

**Cím: A Nap alatt**

**Szekció: Identitás és kultúra – Komfort toolkit**

**Tanszék: BME Ipari és Mezőgazdasági Épülettervezési Tanszék**

**Szerző: Móré Bence Mátyás – OAYES3**

**Konzulensek: Dr. Terbe Rita, Szikra Csaba**

**Dátum: 2020.10.31**

### **Célok és koncepció**

Az elmúlt évtizedekben az egyre élénkebben jelentkező természeti és társadalmi problémák fokozott tudatosságra sarkallnak minket az emberi tevékenység minden területén. Ez a folyamatosan eszkalálódó állapot új kihívások elé állítja az építészeti gyakorlatot is. Egyre fontosabb a társadalmi normák által megkívánt épületen belüli komfort oly módon történő kielégítése, hogy az minél kevésbé terhelje környezetünket és az ökoszisztémát, valamint minél hozzáférhetőbb legyen. Ennek megvalósítása összetett folyamat, melynek számos; főként alkalmazott- és természettudományos tényezője van. Ezek az ismeretek az oktatásban részben alul vannak reprezentálva, részben pedig problémát jelent a mélységi átadásuk. Megértésük viszont elengedhetetlen az említett problémákra történő kielégítő válaszok megfogalmazásában.

A dolgozatom alternatívát keres egy szűk területű, de fontos fizikai jelenség bemutatására, mely nagy szerepet játszik az épületen belüli komfort befolyásolásában. A terület, és egyben a dolgozat témájának határa; az épületek benapozása, tehát a természetes fény és az épületgeometria kapcsolata, azon belül is a szoláris energianyereség és a megvilágítás jelensége, valamint az azokat befolyásoló geometriai tényezők. A cél, hogy a befogadó egy olyan érzéket fejleszthessen az adott jelenségre vonatkozóan (az építészek tartószerkezeti érzékéhez hasonlóan), mely a tervezés során segíti a fizikai komfort építészeti eszközökkel való elérését, segíti az intuitív tervezést és csökkenti a mérnöki szimulációk szükségességét.

A dolgozat tehát nem széleskörű ismeretanyagot szeretne bemutatni, hanem egy szűk területet mélységben magyarázni; amolyan „vertikális toolkit”. Első sorban ismert tények

bemutatásának és magyarázásának módját keresi, és nem eddig ismeretlenek feltárására törekszik.

### **A természetes fény és az épületek kapcsolata**

Miért fontos az említett jelenségkör az építészeti tervezés szempontjából? Könnyen belátható, hogy nagy hatást gyakorol a hő és vizuális komfortunkra, ezzel együtt pedig sokszor egyáltalán nem magától értetődő, hogy egy adott épület hogyan fog viselkedni ezekben a kérdésekben: összetett jelenségekről van szó, melyekben sok hatás van jelen egyszerre, és nehéz megjósolni, hogy melyik fog a leginkább érvényesülni. Mindezek mellett pedig (fenntarthatósági, esztétikai és használati szempontból) általánosan elfogadott igény, hogy az adott komfortkövetelményeket próbáljuk minél inkább építészeti eszközökkel, „passzív módon” kielégíteni, mely eszközök nagyban támaszkodnak a környezeti hatások kihasználására vagy szándékos kizárására.

A szoláris energianyereség alatt alapvetően a közvetlenül és közvetetten a Naptól elektromágnesen sugárzás formájában az épületbe érkező energiát kell érteni, melyet kihasználhatunk az épületünk felmelegítésére, vagy éppen kizárhatjuk, hogy ezt elkerüljük. Ez a jelenség tehát nagy hatással van az épületen belüli hőkomfortunkra.

A megvilágítás az előzőhöz hasonlóan szintén a Naptól érkező elektromágneses sugárzásból fakadó jelenség, itt azonban a szemünkig eljutó látható fény mennyisége az, ami meghatározza a vizuális komfortunkat.

### **Környezeti jelenségek magyarázata**

A föld felszínén érzékelhető elektromágnesen sugárzás volumenének csak nagyjából a fele érkezik közvetlenül (egyenes úton) a Naptól, ezt nevezzük direkt sugárzásnak. Másik fele a tér minden irányából érkező szórt sugárzás. A kettő összege a felszínen érzékelhető teljes sugárzás, melyet globálisnak nevezünk.

Mindkét sugárzástípusnak változik a volumene a Nap állásának (tehát a dátumnak) és az időjárási viszonyoknak a függvényében. A Nap és a Földön lévő vizsgált pont viszonya határozza meg a beérkező energia elméleti maximumát, az időjárási viszonyok pedig azt befolyásolják, hogy ennek az energiának mekkora része érkezik el az épületig direkt vagy szórt formában. Mivel a Naptól induló sugárzás az év folyamán állandónak tekinthető, könnyen belátható, hogy minél magasabb szögben esik be, annál kisebb területre vetül, tehát annál nagyobb lesz az energiája. A Nap Földről (egy adott pontjáról, esetünkben

Magyarországon) szemlélt helyzete a dátum ismeretében pedig könnyen megállapítható egy Nappálya-diagram segítségével. Erről leolvasható, hogy nyáron a korán kelő és későn nyugvó Nap a földrajzi kelettől északra kel, és a földrajzi nyugattól is északra nyugszik, a közvetlen sugárzás beesési szöge 0-tól majdnem 70 fokig terjed, valamint a nap nagy részében a horizont felett van. Télen ezeknek pont az ellenkezője figyelhető meg, 20 fokos beesésmaximum mellett.

Mindebből két fontos hatás következik: a nyári hónapokban és általában a déli órákban a napsugárzás energiája nagyobb a magas beesési szög miatt, azonban pont ezért nehezen jut be az épületekbe a függőleges helyzetű nyílásokon. Ezzel szemben a téli hónapokban és általában a korai vagy a kései órákban a napsugárzás energiája kisebb az alacsonyabb beesési szög miatt, azonban pont ezért könnyebben bejut az épületekbe a függőleges helyzetű nyílásokon.

### **A bemutatás és szemléltetés módszere**

A fent megfogalmazottak alapján belátható, hogy az épületeben realizálható szoláris energianyereség és megvilágítás jelentős és összetett jelenségek. A bevezetésben leírtak szerint a dolgozat célja, hogy ezek bemutatására és szemléltetésére egy új módszert keressen, mely segítségével egy a jelenségekre vonatkozó érzék is elsajátítható. Ez a jelen kísérletben a jelenségek különböző ideáltipikus esetekben történő mennyiségi mérését és a vizsgálati eredmények szemléletes bemutatását jelenti. Esetek alatt különböző építészeti jellegű geometriákat kell érteni, melyeknek a lassú változtatásából fakadó eredménykülönbség kiértékelésével próbálom szemléltetni a jelenségeket.

A vizsgálatok során a Ladybug Tools szimulációs szoftvert használtam, annak is a Radiation Analysis (benapozás-vizsgálat) funkcióját, mellyel egy adott dátumintervallum alatt egy adott geometriára érkező szoláris energia mennyisége mérhető. A szimulációkhoz Debrecenben rögzített időjárási adatokkal készült EPW fájlt használtam, mely tartalmazza az adott helyre és dátumra vonatkozó direkt és szórt sugárzási értékeket is. A szimuláció során megkülönböztethető a vizsgálati és a kontextusgeometria, utóbbin nem történik mennyiségi mérés, azonban részt vesz az árnyékolásban. Meghatározható továbbá a vizsgálati geometria felületnormálisa, melyen a mérés készül, és a mérés mintavétel területi felbontása, ami gyakorlatilag annak a pontosságát határozza meg. A végeredményeket kWh/m<sup>2</sup> dimenzióban kapjuk meg.

### **Esetek**

A szemléltetéshez az ideáltipikus építészeti jellegű geometriák változásaiból fakadó eredményváltozást szeretném bemutatni; ezért a kiinduló geometria egy három méter élű kocka, melynek az egyik oldalsó lapját eltávolítjuk, ezzel egy üvegezés nélküli, „falnyi” nyílást. A különböző vizsgálati eseteken keresztül, ennek a próbatestnek vagy változik az alapeometriája, vagy kontextusként újabb geometriákkal (árnyékolókkal) egészül ki. A szoláris energianyereség vizsgálata során a kockának minden megmaradó lapja (befelé néző felületnormálissal) részt vesz a szimulációban, az ezen felületére érkező összes energiát összeadjuk; ez ad meg egy adott dátumintervallumhoz és tájoláshoz tartozó összenergia értéket. Megvilágítás vizsgálatánál pedig egy 90 cm magas lapon végezzük a szimulációt a kockán belül, annak összes lapja csak kontextusgeometria. Ekkor a szimuláció segítségével kinyert szoláris energianyereségből egyszerűen számítható a megvilágítás lux értéke. Mindkét jelenség esetében a vizsgálatot az összes hónapra vonatkozóan elvégezzük, és a kapott összértéket elosztjuk 30-cal, így a kapott eredmény jó közelítéssel egy havi érték egy napra vonatkoztatott átlaga. Szoláris energianyereség mérésénél tehát a helyiségbe jutó összes energia mennyiségét látjuk egy adott értéknél, megvilágítás mérésénél pedig a vizsgálati sík egészén érzékelhető megvilágításnak a vizsgálati síkra vett átlagértékét. Ezeket az értékeket pedig minden hónapra, és 15 fokos felbontással minden tájolarra elvégezzük, így kapjuk a grafikonokról leolvasható iso-görbéket.

### **Az alábbi geometriai eseteket vizsgáltam:**

#### **Alapeset**

Az alapesetben csak a kiindulási geometria (egyik lapján nyitott kocka) értékei kerülnek mérésre, nincs geometriai változás vagy kiegészítés. Ehhez lehet viszonyítani a már módosuló geometriák egyes értékeit.

#### **Árnyékolókonzol**

A nyílás felső vonalától egy árnyékoló lap indul el vízszintesen, a kocka éléhez képest 25, 50 és 75 százalékos kiüléssel. Az értékek ezekkel a változásokkal kerülnek mérésre.

#### **Szűkülő ablak**

Az eredeti nyílás helyét lap takarja el, amin egy egyre szűkülő ablaknyílás kap helyet, mely a lap területének 75, 50 majd 25 százalékát teszi ki. Az értékek ezekkel a változásokkal kerülnek mérésre. A vizsgálat során azt is ellenőriztem, hogy az

ablaknyílás lapon belüli helyzete hogyan befolyásolja a mérési eredményeket. A gyors mérések után megállapítottam, hogy a lehetséges helyzetek közti eltérés nem nagyobb, mint a mérés hibahatára (nagyjából 5 %), ezért az ablaknyílások végleges mérések során a lap közepén voltak.

### **Vízszintes lamellák**

A nyílás előtt vízszintes lamellasor jelenik meg, mely 15 egyenlő sávra osztja azt. A lamellák kiülése a sávok magasságának a 25, 50 majd 75 százaléka. Az értékek ezekkel a változásokkal kerülnek mérésre.

### **Függőleges lamellák**

A nyílás előtt függőleges lamellasor jelenik meg, mely 15 egyenlő sávra osztja azt. A lamellák kiülése a sávok szélességének a 25, 50 majd 75 százaléka. Az értékek ezekkel a változásokkal kerülnek mérésre.

### **Mélyülő helyiség**

Az alapeometria a nyílással szemközi oldalán egyre nyúlik, a kocka éléhez képest 25, 50 és 75 százalékos mértékben. Az értékek ezekkel a változásokkal kerülnek mérésre.

## **Az értékek ábrázolása**

Az értékeket két féle grafikonon, egy körvektorosan és egy ortogonálison kerülnek ábrázolásra. Ezek közül az előbbi informatívabb, mert több adat ábrázolására alkalmas egyszerre. Az utóbbi csak kitüntetett helyzetekre tud más szempontból szemléletes értékeket mutatni.

### **Körvektoros diagram**

A körvektoros diagramon az értékpont origótól való távolságával a szoláris energianyereség vagy a megvilágítás mennyiségét lehet ábrázolni, míg a körlapon elfoglalt szögével a vizsgált geometria tájolását. Az adott dátumintervallumokhoz tartozó pontok összekötve egy isogörbét rajzolnak ki, melyekből egyszerre több is (több dátumintervallum) ábrázolható egy diagramon. A jobb áttekinthetőség érdekében a hónapokra lebontott vizsgálat eredményei tizenkét helyett csak hat görbével vannak ábrázolva, mert a hasonló hónapok össze vannak vonva, és átlagolva vannak. Az így kapott hónapárok görbéi egyszerűbben leolvashatók, mert az egymást követő görbék csak növekednek, nem „csúsznak egymásra”. A hónapárok:

január-december, február-november, március-október, április-szeptember, május-augusztus és június-július. Egy diagrammon egy adott vizsgálati geometria az összes hónapban és az összes tájoláson mért értékei vannak feltüntetve. A változtatott geometriák mindig egy újabb diagramon vannak ábrázolva, az alapeset értékei is megjelennek halványabban.

### **Ortogonalis diagram**

A derékszögű diagramon az x tengelyen foglalnak helyet a hónapok, míg az y tengelyen a szoláris energianyereség vagy a megvilágítás mértéke. A diagramon 4 görbe van ábrázolva, melyek a négy égtájhoz tartozó pontos tájoláshoz (0, 90, 180 és 270 fok) tartozó értékeket mutatják.

### **A grafikonok szerepe**

A feltételezésem, hogy a grafikusán ábrázolt értékeket tanulmányozva és az azokhoz tartozó szöveges kiegészítést elolvastva a befogadó tárgyi tudáson túl egyfajta szemléletet is elsajátíthat, és készségeket fejleszthet.

A grafikonokon ábrázolt értékek első sorban az alapesethez képest történő változás miatt érdekesek; így gyakorlatilag naptényezőt állapíthatunk meg minden geometriára, szögre és dátumra. Megtudhatjuk, hogy mekkora hányaddal lesz kisebb a szoláris energianyereség vagy a helyiség megvilágítása egy ilyen összetett szituációban, ezt a tudást pedig jól alkalmazhatjuk az építészeti tervezésben, akár a memóriánkra hagyatkozva, akár segédletként használva a diagramokat.

Fontos megjegyezni, hogy a bemutatott mérési eredmények tartalmazhatnak a vizsgálati módszerből fakadó hibákat és pontatlanságokat, valamint, hogy a szoláris energianyereség diagramjaiból nem következik közvetlenül hőmérsékleti, vagy hőérzeti érték, ugyanis a belső komfort és energiamérleg ennél jóval összetettebb jelenségek körök, melyekben a vizsgáltakon túl nagy szerepet játszik többek között a sugárzás hasznosulásának a mértéke, a használt anyagok és felületek, vagy az épületszerkezetek energetikai teljesítőképessége. Ugyanakkor annak ellenére, hogy a bemutatott diagramokból nem olvasható le közvetlen gyakorlati érték, a magyarázott jelenség megértése elengedhetetlen a nagyobb összefüggések átlátásában.

A megvilágítás értékeinél már nagy valószínűséggel közel vagyunk a valóságban tapasztalható tényleges értékekhez, azonban még itt is szerepet játszanak a modellben nem ellenőrizhető tényezők, mint a környező szerkezetek anyagai és felületei.

### **A mérési eredmények bemutatása**

Az alapeset jól szemlélteti a direkt sugárzásnak a Nap pályájából fakadó sajátosságait, valamint a szórt sugárzás éves változását, és térben egyenletes eloszlását.

A hidegebb hónapokban egyértelműen a tisztán déli tájolás párosul a legnagyobb nyereséggel, ahogy a próbatest elfordul, a nyerség értéke elkezd határozottan csökkenni, és természetesen északon veszi fel a minimum értékét. Ennek az oka, hogy az évnek ebben a részében a Nap a keleti iránytól jóval délebbre kel, és a nyugatitól jóval délebbre fekszik, és mindeközben a sugárzás beesési szöge végig alacsony marad, ezért a pontosan dél felé tájolt nyílásokon fog tudni bejutni a legtöbb sugárzás az épületekbe.

A melegebb hónapokban a déli komponenssel rendelkező tájolások nyereségértéke szinte teljesen megegyezik, amint viszont a próbatest átfordul a kelet-nyugat tengelyen, az érték rohamosan csökkenni kezd. Ezek mellett az is megfigyelhető, hogy a legmelegebb hónapnál iso-görbéje nem délen veszi fel a maximumát, hanem zsugorodni kezd ezen a helyen. Ennek a mintának az oka, hogy ezekben a hónapokban a Nap sokkal nagyobb pályát ír le az égbolton, és közben nagyobb a sugárzás beesési szögtartománya is, tehát a kései és korai órákban kelet és nyugat felől alacsony szögben érkezik a sugárzás, délben délf felől pedig magas szögben. Így a sugárzás főleg a kissé kelet vagy nyugat felé tájolt függőleges helyzetű nyílásokon jut a legkönnyebben az épületekbe, a tisztán déli tájolásnál már a szemöldök kitakarja a csaknem 70 fokban érkező sugarak nagy részét.

