

Elmélet és alkalmazás

2. rész

Írta: Dr. Kuba Gellért

2008. június

Tartalomjegyzék

NAPENERGIA HOZAM SZABÁLYOZÁSA.....	3
Napenergiaeloszlási diagram szerkesztése.....	8
ÉPÜLETEK TÚLMELEGEDÉS ELLENI VÉDELEM.....	13
Hőmérséklet előfordulások megjelenítése	14
KOLLEKTOROK MAXIMÁLIS HOZAMA TÁJOLÁSSAL.....	18
Maximális napenergia hozamba állítás	20

NAPENERGIA HOZAM SZABÁLYOZÁSA

A Nap délben áll a legmagasabban az égbolton, s ezért a legmeredekebben érik a sugarai a Föld felszínét. Ebből logikusan következne, hogy a legtöbb felfogható napenergiát egy déli irányba, a sugárzásra merőleges helyzetű felületen mérhetjük. A nap látszólagos égi mozgása szerint azonban ez csak akkor lenne igaz, ha a Nap és a felfogó felület között anyagtalan tér helyezkedne el. De minthogy a Földet gázburok veszi körbe, ezért mielőtt a sugarak elérnék a Föld felszínét, a sugaraknak át kell hatolni a légkörön, amelynek mindenkor fizikai állapota jelentősen módosítja, csökkenti, szűri és visszaveri a sugarakat a világűrbe.

A légkör összetétele a helyi időjárás szerint, a földrajzi helyzettől függően, évszakonként, délelőtt és délután, továbbá klímarégióként is változik. A változást a légkör fizikai állapotának változása okozza, nevezetesen az, hogy milyen mértékben jut vízpára, por, vagy egyéb szennyező anyag a levegőbe. A vízpára telítődés a felszíntől függ, pl. nagy vízfelülettől, erdőségektől, az előző napi csapadék mennyiségétől. A portartalom változást okozhatja a nagy homokos síkság, ahonnan a napsugárzás hatására termikus áramlatok az apró porszemcséket a magasba emelik, de nagyvárosok közlekedése is forrása lehet szennyező anyagok légkörbe emelkedésének. Továbbá gyárak, feldolgozó ipari létesítmények is igen jelentősen megváltoztathatják a légkör sugárzásátbocsátó tulajdonságait.

Mindebből nyilvánvalóan következik, hogy dél előtt és dél után nem azonos mennyiségű napenergia érkezik a felszínre, mert a vízpára, vagy por éjjel kicsapódik, illetve részben kiülepedik, ugyanis azok a termikus hatások lecsökkennek, megszűnnek, melyek a szilárd anyagokat felemelték a felszínről és lebegésben tartották. Tehát a legnagyobb energiahozam irányát, vagy a felfogó sík optimális hajlásszögét nem lehet heliogeometriai spekulációval megállapítani, mert egy bonyolult légkörfizikai folyamat a térbeli geometriai szabályokat felülírja.

A napenergiát hasznosító felfogó felületek, mint az épületek üvegezett felületei és a kollektorok célja, hogy minél több napenergiát, azaz a maximumot gyűjtsék össze, mert hatékonyságuk ekkor lesz a legnagyobb. A kollektor iparban kiélezett harc folyik akár csak egy-két százalékos hatékonyság növelésért, de ezek térbeli elhelyezése, tájolásuk és dőlésszögük megválasztása, szinte teljesen elhanyagolt terület. Holott a tévedések, a hibás beállítások következtében, akár harminc-negyven százalékos csökkenés is bekövetkezhet az energiahozamban. Ennek az az oka, hogy az érintetteknek, a felhasználóknak és szolgáltatóknak nincsen tudományosan megalapozott módszerük az optimális hozamot biztosító égtájrány és dőlésszög megállapítására. Márpedig ez a két paraméter több feltételtől függ, nevezetesen a klimatikus régió sajátosságaitól, a hasznosítás időszak időtartamától és ennek naptári kezdetétől, végétől.

A maximális hozam eléréséhez jelentősen eltérő égtáj irányt és dőlésszöget kapunk, ha egy kora tavaszi pár hónapos, például kertészeti hasznosításhoz, egy nyáron működő campinghez, egy őszi zöldségtermeléshez, avagy egy háztartás egész évi melegvíz előállításához kívánunk napkollektort telepíteni. Természetesen mindezen befolyásoló tényezőkön felül, a telepítés földrajzi helyének klimatikus sajátosságai is hozzájárulnak.

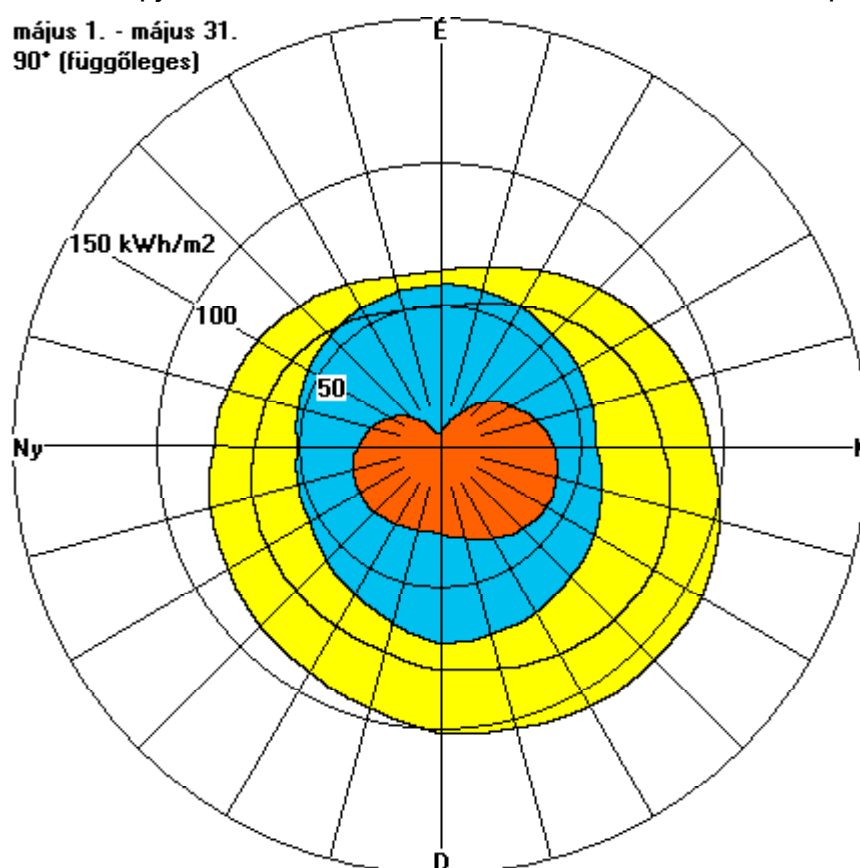
Az optimális tájolást hosszú időszak alatt összegyűjtött meteorológiai adatok átlaga alapján, tehát az adott földrajzi hely valóságos időjárási sajátosságait tükröző sugárzási adatok alapján kell megállapítani. A **SUNARCH** program olyan számítógépes eljárást kínál, amelynek segítségével, több klímarégióban, hosszú időtartam alatt mért sugárzási adatok átlagára támaszkodva megállapítható a tájolási irány és dőlésszög, amely a legnagyobb napenergia hozamot biztosítja.

Az optimális térbeli helyzet kiválasztásához, megadható a földrajzi hely, a felhasználásra szánt ciklusidő naptári időpontjának kezdete és vége – akár egy napi különbséggel is –

továbbá számszerűen külön-külön megvizsgálható, hogy mennyi a hozama a közvetlen napsugárzásnak, a szórt fénynek és a kettő együttes összegének, a teljes napenergiának. Minthogy nem csak a felületre érkező energiára vagyunk rendszerint kíváncsiak, hanem az üvegen áthaladó energia lehet fontos szempont, pl. kollektorok, télikertek, üvegfalak, üvegházak stb. esetében, ezért a program menüjében választható az üvegezett felületen áthaladt napenergia mennyiségének a kimutatás is.

A felfogó felületre érkező közvetlen napfény hozama a felület és a fénysugár által közbezárt szögfoktól függ. Minél kisebb ez az úgynevezett beesési szög, amit az adott síkra emelt függőlegestől, azaz a sík normálisától kiindulva mérünk, annál nagyobb energia mennyiség éri a felületet. Ezzel szemben a szórt, az égboltról és a talajról visszavert sugárzásnak nincsen meghatározott iránya, így a szórt energia csökkenés nélkül érvényesül a felfogó felületen. A számítógépes program mindezen körülményeket figyelembe veszi az energia-hozamok kiszámításánál.

A bejövő sugárenergia égtájtól, időszaktól függően eltérő tulajdonságát akkor lehet érzékelni, ha képzeletbeli függőleges síkokat állítunk minden égtáj irányába és ezeken hosszú évtizedeken át mérjük a beérkező napenergia mennyiségét. Tájékoztatóként ilyen, meteorológiai adatok alapján szerkesztett ábrákat mutatunk be az alábbi példákon.



1.1 ábra. Függőleges sík tájolás szerinti napenergia terhelése a budapesti klímarégióban, május hónapban

Három színkódot használunk, a **vöröset**, amely a közvetlen napfényt, a **kéket**, amely a szórt sugárzást és végül a **sárgát**, amely e két előbbi sugárzásnak az összegét, a teljes, másképpen a globál sugárzás intenzitását jelöli. Az energia mennyisége a poláris diagramon a középponttól kiindulva, kWh/m² egységben van ábrázolva. A napenergia mennyiséghez tartozó égtáj irány, a felfogó sík azimutja, az iránytű fokbeosztása szerint olvasható le. A sárga mezőben megjelenő folyamatos fekete vonal, a 3mm vastag üvegen áthatoló, égtáj szerinti napenergia intenzitását jelöli.

