

SZAKDOLGOZAT

Lonkay Tamás

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Intézet
gépészmérnök alapképzési szak

Fejlesztési lehetőségek a PLC-k alkalmazása terén a Budapest
Gyógyfürdői és Hévízei Zrt-nél

Albert

Belső konzulens: Dr. Gergely Zoltán

egyetemi adjunktus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke: Műszaki Intézet**

Járműmérnöki Tanszék

Külső konzulens: Kecskés Tibor
ügyvezető, Resys Kft.

Készítette: Lonkay Tamás

Gödöllő
2023

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
mérnökinformatika CAD-CAM specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Lonkay Tamás (JIUL8N)

részére

A szakdolgozat címe:

Fejlesztési lehetőségek a PLC-k alkalmazása terén a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt-nél

Feladatkiírás:

Megoldandó feladat a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt-nél (BGYH Zrt) már meglévő PLC-rendszerek további kiterjesztése, oly módon, hogy az egyes fürdők üzemeltetési költségét energia (áram) oldalon, radikális módon csökkentsük, annak bekerülési költségén túlmutatva.

Közreműködő tanszék: Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

Külső konzulens: *Kecskés Tibor, ügyvezető igazgató, RESYS Kft.*

Belső konzulens: *Dr. Gergely Zoltán Albert egyetemi adjunktus, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2023. május hó 2. nap

Gödöllő, 2022. hó nap

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

(hallgató)

Tartalom

1. Bevezetés, célkitűzés – Úrrá lenni az energiaválságon	6
2. Szakirodalmi feldolgozás	8
2.1. Az automatizálás fejlődése.....	8
2.2. A PLC bemutatása	11
2.2.1. A fejlődés története	11
2.2.1 PLC-k felosztása	12
2.2.2. Bemenetek, kimenetek tulajdonságai.....	13
2.2.2.1. Digitális kétállapotú jeleket adó bemenetek.....	13
2.2.2.2. Digitális kétállapot jellel működtethető kimenetek.....	14
2.2.3. Kommunikációs lehetőségek	14
2.2.2.1. Modbus kommunikációs protokoll.....	15
2.2.4. A PLC-k programozása, programozási nyelvek	16
2.2.5.1. Grafikus nyelvek	16
2.2.5.2. Szöveges nyelvek	18
2.3. PLC-k a BGYH Zrt.-nél.....	19
2.3.1. A meglévő PLC-rendszerek	19
2.3.2. A fejlődés lehetséges irányai.....	20
3. Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő–Székely Éva Uszoda versenymedence vízforgatójának vezérlése PLC-vel.....	22
3.1. A medence ismertetése.....	22
3.2. A frekvencia szabályozása/vezérlése PLC és frekvenciaváltó segítségével	26
3.2.1. Lehetséges megoldások a vendégszám meghatározására	26
3.3. A szükséges számítások a tervezéshez	28
3.4. A PLC-vel történő vezérlés.....	30
3.4.1. A feladat meghatározása	30

3.4.2. A medence kapcsolási rajza	31
3.4.3. Bemenetek/kimenetek száma és típusa	32
3.4.4. PLC villamos/kommunikációs bekötésének sémarajza	35
3.4.5. PLC táblázatos összerendelések	35
3.4.6. A program működésének bemutatása.....	36
4. Gazdasági számítások – Mit nyerhetünk a PLC-vel?	40
4.1. A megtakarítható energiaköltségek.....	40
4.2. Bekerülési költségek	42
4.3. A beruházás megtérülése	42
4.4. Milyen kockázatokkal kell számolni?.....	43
5. Konklúzió – Megoldás egy energiahatékonyabb üzemeltetéshez	45
6. Összefoglalás/Summary	46
7. Köszönetnyilvánítás.....	47
NYILATKOZAT.....	48
Forrás- és irodalomjegyzék.....	49
Mellékletek	51
I. melléklet: A Grundfos TP 100-310/2 szivattyú jelleggörbéje.....	51
II. melléklet: A Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Székely Éva Uszoda N1-es versenymedencéjének sávfoglaltsága.	52
III. melléklet: A PLC program létradiagramja.....	53
IV. melléklet: A BGYH Zrt. nagy felületű/térfogatú, szűrő-forgató rendszerű medencéi	56

1. Bevezetés, célkitűzés – Úrrá lenni az energiaválságon

Amikor írom ezt a szakdolgozatot (2023.), a világban zajló folyamatok, lévén Magyarország kicsi és nyitott gazdaság, erősen hatnak rá, és ugyanazok a problémák jelennek meg – némely problémák hatványozottan -, mint az un. fejlett világ – benne az EU és az USA – országaiban. Ezek közül egyet különösen érint ez a szakdolgozat.

Az akut és megoldásra váró *energiaválság*, amit a COVID-19 pandémia okozat lezárások utáni újraindítás, az ennek következtében megnövekvő kereslettel megbirkózni képtelen kínálat, úgy makrogazdasági szinten, mint családi-vállalati szinten megjelenő inflációs sokkot okozott: drágult a szállítmányozás a szintén szakemberhiánytól szenvedő logisztikai ágazatok (légitársaságok, egyéb nemzetközi fuvarozók) költségeinek megemelkedése miatt, a hirtelen megugró kereslet az üzemanyagok iránt üzemanyag-árrobbanást okozott; és mindezekre ajtóstól rárontott az Ukrajnában zajló orosz-ukrán háború, és annak következtében az Európai Unió által alkalmazott szankciós politika, ami a földgáz-ellátás terén hozott kínálati sokkot. A háború kitörése előtt Oroszország volt az EU talán legfontosabb kereskedelmi partnere a fosszilis tüzelőanyagok terén, a volt szocialista blokk országai különös érintettséggel, nem csak földrajzi közelsége, hanem a már kiépült infrastruktúrák – Barátság I-II. kőolajvezetékek, földgázvezetékek – miatt is. És bár a földgáz ára a háború előtti szint alá szállt, köszönhetően az enyhe 2022-2023-as télnek, a kínálati probléma továbbra is fennáll a földgáz terén.

Ezekkel a problémákkal a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. (a továbbiakban: BGYH Zrt.) is találkozik. Egy év alatt az energiaköltségek országszerte, cégszinten 3...7-szeresre ugrottak. Ebből az áramköltség körülbelül négyszeres drágulást jelent, ami ráadásul nem egy lassú, folyamatos emelkedés eredménye, hanem hirtelen, egyik pillanatról a másikra való drágulást jelentett. Ez még akkor is kihívást jelent a magyar főváros legfőbb gyógy- és strandfürdőit üzemeltető vállalatnak, ha fel is készült annak „érkezésére”, mert energiahatékonysági beruházások gyorsan, olcsón és hatékonyan nehezen kivitelezhetők. (Az energiaválság előtt már folyamatban voltak energiahatékonyságot javító beruházások, többek között *KEHOP – Környezeti és Energhahatékonysági Operatív Program* – támogatással.) A vállalat továbbá 2017. óta energiagazdálkodási irányítási rendszert működtet, amit az *energhahatékonyságról* szóló 2015. évi LVII. tv. értelmében hozott létre. Az itt megfogalmazott korábbi célkitűzések (minden telephely az előző évi

energiafelhasználásának 1 %-át takarítsa meg) az általánosan alacsony energiaárak fényében betöltötték céljukat: ehhez sokszor elegendő volt a magatartásbeli változások, és kisebb értékű beruházások, pl. fényforrások LED-esre cserélésével. 2022. ősze folyamán módosultak a célkitűzések: céges szinten a BGYH Zrt-nek a 2019-es energiafelhasználásának 25 %-át kellett megtakarítania (ez egyébként – némi áldozattal – sikerült is), így a 2022. évi bázis fogyasztás már alacsonyabb a 2023-as évre vonatkozólag. Ez pedig új kihívások elé állítja az energiagazdálkodásért felelős osztályt és annak munkatársait.

A dolgozat célkitűzése tehát, hogy egy már ismert automatizálási metodika, a PLC-vel megoldott vezérlés további fejlesztési lehetőségeit mutassam be, egy telephely, a Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Székely Éva Uszoda N1 számú beltéri versenymedencéjének példáján keresztül. Ez a medence a jó példa arra, hogy egy szolgáltatás folyamatos fenntartásához mennyi energia vész kárba, ha az nincsen teljesen kihasználva (nem tartózkodik bent egyszerre annyi ember, amennyi a maximális befogadóképessége), viszont a medence vizét akár 0, 1, stb. létszámú úszóvendég jelenléte esetén is forgatni kell. Ezért egy *szimulációs környezetben* bemutatom, hogy PLC segítségével hogyan tudnánk még hatékonyabban üzemelni az N1-es versenymedencéhez hasonló kapacitású, de gyakran pár százalékosan kihasznált *szűrő-forgató rendszerű* medencéket.

2. Szakirodalmi feldolgozás

2.1. Az automatizálás fejlődése

Az iparban, mióta megjelentek a manufaktúrák a 14. században, de különösen az első ipari forradalomtól számítva, folyamatos a törekvés arra nézvést, hogy a gyártás minél gazdaságosabb, minél gyorsabb, és minél kevesebb élő munkaerőt alkalmazzon. Ennek az igénynek a számítástechnika töretlen fejlődése új lökést adott, egyrészt az ipari termelés során végbemenő folyamatok gyorsabb kiértékelésére és további számítások elvégzésére, másrészt a *robotizáció* térnyerésével nőtt a precizitás, a gyártási folyamatok *automatizáltakká* váltak, valamint csökkent az élő munkaerő költsége. Ha az informatika, mint tudományág megjelenését az iparban valahova datálni kell, akkor az nem a 20. század közepe, hanem a már említett ipari forradalomban is alkalmazták: elég csak *Joseph Marie Jacquard* (1752-1834) szövőszékére gondolni, ami már lyukkártyákat használt adott minták szövésére, és ami ihletett adott többek között *Charles Babbage* (1791-1871) angol matematikusnak *analitikai* gépének megalkotásához (1837, tulajdonképpen egy korai mechanikus számítógép), majd *Herman Hollerith* (1860-1929) lyukkártyás adatfeldolgozásához az 1880-as amerikai népszámláláshoz. A sort lehetne folytatni, hogy végül hogy jutunk el a *kettes számrendszer* általános használatához, a Neumann-elvekhez, és az ipari automatizáláshoz.

Ez az automatizálási igény felmerült a gazdaság és az élet egyéb területein is: gondoljunk itt elsősorban az épületfelügyeletre és a közlekedésre. Az irányítástechnikai feladatok megoldása során különböző generációs rendszerek alakultak ki a technika fejlődése során, melyek mindegyike valamilyen jellemző tulajdonsággal rendelkezik. Az irányítórendszerek egy lehetséges csoportosítását az alábbi táblázat mutatja (Hodossy L. 2006 nyomán):

Fix huzalozású rendszerek	Típus	Programozható rendszerek	Típus
Jelfogós logika	D	Digitális számítógép	D/A
Digitális elektronikus logika	D	Mikrovezérlő	D/A
(Elektro)pneumatikus logika	D	PLC	D/A
(Elektro)hidraulikus logika	D	PLC-SCADA	D/A
Analóg elektronika	A	DCS	D/A

1. ábra: Az irányítórendszerek csoportosítása. Kép forrása: Hodossy L. (2006.), 12. o.

A fenti táblázatban szereplő rövidítések jelentése¹:

- PLC: Programmable Logic Controller, Programozható logikai vezérlő
- SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, Felügyeleti irányítás és adatgyűjtés
- PLC-SCADA: olyan rendszer, ahol a folyamatjeleket PLC-k vagy egyéb intelligens egységek kezelik és illesztik, az ember – gép kapcsolatot viszont PC vagy munkaállomás biztosítja és ezeket az eszközöket valamilyen ipari lokális hálózat köti össze, vagy röviden PLC-s központi adatgyűjtés és folyamatvizualizálás
- DCS: Distributed Control System, osztott intelligenciájú folyamatirányító rendszer
- D: digitális
- A: analóg

A **jelfogós vezérlések** kétállapotú jeleket feldolgozására régebben kizárólagosan használt vezérléstechnikai megoldások. A jelfogók a jelek fogadására, elosztására, tárolására, feldolgozására, jelek kiadására, galvanikus szétválasztásra képesek. Mindezek mellett a jelfogós vezérlések alkalmazása számos hátránnyal is jár. Egyrészt minden változtatás nehézkesen végezhető el rajtuk, másrészt nehezen integrálhatóak elektronikus rendszerekbe. A jelfogók a jelek fogadására, elosztására, tárolására, feldolgozására, jelek kiadására, galvanikus szétválasztásra képesek. Mindezek mellett a jelfogós vezérlések alkalmazása számos hátránnyal is jár. Egyrészt minden változtatás nehézkesen végezhető el rajtuk, másrészt nehezen integrálhatóak elektronikus rendszerekbe.²

A **félvezető elemekre épülő vezérlések** érintkezőmentes elemek alkalmazásával működnek, a jelfogós vezérlésekkel szemben nagyobb a megbízhatóságuk és jobb megvalósíthatósággal bírnak. A **személyi számítógépek megjelenésekor** került előtérbe a számítógépek folyamatirányításra történő felhasználásának gondolata. Mivel a számítógépek rendelkeznek kétállapotú jelek fogadására, ill. kiadására alkalmas egységekkel, digitális vezérlések és/vagy szabályozások megvalósítására ideálisak. Ugyanakkor **a jel fogadó- és kiadóegységek szintjei nem illeszkednek az ipari szintekhez, és az ipari hatásokkal szemben sem ellenállóak.** A kezdeti időszakban a számítógépek ára is igen magas volt, így nem lehet

¹ Hodossy L. (2006), 12. o.

² Hodossy L. (2006), 12-13.o.

csodálkozni azon, hogy **megjelentek a speciálisan folyamatirányításra kifejlesztett mikroszámítógépek, a PLC-k**, és nagyrészt ki is szorították a számítógépeket.³

Hodossy L. (2006). 14. oldalán található összehasonlító táblázat (2. ábra) szemlélteti a legjobban, hogy miért alkalmasabb a PLC a folyamatirányításban az összes többi rendszerhez képest. Ipari folyamatokban a zavarérzékenység és a működési sebesség tekintetében nem kedvező egyedül a többi rendszerhez képest, ami ott a selejtarány és a termelékenység tekintetében kockázat. Épületautomatikában a működési sebesség, mint hátrány az *humán erőforrással szemben* nem jelentkezik, ezért **a fürdőüzemeltetés terén a legkedvezőbb választás a gépészeti/épületfelügyeleti folyamatok automatizálásában.**

Jellemző	Jelfogós rendszer	Fix huzalozású elektronikus rendszer	Számítógép	PLC
Ár/funkció	Közepes	Alacsony	Magas	Alacsony
Méret	Nagy	Kicsi	Közepes	Kicsi
Működési sebesség	Lassú	Nagyon gyors	Közepesen gyors	Gyors
Zavarérzékenység	Kiváló	Jó	Közepes	Jó
Üzembe helyezés	Időigényes tervezés és szerelés	Időigényes tervezés	Programozás időigényes	Egyszerű programozás és szerelés
Összetett műveletek végzése	Nem lehetséges	Lehetséges	Lehetséges	Lehetséges
Változtatás a működésben	Nagyon nehéz	Nehéz	Viszonylag egyszerű	Nagyon egyszerű
Karbantartás, javítás	Nehéz a sok érintkező miatt	Nehéz, ha az IC-k be vannak forrasztva	Nehéz a sokféle kártyatípus miatt	Egyszerű a tipizált kártyák miatt

2. ábra: Az irányítástechnikában használt rendszerek összehasonlítása. Látható, hogy a PLC a legkönnyebben optimalizálható az általam felvázolt probléma megoldásához. Kép forrása: Hodossy L. (2006), 14. o.

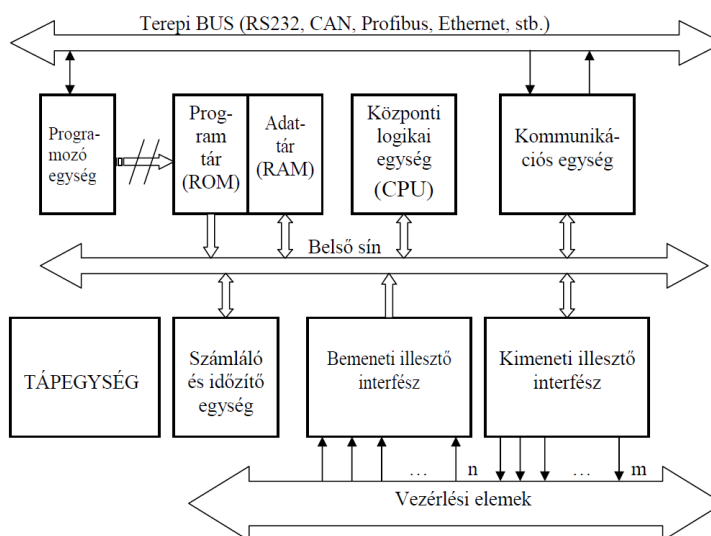
³ Hodossy L. (2006), 12-13.o.

