

DIPLOMADOLGOZAT

**Harpauerné Sebestyén Ágnes
Létesítmény mérnök Msc.**

**Gödöllő
2023**



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Létesítménymérnök MSc. Szak

Nagyvállalat hűtési rendszerének átalakítása

Ágnes

Belső konzulens:	Hermanucz Péter Tanársegéd
Külső konzulens:	Nagy István Épületgépész tervező
Készítette:	Harpauerné Sebestyén D5KDA2 Levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet/ Épületgépészet Létesítmény- és Környezettechnikai Tanszék

Gödöllő
2023



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

MŰSZAKI INTÉZET LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖK MESTERSZAK
Épületgépész specializáció

DIPLOMADOLGOZAT
feladatlap

Harpauerné Sebestyén Ágnes (D5KDA2)

részére

A diplomadolgozat címe:

Nagyvállalat hűtési rendszerének átalakítása

Feladatkiírás:

A feladat egy nagyvállalatnál lévő nyitott tartállyal rendelkező hűtési rendszer optimalizálása. A kitűzött cél a nyitott rendszerből adódó problémák megoldása, valamint egy újabb energia hatékony, automata és üzembiztos rendszer megalkotása. A vállalat részéről kérés volt, hogy lehetőség szerint a meglévő gépek legyenek hasznosítva, illetve az új rendszerre történő átállási idő minimális legyen, hogy a termelésben ne okozzon kiesési időt.

Közreműködő tanszék: Épületgépészet Létesítmény- és Környezettechnikai Tanszék

Külső konzulens: Nagy István, Nagy Gépész Kft. 1182 Budapest, Abonyfalva u. 6.

Belső konzulens: Hermanucz Péter Tanársegéd, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. 05.02.

Gödöllő, 2023. 04.17.

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 04 hó 14 nap

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	6
1.1 Áttekintés	6
1.2 Feladat ismertetése.....	7
2. Hűtés történelme	7
3. Hűtési megoldások	9
3.1. Hűtés alapjai.....	9
3.2. Kompresszoros hűtés	11
3.2.1. Kompresszoros hűtés rendszerelemei	11
3.3. Hűtés szabályozása.....	12
3.4. Hűtőközegek.....	13
3.4.1. Hűtőközegek jellemzői.....	13
3.4.2. Jogszabályi háttér	14
3.4.3. Gyártócsarnokban alkalmazott hűtőközegek.....	14
4. Gyártócsarnokban alkalmazott gépészeti berendezések.....	16
4.1. Fan-coil	16
4.2. Folyadékhűtő.....	18
4.2.1. Folyadékhűtő típusok	19
4.2.2. Folyadékhűtő hatékonysági számai.....	20
4.3. Szivattyú	21
4.3.2. Szivattyú kapcsolások	26
4.3.3. Szivattyú szabályozási módok	27
4.3.4. Frekvenciaváltós üzemeltetés.....	29
4.4. Egyéb rendszerelemek	30
4.4.1. Csővezetékek.....	30
4.4.2. Nyitott hűtő tartály	31
4.4.3. Szelepek, elzáró szerelvények, szűrők	31
5. Létesítmény ismertetése	34
5.1. Vállalat történelmének áttekintése	34
5.2. Vizsgált létesítmény	34
5.3. Épület szerkezete.....	37
6. Meglévő rendszer	38
6.1. Alkalmazott rendszerek.....	39
6.2. Rendszerelemek műszaki adatai.....	42

6.2.1.	Termelő oldali rendszer elemek	42
6.2.2.	Elosztói rendszer elemek.....	43
6.2.3.	Fogyasztó oldali rendszer elemek	44
6.3.	Probléma a meglévő rendszerrel	45
7.	Új rendszer kialakítása	47
7.1.	Alkalmazott elvek	47
7.2.	Rendszer méretezése	48
7.3.	A rendszer kialakítása	53
7.4.	Választott berendezések	55
8.	A rendszer gazdasági számításai	55
8.1.	Beruházási költségek.....	55
8.2.	Éves költségek.....	56
8.3.	Megtérülési idő.....	59
9.	Összegzés	61
10.	Summary	62
11.	Nyilatkozat	63
12.	Irodalomjegyzék.....	64
13.	Mellékletek.....	68
1.	Melléklet – Hűtési energiaellátó rendszer elvi séma.....	69
2.	Mellékelt – Elosztó séma	70
3.	Melléklet - TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NW1– REF 27 rendszerhez	71
4.	Melléklet - TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NW1– REF 20 rendszerhez	71
5.	Melléklet - TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NW1– REF 24 rendszerhez	72
6.	Melléklet - TP 65-120/2 A-F-A-BQBE-GW1 – CU 1 rendszerhez.....	72
7.	Melléklet - TP 80-170/4 A-F-A-BAQE-KW3– CU 2 rendszerhez.....	73
8.	Melléklet - TP 80-170/4 A-F-A-BAQE-KW3– AC 1 rendszerhez.....	73
9.	Melléklet - TP 65-120/2 A-F-A-BQBE-GW1 – AC 2 rendszerhez	74

1. Bevezetés

1.1 Áttekintés

A mai világban az emberek életmódja, valamint a gazdasági helyzet lehetővé teszi, hogy egyre több elektronikai, energia felhasználó berendezést használjanak. Ilyenek például a konyhai felszerelések, takarításhoz használt eszközök, gépjárművek, szórakozási eszközök. Mindez előidézte a tömeggyártást, a robotizálást és ezzel a vállalatok nagy energiafelhasználását. Egy gyártóvállalat működéséhez elengedhetetlen épületgépészeti megoldás a megfelelő hűtési rendszer. Hűtést itt nem csak komfortcélra, hanem a gyártógépek hűtéséhez és technológiai célra is használhatnak. A gyártás területén használt rengeteg gyártóberendezésnek köszönhetően igen sok hulladékhő keletkezik, ezzel növelve a terület hőterhelését. Az irodákban, mérőszobákban azonban az előírásoknak megfelelő hőmérsékletet kell tartani, ami megnövekedett hűtési igényt idéz elő.

Ma Magyarország energiafelhasználásának közel a 25 %-át az ipar teszi ki. A magas energiafelhasználás nagyon nagymértékben terheli környezetünket, melyet már sokan felismertek. A környezeti károk enyhítése érdekében egyre több és szigorúbb követelményeket fogalmaznak meg, melyeknek meg kell felelni. Különösen Európában került előtérbe a környezetvédelem és az energiatudatosság, mely első lépésként a nagyvállalatokat készíti e téren a fejlődésre. Ezt kétféle képen lehet megtenni: a jelenkor tudásának és fejlettségének megfelelően a legmodernebb technológiák alkalmazásával vagy pedig a meglévő rendszerek fejlesztésével. Azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a tényt, hogy egy vállalat számára az az elsődleges, hogy nyereséges tudjon maradni. Az autóiparban ehhez elengedhetetlen a megfelelő minőség biztosítása, melyhez megfelelő infrastruktúrát kell biztosítani. Szerencsére sok vállalatnál tapasztalható, hogy a nyereségorientáltság mellett a minőség és a környezettudatosság is szempontként szerepel. Ez a fajta támogatás elengedhetetlen a technológiai fejlődés érdekében, melynek mi mérnökök is részei vagyunk. A mérnökök feladata, hogy a jelenlegi szigorú követelmény rendszerek közepette megkeressék a legmegfelelőbb megoldásokat a minőség, a környezetvédelem és az energiahatékonyság hármasságának ellátására a folyamatok tervezése során. A minőség alatt értjük azt, hogy egy rendszer a feladatát megfelelően ellássa, lehetőleg kevés javítási munka mellett. Olyan anyagok és megoldások kerüljenek előtérbe, mely a környezetünkre nem, vagy a lehető legcsekélyebb hatást gyakorolja. Mindezt a lehető legkevesebb energiafelhasználás mellett érjük el.

1.2 Feladat ismertetése

Az általam választott téma egy autóipari beszállító cég gyártócsarnokában lévő hűtési megoldás optimalizálása. A meglévő rendszer egy nyitott hűtési tartályra dolgozik rá, mely a nem megfelelő kivitelezés miatt minőségi problémákkal rendelkezik, és nem képes ellátni az eredeti funkcióját. A vizsgálat, illetve a tervezés során elengedhetetlen szempontok az igények megfelelő ellátása mellett a tartalék biztosítása, az energia hatékony megoldások alkalmazása, valamint a könnyű, gazdaságos és leginkább az automata üzemeltetés megvalósítása. Mindezekhez amennyiben lehetséges és egyéb okok nem indokolják, a meglévő berendezéseket és technológiákat szeretnék alkalmazni. Külön kérés volt a vállalat részéről, hogy olyan megoldás legyen tervezve, melynek a kivitelezési ideje minimális leállást igényel a mostani rendszer részéről.

2. Hűtés történelme

Az embereknek már nagyon korán megjelent az az igénye, hogy melegebb időszakban is tudjanak ételeket, italokat vagy akár épületeket is hűteni. A fennmaradt írásos emlékek szerint már az emberiség megjelenésével egyidős a hűtés története. Azokon a térségeken ahol lehetőség volt rá, egyszerűen a hűvös vízbe tették az emberek az élelmiszereket és így hűtötték. Máshol a régi kor embere havat, jeget használt. Méghozzá oly módon, hogy hideg időben kitermelt jeget elvermelték és a vermet különböző anyagokkal kibélelték. Így egy hőszigetelt földalatti tároló keletkezett, mely képes volt melegebb időben is jól eltartósítani vagy lehűteni bizonyos élelmiszereket (Jakab, 2000).

A hűvösebb régiókban az emberek könnyedén be tudták gyűjteni a jeget és a havat, mellyel a melegebb régiókban akár kereskedni is tudtak. Azonban elég korán rádöbrentek, hogy a jégnek a szállítása nem csak igen veszteséges a melegebb régiókba, de igen költséges művelet is. Így elkezdtek „mesterséges” hűtést használni ezeken a területeken. Rájöttek ugyanis arra az emberek, hogy a víz a párolgása során hőt von el a környezetétől, ezt kihasználva agyagkorsókba öntöttek vizet, melyet az edény falazata felszívott és a külső felületen való elpárolgása elvonta a hőt az edény tartalmától. Afrikában még a mai napig is használnak agyagedényeket hűtésre azzal a különbséggel, hogy ma már 2 agyagedényt használnak. A belső agyagedénybe teszik a hűtendő élelmiszereket, a két edény közé pedig nedves homokot tesznek. Ez a megoldás sokkal tovább képes hűvösen tartani az élelmiszereket elektromos áram használata nélkül is (Ezermester, 2001).



1. ábra Afrikában, hűtésre használt agyagedény (Tóth, 2011)

Az évek elteltével az ipar több fejlődési szakaszon ment keresztül. A XIX. században bekövetkező ipari ugrás már olyan nagy mennyiségű hűtést igényelt, amit már nem lehetett kielégíteni pusztán természetes jég és hó formájában. A helyzetet az első jéggyártó hűtőberendezés oldotta meg, melyet 1859-ben Ferdinánd Carré szabadalmaztatta. Az abszorpciós rendszerű berendezés volt az első, amit iparilag is hasznosítottak. Nem sokkal később 1867-ben ő volt az első, aki hűtőközegként hasznosította az ammóniát. A mesterséges jég előállítása megoldotta a jéghiány problémáját. Így már az ipar és a háztartások számára is elegendő mennyiségű jég állt elő. A korabeli emberek úgynevezett jég szekrényeket használtak, mely a 2. ábrán látható. A jég szekrény három fő részből állt. A felső fakkba kellett a jeget tenni, a középső részbe a hűtendő élelmiszert és volt még egy alsó része, ahova az olvadó jégből származó víz lecsöpöghetett. Azonban a mesterséges jég előállítása nem csak a jéghiányt oldotta meg, hanem a hűtő- és fagyasztó berendezések megépülését és elterjedését is lehetővé tették (Jakab, 2000).



2. ábra XIX. században használt jég szekrény (Láng, 2020)

Ezzel egy időben, az 1870-es években Carl von Linde egy szintén ammónia hűtőközeggel bíró kompresszoros elvű hűtőberendezést talált fel. A legnagyobb technológiai

ugrás a hűtés a terén, azonban a XIX. században történő villanymotor felfedezése és a villamos hálózatok kiépítése után következett be. A XX. század kezdetére így meg tudtak alkotni egy olyan kisméretű kompresszoros hűtő berendezést, melyet a korábbi technológiákkal nem. Azonban az akkoriban ismert hűtőközegek veszélyeztető tulajdonságaik miatt nem terjedtek el jelentős mértékben. Kisméretű kompresszoros hűtőberendezések igazán a II. világháború után terjedtek el nagy számban, amikor már ismert volt a színtelen, szagtalan, nem mérgező és nem éghető szénhidrogén származékok. A XX. század végére pedig újabb és újabb megoldások kerültek felfedezésre, továbbá világossá vált, hogy a kezdetben veszélytelennek tűnő hűtőközegek közül egyesek a környezetre gyakorolt negatív hatásuk miatt nem hasznosíthatóak. Így a hűtés egy folyamatosan fejlődő technológiának mondható (Hűtőmester, 2010).

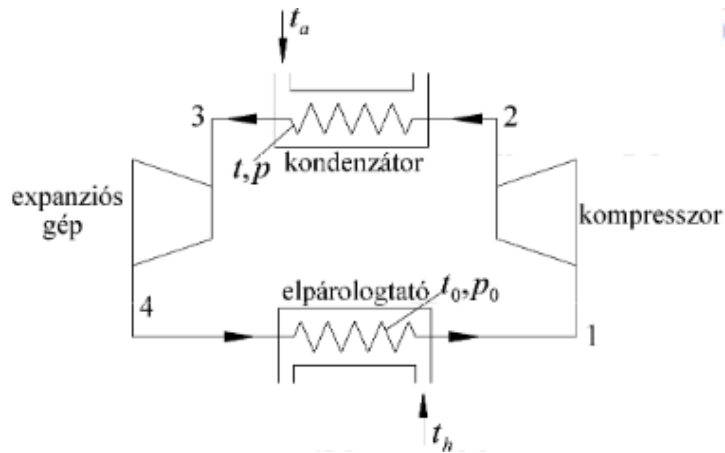
3. Hűtési megoldások

3.1. Hűtés alapjai

A hűtés megvalósításához két közegre, hőmérséklet különbségre és a két közeg közötti hőcsere kapcsolatra van szükség. A két közeg közül azt, amelyik a hőt adja le hűtött közegnek nevezzük, azt a közeget, amely pedig ezt a leadott hőmennyiséget felveszi, hűtőközegnek nevezzük. Természetes hűtésről akkor beszélhetünk, ha a hűtendő közeg magasabb hőmérsékletű, mint a hűtőközeg. Amennyiben viszont a hűtendő közeg az alacsonyabb hőmérsékletű, már mesterséges hűtésről beszélünk. Ahhoz, hogy ez a mesterséges hűtési folyamat megvalósulhasson, szükség van egy hűtőberendezésre, egy hőt szállító közegre, valamint segédenergiára, mely a folyamatot képes működtetni (Penninger, 2012).

A hűtést egy olyan hűtőberendezés végzi, mely lényegében egy önmagában zárt termodinamikai körfolyamatot alkot. A működés alapja, hogy a hűtőberendezés segédenergia betáplálásával a hűtendő közegtől hőt von el. A hűtésnek alapvetően két fajtáját különböztetjük meg. Van közvetlen és közvetett hűtés. A közvetlen hűtés alatt azt értjük, amikor a hűtőegység közvetlenül a levegőből vonja el a hőt. A közvetett hűtés esetében pedig a hűtőegység által keringetett hűtött közegből vonja el a szükséges hőmennyiséget. A hűtés során elvont energiát és a felvett segédenergiát a hűtőközegnek adja le a hűtőegység. A mesterséges hűtés megvalósításához bizonyos egységekre is szükség van, mint például

fojtószelepre, kondenzátorra, elpárolgatóra valamint kompresszorra. Ezen berendezések segítségével valósítható meg egy általános hűtés folyamata (Recknagel, 2008).



3. ábra Általános hűtőkörfolyamat elvi felépítése (Penninger, 2012)

A hűtési körfolyamat nem a környezetét kihasználva akar munkát előállítani, hanem energia befektetés árán változtatja meg a környezetének paramétereit (hőmérséklet, páratartalom). A hűtési folyamatok elméleti alapját a Carnot-körfolyamat adja. A valóságban azonban ez a folyamat így nem megvalósítható, a különböző eszközökkel csak közelíteni tudnak ehhez az ideális körfolyamathoz. A körfolyamat 4 állapotváltozást takar (Bihari, 2001).

A hűtőközegek fajtái szerint megkülönböztethetünk légnemű illetve gőznemű közeggel dolgozó berendezéseket. Légnemű hűtőközeggel működő berendezések esetében a körfolyamat során a hűtőközeg halmazállapota változatlan marad, míg a gőznemű közeggel működő berendezések esetében bekövetkezik a halmazállapot változás. Ebben az esetben, a körfolyamatban a hőfelvétel során a hűtőközeg elpárolog, így gőz állapotba kerül egészen a kondenzációval járó hőleadásig, ahol visszaalakul folyékony halmazállapotba (Bihari, 2001).

A hűtési rendszereket a befektetett energia fajtája szerint az alábbi csoportokba lehet sorolni:

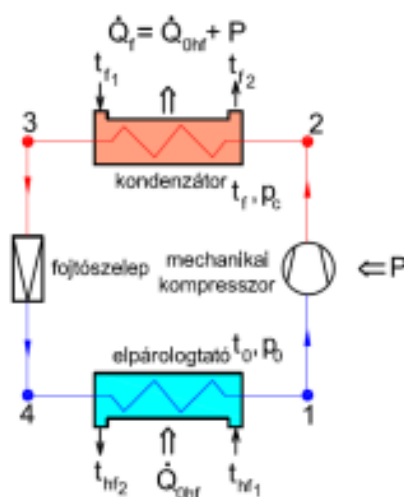
- mechanikai segédenergiát hasznosító folyamatokat kompresszoros,
- hőenergiát hasznosító rendszereket abszorpciós,
- míg a villamos energiával működő hűtőfolyamatokat termoelektromos rendszereknek nevezzük (Juhász et. al. 2020).

A hűtési folyamatok nagy része, többek között az általam vizsgált rendszerek is kompresszoros hűtő berendezéseket használ, így a termoelektromos illetve abszorpciós

hűtési folyamatokról most tenné említést. A kompresszoros hűtőberendezések elterjedésének fő oka, hogy a felsorolt megoldások közül ez a leghatékonyabb hűtési megoldás. Hátrányaként elmondható, hogy villamos energia felhasználás szükséges a működéséhez és a kompresszor működése motorzajjal jár, de a technológia fejlődésével ez a zaj is egyre minimálisabbá válik. Az abszorpciós hűtéshez ugyan nincs szükség villamos energiára, de hőre igen, valamint a vízigénye is jóval nagyobb. Ezt a megoldást ott lenne gazdaságos üzemeltetni, ahol nagy a hulladékhő egész évben és a nagymennyiségű hűtővíz is rendelkezésre áll (Juhász et. al., 2020).

3.2. Kompresszoros hűtés

A kompresszoros hűtőberendezés négy fő elemből áll az 5. ábrának megfelelően. Egy elpárologtatóból, kompresszorból, kondenzátorból és egy fojtószelepből (Szabó, Péter, 2001).



4. ábra Általános hűtőkörfolyamat elvi felépítése (Juhász et. al., 2020)

3.2.1. Kompresszoros hűtés rendszerelemei

1. Elpárologtató

Egy felületi hőcserélő, melyben kis nyomáson és alacsony hőmérsékleten valósul meg a hőfelvétel. Az ide érkező hűtőközeg nedves gőz halmazállapotú, viszont innen már túlhevített gőz távozik, hiszen a közeg teljesen elpárolog miközben a hűtött közegből hőt von el. Az elpárologtató kiválasztásánál szem előtt kell tartani, hogy a hűtött közegnek milyen a fajtája (léghűtő, folyadékhűtő vagy fagyasztó), illetve hogy az elpárolgás folyamata milyen (száraz vagy elárasztásos) rendszerű (Juhász et. al., 2020).

2. Kompresszor

A kompresszor egy dugattyú segítségével sűríti a beérkező gőz halmazállapotú hűtőközeget, vagyis csökkenti a térfogatát miközben a nyomása növekszik. Ezáltal a hűtőközeg hőmérséklete megemelkedik, de halmazállapot változás nem történik. A kompresszorral szemben támasztott fő követelmény, hogy jó energetikai hatásfokkal rendelkezzen, halk és hosszú élettartalmú legyen (Juhász et. al., 2020).

3. Kondenzátor

Szintén egy felületi hőcserélő, melyben nagy nyomáson és magas hőmérsékleten valósul meg a hőleadás. Az ide érkező hűtőközeg túlhevített gőz, innen viszont már folyadék halmazállapotban távozik. A hőleadás közben a hűtőközeg teljesen kondenzálódik (Juhász et. al., 2020).