Az **1.1 ábra** Budapest klímarégiójában, egy függőleges síkon, a május hónap égtájirány szerinti napenergia intenzitás eloszlása van ábrázolva. Jól észrevehető, hogy a direkt energia szenved a legnagyobb torzulást az elvárható szimmetrikus eloszláshoz viszonyítva, hiszen a Nap ágbolti pályája szimmetrikus a poláris tengelyhez képest.

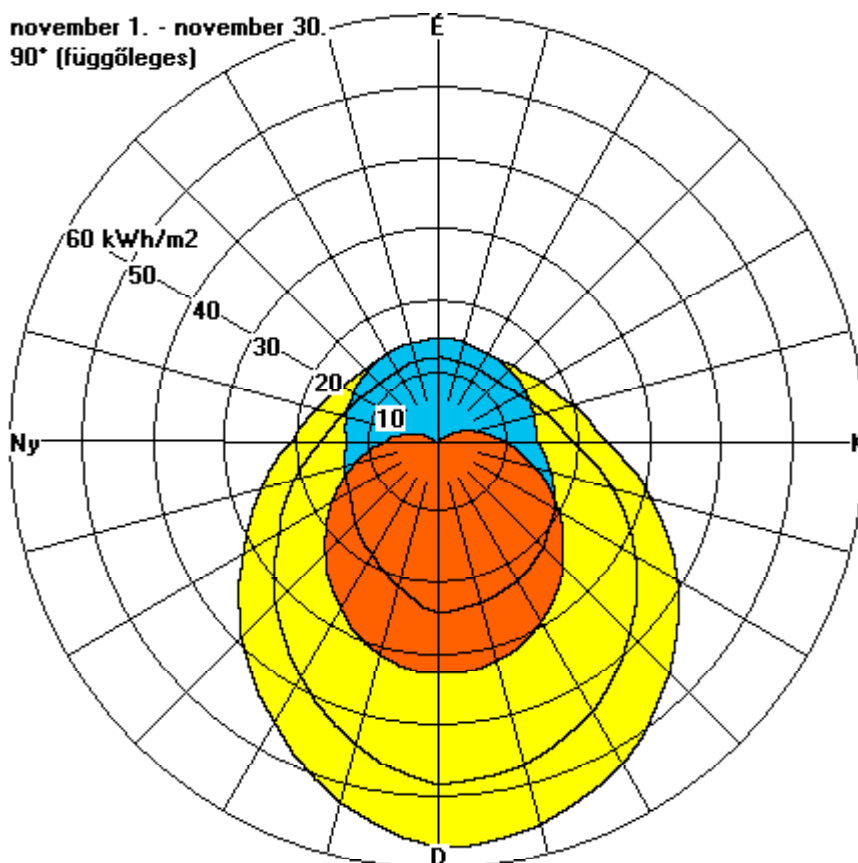
Mint említettük, a torzulást ebben a régióban, s ebben a hónapban, elsősorban a vízpára délelőtti és délutáni különbsége okozza. Megfigyelhető, hogy a májusi reggelek még felhőtlen éggel kezdődnek, de a korábban lehullott csapadék, s ha felhők még nem akadályozzák a napsugarak áthatolását a légkörön, a gyors felmelegedés hatására, kora délelőtt felhősödés kezdődik. Dél körül már jelentősen fedett az égbolt, s délutánra beborul, esetleg csapadék is hullik. Következésképpen a délelőtti-délutáni légkör átbocsátó képesség markánsan különbözik, s ez kifejezésre jut a napenergia égtáj szerinti intenzitásváltozásban is.

Figyelemfelkeltő az a jelenség, hogy a szórt energia intenzitás bármely égtáj irányába, meghaladja a direkt energiáét, holott a közvélemény májusban a közvetlen napfény melegét biztosan többre becsüli, mint a szórt fényét. Hazánkban a szórt fény energia hozamának többlete, a direkt sugárzáshoz képest egész évben jellemző.

A közvetlen napsugárzás délelőtti eső intenzitás torzulása, a várható szimmetriához viszonyítva, a legészrevehetőbb, mert a légkörön áthatoló sugárzásnak meghatározott iránya van, a Nap ágbolti helyzete szerint. Mint látható az **1.1 ábrán**, a közvetlen sugárzás intenzitás torzulása részben kihat a szórt sugárzás eloszlására is, s ebből következik, hogy a teljes sugárzás eloszlása is eltér az egyébként várható szimmetrikus jellegtől.

Minden hónapnak, időciklusnak, klímarégióknak sajátos intenzitás eloszlási jellege van. A maximum napenergia felfogása érdekében, ezért van szükség a napenergia hozamokra támaszkodó szoláris tájolásra. A szoláris tájolás nem csak egy sík, például napkollektor, hanem összetett mértani test, például egy épület esetében is lehetséges.

Mint a későbbiekben bemutatjuk, nem csak a maximum napenergia hozamhoz tartozó égtáj irányát lehet a **SUNARCH** programmal meghatározni, hanem a minimumhoz tartozót is. A **MINIMUM NAPENERGIA HOZAM** égtáj irányának keresése, csak látszólagos ellentmondás. Tudomásul kell venni, hogy trópusi, vagy évszakonként forróra váltó égöv alatt él az emberiség döntő többsége. Ezekben a régiókban az épületek legnagyobb hőterhelését, fölmelegedését nem a levegő magas hőmérséklete, hanem a napsugárzás okozza. Következésképpen – mint azt a későbbiekben bemutatjuk - az épületek minimális napenergia terhelés irányába forgatásával, szoláris tájolásával, a hőteher akár harmadával is csökkenthető.



1.2 ábra. Függőleges sík tájolás szerinti napenergia terhelése a budapesti klímarégióban, november hónapban

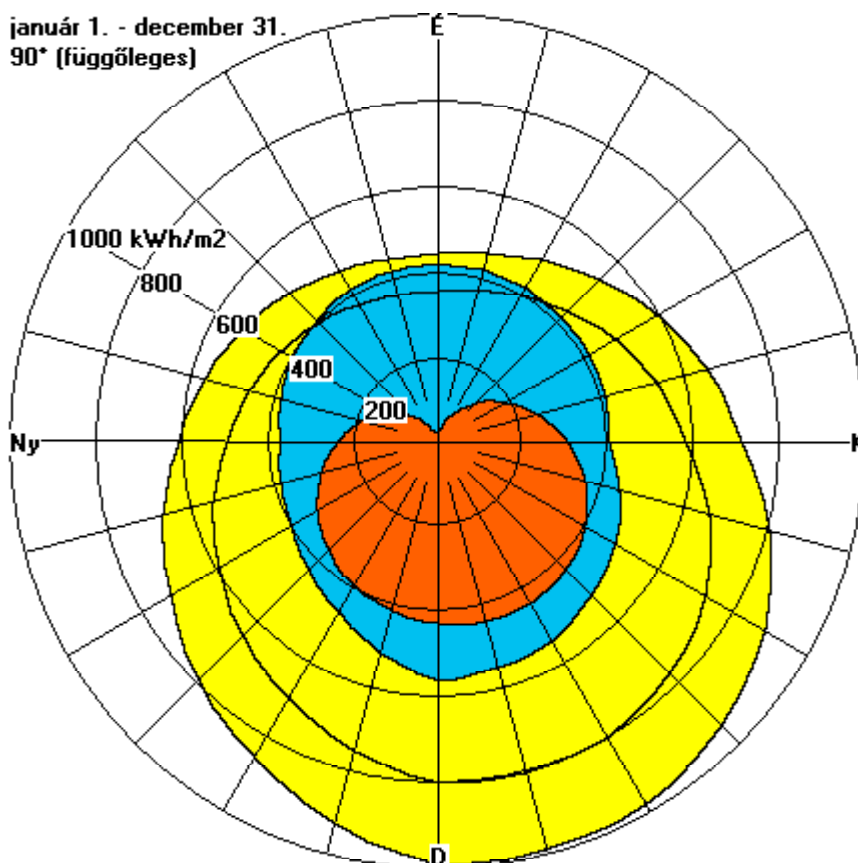
Az **1.2 ábra** a november hónap tájolás szerinti intenzitás eloszlását szemlélteti. Mint észrevehető, a május hónapéhoz képest, nagy különbség mutatkozik a direkt, szórt és globál sugárzások eloszlása között. A direkt sugárzás legfeljebb a téli hónapokban haladja meg egyes égtáj irányokban a szórt sugárzás intenzitását. A direkt sugárzás csaknem szimmetrikus a poláris tengelyhez viszonyítva. A globál sugárzás intenzitásának is van alig észrevehető torzulása délkeleti irányban.

Novemberben, a pólustengelyhez viszonyítva azért közel szimmetrikus az intenzitás eloszlása – szemben május hónapéval – mert ebben a hónapban nincsen a délelőtti és délutáni időjárásban olyan drasztikus nedvességtartalom változás. Ilyenkor gyakran egyenletesen fedett, borús az égbolt szinte egész napon át.

Néhány hónap jellegzetes napenergia eloszlásának bemutatása után, az **1.3 ábra** Budapest régiójában mért adatok alapján bemutatja az összegezett teljes év tájolás szerinti napenergia eloszlásának poláris diagramját.

Nyomon követhető, hogy egy függőleges felületre eső direkt sugárzás összegezett évi, tájolás szerinti intenzitás eloszlása ebben az esetben sem szimmetrikus, hanem délkeleti irányban megnőtt. A direkt sugárzásban jelentkező délkelet irányú torzulás ugyanis kihat a szórt sugárzás és globál sugárzás tájolás szerinti eloszlására is. Ez az aszimmetrikus jelleg teszi szükségessé a felfogó felületek, a napkollektorok, vagy épületek üvegezett felületeinek szoláris tájolását, amennyiben a legkedvezőbb hozamot akarjuk elérni.

