

Ventileren van parkeergarages

De huidige regelgeving over parkeergarages geeft vaak onvoldoende inzicht in de ontwerpparameters voor het dimensioneren van ventilatiesystemen. Meer inzicht is nodig om consequenties voor én gevoeligheden van het ontwerp vast te stellen. Op een dergelijke wijze kan gekomen worden tot een goed onderbouwd en geoptimaliseerd ontwerp. Voor het dimensioneren is de koolmonoxideproductie door voertuigen van belang. In dit artikel wordt nieuwe informatie gegeven voor het vaststellen van deze productie. Verder worden in het kort een aantal aspecten over benzeen aangegeven.

door: ing. W. Kornaat*

In het BouwBesluit [1] wordt voor stallingsruimten (waaronder parkeergarages verstaan kunnen worden) een ventilatieniveau geëist van 3 dm³/s per m² gebruiksoppervlak. Verder worden in de NVN 2443 [2] ontwerpregels voor de dimensionering van natuurlijke ventilatievoorzieningen gegeven, waarbij een voldoende ventilatie zal optreden. Eisen en ontwerpregels in regelgeving hebben echter een generaliserend karakter. Ook onder ongunstige omstandigheden moeten zij leiden tot een veilige situatie, in dit geval voldoende ventilatie. Daarentegen voorziet de regelgeving in de mogelijkheid een ontwerp te baseren op een gelijkwaardige prestatie, mits voldaan wordt aan hetzelfde niveau als die waartoe de prestatie-eisen leiden. Veelal zal dit resulteren in een optimalisatie van het ontwerp in relatie tot de actuele situatie in de onderhavige parkeergarage.

In de NVN 2443 wordt voor het dimensioneren van ventilatiesystemen als maatgevende verontreiniging opgegeven de koolmonoxide (CO) geproduceerd door de voertuigen. Eisen over te onderhouden CO-concentraties worden gegeven en kunnen daarnaast

eveneens worden ontleend aan P-bladen. Ontwerpparameters om de CO-productie vast te stellen worden echter onvoldoende gegeven.

Deze CO-productie is van diverse factoren afhankelijk, zoals onder andere: de CO-afgifte per voertuig, de rijnsnelheid, de rijafstand en de verkeersbelasting. Op deze aspecten wordt in het volgende nader ingegaan.

CO-AFGIFTE DOOR VOERTUIGEN

In de NVN 2443 wordt voor de CO-afgifte per voertuig opgegeven 0,097 x 10⁻³ m³/s. In vergelijking tot de NPR 2443 (daterend 1978, [3]) is de CO-afgifte gereduceerd door de toenemende milieueisen.

De CO-afgifte van een voertuig is afhankelijk van een groot aantal factoren. Het getal genoemd in de NVN 2443 zou een soort bovengrens moeten aangeven, die toereikend is voor het gros van de voorkomende omstandigheden. Om inzicht in een en ander te verschaffen (de CO-afgifte uit de NVN 2443 te beoordelen) is door TNO Wegtransportmiddelen de CO-afgifte van voertuigen berekend met het programma VERSIT.

De CO-afgifte is berekend voor een voertuig met gemiddelde motorgrootte (ongeveer 1400 cc) en gewicht (± 1000 kg) afhankelijk van de volgende factoren:

- motortype of brandstof (benzine, diesel, LPG);
- met of zonder katalysator bij benzine en LPG-motor én indirecte of directe inspuiting bij dieselmotor;
- warme of koude motor;
- rijnsnelheid (beschouwde rijnsnelheden 5, 10, 15, 20 en 25 km/h);
- voor het jaar 1995 en 2000 en prognosticeerd voor het jaar 2010.

Bij het CBS zijn gegevens opgevraagd over de samenstelling van het Nederlandse voertuigenpark (percentage benzinemotoren met en zonder katalysator, dieselmotoren, etc). Uitgaande van een dergelijke samenstelling van de voertuigen in een parkeergarage én de CO-afgifte per voertuig zoals berekend met VERSIT (zie o.a. figuur 1), is vervolgens de gemiddelde CO-afgifte per voertuig in een parkeergarage bepaald [4].

