

Computersimulatie voor product- en ontwerpontwikkeling

Gebouwprestatiesimulatie (GPS) wordt doorgaans alleen in de DO/TO-fase van het ontwerpproces toegepast voor toetsing aan geldende regelgeving. Toepassing van GPS als ontwerphulpmiddel in vroegere stadia van het ontwerptraject, met name bij product- en ontwerpontwikkeling van niet-beproefde concepten, kan de ontwerper echter waardevolle informatie opleveren [1]. In combinatie met optimalisatie en gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse kan de ontwerper de risico's en onzekerheden kwantificeren en daarmee zijn ontwerpbeslissing beter onderbouwen. Dit artikel behandelt een nieuwe methode, genaamd 'Computational Innovation Steering (CIS)', waarmee de risico's en het innovatiepotentieel van innovatieve ontwerpen kunnen worden voorspeld [2].

Ir. J.V.F. (Jeroen) Houben, Volantis BV; dr.dipl.-ing. M. (Marija) Trcka, prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen, Technische Universiteit Eindhoven

Genoemde methode bestaat uit een combinatie van GPS, gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse, methodisch ontwerpen en elementen uit de beslistheorie. Gebruik van de methode levert de ontwerper zowel kwalitatieve als kwantitatieve informatie op, die hij of zij kan benutten bij het nemen van ontwerpbeslissingen. In dit artikel komen de principes van de methode en enkele resultaten van een case study aan de orde. Een gedetailleerdere beschrijving van de methode is te vinden in [2,3].

■ BOUWSTENEN VAN CIS

Een prestatiegerichte ontwerpbenadering is een belangrijke voorwaarde voor gebruik van de CIS-procedure en gaat uit van de volgende aannamen [4]:

- ontwerpbeslissingen zijn gebaseerd op meerdere ontwerp oplossingen;
- ontwerpbeslissingen worden gemaakt aan

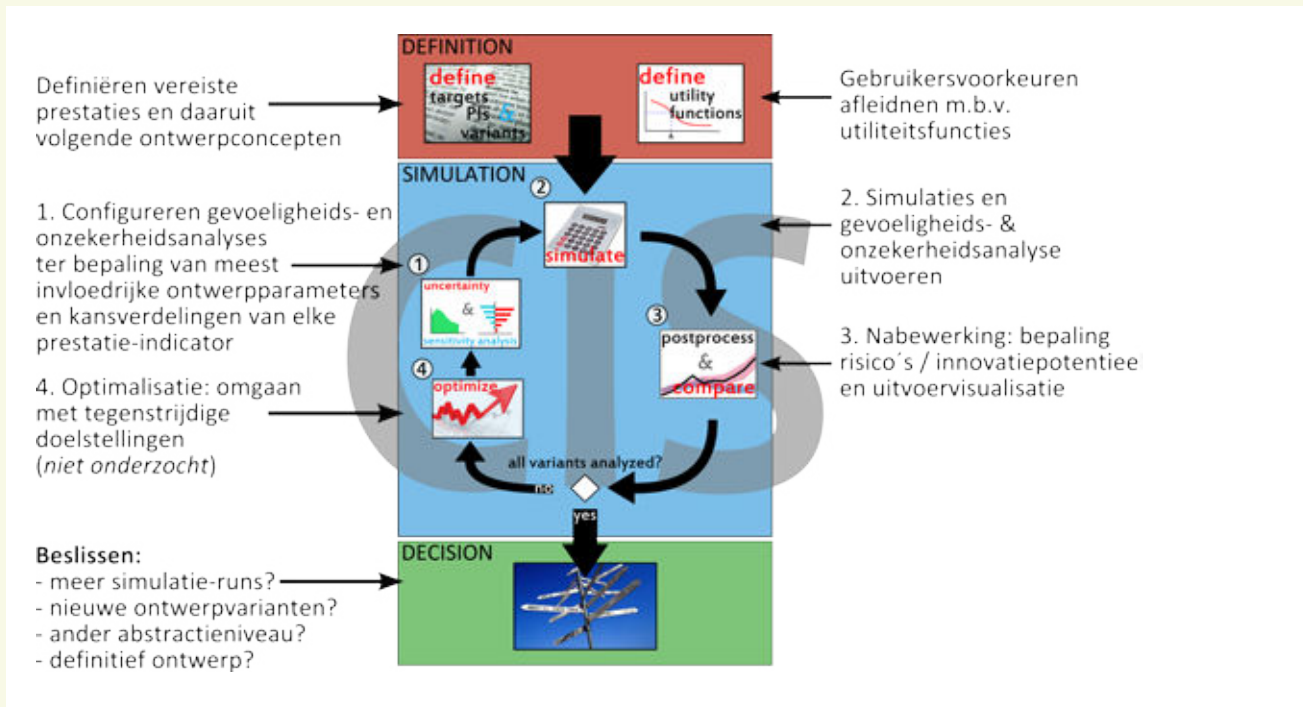
de hand van meerdere criteria;
- voor elke ontwerp oplossing moet dezelfde prestatie-informatie worden gegenereerd.

