

Benapozásvizsgálat, passzív napenergia-felhasználás

A kedvező benapozás megteremtésének célkitűzése különösen indokolt, mert a civilizált országok lakossága napi életének 80-90 százalékát napfénytől elzárt terekben tölti el. Tehát az evolúció során a napi napfénydózishoz szokott szervezetünk drasztikus változást szenved amióta mesterséges fényt alkalmazunk. A mesterséges fény csak a látást teszi lehetővé, de a hullámhosszak szerinti összetevőjéből, a spektrumából hiányoznak azok a hullámhosszak, amelyek nélkülözhetetlenek szervezetünk egészséges működéséhez, immunrendszerünk megőrzéséhez. Hormontermelésünk olyan mértékben tér el a természetestől, amilyen mértékben a fény spektruma eltér a napfényétől. Nincsen olyan világító berendezés, amely helyettesíteni képes a természetes fényt.

Emellett a XXI. századi tudatos építészetnél gazdasági, fenntarthatósági kérdéseknél is fel kell vetni a napenergia hasznosításának témáját. Itt hibát követ el a tervező, ha ez alatt csupán napelemek, és kollektorok elhelyezésére gondol, vagy ha az épületgépészre szándékozik hagyni az energetika ezen részét. A napenergia felhasználhatósága, és felhasználása a tervezés kezdeti szakaszától - vagy már korábban, a telekvásárlástól - végigkíséri a projektet.

Napenergia hasznosítási módjai:

- passzív eszközök
 - telekadottságok kihasználása
 - megfelelő tájolás
 - Szókratész napház-elvének alkalmazása
 - helyes épülettömeg kialakítása
 - üvegezett szerkezetek aránya
 - hőszigetelés
- aktív eszközök
 - kollektorok
 - napelemek
 - stb.

Passzív rendszerek jellemzője, hogy külön kiegészítő gépészeti vagy elektromos eszköz nélkül fogják fel a nap energiáját. Ezekben a rendszerekben a hasznosítás három részfeladatát: a napenergia begyűjtését, az energia legalább egy részének tárolását, valamint az energia célba juttatását az épület, illetve annak szerkezetei látják el.

Jelenleg elsődleges céljuk elegendő napenergia biztosítása az energiahányos időszakokban, melyet az épület belső hőmérsékletének szinten tartására használnak

fel. Hátránya, hogy éppen ezekben az időszakokban – azaz telente - a sugárzás intenzitása erőteljesen lecsökken. A passzív napenergia-hasznosítás ezért leginkább az átmeneti időszakokban működik, amikor a külső hőmérsékletcsökkenés következtében az épületben már (még) hőveszteség keletkezik, de a napsugárzás még (már) számottevő, így a passzív hasznosító eredményesen kiegészítheti az önmagában is helyesen méretezett, teljes értékű fűtőberendezést, jelentős költségmegtakarítást eredményezve.

A passzív módszerek legnagyobb előnye, hogy nem alkalmaznak gépészeti berendezéseket, ezáltal nincs szükség külső energiaforrásra (pl. villamos energiára) a működtetésükhöz. További előny, hogy bármekkora intenzitású napsugárzás éri az épületet, annak energiamérlege mindenképp kedvező irányba változik. Ha a napsugárzás ereje nagy, a napsugárzást elnyelő felületről fűtőáram indul a helyiség felé, valamint szellőző légfűtésre is alkalmas: magas hőmérsékletű levegő vezethető a helyiségbe. Viszont ha a sugárzás intenzitása kicsi lenne és az energiagyűjtő szerkezet kevésbé melegszik fel, akkor is legalább a hőveszteség kisebb, hiszen a külső felület kevésbé hideg.

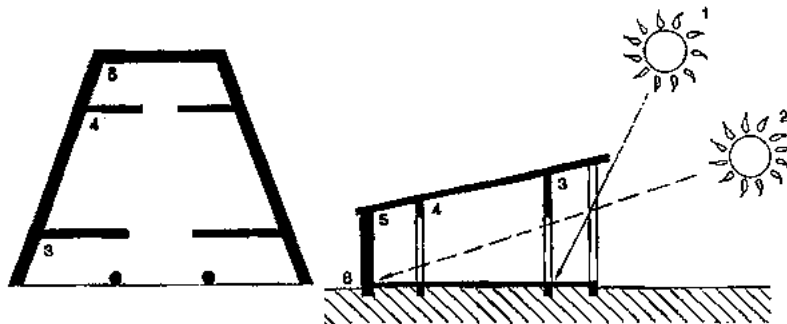
Ezen rendszerek esetében azonban amennyire kívánatos a minél több sugárzási energia felvétele és hasznosítása télen, annyira nem kívánatos ez a törekvés nyáron. A nyári túlmelegedés megakadályozása céljából mindenképpen gondoskodni kell a hatékony árnyékolásról és a szellőztetés lehetőségeiről.

A telek tulajdonságai: Mint ahogyan az a következőkből kiderül, az energiatudatos építkezésre már a településrendezéskor gondolni kell. Azok a telkek a legelőnyösebbek, melyek domborzati szempontból déli oldalon fekszenek. Fontos a telekméret, illetve a beépítésre vonatkozó előírások figyelembe vétele: vetnek-e majd a meglévő, vagy később épülő szomszédos házak árnyékot a mi épületünkre? Ilyen szempontból a környező domborzat is befolyásoló tényező lehet. Szintén ebben a fázisban vizsgálendő a meglévő növényzet elhelyezkedése a területen. A benapozott homlokzatok előtt kedvező hatásúak a nyári hőterhelést csökkentő, lombhullató fák, melyek télen nem akadályozzák a beeső napsugarakat, ugyanakkor az északi, északnyugati oldal felől az örökzöld növények szélvédettséget biztosíthatnak.

Benapozás-vizsgálat: Az egyik legfontosabb, tervezés során elvégzendő feladat. Ennek segítségével állapítható meg, hogy a homlokzatok milyen mennyiségben és szögben, mennyi ideig lesznek kitéve a napsugaraknak, illetve hogy a környező tereptárgyak mekkora részét takarják ki az égboltnak. Többféle módszer is létezik a vizsgálat gyakorlati elvégzésére, melyeket a következő fejezetekben részletesen is be fogok mutatni.

Szókratész napház-elvének alkalmazása: Eszerint a lakóépületekben a kisebb fűtési igényű, a tájolásra kevésbé érzékeny helyiségeket (pl. szélfogó, közlekedő, fürdőszoba, kamra, gardrób, külön WC) a funkcionális szempontoknak megfelelően célszerű úgy elhelyezni, hogy minél jobban védjék a nagyobb fűtési igényű és jobb természetes megvilágítást igénylő helyiségeket a kedvezőtlen tájolási

irányok felől, ezáltal átmeneti, „puffer-zónát” alkossanak a hideg külvilág és a lakóterek között. Többszintes épületek esetén ez a tervezési elv függőleges irányban is értelmezhető (a pince- és/vagy a padlásszint jelenti az átmeneti teret).



1. ábra Szókratész napháza

1. Nyári nap
2. Téli nap
3. Fedett veranda
4. Nappali
5. Tárolók, mint puffer zóna
6. Szigetelt északi fal

Az épület tömegének kialakítása: A legkisebb hőveszteség érdekében érdemes az épületet lehetőség szerint a legkevesebb kiugró résszel tagolni, ugyanis ezek megnövelik a ház azon felületét, mely a külső hideg térrel érintkezik. Ez az elv azonban csak a kisebb létesítményeknél mérvadó, ugyanis egy bizonyos méreten, alapterületen felül a megfelelő belső megvilágítottság érdekében akkor érünk el kedvező hatást, ha tagolással növeljük meg a napsugarak bejutásának esélyeit. A déli homlokzatokon megfelelően méretezett és optimális hőszigetelő tulajdonságokkal rendelkező üvegfelületekkel fordíthatjuk az épület javára a napsütést. A tömegalakítás során határozzuk meg a metszeti elrendezés jellemzőit is. Az a jelleg, ahogyan az épület "bemetsződik" a tájba, a terepbe és levegőbe, meghatározza hőtechnikai sajátosságait. Általánosságban itt is érvényes az az elv, hogy az egyszerűbb profil kevesebb hőveszteséggel jár, de gyakori kivételként említhető, praktikus megoldás megfelelően méretezett tornác kialakítása az épületek déli oldalán, ami nyáron védi az épületet a felmelegedéstől, télen viszont beengedi a kis szögben érkező napsugarakat.

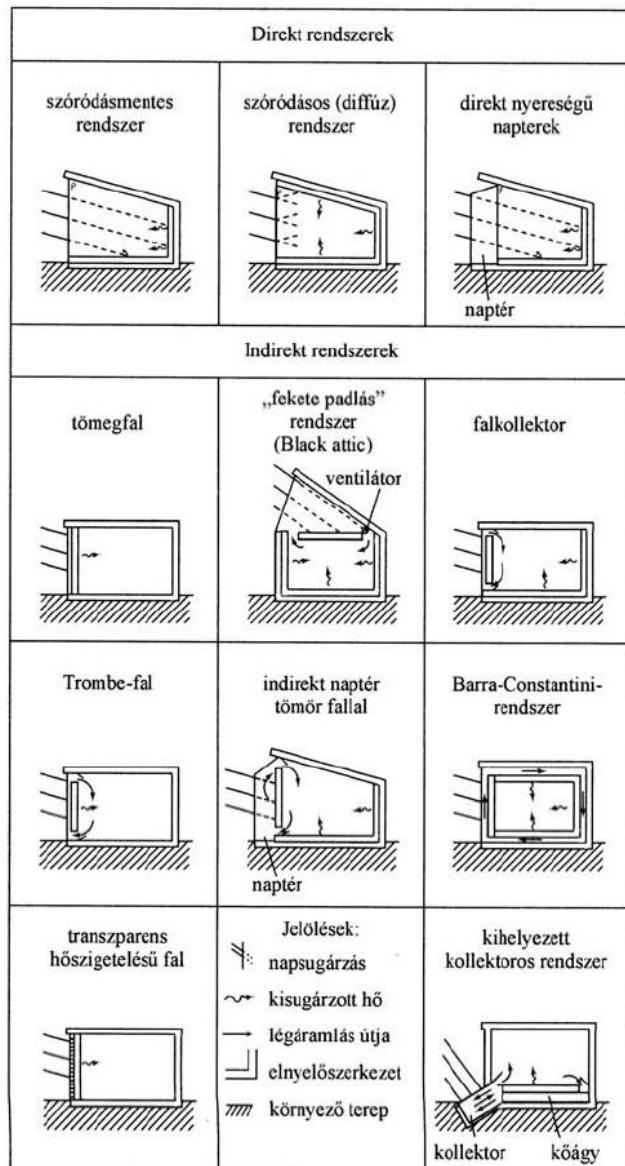
Üvegezett szerkezetek: A passzív szolár házak meghatározó részei. Az üvegfelületekkel határolt belső terek működése az ún. üvegházhatás elvén alapul, melynek az a lényege, hogy a helyiségbe az üvegezésen keresztül bejutó, majd a belső felületeken elnyelt, és onnan visszasugárzott hő hullámhosszának megváltozása miatt sugárzás formájában már nem tud távozni, ezért a belső tér levegőjének hőmérséklete megemelkedik. Ezen szerkezetek tervezése során több fontos szempontot is figyelembe kell vennünk, melyek sokszor egymásnak is ellentmondanak. Ezek közül legfontosabb a jó hőszigetelő képesség, ezt többféle üvegezéssel lehet leginkább elérni. A hő benntartásának érdekében különböző alacsony emissziós tényezőjű optikai bevonatokkal láthatjuk el belső felületét, illetve az üvegek közti réteget nemesgázzal tölthetjük. Hatékony megoldás olyan helyeken, ahol a kitekintés nem elvárás, hogy transzparens hőszigetelésű üvegszerkezet kerül beépítésre, mely egyenletes, káprázásmentes szórt fényt biztosít a helyiségnek. Különleges megoldást jelentenek ma még az ún. "intelligens" üvegek, melyek a napsugárzás időben változó teljesítményéhez alkalmazkodó hő-, illetve sugárzásvédelmet biztosítanak igen változatos technológiával (fototróp, termotróp, elektrokromogenikus, elektroforetikus üvegezések).

