

# A NYÁRI NAPENERGIA ÁLTAL SZOLGÁLTATOTT HŐMENNYISÉG HOSSZÚ IDŐTARTAMÚ TÁROLÁSA ÉS FELHASZNÁLÁSA

Készítette:  
MENGYÁN TAMÁS



KÖRNYEZETTAN BSC  
PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM, Környezettudományi Intézet  
2010. június

Konzulens: dr. Német Béla  
PTE TTK Környezetfizika és Lézerspektroszkópia Tanszék

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

A védés bizottság tagjai:

---

Bizottság elnöke

## ABSZTRAKT

### **Kulcsszavak: napenergia, hasznosítási módszerek, napkollektor, szolár-rendszer**

Szakdolgozatomban elemzem a Magyarországra jellemző napsugárzási viszonyokat és a passzív és aktív napenergia-hasznosítás módszereit. A hasznosítási módszerek ismeretében egy olyan szolár- és használati melegvíz készítő napkollektoros rendszer modellezek, mely képes egy épület éves fűtési igényét és használati melegvíz igényét minél magasabb százalékban fedezni.

## TARTALOMJEGYZÉK

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	<b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>
ABSZTRAKT .....	1
TARTALOMJEGYZÉK .....	1
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE .....	<b>Hiba! A könyvjelző nem létezik.</b>
ÁBRAJEGYZÉK .....	3
1. BEVEZETÉS .....	3
1.2. Irodalmi áttekintés .....	4
1.2.1. A napenergia hasznosítása .....	4
1.2.2. A napsugárzásból nyerhető energia .....	4

1.2.3. Magyarországra jellemző napsugárzási adatok.....	5
1.2.4. A napsugárzás geometriai jellemzői .....	7
1.3. Az elnyelőfelület és a rajta hasznosítható napsugárzás.....	7
1.3.1. Passzív napenergia hasznosítás .....	8
1.3.2. Aktív napenergia hasznosítás .....	8
1.4. A napkollektorok működése, csoportosítása.....	9
1.4.1. Síkkollektorok .....	10
1.4.2. Vákuumcsöves kollektorok .....	10
1.5. A napkollektorok hatásfoka .....	13
2. FELADAT BEMUTATÁSA .....	15
2.1. ADATGYŰJTÉS .....	15
2.2. SZOFTVERHASZNÁLAT .....	15
3. MÓDSZEREK .....	15
3.1. Passzív napenergia-hasznosítás módszerei (Zöld, 1999).....	15
3.1.1. Az épület tájolása .....	15
3.1.2. Direkt rendszerek .....	15
3.1.3. Üvegházak, napterek .....	16
3.1.4. Energiagyűjtő falak (Tömefal, Trombe-fal).....	17
3.1.5. Transzparens szigetelésű falak .....	18
3.2. Napkollektorok segítségével történő aktív napenergia hasznosítás módszerei. 18	
3.2.1. Használati-melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer .....	19
3.2.2. Épületfűtő és használati melegvíz készítő napkollektoros rendszer .....	20
4. MODELLEZÉS ÉS SZÁMÍTÁS .....	21
4.1. A nyári hőenergia tárolására alkalmas Szolár-rendszer modellezése: .....	21
4.2. A modellezés szempontjainak ismertetése.....	22
4.2.1. Az épület passzív napenergia hasznosítása .....	22
4.2.2. Az épület hőszigetelése .....	23
4.2.3. A hővisszanyerő szellőző rendszer .....	24
4.2.4. A tartály hővesztesége.....	25
4.2.5. A tartály elhelyezése .....	25
4.3. Elméleti megvalósítás ismertetése .....	26
4.3.1. A számításhoz szükséges releváns mennyiségek .....	26
4.3.2. A számítás menete.....	26
4.4. Használati melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer modellezése.....	27
4.4.1. Modellezés szempontjainak ismertetése .....	28
4.4.2. A számításhoz szükséges releváns mennyiségek .....	29
4.4.3. A számítás menete.....	29
4.5. Beruházási költségek becslése, megtakarítás, megtérülés .....	30
5. EREDMÉNYEK .....	32
5.1. Egy épület fűtési igényeit kielégítő Szolár-rendszer eredményei:.....	32
5.2. A használati melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer eredményei:..	32
5.3. Beruházási költségek becslése, megtakarítás, megtérülés .....	32
6. EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE .....	33
6.1. Egy épület fűtési igényeit kielégítő Szolár-rendszer eredményeinek kiértékelése: 33	
6.2. A használati melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer eredményeinek kiértékelése:.....	33
6.3. A Beruházási költségek, megtakarítás és megtérülés eredményeinek kiértékelése: 33	
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	34
IRODALOMJEGYZÉK.....	34
MELLÉKLETEK.....	35

## ÁBRAJEGYZÉK

1.1. ábra A földfelszínre jutó napsugárzás alakulása .....	5
1.2. ábra A földfelszínt elérő napsugárzás .....	5
1.3. ábra A közvetlen és szórt sugárzás aránya .....	6
1.4. ábra Vízsíntes felületre érkező napsugárzás .....	6
1.5. ábra A napsugárzás csökkenése az elnyelő felület elhelyezkedésének függvényében .....	7
1.6. ábra Kollektor rendszer főbb elemei és kapcsolási elve .....	9
1.7. ábra Hagyományos fekete és szelektív felület sugárzási vesztesége .....	9
1.8. ábra A síkkollektorok felépítése .....	10
1.9. ábra Síkkollektorok átlagos veszteségei .....	10
1.10. ábra Vákuumcsövek kialakítása .....	11
1.11. ábra Abszorber és csővezeték kialakítások vákuumcsöves napkollektoroknál ..	11
1.12. ábra CPC reflektor .....	12
1.13. ábra Koncentráló tükröbevonat a vákuumcsövön belül .....	12
1.14. ábra "Heat-Pipe", hőcsöves elvű napkollektor .....	13
1.15. ábra A napkollektorok hatásfok görbéje .....	13
1.16. ábra A szoláris részarány és a hatásfok összefüggése .....	14
3.17. ábra Üvegházak, napterek működési elve .....	16
3.18. ábra Trombe-fal télen, napközben .....	17
3.19. ábra Trombe-fal télen, éjszaka .....	17
3.20. ábra Trombe-fal nyáron, napközben .....	17
3.21. ábra Trombe-fal nyáron, éjszaka .....	17
3.22. ábra A transzparens hőszigetelés működési elve .....	18
3.23. ábra Használati melegvizet készítő napkollektoros rendszer .....	19
3.24. ábra Épületfűtő és használati melegvíz készítő napkollektoros rendszer .....	21
4.25. ábra Wagner-Solar irodaház, Németország .....	22
4.26. ábra A téli félévben passzívan hasznosítható napsugárzás .....	22
4.27. ábra A passzív napenergia hasznosítás társasházaknál .....	23
4.28. ábra Az épület hőveszteségét számoló program .....	24
4.29. ábra Hővisszenyerő szellőző rendszer .....	24
4.30. ábra Hőszigeteléssel ellátott tartály hőveszteségét számoló program .....	25
4.31. ábra Havonta hasznosítható napsugárzás melegvíz készítés esetén .....	28
6.32. ábra Háztartások energiafelhasználásának megoszlása .....	33

### 1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatom témája a nyári napenergia által szolgáltatott hőmennyiség hosszú időtartamú tárolása és felhasználása. Célom a napenergia napkollektorok által történő felhasználásának tanulmányozása, módszereinek elemzése.

Dolgozatomban rámutatnék, hogy milyen módszerek alkalmazásával lehetne a mai műszaki berendezéseket úgy alkalmazni, hogy azok minél magasabb hatásfokot érjenek el. Minél magasabb a részesedésük a felhasználásban annál kevesebb fosszilis energiahordozót kell hasznosítani.

Szeretnék egy olyan egyszerű modellt bemutatni mely lehetővé tenné a napenergiának a téli fűtési szezonban való felhasználását oly módon, hogy az akár a teljes évre szóló fűtési igényeket kielégítse.

## 1.2. Irodalmi áttekintés

### 1.2.1. A napenergia hasznosítása

Földünkön döntő többséggel a fosszilis energiaforrásainkat használjuk fel. Ezek közismert fő formái a kőolaj, földgáz és a szén amelyek kialakulása sok millió évvel ezelőtt kezdődött meg a Földön. Legtöbbször ezek elégetésével jutunk hőenergiához. Mivel társadalmunk igen intenzíven hasznosítja ezeket az energiaforrásokat, a forráskészletünk rohamosan csökken, a felhasználásukhoz képest újraképződésük aránya viszont meglehetősen alacsony. A készletek kimerülésén túlmenően az igazi veszélyt a környezetbe kijutó égéstermékek jelentik. Ezen problémák megoldása a környezetbarát életszemlélet lehet, melynek két lényeges eleme az energiatakarékosság és a megújuló energiaforrások fokozottabb felhasználása. Ezen belül is a bennük rejlő lehetőségek felhasználásának maximalizálása. A megújuló energiaforrások közös jellemzője, hogy létrehozójuk és táplálójuk a Nap kimeríthetetlen sugárzása. Ide tartozik a napenergia különböző közvetett felhasználása úgymint a biomassa, a geotermális energia, a szélenergia, a folyóvizek és tengerek energetikai célú felhasználása (Farkas, 2003). A napenergia közvetlen hasznosításának két módját ismerjük passzív és aktív:

Passzív hasznosítás: általánosságban passzív napenergia-hasznosításnak nevezzük azokat a műszaki megoldásokat, amelyek épületek olyan tudatos kialakítását célozzák, hogy azok külön technológiai eszközök, berendezések nélkül segítsék az épületben az évszaknak megfelelő hőgazdálkodást.

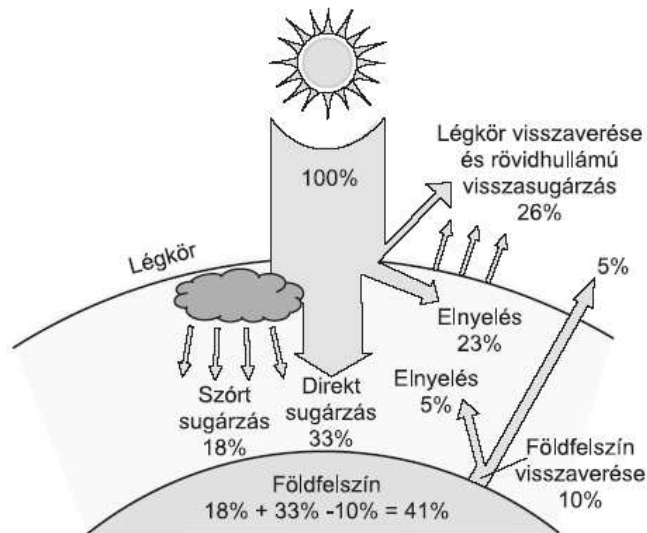
Aktív hasznosítás: aktív napenergia – hasznosítás során a napsugárzást, megfelelő szerkezetek révén közvetlenül hő- vagy villamos energiává alakítják át. Ezek a szerkezetek a napkollektorok és napelemek.

A napkollektorok a napsugárzást elnyelik, és hővé alakítják. Az így keletkezett hőenergia melegvíz készítésre, épületek fűtésére vagy medencék vizének fűtésére használható.

A napelem a Naptól érkező sugarak energiáját villamos energiává alakítja át. Olyan félvezető anyagból készülnek, melyekben napsugárzás hatására töltésszétválasztás történik, és így egyenáram keletkezik.

### 1.2.2. A napsugárzásból nyerhető energia

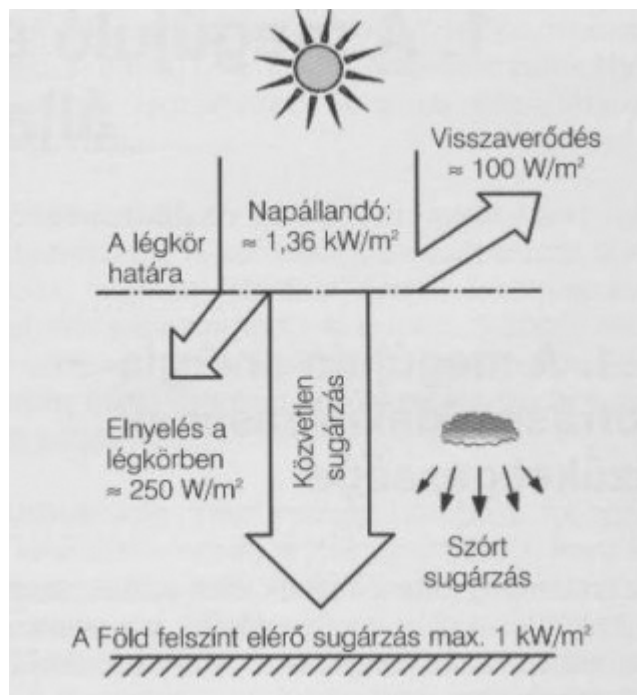
A sugárzás egy része közvetlen (direkt) módon jut el a Föld felszínére, míg másik része megtörik, részben visszaverődik, amelyből végül kialakul a szórt (diffúz) sugárzás. A Föld légkörének külső határára érkező napsugárzásnak csak egy része éri el a földfelszínt. Az évi átlagos, globális mérleg szerint a sugárzás 23%-át a légköri gázok és vendéganyagok elnyelik és hővé alakítják, 26%-a pedig visszaverődés és szórt sugárzás formájában a világűrbe visszasugárzódik. A földfelszínt így a sugárzás 51%-a éri el: 33% mint közvetlen rövidhullámú sugárzás és 18% mint diffúz égsugárzás. A földfelszín a sugárzás 10%-át visszaveri, melyből 5% a légkörben elnyelődik, 5% pedig a világűrbe távozik.



**1.1. ábra** A földfelszínre jutó napsugárzás alakulása  
([www.naplopo.hu](http://www.naplopo.hu))

A légkör külső határára érkező napsugárzást állandó, átlagos értékkel, az ún. napállandóval jellemezzük. A napállandó értéke  $1.352 \text{ W/m}^2$ .

A  $1.352 \text{ W/m}^2$ -es értékből kb.  $250 \text{ W/m}^2$  elnyelődik a légkörben. A légkör felső határától a világűrbe történő visszasugárzás mértéke kb.  $100 \text{ W/m}^2$ -re tehető. Ezekből következik, hogy a Föld felszínén a mérhető napsugárzás értéke – ideális esetben –  $1000 \text{ W/m}^2$  (Farkas, 2003).

