

Az épülethomlokzat üvegezési arányának és tulajdonságainak jelentősége a felhasználók vizuális komfortjának a fenntartásában

Dr. Harmathy Norbert – Dr. Magyar Zoltán

Abstract

The research presents the influence of envelope glazing characteristics on the annual heating and cooling energy demand in office buildings.

Building envelope glazing can greatly influence human comfort and work performance in office buildings. The aim was to investigate the quality of indoor illumination and visual comfort with multi-criterion optimization. The research subject was to analyze daylight performance using dynamic indoor lighting simulation in Radiance.

The research goal is to determine efficient exterior glazing area and window geometry in the function of qualitative indoor daylight intensity, daylight factor and spatial daylight dispersion. This was followed by a dynamic envelope simulation in EnergyPlus, which determined the parameters of the glazing influence on the annual energy demand of the thermal model. Findings from the dynamic simulations indicated the influence of glazing parameters on the annual heating and cooling demand whereas the optimal model indicated approximately 80% energy reduction for annual heating.

Összefoglalás

A kutatás bemutatja az irodaépületek éves fűtési és hűtési igényeinek a megtakarítási lehetőségeit a burkolatüvegezés szerkezeti tulajdonságainak a függvényében.

Irodaépületekben az épületburok üvegezése nagymértékben befolyásolja a felhasználók komfortérzetét és munkavégző képességét. Különböző szempontokat figyelembe vevő optimalizálással megvizsgáltuk a beltéri megvilágítás minőségét a vizuális komfortfeltételek függvényében. A kutatás tárgya a beltéri fény teljesítményének és minőségének részletes elemzésére dinamikus Radiance fényvizualizációval.

A kutatásban meghatároztuk az üvegezési arány, az ablakgeometria és az ablakszerkezet hatását az éves fűtési és hűtési energiaigényekre a beltéri fényintenzitás, a naptényező és a térbeli fényszórás függvényében. Az épületburok optimalizálását dinamikus EnergyPlus energiaszimuláció követte, amiből megállapítottuk az üvegezés paramétereinek a hatását a termikus modell éves energiaigényeire, amellyel közel 80%-os fűtési energiamegtakarítás érhető el.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék



1. Bevezetés

A kutatás során megvizsgáltuk az épületburok hatását az éves fűtési és hűtési energiaigényekre irodaépületek esetén. A különböző szempontokat figyelembe vevő optimalizálásban a következő kritériumokat vettük figyelembe: a természetes térbeli fényszórást, a térbeli fényintenzitást és a naptényezőt. A térbeli fényszórást dinamikus szimulációval futtattuk le a Radiance programban. Az elemzések rávilágítottak az üvegezés fontos tulajdonságaira, amelyek alkalmazásával hatékony energiafelújítási megoldásokat alkalmazhatunk. Az éves fűtési és hűtési energiaigényt három fő paraméter függvényében határoztuk meg: üvegezési arány, ablakgeometria és anyagtulajdonságok (hőátbocsátási tényező, összenergia átbocsátási tényező és fényáteresztő képesség). Az optimalizálást követően EnergyPlus programmal összehasonlító elemzést végeztünk a referencia épület energiaigényei és az újonnan tervezett multizónás termikus modell szimulált fűtési és hűtési energiaigényei között.