Épület megfelelő hőszigetelése: Ahhoz, hogy a szoláris hőnyereséggel gazdálkodni tudjunk, elengedhetetlen a megfelelő külső hőszigetelés. Ennek érdekében különböző réteges falszerkezeteket alkalmaznak, melyekben az egyes rétegek sorrendjét azok hőátbocsátási tényezője és egyéb technológiai szempontok határozzák meg. Hőtechnikailag az a legkedvezőbb, ha a kisebb hőátbocsátási tulajdonságokkal rendelkező anyag kerül a külső, azaz hideg oldalra, mivel ezzel az épületszerkezetiben feltárolt hőmennyiség nagyobb lesz. Ez a hőszigetelő réteg rendszerint érzékeny a nedvességre, párosodásra, ezért átszellőzéséről gondoskodnunk kell. A külön hőszigetelő réteg ellenére akkor gazdaságos a kialakítás, ha a teherhordó szerkezet hőtároló képessége is a lehető legnagyobb. A fenti szempontoknak megfelelően a legelterjedtebb rétegrend kívülről befelé haladva a következő:

- külső homlokzati réteg
- átszellőztetett légtér (opcionálisan)
- méretezett hőszigetelés
- teherhordó (hőtároló) falszerkezet.

A passzív napenergia-hasznosítás rendszereinek típusai

A hasznosítás folyamata három fő lépésből épül fel: napenergia begyűjtése, tárolása és célba juttatása, melyet passzív módszerek esetén az épület szerkezetei végeznek el. Ezen szerkezetek térbeli elhelyezkedése alapján a hasznosítási rendszereket két alcsoportra oszthatjuk. Beszélhetünk **direkt** rendszerről, melyben mindhárom feladatot közvetlenül a fűtendő tér szerkezetei látják el, illetve **indirekt** rendszerről, ahol viszont az energiagyűjtő rész és a hasznosítás helye térben elkülönül. A rendszerek fajtáit az előző oldalon lévő táblázat mutatja be.



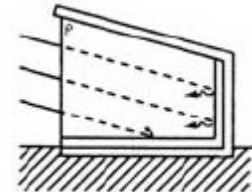
2. ábra Napenergia passzív felhasználása

Direkt rendszerek

Működésük alapja a hőtároló tömeggel (fal, padló) összehangolt ablakkialakítás. Az üvegszerkezetek átengedik a naptól érkező, rövid hullámhosszúságú sugárzást, az épület belső szerkezetei pedig (padlófödém, falszerkezetek) elnyelik azt, felmelegedve fűtik a helyiség levegőjét, viszont az üvegházhatás miatt a meleg sugárzás formájában már nem tudja elhagyni a teret. Ha az épület hőtároló tömege megfelelően nagy, akkor a napközben elnyelt napenergiát elraktározva, és éjszaka átadja a helyiség levegőjének. A rendszer hatékony alkalmazásához fontos az ablakfelületek és a szerkezetek tömegének helyes méretezése. Ez leegyszerűsítve azt jelenti, hogy egy négyzetméter tökéletes

fényáteresztésű felülethez legalább 2000 kg elnyelő-hőtároló tömegre van szükség ahhoz, hogy a bejutó sugárzási energia ne okozzon túlmelegedést. Hőtárolás szempontjából leginkább a hidegburkolatok, falak, átszellőztetett kavicsagyak alkalmasak. Az árnyékolásra megoldást jelenthetnek még a különféle mozgatható szerkezetek és a változtatható tulajdonságú üvegezések. A fényáteresztés módja szerint a direkt rendszerek három fő típusát különböztethetjük meg: szóródásmentes, szóródásos rendszereket, illetve a közvetlen nyereségű naptereket.

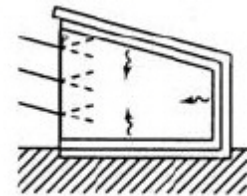
- A **szóródásmentes rendszerben** a hőtároló tömegeket csak a közvetlen napsugárzással besugározható felületen helyezük el. Jellemző szerkezeteit az egymással párhuzamos síkú, átlátszó üveg- és fóliaszerkezetek képezik,



3. ábra Szóródásmentes rendszer

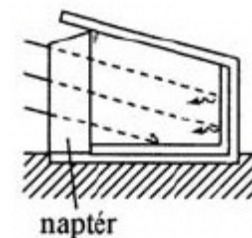
közbezárt légréteggel, energiatakarékos ablakok esetén nemesgáztöltéssel.

- **Szóródásos rendszer** alkalmazása esetén az összes belső felületet elnyelő felületként kezeljük. Fényáteresztő, de nem átlátszó szerkezetekről van szó. Jellemző típusai a kétoldali síküveg, profilüveg, esetleg polikarbonát lemezek közé helyezett kapilláris-, méhsejt-, illetve közel homogén struktúrájú, transzparens hőszigetelő anyaggal töltött szendvicsszerkezetek.



4. ábra Szóródásos rendszer

- **Közvetlen nyereségű naptereknek** azokat a változatokat nevezzük, melyek esetében a naptér mögötti fűtött tér elnyelő felületeit is eléri a napsugárzás. Nagyobb alapterületű, vagy többszintes napterek üvegfedéseként, tetőablakaiként gyakori megoldás a szóródásos rendszeresek határoló szerkezeteit is felhasználni az egyenletes természetes megvilágítás érdekében.



5. ábra Közvetlen nyereségű naptér

- A tárgyalt típusokat **komplexen** is lehet használni, pl. középületek szakipari falaiban, függönyfalainak parapet- és ablaksávjaiban, ahol a kitekintést biztosító felületeket (szóródásmentes rendszer) helyezik el szemmagasságban, míg a többi felületen a szóródásos típust alkalmazzák.

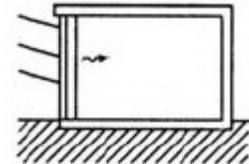
Indirekt rendszerek

Az indirekt rendszereket szerkezeti kialakításuk szerint több csoportba sorolhatjuk, melyeket a következőkben mutatok be részletesen:

- **Energiagyűjtő falak, földemek**
 - tömegfalak, Trombe-falak
 - vízfalak
 - transzparens hőszigetelő falak
 - fázisváltó falak

- „fekete padlás”
- **Indirekt hasznosítású napterek**
- **Levegő hőhordozós rendszerek**
 - falkollektorok
 - Barra-Constantini rendszerek
 - kihelyezett kollektoros rendszerek

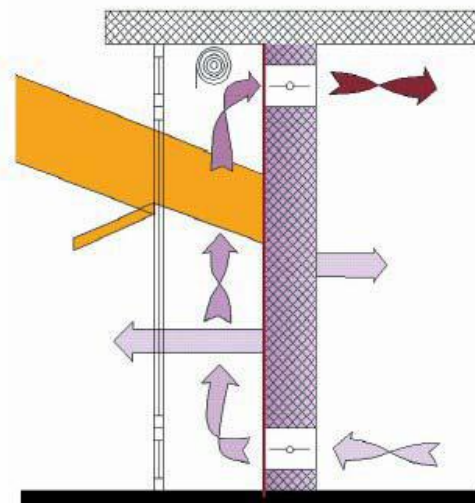
A **tömegfalak** rendszerint déli tájolású, osztatlan felületű, nagy tömegű, külső felületükön abszorber bevonattal ellátott falszerkezetek, melyek elé a külső oldalon a hőnyereség fokozásának céljából jó fényáteresztésű, hőszigetelő üvegezést helyeznek el. Ezt mozgatható árnyékoló szerkezettel is kiegészíthetik. Az abszorber bevonat alatt nagy elnyelő képességű, sötét



6. ábra Tömegfal

színezésű, hőelnyelő felületképzéssel ellátott (pl. érdesített), esetleg szelektív (bizonyos sugárzástípusokat átengedő) réteget értünk. A bevonat elnyeli a napsugárzás hőterhelését, amelyet a mögötte lévő nagy tömeg eltárol, illetve késleltetve a mögötte lévő helyiségbe juttat.

