

De noodzaak tot onderzoek aan de hoogbouwgevel

Ir. Casper Esmeijer en ir. Marcel van Uffelen, adviesbureau Peutz

De hoogbouwgevel is net als elke andere gevel als een jas die beschermt tegen onder meer ongewenste weersinvloeden. Het verschil met 'gewone' bebouwing is dat bij hoogbouw de wind een grotere rol speelt. Aan deze windbelasting wordt op vele manieren onderzoek gedaan.

Windtunnelonderzoek

In een windtunnel kan een complexe bebouwde omgeving worden onderzocht, door de gebouwen op schaal na te bouwen en deze bloot te stellen aan met ventilatoren geproduceerde 'wind'. De 'juiste wind' wordt in de windtunnel op schaal opgewekt. Het zgn. windsnelheidsprofiel is onder andere afhankelijk van wat we noemen: de bovenwindse terreinruwheid. In deze terreinruwheid zit verwerkt of de omgeving van het object bestaat uit stedelijke bebouwing of juist een vlak landschap of open water. Dit heeft invloed op de turbulentie of vlagerigheid. Ook de temperatuur in de onderste lagen van de atmosfeer is van invloed op het windprofiel. Bij windtunnelonderzoek, waar het over het algemeen om hogere windsnelheden gaat (vanaf windkracht 3 à 4) heeft de temperatuur echter geen noemenswaardige invloed op de uitwisseling van windsnelheden op verschillende hoogtes in de atmosfeer. Bij dergelijke omstandigheden wordt in de meteorologie gesproken van neutrale stabiliteit.

De te onderzoeken gebouwen worden op schaal nagemaakt en in de windtunnel gezet. Afhankelijk van de schaal wordt zo een gebied van enkele honderden meters in diameter in een maquette verwerkt. De gebouwen op de maquette zorgen vervolgens ook voor turbulentie, waardoor een representatief lokaal windklimaat ontstaat. Deze turbulentie wordt ook wel aangeduid met vlagerigheid. In complexe bebouwde omgevingen zijn hierdoor nauwelijks op voorhand uitspraken te doen over luchtstromingen rondom gebouwen. Daarom is vaak windtunnelonderzoek noodzakelijk. Door de maquette in de windtunnel steeds iets te draaien kunnen metingen voor verschillende windrichtingen worden verricht. De meetgegevens worden vervolgens gerelateerd aan de windstatistiek – de verdeling van snelheid en richting – van het meest representatieve meteostation.

Over- en onderdrukken op de gevel

Verschiedende metingen kunnen in de windtunnel uitgevoerd worden. Eén daarvan bestaat uit het meten van de optredende over- en onderdrukken op de gebouwschil en het berekenen van de te verwachten maximale drukken. Wanneer het gaat om afwijkende gebouwwormen die niet omschreven worden in normen of voorschriften bestaat vaak onzekerheid over de drukverdeling op gevels en daken. Die is echter wel waardevol om de plaats van toevoer- en afvoeropeningen van het ventilatiesysteem te bepalen. Met name natuurlijk geventileerde gebouwen moeten continu voorzien worden van verse lucht. Het is daarom buitengewoon vervelend na oplevering te merken dat op een van de gevels nagenoeg het hele jaar een flinke onderdruk staat, waardoor niet alleen de toevoer van verse lucht via de open ramen beperkt wordt, maar tevens de gebruikte lucht uit het gebouw via diezelfde open ramen het gebouw verlaat. Een windtunnelonderzoek kan uitgebreid worden door de meetresultaten als input voor rekenmodellen te gebruiken, waarbij luchtstromingen in een gebouw onderzocht kunnen worden. Met name de toepassing van Computational Fluid Dynamics (CFD) is hiervoor geschikt.

De trend van steeds energiebewuster bouwen en zuiniger omgaan met energie vindt men terug in de hoogbouw. Tot welke hoogte zijn bijvoorbeeld te openen ramen nog te gebruiken voor (natuurlijke) gebouwventilatie. Heel interessant is daarom de toepassing van dubbele gevels en dan met name die met een enkele beglazing in de buitenschil en een dubbele

