

Uszoda energiatakarékos páramentesítése

Hőszivattyúval vagy hőszivattyú nélkül?



1. Tartalomjegyzék

1. Tartalomjegyzék.....	1
2. Bevezetés, uszodai páramentesítés áttekintése, komfortparaméterek...	2
3. Energia megtakarítási szempontok.....	4
4. Méretezési eljárások.....	6
5. Friss levegős páramentesítő üzemállapotai, működése.....	8
6. Hőszivattyús páramentesítő üzemállapotai, működése.....	10
7. Az összehasonlítás alapjául szolgáló rendszer felvétele, alapadatok meghatározása.....	13
8. Energetikai, üzemeltetési költség számítások.....	21
9. Kiértékelés.....	26
10. Összefoglalás.....	31
11. Felhasznált irodalom.....	32

2. Bevezetés, uszodai páramentesítés áttekintése, komfortparaméterek

Szakmai körökben gyakran vita tárgyát képezi, hogy az uszodai páramentesítés során milyen páramentesítő berendezés a jó választás. A döntés a beruházási költségek, energiafelhasználás, üzemeltetési és karbantartási költségek figyelembe vételével történhet.

A hőszivattyús páramentesítés során a páraelvonás a hőszivattyú elpárologtatóján történő kondenzátum kicsapattal vagy a megfelelő előkezelés (szűrés, hővisszanyerés, visszakeverés, fűtés) után friss levegővel történik. Hőszivattyú nélküli berendezés esetén a páraelvonás csak friss levegővel történik. Manapság minkét megoldás használata népszerű, így gyakran felmerül a kérdés, hogy melyik megoldás a gazdaságosabb.

Jelen dokumentumban a két légkezelő energetikai összehasonlítását végeztem el egy egész éves üzemeltetési lefutás alapján. A számítások során a valóságoshoz közelálló, külső-belső állapothoz tartozó paramétereket vettem fel és kiszámítottam az adott állapotban a rendszerben lejátszódó folyamatokat. A vizsgálat során nem két különböző gyártó által gyártott vagy ajánlott terméket hasonlítottam össze, hanem a két páraelvonási elvet. Mivel a témában jól használható hazai előírás nincs, ezért a számításokat a hazai gyakorlatban elterjedt VDI 2089 tervezési segédlet alapján készítettem el.

A beltéri uszodák légtechnikai tervezésénél szakítani kell a korábban kialakult tervezői szokásokkal. A légtechnikai rendszer megtervezésekor nagyon körültekintően kell eljárni, és figyelembe kell venni minden olyan körülményt, ami befolyásolja az uszoda működését. A -régén általánosan használt- légcsereszámra történő méretezés helytelen. A hibásan elvégzett tervezés és kivitelezés esetén komoly problémák keletkezhetnek (pl. épületszerkezeti károsodás, páralecsapódás, penészedés, stb.). A hibás méretezés miatti kár nagysága így jelentősen meghaladhatja az egyéb légtechnikai rendszereknél keletkezőt (kellemetlen szagok, alulméretezett fűtés vagy hűtés, stb.).

A szellőző levegőmennyiség meghatározásának alapja minden esetben a helyiség eredő hő- és nedvességterhelése (pl.: medencék bepárolgása, zuhanyzók, emberi nedvességleadás). A légcsereszámnak csak ellenőrzési funkciója lehet.

A tervezés során mindig mérlegelni és figyelembe kell venni a következőket:

- Megfelelő légvezetési rendszer kialakítása, a medencetér teljes átöblítése (holt terek ne legyenek).
- A külső térrel határos nyílászárókat, páralecsapódásra hajlamos helyeket mindig száraz, meleg levegővel meg kell fűjni. A megfűvási irány lehetőleg alulról felfelé történjen.
- Kerülni kell a hőhidakat.
- A levegő hőmérsékletét és páratartalmát olyan értéken kell tartani, hogy a medence kipárolgását csökkentsük, ugyanakkor a gépészeti rendszer gazdaságosan üzemeljen.
- A medencetérben enyhe depressziót célszerű tartani, hogy a pára ne terjedjen tovább a szomszédos helyiségek irányába.
- Éjszakai, illetve üzemszüneti állapotban az uszodai páramentesítőnek csökkentett terheléssel kell működnie. Ekkor célszerű a páratartalom értékének eltolása.
- Az uszodai páramentesítő berendezésnek megfelelő felületvédelemmel kell rendelkeznie. A nedves levegő, a vegyszeres gőzök, a termálvíz, a kondenzáció mind elősegíti a korróziót és a megfelelő felületvédelemmel nem rendelkező berendezés idő előtti tönkremenetelét.
- A befűvás lehetőleg alulról felfelé történjen. A befűváásra olyan padlóbefűvót célszerű használni, amely a befűvás mellett vízelvezetési funkcióval is rendelkezik, hiszen a fröcskölés és a takarítás közben a befűvóba víz kerülhet.

Kellemes komfortérzetet befolyásoló és méretezéshez szükséges tényezők:

A komforttérben tartózkodók közérzetét legjelentősebb mértékben a belső hőmérséklet, páratartalom, belső levegő minősége határozza meg, így ezen jellemzőket a tervezés során mindig meg kell határozni.

-Belső hőmérséklet

A medencetéri léghőmérsékletet a medencevíz hőfokánál 1-4°C-kal (de 34°C-nál nem) magasabbra kell választani, hogy a bepárolgást alacsony értéken lehessen tartani. A belső hőfok és páratartalom együttesen határozza meg a levegő harmatponti hőmérsékletét. Az ennél alacsonyabb hőmérsékletű helyeken (külső fal, nyílászáró) a nedvesség kondenzálódik. A belső hőmérséklet szokásos értéke 28-32°C.

-Belső relatív páratartalom

A megengedhető abszolút nedvesség értéke 14,3 g/kg (fülledtségi határ). Az abszolút nedvesség ez fölött csak akkor lehet, ha a külső levegő abszolút nedvessége meghaladja a 9 g/kg értéket. Az abszolút nedvességből és a belső hőmérsékletből lehet kiszámítani a relatív páratartalmat, melynek szokásos értéke fürdőüzemben 50-60%, fürdőüzemen kívül a páratartalom növelhető (az épületszerkezetet még nem károsító értékig).

-Friss levegő mennyisége

A benntartózkodók légzésigénye, a medencékből párolgó vegyszerek és a páraelvonás miatt normál fürdőüzemben mindig biztosítani kell megfelelő mennyiségű friss levegőt. A friss levegő szükséges mennyiségét a légkezelő berendezés automatikus szabályzórendszerének kell kiválasztani az aktuális igényeknek megfelelően.

3. Energiamegtakarítási szempontok az uszodai páramentesítés során

A légkezelő hővisszanyerési hatásfoka nagyon fontos adat, azonban a légkezelő jóságát nem lehet kizárólag a hővisszanyerés hatásfokából megítélni. A hővisszanyerési hatásfokot jelentősen befolyásolja a hővisszanyerőn áthaladó

levegő mennyisége, hőfokainak különbsége, relatív páratartalma. A hatásfok, így mindig csak ezen paraméterekkel együtt jellemezheti a légkezelő jóságát. A korszerű uszodai páramentesítő berendezések 80 % körüli hővisszanyerési hatásfokkal rendelkeznek.

A gazdaságos üzemeltetés során nem csak a hővisszanyerési hatásfok számít, mivel a téli -páralecsapódásra kritikus- állapotban a külső levegő abszolút nedvessége nagyon alacsony (kb. 6-8%-a a belső levegőnek!), ezért a keletkező pára elvonásához igen kevés friss (külső) levegő szükséges. A légcsere vagy az ablakok páramentesítése miatt a befűjt levegőt általában állandónak kell tartani, ezért a légkezelők belső visszakeverési lehetőséggel rendelkeznek. A visszakeverést a szárítási teljesítmény függvényében a légkezelőnek automatikusan kell alkalmazni. A korszerű uszodai légkezelők télen a jelentős visszakeverés mellett páramentesítenek, friss levegőt csak a szükséges mennyiségben visznek be és a friss levegőt a távozó levegő energiatartalmának hővisszanyerésével előfűti. A kis friss levegőhányad miatt a hővisszanyerőn kicsi az áramlási sebesség és ez magas hővisszanyerési hatásfokot eredményez.

A légkezelők energiatakarékos üzeméhez elengedhetetlen a ventilátorok magas hatásfoka és fordulatszámainak változtathatósága. Visszakeverés esetén a légkezelő belső ellenállása és a külső légcsatorna ellenállása is lényegesen kisebb, ezért az állandó légmennyiség tartásához kisebb ventilátorfordulat, így kevesebb elektromos teljesítmény szükséges. A csökkentett ventilátorfordulatot a légkezelő szabályzójának automatikusan kell beállítania (pl. egy nyomáskülönbség távadóról vagy légsebesség érzékelőről vezérelve) az aktuális üzemállapotnak megfelelően. A fordulatszám változtatást általában frekvenciaváltó végzi. A ventilátor teljesítményigénye a fordulatszámmal köbösen arányos, ezért frekvenciaváltó alkalmazásával jelentős villamos energia takarítható meg.

Az uszodai páramentesítés során az energia megtakarítást így a villanymotorok villamos teljesítményfelvétele, a hővisszanyerés és a visszakeverés befolyásolja legjobban. A légkezelő energetikai megítélése során ezek egymásra hatását mindig meg kell vizsgálni. A korszerű uszodai légkezelőnek speciális automatika rendszerrel kell rendelkeznie, ami a külső-belső körülményeket figyelembe véve automatikusan választja ki a leggazdaságosabb üzemállapotot.

4. Méretezési eljárások

A szellőző levegő mennyiségének meghatározására több méretezési módszer van. Szakirodalmakban fellelhető, illetve az oktatott méretezési módszerek téli és nyári állapotra vonatkoznak. Téli állapotban az állapotváltozás irányjelzője függ a belső levegő parciális vízgőznyomásától, viszont a belső levegő páratartalma és parciális vízgőznyomása csak az állapotváltozás irányjelzőjének ismeretében határozható meg. A méretezés így csak iterációval végezhető el.

