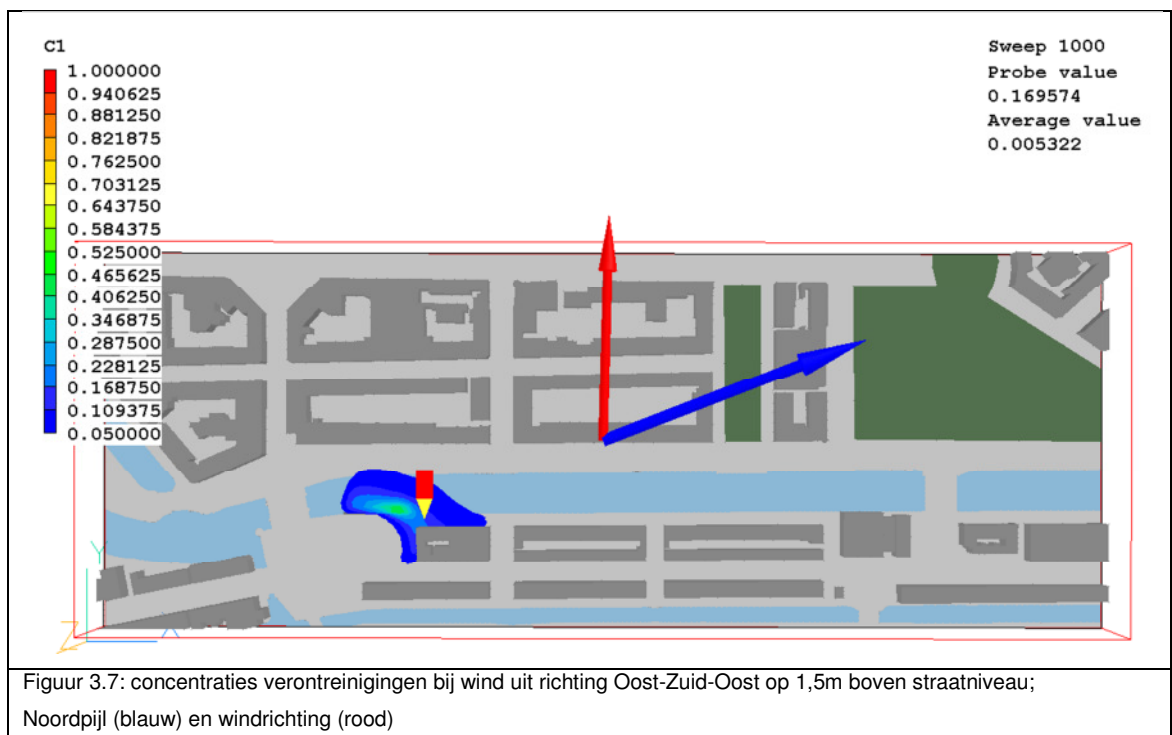
3.2.5. Windrichting ONO



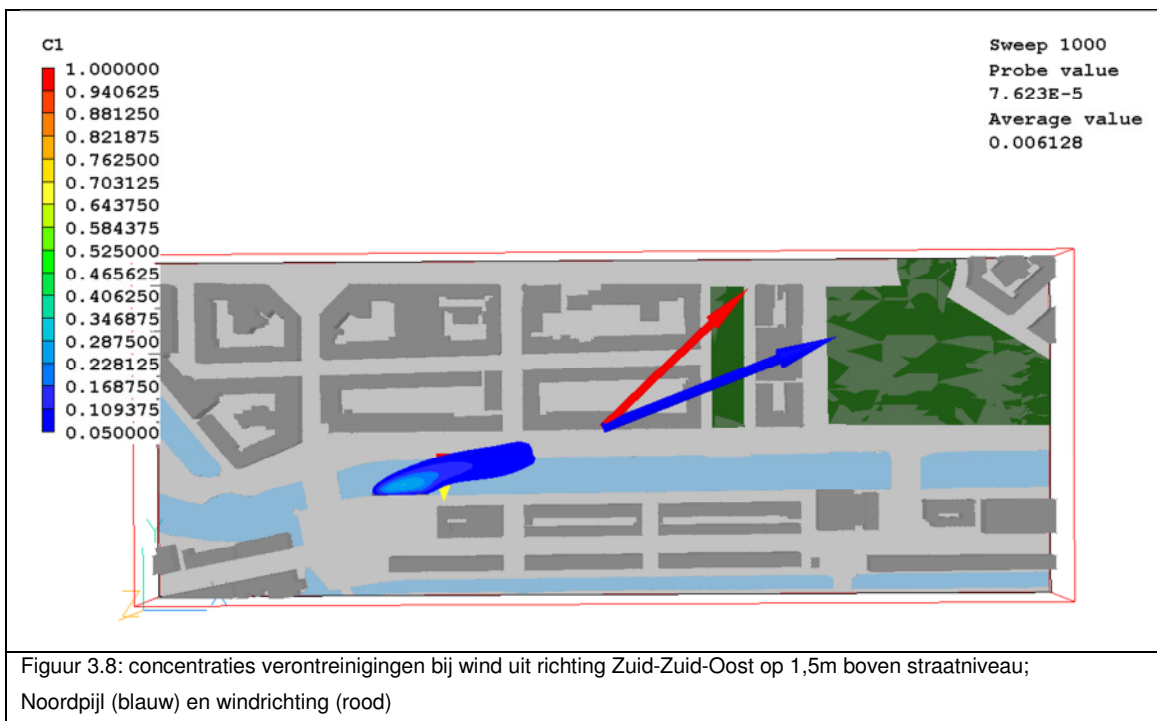
3.2.6. Windrichting O



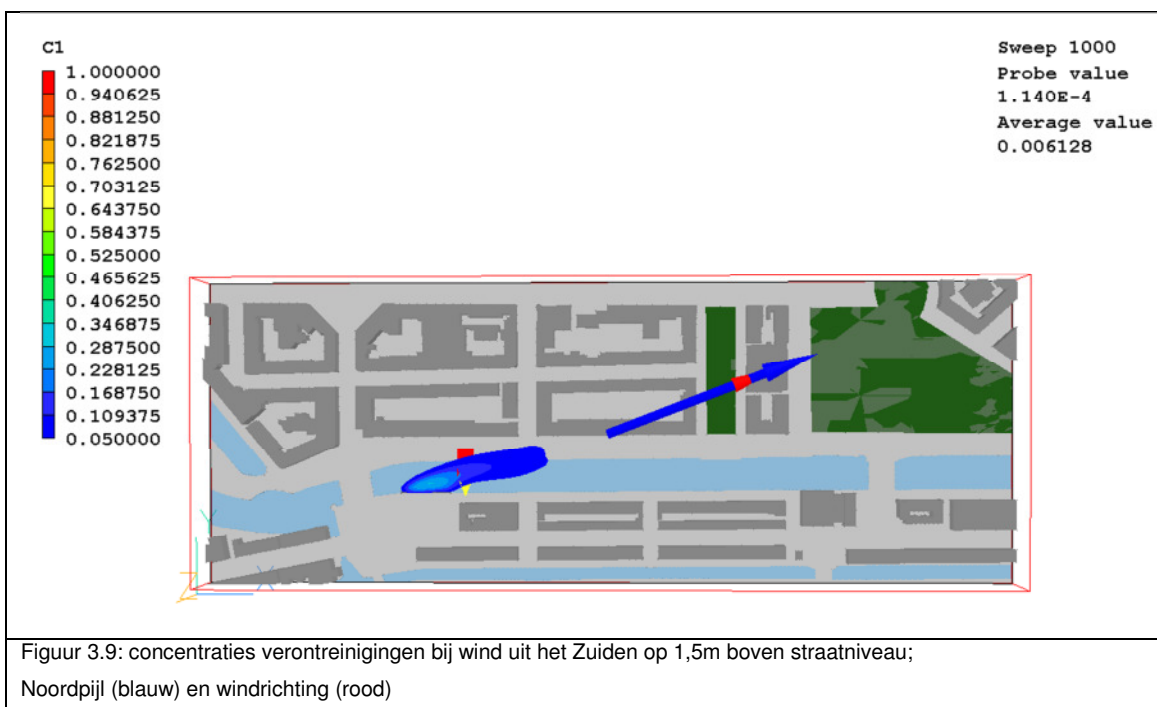
3.2.7. Windrichting OZO



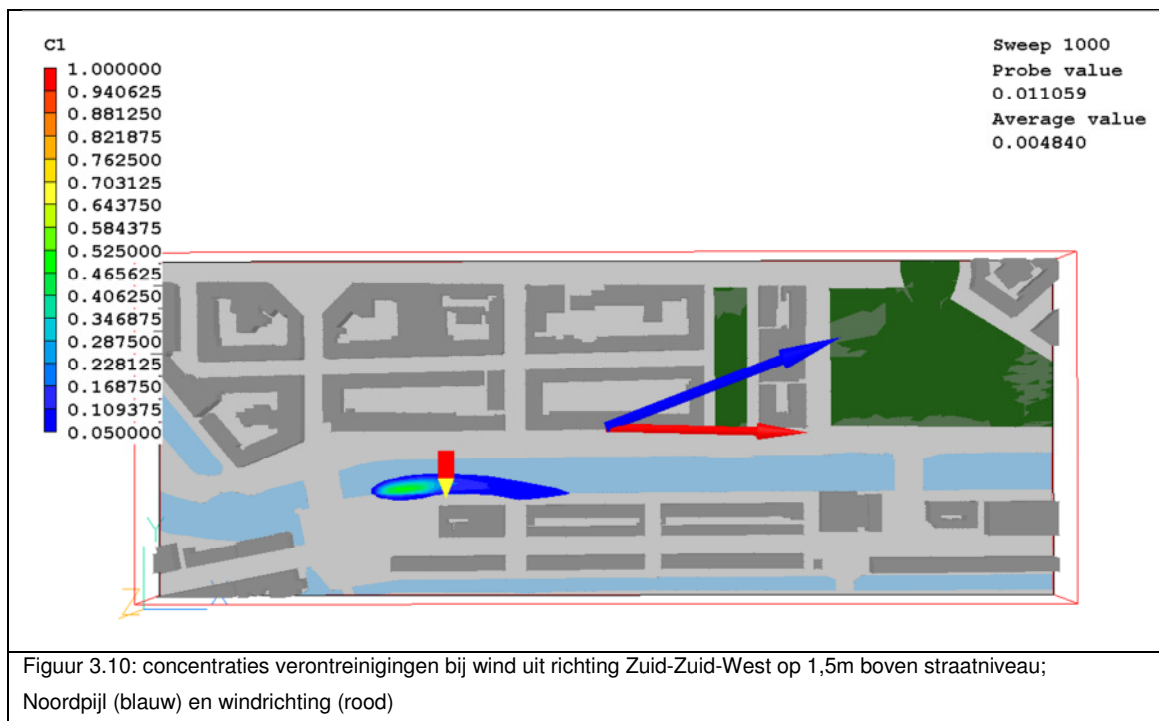
3.2.8. Windrichting ZZO



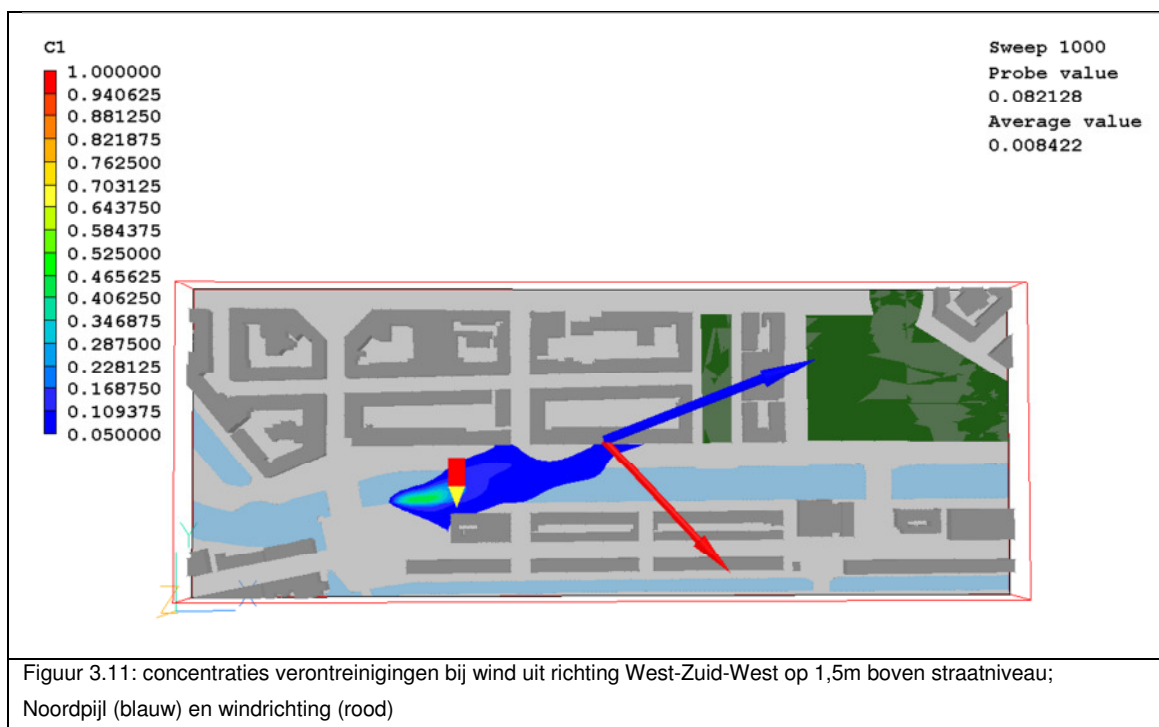
3.2.9. Windrichting Z



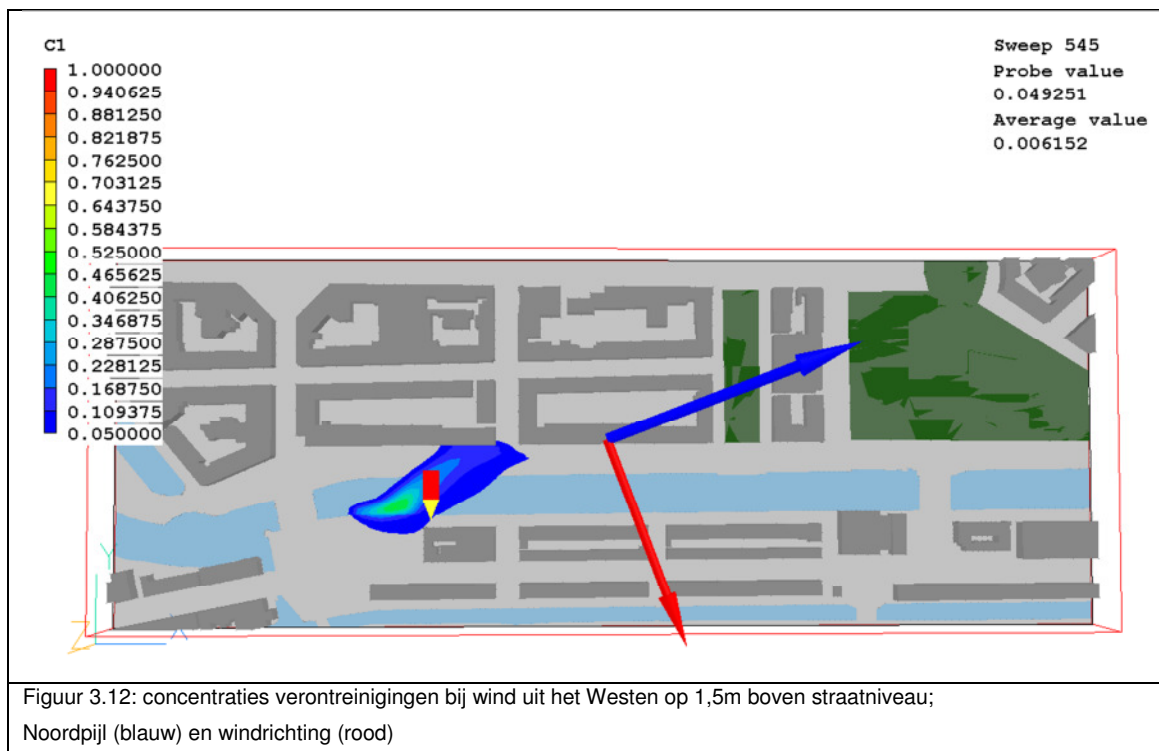
3.2.10. Windrichting ZZW



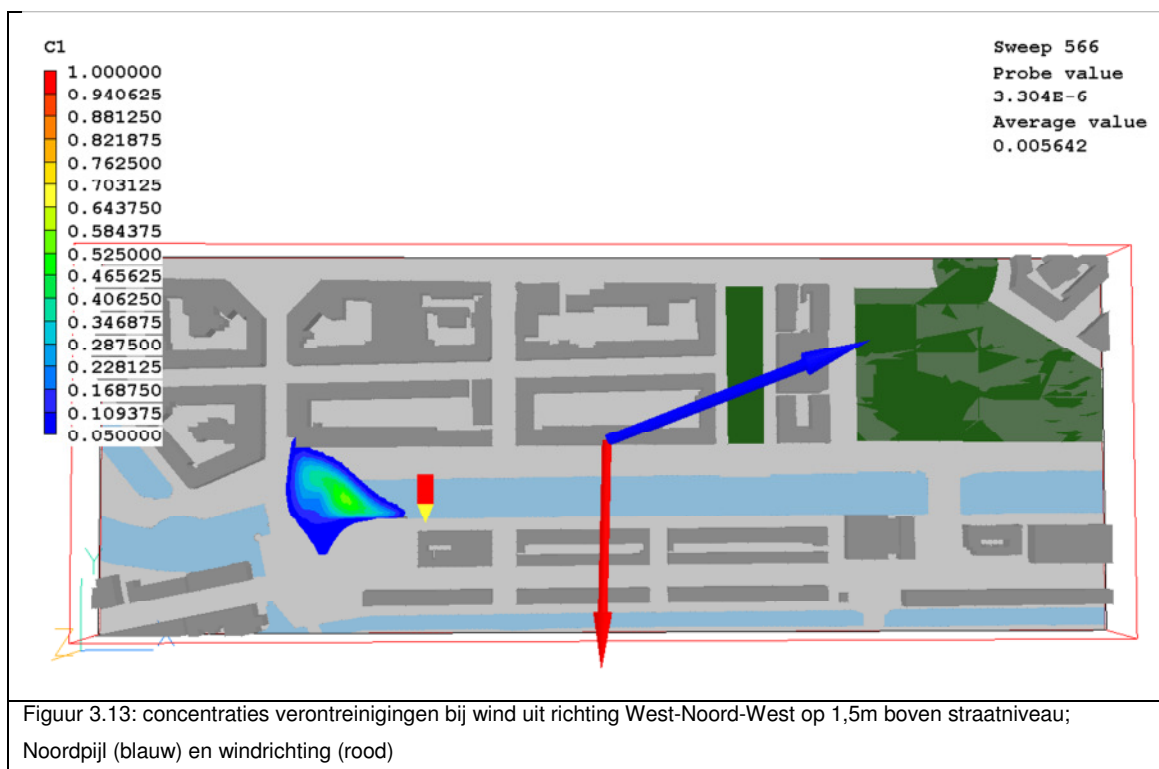
3.2.11. Windrichting WZW

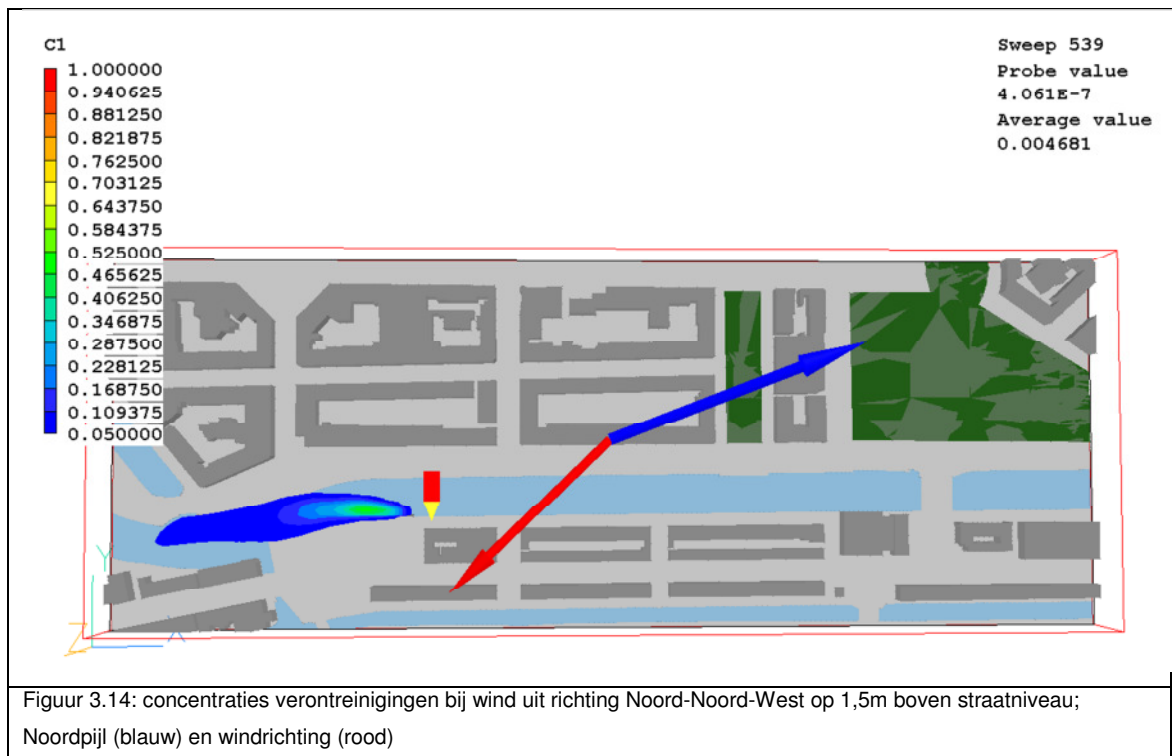


3.2.12. Windrichting W



3.2.13. Windrichting WNW