A bemutatott időszakokat reprezentáló poláris diagramok eltérő jellegzetessége mellett, nem szabad figyelmen kívül hagyni az égtáj szerinti hozamok intenzitásának nagyságrendjeit, melyek 10 kWh/m² értéktől 800 kWh/m² között váltakoznak.

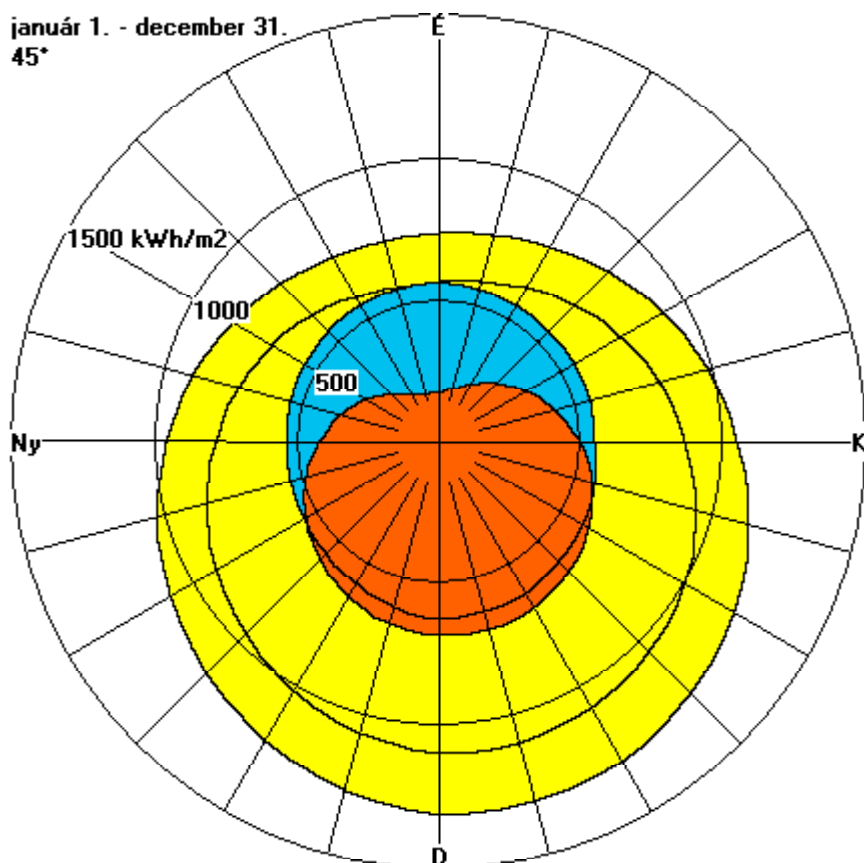


1.3 ábra. Függőleges sík tájolás szerinti napenergia terhelése a budapesti klímaregiónban, a teljes évben

A **SUNARCH** program segítségével természetesen nem csak a függőleges sík tájolás szerinti energia hozamait vizsgálhatjuk, hanem bármilyen dőlésű kollektor várható energiahozama is tanulmányozható.

Az **1.4 ábrán** egy 45°-os dőlésű sík teljes évi, tájolás szerinti napenergia terhelését mutatjuk be. A függőleges helyzetű felfogó felület megdöntésével a tájolás szerinti energiahozam eloszlási jellege fokozatosan megváltozik és az intenzitások megnövekszenek. Ennek magyarázata részben a direkt sugárzás beesési szögeinek változásában, részben a szórt sugárzási hányad növekedéséből származik.

A függőleges helyzetű felfogó felület értelemszerűen az égboltnak csak a felét „látja”, s ezért a teljes égbolt sugárzásnak is csak a feléből részesülhet. Azonban, amint ennek a síknak a dőlésszöge csökken, úgy egyre nagyobb égbolt felületről érkezik a szórt sugárzás. A napenergiát felfogó sík fokozatos döntésével a sugárzási összetevők, a direkt és szórt sugárzás intenzitása egyre növekszik és a tájolás szerinti eloszlás jellege is megváltozik. Nevezetesen egyre inkább közelít a tájolás szerinti eloszlás a szimmetrikus formához. A vízszintes sík nem tájolható, mert azt, helyzetéből adódóan az összes napsugár érheti – amennyiben nincsen előtte árnyékot vető tárgy.



1.4 ábra. Negyvenöt fokos dőlésű sík tájolás szerinti napenergia terhelése a budapesti klímaregiónban a teljes évben

Napenergiaeloszlási diagram szerkesztése

A **SUNARCH** programmal bármelyik választott időszak és bármilyen dőlésű napenergiát felfogó felületnek, napkollektor, vagy épület üvegezett nyílásának várható energia hozama tanulmányozható azáltal, hogy a kívánt paraméterekre beállított program automatikusan megrajzolja az égtájak szerint várható napenergia hozamot.

A poláris diagramon az intenzitás a kör középpontjából kiindulva sugár irányban növekszik. Az égtáj irány, az azimut értékek, értelemszerűen északról kezdődően, órajárás szerint fokokban mérhető. A teljes sugárzást sárga szín, és ennek összetevőit, a direkt sugárzást a piros, a szórt sugárzást a kék szín jelöli.

A **SUNARCH** programot elindítva, a párbeszéd ablakban a **beállítások** gombot aktiválva legördülő választékból a **projekt beállítások**-at kell megnyitni. Az alább látható kinyíló párbeszéd ablakban az **adatbázisból** gombbal, kettős aktiválással, azt a megyét és települést kell választani, amely a vizsgált földrajzi

Projekt beállítások

A földrajzi pozíció adatai

Település neve: Budapest Adatbázisból...

Időzóna: GMT+01:00

Földrajzi szélesség: 47° 26' északi

Földrajzi hosszúság: 19° 11' keleti

OK
Elvet
Súgó
Betöltés...
Mentés...

Meteorológiai adatok

Dátum: január 1 Napkelte: 7:51 Napnyugta: 16:09

Adatsorok:

időpont	azimut	napmag.	direkt	szórt	tájolás	szorzó
jan. 15	8:30	132.9	5.1		0°	
febr. 14	9:30	145.1	11.8		30°	
márc. 15	10:30	158.5	16.6		60°	
ápr. 15	11:30	172.7	19.1		90°	
máj. 15	12:30	187.3	19.1		120°	
jún. 15	13:30	201.5	16.6		150°	
júl. 15	14:30	214.9	11.8		180°	
aug. 15	15:30	227.1	5.1		210°	
szept. 15					240°	
okt. 15					270°	
nov. 15					300°	
dec. 15					330°	

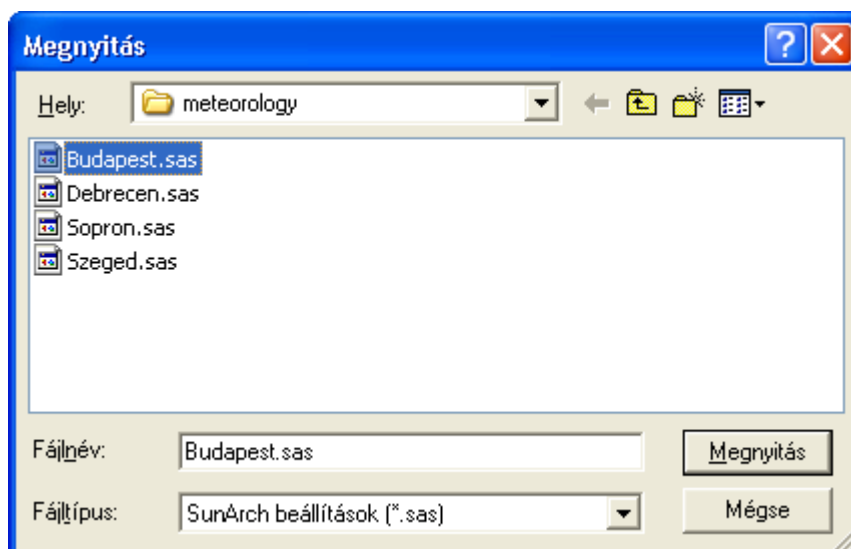
Töröl Direkt értékek számítása a vízszintes felületre eső értékekből... Felvesz Teszt...

1.5 ábra. A földrajzi helyek adatainak beállítása

Településhez a legközelebb fekszik. Amennyiben ismert, vagy meghatározható a földrajzi hosszúság és szélesség, akkor annak megfelelő adatokat kell beírni az ablakba.