A nyári esetre történő méretezés történhet teljes friss levegős módon, illetve hűtött recirkulációs módon. A frisslevegős esetben a szellőző levegő megegyezik a külső levegővel. A páraelvonást a külső-belső levegő abszolút nedvességének különbsége határozza meg. A hűtött recirkulációs esetben a befűjt levegő abszolút nedvességének csökkentése hűtéssel történik.

A számítások és méretezések során a gyakorlatban igen elterjedt VDI 2089 szerinti méretezési módszert használtam.

Szellőző levegő mennyiségének meghatározása VDI 2089 szerint

A szellőző levegő mennyiségének meghatározásakor minden esetben a helyiség eredő hő- és nedvességterhelését kell meghatározni. A nedvességterhelés elsősorban a medencék bepárolgásából ered, azonban figyelembe kell venni az egyéb (pl.: az emberi nedvességleadásból, zuhanyzásból, élményszerzők vízi attrakcióiból) keletkező nedvességterhelést is. Az összes nedvességterhelés és a méretezési külső/belső légállapotból a szellőző levegő mennyisége meghatározható. A nedves levegő állapotjelzőit h-x diagram, táblázat vagy méretező program segítségével határozhatjuk meg.

Bepárolgó vízmennyiség számítása:

$$\dot{m}_v = \varepsilon * A_m * (p_v - p_b)$$

ahol,

- $\dot{m}_v$ - bepárolgó vízmennyiség, [g/h]
- ε - bepárolgási tényező, [g/(hPa m² h)]
- A_m - medence felülete, [m²]
- p_v - telítési parciális vízgőznyomás a medencevíz hőmérsékletén, [hPa]
- p_b - a belső levegő parciális vízgőznyomása, [hPa]

A bepárolgási tényező figyelembe veszi a medence használati viszonyait. Az intenzívebb medencehasználattal nagyobb lesz a párolgás. A bepárolgási tényező értékeit a következő értékekkel lehet figyelembe venni:

- 0,5 használaton kívül, letakart vízfelület
- 5 használaton kívül, letakarás nélkül
- 15 privátuszodák, kis vízfelülettel, kis terheléssel
- 20 nyilvános uszodák, normál üzem esetén
- 28 élménymedence (tájékoztató adat)
- 35 hullámmedencék, hullámüzem esetén

A bepárolgó vízmennyiséghez hozzá kell adni az egyéb (pl.: az emberi nedvességleadásból, zuhanyzásból, élményfürdők vízi attrakcióiból eredő) nedvességterheléseket is. Így kapjuk meg az összes nedvességterhelést ($\dot{m}_\Sigma$).

Szellőző levegő mennyiségének számítása:

$$\dot{V}_{SZ} = \frac{\dot{m}_\Sigma}{\rho_{SZ} \cdot (x_T - x_{SZ})}$$

ahol,

- $\dot{m}_\Sigma$ - összes nedvességterhelés, [g/h]
- $\dot{V}_{SZ}$ - szellőző levegő mennyisége, [m³/h]
- ρ_{SZ} - szellőző levegő sűrűsége, [kg/m³]
- x_T - távozó levegő abszolút nedvessége, [g/kg]

x_{SZ} - szellőző levegő abszolút nedvessége, [g/kg]

Méretezési állapotban x_{SZ} értéke 9 g/kg, x_T értéke a fülledtségi határ (14,3 g/kg).

A számítási módszerből látszik, hogy a kapott szellőző levegő mennyiségét egy adott külső ($x_{SZ}=9$ g/kg) és belső ($x_T=14,3$ g/kg) légállapotból lehet számítani. Ez a külső légállapot a magyarországi viszonyok között a valóságban tavaszi, kora nyári (pl.: $t_k=25^\circ\text{C}$, $\phi_k=45\%$) állapotnak felel meg. Az uszodai páramentesítő berendezést a kapott szellőző levegőre kell méretezni. A kapott légmennyiség általában nem csökkenthető télen sem, amikor -kicsi külső abszolút nedvesség miatt- kevesebb levegő is elég volna. Ennek oka a fedett uszodák építészeti tervezésénél szokásos nagy ablakfelületek alkalmazása.

Az üzemeltetési költségek számítása során nem a méretezési állapothoz tartozó légállapottal kell számolni, hanem a valóságos értékekkel.

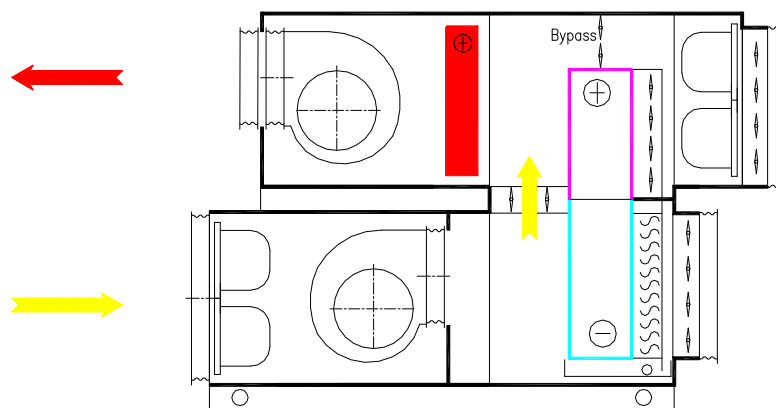
A számítások megkönnyítésére a méretező programot készítettem, amivel a különböző külső-belső állapothoz tartozó tényleges bepárolgás, friss levegő mennyisége is számítható.

5. ATU H (hőszivattyú nélküli) uszodai páramentesítő berendezés üzemállapotai, működése

1. Téli állapot - Felfűtés melegvizes fűtéssel

A reggeli üzemkezdet vagy felfűtés esetén használatos. Miután a belső hőfok eléri a beállított értéket, a légkezelő átáll a normál páramentesítő üzemre. A légkezelő teljes visszakeveréssel működik, friss levegő hozzáadás nincs. A fűtés melegvizes hőcserélővel történik.

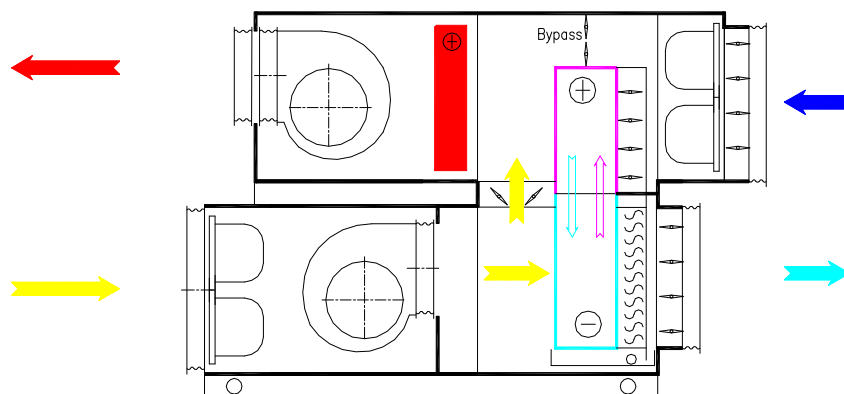
A kisebb belső-külső ellenállás miatt a ventilátorok csökkentett fordulatszámon üzemelnek.



2. Téli állapot, átmeneti állapot – Normál páramentesítő üzem

A légkezelő az aktuális páratartalom függvényében friss levegővel páramentesít. A légkezelő elszívja a belső nagy nedvességtartalmú levegőt és helyére szükséges mértékű, kezelt (szűrt, előfűtött, utófűtött) szellőző levegőt fúj be. A friss levegőt a hővisszanyerő előfűti, a visszakeverés utáni kevert levegőt a melegvizes hőcserélő fűti tovább. A távozó levegő a szabadba van vezetve.

A kisebb belső-külső ellenállás miatt a ventilátorok csökkentett fordulatszámon üzemelnek.

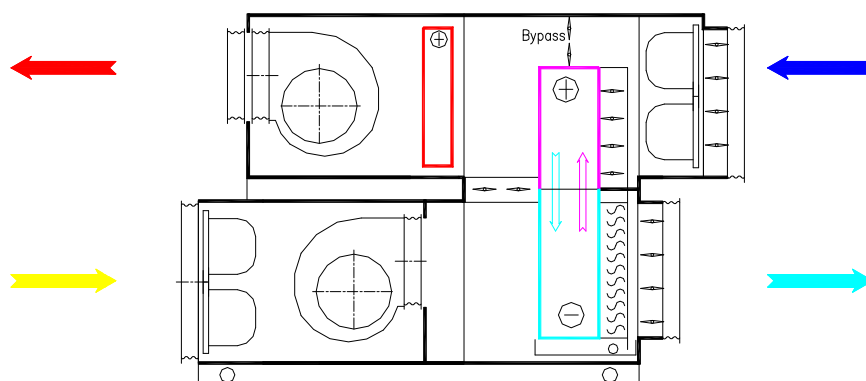


3. Átmeneti állapot, nyári állapot – Normál páramentesítő üzem

A légkezelő teljes friss levegővel páramentesít. A légkezelő elszívja a belső nagy nedvességtartalmú levegőt és helyére kezelt (szűrt, szükség esetén előfűtött) szellőző levegőt fúj be. A friss levegőt a hővisszanyerő előfűti, a távozó levegő a

szabadba van vezetve. Magasabb külső hőmérséklet esetén a hővisszanyerő bypass zsaluja kinyit és a káros hővisszanyerés kikapcsolható és a légkezelő belső ellenállása is csökkenthető.

A légkezelő névleges légmennyiséggel és maximális ventilátorfordulaton (kivéve bypass esetén) üzemel.

