

# A napsütés síkkollektorral és a vákuumcsöves kollektorral történő eltérő hőhasznosításának elemzése

Készítette:  
**Bósz Miklós**  
Informatikus fizika szak



**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM**  
Természettudományi Kar  
Fizika Intézet

Témavezető:  
**Dr. Német Béla**  
Környezetfizika és Lézerspektroszkópia Tanszék

2011, május

A jelen dolgozatot - annak teljes, valamint a hallgató védésen nyújtott teljesítményének ismeretében - megalapozottnak és elfogadhatónak tartjuk. A hallgató államvizsgára bocsátható.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet nyilvánítani a diplomamunka elkészítésében és témához kapcsolódó ismeretek megszerzéséhez nyújtott segítségéért a konzulensemnek, Dr. Német Béla tanár úrnak.

## Hallgatói nyilatkozat

Alulírott diplomázó hallgató kijelentem, hogy jelen szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket a Pécsi Tudományegyetem, mint a feladatot kiíró intézmény, saját céljaira térítés nélkül felhasználhatja.

Pécs, 2011. május

.....  
Hallgató aláírása

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Napkollektoros rendszer elemei .....	4
2.1 Napkollektorok.....	4
2.1.1 Vákuumos szelektív sík kollektor .....	4
2.1.2 CPC vákuumcsöves kollektor .....	5
2.1.3 Heatpipe vákuumcsöves napkollektor .....	6
2.2 Tágulási tartály .....	7
2.3 Csővezeték .....	8
2.4 Hőcserélő.....	10
2.5 Hőszállító folyadék .....	11
2.6 Tároló .....	13
2.7 Szivattyú!!!.....	14
2.8 Érzékelők.....	14
2.9 Szabályozók .....	14
3. Hőhasznosítás összetevői .....	15
3.1 A napkollektorok tájolása és dőlés szöge.....	15
3.1.1 A Nap pozíciója .....	15
3.1.2 Napsugárzás intenzitása.....	16
3.1.3 Napkollektorra eső napsugárzás intenzitás.....	17
3.2 Napkollektorok hatásfoka .....	20
4. A hőhasznosítás elemzése .....	23
4.1 Fényáteresztés .....	23
4.1.1 Síkkollektorok .....	23
4.1.2 Vákuumcsöves kollektorok .....	23
4.2. Hőelnyelés.....	25
4.2.1 Síkkollektorok .....	25
4.2.2 Vákuumcsöves kollektor .....	26
4.3 Hővezetés .....	26
4.4 Hőátadás .....	26
4.4.1 Síkkollektorok .....	26
4.4.2 Vákuumcsöves kollektorok .....	27
4.5 Hőáramlás.....	28
4.5.1 Síkkollektorok .....	28
4.5.2 Vákuumcsöves kollektorok .....	28
4.6 Hőátbocsájtás .....	28
4.7 Hatásfok vizsgálat .....	29
4.8 Napkollektoros rendszer hatásfoka .....	33
5. Napkollektoros rendszerek gazdasági vizsgálata .....	35
5.1 A napkollektoros rendszerrel megtakarítható hagyományos energia mennyisége .....	35
5.2 A napkollektoros rendszer beruházási költsége .....	38
5.3 A hagyományos energiahordozók ára .....	38
5.4 A megtérülési idő számítása.....	39
6. Összefoglalás.....	40
Irodalomjegyzék.....	42

## 1. Bevezetés

Az emberiség növekvő energiaigényét döntő többségben fosszilis energiaforrásokból fedezi. A készletek évmilliók alatt halmozódtak fel, de kitermelésük mértéke olyan nagy, hogy néhány évtized múlva már kimerülnek vagy nem éri meg kitermelni őket. Ahogy az energiaforrás készlet csökken, úgy nő az energia ára is. Ez egyre nagyobb problémát jelent a legtöbb ember számára. Igyekszünk alternatív megoldást találni a mindennapok komfortjának megtartására. Emellett egyre többet foglalkozunk környezetünkkel és annak védelemével, hisz a fosszilis energiaforrások köztudottan károsítják a Föld élővilágát. A megoldás csak a környezetbarát és energiatakarékos életszemlélet lehet. Ilyenkor jut eszünkbe a már népszerű fogalom, hogy „alternatív”, vagy „megújuló energiaforrások”. Ezek közül a legismertebb a Nap. A Nap lényegében kimeríthetetlen energiaforrásnak tekinthető, hiszen még évmilliárdokig fogja sugározni az energiát magából. A napenergia felhasználásnak két csoportja van: közvetett és közvetlen.

Közvetett energiahasznosítás, olyan természeti jelenségeken alapul, melyek napsugárzás hatására játszódnak le (szélenergia, biomassa, vízturbina, talajhő). Közvetlen energiahasznosítás esetében a napsugárzást erre a célra gyártott berendezésekkel hasznosítjuk. Ezek lehetnek napkollektorok.

A napkollektorok története a XIX. Századra nyúlik vissza. Már akkor viszonylag széles körben alkalmazták ezt a technológiát az USA-ban. Az első napkollektorok tulajdonképpen olyan feketére festett víztartályok, melyeket ablaküveg mögé helyeztek. Ezeknek a kezdetleges eszközöknek jóformán az egész nappalra szükségük volt, míg felforrósították a vizet, majd mihelyt a Nap lement, a tartályok gyorsan visszahűltek a hőszigetelés teljes hiánya miatt.

A hatékonyabb napaenergia hasznosítás érdekében megkezdődtek a műszaki fejlesztések. Ennek eredménye az első ilyen témájú szabadalom, melyet 1891-ben jegyeztek be, melyet aztán számtalan új találmány követett. A tökéletesítés során elkülönült részegységgé vált a melegvíz termelését végző napkollektor és a tároló funkciót betöltő, tartály.

Érdekesség és tanulságos információ, hogy az 1930-as években az USA déli államaiban épült új lakások 80%-a fel volt szerelve napkollektoros rendszerrel! Ebben az időben ez az új iparág számos munkalehetőséget teremtett, hiszen csak ezen a vidéken kb. 60 ezer rendszert adtak el. Az idilli kezdetnek azonban véget vetett az 1950-es években rohamosan elterjesztett, olcsó, fosszilis alapú energiahálózatok megjelenése. Emiatt az amerikai napkollektor-ipar összeomlott, s csaknem teljesen el is tűnt. Egészen a 2000-es évek elejéig kellett várni a természetes energiák újrafelfedezésére.

A termékek, technológiák tehát nem újak. Néhányuknak már több évtizedes múltja van, Magyarországon azonban csak az elmúlt néhány évben kezdtünk el ezekkel foglalkozni.

(<http://www.napkollektor.net>)

Elsődleges célom egy komplett napkollektoros rendszer működésének megismerése, mely egy családi ház használati melegvíz előállításához és fűtésrészegítéséhez szükséges energiát biztosítja, ezen belül külön hangsúlyt fektetve az egyes kollektor típusok megismerésére. Megvizsgálni az egyes kollektorokra jellemző hőhasznosítási folyamatok összetevőit, és elemezni a különböző technológiák okozta eltérő hatásfokokat. Végül egy példán keresztül gazdasági elemzést végezni az adott rendszer megtérülésére.

## 2. Napkollektoros rendszer elemei

### 2.1 Napkollektorok

A napkollektoros rendszer legfontosabb része. Azt a berendezést, ami a napsugárzást elnyeli és hővé alakítja, napkollektornak (napenergia-gyűjtőnek) nevezzük. A jelenleg alkalmazott kollektorok a fény látható és infravörös hullámhossztartományát tudják hasznosítani, a hasznosított energiát használati melegvíz előállítására, medencék vízének fűtésére vagy fűtési-részeletésre használják. A legújabb technológiai fejlesztések a fény ultraibolya tartományának a hasznosítására irányulnak.

A napkollektoroknak alapvetően két fő típusát különböztetjük meg: sík kollektor és vákuumcsöves kollektor.

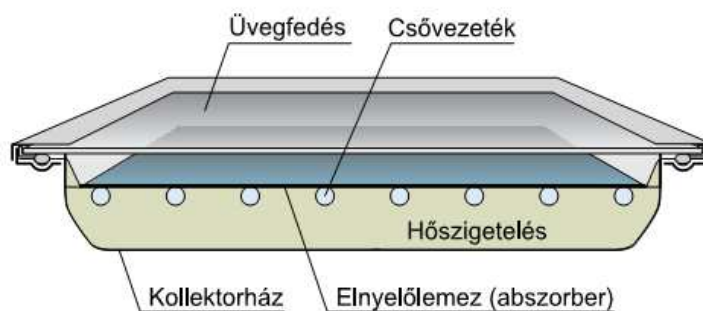
A napkollektorok közül a legelterjedtebb a sík kollektor. A sík kollektorok gyártásával és alkalmazásával kapcsolatban már több évtizedes tapasztalat áll rendelkezésre. Ennek köszönhetően ez a típus jelentős fejlődésen ment keresztül, és a termékpaletta meglehetősen letisztult. A legújabb sík kollektorok a vákuumos szelektív sík kollektorok.

A vákuumcsöves kollektorok bár újabb keletűek, mára szinte elárasztották a piacot. A sík kollektorok felépítése alapvetően nem tér el egymástól, azonban a vákuumcsöves napkollektorok változatos műszaki megoldásokkal készülnek. A ma legelterjedtebb típusok a CPC (Compound Parabolic Concentrator) tükörrel ellátott vákuumcsöves napkollektor és a heatpipe vákuumcsöves napkollektor.

#### 2.1.1 Vákuumos szelektív sík kollektor

A sík kollektor tulajdonképpen egy lapos dobozszerkezet. A kollektorházak általában alumínium lemezből készülnek. A kollektorház feladata az abszorber, a lefedés és a hőszigetelés zárt egységben tartása, a kollektor lezárása, a nedvesség bejutásának megakadályozása. A szerkezet hátulja hőszigetelt, a hőszigetelés anyaga legtöbbször kőzetgyapot.

Előlről egy jó fényáteresztő- és hőszigetelő-képességű, az időjárási viszonyoknak ellenálló üveglap fed. Általában nagy tisztaságú, alacsony vastartalmú, 4 mm vastag edzett üveget alkalmaznak. Az üveg edzettsége biztosítja, hogy szállítás és felszerelés közben nem törik el, és ellenáll az erősebb jégverésnek is. A legújabb sík kollektorokban az abszorber lemez és az üveglap között vákuumot hoznak létre, melynek célja az abszorber lemez szigetelése és az egyébként a szerkezetben lévő levegő miatt létrejövő, konvektív hőszállítás minimalizálása. Hátránya, hogy nagy precizitást igénylő gyártást és installálást feltételez, ráadásul a vákuum ellenőrzése időszakos karbantartást igényel, mivel a különböző anyagok közötti hermetikus lezárást csaknem lehetetlen megoldani, ezáltal az eltérő hőtágulás miatt a vákuum idővel megszökik



2.1 ábra

Belül egy jó napsugárzás elnyelő képességű, fekete lemez található (abszorber). Ennek feladata a napsugárzás elnyelése és hővé alakítása, valamint a keletkezett hő átadása. A napsugárzást minden fekete színű és matt felületű anyag jó hatásfokkal elnyeli, azonban ha környezeti hőmérséklet fölé melegednek, maguk is sugárzóvá válnak, ami veszteséget jelent. A hőszugárzás hullámhossza a sugárzó test hőmérsékletétől függ. A napsugárzás a magas hőmérsékletű Naphoz származik, ezért ez rövid hullámhosszú sugárzás, míg a Naphoz képest alacsony hőmérsékletű abszorber lemez hosszú hullámhosszú sugárzást bocsájt ki. Ezért az abszorber lemezt úgynevezett szelektív bevonattal látják el, mely a rövid hullámhosszú napsugárzást elnyeli, a hosszú hullámhosszú sugárzást azonban nem engedi át, így a szelektív bevonatú abszorbereknek minimális a sugárzási veszteségük. Szelektív bevonatként általában feketekróm-, nikkel- vagy titániumoxid rétegeket alkalmaznak. A szelektív bevonat általában 1-2 $\mu$ m vastagságú, fekete porózus réteg, tölcsérszerű járatokkal.

Az abszorber a hozzá rögzített csővezetékben keringő munkaközegnek adja át a keletkezett hőenergiát. A munkaeszköz lehet légnemű vagy folyékony. Leggyakoribb a folyékony, 40% propilén-glikolból, 60% desztillált vízből álló fagyálló folyadék, mely nem mérgező.

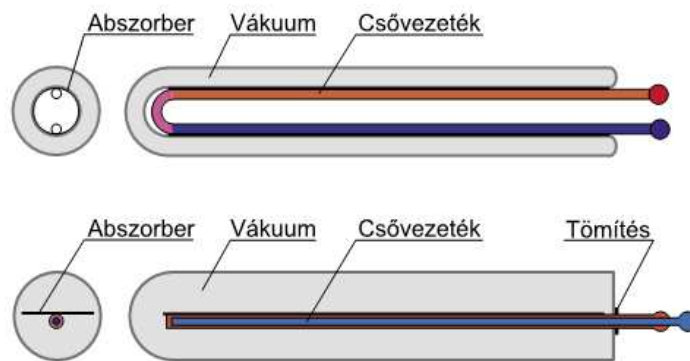
A belső csővezeték általában vörösrézcsőből készül. A csővezetékhez hozzá kell erősíteni az abszorberhez úgy, hogy a hőátadás az abszorber és a csővezeték között minél jobb legyen. A csővezeték kialakítása lehet csőígyós, vagy párhuzamos. (<http://www.naplopo.hu>)

### 2.1.2 CPC vákuumcsöves kollektor

A vákuumcsöves napkollektorok több, egymás mellett, párhuzamosan elhelyezett vákuumcsőből épülnek fel. A vákuumcsövek egyik végüknél egyenként egy gyűjtő dobozba vannak csatlakoztatva. A csövek száma egy dobozban változó (például 6, 12, 24 darab). Az egyes csövek között rések vannak, így a bruttó/hasznos felület kihasználtságuk az ilyen kollektoroknak általában rosszabb, mint a sík kollektoroknak. Növelni lehet a kihasználtságot, ha a vákuumcsövek mögé tükröket helyeznek, melyek a réseken áthaladó és a szórt napsugárzást az abszorberre verik vissza. Az ilyen tükröket nevezik CPC-nek (Compound Parabolic Concentrator). A tükrök célja az abszorberfelület hőveszteségének csökkentése, mivel ebben az esetben van egy „valóságos” elnyelőfelület a vákuumban lévő belső csőfelületen, és van egy „kvázi” elnyelőfelület, amely a fényvisszaverő tükrök csövek közé eső, látható része. A tükröknek nincsen hővesztesége, mivel nem melegszik fel, és nincsen róla hőelvitel, így a teljes kollektorra számított hőveszteségi tényező igen alacsony értékű lehet. A tükrök hátránya volt korábban, hogy idővel elkoszolódtak, így hatékonysága idővel romlott. Ennek kiküszöbölésére úgynevezett nanotechnológias kerámia felületű tükröket alkalmaznak, melyek élettartama jelentősen hosszabb.

A napkollektor gerincét a kettős üvegfalú 1,5 – 2 méter hosszú, körülbelül 58 mm külső, és 47 mm belső átmérőjű vákuumcső adja. A külső, határoló üvegfal és a belső üvegfal között vákuum van, melynek célja itt is a hőszigetelés. Ezt az elvet alkalmazzák a jól ismert termoszkokban is. Előnye, hogy az abszorbert és a csővezetékét nem kell már az üvegcső gyártásakor a vákuumban elhelyezni. Ezért a gyártók gyakran külön megvásárolják, és helyeznek el benne különféle kialakítású abszorbert. Az üvegcsővet gyártó cégek többnyire valamilyen szelektív bevonatot is felvisznek a belső üvegcső felületére, melynek célja a hőszugárzás minimalizálása. Ilyenkor az abszorberre már nem szükséges szelektív bevonat. A görbült üvegfelület hátránya, hogy nagyobb a reflexiója, az érkező napsugárzás nagyobb részét veri vissza, mint a sík felület. Az üvegcsővek anyaga leggyakrabban boroszilikát üveg, az üveg falvastagsága csak 1,5-1,8 mm, ennek ellenére a sík kollektorhoz hasonlóan jól ellenállnak az időjárási viszonyoknak, mivel a kör keresztmetszet meglepően nagy

szilárdságot biztosít. Meghibásodás esetleges üvegtörés alkalmával viszont a vákuumcső önmagában könnyen cserélhető a régi hőtovábbító szerelvények megtartásával.