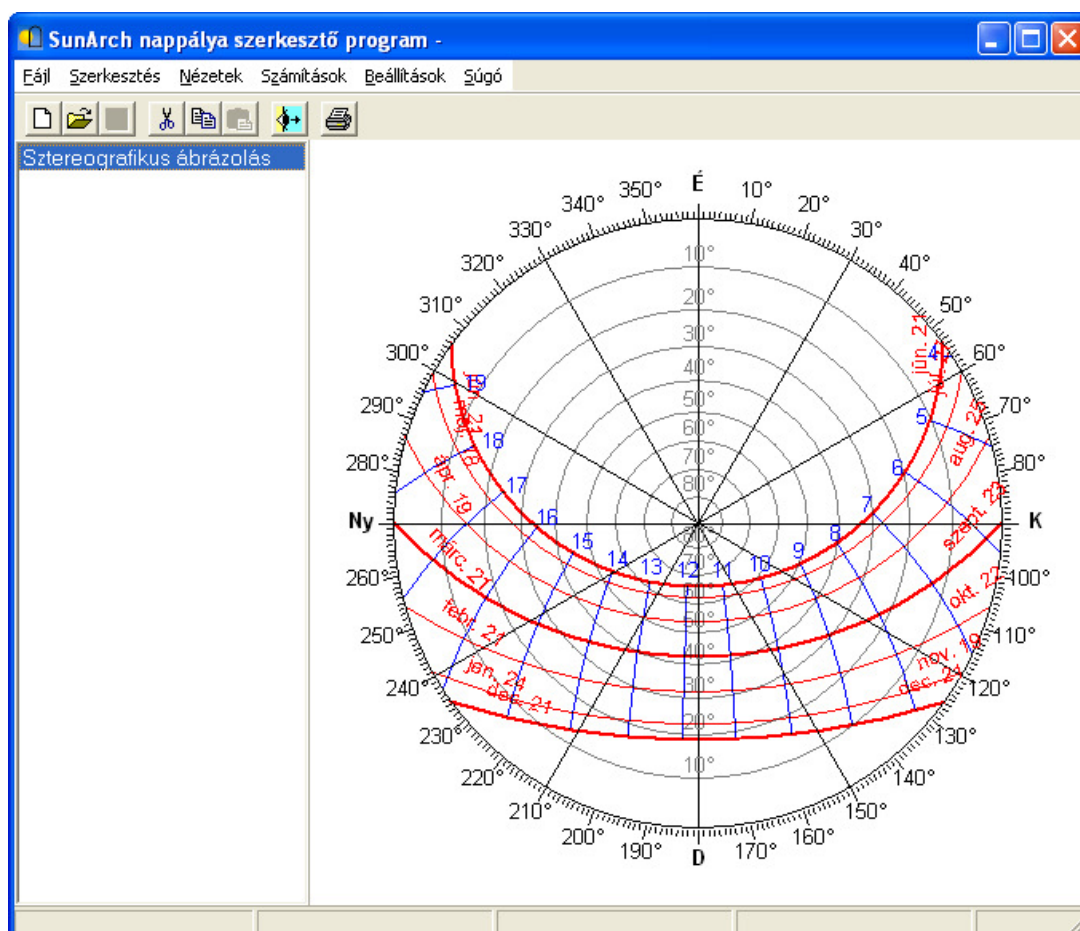
Ha az **adatbázisból** ablakot használjuk, akkor a program, csillagászatilag automatikusan helyi időt közepes napidőre változtatja. Ez ahhoz szükséges, hogy a Nap látszólagos égi mozgását meghatározó szögértékek leginkább a valóságos helyzetét tükrözzék. Ha ismert, vagy megismerhető a vizsgált hely földrajzi koordinátái, akkor a megfelelő ablakokba ezeket kell beírni, azonban a **település neve** ablakból először törölni kell a megjelenő település nevet.

Miután beállítottuk a vizsgált földrajzi helyhez tartozó koordinátákat, a **betöltés** gombot kell működésbe hozni, hogy kinyíljon a hazai klímazónákat hordozó ablak, s ott kiválaszthatjuk a vizsgált helyiséget leginkább jellemző, ahhoz legközelebbi, vele azonos klímazónát, a felkínáltak közül. A betöltési műveletet azáltal végezhetjük el, hogy kijelöljük a megfelelő klímazónát és ezután működtetjük a **megnyitás** gombot. Ezzel a választott klímazóna meteorológiailag mért napenergia adatai automatikusan betöltődnek a programba. Mint látható, az előzményekből, Budapest térsége van kiválasztva, s ezért ezt a zónát jelöltük ki betöltésre.



1.6 ábra. A vizsgált helységhez tartozó klímazóna kiválasztása

Ha a **földrajzi pozíció adatai** ablakban az **ok** gombot működtetjük, ezzel elvégeztük a szükséges előkészületeket a diagram megrajzolásához és megjelenik a vizsgált helység közepes napidőre kiigazított nappálya diagramja.



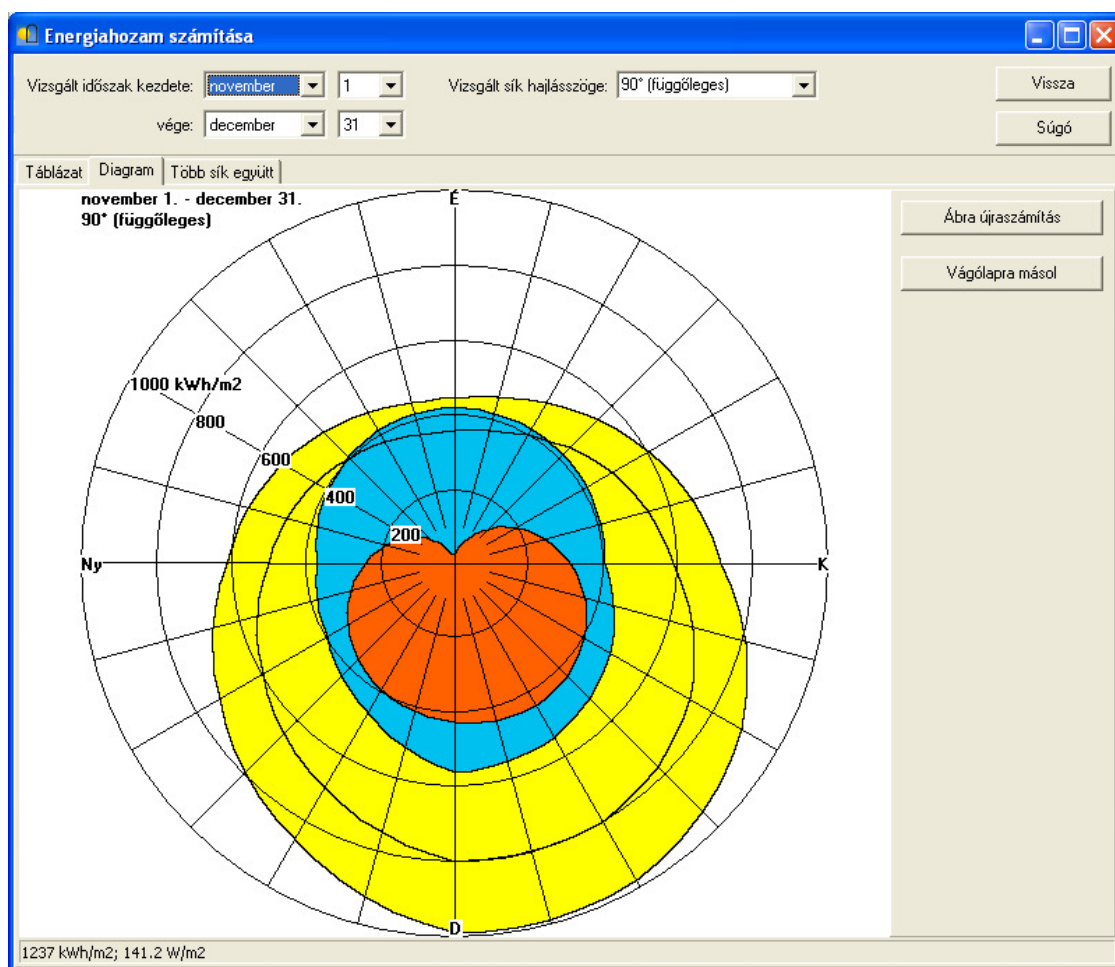
1.7 ábra. A vizsgált földrajzi helyhez tartozó közepes napidőre igazított nappálya diagram

Kézi beállításnál a kirajzolódó nappálya diagram helyességét úgy ellenőrizhetjük, ha megvizsgáljuk, hogy a déli jelző órávonal hány perccel van elcsúszva az É-D pólustengelytől.

A Föld 4 percenként fordul egy szögfokot keletre. Budapest földrajzi hosszúsága kerekítve 19° és az első nemzetközi időzónában helyezkedik el. Ennek az időzónának délben a meridiánja 15° . Azaz csillagászatilag ebben a zónában dél akkor van, amikor a Nap a 15° -os földrajzi hosszúságon, valahol Linz fölött áll. Tehát, Budapesten a csillagászati dél már elmúlt, de ennek megfelelő napállást akkor szimulálhatjuk, ha a földrajzi hosszúságok közötti a 4° földrajzi hosszúságkülönbségnek megfelelő időt – a $4 \times 4 = 16$ percet - a „pontos” időhöz hozzáadjuk. Ezért az óravonal időskálát ezzel azonos óraperc értékkel kell esetünkben nyugatra forgatni. Ez az állapot látható a példaként bemutatott nappálya diagrammon. Az időkorrekciót a program automatikusan elvégzi, ha a helyiségeket az **Adatbázisból** jelöljük ki. A **SUNARCH** program a Nap térbeli koordinátáit úgy fogja leolvasni, mintha dél már 16 perccel elmúlt volna.

A **SUNARCH** program indításakor megjelenő tabló bal sarkában fekvő **számítások** gombbal kinyithatjuk az **Energiahozam számítás** ablakot, mellyel megnyitunk egy párbeszéd ablakot és ezen, a **diagram** gombbal elindíthatjuk a diagram rajzolás műveletét. Az egyéb energiaszámítási műveleteket, amit a táblázat kínál, majd csak a későbbiekben tárgyaljuk.

A fejlécen beállíthatjuk a **Vizsgát sík hajlásszögé**-t, a **Vizsgált időszak kezdete**, **vége** időpontjait. Az időtartamot akár egy napra is kijelölhetjük. A bevitt adatok bármilyen változtatása esetén, az **Ábra újraszámítás** gombot kell használnunk, hogy a módosított adatok szerinti diagram jelenjen meg.



1.8 ábra. Tájolás szerinti energiahozam diagram beállítása

Ha a diagrammon a kurzort mozgatjuk, akkor a bal alsó sarokban megjelenő számok kiírják a poláris diagram által megjelenített értékeket, ahol a nyíl hegye áll. Ezáltal a diagram

bármely pontjáról leolvashatjuk a felvett dőlésű síkra jutó, tájolás szerinti direkt, szórt, teljes, vagy az üvegen áthatoló várható napenergiát.