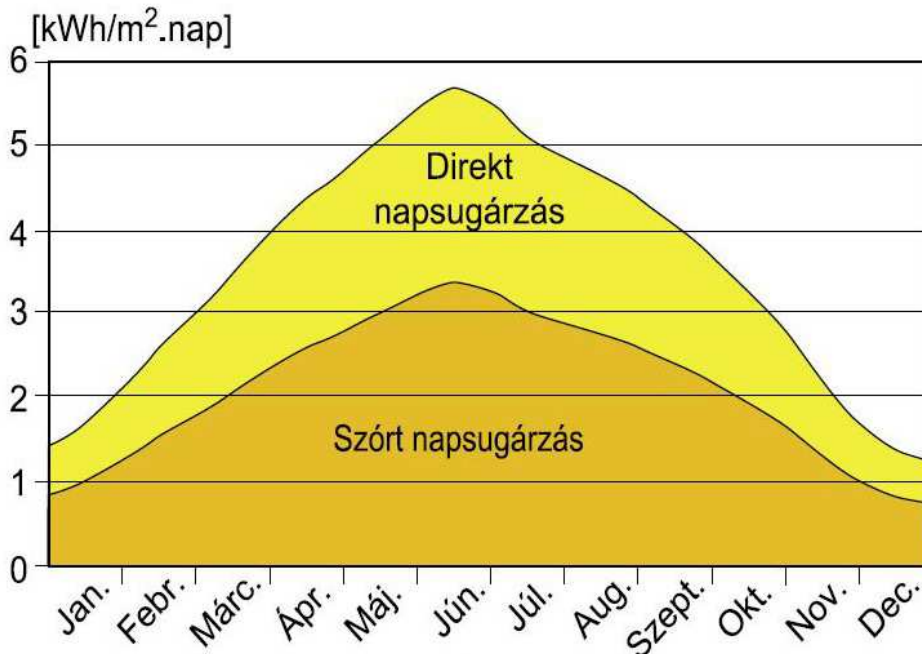


**1.2. ábra** A földfelszínre elérő napsugárzás

### 1.2.3. Magyarországra jellemző napsugárzási adatok

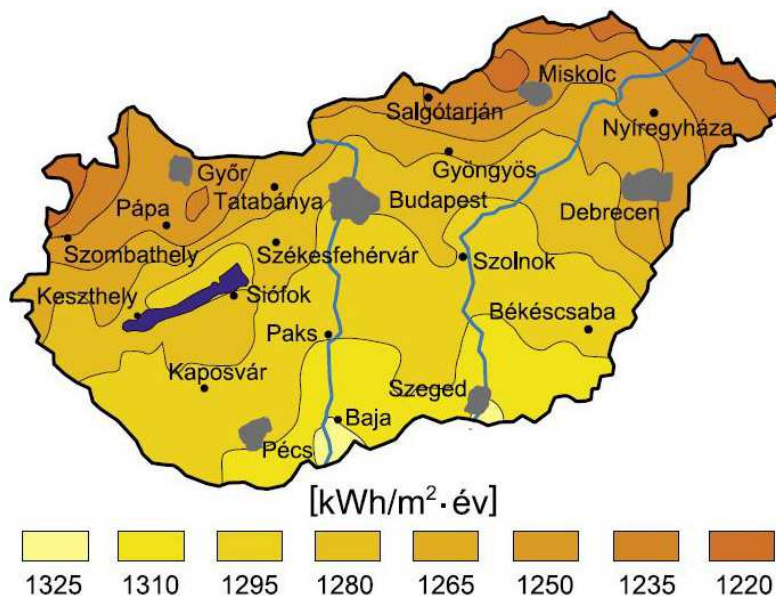
Magyarország az északi mérsékelt övben, az északi szélesség  $45,8^\circ$  és  $48,6^\circ$  között található. A napsütéses órák száma megközelítőleg évi 2100 óra, a vízszintes felületre érkező napsugárzás hőmennyisége  $\sim 1300 \text{ kWh/m}^2$  év. A napsugárzás csúcserőteke nyáron, a déli órákban, derült,

tiszta égbolt esetén eléri, esetenként meghaladja az  $1000 \text{ W/m}^2$  értéket. A Napból kisugárzott energia közvetlen (direkt) és szórt (diffúz) sugárzás formájában érkezik a földfelszínre. A közvetlen sugárzás egyenesvonalú pályán érkezik a Napból és minden a fényre jellemző tulajdonsággal bír. A szórt, határozott irány nélküli sugárzást a légkör részecskéin és a felhőzeten végbemenő szóródás okozza. A közvetlen és a szórt sugárzás összegét teljes (globális) sugárzásnak nevezzük.



1.3. ábra A közvetlen és szórt sugárzás aránya (www.naplopo.hu)

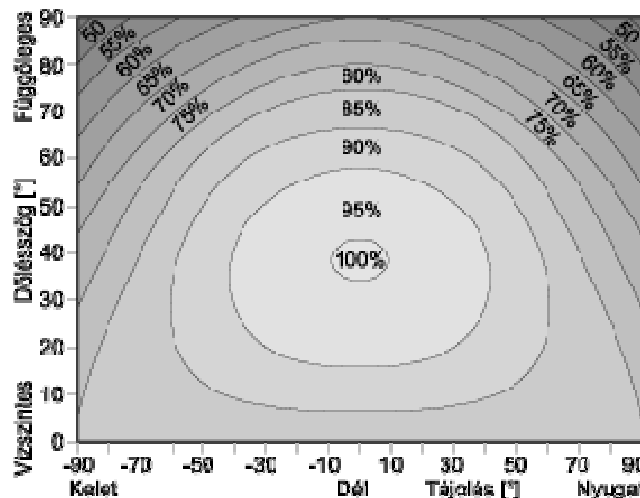
Magyarországon a szórt sugárzás részaránya jelentős, meghaladja az 50%-ot. Magyarország egyes területei között a napsugárzás szempontjából nincsenek jelentős eltérések. A legnaposabb rész az ország középső, déli része, a legkevésbé napsütéses az északi és a nyugati rész. Az eltérés az egyes országrészek között 10% alatti.



1.1. ábra Vízszintes felületre érkező napsugárzás (www.naplopo.hu)

#### 1.2.4. A napsugárzás geometriai jellemzői

A napenergia hasznosító berendezések elnyelőfelületének elhelyezkedése (tájolása, ill. dőlésszöge) tetszőleges lehet. Ezt befolyásolják a telepítés adottságai, vagy az a tény, hogy optimális elhelyezés esetén maximális mennyiségű energiát hasznosítunk. Szokásos megoldás, hogy csak az elnyelőfelület dőlésszögét állítja egy szabályozó berendezés. Teljes térbeli napkövető rendszer megépítése ugyanis nagyon költséges. Magyarországon a legtöbb napsütés-megközelítőleg évi 1450 kWh/m<sup>2</sup>-déli tájolású és 45°-os dőlésszögű felületre érkezik (www.naplopo.hu). Az évszakokhoz mért maximális kihasználtság érdekében megfontolandó a napkollektorok nyári 25 – 35°-os dőlésszögének beállítása, télen pedig az 55 – 65°-os dőlésszög alkalmazás. Nagyobb beruházások esetén megfontolandó, mivel az évszakonkénti ideális tájolással akár 10% több energiát tudunk hasznosítani. Az értékeket a tényleges telepítés egyéb körülményei módosíthatják. Az optimális elhelyezéstől való eltérés miatt teljesítménycsökkenés következik be, amelyet egy (k) korrekciós tényezővel szokás jellemezni.



1.2. ábra A napsugárzás csökkenése az elnyelő felület elhelyezkedésének függvényében

#### 1.3. Az elnyelőfelület és a rajta hasznosítható napsugárzás

A fototermikus napenergia – hasznosítás a Napból érkező elektromágneses sugárzás hőhasznosítását jelenti. A beérkező sugárzás a megfelelő felületen elnyelődik – abszorbeálódik – és hővé alakul. Az érkező napsugárzás tudatos hasznosítása során a nyerhető hőenergiát mesterséges eszközökkel lehet növelni. Erre a célra szolgáló eszközök, berendezések a fototermikus vagy termikus napenergia – hasznosító rendszerek. Általában ezekre a rendszerekre jellemző, hogy:

- a sugárzás felfogására viszonylag nagy hasznosító felület szükséges,
- a nagy felület elhelyezése – főként tájolása – nagy figyelmet igényel,
- a felület ki van téve a környezet és időjárás viszontagságainak.

A hőelnyelés mértéke függ a felület anyagától és kialakításától, ezeket a tulajdonságokat az abszorpciós tényezővel szokás jellemezni. Az abszorpciós tényező az a szám, amely megmutatja, hogy a beérkező sugárzási energia hányad része nyelődik el, alakul hővé. Az elnyelő felületeket más néven abszorbereknek is nevezik.

A napsugárzás hőenergiává való alakításának és hasznosításának kétféle módja lehetséges. Passzív hasznosításkor főleg építészeti eszközök, maga az épület, annak tömege és kialakítása, aktív hasznosításkor gépészeti eszközök befolyásolják, fokozzák a nyerhető energia mértékét. Leggyakoribb és közismert aktív hasznosítási mód a vízmelegítés (Farkas, 2003).

A kétféle hőhasznosítási mód lehetséges hatásfokai:

- passzív hasznosításnál: 15 – 30%
- aktív hasznosításnál: 30 – 80%

### **1.3.1. Passzív napenergia hasznosítás**

Azokban az évszakokban amikor a külső hőmérséklet alacsony, az épületet fűteni kell. Az őszi és tavaszi átmeneti időszakban még elég jelentős a napsugárzás ahhoz, hogy a fűtési energiaszükségletet részben fedezze. Az épületek fűtési energiaszükségletét a passzív sugárzás hasznosításával, vagyis a napsugárzást fokozottan felhasználó épületszerkezetek alkalmazásával lehet csökkenteni. A passzív hasznosítás alkalmazáskor néhány fontos szempontot figyelembe kell venni:

- a külső hőmérséklet és a napsugárzás intenzitása csak részben függ össze, nagy hidegben, tiszta időben is érkezhethet jelentős napsugárzás,
- az épület üvegezett felületei a hőveszteség szempontjából jelentős szerepet játszanak, azonban a napsugárzás szempontjából hőnyereséget is adnak.

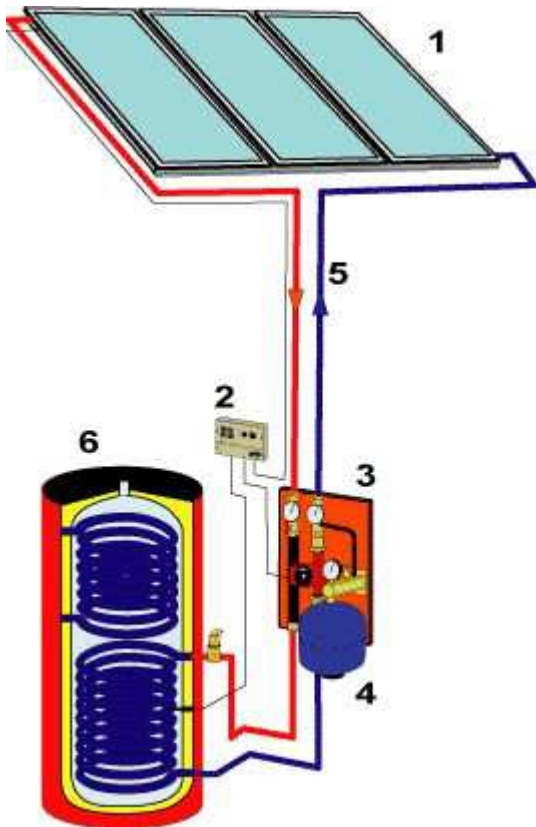
Az épületek fűtési energiaigényét a fűtési hőszükséglet számításával határozzák meg. Ennél a számításnál figyelembe veszik a falak, a födémelek, a nyílászárók, a hőhidak, a csomópontok, a szellőzés hőtechnikai tulajdonságait és ezek alapján határozzák meg az épület hőveszteségét, ebből adódik a szükséges fűtési energia mértéke. A passzív szolár épülettervezés során előforduló főbb szempontok:

Az épület tájolása, a homlokzat kialakítása eleve befolyásolja a várható hőnyereséget. A nyílászárók legjobban a délkelet – déli - délnyugati homlokzaton hasznosítják a napsugárzást, a homlokzat tagoltsága, színe és anyaga szintén befolyásolja a hőnyereséget. Üvegezett nyílászárók ideális elhelyezésével és felületük növelésével elérhető, hogy a fűtési időben az általuk okozott hőveszteség kisebb legyen, mint a napsugárzásból származó hőnyereség. Az árnyékolókat úgy kell megszerkeszteni, hogy a téli évszakban alacsonyabban járó Nap sugárzását még átengedjék, de a nyári magasabban járó Napét már nem. Másik megoldás a mozgatható árnyékoló alkalmazása. Az épület tömege, a belső falak, födémelek hőtároló képessége minél nagyobb, annál nagyobb mennyiségű hőenergiát képesek elnyelni, tárolni anélkül, hogy hőmérsékletük számottevően emelkedne. Ez a passzív hasznosítás szempontjából azért fontos, mert a napsütésben szegény időszakokban a tárolt hőenergiát leadva kevesebb fűtési energiára van szükség. Ezenkívül a jó hőtároló képesség jó hőszigetelést, ezáltal kisebb hőveszteséget biztosít. (Farkas, 2003)

### **1.3.2. Aktív napenergia hasznosítás**

A napenergia aktív termikus hasznosításához erre a célra kialakított speciális szerkezeteket, napkollektorokat alkalmaznak. Az aktív napenergia hasznosítás lényege, hogy a napkollektorok a begyűjtött napenergiát ún. hőhordozó közegnek – folyadéknak, levegőnek – adják át, ez a közegáramlás útján jut el a felhasználási helyre, legtöbbször a szolár-tárolóba. A tároló feladata az energia összegyűjtése valamint az energia érkezése és felhasználása közötti időbeni különbségek áthidalása. A hőhordozó vagy közvetítő közeg gyakran nem azonos a felmelegítendő folyadékkal, hanem önálló, zárt körben áramlik. Azt a berendezéscsoportot, amely a kollektor és a tároló között működik, szolár-körnek, kollektor-körnek vagy primer körnek szokás nevezni. A tároló és fogyasztó közötti második áramlási kört szekunder körnek vagy vízkörnek nevezik (Farkas, 2003). A következő ábrán egy ilyen aktív szoláris rendszer elvi kapcsolása és főbb elemei láthatók:





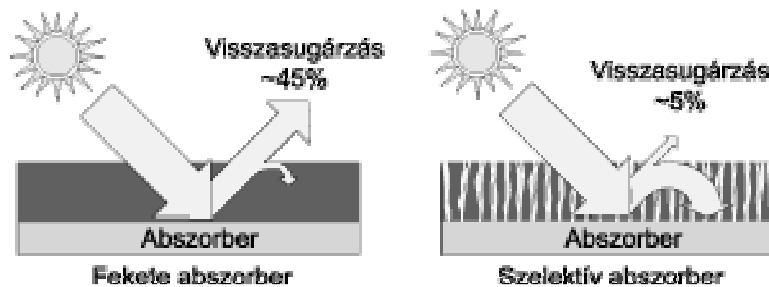
1. Kollektormező
2. Digitális vezérlőberendezés
3. Szoláris szerelési egység
4. Tágulási tartály
5. Csővezeték
6. Tárolótartály

**1.3. ábra** Kollektor rendszer főbb elemei és kapcsolási elve

#### 1.4. A napkollektorok működése, csoportosítása

A napsugárzást a különböző tárgyak anyaguktól, kialakításuktól függő részarányban visszaverik, elnyelik, vagy átengedik. Hő akkor keletkezik, ha a napsugárzást az anyag elnyeli. Ezért a napkollektoros hőhasznosító berendezések célja a napsugárzás minél nagyobb részarányú elnyelése. Azt a berendezést, ami a napsugárzást elnyeli, és hővé alakítja napkollektornak nevezzük.

A napkollektorok legfontosabb eleme az elnyelőlemez, az ún. abszorber. Ennek feladata a napsugárzás elnyelése, és hővé alakítása, valamint a keletkezett hő átadása a kollektorban keringő munkaközegnek. A napsugárzást minden fekete színű, és matt felületű anyag jó hatásokkal 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 abszorberlemez hosszú hullámhosszú sugárzást bocsát ki. A jó hatásfokú napkollektorok abszorberlemezét ezért olyan ún. szelektív bevonattal látják el, mely a rövid hullámhosszú napsugárzást elnyeli, míg a saját hosszú hullámhosszú sugárzását nem engedi át, azt visszaveri. Így a szelektív napkollektoroknak minimális a sugárzási veszteségük. A napkollektor gyártók szelektív bevonatként többnyire feketekróm, nikkel-, vagy titánium-oxid rétegeket alkalmaznak.

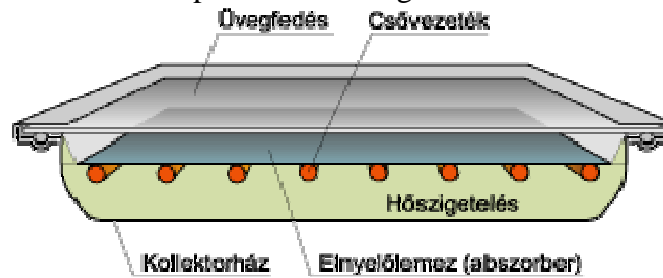


**1.4. ábra** Hagyományos fekete és szelektív felület sugárzási vesztesége

A napkollektorok legelterjedtebb típusa a síkkollektor és a vákuumcsöves kollektor.