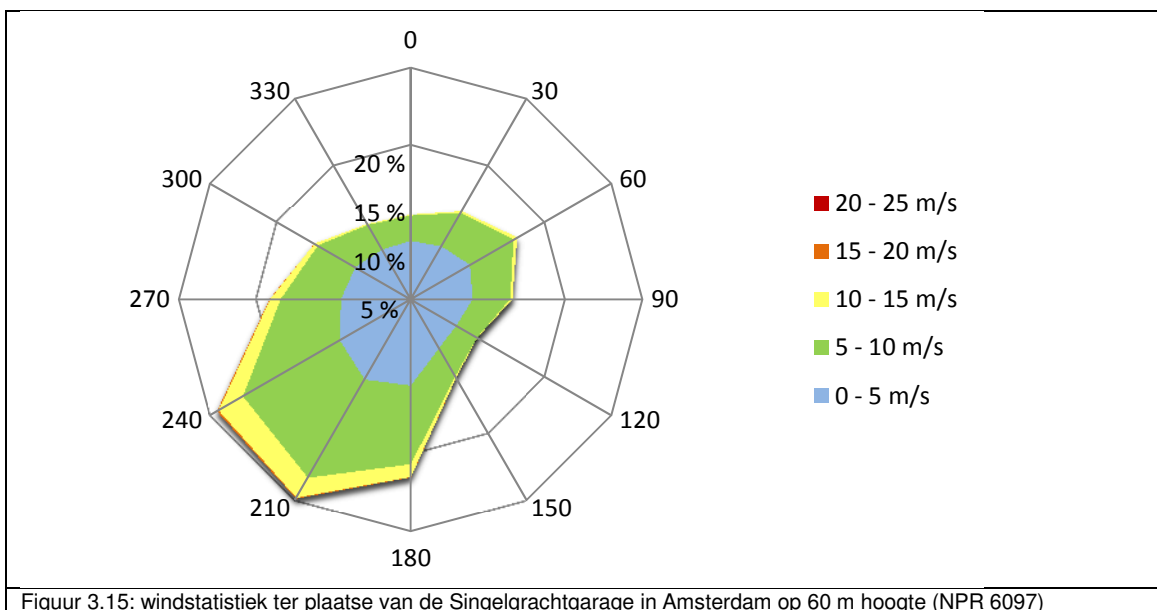


3.2.14. Windrichting NNW

3.3. Samenvatting simulatiewaarden controlepunt

In onderstaande tabellen is een overzicht gegeven van de resultaten van de simulaties.

Voor alle duidelijkheid wordt ook de windstatistiek op de locatie weergegeven:



Bij de simulaties is het uitgangspunt een lage windsnelheid van 2 m/s. Uit bovenstaande figuur blijkt dat deze waarde maar weinig voorkomt. Tevens waait de wind voornamelijk uit het zuidwesten. Deze factoren maken dat de iets hogere concentraties uit de onderstaande tabellen maar