2. A vizsgálat bemutatása

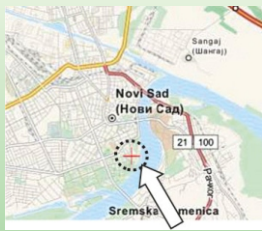
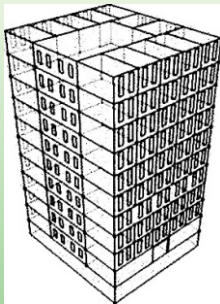
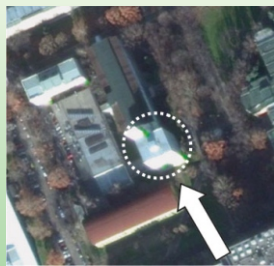
A beltéri világítás, a fény minősége, a humán vizuális és termikus komfort korábbiakban számos kutatás témája volt [1 – 7]. Az előzetes energiamodellezésen alapuló kutatások bemutatták, hogy lehetséges termikus- és fényvizualizáció alkalmazásával részletesen megvizsgálni az épületek energiaigényét [8]. Az üvegezés paramétereinek és a napsugárzás intenzitásának az elemzése is fontos téma az energiahatékonyság növelése érdekében [9, 10]. Az éves fűtési és hűtési terhelések meghatározására egy multizónás termikus modellt készítettünk a tízemeletes Újvidéki Műszaki Tudományegyetem központi irodaházáról, amelynek urbanisztikai jellemzői a következő oldalon bemutatott **1. táblázatban** láthatók.

A dinamikus szimulációhoz szükséges részletes éghajlati adatokat a Meteonorm [11] adatbázisból töltöttük le, amely beolvasható a Radiance és az EnergyPlus programokba. A kutatás és a modellezés több fázisra osztható, amelyek a következők:

1. Geometriai modell szerkesztése Autodesk Revit szoftverrel [12];
2. Szoláris elemzés és dinamikus fényvizualizáció Ecotect Analysis és Radiance szoftverekkel [13, 14];
3. Többzónás termikus modell szerkesztése Sketchup program alkalmazásával [15];
4. Többzónás termikus modell paramétereinek az adatbevitelle az Open Studio szoftverrel [16];
5. Dinamikus energiaszimuláció az EnergyPlus szoftverrel [17].

Elemztük a vizsgált irodaház energiafelhasználását 2012-ből, amely alapján elvégeztük a vizsgált modell validálását is.

1. táblázat. A referenciaépület urbanisztikai jellemzői

	Újvidék térképe a Meteoronorm-ból	3D termikus modell 10 emeletes irodaház	Újvidéki Műszaki Tudományegyetem
Város: Újvidék Ország: Szerbia Vajdaság Éghajlati övezet = III, 3 Szélesség = 45,333° Hosszúság = 19,850° Magasság = 84 m Az épület tájolása 30°-kal észak-tól az óramutató járásával ellentétesen	 Újvidéki Műszaki Tudományegyetem		 A vizsgált irodaház

3. A vizsgált irodaépület üvegezési arányának optimalizálása




3.1. A fényszimuláció adatbevitel a Radiance programba

A természetes fény minősége befolyásolja a felhasználók vizuális komfortérzetét és javítja a belső tér minőségét. A természetes fény pozitív hatással van az egészségre és a helyi-egben tartózkodók munkavégző képességére.

Az energiaszimuláció bemutatja, hogy az üvegezési arány (ÜA) és az ablakgeometria (AG) nagymértékben befolyásolja az éves fűtési és hűtési energiaigényt. A kutatás tartalmazza az ablakgeometria (AG) elemzését és befolyását a belső tér fényszórására. Az alkalmazott AG és ÜA értékeket a 2. táblázat mutatja be. A fényszimuláció beállításai a 3. táblázatban láthatók.

A futtatásban háromszoros fényvisszaverődést alkalmaztunk közepes fényszórással és képminőség kivitelezéssel. Az elfogadott fényerősség skála 0 – 1000 lux volt. A fényerősség és fényszórás elemzése függ a vizsgált időponttól, az időintervallumtól, az égbolt tulajdonságaitól és a tájolástól. Az alapfeltétel a vizuális komfort egy állandó határértékeken belüli tartása volt (350 és 500 lux). Éves szinten összesen 720 szimulációt futtattunk le, melyek eredményeit részletesen elemeztük.