Ha a számszerű adatokra van szükség, akkor a fejlécen a **Táblázat** gomb megnyomásával, átválthatunk az **Energiahozam számítása** táblázatra, amelyen, Északtól kiindulva a 15° ként, körbeforgatott felfogó felületre érkező energia adatok olvashatók le.

A táblázat baloldalán, a **Számítandó értékek** ablakban megválaszthatjuk a sugárzás fajtáit, illetve a 3 mm vastag üvegen áthatoló energiát. A korábban bevitt adatok változtatása alkalmával a **Táblázat újraszámítása** gombot kell működtetni, hogy a helyes értékek jelenjenek meg. A **vágólapra másol** gomb segítségével az ábra vektoros formában kerül a vágólapra, azt rajzoló programba, vagy szövegszerkesztőbe tudjuk beilleszteni.

A sugárzás fajtájának beállítására nincsen szükség, mert a diagram minden alkalommal mind a négyféle energia hozamot ábrázolja.

ÉPÜLETEK TÚLMELEGEDÉS ELLENI VÉDELEM

Az épületek túlmelegedésének oka az üvegezett nyílásokon át csillapítás és késleltetés nélkül behatoló napenergia. Védekezni akkor tudunk hatásosan a túlmelegedés ellen, ha ismerjük, hogy az adott településen mikor áll fenn ennek veszélye. Általában a közmelegítélés szerint a meleg napokon. Azonban felmerül a kérdés, hogy az adott településen mikor fordul elő meleg nap, s ezek milyen gyakran, milyen hosszan tartanak, mikor kezdődnek és végződnek.

Az épületen belüli hőkényelmet csak akkor tudjuk biztosítani mesterséges berendezések, árnyékolók, légkondicionálás, vagy hűtőberendezés indokolatlan és költséges használata nélkül, ha pontos ismeretünk van az árnyék küszöbről, azaz arról a naptári időpontról, amikor bizonyos valószínűséggel meleg napok bekövetkezése már várható. Ugyanis, vagy építészeti eszközökkel megoldható a kellemes hőérzet megteremtésének feladata, vagy az árnyékoló szerkezet használata bizonyíthatóan indokolt.

Mindenfajta munkavégzés optimuma, akár szellemi, vagy fizikai, abban az esetben érhető el, ha a munkához felhasznált és kibocsátott energia a környezeti hőmérséklettel egyensúlyban van. Ergonómiai mérések igazolják, hogy a kellemesnél magasabb hőmérsékleti környezet hatására a munkavégző képesség rohamosan csökken. Tehát építészeti kötelező ökológiai feladat a zárt terekben a hőkomfort megteremtése, gépi berendezések nélkül.

A **SUNARCH** program ehhez nyújt segítséget azáltal, hogy nyolc jellemző klímaregiót jelképező város számára kirajzolható a 22°C-os hőmérsékleti előfordulások 3-10 és 20 %-os valószínűsége.

Az emberi hőkomfort fogalma a köztudatban az az állapot, amikor sem melegnek, sem hidegnek nem érzi a környezetét. A tudományos meghatározás konkrétabb. Az ember a hőkényelmi állapotban a legcsekélyebb energiát használja fel a környezethez való alkalmazkodáshoz. Ebből mindjárt megérthető, hogy miért csökken a munkavégzés kedvezőtlen hőállapotú környezetben. Mert a szervezet kénytelen energiájának jelentős részét, a nagyon szűkös, 1°C-os belső hőmérsékleti határ fenntartására fordítani. Az ideálistól egy fokkal eltérő vérhőmérséklet a betegségi állapot kezdetét jelzi.

Nemzetközi kutatások eredményeként az optimális hőkényelmi állapotot, könnyű ülőmunka esetén, 22°C-nak megfelelő hőérzetben jelöli meg a temperált égöv alatt élők számára. Más égövön a szervezett adaptációs képességei folytán ez a határ eltérő. Az ideális hőérzet határa nemek, kor, egészségi állapot, munkavégzés jellege stb. szerint változik, de a 22°C nemzetközileg optimumnak, a 26°C pedig a hőkényelmi határ felső értékeként van elfogadva.

A **SUNARCH** programban fellelhető, a klímaregiókat jelző városokra vonatkozó hőmérsékleti adatok százalékos valószínű előfordulása, sokévi meteorológiai léghőmérséklet mérések átlaga. A 3%-os valószínűség a hónap egy napját, a 10 és 20%-os a hónap három, illetve hat napján valószínűsíti a 22°C léghőmérséklet előfordulását. A tervező felelősége a döntés, hogy milyen kockázatot vállal az adott épületben a hőkényelem megőrzését illetően.

Ugyanis, ha 22°C hőmérséklet érzet a hőkényelem ideális határa, akkor többlet hő közlése esetén, vagyis ha közvetlen napsugár érheti a helyiséget, bekövetkezik a hőkényelmetlenség, azaz a diszkomfort, mert a helyiség hőmérséklete magasabbra fog emelkedni, mint a külső léghőmérséklet. A programban megadott hőmérsékleti előfordulások a külső léghőmérsékletre vonatkoznak. A beltéri hőmérséklet 2-4 fokkal általában magasabb a benttartózkodók és berendezések hőleadása következtében. A

22°C léghőmérsékleti határ az optimumot jelzi, ezért takarékosági okokból a hőkényelmi állapot felső határának a 26°C használata is indokolt lehet.

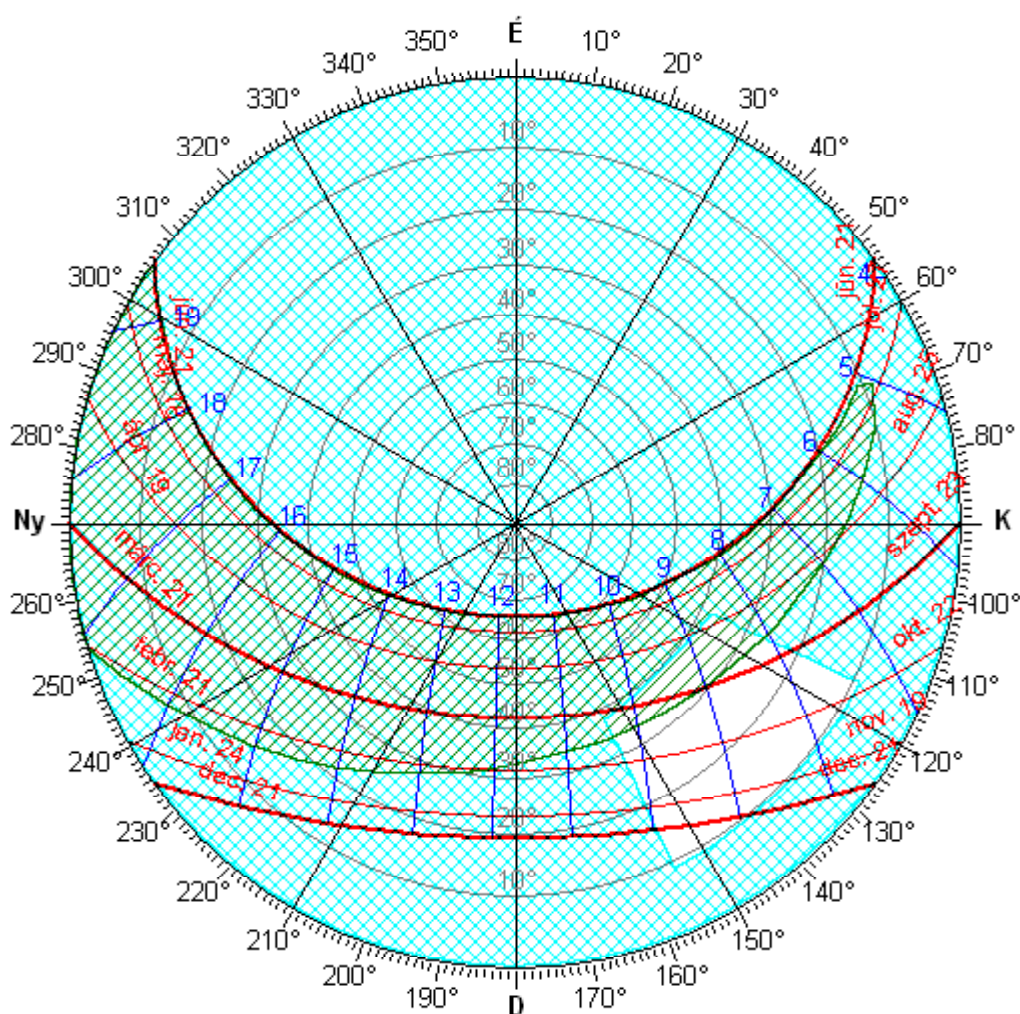
Hőmérséklet előfordulások megjelenítése

A **SUNARCH** program elindítása után, amikor a településhez tartozó nappálya diagram megjelenik, amelynek bal felső sarkában, a **Sztereografikus megjelenítés** –re kattintva, kinyílik egy további párbeszéd ablak, amelyen a **Takarások, Új takarások** gombjait aktiválva, kinyílik a **Takarás adatok megadása** párbeszéd táblázat (2.1 ábra). Ebben a **Határolás módja** lehetőségek közül, javasolt a **Kivágás** formát kijelölni, a vizsgált ablak égbolti képének előállításához. Meg kell adni az ablak tájolásának azimut értékét (135°), jobb és baloldali széleinek irányát (115°, 155°), végül a könyöklő és szemöldök magasságát szög fokokban (10° és 40°). Eztán a **Körvonal színe**, **Kitöltés mintázata** gombok használatával választani lehet a felkínáltak közül, az égbolti vetület színeinek megjelenéséhez.