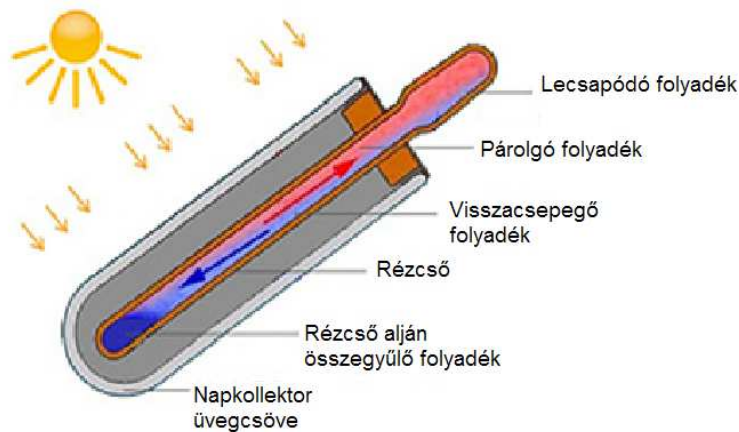


2.2 ábra

A henger alakú abszorber a belső üvegfal „alatt” helyezkedik el, amit formájából adódóan a napsugárzás közel állandóan merőlegesen ér. Korábban sík felületű abszorber lemezcsíkot, és erre erősített koaxiális csővezeték alkalmaztak. Ma már a henger alakú abszorberre hajlított U-alakú csővezetékot rögzítenek. A csővezeték a síkkollektorokhoz hasonlóan általában vörösréz. Az U-alakú csővezetékben a hőátadó közeg folyékony, 40% propilénlikol és 60% desztilláltvíz keverék. (<http://www.kardoslabor.hu>)

### 2.1.3 Heatpipe vákuumcsöves napkollektor

Felépítésüket tekintve alapvetően megegyeznek a CPC tükrös napkollektorokkal. Lényeges különbség azonban, hogy nem alkalmaznak CPC tükröket. Ennek oka, hogy közelebb helyezik a vákuumcsöveket egymáshoz, így jobb a felület kihasználtság, viszont kevesebb szórt fényt hasznosítanak. Az abszorber hőátadásának módja a munkaközegnek is máshogy történik. Az úgynevezett hőcsöves (heatpipe) megoldás, amikor az abszorberre erősített csövet lezárják, és alacsony vákuumba helyezett vízzel, vagy egyéb folyadékkal (például etanollal) töltik fel részlegesen. A cső itt is rézből van. A vákuum miatt alacsony hőmérséklet emelkedés hatására a folyadék elpárolog, a meleg gőz a csővezeték felső részén elhelyezett kondenzátor-hőcserélő edénybe vándorol. A kondenzátort körbeveszi a speciálisan kialakított csővezeték, amiben maga a fagyálló folyadék kering. Így a fagyálló visszahűti a gőzt, az kondenzálódik, visszacsorog a csővezeték aljába, és a folyamat kezdődik előlről. Ez a halmazállapot változás pulzálja a rendszert, kiküszöbölve a szivattyú és a szabályozóelektronika szükségességét. A rendszer kialakításából adódóan leszabályozza önmagát, így nyugodtan hosszabb ideig is magára hagyható. A technológia hátránya, hogy eggyel több hőcserélő van a rendszerben, ami a teljesítmény rovására mehet. A heatpipe vákuumcsöves kollektorok előnye inkább az alacsony áru kivitelezésben, alacsony költségű felújítási lehetőségében és drain-back rendszer alkalmazásában rejlik. Ennek lényege, hogy magas üresjáratú hőmérséklet esetén, a kollektorok stagnációs állapotában a rendszer leürül, és szárazon, túlnyomás nélkül viseli a szélsőséges üzemi állapotokat. (<http://www.kardoslabor.hu>)



2.3 ábra

## 2.2 Tágulási tartály

Napkollektoros rendszerekben a tágulási tartály egy zárt gumimembrános tartály. Az ilyen tartályok térfogata rugalmas gumimembránnal ketté van választva, a membrán egyik oldalán a hőhordozó közeg, a másik oldalán gáz, általában levegő van. Feladata, hogy lehetővé tegye a fagyálló hőhordozó közeg hőmérséklet-növekedése miatti térfogatváltozását a csővezetékben. A tartály működési elve a levegő összenyomhatóságán alapul. Amikor a rendszerben a hőhordozó közeg hőmérséklete megnő, kitágul és a membránon keresztül összenyomja a tartályban lévő levegőt. A tágulási tartályt akkorára kell választani, hogy a rendszer nyomása csak kis mértékben emelkedjen és az ilyenkor megemelkedő nyomás ne haladja meg a rendszer megengedett maximális nyomását. A tágulási tartály levegőoldalának előnyomását a rendszer feltöltése előtt be kell állítani. Az előnyomás értéke a rendszer hideg állapotban tervezett nyomásának 90%-a. Ekkor feltöltés után, hideg rendszer esetén a tartályban 10% folyadék van, ami elegendő az esetleges légtelenítési és szivárgási veszteségek pótlására. A tágulási tartály szükséges térfogata:

$$V_{\text{tartály}} = \frac{\Delta V}{0,9 \cdot \frac{p_{\text{max}} - p_{\text{hideg}}}{p_{\text{max}}}}$$

2.1 egyenlet

Ahol  $\Delta V$  a tágulási térfogat,  $V_{\text{tartály}}$  a tartály minimális térfogata [m<sup>3</sup>],  $p_{\text{max}}$  a rendszer maximális nyomása [Pa],  $p_{\text{hideg}}$  a rendszer nyomása hideg állapotban [Pa]. A nyomásértékek általában  $p_{\text{hideg}} = 3,5$  bar (4,5 bar abszolút),  $p_{\text{max}} = 5,5$  bar (6,5 bar abszolút).  $\Delta V$  tágulási térfogat kiszámításához először meg kell határozni a napkollektoros rendszer teljes térfogatát. A rendszertérfogat ismeretében a tágulási térfogat:

$$\Delta V = V_{\text{rendszer}} \cdot \Delta V_{\text{rel}}$$

2.2 egyenlet

Ahol  $\Delta V_{\text{rel}}$  a hőhordozó közeg relatív térfogatváltozása [m<sup>3</sup>], ami grafikonról leolvasható,  $V_{\text{rendszer}}$  a rendszer térfogata [m<sup>3</sup>], ami a kollektorok, a kollektort a hőcserélővel összekötő csővezeték, és a hőcserélő térfogatából tevődik össze. Előfordulhat, hogy a kollektorokban a hőhordozó folyadék részben vagy teljes térfogatban felforr, gőz keletkezik. A gőz ekkor kinyomja a kollektorokból a folyadékot. Ha a tágulási tartályt az előzőekben megadott

képlettel számítottuk ki, akkor az ezt a tágulást már nem tudja felvenni, le fog fújni a biztonsági szelep.

Ha a tágulási tartállyal a forrás miatti tágulást is fel kívánjuk venni, akkor a tágulási térfogat számításakor a kollektorok térfogatát is figyelembe kell venni:

$$\Delta V = V_{rendszer} \cdot \Delta V_{rel} + V_{kollektor}$$

2.3 egyenlet

Ahol  $V_{kollektor}$  a kollektorok térfogata [ $m^3$ ].

(<http://www.naplopo.hu>)

## 2.3 Csővezeték

Napkollektoros rendszerekben a hőszállító folyadék a kollektor által elnyelt hőt csővezetéken keresztül juttatja el a tárolóba. Két alapvető kritérium van a csővezetékkel szemben: magas hőállóság és magas nyomásállóság.

A csővezeték legfontosabb kritériuma a magas hőállóság. Napkollektoros rendszerekben nagyon magas, akár 250-300 °C hőmérséklet is kialakulhat.

A nyomásállóság szempontjából már nem ennyire kritikus a helyzet. Magasabb nyomásra azért van szükség, hogy a fagyálló folyadék forráspontját meg lehessen növelni. A biztonsági szelep többnyire 6 bar (600 kPa) nyitónyomású, a jellemzően alkalmazott üzemi nyomás 2-5,5 bar (200-500 kPa).

A harmadik kritérium, a propilén-glikol fagyálló közegnek való ellenállás. A fém anyagú csövek esetében ennek a feltételek még kedvezőbbek is, mivel a fagyálló folyadékok többsége korróziógátló inhibitorokat is tartalmaz. Az alkalmazott tömítéseknél azonban már lehet probléma.

A csővezeték méretét a kollektor körüli térfogatáram és áramlási sebesség alapján lehet meghatározni. Meg kell határozni a szükséges térfogatáramot, és ennek ismeretében úgy kell csőátmérőt választani, hogy a csővezeték nyomásvesztése a rendszer többi elemével együtt (napkollektorok, hőcserélők, csővezeték, idomok) akkora legyen, amit egy normál keringető szivattyúval biztosítani lehet.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{V}{v \cdot 3600}}{\pi}}$$

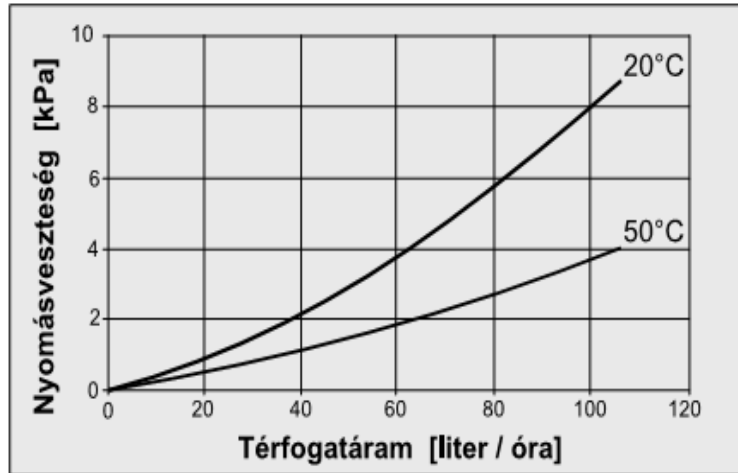
2.4 egyenlet

Ahol  $V$  a térfogatáram [ $m^3/h$ ],  $v$  az áramlási sebesség [ $m/s$ ],  $D$  [ $m$ ] a csővezeték belső átmérője.

Pontosabb meghatározást a fajlagos súrlódási ellenállás alapján lehet. Ugyanis azonos áramlási sebesség esetén a kisebb csőátmérőknél nagyobb, a nagyobb csőátmérőknél pedig lényegesen kisebb nyomásvesztés adódik. A nyomásvesztés az alábbiakból tevődik össze:

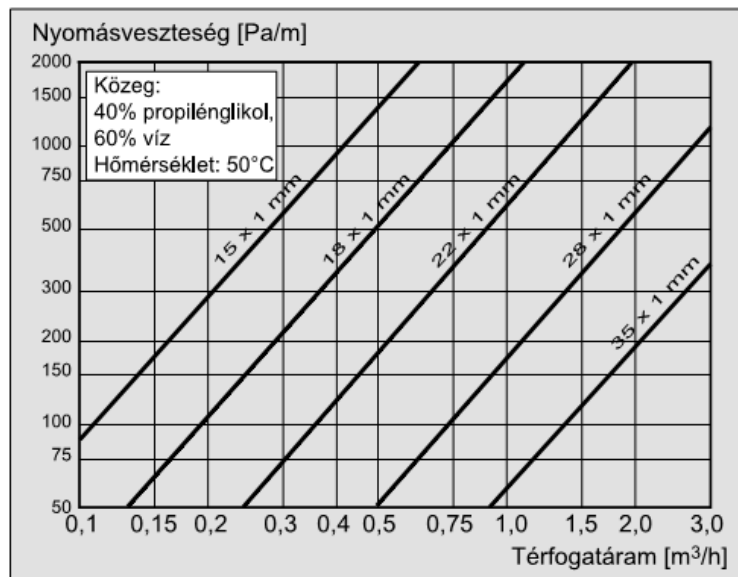


- napkollektorok nyomásvesztése



2.4 ábra

- csővezeték nyomásvesztése



2.5 ábra

$$\frac{\Delta p}{l} = \frac{V}{E} \cdot \frac{8 \cdot \eta}{\pi \cdot R^4}$$

2.5 egyenlet

Ahol  $\frac{\Delta p}{l}$  a nyomásvesztés,  $\frac{V}{E}$  a térfogatáram [ $\text{m}^3/\text{h}$ ],  $\eta$  a dinamikai viszkozitás [ $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ],  $R$  a cső belső keresztmetszete [ $\text{m}$ ].

- Csővezeteki szerelvények, idomok nyomásvesztése

$$\Delta p = \sum \zeta \cdot \left( \frac{\rho \cdot v^2}{2} \right)$$

2.6 egyenlet

Ahol  $\Delta p$  a nyomásvesztés,  $\zeta$  az adott alakú ellenállás tényező,  $v$  az áramlási sebesség.

- Hőcserélő nyomásvesztesége

A kollektor körüli csővezetékeket a hőveszteségek csökkentése érdekében teljes terjedelmükben hőszigetelni kell. Hőszigetelt cső hővesztesége az alábbi módon számítható (a szigetelés külső és belső oldali hőátadási ellenállásának elhanyagolásával):

$$q = \frac{T_{közeg} - T_{külső}}{\frac{1}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{\ln d_{sziget}}{d_{cső}}}$$

2.7 egyenlet

Ahol  $q$  a cső hővesztesége [W/m],  $T_{közeg}$  az áramló közeg hőmérséklete [°C],  $T_{külső}$  a cső körüli levegő hőmérséklete [°C],  $\lambda$  a hőszigetelés hővezetési tényezője [W/m.K],  $d_{sziget}$  a hőszigetelés külső átmérője [m],  $d_{cső}$  a csővezeték külső átmérője [m]. (<http://www.naplopo.hu>)

## 2.4 Hőcserélő

A hőcserélő feladata, hogy átadja a primer, kollektor körben felmelegedett hőszállító közeg hőenergiáját a szekunder körben lévő, többnyire víz közegnek. A hőcserélő lehet acél csőkigyó, sima vagy bordáscsöves réz csőkigyó. A napkollektorok hőcserélője alul, míg a 1 helyezkedik el, így lehetővé válik, hogy a hideg- és a melegvíz sűrűségkülönbség folytán kialakuló rétegződése miatt a hagyományos hőtermelő csak az elvételhez közeli, felső tároló táfogatot melegítse fel. A hőcserélő helyes méretezése nagymértékben befolyásolja a napkollektoros rendszer hatékonyságát. A belső hőcserélő nagyságának, vagyis felületének akkorának kell lennie, hogy a hőcserélő a napkollektorok teljesítményét viszonylag kis hőmérsékletkülönbséggel át tudja adni. A hőcserélők alapegyenlete:

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T$$

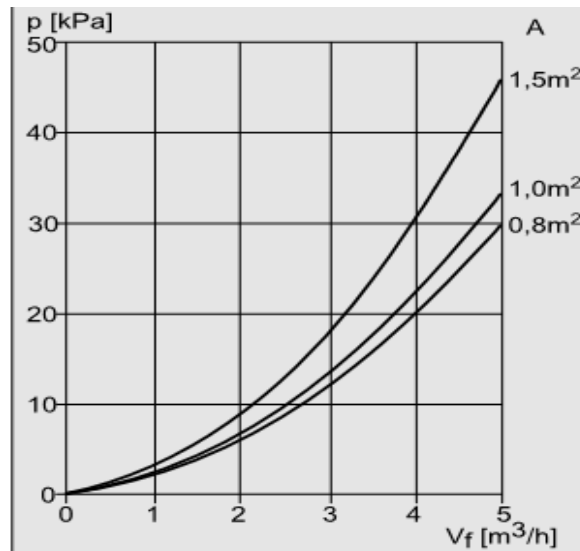
2.8 egyenlet

Ahol  $Q$  a hőcserélő által átvitt hőteljesítmény [W],  $k$  a hőátbocsátási tényező [W/m<sup>2</sup>.K],  $A$  a hőcserélő fűtőfelülete [m<sup>2</sup>],  $\Delta T$  a közepes hőmérsékletkülönbség a fűtő és a fűtött közeg között [K]. A képletből kifejezve a hőcserélő felületét:

$$A = \frac{Q}{k \cdot \Delta T}$$

2.9 egyenlet

A hőcserélő szükséges felületének meghatározásához tehát tudnunk kell mekkora hőteljesítményt akarunk átadni a hőcserélővel, mekkora a hőcserélő hőátbocsátási tényezője, és a teljesítményt mekkora hőmérséklet különbség mellett akarjuk átadni. A hőcserélő felülete simacsöves hőcserélő esetén körülbelül 0,2 m<sup>2</sup>/kollektor m<sup>2</sup>, bordáscsöves hőcserélő 0,3-0,4 m<sup>2</sup>/kollektor m<sup>2</sup>.



2.6 ábra

## 2.5 Hőszállító folyadék

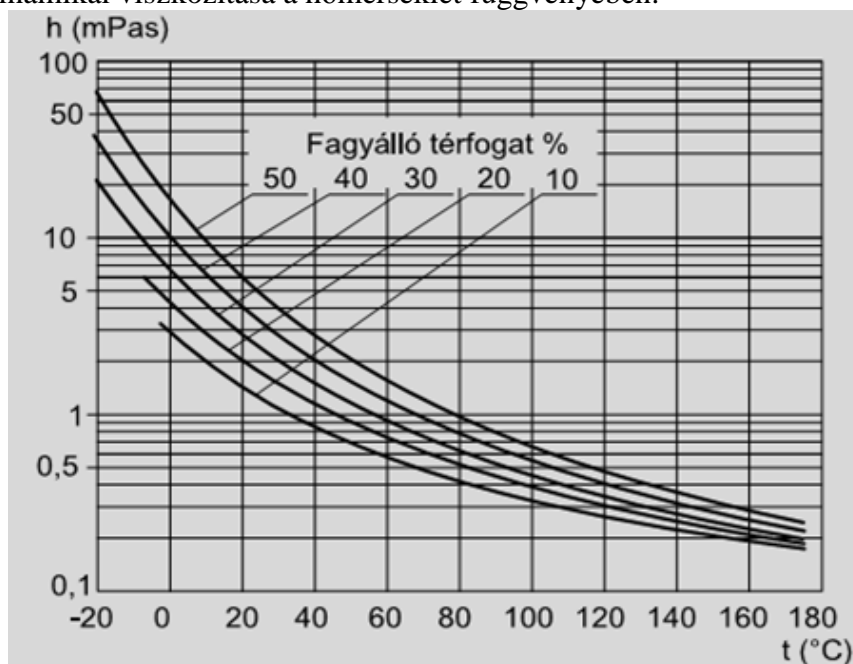
A napkollektoros rendszerekben általában propilénglikol alapú, nem mérgező fagyálló folyadékot alkalmaznak. A fagyálló csak hígítva használható. A javasolt hígítás: 40-45% fagyálló, 55-60% víz. 45 térfogatszázaléknál több fagyálló alkalmazása nem javasolt, mert az megnöveli a keringető szivattyúk teljesítményfelvételét, és így tönkremenetelüket okozza.