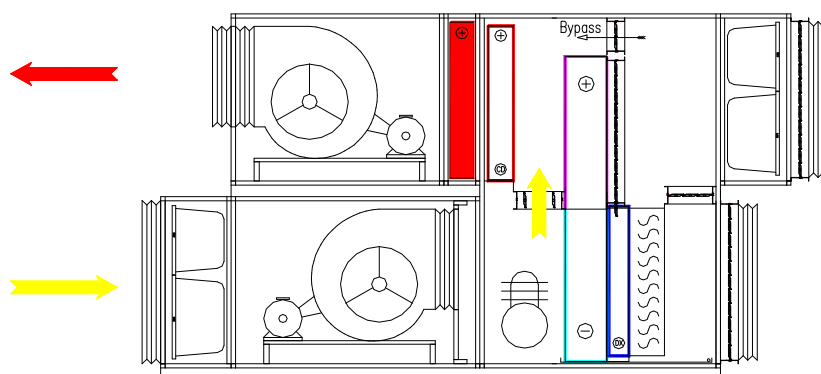


6. ATU E (hőszivattyús) uszodai páramentesítő berendezés üzemállapotai, működése

1. Téli állapot - Felfűtés melegvizes fűtéssel

A reggeli üzemkezdet vagy felfűtés esetén használatos. Miután a belső hőfok eléri a beállított értéket, a légkezelő átáll a normál páramentesítő üzemre. A légkezelő teljes visszakeveréssel működik, friss levegő hozzáadás nincs. A fűtés melegvizes hőcserélővel történik.

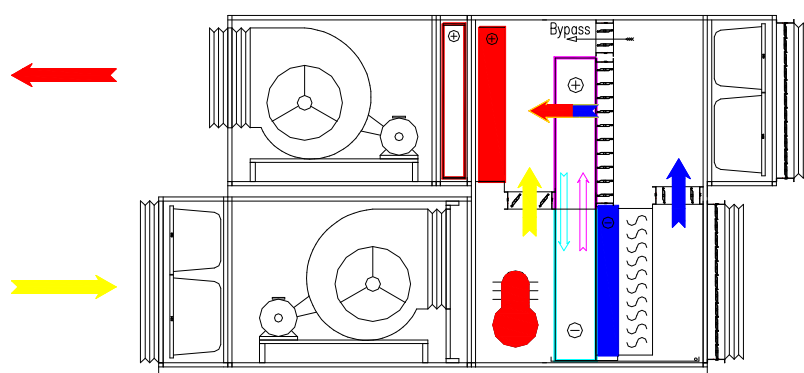
A kisebb belső-külső ellenállás miatt a ventilátorok csökkentett fordulatszámon üzemelnek. A hőszivattyú nem üzemel.



2. Téli állapot – Hőszivattyús páramentesítő üzem

A légkezelő hőszivattyú segítségével teljes visszakeveréssel páramentesít. A légkezelő által elszívott nagy nedvességtartalmú levegő egy részét először előhűti a hővisszanyerő, majd továbbhűl a hőszivattyú elpárologtatóján. A hűtés során a hővisszanyerőn és az elpárologtatón nedvesség csapódik ki. A levegő ezután a hővisszanyerőn, a keverőelemben és a hőszivattyú kondenzátorán felmelegszik. A medencetérbe így száraz, az elszívottnál melegebb levegő kerül bevezetésre.

A kisebb belső-külső ellenállás miatt a ventilátorok csökkentett fordulatszámon üzemelnek. Általában üzemszüneti állapotban használatos, amikor nincs szükség friss levegőre.

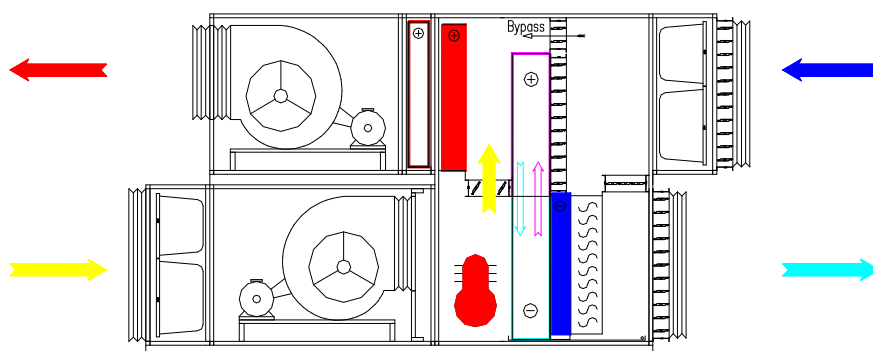


3. Téli állapot, átmeneti állapot – Normál páramentesítő üzem

A légkezelő az aktuális páratartalom függvényében friss levegővel páramentesít. A légkezelő elszívja a belső nagy nedvességtartalmú levegőt és helyére szükséges

mértékű, kezelt (szűrt, előfűtött, utófűtött) szellőző levegőt fúj be. A friss levegőt a hővisszanyerő előfűti, a visszakeverés utáni kevert levegőt a szükség szerint a hőszivattyú kondenzátora fűti tovább. A hőszivattyú az elszívott levegőből nyeri ki a fűtéshez szükséges energiát. A távozó levegő a szabadba van vezetve.

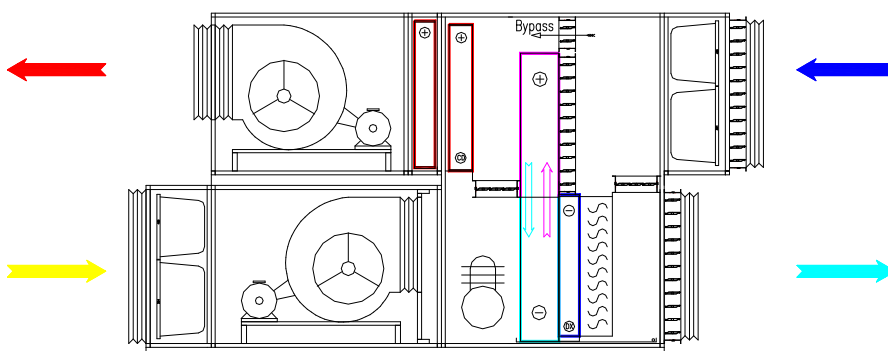
A kisebb belső-külső ellenállás miatt a ventilátorok csökkentett fordulatszámon üzemelnek.



4. Átmeneti állapot, nyári állapot – Normál páramentesítő üzem

A légkezelő teljes friss levegővel páramentesít. A légkezelő elszívja a belső nagy nedvességtartalmú levegőt és helyére kezelt (szűrt, szükség esetén előfűtött) szellőző levegőt fúj be. A friss levegőt a hővisszanyerő előfűti, a távozó levegő a szabadba van vezetve. Magasabb külső hőmérséklet esetén a hővisszanyerő bypass zsaluja kinyit, a káros hővisszanyerés kikapcsolható és a légkezelő belső ellenállása is csökkenthető.

A légkezelő névleges légmennyiséggel és maximális ventilátorfordulaton (kivéve bypass esetén) üzemel.



7. Az összehasonlítás alapjául szolgáló rendszer felvétele, alapadatok meghatározása

Méretezési alapadatok:

Külső levegő hőfoka télen:	-15°C
Külső levegő relatív nedvessége télen:	80%
Külső levegő hőfoka nyáron:	32°C
Külső levegő relatív nedvessége nyáron:	40%
Elszívott levegő hőfoka télen (üzem):	30°C
Elszívott levegő relatív nedvessége télen (üzem):	55%
Elszívott levegő hőfoka télen (üzemszünet):	26°C
Elszívott levegő relatív nedvessége télen (üzemszünet):	65%
Elszívott levegő hőfoka nyáron (üzem):	32°C
Elszívott levegő relatív nedvessége nyáron (üzem):	60%
Elszívott levegő hőfoka nyáron (üzemszünet):	32°C
Elszívott levegő relatív nedvessége nyáron (üzemszünet):	65%

A méretezési alapadatokat a 2. pont figyelembevételével határoztam meg.

Működési idő

Az üzemeltetést két részre kell bontani: a nyitvatartási idő alatti és az üzemszüneti állapotra. A bontást azért kell megtenni, mert a két légkezelő az üzemszüneti állapotban teljesen eltérően működik és a medencék igénybevétele, belső levegő állapota is eltérő. Nappali esetben mindkét berendezés frisslevegővel, éjszakai üzemben az ATU H légkezelő friss levegővel, míg az ATU E légkezelő visszakeveréssel és hűtéssel-nedvességekicsapattal csökkenti a belső levegő nedvességét. A számítások során meg kell határozni a külső hőfok-páratartalom értékekhez tartozó várható éves üzemórákat. Nyitvatartási idő alatt normál fürdőüzem van medencetéri bepárolgással és emberi nedvességleadással. Üzemszüneti állapotban csak a nyugodt vízfelszín bepárolgásával kell számolni.

Üzemszünet idején nem szükséges a fűledtségi határnak megfelelő páratartalmat tartani a medencetérben. Ilyenkor alacsonyabb hőmérséklet és magasabb (de az épületszerkezetet még nem károsító) páratartalom is megengedett. Ez a funkció (nyugalmi üzem páratartalom határérték eltolás) a nevesebb gyártók légkezelőinél általában elérhető.

A rendelkezésre álló külső hőmérséklet sűrűség függvény közül van olyan, ami szét van bontva 7-19 h és 19-7 h közötti időre. Ez a bontás hozzárendelhető az uszoda feltételezett nyitvatartásához.

Külső hőmérséklet sűrűség függvény

A légkezelő és a légtechnikai rendszer méretezését a legkedvezőtlenebb esetre kell elvégezni. A valós üzemeltetési költségek számításakor a téli-nyári méretezési alapadatokon kívül az átmeneti időszak adatait is ismerni kell, hiszen az üzemidő nagy részét ezen időszakok teszik ki. Ismerni kell azt is, hogy a rendszer hogyan reagál a csökkent terhelésre, hogyan avatkozik be a szabályzó rendszer.

