



**ÓBUDAI EGYETEM**

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar  
Villamos energetikai intézet**

# **SZAKDOLGOZAT**

**ÓE-KVK**

Hallgató neve:

Kiss Krisztián

**2022.05.**

Hallgató törzskönyvi száma:

T008196/FI12904/K



DIPLOMAMUNKA FELADATLAP

Hallgató neve: Kiss Krisztián

Szaktervezési száma: SZD21090213455280

Törzskönyvi száma: T008196/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: Villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Irodaépület világítástechnikai korszerűsítése.

A dolgozat címe angolul: Lighting modernization of an office building.

A feladat részletezése:

1. Irodaház jelen állapotának ismertetése.
2. Világítástechnikai alapok és tervezés ismertetése.
3. Korszerűsített erőátviteli hálózatok méretezése.
4. Villámvédelem és túlfesz. védelmek kiválasztása.

Intézményi konzulens neve: Tamási László Dániel

Külső konzulens neve:

Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje: a kiadástól számított 3 év

Beadási határidő: 2022.05.15.

A záróvizsga tárgyai:

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 05. 09.

PH

.....  
Intézetigazgató

A szakdolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

20..... hó .....nap

.....  
belső konzulens

20.....hó .....nap

.....  
külső konzulens



## **HALLGATÓI NYILATKOZAT**

Alulírott Kiss Krisztián kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. április. ....

---

Hallgató aláírása

**Irodaépület  
világítástechnikai  
korszerűsítése.**

## Tartalomjegyzék:

|       |                                                                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Bevezetés.....                                                                                    | 5  |
| 1.1   | Épület leírása.....                                                                               | 5  |
| 2     | Világítás méretezése.....                                                                         | 7  |
| 2.1   | Üzemi világítás.....                                                                              | 7  |
| 2.1.1 | Jelenlegi helyzet felmérése .....                                                                 | 7  |
| 2.1.2 | Lámpatest kiválasztása .....                                                                      | 8  |
| 2.1.3 | Két lámpatesttípus összehasonlítása .....                                                         | 9  |
| 2.1.4 | Világítás méretezés .....                                                                         | 10 |
| 2.1.5 | Irodák, tárgyalók világítás-méretezése .....                                                      | 11 |
| 2.1.6 | Közlekedők, mosdók világítás méretezése .....                                                     | 13 |
| 2.1.7 | Általános világítás teljesítményigényének összehasonlítása felújítás előtt és felújítás után..... | 14 |
| 2.2   | Tartalékvilágítás.....                                                                            | 15 |
| 2.2.1 | Biztonsági világítás.....                                                                         | 16 |
| 2.2.2 | Pánik elleni világítás.....                                                                       | 18 |
| 2.2.3 | Menekülési útvonalat jelző irányfények .....                                                      | 19 |
| 2.2.4 | Tartalékvilágítás villamos megtáplálása.....                                                      | 20 |
| 3     | A korszerűsítés villamosenergetikai tervezése.....                                                | 21 |
| 3.1   | Villamosenergia-ellátási rendszer felépítése.....                                                 | 21 |
| 3.2   | Elosztók tervezése.....                                                                           | 21 |
| 3.2.1 | Általános szempontok.....                                                                         | 21 |
| 3.2.2 | Bérleményi elosztók. ....                                                                         | 22 |
| 3.2.3 | Szinti elosztók tervezése.....                                                                    | 24 |
| 3.2.4 | Szerverelosztók tervezése .....                                                                   | 26 |
| 3.2.5 | Gépészeti elosztó tervezése .....                                                                 | 29 |
| 3.3   | Kábelek méretezése.....                                                                           | 31 |
| 3.3.1 | Méretezés feszültségesésre .....                                                                  | 31 |
| 3.3.2 | Ellenőrzés terhelésre .....                                                                       | 39 |
| 4     | Villámvédelem .....                                                                               | 43 |
| 4.1   | Villámvédelmi kockázatelemzés.....                                                                | 43 |
| 4.2   | Villámvédelem kialakítása .....                                                                   | 47 |

|       |                                       |    |
|-------|---------------------------------------|----|
| 4.2.1 | Külső villámvédelem .....             | 47 |
| 4.2.2 | Felfogórendszer .....                 | 47 |
| 4.2.3 | Levezető rendszer .....               | 49 |
| 4.2.4 | Földelőrendszer.....                  | 50 |
| 4.3   | Belső villámvédelem.....              | 51 |
| 4.3.1 | Koordinált túlfeszültségvédelem ..... | 52 |
| 5     | Továbbfejlesztési lehetőségek .....   | 54 |
| 6     | Összefoglalás .....                   | 55 |
| 7     | Summary.....                          | 56 |
| 8     | Irodalomjegyzék.....                  | 57 |
| 9     | Mellékletek .....                     | 59 |

# Ábrajegyzék

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra THUNGSRAM FiaLUX 2X2 S1 iránykarakterisztikája .....                        | 11 |
| 2. ábra THUNGSRAM FiaLUX 2X2 S1 lámpatest .....                                     | 11 |
| 3. ábra Iroda lámpatest kiosztása .....                                             | 12 |
| 4. ábra Thungsrám LED Downlight D1 TU 6 18W iránykarakterisztikája.....             | 13 |
| 5. ábra Thungsrám LED Downlight D1 TU 6 18W lámpatest .....                         | 13 |
| 6. ábra Folyósó lámpatest kiosztása.....                                            | 13 |
| 7. ábra Mosdó lámpatest kiosztása. ....                                             | 14 |
| 8. ábra AWEX LOVATO II 2W (250lm) felületszerelt biztonsági világítás lámpatest. 17 |    |
| 9. ábra AWEX LOVATO P 2W (270lm) süllyesztett biztonsági világítás lámpatest....    | 17 |
| 10. ábra Felületszerelt biztonsági világítás elhelyezési távolsága .....            | 18 |
| 11. ábra Süllyesztett biztonsági világítás elhelyezéstávolsága .....                | 18 |
| 12. ábra AWEX WONDER irányfény.....                                                 | 19 |
| 13. ábra E4B2 Bérleményi elosztó homlokképe.....                                    | 24 |
| 14. ábra E4B1 Bérleményi elosztó homlokképe.....                                    | 24 |
| 15. ábra iEM 3255 fogyasztásmérő. ....                                              | 24 |
| 16. ábra E4 Elosztó homlokképe .....                                                | 26 |
| 17. ábra E4S1 Szerverelosztó homlokképe.....                                        | 28 |
| 18. ábra GE Gépészeti elosztó homlokképe. ....                                      | 30 |
| 19. ábra Fővezetékterv.....                                                         | 32 |
| 20. ábra 4. emelet sugaras fővezetékhalózata. ....                                  | 35 |
| 21. ábra NY-Y-J erőátviteli kábel felépítése.....                                   | 42 |
| 22. ábra 1 m-es villámvédelmi felfogócsúcs. ....                                    | 49 |
| 23. ábra 2 m-es villámvédelmi felfogócsúcs. ....                                    | 49 |
| 24. ábra Felfogó-összekötő vezető.....                                              | 49 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 25. ábra Villámvédelmi levezető. ....                     | 50 |
| 26. ábra Horganyzott acél keresztprofilú földelőrúd. .... | 51 |
| 27. ábra Horganyzott acél földelő összekötő vezető.....   | 51 |
| 28. ábra Vizsgáló összekötő elem.....                     | 51 |
| 29. ábra T1+T2 típusú SPD. ....                           | 53 |
| 30. ábra T3 típusú SPD.....                               | 53 |
| 31. ábra Adatátviteli SPD .....                           | 53 |

## Táblázatok jegyzéke

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat Lámpatestek összehasonlítása .....                                          | 9  |
| 2. táblázat Felújítás előtti és utáni teljesítményigény összehasonlítása.....           | 15 |
| 3. táblázat E4B1 bérleményi elosztó fogyasztói, és védelmei.....                        | 23 |
| 4. táblázat E4B2 bérleményi elosztó fogyasztói, és védelmei.....                        | 23 |
| 5. táblázat E4 szinti elosztó fogyasztói, és védelmei (bérleményi elosztók nélkül)..... | 25 |
| 6. táblázat Szerver elosztó fogyasztói, és védelmei.....                                | 27 |
| 7. táblázat GE gépészeti elosztó fogyasztói és védelmei.....                            | 29 |
| 8. táblázat Kábelek terhelhetősége.....                                                 | 39 |
| 9. táblázat Fővezetékek keresztmetszetei. ....                                          | 41 |
| 10. táblázat Szükséges villámvédelmi fokozatok az épület rendeltetéséhez. ....          | 45 |
| 11. táblázat Épület geometriai méretei. ....                                            | 46 |

## 1 BEVEZETÉS

Szakdolgozatom folyamán egy irodaépület felújításával járó épületvillamossági tervezésegyes lépéseit mutatom be. Munkám során az épület világítási, erőátviteli és villámvédelmi hálózatával foglalkozom. Dolgozatom folyamán az épület teljes, belső világítástechnikai rendszerének korszerűsítésével kezdtem a munkámat, majd következett a gépészeti elosztó, illetve az egyes szinti elosztók és IT hálózatokat tápláló elosztók megtervezése, legvégül az épület külső és belső villámvédelmi rendszerének szabályos és szabványos méretezésével, megtervezésével foglalkoztam. A tervezés során a különböző rendszereket egy-egy adott gyártó kínálatából származó berendezések felhasználásával valósítom meg (pl.: kapcsolóberendezések esetében Schneider electric, villámvédelmi berendezések esetében pedig OBO betterman). Munkám folyamán rálátásom nyílt nem csak az egyes szakágak, de az ilyen mértékű nagyprojektek összetett munkafolyamatainak átlátására, illetve a tervezési és felújítási munkálatok összetettségére is.

### 1.1 Épület leírása

Dolgozatomban bemutatott épület, egy 600 m<sup>2</sup> alapterületű 5 szintes irodaépület. Az irodaház külső felújítása már korábban megtörtént, ekkor a homlokzatokat, illetve a régi, elavult nyílászárókat cserélték ki. Az iroda belső felújítása azért szükséges, mert az ott dolgozók részéről számos panasz merült fel a régi világítás minőségével kapcsolatban. Emellett a villamos rendszer minőségi követelményei és elavultsága sem felel meg a mai elvárásoknak. Ezen felül a bérlőknek sem feleltek meg az épületben található hűtési-fűtési viszonyok így azok korszerűsítésére is sort kell keríteni melyek a mai elvárásoknak megfelelő légtechnikai rendszert alkotnak. A felújítást nem csak az épület igényli, hanem a benne létrehozott területeket új bérlők kívánják kivenni, így az általuk támasztott követelményeknek is eleget kell tenni.

A felújítás belsőépítészeti munkálatai során az épületben található válaszfalakat lebontják és a megrendelői igények szerint, helyükre korszerű, hanggátló, könnyűszerkezetes falakat építenek fel. Ezen felül villamos tervezés szempontjából fontos építészeti változtatás az utólag felépített lépcső, a földszint és az első emelet között.

Felújítás előtt az épület monolit álmennyezettel volt ellátva, amely bár esztétikus, de az álmennyezet utólagos sérülésmentes megbontására nincs lehetőség, így a karbantartási munkálatok csak revíziós nyílások alkalmazásával végezhetők el.

A felújítás során 60x60 cm-es kazettás álmennyezet lesz felszerelve, melybe könnyedén illeszthetők a különböző szakágak berendezései, mint például: lámpák, klímák vagy anemosztátok.

A tervezési feladatomhoz szükséges gépészeti adatok terén a következő információk állnak rendelkezésemre:

- A felújítás során az épület hűtés-fűtésért felelős rendszere korszerűsítésre kerül;
- A komfortos hűtés-fűtési rendszerért a változó hűtőközeg-áramú klímaberendezések (későbbiekben VRF) felelnek.

A VRF beltéri egységek álmennyezetbe süllyesztett kazettás, valamint oldalfalra rögzített kivitelbe kerülnek beszerelésre. Az erősáramú kapcsolóhelyiség, valamint a szerver helyiségek hűtéséről Split klímaberendezések gondoskodnak. Mind a VRF, mind a Split klíma kültéri és beltéri egységeinek villamosenergia-ellátását is meg kell tervezni. Ezen berendezéseknek a kültéri egységei fent a tetőn helyezkednek el, amiknek villamosenergia-ellátásáról szintén gondoskodni kell, valamint a villámvédelemi tervezés során is számolni kell a jelenlétükkel. Az épület lépcsőházában két meglévő strangon keresztül lehetőség nyílik a felszálló, betápláló kábelek elvezetésére. Az első strangon keresztül vezethetők az elektromos kábelek, a másodikon pedig a gépészeti csövek.

## 2 VILÁGÍTÁS MÉRETEZÉSE

Ebben a fejezetben a világítási rendszer tervezését fogom ismertetni, amely során az MSZ EN 12464-1 szabvány és a TvMI előírásai alapján tervezem meg az épület üzemi és tartalékvilágítási rendszerét.

### 2.1 Üzemi világítás

Az általános világítás feladata az épületben lévő személyeknek az általuk végzett tevékenységhez mérten megfelelő minőségű és mennyiségű megvilágítás biztosítása, hogy így komfortosan és balesetmentesen végezhessék a munkájukat.

#### 2.1.1 Jelenlegi helyzet felmérése

Az épületben jelenleg az üzemi világítást 60x60 cm-es felület szerelt fénycső armatúrák biztosítják, melyeknek telepítéskor mind a fényhasznosításuk, mind az üzemidejük megfelelő volt. De az idő múlásával ezen világító berendezések fényárama érzékelhető mértékben csökkent, így az előírt megvilágítási értékeket képtelenné váltak biztosítani, ami a fénycsövek öregedése és az armatúra elszennyeződéséhez köthető [1]. A jelenleg üzemelő fénycsőves lámpatestek zavaró hatással voltak a dolgozókra. Ennek egyik oka a régi vasmagos előtétetek okozta zúgás, a másik pedig a fénycsőves armatúrák helytelen szerelése miatti villogás volt. [1] Ezzel szemben a korszerű LED-es világítópaneleknek jobb a fényhasznosításuk, valamint sokkal kedvezőbb a fogyasztásuk.