4. Adagoló

Az adagolót más néven fojtószelepnek is hívjuk. Egyrészt szabályozza a rendszerbe visszakérülő hűtőközeg mennyiségét, másrészt egy keresztmetszet szűkítéssel lecsökkenti a hűtőközeg nyomását, így a hőmérsékletét is. Halmazállapot változás a fojtás során nem keletkezik (Juhász et. al., 2020).

3.3. Hűtés szabályozása

Mivel a hűtés állandóan változó külső feltételek mellett működik, miközben az elérni kívánt hőmérséklet egy előírt állandó hőmérséklet, ezért a hűtőgépeket szabályozni kell. A szabályozás célja, hogy az elérni kívánt hőmérsékletet állandó értéken tartsa, miközben a berendezés fajlagos energiafogyasztása ne növekedjen nagymértékben (Juhász et. al., 2020).

Szabályozásról akkor beszélünk, ha van egy bemeneti jel, amely a berendezésnél változást indít elő. A változás hatására módosul egy érték, mely állandóan felül van vizsgálva, és visszacsatol a bemeneti jelhez, így szükség esetén újabb változást idéz elő. Ez tehát egy zárt hatásláncnak tekinthető (Maczik, 2016).

Léteznek segédenergia nélkül működő és segédenergiával működő szabályozók. Segédenergia nélküli szabályozók között a legjellemzőbb a hőmérsékletszabályozásra alkalmas termosztátok vagy a nyomásszabályozásra alkalmas presszosztátok. Ezek kétállású szabályozók, melyeken könnyen be lehet állítani egy alapértéket és egy kapcsolási sávot. Működési elvüket tekintve található egy csőmembrán, mely a változó hőmérséklet vagy nyomás hatására megmozdít egy rudat, ami átbillent egy kapcsolót. A kapcsoló tudja

megszakítani vagy zárni az áramkört. Ezzel a megoldással a hűtőberendezések kompresszorát könnyen lehet működtetni, és így a hűtési teljesítményt szabályozni. A nyomásszabályozók ezen funkciója mellett még védelmi funkciókat is elláthatnak, melyeket kényszerolajozású kompresszorok esetében szoktak alkalmazni az automatikus visszakapcsolás megakadályozására. Ha több termosztátot vagy presszosztátok szeretnék alkalmazni, akkor a mai rendszerek esetében érdemes egy elektronikus szabályozót is alkalmazni, mely a lépcsőzetes szabályozást képes megvalósítani az együttműködő rendszerek esetében (Juhász et. al., 2020).

3.4. Hűtőközegek

Hűtés esetén fontos megvizsgálni a hűtőközegek fajtáját is. Mivel az általam vizsgált rendszerben régebbi hűtőberendezések is jelen vannak, fontos, hogy megismerjük az erre vonatkozó jogszabályokat.

Hűtőközeg az az anyag, amely a hűtés során változtatja a halmazállapotát, miközben a hőt leadja, illetve felveszi. Az általános követelmény a hűtőközeggel kapcsolatban, hogy viszonylag alacsony hőmérsékleten elpárologtatható legyen, továbbá, hogy ésszerű nyomástartományban lehessen cseppfolyósítani. A kiválasztás egyik fő szempontja, hogy a hűtőközegek dermedési pontja ne essen az üzemi hőmérséklet tartományba. Ezek a fizikai tulajdonságokon kívül számos követelménynek illetve az egyre szigorodó jogszabályoknak is meg kell felelni. Ezek a követelmények több kategóriára oszthatóak: hűtéstechikai, kémiai, egészségügyi, gazdasági és ökológiai követelmények (Juhász et. al., 2020).

3.4.1. Hűtőközegek jellemzői

A hűtőközegek csoportosítására, illetve jellemzésükre különböző értékeket használnak. Veszélyességük alapján különböző csoportokba sorolják őket. A csoportosítás során nézik a közegek gyúlékonyságát és mérgező hatásukat is. Ez alapján vannak: nem vagy kevésbé mérgezők (jelölésük A) illetve erősen mérgezők (B). Gyúlékonyságuk szerint három kategóriát különböztetünk meg (nem gyúlékony 1, kevésbé gyúlékony 2, erősen gyúlékony 3). Ezek alapján a csoportosítás a következő (Lantos, 2019):

Nagyobb gyúlékonyság	A3.	B3.
Kisebb gyúlékonyság	A2.	B2.
Nincs lángterjedés	A1.	B1.
	Kisebb mérgező hatás	Nagyobb mérgező hatás

5. ábra Hűtőközegek veszélyességi kategóriái (Lantos, 2019)

Jellemezhetjük őket az úgynevezett GWP (Global Warming Potential, azaz globális felmelegedési potenciál) értékkel, mely az üvegház hatást erősítő tényezőt jelenti. Ez az érték azt mutatja meg, hogy a vizsgált anyagból 1 kg-nyi mennyiség mekkora mennyiségű CO₂-nak megfelelő üvegház erősítő hatása van 100 év viszonylatban (Európai Bizottság, 2020).

A hűtőközegek másik jellemzője az ODP (Ozone Depletion Potential), azaz ózon károsító hatás. Ennek értéke 0-1 közötti számok. A szám 1, ha az ózonréteget károsító anyag van benne. Mint kiderült a közegek klórtartalma okozza a fő problémát (Varga, 2015).

3.4.2. Jogszabályi háttér

Az első jogi szabályozás a hűtőközegekkel kapcsolatban 1987-ben született a Montreali Jegyzőkönyv, melyben a halogénezett szénhidrogének egyes típusainak a kivezetését írták elő, a környezeti (ózonréteg) károsító hatása miatt. Ezt az egyezményt Magyarország is átvette és különböző jogszabályokat hozott a hazai előírások megteremtésére. A következő nagyobb mérföldkő az 1995-ben íródott Kiotói Jegyzőkönyv, melyben az üvegházhatású gázok csökkentését tűzték ki célul, ezzel érintve a hűtőközegeket is. Ez segítette elő a magyar szabályozást, és megszületett a 14/2015 (II.10.) Kormányrendelet a fluortartalmú üvegházhatású gázokkal és az ózonréteget lebontó anyagokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről. Ebben a jogszabályban meghatározzák a hűtőközegekkel kapcsolatos előírásokat, forgalomba hozatalát, felhasználását illetve a kivezetésük ütemét illetően is (Juhász et. al., 2020).

A jogszabályok mellett hogy betiltották a klórtartalmú gázok, illetve a nem 0 ODP számmal rendelkező közegek forgalomba hozatalát, számos megkötést alkalmaznak a fluortartalmú gázokkal kapcsolatban. A szabályozásokat a közegek GWP értéke alapján hozták meg, így próbálják meg elérni a 2030-ra kitűzött CO₂ kibocsátási célokat (Tóth, 2020).

3.4.3. Gyártócsarnokban alkalmazott hűtőközegek

A hűtőközegek elnevezését nemzetközileg egységesítették. Ez alapján a hűtőközegeket egy R betűvel és a kémiai összetételből levezethető számmal jelölik. Az általam vizsgált rendszerek esetében előforduló hűtőközegek a következők:

- R22 – Klór-difluor-metán. Részlegesen halogénezett hűtőközeg Nem mérgező, nem is éghető, tehát biztonsági fokozatát tekintve A1-es kategóriába tartozik. Fontos megjegyezni, hogy nyílt lánggal nem érintkezhet, mert bomlásterméke mérgező lehet. Vigyázni kell azonban azzal, hogy nehezebb,

mint a levegő, így ha zárt térben szivárogni kezd, könnyen kiszoríthatja az ember számára szükséges oxigént. Színe halványzöld. Alacsony a forráspontja és nagy volumetrikus hőelvonású közeg. GWP értéke 1700 kgCO₂/kg, ODP értéke 0,05 (Varga, 2015), (Juhász et. al., 2020).

- R410A – Ez egy keverék, az R32 és az R125 keveréke fele-fele arányban. Biztonsági fokozat tekintetében A1-es kategóriába sorolható, tehát nem mérgező és nem is gyúlékony. Levegőnél nehezebb, így a gázömlésre érdemes figyelni és mérni a levegőben lévő koncentrációját. A R22 hűtőközeg helyettesítésére használják, de mivel jóval nagyobb nyomás szükséges a használatához, ezért új berendezésre van szükség, a régi gépekbe nem használhatóak. Elmondható azonban, hogy a berendezés hatékonysága nő az R22-vel töltött berendezéshez képest. Színét tekintve rózsaszín. Ezt leginkább dugattyús és Scroll kompresszorokhoz használják leginkább. Környezetkárosító hatása azonban elég magas, GWP értéke 1900 kgCO₂/kg, ODP értéke 0 (Varga, 2015).
- R134a – Tetrafluor-etán. Ez egy klórmentes halogénezett hűtőközeg mely halvány bíbor színű, enyhén szúrós szagú, nem mérgező és nem gyúlékony (tehát A1 biztonsági fokozatba tartozó), egykomponensű közeg. Vigyázni kell azonban, mert égésekor keletkezhetnek veszélyes bomlástermékek. Ezt a fajta anyagot leginkább a csavar- és turbókompresszoros berendezésekhez használják, az R12-es hűtőközeget helyettesíti. GWP értéke 1300 GWP kgCO₂/kg, ODP értéke 0 (Varga, 2015).

A jelenlegi rendszernél érintett hűtőgépek mindegyike már R410A és R134a típusú hűtőközeggel rendelkezik, de a gyár egyes részein még találhatóak R22-es hűtőközegű berendezések, melyeket egy későbbi projekt alkalmával érdemes lenne leváltani.

Bár jelenleg ezek a hűtőközegek elfogadottak, és a jelen szabályozásnak megfelelnek, a mai napig számos kutatás zajlik arra vonatkozóan, hogy milyen közegekkel lehet a kiváltani a jelen anyagokat, melyek a biztonság mellett még kevesebb környezetkárosító hatással rendelkeznek. Ilyen kutatás például az R513A alkalmazása az R134a helyett, melynek GWP értéke csak 573 az 1300-al szemben (Mota-Babilon, et. al., 2017).

4. Gyártócsarnokban alkalmazott gépészeti berendezések

Egy épület megfelelő hőtermelő kiválasztásához figyelembe kell venni az épület funkcióját és az alkalmazott vagy alkalmazandó hőleadó típusát is. A hőleadók elsődleges feladata, hogy az előállított hőenergiát átadja a helyiségnek valamilyen módon (sugárzással, konvekcióval) (Baumann, 2012).

4.1. Fan-coil

A Fan-coil egy ventilált hőcserélőt jelent, vagy más néven kalorifert. A berendezés felépítését tekintve egy bordákkal ellátott hőcserélőből és egy ventilátorból áll. A kialakításából adódóan a Fan-coil egységek képesek fűteni és hűteni is, attól függően, hogy rajtuk keresztül milyen hőmérsékletű vizet áramoltatunk. Ezen egységek között légszűrővel szerelhető kivitelűek is vannak, melyeken keresztül a helyiség levegő ellátottságáról is tudunk gondoskodni. Amennyiben a helyiségbe szánt friss levegő már az elérni kívánt hőmérsékletnek megfelelően érkezik, azzal számos energia megtakarítható. Ezeket az egységeket, ha hűtésre kívánjuk használni, akkor nem szabad megfeledkeznünk a képződött kondenzáció elvezetéséről sem. Igénnytől függően számos kivittel találkozhatunk (ESTE, 2022):

- kazettás,
- légszűrővel szerelhető,
- parapet,
- valamint oldalfali változatban léteznek.



6. ábra Kazettás fan-coil egység (Midea, 2022)



7. ábra Légcsatornázható fan-coil egység (Midea, 2022)



8. ábra Parapet fan-coil egység (Midea, 2022)



9. ábra Oldalfali fan-coil egység (Midea, 2022)

Fan-coil alkalmazása esetén a hőcserélő kiviteli típusai mellett meg tudjuk különböztetni magát a rendszer kialakítását is. Így beszélhetünk kétsöves és négycsöves kialakításról. Kétsöves berendezés esetében az egységen két csont és egy hőcserélő egység található. a két csont közül az egyik az előremenő a másik a visszatérő víz fogadására szolgál. Ebben az esetben az egységgel vagy fűteni vagy pedig hűteni lehet, így télen a melegvíz nyáron pedig a hidegvíz kering benne. A négycsöves kivitel ezzel szemben négy csontot és két hőcserélőt tartalmaz. Ezáltal az egységen egyszerre lehet a hűtő és a fűtő kört is keringetni, és az igényeknek megfelelően automatikusan át tud kapcsolni egyik körről a másikra. A négycsöves kivittel az épület egyik részében tudunk hűteni, míg a másikban

Megállapíthatjuk, hogy a fan-coil –os rendszer számos előnnyel rendelkezik más hőleadó rendszerekhez képest:

- A rendszernek vannak hátrányai is:

- ## 4.2. Folyadékhűtő

Folyadékűtők számos előnnyel rendelkeznek a más ipari rendszerekhez képest (pl. VRF):

- csőhálózat tervezése során nincsenek korlátozások, szinte korlátlan szerelési távolság,
- nagyobb teljesítménytartománnyal rendelkezik,
- több beltéri egységet képes ellátni (teljesítménytől függően),
- nem rendelkeznek hűtőtoronnyal, így könnyen mozgathatóak (Frigo Tech, 2015).

Azonban a hátrányairól sem szabad megfeledkezni:

- csőhálózat tervezése pontos hidraulikai méretezést igényel,
- nagyobb keresztmetszetű csövek alkalmazását igényli, mint egy VRF rendszer esetében,
- közvetítő közeg miatt több hőcsereelő van a rendszerben (több hőveszteséget jelent),
- nagyobb beltéri egységeket igényel, mint a VRF rendszer esetébe,
- nagyobb kültéri egységek
- üzemeltetésük gazdaságatlanabb (Frigo Tech, 2015).

4.2.1. Folyadékhűtő típusok

Ipari folyadékhűtők abban különböznek egy átlagos folyadékhűtőtől, hogy nagyobb hűtési igényt tudnak kiszolgálni, ezáltal több fogyasztót is ki tudnak szolgálni.

Léteznek csak hűtésre, hővisszanyerésre vagy pedig hűtésre és fűtésre egyaránt alkalmas folyadékhűtők. Utóbbi típust hőszivattyús kivitelnek nevezzük. Kivitelüket tekintve két típust különböztetünk meg. Léteznek kompakt és osztott felépítésű folyadékhűtők. Kompakt hűtőberendezésről akkor beszélhetünk, ha egyetlen egység képes ellátni a hűtési feladatot, ebben található meg az összes hidraulikus, kalorikus és elektromos alkatrész. Osztott felépítésű folyadékhűtőről akkor beszélhetünk, ha további kiegészítő berendezések szükségesek a hűtési feladat ellátásához. Ilyen kiegészítő egység lehet például a kondenzátor vagy a hűtőtorony (Budavári, 2020).

Hűtési módjukat nézve megkülönböztetünk léghűtéses, vízhűtéses, valamint szabadhűtéses kivitelű. Léghűtéses folyadékhűtőket bármilyen nagyságú rendszerhez lehet illeszteni, kültérre történik a telepítése. Vízhűtéses folyadékhűtőket inkább nagyobb rendszerekhez alkalmaznak, elhelyezése beltérre történik. Szabadhűtésű kivitelű olyan épületek esetében érdemes alkalmazni, ahol hűtési igényre állandóan van szükség, így az

átmeneti időszakokban (tavasszal, ősszel), minimális segédenergiával tudnak működni (Dainkin, 2023).



10. ábra Ciat típusú ipari léghűtéses (bal oldali) és Ciat típusú vízhűtéses (jobb oldali) folyadékűtők (Proidea, 2023)

A berendezéseket az alkalmazott kompresszor típusa alapján is megkülönböztethetjük a folyadékűtőket. A leggyakrabban lengő, görgős vagy csavarkompresszort használnak. Az alkalmazott kompresszorok teljesítménye nagyban különbözik, illetve hozzájuk csak meghatározott fajtájú hűtőközeget érdemes választani (Lantos, 2018).

4.2.2. Folyadékűtő hatékonysági számai

Minden rendszer esetében használnak egy hatékonyság tényezőt, mellyen tudjuk jellemezni és összehasonlítani az egyes berendezéseket, rendszereket.

- A hűtőgépek esetében a az energetikai hatékonyságra az EER (Energy Efficiency Ratio) értéket alkalmazzák. Az EER számítása:

$$EER = \frac{\text{Hasznos hűtőtéljesítmény (kW)}}{\text{Előállításához szükséges gépi effektív teljesítményfelvétel (kW)}}$$

Számítása szabványban megadott külső feltételeknek megfelelően zajlik. Tehát ha egy berendezésnek minél nagyobb az EER értéke, annál energiahatékonyabb az adott berendezés.

- A fűtésre is alkalmas (hőszivattyús) kivitel esetében szükség van egy fűtőtéljesítmény meghatározására is, ezt a COP számmal értékelik. A COP meghatározása:

$$COP = \frac{\text{Hasznos fűtőtéljesítmény (kW)}}{\text{Előállításához szükséges gépi effektív teljesítményfelvétel (kW)}}$$

Számítása szintén szabvány szerint történik. Azonos munkaponton igaz az az összefüggés, hogy az EER-hez egyet adva megkapjuk a COP értéket. A gyártói katalógusokban megadott értékek, általában nem azonos munkapontra történnek.

- Annak érdekében, hogy a hűtőgépek éves energiafogyasztását meg lehessen becsülni, szükséges egy éves átlagos EER értéket tudni. Ehhez létrehozta egy egyszerűsített számítási módszert, melyet Európában az ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) számmal jellemeznek. Mivel a számításnál használt súlyozó együtthatók egységesek az azonos rendszerű hűtőberendezés esetében, ezért ez a szám alkalmas az azonos hűtési rendszerű gépegységek egymással való összehasonlítására, de csak kizárólag komfortklíma ellátására tervezett energiafogyasztás közelíthető meg vele (Göntér, 2009).

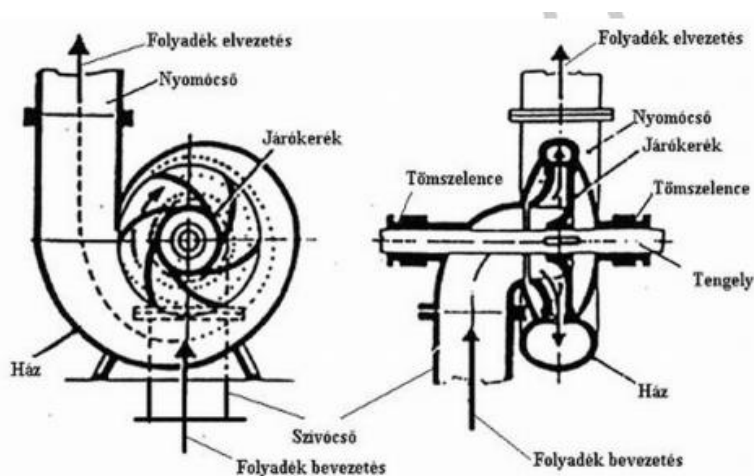
4.3. Szivattyú

A szivattyú fő feladata, hogy a víz munkavégző képességét, vagyis energiatartalmát növelje, mindezt energia befektetés árán képes megvalósítani. Működése során az alsó edényből a felsőbe szállítja a folyadékot. Ezt úgy teszi, hogy közben a folyadék sebessége és a nyomása megváltozik. A szivattyúkat működési elvük alapján két fő csoportba sorolhatjuk. Az egyik a térfogat kiszorítás elvén működő, míg a másik az áramlástan elven működő szivattyúk (Iró, Zsenák, 2000).

Mivel a hűtési rendszerben használt szivattyúk utóbbi kategóriába tartoznak, ezért a térfogat kiszorítás elvén működő szivattyúkat most nem részletezném.

Az áramlástan elven működő szivattyúk, ahogy azt a nevük is mutatja, valamilyen áramlási törvényszerűséget kihasználva továbbítja a folyadékot. A legelterjedtebb az úgynevezett örvényszivattyú vagy centrifugál szivattyú. A legjellegzetesebb alkatrésze a

járókerék, mely a 11. ábrán látható változatán radiálisan elhelyezett lapátokkal rendelkezik. Típusait tekintve lehet radiális, diagonális (vagyis fél axiális), axiális, oldalcsatornás és periférikus örvényszivattyú. Működése során a járókerék forog, melynek lapátjai energiát közölnek a folyadékkal, azaz a centrifugális erővel gyorsítja fel a folyadékot. A megnövekedett sebességgel együtt a mozgási energia is megnő. Ezután a folyadék a szivattyúházba kerül, ahol a mozgási energia, nyomási energiává alakul. A kilépő folyadék helyére újra folyadék áramlik. Ezáltal egy folyamatos folyadékszállítás jön létre, mely az örvényszivattyúk nagy előnye. A 11. ábrán is látható járókereket egy tengely forgat, ami egy elektromotor hajt (Szabó, 2008).