A folyadék paramétereit:

Olvaspont [ $^{\circ}C$ ] (1 bar)	-60
Forráspont [ $^{\circ}C$ ] (1 bar)	155

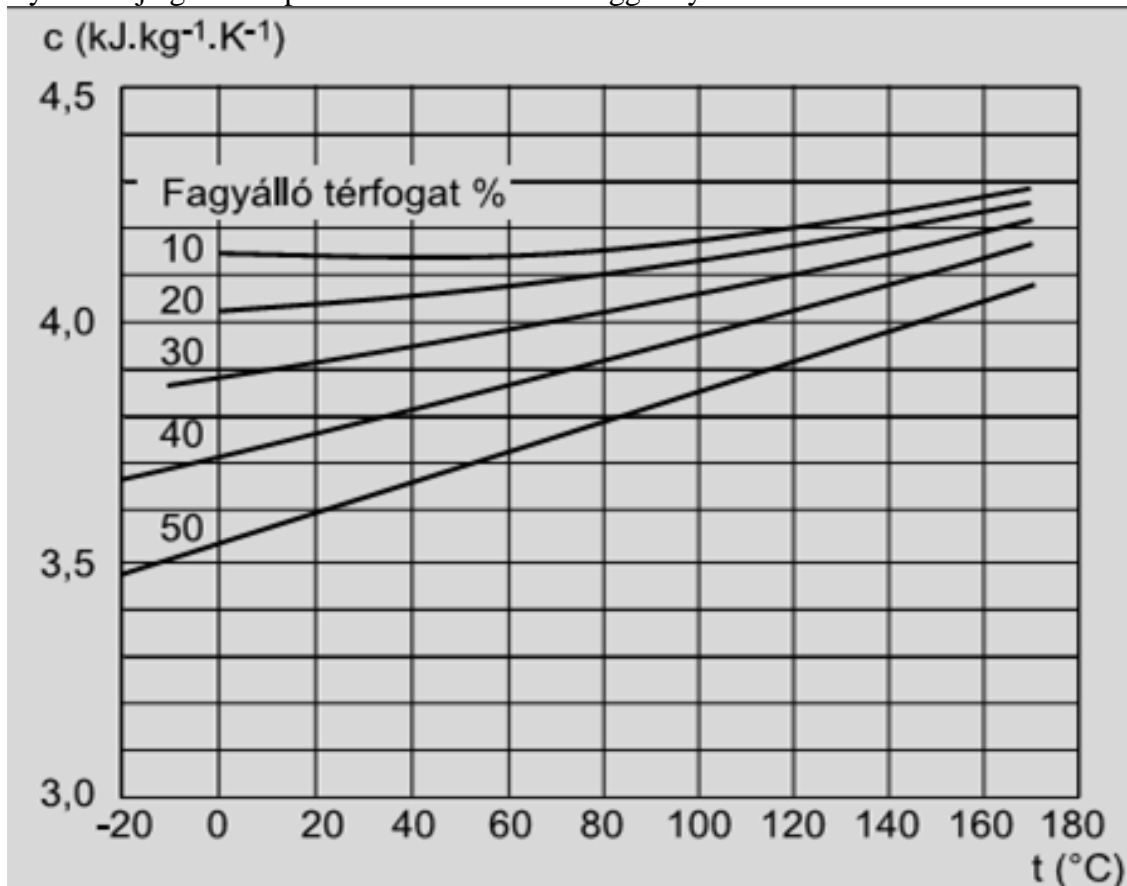
2.1 táblázat

A folyadék dinamikai viszkozitása a hőmérséklet függvényében:



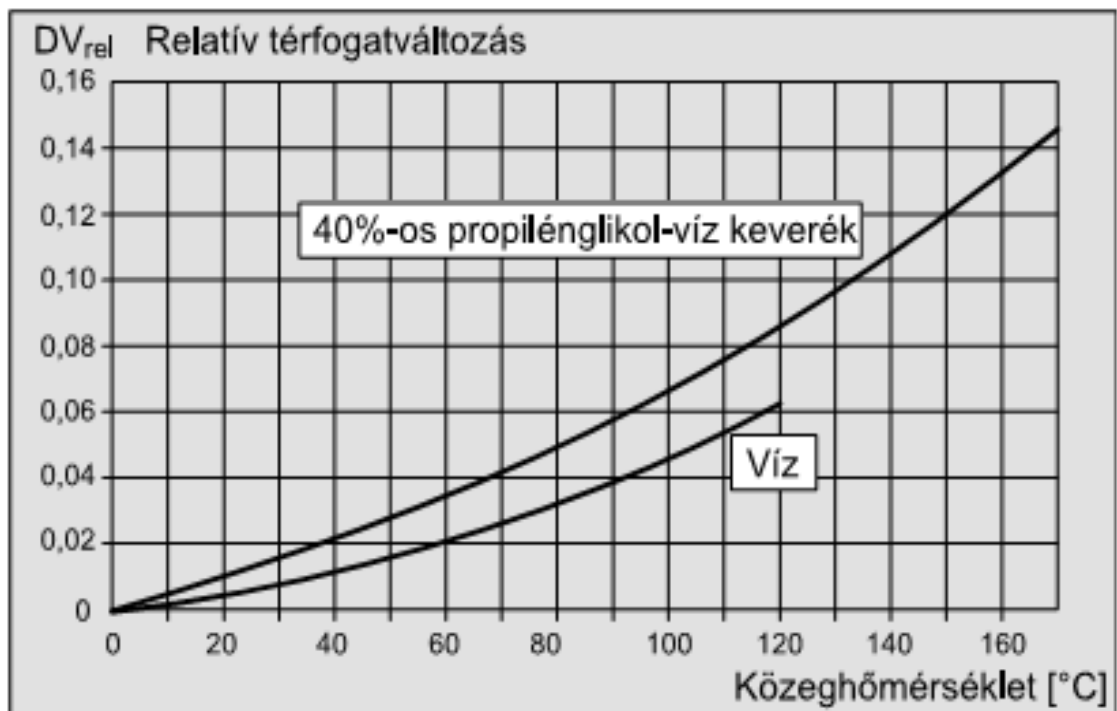
2.7 ábra

A folyadék fajlagos hőkapacitása a hőmérséklet függvényében:



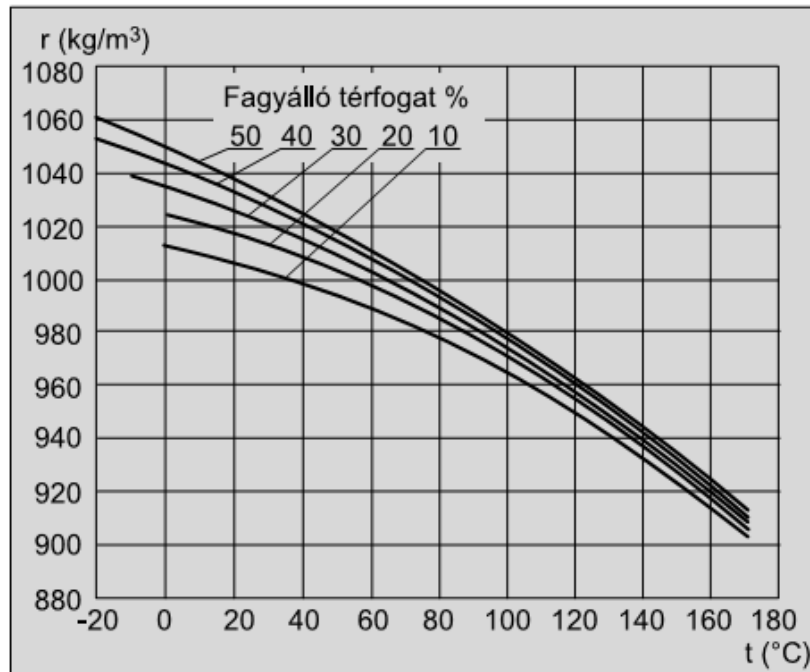
2.8 ábra

Relatív térfogatváltozás a hőmérséklet függvényében:



2.8 ábra

A folyadék sűrűségének változása a hőmérséklet függvényében:



2.9 ábra

(<http://www.naplopo.hu>)

## 2.6 Tároló

Feladata a kollektor által hasznosított energia tárolása, mivel a napsütés időtartama általában nem esik egybe az energia fogyasztás idejével. Ezért a napsütés idején kollektorokkal hasznosított energiát melegvíz formájában hőszigetelt tartályban tárolni kell a fogyasztás idejére.

A napkollektoros rendszerekben alkalmazott melegvítárolók optimális térfogatát elsősorban a napi melegvízfogyasztás mennyisége határozza meg. A napenergia hasznosító rendszer akkor működik megfelelően, ha napsütés esetén a kollektorokkal napközben megtermelt, és a bojlerben eltárolt melegvíz elegendő a következő napi napsütés időszakáig. A tároló optimális méretét befolyásolja még a kollektorfelület nagysága, és a melegvízfogyasztás jellege. Érdekes a kapott vízfogyasztás mennyiségére körülbelül 15%-ot rászámolni.

$$V_{\text{tároló}} = n \cdot V_f \cdot 1,15$$

2.9 egyenlet

Ahol  $V_{\text{tároló}}$  a tároló térfogata [ $\text{m}^3$ ],  $n$  a fogyasztók száma,  $V_f$  az 1 fő által fogyasztott víz mennyiség egy nap [ $\text{m}^3$ ].

A melegvíz-tárolón lévő csonkok és csővezetékek nem megfelelő hőszigetelése hővesztést okozhat. A ezekből napkollektoros rendszerekben alkalmazott tárolókon igen sok csonk található, így a hővesztés nem megfelelő hőszigetelés esetén jelentős lehet.

(<http://www.naplopo.hu>)

## 2.7 Szivattyú

A keringető szivattyú biztosítja a hőhordozó közeg szállítását a kollektor és a hőcserélő között. A szivattyút az épületgépészetben szokásos módon, a szükséges térfogatáram és a teljes rendszer számított nyomásvesztése alapján kell kiválasztani.

A szivattyú kiválasztásánál figyelemmel kell lenni arra, a keringetett közeg propilénglikol oldat, melynek viszkozitása a víztől eltérő.

(<http://www.naplopo.hu>)

## 2.8 Érzékelők

A napkollektorokban általában az abszorber lemez hőmérsékletét célszerű mérni a kilépő csomak közelében. Tapasztalatok szerint, ha a kollektor érzékelőt a kilépő csővezetékre teszik, akkor az csak a keringés megindulása után mér kielégítő pontossággal, de a kollektorok felmelegedését csak késéssel érzékeli.

Melegvíz-tárolók érzékelőjét általában a hőcserélő zónájában, kb. a hőcserélők felének magasságában kell elhelyezni. A tárolókon többnyire található erre a célra kiképzett hüvely, vagy csomak. (<http://www.naplopo.hu>)

## 2.9 Szabályozók

A napkollektoros rendszerekben alkalmazott szabályozók feladata, hogy csak akkor indítsák el a kollektoros fűtést, ha a kollektorok hőmérséklete magasabb a fűteni kívánt közeg hőmérsékleténél. Ezért a legegyszerűbb szabályozó egy hőmérsékletkülönbség kapcsoló, mely egy-egy érzékelővel méri a kollektorok, és a fűtött tároló hőmérsékletét. A szabályozón beállított hőmérsékletkülönbség elérése esetén a szabályozóban lévő relé meghúzza, és ez általában elindítja a kollektor körüli keringető szivattyút. A bekapcsolási hőmérséklet különbség általában 5-20°C. Ezen kívül a szabályozón általában beállítható a tárolók maximális hőmérséklete is. Ha a kollektorok felfűtötték a tárolót a beállított maximális hőmérsékletre, akkor a szabályozó kikapcsolja a kollektor körüli szivattyút akkor is, ha a bekapcsoláshoz szükséges hőmérsékletkülönbség továbbra is fennáll. (<http://www.naplopo.hu>)

### 3. Hőhasznosítás összetevői

#### 3.1 A napkollektorok tájolása és dőlés szöge

##### 3.1.1 A Nap pozíciója

Azt, hogy a nap milyen irányból süt, vagyis a Nap pillanatnyi helyzetét az égbolton, a Földön való helyzetünk (szélességi és hosszúsági kör) valamint az év adott időpontja határozza meg. Ezt két mennyiséggel adja meg: a napmagasság ( $m$ ) és az azimut ( $a$ ). Napmagasságnak a Nap vízszintes, horizontsíkra vonatkozó beesési szögét nevezzük. Magyarországon a Nap delelési magassága legnagyobb július 21-én, ekkor a napmagasság  $66^\circ$ , legkisebb pedig december 21-én, ekkor a napmagasság  $19^\circ$ . Azimutnak a Nap horizontsíkra vetített helyzetének egy meghatározott iránytól való eltérését nevezzük. Napenergia-hasznosítás területén nulla azimutnak a déli irányt célszerű felvenni, ekkor a keleti naphelyzetet negatív, a nyugati naphelyzetet pozitív előjellel vesszük figyelembe. A Föld pályájának ismeretében a Nap magassága és azimutja tetszőleges időpontban kiszámítható, így a Nap helyzete meghatározható. A napmagasság számítása:

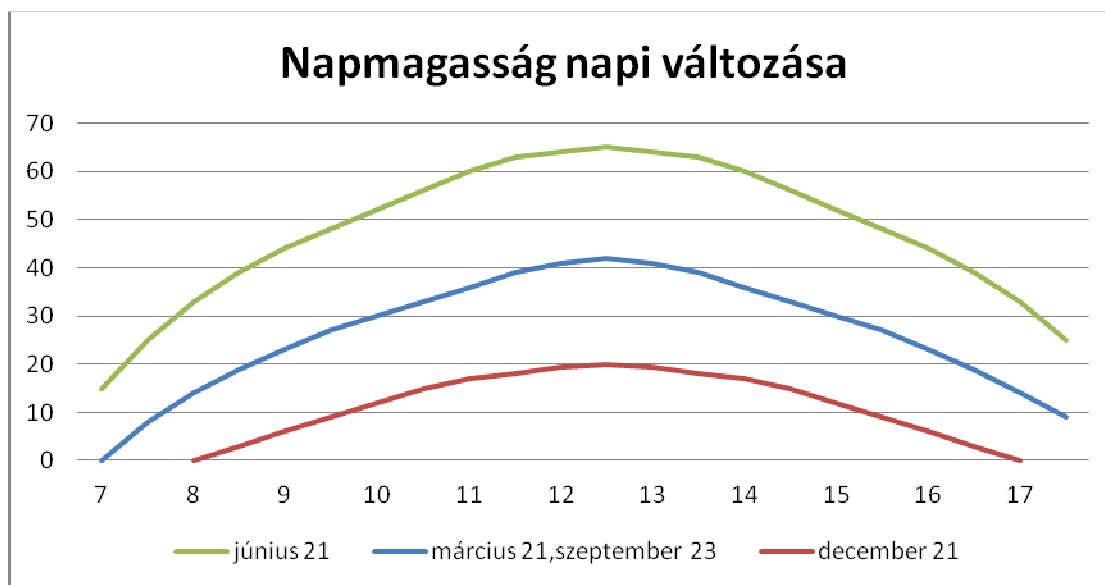
$$m = \sin^{-1}[\sin\delta \cdot \cos\varphi + \cos\delta \cdot \cos\varphi \cdot \cos(HRA)]$$

3.1 egyenlet

Ahol  $\delta$  a Nap deklinációja, mely éves periódussal váltakozik,  $\varphi$  a földrajzi hely szélességi foka (Budapest:  $47,5^\circ$ ), HRA a Nap óraszöge.

időpont	számolt értékek
június 21.	66
március 21., szeptember 23.	42
december 21.	19

3.1 táblázat



3.1 ábra

A deklináció a Napnak az egyenlítőn mért delelési szögtávolság változása, mely a Föld Nap körüli pályája és az Egyenlítő által meghatározott síkok eltérése miatt adódik (vagyis a Föld forgástengelye nem merőleges a keringési pálya síkjára), és a Föld Nap körüli helyzetétől függ. A deklináció értéke  $-23,45^\circ$  és  $+23,45^\circ$  között változik év során. A deklináció számítása:

$$\delta = \sin^{-1} \left\{ \sin(23,45^\circ) \cdot \sin \left[ \frac{360}{365} \cdot (d - 81) \right] \right\}$$

3.2 egyenlet

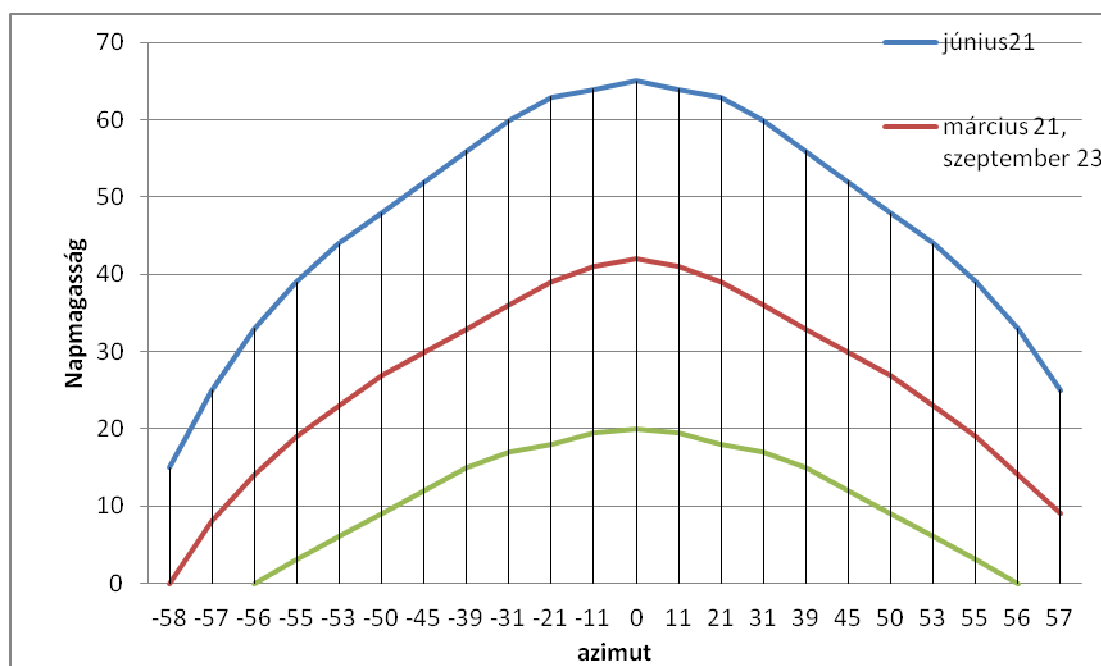
Ahol  $d$ : a vizsgált nap sorszáma (jan. 1.=1). A Nap azimutjának számítása:

$$a = \cos^{-1} \left[ \frac{\sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos(HRA)}{\cos m} \right]$$

3.3 egyenlet

A nap helyzetét jellemző magasság és azimut értékeket ábrázolva nappályadiagramot kapunk, mely a Nap járását szemlélteti adott földrajzi helyre vonatkozóan.

(<http://www.pveducation.org/pvcdrom>)



3.2 ábra

### 3.1.2 Napsugárzás intenzitása

A földfelszínre érő napsugárzás intenzitását több tényező befolyásolja. Egyrészt a Nap és a Föld távolsága, mely az ellipszis pályán való keringésből adódóan az év folyamán változik. A legtávolabb a Nap júliusban van, a legközelebb januárban. Ez a változás igen alacsony, kb 3%, mely kb 6%-os a napsugárzás intenzitás változást jelent. A Föld légkörének határára érkező napsugárzást az alábbi képlet adja meg:



$$\frac{H}{H_{konst}} = 1 + 0,033 \cdot \cos \left[ \frac{2\pi \cdot (n - 2)}{365} \right]$$

3.4. egyenlet

Ahol  $H$  a sugárzott teljesítmény,  $H_{konst.} = 1,353 \text{ kW/m}^2$  és  $n$  az év napjának sorszáma. Mivel a változás igen ki mértékű, átlagértékként általában a napállandóval szokás számolni.

A Föld légköre is csökkenti a földfelszínre érkező napsugarak mennyiségét. A légkör összetétele (ózon, nitrogén, oxigén, szennyeződések) viszonylag kis mértékű, számolható sugárzásgyengülést okoz.