### 2.1.2 Lámpatest kiválasztása

A fényforrások kiválasztásához a következő jellemzőkkel történő összehasonlítást végzem el [1][2]. Az összehasonlításhoz a legfontosabb tulajdonságok a fényhasznosítás, káprázás, színvisszaadás, valamint az élettartam. A megfelelő világítótest kiválasztásához, az egyes fényforrások összehasonlítása során ezekre a jellemzőkre fektettem a legnagyobb hangsúlyt:

- Fényáram: „A sugárzott teljesítményből lezármatatott mennyiség, amely az optikai sugárzást a szabványosított spektrális fényhatásfok szerint értékeli” [1]. [lm]
- Teljesítmény: Adott világítótest által felvett villamos energia [W].
- Fényhasznosítás: A világítótest fényáramának és felvett teljesítményének a hányadosa, ezzel a viszonyszámmal lehet jellemezni a lámpatest hatásfokát [lm/W].
- Színvisszaadási tényező ( $R_a$ ): Ez a jellemző mutatja meg, hogy az adott fényforrás által biztosított fény mennyire adja vissza hűen az általa megvilágított tárgyak színét. Ez egy 0 és 100 közötti viszonyszám, ami minél magasabb annál jobb a színvisszaadás. Ez az érték iroda világítás esetén nem lehet kisebb mint 80 [3].
- Káprázási tényező (UGR): Ha a szemet erős fény éri romlik a látási képessége, ami zavarhatja a dolgozót, csökkentheti a tárgyak felismerhetőségét, de akár el is vakíthatja. Ezt a jelenséget az egységes káprázásértékelési skála (Unified Glare Rating (továbbiakban UGR)) segítségével lehet leírni. Ez az érték iroda világítás esetén nem lehet nagyobb mint 19 [3].
- Színhőmérséklet ( $T_c$ ): A világítótest által kibocsátott fény színességét jellemző mennyiség, ami a világítás színspektrumában lévő vörös, sárga, valamint kék színek dominanciájának arányát fejezi ki. Ez háromféle lehet: Meleg fehér  $T_c < 3300$  K, Semleges fehér  $3300$  K  $< T_c < 5300$  K vagy Hideg fehér  $T_c > 5300$  K. Ha a fényspektrumban a vörös és sárga színek dominálnak akkor melegebb a színhőmérséklet, viszont, ha a kék akkor hidegebb [1].
- Élettartam: Ez a jellemző fejezi ki az adott világítótest kiégéséig eltelő átlagos időt[óra].

### 2.1.3 Két lámpatesttípus összehasonlítása

A világítás méretezése előtt két gyártó LED-es lámpatestjeinek összehasonlítását végeztem el az előzőekben kifejtett jellemzők alapján [4] [5] [6] [7].

| Lámpatest fajtája                 | Kerek lámpatest |          | 60x60 cm kazettás lámpatest |          |
|-----------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------|----------|
| Lámpatest gyártója                | Tungsram        | Thorneco | Tungsram                    | Thorneco |
| Fényáram [lm]                     | 1850            | 2002     | 3770                        | 3754     |
| teljesítmény [W]                  | 18              | 20       | 27                          | 34       |
| Fényhasznosítás [lm/W]            | 103             | 100      | 140                         | 110      |
| Káprázási tényező                 | 27,5            | 27       | 16                          | 19       |
| Színvisszaadási tényező ( $R_a$ ) | 80              | 80       | 80                          | 80       |
| Színhőmérséklet [K]               | 4000            | 4000     | 4000                        | 4000     |
| Élettartam [óra]                  | 50000           | 50000    | 54000                       | 50000    |

1. táblázat Lámpatestek összehasonlítása

Az adatok összehasonlítása során a Tungsram termékei bizonyultak jobbnak, így a világítás méretezését ennek a gyártónak a lámpatestjeivel végzem.

A lámpatestek kiválasztása során valamennyi lámpatest színhőmérsékletének a 4000 K semleges fehér színű változatát választottam, mivel folyamatos, hosszú távú munkavégzésre ez a színhőmérséklet az optimális, mert a hideg fényszín – bár serkentő hatással bír a dolgozóra,–de gyorsabban jelentkeznek a kifáradás tünetei.

#### 2.1.4 Világítás méretezés

A világítás méretezéshez az előző pontban ismertetett jellemzők mellett érdemes ismerni néhány világítási minőségi jellemzőt is.

- Megvilágítás: ez a mennyiség fejezi ki, hogy adott fényáram adott felületen mekkora megvilágítást biztosít. ( $E = \Phi/A$  jele: lx) Ez a mennyiség az adott helyiség rendeltetésétől függően szabvány szerint változik [8].
- A megvilágítás térbeli egyenletessége: a vizsgált területen a legkisebb és az átlagos megvilágítás aránya ( $e_1 = E_{\min}/E_{\text{átl.}}$ ). A szabvány szerint a munkafelületeken ez az érték minimum 0,7 [3].

A világítás tervezését és méretezését a széleskörben használt *DIALux* ingyenesen használható szoftverrel készítettem el. A méretezés során kialakítottam a helyiségeket, amiket nyílászárókkal, valamint bútorokkal láttam el, melyek befolyásolják a vizsgált terület megvilágítás, valamint a fényeloszlás egyenletességét. Majd ezután elhelyeztem bennük a lámpatesteket.

A különböző helyiségeknek, rendeltetésüknek megfelelő világítástechnikai követelményeknek kell megfelelniük, melyekről az MSZ EN 12464-1 szabvány rendelkezik. A világítási rendszernek meg kell felelnie a szabványban leírt követelményeknek, de közben a kialakítása nem lehet energiapazarló, tehát a szabvány által előírt megvilágítottsági értéket túlzott mértékben nem lehet meghaladni.

Az épületben minden iroda, valamint folyósó 2,7 m belmagassággal és kazettás álmennyezettel rendelkezik, így ezekben a terekben valamennyi lámpatestet süllyesztett kivitelben alkalmazom. A programban megrajzoltam az épületet és a benne lévő helyiségeket majd elhelyeztem bennük a lámpatesteket.

A szükséges megvilágítást három tervezési módszer kombinálásával sikerült elérnem.

- Lámpatestek számának növelése/csökkentése: ezzel a módszerrel jelentősen változik a megvilágítás mértéke, viszont jelentősen nőhet a lámpák darabszáma, ami növeli a beruházási költséget, és a fogyasztást.

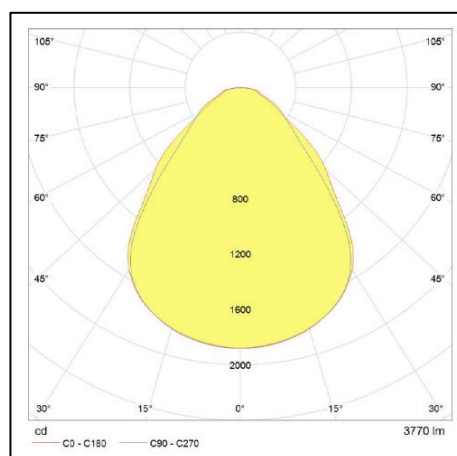
- Lámpatestek elhelyezése: a lámpákat a munkafelületek közelébe lehet igazítani, így növelve azok megvilágítását. Mivel csak az álmennyezet rasztereibe lehet a lámpákat elhelyezni, és a megvilágítás mellett a lámpák kiosztásának szimmetrikusságára is figyelmet kell fordítani, ezért ez a módszer csak korlátozottan alkalmazható.
- Nagyobb fényáramú lámpatest alkalmazása: a lámpatest gyártója az adott típusú lámpatestből különböző teljesítményű és ezzel különböző fényáramú lámpatesteket is forgalmaz, ezáltal így könnyebben tudom a kívánt megvilágítást, és egyenletességet beállítani.

### 2.1.5 Irodák, tárgyalók világítás-méretezése

Az irodákba és tárgyalókba a THUNGSRAM FiaLUX 2X2 S1 típusú 60x60 cm-es, kazettás lámpatestre esett a választásom (1. ábra), (2. ábra) [6].



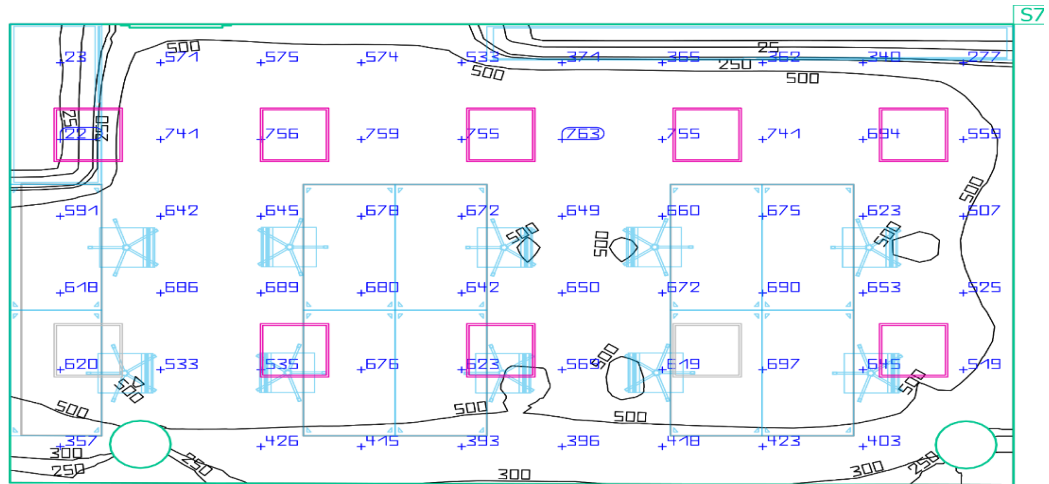
**2. ábra THUNGSRAM FiaLUX 2X2 S1  
lámpatest**



**1. ábra THUNGSRAM FiaLUX 2X2 S1  
iránykarakterisztikája**

Az irodai világításra az MSZ EN 12464-1:2012 szabvány 500 lx megvilágítást ír elő, így a méretezési cél, hogy ezt az értéket jelentősen ne haladjuk meg [3].

Az alábbi ábrán egy iroda lámpakiosztása és megvilágításának mértéke látható (3. ábra).



**3. ábra Iroda lámpatest kiosztása**

A méretezéshez a 60x60 cm-es lámpatípus 27 W teljesítményű és 3770 lm fényáramú típusát használtam, így az átlagos megvilágítás a méretező program szerint 553 lx tehát megfelelő.

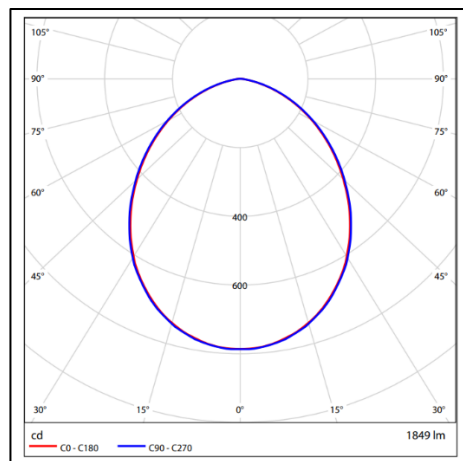
A lámpatestek kapcsolása során csillárkapcsolót alkalmazok, mivel az ablakhoz közelebb eső lámpasor külön kapcsolható.

### 2.1.6 Közlekedők, mosdók világítás méretezése

A közlekedőkbe és a mosdókba a Thungsram LED Downlight D1 TU 6 18W teljesítményű 1850 lm fényáramú süllyesztett kerek lámpatesteket (5. ábra), (4. ábra) alkalmazva végeztem el a világítás méretezését [7].



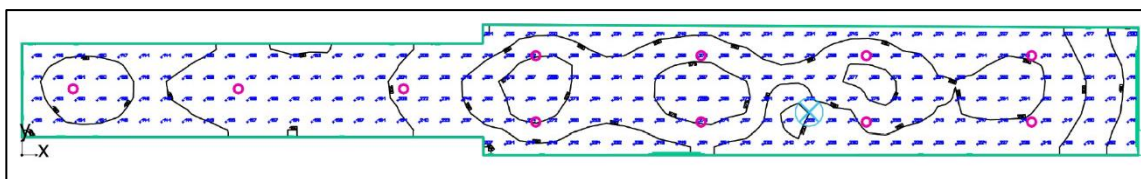
5. ábra Thungsram LED Downlight D1  
TU 6 18W lámpatest



4. ábra Thungsram LED Downlight D1  
TU 6 18W iránykarakterisztikája

A közlekedőkben a megvilágítási szintnek minimum 100 lx-os értéket, míg a mosdókban 200 lx-os értéket kell elérnie [3].

Egy folyósó, és egy mosdó lámpakiosztása, valamint megvilágítása látható az alábbi ábrákon (6. és 7. ábra).



6. ábra Folyósó lámpatest kiosztása.

A folyósó átlagos megvilágítása a méretezés alapján 218 lx tehát megfelelő.



| Régi lámpatestek                    |               |                | Új lámpatestek                                       |               |                |
|-------------------------------------|---------------|----------------|------------------------------------------------------|---------------|----------------|
| Típus                               | Darabszám     | Teljesítmény   | Típus                                                | Darabszám     | Teljesítmény   |
| Kompakt<br>fénycsöves<br>lámpatest  | 188 db        | 32 W           | TUNGSRAM<br>LED<br>Downlight<br>D1 TU 6<br>IP44 18 W | 188 db        | 18 W           |
| 60x60 cm-<br>es fénycső<br>armatúra | 368 db        | 72 W           | TUNGSRAM<br>FuaLUX 2x2<br>S2 21 W                    | 58db          | 21W            |
|                                     |               |                | TUNGSRAM<br>FuaLUX 2x2<br>S2 27 W                    | 144 db        | 27 W           |
|                                     |               |                | TUNGSRAM<br>FuaLUX 2x2<br>S2 31 W                    | 130 db        | 31 W           |
|                                     |               |                | TUNGSRAM<br>FuaLUX 2x2<br>S2 36W                     | 36 db         | 36 W           |
| <b>Összesen</b>                     | <b>556 db</b> | <b>32512 W</b> | <b>Összesen</b>                                      | <b>556 db</b> | <b>13816 W</b> |

2. táblázat Felújítás előtti és utáni teljesítményigény összehasonlítása

Az összehasonlítást elvégezve megállapítható, hogy a korszerűsítéssel a felújított világítási rendszer teljesítményigénye 42,5%-a felújítás előtti állapotnak, így a korszerűsítés jelentős üzemeltetési költséget takarít meg a fenntartónak.

## 2.2 Tartalékvilágítás

Az üzemi világítás megszűnése pánikhelyzetet okozhat, valamint hátráltatja az épületből való kijutás folyamatát. Tartalékvilágítás nélkül előfordulhat, hogy az épületben tartózkodók nem tudnak biztonsággal időben kimenekülni vészhelyzet esetén.

A biztonságvilágítási rendszer magába foglalja a menekülési útvonalakat megvilágító biztonsági világítást, a menekülési útvonalat jelző irányfényeket, valamint a menekülési útvonal eléréséhez szükséges pánik elleni világítást.