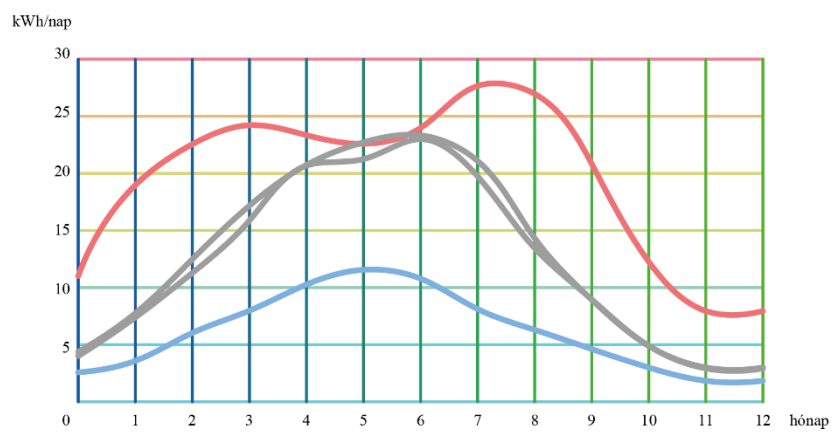
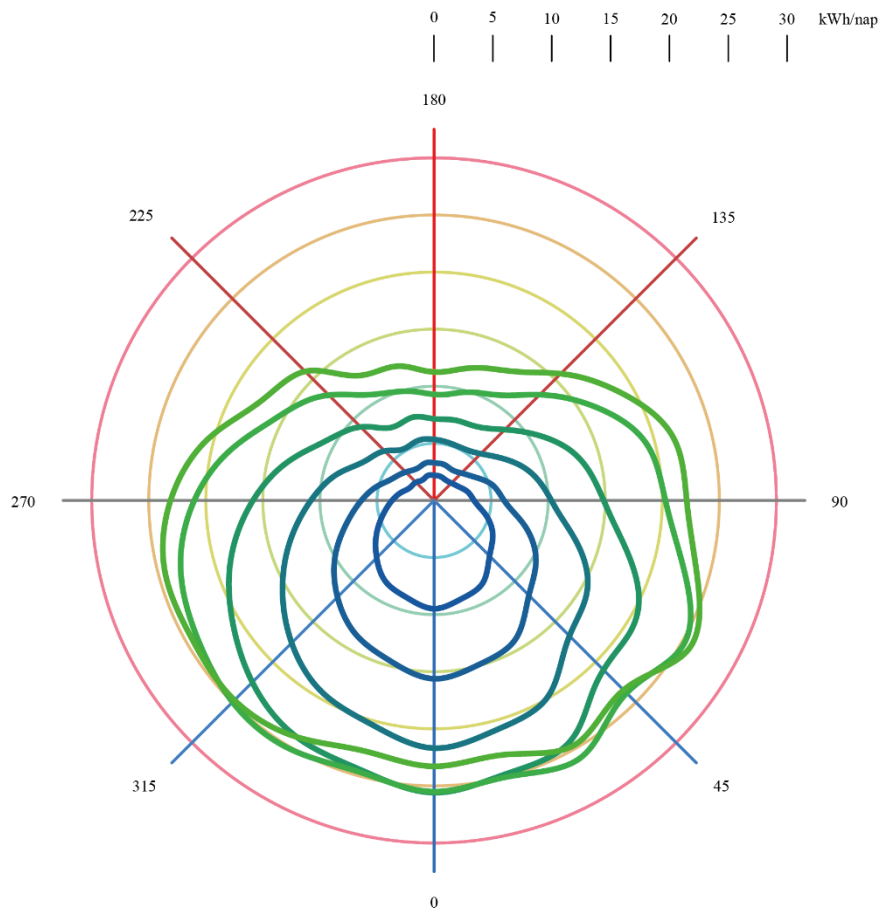
Ezen kívül az figyelhető meg, hogy a diagram bemutatott szélsőértékei között fokozatos az átmenet, lévén, hogy a vizsgált környezeti jelenségek is egyenletesen változnak térben és időben.

A tisztán északi tájolásnál mért értékeknél pedig megfigyelhető továbbá, hogy a szórt sugárzás nagyjából milyen mértékben van jelen a globális értékekben.

A diagramok tanulmányozásával megfigyelhető, ahogy az értékek együtt mozognak a geometriával, mind az alapesetből kiindulva.

# Szoláris energianyereség

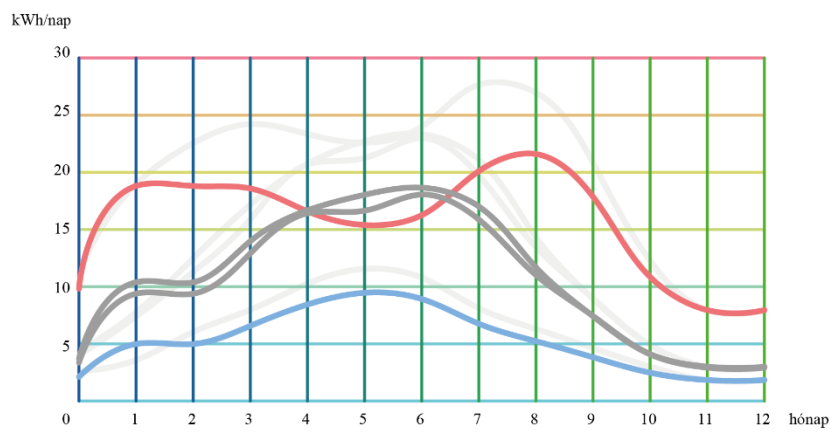
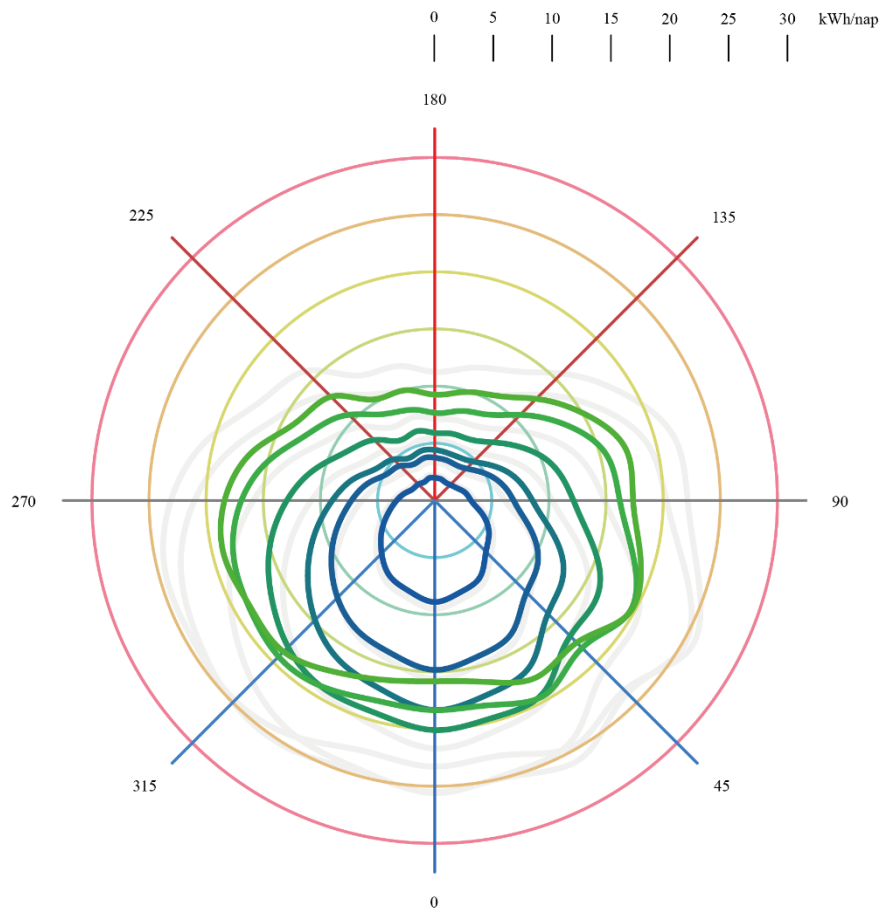
## Alapeset





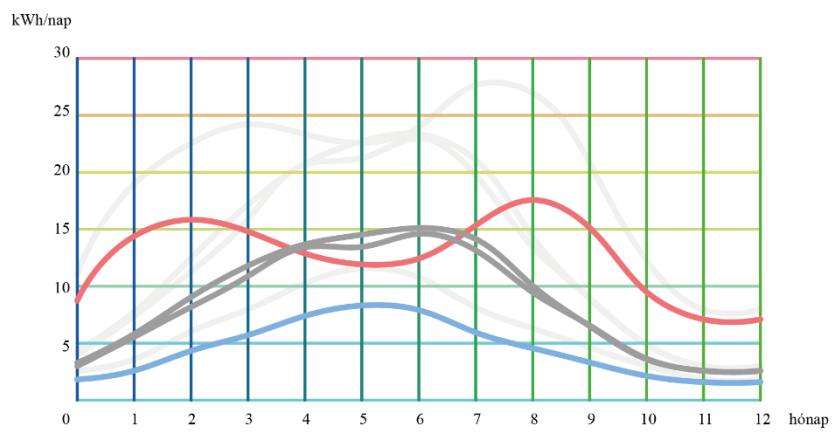
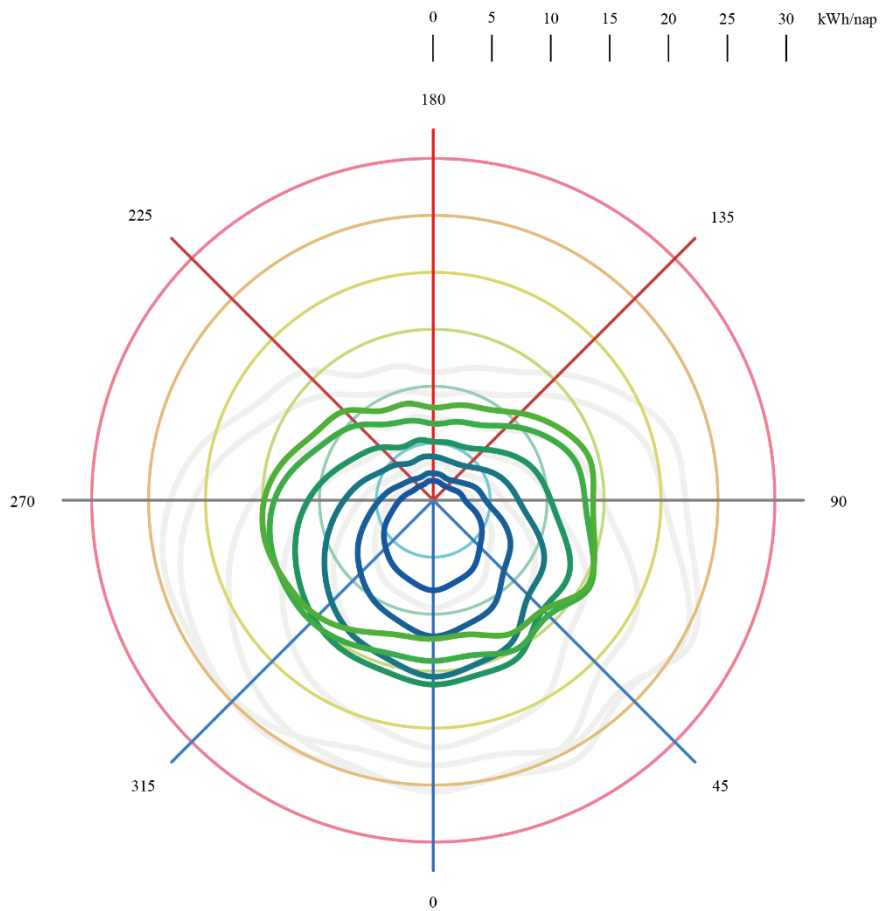
# Szoláris energianyereség

Árnyékolókonzol – 25%-os kiülés



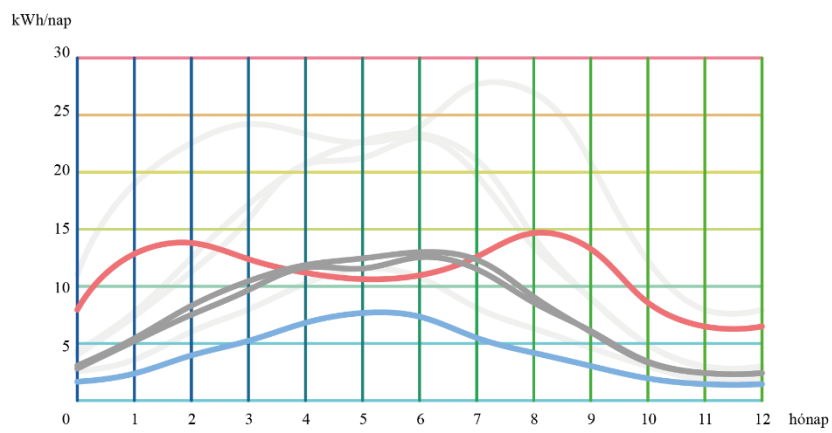
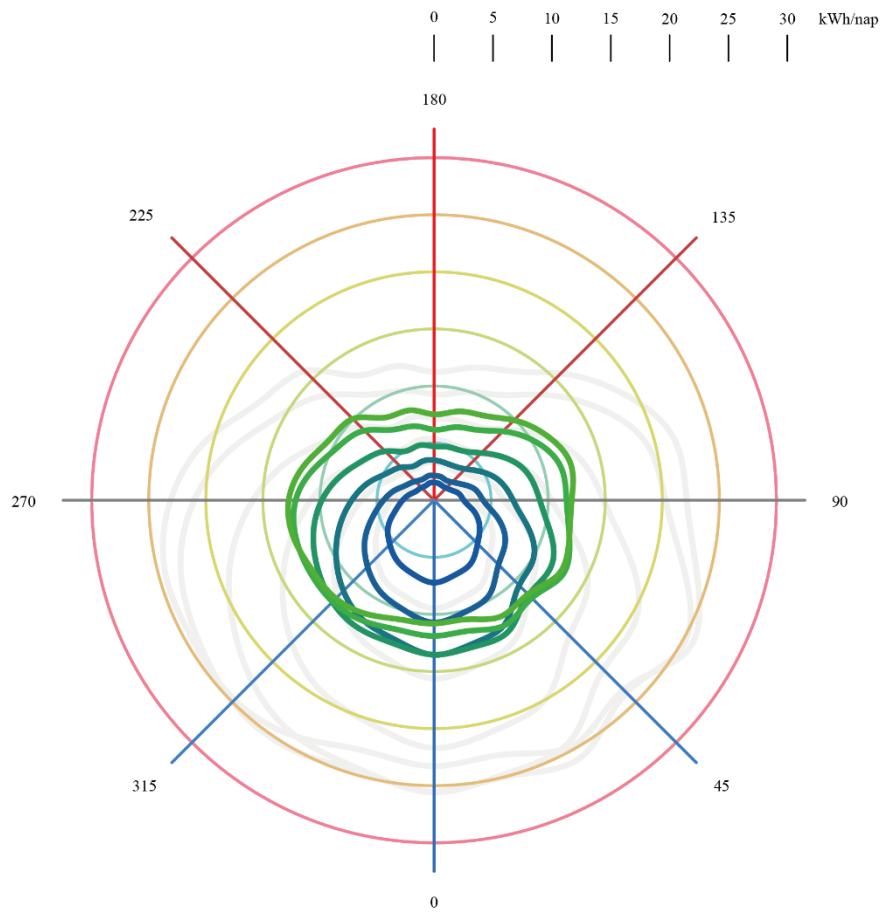
# Szoláris energianyereség

Árnyékolókonzol – 50%-os kiülés



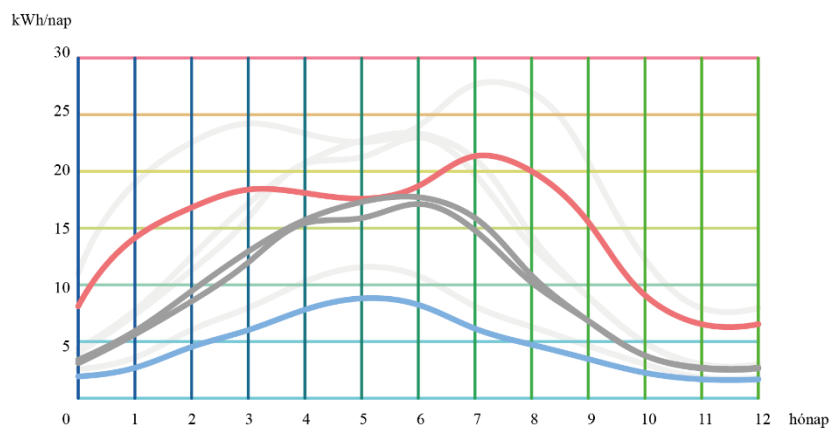
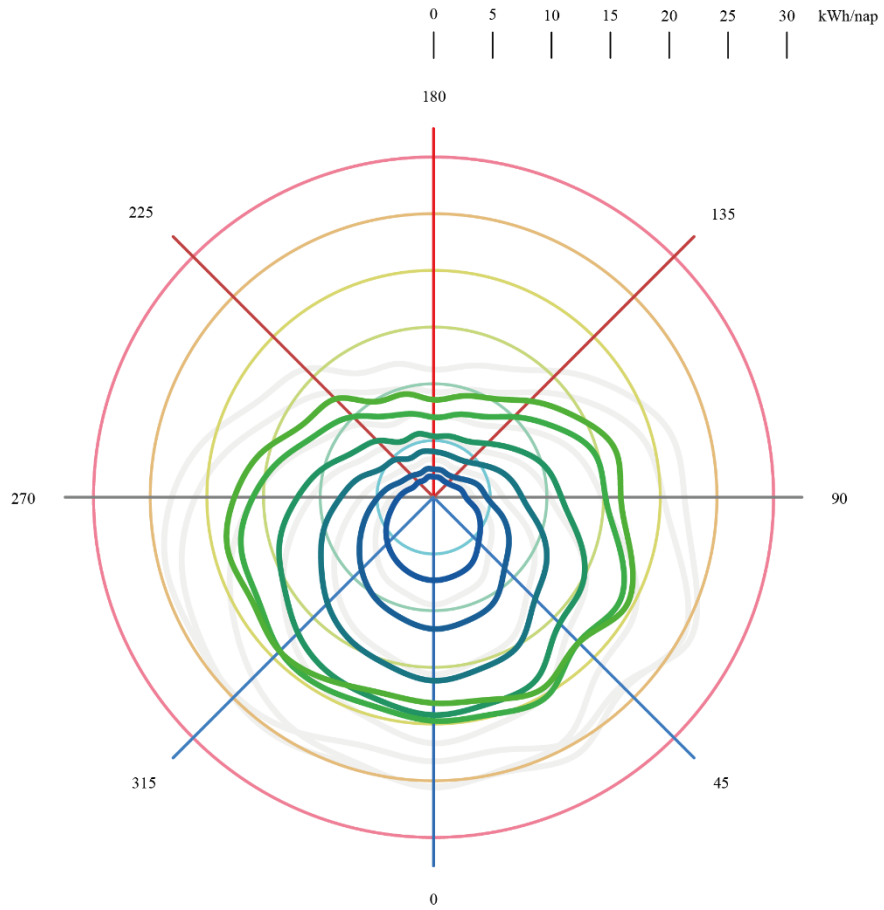
# Szoláris energianyereség