In tegenstelling tot het werk van de Wilde [4], kenmerkt de hier gepresenteerde procedure zich door toepassing van gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse, risicoanalyse en utiliteitsfuncties. Een uitgebreid overzicht van de methode is weergegeven in figuur 1. De optimalisatiestap is niet uitgewerkt en beschouwd als toekomstig werk.

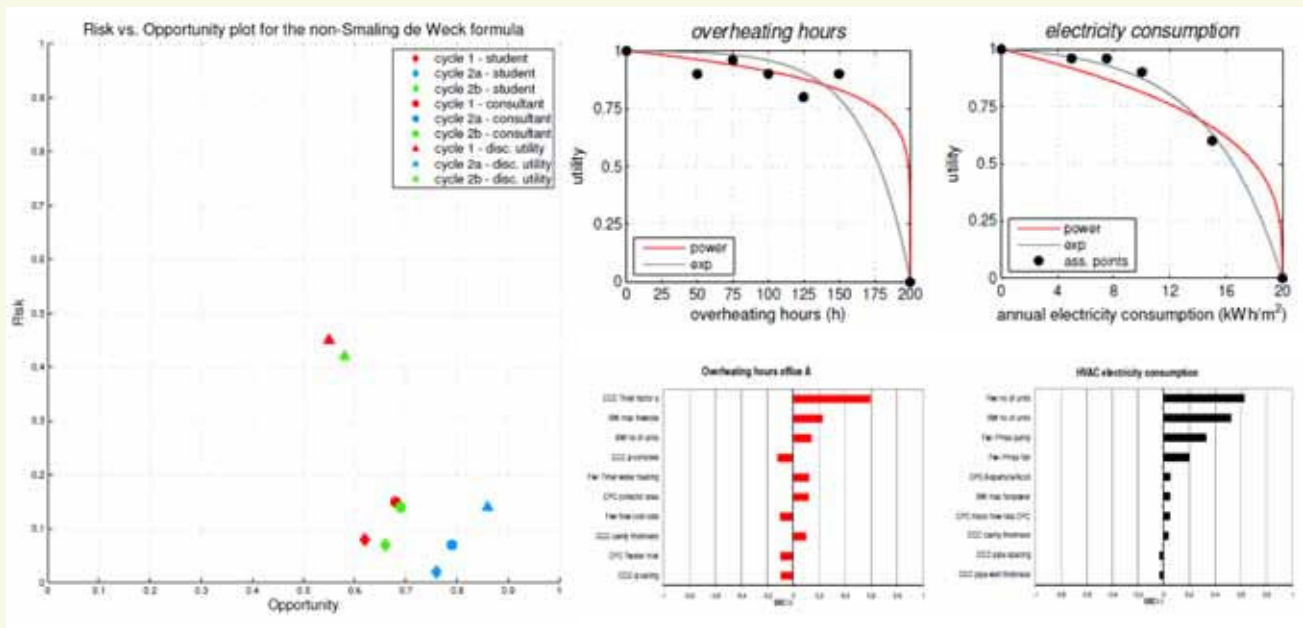
Definitiefase

De eerste fase van CIS bestaat uit drie stappen: (1) het definiëren van de gewenste prestaties, (2) het creëren van een oplossingsruimte, (3) het afleiden van utiliteitsfuncties. Allereerst wordt door middel van ontwerpdoelstellingen de ontwerp opgave verdeeld in subdoelstellingen die het ontwerp team moet realiseren. Elke

doelstelling kan worden gekwantificeerd met een prestatie-Indicator. Prestatie-Indicatoren zijn meetbare parameters, beschreven door een definitie, acceptabel bereik, eenheid en een richting van toe- of afnemende waarde [5]. Na definiëring van de vereiste prestaties is het ontwerp team belast met het bedenken van een verzameling van een groot aantal ontwerp oplossingen, die men ook wel de oplossingsruimte [6] noemt. Tijdens deze stap dient de creativiteit zoveel mogelijk gestimuleerd te worden, al dan niet door toepassing van creatieve technieken en meer geautomatiseerde methoden, zoals genetische algoritmes [7]. Tot slot worden met interviews utiliteitsfuncties afgeleid: een utiliteitsfunctie beschrijft een wiskundig verband tussen gebruikersvoorkeuren en de waarden van de PI over het acceptabele bereik. De utiliteitsfuncties worden gebruikt bij de bepaling van risico's en het innovatiepotentieel.