2.2. A PLC bemutatása

A PLC a *Programmable Logic Control*, vagyis „programozható logikai vezérlő” angol kifejezés rövidítése. (Német szakirodalomban használatos az SPS – *Speicher-Programmier Steuerung* -, valamint a PEAS – *Programmierbar Eingang-Ausgang System* – megnevezés is.)⁴ Egy olyan félvezető alapú eszközről beszélünk, amit az irányítástechnikában használnak. A hagyományos relés logika kiváltására jött létre, ami lehetővé tette, hogy az utasítások módosítása esetén nem kell megbontani teljes relés hálózatokat, elég csupán a PLC utasításkészletét módosítani. Ez nagyfokú rugalmasságot biztosít a felhasználónak, elsősorban ipari környezetben, ahol a gyártási, vagy ügyféli igények változása esetén elengedhetetlen az akár azonnali alkalmazkodás a gyártási folyamatokban.

Felépítése a következő (lásd 3. ábra):

- központi logikai egység, CPU (Central Processor Unit)
- memóriaegység: programmemória
- adatmemória (RAM)
- bemeneti illesztő egység (Input Unit)
- kimeneti illesztő egység (Output Unit)
- kommunikációs egység
- számláló és időzítő egység
- tápegység



3. ábra A PLC-k felépítése, sematikus ábra. Kép Forrása: Ferenczi 2018, 9. o.

2.2.1. A fejlődés története

Olyan vezérlőket, melyek a huzalozott relés logika felváltására alkalmasak, és PLC-knek nevezték őket, először a múlt század hatvanas éveinek végén alkotott az Egyesült államokbeli Modicon Ltd., autóipari alkalmazásra, a General Motors részére. 1968-ban a GM pályázatot hirdetett a régi, meglévő vezérlőinek kiváltására abból a célból, hogy olyan programozható

⁴ FERENCZI 2018 7. o.

vezérlőberendezést fejlesszenek ki, amely ötvözi a relés, a félvezetős és a számítógépes vezérlés előnyeit.

A pályázati kiírásban az alábbi szempontok szerepeltek:

- egyszerű, moduláris felépítés, kis méret;
- mozgó alkatrészt ne tartalmazzon;
- galvanikusan leválasztott bemeneti/kimeneti fokozatok (24 Vdc-től 240 Vac)
- könnyű programozhatóság és újraprogramozás;
- valós idejű működés max. 0,1 s válaszidővel;
- nagy megbízhatóság, minimális karbantartás;
- versenyképes ár.⁵

Központi egységét huzalozott CPU alkotta, 1 kB memóriával, és 128 kimeneti/bemeneti csatornával rendelkezett. Még nem volt egységes, szabványos programnyelvek kialakítva: ahogy fentebb említettem, a PLC-k egyfajta számítógépek, ezért a kor számítógépiéhez hasonlóan lyukkártyás módszerrel voltak programozhatóak, és fizikai méretei is kb. megegyeztek, szekrénymérettel bírtak.

A következő lépcsőfokot a fejlődésben – ahogy az egész számítástechnikában – a mikroprocesszorok megjelenése hozta el. Az 1970-es években jelent meg az egyvonalas áramút-terv alapú programozás, vagyis a **létradiagram**, mely a mai napig a legtöbbet alkalmazott programozási forma (részletesen lásd erről a következő fejezetet!).

2.2.1 PLC-k felosztása

A PLC-k legalapvetőbb felosztása szerint kétféle típust különböztetünk meg:

- **Kompakt:** A kompakt PLC-k egy egységben tartalmazzák az összes szerkezeti elemet, vagyis a tápegységet, a CPU-t, az összes ki- és bemenetet. Ezeket sokszor

⁵ HODOSSY 2006. 19. o.

különbféle feszültségekre előre skálázott formában lehet kapni, bővíthetőségük korlátozott. (4. ábra)

- **Moduláris:** A moduláris PLC-k előre elkészített modulokból építhetők fel. Ennek köszönhetően a PLC-ket saját igényeinknek megfelelően építhetjük ki, és így olyan feladatokat is elláthatnak, amelyeket kompakt vezérlőkkel nehéz lenne megvalósítani. Ezeket a rendszereket könnyebb skálázni, bővíteni. (5. ábra)



4. ábra: Kompakt PLC. Kép forrása: Gergely Zoltán Albert egyetemi adjunktus előadássorozatának diásora.



5. ábra: Moduláris PLC. Látható, hogy tovább szabadon bővíthetők az egyes egységek. Kép forrása: Gergely Zoltán Albert egyetemi adjunktus előadássorozatának diásora.

2.2.2. Bemenetek, kimenetek tulajdonságai

2.2.2.1. Digitális kétállapotú jeleket adó bemenetek

Digitális (kétállapotú) jelet adnak:

- Nyomógombok,
- Kapcsolók,
- Időkapcsolók,
- Optokapuk (fénysorompók),
- Abszolút vagy inkrementális szögadók,
- Induktív vagy kapacitív közelítéskapcsolók

A programozáshoz szükséges digitális jelek és logikai szintek a 24 V egyenfeszültség megléte esetén a következők:

- Logikai „1”: a feszültség szint nagyobb, mint 15 V
- Logikai „0”: a feszültség szint kisebb, mint 5 V.

A köztük lévő 5 V ...15 V zóna az ún. „tiltott tartomány”, aminek jelenléte a nem egyenletesen közlekedő feszültségből adódó instabilitás, zavarérzékenység csökkentését hivatott megoldani.

2.2.2.2. Digitális kétállapot jellel működtethető kimenetek

Digitális (kétállapotú) jellel működtethetők pl.:

- Motorok,
- Fűtőtestek,
- Mágnesszelepek,
- Jelfogók, relék, mágneskapcsolók,
- Jelzőlámpák,
- Szöveges vagy grafikus kijelzők.

2.2.3. Kommunikációs lehetőségek

A leggyakrabban a:

- PLC és a technológiai folyamat,
- PLC és PLC, PLC és számítógép,
- PLC és kezelő,
- PLC és periféria

közötti kommunikációra van igény. A kommunikációra különböző megoldások léteznek:

- Soros vonal: RS-232/TIA/EIA-232 (pont-pont kapcsolat),
- USB (pont-pont kapcsolat),
- Soros busz: RS-485/422 (EIA-485/422) (többpont kapcsolat),

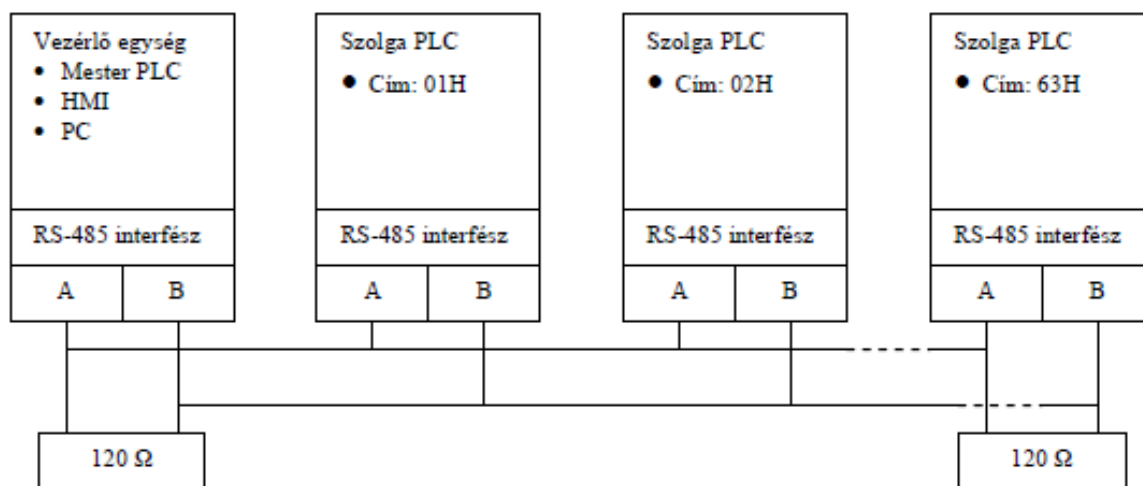
- Ethernet (többpont kapcsolat).

Részletesebben szólnék a vezérlésünk szempontjából fontos *Modbus kommunikációs protokollról*.

2.2.2.1. Modbus kommunikációs protokoll

A Modbus a Modicon cég által fejlesztett hálózati kommunikációs protokoll, melyet elsősorban a programozható logikai vezérlők hálózatba kötéséhez terveztek. A Modbus protokollt főleg akkor érdemes használni, ha PC-t vagy HMI-t kötünk össze PLC-vel, és nem akarjuk a gyári kezelőszoftvereket használni, saját speciális irunk helyette. Ebben az esetben legegyszerűbben ezen az úton jutunk a PLC adataihoz, illetve tudjuk azt vezérelni. A Modbus esetén, a többi kommunikációs protokollal ellentétben, **bármilyen adathoz** (pl.: időzítők pillanatnyi értékei vagy beállított értékei) hozzáférhetünk.⁶

A Modbus egy központi lekérdezésű busz rendszer, amelyben egy Master (gazdaegység) vezérli az adatforgalmat a buszon. A Slave (szolgaegység) helyi egységek közötti keresztirányú adatforgalomra nincs lehetőség. Minden egyes adatcserét csak a Master kezdeményezhet kérés révén. A vezetéken egyidejűleg csak egy üzenet lehet. Slave nem kezdeményezhet adatátvitelt, hanem csak kérésre reagálhat, válasszal.



6. ábra: Modbus kommunikációs protokoll szerinti bekötés. A Master PLC és az utolsó Slave PLC végén megtalálható egy-egy 120 ohmos buszlezáró ellenállás. Kép forrása: MACZIK (2012) 54. o.

A Master és a Slave között kétfajta párbeszéd lehetséges:

- A Master üzenetet küld az összes Slave-nek és nem vár arra választ,
- A Master üzenetet küld valamelyik Slave-nek és választ vár rá.

⁶ MACZÁK 2012. 53-55. o.

A Slave-ek hibaüzeneteit a Master ciklikusan kérdezi le. A reflexiók és az ahhoz kapcsolódó átviteli hibák elkerüléséhez a hálózati kábelt minden egyes fizikai végén 120 ohmos buszlezáró ellenállással ajánlatos lezárni (6. ábra)⁷

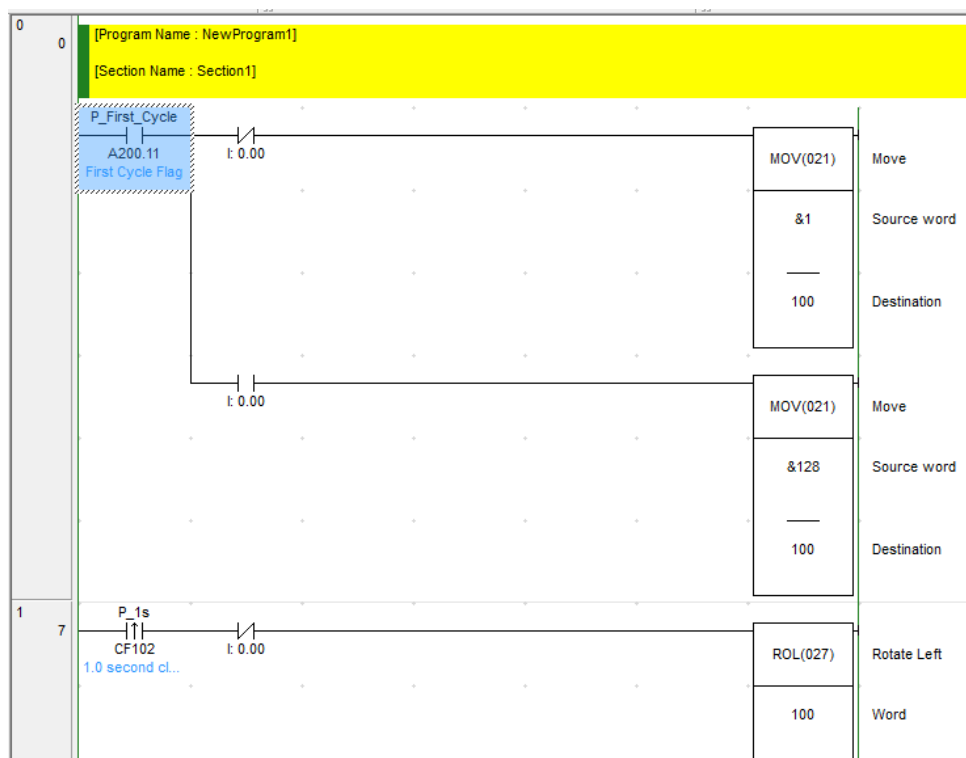
2.2.4. A PLC-k programozása, programozási nyelvek

A PLC-ket PC-n keresztül programozzuk, a megfelelő programozói környezetben, ami általában az adott PLC saját szoftvere. (Van lehetőség külön erre dedikált konzolon való programozásra is.) A programozási nyelveken belül legegyszerűbben két csoportot különböztetünk meg: *grafikus* és *szöveges* nyelveket.

2.2.5.1. Grafikus nyelvek

Az alábbiakban azokat a programozási nyelveket mutatom be, amelyeknek számítógépes megjelenése, kivételése grafikus.

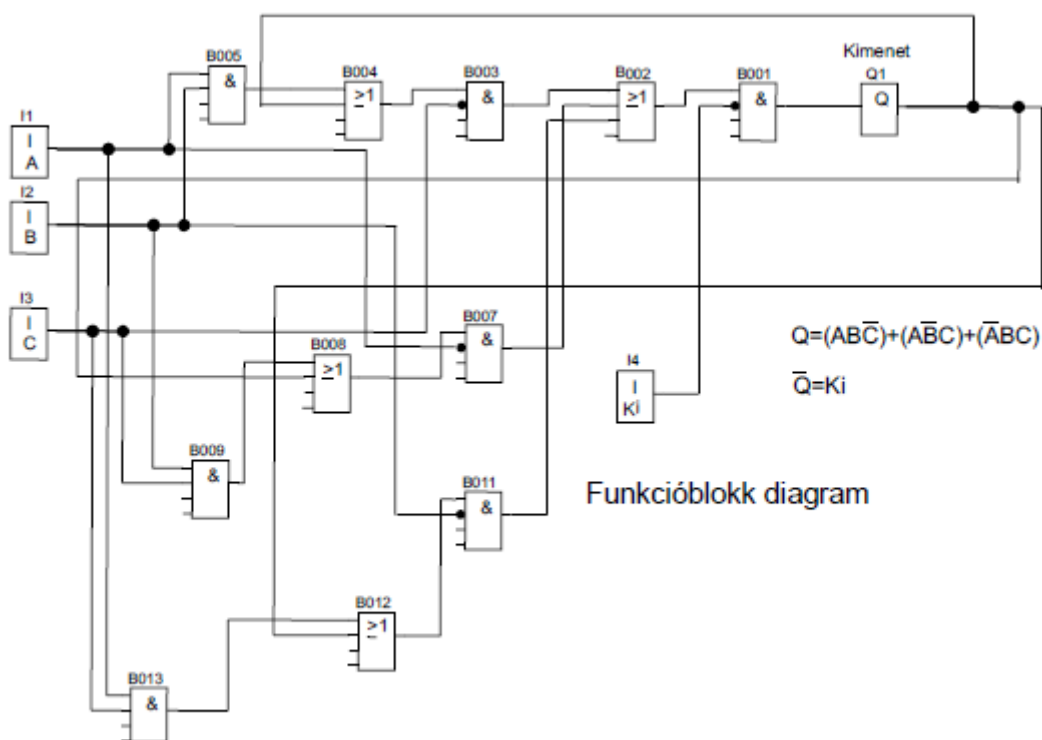
- 1. Létradiagram.** A létradiagram a relés áramút tervet képezi le. A különbség annyi, hogy az áramutakat vízszintesen rendezi, és más szimbólumokat használ, amelyek segítik a számítógépen való programozást, mert jobban megfelelnek a számítógép karaktereinek. (7. ábra)



7. ábra Létradiagram egy példája. Forrás: saját gép

⁷ MACZÁK 2012. 53-55. o.

- 2. Funkcióblokk diagram.** A létradiagramhoz hasonló grafikus programozási nyelv, a huzalozott logika szimbólumait használja, úgy, hogy egy blokk (kvázi egy „doboz”) két oldalán be- és kimenetek találhatók. A bemenetek mindig a blokk bal, a kimenetek mindig annak jobb oldalán helyezkednek el. Az egyes blokkok utasításai is balról-jobbra olvasással történik; az előző blokk kimenete a következő blokk bemenete felé tart. (8. ábra)



8. ábra: Funkcióblokk diagram. Kép forrása: Maczák I. (2012), 17. o.