Árnyékolókonzol – 75%-os kiülés



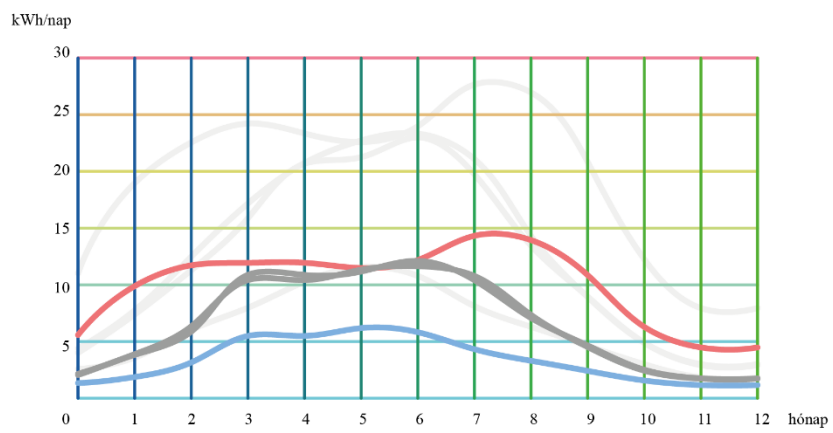
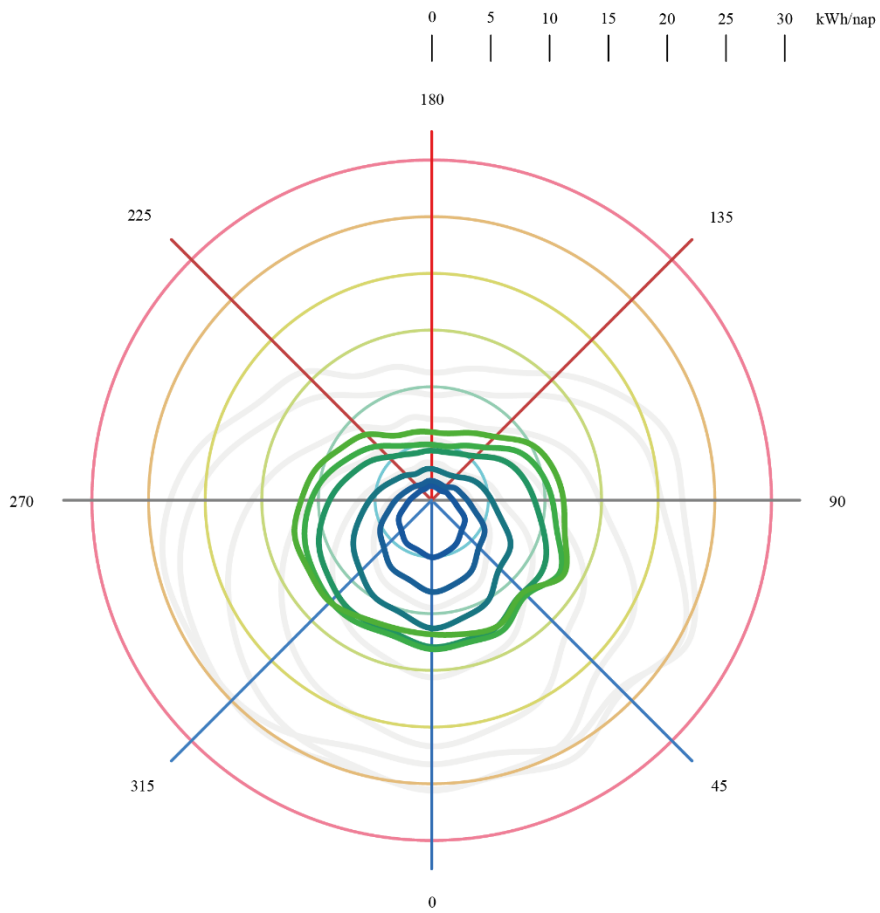
# Szoláris nyereség

Csökkenő nyílás – 25%-os csökkenés



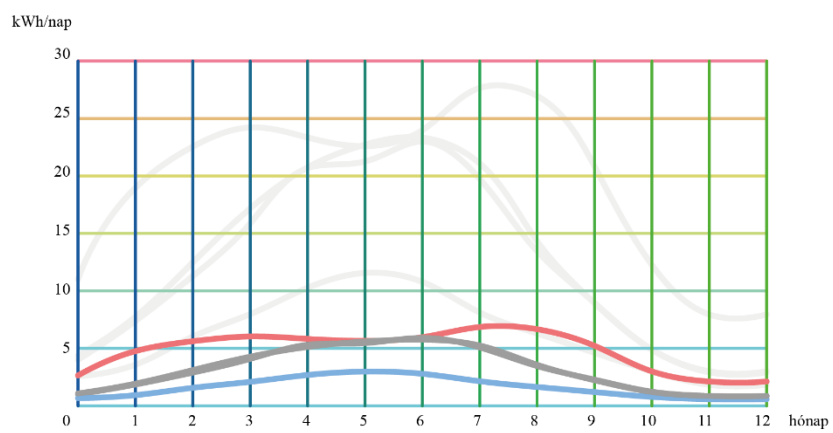
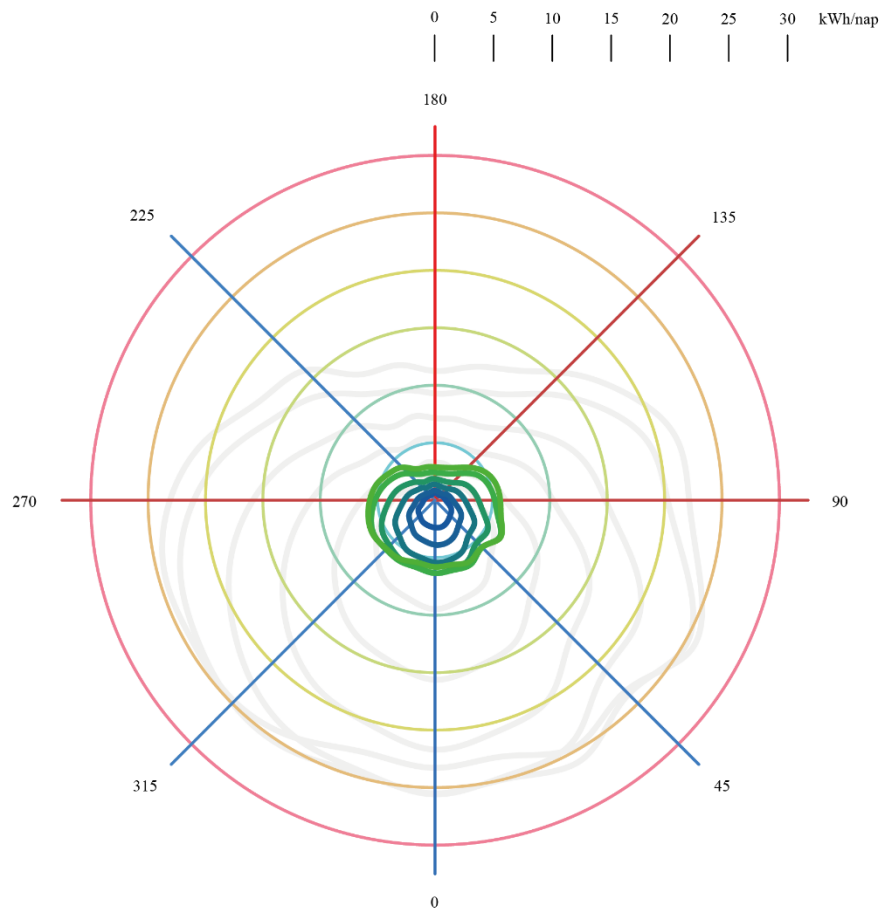
# Szoláris nyereség

Csökkenő nyílás – 50%-os csökkenés



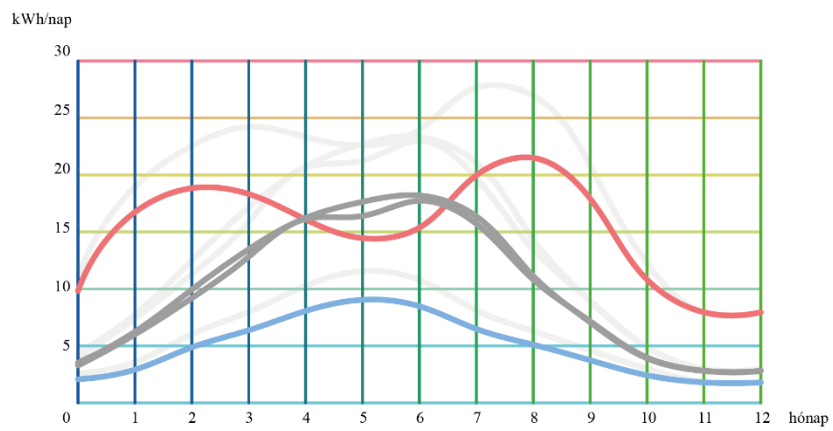
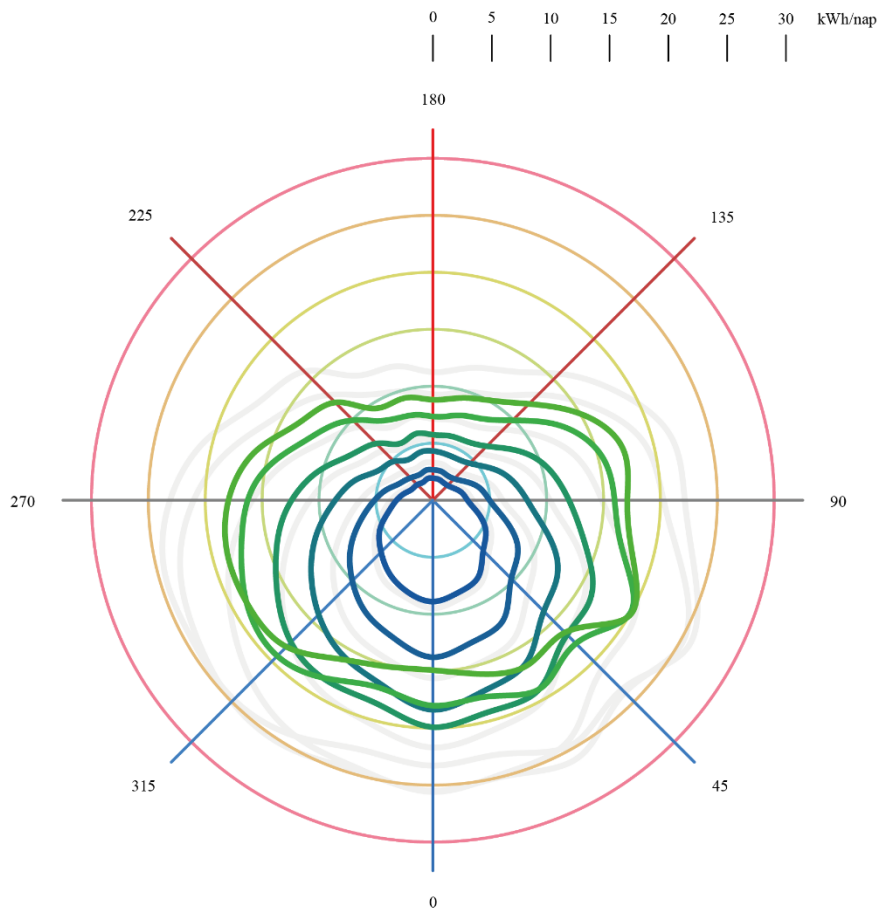
# Szoláris nyereség

Csökkenő nyílás – 75%-os csökkenés



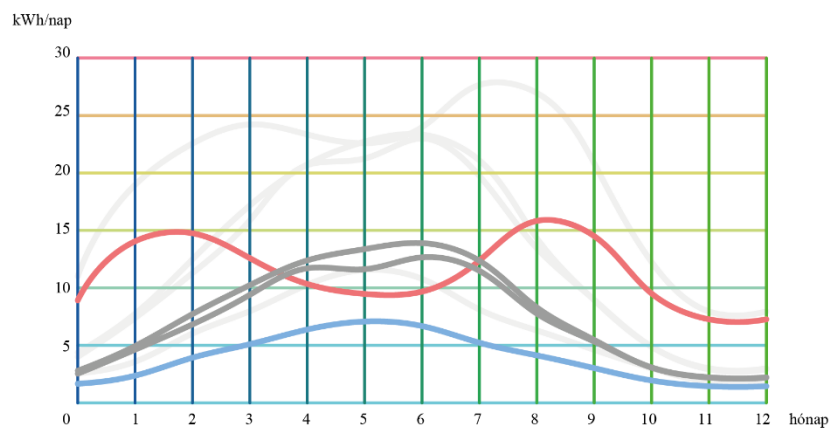
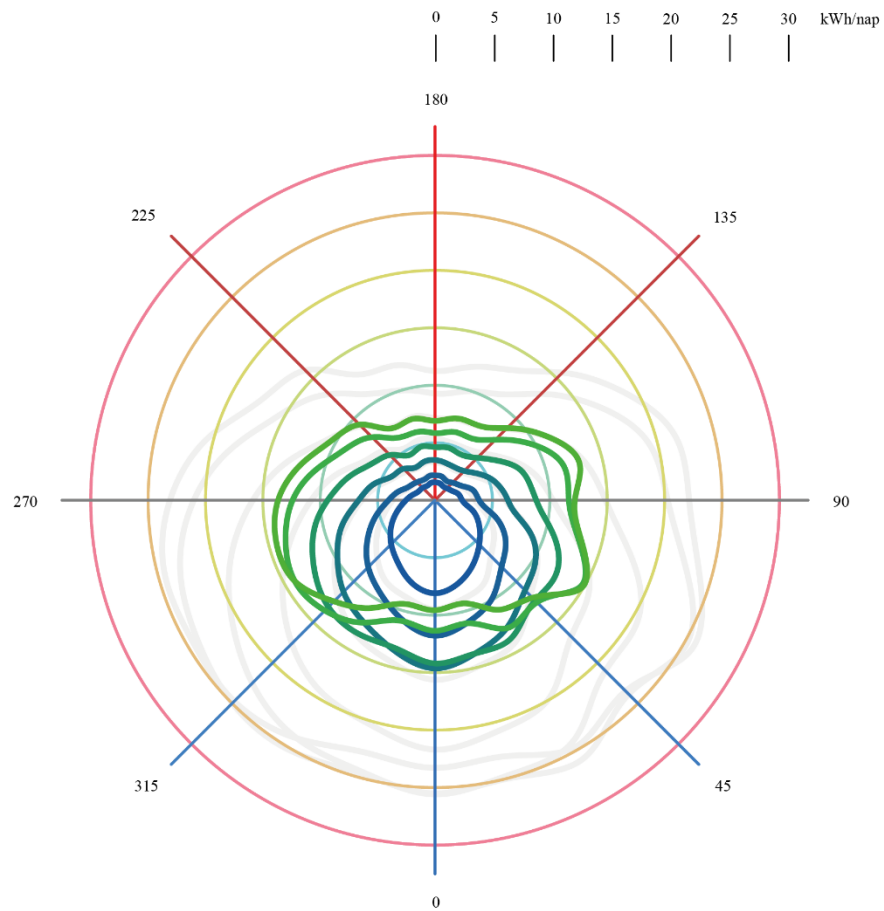
# Szoláris nyereség