Az összehasonlító számításokat a külső hőfok sűrűség függvények felhasználásával végeztem. A görbét hat hőmérséklet tartományra (-19÷-10°C, -9÷0°C, 1-10°C, 11-20°C, 21-30°C, 30-40°C) bontottam. Minden tartományhoz egy jellemző hőfokot rendeltem (az adott üzemállapot jellemzője), amit a sávon belüli hőmérsékletek üzemidő szerinti súlyozott átlagából kaptam meg.

$$t = \frac{\sum (t_a \cdot \tau)}{\sum \tau}$$

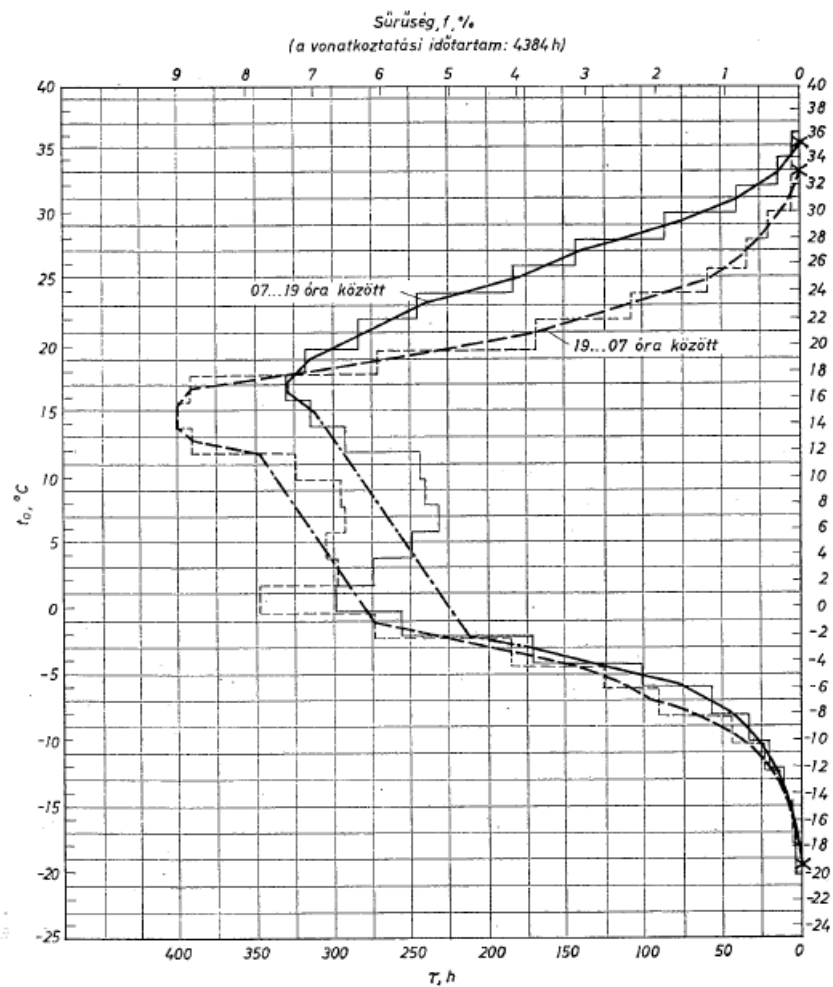
ahol,

t - az adott tartomány (üzemállapot) jellemző hőmérséklete, °C

t_a - a sávban lévő hőmérséklet értékek, °C

τ - a t_a hőmérséklet éves előfordulási ideje, h

t_a és τ értékeit a külső hőmérséklet sűrűség függvényből olvastam le.



A görbe a 7-19 h és a 19-7 h közötti gyakoriságokat külön ábrázolja.

Minden üzemállapot jellemző hőmérsékletéhez tartozó relatív páratartalmat a sokéves átlagértékekből számított és a h-x diagramban ábrázolt görbéről olvastam le.

(pl. tél) belül állandó. Ezért a légkezelő szabályzója beavatkozik, a friss levegő mennyisége, a ventilátorok fordulatszáma, és a leadott fűtési teljesítmény folyamatosan változik. A számítások során minden jellemző üzemállapotban meg kell határozni a légkezelők üzemeltetési paramétereit és költségeit, az összegzés után kapjuk meg az éves üzemeltetési költséget.

A számítások során a BAUSOFT Bt. által készített légkezelő kiválasztó-méretező programot használtam.

Külső légcsatorna ellenállás, ventilációs teljesítmény

A légkezelő belső ellenállása és a légcsatorna nyomásvesztesége befolyásolja a villanymotorok teljesítményfelvételét. A méretezési állapotban, névleges légmennyiség esetén a befűjt és elszívott légcsatorna hálózat ellenállását 300 Pa, a friss levegő és a kidobott levegő hálózat ellenállását 100 Pa értékkel vettem figyelembe. Csökkentett légmennyiség esetén feltételeztem, hogy a légcsatorna hálózat ellenállása a légmennyiség csökkenésével négyzetes arányban csökken. A légkezelő belső ellenállását a méretező program számítja, a változást figyelembe veszi.

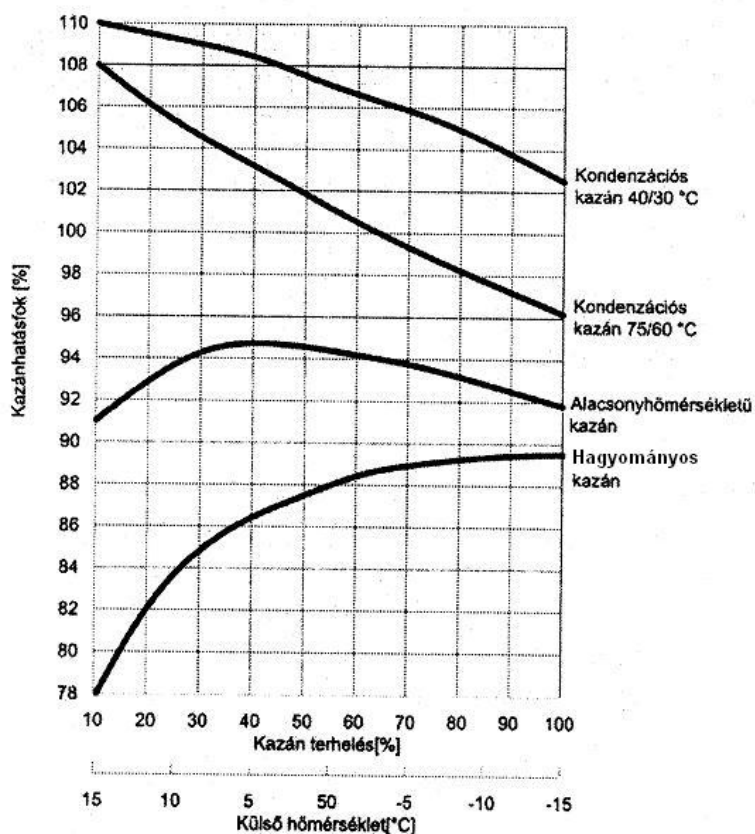
A villanymotorok teljesítményfelvétele mindig az adott üzemállapotnak megfelelő légmennyiségnek és nyomásnak függvénye. Az energiatakarékos uszodai páramentesítésnek elengedhetetlen része a frekvenciaváltó használata, ezért a ventilációs teljesítményt ennek használatával számítottam.

Fűtési költségek

A fűtési költségek számítását a két légkezelőnél különböző módon kell elvégezni. A friss levegős légkezelőnél csak melegvizes fűtési hőcserélő van, míg a hőszivattyús kivitelnél melegvizes hőcserélő és hőszivattyú kondenzátor is. Melegvizes fűtés esetén az üzemeltetési költségek a kazán üzemköltségéből és a keringető szivattyú üzemköltségéből tevődik össze.

A kazán üzemköltségét -a fűtési hőcserélő teljesítményigénye alapján kiválasztott- 24 kW teljesítményű, kondenzációs gázkazánnal számoltam, 75/60°C méretezési

hőfoklépcsővel. A kazán különböző üzemállapotaihoz (terheléséhez) tartozó hatásfokot az alábbi diagramból olvastam le:

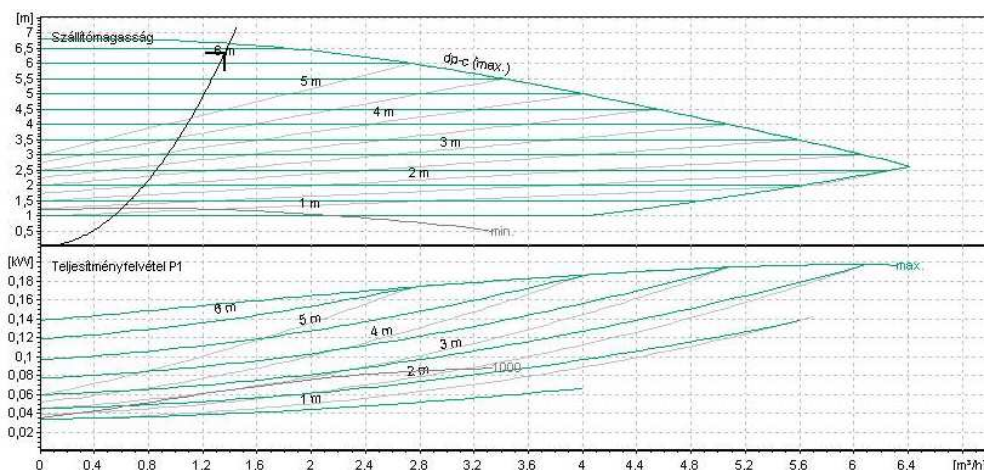


A fűtési keringető szivattyú kiválasztását egy elvi kapcsolási rajz alapján választottam, az alábbi rendszerelemek és tulajdonságaik feltételezésével:

Max kazánteljesítmény, kW	24
Hőfok különbség, °C	15
Vízáram, kg/s	0,38
Elzáró golyóscsapok (5 db) ellenállása, kPa	10
Beszabályzó szelep ellenállása, kPa	3
Visszacsapó szelep ellenállása, kPa	10
Szűrő ellenállása, kPa	10
Légkezelő hőcserélő ellenállása, kPa	10
Keverőszelep ellenállása, kPa	12,5
Kazán ellenállása, kPa	1
Egyenes csőszakaszok hossza, m	20
Egyenes csőszakaszok átmérője (Cu 28x1,5), mm	25
Vízsebesség a csőben, m/s	0,77
Egyenes csőszakaszok ellenállása, kPa	4,74
Idomok ellenállása, kPa	1,42
Összes ellenállás, kPa	62,7
Szivattyú teljesítményfelvétele, kW	0,145

Csőhálózat fajlagos hővesztesége, W/m	7,0
Csőhálózat összes hővesztesége, W	140,0

Választott szivattyú: Wilo TOP-E 25/1-7 LON PN 10



Villamos teljesítményfelvétele: 0,145 kW

A számítások során állandó vízmennyiséget, állandó ellenállást, így állandó villamos teljesítményfelvételt feltételeztem a fűtési időszakban. A csőrendszer fajlagos hőveszteségét 7 W/m értékkel számoltam.

