

Dr. Molnár Tamás Géza PhD
főiskolai docens



Növényházak létesítése 8.Olvasólecke

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen
készült az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

Olvasási idő 40 perc

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

HŰTÉS

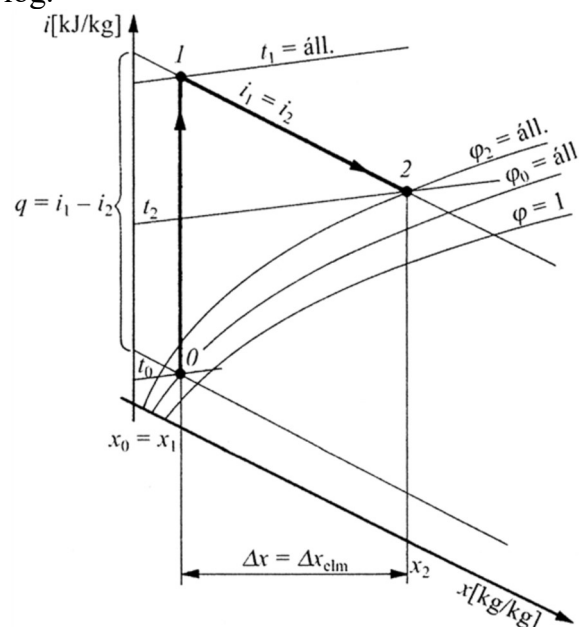
- A **gépi hűtés olyan hőenergia-átalakítási folyamat, ahol a hő az alacsonyabb hőfokszintről egy magasabb hőfokszintre kerül.**
- Ez egy természetellenes folyamat, tehát a **hőátadás hő- vagy munkabefektetés árán valósítható meg.**
- A **gépi hűtés folyamatot csak a hűtési körfolyamat segítségével** lehet megvalósítani (kompresszoros vagy abszorpciós).

Adiabatikus hűtés

- A természetöberendezésbe érkező **hőáramnak a külső hőmérséklethez képest kisebb túlhőfok melletti folyamatos kijuttatását eredményezi**, ha a szellőztető levegőáram hőmérsékletének növekedése mellett, annak nedvességtartalmát is növeljük.
- Ekkor a be-, valamint kilépő **levegőáram nedvességtartalmának növeléséhez a – folyékony halmazállapotú – víz** elpárolgotatásához szükséges hőenergia-áram a természetből eltávolítandó hőáram részét képezi.

A lejátszódó folyamat a **levegő i - x diagramjában a szuperpozíció elve** (1. ábra) alapján két részre bontható:

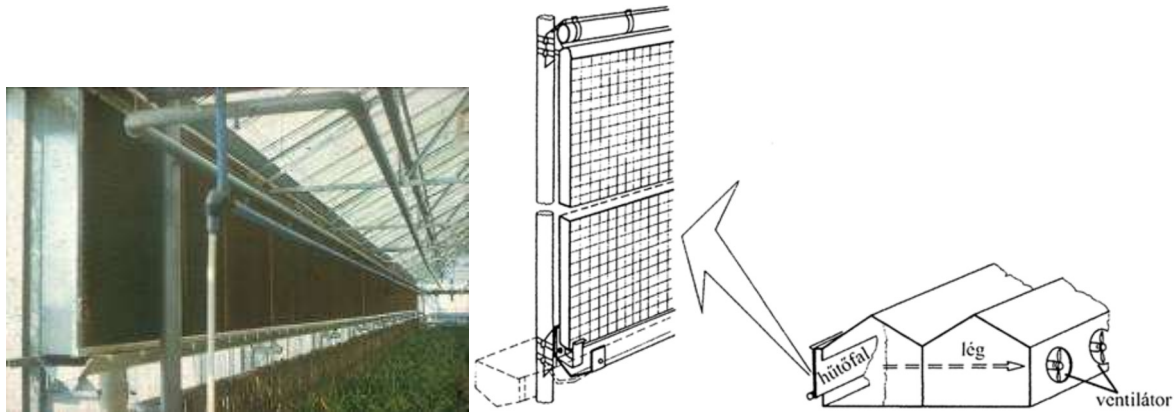
1. – a **termesztő térbe kerülő ($\eta_{at} \cdot q_{NAP}$) hőáramát hatására** a természetes vagy kényszer szellőztetés **légárama (t_1 - t_0) túlhőfokra melegszik**
2. – a páratartalom szempontjából a telítettségtől távol álló légáramba megfelelő “kvázi egyenletes” **elosztatással juttatott -folyékony halmazállapotú- víz (az aktuális és a telítési parciális nyomáskülönbséggel** arányos párába hajtó erő hatására) elpárolog.



1. ábra Az adiabatikus hűtés folyamata az i - x diagramban

Műszaki jellemzők meghatározása:

- A víz elpárolgásához szükséges hőenergia a levegő hőenergia-tartalmát (közvetve a levegő hőmérsékletét, $t_1 - t_2$ hőfokkal) csökkenti.
- Tekintettel arra, hogy a légáram és a környezet között (jó közelítéssel) nincs hőcsere, nevezzük az e módon megvalósított levegőhőmérséklet-csökkentési eljárást adiabatikus hűtésnek (2. ábra).