A **Trombe-falak** abban különbözik a tömegfalaktól, hogy üvegfelületeik alsó és felső részén méretezett, megfelelő átszellőzést biztosító ablakokat helyeznek el, melyek többnyire csak télen vannak zárva. Nyáron a nyílások kinyitásával, természetes légközréssel vezetik el a túlmelegedés előidéző fölösleges meleg levegőt, éjszaka pedig lehetővé teszik a hűvös levegővel való áthűtést. Ezt a folyamatot passzív hűtésnek nevezzük. A szellőzőnyílásokat továbbá akkor érdemes kinyitni, amikor a légrétegben lévő levegő hőmérséklete meghaladja a belső léghőmérsékletet, és szükség van fűtőtéljesítményre (ez télen is



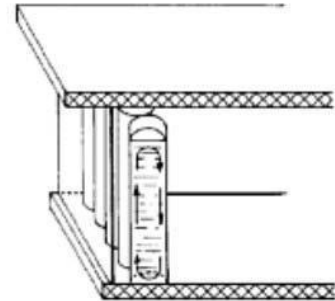
7. ábra Trombe fal

bekövetkezhet). Helytelen használat esetén a csappantyúkat akkor nyitják, amikor a helyiség levegője melegebb. Ez nem csak energiavesztéssel jár, hanem állagkárosodáshoz is vezethet, mivel a levegő nedvességtartalma a légréteg határoló felületeken kicsapódik. A társított árnyékoló szerkezet tovább növelheti a hatékonyságot: nyáron nappal árnyékolja az elnyelő felületet, meggátolva ezzel a határolt helyiség túlzott felmelegedését, ugyanakkor télen, éjszaka az árnyékolás saját hővezetési ellenállása és újabb légréteg létrehozása révén az elnyelő felület és a környezet között hőszigetelő hatást fejt ki, ezzel csökkentve a hővesztéseket. Ha az épület már rendelkezik téglá-, kő- vagy vályogfallal, ezeket is átalakíthatjuk tömegfallá vagy Trombe-fallá, ennek során a szoláris nyereség hasznosítása mellett hőszigetelő-képesség javulást is elérhetünk. Az átalakítást viszont nem végezhetjük

el olyan falak esetén, ahol a rétegrend tartalmaz hőszigetelő réteget, ugyanis ez megakadályozza a begyűjtött hő „áthaladását” a belső, fűtendő tér felé. Ilyenkor falkollektor alkalmazása javasolt.

A tömegfalak és Trombe-falak tervezésekor a megfelelő tisztítás és karbantartás lehetőségére is gondolni kell (pl. nyitható üvegajtók, ablakok alkalmazásával).

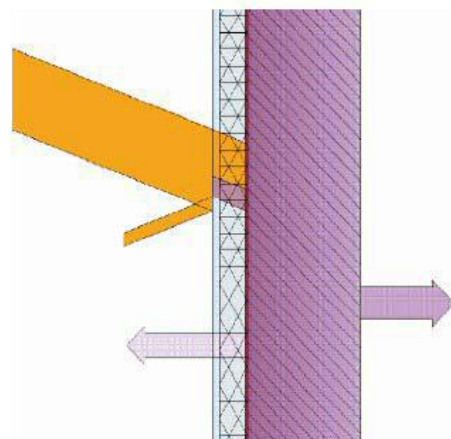
A **vízfalak** működése a tömegfalakéhoz hasonló, de a falat víztároló edények, konténerek alkotják. Ebből kifolyólag a fal teherbírási jellemzői a tömör falakétól eltérőek lesznek, ezt a tervezéskor figyelembe kell venni. A víz fajhője ötször nagyobb, mint az átlagos építőanyagoké, ezáltal hőtároló képessége is ötször jobb lesz, így több szoláris energia eltárolását teszi lehetővé. Nagyobb hővezető képessége nyomán pedig az energia épületbe jutását könnyíti meg. További előnye, hogy a tartályokon belül a hőmérséklet-különbségből adódó természetes áramlások következtében a hőmérséklet-eloszlás egyenletes.



8. ábra Vízfal

Transzparens hőszigetelésű falak annyiban különböznek a tömegfalaktól, hogy azok külső síkját fényáteresztő, de jó hőszigetelésű burkolattal látjuk el. A beeső napenergia jelentős részének elnyelése továbbra is ezen réteg mögött, a fal síkján történik. Az elnyelt energia – mivel a hőszigetelő réteg elválasztja a falat a külvilágtól, és visszafelé már nem engedi a sugárzást – a „könnyebbik” utat választva a nagy hőtároló képességű falba hatol be. A transzparens réteg és a fal érintkezési síkján igen magas hőmérséklet alakul ki, így a fal mögötti helyiségnek átlagos téli feltételek mellett is hőnyeresége van, borús időben pedig, mivel a hő nem tud távozni, csökkenti a veszteségeket. A szerkezet kialakításakor a helyiség túlzott felmelegedését megelőzendő a külső felületet védeni kell az erős napsugárzástól.

Ez több módon is lehetséges: árnyékolással, hőhatásra sötétedő üvegezéssel, szellőztetett légréteg beiktatásával. A transzparens hőszigetelő anyagok négy alapvető csoportja különíthető el: az abszorber felülettel párhuzamos, illetve arra merőleges, durva pórusú, illetve finom pórusú struktúrák. Ezeket elhelyezhetjük üvegezett szerkezetbe beépítve, vagy

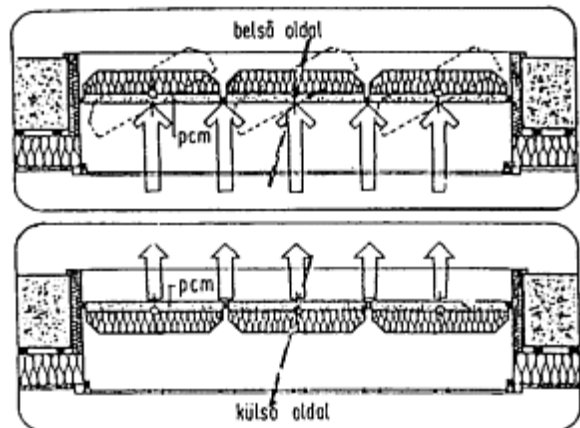


9. ábra Transzparens hőszigetelés

anélkül: a falfelületre ragasztva és áttetsző vakolattal ellátva, mely valójában hordozórétegbe kevert üvegyöngy. Utóbbi megoldás kisebb teljesítményt nyújt, de itt nincs szükség túlmelegedés elleni védelemre, ugyanis a fedőréteg magas a napsugárzás magas beesési szöge esetén (tehát nyáron) kevesebb sugárzást enged át, azt inkább visszaveri. Legegyszerűbb formájában kapilláriscsövek összeillesztéséből készül. Az átlátszó kapillárisokból álló műanyag méhsejt-

szerkezethez leggyakrabban használt alapanyag a polikarbonát illetve a polimetilmetakrilát. Ha a transzparens hőszigetelés sugárzásáteresztő képessége nagy, a minél jobb hőszigetelés érdekében nagy vastagság alkalmazása célszerű. Ellenben ha sugárzás áteresztő képessége kisebb, a vastagságnak határozott minimuma van, ahol a réteg még elég sok sugárzást átereszt, de már elég jól szigetel. A transzparens hőszigetelés mellett szól, hogy már meglévő épületek felújítása során is előnyösen alkalmazható, viszont költségei egyelőre magasak.

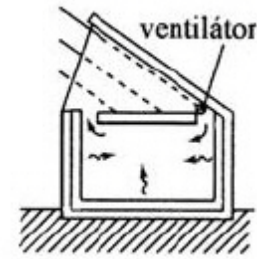
A **fázisváltó fal** a vízfalakhoz hasonlóan nem számít elterjedt megoldásnak. Működési elvének kidolgozása a magyar származású, Telkes Mária magyar származású fizikus nevéhez köthető. A fázisváltó anyagok szilárd-folyékony halmazállapot-változása olyan hőmérsékleten megy végbe, mely alkalmas a napenergia hasznosításának szempontjából. Ezek olyan anyagok, amelyek 16, 20, 29, 32, 35, 50-60 °C fázisváltási hőmérséklettel, 120-180 kJ/kg fázisváltási hővel ismeretesek. A kiválasztott anyagtól függően ez 20-60 °C között változik. A napsugárzás hatására a melegedés csak a fázisváltó hőmérsékletig történik meg a falban, ezt követően maga a fázisváltás már állandó hőmérsékleten megy végbe, egészen addig, míg a teljes mennyiség folyékonyvá válik. A külső hőmérséklet csökkenésével ez a folyamat visszafelé játszódik le, miközben a tárolt energia hő formájában felszabadul. A fázisváltási hőmérséklet, és annak alapján a fázisváltó anyag megválasztása komoly megfontolást igényel. Hiába értékesebb és gazdaságosabb a magasabb hőmérsékleten tárolt energia, ha az idény során nincs elegendő napenergia a fázisváltáshoz. Ebben az esetben a fázisváltó fal nem több egyszerű tömegfalnál – aminek a hőtároló tulajdonságai ilyen körülmények közt általában rosszabbak, mint egyszerű falazott társainak. Túl alacsony



10. ábra Fázisváltó fal

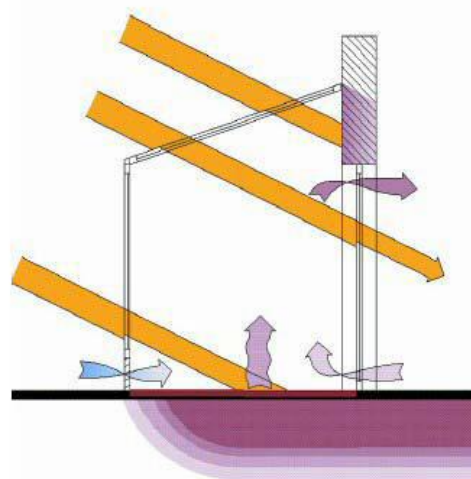
fázisváltási hőmérsékletnél viszont, amennyiben túl sok napenergia éri el a szerkezetet, a halmazállapot-változás lezajlása után már csak nagyon rossz határfokkal működik a fal, nem tudja elnyelni a hőt, túlmelegszi, viszont a kinti lehűlés után csak kis mennyiséget képes „visszaadni”. A kiválasztott anyag különböző tárolóedényekben kerül beépítésre az energiatároló falakba, vagy akár a belső határoló szerkezetekbe. Adalékanyagként gipszbe és vakolatba kevert változatokat is kipróbáltak már. Az ábra egy különleges beépítési módot mutat: a forgatható elemeknek nappal a tárolós, éjjel a hőszigetelt oldala néz kifelé. Az eddig tárgyalt típusok (tömeg-, Trombe-, vízfalak, transzparens hőszigetelésű és fázisváltó falak) védelmet jelentenek ugyan a lakótér hőszigetelése szempontjából, viszont a helyiség használata – külső térrel való kapcsolatot, természetes világítás – szempontjából előnytelenek.

Ezzel szemben az ún. **fekete padlás** kialakítása nem befolyásolja a helyiségekbe jutó fény mennyiségét. Olyan üvegezett tetőtérrel van szó, melynek belső felületeit abszorber felületekként alakítják ki, hőtárolóként pedig a födémszerkezetet hasznosítják. A beeső napsugárzás kisebb részben a padlástér levegőjét, nagyobb részben a födémet melegíti, mellyel télen csökkenti annak hőveszteségét, átmeneti időszakokban pedig jól temperálja az alatta lévő helyiségeket az esti lehűléssel szemben. A padlástéren keresztül a helyiség szellőzése is megoldható. E rendszer kis energia-felvételű ventilátor beépítésével légfűtésre is alkalmas, átfedést képezve a levegő-hőhordozós rendszerekhez.