A gáz árát az érvényben lévő GKM rendelet szerint és 34 MJ/Nm³ fűtőértékkel vettem figyelembe.

Hőszivattyús fűtés esetén a hőenergiát a hőszivattyú kondenzátora adja le. A hőtermeléshez csak villamos energia szükséges, ami a kompresszor motor meghajtásához szükséges.

A villamos energia árát a keringető szivattyú és a hőszivattyú esetében is az érvényben lévő ELMŰ díjszabás szerinti értékkel vettem figyelembe.

Az uszodák fűtését legtöbbször padlófűtéssel oldják meg, ami sokkal kellemesebb hőérzetet okoz a (sokszor mezítláb közlekedő) vendégeknek. A számítások során azt a gyakorlatban elterjedt megoldást alkalmaztam, hogy az épület hőveszteségeit az alapfűtéssel (padlófűtés, radiátoros fűtés) fedezzük, a szellőző levegőt csak a belső levegő hőfokáig fűtjük fel. A hővisszanyerés és a szükséges visszakeverés mértékét mindig az aktuális párátlanítási teljesítményigényből számolom ki.

A hőszivattyúval rendelkező berendezés bizonyos üzemállapotokban (pl. téli, éjszakai üzem) plusz fűtési teljesítményt is bevisz a medencetérbe, illetve bizonyos üzemállapotokban (pl. téli, nappali üzem esetén a lefagyás miatt) a hőszivattyú nem üzemel. Ezekben az üzemállapotokban a melegvizes hőcserélő teljesítményét úgy számoltam, hogy a két páratlanítási mód által bevitt fűtési teljesítmény egyenlő legyen. Ellenkező esetben az összehasonlítás nem lehetne igazságos, hiszen a két rendszer közül az egyik előnybe kerülne a másikkal szemben.

Légmennyiség VDI 2089 szerinti meghatározása

Medencék száma:	1
Medence rendeltetése:	tanmedence ($\varepsilon=20$ üzemben, $\varepsilon=5$ üzemszünetben)
Víz hőfok:	30°C
Vízfelület:	136 m ²

Az uszoda nedvességterhelését elsősorban a medencéből bepárolgó víz és az emberi nedvességleadás okozza. A tanmedencét egyidejűleg használók száma kb. 50 fő.

A bepárolgó vízmennyiség fürdőüzemben:

$$m_v = \varepsilon * A_m * (p_v - p_b) = 20 \text{ g/(hPa m}^2 \text{ h)} * 136 \text{ m}^2 * (42,4 \text{ hPa} - 22,8 \text{ hPa}) = 53312 \text{ g/h}$$

Emberi nedvességleadás fürdőüzemben:

$$m_e = n * 80 \text{ g/h}, f'' = 50 * 80 \text{ g/h}, f'' = 4000 \text{ g/h}$$

Összes nedvességterhelés fürdőüzemben:

$$m_{\delta} = m_e + m_v = 53312 \text{ g/h} + 4000 \text{ g/h} = 57312 \text{ g/h}$$

A szellőző levegő mennyisége:

$$\dot{V}_{SZ} = \frac{\dot{m}_O}{\rho_{SZ} \cdot (x_T - x_{SZ})} = \frac{57312g/h}{1,184kg/m^3 \cdot (14,3g/kg - 9g/kg)} = 9133m^3/h$$

A bepárolgó vízmennyiség üzemszünetben:

$$\dot{m}_v = \varepsilon * A_m * (p_v - p_b) = 5g/(hPa \cdot m^2 \cdot h) * 136m^2 * (42,4hPa - 21,8hPa) = 14008g/h$$

A légmennyiség alapján választott uszodai légkezelő: **ATU 12 H** és **ATU 12 E** uszodai páramentesítő berendezés. Névleges légmennyiség: 10 500 m³/h. Névleges párátlánítási teljesítmény VDI 2089 szerint: 65,9 kg/h.

8. Energetikai, üzemeltetési költség számítások

A korábbi pontok figyelembe vételével elkészített számítások eredményeit a következő táblázatokban foglalom össze:

üzemállapotok	üzem I	üzem II	üzem III	üzem IV	üzem V	üzem VI
Belső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	30/55	30/55	30/55	30/55	30/55	32/60
Külső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	-12,8°C / 30%	-3,3°C / 34%	5,2°C / 60%	15,1°C / 61%	23,9°C / 55%	31,6°C / 51%
Nedvességtartalék, kg/h	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	39,3
Szükséges frisslevegő arány, %	31,6	34,2	42,3	61,0	100	100
Szükséges frisslevegő mennyiség, m ³ /h	2 890	3 130	3 870	5 580	9 150	9 150
Hővisszanyerési hatások, %	81,6	79,7	76,6	69	43,3	0
Visszanyert teljesítmény, kW	40,5	30,3	26	19,6	8	0
Szellőző levegő hőfoka a visszakeverés után, °C	27,2	27,4	27,4	27,1	26,5	31,6
Szellőző levegő páratartalma a visszakeverés után, %	42	41,4	41,6	42,4	47,1	51
Szellőző levegő hőfoka a fűtő hőcserélő után, °C	27,2	33	33	33	26,5	31,6
Névleges légmennyiség, m ³ /h	9 150	9 150	9 150	9 150	9 150	9 150
Fűtő hőcserélő teljesítménye, kW	0	16,9	16,9	17,8	0	0
Befűvő ventilátor teljesítményfelvétele, kW (frekvenciaváltóval)	2,27	2,3	2,39	2,85	3,84	3,09
Befűvő ventilátor hatások, % (frekvenciaváltóval)	70	70	70	73	76	74
Elszívó ventilátor teljesítményfelvétele, kW (frekvenciaváltóval)	2,86	2,86	3,01	3,35	3,84	3,84
Elszívó ventilátor hatások, % (frekvenciaváltóval)	73	73	74	75	76	76
Befűvő ventilátor teljesítményfelvétele, kW (frekvenciaváltó nélkül)	3,81	3,81	3,8	3,94	3,84	3,86
Befűvő ventilátor hatások, % (frekvenciaváltó nélkül)	70	70	70	74	76	76
Elszívó ventilátor teljesítményfelvétele, kW (frekvenciaváltó nélkül)	3,95	3,95	3,93	3,9	3,84	3,84
Elszívó ventilátor hatások, % (frekvenciaváltó nélkül)	74	74	74	75	76	76
Ventilátorok össz. teljesítményfelvétele, kW (frekvenciaváltóval)	5,13	5,16	5,40	6,20	7,68	6,93
Ventilátorok össz. teljesítményfelvétele, kW (frekvenciaváltó nélkül)	7,76	7,76	7,73	7,84	7,68	7,70
Keringető szivattyú teljesítményfelvétele, kW	0	0,145	0,145	0,145	0	0
Légtérkezelő igényelt hőteljesítménye, kW	0	16,9	16,9	17,8	0	0
Csőhálózat összes hővesztése, W	0	140	140	140	0	0
Összes igényelt hőteljesítmény, kW	0	17,0	17,0	17,9	0	0
Névleges kazánteljesítmény, kW	24	24	24	24	24	24
Kazán terhelés, %	0	70,8	70,8	74,6	0	0
Kazán hatások, %	100	99	99	99	100	100
Gázfogyasztás, m ³ /h	0	1,82	1,82	1,91	0	0
Ventilációs költségek frekvenciaváltóval, Ft/h	186	187	196	225	278	251
Ventilációs költségek frekvenciaváltóval, Ft	8 072	107 862	245 490	344 183	256 677	13 680
Ventilációs költségek frekvenciaváltó nélkül, Ft/h	281	281	280	284	278	279
Ventilációs költségek frekvenciaváltó nélkül, Ft	12 195	162 081	350 700	434 435	256 677	15 206
Termikus költségek, Ft/h	0	165	165	173	0	0
Termikus költségek, Ft	0	95 172	206 663	264 638	0	0
Hővisszanyerő által visszanyert energia értéke, Ft	16 379	164 508	306 529	282 217	68 832	0
Üzemidő, h	43,4	576,8	1252,5	1529,7	923,3	54,5
Összes üzemköltség frekvenciaváltóval, Ft	8 072	203 034	452 153	608 821	256 677	13 680
Összes üzemköltség frekvenciaváltó nélkül, Ft	12 195	257 253	557 363	699 073	256 677	15 206

Villamos energia ára, Ft/kWh*

Gáz ára, Ft/m³**

* ELMŰ 2008.01.01 óta érvényes díjszabás, nem lakossági fogyasztó esetén, nappali időszak, nettó ár
 ** 97/2007. (XII.01) GKM rendelet szerint, 2008.01.01-től érvényes nem lakossági díjszabás, nettó ár, energiaadóval együtt