3. Sorrendi folyamatábra/Grafcet. Az automatizálandó folyamatot grafikusán, lépésről lépésre írjuk le.

Minden egyes lépéshez (Step) átmeneti feltételek (Translations) tartoznak.

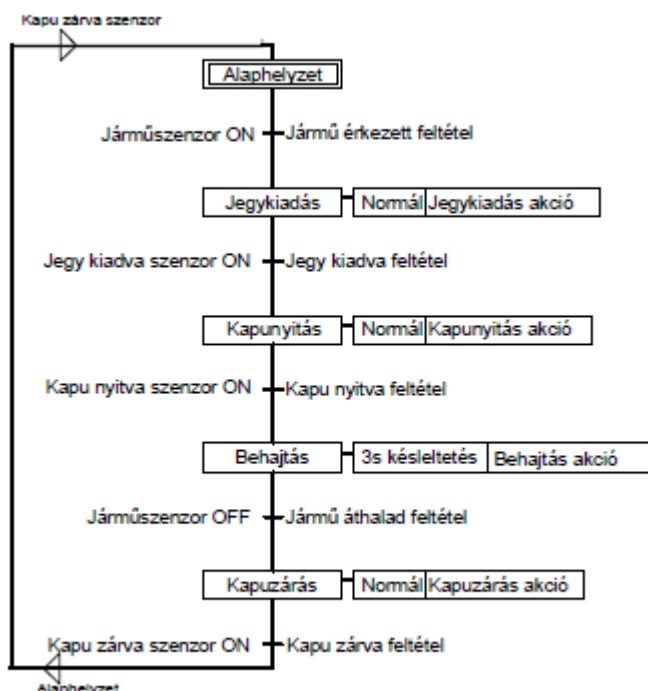
Minden lépéshez akciók (Actions) tartoznak, amelyek működésének

eredményeképpen a folyamat a következő lépésbe lép, ha az átmeneti feltétel teljesül.

Minden feltételhez és akcióhoz külön alprogram tartozik, amit meg lehet írni, utasításlistával, létradiagrammal,

funkcióblokkokkal, vagy

strukturált szöveggel. A feltételeknél általában a bemeneteket programozzuk, míg az akcióknál a kimeneteket. Ez a programozási forma is nagyon érzékeny a szintaktikára! Az utolsó feltétel teljesülése után általában vissza kell térnie a programnak a kezdőlépéshez, ezt a ciklusosságot külön kell programoznunk. A sorrendi folyamatábra alapú nyelv lényegesen eltér a többi nyelvtől, mivel az SFC-t közvetlenül nem lehet a PLC-kbe letölteni. Az SFC-ből általában az eddig bemutatott nyelvek valamelyikén megvalósított programokat generál a szoftver. (9. ábra)



9. ábra: Példa a grafcet programozásra. Kép forása: Maczik M. (2012), 19. o.

2.2.5.2. Szöveges nyelvek

Ezek a programozási nyelvek hasonlóak a PC-ken alkalmazott programozási nyelvekhez, szöveggént vesszük be az utasításokat.

- 1. Utasításlista.** Egyszerűen fogalmazva, az utasításlista vezérlőutasítások sorozata. Vagyis az egyes utasításokat előírt formában, soronként adjuk meg, kézi konzolon vagy számítógépes szoftveren keresztül. A sorszámozás általában automatikusan megtörténik az „ENTER” nyomógomb hatására, és „0” -val kezdődik. Az utolsó sorszámú utasítás a programot lezáró „END” kell, hogy legyen.

Az utasításkészlete a következő parancsokat minden PLC esetén tartalmazza:

- Betöltés (LD) – mindenképpen ezzel kezdődik
- Logikai műveletek (NOT, AND, OR, AND NOT, OR NOT)
- Blokkok képzése, zárójelek (AND LD, OR LD)
- Kimenet megadása (OUT)
- Negált kimenet megadása (OUT NOT)
- Öntartás beírása és törlése (KEEP)
- Időzítő (TIM)
- Számláló (CNT)
- Differenciálás (DIFU, DIFD)
- Üres programsor (NOP)
- Program vége (END)

2. **Strukturált szöveg.** A számítástechnikában használt programnyelvekhez hasonlít, először a Basic nyelvből alakították ki. Akkor van értelme használni, ha **adott feladatra nincs a fejlesztőkörnyezetben külön létra- vagy funkcióblokk jel.** Strukturált szöveggel programozzák a matematikai eljárásokat is.

```
AvgValue:=(Inpt1 + Input2 + Input3) / 3.0;  
IF ((AvgValue<=UpLimit) AND (AvgValue>=LowLimit)) THEN  
    Result:=TRUE;  
ELSE  
    Result:=FALSE;  
END_IF
```

10. ábra Példa strukturált szövegben programozott matematikai eljárásra. Kép forrása: Maczik 2013., 22. o.

A MATE-n tanultak alapján, és egyszerűsége folytán a szakdolgozatban alkalmazott probléma elméleti programozása létradiagram segítségével történik.

2.3. PLC-k a BGYH Zrt.-nél

2.3.1. A meglévő PLC-rendszerek

Külső konzulensem, jelenleg a Resys Kft. ügyvezető igazgatója, 1998-ban rendszeresített PLC-bázisú irányító rendszert, amikor a *közfürdők létesítéséről és működéséről* 121/1996. (VII. 24.) Korm. rendelet előírta az úszómedencék *töltő-ürítő rendszerének* (a befolyó töltővíz mennyisége időben megegyezik a távozó használt víz mennyiségével, és

napi/kétnapi/heti rendszerességgel üríteni és takarítani szükséges a medencét) lecserélést *szűrő-forgató rendszerre* (egy adott vízmennyiséget forgat a rendszer folyamatosan, amihez számított pótvíz adagolnak szükség esetén, ürítés és újra töltés évente kétszer elégséges). Jelenleg a Resys Kft. PLC-bázisú irányító rendszereket használnak az uszodatechnikai gépészeti rendszerek irányítására és felügyeletére a BGYH területén az alábbiak szerint:

- szűrő-forgató berendezések (nyomás alatti, és vákuumszűrő rendszereken) vízforgató szivattyúk, vezérelt motoros és/vagy pneumatikus pillangószelepek
- vegyszeradagoló rendszerek: fertőtlenítés (Cl₂, vagy hypo) pH szabályozás (H₂SO₄, vagy HCl), pelyhesítő vegyszer, algagátló adagolás, vízkökválást gátló vegyszerek
- pótvíz (hideg és termál) automatikus hozzáadása
- medencefűtés és hűtés
- élménypépészeti berendezések, szivattyúk, légfúvók
- vezérelt vízalatti világítási rendszerek
- kiegészítő gépészeti rendszerek (légkezelők, termálvíz-előkezelés, kútszivattyúk vezérlése).

Ezen rendszereken kívül, más vállalkozók közreműködésével, számtalan egyéb alkalmazási területre épültek ki PLC-alapú rendszerek a BGYH Zrt-nél.

2.3.2. A fejlődés lehetséges irányai

A jelenleg alkalmazott módszerek megkönnyítik az irányítástechnikát a fürdő- és uszodatechnikában.

A bevezetőben említett célkitűzésekhez egy, a cégnél korábban már alkalmazott módszer újra megvalósítását és általános kiterjesztését veszem górcső alá. A szűrő-forgató rendszerű medencék forgatása adott terhelésre vannak méretezve, a szivattyúkat eszerint választják ki és építik be, viszont ez **időben állandó terhelést feltételez, ami természetesen nem reális a valóságban**. A nyitvatartási idő alatt egy medence sincs terhelésének maximumán, napszaktól, a hét egyes napjaitól, de évszaktól is függ egy-egy medence, medencerészleg terheltsége, funkciótól függően. Télen többen pihenik ki fáradalmaikat egy meleg beltéri medencében, mint egy nyári kánikulai időszakban. Egy strandon az élménymedencék, csúszdafogadó medencék rossz időjárási körülmények között kevésbé kihasználtak, mint az úszómedencék, amiket időjárástól függetlenül – nem számítva a villámtevékenységgel kísért viharokat – bizonyos időszakokban nyári úszóiskolák, vízilabda csapatok használnak.

Azt figyelembe véve, hogy a medencéket egy bizonyos mértékben folyamatosan forgatni kell a megfelelő kémiai-bakteriológiai minőség, valamint a megfelelő hőfok fenntartásáért, kísérletet tesztek elméletben egy olyan PLC-vezérelt forgatási rendszer működtetésében, ami aszerint szabályozza – frekvenciaváltókon keresztül – a forgatószivattyúk teljesítményfelvételét és -leadását, hogy egy adott medencének milyen terheltsége van egy adott időszakon belül. Ehhez egy viszonylag nagy térfogatú úszómedencét választottam a cégen belül, aminek csak bizonyos időszak(ok)ban van olyan szintű kihasználtsága, hogy indokolt a nagyobb forgatási teljesítmény, máskülönben nem szükséges akkora mértékben megforgatni; mindeközben méreténél fogva az egyik legnagyobb fogyasztó az adott fürdőben.

Ez pedig a Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Székely Éva Uszoda N1-es számú, beltéri versenymedencéje.

3. Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő–Székely Éva Uszoda versenymedence vízforgatójának vezérlése PLC-vel

3.1. A medence ismertetése

A medencét a 2016-2018-as rekonstrukció és bővítés során alakították ki, üzemeltetését a vízügyi hatóság⁸ 35100/4271-2/2019.ált. számú vízjogi üzemeltetési engedély módosító határozata szabályozza. Az alábbi adatok e határozatban olvashatóak.

A medence legfontosabb adatai:

1. táblázat: A csillaghegyi N1-es versenymedence főbb adatai, amik szükségesek a számításokhoz. Forrás: vízjogi üzemeltetési engedély.

• Méret:	• 33,33×25 m
• Vízfelület:	• 832,5 m ²
• Vízterfogat:	• 1 665 m ³
• Vízmélység:	• 2 m
• Vízhőmérséklet:	• 27 °C
• Üzem mód:	• Forgatott
• Vízforgató térfogatáram:	• 334 m ³ /h
• Átforgatási idő:	• 5,28 h
• Fürdőzők létszáma:	• 167 fő/óra
• Üzemidő:	• 14 óra (6:00-20:00)

Az előző fejezetben ismertetettek alapján, a szűrő-forgató rendszerű medencék létrehozásának célja az volt, hogy a medencék vizét ne kelljen napi szinten cserélni ahhoz, hogy folyamatosan jó minőségű fürdővizet biztosítson az üzemeltető a vendégek részére, hanem a medencevíz forgatásával, különböző szűrőrendszereken keresztül átszűrve, azt elegendő legyen fél évente egyszer leereszteni és újra tölteni. A korábban említett 121/1996. (VII. 24.) Korm. rendeleten kívül a közfürdők létesítésének és üzemeltetésének közegészségügyi feltételeiről szóló 37/1996. (X. 18.) NM rendelet szabályozza, hogy milyen feltételek szerint kell a közfürdőket, azon belül is – jelen dolgozathoz igazodva – a szűrő-

⁸ Területileg illetékes vízügyi hatóság: Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság Katasztrófavédelmi Hatósági Osztály

forgató rendszerű (a rendelet szóhasználatával: vízforgató rendszerű) medencéket, üzemeltetni.

A 37/1996. (X. 18.) NM rendelet I. sz. melléklete, továbbá az MSZ 13690-3 és az ME-10-204 számú szabványok előírásai határozza meg a szűrő-forgató rendszerű medencék biztonságos és higiéniai szempontból elvárt üzemeltetését.

Az egyidejű fürdőzők maximális létszámát az MSZ 15234:2012 szabvány 6.2. pontja szerint számolják. Egy medence egyidejű névleges terhelését – a masszázsmedencék kivételével – a vízfelületből határozza meg a tervező a következő képlet szerint⁹:

$$N = A \cdot f \quad (1)$$

ahol:

N: a medence egyidejű névleges terhelése [fő]

A: a medence felülete [m²]

f: a szabvány 3. táblázata szerinti fajlagos terhelés [fő/m²]

E táblázat alapján az úszómedencék fajlagos terhelése 0,20 fő/m². Behelyettesítés (és felfelé kerekítés) után megkapjuk az üzemeltetési engedélyben szereplő 167 fő/óra névleges terhelést.

A vízforgató berendezés teljesítményét úgy határozza meg a tervező, hogy az a medencék névleges terhelésének megfelelő vízmennyiséget tisztítsa meg. A forgatási teljesítmény meghatározása szintén e szabvány 6.3. pontja alapján az alábbi képlet alapján számítandó¹⁰:

$$Q = (N \cdot q) + p \quad (2)$$

ahol:

Q: a vízforgató óránkénti teljesítménye [m³/h]

q: az egy főre előírt medencébe vezetett tisztított víz tömegárama [2 m³/fő/h]

p: a vízforgatási pótlék [m³/h]

N: a medence egyidejű névleges terhelése [fő].

A vízforgatási pótlék élménymedencék és csúszdák esetén használatos, úszómedence esetében értéke 0 m³/h. Behelyettesítés után megkapjuk az üzemeltetési engedélyben szereplő 334 m³/h vízforgató térfogatáramot.

A medence forgatását ezekre az üzemi adatokra tervezték, vagyis a nagy térfogatú medence **állandó jelleggel 167 fő/óra terhelésre, mindezt korábban 16 óra (6:00-22:00)**

9

10

üzemidővel számolva. (A Covid-pandémia utáni újranyitás óta a Fürdő uszodarészlegének nyitvatartása fokozatosan nőtt reggeli 6:00 óra és esti 20:00 óra közötti intervallumra, a látogatottsági adatok és az energiaválság egy ideig nem indokol ennél hosszabb nyitvatartást.)

A forgatásról **2 db Grundfos TP 100-310/2 típusú szivattyú gondoskodik.**

A szivattyú és a forgatórendszer főbb adatai¹¹:

2. táblázat: A forgatószivattyúk legfőbb adatai, amik szükségesek a számításokhoz. Forrás: vízjogi üzemeltetési engedély és kiviteli tervek.

• Átfolyási sebesség:	• 167 m ³ /h
• Emelőmagasság:	• 23 m
• Feszültség:	• 380 V
• Védelmi osztály:	• IP55
• Csatlakozó méret:	• DN 100
• Max. folyadék hőmérséklet:	• 90 °C
• Min. folyadék hőmérséklet:	• -30 °C
• Szivattyú anyaga:	• Öntöttvas
• Tömeg:	• 164 kg
• Hatásfok:	• 92 % ¹²
• Nyomáskülönbség:	• 21,6 bar
• Csővezetéki veszteségmagasság	• 2 m

¹¹ Részben katalógusadatok alapján, részben a medence kapcsolási sémája szerint, mivel ez utóbbi a Tervező szellemi tulajdona, ezért e dolgozat keretein belül nem adom még részlegesen sem közre.

¹² A katalógusadatok alapján 1/2, ¾ és teljes terhelés esetében is 92 % körül mozog a szivattyú hatásfoka, ezért bátran lehet ezzel számolni.

A szivattyú jelleggörbéje az I. sz. mellékletben található. Fénykép a 11-ábrán.

A BGYH Zrt. sok fürdőjében és strandján vannak

forgatószivattyúkhöz

frekvenciaváltók

felszerelve, ezek

statikusan vannak adott

frekvenciára beállítva,

nincsenek kihasználva

dinamikus módosításra,

az igényeknek megfelelő

forgatási sebesség beállítására.



12. ábra: A két, párhuzamosan telepített forgatószivattyú. A szemközti fal mögött található a puffertároló, ahonnan érkezik a középen látható durvaszűrőbe a forgatandó medencevíz. Innen megy tovább párhuzamosan a két szivattyúba. Saját kép



11. ábra: Fotó a fürdő N1-es versenymedencéjéről. A fotó egy szerdai napon, 13:30. körül készült, jól látható, hogy egy időben kb. 22 fő tartózkodik az 1 665 m³-es medencében. Saját kép

A tárgyban szereplő versenymedence heti sávfoglaltsága az *II. sz. mellékletben* található. Pillanatfelvétel egy hétköznapi napról a 12. ábrán.

Jól látható a sávfoglaltsági adatokon, hogy a medence „teljes” terhelésen a hétköznapi 15 és 19 óra közötti időszakokban van, és azok sem egyenletesen, a hét minden napján ugyanúgy oszlanak el. Ilyenkor az úszóiskolák, vízilabda csapatok és szinkronúszók által elfoglalt sávokon kívül a többi sáv is általában ilyenkor telített, a napi jegyet váltó vagy bérlettel rendelkező vendégek által. Tapasztalati úton bizonyított, hogy nagyfokú terhelés alatt van a medence ezeken kívül a reggeli („munkaidő előtti”) 6 és 8 óra közötti időszakban, amikor a reggel látogató törzsvendégek használják az uszodát, valamint az esti 19 és 20 óra közötti egy órában, a 19:45-kor „befújandó” záróra előtt, amikor is az ilyenkor ráérő vendégek használhatják a medence összes sávját. Ezeken túl azonban elmondható, hogy hétköznapi 8 és 15 óra között radikálisan alacsonyabb az úszómedence kihasználtsága (munka – és iskolaidő), és habár a hétvégi összvendégszám magasabb a hétköznapiénál, a jellemzően wellness-jellegű kikapcsolódásra vágyó vendégek kevésbé használják az úszómedencét, összevetve azt a fürdő többi szolgáltatásával, úgy, mint a Wellness részleg, a Gyerek- vagy Szaunavilág használatával.

