

NATUURLIJKE VENTILATIE VAN PARKEERGARAGES

Dimensionering van ventilatievoorzieningen m.b.v. luchtstromingsmodellen

ing. W.Kornaat
TNO-Bouw
afdeling Binnenmilieu, Bouwfysica en Installaties
Delft
tel 015-2608568

Het op natuurlijke wijze ventileren van een parkeergarage wordt ten onrechte vaak als niet toereikend beschouwd. Zeker als men zich strikt houdt aan de ontwerpregels en de ingebouwde veiligheidsmarges volgens de NVN 2443. Dit is jammer want een dergelijk windaangedreven systeem kan een aantal wezenlijke voordelen hebben boven een mechanisch systeem met ventilatoren. Met bestaande technieken kan de natuurlijke ventilatie beter voorspeld worden en de toepasbaarheid vergroot worden.

Veel winkel- en/of kantoorcomplexen hebben vandaag de dag een eigen parkeergarage. Deze dient geventileerd te worden voor het verdunnen en afvoeren van de uitlaatgassen. Dit kan met een natuurlijk of mechanisch ventilatiesysteem. Een natuurlijk systeem heeft een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van een mechanisch systeem. Een natuurlijk ventilatiesysteem wordt echter te vaak als een niet haalbare kaart beschouwd als strikt genomen niet aan de ontwerpregels volgens de ontwerpnorm NVN 2443 voldaan kan worden. Bijvoorbeeld indien door de bouwkundige uitvoering, voorzieningen niet voldoende groot óf op de juiste plaats gerealiseerd kunnen worden. Recente onderzoeken met luchtstromingsmodellen hebben aangetoond dat toepassing van natuurlijke ventilatie echter vaak wel mogelijk is. Door het ontwerp te optimaliseren uitgaande van volledige natuurlijke ventilatie danwel gecombineerd met aanvullende mechanische ventilatie.

Voordelen natuurlijke ventilatie

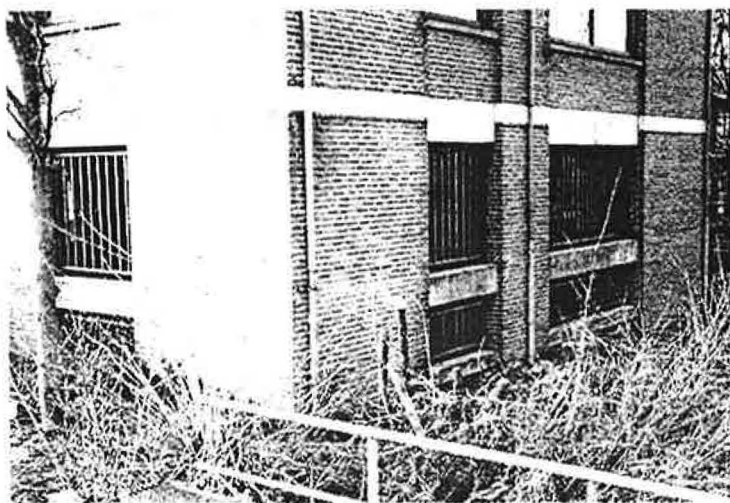
Vaak worden de nadelen van een natuurlijk systeem benadrukt. Natuurlijke ventilatie heeft daarentegen zeker diverse voordelen boven mechanische ventilatie.

Een eerste voordeel is dat een natuurlijk systeem geen transport-energie verbruikt. Als drijvende krachten worden namelijk lokale drukverschillen benut, ontstaan door windaanval en thermiek. Verder geldt in de regel dat een natuurlijk systeem eenvoudiger, goedkoper en minder storingsgevoelig is en tevens minder onderhoud vraagt.

Het belangrijkste voordeel is echter dat een natuurlijk ventilatiesysteem in principe als overgedimensioneerd kan worden beschouwd voor het merendeel van de optredende omstandigheden. De dimensionering vindt namelijk plaats voor een situatie met lage windsnelheid, omdat de natuurlijke ventilatie afneemt bij afnemende windsnelheid en

situaties met een te beperkte ventilatie voorkomen moeten worden.

