

'Virtual Natural Lighting' systemen

Mensen hebben een sterke voorkeur voor natuurlijk licht in gebouwen. Natuurlijk licht is echter zeer variabel en niet altijd en overal aanwezig. Er is dus behoefte aan 'virtuele' natuurlijke verlichting, die alle kenmerken van het 'echte' natuurlijke licht in zich heeft. De verwachting is dat een dergelijke lichtoplossing een echte natuurlijke lichtbron kan gaan vervangen in situaties waar natuurlijk licht niet of niet voldoende aanwezig is.

R.A. (Rizki) Mangkuto, C.E. (Carlos) Ochoa, M.B.C. (Myriam) Aries, E.J. (Evert) van Loenen, prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen; Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, Unit Building Physics and Services

Als algemene vuistregel geldt dat functioneel natuurlijk licht tot een afstand van ongeveer 2,5 keer de hoogte van het raam de ruimte binnen zal komen. Een ondiepe plattegrond kan zorgen dat er optimaal gebruik gemaakt kan worden van natuurlijk licht, maar vraagt meer constructieruimte. Door o.a. langere gangen en meer geveloppervlak is dit dus minder kostenefficiënt. 's Nachts is er helemaal geen natuurlijk licht en door gebrek aan licht kunnen mensen die in de nachtdienst werken te maken krijgen met een verstoorde synchronisatie tussen hun werkrooster en de licht/donker-cyclus in hun lichaam. Een manier om deze problemen op te lossen is het toepassen van virtuele ramen en/of lichtkoepels. Dit zijn lichtgevend beeldschermssystemen voor verlichting en/of uitzicht, die lijken op daglichtopeningen. Het ideale systeem heeft de mogelijkheid om kunstmatig natuurlijke verlichting en een realistisch uitzicht te bieden [1]. Geen van de momenteel bestaande virtuele oplossingen hebben echter alle eigenschappen van echte ramen. Daarom worden modelleer-benaderingen ontwikkeld om de kwaliteiten van acceptabele Virtual Natural Lighting Solutions (VNLS) te evalueren. Computermodellering en -simulatie wordt gebruikt voor het sturen van innovatieprocessen en haalbaarheidstesten. Voor VNLS is een

aantal modelleer- en simulatiebenaderingen van toepassing [1]. Deze hebben betrekking op:

- verlichting: voor VNLS zal lichtsimulatie worden onderverdeeld in fotorealistische rendering en fysisch gebaseerde visualisatie. De simulatie geeft resultaten op het gebied van visuele prestatie en visueel comfort. Verlichtingsprestaties van VNLS worden vergeleken met die van simulaties van daglichtopeningen;
- uitzicht: om uitzicht van VNLS te modelleren zal in eerste instantie tweedimensionale High Dynamic Range (HDR) fotografie ingezet worden;
- ruimtegebruik: één van de grootste voordelen van VNLS is een toenemend gebruik van gebouwoppervlak. Om dit in modellen te kunnen meenemen, wordt het oppervlak voor en na toepassing op elkaar gedeeld. Daarbij geldt dat hoe hoger deze 'ruimtegebruiksratio' is, hoe efficiënter het VNLS-systeem is;
- thermisch comfort: VNLS produceren warmte en dit kan het gebouwbeheer/ gebruik zowel positief (winter) als negatief (zomer) beïnvloeden. Thermisch comfort bij gebruik van VNLS zal gesimuleerd en geëvalueerd worden met behulp van de indicatoren 'Predicted Mean Vote (PMV)' en 'Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)';

- energie: een energieberekening voor gebouwen vormt de basis voor een energie- en/of economische analyse. Een VNLS zal in eerste instantie statisch en op jaarbasis worden gemodelleerd, maar op den duur dynamisch en met meer detail worden meegenomen in berekeningen.

Om de daadwerkelijke toepasbaarheid en kwaliteit van een VNLS te beoordelen, is een bestaande virtuele raamoplossing, inclusief huidige licht- en zichtkwaliteiten, gemodelleerd. De relevante eigenschappen van de oplossing worden gebaseerd op de eigenschappen van echt, natuurlijk licht. In een eerste case studie zijn twee prestatie-indicatoren van een kantoorruimte met (bestaande) virtuele ramen gesimuleerd: lichtverloop en energiegebruik.

■ CASE STUDY

De lichtprestaties van echte en virtuele ramen zijn vergeleken in eenvoudige kantoorruimten met twee echte en twee virtuele ramen (2*1,2x1,2m) aan een westgevel, zie figuur 1. Metingen zijn uitgevoerd in twee proefruimten in het laboratorium van de unit Building Physics and Services (BPS) van de Technische Universiteit Eindhoven door [2]. De metingen vonden plaats op 21 juni 2008 rond 10.00

uur, bij een voornamelijk bewolkte hemel. De kunstverlichting aan het plafond (4 pendelarmaturen van 2*28W) was continu aan. Deze proefruimten zijn gemodelleerd en gesimuleerd om verschillende prestaties op het gebied van verlichting en energie te evalueren.

