

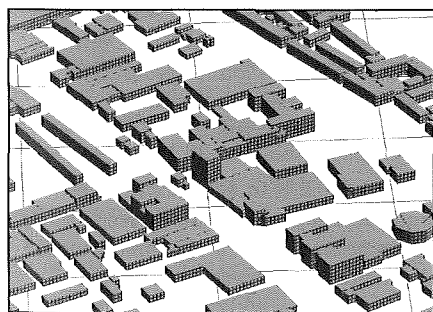
Hoogtelaserscanning en geluidsberendingen – luchtfietserij?

Laser als wapen tegen geluidshinder

Als automobilist kan uw snelheid worden gemeten door een agent met een lasergun. Gaat de politie nu ook het geluid van uw uitlaat meten met zo'n apparaat? Natuurlijk niet... Laserlicht kan worden gebruikt om razendsnel afstanden te meten. Door bijvoorbeeld twee gemeten afstanden van elkaar af te trekken en de tussenliggende tijd te meten wordt door de lasergun van de agent uw rijsnelheid bepaald. Laser kan echter op een andere manier wel degelijk worden ingezet tegen geluidshinder.

Ron Mandela, Maarten van Heest,
Hans van Leeuwen

Geluidsberendingen en het maken van geluidskarten zijn slechts enkele mogelijke toepassingen van nauwkeurige hoogte-informatie. Om geluidsniveaus te bepalen conform de Reken- en Meetvoorschriften van de Wet geluidhinder moeten er verschillende geografische gegevens, waaronder ook de hoogte van gebouwen in een computermodel ingebracht worden. Bij veel gemeenten en overheidsinstellingen is er nauwelijks of geen nauwkeurige hoogte-informatie



ONDERSCHRIFT

Over de auteurs:

Ir. R. Mandela werkt bij bedrijfsafdeling Milieu en Vergunningen, Dienst Stadsbeheer, Gemeente Den Haag
Ir. M. van Heest was werkzaam bij Terralmaging, Amsterdam (nieuwe contactpersoon ir. A. van Dellen)
Ing. J.J.A. van Leeuwen is sectorleider van de afdeling Verkeer en tevens partner bij DGMR Raadgevende Ingenieurs bv, Den Haag

bekend. Maaiveldhoogten van bijvoorbeeld rioolkolken of kunstwerken zijn wel terug te vinden, maar de hoogte van gebouwen of onderdelen van gebouwen en andere objecten is niet of nauwelijks vastgelegd en zeker niet toegankelijk in een digitaal formaat.

Bij de gangbare werkwijzen wordt deze informatie ingewonnen door mensen die met kaart, afstandsmeter en meetlat de wijken doorlopen en vanaf de straat voor alle gebouwen de hoogte trachten vast te stellen. Het tellen van verdiepingen is de meest toegepaste methode. Deze inventarisatie is behoorlijk arbeidsintensief en niet volledig omdat alleen datgene wordt weergegeven wat vanaf de straat zichtbaar is. Teneinde de kwaliteit van de akoestische berekening te verbeteren is er in Den Haag een project gestart om op basis van hoge resolutie digitale hoogtegegevens en digitale kaartinformatie computermodellen te genereren.

WAAROM HOOGTE-INFORMATIE?

Gemeenten worden meer in staat gesteld om een lokaal geluidsbeleid op te stellen wat sterk gericht is op een specifiek gebied. De gemeenten kunnen per gebied bepalen wat de doelstellingen op geluidsgedrag zijn. Hierbij kan rekening worden gehouden met de typologie van het gebied (bijvoorbeeld woongebied of centrumgebied) en andere aspecten zoals bijvoorbeeld leefbaarheid. Het lokale geluidsbeleid gaat uit van de cumulatieve akoestische kwaliteit van gebieden. De integrale

akoestische kwaliteit van een gebied wordt bepaald door het totaal van alle geluidsinvloeden. Om dit in beeld te brengen moet een geluidskarta worden gemaakt. Een geluidskarta is tevens noodzakelijk in het kader van de vorig jaar vastgestelde EU-richtlijn.¹

De beheerders van de grote 'lawaaiairakkers', zoals de drukke wegen, spoorlijnen en vliegvelden, en de grotere gemeenten en agglomeraties moeten hierbij de geluidssituatie in kaart gaan brengen. Er moet echter bij een geluidskarta voor de EU-richtlijn wel weer overwogen worden of deze kaart dit hele hoge detailniveau moet krijgen.