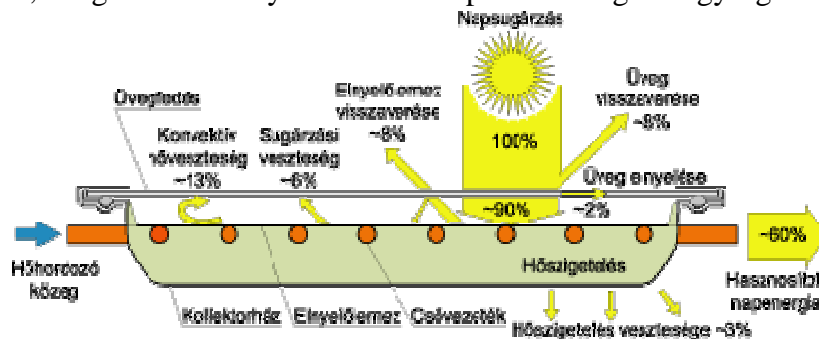
#### 1.4.1. Síkkollektorok

A napkollektorok legelterjedtebb, legismertebb változata az ún. síkkollektor, melynek felépítése az 1.8. ábrán látható. A síkkollektor tulajdonképpen egy elől üvegezett, hátul hőszigetelt lapos dobozszerkezet, melybe belül egy jó napsugárzás elnyelő képességű fekete lemezre (abszorberre) erősített csőkígyó található. A síkkollektorok működése egyszerű: a napsugárzás áthalad a jó fényáteresztő képességű (alacsony vastartalmú) üveg fedőlapon és elnyelődik az abszorberen, ami az elnyelt napsugárzás hatására a hozzá erősített csőkígyó rendszerrel együtt felmelegszik. A keletkezett hőenergiát aztán a csővezetékben keringetett hűtőanyag folyadékkal lehet elszállítani a napkollektorból és lehet felhasználni például vízmelegítésre.



1.5. ábra A síkkollektorok felépítése

Síkkollektorokat már több évtizede alkalmaznak iparszerűen, ezért a gyártásuk, üzemeltetésük során bőséges tapasztalat halmozódott fel. Ennek köszönhetően mára a termékpaletta meglehetősen letisztult, a jelentősebb gyártók által kínált síkkollektor változatok között nehéz különbséget tenni. A síkkollektorok közös jellemzője az egyrétegű üvegfedés, és a magas szelektivitású elnyelőlemez alkalmazása. Az ilyen kollektorok maximális hatásfoka 80% körüli érték, átlagos, derült időjárás esetén pedig 60% körüli hatásfokkal alakítják át a napsugárzást hőenergiává. Ilyen, átlagos körülmények esetén fellépő veszteségek nagysága látható a 1.9. ábrán.



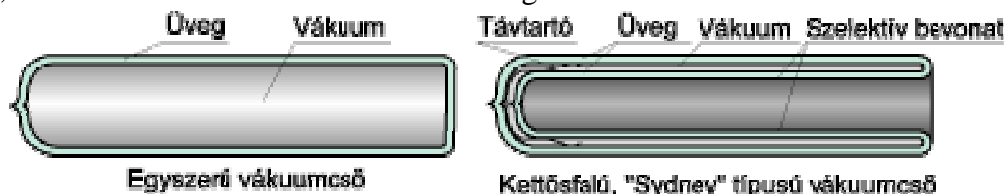
1.6. ábra Síkkollektorok átlagos veszteségei

#### 1.4.2. Vákuumcsöves kollektorok

A 1.9. ábrából látható, hogy a síkkollektorok konvektív hővesztesége átlagos körülmények esetén 13% körüli érték. A konvektív hőveszteség okozója a kollektor házban levő levegő, mely mozgásával, keringésével a meleg abszorbert visszahűti a hidegebb üvegfedés felé. Ha tehát a kollektor házból sikerülne kiszívni a levegőt, ezáltal vákuumot hozva létre, akkor meg lehetne szüntetni a konvektív hőveszteséget. Ezzel a céllal fejlesztették ki a vákuumos kollektorokat. A vákuum értelme tehát kizárólag a konvektív hőveszteség csökkentése, a napsugárzás elnyelő tulajdonságokat a vákuum nem befolyásolja. Nem változik lényegesen a hővezetés útján létrejövő veszteség sem, hiszen annak értéke eleve csak 3% körüli, valamint a levegő alapvetően jó hőszigetelő, hővezetési tényezője kb. fele a hőszigetelő anyagokénak.

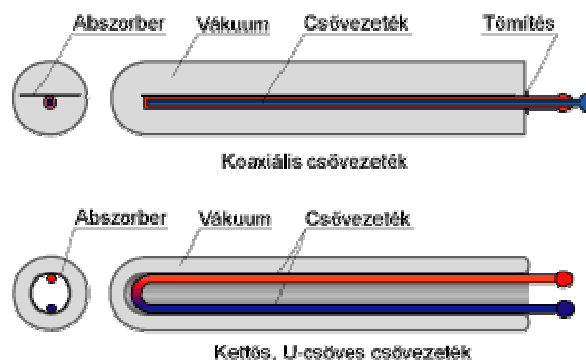
Egy síkkollektor házat meglehetősen nehéz úgy letömíteni, hogy az a teljes élettartam alatt, legalább 20-30 évig megtartsa a vákuumot. Létezik ugyan vákuumos síkkollektor, de ennél a vákuumot nem a gyártás során, hanem a felszerelés után kell létrehozni. A kollektoroktól a kazánházig egy vékony rézcsőből vákuumvezetéket kell kiépíteni, ennek a végére egy gyorscsatlakozót és a vákuumot mutató nyomásmérőt kell felszerelni, a kollektorokból a levegőt pedig vákuumszivattyúval kell eltávolítani. A fejlett tömítés-technikának köszönhetően az ilyen síkkollektorok a vákuumot 2-3 évig megtartják, és miután a nyomásmérő jelzi a vákuum csökkenését, a kompresszoros vákuumozást meg kell ismételni. Az ilyen rendszernek előnye, hogy a vákuum értéke folyamatosan ellenőrizhető, hátránya viszont az időszakos vákuumozás igénye.

Lényegesen gyakoribb megoldás a vákuum alkalmazására az ún. vákuumcsöves napkollektor. Mára szinte elárasztották a piacot a legkülönbözőbb kialakítású vákuumcsöves napkollektorok. Míg a síkkollektorok felépítése alapvetően nem tér el egymástól, addig a vákuumcsöves napkollektorok változatosabb műszaki megoldásokkal készülnek. Közös jellemzőjük az üveg anyagú vákuumcső, azonban mint a 1.10. ábrán látható, ez is legalább kétféle kivitelben készülhet. A régebben alkalmazott egyszerű vákuumcső szimpla falú üvegcső. Hátránya, hogy az abszorbert és az erre erősített csővezetéket a csőön belül, a vákuumban kell elhelyezni, ezért a cső kivezetésénél tömítést kell alkalmazni, ami gyenge pont lehet. A másik megoldás a kettősfalú, ún. "Sydney" típusú vákuumcső. Bár ezt a csőtípust valószínűleg helyesebb lenne a "Kínai" jelzővel illetni, mivel döntő részarányban onnan származik. (Kína egyébként a felszerelt napkollektorok számára világszerte, 2. USA, 3. Japán, 4. Törökország, 5. Németország). A kettősfalú vákuumcső elve régóta ismert, hiszen ezt alkalmazzák a jól ismert termoszkokban is. Rendkívüli népszerűségét annak köszönheti, hogy az abszorbert és a csővezetéket nem kell már az üvegcső gyártásakor a vákuumban elhelyezni. Ezért az ilyen csövet számtalan kollektor gyártó vásárolja meg, és helyez el benne különféle kialakítású abszorbert. További előny még, hogy az üvegcsövet gyártó cég többnyire valamilyen szelektív bevonatot is felvisz a belső üvegcső felületére, ezért szelektív abszorberre sincs szükség.



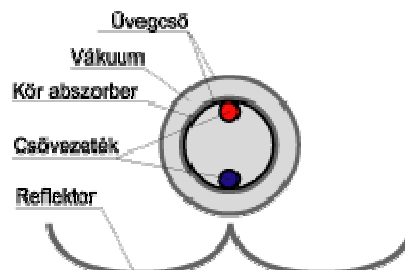
1.7. ábra Vákuumcsövek kialakítása

További változatosság jellemzi a vákuumcsöves napkollektorokat az abszorber lemez és az erre erősített csővezeték kialakítása szerint (1.11. ábra). Az egyik lehetséges megoldás, amikor egyenes felületű abszorber lemezcsíkot, és erre erősített koaxiális csővezetéket alkalmaznak. A másik-főleg a kettősfalú vákuumcsöveknél alkalmazott megoldás-a kör alakú abszorber és hajlított, U-alakú csővezeték.



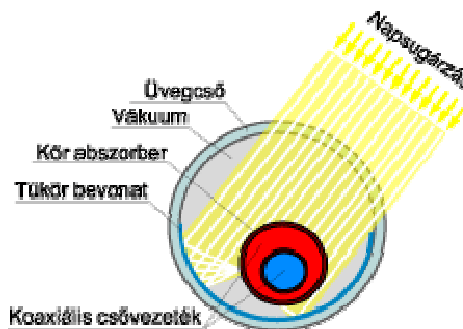
1.8. ábra Abszorber és csővezeték kialakítások vákuumcsöves napkollektoroknál

A vákuumcsöves napkollektorok több, egymás mellett, párhuzamosan elhelyezett vákuumcsőből épülnek fel, így az egyes csövek között kisebb-nagyobb távolság van. A bruttó/hasznos felület kihasználtságuk ezért az ilyen kollektoroknak általában rosszabb, mint a síkkollektoroknak. Növelni lehet a kihasználtságot, ha az 1.12. ábra szerint a kör alakú abszorberrel szerelt vákuumcsövek mögé a napsugárzást visszaverő, tükröző lemezt helyeznek. Az ilyen reflektorokat nevezik CPC-nek (Compound Parabolic Concentrator). A reflektor hátránya viszont, hogy idővel elkoszolódik, így hatékonysága romlik.



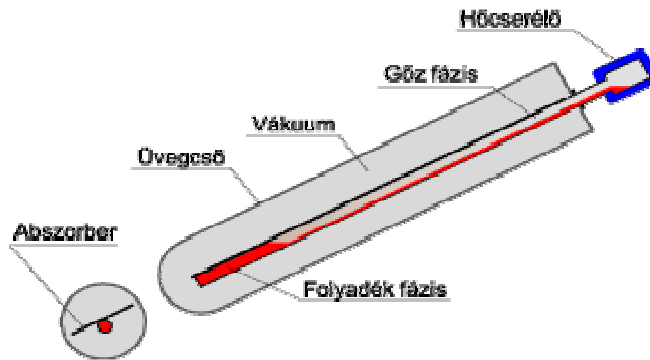
1.9. ábra CPC reflektor

Másik egyedi megoldás a reflektor elhelyezésére, amit egy kollektorokat is gyártó üvegyipari cég alkalmaz, amikor a tükröző felületet a 1.13. ábra szerint a vákuumcsövön belül helyezik el. Ezzel kiküszöbölik a reflektáló felület elkoszolódását, ugyanakkor megmarad a visszaverő-koncentráló hatás.



1.10. ábra Koncentráló tükrőbevonat a vákuumcsövön belül

Az eddig ismertett vákuumcsöves napkollektorok közös jellemzője volt, hogy közvetlenül a napkollektor körben keringtetett fagyálló folyadék cirkulált a vákuumcsövön belül is. Gyakori azonban az ún. hőcsöves (Heat-Pipe) megoldás is, amikor az abszorberre erősített csövet lezárják, és alacsony vákuumba helyezett vízzel, vagy egyéb folyadékkal töltik fel részlegesen. 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. Bár az ilyen kollektorok forgalmazói állítják, hogy a „hőcső-elvnek” köszönhetően a kollektorok hatásfoka kiemelkedően (akár 50%-al) magasabb, mint a normál kollektoroké, a valóságban ez nem igaz. A hőcső alkalmazása nem eredményez hatásfok javulást, sőt az eggyel több hőcserélő miatt inkább csökken a hatásfok. Előnye leginkább abban rejlik, hogy az egyes csövek különálló, kompakt egységet képeznek, így ezek külön szerelhetők, törés esetén a csövek a rendszer leürítése nélkül is kicserélhetők. A hőcsöves kollektorokat természetesen lejtéssel (általában 20-30°) kell szerelni.



1.11. ábra "Heat-Pipe", hőcsöves elvű napkollektor

## 1.5. A napkollektorok hatásfoka

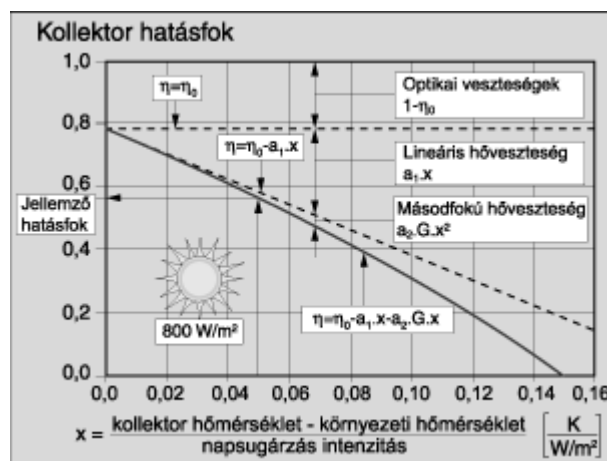
A napkollektorok a felületükre érkező napsugárzást csak bizonyos veszteségekkel tudják átalakítani hasznos hőenergiává. A veszteségek optikai- és hőveszteségekre oszthatók. Az optikai veszteség-ami nem függ a kollektorok hőmérsékletétől-az üvegfelület visszaverése és elnyelése, valamint az abszorberfelület visszaverése. A hőveszteség-ami erősen függ a kollektor és a környezeti levegő közötti hőmérséklet-különbségétől a napsugárzás hatására felmelegedett abszorberlemez sugárzás, konvekció és hőátadás útján létrejövő vesztesége.

Hőtermelő berendezések esetében a hatásfok a hasznosított és a bevitt hőmennyiség arányát fejezi ki. A napkollektorok "tüzelőanyaga" a Nap elektromágneses sugárzása. Ezért napkollektorok esetében a hatásfok a kollektorral hasznosított hőenergia és a napkollektorok felületére érkező napsugárzás energiájának arányát fejezi ki.

$$\text{Kollektor hatásfok} = \frac{\text{Kollektorral hasznosított napsugárzás}}{\text{Kollektor felületére érkező napsugárzás}}$$

A hatásfok azt mutatja meg, hogy a napkollektorok a felületükre érkező napsugárzást mekkora veszteséggel tudják átalakítani hasznos hőenergiává. Egy síkkollektor veszteségei egy átlagosnak tekinthető nyári nap, sugárzási és hőmérséklet viszonyai esetén az 1.9. ábrán láthatók.

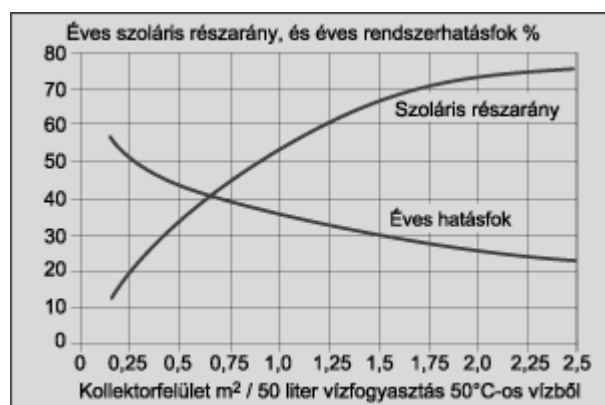
A napkollektor veszteségeit és így a hatásfokát is jelentősen befolyásolják a pillanatnyi hőmérséklet és napsugárzási viszonyok. Az 1.9. ábra is csak egy pillanatnyi állapotot mutat. Ha megváltozik a külső hőmérséklet, vagy a napsugárzás erőssége, akkor a kollektorok hatásfoka is módosul. A hatásfokot nem lehet egy számmal kifejezni, mert az állandóan változik egy maximális érték és a nulla között. Ezért a kollektorok hatásfokát egzaktul csak grafikonnal, vagy matematikai egyenlettel lehet megadni. Egy szelektív síkkollektor hatásfokgörbéje a 1.14. ábrán látható.