-Figuur 1- Overzicht van de ontwikkelde CIS-procedure [2]



-Figuur 2- Risico-opportunity grafiek van de case study (links), resultaten van de utiliteitsfunctie-interviews (rechtsboven) en de GevoeligheidsAnalyse (GA) (rechtsonder) [2]

Simulatiefase

Het doel van de simulatiefase is het voorspellen van de prestaties van de ontwerpconcepten. Zo worden simulaties en een gevoeligheidsanalyse (GA) gedaan om de meest belangrijke ontwerpparameters te bepalen en om het aantal ontwerp oplossingen te reduceren. Er wordt een groot aantal simulaties uitgevoerd,

waarbij voor elke simulatie, alle modelparameters gevarieerd worden over een relatief groot bereik.

In geval van innovatieve ontwerpprocessen, heeft het ontwerp team vaak een zeer beperkte hoeveelheid prestatie-informatie van het ontwerpobject ter beschikking. De mate van onzekerheid en daaraan verbonden risico's zijn

dus groot. In de simulatiefase wordt daarom een OnzekerheidsAnalyse (OA) uitgevoerd. Wederom wordt een groot aantal simulaties uitgevoerd, echter, de parameters worden over een zeer klein bereik gevarieerd. De uitkomst is een kansverdeling die de meest waarschijnlijke PI-waarde beschrijft en vormt een maat voor de onzekerheid.

Het ontwerpteam kan nu onderbouwde ontwerpbeslissingen nemen op basis van een nieuw soort ontwerp-informatie: het risico en het innovatiepotentieel (opportunity). Het risico bestaat uit een combinatie van de kans dat bepaalde prestaties voorkomen en de gevolgen die daarmee samenhangen [8]. De kansverdeling is bepaald met de OA. Het gevolg kan worden ingeschat met de utiliteitsfuncties en is op te vatten als het verschil tussen de optimale prestaties en de voorspelde waardering van prestaties. Door nu de combinatie van kans en optredend verschil in waardering over het gehele gedefinieerde bereik op te tellen, wordt het risico berekend. Analooq hieraan is het 'innovatiepotentieel' of opportunity te definiëren als de kans dat een bepaalde PI-waarde voorkomt, maal de daarbij horende waardering (utiliteit) van de PI-waarde [8]. Voor elke PI kunnen dus het risico en de opportunity worden ingeschat. Door alle individuele risico's en opportunities samen te nemen, wordt een 'totaalrisico' en 'totaal-opportunity' verkregen voor elk concept.

Besluitfase

De risico's en opportunities kunnen voor elk concept worden uitgezet in een risico-opportunity-grafiek [8] die het ontwerpteam gebruikt bij de besluitvorming (zie figuur 2).

CASE STUDY

De ontwikkelde CIS-procedure is getest met behulp van een case study. Het ontwerp van het recent opgeleverde kantoorgebouw 'Villa Flora' te Venlo is hiervoor gekozen. Het ontwerp bestaat uit een combinatie van een kantoorgebouw en een expositiekas. De volgende elementen uit het oorspronkelijke ontwerp van architect Kristinsson [2] zijn bestudeerd: (1) dubbeldeks, holle vloeren met betonkernactivering, (2) efficiënte warmtewisselaars voor zeer lage temperatuurverwarming en hoogtemperatuurkoeling, (3) decentrale ventilatie-units met hoogrendementswarmteterugwinning, (4) parabolische zonnecollectoren, voorzien van pv-folie, voor gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit. Specifieke details betreffende het simulatiemodel zijn te vinden in [2,3]. Ter illustratie wordt in dit artikel de aandacht gevestigd op de ontwerpdoelstellingen thermisch comfort en elektriciteitsverbruik, met temperatuuroverschrijdingsuren resp. elektriciteitsverbruik als gekozen prestatie-indicatoren. Temperatuuroverschrijdingsuren zijn te definiëren als het aantal uren in een jaar dat een overschrijding van een opgegeven maximumgrens voor mag komen. Het elektriciteitsverbruik is gedefinieerd als de