weinig zullen voorkomen. De plek waar de emissiegegevens zijn berekend is ter plaatse van de gevel van de als meest kritisch beschouwde woning (maatgevende locatie).

3.3.1. Fijnstof, stikstofdioxide en benzeen

De resultaten van de nieuwe berekeningen van M+P uit 2013 worden weergegeven, met achtereenvolgens eenrichtingsverkeer (§ 3.3.1.2) en tweerichtingsverkeer (§ 3.3.1.3).

3.3.1.1 CFD + berekening M+P⁸, eenrichtingsverkeer

windrichting	CFD-berekening fijnstof (PM ₁₀), concentratie in de afblaasluft is 1,44 µg/m ³	Berekening M+P (2018), Nassau- kade zuid	Totaal	Toegestaan
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
N	0,000	27,4	27,4	50
NNO	0,000	27,4	27,4	50
ONO	0,000	27,4	27,4	50
O	0,000	27,4	27,4	50
OZO	0,244	27,4	27,6	50
ZZO	0,000	27,4	27,4	50
Z	0,000	27,4	27,4	50
ZZW	0,016	27,4	27,4	50
WZW	0,118	27,4	27,5	50
W	0,071	27,4	27,5	50
WNW	0,000	27,4	27,4	50
NNW	0,000	27,4	27,4	50

Figuur 3.19: overzicht concentraties fijnstof in µg/m³ uit de CFD-berekeningen, vergelijking met berekeningen van M+P en het toegestane maximum (24-uurgemiddelden)