1.12. ábra A napkollektorok hatásfok görbéje

A hatásfok-görbéből látható, hogy a kollektorok hatásfoka akkor a maximális, ha a vízszintes tengelyen lévő paraméter,  $X$  értéke nulla. Ez pedig csak akkor lehet, ha  $X$  képletében a számláló értéke nulla, vagyis a kollektorok hőmérséklete éppen megegyezik a környezeti levegő hőmérsékletével. Ezt a pontot nevezik optikai hatásfoknak, amit tévesen a kollektorok hatásfokaként szoktak megadni. Ez azonban félrevezető. Az optikai hatásfoknak megfelelő körülmények a gyakorlatban ritkán, vagy soha nem fordulnak elő. A levegő hőmérséklete még nyáron is csak 20-30°C, a kollektorok hőmérséklete pedig csak akkor lehet ugyanennyi, ha maximum 10-20°C-os vizet fűtenek. Természetesen lehet ilyen üzemmód nyáron, a hálózati hidegvíz előmelegítések, vagy medencék fűtések, de általában nem ez a jellemző.

A kollektorok pillanatnyi hatásfoka tehát üzemállapottól függően nulla, és egy maximális, általában 80% körüli érték között mozog. Jellemzően egy derült napon, átlagos hőmérsékletviszonyok esetén a kollektorok hatásfoka 60% körüli érték. De vajon mekkora a kollektorok éves hatásfoka? Erre a kérdésre még nehezebb válaszolni, mert az éves hatásfok nem csak a kollektorok minőségétől, hanem a napkollektoros rendszer kihasználtságától is függ. Túlméretezett, magas szoláris részarányra törekvő rendszernél, az átlagosnál erősebb napsütés esetén a kollektorokkal hasznosítható napenergiát a rendszer már nem tudja fogadni, ezért a többlettermelés elveszik, az éves hatásfok alacsony. Ugyanakkor alulméretezett rendszernél mindig biztosított a kollektorokkal hasznosított napenergia felhasználása, ezért magas éves hatásfok érhető el. A szoláris részarány és az éves hatásfok összefüggése a 1.15. ábrán látható.



**1.13. ábra** A szoláris részarány és a hatásfok összefüggése

Magyarország meteorológiai adottságai mellett átlagos használati-melegvíz készítő napkollektoros rendszert alapul véve reálisan elérhető 50-70%-os szoláris részarány. Ekkor a kollektoros rendszer éves hatásfoka 30-40%, vagyis a napkollektorok az érkező napsugárzás 30-40%-át tudják hasznosítani. Magyarországon  $1\text{m}^2$  déli tájolású és  $45^\circ$  körüli dőlésszögű felületre megközelítőleg évi 1450kWh energia érkezik a Napból. Az éves hatásfok figyelembevételével tehát kollektorokkal ebből átlagos esetben ~500kWh hasznosítható. Ha a kollektoros rendszer csak időszakosan kihasználtsággal üzemel és a napkollektoroknak viszonylag magas hőmérsékletet kell előállítaniuk, akkor ez lecsökkenhet 300-400kWh-ra is. Ha viszont a kollektorok egész évben, folyamatosan ki vannak használva és viszonylag hideg vizet kell melegíteniük, a hasznosított éves napenergia elérheti a 800-900kWh/m<sup>2</sup>-t is. Ez jelentős energiamennyiség. Gondoljunk például arra, hogy ugyanekkora energiát egy 20kW-os kazán 40-45 órás üzemével tudnánk előállítani ([www.naplopo.hu](http://www.naplopo.hu)).

## **2. FELADAT BEMUTATÁSA**

A napenergia hasznosítási módszereinek elemzése. Ezen belül:

A passzív napenergia hasznosítása és módszerei, az általuk nyerhető hőenergia felhasználása.

A napkollektorok segítségével történő aktív napenergia hasznosítás.

Cél a megfelelő aktív és passzív módszerek ismeretében a lehető legmagasabb napenergia-hasznosítási szint elérése.

Ezen eljárások ismeretének segítségével egy olyan Szolár-rendszer modellezése, mely képes a nyári hőenergia begyűjtésére egy megfelelő méretű hőszigetelt tartályban, azzal a céllal, hogy a tárolt hőenergia kielégítse egy épület teljes évi fűtési igényét.

### **2.1. ADATGYŰJTÉS**

A számításoknál használt adatokat a Metall Glas Kft. Székesfehérvár, szolgáltatta.

A Naplopó Kft. – által mért Déli tájolású, 45°-os dőlésszögű felületre érkező globális napsugárzási adatokat dolgoztam fel 2004-től 2009-ig.

### **2.2. SZOFTVERHASZNÁLAT**

A számításokhoz, táblázatokhoz és diagrammokhoz a Microsoft Office, Excel táblázatkezelő programot használtam.

## **3. MÓDSZEREK**

### **3.1. Passzív napenergia-hasznosítás módszerei (Zöld, 1999)**

#### **3.1.1. Az épület tájolása**

Az épület tájolása, a homlokzat kialakítása eleve befolyásolja hőnyereséget. A nyílászárók legjobban a délkeleti – déli-délnyugati homlokzaton hasznosítják a napsugárzást, a homlokzat tagoltsága, színe és anyaga szintén befolyásolják az elérhető hőnyereséget. Üvegezett nyílászárók árnyékmentességének biztosításával és a felületük növelésével elérhető, hogy a fűtési idényben az általuk okozott hőveszteség kisebb legyen, mint a napsugárzásból származó hőnyereség. Az alkalmazott üvegezés minőségével további nyereségre számíthatunk.

#### **3.1.2. Direkt rendszerek**

A direkt rendszerek működésének alapja az üvegházhatás. Az üvegszerkezetek átengedik a Naptól érkező, rövid hullámhosszúságú sugárzást. Az épület belső szerkezetei (padlófödém, falszerkezetek) elnyelik ezt az energiamennyiséget, ennek hatására felmelegednek és fűtik a helyiség levegőjét. Ha az épület hőtároló tömege megfelelően nagy, akkor a szerkezetek puffer tárolóként működnek, azaz a napközben elnyelt napenergiát elraktározzák, és éjszaka adják át a helyiség levegőjének.

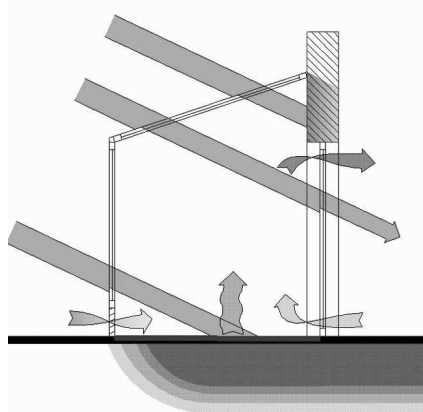
Az épület tervezésekor nyilvánvalóan előnyös az, hogy ha a hőérzet és a természetes megvilágítás szempontjából igényesebb helyiségek a nagyobb sugárzási nyereségű (déli, délkeleti tájolású) homlokzatokhoz csatlakoznak. Az üvegezett szerkezeteket e szektorokba kell koncentrálni, valamint a tervezés során figyelembe kell venni a saját tagozatok, a környező beépítés és terepalakulatok, valamint az örökzöld növényzet árnyékoló hatását.

Nagyon fontos megjegyezni, hogy a sugárzási energia hasznosításának az elégséges hőtároló tömeg az alapfeltétele, ami azt jelenti, hogy nagy hőtároló képességű, masszív, a belső oldalukon szigetetlen szerkezetekre, „nehéz” padlóburkolatokra van szükség. Minimumként abból az ökölszabályból indulhatunk ki, hogy egy négyzetméter tökéletesen áteresztő nyílás mögött legalább 2000 kg aktív hőtároló tömegre van szükség. E nélkül a helyiségbe bejutó sugárzási energia vagy túlmelegedést okoz, vagy a lakókból védekező reakciókat vált ki: a sugárzás kirekesztését az árnyékolók lebecsátásával, illetve a hőnyereségnek a helyiségből való „kimosását” szellőztetéssel. Az előzőekben leírtak alapján megállapítható, hogy egy direkt rendszerben lényegében semmi olyan nem kell, ami ne fordulna elő egy szokványos épületben. A rendszer működése az üvegházhatás jelenségén alapul. Erős tömörítéssel azt mondhatjuk, hogy a jó direkt rendszer egyenlő egy (energetikai szempontból is) jó házzal.

### 3.1.3. Üvegházak, napterek

Naptérnek, vagy üvegháznak nevezzük azokat az épülethez csatlakozó, transzparens (sugárzást áteresztő) külső határoló szerkezetekkel rendelkező tereket, amelyek fűtött épületrésszel határosak, az épületből megközelíthetők és nincs mesterséges fűtésük. Formai, alaprajzi kialakításuk rendkívül sokféle lehet, működési elvükben azonban megegyeznek: a sugárzás a naptér nagy üvegezett felületein bejutva a padlón, valamint az üvegház és a mögöttes helyiségek közötti falak felületén nyelődik el, azokban tárolódik és részben a falakon keresztül hővezetéssel, részben természetes légmozgással jut a mögöttes helyiségbe. Az épület téli hőveszteségét a következőképpen befolyásolják:

- az épület falszerkezeteinek egy részét elhatárolják a külső tértől, jelentősen csökkentve ezzel az adott szerkezetek hőveszteségét
- előmelegített szellőző levegőt szolgáltatnak az épület helyiségeinek, ami pedig a szellőzési veszteségek mérséklődését eredményezi.



3.14. ábra Üvegházak, napterek működési elve

Ezen kívül további előnyük, hogy az év egy jelentős részében az épület értékes bővítményeként használhatók. Napterek tájolását illetően nyilvánvaló, hogy a délihez minél közelebbi irányok a kedvezőek, azonban figyelembe kell venni a környező beépítés, valamint tereptárgyak árnyékoló hatását is.

Annak érdekében, hogy a naptér, valamint a vele határos épületrész nyári túlmelegedését elkerülhessük, a következők szükségesek:

- árnyékolás a naptér külső határolásán,
- intenzív szellőztetés a naptér és a környezet között,
- az épület intenzív (éjszakai) szellőztetése olyan útvonalon, amely nem halad át a naptéren.

Fontos megjegyezni, hogy rendkívül jelentős a használók, a lakók befolyása a napterek valódi hatékonyságára, akár statikus tekintetben (bútorozás, növényzet), akár a mindennapi használatot

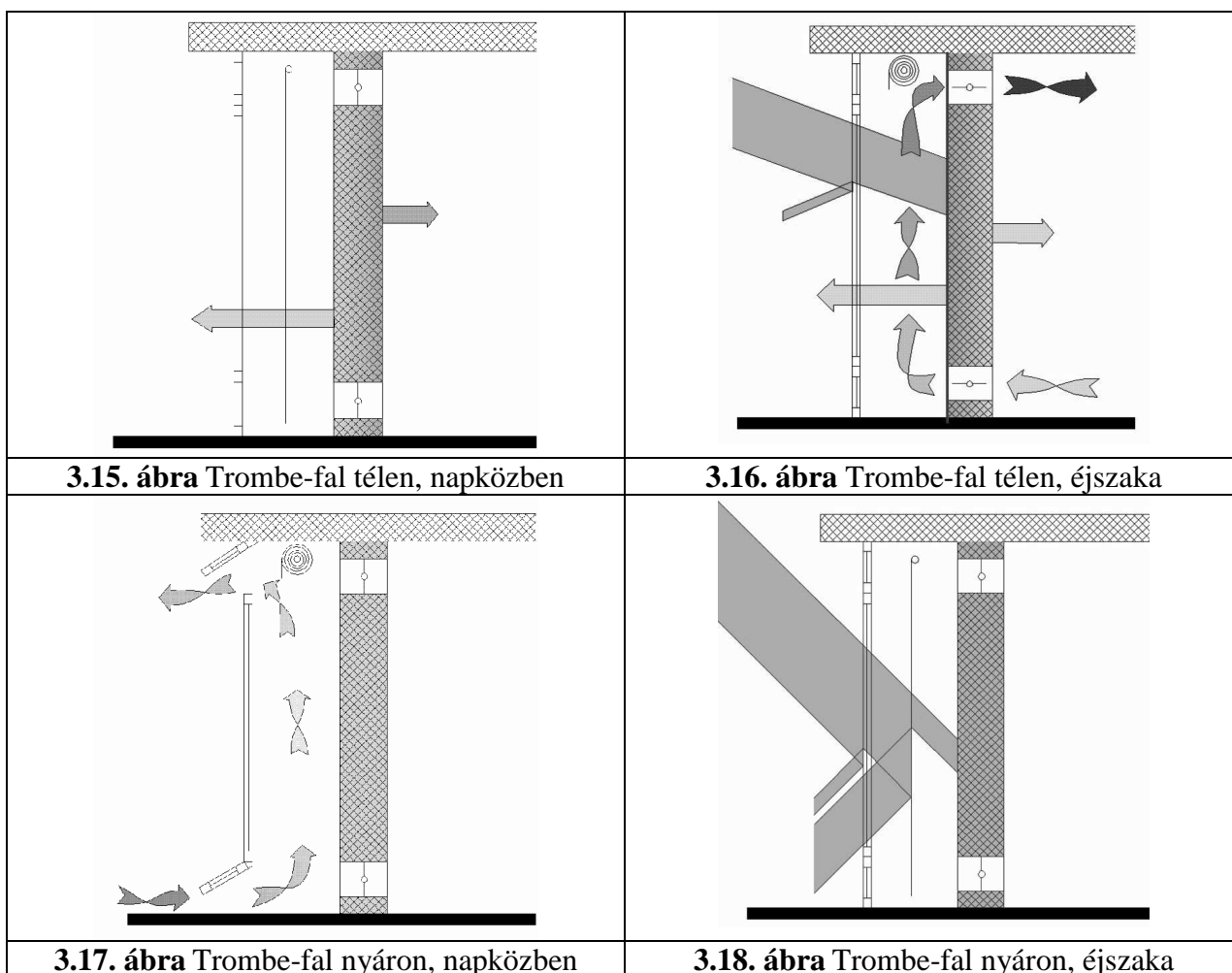


illetően (mozgatható árnyékolók működtetése, szellőztetés). Napterek alkalmazása esetén az energiamegtakarítás éves szinten akár a 30%-ot is elérheti, azonban a legjobban tervezett, legjobb adottságú naptér lehetséges hatását is szinte semmissé teheti a helytelen használati mód.

### 3.1.4. Energiagyűjtő falak (Tömegfal, Trombe-fal)

A címbe szerkezetek egy masszív külső falból (a tömegfal) és az eléépített üvegezésből állnak. Ezt mozgatható árnyékoló szerkezet, valamint a tömegfalban és az üvegezésben kialakított, nyitható-zárható szellőzőnyílások egészíthetik ki. A tömegfal külső felületét nagy elnyelő képességű, „sötét” színezéssel, felületképzéssel,

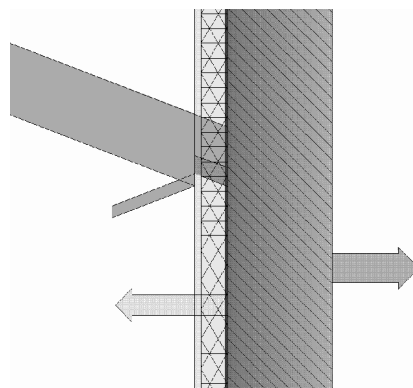
esetleg szelektív bevonattal látják el. Itt történik a napsugárzás hőterhelésének elnyelése, amelyet a nagy tömegű fal tárol és késleltetéssel a helyiségbe juttat. A fal külső rétegeiben maradt tárolt hőnek a „le mosása” a tömegfalon átmenő szellőzőjáratok nyitásával, természetes légközréssel valósítható meg. E szellőzőnyílások nélkül tömegfalról, ezekkel együtt Trombe-falról beszélünk. Trombe-falak esetén a szellőző csappantyúkat akkor célszerű kinyitni, ha a légrétegben lévő levegő hőmérséklete meghaladja a belső léghőmérsékletet és szükség van fűtőteljesítményre. Helytelen használat esetén a csappantyúkat akkor nyitják, amikor a helyiség levegője melegebb. Ez nem csak energiavesztéssel jár, hanem állagkárosodáshoz is vezet: a levegő nedvességtartalma a légréteg határoló, borult időben, vagy éjszaka hideg felületeken kicsapódik. Télen éjszaka a társított szerkezet (árnyékoló szerkezet) saját hővezetési ellenállása és újabb légréteg létrehozása révén az elnyelő felület és a környezet között hőszigetelő hatást fejt ki, csökkentve ezzel a hővesztéseket. A Trombe-fal használatát télen és nyáron a következő ábrák szemléltetik:



Nyáron nappal a társított szerkezet árnyékolja az elnyelő felületet, meggátolva ezzel a helyiség túlzott felmelegedését. Az üvegezésben szellőzőszárnyak alakíthatók ki. Ezeket kinyitva nyáron a légréteg átszellőztethető, éjszaka a hűvösebb külső levegővel a tömegfal előhűthető. Mérsékelt övi körülmények között, a nagy téli hőveszteség elkerülése érdekében kettős üvegezés ajánlott. Meglévő téglá-, kő-, vagy vályogfal esetén is hatékonyan alkalmazhatóak, ugyanis ezek tömegfallá/Trombe-fallá történő átalakításával a szoláris nyereség hasznosítása mellett hőszigetelő képesség javulást érhetünk el. Nem alkalmazható azonban olyan falak esetén, amelyek rétegendje külön hőszigetelést is tartalmaz.