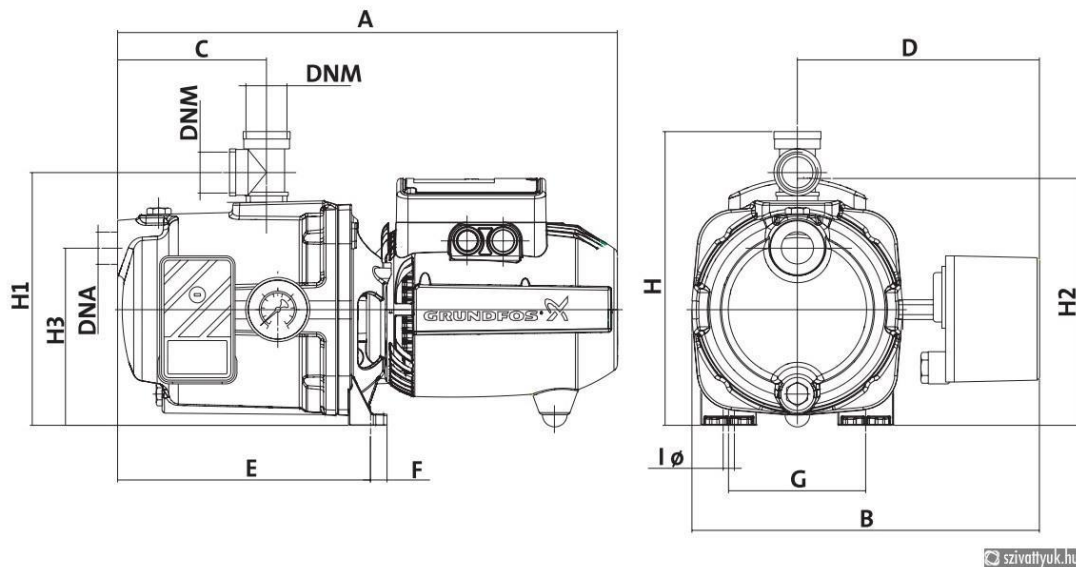


11. ábra Centrifugál szivattyú szerkezete (Szabó, 2008)

Az ábrán egy egylépcsős, radiális átömlésű járókerekkel rendelkező szivattyú látható. Ezekre sugárirányba mozog a folyadék. A járókerék tulajdonképpen két darab párhuzamosan elhelyezett tárcsa, amik között lapátok találhatók. Ezek a lapátok egyenes vagy ívelt kialakításúak, és egyenletes távolságra vannak elhelyezve. A folyadék a szívócsonton lép be a szivattyúba, majd a szívócsövön keresztül jut a lapátokhoz. Centrifugálszivattyú esetében fontos megjegyezni, hogy indítás előtt a szivattyúházat fel kell tölteni folyadékkal, mert ezek nem önfelszívó típusúak. A járókeréknél felgyorsított folyadék a nyomócsatornába kerül és a nyomócsonton át távozik. A folyadékra az úgynevezett folytonossági törvény vonatkozik, mely szerint, ha a szívó és a nyomócsontk átmérője azonos, akkor a bennük lévő folyadék sebessége is azonos. A felgyorsított folyadék mozgási energiája tehát nyomási energiává alakul (Szabó, 2008).

Azonban manapság ezt a hagyományos elven működő szivattyúkat már kevés helyen használják, leginkább nagyobb mennyiségű és alacsony viszkozitású közegek szállítására. A

legtöbb helyen már az egyes gyártók által kifejlesztett modern és kompakt szerkezetű szivattyúk találhatók.



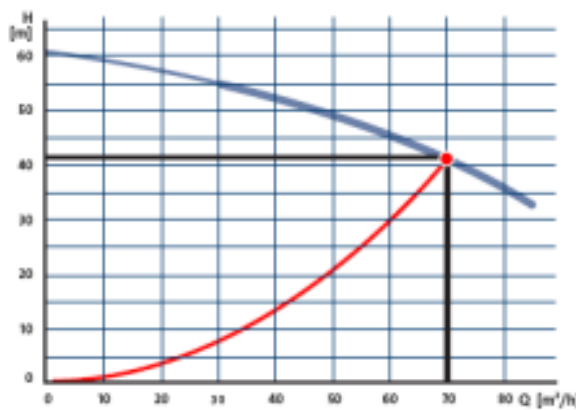
12. ábra Mai centrifugál szivattyú szerkezete (Szivattyuk.hu, 2023)

A közeggel való érintkezésük alapján megkülönböztethetünk száraz- és nedvestengelyű szivattyúkat. A száraztengelyű kivitelnek azt nevezzük, amikor egy hagyományos motor a szivattyú hidraulikájához tengelykapcsolóval kapcsolódik. A motor hűtését segédberendezés, egy ventilátor oldja meg, valamint felületi bordázással gondoskodnak a nagyobb hőátadásról. Ezeket a szivattyúkat a nagyobb térfogatáramok, hűtővíz, vagy agresszív közegek szállítására alkalmazzák leginkább. Az összehatasfokot tekintve a száraztengelyű szivattyúké jobb, mint a nedvestengelyűké. A megfelelő működéshez szükség van tengelytömítésekre. Nedvestengelyű szivattyúnál a hidraulika és a motor forgó része is egy házban helyezkedik el. Ezeknél a kiviteleknél a motorok hűtését a szállított víz látja el. Ezek a fajta kivitelek sokkal kevésbé zajosak, mint a száraztengelyűek. Mivel nincs tengelytömítés, ami az elsődleges hibaforrás lenne, így nem igényelnek különösebb karbantartást. Alkalmazhatják HMV és kisebb hűtési rendszerek esetében is, de fűtési rendszerekhez is. Ezáltal a rendszer jobban szabályozható lesz, gyorsabban tud reagálni a hőmérséklet ingadozásokra. (Wilo, 2005)

Szivattyúk önálló üzemben nem léteznek, valamilyen folyadékot szállítanak egyik helyről a másikba, hajtógéppel, csővezetékekkel, elzáró szerkezetekkel egybekötve. A szivattyúhoz tartoznak külső és belső jellemzők. Külső jellemzőknek hívjuk a szállítandó folyadék jellemzőit, a szivattyú tengerszint feletti magasságát, a szívócső és a nyomócső szerelvényeit valamint a hajtómotor és hajtóenergia indítási jellemzőit. Belső jellemzők alatt

az energetikai (fordulatszám, hatásfok, teljesítményfelvétel, szállítómagasság, szívóképesség, nyomó- és szívómagasság) és a szerkezeti jellemzőket (működési elv, szerkezeti anyagok, szívó- és nyomócsonk helyzete, csapágyszakasz módja, tengely forgásiránya stb.) értjük (Iró, Zsenák, 2000).

A szivattyúhoz tartozó belső energetikai jellemzőket leginkább jelleggörbéken szokták ábrázolni. Ezeket a jelleggörbét a gyártók az ISO 9906 szabványnak megfelelően adják meg. A leggyakrabban használt jelleggörbe azt mutatja meg, hogy a szivattyú egy adott térfogatáram szállításához milyen emelőmagasságra képes. Az emelőmagasságot folyadékoszlop méterben adják meg, de gyakran csak métert tüntetnek fel. Ez a fajta értékmegadás azért szerencsés, mert a szállított folyadék típusától nem függ (Grundfos, 2014).



13. ábra Centrifugál szivattyú emelőmagasság jelleggörbe (Grundfos, 2014)

A szivattyúkra jellemző értékek még a hatásfok. A szivattyúhatásfokot a folyadéknak átadott teljesítmény (P_H) és a tengelyen felvett teljesítmény (P_2) hányadosaként lehet kiszámítani. A folyadéknak átadott teljesítmény a következő képen számítható (Grundfos, 2014):

$$P_H = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600} \quad (1)$$

Ahol:

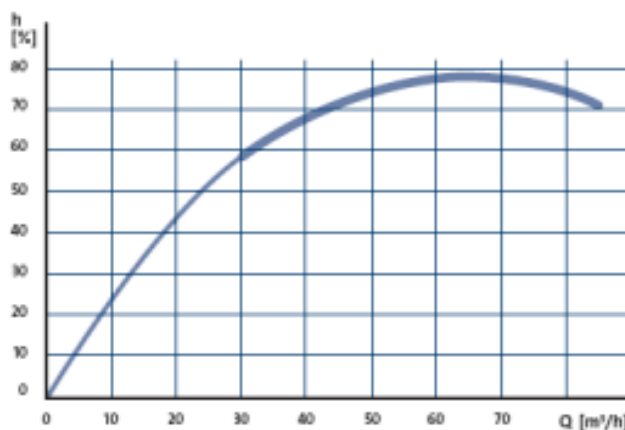
- ρ [kg/m³] – a folyadék sűrűsége
- g [m/s²] – a nehézségi gyorsulás
- $\dot{Q}$ [m³/h] – a térfogatáram
- H [m] – az emelőmagasság

Átlagos, 20°C-os víz esetében a hatásfok, és a hozzá tartozó jelleggörbe így alakul:

$$\eta_P = \frac{2,72 \cdot \dot{Q} \cdot H}{P_2} \quad (2)$$

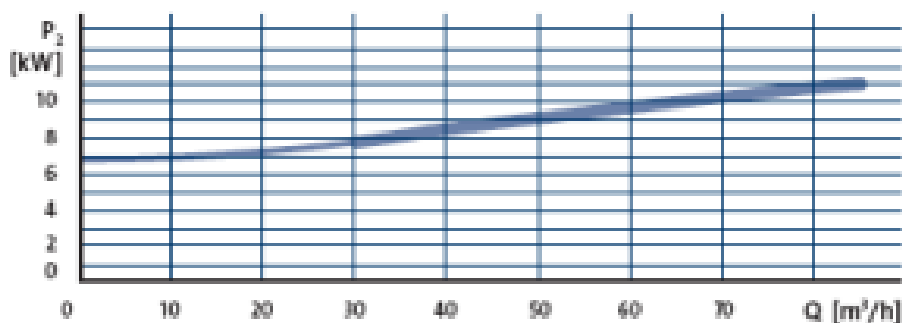
Ahol:

- P_2 [W] – a tengelyen felvett teljesítmény



14. ábra Centrifugál szivattyú hatásfok jelleggörbéje (Grundfos, 2014)

A hatásfok képletet átrendezve kaphatjuk meg a teljesítmény felvétel számítási módját, melynek jelleggörbéje a 15. ábrán látható.



15. ábra Szivattyú teljesítmény felvétel görbe (Grundfos, 2014)

Ha szivattyút választunk, akkor az alábbi főbb lépéseket kell betartani:

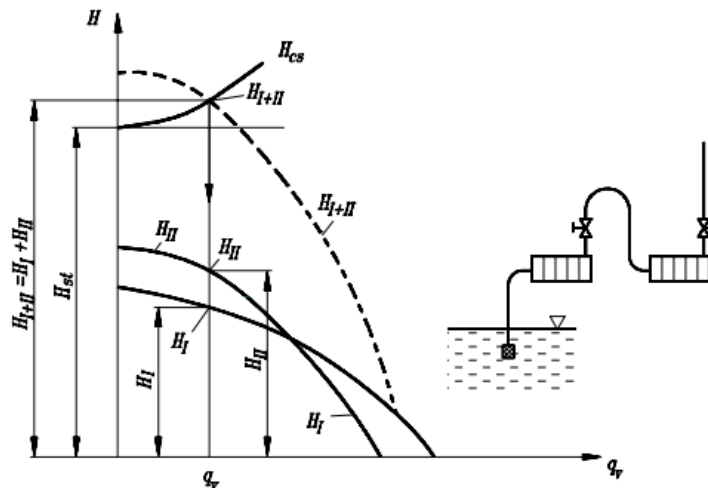
- A kívánatos munkapontokhoz tartozó térfogatáramok meghatározása
- A szállítandó folyadék meghatározása, jellemző tulajdonságainak ismerete
- A csővezeték méretezése
- A műszakilag alkalmas típusok megkeresése és rangsorolása
- A leg gazdaságosabb megoldás kiválasztása (Iró, Zsenák, 2000).

4.3.2. Szivattyú kapcsolások

Mivel a szivattyúk nem önállóan működnek, hanem rendszerben, nem elég megismernünk a jelleggörbéjét, hanem meg kell határozni a rendszer munkapontját is. A munkapont lényegében a szivattyú és a hozzá tartozó berendezés, jelen esetben csővezeték egyensúlyi üzemállapota. Lényegében a szivattyú jelleggörbéjének és a hozzá tartozó csővezeték jelleggörbéjének metszéspontja (Kullmann, 2017).

1.) Soros kapcsolás

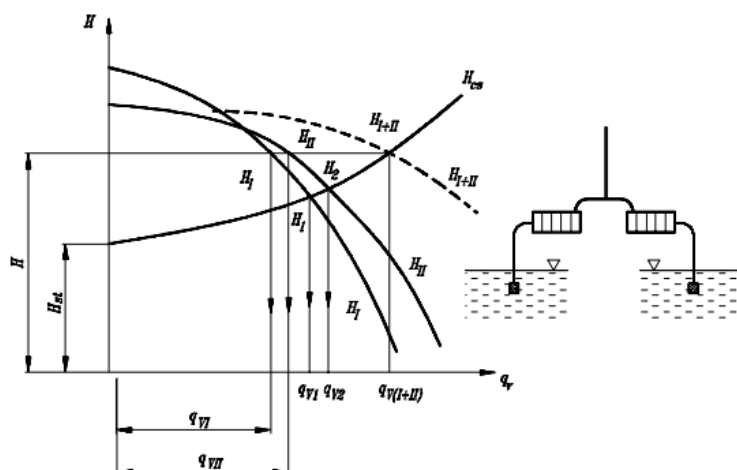
Ha az alkalmazott szivattyúkat egymás után sorba kapcsoljuk, akkor a rendszer emelőmagasságát tudjuk növelni. Ehhez a gyakorlatban azonban közel azonos emelőmagasságú szivattyúkat érdemes választani. Az eredő emelőmagasság meghatározásához az egyes szivattyúk emelőmagasságát kell összegezni (Iró, Zsenák, 2000).



16. ábra Szivattyúk soros kapcsolása (Iró, Zsenák, 2000)

2.) Párhuzamos

A szivattyúk másik kapcsolási módszere, ha párhuzamosan kapcsoljuk őket össze egy rendszerben. Ebben az esetben, ha az eredő jelleggörbét szeretnénk meghatározni, akkor azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a rendszerben a nyomás azonos, a szállítómagassághoz tartozó térfogatáramokat kell összegeznünk (Iró, Zsenák, 2000).



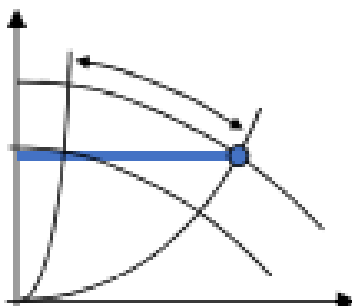
17. ábra Szivattyúk párhuzamos kapcsolása (Író, Zsenák, 2000)

4.3.3. Szivattyú szabályozási módok

A szivattyú munkapontjának megváltoztatására 3 fő szabályozási mód létezik. Fojtásos, megkerülő (azaz Byapass) és fordulatszám szabályozás. A mai hűtési, fűtési rendszerek esetében leginkább fordulatszám szabályozású szivattyúkat alkalmaznak, hiszen ez a legjelentősebb energia megtakarítással járó szabályozási mód. A rendszerek szabályozására is több mód létezik (Író, Zsenák, 2000).

- Állandó nyomáskülönbség elvén alapuló szabályozás – a szivattyú által létrehozott nyomáskülönbséget a vezérlés állandó szinten tartja. Ebben az esetben a térfogatáram változik, de csak a megengedett tartományig. Ennek a rendszernek az előnye, hogy egyszerűen megvalósítható, hátránya ezzel szemben, hogy kis térfogatáramú rendszereknél rossz hatásfokkal bír (Wilo, 2005).

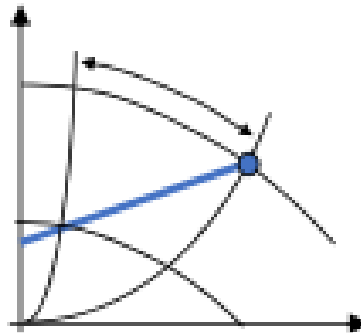
Ez a szabályozás olyan rendszerekben előnyös, ahol a nyomáscsökkenés kicsi az elosztóvezetéseken, mint például egy padlófűtés (Grundfos, 2019).



18. ábra Állandó nyomáskülönbség szabályozás (Erdei, 2019)

- Változó nyomáskülönbséggel szabályozott szivattyúk esetében a szivattyú által tartandó alapjelet (nyomáskülönbséget) változtatja az elektronikai rendszer. A nyomáskülönbség alapjele a térfogatáram változással arányosan nő vagy csökken. Ennél a szabályozási módnál nagyobb energia megtakarítás érhető el, azonban hátránya, hogy nem minden rendszernél alkalmazható (Wilo, 2005).

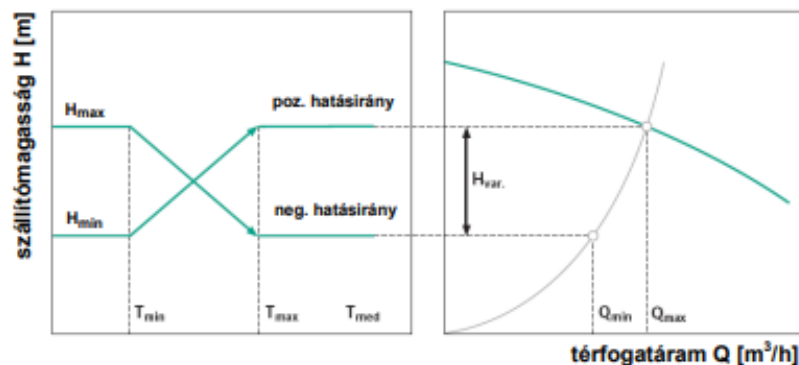
Ott érdemes használni, ahol az elosztóvezetéseken nagyobb a nyomásesés, hűtési, légkondicionáló és fan-coil berendezések esetén (Grundfos, 2019).



19. ábra Arányos (változó) nyomáskülönbség szabályozás (Erdei, 2019)

- Hőmérsékletvezérelt nyomáskülönbség esetén, a nevéhez híven egy külső és egy belső hőmérséklet jeladó értékei alapján történik meg a szabályozás. A rendszer előnyei közé tartozik, hogy a szivattyúzási energia megtakarítható, illetve stabilizálja a hőfoklépcsőt. Fő hátránya azonban, hogy nehezen beállítható (Wilo, 2005).

Alkalmazása abban a fűtési vagy hűtési körben javasolt, ahol az állandó hőmérsékletkülönbség igen fontos szempont (Grundfos, 2019).



20. ábra Hőmérséklet vezérelt szabályozás (Wilo, 2005)

4.3.4. Frekvenciaváltós üzemeltetés

Egy szivattyú esetében a legnagyobb költségek a működéséből adódó energiaköltségek lesznek. Éppen ezért, és az egyre növekedő energiaköltségek miatt egyre nagyobb hangsúly helyeződik az energiatakarékos megoldásokra. Ennek egyik legnagyobb törekvése ezen berendezések esetében a frekvenciaváltó alkalmazása, melyek folyamatosan fejlődnek a technika alakulásával (Sullivan et. al., 2015).

A mai szigorodó jogszabályok nem csak a hűtőközegekre, hanem a szivattyúkat is szabályozza. Ma már nem lehet szabályozatlan aszinkron motorokat használni, hanem frekvenciaváltót is be kell építeni. A 2008-ban bevezetett IEC 60034.30 szabvány az aszinkronmotorokhoz új hatékonysági osztályokat határozott meg. A villamos motorok energetikai besorolása az IE (International Efficiency) osztályok alapján történik meg. Az alábbi osztályok léteznek (VGF, 2018):

- IE1 – Alap hatásfokú osztály, 2011. június 15.-e óta nem hozhatóak forgalomba.
- IE2 – Magas hatásfokú osztály, 2016. december 31.-e óta nem hozhatóak forgalomba.
- IE3 – Prémium hatásfokú osztály, korlátozás nélkül alkalmazható
- IE4 – Szuperprémium hatásfokú osztály, korlátozás nélkül alkalmazható
- IE5 – Szuperprémium hatásfokú osztály, korlátozás nélkül alkalmazható

A villanymotorok szabályozására az egyik legkézenfekvőbb megoldása, ha a bemenő frekvenciát szabályozzák. Így a fordulatszám fokozatmentesen változtatható, így lehet elérni a legjobb hatásfokú üzemet. A frekvenciaváltók egy egyen- és egy váltóirányítóból állnak, amiket egy egyenáramú kör köt össze. A tápfeszültség alacsony teljesítménynél lehet egy- és háromfázisú, míg a nagy teljesítménynél csak háromfázisú. Ezt a betáplált áramot egy diódahíd egyenirányítja, és egy belső kört hoz létre, mely táplálja a kondenzátort. A belső kondenzátorok gondoskodnak arról, hogy a feszültség hullámosságát kisimítsa, másrészt tartja a feszültség szintet a kisebb hálózati ingadozások esetén. Ez a belső kör egyenfeszültség impulzusszélesség- modulációval alakul át ismét váltakozó feszültséggé. A kimeneti tranzistorok adott frekvenciával ki- és be történő kapcsolásával létrehozható a kívánt hullámforma, a kimeneti feszültség. A szabályozó elektronika látja el a kimeneti kapcsolóelemek vezérlését, a motor fordulatszám- valamint áramszabályozását valamint magának a kapcsolási képnak az előállítását. A kimeneti frekvenciát így inverterrel lehet beállítani (VGF, 2018).