2. ábra Hűtőfal kialakítása és elhelyezése növényházakban [LÁNG Z. , 1999]

- I. Kényszerszelőztetésnél ismertetett szerkezeti kialakítást a levegő teremestőtérbe történő belépési helyénél elhelyezett un. hűtőfállal egészítik ki.
- II. A hűtőfal szerepe hogy a rajta átáramló légáramba lehetőleg minél kisebb átmérőjű vízcsepp halmaz kerüljön.
- III. Ezt azáltal érik el hogy a nagy összfelületet eredményező porózus anyaggal (régebben faforgáccsal ma inkább pl. mázatlan porcelán testekkel, vagy térfelületre préselt vulkánfibre lapokkal) kitöltött fal szabad csatornáin felgyorsulva áramló levegő a töltelék felületén fentről lefelé folyamatosan csörgedező folyadékfilmből cseppeket szakít ki ill. visz.
- IV. A levegő áram nagyságát részen a (termesztő teret szívó) ventilátorok teljesítménye, részben a hűtőfalon lévő -szabad- keresztmetszet nagysága ill. annak légáramlás szempontjában kifejtett ellenállása határozza meg.
- V. Tekintve hogy a termesztő térből elvonandó hőáram értéke változik ezért a légáram nagyságának a változtatásának igényét vagy az üzemeltetett ventilátorok számának esetleg (ritkán) a ventilátorok fordulatszámának változtatásával vagy a hűtőfal légáramlással szembeni ellenállásának változtatásával biztosítják.
- VI. Ez utóbbi (gyakran követett megoldásnál) a hűtőfal külső felületéhez egy zsalu illeszkedik. A zsalu elemek (ezek lehetnek akár fényáteresztő anyagból -pl. üvegből- is) szögállásának változtatása révén a levegő áramlási keresztmetszetének változtatásával lehet viszonylag könnyen (ugyan nem a levegő áramlását biztosító ventilátorokat működtető motorok energia fogyasztását a légszállítás arányában változtató módon mint a fordulatszám változtatásnál) a légáram nagyságát azaz a légcseré számot változtatni.
- VII. A levegőáramba csak annyi vizet célszerű csepphalmaz formájában a hűtőfal segítségével (a hűtőfalon lefelé csörgedeztetett vízáram beállításával) juttatni amennyi elpárolog a ventilátorokig való -lég- áramlás során.

- VIII. Az erre való figyelést az *indokolja hogy a maximális napsugárzás alkalmával akár 0,2 liter négyzetméterenkénti víz igény is szükséges lehet óránként*, így a víz díja sem elhanyagolható ilyen légtérhűtési rendszer üzemeltetésekor.
- IX. Ezért általában a hűtőfal alján *elhelyezett gyűjtő vezetékben felfogott a töltőanyag felületén lecsörgedezett vizet szűrést követően visszavezetik* a felső -víz- elosztó vezeték révén a töltő anyagok felületére.



3. ábra Hűtőfaltöltet, üvegsaluval határolt hűtőfal technológiája növényházakban
[LÁNG Z. , 1999]

A fent leírt módon a *légáramba kerülő víz elpárolgásához szükséges hőenergia a levegő belső energiáját (közvetlenül a levegő hőmérsékletét) csökkenti*. Tekintettel arra, hogy a légáram és a környezet között (jó közelítéssel) nincs hőcsere *így a levegő állapotváltozása adiabatikus, ezért nevezzük az így megvalósított levegő hőmérsékletcsökkentési eljárást adiabatikus hűtésnek*.

Az adiabatikus hűtéssel :

- a (természetes vagy kényszer) *szellőztetéskor kialakuló belső* (a külső hőmérséklethez képesti) túlhőmérséklet maximum 5–6 °C-kal csökkenthető hazai nyári 25–30%-os relatív külső hőmérsékletnél úgy, hogy a termesztőtérből távozó levegő nedvességtartalma közel telített, azaz majd 100%-os.
- Ez alapján és a *belső léghőmérsékletet a napsugárzás intenzitásának függvényében meghatározó harmadfokú egyenletet felhasználva megállapítható*, hogy adiabatikus hűtéssel határhelyzetben is csak néhány fokkal lehet a belső léghőmérséklet értéke a külső hőmérséklet értékénél alacsonyabb.
- A gyakorlatban azonban általában ettől kedvezőtlenebb hőmérséklet-viszonyok realizálhatók tartósan, amikor a külső hőmérséklettől majdnem mindig magasabb a belső légtér hőmérséklete

- Ez legkönnyebben a levegő $i - x$ diagramja segítségével követhető, ill. számszerűsíthető adott légcsereszámnál.
- Ahol a **kg-nyi száraz levegő –alábbi összefüggés szerinti– belső energianövekedése (Δi) révén távolítható el a termesztőtérbe kerülő sugárzásos energiaáram:**

$$\Delta i = \frac{\eta_{k.á.} \cdot \dot{q}_{Nap} \cdot \eta_{át.} \cdot A_{alap}}{z \cdot V_{ház} \cdot \rho_{lev.}} \quad [Wh \cdot kg^{-1}] \quad (1. \text{ képlet})$$