11. ábra Fekete padlás

Az **indirekt hasznosítású napterek** azok az épülethez csatlakozó, transzparens külső határoló szerkezetekkel rendelkező terek, amelyek a fűtött épületrészhez kapcsolódnak, az épületből megközelíthetők, és nincs mesterséges fűtésük. A napsugárzás a naptér nagyméretű üvegezett felületein bejutva a padlón, valamint az üvegház és a mögöttes helyiségek közötti falak felületén nyelődik el, azokban tárolódik és részben a falakon keresztüli hővezetéssel, részben természetes légmozgással jut a mögöttes helyiségbe. A dupla, hőszigetelő üvegezésnek és az üvegházhatásnak köszönhetően a begyűjtött energia csak kismértékben tud kijutni a



12. ábra Indirekt hasznosítású naptér

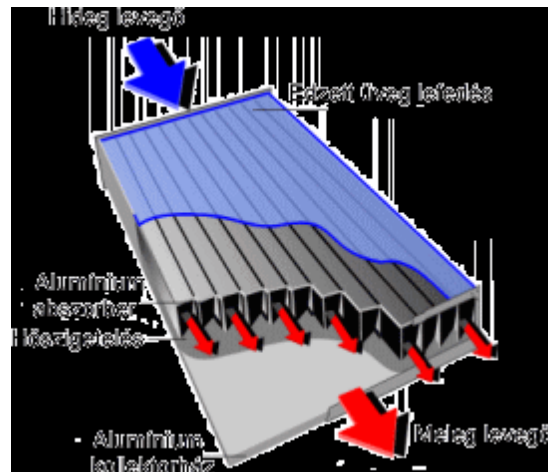
naptérből. A napterek alkalmazása nagymértékben befolyásolja az épület téli hőveszteségét. A falszerkezetek egy részét elhatárolják a külső tértől, mintegy hőmérsékleti puffer-zónát kialakítva, illetve előmelegített szellőző levegőt szolgáltatnak a belső helyiségeknek, ami a szellőzési veszteségeket csökkenti. További előnyük, hogy az év jelentős hányadában az épület értékes bővítményeként használhatók. Kiépítésükkor a délihez minél közelebbi tájolásra kell törekedni, de a környező beépítés és a tereptárgyak árnyékoló hatását sem szabad figyelmen kívül hagyni. A nyári túlmelegedés elkerülése érdekében külső árnyékoló rendszer kialakítása, az intenzív szellőzés lehetőségének megteremtése, valamint a mögöttes épület éjszakai (és a naptértől független útvonalon keresztüli) szellőztetése, hűtése javasolt. A napterek hőveszteségét alaprajzi helyzetük és üvegezésük módja döntően meghatározza. A külső térrel három oldalról érintkező változatok és az egyrétegű üveggel ellátott variációk kevésbé előnyösek, míg a külső oldalon kétrétegű hőszigetelő üvegezésű, vagy az épületbe integrált megoldások kedvezőek. A levegő hőhordozós rendszereket az különbözteti meg az eddig bemutatott kialakításoktól, hogy bennük a begyűjtött energiát felmelegített levegő formájában

szállítjuk, és természetes áramlás, esetleg kisebb kiegészítő ventilátorok segítségével fűtjük a belső helyiségeket.

A **légkollektorok** működési sémája hasonló a Trombe-falakéhoz, annyi különbséggel, hogy nagy tömegű hőtároló fal helyett egy könnyű és szigetelt falszerkezetet használunk, mely elnyelő felületként működik. Az elnyelő felület tipikusan alumíniumból készül, mely szelektív felületbevonattal van ellátva. Beépítés szerint három típust különböztetünk meg:

- tetőidomra ráépített
- héjalással szerkezetileg és funkcionálisan integrált
- külső falra ráépített (ritka)

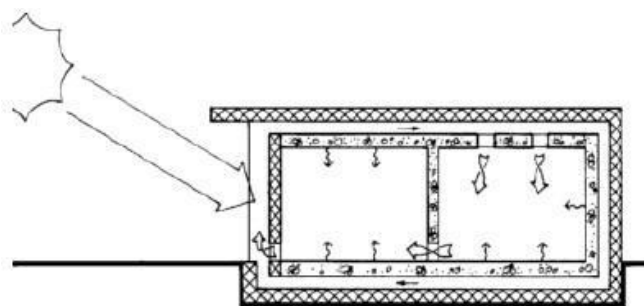
Az áramló levegő útvonala alapján különbséget teszünk még a fedetlen és fedett légkollektorok között is. A fedetlen légkollektoroknál a levegő az elnyelő lemez alatt halad el. A lemezt a teljes sugárzás éri ugyan, de mivel közvetlenül érintkezik a külvilággal, nagy hőveszteségekkel kell számolnunk. Ezzel szemben a fedett légkollektoroknál üvegezéssel látjuk el az abszorberfelületet, ekkor a felmelegített levegő



13. ábra Légkollektor

elvezetésére két lehetőségünk van: az üveg és az elnyelő között, vagy az elnyelő alatt áramtatjuk azt. Előbbi kialakítás egyszerűbb szerkezetet eredményez, de kevésbé jó hatásfokot ér el a második lehetőséggel szemben, ahol az elnyelő lemez és az üvegezés közötti mozdulatlan légréteg hőszigetel.

A **Barra-Constantini rendszerben** a falkollektort előre kiépített, zárt áramkörű légcsatornák egészítik ki, melyeket az épület falaiba és a födémbe építünk be. Így ezek az épületszerkezetek egyúttal hőtároló tömegekként is funkcionálnak. A levegő függőleges irányú áramtatását ebben az esetben is rábízhatjuk a természetes folyamatokra, vízszintes irányban azonban a legtöbbször kiegészítő ventilátorokra van szükség. Ezt a kialakítást olyankor célszerű alkalmazni – aránylag magas költségei ellenére –, amikor a fűtendő helyiségek valamilyen

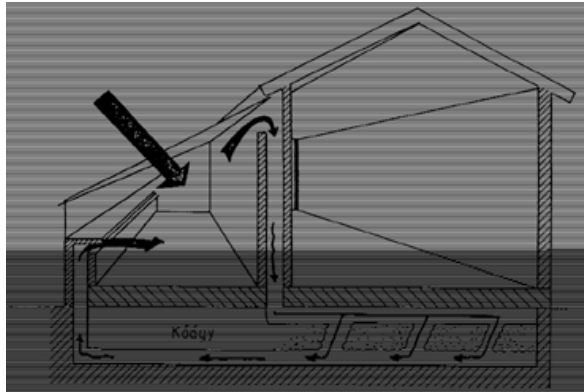


14. ábra Barra-Constantini rendszer

oknál fogva az északi oldalra kerülnek (pl. telekadottságok, utcavonal iránya). Az épületen belül elhelyezett hőtároló tömegek miatt a rendszer hővesztesége éjszakánként vagy borús időben a többi típushoz képest kicsi. További előnye, hogy

a padló- és mennyezetfűtésnek köszönhetően a hőleadás egyenletes eloszlású, és a bent tartózkodók hőérzete kellemesebb lesz.

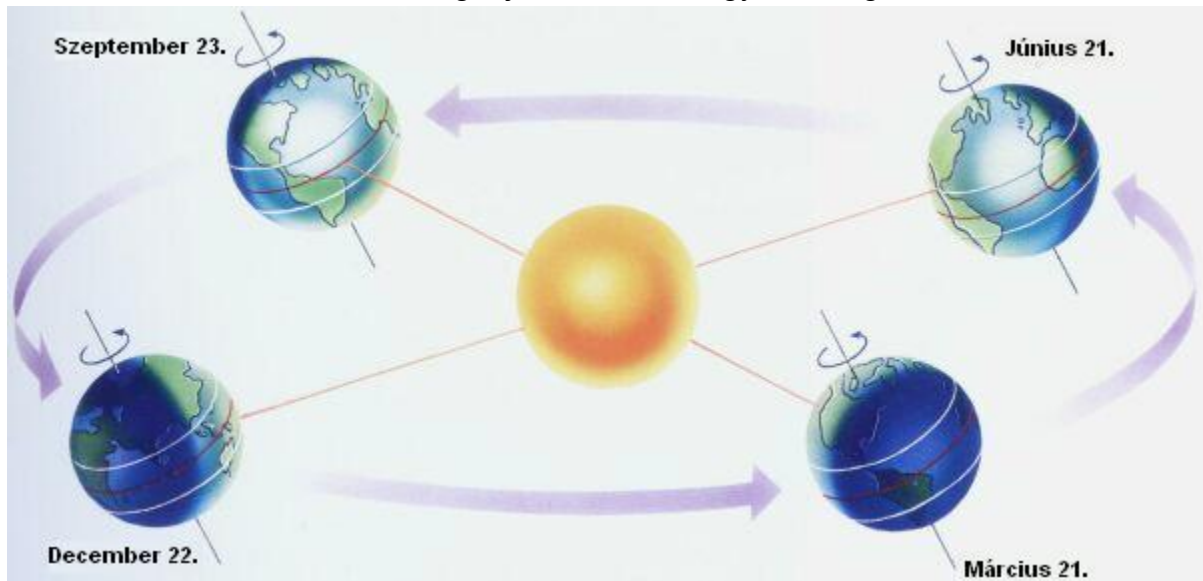
A **kihelyezett kollektoros rendszer** a hasznosító lakótértől külön, annak padlószintje alatt elhelyezett levegős kollektorból, valamint az azt a hasznosító térrel összekötő légcsatornából áll. Ennél a megoldásnál a fűtendő helyiség alá elhelyezett, nagy tömegű hőtároló rétegen (rendszerint alulról hőszigetelt, szellőztetett kőágyon) keresztül áramoltatják a kollektor által felmelegített levegőt. A rendszer a kollektor-felület hőmérsékletétől függően légfűtésre és léghűtésre egyaránt üzemeltethető. A külső kollektor-felület kedvező tájolása természetesen déli, határfoka 40-45 fokos hajlásszögnél a legjobb. Ezzel bemutatásra került minden lényeges variáció, mellyel a napenergiát passzív módon tudjuk hasznosítani. Léteznek még ún. hibrid rendszerek is, melyek egyesítik a passzív és aktív módozatok működési részeit, legtöbbször úgy, hogy a passzív módon begyűjtött energiát (hőt) valamilyen kiegészítő, általában elektromosan működő szerkezet továbbítja a tárolás vagy a felhasználás helyére.