Mérések azt támasztják alá, hogy az állandó mágneses forgórészű szinkron motorok sokkal hatékonyabbak, energiatakarékosabbak, mint az aszinkronos elődjeik. Ebben a megoldásban a motor tekercselése helyett állandó mágneseket használnak, ezáltal a szénkefék mechanikai kopása megszűnik. A korábbi mechanikai forgó alkatrészek helyett, mágnes és elektronikai vezérlő található benne, ezzel hozzák létre a forgó mágneses mezőt. Ez jelentős hatásfok javulást eredményez (VGF, 2018).

4.4. Egyéb rendszerelemek

4.4.1. Csővezetékek

Az egyes rendszerelemeket csővezeték köti össze. Egy fűtési vagy hűtési rendszer esetén számolni kell a csővezetékben kialakuló nyomásvesztéssel is. Ez a nyomásvesztés a valóságos csőben történő súrlódásból eredő energia disszipációja. Kör keresztmetszetű cső esetén ez a következőképpen alakul (Pokoradi, 2002):

$$\Delta p_{súrl} = \frac{\rho}{2} * v^2 * \frac{l}{d} * \lambda \quad (3)$$

Ahol:

- ρ – Folyadék sűrűsége [kg/m³]
- λ – Súrlódási tényező [-]
- l – Csőszakasz hossza [m]
- d – Csőátmérő [m]
- v – Áramlási sebesség [m/s]
- $\Delta p_{súrl}$ – csőben létrejövő súrlódási nyomásvesztés [Pa] (Pokoradi, 2002)

A hűtési rendszerek kivitelezése során érdemes gondoskodni a csővezetékek szigeteléséről is. Ilyen esetekben fontos, hogy párazáró (zárt cellás) szigetelést alkalmazzunk, hogy az esetleges páralecsapódásokat meg lehessen akadályozni. Ez azért fontos, mert a nyílt szerkezetű szigetelő anyagoknál a nedves levegő át tud jutni a cellákon, és a hideg felületen lecsapódva lerontja a hőszigetelő képességet. Leggyakrabban Armaflex csőhéjakat alkalmaznak erre a célra, melyet ragasztással helyeznek fel (Rabi, 2017).



21. ábra Armaflex zártcellás, párazáró csőhéj szigetelés (Azflex, 2023)

4.4.2. Nyitott hűtő tartály

A vizsgált rendszer egy nyitott hűtőtartályt is tartalmaz. A nyitott rendszerekben a víz a levegővel érintkezik, melyből oxigént vesz fel. Az oxigén, ha vassal találkozik, akkor elindít egy korróziós folyamatot, mely során vashidroxid keletkezik. Ennek a vegyületnek a további reakciója iszap képződéséhez vezethet. Ez az iszap könnyen le tud üledni a kisebb áramlási sebességgel rendelkező helyeken, például egy tartályban. A lerakódott iszap könnyen eldugíthatja az egyes rendszer elemeket is akár, melyek következtében a hőátadás erősen romlik (Junkers, 2004).

Nyílt rendszer esetében a hűtővizet a levegővel érintkeztetve hűtik. Sokszor alkalmaznak ventilátorokat vagy természetes huzatot, hogy fokozzák a kontaktust. Ebben az esetben a hűtés fő eljárása az elpárologtatás. Éppen ezért az ilyen típusú hűtési megoldásokat sok tényező, különösen a kültéri levegő tulajdonságai (hőmérséklete, páratartalma, nyomása) befolyásolják. Ezáltal a rendszer hatékonyságát is nagyban befolyásolják (European Commission 2001).

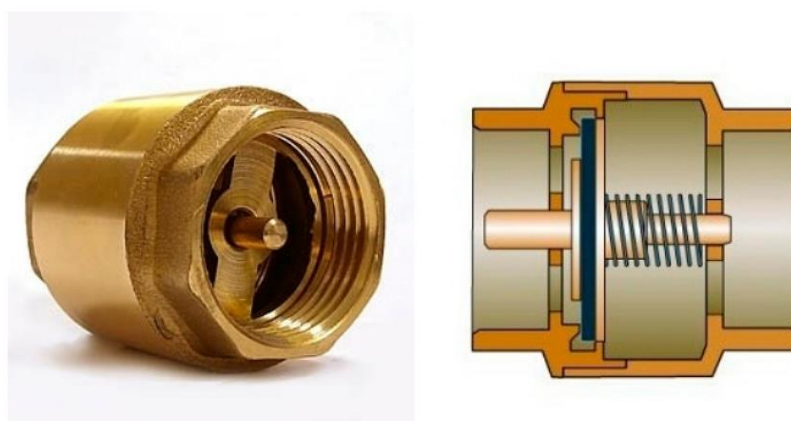
Nyitott rendszerek esetében a szivattyú teljesítményét úgy kell megválasztani, hogy az ne csak a geodetikus emelőmagasságot tudja legyőzni, azaz egy alacsonyabban elhelyezkedő tartályból a vizet egy magasabban lévő tartályba szállítani, hanem a megfelelő kifolyási nyomást is. Ebben az esetben a szivattyú szállítómagassága az megegyezik a geodetikus emelő magassággal, a kifolyási magassággal és a csőúrlódási veszteségekkel (Wilo, 2005).

4.4.3. Szelepek, elzáró szerelvények, szűrők

A megfelelő folyamat működéséhez egyéb kiegészítő berendezések is szükségesek. Ilyen például az elzáró és egyéb szelepek. Ilyen elzárók a kézi elzárószelepek, a

visszacsapószelepek és az elektromos mágnesszelepek. Fontos, hogy ezek a rendszerelemek tömörzárások legyenek, valamint az ellenállásuk a lehető legkisebb legyen. Fontos a szelepek kiválasztásánál, hogy milyen a hűtőközeg, mert nem minden hűtőközeghez lehet az adott anyagú berendezést használni. Vörösrézből készült golyósszelepek, kézi elzárószelepek, villamos mágnes szelepeket és visszacsapó szelepeket nem használhatnak R717 (ammónia) közeghez. Az acél csővezeték szelepei ezzel szemben pont az ammónia és a fluortartalmú hűtőközegek esetén alkalmazhatóak. A túlnyomás védelme érdekében alkalmazott biztonsági lefúvató szelepek anyaga lehet sárgaréz, acél vagy acélöntvény is (Juhász et. al., 2020).

Visszacsapó szelepeket azért alkalmaznak a rendszerekben, hogy a víz csak egy irányba tudjon áramolni. Önindító szivattyús rendszerek esetében gyakran alkalmazzák. Ennek a szelepnek védelmi funkciója is van, hogy megakadályozza a szivárgásokat, berendezések meghibásodását. Működése igen egyszerű, a szivattyú által létrehozott nyomás a visszacsapó szelepben lévő rugót kifeszíti és kinyitja a kaput. Amint a szivattyú leáll, a nyomás megszűnik, és a rugó visszanyomja, lezárja a kaput (Vitrina96, 2018).



22. ábra Visszacsapó szelep (Vitrina96, 2018)

Szűrőkre azért van szükség, hogy az idegen anyagok által felmerülő üzemzavarokat megelőzze az üzemeltetés és a berendezések javítása során. Többféle szűrőt használnak a hűtőgépekben is, jelen rendszer esetében a csőhálózatban szennyezés szűrő alkalmazása indokolt. A Szennyszűrők a szilárd szennyeződések fogja fel, melyeket érdemes gyakran tisztítani a megfelelő működés érdekében (Juhász et. al., 2020).



23. ábra Szennyfogó szűrő (Szerelvény, 2023)

Ezek a szerelvények, illetve a csőben fellépő egyéb idomdaraboknak (könyök, szűkítő, elágazás stb.) is van egyfajta energia disszipációja. Egy rendszer méretezése során ezzel a veszteséggel is számolni kell, melyet az alábbi egyenlettel lehet kalkulálni: (Pokoradi, 2002)

$$\Delta P_{alaki} = \frac{\rho}{2} * \xi * v^2 \quad (4)$$

Ahol:

- ρ – Folyadék sűrűsége [kg/m^3]
- v – Áramlási sebesség [m/s]
- ξ – Adott idomdarab alaki ellenállás tényezője [-]
- Δp_{alaki} – Idomdarab alaki nyomásvesztése [Pa] (Pokoradi, 2002)

5. Létesítmény ismertetése

5.1. Vállalat történelmének áttekintése

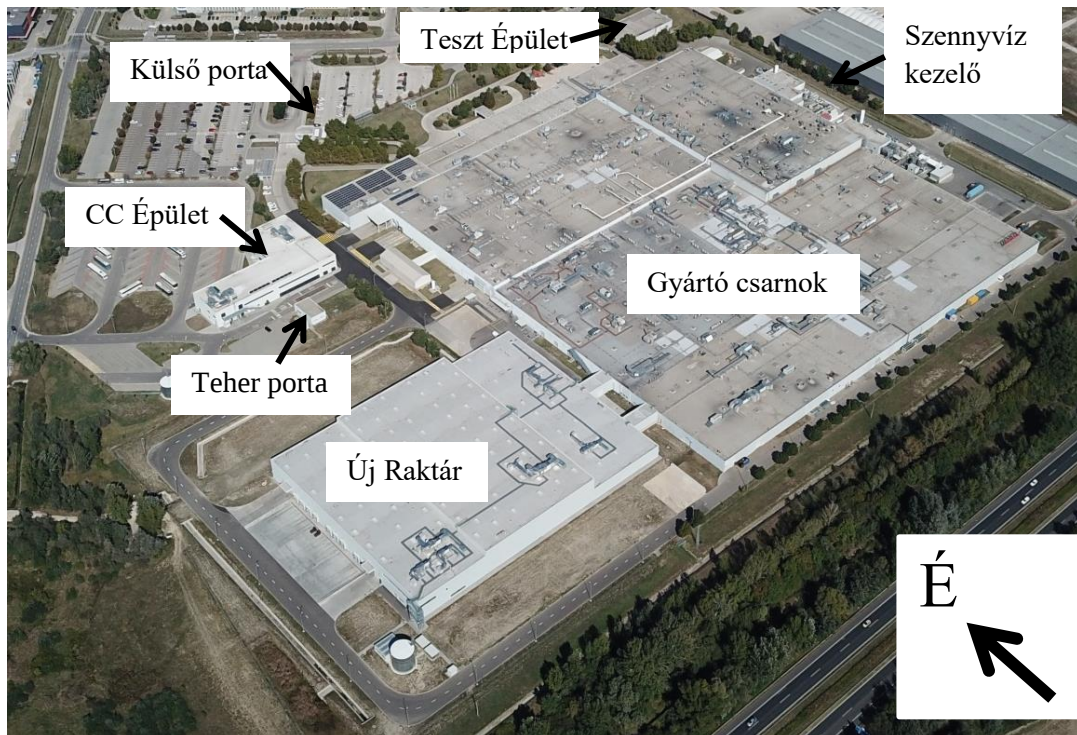
Az érintett rendszer Székesfehérváron a DENSO Gyártó Magyarország Kft. tulajdonában lévő épületben található. A DENSO név ismert lehet azok számára, akik az autóiparban jártasak, azonban azok számára, akik nem találkoztak még vele röviden bemutatnám. A vállalatot 1949-ben alapították Japán egyik akkori kis városában Kariya-ban. A vállalat létrehozását az akkori gyenge gazdasági helyzet és a válság közelébe kerülő Toyota vállalat idézte elő. A vezetőségi döntés értelmében, átstrukturálták a vállalatot és létrejött a DENSO, mely elektromos berendezéseket gyártott a gépjárművekbe, például indítókat és generátorokat. Az elképzelés és a megvalósítás is sikeresnek mondható, melyet a következő időszak gazdasági fellendülése is elősegített. Az évek során különböző termékek gyártását fejlesztették ki, melyeket a világ különböző pontjaira is kiterjesztették. Mára 212 DENSO vállalat működik (Denso, 2002).

A Magyarországi leányvállalatot 1997-ben alapították, melynek Székesfehérvár adott otthont. Akkor ez volt az 5. DENSO gyár, amit Európában alapítottak. A cég épületét 1998-ban adták át, mely akkor 25 000 m² alapterületű volt, gyártási profilja pedig a dízel-szivattyúk voltak. Mára az épület mérete közel 90 000 m²-re nőtte ki magát, valamint a gyártott termék paletta is jelentősen bővült. Diesel és benzines termékeket egyaránt gyárt a vállalat, mint például Diesel üzemanyagszűrő, közös nyomócsöves rendszerek, benzines befecskendező, elektronikusan vezérelt pillangószelep valamint kipufogó visszaáramoltató szelep. A leggyártott termékek különböző gépjárművekbe kerülnek beépítésre. A vevői kör közé tartozik a teljesség igénye nélkül, a John Deere, a Ford valamint a Nissan is (Denso, 2023).

5.2. Vizsgált létesítmény

A vállalat területén több épület található, melyek együttesen 90 000 m²-nyi alapterületet alkotnak. Az 24. ábrán látható ezek elhelyezkedése. A vállalat területére lépve a külső porta helyiség található, majd a 70 777 m²-es gyártócsarnok és a 4 000 m²-es CC azaz Communication Center épületét láthatjuk. A terület ÉK-i részén található egy Teszt épület, melynél továbbhaladva, a gyártócsarnok K-i oldalán a szennyvízkezelő központ és a szivattyúház helyezkedik el. A terület Ny-i részén található még egy teherporta nevű épület, melytől D-i irányba 4 éve lett felépítve az új 16 028 m²-es raktár épület. Jól látható, hogy az

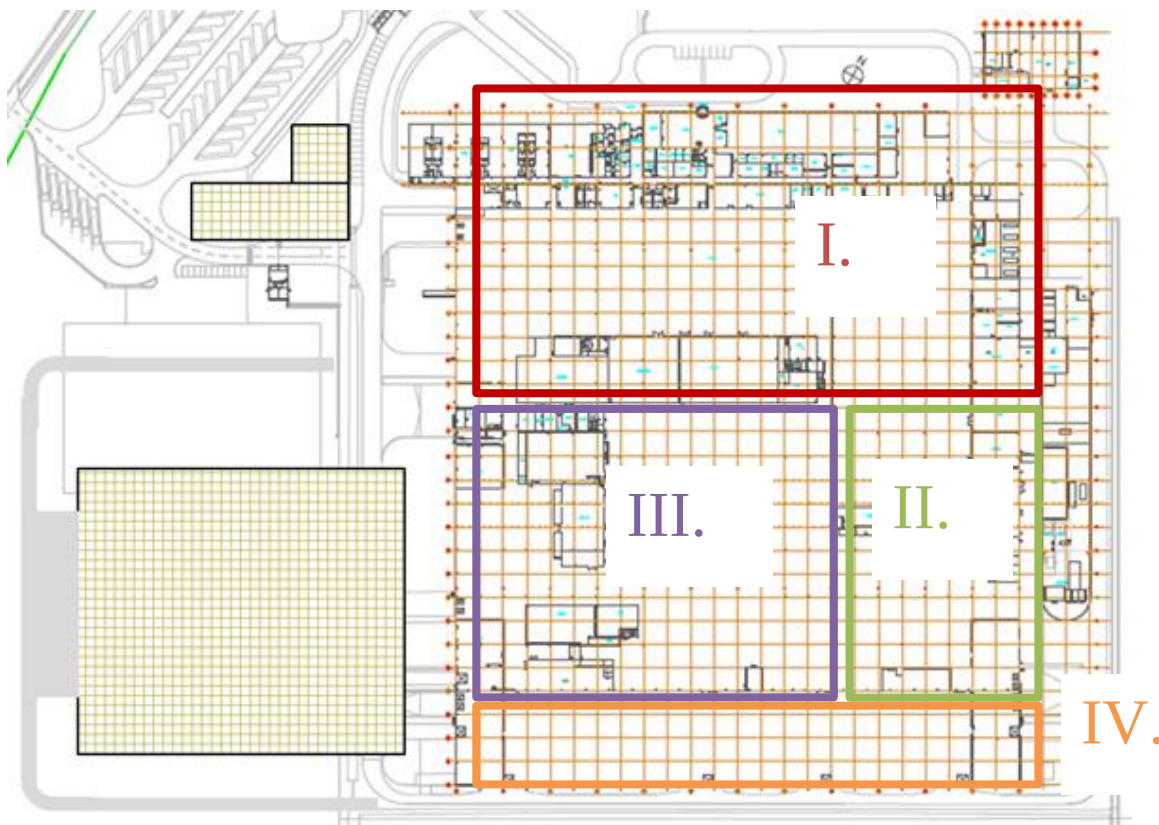
1998-ban átadott 25 000 m²-es egyetlen épület mára igen nagyra nőtte ki magát. Az általam vizsgált téma a gyártócsarnok területét érinti, ezért ezt érdemes részletesebben megvizsgálni.



24. ábra Létesítmény

A főépület, vagy gyártó csarnok több részre bontható. Az épület É-i részén helyezkednek el a szociális helyiségek, mint például öltözők, büfé, tárgyaló és irodahelyiségek. A szociális helyiségeket a gyártó területtől egy nagy folyosó, valamint 4 tűzgátló ajtó választja el. Így az egyes helyiségek a gyártó területtől lehatároltak, külön légtérrel rendelkeznek, ám bizonyos esetben közös gépészeti rendszerrel vannak ellátva. Például közös hűtési vagy fűtési rendszer biztosítja a megfelelő hőmérsékleteket. A főépület összesen 4 fázisban épült fel a 25. ábra szerint. Az első fázis megépítésekor a gyártó területből csak a magas csarnoknak nevezett terület egy része, illetve az alacsony csarnoknak az É-i része épült fel. A K-i részen található a magas csarnoki rész, melyben találhatóak a nagy energiafogyasztású berendezések, mint például öntőgépek, kovácsgépek, feketítő és hőkezelő kemencék. Ezek a berendezések a nyersanyagból alakítják ki a gyártott alkatrészek vázát. Ezután található az alacsonycsarnok, ahol a további munkálatok zajlanak, mint megmunkálás, összeszerelés, teljesítményértékelés és végellenőrzés. A gyártott termékek anyagáramlása az épület K-i részéből a Ny-i felé zajlik. Az első fázisban az épület Ny-i része csak a késztermék kiadását szolgálta. A vállalat azt az elvet követte miszerint a raktározás

veszteséges, ezért mindig a megrendelési igények szerint gyártottak és nem volt szükség raktárra. Ahogyan a vevői kör és ez által a vevői igények bővültek, úgy bővült a vállalat termékpalettája, és így a gyártócsarnok is. A II.-III. fázisban épület területek, leginkább az alacsony csarnokhoz kapcsolódtak, így bővítve a meg lévő funkciókat. A IV. fázis megépítése egy kisebb raktár rész funkcióját látta el, mely a legszükségesebb anyagok és alkatrészek elhelyezését szolgálta. Ugyanis a gyártó terület nagy mérete és a folyamatosan bővülő gyártórészek megkövetelték, hogy a vállalat bizonyos mennyiségű raktárkészlettel rendelkezzen. Ez az igény tovább növekedett, ami lehetővé tette az új, nagyobb raktár csarnok megépítését, mely e funkció mellett a logisztikai feladatokat is szervezettebben képes ellátni. A raktározási funkció átszervezésével a IV. fázis újabb lehetőséget biztosít a gyártás bővülésének. Az épület mai formájának kialakulása látható, hogy igen sok fázisban ment végbe. Ez maga után vonja, hogy sok különböző technikai megoldás és igen sok különálló rendszer látja el a szükséges funkciókat. Előfordultak olyan megoldások is, melyek során egy meglévő rendszer tartalékával láttak el bizonyos igényeket. Mindezek hatására mára sok gépészeti rendszer átláthatatlan, vagy nem felel meg az épületüzemeltetők elvárásainak, miszerint a rendszerek hatékonyan és könnyen üzemeltethetőek legyenek, miközben a szükséges igényeket teljes mértékben és megfelelő üzembiztonsággal látják el. Továbbá nem szabad megfeledkeznünk arról sem, hogy a legtöbb épületgépészeti berendezést 20-25 évre tervezik. Emiatt az első fázisban megtervezett és telepített berendezések élettartalma már lejárt, vagy hatékonyabb megoldásuk érhető el a mai kereskedelemben.