Zoals aangegeven zijn voor het maken van een geluidskarta verschillende geografische gegevens nodig. Binnen de gemeente Den Haag zijn diverse gegevens, zoals gebouwen, wegen, spoorlijnen, trambanen, dijken/taluds tot en met straatkolken, in de vorm van een digitale topografie beschikbaar. De beschikbare gegevens bestaan echter slechts uit 2D-informatie (X en Y gegevens), dus zonder hoogte-informatie. Met behulp van de hoogte-informatie zoals aangeleverd door Terralmaging is het mogelijk een 3D-model van de gehele stad te creëren. Deze hoogtegegevens werden door middel van laserscanning vanuit een vliegtuig verkregen. Het zal duidelijk zijn dat het verkrijgen van hoogte-informatie voor een hele stad middels laserscanning een veel snellere en nauwkeuriger methode is dan de gangbare werkwijze door middel van een afstandsmeter, meetlat of het tellen van



DRIEDIMENSIONAAL MODEL VAN EEN DEEL VAN DEN HAAG ALS ONDERDEEL VAN HET PROJECT VOOR DE RAILLAWAIIKAART. OP DE VOORGROND LINKS VOOR, HET CENTRAAL STATION VAN DEN HAAG. IN HET MIDDEN HET STATION HOLLAND SPOOR.

verdiepingen. Doordat het 3D-model in een digitaal formaat wordt aangeleverd, kan het maken van een geluidssimulatie-model efficiënter en nauwkeuriger plaatsvinden.

Met behulp van dit 3D-model kan een geluidskaart van de (hele) stad worden gemaakt. Hiermee kan vervolgens de huidige situatie worden berekend en kan tevens, bijvoorbeeld op basis van verkeersprognoses of maatregelvarianten, de toekomstige situatie worden voorspeld. Voor de geluidsberekening wordt gebruikgemaakt van de Standaardrekenmethode II van de Wet geluidhinder. Dit model kan ook gebruikt worden voor de bepaling van geluidsbelastingen tijdens de ontwikkeling van bestemmings- en bouwplannen. Voor de gemeente Den Haag zal het 3D-model worden gebruikt voor het opstellen van geluidskaarten en voor het bepalen van geluidsbelastingen bij bestemmings- c.q. bouwplannen. De geluidskaarten zullen gebruikt worden als hulpmiddel bij het opstellen van lokaal geluidsbeleid. Bij de vervaardiging van de geluidskaart is de aanwezigheid van een betrouwbaar verkeersmodel noodzakelijk. Op dit moment wordt binnen de gemeente Den

Haag hard gewerkt aan een verkeersmodel voor de huidige en toekomstige situatie.

METHODE VAN INFORMATIE INWINNEN EN DE WIJZE VAN VERTALING

Moderne vliegtuig-remote-sensingtechnieken maken het mogelijk om snel van grote gebieden hoogte-informatie in te winnen. Afhankelijk van de gebruikte techniek kan een hoogtenauwkeurigheid van 10 cm worden bereikt, bij een puntichtheid van meerdere punten per m². De methode (LIDAR of Laser Altimetrie genaamd) werkt als volgt. In een vliegtuig wordt een laserscanner gemonteerd. Vanaf een hoogte van ongeveer 1000 meter stuurt de laser in een hoge frequentie van meer dan 30 kHz laserpulsen naar het aardoppervlak. Terwijl middels GPS-ontvangers in het vliegtuig en op de grond de positie van het vliegtuig nauwkeurig wordt bepaald, meet de laserapparatuur de tijd tussen het versturen en ontvangen van de laserpuls. De positie van het vliegtuig (in X, Y en Z) en de hoogte van het aangemeten punt zijn nu bekend.