Afhankelijk van de functie van een parkeergarage kan als maatgevende situatie voor de CO-productie worden beschouwd (1) een situatie met allemaal koude (vertrekkende) motoren óf (2) een situatie met een mix van koude (vertrekkende) en warme (aankomende) motoren. De 1e situatie geldt bijv. voor een parkeergarage voor een kantoren- of een appartementencomplex, waarbij respectievelijk aan het einde van de dag de werknemers of 's ochtends de bewoners vertrekken. De 2e situatie geldt voor een parkeergarage bij bijvoorbeeld een winkelcomplex, waar continu mensen aankomen en vertrekken.

* TNO Bouw, divisie Gebouw & Installaties, Delft

Voor genoemde situaties bedraagt de berekende CO-afgifte voor de mix van voertuigen in een parkeergarage (zie figuur 2):

- 2,25 maal de waarde volgens NVN 2443 uitgaande van koude motoren;
- 1,3 maal de waarde volgens NVN 2443 uitgaande van een mix (50/50) van koude en warme motoren.

Voor de maatgevende situaties is de CO-afgifte zoals vermeld in de NVN 2443 dus te laag! Toepassing van de hiervoor genoemde hogere waarden verdient aanbeveling om een juiste dimensionering van het ventilatiesysteem te verkrijgen.

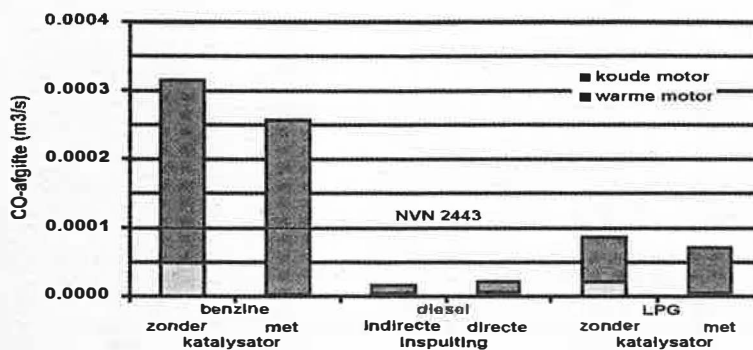
RIJSNELHEID EN RIJAFSTAND

De combinatie van rijnsnelheid, rijafstand en eventuele wachttijden bij in/uitrijden bepalen de tijd dat een voertuig met draaiende motor in een parkeergarage aanwezig is.

Voor het bepalen van de wachttijden kunnen geen algemene regels worden gegeven. Van geval tot geval zal een en ander moeten worden bekeken. Er moet op gelet worden dat er geen files ontstaan door vertraging bij het betalingssysteem of doordat de uitrit uitkomt op een drukke verkeersweg.

De rijafstand hangt af van de uitvoering van de parkeergarage. Bepaald moet worden welke rijroutes mogelijk zijn en in hoeverre deze zullen worden gebruikt. Verder moet worden bekeken in hoeverre mensen extra zullen moeten 'rondrijden' voordat zij een parkeerplaats hebben gevonden.

Voor rijnsnelheden in een parkeergarage is moeilijk een goede gemiddelde waarde te geven. De rijnsnelheid is echter wel erg belangrijk voor de grootte van de CO-productie (zie figuur 3). Dit komt omdat bij de rijnsnelheden, zoals deze gebruikelijk zullen optreden in een parkeergarage (variërend van 5 t/m 25 km/h), de CO-afgifte per voertuig nagenoeg constant blijft of zelfs iets afneemt bij toenemende rijnsnelheid. Deze afname wordt veroorzaakt door het feit dat een geringe belasting van de motor (lage snelheden), resulteert in een minder efficiënt functioneren van de motor. Lagere rijnsnelheden geven hierdoor een hogere CO-belasting. Immers de rijtijd van het voertuig neemt toe en de CO-afgifte per voertuig blijft gelijk of neemt eveneens toe.