25. ábra Gyártócsarnok felépítése

5.3. Épület szerkezete

Az épület a gyártó csarnokoknak megfelelő horganyzott acélvázassal szerkezettel került megépítésre. A Szerkezet vázát fő és melléktartó gerendák alkotják, melyeket kívülről könnyen szerelhető panelek alkotják. A fő tartó gerendák 10 m-ként lettek elhelyezve, melyek között minden esetben egy-egy melléktartó gerenda is megtalálható. A homlokzati falak térhálósítását merev drótháló biztosítja. A függőleges váz alsó és felső csatlakozásnál talplemezzel és csavarkötéssel került rögzítésre a tartószerkezetekhez, illetve az aljzatbetonhoz. A külső fal 3,5 cm-es TK 35/207/0,75 függőleges trapézlemez burkolat, mely 16 cm tűzi horganyzott RAL 9002 acél falváz kazettákhoz vannak rögzítve, mely 10 cm nem éghető közetgyapot kitöltéssel van ellátva. Beltéri oldalról 7,5 cm gipszkarton előtétfal található.

A lábazati részeknél a külső fal szerkezete eltér a homlokzati külső fal szerkezetétől. a lábazati részekben 12 cm teherhordó vasbeton lábazati elem található 8 cm-es PIR-hab hőszigeteléssel, valamint 7 cm vasbeton burkolattal van ellátva.

A belső fal szerkezetek legtöbb helyen gipszkarton kivitelűek, melyek 15 cm-es kivitelűek.

A nyílászárók fémszerkezetűek, melyek kétrétegű üvegezéssel készültek, és helyenként fényvédő fóliával vannak ellátva. Ezek kettős funkciót szolgálnak, egyrészt biztosítják, hogy az épületbe kevésbé lehessen belátni, másrészt az épületet védik a napsugárzásból származó plusz hő terheléstől.

Az épület teteje lapos tető jellegű, kialakításakor fő szempont volt a megfelelő hőszigetelés biztosítása, valamint a teherhordó képesség biztosítása. Az épület úgy lett kialakítva, hogy a légkezelő és hűtőgépek szükség esetén elhelyezhetők legyenek a tetőn. A födém szerkezet 1 réteg 1,5 mm vastag UV álló műanyag lemezes csapadékvíz szigeteléssel választja el a szerkezet többi részét a környezettől. A kivitelezésnél 3%-os lejtéssel és 5 cm-es hegesztett átfedésekkel készült a toldásoknál. A szerkezet lépésálló mechanikai rögzítéssel készült, továbbá beton járólap került elhelyezésre a szükséges részekben. Ezt követően 8 cm Rockwool Hardrock Max és 16 cm Rockwool Roofrock 60 típusú szigetelés található. Ezt 1 réteg Bauer TEC DBR hidegen öntapadó, alumínium fólia betétes, trapézlemezre fektethető, járható bitumenes lemez található, mely az összeillesztéseknél 10 cm-es átlapolással került kivitelezésre. A födém váza 15 cm-es TR 150/280/0.88 teherhordó tűzi horganyzott acél trapézlemez biztosítja, mely kivitelezéskor 3 %-os lejtéssel készült. a tetőszerkezet kialakítása járásra és gépészeti berendezések acél vázakra való elhelyezésére alkalmas.

Az épület tetőformája lapos tető, melyen füstkupolák kerültek elhelyezésre. A kupolák hő- és füstelvezetésre, valamint a csarnok bevilágítására és szellőzésére is szolgálhat. A kupolák motorosan működtethető kivitelűek.

A jelenlegi vizsgálat szempontjából a többi szerkezeti elem nem lényeges.

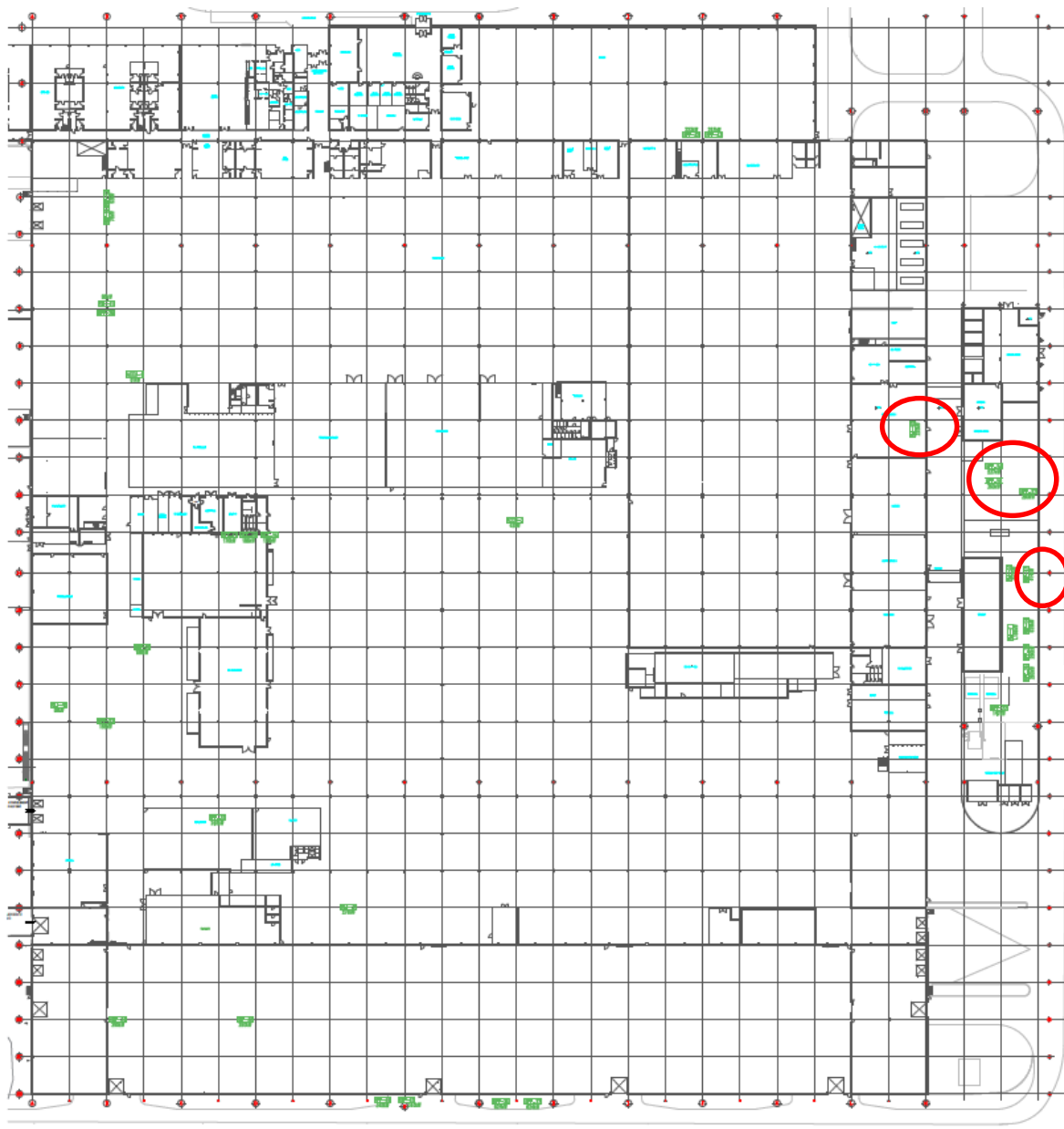
6. Meglévő rendszer

A vállalat hűtési rendszerei eléggé különböző képet mutatnak. A már említett többfázisú építkezés következménye, hogy sokfajta technológiát és rendszert alkalmaztak a folyamatosan megjelenő igényekhez. Az első fázisban épített részt 1998-ban tervezték és valósították meg. Ez azt jelenti, hogy a meglévő rendszerek esetenként már közel 25 évesek. A kezdeti tervek a vállalatnál pusztán papír alapon állnak rendelkezésre, digitálisan nem, és ebben az esetben is előfordulhat, hogy a kivitelezés nem az előzetes terveknek megfelelően készültek el. Később az igények megjelenésével a rendszer folyamatosan bővült, valamint

bizonyos berendezések lecserélésre vagy megszüntetésre kerültek. Ma már közel 37 hűtőgép és 6 hűtőtorony látja el az épület és a technológia hűtési igényeit. A vállalatra azonban ráfér a racionalizálás, hiszen ezek a rendszerek bizonyos helyeken már nem képesek ellátni a bővült felmerülő igényeket, míg bizonyos helyeken túl vannak méretezve.

6.1. Alkalmazott rendszerek

A hűtőgépek az épület mellett, illetve az épület tetején helyezkednek el, a helyi adottságoknak megfelelően. Dolgozatom vizsgálata első sorban, az első fázisban megépült hő központ átalakítására összpontosul, de fontosnak gondolom megvizsgálni, hogy különböző indokok miatt érdemes volna-e az épület más részén is kialakítani az új rendszerhez hasonló hő központokat. A 26. ábrán látható az épület hűtőgépeinek elhelyezkedése. A mellékelt ábrán a zölddel jelölt feliratok a hűtőgépeket jelölik. A pirossal bekeretezett hűtőgépek jelentik az általam vizsgált rendszerre dolgozó egységeket. A dolgozatom ezt az öt hűtőgépet érinti, melyek különböző rendszerre dolgoznak rá.



26. ábra Hűtőgépek elhelyezkedése

A vizsgált rendszer kialakításának terveit papír alapon megtaláltam, azonban ezek jelentős mértékben eltérnek a kivitelezett rendszertől, ezért ennek melléklését feleslegesnek gondoltam. Azonban e szerint a három fő hűtőgép egy-egy tartályra dolgoznak rá. A rendszer fűtési igényeinek ellátásához másik, fűtő tartály is elhelyezkedik a hűtő tartály mellett. A meglévő rendszerre jelenleg a vállalat által elnevezett REF 27, REF 20 valamint REF 24 rendszerek dolgoznak rá. Mindhárom hűtőgépnek külön rendszere, külön tartályok lettek tervezve, melyek helyett a kivitelezés során egyetlen, nagy nyitott hűtő tartály került kivitelezésre. Ennek okát pontosan nem tudom, a vállalatnál régóta dolgozó kollégák elmesélése alapján a fő indok az volt, hogy a rendszerek összekapcsoltnak dolgozzanak, és ne

külön üzemben, így az üzembiztonság nagyobb. Az általam megjelölt további két gép (REF 25 és REF 9), a későbbi okok miatt az új rendszerre lennének rácsatlakoztatva. A hűtőgépek az épület mellett lettek elhelyezve, melyek szivattyúk segítségével az 1. kompresszorháznak nevezett helyiségben található nagy hűtő tartályba dolgoznak bele. A tartályból szintén szivattyúk segítségével az épület tetején lévő légkezelő központokba kerül a szükséges vízmennyiség. A tartályba érkezik vissza a visszatérő vízmennyiség is, mely összekeveredve biztosítja, illetve csak biztosítja a megfelelő hőmérsékletű és mennyiségű vizet a hőkezelő egységekbe. Az említett tartályt a 27. ábra szemlélteti, mely nyitott rendszerű.



27. ábra Hűtővíz tartály

A tartály a vállalat által elnevezett CU1, CU2, AC1 valamint az AC2 rendszerekre dolgozik rá. Ezek a rendszerek is több helyiség hő szükségleteit látják el. A CU1 és CU2 rendszerek hőcserélős rendszerek, melyek az egyes irodák, tárgyalók és kisebb szociális helyiségek hő szükségletének ellátását biztosítják az épületben. Ezekre a rendszerekre a hűtési és fűtési kör is rá van csatlakoztatva. A CU1 rendszer összesített hűtési igénye 130 kW, míg a CU2 rendszeré 420 kW. Az AC elnevezés az épületben található légkezelő központok nevei, melyek közül az AC1 és AC2 érintett. Ezen helyiségek légkezelői a termelési területre valamint a mérő helyiségekre dolgozik rá. Az AC1 által ellátott helyiségek hűtési igénye 420 kW, míg az AC2 által ellátott helyiségeké 80 kW. Ezek a helyiségek az épület É-i illetve ÉK-i részében találhatóak. Az előzetes konzultációk alatt ezeknek a paramétereit a vállalat megadta, mely értékek figyelembe veszik a gyártó részben felmerülő jelentős hőterhelés mennyiségeit.

6.2. Rendszerelemek műszaki adatai

A későbbi tervezések és számítások érdekében elengedhetetlen a mostani rendszer elemeinek ismerete.

6.2.1. Termelő oldali rendszer elemek

A meglévő rendszer hűtőgépei az üzemeltetés miatti beazonosíthatóság érdekében a REF 20, REF 24 illetve a REF 27 elnevezést kapták. A hűtőgépek műszaki adatait először meg kell ismernünk.

A REF 20-as hűtőgép Ciat márkájú folyadékhűtő, 380 kW hűtési illetve 133 kW névleges villamos teljesítménnyel rendelkezik. A berendezés, már nem az eredeti 1998-ban beépítésre került gép, hanem 2011-ben a korábbi REF2-es gép helyére bekerülő berendezés. A hűtőgép R410A hűtőközegű, melynek töltet mennyisége 80 kg. A gép által szállított minimum tömegáram 12 l/s, míg a maximális 30,5 l/s. A géphez tartozik egy Wilo IPL márkájú szivattyú, melynek a szállított mennyisége 70 m³/h. A szivattyú 5,5 kW villamos teljesítményű. A géphez tartozik egy szabadhűtős egység is, mely átmeneti időszakban energiatakarékosan képes ellátni az igényeket. A gép tervezett élettartama a gyártó által megadott 15 év.

A REF 24 folyadékhűtő Trane márkájú, melynek a névleges hűtési teljesítménye 530 kW, névleges villamos teljesítménye pedig 180 kW. A hűtőgép szintén nem az eredetileg tervezett gép, ezt 2013-ban telepítették a korábbi REF-1 gép helyére. A hűtőgép hűtőközege R134a, melynek mennyisége 90 kg. A hűtőgéphez Grundfos márkájú szivattyú csatlakozik, melynek a szállított mennyisége 102 m³/h érték körül van.

A REF 27 szintén egy Ciat márkájú folyadékhűtő berendezés, melyet 2015-ben telepítették a meglévő REF 3-as hűtőgép helyére. A hűtőgép névleges hűtési teljesítménye 290 kW, míg névleges villamos teljesítménye 104 kW értékű. A berendezésben R410a hűtőközegű, melynek mennyisége 32 kg. A hűtőgép minimum tömegárama 9,4 l/s, míg maximum tömegárama 21,4 l/s értéknek adta a gyártó. A berendezéshez Grundfos márkájú szivattyú kapcsolódik, melynek szállított mennyisége 102 kW érték. A folyadékhűtő élettartamának szintén 15 évet adott a gyártó.

REF 9 egy Trane típusú folyadékhűtő, melyet 2015-ben telepítettek. A berendezés névleges hűtési teljesítménye 371,4 kW, míg villamos teljesítménye 161,3 kW. A hűtőközege R134a, a minimális tömegárama 7,3 l/s, a maximális tömegárama 24,8 l/s. A hűtőberendezés az Assy, azaz Assembly (összeszerelde) résznek a hűtését látja el. Ezen a területen igen

szigorú követelmények vannak a hőmérséklet értékre, hiszen a benne található precíziós műszerek igen érzékenyek a már kismértékű hőmérséklet ingadozásra is.

REF 25Ciat márkájú folyadékhűtő, melynek a hűtőközege R410A. A folyadékhűtő névleges hűtési teljesítménye 170 kW, minimális tömegárama 5,8 l/s, maximális tömegárama pedig 5,8 l/s. Ez a hűtőberendezés a VOC nevű rendszerre dolgozik rá, melynek a funkciójáról később tesztek említést.

6.2.2. Elosztói rendszer elemek

A nyitott hűtőtartályhoz, illetve a hozzá kapcsolódó elosztó rendszerhez több szivattyú is csatlakozik. Ezeket összefoglalva az 1.táblázat tartalmazza.

1. táblázat Meglévő szivattyúk

Szivattyú gyártója	Kapcsolódó rendszer	Szállított mennyisége [m ³ /h]	Emelőmagasság [m]	Villamos teljesítmény [kW]
Grundfos	REF 20	90	90	15
Grundfos	REF 24	90	90	15
Grundfos	REF 27	102	25	11
Grundfos	AC 1	58	40	11
Grundfos	AC 2	18	35	4
Grundfos	CU 1	18	35	4
Grundfos	CU 2	58	40	11

A táblázatban szerepelt szivattyú adatok eltérnek az eredeti tervek szerint megadott szivattyú adatoktól. A rendszer kivitelezése során ugyanis a tervektől eltérő módon és eltérő berendezésekkel lett a rendszer kialakítva.

6.2.3. Fogasztó oldali rendszer elemek

Az ellátott helyiségek beltéri egységei lég csatornázható fan-coil egységek, melyek magasnyomású kivitelűek. A már említett CU1 és CU2 rendszerek hőcserélős rendszerek, melyek a helyiségek hűtését, illetve fűtését szolgálják.

Az AC 1, illetve az AC 2 légkezelő helyiségek, melyekben több légkezelő található. Ezekről az összegző információkat a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat Légkezelő alapadatok

Berendezés elnevezése	Kapcsolódó helyiség	Ellátott helyiség	Légkezelő típus	Beüzemelés dátuma	Hűtési teljesítmény [kW]	Szállított levegő mennyiség [m ³ /h]
AHU 1	AC 1	Szerelde	Euroclima – S.3SE 24/15	1998	123	26 000
AHU 2/1	AC 1	Megmun- kálás	Euroclima – S. 3SE 24/18	1998	108	33 800
AHU 2/2	AC 1	Megmun- kálás	Euroclima – S. 3SE 24/18	1998	108	33 800
AHU 3	AC 2	Mérő szoba	Euroclima – S. 3SE 12/9	1998	21	8 100
AHU 4	AC 2	Bemérő szoba	Euroclima – S. 3SE 18/12	1998	60	14 800
AHU 4-5	AC 2	Bemérő szoba	Euroclima – S. 3SE 21/15	1998	AHU 4-re csatlakozik	34 000
AHU 10	AC1	Szerelde	Troges – 24.21	2004	31	34 000
AHU 11	AC 1	Szerelde	Troges – 21.18	2004	50	35 000

Az adatok alapján látható, hogy az AC1 helyiség összes hűtési teljesítménye 420 kW, míg az AC2 helyiség összes hűtési igénye 80 kW értékre adódik.

6.3. Probléma a meglévő rendszerrel

Az alkalmazott rendszerrel több problémája is akadt a vállalatnak. Ezek minőségi, üzemeltetési, üzembiztonsági és energetikai problémák összessége.

Minőségi problémákat az okozza a rendszer esetében, hogy nyári nagy melegben a helyiségek megfelelő páratartalmának biztosítását a rendszer nem képes ellátni. Mérések alapján ebben az időszakban sokszor a relatív páratartalom 60 % fölötti értéket mutat. Ennek oka az, hogy az előremenő és a visszatérő hűtővíz a tartályban keveredik. A tartály nagy mérete és kialakítása miatt nem képes a hűtővizet olyan alacsony hőmérsékleten a légkezelő egységekbe juttatni, hogy ott a befűjt levegő víztartalmát a rendszer megfelelően ki tudja kondenzálni. Ennek következtében a nyári nagy páratartalmú levegő jut a helyiségekbe, ami a gyártás illetve leginkább a mérő helyiségek, szerelde esetben nem megengedhető. A nagy páratartalom ugyanis a legyártott alkatrészek korrodálását okozza, ami minőségi problémához vezethet.

Minőségi problémát okoz még, hogy a tartály nyitott kivitelű. Ennek következtében a tartályban lévő víznél oxigén diffúzió van jelen. A vízben lévő oxigén mikro buborékokat alkot, ami a rendszer iszaposodásához vezet. A megjelenő iszap pedig az alkalmazott berendezések rozsdásodásához vezet. A megjelenő iszap és rozsda a rendszer működtetését is megnehezíti, állandó takarítást igényel, valamint a víz megfelelő hőmérsékletének kialakulását is hátráltatja.

Üzemeltetési problémák a rendszer esetében a már említett iszaposodásból adódó gyakori takarítások, valamint hogy a rendszer nem automatizált. Jelenleg már a megfelelő épületfelügyeleti rendszerrel sok rendszert lehet automatikusan vezérelni, azonban jelen esetben a kialakításkor ez még nem volt megvalósított. Jelenleg a meglévő hűtő illetve fűtő tartály között kézi üzemben át kell kapcsolni a CU1 illetve a CU2 rendszerek esetében. Ezzel az a probléma, hogy sokszor nehéz megmondani azt az ideális időpontot, amikor az átkapcsolást el kell végezni, valamint az üzemeltetők is volt, hogy elfelejtkeztek az átkapcsolásról, amikor egyéb megoldandó problémával találkoztak. Mint láthattuk mára nagyon nagy terület és még több gép csatlakozik az épületüzemeltetők feladatához, melyeket ugyanazzal a létszámmal kell ellátniuk, mint korábban. Egy ekkora létesítmény esetében

elengedhetetlen, hogy egy rendszer a lehetőségeihez képest automatán működjön, illetve távolról vezérelhető legyen.