2.1 ábra. Párbeszéd ablak az égbolt és az árnyékküszöb adatainak beviteléhez

A hőmérsékleti küszöb ábrázolásához az **Új takarást** aktiválva, a **Kitakarás** gombot kell kijelölni. Az ábra színeit a fent leírtak szerint újra beállítjuk, majd a **Betöltés fájlból** gomb megnyomásával, kinyílik az a párbeszéd ablak, amelyben kijelölhetjük a helységet és az előfordulás valószínűségét, a **megnyitás** gombbal elindítottuk a diagram kirajzolását a választott színnel és mintázattal. Az **OK** gomb megnyomása után megjelenik a választott árnyékolási küszöb kontúrvonallal és a kitöltéssel.

A 2.2 ábrán egy délkeleti irányba tájolt szoba ablakának túlmelegedési lehetőségét vizsgáltuk. Ebben az esetben a 22°C 3%-os előfordulási valószínűségét választottuk, amelynek határait a zöld vonalkázott felület határolja. Az előfordulás valószínűsége naptári és óraidőben is leolvasható a vonalkázott felület határai mentén.



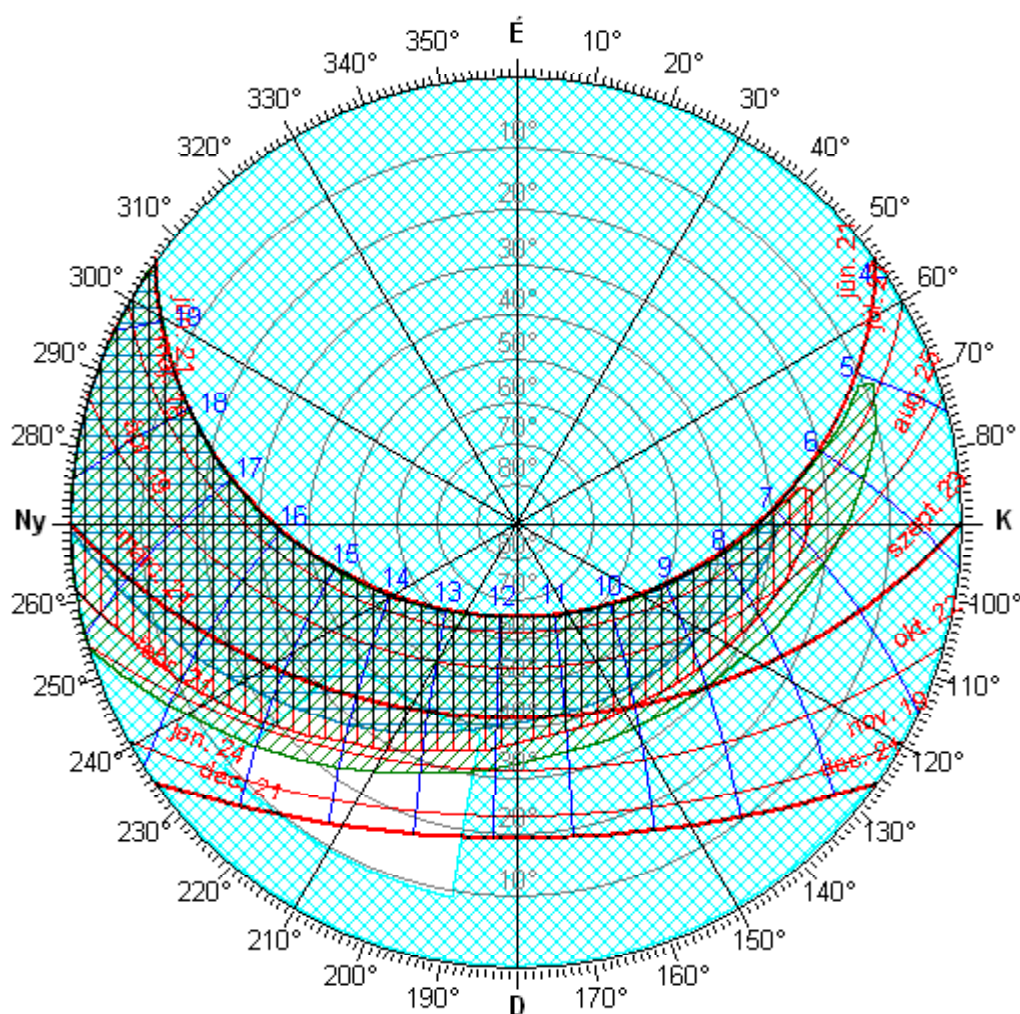
2.2 ábra. A 22°C léghőmérséklet előfordulás 3%-os valószínűsége

Az égbolt kékszínű felületében a vizsgált ablak színezés nélkül jelenik meg. Ezen belül a zöld vonalkázással fedett felület naptári és óraidőben kijelöli a 22°C hőmérséklet 3%-os előfordulási valószínűségét. Ennek birtokában lehet eldönteni a tennivalókat az árnyékolás szükségessége-elhagyása, netán a hűtés megteremtését illetően.

Mint leolvasható, a túlmelegedés veszélye nem áll fenn, mert a 22°C léghőmérséklet szeptemberben, vagy októberben 8-10 óra körül fordulhat elő, amikor mindenki szívesen fogadja már a napsugarakat.

Ha az előzőekben vizsgált ablak tengelye 220° irányába, délnyugatra tájolt, akkor még mindég mellőzhető az árnyékoló alkalmazása, hiszen a 22°C léghőmérséklet a késő őszi és kora tavaszi időszekekre esik, amikor a napsütés valószínűsége csupán 3%-os, ami csupán egy napi előfordulást valószínűsít. Azonban ha biztosak akarunk lenni, feladatunk kifogásolhatatlan megoldásában, akkor érdemes a 10 és 20%-os valószínűségű árnyékolási küszöbhatárokat is rávinni az ábránkra.

A két további árnyékolási küszöbérték megjelenítését könnyen elvégezhetjük, ha a már a 3%-os érték kijelölése után, a **Takarások**, **Újtakarások** gombok használatával a **Betöltés fájlból** gombbal kinyitjuk a meteorológiai adatsort, s ott a kívánt értékeket, például a 10 és 20%-os valószínűségek előfordulását egymás után, de külön-külön, felszerkesztjük a nappályá diagramra a **Megnyitás** gombbal.

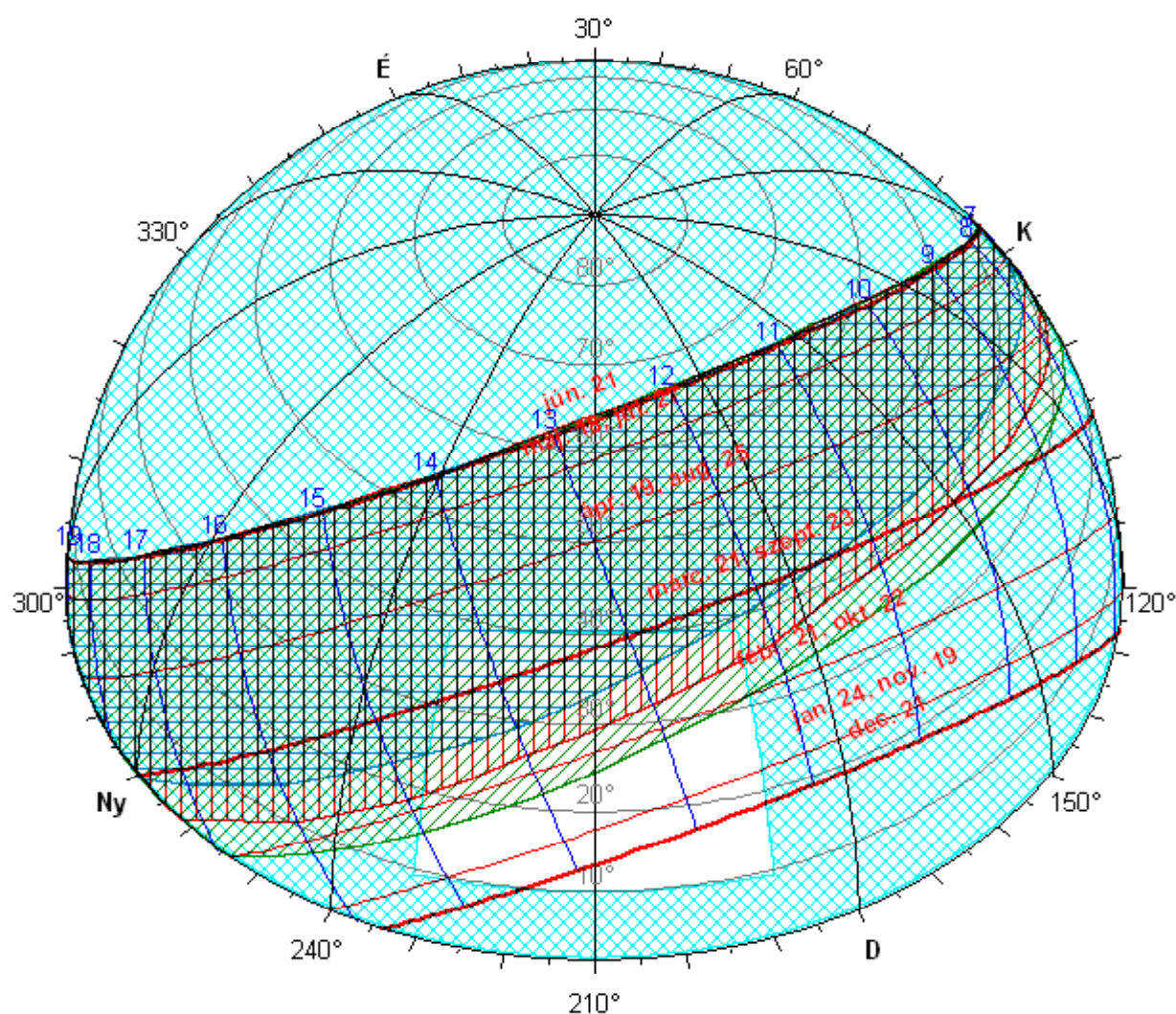


2.3 ábra. A 3, 10 és 20 %-os, 22°C léghőmérséklet előfordulási valószínűségek együttes ábrázolásban

A **2.3 ábra** a három hőmérsékleti előfordulást ábrázolja. Minden valószínűséghez más szín és kitöltés választható. A piros színű kitöltés a 10%-os, a kék a 20%-os előfordulási valószínűséget jelöli.