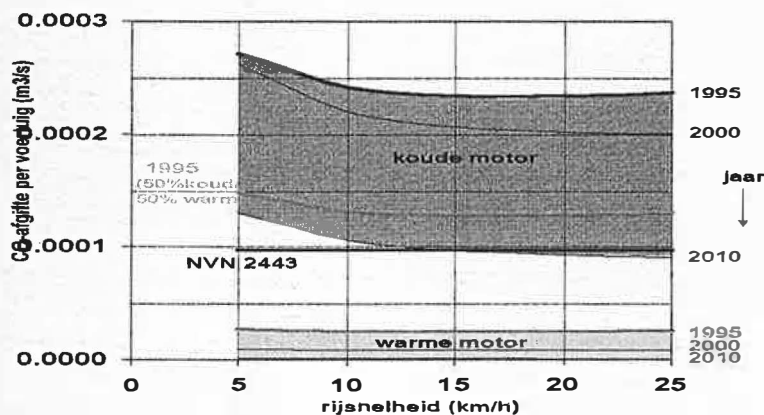
De CO-afgifte verschilt sterk per motortype en gebruikte brandstof. Verder is bij koude motoren de CO-afgifte veel hoger dan bij warme motoren. De benzinemotoren hebben de hoogste CO-afgifte. Alleen bij koude benzinemotoren is de CO-afgifte hoger dan de waarde volgens NVN 2443. Dit geldt zowel voor de situatie met, als zonder katalysator, omdat in koude toestand de katalysator niet optimaal functioneert.

Bij LPG en dieselmotoren ligt de CO-afgifte tegenwoordig al onder de waarde volgens NVN 2443. De CO-afgifte bij dieselmotoren ligt hier zelfs ver onder.

Voor specifieke toepassing kunnen dergelijke verschillen in CO-afgifte, afhankelijk van het motortype, bij het ontwerp van een ventilatiesysteem in beschouwing worden genomen. Een voorbeeld hiervan is een expeditieknoppunt. In de regel zullen hier vrachtwagens rijden voorzien van dieselmotoren. Uitgegaan kan worden van een 'lagere' CO-afgifte, hegeen resulteert in een betere afstemming van het ventilatiesysteem op de actuele situatie (optimalisatie).

CO-afgifte per motortype

-FIGUUR 1-



In een parkeergarage zal een mix van diverse motortypen aanwezig zijn. Het ontwerp moet dan ook uitgelegd zijn op een gemiddelde CO-afgifte voor deze mix van voertuigen (ontleend aan gegevens van het CBS). Bepalend hierbij zijn in sterke mate de benzinemotoren omdat deze het meest voorkomen.

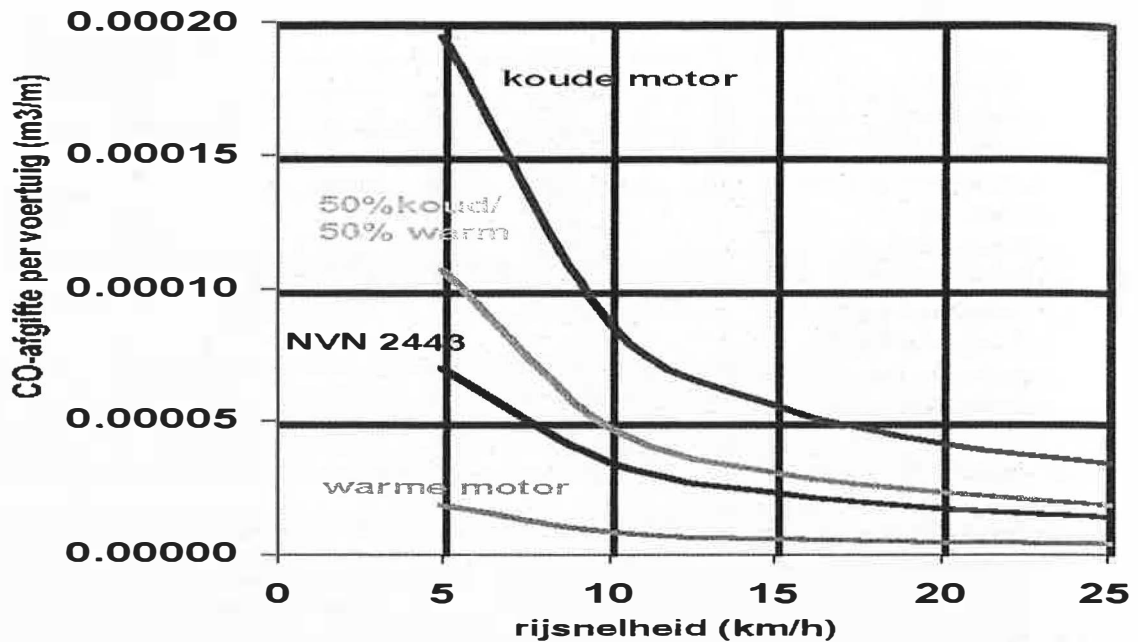
Uitgaande van warme motoren ligt deze gemiddelde CO-afgifte anno 2000 al duidelijk lager dan de waarde volgens NVN 2443. In de toekomst wordt door het 'schoner' worden van de voertuigen en veranderingen in de samenstelling van het voertuigenpark een nog verdere afname voorzien.