3.2. A frekvencia szabályozása/vezérlése PLC és frekvenciaváltó segítségével

A megoldandó probléma tehát, hogy ezekben az alacsony kihasználtságú időszakokban a medenceforgatás *teljesítményét* annyival csökkentjük, hogy az még elbírja az aktuális terhelést, viszont költségoldalról mutasson ki megtakarítást.

3.2.1. Lehetséges megoldások a vendégszám meghatározására

1. Sávfoglaltsági adatok és tapasztalat alapján

Ebben az esetben a PLC számláló értékét előre beállítjuk bizonyos forgatási teljesítményekre, aszerint, hogy a fent mutatott sávfoglaltság, valamint az empirikus megfigyelések alapján, milyen forgalom várható az egyes időszakokban. Ez egy *idővezérelt lefutó vezérlés*, mert adott T01, T02... stb. időpillanatok után a PLC az előre beállított értékre csökkenti/növeli a frekvencia értékét. Ha az ismert (statisztikai) adatokhoz egy biztonsági (kb. +15...20 %) tartalékot adunk a vendégszám tekintetében, akkor nagy biztonsággal tudjuk úgy üzemeltetni a medencét, hogy minden pillanatban megfelelő teljesítménnyel forgassák a szivattyúk a medence vizét. Hacsak a vendégszám nem drasztikusan kevesebb adott időszakban, mint amit előre beállítottunk, *lefelé* nem szükséges üzem közben módosítanunk a teljesítményen,

viszont, ha többen használják a medencét, akkor kézileg be kell tudni avatkozni, hogy a következő, nagyobb értékre ugorjon a frekvenciaváltó.

Előnyei: kivitelezés szempontjából ez a legolcsóbb megoldás, mert a már meglévő PLC-hez csak a frekvenciaváltót és az ipari buszrendszert kell beszerezni, és a megfelelő programot kell megírni; továbbá kiszámítható működést tesz lehetővé, kiszámítható üzemelési költségekkel.

Hátrányai: nem képes dinamikusan alkalmazkodni a vendégszámhoz, ami nem csak hetenként, hanem gyakran havonta, évszakonként más-más ritmusban jelentkezik, ez eleve egy túl nagy és bonyolult programozást igényel. Továbbá kézi beavatkozást igényel, ha több fürdővendég van, mint amennyivel az előre beállított utasítás forgatja a szivattyút, ez humán kockázattal jár, hiszen a kezelő gépésznek tudnia kell, hogy melyik az a gomb a PLC-szekrényen, amit ilyenkor meg kell nyomni a vezérlés átállításához.

Javasolt alkalmazási terület: olyan uszodában, ahol meg van határozva a fürdőzők létszáma, attól nagyon minimális az eltérés, mert csak szerződéses úszóiskoláknak, csoportoknak van fenntartva adott úszómedence. Ilyen hely a *Szérűskert utcai Tanuszoda*.

2. Beléptető kapuk telepítésével a medencetér bejáratánál

Ez a megoldás akkor kivitelezhető, ha adott medencetér szeparálható úgy, hogy a fürdővendég beléptető kapun/kapukon keresztül tud csak oda bejutni, és feltétele továbbá, hogy ne szolgálhasson átjáróként az adott medencetér.¹³

Előnyei: a kapu számszerű adatokat küld a PLC-nek, amit azonnal fel tud dolgozni, nem szükséges átalakítani más jellé, és eszerint szabályozni/vezérelni a frekvenciaváltókat; a medence nagyobb sebességű forgatása pár perccel előbb megindulhat, mint ahogy a nagyobb számú fürdővendég azt igénybe veszi, így még inkább garantálható a jó vízminőség.

Hátrányai: a kaput telepíteni kell, ami belsőépítészeti (néhány fürdőnél műemlékvédelmi) problémát jelenthet, ennek plusz költsége van; nem minden medence szeparálható le önmagában, így nem biztos, hogy valós adatokkal számol a PLC a medencében tartózkodók létszámát illetően.

Javasolt alkalmazási terület: olyan medencénél, aminek a medencetere könnyen elszeparálható a többi medencetértől, maximum két beléptető kapuval. A BGYH Zrt. fürdői,

¹³ Erre egy ellenpélda a BGYH Zrt. fürdői közül a Rudas Gyógyfürdő és Uszoda: az uszoda medencetere külön beléptető kapukkal rendelkezik ugyan, de ugyanakkor átjáróként is funkcionál az öltözőterek/törökfürdő részleg és a wellness részleg között, mert a két (három) részleg között máshogy nem tud közlekedni a fürdővendég.

strandjai közül, némi kompromisszummal lehet alkalmazni a dolgozat témájául szolgáló csillaghegyi N1-es versenymedencénél.

3. Kamera a medencénél

Egy elégséges felbontású kamera figyeli meg a medencében tartózkodók számát. Ilyenkor olyan szögben kell elhelyezni ezt az eszközt, hogy meg tudja figyelni a medence teljes felületén a medencében tartózkodók számát. A kamera által rögzített képeket/videófelvételeket egy olyan képfeldolgozó szoftverrel dolgoztatjuk fel, ami képes a medencében lévő fürdővendégek felismerésére. Az egyidejű adatokat a medencében tartózkodók számáról kell továbbítani a PLC-nek, javaslatom szerint Ethernet kommunikációs protokoll segítségével.

Előnyei: valós idejű adattal szolgál a bent tartózkodók számáról, ezáltal pontos számot tud közölni a PLC-vel, így ezzel lehet a legdinamikusabban szabályozni/vezérelni a frekvenciaváltókon keresztül a forgatószivattyúkat, tehát energiaoldalról ezzel a módszerrel lehet a legoptimálisabban üzemeltetni a medencét.

Hátrányai: nem megfelelő medencemegvilágítás esetén nem alkalmazható; a kamerán kívül a képfeldolgozó szoftver és még egy buszrendszer beszerzése is szükséges, ami a legköltségesebb megoldásnak bizonyul a másik kettővel összevetve.

Javasolt alkalmazási terület: jól megvilágított, nagy térfogatú medencénél, ahol a vendégszám ingadozása végett nagy megtérüléssel lehet számolni energiaoldalról. Ilyenek lehetnek a nagy kültéri medencék pl. a *Palatinus* vagy *Széchenyi* fürdőkben, ahol az időjárás helyzettől függően nagy volatilitást mutat az egyidejű fürdőzők száma.

3.3. A szükséges számítások a tervezéshez

A szivattyú hasznos teljesítménye – mivel összenyomhatatlan közeget (vizet) szállít – a fajlagos munka és a szállított közegáram szorzata:¹⁴

$$P_h = Q \cdot \rho g H = \Delta p_0 \cdot Q \quad (3)$$

ahol ρ a víz sűrűsége [= 1000 kg/m³], H a szállítómagasság, g a nehézségi gyorsulás, ami a Magyarországon vett átlagos nehézségi gyorsulás: 9,81 m/s².

A H szállítómagasságot az alábbiak szerint számoljuk.

$$H = H_e + \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + h' \quad (4)$$

¹⁴ KULLMANN 2017 44.o.

ahol H_e az emelési magasság [=23 m], Δp a nyomáskülönbség [=16 bar], h' pedig a veszteségmagasság, amit a csővezeték jelleggörbájéből adódó veszteségmagasság [lásd a szivattyú és a rendszer adatai, $B=2$ m/100 l/min], és a Q térfogatáram négyzetének szorzatával számolunk. A maximális üzemen forgatott medencére vetített Q értékkel a veszteségmagasság:

$$h' = B \cdot Q^2 = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 334^2 = 223 \text{ m.} \quad (5)$$

Az ismert értékekkel behelyettesítve, a H szállítómagasság:

$$H = 23 + \frac{21,6 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 9,81} + 223 = 486 \text{ m.} \quad (6)$$

(3) egyenletbe visszahelyettesítve a kiszámolt értékeket, a szivattyúk hasznos teljesítménye:

$$P_h = \frac{334}{10^3 \cdot 60} \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 486 = 22\,578,8 \text{ W} = 26,58 \text{ kW} \quad (7)$$

Teljes üzemen a szivattyúk teljesítmény (és energia felhasználási) igénye a hasznos teljesítmény és a szivattyú hatásfokának hányadosa:

$$P = \frac{P_h}{\eta} = \frac{26,58}{0,92} = 28,89 \text{ kW} \quad (8)$$

vagyis egy óra alatt 25 kWh energiamennyiséget igényelnek.

Viszont mi nem teljes forgatási teljesítményen szeretnénk üzemeltetni a szivattyúkat, hanem annak megfelelően, hogy épp hányan tartózkodnak a medencében. A Grundfos hivatalos weboldalán elérhető a szivattyú jelleggörbéje, ahol beállíthatunk egyedi munkapontokat Q vízforgatási teljesítmény és H emelőmagasság ismeretében (ez utóbbi állandó), amikre az egyes forgatási teljesítmények során szükségünk lesz az optimális működéshez. A (2) egyenlet értelmében, az úszómedencében minden egyes fürdővendégre 2 m^3 vizet kell forgatni. A TP 100-310/2 szivattyú minimális térfogatárama: $Q=15,27 \text{ m}^3/\text{h}$, kettő szivattyú minimális térfogatárama: $2Q_{\min}=30,54 \text{ m}^3/\text{h}$, ami 15 fürdővendég jelenléte esetén szükséges tömegáram. Az MSZ EN 15234:2012 szabvány 6.3. fejezete előírja, hogy a minimális vízforgatási érték úgy állapítandó meg, hogy „*az a névleges terhelés 30 %-a alatti fürdőzőterhelés esetén sem lehet kisebb a névleges terheléshez tartozó forgatási teljesítmény 50 %-nál.*” Ennek értelmében a minimális vendégszámot 84 főben állapítom meg. A vezérlés modellezéséhez négy „lépcsőt” határozok meg, ami alapján be kívánom állítani a frekvenciaváltót a sebesség növeléséhez/csökkentéséhez. Az egyes lépcsők a medencében egy időben tartózkodó vendégek átlagos számát jelenti. Adott vendégszámhoz tartozó térfogatáram tehát:

3. táblázat: Az egyes "lépcsők" vendégszám szerint.

	Vendégszám (fő)	Térfogatáram (m ³ /h)	Teljesítmény (kW)
1. lépcső	84	168	16,09
2. lépcső	112	224	19,39
3. lépcső	140	280	23,70
4. lépcső	167	334	28,89

3.4. A PLC-vel történő vezérlés

Üzleti titokra hivatkozva és a fürdőüzem zavartalanága érdekében az itt bemutatott PLC-vel történő vezérlés a MATE Szent István Campuson oktatási célokra használt OMRON CPL1 típusú PLC CX-Programmer nevű programszerkesztő szoftverjével készült, mivel jelen dolgozat csupán a programozási elv és a vezérlés hasznosságát hivatott bemutatni. A szimuláció elkészítése során a szakirodalmi anyagon kívül (mindenekelőtt MACZÁK 2012 és MACZÁK 2013), felhasználásra került Dr. Gergely Zoltán Albert egyetemi docens úr „PLC programozási alapok” c. kurzusán elhangzottak, továbbá az OMRON CPL1/CP1E egységek felhasználói segédlete, általános útmutatója (OMRON 2009). **Az itt bemutatott elv minden PLC-vezérelt frekvenciaváltó esetén ugyanaz,** így hasonlóan kell eljárni a fürdőben már meglévő PLC-rendszer kialakításánál is.

3.4.1. A feladat meghatározása

A beérkező adatok alapján a frekvencia úgy módosuljon, amit a bent lévő vendégszám megkíván, és aszerint szabályozza a motor fordulatszámát. Indításkor az alap frekvencia 50 Hz legyen. Állítsa le a szivattyút, ha a kiegyenlítő tárolóban a vízszint eléri a „minimum” szintet, és a mágneskapcsoló nyissa a pótvíz adagolást. Indítsa újra a szivattyúkat, ha a puffertárolóban a vízszint a „minimum” szintet elérte, de ne kapcsolja le a pótvíz adagolását. Kapcsoljon le a pótvíz adagolás, ha ugyanott a vízszint elérte a maximumot. Lehetőség legyen a kézi indításra és leállításra is. Jelezzék lámpák a következő állapotokat:

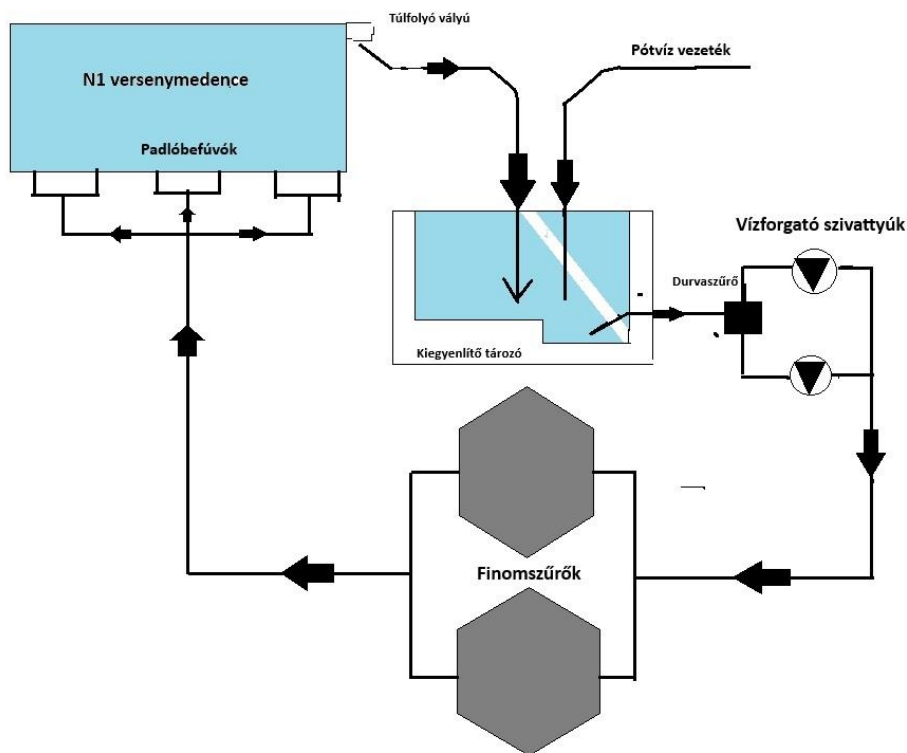
Szivattyúk bekapcsolva (értelemszerűen kikapcsolt állapotban ne világítson)

Vészleállítás (automatikus szárazon futás ellen)

Minimum vízszint

Maximum vízszint.

3.4.2. A medence kapcsolási rajza



13. ábra: Egyszerűsített kapcsolási rajz az eredeti tervek alapján, a vezérlésünk szempontjából lényeges elemekkel.

A két forgatószivattyú párhuzamosan van bekötve a rendszerbe. A medence túlfolyóvályóján keresztül távozik a kiszorított vízmennyiség a medence kiegyenlítő tárolójába. Innen tovább DN250-es vezetéken megy a medencevíz, a durvaszűrő (haj, nagyobb bőrmaradványok stb. szűrésére, amik kárt okozhatnak a szivattyúkban) után ágazik szét a vezeték, és csatlakozik a szivattyúk DN100-as bekötéseibe. A továbbított víz ismét DN250-es csővezetéken halad tovább, ismét közös ágon, majd pedig a szintén párhuzamosan bekötött finomszűrő tartályokon keresztül folyik át a medencevíz, kiszűrve a nem látható szennyeződések. Az ismét egyesített vezetéken keresztül padlóbefűvőkön át érkezik vissza a víz a medencébe. (13. ábra)

3.4.3. Bemenetek/kimenetek száma és típusa

Bemenetek

Indítás: Nyomógomb típusú bemenet, szükséges a rendszer üzembeállításához, és a Modbus kommunikáció elindításához, továbbá akkor, ha a vészleállítás után, a kiegyenlítő tárolóban a víz szintje eléri a „minimum” szintet.

Vészleállítás: szükséges akkor, amikor a puffertárolóban kritikus szint alá csökkent a vízszint, hogy elkerüljük a szivattyú szárazon futását. Ez egyben vezérli a mágneskapcsolót a pótvíz adagoló szelephez, nyitásra.

Minimum vízszint: az úszókapcsoló ezt az információt adja a PLC-nek, amikor a kiegyenlítő tározóban a vízszint a minimumot elérte. Ekkor a vezérlés újraindítja a szivattyúkat, viszont még nem zárja a mágneskapcsolót a pótvíz adagolásnál, vagyis még tölti a rendszer a kiegyenlítő tározót.

