

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS GÉPÉSZETI ELJÁRÁSTECHNIKAI TANSZÉK

HORVÁTH MIKLÓS
TDK DOLGOZAT
Épületek szoláris hőnyereségének vizsgálata

Tanszéki konzulens:
Dr. Szánthó Zoltán
Egyetemi docens

Külső konzulens:
Talamon Attila

**A dolgozat bemutatását a TÁMOP - 4.2.2.B-10/1--2010-0009
"Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben"
című program támogatta.**

Budapest, 2012

TARTALOMJEGYZÉK

1. Napenergiahasznosítás jelentősége	3
2. A nappályamodell megalkotásához felhasznált összefüggések.....	4
2.1. A napmagasság és azimut számítása	4
2.2. A napsugárzás intenzitásának számítása	5
2.3. A napsugárzásból származó energiahozam számítása	7
3. A számítások során kapott eredmények	8
3.1. A napmagasság és azimut értékek	8
3.2. Adott dőlésszögű és tájolású felületre beérkező sugárzásintenzitás	9
3.3. A beérkező sugárzásból származó energiahozam	12
4. A vizsgálatokból levonható következtetések	14
5. Irodalom jegyzék	15
5.1. Általánosan felhasznált irodalmak jegyzéke	15
5.2. Hivatkozott irodalmak jegyzéke.....	15
6. Mellékletek jegyzéke	16
6.1. melléklet, OMSZ adatok	16
6.2. melléklet, a 90°-os dőlésszöghöz tartozó sugárzásadatok	16

1. NAPENERGIAHASZNOSÍTÁS JELENTŐSÉGE

Napjainkban az energetika területén egyre jobban keresik az energia-megtakarítás lehetőségeit. Számos területen jelentkezik igény jobb, hatékonyabb technológiára, berendezésekre, amelyek alkalmazásával lehetőség van a kibocsátott szennyezőanyagok és a felhasznált energiaforrások mennyiségének csökkentésére. A megtakarítási lehetőségek között egyre nagyobb hangsúlyt kap a megújuló energiaforrások alkalmazása.

Ma Magyarországon a felhasznált összes energia 40%-át épületekben használják fel, ennek az energiamennyiségnek körülbelül kétharmada fűtésre és hűtésre fordítódik. A hazai épületállomány az EU átlagnál rosszabb állapotban van, ezért is szükséges átalakításuk és korszerűsítésük. Az épületek korszerűsítésével a fűtési igény csökken, így egyre nagyobb szerepet kap fűtési idényben az aktív és passzív napenergia hasznosítás. Az energiafelhasználás csökkentéséhez fontos tényező továbbá az épületek hűtési igényének csökkentése, melyre jó lehetőség a nyári szoláris hőterhelés minimalizálása.

A tervezéshez szükséges a szoláris energiaáram közelítő becslése, azonban ennek meghatározására csak közelítő számítások állnak rendelkezésre. A napsugárzási intenzitás tervezési, méretezési értéke Magyarországon statikus módon és 45°-os intervallumokkal veszik figyelembe. Ez a statikus tervezési módszer nem elégséges a kis energiafelhasználású, és közel nulla energiaigényű épületek tervezésénél, hiszen megnő a nyereségáramok jelentősége a hőburok hőellenállásának növekedésével. Mindenképpen dinamikus, részletesebb számítási módszerre van szükség.

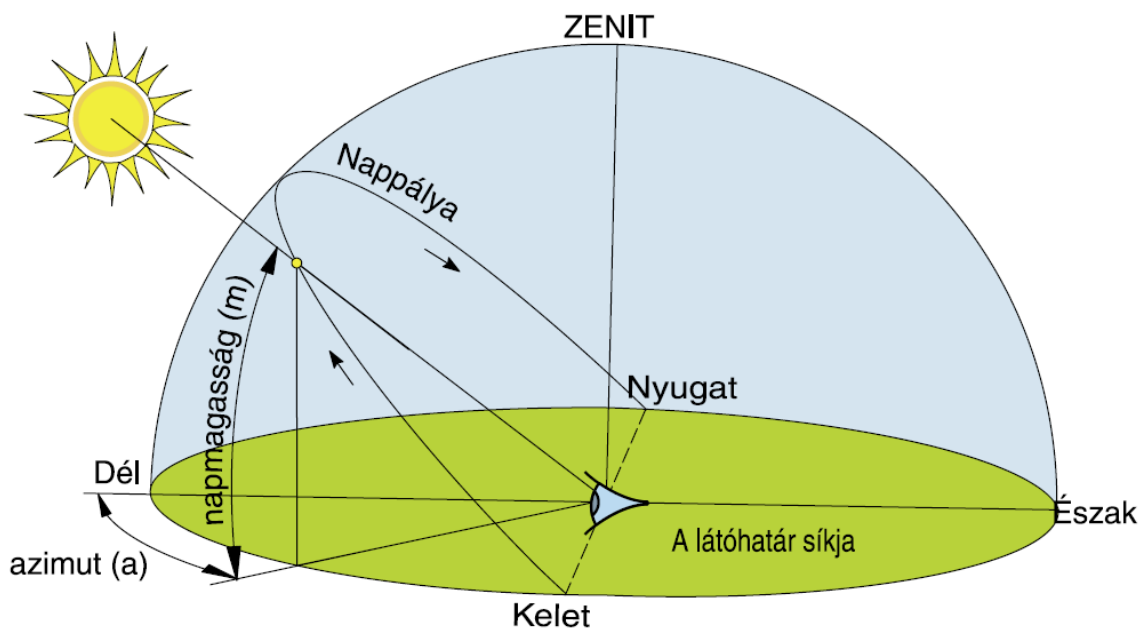
A dolgozatban nappálya modell megalkotásával és a sugárzási teljesítmények közelítő becslésével meghatározható a szoláris nyereség tervezési értéke. Ezen értékek felhasználásával lehetőség nyílik az épületek szoláris nyereségének pontosabb meghatározására. Alacsony, vagy közel nulla energiafelhasználású épületek esetében a szoláris energianyereség nagyobb szerepet kap. Téli állapotban előrelátó tervezéssel csökkenthető a fűtési igény, míg nyári esetben a beérkező sugárzást kell csökkenteni. A dolgozatban különböző tájolású, 90°-os dőlésszögű üvegfelületek esetén meghatározásra kerül a szoláris nyereség értéke, illetve az energiahozam nyáron és télen. Ezen értékek ismeretében egy adott tér szoláris nyeresége jó közelítéssel becsülhető, így alacsony, vagy közel nulla energiafelhasználású épületek esetén a szoláris energiahozam már a tervezésnél figyelembe vehető. A dolgozatban a nyereség meghatározásánál az üvegezés hőfizikai tulajdonságai is szerepet kaptak, így különböző üvegszerkezetek esetén is meghatározható egy adott tájolású és dőlésszögű üvegfelületen a beáramló hő mennyisége.