A mértéket az határozza meg, hogy mekkora utat tesz meg a fény a légkörben, vagyis milyen szögben érkezik a földfelszín felé. Ezt az út a „légtömeg vastagsága”:

$$AM = \frac{1}{\cos \theta}$$

3.5 egyenlet

Ahol  $AM$  a légtömeg vastagsága a Föld légkörének vastagságához képest,  $\theta$  a sugarak beesési szöge ( $90^\circ$ - napmagasság = zenith). ( $AM = 1$ , ha a Földfelszínre merőlegesen érkezik). A képlet ebben a formában pontatlan, hiszen azt feltételezi, hogy a légkör sík réteg. Mivel a légkörnek görbülete van, a képlet pontosítva:

$$AM = \frac{1}{\cos \theta + 0,5 \cdot (96,08 - \theta)^{-1,3}}$$

3.6 egyenlet

Ezek alapján meghatározható a felszínre érkező direkt sugárzás:

$$I_D = H \cdot [(1 - b \cdot h) \cdot 0,7^{(AM^{0,678})} + b \cdot h]$$

3.7 egyenlet

Ahol  $I_D$  a Földfelszínre érkező direkt sugárzás intenzitása,  $b = 0,14$ ,  $h$  a tengerszint feletti magasság, a  $0,7$  a napsugárzás 70%-os gyengülését jelenti a légkörben, a kitevőben szereplő  $0,678$  a légköri rétegek egyenlőtlenségét veszi figyelembe. Ez az összefüggés csak abban az esetben érvényes, ha nincs felhő az égen, tehát a továbbiakban a kapott számolási eredmények derült időjárásra vonatkoznak. (<http://www.pveducation.org/pvcdrom>)

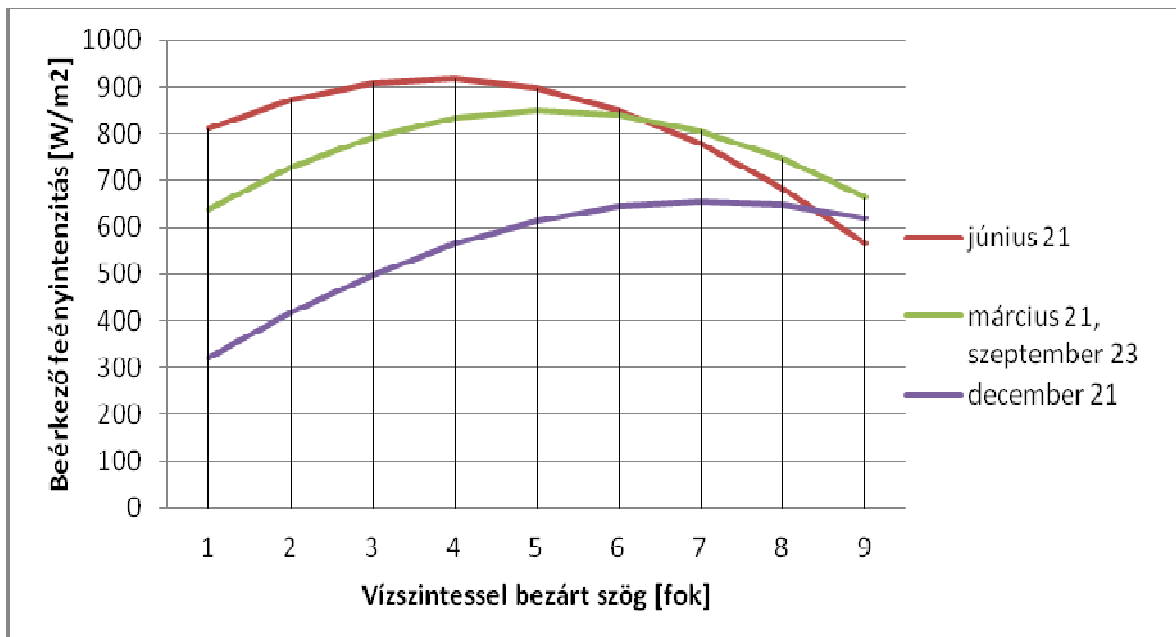
### 3.1.3 Napkollektorra eső napsugárzás intenzitás

A nap pozíciója és a fényintenzitás ismeretében egy adott tájolású és adott szöget bezáró napkollektorra érkező fényintenzitás már számolható. Ezt a következő kifejezés adja meg:

$$S_{napkollektor} = I_D \cdot [\cos m \cdot \sin \beta \cdot \cos(\gamma - \alpha) + \sin m \cdot \cos \beta]$$

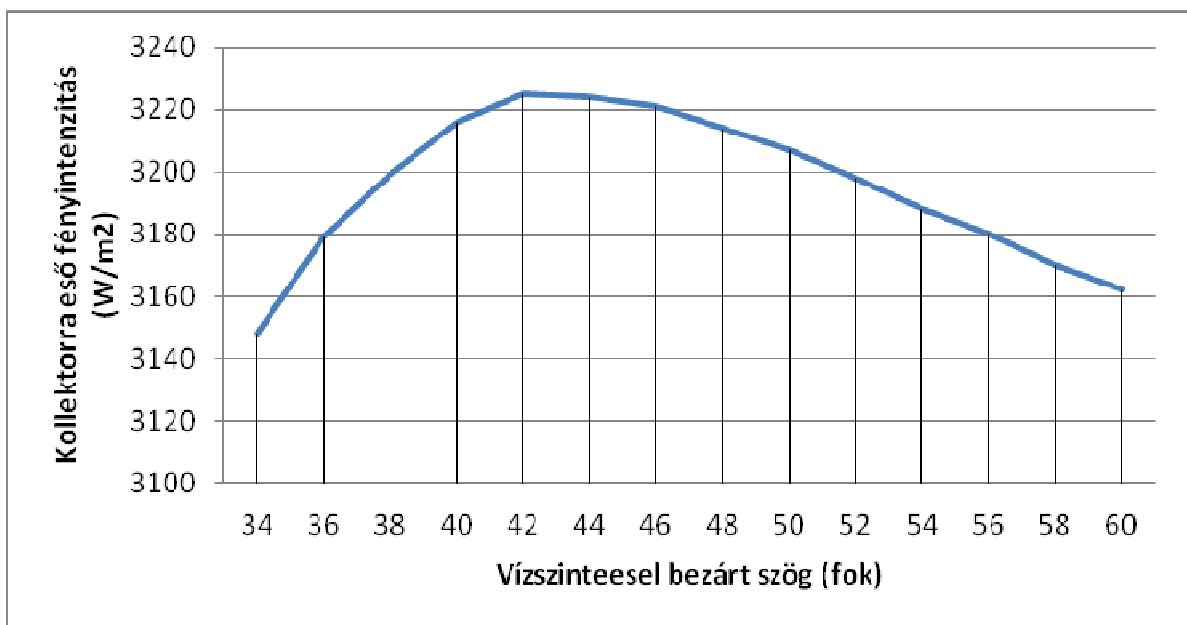
3.8 egyenlet

Ahol  $S_{kollektor}$  a kollektorra eső fény intenzitása,  $I_D$  a napfény intenzitása,  $m$  a napmagasság,  $\alpha$  az azimuth,  $\beta$  a kollektor földfelszínrel bezárt szöge,  $\gamma$  napkollektor irányszöge ( $0^\circ$  - Dél). Ilyen módon meghatározható, hogy adott időpontban mekkora teljesítményű fény érkezik egységnyi felületű napkollektorra. (<http://www.pveducation.org/pvcdrom>)



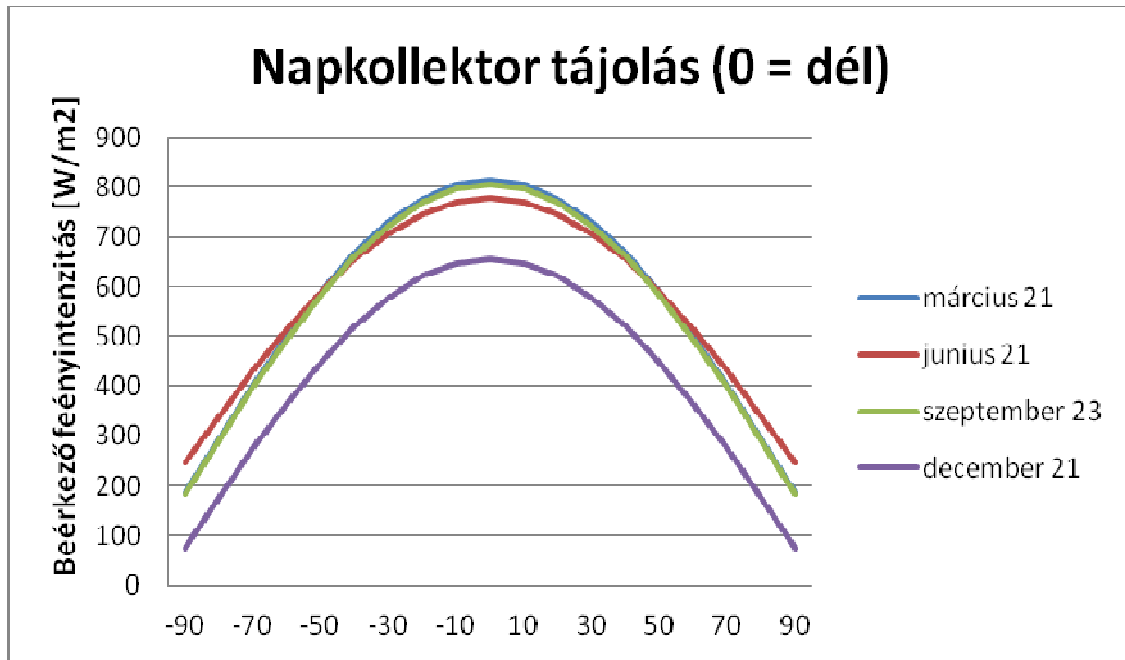
3.3 ábra

A Nap éves és napi látszólagos mozgásából következik, hogy az adott évszakok során más-más napkollektor dőlésszög az ideális. Ez azért fontos, mert a napkollektorok a gyakorlatban fix állásúak, így úgy kell dőlés szöget választani, hogy a napkollektort állandóan magas fény intenzitás érje. Ennek meghatározásához a napmagaság maximumok idején (március 21, június 21, szeptember 23, december 21) megvizsgáltam napsugárzás jövedelem mennyiségét különböző dőlésszöget esetén.



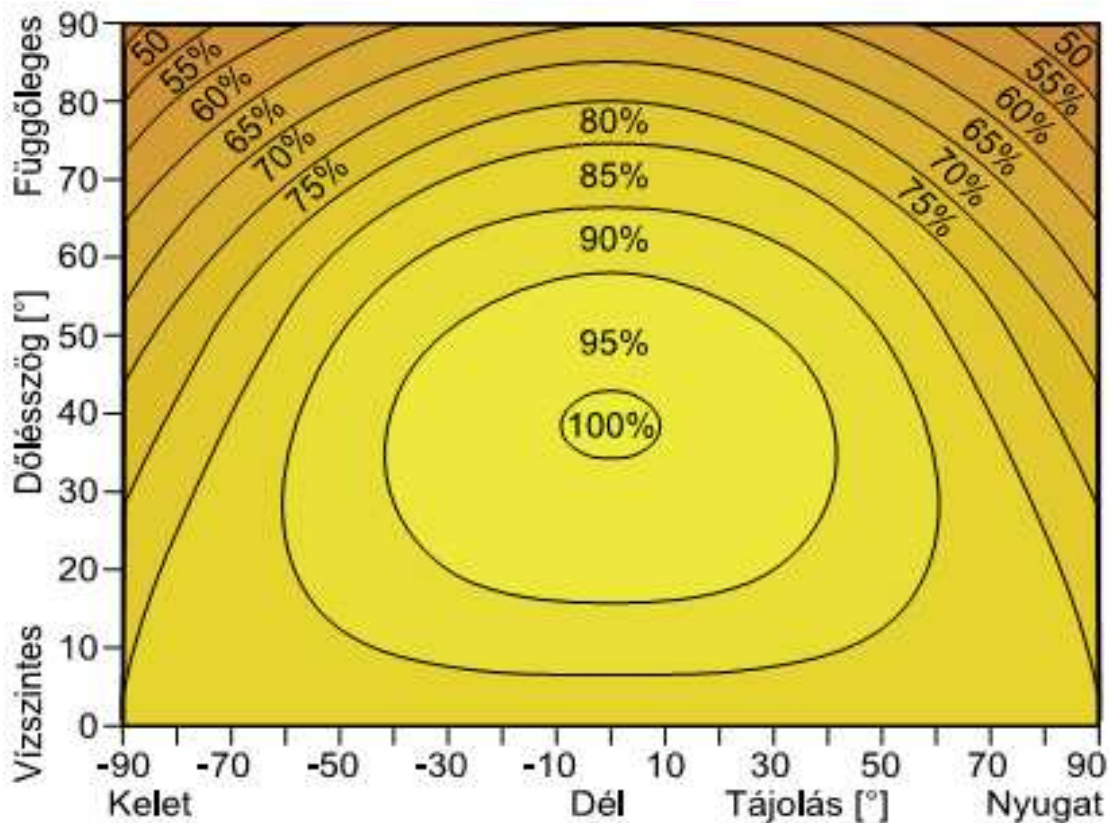
3.4 ábra

A legmagasabb napsugárzás jövedelem 42 fokos dőlésszöggel érhető el. A megfelelő tájolás meghatározása esetében jóval egyszerűbb dolgunk van. Az északi féltekén a napkollektort lehetőleg déli irányba kell tájolni.



3.5 ábra

Ideális esetben tehát a napkollektor déli irányba néz és 42 fokos szöget zár be a vízszintessel. Az ettől való eltérés napsugárzás jövedelem csökkenését okozza. Ennek mértékét szemlélteti a következő ábra. (<http://www.naplopo.hu>)



3.6 ábra

## 3.2 Napkollektorok hatásfoka

A hőtermeleő berendezések hatásfokát a hasznosított hőmennyiség és bevitt hőmennyiség aránya fejezi ki. A bevitt hőmennyiséget a tüzelőanyag határozza meg, ami napkollektorok esetében a Nap elektromágneses sugárzása. A napkollektorok hatásfokát tehát a napkollektorral hasznosított hőenergia és a napkollektor felületére érkező napsugárzás aránya adja meg:

$$\mu = \frac{Q_H}{G}$$

3.8 egyenlet

Ahol  $Q_H$  a napkollektor által leadott, hasznos hőteljesítmény,  $[W/m^2]$ ,  $G$  a napkollektor felületére érkező napsugárzás  $[W/m^2]$ .

A napkollektorok hatásfokának pillanatnyi értékét befolyásolja a környezeti hőmérséklet és a napsugárzás intenzitása. Ezért a napkollektorok hatásfoka konkrét számmal nem kifejezhető, hiszen ezek a tényezők állandóan változnak és így a hatásfok is változik egy maximális érték és nulla közt. A hatásfok matematikai egyenlettel vagy grafikonnal lehet megadni.

$$\mu = \mu_0 - k_1 \cdot X - k_2 \cdot G \cdot X^2$$

3.9 egyenlet

Ahol  $\mu$  a kollektor optikai hatásfoka,

$k_1$  az elsőfokú hőveszteségi együttható,

$k_2$  a másodfokú hőveszteségi együttható,

$x$  a hatásfok független változója, ahol  $x = (T_{koll} - T_{lev})/G [(K \cdot m^2)/W]$ ,

$T_{koll}$  a kollektor közepes hőmérséklete

$T_{koll} = (T_{ki} + T_{be})/2$ ,  $T_{ki}$  a kollektorból kilépő hőhordozó közeg hőmérséklete,

$T_{be}$  a kollektorba belépő hőhordozó közeg hőmérséklete,

$T_{lev}$  a környezeti levegő hőmérséklete,

$G [W/m^2]$  a kollektor felületére érkező globális napsugárzás.

A hatásfok képlete egy másodfokú görbe egyenlete:

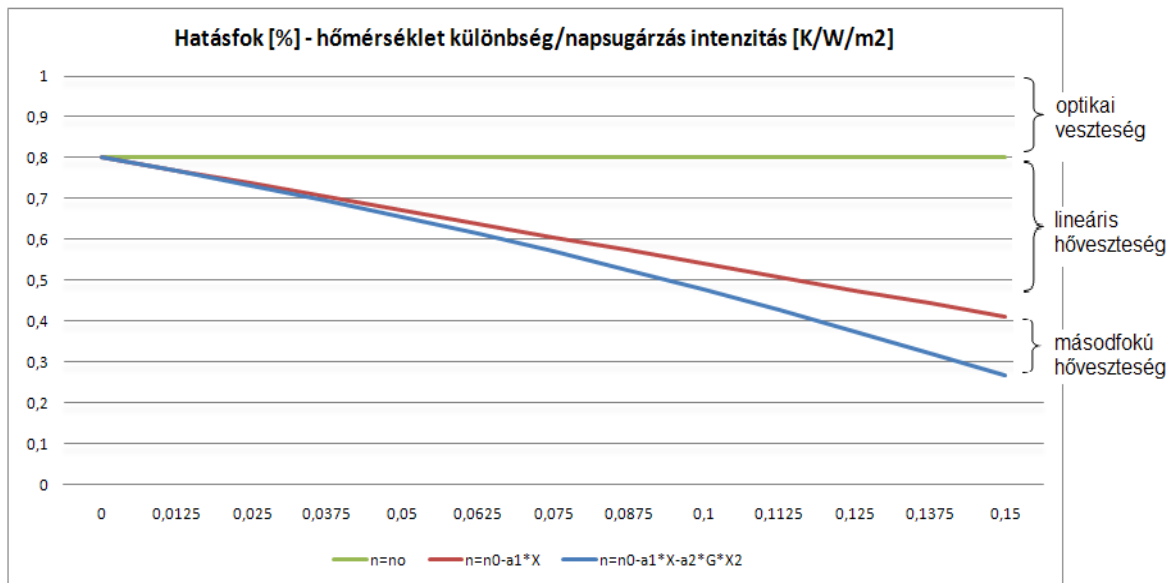
$$y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2$$

3.10 egyenlet

$$b_0 = \mu_0, b_1 = -k_1, b_2 = -k_2 \cdot G, x = \frac{\Delta T}{G}$$

3.11 egyenlet

A hatásfokgörbét a  $x = \frac{\Delta T}{G}$  függvényében ábrázolva:



3.7 ábra

Az első egyenes jelentené a hatásfokot, ha csak optikai veszteségek lennének ( $\eta = 1 - \eta_0$ ). A második egyenes ( $\eta = \eta_0 - k_1 \cdot x$ ) az optikai veszteségek mellett már tartalmaz hőmérséklet különbségből adódó (hővezetés során keletkező és hősugárzási) veszteségeket. Az összes veszteséget figyelembe véve megkapjuk a hatásfokgörbét ( $\eta = \eta_0 - k_1 \cdot x - k_2 \cdot x^2 \cdot G$ ).

A fentiek alapján a kollektorok veszteségei két részre oszthatók:

- Optikai veszteségek (ezek nem függenek a hőmérséklet viszonyoktól):
  - Az üvegorítás visszaverése és elnyelése
  - Az abszorber lemez visszaverése
- Hőveszteségek (ezek arányosak a kollektor és a környezet közötti hőmérséklet-különbséggel):
  - Az abszorber lemez sugárzási vesztesége
  - A kollektorban létrejövő hőveszteség

A veszteségi együtthatók közül a lineáris tag a hővezetéssel járó hőveszteséget a másodfokú tag a hősugárzással járó hőveszteséget tartalmazza.

