

Ventilatie van parkeergarages: windtunnel simulaties.

A.W. Alders

Adviesbureau Peutz & Associés B.V.

Mook, Zoetermeer, Düsseldorf, Parijs

1. Inleiding

Parkeergarages kunnen, afhankelijk van hun bouwwijze, zowel mechanisch als natuurlijk geventileerd worden. Met name bij natuurlijke ventilatie zal de wind een duidelijke invloed hebben op het ventilatievoud dat verkregen wordt. Wim Kornaat is hierop in zijn voordracht reeds uitvoerig ingegaan.

Ventilatie van een parkeergarage heeft naast de positieve effecten op het binnenklimaat in de garage, minder schadelijke stoffen aanwezig, ook hieraan onlosmakelijk verbonden negatieve aspecten. De uit de parkeergarage op natuurlijke of mechanische wijze weggezogen schadelijke stoffen zullen hetzij via open gevels/daken, hetzij via de afblaaskanalen van het mechanische ventilatiesysteem in de stedenbouwkundige omgeving terecht komen.

De invloed van de wind bepaalt de mate van schadelijke stoffenverspreiding. Deze windinvloeden zijn in ruime mate afhankelijk van de bouwlocatie, de stedenbouwkundige omgeving en het ontwerp van de garage.

In deze lezing wordt ingegaan op de wijze waarop door middel van windtunnelonderzoek de verspreiding van schadelijke stoffen in de stedenbouwkundige omgeving onderzocht kan worden. Verder wordt in het kort ingegaan op de invloed van de uitblaassnelheid van mechanisch afgezogen lucht en de mogelijkheden om onderzoek naar de mate van ventilatie in de garage met behulp van een windtunnel te verrichten.



2. Waarom windtunnelonderzoek aan een parkeergarage?

Windtunnelonderzoek is met betrekking tot stedenbouwkundige omgevingen voornamelijk bekend voor wat betreft de aspecten windhinder (windcomfort, voorkomen gevaarlijke situaties) en winddruk (gevels, daken, plafonds in onderdoorgangen e.d.).

Een minder bekende mogelijkheid van windtunnelonderzoek is het uitvoeren van concentratiemetingen ten behoeve van het bepalen van de emissie van schadelijke stoffen o.d.

Begin jaren '90 werd men zich in Nederland steeds meer bewust van de nadelige invloed op de volksgezondheid van de stof *benzeen*. Benzeen wordt aangemerkt als een carcinogene stof. Derhalve is op 22 februari 1993 het "Besluit luchtkwaliteit benzeen" [1] in werking getreden. In dit besluit worden eisen gesteld aan de maximaal toelaatbare jaargemiddelde benzeenconcentratie in de buitenlucht in ons land.

Spoedig na het van kracht worden van het besluit bleek dat de consequenties hiervan veel verder gingen dan dat het ministerie van VROM waarschijnlijk had verwacht.

De consequenties van het van kracht worden van het besluit zijn dat met name rond de bouw van parkeergarages de nodige vragen worden opgeworpen met betrekking tot het wel of niet voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen.

Verschillende procedures bij de Raad van State, aangespannen door bedrijven en particulieren tegen de geplande bouw van een aantal parkeergarages, zorgden al voor de nodige onzekerheden met betrekking tot mogelijke realisatie van de bouwplannen.

Dit is zelfs reeds zover gegaan dat door de Raad van State bouw- en milieuvergunningen werden vernietigd of geschorst totdat aangetoond was dat de benzeenconcentraties aan de gestelde eisen zullen voldoen.

Op welke wijze het al dan niet voldoen aan de eisen vóór aanvang van de bouw aangetoond diende te worden werd door de overheid niet aangegeven, wel werd soms in milieuvergunningen opgenomen dat "na in gebruik name van de garage metingen verricht dienen te worden om aan te tonen dat aan de gestelde eisen voldaan wordt".

En wat indien dit dan niet zo is?



De volgende luchtkwaliteitseisen zijn in het besluit vastgesteld:

- een grenswaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde concentratie;
- een uitzonderingsgrenswaarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde concentratie voor zeer drukke verkeerssituaties (van kracht tot 1 januari 2000);
- een richtwaarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde concentratie.

Als streefwaarde geldt zelfs een waarde van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde concentratie.

Teneinde vooraf reeds aan te tonen welke benzeenconcentraties verwacht mogen worden, diende derhalve een methode ontwikkeld te worden.

De jaargemiddelde benzeenconcentratie rond een parkeergarage is samengesteld uit:

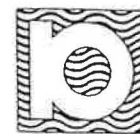
- a. de stadsachtergrondconcentratie welke in elke stedenbouwkundige omgeving aanwezig is ten gevolge van industrieën e.d.
- b. de bijdrage ten gevolge van het verkeer op de wegen rond de garage.
- c. de bijdrage ten gevolge van de parkeergarage zelf.