Maximum vízszint: az úszókapcsoló ennek a szintnek az elérésekor azt az információt adja a PLC-nek, hogy a pótvíz adagolása a továbbiakban nem szükséges, a mágneskapcsoló zárhat.

Stop: Nyomógomb típusú szükséges a vízforgató rendszer kézi leállításához, ha a medencét üzemén kívül helyezzük (pl. féléves medence karbantartásnál és teljes vízcserénél, amikor teljesen ürítik a medencét, majd karbantartás után visszatöltik). A szivattyúkon leállításán kívül zárja a pótvíz adagolását szabályozó mágneskapcsolót is.

Frekvenciaértékek (W0.00 és W0.03 között): az egyes frekvenciaértékek beállításához szükségesek a bejövő vendégforgalmi adatok alapján.

Kimenetek

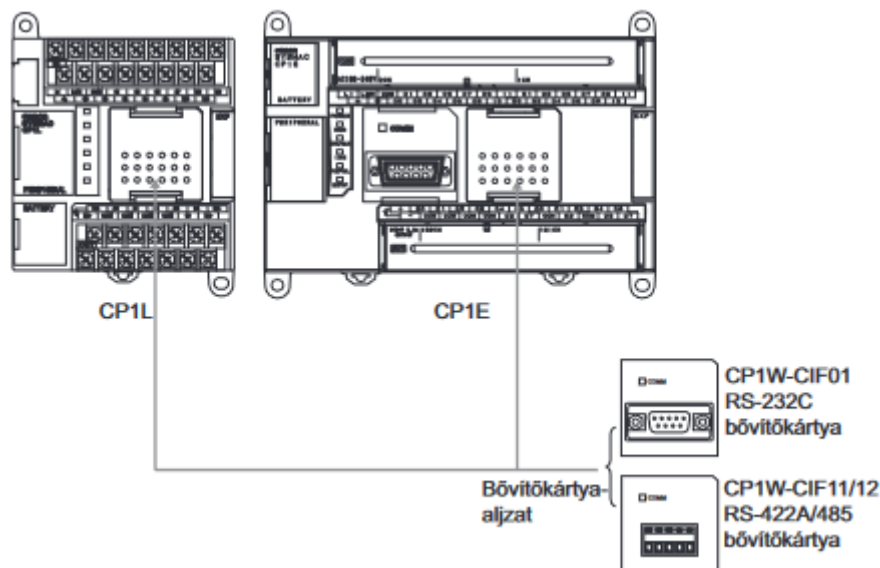
Szivattyú ON: a rendszer indítása után a szivattyúk bekapcsolt állapotát jelző lámpa. Vészleállítás, ill. Stop utasítás esetén kialszik.

Vészleállítás (szárazon futás ellen): a kritikus vízszint elérését jelző lámpa. Felkapcsolásával egyidőben a program a 0 Hz értékhez tartozó értéket mozgatja a P_First_Cycle bemenethez, és leállítja a szivattyúkat, továbbá utasítja a pótvíz adagolás mágneskapcsolóját, hogy nyisson.

Minimum vízszint: a szivattyúk működéséhez szükséges és elégséges vízszint elérésekor felvillanó lámpa. Ezzel egyidőben a szivattyúk újra indulnak, de még megy a pótvíz adagolása is.

Maximum vízszint: az a vízszint a kiegyenlítő tározóban, ahonnan már szükségtelen a pótvíz adagolása, ekkor ez a lámpa felvillan, és zárja a mágnesszelepet.

Pótvíz adagolás mágnesszelep nyit: ezen a kimeneten keresztül vezérli a PLC a mágnesszelep nyitását.



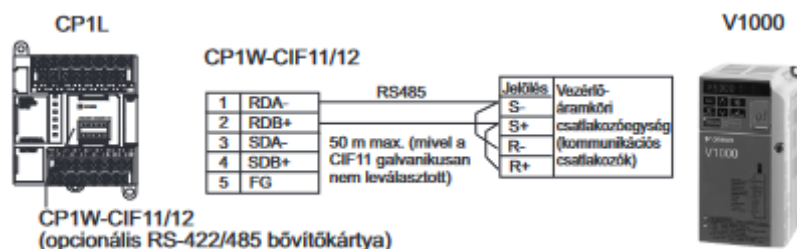
14. ábra: CP1L Modbus kommunikációs protokollhoz bővítőhely.

Modbus: A Modbus kommunikáción keresztül vezéreljük a frekvenciaváltókat.

A CP1L egységen a soros kommunikáció megvalósításához egy kiegészítő soros kommunikációs kártya telepítésére (RS232C vagy RS422A/485) van szükség. **A 30, 40 vagy 60 I/O pontos egységekhez 2 bővítő egységet lehet csatlakoztatni.** A 10 I/O pontos CP1L egységekhez nem lehet bővítő egységet csatlakoztatni. A Modbus-RTU egyszerűsített master kommunikáció könnyű adatcserét tesz lehetővé a soros modulon keresztül kapcsolódó alkatrészekkel.¹⁶

E Modbus-RTU kapcsolat rögzített kiosztású DM területein keresztül kerül hozzárendelésre a slave egységek címe, funkciója és Modbus slave eszközök által adott, ill. kapott adatok összessége. A címkiosztások megadása után a Modbus-kommunikációban az adatok cseréjét egy belső segéd bit ON-ba való kapcsolásával lehet indítani. A fogadott válaszokat a DM rögzített kiosztású szavai automatikusan tárolják.¹⁷

A PLC és a 15. ábrán látható V1000 sorozatú OMRON frekvenciaváltó egységek az RS-485-ön kapcsolódnak össze a frekvencia, az indítás és a leállítás vezérlésének megvalósításához.¹⁸

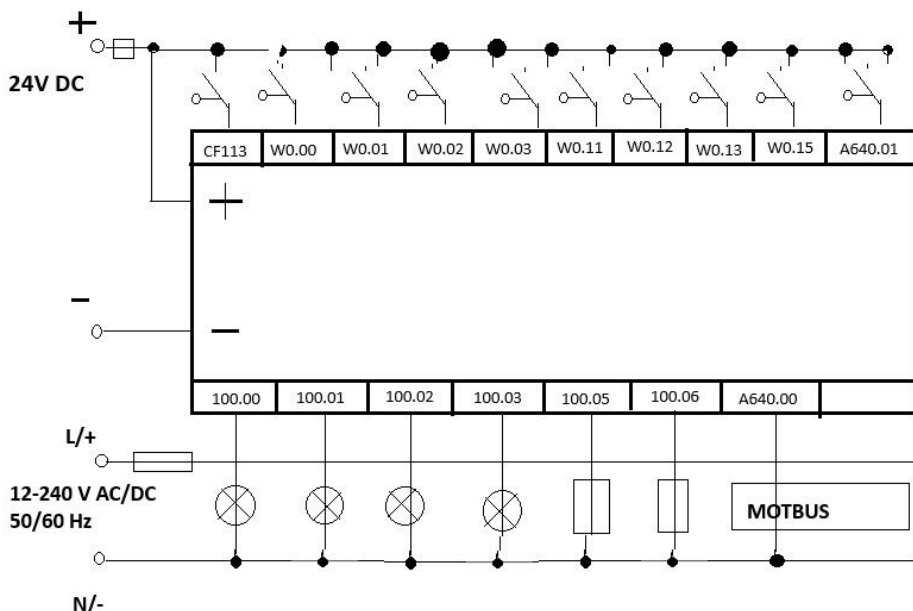


15. ábra: Bekötési példa PLC-frekvenciaváltó relációban. Kép forrása: OMRON 2009. 152. o.

A szivattyúk célsebességét szabadon meghatározhatjuk, én most az egyszerű gazdasági számítás végett négy frekvenciaértéket adok meg. A PLC a beállítandó sebességet a bemeneti jelek alapján határozza meg, a gyorsítás és lassítás mértékét pedig a frekvenciaváltó gyorsítása és lassítása szabályozza.

A párosítás után be kell állítani a bővítmények és a frekvenciaváltók paramétereit a használati utasításnak megfelelően, majd be kell állítani a PLC-t is a saját szoftverében, itt a CX-programmerben.

3.4.4. PLC villamos/kommunikációs bekötésének sémarajza



16. ábra: A PLC villamos és kommunikációs bekötésének sémarajza. Láthatóak a jelzőlámpák, a mágneskapcsolók és a Motbus, amin keresztül történik a frekvenciaváltók vezérlése.

3.4.5. PLC táblázatos összerendelések

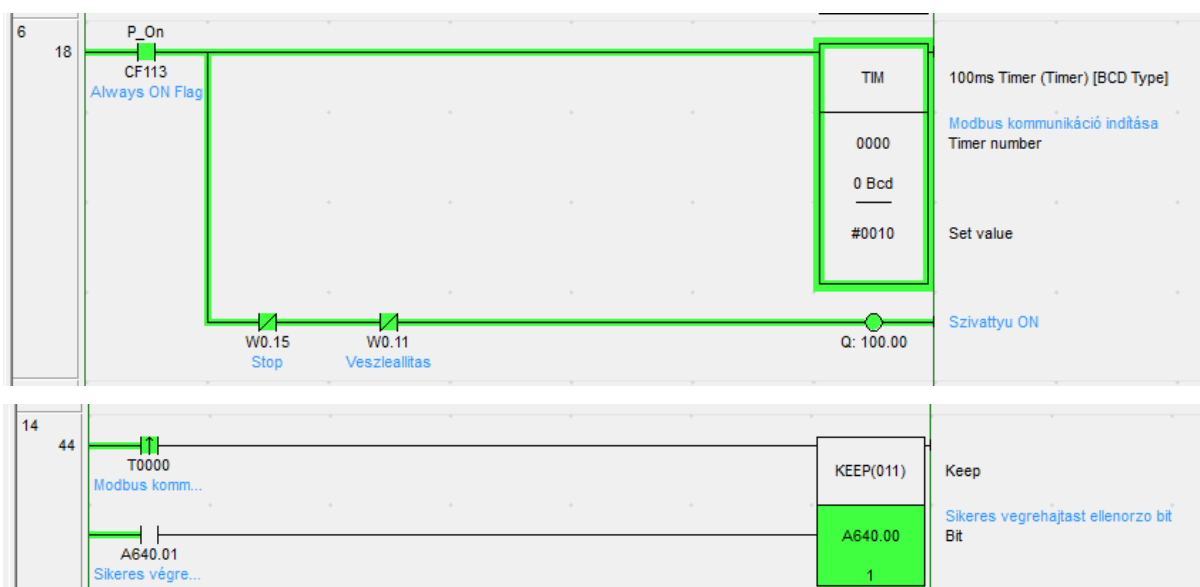
4. táblázat: A PLC bemeneteinek és kimeneteinek táblázatos összerendelése.

	Bemenetek összerendelési listája									
Bemeneti cím	CF113	W0.00	W0.01	W0.02	W0.03	W0.11	W0.12	W0.13	W0.15	A640
Funkció	Indítás START	50 Hz	55 Hz	60 Hz	65 Hz	Vészle- állítás	Mini- mum vízszint	Maxi- mum vízszint	Stop	
Megjegyzés	100.00 és A640.00 vezérlése									
	Kimenetek összerendelési listája									
Kimeneti cím	100.00	100.01	100.02	100.03	100.05	100.06				A640.00
Funkció	„Szivattyú on” lámpa	„Vész- leállítás” lámpa	„Mini- mum vízszint” lámpa	„Maxi- mum vízszint” lámpa	Pótvíz mágnes- szelep nyit	Pótvíz mágnes- szelep zár				Modbus kommuni- káció indítása

3.4.6. A program működésének bemutatása

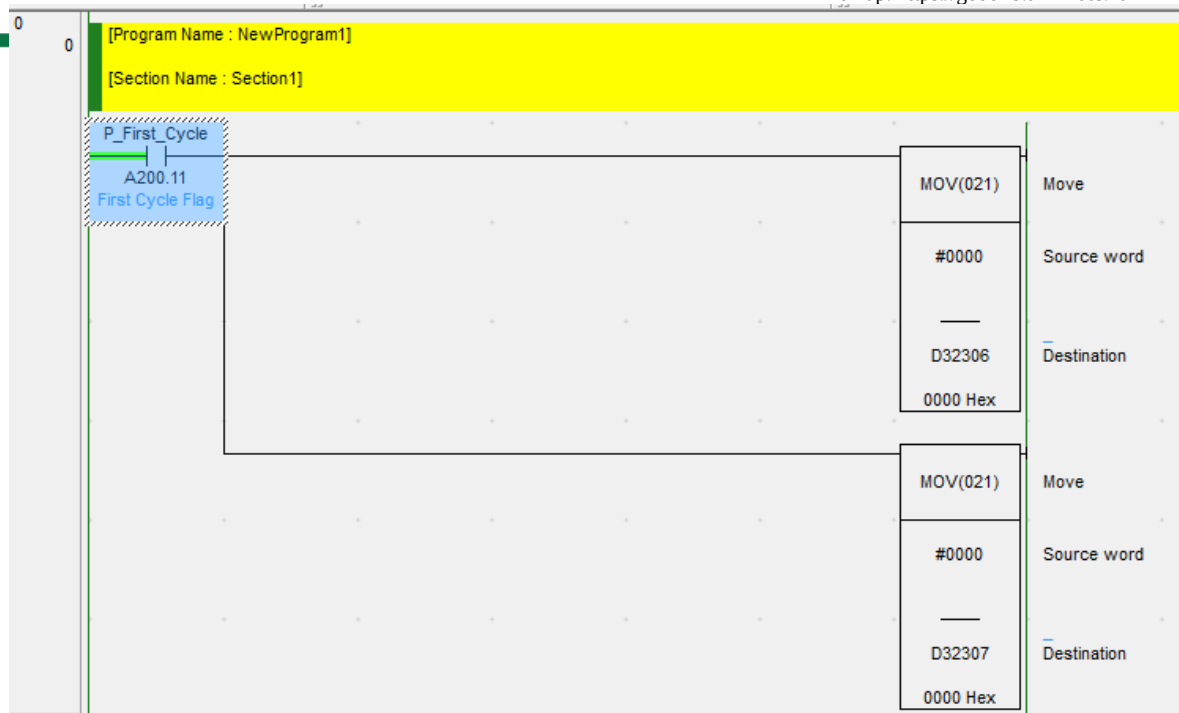
Ez a vezérlés azt feltételezi, hogy vannak bejövő adatok a PLC számára, ami alapján a frekvenciát módosítja (ld. 3.2.1. alfejezet, beléptető kapuk vagy kameraképek alapján). A program lényege, hogy MOVE utasításokkal, a beérkező adatok alapján, a PLC annak megfelelően vált az egyes frekvenciaértékek között, amekkora vendégszám már meghaladta a nagyobb forgatási teljesítményhez szükséges értéket.

A létra program alsó részén van beállítva a Modbus kommunikáció vezérlése, melyet egy másodperccel a PLC program indítása után kell, hogy elinduljon, ezért ide egy TIME parancsot tettem be, megfelelő hexadecimális formátumban az 1 sec értékhez. A szimuláció megindítása után, 1 sec leteltével létrejött a Modbus kommunikáció (17. ábra).



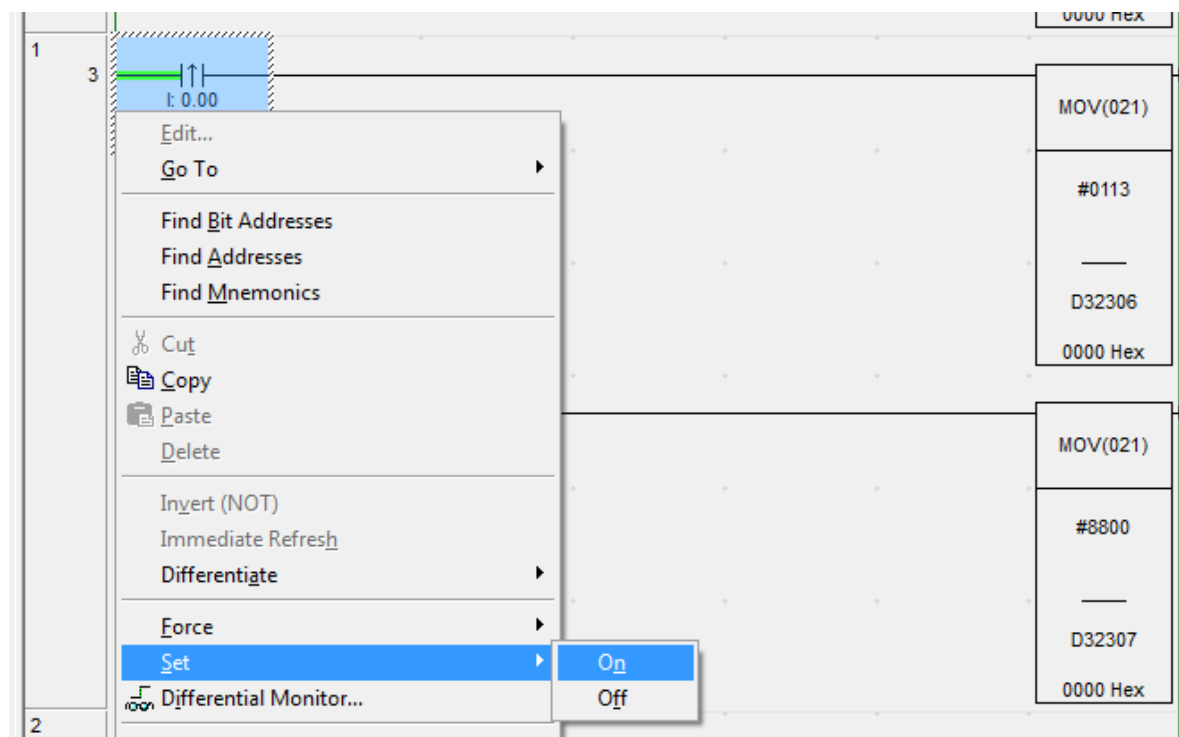
17. ábra: A Modbus kommunikáció megindulása 1 sec-kel a szimuláció indítása után.

