

Winnaar ATIC Masterthesis award 2014

Simulatie-ondersteunde GeoTabs-optimalisatie

Met hun gezamenlijk neergelegde masterthesis Simulatie-ondersteunde ontwerptimalisatie van een Geotabs kantoorgebouw, onder het peterschap van promotor Wim Boydens en Jelle Laverge, wonnen Karel-Jan Smet en Eveline Van Poucke de Marcel Herman prijs 2014 (zie foto). Deze werd door de vakvereniging Atic in Leuven uitgereikt door voorzitter Joris Mampaey. De studenten burgerlijke bouwkunde van de universiteit Gent voerden een geslaagd generiek multidisciplinair en geïntegreerd onderzoek uit naar de optimalisatie van een geothermisch verwarmd en gekoeld kantoorgebouw, waarbij thermisch geactiveerde gebouwdelen (betonkernactivering) als afgiftesysteem worden ingezet. Dit gebouwtype is ook bekend als Geotabs-gebouw.

Prof.ir. W. (Wim) Boydens^{1,2}, ir. K.J. (Karel-Jan) Smet¹ en ir. E. (Eveline) van Poucke¹,
dr.ir. J. (Jelle) Laverge¹, ir-arch. T. (Thomas) Bockelandt^{1,2}

1. Universiteit Gent, faculteit ingenieurs wetenschappen en architectuur

2. Studiebureau boydens consulting department sustainability



Prijswinnaars Karel-Jan Smet en Eveline Van Poucke samen met ATIC-voorzitter Joris Mampaey (rechts)

Geotabs is een stilaan ingeburgerd begrip. De benadering van ontwerp, performantie-optimalisatie en aansturing is evenwel nog een methodologie die omwille van zijn veelzijdigheid en complexiteit te weinig kwalitatieve invulling kent in de bouwpraktijk. Het is een complex vraagstuk, dat inzicht en aanpak vanuit verschillende disciplines vraagt. De studenten hebben deze uitdaging echter op een zeer sterke, verfrissend innovatieve en grondige wijze ingevuld en hun resultaten vormen een bruikbare grondslag voor een onderbouwde praktijkevolatie naar meer optimale geïntegreerde ontwerpen en regelstrategieën van en voor Geotabs-gebouwen.

ONDERZOEKSVRAAG

Optimalisatie van ontwerp en werking

van Geotabs-gebouwen kreeg een nieuwe versnelling in het Europese EraSME Geotabs-onderzoek onder leiding van prof.dr.ir. Lieve Helsen en haar onderzoeksgroep thermal systems van het departement werktuigkunde aan de KULeuven. Aan dit onderzoek namen acht Europese universiteiten en hogescholen deel. Het project resulteerde onder meer in een Geotabs-handboek uitgegeven door Rehva (1).

Bij het Geotabs-concept wordt gebruik gemaakt van de combinatie van een bodemgekoppelde warmtepomp (GEO), die zorgt voor de warmte- en koudeopwekking (dit laatste gebeurt idealiter passief zonder compressorenergie), en betonkernactivering (Thermally Activated Building Systems, kortweg TABS) als afgiftesysteem voor koeling en verwarming. De moeilijkheid van het Geotabs-concept is het feit dat de optimalisatie ervan een interdisciplinaire aanpak vergt, waarin zowel het gebouw (gebouwschil, gebruiksprofielen, etc.) als de installaties (betonkernactivering, warmtepomp, boorveld, etc.) optimaal in ontwerp gecombineerd en in werking geregeld moeten worden. Deze masterproef vormt dan ook een simulatie-ondersteund verlengstuk in de ontwerp praktijk van het reeds uitgevoerde onderzoek.

Het is in deze masterproef immers de bedoeling om een generieke leidraad op te stellen voor de ontwerpoptimalisatie van Geotabs-kantoorgebouwen, die dan relatief eenvoudig gebruikt kan worden om een efficiënter gebouw te verkrijgen. Hiervoor worden vele gebouw- en installatieparameters onderzocht, waarbij telkens gekeken wordt naar de relevantie ervan en gezocht wordt naar een optimum, rekening houdend met het binnencomfort, het jaarlijks energiegebruik en het langjarig evenwicht in de ondergrond.

■ CONCEPT EN AANPAK

De gehele masterproef is gebaseerd op de plannen van een nieuw te bouwen kantoorgebouw in Brugge, een ontwerp van Gino Debruyne en architecten in samenwerking met het studie bureau boydens voor het technisch-energetisch concept. Het gebouw heeft een rechthoekig grondvlak met een oppervlakte van 700 m² en bestaat in totaal uit zeven bouwlagen.

De comfortbeheersing wordt gerealiseerd door het Geotabs concept, waarbij vloerinbouwconvectoren als secundair emissiesysteem worden aangewend in tussenseizoenen en piekperiodes. De gecontroleerde mechanische ventilatie wordt verzekerd door een luchtgroep voor de kantoren en een luchtgroep voor de vergaderzalen (met aanwezigheidssturing per lokaal). Beide zijn uitgerust met warmteterugwinning,



-Figuur 1- Ontwerp nieuw CAW-kantoorgebouw te Brugge (Gino Debruyne & architecten)

Extra ventilatie door het openen van de ramen is mogelijk en wordt ook in rekening gebracht in het onderzoek (2).