Üzemeltetési költség ATU H esetén
 nappali üzem

975 964 Ft
 1 231 294 Ft
 566 473 Ft
 838 465 Ft
 1 542 437 Ft
 1 797 767 Ft

Üzemállapotok							üzem I	üzem II	üzem III	üzem IV	üzem V	üzem VI
Belső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	26/65						26/65	26/65	26/65	26/65	26/65	32/65
Külső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	-12,5°C / 50%						-3,5°C / 53%	5,1°C / 73%	14,8°C / 75%	23,1°C / 66%		31°C / 63%
Nedvességterhelés, kg/h	14,0						14,0	14,0	14,0	13,0		7,7
Szükséges frisslevegő arány, %	21,7						24,0	30,9	53,2	100		100
Szükséges frisslevegő mennyiség, m³/h	790						880	1 130	1 950	3 660		3 660
Hővisszanyerési hatások, kW	81,4						80,6	78,1	71,5	42,3		0
Visszanyerési teljesítmény, kW	9,3						7,6	6,5	5,3	1,5		0
Szellőző levegő hőfoka a visszakeverés után, °C	24,2						24,5	24,5	24,2	24,3		31
Szellőző levegő páratartalma a visszakeverés után, %	55,5						54,5	54,6	55,5	61,3		63
Medenceterbe bevitt fűtőteljesítmény, kW	4,62						4,62	4,62	4,62	0		0
Szellőző levegő hőfoka a fűtő hőcserélő után, °C	29,9						29,9	29,9	29,9	24,3		31
Névéleges légmennyiség, m³/h	3 660						3 660	3 660	3 660	3 660		3 660
Fűtő hőcserélő teljesítménye, kW	6,9						6,5	6,5	6,9	0		0
Befűtő ventilátor teljesítményfelvétele, kW	0,37						0,39	0,41	0,51	0,83		0,79
Befűtő ventilátor hatások, %	73						73	74	74	72		72
Elszívó ventilátor teljesítményfelvétele, kW	0,35						0,37	0,39	0,49	0,81		0,81
Elszívó ventilátor hatások, %	73						73	74	74	72		72
Ventilátorok össz. teljesítményfelvétele, kW	0,72						0,76	0,80	1,00	1,64		1,60
Keringtető szivattyú teljesítményfelvétele, kW	0,145						0,145	0,145	0,145	0		0
Légkezelő igényelt hőteljesítménye, kW	6,9						6,5	6,5	6,9	0		0
Csőhálózat összes hővesztése, W	140						140	140	140	0		0
Összes igényelt hőteljesítmény, kW	7,0						6,6	6,6	7,0	0		0
Névéleges kazántelesítmény, kW	24						24	24	24	24		24
Kazán terhelés, %	29,2						27,5	27,5	29,2	0		0
Kazán hatások, %	104						104	104	104	100		100
Gázfogyasztás, m³/h	0,71						0,67	0,67	0,71	0		0
Ventilációs költségek, Ft/h	15						16	17	21	35		34
Ventilációs költségek, Ft	785						11 514	25 418	36 252	13 276		248
Hővisszanyerő által visszanyerelt energia értéke, Ft	4 358						49 003	87 083	81 981	5 302		0
Termikus költségek, Ft/h	66						62	62	66	0		0
Termikus költségek, Ft	3 452						44 615	92 702	113 936	0		0
Üzemidő, h	52,3						719,6	1495,2	1726,3	379,3		7,3
Összes üzemköltség, Ft	4 237						56 129	118 120	150 188	13 276		248

Villamos energia ára, Ft/kWh*

21,22

Gáz ára, Ft/m³**

88,01

* ELMŰ 2008.01.01 óta érvényes díjszabás, nem lakossági fogyasztó esetén, éjszakai időszak, nettó ár
 ** 97/2007. (XII.01) GKM rendelet szerint, 2008.01.01-től érvényes nem lakossági díjszabás, nettó ár, energiaadóval együtt

87 493 Ft
 227 727 Ft
 254 705 Ft
 342 198 Ft

Üzemeltetési költség ATU H esetén
 éjszakai üzem

üzemállapotok	üzem I	üzem II	üzem III	üzem IV	üzem V	üzem VI
Belső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	30/55	30/55	30/55	30/55	30/55	32/60
Külső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	-12,8 °C / 30%	-3,3 °C / 34%	5,2 °C / 60%	15,1 °C / 61%	23,9 °C / 55%	31,6 °C / 51%
Nedvességhelés, kg/h	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	39,3
Szükséges frisslevegő arány, %	31,6	34,2	42,3	61,0	100	100
Szükséges frisslevegő mennyiség, m³/h	2 890	3 130	3 870	5 580	9 150	9 150
Hővisszanyerési hatások, %	81,6	79,7	76,6	69	43,3	0
Visszanyert teljesítmény, kW	40,5	30,3	26	19,6	8	0
Szellőző levegő hőfoka a visszakeverés után, °C	27,2	27,4	27,4	27,1	26,5	31,6
Szellőző levegő páratartalma a visszakeverés után, %	42	41,4	41,6	42,4	47,1	51
Szellőző levegő hőfoka a kondenzátor után, °C	27,2	33	33	33	26,5	31,6
Névleges légmennyiség, m³/h	9 150	9 150	9 150	9 150	9 150	9 150
Kondenzátor teljesítménye, kW	0	16,9	16,9	17,3	0	0
Medenceterbe bevitt fűtőteljesítmény, kW	0	8,9	8,9	8,9	0,0	0,0
Bevűvő ventilátor teljesítményfelvétele, kW	2,37	2,41	2,5	2,96	3,96	3,2
Bevűvő ventilátor hatások, %	70	70	71	74	76	75
Elszívó ventilátor teljesítményfelvétele, kW	2,95	2,99	3,19	3,76	4,59	4,59
Elszívó ventilátor hatások, %	74	74	75	76	77	77
Hűtőkompresszor teljesítményfelvétele, kW	0	3,76	3,76	3,84	0	0
Össz. villamos teljesítményfelvétel, kW	5,32	9,16	9,45	10,56	8,55	7,79
Elektromos áram fogyasztás ventilátorok, Ft	8 372	112 940	258 415	372 738	286 244	15 394
Elektromos áram fogyasztás hőszivattyú, Ft	0	78 640	170 763	212 993	0	0
Üzemidő, h	43,4	576,8	1252,5	1529,7	923,3	54,5
Összes üzemköltség, Ft	8 372	191 580	429 178	585 731	286 244	15 394

Villamos energia ára, Ft/kWh*

36,26

* ELMŰ 2008.01.01 óta érvényes díjszabás, nem lakossági fogyasztó esetén, nappali időszak, nettó ár

1 054 103 Ft
462 396 Ft

1 516 499 Ft

Üzemeltetési költség ATU E esetén
nappali üzem

üzemállapotok	üzem I	üzem II	üzem III	üzem IV	üzem V	üzem VI
Belső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	26/65	26/65	26/65	26/65	26/65	32/65
Külső levegő hőfoka/páratartalma, °C/%	-12,5°C / 50%	-3,5°C / 53%	5,1°C / 73%	14,8°C / 75%	23,1°C / 66%	31°C / 63%
Nedvességteljesítés, kg/h	14,0	14,0	14,0	14,0	13,0	7,7
Párátlanítási teljesítmény, kg/h	34,5	34,5	34,5	34,5	13,0	7,7
Frisslevegő arány, %	0	0	0	0	100	100
Elpárolgotatón áthaladó levegőmennyiség, m ³ /h	3 660	3 660	3 660	3 660	3 660	3 660
Szelelő levegő hőfoka a kondenzátor után, fűtés esetén °C	29,8	29,8	29,8	29,8	24,3	31
Szelelő levegő páratartalma a kondenzátor után, fűtés esetén %	40	40	40	40	61,3	63
Névéleges légmennyiség, m ³ /h	9 150	9 150	9 150	9 150	3 660	3 660
Kondenzátor teljesítménye, kW	17	17	17	17	0	0
Hőszivattyús üzem alatt a medencetérbe bevitt fűtőteljesítmény, kW	11,4	11,4	11,4	11,4	0	0
Beltűvő ventilátor teljesítményfelvétele a hőszivattyú működésekor, kW	2,2	2,2	2,2	2,2		
Beltűvő ventilátor hatásfoka, %	68	68	68	68		
Eliszívó ventilátor teljesítményfelvétele a hőszivattyú működésekor, kW	3,1	3,1	3,1	3,1		
Eliszívó ventilátor hatásfoka, %	74	74	74	74		
Beltűvő ventilátor teljesítményfelvétele a hőszivattyú nélkül, kW	0,32	0,32	0,32	0,32	0,85	0,79
Beltűvő ventilátor hatásfoka, %	71	71	71	71	72	72
Eliszívó ventilátor teljesítményfelvétele a hőszivattyú nélkül, kW	0,43	0,43	0,43	0,43	0,9	0,9
Eliszívó ventilátor hatásfoka, %	74	74	74	74	71	71
Hűtőkompresszor teljesítményfelvétele, kW	3,78	3,78	3,78	3,78	0	0
Össz. villamos teljesítményfelvétel, kW	9,08	9,08	9,08	9,08	0,00	0,00
Elektromos áram fogyasztás ventilátorok, Ft	2 879	39 645	82 374	95 108	14 085	262
Elektromos áram fogyasztás hőszivattyú, Ft	1 700	23 422	48 664	56 188	0	0
Összes üzemidő, h	52,3	719,6	1495,2	1726,3	379,3	7,3
Üzemidő a hőszivattyú működésével, h	21,2	292,0	606,7	700,5	0,0	0,0
Üzemidő a hőszivattyú működése nélkül, h	31,1	427,6	888,5	1025,8	379,3	7,3
Összes üzemköltség, Ft	4 579	63 067	131 038	151 296	14 085	262