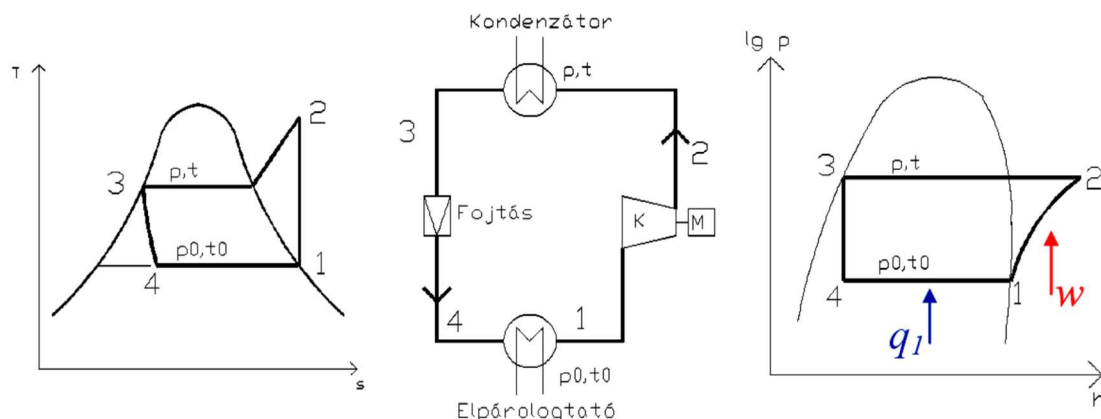
HŰTÉS, VALÓSÁGOS HŰTŐ KÖRFOLYAMAT MEGVALÓSÍTÁSÁVAL

Termesztési igények nem, de pl. növénynemesítésekkel igény lehet a külső hőmérséklettől akár 10 °C-kal alacsonyabb belső hőmérséklet tartása, akár napokon át. Ennek megvalósítása csak hűtő körfolyamattal lehetséges, amikor a termesztőtérben van a „hőt” felvevő elpárolgató. ***E körfolyamat fenntartásához azonban jelentős mértékű energia szükséges, ezért ritkán és csak kis alapterületű és légtérfogatú (pár köbméteres) fitotronoknál alkalmazzák.***

A nagyobb, 10–30 m³ légtérű termesztőtérket éjszakai villamos energiával működtetett hűtőgépekkel, majd 0 °C-ra hűtött vízzel hűtik oly módon, hogy nappal az igény szerinti mértékbe keringtetik e vizet sima vagy bordácsövekben. ***Így ezen „csövek” segítségével vagy elvonunk, vagy leadunk hőenergiát. Az ilyen alternatív lehetőségű rendszereket nevezzük klímaberendezéseknek.***

Kompresszoros hűtőberendezések

- A kompresszoros hűtőberendezésekre jellemző hűtési körfolyamat a 3. ábrán látható. A ***hűtőberendezés teljesítménye az óránként elvont hőmennyiséggel, a hűtőtéljesítménnyel jellemezhető.***
- A folyamat fenntartása szempontjából meghatározó a kompresszor. ***A hűtőkompresszor szállítóteljesítményét nem a szállított közeg mennyiség, hanem a kompresszor hűtőtéljesítménye jellemzi.***
- A kompresszor hűtőtéljesítménye ***az a hőmennyiség, amely a kompresszor által keringésben tartott hűtőközeg a szabályozószeleptől a szívócsonkig óránként felvesz.***
- A kompresszor hűtőtéljesítményének **egyenlőnek kell lennie a hűtőberendezés bruttó hűtőtéljesítményével.**



4. ábra Kompresszoros hűtőgép és körfolyamata [Zsebik A, et al. 2003]

- Végül is, ha a **hőtechnikai körfolyamatot az óramutató járásával ellentétes irányba vezetjük**, azaz a hőbevitel alacsonyabb hőmérséklet szinten játszódik le, mint a hőelvonás, ez a hűtő.
- Tehát e körfolyamatokban **alacsonyabb hőmérséklet szintű helyről – mechanikai munka felhasználásával – egy magasabb hőmérséklet szintű helyre tudunk hőenergiát szállítani**.
- A hűtő körfolyamatok csak nagyon speciális esetekben használnak gáz munkaközéget, az elterjedt berendezések mindig gőzökkel dolgoznak.

Kompresszoros hűtőgép kapcsolását és körfolyamata:

- Az alacsony p_0 nyomáson és t_0 hőmérsékleten elpárolgott gőzt egy kompresszor komprimálja a felső p nyomásszintre **(1–2 szakasz)**.
- A nagyobb nyomáson magasabb a kondenzáció hőmérséklete, így a hőelvonás a kondenzátorban egy magasabb hőmérséklet szinten valósítható meg **(2–3 szakasz)**.
- A kondenzált folyadék nyomását egy fojtószeleppel vagy kapillárisal (az entalpia, $h=\text{áll.}$) csökkentjük újra a p_0 értékre **(3–4 szakasz)**, ekkor a vegyes fázisú (gőz) tartományba kerülünk.
- Az alsó hőmérséklet szintű hőelvonás a folyadék elpárolgásával történik **(4–1 szakasz)**.

A hűtőgépes körfolyamatok számításánál a T -s diagram helyett gyakran a l g

-h diagramot használják

, a 4. ábra mindkét diagramban ábrázolja a körfolyamatot.

A hűtőgépek hatásosságának mérésére az fajlagos hűtőtéljesítmény (ε) fogalmát használják, ami megmutatja, hogy egységnyi munka befektetésével mennyi hőt tudunk elvonni az alsó hőmérséklet szinten (l g

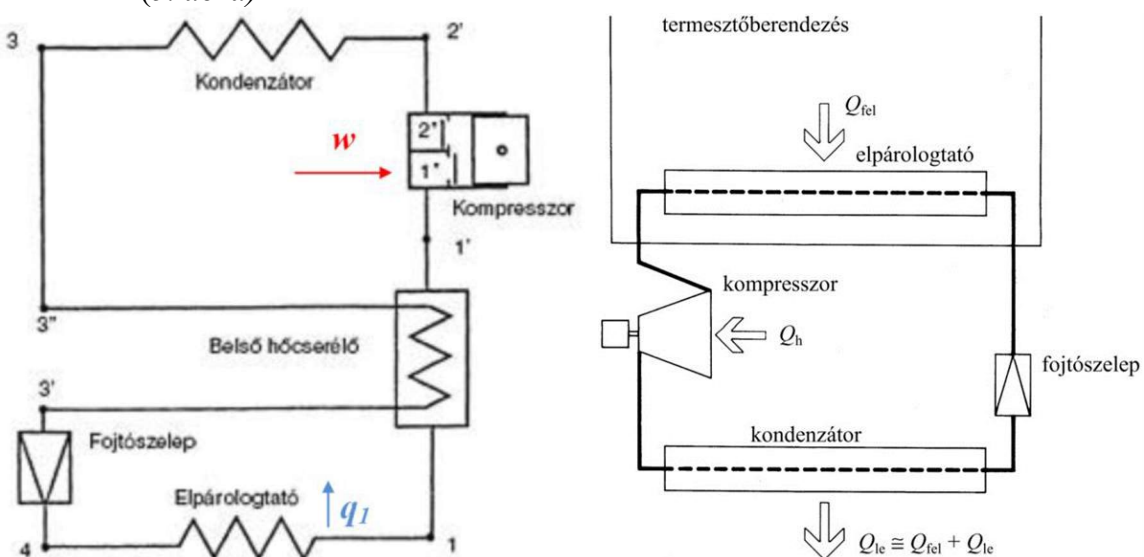
-h diagramból

):

$$\varepsilon = \frac{q_1}{w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