A biztonsági világítás tervezéséhez az MSZ EN 1838-as szabványt, valamint az Országos Tűzvédelmi szabályzatot alkalmaztam.

### **2.2.1 Biztonsági világítás**

A biztonsági világítás célja, hogy a menekülési útvonalakon megfelelő megvilágítást biztosítson a menekülés, valamint a tűzoltói intézkedés időtartalmában. A biztonsági világításnak akkor kell működésbe lépnie, amikor az üzemi világítás villamosenergia ellátása megszűnik, tűzeseti lekapcsolás vagy védelmi működés következtében. Ennek a rendszernek a kivitelezéséhez kétfajta biztonsági világítási rendszer közül lehet választani:

- Központi akkumulátoros biztonsági világítási rendszer.
- Egyedi akkumulátoros biztonsági világítási rendszer.

A központi akkumulátoros biztonsági világítási rendszer lehetővé teszi a lámpatestek központilag történő figyelemmel kísérését, így az esetlegesen meghibásodott lámpatesteket könnyebben be lehet azonosítani és cserélni. Emellett nagy előnye, hogy az időszakos akkumulátorcserék során, elég egy helyen akkumulátort cserélni leegyszerűsítve ezt a folyamatot. Ezen rendszer nagy hátránya, hogy egy helyről kapja a tápellátást így, ha meghibásodik a táplálás, a rendszer működésképtelenné válik. Amennyiben ezt a rendszert választom, ezeknek a lámpatesteknek a táplálásához tűzálló kábelrendszer kiépítése szükséges, ami jelentősen megnöveli a beruházás költségét.

Egyedi akkumulátoros rendszer esetében, valamennyi lámpatestben külön-külön akkumulátorok biztosítják a tápellátást, így a rendszer nagyobb redundanciával működik, mint a központi akkumulátoros rendszer, viszont az időszakos akkumulátorcsere alkalmával valamennyi lámpatestben egyesével kell akkumulátort cserélni, valamint a meghibásodást, csak helyben lehet észlelni.

Az épületben végül egyedi akkumulátoros biztonsági világítási rendszert alkalmaztam, mivel az épület mérete és a benne elhelyezett biztonsági világítási lámpatestek száma nem indokolja a központi akkumulátoros megoldás alkalmazását. A kábelrendszer csak az akkumulátorok töltését biztosítja, így nem szükséges tűzálló kábelrendszert kialakítani a működőképesség biztosításához.

A biztonsági világítást úgy kell megtervezni, hogy a menekülési útvonalakon mindenhol biztosítva legyen 1 órán keresztül minimum 1 Lux megvilágítás, amely elegendő az épület biztonságos elhagyásához, illetve tűzoltók kiérkezéséhez és az intézkedés megkezdéséhez. A menekülési útvonalak mellett az épületben elhelyezkedő tűzeseti fogyasztókat, mint tűzjelzők, sprinkler rendszer, valamint tűzcsapok 2 méteres sugarában kell elhelyezni egy-egy biztonsági világító lámpatestet [9].

A biztonsági világítási lámpatestek, amit választottam az AWEX kínálatából a LOVATO II 2W (250lm) felület szerelt (6. ábra), valamint a LOVATO P 2 W (270 lm) Süllyesztett lámpái (7. ábra).

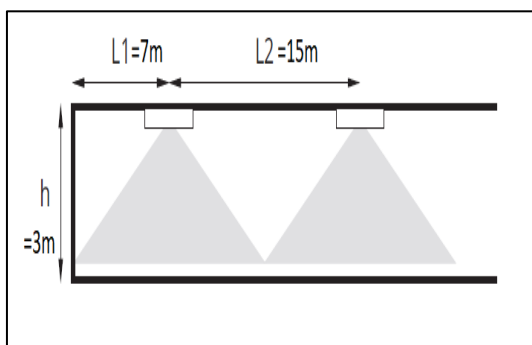


**8. ábra AWEX LOVATO II 2W (250lm)  
felületszerelt biztonsági világítás lámpatest**

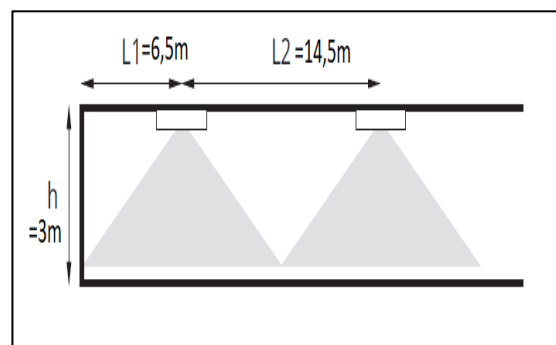


**9. ábra AWEX LOVATO P 2W (270lm)  
süllyesztett biztonsági világítás lámpatest**

A biztonsági világítás megfelelő elhelyezéséhez a gyártó katalógusában leírt szempontokat alkalmaztam, amely szerint a felületszerelt lámpatesteket a faltól maximum 7,5 m-re, egymástól pedig maximum 17,5 m távolságra ajánlott telepíteni (8. ábra). Míg a süllyesztett lámpatesteket a faltól maximum 6,5 m távolságra, egymástól pedig 16 m távolságra ajánlott elhelyezni (10. ábra) (11. ábra) [10].



**10. ábra Felületszerelt biztonsági világítás  
elhelyezési távolsága**



**11. ábra Süllyesztett biztonsági világítás  
elhelyezési távolsága**

### 2.2.2 Pánik elleni világítás

A pánik elleni világítás célja, hogy ha egy helyiségben tüzeset vagy villamos üzemzavar miatt megszűnik az üzemi világítás, a bent tartózkodók a pánik elleni világítás által biztosított fényben felismerjék és biztonsággal eljussanak egy menekülési útvonalra, ahonnan már a biztonsági világítás fénye mellett el tudják hagyni az épületet. Ezzel megelőzve a pánikhelyzet kialakulását. A pánik elleni világítás legalább 0,5 lx megvilágítást kell biztosítania a talajszinten legalább 1 órán keresztül [9]. A pánik elleni világításhoz ugyanazokat a lámpatesteket alkalmazom, mint a biztonsági világításhoz. A leírt feltételek teljesítéséhez elegendő helyiségenként 1-1 db lámpatestet elhelyezni a helyiség közepén.

### 2.2.3 Menekülési útvonalat jelző irányfények

Az irányfények feladata, hogy az épületben tartózkodó személyek egyértelműen felismerjék a menekülési útvonalak helyét, és irányát, ezzel elősegítve a menekülés során a tájékozódást, így meggyorsítva a menekülés folyamatát.

Az irányfényeket úgy kell elhelyezni, hogy a menekülési útvonalon belül bárhol tartózkodva látszódjanak, és felismerhetőek legyenek. A jelzések nem lehetnek megtévesztőek, illetve egymásnak ellentmondóak sem. A jelzőfényeket a helyiség adottságaihoz alkalmazkodva oldalfali, mennyezeti felületszerelt, és süllyesztett kivitelben helyezem el. A menekülési útvonalak mellett az irányfényeknek jeleznie kell a tűzcsapok elhelyezkedését is [11].

Az általam, tervezés során kiválasztott irányfény lámpatest az AWEX WONDER, mely IP20 védettséggel rendelkező irányfény (12.ábra) [10].



12. ábra AWEX WONDER irányfény.

Az irányfény elhelyezésekor figyelembe kell venni a felismerési távolságot, amely a következőképpen számítható ki [9]:

$$d=p*s= 127*200=25400 \text{ mm} = 25,4 \text{ m}$$

ahol:

- d: Felismerési távolság;
- p: Piktogram magassága= 127 mm;
- s: Piktogram megvilágítási módjából adódó állandó, ami 100 külső megvilágítás esetén és 200 belső megvilágítás esetén.

Tehát az irányfényeket legfeljebb 25,4 m-es távolságba szükséges elhelyezni ahhoz, hogy még felismerhető maradjon.

#### **2.2.4 Tartalékvilágítás villamos megtáplálása**

A biztonsági világítást, valamint a pánik elleni világítást az adott helyiség világítási áramköréről kell megtáplálni olyan módon, hogy a világításkapcsoló elé szükséges bekötni, így csak akkor lép működésbe, ha az adott világítási áramkörnek megszűnik a tápfeszültsége. A folyosókon a világítás kapcsolása az elosztótáblában elhelyezett iTL típusú impulzusrelékkal történik, így ebben az esetben az impulzus relé előtt ki kell vezetni a biztonsági világítási lámpatestnek egy töltő vezetékét, amely villamosenergiával látja el a lámpatestet. A menekülési útvonalakat jelző irányfények az adott terület elosztótáblájában kaptak egy-egy áramkört.

### 3 A KORSZERŰSÍTÉS VILLAMOSENERGETIKAI TERVEZÉSE

Az alábbi fejezetben az épület villamosenergia-ellátásának a megtervezését mutatom be. A végponti berendezések kiosztása, és áramköri jelölésük a „*Villamos terv*” mellékleten látható.

#### 3.1 Villamosenergia-ellátási rendszer felépítése

Az épület villamosenergia elosztó rendszere az FE jelű főelosztóval kezdődik. Ebbe az elosztóba csatlakozik a szolgáltatói betáp kábel és innen sugarasan ágazik tovább az épület további részeinek ellátásához szükséges elosztókhoz. Ez 5 db szinti elosztót, 6 darab szerver elosztót, valamint egy gépészeti elosztót táplál meg. A szinti elosztókból kerülnek megtáplálásra a bérleményi elosztók, melyek külön, nem hitelesített fogyasztásmérő berendezésekkel vannak ellátva, hogy a bérlők el tudjanak számolni a villamosenergia fogyasztásukkal. A bérleményi elosztón kívül, az adott szint közösségi tereinek a végponti fogyasztóit is a szinti elosztók táplálják meg.

A tervezés során elsődleges szempont, hogy egy elosztó által ellátott területen csak az adott elosztó által biztosított feszültség legyen megtalálható. Tehát ne legyen az adott területen idegen feszültség. Mikor az adott elosztót leválasztják a rendszerről például karbantartás során, a szerelő biztos legyen abban, hogy az adott területen nem kell tartania, hogy valamelyik végpont feszültség alatt van. Ettől függetlenül a feszültségmentesítés 5 lépését el kell végezni minden egyes karbantartás alkalmával.

#### 3.2 Elosztók tervezése

##### 3.2.1 Általános szempontok

Az elosztótervezés során valamennyi áramkört túláram- és zárlatvédelemmel kell ellátni. A védelmi készülékek kiválasztása során törekedni kell a szelektivitásra, mely azt jelenti, hogy a túlterhelés okozta védelmi működés esetén csak a túlterhelt hálózatrész kapcsoljon le. A szelektivitás biztosításához a védelmi készülékek gyártója által biztosított „*Schneider selectivity, cascading and coordination guide*” katalógust használom [12].

Ebből a dokumentációból kiderül, hogy a szelektivitás biztosításához egy-egy megszakító áramérték fokozatot szükséges kihagyni (pl.: C16 A-es kismegszakítóval a C25 A-es kismegszakító működik szelektíven, viszont a C20 A-es már nem) [12]. Hogy egy rendszerben minden fogyasztó egyszerre működjön valószínűtlen, ezért a fogyasztói rendszerek teljesítményét a rájuk jellemző egyidejűségi tényező ( $e$ ) alkalmazásával veszem figyelembe. Ez egy 0 és 1 közötti valószínűségi szorzószám, ami az adott fogyasztói rendszerek egy időben történő működését jellemzi (pl.: Világítás:  $e=1$ ; Munkaállomások:  $e=0,8$ ; Egyéb dugaljak.:  $e=0,7$  stb.). Az elosztóberendezésbe minimum 20%-nyi tartalék leágazást biztosítottam, valamint az elosztószekrényeket úgy választottam meg, hogy a tartalék leágazásokkal együtt 20% tartalék hely álljon rendelkezésre a jövőbeli bővítés, valamint a könnyebb szerelhetőség érdekében. A tervezés során a Schneider electric kapcsolókészülékeit, valamint elosztószekrényeit használtam.

### 3.2.2 Bérleményi elosztók.

A bérleményi elosztó látja el az adott szinten található irodacsoportban található fogyasztói végpontokat villamos energiával, mint világítás, munkaállomások, VRF beltéri egységek és egyéb dugalj áramkörök. Ezen elosztók a bérleményen belül a falra, vagy előre a számukra kialakított ajtóval zárható fali fülkében kapnak helyet.

A világítási áramkörök magukba foglalják az általános, valamint a tartalékvilágítási rendszereket is, amiknek az érintésvédelmét tekintve, nem lakóépület, ezáltal nem előírás az áram-védőkapcsoló, de az érintésvédelem fokozásának érdekében ezeket az áramköröket is elláttam ilyen fajta védelemmel. A munkaállomás áramkörök kialakítása során egy áram-védőkapcsolós csoportra legfeljebb 9 db munkaállomás áramkört terveztem, valamint egy munkaállomás áramkörre legfeljebb 2 végpontot kapcsoltam.

A következő két táblázatban a 4. emelet bérleményeinek (E4B1 és E4B2) fogyasztói hálózata látható.

| <b>E4B1</b>                  | <b>Beépített teljesítmény (Pbe)[kW]</b> | <b>Egyidejűségi tényező (e)</b> | <b>Egyidejű teljesítmény (Pe)[kW]</b> | <b>Védelem (Típus – pólusszám – névleges áram)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Fogyasztó megnevezése</b> |                                         |                                 |                                       |                                                    |
| <b>Világítás</b>             | 0,97                                    | 1                               | 0,97                                  | iC60N 1 Pólus C10A                                 |
| <b>VRF beltéri egység</b>    | 0,4                                     | 1                               | 0,4                                   | iC60N 1 Pólus C10A                                 |
| <b>Munkaállomás 17db</b>     | 17x0,6                                  | 0,8                             | 8,16                                  | iC60N 1 Pólus 16A                                  |
| <b>TV, Nyomtató 7db</b>      | 7x0,1                                   | 0,7                             | 0,21                                  | iC60N 1 Pólus 16A                                  |
| <b>Takarító dugalj</b>       | 0,5                                     | 0,7                             | 0,35                                  | iDPNN 2 Pólus 16A                                  |
| <b>Betáplálás</b>            | <b>12,77</b>                            | -                               | <b>10,09</b>                          | <b>iC60N 3 pólus 40A</b>                           |

3. táblázat E4B1 bérleményi elosztó fogyasztói, és védelmei.