2. táblázat. Ablakgeometria, üvegezési arány és ablakméretek

AG	ÜA [%]	Az iroda üvegezett felülete [m ²]	Ablakfelület [m ²]	Ablakméret [m x m]
	20	1,79	0,89	0,94 x 0,94
	25	2,24	1,12	1,05 x 1,05
	30	2,68	1,34	1,16 x 1,16
	20	1,79	0,89	0,60 x 1,49
	25	2,24	1,12	0,60 x 1,86
	30	2,68	1,34	0,60 x 2,20
	20	1,79	0,89	1,40 x 0,64
	25	2,24	1,12	1,40 x 0,80
	30	2,68	1,34	1,40 x 0,96

Összehasonlító elemzéssel megállapítottuk, hogy a függőleges téglalap alakú ablakok beltéri fényszórásának a teljesítménye a legjobb, mivel az ablakmagasság elősegíti a mélyebb fénybehatolást az irodákba, azonos üvegezési arányhoz és másik ablakformához viszonyítva. A következő kritérium a naptényező számítása volt a termikus zónák térbeli központjában. A szimulációt a következő üvegezési arányokra futtattuk le: 20%, 25%, 30%, és a referencia modell esetén 50%. Összesen 16 szimulációt végeztünk el, amelyekből meghatároztuk a leghatékonyabb üvegezési arányt. A vizuális komfortot teljesítő naptényező optimális értéke 2. A legkisebb eltérésű eredményeket fogadtuk el, amelyek a 4. táblázatban láthatók. Az elfogadott üvegezési arány tájolásonként a naptényező függvényében 30%-os a keleti és nyugati burkolaton és 25%-os a déli burkolaton, ahol irodák helyezkednek el.

A fényszimulációból néhány kiválasztott eredmény az idő függvényében a következő oldalon bemutatott 5. táblázatban látható.

3. táblázat. A fényszimuláció beállítása a Radiance programban

Fényerősség skála	A képkalkotás beállítása	
	Run identifier	RCP
	Display type	Illuminance [lx]
	Max. Reflections	3
	Lighting detail	Medium
	Lighting variability	Medium
	Scale	1 000
	Scale division	10

4. táblázat. Elfogadott üvegezési arányok és naptényezők

Keleti irodák		Déli irodák	
30%	Üvegezési arány	25%	Üvegezési arány
1,97	Naptényező	2,05	Naptényező
Nyugati irodák		Északi folyosó	
30%	Üvegezési arány	20%	Üvegezési arány
1,78	Naptényező	1,89	Naptényező

5. táblázat. A fényvizualizáció eredményei (belső fényeloszlás és fényerősség szintek)



4. Dinamikus energiaszimuláció ENERGYPLUS programmal

4.1. Épület- és ablakszerkezetek, felhasználók

A jelenlegi referenciaépület homlokzati falainak és fűdészerkezetének a hőátbocsátási tényezője meghaladja a $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ értéket, ami nem teljesíti az épületenergetikai előírásokat. Ezért a szimulációban a homlokzati falakat 14 cm -es EPS hőszigetelő lemezekkel borítottuk be, ami lecsökkentette a fal U -értékét $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ értékre, megfelelően a szerbiai és európai előírásoknak [18, 19, 20].

A dinamikus energiaszimulációban 3 ablakparamétert vizsgáltunk meg (hőátbocsátási tényező, összenergia átbecsátási tényező és fényáteresztő képesség), amelyek a **6. táblázatban** láthatók. Az ablakok U -értékei $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ és $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ között voltak. Az energiaszimulációban háromrétegű Pilkington Low-E üvegepanel szerkezeteket is alkalmaztunk, amelyek visszaverik az infravörös sugarakat [21].

6. táblázat. Ablakszerkezetek és paraméterek

Termikus modell	Ablakok
A1	Kétrétegű, Pilkington Optifloat clear
A2	Háromrétegű, One pane with Sun-Stop coating and Ag
A3	Háromrétegű, Pilkington Planar + Optifloat + Optitherm
Termikus modell	Paraméterek
A1	U -érték $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; összenergia átbecsátási $0,50$; fényáteresztés $0,73$
A2	U -érték $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; összenergia átbecsátási $0,338$; fényáteresztés $0,63$
A3	U -érték $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; összenergia átbecsátási $0,26$; fényáteresztés $0,52$

A felhasználók által leadott belső energiaterheléseknél figyelembe vettük a várhatóan a helyiségben tartózkodók számát, a szabad és a foglalt irodaterületeket.