2. A NAPPÁLYAMODELL MEGALKOTÁSÁHOZ FELHASZNÁLT ÖSSZEFÜGGÉSEK

A nappályamodellt a hivatkozott irodalmak alapján Microsoft Excel programban készítettem el. A modell megalkotásához figyelembe kell venni a Föld forgástengelye és a Nap körüli keringés tengelye közötti $23,5^\circ$ -os eltérést, amely miatt a Nap látszólagos pályája az égbolton minden nap más. Nyáron a nap magasabb, télen alacsonyabb pályát ír le. A nap állásából és a sugárzás intenzitásából számítható az éves energiahozam.

2.1. A napmagasság és azimut számítása

A napmagasság és az azimut értékeket az [1] irodalom alapján számítottam. A napmagasság megegyezik a Nap horizontsíkra vetített beesési szögével. Az azimut pedig a nap horizontsíkra vetített helyzetének egy adott iránytól való eltérését jelenti, ebben az esetben a modell szempontjából előnyös déli irányt vettem alapnak. Az egyes értékek értelmezését a 2-1. ábra szemlélteti.



2-1. ábra, A napmagasság és azimut értelmezése [1]

Az egyes értékek meghatározásához szükséges a nap deklinációjának meghatározása. A deklináció éves periódussal ismétlődik, a Föld Nap körüli pályája és az egyenlítő által meghatározott síkok eltéréséből adódik, a 2.1 egyenlet alapján számítható:

$$\sin\delta = -\cos\left[\left(\frac{2\pi}{365}\right) \cdot (n + 11)\right] \cdot \sin\left(23,45 \cdot \frac{2\pi}{360}\right) \quad (2.1)$$

ahol δ a nap deklinációja [°]

n a vizsgált nap sorszáma, január 1. = 1 [1]

A napmagasság értéke a 2.2 egyenletből határozható meg:

$$\sin\alpha_s = \sin\delta \cdot \sin\psi + \cos\delta \cdot \cos\omega \cdot \cos\psi \quad (2.2)$$

ahol α_s a napmagasság [°]

δ a nap deklinációja [°]

ψ a földrajzi hely szélességi foka [°]

ω a nap óraszöge, 1 óra = 15° [°]

Az azimut értéke a 2.3 egyenletből számítható:

$$\sin\gamma_s = \frac{\cos\delta}{\cos\alpha_s} \cdot \sin\omega \quad (2.3)$$

ahol γ_s az azimut [°]

δ a nap deklinációja [°]

α_s a napmagasság [°]

ω a nap óraszöge, 1 óra = 15° [°]

2.2. A napsugárzás intenzitásának számítása

A Föld felszínén a napsugárzás intenzitás meghatározásához meg kell határozni az atmoszféra sugárzás csökkentő hatását, ezt a [2] és [3] források alapján számítottam. A légtömeg kifejezi a sugárzás-intenzitás csökkenést a légkörben, nagysága függ a légkörben megtett út hosszától. Az értéke a 2.4 egyenlet alapján számítható:

$$AM = \frac{1}{\cos(90-\alpha_s) + 0,50572 \cdot (6,07995 + \alpha_s)^{-1,6364}} \quad (2.4)$$

ahol AM a légtömeg

α_s a napmagasság [°]

A légtömeg ismeretében a napfény-intenzitás számítható, fontos tényező azonban a vizsgált felület tengerszint feletti magassága is, mivel a magasabb légrétegekben kisebb a sugárzáscsökkentő hatása a légkörnek. A sugárzás intenzitás nagyságát ezek alapján a 2.5 egyenlet írja le:

$$I_D = 1,353 \cdot [(1 - a \cdot h) \cdot 0,7^{(AM^{0,678})} + a \cdot h] \quad (2.5)$$

ahol I_D a direkt sugárzás intenzitása [kW/m²]

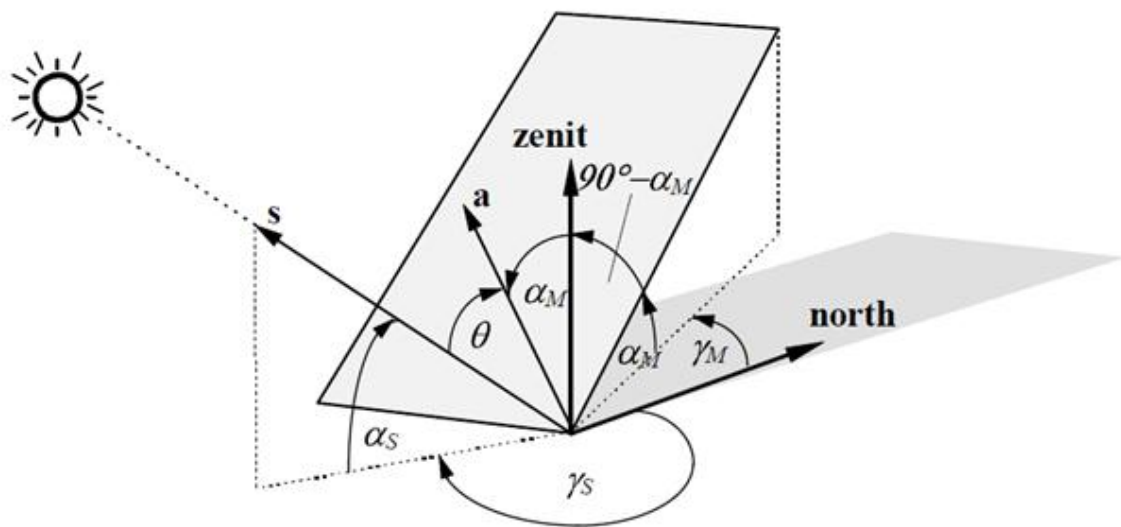
a egy empirikusan meghatározott konstans, értéke 0,14 [2]

h a tengerszint feletti magasság [km]

AM a légtömeg

A számított direkt sugárzási értékből meghatározható a globális sugárzás értéke, amely értéke tiszta égbolt esetén 10%-al nagyobb, mint a direkt sugárzásé. Felhős esetben azonban a számított globális sugárzásnak csak töredéke jut át. A számítások során felhős égbolt esetén a beérkező globális sugárzás 35%-val számoltam, ezt az értéket a nemzetközi irodalomban elfogadott enyhén felhős és erősen felhős égbolt csökkentő hatásából számítottam. Az irodalom szerint enyhén felhős égbolton a beérkező sugárzás 60%-a jut keresztül, míg erősen felhős égbolt esetén csak 10%, a számítások során az irodalomban leírt két aránynak az átlagát vettem alapul [3].

A számított sugárzási érték vízszintes felületre vonatkozik, a dőlésszög hatását a [4] forrás alapján számítottam. A számítás során először a tájolástól, dőlésszögtől és napmagasságtól függő beesési szöget kell kiszámolni. Az említett szöget (θ) 2-2. ábra szemlélteti.