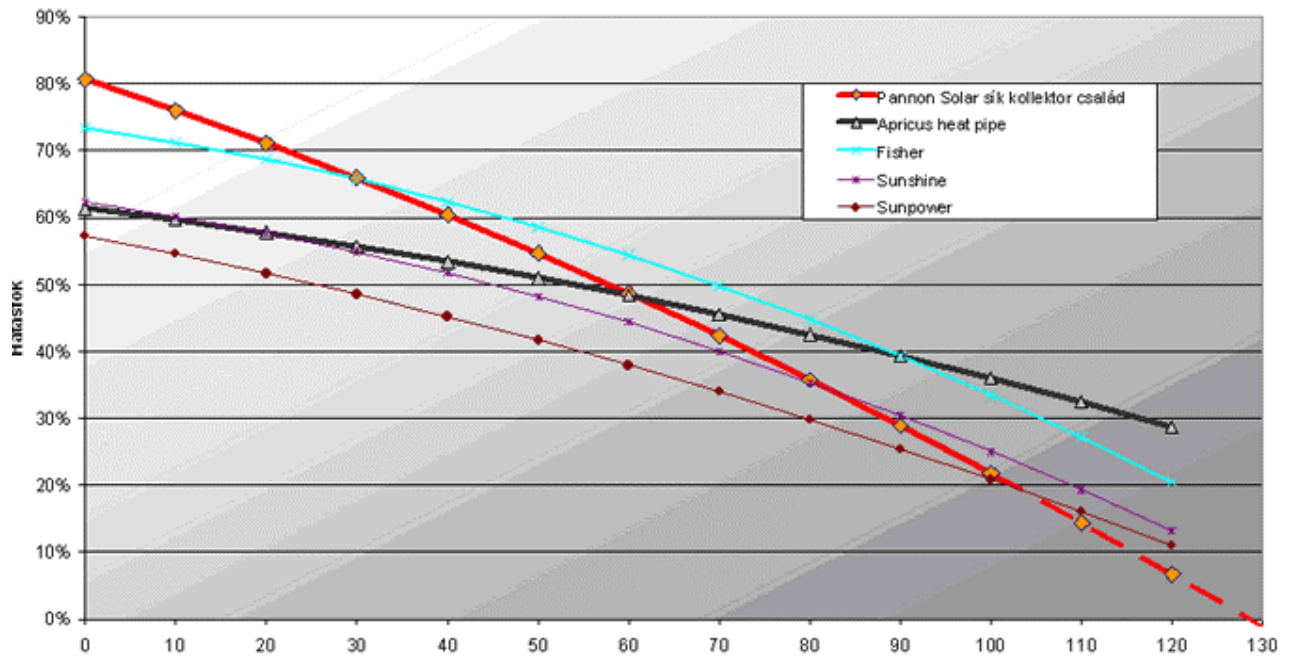
A különböző veszteségek alapján a jó kollektor meghatározói:

- Minél nagyobb fényáteresztő képességű, jó minőségű, tiszta (alacsony vastartalmú), esetleg a külső felületén strukturált, ún. antireflexiós, vagy öntisztulást okozó üvegfedést.
- Az abszorber lemez felületére felvitt fel szelektív bevonatot, ami jól elnyeli a napsugárzást, ugyanakkor meggátolja a visszasugárzást.
- A kollektor házat szigetelése, vákuum térben lévő abszorber lemez.
- Az abszorber lemezre megfelelő sűrűséggel, és megfelelő módon erősített csőkigyót.

(<http://www.naplopo.hu>)

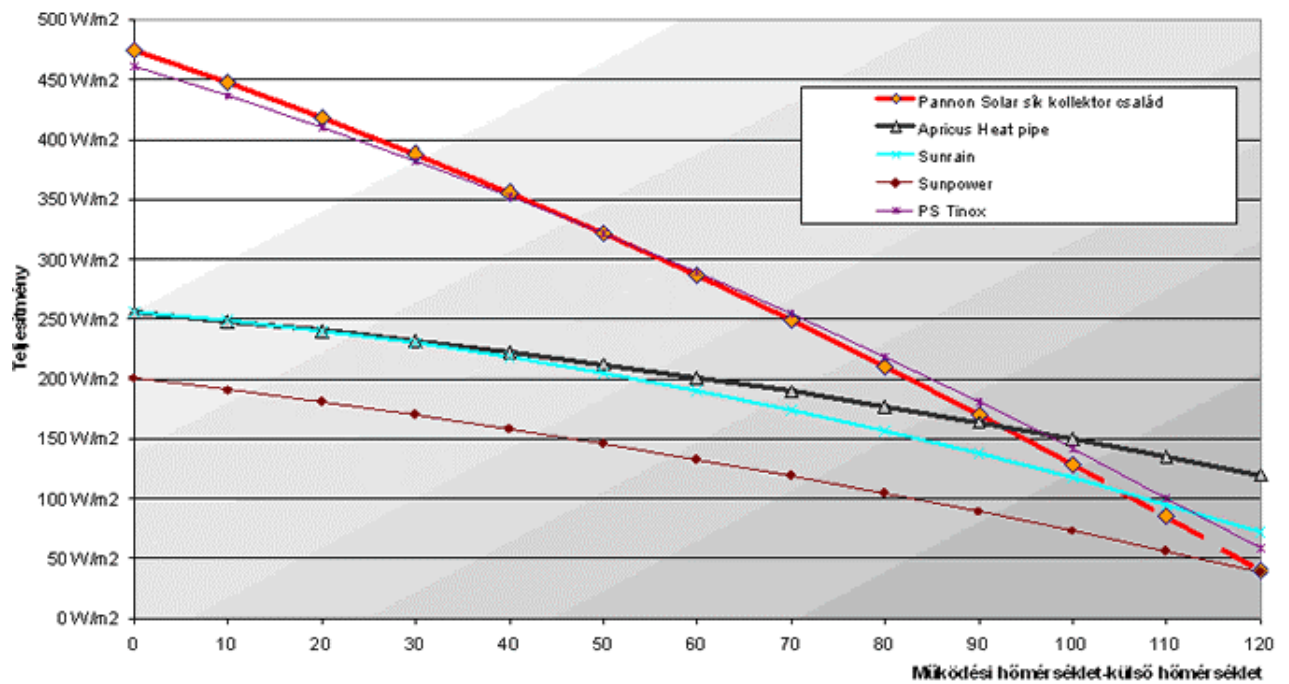
A kollektorok hatásfokának összehasonlításánál fontos azt is tisztázni, hogy a hatásfokot a kollektorok milyen felületére adták meg. A hatásfok definíciójában ugyanis az szerepel, hogy az a hasznosított hőmennyiség és a kollektorok felületére érkező napsugárzás arányát fejezi ki.

Napkollektorok hatásfoka szabad üvegfelületre vonatkoztatva:



3.8 ábra

Napkollektorok hatásfoka bruttó felületre vonatkozóan:



3.9 ábra

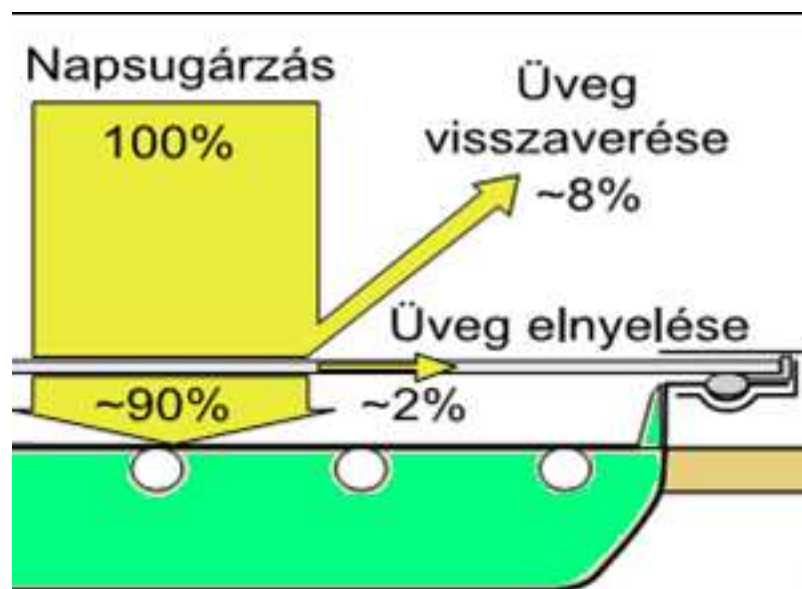
## 4. A hőhasznosítás elemzése

Az alábbiakban egy adott vákuumos sík kollektor, egy vákuumcsöves CPC tükrös és egy heatpipe vákuumcsöves napkollektor hőhasznosítójának elemzésére kerül sor. A hőhasznosítás folyamata: a napsugárzást a napkollektorban lévő elnyelő lemez hőenergiává alakítja. Ezt az energiát az elnyelő lemezzel minél nagyobb felületen érintkező, jó hővezető képességű csőrendszerben keringetett, adott hőkapacitású hőszállító folyadék a hőcserélő rendszerbe szállítja. A hőcserélő rendszer ezt az energiát egy tartályban leadja, ahol melegvíz formájában tárolódik, ami lehet használati melegvízként is és fűtésrészegítésre is hasznosítani.

### 4.1 Fényáteresztés

#### 4.1.1 Síkkollektorok

A napkollektor üvegfelületére érkező napsugárzás jó része áthalad, a többi visszaverődik. Ezek mértékét egyrészt az üveg fényáteresztő képessége határozza meg, amit mesterségesen lehet befolyásolni, valamint az, hogy a napsugarak jórészt nem merőlegesen érkeznek a sík felületre.



4.1 ábra

(<http://www.naplopo.hu>)

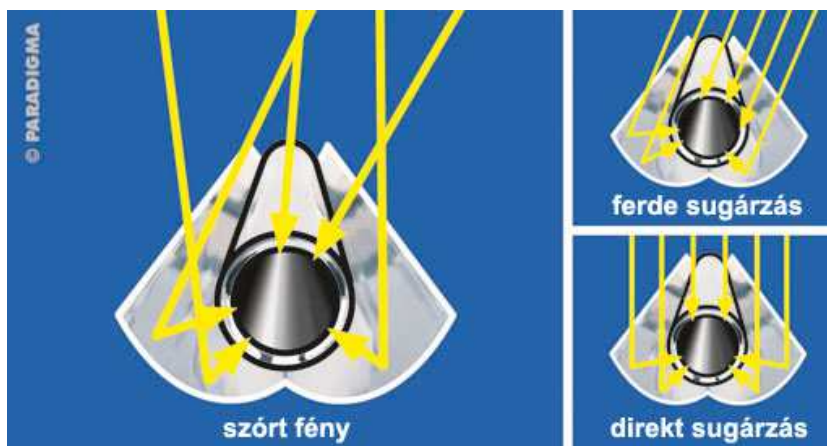
#### 4.1.2 Vákuumcsöves kollektorok

A napsugárzás görbült felületre érkezik, ezért a fényáteresztés mértéke kisebb, mint sík kollektorok esetében. A vákuumcsöves kollektorok érdekessége, hogy nem délben,  $0^\circ$ -os beesési szögnél a legjobb a hőhasznosítás mértéke, hanem délelőtt és délután, körülbelül  $40^\circ$ -os beesésnél. A Nap járásának köszönhetően szemből érkező besugárzás esetén a visszaverődött és a rések között elvesző fény mennyisége elvész. Ez folyamatosan csökken egészen addig, amíg - körülbelül  $40$ - $45^\circ$ -os beesési szögnél - a Nap irányából nézve a kollektor csövei egy egységes, homogén felületet alkotnak, ilyenkor az oldalirányú besugárzás már a szomszédos csövekre verődik vissza, és ott egy része hasznosul.



4.2 ábra  
 (<http://www.kardoslabor.hu>)

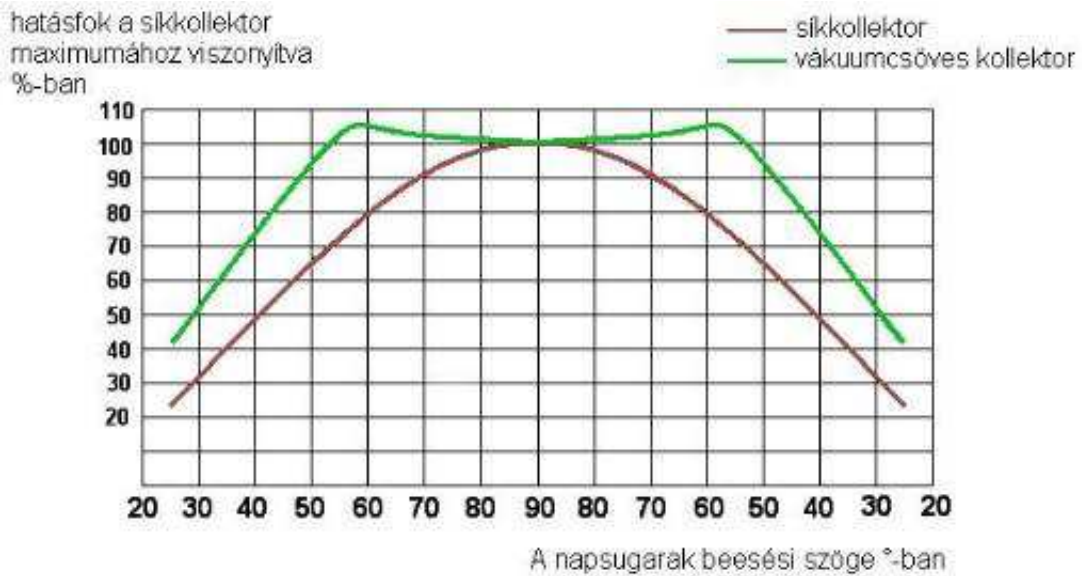
A CPC tükrös kollektorok a szórt és a nem merőlegesen érkező sugarakat még jobban tudják hasznosítani. Ennek például felhős és borult időszakban van nagy jelentősége, amikor direkt napsugárzás mértéke igen alacsony is lehet. Tükrök alkalmazásának hátránya, hogy a csövek messzebb vannak egymástól, így a felület kihasználás rosszabb.



4.3 ábra  
 (<http://www.alternativ-energia.eu>)

A következő ábra a sík- és vákuumcsöves kollektorok hőtermelésének változását mutatja, ahogy a Nap beesési szöge megváltozik a kollektorhoz viszonyítva.



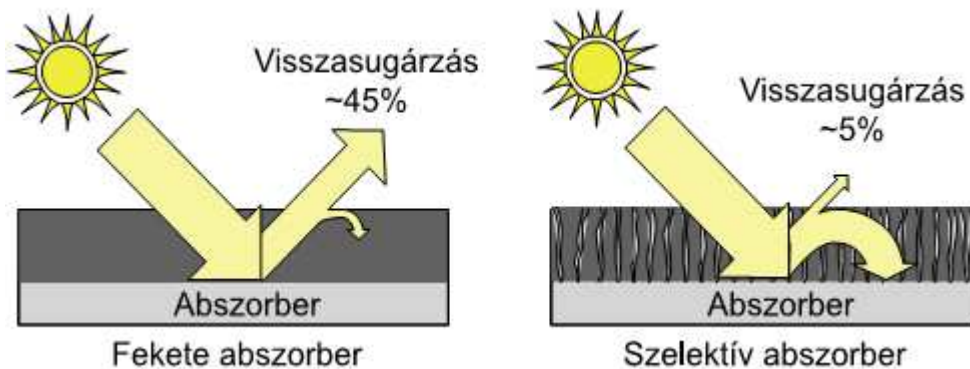


4.4 ábra  
(<http://www.kardoslabor.hu>)

## 4.2. Hőelnyelés

### 4.2.1 Síkkollektorok

Az áthaladt fénysugarakat elnyelődnek az abszorber lemezen. Az abszorber lemez célja, hogy minél több sugárzást elnyeljen, és minél kevesebbet sugározzon vissza. A felülete egy szelektív bevonatot tartalmaz, mely a rövid hullámhosszú fénysugarakat átengedi, de a visszaverődő hosszú hullámhosszú sugárzást nem. A  $\Delta t$  idő alatt  $A$  felületen elnyelt hő adott  $T$  hőmérsékleten:



4.5 ábra  
(<http://www.naplopo.hu>)

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

4.1 egyenlet

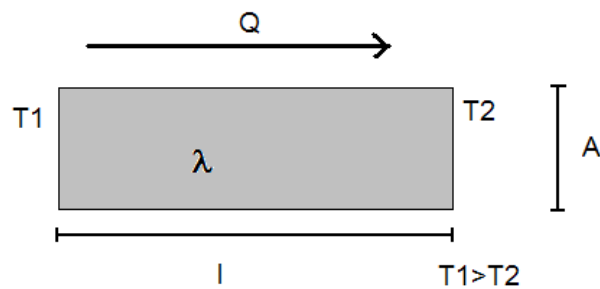
Ahol  $\Delta Q$  az abszorber által elnyelt hő,  $\varepsilon$  az abszorber emissziós tényezője ( $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ),  $\sigma$  a Stefan - Boltzmann állandó ( $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W /m}^2 \cdot \text{K}$ ),  $A$  az abszorber felülete,  $T$  a test hőmérséklete. (Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérces György-Litz József, 2001)

## 4.2.2 Vákuumcsöves kollektor

A vákuumcsöves kollektorok henger alakú abszorbert tartalmaznak. Emiatt az abszorber felületre mindig merőlegesen esik a sugárzás, így hatékonyabb a hőelnyelés.

## 4.3 Hővezetés

A hőmennyiség az abszorber lemezen és a hozzá rögzített rézcsövön keresztül *belső hővezetéssel* terjed a csőben szivattyúval keringetett hőszállító folyadékhoz.



4.6 ábra

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda \cdot \frac{\Delta T}{l}$$

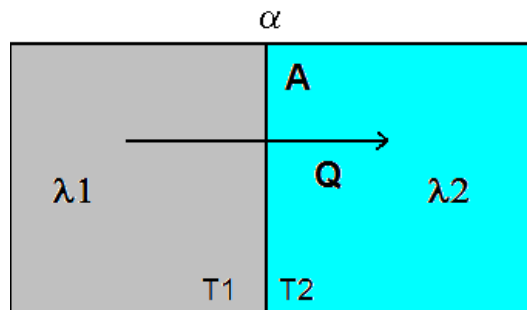
4.2 egyenlet

Ahol  $\Delta Q/\Delta t$  [J/s] a hőáram erőssége,  $\lambda$  [W/m·K] az anyagi minőségtől függő, belső hővezetési együttható,  $\Delta T = T_1 - T_2$  a végpontok közötti hőmérséklet különbség. (Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérces György-Litz József, 2001)

## 4.4 Hőátadás

### 4.4.1 Síkkollektorok

A csővezeték és az abszorber, valamint a csővezeték és a benne lévő folyadék határán *hőátadás* történik. A csővezeték kialakítása lehet csőkégyós, vagy párhuzamos.



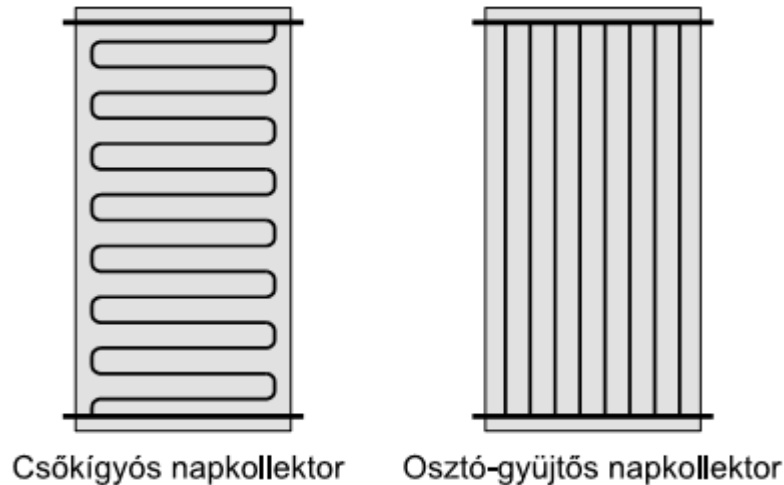
4.7. ábra

$$\frac{\Delta Q}{A \cdot \Delta t} = -\alpha \cdot \Delta T$$

4.3 egyenlet

Ahol  $\alpha$  a hőátadási együttható [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ],  $A$  a érintkező felületek nagysága,  $\lambda_1$  [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ] és  $\lambda_2$  [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ] a belső hővezetési együtthatók. (Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérces György-Litz József, 2001).