## Vízszintes lamellázat – 25%-os mélységarány



# Szoláris nyereség

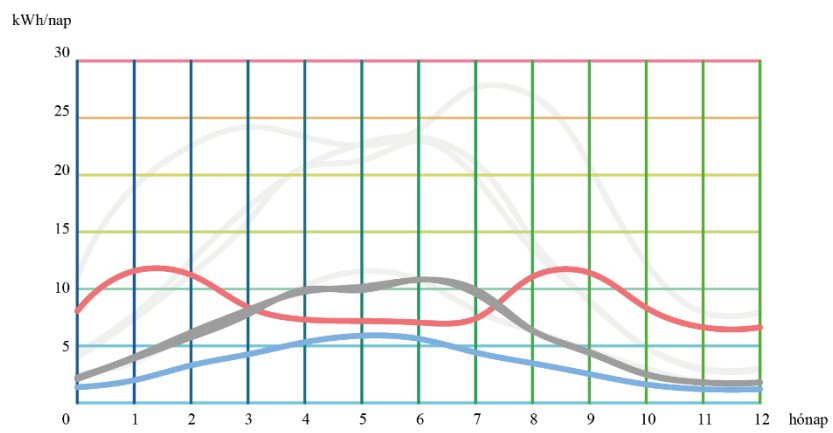
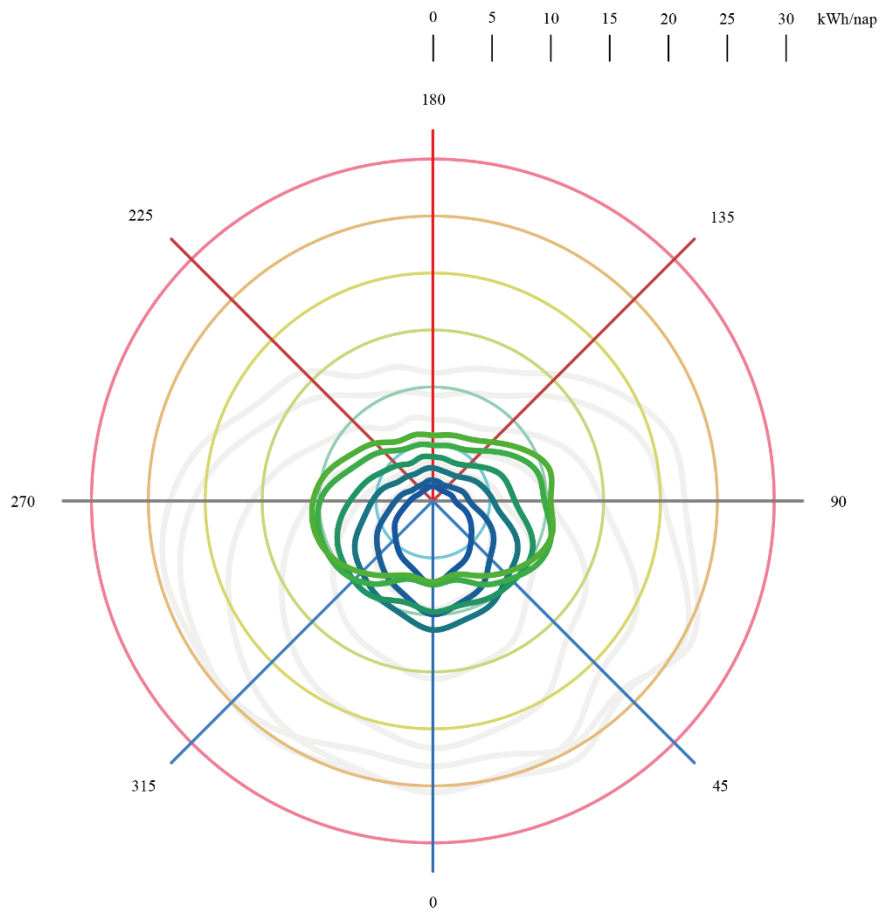
## Vízszintes lamellázat – 50%-os mélységarány





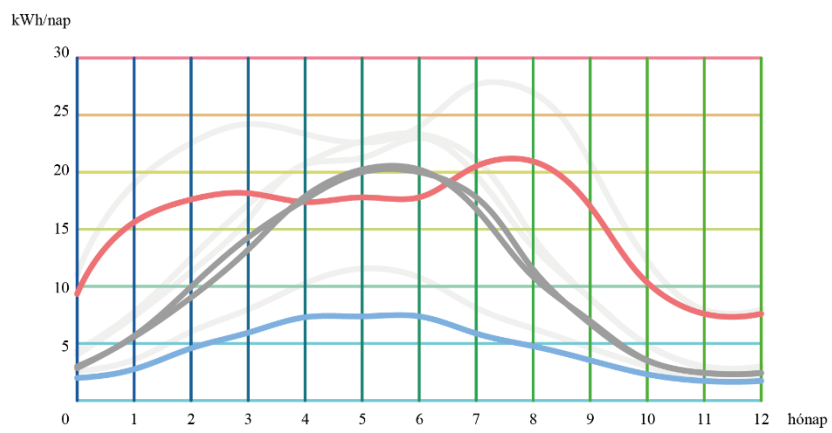
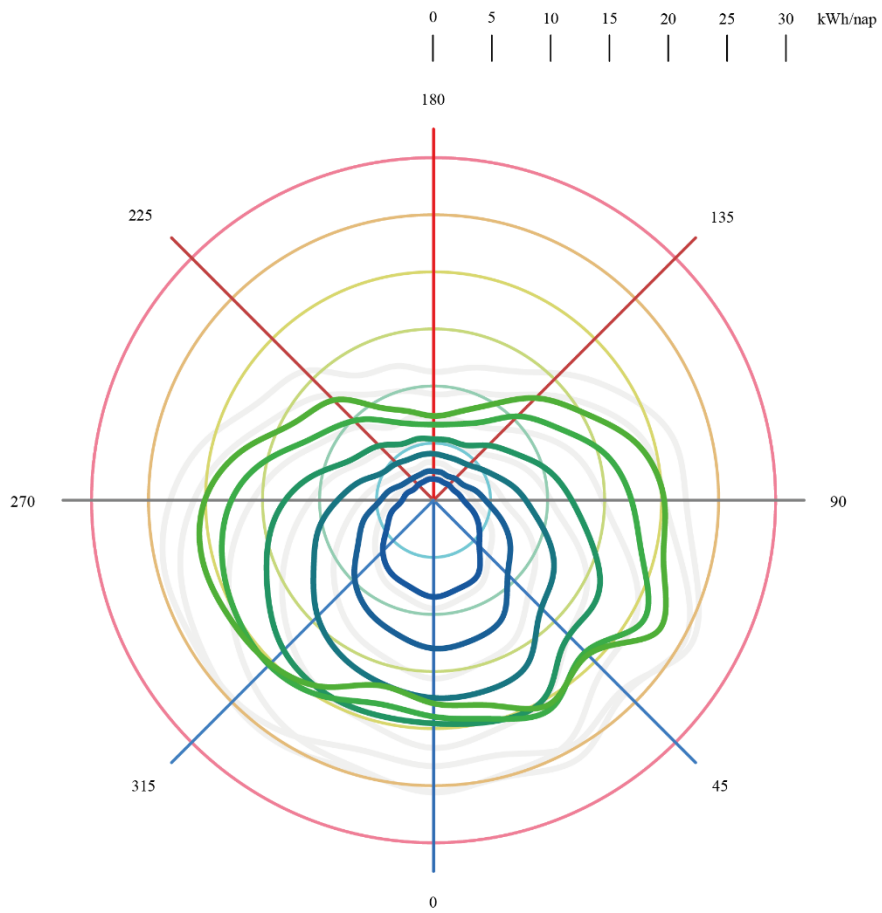
# Szoláris nyereség

## Vízszintes lamellázat – 75%-os mélységarány



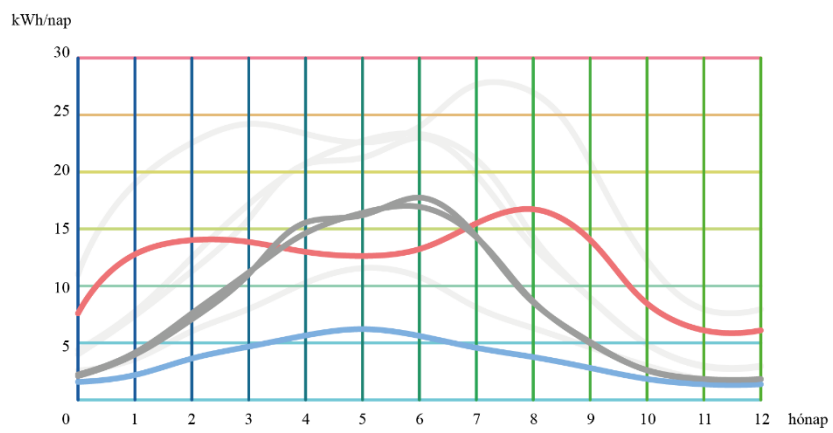
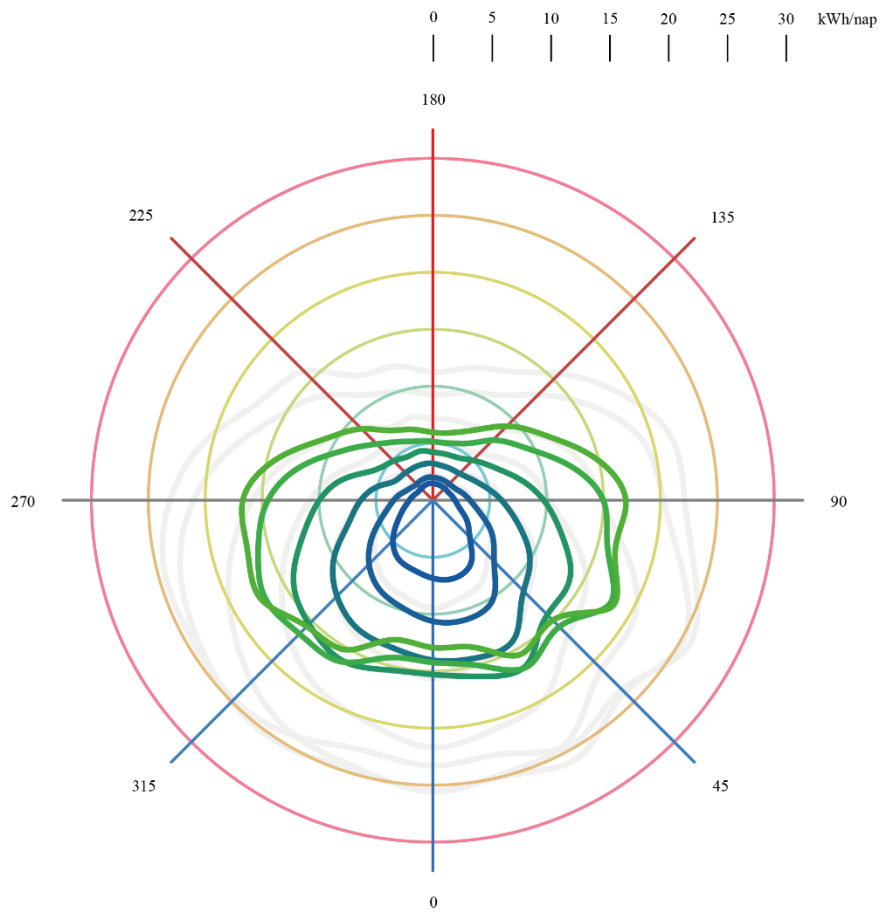
# Szoláris nyereség

## Függőleges lamellázat – 25%-os mélységarány



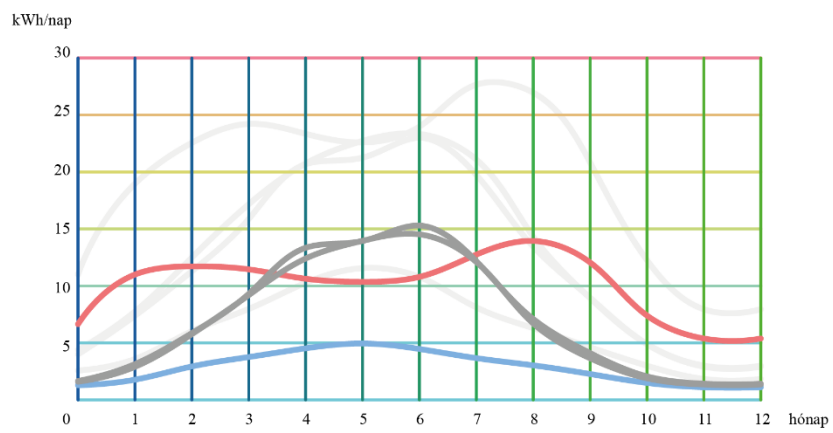
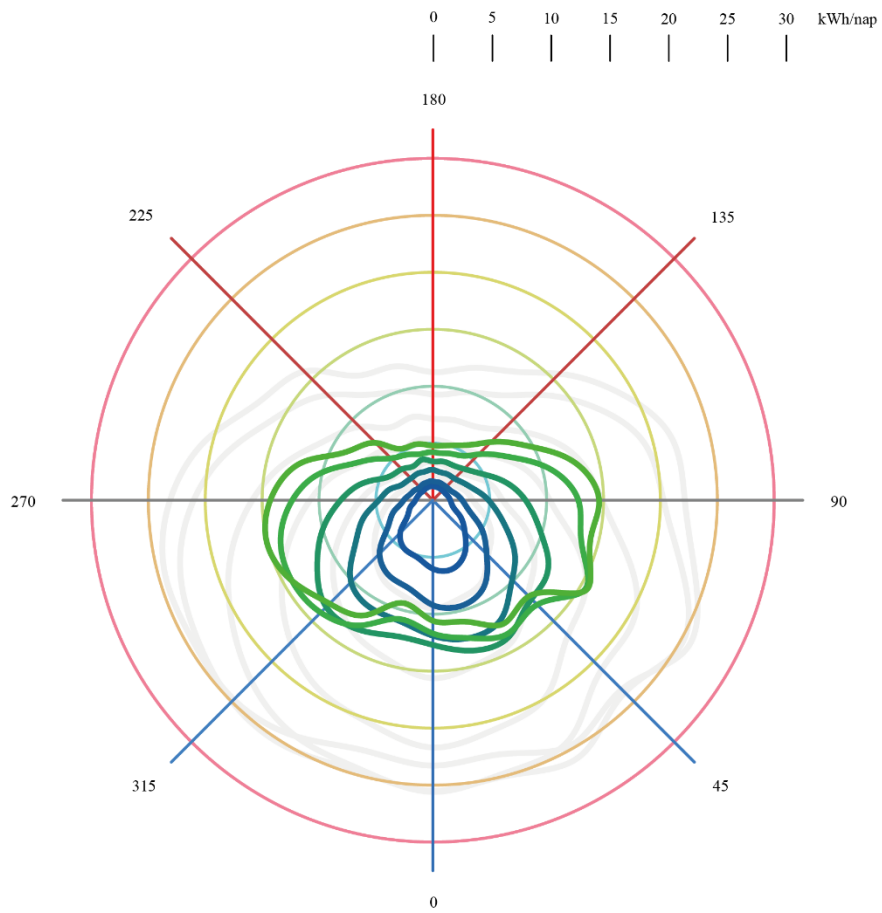
# Szoláris nyereség

## Függőleges lamellázat – 50%-os mélységarány



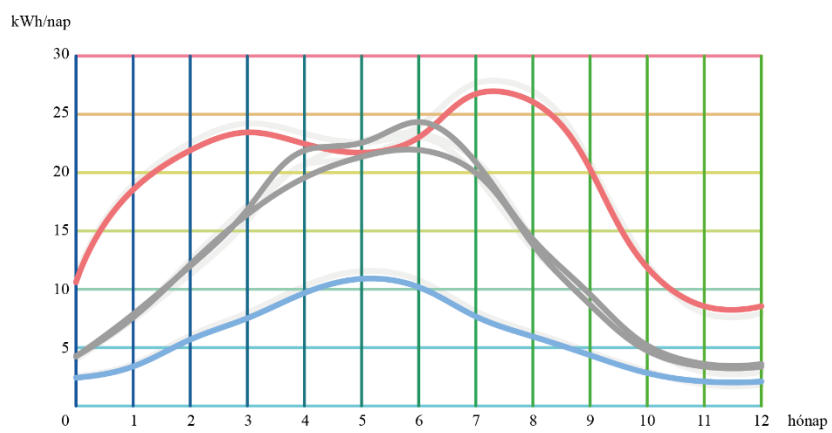
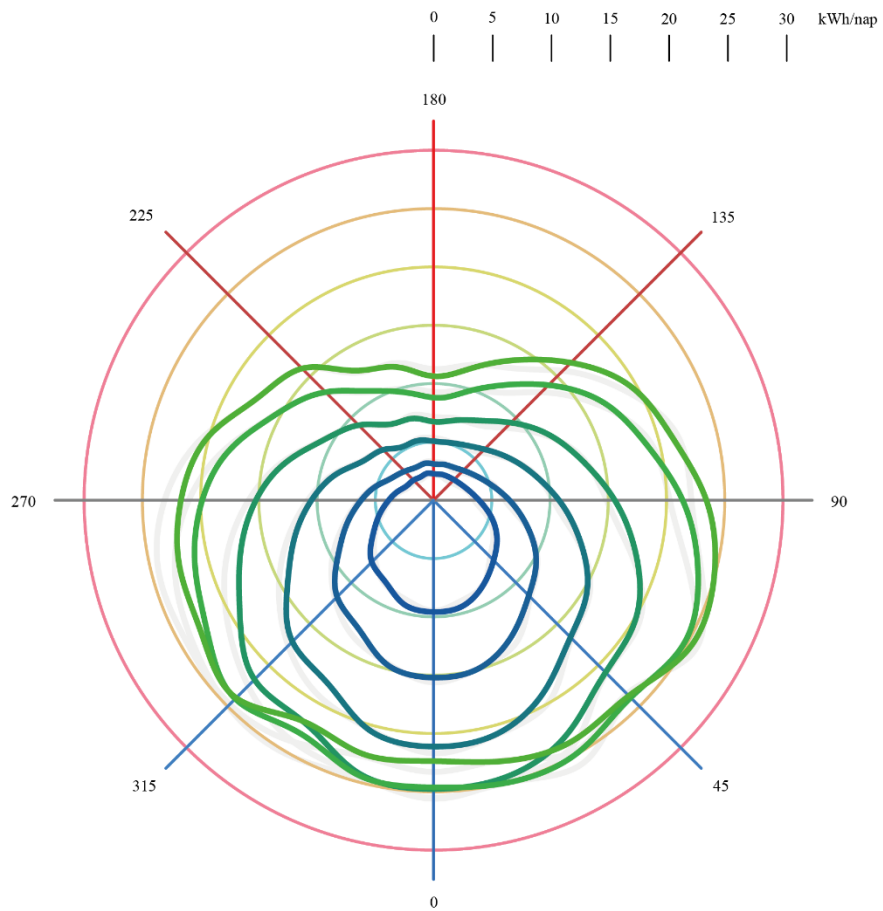
# Szoláris nyereség