15. ábra Kihelyezett kollektoros rendszer

Benapozásvizsgálat

Mint ismeretes, a Föld keringve a Nap körül elliptikus pályát ír le. Ez idő alatt változik a földfelszínre érkező napsugárzás beesési szöge az évszakok váltakozásával a kontinentális éghajlaton, azaz Magyarországon is.

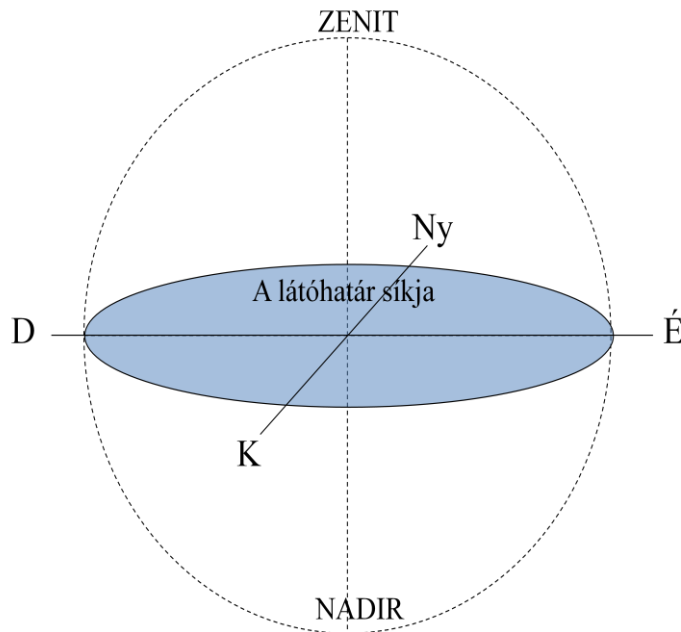


16. ábra Föld pályája a Nap körül

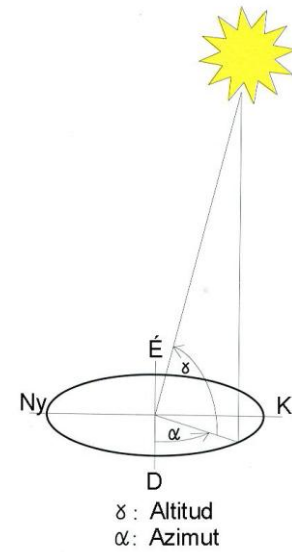
Az ókorban (pl. szókratészi napház), és a népi építészetben figyelembe vették, és kezelték az ebből származó hatásokat, de az évek alatt ezek a megoldások, népi praktikák feledésbe merültek, mondhatni "rossz" házak keletkeztek túlmelegedő déli és/vagy hideg északi állandó tartózkodásra kialakított helyiségekkel. Ezek már az említett élettani hatások miatt is kedvezőtlenek, és teljes mértékben ellentmondanak a tudatos építészet alapelveinek is.

A napenergia tudatos használatára való igény növekedésével egyre fontosabbak a benapozásvizsgálatok, hogy passzív, és aktív rendszereink hatékonyan bírjanak működni, hiszen a 60° -os beesési szögértéktől a reflexiós hányad rohamosan növekszik, míg a transzmissziós pedig rohamosan csökken.

A vizsgálat elkezdéséhez a következő fogalmak ismerete szükséges:



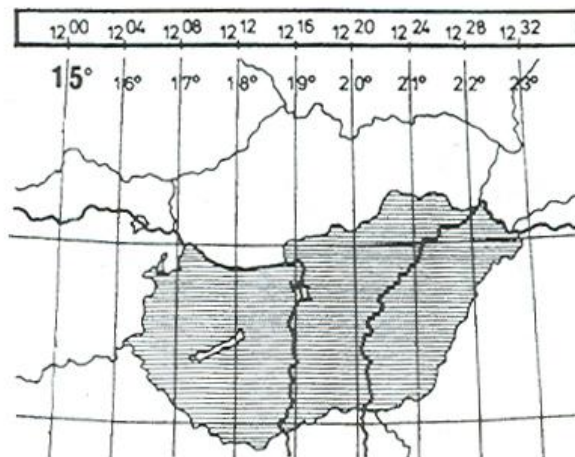
17. ábra Tengelyek



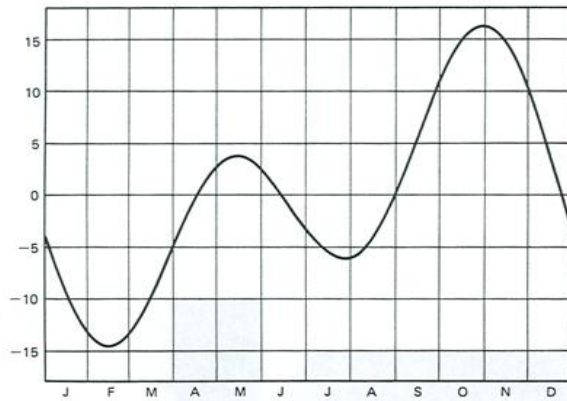
18. ábra Napszögek

Korrekciók: Az országban, vagy régióban mért zónaidőtől eltér a valós, szoláris idő, mely eltérést, amennyiben pontosan akarunk számolni, figyelembe kell venni. Három korrekció szükséges:

- az időzónán belüli hely szerint
- a Föld nem egyenletes mozgása miatt (úgynevezett E korrekciós tényező)
- a nyári időszámítás miatt.



19. ábra Magyarország hosszúsági körei



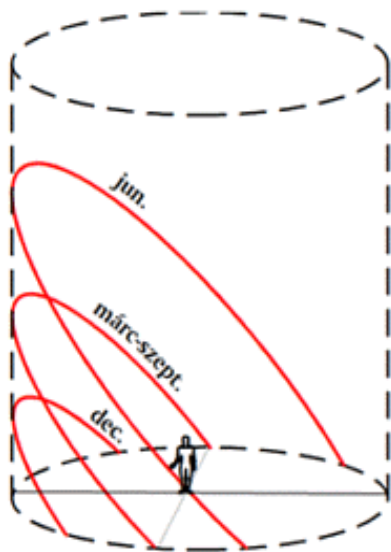
20. ábra E korrekciós tényező

A pontos helyszíni koordinátákat ismerve ez már könnyen meghatározható:

$$\text{szoláris idő} = \text{zónaidő} + (\text{adott hosszúsági kör} - 15^\circ) * 4 \text{ perc} + E$$

Hogy kezelhető legyen a nappálya, ahhoz kézi számításkor mindenképp, de gépi alkalmazásnál is általában szükséges két dimenziós leképezésre. Ennek két bevett módja a hengeres, és a sztereografikus leképezés.

Hengeres nappályadiagram (Waldram-diagram):



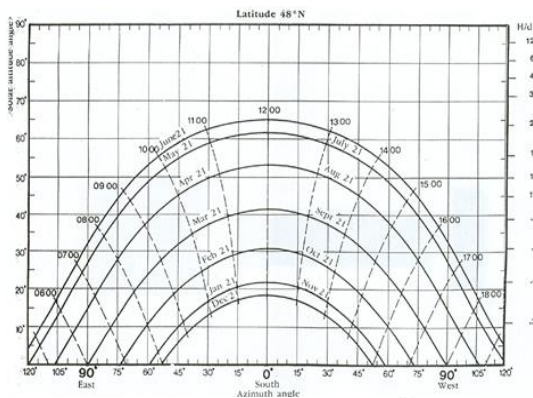
Ilyenkor a Nap pályáját egy henger palástjára vetítjük oly módon, hogy a szemlélő a henger alapkörének középpontjában áll (mely egy adott földrajzi helynek felel meg) és az Egyenlítő irányába néz. A henger palástját az ellentétes oldali alkotó mentén felvágjuk és kiterítjük, így kapjuk meg a kiterített nappályadiagramot.

A nappályák ismerete viszont csak teljesen nyílt terepen elégséges ahhoz, hogy napos órákat, vagy szoláris energiát számolhassunk. Ehhez figyelembe kell venni az épületünk tájolását, illetve természetes, és épített környezet hatásait is, ami akár évszakok alatt változhat is, mint például egy lombhullató fa lombja.

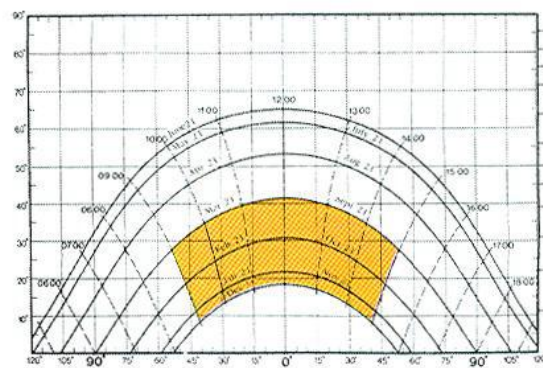
21. ábra Hengerre vetített nappályák

Ezért amennyiben eltér a déli (0°) tájolástól a vizsgált szerkezet, vízszintes eltolást alkalmazunk az élelképző görbékre, szükséges esetén számolunk függőleges, és vízszintes árnyékolással. A téli elérhető direkt sugárzás maximalizálása érdekében a nappályadiagramon a szeptember/március és december hónapok vonalai között, a reggel 9 és délután 3 óra időpontokat jelölő vonalak közé eső tartomány zavartalansága a legfontosabb.