A P_First_Cycle kontaktus szerint vezérli a PLC a frekvenciaváltókat, az pedig aszerint, hogy az előre beállított négy frekvenciaérték közül melyik kapcsol be (a beérkező jel melyikkel egyezik meg, vagy, ahogy a szimuláció során csinálom, melyiket kapcsolom be kézíleg). Kiindulásként feltételezzük, hogy az üzemet most indítottuk be, ezért az alap frekvencia az 55 Hz. (18. ábra).

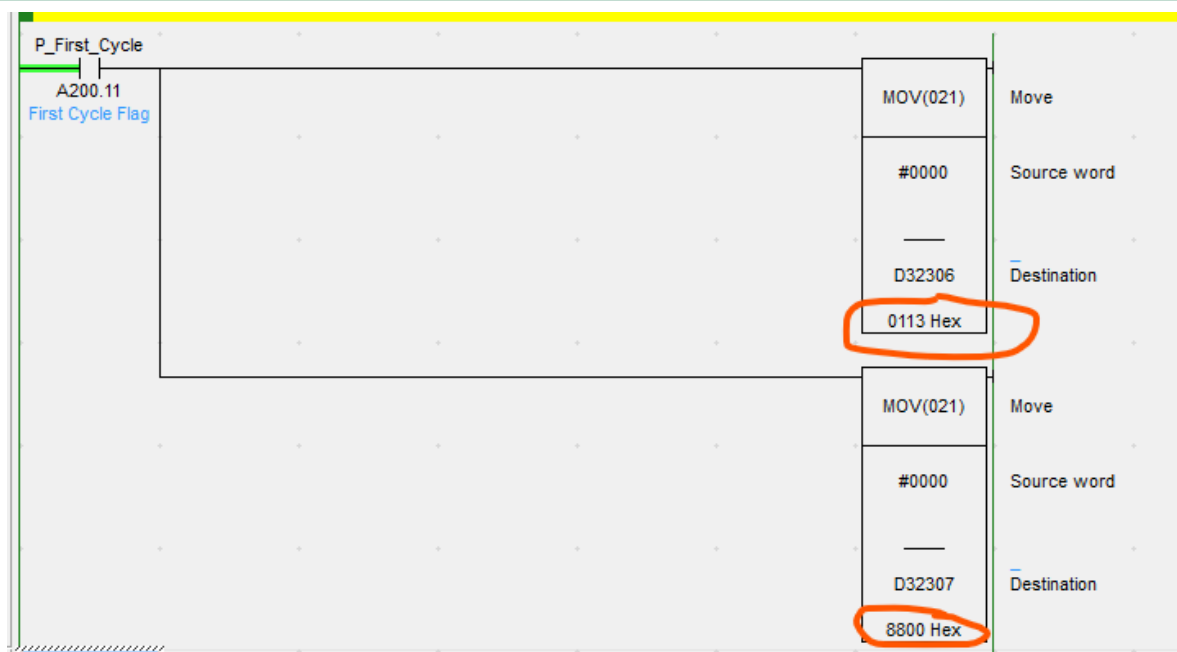


18. ábra: A program elindulása után a P_First_Cycle ciklus.

Viszont, ha bármelyik frekvenciaértéket bekapcsoljuk, akkor a kimeneti értékek aszerint fognak megváltozni, vegyük például az 50 Hz-es beállítást. Ehhez a 0.00 bemeneten az egér jobb gombjával klikkelünk, ott a Set/On parancsot választjuk (19. ábra), ezzel bekapcsoljuk, és figyeljük meg, hogy az ehhez tartozó kimeneti értékek jelennek meg bármelyik kimeneten (19. ábra)!

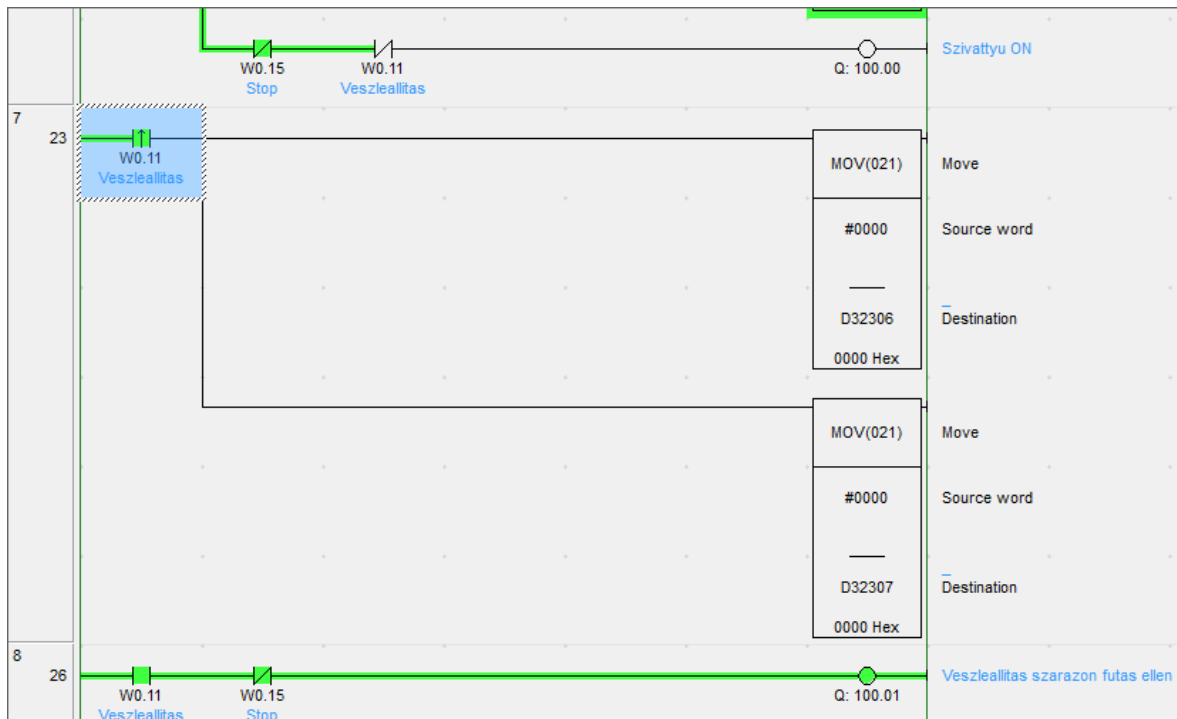


19. ábra: Az 50 Hz-es utasítás bekapcsolása.

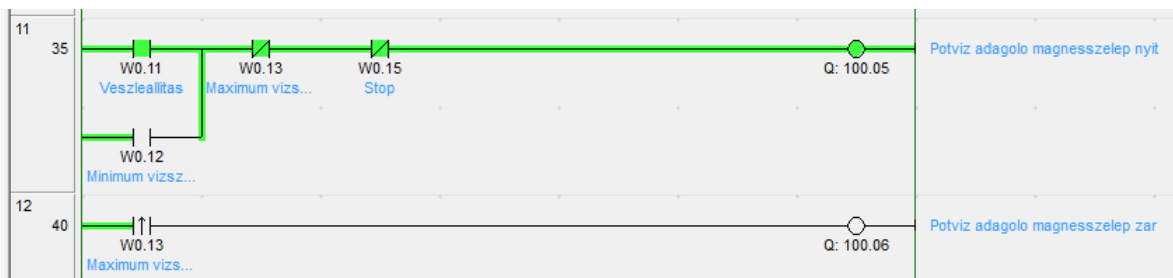


19. ábra: Az 50 Hz-es utasításhoz tartozó hexadecimális értéket vette fel a P_First_Cycle.

A másik olyan külső érzékelő, ami a PLC-nek információval szolgált a vezérléshez, az **úszókapcsoló**, ami a kiegyenlítő tározóban lévő víz szintjét figyeli, elsősorban a **szivattyúk szárazon futását megakadályozandó**, a kritikus vízszint elérésekor vészleállítást hajt végre (20. ábra). Az így továbbított adat MOVE parancson keresztül a 0 Hz, a megfelelő lámpákat vezérli, továbbá nyitja a mágnesszelepet a pótvíz adagolásához (21. ábra).

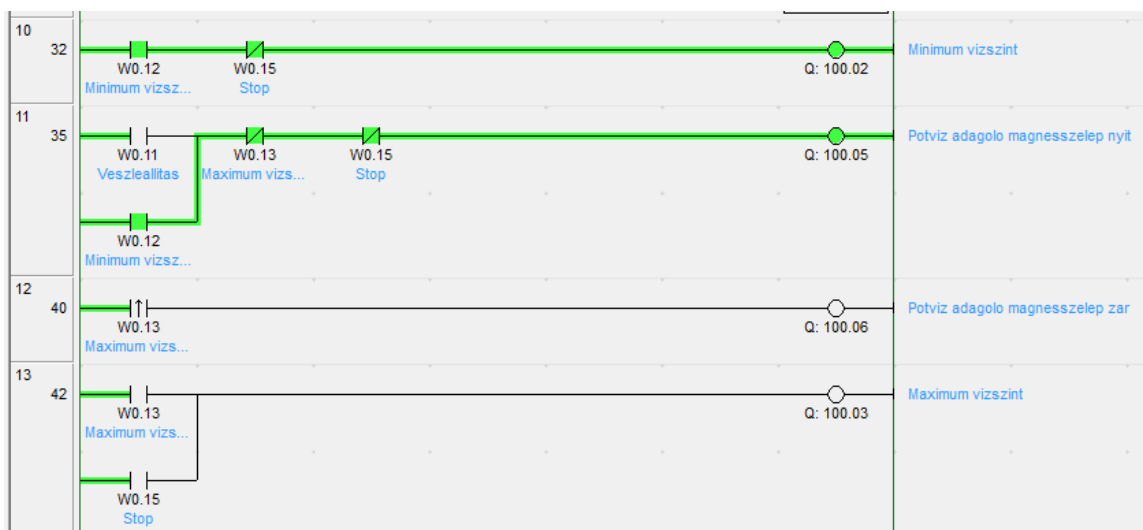


20. ábra: Az úszókapcsolótól jövő információk alapján a W0.11 bemeneten lévő "Vészleállítás" bekapcsolása. Ez kikapcsolja a szivattyúkat, az azok bekapcsolt állapotát jelző lámpát, és felkapcsol a hozzá tartozó lámpa.



21. ábra: A "Vészleállítás" nyitja a mágnesszelepet.

Ugyanígy, ha az úszókapcsoló a „minimum vízszintről” és a „maximum vízszintről” küld adatot a PLC-nek, annak megfelelően tartja nyitva a mágneskapcsolót, vagy épp zárja el. Továbbá, a kézi leállítás (Stop) esetén is zár a mágnesszelep.



4. Gazdasági számítások – Mit nyerhetünk a PLC-vel?

Fontos itt megjegyezni, hogy a címben feltett kérdés már megválaszolásra került a BGYH Zrt.-nél és egyéb helyeken való alkalmazásával, ti. a PLC-vel automatizálásra került egy sor olyan folyamat, amit korábban az emberi erőforrás – jelen esetben vízgépész, vagy más, ilyen beosztásban dolgozó munkatárs – kezelt, amivel önmagában sokat tett a BGYH Zrt. az energiahatékony működésért is. Az ISO:50001 szabvány szerinti energiagazdálkodás-irányítási rendszer szerinti *kockázatelemzés* alapján, a BGYH Zrt. kizárt egy sor humán kockázati tényezőt, ami felesleges, és ezáltal energiapazarló üzemeltetéssel járhatott. (Innentől „csupán” csak műszaki kockázat léphet fel, vagyis az automatizált rendszer valamelyik elemének kiesése okozhat üzemeltetési problémát.)

4.1. A megtakarítható energiaköltségek

A megtakarítható energiaköltségeket aszerint tudjuk kiszámolni, hogy a teljes fordulatszámon dolgozó szivattyúhoz képest, mennyivel kisebb az energiaköltsége a forgatórendszernek, ha vesszük a fenti „lépcsőket”, és összevetve a sávfoglaltsági adatokkal és az empirikus úton szerzett ismeretekkel, próbálunk egy körülbelüli vendégszámot meghatározni a teljes üzemidőre vonatkozóan; továbbá azt feltételezzük, hogy üzemidőn kívül mindig csökkentett üzemmódban mennek a szivattyúk, ezért azzal nem számolunk. (Ha jelenleg a szivattyúk teljesítményét éjszaka sem csökkentik, akkor természetesen nagyobb megtakarítás érhető el, mert a 0 fős vendégszámnál egy minimális forgatás kell, ami azt a célt szolgálja, hogy az egész napos terhelés után legalább egyszer átforogjon a medence vize a rendszeren.)

Az üzemi költségek kiszámításához szükség van az energiafogyasztásra, amit a szivattyúk teljesítményfelvétele ad meg. Az energiafogyasztás kiszámítása:

$$E = P \cdot t \quad (9)$$

ahol:

E: az energiafogyasztás [kWh]

P: a szivattyú teljesítménye [kW]

t: az időtartam [h]

Korábban megállapítottuk, hogy a két szivattyú energiafogyasztása óránként 25 kWh, teljes üzemben.

Egy heti teljes üzemre vonatkozóan az alábbi átlagos vendégszámokat feltételezzük, megfeleltetve a programban használt lépcsőknek:

4. táblázat: Az egyes lépcsőkhöz tartozó energiaigény.:

	Üzemóra/hét	Átl. medenceterhelés (fő)
	70	84
	18	112
	7	140
	3	167
Mindösszesen	98	48

Ezután összevetjük ezt a (8) egyenletben kiszámolt energiafogyasztással, és kiszámoljuk az így felvett egy heti áram mennyiségét kWh-ban:

5. táblázat: A heti energiafogyasztás frekvenciavezérlés esetén.

	Vendégszám (fő)	Energiafogyasztás egy óra alatt (kWh)	Üzemóra/hét	Összes energiafogyasztás (kWh/hét)
	84	16,09	70	1126,3
	112	19,39	18	349,0
	140	23,70	7	165,9
	167	28,89	3	86,7
Mindösszesen			98	1727,9

Egy hét teljes üzem alatt a két szivattyú által felhasznált energia mennyisége:

$$28,89 \text{ kWh} \cdot 98 = 2\,831 \text{ kWh} \quad (10)$$

Az így kapható egy heti energianyereség a két energiafogyasztás különbsége, vagyis:

$$2\,831 \text{ kWh} - 1\,727,9 \text{ kWh} = 1\,103 \text{ kWh} \quad (11)$$

A BGYH Zrt. a 2023-as évben az adott hónapban érvényes tözsdei villamos energiaárat fizette, ami az eddigi tapasztalatok alapján mindig 100 Ft/kWh költséget jelentett. 52 héttel számolva, az így megtakarítható összeg a rezsiben egy évben:

$$1\,103 \text{ kWh} \cdot 100 \text{ Ft} \cdot 52 = 5\,737 \text{ Eft.}$$

4.2. Bekerülési költségek

Csillaghegyen az N1-es versenymedencénél **már telepítve van egy ABB-gyártmányú PLC**, így ott, ha beléptetőkapus rendszerrel tervezem a rendszert, a következő tételekkel kell legalább számolni:

- Beléptető kapu kamerával, rezsianyagokkal, telepítéssel 1 db
- ABB ACCS580 frekvenciaváltó 2 db
- RS485 ipari buszrendszer Modbus RTU kommunikációhoz 2 db
- RS485 ipari buszrendszer a beléptető kapu és a PLC közötti kommunikációhoz 1 db
- Frekvenciaváltó telepítés és összekötése a PLC-vel 1 db.

Becsült magyarországi árakkal számolva, a csillaghegyi N1-es versenymedencéhez tervezett konfiguráció becsült költsége¹⁵:

6. táblázat: Bekerülési költségek.