Door het oppervlak van het in te meten gebied te bedekken met een puntenwolk ontstaat een bestand met een groot aantal coördinaten waarmee het terreinoppervlak in drie dimensies is vastgelegd. Alle in het terrein voorkomende objecten die door een laserpuls zijn geraakt zijn nu nauwkeurig in hoogte bekend. Objecten met een geringe oppervlakte, zoals schuttingen en muren en dergelijke, zullen niet of sporadisch worden geraakt. Zich op straat bevindende personen en auto's kunnen eenvoudig worden uitgefilt. Van vegetatie is niet alleen de hoogte van de vegetatie maar ook, tenzij het

bladerdek te dicht is, de maaiveldhoogte onder de vegetatie bekend.

Van alle voor geluidsberekeningen noodzakelijke objecten kan de hoogte worden bepaald. Van gebouwen de maaiveldhoogte en de hoogte van het gebouw boven het maaiveld. Als een gebouwencomplex meerdere hoogtes kent, zal dit ook door de laser duidelijk worden gedetecteerd. In Den Haag is gebruikgemaakt van het DigTop-bestand om alle noodzakelijke objecten in 2D te selecteren. Aan deze objecten (gebouwen, wegen, bruggen, viaducten, kades, taluds en spoorbanen) is vervolgens door TerraImaging de gemeten hoogte (of hoogtes) toegekend.

Het detailniveau van digitale topografische kaarten is te hoog voor geluidsberekeningsmodellen waardoor een generalisatieslag voor met name de gebouwen noodzakelijk was. Alle gebouwen zijn qua vorm teruggebracht tot eenvoudige rechthoeken. Uitbouwen als erkers en liftschachten zijn bijvoorbeeld weggelaten. Complex gevormde gebouwen werden ook in rechthoeken opgedeeld.

Dit gegeneraliseerde bestand vormt de geometrische basis voor Geonoise, wat een geavanceerd softwarepakket is voor het maken van geluidsberekeningen en voor het vervaardigen van geluidskaarten.

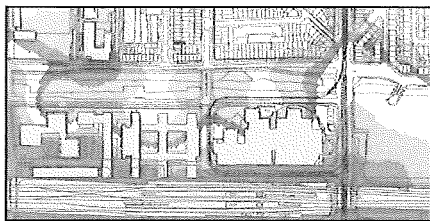
HOOGTE-INFORMATIE EN GELUIDSBEREKENINGEN

Geluidsberekeningen worden uitgevoerd volgens voorschriften. In een dergelijk voorschrift staat beschreven op welke wijze de verschillende onderdelen van de geluidsverzwakking over het pad van bron naar ontvanger moet worden berekend. In Nederland bestaan hiervoor het Reken- en Meetvoorschrift wegverkeerlawai, railverkeerlawai en industriela-wai.^{2,3,4} In het buitenland worden soms andere modellen gebruikt; er is een ISO-model en binnen Europa wordt hard gewerkt aan een nieuw model, Harmonoise genaamd.⁵

In Nederland is in de voorschriften onderscheid gemaakt tussen een simpele rekenmethode en een uitgebreide methode. Achtergrond hierbij was dat eind zeventiger jaren en begin tachtiger jaren, toen de basis van de voorschriften is vastgesteld, het niet eenvoudig was om even een modelletje te maken en door te rekenen. Het doorrekenen van een eenvoudige plattegrond kostte al snel een etmaal aan rekentijd. Deze eenvoudige en uitgebreide methoden worden respectievelijk rekenmethode I en II genoemd.