Az ábráról leolvasható, hogy a 20%-os előfordulási valószínűség sem veszélyeztetheti a helyiség túlmelegedését, amely a valóságban akár hat napos időtartamot is jelent, mert az előfordulás az év olyan időszakában valószínű, amikor az éjszék hűvösek, s akár a fűtés is működik.

A takarásokat energiaszámításoknál maradéktalanul ki kell kapcsolni, mert a program úgy tekinti, hogy az égbolt bizonyos felülete fedett, s az onnan érkező napenergiát kizárja, a számítás eredménye valótlan lesz.



2.4 ábra. A program lehetővé teszi a diagramok térbeli megjelenítését is

A sztereografikusan megjelenő ábrákat térbeli megjelenésűvé alakíthatjuk, ha az **Égboltra vetítve** gombot bekapcsoljuk. Ezáltal mód nyílik a koordináták részletesebb megtekintésére. A **Megjelenítés azimútja** és **Hajlásszöge** gombokkal az ábrát olyan térbeli helyzetbe forgathatjuk, billenthetjük, amely a legelőnyösebb látványt nyújtja.

KOLLEKTOROK MAXIMÁLIS HOZAMA TÁJOLÁSSAL

A Nap délben áll a legmagasabban az égbolton, s ezért a legmeredekebben érik a sugarai a Föld felszínét. Ebből logikusan következne, hogy a legtöbb felfogható napenergiát egy déli irányba, a sugárzásra merőleges helyzetű felületen mérhetjük. A nap látszólagos égi mozgása szerint azonban ez csak akkor lenne igaz, ha a Nap és a felfogó felület között anyagtalan tér helyezkedne el. De minthogy a Földet gázburok veszi körbe, ezért mielőtt a sugarak elérnék a Föld felszínét, át kell hatolniuk a légkörön, amelynek mindenkor fizikai állapota jelentősen módosítja, csökkenti, szűri és visszaveri a sugarakat a világűrbe.

A légkör összetétele a helyi időjárás szerint, a földrajzi helyzettől függően, évszakonként, napszakonként, vagyis délelőtt és délután, továbbá klímaregiónként is változik. A légkör változását, fizikai állapotát, sugárzást átbocsátó képességét a vízpára, por, vagy egyéb szennyező anyag mennyisége befolyásolja. A vízpára telítődés a felszíntől függ, pl. nagy vízfelülettől, erdőségektől, az előző napi csapadék mennyiségétől. A portartalom változást a nagy homokos síkság okozhatja, ahonnan a napsugárzás hatására termikus áramlatok az apró porszemcséket a magasba emelik. De a nagyvárosok közlekedése, gyárak kibocsátása is forrása lehet szennyező anyagok légkörbe emelkedésének.

A légkörben, termikus hatásra függőleges irányú áramlások keletkeznek, melyek iránya napszak szerint ellentétes irányúra váltanak. A vízpára, vagy por éjjel kicsapódik, illetve részben kiülepedik. Ugyanis azok a termikus hatások lecsökkennek, megszűnnek, melyek a szilárd anyagokat felemelték a felszínről és lebegésben tartották. Tehát a legnagyobb energia hozam égtájrányát, vagy a felfogó sík optimális hajlásszögét nem lehet heliogeometriai – a Nap látszólagos égi mozgásának törvényszerűségei – alapján, spekulációval megállapítani, mert bonyolult légkörfizikai folyamatok ezeket a szabályokat felülírják. Ezeknek a törvényszerűségeknek meteorológiai következményeit az **ÉGTÁJ SZERINTI NAPENERGIA HOZAMOK** fejezetben grafikusan bemutattuk.

A temperált égövön a napenergiát hasznosító, felfogó felületek célja, mint az épületek üvegezett felületei és a kollektorok, hogy minél több napenergiát, azaz a lehető maximumot gyűjtsék össze, mert hatékonyságuk ekkor lesz a legjobb.

A kollektor iparban kiélezett harc folyik akár csak egy-két százalék hatékonyság növeléséért, de ezek térbeli elhelyezése, tájolása és dőlésszögük megválasztása szinte teljesen elhanyagolt terület. Holott a tévedések, a hibás beállítások következtében, akár harminc-negyven százalékos csökkenés is bekövetkezhet az energia hozamban. Ennek az az oka, hogy az érintetteknek, a felhasználóknak és szolgáltatóknak nincsen tudományosan megalapozott módszerük az optimális hozamot biztosító égtájrány és dőlésszög megállapítására. Márpedig ez a két paraméter több feltételtől függ, nevezetesen a klimatikus régió sajátosságaitól, a hasznosítás időszak időtartamától, ennek naptári kezdetétől-végétől.

A maximális hozam eléréséhez jelentősen eltérő égtáj irányt és dőlésszöget kapunk, ha egy kora tavaszi pár hónapos, például kertészeti hasznosításhoz, egy nyáron működő campinghez, egy őszi zöldségtermeléshez, avagy egy háztartás egész évi melegvíz előállításához kívánunk napkollektort telepíteni. Természetesen mindezen befolyásoló tényezőkön felül, a telepítés földrajzi helyének klimatikus sajátosságai is hozzájárulnak.

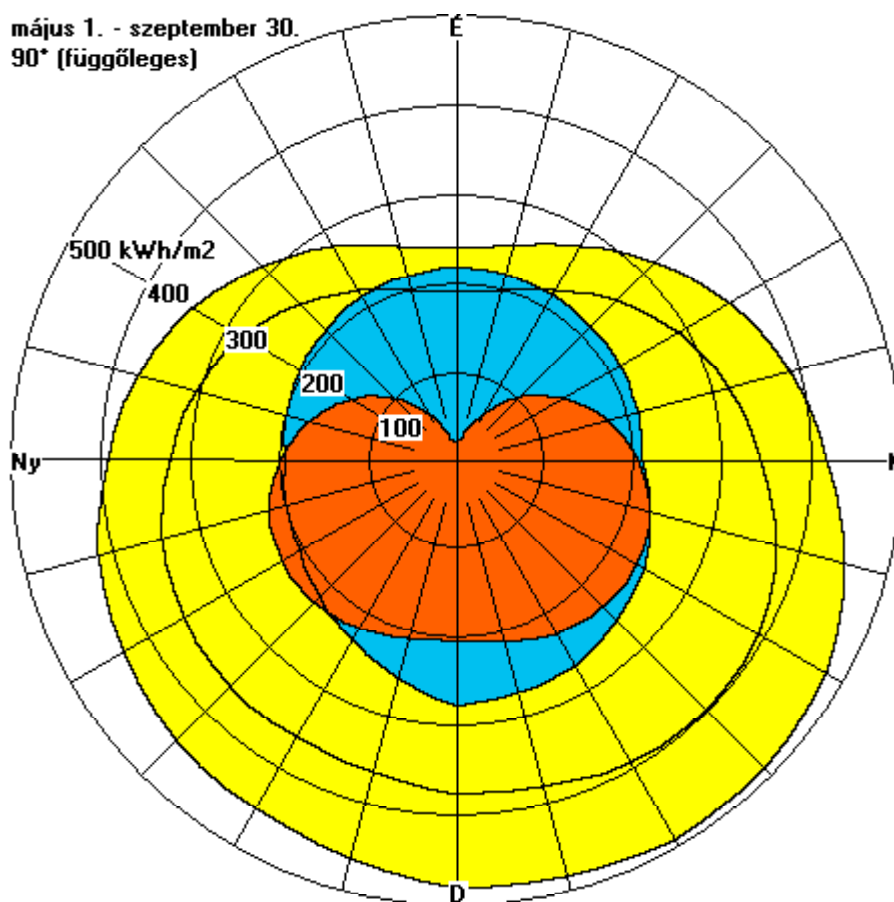
Az optimális tájolást hosszú időszak alatt összegyűjtött meteorológiai adatok átlaga alapján, tehát az adott földrajzi hely valóságos időjárási sajátosságait tükröző sugárzási adatok alapján lehet megállapítani.

A **SUNARCH** program olyan számítógépes eljárást kínál, amelynek segítségével, több hazai klímaregiónban, hosszú időtartam alatt mért, sugárzási adatok átlagára támaszkodva meghatározható a legnagyobb napenergia hozamot biztosító égtájrány és dőlésszög.

Az optimális térbeli helyzet kiválasztásához, megadható a földrajzi hely, a felhasználásra szánt ciklusidő naptári időpontjának kezdete és vége – akár egy napi különbséggel is – továbbá számszerűen külön-külön megvizsgálható, hogy mennyi a hozama a közvetlen napsugárzásnak, a szórt fénynek és a kettő együttes összegének, a teljes napenergiának. Minthogy nem csak a felületre érkező energiára vagyunk rendszerint kíváncsiak, hanem az üvegen áthaladó energia lehet fontos szempont, pl. kollektorok, télikertek, üvegfalak, üvegházak stb. esetében, ezért a program menüjében választható az üvegezett felületen áthaladt napenergia mennyiségének kimutatása is.