## Függőleges lamellázat – 75%-os mélységarány



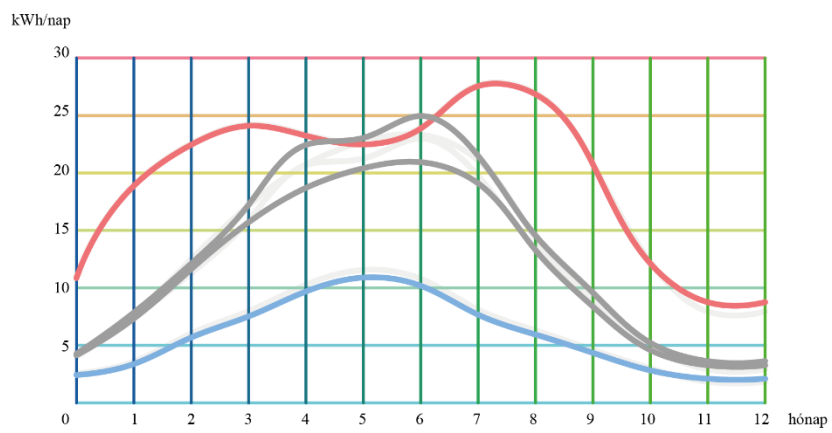
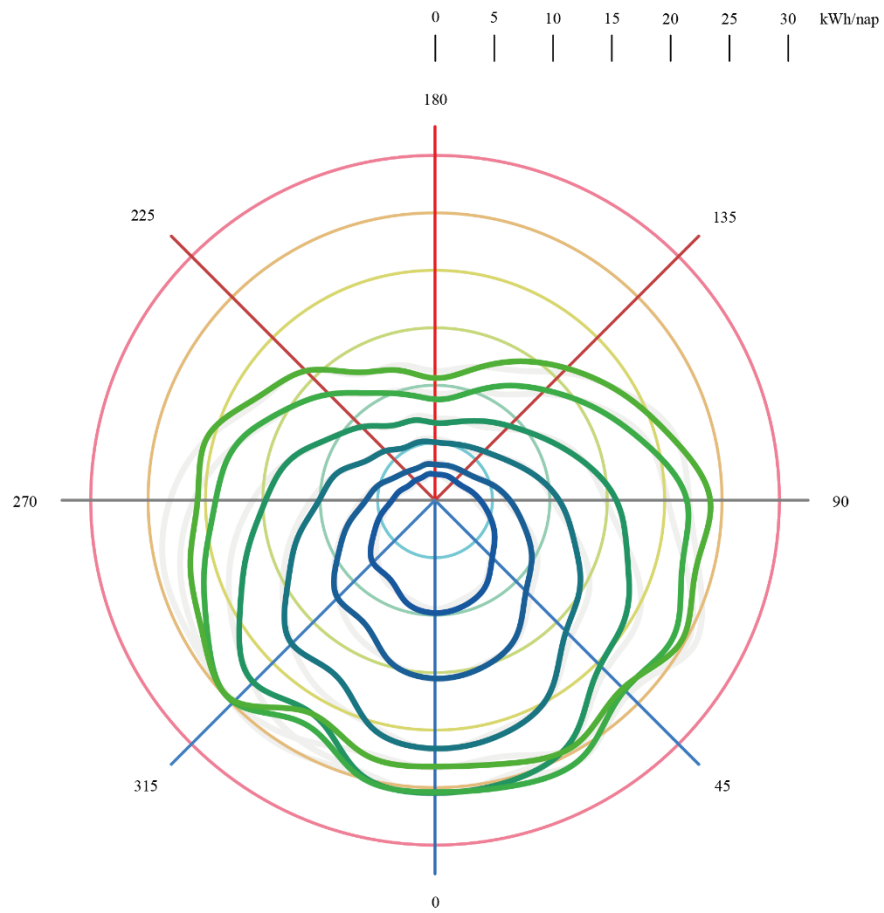
# Szoláris nyereség

Mélyülő helyiség – 25%-os mélységnövekedés



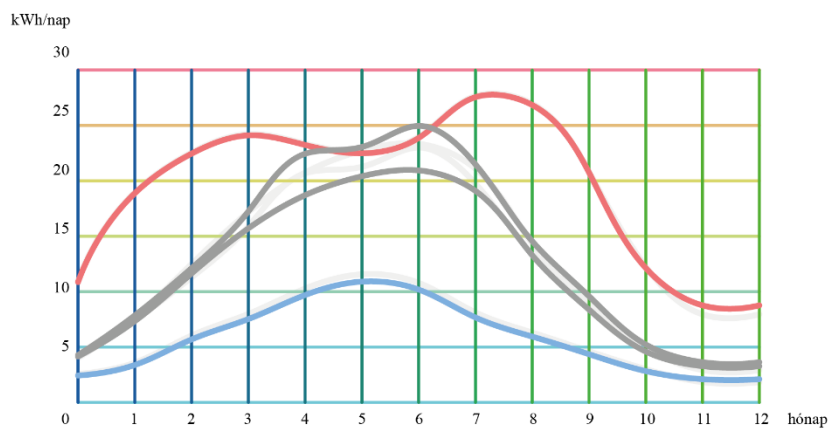
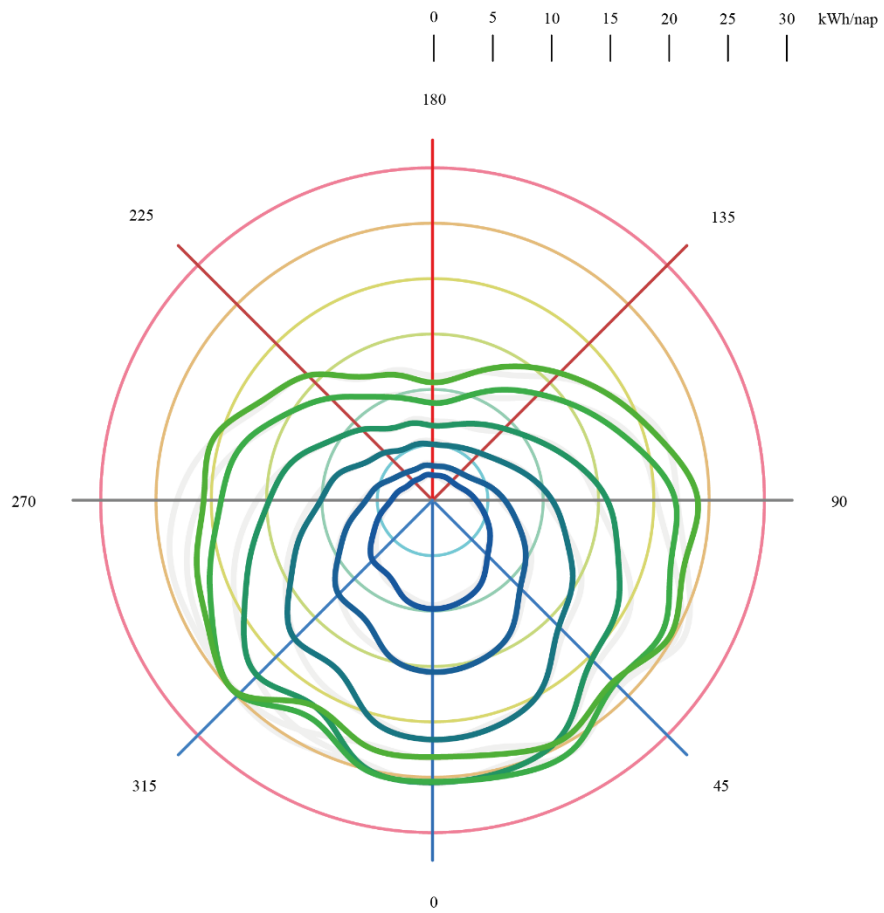
# Szoláris nyereség

Mélyülő helyiség – 50%-os mélységnövekedés



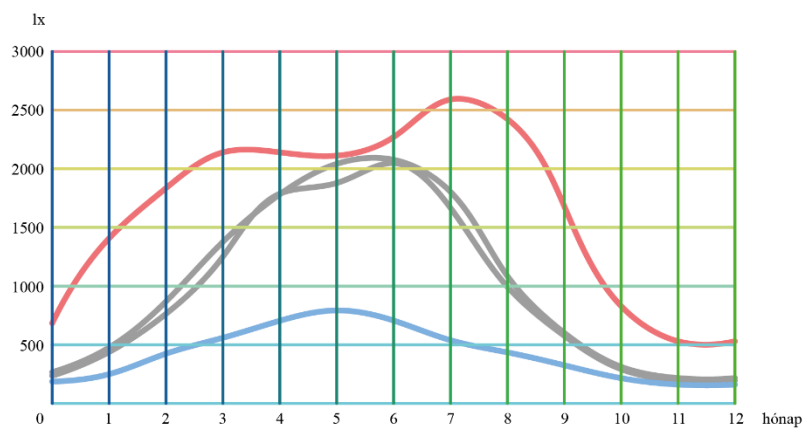
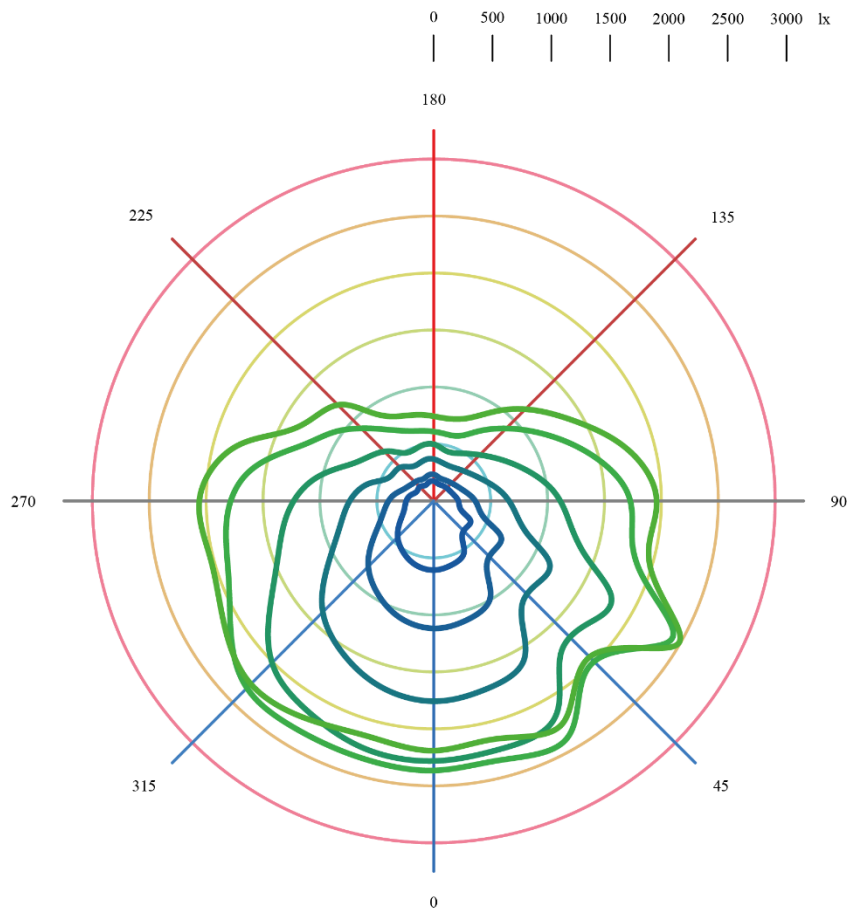
# Szoláris nyereség

Mélyülő helyiség – 75%-os mélységnövekedés



# Megvilágítás

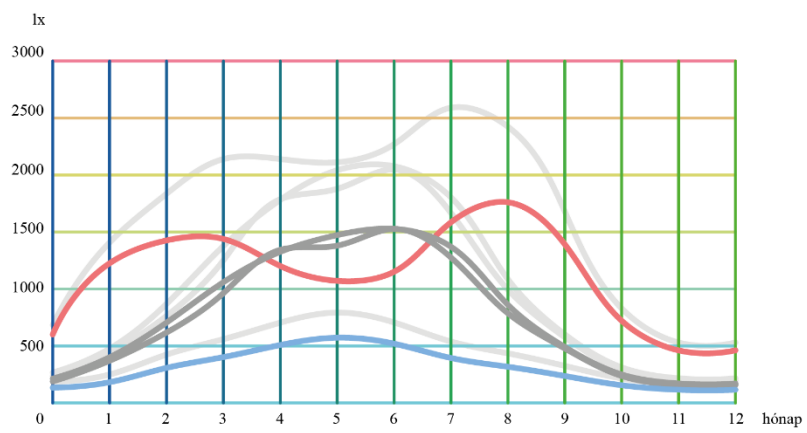
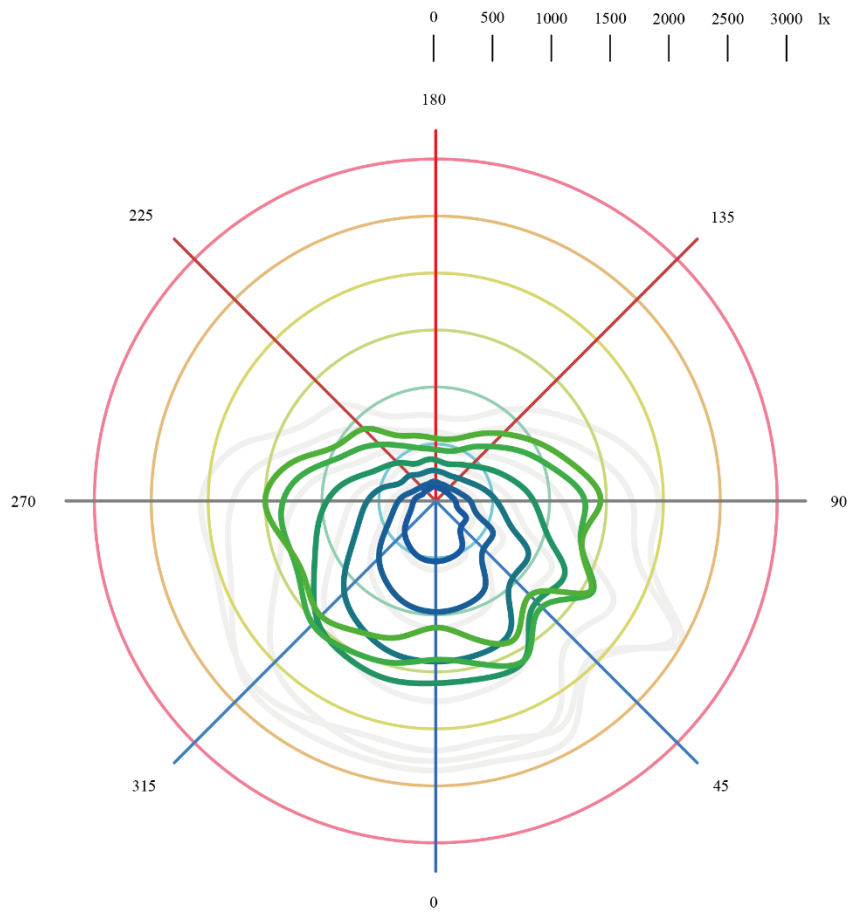
## Alapeset