2-2. ábra, Tetszőleges tájolású és dőlésszögű felület szögeinek értelmezése [4]

A számítási módot a 2.6 egyenlet írja le:

$$\theta = \cos^{-1}(\cos\alpha_S \cdot \sin\alpha_M \cdot \cos(\gamma_S - \gamma_M) + \sin\alpha_S \cdot \cos\alpha_M) \quad (2.6)$$

ahol θ a vizsgált sík normálvektora és a vízszintes sík által bezárt szög és a napmagasság különbsége [°]

α_S a napmagasság [°]

γ_S az azimut értéke [°]

α_M az üvegfelület dőlésszöge [°]

γ_M az üvegfelület tájolása [°]

A θ szög ismeretében egy adott tájolású és dőlésszögű felületre érkező sugárzás a 2.7 egyenlet alapján számítható:

$$G_t = G_D \cdot \cos\theta \quad (2.7)$$

ahol G_t az adott felületre érkező globális sugárzás intenzitása [kW/m²]

G_D a számított globális sugárzás értéke [kW/m²]

θ a vizsgált sík normálvektora és a vízszintes sík által bezárt szög és a napmagasság különbsége [°]

2.3. A napsugárzásból származó energiahozam számítása

Az előző számításból kapott sugárzásintenzitásból az egyes napok hossza alapján számítottam az elméleti sugárzásmennyiséget. Az így kapott sugárzásmennyiséget napokra lebontva átlagoltam és korrigáltam a felhőzet hatásával. A számított napsütéses órák száma esetén a tiszta égbolthoz tartozó globális sugárzás értékével számoltam, míg borult égbolt esetén a korrigált értékkel. Az energiahozam számításához az OMSZ 1990 – 2000 [5] közötti napfénytartam adatait napokra lebontva átlagoltam. A kapott intenzitás-értékeket a hozzájuk tartozó időtartammal megszorozva számítható az energiahozam.

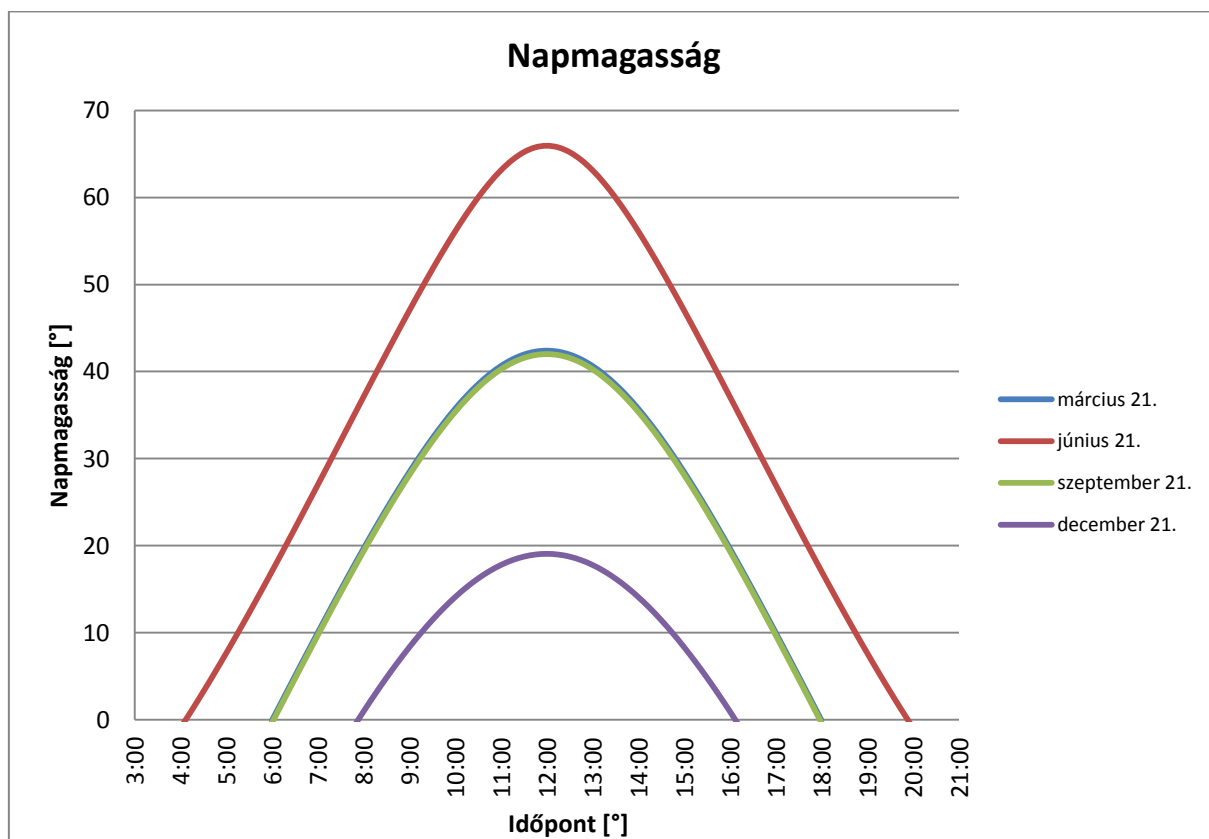
Egy adott üvegszerkezeten beérkező sugárzás kisebb, mint az üvegfelületre érkező, a csökkenés mértéke az üveg transzmissziós tényezőjével arányos. A számítás során a transzmissziós tényező értékét 0,85-re vettem fel a [6] irodalom alapján.

3. A SZÁMÍTÁSOK SORÁN KAPOTT EREDMÉNYEK

A számítások során meghatároztam a nappályáját, amelyet a napmagassággal és az azimut értékkel lehet jellemezni. A kapott pályán a számítási módszereknél ismertett metódussal meghatároztam a sugárzás intenzitást, majd a napi elméleti és az OMSZ adatokkal korrigált értékét. A számítások során Budapest földrajzi és éghajlati adataival, 90° -os dőlésszöggel számoltam, azonban a paramétereknél lehetőség van ezen adatok módosítására, így tetszőleges földrajzi elhelyezkedésű és éghajlati viszonyú helyre meghatározhatók az értékek. Lehetőség van továbbá a dőlésszög, a tájolás és a transzmissziós tényező változtatására is, amely lehetővé teszi, hogy tetszőleges helyzetű és transzmissziós tényezőjű üvegszerkezet esetén meghatározható legyen az energiahozam.