Az elrendezés a nyomásvesztés és a hőátadás szempontjából fontos. A csőkégyős elrendezés esetén nagyobb nyomásvesztés, ezért nagyobb teljesítményű szivattyúra lehet szükség, a nagyobb felület viszont hatékonyabb hőátadást tesz lehetővé az abszorber, a csővezeték és a hőszállító folyadék között.



4.8 ábra

(<http://www.naplopo.hu>)

A felületnövelést még úgy lehet elérni, hogy a csővezetékot sajtolással rögzítik az abszorberhez, így a csővezeték teljes felületén képes hőt felvenni. Az intenzívebb hőszállítás következtében az abszorber hőmérséklete alacsonyabb, így kisebb a veszteség.

A nyomásvesztés számolása:

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi \cdot (p_1 - p_2) \cdot R^4}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

4.4 egyenlet

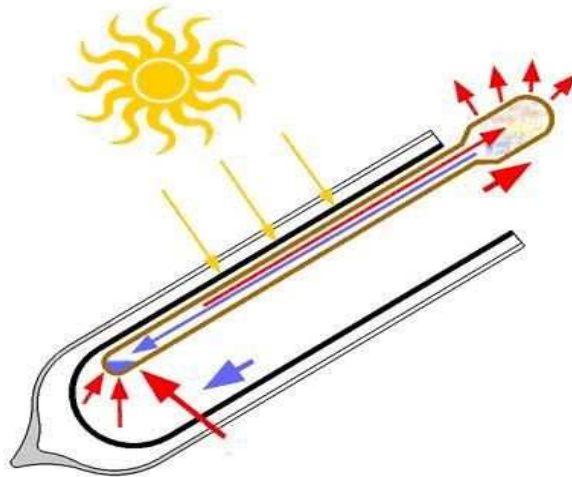
(Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérces György-Litz József, 2001)

#### 4.4.2 Vákuumcsöves kollektorok

CPC tükrös kollektorok esetében a leghatékonyabb technológia a henger alakú abszorber, a hozzá rögzített csővezeték pedig hajlított, U-alakú. Ez esetben a csővezeték felületének megnövelésére nincs lehetőség. A csővezeték egyik ága az előre menő ág, a másik a visszatérő ág.

Heatpipe kollektorok esetében a henger alakú abszorberhez egyenes csővezeték van rögzítve, melynek mindkét vége le van zárva, amely a felső végén, a jobb hőátadást elősegítendő, nagyobb átmérőre bővül és kondenzátorként működik.

A hőátadás mindkét esetben ugyanúgy írható fel, ahogy a síkkollektorokkal.



4.9 ábra

(<http://www.kardoslabor.hu>)

## 4.5 Hőáramlás

### 4.5.1 Síkkollektorok

A hasznosított hőenergiát szivattyú által keringetett folyadék szállítja a hőcserélőbe. Az elszállított hő mennyisége függ a folyadék dinamikai viszkozitásától, fajlagos hőkapacitásától és hőtágulási együtthatójától. Ez utóbbiakat az  $\alpha$  hőáramlási együttható veszi figyelembe [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]: (Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérces György-Litz József, 2001)

$$\frac{\Delta Q}{A \cdot \Delta t} = -\alpha \cdot \Delta T$$

4.5 egyenlet

### 4.5.2 Vákuumcsöves kollektorok

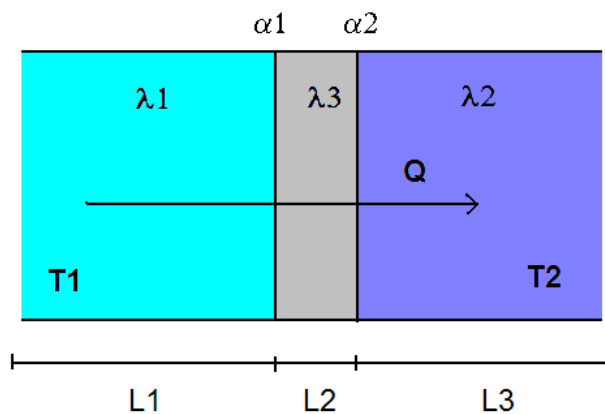
Heatpipe technológia esetében az abszorberre erősített csőben alacsony, általában 25 mbar vákuum van, így a benne lévő néhány ml folyadék (víz, etanol) alacsony hőmérsékleten, 25-30°C-on már párolog és a felvett energiát a cső tetején lévő kondenzáló térbe szállítja, ahol leadja. Az áramlást tehát a felmelegedett gőz kisebb sűrűsége okozza. A gőz felemelkedik és a kisebb sűrűségű hidegebb közeggel helyet cserél. A folyamat nagy sebességgel újra és újra ismétlődik. A hőáramlást a 4.5 egyenlet írja le, ahol  $\alpha$  a vízgőz hőáramlási együtthatója.

## 4.6 Hőátbocsájtás

A hőcserélőben a hőenergia *hőátvitel* útján kerül a tárolóba. A hőátvitel mértékét a  $k$  hőátviteli tényezője határozza meg [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ], melynek értékét az egyes rétegek vastagsága, belső hővezetési együtthatója és hőátadási együtthatója határozza meg.

$$\frac{\Delta Q}{A \cdot \Delta t} = -k \cdot \Delta T$$

4.6 egyenlet



4.10 ábra

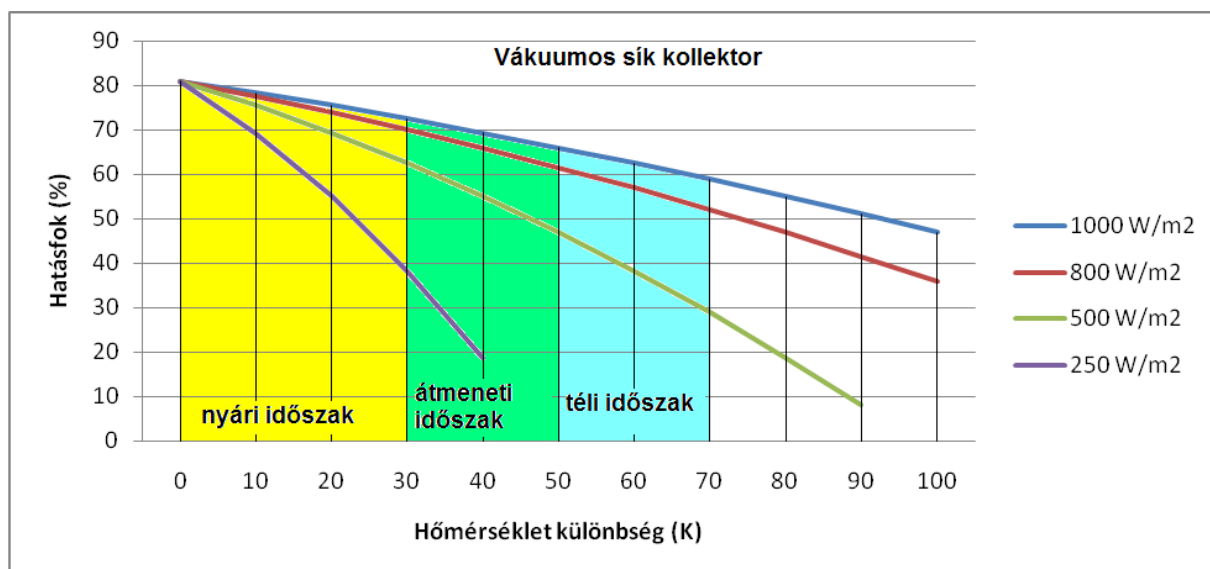
(Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérces György-Litz József, 2001)

Heatpipe esetében a hőátvitel történik a hőcső kondenzációs térében. A gőz hőenergiát ad át a hőszállító folyadéknak a rézcsövön keresztül.

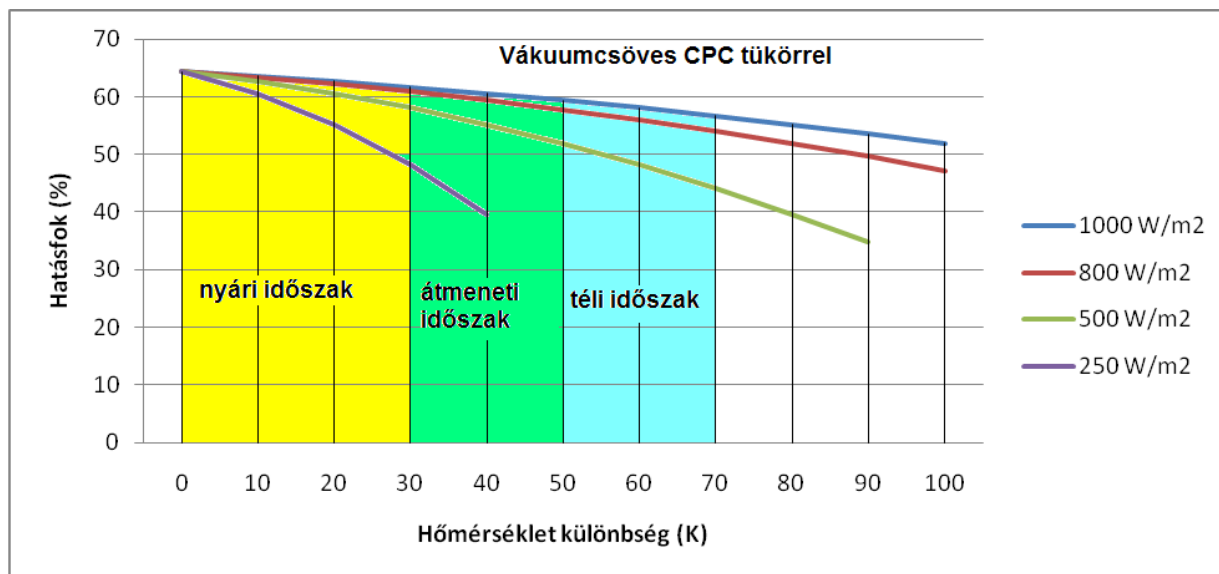
#### 4.7 Hatásfok vizsgálat

A napkollektorok műszaki paramétereit interneten hozzáférhető termékismertetőkből használtam fel. A vizsgálathoz szükséges számolt adatok: kollektorokra érkező napsugárzás intenzitás, hőmérséklet különbség, hatásfok. Felhasználta adatok: hőmérsékleti adatok, kollektorok paramétereit (optikai hatásfok, hőveszteségi együtthatók, méretek).

Az ábrán egy vákuumos szelektív sík kollektor hatásfok görbéje látható a hőmérséklet különbség függvényében, különböző napsugárzási intenzitások esetében. Látható, hogy a kollektor hatásfoka elsősorban a napsugárzás intenzitásától függ, a környezeti levegő hőmérsékletének hatása másodlagos.

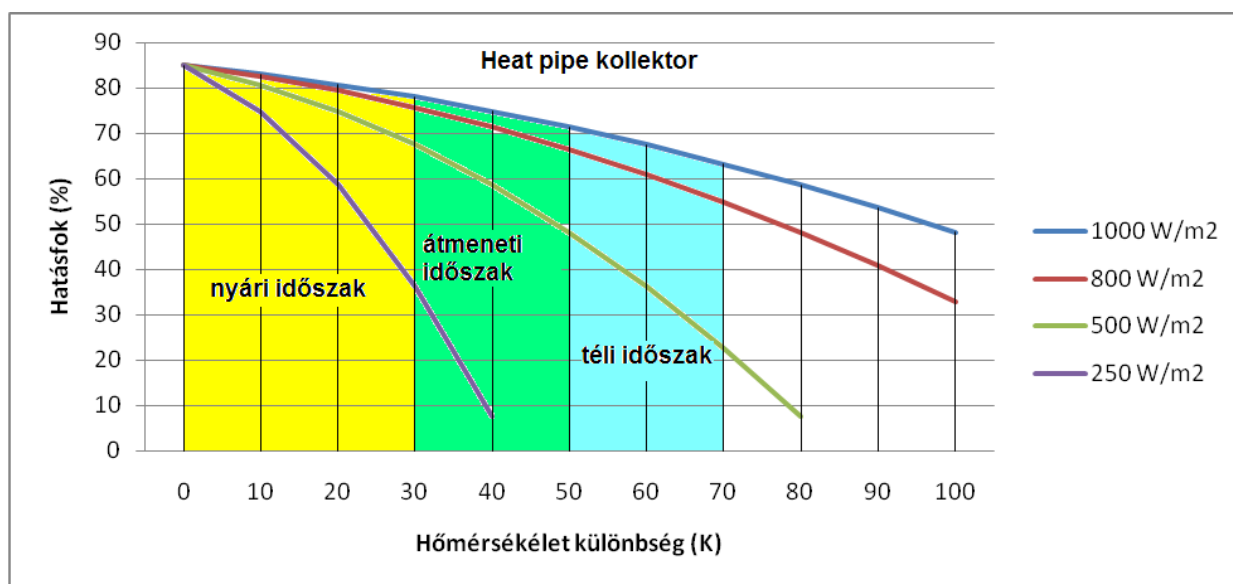


4.11 ábra



4.12 ábra

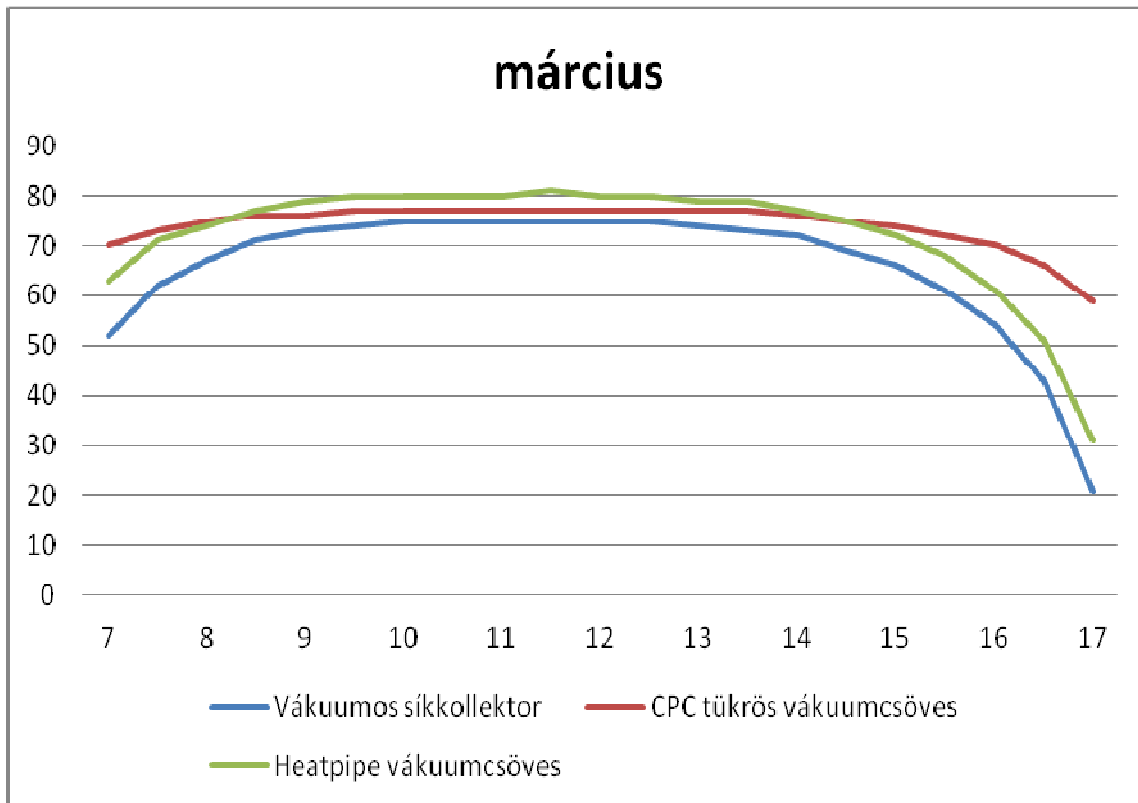
Ugynazez jellemzi a vákuumcsöves CPC tükrös és a heatpipe rendszerű napkollektorokat is. Az ábrákon látható időszakok ábrázolása irodalmi adatok alapján történt.



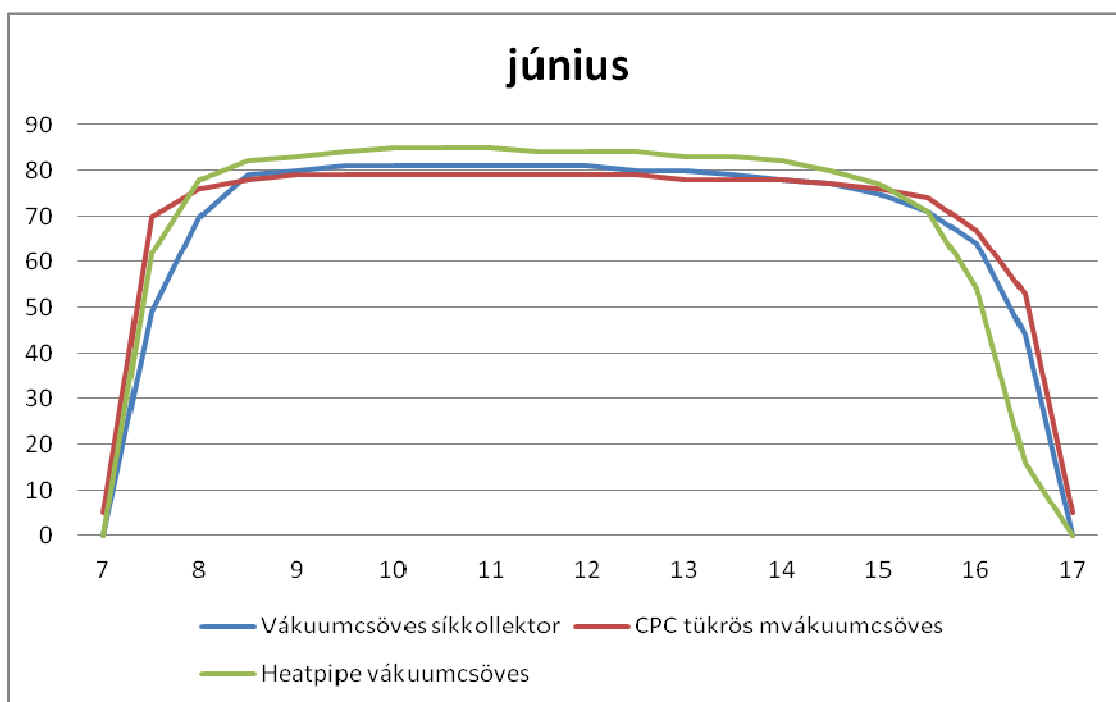
4.13 ábra

Látható, hogy az egyes napkollektor típusok a különböző technológiai megvalósítások következtében más-más időjárási körülmények mellett teljesítenek jobban.