Met betrekking tot de aspecten a. en b. kan voldoende informatie verkregen worden uit berekeningen met het CAR-model (Calculation of Airpollution from Road-traffic model). Met de laatste versie (CAR-AMvB 1.0 d.d. januari 1994) [2] kan de stadsachtergrondconcentratie voor verschillende (grotere) steden alsmede de bijdrage ten gevolge van het verkeer worden vastgesteld. Hierbij wordt opgemerkt dat er omtrent de resultaten welke met behulp van het CAR-model worden verkregen veel discussie gaande is, aangezien dit over het algemeen zeer pessimistische waarden zijn.

De bijdrage van de parkeergarage zelf (c) is moeilijker te bepalen.

Hiervoor is echter gebleken dat windtunnelonderzoek aan schaalmodellen van parkeergarages, waarbij door het mee modelleren van een groot deel van de stedenbouwkundige omgeving (gebouwen, verlaagde wegen, begroeiing e.d.) duidelijk inzicht verkregen kan worden in de invloed van de omgeving op de verspreiding van benzeen, een afdoende antwoord kan geven op de onderhavige problematiek.

Inmiddels is echter uiteraard ook door het ministerie van VROM het probleem van het Besluit luchtkwaliteit benzeen met betrekking tot de bouw van parkeergarages onderkend.



In opdracht van het ministerie is door TNO-MW een Diagnostisch model voor het berekenen van benzeenconcentraties nabij parkeergarages/terreinen [3] ontwikkeld.

In juli 1995 is een Interim beleidsstandpunt benzeen en parkeergarages [4] aan alle gemeenten en provincies gezonden. Verder is in opdracht van het ministerie een gevalideerd rekenmodel ontwikkeld.

Momenteel, november 1996, is de situatie dat dit door TNO-MEP ontwikkelde rekenmodel in "prototype" gereed is. Het rapport: Model voor het berekenen van jaargemiddelde benzeenconcentratiebijdragen van parkeergarages en parkeerterreinen -CAR Parking (prototype)-[5] is met ingang van 25 september 1996 in de plaats gekomen van het diagnostisch model. Er wordt door VROM naar gestreefd om begin 1997 een nieuw te ontwikkelen beleidsstandpunt "Benzeen en parkeergarages" uit te brengen.

Het moge duidelijk zijn dat hier veel gaande is.

Bij alle rekenmodellen wordt echter niet of nauwelijks rekening gehouden met windsnelheidsaspecten welke bepaald worden door de bouwlocatie en/of de stedenbouwkundige omgeving.

Windtunnelonderzoek kan hierop wel een antwoord geven.

3. Wijze van onderzoek in de windtunnel

De opzet van dit soort onderzoeken is als volgt:

Aan een schaalmodel van een project, met bijbehorende stedenbouwkundige omgeving binnen een straal van enkele honderden meters, worden in de windtunnel concentratiemetingen verricht.

Hiertoe wordt uit geperforeerde pijpjes en/of strips gelijkmatig over de verschillende bouwlagen van een parkeergarage verspreid, c.q. uit pijpjes ter plaatse van de geplande afblaasopeningen van de ventilatie-inrichting, een goed detecteerbaar tracergas (bijv.: isobuteen) met bekende concentratie uitgeblazen.

Op een aantal relevante "snuffel"punten in de omgeving rond het project wordt dan per windrichting de onder invloed van de wind overblijvende concentratie van het gas vastgesteld.



Teneinde het in het model gemeten verband tussen de uitstoot van tracergas en de nabij de meetpunten optredende concentraties ten gevolge van deze uitstoot op eenvoudige wijze te kunnen relateren aan de in de werkelijkheid te verwachten concentraties wordt gerekend met behulp van uit de metingen in de windtunnel vast te stellen concentratiecoëfficiënten.

Voor de concentratiecoëfficiënt K geldt het volgende verband:

$$K = \left[\frac{C \cdot \bar{U}_{10}}{Q} \right]_W = \left[\frac{C \cdot \bar{U}_{10} \cdot S^2}{Q} \right]_M$$

- waarin:
- C: de concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Q: de uitstoot in g/s
 - \bar{U}_{10} : de windsnelheid (m/s) in het vrije veld op een hoogte van 10 m
 - S: de schaalfactor
 - W: staat voor werkelijkheid
 - M: staat voor model.

Met behulp van de door metingen in het model bepaalde concentratiecoëfficiënt kan gebruikmakend van de emissiegegevens, vast te stellen uit het verwachte gebruik van de garage, de in werkelijkheid te verwachten benzeenconcentratie nabij de meetpunten worden bepaald. Dit gebeurt voor iedere windrichting afzonderlijk. (Bij deze berekeningen wordt zowel uitgegaan van de windsnelheden op 10 m hoogte in het meteostation als de windsnelheden op "10 m" hoogte in het vrije veld in de windtunnel. Zie bovenstaande formule. De lokaal optredende windsnelheden op lagere hoogte worden door juiste modellering van het schaalmodel gerealiseerd.)