### 3.1.5. Transzparens szigetelésű falak

A transzparens (átlátszó) hőszigetelések lényege az, hogy a külső falak külső síkját, a napsugárzást többé-kevésbé átteresztő hőszigeteléssel burkoljuk. A beeső sugárzási energia java részének elnyelése a hőszigetelés mögött, a fal síkján történik. Ezt a síkot a környezettől a hőszigetelő réteg választja el. Az elnyelt energia nagy része – a könnyebbik utat választva – a kis ellenállású, nagy hőtárolóképeségű falba hatol be. A hőszigetelés és a fal érintkezési síkján olyan magas hőmérséklet alakul ki, hogy átlagos téli feltételek mellett a helyiségnek a szerkezeten keresztül hőnyeresége van, de még borúsabb időben is a hőveszteségek jelentősen lecsökkennek. A legfontosabb technikai problémát éppen az előbb leírt folyamat jelenti – az anyagok károsodását, és a helyiség túlzott felmelegedését megelőzendő – ugyanis a külső felületet nyáron védeni kell a napsugárzástól. Ez árnyékolással, hőhatásra elsötétedő különleges (fototróp, termotróp) üvegezéssel, szellőztetett légréteg beiktatásával lehetséges. A transzparens szigetelés áttetsző vakolattal is fedhető, aminek adalékanyaga hordozórétegre kasírozott üveggyöngy. Ez kisebb teljesítményt nyújt, de nincs szükség nyári túlmelegedés elleni védelemre, a fedőréteg a magasabb napállásoknál (azaz nyáron) kevesebb sugárzást enged át. A transzparens hőszigetelés mellett szól, hogy meglévő épületek felújítása során is előnyösen alkalmazható.



3.19. ábra A transzparens hőszigetelés működési elve

Bekerülési költségük egyelőre magas, de nyilván egyrészt az idő, illetve a technológiai fejlődés, másrészt a növekvő energiaárak belátható időn belül racionálissá teszik ezt a megoldást. (dr. Zöld András : Energiatudatos építészet)

### 3.2. Napkollektorok segítségével történő aktív napenergia hasznosítás módszerei

Az aktív napenergia hasznosítás lényege, hogy a napkollektorok a begyűjtött napenergiát ún. hőhordozó közegnek – folyadéknak – adják át, ez a közegáramlás útján jut el a felhasználási helyre, legtöbbször a szolár-tárolóba. A tároló feladata az energia összegyűjtése valamint az energia érkezése felhasználása közötti időbeni különbségek áthidalása. A hőhordozó vagy közvetítő közeg gyakran nem azonos a felmelegítendő folyadékkal, hanem önálló, zárt körben

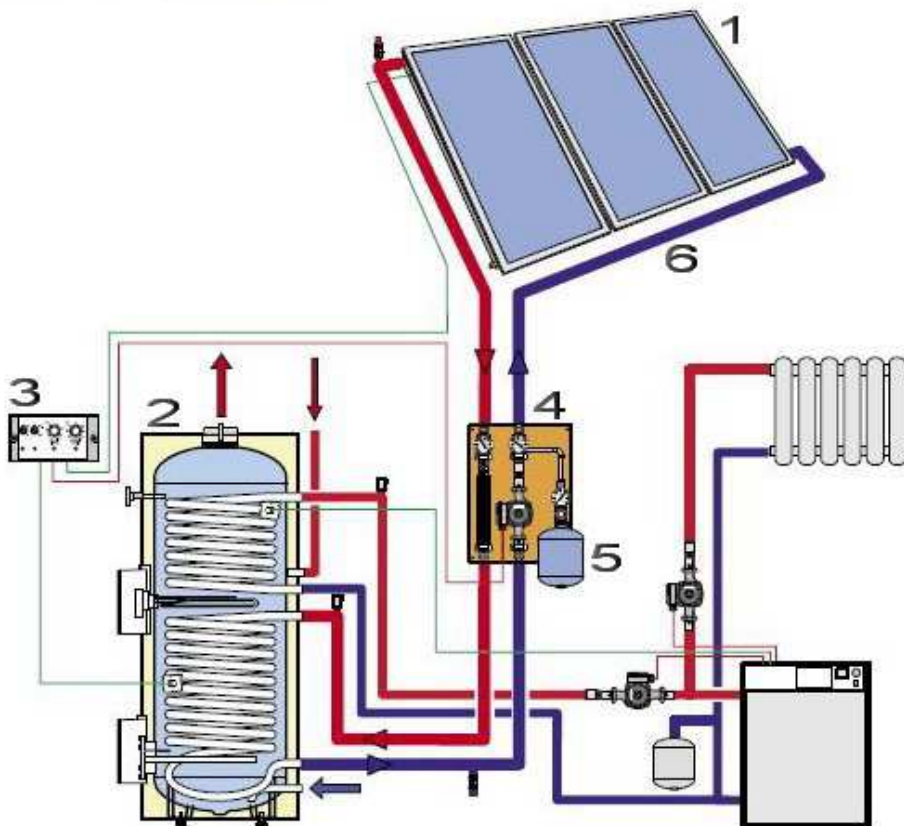
áramlik. Azt a berendezéscsoportot, amely a kollektor és a tároló között működik, szolár-körnek, kollektor-körnek vagy primer körnek szokás nevezni. A tároló és fogyasztó közötti második áramlási kört szekunder körnek vagy vízkörnek nevezik.

Napenergia hasznosításánál kollektorok segítségével legmagasabb hatásfokot a folyadéknak történő hőátadás útján érhetjük el, ezért ez a módszer a legelterjedtebb.

### 3.2.1. Használati-melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer

Magyarországon a szolár-technikában ez a felhasználási mód terjedt el a legjobban. Ma már a családi háztól a nagyobb létesítményekig széles körben alkalmazzák.

A HMV-készítő rendszerek hőtermelőjeként magas hatásfokú vákuumcsöves- vagy síkkollektorokat alkalmaznak. A napkollektorok az épületben (általában a kazán helyiségben) elhelyezett szolár HMV-tárolót fűtik. A tároló egy vagy két belső hőcserélővel rendelkezik, elektromos fűtőbetéttel is kiegészíthető, így a napkollektor mellett szükség esetén a hagyományos gázkazánnal, illetve elektromos árammal is fűthető. A rendszer része a szolár állomás, amely egy szerelési egységben tartalmazza a keringetéshez (szivattyú) és a biztonságos működéshez szükséges hidraulikai elemeket. Az automatikus működést a szolár vezérlő biztosítja. A vezérlő a napkollektorban és a tárolóban elhelyezett érzékelők adatait feldolgozva működteti a rendszert. A vezérlő mindaddig működteti a rendszer szivattyút és így biztosítja a hőtermelést, amíg a napkollektorok hőmérséklete a beállított küszöbértékkal magasabb a tároló hőmérsékleténél. A nyári félév alatt hazai viszonyok között a helyesen megtervezett és szakszerűen kivitelezett szoláris rendszerek szinte a teljes HMV - igény energiaellátására alkalmasak. A téli félév során pedig előmelegíti a hideg vezetékes vizet, így éves szinten képes az igény 60-65%-nak a kielégítésére. ([www.solaqua.hu](http://www.solaqua.hu))



3.20. ábra Használati melegvizet készítő napkollektoros rendszer ([www.naplopo.hu](http://www.naplopo.hu))

A használati melegvizet készítő napkollektoros rendszer főbb elemei: 1. Kollektormező, 2. Tárolótartály, 3. Digitális vezérlőberendezés, 4. Szoláris szerelési egység, 5. Tágulási tartály, 6. Csővezeték

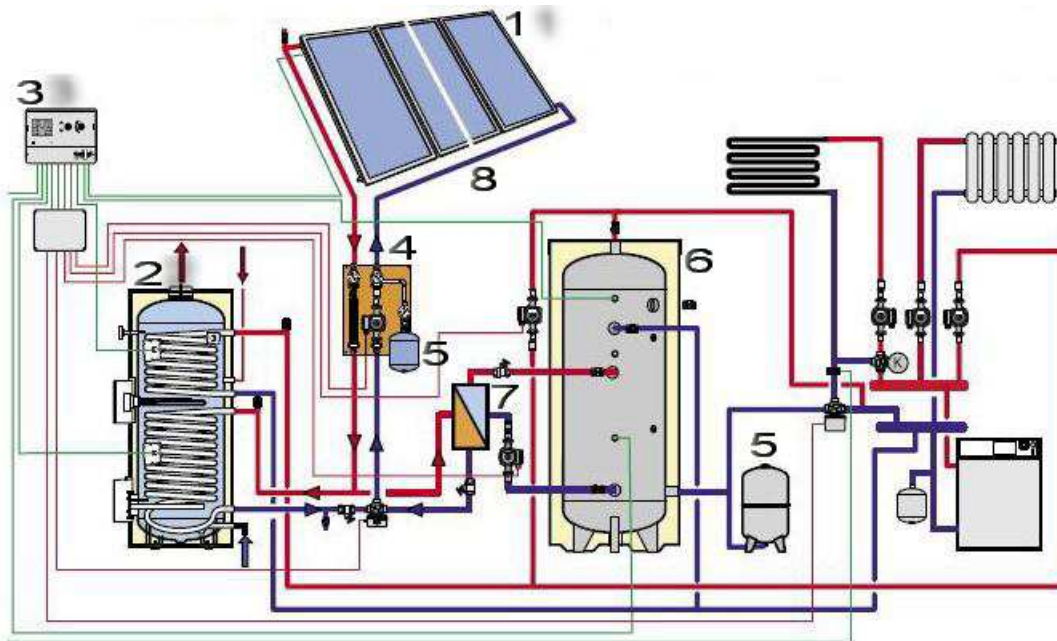
### 3.2.2. Épületfűtő és használati melegvíz készítő napkollektoros rendszer

Mivel télen a hőenergiaigény nagy és a rendelkezésre álló napenergia kevés, a technika mai állása szerint a fűtési energiaszükséglet ellátására csak korlátozottan van lehetőség. Az átmeneti időszakban – ősszel és tavasszal – a hagyományos fűtőberendezés üzemeltetési ideje csökkenthető a szoláris berendezés működtetésével. A szolár-berendezés fűtési célú alkalmazása esetén a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- a téli félévben rendelkezésre álló napenergia csak kiegészítő fűtésre alkalmas, alacsony hőmérsékleten (kb.40°C) padlófűtés és falfűtés rásegítésére a legalkalmasabb.
- egy jól megtervezett rendszerrel 1m<sup>2</sup> kollektor felülettel körülbelül 4 – 5 m<sup>2</sup> felület fűtésére tudunk hatékonyan rásegíteni.
- alacsonyabb hőmérséklet nagyobb tároló térfogatot igényel, a HMV – tárolót egy puffer-tárolóval szokták bővíteni.
- a fűtésre telepített kollektor felület többszöröse is lehet a HMV – előállító kollektorok felületénél. Ez a felület a nyári félévek során igen magas energiamennyiségek begyűjtésére képes.
- a nagy energiamennyiségek felhasználására, célszerű fogyasztót találni, hogy a rendszer ne legyen gazdaságtalan. Erre legegyszerűbb módszer a nyári medencefűtés.
- a fűtési célú szolár-rendszerek mindig bonyolultabbak mint a HMV – előállító rendszerek. Beruházási költségük magasabb, megtérülésük hosszabb (Farkas,. 2003).

Az épületfűtő és HMV készítő rendszerek hőtermelőjeként magas hatásfokú vákuumcsöves- és síkkollektorokat alkalmaznak. Vákuumcsöves kollektorok alkalmazása esetén 20%-kal kevesebb kollektor felületre van szükség. A napkollektorok az épületben (általában a kazán helyiségben) elhelyezett HMV és fűtési puffer tárolókat fűtik. A HMV - tároló egy vagy két belső hőcserélővel rendelkezik, elektromos fűtőbetéttel is kiegészíthető, így a napkollektor mellett szükség esetén a hagyományos gázkazánnal, illetve elektromos árammal is fűthető. A fűtési puffer tároló egy belső hőcserélőt tartalmaz, ezen keresztül fűtik a napkollektorok. A két tároló motoros útváltó szelepen kapcsolódik a napkollektor körhöz. A rendszer része a szolár állomás, amely egy szerelési egységben tartalmazza a keringetéshez (szivattyú) és a biztonságos működéshez szükséges hidraulikai elemeket. Az automatikus működést a szolár vezérlő biztosítja. A vezérlő a napkollektorban és a tárolókban elhelyezett érzékelők adatait feldolgozva működteti a rendszert. ([www.solaqua.hu](http://www.solaqua.hu))

Megfelelő passzív napenergia hasznosítás mellett, az éves fűtési igény 15-25%-át lehet napenergiával előállítani. Tavasszal és ősszel a fűtés szükségletének akár 80 – 100%-át is fedezhetjük napenergia segítségével.



**3.21. ábra** Épületfűtő és használati melegvíz készítő napkollektoros rendszer  
([www.naplop.hu](http://www.naplop.hu))

Az épületfűtő és használati melegvíz készítő napkollektoros rendszer főbb elemei:

1. Kollektormező, 2. HMV-tároló tartály, 3. Digitális vezérlőberendezés, 4. Szoláris- szerelési egység, 5. Tágulási tartály, 6. Puffertároló (hőtároló), 7. Külső hőcserélő, 8. Csővezeték.

## 4. MODELLEZÉS ÉS SZÁMÍTÁS

### 4.1. A nyári hőenergia tárolására alkalmas szolár-rendszer modellezése:

Mivel télen egy átlagos épület hőenergiaigénye nagy és a rendelkezésre álló napenergia kevés, mert a napsütéses órák száma alacsony, egyszerű szolár-rendszerek alkalmazásával a fűtési energiaszükséglet ellátására csak korlátozott lehetőség van.

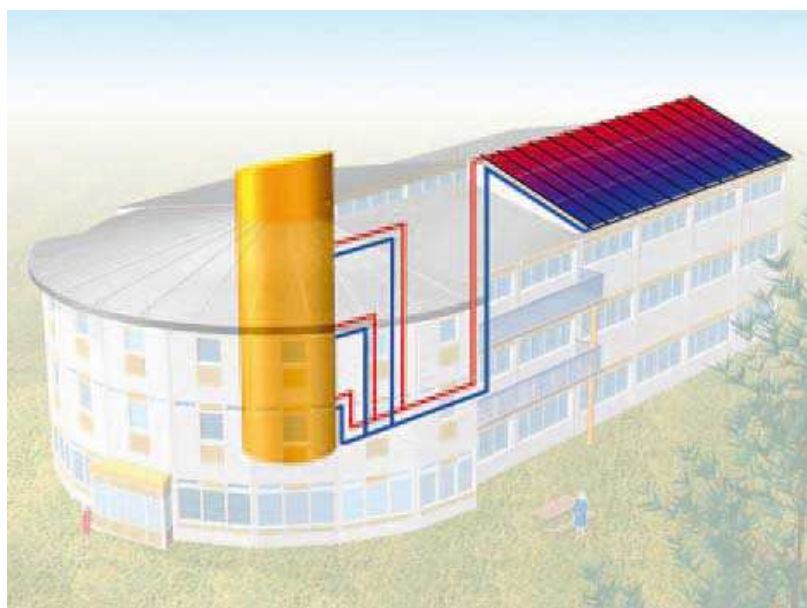
Céлом egy megfelelő méretű hőtárolóval ellátott szolár-rendszer modellezése, mellyel lehetséges a nyári napenergia begyűjtése és télen az így nyert energia épületfűtési célra való felhasználása.