beglazing in de binnenschil: de tweede huid façade. Bij deze gevelopbouw wordt de tussenliggende 'spouw' natuurlijk geventileerd met buitenlucht via openingen in de buitengevel. Hierdoor kunnen gebruikers ook op grote gebouwhoogte hun raam openen. Eén en ander is wel afhankelijk van het eerder besproken lokale windklimaat en de gebouwworm. Er zijn allerlei varianten mogelijk op dit ontwerp. Door (automatisch) bedienbare kleppen in de buitenschil op te nemen wordt de gebruiksvrijheid nog groter. De directe wind wordt van de binnengevel afgeschermd, waardoor voorkomen wordt dat grote drukverschillen ontstaan tussen de spouw en achterliggende kantooruimte. De kans op tocht wordt dus verminderd. Deze gevel biedt tevens de mogelijkheid om relatief eenvoudige buitenzonwering tussen buiten- en binnenschil aan te brengen, waarvan de geabsorbeerde warmte weer naar buiten wordt afgevoerd. Dit maakt het toepassen van grote glaspercentages mogelijk. Er moet wel een balans gevonden worden tussen de afvoer van zonnewarmte uit de spouw en het toelaten van drukverschillen op de binnengevel. Zo zal de spouw per verdieping gecompartmenteerd moeten worden om al te hoge temperaturen als gevolg van de zonbestraling te vermijden. Anders krijgt men 's zomers door het geopende raam in plaats van frisse lucht een warme stroom lucht binnen. Dan zou het in de praktijk niet mogelijk zijn om door het gehele jaar een raam te openen.

Om een indicatie te geven van de drukken die op grote hoogte op een gevel kunnen optreden kan met behulp van Bernoulli berekend worden dat de stuwdruk kwadratisch toeneemt met de windsnelheid. Een verdubbeling van de windsnelheid levert dus een vier maal zo grote stuwdruk en een verdrievoudiging van de windsnelheid levert een negen maal zo grote stuwdruk. Daarbij neemt over het algemeen met de hoogte tevens de windsnelheid toe. Bij neutrale stabiliteit kan met behulp van de 'machtwet' berekend worden dat een veel voorkomende windsnelheid van 5 m/s op 10 meter hoogte op kan lopen tot 12 m/s op 100 meter hoogte. De stuwdruk op 10 meter hoogte bedraagt ca. 15 Pa. De stuwdruk op 100 meter hoogte bedraagt dan ca. 85 Pa. Bij zo'n groot drukverschil wordt het openen van ramen of deuren wel heel moeilijk!

Op plekken met een hoge geluidbelasting kan de dubbele gevel nog voor extra geluidwering zorgen, al legt dit wel beperkingen op aan de grootte van de benodigde ventilatieopeningen in de buitenschil. Immers, hoe groter de ventilatieopeningen, hoe minder geluid deze gevel nog weert.

Andere vormen van windtunnelonderzoek

Windtunnelonderzoek wordt om nog veel meer redenen uitgevoerd, zoals onderzoek naar het ontstaan van windhinder rondom gebouwen. In een aantal gemeenten wordt een dergelijk onderzoek gevraagd in het kader van de hoogbouw-effectrapportage. Ook kunnen windsnelheden langs de gevel onderzocht worden om bijvoorbeeld de kans op fluitgeluid te voorspellen. Een ander voorbeeld is het windtunnelonderzoek naar de dynamische winddrukken op het gebouw. Dit type onderzoek wordt meestal voor de constructeur uitgevoerd.

Hinder van de uitstoot van afvalgassen via schoorstenen van fabrieken, ziekenhuizen of restaurants naar de naaste omgeving kan ook reden tot onderzoek in de windtunnel zijn. Hoe verspreiden afvalgassen en vieze geurtjes zich en is met die verspreiding al in de planvorming rekening te houden? Met behulp van zgn. tracergastechnieken kan nauwkeurig de verdunning in beeld gebracht worden. Zulke onderzoeken worden onder meer uitgevoerd voor uitblaasopeningen van ventilatiesystemen van parkeergarages, met name in dicht bebouwd gebied.

Het advieswerk op het gebied van wind heeft interessante raakvlakken met andere disciplines. Een voorbeeld hiervan is het onderzoek naar de luchtkwaliteit in gebouwen. Voor het Academisch Ziekenhuis Groningen (AZG) zijn recentelijk geurconcentraties onderzocht ter plaatse van verschillende aanzuigroosters. Op het AZG-gebouw bevindt zich een landingsplatform ten behoeve van de traumahelikopter. Tijdens het warmdraaien en opstijgen/landen produceert de helikopter natuurlijk uitlaatgassen. De verspreiding van deze