(2. képlet)

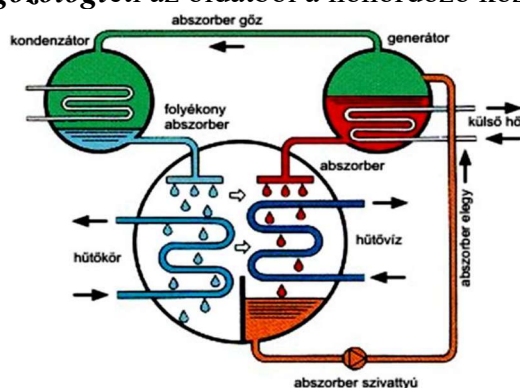
A hőtéljesítmény javítására igen sokféle megoldás született, amelyek az alkalmazott gázokra, a kompresszorok típusára, belső hőcserélőkre, hővisszanyerő egységekre, stb. vonatkoznak (5. ábra).



5. ábra Egyfokozatú valóságos hűtés belső hőcserélővel [Tóth L., 2012]

Abszorpciós hűtőgépek

- Az abszorpciós hűtőgépek (6. ábra) **körfolyamata megegyezik a „kompresszorosokéval”**.
- azzal a különbséggel, hogy a **kompresszor helyett egy abszorpciós-deszorpciós körfolyamatban alacsony nyomáson elnyeli** a hőhordozó közeg gőzét,
- az oldat nyomását **szivattyúval növeli a felső nyomásszintre, majd a felső nyomásszinten kigőzölgteti** az oldatból a hőhordozó közeget.



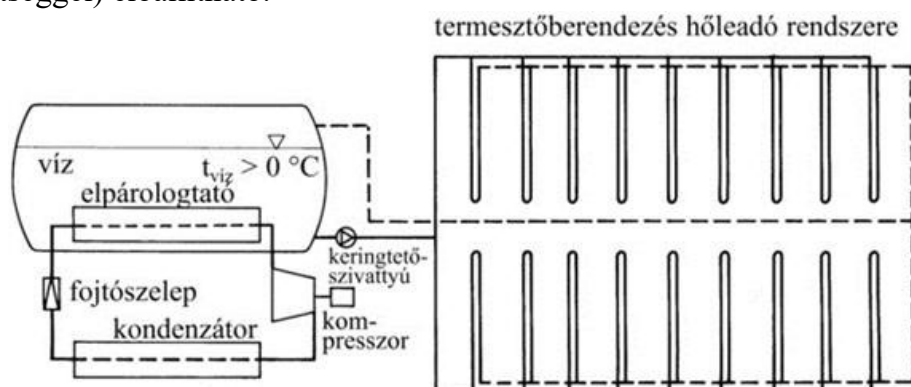
6. ábra Egyfokozatú valóságos hűtés belső hőcserélővel [Tóth L., 2012]

A **föld felszíne alá szigetelten süllyesztett jelentős (néhány száz köbméter) térfogatú tartály** (7. ábra) **vízzel van** feltöltve, amelynek átlaghőmérsékletét – az éjszakai, kedvezőbb díjszabású villamosenergia-szolgáltatás időszakában folyamatosan üzemeltetett – hűtőgép elpárologtatója segítségével $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli hőmérsékletre hűti.

A **termesztőberendezés léghőmérsékletének szabályozására a hagyományos melegvízfűtés hőleadóit** használhatják.

Fűtéskor a **termesztőberendezés léghőmérsékleténél (a külső levegő hőmérsékletétől függő mértékben) magasabb hőmérsékletű, míg hűtéskor az éjszaka lehűtött és a szigetelt tartályba akkumulált – a kívánt légtér-hőmérséklethez képest** alacsonyabb hőfokú – vizet juttatják.

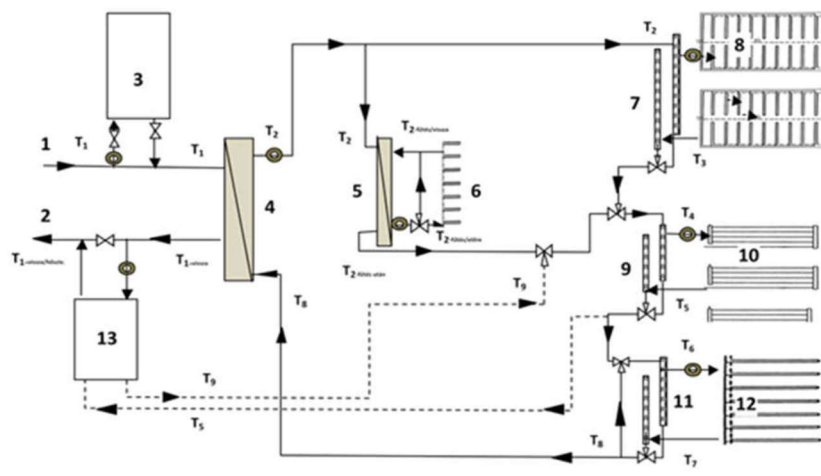
A tartálytérfogat megfelelő **megválasztásával a nappali hőelvonási igényhez szükséges kapacitás (esetünkben hideg víz formájában)** éjszaka (kedvezőbb energiaköltséggel) előállítható.