De energievraag voor verlichting wordt ingerekend, rekening houdend met aanwezigheid en daglichtsturing. Via DIALux werd een verband opgesteld tussen de schilkaracteristieken en het vereiste aan kunstlicht tijdens het gebruik van de lokalen.

De ontwerpoptimalisatie van het Geotabs-kantoorgebouw wordt bestudeerd met behulp van dynamische simulaties in Trnsys, waarin gestreefd wordt naar een gebouw dat zowel op energetisch vlak als op comfort hoog scoort. Het gebouw wordt hiertoe in het model opgedeeld in 56 zones, naargelang oriëntatie, functie en installaties.

In eerste instantie wordt uitgegaan van een basisgebouw dat redelijk dicht aansluit bij het werkelijke gebouwontwerp. Bij elke simulatie wordt gekeken naar het totale comfort van de gebruikers, de hoeveelheid gebruikte energie en de hoeveelheid onbalans in de bodem op jaarbasis. Deze drie factoren geven samen een indicatie voor de kwaliteit van het gebouw samen met zijn installaties. De optimalisatie verloopt in zes fasen. In totaal worden in deze fasen 22 parameters beschouwd, waarvan de invloed onderzocht wordt en getracht wordt stapsgewijs de beste combinatie van parameters te kiezen.

Een eerste groep van parameters die onderzocht wordt, heeft betrekking op de gebouwschil. De tweede groep heeft betrekking op de volledige hydraulische en aerologische aansturing van het gebouw.

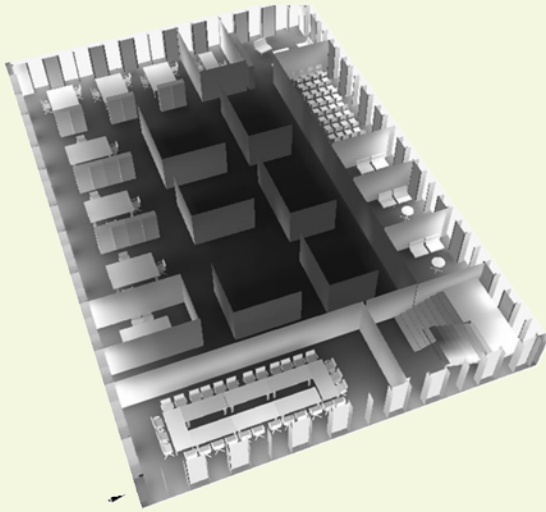
In de eerste drie fasen wordt telkens uitgegaan van een basisgebouw waarop telkens per para-

meter meerdere variaties gemaakt worden.

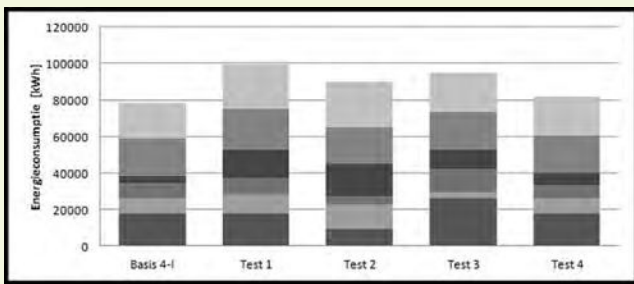
Bij elke overgang naar de volgende fase wordt getracht een beter basisgebouw te construeren. In fase vier tot zes worden alleen nog variaties beschouwd met een beperkte selectie aan parameters, waarvan uit de vorige drie fasen gebleken is dat deze het interessant zijn om verder te onderzoeken. Hierbij wordt niet meer uitgegaan van een basisgebouw waarbij telkens slechts één parameter verandert, maar worden onmiddellijk meerdere parameters gewijzigd. De keuze van de waarden die deze parameters telkens aannemen is gebaseerd op het onderzoek uit de vorige fasen. Na deze zes fasen worden enkele van de beste gebouwen geselecteerd, waarop vervolgens een sensitiviteitsonderzoek gebeurt. Dit onderzoek omvat twee categorieën van extreme omstandigheden waaraan de gebouwen onderworpen worden: klimatologische extremen en hogere bezettingsgraden.

De impact op het energiegebruik wordt weergegeven op het geval 4I, één van de meest performante scenario's op de drie criteria bij de onderzochte cases. In dit scenario worden wanden 10 cm geïsoleerd ($\lambda 0.04 \text{ W/m.K}$), daken en onderste vloeren 20 cm, en wordt driedubbel glas toegepast met $g = 0,222$.

- test 1: extreme zomers en winters, weinig impact op discomfort en bodembalans;
- test 2: warmer klimaat (4°C uniforme verhoging), weinig impact op discomfort;
- test 3: kouder klimaat (4°C uniforme verlaging), merkbare impact op discomfort en bodembalans;
- test 4: verhoging bezetting met 150 %, merkbare impact op discomfort.