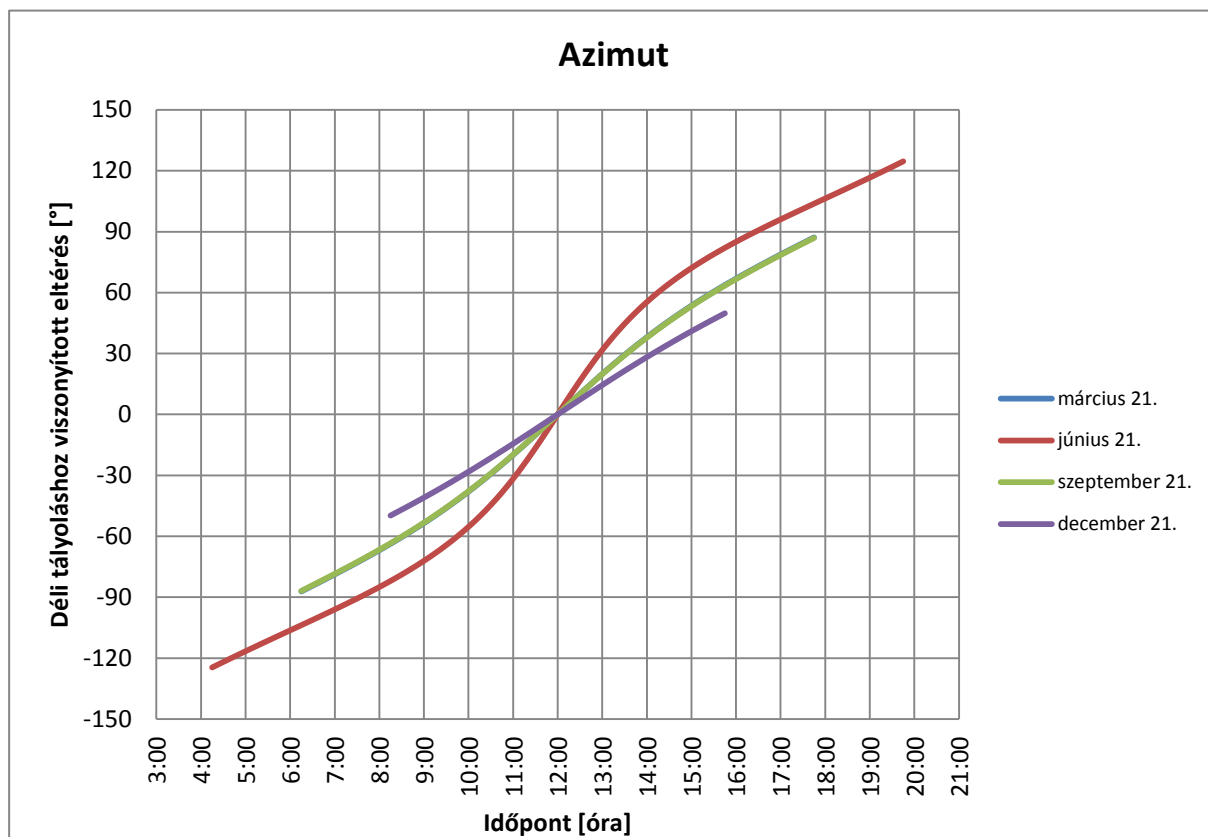
3.1. A napmagasság és azimut értékek

A napmagasság évi alakulását a 3-1. ábra szemlélteti. Az ábrán látható, hogy a nap a nyári időszakban magasabban jár, mint télen. A legmagasabb napállás $65,95^\circ$ június 21-én, míg a legalacsonyabb $19,05^\circ$ december 21-én van. A kapott diagram megfelel a valóságnak, a napmagasság geometriai úton pontosan leírható.



3-1. ábra, Napmagasság változása

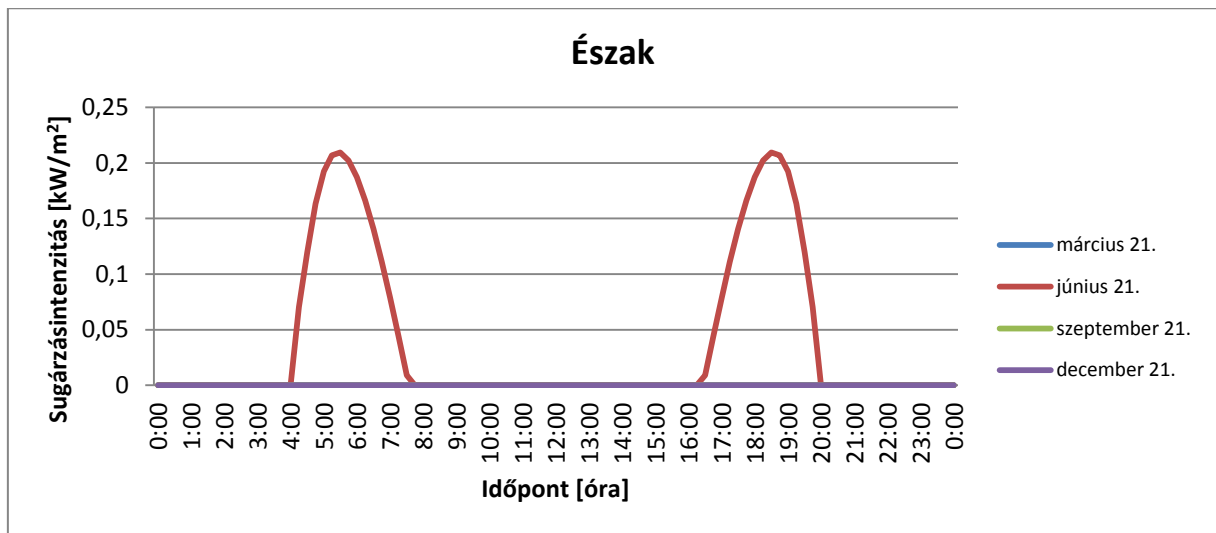
Az azimut értékeket a 3-2. ábra szemlélteti. Az ábrán látható, hogy egy év során a napok hossza változó, az északi féltekén a leghosszabb nap a nyári napfordulóra, június 21-re adódik, a legrövidebb pedig a téli napfordulóra, december 21-re. A diagramon látható továbbá, hogy csak a tavaszi és őszi napéjgyenlőség esetén kel a nap keleten és nyugszik nyugaton. A nyári napfordulókor északkeleti irányban kel fel, és északnyugati irányban nyugszik. A téli napfordulókor a nap hossza a legrövidebb, délkeleten kel fel és délnyugaton nyugszik a nap.