	Becsült ár ÁFA nélkül (EFt)	Darabszám	Összesen (EFt)
Beléptető kapu rezsianyagokkal, telepítéssel	2 200	1	2 200
ABB ACCS580 frekvenciaváltó	900	2	1 800
RS485 ipari buszrendszer Modbus RTU kommunikációhoz	50	2	100
RS485 ipari buszrendszer a beléptető kapu és a PLC közötti kommunikációhoz	50	1	50
Frekvenciaváltó telepítés és összekötése a PLC-vel	600	1	600
Mindösszesen			4 750

4.3. A beruházás megtérülése

A korábban kiszámolt éves megtakarítást is figyelembe véve, a beruházás megtérülési ideje, hónapokban számolva:

$$12 \cdot \frac{4\,750}{5\,737} = 9,935, \quad (12)$$

azaz mindegy 10 hónap.

¹⁵ A BGYH Zrt-nél korábban kapott árajánlatok alapján, kb. inflációval korrekciózva.

A pesszimista becslések alapján is kb. egy év alatt megtérül egy olyan beruházás, ami a későbbi üzemeltetési költségek lefaragását segíti, így védendő a BGYH Zrt. fürdőit az elszálló energiaáraktól, és jobban ellenállóvá téve az inflációnak való kitettséggel szemben. A IV. mellékletben szereplő táblázat pedig segít megérteni, hogy miért is lényeges beruházás ez. Felsoroltam a BGYH Zrt. olyan nagy térfogatú medencéit, amelyek szűrő-forgató rendszerrel rendelkeznek. **Jelenleg nem minden fürdőben van telepítve PLC egyáltalán, és nem minden forgatószivattyúhoz csatlakozik frekvenciaváltó.** Viszont a fentebb részletezett példa is igazolja, hogy ha egy ilyen vezérlést teljesen a nulláról is kell felépíteni, a vele megtakarítható energiaköltség miatt rövid és hosszú távon is megéri, **cégszinten akár több tízmilliós nagyságrendű** a középtávú haszon.

4.4. Milyen kockázatokkal kell számolni?

A fenti megállapítások a költséghatékony medenceüzemeltetéshez feltételez egyfajta „laboratóriumi” körülményeket, vagyis nincsenek rendellenes működési feltételek: minden fürdőző ugyanolyan kórokozó számot visz be, nincsenek külső hőmérséklet ingadozások stb. Jól belátható, hogy ez – sajnos – elég nehezen valósulhat meg.

Az egyik kockázatot a kültéri medencék esetén **a külső hőmérséklet ingadozása**, valamint **a csapadékos, és/vagy szeles időjárás** okozhatja. A külső hőmérséklet kihatással van a medencevíz hőmérsékletére, azáltal, hogy a medencevíz felszínét jobban melegíti/hűti a környezete, mint a víztömeg többi „rétegét”, amivel a fürdővendégek hőérzete az adott medencében más lesz, mint amit megszoktak.¹⁶

A másik kockázatot épp **a vendégek nem megfelelő magatartása** jelenti. Az optimális szűrési hatékonyság érdekében különösen fontos lenne, hogy a vendégek szappanos vízzel lezuhanyozzanak, mielőtt a medencébe mennek. Ennek betartatása és ellenőrzése, nagy létszám esetén különösen, lehetetlen a fürdő alkalmazottai számára, jelen körülmények között. Nyári időszakban mindez kiegészül a napvédő krémek és -olajok intenzívebb és szintén nem megfelelő használata: nagy rétegben, közvetlenül a medencébe lépés előtt viszik fel a fürdővendégek a bőrükre, nem várják meg annak felszívódását, és ezek a krémek, olajok (nagy molekulaszemcséjükkel) bekerülnek a medencébe, annak szűrő-forgató rendszerébe, rontva ezzel azok hatékonyságát, továbbá többlet szűrési igényt generálnak. Ez a kockázat a

¹⁶ Itt jegyezném meg, hogy az általános tapasztalatok szerint +/- 1 °C-os medencehőfok különbséget már megérez az ember, ezért a szabályozás szerint, az üzemeltetés során, a medencevíz hőmérséklete a kiírt értéktől maximum +/- 0,5 °C-kal térhet el.

nagy nyári forgalommal rendelkező fürdőket – úgy, mint a strandrésszel rendelkező fürdők (Palatinus, Paskál stb.) és a Széchenyi fürdő – érinti. Ezeken belül főleg az olyan kültéri medencék érintettek, amelyek élményelemekkel rendelkeznek, és „strandmedence” funkcióval bírnak.

Bármilyen kockázat áll is fenn, mindenképpen szükséges az így programozott frekvenciaváltóval rendelkező szivattyúk üzemelésének kezdetén **gyakoribb általános vízkémiai és bakteriológiai vizsgálatok** elvégzése, hogy meg lehessen állapítani a valóban *szükséges és elégséges* vízforgatási teljesítményt ezeknél a medencéknél.

5. Konklúzió – Megoldás egy energiahatékonyabb üzemeltetéshez

A dolgozatban modellezett megoldás, a fenti gazdasági számításokat figyelembe véve, eléri a célját, vagyis **jelentős megtakarítás érhető el az üzemeltetés területén**, akár csak egy fürdő egy medencéjét nézzük (jelen esetben a csillaghegyi N1-et), és ez különösen igaz az egész BGYH Zrt.-re nézve is.

A BGYH Zrt. üzemeltetésében jelenleg 11 egész éven át üzemelő gyógy- vagy élményfürdő, 2 szezonálisan üzemelő strandfürdő, és egy tanuszoda van. Az egész évben üzemelő fürdők közül kettő felújítási munkálatok miatt zárva van (Király, Rác). A többi fürdő, a két strand és a tanuszoda majd’ mindegyikében található olyan nagy térfogattal rendelkező, többnyire úszómedence, melyek üzemeltetési költsége az összes többi medencéhez viszonyítva a legmagasabb, ugyanakkor az üzemeltetés során e medencék terhelése a legkisebb. Ha ehhez hozzáveszem, hogy nagy kültéri élmény- és termálmedencék kihasználtsága is jelentősen, vagy nullára csökken kedvezőtlen időjárási viszonyok esetén (villámtevékenységgel kísért viharok, ahol kötelező kiüríteni a kültéri medencéket), akkor elmondható, hogy nagyobb potenciál rejlik a nagyobb fürdők, például a Széchenyi és Palatinus fürdők üzemeltetési költségeinek optimalizálásában, mely így jobban alkalmazkodik a látogatószámhoz.

De a költségek optimalizálása csak egy dolog: ez az üzemeltetési mód hozzájárul a BGYH ZRT (az MSZ EN ISO 50001:2019 szabványnak megfelelően kialakított) Energiagazdálkodási irányítási rendszer jobb működtetéséhez is.

A döntéshozók figyelmébe ajánlom e dolgozat alapvetéseit, és javaslom, hogy az energiatakarékosság terén minél hamarabb ezen az úton lépjenek a budapesti (gyógy)fürdők – mert ez nem csak pénzügyi, de környezet- és klímavédelmi kérdés is.

6. Összefoglalás/Summary

Jelen szakdolgozat az általános politikai, gazdasági környezetbe ágyazva – melyet a Bevezetésben részleteztem – a BGYH Zrt-nél már alkalmazott PLC-technológiák további bővítésére tesz javaslatot, annak fényében, hogy azzal milyen üzemeltetési költségeket tud megspórolni a főbb budapesti (gyógy)fürdőket és strandokat üzemeltető vállalat.

E dolgozat második részében kitekintést tettem a PLC szakirodalmára, és bemutattam magát a *programozható logikai vezérlőket*, annyira csak, hogy érthető legyen a működési elve, ami a dolgozatban bemutatásra kerül, továbbá összefoglalja röviden a BGYH Zrt-nél eddig alkalmazott PLC-ket. Bemutatom, hogy már hány területen játszanak fontos szerepet ezek a programozható logikai vezérlők, jómagam pedig rámutatok arra, hogy mennyire nincs még teljes egészében kihasználva a technológia. Így térek rá a 3. részre, ahol a Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Székely Éva Uszoda N1-es versenymedencéjének példáján keresztül mutatom be, hogyan lehet dinamikusan szabályozni/vezérelni a forgatószivattyúkat, a medence terhelésének függvényében. Ezután térek rá a gazdasági vonzatára e témának a negyedik részben: kitérve a megtakarítható energiaköltségre, a beruházásra, bemutatva a hasznosságát, és kitekintéssel a BGYH Zrt. többi nagy medencéjére, mérlegelve a kockázatokat, amikkel együtt az ötödik részben a konklúzióval ajánlom megfontolásra a BGYH Zrt. menedzsmentjének.

This thesis, embedded in the general political and economic environment - which I detailed in the Introduction - makes a proposal for the further expansion of the PLC technologies already used at BGYH Zrt, in the light of how it can save operating costs for the operator of the main (medical) spas and beaches in Budapest Spas Plc.

In the second part of this thesis, I reviewed the PLC literature and presented the programmable logic controllers themselves, just enough to understand the principle of operation, which is presented in the thesis, and also briefly summarize the PLCs used at BGYH Zrt: it presents, in how many areas do these programmable logic controllers already play an important role, and I myself point out how the technology is not yet fully utilized; this is how I come to the 3rd part, where I show how the rotary pumps can be dynamically regulated/controlled, depending on the load of the pool, using the example of the N1 competition pool of the Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő - Székely Éva Swimming Pool. Then

I turn to the economic implications of this topic in the fourth part: touching on the energy costs that can be saved, the investment, presenting its usefulness, and with an outlook on the other large pools of Budapest Spas Plc, considering the risks, together with which in the fifth part, with the conclusion, I recommend Budapest Spas' management.

7. Köszönetnyilvánítás

Ez a szakdolgozat gépészmérnök Bsc. tanulmányaim betetőzése. Saját beletett munkámon kívül nem juthattam volna el idáig a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campusának oktatói gárdája, nagyobb tapasztalattal bíró csoporttársaim, és kollégáim segítségével a BGYH Zrt.-nél.

Köszönettel tartozom elsősorban is *Dr. Gergely Zoltán Albert* adjunktus úrnak, belső konzulensemnek, hogy színvonalas előadásával, korrekt számonkérésével felkeltette érdeklődésemet a PLC-rendszerek iránt. Köszönettel tartozom továbbá a Resys Kft-nek és külső konzulensemnek, *Kecskés Tibor* ügyvezető igazgató úrnak, hogy segített a téma meghatározásában, és hogy megadta ehhez a „kezdeti lökést”. Nagy köszönet jár a Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Székely Éva uszoda üzemeltetési és műszaki menedzsmentjének, hogy rendelkezésemre álltak annak érdekében, hogy a helyszínen is megtapasztalhassam az N1-es versenymedence üzemelését; és köszönet illeti közvetlen kollégáimat, a BGYH Zrt. Üzemeltetési Igazgatóságán és a Hatósági kapcsolattartási osztályon (*Lazay Gyula* üzemeltetési igazgató és *Szabados Zsoltné* osztályvezető), hogy szaktudásukkal és türelmükkel segítették a dolgozat megírását. És sok köszönet jár az elmúlt évek alapján azon évfolyam- és csoporttársaimnak, akikkel együtt sírtunk és nevettünk, cseréltük egymás között a tapasztalatot, először a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karán, majd 2021. januárjától a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen. Covid-pandémia, háborús félelmek stb. között is sem szegtük kedvünket, átsegítettük egymást nehéz helyzeteken, és – ami igazán fontos – építettük egymást szakmailag is, emberileg is.

NYILATKOZAT

Alulírott LONKAY TAMÁS, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, gépészmérnök Bsc. 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 Szakdolgozatom 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: Gödöllő, 2023. év november hó 13. nap

Hallgató

***Kérjük a megfelelőt aláhúzni!**

NYILATKOZAT

LOUKAY TAMÁS (név) (hallgató Neptun azonosítója: JULEN)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2020 év 11 hó 13 nap

Gergely Zoltán
belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

Forrás- és irodalomjegyzék

Felhasználói kézikönyvek:

OMRON (2009) CP1L/CP1E CPU egység Általános útmutató.
https://assets.omron.eu/downloads/manual/hu/v2/w461_cp1e_cp1l_getting_started_guide_hu.pdf - 2023. szeptember 3.

Jogszabályok:

121/1996. (VII. 24.) Korm. rendelet a közfürdők létesítéséről és működéséről

37/1996. (X. 18.) NM rendelet a közfürdők létesítésének és üzemeltetésének közegészségügyi feltételeiről

Szabványok:

MSZ EN 15234:2012: Fürdőmedencék vízkezelése vízforgatással.

Szakirodalom:

Dr. Ferenczi I. (szerk.) (2018): *PLC programozási alapismeretek*. Nyíregyháza

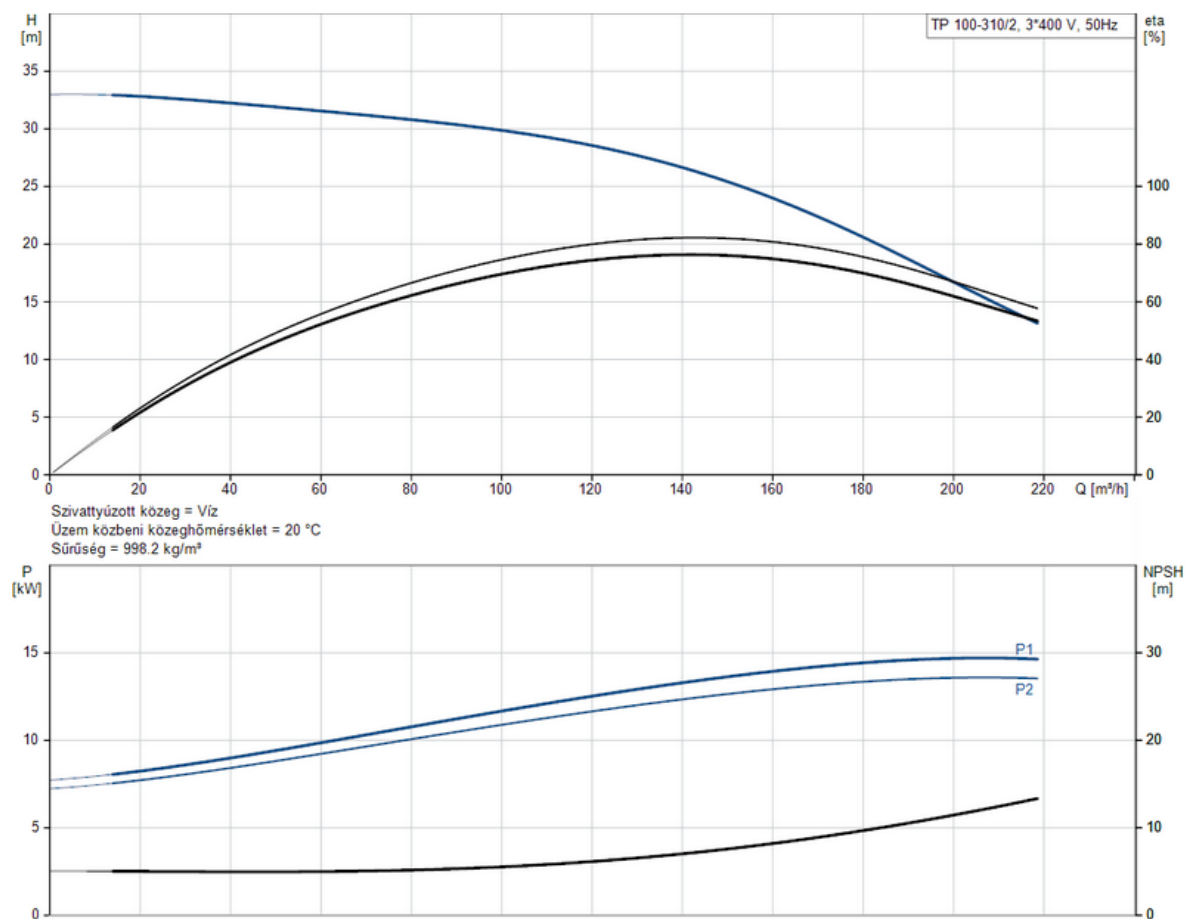
Dr. Hodossy L. (2006.): *Programozott vezérlések*. Győr, Széchenyi István Egyetem.
file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Programozott_vezerlesek_I.pdf - 2023 november 13.