Uitgaande van koude motoren ligt de gemiddelde CO-afgifte anno 2000 echter duidelijk hoger dan de waarde volgens NVN 2443. Naar verwachting zal slechts over een groot aantal jaren (10 of 15) de waarde volgens NVN 2443 worden bereikt. Dit is iets om terdege rekening mee te houden. In een parkeergarage voor bijvoorbeeld een kantorencomplex zal de maatgevende situatie zijn het vertrekken van allemaal koude voertuigen aan het eind van de werkdag. Aan de hand van NVN 2443 zou de CO-afgifte te laag worden ingeschat, resulterend in een ontoereikende ventilatie.

Voor een mix van koude en warme voertuigen lag de gemiddelde CO-afgifte voor het jaar 1995 in principe nog iets hoger dan de waarde vermeld in de NVN 2443. Een dergelijke situatie zal maatgevend zijn bij parkeergarages voor winkelend publiek, waarbij continu sprake is van aankomende en vertrekkende voertuigen.

CO-afgifte voor mix van voertuigen in een parkeergarage

-FIGUUR 2-



Afhankelijk van de rijnsnelheid zal enerzijds de rijtijd in de parkeergarage variëren en anderzijds de CO-afgifte per voertuig per tijdseenheid. Bij toenemende rijnsnelheid zal de rijtijd afnemen en, zoals berekend, eveneens de CO-afgifte per voertuig. Om het effect van de rijnsnelheid op de CO-belasting meer inzichtelijk te maken, is de CO-afgifte per voertuig per meter afgelegde afstand bepaald afhankelijk van de rijnsnelheid. De te rijden afstand in een parkeergarage

ligt immers vast.

Naarmate de rijnsnelheid toeneemt, blijkt de CO-afgifte per meter afgelegde afstand sterk af te nemen. Een verdubbeling van de rijnsnelheid geeft ongeveer een halvering van de CO-afgifte per meter afgelegde afstand. Het is dus zaak de rijnsnelheid niet te hoog in te schatten, omdat dit leidt tot een onderschatting van de CO-belasting en het benodigde ventilatiedebiet.

CO-afgifte per meter rijafstand

-FIGUUR 3-

Er is geen sprake van een nivellerend effect, doordat door een lagere rijnsnelheid weliswaar de rijtijd toeneemt, maar dit gecompenseerd wordt door een lagere CO-afgifte per voertuig. Afhankelijk van de keuze van de rijnsnelheid is dus een sterke variatie van de CO-productie mogelijk. Vooral snog lijkt 5 tot 10 km/h een goede aanname, die mogelijk tot een geringe overschatting van de CO-productie leidt en een zekere veiligheidsmarge inbouwt.

VERKEERSBELASTING

Het aantal in- en/of uitgaande voertuigen varieert in de tijd veelal sterk in parkeergarages. Voor een goed ontwerp is een goede keuze van deze verkeersbelasting (figuur 4) van groot belang. Aanhouden van een te lage verkeersbelasting, zal leiden tot een ontwerp met onvoldoende ventilatiecapaciteit (te hoge verontreinigingsniveaus). Daarnaast behoeft echter ook niet op kortstondige hoge pieken te worden gedimensioneerd.

In de NVN 2443 worden geen regels gegeven voor de aan te houden verkeers-

belasting. In sommige handboeken daarentegen wel. Veelal betreft dit de door Mercey in 1969 afgeleide regels [5].