In het kader van de Wet geluidhinder en bij eenvoudige situaties werd in het verle-





VOORBEELD VAN EEN KLEIN DETAIL VAN EEN GELUIDSKAART.

den voor wegverkeer veelal gebruik-gemaakt van rekenmethode I. Bij meer complexe situaties moest worden overgegaan op rekenmethode II. Het nieuwe Reken- en meetvoorschrift wegverkeerslawaai 2002 heeft zelfs een voorkeur voor deze laatste rekenmethode. De uitkomsten zijn betrouwbaarder. Berekenen volgens rekenmethode II resulteert in het maken van een computersimulatiemodel. Met behulp van moderne software is dit zeer eenvoudig te doen. Ook bij ander-soortige studies, zoals een Milieueffect-rapportage, een Milieuaspectenstudie of een verkeersmilieukaart, werden berekeningen vaak met rekenmethode I verricht, hetgeen een vergaande, vaak een te vergaande, simplificatie impliceert. Door de onnauwkeurigheid van rekenmethode I wordt tegenwoordig ook hiervoor steeds vaker rekenmethode II toegepast. Rekenmethode II is de uitgebreide en meer nauwkeuriger rekenmethode en werkt per octaafband. Bij de akoestische overdracht van bron naar ontvanger wordt rekening gehouden met de geometrische uitbreiding, luchtdemping, bodemdemping en afscherming.⁵ Ook de bijdrage door reflecties tegen gebouwen en geluidsschermen wordt berekend. Rekenmethode II is plattegrondgeoriënteerd waardoor het noodzakelijk is om de akoestisch relevante kenmerken in de omgeving van de geluidsbron en de ontvanger vast te leggen. Het opzetten van een dergelijke plattegrond is in eerste instantie wat arbeidsintensiever, maar door gebruik te maken van automatische conversies vanuit andere databestanden kunnen dergelijke computersimulatiemodellen eenvoudig gegenereerd worden.

Hoogtelaserscanning is een uitstekende mogelijkheid om een driedimensionaal computersimulatiemodel te maken. Achtergrond is dat er wel veel informatie in het platte vlak aanwezig is, maar dat de hoogte-informatie hierbij ontbreekt. Met de hoogtelaserscanning kan deze informatie worden toegevoegd. De hoogte-informatie wordt niet alleen aan gebouwen toegekend maar ook aan andere 'lijnen' kan deze worden toegevoegd. Hiermee worden dan ook de taluds van wegen en spoorlijnen en andere heuvels

gemodelleerd. Verdere informatie voor het maken van een computersimulatiemodel zijn de gegevens voor wat betreft akoestisch absorberende gebieden. Dit zijn de parken, groenstroken en ook de spoorbanen. Deze informatie kan overgenomen worden uit de digitale kaarten waar dergelijke gebieden als dusdanig zijn aangemerkt. De andere informatie die nodig is voor het maken van een geluidsk kaart heeft met name te maken met de bron. Aan iedere verkeersweg, spoorbaan, trambaan en individuele geluidsbron (bij industrielawaai) moeten geluidsemis-siegegevens worden gekoppeld. Voor wegen betekent dit een koppeling aan een verkeersmodel en voor spoorbanen betekent dit een koppeling met het Akoestisch Spoorboekje. Het verkeersmodel en het Akoestisch Spoorboekje zijn beide databases waarin voor de huidige situatie en voor een toekomstige situatie op basis van prognoses de verkeersstromen zijn vastgelegd. Soms zijn ook gegevens van het type wegverharding vastgelegd. In het Akoestisch Spoorboekje zijn de spoorconstructies en ook de rijsnelheden vastgelegd. De niet-vastgelegde gegevens moeten geïnventariseerd worden. Wegdekken kunnen visueel worden gecontroleerd en ook kan de akoestische kwaliteit van een wegdek gemeten worden.

Een bijzonder moeilijk punt bij het koppelen van databestanden met informatie van wegen is de eenduidigheid van informatie en een unieke link aan de geografisch juiste ligging van de weg.