Az E4B1 bérlemény teljesítmény igényéből kiszámítható az áramfelvétele.

$$I_{E4B1W} = \frac{P_e}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{10,09kW}{0,4kV * \sqrt{3}} = 14,56A$$

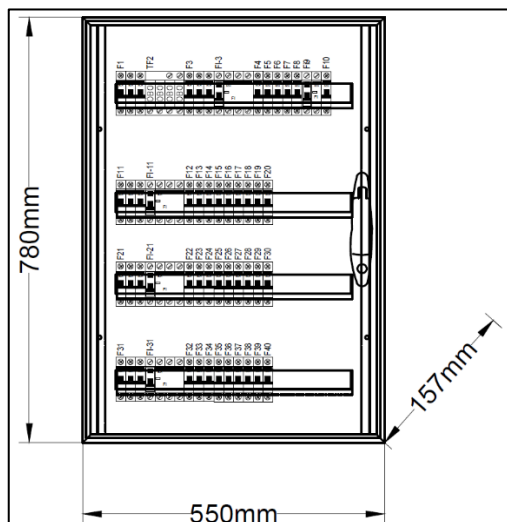
| <b>E4B2</b>                  | <b>Beépített teljesítmény (Pbe)[kW]</b> | <b>Egyidejűségi tényező (e)</b> | <b>Egyidejű teljesítmény (Pe)[kW]</b> | <b>Védelem (Típus – pólusszám – névleges áram)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Fogyasztó megnevezése</b> |                                         |                                 |                                       |                                                    |
| <b>Világítás</b>             | 1,27                                    | 1                               | 1,4                                   | iC60N 1 Pólus C10A                                 |
| <b>VRF beltéri egység</b>    | 0,4                                     | 1                               | 0,4                                   | iC60N 1 Pólus C10A                                 |
| <b>Munkaállomás 31db</b>     | 33x0,6                                  | 0,8                             | 15,84                                 | iC60N 1 Pólus 16A                                  |
| <b>TV, Nyomtató 8db</b>      | 7x0,1                                   | 0,7                             | 0,49                                  | iC60N 1 Pólus 16A                                  |
| <b>Takarító dugalj</b>       | 0,5                                     | 0,7                             | 0,35                                  | iDPNN 2 Pólus 16A                                  |
| <b>Betáplálás</b>            | <b>22,67</b>                            | -                               | <b>18,48</b>                          | <b>iC60N 3 pólus 40A</b>                           |

4. táblázat E4B2 bérleményi elosztó fogyasztói, és védelmei.

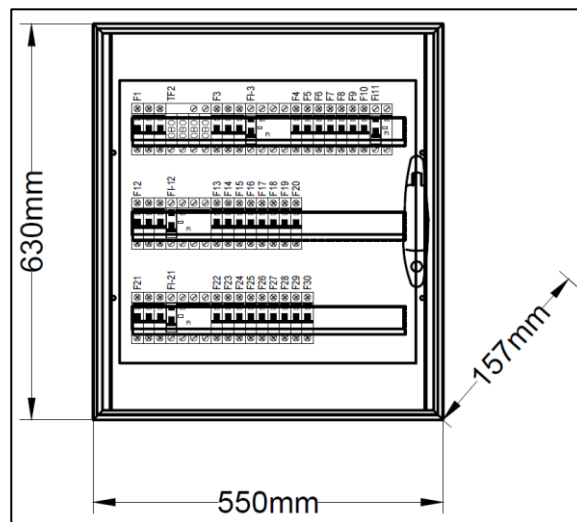
Az E4B2 bérlemény teljesítmény igényéből kiszámítható az áramfelvétele.

$$I_{E4B2W} = \frac{P_e}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{18,48kW}{0,4kV * \sqrt{3}} = 26,67A$$

A bérleményi elosztók homlokképei az alábbi ábrákon láthatók (13. ábra) (14. ábra).



14. ábra E4B1 Bérleményi elosztó  
homlokképe.



13. ábra E4B2 Bérleményi elosztó homlokképe.

A bérleményi elosztók tervei az E0B1→E4B2 bérleményi elosztó terveken láthatók (összesen 10 db).

### 3.2.3 Szinti elosztók tervezése

A szinti elosztók biztosítják a villamosenergia elosztást az adott szint bérleményeinek. A megrendelői igényeknek megfelelően iEM 3255 típusú fogyasztásmérőket helyeztem el (15. ábra), hogy a villamosenergia fogyasztás könnyedén elszámolható legyen a bérlők között. A szinti elosztók minden szinten a lépcsőházban kerülnek elhelyezésre egy zárható helyiségben. A bérleményi elosztók betáplálása mellett a közösségi fogyasztók, mint folyósók, vizes blokkok és teakonyhák energiaellátását is ezek az elosztók biztosítják.



15. ábra iEM 3255 fogyasztásmérő.

A következő táblázatban a 4. emelet szinti elosztója által megtáplált fogyasztók láthatók (5. táblázat).

| <b>E4</b>                    | <b>Beépített teljesítmény (Pbe)[kW]</b> | <b>Egyidejűségi tényező (e)</b> | <b>Egyidejű teljesítmény (Pe)[kW]</b> | <b>Védelem (Típus – pólusszám – névleges áram)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Fogyasztó megnevezése</b> |                                         |                                 |                                       |                                                    |
| <b>Világítás</b>             | 0,72                                    | 1                               | 0,72                                  | iC60N 1 Pólus C10A                                 |
| <b>VRF beltéri egység</b>    | 0,4                                     | 1                               | 0,4                                   | iC60N 1 Pólus C10A                                 |
| <b>Teakonyha (rendszer)</b>  | 5                                       | 0,7                             | 3,5                                   | iC60N 1 Pólus 16A                                  |
| <b>Központi nyomtató 8db</b> | 1,5                                     | 0,7                             | 1,05                                  | iDPNN 2 Pólus C16A                                 |
| <b>Vízadagoló</b>            | 0,5                                     | 0,7                             | 0,35                                  | iDPNN 2 Pólus C16A                                 |
| <b>Takarító dugalj</b>       | 0,5                                     | 0,7                             | 0,35                                  | iDPNN 2 Pólus C16A                                 |
| <b>Összesen:</b>             | <b>8,62</b>                             | <b>-</b>                        | <b>6,37</b>                           | <b>-</b>                                           |

5. táblázat E4 szinti elosztó fogyasztói, és védelmei (bérleményi elosztók nélkül)

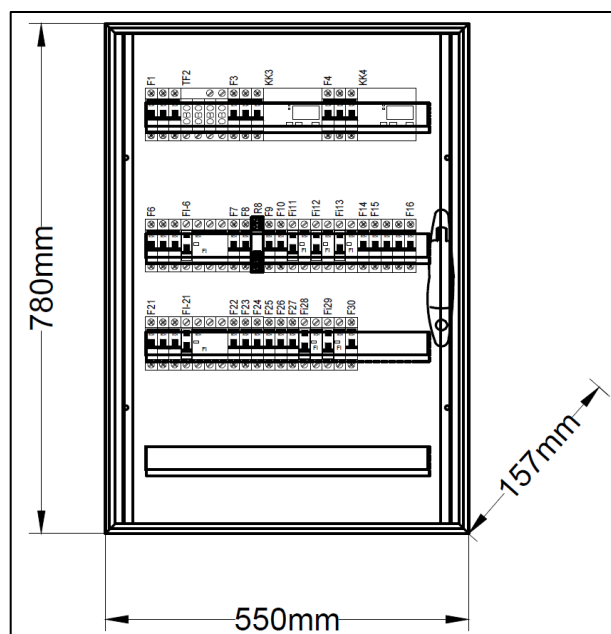
A betáplálás védelméről egy 3 pólusú iC60N típusú C63 A névleges áramú kismegszakító gondoskodik. Szinti elosztó közösségi tereinek átlagos fogyasztóinak áramfelvételét az alábbi képlettel számítom ki (bérlemények nélkül).

$$I_{E4W} = \frac{P_e}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{6,37kW}{0,4kV * \sqrt{3}} = 9,19 A$$

Ahol:

- $I_{E4W}$ : A szinti elosztó wattos árama.
- $P_e$ : A szintielosztó egyidejűsített hatásos teljesítménye.
- $U_n$ : A névleges vonali feszültség.

Az E4 bérleményi elosztó homlokképe a következő képen látható (16. ábra).



16. ábra E4 Elosztó homlokképe

### 3.2.4 Szerverelosztók tervezése

A szerverhelyiség elosztója közvetlenül a főelosztóból kapja a betáplálást. Az elosztószekrényt a szerverterem belül az ajtó mellett a falra helyezem el. A szerverterem legfontosabb fogyasztói a gyengeáramú rack szekrények. Ezeknek a berendezéseknek még áramszünet esetében is biztosítani kell a villamosenergia-ellátást az üzemszerű leállításukig az adatvesztés elkerülése érdekében, ezért valamennyi szerverhelyiségben egy-egy szünetmentes tápegység (Uninterruptible Power Supply (továbbiakban UPS)) kerül elhelyezésre. Ez az elosztón belül egy kiemelt szünetmentes sítot táplál meg, amiről a rack szekrényeknek áramkörei ágaznak le. A szünetmentes energiaellátás biztosításához az APC Smart UPS RT SURT 7500XLI típusú 6 kW teljesítményű szünetmentes tápegységet választottam, amely áramszünet esetén kb. 10 percig képes ellátni a rack szekrényeket [14]. A szünetmentes tápegységet ki- és bemeneti oldalon egyaránt 40 A névleges áramú kismegszakítóval szükséges védeni.

Tűzeset következtében, a tűzoltói intézkedés biztonsága érdekében áramtalanító nyomógombot helyezek el a szerver helyiségekben, ami az UPS-be integrált vész lekapcsoló (Emergency Power Off (EPO)) kimenetet zárja rövidre, ezzel feszültség mentesítve az UPS által megtáplált fogyasztókat. A serverelosztóban elhelyeztem egy DIN sínre szerelt szervízdugaljat, külön áram-védőkapcsolós kismegszakítóval védve, hogy az ismeretlen állapotú idegen eszközök (pl.: kéziszerszámok) csak erről a leágazásról vételezhessenek tápellátást. A serverhelyiségekben a következő táblázatba foglalt állandó fogyasztók találhatók.

| Fogyasztó megnevezése              | Beépített teljesítmény (P <sub>be</sub> )[kW] | Egyidejűségi tényező (e) | Egyidejű teljesítmény (P <sub>e</sub> )[kW] | Védelem (Típus – pólusszám – névleges áram) |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Világítás                          | 0,2                                           | 1                        | 0,2                                         | iC60N 1 Pólus 10A                           |
| UPS                                | 6                                             | 1                        | 6                                           | iC60N 1 Pólus 16A                           |
| Split klíma beltéri egységek (2db) | 2*0,1                                         | 1                        | 0,2                                         | iC60N 1 Pólus 10A                           |
| <u>Betáplálás</u>                  | 6,4                                           | -                        | 6,4                                         | iC60N 3 Pólus C63A                          |

6. táblázat Szerver elosztó fogyasztói, és védelmei.

A szerver teljesítmény igényéből kiszámítható az áramfelvétel, a következő képlettel:

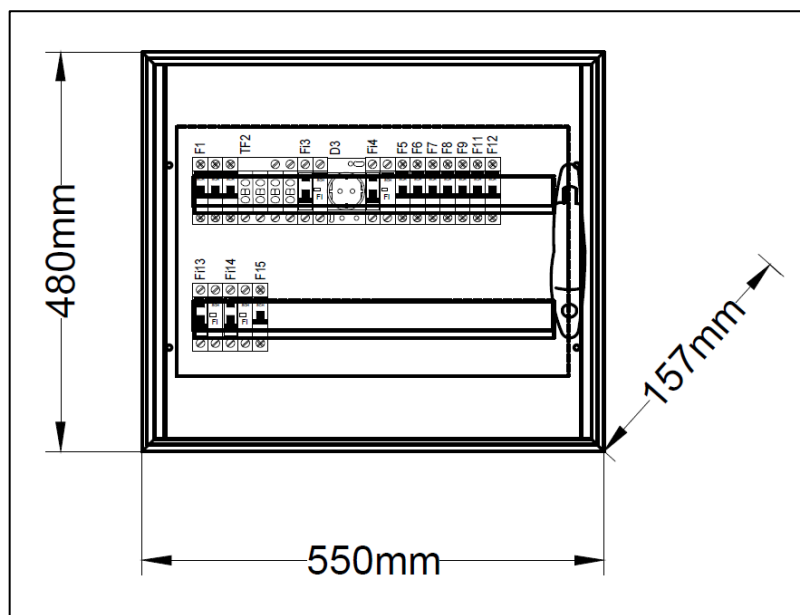
$$I_{SEW} = \frac{P_e}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{6,4kW}{0,4kV * \sqrt{3}} = 9,24A$$

ahol:

- I<sub>SEW</sub>: A serverhelyiség hatásos árama.
- P<sub>e</sub>: A serverhelyiség egyidejűsített hatásos teljesítménye.
- U<sub>n</sub>: A névleges vonali feszültség.

Mivel az UPS védelméhez igen magas 40 A névleges áramú kismegszakító szükséges. A szerverelosztó betáplálásához a –szelektivitás biztosításához – minimum 63 A névleges áramerőségű megszakítót kell alkalmazni, így a betáplálás védelméhez kiválasztott kapcsolókészülék 3 pólusú 63 A áramú iC60N típusú kismegszakító.

A E4S4 szerverelosztó homlokképe a következő képen látható (17. ábra).



17. ábra E4S1 Szerverelosztó homlokképe.

### 3.2.5 Gépészeti elosztó tervezése

Az épület tetején, a lapos tetőn kerülnek elhelyezésre a gépészeti berendezések, mely 7 db VRF kültéri egységből, és 12 db Split klíma kültéri egységből áll. A gépészeti berendezések mellett 2 liftnek a villamosenergia-ellátásáról is gondoskodni kell. Ezeknek a fogyasztóknak a teljesítményfelvételét és a védelmükre szolgáló megszakítók adatait a következő táblázat tartalmazza:

| Fogyasztó megnevezése               | Beépített teljesítmény (Pbe)[kW] | Egyidejűségi tényező (e) | Egyidejű teljesítmény (Pe)[kW] | Védelem (Típus – pólusszám – névleges áram) |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| Világítás                           | 0,2                              | 1                        | 0,2                            | iC60N - 1 Pólus - 10A                       |
| Lift (2db)                          | 2*10                             | 0,8                      | 16                             | iC60N - 3 Pólus - 25A                       |
| VRF kültéri egységek (7db)          | 7*9                              | 0,8                      | 50,4                           | iC60N - 3 Pólus - 20A                       |
| Split klíma kültéri egységek (12db) | 12*1                             | 0,8                      | 9,6                            | iC60N - 1 Pólus - 16A                       |
| <b><u>Betáplálás:</u></b>           | <b>95,2</b>                      | <b>-</b>                 | <b>76,2</b>                    | <b>Kompakt NSX 125A</b>                     |

7. táblázat GE gépészeti elosztó fogyasztói és védelmei.