Üzembiztonsági problémának számít, hogy a jelenleg vizsgált kiegészítő rendszerek esetében a tartalék biztosítása nem megoldott. Ezek a csatlakozó REF9 és REF25 hűtőgépeket jelenti. Amennyiben ezek közül valamelyik hűtőgép hibára kiáll, vagy tönkremegy, abban az esetben a tartalék képzés megoldása nem lehetséges. Egyrészt ez hatással van a szociális helyiségek esetében az emberek komfortjába, másrészt a szerelde esetén a precíziós műszerek állapotára, legyártott alkatrészekre is kihatással van. Ezek kalibrálása igen költséges, működésükhöz pedig elengedhetetlen az állandó hőmérséklet biztosítása. Ezeknél a gépeknél a beállított paraméterhez képest csupán $\pm 1^\circ\text{C}$ eltérés engedhető meg. Azonban legnagyobb problémát az úgynevezett VOC rendszer hűtésének meghibásodása okozhatja. Jelenleg ennek a rendszernek külön hűtő egysége van, melynek tartalékképzését is meg kell oldani a vizsgált átalakítás során. A VOC rendszer a gyártógépekből távozó emulziót szívja el, és a VOC rendszeren keresztül lehűtik ezt az olajokkal és egyéb használt vegyi anyagokkal szennyezett levegőt. A különböző szűrőkön keresztül így tud kiválni a káros anyag az elszívott levegőből. A kibocsátott levegő így nem szennyezi a környezetünket. A kibocsátási értékeknek törvényi kötelezettségei is vannak, melyeket a '4/2011 (I.14.) VM rendelet a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről' rendelet tartalmaz részletesen. Amennyiben a törvényi előírásnak a vállalat nem tud megfelelni, abban az esetben büntetést is kaphatnak. Emiatt az új rendszer kialakításakor figyelembe kell venni, hogy a VOC rendszer hűtőgépeinek is megfelelő tartalékot jelentsen a megoldás.

Az energetikai problémák a rosszul kialakított tartály miatt vannak jelen. A tartályban a visszatérő és az előremenő víz keveredik, azonban a rossz kialakítás miatt a hűtővíz mindig melegebb, mint az előre méretezett rendszer esetében. A meglévő hűtőgépek azt érzékelik, hogy a hőmérséklet magas, emiatt alacsony set ponton és folyamatosan műdnék. A hűtőgépek energia felvétele, így igen magas, de erre pontos mérési adatok nem állnak rendelkezésre.

A másik energetikai probléma a jelenlegi rendszerrel, hogy a tartály nyitott kivitelű. A rendszernek szivattyúk segítségével le kell küzdeni a magasságot, mely során, a földön elhelyezett tartályból a tetőn található légkezelő egységekbe juthasson a hűtővíz. A nyitott rendszer következménye, hogy a pluszban megjelenő gravitációs veszteséget is le kell küzdeni. Ehhez már a tervezés során nagyobb méretű szivattyúk lettek kiválasztva, mint amekkorára valóban szükség lett volna. A nagy szivattyúk áramfelvétele így nagyon magas.

Továbbá a rendszer esetében a meglévő szivattyúk állandó, fix fordulaton üzemelnek, nem követik az igények változását, nem kapcsolódik hozzájuk inverter vagy egyéb szabályozó egység, ami szintén energia pazarlásnak minősül. Azonban itt sincsenek mérőműszerek, így pontos fogyasztási adatok nem állnak rendelkezésre, csak becslések.

7. Új rendszer kialakítása

Az új rendszer tervezése során fontos szempont a vevő elvárásai, szempontjai. A tervezés során ezt is figyelembe kell venni a műszaki megoldások vizsgálata során. A feladat elvégzésekor megvizsgáltam a megjelenő igényeket, majd ezek alkalmazásával igyekeztem olyan rendszert tervezni, ami a korábban megjelenő problémákat már nem tartalmazza.

7.1. Alkalmazott elvek

Az első és legfontosabb elv, amit alkalmazni kell, hogy a korábbi problémák leküzdése megoldott legyen. A minőségi problémák elkerülése érdekében mindenképpen zárt rendszert kell tervezni. Ezt meglehetne oldani egy zárt tartállyal is, vagy egy osztó-gyűjtő megoldással. Ez hatással van a gazdaságos üzemeltetésre valamint az energiahatékonysági szempontokra is. Fontos a korábbi méretezési illetve kivitelezési problémák elkerülése illetve leküzdése.

Elengedhetetlen szempont továbbá az automatizálás, valamint a vállalat épületfelügyeleti rendszeréhez való csatlakoztatás megoldása. Az automatizálás érdekében én frekvenciaváltós szivattyúkat választottam, hogy a változó igényekhez igazodni tudjon a rendszer. Továbbá a megfelelő nyomástartásról is gondoskodni kell, melyre én egy automatikus megoldást választottam. A szivattyúk szabályozását tekintve változó nyomáskülönbséggel kívánom kialakítani a rendszert, azaz a térfogatáram változással arányosan változik a nyomáskülönbség.

A karbantartási osztályról igényként jelent meg, hogy az új megoldás ne csak a korábbi, már kialakult rendszert lássa el, hanem további két funkció tartalékát is lássa el. Ez a két csatlakozó funkció a már említett VOC és Assy rendszerek. A kérés az volt, hogy ezek önálló szigetüzemben is működjenek, de a hozzájuk csatlakozó hűtőgép hibája esetén át lehessen térni az újonnan kialakított rendszerre is.

Vevői kérés volt, hogy amennyiben lehet, a meglévő berendezések legyenek használva. A meglévő rendszer a már korábban említett problémák miatt mikro buborékokkal van tele. Ezek leválasztását is meg kell oldani, így szükséges szennyfogó szűrőket

alkalmazni, hogy a még bennmaradt iszap is megfelelően leválásra kerüljön, és ne okozzon hasonló gondot az új megoldásnál. A kialakítást meg lehet oldani a mostani hűtőgépekkel is, azonban ezek magas élettartama miatt én a cseréjüket javasolnám. Mivel a vállalatnál igen hosszú ideig jelen vannak a hűtési igények, szabadhűtéses kivitelű folyadékhűtőket is javasolnék betervezni.

Mivel a vállalatnál nagyobb és összetettebb megoldások vannak, nagyon fontos, hogy olyan rendszer kerüljön kialakításra, ahol a berendezések könnyen kizárhatóak, karbantarthatóak és tisztíthatóak. Amennyiben arra kerülne a sor az egyes elemek cseréje is könnyen megoldható legyen.

Az egyik legnehezebben megoldható feladat az volt, hogy egy olyan rendszer legyen tervezve, melynek kivitelezése minimális időbe telik. A vállalat folyamatosan termel, csupán a téli illetve a nyári leállás ideje alatt áll meg. Ebben az időben is előfordul, hogy nem teljes két hétre, csupán pár napra állnak le az egyes területek. Fontos, hogy egy olyan rendszert kell kialakítani, melyre az áttérés a termelésben csupán egy-két nap kiesést okoz. Több taglalt rendszer megoldás emiatt került elvetésre.

7.2. Rendszer méretezése

A rendszer méretezéséhez először ismernünk kell a felmerülő igényeket, valamint a rendelkezésre álló hűtési teljesítményt. Ezeket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat Rendelkezésre álló és felmerülő hűtési igények

Hűtőgép / Rendszer	Q – Hűtési teljesítmény (kW)
REF 27	290
REF 20	380
REF 24	530
CU 1	130
CU 2	450
AC 1	420
AC 2	80
REF 25	240
VOC rendszer	200
REF 9	390
Assy	200

A rendszer kialakításánál 7/13 °C hő lépcsőt alkalmaztam, mely esetében a hőmérséklet különbség 6 °C –ra adódik. Azért választottam ezt a 6 °C –os hőfoklépcsőt, mert így a rendszer szivattyúzási munkája az üzemeltetés során kevesebb lesz, mint az 5 °C – os hőfoklépcső esetén. Meghatároztam a rendszer szállított tömegáramát a következő képlettel:

$$\dot{Q} = c * \dot{m} * \Delta t \quad (5)$$

Ahol :

- $\dot{Q}$ – Hőtéljesítmény [kW]
- c – Víz fajhője [kJ/kg*K]
- $\dot{m}$ – Szállított tömeg [kg]
- Δt – Hőmérsékletkülönbség [K]

A megadott hőteljesítmények alapján, valamint a képletet átrendezve meghatározhatóak a szállított tömegek. Víz esetében 1 kg mennyiség 1dm³-el egyelő. Ezt figyelembe véve, átszámítva, meghatározható a rendszer tömegárama, melyet a 4. táblázat tartalmaz m³/h értékben.

4. táblázat Szállított tömegáram

Hűtőgép / Rendszer	$\dot{V}$ – tömegáram [m ³ /h]
REF 27	41,48
REF 20	54,35
REF 24	75,80
CU 1	18,59
CU 2	64,36
AC 1	60,07
AC 2	11,44
REF 25	34,33
VOC rendszer	28,61
REF 9	55,78
Assy	28,61

A tömegáramok meghatározása után a csőátmérőket kell meghatározni, mely a következő képlettel lehetséges:

$$\dot{V} = A * v \quad (6)$$

Ahol :

- $\dot{V}$ – Tömegáram [m³/s]
- A – Cső keresztmetszete [m²]
- v – áramló víz sebessége [m/s]

Az áramlási sebességre választottam egy elméleti értéket, majd meghatároztam a cső keresztmetszetét és abból a csőátmérőt. Ezután kiválasztottam a standard csőátmérőket, és a tényleges sebességet újra lehet kalkulálni. A csőátmérő kiválasztásánál is fontos szempont volt, hogy standard egységes részek kerüljenek megtervezésre, ezért nem minden esetben választottam a kalkulált értéknél nagyobb keresztmetszetet. Egy esetben tértem el jelentősen a számított értéktől, ez a REF9-es hűtőgép esetében történt. Mivel ez csak egy tartalék rendszerként csatlakozik a rendszerhez fontosabbnak tartottam a hozzá csatlakozó assembly rendszerrel egységes átmérőt választani.

5. táblázat Csőátmérő méretezése

Hűtőgép / Rendszer	V – tömegáram [m ³ /s]	v- áramló sebesség [m/s]	A – Keresztmetszet [m ²]	d- csőátmérő [m]	D- választott csőátmérő DN
REF 27	0,012	1,2	0,0096	0,111	125
REF 20	0,015	1,2	0,0126	0,127	125
REF 24	0,021	1,2	0,0175	0,149	150
CU 1	0,005	1,2	0,0043	0,074	100
CU 2	0,018	1,2	0,0149	0,138	125
AC 1	0,017	1,2	0,0128	0,128	125
AC 2	0,003	1,2	0,0026	0,058	65
REF 25	0,010	1,2	0,0079	0,101	100
VOC rendszer	0,008	1,2	0,0066	0,092	100
REF 9	0,015	1,2	0,0129	0,128	100
Assy	0,008	1,2	0,0066	0,092	100

A választott csőátmérővel a valós sebességeket újrakalkuláltam, majd meghatároztam a csőszakasz súrlódási ellenállását valamint a beépítendő szerelvények alapján az alaki ellenállást is. Ezeket összeadva megkaptam az egyes csőszakaszok összes nyomásesését. Ezt az értéket illetve a szivattyú által leküzdendő magasságot összegezve megkaptam a szivattyúk emelőmagasság értékét. A rendszeren fellépő nyomásvesztéseket a már korábban említett (3) és (4) képleteket összeadva és átrendezve lehet kiszámítani, mely a következőképpen alakul:

$$\Delta P_{\text{össz}} = \frac{\rho}{2} * \left(\lambda * \frac{l}{d} * v^2 + \xi * v^2 \right) \quad (7)$$

Ahol:

- ρ – Folyadék sűrűsége [kg/m³]
- λ – Súrlódási tényező [-]
- l – Csőszakasz hossza [m]
- d – Csőátmérő [m]
- v – Áramlási sebesség [m/s]
- ξ - Alaki ellenállás tényező [-]

6. táblázat Hidraulikai méretezés

Hűtőgé p / Rendsz er	d [m]	v [m/s]	λ [-]	ρ (kg/m ³)	l [m]	ξ [-]	Összes nyomás esés [Pa]	Statikus magasság [m]	Számított össz. emelőmagas ság [m]
REF 27	0,125	0,94	0,02	999,7	50	17,03	11028	6	7,103
REF 20	0,125	1,23	0,02	999,7	55	19,5	21409	6	8,141
REF 24	0,125	1,72	0,02	999,7	60	14,03	34774	6	9,477
CU 1	0,1	0,66	0,02	999,7	100	12,92	7116	4	4,712
CU 2	0,125	1,36	0,02	999,7	110	12,92	28205	4	6,820
AC 1	0,125	1,36	0,02	999,7	40	9,92	15082	4	5,508

AC 2	0,1	0,40	0,02	999,7	40	9,92	1467	4	4,147
------	-----	------	------	-------	----	------	------	---	-------

A kiszámított emelőmagasság, illetve a rendszerek által szállított tömegáramokat figyelembe véve kiválasztottam a rendszerhez szükséges szivattyú méreteket. A választásnál fontos szempont volt a standardizálás, hogy a karbantartás illetve a szivattyúk cseréje minél egyszerűbben megoldható legyen. A választott szivattyú típusokat és jelleggörbéket a 3.számú melléklettől a 9.számú mellékletek tartalmazzák. Ezeknek a szivattyúknak a villamos teljesítményét pedig a 7.táblázat tartalmazza.

7. táblázat Választott szivattyú méretek

Rendszerek	Villamos motor telj. [kW]
REF 20	11
REF 24	11
REF 27	11
AC 1	4
AC 2	1,1
CU 1	1,1
CU 2	4

7.3. A rendszer kialakítása

A már korábban említett indokok miatt egy zárt rendszerű osztó-gyűjtő rendszer megvalósítását javaslok.

Termelői oldalon a hűtőgépek elé, illetve után golyós elzáró csap beépítését terveztem. Mindegyik hűtőgép esetén a hűtőgépbe visszatérő ágba egy-egy szennyfogót terveztem, mely a rendszerben lévő mikro buborékok, illetve iszap kiválasztását szolgálják. Mindhárom hűtőgép esetén a visszatérő ágba kerülnek a kiválasztott szivattyúk, illetve egy-

egy visszacsapó szelep, hogy a rendszert megfelelően lehessen működtetni. A hűtőgép előremenő ágába egy-egy beszabályozó szelep beépítése is szükséges a megfelelő paraméterek beállításához. A hűtőgépek közé egy bay-pass ágot is terveztem, amelyre kézzel történő átkapcsolás után lehet áttérni. Erre azért van szükség, mert bármelyik hűtőgép meghibásodása esetén a rendszer ezáltal tudja biztosítani a fennálló igényeket. Olyan vezérlés beépítését javaslom, mely automatikusan lépteti be a folyadékűtőket a rendszerbe, az osztó-gyűjtő hőmérséklete alapján. Az automatika ezen kívül figyelembe veszi, hogy alacsony külső hőmérséklet esetében a REF20-as folyadékűtő szabadhűtéses egységét részesítse előnybe.

A fogyasztói oldalon a szivattyúkat frekvenciaváltós szivattyúra választottam, hogy a felmerülő különböző fogyasztói igényeket energiatakarékosan lehessen üzemeltetni. A szivattyúkat az előremenő ágba terveztem, golyós csapokkal és visszacsapó szeleppel. A fogyasztótól a gyűjtőbe visszatérő ágba szennyfogó telepítése szükséges, hogy a csőhálózatban maradó iszap ne kerülhessen az új rendszerbe. A fogyasztói körbe az üzembiztonság növelése érdekében, úgynevezett meleg üzemi-tartalék szivattyúkat is beterveztem, melyek automatikusan hiba esetén átváltásra kerülnek. A szivattyúk előremenő nyomás értékre szabályoznak, az energetikai illetve fogyasztói igények miatt.

Az osztó-gyűjtő rendszer lehetővé teszi, hogy az említett VOC és Assy rendszerekhez tartalékot biztosítson. Alapból a REF 25-ös hűtőgép (VOC rendszer) és a REF 9-es hűtőgép (Assy) rendszer szigetüzemben működik. Probléma észlelése esetén kézi kapcsolóval át lehet kapcsolni a rendszereket, melyek az osztó – gyűjtőben lévő tartalék miatt képesek ellátni az igényeket a probléma helyreállításáig. Ezek kialakításához egy- egy hőcserélő beépítése szükséges.

A rendszer megfelelő nyomástartásához kompresszoros nyomástartó került betervezésre.

Ez a fajta osztó gyűjtős megoldás azért is előnyös a vállalat számára, mert az új rendszer kivitelezését elő lehet készíteni. Az előkészítés után az átállás csupán 1-2 napot fog igénybe venni, ami miatt a termelésben nem fog nagy veszteséget okozni, kivitelezése megoldható egy nyári leállás alkalmával is.

A kialakítás elvi sémáit az 1. számú és 2. számú mellékletek tartalmazzák.

7.4. Választott berendezések

A vállalt kérésére a berendezések kiválasztásánál figyelembe vettem, hogy a meglévő rendszereket minél inkább kihasználjam. Ezért a hűtőgépek esetében maradtam a régi gépeknél, bár ezeknek a cseréjét a már korábban említett okok miatt javasolom, Szivattyú választás esetén egyrészt fontos volt, hogy a vállalat egységes rendszerben tudja kezelni a berendezéseit, ezért a Grundfos márkát részesítik előnyben, másrészt pedig szempont volt, hogy méretben is 5-6 fajtánál ne használjon többet a vállalat, így a tartalék tárolása könnyebben megoldható. A pontos típus a mellékletben látható.

8. A rendszer gazdasági számításai

Az új rendszer gazdasági számításaihoz először a beruházási költségeket vettem számba, majd megnéztem, hogy a rendszer átalakítása során, éves szinten mennyi megtakarítás érhető el. Ebből a két adatból számolom ki a megtérülési időt. A beruházási költségek esetében figyelembe vettem a kiválasztott berendezések beruházási költségét, illetve a vállalat korábbi munkáira adott árajánlatok alapján kalkuláltam a felmerülő munkadíjakat illetve egyéb megjelenő költségeket.

8.1. Beruházási költségek

A beruházási költségek számításához a különböző az egyes tételeket fő kategóriákra osztottam, melyeknél az alább látható tételeket vettem figyelembe. Minden egyes tétel pontos árazását nem látom indokoltnak, hiszen a kivitelezés megrendelésekor az árak erősen függenek az aznapi piaci hatástól, illetve az alvállalkozóval kötött szerződéstől a munkákra vonatkozóan. A munka azonban már megrendelésre került, így a kivitelezővel való konzultáció alapján egy összesített költséget tudtam kalkulálni. Az egyes kategóriákhoz a következő tételek tartoznak:

- Főberendezések: A kiválasztott szivattyúk beruházása illetve a rendszerbe kötése. Szükséges hőcserélő beruházási illetve rendszerbe kötése.
- Csővezeték szerelése: Összes csővezeték bekerülése, illetve beszerelési költsége a tervezett szabályozó szelepekkel, visszacsapó szelepekkel, háromjáratú szelepekkel, szűrőkkel valamint iszaptalanítóval együtt.
- Hőszigetelés: Csőhéjak illetve szelepek, szivattyúk bekerülési és beruházási költségei.

- Elektromos munkák: A rendszerben található hőmérsékletérzékelők, szivattyúk, frekvenciaváltós szivattyúk kábelezési munkái, illetve a meg lévő épületfelületei rendszerhez való csatlakozás. Az elektromos munkák kalkulációja során beterveztem a meglévő kábelek bontási munkáit is.
- Építészeti: Az építészeti munkák során a meglévő tartályok eltávolításával járó beton gépalap eltávolítását, illetve az alap javítási munkáit vettem alapul.
- Bontási munkák: A bontási munkákba a régi tartályok elbontása, valamint a hozzájuk kapcsolódó összes gépészeti rendszer elbontását vettem alapul.
- Tartószerkezet: Az új rendszer kialakításához megfelelő tartószerkezetre van szükség. A tartó szerkezet az oldalfalhoz illetve az aljzathoz rögzített. A számítások során ennek az anyagköltségét illetve munkadíját vettem figyelembe. A tartószerkezet kialakításához közel 1800 kg acélszerkezettel kell számolni.
- Sűrített levegő: A helyiség ahol a rendszer kialakításra került eredetileg kompresszor ház. Az új rendszer kialakítása érdekében a meglévő sűrített levegős csővezetéseket le kell bontani és a helyiség túlsó oldalán kell kialakítani. Ennek anyag illetve munkadíja került kiszámításra.
- VOC rendszer: A VOC rendszer tartalékképzésének biztosítása külön tételként szerepel, hiszen ez egy pluszban felmerülő igény volt, nem képezte eredetileg a rendszer átalakítását. A rendszer megvalósításának döntéséhez külön tételként szerepel. A költség tartalmazza az összes anyag és munkadíjat a rendszer kialakításához.
- Assy rendszer: Az Assy rendszer a VOC rendszerhez hasonlóan lett külön tételre bontva. A költségek meghatározásakor a rendszer anyag és munkadíjait egyaránt figyelembe vettem.

Ezekre összesen 80 793 000 Ft-ot kalkuláltam.