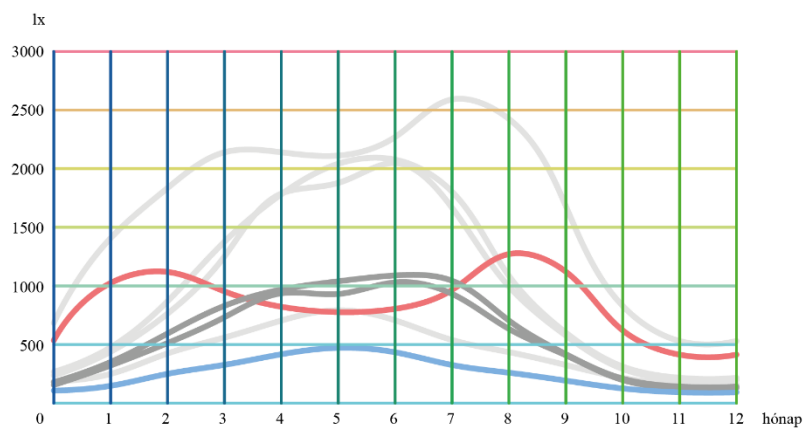
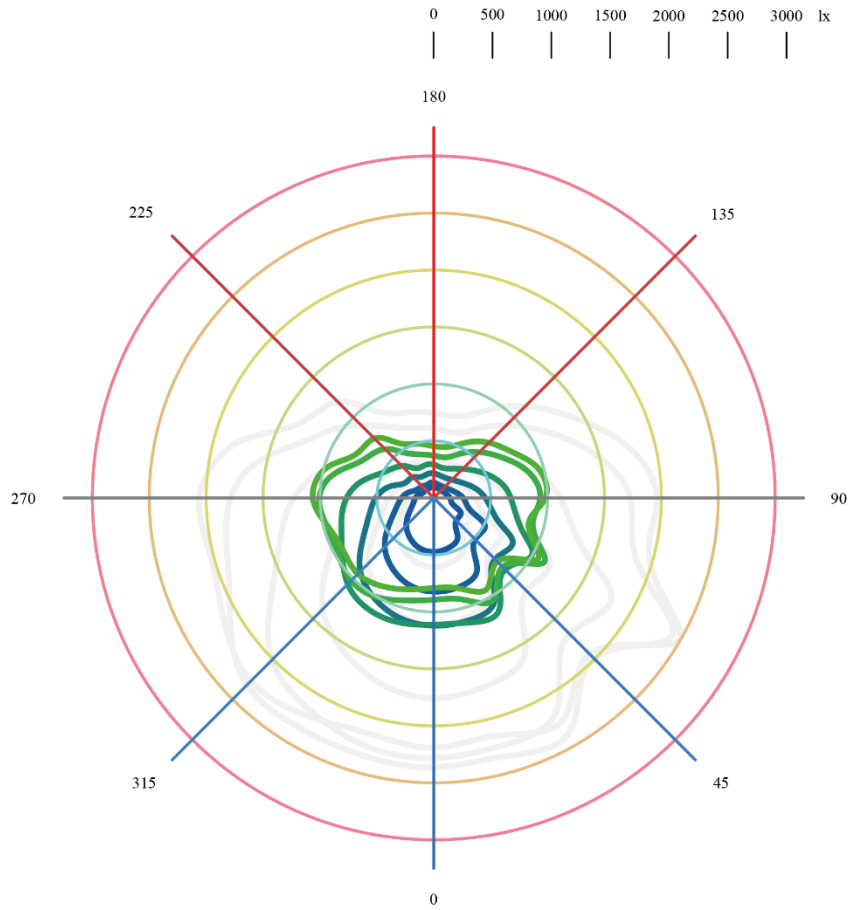
# Megvilágítás

## Árnyékolókonzol – 25%-os kiülés



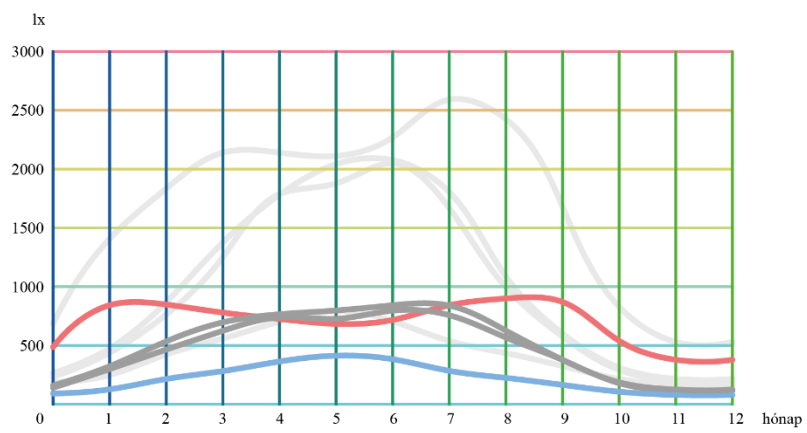
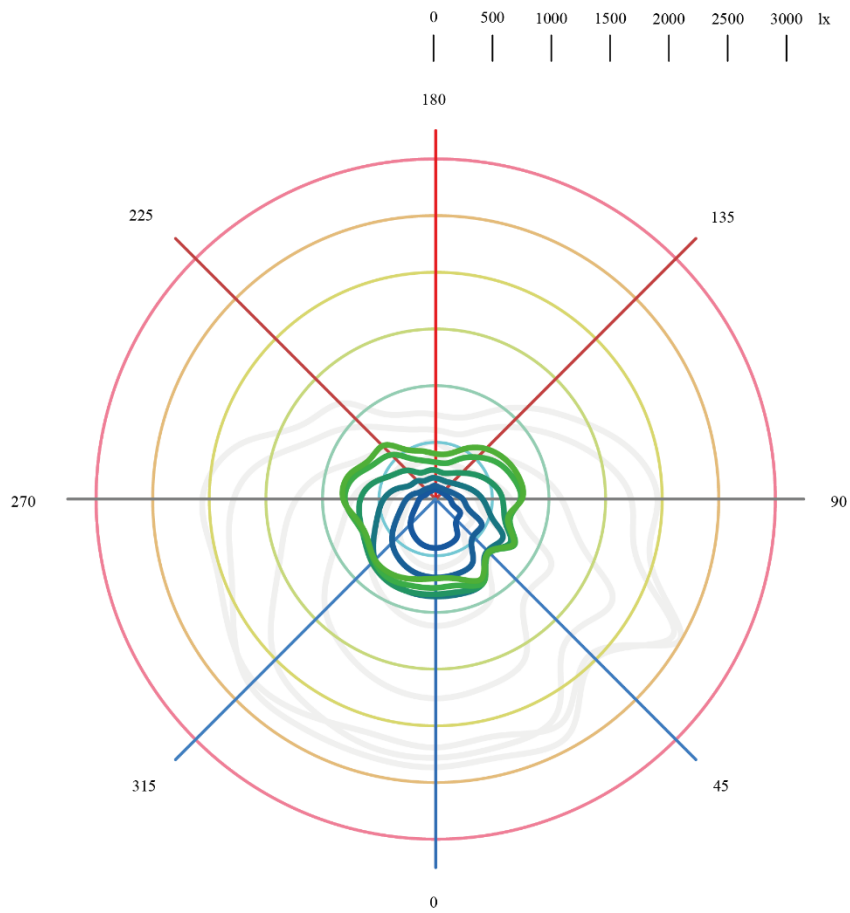
# Megvilágítás

## Árnyékolókonzol – 50%-os kiülés



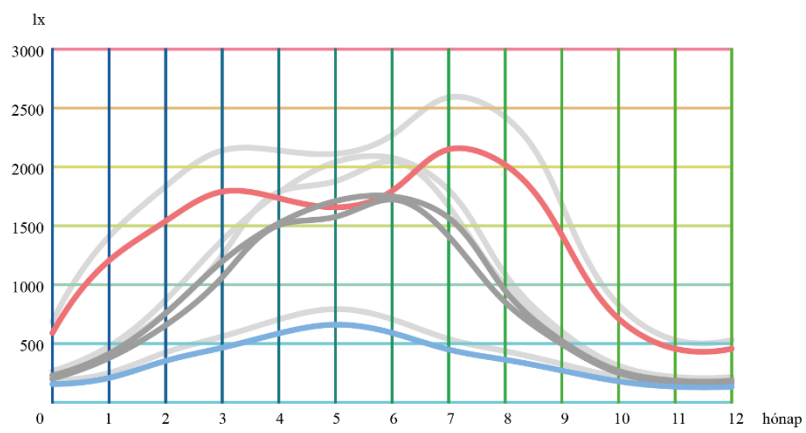
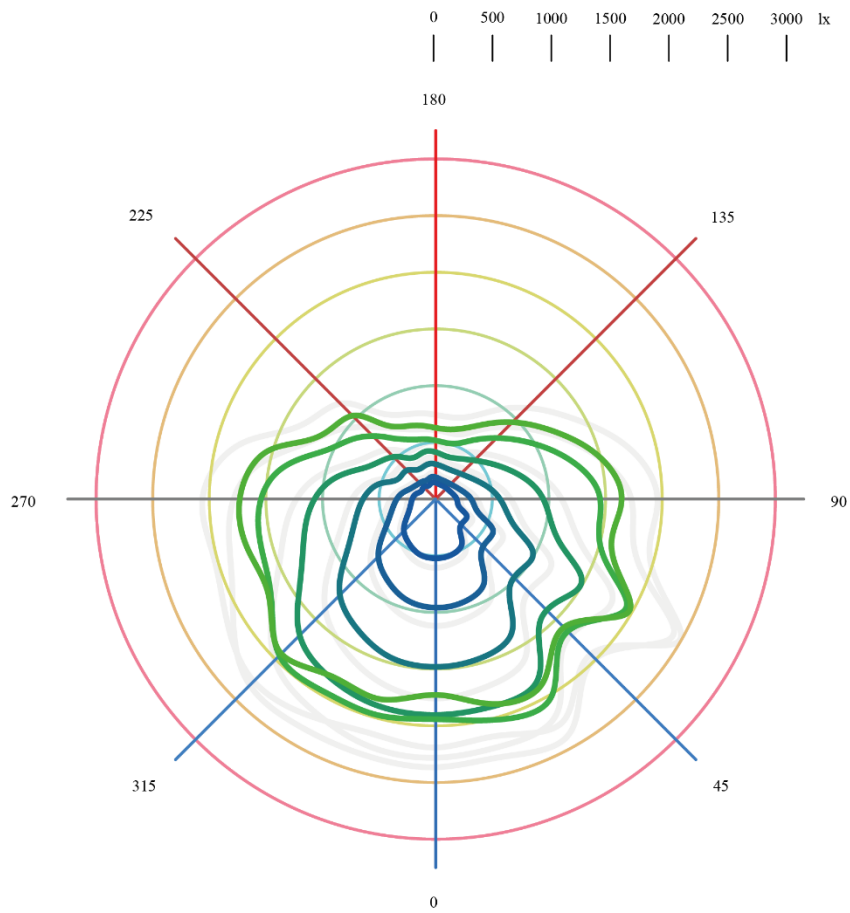
# Megvilágítás

## Árnyékolókonzol – 75%-os kiülés



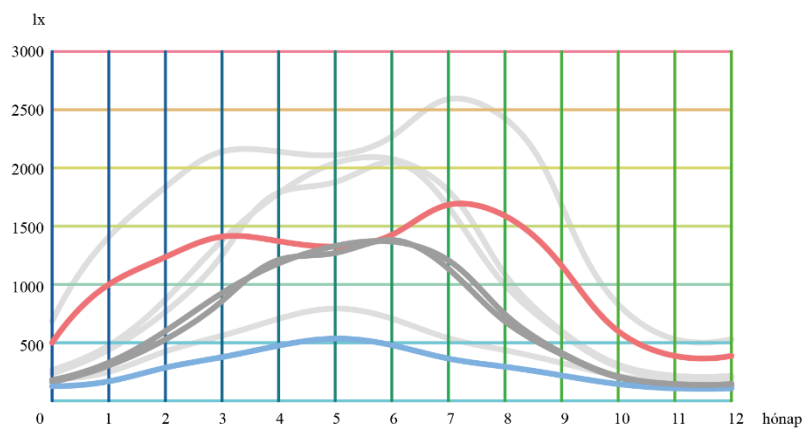
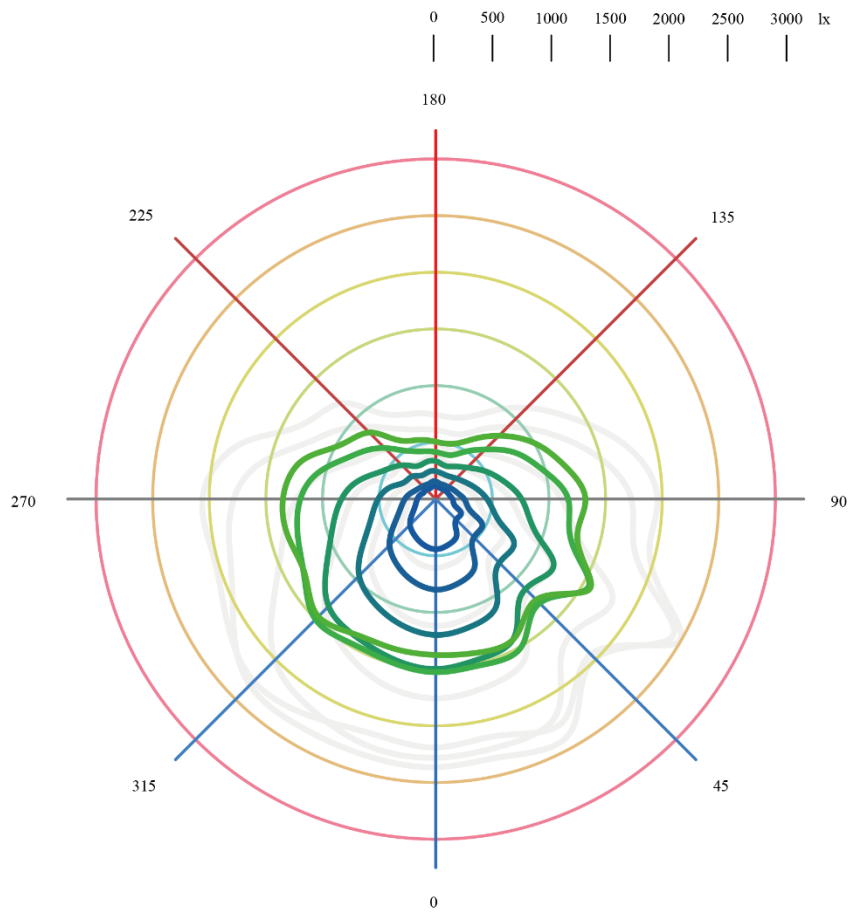
# Megvilágítás

Csökkenő nyílás – 25%-os csökkenés



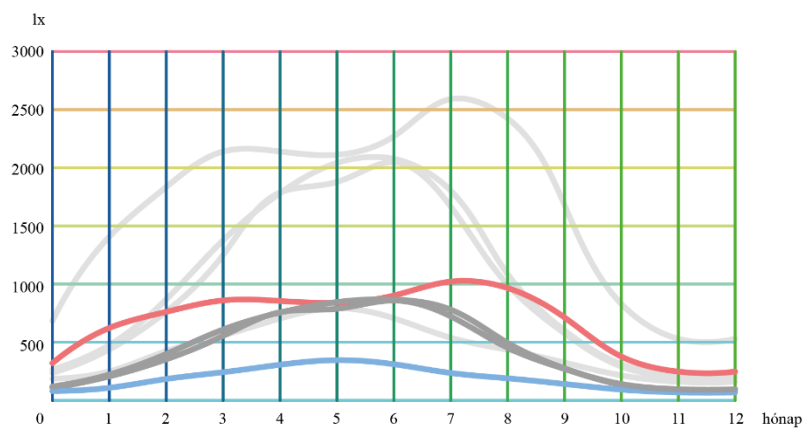
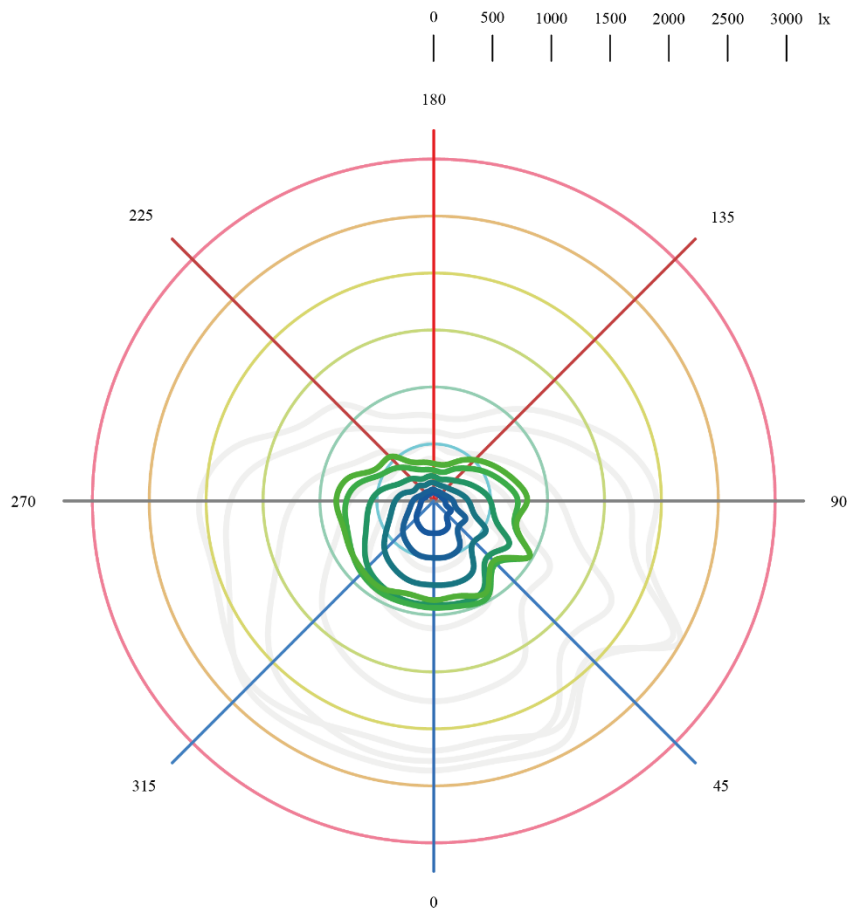
# Megvilágítás