A felfogó felületre érkező közvetlen napfény hozama a felület és a fénysugár által közbezárt szögfoktól – a **beesési szög**től - függ. Minél kisebb ez az úgynevezett beesési szög, amit az adott síkra emelt merőlegestől, azaz a **sík normálisától** kiindulva mérünk, annál nagyobb az energia mennyiség éri a felületet. Ezzel szemben a szórt, az égboltról és a talajról visszavert sugárzásnak nincsen meghatározott iránya, így a szórt energia csökkenés nélkül érvényesül a felfogó felületen, amennyiben az égboltot részben-vagy egészben nem fedi el környezeti tárgy. A **SUNARCH** számítógépes program mindezen körülményeket figyelembe veszi az energia hozamok kiszámításánál.

A bejövő sugárenergia égtájtól, időszaktól függően eltérő tulajdonságát akkor lehet érzékelni, ha képzeletbeli függőleges síkokat állítunk minden égtáj irányába és ezeken hosszú évtizedeken át mérjük a beérkező napenergia mennyiségét. Az **ÉGTÁJ SZERINTI NAPENERGIA HOZAMOK** fejezetben részletesen ismertetett diagrammok közül, csupán tájékoztatásként egy, meteorológiai adatok alapján szerkesztett ábrát mutatunk.



3.1 ábra. Napenergia égtáj szerinti eloszlása a szegedi klímaregiónban május 1 és szeptember 30 közötti ciklusidőben

Három színkódot használunk, a **vöröset**, amely a közvetlen napfényt, a **kéket**, amely a szórt sugárzást és végül a **sárgát**, amely e két előbbi sugárzásnak az összegét, a teljes,

másképpen a **globál sugárzás** intenzitását jelöli. Az energia mennyisége a poláris diagramon a középponttól kiindulva, kWh/m² egységben van ábrázolva. A napenergia mennyiséghez tartozó égtáj irány, a felfogó sík **azimutja**, az iránytű fokbeosztása szerint olvasható le. A sárga mezőben megjelenő folyamatos fekete vonal, a 3mm vastag üvegen áthatoló, égtáj szerinti napenergia intenzitását jelöli.

Minden hónapnak, időciklusnak, klímaregiónak sajátos intenzitás eloszlási jellege van. A maximum napenergia felfogása érdekében, ezért van szükség a ténylegesen mért, meteorológiai adatokon nyugvó napenergia hozamokat használó szoláris tájolásra. A szoláris tájolás nem csak egy sík, például napkollektor, hanem összetett mértani test, például egy épület esetében is lehetséges.

Mint a későbbiekben bemutatjuk, nem csak a maximum napenergia hozamhoz tartozó égtáj irányát lehet a **SUNARCH** programmal meghatározni, hanem a minimum naphőterheléshez tartozót is. A **MINIMUM NAPENERGIA HOZAM** égtáj irányának keresése, csak látszólagos ellentmondás. Tudomásul kell venni, hogy trópusi, vagy évszakonként forróra váltó égöv alatt él az emberiség döntő többsége. Ezekben a régiókban az épületek legnagyobb hőterhelését, fölmelegedését nem a levegő magas hőmérséklete, hanem a napsugárzás okozza.

Következésképpen az épületek minimális napenergia terhelés irányába forgatásával, szoláris tájolásával, az épületek naphőterhelése akár harmadával is csökkenthető.

A **SUNARCH** program segítségével természetesen nem csak a függőleges sík tájolás szerinti energia hozamait vizsgálhatjuk, hanem bármilyen dőlésű kollektor várható energiahozama is tanulmányozható.

Maximális napenergia hozamba állítás

Tájékoztatóként az égtáj szerinti energia hozamot megismerhetjük, ha a diagramot megrajzoljuk, hogy a legnagyobb intenzitást ígérő irányt megismerjük. Azonban a napenergia gazdaságos hasznosítása esetén ennél jóval pontosabb, számszerű adatokra van szükségünk, amely hozzásegít, hogy nagy érzékenységgel választhassuk ki az optimális irányt, avagy a sík dőlésszögét.

A kollektor optimális tájolásának és dőlésszögének meghatározásához az alábbi lépéseket kell elvégeznünk, hogy a maximum napenergia hozamot elérjük.

A **SUNARCH** megnyitása után, a kinyíló párbeszéd ablakban megjelenő **Beállítások**, **Pproject beállítások** gombok működtetésével, a kinyíló újabb párbeszéd ablakban az **Adatbázisból** gombbal, kettős gombnyomásokkal, ki kell jelölni a megyét, települést és végül a **Betöltés** gomb segítségével meg kell jelölni a felkínált klímaregiók közül a településhez legközelebb fekvőt. Ezután a **Megnyitás** és **ok** működésbe hozásával automatikusan betöltjük a meteorológiai alapadatokat. Ezzel elvégeztük, az előbbiekben is már részletezett előkészületeket a számszerű napenergia hozamok meghatározásához.

Az előműveletek befejezésével megjelenik a településen érvényes nappálya diagram. Ennek felső bal sarkában a kézzel megjelölt **Sztereografikus ábrázolás**-ra klikkelve, megnyílik a lenti párbeszédablak, amelyen elvégezhetjük a szükséges beállításokat.

Az alábbi lehetőségek közül választhatunk. A **Vizsgálandó sík azimutja**. **Hajlásszöge**. A kollektor azimútját, azaz északról mért tájolását akkor keressük, ha a dőlésszöge adott, de az égtáj iránya szabadon választható. A vízszintes síktól mért dőlésszögét viszont akkor kell választani, ha a kollektor hajlásszöge nincsen megkötve. **Teljesen szabadon** gombot használhatjuk, ha sem a tájolás iránya, sem a panel dőlésszöge nincsen meghatározva.

A **számítandó érték** megadásához az ablak melletti nyíl segítségével, legördíthetjük a választékot. **Direkt sugárzás**-t akkor választjuk, ha csak a közvetlen napfény hozamát akarjuk megtudni, a **Szórt sugárzás**-t pedig ha csak a szórt sugárzás energiahozamára vagyunk kíváncsiak, külön-külön. A **Teljes sugárzás** használatával, a szórt és direkt napfény együttes energia hozamát kapjuk. Végül a **3 mm-es üvegre** menüpontot használva, a kollektorra érkező napenergiát csökkentve, a 3 mm-es üvegen áthatolva, a transzmissziós csökkenést és reflexiós tényezőket, a beesési szögeket is figyelembe veszi a program. Az üveg vastagságnak gyakorlatilag nincsen hatása, figyelembe vétele ezért elhanyagolható. Az optikai felületek száma, tehát a külső-belső tükröző felületek száma a döntő. Többrétegű, bevonatos hőszigetelő üvegek energia átbocsátó tulajdonságát a gyártó cégek százalékosan megadják. A program tiszta üvegfelületet tételez fel.

Végül még hátra van a **Vizsgált időszak kezdete, vége** beállítása. Az ablakok melletti nyilakkal görgethetjük a hónapokat és napokat. Bármely időszak hossz választható, akár egy adott napé is, ha erre szükség van, csak a keresett időpontokra kell állítani az ablakokat. A hónapok kiválasztásánál, a napok száma nem áll automatikusan a hónap utolsó napjára, hanem azt kézzel kell beállítani.

A számítási folyamat elindítása előtt, azonban még a további tényezőket is be kell állítani. A mennyiség tekintetében ki kell választani, hogy az **Időszakra összesítve (kWh/m²)**, avagy a **Napi átlagérték (Wh/m²)** megállapításra van-e szükség. Továbbiakban még az óraidő használat tekintetében is dönteni kell, hogy **Helyi időben**, (csillagászatilag közepes napidőben) avagy **Zóna időben** (az órák által mutatott „pontos” időben) történjen a számítás. Általában a helyi idő használata a célszerű, mert az a Nap tényleges helyzetének megfelelő hozamokat ad.

A tájolás szerinti napenergia hozam megállapításának leglényegesebb művelete az **Optimum keresés feltételé**-nek beállítása. Három lehetőség közül választhatunk: **Adott azimutnál** gombot akkor kell bejelölni, ha a napkollektor, vagy egyéb üvegezett

felfogó felület, télikert, üvegfal, üvegház stb. tájolása adott. Ha a **Maximum** gombot nyomjuk meg a művelet végrehajtásához, akkor válaszul az a hajlásszög jelenik meg, amely dőlés mellett a felfogó felület a legtöbb napenergiát termeli.

Adott hajlásszögnél gombot akkor használjuk, ha a felfogó felület dőlésén nem tudunk változtatni, de a tájolás iránya szabadon megválasztható. A **Maximum** gomb aktiválásával választ kapunk az optimális égtájra, amelyik irányba a felfogó felületet tájolni kell, hogy a legnagyobb mennyiségű napenergiát termelje a felfogó felület.

Teljesen szabadon gombot akkor használhatjuk, ha a felfogó felületnek sem a tájolás, sem a hajlásszöge nem kötött, s azt a dőlésszöget és égtájirányt kívánjuk megismerni, amelyekre állítva a felfogó felület a legtöbb napenergiát fogja termelni.

Természetesen a számszerű eredmény attól függ, hogy a **direkt**, a **szórt**, a **teljes**, avagy a **3 mm üvegre érkező sugárzást** választottuk.

Vizsgálhatunk olyan esetet is, amikor mind a tájolás, mind a dőlésszög adott, például egy meglévő épület tetőfelületén kell elhelyezni a kollektort, de összehasonlításként, az azonos hajlásszögű tetőnek ellentétes tájolású felülete is használható és szeretnénk megtudni, hogy melyik felületbe épített kollektor termelheti a több energiát. Ebben az esetben be kell írni az azimut és hajlásszög adatokat a megfelelő ablakba, **de nem a Maximum keresése gombot**, hanem a **párbeszéd panel jobb felső sarkában az Értékek számítása gombot** kell aktiválni. Az eljárást megismételve az egyes beállításokkal, összehasonlítás adódik, a kedvezőbb energiahozamhoz tartozó elhelyezés választására.