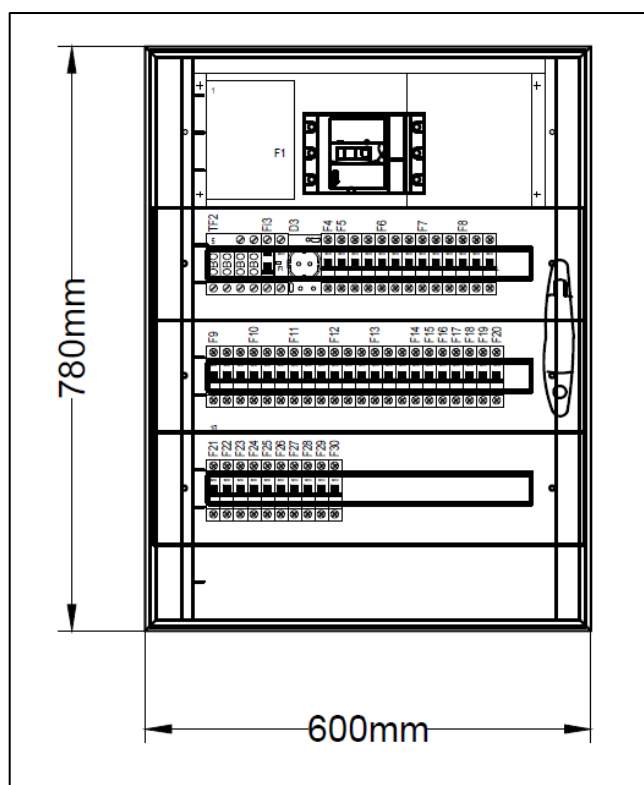
A gépészetnek, az energiaigényéből kiszámítható az áramfelvétel a következő képlet alapján.

$$I_{GEW} = \frac{P_e}{U_n * \sqrt{3}} = \frac{76.2kW}{0,4kV * \sqrt{3}} = 110A$$

ahol:

- $I_{GEW}$ : A gépészet hatásos árama;
- $P_e$ : A gépészet egyidejűsített hatásos teljesítménye;
- $U_n$ : A névleges vonali feszültség.

A gépészeti fogyasztókat a GE jelű gépészeti elosztó táplálja meg, amelyet a tetőtéri lépcsőházban helyeztem el. A betáplálás védelméről egy 125 A névleges megszakítóképességű kompakt NSX, 3 pólusú öntötházas megszakítóberendezés gondoskodik. A végponti áramkörök védelmét iC60N típusú kismegszakítók biztosítják a táblázatban leírt kivitelben. A serverelosztókhoz hasonlóan ebben a gépészeti elosztóban is elhelyeztem egy DIN sínre szerelhető szerviz dugaszoló aljzatot. A gépészeti elosztó homlokképe a következő képen látható (18. ábra).



**18. ábra GE Gépészeti elosztó homlokképe.**

A komplett gépészeti elosztó terv a „GE” jelű elosztóterven látható.

### 3.3 Kábelek méretezése

Mivel egy meglévő hálózat teljes felújítását végezzük az épületen, ezért a kábeleket méretezni kell. A kábelméretezés célja, hogy biztosítsa a fogyasztó számára a villamosenergia biztonságos és megfelelő minőségű ellátását. Tehát a vezeték nem csökkentheti a megengedett mértéknél jobban a névleges hálózati feszültséget és nem is melegedhetnek túl a kábelek, de emellett úgy szükséges megválasztani a kábeleink keresztmetszetét, hogy a rendszerünk ne legyen túl költséges. Tehát a szükségesnél ne alkalmazzunk vastagabb kábeleket. A fent felsorolt szempontoknak úgy tehetünk eleget, hogy a kábeleinket feszültségesésre és terhelhetőségre méretezzük [15].

#### 3.3.1 Méretezés feszültségesésre

Az épületben minden elosztó közötti fővezeték NY-Y-J típusú erőátviteli kábel, amely 4 üzemi vezetőt tartalmaz (3F+N+PE) melyeknek anyaga réz. A megengedett feszültségesés felszálló, és leágazó fővezetékeken maximum 1% lehet [15][13].

##### Abszolút feszültségesés kiszámítása:

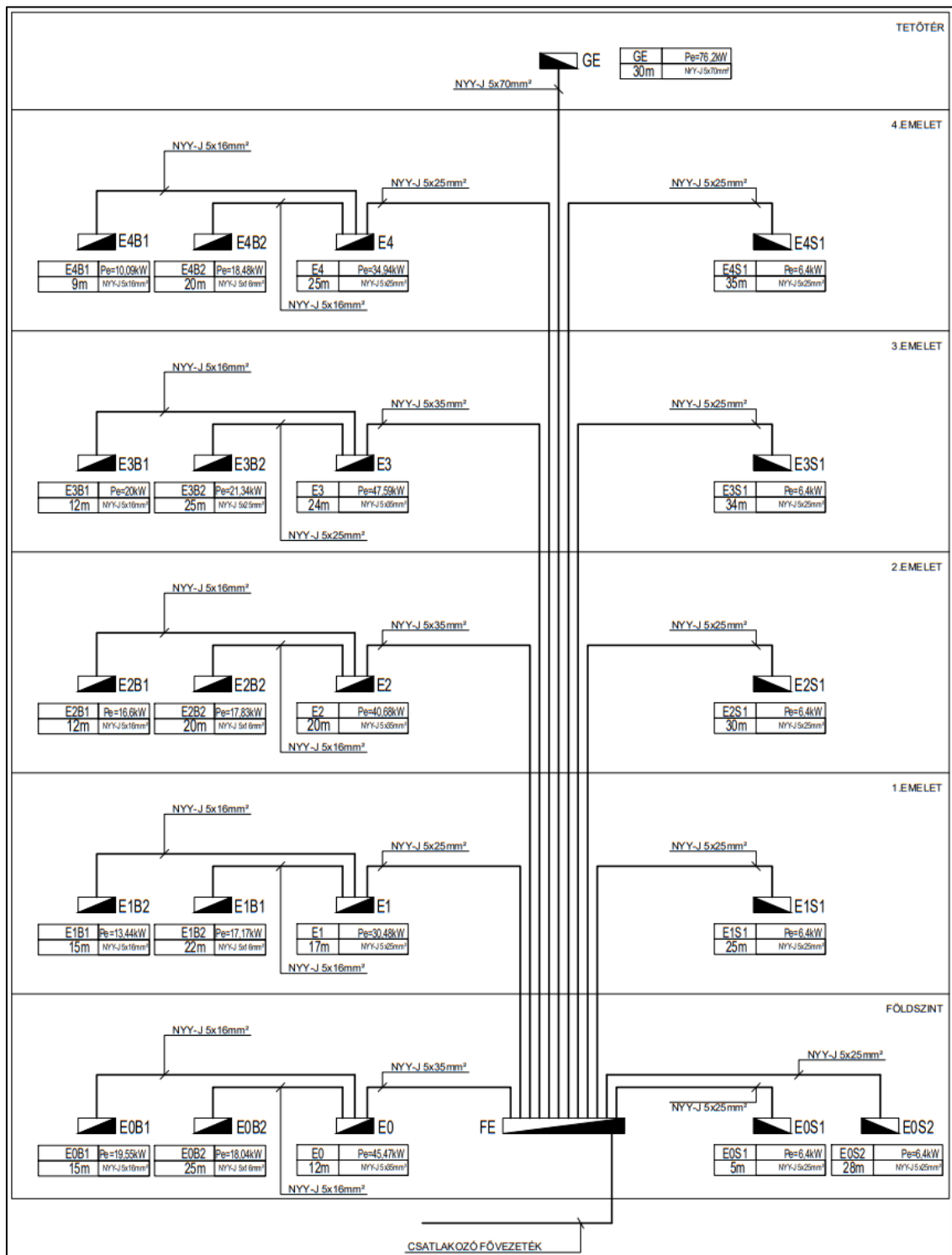
Az ismert adatokból meghatározható a mértékadó feszültségesés [15] az alábbi képlet segítségével.

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{1}{100} * \frac{400}{\sqrt{3}} = 1,73V$$

ahol:

- $e'$ : Mértékadó feszültségesés;
- $\varepsilon$ : Megengedett legnagyobb feszültségesés = 1%;
- $U_n$ : Névleges feszültség = 400V.

Az épület fővezetékterve az alábbi ábrán látható (19. ábra):



19. ábra Fővezetékterv.

**FE-GE elosztó közötti fővezeték méretezése:**

Elsőként meghatározom a FE jelű főelosztó, és GE jelű gépészeti elosztó közötti 30 m hosszú fővezeték keresztmetszetét. Ehhez viszont szükség van a gépészeti elosztó látszólagos teljesítményéből származtatott névleges áramára, ami a következőképpen számítható ki (a teljesítménytényező a gépészeti adatok szerint  $\cos\varphi=0,8$ ):

$$I_{GE} = \sqrt{I_{GEW}^2 + (I_{GEW} * tg\varphi)^2} = \sqrt{110^2 + (110 * tg36,87^\circ)^2} = 137,5 \text{ A}$$

ahol:

- $I_{GE}$ : A kábelben átfolyó névleges áram;
- $I_{GEW}$ : A kábelben átfolyó wattos áram=110 A;
- $\varphi$ : Fázisszög ( $\cos\varphi=0,8$  teljesítménytényezőből származtatva) =36,87°.

Az alábbi képlet segítségével meghatározható a szükséges vezeték keresztmetszet.

$$A = \frac{\rho}{e'} * I_{GE} * l = \frac{1}{56 * 1,73} * 137,5 * 30 = 42,58 \text{ mm}^2$$

ahol:

- A: Szükséges vezeték keresztmetszet [mm<sup>2</sup>];
- $e'$ : A mértékadó feszültségesés= 1,73 VA;
- $\rho$ : Rézvezeték fajlagos ellenállása =  $\frac{1}{56} \frac{\Omega * mm^2}{m}$ ;
- l: Fővezeték hossza = 30 m;
- $I_{GE}$ : A kábelben folyó névleges áram = 115,79 A.

A 42,58 mm<sup>2</sup> számított keresztmetszethez az 50 mm<sup>2</sup> névleges keresztmetszet áll a legközelebb, ezért legalább ilyen vastag kábelt szükséges alkalmazni.

**FE-E4S1 elosztó közötti fővezeték méretezése:**

A számítást az FE jelű főelosztó és a 4. emelet E4S1 szerverhelyiség közötti fővezetékével folytatom, mivel az épületben lévő összes szerverhelyiség megegyezik és szerverek közül ennek a leghosszabb a fővezetéke, így ez a legkedvezőtlenebb eset.

Itt is meg kell határozni a névleges  $I_{SE}$  áramot a következő képlet alapján.

$$I_{SE} = \sqrt{I_{SEW}^2 + (I_{SEW} * \operatorname{tg}\varphi)^2} = \sqrt{9,24^2 + (9,24 * \operatorname{tg}18,195^\circ)^2} = 9,73 \text{ A}$$

ahol:

- $I_{SE}$ : A kábelben átfolyó névleges áram [A];
- $I_{SEW}$ : A kábelben átfolyó wattos áram=9,24 A;
- $\varphi$ : Fázisszög ( $\cos\varphi = 0,95$  teljesítménytényezőből származtatva) =18,195°.

Ebből meghatározható a szükséges vezeték keresztmetszet.

$$A = \frac{\rho}{e'} * I_{SE} * l = \frac{1}{56 * 1,73} * 9,73 * 35 = 3,52 \text{ mm}^2$$

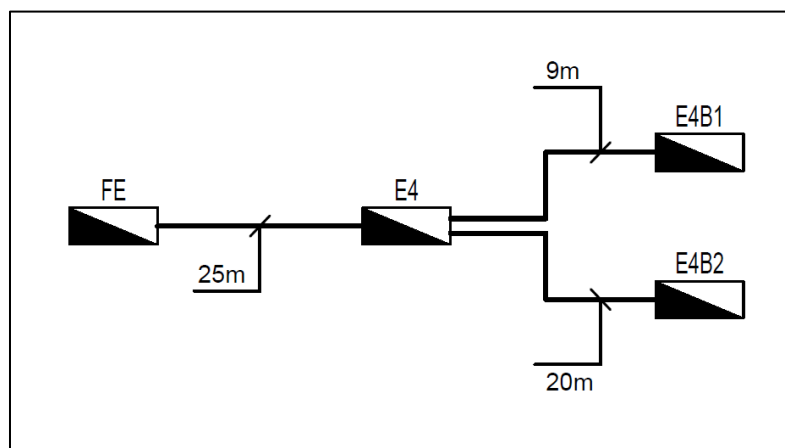
ahol:

- A: Szükséges vezeték keresztmetszet [mm<sup>2</sup>];
- $e'$ : Mértékadó feszültségesés= 1,73 V;
- $\rho$ : Rézvezeték fajlagos ellenállása =  $\frac{1}{56} \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}}$ ;
- l: Fővezeték hossza = 35 m;
- $I_{SE}$ : A kábelben folyó névleges áram = 9,73 A.

A 2,96 mm<sup>2</sup> számított keresztmetszethez a 4 mm<sup>2</sup> névleges keresztmetszet áll a legközelebb, ezért legalább ekkora kábelt szükséges alkalmazni, hogy megfelelő legyen a feszültségesés.

#### 4. emeleti fővezetékek méretezése:

A feszültségesésre történő méretezést az FE jelű főelosztó és a E4 4. emeleti szinti elosztó között lévő fővezetékének, valamint a belőle leágazó E4B1 és E4B2 bérlemények



20. ábra 4. emelet sugaras fővezetékhalozata.

fővezetékeinek a méretezésével zárom. A szerverhelyiséghez hasonlóan azért a 4. emeleti fővezetékek méretezését mutatom be, mert a főelosztótól ezek vannak a legtávolabb és így feszültségesés szempontjából valószínűleg ez a legkedvezőtlenebb eset. A gépészet és server fővezetékeivel ellentétben ez egy sugaras fővezetékhalozat, ami az alábbi módon épül fel (20. ábra).