-Figuur 2- Lichtsimulatie van één gebouwniveau met DIALux



-Figuur 3- Sensitiviteitsonderzoek naar het energiegebruik op de meest gunstige case 4I

RESULTATEN

Uit de vele gemaakte simulaties blijkt dat het perfect mogelijk is om door gebruik te maken van een combinatie van betonkernactivering en een secundair snel reagerend systeem, zoals convectoren, een kantoorgebouw te realiseren dat in staat is, met een sterk beperkt energiegebruik voor verwarming, koeling en verlichting, voor een comfortabel binnenklimaat te zorgen. Hierbij is het tevens mogelijk om op jaarbasis evenwicht in de bodem te realiseren. De factoren die effectief het meest invloed hebben op de ontwerpoptimalisatie van een Geotabs-kantoorgebouw zijn de thermische weerstand van het gebouw, de keuzes tussen verwarmen en koelen, de aanvoertemperatuur van de betonkernactivering tijdens verwarmen en de perioden wanneer dit gebeurt. Algemeen blijkt het Geotabs-principe voor kantoorgebouwen – mits een voldoende goede regeling aanwezig is – te kunnen zorgen voor een goed werkend geoptimaliseerd gebouw. Het belang van het meenemen van een performante

regeling van de gebouwinstallaties is immers doorslaggevend gebleken in het optimalisatieproces. Lopend verder onderzoek naar deze case ('A comparative study on concrete core activation and chilled ceilings in geothermal, nearly zero energy office buildings', M. Cornelis & N. Vermeulen, masterthesis UGent 2014/2015 promotor W. Boydens, J. Laverge) en op het reeds drie jaar operationele en grondig gemonitorde Solarwind-gebouw te Luxemburg ('Optimal design and control of office buildings using renewable energy sources', F. Jorissen, PhD KULeuven 2014–2017, promotoren L. Helsen & W. Boydens) belooft verdere inzichten te onderbouwen in de situering ten opzichte van andere performante concepten en in de relatie tussen optimaal ontwerp en regeling van hybride Geotabs-gebouwen. In Vlaanderen loopt van 2011 tot 2017 ook nog het IWT VIS traject Smartgeotherm (3) (met onder meer WTCB, KULeuven en VITO) dat de verdere ontplooiing en implementatie

van geïntegreerde concepten voor geothermische gebouwen en thermische buffering als onderdeel van bijna energieneutrale gebouwen begeleidt, waarbij ook de initiële Geotabs (4) coördinator de wetenschappelijke onderbouw verzorgt.

REFERENTIES

1. Advanced system design and operation of Geotabs buildings, F. Bockelmann, Stefan Plessler, Hannah Soldaty, Lieve Helsen, Wim Boydens, Bjarne Olesen, Rehva guidebook n° 20, 2013
2. Time-dependent occupant behaviour models of window control in summer, G. Young Yun and K. Steemers, Building and Environment, vol. 2008, n° 43, pp. 1471-1482, 2007
3. www.smartgeotherm.be
4. www.geotabs.eu

Parameter	Waarde in basisgebouw 1, verdiep 3
Isolatie dikte muren	10 cm
Glas type	$g = 0,61; U_g = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Hoeveelheid glas in gevel	54% geveloppervlak
Oriëntatie gebouw	Standaard
Beschaduwing variabele zonwering	90 %
Minimale lichtsterkte buiten	30000 lux
Openen ramen	Openen als $T_{\text{binnen}} > 26^\circ\text{C}$ Sluiten als $T_{\text{binnen}} < 24^\circ\text{C}$
Positie leidingen betonkernactivering	Onder: 8 cm beton Boven: 19 cm beton
Regeling warmen of koelen	Koelen als $T_{24} > 20^\circ\text{C}$ Verwarmen als $T_{24} < 16^\circ\text{C}$
Debiet in betonkernactivering	3000 kg/h per circuit
Aanvoertemperatuur betonkernactivering verwarmen	30°C
Aanvoertemperatuur betonkernactivering koelen	15°C
Werkingsperiode betonkernactivering	Van 22h tot 6h
Debiet water na-verwarmen/-koelen ventilatielucht	1000 kg/h
Aanvoertemperatuur voor na-verwarmen ventilatielucht	30°C
Aanvoertemperatuur voor na-koelen ventilatielucht	15°C
Uitvoertemperatuur warmtepomp voor betonkernactivering en ventilatiegroep	40°C
Volume buffervat 1	2 m ³
Regeling opwarmen buffervat	Start als $\Delta T > 4^\circ\text{C}$ Stop als $\Delta T < 1^\circ\text{C}$
Aantal boringen boorveld	15
Vermogen convectoren	1000 kJ/h
Variatie-interval convectoren	Ondergrens: $19,55^\circ\text{C} + 0,11 \cdot T_{\text{a,ref}}$

-Tabel 1- Variabelen in de optimalisatiestudie