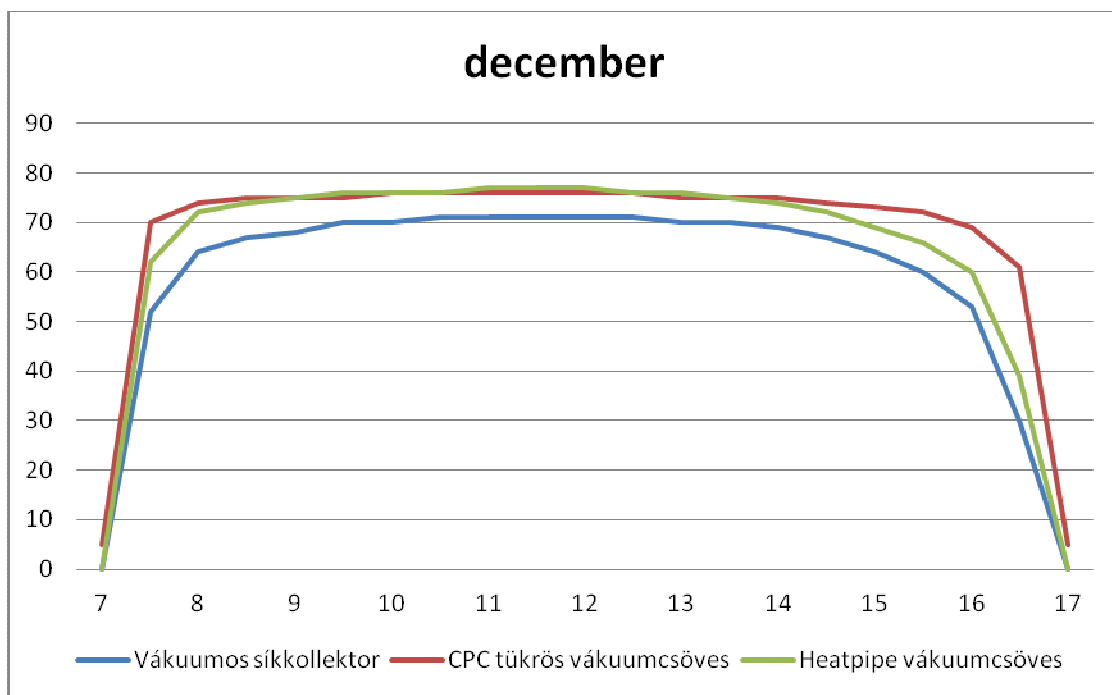
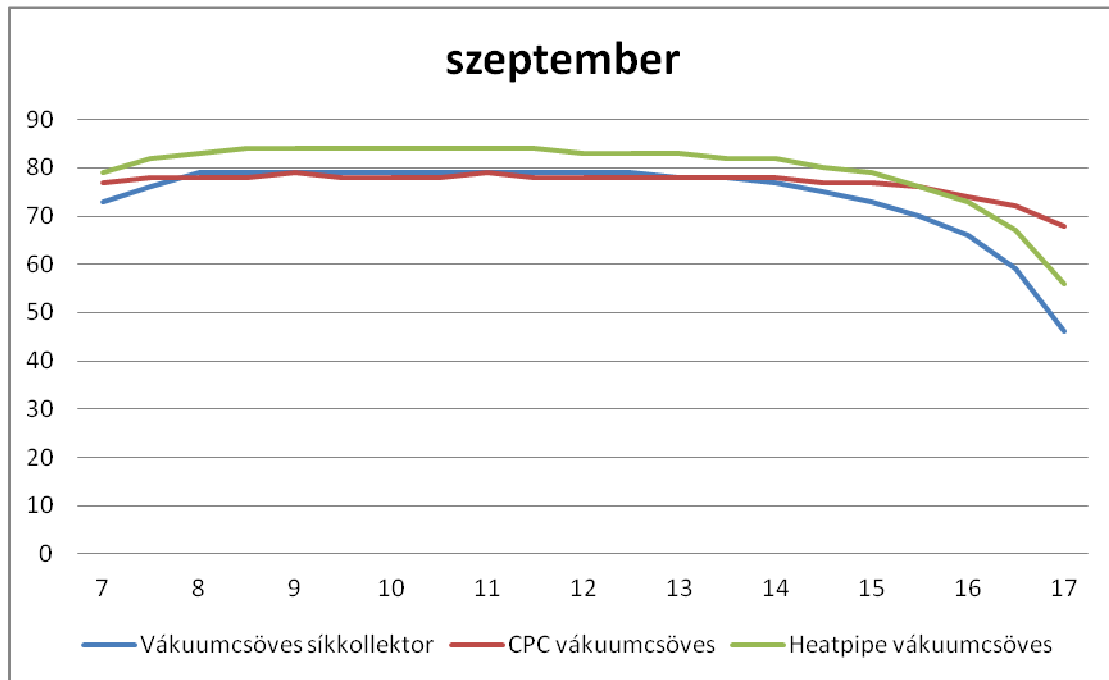
Az alábbi grafikonak az egyes napkollektorok hatásfokának különbségét ábrázolják ugyanazon időjárási körülmények között egy márciusi, egy júniusi, egy szeptember és egy decemberi napon.



4.14 ábra



4.15 ábra



Következés képpen nem lehet azt megmondani egyértelműen, hogy típus a legjobb. Meg kell vizsgálni tehát, hogy milyen körülmények (időjárás, háztető tájolás, rendelkezésre álló felület) adottak a napkollektoros rendszer használatához, saját kezűleg meg kell határozni, hogy milyen igényeket szeretnénk részben vagy teljesen kielégíteni (fűtés, használati melegvíz, medence fűtés), és ezalapján már könnyebben meg lehet megválasztani a megfelelő rendszert.



## 4.8 Napkollektoros rendszer hatásfoka

A napkollektoros rendszereknek két fontos jellemzője van. Az egyik a szoláris részarány,  $SF$  [%], ami azt mutatja meg, hogy a napkollektoros rendszer milyen részarányban fedezi a teljes energiaszükségletet (például a melegvíz készítés hőszükségletét).

$$SF = \frac{Q_s}{Q_{HMV}} = \frac{Q_s}{Q_s + Q_{Aux}} \cdot 100$$

4.7 egyenlet

Ahol  $Q_s$  a napkollektoros rendszer energiahozama [kWh],  $Q_{HMV}$  a melegvíz készítés hőszükséglete [kWh],  $Q_{Aux}$  pedig a hagyományos hőtermelő (pl. kazán, vagy elektromos fűtőpatron) hőmennyisége [kWh].

A másik jellemző a napkollektoros berendezéseknek a rendszerhatásfoka, ami azt mutatja meg, hogy a napkollektoros rendszer milyen részarányban hasznosítja a napkollektorok felületére érkező napsugárzást.

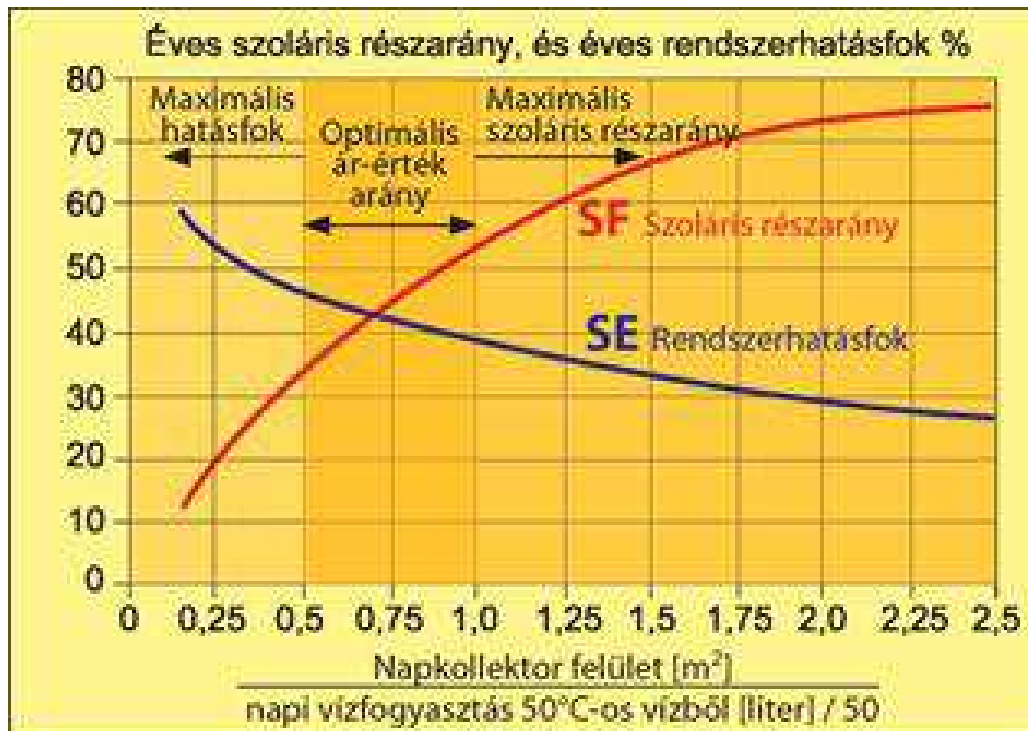
$$SE = \frac{Q_s}{E_G \cdot A_{koll}} \cdot 100$$

4.8 egyenlet

Ahol  $SE$  a rendszerhatásfok,  $Q_s$  a napkollektoros rendszer energiahozama [kWh],  $E_G$  az adott földrajzi hely globális napsugárzás jövedelme [kWh/m<sup>2</sup>], és  $A_{koll}$  [m<sup>2</sup>] a kollektorok hasznos felülete. A szoláris részarányt és a rendszerhatásfokot általában éves időszakra vonatkoztatva adják meg.

A szoláris részarányt és a rendszerhatásfokot közös grafikonban ábrázolva láthatjuk, hogy a jellegük egymással éppen ellentétes. Magas szoláris részarány esetén alacsony a rendszerhatásfok, magas rendszerhatásfok esetén pedig alacsony a szoláris részarány. Magas szoláris részarányt csak a napkollektoros rendszer túlméretezésével lehet elérni, ez pedig az átlagosnál naposabb időjárás esetén a rendszer gyakori üresjáratát és így kihasználatlanságát eredményezi, aminek következménye az alacsony rendszerhatásfok.

Ha viszont a napkollektoros rendszerünket alulméretezzük, akkor bár alacsony szoláris részarányt tudunk elérni, de a rendszerünk nagyon jó kihasználtsággal, és így magas rendszerhatásfokkal fog üzemelni.



4.18 ábra

Az ábrán a szoláris részarány és a rendszerhatásfok metszéspontjának aránya látható. Nagyobb rendszereknél, ahol a gazdaságosság, a pénzügyi megtérülés fontos szempont, a szoláris részarány 35-55%, a rendszerhatásfok pedig 40-45%.

Kisebb létesítményeknél, jellemzően családi házaknál pedig azt szeretnénk, hogy a napkollektoros rendszer viszonylag magas, legalább 60-65%-os éves szoláris részarányal üzemeljen. Ekkor a nyári félévben – leszámítva a tartósan esős, borult napokat – a napkollektorok 100%-ban elő tudják állítani a szükséges melegvíz mennyiséget, a hagyományos hőtermelő akár tartósan ki is kapcsolható. Az átlagosnál derültebb nyári napokon ugyan előfordul üresjárat is, ezt azonban egy helyesen kivitelezett napkollektoros rendszer képes károsodás nélkül elviselni. (<http://www.naplopo.hu>)

## 5. Napkollektoros rendszerek gazdasági vizsgálata

Mikor térül meg a napkollektor? Ez a leggyakoribb és egyben legvitatottabb kérdés, amit fel szoktak tenni a napkollektoros rendszerekkel kapcsolatban. A kérdésre nincs határozott válasz, legfeljebb jobb-rosszabb modellt lehet alkotni.

A napkollektoros rendszer választásakor nem lehet rövidtávon, és kizárólag rövid távú pénzügyi szempontok alapján gondolkozni. A napkollektoros rendszer legfontosabb haszna az, hogy segítségével kevesebb hagyományos energiahordozót kell elhasználni. Ez pedig kevesebb káros anyag kibocsátást eredményez. A Föld jövőjének megóvása nehezen számszerűsíthető.

A pénzügyi megtérülés számításához szükséges adatok

- A napkollektoros rendszer beruházási költsége.
- Mennyi hagyományos energia takarítható meg a napkollektoros rendszer segítségével?
- Milyen energiahordozót váltanak ki a napkollektorok?
- Mennyi a napkollektorokkal kiváltott hagyományos energiahordozó egységára?

(<http://www.napkollektor-info.hu>)

Az alábbiakban ezeket egy használati melegvíz előállítását szolgáló rendszeren keresztül vizsgálom meg.

### 5.1 A napkollektoros rendszerrel megtakarítható hagyományos energia mennyisége

Első lépés meghatározni a melegvíz fogyasztás időbeli eloszlását és az előállításához szükséges energiamennyiséget. Családi házak esetében az év folyamán a napi vízfogyasztás állandónak tekinthető, figyelembe véve, hogy nyáron kevesebb, míg télen magasabb a hőigény. A melegvíz készítés napi hőszükséglete:

$$Q_{HMV} = c \cdot m \cdot (T_m - T_h)$$

5.1 egyenlet

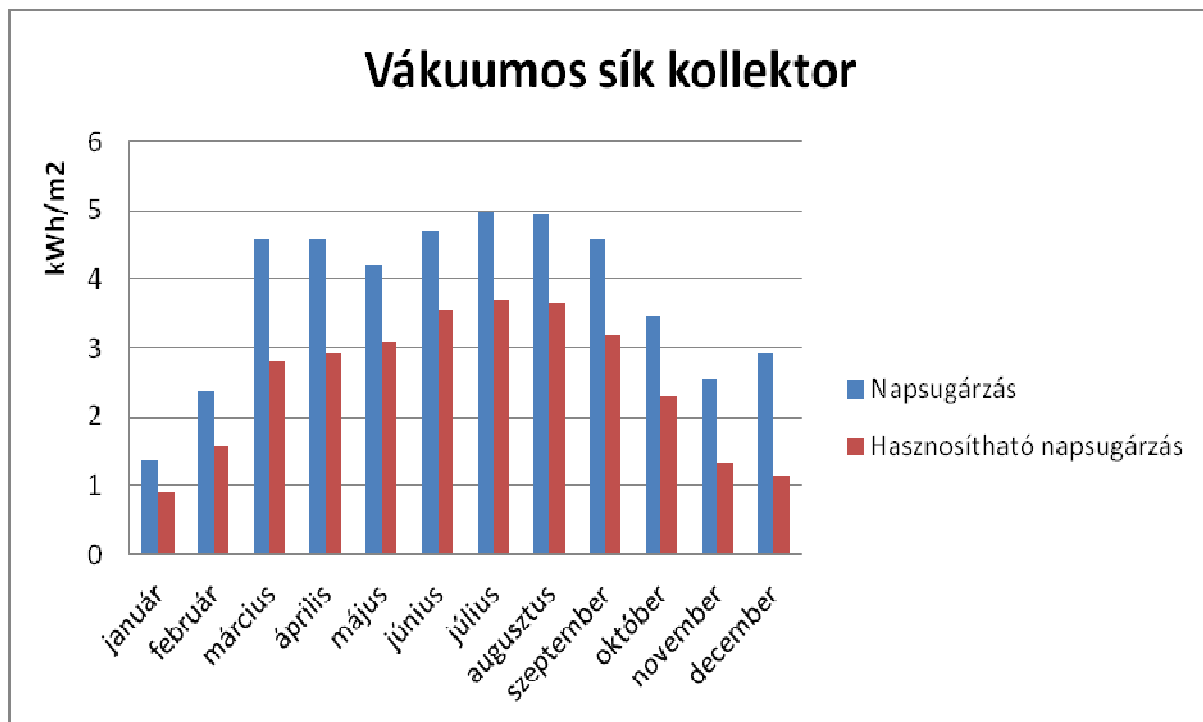
Ahol  $c = 1,16$  [Wh/(kg·K)] a víz fajhője,  $m$  [kg ~ liter] a napi vízfogyasztás mennyisége,  $T_h$  [°C] hálózati hidegvíz hőmérséklete,  $T_m =$  [°C] a felhasználáskor figyelembevett melegvíz hőmérséklete.