Dr. Kullmann L. (2017): *Áramlástechnikai gépek*. Budapest

Maczik M. A. (2012): *PLC ismeretek és példatár*. Tankönyvmester Kiadó

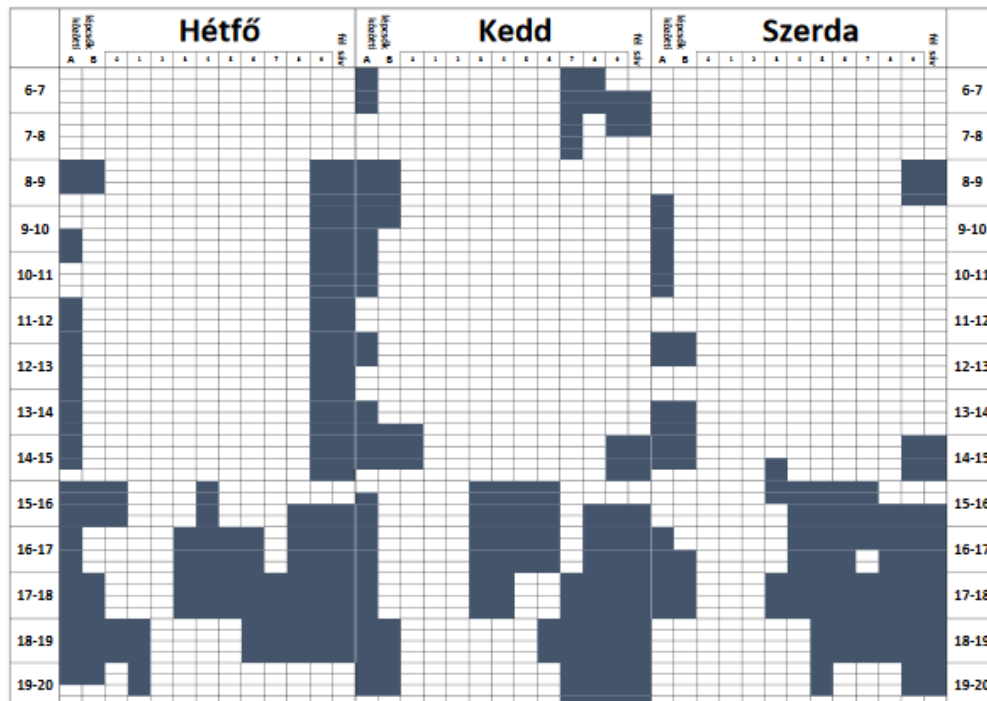
Mellékletek

I. melléklet: A Grundfos TP 100-310/2 szivattyú jelleggörbéje.

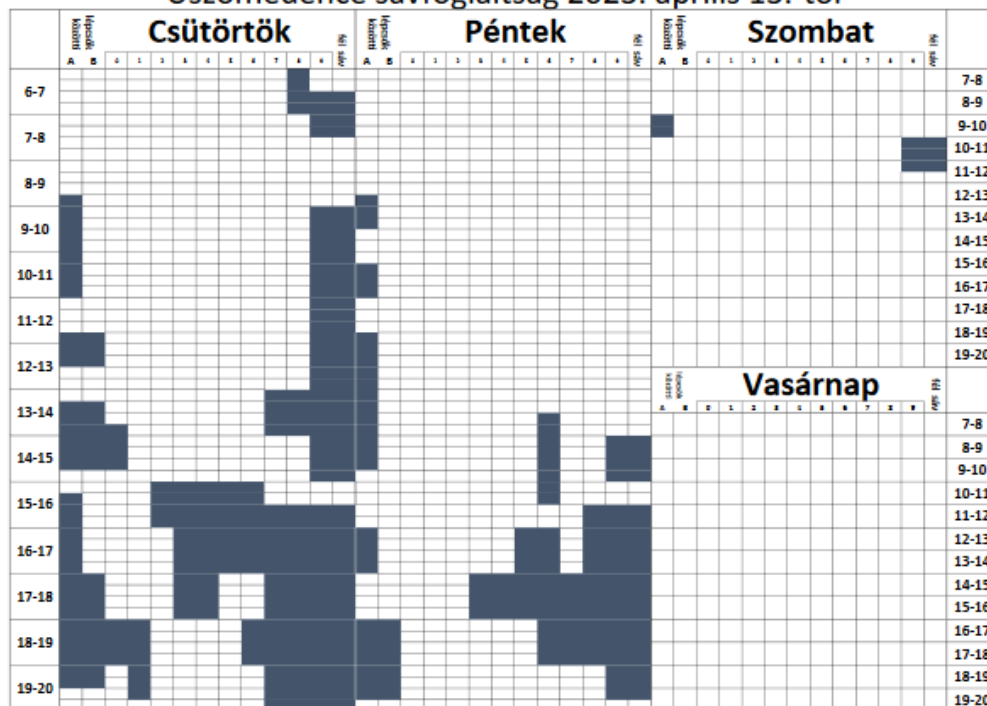


22. ábra: Az alkalmazott szivattyú jelleggörbéje. Kép forrása: <https://product-selection.grundfos.com/hu/products/tp-tpe/tp/tp-100-3102-96108925?tab=variant-curves&pumpssystemid=2207664469> - 2023.április 29.

II. melléklet: A Csillaghegyi Árpád Forrásfürdő – Székely Éva Uszoda N1-es versenymedencéjének sávfoglaltsága.



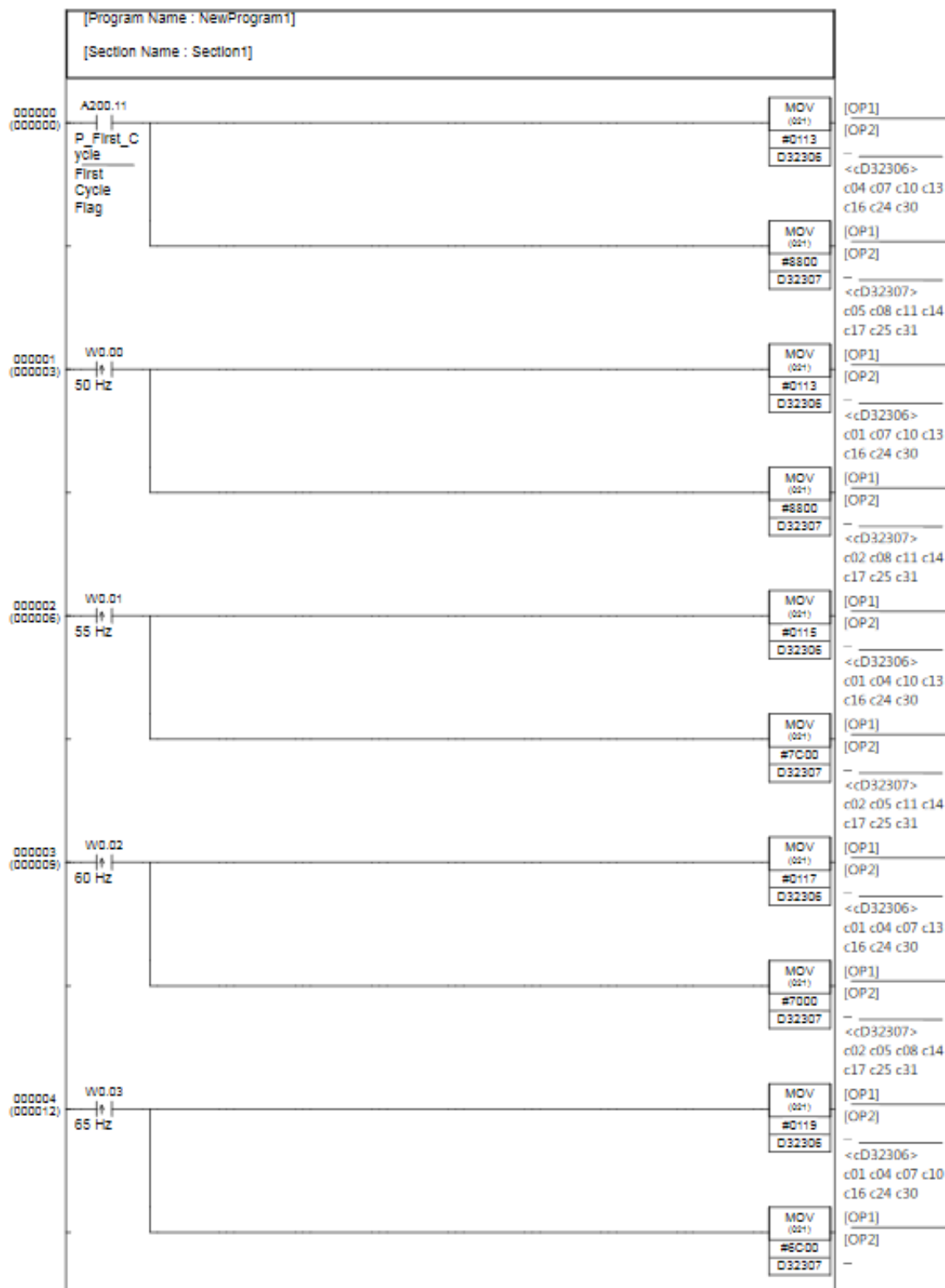
Úszómedence sávfoglaltság 2023. április 13.-tól

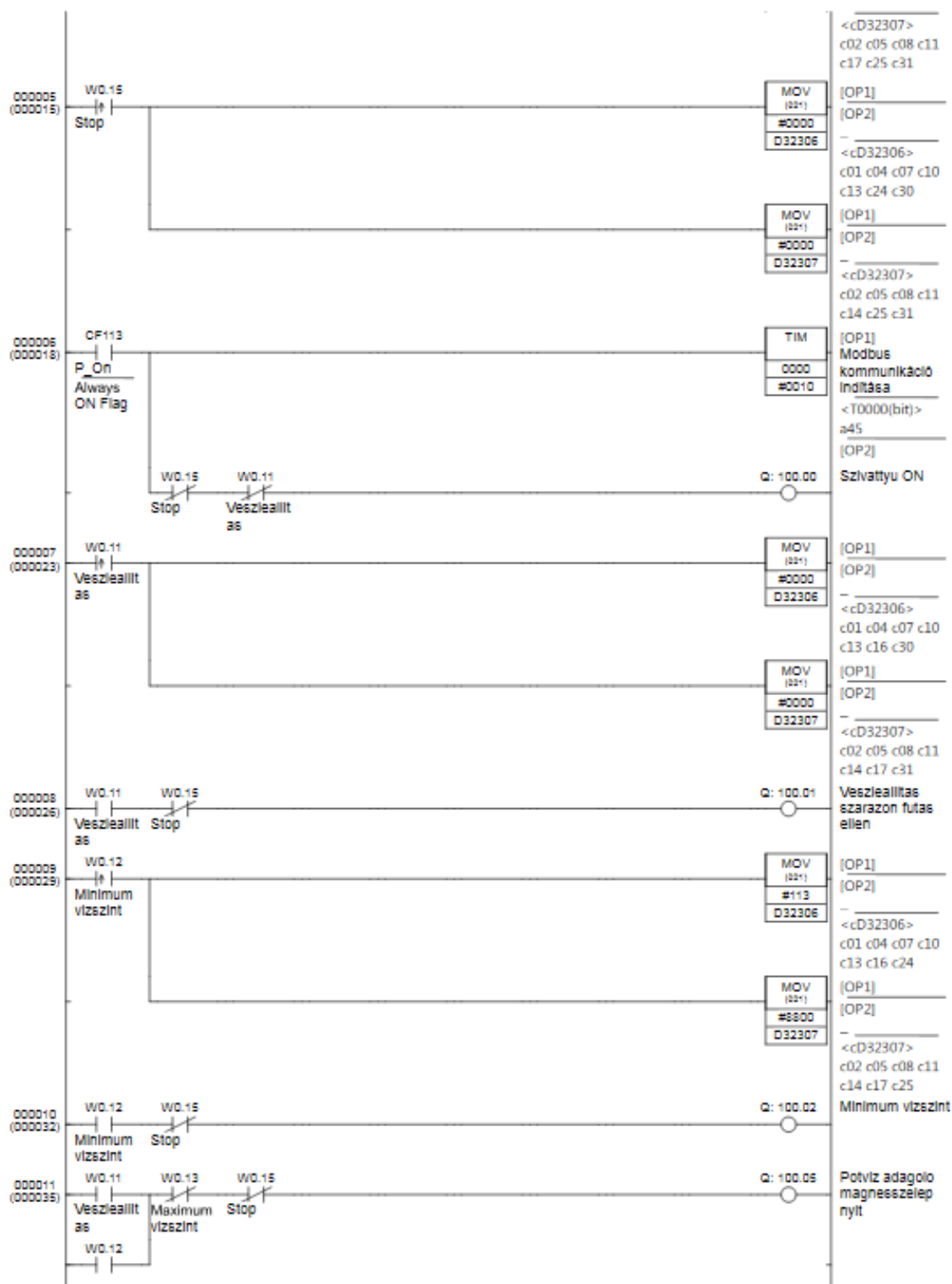


23. ábra: A versenymedence sávfoglaltsága. Forrás: <https://www.csillaghegyifurdo.hu/hirek/savfoglaltsag> - utolsó letöltés: 2023.04.20.

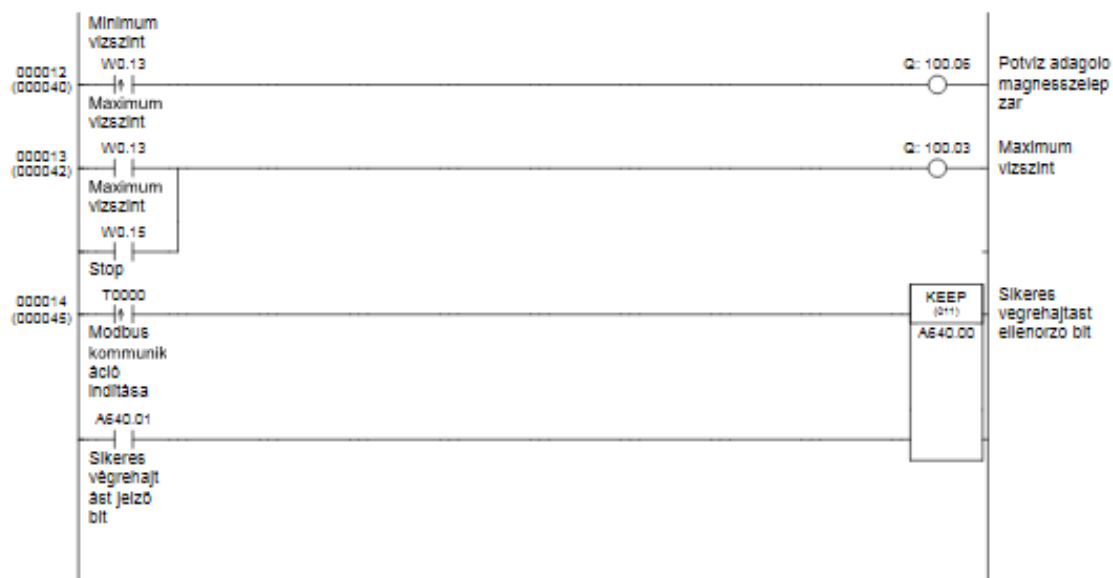
15. ábra A versenymedence sávfoglaltsága.

III. melléklet: A PLC program létradiagramja





16



24. ábra: A PLC vezérlés létradiagramja.

IV. melléklet: A BGYH Zrt. nagy felületű/térfogatú, szűrő-forgató rendszerű medencéi

7. táblázat: A BGYH Zrt. nagy medencéi. Ahol nincsenek adatok a szivattyúkról, ott sajnos nem áll rendelkezésre sem vízjogi üzemeltetési engedélyben, sem szivattyútáblán, mert már lekoptak a feliratok.

		Főbb adatok			Vízforgató szivattyú		
		A [m ²]	V [m ³]	T [°C]	i (db)	Q [m ³ /h]	H [m]
Széchenyi	Termálmedence	485	450	38			
	Úszómedence	910	1260	27			
	Élménymedence	600	600	30...34			
Rudas	Úszómedence	278	350	29			
Római	Strandmedence	1400	1500	22			
	Úszómedence	620	900	22			
Pünkösdfürdő	Úszómedence	850	1445		2	170	12
	Strandmedence	190	226		1	76	14
Pesterzsébet	Kültéri-beltéri élménymedence	353	346	32...34	2	156	15,2
	Hullámmedence	504	504	26	3	100,7	16,5
	Úszómedence	400	800	26...28	1	100,7	16,5
Paskál	Ülőmedence	356	356	32	1+1	82	20
	Úszómedence	693	1247	27	1+2	82	20
Palatinus	Élménymedence	1800	1850	30			
	Strandmedence	1800	2035	32			
	Úszómedence	840	1504	26			
	Margaréta medence	400	360	32			
	Hullámmedence	890	1420	26			
	Északi termálmedence	503	411	33...36	2	600	
	Déli termálmedence	1007	823	30...32	3	807	

Lukács	Férfi úszómedence	368	570	22	2	75	15,5
	Női úszómedence	310	460	26	2	65	16,5
	Élménymedence	220	275	32...33	3	40	15
Gellért	Úszó (pezsgő) medence	270	450	26			
	Hullámmedence	504	780	26			
Csillaghegy	Versenymedence	832,5	1665	27	2	167	23
	Kültéri úszómedence	330,2	600	21...22			
	Strandmedence	794	1200				