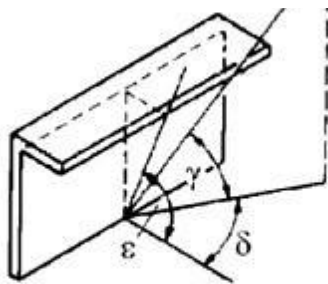
Ezért amennyiben eltér a déli (0°) tájolástól a vizsgált szerkezet, vízszintes eltolást alkalmazunk az



25. ábra Kiterített diagram



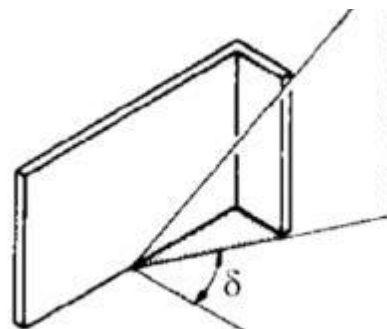
24. ábra Fontos időtartomány



ϵ = függőleges árnyékszög

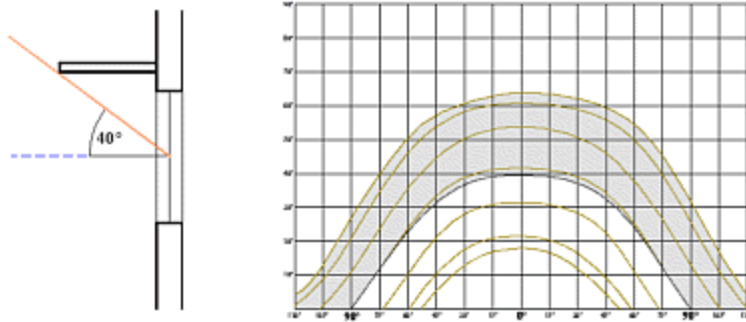
$$\tan \epsilon = \tan \gamma \times \sec \delta = \tan \gamma / \cos \delta$$

23. ábra Függőleges árnyékolás

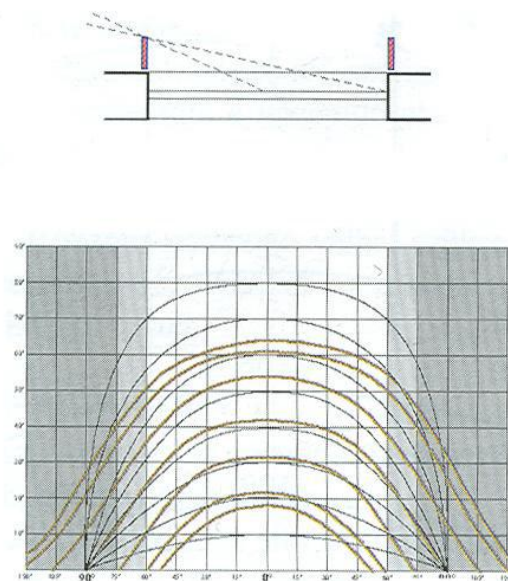


δ = vízszintes árnyékszög

22. ábra Vízszintes árnyékolás



26. ábra Függőleges árnyékolás diagramon ábrázolva

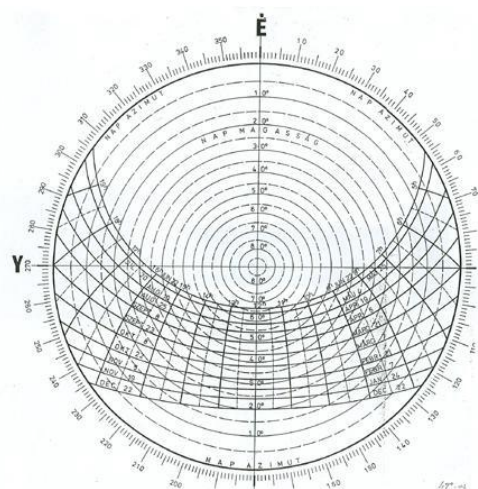


27. ábra Vízszintes árnyékolás diagramon ábrázolva

Sztereografikus nappályadiagram:

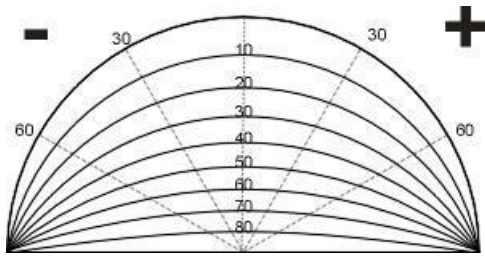
Félgömb felületre felszerkesztett nappályák síkra való leképzésével kapjuk. Szerkesztése úgy történik, hogy az égbolt félgömbjének pontjait, a gömböt vízszintesen félbevágó síkra vetítjük le úgy, hogy a vetítő egyenesek a gömb talppontján haladnak át. A kapott ábrát felülről látjuk. Ennek a vetítési módnak az előnye, hogy az alacsony égboltmagasságú pontokat a merőleges vetítési módhoz képest jobban széthúzza, így a nappályá görbék egyenletesebben

oszlanak el a felületen. Amennyiben ezt belülről nézzük, és fényképet készítünk róla

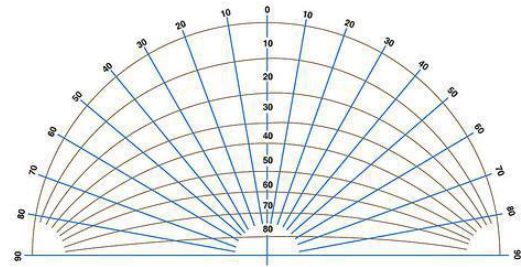


28. ábra Sztereografikus nappályadiagram

halszemoptika beállítással, egy ellenkező körüljárású, de megfelelő arányú fényképet tudunk beleilleszteni.



29. ábra Árnyékszögmérő - élleképzés



30. ábra Árnyékszögmérő

Számítógépes módszerek:

Az informatika fejlődésével ebben a szakágban is megjelentek az erre a területre irányuló szoftverek is. Működésük, fókuszpontjuk, és az általuk kínált lehetőségek viszont nagyban eltérnek egymástól.

Pár példa a teljesség igénye nélkül:

- TRNSYS
- DOE
- SUNREL
- ESP
- Alcyone
- Sunangle
- SunArch
- VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer
- Naplopó-Energy
- Stb.

Ezek java része nem érhető el ingyenesen az interneten, ezek közül azokat mutatnám be, amikhez sikerült hozzájutnom.

Sunangle:

Internetes honlap, kilóg a sorból, hiszen nem programról van szó. A tárgyalat hely, és időpont adatait megadva kiadja a pontos zónaidőt, napfelkeltét, és nyugtát, valamint a napszögeket. Hasznos lehet, viszont leginkább csak más programokkal kiegészítve.

31. ábra Sunangle

Gaisma:

Szintén webes alkalmazás, melynél a várost beállítva benapozásvizsgálathoz kaphatunk hasznos információkat, mint napkelték, és napnyugták pontos időpontja, sztereografikus diagramot, napenergia, átlagos hőmérséklet, szél, és csapadék.



33. ábra Gaisma honlap kezdő felülete, a helyszín kiválasztásához

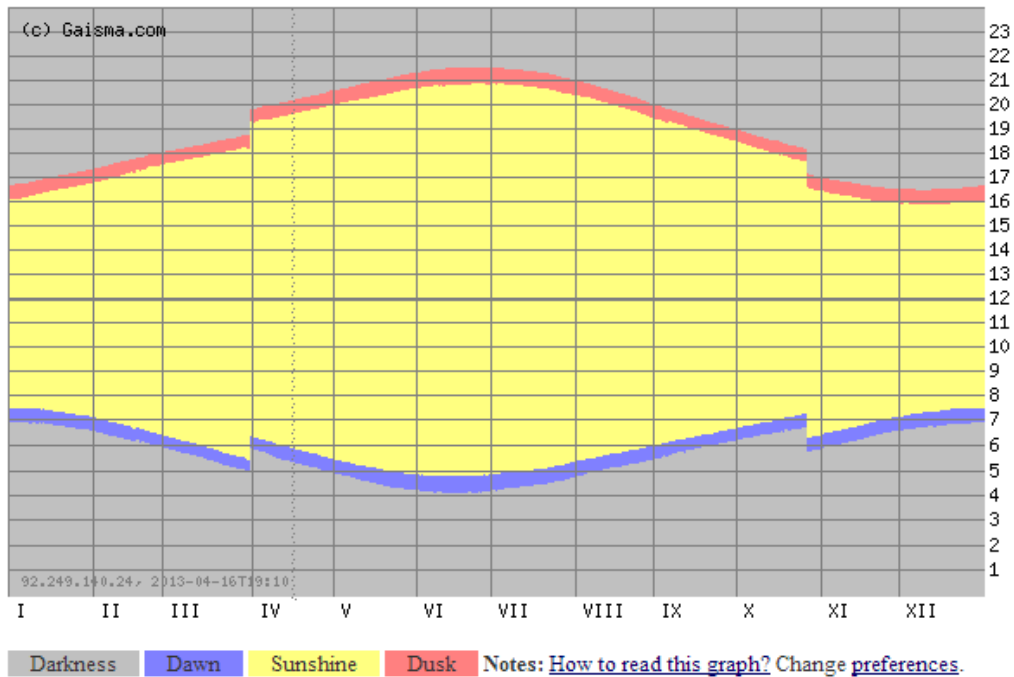
Győr, **Hungary** - Sunrise, sunset, dawn and dusk times, table

Date	Sunrise	Sunset	Length	Change	Dawn	Dusk	Length	Change
Today	05:59	19:41	13:42		05:26	20:13	14:47	
+1 day	05:57	19:42	13:45	00:03 longer	05:24	20:15	14:51	00:04 longer
+1 week	05:46	19:51	14:05	00:23 longer	05:13	20:24	15:11	00:24 longer
+2 weeks	05:34	20:00	14:26	00:44 longer	05:00	20:35	15:35	00:48 longer
+1 month	05:11	20:22	15:11	01:29 longer	04:34	20:59	16:25	01:38 longer
+2 months	04:51	20:49	15:58	02:16 longer	04:10	21:30	17:20	02:33 longer
+3 months	05:07	20:43	15:36	01:54 longer	04:28	21:22	16:54	02:07 longer
+6 months	07:08	18:01	10:53	02:49 shorter	06:37	18:32	11:55	02:52 shorter

Notes: Daylight saving time, * = Next day. Change [preferences](#).