uitlaatgassen en de verwachte geurconcentraties bij de aanzuigroosters van het ventilatiesysteem is voor verschillende windrichtingen onderzocht met behulp van de windtunnel. Niet alleen het lokale windklimaat, maar ook de luchtverplaatsing door de rotorbladen van de helikopter is in de windtunnel op schaal nagebootst. Om de windtunnelmetingen aan het schaalmodel met de werkelijkheid te vergelijken zijn op het dak van het AZG metingen gedaan aan de luchtsnelheden en uitlaatgasconcentraties tijdens enkele vluchten van de helikopter. Luchtsnelheidsmetingen in de windtunnel bleken goed overeen te komen met de in de praktijk gemeten waarden. Op basis van concentratiemetingen in de windtunnel zijn de geurconcentraties bij de aanzuigroosters berekend. Vervolgens is de zgn. 'geurbelasting' in verschillende ruimtes van het ziekenhuis berekend. Op deze manier zijn plaatsen gevonden waar hoge geurconcentraties kunnen optreden. De effectiviteit van verscheidene maatregelen is in beeld gebracht. Hieruit bleek onder meer dat toepassing van actieve koolfilters in het ventilatiesysteem bij dit project onvoldoende resultaat zou opleveren. Uiteindelijk is geadviseerd de aanzuigroosters in het ontwerp te verplaatsen waardoor de kans op geurklachten veel kleiner is geworden.

Het is bekend dat 'kortsluiting' tussen aanzuig- en afvoeropeningen van het ventilatiesysteem kan leiden tot vervelende of zelfs schadelijke situaties. Daarom moet zoveel als mogelijk voorkomen worden dat de afvoer van vervuilde lucht van bijvoorbeeld een bedrijfsrestaurant terechtkomt in de aanzuigopeningen van het ventilatiesysteem, waardoor geuroverlast ontstaat. Noodstroom aggregaten (NSA) die bij ongunstige plaatsing in van wind afgeschermd zones tijdens het periodieke proefdraaien voor een ophoping van uitlaatgassen zorgen bij aanzuigopeningen, kunnen de voorziening van verse lucht ernstig in gevaar brengen. Dit zijn slechts twee voorbeelden van praktijksituaties. Oplossingen voor dergelijke problemen kunnen gevonden worden in het verplaatsen van de aan- of afvoeropeningen of het vergroten van de uitblaassnelheid. De effectiviteit van dergelijke maatregelen kan onderzocht worden met behulp van de windtunnel.

Beperkingen en mogelijkheden

De toegepaste methodiek van het windtunnelonderzoek is gebaseerd op velerlei onderzoeken. Toch dient men zich bewust te zijn van een aantal beperkingen. Bij verspreidingsonderzoeken kunnen zgn. thermische effecten in de atmosferische grenslaag een rol spelen. Simulatie hiervan is in de windtunnel niet zonder meer mogelijk. Wanneer sprake is van uitstoot van warme gassen, kunnen hierdoor onderin het schaalmodel te hoge concentraties worden gemeten. Hetzelfde geldt voor opwarming van de omgeving als gevolg van zonnewarmte, waardoor extra turbulentie in de grenslaag optreedt. Dit verschijnsel beïnvloedt met name bij lage windsnelheden het windprofiel.

Hier staat tegenover dat de ontwikkelingen op windtunnelgebied niet stilstaan. De meetmethoden worden steeds verfijnder, waardoor nauwkeuriger en sneller gemeten kan worden. Ook vindt er de laatste jaren een kruisbestuiving plaats met CFD-onderzoek. Hoewel de gebruikte turbulentiemodellen uit het CFD-onderzoek bij veel windstromingsproblemen nog tekortschieten, biedt deze driedimensionale rekenmethode wel mogelijkheden om aandachtspunten te signaleren, waardoor in de windtunnel gerichter gemeten kan worden.

CFD

Computational Fluid Dynamics (CFD) staat voor een rekenmethode waarbij stromingsproblemen numeriek worden opgelost. Het volume waarin de stroming plaatsvindt wordt opgedeeld in een eindig aantal 'cellen'. In elke cel worden fysische grootheden zoals de druk, luchtsnelheid en temperatuur verondersteld constant te zijn. Vervolgens worden de zgn. Navier-Stokes vergelijkingen op iteratieve wijze opgelost. Verschillende turbulentiemodellen kunnen worden toegevoegd en ook kunnen extra variabelen worden opgelost. Dit maakt het tevens mogelijk om bijvoorbeeld rookverspreiding te berekenen. CFD wordt voor een groot scala aan stromingsproblemen ingezet.