Onderscheid wordt hierbij gemaakt tussen de volgende functies:

- een parkeergarage bij een kantoren- of woningencomplex, waarvoor wordt gesteld dat binnen 1 uur alle voertuigen de parkeergarage zullen uitrijden;
- een parkeergarage bij een winkelcomplex, waar voor de verkeersbelasting wordt aangehouden:

$$\left(0,9 - \frac{\sqrt[3]{X}}{10}\right) \times X \text{ [in/uitgaande voertuigen/uur]}$$

waarin:

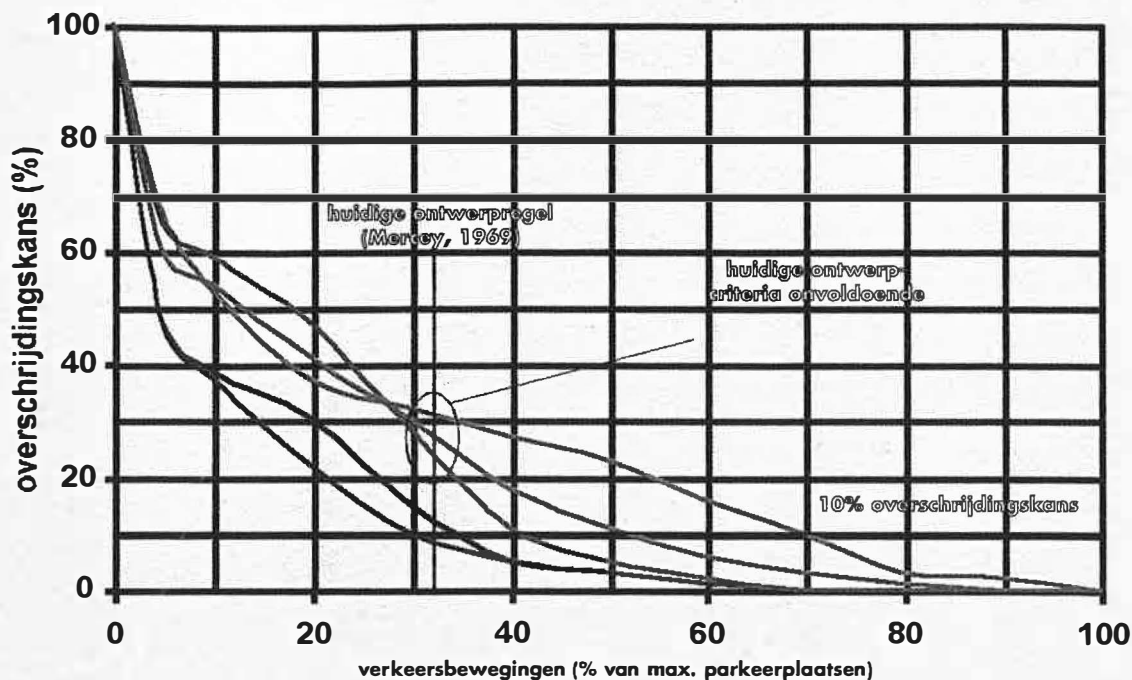
- X is het aantal aanwezige parkeerplaatsen;
- 0,316X is het minimum voor parkeergarages met meer dan 200 plaatsen.

Sinds 1969 zijn de parkeergarages echter aanzienlijk groter geworden en is

het autogebruik sterk toegenomen. De vraag is dan ook of de gebruikelijk gehanteerde regels nog gelden. Recentelijk is één en ander globaal door TNO Bouw onderzocht. Op basis van de eerste resultaten lijken bestaande regels te leiden tot een te lage verkeersbelasting. Om te komen tot bijgestelde regels moet een dergelijk onderzoek nog verder worden uitgevoerd, om zo inzicht te verkrijgen in de verkeersbelasting afhankelijk van de functie, de ligging, de grootte van de parkeergarage en dergelijke.

BENZEEN

In het kader van het Besluit Lucht-kwaliteit Benzeen, is een benzeen-rekenmodel ontwikkeld door TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie om de bijdrage van parkeergarages aan benzeenconcentraties in de omgeving te voorspellen. Een belangrijk invoergegeven voor dit benzeenrekenmodel is de jaarlijks gemiddelde verkeersbelasting. Het inzicht hierin is momenteel onvoldoende. Nader onderzoek naar de verkeersbelasting, conform het



De verkeersbelasting van een parkeergarage is afhankelijk van diverse factoren, zoals: de functie, de ligging, de grootte, etc. De verkeersbelasting is een belangrijke parameter voor de CO-productie en dus het ventilatieontwerp.