7. ábra A légtér hűtőgéppel való közvetett hűtésének vázlata [LÁNG Z., 1999]

NÖVÉNYHÁZI FEJLESZTÉS A FENNTARTHATÓSÁG ÉRDEKÉBEN

Hőszivattyú használata, gazdaságossága, környezetvédelmi aspektusok



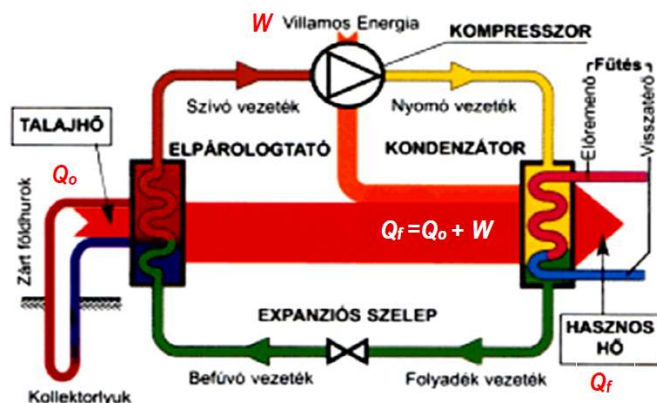
8. ábra Korszerű növényház elvi fűtési , hűtési rendszere [NAGYGÁL J.: 2007]

1-termelő kút, 2- elnyelő kút, 3- puffertározó, 4- főkörök hőcserélője/hőközpont, 5- szociális épületek hőcserélője, 6- szociális épület fűtése, 7- vegetációs fűtés osztó-gyűjtői, 8- vegetációs fűtés, 9- hajtáscsúcs fűtés osztó-gyűjtői, 10- hajtáscsúcs fűtés, 11- talajfűtés osztógyűjtői, 12- talajfűtés, 13- hőszivattyú

A hazai **zöldségtermesztés versenyképességét és rentabilitását a geotermikus energia felhasználása alapvetően meghatározza.** A felhasználás további növelése nemzeti érdek. Ahhoz, hogy e kincs a jövő nemzedékek számára is *rendelkezésre álljon, a felhasználásával igen körültekintően kell eljárni.*

Talaj hőszivattyúzása

A hőszivattyús rendszer két hőcserélőt tartalmaz, melyeket csővezeték köt össze a hőnyerő, ill. hőleadó részekkel. A vezetékben munkaközegét keringet a kompresszor. ***Ez a közeg csak nagy nyomáson cseppfolyósítható, különben hevesen elpárolog.*** Korábban freont használtak erre a célra, a légköri ózonpajzs kímélése végett ma már különböző, ***veszélytelen***, nem mérgező, nem robbanó gázkeverékeket alkalmaznak



9. ábra A geotermikus hőszivattyú elvi felépítése [TÓTH L.(2012)]

A hőszivattyú lényegében egy hőtranszformátor : (9. ábra)

- A hőszolgáltatás jellegzetessége, hogy a felső hőfokszinten (**hasznos hő**, pl. fűtési körben) **hasznosítható hő** = Q_f ,
- a befektetett munkával = W (pl. **villamos energia**),
- az elpárolgató által elvont hő Q_o (pl. **talajhő**).

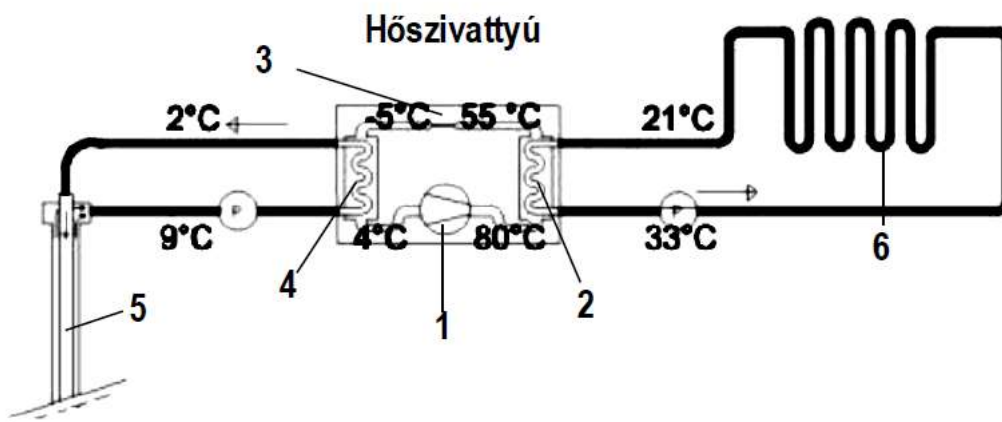
$$Q_f = W + Q_o \quad [\text{kW}] \quad (3. \text{ képlet})$$

Látható, hogy a hő szállításához folyamatosan elektromos energiát kell a rendszerbe táplálni. A hőszivattyú folyamatának alapvető gazdaságossági mértéke **a fajlagos fűtő, vagy hűtő teljesítmény, amely a hasznos hőmennyiség és a befektetett munka hányadosa.**

A rendszer hatékonyságát a korábban már megismert ún. jósági tényezővel f szokásos megjelölni, jellemezni, ami azt mutatja meg, hogy a hőszivattyú által leadott hasznos hőteljesítmény hányszorosa a működtetéshez felhasznált hajtási teljesítménynek. A szakirodalomban gyakran COP (= coefficient of performance) tényezőnek is jelölik.