windrichting	CFD-berekening stikstofdioxide (NO ₂), concentratie in de afblaasluft is 7,66 µg/m ³	Berekening M+P (2018), Nassau- kade zuid	Totaal	Toegestaan (2015)
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
N	0,000	33,5	33,5	200
NNO	0,000	33,5	33,5	200
ONO	0,000	33,5	33,5	200
O	0,000	33,5	33,5	200
OZO	1,168	33,5	34,7	200
ZZO	0,001	33,5	33,5	200
Z	0,001	33,5	33,5	200
ZZW	0,076	33,5	33,6	200
WZW	0,566	33,5	34,1	200
W	0,339	33,5	33,8	200
WNW	0,000	33,5	33,5	200
NNW	0,000	33,5	33,5	200

Figuur 3.20: overzicht concentraties stikstofdioxide in µg/m³ uit de CFD-berekeningen, vergelijking met berekeningen van M+P en het toegestane maximum (uurgemiddelden)

Stof	Jaargemiddelde uitgaande van de CFD- berekeningen	Berekening M+P (2018)	Totaal	Toegestane jaargemiddelde (2015)
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
PM ₁₀ (fijnstof)	0,038	27,4	27,4	40
NO ₂ (stikstofdioxide)	0,182	33,5	33,7	40
C ₆ H ₆ (benzeen)	0,050	1,0	1,0	5

Figuur 3.21: overzicht concentraties stikstofdioxide in µg/m³ uit de CFD-berekeningen, vergelijking met berekeningen van M+P en het toegestane maximum

⁸ M+P. Onderzoek luchtkwaliteit. Bestemmingsplan Singelgrachtgarage. 17 september 2013.