Ennek reális kivitelezése akkor lehetséges, ha a következő főbb szempontokat következetesen betartjuk:

- az épület passzív napenergia hasznosítása igen magas mértékű kell hogy legyen, amihez hozzátartozik az épület kellőképp hőszigetelése is (jó épületszerkezet, kitűnő hőszigetelésű nyílászárók).
- elengedhetetlen magas hatásfokú hővisszanyerő szellőző rendszerrel ellátni az épületet, melyek a mai technika szintjén képesek 80-90%-os hatásfokú működésre.
- a nyári napenergia tárolására igen nagyméretű tartály szükséges, a tartálynak minél kisebb hőveszteséggel kell rendelkeznie.
- a tartályt olyan környezetbe kell helyezni ahol legkevésbé hatnak rá a téli időjárás viszonyosságai.

Egyik ésszerű megoldás a földben való elhelyezés, másik az épületben, úgy, hogy azt az épület teljes mértékben körülölelje.

A hőtároló egyik elhelyezési példája a 4.25.-ös ábrán szemléltetve.

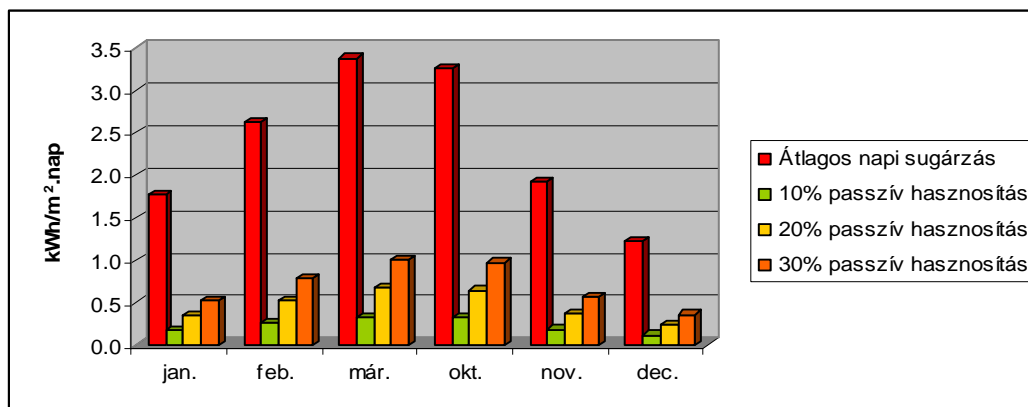


4.22. ábra Wagner-Solar irodaház, Németország  
([www.wagner-solar.com](http://www.wagner-solar.com))

## 4.2. A modellezés szempontjainak ismertetése

### 4.2.1. Az épület passzív napenergia hasznosítása

Az épület passzív napenergia hasznosításánál elsődleges cél a déli tájolás, a nyílászárók zömének délkeleti – déli-délnyugati homlokzaton való elhelyezése. A megfelelően kialakított épület télen akár 15 – 30%-át tudja hasznosítani a napenergiának.



4.23. ábra A téli félévben passzívan hasznosítható napsugárzás (8.1. táblázat értékei alapján)

Számokban kifejezve:

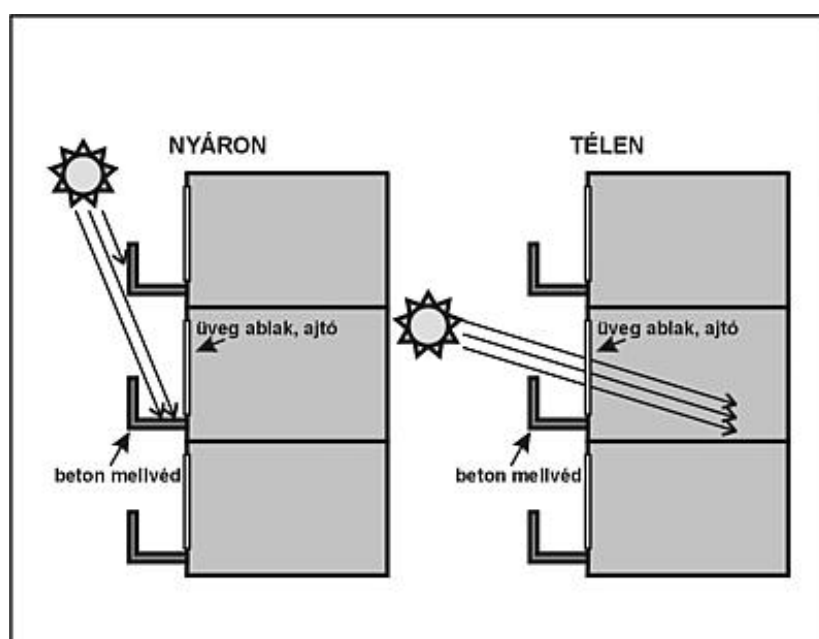
6 éves átlag	Havi sugárzásösszeg Wh/(m <sup>2</sup> .hó)	Átlagos napi sugárzás Wh/(m <sup>2</sup> .nap)	A fűtési hónapokban passzívan hasznosítható napsugárzás		
			10% Wh/(m <sup>2</sup> .nap)	20% Wh/(m <sup>2</sup> .nap)	25% Wh/(m <sup>2</sup> .nap)
Január	54740.3	1765.8	176.6	353.2	441.5
Február	73614.8	2629.1	262.9	525.8	657.3
Március	104631.2	3375.2	337.5	675.0	843.8
Április	143558.0	4785.3	239.3	478.5	598.2
Május	166510.5	5371.3			

Június	158476.3	5282.5			
Július	170559.0	5501.9			
Augusztus	158009.7	5097.1			
Szeptember	135918.5	4530.6			
Október	100767.8	3250.6	162.5	325.1	406.3
November	57500.8	1916.7	191.7	383.3	479.2
December	37813.3	1219.8	122.0	244.0	304.9
		Sum:	1492.5	2984.9	3731.1

**4.1. táblázat** A fűtési hónapokban passzívan hasznosítható napenergia (8.1. táblázat értékei alapján) ( fűtési hónapok időtartama: október 15 - április 15)

Egy egyszerű példán szemléltetve:

Egy épület 20%-os passzív napenergia hasznosításnál a déli homlokzaton található nyílászárók négyzetméterenként januárban akár 0.353kWh-t tudnak hasznosítani.



**4.24. ábra** A passzív napenergia hasznosítás társasházaknál ([www.reak.hu](http://www.reak.hu))

#### 4.2.2. Az épület hőszigetelése

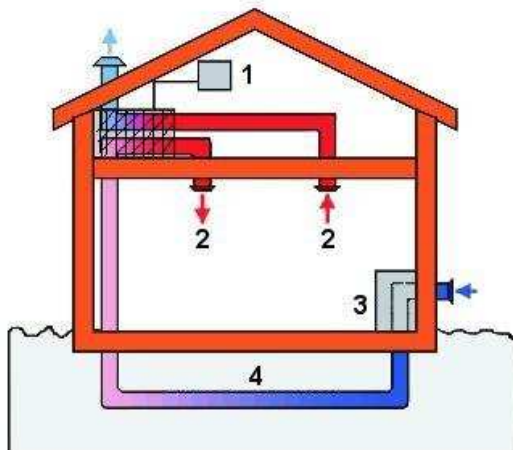
Célunk az épület hőveszteségének minimalizálása. Megvalósításának alapja a jó épületszerkezet, az épület elemeinek (fal, padló, mennyezet, tető) megfelelő vastagságú hőszigetelése, hőhidak kiküszöbölése. Minden egyes épület más és más hőveszteségi értékekkel rendelkezik, a hőszigetelés megvalósításánál különböző módszereket alkalmazhatnak. Ezen értékek számolására módunk van egy általam készített programban, melyet a Microsoft Excel táblázatkezelőben valósítottam meg.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Az épület hőveszteségének számítása</b>									
2		<b>Az épület külső falazata</b>		<b>vastagság (d)</b>		<b>hővezetési tényező (λ)</b>				<b>(d/λ)</b>
3		tégla		0.44 m		0.171 W/m <sup>2</sup> K				2.57
4		külső szigetelés		0.40 m		0.042 W/m <sup>2</sup> K				9.52
5		belső szigetelés		0.00 m		0.041 W/m <sup>2</sup> K				0.00
6		külső vakolat		0.02 m		0.82 W/m <sup>2</sup> K				0.02
7		belső vakolat		0.02 m		0.82 W/m <sup>2</sup> K				0.02
8			sum	0.88 m				<b>egyenértékű hővezetés (λe)</b>	sum	12.15
9								0.072 W/m <sup>2</sup> K		
10	tb	belső hőmérséklet		22.00 °C						
11	tk	külső hőmérséklet		-5.00 °C						
12										
13		lakás területe		52.00 (m <sup>2</sup> )						
14		bélmagassága		2.40 (m)						
15		a külső résszel érintkező felület (kb. 1/3 alapterület)		18.00 (m)						
16	Ak	külső falazat felülete		43.20 (m <sup>2</sup> )						
17		külső falazat felülete - ablakok		35.20 (m <sup>2</sup> )						
18		<b>Mennyezet</b>								
19	t <sub>bm</sub>			22.00 °C						
20	t <sub>km</sub>			-7.00 °C						
21										
22		hőszigetelő		0.40		0.038 W/m <sup>2</sup> K				10.53
23		beton		0.20		1.09 W/m <sup>2</sup> K				0.18
24										
25			sum	0.60				<b>egyenértékű hővezetés (λe)</b>	sum	10.71
26		mennyezet felülete		52.00 (m <sup>2</sup> )		0.056 W/m <sup>2</sup> K				
27	qm	hőáram a mennyezeten		2.71 (W/m <sup>2</sup> )						
28		<b>Padló</b>								
29										
30		beton		0.30		1.09 W/m <sup>2</sup> K				
31										
32		<b>Ablakok</b>	db					<b>hőátbocsátási érték (U)</b>		
33		80x100cm		0.80 (m <sup>2</sup> )				0.7 W/m <sup>2</sup> K		

4.25. ábra Az épület hőveszteségét számoló program

### 4.2.3. A hővisszanyerő szellőző rendszer

A hővisszanyerő szellőző rendszer alapvető rendszer eleme a passzív épületnek. Feladata a távozó meleg levegő és a bejövő friss hideg levegő közös hőcserélőn történő átáramoltatása. Energiaforrásként a helyiségekből elszívott meleg levegőt használja. Az elhasznált levegő hőtartalmát jelentős részben visszanyeri (80-90%), és azzal a friss levegőt melegíti. Sokszor kombinálják a rendszert egy talajban elhelyezett hőcserélővel ún. talajkollektorral, amit körülbelül 1.5-2.5m mélyen helyeznek el. A talajkollektor előmelegíti a hideg levegőt, mielőtt még az a központi hőcserélőhöz érne. Nyáron ez épp fordítva történik, a meleg levegő lehűl a kollektorokon áthaladva és kellemesen hűvös levegő jut a helyiségekbe. Méretezéstől függően ezek a rendszerek egyaránt használható lakások és családi házak központi szellőztetésére.



4.26. ábra Hővisszanyerő szellőző rendszer ([www.thermhaus.hu](http://www.thermhaus.hu))



#### 4.2.4. A tartály hővesztesége

A tartályunk anyagának legkézenfekvőbb ha rozsdamentes acélt választunk. Igen ellenálló a korrózió ellen, és könnyen tisztítható. A különböző tartálygyártó cégek már 35-40 Ft/l-es ártól készítenek acéltartályokat. A tartályt már csak a megfelelő szigeteléssel kell ellátni, hogy minél kisebb hőveszteséggel rendelkezzen. A tartály megfelelő szigetelésének a számításában segítséget nyújt az általam elkészített program, melyet a Microsoft Excel táblázatkezelőben valósítottam meg.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Egy hőszigeteléssel ellátott tartály hővesztesége											
2												
3	Vt	a tartály térfogata	110.00	(m <sup>3</sup> )								
4	L	fal hosszúsága	8.76	(m)			Pi	3.141593	3.141			
5	rb	belső sugár	2.00	(m)			víz fajhője	4187	J/(Kg*K)			
6	rk	külső sugár	2.02	(m)			Teltek idő	2400	(h)			
7	d1	belső átmérő	4.00	(m)			hideg víz	12	(°C)			
8	d2	külső átmérő	4.04	(m)								
9	λ	fal anyagának hővezetési tényezője	48.00	W/(m*K)				8640000	(sec)			
10		a szigetelés vastagsága	0.40	(m)								
11		a szigetelés sugara	2.42	(m)								
12	d3		4.84	(m)			ln d2/d1	0.00995				
13	λ1	szigetelés hővezetési tényezője	0.04	W/(m*K)			ln d3/d2	0.18067				
14	tb	belső hőmérséklet	95.00	(°C)								
15	tk	külső hőmérséklet	20.00	(°C)								
16	Δt	hőmérséklet különbség	75.00	(K)								
17	Φ	a falban jelentkező hőáram	106.91	(W)								
18			384892.11	(J)								
19	A	a tartály felülete	136.77	(m <sup>2</sup> )								
20												
21												
22												
23	Q	hőmennyiség	923741065.70	(J)								
24	m	test tömege	110100.00	(Kg)								
25	c	anyag fajhője	4187.00	J/(Kg*K)								
26	tm	meleg hőmérséklet	95.00	(°C)								
27	th	hideg hőmérséklet	93.00	(°C)								
28	A tárolóban lévő melegvíz X-idő elteltével mennyire hűl le a kiindulási hőmérsékletéről											
29												
30		kiindulási hőmérséklet	95.00	(°C)								
31		hőmérséklet X-idő elteltével	93.00	(°C)								
32												

4.27. ábra Hőszigeteléssel ellátott tartály hőveszteségét számoló program

A programban elvégzett számításokból kiderül, hogy a 0.04W/m\*K hővezetési tényezővel rendelkező szigetelőanyagból 0.4m elegendő ahhoz, hogy 100nap elteltével is csak 2°C-essen a tartály hőmérséklete.

#### 4.2.5. A tartály elhelyezése

A tartály elhelyezése egy fontos kérdés, amelyre két ésszerű megoldás kínálkozik.

- a tartály földben vagy az épület pincéjében történő elhelyezése. Ez azért jó megoldás mert a tartályt kívülről körülvevő közeg hőmérséklete viszonylag állandó a tél folyamán, körülbelül 12-14°C. Az ilyen elhelyezésű tartályok inkább szélesebbek legyenek mint magasak, nem célszerű a 2-3m-es magasságot túllépni, 3-4m-nél mélyebbre való elhelyezés már nem lenne költségkímélő megoldás.
- egy olyan épületszerkezet kialakítása mely magában foglalja vagy körülöleli a tartályt, (lásd: 4.25.ábra). Ezzel a megoldással a tartály minimális hővesztesége sem vész el, a leadott hő egyben fűti is az épületet. Az ilyen elhelyezésű tartályok magassága akár megegyezhet az épületével is.

Más kérdés, hogy egy adott helyen adott szituációban melyik megoldás az alkalmasabb és költségkímélőbb.

### 4.3. Elméleti megvalósítás ismertetése

Az általunk fűtési célra felhasznált hőmennyiség begyűjtése a nyári hónapok folyamán történjen. Tapasztalatok azt mutatják, hogy májustól már számottevő napsugárzásra lehet számítani, ezért a begyűjtési hónapok május, június, július, augusztus, szeptember legyenek. Így körülbelül 150 nappal számolhatunk.

Hőtárolás céljára szolgáló anyagnak víz a legmegfelelőbb, mivel igen magas a fajhője ( $C = 4187 \text{ J/Kg} \cdot \text{K}$ ), és kézenfekvő megoldás.

$1\text{m}^2$  – napkollektor felülettel a nyári hónapok során körülbelül  $\sim 2.8 \text{ kWh/m}^2$ .nap hőmennyiség hasznosítható.

A tartály mérete az épület éves fűtési igényének a függvénye.

A tartály elhelyezése az épületben történjen. A tartály formája henger alakú legyen. A tartály méretét és hőszigetelésének vastagságát a „hőszigeteléssel ellátott tartály hőveszteségét számoló program” – segítségével számoltam ki.