Met gebruikmaking van de statistische windgegevens van een representatief meteostation kan vervolgens de bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie benzeen ten gevolge van de uitstoot uit de parkeergarage bepaald worden.

De jaargemiddelde concentratie bij wind uit windrichting i kan hierbij als volgt berekend worden:

$$C_{i,\text{gemiddeld}} = \frac{C_{i,\text{meting}} \cdot u_{i,\text{meting}}}{u_{i,\text{gemiddeld}}}$$

hierin is:

- $C_{i,\text{meting}}$: de gemeten concentratie bij windrichting i
- $u_{i,\text{meting}}$: de windsnelheid tijdens de meting
- $u_{i,\text{gemiddeld}}$: de reciproke jaargemiddelde windsnelheid uit richting i:



$$u_{i, \text{gemiddeld}} = \frac{1}{(1/u)_{i, \text{jaargemiddeld}}}$$

De totale jaargemiddelde concentratie bedraagt dan:

$$C_{\text{gemiddeld}} = \sum_i C_{i, \text{gemiddeld}} \cdot \frac{n_i}{100.000}$$

hierin is:

n_i : het aantal waarnemingen per 100.000 dat de wind uit richting i waait.

In onderstaande tabel I is de jaargemiddelde reciproque windsnelheid per windrichting voor meteostation Schiphol weergegeven, alsmede het aantal waarnemingen n_i per windrichting per 100.000 waarnemingen.

Tabel I: Jaargemiddelde reciproque windsnelheid en aantal waarnemingen voor meteostation Schiphol.

windrichting	jaargemiddelde reciproque windsnelheid $u_{i, \text{gemiddeld}}$ in m/s	aantal waarnemingen n_i per 100.000
30	3.7	5700
60	4.1	8520
90 (Oostenwind)	3.5	7340
120	3.0	4610
150	3.3	6740
180 (Zuidenwind)	3.5	9510
210	4.3	12260
240	4.4	12230
270 (Westenwind)	4.2	9690
300	4.1	6550
330	3.6	6430
360 (Noordenwind)	3.1	6020
variabel/windstil	0.59	4400

Over het algemeen worden bij de metingen en berekeningen de bijdragen van de inrit, de uitrit alsmede het rijden en parkeren in de garage afzonderlijk op de meetpunten vastgesteld, zodat een duidelijk beeld verkregen kan worden van de invloed van de verschillende bronnen afzonderlijk.



4. Onzekerheden ten aanzien van de resultaten

De onzekerheid bij de op deze wijze van onderzoek maar ook bij die met rekenmodellen verkregen resultaten bestaat voornamelijk uit de te verwachten werkelijke benzeenemissie die in de praktijk op zal treden.

De *berekende emissiegegevens* worden gebruikt in combinatie met de uit het windtunnelonderzoek vastgestelde concentratiecoëfficiënten teneinde de te verwachten bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie vast te stellen.

Deze benzeenemissie, welke bij zowel windtunnelmetingen als berekeningen met de verschillende modellen op basis van verwachtingen wordt ingeschat, wordt bepaald door de verwachte bezettingsgraad, rijsnelheden, parkeerduur, het aantal auto's uitgevoerd met carbon canisters, katalysatoren e.d. en is opgebouwd uit de volgende bijdragen:

- a. de benzeenemissie tijdens het inrijden van de parkeergarage met een warme motor, alsmede tijdens het parkeren.
- b. de verdamping van benzine en de daarmee gepaard gaande benzeenemissie tijdens het geparkeerd staan.
- c. de benzeenemissie tijdens het uitrijden van de parkeergarage met koude en relatief warme motoren.

Bij het vaststellen van de emissie per parkerend/rijdend voertuig is/wordt uitgegaan van de emissiegegevens zoals opgenomen in het CAR-AMvB model, het Technisch rapport Benzeen [6], het door TNO opgestelde diagnostisch model, c.q. momenteel het CAR-Parking (prototype) model.



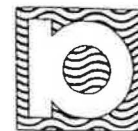
5. Immissie beperkende voorzieningen aan parkeergarages

Zoals hiervoor reeds gesteld is de werkelijke benzeenemissie een duidelijk vraagpunt. Wordt echter uitgaande van de verwachte emissie vastgesteld dat de totale jaargemiddelde benzeenconcentratie ten gevolge van de ingebruikname van de nieuwe parkeergarage boven de norm uit zal komen, dan bestaan nog mogelijkheden om tijdens het windtunnelonderzoek de invloed vast te stellen van bijvoorbeeld het sluiten van een deel van de gevels van de garage of het met hogere uitblaassnelheden bij mechanische ventilatiesystemen wegblazen, het wijzigen van de plaats van het afblaaspunt of de afblaashoogte e.d. Wijzigen, vergroten, van de uitblaassnelheid blijkt in veel gevallen probleemoplossend te werken.