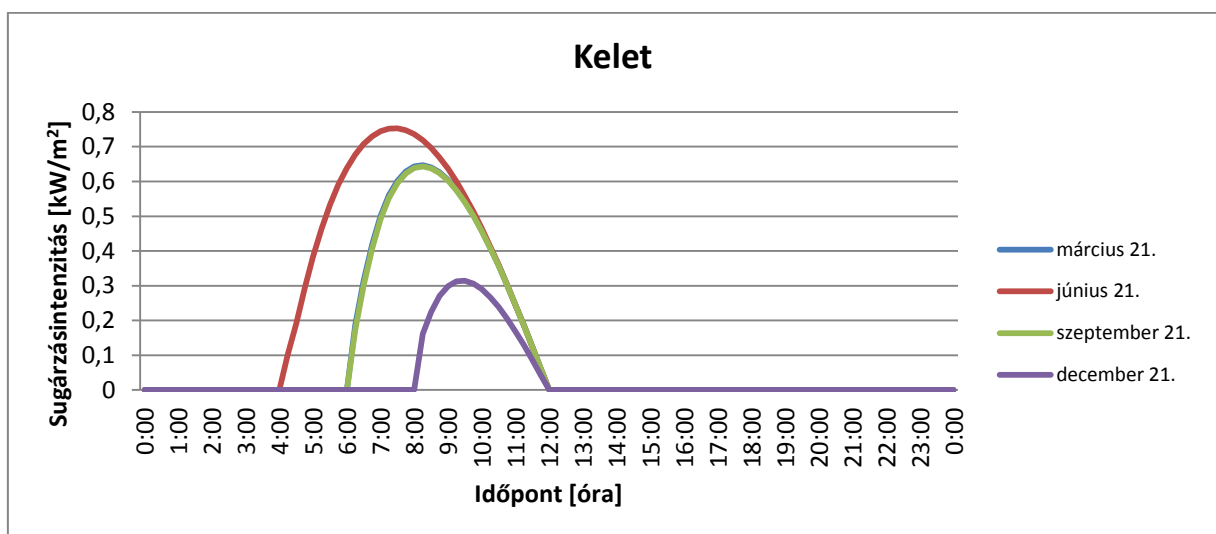
3-2. ábra, Azimut értékek változása

3.2. Adott dőlésszögű és tájolású felületre beérkező sugárzásintenzitás

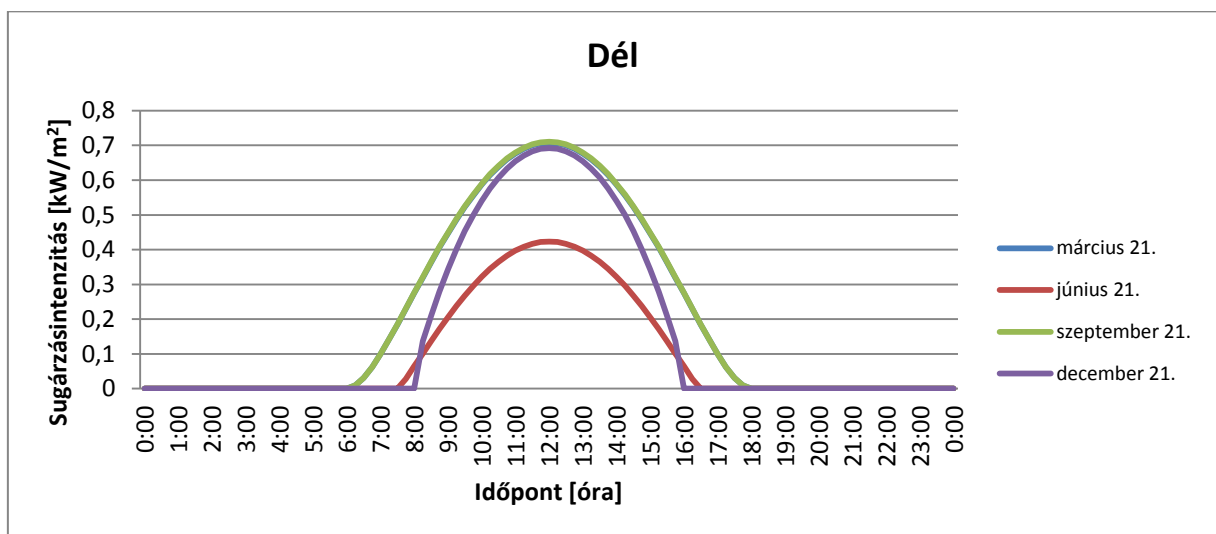
A számítások során függőleges üvegszerkezetre határoztam meg a négy égtájra vonatkozóan a havi sugárzás-intenzitás átlagokat, az elméleti és korrigált hónapokra lebontott átlagos energiahozamot és a havi energiahozamokat. A 90°-os dőlésszöghöz tartozó beeső sugárzásintenzitás napi lefutását égtájak szerinti lebontásban a 3-3. ábra, 3-4. ábra, 3-5. ábra és a 3-6. ábra szemlélteti. Az északi tájoláshoz tartozó diagramon látható, hogy a tavaszi és őszi napéjgyenlőség között télen a számított sugárzás zérus, nyáron pedig csak a hajnali és késő esti órákban van beérkező sugárzás. Keleti tájolás esetén a délelőtti, míg nyugati tájolás esetén a délutáni sugárzásintenzitás a nagyobb. Déli tájolás esetén a sugárzásintenzitás kiegyenlített, a délelőtt folyamán növekszik, dél után pedig csökken.



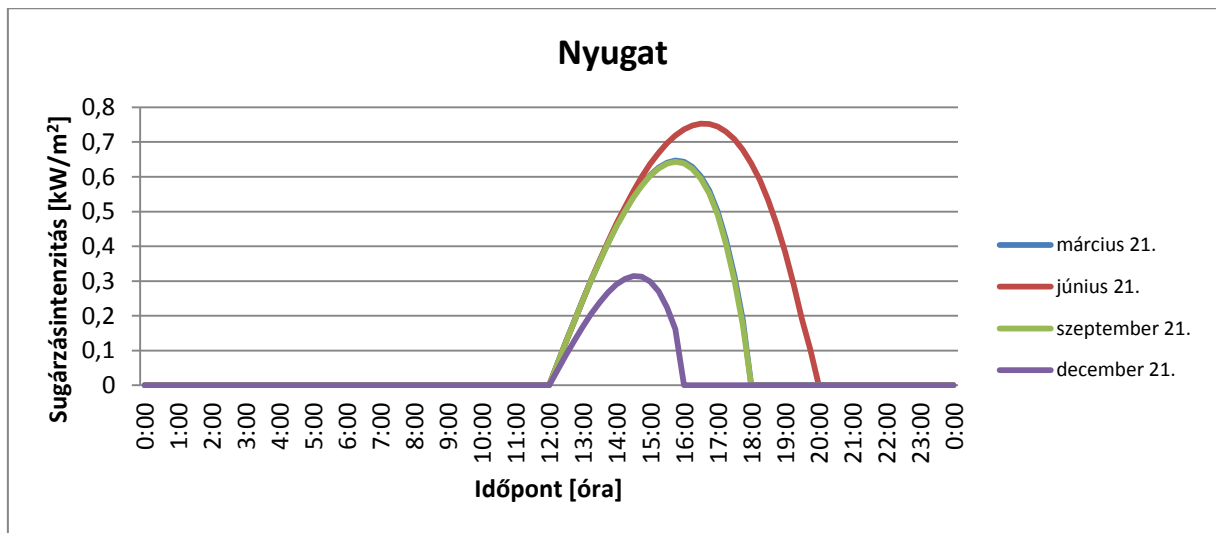
3-3. ábra, Sugárzásintenzitás értékek északi tájolás esetén