Az előző pontokhoz hasonlóan, itt is szükséges meghatározni az elosztók névleges áramát a következő képlettel.

$$I_{E4B1} = \sqrt{I_{E4B1W}^2 + (I_{E4B1W} * tg\varphi)^2} = \sqrt{14,56^2 + (14,56 * tg18,195^\circ)^2} = 15,33 \text{ A}$$

ahol:

- $I_{E4B1}$ : A kábelben átfolyó névleges áram [A];
- $I_{E4B1W}$ : A kábelben átfolyó wattos áram=14,56 A;
- $\varphi$ : Fázisszög ( $\cos\varphi=0,95$  teljesítménytényezőből származtatva) =18,195°.

$$I_{E4B2} = \sqrt{I_{E4B2W}^2 + (I_{E4B2W} * \operatorname{tg}\varphi)^2} = \sqrt{26,67^2 + (26,67 * \operatorname{tg}18,195^\circ)^2} = 28,07 \text{ A}$$

ahol:

- $I_{E4B2}$ : A kábelben átfolyó névleges áram [A];
- $I_{E4B2W}$ : A kábelben átfolyó wattos áram=26,67 A;
- $\varphi$ : Fázisszög ( $\cos\varphi=0,95$  teljesítménytényezőből származtatva) =18,195°.

$$I_{E4} = \sqrt{I_{E4B1W}^2 + (I_{E4W} * \operatorname{tg}\varphi)^2} = \sqrt{9,19^2 + (9,19 * \operatorname{tg}18,195^\circ)^2} = 9,67 \text{ A}$$

ahol:

- $I_{E4}$ : A kábelben átfolyó névleges áram [A]
- $I_{E4W}$ : A kábelben átfolyó wattos áram=9,19 A
- $\varphi$ : Fázisszög ( $\cos\varphi=0,95$  teljesítménytényezőből származtatva) =18,195°

#### FE-E4 elosztók közötti fővezeték méretezése:

Először meg kell határozni az FE és E4 elosztó közötti fővezeték keresztmetszetét ( $A_{FE-E4}$ ).

$$\begin{aligned} A_{FE-E4} &= \frac{\rho}{e'} * (I_{E4} * l_{FE-E4} + I_{E4B1} * l_{FE-E4B1} + I_{E4B2} * l_{FE-E4B2}) = \\ &= \frac{9,67 * 25 + 15,33 * 34 + 28,07 * 45}{56 * 1,73} = 20,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

ahol:

- $A_{FE-E4}$ : FE Főelosztó és az E4. szinti elosztó közötti fővezeték számított keresztmetszete [mm<sup>2</sup>];
- $l_{FE-E4}$ : FE Főelosztó és az E4. szinti elosztó közötti fővezeték hossza = 25 m;
- $l_{FE-E4B1}$ : FE. fő elosztó és E4B1 bérleményi elosztó közötti fővezeték hossza=34m;
- $l_{FE-E4B2}$ : FE. fő elosztó és E4B2 bérleményi elosztó közötti fővezeték hossza=45m;
- $I_{E4}$ : E4 Bérleményi elosztó névleges árama (Bérlemények nélkül) = 9,67 A;
- $I_{E4B1}$ : E4B1 Bérleményi elosztó névleges árama = 15,33 A;
- $I_{E4B2}$ : E4B2 Bérleményi elosztó névleges árama = 28,07 A;
- $e'$  Mértékadó feszültségesés= 1,73 V;
- $\rho$ : Rézvezeték fajlagos ellenállása =  $\frac{1}{56} \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}}$ .

A számított fővezeték keresztmetszete  $20,91 \text{ mm}^2$  így a tényleges keresztmetszet  $25 \text{ mm}^2$

#### **E4-E4B1 és E4-E4B2 elosztók közötti fővezetékek méretezése:**

A többi fővezeték méretezéséhez meg kell határozni a mértékadó feszültségesést az FE és E4 közötti fővezeték szakaszon a tényleges keresztmetszettel.

$$\begin{aligned} e'_{FE-E4} &= \frac{\rho}{A_{FE-E4n}} * l_{FE-E4} * (I_{E4} + I_{E4B1} + I_{E4B2}) = \\ &= \frac{25 * (9,67 + 15,33 + 28,07)}{56 * 25} = 0,948 \text{ V} \end{aligned}$$

ahol:

- $e'_{FE-E4}$ : FE Főelosztó és az E4 szinti elosztó közötti fővezetéken eső feszültség.
- $A_{FE-E4n}$ : FE Főelosztó és az E4. szinti elosztó közötti fővezeték névleges keresztmetszete =  $25 \text{ mm}^2$ ;
- $l_{FE-E4}$ : FE Főelosztó és az E4. szinti elosztó közötti fővezeték hossza = 25 m;
- $\rho$ : Rézvezeték fajlagos ellenállása =  $\frac{1}{56} \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}}$ .

A mértékadó feszültségesés és az FE-E4 fővezetéken eső feszültség különbségéből megállapítható a még rendelkezésre álló feszültségesés ( $e'_{E4}$ ).

$$e'_{E4} = e' - e'_{FE-E4} = 1,73 - 0,948 = 0,782 \text{ V}$$

Ebből kiszámítható a másik két fővezeték keresztmetszete.

$$A_{E4-E4B1} = \frac{\rho}{e'_{E4}} * I_{E4B1} * l_{E4-E4B1} = \frac{1}{56 * 0,782} * 15,33 * 9 = 3,15 \text{ mm}^2$$

ahol:

- $A_{E4-E4B1}$ : E4. szinti elosztó és E4B1 bérleményi elosztó közötti fővezeték névleges keresztmetszete [ $\text{mm}^2$ ];
- $e'_{E4}$ : E4 elosztó után még rendelkezésre álló feszültségesés = 0,782V
- $I_{E4B1}$ : E4B1 Bérleményi elosztó névleges árama = 15,33 A;
- $l_{E4-E4B1}$ : E4. szinti elosztó és E4B1 bérleményi elosztó közötti fővezeték hossza = 9 m;
- $\rho$ : Rézvezeték fajlagos ellenállása =  $\frac{1}{56} \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}}$ .

Ebből a tényleges keresztmetszet:  $4 \text{ mm}^2$ .

$$A_{E4-E4B2} = \frac{\rho}{e'_{E4}} * I_{E4B2} * l_{E4-E4B2} = \frac{1}{56 * 0,782} * 28,07 * 20 = 12,82 \text{ mm}^2$$

ahol:

- $A_{E4-E4B2}$ : E4. szinti elosztó és E4B2 bérleményi elosztó közötti fővezeték névleges keresztmetszete [ $\text{mm}^2$ ];
- $e'_{E4}$ : E4 elosztó után még rendelkezésre álló feszültségesés = 0,782V
- $I_{E4B2}$ : E4B2 Bérleményi elosztó névleges árama = 15,33 A;
- $l_{E4-E4B2}$ : E4. szinti elosztó és E4B2bérleményi elosztó közötti fővezeték hossza = 20 m;
- $\rho$ : Rézvezeték fajlagos ellenállása =  $\frac{1}{56} \frac{\Omega * \text{mm}^2}{\text{m}}$ .

Ebből a tényleges keresztmetszet:  $16 \text{ mm}^2$ .

Az épület többi fővezetékének a méretezése a „fővezetékek méretezése feszültségesésre” mellékletben látható.

### 3.3.2 Ellenőrzés terhelésre

A feszültségesésre történő méretezés után a kábelt szükséges ellenőrizni névleges terhelésre, ezt a következő táblázat segítségével végzem el [16].

| A vezető keresztmetszete [mm²] | Megengedett terhelés [A] |     |           |     |           |     | Biztosító betétek [A] |
|--------------------------------|--------------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------------------|
|                                | A csoport                |     | B csoport |     | C csoport |     |                       |
|                                | Cu                       | Al  | Cu        | Al  | Cu        | Al  |                       |
| 0,5                            | 7                        | -   | 10        | -   | 13        | -   | -                     |
| 0,75                           | 10                       | -   | 13        | -   | 16        | -   | -                     |
| 1                              | 12                       | -   | 16        | -   | 20        | -   | 6                     |
| 1,5                            | 16                       | 13  | 20        | 17  | 25        | 22  | 10                    |
| 2,5                            | 21                       | 16  | 27        | 21  | 34        | 27  | 16                    |
| 4                              | 27                       | 21  | 36        | 29  | 45        | 35  | 20                    |
| 6                              | 35                       | 27  | 47        | 37  | 57        | 45  | 25                    |
| 10                             | 48                       | 36  | 65        | 51  | 78        | 61  | 35                    |
| 16                             | 63                       | 51  | 87        | 68  | 104       | 82  | 50                    |
| 25                             | 83                       | 65  | 115       | 90  | 137       | 107 | 63                    |
| 35                             | 110                      | 86  | 143       | 112 | 168       | 132 | 80                    |
| 50                             | 140                      | 110 | 178       | 140 | 210       | 165 | 100                   |
| 70                             | 175                      | 140 | 220       | 173 | 260       | 205 | 125                   |
| 95                             | 215                      | 175 | 265       | 210 | 310       | 245 | 160                   |
| 120                            | 255                      | 205 | 310       | 245 | 365       | 285 | 200                   |
| 150                            | 295                      | 235 | 355       | 280 | 415       | 330 | 250                   |
| 185                            | 340                      | 270 | 405       | 320 | 475       | 375 | 315                   |
| 240                            | 400                      | 300 | 480       | 380 | 560       | 440 | 400                   |
| 300                            | 470                      | 375 | 555       | 435 | 645       | 510 | 500                   |
| 400                            | 570                      | 455 | 690       | 540 | 770       | 605 | 630                   |
| 500                            | 660                      | 530 | 820       | 640 | 880       | 690 | -                     |

8. táblázat Kábelek terhelhetősége

Az adott elosztó betáplálásának a védelmének a névleges áramához mérten választom ki a táblázatból a szükséges vezeték keresztmetszetet, majd a következő táblázatban összehasonlítom a szükséges keresztmetszeteket, mind feszültségesés, mind pedig terhelhetőség szempontjából.

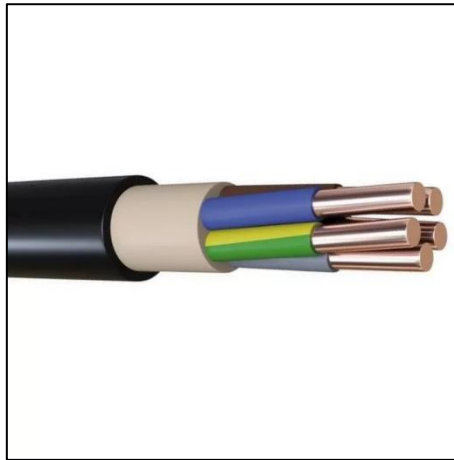
A nagyobb keresztmetszetet igénylő méretezési mód alapján meghatározott kábelkeresztmetszetet szükséges kiválasztani a tényleges fővezetéknek. A minimális fővezeték keresztmetszet, amit alkalmazok a  $6 \text{ mm}^2$ , mivel ez a vastagság már kielégíti az EPH gerincvezető minimális keresztmetszetére vonatkozó előírást és így nem szükséges külön eljuttatni EPH-gerinc vezetőt az elosztókhoz, hanem ehelyett a kábel védővezetője tölti be ezt a funkciót [17].

| Fővezeték<br>megnevezése | Szükséges fővezeték<br>keresztmetszet<br>feszültség esés<br>szempontjából<br>[mm <sup>2</sup> ] | Szükséges fővezeték<br>keresztmetszet<br>terhelhetőség<br>szempontjából [mm <sup>2</sup> ] | Szükséges<br>tényleges<br>fővezeték<br>keresztmetszet<br>[mm <sup>2</sup> ] |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>FE→GE</b>             | 50                                                                                              | 70                                                                                         | <b>70</b>                                                                   |
| <b>FE→E0S1</b>           | 1,5                                                                                             | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E0S2</b>           | 4                                                                                               | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E1S1</b>           | 4                                                                                               | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E2S1</b>           | 4                                                                                               | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E3S1</b>           | 4                                                                                               | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E4S1</b>           | 4                                                                                               | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E0</b>             | 25                                                                                              | 35                                                                                         | 35                                                                          |
| <b>FE→E1</b>             | 25                                                                                              | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>FE→E2</b>             | 25                                                                                              | 35                                                                                         | 35                                                                          |
| <b>FE→E3</b>             | 35                                                                                              | 35                                                                                         | 35                                                                          |
| <b>FE→E4</b>             | 25                                                                                              | 25                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>E0→E0B1</b>           | 10                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E0→E0B2</b>           | 16                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E1→E1B1</b>           | 6                                                                                               | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E1→E1B2</b>           | 16                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E2→E2B1</b>           | 10                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E2→E2B2</b>           | 16                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E3→E3B1</b>           | 10                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E3→E3B2</b>           | 25                                                                                              | 16                                                                                         | 25                                                                          |
| <b>E4→E4B1</b>           | 4                                                                                               | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |
| <b>E4→E4B2</b>           | 16                                                                                              | 16                                                                                         | <b>16</b>                                                                   |

9. táblázat Fővezetékek keresztmetszetei.

Az elosztók megtáplálásához NY-Y-J típusú PVC szigetelésű 5 eres erőátviteli kábel (17. ábra) választottam a nagyobb mechanikai védelem érdekében, melynek a műszaki adatai a következők [18]:

- névleges feszültség: 0,6/1kV;
- UV és időjárás álló;
- hajlítási sugár: 12xØ (kábel átmérője).



**21. ábra NY-Y-J erőátviteli kábel  
felépítése.**

## 4 VILLÁMVÉDELEM

Ebben a fejezetben az épület túlfeszültség és villámvédelmi tervezése és ennek a szempontjai kerülnek bemutatásra.

Az épületen előzőekben kiépített, nem norma szerinti villámvédelem, a megrendelő kérésre az MSZ EN 62305 szerint létesítendő norma szerinti villámvédelem kerül kiépítésre.

### 4.1 Villámvédelmi kockázatelemzés

A kockázatelemzés segítségével meghatározható, hogy az adott épület és az épületben tartózkodók a villámcsapás hatására milyen veszélyeknek vannak kitéve és ezeket a veszélyeket milyen villámvédelmi rendszer alkalmazásával lehet elfogadható mértékűre csökkenteni ( $R_T$ ).

A kockázatelemzéshez szükséges ismerni az épülethez kapcsolódó, alábbi villámvédelem szempontjából fontos jellemzőket, mint:

- Épület rendeltetése;
- Épület jellege;
- Épület elhelyezkedése;
- Villámcsapás következtében bekövetkező veszteségek jellege;
- Csatlakozó vezetékek jellemzői;
- Tető tűzvédelmi besorolása;
- Kockázatnak kitett övezetek jellege;
- Épület befogadóképessége.

Első lépés gyanánt meghatározandó a villámcsapás következtében bekövetkező lehetséges veszteségtípusok, melyekből négy félélt különböztetünk meg [19][20].