6. Vergelijking resultaten windtunnelonderzoek met resultaten rekenmodellen

Uit ervaring met windtunnelonderzoek aan parkeergarages is gebleken dat de invloed van de stedenbouwkundige omgeving vaak zodanig is dat de gegevens verkregen met behulp van de rekenmodellen aanzienlijk afwijken van de resultaten verkregen met behulp van windtunnelonderzoek.

Voor een vergelijking van de resultaten bij enkele garages wordt verwezen naar tabel II waarin een vergelijking gegeven wordt tussen enkele berekende waarden met behulp van het diagnostisch model, het CAR-Parking model, en de uit windtunnelonderzoek verkregen waarden uitgaande van de emissiegegevens berekend conform het diagnostisch model en het CAR-Parking model.



Tabel II: Vergelijking onderzoeksresultaten op een aantal immissiepunten.

Parkeergarage	Bijdrage aan totale benzeenconcentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jaargemiddelde concentratie			
	Volgens diagnostisch model	Volgens wind-tunnelonderzoek met emissie volgens diagnostisch model	Volgens CAR Parking model	Volgens wind-tunnelonderzoek met emissie volgens CAR Parking model
-Rotterdam L.	4,9	3,4	3,3	1,9
-Schiedam	14,3	7,7	15,3	4,7
-Rotterdam H.	8,7	3,5	2,3	1,3
-Amersfoort	1,7	0,1	0,6	0,1

7. Wat kunnen we met de meet- en rekenresultaten van op deze wijze verricht onderzoek bereiken?

Toetsing van de te verwachten benzeenemissie van een parkeergarage op de eerder beschreven wijze heeft in de loop der jaren reeds bij meerdere Raad van State zaken een voldoende antwoord kunnen geven op de gerezen vragen bij de indieners van bezwaarschriften. Een twintigtal garages is, of wordt al dan niet in gewijzigde vorm, na windtunnelonderzoek gerealiseerd.

8. Schadelijke stoffenconcentraties in de garage.

Het ligt normaal gesproken niet voor de hand zo maar een windtunnelonderzoek te laten verrichten teneinde de schadelijke stoffenconcentraties in een garage te onderzoeken.

Indien echter reeds een model vervaardigd is teneinde de emissie naar de omgeving te bepalen kan, zij het indicatief en alleen bij natuurlijk geventileerde garages, op dezelfde wijze als hiervoor beschreven, door middel van concentratiemetingen bezien worden of er "dode hoeken" in de garage aanwezig zijn waar te weinig doorspoeling optreedt. Hiervoor kan dan geadviseerd worden om bijvoorbeeld een aantal impulsventilatoren o.d. ter plaatse aan te brengen.



9. Tot slot

Door de overheid is de volgende stelling geponeerd:

"Voor het interim beleidsstandpunt wordt uitgegaan van de uitkomsten van het diagnostisch model van TNO, tenzij een windtunnelonderzoek (met emissiefactoren van het TNO diagnostisch model) is uitgevoerd."

In het begeleidend schrijven d.d. 25 september 1996 bij de introductie van het Car Parking model wordt gesteld dat dit model in plaats treedt van het eerdere diagnostisch model. Voor het overige blijft het interim beleidsstandpunt onverkort van kracht. Derhalve ook het deel van de stelling: "tenzij een windtunnelonderzoek is uitgevoerd".

Gezien de vorenstaande vergelijkingen zal zeker in kritische gevallen, waarbij verwacht wordt dat benadering van de grenswaarde plaatsvindt, windtunnelonderzoek te adviseren zijn.

Referenties:

- [1] Besluit luchtkwaliteit benzeen, Staatsblad 1993, nr. 35
- [2] CAR-AMvB model versie 1.0, R.I.V.M., januari 1994
- [3] Diagnostisch model voor het berekenen van benzeenconcentraties nabij parkeergarages/terreinen, Rapport TNO-MW-R94/242, 18 oktober 1994
- [4] Interim beleidsstandpunt benzeen en parkeergarages, Directoraat-Generaal Milieubeheer, VROM, juli 1995
- [5] Model voor het berekenen van de jaargemiddelde benzeenconcentratiebijdragen van parkeergarages en parkeerterreinen -CAR-Parking (prototype)-, Rapport TNO-MEP-R95/222, 23 april 1996
- [6] Technisch rapport benzeen, Publikatiereeks Lucht & Energie nr. 109, VROM, 1993.