234 353 Ft
129 974 Ft

364 327 Ft

Villamos energia ára, Ft/kWh*

21,22

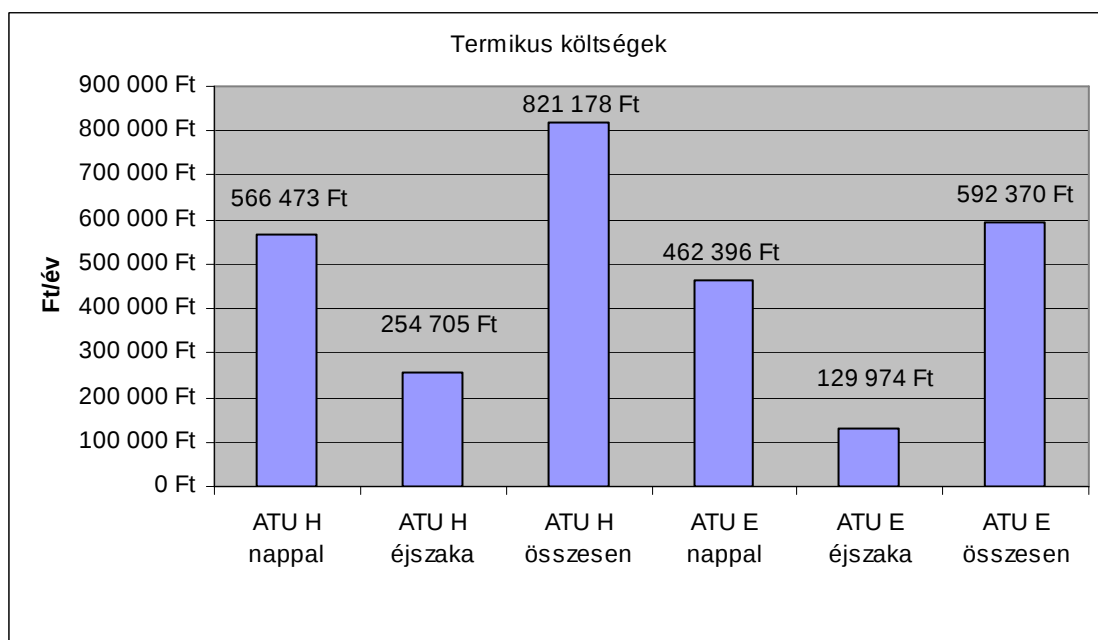
* ELMŰ 2008.01.01 óta érvényes díjszabás, nem lakossági fogyasztó esetén, éjszakai időszak, nettó ár

Üzemeltetési költség ATU E esetén
éjszakai üzem

9. Kiértékelés

Termikus költségek

Termikus költségeknek a szellőző levegő fűtésére fordított költségeket neveztem el. ATU H berendezés esetében a termikus költséget a gázkazán és a keringető szivattyú üzemeltetési költsége adja, ATU E esetében pedig a hőszivattyú üzemeltetési költsége.

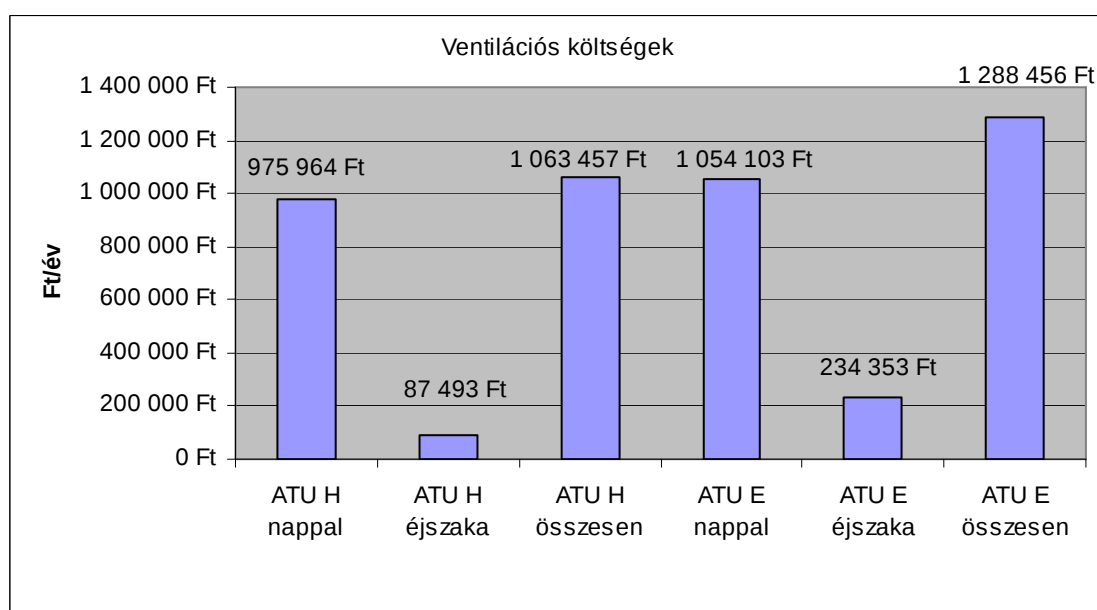


A diagramból látszik, hogy a hőszivattyúval rendelkező gép termikus költsége éjszakai és nappali üzem esetén is kisebb, mint a hőszivattyút nem tartalmazó gépé. Különösen nagy az eltérés az éjszakai üzem esetében, amikor a két gép teljesen eltérően működik. Ez logikusnak is tűnik, hiszen a gáz fajlagos ára $(\frac{88 \text{ Ft} / \text{m}^3 \cdot 3600 \text{ s} / \text{h}}{34000 \text{ kJ} / \text{m}^3}) = 9,3 \text{ Ft} / \text{kWh}$, a villamos energiáé pedig nappal 36,3 Ft/kWh. A két energiaár aránya $(36,3/9,3)=3,9$, ami alatta van egy jól működő hőszivattyú COP értékének. Ráadásul a hőszivattyús gép éjszakai állapotban (csökkentett áru éjszakai árammal) teljes visszakeverés mellett páratlanít, így elmarad a friss levegő felfűtésének energiaigénye.

A számítások során az ATU E légkezelő éjszakai üzemét két részre kellett bontani. A légkezelő páratlanítási teljesítménye itt jelentősen meghaladja a medencetéri nedvességterhelést, ezért a hőszivattyú szakaszos üzemben dolgozik. A számítások során ezt figyelembe vettem, a hőszivattyú és a melegvizes hőcserélő által a medencetérbe bevitt összes fűtési teljesítményt a 7. pontban részletezett módon egyenlőnek vettem.

Ventilációs költségek

Mindkét légkezelő esetében a ventilátorok által felvett villamos energia költségével számoltam.



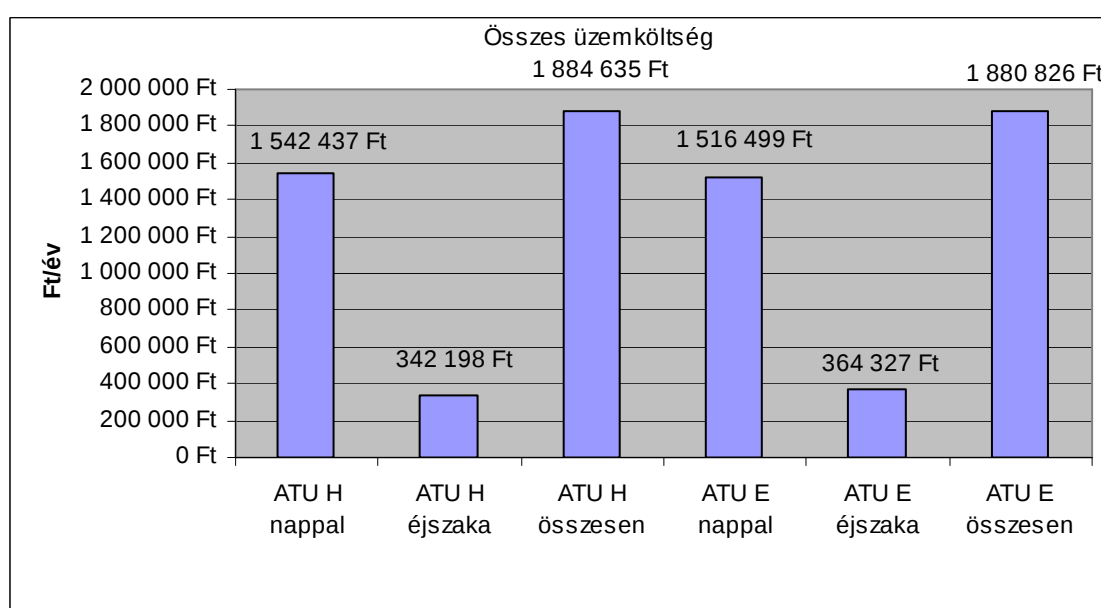
A ventilációs költségek esetében a hőszivattyút nem tartalmazó gép a jobb. Nappali üzem esetében a két gép hasonlóan működik, csak a fűtés módja különbözik. A kissé magasabb ventilációs költség a (az elpárologtató és a kondenzátor miatti) nagyobb belső ellenállás miatt van.

Markáns eltérés itt is az éjszakai üzem esetén van. A hőszivattyús esetben (fűtési igény esetén) a légkezelő névleges légmennyiséggel üzemel. A ventilátorok teljesítményfelvételét csak a kisebb belső-külső ellenállás csökkenti. A frisslevegős

gép esetében a légmennyiség és a külső-belső ellenállások is kisebbek, így a ventilátorok jóval kisebb energiát igényelnek.

Összes üzemköltség

A termikus és a ventilációs költségek összege. Ez jellemzi a légkezelők teljes üzemeltetési költségét.



A két légkezelő közötti üzemeltetési költségek kiegyenlítődték, jelentős üzemeltetési különbség nincs a két légkezelő között. Beruházáskor a beruházási, karbantartási és üzemeltetési költségeket mindig együtt kell vizsgálni. Megállapítható, hogy a hőszivattyús esetben az első két költség magasabb, mint a hőszivattyú nélküli esetben, az üzemeltetési költség körülbelül megegyezik, így alkalmazása a mostani energiaárak mellett (még) nem javasolt.

A termikus költségeket jelentősen befolyásolja a gáz és a villamos energia fajlagos árának egymáshoz képesti aránya. A közeljövőben az energia árak és az egymáshoz képesti arányok változására is számítani lehet, így az üzemköltségek optimalizálását mindig aktualizálni szükséges.