3-4. ábra, Sugárzásintenzitás értékek keleti tájolás esetén

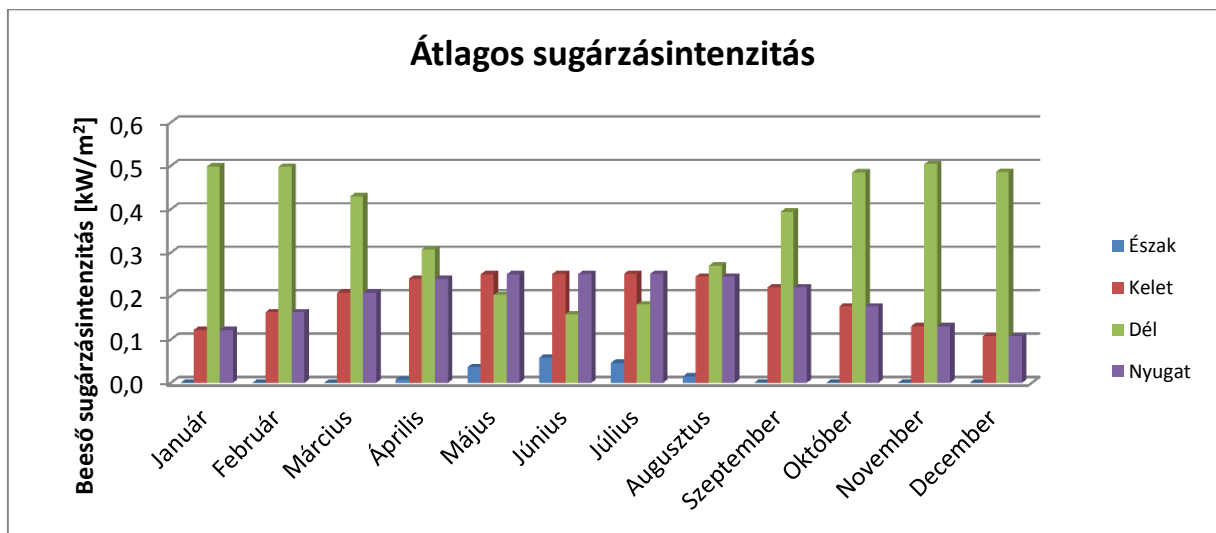


3-5. ábra, Sugárzásintenzitás értékek déli tájolás esetén



3-6. ábra, Sugárzásintenzitás értékek nyugati tájolás esetén

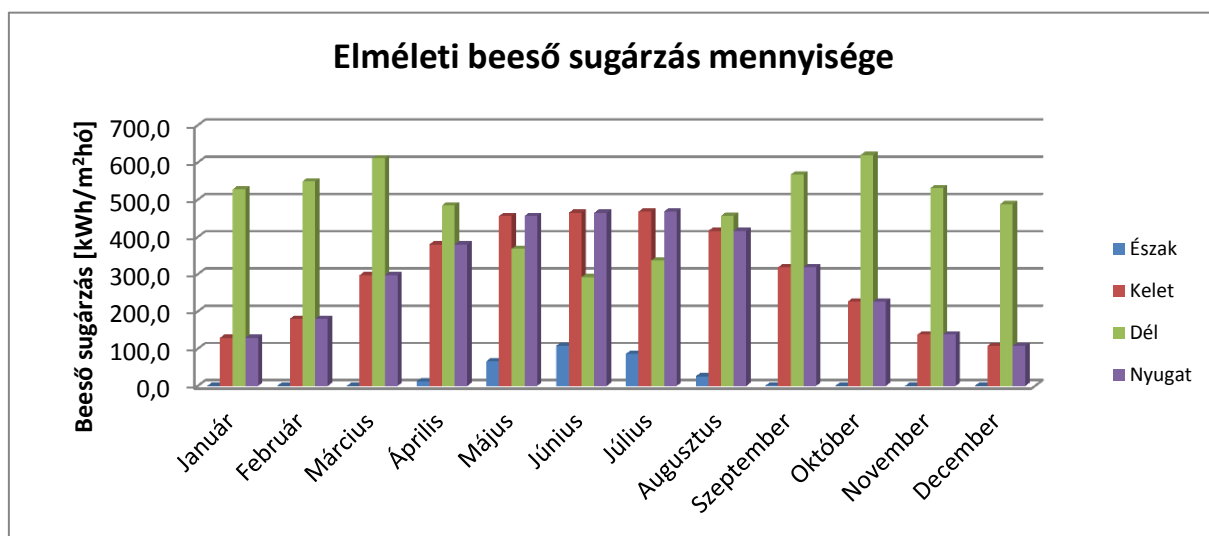
A beérkező sugárzásintenzitás átlagértékeit a 3-7. ábra szemlélteti. Az ábrán látható, hogy déli tájolású üvegszerkezet esetén télen nagyobb a sugárzásintenzitás, mint nyáron. Ez annak köszönhető, hogy télen a nap sokkal alacsonyabban jár, így az üvegfelületre érkező fény a felület normálvektorával kisebb szöget zár be. Keleti és nyugati tájolás esetén azonban már nyáron nagyobb a sugárzás intenzitása. Északi tájolás esetén téli állapotban a beérkező sugárzás intenzitása a számítás szerint zérus, ennek oka, hogy a modell nem veszi figyelembe a tájolástól független sugárzáskomponenst. A havi diagramok értékeit a 6.2 melléklet tartalmazza.



3-7. ábra, Átlagos sugárzásintenzitás

A számított sugárzásintenzitásból és a napkeltétől napnyugtáig számított időből meghatározható az elméleti sugárzásintenzitás, melynek hónapokra lebontott átlagértékeit a 3-8. ábra szemlélteti. A diagramon látható, hogy északi tájolás esetén a vártnak megfelelően kicsi az elméleti sugárzás mennyisége. Keleti és nyugati tájolás esetén nyáron nagyobb az energiahozam, mint télen. A diagramon látható továbbá,