Csökkenő nyílás – 50%-os csökkenés



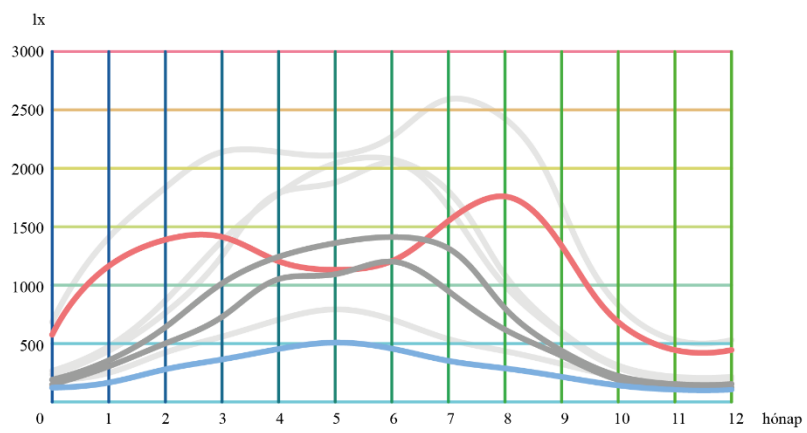
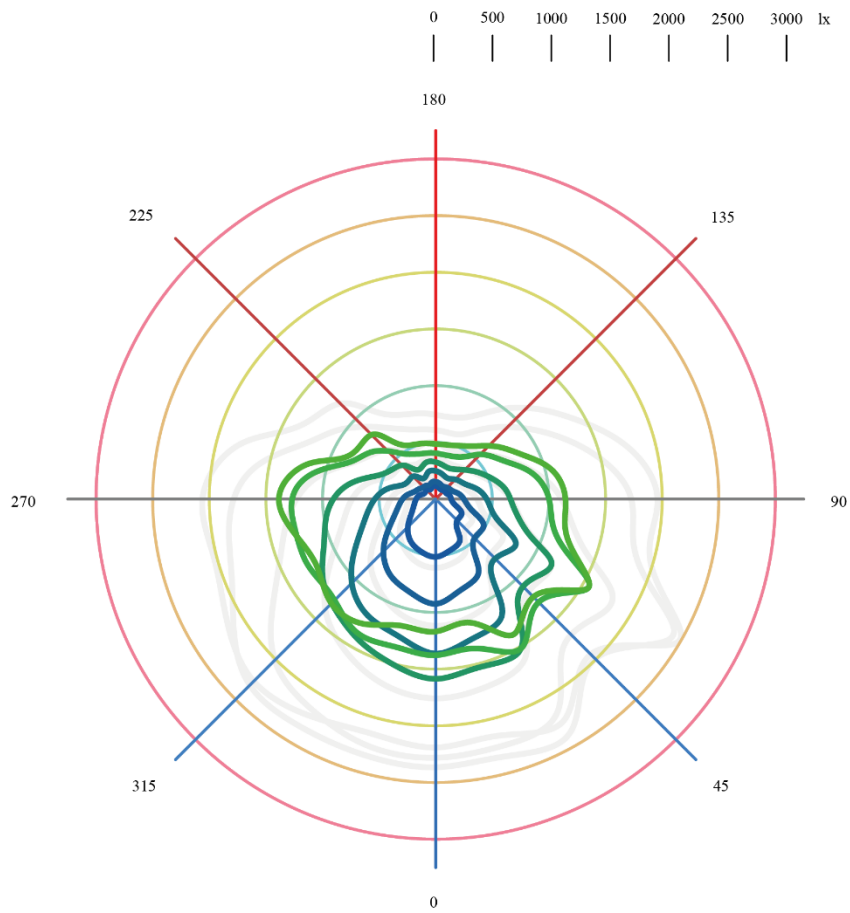
# Megvilágítás

Csökkenő nyílás – 75%-os csökkenés



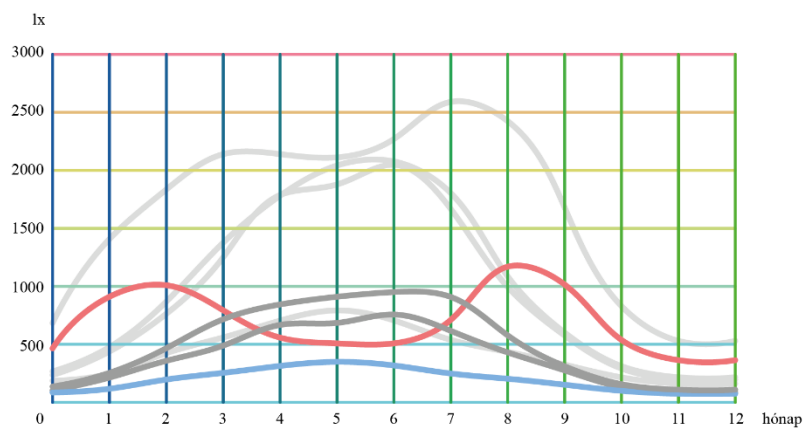
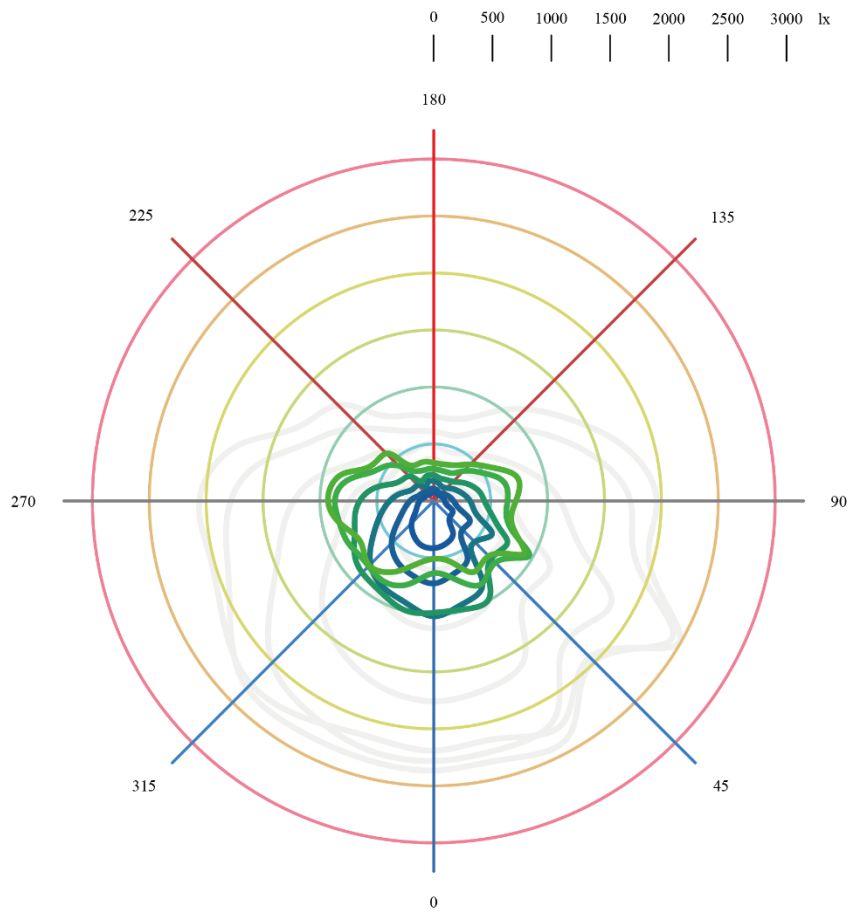
# Szoláris nyereség

## Vízszintes lamellázat – 25%-os mélységarány



# Szoláris nyereség

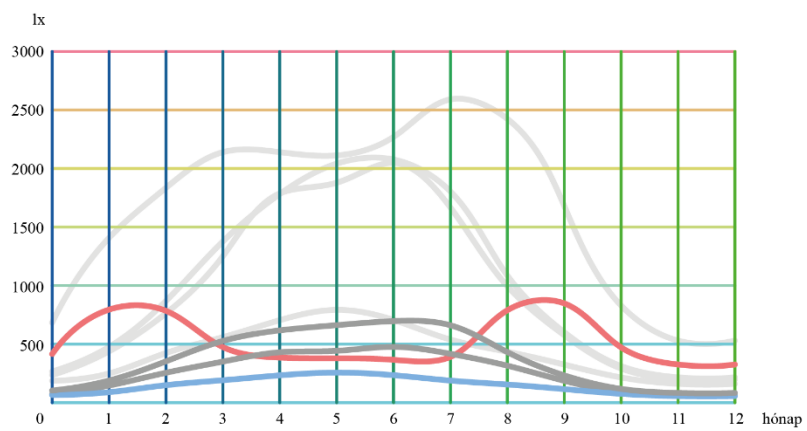
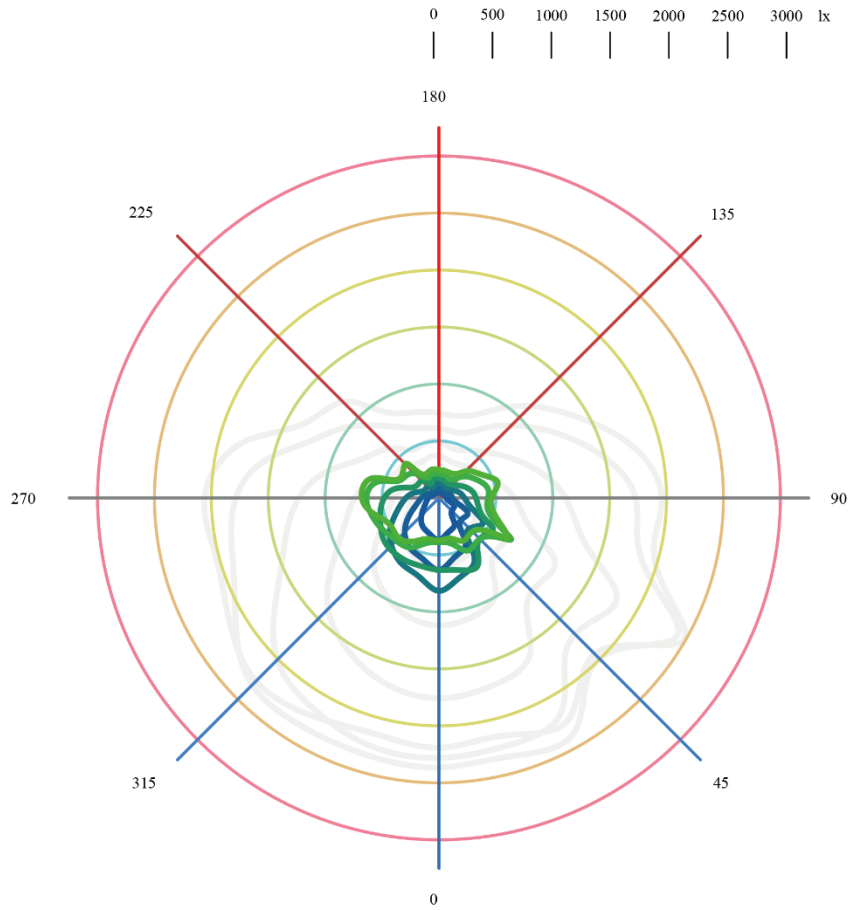
## Vízszintes lamellázat – 50%-os mélységarány





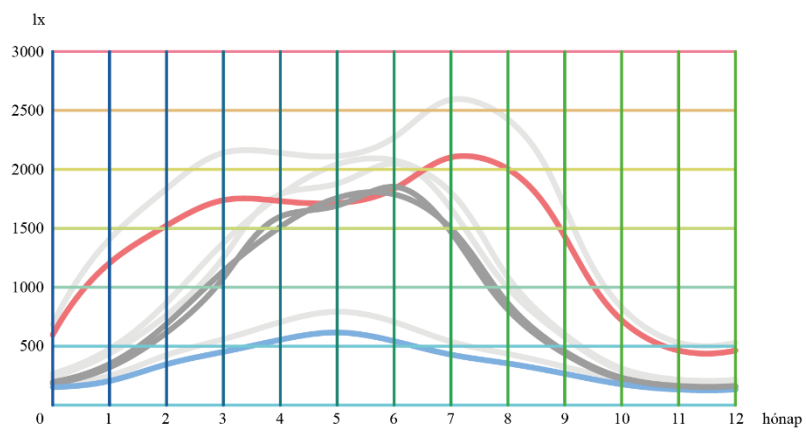
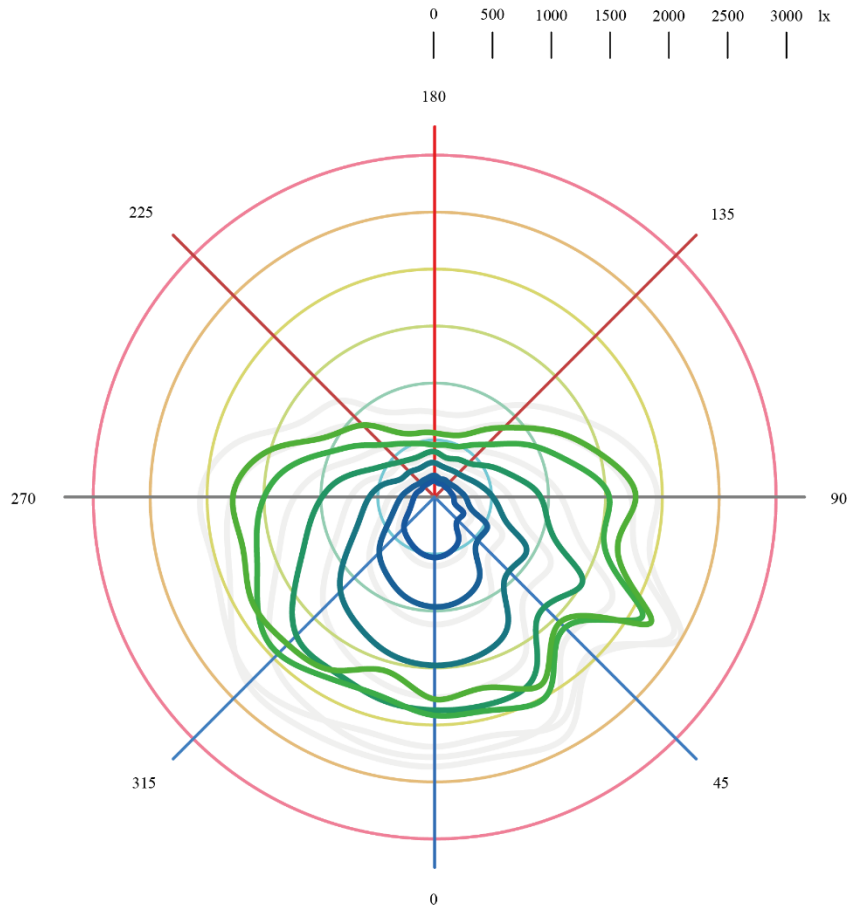
# Szoláris nyereség

## Vízszintes lamellázat – 75%-os mélységarány



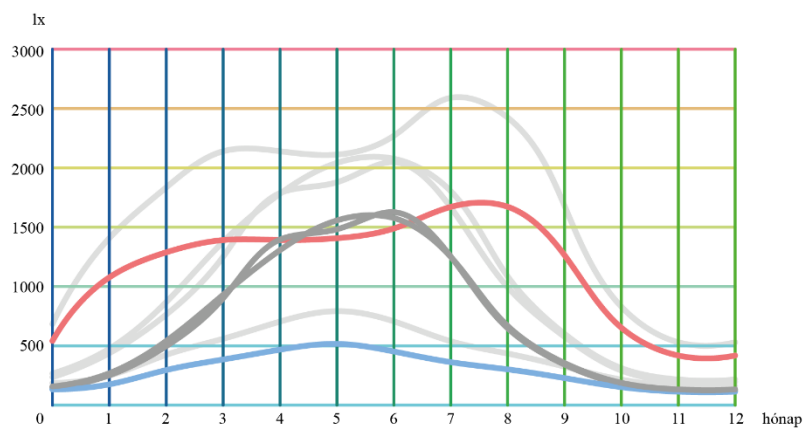
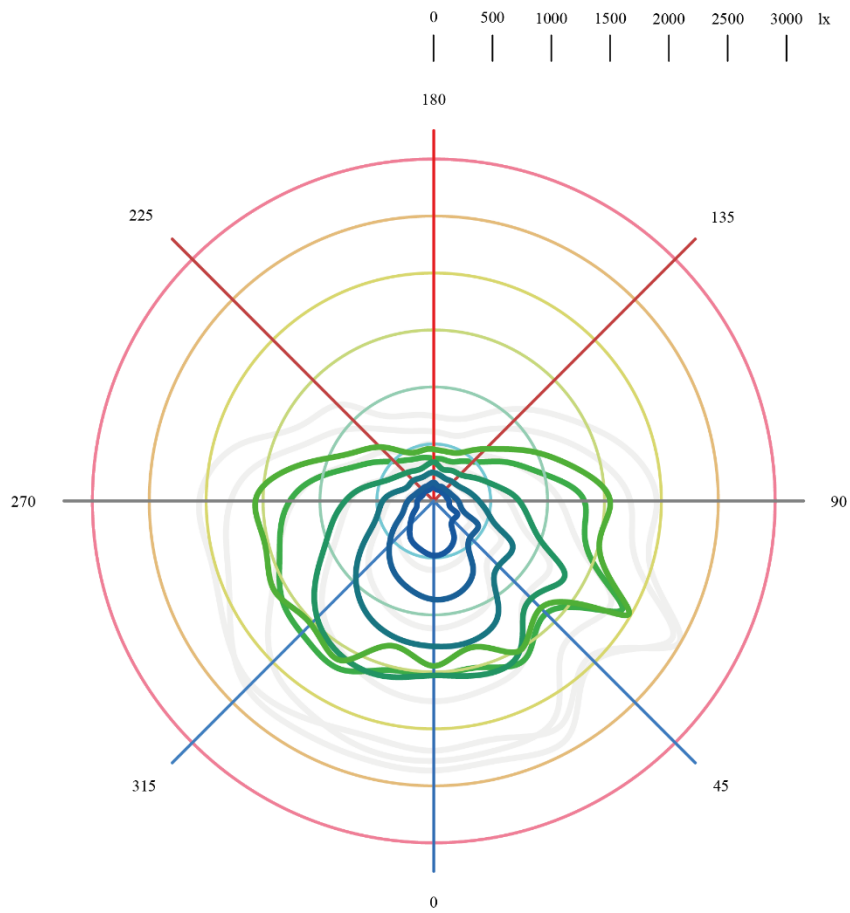
# Szoláris nyereség