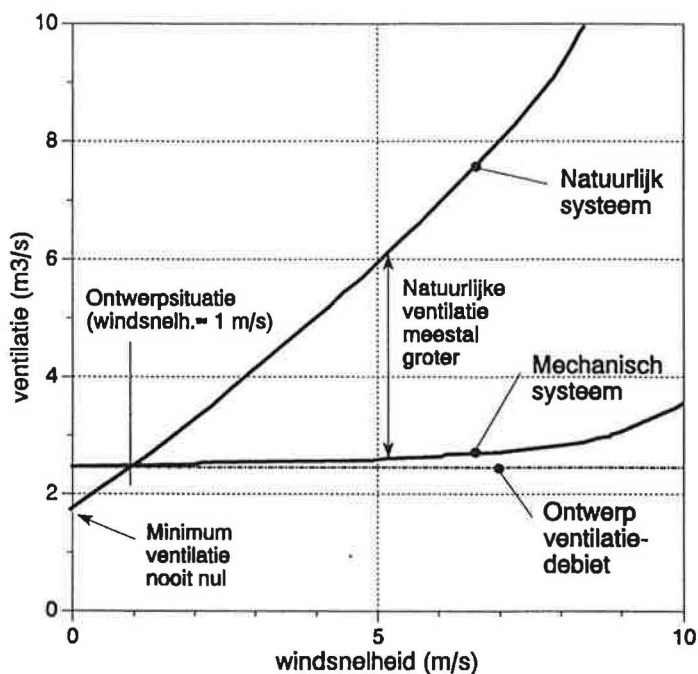
Als criterium wordt veelal gehanteerd een windsnelheid van 1 m/s, die circa 95% van de tijd overschreden wordt. Verreweg het grootste deel van de tijd is de windsnelheid dus groter en daarmee samenhangend ook de ventilatie hoger dan minimaal noodzakelijk. De gemiddelde blootstelling van gebruikers aan verontreinigingen en de eventueel onder-vonden hinder worden hierdoor in sterke mate beperkt. Bovendien is de gemiddelde ventilatie zoveel hoger dat in geval van brand een veel sterkere verdunning en afvoer van rook plaatsvindt.



Eenvoudiger en goedkoper

De luchttoe- en afvoer bij een natuurlijk ventilatiesysteem kan gerealiseerd worden met eenvoudige voorzieningen. In de praktijk kan veelal worden volstaan met openingen voorzien van een traliewerk om doorgang te verhinderen. Door de juiste positionering van deze openingen kan men een juiste luchtverdeling realiseren. In tegenstelling hiermee is voor de luchttoevoer en distributie bij een mechanisch systeem, al snel een meer of minder uitgebreid kanaalsysteem met roosters nodig.





Windstille situaties
 Als nadeel van een natuurlijk systeem wordt vaak aangemerkt dat bij windstil weer de ventilatie terugloopt tot nul. Dit is echter niet het geval. Ook bij windstil weer zal door thermiek en lokale wervelingen een zekere minimum ventilatie optreden, die circa 2/3 bedraagt van het ontwerpdebiet. Met thermiek wordt hier bedoeld op de altijd aanwezige kleine temperatuurverschillen tussen binnen en

buiten. Bijvoorbeeld door het naiten van de binnentemperatuur op het dagelijks verloop in de buitentemperatuur, de warmteproductie door voertuigen, zonbeschenen wanden, etc. De kans dat een situatie met windstil weer (minimum ventilatie) samenvalt met een piek in het gebruik van de parkeergarage (maximale uitlaatgasproductie) is verder beperkt. Bovendien treedt zelfs in zo'n geval nog geen gevaar op. Ontwerpen voor de situatie met windstil weer is dan ook niet nodig.

Natuurlijke ventilatie is daarnaast meestal groter dan mechanische ventilatie. Bij windsnelheden groter dan aangehouden bij het ontwerp, neemt de ventilatie bij een natuurlijk systeem bijna lineair toe met de windsnelheid. Bij een mechanisch systeem zijn dergelijke effecten veel beperkter. Dit komt door de dominante invloed van de ventilatoren. De gemiddeld optredende natuurlijke ventilatie is hierdoor beduidend groter dan minimaal benodigd. De gemiddelde blootstelling van gebruikers en de ondervonden hinder worden hierdoor sterk beperkt.