Figyelembe kell venni a tárolási, felhasználási, valamint a melegvíz cirkuláltatása esetében a cirkuláltatási veszteségeket. A hőveszteségek miatt még további 10-20%-al meg kell növelni a hőigényt. Egy fő nagyjából 50 liter vizet fogyaszt naponta, a vizet körülbelül 10°C-ról 50°C-ra kell felmelegíteni. Az ehhez szükséges hőigény:

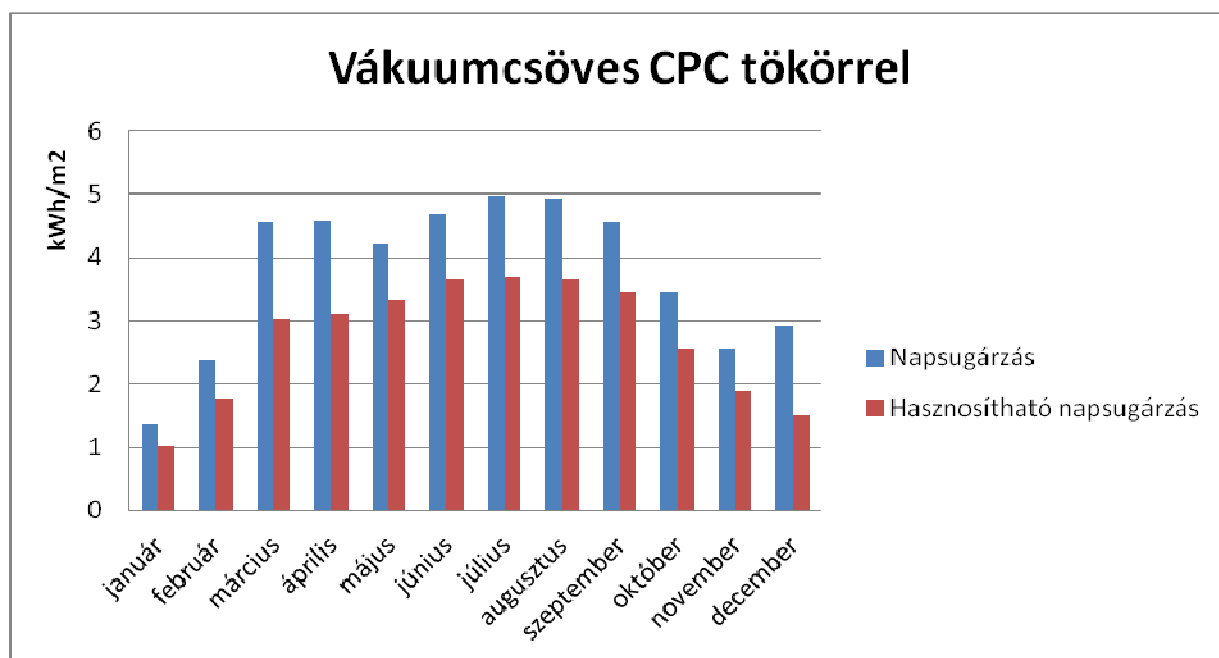
$$Q_{HMV} = 1,1 \cdot 1,16 \cdot \frac{Wh}{kg \cdot K} \cdot 50 \text{ kg} \cdot (50^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 2,552 \text{ kWh}$$

5.2 egyenlet

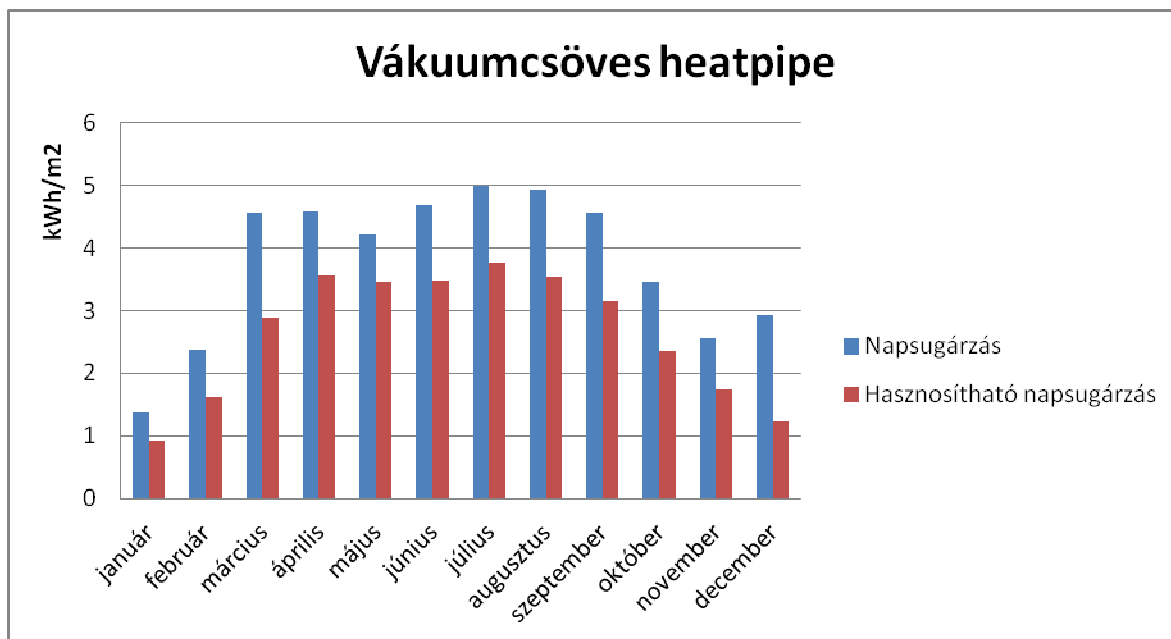
A fogyasztók száma legyen 6 fő, így a szükséges energia kb. 15,5 kWh. Meg kell tehát vizsgálni, hogy év során melyik kollektorral állítható elő ez a körülbelül 2,5 - 3 kWh/m<sup>2</sup> energia. Az adott időben a kollektorokra érkező fényintenzitásból és az egyes kollektorok hatásfoka alapján ez kiszámolható. A számolt adatok minden hónap 21. napjára vonatkoznak.



5.1 ábra



5.2 ábra



5.3 ábra

Az adatok alapján megállapítható, hogy mind a három kollektor típus esetében az egy főre jutó használati melegvíz előállításához szükséges energia előállítható márciustól októberig 1 m<sup>2</sup> napkollektorral. A napkollektoros rendszer családi házak esetén úgy célszerű méretezni, hogy átlagos, derült nyári napon a szükséges melegvíz mennyiségét 100%-ban előállítsa. A szükséges napkollektor felület 6 fő esetén:

$$A_{koll} = \frac{Q_{HMV}}{Q_{nyár}} = \frac{15,3}{2,552} = 6 \text{ m}^2$$

5.3 egyenlet

6 m<sup>2</sup> napkollektor 3-vagy db napkollektor modult jelent attól függően, hogy mekkora az adott napkollektor abszorber felülete. A szükséges napkollektor darabszám például 1,76 m<sup>2</sup> abszorber felület esetén:

$$n_{koll} = \frac{A_{koll}}{A_{abszorber}} = \frac{6 \text{ m}^2}{1,76 \text{ m}^2} = 3,4$$

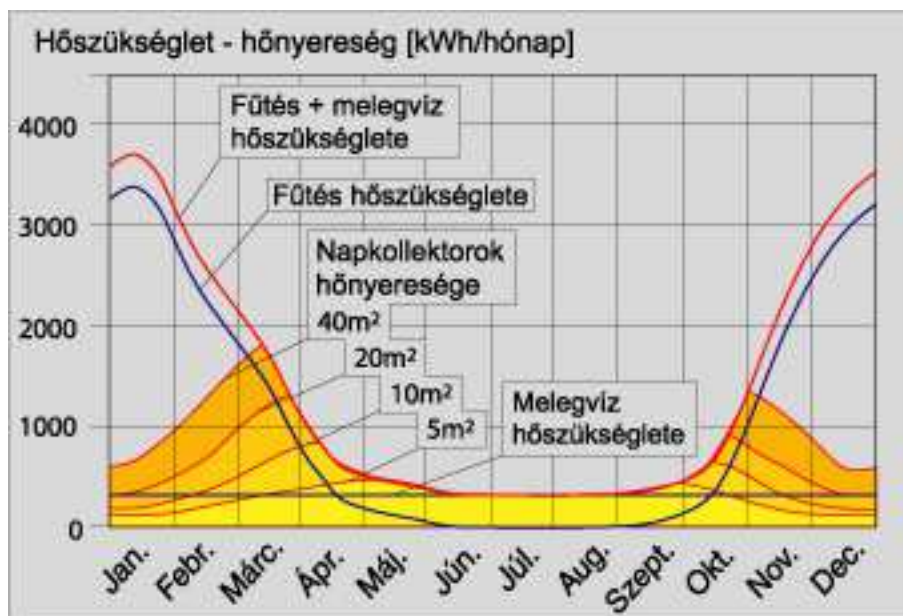
5.4 egyenlet

Tehát legalább 3, esetleg 4 db napkollektor modul szükséges. A rendszerhez szükséges melegvíz tároló mérete a ..... képlet alapján:

$$V_{tároló} = n \cdot V_f \cdot 1,15 = 6 \cdot 50 \cdot 1,15 = 345 \text{ l}$$

5.5 egyenlet

A kereskedelmi forgalomban 300, 400 és 500 literes tárolók kaphatók, célszerű 400, esetleg 500 literes tároló alkalmazása.



5.4 ábra

Az ábrán egy átlagos családi ház hőszükségleti igényi mellett a különböző nagyságú napkollektorral fedezhető energiamennyiség látható.

Magyarországon a napenergia-hasznosítás szempontjából optimális elhelyezésű, 1 m<sup>2</sup> napkollektor felületre egy évben megközelítőleg 1350 kWh energia érkezik a Naptól. Ebből napkollektorokkal a rendszer kihasználtságától függően, ha a rendszer nincs túlméretezve, akkor használati-melegvíz készítés esetén reálisan el lehet érni a **600 kWh/év** értéket.

(<http://www.naplopo.hu>)

## 5.2 A napkollektoros rendszer beruházási költsége

A napkollektoros rendszerek beruházási költsége függ a rendszer céljától, nagyságától, a helyszín adottságaitól stb.

A megtérülés számításához a napkollektoros rendszer árát célszerű fajlagosan, egy négyzetméter napkollektor felületre vonatkoztatva megadni. Az árat kivitelezéssel együtt kell megadni.

A példa alapján az adott rendszer 4 db napkollektor modulból és egy 500 literes melegvíz tárolóból áll. Egy ilyen rendszer ára kivitelezéssel körülbelül **1,5 millió forint**.

(<http://www.naplopo.hu>)

## 5.3 A hagyományos energiahordozók ára

Magyarországon a használati melegvíz készítésre és épületfűtésre a leggyakrabban alkalmazott energiahordozó a földgáz. A vezetékes földgáz ára 2010. április 1-jétől: (20m<sup>3</sup>/h-nál kisebb mérőórával rendelkező háztartási fogyasztók részére)

Ft/MJ		Ft/m <sup>3</sup>	
Nettó	Bruttó	Nettó	Bruttó
<b>3,0435</b>	<b>3,804</b>	<b>104,06</b>	<b>130,075</b>

5.1 táblázat

Egy köbméter gáz fűtőértéke 34 MJ/m<sup>3</sup>, ami megközelítőleg 9,44 kWh/m<sup>3</sup>, vagyis . A gázkészülék éves átlagos hatásfokát 70 %-nak. Fenti adatokkal a vezetékes földgázból előállított hőenergia ára:

A gáz bruttó ára:	130,075 Ft/m <sup>3</sup>
A gáz fűtőértéke:	34 MJ/m <sup>3</sup> = 9,44 kWh/m <sup>3</sup>
A hőtermelő rendszer hatásfoka:	70%
1m <sup>3</sup> gázból 70%-os hatásfokkal előállítható hőenergia:	9,44 x 0,7 = 6,61 kWh
A gázból előállított hőenergia ára:	(130,075 Ft/m <sup>3</sup> )/(6,61 kWh) = 19,68 Ft/kWh
A gázból előállított hőenergia ára kerekítve:	<b>19,7 Ft/kWh</b>

5.2 táblázat

A villamos energia ára 2010. január 10-től:

Díjszabás fajtája	Ft/kWh	
	Nettó	Bruttó
<b>"A" lakossági általános (ún. nappali áram)</b>		
- évi 1320 kWh fogyasztásig:	<b>36,95</b>	<b>46,11</b>
- évi 1320 kWh fogyasztás felett:	<b>38,32</b>	<b>47,82</b>
<b>"B" lakossági vezérelt (ún. éjszakai áram)</b>	<b>23,64</b>	<b>29,47</b>

5.3 táblázat

(Villamos energia felhasználása esetén megközelítőleg 100% hatásfokkal lehet számolni.)

#### 5.4 A megtérülési idő számítása

Az egyszerűsített megtérülés időt úgy lehet meghatározni, ha a napkollektoros rendszer beruházási költségét elosztjuk a napkollektoros rendszer segítségével elért éves megtakarítással.

Energiahordozó fajtája	Villamos áram		Gáz
	"A" (nappali)	"B" (éjszakai)	
Napkollektoros rendszer fajlagos beruházási költsége (K):	180.000.-Ft/m <sup>2</sup>		
Éves energia-megtakarítás a napkollektorokkal (Q <sub>k</sub> ):	600 kWh/m <sup>2</sup>		
Energia bruttó egységára (P <sub>e</sub> ):	47,82 Ft/kWh	29,47 Ft/kWh	19,7 Ft/kWh
Éves megtakarítás egy négyzetméter napkollektorral (Mév = Q <sub>k</sub> x P <sub>e</sub> ):	28.692.-Ft/év	17.682.-Ft/év	11.820.-Ft/év
Egyszerűsített megtérülés idő (K / Mév):	<b>6 év</b>	<b>10 év</b>	<b>15 év</b>

5.4 táblázat

Az egyszerűsített megtérülési idő tehát energiahordozótól függően megközelítőleg 6 és 15 év között mozog.

A fenti megtérülés számítás a jelenlegi energiahordozó árakat veszi figyelembe. A közeljövőben további, az infláció értékét meghaladó mértékű energiaár-emelés várható. De nem csak a relatív alacsony árak miatt várható további áremelés, hanem azért is, mert a hagyományos, fosszilis energiahordozók kimerülő félben vannak, a kitermelés, tárolás, szállítás, elosztás egyre költségesebb, biztonságos energiaellátás minden bizonnyal egyre drágább lesz. Egy biztos: a napkollektoros rendszer biztosan megtérül. (<http://www.naplopo.hu>)

## 6. Összefoglalás

A napenergia felhasználásnak két csoportja van: közvetett és közvetlen. Közvetlen energiahasznosítás történhet például napkollektorokkal. Napkollektornak (napenergia-gyűjtőnek) nevezzük azt a berendezést, ami a napsugárzást elnyeli és hővé alakítja.

A napkollektorok története a XIX. Századra nyúlik vissza. Az idilli kezdetnek azonban véget vetett az 1950-es években rohamosan elterjesztett, olcsó, fosszilis alapú energiahálózatok megjelenése. Emiatt a 2000-es évek elejéig kellett várni a természetes energiák újrafelfedezésére.

A jelenleg alkalmazott kollektorok a fény látható és infravörös hullámhossztartományát tudják hasznosítani, a hasznosított energiát használati melegvíz előállítására, medencék vízének fűtésére vagy fűtési-réségítésre használják. A legújabb technológiai fejlesztések a fény ultraibolya tartományának a hasznosítására irányulnak.

A napkollektoroknak alapvetően két fő típusát különböztetjük meg: sík kollektor és vákuumcsöves kollektor. Az alapvető eltérés a két típus között, hogy az egyik esetben sík felületre érkezik a napsugárzás, a másik esetben görbült felületre. A sík felület előnye, hogy összefüggő, homogén felületet képez, így jól ki lehet használni a rendelkezésre álló felületet. A kör keresztmetszetű felület előnye alapvetően, hogy mindig merőlegesek érkeznek a napsugarak. Azonban az egymás mellé helyezett csövek bizonyos szögbe árnyékolják egymást, így ez nem valósul meg. Hátrány még, hogy görbült felületről nagyobb a tükröződés és a visszaverődés mértéke. Ezt a vákuumcsövek mögé helyezett CPC tükrökkel lehet bizonyos mértékig kompenzálni. A tükrök miatt azonban romlik a helykihasználtság és nem megfelelő technológia esetén hamar elvesztik tükröző képességüket, így hatásfokuk romlik.

A hőhasznosítás hatékonyságát az határozza meg, hogy az abszorber felület és a környezet hőmérsékletének különbsége minél kisebb legyen. Minél alacsonyabb az abszorber hőmérséklete, annál kevesebb a hőveszteség. A cél tehát az elnyelt hő minél hatékonyabb elszállítása valamilyen munkaeszközzel. Ezt főleg a csővezeték az abszorberhez való rögzítése határozza meg. Cél, hogy minél nagyobb legyen az érintkező felület. A csőben keringetett munkaeszköz legtöbbször folyadék.

Az egyes kollektorok hatásfokát vizsgálva arra a következtetésre lehet jutni, hogy a síkkollektorok jobb optika hatásfokkal rendelkeznek, és jobban teljesítenek derült időben, amikor kevés szórt napsugárzás, valamint ha magasabb a környezet hőmérséklete. A vákuumcsöves kollektorok optika hatásfoka a görbe felület miatt rosszabb, viszont kiválóan tudják hasznosítani a szórt napsugárzás felhős időben, valamint alacsonyabb környezeti hőmérséklet esetén is jobban teljesítenek. Ebből következően nem lehet megmondani egyértelműen, hogy melyik típus a jobb. Meg kell vizsgálni, milyen körülmények állnak rendelkezésre (felület, tájolás, beruházásra szánt pénz) és milyen igényeket akarunk kielégíteni (használat melegvíz, fűtési-réségítés, medencefűtés).



A fentiek alapján kiderül, hogy viszonylag kis napkollektor felülettel az éves melegvíz szükségletet közel 70%-ban fedezhető, ezzel a ház teljes hőszükségletének kb 14%-a. Ezt a pénzt a téli időszakban fűtésre lehet fordítani, ami például fatüzelés esetén jelentős segítség.

A téli hónapokban nagy napkollektor felülettel is csak viszonylag szerény eredményt lehet elérni a fűtésrészegítés terén, azonban tavasszal és ősszel viszont akár 100%-ban is fedezhető kollektorokkal a fűtés hőigénye.

A nyári félévben óriási mennyiségű hasznosítható napenergia megy veszendőbe. Ezért célszerű a kollektorokkal nyáron nyerhető hőenergiát is felhasználni például szabadtéri medencék vizének fűtésére. Az ilyen hármas célú rendszerrel kiemelkedően magas éves hatásfokot lehet elérni.

Ha nem is lehet napkollektorokkal 100%-ban fedezni az épületgépészeti hőigényeket, mégis jelentős mértékű, akár 60-70%-os éves megtakarítás is elérhető. Ez hatalmas mennyiségű energia, amit nem lenne szabad veszni hagyni. Nagyméretű, központi naperóművek építésére a magyarországi klíma nem alkalmas, azonban sok kis méretű, lokális napkollektoros rendszerrel érezhetően csökkenteni lehetne az ország fosszilis energiahordozó felhasználását, és így a környezetszennyezés mértékét is.

## Ábrák jegyzéke

2.1 ábra .....	4
2.2 ábra .....	42
2.3 ábra .....	43
2.4 ábra .....	44
2.5 ábra .....	47
2.6 ábra .....	47
2.7 ábra .....	49
2.8 ábra .....	4
2.9 ábra .....	20
2.10 ábra .....	21
3.1 ábra .....	21
3.2 ábra .....	26
3.3 ábra .....	27
3.4 ábra .....	29
3.5 ábra .....	29
3.6 ábra .....	30
3.7 ábra .....	30
3.8 ábra .....	32
3.9 ábra .....	33
3.10 ábra .....	34
4.1 ábra .....	35
4.2 ábra .....	36
4.3 ábra .....	37
4.4 ábra .....	37
4.5 ábra .....	38
4.6 ábra .....	38
4.7 ábra .....	39
4.8 ábra .....	40
4.9 ábra .....	41
4.10 ábra .....	42
4.11 ábra .....	43

4.12 ábra .....	43
4.13 ábra .....	44
4.14 ábra .....	44
4.15 ábra .....	45
4.16 ábra .....	45
4.17 ábra .....	46
4.18 ábra .....	48
5.1 ábra .....	50
5.2 ábra .....	51
5.3 ábra .....	51
5.4 ábra .....	52

## Táblázatok jegyzéke

3.1 táblázat .....	20
3.1 táblázat .....	25
5.1 táblázat .....	53
5.2 táblázat .....	54
5.3 táblázat .....	54
5.4 táblázat .....	55

## Irodalomjegyzék

Tasnádi Péter-Skrapits Lajos-Bérce György-Litz József. (2001). *Általános fizika I.2.* Pécs-Budapest: Dialóg Campus.

<http://www.napkollektor.net>

<http://www.pveducation.org/pvcdrom>

<http://www.naplopo.hu>

<http://napkollektor-info.hu>

<http://www.pannonsolar.hu>

<http://www.alternativ-energia.eu>

<http://www.kardoslabor.hu>

Pécs, 2011. május 27.