KANTEKENINGEN

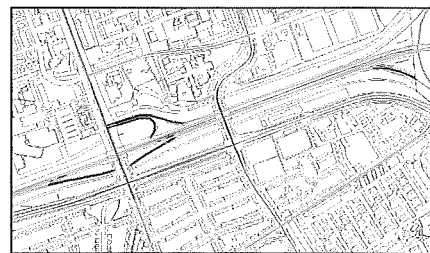
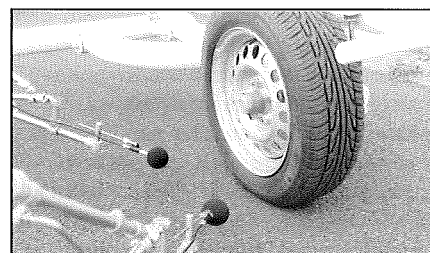
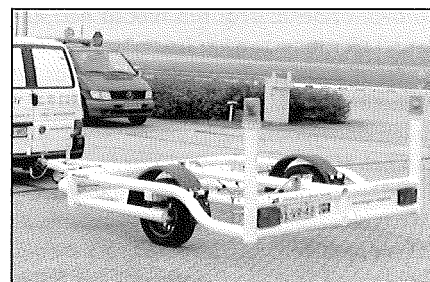
Hoogte-informatie aan gebouwen koppelen lijkt veel eenvoudiger dan het is. In deze paragraaf worden enige voorbeelden gegeven waar problemen ontstaan en hoe deze opgelost kunnen worden. Een belangrijk punt is dat een gebouw, bestaande uit een onbekend aantal knooppunten, een complexe vorm is. Uit akoestisch oogpunt is het onwenselijk om bijvoorbeeld erkertjes en andere kleine uitstulpingen aan een muur mee te nemen. Een voorbeeld is in onderstaande details van twee geluidskarten zichtbaar gemaakt.

Dergelijke erkertjes en andere kleine uitstulpingen aan een muur kunnen dan ook gesmoothd worden binnen een bepaalde variatie. Een mogelijkheid hierbij is om gebouwen om te zetten naar een beperkt aantal rechthoeken en aan iedere rechthoek een hoogte te geven. De hoogte-informatie van bijvoorbeeld een erker, die akoestisch gezien totaal irrelevant is, vervalt dan ook. Wat wel relevant is zijn bijvoorbeeld woningen met een uitbouw. We zien dan een 'hoofdgebouw' van bijvoorbeeld drie verdiepingen en een uit-

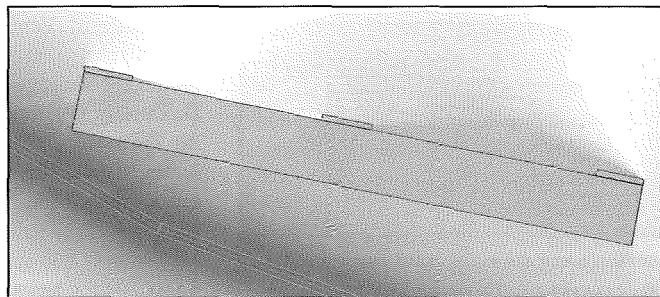
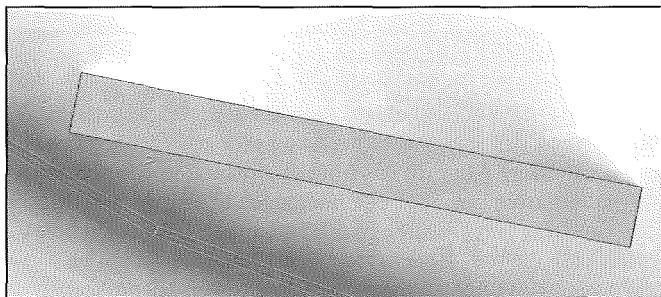
bouw, bijvoorbeeld van een keuken. Deze uitbouw is dan slechts een verdieping hoog.