Tételezzük fel, hogy a mi épületünk éves fűtési igénye  $6 \text{ kWh/m}^2$ .év. Az épület hőveszteségét számoló programban kiszámíthatjuk, hogy ez az épület milyen passzív energiahasznosítás módszereket igényel. Az ilyen alacsony érték a passzívházak körében is igen kimagasló eredménynek számít.

Az épületünk területe  $1200 \text{ m}^2$ , jellege társasház, 20 db- $60 \text{ m}^2$ -es lakásból áll.

A teljes épületünk éves fűtési igénye így  $6 \text{ kWh/m}^2$ .év.  $\cdot 1200 \text{ m}^2 = 7200 \text{ kWh/év.} = 25920 \text{ MJ/m}^2$ .év. Ebből kiszámítható a számunkra szükséges tartály mérete, a hőmennyiség képletével:  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ .

A tartály vizét forrás közeli hőmérsékletre melegítjük körülbelül  $95^\circ\text{C}$ -ra.

Ha a tartály hőenergiájának csak 60 %-át tudjuk hasznosítani, akkor már ezekkel az adatokkal tudunk egy becsült tartálytérfogatot számolni.

A tartály térfogatából kiszámíthatjuk a tartályban lévő víz felmelegítéséhez szükséges kollektor felületet.

#### 4.3.1. A számításhoz szükséges releváns mennyiségek

Releváns mennyiségek	Érték	Mértékegység
épület hőigénye	6	$\text{kWh/m}^2$ .év
épület területe	1200	$\text{m}^2$
teljes épület hővesztesége	7200	$\text{kWh/év}$
	25920	$\text{MJ/év}$
begyűjtési napok száma	150	nap
hőtároló anyag fajhője (víz)	4.2	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$
meleg víz hőmérséklete	95	$^\circ\text{C}$
hideg víz hőmérséklete	12	$^\circ\text{C}$
tartály hőenergiájának hasznosítása	60%	
$1\text{m}^2$ kollektor által begyűjthető hőmennyiség (nyáron)	2.8	$\text{kWh/m}^2$ .nap
$1\text{m}^2$ kollektor által begyűjthető hőmennyiség (télen)	1.1	$\text{kWh/m}^2$ .nap

#### 4.2. táblázat Számításhoz szükséges releváns mennyiségek

#### 4.3.2. A számítás menete

##### A tartály méretének kiszámítása:

$$25920000\text{kJ} = X \text{ liter} \cdot 4.2\text{kJ/Kg} \cdot \text{K} \cdot 95^\circ\text{C} \cdot 0.6$$

$$X = 25920000 / (4.2 \cdot 95 \cdot 0.6)$$

$$X \sim 110\text{m}^3 = 110000\text{liter}$$

A víz felmelegítéséhez szükséges kollektor felület számítása:

$1\text{m}^2$  – napkollektor felülettel a nyári hónapok során körülbelül  $\sim 2.8\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{nap}$  hőmennyiség hasznosítható. Mivel a tartályban lévő vizet  $95^\circ\text{C}$ -ra szeretnénk melegíteni, így csak  $\sim 2.4\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{nap}$  hőmennyiséggel számolhatunk, mert  $60^\circ\text{C}$ -os vízhőmérséklet felett 10-15%-ot csökken a napkollektorok hatásfoka.

A hideg víz hőmérsékletét  $12^\circ\text{C}$ -nak vesszük.

$110\text{m}^3$  –  $12^\circ\text{C}$ -os víz  $95^\circ\text{C}$ -ra való felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség ( $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ -képlet segítségével):

$$110000\text{liter} * 4.2\text{kJ}/\text{Kg} \cdot \text{K} * (95^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}) = 38346\text{MJ}$$

$1\text{m}^2$ - kollektorral 150nap alatt begyűjthető hőmennyiség:

$$2.4\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{nap} * 150\text{nap} = 360\text{kWh}/\text{m}^2 = 1296\text{MJ}$$

A felmelegítéshez szükséges kollektor felület:

$$1.2 * (38346\text{MJ} / 1296\text{MJ}) \sim 36\text{m}^2$$

1.2 a külső veszteségeket és a meteorológiai ingadozásokat figyelembe vevő tényező.

A kollektorok többnyire nyáron gyűjtik be a szükséges hőmennyiséget fűtési célra. Télen a kollektorok  $1\text{m}^2$ -ként  $\sim 1.1\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{nap}$  hőmennyiség hasznosítására képesek. Így a fűtési időtartamban  $36\text{m}^2$ -kollektor további hőenergia begyűjtésére képes. A fűtési időszak  $\sim 185$  nap.

A fűtési időszakban  $36\text{m}^2$ -kollektor által hasznosítható hőmennyiség:

$$0.8 * 1.1\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{nap} * 36\text{m}^2 * 185\text{nap} = 5860\text{kWh} = 21098\text{MJ}$$

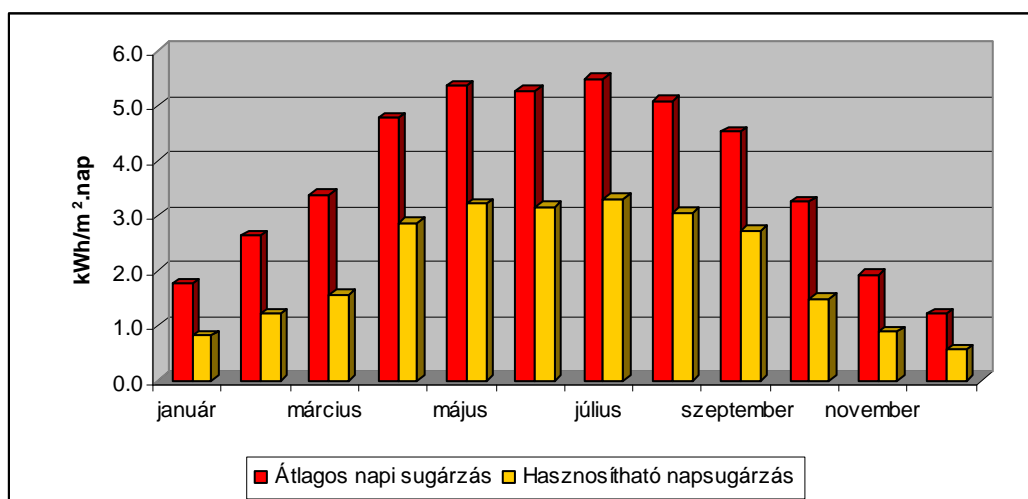
0.8 a külső veszteségeket és a meteorológiai ingadozásokat figyelembe vevő tényező. Ezt a hőmennyiséget szükség esetén a fűtés rásegítésére is fordíthatjuk vagy használhatjuk HMV – készítésére.

#### 4.4. Használati melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer modellezése

Céлом egy HMV – készítő napkollektoros rendszer modellezése, mely kielégítené egy létesítmény éves HMV-igényének, minél magasabb százalékát. Magyarország napsugárzási adottságai mellett ezzel a rendszerrel nem lehetséges az egész évi HMV előállítása (4.7.ábra). Ezért ezek a rendszerek párhuzamosan működnek a hagyományos energiahordozójú hőtermelőkkel.

Tervezésekor a következő szempontokat kell követni:

- elsődleges szempont a környezettudatos gondolkodásmód. Ha valaki naponta 100liter helyett 50liter melegvizet használ el, lényegesen csökkenti a beruházás költségét és megtérülési idejét.
- a létesítmény napi melegvízszükséglete
- a HMV – tároló térfogata
- a napi melegvíz mennyiség előállításához szükséges hőmennyiség
- a szükséges napkollektor felület
- a kollektorok megfelelő tájolása



4.28. ábra Havonta hasznosítható napsugárzás melegvíz készítés esetén (8.1. táblázat értékei alapján)

#### 4.4.1. Modellezés szempontjainak ismertetése

##### A létesítmény napi melegvíz szükséglete:

Először meghatározzuk a felhasználó személyek számát. A tervezett társasház 20db-60m<sup>2</sup>-es lakásból áll. Lakásonként számoljunk 2.5 személlyel a 20 lakásra 50 személy. Kíváncsiak vagyunk a személyenkénti melegvízfogyasztásra. Itt vetődik fel a környezettudatos gondolkodásmód. A pazarló életmódot folytató emberek naponta 60-120liter melegvizet használnak el, az átlagosak 40-60litert, az alacsony igényűek 30-40litert használnak.

##### A HMV – tároló térfogata:

A hőtágulás miatt a tároló térfogatát a napi melegvízszükséglet 1.3-szorosára szokták meghatározni.

##### A napi melegvíz mennyiség előállításához szükséges hőmennyiség:

A napi melegvíz mennyiség előállításához szükséges hőmennyiséget a következő képlettel kell számolni:

$$Q_{hmv} = 1.1 * m * c * (t_m - t_h),$$

ahol az 1.1-es szorzó a tárolási és felhasználási veszteségeket veszi figyelembe, m – a tömeg, c – a fajhő, t<sub>m</sub> – a meleg víz hőmérséklete, t<sub>h</sub> – a hideg víz hőmérséklete.

##### A szükséges kollektor felület:

A kollektorok felületét a napi melegvíz mennyiség előállításához szükséges hőmennyiségből tudjuk számolni a következő képlettel.

$$\text{Kollektor felület} = 1.2 * (Q_{hmv} / k * Q_{nyár}),$$

ahol 1.2 a külső veszteségeket és a meteorológiai ingadozásokat figyelembe vevő tényező, k – a tájolás és dőlésszög hatását figyelembe vevő tényező, Q<sub>nyár</sub> – a nyári hónapokban hasznosítható hőmennyiség ~ 2.8kWh/m<sup>2</sup>.nap.

##### A kollektorok megfelelő tájolása:

A hasznosítható hőmennyiség megállapított értékeit még módosítani lehet a kollektorok elhelyezésével. Magyarországon egész éves használat esetén a 45°-os dőlésszögű és déli tájolású kollektor helyzetet tartják optimálisnak. Egy az elnyelő felület dőlésszögét állító és szabályozó berendezés segítségével, mely nyáron a 30°-os, tavasszal és ősszel 45°-os, télen 60°-os dőlésszögű beállítást tesz lehetővé, 10%-al megnövelhetjük a hasznosítható hőmennyiség éves

mennyiségét. A berendezés megvalósítható manuális és automata kivitelben is. Az optimális elhelyezéstől való eltérés miatt teljesítménycsökkenés következik be, amelyet a (k) korrekciós tényező jellemez (1.5. ábra)

#### 4.4.2. A számításhoz szükséges releváns mennyiségek

Releváns mennyiségek	Érték	Mértékegység
felhasználói személyek száma	50	Fő
személyenkénti melegvíz fogyasztás	60	Liter
napi melegvíz szükséglet	3000	Liter
víz tömege	3000	Kg
víz fajhője	4.2	kJ/kg*K
melegvíz hőmérséklete	45	°C
hidegvíz hőmérséklete	12	°C
1m <sup>2</sup> kollektor által begyűjthető hőmennyiség (nyáron)	2.8	kWh/m <sup>2</sup> .nap
1m <sup>2</sup> kollektor által begyűjthető hőmennyiség (télen)	1.1	kWh/m <sup>2</sup> .nap

**4.3. táblázat** A számításhoz szükséges releváns mennyiségek

#### 4.4.3. A számítás menete

A napi melegvíz szükséglet számítása:

Az épületünkben 50 személy napi szinten 60liter melegvizet használ el. Tehát 50személy \* 60liter = 3000liter a napi melegvíz szükséglet.

A szükséges HMV – tároló térfogata a napi melegvíz szükséglet 1.3-szorosa.

1.3 \* 3000liter = 3900liter kerekítve 4000liter a szükséges tároló térfogata. A kerekítés annak a mértéke, hogy milyen megadott térfogatú tartályok kaphatók. 10m<sup>3</sup> –felett már egyedi igényeknek megfelelő méretű tartályokat lehet rendelni.

A napi melegvíz mennyiség előállításához szükséges hőmennyiség:

Ezt a következő képlet segítségével számoljuk  $Q_{hmv} = 1.1 * m * c * (t_m - t_h)$

A víz sűrűségét ~ 1kg/l vesszük, térfogata 3000liter, ezért a víz tömege 3000kg.

$$* 3000\text{kg} * 4.2\text{kJ/kg}\cdot\text{K} * (45^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}) = 457\text{MJ} = \mathbf{127\text{kWh}}$$

Tehát 127kWh szükséges 3000liter víz 45°C-ra való felmelegítéséhez.

A szükséges kollektor felület:

A kollektorokat egy dőlésszög állító berendezéssel láttuk el, ezzel 10%-al javíthatjuk a hasznosítható hőmennyiség mértékét. Ez azt jelenti, hogy a nyári félévekben hasznosítható ~ 2.8kWh/m<sup>2</sup>.nap érték helyett, ~ 3.1kWh/m<sup>2</sup>.nap értékkel számolhatunk, a téli helyett pedig ~ 1.2kWh/m<sup>2</sup>.nap értékkel. A kollektorok elhelyezését ideálisnak vesszük tehát k = 1

$$1.2 * (127\text{kWh} / k * 3.1\text{kWh/m}^2.\text{nap}) = \mathbf{49.1 \sim 49\text{m}^2}$$

49m<sup>2</sup> – napkollektor szükséges 127kWh hőmennyiség napi begyűjtéséhez a nyári félévek során.

A téli félévek során az épületünk esetében a 49m<sup>2</sup>- kollektor felülethez még 36m<sup>2</sup> hozzásegít, mivel a fűtés kielégítéséhez szükséges hőmennyiséget a nyári hónapok folyamán begyűjti. Így a téli félévek során HMV – előállítására begyűjthető hőmennyiség:

$$85\text{m}^2 * 1.2\text{kWh/m}^2.\text{nap} = \mathbf{102\text{kWh/nap}}$$

Egész éves HMV – igény kielégítése:

Az éves HMV előállításához szükséges hőmennyiség:

$$127\text{kWh/nap} * 365\text{nap} = 46355\text{kWh}$$

A nyári félévben hasznosítható hőmennyiség 49m<sup>2</sup>- kollektorral

$$127\text{kWh/nap} * 180\text{nap} = 22860\text{kWh}$$

A téli félévben hasznosítható hőmennyiség 85m<sup>2</sup>- kollektorral

$$0.8 * 1.2\text{kWh/m}^2.\text{nap} * 185\text{nap} * 85\text{m}^2 = 15096\text{kWh}$$

0.8 a külső veszteségeket és a meteorológiai ingadozásokat figyelembe vevő tényező.

A téli – nyári félévben a kollektorok segítségével hasznosítható hőmennyiség összege:

$$\mathbf{37956\text{kWh}}$$

–ez az éves használati melegvíz készítéséhez szükséges hőmennyiség 81%-át fedezi. Ami kimagaslóan jó értéknek számít.

#### 4.5. Beruházási költségek becslése, megtakarítás, megtérülés

A fűtésre szolgáló szolár-rendszer és HMV – készítő rendszer beruházási költségének becslése:

Beruházási költségek becslése					
Fűtésre szolgáló Szolár-rendszer					
mennyiség		ár		összeg	
110000	Hőtároló (liter)	35	Ft/l	3850000	Ft
137	Hőtároló felületének szigetelése (m <sup>2</sup> )	900	Ft/m <sup>2</sup> /10cm	616500	Ft
36	Napkollektor felület (m <sup>2</sup> )	42000	Ft/m <sup>2</sup>	1512000	Ft
30	Kollektor tartók	12000	Ft/m <sup>2</sup>	360000	Ft
1	Szolár szivattyú egység	200000	Ft	200000	Ft
1	Tárgulási tartály 200 (liter)	110000	Ft	110000	Ft
1	Digitális vezérlőberendezés	150000	Ft	150000	Ft
1	Hőcserélő	130000	Ft	130000	Ft
100	Flexibilis hőszigetelt csővezeték (m)	1800	Ft/m	180000	Ft
	Munkadíj			1000000	Ft
			végösszeg	8108500	Ft
HMV-készítő napkollektoros rendszer					
mennyiség		ár		összeg	
49	Napkollektor felület (m <sup>2</sup> )	42000	Ft/m <sup>2</sup>	2058000	Ft
49	Szükséges napkollektor tartó	12000	Ft/m <sup>2</sup>	588000	Ft
1	Szoláris szivattyú egység	200000	Ft	200000	Ft

1	Szükséges tároló 4000 (liter)	1200000	Ft	1200000	Ft
1	Digitális vezérlőberendezés	150000	Ft	150000	Ft
1	Tágulási tartály 140(liter)	80000	Ft	80000	Ft
1	Hőcserélő	150000	Ft	150000	Ft
100	Csővezeték (m)	1800	Ft/m	180000	Ft
	Munkadíj			500000	Ft
			végösszeg	5106000	Ft

**4.4. táblázat** A rendszerek költségének becsült értéke  
(A becsléshez szükséges adatokat a Metall Glas Kft. – szolgáltatta.)