- [L1] Villámcsapás miatt bekövetkező emberi élet vesztese vagy visszafordíthatatlan sérülése. Ide tartozik a villámáram miatti áramütés, érintési vagy lépésfeszültség hatására, valamint a villámcsapás miatt bekövetkező tüzeset és robbanás. Ez a veszteségtípus azokban az építményekben vizsgálandó, amelyekben tartósan vagy ideiglenesen emberek vannak jelen, vagy tűz és robbanásveszélyes anyagokat tárolnak, és/vagy dolgoznak fel. Valamennyi veszteségtípus közül ez a legszámottevőbb.
- [L2] Közszolgáltatások kiesése, amelyek között lehet a víz, gáz, villamosenergia stb. ellátásának kiesése, vagy ezekhez szükséges diszpécser szolgáltatások leállása.
- [L3] Kulturális örökségeknek rongálódása, elvesztése.
- [L4] Gazdasági veszteség, ahová valamennyi pénzben mérhető villámkár sorolható, úgy, mint például az épület vagy a benne lévő javak sérülése.

Mindegyik előzőekben vizsgált veszteségtípushoz hozzárendelhető egy kockázattípus (R1, R2, R3, R4) amely az adott veszteség bekövetkezésének valószínűsége egy éven belül [17].

Mivel a vizsgált épület egy irodaház, amelyben tartósan emberek tartózkodnak, de nem lát el közszolgáltatásokhoz szükséges diszpécseri teendőket, valamint az épület maga nem képezi a kulturális örökség részét, ezért a vizsgált épület esetében az L1, és L4 veszteségtípusokat, így az R1, és R4 kockázattípusokat szükséges figyelembe venni.

Következő lépésben az építmény rendeltetését szükséges megállapítani ezt az *Országos tűzvédelmi szabályzat* 12. sz. mellékletében található táblázat szerint lehet megtenni [11].

| Építmény rendeltetése                                                                                                                           | Védelmi szint                                                      |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                 | Villámvédelmi fokozat ( LPS)                                       | Elektromágneses villámimpulzus elleni védelemi fokozat (LPL) |
| Oktatási rendeltetésű épület                                                                                                                    | III                                                                | III-IV                                                       |
| Menekülésben korlátozott személyek elhelyezésére szolgáló épületek, egészségügyi rendeltetésű épületek, kényszertartózkodásra szolgáló épületek | III                                                                | III-IV                                                       |
| Tömegtartózkodásra szolgáló épületek, építmények (nem tartoznak ide az ideiglenes sátrak és ponyva szerkezetű építmények)                       | IV                                                                 | III-IV                                                       |
| Szállodák, kollégiumi épületek (50 fő befogadóképesség felett)                                                                                  | III                                                                | III-IV                                                       |
| Robbanásveszélyes épület vagy szabadtér                                                                                                         | II                                                                 | II                                                           |
| Korlátozott mértékben robbanásveszélyes épület                                                                                                  | Robbanásveszélyes térrész: II<br>Nem robbanásveszélyes térrész: IV | III-IV                                                       |

10. táblázat Szükséges villámvédelmi fokozatok az épület rendeltetéséhez.

A vizsgált irodaépület a *Tömegtartózkodásra szolgáló épületek, építmények* rendeltetési kategóriájába illik bele, tehát a minimális villámvédelmi fokozata LPS IV, a villámvédelmi szintje pedig LPL III-IV.

Az épület jellege szerint kétféle épületet különböztetünk meg egymástól: állandó épületet és ideiglenes épületet. Állandó épület esetén az emberi élet elvesztésre vonatkozó elfogadható kockázati érték ( $R_{1T}$ )  $10^{-5}$ . A jelenleg vizsgált épület jellege állandó.

Következő lépésben meg kell határozni az épület geometriai méreteit és elhelyezkedését. A méretek alatt az épület magasságát, szélességét és hosszúságát értjük. A jelenleg vizsgált épület méretei:

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| <b>Magasság:</b>  | <b>25 m</b> |
| <b>Szélesség:</b> | <b>45 m</b> |
| <b>Hosszúság:</b> | <b>15 m</b> |

**11. táblázat Épület geometriai méretei.**

Az épületelhelyezkedés az adott terület villámsűrűsége miatt lényeges, ez a szám fejezi ki, hogy az adott járásban jellemzően átlagosan egy év alatt hány darab villámcsapás történik egy négyzetkilométerre leosztva. [db/km<sup>2</sup>/év] Ez az érték a TvMI táblázata szerint Budapest területén valamennyi járásban 1,75 db/km<sup>2</sup>/év [20].

Az épületbe történő villámcsapás bekövetkezésének valószínűsége szempontjából lényeges az elhelyezkedési tényező. A vizsgált építmény hozzá hasonló magasságú, vagy alacsonyabb építményekkel van körülvéve.

A kockázatelemzéshez szükséges meghatározni az épülethez csatlakozó vezetékek jellegét, melyek a vizsgált épület esetében a következők:

- erősáramú csatlakozó vezeték;
- gyengeáramú csatlakozó vezeték;
- víz és szennyvíz vezetékek.

Az összes csatlakozó vezeték 1000 m hosszal, tehát a legszigorúbb hosszúsággal került megadásra.

Az épület egy irodai belső övezetre bontható, amelyben legfeljebb 301 személy tartózkodhat, az övezet tűzvédelmi besorolása kicsi kockázatú, valamint a tető anyaga éghetőnek számít.

A villámvédelmi kockázatelemzést az OBO ViKoP online kockázatelemző szoftver segítségével készítettem el [21]. Az előzőekben leírt adatok alapján a szoftver kiszámolja az épület kockázati besorolását, és megadja, hogy a tervezett védelmi intézkedésekkel, ez a kockázat elfogadható-e vagy sem.

Az vizsgált épület kockázata:  $R_{1T}=4.458 \cdot 10^{-6} < 10^{-5}$  **MEGFELELŐ**

## 4.2 Villámvédelem kialakítása

A villámvédelem kockázatelemzésből kiderült, hogy az épület villámvédelmét a következő szempontok alapján kell megtervezni:

- villámvédelmi fokozat: LPS IV;
- villámvédelmi szint LPL III-IV;
- érintési és lépésfeszültség kockázata lehanyagolható, tehát nem szükséges ellene óvintézkedéseket tenni.

A teljes villámvédelmi terv a „*Földelés és villámvédelmi terv*” mellékletben látható.

### 4.2.1 Külső villámvédelem

A külső villámvédelemnek az a célja, hogy az épületbe közvetlenül becsapó villámokat felfogja, majd a villámáramot a felfogórendszerből, a levezető rendszeren keresztül, a földelő rendszerbe vezetve, a földben szétoszlassa, oly módon, hogy ne következhesen be tüzeset vagy személyi sérülés [22]

### 4.2.2 Felfogórendszer

A felfogórendszer feladata az épületbe becsapni szándékozó villámok felfogása és közvetítése a villámvédelmi rendszer többi része felé.

Az épület külső villámvédelmi szintje LPS IV, a védett tér szerkesztési módszerül a gördülő gömb módszert választottam, mivel ez a módszer bármilyen jellegű épületen alkalmazható, a védőszöges és védőhálós módszerrel ellentétben. Ez utóbbiak csak megkötésekkel alkalmazhatók, mint egyszerű épületszerkezet a védőszög esetében, és lapos tető a védőháló esetén. Az LPS IV villámvédelmi rendszer esetén a gördülő gömb

sugara 60 m, amit az épületen oly módon szükséges végig görgetni, hogy az épületszerkezethez ne érhessen, csak a felfogókhoz, ezzel védett térbe helyezve a teljes épületet. Ahhoz, hogy a védett tér megfelelő legyen, a felfogók magasságát, számát, valamint elhelyezkedését nagy gondossággal kell megválasztani.

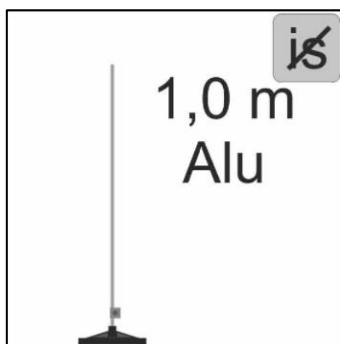
A felfogórendszer kialakításánál szükséges ügyelni arra, hogy a tetőn esetlegesen kint tartózkodó személyek, valamint berendezések (VRF, SPLIT klíma kültéri egységek, kábeltálcák, napelemek) védett térben legyenek. Személyek esetén a védett térnek legalább 2,5 m magasnak kell lennie, hogy akár a kezét fent tartó személy se lógjon ki a védett térből.

A gördülő gömbös szerkesztésből az az eredmény jött ki, hogy a lapostetőre 5 db 2 m magas felfogócsúcs szükséges az épület négy sarkára, plusz még egy az épület nyugati szélének közepére. Ezeken felül az épület síkjából kilógó lépcsőház tetejére szükséges 4 db 1 m magas felfogócsúcsot elhelyezni a négy sarokra. Ezzel a felfogó elrendezéssel az egész épület védett térbe kerül [23].

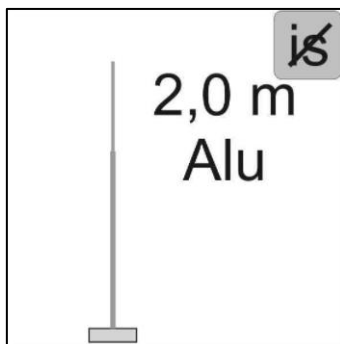
Az épületen minden felfogónak minimálisan két levezetőhöz kell csatlakoznia. Ezt felfogó összekötő vezetők alkalmazásával lehet biztosítani. A lapos tetőn a felfogó összekötő vezetőkhez 1 méterenként 8 cm magas, beton gúlás tartószerkezet alkalmazása szükséges, a felfogó összekötők anyaga 8 mm átmérőjű köralumínium. A csatlakozási pontokat úgy szükséges kialakítani, hogy a villámcsapás termikus és dinamikus hatásai ne tegyenek kárt benne, azaz ne olvadjon meg és ne csússzon szét a kötés. Ennek biztosítása érdekében hegesztett kötés vagy 4 csavaros kötőelem alkalmazható. A hegesztés varratok mérete legalább 20x20 cm legyen és valamennyi vágási és emellett a csatlakozási felületet korrózió védelemmel szükséges ellátni a tartósság biztosítása érdekében. A felfogó összekötő vezetők hosszú egyenes szakaszain 20 méterenként dilatációs elem beiktatása szükséges a hőtágulás negatív hatásainak kiküszöbölése érdekében [23].

### Felfogórendszer elemeinek kiválasztása [25]:

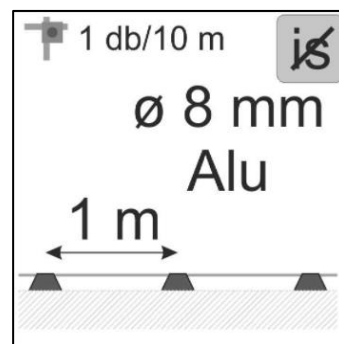
- 4 db 1 m-es alumínium villámvédelmi felfogócsúcs lapos tetőre (22. ábra);
- 5 db 2 m-es alumínium villámvédelmi felfogócsúcs lapos tetőre (23. ábra);
- 160 m 8 mm átmérőjű alumínium felfogó összekötő vezető betongúlas megfogással (24. ábra)



24. ábra 1 m-es  
villámvédelmi felfogócsúcs.



23. ábra 2 m-es  
villámvédelmi felfogócsúcs.



22. ábra Felfogó-összekötő  
vezető.

#### 4.2.3 Levezető rendszer

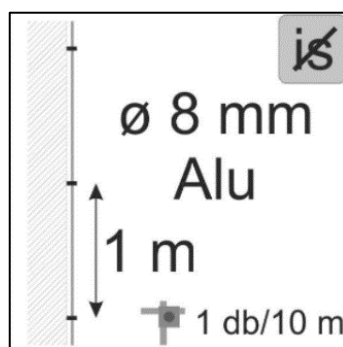
A levezető rendszer továbbítja a felfogórendszer által felfogott villámáramot, amely szétosztja és továbbítja a földelő rendszer felé, így megvédve az épületet és az épületben tartózkodókat. A levezető rendszer kialakítása – tekintve, hogy már meglévő épületről van szó – nem használható az építmény vasbetonszerkezete természetes levezetőként. Mivel nincs információ arról, hogy a pillérekben lévő betonvasalás tartósan folytonos villamos szempontból, ezért a levezető rendszert az épületen kívül a homlokzaton vezetem, melyet úgy alakítottam ki, hogy a levezetők a lehető legrövidebb úton függőlegesen vezessék a villámáramot a földelő rendszerbe [23]. Az épület villámvédelmi rendszerének fokozata LPS IV-es és ehhez a rendszerhez a szabvány előírja, hogy 20 méterenként az épület területén egy levezetőt kell elhelyezni [22]. Az épület kerülete 125 m, így minimum 7db levezető szükséges ahhoz, hogy a szabvány által leírt követelményeknek eleget tegyek. De mivel az épület nyugati homlokzatán a földszinten kinyúlik egy előtető a főbejárat fölé (amin nem célszerű levezetőt átvezetni), így 8 darab levezetőt terveztem az épületnek.

Az épületet majdnem a teljes területén ablakok borítják, ezért a levezetőrendszert úgy helyeztem el, hogy a homlokzaton levezetők az épületben található vasbeton oszlopok takarásában legyenek.

Az épület maximális magassága a talajtól mérve 25 m, ami valamivel magasabb, mint 20 m, ezért az épületet a megfelelő potenciáelosztás érdekében összekötő gyűrűvel kell ellátni, amit a második és harmadik emelet között a homlokzaton helyeztem el, kiegészítve 15 méterenként dilatációs elemekkel a hőtágulás káros hatásai ellen [23].

A felfogórendszer elemeinek kiválasztása [24]

- 190 m 8 mm átmérőjű alumínium levezető műanyag távtartó bilincsel rögzítve (25. ábra).



25. ábra Villámvédelmi levezető.