8.2. Éves költségek

A régi illetve az új rendszer értékeléséhez figyelembe kell venni az éves költségeket. Mivel a nagyvállalat saját alkalmazottakkal látja el a létesítmény összes rendszerének üzemeltetését, ezért ezt a költséget nem vettem figyelembe a számítások alkalmával. Ugyan az új rendszer esetében az üzemeltetés kevesebb időt vehet igénybe, erre pontos adatok nincsenek. Az éves költségek esetében pusztán a rendszer energiaköltségeit kell figyelembe venni. Az új rendszer kialakítása során az éves költségek két esetben fognak eltérni. Egyrészt

a szivattyúk energiafelhasználásában, másrészt a hűtőgépek üzemeltetése során keletkező energiafelhasználásban.

A szivattyúk esetében, az új rendszer kialakítása zárt rendszerű, mely esetében kisebb teljesítményű szivattyúkat lehet a rendszerbe tervezni. Az energia felhasználás csökkenését tovább segíti, hogy az új szivattyúk esetében frekvenciaváltó is betervezésre került, mely a változó igényekhez igazodva képes az üzemeltetést változtatni, aminek hatására az egyes szivattyúk üzemideje is kevesebb lesz. Az új rendszer üzemelési óraszama csupán egy becslített adat, mely a fogyasztói oldal elmúlt éveiben felmerülő fogyasztásával kalkulált adat.

8. táblázat Szivattyúk energiafelhasználása

	Meglévő rendszer			Új rendszer		
Szivattyúk	Villamos motor telj. [kW]	Éves üzemóra [h]	Éves villamos fogyasztás [kWh/év]	Villamos motor telj. [kW]	Éves üzemóra [h]	Éves villamos fogyasztás [kWh/év]
REF 20	15	8400	126 000	11	1440	15 840
REF 24	15	8400	126 000	11	6240	68 640
REF 27	11	8400	92 400	11	2160	23 760
AC 1	11	8400	92 400	4	8400	33 600
AC 2	4	8400	33 600	1,1	8400	9 240
CU 1	4	8400	33 600	1,1	8400	9 240
CU 2	11	8400	92 400	4	8400	33 600

A hűtőgépek esetében a jól kialakított rendszer miatt a meglévő berendezéseket optimálisan lehet üzemeltetni, illetve szükség esetén leállítani. A meglévő rendszer vizsgálata során, illetve az új rendszer kalkulációja során megállapítottam, hogy az egyes terhelési szinteken (25 %, 50 %, 75 %, illetve 100 %) mennyi a hűtőgépek üzemelési órája a meglévő, illetve az új rendszer esetében.

9. táblázat Hűtőgépek energiafelhasználása

	Meglévő rendszer				Új rendszer			
Hűtőgépek	Hűtőgép átlagos vill. telj. [kW]	Terhelési szintek [%]	Éves üzemóra [h]	Éves vill. energ. fogy. [kWh/év]	Hűtőgép átlagos vill. telj. [kW]	Terhelési szintek [%]	Éves üzemóra [h]	Éves vill. energ. fogy. [kWh/év]
REF 20	130	25	0	366 632	130	25	360	117 000
		50	1130			50	360	
		75	1300			75	360	
		100	1300			100	360	
REF 24	170	50	2011	959 735	170	50	2080	884 000
		100	4640			100	4160	
REF 27	100	25	1130	312 250	100	25	180	45 000
		50	1130			50	180	
		75	1300			75	180	
		100	1300			100	180	

Ha a szivattyúk és a hűtőgépek éves energiafelhasználási adatait összeadjuk, akkor láthatjuk, hogy az átalakítás előtt az energiafelhasználás 2 235 017 kWh –ra, míg az átalakítás után ez az érték 1 239 920 kWh értékre adódik. Az átalakítással elérhető megtakarítás éves szinten 995 097 kWh értékre adódik. A vállalat villamos energiáját tőzsdén keresztül vásárolja meg és általában hosszú távú szerződéseket köt. Ez azt jelenti, hogy a villamos energiáját 2-3 évre előre megveszi, és ezt igyekszik a tőzsdei villamos energia árakat figyelve és a lehető legkedvezményesebb áron beszerezni. Az éves egységárakat ezután a beszerzett energiaár, a rendszerhasználati díj, tartalék díj és egyéb éves költségeket figyelembe kalkulálja ki a vállalat energetikusa minden évben. Ez az egységár 2023-ra 35 Ft/kWh. Ezzel az értékkel számolva a vállalat éves szinten 34 828 395 Ft megtakarítást érhet el. Mivel azonban ez az érték igen kedvező jelenleg, és az energiaárak folyamatosan növekvő

tendenciát mutatnak, a megtérülési időnél kétféle kalkulációt is elvégeztem. Így az éves megtakarítási érték 119 411 640 Ft-ra adódik.

8.3. Megtérülési idő

A beruházás megtérülési idejét kétféle képen is számíthatjuk. Számolhatunk sima statikus megtérülési idővel, illetve számolhatunk dinamikus megtérülési idővel is. A számításoknál figyelembe vettem a beruházási költséget, valamint nyereségként a megtakarított összeget. Éves karbantartási költségeket nem vettem figyelembe, hiszen azok a régi rendszernél is jelen voltak. A statikus számítás alapján a megtérülési időt a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat Statikus megtérülési idő számítása

Év	Beruházási költség (E Ft)	Nyereség (E Ft)	Halmazott nyereség (E Ft)
2023	80 793	34 828	34 828
2024	-	34 828	69 656
2025	-	34 828	104 484
2026	-	34 828	139 312
2027	-	34 828	174 140
Összes	80 793	-	-

A beruházás így már a 3. évben meg fog térülni a statikus megtérülési számítás alapján. A dinamikus számítási módszerhez 10 %-os kamatlábat vettem figyelembe. A számításokat a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat Dinamikus megtérülési idő számítása

Év	Beruházási költség (E Ft)	Nyereség (E Ft)	Diszkont tényező	Beruházási költség jelenértéke (E Ft)	Nyereség jelenértéke (E FT)	Halmozott nyereség jelenértéke (E Ft)
2023	80 793	34 828	0,909	73 441	31 659	31 659
2024		34 828	0,826		28 768	60 427
2025		34 828	0,751		26 156	86582,408
2026		34 828	0,683		23 788	110 370
2027		34 828	0,621		21 628	131 998
Összes	-	-	-	73 441	0	131 998

A dinamikus számolás alapján is a 3.évben már megtérül a beruházás. Ez a számítás azonban a mostani, kedvezményes áron beszerzett energiaárakra vonatkozik. A 120 Ft/kWh értékű villamos energia árral számolva egyszerűen látható, hogy a beruházás már az első évben megtérül. Természetesen a beruházás költségei is folyamatosan változnak, sokszor a kivitelezők is csak egy- egy napra tudják tartani a kiadott árajánlatokat. Azonban még ha így is van, elmondható, hogy a magas energiaköltségek miatt a beruházás az első három évben biztosan megtérül.

9. Összegzés

Egy ekkora vállalat esetében gyakran előfordul, hogy már elavult technológiák illetve régi berendezések üzemelnek. Számos helyen, többek között az általam vizsgált rendszer esetében is jellemző a túlméretezés számos probléma mellett. Most, hogy az energia megtakarítás egyre nagyobb szerepet kap, elengedhetetlen, hogy a meglévő rendszereket átvizsgáljuk és egy energiahatékonyabb megoldást javasoljunk helyette. A jelenlegi hűtési rendszer átalakítása amellet, hogy egy nem megfelelően működő rendszer helyett képes ellátni a felmerülő igényeket, számos további előnnyel is rendelkezik. A régi rendszer rendkívül helyigényes volt a nagy tartály miatt, míg a mostani osztó-gyűjtő rendszer a fal mentén szerelve igen kis helyet foglal el, amellet, hogy a hozzáférhetősége teljes mértékben megoldott.

A számítások alátámasztják, hogy a vállalat éves energiafelhasználását is jelentősen csökkenti. A számolt adatok alapján megállapítható, hogy ez az egyetlen átalakítás a vállalat éves energiafelhasználásának az 1,2 %-át képes megtakarítani. Ez által nem csak a törvényi kötelezettségeknek tud megfelelni a vállalat, de elmondható, hogy tudatosan képes a környezetterhelését is csökkenteni. Véleményem szerint a vállalat egyéb területein is ki lehetne terjeszteni ezt a fajta megoldást, és legalább 3 ilyen energiaközpontot lehetne létrehozni, a jelenlegi szigetüzemekben nem megfelelően működő rendszerek helyett. Az energiaközpontok közelében található hűtőgépek összevonása egy ilyen rendszerben azt is eredményezheti, hogy kisebb hűtőgépek illetve szivattyúk üzemeltetésével érhető el a kívánt paraméterek biztosítása. Egyes részeken még az is lehetséges, hogy egy-egy hűtőgép üzemeltetése szükségtelenné válik, hiszen ebben a rendszerben a tartalék biztosítása megoldott, valamint a túlméretezés is elkerülhető. Emellet további jelentős megtakarítást érhetne el a vállalat, ha a régi hűtő és légkezelő berendezéseit lecserélné modernebb megoldásokra, melyek esetenként tartalmaznak szabadhűtő vagy hővisszanyerő funkciót.

10. Summary

In the case of such a large company, it often happens that outdated technologies and old equipment are already in operation. In several places, including the system I examined, oversizing is typical along with many problems. Now that energy saving is playing an increasingly important role, it is essential to review the existing systems and propose a more energy-efficient solution instead. The transformation of the current cooling system, in addition to being able to meet the emerging needs instead of an improperly functioning system, also has many additional advantages. The old system was extremely space-consuming due to the large tank, while the current distributor-collector system, installed along the wall, takes up very little space, in addition to being fully accessible.

The calculations confirm that the company's annual energy consumption is also significantly reduced. Based on the calculated data, it can be concluded that this single conversion can save 1.2% of the company's annual energy consumption. In this way, the company is not only able to comply with the legal obligations, but it can be said that it is also able to consciously reduce its environmental load. In my opinion, this type of solution could be extended to other areas of the company, and at least 3 such energy centers could be created, instead of the inadequately functioning systems in the current island plants. Combining the cooling machines located near the energy centers in such a system can also result in the operation of smaller cooling machines and pumps to ensure the desired parameters. In some areas, it is even possible that the operation of a few refrigerators becomes unnecessary, since in this system the provision of reserves is solved, and oversizing can also be avoided. In addition, the company could achieve further significant savings if it replaced its old cooling and air handling equipment with more modern solutions, which in some cases include a free cooling or heat recovery function.

NYILATKOZAT

Alulírott Harpauerné Sebestyén Ágnes, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllői Campus, Létesítménymérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett. A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év április hó 17 nap

Harpauerné Sebestyén Ágnes
Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslok nem javaslok*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év április hó 17 nap

Hennrich Péter
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

12. Irodalomjegyzék

Aermec Air Conditioning (2001): Fan Coil rendszerek általános tervezési szempontjai, Budapest, Oktoklima Kft. p.32.

Azflex (2023): Armaflex ACE/P Elasztomer zártcellás, párazáró, gumi alapú flexibilis szigetelő csőhéjak és lapok. In.: www.azflex.hu (2023.03.09.)
<https://azflex.hu/szigetelestechnika/armaflex-acep-elasztomer-zartcellas-parazaro-gumi-alapu-flexibilis-szigetelo-csohejak-es-lapok> (letöltve: 2023.03.09.)

Baumann Mihály (2012): Épületenergetika, Edutus Főiskola, Budapest, p.98

Bihari Péter (2001): Műszaki termodinamika ideiglenes jegyzet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, p.167

Budavári (2020): Ipari folyadékűtő típusok
In: www.budavatihusvet.hu (2023.03.08.)
<https://budavarihuvet.hu/ipari-folyadekhuto-tipusok/?fbclid=IwAR1Y-05lGOdF4IJFfRqAVLjWjPtHh72CuibWXQtZ3b754u6HqtCyygohJU0> (letöltve: 2023.03.08.)

Daikin (2023): Folyadékűtő
In: www.daikin.hu (2023.03.08.)
https://www.daikin.hu/hu_hu/product-group/chillers.html?gclid=Cj0KCQiAgaGgBhC8ARIsAAAYLfFajIr3vloWvyOAxjUqU0KPqL091EBd-IEkFil11OKKXZgWylfi5nMaAp2pEALw_wcB (letöltve: 2023.03.08.)

Denso (2002): Proud Past, Strong Future: A History of Denso's First 50 Years, Denso Corporation Publisher, Japan, p.220

Denso (2023): Denso in Hungary
In: www.denso.com (2023.03.30.)
<https://www.denso.com/hu/en/about-us/at-a-glance/> (letöltve: 2023.03.30.)

Erdei István (2019): Szivattyútechnika, Grundfos South East Europe Kft. , Budapest, p.34

Európai Bizottság (2020): A fluortartalmú üvegházhatású gázok felváltását vagy kisebb éghajlati hatást lehetővé tevő hűtőközegek rendelkezésre állása az új osztott légkondicionáló rendszerekhez, Európai Unió, Brüsszel, p.14

European Commission (2001): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems, European Union, p.335

ESTE-Credit Side Kft. Hőszivattyú fűtés-hűtés (2022) – Fan-coil

In: www.rifeng-hoszivattyu.hu (2022.10.06.)

<https://www.rifeng-hoszivattyu.hu/fan-coil-futo-huto> (letöltve:2022.10.06.)

Ezermester (2001): Sivatagi hűtőszekrény

In.: www.hirmagazin.sulinet.hu (2023.02.24.)

<https://hirmagazin.sulinet.hu/hu/tudomany/sivatagi-hutoszekreny> (2023.02.24.)

Frigo Tech (2015): Ipari klímák, VRF, VRV klíma rendszerek

In: www.frigotech.hu (2014.11.15.)

<http://www.frigotech.hu/index.php/2014-11-15-23-45-30/daikin> (letöltve: 2022.10.06.)

Göntér Miklós (2009): Hűtőberendezések és hőszivattyúk energetikai jellemzői és minősítésük, e-gépész.hu A Magyar Mérnöki Kamara Épületgépészeti Tagozatának lapja

<https://www.e-gepesz.hu/cikkek/1682-hutoberendezesek-es-hoszivattyuk-energetikai-jellemzoi-es-minositesuk> (letöltve:2023.03.08.)

Grundfos (2014): Szivattyú jelleggörbék, Grundfos Ecademy, Budapest, p.2.

Grundfos (2019): MAGNA3 Telepítési és üzemeltetési utasítás, p.72.

<https://www.megatherm.hu/Shared/ProductFiles/grundfos-magna3-40-120f-futesi-keringeto-szivattyu-f1684.pdf> (letöltve: 2023.03.12.)

Hűtőmester (2010): Régi idők hűtése – A hűtés története

In: www.hutomester.hu (2023.02.24.)

<https://hutomester.hu/regi-idok-hutese-a-hutes-tortenete/> (2023.02.24.)

Dr. Iró Béla, Dr. Zsenák Ferenc (2000): Energetikai gépek kézikönyve, Széchenyi István Főiskola, Győr, p.143.

Dr. Jakab Zoltán (2000): Kompresszoros hűtés I.-II., Magyar Mediprint Szakkiadó, Budapest, p.896.

Juhász László – Maiyaleh Tarek – Vadász József – Vasáros Zoltán (2020): Gyakorlati hűtéstechnikai ismeretek, Nemzeti Klímavédelmi Hatóság, Budapest, p.309

Junkers Bosch Thermotechnik (2004): Hidraulikai rendszerek, oktatási anyag, Junkers Bosch Thermotechnik, p.52

Dr. Kullmann László (2017): Áramlástechnikai gépek – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, p.138

Lantos Tivadar (2018): Kompresszorok és hűtőközegek, Víz, Gáz, Fűtéstechnikai és Hűtő, Klíma, Légtechnika szaklap, Budapest, p.2

Lantos Tivadar (2019): Hűtőközegek csoportosítása: Víz, Gáz, Fűtéstechnikai és Hűtő, Klíma, Légtechnika szaklap, Budapest, p.2

Láng Róbert (2020): Jégszekrény

In: www.euroastra.hu (2023.02.24.)

<https://euroastra.hu/jegszekreny/> (2023.02.24.)

Maczik Mihály András (2016): Irányítási alapok, Békéscsaba, p.13.

https://www.nemesgszi.hu/components/docs/Iranyitasi_alapok2.pdf (letöltve:2023.03.08.)

Meszlényi Zoltán (2000): Szivattyú a fűtési rendszerben, Víz, Gáz, Fűtéstechnika és Hűtő, Klíma, Légtechnika szaklap, 2000/7-8. lapszám

<https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2000/julius-augusztus/107-szivattyu-a-futesi-rendszerben> (letöltve:2023.03.12.)

Midea (2022) – Fan-coil

In: www.midea.hu (2022.10.06.)

https://midea.hu/category/13_Fan-coil (letöltve: 2022.10.06.)

Mota-Babiloni, Adrian, et. al. (2017): Experimental assessment of R134a and its lower GWP alternative R513A, Internal Journal of Refrigeration Volume 74, p.6.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140700716304066> (letöltve: 2023.03.06.)

Penninger Antal (2012): Kalorikus gépek, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, p.211.

dr. Pokorádi László (2002): Áramlástan, elektronikus jegyzet, Debrecen, p.86

Proidea (2023): Folyadékűtők, hidraulikus modulok

In: www.proidea.hu (2023.03.08.)

<https://www.proidea.hu/epuletgepeszet-142958/klima-es-hutestechika-113403/folyadekhutok-hidraulikus-modulok-130647/index.shtml?layout=d&tab=2>

(letöltve: 2023.03.08.)

Rabi Zsolt (2017): Hűtő-, Klíma- és Hőszivattyú- Berendezés Szerelő, Magyar Kereskedelmi és Iparkamara, Budapest, p.103

Recknagel-Sprenger-Scharnek (2008): Taschenbuch für Heizung +Klima technik, Vulkanverlag GmbH., German, p.2300

Sebestyén Ágnes (2018): Irodaépület energetikai vizsgálata, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, p.62

SULLIVAN, Beckie et. al. (2015): Pump Control with Variable Frequency Drives

<https://www.wolfautomation.com/blog/pump-control-with-variable-frequency-drives/>

(letöltve: 2023.03.03)

Prof. Dr. Szabó Gábor, Péter Szabó István (2001): Alkalmazott Műszaki hőtan – A hűtés termodinamikája, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, p.78.

Szabó László (2008): Áramlástan szivattyúk, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, p.37

Szerelvény Dél-pest (2023): Szennyfogó szűrő karimás, mentes, Acél, öntvény (öntöttvas), és saválló anyagokból, Fűtés, hűtés, (víz, glykol), gőz és gáz közegekre PN10-PN16-PN40

In.: www.szerelveny-dp.hu (2021.06.30.)

http://www.szerelveny-dp.hu/futesi_gaz_szennyszuro.html (letöltve: 2023.03.09.)

Szivattyuk.hu (2023): Grundfos CHBasic szivattyú

In.: www.szivattyuk.hu (2023.03.12.)

<https://szivattyuk.hu/grundfos-chbasic.html> (letöltve: 2023.03.12.)

Tóth Ádám (2011): A Carnot és nem Carnot-ciklus hűtési technológiák vizsgálata, szakdolgozat, Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Budapest, p.40.
<https://tavho.org/uploads/learning/5/e82d633ad29d9ac446ca211ca3fd520e.pdf> (letöltve: 2023.03.08.)

Tóth Ádám (2020): Hűtőközegek és klímavédelem, Az én energiám, A Magyar Energetikai Társaság Ifjúsági Tagozatának hivatalos blogja
https://energiam.blog.hu/2020/08/18/hutokozegek_es_klimavedelem (letöltve: 2023.03.06.)