Ontwerpnorm NVN 2443

Koolmonoxide (CO) in de uitlaatgassen wordt in de NVN 2443 als maatgevende verontreiniging aangegeven. Door ventilatie moeten de CO-concentraties onder de daarvoor gestelde grenswaarden gehouden worden.

Voor natuurlijk te ventileren parkeergarages worden in de NVN een aantal ontwerpregels gegeven:

- in 2 tegenoverelkaar liggende buitenwanden met een tussenafstand van maximaal 54 m, moeten niet afsluitbare openingen aangebracht worden;
- in 2 tegenoverelkaar liggende buitenwanden moeten openingen aangebracht worden met een vrije doorlaat (per buitenwand) groter of gelijk aan 2,5% van het vloeroppervlak;

- in totaal moeten openingen met een vrije doorlaat groter of gelijk aan 1/3 van het totale buitenwandoppervlak aangebracht worden.
 - de vloer van de garage mag maximaal 1,3 m onder het maaiveld gelegen zijn.
- In deze ontwerpregels zijn veiligheidsmarges ingebouwd, zodat een goede ventilatie en doorstroming min of meer gegarandeerd is. Afwijken van deze regels wordt in de regelgeving echter toegestaan. Er moet dan wel aangetoond worden dat een goede, gelijkwaardige ventilatie en acceptabele verontreinigingsniveau's gerealiseerd kunnen worden. Een dergelijke onderbouwing kan goed uitgevoerd worden met luchtstromingsmodellen.



Geproduceerde verontreinigingen

De koolmonoxide (CO) in de uitlaatgassen is voor parkeergarages de maatgevende verontreiniging voor de dimensionering van het ventilatiesysteem. De CO-afgifte is echter de afgelopen jaren sterk afgenomen door de toenemende milieu-eisen.

De uitlaatgasproductie in een parkeergarage is van vele factoren afhankelijk, zoals onder andere:

- het gebruik (voor een kantoor en/of een winkelcomplex);
- de grootte (aantal auto's). Samen met het vorige punt is dit bepalend voor de verkeersbelasting;
- de gemiddelde rijnsnelheid;
- de gemiddelde rijafstand;
- eventuele wachttijden bij vertrek;
- gemiddelde cilinderinhoud en toerental van de auto's;
- warme of koude motoren.

Inzicht en ervaring is nodig om een correcte inschatting van deze factoren te maken voor de bepaling van de maximale uitlaatgasproductie aan te houden bij het ontwerp.

Naast de CO-productie, is ook LPG lekkage bij calamiteiten een belangrijke factor voor het ontwerp. Met name in relatie tot LPG is een goede doorstroming noodzakelijk om te voorkomen dat plaatselijk LPG-concentraties optreden binnen de explosiegrenzen. Met luchtstromingsmodellen kan deze doorstroming nauwkeurig bepaald worden.

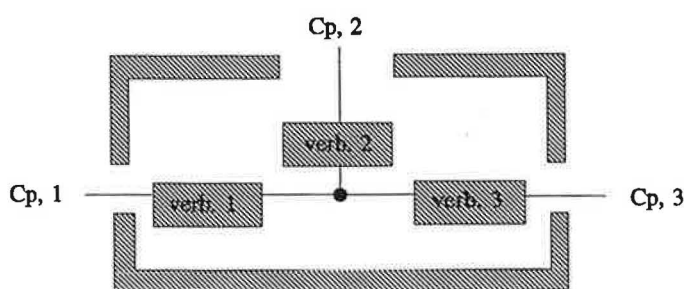
Verder is recent een benzeenmodel ontwikkeld om de bijdrage van parkeergarages aan de benzeenconcentraties in de omgeving te voorspellen. Een en ander kan consequenties hebben voor het ontwerp van het ventilatiesysteem. Momenteel is de overheid echter nog bezig met het bepalen van het definitieve beleid in relatie tot benzeen. In het benzeenmo-

del vormt het jaarlijkse gemiddelde ventilatieniveau een belangrijk invoergegeven. Met een ventilatiemodel kan dit ventilatieniveau, afhankelijk van de specifieke situatie, nauwkeurig bepaald worden.