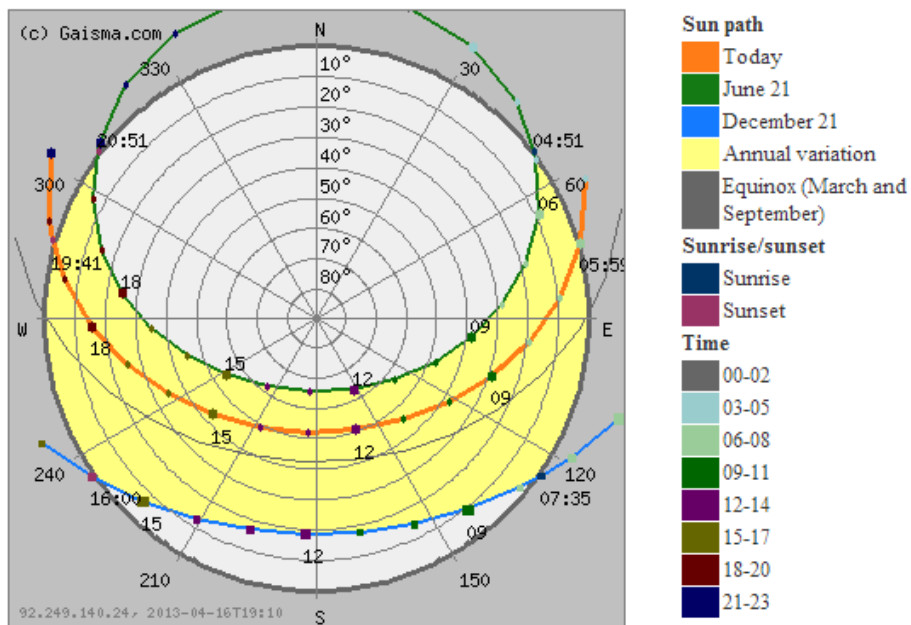
32. ábra Napfelkelték, és napnyugták időpontja Győrben

Győr, Hungary - Sunrise, sunset, dawn and dusk times, graph



35. ábra Napos órák száma grafikonon ábrázolva Győrben

Győr, Hungary - Sun path diagram



Notes: * = Daylight saving time, * = Next day. [How to read this graph?](#) Change preferences.

34. ábra Sztereografikus diagram Győrre nézve

Győr, [Hungary](#) - Solar energy and surface meteorology

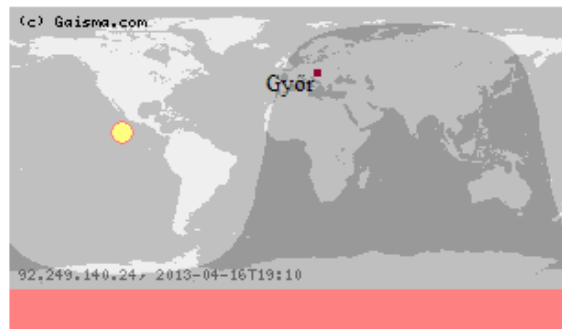
Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation, kWh/m ² /day	1.07	1.86	2.81	3.99	4.95	5.19	5.28	4.77	3.23	1.95	1.12	0.86
Clearness, 0 - 1	0.38	0.43	0.43	0.45	0.46	0.45	0.48	0.50	0.43	0.38	0.35	0.36
Temperature, °C	-1.71	-0.78	3.50	9.15	15.07	17.85	20.26	20.33	15.47	10.27	3.80	-0.63
Wind speed, m/s	5.57	5.25	4.98	4.71	4.27	4.44	4.31	4.21	4.53	4.19	4.91	5.48
Precipitation, mm	33	34	29	40	55	63	57	62	39	37	54	40
Wet days, d	11.3	10.3	10.1	10.3	11.2	11.4	10.0	10.0	8.6	8.0	11.7	11.7

These data were obtained from the NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center; New et al. 2002
 Notes: [Help](#). [Change preferences](#).

36. ábra Nenapozási és hőmérsékleti viszonyok Győrben az év során

Győr, [Hungary](#) - Basic information

Latitude: +47.69 (47°41'24"N)
Longitude: +17.64 (17°38'24"E)
Time zone: UTC+1 hours
Local time: 21:12:00
Country: [Hungary](#)
Continent: [Europe](#)
Sub-region: [Eastern Europe](#)
Distance: ~0.3 km (from your IP)
Altitude: ~110 m
[Change preferences](#).



37. ábra Helyi, és időponti adatok az információk lekérésekor

Naplopó-Energy:

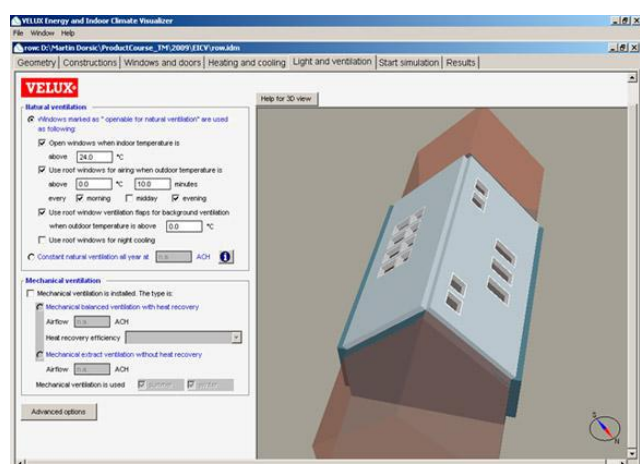
Aktív napenergiát hasznosító rendszerekhez. Napkollektorokra vonatkozatható számítások elkészítésére alkalmas szoftver. Kimutatja a kollektorokra érkező sugárzás mennyiségét, hasznosított hőmennyiséget, illetve hogy ez mennyire tudja ellátni az adott háztartást, és/vagy medencét melegvízzel. Emellett nyomon követhetjük a tárolók hőmérsékletét, illetve a medence hőnyereségeit, és hőveszteségeit. A program funkciójából adódóan nem képes árnyékolással számolni, illetve más szerkezetek hőnyereségeivel, illetve hőveszteségeivel, de ezeket gépészeti számításokat kitűnően képes ellátni, és szemléltetni, könnyű kezelhetőséggel - a beállítások menüben minden elérhető egy helyen, egyértelmű adatbevitellel tájolóhatjuk, dönthetjük, és helyezhetjük el kollektorainkat.



38. ábra Naplopó-Energy

VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer:

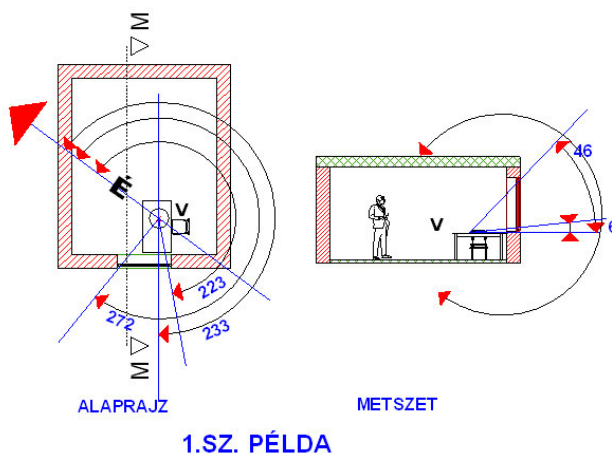
Látványos, közelítő számításokra alkalmas program. Geometriáját pár kattintással választhatjuk ki a háznak, rétegtrendjei is kezelhetőek, habár csak egy tető, egy fal, és egy padló rétegtrendet is enged meg a program. A nyílászárók vonszolással kerülhetnek nagyjából a helyükre, és a fűtés-hűtési beállítások is pár kattintással beállíthatók. Ezután egy szimuláció méri össze a külső, belső hőmérsékletet a természetes, vagy mesterséges szellőzéssel. Eredmény több diagram, és táblázat, energiamutatókkal. Bár szemléletes, egyszerű egy program, árnyékolás továbbra sem beállítható, és csak kötött geometriánál mutat közelítő, nem túl pontos számítást.



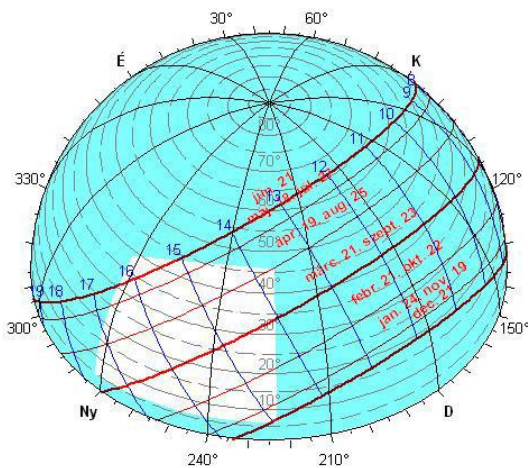
39. ábra Velux Energy and Indoor Climate Visualizer

SunArch:

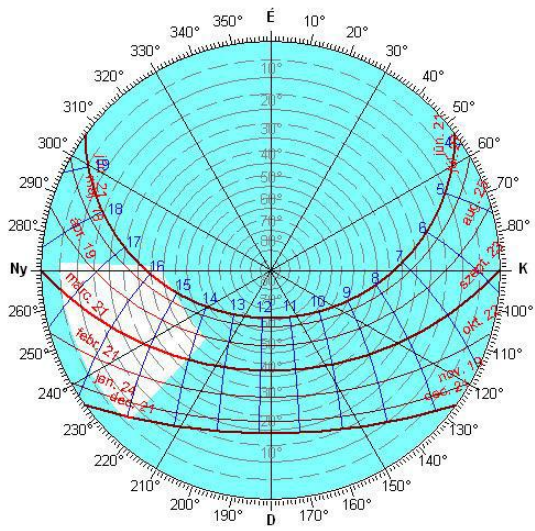
BauSoft kifejezetten benapozás vizsgálatra létrehozott szakmai szoftvere. Üvegezett felületenként kell egy-egy pontot felvenni a padlón, vagy a munkatérben az épületen belül, és hozzájuk képest, sztereografikus rendszerben hozzárendelni a szabad, illetve kitakart felülettartományokat. Ezzel egyszerű tornácokat, árnyékolókat, de akár fákat is ki tudunk takarni, árnyékolni, viszont ehhez ismerni kell a beállított 0° -hoz képest minden objektum függőleges és vízszintes szögét. Ezek bevitele, és a program kezelhetősége nehezkesebb, viszont jóval pontosabb eredményekre számíthatunk használatával. A projekt beállításában ki lehet választani az adott várost a hozzájuk tartozó nappályadiagramokkal. Különböző nézőpontoknál vehető fel a tájolás, az adott nyílás mérete, és a beérkező, és takaró felületek összessége, mint felület, vagy mint pontok határolta tartomány.