■ VERLICHTING

Voor de lichtsimulatie is het softwaretool Radiance gebruikt. Daarmee zijn horizontale verlichtingssterkten op het werkvlak geëvalueerd. Twee scenario's zijn gesimuleerd: (1) twee echte ramen met helder glas zonder scherm, en (2) twee grote lichtgevendende vlakken (elk acht tl-buizen) die werden geplaatst achter diffuse schermen. Scenario 2 had geen uitzicht en wordt beschouwd als virtueel raam. De gesimuleerde resultaten zijn vergeleken met de meetwaarden van [2].

De resultaten in de grafieken van figuur 2 laten zien dat in het scenario met de echte ramen de verlichtingssterkte op 1 meter van de gevel hoger was dan die in de situatie met virtuele ramen (blauwe lijnen in figuur 2). Dit is mogelijk het gevolg van incidenteel direct zonlicht via de echte ramen. Het maximale verschil tussen de gemeten en gesimuleerde waarden is 9% op 1 m van de echte ramen (figuur 2 boven) en 18% op 1 m van de virtuele ramen (figuur 2 onder). Echter, bij posities dieper in de ruimte was het verschil tussen de verlichtingssterkten in beide scenario's niet erg groot. Het verloop van de verlichtingssterkte over de afstand van 2 tot 4 m zijn vergelijkbaar voor beide scenario's.

■ ENERGIEGEBRUIK

Het programma ESP-r is gebruikt voor simulatie van energiegebruik. De proefruimte is gemodelleerd als een zone (Z1) met twee aangrenzende zones (Z2 en Z3), met de klimaatfile



-Figuur 1- Binnenkant van de proefruimten [2]

Last	Warmtelast [W]	Convectie [%]	Straling [%]	Instellingen	Tijdens werktijd	Buiten werktijd
Tijdens werktijd				Verwarming setpoints [°C]	20	16
Personen	140	50	50	Koeling setpoints [°C]	26	28
Apparatuur	230	100	0	Infiltratie [ACH]	0,22	0,22
Verlichting	90	72	28	-Tabel 1- Warmtelast en instellingen (werktijden: ma-vrij 08:00-18:00h, 06:00-18:00h voor verwarming en koeling o.a. [3])		
Virtuele ramen	90	72	28			
Buiten werktijd						
Apparatuur	18	100	0			

Noot: Warmtelast personen 2 x 70 W, apparatuur 2 x 115 W; warmtelast verlichting en virtuele ramen gebaseerd op acht TLD-lampen

voor Brussel (1964). Voor het eerste scenario zijn twee 1,2 m x 1,2 m ramen toegevoegd op de westgevel van de Z1-zone. De virtuele ramen zijn gemodelleerd als acht extra tl-buizen achter een scherm. Instellingen en gebruiksduur voor toegepaste warmtelast, virtuele ramen, verwarming en koeling zijn te vinden in tabel 1. Resultaten van de energiesimulatie zijn te vinden in tabel 2.

■ ECHT VERSUS VIRTUEEL

Uit de verlichtingssimulatie blijkt dat echte en virtuele ramen een vergelijkbaar lichtverloop in de ruimte hebben. Een goede overeenkomst tussen gemeten en gesimuleerde verlichtingssterkten werd gevonden op meetpunten dieper in de ruimte (2 tot 4 m) voor beide scenario's. Verschil tussen de meet- en simulatiewaarden dicht bij de gevel wordt waarschijnlijk veroorzaakt door incidenteel direct zonlicht en afwijkingen in de invoer voor de tl-buizen, inclusief hun afnemende lichtrendement. Vandaar dat het grootste verschil (tot 18%) dan ook bij het scenario met de virtuele ramen wordt gevonden.

Uit de energiesimulatie bleek dat de installatie van twee grote lichtgevende vlakken als virtuele ramen resulteerde in een lagere jaarlijkse verwarmingsvraag, maar een hoger energiegebruik voor koeling, zie ook tabel 2. Wel verhoogt de toevoeging van virtuele ramen het energiegebruik van de elektrische verlichting. Echter, de berekeningen zijn gebaseerd op constante instellingen gedurende de dag. Als er in de toekomst dynamische instellingen worden toegepast, zal het totale energiegebruik voor het virtuele raams scenario hoogstwaarschijnlijk dalen.

Zoals eerder gezegd, ligt de focus op het ontwikkelen van modeler-benaderingen om de kwaliteiten van een acceptabele VNLS te evalueren. Door het continu optimaliseren van deze modeler-aanpak kunnen VNLS-systemen worden ontwikkeld met o.a. een hoger comfort en betere energieprestatie.