Egy 6kWh/m<sup>2</sup>.év. fűtési igényű és 1200m<sup>2</sup>- területű létesítményhez szükséges fűtésre szolgáló szolár-rendszer és a HMV – készítő rendszer becsült beruházási költsége ~ **13millió Ft**.

A 2009-ben megjelent Környezet és Energia Operatív Program keretein belül, lehetőség van vissza nem térítendő támogatás igénylésére a megújuló energiaforrások alkalmazásához. A vissza nem térítendő támogatás mértéke legfeljebb a beruházási költség 30%-a lehet, vagy lakosonként 630000Ft-ot tehet ki ([www.solarkollektor.hu](http://www.solarkollektor.hu)).

A fűtésre szolgáló Szolár-rendszer és a HMV – készítő rendszer becsült beruházási költsége 30%-os támogatással ~ **9.1millió Ft**

A két rendszer éves hasznosított hőmennyiségének az értéke ~ **45000kWh**

#### A megtérülési idő számítása:

##### Vezetékes földgázra számolva:

1m<sup>3</sup>-vezetékes földgáz ára bruttó ~ 138Ft

1m<sup>3</sup>-gáz fűtőértéke megközelítőleg 34MJ

1kWh = 3.6MJ – ez azt jelenti, hogy 1m<sup>3</sup>-gázból 9.44kWh-hőenergiát tudunk előállítani, ha a hőtermelő rendszer 100%-os hatásfokkal működik. A valóságban azonban ez az érték mindig alacsonyabb. A hőtermelő rendszer hatásfokát sok tényező befolyásolja, a rendszer kialakítása, műszaki állapota, a gázkészülék típusa stb. Ezek a rendszerek HMV – előállítás esetén jellemzően 60–70%-os hatásfokkal működnek, a számoláshoz 70%-os hatásfok értéket használok.

70%-os hatásfok mellett 1m<sup>3</sup>-gázból 6.61kWh-hőenergiát tudunk előállítani, ez azt jelenti, hogy 1kWh gáz ára 138Ft/m<sup>3</sup> / 6.61kWh/m<sup>3</sup> = 20.87Ft ~ 21Ft

Az éves hőmennyiségnek megtakarított értéke 45000kWh

Éves megtakarítás mértéke 45000kWh \* 21Ft/kWh = 945000Ft

A megtérülési idő becsült értéke 13000000Ft / 945000Ft ~ **14 év**

A megtérülési idő becsült értéke 30%-os támogatással 9100000Ft / 945000Ft ~ **9.5 év**

##### Villamos energiára számolva:

1kWh – A lakossági általános (ún. nappali) áram ára ~ 47Ft

1kWh – B lakossági vezérelt (ún. éjszakai) áram ára ~ 29Ft

Az éves hőmennyiségnek megtakarított értéke: **45000kWh**

Nappali árammal számítva az éves megtakarítás mértéke 47Ft/kWh \* 45000kWh = 2115000Ft

A megtérülési idő becsült értéke nappali árammal számolva ~ **6 év**

A megtérülési idő becsült értéke nappali árammal számolva 30%-os támogatással ~ **4.5 év**

Éjszakai árammal számítva az éves megtakarítás mértéke  $29\text{Ft/kWh} * 45000\text{kWh} = 1305000\text{Ft}$   
A megtérülési idő becsült értéke éjszakai árammal számolva ~ **10 év**  
A megtérülési idő becsült értéke éjszakai árammal számolva 30%-os támogatással ~ **7év**

## 5. EREDMÉNYEK

### 5.1. Egy épület fűtési igényeit kielégítő szolár-rendszer eredményei:

Az épület éves fűtési igénye:	<b>6kWh/m<sup>2</sup>.év.</b>
Az épület területe:	<b>1200m<sup>2</sup></b>
A teljes épületünk éves fűtési igénye:	<b>7200kWh/m<sup>2</sup>.év</b>
A víz hőmérséklete:	<b>95°C</b>
A hőtároló mérete:	<b>110m<sup>3</sup></b>
A hőtároló formája henger alakú:	
- magassága	<b>8.76m</b>
- átmérője	<b>2m</b>
- hőszigetelésének vastagsága	<b>0.4m</b>
A napkollektorok felülete:	<b>36m<sup>2</sup></b>
A fűtési időszakban 36m <sup>2</sup> -kollektor által hasznosítható hőmennyiség:	<b>5860kWh</b>

### 5.2. A használati melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer eredményei:

Az épület területe:	<b>1200m<sup>2</sup></b>
Az épületben található lakások száma:	<b>20db</b>
Az épület lakóinak száma:	<b>50fő</b>
Az épület melegvíz igénye:	<b>3000liter/nap</b>
A HMV – tároló térfogata:	<b>4000liter</b>
A napi HMV előállításához szükséges hőmennyiség:	<b>127kWh</b>
A hőmennyiség begyűjtéséhez szükséges napkollektor felület:	<b>49m<sup>2</sup></b>
Az éves HMV előállításához szükséges hőmennyiség:	<b>46355kWh</b>
A nyári félévben hasznosítható hőmennyiség 49m <sup>2</sup> - kollektorral:	<b>22860kWh</b>
A téli félévben hasznosítható hőmennyiség 85m <sup>2</sup> - kollektorral:	<b>15096kWh</b>
Az éves HMV – igényének kielégítése napkollektorokkal százalékban kifejezve:	<b>81%</b>

### 5.3. Beruházási költségek becslése, megtakarítás, megtérülés

A Szolár-rendszer és a HMV – készítő rendszer becsült beruházási költsége ~	<b>13millió Ft</b>
A két rendszerrel megtakarítható éves hőmennyiség:	<b>45000kWh</b>
Vezetékes földgázra számított megtérülés ~	<b>14-év</b>
- 30%-os támogatással ~	<b>9.5-év</b>
„A” lakossági általános áramra számított megtérülés ~	<b>6-év</b>
- 30%-os támogatással ~	<b>4.5-év</b>
„B” lakossági vezérelt áramra számított megtérülés ~ 10 év	<b>10-év</b>
- 30%-os támogatással ~	<b>7-év</b>



## 6. EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

### 6.1. Egy épület fűtési igényeit kielégítő szolár-rendszer eredményeinek kiértékelése:

Számításaim azt igazolják, hogy egy létesítmény éves fűtési igényét, mely kellőképp hasznosítja a napenergiát, megfelelő módon van szigetelve és szellőző rendszere 80%-os hatásfokkal működik, 36m<sup>2</sup>- napkollektorral és egy megfelelő méretű tartállyal el lehet látni. Ez fontos előrelépésnek számíthat a megújuló energiaforrások szélesebb körű alkalmazása terén.

### 6.2. A használati melegvíz (HMV) készítő napkollektoros rendszer eredményeinek kiértékelése:

A HMV – készítő napkollektoros rendszer számításaim alapján a modellben vett létesítmény éves HMV – igényét 81%-ban kielégíti. Ehhez a következő tényezők járulnak hozzá:

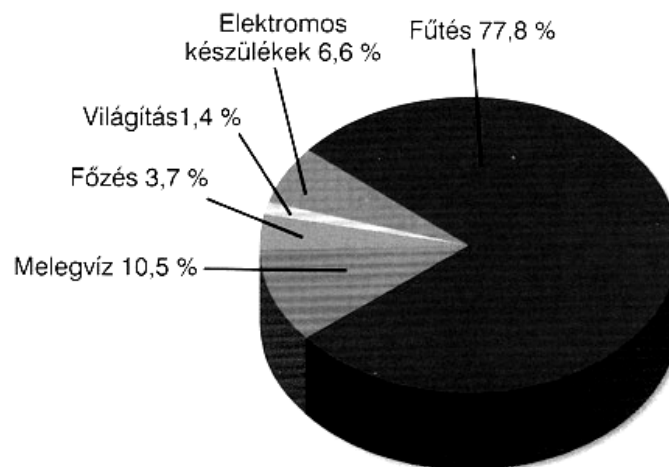
- a fűtéshez szolgáló hőmennyiséget begyűjtő kollektorok a téli félévben hozzásegítenek a HMV – készítő rendszerhez, ezzel majdnem megduplázva a kollektorok felületét.
- a kollektorok dőlésszögét állító berendezés, mely az évszakhoz mért ideális dőlésszöget állítja be, ezzel növelve a napenergia hasznosításának mértékét.

Ha a melegvíz készítő napkollektoros rendszerünket nem tudnánk kombinálni egy fűtésre szolgáló Szolár-rendszerrel, akkor ideális esetben az éves HMV – igénynek 60%-át tudnánk napkollektoros rendszerrel fedezni.

### 6.3. A Beruházási költségek, megtakarítás és megtérülés eredményeinek kiértékelése:

A kapott eredményekből egyszerű következtetést lehet levonni. A szolár- és HMV

- készítő rendszer földgázzal szembeni megtérülési ideje a legmagasabb, 14 év, amit a 30%-os támogatás elnyerésével 9.5-évre csökkenthetünk. Ezt kimagaslóan jó értéknek tartom, ha figyelembe vesszük a következő szempontokat, a napkollektorok átlagos élettartama 25 év, a rozsdamentes acéltartály élettartama a kollektorokénál sokkal magasabb, ha kellőképp van karbantartva. A rendszer az egész éves fűtési igényt kielégíti a HMV – igénynek pedig 81%-át, ezzel a már nyugodtan "hibridnek" is nevezhető rendszerrel egy háztartás energiafelhasználásának 86%-át tudjuk fedezni napenergiával.



6.29. ábra Háztartások energiafelhasználásának megoszlása  
([www.energiatakarokosfutes.hu](http://www.energiatakarokosfutes.hu))

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A passzív és aktív napenergia hasznosítási módszereinek ismeretében, sikerült egy olyan „hibrid” szolár-rendszer modellezése, mely maximálisan hasznosítja a nyári és téli félévben fennálló napenergia hőmennyiségét ezzel elégtíve ki egy épület egész éves fűtési igényét és az éves HMV – igényének 81%-át.

A fűtési szolár-rendszer és HMV – készítő rendszer modellezésének segítségével, valamint a számításokból kapott eredmények alapján beláthatjuk, hogy lehetőség van a megújuló energiaforrások felhasználásának szélesebb körökben való alkalmazására. A környezettudatos gondolkodásmód ezen vonatkozásának szélesebb körökben való megismerttetése a megújuló energiaforrások fokozottabb alkalmazása felé vezethet, így csökkentve a fosszilis energiahordozók felhasználásának mértékét. A megújuló energiaforrásokban mérhetetlen nagyságú energia rejlik, csak meg kell találnunk a megfelelő módszereket és eszközöket, hogy hasznosíthassuk azt.

## IRODALOMJEGYZÉK

Farkas I. (szerk.). 2003. Napenergia a mezőgazdaságban, Mezőgazda kiadó, 37-46, 53-57, 79-88, 207-238.

Monoki Á. & Barna T. 2005. Környezetbarát energiák, Nimfea Természetvédelmi Egyesület, 53-82.

Kuhlmann N. 2002. Napenergia-hasznosítás, Cser kiadó, 5-27.

Zöld A. 1999. Környezettudatos építészet, Műszaki könyvkiadó, Budapest.

Garbai L. & Bánhidí L. 2001. Hőátvitel az épületgépészeti és ipari berendezésekben, Műegyetemi kiadó, 17-29, 78-146, 634-671.

Mihejev M. A. 1987. A hőátadás gyakorlati számításának alapjai, Tankönyvkiadó, Budapest, 11-29, 176-193.

[www.naplopo.hu](http://www.naplopo.hu)

[<http://www.naplopo.hu/Cikkek/irasok-tartalom.html>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-04)

[<http://www.naplopo.hu/napsug.html>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-02)

[<http://www.naplopo.hu/letoltes.html>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-04-22)

[www.wagner-solar.com](http://www.wagner-solar.com)

[<http://www.wagner-solar.com/wagnerDE/WC/03.php>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-04-27)

[www.solaqua.hu](http://www.solaqua.hu)

[<http://www.solaqua.hu/termekeink/rendszer-osszeallitasok>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-02)

[www.reak.hu](http://www.reak.hu)

[<http://www.reak.hu/kk/023a.htm>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-02)

[www.thermhaus.hu](http://www.thermhaus.hu)

[<http://www.thermhaus.hu/szellozo.php>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-02)

[www.solarkollektor.hu](http://www.solarkollektor.hu)

[[http://www.solarkollektor.hu/napkollektor\\_allami\\_tamogatas\\_palyazat](http://www.solarkollektor.hu/napkollektor_allami_tamogatas_palyazat)] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-07)

[[http://www.solarkollektor.hu/napkollektor\\_rendszerek\\_meretezese](http://www.solarkollektor.hu/napkollektor_rendszerek_meretezese)] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-07)

[www.energiatakarekosfutes.hu](http://www.energiatakarekosfutes.hu)

[<http://www.energiatakarekosfutes.hu/levegokazan.html>] (utolsó megtekintés időpontja 2010-05-02)

MELLÉKLETEK

Déli tájolású, 45°-os dőlésszögű felületre érkező globális napsugárzás havi menete												
napok száma	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szeptember	október	november	december
	31	28	31	31	30	31	30	31	30	31	30	31
2004												
Havi sugárzásösszeg	58082	83029	70459	96328	160303	155994	163650	180877	143156	87641	71029	36391
Átlagos napi sugárzás	1873.6	2965.3	2272.9	3210.9	5171.1	5199.8	5275.8	5834.7	4771.9	2827.1	2367.6	1173.9
2005												
Havi sugárzásösszeg	70414	76024	145590	143896	184281	172789	155529	123789	136059	120724	52860	44456
Átlagos napi sugárzás	2271.4	2715.1	4696.5	4796.5	5944.5	5759.6	5017.1	3993.2	4535.3	3894.3	1762.0	1434.1
2006												
Havi sugárzásösszeg	53487	67452	100418	131085	140073	158578	173454	140631	150683	125756	50830	38956
Átlagos napi sugárzás	1725.4	2409.0	3239.3	4369.5	4518.5	5285.9	5595.3	4536.5	5022.8	4056.6	1694.3	1192.1
2007												
Havi sugárzásösszeg	55223	59578	114337	183961	170645	173391	181316	161366	128040	91698	64870	27791
Átlagos napi sugárzás	1781.4	2127.8	3688.3	6132.0	5504.7	5779.7	5848.9	5205.4	4268.0	2958.0	2162.3	896.5
2008												
Havi sugárzásösszeg	47736	94714	109118	129286	174563	149970	160113	178864	106764	92214	61262	45177
Átlagos napi sugárzás	1539.9	3382.6	3619.9	4309.5	5631.1	4999.0	5164.9	5769.5	3568.8	2974.6	2042.1	1457.3
2009												
Havi sugárzásösszeg	43500	60892	87865	176792	169198	140136	189392	162541	150809	86574	44154	36109
Átlagos napi sugárzás	1403.2	2174.7	2834.4	5893.1	5458.0	4671.2	6109.4	5243.3	5027.0	2792.7	1471.8	1164.8
6 éves átlag												
Havi sugárzásösszeg	54740.3	73614.8	104631.2	143658.0	166510.5	158476.3	170659.0	158009.7	136918.5	100767.8	57500.8	37813.3
Átlagos napi sugárzás	1765.8	2629.1	3375.2	4785.3	5371.3	5282.5	5501.9	5097.1	4530.6	3250.6	1916.7	1219.8
Átlagos napi sugárzás	1.8	2.6	3.4	4.8	5.4	5.3	5.5	5.1	4.5	3.3	1.9	1.2
Hasznosítható hőmennyiség	0.8	1.2	1.6	2.9	3.2	3.2	3.3	3.1	2.7	1.5	0.9	0.6

8.1.táblázat A déli tájolású, 45°-os dőlésszögű felületre érkező globális napsugárzás 6 éves összegének átlaga (a Naplopó Kft. - által mért adatok alapján)