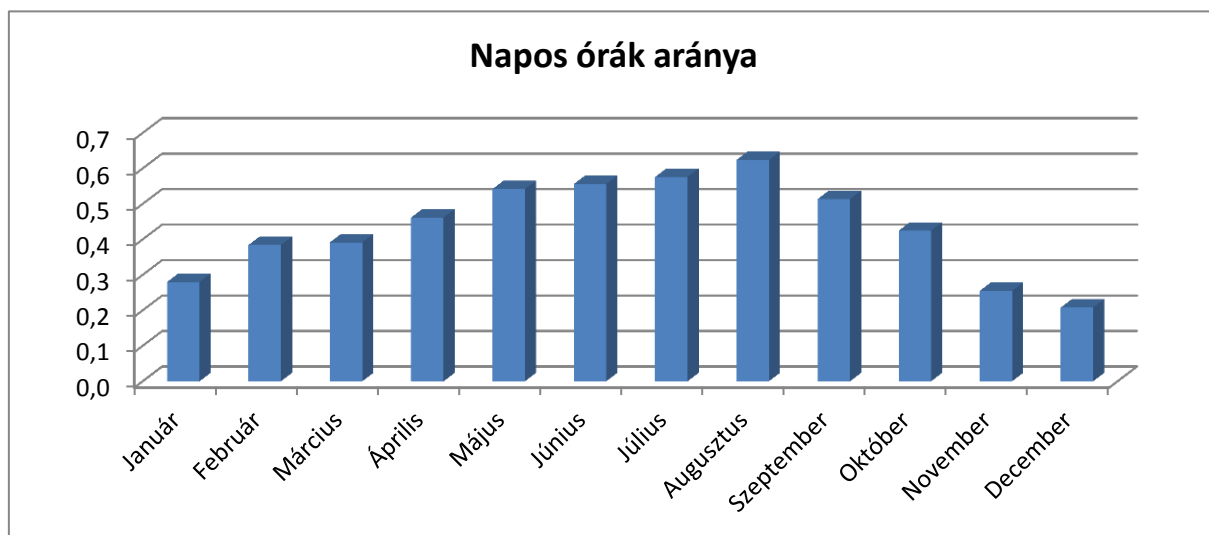
hogy a sugárzásintenzitásnak megfelelően déli tájolás esetén nyáron kisebb a sugárzási nyereség, mint a többi évszakban.



3-8. ábra, Elméleti beeső sugárzás mennyisége

3.3. A beérkező sugárzásból származó energiahozam

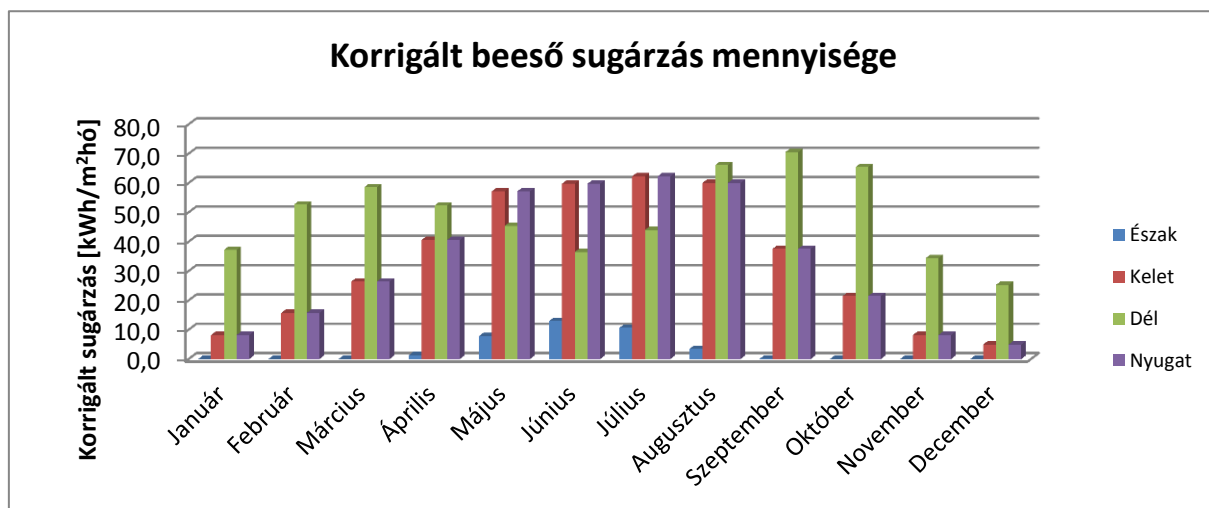
A pontos sugárzás nyereségek meghatározása során figyelembe vettem az OMSZ által regisztrált napos órák számát, melyet a 3-9. ábra szemléltet. Az ábrán látható, hogy a téli hónapokban fajlagosan is kevesebb a napsütéses órák száma. A számítás-hoz felhasznált értékeket a 6.2 melléklet tartalmazza.



3-9. ábra, Napos órák aránya az elméletihez viszonyítva

A korrigált sugárzási nyereséget a 3-10. ábra szemlélteti, az ábrán látható, hogy az elméletihez hasonló a diagram. Északi tájolású felület esetén a nyereség csak nyáron jelentkezik, azonban ennek maximális értéke is csak 12,97 kWh/m² júniusban. Keleti és nyugati tájolású felületeknél van télen is szoláris nyereség, azonban ennek mérté-

ke alacsony. Nyári esetben azonban az ezen tájolású felületeken jelentősebb terhelés jelentkezik, mint déli tájolás esetén. Lehetőség szerint ilyen tájolásban kisebb méretű, vagy csökkentett transzmissziós tényezőjű üvegfelületet kell alkalmazni. Déli tájolás esetén alacsonyabb nyári hőterhelés mellett jelentősebb téli hőnyereség van, így a modell is igazolja, hogy az optimális tájolású üvegszerkezet déli tájolású.



3-10. ábra, Korrigált beeső sugárzás mennyisége

Az 1. táblázat tartalmazza az elméleti és korrigált hőnyereség értékeket. A táblázatból látható, hogy fűtési időszakban majdnem háromszor annyi hő áramlik be, mint keleti, vagy nyugati tájolás esetén. Északi tájolás esetén a fűtési időszakra eső hőnyereség gyakorlatilag elhanyagolható.

1. táblázat, Az elméleti és korrigált energiaáramok éves mennyisége

	Összesen	Okt. 15 – Ápr. 15.	Jún. 1 – Aug. 31.
Észak			
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ²]	298,907	6,236	219,261
Korrigált beeső sugárzás [kWh/m ²]	36,255	0,654	27,052
Kelet			
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ²]	3582,207	1155,306	1349,191
Korrigált beeső sugárzás [kWh/m ²]	402,113	94,421	181,976
Dél			
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ²]	5832,688	3258,937	1085,451
Korrigált beeső sugárzás [kWh/m ²]	587,780	266,734	146,437
Nyugat			
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ²]	3582,207	1155,306	1349,191
Korrigált beeső sugárzás [kWh/m ²]	402,113	94,421	181,976

4. A VIZSGÁLATOKBÓL LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozatban megalkotott modell ellenőrizhető adatai közelítenek a valóságoshoz, így a kapott eredmények jónak tekinthetők. A dolgozatban a napsütéses órák száma 1983 óra/évre adódott, amely megfelel a magyarországi átlagnak. A modell lehetőséget biztosít továbbá tetszőleges dőlésszögű szerkezetre való sugárzás intenzitás és éves sugárzás mennyiség meghatározására is. A maximális sugárzásintenzitás a hazánkban déli tájolás esetén optimális 36° -hoz tartozó 1017 W/m^2 értékre adódott, illetve az ehhez tartozó éves sugárzásmennyiség $1206 \text{ kWh/m}^2\text{év}$.