totale hoeveelheid benodigde elektriciteit om pompen, ventilatoren en kleppen in de hydraulische circuits te laten draaien. Utiliteitsfuncties zijn afgeleid door interviews af te nemen met het computerprogramma 'Assess' [9,10]. Voorbeelden van de verkregen utiliteitsfuncties voor een ervaren consultant zijn weergegeven in figuur 2, rechtsboven. De beoordelingspunten, zijn bepaald met de interviews, waarna een wiskundig verband is gefit uit de assessment-points. Dat GA tot nieuwe ontwerp-inzichten kan leiden is te zien in figuur 2, rechtsonder. Uit de parametervariëaties is af te leiden dat de prestaties van de betonkernactivering en de warmtewisselaars sterk beïnvloed worden door de toevoertemperatuur en de volumestromen van het medium. Daarom zijn twee regelstrategieën van de watertoevoertemperatuur als nieuwe ontwerpvarianten geselecteerd: (1) regeling van de watertemperatuur als functie van de ruimteluchttemperatuur (variant 2a), (2) regeling van de watertemperatuur als functie van de buitenluchttemperatuur (variant 2b). Het uiteindelijke resultaat van de CIS-cyclus voor de drie varianten (1, 2a en 2b) is weergegeven in de risico/opportunity-plot in figuur 2. Een actieve regeling van de watertemperatuur als functie van de buitentemperatuur resulteert in het laagste risico en het hoogste innovatiepotentieel, en is daarom de te kiezen ontwerp-oplossing.

DISCUSSIE

De hier gepresenteerde CIS-procedure beoogt de ontwerper te ondersteunen om te komen tot nuttige ontwerp-informatie die gebruikt kan worden in het vaak complexe besluitvormingsproces dat zich voordoet in innovatieve ontwerptrajecten. Door toepassing van CIS kan de ontwerper: (1) het aantal ontwerpparameters reduceren, (2) de belangrijkste ontwerpparameters bepalen en zich daarop richten, (3) het innovatieproces vereenvoudigen door nuttige ontwerp-informatie te genereren, in de vorm van risico/opportunity-grafieken, tornado-diagrammen, kansverdelingen en utiliteitsfuncties.

CONCLUSIE

Computersimulatie heeft veel potentie om toegepast te worden in het ontwerpproces van innovatieve, vernieuwende projecten. Vergezeld door een methode, zoals CIS, kan de ontwerper op een gestructureerde manier komen tot nieuwe ontwerp-inzichten. Een belangrijke voorwaarde is dat een prestatiegerichte aanpak wordt gehandhaafd. Door verschillende ontwerpvarianten te analyseren en meerdere criteria (PI's) te beschouwen, worden rationale ontwerpbeslissingen genomen. Het

resultaat is een goed inzicht in de risico's en de onzekerheden en daarmee een verhoogde kans op innovatieve ontwerp-oplossingen.

REFERENTIES

- Hopfe, C.J. (2009) Uncertainty and sensitivity analysis in building performance simulation for decision support and design optimization, PhD Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Trcka, M., Loonen, R.C.G.M., Hensen, J.L.M., Houben, J.V.F. (2011) Computational Building Performance Simulation for Integrated Design and Product Optimization, Proceedings Building Simulation 2011 Conferentie.
- Houben, J.V.F. (2010) Computational Innovation Steering: simulation-assisted performance improvement of innovative buildings and systems, Master's thesis, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Wilde, P.J.C.J., de (2004) Computational Support for the Selection of Energy Saving Building Components. PhD thesis, Technische Universiteit Delft, Delft.
- Augenbroe, G., Pati, D., Park, C. (2009) Roles of quantified expressions of building performance assessment in facility procurement and management. Building and Environment, 44(4): 774-784.
- Struck, C., Wilde, P.J.C.J., de, Hopfe, C.J., Hensen, J.L.M. (2009) An investigation of the option space in conceptual building design for advanced building simulation, Advanced Engineering Informatics 23(4): 386-395.
- Gries, M. (2004) Methods for evaluating and covering the design space during early design development. Integration - The VLSI journal, 38(2):131-183.
- Smaling, R., Weck, O., de. (2007) Assessing risks and opportunities of technology infusion in systems design, Systems Engineering 10(1): 1-25.
- Delquíe, P. (2007) Assess 1.0 tutorial guide. url: <http://faculty.insead.edu/delquie/Assess.htm>, (2/7/10).
- Keeney, R. L., Raiffa, H. (1993) Decisions with Multiple Objectives - Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge University Press, New York.