4.2. Eredmények

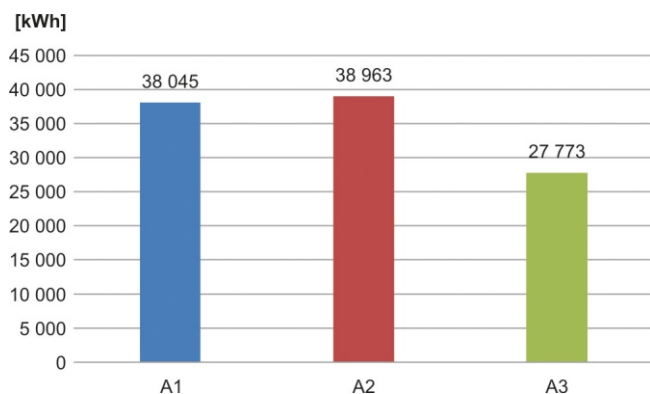
A három termikus modellen lefutott dinamikus energiaszimuláció éves fűtési és hűtési energiaigényeit a következő oldalon látható **1. és 2. ábra** mutatja be. A legnagyobb éves energiaigényt az A1-es modellnél állapítottuk meg a magas összenergia átbecsátási tényező miatt, összesen $50 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{év}$. Az A2-es modellnél valamivel kisebb energiaigényt kaptunk, ez $46 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{év}$ volt. Az A3-as modell összesen $38 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{év}$ energiát igényel. Az éves energiaigények az A3-as modellnél 17% -kal voltak alacsonyabbak mint az A2-es modell esetében és 24% -kal kisebbek az A1-es modellnél. A legkisebb energiaigényt az A3-as modell mutatta.

Az optimalizált modell energiafelhasználását összehasonlítottuk a referencia épület 2012-es energiafelhasználásával, ami a következő oldalon lévő **7. táblázatban** látható.

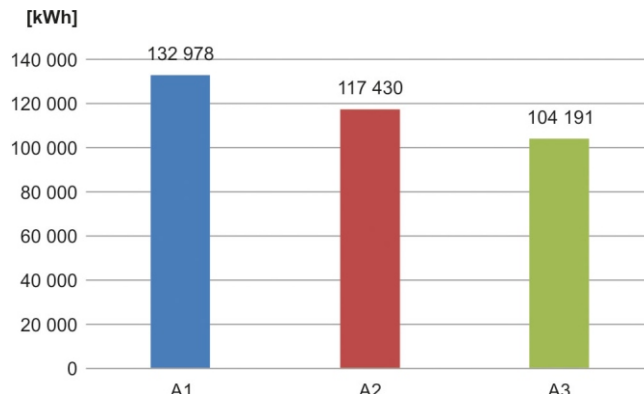
5. Összegzés

A kutatás során megvizsgáltuk az épülethomlokzat üvegezési arányának és az üvegezés tulajdonságainak a jelentőségét az éves energiaigények csökkentésében és a felhasználók vizuális és termikus komfortjának a fenntartásában. A végeredmények igazolták, hogy a különböző szempontokat figyelembe vevő optimalizálással az üvegezési arány 50% -ról 30% -ra, illetve 25% -ra is csökkenthető. A kutatásban három üvegezési paramétert vizsgáltunk, amelyekből megállapítottuk, hogy az összenergia átbecsátási tényezőnek van a legnagyobb befolyása a belső energiaterhelésekre. Az optimális A3-as modell felújítási javaslatával elértük a közel 80% -os fűtési energiamegtakarítást.

Mivel az épületek energetikai követelményeinek a meghatározásában számos paraméter szerepel, ezért elkerülhetetlen a dinamikus szimulációs programok alkalmazása.