3.3.1.2 CFD + berekening M+P⁹, tweerichtingsverkeer

windrichting	CFD-berekening fijnstof (PM ₁₀), concentratie in de afblaasluft is 1,44 µg/m ³	Berekening M+P (2018), Nassau- kade zuid	Totaal	Toegestaan
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
N	0,000	27,2	27,2	50
NNO	0,000	27,2	27,2	50
ONO	0,000	27,2	27,2	50
O	0,000	27,2	27,2	50
OZO	0,244	27,2	27,4	50
ZZO	0,000	27,2	27,2	50
Z	0,000	27,2	27,2	50
ZZW	0,016	27,2	27,2	50
WZW	0,118	27,2	27,3	50
W	0,071	27,2	27,3	50
WNW	0,000	27,2	27,2	50
NNW	0,000	27,2	27,2	50

Figuur 3.16: overzicht concentraties fijnstof in µg/m³ uit de CFD-berekeningen, vergelijking met berekeningen van M+P en het toegestane maximum (24-uurgemiddelden)

windrichting	CFD-berekening stikstofdioxide (NO ₂), concentratie in de afblaasluft is 7,66 µg/m ³	Berekening M+P (2018), Nassau- kade zuid	Totaal	Toegestaan (2015)
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
N	0,000	32,8	32,8	200
NNO	0,000	32,8	32,8	200
ONO	0,000	32,8	32,8	200
O	0,000	32,8	32,8	200
OZO	1,168	32,8	34,0	200
ZZO	0,001	32,8	32,8	200
Z	0,001	32,8	32,8	200
ZZW	0,076	32,8	32,9	200
WZW	0,566	32,8	33,4	200
W	0,339	32,8	34,1	200
WNW	0,000	32,8	32,8	200
NNW	0,000	32,8	32,8	200

Figuur 3.17: overzicht concentraties stikstofdioxide in µg/m³ uit de CFD-berekeningen, vergelijking met berekeningen van M+P en het toegestane maximum (uurgemiddelden)

Stof	Jaargemiddelde uitgaande van de CFD- berekeningen	Berekening M+P (2018)	Totaal	Toegestane jaargemiddelde (2015)
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
PM ₁₀ (fijnstof)	0,038	27,2	27,2	40
NO ₂ (stikstofdioxide)	0,182	32,8	33,0	40
C ₆ H ₆ (benzeen)	0,050	1,0	1,0	5

Figuur 3.18: overzicht concentraties stikstofdioxide in µg/m³ uit de CFD-berekeningen, vergelijking met berekeningen van M+P en het toegestane maximum

⁹ M+P. Onderzoek luchtkwaliteit. Bestemmingsplan Singelgrachtgarage. 17 september 2013.

Uit deze tabellen blijkt dat de toename van fijnstof (PM_{10}), stikstofdioxide (NO_2) en benzeen (C_6H_6) door de parkeergarage beperkt is. Berekend is een worst-case scenario bij oostenwind en een lage windsnelheid van 2 m/s. Bij andere weersomstandigheden zijn de concentraties meestal aanzienlijk lager. De ervaring bij andere garages in de omgeving leert bijvoorbeeld dat de toename van benzeen minder dan $0,1 \mu g/m^3$ is, hetgeen in de lijn is met dit onderzoek.

Uit de simulaties blijkt verder dat er sprake is van een sterke doorgaande windstroming over de Singelgracht, zelfs bij windrichtingen vrijwel haaks op de Singelgracht ("windsingeffect"). Daarnaast ontstaan er wervelende stromingen in de omgeving van de afvoer van de garage als gevolg van de verbreding van het grachtenprofiel bij het Tweede Marnixplantsoen. De "pluim" met verontreinigingen vanuit de garage wordt daardoor zowel sterk verdund als grotendeels van de aanliggende woningen afgebogen. Dit verklaart de relatief geringe concentratietoename van verontreinigingen bij de nabijgelegen woningen.

3.3.2. Geur

De mate van verdunning is bij een afvoer van $250.000 m^3/h$ via een afvoeropening van $1 \times 50 m$ dermate groot dat er geen waarneembare geur uit de garage komt. Het direct uitblazen boven het water van de Singelgracht is een bijkomende gunstige factor.