$$\varepsilon_f = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_o + W}{W} \quad (4. \text{ képlet})$$

Ennek értéke 2 - 7 között változik a függőleges vagy horizontális talaj szondák esetén. Az energiamérleg = 1 kWh elektromos energiával 4,5 kWh fűtési energiát hozunk létre (COP = 4,5). **Tehát a földhőt, e folyamatosan megújuló energiáját hasznosítjuk hőszivattyúval.**



10. ábra A hőszivattyú egységei és egyes pontjainak hőértékei. [TÓTH L.(2012)]

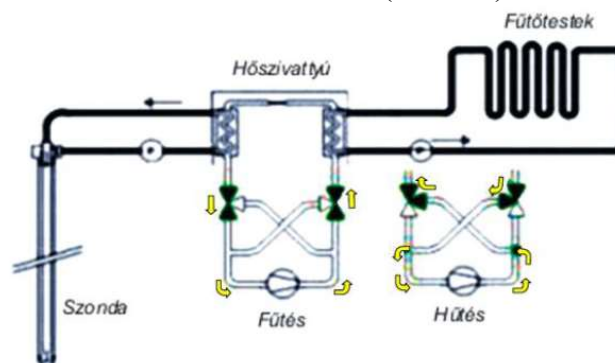
1-Kompresszor, 2-kondenzátor (fűtés oldali hőcserélő), 3-expanziós szelep, 4-elpárolgató (szonda oldali hőcserélő), 5- Függőleges szonda, vagy talaj kollektor, 6-padlófűtés (fal, mennyezet).

- I. A kompresszorból a **forró gáz a meleg hőcserélőbe (kondenzátorba) érkezik, ahol a munkaközeg energiát ad le és folyékony állapotba kerül.**
- II. A nyomása 15–25 bar, a hőmérséklete 35–65 °C. Az innen kilépő **munkaközeget az expanziós (nyomáscsökkentő) szelepre jut, amely a nyomását, pl. 5 bar-ra ejti.** Ekkor hevesen elpárolg, lehűl, pl. 0 °C-ra.

- III. Az elpárolgáshoz szükséges hőt (az *ismételt gázállapot elnyeréséhez*) a *hideg oldali hőcserélő (elpárologtató) szekunder oldalán átáramló energiaadó közegből* (a föld szondáknál általában glycol), amely a hőtartalmát a 10–15°C hőfokú talajból nyeri, annak 8–10°C-ra való lehűtésével.
- IV. Ekkor a már *gázállapotú munkaközeg felmelegszik 5 °C-ra*. Innét a folyamat ismétlődik, vagyis ezt a gázt a kompresszor elszívja és *bepréseli a kondenzátorba, melynek szekunder oldalán áramlik a fűtéshez használt víz vagy levegő*, melynek a munkaközeg átadja az átvett hőt, valamint a kompresszort meghajtó motor hővé átalakult energiáját.
- V. Utána ismét a nyomáscsökkentő szelepre kerül a munkaközeg, és a körfolyamat (Carnot-ciklus) folytatódik.

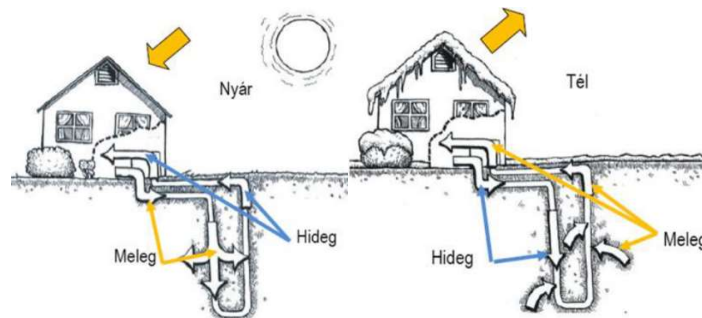
Ennek megfelelően a *hőszivattyúnak van egy ún. meleg és egy hideg oldala:*

- I. **Téli fűtésnél** a meleg oldalon lévő hőcserélőben keringtetett víz csatlakozik a fűtőberendezéseinkhez, *vagy egyenesen padlóban vagy falban lévő csövekhez, míg a hideg oldalán lévő hőcserélő hőszállító* folyadékát a talajban lévő szondákban cirkuláltatjuk és az alacsony hőmérsékleten a hőt innét vonjuk el.
- II. **Nyári időszakban** a két oldalt *felcseréljük, tehát a hideg oldal kerül a fűtési rendszerünkbe, amely hűtőként működik és az itt átvett hőt a talajba pumpáljuk vissza a talaj oldali hőcserélőn (radiátoron) keresztül*. Tehát hűtés esetén a geotermikus hőszivattyú fordított üzemmódban működik (11. ábra).

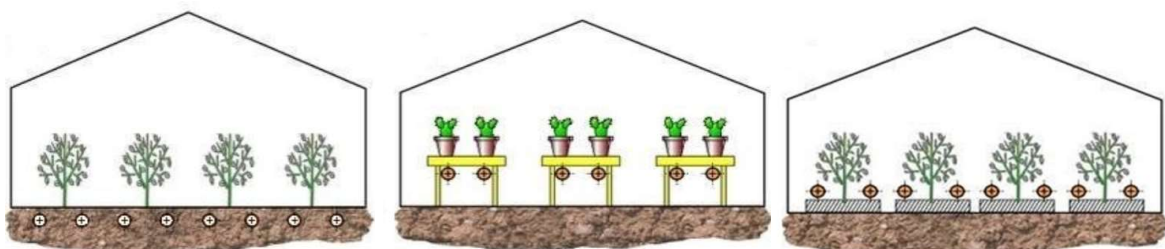


11. ábra A hőszivattyúk a primer és szekunder oldalak, azaz a kondenzátor és elpárologtató funkcionális cseréjével (háromállású szelepek átváltásával) fűtési és hűtési (padló, fal, mennyezet, fan-coil) célokra is felhasználható. [TÓTH L.(2012)]