Ventilatie voorspellen

Met een ventilatierekenmodel kan een parkeergarage met ventilatie-openingen nagebootst worden. De ventilatie kan vervolgens bepaald worden bij verschillende posities en grootte van de openingen afhankelijk van de windsnelheid, windrichting en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten. Een goed inzicht in de mogelijkheden van natuurlijke ventilatie en samenhangend een goed en geoptimaliseerd ontwerp van een ventilatiesysteem wordt hierdoor mogelijk.

Bij recent uitgevoerde modelonderzoeken blijkt dat volstaan kan worden met 25 tot 65% van de openingen, aangegeven volgens de richtlijnen van de NVN. Dit is het gevolg van optimalisering van het ontwerp plus een betere inschatting van de uitlaatgasproductie. Opgemerkt wordt dat één en ander echter niet ten koste gaat van de binnenlucht kwaliteit.



Ventilatiemodel

In een ventilatiemodel worden de verschillende verbindingen van een ruimte met andere ruimten en/of buiten opgegeven. Er ontstaat hierdoor als het ware een netwerk van verbindingen. De windaanval wordt gesimuleerd met zoge-

naamde winddrukcoëfficiënten (Cp-waarden), waarmee afhankelijk van de windsnelheid de onder- of overdruk berekend wordt. Deze coëfficiënten vormen een belangrijk invoergegeven. Zij kunnen voor eenvoudige situaties ontleend worden aan de literatuur. Daarnaast is binnen TNO een computerprogramma ontwikkeld, waarmee de Cp-waarden voor diverse situaties eenvoudig berekend kunnen worden (Cp-generator). In het uiterste geval kan besloten worden windtunnelonderzoek uit te voeren.

Plaats van de ventilatie-openingen

Bij het ontwerp van een natuurlijk ventilatiesysteem dient met name aandacht besteed te worden aan de plaats van de openingen. De openingen dienen bij voorkeur aangebracht te worden daar waar hoge over- en onderdrukken door windaanval te verwachten zijn. De drijvende krachten zullen dan gemiddeld groot zijn, zodat met kleinere openingen volstaan kan worden. Verder dient bij de positionering van de openingen gelet te worden op de doorstroming van de parkeergarage. De uitkomsten van het ventilatiemodel geven hier al het nodige inzicht in.

In moeilijke situaties is het echter aan te bevelen aanvullend onderzoek uit te voeren met een ruimtestromingsmodel of aangeduid in vaktermen een CFD-model, hetgeen staat voor Computational Fluid Dynamics.

Overigens geldt dit laatste ook voor de optimale bepaling van de toe- en afvoerplaatsen bij mechanische ventilatiesystemen. Deze moeten eveneens zo worden gekozen dat een goede

doorstroming ontstaat.

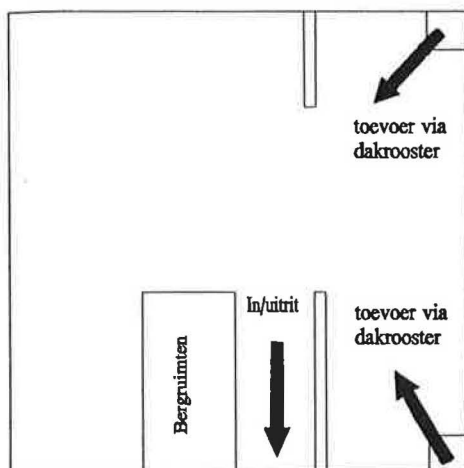
Praktijkvoorbeeld

Met een ruimtestromingsmodel kan het luchtstromingspatroon in een ruimte bepaald worden uitgaande van onder andere de luchttoe- en afvoerdebieten, zoals berekend met het ventilatiemodel of opgedrukt door een mechanisch ventilatiesysteem. Door invoering van de plaats en sterkte van bronnen (in dit geval de uitlaatgasproductie), kan met zo'n model vervolgens de optredende concentratieverdeling in de ruimte bepaald worden. Daarna kan worden gekeken of met een aanpassing van de toe- en afvoerplaatsen de concentratieverdeling kan worden verbeterd.