TNO Bouw heeft recentelijk deze verkeersbelasting globaal onderzocht aan de hand van gegevens opgeslagen met de aanwezige betalingsystemen in parkeergarages. Het aantal verkeersbewegingen (in- en/of uitgaande voertuigen per uur) kan hieraan worden ontleend. Door deze gegevens over een langere periode te analyseren, kan de overschrijdingskans van een bepaalde belasting worden vastgesteld.

Voor een 5-tal parkeergarage zijn de resultaten weergegeven in deze figuur. Het betreft hier openbare parkeergarages gelegen in een stadscentrum met een grootte variërend van 350 tot 900 parkeerplaatsen. Volgens de huidige ontwerpregels moet hiervoor als aantal verkeersbewegingen aangehouden worden 0,316 maal het aantal parkeerplaatsen (31,6% van maximum.aantal parkeerplaatsen). In 3 van

de 5 onderzochte gevallen is deze belasting echter te laag. Het percentage van de tijd met een hogere belasting (de overschrijdingskans) varieert voor deze gevallen van 20 tot 30%, waarbinnen gedurende een aanzienlijke tijdsduur tot 2 maal zulke hoge belastingen optreden.

Bijstelling van de ontwerpregels lijkt dus gewenst, maar verder onderzoek is hiervoor nodig. In onderhavige gevallen zou uitgaan van een belasting met 10% overschrijdingskans wellicht een goede optie zijn.

Behalve voor vaststelling van de ontwerp-verkeersbelasting t.b.v. koolmonoxide, kan met een dergelijk onderzoek ook de gemiddelde verkeersbelasting (bij 50% overschrijdingskans) worden vastgesteld. Deze jaarlijks gemiddelde verkeersbelasting is nodig voor vaststelling van de bijdrage aan benzeenconcentraties in de omgeving door emissie uit de parkeergarage. Beter inzicht in de gemiddelde verkeersbelasting vergroot de nauwkeurigheid van de invoer voor het hiervoor ontwikkelde benzeenrekenmodel.

Onderzoek naar verkeersbelasting

-FIGUUR 4-

onderzoek recentelijk uitgevoerd door TNO Bouw (zie hiervoor), kan dit inzicht verschaffen afhankelijk van de functie, grootte, etc van de parkeergarage.

In het benzeenrekenmodel wordt de jaarlijks gemiddelde ventilatie bij een natuurlijk geventileerde parkeergarage ingeschat afhankelijk van het percentage open geveloppervlak. Deze ventilatieniveaus zijn echter laag ingeschat om in ongunstige omstandigheden niet een te beperkte bijdrage in de benzeenconcentraties te voorspellen. Met een recent binnen TNO Bouw ontwikkeld computerprogramma, kan de jaarlijks gemiddelde natuurlijke ventilatie eenvoudig (snel) en nauwkeurig worden bepaald afhankelijk van de daadwerkelijk positie en grootte

van de openingen, de omringende bebouwing, etc. Dit programma berekent de natuurlijke ventilatie voor een scala aan combinaties van windsnelheden, windrichtingen en buitentemperaturen. Vervolgens worden deze combinaties gewogen naar het percentage van voorkomen en zo wordt onder andere de gemiddeld optredende ventilatie bepaald. Door de verregaande mate van automatisering, kan een dergelijke berekening tegen beperkte kosten worden uitgevoerd.

De hiervoor genoemde twee aspecten dragen bij in een verhoging van de nauwkeurigheid van de invoer van het benzeenrekenmodel en maken het mogelijk een parkeergarage beter op basis van de actuele situatie te toetsen.

LITERATUUR

- 1 Bouwbesluit
- 2 NVN 2443, *Parkeeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1995
- 3 NPR 2443, *Parkeergarages*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1978
- 4 Kornaat, ing.W., *Ventilatie van parkeergarages. CO-afgifte van voertuigen*, TNO rapport 96-BBI-R1337, Delft, november 1996
- 5 Mercey, A, *Ventilatie van ondergrondse en bovengrondse gesloten parkeergarages*, Technisch Gemeentebblad, 1969, 8/9