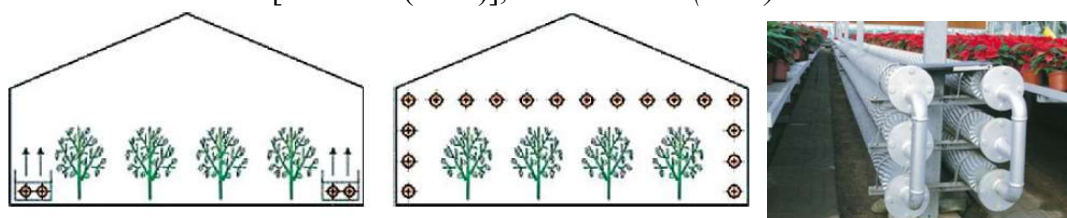
Végül is: a hőszivattyú a *környezet lehűtésével nyeri a hőt, és egy zárt teret, lakást, irodát, növényházat vagy vizet melegít (vagy hűt) vele*. A környezeti hőforrás lehet levegő, talajvíz, talajhő, szennyvíz, vagy bármi más hőtartalmú anyag (12. ábra).



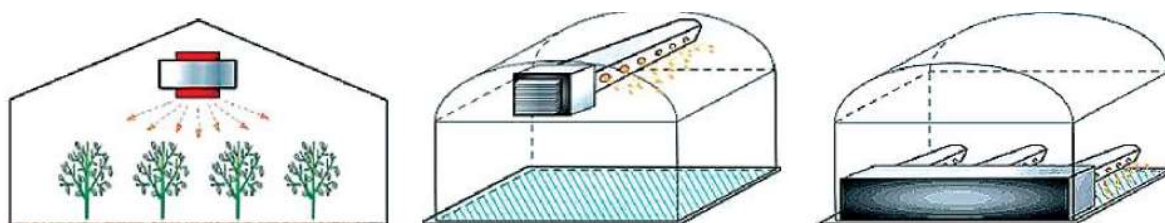
12. ábra A hőszivattyúzás mind a nyári – hűtési (a hőt a talajba viszi), mind a téli – fűtési időszakban kihasználható (a hőt a talajból szerzi). [TÓTH L.(2012)].



13. ábra Növényházak vegetációs és talaj fűtése, hűtése
[TÓTH L.(2012)], KOMLÓS F. (2015)



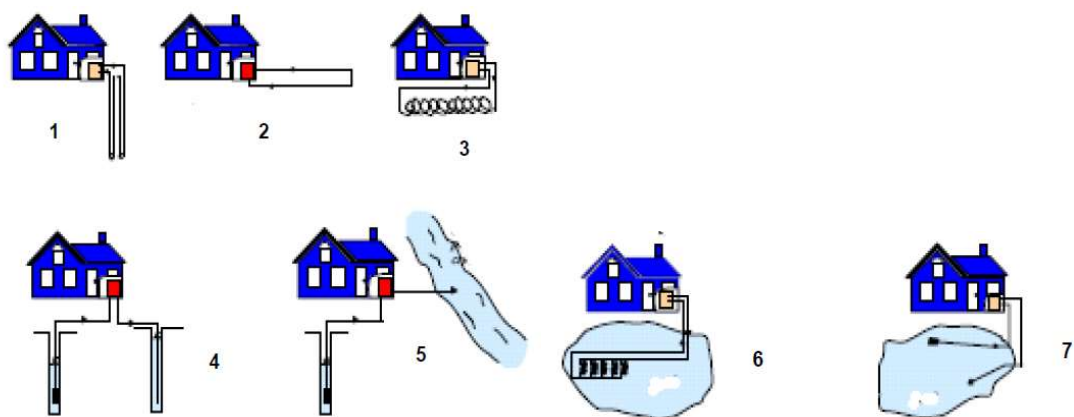
14. ábra Bordás fűtő, hűtő vezetékkel és sima csőfűtéssel kialakított növényházak
[TÓTH L.(2012)], KOMLÓS F. (2015)



15. ábra Növényházak fan-coilos és kaloriferes fűtésé/hűtésé légszatórnával
[TÓTH L.(2012)], KOMLÓS F. (2015)



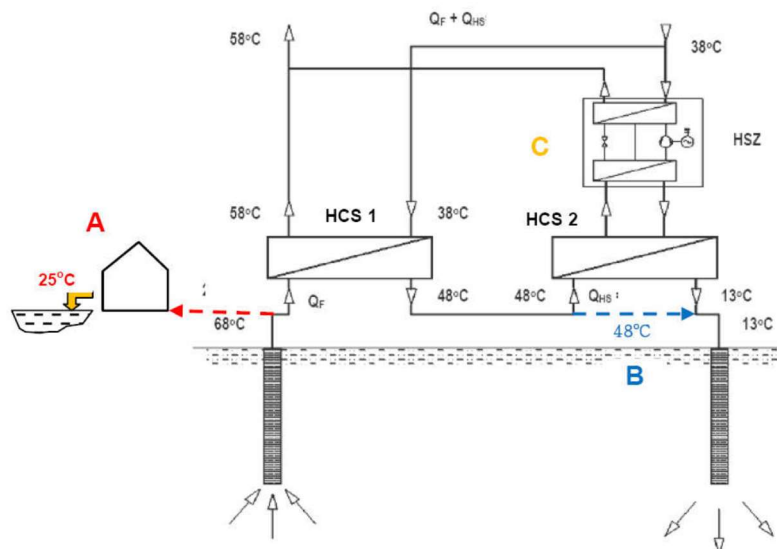
16. ábra Üvegházi hűtési rendszerek elemei [<http://hu.dwggreenhouse.com>],
[NAGYGÁL J., (2017)], [TÓTH L.(2012)].