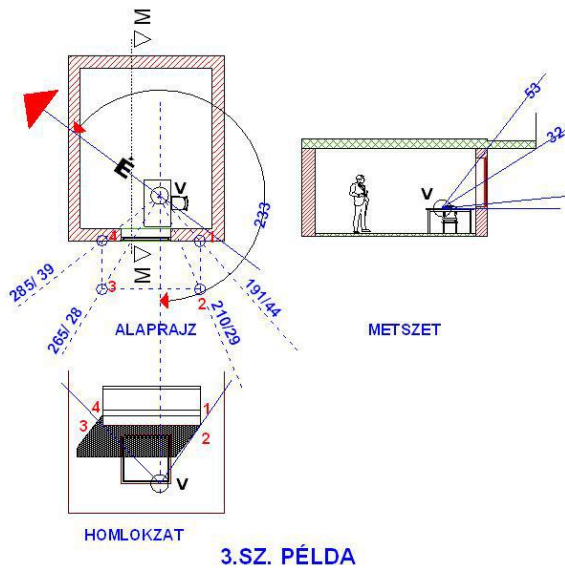
40. ábra 1. számú példa - leolvashatók a képről a függőleges és vízszintes napszögek



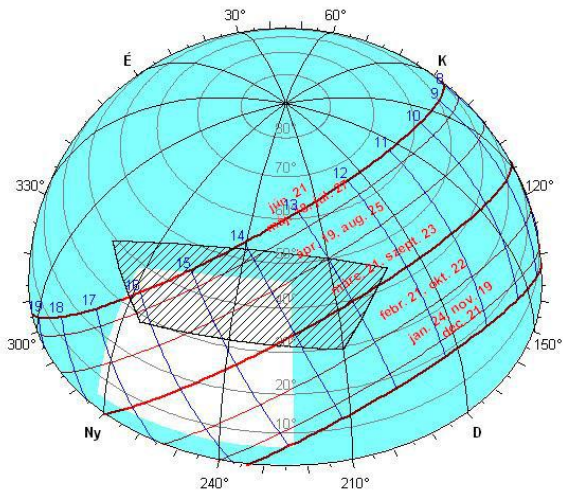
41. ábra 1. példa félgömbön való megjelenítése



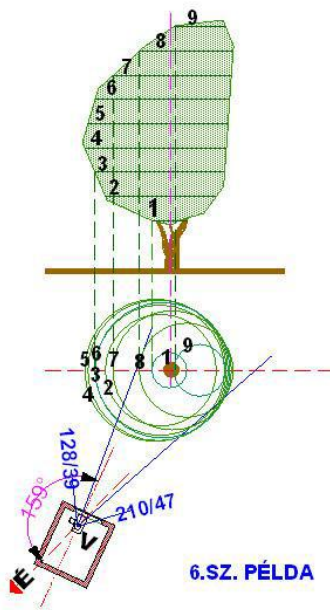
42. ábra 1. számú példa sztereografikus ábrázolása



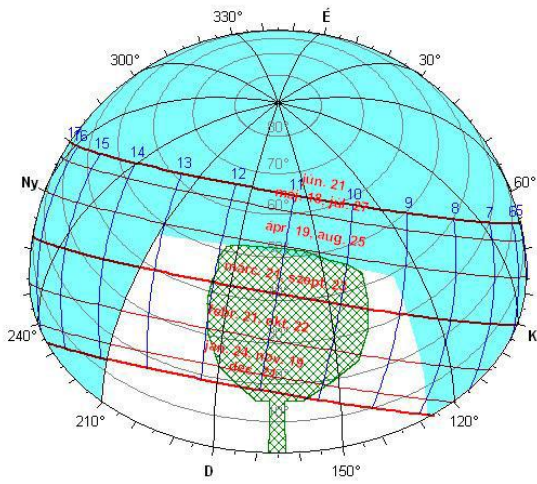
43. ábra 3. számú példa - kitakaró előtető adatai



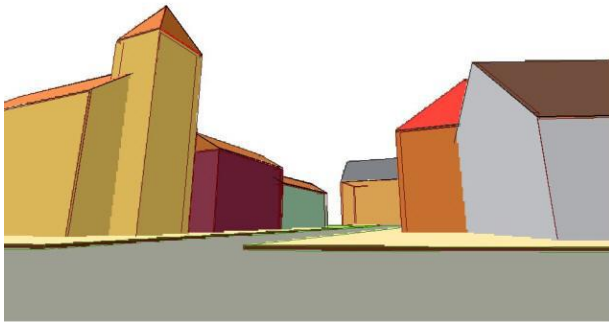
44. ábra 3. számú példa megjelenítése félgömbön



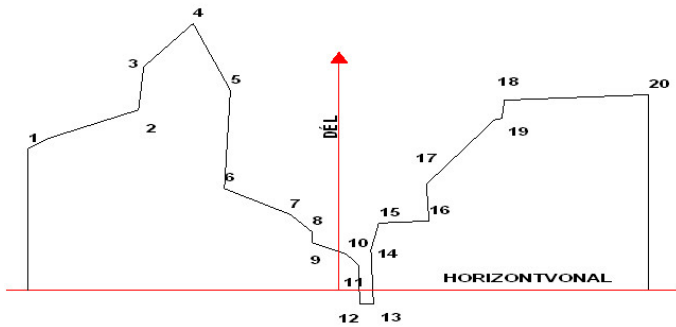
45. ábra 6. számú példa - Összetett tárgy (fa) kitakarása, mint ponthalmaz



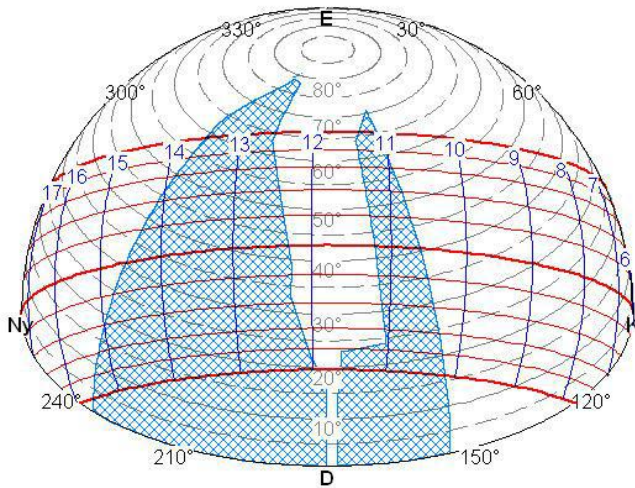
46. ábra 6. számú példa megjelenítése félgömbön



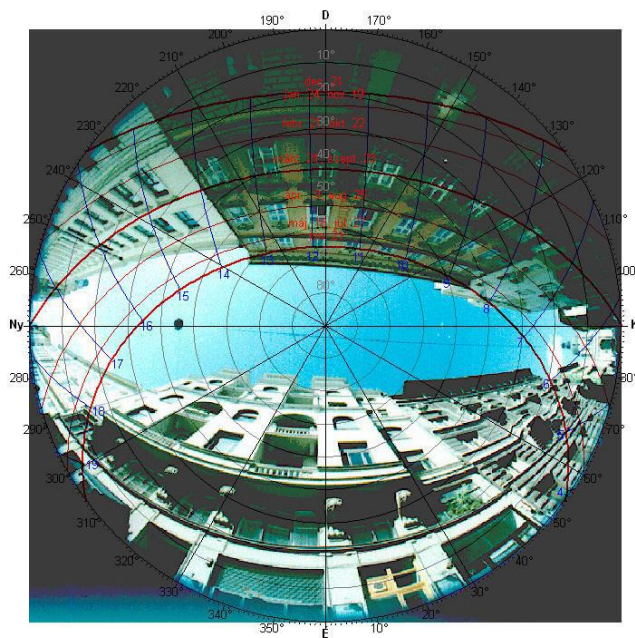
47. ábra Utcanézet a vizsgált irányból



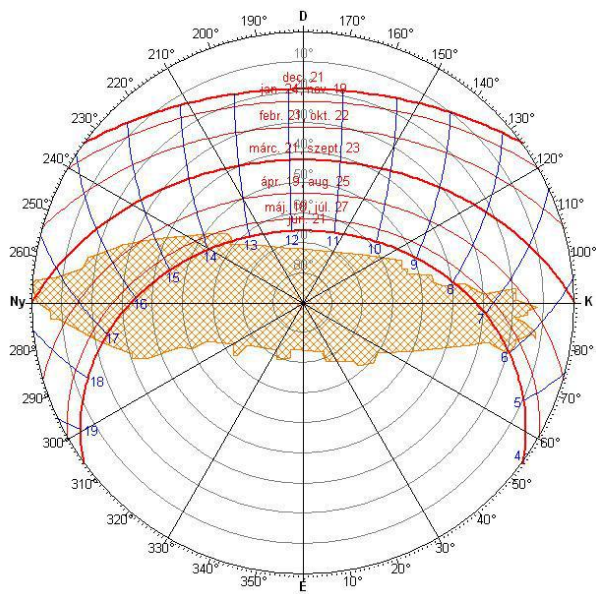
48. ábra Az utca jellegzetes pontjai egyesével megadva, mint függőleges szögek és távolságok



49. ábra Utcakép ábrázolása félgömbön



50. ábra Halszemlencsével készített fotó beszurása sztereografikus diagramba



51. ábra Látható égbolton futó szakaszokról leolvasható a napos órák száma

Csapó Zsuzsanna - A napenergia passzív és aktív hasznosítása az építészetben, 2012

http://www.eng.unideb.hu/userdir/csoknyait/epuletenergetika_gepesz_BSC/EPULETENERGETIKA_JEGYZET.pdf

<http://collections.infocollections.org/ukedu/en/d/Jsk02ce/3.5.html>

http://www.foek.hu/korkep/zold/f4_24.htm

http://www.foek.hu/korkep/zold/f4_23.htm

http://www.naturenergia.hu/legkollektor/legkollektor_felepites.htm

http://www.bausoft.hu/leiras/SUNARCH_elmelet_es_alkalmazas.pdf

<http://www.egt.bme.hu/energia/passziv/trombefal/alkalmazasi/>

<http://www.epitesz.bme.hu/document/1770/original/00002810.pdf>

<http://www.eng.unideb.hu/userdir/profzold/napenergia/PV%20munka%20bovebb.pdf>

<http://www.susdesign.com/sunangle/>

https://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.epgep.bme.hu%2Fcgi-bin%2Fshinji%3Fgroup%3Depgep%26project%3Dnode%26job%3Dshowitem%26node%3D2261&ei=b8pqUeb4loaHtAaAm4CAAw&usg=AFQjCNF4i-0F-KTelhgq7QwVbCLYcBLfzQ&sig2=PNOWjxtDgTWngQV35hX_rQ

<http://www.naplopo.hu/tudastar/napkollektoros-meretezo-szoftveruenk>

http://www.velux.hu/Szakembereknek/Tervezesi_segedlet/Szamitogepes_modellezes

http://www.mk.unideb.hu/userdir/profzold/szakmernoki/szakmernoki/felujit/Solanova_szimulacio.pdf

http://www.mk.unideb.hu/userdir/profzold/szakmernoki/szakmernoki/felujit/Solanova_szimulacio.pdf

http://www.mk.unideb.hu/userdir/profzold/szakmernoki/szakmernoki/felujit/Solanova_szimulacio.pdf

<http://www.gaisma.com>