A teljes üzemköltségeket nappali üzemben is célszerű összehasonlítani, mivel sok helyen a spórolási szándék vagy a letakart vízfelület miatt a légkezelőket éjszakára

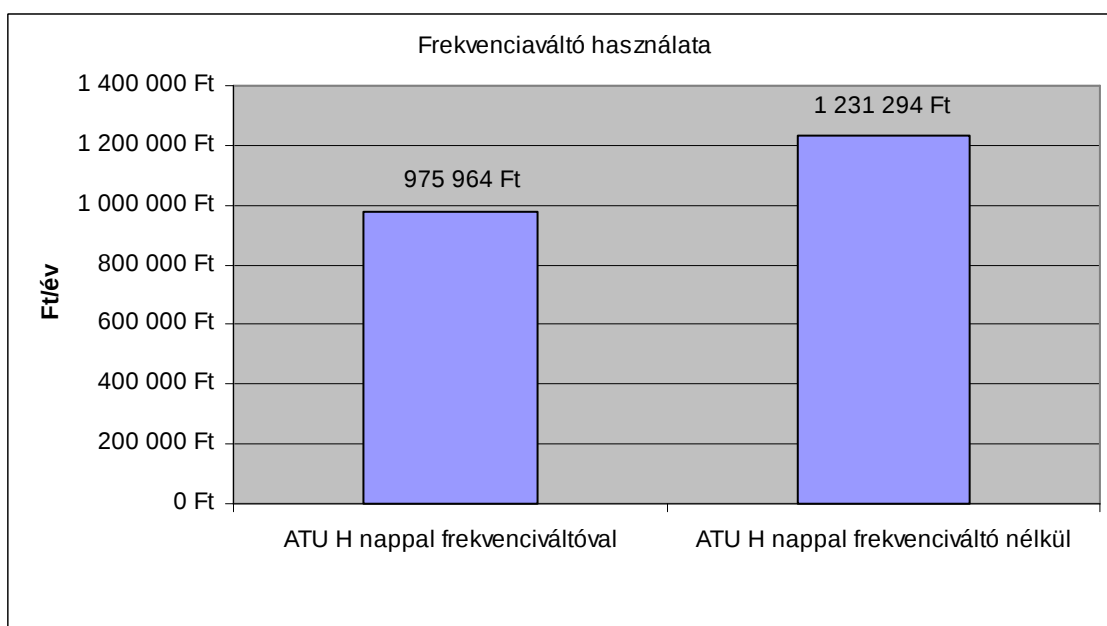
kikapcsolják. Megállapítható, hogy nappali üzem esetén sem túl jelentős a különbség.

Frekvenciaváltó használata

Az előző pontokban (pl. 3. pont) részletezett okok miatt a frekvenciaváltó használata rendkívül fontos az uszodai páramentesítés során.

Részterheléskor -frekvenciaváltó használata nélkül- a csökkent belső-külső ellenállás miatt a légmennyiség növekedne, ez a szükségtelen légmennyiség növekedés elektromos teljesítményfelvétel többletet okozna.

A számítások során az ATU H esetében és nappali üzemben (leggyakrabban használt géptípus és legjellemzőbb üzem) kiszámítottam a ventilációs költséget frekvenciaváltó nélkül is.



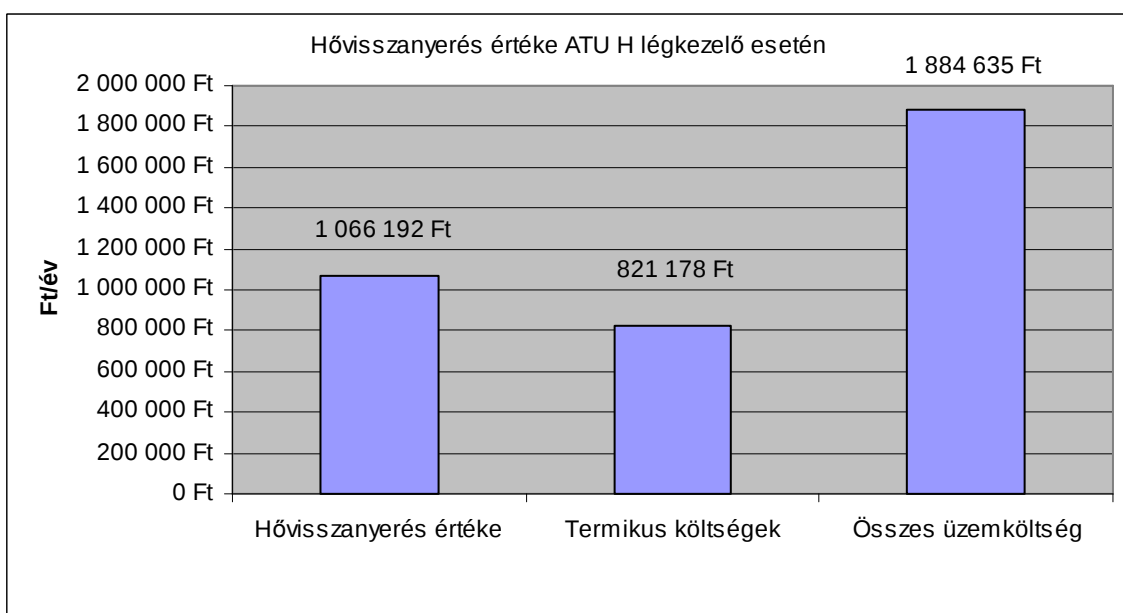
A két üzem közötti különbség 255 330 Ft, ami kb. egy db frekvenciaváltó árával egyezik meg. A szükséges két db frekvenciaváltó beruházási költsége pusztán a nappali üzem alatt 2 év alatt megtérül!

Ha a légkezelőt éjszakai üzemben is használják a megtakarítás még jelentősebb lehet, hiszen az éjszakai nedvességterhelés töredéke a nappalinak, így a légkezelő üzemeltetése részterhelésen is elegendő.

Hővisszanyerő használata

Szintén a korábbi pontokban részleteztem a hővisszanyerő használatának fontosságát. Az uszodai légkezelésben a rekuperatív hővisszanyerő terjedt el, mivel a regeneratív esetében (a magasabb hatásfok ellenére) nedvesség átadás is van. Ez uszodák esetében káros. Hatásfok szempontjából az uszodai hővisszanyerők a legideálisabb körülmények között üzemelhetnek. Szinte minden alapadat elősegíti a kiemelkedően magas hővisszanyerési hatásfokot:

- Az elszívott levegőnek magas a hőfoka, így nagy a friss és elszívott levegő közötti (logaritmikus) hőfokkülönbség.
- Az elszívott levegőnek magas a páratartalma, így az elszívott levegő oldalon jelentős kondenzátum keletkezik, ami elősegíti jobb hőátadást.
- A téli üzemállapotban a légkezelő jelentős visszakeveréssel dolgozik, így a hővisszanyerőn kevés levegő fog áthaladni. A kis légsebesség szintén elősegíti a jó hőátadást.



A diagramról jól leolvasható, hogy a hővisszanyerés értéke termikus költségnél magasabb értékű és a teljes üzemköltség kb. felét teszi ki.

A régebben tervezett uszodákban gyakran hővisszanyerés nélküli, KI-BE szellőztetést alkalmaztak. Mára ez a megoldás használata igencsak korlátozott. Talán csak ott szokás még mindig használni, ahol meleg energia (pl. termálvíz) korlátlanul rendelkezésre áll. A jó minőségű és hatásfokú hővisszanyerő használata nélkülözhetetlen az uszodai páramentesítés során.

10. Összefoglaló

Szakmai körökben gyakran vita tárgyát képezi, hogy az uszodai páramentesítés során milyen uszodai páramentesítő berendezés a jó választás: a hőszivattyús vagy a hőszivattyú nélküli. A döntés a beruházási költségek, energiafelhasználás, üzemeltetési és karbantartási költségek figyelembe vételével történhet. Mivel a beruházási és karbantartási költségek esetében egyértelmű a helyzet, jelen dokumentum keretében a két típus energiafelhasználási költségeit hasonlítottam össze egy teljes évi üzemeltetési lefutás alapján. A számítások során a valóságoshoz közelálló, külső-belső állapothoz tartozó paramétereket vettem fel és kiszámítottam az adott állapotban a rendszerben lejátszódó folyamatokat és a energiafelhasználást.

A számítások során figyelembe vettem a külső levegő hőmérséklet, páratartalom előfordulási gyakoriságát, az uszoda várható nyitvatartási idejét. A bepárolgást és a légmennyiséget a gyakorlatban elterjedt VDI 2089 szerint számoltam. Több paraméter esetében a valóságoshoz közelálló értéket vettem fel (külső légcsatorna ellenállás, befűjt levegő hőfoka). A számításokat éjszakai és nappali részekre osztottam a különböző terhelések és üzemállapotok miatt.

A részletes számítások során kiderült, hogy a szakmai vita nem véletlen. A két légkezelő üzemeltetési különbségében nincs lényeges eltérés, a számított különbség hibahatáron belül van.

A kiértékelésnél részleteztem az üzemeltetési költségek összetevőit (termikus, ventilációs, stb.), a hővisszanyerő és a frekvenciaváltók használatának befolyását.

A számításokat 2008. I. negyedévben végeztem el az akkor érvényes energiaárakkal. Azóta a gáz ára emelkedett 2008. 04. 01-től és 2008. 07. 01-től is. Sajnos további áremelkedésre lehet számítani a gáz és a villany esetében is, így az üzemköltség számításokat ennek megfelelően mindig aktualizálni kell.

A számításokat ellenőriztem a jelenleg érvényes tarifákkal is. A hőszivattyús légkezelő némi előnyre tett szert a gázár emelések miatt, de ez még nem olyan mértékű, hogy a jóval magasabb beruházási költséget ellensúlyozná.

11. Felhasznált irodalom

- | | |
|---|---|
| [1] Dr. Menyhárt József | Légtechnikai rendszerek |
| [2] Recknagel Sprenger Schramek | Fűtés- és Klimatechnika 2000 I-II. |
| [3] Ladányi, Székely, Flachner (lektorálta.: Dr. Kontra Jenő) | Fedett uszodák tervezési szempontjai |
| [4] Dr. Kiss Róbert | Légtechnikai adatok |
| [5] Bánhidi László, Kajtár László | Komfortelmélet |
| [6] Tanszéki munkaközösség (szerk: Dr. Molnár Zoltán) | Légtechnikai Segédlet |
| [7] Dr. Fekete, Dr. Menyhárt | Légtechnika Elméleti Alapjai |
| [8] Szántai András | Uszoda energiatakarékos páramentesítése |

Csongrád, 2008.07.15.

Készítette:

Szántai András
okl. áramlástechnikai gépész,
épületgépész mérnök