■ CONCLUSIE

VNLS-concepten zijn nieuw, nog niet (volledig) getest en meer dan alleen een virtueel raam. Verschillende simulatiemethoden kunnen helpen bij hun ontwikkeling. In deze eerste case study zijn aspecten m.b.t. verlichting en energiegebruik meegenomen in een simulatie voor de bepaling van de potentiële effecten van VNLS. Er is aangetoond dat, in vergelijking met echte ramen, een vergelijkbaar verloop van verlichtingssterkte kan worden bereikt met behulp van een virtueel raam. Na verdere optimalisatie zal een ideale VNLS een aantrekkelijke oplossing zijn voor 'niet aan de gevel gelegen' ruimten (zonder echt natuurlijk

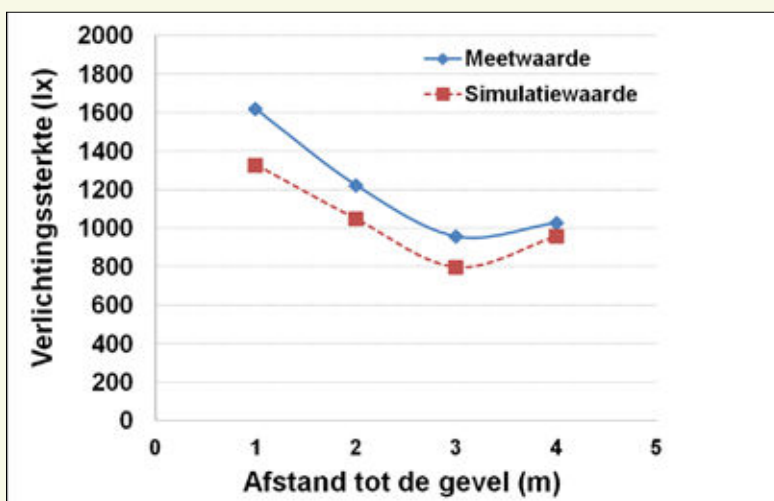
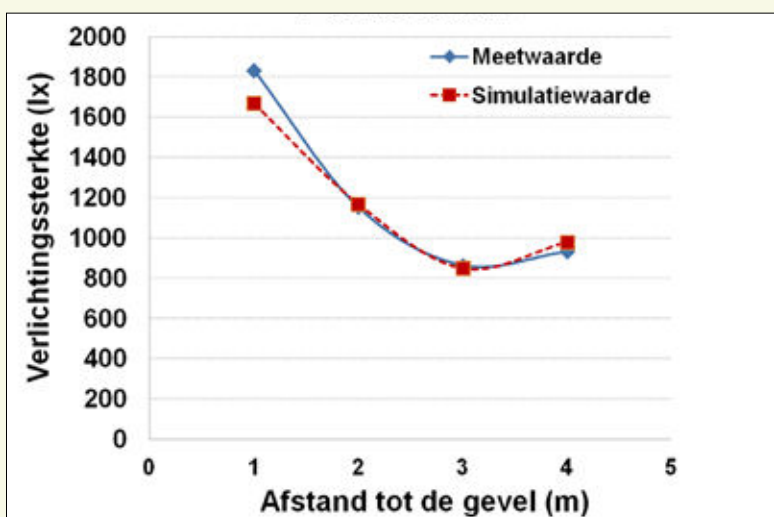
licht), waardoor dus meer gebouwoppervlak hoogwaardiger gebruikt kan worden.

■ LITERATUUR

1. Mangkuto, R.A., Ochoa Morales, C.E., Aries, M.B.C., Loenen, E.J. van, Hensen, J.L.M. (2011). Review of Modelling Approaches for Developing Virtual Natural Lighting Solutions. In Proceedings of Building Simulation 2011, Sydney, November 2011 (pp. 2643-2650). Sydney, Australia: Ibpsa Australasia & Airah
2. De Vries, H.J.A. 2008. Performance of office workers under various daylight and emulated daylight conditions, an initial study. MSc Thesis, Eindhoven University of Technology
3. Van Dijk, D., 2001. Reference office for thermal, solar and lighting calculations. TNO Building and Construction Research, Department of Sustainable Energy and Buildings, Delft, Netherlands. Internal report for IEA SHC Task 27

Scenario	Verwarming	Koeling
	Energie [kWh]	Energie [kWh]
Echte ramen	1.653	14
Virtuele ramen	832	147
Geen ramen	1.469	71

-Tabel 2- Totale jaarlijkse energiegebruik voor verwarming en koeling voor scenario's met echte, virtuele en geen ramen



-Figuur 2- Verloop van de horizontale verlichtingssterkte en de afstand tot de gevel voor (boven) echte ramen (bewolkte hemel) en voor (onder) virtuele ramen bij een bewolkte hemelconditie (metingen: [2])