Overigens zou het mogelijk kunnen zijn om aan een complex gebouw, bestaande uit een onbekend aantal knooppunten, ook een hoogte toe te kennen aan ieder knooppunt. Er kunnen hierdoor echter zeer vreemde gebouwen ontstaan en hoogteverschillen tussen bijvoorbeeld twee gebouwdelen kunnen alleen gemoduleerd worden door twee knooppunten direct bij elkaar te modelleren.

In de reken- en meetvoorschriften is geen aanwijzing of richtlijn gegeven omtrent het rekenen met schuine daken. Dit heeft geresulteerd in het feit dat gebouwen altijd rechte blokken zijn. Voor de hoogte van het gebouw wordt meestal de nokhoogte gebruikt. Dit is de correcte hoogte als het gaat om de akoestische afscherming van het gebouw. Het rekenen met reflecties van geluidspaden tegen een schuine kap is niet mogelijk. In de praktijk zal een reflectie niet relevant zijn. Bij het modelleren van gebouwen tot en met de nokhoogte zal er in het computersimulatiemodel wel een reflectie worden berekend, die over het algemeen sterk naar boven wordt gericht en daardoor



EEN MEETAANHANGER WAARMEE, MET MICROFOONS DICHT BIJ HET WIEL, DE AKOESTISCHE KWALITEIT VAN EEN WEGDEK BEPAALD KAN WORDEN. TEvens EEN VOORBEELD VAN EEN KAART MET DE RESULTATEN VAN EEN DERGELIJKE METING.



VOORBEELD VAN TWEE DETAILS VAN GELUIDSKAARTEN MET VERLOPENDE GRIJSTINTEN. OP HET RECHTER KAARTJE IS OP DE ACHTERGEVEL VAN HET GEBOUW MET GEVELVERSPRINGING MEER VERLOOP IN HET GELUIDSNIVEAU DAN OP HET LINKER KAARTJE.

geen significante bijdrage geeft op een geluidsniveau op 5 m hoogte boven het maaiveld.

Een modelleringprobleem zijn onderdoorgangen. Zoals reeds eerder aangegeven maakt Terralmaging voor het 3D-model gebruik van de 2D-informatie (als ondergrond) welke afkomstig is van de digitale topografie. Hierin zijn de begrenzingen opgenomen van een gebouw of delen van een gebouw welke zich op het maaiveld bevinden. Onderdoorgangen ter plaatse van gebouwen worden als overbouwlijnen in de digitale topografie aangegeven. Aangezien de digitale topografie uitsluitend uit 2D-informatie (X- en Y-coördinaten) bestaat, ontbreekt ook hier de hoogte van een onderdoorgang. Derhalve kunnen onderdoorgangen niet in het 3D-model worden weergegeven.

Bij het maken van geluidsberekeningen zullen onderdoorgangen altijd handmatig aan het 3D-model moeten worden toegevoegd. Hiervoor is kennis van de plaatselijke omstandigheden van groot belang. Als hulpmiddel kon hierbij gebruik worden gemaakt van de Optithec Den Haag. Dit is een digitaal fotobestand van geheel Den Haag waarmee de gemeente van 'meter tot meter' kan worden bezichtigd met behulp van cyclorama's. In cyclorama's - digitale panoramafoto's waarop letterlijk 360° kan worden rondgekeken - is elke willekeurige locatie of elk vast-goedobject zichtbaar. Alle objecten en locaties zijn systematisch vastgelegd vanaf de openbare weg binnen de gemeente. Hiermee wordt een compleet en realistisch beeld van de gewenste objecten en de hele omgeving verkregen.

Ten behoeve van de modellering wordt aan de gebouwvlakken uit de digitale topografie een hoogtemaat (z-waarde) toegekend. Anders gezegd: de vlakken worden verticaal tot de gemeten hoogtemaat opgetrokken. Gevelvlakken zijn hierdoor altijd verticaal. De hoogtemaat wordt bepaald door het gemiddelde te bepalen van alle gemeten hoogten binnen het vlak. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de mediaan. In bepaalde situaties kan

het voorkomen dat gebouwen met een of meerdere schuine gevelvlakken te laag worden weergegeven. Schuine daken worden als platte daken afgebeeld.