A kapott diagramok igazolták, hogy hőnyereség szempontjából optimális tájolású a déli üvegfelület, ugyanis ebben az esetben a legnagyobb a fűtési időszakban a hőnyereség, illetve nyáron a kelet – nyugati üvegfelületekhez képest 19,5 %-al kisebb a szoláris hőterhelés. A fentiek alapján a modell jó közelítéssel alkalmazható kis energiafelhasználású, és közel nulla energiaigényű épületek szoláris nyereségének meghatározására. A modell használható továbbá napkollektorok és napelemek esetén is a beeső sugárzás közelítő meghatározására.

A módszer több elhanyagolást, egyszerűsítést is alkalmaz, amelyek csökkentik a pontosságát. A sugárzás számításánál közelítőleg határoztam meg a globális sugárzás értékét a direkt sugárzás alapján. A jövőben ennek a számítási módszernek a fejlesztésére van szükség, ugyanis a globális sugárzás értéke három tényező, a direkt, a diffúz és a visszavert sugárzás összege. A komplexebb módszer alkalmazásához szükség van azonban a felhőzet változásának statisztikai leírására, illetve a felhőzet sugárzáscsökkentő hatásának pontosabb meghatározására.

A számítási program további fejlesztésével meg lehetne határozni az árnyékolás hatását is, amely nagymértékben szélesítené a tervezésre való alkalmazhatóságát.

5. IRODALOM JEGYZÉK

5.1. Általánosan felhasznált irodalmak jegyzéke

- Horváth Miklós: Szakdolgozat: Irodaépület egyik szintjének gépészeti tervezése és energetikai értékelése. Budapest, 2012.
- MSZ-04-140-2:1991 szabvány
- MSZ-04-140-3:1987 szabvány
- MSZ-04-140-4:1978 szabvány

5.2. Hivatkozott irodalmak jegyzéke

- [1] Naplopó Kft.: Napenergia-hasznosítás tervezési segédlet. Budapest, 2008.
- [2] URL: <http://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/air-mass>
- [3] URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109004443>
- [4] URL: <http://www.volker-quaschning.de/downloads/ISES1995.pdf>
- [5] URL: http://www.met.hu/eghajlat/eghajlati_adatsorok/bp/Navig/Index2.htm
- [6] URL: http://szie.hu//file/tti/archivum/Pinter_Judit_ertekezes.pdf

6. MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

6.1. melléklet, OMSZ adatok

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
Nap hossza [h/nap]	8,540	9,857	11,508	13,200	14,718	15,450	15,040	13,702	12,050	10,331	8,783	8,105
Napos órák hossza (OMSZ átlag) [h/nap]	2,405	3,800	4,495	6,110	7,978	8,587	8,655	8,550	6,197	4,364	2,272	1,684
Napos órák/Nap hossza [h/h]	0,280	0,384	0,391	0,462	0,542	0,556	0,576	0,624	0,514	0,424	0,255	0,208
Számított beeső sugárzás napos [kWh/m2nap]	1,200	1,885	1,930	1,851	1,605	1,354	1,567	2,290	2,428	2,120	1,145	0,818
Borult égbolt [h/nap]	6,135	6,058	7,013	7,090	6,740	6,863	6,386	5,151	5,853	5,967	6,511	6,421
Borult égbolt/Nap hossza [h/nap]	0,720	0,616	0,609	0,538	0,458	0,444	0,424	0,376	0,486	0,576	0,745	0,792

6.2. melléklet, a 90°-os dőlésszöghöz tartozó sugárzásadatok

	Hónap											
Észak	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
Érkező nap sugárzás átlaga [kW/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,008	0,036	0,058	0,046	0,015	0,001	0,000	0,000	0,000
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² nap]	0,000	0,000	0,002	0,411	2,142	3,589	2,774	0,826	0,028	0,000	0,000	0,000
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² hó]	0,000	0,000	0,075	12,32	66,40	107,67	85,99	25,60	0,844	0,000	0,000	0,000
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² nap]	0,000	0,000	0,000	0,043	0,252	0,432	0,343	0,112	0,003	0,000	0,000	0,000
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² hó]	0,000	0,000	0,006	1,296	7,808	12,970	10,620	3,462	0,092	0,000	0,000	0,000
Kelet	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
Érkező nap sugárzás átlaga [kW/m ²]	0,122	0,163	0,208	0,240	0,250	0,251	0,251	0,245	0,220	0,176	0,131	0,107
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² nap]	4,168	6,433	9,590	12,659	14,712	15,496	15,100	13,427	10,618	7,304	4,604	3,467
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² hó]	129,22	180,11	297,27	379,78	456,07	464,88	468,08	416,22	318,54	226,43	138,11	107,49
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² nap]	0,263	0,561	0,852	1,353	1,843	1,991	2,008	1,935	1,251	0,693	0,272	0,159
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² hó]	8,168	15,713	26,419	40,586	57,138	59,724	62,260	59,992	37,545	21,481	8,161	4,926
	Hónap											

Dél	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
Érkező nap sugárzás átlaga [kW/m ²]	0,498	0,498	0,430	0,307	0,202	0,158	0,181	0,270	0,394	0,485	0,504	0,486
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² nap]	17,025	19,608	19,705	16,156	11,881	9,741	10,858	14,730	18,922	20,000	17,701	15,739
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² hó]	527,78	549,03	610,85	484,68	368,31	292,23	336,58	456,64	567,65	620,01	531,04	487,90
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² nap]	1,198	1,880	1,888	1,743	1,462	1,214	1,417	2,131	2,349	2,109	1,145	0,814
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² hó]	37,150	52,644	58,523	52,280	45,309	36,429	43,941	66,067	70,467	65,386	34,361	25,222
Nyugat	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
Érkező nap sugárzás átlaga [kW/m ²]	0,122	0,163	0,208	0,240	0,250	0,251	0,251	0,245	0,220	0,176	0,131	0,107
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² nap]	4,168	6,433	9,590	12,659	14,712	15,496	15,100	13,427	10,618	7,304	4,604	3,467
Elméleti beeső napsugárzás [kWh/m ² hó]	129,22	180,11	297,27	379,78	456,07	464,88	468,08	416,22	318,54	226,43	138,11	107,491
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² nap]	0,263	0,561	0,852	1,353	1,843	1,991	2,008	1,935	1,251	0,693	0,272	0,159
Számított beeső sugárzás [kWh/m ² hó]	8,168	15,713	26,419	40,586	57,138	59,724	62,260	59,992	37,545	21,481	8,161	4,926