Varga Csaba (2015): Hűtőközegek, Oktoklíma Kft., Budapest, p.8

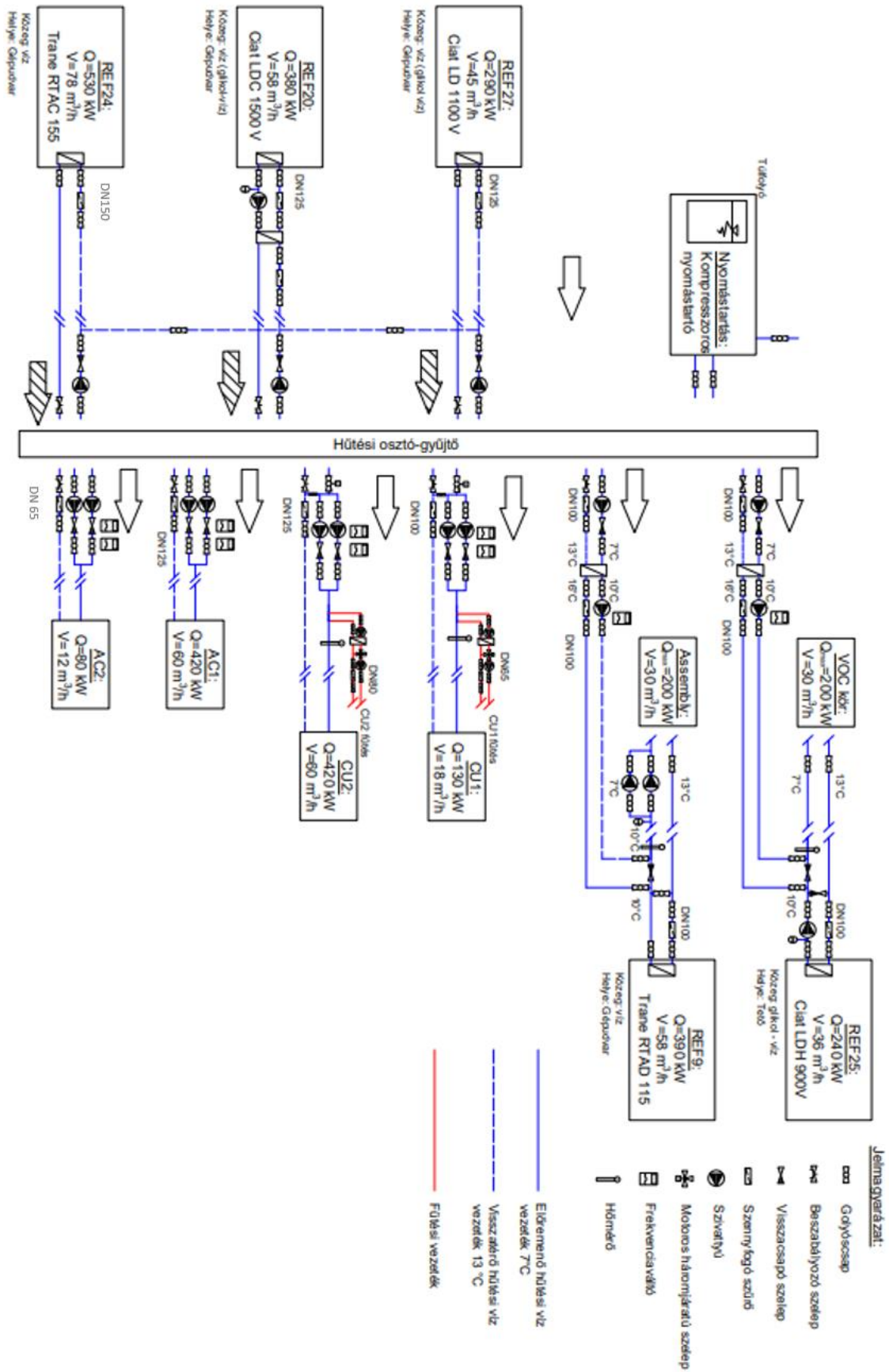
Vitrina96 (2018): Hol és hogyan lehet visszacsapó szelepet felszerelni a vízhez?
Visszacsapó szelep felszerelése a vízre: az eszközök jellemzői és típusa.
In: www.vitrina96.ru (2023.03.09.)
<https://vitrina96.ru/hu/water/where-and-how-to-install-a-check-valve-for-water-how-to-install-a-nonreturn-valve-on-water-features-and-types-of-devicessss/> (letöltve: 2023.03.09.)

VGf online (2018): Ezért kell cserélni a régi szivattyúkat, Víz, Gáz, Fűtéstechnika és Hűtő, Klíma, Légtechnika szaklap
In: www.vgfszaklap.hu (2018.07.25.)
<https://www.vgfszaklap.hu/hirek/4972-ezert-kell-cserelni-a-regi-szivattyukat> (letöltve: 2023.03.09.)

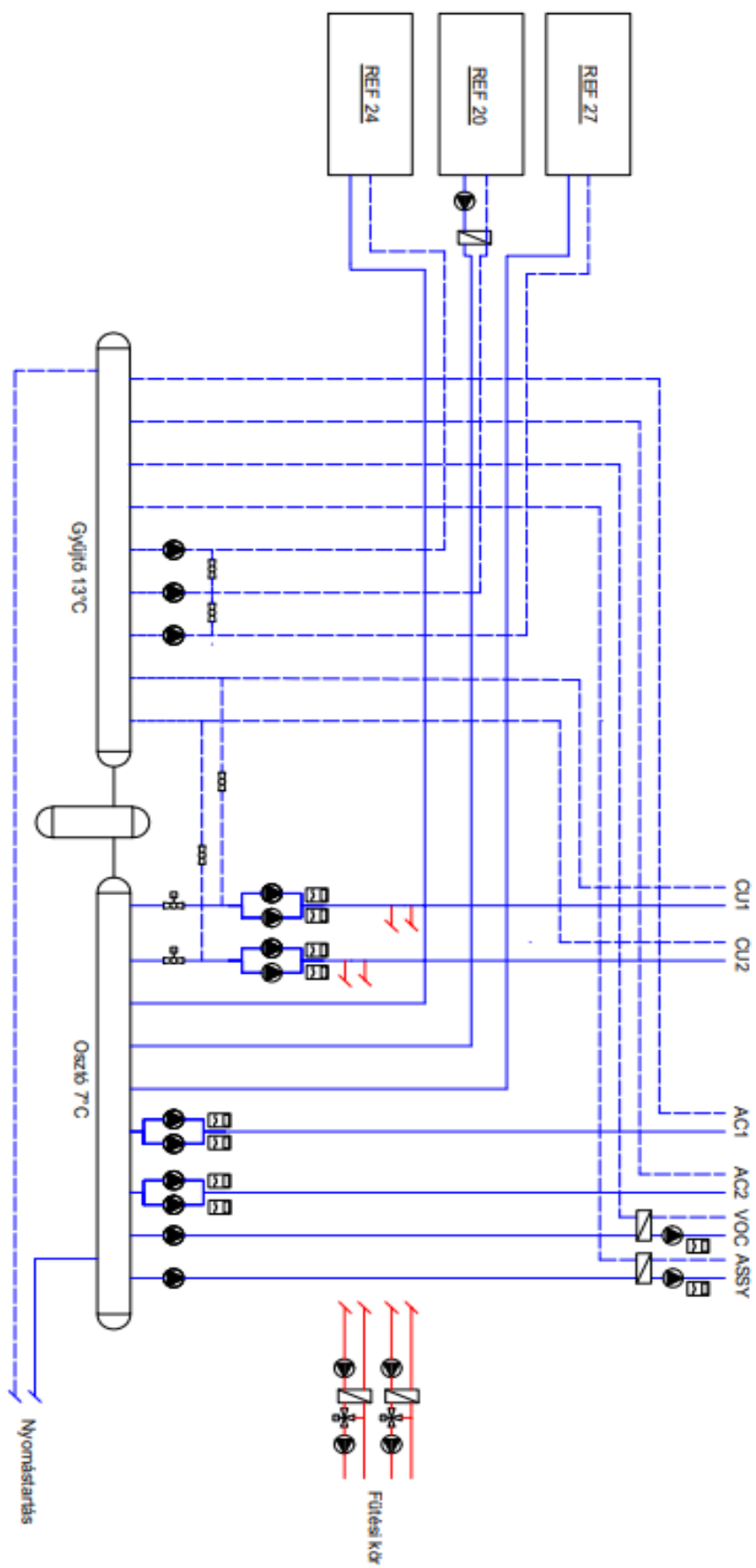
Wilo (2005): A szivattyútechnika alapjai, Szivattyú- kiskaté, Wilo Pumpen Intelligenz, p.61
<https://wilohu-app.wilo.com/download/EDoc/Data/Publikus/09-Tervezesi%20segedletek/Szivattyutechnika%20alapjai%20kiskate.pdf> (letöltve: 2023.03.12.)

13. Mellékletek

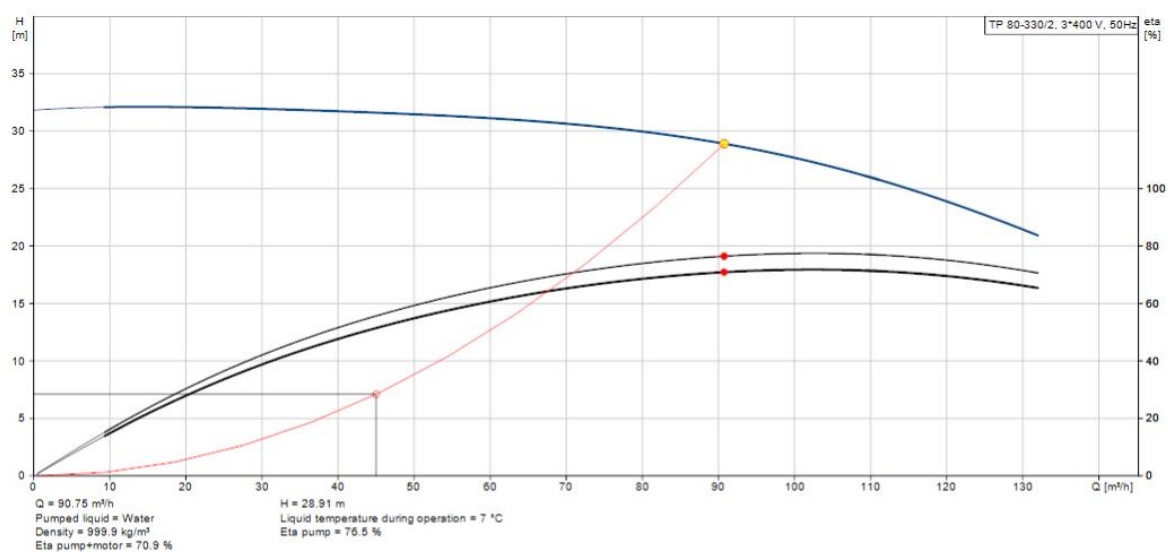
1. Melléklet – Hűtési energiaellátó rendszer elvi séma



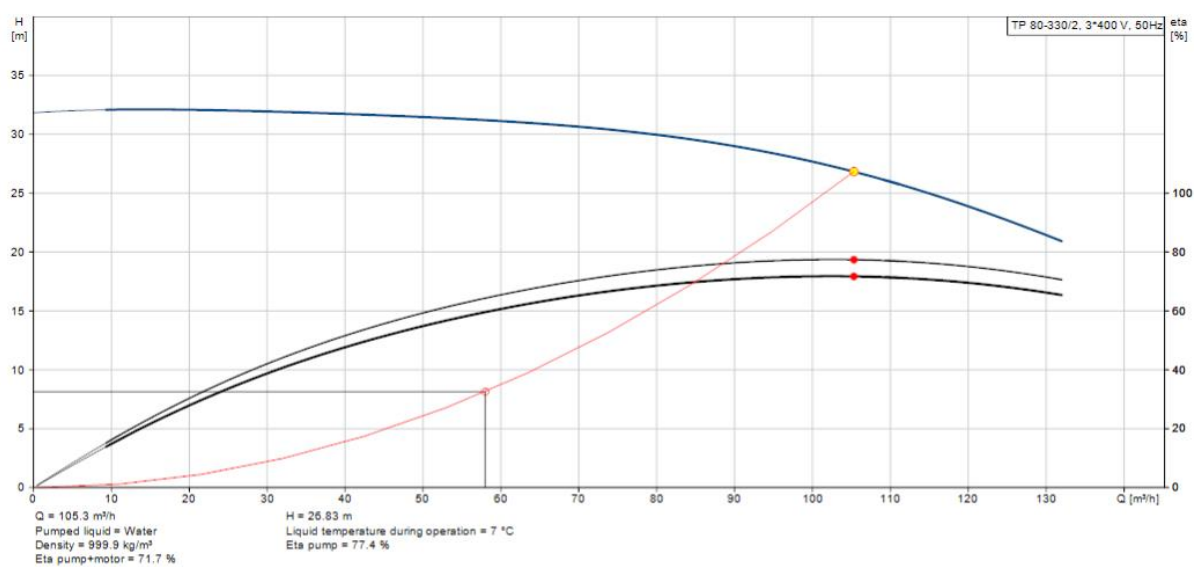
2. Mellékelt – Elosztó séma



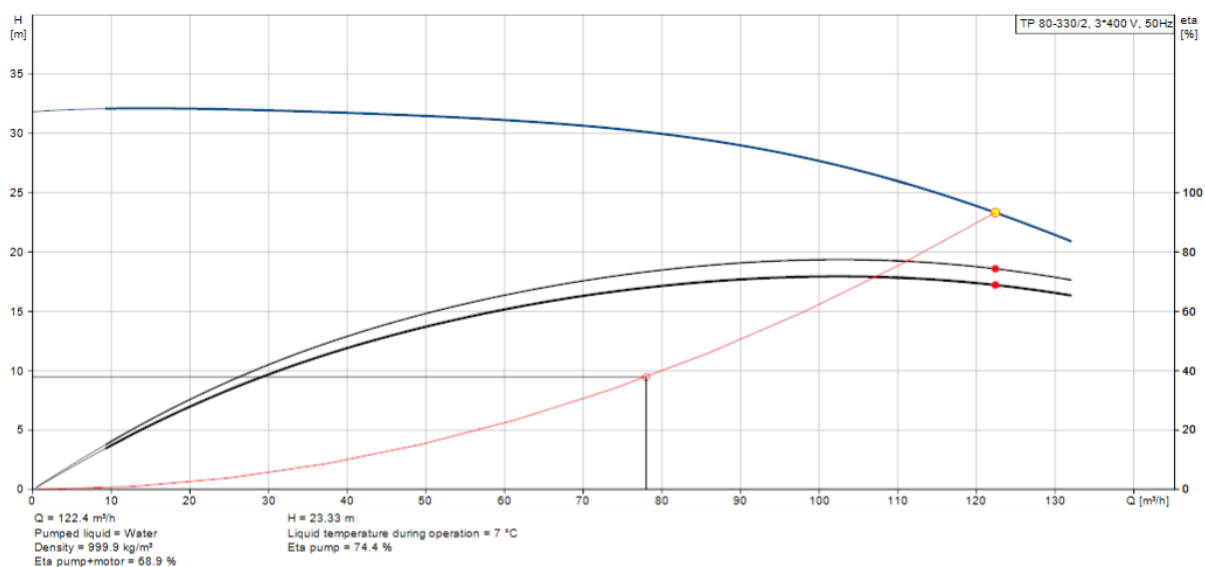
3. Melléklet - TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NW1– REF 27 rendszerhez



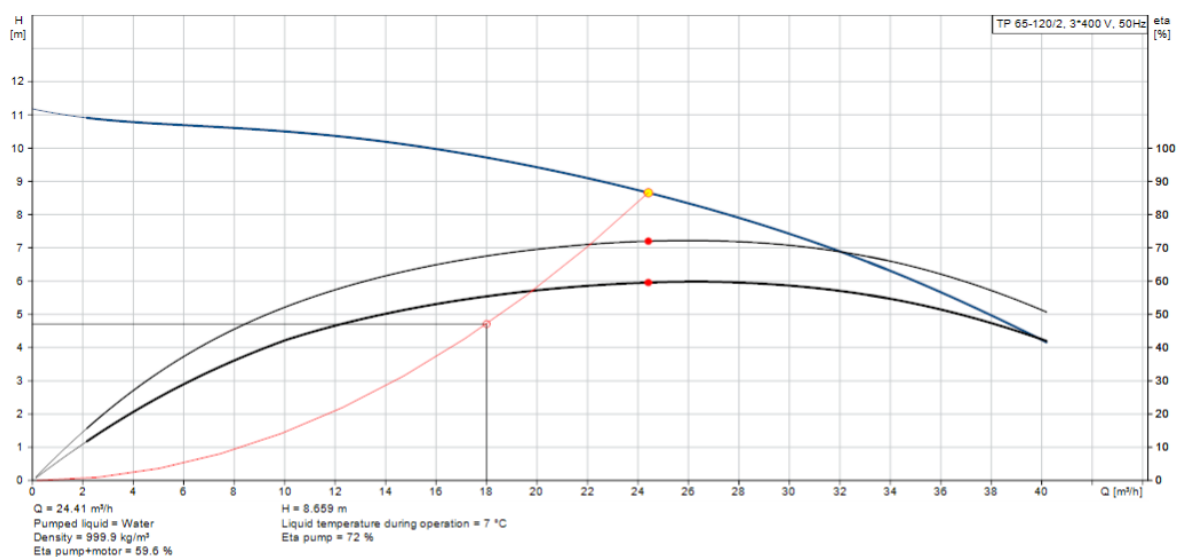
4. Melléklet - TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NW1– REF 20 rendszerhez



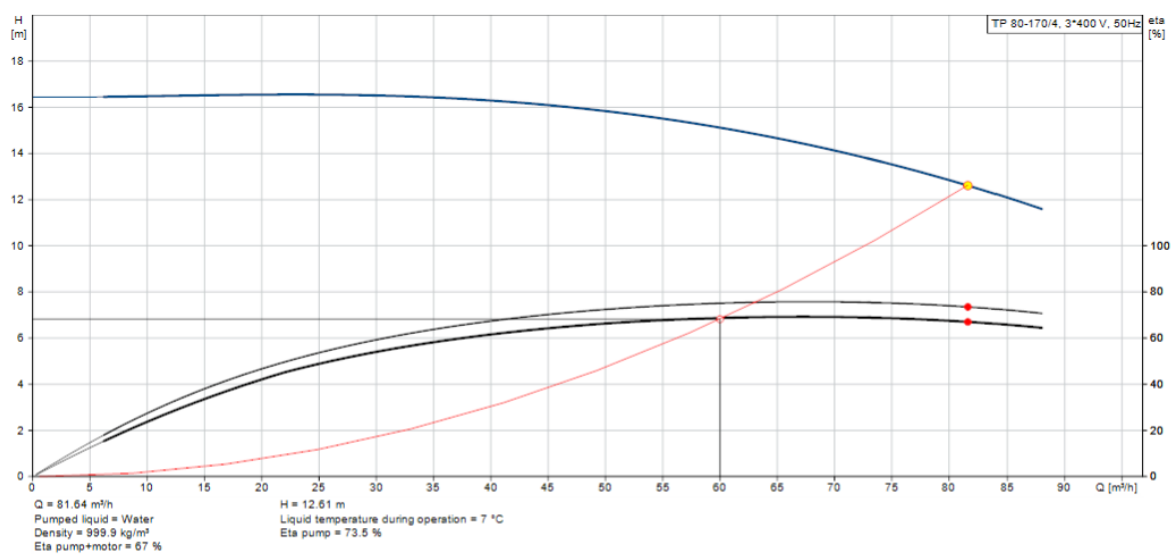
5. Melléklet - TP 80-330/2 A-F-A-BAQE-NW1– REF 24 rendszerhez



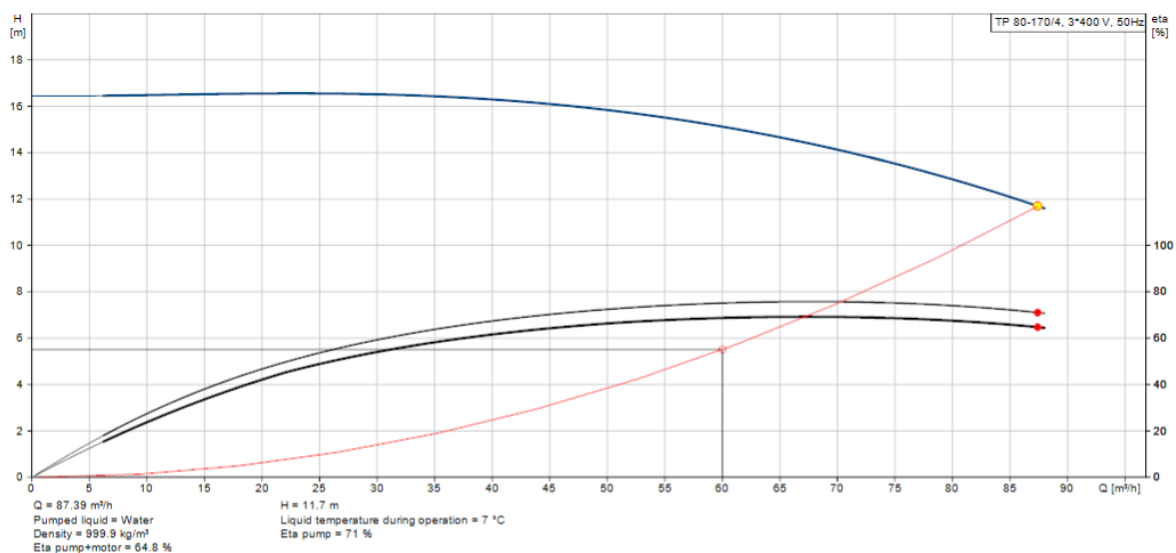
6. Melléklet - TP 65-120/2 A-F-A-BQBE-GW1 – CU 1 rendszerhez



7. Melléklet - TP 80-170/4 A-F-A-BAQE-KW3– CU 2 rendszerhez



8. Melléklet - TP 80-170/4 A-F-A-BAQE-KW3– AC 1 rendszerhez



9. Melléklet - TP 65-120/2 A-F-A-BQBE-GW1 – AC 2 rendszerhez