17. ábra Szonda elrendezések a területi és természeti adottságok függvényében.

1- függőleges, 2- vízszintes, 3- vízszintes hurkolt, 4-nyílt vizű kutak összekötése,
 5-nyílt vizű kút és folyó, 6- tóban – vízszintes- hurkolt, 7- tóban vízszintesen keringtetett

[NAGYGÁL J., (2017)], [TÓTH L.(2012)]



18. ábra A termálvíz felhasználásának lehetőségei, könnyűszerkezetes termálvíz kiegyenlítő tároló [NAGYGÁL J., (2017)], [TÓTH L.(2012)]

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. *Ismertesse a hűtési rendszereket általánoságban, röviden jellemezze őket?*
2. *Jellemezze a adiabatikus hűtés műszaki és technológia folyamatait rajz a levegő „i”- „x” diagramm segítségével?*
3. *Ismertesse az adiabatikus hűtés műszaki jellemzőit és paramétereit?*
4. *Hogyan határozható meg a termesztőtérbe kerülő sugárzásos energiaáram (képlet, mértékegység)?*
5. *Ismertesse a kompresszoros hűtőgép működési elvét, módszerét és körfolyamatát ábra segítségével?*
6. *Határozza meg a fajlagos hűtőteltjesítmény (képlet, mértékegység)?*
7. *Kompresszoros hűtés esetében milyen megoldásokat ismer hőteltjesítmény javítására (rajz)?*
8. *Jellemezze az abszorpciós hűtőgépeket ábra segítségével mutassa be a felépítését?*
9. *Hőszivattyú technológia felhasználásának lehetőségeit jellemezze növényházaknál?*
10. *Rajzolja fel növényházak vegetációs es talaj fűtését, hűtését, Bordás fűtő, hűtő vezetékkel es sima csőfűtéssel kialakított növényházakat, illetve növényházak fan-coilos es kaloriferes fűtési/hűtési légcseratornával?*

Felhasznált Irodalom

1. BALÁZS S. (1994): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
2. BALÁZS S. (2000): A zöldségghajtás kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 573. p.
3. KOMLÓS F. (2015): A nemzeti hőszivattyú ipar megteremtése a jövő egyik lehetősége Polgari Szemle, 11. evf., 2015/1-3. szám, 412–429. oldal.
1. LÁNG Z. (szerk., 1999): A zöldség-, dísznövény és szaporítóanyag-termesztés berendezései és gépei. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 384. p.
2. NAGYGÁL J.: 2007 Termesztőberendezés komplex korszerűsítés az Árpád-Agrár Zrt. Kertészetében, Tanulmány, Szentos.
3. NAGYGÁL J.: 2007 A geotermikus energia hasznosításának lehetősége a mezőgazdaságban, Agrárunió.
4. NAGYGÁL J., (2017): Doktori disszertáció. SZIE Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Agrárműszaki Tudományok: A konvekciós geotermikus energiatermelés fenntarthatósága és a felhasználás hatékonysága.
5. SLEZÁK K., TERBE I. (szerk., 2008): Talaj nélküli zöldségghajtás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 372. p.
6. SZENDRŐ P.(2003): Géptan. Mezőgazda Kiadó, 2003.
7. TAKÁCSNÉ DR. HÁJOS MÁRIA (2014): Zöldségghajtás, Agrár– és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Kertészettudományi Intézet, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen
8. TÓTH L.(2012): Energetika alapjai, SZIE-GMK Gödöllő egyetemi jegyzet.
9. TÓTH L. (2011): Energiaellátás alternatív energiaforrások hasznosítása, SZIE-GMK, Gödöllő, egyetemi jegyzet.

10. ZSEBIK A. Falucska N. (szerk): 2003 Hőtan, Kézirat, Oktatási segédanyag, BME, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék Budapest,
11. ZSEBIK A., GÁCS I., FALUSKAI N. J., KISS L.: 2003, Hőtechnikai alapok (Oktatási segédanyag A-02) Kézirat E.ON Hungária Rt.
1. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Zoldsegterm_termberben/ch01s02.html#id498859
2. <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/zoldsegtermesztok/ch08s06.html>
3. <https://www.schetelig.hu/hu/katalogus/16/T8m50/>
4. <http://www.hhgreenhouses.hu/index.php/hu/projektek#bwg7/46>
5. <https://mek.oszk.hu/15400/15441/15441.pdf>
6. <https://www.exkalapalatt.info/wp-content/uploads/2015/07/52158776-talajnelkuli-zoldseghajtatás-2008-bw.pdf>
7. file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/2011_0001_521_Novenyhazidisznovenyek-termesztese.pdf
8. <https://playgrowned.com/hidroponikus-rendszerek-osszehasonlitas/>
9. <https://medium.com/@HydroponicsName/nutrient-film-technique-ebd1f7e5676c>
10. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_01_Novenyelettan/ch02s02.html
11. https://royalbrinkman.hu/termekkatalogus/drygair-paramentesito_berendezes-detail
12. <https://ipari-parasitas.info/parasitasi-teruletek/kerteszetek-novenyhazak-gombatelepek-parasitasa/>
13. https://www.ditusz.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=38&lang=hu
14. <http://docplayer.hu/2343711-Futes-hutes-hoszivattyus-rendszerekkel.html>
15. <http://hu.dwggreenhouse.com/greenhouse-system/greenhouse-cooling-system/cooling-system-for-greenhouse.html>
16. <https://iparihutes.hu/ipari-hutes/evaporativ-hutesi-rendszerek/adiabatikus-hutes/>