Door de beperkte diktemaat van muren, bijvoorbeeld als terreinafscheiding, kunnen deze niet in het 3D-model worden weergegeven. Akoestisch gezien kunnen deze muren wel relevant zijn. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het afschermend of reflecterend effect. Daarom is kennis van de plaatselijke omstandigheden van groot belang. Ook hier kon de Optithec Den Haag een goed en nuttig hulpmiddel zijn. Zo nodig zal het 3D-model handmatig moeten worden aangepast.

Daken worden gemodelleerd als platte daken. In werkelijkheid bestaan er diverse vormen van daken, bijvoorbeeld puntdaken, zadeldaken, gebogen daken etc. In eerste instantie is voor de hoogte van een gebouw gekozen voor de hoogste (laser)-meetwaarde. Dit was akoestisch gezien de meest gunstige situatie. Op basis van de gepresenteerde resultaten is geconcludeerd dat dit geen juiste keuze was. Doordat de hoogte was gebaseerd op slechts één waarde, namelijk de hoogste, werd in bepaalde gevallen gebruikgemaakt van onjuiste gegevens. Denk hierbij aan een waarde die werd verkregen door een toevallig overvliegende vogel of de aanwezigheid van een 'hoge' hijskraan. Na diverse controles te hebben uitgevoerd, is ten slotte gekozen voor 'de mediaan'. Hiermee worden extreme waarden buiten beschouwing gelaten. De mediaan is het middelste getal van een verzameling van getallen, die naar grootte gerangschikt is.

CONCLUSIE

Hoogtelaserscanning kan zeer goed gebruikt worden ten behoeve van het maken van geluidsberekeningen. Driedimensionale geografische informatie wordt automatisch verzameld en omgewerkt tot een computersimulatiemodel voor geluidsberekeningen. Van laseraltimetrie kan verwacht worden dat de meeste details worden waargenomen. Beperkingen zijn er echter wel.

Schuttingen, muren of dunne geluidsschermen worden niet (goed) ontdekt. Ook tunnels, bruggen, viaducten en een andere overbouw kunnen een probleem vormen bij de opbouw van het driedimensionale bestand. Niet in de 2D-topografische bestanden voorkomende elementen, die wel in het hoogtebestand voorkomen, worden in een geschatte vorm weergegeven die sterk kan afwijken van de werkelijkheid. Hierbij geldt dat gebouwpolygonen (lijnen met meerdere hoeken) gesloten moeten zijn.

Met goede tekeningen, waarop bijzondere en afwijkende objecten herkenbaar zijn, en eventueel met een visuele inventarisatie ter plaatse kan met enige handmatige handelingen wel een correct akoestisch computersimulatiemodel gemaakt worden.

Juist nu vaker door gemeenten een lokaal geluidsbeleid opgesteld gaat worden, ook eventueel in het kader van de EU-richtlijn, kan met hoogte-informatie en met behulp van Geonose een gedetailleerde geluidskaat van de hele stad worden gemaakt. Hiermee kan vervolgens de huidige situatie worden berekend en kan tevens bijvoorbeeld op basis van de verkeersprognoses of maatregelvarianten de toekomstige situatie worden voorspeld.

LITERATUUR

1. Richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement en de raad, inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaaai, 25 juni 2002.
2. Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaai 2002, CROW 2002.
3. Reken- en Meetvoorschriften Railverkeerslawaaai '96, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer, Den Haag, 1996.
4. Handleiding meten en rekenen industriellawaaai (HMRI '99), Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer, Den Haag, 1999.
5. www.Harmonoise.org.
6. Van Leeuwen, J.J.A., Noise prediction models to determine the effect of barriers alongside railway lines, Journal of Sound and Vibration (1996) 193(1).