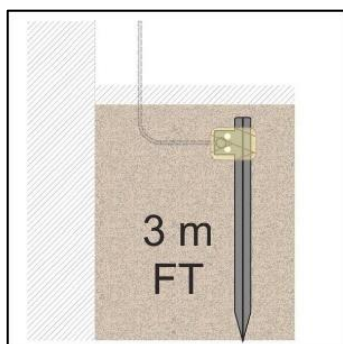
#### 4.2.4 Földelőrendszer

A földelőrendszer feladata a villámáram szétoszlátása a földben, ezt A és B típusú földelőket kombinálva terveztem. Az A típusú földelőrendszert úgy alakítottam ki, hogy 8 db földelőszondát 20 méterenként helyeztem el az épület köré 1 m távolságra az épület falaitól. A földelő szondáknak minimum 2,5 m mélységig kell leérniük, így 3 m hosszú keresztprofilú földelőrudakat használtam. A földelő szondák 1-1 levezetőhöz csatlakoznak egy szerszámmal bontható, vizsgáló-összekötő ponton keresztül, ahol a földelés ellenállását lehet megmérni a villámvédelmi felülvizsgálatok során. A földelőket egymással B típusú földelő gyűrűvel kötöm össze az épületen kívül 0,5 m mélyen a földben az optimálisabb potenciálkiegyenlítés érdekében. A földelőrendszerbe be kell kötni az épület főelosztó berendezését. A földelőrendszer fokozottan ki van téve a korróziónak, főleg a talaj sekélyebb rétegeiben, ami ellen védekezni szükséges. A

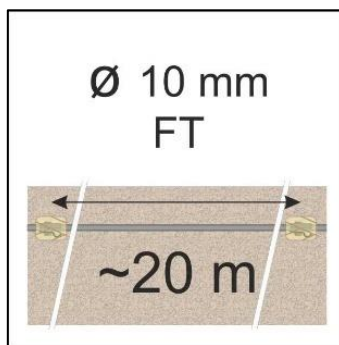
korrózióvédelmet meg lehet valósítani korrózió álló anyagok alkalmazásával (rozsdamentes acél, réz), vagy a levezető és földelő közötti vezetőszakasz PVC-vel történő bevonásával. Alumíniumot földelőként semmiképpen sem érdemes alkalmazni. A korrózióvédelmet PVC bevonatú, földelő csatlakozórúddal biztosítottam [23] [25].

Földelőrendszer elemeinek kiválasztása [24]:

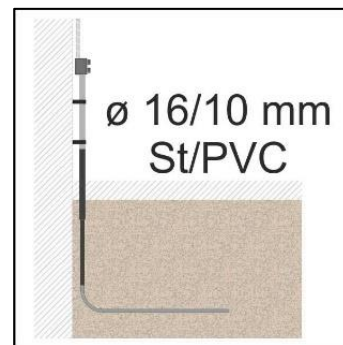
- 8 db 3 m hosszú, horganyzott acél keresztprofilú földelőrúd (26. ábra);
- 135 m 10 mm átmérőjű horganyzott acél földelő összekötő vezető (27. ábra);
- 8 db vizsgáló összekötő elem PVC bevonatú összekötő elemmel (28. ábra).



26. ábra Horganyzott acél keresztprofilú földelőrúd.



27. ábra Horganyzott acél földelő összekötő vezető.



28. ábra Vizsgáló összekötő elem.

### 4.3 Belső villámvédelem

Az épületet, vagy az épület környezetét érő villámcsapás hatására a villámáram által keltett elektromágneses impulzusok induktív, kapacitív vagy konduktív csatolás révén a hálózati feszültségnél jelentősen nagyobb tranziens túlfeszültség impulzusokat generálnak az épület fémszerkezeteiben, amelyek átüthetik a különböző villamos szerkezetek szigeteléseit, így kárt téve bennük. A belső villámvédelem célja, hogy ezeket a feszültségimpulzusokat az adott berendezés által elviselhető mértékűre korlátozzuk megvédve ezzel mind az erős, mind pedig a gyengeáramú rendszereinket [23]. Mivel egy darab túlfeszültség védelmi eszköz nem védi meg a rendszert a teljes túlfeszültség spektrumtól ezért ezeket a védelmeket térben, és túlfeszültség levezetési képesség szempontjából koordinálni szükséges, ez a koordinált túlfeszültség védelem.

### 4.3.1 Koordinált túlfeszültségvédelem

A koordinált túlfeszültségvédelem szorosan összefügg a villámvédelmi zónakoncepcióval ((Lightning Protection Zone (továbbiakban LPZ))), ami három fő részre bontja az épületet az adott zónában fellépő elektromágneses mező nagysága szempontjából.

A villámvédelmi zónák a következők:

- LPZ 0: Épületen kívül lévő zóna, ahol a berendezések teljes mértékig ki vannak téve a villámcsapás okozta rész-áramimpulzusoknak;
- LPZ 1: Épületen belüli első zóna, amelyben az épületbe bejutó áramimpulzust már korlátozva van túlfeszültség védelmi berendezések által.
- LPZ 2, 3: Épületben lévő zónák, amelyekben az épületbe bejutó áramimpulzusokat tovább korlátozzák az elhelyezett túlfeszültségvédelmi berendezések.

A koordinált túlfeszültségvédelemi készülékek (Surge Protection Device (továbbiakban SPD)) alkalmazásával, ezeknek a zónáknak a határán 3 szinten csökkentjük le az adott zónán belül található berendezések számára már elfogadható mértékűre a bejutó túlfeszültség impulzusokat. A túlfeszültségvédelem során mind az erős mind a gyengeáramú rendszereinket védeni szükséges.

A koordinált túlfeszültségvédelem első eleme a főelosztóban elhelyezett T1+T2 típusú kombinált SPD-vel biztosítható (29. ábra). Bár a főelosztóban elhelyezésre került T2 típusú SPD, de ez nem elegendő a teljes rendszer védelmére, mivel a 10 m-nél hosszabb vezetékszakaszon a rendszer további jelentős túlfeszültségeket vehet fel, ezért a T2 típusú SPD-ket ismételten el kell helyezni az épület valamennyi alelosztójában. [26]



**29. ábra T1+T2 típusú SPD.**



**30. ábra T3 típusú SPD**

A túlfeszültségre különösen érzékeny mikroelektronikai berendezések védelmére (pl.: számítógépek, gyengeáramú rack szekrények, nyomtatók stb.) T3 típusú SPD-ket érdemes alkalmazni a berendezés csatlakozási pontjánál. Az épületben üzemelő tűzvédelmi berendezések (pl.: tűzjelző központ) védelméhez a T3 típusú SPD alkalmazása kötelező [20] (30. ábra).

A gyengeáramú rendszerek védelmére pedig RJ 45 csatlakozóval ellátott adatátviteli túlfeszültségvédelmi berendezés ügyel (31. ábra).



**31. ábra Adatátviteli SPD**

## 5 TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

A szakdolgozat nem terjed ki az épület teljes villamos rendszerének a megtervezésére, ezért ebben a projektben számos továbbfejlesztési lehetőség rejlik, amelyek a következők lehetnek.

- Tűzeseti fogyasztók, mint tűzjelző rendszer, valamint a hő- és füstelvezető rendszer megtervezésének, és az ehhez szükséges kábelezés bemutatása.
- Gyengeáramú rendszer megtervezése, beleértve az RJ-45 csatlakozókat, WIFI végpontok kiosztását, gyengeáramú rack szekrények felépítésének megtervezését és ehhez kapcsolódó rendszerterv elkészítését.
- Épület biztonságtechnikájának megtervezése, beleértve a riasztórendszer végpontjainak kiosztását és a rendszerterv elkészítését.
- Az épületen kívüli fogyasztók, mint autótöltők és világítótestek méretezése és energia ellátásuk megtervezése.
- Teljeskörű költségvetés készítése, amely dokumentáció magában foglalja, valamennyi villamos végpontot, kábelt, valamint védőcsövezést, illetve a szereléshez szükséges apró anyagokat, ami alapján a kivitelező árajánlatot tud adni a megrendelőnek.
- Fogyasztásmérőhely megtervezése beleértve a mérőszekrény és az áramváltó kiválasztását.
- Épület kábeltartó rendszerének, valamint nyomvonal kialakításának megtervezése.

## 6 ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatomban egy irodaépület felújításából adódó épületvillamossági tervezési folyamatokat mutattam be.

Először felmértem az épület adottságait, amik lényegesek lehetnek a villamos tervezés során. Majd megterveztem az épület üzemi és tartalék világítási rendszerét az erre vonatkozó szabványok és jogszabályok alapján.

Ezután megterveztem az épület alelosztóit, amelyek a bérleményeket, közösségi tereket, gépészetet, valamint a szervertermeket látják el villamos energiával. Majd ezen elosztók megtáplálásához szükséges fővezetékek keresztmetszetét méreteztem le.

Végül az épület villámvédelmi rendszer tervezési folyamatait mutattam be, amit a villámvédelmi kockázatelemzéssel kezdtem, ami meghatározta a tervezés alapvető paramétereit. Ezután az épület külső villámvédelmi rendszerét terveztem meg kiszerkesztve a védett tereket, és kiválasztva a villámvédelem kialakításához szükséges eszközöket. Legvégül az épület koordinált túlfeszültség védelmi berendezéseit választottam ki.

## **7 SUMMARY**

In my thesis I presented the building electrical design processes resulting from the renovation of an office building.

First I assessed the building's characteristics, which can be important for the electrical design. Then I designed the building's operational and emergency lighting system according to the relevant standards and legislation.

I then designed the building's sub-distributors, which supply electricity to the tenant spaces, communal areas, mechanical rooms and server rooms. I then dimensioned the cross-sections of the mains to feed the distributors.

Finally, I presented the design process of the building lightning protection system, starting with the lightning protection risk analysis, which defined the basic design parameters. Then I designed the external lightning protection system of the building, defining the protected spaces and selecting the devices needed to design the lightning protection. Finally, I selected the coordinated surge protection devices for the building.

## 8 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Poppe Kornélné – Dr. Borsányi János: Világítástechnika I ÓE KVK 2024 Budapest 2010
- [2] Arató András -Dr. Borsányi János – Dr. Kovács Károly – Dr Majoros András – Molnár Károly: Világítástechnika II ÓE KVK 2018 Budapest 2012
- [3] MSZ EN 12464-1 2003
- [4] THORNECO ANNA VARIO Q596 3750 830/35/40 Datasheet: <https://thorneco.com/object/PDF/DataSheet.aspx?ArticleID=384526&ModeID=21&lang=EN&DataSheetType=1&CompanyID=4&SubCompanyID=44>
- [5] THORNECO AMY VARIO 200 LED DL 2000 830/35/40 Datasheet: <https://thorneco.com/object/PDF/DataSheet.aspx?ArticleID=362415&ModeID=21&lang=EN&DataSheetType=1&CompanyID=4&SubCompanyID=44>
- [6] THUNGSRAM FiaLUX 2X2 S1 27W 840 19 Datasheet: <https://lighting.tungsr.com/en/documents/Tungsr-FiaLUX-Datasheet-HUN.pdf>
- [7] THUNGSRAM LED Downlight D1 TU 6 IP44 18W 840 S Datasheet: <https://lighting.tungsr.com/en/documents/Tungsr-LED-Diffuser-Downlighter-IP44-Datasheet-EN.pdf>
- [8] Világítástechnikai Társaság 2001 Világítás kislexikon
- [9] MSZ EN 1838:2000
- [10] AWEX általános katalógusa (AWEX general catalogue) :[http://awex.eu/el/wp-content/uploads/sites/2/GC20.1.2\\_ONLINE.pdf](http://awex.eu/el/wp-content/uploads/sites/2/GC20.1.2_ONLINE.pdf)
- [11] 54/2014. (XII, 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- [12] Complementary Technical Information 2021 – Selectivity, Cascading and Coordination Guide [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=LVPED318033EN.pdf&p\\_Doc\\_Ref=LVPED318033EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=LVPED318033EN.pdf&p_Doc_Ref=LVPED318033EN)
- [13] Dr. Novothny Ferenc (PhD) Villamos energetika I. Példatár ÓE-KVK 2051 Budapest, 2010.

- [14] <https://www.se.com/hu/hu/product/SURT7500XLI/apc-smartups-rt-7500-va-230-v/>
- [15] Dr. Novothny Ferenc (PhD) Villamos energetika I. ÓE-KVK 2050 Budapest, 2010
- [16] Kábel terhelhetőségi táblázat <https://www.novill.hu/magazin-fooldal/567-vezetkek-terhelhetosege-meretezes>
- [17] Dr. Novothny Ferenc (PhD) Villamosenergia-ellátás II. 1.kötet Villamos biztonságtechnika ÓE-KVK 2079/1 Budapest, 2011.
- [18] NYJ-J kábel [https://elektroprofishop.hu/NYJ-5X6RE-NYJ-5x-6-RE-mm2-0-61kV?gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ-9VuMCshp-gVB86r51Kz0KRkkyHxhFB1OiDXfABjjJ5nH1FufLxQ-gA8aAskeEALw\\_wcB](https://elektroprofishop.hu/NYJ-5X6RE-NYJ-5x-6-RE-mm2-0-61kV?gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ-9VuMCshp-gVB86r51Kz0KRkkyHxhFB1OiDXfABjjJ5nH1FufLxQ-gA8aAskeEALw_wcB)
- [19] Magyar Elektrotechnikai egyesület Villámvédelem II Budapest 2009
- [20] Tűzvédelmi műszaki irányelv (TvMI) 7.4:2020.01.22.
- [21] OBO vikop online kockázatelemző szoftver. <https://obovikop.hu/#/>
- [22] MSZ EN 62305-3 2009
- [23] Kruppa Attila Villámvédelem a gyakorlatban 2013.
- [24] OBO TS <https://obots.hu/#/>
- [25] OBO Lightning protection guide 2019.
- [26] Állásfoglalás: koordinált túlfeszültségvédelem. <https://www.e-villamos.hu/cikkek/5164-allasfoglalas-koordinalt-tulfeszultsegvedelem>

## 9 MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet: Világítás méretezés.
2. sz. melléklet: Villamos terv.
3. sz. melléklet: Fővezeték terv.
4. sz. melléklet: Földelés és villámvédelmi terv.
5. sz. melléklet: E0 Szinti elosztó terve.
6. sz. melléklet: E0B1 Bérleményi elosztó terve.
7. sz. melléklet: E0B2 Bérleményi elosztó terve.
8. sz. melléklet: E1 Szinti elosztó terve.
9. sz. melléklet: E1B1 Bérleményi elosztó terve.
10. sz. melléklet: E1B2 Bérleményi elosztó terve.
11. sz. melléklet: E2 Szinti elosztó terve.
12. sz. melléklet: E2B1 Bérleményi elosztó terve.
13. sz. melléklet: E2B2 Bérleményi elosztó terve.
14. sz. melléklet: E3 Szinti elosztó terve.
15. sz. melléklet: E3B1 Bérleményi elosztó terve.
16. sz. melléklet: E3B2 Bérleményi elosztó terve.
17. sz. melléklet: E4 Szinti elosztó terve.
18. sz. melléklet: E4B1 Bérleményi elosztó terve.
19. sz. melléklet: E4B2 Bérleményi elosztó terve.
20. sz. melléklet: GE Gépészeti elosztó terve.
21. sz. melléklet: E0S4 tipizált Szerverelosztó terve.
22. sz. melléklet: Villámvédelmi kockázatelemzés.
23. sz. melléklet: Fővezetékek méretezése feszültségesésre.