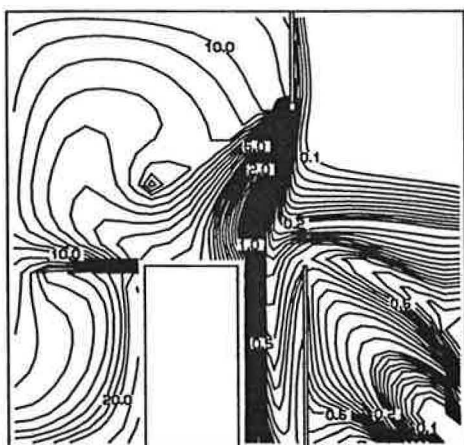
Een dergelijk model is toegepast bij het ontwerp van een parkeergarage, waarbij de plaatsmogelijkheden van natuurlijke voorzieningen sterk beperkt zijn (z.o.z). Deze parkeergarage ligt namelijk rondom onder het maaiveld, terwijl boven op de garage aan één zijde appartementen zijn gepland. Het aanbrengen van voorzieningen is hierdoor slechts mogelijk in één helft van het dak.

Onderzoek met een ruimtestromingsmodel toont aan dat, uitgaande van een gemiddeld voldoende ventilatie voor de totale parkeergarage, door onvoldoende doorstroming plaatselijk te hoge concentraties optreden. Met volledige natuurlijke ventilatie kan dus niet volstaan worden. Vervolgens is met het model het effect van het toepassen van een interne mengventilator onderzocht. Het blijkt dat hiermee betrekkelijk eenvoudig de interne opmenging voldoende verbeterd kan worden.

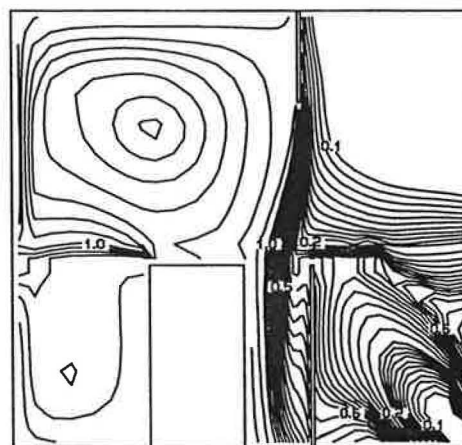
Resultaat is dus feitelijk een gecombineerd systeem dat qua kostprijs sterk concurrerend is met een volledig mechanisch systeem en verder de al eerder genoemde voordelen heeft van een volledig natuurlijk systeem. Bovendien blijkt de inschakelduur van de ventilator nog eens beperkt te kunnen blijven tot circa 10% van de tijd. De extra opmenging is namelijk slechts nodig in de situaties met lage windsnelheden in combinatie met lokale pieken in de verkeersbelasting.



plattegrond parkeergarage



concentratieverdeling
zonder mengventilator



concentratieverdeling
met mengventilator

Verbetering van doorstroming door toepassing van mengventilator

In de weergegeven parkeergarage kunnen uit bouwkundige overwegingen slechts dakroosters geplaatst worden aan één zijde. Daarnaast kan alleen de in/uitrit nog als ventilatieopening benut worden.

Uit onderzoek met een ruimtestromingsmodel blijkt dat zonder aanvullende voorzieningen de doorstroming volstrekt ontoereikend is. De waarden bij de contourlijnen van de concentratieniveau's geven de verhouding tot de MAC-waarde aan. Door 10 tussenliggende contourlijnen (zonder waarden) wordt een verder onderverdeling weergegeven.

Alhoewel de totale ventilatie toereikend is, treden lokaal te hoge concentraties op. Met name belemmering door de bergruimten, geeft plaatselijk hoge concentraties tot 10 á 20 maal de MAC-waarde. Met een interne mengventilator wordt deze situatie zeer sterk verbeterd en blijven de concentraties beperkt tot maximaal 1,5 maal de MAC-waarde. Door enige verhoging van het ventilatieniveau kan dit verder worden verlaagd tot de MAC-waarde.

Om de menging te verbeteren is uitgegaan van een in het midden van de ruimte aangebrachte ventilator, die lucht van de "schone" (linker) naar de "vuile" helft pompt. Het aangehouden mengdebiet is circa 50% van het totale benodigde ventilatiedebiet.