1. ábra. Az éves fűtési energiaigények



2. ábra. Éves hűtési energiaigények

7. táblázat. Az energiafelhasználás összehasonlítása

A referencia irodaépület energiafelhasználása (2012)			
	Fűtési energia [kWh/év]	A hűtés, világítás és elektromos berendezések energiaigénye [kWh/év]	
Összes	378 784	203 810	
[kWh/m²/év]	110	59	
Felhasználói komfort	Nem teljesült	Nem teljesült	
Optimalizált A3-as termikus modell			
	Fűtési energia [kWh/év]	Hűtési energia [kWh/év]	A világítás és elektromos berendezések energiaigénye [kWh/év]
Összes	27 773	104 191	106 330
	EN 15251; légszere 7 330 (hűtés), 37 325 (fűtés)		
[kWh/m²/év]	19	32	31
Felhasználói komfort	Teljesített	Teljesített	Teljesített

Irodalomjegyzék

- [1] D. H. W. Li, A review of daylight illuminance determinations and energy implications, *Applied Energy*, Vol. 87, pp. 2109–2118, 2010.
- [2] I. T. Dogrusoy, M. Tureyen, A field study on determination of preferences for windows in office environments, *Building and Environment*, Vol.42, pp. 3660–3668, 2007.
- [3] K. Konis, Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in San Francisco, California, *Building and Environment*, Vol. 59, pp. 662-677, 2013.
- [4] A. Roetzel, A. Tsangrassoulis and U. Dietrich, Impact of building design and occupancy on office comfort and energy performance in different climates, *Building and Environment*, Vol. 71, pp. 165-175, 2014.
- [5] A. Nabil, J. Mardaljevic, Useful daylight illuminance: a replacement for daylight factors, *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp. 905–913, 2006.
- [6] N. Harmati, Z. Magyar, Energy consumption monitoring and energy performance evaluation of an office building, *Proceeding of the Fifth German-Austrian IBPSA Conference BauSim*, Aachen, pp. 115-122, 22-24.09.2014.
- [7] N. Harmati, Z. Magyar and R. Folić, Building energy performance evaluation from the comfort aspect, *Proceedings of the International Congress E-nova on FH Burgenland*, Pinkafeld, 13-15.11.2014.
- [8] F. Goia, M. Haase and M. Perino, Optimizing the configuration of a facade module for office buildings by means of integrated thermal and lighting simulations in a total energy perspective, *Applied Energy*, Vol. 108, pp. 515–527, 2013.
- [9] J. T. Kim, M. S. Todorovic, Tuning control of buildings glazing's transmittance dependence on the solar radiation wavelength to optimize daylighting and building's energy efficiency, *Energy and Buildings*, Vol. 63, pp.108–118, 2013.
- [10] M.S. Mayhoub, D.J. Carter, The costs and benefits of using daylight guidance to light office buildings, *Building and Environment*, Vol. 46, pp. 698-710, 2011.
- [11] Meteororm 7, 2014, <http://meteororm.com/en/downloads>
- [12] Autodesk Revit Architecture, 2013, <http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>
- [13] Autodesk Ecotect Analysis, 2013, <http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>
- [14] Desktop Radiance, 2013, <http://radsite.lbl.gov/deskrad/download.htm>
- [15] Sketchup Make, 2013, <http://www.sketchup.com/buy/education-licenses>
- [16] NREL Open Studio, 2013, <http://openstudio.nrel.gov>
- [17] Energy Plus, 2013, <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>
- [18] Official gazette RS no. 61/2011, Rules on conditions for the contents and manner of certificate issuance of energy performance for buildings, 2011.
- [19] Directive 2012/27/EU of 25 October 2012 on Energy Efficiency, Official Journal of the European Union, No. L 315, Vol. 55, pp. 1-56, 2012.
- [20] EN 15251 Annex B; Basis for the criteria for indoor air quality and ventilation rates; recommended design ventilation rates in non-residential buildings, pp. 32-35, 2007.
- [21] Pilkington, 2014 <http://www.pilkington.com/de-de/de/architects>