3.3.3. Jaarlijkse overschrijdingen

De maatgevende bijdrage (ten gevolge van emissie uit de parkeergarage) in verhouding tot de maximum toelaatbare waarde voor fijnstof en stikstofdioxide bedraagt respectievelijk maximaal 0,14% en 0,54% voor de meest maatgevende situatie, de eenrichtingsverkeersvariant. Deze draagt, relatief gezien, het meeste bij aan de concentratieverhoging. Op basis hiervan wordt verondersteld dat de komst van de parkeergarage geen wijzigingen met zich meebrengt voor het aantal keer dat de respectievelijk 24-uurgemiddelde en uurgemiddelde waarden worden overschreden.

4. CONCLUSIES

Onderzocht is in hoeverre een te bouwen tweelaagse parkeergarage onder de Singelgracht voor 800 auto's voldoet aan de eisen uit het Activiteitenbesluit. Dit om aan te tonen dat de luchtkwaliteit in de omgeving voldoende wordt gewaarborgd. Geëvalueerd zijn fijnstof, stikstofdioxide en benzeen. Dit is gedaan met behulp van CFD-berekeningen. De conclusies van het onderzoek zijn voor een situatie met een- en tweerichtingsverkeer via het Frederik Hendrikplantsoen de volgende:

4.1. Algemeen

4.1.1. Eenrichtingsverkeer

Fijnstof

- De fijnstofconcentratie (PM_{10}) neemt in een etmaal toe met maximaal circa $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij de meest kritische gevel en windrichting, boven op de door M+P berekende maximale waarde van $27,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹⁰. Dit is ruim onder de maximaal toelaatbare concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Op jaarbasis neemt de concentratie fijnstof maximaal toe met circa $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, boven op de door M+P berekende $27,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiermee blijft het totale niveau $27,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hetgeen ruim onder het toelaatbare jaargemiddelde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Stikstofdioxide

- De uurlijkse waarde van NO_2 neemt maximaal toe met $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij de meest kritische gevel en windrichting, boven op de door M+P berekende maximale waarde van $33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is ver onder de maximaal toelaatbare concentratie van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- De jaargemiddelde waarde van NO_2 neemt maximaal toe met $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, boven op de door M+P berekende $33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiermee wordt het totale niveau $33,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hetgeen onder het toelaatbare jaargemiddelde van $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Benzeen

- De jaarlijkse toename van benzeen is $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rekening houdend met de verschillende windrichtingen bij een achtergrondconcentratie van $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit ligt ruim onder de gemiddelde jaarlijkse maximum concentratie van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Omdat de windsnelheid meestal hoger is dan 2 m/s zal de gemiddelde concentratie lager zijn. Een gebruikelijke toename in de omgeving van parkeergarages is $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹⁰ Bij de eenrichtingsvariant voor het referentiejaar 2018.

4.1.2. Tweerichtingsverkeer

Fijnstof

- De fijnstofconcentratie (PM_{10}) neemt in een etmaal toe met maximaal circa $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij de meest kritische gevel en windrichting, boven op de door M+P berekende maximale waarde van $27,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹¹. Dit is ruim onder de maximaal toelaatbare concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Op jaarbasis neemt de concentratie fijnstof maximaal toe met circa $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, boven op de door M+P berekende $27,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiermee blijft het totale niveau $27,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hetgeen ruim onder het toelaatbare jaargemiddelde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Stikstofdioxide

- De uurlijkse waarde van NO_2 neemt maximaal toe met $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij de meest kritische gevel en windrichting, boven op de door M+P berekende maximale waarde van $32,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is ver onder de maximaal toelaatbare concentratie van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- De jaargemiddelde waarde van NO_2 neemt maximaal toe met $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, boven op de door M+P berekende $32,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiermee wordt het totale niveau $33,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hetgeen onder het toelaatbare jaargemiddelde van $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Benzeen

- De jaarlijkse toename van benzeen is $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rekening houdend met de verschillende windrichtingen bij een achtergrondconcentratie van $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit ligt ruim onder de gemiddelde jaarlijkse maximum concentratie van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Omdat de windsnelheid meestal hoger is dan 2 m/s zal de gemiddelde concentratie lager zijn. Een gebruikelijke toename in de omgeving van parkeergarages is $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2. Eindconclusie

In de aanvulling van M+P van 17 september 2013 is het effect op de omgevingsluchtkwaliteit van zowel één- als tweerichtingsverkeer bij de Marnix parkeergarage beoordeeld.

Zowel bij één- als bij tweerichtingsverkeer voldoet het ontwerp van de afvoer van de parkeergarage, op basis van de in dit rapport genoemde uitgangspunten, ruimschoots aan de in Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 genoemde grenswaarden ten aanzien van luchtkwaliteit. Een ontwerp op basis van deze uitgangspunten is daarom voldoende gelijkwaardig aan de in het Activiteitenbesluit genoemde ontwerprandvoorwaarden.

¹¹ Bij de tweerichtingsvariant voor het referentiejaar 2018.