## Függőleges lamellázat – 25%-os mélységarány



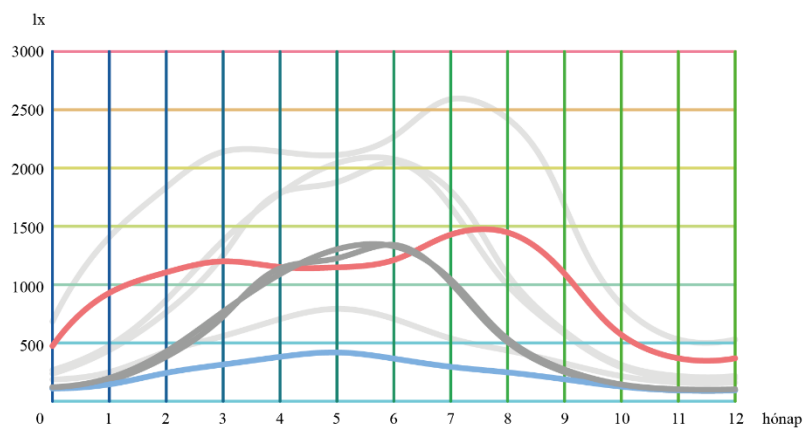
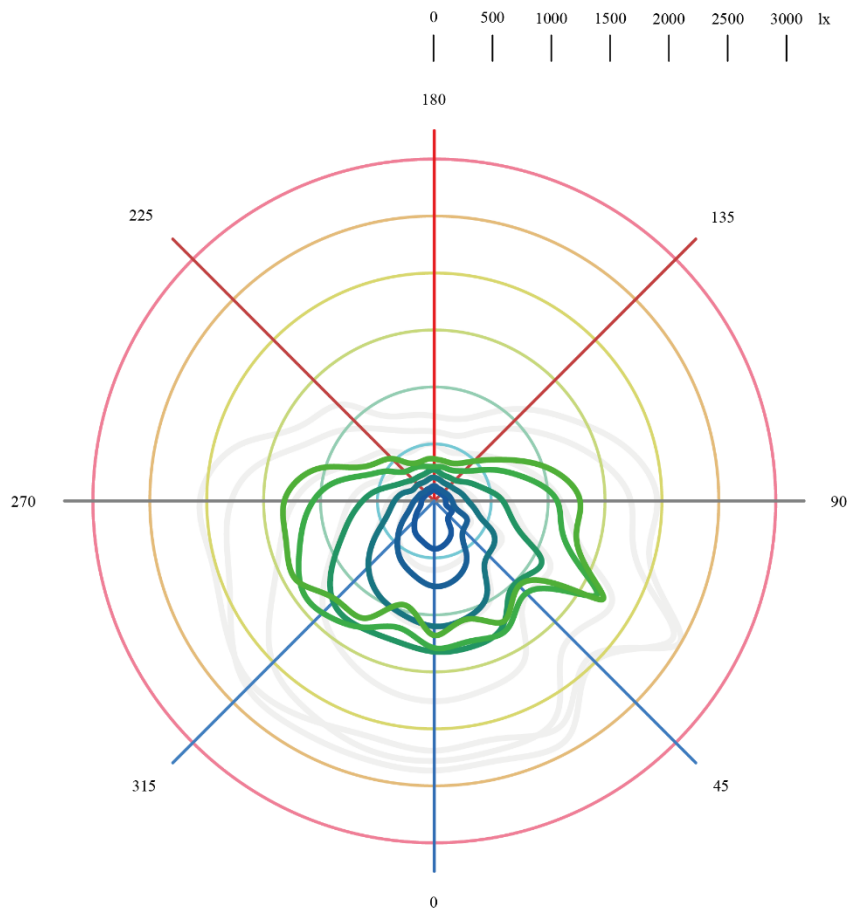
# Szoláris nyereség

## Függőleges lamellázat – 50%-os mélységarány



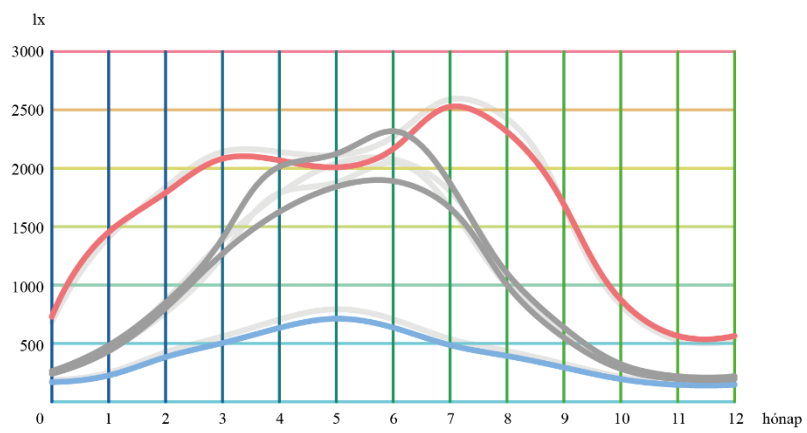
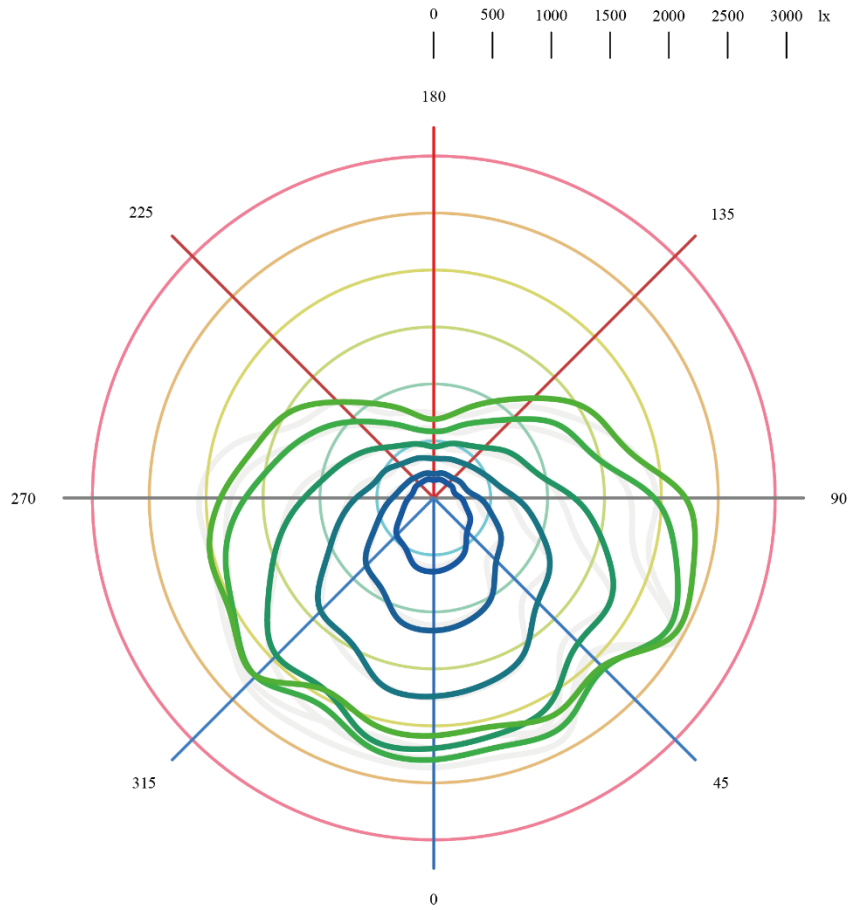
# Szoláris nyereség

## Függőleges lamellázat – 75%-os mélységarány



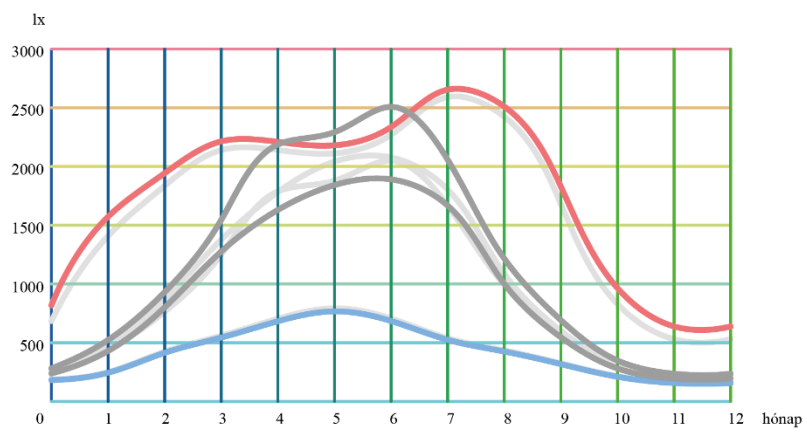
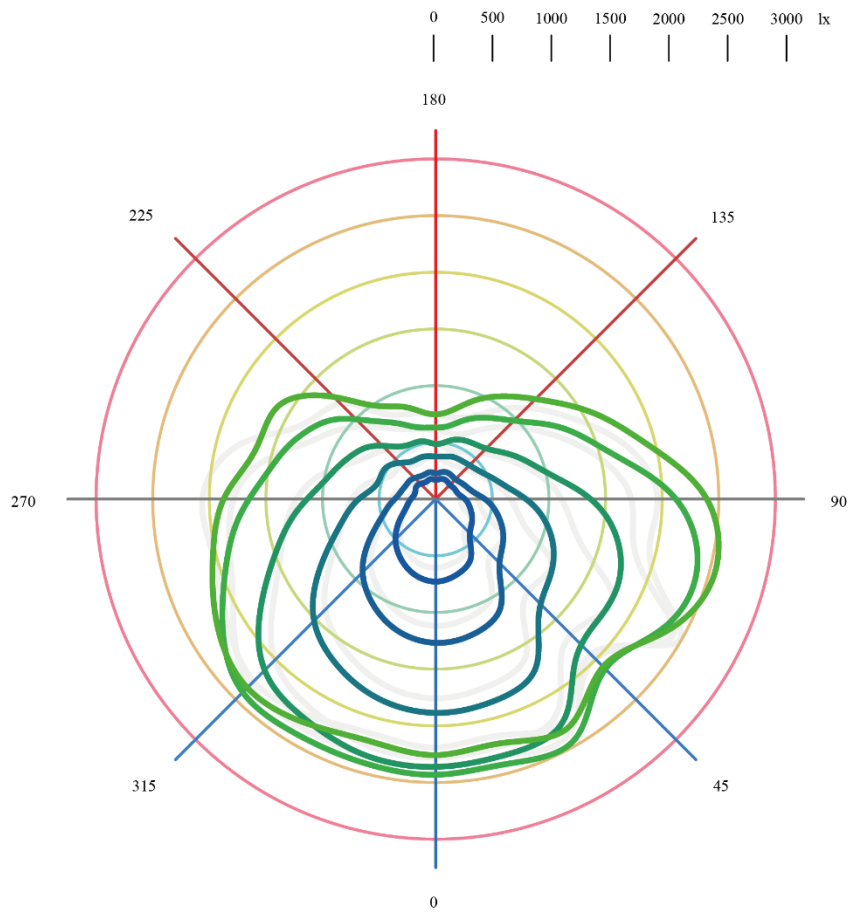
# Szoláris nyereség

Mélyülő helyiség – 25%-os mélységnövekedés



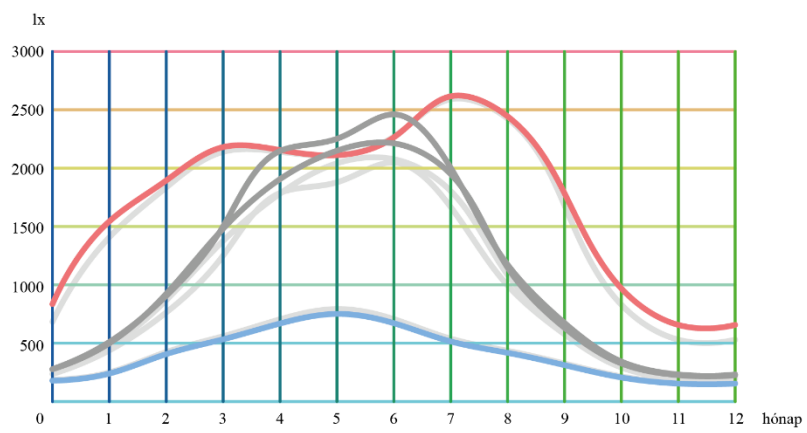
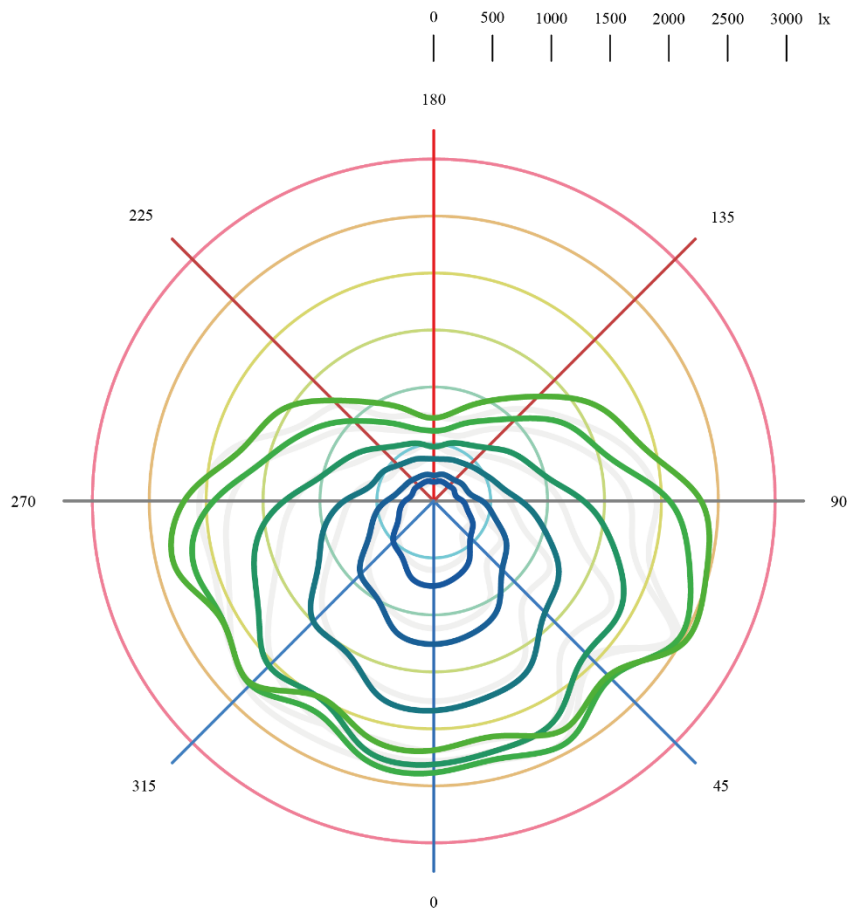
# Szoláris nyereség

Mélyülő helyiség – 50%-os mélységnövekedés



# Szoláris nyereség

Mélyülő helyiség – 75%-os mélységnövekedés



## **Konklúzió**

Kimondható, hogy különböző építészeti szándékokhoz, szituációkhoz és komfortkövetelményekhez más és más geometria adekvált a vizsgált jelenségek szempontjából. Határozott kijelentéseket nehéz tenni azzal kapcsolatban, hogy hol és mit kellene alkalmazni, azok az általános elvek azonban biztosak, hogy a hideg hónapokban (praktikusan a fűtési időszakban) szeretnénk minél nagyobb, míg a meleg hónapokban minél kisebb szoláris energianyereséget elérni az épületekben, mindig fenntartva a megfelelő megvilágítást.

## **Zárás, a dolgozat folytatásának lehetséges irányai**

Amint az látható, még a témahatáron belül is bőven van lehetőség a kísérlet folytatására; újabb vizsgálati esetek bevonásával, az eredmények újfajta összevetésével (akár a szoláris energianyereség és megvilágítás eredménygörbéinek közvetlen összehasonlításával) vagy a jelenségek átadás hatékonyságának személyeken való mérésével. Ezen túl rengeteg kísérletezési lehetőség van még a hasonló szellemiségben megfogalmazott csatlakozó és kiegészítőanyagok készítésében is.